

농업생산기반정비사업계획설계기준

관 개 편

(기준 및 편람)

농 립 부



머 리 말

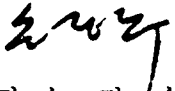
정부에서는 우리 농업의 경쟁력 향상과 안정적 주곡자급기반 구축을 위하여 우량농지의 보전 및 개발과 함께 농업용수개발 등 농업생산기반정비사업을 지속적으로 추진하여 왔습니다. 그 결과 논이 수리답률이 76%에 달하여 웬만한 가뭄에도 큰 피해없이 농사를 지을 수 있게 되었습니다.

그러나 아직도 전체 논면적 1,163천ha의 24%인 281천ha가 수리불안전답이며, 수리답중에서도 10년 빈도 가뭄에 견딜 수 있는 논이 전체의 34%에 불과하는 등 앞으로도 지속적인 용수개발이 필요합니다. 또한 21세기에는 물 부족 문제가 크게 대두될 것으로 예상되며, 직파재배 등 영농방식의 변화, 밭 관개면적 확대 등에 따라 농업용수에 대한 수요도 계속 증대될 것이므로 관개용수의 효율적 이용 및 개발이 중요한 과제로 대두되고 있습니다.

이를 위해 농림부는 지난 1969년에 처음으로 계획설계기준 관개편을 제정하여 1983년에 1차 개정한 후 상기와 같은 여건변화에 부응하고자 이번에 2차 개정·발간을 하게 되었습니다.

이 계획설계기준이 관개사업을 추진하는 데 있어서 유용하게 활용되기를 기대하며, 발간을 위하여 수고하신 관계자 여러분에게 감사드립니다.

1998. 12. 31.


농림부 농촌개발국장 손 정 수

요 약

1. 개정동기

현행 농지개량사업 계획설계기준 [관개편]은 1983년에 정한 것으로 15년이 경과되었다. 그 동안 농업과학기술은 급속도로 발전되었고, 농어촌정비법 등 각종 관련 법규가 변동되었으며, 용수사정이 양적, 질적으로 모두 크게 달라졌다. 여기에 더하여 용수의 절약, 생력적 물관리 등을 위한 용수체계의 고도화가 요구되고 있어 이에 대비하기 위한 설계기준의 개정이 필요하게 되었다. 이에 따라 1995년에는 부분개정을 실시하여 용수수요 확대와 용수원 확보근관에 따른 관리대책, 물관리와 시설관리의 현대화, 수질악화를 방지하기 위한 관리방안 등을 새로 손질하였다. 1997년에는 그 결과를 전부 수용하여 전면개정의 기초로 삼았고, 1998년에는 이를 더욱 보완하여 새로운 체계의 기준을 만들게 되었다. 지금까지 관개편에 대한 개정의 필요성과 관련하여 제기되었던 논점들을 논점들을 부문별로 정리해 보면 다음과 같다.

논 관개부문에서는 영농방법의 개선 및 기계화에 따라 새로운 필요수량 산정 기법의 정립이 요망되고 있다. 기계이앙, 직파재배 등 재배양식의 변화, 시비 및 병충해방제 등 비배관리기술의 발달로 용수의 수요가 과거보다 증대되었기 때문이다. 또한 물 절약과 용수의 효율적 이용을 위한 환원수량의 산정기준, 그리고 계획수립 시에 적용할 강우관측망의 제시 등이 필요하다. 논·밭 윤환 및 답리작 도입을 위한 경지범용화의 필요성이 크게 대두되어 이에 따른 관개기준의 제시도 요망되고 있다. 물관리 및 수리시설의 관리에 있어서 현재의 수리시설은 대부분 인력으로 관리할 수 밖에 없는 시설들이기 때문에, 고가의 유지관리비가 소요된다. 따라서 생력의 극대화, 시설물 유지관리비의 최소화 등을 위하여 물관리체계의 고도화, 자동화가 절실히 요구되고 있다.

밭 관개부문에서는 농업용수원의 확보가 해마다 어려워지는 가운데 밭 기반정비사업의 추진에 따른 밭 관개의 확대가 현안 문제로 등장하게 되었다. 이에 따라 밭 기반정비를 위한 각종 조사 내용의 정립이 필요하다. 밭 관개를 위한 용수량 산정에 있어서는 우리 나라의 지역 특성에 맞는 밭작물의 작물계수를 수정 보완해야 하며, 이와 함께 밭작물 소비수량 산정방법을 재정립해야 한다. 농업용수의 효율적 사용을 위하여는 생력적 물관리체계를 확립해야 한다. 또한 이론과 현장의 경험이 상치되는 부분은 가급적 현실에 맞는 것으로 정비하여

실무자에게 실질적 도움이 되도록 해야 한다.

한편, 수질대책부문에서는 농업용수도 외부로부터 유입하는 오염수에 의해 해마다 수질이 악화되어 농업용수의 질적 관리문제를 중요시 해야할 상황에 이르렀다. 다행이 최근에 와서 이에 대한 관심이 높아졌으나, 수질문제를 둘러싼 제반 여건이 크게 바뀌어서 기존의 수질대책편에 제정된 기준으로는 대처가 불가능한 실정에 이르렀다. 따라서 새롭고 현재의 여건에 적합한 내용으로 개편해야 할 필요성이 커졌다.

2. 개정의 주안점

2.1 편제

- 1) 과거 하나의 체제로 되어 있던 설계기준을 변경하여 「기준」 및 「편람」의 2개 체제로 구분, 편집하되 1권으로 합본하였다.
- 2) [기준]에는 지역의 특성이나 현지 여건 등에 관계없이 모든 설계에서 지켜야 할 기본적이고 규범적이며, 명확한 사항만을 규정하여 수록하였다.
- 3) [편람]에는 기준에서 규정하지 않은 사항, 지역의 특성이나 현장조건 등에 의하여 선택적으로 적용해야할 사항, 일반적인 기술해설, 표준적인 설계사례, 기타 참고가 되는 사항에 대해 편집함으로써 설계자의 편의를 도모하였다.

2.2 내용

2.2.1 공통사항

- 1) 전문용어를 통일하고, 오자 및 문맥상의 오류를 수정하며, 편집체제를 일관화 하였다.
- 2) 한글 중심으로 기술하였으며 필요한 한자는 괄호 속에 넣어 참고토록 하였다.
- 3) 내용이 진부하거나 시의에 맞지 않은 것은 삭제하였다.
- 4) 새로운 법령이나 제도의 신설에 따라 필요하게 된 사항을 개정하였다.
- 5) 가급적 현장 실무자의 편의를 도모하기 위하여 평이하고 정확하게 기술하였다.

2.2.2 논 개편

- 1) 농어촌정비법의 제정, 시행에 따라 당연히 바뀌어야 할 기본조사의 내용과 성격 등을 개편 또는 추가하였다. 또한 용수량산정방법의 전면적 개정에 따라 용어를 정립하고 변경하였다. 영농방식의 조사항목 중에 직파재배, 환경보전형 농업, 전답윤환재배를 등을 포함시킴으로써 새로운 영농방식으로의 변화에 부응토록 하였다.
- 2) 계획용수량 산정방법을 크게 개선하였다. 증발산량과 침투량을 합한 양인 감수심에 재배관리용수량을 합하여 필지단위용수량으로 하고 여기에 유효우량을 빼서 순용수량을 산정하도록 하였다. 기계이앙의 보급에 따른 물관리의 변화에 대응하기 위하여 육묘일수, 씨레질 일수 등을 산정하는 절차와 방법을 새로 추가, 보완하였다.
- 3) 관리용수량의 기준을 정립하였으며, 직파재배의 보급에 따른 물관리 방식의 변화에 대응하기 위한 참고자료를 추가하였다. 또한 재배방식별 관개용수량을 제시하여 현장에서 손쉽게 이용할 수 있게 하였다.
- 4) 지구 내 이용 가능량의 추정 중 반복이용가능량의 조사 예를 제시하여 설계에 참고토록 하였다.
- 5) 농촌용수의 개념과 소요수량의 추정방법을 제시하여 새로운 농촌환경의 개선사업에 적용토록 하였다.
- 6) 농업용저수지의 설계빈도 결정을 위한 계획기준년의 설정 근거와 방법을 제시하였다. 또한 모의발생에 의한 저수량고갈빈도로 저수량을 구하는 방법을 추가하였다.
- 7) 시설용량 산정을 위한 물 수지 분석방법을 개선하였고, 저수지 필요저수량 결정의 계산예를 대폭적으로 추가하였다. 농어촌용수의 수요량 산정 자료와 방법을 제시하였고, 설계홍수량 산정방법을 재정립하였다. 한국하천 홍수량공식은 현재로서 실용성이 낮다고 판단되어 삭제하였으며, 수정합리식을 추가 보완하였다. 한발빈도별 갈수량기준표를 추가하였으며, 용수로의 단면결정법에 대한 내용을 추가, 보완하였다.
- 8) 절수관개를 위한 자료를 추가 보완하였으며, 이수관리곡선에 의한 절수관개방법을 추가 보완하였다.
- 9) 수온상승부문에서는 불필요한 표를 삭제하고 그림 등은 최신의 자료로 교체하였다. 이론에 치우친 과거의 내용을 대폭 축소하고 불필요한 부문은 삭제하였다.
- 10) 사업효과부문에서는 새로운 내용으로 대폭 수정하였다. 과거에 사용되

던 공정환율, 농민부담금 등 현행의 제도에 없는 내용을 전부 삭제하고 현재 실시하고 있는 분석방법을 전면적으로 수용하였다.

2.2.3 발 관개 편

- 1) 조사순서 및 원통법, 이랑간 담수법, 유입유거법 등의 그림을 수정, 재작성하였다. 지질 조사항목에 지하수부문을 추가삽입 하였다.
- 2) 기본구상에 대한 내용의 수정보완은 물론 편집체계를 바꾸었다. 기본계획부문에서도 내용을 크게 수정하였으며, 특히 물방울 관개에 대하여는 전반적으로 새로운 내용으로 대체하였다. 적하, 적하점 등 어려운 한자 용어를 쉬운 우리말로 표기하였다.
- 3) 용수량산정의 순서도를 재 작성하였으며, 토양수분의 조사에 대하여 절차, 측정법 등을 새로운 내용으로 수정 보완하였다.
- 4) 지역별 주요 발작물의 생육기별 증발산비 자료를 최신의 자료로 대체하였으며, 1회분의 순관개수량 및 계획간단일수 결정방법을 수정, 보완하였다.
- 5) 스프링클러 관개, 고랑관개, 물방울 관개 등의 각종 말단 관개조직의 설계에 참고가 될 각종 표 및 그림 중 오류가 있거나 최신의 자료가 아닌 것을 전면적으로 수정, 보완, 대체하였다. 우리 나라의 실정에 맞지 않거나 앞으로 필요 없을 것으로 생각되는 사항은 삭제하였다.
- 6) 급수 및 송수 조직계획에서는 자동화의 필요성과 가능성을 판정하는 기준을 재정립하고, 시스템의 관리기구도 등을 재작성하였다.

2.2.4 수질대책 편

- 1) 우리 나라 주요 농업용수원 및 담수호에 대한 수질오염상황을 추가로 보완하였다.
- 2) 수질기준 및 각종 법령의 개정에 따른 변동을 모두 반영하였다.
- 3) 수질대책으로서 필수 불가결한 수질조사의 방법과 수질관련자료의 해석법을 소개하였고 기준을 제시하였다.
- 4) 각종 원단위에 대한 그 동안의 국내외의 조사 시험성적을 반영하였다.
- 5) 공학적 방법 이외에 농촌과 농업의 자연생태계를 이용한 수질개선방법을 대폭적으로 도입, 보완하였다.

농업생산기반정비사업계획설계기준

관 개 편

농 립 부

차 례

제 1 편 논 관 개

제 1 장 총 론	9
1.1 기준의 목적과 적용범위	9
1.2 계획수립	9
1.3 관개계획기준치 (설계기준)	10
제 2 장 조 사	11
2.1 조사 순서	11
2.2 조사범위와 기간	11
2.3 조사단계	12
2.3.1 예정지 조사	12
2.3.2 기본조사	12
2.4 기본조사의 항목	13
2.4.1 지형 및 지적(地積)조사	13
2.4.2 기상조사	13
2.4.3 토양조사	13
2.4.4 지질조사	13
2.4.5 수리현황 조사	13
2.4.6 수문 및 수원조사	14
2.4.7 사회경제조건 조사	14
2.4.8 영농재배상황조사	14
2.4.9 부대조사	14
2.4.10 농가의 의향조사	14
2.4.11 관련 사업 등의 조사	14

제 3 장 계 획	16
3.1 기본구상	16
3.2 기본계획의 수립	17
3.3 용수계획	18
3.3.1 기본구상	18
3.3.2 계획용수량의 구성요소	18
3.3.3 계획용수량의 산정	18
3.3.4 필지단위용수량	19
3.3.5 시설관리용수량	19
3.3.6 유효수량	19
3.3.7 지구내 이용가능량	20
3.4 수원계획(水源計劃)	25
3.4.1 기본적 계획방법	25
3.4.2 수원계획의 순서	25
3.4.3 이용가능수량	25
3.4.4 설계빈도	26
3.5 시설계획	28
3.5.1 기본방침	28
3.5.2 시설용량의 결정	28
3.5.3 저수시설	28
3.5.4 취수시설	30
3.5.5 송배수시설	31
3.5.6 조절시설(調節施設)	31
3.6 물관리 계획	46
3.6.1 기본구상	46
3.6.2 물관리와 유회관개	47
3.6.3 유회관개계획	47
3.6.4 용수의 균등배분을 위한 물관리	47

3.6.5 용수절감을 위한 물관리	47
제 4 장 수온상승	54
4.1 수 온	54
4.1.1 수도작과 수온	54
4.1.2 하천수온	54
4.1.3 호소 및 저수지의 수온	54
4.1.4 지하수의 수온	54
4.1.5 논의 수온	55
4.2 수온대책	55
4.2.1 온수대책	55
4.2.2 논 수온대책	55
4.3 수온 상승기구	56
4.3.1 열수지방정식	56
4.3.2 평형수온과 수온상승도의 계산	56
4.4 수온상승 시설	57
4.4.1 계획상의 기초조건	57
4.4.2 수온상승시설의 종류	57
4.4.3 수온상승시설의 열효율과 구조	57
4.4.4 수온의 일변화와 구조	57
4.5 온수취수시설	57
4.5.1 온수취수의 이론	57
4.5.2 온수취수시설	57
4.6 수온상승효과	58
4.6.1 낮은 수온의 영향	58
4.6.2 냉수관개에 의한 벼의 감수	58
4.6.3 연속관개 논에서의 용수승온의 증수효과	58

제 5 장 사업효과	59
5.1 관개사업의 효과	59
5.1.1 지목변경	59
5.1.2 작부체계 개선 및 농지이용률 제고	59
5.1.3 단위 수확량 증가	59
5.1.4 생산비 절감	59
5.1.5 기타 효과	60
5.2 경제 및 재무분석	60
5.2.1 분석지표	60
5.2.2 분석의 기준시점	60
5.2.3 사업기간 및 시설물 내용연한	60
5.2.4 농산물 가격	61
5.2.5 투입물 가격	61
5.2.6 환율적용	61
5.2.7 미숙련공 노임	61
5.2.8 예비비	61
5.2.9 효과분석을 위한 사업비 조정	61
5.2.10 유지관리비	62
5.3 경제분석	62
5.3.1 투자효율 분석	62
5.3.2 현재가치와 할인율	62
5.3.3 투자효율산정식의 선택	62
5.3.4 불확실성에 대한 감응도분석	63
5.3.5 매물가치	63
5.3.6 대체투자 및 잔존가치	63
5.4 재무분석	63
5.5 효율분석의 전산처리	63

제 6 장	유지관리	64
6.1	관리목표	64
6.2	관리 조직 및 체계	64
6.3	물관리	64
6.4	시설관리	65

제 2 편 발 관 개

제 1 장	총 론	66
1.1	기준의 목적	66
1.2	정의 및 목적	66
1.3	계획수립의 기본방향	66
제 2 장	조 사	67
2.1	조사순서	67
2.2	기본조사의 항목	67
제 3 장	계 획	70
3.1	기본구상	70
3.1.1	계획수립순서	70
3.1.2	기본구상	70
3.1.3	기본계획	70
3.2	용수계획	71
3.2.1	용수량결정의 기본	71
3.2.2	용수계획 제원의 결정	71
3.2.3	계획용수량의 결정	72
3.3	수원계획	73

3.3.1	계획기준년	73
3.3.2	유효수량	74
3.3.3	수원계획	74
3.4	전체 조직계획	74
3.5	말단관개조직계획	75
3.5.1	스프링클러관개	75
3.5.2	고정관로에 의한 관개	76
3.5.3	지표관개	76
3.6	급수조직계획	80
3.6.1	급수조직계획의 기본	80
3.6.2	급수조직의 지배규모	80
3.6.3	조직용량의 결정	80
3.6.4	급수조직의 자유도	80
3.6.5	급수조직의 구성과 각종 시설의 배치	81
3.6.6	급수시설계획	81
3.6.7	약액 및 비료 혼입처리조직계획	81
3.7	송수조직계획	85
3.7.1	송수방식의 결정	85
3.7.2	조정시설	85
3.7.3	펌프시설	85
3.7.4	부대시설	85
3.7.5	종합수리해석	85
3.8	관리제어시설	86
3.9	시설의 관리운영계획	88
3.9.1	관리운영계획	88
3.9.2	관리항목	89
3.10	시스템의 계획과 종합평가	89
3.11	사업의 효과	91

제 3 편 수 질 대 책

제 1 장 총 론	92
1.1 적용범위	92
1.2 수질기준	92
1.3 수질오염과 농업피해	93
제 2 장 조 사	94
2.1 조사순서	94
2.2 조사항목 및 내용	94
2.2.1 자연·토지조건조사	94
2.2.2 용수관계조사	94
2.2.3 배수상황조사	95
2.2.4 수질조사	95
2.2.5 농업개황조사	95
2.2.6 피해상황조사	95
2.2.7 관련 사업 등 조사	95
제 3 장 계 획	98
3.1 수질보전계획	98
3.1.1 계획의 기본 방향	98
3.1.2 계획수립 순서	98
3.1.3 수혜지구 결정	98
3.1.4 영농계획	98
3.1.5 기본대책 선정	98
3.1.6 용수계획	98
3.1.7 배수계획	99
3.1.8 타 기관 사업계획과의 조정	99

3.2 시설계획	101
3.2.1 시설계획의 기본 구상	101
3.2.2 대책공법과 그 선정	101
3.2.3 시설의 구성과 배치	101
3.2.4 관련 부대시설	101
3.3 시공계획시 유의사항	103
3.4 계획의 종합평가	103
제 4 장 유지관리	104
4.1 관리조직	104
4.2 유지관리	104

제 1 편 논 관 개

제 1 장 총 론

1.1 기준의 목적과 적용범위

이 기준의 목적은 사업계획을 수립할 때 많은 비교안에 대하여 가급적 쉽게 계획작업을 할 수 있도록 적합한 지침을 주는 것이며, 적용범위는 농어촌정비법에 근거한 논관개의 계획, 조사 및 설계에 관한 것이다.

이 기준은 수원계획에서부터 송수조직, 배수(配水)조직, 말단관개조직 등을 포함하는 논관개개선사업의 계획, 조사, 설계의 일반적 기준을 제시하는 것이므로, 이를 적용할 때에는 전체를 일관된 시스템으로 생각하여 물리적, 사회적 지역여건 및 경제적 관점에서 종합적인 분석평가를 통하여 최선의 계획이 되도록 해야 한다.

이 기준에 사용되는 용어의 정의는 농공학용어집의 정의에 따른다.

1.2 계획수립

계획을 수립하려면 먼저 관개사업의 목적을 명확히 설정한 후, 필요한 관련 자료를 수집한다. 논관개 계획수립의 기본방침은 수원공에서 포장까지의 관개시스템이 기술적으로 타당하고, 경제적으로 유리하며, 환경적으로 지속가능한 개발이 되도록 하는데 있다.

관개의 주목적은 벼재배에 부족한 수량을 공급하는 것이며 기타 목적으로는 제염 또는 해독, 수온조절 등이 있다. 이를 달성함으로써 농지의 생산력향상 및 농작물의 품질향상, 토지이용의 안정성 증대와 범용화 등의 효과를 기대할 수 있다.

관개계획의 기본방침은 대체로 다음 순서로 정한다.

① 벼재배에 필요한 용수량은 얼마인가? 인근 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 환경용수, 수산용수 등의 물수요는 얼마나 되는가? ② 이들 물수요량을 얻

기 위하여 수원시설은 어떤 것을 어떻게 선정할 것인가? 예를들면 저수지 또는 양수장의 규모는 어느 정도로 할 것인가? 단일수원시설에 의할 것인가 댐과 지하수, 댐과 양수장 등 복수 수원시설에 의할 것인가? 수질은 허용치 이내에 있는가? ③ 용수로 형식은 무엇을 선정하며 물관리시설 및 물관리방법(관개방식)은 어떻게 할 것인가? ④ 어느 정도의 관개효과가 기대되는가? ⑤ 다른 수리권과의 조정이 가능한가? ⑥ 수원시설지역과 관개구역에 다른 개발계획은 없는가? ⑦ 환경에 미치는 영향은 어떤가?

1.3 관개계획기준치 (설계기준)

관개계획기준치(설계빈도)는 원칙적으로 지구의 가뭄피해 자료에 따라 결정하지만 보통 10년에 한번 일어날 정도의 한발을 극복할 수 있도록 결정한다. 관개계획기준치에는 필요저수용량, 하천취수량 및 단위용수량 등이 있다.

관개계획기준치를 구하는 방법에는 10년 빈도에 해당되는 계획기준년을 선정하여 구하는 방법과 전체 관측자료로 10년 빈도에 해당되는 값을 확률계산하는 방법이 있다.

계획기준년을 선정하여 구하는 방법은 그 해의 기상조건에 따라 사업규모, 효과, 소요경비가 크게 좌우되기 때문에 상당히 불안정한 방법으로, 관측기간이 짧고 컴퓨터에 의한 해석이 불가능했던 과거에 사용되던 방법으로 최근에도 예비설계 등에는 적용할 수 있다. 따라서, 최근 관측기간이 충분히 길고 컴퓨터에 의한 해석이 가능하므로 전체관측자료에 대하여 통계와 확률이론으로 10년 빈도의 관개계획기준치를 구하는 방법이 주로 사용되며 바람직하다.

제 2 장 조 사

2.1 조사 순서

계획수립을 위한 조사의 순서는 사업의 규모 및 지역의 특성에 따라 결정해야 한다. 또 조사와 계획작업은 항상 서로 관련을 가지면서 병행 실시하여 합리적이고 효율적으로 수행하여야 한다.

예정지조사는 사업의 필요성을 판정하고 계획의 기본구상과 기본조사계획을 작성하기 위하여 개략적으로 현황을 파악하는 조사이다. 기본조사는 계획수립을 위하여 필요한 기초자료를 얻기 위한 조사이며 기본구상 및 예정지조사의 결과에 따라 조사계획을 작성한다. 실시설계조사는 기본조사를 근거로 세부적으로 측량·설계하며, 시공계획 수립과 공사비 산정에 필요한 조사를 하는 조사의 최종단계이다.

2.2 조사범위와 기간

논관개사업의 조사범위에는 관개사업은 물론 경지정리, 배수개선 등 관련 부대사업계획의 기본사항도 포함되어야 한다. 조사기간은 관개개선사업의 종류, 규모, 계획의 난이도, 이용 가능한 기존자료의 양에 따라 조사기간이 좌우된다.

관개개선사업은 목적에 따라 논관개, 발관개, 시설개수 등으로 크게 분류된다. 관개사업지구를 보면 경지정리, 배수개선 등 말단 정비사업을 추진하기 위한 기간시설의 정비를 목적으로 하는 경우가 많다.

관개개선사업의 기본조사기간을 일률적으로 한정시키기는 곤란하지만 통계처리 등 필요한 조사자료수집과 종합적인 조사를 위해서는 1~5년 정도의 기간이 필요하다.

2.3 조사단계

관개개선사업은 사업목적에 따라 논관개, 밭관개, 시설개수 등으로 크게 분류된다. 조사대상이 되는 지구의 사회 경제조건, 수혜예정자의 요구 사항 등에 따라 사업목적이 단독 또는 복합적이 될 수 있고 조사범위, 조사항목, 조사방법, 조사정도(精度) 등 지구에 따라 다르므로 지구의 현황과 목적에 따라 조사계획을 수립해야 한다.

2.3.1 예정지조사

예정지조사시에는 기본계획수립에 앞서 관련 행정기관의 의견과 당해 유지관리 기관의 의견을 청취하고, 통계자료와 기존자료를 근거로 현지를 답사한 후, 기본구상수립을 위하여 농민의 의견, 관련된 농업 또는 농업 외의 각종 계획에 대한 저촉여부, 사업의 기술적·경제적 가능성 등을 검토하여야 한다

2.3.2 기본조사

기본조사단계에서 사업의 기술적·경제적·환경적 타당성을 조사분석하여 관개사업의 시행여부를 결정한다. 주요시설물의 기본계획을 확정하고 사업비와 사업규모도 결정하게 되므로 고도의 전문적 기술이 요구된다. 특히 공사비에 있어서는 실시설계의 공사비와 큰 차이가 없어야 한다. 이 단계에서 사업규모, 위치, 정비목표수준, 수혜면적 등을 결정하게 되므로, 총공사에 큰 영향을 미치는 주요 시설물은 가능한 대안에 대하여 비교설계를 할 수 있는 정도(精度) 높은 조사가 이루어져야 한다.

(1) 조사단계

조사는 농어촌정비법 제5~8조에 규정된 바와 같이 예정지조사, 기본조사 및 실시설계조사 단계로 나누어 시행한다.

(2) 기본조사

기본조사는 농어촌정비법 시행령 제8조에 규정된 ① 기본계획의 개요(수혜면적 포함), ② 사업별 기본설계도서, ③ 사업별 추정비 수지계산서, ④ 사업별 추정비 내역(공사비 포함), ⑤ 사업효율분석결과, ⑥ 사업대상지역 위치도, ⑦ 기타 사업시행계획수립에 필요한 사항 등 기본조사 성과내역을 조사한다.

2.4 기본조사의 항목

기본조사의 세부항목은 지형 및 지적(地積)조사, 기상조사, 토양조사, 지질조사, 수리현황조사, 수문 및 수원조사, 사회경제조건조사, 영농재배 상황조사, 부대조사, 농가의 의향조사, 관련 사업 등의 조사가 있다.

2.4.1 지형 및 지적(地積)조사

관개계획은 지형에 따라 달라지기 때문에 정확하게 지형조사를 실시해야 하며 계획내용에 상응하는 정도를 갖는 지형도를 작성한다. 기본조사 단계의 지형조사는 현장측량에 의한 방법과 이미 발간된 지형도와 GIS 수치지도 등에 의한 방법이 있다. 지적조사는 용지매수와 관련되므로 원칙적으로는 기본조사단계에서는 실시하지 않는다.

2.4.2 기상조사

기상관측소로부터 가능한 한 최장기간의 기상자료를 수집하여야 한다. 기상 수문자료는 용수량 결정을 좌우하는 최대인자로서 특히 강우상황은 유역의 식생상황과 더불어 수원과 수량에 영향을 미치므로, 해당지역의 측후소와 기상관측소로부터 가능한 한 최장기간의 기상자료를 수집하여야 한다.

2.4.3 토양조사

토양조사는 사업지역내에 분포한 토양의 화학적, 물리적 제반 성질을 파악하고 분포상황을 답사하여 적합한 작물의 선정, 필요수량, 관개방법, 배수계획, 토층개량계획, 작부계획 등의 자료를 얻는 것을 목적으로 실시한다. 이에선 기존 조사자료(토양도 및 토양조사 보고서 등) 및 관련 자료를 충분히 활용하고 이들 자료가 불충분할 때에는 현지조사를 실시한다.

2.4.4 지질조사

지구내외의 지질계통, 모암의 종류 등은 각종 구조물 위치의 적부 및 시공의 적합성, 지하수 부존상황 등과 밀접한 관계가 있으므로 이에 관련되는 기존 지질자료를 수집함은 물론이고, 필요한 조사시험을 통하여 정확하게 지질을 파악하여야 한다.

2.4.5 수리현황 조사

수리시설의 용수공급능력과 문제점을 파악하여 물부족에 대한 대책을 수립하기 위하여 지구내 및 그 주변에 있는 수리시설의 사용현황을 조사한다. 또한 한발에 의한 피해현황 등에 대하여 조사한다.

2.4.6 수문 및 수원조사

수원계획 수립을 위하여 지구 및 그 주변의 하천, 호소, 지하수 등에 대하여 수량, 수온, 수질 및 수리권 등의 권리 관계를 조사한다. 또한 수자원 확보를 위한 수원시설의 선택은 기술적·경제적·환경적으로 타당해야 한다.

2.4.7 사회경제조건 조사

계획지구의 향후 농업방향을 명백히 하고 이에 맞는 생산기반계획을 수립할 수 있도록 농업을 둘러싼 사회경제조건을 조사한다.

2.4.8 영농재배상황조사

영농 및 재배상의 문제점과 요인을 명백히 파악하고 개선 방법 및 사업필요성을 검토하여 개발방향의 검토 및 계획의 수립에 이용할 수 있도록 현재의 영농상황 및 재배 관리상황을 조사한다.

2.4.9 부대조사

사업시행 간접효과 및 지구내외의 용지매수 및 피해보상으로 인한 역효과 및 간접효과를 조사한다.

2.4.10 농가의 의향조사

관개사업과 장래의 영농구상을 설명하고 농민의 요구사항을 반영하며, 관개사업시행을 위한 동의를 구하기 위하여 농가의 의향을 조사한다.

2.4.11 관련 사업 등의 조사

지구 및 그 주변에 있어서, 계획과 관련되는 농업생산기반조성사업 및 관련 사업으로서 실시 중 또는 계획 중인 것과 특정지역 지정 등에 대하여 조사한다.

(1) 토양조사

토양조사 내용은 토양개량의 필요성 및 방법, 돌자갈(石礫)제거, 심토파쇄, 용수량 결정, 배수개선, 제염방법과 지하수위 등을 검토하기 위하여 조사한다.

조사방법은 ① 지층과 지질을 직접 식별할 수 있는 보링 또는 시굴, ② 보링과 병행하여 지지력을 판정하는 표준관입시험 및 극한지지력을 구하는 재하시험 (평판 및 말뚝재하), ③ 말뚝 기초채용시의 항타시험, ④ 양수시험 등을 들 수 있다.

(2) 사회경제조건 조사

경제적 입지조사, 사회경제조건조사, 지역계획조사, 농업구조(영농구조, 소득구조, 수리구조 등)에 관한 조사, 영농입지조사 (경지조건, 농업기상, 경종기술, 한·수해 등 농업피해, 생육저해요인의 종류와 분석, 토지생산력의 현황과 개량의 가능성) 등을 조사한다.

(3) 영농재배상황 조사

현재 토지이용상황(일모작, 이모작, 영구비닐 또는 유리하우스 및 휴경지 면적), 주요작물과 재배관리체계(재배작물, 재배시기, 재배기술, 작부율, 작부동향 등), 영농관리조직, 농기계보급 및 이용상황, 수확량 및 피해량, 주요작물의 생산비, 가축사육 상황, 농업경영상황 등을 조사한다.

제 3 장 계 획

3.1 기본구상

수혜지구의 범위, 영농·토지이용계획, 용수계획, 수원계획, 용수주요시설, 물관리계획, 협의·조정사항 등에 대한 종합적 검토와 함께 그 지역의 각종 개발계획 등을 감안하여 기본구상을 수립한다.

(1) 수혜지구의 설정

수혜지구는 행정구획 및 지역개발계획, 장래의 영농방향과 주민요청 및 의향 등에 기초를 두고, 이에 따라 자연, 영농, 사회, 경제 등의 제조건 및 관리운영의 효율성을 고려하여 설정한다.

(2) 영농·토지이용계획의 설정

영농·토지이용계획은 관개사업에 의하여 수리시설이 완비된 경우에 지역의 농업생산 및 토지이용이 지향할 상황을 지표로 정하고 농가의 소득향상이나 경영개선의 목표를 정하는 것이다. 영농·토지이용의 변화가 예상되는 경우, 그 변화가 용수계획에 미치는 영향에 대해서도 검토하여야 한다.

(3) 용수계획의 설정

영농계획, 기상, 토양, 수리상태 등의 자료에 기초하여 용수량을 설정한다. 소비수량은 증발산량과 침투량을 합한 수량이다. 전자료기간으로부터 증발산량을 계산하고 계획기준년(보통 10년) 빈도에 해당되는 증발산량을 결정한다.

(4) 수원계획의 설정

수원계획에서는 용수공급을 만족시킬 수 있는 수원(하천, 지하수, 복류수 등), 개발수량, 수원시설(취입보, 양수장, 지하수공, 저수지 등), 수혜지구까지의 송수방식 등을 정한다.

(5) 물수급계획의 조정

용수수급관계는 계획수립의 가능여부에까지 영향을 주므로 기본구상단계에서 충분히 검토해야 한다.

(6) 주요시설계획의 구상

수원시설, 치수시설, 배수시설 등 주요시설에 대하여 위치, 규모, 구조, 공사비 등을 기술적으로 가능하고 경제적으로 타당하도록 구상해야 한다.

(7) 물관리 계획

물관리계획은 용수절약 및 균등분배, 수온 및 수질의 보전으로 다수확을 목

표로 합과 동시에 물관리시설비, 물관리노력, 관리용수량 등 상호간의 종합적 조정 및 농업기계화를 위한 지반조건이 이루어지는 방향으로 구상해야 한다.

물관리에는 다수확, 용수절약, 용수의 균등배분, 수온·수질, 관리용수량과 관리능력, 물관리시설비의 대체관계를 고려해야 한다.

(8) 협의·조정사항

사업의 원만한 수행을 위하여 물이용에 관계되는 협의·조정, 문화재의 취득관계, 기타 경제활동과의 조정 등을 사업계획구상시 명확히 해둘 필요가 있다.

3.2 기본계획의 수립

기본구상에 의한 기본조사결과에 의거하여 영농계획, 용수계획, 수원시설계획 및 용수로계획 등을 종합적으로 검토해서 수혜지구의 확정, 영농·토지이용계획, 관개방식의 확정, 용수계획의 확정, 수원계획의 확정, 용수로 시설계획의 확정 등 기본계획을 수립한다.

(1) 수혜지구의 확정

수혜지구의 확정은 계획의 기본이므로, 용수부족 또는 기존 수리시설의 노후화 및 기타 원인으로 한해를 입고 있는 지역을 정확히 조사한 다음 기존수리시설지역을 포함하여 개발하고자 하는 지구에 대한 지형, 지세, 수원공의 종류 및 위치, 지방의 관련 사업, 사회적·경제적 여건, 유지관리 및 농가의 의견 등을 종합검토하여 지구의 범위를 확정한다.

(2) 영농·토지이용계획

영농계획에 있어서는 작부면적, 재배방식 등과 아울러 영농유형별 경영동향, 지역농업의 전개방향 등을 감안하여 용수 및 수원계획을 수립하는데 필요한 사항을 정한다.

(3) 관개방식의 확정

관개방식은 말단부 물이용에 깊은 관계가 있고 말단부의 시설비 및 유지관리비 등에 영향을 주므로 입지조건, 영농조건, 수리상황 등을 충분히 검토하여 그 지구에 가장 적합한 방식을 확정한다.

(4) 용수계획의 확정

용수계획은 수원 및 시설용량을 결정하는 기본이 되므로, 정밀조사결과에 따라 용수량 기초제원, 용수량의 확정, 수원의존량의 검토, 다목적 이용방법

등을 확정한다.

(5) 수원계획의 확정

용수계획 및 부존수자원에 대한 기본조사결과에 의하여 수원의 종류, 시설의 위치 및 규모를 정하는 동시에 기존 수원시설의 보강개발여부 및 기존 수리 미치는 영향 등도 종합검토하여 수원계획을 확정한다.

(6) 용수로 시설계획의 확정

용수계획, 수원시설계획 및 용수구역에 대한 기본조사결과에 의거하여 용수계통, 용수로 형식, 용수로와 조절지의 배치관계 등을 정하고 용수로 시설계획을 확정한다.

3.3 용수계획

3.3.1 기본구상

용수계획은 수혜지구에서 필요로 하는 수량, 수질 및 수온을 명확하게 한 후, 수혜지구의 면적규모, 포장조건, 품종선정 및 재배양식 등 영농경영상태와 배수계통, 시설형태, 물관리방식 등의 용수량 변동요인을 종합적으로 검토하여 계획된 용수량을 공급할 수 있도록 시설계획을 함께 고려하여 작성한다.

3.3.2 계획용수량의 구성요소

논관개 계획용수량은 작물의 감수심(증발산 침투량 또는 소비수량이라고 함), 재배관리용수량, 시설관리용수량, 유효수량, 지구내 이용가능량 등으로 구성된다.

3.3.3 계획용수량의 산정

계획용수량은 필지단위용수량을 기본으로 하여, 현재의 취수량 등 용수량에 영향을 주는 수혜지구의 특성을 감안해서 각각의 구성요소에 의해 적절히 정한다.

가. 계획용수량의 산정방법

논관개에 대한 용수량의 산정은 순용수량(필지단위용수량으로부터 유효수량을 뺀 수량)에 시설관리용수량을 더한 조용수량에서 지구내 이용가능량을 뺀 것으로 한다.

나. 필지단위용수량의 유형 설정

용수계획에서는 지구별 필지단위용수량의 유형을 작성하는 것이 원칙이다. 필지단위용수량은 지구를 대표하는 토양구분별로 개개의 포장 또는 몇 개 필지로 구성되는 소블록의 논을 대상으로 하여 생육기별로 검토하고, 계획지구의 대표적 유형을 설정한다.

3.3.4 필지단위용수량

필지단위용수량은 각각의 포장을 요소로 하는 소블록에서의 소비수량과 재배관리용수량으로 구성되며 벼생육상태에 따라 다르기 때문에 생육시기를 구분하여 용수량을 결정한다.

가. 구성

감수심과 재배관리용수량은 직·간접으로 측정이 가능한 필지단위용수량을 기초로 산정하며, 못자리용수, 이앙용수 등 관개기 초기에 사용하는 초기용수와 이앙 후의 활착기 또는 직파재배의 경우 답수재배로 전환하는 시점으로부터 최종낙수까지의 벼생육기에 사용하는 본답기 용수로 구분할 수 있다.

나. 초기 필지단위용수량

초기용수로서 이앙재배하는 경우에는 못자리용수와 이앙용수, 답수직파재배를 하는 경우에는 씨레질용수, 건답직파재배를 하는 경우에는 초기관개용수가 필요하며, 계획상 필요한 수량을 각각 확보하여야 한다.

다. 본답기 필지단위용수량

본답기 필지단위용수량은 적정한 기별 감수심과 재배관리용수량의 합계치로서 정한다.

3.3.5 시설관리용수량

시설관리용수량은 수로시스템의 송수배분기능(送水配分機能) 및 시설기능의 유지·보전을 위한 용수량으로 적정하고 합리적으로 정해야 한다.

3.3.6 유효수량

유효수량은 강수량 중 실제로 답면(畓面)에서 이용할 수 있는 강수량을 말하며, 관개용수량의 계획에 있어서는 그 만큼을 감소시킨다

3.3.7 지구내 이용가능량

지구내 이용가능량은 수혜지구안에 있는 보완적 수원(補完的 水源) 또는 반복이용에 의해 확보되는 용수량이며, 관개용수량계획에 있어 그만큼 감소시키게 되는 보충수원량(補充水源量)이다

(1) 기본구상

용수계획은 적시에 적량의 용수를 공급함과 동시에 사업계획지구 논관개에 필요한 용수와 계획상 포함시켜야 할 농촌용수의 용수량을 결정하는 것을 주목적으로 한다. 이 때문에 직·간접으로 계획이 가능한 필지단위용수량을 기초로 하여 논관개에 대한 용수량 등을 산정한다. 필지단위용수량은 개개의 포장 또는 몇 개 필지로 구성된 소블록을 단위로 하여 용수이용의 수지(收支)를 맞출 수 있게 설정된 용수량을 말한다.

현재 관개개선사업의 용수량은 논관개용수량이 대부분이지만, 앞으로는 논관개용수량은 물론 밭관개용수량과 농어촌정비사업을 위한 생활용수, 공업용수, 환경용수 등 농촌지역용수량을 포괄하여 농촌용수를 결정해야 한다.

(2) 계획용수량의 구성요소

농촌용수량의 구성은 그림1.3.1과 같다. 논에서의 순용수량은 감수심으로 엽면증발량, 수면증발량, 강하침투량, 논둑침투량으로 구성된다.

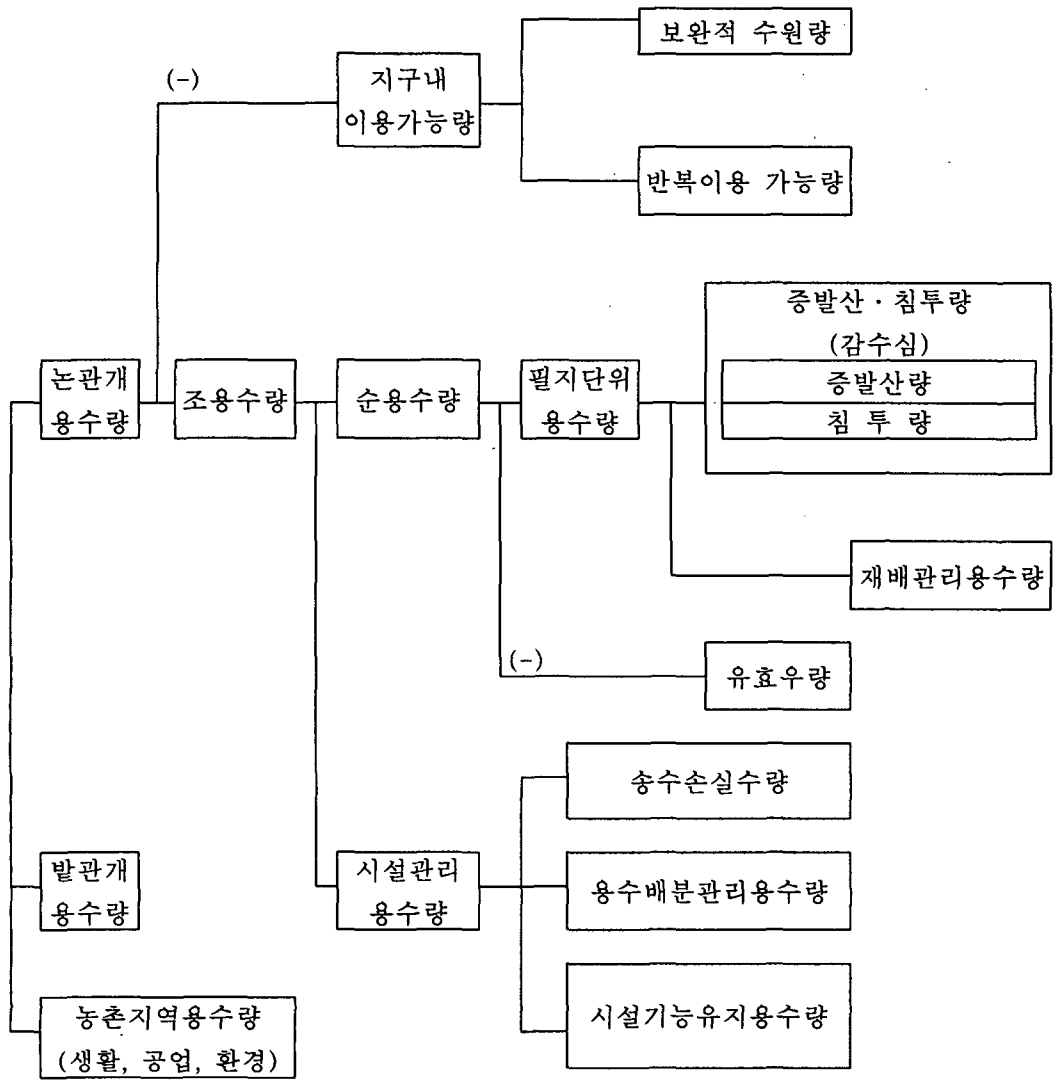
(3) 계획용수량의 산정순서

실측하거나 또는 유사한 사례로부터 구한 구성요소 [감수심, 재배관리용수량, 시설관리용수량]를 기초로 하여 관개구역의 필지단위용수량을 결정한 후, 수원이용의 순서와 지구조건을 감안하여 주요시설 계획의 기초가 되는 계획용수량을 산정하는 것을 원칙으로 한다. 또한 수원이용의 순위는 계획지구의 용수이용 효율성 및 경제성 확보를 배려하여 결정하는 것을 원칙으로 하지만, 수질이 변화되는 시기가 있는 경우 등 이용순위에 제한이 있을 수도 있으므로 지구조건을 종합적으로 검토하여 정한다.

(4) 계획용수량의 산정방법

논관개에 대한 용수량의 산정은 순용수량(필지단위용수량으로부터 유효우량을 뺀 수량)에 시설관리용수량을 더한 조용수량에서 지구내 이용가능량을 뺀 것으로 한다.

반복이용을 계획하는 지구에서는 내부에 반복이용이 안되는 용수계통의 블록별 순용수량을 산출해 놓고 이를 기초로 시설관리용수량, 지구내 이용가능량 등을 고려하여 계획용수량을 산정하는 것이 일반적이다. 용수이용이 가장



주) (-) : 부(負)가 되는 양의 구성요소

그림1.3.1 농촌용수량의 구성

왕성해지는 시기에 연속한발 등의 조건에서 발생하는 최대수요량을 계절 최대 용수량이라 한다. 취수 및 송·배수시설의 용량은 이 최대용수량을 기초로 하여 결정하는 것이 기본이다.

또한 논관개를 주로 하는 농업용수량에 대해서는 논관개용수량의 구성을 고려하여 다른 용도의 용수량을 합산함으로써 농촌지역용수의 계획용수량을 계산한다. 이때 밭관개용수량은 면적에 단위용수량을 곱하여 산출되는 순용수량

에 관리용수량을 더하여 계획용수량을 산출하는 것이 합리적이다.

(5) 필지단위용수량의 결정

필지단위용수량은 개개의 포장 또는 몇 개 필지로 구성된 소블록을 단위로 하여 용수이용의 수지(收支)를 맞출 수 있게 설정된 용수량을 말한다. 용수계획에서는 지구별 필지단위용수량의 유형을 작성하는 것이 원칙이다. 필지단위용수량은 지구를 대표하는 토양구분별로 개개의 포장 또는 몇 개 필지로 구성되는 소블록의 논을 대상으로 하여 생육기별로 검토하고, 계획지구의 대표적 유형을 설정하는 것을 기본으로 한다.

필지단위용수량의 주 요소는 증발산량 및 침투량으로 구성되고 조사 및 계획의 기초단위로서 취급된다.

(가) 구성

논에서의 감수심은 증발산량(엽면증산량, 수면증발량), 침투량(강하침투량, 논둑침투량)으로 구성되며 각각 별도로 측정하고 이들을 합하여 산정한다. 증발산량은 기상자료로부터 추정하고 침투량은 실측하는 것이 일반적인 방법이다.

포장에서의 재배관리용수량은 여러가지 재배기술상의 물관리에 필요한 수량으로서 논에서 담수심 유지, 심수 또는 천수 등 담수심 변화, 일정기간 비담수상태 유지, 간단한 담수, 또는 고온장해의 방지를 목적으로 내리홀립식 관개 등으로 생산량증대, 품질보전, 농작업효율향상 등을 목적으로 하는 물관리에 필요한 수량이다. 이러한 물관리에 의하여 강제적 낙수 또는 내리홀립식에 의한 표면유출의 형태로 포장밖으로 유출하는 수량이 생긴다.

(나) 초기 필지단위용수량

못자리용수는 계획지구의 육묘방식에 적합한 수량과 기간을 확보하는 것이 필요하다. 이앙기계의 보급 후에 종래의 육묘방식도 일부 이용하지만, 육묘방식이 포장 못자리에서 하우스관리로 변경됨에 따라, 용수의 이용방식도 변화되었다. 못자리용수량은 육묘방식에 따라 다르므로, 육묘관리에 필요한 용수량을 적정하게 확보하여야 한다.

이앙용수량은 씨레질기간 및 1일의 씨레질면적을 감안하여, 계획지구에서의 필요한 수량을 결정한다. 관개초기에 씨레질 또는 직파를 쉽게 하고, 누수를 방지할 목적으로 실시되는 씨레질작업은 짧은 기간에 많은 용수를 필요로 한다. 이 이앙용수량은 용수계획상 총량은 크지 않지만 일시에 많은 양이 필요하기 때문에 수원의 조건, 시설용량의 결정 등에 중요한 역할을 하는 수량이다.

건답직파재배는 본답에 직접파종하는 방법으로 논을 경운, 쇠토 또는 평탄

작업을 한 후 논 전면에 산파하고 트랙터나 경운기로 복토하는 평면파종방법과 파종시 강우가 많은 남부지역에서는 배수고랑을 설치하는 휴림파종방법이 있다. 썩레질이 없으므로 이앙용수는 필요없지만 이에 대신하는 초기담수가 필요하게 된다. 초기담수는 파종후 30일 정도 지나 본엽이 2~3엽이 되면 논에 전면 담수를 시작하여 3~4엽이 될 때까지 수차례 관개하게 된다. 3~4엽 이후부터는 썩레질재배와 같이 상시담수로 관리하게 된다. 초기담수량은 썩레질이 없기 때문에 경반층 아래 투수계수의 크기 및 지하수위의 높이에 좌우되며, 실측치 또는 유사지구에서의 조사치를 참고하고 토양조건과 지하수위조건을 감안하여 정한다.

담수직파재배는 담수표면직파, 담수토중직파 및 무논골뿌림재배로 나눌수 있다.

썩레질일수는 최대계획용수량을 결정할 때 중요한 사항이므로 지역의 영농형태를 기초로 해서, 벼의 작부체계 및 적정 경작시기와 썩레질작업기계의 능력을 감안하여 효율을 높일 수 있도록 결정한다.

(다) 본담기(本畝期) 필지단위용수량

본담기 필지단위용수량은 적정한 기별 감수심과 재배관리용수량의 합계치로서 정한다. 기별 감수심은 계획지구에서의 논 이용방식(벼단작, 답리작, 논발윤환), 재배시기(조기, 중기, 후기), 재배양식(썩레질, 직파), 토양구분에 의하여 각각 달라진다. 용수계획의 작성에 있어서는 토양구분별 재배시기, 재배양식 등에 따른 소비수량을 경작시기별로 시험포장 또는 유사지구에서 실측하는 것을 원칙으로 한다.

증발산량 산정방법으로는 증발산계수에 의한 방법, Radiation에 의한 방법, Blaney & Criddle 식, Penman 식, Hargreaves 식 등이 있다. 실무에서 어느 공식을 적용할 것이냐가 문제가 되며, 품종별, 지역별, 영농방법별, 생육시기별로 어떻게 정확한 작물계수(K_c)를 적용하느냐가 문제의 핵심이다. 이론적인 배경과 실용적인 면에서 FAO 수정 Penman 공식이 추천되고 있는데 이 공식은 일평균기온, 습도, 풍속, 일조시간 또는 일사량 등의 기상인자의 확보를 전제로 하며, 작물계수는 그 지역에 제시된 것들의 실험배경을 정확하게 이해한 후에 적용하여야 할 것이다.

$$ET = K_c \cdot ET_0 \dots\dots\dots(1.3.1)$$

$$ET_0 = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \dots\dots\dots(1.3.2)$$

여기서, ET : 작물 증발산량 (mm/day),
 ET_0 : 기준 작물증발산량 (mm/day)
 W : 기온에 관련된 가중치,
 R_n : 순 일사량 (mm/day)
 $f(u)$: 풍속에 관한 함수,
 e_a : 평균기온에서의 포화증기압
 e_d : 대기에서의 실제 평균증기압,
 K_c : 작물계수

C : 주야의 기상조건에 따른 효과를 보정하는 계수

포장에서의 침투상황은 ① 토지생산력 증대에 의한 비의 수량증대 및 품질 향상, ② 토지이용의 고도화, ③ 기계화에 의한 노동작업의 능률향상, ④ 물관리의 합리화 등을 꾀하는 점에서 중요한 역할을 하므로 지구상황에 적합한 침투량을 확보할 수 있도록 검토할 필요가 있다. 침투량은 재배양식 및 물관리 방식에 의해 크게 변화하는 포장의 수리조건 및 토양조건에 따라 달라지므로 이들 조건의 변동을 감안하여 기별로 산출한다. 침투량 중에서 이들 조건에 의해 크게 변화하는 것은 주로 강하침투량이다. 강하침투량은 관개기의 토양조건(투수성)과 수리조건(토양중의 동수경사)에 좌우된다. 따라서 이 두 조건과 그 변화상황을 정확하게 파악하도록 한다.

증발산량은 토양구분과 재배양식에 따라 차이가 별로 나지 않으므로, 지구의 최대소비수량은 침투량이 최대가 되는 시기를 취하면 좋다. 또 용·배수분리를 전제로 하는 단위블록의 용수계획에서의 침투량은 관개기에서의 토양조건(투수성)과 수리조건 양자의 상호관계에 의하여 결정된다. 일반적으로 최대감수심은 중간낙수 후에 나타나는 경우가 많다. 논이용방식(벼단작, 답리작 또는 논발윤환 등), 재배양식(씨레질재배, 건답직파재배), 씨레질방식(인력씨레질, 기계씨레질), 물관리방식(중간낙수후와 방제작업용수)등에 대한 변화가 있을 것으로 예상하여 최대단위용수량의 산정 방법에 대한 재검토가 필요하다.

(6) 시설관리용수량

시설관리용수량은 ① 송수배분시스템 안에서 손실되거나 이용되는 송수손실수량, ② 분수(分水)와 배분을 확실하고 용이하게 하는 용수배분관리용수량(用水配分管理用水量), ③ 수로의 기능을 유지·보전하기 위한 시설기능유지용수량으로 구성된다.

(7) 유효우량

관개기간 중 경지내에 내린 강우량 중 용수로서 유효하게 이용되는 수량이

다. 물꼬높이(보통 60~80mm)에 따라 당일의 강우량과 필지단위용수량을 고려하여 일별로 포장의 담수심을 추적하여 구하는데 일별로 계산하는 것이 바람직하다.

(8) 지구내이용가능량

보완적 수원은 수혜지구내의 일부지역에서 이용되는 소규모 수원이 대부분이다.

논에 유입한 관개용수는 증발산량과 심층부로의 침투량을 제외한 나머지 상당부분이 근처 또는 하류부에 유출되므로, 지구면적이 큰 경우에는 동일지의 계획속에 이 물을 다시 용수로 이용할 수 있는 가능성이 있다. 반복이용가능량 Q 는 각 블록마다 필지단위용수량 D 로부터 증발산량 E 를 뺀 값에 환원율(還元率) r 와 논면적 A 를 곱하여 산출되는 양이다.

$$Q = \sum(D - E) \cdot r \cdot A \dots\dots\dots(1.3.3)$$

4 수원계획(水源計劃)

3.4.1 기본적 계획방법

수원계획은 수혜지구에서 기설 수원(既設 水源)의 이용수량, 수질 및 수온에 대하여 명확히 한 후, 계획용수량을 충족할 수 있는 수원을 확보할 수 있도록 작성한다. 새로운 수원을 확보해야 하는 경우에는 기술적 가능성과 함께 사회적·경제적·환경적 타당성을 충분히 검토하여 용수를 안정적으로 공급할 수 있는 수원이 되도록 하여야 한다.

3.4.2 수원계획의 순서

수원계획은 계획기준년에 필요하다고 추정되는 용수량이 충족될 수 있도록 개발가능성 및 타당성을 감안하여 수원의존량(水源依存量), 수원시설의 용량, 형태, 배치, 위치선정 등을 정하는 것이다.

3.4.3 이용가능수량

이용가능수량은 수원시설이 설치되기 전인 현재의 하천유황, 수리권 등을 감안하여 필요한 시기에 이용이 가능한 수량이다.

3.4.4 설계빈도

관개시설의 설계기준이 되는 수문량을 구하기 위해서는 빈도해석을 실시하며, 원칙적으로 10년 빈도를 기준으로 한다. 이때, 장기간의 기상 수문기록을 기초로하여 정하는 것이 바람직하다.

가. 농업용저수지의 설계빈도

농업저수지의 설계빈도는 원칙적으로 10년 빈도를 기준으로 한다.

나. 농촌용저수지의 설계빈도

농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 환경용수, 수산용수 등을 농촌용수라 한다. 이를 공급하는 농촌용저수지의 설계빈도는 용수부족으로 야기되는 경제적·사회적·환경적 문제의 심각성에 따라 서로 다른 설계빈도를 적절하게 적용하여 필요저수용량을 결정해야 한다.

다. 설계빈도 수문량의 결정방법

설계빈도를 결정해야 하는 대표적인 수문량에는 저수지의 필요저수용량과 하천의 취수가능력 등이 있다. 이 수문량들을 결정하는 방법에는 계획기준년 방법과 전체년에 걸친 확률처리 방법이 있으며 후자의 방법이 주로 사용된다.

(1) 기본계획

수원계획은 기상변화, 농업용수수요 등의 변동요인을 고려한 계획용수량과 함께 지구내 이용가능용수나 반복이용용수 및 수리시설의 유지관리조직·체제 등도 감안하여 농업용수의 효율적 이용이 되도록 한다.

(2) 수원계획의 순서

시기별로 필요한 필지단위용수량, 시설관리용수량 등을 확보할 수 있도록, 지구내 이용가능량, 유효유량 및 현황이용가능량을 용수공급량으로 취급하고 물수지 계산을 실시하여 부족한 양을 산정한다.

(3) 이용가능수량(利用可能水量)

수원시설의 취수지점에서 취수할 수 있거나 또는 저수지점에서 저류할 수 있는 양으로, 필요한 시기에 이용가능한 수량이다. 따라서 사업계획에서 수원 개발량을 계산하려면 먼저 현재 이용가능한 수량을 확정하여야 한다.

(4) 설계빈도

관개배수계획에서는 필수적으로 설계빈도에 해당되는 수문량을 구해야 한다.

(가) 농업용저수지의 설계빈도

저수지설계에서는 10년 빈도 필요저수용량을 채택하고 있다. 농업용저수지의 필요저수용량 설계빈도는 작물의 용수량, 증발량, 한발일수, 강우량, 저수지 유입수량 등의 여러가지 복합사상에 의해 결정되므로 확실적인 확률논리에 의해 결정할 수는 없다.

(나) 농촌용저수지의 설계빈도

농촌용저수지의 필요저수용량 설계빈도는 작물의 용수량, 증발량, 생활용수, 공업용수, 환경용수, 수산용수에 대하여, 한발일수, 강우량, 저수지 유입수량 등의 여러가지 복합사상에 의해 결정되므로 확실적인 확률논리에 의해 결정할 수는 없다. 설계빈도가 높으면 물공급부족으로 인한 피해는 적지만 수자원시설 투자가 커지기 때문이다.

(다) 설계빈도 수문량 결정방법

계획기준년 방법은 유효우량, 연속한발일수, 증발량 또는 하천유량 등의 수문량 가운데 하나를 선택하여 전체년의 수문자료를 확률처리하여 10년 빈도에 해당되는 특정년을 계획기준년으로 결정하고, 그 해의 저수지 필요저수용량 또는 하천 취수가능량을 설계수문량으로 결정한다.

전체년에 걸친 확률처리방법에는 매년의 수문량(필요저수용량, 하천 취수가능량 등)을 계산하고 확률처리하여 10년 빈도를 설계수문량을 결정하는 방법과 매일의 필요저수량 또는 하천갈수량의 변화를 모의발생하여 고갈되는 횟수를 빈도해석하여 10년 빈도의 설계수문량을 결정하는 방법이 있다. 확률처리 방법에는 대수확률지에 의한 근사해법, Iwai(岩井)법, Gumbel-Chow법 등이 있으며 실무적으로 가장 많이 적용된다. 고갈빈도 방법은 규모가 큰 관개저수지에서 홍수조절을 하거나 타용도(농촌지역의 생활, 공업용수 등)로 용수를 공급하거나 유역배출(유역면적/관개면적)이 적어 다음 해 만수가 되지 않은 상태로 영농기를 맞는 경우에 적합한 방법이다. 고갈빈도에는 고갈발생년수, 제한급수일수, 공급부족수량 중 어디에 평가의 기준을 두느냐에 따라 적합한 방법을 선택한다.

3.5 시설계획

3.5.1 기본방침

시설계획에서는 용수계획 및 수원계획을 기초로 수리(水利)시스템을 구성하는 저수시설, 취수시설, 송배수시설(送配水施設), 조절(조정)시설 및 관리제어시설 등에 대한 위치, 형식, 주요 제원 및 개략사업비(概略事業費)를 정한다.

가. 시설계획의 원칙

수리(水利)시스템은 용수시설시스템 및 관리제어시스템으로 구성되는 종합적 물이용을 위한 체계이다.

나. 시설의 종류

시설의 종류에는 저수시설, 취수시설, 송·배수시설, 조절시설, 관리제어시설 등이 있다.

3.5.2 시설용량의 결정

시설의 용량, 규모 등의 제원(諸元)은 시설의 안정성 및 기능성의 확보 여부와 경제성 등을 감안한 후 계획용수량을 기초로 하여 결정한다.

3.5.3 저수시설

저수시설은 용수계획에서 산정한 계획용수량과 수원계획에서 산정한 수원 의존량을 충족시켜주는 기능을 갖는 안전하고 경제적인 구조물이 되도록 그 위치, 형식, 주요 제원 등의 요소에 의해 계획한 시설이다.

가. 위치선정

저수지의 위치는 ① 필요한 저수용량과 저수량의 확보가 가능한 곳, ② 누수의 염려가 없고 구조상의 안정을 얻을 수 있는 곳, ③ 단위저수량당 건설비가 적은 곳, ④ 유지관리가 유리한 곳 등을 고려하여 선정한다.

나. 물수지분석의 기본구조

저수지의 저류량의 거동을 나타내는 기본 저류방정식으로부터 필요저수용량을 결정한다. 물수지분석에 적용하는 시간간격은 저수시설과 조절시설의 저수용량의 크기와 기능에 따라 년, 월, 일, 시간별로 정한다.

물수지분석에 필요한 인자는 유입량, 취수량, 수면증발량, 침투량 등이 있다.

1) 저수지유입량의 계산

대상지점에서 장기간 관측한 강우-유량자료를 분석하여 저수지 유입량을 계산하는 것을 원칙으로 한다.

2) 농촌용수의 수요량계산

농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 축산용수, 환경용수 및 소수력발전용수, 관광용수 등의 수요량을 계산해야 한다.

다. 저수지 필요저수용량 결정 방법

저수지 필요저수용량은 10년 빈도 한발년을 기준으로 결정하며 그 산정방법은 타당성조사단계에서 개략적으로 분석하는 누가곡선(mass curve)방법과 실시설계와 저수지 관리에 적합한 거동분석(behavior analysis) 또는 모의발생(simulation analysis)방법이 있다.

1) 누가곡선방법

저수지의 필요저수용량을 도해로 구하는 방법으로 Ripple(1882)이 제시하여 타당성단계에서 개략적으로 분석하는데 널리 이용되고 있다.

2) 거동분석(모의발생) 방법

저류방정식의 시간단위를 일단위(日單位)로 취하여 저수지의 저류량 거동을 분석하여 매년의 필요저수용량을 빈도분석하는 방법과 일별로 연속적으로 시행착오법에 의한 고갈빈도로부터 필요저수용량을 구하는 방법이 있다

라. 설계홍수량

콘크리트댐 물넘이 설계홍수량은 200년 빈도를, 필댐의 경우 안정성을 고려하여 콘크리트댐의 설계홍수량에 20% 가산한 값을 적용함을 원칙으로 한다. 임시배수로 단면결정에는 10년 빈도 설계홍수량 적용을 원칙으로 한다. 산정방법으로는 합리식, 단위도법, 관측 최대홍수량 적용방법, 기존홍수관측자료의 확률처리 방법 등이 있으며 산정된 값 가운데서 가장 큰 값을 선택한다.

마. 홍수조절능력의 검토

홍수조절능력의 검토는 홍수도달시간이 길고 만수면적이 유역면적의 1/30보다 큰 경우에 실시하는 것이 원칙이며 이 경우에도 물넘이의 규모를 과도하게 축소해서는 안된다.

바. 댐의 여유고

댐의 여유고는 주로 파고에 대한 안전과 수문조작, 방류시설의 기능사고 등에 대비한 여분의 여유도 고려하여 결정한다.

3.5.4 취수시설

취입보, 양수장, 지하수 이용시설(우물, 집수암거 등) 등 취수시설은 계획용수량인 10년 빈도 갈수량을 취수할 수 있는 기능을 가지며 안정성과 경제성을 갖는 구조물이 되게 한다.

가. 취입보

취입보시설은 설계취수량이 취수가능량(갈수량)을 상회하지 않도록 계획하고 홍수시에 위험한 사태가 발생하지 않는 구조로 한다.

나. 양수장(揚水場)

양수장 계획은 취입보시설과 동일하게 설계취수량이 하천갈수량을 상회하지 않도록 하며, 운전시간의 제한과 그에 따른 도수시설의 확대, 동력비 및 경상비 등을 고려하여 반드시 타 수원공과의 경제성을 비교, 검토하여 결정해야 한다.

다. 지하수 이용시설

지하수 이용시설에는 우물(管井), 집수지, 집수명거, 집수암거 등이 있으며, 시설계획은 투수시험을 하고 적절한 채수방식과 규모를 검토하여 수립한다.

3.5.5 송배수시설

취수시설로부터 논 포장에 이르기까지 용수의 송수 또는 配水를 주목적으로 하는 용수로 및 이에 부수하는 분수공(分水工) 등을 송배수시설이라 한다.

송배수(送配水)시설은 조정시설, 관리제어시설 등을 포함한 송수배분시스템 전체로서의 경제성 및 유지관리면을 고려한 유기적 연관을 형성할 수 있게 통수 또는 분수를 위한 구조물의 배치, 수로 등의 노선, 시설의 형식, 용량 등의 요소에 의해 계획된다.

3.5.6 조절시설(調節施設)

조절시설은 도수로 또는 용수로의 길이가 길어 말단부 경지에 필요한 수량을 필요한 시기에 공급하기 어렵거나, 첨두용수량이 커져서 용수로단면이 커질 경우, 중간에 조절지를 설치하여 효율적 물관리와 경제성을 확보하기 위한 것이며, 구조물의 위치, 형식, 용량 등은 수원과 포장에서의 물수지분석에 의한 모의발생으로 결정한다.

(1) 기본방침

시설계획의 작성에 있어서는 각각의 시설에 대하여 안정성, 기능성 및 경제성과 함께 그 주변의 자연환경 및 생활환경을 고려하고, 수리시스템으로서의 전체적인 조화를 도모하도록 한다.

(가) 시설계획 원칙

용수시설시스템은 용수의 저류, 취수, 배분, 조정 등의 기능을 하는 시설인 댐, 취입보, 용수로, 분수공, 조절지 등의 유기적 연관관계에 의해 구성된다.

시설계획은 용수계획 및 수원계획을 기초로 하여, 기본구상에서 개략결정된 주요시설의 제원을 정밀조사 결과에 의해 명확히 하고, 수리(水利)시스템으로서의 전체 조화를 감안하여 결정한다.

(나) 시설의 종류

저수시설은 이수(利水)를 위한 저수기능을 갖는 시설로서 저수지, 대규모 조절지, 유지(溜地), 담수호, 지하댐 등이 있다.

취수시설은 이수(利水)를 위한 취수기능을 갖는 시설로 취입보시설 (자연취입을 포함), 양수장, 지하수공 등이 있다.

송·배수시설은 용수의 송·배수를 위한 수로조직을 구성하는 시설로 용수

로(개수로, 사이펀, 수로교, 암거, 수로터널, 관수로 등), 분수공, 물넘이, 방수공(放水工), 낙차공, 급류공 등이 있다.

조절시설은 용수계에 있어서의 수량의 변동을 조절하기 위한 시설로 1일~수일의 장기적 조절기능을 갖는 조절지(調節池)와 단시간의 조정기능을 갖는 조정지(調整池) 등이 있다.

관리제어시설은 용수나 시설의 관리·제어를 위한 시설로 기상관측시설, 양수(量水)시설, 제어시설, 통신시설, 보호, 보안시설 등이 있다.

(2) 시설용량의 결정

저수시설 및 조절시설에서는 계획지역의 용수수요량과 수원이용에 의한 공급량과의 물수지를 일정한 시간단위로 분석하여 이용가능한 유효저수용량과 퇴사용량·사수용량 등 이용불가능한 용량을 산정한다.

취수 및 송·배수시설에 대하여는 최대용수량이 발생하는 시기에 연속한발이 일어날 가능성을 감안하여, 일반적으로 무강우의 상태에서 발생하는 용수의 일최대량(최대용수수요량)이 통과할 수 있는 용량에 여유 및 안전을 고려한 용량으로 계획한다.

(3) 저수시설

(가) 위치선정

저수지의 위치는 예정지조사 단계에서 개략적인 상황을 검토하여 선정하며 후보지로 적합하다고 판단될 때에는 필요한 조사를 한다.

(나) 물수지분석의 기본구조

저수지 저류량의 거동을 나타내는 기본 저류방정식은 식(3.4)이다. 분석단위시간 t 는 일단위(日單位)를 취하는 것이 바람직하다.

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t - \Delta E_t - L_t, \quad 0 < Z_{t+1} < C \quad \dots\dots\dots(1.3.4)$$

여기서, Z_{t+1} : 다음의 저류량, Z_t : 어느 날의 저류량, Q_t : 유입량,
 D_t : 방류량, ΔE_t : 호면 증발량,
 L_t : 기타 손실량, C : 유효저수용량

물수지분석의 시간단위는 저수용량의 크기와 기능에 따라 정하며, 일반적으로 연단위(carryover-year control), 월단위(within-year control) 주기인 저수용량이 큰 저수지의 물수지분석은 월 평균유출량으로 계산하는 것이 일반적이다. 그러나, 유역면적과 저수용량이 비교적 작은 관개용저수지, 갈수기에 각종 용수의 경쟁적 수요가 있는 다목적 농촌용저수지, 시설에 의한 발작물관

개용 조정지에는 일별(daily control) 또는 시간별(hourly control)로 물수지를 분석하는 것이 바람직하다.

① 저수지유입량(貯水池流入量)의 계산

측정된 강우량과 유출량으로부터 강우-유출모형(降雨流出模型)을 설정하여 장기강우자료로부터 장기유출량을 추정한다. 우리 나라에서 개발되었거나 적용된 강우-유출모형에는 DAWAST 모형, USDAHL-74 모형, TANK 모형 등이 있다.

그러나, 측정자료가 전혀 없을 때는 인근지역의 측정자료를 이용하거나, 유역특성인자로부터 모형매개변수를 추정하여 일유출량을 모의발생할 수 있는 DAWAST 모형이나 TANK 모형을 적용할 수 있으며, 월유출량의 경우에는 Kajiyama(梶山, 1929)의 수수량 공식을 이용할 수 있다.

② 농촌용수의 수요량계산

농촌용수는 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 축산용수, 환경용수 및 소수력발전용수, 관광용수 등을 총괄하므로 다음과 같이 수요량을 계산한다.

㉠ 생활용수

농촌지역의 생활용수는 농업용저수지와 지하수에서 공급하며 예상인구, 보급률, 1인당 급수량에 따라 원단위 m^3 /일/인을 적용하여 계획한다.

㉡ 농업용수

농업용수는 논관개용수와 밭관개용수를 합한 것을 3.3 용수계획에 따라 계산한다.

㉢ 축산용수

축산용수는 가축이 생리적으로 필요한 물, 사육관리작업과 환경개선을 위한 물, 초지 및 사료작물의 관개용수 등을 포함한다. 축산용수의 원단위용수량은 한·육우, 건유우 50~60 l /두/일, 젖소(착유우) 120~150 l /두/일, 돼지 20~30 l /두/일, 닭 0.3~1 l /수/일 등을 기준한다.

초지소요면적은 한우의 경우, 부업 15두/ha, 전업 6두/ha를, 젖소의 경우, 소규모 20두/ha, 부업 10두/ha, 전업 4/ha를 참고하며, 초지(草地)관개용수는 알팔파 기준으로 연간 300mm 정도이다.

㉣ 공업용수

농촌지역의 공업용수는 일반적으로 원단위법(原單位法)을 적용하여 m^3 /일로 나타내는데, 여기에는 종업원 원단위, 출하액 원단위, 부지면적 원단위 등이 있고, 우리 나라에서는 대부분 부지면적 원단위를 적용한다.

㉤ 환경용수

농촌용수 중 환경용수는 농촌지역의 하천생태계보전을 위한 최소한의 하천 기능유지는 물론 환경개선의미를 포함하고 있어 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 용수를 뜻한다. 농촌지역의 하천유지용수는 하천생태계보전, 하천경관유지, 하천수질보전, 지하수위유지 등 하천의 정상적인 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 하천유량을 말한다. 환경용수는 유역의 평균갈수량과 집단마을 하수처리를 위한 희석수 중 큰 값으로 한다.

관개용저수지를 이용한 소수력발전은 관개저수용량과의 용수사용 경쟁, 사용기간 및 낙차 등 많은 제약이 있다. 특히, 하천유황은 연도별, 시기별로 변화가 크고, 관개기에만 용수를 공급하게 되며, 벼 생육시기별로 소비수량에 차이가 있으므로 발전 최대사용수량을 일반적으로 유황곡선의 25%로 취해야 하는 제약이 따른다. 그러나, 도시화에 따라 관개면적이 격감한 관개저수지의 경우, 하천경관을 개선하고 시민정서함양을 위한 친수공간 확보차원에서 소수력발전과 연계하여 환경용수를 공급할 수 있다.

③ 저수지의 증발산량 계산

저수지 수면으로부터의 증발손실량은 인근 측후소의 증발계 증발량에 환산 계수(보통 0.7)를 곱하여 추정한다.

$$Q = C A E \dots\dots\dots(1.3.5)$$

여기서, Q : 증발손실량 (m^3),

A : 수면적(m^2),

E : 관개기간 중 증발계 증발량 (m)

C : 일사, 바람, 기압, 습도 등의 기상요인에 의한 계수로서
0.68~0.72

④ 침전량 계산

저수지는 유역에서의 유사현상으로 어느 정도의 침전량이 있게 마련이며 이에 따라 저수용량이 감소하게 되므로, 저수지의 설계수명 동안의 침전량을 고려하여 저수용량을 결정한다. 퇴사량은 실측하는 것이 원칙이나 자료가 없을 때에는 저수지용적의 3~5%로 계상하고 저수지 사수역내에서 퇴사량용적을 확보하도록 계획한다.

(다) 저수지 필요저수용량 결정 방법

저수지 필요저수용량 결정에는 예비설계에 적합한 누가곡선방법과 실시설계에 적합한 거동분석 또는 모의발생방법이 가장 널리 사용되고 있다. 세계

적으로는 1980년대에 들어서 추계학적으로 모의발생한 합성수문자료로 저류-급수계획에 의하여 필요저수용량을 결정하는 추세이다. 농지개량사업 설계기준(댐편)에 의하면 농업용수 공급을 위한 유효저수량은 “10년에 한번 정도의 가뭄을 기준으로 취수지점 누가부족수량의 피크용량을 구하고, 여기에 각종 손실량을 더하여 구한다”고 되어있다. 따라서, 저수지 필요저수용량은 관개기간 중의 필요수량과 이용가능수량의 차인누계를 산정하여 부족수량(필요저수량)을 저수하는 것이 원칙이다. 농촌용저수지의 필요저수용량을 결정하는 데는 IRRIMA 모형과 DIROM 모형 등을 활용할 수 있다.(편람, 제1편 3.4.3 참조)

① 누가곡선방법

매월의 유입량을 누가하여 유입량 누가곡선(Mass curve)과 매월의 취수량을 누가하여 취수량 누가곡선을 그린다.(편람, 그림 1.3.20 참조) 매월 취수량이 일정한 경우에는 직선, 매월 취수량이 변하는 경우에는 곡선이 된다. 취수량이 일정한 경우에는 취수량곡선과 평행한 직선을 그었을 때 유입량 누가곡선과 형성되는 최대종거(縱距)가 필요저수용량이 된다. 이러한 유입, 취수 누가곡선에 대한 작업을 전체 분석기간 또는 10년 빈도에 해당되는 계획기준후보년에 대하여 실시하여 적합한 빈도의 필요저수용량을 구하게 된다. 이때 교차점이 없는 경우에는 그 기간동안의 공급량이 수요량보다 작은 것이므로 이하천에서는 계획취수량을 공급할 수 없는 것을 뜻한다.

② 거동분석(모의발생) 방법

거동분석방법에는 장기간의 자료를 분석하여 매년의 필요저수용량을 산정하고, 이 값들로 적합한 분포의 10년 빈도 필요저수용량을 계산하는 방법과 장기간의 자료를 일단위로 연속적으로 분석하여 저수량이 고갈되는 횟수로 10년 빈도 필요저수용량을 계산하는 방법이 있다.

㉠ 매년의 필요저수용량으로 10년 빈도 필요저수용량을 계산하는 방법

보통 20~40년간의 자료를 거동분석방법으로 분석하여 매년의 필요저수용량을 산정하고, 이 값들을 대수확률지법, Iwai법, Gumbel-Chow법, 정규분포법 등 가운데 가장 적합한 분포의 빈도분석방법을 선정하여 10년 빈도 필요저수용량을 구하는 방법으로 실무에서 가장 많이 이용되고 있다.

㉡ 저수량 고갈횟수로 10년 빈도 필요저수용량을 계산하는 방법

가정한 필요저수용량에 대하여 장기간 기상수문자료로부터 경년적으로(carry-over) 연속하여 포장으로의 취수량과 유역으로 부터의 유입량으로 저수량변화를 모의발생하여 가정된 필요저수용량이 분석기간내에 얼마나 부족한가를 해당설계빈도

의 고갈률로 나타내는 시행착오법으로 구하는 방법이다. 즉, 식 (1.3.4)에서 가정한 저수용량 C 에 대하여 물수지분석을 하였을 때 전기간에 걸쳐 저류량 고갈횟수가 설계빈도에 맞을 때 까지 반복 가정하는 방법이다. (편람, 그림 1.3.22 참조)

(라) 설계홍수량

설계홍수량은 댐표고의 결정, 댐의 안전성 검토, 저수지 홍수조절능력의 검토, 홍수추적 등에 필수적인 자료가 된다. 설계홍수량 결정에는 다음의 4가지 방법이 있으며 유역규모에 따라 5km^2 이하는 표면류유량도 또는 합리식, 250km^2 이하는 SCS 단위도법 또는 홍수빈도방법, $5,000\text{km}^2$ 이하는 Snyder 단위도법 또는 홍수빈도 방법, $5,000\text{km}^2$ 이상은 홍수추적, 홍수빈도 등 적합한 홍수량 추정방법을 채택한다. 일반적으로 설계홍수량 추정은 대상유역의 하천망을 구성하여 소유역별로 산정된 홍수수문곡선을 합류지점에서 합성해나가는 방법을 사용한다.

① 합리식에 의한 방법

합리식(Rational method)은 간단하기 때문에 도시배수로, 경지정리 배수로 단면, 소류지 물넘이, 비행장 배수로, 도로 횡단암거 등의 단면결정을 위하여 홍수도달시간이 짧은 단기간 호우시 피크홍수량을 추정하는데 가장 널리 적용되고 있다. 입력자료는 유역면적, 도달시간을 지속시간으로 하는 설계빈도의 강우강도, 유출계수이며, 도달시간은 토지이용상태, 유역경사, 하천길이에 의하여 결정된다.

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot C \cdot i \cdot A \dots\dots\dots(1.3.6)$$

여기서, Q : Peak 유량(m^3/s),

A : 유역면적(km^2)

C : 유역특성에 따른 유출계수,

I : 홍수도달시간의 평균강우강도(mm/h)

② 단위도에 의한 방법

이 방법은 기본적으로 강우와 유출관계를 선형시스템으로 가정하여 적당한 시간간격의 유효우량과 직접유출량과의 관계를 유량단위도에 의하여 나타내는 홍수유출해석 방법으로, 댐유역의 유출특성을 파악할 수 있는 특징이 있다.

유역규모가 250km^2 이하로 단위유량도의 기저장이 침투유량도달 시간의 5배 정도인 중소(中小)유역에서는 SCS 무차원단위도법을, 유역규모가 $250 \sim 5,000\text{km}^2$ 인 중대(中大)유역인 경우에는 Bernard의 유량배분도법 또는 Snyder

의 종합배분도법을 적용하는게 좋다.

③ 기왕의 홍수관측자료에 의한 방법

기왕의 홍수관측자료가 있을 때는 그 중의 최대치를 취하는 방법인데 우리나라에서 이 만큼 장기간의 자료가 거의 없다. 자료가 있더라도 그 최대치를 그대로 설계홍수량으로 취할 것이 아니라 공식 또는 확률방법에 의한 계산결과와 비교에서 그중의 큰 값을 설계홍수량으로 취하는 것이 원칙이다.

④ 확률처리에 의한 방법

기왕의 장기간 홍수자료를 확률처리해서 설계홍수량으로 취하는 방법이다. 확률처리의 대표적 방법으로는 대수확률지법, Gumbel-Chow법, Iwai법 등을 들 수 있다.

(마) 홍수조절능력의 검토

유역면적이 5km² 이하이고, 홍수도달시간이 1시간 미만의 농업용 필댐 물넘이의 계획설계에서는 저수지의 홍수조절 능력을 고려하지 않는 것으로 한다.

① 홍수추적 이론

저수지의 홍수조절능력을 검토하는 방법은 (물넘이에서의 유출량) = (유입홍수량) - (저류량) 이라는 관계에서 출발한다. 유입수문곡선에 대한 유출수문곡선을 계산하는 일을 추적(routing)이라 하며, 주로 홍수량의 상류유역 유입으로 인한 하류유역의 영향을 조사하기 때문에 홍수추적으로 통용되고 있다.

홍수추적은 저수지추적과 하도추적 및 유역추적으로 구분된다. 추적방법에는 수리학적추적과 수문학적추적으로 구분된다. 수리학적 추적은 개수로의 부정류(unsteady flow) 흐름을 나타내는 편미분방정식을 수학적으로 해석해야 하며, 수문학적 추적은 연속방정식에 기본을 두어 풀이된 저류방정식(storage equation)을 이용하는 근사적 방법이다. 여기에서는 수문학적 방법에 의한 저수지 홍수추적에 대하여 설명한다.

② 저류해석

저류작용의 기본은 다음 식의 저류방정식(storage equation)으로 나타낸다.

$$\bar{I} - \bar{O} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \dots\dots\dots(1.3.7)$$

시간 Δt의 시작 시각과 끝나는 시각을 정리하면 다음 식과 같이 된다.

$$\left(\frac{I_1+I_2}{2}\right) (t_2-t_1) - \left(\frac{O_1+O_2}{2}\right) (t_2-t_1) = S_2 - S_1\dots\dots\dots(1.3.8)$$

I_1 : 시간 t_1 에서의 상류단 유입량(m^3/s),
 I_2 : 시간 t_2 에서의 상류단 유입량(m^3/s),
 O_1 : 시간 t_1 에서의 하류단 유출량(m^3/s),
 O_2 : 시간 t_2 에서의 하류단 유출량(m^3/s),
 S_2 : 시간 t_2 에서의 하도구간 저류량(m^3),
 S_1 : 시간 t_1 에서의 하도구간 저류량(m^3)

여기서, I_1, I_2, O_1, S_1 등은 기지의 값이지만, O_2 와 S_2 는 미지수이므로 O_2 와 S_2 를 결정하기 위해서는 제2의 관계식, 즉 저류량과 유출량의 관계식을 이용하게 된다.

추적기간인 Δt 시간 동안은 수문곡선의 변화는 직선으로 가정하였기 때문에 Δt 의 선정은 대단히 중요하며 가능한 한 짧은 추적기간을 갖는 것이 바람직하다.

③ 저류량과 유출량의 관계

저류방정식에 의해 홍수를 추적하고자 할 경우에는 식 (1.3.7)에서 미지수에 해당하는 저류량(S)과 유출량(O)과의 관계를 알아야 하며, 따라서 여러 수위에 따른 저수지의 저류량을 결정해야 한다. 저수위에 따른 저류량은 저수지의 지형도에 등고선 내의 면적을 구하고, 여기에 등고선의 평균높이를 곱하여 용적을 구하게 되며, 이것을 연속적으로 실시하여 저수위—내용적곡선 관계를 산정할 수 있다.

④ 저수지의 홍수조절능력 계산방법

저수지의 홍수추적에는 시행오차법(trial error method)·간략계산법·모노베(物部) 도해법·계수법(係數法)·Gould 함수법·Ekdahl 및 Goodrich의 수치계산법 등이 있다. 최근 이러한 기본개념과 도해법을 응용한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 저수지의 홍수조절능력을 검토하는 것이 일반적이다. 수정펄스법과 Cheng 도해법 등이 이용된다. (편람, 제1편 3.4.3 참조)

(4) 취수시설

취수시설은 수원에서 확보된 용수를 송수시설로 취입하는 구조물이다. 계획된 최대통수량을 취수할 수 있고 그것을 가능케 하는 수두(水頭)를 확보할 수 있어야 한다.

취수시설은 일반적으로 ① 수혜지(受惠地)의 근방에 위치할 것, ② 계획상 필요한 취수량을 확보할 수 있을 것 등의 기본요건을 충족시켜야 한다.

(가) 취입보

설계취수량은 최대계획취수량을 말하며 취입보 높이 및 취수위 등의 설계에

기본이 된다. 갈수기준년의 산정에 있어 기왕의 관측자료가 부족하거나, 조사 측정하는 해가 갈수년이 아닌 경우는 실측치에 의한 갈수량(위)산정은 곤란하다. 이 때는 유사하천의 갈수량과 비유량으로부터 갈수량을 구한다. 그러나 하천갈수량은 유역면적의 대소, 지형, 식생, 하상계수 등에 따라 달라지므로 비유량을 따를 때는 주의를 요한다.

설계기준 또는 치수 및 하천기본정비계획에 하천의 계획홍수량이 결정되어 있을 때는 그 홍수량을, 결정되어 있지 않을 때는 관측된 장기간의 홍수량 관측자료가 있을 경우 1/50 정도의 확률홍수량을 설계홍수량으로 한다. 관측된 홍수량자료가 없으면 1/50 정도의 확률우량으로 합리식 또는 단위도법으로 설계홍수량을 추정하게 된다. 설계홍수량에 대응하는 하천수위를 설계홍수량으로 취한다.

(나) 양수장(揚水場)

① 설계상의 고려사항

㉠ 양수기 가동시간은 보통 16~20시간 특수한 경우 22시간 정도이므로 수로 또는 도수시설의 규모는 자연도수에 비해 30~50% 증대되며, 공사비가 커진다.

㉡ 펌프와 원동기 운전상 매년 동력비, 경상비 및 기계의 감가상각비가 소요되고, 유지관리비가 커진다. 따라서, 양수장 계획은 다른 방법(예, 저수지 승상, 취입보 등)과 비교, 검토하여 유리한 안을 택하는 것이 필수적이다.

㉢ 전체 지구를 양수대상으로 할 것인지 고위부만을 양수할 것인지를 검토해야 한다.

㉣ 동력원에 대해 검토해야 한다. 지역의 지리적조건과 지형조건에 따라 전동기, 내연기관 등의 형식과 시설규모 및 유지관리비를 비교, 검토해야 한다.

② 양수장의 위치 선정상 유의사항

양수장의 수원으로 하천이 많으며, 하천을 수원으로 할 때에는 ㉠ 수심이 변동이 없는 곳, ㉡ 하상이 고정되어 있는 곳, ㉢ 관개기간중 갈수기에도 소요수량을 얻을 수 있는 곳, ㉣ 관개지역에 가급적 가까운 곳, ㉤ 양정이 가급적 낮은 곳, ㉥ 원동기로서 모터 사용이 가능하도록 송전시설비가 경제적인 장소, ㉦ 양수시 토사가 유입하여 매몰될 우려가 없는 곳, ㉧ 양호한 지반에 설치되도록 선정하여 가능한 한 기초공사비가 저렴하도록 할 것 등을 유의하여 위치를 선정한다.

③ 펌프의 선정

계획점에서 배출량과 양정, 펌프의 효율, 펌프의 소요동력, 원동기, 펌프의

형식과 회전수 등을 고려하여 계획상 적합한 펌프를 선정한다.

(다) 지하수 이용시설

지하수는 대규모의 시설이 필요치 않고 비교적 간단한 양수시설로 물을 얻을 수 있는 유리한 점도 있으나, 수온이 낮고, 수량이 풍부하지 못한 결점이 있다. 지하수 이용시설계획은 타 수원의 개발이 기술적 경제적으로 불가능할 경우, 쉽게 지하수를 필요한 양 만큼 얻을 수 있는 곳에 한하며, 지표지질, 지하지질 및 채수량 확인 등 충분한 사전조사에 의거하여 적절한 이용시설이 개발되어야 한다.

과도한 채수를 하면 지하수의 흐름에 대수층의 공극이 막히는 장애가 생기기 쉽고 또 지하수위를 저하시켜 지반침하, 인근지역 양수량 감소에 의한 기득수리권 분쟁 등 주변에 나쁜 영향을 미치게 하는 단점이 있다. 또한 주변의 오염물질이 침투되어 지하수가 오염되면 회복되기 어려움으로 주의를 요한다.

① 투수계수의 선정

지하수의 흐름은 보통 Darcy의 법칙에 따른다.

$$Q = KA \frac{\Delta h}{\Delta l} \dots\dots\dots (1.3.9)$$

여기서, Q : 유량(m^3/s), A : 통수단면적(m^2), K : 투수계수(m/s)

Δh : 대수층의 두께 $\Delta l(m)$ 을 통과할 때의 손실수두(m),

지하수흐름을 산정하는데는 대수층(투수층)의 투수계수를 알아야 한다. 투수계수의 측정은 실내법과 야외법이 있으나 우물, 집수암거 등의 지하수공을 계획할 때는 가능한 한 현지에서 야외법에 의해 측정하고 실내법은 실제와 일치하지 않는 수가 많으므로 참고로만 이용하도록 한다.

실내법은 Kozney 식, Zunker 식, Rose-Fair-Hatch 식, Slichter 식, Terzaghi 식, Hazen 식 등 입도분석치에 의한 실험식을 이용하는 간접법과 침투시험기를 이용하는 직접법이 있다.

야외법에는 색소, 식염, 방사성동위원소 등을 이용하여 추적하는 유속실측법과 수위저하법, 수위회복법, 주수법 등 양수시험을 이용하는 양수법이 있다.

② 영향권(Circle of Influence)

영향권은 우물의 양수에 의해 수위강하가 생기는 범위를 말하며, 이를 반경으로 하는 원을 영향원이라한다. 자유수면 지하수에서는 양수를 하면 우물에 유입하는 지하수면 기울기가 증가하는 범위를 나타내고, 피압지하수에서는 양

수에 따라 대수층의 지하수에 압력변화를 일으키는 범위를 나타낸다. 그 값은 지형, 지질, 우물의 수위, 지하수위의 저하량, 양수량 등으로부터 경험적으로 추정하는 경우가 있다.

예를들면 대수층의 토질에 대한 영향원 반경은 거친자갈층 1,500m 이상, 돌자갈층 500~1,500m, 거친 모래층 100~500m, 가는 모래층 10~100m, 실트층 5~10m이다.

③ 우물의 양수량

우물은 자유수면 지하수 혹은 피압지하수를 채수하기 위해서 연직으로 설치한다. 우물의 용수량을 산출하는 식은 많지만 이를 실제로 적용하는데는 각 식의 유도과정에 대한 내용을 잘 이해하고 대수층의 수문학적인 상태를 고려하여 적절한 식을 선택하는 것이 중요하다. 특히 투수계수에 대해서 현지에서 야외법의 양수법에 의해 측정된 값을 채용할 때는 양수시험에 해당되는 조건과 같은 식을 선택하여 사용한다.

자유수면 지하수를 채수하는 경우, 일반적으로 우물바닥이 불투수층에 닿지 않고 우물 바닥으로부터 용수하는 얇은 층의 지하수를 채수하는 우물을 얇은 우물, 우물바닥이 불투수층에 닿고 측벽으로부터 용수하는 깊은 층의 지하수를 채수하는 우물을 깊은 우물이라고 한다.

피압지하수를 채수하는 경우, 대수층이 1층인 경우, 여러층인 경우, 우물이 대수층을 관통하지 않는 경우에 따라 채수량을 결정한다.

우물이 접근해서 여러 개 있는 균정의 경우는 상호 영향을 미친다. 이 관계는 n개의 우물이 자유수면 지하수를 채수하는 깊은 우물의 경우와 피압지하수를 채수하는 대수층을 관통하여 채수하는 피압지하수의 경우에 따라 각각의 연립방정식으로 풀 수 있다. (편람, 그림 1.3.50 참조)

④ 집수암거의 채수량

집수암거는 대부분 하천의 복류수나 체내지 등에서 얇은 층의 자유면 지하수를 채수할 때에 사용된다. 집수암거에는 조절문을 설치하며 지하수위의 승강에 따라서 문을 개폐하여 취수량을 조절하는 것이 바람직하다. 이것은 대수층의 공급폐쇄의 장애를 막는 역할도 한다. 집수암거 채수량은 ① 집수암거의 바닥이 수평의 불투수층상에 놓여 있는 경우, ② 집수암거의 바닥부터 불투수층까지 얇은 경우, ③ 집수암거의 암거바닥으로부터 불투수층까지 깊은 경우, ④ 집수암거의 암거바닥의 불투수층이 경사진 면위에 등고선에 연해 있고 지하수의 흐름방향에 대하여 직교하는 방향인 경우, ⑤ 집수암거의 길이가 길고 지하수면의 높이가 상류부와 하류부에서 다를 경우 등에 따라 실험공식을 적

용하여 구한다.

⑤ 송배수시설

㉠ 송배수시설계획의 기본사항

송배수시설계획에서는 조정시설, 관리시설 등과 함께 계획에서 정해지는 통수량(通水量) 외에 용수로, 분수시설 등의 위치 및 노선, 형식, 구조를 명확히 한다.

송배수시설은 말단으로 갈수록 영농상의 물관리 조작 등이 용수수요에 직접 영향을 미치기 때문에 계획상 확보하여야 할 용수량과 그 변동폭을 감안하여, 이에 대응할 수 있는 시설용량 및 수두(水頭)를 확보하는 것이 기본이 된다. 또한 말단부에 대하여 자세한 것은 농업생산기반정비사업계획 설계기준 『경지정리편』을 참조한다.

㉡ 송배수시설계획의 순서

용수계획상 필요한 송수량 및 표고를 만족시키는 수로시설의 노선(路線), 형식·구조, 송배수시스템 전체로서의 기능 및 안전을 검토한 몇 종류의 비교안 중에서 경제성을 고려하여 송배수시설에 관한 계획을 결정한다.

㉢ 송배수시설의 노선선정

노선의 선정에 있어서는 수혜지로의 배분에 필요한 수두(水頭)를 확보할 수 있도록 계획할 뿐 아니라, 송수배분시설의 구조와 함께 수로조직내 각 시설의 배치 및 형태를 고려하는 동시에, 용지취득의 가부, 수리관행(水利慣行)의 유무 등 사회적 요인도 감안하여 검토한다.

㉣ 수두의 배분

용수로 계획수위는 최종적으로 수혜지에 도수하는 분수위를 확보해야 하는데 분수위는 지역의 표고, 지형, 영농상황을 고려해서 결정한다. 지선이하의 도수는 가능한 곳까지 자연관개가 되도록 계획하는 것이 바람직하다.

분수위결정에 의하여 구간의 이용가능 총수두가 대략 정하여지면 그 구간의 각 공종별 수두배분(기울기 배분)은 이들 공종의 총공사비가 최소가 되도록 결정해야한다.

㉤ 용수로 형식과 구조

용수로 형식에는 개수로 및 관수로와 함께 이들의 조합에 의한 것이 있다. 수로 형식의 선정은 수로조직 전체의 기능 및 안정성 등을 좌우하기 때문에 각각의 장점이 발휘될 수 있도록 적절한 형식을 선정한다.

또한 용수로의 구조는 보통의 흙수로, 라이닝 수로, 플립, 사이펀(潛管), 수로교(水路橋), 암거, 터널 및 관수로로 구분된다. 흙수로의 통수량과 단면결정

은 다음과 같다.

a. 통수량과 단면

단위면적당 용수량으로 각 생육기간별 수로의 통수 유량은 다음 식과 같다.

$$Q = \frac{qA}{86,400a} \left(\frac{1}{1-L} \right) = \frac{qA}{8,640,000} \times \frac{1}{(1-L)} \dots\dots\dots(1.3.10)$$

여기서, Q : 소요통수량(m^3/s), q : 100ha당 소요수량(m^3/d),
 a : 단위면적 100ha, A : 관개면적 (ha), L : 수로손실 (%)
개수로의 유하유량은 다음 식으로 구한다.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(1.3.11)$$

여기서, Q : 유량(m^3/s), V : 평균유속(m/s), A : 통속단면적(m^2)
평균유속은 원칙적으로 개수로는 Manning 공식으로, 관수로는 Hazen-Williams공식을 적용한다.

b. 기울기

수로기울기는 수로의 규모·지형 및 토질 등에 제약을 받게 되며 유속은 수로 내면의 침식과 수로내의 토사의 침전 등을 고려하여 결정한다. 부유물이 침전하지 않고, 수로에 잡초가 번성하지 않으며, 수로 내면을 구성하는 재료가 침식작용을 받지 않는 범위 내에서 유속이 크게 되는 기울기로 하는 것이 좋다.

또한, 말단으로 감에 따라 단면도 좁고 유량도 적어지므로 차차 기울기를 급하게 하지 않으면 물이 빨리 공급되지 않을 뿐만 아니라 이토가 침전하여 수로가 황폐하게 된다. 따라서, 간선보다 지선을, 지선보다 지거를 보다 급한 기울기로 해야 한다.

c. 허용유속

용수로의 유속은 수로내면의 침식과 수로내 토사의 침전 등을 고려하여 결정한다. 즉, 수로내에 흙이 침전하거나 수초가 번무하는 것을 방지하려면 소수로에서는 0.45m/s, 대수로에서는 0.6m/s 이상의 평균유속이 필요하다.

수로에서 유속의 대소는 수초생육에 영향이 크며 유속이 빠르면 식물의 생육이 저해될 뿐만 아니라 종자가 유하하여 그 부근에서의 번식을 막고 이토가

씻겨내려 뿌리의 생육을 저해하게 된다. 또 수온이 낮은 경우도 수초는 별로 생육하지 않는데 대략 18℃ 이하에서는 통수에 영향을 미칠 정도로 생육하지 않는다.

d. 측면 비탈의 결정

용수로의 측면 비탈은 토질에 따라 달라지며 흙의 안식각보다 느리게 한다. 물론 라이닝을 하면 가장 좋으며 비탈면의 안정성 뿐만 아니라 누수억제면에서도 대단히 효과적이다. 그러나 공사비 관계상 라이닝을 안하는 경우도 많은데 막과기 흙수로의 경우나 또는 라이닝 윗편의 흙바닥 부분의 비탈은 수로의 크기, 토질에 따라 결정한다.

e. 유량과 밑나비와 수심의 비 및 비탈

유속이 허용한도를 넘게 되는 경우에는 밑바닥이 넓은 단면이 필요하다. 그러나 밑바닥과 유심의 비를 변화시켜 밑바닥 나비를 넓힘으로써 유속을 느리게 할 수 있는 범위는 불과 얼마 안되므로 이 밑바닥 나비와 수심의 관계만으로 조절할 수 없을 때에는 라이닝을 하던가 낙차공으로 조절한다.

f. 수면상의 여유고(Free board)

- ㉠ 계획최고수위시의 수면상의 여유고는 수심의 1/3을 표준으로 한다.
- ㉡ 써레질시기와 같이 일시적인 고수위에서는 최대계획수심의 1/10로 한다.
- ㉢ 특별히 중요한 수로에서는 안전상 최대수심의 1/2까지 늘릴 수도 있다.

g. 독마루 나비

독마루나비는 수심과 같게하는 것을 표준으로 하되 45cm이하로 해서는 안된다. 실제로 여유고와 독마루나비와는 서로 관련성이 있는 것이며 도로로 이용한다던가 잔토처리 등의 관계가 있을 때에는 각각 그 경우에 따라 적정하게 결정한다.

(바) 송수조직

송수조직은 수원에서부터 배수조직에 이르는 일련의 시설 전체이다. 수원의 상황, 지형, 관개방식, 용수관리의 방법 등을 고려하여 지역에 가장 적합한 송수방식을 정하고 안전하고도 경제적으로 실현할 수 있는 수로형식을 선정한다

① 송수조직의 선정

논에 대한 송수조직은 용수로로 구성하는 개수로, 파이프라인, 터널, 용수암거, 용수잠관, 낙차공, 급류공 등 통수시설과 조정시설 및 분수시설로 구성된다. 송수조직의 선정은 수원으로부터 하류관개지역에 이르는 하나의 조직으로 취급하고 상정되는 몇 개의 조직에 대한 비교안을 작성하여 가장 적합한 안을 선정한다.

② 송수방식의 종류

논의 송수방식은 주로 대규모지구를 대상으로 하는 관계로 자연유하식이 채용되며, 하류부 수혜지구가 높은 지대로 되어 있는 곳에서는 등고선에 따라 지구를 구분하여 2단 또는 3단 양수를 하는 방법이 결합된 자연유하식이 채용된다.

수로형식은 개수로방식과 개방형 파이프라인방식이 있으며 계획용수량의 크기, 지형지질, 용지보상비, 시설비, 유지관리 및 물관리 등을 충분히 비교, 검토하여 경제성 및 물관리면에서 가장 적합한 형식을 결정한다.

③ 용수로 노선 선정요령

- ㉠ 노선은 가능한 곳까지 직선으로 하여 최단거리로 통과시킨다.
- ㉡ 극단적인 절토, 성토를 피하고 절·성토량이 같도록 한다.
- ㉢ 가능한 곳까지 지구의 고위부를 통과시킨다.
- ㉣ 분수공, 방수공, 물넘이 때문에 노선위치가 제약을 받으므로 이들과 관련되는 수혜지, 배수하천의 상태들을 고려한다.
- ㉤ 장대한 간·지선 용수로에서는 수로도중에 조절지 등의 설치에 대해서도 검토하여 될수록 규모를 줄이도록 한다.

④ 조직용량과 계획통수량

송수조직계획상 설정되는 유량을 조직용량이라 하고 일반적으로 계획최대용수량으로 주어진다. 송수계획에서는 펌프취수의 경우를 제외하고는 간선수로 24시간 통수를 원칙으로 한다. 따라서 배수조직과의 접합부에는 1일 이내의 시간에 대한 수요량의 변동을 조정하는 팜폰드의 설치가 필요하다. 간선수로부의 조직용량은 그 보다 하류부가 지배하는 지선수로에의 분수량의 합계로서 주어진다.

$$Q_i = \sum g_i / (1 - p) \dots\dots\dots (1.3.12)$$

여기서, Q_i : i 구간 수로의 조직용량,

g_i : i 구간보다 하류의 분수량,

p : 도수손실률 (15% 정도)

(사) 유지관리면에서의 용수로 계획

용수로는 지속적으로 제기능을 발휘하게 되고 그 수명을 보다 길게 유지시키는 데는 이에 적절한 유지관리상의 배려가 필요하다.

(6) 조절시설(調節施設)

(가) 조절시설계획의 기본사항

조절시설은 용수의 이용효율을 향상시키고, 용수이용의 자유도(自由度)를 증대시킬 목적으로 수로조직 안에서 용수량의 조절을 가능케 하는 시설이다. 조절시설계획은 성격상, 용수의 관리조직과의 관련 및 용수이용에 영향을 미치는 영농상황에 대해 검토하여, 적당한 위치 및 규모를 정한다. 또 조절용량(調節容量)의 확보를 위하여 수위차가 필요한 경우도 있으므로 위치의 선정에 유의한다.

(나) 조절시설계획의 순서

용수수요의 발생시기와 필요한 수량의 취수·송수시기와의 타임 래그(time lag)에의 대응이 조절지의 주요기능이므로 짧은 시간에 발생하는 수요량의 변동과 시설의 제어조작의 지연 등에 대응하여야 할 과제에 맞는 용량을 확보한다.

이를 위하여 계획상 조절시설에서 처리하여야 할 수량(水量)과 시간을 설정한 후, 경제성도 감안하여 조절시설의 위치 및 용량을 정한다. 위치의 선정에 따라 유지관리조직의 변경을 검토하는 경우도 있다.

(다) 조절시설의 종류

조절시설은 간선수로의 중간 또는 말단에 설치되며, 1일~3일의 수요조정을 목적으로 하는 조절지, 몇시간~1일 이내의 짧은 시간의 수요조정을 피하는 것을 목적으로 하는 조정지, 그리고 20~60분 정도의 펌프운전, 시설의 연계동작의 조정 및 과도현상을 완화시켜 시설을 보호하기 위한 배수조(配水槽) 등이 있다.

3.6 물관리 계획

물관리란 영농을 개선하고 농업생산을 증가시키기 위하여 경지에 물을 공급함에 있어, 운반, 조절, 측정, 분수 및 적기에 적량을 공급하는 것 등을 종합적으로 운영하는 것을 의미한다.

3.6.1 기본구상

물관리계획수립의 기본인 시설조직, 수량측정, 수로손실, 관개방법, 관리요원 등에 대해 종합적으로 검사하여 기본구상을 설정해야 한다.

3.6.2 물관리와 유휴관개

유휴관개는 합리적인 물관리 방법으로서는 용수를 절약할 수 있고 수확량도 증가시킬 수 있다.

3.6.3 유휴관개계획

유휴관개를 성공적으로 시행하려면 적절한 용수배분 및 조절·측정시설과 용수량 공급 및 물분배 계획 등 두가지 요소가 중요하다. 여기에서는 분수 및 조절·측정장치에 대하여 적절한 계획을 수립해야 한다.

3.6.4 용수의 균등배분을 위한 물관리

용수의 균등배분은 용수의 효과적 이용, 적기이용(適期利用), 물수요자의 물분쟁의 해결 등을 위하여 필요하며 이를 위하여는 용수시설, 물공급 및 이용방식, 관개방식 등에 대한 종합적 검토와 대책을 강구하여야 한다.

3.6.5 용수절감을 위한 물관리

절수(節水)를 위한 용수관리계획은 물관리시설과 물관리운영시스템 및 재배관리상의 낭비요인에 대한 대책을 종합적으로 검토하여 가능한 한 효과적인 절수가 되도록 하여야 한다. 여기에는 조절지, 재이용시설, 유량 측정장치, 손실수량 억제방안, 상류제어 물관리방식 등을 도입한다. 훌륭한 물관리는 최적의 토양수분을 유지하여 농작업을 용이하게 하고 물의 낭비를 방지하면서도 증산의 목적도 달성하도록 하는 것이다.

(1) 기본구상

증가하는 물수요량을 충족하기 위하여는 용수원을 개발해야 하지만, 개발에 앞서 이미 확보한 물을 최대한으로 절약하고 효과적으로 사용함으로써 물의 효용가치를 증대시키는 물관리가 1차적으로 중요하다.

물관리를 위하여는 운반, 조절, 측정, 분배를 위한 시설이 있어야 하고, 시기별 구역별로 적정한 필요수량을 파악하여야 하며, 물을 관리하는 사람이나 물의 혜택을 직접 받는 농민의 인식이 높아져야 한다.

(2) 물관리와 유휴관개

관개의 방법에 대한 많은 조사와 시험결과, 깊게 관개하는 것 보다 얇은 관개가 생육 및 수량이 좋다는 점과, 유수형성기까지는 토양수분을 포화수량의 70% 정도로 유지하여도 답수관개에 못지않은 생육과 수확량을 올릴 수 있는

것으로 조사되었다.

이양 후 착근까지는 내한성이 약하지만 분얼기간 중은 대단히 강하며, 유수형성기 이후 특히 유수분화기, 생식세포 감수분열기(출수 10~14일전) 및 출수개화기가 내한성이 가장 약하므로 용수절약을 위한 관개방법을 적용할 때 이 점을 고려해야 한다.

(3) 유회관개계획

(가) 용수분배시설

① 유회관개구역에 대한 조사

현장예비조사, 지형조사, 토양조사, 지하수위조사, 기상 및 수문자료를 수집하는 한편 이 지역의 전체적인 물소요량 및 관개용수량을 조사하여야 한다. 각 유회구역의 크기는 관개시설, 관개규모 및 용수원의 종류에 따라 물 운반이 순조롭고 침식이 일어나지 않도록 적절히 정해야 하고 토양조사에 의하여 토양과 용수량과의 관계를 파악한다. 이러한 조사결과에 의해 적절한 재배작물을 선정한다.

② 유회구역과 유회단위구역의 배치

관개구역에 일정한 형태로 물을 공급하려면 용수로로 적절히 배치하여야 하고 용수로에는 모든 필요한 구조물을 설치하여야 한다. 지금까지 일반적으로 시행하는 계속관개가 물싸움과 물낭비를 초래하는 반면에, 적당량의 물을 적당한 때에 관개하여 보다 과학적인 관리가 가능한 유회관개는 관개용수의 이용과 농민상호간의 협동, 개선을 위한 가장 효과적인 관개방법이라 할 수 있다.

유회관개를 위한 관개시설은 간선, 지선, 지거 및 분선(farm ditch)로 구성되며, 전체 관개구역에 물을 공급하는 분선의 적당한 분포는 대단히 중요하다.

유회관개에서 한 유회구역에 대하여 설계된 총용수량은 한 분수문을 통하여 유입된 분선을 차례로 통하여 각 유회단위구역에 급수된다. 유회구역내에 있는 모든 분선은 같은 통수량으로 설계되어야 하고 가급적이면 유회구역들도 동일한 면적으로 계획되어야 하며 유회구역은 분수문, 측정장치 및 조절장치를 갖추어야 한다.

③ 유회구역

관개구역은 약 50ha 규모의 몇개 유회구역으로 나누어진다. 각 유회구역은 보통 토양일 경우 $0.04\sim 0.07\text{m}^3/\text{s}$ 의 관개용수량이 필요하게 되며 이 수량은 침수피해 방지 또는 수로내 손실감소를 위하여 간단한 설비로 조절할 수 있다.

각 유회구역의 농민들은 관개시설의 운영과 유지관리를 위하여 자치기구를

구성할 수 있다. 유회구역은 인근농민들에 의한 도수를 방지하기 위하여 배수구, 도로 또는 자연적인 지형을 이용하여 한계를 정하고 형태는 너무 길면 분선이 길어져서 손실수량도 증가하며 분쟁도 잦아지기 때문에 너무 길어서는 안된다.

각 유회구역은 면적이 약 10ha인 유회단위구역으로 세분되어 이 유회단위구역은 관개시설의 기본이 된다. 이 체계하에서 용수분배를 만족하게 하기 위하여는 유회구역의 분할과 수로의 적정한 계획설계가 신중히 이루어져야 한다.

④ 유회관개의 수로계획의 주안점

㉠ 간선, 지선, 지거의 위치는 전 유회구역을 관개할 수 있도록 계획하여야 한다.

㉡ 지선과 지거의 설계는 분할된 유회구역을 기초로 해서 이루어져야 한다.

㉢ 노선의 선정과 지선, 지거의 배치는 간단해야 한다.

㉣ 분선의 연장은 2km를 초과하지 않는다.

㉤ 분선은 용수손실이 최소가 되도록 계획한다.

㉥ 용수로는 배수로와 구분되어야 한다.

㉦ 물은 유회구역의 분수문을 통과하고 분선으로 들어가는 수량을 측정하는 장치를 설치하여야 한다

㉧ 분선의 계획수위는 유회구역내의 가장 높은 논바닥 높이보다 10cm 정도 높아야 한다.

㉨ 지형 및 경제적 요건에 따라 두 개 이상의 유회구역에 대하여 한 개의 분수문을 설치하여도 된다.

㉩ 교통문제는 물분배와 유지관리를 위하여 고려되어야 한다.

⑤ 유회관개의 용수량 공급계획

논의 용수량은 못자리용수, 씨레질용수, 본답용수로 구분할 수 있다.

㉠ 못자리용수량

전 못자리기간동안 관개수심 30~60mm로 4일 간격으로 관개를 실시한다. 못자리용수는 본답에 용수 공급을 시작하면 중지한다.

보통 못자리급수는 유회관개에 의하는 것이 가장 적합하며, 유회단위 구역 별 급수는 일정 간격을 두는 것이 효과적이다.

㉡ 이앙용수(습윤 및 씨레질용수)

경점토, 점질부식토 및 사질점토의 경우는 습윤용수량을 약 150mm 급수한 후, 씨레질용수로 약 30mm 급수한다. 그러나 투수성이 높은 사질토에서는 습윤 및 씨레질 용수 150~180mm를 동시에 급수한다. 씨레질기간은 지역 및 품

종에 따라 다르지만 평균적으로 한강이북 10~15일, 중부·중남부 15~20일, 남부지방 20~30일 등임을 고려하여 현지실정에 맞게 설정한다.

㉔ 본답용수

토양에 따라 약간씩 다르며, 과거의 관개시행과 최근의 시험자료는 기본계획수립에 좋은 자료가 되며 관개구역의 토양시험분석은 물분배계획을 결정하는 자료가 된다.

윤환간격은 토양에 따라 달라진다. 보통 토양은 4~8일 간격으로 관개한다. 이 간격은 관개수량이 벼의 생육기에 따라 변화한다 할지라도 일정하게 할 수 있다. 예를들면 출아기나 개화기와 같이 많은 물을 필요로 할 때는 윤환간격을 좁히거나 관개수심을 증가시키는 것을 생각할 수 있다.

관개수심은 토양, 계절, 벼의 생육시기에 따라 변화한다. 적당한 관개수두, 적당한 크기의 윤환구역, 운영과 유지관리의 편리를 고려할 때 보통토질의 경우 30~60mm의 관개수심이 적합하며 사질토양의 경우는 침투손실량을 적게 하기 위하여 다른 토양보다 윤환간격을 짧게 하고 관개수심을 얇게 해야 한다.

윤환관개에서 분선은 전 연장을 통하여 통수단면이 같도록 계획하여야 한다. 수로는 이양용수와 본답용수를 동시에 공급하는 이양기말에 최대용수량을 통수하게 된다. 지거의 계획수량은 수로분기점에서 각 윤환구역에서 소요되는 수량과 수로내 손실수량으로 한다. 수로의 계획용량은 다음 공식으로 정한다. 식 (1.3.13)과 (1.3.14)는 계산조건의 차이를 제외하고는 같다.

$$Q = \left(\frac{AP}{NT} + \frac{AW}{IT} \right) \left(\frac{1}{1-L} \right) \dots\dots\dots (1.3.13)$$

$$Q = \left(\frac{AP}{NT} + \frac{A}{10,000E} \right) \left(\frac{1}{1-L} \right) \dots\dots\dots (1.3.14)$$

- 여기서, A : 관개면적(m^2),
- P : 정지용수량(m),
- N : 정지일수,
- T : 1일 관개시간(s),
- W : 단위용수량(mm/d),
- I : 윤환간격(day),
- E : 관개율($ha/m^3/s$),

L : 수로손실(%),
 Q : 수로용량(m^3/s)

⑥ 유회관개구의 물분배계획

설정된 유회관개구역을 다시 그림 1.3.2와 같이 유회단위구역으로 세분하고 분선, 분수장치 및 측정장치, 제어장치 등을 설치하여 물분배 계획을 수립한다.

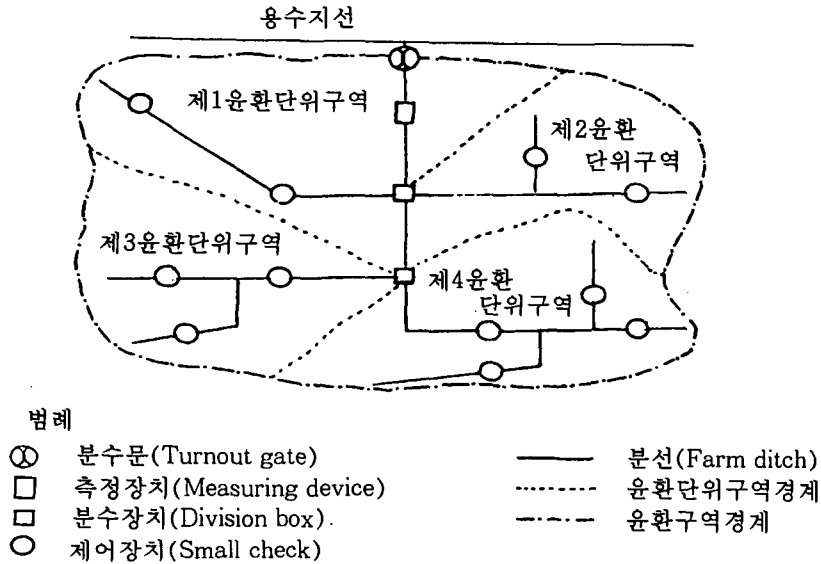


그림 1.3.2 유회관개구의 물분배계획

(나) 조절 및 측정구조물

수로조직의 조절구조물은 모든 방법에 특히 유회관개에는 중요하다. 조절구조물은 물을 사용 또는 분배하는 곳까지 운반하는 동안 물의 양을 조절 및 측정할 수 있도록 간선, 지선, 또는 분수계통상에 축조된 구조물을 말한다.

① 제수와 분수구조물

제수문은 수위를 조절하거나 물 공급을 중단할 수 있도록 수로를 가로막아 설치한다. 분수구조물에는 분수문과 분수관이 있으며, 분수문은 물을 조절공급하기 위하여 용수간선이나 지선의 분기점에 설치하여 때로는 제수문의 역할도 한다. 그리고 분수관은 분선의 시점에 설치한다.

② 수량측정장치

측정장치는 유입구, 간·지선의 분기점, 분선의 시점에 설치하여야 한다. 그러나 간선, 지선 및 지거가 너무나 길다면 수로계통에서의 손실수량을 측정할

수 있도록 적당한 장소에 1개소 이상 설치함이 필요하다.

측정장치의 종류는 위어(삼각, 직사각형, 사다리꼴), 파살플름, 사다리꼴 플름, C.H.O 분수문 등이 있으며 각각 장단점이 있고 설치기준이 다르다. 그러므로 측정장치를 선정함에 앞서 부지조건 등에 대한 주의깊은 분석검사가 이루어져야 한다.

(4) 용수의 균등배분을 위한 물관리

용수의 균등배분은 수자원의 효과적 이용과 토지생산성 제고라는 점에서 중요하지만 용수시설이 미비한 점과 물을 누구보다 많이, 먼저 쓰겠다는 낡은 물이용관행이 문제이다. 무엇보다 교육과 홍보를 통한 낡은 수리관행의 타파 없이는 용수의 균등배분은 거의 불가능하다.

용수의 균등배분을 위해서는 용수시설에 대한 용수의 효율적 이용, 시설비 및 유지관리비의 경제성 등에 관한 종합적인 검토가 필요하다.

용수손실을 막고 물의 균등배분을 위하여는 조절시설 및 관수로화에 의한 공급주도형(供給主導型) 물관리방식이 요구되고 있다. 질서있는 순환관개방식도 공급주도형 물관리방식이다.

(5) 용수절감을 위한 물관리

용수절감을 위한 물관리에는 무효방류량의 억제, 반복이용 대책, 공급주도형 물이용방식의 도입, 시설관리용수량의 억제, 용수시설의 유지관리 철저, 표준적 절수관개의 이행, 이수관리곡선에 의한 절수관개와 순환관개의 이행이 있다.

절수효과는 수원량(水源量)이 부족하거나, 부족할 염려가 있는 곳에서 크게 발휘된다. 우리 나라의 경우 수원량이 부족한 곳이 대부분이므로 용수계획 수립시 절수하는 용수관리가 필요한 경우가 많다. 따라서, 용수계획 수립시에 절수의 필요성에 대한 검토를 하여 용수관리시스템상 및 재배관리상의 낭비요인에 대한 대책을 강구함으로써 효과적인 절수가 이루어지도록 한다. 또한 절수관개를 위하여 벼의 생육시기에 따라 물의 필요 정도에 고려하여 물관리하면 그 효과를 더욱 높일 수 있다.

(가) 표준적 절수관개

생육기별로 용수의 필요정도에 따라 절수하는 표준적인 절수관개방법으로도 약 30% 정도의 절수가 가능한 것으로 알려져 있다. 즉, 용수가 부족하거나 가뭄이 있는 해에는 용수가 가장 필요한 시기인 활착기, 유수형성기 및 수잉기에는 간단관개로 용수를 절약하고, 그외의 시기에는 단수까지도 시행하여야 할 것이다. (편람, 표 1.3.96 및 그림 1.3.66 참조)

(나) 관개용저수지의 이수관리곡선

계획적으로 저수량을 운영하는 지구의 댐저수량은 적어도 관개기가 끝나기 전까지는 저수지의 바닥이 드러나지 않도록 관리를 해야 하므로, 저수량이 감소하면 절수 등의 방법으로 물관리를 강화하게 된다. 이 물관리를 객관적으로 정량적으로 파악할 수 있는 관리규정의 하나가 기준저수량곡선과 급수제한저수량곡선으로 구성된 이수관리곡선(Operation rule curve)이다. (그림 1.3.3 참조)

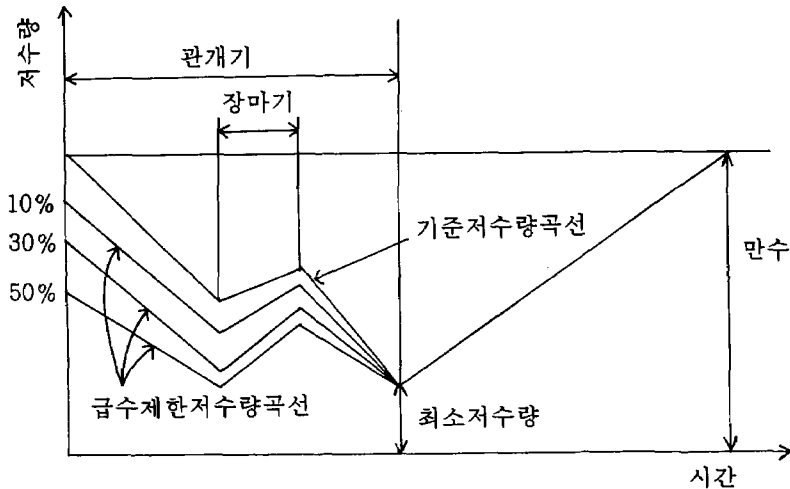


그림 1.3.3 저수량 관리의 개념도

(다) 이수관리곡선에 의한 절수관개

기준저수량곡선과 급수제한저수량곡선으로 구성된 이수관리곡선으로 시기별, 저수위에 따른 용수별 급수제한율을 적용하여 효율적으로 물관리를 할 수 있다. (편람, 그림 1.3.82 참조)

(라) 이수관리곡선에 의한 윤환관개

이수관리곡선상의 급수제한율과 GIS를 이용하여 윤환관개구역과 급수량 제한하는 절수계획을 자동화시설의 소프트웨어로 활용함으로써 가뭄을 극복할 수 있다. 예를 들면, 급수제한율 10~20%는 가뭄경보상태로 그 만큼 전지구에 제한 급수한다. 급수제한율 20~40%는 가뭄위험상태로 용수간선과 관개면적을 고려하여 윤환관개구역을 설정하고 각 구역별로 4일 급수(給水), 2일 단수(斷水) 등의 체계로 급수량과 급수구역을 제한하여 지정해줄 수 있다. (편람, 표 1.3.98 참조)

제 4 장 수온상승

4.1 수온

4.1.1 수도작과 수온

벼의 생육과 수확량은 수온에 크게 좌우되며 벼의 일생을 통하여 주야의 수온을 일정하게 보존하였을 경우에는 대략 30~32℃가 적온이다. 그러나, 수온의 영향을 벼의 생육시기 또는 주야로 나누어 볼 때에는 위험수온으로 보이는 고수온(35℃ 이상)이나 저수온(15~20℃)이 생육기간 또는 주야별에 따라 전혀 해를 끼치지 않을 뿐더러 오히려 좋은 영향까지 미치는 수가 있다. 수도의 다수확을 위하여 생육기별로 적정 수온이 되도록 적절한 관개방법 및 시설을 하여 수온을 조절하는 방법을 강구해야 한다.

4.1.2 하천수온

하천수온은 수면과 하상의 태양복사열에 의한 열교환으로 하천횡단면 내에서도 수온분포가 상이하며, 하천수가 유하하는 도중에 복류수, 용천수, 융설수 등이 합류하는 경우도 영향이 있다. 수면의 열교환외의 영향 인자는 실측해야 하며 하천수를 관개용수로 활용코자 할 때에는 적절한 방법으로 수온을 판단해야 한다.

4.1.3 호소 및 저수지의 수온

호소나 저수지를 관개용수원으로 이용할 경우에는 수온의 수직분포에 주의해야 한다. 호소나 저수지 수온은 각기 유역 및 저수지의 형상이나 수문학적 특성에 따라서 다른 양상을 나타낸다.

4.1.4 지하수의 수온

지하수 또는 복류수의 이용계획에 있어서는 먼저 그 취수량 및 산출위치에 따른 수온변화 관계를 고려하여야 한다.

4.1.5 논외 수온

관개수의 온도는 수원의 종류나 수원으로부터의 거리에 따라서 크게 다를 수가 있다. 논은 물의 단위용적당 수열면적이 하천이나 용수로에 비하여 훨씬 크므로 논에 들어간 용수의 온도는 기상요건에 따라서 정해지는 온도에 급속히 접근된다. 따라서, 관개수온은 직접 벼의 생육을 지배하는 일은 적고 논안에 퍼진 다음에 형성된 논외 수온이 벼 생육과 수확량을 지배하는 요소가 된다.

(1) 벼의 발육에 대한 최저, 최적, 최고온도

벼는 고온의 경우 43℃에서 20~30분, 저온의 경우는 -0.8~1.6℃에서 0℃ 이하가 2시간 지속하면 지하부가 죽는다.

(2) 고수온 및 저수온피해

저수온피해가 나타나는 수온은 25~21℃ 이하로 보통 23℃ 이하이며, 고수온 피해가 나타나는 수온은 35~38℃ 이상으로 보통 36℃ 이상이다. 고수온과 저수온에 의한 피해는 유수형성기가 가장 심하고 감수분열기는 경미하다.

4.2 수온대책

하천수, 댐, 기타 수리시설을 축조하여 자연적인 물흐름에 변화를 주었을 때는 필연적으로 유량과 함께 수온의 변화를 가져오게 된다. 따라서 냉수온대책을 생각할 때는 단순한 물리적 취급외에 벼와 수온과의 생리적 영향도 아울러 검토해야 한다. 또한 수원시설, 용수로, 포장 등의 위치에 따라 수리적 열교환특성이 다르므로 경제적 효과도 생각하여 종합적으로 판단해야 한다.

4.2.1 온수대책

수원으로부터 논 물꼬까지의 온수대책에는 필요에 따라 저수지에서의 온수취수시설, 온수지 및 온수로의 설치와 수원교환 등을 고려해야 한다.

4.2.2 논 수온대책

논벼의 적정생육과 다수확을 위하여 논외 수온상승을 피함에 있어 필요에 따라 사용수량의 절약, 관개방식의 개량, 물꼬에서의 대책, 약품사용, 재배기술에 의한 방법 등 적절한 대책을 강구하여야 한다.

4.3 수온 상승기구

논이나 온수지의 수온은 그를 둘러싸고 있는 공기와의 사이에 일어나는 열의 교환에 의해 정해진다.

4.3.1 열수지방정식

열수지방정식을 이용하여 온수지의 수온상승도를 계산할 수 있다. 열수지방정식을 구성하는 항목은 순방사, 현열전달, 유입·유출열량, 잠열, 저장열, 지중전도 등으로 되어 있다.

4.3.2 평형수온과 수온상승도의 계산

평형수온을 알 수 있으면 온수지에 의한 수온상승도의 계산이 용이하다. 이 계산은 비교적 얇은 온수지나 온수로의 수온상승 예측에 유효하다.

태양의 단파방사에 의한 수온변화에 유효한 순방사는 공기중으로의 방열(현열전달), 증발에 의한 열손실(잠열전달), 수온상승에 쓰여진 열량, 물밑에서 지중으로 전달된 열량으로 분배되며, 식 (1.4.1)이 천수층에 대한 열수지식이다. 식에서 첨자 w 는 깊이 $H(m)$ 의 수층전체를, o 는 수면에서의 현상을, s 는 토양층의 현상을 표시하고 있다.

$$S = L_o + lE_o + B_w + B_s \dots\dots\dots(1.4.1)$$

- 여기서, S : 순방사량(cal/m²/s),
- L_o : 현열량전달(cal/m²/s),
- lE_o : 잠열전달(cal/m²/s),
- E_o : 수면증발량(g/m²/s),
- l : 증발의 잠열(580 cal/g),
- B_w : 수층저수량의 변화(cal/m²/s),
- B_s : 지중전도열량(cal/m²/s)

4.4 수온상승 시설

4.4.1 계획상의 기초조건

수원의 수온이 18℃ 이하인 경우와 관개기간의 평균수온이 18℃ 이상인 곳에서도 관개초기 또는 유수형성기 등에 냉수피해를 받는 경우에는 수온상승시설의 계획을 수립한다.

4.4.2 수온상승시설의 종류

수온상승시설은 논구획 안에서 조작하는 간이시설을 제외하면 온수지와 온수로로 대별되며 온수지는 저수형과 유수(遊水)형으로 구분된다.

4.4.3 수온상승시설의 열효율과 구조

수온상승시설의 수면적 A 와 유입량 q 가 수온상승도를 결정한다. 그러나 이들은 지형, 토지조건, 관개면적과 용수량 등에 의해서 많은 제한을 받는다. 여기서는 구조조건의 하나로서 열효율을 좋게하기 위한 조건에 대해서 기술한다.

4.4.4 수온의 일변화와 구조

수온의 일변화 조절이 가능한 구조로는 ① 야간에 관개수온을 상승시키는 경우는 유수형 온수지 형식, ② 한낮에 관개수온을 상승시키는 경우는 온수로 형식 등이 있다.

4.5 온수취수시설

4.5.1 온수취수의 이론

표층취수에 의하여 고온의 물을 취하려면 저수지가 수온성층을 형성하여 상층이 고온으로 되는 것이 바람직하다. 저수지 표층취수에는 potential 흐름으로 취급하고 밀도의 변화를 가미하는 방법과 밀도차에 의한 불연속면을 갖는 두 층 사이의 흐름으로 취급하는 방법이 있다.

4.5.2 온수취수시설

농업용수는 물론 발전용으로 취수할 경우에도 하류부 관개답의 수도작에 냉수장해를 줄 염려가 있을 때 우선 온수취수시설을 해야한다.

4.6 수온상승효과

4.6.1 낮은 수온의 영향

낮은 수온이 벼에 미치는 영향은 복잡하다. 일반적으로 발아 이식 후의 착근 및 분얼, 신장 등의 생육을 방해하는 생육지연형 냉해와 유수의 분화와 발육, 화분의 형성을 저해하는 생식장해형 냉해로 나눌 수 있다.

4.6.2 냉수관계에 의한 벼의 감수

적정한 수온일 때 벼의 정상수확량을 기준으로 하여 냉수피해로 인한 감수량의 비율을 냉수피해율이라 하며 이는 수온이 낮을수록 커진다.

4.6.3 연속관계 논에서의 용수승온의 증수효과

수온의 상승에 따른 증수효과는 냉각량과 피해율사이의 상관관계를 실제 조사에 의해 유도하고 이를 수식화하여 수온상승에 따른 증수효과를 산출한다.

제 5 장 사업효과

5.1 관개사업의 효과

관개사업의 효과는 ① 지목변경, ② 작부체계 개선 및 농지이용률 제고 ③ 단위면적당 수확량 증가, ④ 생산비 절감, ⑤ 기타 효과(환경보전, 생태계유지, 지역사회발전기여, 논의 저수기능, 홍수조절, 관광자원조성 등)를 기대할 수 있으며 이를 객관성 있게 그리고 적정하게 평가하여야 한다.

5.1.1 지목변경

지목변경효과를 알기 위하여 시행 전후 지목변경표를 작성하여야 한다. 시행 전 농지면적에는 제외될 면적을 포함시키고 시행 후에는 농지개량 시설부지의 면적을 농지외의 기타면적으로 표시하여 순경지면적과 구분시켜야 한다.

5.1.2 작부체계 개선 및 농지이용률 제고

사업효과 계산을 위해 사업시행 전후 작부체계개선표를 작성한다. 시행 전 작부체계는 개발대상지의 농업조사를 통하여 파악하고 시행 후 작부체계는 사업내용과 성격에 따라 개발 후에 달라지는 요인을 기초로 하여 이와 유사한 개발사업을 시행한 타 지역의 경험과 각종자료 및 농업기술 전망 등을 고려하여 추정한다.

5.1.3 단위 수확량 증가

사업시행 전 수확량은 풍흉(豊凶)을 고려한 사업지구의 평년수확량을 현지조사한다. 이때의 수확량은 개발기간의 자연증가 추세치가 제외되어 있으므로 이를 고려해야 한다. 사업시행 후의 수확량은 개발효과가 완전한 수준에 도달했을 때의 수확량을 추정하고, 그 이전연도의 것은 숙답률 또는 숙전화율을 적용한다.

5.1.4 생산비 절감

사업을 실시하면 농작물 재배에 시행후에 생산비가 증가하는 비목과 감소되는 비목이 있으므로 사업시행 전후 작물별 생산비표를 각각 작성해야 한다.

5.1.5 기타 효과

사업의 직접효과는 지목변경, 작부체계 개선 및 농지이용률 제고, 단위당 농작물 증수, 생산비 절감 등에 의한 농업순수의 증가로 나타나며, 간접효과는 직접효과외에 사업으로 인하여 파생되는 모든 경제적 편익을 말한다. 간접효과는 가능한 한 수량으로 표시하며, 비가측적 효과는 내용을 상세하고 간결하게 서술하여야 하며, 객관성 있는 근거를 제시 하여야 한다.

농업생산기반정비사업이 과거 관개배수개선사업 위주에서 최근에는 경지정리, 정주권개발, 농촌환경정비, 농촌생활용수 등 형태가 다양하며 특히 환경보전개선과 삶의 질 향상 등 행복의 충족도 향상의 기여도를 포함시켜야 하는 측면을 중시하여야 하고 투자효과도 사업의 성격과 유형에 따라 다름을 중시해야 한다. 그리고 사업유형은 기존답의 생산성을 개선하는 농업용수사업과 새로운 농지를 개간·간척하는 농지조성사업이 있음을 유의하여야 한다.

5.2 경제 및 재무분석

5.2.1 분석지표

경제분석 지표로는 편입비용비율(B/C ratio), 증가순위의 현재가치(NPW), 경제적 투자수익률(EIRR) 등이 활용되고 재무분석 자료로는 재무적 투자수익률(FIRR), 대표농가수지분석(TFBA) 등이 사용된다.

5.2.2 분석의 기준시점

사업에 투입된 비용과 사업에서 산출되는 편익을 어느 특정연도 즉, 영(零)연도의 시점에 일치시킨 가격으로 분석해야 한다. 경제분석을 위한 기준연도는 대체로 설계단가의 기준연도와 일치시키는 것이 바람직하다.

5.2.3 사업기간 및 시설물 내용연한

모든 사업은 내용연한이 다른 시설물이 합하여 이루어진 종합적 유기체이므로 방조제, 철근콘크리트와 같은 내구수명이 긴 시설도 있는가 하면 토공수로, 양수기 등과 같이 수명이 짧은 시설도 있다. 효과분석의 기간 결정은 주된 시설물(저수지, 용수간선 등)의 내구수명을 기본으로 하여 결정한다.

5.2.4 농산물 가격

농산물 가격은 경제분석의 경우는 잠재가격을, 재무분석의 경우는 농가 수취가격을 적용하여야 하며 수요와 공급의 불균형에서 오는 어느 특정 연도에 형성된 특수성은 배제되어야 한다.

5.2.5 투입물 가격

농업생산비 및 건설비에 포함되는 각종 재화 및 요소의 가격은 경제분석 시점에서 가격의 불확실성 또는 의제가격 등을 배제하고 위장된 가격을 배제하기 위하여 시장가격을 잠재 가격으로 조정 적용하여야 한다.

5.2.6 환율적용

외환율이란 국내화폐의 대외구매력의 척도로서 외화 1단위에 대한 국내화폐의 교환율을 말한다. 경제분석을 위해 환율을 적용할 경우에는 반드시 잠재환율을 구하여 적용하여야 한다.

5.2.7 미숙련공 노임

농업노동에 대한 기회비용 적용은 일반적으로 농업노동의 특수성에서 오는 농한기 취업기회의 제한 때문에 취업가능일수와 실제취업일수를 비교하여 고용률을 산출하고 농촌노임은 반드시 기회 비용으로 처리하는 것이 바람직하다.

5.2.8 예비비

예비비는 가격변동에 대처하기 위한 가격 예비비와 예기치 않은 추가 공사 또는 추가물량 수요에 대처하기 위한 물량 예비비의 두가지가 있다. 이 가운데 물가상승 예비비는 경제분석에서 계상할 필요가 없으나 물량변동 예비비는 실제 투입될 가능성이 많으므로 비용으로 처리되어야 한다.

5.2.9 효과분석을 위한 사업비 조정

공사비 중 제세 공과금, 업자이윤, 물가상승, 예비비는 국민경제적 입장에서 보면 실질비용이 아닌 이전적(移轉的)지출 또는 의제(擬制)된 지출이므로 투자비용에서 제외시켜야 하며 실제환율과 잠재환율과의 차이 및 미숙련공 노임은 기회비용으로 조정하여 분석해야 한다.

5.2.10 유지관리비

조합경상비는 재무분석의 경우 전액을 계상하여야 하나 경제분석의 경우에는 경상비중 시설개량사업비, 개보수비, 제세 공과금 및 시설 적립금이 포함되어 있는 점을 고려하여 경제분석 종합 조정계수를 사용하여 조정하여야 한다.

5.3 경제분석

5.3.1 투자효율 분석

투자효과 분석의 지표는 사업의 비용 및 편익을 현재가치로 할인하지 않는 경우의 투자효율 표시하는 방법과 현재가치로 할인하는 방법으로 대별되고 있으며 후자의 경우는 ① 순수익의 현재가치법(NPW), ② 회수기간법(PP), ③ 편익비용 비율법(B/C), ④ 내부투자 수익률법(IRR) 등 네 가지 방법이 있는데 일반적으로 IRR과 B/C를 쓰고 있다.

5.3.2 현재가치와 할인율

시간의 경과와 더불어 변화하는 편익과 비용의 시계열적 흐름의 총계를 비교하기 위하여 어떤 일정시점에서의 현재가치로 환산하는데 사용되는 계수를 할인율이라한다. 적절한 할인율 결정에는 사회적 기회비용의 개념과 시간적 선호율의 개념 및 시장이자율의 개념이 있다. 일반적으로 사회적 기회비용의 개념을 기준으로 한다.

5.3.3 투자효율산정식의 선택

투자효율을 산출하는 방식으로 영농비와 유지관리비를 어떻게 처리하느냐에 따라 세가지 유형이 있는데 본 설계기준에서는 사업시행 전후의 농업조수익의 차액으로부터 시행 전후의 영농비의 차액을 공제한 증가순수익을 분자로 하고 투자와 유지관리비 등의 비용을 분모로 하는 방법을 일반적으로 사용한다.

$$B/C = \frac{Gw - Cw - (G_0 - C_0)}{I + O\&M} = \frac{(Gw - G_0) - (Cw - C_0)}{I + O\&M} = \frac{\text{증가농업순수익}}{\text{투자 + 유지관리비}}$$

여기서, I 는 투자액, C 는 사업비용, G 는 사업수익 임.

5.3.4 불확실성에 대한 감응도분석

모든 사업의 효과분석은 불확실성에 대한 검토가 필요하며 가격변동, 사업추진지연, 비용초과, 생산량변동 등을 고려하여 ① 수익 10% 감소시, ② 사업비 10% 상승시, ③ 공사기간 2년 지연시, ④ 사업비 10% 증가 및 공기 2년 지연시 등에 대하여 개연성을 분석하는 것이 바람직하다.

5.3.5 매물가치

투자사업 선정의 기준이 되는 것은 장래 투입할 비용에 대한 예상수익임으로 현시점에서 볼 때 과거에 지출된 매물비용은 투자우선 순위결정에 아무런 영향을 줄 수 없다. 따라서 과거의 투자부문은 영으로 처리한다.

5.3.6 대체투자 및 잔존가치

모든 사업은 각각 내용연수가 다른 시설물이 모여 이루어졌으나 사업 분석기간은 동일해야 한다. 이때 분석기간 중에 수명이 끝나는 주요 시설물에 대하여는 대체투자비를 계상해야 하고 경제적 수명이 끝나지 않은 시설에 대하여는 분석기간의 최종연도에 잔존가치(시설물가치의 약 10%)를 계상하여야 한다.

5.4 재무분석

재무분석은 농민, 농업, 기업체, 공공단체 등 사업참여 단위가 투자한 사적 자본에 대한 재무적 수익성을 측정하는 것이다. 농업생산기반정비사업에 대한 재무분석은 농민이나 단체가 사업비의 일부를 부담(융자금이든 지원부다금이든)하는 경우에만 필요한 것이다.

5.5 효율분석의 전산처리

모든 분석의 기준(가격, 환율, 수익성, 기회비용, 설계연도, 종합내구수명 등)을 일정하게 고정(농진공의 분석기준 또는 감독관청의 지침)시켜 확정된 전산프로그램에 의해 분석함으로써 조사자 또는 분석자의 주관적인 자료 취택에 따른 오류 가능성을 배제하여 산출결과의 공명성과 투명성을 확보하여야 한다.

제 6 장 유지관리

6.1 관리목표

관개시설의 유지관리는 합리적인 보전관리의 방향에서 지역조건에 맞는 유지관리 목표를 설정하여 실시해야 한다.

물관리는 물의 절약, 노동력의 절약 및 경비가 절약될 수 있도록 해야 한다. 관개시설의 유지관리는 시설물을 관리하는 시설관리, 유지관리업무를 담당하는 조직관리 그리고 다른 수리시설간의 조정관리 등 모든 분야에 대하여 이루어져야 한다.

6.2 관리 조직 및 체계

관리조직은 관개용수를 신속, 정확하게 농경지에 전달할 수 있고 수리 시설물을 합리적으로 유지관리할 수 있도록 해야 한다.

관리체계는 구조물의 수리특성을 잘 인식하여 그 기능이 최대한 발휘되고 용수를 효율적으로 사용할 수 있도록 체계화되어야 한다.

6.3 물관리

시설준공 후 1~2년간의 개발 초기에는 기초자료의 조사와 적기 이양을 위주로 물관리계획을 세워 시행하고 그 후에는 각종 자료의 정리, 용수의 합리적 이용, 용수절약 등에 중점을 둔다.

급수계획은 농민들과 협의하고 농민들에 대한 물관리 교육에도 노력을 기울여야 한다.

물관리 조직의 편성에서는 신속한 의사 전달, 명령체통의 일원화, 전문기술의 활용 등에 유의하여야 한다.

6.4 시설관리

시설 관리자는 효율적인 시설관리를 위해서 시설관리 책임자를 주요시설별로 지정하고 적극적으로 활동하도록 지휘 감독하여야 한다.

시설 관리자는 지구내 수리시설을 효과적으로 유지관리하고 농업생산력을 증대하기 위하여 수리시설에 대해 항상 선량한 보호관리를 하여야 한다.

시설물의 점검, 위험표지, 비상대비, 개보수 등을 적절히 시행하고 급수 현황, 유지관리 현황 등의 조사, 기록에도 유의하여야 한다.

제 2 편 발 관 개

제 1 장 총 론

1.1 기준의 목적

이 기준은 발관개에 관한 사업계획을 수립하는데 필요한 기본적인 사항에 대하여 표준적인 접근방법과 검토해야 할 점 등을 정한 것이다.

1.2 정의 및 목적

발관개관 주로 일반 밭, 수원지(樹園地) 및 목초지에서 재배되는 밭작물의 생산환경의 개선 및 보존에 필요한 용수를 공급하기 위한 기본적인 수단을 말하며, 밭작물에 필요한 용수의 보급 및 관개시설의 다목적 이용에 의한 물이용의 고도화를 꾀함으로써 계획지역의 토지생산성 및 노동생산성의 향상에 이바지함을 목적으로 한다.

1.3 계획수립의 기본방향

계획수립에 있어서는 수원의 가능성과 경제성, 계획지역의 영농계획, 관련사업 등에 대하여 충분히 검토한다. 동시에 장래의 관리운영을 포함하여 물이용시스템 전체가 균형이 취해지도록 함을 기본으로 한다.

발관개의 실시에 의하여 작물에 필요한 수분이 보급되어 밭작물의 수량 증대 및 품질의 향상이 보장된다. 또 관개시설의 다목적 이용에 의하여 재배관리의 합리화, 기상재해방지, 관리작업의 생력화 등이 가능하게 된다. 이와 같이 발관개를 한다는 것은 수익성이 높은 작물과 품종의 도입, 재배체계의 합리화, 토지이용의 고도화 및 계획적인 생산과 출하를 가능하게 하고 영농발전의 기초가 되는 것이기 때문에 그 계획에 있어서는 넓은 시야에서 검토해야 한다.

제 2 장 조 사

2.1 조사순서

계획수립을 위하여 필요한 조사의 순서는 실시하고자 하는 사업의 규모 및 지역의 특성에 따라 정해야 한다.

또한 조사와 계획의 수립은 항상 서로 관련을 가지면서 병행 실시하여 효율적으로 수행해야 한다.

조사를 합리적이고 효율적으로 수행하기 위해서는 우선 지역의 특성을 거시적으로 파악하고 이에 따라서 필요사항의 상세한 조사를 진행하는 순서로 하는 것이 일반적이다. 즉, 조사는 대별하여 예정지조사와 기본조사로 나뉘어진다.

예정지조사는 사업의 필요성을 판정하고 계획의 기본구상을 책정함과 동시에 계획의 수립에 필요한 기본조사계획을 작성하기 위하여 수행하는 개략적인 현황파악을 위한 조사이다.

기본조사는 기본계획을 수립하기 위하여 필요한 기초제원을 얻기 위한 조사이며, 기본구상 및 예정지조사의 결과에 따라 조사계획을 작성하여 실시한다.

최종적인 계획의 타당성 판정은 기본조사 결과에 따라서 행하여지지만, 예정지조사 단계에서의 사업의 필요성, 타당성의 판정 여하가 이 사업의 실시 여부의 판단을 좌우하게 되므로 신중을 기하여야 한다.

2.2 기본조사의 항목

합리적인 계획을 수립하기 위해서는 다음과 같은 항목의 기본조사를 철저하게 실시해야 한다.

- (1) 지형 및 지적조사
- (2) 기상조사
- (3) 토양조사
- (4) 지질조사
- (5) 수리상황조사
- (6) 수원조사

- (7) 사회·경제조건조사
- (8) 영농재배상황조사
- (9) 농가의향조사
- (10) 관련사업 등의 조사

(1) 지형 및 지적조사

지형은 관개계획에 영향을 미치는 중요한 요소이므로 계획의 내용에 따라 필요한 정밀도를 가진 지형도를 작성한다.

지적은 수혜면적을 명확히 하기 위해 적정하게 산정한다.

(2) 기상조사

계획대상구역(이하 「지구」라 한다)의 기상은 지구를 대표하는 측후소의 장기간에 걸친 자료에 의해 조사한다.

(3) 토양조사

계획의 기초자료로 이용하기 위하여 지구의 토양특성 및 침투율 등에 대하여 조사한다.

(4) 지질조사

시설계획의 기초자료로 하기 위해 지구 및 그 주변의 지질에 대하여 조사한다.

(5) 수리상황조사

계획의 기초자료로 하기 위해 지구 및 그 주변에 있어서 수리시설의 설치 및 사용상황, 한발에 의한 피해상황 등에 대하여 조사한다.

(6) 수원조사

수원계획수립을 위하여 지구 및 그 주변의 하천, 호소, 지하수 등에 대한 수량, 수온, 수질 및 수리권 등의 권리관계를 조사한다.

(7) 사회·경제조건조사

지구에서 금후의 농업방향을 명확히 하고 이에 알맞는 계획을 작성하기 위해 관련되는 해당지구의 농업을 둘러싼 사회·경제조건에 대하여 조사한다.

(8) 영농재배상황조사

영농 및 재배상의 문제점과 그 요인을 명백히 함으로써, 개선방법 및 사업의 필요성과 개발방향을 검토하고 계획수립을 도모하기 위해 현황의 영농상황 및 재배관리상황에 대하여 조사한다.

(9) 농가의향조사

장래의 영농구상, 본사업(발관개사업) 등에 대한 농가의 의향을 조사한다.

(10) 관련 사업 등의 조사

지구 및 그 주변에 있어서 계획과 관련되는 실시 중 또는 계획 중에 있는 농업생산기반정비사업과 관련 사업 및 지역지정 등에 대하여 그 내용을 조사한다.

제 3 장 계 획

3.1 기본구상

3.1.1 계획수립순서

계획수립은 원칙적으로 기본구상에 의해서 기본계획 및 시설계획의 관련성을 고려하면서 골격이 되는 요소에서부터 순서에 따라 세부적인 것으로 진행하고 필요에 따라 수정 조정해서 가장 타당한 계획이 되도록 한다.

3.1.2 기본구상

계획수립에 있어서는 계획의 기본이 되는 수혜지구의 범위, 영농계획, 용수계획, 수원계획 등에 대해 종합적으로 검토함과 동시에 도, 시, 군 등의 각종 개발계획 등을 감안해서 기본구상을 책정할 필요가 있다.

3.1.3 기본계획

기본조사의 결과에 따라 영농계획, 용수계획 및 수원계획을 종합적으로 검토하고 기본구상에 맞추어 기본계획을 책정해야 한다.

(1) 계획수립순서

계획수립은 원칙적으로 기본구상을 근거로 해서 골격이 되는 요소로부터 차례대로 세부적으로 진행해 가며, 실시하려는 사업의 규모 및 지구의 실정을 고려하고 계획내용을 검토하여 효율적으로 실시한다.

(2) 기본구상

계획수립에 있어서는 지구의 범위, 영농계획, 용수계획, 수원계획 등이 기본이 되는 사항이다. 계획을 합리적이고 효율적으로 수립하기 위해서는 이들을 종합적으로 검토함과 동시에 도, 시, 군 등에서 책정하는 각종 개발계획을 감안해서 개발계획에 앞서 미리 기본구상을 책정하는 것이 중요하다.

(3) 기본계획

기본계획에서는 수혜지구를 확정함과 동시에, 영농계획, 용수계획 및 수원계획을 내용으로 한다. 또한 기본계획은 시설계획에 영향을 끼치고 계획전체의 평가나 효과를 좌우하기 때문에, 그 책정에 있어서는 기본조사 결과를 충분히 검토해서 계획내용 전체가 조화를 이룰 수 있도록 해야 한다.

3.2 용수계획

3.2.1 용수량결정의 기본

용수량은 수혜지구의 기상, 토양 및 작물의 특성 등을 충분히 파악한 후에 영농 및 작부체계의 추진방향 등을 고려해서 적절하게 결정한다.

3.2.2 용수계획 제원의 결정

가. 수분보급 용수량

수분보급을 위한 용수량은 수혜지구의 기상특성 및 토양수분특성과 관개의 대상이 되는 발작물의 수분소비특성을 기초로 해서 결정한다.

나. 토양수분조사

토양수분조사를 위해서 조사지점을 선정하고, 토양수분의 측정과 표시 방법을 결정하며, 포장용수량, 생장저해수분점, 유효수분량, 유효토층, 토양수분소비형 등의 수분정수와 소비수량 및 계획일소비수량 등을 결정한다.

다. 1회분의 순관개용수량 및 계획간단일수의 결정

제한토층내의 평균토양수분이 포장용수량으로부터 생장저해수분점까지 소비된 시점의 유효토층내의 전소비수량을 총신속유효수분량(TRAM)이라 하며, 이는 1회분의 순관개수량이 된다.

계획간단일수는 총신속유효수분량을 계획최대일소비수량으로 나누어 얻은 정수치로 한다.

라. 물방울 관개용수량

물방울 관개용수량은 그 관개방법의 특이성을 고려해서 결정한다.

마. 다목적 용수량

다목적 이용계획의 수립에 있어서는 수혜지구의 이용목적에 따라 필요수량 및 필요시기를 명백하게 해야 한다.

이용목적에 따라서는 수분보급을 위한 용수량보다 훨씬 많은 경우가 있으므로 용수량을 결정할 때는 시설규모 및 효과도 포함해서 검토할 필요가 있다.

3.2.3 계획용수량의 결정

계획용수량은 용수계획의 제원에다 수원에서 포장까지의 용수의 반송(搬送), 포장에서의 살포 등에 따르는 각종 손실수량을 적정하게 예상해서 결정한다.

(1) 수분보급 용수량

용수량산정에 있어서는 계획일소비수량, 계획간단일수 및 1회의 계획관개수량의 결정이 중요하다. 이것들은 용수계획에 있어서의 중요한 계획치로서 수혜지구의 기상특성 및 토양수분특성과 관개의 대상이 되는 발작물의 수분소비특성으로부터 결정된다.

더욱 1회의 계획관개수량으로부터 효율을 고려해서 포장관개수량 및 조관개수량을 결정한다.

또한 계획일소비수량은 발수분소비조사로부터 구해지는 소비수량과 함께 기상특성을 충분히 고려해서 결정한다.

(2) 토양수분의 측정과 표시

① 토양수분의 측정방법에는 채토법, 텐시오미터법, 전기저항법, 기타 유전식(誘電式)수분계, 열선수분계 등 많은 방법이 있지만 측정의 목적 및 각각의 방법의 특징을 고려해서 결정한다.

② 토양수분의 표시방법에는 여러 가지가 있으나 발 관개계획에 있어서 수분량을 표시하는 경우에는, 토양의 전체용적중에서 차지하는 물용적의 백분율 즉 용적함수율을 사용하면 수분량을 수심으로 쉽게 환산할 수 있다. 또한 측정된 토양수분을 에너지상태(pF치)로서 표시해 두면, 토성, 토양구조 등이 달라도 토양의 수분상태를 종합적으로 이해할 수 있어 편리하다. 또한 토층중에서 수분의 이동상황을 해석하는데도 쓰인다. 텐시오미터법에서는 측정된 부압 그 자체를 pF치로 표시할 수 있는데, 다른 방법인 경우는 토양수분과 pF치의 전기저항치곡선을 미리 만들어 두었다가 이것을 이용하여 환산한다.

(3) 수분정수의 결정

조사지점에서 채취한 토양에 대해서 포장용수량 및 생장저해수분점을 실측해서 유효수분을 정한다. 또한 조사지점에서 토양수분의 변동을 실측함으로써 유효토층, 제한토층 및 토양수분소비형 등을 정한다.

(4) 소비수량 및 계획일소비수량의 결정

소비수량은 작물이 정상적으로 생육해서 고품질과 다수확을 실현할 수 있는 상황에서 소비되는 유효토층중의 수분량이며, 원칙적으로 실측에 의해 토양

수분감소법에 의하여 결정한다. 또한 계획일소비수량은 소비수량에 기상인자 등을 고려해서 적정하게 결정한다.

(5) 총신속유효수분량

총신속유효수분량은 계산상으로는 제한토층의 유효수분량을 제한토층의 토양수분소비형의 값으로 나누어 얻는다. 이것은 이론상으로 본 1회분의 최대 관개수량이다.

$$\text{총신속유효수분량} = (f_c - M_L) \cdot D \cdot \frac{1}{C_p} \text{ (mm)}$$

여기서, f_c : 포장용수량 (용적비 %)

M_L : 성장저해수분점 (용적비 %)

D : 제한토층의 두께 (mm)

C_p : 제한토층의 토양수분소비형의 값 (%)

제한토층이 명확하지 않으면 각층에 대해서 총신속유효수분량을 계산하고, 이 중에서 최소치를 계획상의 총신속유효수분량으로 한다. 또 총신속유효수분량은 토양수분감소법 등의 실측에 의해서 구할 수도 있다.

(6) 물방울 관개용수량

물방울 관개방식은 작물의 포기 밑에만 물을 공급하는 방식이므로, 물방울이 떨어지는 점을 중심으로 하는 토양의 일부만 습윤되어 흡수뿌리가 습윤부분으로 유도되는 경향이 있기 때문에 용수량의 산정방법은 다른 방식의 경우와 달리 복잡하여 아직도 충분히 확립되어 있지 않다.

물방울 관개방식은 건조지역에서 이용되는 일이 많기 때문에 우리나라에서는 시설원예에서 이용될 수 있고, 수자원이 부족한 지역에서 노지(露地)관개에 활용하여 물방울 관개의 특징의 하나인 절수효과를 얻을 수 있다.

3.3 수원계획

3.3.1 계획기준년

계획기준년은 10년에 1회 정도 발생하는 한발년을 원칙적으로 채택한다. 실제적으로는 장기간의 기상, 수문기록을 기초로 해서 판단하는 것이 바람직하다.

3.3.2 유효우량

밭에 내린 강수량 중에서 작물의 생육에 유효한 것을 유효우량으로 한다. 유효우량은 강수량, 강우강도, 강우분포, 지형, 토양의 투수성, 재배작물의 종류 등을 감안해서 구한다.

3.3.3 수원계획

수원계획은 하천수, 지하수, 저수지 등의 각 수원에 대해서 기술적 가능성을 검토한 후에, 관개방식 및 용수량의 다소에 맞추어서 가장 경제적으로 취수할 수 있는 수원방식을 결정한다.

(1) 계획기준년

물이용계획을 작성하는 경우, 계획기준년을 설정하고, 이 해에 대해 물이용의 가능성을 검토한 다음 수원에 알맞는(수원의 증강을 포함) 계획을 작성해야 한다.

(2) 유효우량

밭에 내린 강수량중에서 5mm 미만의 소량의 것은 유효우량으로서 계산하지 않는다. 또한 강우의 유효율은 지형, 토양의 투수성, 재배된 작물의 종류, 강우강도, 강우분포 등을 고려해서 80% 정도로 본다. 또한 유효우량의 상한은 총신속유효수분량(TRAM)에서 강우 직전에 있어서 토양의 유효수분량을 뺀 값이며, 최대치는 총신속유효수분량이 되는데, 관개 직후에 내린 경우 유효우량은 거의 영이 된다.

3.4 전체조직계획

밭관개에 있어서 포장에서 수원까지의 용수조직은 말단관개조직, 급수조직, 송수조직으로 구성된다.

이들 세가지 조직은 서로 관련이 깊기 때문에 계획수립에 있어서는 경제성, 기능성, 안전성 등을 고려하여 조직전체의 조화를 갖추도록 해야 한다.

(1) 말단관개조직

말단관개조직이란 여러개의 살포블록을 지배하는 분수밸브(分水 valve) 등의 밸브류와 이로부터 2차적으로 설치된 시설의 총체를 말한다.

3.5 말단관개조직계획에서는 스프링클러 관개를 주제로 기술한 것이지만, 고

정관에 의한 관개, 지표관개 등에 대해서도 기본적인 사항을 기술하였다.

(2) 급수조직

급수조직이란 조절지(farm pond) 또는 저수조에서 말단관개조직에 이르는 일련의 시설총체를 말한다. (3.6 급수조직계획 참조)

(3) 송수조직

송수조직이란 수원에서 급수조직에 이르는 일련의 시설총체를 말한다. (3.7 송수조직계획 참조)

(4) 조절지 또는 저수조 하류측 물관리조직의 분류

면적규모에 따라 살포블록, 윤변구 및 관개구로 구분된다.

3.5 말단관개조직계획

3.5.1 스프링클러 관개

가. 기본구상

스프링클러 관개는 영농조건에 충분히 대응한 형태로 계획되어야 하고, 특히 다목적으로 이용하는 경우에는 영농상 다양한 물이용의 요구에 적절하게 대응할 수 있도록 해야 한다.

나. 살포블록의 규모

살포블록의 규모는 영농조건, 시설비, 유지관리비 등을 종합적으로 판단하여 설정한다.

다. 말단기자재의 선정

살포기구나 밸브 등의 말단기자재는 포장내에서 물의 살포를 직접 다루는 것으로, 발관개의 효과를 충분히 올리기 위해서는 대상작물, 영농조건, 경지정리의 상황, 지형, 기상조건 등을 종합적으로 검토하여 선정한다.

라. 말단기자재의 배치

말단기자재의 배치는 물이용의 목적에 따라서 그 효과가 충분히 발휘될 수 있도록 적절히 결정한다.

마. 말단배관계획

말단살포시설의 기능은 그 배관의 적부에 의하여 크게 좌우되기 때문에, 배관계획에 있어서는 그 이용목적에 따라 요구되는 조건을 충분히 만족할 수 있도록 배관방식을 결정해야 한다. 또한 관로의 계획에 대해서는 살포블록내의 수압차가 작고 관의 종류 및 관경배열이 적절하게 될 수 있도록 유의해야 한다.

3.5.2 고정관로에 의한 관개

포장에 파이프를 부설하여 관개하는 다공관관개나 물방울관개는 파이프의 수리특성과 배치방법을 충분히 검토하여, 관개 후 습윤지역내에 재배작물의 근역이 충분히 들어갈 수 있도록 합리적인 관개계획을 수립해야 한다.

3.5.3 지표관개

가. 고랑관개

고랑관개에서는 관개 후 습윤지역내에 재배작물의 근역이 충분히 포함되도록 침투율에 따라 적절한 고랑유량, 고랑길이, 고랑나비 및 관개시간을 결정하여 합리적인 관개계획을 수립한다.

나. 수반관개

수반관개(水盤灌溉)는 관개후 습윤지역내에 작물의 근역이 충분히 포함될 수 있도록 침투율에 따라 적절한 포장유량, 수반나비, 수반길이 및 관개시간을 결정하고 합리적인 관개계획을 수립한다.

(1) 스프링클러의 분류와 선정

(가) 회전기구에 의한 분류

스프링클러는 대별하여 회전식과 비회전식이 있다. 회전식 스프링클러는 일반적으로 살포거리가 길고 살포의 균등성이 우수하며, 회전기구에 따라서 다음 네가지로 분류할 수 있다.

① 임팩트방식

노즐에서 나온 사출수가 반동간(反動桿)을 움직여 스프링클러 또는 카운터웨이트에 의한 반동충격력에 의하여 회전시키는 것으로 이 방식이 가장 많이 사용되고 있다.

② 수차방식

스프링클러 내부의 유수속에서 수차를 회전시켜 그 회전을 기어로 스프링클러의 축에 전달하여 회전시키는 것이다.

③ 임펠러방식

노즐에서 나온 사출수에 의하여 임펠러를 회전시켜 임펠러의 축에 붙어있는 톱니바퀴와 헤드블임대의 톱니바퀴를 맞물려서 회전시키는 것이다.

④ 제트분사방식

노즐에서 나온 사출수의 반동에 의하여 스프링클러를 직접 회전시키는 것이다. 고속회전이기 때문에 상기 세가지 종류에 비하여 살포거리가 짧으며, 나무 밑의 살포나 소규모살포 등에 드물게 이용되고 있다.

비회전식 스프링클러는 일반적으로 소형이며, 낮은 수압에서 사용되기 때문에 살포거리가 짧다. 노즐의 구조에 따라 살포형상은 원형, 사각형, 나비형 등이 있다. 수압에 의하여 물방울의 지름을 바꿀 수도 있고, 미스트에 의하여 공기습도의 조절에 쓰이는 수도 있다. 주로 시설원예용 하우스, 유목 수원지(樹園地) 등에 채택되고 있으며 회전식에 비하여 일반적으로 관개강도가 크고 살포의 균등성은 떨어진다.

(나) 살포범위에 의한 분류

회전식 스프링클러는 회전각도의 범위에 따라 전원식(全圓式)과 분원식(分圓式)으로 구분된다. 전원식은 일정한 방향과 일정한 속도로 회전하여 원형으로 살포하는데 반하여, 분원식은 회전각도를 자유롭게 조절할 수 있고 부채꼴로 살포한다.

분원식은 포장밖으로 물이 비산하는 것을 방지하기 쉽기 때문에, 도로에 연한 포장이나 인접포장이 물관리나 비배관리를 달리하는 경우와 계단식 밭에서 유효하게 쓰여진다.

일반적으로 분원식 스프링클러는 관개강도가 크기 때문에 포장형상이 협소하고 복잡한 경우에는 토양침식면에서 주의해야 한다.

(2) 조절장치의 분류와 선정

관개계획의 설정조건에 따라 유량을 규제하고 적절한 급수조작을 하기 위해서는 사용조건에 적합한 조절장치의 설치가 필요하다.

말단관개조직에 있어서의 조절장치로는 밸브, 급수전, 흡입기, 양수장치 등이 있다.

(3) 말단기자재의 배치

살포기구가 적절하게 선정되었다 하더라도 그 배치가 불량하면 효과를 충분

히 발휘할 수 없다.

스프링클러에 대해서는 적정관개강도와 균등한 살수분포가 될 수 있도록 그 배치간격과 노즐구경 등을 결정하고, 양수기나 밸브 등의 배치는 살포블록의 규모 및 조작관리면을 고려하여 결정한다.

더우기 작업기계에 장애가 되거나 파손을 일으키지 않게 하기 위해서, 포장 내에 배치하는 것은 될 수 있는 한 피해야 하며 급수전 등은 피트(pit)로 보호하는 것이 좋다.

(4) 말단배관계획

말단살포시설에 있어서 스프링클러의 선택은 사용목적 및 사용조건에 따라 그 기종이 한정되는 경우가 많다.

배관계획을 책정함에 있어서는 ㉠ 포장내 관로의 이동성, ㉡ 배관형식, ㉢ 관의 종류 선택, ㉣ 관경의 배열과 조합 등 계획담당자의 창의적인 연구에 의하여 기능의 개선과 시설비 및 유지비의 저렴화를 꾀할 수 있는 여지가 많다.

특히 배관형식의 선정 및 관경배열과 조합의 양부는 관내압력의 변동, 각 스프링클러의 배출시간차 및 잔액량의 다소 등의 말단살포시설의 기능특성을 직접적으로 좌우함과 동시에, 시설비 및 유지비를 포함한 비용을 지배한다. 따라서 이의 책정에는 신중한 검토가 필요하다.

(5) 고정관로에 의한 관개

(가) 다공관관개

다공관관개는 일반적으로 알루미늄, 염화비닐, 폴리에틸렌 등의 단단한 파이프나 비닐, 폴리에틸렌 호스 등의 연한 호스에 많은 구멍을 뚫어 살포하는 것으로서 다음과 같은 특징이 있다.

① 낮은 수압으로 충분하지만 관개강도는 일반적으로 크므로, 경사지나 중점 토양에서는 표면유출, 토양침식을 일으킬 염려가 있기 때문에 주의해야 한다.

② 직사각형살포이기 때문에 포장구획에 맞추어 관개할 수 있고 또한 인접포장이나 도로 등에 미치는 영향이 극히 작다.

③ 옆면이나 토양면에 대한 물방울의 충격력은 비교적 작고, 발아 전후의 관개에도 지장이 없다. 물방울의 비산높이는 비교적 낮고 또한 물방울입자가 크기 때문에 바람에 의한 비산손실비율이 작다.

(나) 물방울관개

물방울관개법은 압력수를 특수한 기구로 감압하여 소량의 물방울을 가지고 장시간 연속해서 작물의 뿌리근처에 집중적으로 관개하는 방식이다.

그 특징으로서는 ① 작물의 뿌리근처에만 부분관개하기 때문에 절수효과가

크고 또한 관개의 적용효율이 높으며, ② 바람에 의한 물의 비산손실이 없고 멀칭아래 관개가 가능하며, ③ 관개시간이 길기 때문에 염류집적을 가져오는 경우가 적고, ④ 시비가 균등하게 되는 동시에 생력적으로 할 수 있다는 점 등이 있다.

(6) 지표관개

(가) 고랑관개

① 급수시설

포장의 급수시설은 용수의 배분조작이 용이하고 수로시설에 의한 궤폐지가 적으며, 관리작업에 장애가 되지 않도록 해야 한다. 따라서 일반적으로는 개수로보다 매설관로가 바람직하지만, 작물 및 토지조건으로 보아 지표관개를 효율적으로 행할 수 있을 경우는 개수로에 의한 방법도 검토해야 한다.

[개수로방식]

고랑관개의 말단급수로로서 흙수로나 콘크리트제 플룸을 사용하는 경우는 포장면과 15~20cm 이상의 낙차를 두면, 슬라이드 문짝 또는 사이폰 등으로 고랑에 용이하게 취수할 수 있다. 포장이용계획을 사전에 충분히 검토하여 궤폐지나 작업상의 장애물을 줄여야 한다.

[관수로방식]

개수로에 비해 공사비가 많지만 유지관리가 용이하고 지형의 제약을 받지 않으며, 급수제어를 정밀하게 생력적으로 행할 수 있다. 구조상 폐쇄식과 개방식이 있으나, 고랑관개에는 시설비가 저렴한 저압의 개방식 수로로도 충분하다. 개방식은 월류스탠드(overflow stand)나 플로우트밸브(float valve) 등의 조압구조물을 사용하여 평탄지에서는 5m 이내, 경사지에서는 10m 이내로 감압해야 한다.

② 고랑의 취수장치

개수로에서 취수하는 사이펀은 염화비닐 외에 고무, 알미늄제품 등이 있다. 구경에 의해 유량을 조절할 수 있으나, 요성관(撓性管)의 유량은 이론치와 상당히 다른 경우가 있다. 나무통이나 사이폰으로 부수로에 취입시킨 후 토관이나 대나무통으로 여러개의 고랑을 동시에 관개하는 방식도 있으나, 어느 것이든지 급수로 하류측을 보로 체절하여 월류수위를 일정하게 해야 한다.

관수로의 경우에는 개방식급수전, 월류형급수전, 앵글밸브 등에 슬라이드 문짝이 붙은 파이프, 유공호스, 문짝이 붙은 플룸 등을 접속하여 각 고랑나비에 맞추어 구멍이 설치되어 있으며 유량조절이 가능하다.

③ 유량측정장치

낙차가 충분한 개수로의 경우는 유량에 따라 각종의 보를 사용하며, 평탄한 개수로에서는 파살플롭 또는 한계류미터(critical flow meter)를 사용하는 것이 일반적이다. 어느 경우나 설계대로 접근유속을 얻을 수 있는 유지관리가 필요하다. 관수로의 경우에는 회전날개식 유량계가 널리 쓰인다.

(나) 수반관개(boader irrigation)

수반관개는 고랑관개에 비하여 노력은 적게 들지만 많은 유량을 필요로 하는 것이 특징이다.

조파하는 잡곡류나 발벼의 경우는 4% 이하의 경사지에, 목초지에서는 6% 이하의 경사지에 적용한다. 주변의 두렁은 관개수가 월류하지 않을 정도의 높이로 해야 하지만, 너무 높으면 농기계작업에 지장을 줌으로 주의해야 한다. 포장 유량이 30~50 l/s의 경우에는 높이 15cm, 나비 40~60cm 정도가 적당하다.

3.6 급수조직계획

3.6.1. 급수조직계획의 기본

급수조직의 지배규모 및 조직구성은 경제성, 기능성, 안전성 등을 고려하여, 관리운영이 원활히 되도록 결정해야 한다.

3.6.2 급수조직의 지배규모

급수조직의 규모(관개구)는 관개작업 및 시설계획의 단위가 되는 1개 또는 여러개의 윤환구로 구성된다. 이들의 블록은 작부계획, 영농계획, 지형조건, 포장의 정비조건 및 시설의 경제성 등을 충분히 검토한 다음 결정해야 한다.

3.6.3 조직용량의 결정

조직용량은 급수조직계획의 기본이 되며, 계획적 관개를 실시하기 위하여 필요한 급수시설의 최대통수량이다. 또한 이용목적에 따라 필요로 하는 조직용량이 다르므로, 그 목적에 부합되도록 조직용량을 결정해야 한다.

3.6.4 급수조직의 자유도

집약적 재배작물을 관개의 대상으로 하는 경우에는 물수요의 시간적 집중에 대응할 수 있도록 급수조직에 자유도를 갖게 하는 것이 바람직하다. 이 경우 경제성에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

3.6.5 급수조직의 구성과 각종 시설의 배치

급수조직은 조절지 및 저수조, 펌프시설, 관로, 분·급수시설 등 외에 다목적으로 이용하는 경우에 필요로 하는 시설로 구성되어 있다. 이들 시설은 그 합리적 연계를 도모하고, 조직전체에서 본 공학적 기능이 조화될 수 있게 계획한다.

각종 시설의 배치는 말단 필요압력, 제어방식, 포장의 정비조건, 살포작업체계, 이용목적 및 안전성 등을 충분히 고려하여 결정한다.

3.6.6 급수시설계획

가. 조절지또는 저수조 계획

급수조직 중에 조절지 또는 저수조를 설치하는 목적은 상위 간선수로의 조직용량과 말단시설의 조직용량과의 조정과 균형을 도모하고, 말단에서 물이용의 자유도를 증대시켜, 펌프를 시발로 하는 유수제어시설의 조작을 원활히 하여 관리손실수량을 경감시키는데 있다.

조절지나 저수조는 1개의 관개구에 1개소를 설치하고, 원칙적으로 1일 이내의 용수수급관계가 조절될 수 있게 계획한다.

나. 배관계획

조절지 또는 저수조에서 각 포장까지의 수로형식은 원칙적으로 폐쇄형 관수로로 한다. 단, 지형조건에 따라서는 도중에 압력조절 또는 분수를 위하여 수조를 설치한 반폐쇄형 관수로로 한다.

관수로의 계획에 있어서는 말단시설이 적절히 작동하며 시설의 이용조직과 잘 연계를 갖도록 배치하는 동시에 관의 직경 및 재료를 선정한다.

3.6.7 약액 및 비료 혼입처리조직계획

가. 블록구성 및 시설구성

블록구성은 살포블록, 운환구, 관개구의 순으로 구성한다.

기본적 시설구성은 급수시설 및 말단살포시설로 구성한다.

방제, 시비 등의 자재살포를 목적으로 하는 경우에는 자재혼입시설 및 잔액처리시설을 부가한다.

다목적이용조직은 이들의 모든 시설이 통합되는 종합시스템으로서 효과적으로 기능을 다할 수 있도록 계획하여야 한다.

나. 자재혼입방식

병충해방제 및 액비시용을 위한 자재혼입방식의 결정은 포장의 집단상황 및 규모, 작물유형, 작부체계, 작업체계 등에 적합하도록 고려한다.

다. 잔액처리방식

잔액처리는 급수시설과 말단살포시설로 구분하여 실시한다.

각 시설내의 잔액처리방식의 선정에 있어서는 자재혼입방식, 영농형태, 작업체계 등에 적합하도록 고려한다.

(1) 급수조직계획의 기본

관개시설은 영농시설이면서 물을 보내는 수리시설이기도 하다. 물을 보내는 기능면에서 보면 상위간선과 말단 급수시설과의 연계를 필요로 하지만, 조절지 또는 저수조를 설치함으로써 상위간선과 말단에 있어서 급수관리의 독립성이 확보된다. 따라서 말단에서의 물이용목적이 조절지 또는 저수조 아랫쪽에 있는 급수시설계획에 큰 영향을 끼치므로, 여기서는 조절지 또는 저수조로부터 말단측의 급수조직이 지배하는 블록을 관개구라고 하며, 급수조직계획의 기본단위가 된다.

관개구의 급수조직계획에 있어서는 송·급수기능의 확보는 물론이고, 특히 말단포장에서 원활한 작업이 이루어질 수 있게 고려함과 동시에, 건설비 및 유지관리비에 대한 경제성에 대해서도 충분히 검토해야 한다. 또한 다목적이용시설 계획에 있어서는 특히 관리운영면에서 세심한 검토가 필요하다.

(2) 급수조직의 지배규모

관개구의 결정에 있어서는 다음의 ② 및 ④를 중심으로, 윤환구에 대해서는 ①~⑥의 각 사항에 대하여 충분히 검토해야 한다.

- ① 대상작물, 작부체계, 관개목적
- ② 지형조건, 수혜단지구성, 수원위치와의 상대적인 관계
- ③ 말단에서의 살포작업체계, 작업가능시간
- ④ 도로를 중심으로 한 기반정비조건, 포장의 소유관계
- ⑤ 살포자재의 수송, 혼입과 잔액처리
- ⑥ 관개시설의 경제적 지배규모

(3) 급수조직의 자유도

시설원에 또는 노지(露地)의 채소류가 차지하는 면적이 큰 지구에서는 1일 중에서도 특정시각에 물이용이 집중되는 수가 있다.

따라서 물수요의 시간적 집중에 어느 정도 융통성 있게 대응하기 위하여 조직용량에 여유를 갖게 하는 것이 필요하며, 이 여유의 척도를 자유도라고 한다.

(4) 조절지 또는 저수조의 기능과 역할

일반적으로 상위 간선수로의 통수시간과 말단에서의 관개시간은 다르다. 말단에서의 관개휴지시간 중 간선수로의 통수량을 일시 저류함으로써, 간선수로의 조직용량을 낮추고, 관리손실의 감소를 피함과 동시에 상위 간선수로의 송수관리를 용이하게 할 수 있다. 이를 위해서 설치되는 조정시설이 조절지 또는 저수조이다.

조절지 또는 저수조는 말단에서의 물이용의 변동을 원활하게 하고 말단에서 짧은 시간 동안의 물이용 변동을 조절하여, 상위 간선수로의 송수관리를 용이하게 함과 동시에 역으로 말단의 물이용에 대한 간선송수관리로부터의 제한을 완화시키는 기능을 갖는다. 따라서 조절지 또는 저수조는 말단에서 물이용의 자유도를 크게 한다.

또한 물이용 변동의 원활화는 송·급수제어(특히 펌프의 시동 및 정지의 제어)를 원활하게 하는데 중요하다.

이들 기능을 정리하면 다음과 같은 독립기능으로 나눌 수 있으며, 각각에 필요한 용량이 있다.

- ① 말단관개시간과 간선통수시간의 시간차 조정용량
- ② 용수수요의 시간적 집중에 대한 완화용량
- ③ 다목적이용을 위한 용량
- ④ 양수시설 및 분수시설의 원활한 운전제어용량
- ⑤ 원활한 송수관리를 위한 용량

이와 같이 조절지 또는 저수조는 많은 기능을 가지고 있지만, 어느 것이나 간선과 말단급수조직을 잇는 완충부로서의 역할을 가지고 있고, 특히 다목적 또는 자동화시스템에서 그 의의가 크다. 따라서 이의 계획에 있어서는 그 형식, 용량 및 위치에 대하여 어느 기능을 강조하는가를 검토하여 결정해야 한다.

또한 목적하는 기능이 충분히 발휘될 수 있게 지형조건, 경제성 등을 고려하여 조절지 또는 저수조의 규모를 결정하고 배치한다.

(5) 배관계획

발관개시설의 급수관로는 말단시설에 압력수를 공함함을 목적으로 하고 있으며, 일반적으로 매설관로가 사용된다. 급수관로의 설계에 있어서는 관개대상지구의 각처에서 말단시설에 최적의 압력을 유지할 수 있게 하는 동시에 소요유량을 확보할 수 있는 관의 직경을 선정해야 한다.

(가) 급수관로의 일반적 계획순서

합리적인 계획 및 살계를 위한 순서의 한가지 예를 제시한다.

① 먼저 말단시설의 이용목적에 적합한 소요압력과 용량범위를 결정한다. 이에 따라서 급수관로 종단방향의 각 분기점에서의 적절한 압력수두가 정해진다.

② 말단시설의 운용에 적합하도록 관로의 배치를 결정한다.

(나) 관직경의 배열

① 펌프양수의 경우

말단의 소요압력을 펌프로 가압하는 경우에는 시설의 초기투자뿐만 아니라 유지관리비도 고려하여, 합리적인 관직경의 배열을 계획해야 한다. 특히 동력비(전력, 연료 등 에너지에 요하는 비용)의 산정에 유의해야 한다.

② 위치에너지를 활용할 수 있는 경우

위치에너지에 의하여 필요한 압력수두를 얻게 되는 경우에는 그 압력수두를 최대한 이용할 수 있도록 관직경을 배열한다. 관직경의 배열을 선택할 때는 관로비용에 직접 관계되는 수두배분을 고려하고, 보다 경제적이고 합리적으로 배열하는 것이 중요하다.

(6) 자재혼입방식

병충해방제 및 액비시용을 위한 자재혼입방식은 조직내의 시설배치에 의하여 관개구 혼입방식, 운환구 혼입방식, 살포블록 혼입방식의 3방식으로 나눌 수 있다. 또한 혼입장치의 기능면에서는 전량희석주입방식, 정유량밸브방식, 유량비례방식, 차압이용방식의 4방식으로 분류할 수 있다.

(7) 잔액처리방식

발관개 다목적이용시설의 배관은 일반적으로 분무기의 고정배관에 비하여 구경이 큰 파이프가 사용되기 때문에, 약액살포작업후 관내에 잔류하는 약액량이 많아 약액비용이 높아지는 원인이 되고 있다. 따라서 가능한 한 잔액약액을 회수하여 재이용하도록 해야 한다. 잔액약액의 회수는 보통 급수시설과 살포시설에서 별도로 실시한다.

약액혼입방식과 잔액처리방식의 조합관계는 다음과 같다.

관 개 구 혼입방식 : 급수시설잔액처리방식, 살포시설잔액처리방식

운 환 구 혼입방식 : 급수시설잔액처리방식, 살포시설잔액처리방식

살포블록 혼입방식 : 살포시설잔액처리방식

3.7 송수조직계획

3.7.1 송수방식의 결정

송수조직에서는 수원의 상황, 지형, 관개방식, 용수관리방법 등을 고려하여, 지구에 가장 적합한 송수방식을 결정하고, 이 송수방식을 안전하고도 경제적으로 실현시키는 수로형식을 선정한다.

3.7.2 조정시설

시설 전체의 경제성 및 조작성을 높여가며, 물이용의 합리화를 도모하고, 효율적인 물관리를 실시하기 위하여, 송수조직의 적당한 위치에 조정시설을 설치할 것을 검토한다.

조정시설의 배치, 용량 및 구조는 목적하는 바 조정기능이 충분히 발휘될 수 있게 계획한다.

3.7.3 펌프시설

펌프시설은 계획최대유량을 안전하고 경제적으로 확보할 수 있도록 하며, 유량변동, 기타 시설과의 관련성, 운전제어방법, 유지관리 등에 대하여 충분히 고려해서 계획한다.

3.7.4 부대시설

송수시설의 도수기능 또는 유수제어기능이 안전하고 확실하게 유지되고 발휘될 수 있도록 적절한 부대시설을 설치해야 한다.

3.7.5 종합수리해석

송수시설, 급수시설 및 물관리시설의 계획을 수립하는 시점에서 이들의 종합적인 수리해석을 실시하여, 계획상의 제조건을 충족시킬 수 있는지의 여부를 송·급수시설의 운영과 제어면에서 검토하는 것이 바람직하다.

(1) 송수방식의 결정

수원으로부터 계획지구로 용수를 유입하고, 또한 지구내의 포장에서 물수요를 충족할 수 있게 급수하기 위한 송수조직, 시설조작, 관리방법까지를 감안하면서 선정하는 것은 조직의 우열을 좌우하는 가장 중요한 과제이다.

(2) 조정목적과 기능

조정시설은 용수 수요량의 시간적 변동을 흡수하고, 원활하고도 탄력적인 용수의 배분을 용이하게 한다. 또한 무효방류를 방지하고 수로의 보수와 점검시에도 급수를 계속할 수 있게 하며, 각종 시설로 구성되는 일련의 시설계의 원활한 연계운용을 도모하기 위하여 설치한다.

(3) 부대시설

송수시설은 송수방식, 수로형식, 제어방법 등의 조건에 따라 소요 부대시설이 적소에 배치될 때 비로소 발관개조직으로서의 기능을 발휘한다.

(4) 종합수리해석

유수의 제어에 따른 물관리시설의 계획에 있어서는 단지 최대유량만이 아니고, 예상되는 사용상황 전반에 걸쳐 송·급수시설내의 유황의 파악과 그 제어가 문제로 되며 단순한 최대유량에 대한 용량확보만으로는 불충분하다. 특히 송·급수시설은 물관리정보시스템과 하나가 되어 기능을 발휘하는 것으로 보고 수류계와 제어계를 조정하는 것이 중요하다. 따라서 계획을 수립함에 있어서 제어에 따르는 수류의 상황을 정확하게 파악하여, 목적하는 바 수류의 상황을 안전하고도 정밀하게 실현하는 방법을 검토하는 것이 최대의 과제가 된다.

또한 최대유량에 대하여 계획 설계된 송·급수시설은 그 밖의 유량조건에 대하여 수리적 불안정을 일으키는 일이 있으며, 반드시 작은 유량이 계획상 안전하다고 말할 수는 없다. 예상되는 유량변동의 모든 범위에 걸쳐 시설배치와 시설용량사이의 수리적 평형을 이루게 해야 한다. 이를 위해서는 가급적 유수상황을 현실적으로 충실하게 재현하여 계획 설계시점에서 검토하고, 또 다른 면으로는 효과적으로 수류를 제어하기 위한 시설과 수류의 유황정보를 수집하는 검출센서(senser)의 배치 등에 대하여 검토함과 동시에 계획된 시스템을 종합적으로 검토하는 것이 바람직하다.

3.8 관리제어시설

관리제어시설은 용수와 시설이 발관개의 목적에 적합하고 또한 경제적으로 장기에 걸쳐 안전 확실하고 용이하게 관리운영될 수 있도록 계획한다.

(1) 관리제어시설의 계획목표

발관개시설에 있어서 관리제어의 주목적은 그 시설의 사용목적과 사용조건에 따라 안전하고 확실하게 조작 운영하여 효율적이용을 달성하는데 있으며, 기간수리시설, 말단수리시설 및 관리제어시설과 그 조작운영체제를 일괄적으로 계

확하고 정비함으로써 목표를 달성할 수 있다.

계획상으로는 작물재배관리의 작업체계에 대응한 말단에서의 물이용을 실현하기 위한 수리시설의 정비를 간·지선 및 말단의 각 수계를 통하여 조직적으로 검토해야 한다. 관리제어시설은 이들의 수리시설을 유기적으로 운용관리하고 보다 효율적이고 합리적인 물이용을 실현하기 위한 보조수단으로서 정의가 있으며, 제어가 수리시설을 보완한다던가 제어시설의 고도화를 전제로하여 수리시설 구조를 경시하는 것은 절대적으로 피해야 한다.

(2) 관리제어시설의 사용조건

공업생산분야의 최신기술이 도입되면서 관리제어시설도 차차 고도화되는 경향이 있으나, 발관개시설에 대한 적용을 생각할 경우 그 특수조건으로서는 일반적으로

- ① 야외에서의 사용환경 불량
- ② 사용시기의 편재 및 불규칙성
- ③ 사용횟수(동작횟수)가 적고 그 수명(내용연수)이 길어야 한다는 점
- ④ 제어 내용이 단순하고 대상이 분산되어 있는 점
- ⑤ 조작 및 유지관리의 기술수준의 제약 등

부적당한 요인이 많고 시설의 고도화가 반드시 실용면에서의 편익에 연결되지 않는다는 문제를 안고 있다. 따라서 관리제어시설은 정밀도가 다소 낮더라도 튼튼하고 신뢰도가 높고 유지관리가 용이하도록 해야 하며, 꼭 필요하지 않은 기능을 생략하여 될 수 있는 한 간결하고 안전하며 확실성이 있는 구조로 하는 것이 좋다.

(3) 물이용방식과 시설구성

발 관개시설의 계획·설계에서는 살포블록을 기본단위로 하는 유회관개가 원칙이며, 이에 의하여 시설용량의 절감과 효율적인 조작운용이 가능하게 된다. 이는 관리제어시설의 계획에 있어서 중요한 전제조건인 바, 예를 들면 조절지 또는 저수조는 간선유량을 평균화하여 분수조작을 용이하게 함과 동시에 말단에서의 물이용을 중앙통제에서 벗어나게 하는 역할을 한다. 또한 유회관개의 원칙으로 한 유회구내에서 물사용의 자유도는 제한되지만 말단밸브의 조작을 소수의 관리원으로 함에는 적합한 시스템이며, 이와 같은 조작관리하에서는 자동화도 비교적 간단하다.

따라서 관리제어시설은 물이용의 고도화를 위한 시설계획의 일환으로서 종합적으로 검토해야 한다. 말단 살포밸브의 원격집중제어를 중심으로 하는 자동화가 보급되어 적절한 물관리 및 능률화에 효과를 발휘하고 있으나, 인위적 조작

에 의하는 경우에도 예를 들면 급수조직의 일부를 복선화하고 말단밸브를 계획적으로 1개소에 집중하는 등의 방법에 의하여 밸브조작노력을 줄일 수 있으므로, 시설비나 사용의 편의성 등을 고려하여 수동·자동의 적부를 검토해야 한다.

(4) 물관리제어의 계층분담

발판개시설은 수원시설, 간선송수시설, 조절지 또는 저수조, 지구내 송·급수시설, 말단 살포시설 및 약액의 혼입·회수시설 등으로 되어 있지만, 사업규모와 그의 실시체제, 지형과 포장형태, 작목과 단지구성 및 물이용의 목적과 방법에 의하여 각 시설의 규모, 구성, 배치, 운영방법 등은 각각 다르므로, 단일 척도로 관리제어시설 계획의 전체를 규정할 수는 없다.

소규모의 계획에서는 취수에서 말단 살포까지 단일조직으로 계획됨으로 제어 시설도 용이하게 유형화되지만, 특히 대규모의 용수계획에 있어서는

- ① 수원의 감시와 간·지선의 송·급수 및 분수의 제어
- ② 주요 분수공에서 하류의 지구내 송·급수, 분수, 펌프 등의 감시 및 제어
- ③ 말단 살포밸브의 제어, 약액의 혼입·회수 조작 등

시설의 계층에 의하여 물관리의 중점항목이 다르며, 이에 따른 관리제어시스템이 구해진다. 이 경우 계층마다 관리되는 정보를 집약해서 필요항목을 한정하여 서로 전달하는 계층관리의 방식이 일반적이고, 다음 그림과 같은 기능분담이 이루어진다.

이 기준에서는 발판개에 있어서 말단작업관리의 중요성 및 특수성을 고려하여 관개구를 단위로 하는 말단관개조직 즉 보통 설치하는 조절지 또는 저수조를 기점으로 하는 말단 물이용시설을 대상으로 관리제어의 계획방침을 정한다.

또한 복수의 관개구 또는 논 용수를 포함하는 광역의 간·지선계 물관리 제어 시설에 대해서는 그 자체가 다양한 설계조건을 가지고 있으므로 별도로 검토해야 하다.

3.9 시설의 관리운영계획

3.9.1 관리운영계획

시설계획을 수립함에 있어 발판개시설의 적절한 관리운영을 도모하기 위해서 그 운영조직과 유지관리방법과를 일괄적으로 검토할 필요가 있다.

3.9.2 관리항목

발판개시시설은 관리운영에 지장이 생기지 않도록 다음과 같은 관리항목에 대하여 수리시설의 구조 및 배치와 관리제어시설의 기능 등을 충분히 검토한다.

- (1) 수원의 감시와 물이용계획
- (2) 취수 및 송·급수조작
- (3) 긴급시의 대응
- (4) 시설의 점검·정비
- (5) 물관리 데이터의 수집·정리·해석
- (6) 섬외 관계

사업의 규모나 시설구성 및 관리제어시설의 기능 등에 따라 관리업무의 내용은 다양하지만, 일반적으로 수원에서 말단에 이르는 수계구분에 따라 관리기능을 분담하는 계층관리의 방식에 의하는 것이 보통이고(그림 2.3.1), 이에 의하여 전체를 일관성 있는 방침아래 총괄적으로 관리하는 종합성과 각 블록마다의 고유한 요구에 대한 융통성과의 양립이 가능하다.

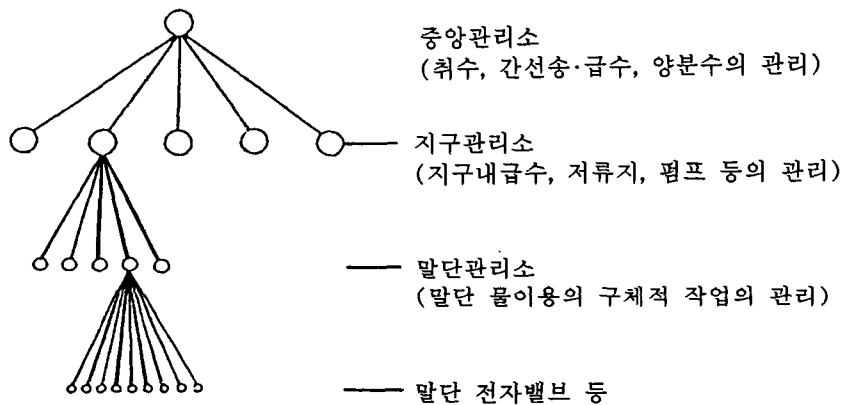


그림 2.3.1 계층관리시스템

3.10 시스템의 계획과 종합평가

발판개시시설의 계획 전체를 하나의 시스템으로 취급하여, 합리적인 시스템이 되도록 종합적으로 검토·평가하는 것이 바람직하다.

좋은 발판개시스템을 만들기 위해서는 계획과 설계의 과정에 피드백 (feed back)의 개념을 도입하는 것이 효과적이다.

즉 합성된 시스템의 특성분석과 시스템의 평가를 계획과 설계의 과정에 도입하여, 그 평가의 결과를 시스템합성의 단계에 피이드백 하고, 다시 시스템을 합성하여 고치는 순서를 취하는 것은 보다 좋은 시스템 개발에 매우 유리하다. 즉 시스템의 계획·설계와 시스템의 평가사이에는 불가분의 관계가 있다.

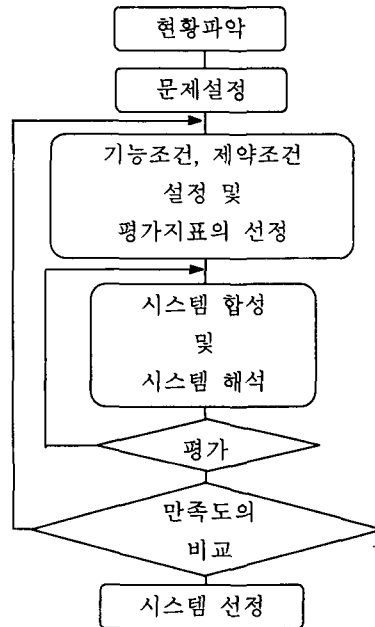


그림 2.3.2 시스템선정의 흐름

그림 2.3.2는 관개시설의 계획·설계와 평가의 순서를 나타낸 것이다.

여기서 시스템합성, 시스템해석 및 평가는 하나의 피드백 루우프를 이루고 있다. 시스템의 평가는 평가지표 즉 평가함수를 최대화 (또는 최소화) 하는 것이다. 또 기능과 제약조건의 설정 및 평가 지표의 선정과 그들의 만족도의 비교도 하나의 피드백 루우프를 이루고 있다.

시스템이 갖는 만족도에 여유가 있는 경우에는 새로운 기능을 부여하거나 당초에 설정한 제약조건을 더욱 엄하게 고칠 가능성을 갖는다고 볼 수 있다.

한편, 만족도가 확보되지 않은 경우, 예를 들면 시스템의 고도의 기능과 저렴한 비용이 동시에 확보되지 않는 경우에는 시스템의 기능과 제약조건을 조정하고 완화하는 것이 필요하다.

3.11 사업의 효과

다음 사항에 대하여 사업에 의해 생기는 효과를 계측하고 사업의 경제성 및 타당성을 평가한다.

(1) 작물생산효과, (2) 영농노력 절감효과, (3) 유지관리비 절감효과, (4) 기타

농업생산기반정비사업에 의한 효과를 일률적으로 계량화하여 평가하는 것은 곤란하기 때문에 그 경제효과 측정방법으로서 농업내부의 직접적 효과인 작물 증가순이익액, 영농노력절감액, 유지관리비절감액 등을 계측·평가하고 투자효율 방식에 의한 효과를 측정한다.

제 3 편 수질대책

제 1 장 총 론

1.1 적용범위

이 기준은 농어촌정비법 제 19조에 따라 실시하는 수질개선 사업계획을 수립하는데 있어서 필요한 사항을 정한다.

이 기준에서의 수질보전은 주로 환경관계법에 의하여 규제되고 있지 않은 비점오염원에서 배출되는 유기·무기의 부유물질, 질소·인 등의 영양염류 등에 의하여 오염된 농업용수를 관개하므로써 농작물의 생육에 지장을 주는 경우와 이로 인한 농업피해를 방지하기 위하여 실시하는 대책이다.

이 기준은 수질보전대책사업을 적정하고 효율적으로 계획하기 위한 조사 내용 및 방법, 기본구상, 유의사항 등을 제시한 것이다. 또한 일반적인 농어촌용수개발사업 계획지역 내에서 수질보전대책에 관한 조사 또는 계획이 필요한 경우 이 기준을 참고로 할 수 있다.

1.2 수질기준

농업용수 수질기준은 하천 및 호소 수역을 수원으로 할 경우 환경정책기본법 제10조 및 동 시행령 제2조에 규정한 하천수질환경기준과 호소수질환경기준을 적용한다. 또한 지하수를 수원으로 하는 경우는 지하수법 제13조 1항 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제5조 지하수 수질기준 등을 활용한다.

우리 나라 농업용수 수질기준은 환경정책기본법 시행령의 환경기준 중 하천 및 호소수질환경기준의 IV등급 수질기준을 목표로 한다. 지하수의 경우에는 지하수법 제13조 1항 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제5조 지하수 수질기준에서 농업용수 난을 만족할 수 있어야 한다. 앞으로 농작물의 피해를 고려한 농업용수 수질기준과 농어촌용수를 고려할 경우에 수질기준이 별도로 마련되어야 할 것이다.

1.3 수질오염과 농업피해

농업용수의 수질오염이 농업에 미치는 영향을 충분히 이해하는 것이 필요하다.

농업용수의 수질오염에 의한 피해는 농작물피해, 농작업피해, 농업용 용배수시설의 피해 및 생활 및 노동환경의 악화를 들 수 있다.

오염수가 논에 유입하여 토양이 나빠지는 것과 벼가 지나치게 자라거나 약해져 도복하므로써 수확량을 감소시키는 농작물 피해와 농작업에 나쁜 영향을 끼치는 농작업피해가 있다. 농업용 용배수시설에 대한 주된 피해는 부유물의 퇴적으로 유지관리비가 늘어나는 경우와 산성의 오염수에 의하여 구조물이 부식하여 내용연수가 단축되는 경우가 있다. 농업용수 수질의 오염은 농촌의 생활환경 및 노동환경에 많은 나쁜 영향을 미친다. 특히 여름철에 악취 및 파리, 모기 등은 농가뿐만 아니라 일반주민에게도 문제가 된다. 더욱이 오염수가 유입된 논(오수답)에서의 작업으로 인한 피부질환 등은 노동환경을 손상하고 노동의욕을 감퇴시킨다.

제 2 장 조 사

2.1 조사순서

계획을 수립하기 위한 조사는 계획대상구역(이하 “지구”라 함)의 특성 및 계획의 구상을 감안하여 필요하다고 인정되는 조사사항을 결정하고, 이들 사항에 대해 순서에 입각하여 효율적으로 실시한다.

계획수립의 조사 순서는 지구의 규모 및 특성에 따라 다르므로 일률적으로 정할 수는 없으나 조사를 능률적으로 수행키 위해, ① 지구의 특성을 개략적으로 파악하고 (예정지 조사), ② 이를 기초로 필요한 사항에 관해 상세한 조사(기본조사)를 시행함이 바람직하다. 예정지 조사는 사업의 필요성을 판정함과 동시에 기본조사의 실시계획을 작성하기 위한 일반적인 현황파악 및 장래예측의 조사가 포함된다. 또한 계획의 내용에 따라 기본조사의 내용이 달라지기 때문에 예정지조사의 단계에서 미리 계획을 구상하는 것이 좋다. 기본조사는 계획을 수립하고 이를 기초로 하여 설계·시공계획을 수립하기 위해 필요한 조사이다.

2.2 조사항목 및 내용

2.2.1 자연·토지조건조사

지구의 자연, 토지조건을 파악하기 위해 다음 사항에 대해 조사한다.

- | | |
|------------|-------|
| 1. 지목 및 지적 | 2. 기상 |
| 3. 지형 | 4. 토양 |

2.2.2 용수관계조사

지구 및 주변 농지에 관한 용수계통, 용수시설, 용수량, 용수관행 등에 대해 조사한다. 또한 수원을 이전하여야 할 경우는 신규수원의 취수가능량에 대해서 조사한다.

2.2.3 배수상황조사

지구 및 그 주변지역의 배수계통, 배수량, 배수시설, 배수관행 등에 대하여 조사한다.

2.2.4 수질조사

지구의 농업용수 수질오염 실태와 그 원인이 되는 오폐수의 유입경로, 오염원의 개황, 관련된 수계의 환경기준상 특별지구 지정상황 및 목표 달성현황 등을 조사한다.

2.2.5 농업개황조사

지구의 농업개황에 대하여 조사한다.

2.2.6 피해상황조사

농업용수의 수질오염에 관계되는 농작물 및 농업용 용배수시설의 피해, 농작물의 피해, 응급대책의 실시상황 등을 조사한다.

2.2.7 관련 사업 등 조사

사업지구내와 주변지역의 관련 사업, 농업진흥지역 정비계획, 도시계획 등의 내용을 조사한다.

(1) 자연·토지조건조사

지구의 자연, 토지조건을 파악하기 위해 지목 및 지적, 기상, 지형, 토양에 대해 조사한다. 지목에 대해서는 지구의 토지이용 현황을 논, 밭, 초지, 과수원 등으로 분류하고 그 분포상황을 조사한다. 기상조사는 일반적으로 용수개발, 배수개선 등의 사업계획수립의 경우와 같으나 수질개선대책 계획의 내용에 따라 중점 조사사항이 달라짐에 유의해야 한다. 지형조사는 1/2,500~1/5,000의 지형도를 작성하는 것이 바람직하며 일반적으로 지형도는 다른 것 보다 먼저 작성하는 것이 좋다. 토양조사는 기존의 조사자료를 활용토록 하고 필요사항이 부족한 경우에는 지구조사를 하여 보충한다.

(2) 용수관계조사

지구의 용수상황을 파악하기 위해서는 ①용수계통, ②용수시설의 규모, 구조, 관리상황 등, ③용수이용상황 및 용수량, ④수리권, 용수관행 및 물관리 상황에 대해 조사한다. 수질개선대책으로 수원의 전환이나 희석수의 도입을 추진할 경

우에는 새로운 예정지 수원의 취수가능량을 추정하기 위한 필요사항을 조사한다. 조사의 내용은 예정된 수원의 종류에 따라 다르므로 용수개발사업의 경우에 준하여 조사한다.

(3) 배수상황조사

배수계통은 용배수 겸용지역 및 반복이용 지역에서는 수질오염의 실태, 용수 계획, 대책공법의 선정 등을 조사한다. 배수량조사에 있어서는 택지화 등으로 유역의 유출형태가 변화되므로 유역의 토지이용, 배수로망의 정비상황 등 유출에 영향을 주는 여러 가지 요소를 조사하여 적절한 배수량을 파악한다. 또한 배수로 및 해당 배수로에 설치되어 있는 주요구조물의 규모, 구조, 배수능력, 설치년도, 관리주체, 유지관리상황 등을 조사한다. 이들 배수로는 배수의 상황, 수질상황, 배수관행 등을 조사한다.

(4) 수질조사

수질조사에서 중요한 것은 수질의 시간 및 장소에 따른 변동을 정확하게 포착하는데 있다. 조사결과는 그 지역의 수질을 대표할 수 있으며 그 변동폭에 대해서도 추정할 수 있어야 한다. 또 수질오염의 실태는 부하량으로도 파악해야 함으로 수질조사와 함께 반드시 유량조사도 한다. 수질조사항목으로서 포함되어야 할 사항은 조사지점의 선정, 조사횟수 및 시기, 수질조사항목의 선정 등이 있다. 또한, 농업용수의 수질오염 원인을 파악하기 위하여 오수의 유입경로, 오염원의 개황, 오염부하량, 오염원 배출수의 배출허용기준, 방류하는 공공수역의 환경기준, 수역유형의 지정유무와 달성정도 등을 조사한다.

(5) 농업개황조사

수질개선대책사업은 오염되어 있는 농업용수의 수질 개선을 도모함을 목적으로 하고 있으며, 그의 대책으로는 용수대책과 배수대책이 있다.

용수대책은 현재의 수량을 보장하는 것을 원칙으로 하나 과거의 농지전용, 도시계획상의 용도지정, 답전환 등을 조사하여 물 이용의 대상면적을 적정하게 결정하는 것이 중요하다. 이를 위해 농지전용, 작물별 작부면적, 농가소득, 경영규모 등의 현황 및 동향을 조사한다. 또한, 수질보전대책사업과 병행하여 용수 혹은 배수개선을 할 경우에는 각각 사업 계획에 따라 필요한 사항을 조사한다.

(6) 피해상황조사

농업용수의 수질오염에 의한 농작물피해조사는 원칙적으로 농업개요, 생육상황, 수량, 품질, 도복 및 병해충 피해를 조사하나, 필요에 따라서는 기상조건, 토양조건 및 시비내역에 대해서도 조사한다. 또한 농업용수의 수질오염에 의한 농작물피해의 정도는 이들 조사결과를 일반 수리안전답에서 얻은 조사결과와

비교하여 추정한다. 농작업의 피해조사는 농업용수의 수질오염으로 토양이 악화되거나 작물이 도복하여 경운, 수확작업 등의 기계작업능률이 저하되는 경우에는 그 실태를 조사한다. 농업용수의 수질오염으로 용배수시설의 손상, 기능저하 및 유지관리상의 변화가 있을 경우에는 그 실태를 조사한다. 농업용수의 수질오염으로 인하여 농업인의 작업환경 등이 악화되는 경우에는 조사한다. 농업용수의 수질오염으로 발생하는 농업피해를 방지하기 위하여 개별농가 또는 농지개량조합의 수혜구역 등에 따라 응급대책, 특별한 유지관리 등을 실시하고 있는 경우에는 그 실태를 조사한다.

(7) 관련사업 등 조사

사업지구 내와 주변지역의 관련 사업계획 중, 공사중이나 완공된 농업생산기반정비사업이나 농어촌생활환경정비사업 등이 있는 경우나 농업진흥지역정비계획에 설정되어 있는 토지이용계획, 농지기반정비계획 등 및 사업지구와 관련된 도시계획이 있는 경우는 도시계획을 근거로 하여 이들 사업의 내용, 범위, 실시시기 등을 조사한다.

제 3 장 계 획

3.1 수질보전계획

3.1.1 계획의 기본 방향

수질보전계획은 지구의 농업용수 수질오염의 원인과 현황, 오수의 유입 경로, 수질오염에 의한 피해 정도와 영향 범위 등 실태를 검토하여 결과적으로 경제적인 대책을 수립함을 말한다.

3.1.2 계획수립 순서

계획수립작업은 지구의 실태 및 계획 내용에 알맞은 순서에 입각하여 효율적으로 실시한다.

3.1.3 수해지구 결정

수해지구는 용배수 계통, 수질오염상황, 피해발생상황 등으로 인한 수질오염발생 범위와 수질보전대책으로 효과가 발생하는 범위를 기초로 하여 적절히 결정한다.

3.1.4 영농계획

영농계획은 조사로부터 파악된 수질오염 및 피해상황을 검토하여, 그 피해를 크게 경감시킬 수 있도록, 또한 영농목적에 맞도록 수립한다.

3.1.5 기본대책 선정

수질오염 방지 기본대책은 오염원 분포, 용배수계통, 지형, 수해지의 단지구성, 다른 관련사업, 환경보전 등을 고려하여 경제적인 동시에, 장래에 충분한 효과가 나타나도록 몇 개의 대안을 비교, 검토한 후 선정한다.

3.1.6 용수계획

용수계획은 신설 또는 개수에 관계되는 용수시설의 현재 용수량을 기초로 결정해야 하나 지구의 토지이용 변동이 심한 경우나 용수부족대책 등을 함께 계획하는 경우에는 이들에 대한 요인도 함께 고려하여 적절히 결정한다.

3.1.7 배수계획

배수계획은 신설 또는 개수할 각 배수시설에 대하여 지표수 또는 오수의 유출 (또는 배출)상황, 지구 및 그 주변 지역의 토지이용 등의 조건을 충분히 검토하여 적절히 결정한다.

3.1.8 타 기관 사업계획과의 조정

계획, 시공 및 시설의 운영관리와 관계가 있다고 생각되는 다른 사업계획의 내용을 검토하고 이들 사업계획과 조정하여야 한다.

(1) 계획의 기본방향

수질보전대책의 기본은 농업용수에 오수의 유입을 방지하거나 제거하는 일이며, 이를 위하여 오염발생원 지역에 대한 발생원 대책이 가장 효과적이다. 그러나 실제로는 농업상의 대책만으로는 해결할 수 없는 경우가 많으며, 수질보전계획을 세울 때에는 먼저 사업지구의 수질오염의 원인을 파악하여 시, 도, 군의 관계 기관과 발생원 대책의 가능성에 대하여 충분히 검토 협의하여야 한다.

수질보전계획을 수립하는데 농업용수 수질오염 원인, 오염원의 분포, 오염수의 수질, 오수의 유입경로 등을 검토하여 문제점과 대책 방향을 명확히 하고 관련된 계획도 고려하여야 한다.

(2) 계획수립 순서

계획수립의 순서는 대책계획의 내용과 관련사업의 유무에 따라 다르므로 일률적으로 규정할 수 없으며, 지구마다 그 계획 내용에 알맞게 작성하여 이를 기초로 하여 효율적으로 실시하여야 한다.

(3) 수해지구 결정

수질보전 대책사업의 수해지구는 농어촌정비법과 동 시행령에 규정한 조건을 만족시키는 지역으로서 토지이용, 물이용 등의 변화가 예상되는 경우를 고려하여 사업효과가 발생하는 범위에 따라 결정한다. 즉, 수질보전대책과 병행해서 농업용 용배수시설의 신설 또는 개수를 계획하는 경우에는 각각의 목적에 맞는 수해범위를 설정할 것이나 그 범위는 최소한도에 그치도록 해야 한다.

(4) 영농계획

영농계획의 입안시 먼저 현재상황의 수질오염정도 및 그 원인을 확실히 규명함과 동시에 오염에 의한 피해상황을 검토한 후 수질오염원을 차단한다거나 작물재배에 유해하지 않는 수질로 개선해야 한다. 농업용수의 수질이 오염되어 있는 지역에서 재배기술적 대책으로 지구의 수질오염상황에 따른 품종 선택,

시비 및 물관리 개선, 논토양의 건조, 적절한 농약살포 등이 있다. 즉, 수질오염의 영농대책은 앞으로의 지역 영농목적에 맞도록 해야 한다.

또한 수질과 토양오염에 영향을 미칠 수 있는 농공단지 등 공장시설의 설치는 최대한 억제토록 하고, 오염농지는 배수로의 개선과 함께 암거배수의 설치 등 농업토목적 대책도 강구하여 영농계획을 세우는데 차질이 없도록 해야 한다.

(5) 기본대책 선정

농업용수 수질오염의 형태는 수원 또는 취수지점이 오염되어있는 경우, 용수로에 오수가 유입하여 농업용수가 오염되어있는 경우와 상기 2개 경우가 복합되어 오염되는 경우 등 3가지의 형태로 대별할 수 있다. 수질오염방지 대책의 기본유형은 수원대책, 용배수 분리대책 및 양자를 동시에 실시하는 복합적 대책이 있다.

수질보전대책 선정에 있어서는 해당지구에서 사용되는 농업용수의 종류(논, 밭 및 수원지의 용수 등), 그 사용장소마다 사용수량을 분명히 하고 이것과 현재의 용수계통, 배수계통, 수질오염 원인 및 정도, 오염원 분포, 오수 유입경로, 관련되는 각종 사업계획(관개배수 사업, 하수도정비 사업 등), 환경 영향 등을 종합적으로 검토하여 가장 경제적으로 양질의 물을 이용할 수 있는 대책이 선정되어야 한다.

(6) 용수계획

수질보전대책사업으로 실시하는 용수시설의 용량이나 규모는 현재의 수량을 기초로 결정해야 하지만 수질오염 문제는 일반적으로 도시근교 등의 택지화가 심한 지역에서 많이 발생하므로 관개 면적이 변동되는 경우가 많다. 그러므로 용수계획의 결정에 있어서는, 과거의 농지 전용면적, 답전환 면적, 각종계획 등을 기초로 용도지정 상황에 따라, 관개면적을 용수계통별로 구분하여 지구의 감수심, 반복이용 실태 등에서 유량추정으로 얻은 현재 유량과 비교하여 적절한 계획용수량을 결정해야 한다.

수원의 수질이 오염되어 수원을 변경할 경우, 회석수를 이용하는 경우, 수원이 포함되는 유역의 오염구역을 제외시키는 경우에는 양질의 새로운 수원을 모색해야 한다.

(7) 배수계획

수질보전대책으로 시행하는 배수시설의 정비는 용수로에 유입되는 오수를 분리 배제함을 목적으로 하기 때문에 배수의 종류는 지표배수와 오수가 된다. 계획배수량은 지표배수와 오수를 합한 경우와 오수만의 경우가 있으나, 일반적으로

로 홍수시의 지표 배수량은 오수에 비하여 아주 많으므로 전자의 배수량은 홍수시의 지표수를 대상으로 하여 산정하여도 지장이 없다. 단, 지표배수 배제구역의 면적이 적어서 지표배수와 오수의 수량이 큰 차가 없을 때는 각각의 배수량을 합산한 것으로 한다.

(8) 타 기관 사업계획과의 조정

농업 용배수시설 정비계획이 있을 경우 이들 사업의 전체계획 중에 본 사업에서 실시하고자 하는 수질보전대책 내용을 충분히 반영시키고 노선계획, 시설용량, 배치 등에 대해서 서로 충분히 조정하여 장치 시설이용상 무리하고 불필요한 일이 생기지 않도록 해야 한다.

3.2 시설계획

3.2.1 시설계획의 기본구상

각종 시설의 배치, 규모, 구조 등의 계획은 지구의 기본대책과 용배수 계획에 따라 유사 지구의 사례를 참고하여 지구실정에 맞도록 적절히 결정한다.

3.2.2 대책공법과 그 선정

대책공법은 시설을 설치하는 현지 조건을 고려하여 가장 효과적이며 경제적인 뿐만 아니라 이차적 피해를 일으킬 위험이 없는 것을 선정한다.

3.2.3 시설의 구성과 배치

수질보전대책으로서 용배수 시설의 신설 또는 개수 여부는 해당 지역 용배수 조직의 재편과 관계가 있으므로 조직으로서의 기능성과 안전성을 가지는데 관계되는 여러 시설의 구성 및 배치에 대해서 충분히 검토하여야 한다.

3.2.4 관련 부대시설

사업실시에 따라 파생되는 문제들에 대처하기 위하여 필요에 따라 시설의 유지·안전등에 관한 여러 가지 시설을 계획한다.

(1) 시설계획의 기본구상

시설의 구조, 배치, 규모 등 구체적인 계획을 입안할 때에는 해당 지구의 수질 오염의 원인, 오수의 유입 경로 등 그 특징을 정확히 파악함과 동시에, 기존

수리시설의 구성, 수로 주변 지역의 환경조건 등을 고려하여 앞으로도 적절하게 되도록 해야한다. 수질보전대책사업은 농지와 택지가 혼재하는 등 토지이용이 복잡한 곳에서 시행되는 일이 많으므로 흔히 시설용지의 확보가 곤란한 실정이며, 시설 계획상 각종 제약을 받는다. 이와 같은 관점에서 지구 특성에 알맞은 독자적인 방법을 검토하는 것이 좋다. 시설은 농업용수의 수질오염에 의한 피해를 영구적으로 피할 수 있도록 계획하여야 한다. 그러기 위해서는 장래 택지화 등을 예상하여 상황 변화에 따라 다시 오염되는 일이 없도록 그 구조에 대하여 충분한 검토를 한다. 또한 방재, 안전면에 대해서도 충분히 고려하여야 한다.

(2) 대책 공법과 그 선정

수질보전대책의 기본유형은 여러 공법이 있다. 이들 중 어느 공법을 선정하느냐는 현지의 지형조건, 기존 용배수시설 상황, 오수의 유입경로, 토지이용 상황, 주변환경에의 영향정도, 재오염 가능성, 장래의 유지관리 상태 등을 고려하여 가장 효과적이며 경제적인 공법을 선정한다. 이때에 기존시설과의 적합성과 구조적인 안전성이 있어야 하며 이차적 피해를 일으킬 위험이 없을 것 등에 대해서도 충분히 검토해야 한다.

(3) 시설의 구성과 배치

본 사업에 의하여 시행되는 시설은 농업용수의 수질오염 피해를 방지하는 이외에 본래 관개배수시설로서 이수 및 배수기능을 모두 발휘할 수 있어야 한다. 수질보전대책으로 인하여 용배수 시설의 일부 또는 전부를 개수하여 재정비함으로써 계통 또는 조직으로서의 운영에 부적합한 일이 생기지 않도록 시설의 기능성과 안전성, 비상시의 대책, 사업대상외의 용배수 계통과의 적합성을 고려하여 계획한다.

용배수 시설의 구성은 지구의 규모, 수원조건, 지형조건 등 여러 조건에 따라 여러 시설이 포함된다. 이들 시설이 모두 포함될 것인가 아닌가는 지구조건에 따라 다르지만, 용수조직은 기본적으로 이들 여러 시설이 유기적으로 일체가 되어 기능을 발휘하여 농업용수를 원활히 보내고 배수하는 기능을 다하여야 한다.

일반적으로 각 시설의 구성과 배치는 지구 실태를 고려하여 조직의 골격이 되는 것에서부터 순차로 부대시설까지 결정해 가는 것이 바람직하다.

(4) 관련 부대시설

일반적으로 농업용 용배수시설 이외에 본 사업에는 특별한 시설이 많으므로 이들 시설의 유지관리에 지장이 없도록 부대시설의 정비가 필요하다.

안전관리 시설을 위해 시가지 수로의 가드레일이나 울타리, 수로덮개, 밸브, 게이트 및 그 조작기기의 열쇠장치, 및 이상 수위상승이 예상되는 곳에서는 물넘이 또는 방수공 설치를 검토해야 한다.

3.3 시공계획시 유의사항

본 사업과 관계가 있는 용배수시설은, 마을 내외의 기존 시설과 뒤섞여 있는 경우가 많으므로 노선 및 공법의 선정에 있어서는 시공의 난이도에 유의함은 물론이고 공사기간 중의 통수, 교통의 확보 등에 관해서 미리 대책을 검토하여 지역의 생산활동 및 일상생활에 큰 지장을 주지 않도록 해야 한다.

수질보전대책을 위한 시설에는 일반적으로 용배수개량사업의 경우와는 달리 특수한 조건에서 시행되는 일이 많으므로 계획 결정에 있어서는 시설용지 조건, 공사기간중 대책, 공정계획과 같은 사항에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

3.4 계획의 종합평가

계획을 마무리하는데 있어서는 시설의 내용 및 그 배치의 적합성과 함께 시설의 유지관리를 포함한 경제성에 대하여 종합적으로 검토, 평가하여 최적한 계획이 되도록 하는 것이 필요하다.

계획의 마무리 단계에서는 사업 목적에 계획의 적합성 여부 검토와 경제성이 높은 대안이 되도록 경제성 검토 및 작물의 생산증대 효과, 영농 노력 절감효과, 유지관리비 절감효과 및 간접 효과 등의 사업효과를 산정하여 평가한다.

제 4 장 유지관리

4.1 관리조직

시설의 적절한 유지관리 및 농업용수 수질의 재오염방지를 위해 관리조직을 설정하는 것이 중요하다.

취수시설, 용배수로 등의 유지관리를 적정히 하며 농업용수의 수질을 상시감시하고 재오염을 방지함으로써 수질을 보전하기 위해 관리조직을 구성하는 것은 중요한 일이다. 따라서 계획수립에 있어 미리 도시 담당부서와 충분히 협의해서 배수로, 오수배수로, 오수처리시설, 쓰레기 처리시설 등의 관리주체, 비용 부담방법 등을 설정하여 둘 필요가 있다.

4.2 유지관리

각 시설이 그 기능을 상시 유지하도록 유지관리함과 동시에 농업용수의 수질을 유지보전하기 위하여 상시 감시하여야 한다.

본 사업의 시설에는 취수시설, 용배수시설, 수질정화시설, 오수처리시설 등이 있다. 이들 시설의 유지관리는 다양해서 종래 전혀 사용치 않은 시설의 유지관리나 농업용수의 수질 유지보전 등이 포함되기 때문에 확고한 유지관리조직과 그의 운영방법을 확보하여 적절한 유지관리를 할 수 있도록 배려하여야 한다.

관 개 편 람

농 림 부

차 례

제 1 편 논 관 개

제 1 장 총 론	11
1.1 기준의 목적과 적용범위	11
1.1.1 편람의 목적	11
1.2 계획수립	11
1.2.1 목적설정	11
1.2.2 조 사	11
1.2.3 기본방침	12
1.3 관개계획기준치 (설계빈도)	14
제 2 장 조 사	15
2.1 조사 순서	15
2.2 조사범위와 기간	15
2.2.1 관련 부대사업	15
2.2.2 기본조사와 실시설계조사와의 관계	17
2.2.3 조사기간	17
2.3 조사단계	17
2.3.1 예정지 조사	17
2.3.2 기본조사	20
2.4 기본조사의 항목	20
2.4.1 지형 및 지적조사	20
2.4.2 기상조사	21
2.4.3 토양조사	23
2.4.4 지질조사	28

2.4.6	수문 및 수원조사	45
2.4.7	사회경제조건 조사	48
2.4.8	영농재배상황조사	50
2.4.9	부대조사	52
2.4.10	농가의 의향조사	53
2.4.11	관련사업 등의 조사	54
제 3 장	계 획	57
3.1	기본구상과 기본계획 수립	57
3.1.1	기본구상	57
3.1.2	기본계획의 수립	64
3.2	용수계획	75
3.2.1	기본구상	75
3.2.2	계획용수량의 구성요소	75
3.2.3	계획용수량의 산정순서	77
3.2.4	필지단위용수량	78
3.2.5	시설관리용수량	111
3.2.6	유효수량	112
3.2.7	지구내 이용가능량	114
3.3	수원계획	118
3.3.1	기본적 계획방법	118
3.3.2	수원계획의 순서	118
3.3.3	이용가능수량	118
3.3.4	설계빈도	118
3.4	시설계획	129
3.4.1	계획의 기본방침	129
3.4.2	시설용량의 결정	130
3.4.3	저수시설	133

3.4.4	취수시설	188
3.4.5	송배수시설	219
3.4.6	조절시설	237
3.5	물관리 계획	239
3.5.1	개요	239
3.5.2	기본구상	239
3.5.3	물관리와 유회관개	240
3.5.4	유회관개계획	241
제 4 장	수온상승	267
4.1	수온	267
4.1.1	수도작과 수온	267
4.1.2	하천수온	268
4.1.3	호소 및 저수지의 수온	270
4.1.4	지하수의 수온	273
4.1.5	논의 수온	275
4.2	수온대책	277
4.2.1	개설	277
4.2.2	온수대책	277
4.2.3	논 수온대책	278
4.3	수온 상승기구	280
4.3.1	열수지방정식	280
4.3.2	평형수온과 수온상승도의 계산	287
4.4	수온상승 시설	294
4.4.1	계획상의 기초조건	294
4.4.2	수온상승시설의 종류	295
4.4.3	수온상승시설의 열효율과 구조	296
4.4.4	수온의 일변화와 구조	298

4.5 온수취수시설	299
4.5.1 온수취수의 이론	299
4.5.2 온수취수시설	301
4.6 수온상승효과	301
4.6.1 낮은 수온의 영향	301
4.6.2 냉수관개에 의한 비의 감수	302
4.6.3 연속관개 논에서의 용수승온의 증수효과	302
제 5 장 사업효과	306
5.1 관개사업의 효과	306
5.1.1 지목변경의 효과	306
5.1.2 작부체계 개선 및 농지이용을 제고	307
5.1.3 단위 수확량 증가	307
5.1.4 생산비 절감	310
5.1.5 기타 효과	310
5.2 효과분석의 기준	312
5.2.1 효과분석의 법적근거	312
5.2.2 효과분석지표	312
5.2.3 현재가치와 할인율	316
5.2.4 투자수익률 산정식의 선택	317
5.2.5 경제분석의 제측면	318
5.2.6 경제분석 기준	321
5.3 재무분석	331
5.3.1 재무분석의 의미	331
5.3.2 농가단위의 재무분석	331
5.3.3 농가단위의 재무표 작성	332
5.3.4 대표농가의 재무분석	333
5.4 효과분석의 전산처리	335

5.4.1	입력자료	335
5.4.2	처리결과 내용	335
5.4.3	입력자료 양식	336
제 6 장	유지관리	345
6.1	관리목표	345
6.2	관리 조직 및 체계	345
6.2.1	관리조직	345
6.2.2	관리 체계	347
6.3	물관리	347
6.3.1	용배수 관리계획의 기본방향	347
6.3.2	급수계획	348
6.3.3	물관리를 위한 인적 조직	352
6.3.4	물관리시 유의사항	353
6.4	시설관리	355
6.4.1	시설물별 관리방법	355
6.4.2	시설물별 관리방법	356

제 2 편 발 관 개

제 1 장	총 론	362
1.1	적용범위	362
1.2	발관개의 목적	364
1.3	계획수립의 기본방향	365
제 2 장	조 사	369
2.1	조사순서	369
2.2	기본조사의 항목	371

2.2.1 지형 및 지적조사	371
2.2.2 기상조사	372
2.2.3 토양조사	372
2.2.4 지질조사	380
2.2.5 수리상황조사	381
2.2.6 수원조사	381
2.2.7 사회·경제조건조사	383
2.2.8 영농재배상황조사	384
2.2.9 농가의향조사	386
2.2.10 관련사업 등의 조사	386
제 3 장 계 획	389
3.1 기본구상과 기본계획	389
3.1.1 계획수립순서	389
3.1.2 기본구상	389
3.1.3 기본계획	391
3.2 용수계획	397
3.2.1 용수량결정의 기본	397
3.2.2 용수계획 제원의 결정	398
3.2.3 계획용수량의 결정	418
3.3 수원계획	420
3.3.1 계획기준년	420
3.3.2 유효우량	420
3.3.3 수원계획	421
3.4 전체조직계획	422
3.5 말단관개조직계획	423
3.5.1 스프링클러관개	423
3.5.2 고정관로에 의한 관개	446

3.5.3 지표관계	448
3.6 급수조직계획	459
3.6.1 급수조직계획의 기본	459
3.6.2 급수조직의 지배규모	460
3.6.3 조직용량의 결정	461
3.6.4 급수조직의 자유도	462
3.6.5 급수조직의 구성과 각종 시설의 배치	464
3.6.6 급수시설계획	466
3.6.7 약액 및 비료 혼입처리조직계획	478
3.7 송수조직계획	482
3.7.1 송수방식의 결정	482
3.7.2 조정시설	485
3.7.3 펌프시설	490
3.7.4 부대시설	490
3.7.5 종합수리해석	490
3.8 관리제어시설	492
3.8.1 계획의 순서	492
3.8.2 관리제어시설	492
3.9 시설의 관리운영계획	501
3.9.1 관리운영계획	501
3.9.2 관리항목	503
3.10 시스템의 계획과 종합평가	504
3.11 사업의 효과	508

제 3 편 수질대책

제 1 장 총 론	510
1.1 적용범위	510

1.2	수질기준	513
1.3	수질오염과 농업피해	514
1.3.1	수질오염과 농작물피해	514
1.3.2	농작업 피해	517
1.3.3	농업용 용배수시설의 피해	517
1.3.4	생활 및 노동환경의 악화	518
제 2 장	조 사	519
2.1	조사순서	519
2.1.1	예정지 조사	519
2.1.2	기본조사	521
2.2	조사항목 및 내용	521
2.2.1	자연·토지조건조사	521
2.2.2	용수관계조사	522
2.2.3	배수상황조사	524
2.2.4	수질조사	524
2.2.5	농업개황조사	530
2.2.6	피해상황조사	531
2.2.7	관련사업 등 조사	532
제 3 장	수질보전계획	534
3.1	계획의 기본 방향	534
3.1.1	사업대책	534
3.1.2	계획수립 방침	534
3.2	계획수립 순서	535
3.2.1	계획수립 순서	535
3.2.2	계획수립시 유의사항	535
3.3	수혜지구 결정	537

3.4 영농계획	537
3.5 기본대책 선정	537
3.5.1 대책의 기본유형	537
3.5.2. 대책 선정	540
3.6 용수계획	543
3.6.1 계획용수량의 결정	543
3.6.2 수원계획	543
3.7 배수계획	544
3.7.1 계획배수량	544
3.7.2 배수계획상의 유의사항	544
3.8 타기관사업 계획과의 조정	545
3.8.1 농업 용배수시설 계획과 조정	545
3.8.2 경지정리 계획과 조정	546
3.8.3 농촌마을 배수시설 정비계획과 조정	546
3.8.4 하수도 사업과의 조정	546
3.8.5 주택단지, 축산단지의 조성 계획과 조정	547
3.9 시설계획	547
3.9.1 시설계획의 기본구상	547
3.9.2 대책 공법과 그 선정	548
3.9.3 시설의 구성과 배치	556
3.9.4 관련부대시설	558
3.10 시공계획시 유의사항	559
3.10.1 시공계획상 유의사항	559
3.10.2 시설용지 조건	559
3.10.3 공사기간 중 대책	559
3.10.4 공정계획	559
3.11 계획의 종합평가	560
3.11.1 계획의 적합성 검토	560

3.11.2 경제성 검토	560
3.11.3 사업효과 산정	560
제 4 장 유지관리	562
4.1 관리조직	562
4.2 유지관리	562

제 1 편 논 관 개

제 1 장 총 론

1.1 편람의 목적과 적용범위

1.1.1 편람의 목적

이 편람의 논관개편은 설계기준 제1편 논관개편에서 규정하지 않은 사항으로 일반적인 기술해설, 표준적인 사례, 참고사항 등을 기술한 것이다. 특히 사업계획을 수립할 때는 많은 비교안에 대하여 검토해야 하므로 가급적 쉽게 계획작업을 할 수 있도록 적합한 자료와 해설을 제공하였다. 이 편람은 계획설계담당자에게 원칙적인 사고방법과 계획방향을 제시하여 기계적인 계획을 피하게 하고 정확한 판단을 내려 가급적 착오가 없는 방향으로 계획을 작성해 나가도록 도움을 주는 것을 목적으로 한다.

1.2 계획수립

1.2.1 목적설정

일반적으로 계획은 무엇인가의 수요에 의하여 작성된다. 수요라 함은 관개 대상자에 의하여 감지되고 있는 부족, 요구, 희구를 말한다. 이것을 위하여 무엇이 성취되어야 하는가를 정하는 것이 계획수립이다. 계획에서 가장 기본적인 것은 요구에 맞도록 관개목적을 명확히 설정하는 일이다. 논관개 계획의 목적은 2모작의 가능성도 함께 고려하여 용수보급, 수원전환, 시설통폐합, 시설정비 등 구체적 형태로 설정하는 것이 필요하다. 목적을 구체화하기 위하여는 어떠한 수요가 있는가를 조사해야 한다.

1.2.2 조 사

관개사업의 필요성을 명확히 하려면 현재 조건하에서 관개에 관한 수요를 조사하고, 어떠한 이익이 얻어지는가를 파악해야 한다. 이를 위하여 관개지역의 현황을 광범위하게 조사하며 이 조사자료는 계획작성의 기초자료가 된다.

따라서, 조사는 장래의 계획목표 및 계획작성과 합치되는 방향에서 조사항목, 조사방법 등을 고려한다.

1.2.3 기본방침

관개사업의 목적을 달성시키려면 어떤 기본방침에 의하여 관개계획을 수립하느냐가 가장 중요하다. 따라서 관개사업의 성과는 기본방침여하에 따라 크게 좌우된다.

기본방침은 조사결과에 의하여 결정되며, 특히 작물에 대한 물부족 원인은 용수부족시기, 피해빈도 및 정도(피해면적, 피해량)를 고려한다.

작물의 물부족에 대한 기본적 해결방법은 다음과 같다.

㉠ 관개용수 수요량을 추정하고 이 수요량을 충족할 양질의 용수원을 확보한다.

㉡ 용수원으로부터 관개용수의 공급이 전관개면적에 균등하게 배분될 수 있고, 배분과정 또는 이용과정에서의 용수손실을 최대한 억제한다.

이들은 지구의 자연조건, 사회조건에 따라 조정되며 관개계획의 기본방침으로써 구체화된다. 기본방침을 세울 때 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

가. 물부족의 원인

물부족의 원인을 알아야만 물확보 및 물절약 방안을 강구할 수 있다. 즉, 물부족 원인이 무엇인지 충분히 검토한다.

㉢ 수원자체의 부족인가,

㉣ 수원은 충분하나 수원시설의 미비에 의한 부족인가,

㉤ 용수로단면의 부족 또는 용수로 미비에 의한 것인가,

㉥ 수원시설 또는 용수로의 결함에 의한 것인가,

㉦ 물관리시설의 미비에 의한 것인가,

㉧ 낡은 수리관행에 의한 물의 낭비가 많은데 기인한 것인가 등

나. 물수요량확보와 수원시설

수원자체가 물수요량에 비하여 부족하면 이를 충족할 용수원이 확보되어야 한다. 즉 갈수량이 물수요량보다 적으면 새로운 용수원확보가 필요한 것인데, 이를 위한 용수원시설로는 저수지, 집수암거, 담수호시설, 지하수 관정 등을 생각할 수 있다. 이들 용수원시설 중 어느 것을 채택하고 어떻게 조합하는가는 주로 지형조건, 경제조건 등에 따라 정해진다.

그러나 갈수량은 충분한데 용수원시설이 없어서 물부족현상이 일어나는 지구에서는 흔히 지형조건에 따라 취입보 또는 양수장을 계획하는데, 가급적이면 양수 및 취입보 관개면적의 비율은 가급적 줄이고 기존 저수지의 덧쌓기 등으로 수자원을 확보하는 방향으로 계획하는 것이 바람직하다.

수원시설의 후보지 적지가 점차 줄고 있어 수원개발비가 점차 증대하는 경향이므로 수원계획에서는 물이용효과, 사업비, 물값 등을 비교하여 경제적 균형을 꾀하도록 유의할 필요가 있다.

다. 용수로 조직

용수로 조직에서 가장 중요한 것은 다음과 같다.

- ㉠ 수원시설에서 관개구역까지의 도수계획
- ㉡ 계획용수량이 전체 관개면적에 균등하게 배분될 수 있는 용수로망 구성
- ㉢ 용수로 형식을 개수로식으로 하는가, 관수로식(pipe line)으로 하는가, 또 개수로식은 토공수로로 하는가, 라이닝 또는 콘크리트 개수로로 하는가의 결정
- ㉣ 용수로 말단부에서의 조절지(調節池) 또는 조정지(調整池, farm pond) 등 물관리시설 설치의 결정 등

조절지는 1일~수일의 장기적 조절기능을 갖는 논관개용수로 시설이고, 조정지는 팜폰드로 단시간의 조정기능을 갖는 밭관개용수로 시설이다.

용수로 조직의 기본방침은 지구의 광협 및 지형조건과 함께 시설비, 관리비, 관리손실수량, 물배분의 균등성 등에 대한 상호관계를 충분히 검토하는 것이다. 또 용수로 조직의 계획은 장래의 관리제어방식과 관리운영조직을 예상하여 수원시설로부터 송배수시설, 조절지 및 조정지, 양수기 등에 이르는 기본용수시설이 일관성있고 균형있는 기능을 할 수 있는 조직이 되도록 한다.

라. 수리관행

농민의 물에 대한 과욕과 낡은 관개방법으로 물이용상 농민간의 심한 분쟁과 물에 대한 낭비가 많으므로 이러한 수리관행에 관한 검토가 필요하다. 즉 용수의 균형분배방법, 관개조직개선, 용수절약과 생산성을 높일 수 있는 관개방법(간단관개, 유회관개 등)에 대하여 충분히 검토한다.

마. 밭관개와의 관계

주변밭에 대한 밭관개계획을 함께 실시하는 것이 물이용의 효율화, 경제성 측면에서 유리할 경우에는 밭관개를 포함하여 계획하는 것이 바람직하다.

바. 배수와와의 관계

관개계획에 있어서 관개와 배수는 표리일체의 관계에 있다. 더구나 우리 나라와 같이 건기와 우기가 완연히 구분되고, 농지의 건조 습윤상태가 계절과 해에 따라 크게 변화하는 지구에서는 더욱 그렇다. 다우년에 양호한 수분환경의 농지는 과우시에는 한해를 입기 쉬워 수분보충의 필요성이 커지고 우기나 저습지대의 농지에서는 과잉수 배제의 필요성이 커진다. 또 논외의 경우 관개와 배수의 적절한 조장이야말로 벼재배의 중요한 물관리기술이므로 용수로계획에 배수로계획을 동시 또는 향후 개발을 고려하여 한다. 그리고 상류부 논에서 사용된 용수는 몇 번이고 하류부의 논에서 반복이용할 수 있어 특히, 용수부족이 큰 지대에서는 용수의 반복이용을 위한 용배수조직을 마련하는 등 용수와 배수를 일체화시키는 계획을 강구한다.

1.3 관개계획기준치 (설계빈도)

관개계획의 대상지구는 한발정도에 따라 그 피해정도도 다르게 나타난다. 따라서 어떤 정도의 한발상태를 상정하여, 이러한 한발을 극복할 수 있는 관개계획을 수립하는 것이 필요하다. 관개계획기준치는 보통 10년에 한번 일어날 정도의 한발을 극복할 수 있도록 결정하는 것이 일반적이다.

제 2 장 조 사

2.1 조사 순서

조사순서는 사업규모 및 지역특성에 따라 결정되기 때문에 일률적으로 규정하기는 어려우나, 기본적인 조사항목별 내용과 조사순서 및 조사단계구분은 그림 1.2.1과 같다. 조사를 합리적이고 효율적으로 수행하려면 우선 지역특성을 거시적으로 이해하고 이에 따라 필요한 사항을 상세하게 조사하는 순서로 하는 것이 일반적이다.

2.2 조사범위와 기간

관개사업지구를 보면 경지정리, 배수개선 등 말단 정비사업을 추진하기 위한 기간시설의 정비를 목적으로 하는 경우가 많다. 따라서, 사업이 말단정비를 포함하여 종합적으로 시행되도록 관련 부대사업에 대한 계획의 기본사항에 대하여도 조사를 실시하여야 한다.

2.2.1 관련 부대사업

가. 경지정리사업

관련 사업으로서 지구내 경지정리사업을 계획할 경우에는 관개사업의 기본 조사와 병행하여 필요한 조사를 실시하는 하는 것이 바람직하다.

관개사업의 기본조사와 병행하여 경지정리조사를 실시할 경우에는 1/5,000 지형도에서 용배수로의 설치계획이 가능하도록 경지정리계획의 도로, 용·배수로 등의 배치를 구상해야 한다.

사업비의 추정은 입지조건 등을 고려하여 목표 정비 수준과 표본조사 또는 부근 유사지구의 실시사례에 따라 산정한다.

나. 배수개선사업

배수로 등에 관하여는 일부 실측을 포함하여 1/5,000 지형도를 토대로 도상에서 계획하는 것이 좋으나 배수장 등 기술적 판단이 곤란한 주요 구조물에 대하여는 조사, 설계를 실시하여 정도를 높인다.

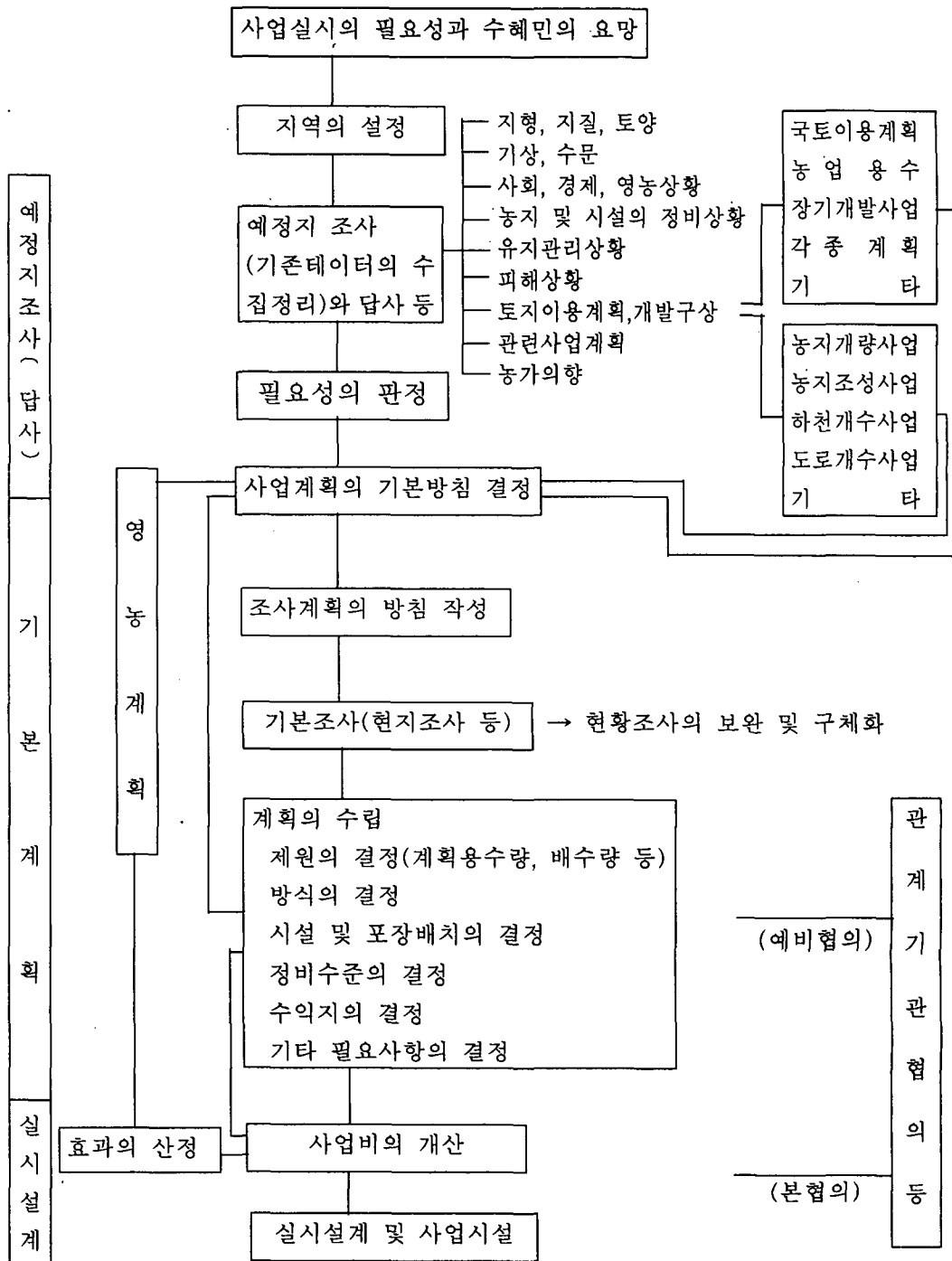


그림 1.2.1 관개배수사업 조사항목별 내용 및 조사순서의 흐름도

2.2.2 기본조사와 실시설계조사와의 관계

관개사업의 기본조사는 수해면적 확정, 용·배수계획, 경영계획, 토지이용계획 및 효과산정 등 관개개선사업의 기본계획 수립에 필요한 주요사항을 결정함과 아울러 주요 공사계획의 기본적 사항을 결정하고 사업비를 개략 계산한다. 실시설계조사는 기본조사에서 설정한 기본계획과 주요공사계획에 따라, 사업시행 계획수립에 필요한 세부측량설계 및 시공계획을 작성하고 이에따라 공사비를 산정한다.

2.2.3 조사기간

관개개선사업지구는 예정지조사에 의한 지역개발구상으로부터 정해지는 예가 많다. 현재 각 도, 시, 군과 유지관리기관은 관개개선사업과 관련된 기초조사가 폭넓게 실시되어 여러가지 조사자료의 입수가 가능하므로 지구조사에 참고되는 것이 많다. 관개개선사업의 기본조사에 있어서 조사기간을 일률적으로 한정시키기는 곤란하지만 통계처리 등 필요한 조사자료의 수집과 종합적인 조사를 위해서는 1~5년 정도의 기간이 필요하다. 관개개선사업의 종류, 규모, 계획의 난이도, 이용 가능한 기존자료의 양에 따라 조사 기간이 좌우된다.

2.3 조사단계

관개개선사업의 조사요령이 체계적으로 정해진 것은 없으나 장기간의 조사 실시에서 얻은 자료에 의거 일정한 방법을 확립할 수 있으며 조사단계별 표준 조사항목과 조사내용은 다음과 같다.

2.3.1 예정지 조사

가. 조사 목적

다음과 같은 목적이 달성되도록 조사한다.

- ㉠ 사업예정지구의 현황 파악
- ㉡ 사업별 투자소요액 추정
- ㉢ 사업시행효과 추정
- ㉣ 사업시행예정지의 위치 선정
- ㉤ 기타 사업의 필요성을 판단할 수 있는 사항 조사

나. 조사 개요

조사에 포함될 내용은 다음과 같다.

- ㉠ 기상, 지형, 지질, 수문, 토양의 개요
- ㉡ 포장의 정비상황, 건·습답의 상황, 농지개량을 요하는 상황
- ㉢ 수리상황 (용배수상황, 주요시설상황)
- ㉣ 지역의 사회·경제상황, 영농 및 농업경영의 개요
- ㉤ 농업피해상황 (작물, 시설의 피해 등)
- ㉥ 지역농가 및 유지관리기관의 의향
- ㉦ 도·시·군의 개발구상과 관련사업계획의 개요

다. 조사순서 및 내용

예정지조사의 순서와 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.

1) 기존자료수집과 해당지구의 개황 파악

- ㉠ 지형도(축척 1/25,000~1/50,000), 국토기본도(1/2,500~1/5,000) 등,
- ㉡ 도·시·군 요람, ㉢ 지질도 및 토양 분류도,
- ㉣ 토양도(농촌진흥청 발행), ㉤ 수원별 관개구역도.

2) 청문조사

현재의 영농상황, 도로, 경지구획의 토지기반상황, 용·배수시설상황, 수리상황, 경지정리 및 영농개선에 대한 농가의향, 수원개발 예정지의 유무, 지역의 장래구상 등에 대하여 관련 농가와 도·시·군 및 유지관리기관 등에서 청문 조사를 실시한다.

3) 답 사

1) 및 2)항의 조사결과에 따라서 답사의 범위를 결정한다.

답사에는 도면 및 간단한 측정기구(hand level, 측거기 등)을 휴대하고 경지구획, 도로, 용배수시설 및 관개시설상황, 지형 및 지질상황, 수원이 될 수 있는 하천 등의 유수상황, 취수가능지점 등을 조사한다.

답사의 결과는 도면에 기입하여 정리한다. 답사시에는 가능한한 지구의 실정에 밝은 사람을 대동하는 것이 좋다.

4) 예정지조사의 결과에 따르는 판단

㉠ 예정지조사를 바탕으로 당해지역에서 사업의 필요성, 타당성을 검토한다. 도 및 시·군의 개발계획, 관련 관개개선사업계획 등에 비추어 지역의 장래개발방향에 입각한 사업의 기본방침을 수립한다.

㉡ 기본방침 수립의 검토항목과 내용은 다음과 같다.

(1) 농민의견파악

- ㉠ 행정기관장의 의견서
- ㉡ 유지관리기관의 의견확인
- ㉢ 당해지역 관개개선사업의 실시계획의 파악과 조정

(2) 관련되는 계획과의 저촉여부확인

- ㉠ 농지개발계획, 국토이용기본조사 등 법률 또는 조례에 따른 토지이용계획과 저촉여부
- ㉡ 과수, 야채 또는 인삼단지계획이나 낙농단지계획과의 저촉여부
- ㉢ 조사지역에 관련되는 관개개선사업(지하수개발, 경지정리사업 진도 및 공정계획 등), 취락구조 개선사업 및 도로계획 등과의 저촉여부

(3) 관련되는 타 사업

- ㉠ 수원이 별도사업의 댐에 의할 때, 댐사업의 진척사항 및 계획이 본지구 계획에의 포함여부, 수자원개발 기본계획에의 포함여부
- ㉡ 하천공사 실시기본계획 등에 의한 하천개수계획과의 관련성
- ㉢ 기타 타 사업과의 관련성(고속도로, 국도 및 지방도계획, 골재채취계획 등)

(4) 사업의 필요성 파악

지방행정기관이나 농지개발조합 등과의 협의 및 기존자료(각종 설계자료)에 의한 사업의 긴급성 및 타당성을 검토하기 위하여 다음 사항을 파악한다.

- ㉠ 용수부족 배수불량에 의한 피해상황의 파악
- ㉡ 시설현황(주요시설의 축조년, 노후화정도, 제원 등)
- ㉢ 물관리(수로감시 포함) 등의 이수 및 유지관리현황
- ㉣ 관련 사업(수자원개발, 하천개수 등)의 추진계획

(5) 사업실시의 가능성

사업구역의 현지답사 및 유사지구 사례에 의한 사업계획의 개략결정(概略決定) 및 실시계획의 기술적 및 경제적 실현의 가능성을 검토한다.

① 수혜지역

1/50,000~1/25,000 지형도를 근거로 현지관계자와 함께 계획지역을 답사하여 지역의 실태파악 각 관계기관, 수혜예정자의 사업의욕, 사업내용에 대한 의견을 조사하여 수혜지역을 개략결정

② 토지이용의 개략결정

③ 용, 배수계획의 개략결정

㉠ 기상자료, 재해자료에 의한 기준년, 기준우량의 개략결정

㉡ 필요수량의 개략계산(단위용수량, 유효수량, 조용수량, 수원의존량)

- ㉔ 배수량의 개략계산(단위배수량, 배수방식, 배수량)
- ④ 주요공사계획의 개략결정
 - 1/50,000~1/25,000 지형도에 의거 현지를 답사하여 사업계획을 개략결정
 - ㉑ 수원계획의 개략결정(근처 유사지역을 참고한다.)
 - ㉒ 간선 용·배수로, 양·배수장, 두수공의 위치와 규모의 개략결정
- ⑤ 말단사업계획의 개략결정
- ⑥ 실시지역 사례에 의거 사업비, 효과 등을 추정함과 동시에 상환가능성 검토

2.3.2 기본조사

예정지조사의 결과에 따라 조사지역의 범위, 필요한 조사항목, 조사기간, 관측시설의 설치장소 등에 대한 조사계획을 작성하여 기본조사를 실시한다. 기본조사항목과 내용 등은 2.4에 자세히 기술한다. 조사는 기존자료를 최대한 활용함과 동시에 필요사항에 대하여 중점적으로 조사해야 한다.

또한 기본조사와 계획수립과는 항상 관련을 갖도록 병행하여 진행하고 계획수립과정에서 생기는 새로운 사태에 대하여도 조사가 될 수 있도록 주의한다.

2.4 기본조사의 항목

2.4.1 지형 및 지적(地積)조사

가. 지형도 작성

일반적으로 수원공과 같이 사업비에 영향이 큰 시설물부지의 지형조사는 현장측량에 의하고, 수로노선과 평야부 계획에는 기존의 지형도를 활용한다. 국토기본조사, 지적조사 및 농업개발사업 등에 의하여 지형도가 이미 작성되어 있는 경우에는 그것을 사용함을 원칙으로하며 GIS 수치지도 등을 활용한다. 또한 도로, 지도, 지형이 현시점에서 차이가 없는지 확인한 후에 활용해야 하며 만일 차이가 나는 경우에는 보완, 수정한 후 사용해야 한다. 이미 작성된 지형도가 없을 경우에는 조사당초에 작성하는 것이 바람직하다. 이 지형도 작성은 원칙적으로 항공사진측량에 의하며, 필요한 도면의 정도와 작성범위는 다음과 같다.

1) 도면의 축척

지구의 범위 및 면적, 관개방식, 관개조직 등을 결정하는데 필요한 축척은 1/1,000~1/5,000 정도, 등고선간격은 1.0~2.0m 정도의 것으로 한다.

경지정리 및 구획정리를 수반하는 경우의 도로계획, 용배수로의 배치, 환지 계획의 결정, 토량계산과 댐과 같은 주요구조물 계획 등에는 가능한 한 정도 높게 작성한다. 일반적인 표준축척은 1/500~1/1,200 정도, 등고선간격은 0.5~1.0m 정도로 한다.

2) 도면의 작성의 범위

지형도는 각종계획의 기본이 되기 때문에 계획수립에 필요한 각종 사항을 염두에 두고 충분한 범위(지역)에 걸쳐 작성한다. 지형도는 예정지 조사에 의하여 설정된 수혜지구 및 주변과 관개조직 등의 계획결정에 필요한 범위(지역)에 걸쳐 작성한다.

특히 댐계획에 있어서는 중심선에서 상하류에 예정댐 높이의 4배 정도, 좌우안은 좌우안 끝에서 예정댐 높이의 2배 정도까지 도면 작성 범위로 한다.

또한 취입보지점에서는 배수의 영향, 유심의 상황이 예상되는 범위까지로 한다.

나. 지적의 산정

원칙적으로 현지실측 결과나 “가.”항에서 작성한 지형도로부터 도상 측정을 실시한 결과, 또는 지적조사가 되어 있는 경우에는 그 결과를 근거로 하여 확정된 수혜지구에 대하여 지목별로 산정한다.

2.4.2 기상조사

기상조사는 장기간의 기온, 습도, 증발, 일조시간, 풍속, 풍향 등 일반 기상 항목과 최대우량, 한발일수, 연속한천일수 등 특수기상항목을 조사한다. 지구 내 필요한 자료가 없을 경우에는 인근측후소의 자료를 사용한다.

또한 증발계 증발량은 기상청의 기존자료 및 각종 농업시험장, 기타 기관에 있는 자료를 수집하는 동시에 가능한 한 수년간의 현지관측을 실시하여 인근 지역 자료와의 상관관계를 검토하므로써 지역내의 기상조건을 확정한다.

지구내외에서 수집된 관측자료는 20년 이상의 장기간일수록 좋으며 부득이한 경우라도 최소 10년 이상의 자료를 수집해야 한다. 계획된 지역이 넓어 여러 개의 기상관측소가 있을 경우는 적절한 방법에 의하여 지구내 평균강우량을 확정하여야 한다.

조사항목을 용도에 따라 분류하면 표 1.2.1과 같다. 각각의 용도 및 필요성에 따라 조사 항목을 선정한다. 수집된 기상자료는 필요에 따라 시간별, 일별, 순별, 월별 연평균 등으로 정리한다. 관개계획에 필요한 기상자료의 정리는 표

1.2.2, 표 1.2.3에 따른다.

표 1.2.1 용도별 조사항목

항 목		용 도 구 분		
		영농계획	용수계획	수리시설계획
기 온	평균기온	○		
	최저기온	○	○	
강 수 량	일강우량	○	○	
	월별강우량	○	○	
	연간강우량	○	○	
	최대시간우량			○
강우일수		○	○	
일조시간		○	○	
연속한천일수		○	○	
강설기간		○	○	
무상기간		○	○	
최다풍향		○		○
최대풍속		○		○
증발계증발량		○	○	

표 1.2.2 일반기상표

관측소명		위 치												표 고 (m)	
○○년부터	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계	○○월부터	○○월까지
○○년까지	월	월	월	월	월	월	월	월	월	월	월	월	월	평균 또는 총량	
평균기온															
평균강수량															
평균강수일수															
평균증발량															
결빙기간	일			결빙개시 월			일			해빙			월 일		
적설기간	일			적설개시 월			일			음설			월 일		

- 주) ① 평균치는 전부 얻을 수 있는 최장기간에 걸친 자료에 의거할 것.
 ② 평균강수량, 평균강수일수, 평균증발량의 계란에는 총량을 기입할 것.

표 1.2.3 특수기상표

관측소명	위치		표고 (m)			
	제1위 발생수량 연월일	제2위 "	제3위 "	제4위 "	제5위 "	비고
최대 시우량 최대 4시간우량 최대 일우량 최대 2일연속강우량 최대 연속한발일수 관개기 비관개기						

2.4.3 토양조사

가. 토양조사의 내용

예정지조사 및 기본조사의 토양조사 작업량은 표 1.2.4 및 표 1.2.5를 기준으로 한다.

표 1.2.4 토양조사 작업량

(단위 100 ha)

조사시험작업구분	단위	예정지조사	기본조사	
		반정밀 토양조사	정밀 토양조사	극정밀 토양조사*
시굴	공	30	80	160
시갱	개소	2	4	8
교란시료채취	점	2	8	16
불교란시료채취	"	-	8	12
지하수위조사	회	-	20	40
전도도측정	"	-	20	40
투수시험	"	-	20	40
침투량시험	공	3	6	9
객토원시험	개소	2	4	8

주) * 극정밀 토양조사는 토양조건이 극히 불량한 지구에 대하여 실시함.

표 1.2.5 단계별 토양조사 내용

구 분	예 정 지 조 사	기 본 조 사	
	반정밀 토양조사	정밀토양조사	극정밀 토양조사
조사정밀도	지구내 토양별 분포를 비교적 세밀히 파악	지구내 토양별 분포를 세밀히 파악	지구내 토양별 분포를 극히 세밀히 파악
토양도의 축척	1 : 25,000	1 : 3,000~1 : 5,000	1 : 1,000~1 : 3,000
토양도에 표시되는 작도단위별 최소면적	1.5625 ha	0.0225~0.09 ha	0.0144~0.0255ha (144~255 m ²)
토양구분	토양통	좌 동	토양통(統)-토양구(區)-토양상(相)
조사지점간의 거리	125m	15~30m	12~15m

토양조사 작업과 내용은 기본조사단계에서 정밀하게 조사하여 그 결과를 그대로 사업계획에 반영시키고 실시단계에서는 토양조사를 생략함을 원칙으로 한다. 다만 토양조성이 극히 복잡하고 불량한 지구에 대하여는 극정밀 토양조사를 실시하여 사업에 필요한 미세한 사항에 대하여 보완한다.

관개사업을 위한 일반적인 토양조사 방법은 국토건설종합계획법 제22조 제2항에 규정한 “토양조사 작업준칙”과 농촌진흥청 농업기술연구소 간행 “토양조사편람 제1편 및 제2편(1973년)”에 준한다. 또한 관개사업에서는 상기 조사항목 외에 현지에서 침투량, 지하수위, 투수성, 전기전도도, 객토원 등을 조사, 측정하여 설계시공 및 영농에 필요한 자료를 제공한다. 토양적성등급도 농촌진흥청의 규정에 준한다.

나. 토양조사 항목 및 방법

현지조사를 실시하려면 우선 항공사진, 지적도 또는 평면도상에 조사지점을 정확히 표시하여야 하며 각 조사항목과 방법은 다음과 같다.

1) 환경조사

조사지점의 외형 상태를 조사한다. 고도, 지형, 경사, 건습상태, 지표면의 돌자갈함량, 암반노출상태, 침식, 염류집적 및 인위적 관리 등 사업시행에 참고가 될만한 사항을 기록한다.

2) 토양단면조사

(1) 층위(層位)의 구분 및 명명

층위는 토색, 토성, 구조, 배수상태, 물질의 집적 및 용탈 등에 의하여 구분하며 명명은 토양생성학적 의미를 내포한 문자와 숫자로 표시한다. 토층분화가 발달된 토양은 층위의 구분이 많으며 층위 경계간의 명확성 여부를 표시함으로써 이물질(異物質)의 추적과 토양의 발달정도를 알 수 있다.

(2) 토 색

토색은 토양형태가 표시하는 가장 중요한 토양특성이다. 토색은 Munsell 토색책자나 일본의 표준토색책자를 이용하여 색상(hue), 명도(value), 적도(chroma)로서 표시한다. 토색은 광물질 토양과 유기질·토양을 쉽게 구분해 주며 철이나 Mn의 산화집적 상태를 잘 표현한다. 토색은 건습상태에 따라 다르므로 그 토양의 배수상태와 지하수위를 추정할 수 있게 한다.

(3) 토 성

토성은 토양의 응집력, 팽윤성(膨潤性), 용수량 등의 물리적 특징과 양이온치환용이(容易), 완충능력 등 화학적인 성질과도 밀접한 관계가 있는 중요한 조사항목이다.

토성의 최종적인 명명은 실험실의 분석결과에 의하지만 숙련된 조사자는 야외에서 촉감으로 정확히 구분할 수 있다. 어느 층위에 돌자같이 함유되어 있으면 알맞는 형용사를 토성명과 병용하여 사용한다.

(4) 토양구조

토양구조의 종류, 발달정도 및 크기를 구분한다. 구조의 종류에는 판상, 입상, 피상, 각피상, 반각피상, 각주상, 원주상 등이 있다. 일반적으로 토양구조의 발달이 좋은 토양은 배수상태가 양호하다.

[참 고]

미국과 캐나다의 각종 토양구조의 안정성에 대한 Kemper와 Koch의 연구결과에 의하면 ① 토양유기물이 2% 이하이면 안정성은 급격히 감소한다. ② 토양의 점토함량이 높으면 안정성이 증가한다(점토 40%일 때 안정성은 약 75%). ③ CaCO₃의 함량은 영향이 없으며, ④ 치환성 Na가 20% 이상이면 전혀 안정성이 없다.

(5) 토양경도

경도측정기로서 토양경도를 측정한다. 토양 경도가 24mm 이상이면 작물뿌리가 자라는데 제한을 받는다. 또한 불투수층 또는 경반층(耕盤層)의 유무를 구별할 수 있다.

(6) 균열상태

균열의 크기 및 깊이를 조사한다. 이는 토성 및 구조 등에 관계가 있으며 토성이 조립질이고 구조의 발달이 좋을수록 균열이 일어나지 않는다.

(7) 공극

공극의 종류, 크기 및 양 등을 조사한다. 이는 보수력, 투수성 및 가비중 등과 관계가 있다.

(8) 돌자갈 함량

토양중의 돌자갈의 용적비율을 %로 나타내며 돌자갈의 크기 및 종류도 구분한다. 투수성, 침하 및 작물뿌리의 신장과 관계가 있다.

(9) 조직

가소성과 점착성의 정도를 조사한다. 토성이 세립질일수록 가소성과 점착성이 높다.

(10) 뿌리분포

식물뿌리의 종류, 양 및 크기 등을 조사한다. 토양조건이 양호할수록 뿌리의 발달이 양호하다.

3) 현장시험

(1) 침투량시험

침투량시험은 관개기에는 단일원통법을 사용하고 비관개기에는 이중원통법을 사용한다. 시험방법은 높이 30cm, 직경 30cm의 바닥이 없는 원통을 토양중에 15cm 깊이로 박고 논의 담수심과 같은 높이로 물을 원통안에 채운 다음 24~28시간 후 담수심을 측정한다. 같은 시간의 증발산량을 감수심으로부터 감하고 1일 침투량을 계산한다. 논의 침투량은 지형, 배수로 수위, 지하수위, 토성, 토양의 단면상태, 공극 및 균열, 토양구조 등에 좌우된다. 특히 지하수위, 토성, 토양배수, 토양구조, 불투수층의 위치에 크게 영향을 받는다. 관개개선사업 후 지하수위가 낮아지고 토성이 개량될 경우, 현재 측정된 침투량과는 많은 차이가 발생할 수 있으므로 농지개량 후의 침투량을 주의깊게 예측해야 한다.

(2) 지하수위 측정

시굴 시의 오거홀(auger hole), 지하수위측정공, 인근의 우물 또는 배수로의 수위 등을 이용하여 지하수위를 측정한다. 지하수위는 대표지점에서 최소한 1년간 정기적으로 측정할 필요가 있다. 오거홀의 경우는 측정공을 설치하고 적어도 24시간이 경과한 후 지하수위를 지표면에서 수위측정봉으로 측정한다. 다만, 사질토로서 오거홀이 무너질 때에는 내경 64mm의 유공 P.V.C pipe(유

공부위는 하부 50cm)를 박고 이를 사용하여 지하수위를 측정한다.

(3) 투수시험

현장투수시험에는 피에조미터(piezometer)법, 오거홀법, 인버스드 오거홀(inversed auger hole)법, 튜브(tube)법, 펌프드 보어홀(pumped bore hole)법, 침투계법, 시험포장법 등이 있으며, 시험시에는 그 목적에 따라 가장 적합한 방법을 채택한다.

즉, 토양토층배열상태, 지하수위에 따라서 담수상태에서는 튜브법, 지하수상태에서는 오거홀법, 지하수위 상층의 경우에는 인버스드 오거홀법을 쓴다. 투수계수는 사용목적에 따라 수직침투인가, 횡침투인가를 확인하고 지하수의 유선에 맞는 방법을 택한다. 예를 들면 암거배수에 사용되는 투수계수는 주로 수직침투에 대한 것이므로 평균적 특성치를 나타내는 오거홀법이 적합하다. 오거홀법은 표층의 투수계수를 측정하는데 간편한 방법으로서 $r = 10\sim 15\text{cm}$, $d = 10\sim 15\text{cm}$, 오거홀의 깊이는 1m 정도가 좋으며 경지의 경우 토층의 변화를 고려해야 한다. 측정은 구멍 내의 수위, 직경을 측정한 다음 구멍 내의 물을 급히 수회 퍼낸 후 구멍 내의 회복되는 수위를 시간경과에 따라 기록한다. 이와같이 측정한 수위와 시간을 사용하여 투수계수를 계산한다.

(4) 객토원 조사

토양조사결과 밝혀진 토양종류 중 사력질(砂礫質) 토양은 삼투량이 많고 보수력이 극히 낮으며 양분의 용탈이 심하므로 토양개량 및 관개개선을 위해 세립질 토양을 객토해야 한다. 조사방법은 토양단면조사와 같으며 이때 객토원의 토심 및 가용토량을 확인해야 한다.

4) 토양시험 채취

토양의 이화학적 성질을 알기 위하여 시험굴착지점의 층위별 교란시료와 불교란시료를 채취한다. 토양분석을 위해서는 교란시료는 2kg 정도 채취하고, 불교란시료는 코어 캔(core can)에 의해 채취한다.

다. 토양분석

1) 물리적 분석

입도분석, 삼상분석, pF 등의 물리분석을 실시한다.

2) 화학적 분석

pH, 석회소요량, 유기물, 유효인산, 양이온 치환용량, 치환성 양이온(K, Na, Ca, Mg), 전기전도도 등을 분석한다.

라. 토양해설 및 보고서 작성

토양조사 및 토양분석 성적과 사업지구에 대한 제반 관계자료를 종합분석하여 관개사업에 적절한 토양해설과 토양조사 보고서를 작성해야 한다. 토양해설에는 토지생산력, 비옥도, 침식성, 재배작물의 적부, 지력유지의 합리화, 토양개량 방법 등 토양 관리에 대하여 구체적으로 기술해야 한다. 토양해설은 구획확대의 난이, 지하배수의 정도, 필요수량의 분석, 대형기계도입의 난이, 다모작이용의 적정성, 토양개량 후 예상되는 수확량(收穫量) 등을 기술해야 한다.

현지조사에 사용되는 기본도인 지적도상에 토양경계선을 표시하고 각 분류단위별 토양부호와 시험굴착지점, 시료채취지, 삼투량시험, 지하수위조사, 침수시험, 원추관입시험 등 조사지점을 정확히 표시하여야 하며 각종 해설도상에 정확히 옮겨야 한다.

해설도는 필요에 따라 작성하며 객토대상도, 돌자갈제거도, 심토파쇄도 등과 중기 또는 농기계 사용에 대한 해설도, 지하수위 등고선도 및 지하수 흐름방향도는 관개사업에 큰 도움을 준다. 일반적으로 토양해설의 기초가 되는 자료들은 표 1.2.6의 양식에 표시한다.

표 1.2.6 토양해설을 위한 기초자료표

작도 부호	토양명	경사도 (%)	지형	모재	토양 배수	지하 수위 (cm)	유효 토심 (cm)	돌자갈 함량 (%)	토지 이용 현황	토양단면특성		
										표 토	심 토	기 층

침투량 (mm/일)	토 양 처 리 별						지 목 별 적성등급		면적 (ha)	비율 (%)	비 고
	객토	복토	돌자갈 제거	표토 처리	심토 파쇄	배수 개선	논	밭			

2.4.4 지질조사

관개개선사업의 각종 구조물기초의 지질을 정확히 조사하여, 지층의 두께, 암반 위치 및 종류, 지지력, 지하수위 및 유동상태 등을 파악하여 적절한 기초

구조를 설계할 수 있는 자료가 되도록 한다.

특히 댐을 비롯하여 주요 수원공시설 및 구조물에 대한 지질조사는 농업생산기반정비사업계획 설계기준(댐, 두수공, 수로공 편)을 참고한다.

2.4.5 수리현황 조사

가. 수리현황 조사내용

지구내 수리시설에 대하여 수리계통(계통별 관개면적), 용수시설의 기능, 수원시설(취입보, 저수지, 양수장, 집수암거, 관정 등), 용수로, 이용가능수량, 용수량(필지단위용수량, 시설관리용수량), 용수부족량, 반복이용수량 및 용수관행 등을 조사하고 용수계통별 관개구역을 기입하여 정리한다. 필요에 따라 지구내에서의 방제(防除)용수, 시설영농, 음·잡용수시설 및 상수도 등의 정비현황도 조사한다.

1) 용수계통조사(용수계통도)

용수계통조사는 지구면적의 대소, 수리계통의 복잡성, 시설요청의 적극성 등에 따라 다르나 되도록 축척이 큰 지형도를 이용한다.

보통 1/3,000~1/5,000이나 1/25,000~1/50,000 등의 지형도를 이용한다.

조사범위는 계획지역의 규모에 따라 다르지만 용수로 말단 지배면적 5~20ha 정도까지 조사한다.

조사할 때에는 유지관리기관, 시·군·면 등에서 얻을 수 있는 기존자료를 기초로 지방 관계자로부터 청취한 것과 직접 현지조사를 통하여 얻은 것을 바탕으로 필요한 범위의 용·배수계통을 확인하고 지형도에 분명히 계통별로 분류하여 기록한다.

이 경우 관개계획이지만 배수계통도 아울러 확실히 파악한다. 특히 환원수를 반복 이용하고 있는 지구 또는 이러한 구역이 일부 들어 있는 지구의 경우에는 이 조사는 특히 중요하며 환원되어 반복이용되고 있는 물의 범위를 분명히 할 필요가 있다.

지구 외의 잉여수를 이용하고 있는 구역에 대해서도 앞의 것과 마찬가지로 이용하고 있는 범위 등에 대한 조사를 충분히 한다.

수리계통 조사는 지구내의 배수(配水)방법 및 관개방법(내리흘림 관개 또는 담수관개 혹은 양자 병행)도 조사하고 용수소비의 기구를 분명히 해 둘 필요가 있다.

조사결과는 용수계통마다 관개면적, 용수원, 용수시설, 용수로별 용량(최대 및 상시)·수위·답면표고(최고 및 최저)·감수심, 배수로별 최소유량·최저수

위·수로구조·단면 및 연장, 그리고 수리권, 수리관행, 재배작물, 식재방식 등을 조사하여 필요한 사항을 표 1.2.7 및 그림 1.2.2와 같이 정리한다.

2) 용수시설기능조사

관개용 저수지, 취입보, 양수장, 수로, 수문 등 주요시설의 기능을 안전성, 공급능력 및 유지관리면에서 조사하고 개보수의 필요성 또는 대체 시설계획을 검토한다. 댐체, 취입보, 양수장 등 기간시설에 대해서는 현재의 수리현황, 안전성, 기능저하현황, 유지관리현황을 상세히 검토한다.

또한 개보수나 덧쌓기 하는 댐체에서는 누수정도, 토질 등을 중점적으로 조사하고, 취수시설에서는 하천개수, 하상변동과의 관련성도 조사한다.

수로에서는 개보수의 필요성을 판단할 수 있을 정도로 통수능력, 누수정도, 유지관리현황 등을 조사한다.

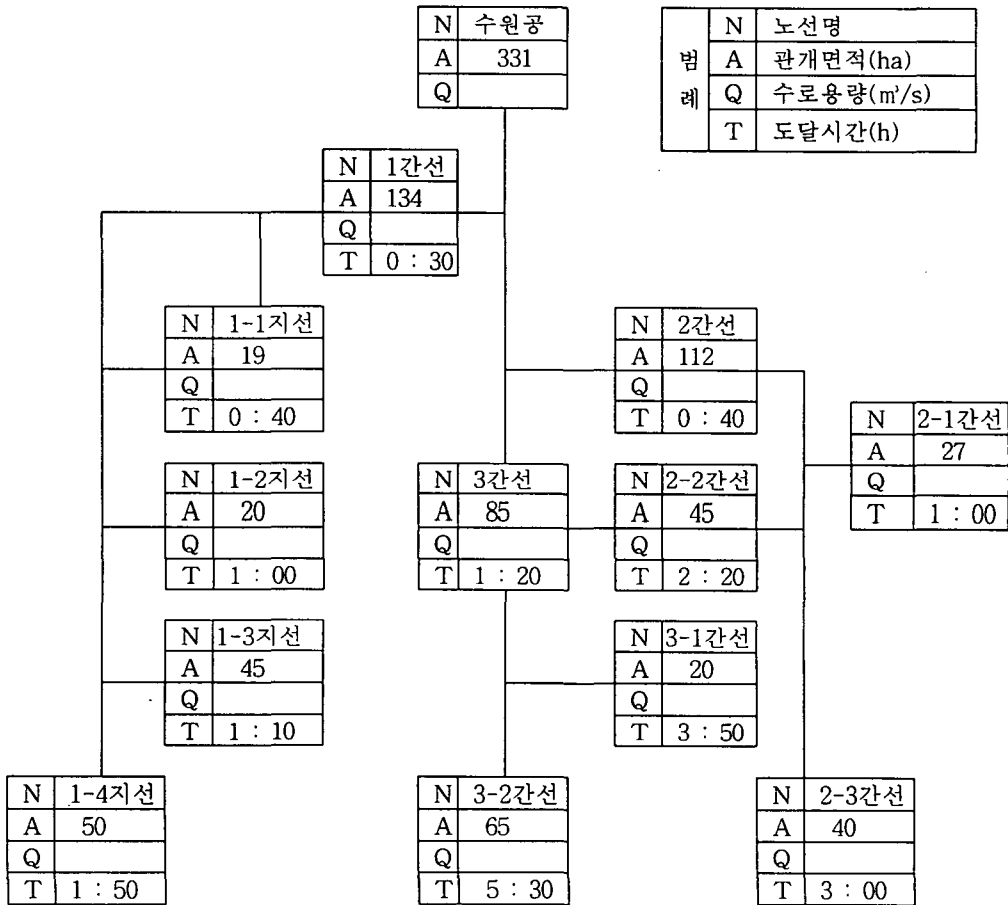


그림 1.2.2 용수로 계통도의 예

표 1.2.7 취수시설 일람표

항목 시설명	관개면적								수리권		관행수리권		총취입량 (m ³ /s)		비고
	500ha 이상		500~100ha		100ha 이하		계								
	개소 수	면적 (ha)	개소 수	면적 (ha)	개소 수	면적 (ha)	개소 수	면적 (ha)	개소 수	유량 (m ³ /s)	개소 수	유량 (m ³ /s)			
취입보															
자연취입구															
저수지															
양수장															
기타															
계															

(1) 수원시설

수원시설은 취입보, 저수지, 양수장, 집수암거, 관정 등으로 구별하며 각 시설은 다음과 같은 사항을 조사한다.

① 취입보 및 자연취수시설

취입보 및 자연취수 시설인 경우에는 하상상태(퇴사, 세굴, 유심변동 등)와 취수상의 관계, 홍수시 배수(背水)영향 등에 대해서 조사하여 현시설의 개보수 여부를 판단한다. 취입보나 자연취수에 대해서는 다음 항목을 조사하여 표 1.2.8 과 같이 정리한다.

㉠ 취입보 및 자연취수시설을 건설한 연월을 조사하고 취입보의 위치, 형식 등의 변천상태도 조사한다.

㉡ 유역면적

취입보위치에 대한 유역면적을 도면 또는 답사를 통하여 구역경계를 정하고 면적을 산정한다.

㉢ 갈수량

갈수량은 관개용수의 주요 용수원이며 그 수량은 하천의 수량조사요령에 의

표 1.2.8 취입보시설 조사표

명칭	소재지	하천명	유역면적 (ha)	갈수량 (m ³ /s)	구조	관개면적 (ha)	취수량 (m ³ /s)	수리권 및 관행
							최대 최소	

하여 실측되는 것으로, 기존의 관측기록에서 10년 빈도에 해당하는 한발년의 연, 월, 일 및 그 양을 조사한다.

만일 취입보가 있는 곳의 관측치가 없는 경우에는 인근지역 실측치의 비유량을 기초로 하며, 산정할 때는 그 근거를 분명히 한다.

㉔ 위치, 규모 및 구조

위치는 하상의 퇴적토사, 세굴, 유심과 취입구와의 관계(특히 유심의 이동상황) 및 홍수 때의 배수상황 등으로부터 현재의 위치가 적당한지를 조사한다.

또한 취입보 높이와 길이 및 배사구, 어도, 뗏목길, 취입구, 수문의 단면구조 등 취수에 대해 충분한 능력이 있는지를 조사한다.

㉕ 시설의 유지관리 상황

취입보시설의 연간 유지관리비와 연간 재해복구비를 조사하고 특히 이들 비용이 매년 증가하고 있는 경우에는 그 이유를 조사한다.

㉖ 관개면적

주수원공으로 관개되는 면적과 보조수원공으로 관개되는 면적을 따로 조사한다. 또한 관개면적의 변천상황과 한발년에 이양하지 못한 면적도 조사한다.

㉗ 취수량

10년 빈도에 해당되는 한발년에 취입보에서 취입할 수 있는 최대수량과 최대갈수시에 취수가 가능한 수량도 조사한다. 또 수리권이나 수리관행에 의하여 최대·최소 허용수량이 있는 경우에는 그 수량을 기재한다.

갈수시에 흙가마니를 쌓거나 기타 방법으로 취수하는 경우의 취수량과 이와 같은 시설이 없는 경우의 취수량도 조사한다.

㉘ 수리권 및 수리관행

상·하류측의 이해관계자 혹은 취입보로 인한 배수(背水)의 영향을 받는 지역의 관계자를 통하여 취입보의 높이, 취입수문의 문턱높이, 취입시설의 구조 또는 취입수량 등에 대한 권리나 관행이 있는가를 조사한다.

② 저수지

관개수원으로 중요한 시설인 저수지는 유효저수용량과 하천으로부터 유입되는 유입량 또는 집수구역내의 집수량을 조사하고 각 시기별 급수상황을 저수지 관리인이나 그 지방 관계자로부터 청문 조사한다.

구역내 보충급수원인 소규모 저수지는 그 지방 관계자로부터 보충저수시기와 급수상황에 대하여 청문조사하여 확인하도록 한다.

저수지는 다음 상황을 조사하여 표 1.2.9와 같이 정리한다. 한편 호소를 이용하고 있는 경우에는 저수지 조사에 준한다.

표 1.2.9 저수지시설조사표

저수지명	소재지	댐의 규모			축조연도
		형식	높이 (m)	길이 (m)	

물넘이 길이	취수시설형식	유역면적 (ha)	유효저수용량 (m ³)	평년의 이용횟수	관개면적 (ha)

㉠ 저수지의 축조 연월일과 개조 및 변천상황에 대해 조사한다.

㉡ 유역면적

직접유역, 간접유역별로 면적을 조사하고 간접유역이 있는 경우에는 간접유역으로부터 취수하는 시설(취입보, 용수로 등)의 규모, 구조 및 능력을 조사한다.

㉢ 댐의 규모

댐의 형식, 길이, 높이, 물넘이, 취수시설의 구조 및 규모를 조사한다.

㉣ 유효저수용량

실제로 이용되는 1회의 저수량(만수위에서 사수위까지의 저수량)을 유효저수용량이라 하며, 퇴사량에 의해 저수지 축조 당시보다 저수용량이 감소된 경우에는 저수지 내용적 측량을 실시하도록 한다. 측량이 어려울 때는 기존의 표고별 내용적표를 수집하여 퇴사량을 보완하도록 한다.

저수지 바닥에 퇴적된 토사의 현황과 유역의 지형, 지질, 치산, 치수현황 등도 조사한다. 만일 저수지가 누수로 인하여 만수되지 않을 경우에는 저수가 가능한 수심까지의 용적이 유효저수용량이 된다.

㉤ 평년의 이용횟수

이용횟수는 저수지의 총이용수량을 유효저수용량으로 나눈 값으로 저수지의 급수능력을 나타내며 유효급수비라고도 한다. 이용횟수는 급수실적기록으로부터 구할 수 있다. 급수실적이 없는 경우에는 저수지 관리인이나 그 지방민으로부터 청문조사하거나 유역면적과 관개기간 중의 강수량과의 관계 혹은 유량을 조사한 하천의 비유량으로부터 추정한다. 한편 비관개기의 집수량이 저수량을 채울 수 없는 저수지에서는 유역과 저수지 상황을 충분히 검토해야 할 것이다.

㉥ 시설의 유지관리상황 및 수리권 또는 관행

취입보나 자연취수의 경우에 준하여 조사할 것이며 만일 간접유역으로부터

취수하고 있는 경우에는 취수량 및 시기에 대한 수리권과 관행을 명확하게 조사한다. 저수지의 급수시기나 방법에 관행이 있을 때에는 이들에 관해 구체적으로 조사한다.

③ 양수장 시설

주요 수원인 양수장에 대하여 다음 사항을 조사, 정리한다. 지하수를 이용하는 소규모의 양수장을 많이 이용하고 있는 경우에는 필요한 범위까지 조사한다.

㉠ 수원 및 그 상황

양수장의 수원으로서 하천을 이용하는 경우에는 취입보나 자연취수의 항에 준하여 수원인 하천상황을 조사해서 펌프장의 위치를 검토한다. 지하수를 이용하는 경우에는 양수시 지하수의 변화상황에 대해서 조사한다.

㉡ 실양정

설치당시의 실양정과 최대갈수시의 실양정을 조사하며 만일 양정이 변화된 경우에는 하상변화, 갈수량변화 또는 계획에 차질이 있는지를 조사한다.

㉢ 양수량

양수량은 현재의 펌프로 양수가능한 최대 및 최소량을 실측하여 계획당시의 능력과 비교 검토한다. 표 1.2.10의 최소양수량은 10년 빈도에 해당하는 한발년의 최대 갈수시 양수량을 표시한다.

㉣ 운전시간

평년과 10년 빈도에 해당하는 한발년의 관개기간 중 총운전시간을 조사하는 동시에 평년의 운전시기와 1일 평균 운전시간에 대해서도 조사한다.

㉤ 유지관리 상황

평균 연간유지관리비 및 연간재해복구비를 조사한다. 연간 유지관리비는 펌

표 1.2.10 양수장 시설조사표

명칭	위치	수원명	양수기			원동기		
			종류	구경(mm)	대수	종류	마력(hp)	대수
실양정(m)	양수량 (m ³ /s)		운전시간 (h)	관개면적 (ha)				
	최대	최소						

프의 운전관련비용과 기타 비용으로 구분하여 조사한다. 특히 유지관리비가 많은 경우 그 이유를 조사한다.

㉔ 수리권과 관행

취입보나 자연취수의 경우에 준하지만 양수기의 운전시기와 배수방법에 관해 특별한 관행이 있는 경우에는 그 경위와 내용을 조사한다.

④ 집수암거

취입보나 자연취수의 경우에 준하여 조사하고 다음 표 1.2.11과 같이 종합정리 한다.

표 1.2.11 집수암거 시설조사표

명칭	소재지	수원하천명	유역면적 (ha)	갈수량 (m ³ /s)	규 모				취수량 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	수리권 및 관행
					형상	단면	매설길이 (m)	매설깊이 (m)			

⑤ 관정

관정명, 위치, 설치연월일, 소형관정, 대형충적관정, 대형암반관정, 우물(인력관정)으로 구분하고 주수원공 및 보조수원 여부를 판단하여 명기한다.

또한 관경, 심도, 계획채수량 및 한발 및 풍수시의 채수량 변화 등도 조사한다. 그 외 양수시설에 대해서도 검토하고 다음 표 1.2.12와 같이 정리한다.

표 1.2.12 관정의 시설조사표

관정명	소재지	종류	규 모			양 수 량(m ³ /s)			관개면적 (ha)	수리권 및 관행	비고
			재질	관경 (mm)	심도 (m)	계획	10년 한 발	풍수기			

주) 비고란에는 양수시설이 고정식인지 이동식인지, 규모 등의 상황을 기술한다.

(2) 용수로

용수로의 위치, 단면 및 비탈과 수로구조물의 통수능력을 조사하고 개보수 상황을 분명히 한다. 누수가 있는 수로는 누수의 원인을 조사하고 용수로의

유량을 실측하여 누수량을 파악하고 수로 및 구조물의 개보수 필요성을 조사한다.

수로에 있는 수로교, 사이편, 분수공 등과 같은 주요 구조물의 개보수 및 기능에 대하여 조사한다. 용수로의 수량손실의 원인 중에는 이들 구조물의 노후화에 기인되는 것도 있으므로 그 상황을 조사한다.(표 1.2.13)

표 1.2.13 용수로시설 조사표

노선명	길이 (m)	기울기	구 조	단 면			주요 구조물	통수 가능량 (m ³ /s)	관개 면적 (ha)
				밑나비 (m)	깊 이 (m)	옆비탈			

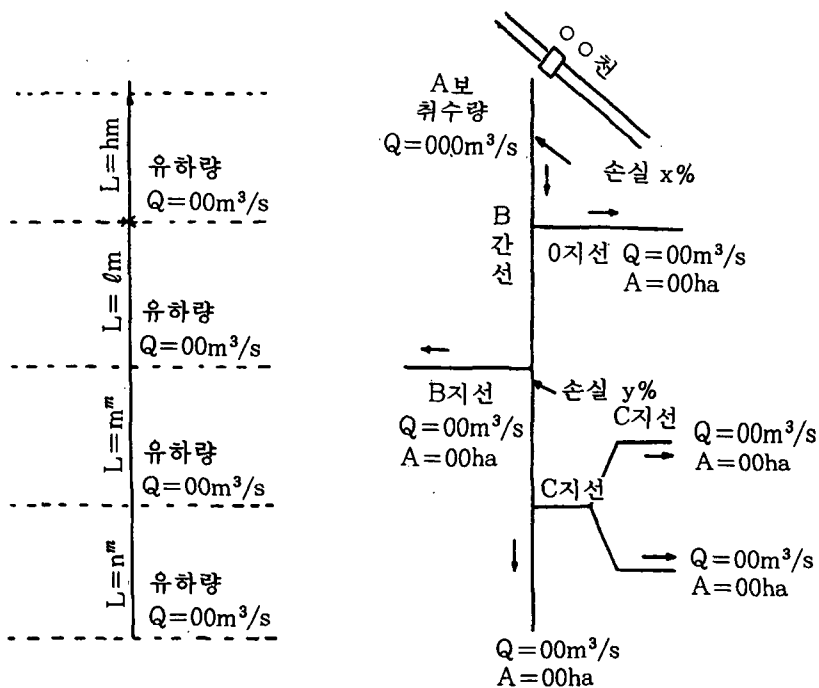


그림 1.2.3 용수로의 관리현황

또한 용수로의 유지관리현황 조사는 취입보시설이나 자연유입경우의 조사항목에 준하여 조사한다. 복잡한 경우는 물관리시설의 현황을 파악할 수 있도록

그림 1.2.3과 같은 약도로 설명한다. 용배수시설별로 현황표를 작성하고, 관리 실적을 일별, 시간별로 기록하여 운영실적을 기록해두고 장기간 운영실적을 참고하여 문제점과 대책을 수립하도록 한다.

용수의 공급조직과 수계별 면적 및 침투량을 조사하여 표시함으로써 윤환구역 결정 및 급수계획을 합리적으로 수립할 수 있다.

3) 이용가능수량의 현황 조사

주요구조물 취수지점에서의 취수가능률, 수리권, 취수관행 및 취수지점의 본류 유량과 수위를 청문 또는 관측에 의해 파악하고 권리를 확인하여 지구내 경지에서 이용가능한 수량을 결정한다. 이용가능수량의 관측은 묘대기, 이앙기, 생육기 및 비관개기 등 생육기를 수차례로 나누어 실시하여야 한다. 실제적으로는 전 생육기별로 이용가능수량을 관측하기는 어려우므로 수원에서의 유황조사 또는 유출량해석에 의해 추정하게 된다. 이와 같이 이용가능수량이 결정되면 10년 빈도에 해당하는 한발년을 채택하여 용수계통별로 정리하여 표 1.2.14를 작성한다.

표 1.2.14 이용 가능수량 조사표

용수계통별	관개면적(ha)	주 수 원		보 조 수 원	
		수 원 명	종류 및 개소수	수 원 명	종류 및 개소수

생육시기별 이용 가능수량 (m ³ /s)																	
이 앙 기			착 근 기			분 얼 기			수 잉 기			출 수 기			등 속 기		
주 수 원	보 조 수 원	계	주 수 원	보 조 수 원	계	주 수 원	보 조 수 원	계	주 수 원	보 조 수 원	계	주 수 원	보 조 수 원	계	주 수 원	보 조 수 원	계

4) 용수량 조사

지구내 농경지의 지형, 토양, 지하수위, 관개방법(수리관행 포함) 및 영농상태 하에서 소비되는 수량을 조사한다. 용수량조사에서는 용수계통별로 대표지

점을 선정하여 소정시기의 감수심 및 시설관리용수량 등 용수량을 조사하며 수온·수질에 의한 피해상황을 파악한다. 현재 상황과 당초 계획을 비교해서 용수부족이 일어나는 범위, 부족수량 및 원인을 명확히 하고 용수량계획을 위한 대책을 검토한다.

(1) 필지단위용수량 조사

논(환원답 포함)의 관개기간 중 이양용수량 및 필지단위용수량을 조사하여 현황 용수량 및 계획용수량 산정의 기초로 삼는다.

① 이양용수량 및 필지단위용수량의 조사는 실측에 의한다. 포장에서의 관측은 필지단위 감수심에 의하여 답수기간 중 매일 하는 것을 원칙으로 하지만, 각 생육기별의 집중관측으로 대체하여도 좋다. 특히 대표지점에서는 가능한 한 계속하여 관측치를 보완한다. 또한 반복이용량 파악이 필요하고, 감수심을 강하침투, 논두렁침투, 증발산 등의 요소로 나누어 조사한다. 감수심 측정 은 훅(hook)게이지에 의하며 0.1~0.5mm의 정밀도로 측정한다.

[참 고] 조사장 개소 선정에 대한 일본의 예

실측조사는 원칙적으로 2개년 이상 실시하며, 조사장 개소는 상정되는 감수심 유형마다 최소 2점을 목표로 하여 관측하고, 조사밀도가 100ha당 3~5점 정도 (예를 들면 한 개의 감수심 유형의 면적이 100ha 이내의 경우는 20~30ha당 1점, 100~300ha의 경우에는 50ha 당 1점, 300ha이상의 경우에는 100ha당 1점의 비율)가 되게 관측하는 것을 목표로 감수심 유형의 수 및 면적규모에 따라 충분한 조사정밀도가 얻어질 수 있게 효율적인 설정을 한다. ② 포장에서의 통상적인 단위용수량을 조사하는 것 외에, 필요에 따라 심수관개용수와 같은 재배관리용수의 단위용수량을 조사한다.

③ 씨레질용수량 및 필지단위용수량의 대표조사지점에서 토양단면 및 토양의 물리성을 조사한다.

④ 관측치의 종합은 씨레질 시기 및 생육기별로 관련시켜 정리한다. 이와함께 지형, 지질, 토양, 지하수위 등으로 보아서 동일한 필지단위용수량 유형을 채택할 구역을 나타내는 필지단위용수량의 구분도를 작성한다.

⑤ 사업실시로 감수심의 변화가 예상되는 지구에서는 암거배수시공이 된 논, 또는 주변의 건답화된 논에서 감수심을 측정함으로써 계획감수심을 추정한다. 더욱이 조사지점에서의 실측치는 추출표본의 값이므로, 취수실적, 팽역적 물수지 결과, 선행사례, 기타 조사항목의 성과까지도 함께 이용하는 종합적인 검토가 필요하다.

본 조사 결과는 관개기별로 표 1.2.15~1.2.18 을 참고하여 정리한다.

① 담수관개의 경우

표 1.2.15 단위용수량의 현황

시기별 일감수심 (mm)				전체 평균 (mm)
분얼기	수잉기	출수기	등숙기	

용수계통별	논 유형별	지형	토지 및 깊이 (cm)	지하수위 (m)	시기별 일감수심(mm)	
					이앙기	착근기
전체 평균						

주) 논 유형도 첨부

표 1.2.16 총용수량의 현황

시기별 총용수량 (m ³ /s)			전체 평균 (m ³ /s)
수잉기	출수기	등숙기	

용수계통별	논 유형별	관개면적 (ha)	시기별 총용수량 (m ³ /s)		
			이앙기	착근기	분얼기
합계					

② 연속 월류관개의 경우

표 1.2.17 단위용수량의 현황

용수계통별	월류계통별	관개면적 (ha)	시기별 단위용수량 (m ³ /s/ha)		
			이앙기	착근기	분얼기
전체 평균					

시기별 단위용수량 (m ³ /s/ha)			전체평균 (m ³ /s/ha)
수잉기	출수기	등숙기	

표 1.2.18 총용수량의 현황

용수계통별	월류계통별	관개면적 (ha)	시 기 별 총 용 수 량 (m ³ /s)		
			이 양 기	착 근 기	분 열 기
합 계					

시 기 별 총 용 수 량 (m ³ /s)			전체 평균 (m ³ /s)
수 잉 기	출 수 기	등 속 기	

(2) 시설관리용수량조사

용수관리가 비교적 잘 되는 용수계통에서 시설관리용수량을 측정하고, 수로 형식 및 연장, 관리조직·체제, 시설자동화 상황, 논의 분산상황 등을 감안하여 계획용수량으로서의 타당성을 검토한다.

5) 용수부족상황 조사

용수계통을 조사하여 용수계통도를 작성하는 동시에 지구내 용수의 과부족 상황을 조사한다. 용수부족량을 개략적으로 파악하려면 관개면적에다 평균감수심을 곱한 필요용수량과 현재의 공급용수량을 비교하여 구한다.

그러나 용수량은 엄밀하게 말하면 씨레질기, 분열기, 수잉기 등에 따라 다르며 현재의 공급용수량도 수원유량, 수리권수량, 취수량, 분수방법, 수리관행 등에 따라 다르다. 따라서 용수부족의 시기, 장소, 면적, 수량, 원인 등 세부적인 사항은 후술하는 용배수계통별 감수심조사에 맞추어서 용수계통별, 시기별로 산출해야 한다. 용수부족량을 파악하기 위해 필요한 여러 가지 조사항목을 관련 사항별로 도시하면 그림 1.2.4와 같다.

이와 같은 조사결과에 의해서 용수부족량을 산출(표 1.2.19 참조)하여 용수부족원인을 구명하는 자료로 삼는다.

표 1.2.19 용수계통별 부족최대치의 용수상황표

현재 용수계통	시 설	시설능력 (m ³ /s)	취 수 량 (m ³ /s)	토양구	면적 (ha)	감수심 (mm)

단위용수량 (m ³ /s/ha)	순용수량 (m ³ /s)	총용수량 (m ³ /s)	부 족 량 (m ³ /s)	부 족 륜 (%)

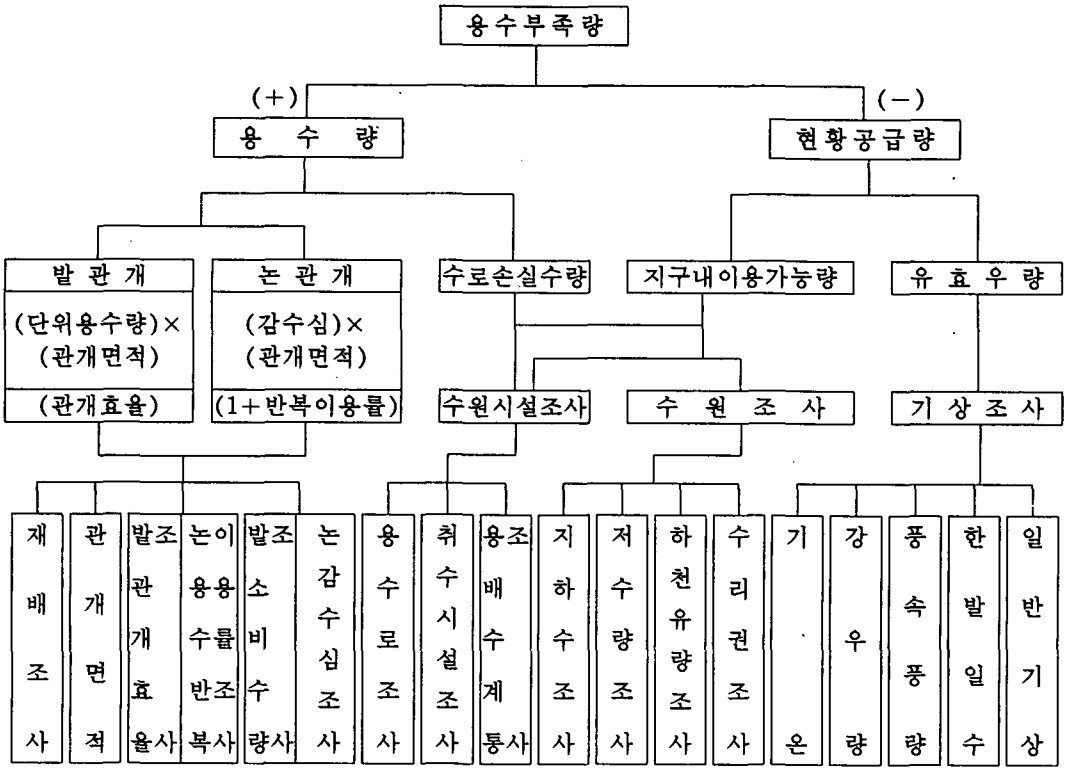


그림 1.2.4 용수부족량에 관한 조사 일람표

표 1.2.20 용수부족원인과 대책

구분	수원	용수 부족 원인	대책 판정
수원수량 부족	하천유량	유역수자원함량과 하천갈수량 부족	계획면적 조정
	저수용량	유입량과 저수용량 부족	댐 높임
	지하수	지하수 부존량 부족	계획면적 조정
	기타	수리권 편재	-
수리시설 불량	저수지	저수용량 부족	댐 높임
		취수장치 불량	개보수
		누수 과다	그라우팅
	양수장	양수장 위치 부적합	유심변동
		갈수위 지하로 흡입 및 양수 부족	계획면적 조정
	취입보	취수보 위치 부적합	유심변동
		취수 높이 및 단면 부족	개보수
	관정	대수층 부적합	계획면적 조정
	용수로	통수능력 부족 및 누수 과다	수로 개거화
		분수시설 불량	시설보수
기타	수리관행 불량	물관리교육, 홍보	
	수리시설 불량	개보수 확대	

조사한 이용가능수량 현황과 지구내 용수량 현황을 대비하여 용수부족 원인과 상황을 다음 표 1.2.21, 1.2.22과 같이 작성한다. 특히 한발상습지는 평년에 대해서도 상기한 바에 따라 설명한다.

표 1.2.21 용수부족의 현황

용수계통별	관개면적 (ha)	시 기 별 용 수 부 족 수 량 (m ³ /s)								
		이 양 기			착 근 기			분 열 기		
		필요 용수량	이용 가능량	차이	필요 용수량	이용 가능량	차이	필요 용수량	이용 가능량	차이

시 기 별 용 수 부 족 수 량 (m ³ /s)								
수 임 기			출 수 기			등 속 기		
필요 용수량	이용 가능량	차이	필요 용수량	이용 가능량	차이	필요 용수량	이용 가능량	차이

주) 용수량의 현황은 표 2.16, 2.18, 이용가능량의 현황은 표 2.14의 값을 옮겨 적음.

표 1.2.22 한해의 정도와 그 상황

용수계통별	관개면적 (ha)	피 해		용수부족의 원 인	한해의 정도와 그 상황
		구 역	면 적(ha)		

용수부족 원인이 수원의 용수부족 때문인지, 관개시설의 능력부족 때문인지, 수로에서의 누수 때문인지 또는 지역 내 용수배분이 낡은 수리관행으로 불합리하기 때문인지를 구체적으로 밝힐 필요가 있다.

한해의 정도는 용수부족상황을 참고로 그 지방사람들로부터 청취조사할 것이며 한해상황은 용수배분방법이나 용수절약방법에 따라 각 지방마다 여러가지 형태로 나타나므로 그 피해정도를 대, 중, 소로 구분하여 조사한다.

이를테면, 용수부족으로 예년보다 이앙이 며칠 늦어진다면, 7~8월의 최대

용수시기에 격년(2년에 1회 정도)정도로 몇 ha는 용수부족으로 논바닥에 균열이 생기고 수확량이 반감한다든지 하는 식으로 기재한다.

6) 반복이용수량 조사

지형, 지질, 용·배수로 및 시설의 위치, 수원 및 유량 등의 조건에서 반복이용 가능구역 및 가능수량 및 시기를 명확히 한다. 조사는 관개초기, 중기, 후기로 구분하여 모두 관측을 한다. 모든 관측의 결과는 용수량의 현황조사, 수리상황조사 등의 결과와 병행해서 분석, 구명하고 반복의 기능을 파악하여 계획에 있어서 반복이용 가능량을 검토함과 동시에 구체적인 취수방법 및 취수위치를 검토한다.

7) 용수관행 조사

청문 및 현지조사에 의해 용수관행의 형태(수리권의 취득경위, 분쟁경위 등) 및 관행개선의 가능성을 조사 검토하여 계획의 기초로 한다.

나. 한발시 피해상향 조사

과거 10년 정도의 한발상황을 농가, 관계 기관으로부터 청문 및 기존자료에 의거 조사한다. 한발이 발생하였을 때의 기상조건(연속한천일수, 강우상황 등), 작물명, 피해면적, 피해정도, 피해액, 농가의 대응방법 등을 명백히 한다.

피해량조사는 관개의 필요성을 경제적 측면에서 간접적으로 파악하는 방법으로서 용수부족년의 수확량과 용수가 풍부한 해의 수확량을 대비하여 용수부족에 의한 피해량(액수)을 파악하여 관개의 필요성을 나타내는 것이다.

이는 청문에 의한 방법과 자료에 의한 방법이 있다. 전자는 지역내를 답사해서 용수부족 시기, 면적, 피해량의 개요를 농민으로부터 청문조사하고 후자

표 1.2.23 용수부족에 의한 한발 피해량 조사방법

항목 행정 구역명	(A) 지구면적 (ha)	(B) 시, 읍, 면 전논면적 (ha)	$\frac{A}{B}$	전체 시, 읍, 면 (C)		지구내(= C×A/B)	
				피해면적 (10a)	피해량 (kg)	피해면적 (10a)	피해량 (kg)
○○ 시	557	690.4	0.807	102	8,590	82.3	6,932
○○ 읍	566	730.1	0.775	591	26,821	458.0	20,768
○○ 면	430	763.9	0.563	303	13,567	170.6	7,638
계	1,553	-	-	-	-	710.9	35,338

는 농업통계 등의 자료에 의해서 용수부족에 의한 피해량, 위치, 면적 등을 조사해서 이것을 표 1.2.23과 같이 정리한다.

우리 나라의 1962~95년도의 한해발생은 표 1.2.25와 같이 약 10회 발생하였으며 가뭄발생년의 연평균 가뭄피해면적은 16만ha, 가뭄피해액은 약 3천억원, 가뭄대책비는 700억원 정도이었다.

표 1.2.24 최근 10개년간의 피해상황표

연 도	식부면적 (ha)	총수확량 (t)	수확전무 (ha)	70% 이상 감수 (ha)	50% 이상 감수 (ha)

30% 이상 감수 (ha)	10% 이상 감수 (ha)	무피해 (ha)	감수량 (t)	비 고

- 주) 1. 자료의 출처를 기록한다. 2. 기타 필요한 작물에 대해서도 작성한다.
3. 비고란에는 한해 이외의 피해가 있었을 경우 그 요점을 기입한다.

표 1.2.25 한해발생 현황 (1962~95년도)

연도	강우량 (5,6,7월) (mm)	과우일수		저수율		고갈 저수지 (개소)	가뭄피해 면적(ha)	가뭄 피해액 (백만원)	가뭄 대책비 (백만원)
		일수 (일)	빈도 (년)	%	빈도 (년)				
1967	307.4	56	7	5	25	-	420,547	626,615	5,758
1968	122.2	72	50	4	30	-	470,422	700,928	5,558
1976	368.7	32	2	37	3	-	28,218	42,044	2,548
1977	287.5	54	7	29	5	6,988	60,222	89,370	13,920
1978	717.6	41	2	13	15	-	-	-	37,201
1981	658.2	50	5	46	2	5,306	145,457	216,730	51,783
1982	300.8	54	7	27	7	13,593	231,569	344,533	48,257
1992	392.4	65	20	23	7	5,840	31,523	46,969	21,400
1994	231.3	68	30	15	15	6,728	231,569	249,281	61,866
1995	364.6	-	-	38			20,370	700,000	482,700
평균	375.0						163,989	301,647	73,099

2.4.6 수문 및 수원조사

기존 수원시설을 확장하거나 신규로 개발하면 물이용계획, 사업비 및 사업 완료 후의 유지관리에 큰 영향을 미치게 된다.

지구내 및 주변의 각종 수원에 대하여 기존자료의 수집, 수량의 파악, 수온, 수질 및 권리관계를 시·군, 유지관리기관으로부터 청문조사를 하는 동시에 필요에 따라 답사 및 실측하여 수원계획수립의 기초자료로 한다.

가. 기존자료의 수집

지구내 및 주변의 수원에 대하여 이용가능여부를 파악하기 위하여 이미 이용되고 있는 수량, 취수위치 및 방법, 수온, 수량, 수원에 관한 유량관측 결과 등에 대하여 청문조사 및 자료수집을 한다.

또 계획기준을 위한 수원유량 산정의 기초자료로 이용하기 위해 지구 인근에서 측정된 하천 등의 유량관측 자료도 반드시 수집하도록 노력한다.

나. 수량의 파악

예정지조사시 수집된 기존자료 및 조사결과와 시·군 및 농지개량조합의 관계자, 당해 수원시설의 관리자의 의견에 따라서 답사하고 계획에 적합한 수원 취수 예정지점을 선정하여 수량을 파악하고 가능수량을 산정한다.

1) 하천수량

(1) 유량측정

유량측정은 예상되는 모든 수원에 대하여 하는 것이 바람직하다. 또한 유량 자료는 장기간의 것을 필요로 한다.

수원시설 예정지에서의 이용가능량을 명확히 하기 위하여 수문자료수집과 동시에 수원계획 지점 및 취수계획 지점의 유량을 적절히 판단하여 하천유량, 총유출량을 파악한다. 계획지점에 10개년 이상의 유량관측자료가 있을 경우에는 이를 기초로 유량을 검토한다.

계획지점에 유량관측자료가 없으면 계획지점과 동일수계내에 있는 10개년 이상 유량관측자료를 근거로 유역면적비에 의한 산출을 검토하되 유역내의 지형, 토지이용, 유입하천 등을 비교하여 적용 타당성을 충분히 검토한다. 또한 강수특성이 유사한 부근 타유역에 유량관측자료(10개년 이상)가 있을 때에는 조사개시와 동시에 계획지점에서 2개년 이상 자기수위계에 의한 수위관측과 수위별 유량측정을 실시한다. 인근지점과 계획지점간의 유량상관을 확인(상관계수 0.8 이상)하고 이것을 근거로 해서 상관식을 추정한다. 그러나 강수특성

이 유사한 부근 타 유역에도 유량관측자료가 없을 경우에는 계획지점 및 지역 내 대표지점에 자기유량계와 수위계를 설치하여 2개년 이상 관측을 실시하고 수위별 유량조사를 실시하여 유출해석에 의해 유량을 검토한다. 기존자료와 실측조사자료에 의거 표 1.2.26과 같은 수위 유량 조사표를 작성한다.

이 경우 하천유량은 유역크기, 지형, 지질, 식생, 강우 등 유역특성에 따라 달라지므로 기존자료정리 결과나 실측결과가 그 지방의 일반적인 비유량에 비하여 크게 차이가 나는 경우에는 표 1.2.27과 같은 하천 및 유역상황을 조사하

표 1.2.26 수위-유량 조사표

관측소명	위 치			유역면적		km ²							
	최 대			평 수		저 수		갈 수		최 소		최 다	
연도별 ○개년 평균	수위 (m)	유 량 (m ³ /s)	발생 년월일	수위 (m)	유 량 (m ³ /s)	수위 (m)	유 량 (m ³ /s)	수위 (m)	유 량 (m ³ /s)	수위 (m)	유 량 (m ³ /s)	수위 (m)	유 량 (m ³ /s)

표 1.2.27 유역상황

하천명	관측소명	유역면적 (ha)	유역의 내역 (ha)					입 상
			산 지	경 지		원 야	기 타	
				논	밭			

지역내의 강우상황	유역의 지형지질	하천 기울기	하상상황	상류 경지, 상수도, 발전, 공업용수 등의 취수상황

표 1.2.28 ○○○○년 유량조사

관측소명	유역면적	시 기 별 유 량 (m ³ /s)						
		이앙기	착근기	분얼기	수잉기	출수기	등숙기	연 평균

여 유량자료를 보완한다.

다음에 10년에 1회 정도의 한발년(1/10 확률년)에 대하여 각 수위관측소마다 수도생육기간 중의 생육시기별 평균유량을 표 1.2.28과 같이 정리하고 필요에 따라 유량곡선 또는 유황곡선 등을 작성한다.

(2) 댐 홍수량

댐에서의 설계홍수량 추정과 실시간 홍수량 예측을 강수량(최대 일수량 또는 최대 시수량 등)으로부터 구하는 경우에는 유역 내 또는 인근에 장기간 관측된 신뢰할 수 있는 몇 개소의 측후소 및 관측소의 자료를 분석하여 가장 큰 값을 택하는 것이 안전하며 일반적인 방법이다.

우량관측소가 없는 경우에는 유역내에 자기우량계를 설치, 관측하여 될 수 있는 한 장기간의 자료를 얻는 것이 바람직하다.

2) 저수지 및 호소 저수량

이용가능한 저수위별 저수량을 파악하려면 실측에 의하여 수위-저수량 곡선을 작성한다.

3) 지하수량

기존의 지질도와 답사, 청문 및 전기탐사 등의 조사결과에 따라 지하수의 부존상태를 판단하고 기설우물 혹은 시험우물을 설치하여 지하수 채수시험을 할 때는 관개기별로 지하수 변동상태를 기록하여 지하수 부존상태를 확인한다.

또한 농업 이외에 이용할 경우에는 다른 부문의 조사자료의 수집에도 노력한다. 지하수개발을 계획하는 경우에는 계획수원으로서의 지하수 이용 가능량을 파악하는데 사용될 지하수이동에 대한 수치해석모형의 검증자료로서 수문 지질구조, 지하수위, 수질 등에 대하여 조사한다.

지하수는 일반적으로 하천이나 저수지에 비하여 수리권에 대한 제한이 적어 편리하지만 인근에 기설우물이 있는 경우에는 양수량이 많은 우물을 새로 파서 양수하면 기설우물이 마르는 일이 있다. 따라서 부존량 조사를 정밀하게 할 필요가 있다.

또한 지하수의 과잉양수로 인하여 지반침하가 발생하는 지역에서는 지하수 양수를 규제할 필요가 있으므로 이 점도 유의하여 조사하여야 한다.

다. 수온·수질조사

1) 수온조사

낮은 수온에 의한 벼의 생육장해의 범위와 정도, 원인을 조사하여 피해경감

을 위한 방안이 강구되어야 한다. 냉수피해를 받는 지역에는 수원, 취수구, 주요 분수점, 표본답에 대해 수온 및 피해를 조사한다. 기온과 수온을 분얼초기, 분얼성기, 유수형성기, 수잉기로 나누어 조사한다.

2) 수질조사

농업용수오염에 의한 농업피해의 범위와 정도, 원인을 조사하여 피해를 줄이기 위한 대책을 검토한다. 계획수원의 수질에 대하여는 물이용상 지장이 없는가를 확인조사한다. 특히 농업용수오염의 영향이 심한 지역에서는 오염원인을 파악하고, 유입오염수의 양과 질에 관하여 조사하고 피해정도를 파악한다.

수질조사는 관개기 및 비관개기로 구분하여 실시하고, 농업용수수질을 평가할 수 있는 조사항목과 조사분석회수는 지역의 특성에 따라 가감조정하여 결정한다. 환경정책기본법 제10조, 시행령 제2조의 규정에 의한 용수원 형태에 따라 하천과 호소의 수질환경기준이 유지되어야 한다. 특히 조사항목은 생활환경 기준항목으로 pH, DO, COD 또는 BOD, T-N, T-P, SS, EC, Cl 등이며, 사람의 건강보호항목으로 특정수질 유해물질인 Cd, As, CN, 수은, 유기인, Pb, Cr⁶⁺, PCB, ABS 등이 있다. 수질조사시에는 반드시 유량조사도 동시에 실시하고, 또 필요에 따라 지질조사를 시행한다.

그리고 조사시기는 수원의 수질보전 목표를 달성하기 위하여 악조건인 갈수기로 한다. 또한 관련기관의 기준, 수질조사 분석자료 등을 수집한다.

라. 권리관계조사

지구내 및 주변의 수원에 관한 권리관계에 대하여 조사한다. 주된 것은 ㉠ 농업 및 기타 용수의 수리권, ㉡ 어업권, ㉢ 광업권, ㉣ 자연보호 관련 환경에 관한 규제 등이고 이들 내용에 대해서 정확하게 조사한다.

2.4.7 사회경제조건 조사

국세(國勢)조사, 농림업센서스, 시·군 통계 등의 자료를 수집하여 농업을 둘러싼 사회, 경제, 환경과 농업의 위치를 명확히 함과 동시에 농업발전의 저해요인을 구명하고 지역개발이나 농업개발계획 등을 참고하여 장래 농업발전의 방향과 필요성을 명백히 해야한다.

가. 경제적 입지조사

사회경제적 입지조건 및 농업이 차지하는 지역경제에서의 위치와 앞으로의 농업발전방향 및 지역농업개발의 의의를 명백히 한다. 이를 위하여 경제적 입

지조건, 생산요소(토지, 노동, 자본)의 수급, 가격조건 산업구조 등을 조사, 분석한다.

나. 사회경제조건 조사

총인구, 호수, 농업호수, 농업인구, 산업별 취업인구, 산업별 소득구조, 경지 규모별 농업호수, 지구내 주요산업, 농업전용(轉用)상황 등을 조사하여 지역사회경제에 있어서 농업의 지위를 명백히 한다.

다. 지역계획에 관한 조사

당해 지구가 속해 있는 도·시·군의 지역사회 개발계획, 농업 진흥계획 등을 조사하여 장래 계획지구의 농업발전방향을 검토하는 동시에 수혜범위를 확정하기 위하여 조사한다.

라. 농업구조에 관한 조사

계획지구의 농업경영 발전저해요인을 농업경영구조, 소득구조, 유통구조, 수리구조 및 농가의식면 등에서 구명하고 농업발전방향과 관개개선사업 필요성을 명백히 한다.

이를 위하여 다음 내용을 조사한다.

1) 농업구조 및 소득구조조사

지구의 농업경제구조(규모, 조직, 자본구성, 농가계층 구성)의 구성요인이 되는 농용지, 농업노동력, 농업자본, 품목, 농가의 실태를 명확히 하고 각 요인이 조합된 결과로서의 농업경제와 작물별 생산비 및 수익성을 명확히 한다.

2) 소득구조조사

지역의 농가경제동향 및 대표적 농가소득실태를 명확히 조사하고 그 문제점과 대책을 검토한다.

3) 수리구조조사

토지현황과 수리조건을 명확히 하고 관개개선사업의 시행과정, 관리단체 또는 수리시설자산, 수리관행, 수리비 등에 대해서 조사하고 농업발전을 저해하고 있는 요인을 수리측면에서 명확히 한다.

마. 영농입지조사

당해 지구의 영농현황에 대하여 자연적 입지조건을 주로 하여 조사분석하고 농업 생산과 농업기술의 관계, 영농상의 문제점이나 제약요인을 명백히 한다.

관개개선사업의 필요성, 영농개선의 가능성을 검토하고 대책사업의 종류와 필요면적을 파악한다. 따라서 경지조건, 농업기상, 경종기술, 한·수해 등 농업피해, 생육저해요인의 종류와 분석, 토지생산력의 현황과 개량의 가능성 등을 조사한다.

2.4.8 영농재배상황조사

주된 조사항목과 그 내용은 다음과 같다.

가. 토지이용상황

통계자료 및 현지답사에 의하여 토지이용현황 및 최근의 동향을 시·군별 및 지목별로 조사하여 영농개선의 방향 및 필요한 대책사업을 다음과 같이 검토한다.

① 각종 토지이용규제, 토지이용계획, 타용도이용현황 및 지역개발계획 등을 조사분석하고 도시적 토지이용과 농업적 토지이용의 구분과 경합상황을 명확히 한다.

② 농용지의 토지이용방식, 작부방식, 작물별 작부면적, 토지이용률의 현황과 동향을 명확히 한다. 토지의 논이용에서는 일모작, 이모작(비닐하우스, 노지경작(보리, 양파, 마늘), 영구비닐 또는 유리하우스 및 휴경지면적을 조사한다.

③ 토지이용(지목, 작물)을 중심으로 지역농업 유형을 설정한다(농업센서스를 이용).

④ 수혜지역을 개략 정한 후 수혜예정자의 토지소유현황을 명확히 한다.

나. 주요작물과 재배관리체계

앞으로의 영농계획에 필요한 대책수립과 사업계획의 기초자료로 이용하기 위하여 현재 재배되고 있는 주요작물에 대한 경종개요와 작부율, 작부동향, 재배기 및 재배기술을 조사해서 재배기술 및 영농상의 문제점을 명확히 한다.

1) 재배작물조사

농촌통계 및 농촌지도소 등의 자료에서 지목별 작부체계현황을 파악하기 위하여, 앞으로의 작부체계개선을 위한 작목별 재배면적비율, 품종별 재배면적비율을 조사한다. 또한 조사정도를 높이기 위하여 현지보완조사를 한다.

2) 재배시기조사

주요작물에 대하여 농업시험장, 농촌지도소 및 현지조사 등에 의하여 작물

별 재배시기를 조사한다.

3) 재배기술조사

주요작물에 대하여 농업시험장, 농촌지도소, 농조 및 현지조사 등에 의하여 현재의 재배기술에 관하여 조사한다.

4) 영농방식조사

영농방식에 따라 작물의 필요수량이 상이하므로 영농방식을 조사한다. 예를 들면, 이앙재배, 직파재배, 환경보전형 농업, 전답윤환재배 등에 대하여 조사한다.

상기 1)~4)항까지의 조사결과를 토대로 주요작물에 대한 영농 및 재배기술상의 문제점과 대책을 명백히 한다.

다. 영농관리조직

지구내의 협동경영조직, 집단재배조직, 농기계이용조직 및 재배상의 관리조직 등 여러 조직의 상호관계, 관련 농가수, 조직규모, 운영실태, 경영의 과거와 현재 및 전망 등을 조사하여 영농계획수립의 기초자료로 이용한다.

라. 농기계보급및 이용상황

농업기계의 소유대수 및 이용농가호수, 특히 공동이용기계의 소유형태, 관리 운영조직에 관하여 조사한다. 그리고 운반기구의 종별보급대수, 소유형태, 이용방법 등을 조사하여 관개개선사업에 의해 신설, 개수 또는 폐지되는 도로의 폭, 구조, 배치 등에 대한 적정성을 검토하는데 참고자료로 이용한다.

마. 수량 및 피해량

현재 재배하고 있는 주요 작물의 단위면적당 수량 및 원인별 피해상황과 재배할 작물의 단위면적당 수량을 조사하여 현재의 수량을 얻게 한 피해요인과 개선가능성을 검토하는 동시에, 처리대책 수립, 영농계획 및 투자효과측정의 기초자료로 이용한다

1) 기존자료에 의한 수량 및 피해조사

농촌지도소 및 농업협동조합 자료에 의하여 최근 5년간의 10a당 수량 및 최근 10년간의 피해량(요인별)을 시·군별로 수집한다.

2) 현지수량조사

지구의 특수사정에 의하여 상기 1)항에 의한 수량이 현실과 크게 다르다고 생각되는 경우에는 수량시험 또는 현지조사 등에 의하여 10a당 수량을 결정한

다. 이 경우는 현지조사에 의하여 10a당 수량을 결정한 이유 및 결정근거를 밝혀둔다.

3) 현지 피해상황조사

시·군, 농협 등 지원관계단체의 피해조사기록을 바탕으로 현지 청문조사를 하여 피해발생지역, 피해면적, 피해정도, 피해요인 등을 명백히 하는 동시에 피해발생상황도를 작성한다.

4) 작물수량에 미치는 요인별 문제점과 필요한 대책사업

1)~3)항의 조사결과와 현지포장조건, 재배조건 등에서 작물수량에 미치는 피해요인과 개선가능성 및 필요한 대책사업을 명백히 한다.

바. 주요작물의 생산비

작부체계조사에 나타난 작물의 단위면적당 생산비를 재배조건별(시설재배, 노지재배), 재배 시기별(봄파종, 가을파종), 지목별(전작, 답작), 품목별(종자, 비료 등)로 조사한다. 그리고 생산비 중에는 노동력 투하량, 도정료, 탈곡료 및 경운비 등을 포함시켜 조사한다

사. 가축사육 상황

농업생산기반정비사업과 관련하여 농가소득향상을 위한 축산부문개발의 가능성 중 축산농가호수, 사육분뇨의 이용가능성 등의 자료를 수집하여 영농계획 및 사업효과를 평가하는 기초자료로 이용한다.

또한 가축의 종류별 사육두수, 사육호수, 사육규모, 사육체계, 사육생산상황 등에 대해서 조사하여 문제점과 개선방향을 제시한다.

아. 농업경영상황

경영규모, 작부작목 등에 따라 영농유형을 대별하고, 유형별로 농업경영과 농가소득의 실태를 조사하는 동시에 주요작물의 단위면적당 생산비, 소득액을 조사하여 농업경영상의 문제점, 개선방향, 생산비절감 및 농업소득증대의 구체적 가능성을 명백히 한다. 장차 투자된 사업비에 대한 상환능력이 있는지 검토하는 기초자료로 한다.

2.4.9 부대조사

가. 간접효과 조사

사업으로 인한 직접효과 이외에 간접적 효과와 2차적 효과를 항목별로 계량

화해야 하므로 내용별로 자료를 조사해야 한다.

나. 용지매수 및 보상물 조사

저수지, 도수로, 이설도로 등 시설물부지의 용지매수를 위한 조사와 매수해야 할 부지위의 지상물 보상비 그리고 공사 때문에 침해를 받게되는 광업권, 점용권, 허가권에 대한 보상비조사를 별도로 실시하여 공사비외에 용지매수 및 보상비를 계상해야한다. 보상비조사는 권리내용, 관리주체, 사업주체 등을 조사하여 협의·조정을 위한 기초자료로 한다.

다. 사업으로 인한 역효과조사

상기의 보상비 조사외에 사업으로 인하여 국민경제적 입장 또는 사경제적 입장에서 불이익을 발생케 되는 인자는 별도로 조사하여야 한다. 즉 사업으로 인하여 발생하는 공해, 철새도래지 폐기, 생태계 변화, 천연기념물 감소, 고적지훼손, 수렵채취장의 감소 등에 관한 부대적 사항을 조사해야한다.

2.4.10 농가의 의향조사

농가가 토지, 수리조건에 대하여 인식하고 있는 정도와 영농개선사업에 대한 요구사항을 명백히 파악하여, 영농계획(토지이용계획), 사업의 내용 및 개발규모 등 관개사업을 확정, 시행하기 위한 동의를 구하기 위하여 농가의 의향을 조사한다.

가. 조사방법

청문조사가 바람직하지만 다수의 농가를 대상으로 하여 청문조사가 곤란한 때에는 설문지 조사에 의한다. 또 표본의 추출에 의한 조사시는 지역별, 경영규모별, 연령별 등을 감안하여 지구 전체의 의향이 반영되도록 배려해야 한다.

나. 조사항목

1) 농가에 대한 조사

- ㉠ 영농 실태
- ㉡ 영농 개선대책
- ㉢ 토지기반정비에 대한 의향
- ㉣ 시설의 관리, 운영에 대한 의향
- ㉤ 기타 필요한 사항

2) 기관에 대한 조사

- ㉠ 지역행정기관장의 의견확인
- ㉡ 유지관리기관의 의견확인
- ㉢ 당해 지역의 농지기반조성사업 실시계획의 파악
- ㉣ 농업근대화의 구체적 목표와 생산기반정비대책
- ㉤ 기구 및 시설유치의 구상과 경영조직의 편성
- ㉥ 농지 및 취락의 집단화대책

2.4.11 관련 사업 등의 조사

주요 한 관련 사업 및 조사내용은 다음과 같다.

가. 농업생산기반정비사업

지구 및 주변지역에 국가, 시·군 및 단체에서 시행하는 경지정리, 배수개선, 용·배수시설 개량, 농도정비, 객토 및 암거배수 등 농업생산기반정비사업이 계획 혹은 실시 중에 있거나 또는 실시된 일이 있는지를 확인하여 계획, 설계 및 시공계획의 수립에 참고한다. 이러한 사업이 있는 경우에는 계획, 설계제원, 노선배치, 구조, 시공연도, 시공시의 현황, 이러한 사업에 대한 유지관리기관, 시·군, 농협 및 농업관계자의 평가 등을 계획서 및 청문조사에 의하여 조사한다.

또한 국토이용기본계획의 법률 및 조례에 따른 토지이용계획과의 저촉여부와 과수·채소단지, 인삼단지계획이나 낙농단지계획 등과의 저촉여부도 조사한다.

나. 기타사업

1) 하천개수사업

지구 및 주변지역에 하천개수계획이 있는 경우에는 개수 후의 노선위치, 하천폭, 하천단면, 경사, 홍수위, 홍수위 표고, 시공시기, 단위배수량, 지구 침수상태, 용지확보방법 등을 조사한다.

2) 국도, 지방도, 군도의 개보수 및 신설사업

지구 및 주변지역에 국도, 지방도, 군도의 개보수 및 신설사업계획이 있는 경우에는 노선위치, 부지폭, 구조폭, 시공시기, 용지확보방법 등을 조사한다.

3) 이수사업

지구 및 주변지역에 발전, 홍수조절 등 각종 댐사업 및 상수도, 공업용수 공

급 등의 사업계획이 있는 경우는 물이용에 대한 계획내용을 조사한다. 최근 도시 및 공업이 발전됨에 따라 발전, 상수도, 공업용수의 신규수요가 증대되어 각종 이수부문간에 경합이 발생하게 되었다. 경합의 조정은 쌍방이 충분히 협의하여 균형발전이 될 수 있도록 물이용의 기구, 규모, 장소, 특징 등을 충분히 조사한다.

(1) 수원시설을 공동으로 이용하는 경우

다목적댐이나 취입보 등의 수원시설을 건설할 때는 많은 공사비를 필요로 하기 때문에 공동으로 이용하면 공사비 부담이 경감되고 쌍방에 유리하게 될 경우가 많다.

이러한 때는 공동이용시설의 비용분배를 위한 대체건설비, 타당투자액 등의 제자료를 조사, 수집한다.

(2) 농업수리와 발전(發電)

농업과 발전의 경합은 물이용의 양과 시기, 시간이 문제된다. 농업은 관개기에 안정된 수량의 공급을 주장하고 발전은 시설의 경제적 효율을 높이기 위하여 연간을 통하여 특정한 양의 방류를 주장하게 된다.

관개용수의 공급 때문에 발전소 측의 입장에서 무효방류가 발생하여 문제가 되는 경우에는 쌍방의 손실이 최소가 되도록 시기별 발전방류계획(발전소측)과 영농계획(농업측)을 충분히 조사검토 한다. 대부분의 경우 전력공급보다는 용수공급을 우선으로 하지만, 피크발전의 영향으로 발전소 하류에는 하천수위, 유량의 시간적 변화로 농업용수를 안정적으로 계속 취수할 수 없는 경우가 생긴다.

따라서 관개기 피크발전의 유무, 당시 사용수량, 피크사용수량, 농업용수 취수지점과 수위의 시간적 변화 등을 조사하고 역조정지 시설의 필요성을 검토한다. 특히 발전방류수는 수온이 낮은 경우가 대부분임으로 수온상승시설의 필요성을 검토한다. 다목적댐에서 관개용수위주로 표층수 취수시설을 설계하는 등 연구도 검토한다.

다. 특정 지역지정 등

1) 농업개발 지역지정

농업개발 지역지정은 정해진 농지이용계획 및 농업생산기반의 정비개발계획과 조정이 이루어져야 하기 때문에 내용을 충분히 파악한다.

2) 도시화 지역지정

농업투자의 적합성을 판단하기 위하여 도시계획법에 의해 도시화지역으로

지정된 구역을 명확히 하는 동시에 해당지역내에 있어서 용·배수 및 농도와 사업과의 관계를 조사한다.

용수의 경우는 당해구역내 현재의 소요수량, 부족수량, 물이용현황, 수리관행, 지역내의 용수시설에 대한 관리비 부담현황 등을 조사한다.

배수는 당해지구내에서 유출하는 배수량, 지역내 배수시설에 대한 관리비 부담상황, 배수관행 등을 조사한다.

도로는 지구에 접하는 도로의 위치, 폭, 구조, 개보수계획 등을 조사한다.

3) 영농기계의 도입 및 시설설치사업

지구 및 관련 지역에서 트랙터, 각종 수확기 등 영농기계의 도입사업, 조제 및 저장을 위한 시설 또는 야채 및 과수의 집·출하시설 등 시설설치사업 그리고 산림진흥시설계획 및 야채생산출하 근대화계획 등이 있는 경우에는 이들의 사업내용 및 계획내용을 조사한다.

4) 국립공원 등

지역 및 주변지역에 국립·도립 등 각종 공원, 자연환경보전지역, 상수도 보호구역, 광업구역 등의 토지이용 규제구역의 유무를 조사하여, 규제구역이 있는 경우에는 지정구역과 규제내용 등을 충분히 파악한다.

제 3 장 계 획

3.1 기본구상과 기본계획 수립

3.1.1 기본구상

계획수립순서는 원칙적으로 기본방침과 계획기준치를 토대로 중요한 골격요소에서부터 점차 세부적인 것으로 진행시키지만, 실시하려는 사업규모 및 지구실정을 고려하여 계획내용을 재검토하면서 효율적으로 진행시켜야 한다.

계획수립의 표준적인 순서는 그림 1.3.1과 같다. 이 순서는 기본구상, 기본계획수립, 시설계획수립 및 계획의 평가와 결정 등 4개 과정으로 대별할 수 있다.

계획은 기본구상, 기본계획, 시설계획의 각 과정을 충분히 검토한 다음 수립하고, 계획의 평가와 효과판정을 한 후 최종적으로 결정한다.

부적합한 평가결과가 나온 경우에는 다시 최초의 기본구상으로 되돌아가서 계획을 조정할 필요가 있다.

계획수립의 내용은 지구의 범위, 영농계획, 용수계획, 수원계획 등이 기본사항이다. 계획을 합리적이고 효율적으로 수립하기 위하여는 이들을 종합적으로 검토함은 물론 그 지역의 각종 개발계획을 감안하여 기본계획수립에 앞서 미리 기본구상을 수립하는 것이 중요하다. 일반적으로 논관개를 계획하는 지역은 규모가 큰 경우가 많아 복수의 수원을 고려해야 할 경우가 많으므로 수혜지구의 범위, 영농계획, 용수계획, 수원계획, 물관리 등에 대하여 신중히 검토해야 한다.

가. 수혜지구의 설정

수혜지구는 행정구획 및 지역의 개발계획, 장래의 영농방향과 주민요청 및 의향 등에 기초를 두어 설정하고 이에 따라 자연, 영농, 사회, 경제 등의 제조건 및 관리운영의 효율성을 고려하여 정한다.

나. 영농·토지이용계획의 설정

행정기관의 작물생산계획을 기본으로 작부품종의 수요동향, 적지성 및 수익성을 파악하고 나서 영농·토지이용계획을 개략결정한다. 사업에 의한 수혜지구의 토지이용 및 작부동향, 기상, 토양, 포장정비, 작물생산 등 기술수준을 조사하여 농업생산경영의 전개방향을 설정한다. 특히 영농계획의 개략결정에는 주요 영농유형, 도입작물, 작부체계, 재배기술 등에 대한 기본골격을 정한다.

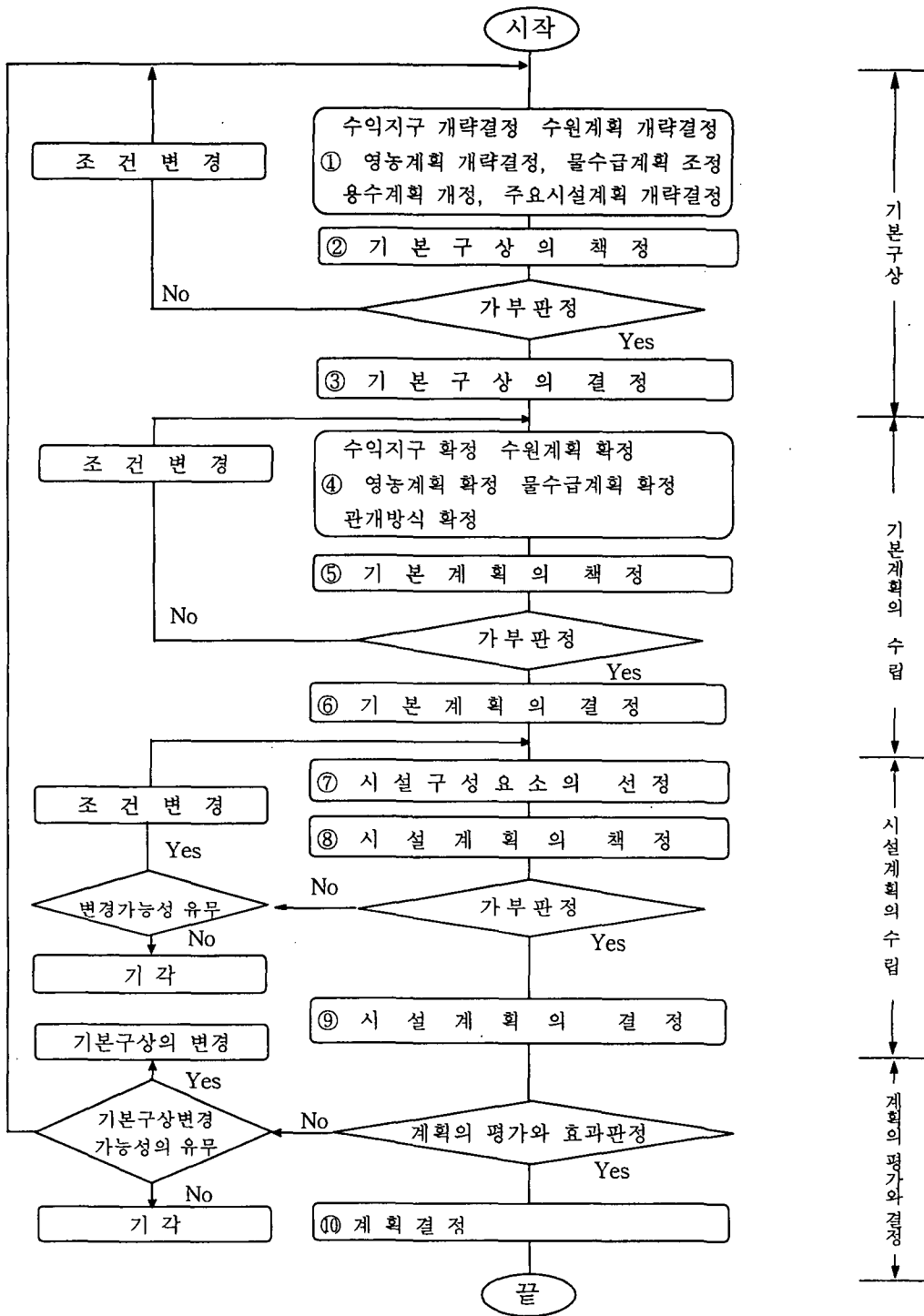


그림 1.3.1 계획의 순서

영농·토지이용의 변화가 예상되는 경우, 그 변화가 용수계획에 미치는 영향에 대해서도 검토하여야 한다. 예를 들면, 논과 밭(논의 밭이용을 포함)이 혼재하는 지역에서는 관개기에도 지하수위 상승이 현저하지 않고 감수심도 담수재배를 하는 논지역과 다르며, 다양한 물이용에 적합한 관리용수가 필요하게 되는 등 영농·토지이용의 상황이 용수량에 영향을 미치는 부분도 있다는 것에 유의해야 한다.

다. 용수계획의 설정

먼저 관개기간을 정한다. 벼는 품종에 따라 생육기간이 다르므로 관개기간도 이에 따라 달라지게 된다. 이모작을 도입하는 경우에는 보충급수(補給)관개의 입장에서 볼 때, 강우량, 강우분포, 한발정도 등 기상조건에 따라 본 관개 필요기간을 검토한다.

영농계획으로부터 정해진 작부체계에 의하여 벼품종과 2모작목이 정해지므로 기존의 자료, 타지방의 사례 등을 참고하여, 작물별 관개기간 및 관개효과와 함께 2모작에 대한 월별 평균 일감수심 및 관개일수 등도 정리해둔다.

감수심은 증발산량과 침투량을 합한 수량이다. 증발산량은 계획기준년(보통 10년)에 해당되는 특정년의 자료로 계산하는 방법과 전자료기간으로 부터 증발산량을 계산하고 계획기준년(보통 10년)빈도에 해당되는 증발산량을 결정하는 방법이 있는데, 최근에는 주로 후자의 방법이 적용되고 있다.

라. 수원계획의 설정

취수지점에서 계획용수량과 현재의 이용가능수량과를 비교하여 필요에 따라 신규수원개발을 검토한다. 수원계획의 형태는 기존시설의 이용, 확장, 개량 또는 신규시설의 설치로 대별된다. 이들의 형태를 조합하여 복수의 수원계획을 세워 비교, 검토를 하는 경우가 많다. 기본구상단계에서는 현재의 수원은 물론이고 이용가능성이 있는 수원후보지도 검토의 대상으로 한다. 수원을 변경해야 할 경우에 대비하여 복수의 수원을 조합하여 검토한다. 이 때 복수의 수원 예정지점에 있어서 수질, 유지관리의 용이성 등을 포함한 각종 조사를 다음과 같은 순서로 실시하여 수원계획을 세운다.

① 수원개발 예정지점에서 장기간의 유량실측자료를 수집한다. 자료관측기간이 짧거나 불비한 경우에는 수문학 또는 통계학 기법에 의하여 필요한 보완을 한다. 다만, 통계기법에 의한 경우라 하더라도 추정되는 유량의 타당성을 검증하는데는 유량에 관한 실측자료가 충분히 필요하다는 점을 유의하여야 한다.

② 하천에서 취수할 경우 기저유출량 자료를 기초로 한 기득수리권(既得水利權)을 검토하여 이용가능량을 구한다.

③ 이 이용가능량에 대해 매년의 값을 검토하여 타당하다고 생각되는 해를 계획기준년으로서 가정한다. 이 계획기준년에 해당되는 특정년에 대하여 이용가능량과 필요수량으로 물수지분석하여 수원으로서의 가능성을 판정함과 동시에 경제성, 안정성 및 유지관리면에서 시설설치의 적합성을 검토한다.

④ 한편 특정년이 아니고 전기간자료로부터 이용가능량과 필요수량으로 물수지를 분석하는 경우에는 10년 빈도의 가뭄에도 물이 부족하지 않는 수원으로서의 가능성을 판정함과 동시에 경제성, 안정성 및 유지관리면에서 시설설치의 적합성을 검토한다.

⑤ 지구에서 필요로 하는 취수량보다 이용가능량이 부족한 경우에는 저수지 또는 조절지를 설치한다. 또는 용수량을 평준화하는 조치(예를 들면 물배분방식의 개량)를 강구하여 수원의 확보를 검토한다.

⑥ 필요할 때는 수질 및 수온의 개량 조치를 검토한다.

⑦ 계획상 수량확보가 어렵고 수온·수질 등이 불량한 경우에는 다른 지점 또는 이와 다른 수원을 검토한다.

취입보, 양수장, 관정, 저수지 등 주요 수원시설의 종류와 위치는 기본구상에 중대한 영향을 주므로 지형, 지질조사에 의하여 신중하게 설치가능성을 검토해야 한다.

마. 물수급계획의 조정

용수수급관계는 계획수립의 가능여부에까지 영향을 주므로 기본구상단계에서 충분히 검토해야 한다.

수원이용가능수량이 부족한 경우의 조정방법은 다음과 같다.

- ㉠ 수원계획의 변경조정
- ㉡ 영농계획 및 용수계획의 변경
- ㉢ 수혜면적의 조정
- ㉣ 물이용률의 제고 등

또한 수원개발에는 많은 경비가 소요되므로 이를 조정하는데는 시설경비를 개략계산하여 경제성을 비교검토한다.

바. 주요시설계획의 구상

주요시설계획은 사업비의 개산, 효과의 확정 등에 대한 기초가 되며 계획수

립의 가능성 여부에도 영향을 주므로 기술적으로 가능하고 경제적으로 타당하도록 구상한다.

사. 물관리 계획

1) 다수확과 물관리

다수확기술은 다른 영농기술에 못지 않게 물관리기술에 의존하는 바가 크다. 즉, 다수확을 하려면 작물에 대하여 부족한 토양수분량이 적시에 공급되어야 함은 물론, 공급되는 물도 적당한 수온과 수질이 요구된다. 따라서, 생육기에 따라 공급되는 물의 양, 수온 및 수질관리와 다수확과의 관계 등을 잘 검토하여 적절한 물관리 방안을 강구한다.

특히 벼의 경우 발작물과는 달리 담수관개를 하기 때문에 천수관개보다 심수관개가 수온보전면에서 유리한 경우가 많고, 다수확을 위한 관리담수심도 활착기, 유수형성기, 수잉기, 출수개화기, 낙수기 등 생육기별로 다르며, 중간물떼기 등이 요구되므로 이 점을 충분히 고려하여야 한다.

2) 용수절약과 물 관리

작물의 종류 또는 생육기에 따라 물의 요구량이 다르므로 작물이 꼭 필요로 하는 수분량은 작물이 가장 잘 자랄 수 있는 수분조건에서 소비될 수 있는 수분량, 즉 적정수분량이 될 것이다. 따라서 물관리에서는 이 적정수분량을 적시에 공급하는 일이 가장 이상적이지만 실제 관개에서는 용수원시설로부터의 과다통수, 용수배분의 과다로 인한 수로손실수량 증대, 용수배분의 불균등성으로 인한 과다급수지구의 발생, 정지 불균일로 인한 담수심의 심한 차이, 낡은 수리관행으로 인한 물에 대한 농민의 탐욕과 관개방법의 불량, 물꼬 또는 낙수구 관리의 소홀로 인한 월류수 증대 등 용수손실의 요소가 많으므로 용수절약상 문제가 많다. 용수절약을 위해서는 용수시설의 취수장치를 보다 능률적인 제어시스템으로 개선하고, 흠수로 라이닝 또는 관수로 시설 등에 의한 용수손실방지 대책이 필요할 것이다. 용수배분의 과다분산과 불균등성을 방지하기 위해서는 물관리시스템 정비, 유회관개 등 계획적 배분방법이 모색되어야 한다. 담수심의 차이가 심하면 정밀한 정지계획, 낡은 수리관행에 대하여는 간단관개의 철저한 이행과 동시에 양수제(量水制)의 구상, 배수로로의 월류수증대는 물꼬 및 낙수구의 단속에 관한 대농민교육과 용수반복 이용조직에 대한 구상이 있어야 한다. 그리고 발작물의 낡은 물관리방법에 대하여는 토양수분의 변동을 바로 볼 수 있는 계기(텐시오미터, 석고블록 등) 이용계획이 있어야 한다.

3) 용수의 균등배분과 물관리

용수의 균등배분문제는 용수절약과 함께 물의 효과적 이용 및 지구전체의 작황과 관계가 깊다. 그 이유는 용수의 불균등한 배분으로 인하여 급수과다 및 작황불량이 생기는 경지가 많아지고, 지구말단부 경작 농민의 물부족에 대한 불평도 많아지기 때문이다. 따라서 용수절약과 지구전체의 균등한 풍작을 위하여는 용수의 균등배분이 꼭 필요하고, 이를 실현시킬수 있는 용수조직이 대단히 중요하다. 따라서 용수조직을 임의관개체계로 할 것인지, 순환관개체계로 할 것인지, 관수로로 할 것인지, 개수로로 할 것인지, 또한 순환관개체계로 할 경우 용수로조직을 관개지구의 분할구 차례의 용수로조직으로 할 것인지, 분할구내에서의 순환조직으로 할 것인지를 신중히 비교, 검토하여 그 지역 실정에 알맞는 물관리시스템을 구상해야 한다. 이외에도 조절지 계획여부와 지구말단부에서의 보조수원의 개발가능성 문제도 함께 검토해야 할 중요한 사항이다.

4) 수온·수질과 물관리

작물이 잘 성장하기 위해서는 수질이 양질이어야 하고 수온이 적당해야 한다. 따라서 수질이 좋지 않은 물은 가급적 용수로 이용하지 않아야 하며, 수질이 좋은 물도 오염을 방지하는 대책이 강구되어야 할 것이다. 지하수, 발전방류수 등을 용수로 이용하는 경우에는 작물의 냉해를 방지하기 위한 온수로, 온수지 등 수온상승시설에 대한 계획이 강구되어야 한다.

5) 관리용수량과 관리능력, 물관리시설비의 대체관계

실제 관개에서는 작물성장에 꼭 필요한 수량외에 용수급수과정에서 많은 양의 용수, 즉 수원시설로부터의 과다취수, 수로수위 유지용수, 배분균등화를 위한 여유수, 논·밭수위 유지용수 및 낙수구로부터의 월류수, 수질보전용수 등이 소위 관리용수로 소비되는 것이 일반적이다. 관리용수로 사용되는 양은 전용수량의 5~50%에 달하는 것으로 이 양을 줄이는 것이 물관리상의 큰 과제이다. 그러나 관리용수를 줄이기 위해서는 관리노력을 강화해야하고 물관리시설비가 증가하므로 물관리계획에 있어서는 이 점이 충분히 반영되어 합리적인 관리용수에 대한 구상이 강구되어야 한다.

(1) 관리용수와 관리노력

관리용수는 물관리노력이 증가하면 감소하는 성격을 가지고 있다. 예를 들면 낙수구의 개폐 및 용수로상의 분수문개폐조작을 세밀하게 실시하면 각 배미 또는 용수로말단으로부터 이용되지 않고 배수로로 월류하는 유량이 대단히 적어진다. 이와 같이 급수하는 유량이나 배수로에 배출되는 유량을 세밀하게

조정하면 이론적으로 어느 배미에서나 최소한의 용수량으로 제한시킬 수 있다. 그러나, 현실적으로 물관리노력을 무한정으로 투입한다는 것은 어려우므로 노력에 대한 대체용수로서 어느 정도의 관리용수를 허용해야 한다.

(2) 관리용수와 물관리시설

관리용수는 물관리시설의 세밀한 계획에 의해 감소시킬 수 있다. 예를 들면 낙수구나 물꼬의 인력관리를 시설관리로 대체시키든가, 관수로망으로 어디에서나 충분한 수두를 보장할 수 있다면 수로의 유지용수는 불필요하게 된다. 또는 분수, 배수에 있어서도 자동제어 장치에 의하여 세밀하게 관리하면 관리용수를 대폭 감소시킬 수 있고 블록간 용수배분의 불균등도 시정할 수 있다. 문제는 물관리시설과 관리용수 및 경제성과의 상호관계를 검토하여 가장 타당성 있는 관리시설계획을 강구하는 일이다.

(3) 농작업기계화 지반조건과 물관리

논의 경우 작물의 다수확이라는 물관리목적 이외에 농작업기계화 지반조건의 조성이란 측면이 있다. 따라서 논외의 물관리는 작물의 다수확과 농작업기계화의 지반조건으로서의 지내력강화라는 양면을 만족시켜야 하므로 중간물떼기, 생육후기의 간단관개실시가 불가피할 것이다. 이와 같은 물관리를 위해서는 윤환관개를 계획하는 등 알맞은 용수조직계획을 구상해야 한다.

아. 협의·조정사항

1) 물이용에 관한 협의·조정

계획용수량을 새로 개발하는 수원에서 공급하는 경우에는 다른 이수(利水)와의 조정을 충분히 검토할 필요가 있다. 물이용의 조정은 협의 또는 신청을 필요로 하며, 하천법의 적용 또는 준용을 받는 하천에서는 하천관리자와의 협의를 통하여 사업을 위한 물이용이 하천관리나 다른 종류의 이수 및 어업에 미치는 영향도 검토하여 실시하게 된다.

또한 수원계획에서 유역을 변경할 경우에는 유역이 변경되는 수계의 물수급 전망, 환경에 미치는 영향 및 수리권문제를 신중하게 검토하여야 한다. 자체 유역에서 효율적인 수자원개발과 관리를 통하여 용수수급을 자체적으로 해결하는 것을 원칙으로 하며 유역변경을 하기 전에 각각의 유역에 존재하는 수원계획을 조정할 필요가 있다.

그리고 하천법의 적용 또는 준용을 받는 하천에 있어서 유수(流水)나 토지를 점용하는 경우, 또는 하천구역내에서 토지의 굴착이나 공작물의 신설·개수·제거를 하는 경우에는 하천법에 근거한 하천관리자와의 협의 또는 허가가

필요하다.

2) 문화재 취급관계

매장(埋藏) 문화재에 대해서는 문화재보호법 외에도 농림부장관과 문화체육부장관 사이에 문화재보호 및 사업의 원활한 실시를 위하여 쌍방에 지장이 없도록 사전에 문화재 보호담당부서와의 연락조정하도록 되어 있으므로 주의해야 한다.

3) 기타 경제활동과의 조정

기타 사업계획의 작성에 있어서는 광업법에 따른 광업권 및 조광권(租鑛權)과의 조정, 채석법에 따른 채석권과의 조정, 전기사업과의 조정, 도로법 등에 의한 도로관리자와의 협의·조정 등이 관련되어 있다. 이들에 대하여는 필요에 따라 검토하여 처리방침을 명확히 해두어야 한다.

3.1.2 기본계획의 수립

수혜지구를 결정함과 동시에 영농계획, 용수계획, 수원계획, 용수로계획 등에 대하여 기본계획을 수립한다. 기본계획은 시설계획에 영향을 미치고 계획전체의 평가 및 효과를 좌우하므로 기본조사결과를 충분히 검토하여 조화있는 계획이 되어야 한다.

가. 수혜지구의 확정

수혜지구의 확정은 경제적 수익성 및 사회적 영향이 대단히 크므로 가능한 몇 개의 비교안을 검토해야 한다. 지구내 용수 및 한해상황 조사결과에 따라 한해지역과 피해정도를 정확하게 파악하고, 필요수량, 지형 및 지적조사, 영농경제조사, 농가의향조사 및 관련사업조사 등 정밀조사결과에 따라 개발시안을 작성하고, 시안을 중심으로 인접지역을 포함한 종합적인 개발시안의 적합성 여부, 인접개발계획과의 중복투자, 토지 및 수자원개발의 합리성 여부 등을 검토하여 수혜지구를 결정하는 것이 바람직하다.

기존 수리시설지구의 용수부족지구와 기존시설의 개보수와 기설지구 주변의 추가용수공급을 위한 계획과도 종합적으로 검토하여 수혜지구로 편입하는 것이 유리한 때는 이를 수혜지구에 포함시키는 것이 좋다. 또, 수혜지구는 영농계획, 용수계획, 수원계획 및 용수로 시설계획과도 밀접한 관계가 있으므로 이들 계획과의 긴밀한 연관이 되도록 하여 신중히 결정하며, 특히 수혜지구 결정과 수원시설계획과의 관계를 기술적, 경제적 측면에서 검토하면 다음과 같다.

1) 저수지 지구

일반적으로 저수지는 지구 상류의 높은 지대에 설치됨으로 수혜예정지역의 표고별 면적을 조사하여 중력(자연)관개가 가능한 지역을 최대한으로 확보하여야 하며, 중력관개가 불가능한 고지대는 경제적 타당성이 인정되는 범위내에서 양수에 의한 관개계획을 세워서 수혜지역으로 편입시켜 농지개발이 고도화 되도록 해야 한다.

2) 양수장지구

수혜 예정지의 표고별 수혜면적도표를 작성하고 최소한의 양정으로 최대한의 지역을 급수할 수 있도록 양정 및 용수계통배치를 결정하여 1차로 지역을 결정한다. 1단 양수로 급수할 수 없는 지역에 대해서는 경제적 허용범위내의 양수량을 2단 양수로 관개할 수 있도록 지역을 결정하며, 양정과 수혜지역의 상호관련성을 고려해서 최적의 지역을 결정한다. 구릉지대 또는 산간지대의 분수령 능선까지 양수하였을 때 능선넘어에 있는 구역에 대해서도 이 표고로 중력관개가 가능한 지대까지 수혜지역으로 편입하는 것이 유리하다.

3) 취입보 및 도수로

지형상으로 가능한 고위부로 도수하여 중력관개를 하도록 하고, 높은 지대는 수원의 가용수량과 경제적 허용범위내에서 최대한 양수관개할 수 있도록 수혜지역을 결정한다. 용수로말단지구 또는 일반양수지구 이외의 추가양수를 요하는 지구 등 상대적으로 높거나 멀리 떨어져 있는 한계지역은 그 지역의 경제적 타당성을 검토하여 구역편입여부를 결정하여야 한다.

이와 같이 지구전체의 관개효과가 극대화 될 수 있도록 지역을 결정하는 것이 원칙이지만 국가적 전지에서 본 농지 및 수자원의 개발가능성, 사회적 여건, 장래의 수리실행 및 농가의 의견, 유지관리 등을 종합검토하여 수혜지역을 확정하여야 한다.

나. 영농·토지이용계획

영농계획의 확정은 기본구상의 방향에 맞추어 영농경제조사를 비롯하여 정밀조사결과에 기초하여 조사정밀도의 향상을 유지하면서 다음 순서로 진행시킨다.

- ① 지역에 있어서의 영농 등의 현황 파악과 분석
- ② 영농전개의 기본방향 확인
- ③ 지역에 있어서의 영농유형의 설정
- ④ 영농유형별 대표농가의 현황조사와 분석

⑤ 기술체계의 결정 및 경영에 관한 제 계수의 결정

⑥ 경영개선계획의 작성·조정

영농유형이란 경영면적, 작물구성, 노동력 등을 지표로 농업경영의 유형구분을 이용하여 지역의 대표적 경영모델을 작성하는 것으로, 영농계획에 관계되는 제 계수의 작성근거가 되는 것이다.

경영개선계획은 현재 경영기반을 기초로 하여 당해사업을 계기로 개선되는 경영상태를 주요 영농유형별로 정하는 것으로 영농계획의 일부이다. 이것은 지역농업의 전개방향을 총체적으로 작성하며 내용은 다음과 같다.

① 영농전개의 기본방향

② 주요 유형별 경영규모, 자본장비, 기술체계, 영농조직체제 등의 목표와 방법

③ 주요 유형별 작부계획, 노동계획, 자금계획, 경영수지계획 등

토지이용계획은 토지이용의 조정결과 및 영농계획에 기초하여 도입작물의 작부계획, 생산계획 등 지역의 농업적 토지이용형태를 정한다.

영농·토지이용계획은 사업의 정비수준, 효과, 상환가능성 등을 판단하는 기초가 되는 것으로 관계기관 담당자 및 농업인 등의 의견을 들어 작성한다.

다. 관개방식의 확정

1) 관개방식의 분류

논관개방식으로는 주로 저류법이 사용되며, 저류법은 연속관개, 간단관개, 윤환관개 및 환원관개로 세분할 수 있다.

2) 관개방식

(1) 연속관개

수원이 풍부하고 고온지대에서 수온조절의 목적 또는 누수담의 용수보충을 위하여 부득이 실시하는 방식이나, 우리 나라의 경우 잘못된 수리관행으로 인하여 관행적으로 쓰여지고 있어 비료분의 용탈과 유실이 많고 물소비가 많을 뿐만 아니라 벼의 냉해를 가져오는 폐단이 크다. 이 방식은 물관리노력이 적게 드는 장점은 있으나 물소비량이 커지는 결점이 있다.

(2) 간단관개

연속관개방식의 결점을 보완하기 위하여 2~3일간 담수, 1~2일간 낙수의 조작과정을 되풀이하여 급수하는 방식으로서 제한된 수원을 유효하게 이용할 수 있고 토양내의 유기물 분해촉진 및 논수온을 상승시켜 벼생육이 왕성하도록 돕는 역할을 한다. 물관리에 노력이 많이 소요하는 결점이 있으나 물절약

과 벼생육면에서는 많은 장점을 지닌 방식이다.

(3) 유회관개

간단관개방식에서 물관리노력이 많이 소요되는 결점을 보완하고 용수의 균등배분을 위하여 지구를 몇개 블록으로 구분하여 조직적으로 각 블록을 유회하여 관개하는 간단관개방식으로 비교적 수혜지구가 넓은 지구일수록 이용하기에 적합하다. 이 방식은 용수절약, 벼생산량의 증가, 지구 전체의 관개를 원활하게 함은 물론 지내력 증대에도 효과적이므로 관개계획에서 널리 장려되고 있다.

(4) 환원관개

수원이 풍부하지 않을 뿐만 아니라 배수로 침출 또는 낭비되는 수량이 많은 지구에서 물의 재이용을 위하여 말단에서 취입보 취수, 펌프양수 또는 용·배수겸용 수로방식에 의하여 버려진 물을 관개용수로로 다시 송수하여 관개하는 방식으로 용수의 효율적 이용이 절실한 지구에서는 이를 관개계획에 반드시 반영시켜야 한다.

3) 관개방식의 결정

관개방식은 벼와 2모작의 작물종류에 따라 결정하지만 벼재배의 경우 다음 조건들을 검토하여 사업대상지구의 용수계획상 가장 적합한 방식을 결정한다.

(1) 입지조건

수혜지구의 전체면적과 지형조건, 기온 등 기상조건

(2) 수리사정

수원수량의 제약, 관개의 원활성, 용수의 재이용의 필요성

(3) 영농조건

지내력 등 기계화조건

(4) 경제성

2모작에 대하여는 “제2편 발관개 3.1.3. 3) 관개방식의 확정”을 참조할 것.

라. 용수계획의 확정

용수계획에 대한 자세한 사항은 “3.2 용수계획”을 참고한다.

1) 용수량 기초제원의 확정

감수심 측정과 이앙 용수, 기상요소 및 침투량 등의 조사에 의해 단위용수량을 확정하고 유회관개방식을 채용하는 지구에서는 간단일수를 정한다. 2모작의 작물에 대하여는 “제2편 발관개 3.1.3. 4) 용수계획의 확정”을 참조한다.

2) 용수량의 확정

생육기간의 총용수량 및 최대용수량은 계획기준년 또는 10년 빈도의 증발산량, 이양 용수, 침투량, 관리손실 등을 기초로 하여 관개면적, 수원이용가능수량 등을 감안하여 정한다.

3) 수원의존량의 검토

총용수량을 개략결정된 수원에 배분하여 개개의 수원의존량을 검토한다.

4) 다목적 이용방법의 검토

주로 2모작 작물과 관계가 있으므로 “제2편 발판개의 3.1.3, 4) 용수계획의 확정”을 참고한다.

마. 수원계획의 확정

용수계획에서 산정한 총용수량(수원 의존량)을 수원이용가능수량과 비교하여, 수원의 종류와 수원시설의 설치개소수를 확정된 후, 강우량, 하천유량 등의 자료와 기별 용수량에 의해 수원의 물수지를 계산하여 10년 빈도 가뭄에 내한능력을 가지도록 수원시설의 규모를 확정하게 되는데 고려할 사항은 다음과 같다.

① 수혜지역을 중심으로 한 인접지역의 부존수자원(지표수 및 지하수)을 과거 20년간 이상의 기상자료 및 수문자료에 의하여 조사하고 기존수리권과 용수사용량을 조사하여 이용가능수량을 확정한다.

② 이용가능수량의 이용을 위한 수원시설계획을 세우고 이용가능수량이 소요수량보다 부족할 때는 저수지 또는 조절지의 설치 등 용수확보계획을 세운다.

③ 부존수원에 대한 수질, 수온, 장애의 도시화 및 산업화에 따른 수질오염 등을 조사예측하여 이에 대한 대책도 세워야 한다.

④ 설치가능한 각종 수원시설에 대한 입지조건, 기술적·경제적·사회적·환경적 여건 등을 검토하여 가장 타당하고, 유지관리 및 물 관리상 가장 유리한 수원시설을 결정하여야 한다.

⑤ 소규모지구에 있어서는 단일 수원공으로 충족할 수 있겠지만 지구의 규모가 클 때에는 1개 수원공으로는 충족할 수 없는 경우가 많다. 2개 이상 같은 종류의 수원공 또는 다른 종류의 수원공을 복합설치할 때에는 각 수원시설이 전체적으로 상호보완적으로 균형을 유지토록 하며, 경제적·기술적 여건, 기존수리권, 용수관행, 인접지에 미치는 영향, 농가의 의견 등을 종합하여 수원시설 배치계획을 세워야 한다. 가능한 한 몇 개의 수원시설 배치모형을 구상하고 비교검토하여 최적의 수원시설 배치계획을 결정해야 한다.

⑥ 수원시설의 결정은 관개계획의 기본이며 또한 수원시설 결정의 성패는 사업성패의 요인이 된다. 그러나 현재로서는 입지조건이 유리한 개발가능지는 대부분 개발되었으므로 앞으로의 입지조건이 불리한 신규 수원개발에 있어서는 계획기법의 고도화, 기술의 향상, 공법의 개선, 개발효과의 극대화 등이 요청된다.

신규개발지구의 수원시설계획은 다음 요령과 기법에 의하여 수립하는 것이 바람직하다.

① 각 수계별, 지역별로 신규개발이 필요한 지구를 계획평면도상에 표시하고 지형적 특성에 따라 관개·배수개선, 경지정리, 개간, 간척 등 농업생산기반조성사업의 종합적 개발을 고려하여 가급적 수계별 또는 지역별 대단지로 구분한다.

② 기존 수원시설의 위치 및 성능의 완전, 불완전을 구분하고, 수계 내 또는 지역 내에 저수지, 하구언, 취입보, 양수장, 다목적댐 등의 설치가능한 수원시설을 구상하여 계획도상에 표시한다.

③ 수계별, 지역별로 물수지를 포함한 수문사항을 종합검토하고 관개용수의 생활용수, 공업용수, 환경용수, 수산용수 및 축산 등 기타 용수수요에 대하여도 확정한다.

④ 기존 수원공과 신규개발수원공을 종합적으로 검토한 수원공 배치계획에 대한 2~3개의 비교안을 구상하고, 이 비교안들에 대한 각 수원공의 상호보완관계, 기술적·경제적 조건 등을 검토하여 가장 유리한 개발계획안을 수립한다.

⑤ 종합계획안이 결정된 후에는 여러 개의 독립지구가 되도록 중소규모 또는 대단위지구로 분할하고 각 지구별로 계획을 수립하여 이에 따라 수원공계획을 결정한다.

⑥ 각 지구 수원시설계획은 광역종합계획의 일환으로 기능을 발휘할 수 있도록 전체계획에 부합되게 계획되어야 한다.

⑦ 수원시설은 송수계획과 긴밀한 관계가 있으므로 취수시설 구조의 안정성, 관개지구와의 거리, 고저차 등을 고려해야 하며 ㉠ 저수지, 하천 등 수원에서 전용수로에 의하여 송수하는 방법, ㉡ 수원시설 또는 용수로 중간에서 하천 또는 중앙배수로에 방류하여 송수하는 방법, ㉢ 수원에서 도수한 잉여수 또는 사용하지 않는 시간 중에 취수한 물을 조절지에 저류 하였다가 재송수하는 방법 등이 있으므로 수원공의 위치 및 규모는 송수계획과 종합, 검토하여 결정해야 한다.

⑧ 각종 수원공의 복합배치계획은 다음과 같은 경우에 한다.

㉠ 지표 및 지하수의 병행개발 : 이 방법은 입지조건이 지표수 또는 지하수만으로는 용수부족이 생겨서, 지표수와 지하수를 병행개발하는 것이 물이용 및 경제성 측면에서 유리한 지구에 적용하는 것으로, 수리성과 경제성 등을 종합검토하여 지표수원시설의 규모를 축소하고 총공사비를 절감할 수 있다. 또한, 풍수년에는 지표수를 공급하고 갈수년에는 지하수를 공급하는 방법과 용도에 따라 관개용수는 지표수로, 생공용수는 지하수로 공급하는 방법도 있다.

㉡ 저수지와 취입보 : 이 방법은 입지조건이 저수지 또는 취입보만으로는 소요 관개용수량을 감당할 수 없어, 저수지와 취입보를 병행개발하는 것이 물이용 및 경제성 측면에서 유리한 지구에 적용하는 것으로서, 가급적 용수계통이 상호연결되도록 하여 수자원의 효율적 이용을 도모하는 동시에 저수지의 규모를 축소하여 사업비를 절감할 수 있다.

㉢ 같은 종류 수원의 복수배치 : 수원공 한 개만으로는 용수부족이 생겨서 같은 종류의 수원공을 여러 개 설치할 수 있는 입지조건을 가진 경우로서 저수지만을 설치하게 되는 경우에는 각 입지조건에 따르는 물의 경제적 개발을 중시하여 총 수원시설비의 최소화를 기할 수 있는 방향에서 각개 시설의 규모를 적정하게 결정하여야 한다. 양수장 또는 취입보의 경우에는 가급적 단일수원공으로 하는 것이 유리하지만 지구가 넓고 크거나 좁고 길며 송수시설비가 과다하게 소요되고, 유지관리 및 물관리에 어려움이 있는 곳에서는 같은 종류의 수원공을 입지조건에 따라 분리설치하는 것이 유리한 경우가 있으므로 비교, 검토하여 적정하게 그 수를 정하도록 한다.

㉣ 퇴수반복이용을 위한 보조수원시설 : 수혜구역내의 토양, 지질, 지형, 지세 등의 조건으로 용수손실이 크거나 용수로손실 및 물관리손실이 큰 지구에서는 퇴수를 반복이용하기 위하여 배수로 하류부의 퇴수가 잘 집수되고 취수시설의 설치가 적합한 위치에 취입보 또는 양수장을 설치하여 물이용을 고도화하는 한편, 보조용수원으로 활용할 수 있다.

㉤ 기존 수원시설의 보강확장에 의하여 추가 용수확보가 가능한 지구는 신설수원계획과 비교, 검토하여 경제적·기술적으로 타당한 범위 내에서 기존수원공의 부존수자원을 최대한 개발한다. 기존시설의 용수손실방지, 물관리 및 관개손실방지 등의 개선에 의한 사용수량의 절감을 통하여 기존구역의 용수충족은 물론 그 잉여수를 신규 개발지구로 전용하는 방안도 검토한다.

㉥ 기존수원시설이 미비하거나 부존수자원량이 적은 경우에는 관개면적을

축소하여 내한능력을 증대시키고, 용수공급을 받지 못하게 되는 면적은 새로운 수원시설로 용수를 대체하는 방안을 검토한다. 기존수원시설의 수질이 양호하고 인근 마을에 생활·공업용수공급이 필요한 경우에도 같은 방법으로 용수 대체 방안을 검토한다.

⑪ 수원별 계획구상에 관한 기본적인 계획 및 설계방향은 다음과 같다.

㉠ 하천 : 하천을 이용하려면 취입보, 양수장, 집수암거 등을 설치한다. 취수예정지점의 20년간 이상의 수문자료에 의하여 양수량 및 이용가능수량을 결정한다. 취입보 및 양수장계획에 있어서 이미 다목적 댐 등 대규모 수원공이 건설되어 농업용수가 확보되어 있는 지역은 물문제가 없다. 그러나 현재 우리나라는 하천의 갈수량 전량을 각종용수로 이용하고 있어 신규로 취입보 및 양수장을 설치할 때는 그 하류지역에 대한 기득수리권이 침해되어 심각한 물부족상황을 초래할 것이다. 그러므로 신규수원계획에 있어서는 하천상하류에 신규 용수원(댐, 하구언)을 확보하고, 하천수원을 함양하여 취입보 및 양수장을 시설해야 할 것이다. 개별 수원시설에 대한 수문처리는 하지 말고, 수계별 종합수문분석을 시행하여 유역전체의 광역물수지를 검토하여야 한다. 갈수기에 용수가 부족하거나 근본적으로 용수가 부족한 경우에는 풍수기 또는 비관개기의 잉여수를 취수하여 수로말단부 또는 현지조건이 적합한 곳에 조절지를 설치하여 부족용수를 보충하는 방안을 강구한다.

㉡ 저수지 : 저수지는 하천 갈수량으로 용수부족량을 충족시킬 수 없는 지역에서 관개기간에 부족된 양의 물을 저류시키려는 수원시설로서 중요한 점은 댐위치, 형식, 저수용량 결정이다. 이들 요소의 결정에는 필요저수용량의 확보 여부, 축제재료의 종류 및 양, 단위저수량 당 건설비의 타당성 여부, 수량의 적부, 기타 수몰지 보상 등 자연적, 경제적, 사회적 여건을 고려하여 용수부족이 없는 저수지가 되도록 해야한다. 저수지와 비슷한 시설로 담수호와 간척지의 유수지가 있다. 이것에 대하여는 용수저류 이외에 담수화, 수위조절 등을 고려하여야 하고, 용·배수양면의 양수계획에 의한 수리조직을 강구하며, 배수로의 퇴수가 담수호 또는 유수지에 환원되어 반복이용이 되도록 한다. 또한 하구언은 유역전체의 수자원이용을 극대화하고 타 수원공시설에 비하여 용지매수 보상 등 사회적 문제가 비교적 적으며 국토보전과 해안선 보호상으로도 유리한 시설계획이다. 그러나 수질문제 및 배수계획에 대해서는 충분한 검토가 필요하다. 계획상 유의할 점은 ① 유입량의 정확한 추정, ② 이용수위의 상·하한의 결정, ③ 홍수시의 안전대책, ④ 수질오염방지, ⑤ 선박통로 및 어도의 확보 등이다.

㉔ 호수 : 호수는 경제적인 용수원이지만 우리 나라는 이용가능한 호수가 거의 없으므로 계획 대상이 못된다.

㉕ 지하수 : 지하수는 가장 가까운 거리에서 구할 수 있고 사용수량이 적은 곳에는 양질의 수원으로써 널리 개발되고 있다. 농업용수와 같이 다량의 물이 필요하고 광활한 지역의 급수계획에는 수량확보의 문제가 있다.

지역적으로 지하수자원이 풍부한 지구 또는 지표수원의 부족지역은 지하수 개발에 유리한 때가 많다. ㉘항에서 설명한 바와 같이 지표수와 지하수를 병행하여 활용함으로써 물의 이용도를 높여야 한다.

계획상 중요사항은 위치결정, 취수방법, 취수가능량의 결정으로 전문가에 의한 충분한 조사에 따른 적절한 판단이 요청된다.

지하수는 연중취수가 가능하므로 다음과 같은 목적으로 쓰여지는 것이 효율적이다

㉖ 지표수와 함께 개발하여 가능채수량을 전관개기간 중 채수함으로써 지표수원의 용수를 절감한다.

㉗ 관개기 및 비관개기에 잉여수를 도수하여 지표수 이용지구 또는 타목적 용수로 전용한다.

㉘ ㉗항의 잉여수를 조절지에 저류함으로써 물 이용도를 높인다.

㉙ 지하수취수량을 다른 곳으로 송수하여 지하수원에서 떨어져 있는 지구에 관개한다.

바. 용수로 시설계획의 확정

1) 용수계통의 결정

용수계통은 배수계통과의 관계를 고려하여 수원으로부터 말단에 이르기까지 계획용수량이 안전하고 경제적이며 균등하게 송수배분될 수 있도록 수혜구역의 지형, 지세, 용수로 시설, 관개방식, 물관리 및 유지관리 등을 고려한 몇 개의 계획안을 비교 검토하여 가장 적합한 용수계통을 결정한다.

2) 용수로의 형식 결정

용수로는 형식에 따라 공사비, 유지관리비 및 물관리상에 끼치는 영향이 크므로 계획용수량, 지형, 지질, 용지보상, 시설비, 유지관리 및 물관리 등 요소를 충분히 비교 검토하여 경제성 및 물관리 측면에서 가장 적합한 형식을 채용한다.

3) 용수로와 조절지의 배치관계

조절지의 배치는 크고 긴 수로의 말단부 용수배분원활, 최대용수량 조정으

로 인한 수로단면 축소, 용수로내 무효유량의 유효이용 등을 목표로 조절지 설치여부를 검토하고, 필요성이 인정되는 경우에는 조절지를 포함하는 전체시설비 및 물관리상의 수익을 종합검토하여 조절지 배치계획을 확정한다.

(1) 용수계통의 결정

용수계통의 적합성은 그 기능, 안전 및 경제성에 중대한 영향을 미치게 되므로 신중하게 검토하여 결정한다. 수혜지역의 지형 지세, 지질 및 용수계통의 각종 시설물의 배치를 참조하여 용수로는 지구 고위부에 배치하고 노선은 가급적 직선으로 하여 송수거리를 최단거리가 되도록 배치한다.

$$L = \frac{a_1l_1 + a_2l_2 + a_nl_n}{A} \dots\dots\dots(1.3.1)$$

L : 평균송수거리(m), A : 총수혜면적(ha)
 $a_1, a_2 \dots\dots\dots a_n$: 지배면적이 일정하거나 또는 지배면적변화 지점간의
 평균 수로지배면적(ha)
 $l_1, l_2 \dots\dots\dots l_n$: $a_1, a_2 \dots a_n$ 의 지배면적을 가진 용수로의 구간길이(m)

평탄지는 관개방식 및 물관리계획을 고려하여 평균송수거리를 최소화할 수 있는 용수계통형식을 채택하여야 한다. 간선수로가 계곡을 통과할 때는 등고선을 따라 상류부로 과도하게 우회하거나 구릉지의 말단을 우회하는 것은 가급적 피하고 경제성, 유지관리, 물관리 등을 고려하여 송수거리가 단축되도록 하는 것이 좋다.

양수지구는 지형조사 결과에 따른 표고별 면적곡선을 작성하여 지형에 따르는 양수의 단계수 및 적정양정을 정하여 양수동력 절감과 유지관리의 편의를 도모하여야 한다. 1단양수로 할 것인가, 다단양수로 할 것인가의 결정시에는 지형, 지세 및 용수계통배치를 비교, 검토하여야 한다. 과도한 양정으로 고위부에 양수된 용수를 저위부에 급수하면 각종 감세시설물의 설치와 양수동력의 낭비를 초래하게 될 것이다. 1단 및 다단양수 또는 계층별 양정은 신중하게 비교, 검토하여 결정해야 하며 전양수지구의 가중평균양정이 최소가 되도록 한다.

용수계통은 용배수분리를 원칙으로 하고 기존배수로 또는 계획배수로에 버려진 물의 반복이용이 가능하도록 용배수조직을 설정하는 것이 좋다.

동일지구가 2개 이상의 용수원으로 계획된 지구의 용수계통은 각 수원별로

최적 용수계통이 되도록 결정함은 물론이고, 각 지구내의 용수기능 및 용수상호보완이 원활히 이루어지고 각 용수계통의 관련기능이 확보되도록 계획되어야 한다.

지구 내에 조절지 시설계획이 있을 때는 각 용수계통과 조절지와 기능 상호조정 될 수 있도록 배치하여야 한다.

이상의 용수계통 배치요령과 시설물유지관리, 물관리계획, 재래수리관행, 관계농가의 의견 등을 종합하여 몇 개의 가능한 비교계획 등을 작성하고 이상의 각 항별 검토를 거쳐 최적용수계통을 결정하여야 한다.

(2) 용수로의 형식결정

용수로형식은 개수로와 관수로로 구분된다. 우리 나라에서는 일반적으로 개수로가 채용되어 왔다.

관수로는 개수로에 비하여 ㉠ 수로용수손실이 적고, ㉡ 유지관리가 용이하고, ㉢ 용지비가 절약되고, ㉣ 유효수원을 최대한 이용하고, ㉤ 용수오염을 방지하고, ㉥ 지형에 관계없이 수로의 직선화로 송수거리가 단축 되는 등 장점이 있어 특히 말단부 급수시설로는 우수한 시설이다.

개수로는 ㉠ 대유량의 송수에 있어 공사비가 저렴하고, ㉡ 손실수두가 작고 유지관리가 용이하고, ㉢ 다용도 용수공급이 가능하고, ㉣ 별도의 송수장치가 필요없는 등의 장점이 있으므로 이를 비교, 검토하여 결정하도록 한다.

일반적으로 큰 유량의 송수에는 개수로가 경제적이지만 유량이 1m³/s 정도인 때는 관수로와 비교하여야 할 것이다. 소유량일 경우에도 ㉠ 수원과 농지와의 낙차가 크고 수로손실수두를 충분히 확보할 수 있는 곳, ㉡ 지형의 기복이 많고 개수로의 설치가 곤란한 곳, ㉢ 지질이 불안하고 성토가 곤란한 곳, ㉣ 용지매수비가 과다하게 소요되는 지역, ㉤ 용수오염이 우려되는 지역에는 관수로가 유리할 때가 많다.

용수로 형식 중 라이닝하지 않은 수로, 라이닝 수로, 플룸 중에서 어느 것을 채용하는 것이 좋은가는 수로의 종류, 규모, 입지조건, 경제성 등에 좌우되며, 라이닝 형식은 수로의 성격, 규모, 입지조건, 기후 환경 등에 따라 결정한다.

(3) 조절지의 배치

크고 긴 용수로를 가진 대단위지구와 수혜구역이 좁고 길며 멀리 분산되어 있는 지구는 물관리가 복잡하고 물의 적정배분이 곤란하다. 농업용수는 관개기간이 제한되고 계절별 또는 기상상황에 따라 사용수량이 변동되는 것이므로 물수요와 공급의 시간적 변화에 대처하기 위하여 조절지의 설치가 필요하게 된다. 또한 조절지는 하천잉여수, 용수로 내의 무효유량 및 관리손실수량의 유효

이용을 위하여 필요한 것으로서 관개지역 전체의 기능에 탄력성을 확대시키고 말단관개의 자유도를 높일뿐 아니라 수원시설 및 송수시설을 축소할 수 있다.

조절지의 위치는 수로의 중간부 또는 말단부로서 저수지 위치조건을 갖추면서 수로의 낙차가 있는 곳이 좋다. 지구내의 기설저수지를 조절지로 이용하는 방안도 검토해야 한다. 동진강지역 계화도 간척지의 하면(下面)저수지와 전북 농조의 옥구저수지(마산지)는 대규모 조절지 설치의 좋은 예이다.

3.2 용수계획

3.2.1 기본구상

용수계획은 다음과 같은 요건을 고려하여 작성한다.

가. 변동요인에 대한 고려

용수계획은 확보하여야 할 용수량을 명확히 함과 동시에 지역에서 발생할 수 있는 용수량의 변화와, 당해사업의 실시를 통하여 예상되는 농업형태, 시설 형태, 용수이용의 변화를 고려하여 작성하는 것을 잊어서는 안 된다. 즉, 용수계획이 이행될 때 현재와는 다르게 변동될 요인들에 대한 고려가 있어야 한다.

용수계획의 기초가 되는 필지단위용수량은 재배양식, 용수이용 및 관리방식, 또는 지형, 토양 및 토질, 지하수위 등의 포장조건에 따라 다르고, 또한 기상 조건, 수온 및 수질 등의 변화에 따라 그 값이 다르게 된다.

또한 논관개를 주로 하는 관개용수량은 논 용수량의 변화에 영향을 받음과 동시에 수원으로부터 용수지거에 도달하는 시설의 기능 및 형태, 용수 및 토지이용 등의 변화에 따라 변화한다.

나. 지구조건의 고려

사업계획은 지역 내 특성을 고려하여 농어촌용수의 다목적 활용문제도 고려하는 것이 필요하다. 특히 용수이용의 기초가 되는 지역의 용·배수관행을 감안할 필요가 있다. 이런 점에서 용수 반복이용의 유무는 용수계획에 큰 영향을 미친다.

3.2.2 계획용수량의 구성요소

논관개를 주로 하는 농업용수가 기능을 충분히 발휘하려면 논관개에 관한

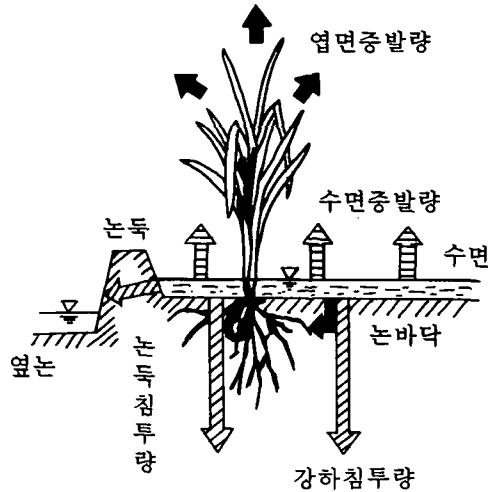


그림 1.3.2 논에서의 용수량

계획용수량을 비롯하여 필요로 하는 각종의 용수계획에 기초하여 적절히 정해져야 한다.

가. 논관개용수량의 경작시기 구분

논관개는 벼생육상태에 따라 감수심과 재배관리용수량이 다르기 때문에 생육시기를 구분하여 용수량을 결정한다.

통상적으로 벼생육상태에 따라 초기, 본답기(활착~최종낙수), 비관개기 또는 관개기와 비관개기의 2~3기로 분류하는 것을 원칙으로 한다. 벼의 직파재배로 용수수요가 담수재배와는 다를 것으로 예상되는 지역에서는 이식체계(移植體系)의 담수재배시와 같이 비관개기를 포함하여 2~3기 정도로 경작시기를 구분하는 것이 적합하다.

나. 논관개용수 이외의 농촌 지역용수의 취급

관개개선사업에 의한 발관개사업 또는 농어촌정비사업을 함께 실시함으로써 논 관개용수 이외의 농촌지역용수를 확보하는 경우에는 지역용수의 기능과 내용을 검토하여 당해 용수량의 상당분을 논관개용수량과는 별개의 것으로 취급할 필요가 있다.

농어촌용수의 대부분은 앞으로도 계속 이용될 것이고 농촌의 유지발전을 위하여 중요한 기능을 가지므로, 사업계획을 작성할 때 이와 같은 농촌용수의

이용문제를 함께 검토함으로써 사업계획을 효율적으로 할 수 있을 것이다. 특히 농촌용수가 가지고 있는 다목적기능을 적극적으로 평가하여 공급할 수 있도록 사업계획에 검토하는 것이 중요하다.

이 때 통수되는 논관개용수가 농촌용수의 기능을 겸하는 경우가 있음에 유의하여야 한다. 또한 용수계산상 비관개기에 논으로 통수를 하지 않는 경우에도 종래부터 농촌지역에서 이용되고 있는 지역용수를 이용하는 데는 곤란한 일이 발생하지 않도록 사업계획에서 충분히 배려해야 한다.

[참 고] 농촌지역용수의 이용형태와 다목적기능 확대

논에 공급되는 용수가 취락내 또는 농지주변을 흐르는 경우에는 그 물이 생활용수, 농기계 및 농작물의 세척, 양어 등에 이용되고 있다든지 또는 취락 내에 용수의 일부를 흘려 방화용수 등에 이용되는 형태가 있다. 특히 수로에 물이 흐르고 있는 기간에는 이들은 농촌의 용수로서 활용되는 일이 있다. 또한 환경용수 등은 농촌환경의 유지, 눈 제거, 에너지 이용 등 농촌의 편리성 확대에도 이용되는 경우가 있다. 그리고 시설의 보존, 냉방이나 가축용수 등 영농의 일부에도 적극적인 용수의 이용이 강구되고 있다. 이들 중에서 다목적 기능을 가진 용수는 원칙적으로 소비되지 않고 다만 이용되는 형태이므로 새롭게 물수요를 필요로 하는 것은 아니다.

3.2.3 계획용수량의 산정순서

가. 계획용수량의 산정방법

관개개선사업계획지구에서 실측하거나 또는 유사한 사례로부터 구한 구성요소 [감수심(또는 증발산침투량), 재배관리용수량, 시설관리용수량]를 기초로 하여 관개구역의 필지단위용수량을 결정한 후, 수원이용의 순서와 지구조건을 감안하여 주요시설 계획의 기초가 되는 계획용수량을 산정하는 것을 원칙으로 한다.

또한 수원이용의 순위는 계획지구의 용수이용 효율성 및 경제성 확보를 배려하여 결정하는 것을 원칙으로 하지만, 수질이 변화되는 시기가 있는 경우 등 이용순위에 제한이 있을 수도 있으므로 지구조건을 종합적으로 검토하여 합리적으로 정한다.

또한 계획용수량을 구성하는 용수량 중 단위용수량을 기초로 면적을 곱하여 산정하는 방법이 적합하지 않는 용수(예를들면 면적을 직접 기초로 하지 않고 산정하는 시설관리용수량 등)는 별도로 계산하여 용수량에 가산하는 방법으로 산정하여도 좋다.

나. 필지단위용수량의 결정

필지단위용수량을 구성하는 감수심은 생육기별로 포장에서 실측하거나 또는 지구조건이 유사한 사례로부터 추정한다. 또한 재배관리용수량도 포장에서 실측하거나 또는 영농방법이 유사한 사례로부터 추정한다.

또한 소블록으로 형성된 논지대에서는 물수지방법에 의하여 필지단위용수량을 구성하는 감수심 및 재배관리용수량을 동시에 측정할 수도 있다.

[참 고] 필지단위용수량의 유형

(1) 생육기별 필지단위용수량의 경향

생육기별 필지단위용수량의 경향은 감수심과 같은 경향이 있다. 감수심은 씨레질 이앙기와, 중간낙수 후의 재관개시로부터 출수기에 걸친 기간에 극대치가 나타난다. 그후는 점점 감소하는 것이 일반적인 경향이다. 필지단위용수량의 최대치는 일반적으로 씨레질기 또는 중간낙수 후의 재관개시에 나타나며, 수로시설용량의 결정 등에 영향을 준다.

(2) 취수량의 측정에 기초한 유형의 작성

필지단위용수량의 유형은 소블록의 논에서 실측에 의한 방법 외에 반복이용이 없는 지선수로 정도의 용수계통블록(최대는 지구단위)에 대하여 측정한 취수량(또는 분수량)을 기초로 하여 작성할 수 있다.

용수관리가 비교적 잘 이루어지고 있는 용수계통블록에서는 용수수요에 따른 취수량 및 분수량의 증감조작을 하게 되므로, 지구조건으로부터 설정된 타당한 시설관리용수량 및 채택된 필지단위용수량과의 적합성에 대한 확인을 할 수 있다. 한편 취수량의 변동폭은 매년 강우 등 기상조건에 의한 변동 등에 의해 달라지지만, 품종, 재배양식, 수량 등 기타의 변동요인을 고려하여 지구계획을 조정하는 동시에 일정기간의 관측을 통하여 평준화할 수 있다. 이들 작업의 과정에서 시설관리용수량과 필지단위용수량의 분리는 면적요건만으로도 명확히 할 수 있으므로 취수량으로부터 용수량의 구성요소를 산출할 수 있다.

다만, 이 방법은 지구의 취수량을 합리적으로 설정할 수 있는 보강개발 사업지구 등 그 적용성을 확인할 수 있는 경우에만 채택할 수 있다는 점에 유의해야 한다.

3.2.4 필지단위용수량

관개개선사업계획지구에서 실측하거나 또는 유사한 사례로부터 구한 구성요소 [감수심, 재배관리용수량, 시설관리용수량]를 기초로 하여 관개구역의 필지단위용수량을 결정한 후, 수원이용의 순서와 지구조건을 감안하여 주요시설계획의 기초가 되는 계획용수량을 산정하는 것을 원칙으로 한다.

가. 구성

논의 표준적인 물이용형태는 관개기에 앞서 용수로 청소를 위한 기전통수(期前通水)를 비롯하여 못자리용수, 이앙용수, 씨레질 후에는 이앙, 활착기부터 중간낙수를 거쳐, 중간낙수 후 관개로부터 최종낙수까지의 관개기 용수와 비관개기 용수 등 기별로 필요수량이 변화하는 성격을 갖는다.

필지단위용수량은 못자리용수, 씨레질용수 등 관개기 초기에 사용하는 용수(이하 초기 용수라고 함)와 이앙 후의 활착기 또는 직파 담수재배로 전환하는 시점으로부터 최종낙수까지의 벼생육기에 사용하는 용수(이하 본답기 용수라고 함)로 구분할 수 있다.

1) 감수심

감수심은 증발산량과 침투량(강하침투량과 논두렁침투량으로 구성)을 각각 별도로 측정하고 이들을 합하여 산정한다. 증발산량은 기상자료로부터 추정하고 침투량은 실측하는 것이 일반적인 방법이다.

감수심의 구성요소와 각각의 규정요인을 나타내면 그림 1.3.3과 같다.

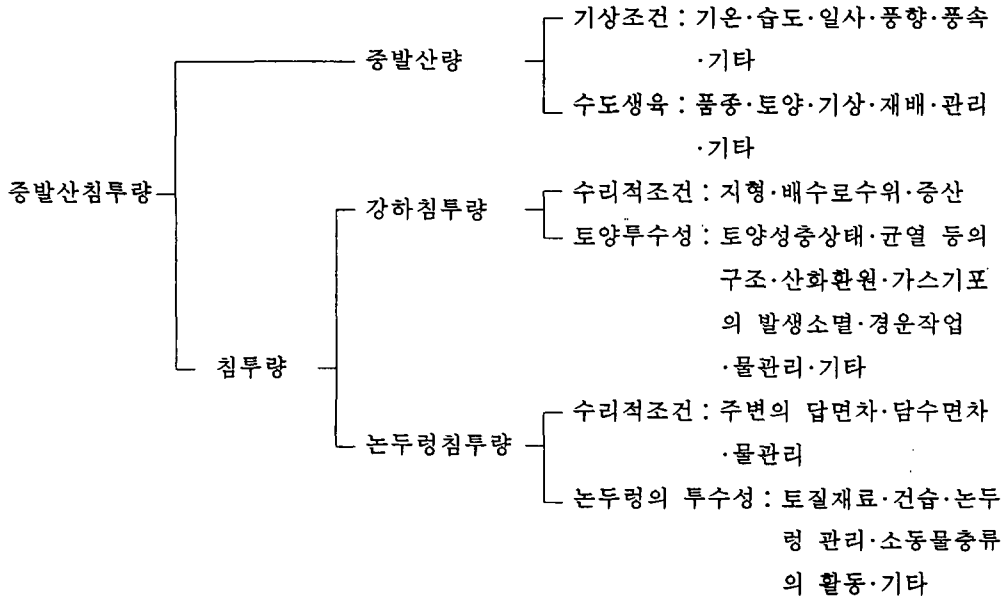


그림 1.3.3 감수심의 구성요소와 규정요인

2) 재배관리용수량

포장에서 벼재배환경의 유지·개선을 실현하는 과정에서 소비되는 수량으로

는 감수심 뿐만 아니라, 포장에서 여러가지 재배기술상의 물관리를 가능케 하기 위하여 소비되는 수량도 필요하다. 논포장에 있어서 재배관리를 위하여 필요로 하는 수량을 재배관리용수량이라 한다.

논에 있어서 담수심을 거의 일정하게 유지하기 위한 관리뿐만 아니고 심수 또는 천수 등 담수심을 변화시킨다든지, 일정기간 비담수상태로 한다든지, 간단적으로 담수시킨다든지, 또는 고온장해의 방지를 목적으로 내리흘림식 관개 등도 실시된다. 이것은 저수온(低水溫)장해나 고수온(高水溫)장해 방지 등을 비롯하여, 생산량증대, 품질보전, 농작업효율향상 등을 목적으로 하는 물관리이다. 이러한 물관리에 의하여 강제적 낙수 또는 내리흘림식에 의한 표면유출의 형태로 포장밖으로 유출하는 수량이 생긴다.

벼재배조건을 유지 또는 개선하기 위해서는 포장에서 이 재배관리용수량을 확보하는 것이 필요하며, 용수계획에 있어서는 지구의 특성을 감안하여 예상되는 물관리방식에 대응하여 시기별 적정량을 예견해야 한다.

재배관리용수량의 규정요인은 주로 재배양식이나 영농기술, 물배분시설의 조작권행 등 지역의 물이용방법이라 할 수 있다.

표 1.3.1 재배관리용수량의 기간별 평균치

평균기간 \ 항목	재배관리용수량 (mm/d)	재배관리용수율 (%)	유효 강 우 율 (%)
연 간	3.5	19.8	68.3
순(旬)간	3.0	25.2	65.3
중간낙수전후			
낙 수 전	3.6	18.2	62.9
낙 수 후	3.3	18.8	71.1
생 육 기 별			
씨레질·이앙	3.8	27.1	48.9
활 착 기	2.9	23.3	55.3
분 얼 기	3.4	15.5	68.5
중간 낙수	2.9	22.2	71.1
수 잉 기	3.4	21.6	69.1
출수, 개화기	4.1	34.8	68.7
등 숙 기	2.9	17.3	75.2

주) 일본 농업토목학회(1989) 농업토목핸드북, 개정 5판, p116

나. 초기 필지단위용수량

1) 못자리용수

못자리용수량은 육묘면적과 육묘방법에 따라 다르다. 예를들면, 하우스에 의한 육묘방법에서는 어린모 8~10일, 중묘(中苗) 30~35일 정도이다. 어린모 육묘방법은 지금까지의 중묘 기계모내기상자와 이앙기계를 그대로 활용하면서 육묘일수를 중묘(中苗)의 경우 30~35일에서 8~10일로 단축시킨 개량된 재배기술이다. 어린모 기계이앙은 초장이 짧고 본엽이 2매 이내일 때 이식하게 되므로 묘가 뜨지않고 뿌리가 잘 활착되도록 세밀한 물관리가 필요하며 본답기간이 길어지므로 용수수요가 증가하게 된다.

2) 이앙용수량

이앙용수량은 썩레질을 1회로 하며, 썩레질작업은 용수공급 후 바로 실시하는 것으로 하여, 이에 필요한 정도의 담수심을 주기 위한 당초의 수량이다.

또한 이앙기간은 벼품종별 작부체계, 썩레질 작업기의 능력 등에 의해 결정되는 일수로 계획된다. 이앙시기는 기상조건에 의해 변동되는 일도 있지만, 이것이 계획상의 시설규모 및 용량에는 영향을 주지 않는다.

(1) 이앙용수의 기구와 실태

건조된 답면에 처음 관개된 경우, 이앙용수의 배분내용은 다음과 같다.

$$\text{이앙용수량}(Q) = \text{담수량}(A) + \text{작토층치환용기량}(B) + \text{심토층치환용기량}(C) \\ + \text{수면증발량}(D) + \text{강하침투량}(E) + \text{논두렁침투량}(F)$$

즉, 이앙용수량은 다음과 같은 제조건에 따라 달라진다.

① 관개 이전의 작토 및 심토의 토양수분의 대소, 지하수위의 고저 및 관개 이전의 강우 상황에 관계된다. 일반적으로 배수가 잘 되는 건답에서 많고 습답에서는 적다.

② 토성의 차이는 주로 심토의 치환용기량에 의한다. 사질토 쪽은 강하침투가 크고 깊은 토층까지 토양수분이 증가하므로 점질토보다 이앙용수량이 크다.

③ 건답은 심토에 균열이나 자갈층 등에 의한 공극이 있으므로 경반층으로부터 아래쪽으로 직접 누수하는 수량이 많고, 경토가 얇은 전상지일수록 이 수량이 크다.

④ 단위면적당 평균취수유량이 적고 관개시간이 길어지면, 동일조건인 논에서도 침투량 등이 커져서 다량의 물이 필요하게 된다.

⑤ 썩레질작업방법에 따라서도 달라지며, 누수답에서는 관개에 의해 물이 들어간 부분부터 차례로 썩레질을 해나가면 누수손실이 적어진다.

⑥ 관개 이전의 경기(耕起)방법에 따라서도 차이가 있으며, 심경을 하면 심

토층치환 용기량, 강하침투량이 많아지므로 다량의 물을 필요로 한다.

이상과 같이 이양용수량은 논지 입지조건 및 물관리방식 등에 의하여 필요량이 달라진다. 논지 입지조건과 이양용수량은 표 1.3.2와 같다.

표 1.3.2 논지 입지조건과 이양용수량

논지 입지조건	이양용수량 범위(mm)	투수계수별 이양용수량 (mm)		
		10^{-6} cm/s 이하	$10^{-5} \sim 10^{-4}$ cm/s	10^{-3} cm/s 이상
습답상태	80~120	80~100	100~120	120
건답상태	120~180	-	120~150	150~180
누수답	150~250	-	-	150 이상

주) 이양용수량은 토층치환 용기량과 취수시의 침투량의 크기, 작부체계 등에 좌우되므로 현지조사결과 또는 인근유사조사지구 등의 관측치를 참고로 장래의 입지조건, 물관리방식 등을 감안하여 결정함이 좋다.

(2) 이양일수

이양일수를 정하는 데는 다음과 같은 방법이 있다.

이양일수는 계획지구 전체에서는 비의 적정경작시기와 작부체계로부터 포장 단위에서는 경영체계속의 기계작업능력이 규정요인이 되는 수가 많다.

적기에 이양이 되도록 이양을 하려면, 동일 경작시기에도 최대 7~10일간이 되며 경작시기를 달리 하는 곳에서는 10~15일로 한다. 그리고 위험분산을 위하여 품종을 분산시킴으로써 작부체계로부터 경작시기가 밀리게 되는 경우에는 동일 경작시기보다 이양일수가 길어진다. 한편 앞으로의 썩레질작업은 대형기계화체계가 될 것이므로 이양일수는 논구획의 크기에 적합한 대형트랙터의 작업능력을 감안하여 결정하는 것이 합리적인 경우가 있으며, 작업능력은 2.8~3.6ha/일로 한다. 또한 대규모 집단화 영농의 경우에는 썩레질을 특정일에 집중시킬 필요가 없으므로 지구의 사정에 따라 등면적방식 또는 등수량방식으로 산정할 수 있다.

이상 내용을 종합하여 구역면적 크기를 기준으로 50ha 이하이면 5일, 50ha~100ha이면 10일, 100ha 이상이면 15일을 취할 수 있다.

또는 논벼의 최대용수시기와 순단위용수량의 결정 연구 결과(한국농공학회지, 1984)에 따라 87ha이하이면 6~8일, 87~136ha이면 8~10일, 136~656ha이면 10일, 656~870ha이면 10~12일, 870ha이상이면 12~14일을 이양일수로 취할 수 있다.

(3) 이양기간 중의 필요수량

써레질로부터 이양까지의 물관리는 써레질 후 토양의 안정을 기다려 낙수하고, 이양(담수직파에서는 파종) 종료 후 담수관리를 하는 것이 일반적이다. 따라서 이양기간 동안의 1일 필요수량은 [당일의 이양용수량과 이양(파종)답에서의 이양(파종) 직후의 관개량]과 [전일까지 이양 완료답에서의 본답기 필지 단위용수량]의 합계가 된다.

이와같이 이양기간 동안의 1일 필요수량 및 최대 필요수량은 이양용수량, 본답기 필지단위용수량 및 이양일수가 결정되면 계획할 수 있다. 또 지구의 사정에 따라서는 이양 후의 재관개수량(再灌溉水量)을 포함시킬 필요가 있다.

이양기간 중의 필요수량은 산정하는데는 등면적방식 및 등수량방식이 있으며 각각의 방법과 특징은 다음과 같다.

이양기간 중의 필요수량은 이양기간을 채택하는 방법과 이양방식에 의하여 크게 달라지지만, 최대필요수량과 총취수량과의 상호관계를 나타내는 대표적인 식은 다음과 같다. 최대필요수량은 등면적 방식쪽이 등수량 방식쪽보다 크게 되지만, 이양기간 중의 총취수량은 반대로 등수량 방식쪽이 등면적 방식쪽보다 커진다. 따라서 양자를 비교해 보면 등면적 방식에서는 시설규모는 등수량 방식보다 크게 되지만, 수원의 규모는 적어도 된다. 어떤 방식을 채택할 것인가는 지구의 수원, 시설규모, 수리관행 등을 감안해서 정한다.

① 등면적 방식의 경우

$$q_i = \left[\frac{A}{n} q + \frac{A}{n} d(i-1) \right] \cdot 10 \dots\dots\dots (1.3.2)$$

$$Q = nA \times \left[q + \frac{(n-1)}{2} \times d \right] \dots\dots\dots (1.3.3)$$

$$a_i = \frac{A}{n} (= \text{일정})$$

② 등수량 방식의 경우

$$q = \frac{10 \cdot d \cdot A}{1 - \left(\frac{q-d}{q} \right)^n} (= \text{일정}) \dots\dots\dots (1.3.4)$$

$$Q = q \cdot n = \frac{10 \cdot d \cdot A \cdot n}{1 - \left(\frac{q-d}{q}\right)^n} \dots\dots\dots (1.3.5)$$

$$a_i = \frac{(q-d)^{i-1}}{q^i} \cdot \frac{d \cdot A}{1 - \left(\frac{q-d}{q}\right)^n}$$

여기서, q_i : 이앙시작 후 i 일째의 필요수량(m^3/d),

i : 이앙 시작일부터의 일수,

q_{max} : 이앙기간 중 최대필요수량(m^3/d),

q : 이앙용수량(mm),

n : 이앙일수(d),

d : 이앙 후의 필지단위용수량(mm/d),

A : 계획면적(ha),

Q : 이앙기간의 전체필요수량(m^3),

a_i : 이앙 시작 후 i 일째의 이앙면적(ha)

예제 : 논면적 $A = 1,000$ ha 이고 이앙기간 $n = 10$ 일, 이앙용수량 $q = 150mm$, 본답기 필지단위용수량 $d = 20mm/d$ 일 경우, ① 등면적 방식에 의한 1일째, 5일째, 10일째의 필요수량과 이앙기간의 전체 필요수량을 구하라. ② 등수량 방식에 의한 이앙기간의 1일 필요수량 및 전체 필요수량을 구하고 이앙 시작후 1일째, 5일째, 10일째의 이앙면적을 구하라.

계산 :

① 등면적 방식

제 1일째 필요수량 :

$$q_1 = \left[\frac{1,000}{10} \times 150 + \frac{1,000}{10} \times (1-1) \times 20 \right] \times 10 = 150,000 m^3/d$$

제 5일째 필요수량 :

$$q_5 = \left[\frac{1,000}{10} \times 150 + \frac{1,000}{10} \times (5-1) \times 20 \right] \times 10 = 230,000 m^3/d$$

제10일째 필요수량 :

$$q_{10} = \left[\frac{1,000}{10} \times 150 + \frac{1,000}{10} \times (10-1) \times 20 \right] \times 10 = 330,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{전체 필요수량} : Q = 10 \times 1,000 \times \left[150 + \frac{(10-1)}{2} \times 20 \right] = 2,400,000 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{이양면적} : a_i = \frac{1,000}{10} = 100 \text{ ha}$$

② 등수량방식

$$\text{1일 필요수량} : q = \left[\frac{10 \times 20 \times 1,000}{1 - ((150-20)/150)^{10}} \right] = 262,835 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{전체 필요수량} : Q = q \times n = 262,835 \times 10 = 2,628,350 \text{ m}^3/\text{d}$$

제 1일째 이양면적 :

$$a_1 = \left[\frac{(150-20)^{1-1}}{150^1} \right] \times \left[\frac{20 \times 1,000}{1 - ((150-20)/150)^{10}} \right] = 175.2 \text{ ha}$$

제 5일째 이양면적 :

$$a_5 = \left[\frac{(150-20)^{5-1}}{150^5} \right] \times \left[\frac{20 \times 1,000}{1 - ((150-20)/150)^{10}} \right] = 98.9 \text{ ha}$$

제10일째 이양면적 :

$$a_{10} = \left[\frac{(150-20)^{10-1}}{150^{10}} \right] \times \left[\frac{20 \times 1,000}{1 - ((150-20)/150)^{10}} \right] = 48.3 \text{ ha}$$

3) 담수직파 용수량

담수직파의 경우 더욱 정밀한 초기물관리가 요구된다. 담수직파재배는 담수 표면직파, 담수토중직파와 무논플뿌림재배로 나눌수 있다. 담수표면직파는 씨레질 후 손, 산립기(散粒機) 또는 항공기로 표면 산파하는 방법으로 대규모 영농이나 잡초방제에 유리하지만 뿌리의 지지력이 약하여 도복되기 쉬우므로 이를 고려한 물관리가 필요하다. 담수토중직파는 담수직파기를 이용하여 흙속에 볏씨에 파종하는 방법이다. 흙속에서는 발아와 생육에 필요한 산소가 부족함으로 물속에서 산소를 만들 수 있는 물질을 볏씨에 코팅하여 파종한다.

표 1.3.3 이앙용수량 계산 예

항목 월일	감수심 토양구분	이앙 면적 (ha)	이앙 용수 (mm/d)	이앙 용수량 (m ³)	이앙 완료면적 (ha)	(A) (mm/d)	용수량 (m ³)	총용수량 (m ³)
4.21	I	4	150	6,000				6,000
	II	2	130	2,600				2,600
	III	5	120	6,000				6,000
4.22	I	4	150	6,000	4	25	1,000	7,000
	II	2	130	2,600	2	21	420	3,020
	III	5	120	6,000	5	16	800	6,800
4.23	I	4	150	6,000	8	25	2,000	8,000
	II	2	130	2,600	4	21	840	3,440
	III	5	120	6,000	10	16	1,600	7,600
계								

주) (A)난은 이앙기의 감수심 + 재배관리용수량, 일본농업토목학회(1989) 농업토 목
핸드북

우리 나라에는 보급되어 있지 않다. 무논골뿌림재배는 출아율이 높고 도복을 경감시키는 효과가 있어 우리나라에서는 담수직파재배의 80% 정도가 이 방법을 채택하고 있어 담수직파의 표준으로 자리 잡고 있다. 이 방법에 근거한 담수직파재배는 기계이앙을 할 수 있을 정도로 정지를 한 후 완전배수를 하여 두부 또는 컷볼 정도로 굳었을 때(논 굳히기) 전용파종기를 이용 3~4cm 깊이로 골을 내며 파종하는 것으로 파종 후 피 등의 잡초발생을 억제하고 새의 피해를 줄이고 입묘율의 향상에 위해 심수관개를 한다. 그렇지만 장기간의 심수관개는 오히려 입묘율의 향상에 방해가 되므로 출아 및 뿌리의 활착을 돕기 위해 논에 실금이 갈 정도로 강한낙수(논 그누기)를 실시한다. 또한 본엽이 3엽이 되는 본답기까지는 담수와 낙수를 반복하여 뿌리의 활착을 도와야 한다.

담수직파의 물관리 단계별 필요한 수량은 다음과 같이 산정할 수 있다.

① 본답정지기는 침투량과 정지·써레질용수가 필요하며 필요한 수량은 다음과 같다.

$$Req=10 \cdot (I + WR / D) \times A \dots\dots\dots(1.3.6)$$

여기서,

Req= 1일의 관개량(m³), WR = 본답정지용수(mm), D = 본답정지기간(day),

I = 1일 침투량 (mm), A = 담수직과 재배면적(ha)

② 논군히기, 논그누기 및 낙수기간은 단일 필지에 대해서는 실제용수를 공급하지 않으므로 필요수량은 Req = 0이다. 그러나 직과재배 물관리시의 담수기에는 침투량과 증발산량 및 담수와 낙수의 반복에 따른 용수의 손실을 보전하기 위한 담수직과 관리용수량을 공급해주어야 하며 이때의 필요수량은 다음과 같다.

$$Req = 10 \cdot (I + ET_n + DW / D) \times A \dots\dots\dots (1.3.7)$$

여기서, DW = 담수직과 관리용수량(mm), D = 담수직과 물관리기간(day)

ET_n = 1일 증발산량(mm)

4) 건답직과 용수량

건답직과재배는 육묘과정이 없이 본답에 직접파종하는 방법으로 논을 경운, 췌토 또는 평탄작업을 한 후 논 전면에 산파하고 트랙터나 경운기로 복토하는 평면파종방법과 파종시 강우가 많은 남부지역에서는 배수고랑을 설치하는 휴림파종방법이 있다. 췌레질이 없으므로 췌레질용수는 필요없지만 대신에 초기담수가 필요하게 된다.

초기담수는 파종후 30일 정도 지나 본엽이 2~3엽이 되면 논에 전면 담수를 시작하여 3~4엽이 될 때까지 수차례 관개하게 된다. 3~4엽 이후부터는 이앙재배와 같이 상시담수로 관리하게 된다. 초기담수량은 췌레질이 없기 때문에 경반층 아래 투수계수의 크기 및 지하수위의 높이에 좌우된다. 초기담수량은 지하수위가 낮고 투수계수가 큰 논에서 크고, 투수계수가 작은 층이 존재하는 경우나 관개 초기부터 지하수위가 답면가까이 까지 높아진 경우는 적게 된다. 초기담수량은 실측치 또는 유사지구에서의 조사치를 참고하고 토양조건과 지하수위조건을 감안하여 정한다.

건답직과에서는 초기용수공급시 감수심을 알고 이에 대한 필요수량을 추가로 공급해주어야 한다. 초기용수량은 토양별 감수심을 추정하여 산정할 수 있다. 초기 재배관리용수는 침투량과 증발산량 및 건답직과 관리용수량으로 다음과 같다.

$$Req = (I + ET_n + DW / D) \times A \dots\dots\dots (1.3.8)$$

여기서, DW = 건답직과 초기용수량(mm), D = 초기용수량 공급기간(day),

표 1.3.4 건답직파재배 적지와 토양통

구 분	토 성	토양배수	토양통 명
최적지 (5개통)	사양질	약간불량	가천, 감천, 석계, 석천, 학포
적 지 (68개통)	사양질	약간양호 약간불량 불 량	고천, 도암B, 마곡B, 마령, 마령B, 매곡B, 복내B, 산계B, 압곡B, 용곡B, 월곡, 월곡B, 은곡B, 장계B 감천B, 사촌B, 수북B, 점곡B, 회곡B 회수*
	미사식양질	약간양호 약간불량	오평 광포, 남포, 만경, 물금
	식양질	약간양호 약간불량	구곡B, 금곡B, 대원B, 덕곡B, 비곡B, 삼암B, 안계B, 안미, 안미B, 오천, 옥계B, 용지B, 울곡B, 장유B, 진목B, 천평B, 칠곡B, 철원, 통천, 판곡B, 학산, 학산B, 함평, 함평B, 행곡, 행곡B, 도곡B, 만성, 송주, 신흥, 아곡B, 양곡, 양곡B, 영산, 울포, 임곡B, 지산, 지산B, 진도B, 평해, 효천, 지산-용지B
가능지 (47개통)	식양질	불 량	다평*, 백구*
	미사식양질	약간양호 약간불량 불 량	강진B, 경산B, 규암, 방곡B, 심천, 용강B, 죽곡B, 청계B 청원, 가곡, 가곡B, 금서B, 달동, 덕하, 등구, 문경B, 미원, 미원B, 봉곡, 봉곡B, 예곡B, 월평B, 유가, 유가B, 유곡B 전북, 춘포, 평택, 향호, 종곡B, 복천*
	식 질	약간양호	극락, 극락B, 대정B, 덕평, 덕평B, 동송, 방기B, 용수 B, 초계B, 파주, 파주B, 화동, 화동B, 화동-호남B

주) * 배수가 50cm 이하부터 불량한 토양

표 1.3.5 담수적파제배 가능 토양통

구 분	토 성	토양배수	토양통 명
최적지 (20개통)	식양질 미사식양질	약간불량 약간불량	만성, 송주, 신흥, 양곡, 영산, 울포, 지산, 평해, 효천, 가곡, 달동, 덕하, 등구, 미원, 봉곡, 전북, 춘포, 평택, 향호, 유가
적 지 (86개통)	식양질	약간양호	구곡B, 금곡B, 대원B, 덕곡B, 비곡B, 삼암B, 안계B, 안미, 안미B, 오천, 옥계B, 용지B, 울곡B, 장유B, 진목B, 천평B,
		약간불량	칠곡B, 철원, 통천, 판곡B, 학산, 학산B, 함평, 함평B, 행곡, 행곡B, 도곡B, 아곡B, 양곡B, 임곡B, 지산B, 진도B,
	불 량	지산-용지B, 다평*, 백구*	
식 질	약간양호	강진B, 경산B, 규암, 방곡B, 심천, 용강B, 죽곡B, 청계B, 청원, 광포, 남포, 만경, 물금, 가곡B, 금서B, 문경B,	
	약간불량	미원B, 봉곡B, 예곡B, 월평B, 유가B, 유곡B, 종곡B 북천*	
가능지 (42개통)	사양질	약간양호	극락, 극락B, 대정B, 덕평, 덕평B, 동송, 방기B, 용수 B, 초계B, 파주, 파주B, 화동, 화동B, 화동-호남B
		약간불량	김제, 봉남, 부용, 연천, 연천B, 유계, 철원, 철원B, 해안, 호남, 호남-극락, 호남-극락B, 해안B
		불 량	강서, 고천, 도암B, 마곡B, 마령, 마령B, 매곡B, 복내B, 산계B, 압곡B, 용곡B, 월곡, 월곡B, 은곡B, 장계B 가천, 감천, 감천B, 사촌B, 석계, 석천, 수북B, 점곡B, 학포, 회곡B 회수*
	미사식양질	약간양호	오평
미사식양질	약간불량	광포, 남평, 만경, 물금	
미사식양질	불 량	고령, 고령B, 수계, 학성	
식 질	불 량	공덕, 서탄, 신평, 여수, 용호, 이호, 포리	

주) * 배수가 50cm 이하부터 불량한 토양

농촌진흥청(1981)자료에 의하면 논에 실금이 가는 정도인 토양수분함량 75%를 유지하는 건답상태의 논에서 담수심 30mm를 유지하려면 경질 토양은 50mm, 양질 토양은 62mm, 식질 토양은 64mm가 소요된다고 한다. 따라서, 30mm의 담수심에서 토양수분함량 75%의 건답이 되는데는 4~11일이 소요되어 건답직파에서는 초기담수량이 많이 소요됨을 알 수 있다.

식양토의 조사시험결과 담수개시일의 일감수심이 110mm이고, 담수개시 1주일 후에는 40mm 전후로 안정되었다는 보고가 있지만, 건답직파재배에서 초기담수량은 썩레질용수량보다 20~40% 정도 적게 잡아도 좋은 경우가 많다고 한다. 또한 일감수심이 안정된 후에도 보통 이앙재배에 비하면 역시 큰 값을 나타내고 있으므로 이 점에도 유의할 필요가 있다.

농촌진흥청(1994)에서 추천하는 건답직파재배의 적지와 토양통은 표 1.3.4와 같으며, 담수직파재배 가능 토양통은 표 1.3.5와 같다.

다. 본답기(本畝期) 필지단위용수량

본답기 필지단위용수량은 적절한 기별 감수심과 재배관리용수량의 합계치로서 정하고, 아래의 사항에 유의하여 적절히 결정하여야 한다.

① 기별 감수심은 계획지구의 포장의 토양조건 및 수리조건에 의하여 다르므로, 이들 조건을 좌우하는 토지이용형태, 포장조건 및 재배양식을 감안한 합리적인 값으로 한다.

② 재배관리용수량은 포장조건이나 재배양식뿐만이 아니고, 용배수시설 및 관리 방식, 수원상황 등 여러 요인에 의하여 변화한다.

③ 필지단위용수량은 재배양식, 물관리방식의 변경 및 포장조건에 의하여 크게 변화하므로 용수계획에서는 장래의 조건과 변화를 고려하여 타당성을 검토한다.

1) 기별 감수심

감수심의 기별 변화는 재배양식 및 논외 투수조건에 따라 다르며 그림 1.3.4와 같은 경향으로 변동한다.

기존의 자료로부터 감수심을 추정하는 경우에는, 필지단위용수량의 유형과 최대감수심을 이용하여 기별 필요수량을 산정하여도 좋다.

재배양식으로 본 감수심의 기별 구분은 다음과 같이 하는 경우가 많다.

① 이앙재배의 경우 : 썩레질이앙기 · 활착기 · 중간낙수 전 · 중간낙수기 · 중간낙수 후 · 출수기 이후

② 건답직파재배의 경우 : 초기관개기 · 중간낙수 전 · 중간낙수기 · 중간낙수

표 1.3.6 토성별 건답화 후 계획용수량의 실태

토성	항목	감수심 최대(mm/d)		계획감수심과 관측감수심의 비	현재 지하수위 (m)	비 고
		관 측	계 획			
사 토(S)		26.1	31.0	1.19	0.40	6지구 11점의 평균
사양토(SL)		20.0	25.6	1.28	0.36	10지구 14점의 평균
양 토(L)		20.6	25.1	1.22	0.34	18지구 29점의 평균
식양토(CL)		18.2	23.2	1.28	0.36	13지구 20점의 평균
식 토(C)		17.5	20.4	1.17	0.38	11지구 17점의 평균
평 균		20.5	25.1	1.22	0.37	

주) 일본농업토목학회(1989) 농업토목핸드북, 개정 5판, p117

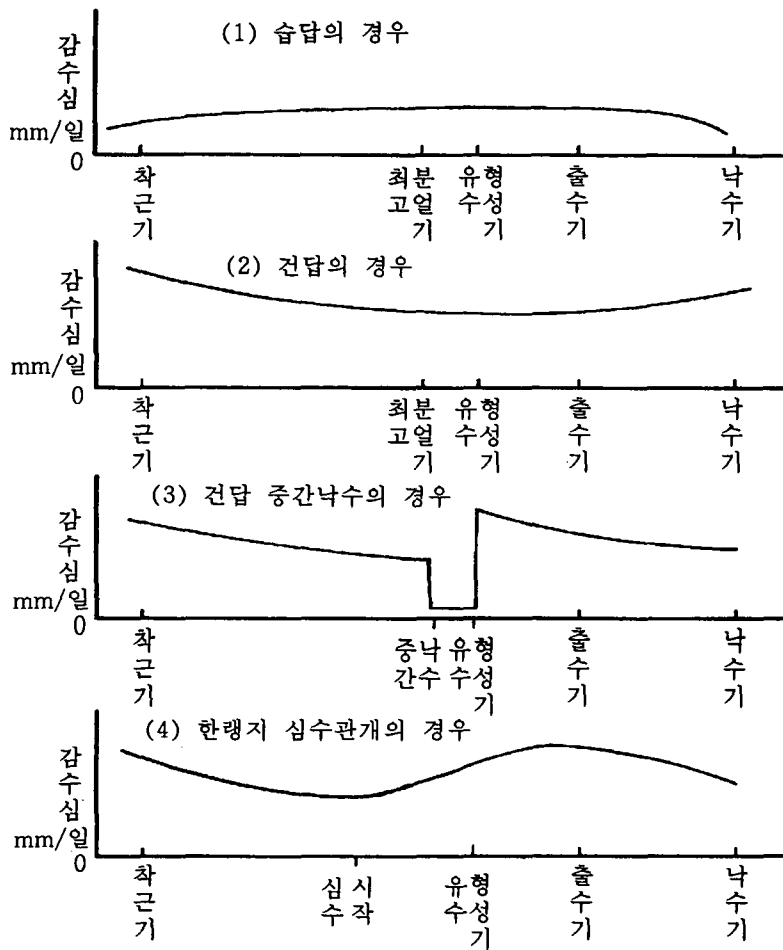


그림 1.3.4 감수심의 표준적 기별변화도

후·출수기 이후

③ 한냉지 심수관개의 경우 : 씨레질이앙기·활착기·심수관개기·출수기 이후

중간낙수를 하지 않는 경우에는 중간낙수 전·중간낙수기·중간낙수 후를 합쳐 분얼기로 한다. 따라서 본답기 필지단위용수량을 용수계획에서 기별로 산정하는 경우의 감수심은 재배시기별로 볼 때 활착기 또는 초기관개기, 중간낙수기, 중간낙수 후(중간낙수가 없으면 이들 2기를 분얼기 1기로 함), 출수

기 이후 또는 전체를 1~2기 정도로 하는 등 1~4기로 나누는 것이 사업계획에서 계산상 합리적이라 할 수 있다.

[참 고] 계획상의 감수심

계획 기별 감수심은 시험포장에서 실측 또는 유사지구의 자료 등을 사용하고, 장래의 토지이용방식, 재배양식, 물관리방식 등을 감안하여 정한다. 기왕의 데이터로부터 정리된 시험포장 또는 유사지구의 자료를 얻을 수 없는 경우에는 계획지구의 입지조건, 재배양식, 물관리방식 등을 감안하여 계획지구의 감수심을 추정할 수 있다.

(1) 최대감수심

감수심 중 증발산량은 토양구분과 재배양식에 따라 차이가 별로 나타나지 않으므로, 지구의 최대감수심은 침투량이 최대가 되는 시기를 취하면 좋다. 또 용·배수분리를 전제로하는 단위블록의 용수계획에서의 침투량은 관개기에서의 토양조건(투수성)과 수리조건(배수로 수위 또는 지하수위에 의하여 좌우되는 토양중의 동수구배)의 양자의 상호관계에 의하여 결정된다. 일반적으로 최대감수심은 중간낙수 후에 나타나는 경우가 많다.

(2) 계획의 기본구상과 감수심

침투량은 토양조건과 수리조건에 좌우되므로 사업계획에서의 포장조건을 규정한 후 재배양식별로 감수심을 구하는 경우가 많다. 현재의 포장조건이 계획에서의 포장조건과 동일한 경우에는 재배양식의 변화만을 고려하고, 계획상의 포장조건이 현재의 조건과 크게 다를 경우에는 계획상의 포장조건에 맞는 감수심을 추정하는 것이 일반적이다. 장래의 포장조건으로는 기계화를 전제할 뿐만 아니라 논의 고도이용(논에서는 관개기에서의 적정침투의 유지와 비관개기에서의 신속한 배수성, 발전환시는 적정수분의 관리)이 이루어지게 되면 투수성은 향상되고 침투량은 증가하는 경향이 있다.

감수심의 크기를 결정하는 토양조건, 수리조건은 지형조건에 상응한 일정한

특징을 가지므로, 유사한 지구의 자료와 지형조건을 고려함으로써 용수계획상의 감수심을 추정할 수 있다. 주요 지형구분별로 지하수위와 토양조건과를 관련시켜 침투량의 경향을 정리하면 표 1.3.7과 같다.

표 1.3.7 지형구분과 침투량의 경향

지형구분	지하수위	토양 조건	침투량의 크기
선상지	선정(扇頂)·선양부(扇央部)는 낮음	하층에 사력층이 많다.	- 층적평탄부에 비하여 침투량이 크다.
	선단부는 높음	퇴적상태에 따라 다름	- 층적평탄부와 비슷함. 용배수가 분리되어 투수계수가 클수록 커진다.
대지(臺地)	낮 음	홍적사력층	- 전반적으로 크고, 누수방지공법 필요
		홍적점질토	- 전반적으로 작고, 토층개량 후에 적정침투량에 가까워 짐
곡저평야(谷底平野)	전반적으로 높다, 산록·대지에 접한 부분은 피압이 되기 쉽다	퇴적양식에 따라 달라짐	- 전반적으로 작다. - 배수개량에 의하여 침투량을 증가시키는 일이 바람직한 경우가 많다
산간경사지 화산산록	낮 음	화산회토	- 평탄부에 비하여 큼. - 개량에 의해 감소시킬 수 있음
일반경사지	지형조건에 따라 달라짐	점 질 토	- 평탄부와 같으며 지하수위가 높고 점질토양일수록 작음
		사력질토양	- 지하수위가 낮고 역질일수록 크다. - 지하수위가 높은 경우에 용출수가 솟아 침투량이 작아짐
층적평탄지	높 음 낮 음	퇴적양식에 따라 달라짐	- 습담이며 점질일수록 작음. - 건담화되면 증가하는 경향이 있음 - 사질이나 건담에서 구조가 발달한 눈에서는 커짐
저습지	높 음	퇴적양식에 따라 달라짐	- 습담에서 점질일수록 작음. - 배수개량 후 건담화되면 크게 됨

2) 기별 증발산량

기별 증발산량의 산정방법으로는 증발산계수에 의한 방법, Blaney & Criddle식, Penman식, Hargreaves식 등이 있다. 실무에서는 어느 공식을 적용할 것이냐가 문제가 되며, 품종별, 지역별, 영농방법별, 생육시기별로 어떻게 하여

정확한 작물계수를 적용하느냐가 문제의 핵심이다. 공식은 이론적인 배경과 실용적인 면에서 수정 Penman 공식이 자주 추천되고 있으며, 작물계수는 그 동안 제시된 것들의 실험배경을 정확하게 이해한 후에 적용하여야 할 것이다.

(1) 증발산계수에 의한 방법

증발산량의 크기는 품종, 기상조건 및 작물생육 상태에 따라 크게 달라지므로 생육시기별로 관측하게 된다. 따라서, 품종별, 생육시기별 증발산량을 실험을 통하여 측정하여 그 기간에 관측된 증발계증발량과의 비인 증발산계수(즉, 증발계증발량 1에 대한 증발산량의 크기)를 구하게 된다.

기별 증발산량은 이 기별 증발산계수에 증발계증발량을 곱하여 추정하는 방법이다.

증발산계수를 이용한 기별 증발산량 ET는 다음 식 (1.3.9)로 산정한다. 여기에서 증발산계수는 표 1.3.8 또는 표 1.3.9를 적용하고 증발계증발량은 기상청에서 일별로 관측된 값을 적용한다.

$$ET = \text{증발산계수} \times \text{증발계증발량 (mm)} \dots\dots\dots (1.3.9)$$

표 1.3.8 증발계증발량에 대한 증발산계수

기별 품종	활착 후 10일 간	활착 후 20일	활착 후 30일	활착 후 40일	활착 후 50일	활착 후 60일	활착 후 70일	활착 후 80일	활착 후 90일	활착 후 100일	활착 후 110일	평균
	올벼	0.90	1.13	1.13	1.40	1.24	1.37	1.43	1.16	1.24	-	
중벼	0.92	1.12	1.12	1.38	1.22	1.31	1.43	1.26	1.36	1.34	-	1.25
늦벼	0.91	1.02	1.12	1.39	1.23	1.33	1.46	1.28	1.40	1.37	1.28	1.27

주) 민병섭(1969) 벼생육기간중 논에서의 수분소비에 관한 연구, 한국농공학회지 11(2)

(2) Blaney & Criddle 식에 의한 방법

이제까지 벼의 증발산량 산정에는 간단한 입력자료와 계산의 간편성 때문에 Blaney & Criddle 방법이 많이 사용되어 왔다. 이 방법은 미국 서부 건조지대 발작물 소비수량 계산을 위하여 개발된 공식으로, 벼의 증발산량이 너무 크게 추정되는 것으로 분석되고 있어 공식 적용 시에는 주의해야 한다. 보정 Blaney & Criddle 식에 의한 기별 증발산량 ET는 다음 식에 의하여 산정한다.

표 1.3.9 건물량에 대한 생육기별 증발산계수

생육기 품종 건물량	1~10일		11~20일		21~30일		31~40일		41~50일		51~60일	
	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달
800(kg/10a)	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.84	0.83	0.91	0.90	0.95	0.93
900	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.87	0.85	0.96	0.94	1.02	1.00
1,000	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.89	0.87	1.01	0.99	1.08	1.06
1,100	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.91	0.89	1.05	1.03	1.13	1.11
1,200	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.93	0.91	1.09	1.06	1.18	1.16
1,300	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.95	0.92	1.12	1.10	1.22	1.21
1,400	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.96	0.93	1.15	1.13	1.26	1.25
1,500	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.97	0.95	1.18	1.16	1.30	1.29
1,600	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	0.98	0.96	1.21	1.18	1.34	1.32
1,700	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	1.00	0.97	1.24	1.21	1.37	1.36
1,800	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	1.01	0.98	1.26	1.23	1.41	1.39
1,900	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	1.02	0.99	1.29	1.25	1.44	1.42
2,000	0.77	0.77	0.77	0.78	0.78	0.80	1.03	1.00	1.31	1.27	1.47	1.45

61~70일		71~80일		81~90일		91~100일		101~110일		111~120일		평 균	
통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달	통일	팔달
1.06	1.03	1.11	1.08	1.14	1.12	1.12	1.03	1.05	1.00	1.00	0.95	0.96	0.94
1.13	1.10	1.19	1.16	1.23	1.21	1.21	1.15	1.14	1.09	1.08	1.04	1.01	0.99
1.19	1.16	1.26	1.23	1.31	1.29	1.28	1.23	1.22	1.17	1.15	1.11	1.06	1.04
1.24	1.22	1.33	1.30	1.38	1.36	1.35	1.30	1.29	1.24	1.22	1.18	1.10	1.08
1.29	1.27	1.38	1.36	1.44	1.42	1.42	1.36	1.36	1.30	1.28	1.24	1.14	1.12
1.34	1.32	1.44	1.41	1.50	1.48	1.48	1.42	1.42	1.36	1.34	1.30	1.18	1.15
1.38	1.36	1.49	1.46	1.56	1.54	1.53	1.18	1.48	1.42	1.39	1.35	1.21	1.19
1.42	1.40	1.54	1.51	1.61	1.59	1.58	1.53	1.53	1.47	1.44	1.40	1.24	1.22
1.46	1.44	1.58	1.56	1.66	1.64	1.63	1.58	1.58	1.52	1.48	1.45	1.27	1.25
1.50	1.48	1.62	1.60	1.70	1.68	1.67	1.62	1.63	1.56	1.52	1.49	1.30	1.28
1.53	1.51	1.66	1.64	1.74	1.72	1.71	1.66	1.67	1.60	1.56	1.53	1.32	1.30
1.56	1.54	1.70	1.67	1.78	1.76	1.75	1.70	1.71	1.64	1.60	1.57	1.35	1.32
1.59	1.57	1.73	1.71	1.82	1.80	1.79	1.74	1.75	1.68	1.64	1.61	1.37	1.35

주) 김철기 (1974) 논벼 장·단간 품종의 증발산 계계수와 건물량과의 관계에 관한 연구, 한국농공학회지, 16(2), 1~10일(5월 하순) 및 11~20일(6월상순)의 값은 추정치임.

$$ET = K_c \cdot ET_o \dots\dots\dots(1.3.10)$$

$$ET_o = K_t \times (0.46 t + 8.13) \times P \dots\dots\dots(1.3.11)$$

여기서 ET_o : 기준 작물증발산량(mm),

P : 주간시간백분율(% , 표 1.3.10),

t : 평균기온(°C),

K_c : 생육기별 작물계수 (표 1.3.11)

K_t : 온도 보정계수 ($K_t = 0.0311t + 0.24$)

(3) 수정 Penman 식에 의한 방법

최근 기상관측자료가 충실해짐에 따라 증발산의 기본 구조를 에너지 인자와 공기 역학적 인자로 구성하여 세계적으로 적합성을 널리 평가받고 있는 수정 Penman 방법이 권장되고 있다.

표 1.3.10 북반구 위도별, 월별 1일 평균 주간시간 백분율 (%)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
48°	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46°	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40°	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35°	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30°	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23

표 1.3.11 생육기별 작물계수 (K_c)

품종	생육기	5월			6월			7월			8월			9월		평균
		하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중			
재래종		0.85	0.87	0.89	0.91	0.95	0.99	1.06	1.18	1.30	1.22	1.11	0.96	1.024		
신품종		0.84	0.85	0.86	0.95	1.08	1.22	1.40	1.58	1.68	1.52	1.26	0.96	1.183		

주) 농수산부, 농업진흥공사(1980) 농업용수개발 필요수량, 단, 5월 하순 및 6월 상순의 값은 추정치임

$$ET = K_c \cdot ET_o \quad \dots\dots\dots(1.3.12)$$

$$ET_o = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad \dots\dots\dots(1.3.13)$$

여기서, ET : 작물 증발산량 (mm/d),

ET_o : 기준 작물증발산량 (mm/d)

C : 주야 기상조건을 보정하기 위한 조정계수,

W : 기온에 관련된 가중치,

R_n : 순일사량 (mm/d),

$f(u)$: 풍속에 관한 함수,

e_a : 평균기온에서의 포화증기압

e_d : 대기에서의 실제 평균증기압,

K_c : 작물계수 (표 1.3.12)

표 1.3.12 벼의 생육기별 Penman의 작물계수 K_c

생육기 품종	5월	6월			7월			8월			9월		평균
	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	
북부	0.95	1.00	1.22	1.39	1.50	1.56	1.58	1.56	1.51	1.42	1.31	-	1.364
중부	0.95	1.07	1.24	1.39	1.50	1.59	1.68	1.68	1.68	1.66	1.60	-	1.458
남부	0.95	1.10	1.27	1.41	1.52	1.60	1.66	1.68	1.68	1.65	1.60	1.55	1.332

주) 농수산부, 농업진흥공사(1989), 소비수량 산정방법 실용화 연구.

이 방법을 적용하려면 일평균기온, 습도, 풍속, 일조시간 또는 일사량 등의 기상인자의 확보를 전제로 하며, 계산절차와 벼의 작물계수는 “소비수량 산정방법 실용화 연구”(1989, 농어촌진흥공사)를 참고한다.

농림부, 농어촌진흥공사(1997)는 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화에 대한 3년간의 연구 결과와 기존의 “농업용수개발 필요수량”과 “소비수량 산정방법 실용화 연구”를 고려하여 수정 Blaney-Criddle 방법과 수정 Penman 방법의 작물계수 K_c 를 표 1.3.13과 같이 제안하였으며, 참고하여 이용할 수 있다.

표 1.3.13 생육기별 수정 Penman과 Blaney-Criddle 공식의 작물계수 K_c

생육기 품종	4월			5월			6월			7월			8월			9월
	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상		
Penman	0.56	0.56	0.56	0.75	0.95	1.06	1.09	1.17	1.39	1.53	1.58	1.47	1.42	1.32		
B-C	0.44	0.44	0.44	0.68	0.71	0.72	0.73	0.75	0.77	0.94	1.03	0.90	0.86	0.78		

주) 농림부, 농어촌진흥공사(1997), 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구

3) 기별침투량

포장에서의 침투조건은 ① 토지생산력 증대에 의한 벼의 수량증대 및 품질 향상, ② 토지이용의 고도화, ③ 기계화에 의한 노동작업의 능률향상, ④ 물관리의 합리화 등을 꾀하는 점에서 중요한 역할을 하므로 지구상황에 적합한 침투량을 확보해야 한다.

침투량은 재배양식 및 물관리방식에 의해 크게 변화하는 포장의 수리조건 및 토양조건에 따라 달라지므로 이들 조건의 변동을 감안하여 기별로 산출한다.

침투량중에서 이들 조건에 의해 크게 변화하는 것은 주로 강하침투량이다. 강하침투량은 관개기의 토양조건(투수성)과 수리조건(토양중의 동수경사)에 좌우된다. 따라서 이 두 조건과 그 변화상황을 정확하게 파악하도록 한다.

침투량 측정방법과 재배관리상의 적정침투량 추정방법은 다음과 같다.

(1) 침투량 측정방법

논에서의 침투량은 ㉠ 토양의 투수성, ㉡ 토층의 두께, ㉢ 논배미간의 고저차, ㉣ 지하수위, ㉤ 배수로 수위 등에 따라 큰 차가 있으므로, 이 양은 증발산량과 달리 순용수량의 구성요소중 불확정한 양이다. 따라서 원칙적으로 침투량은 실측하여 사용하도록 되어 있다. 침투량 측정에는 ㉠ 감수심을 측정하여 이로부터 증발산량을 뺀 나머지 값을 침투량으로 하는 방법, ㉡ 침투량을 직접 측정하는 방법, ㉢ 배수로 침출량에 의하여 구하는 방법 등이

① 감수심 측정법

이 방법은 한 배미의 감수심에 의한 방법과 N형 감수심 측정기에 의한 방법이 있다. 전자의 경우는 취수 및 낙수를 중지하여 완전담수한 상태에서 그림 1.3.5와 같이 측정지점이 경작에 방해가 되지 않도록 적당한 길이의 각목을 박고 이를 기준으로 수심의 변화를 측정한다. 자에 의하여 측정할 경우는 토양면 가까운 곳에 수평으로 못을 박아, 그것을 감수심측정의 기준점으로 하며, 흑계이지에 의하여 측정할 경우는 버어니어의 0점을 기준으로 하여, 수면의 저하량을 측정한다. (그림 1.3.6 참조)

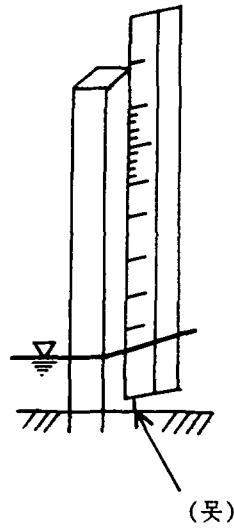


그림 1.3.5 자를 이용한 감수심 측정

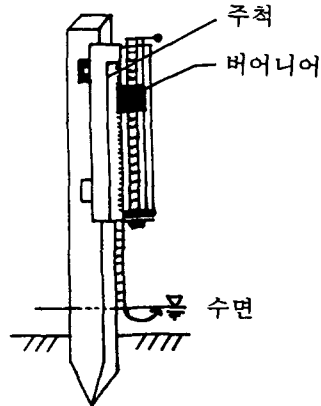


그림 1.3.6 흑계이지와 버니어를 이용한 감수심 측정

후자에 의한 경우는 그림 1.3.7과 같이 N형 감수심 측정기를 눈에 박고 그 안의 감수량을 흑계이지에 의하여 측정한다. 이 경우 측정기 내외의 수위를 일정하게 유지하기 위하여 비닐 주머니를 달아야 한다.

② 침투량의 직접측정법

침투량만을 직접측정하는 방법으로는 그림 1.3.8과 같이 지름 10~15cm의

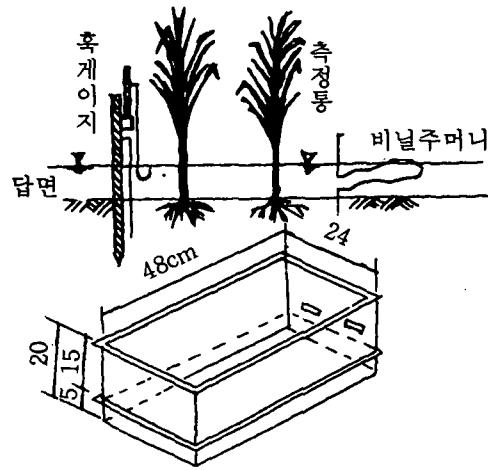


그림 1.3.7 N형 감수심 측정기

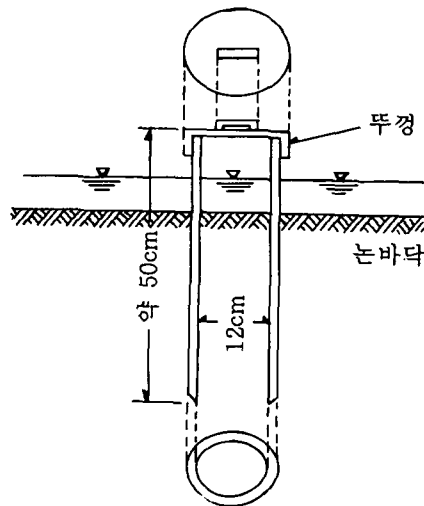


그림 1.3.8 강하 침투량 측정원통

둥근 통을 30cm 정도 매설하여 일별 감수심을 측정하는 방법 및 그림 1.3.9와 같은 장치를 이용하여 변수위를 측정하는 방법이 있다. 전자는 일반적으로 24시간 간격으로 감수심을 측정하는 것으로 이 때 유의할 사항은 가급적 통내외의 수위차가 없도록 조정하여야 한다. 후자는 짧은 시간내에 침투량을 구하려고 할 때 사용하는 방법으로, 측정시간 30~40분이면 1일간의 침투량을 다음 식으로 계산할 수 있다. 즉,

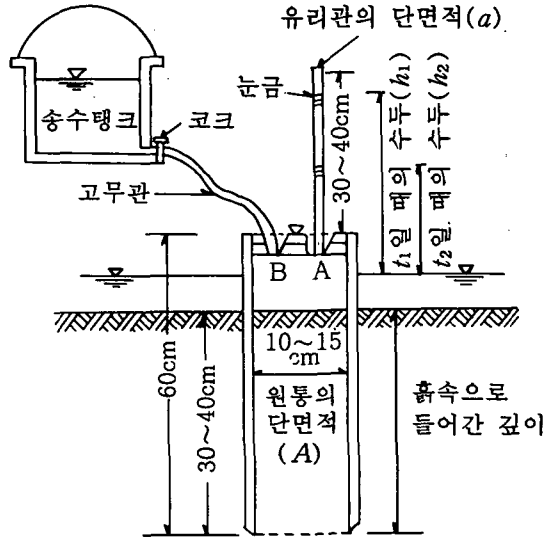


그림 1.3.9 간이 변수두 침투계

$$1 \text{ 일 침투량}(\text{cm}) = \left(\frac{a}{A}\right) \left(\frac{l}{t_2 - t_1}\right) \ln \left(\frac{h_1 + l}{h_2 + l}\right) \times 86,400 \dots\dots\dots(1.3.14)$$

- 여기서, A : 원관의 단면적(cm²),
a : 유리관의 단면적(cm²),
l : 흡속에 들어간 원관의 깊이 (cm),
h₁ : 측정시점 t₁ 에서의 수두 (cm),
h₂ : 측정종점 t₂ 에서의 수두 (cm),
t₂-t₁ : 측정 경과시간 (s)

이상의 두 방법에 의한 실측 침투량은 수직방향의 침투량이므로, 만일 지역이 경사져 있으면 논둑을 통한 손실을 고려하여야 하며, 이런 곳에서는 경사

표 1.3.14 감수심 측정 개소수

1 단지면적 (ha)	개 소	1 단지면적 (ha)	개 소	1 단지면적 (ha)	개 소
0 ~ 20	3	80 ~ 100	7	250 ~ 300	11
20 ~ 40	4	100 ~ 150	8	300 ~ 400	12
40 ~ 60	5	150 ~ 200	9	400 ~ 500	13
60 ~ 80	6	200 ~ 250	10		

주) 1 단지내에서 필요한 최소한도의 측정개소수임.

표 1.3.15 토성과 강하침투량

토 성	사 질 토	양 토	점 토
침투량 (mm/d)	3 ~ 6	2 ~ 3	1 ~ 2

표 1.3.16 논의 건습관계와 침투량

건 습 구 분	습 답	반 습 답	건 답	누수답
침투량 (mm/d)	5 ~ 10	10 ~ 20	15 ~ 30	30 ~ 100

의 정도, 위와 아랫 논의 고저차 등을 고려하여 수직방향 침투량의 2~5배를 취하여 전체 침투량으로 삼는다. (표 1.3.15 및 1.3.16 참조)

③ 배수로 침출량에 의하여 구하는 방법

일반 논에서는 강하 침투된 물이 거의 배수로로 유출되는 경우가 많다. 특히 저평탄지나 간석지 논인 경우에는 거의 전부가 배수로로 유출되므로 침출되는 수량을 측정하면 주변논의 평균 침투량을 구할 수 있다. 측정법은 지구 내 배수로의 일정구간(100m 이상)에 지표수의 유입과 유출을 정지시키고 상류부와 하류부의 수로에 유출입되는 유량을 측정하여 그 차에서 침투량을 구한다. 유량이 작은 경우는 상하류에 웨어를 설치하여 수위가 안정된 시간으로부터 측정한다. 배수호가 크고 유량이 많은 경우 지표수의 유입·유출을 정지시키지 못할 때는 측정수로구간을 길게(300~500m 이상) 취하여 상하류의 유량측정과 동시에 지표수의 유입·유출을 측정한 후 수로의 물수지관계에서 지하 침출수량을 구할 수 있다. 예를 들면 150m의 배수지거구간을 대상으로 했을 경우 논구획 $30\text{m} \times 100\text{m} = 30,000\text{m}^2$ 이면 영향권은 100m가 되어 관련되는 논면적은 수로의 양측에 대하여 생각할 때 $30,000\text{m}^2$ 가 된다.

따라서 측정된 침출수량이 2.5 l/s 라 할 때 주위의 평균침투수심은 $0.0025\text{ m}^3/\text{s} \times 86,400\text{ s} \div 30,000\text{ m}^2 \approx 0.0065\text{ m/d}$ 즉 6.5 mm/d 가 된다. 또한 논의 감수량(강하침투량)을 조사측정하는데 있어 대상 수리조건을 잘 파악해 두어야 한다. 이 때 부근의 배수로 수위, 논의 지하수위, 토층내 수압 등을 동시에 측정하여야 한다.

(2) 투수조건에 의한 논의 분류

토양조건과 수리조건에 의한 투수조건에 따라 정상적으로 논을 분류하면 표 1.3.17과 같다.

표 1.3.17 투수조건에 의한 논의 분류

수리조건		토양조건	토양(최소투수층)의 투수성		
			대 ($k=10^{-3}$ 이상)	중 ($k=10^{-4}\sim^{-5}$)	소 ($k=10^{-6}$ 이하)
배수로 수 위	저 (0.8m 정도 이하)		A	D	G
	중 (0.8~0.3m 정도)		B	E	H
	고 (0.3m~답수면)		C	F	I

주) k = 투수계수, cm/s

이 표에서 수리조건은 관개기간 중의 수리조건을 의미하며, 비관개기간의 건답에서도 관개기에 배수로수위나 지하수위가 답면가까이 높아지면 수리조건이 불량하다. 또한 토양의 투수성은 깊이 0.6~1.0m 토층 중의 가장 투수성이 작은 토층의 투수계수를 의미한다. 일반적으로 경반(耕盤)의 투수성이 이에 해당하는 경우가 많지만, 때로는 씨레질이 된 작토의 투수성이 해당하는 경우도 있다. 그리고 대지(臺地)나 선상지의 논 등에서 지하수위가 낮고 개방침투를 나타내는 경우에는 배수로수위가 높아져도 수리조건은 좋다고 생각된다.

이 표에서 A~I의 성격에 대하여 각각 기술하면 다음과 같다.

A : 토양의 투수성이 크고, 지역전체의 지하수위가 항상 낮아 침투량이 과대한 누수 답이다. 역질대지(礫質臺地), 선상지, 사구지(砂丘地) 등은 이에 해당하며 점질토의 객토, 밑다짐 등에 의해 D의 상태로 개량할 필요가 있다.

C : 투수성이 크지만 관개기의 지하수위가 높기 때문에 침투가 과소하게 되는 논이다. 저습지대 안에 있는 사질토, 이탄지가 이에 해당하며 배수개량에 의한 건답화나 용배수 분리에 의해 A에 가까워지며 침투량이 현저히 커진다.

G : 지형적으로 보아 수리적조건은 양호한데도 불구하고, 토양의 투수성이 나쁜데 기인한 습답이다. ① 균열이 발달하지 않은 점질토지대, ② 불투수층이 얇은 논, ③ 경반이 잘 발달된 논, ④ 씨레질에 의해 작토의 투수성 저하가 현저한 논 등이 이에 해당하며, 앞의 3자는 토층개량에 의하여, 후자의 경우는 건답직파에 의하여 침투량은 증가된다.

I : 수로의 수위가 항상 높고, 투수성이 나빠서 생긴 투수불량답이다. 저습답지대는 그 대부분이 이에 해당하며, 단순한 배수개량만으로는 쉽게 침투량이 증가하지 않는다. 적정침투량으로 가까워지게 하기 위해서는 암거를 알고 조밀하게 설치하여 비관개기의 토양건조효과에 의하여 균열을 발달시켜 투수성을 개량하든가 또는 심토파쇄 등의 토층개량을 실시하여 D의 상태로 가까워지게 하여야 한다.

B. D. E. F. H : A. C. G. I의 각각 중간적 성격의 논이며, B. D. E는 일반적으로 거의 적정침투량을 나타내는 표준적 논이라고 보아도 좋고, F. H는 침투불량답에 속한다.

(3) 적정침투량과 벼수확량 및 영농조건에 대한 견해

논의 투수성이 벼수확량에 주는 효과에 관하여 적정침투의 개념이 널리 알려져 있고, 적정침투를 의식한 물관리는 일반화되어 가고 있다. 또한 기계화를 전제로 한 벼 재배에서는 생육후반의 침투가 중요하며, 수확량 저하를 가져오지 않고도 충분한 지내력이 생기게 할 정도의 침투성 확보가 필요하다. 논 의 고도이용이란 관점에서 침투성의 확보는 더욱 중요하게 되었다.

적정침투량의 결정에는 ㉠ 침투에 의하여 작토내에 생성되는 암모니아량과 그 농도의 증감, ㉡ 침투에 의한 2가철, 기타 유효성분유실의 정도, ㉢ 토양중에 생성되는 유해물질, 가스 등의 침투수에 의한 회석정도, ㉣ 침투에 의한 수온·지온의 변화 등 제요인이 고려되어야 하지만 이들은 복합적인 상호작용에 의하여 벼 생육에 영향을 미친다.

지금까지 적정침투량에 대하여 알려진 바는 ㉠ 적정침투량은 15~25mm/d, (감수심으로 20~30mm/d)이며, ㉡ 감수심이 10mm/d 이하 또는 50mm/d 이상 인 논에서는 많은 비료를 시용하여도 다수확을 할 수 없고, ㉢ 벼의 생육시기에서 보면 최고 분얼기 이전의 투수효과는 오히려 나쁜 영향을 미치고 후기의 그 효과는 현저한 것으로 나타났고, ㉣ 투수효과의 요인 중, 기온이 낮은 지방에서는 침투에 의한 지온상승이 주로 수도생육에 관계되고, 온난지방에서는 토양 중의 양분생성, 유해물질의 유실이 주로 관계된다.

따라서 벼 생육단계에 따라 침투가 적은 논에서는 암거 또는 명거를 통하여 적정침투를 나타나게 하든가, 침투가 많은 논에서는 객토, 밀다짐, 경우에 따라서는 암거 배출구의 수위를 높여 침투를 억제시키는 등 가급적 적정침투에 접근될수 있는 물관리방법도 중요하게 되었다.

적정침투량을 기준으로 하여 계획용수량을 정하고 이것을 실현시킬 수 있도록 관개개선사업을 계획하는 것은 미래지향적이기는 하나, 현시점에서는 경제효과의 판정이 곤란하여, 실제 사업에서는 이것을 적용하기가 곤란하다. 다만 오늘날 토지생산성 향상 및 농기계작업능률 향상을 목적으로 실시하는 경지정리사업 등에 수반하여 토양투수성을 개량하려는 경우에는 적정침투량을 실현시킬 수 있도록 계획, 설계, 시공을 하는 것이 중요하다.

그러나 적정용수량(적정침투량 + 증발산량 + 재배관리용수량)을 계획용수량으로 정하고, 이의 실현을 위한 적정용수량을 확보할 수 있는 포장조건의 정

비를 위하여, ㉠ 과도한 누수답에 대해서는 점질토의 객토 및 밑다짐 등에 의하여 과도한 침투를 막고, ㉡ 배수불량의 습답에 대하여는 암거배수 등에 의해 건답화를 꾀하고, ㉢ 불투수성의 토층을 갖는 논에서는 심토파쇄 등의 토층개량을 시행하여 각기 적정침투량에 접근시킬 수 있는 대책이 필요하다. 여기에는 공사비 측면의 검토도 필요하며, 또한 계획지구의 수원부족이 있는 지구에서는 수원확보가 어려워 적정용수량의 채택이 곤란한 경우도 있다.

① 비의 다수확조건

비의 수확량과 강하침투량과의 사이에는 어느 정도의 상관관계가 있어 수확량을 높이는 적정침투량이 존재함을 확실히 알게 되었다. 이 적정침투량을 결정하는 요인으로는 ㉠ 양분흡수의 조절, ㉡ 저해요인의 배제, ㉢ 이들 ㉠㉡에 관련한 뿌리의 활력강화 및 광합성의 증가 등이 서로 복잡하게 관련되어 있다는 것이 판명되어, 이들이 종합된 결과로서 비의 생육 및 수확량에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

다수확조건으로서의 침투량은 지역 및 토양조건에 의하여 서로 다르다고 알려지고 있다. 최고 분얼기 이전에는 침투량이 많은 것이 오히려 다수확에 불리하게 작용하고, 그 이후에는 침투량 효과가 현저히 커지는 경향이 있다.

② 기계주행효율

벼농사의 기계화는 경운·정지·방제의 각 작업을 중심으로 진전되어 왔으며, 최근에는 기계 일관작업체계(파종, 이앙 및 수확·운반을 포함한 일련의 기계화 작업체계)가 확립되어 논내 지내력이 중요하게 되었다. 논내 지내력은 건조에 의해 강도가 증가되었다가도 관개기의 담수에 의하여 원상으로 돌아가는 이력(履歷)을 반복하게 되므로, 지내력을 높이기 위하여는 배수와 건조를 촉진시켜주는 토양구조 및 배수조직을 가져야 된다. 배수와 건조를 촉진하기 위해서는 토양의 투수성이 클수록 좋은 조건이 되지만 너무 과대하면 비의 다수확조건에 문제가 일어난다. 현재는 기계의 주행성이나 비의 수확량저하한계(收穫量低下限界)등을 고려할 때 20~30mm/d 정도의 감수심이 확보되는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다.

③ 논내 고도이용에서 본 적정침투량

논발윤환을 하는 논에서는 밭으로 이용할 때는 밭상태로 좋은 조건을, 논으로 이용할 때는 논상태로 좋은 조건을 확보하는 것이 필요하다. 논을 밭으로 이용하는 경우는 밭으로 이용하지 않는 경우보다는 투수성이 좋아야 한다. 이 때문에 논발윤환을 하는 논내의 감수심은 연작답(連作沓)의 감수심보다 커지는 경향이 있다. 이 때문에 논발윤환을 하는 논에서는 침투관리가 충분히 이루어

표 1.3.18 중점토 논의 배수에 관한 목표치

항목	시기별	이양후 중간낙수기까지	비담수기		참 고 (전환발)
			가을·겨울	봄	
감수심		10~20mm/d	25~50mm/d	-	-
담수(강우)소실속도		-	50mm/d	60mm/d	50~100mm/d
강하침투속도		10~15mm/d	25~50mm/d	50~60mm/d	50~100mm/d
투수계수		10^{-6} cm/s	5×10^{-6} cm/s	10^{-4} cm/s	10^{-4} cm/s <
강우후 2일째	20cm깊이 토양수분	-	pF 0.7	pF 1.2	-
	지하수위	-	30cm	40cm	40cm
강우후 7일째	20cm깊이 토양수분	-	pF 1.5	pF 1.7	-
	지하수위	-	50cm	50cm	60cm

주) 일본 농업토목시험장 (1972) 농토시보고, No.10, p.57.

표 1.3.19 토층의 개량목표

항 목			개량목표치
논	투수성	강하침투량(감수심)	15~25mm/d (20~30mm/d)
		최소투수토층의 투수계수	$10^{-4} \sim 10^{-6}$ cm/s
	*지내력	경운시 또는 수확시	평균 4kgf/cm ² 이상, 최소 2kgf/cm ²
		써레질시	평균 2kgf/cm ² 이상
밭	투수성	20~50mm/d	

주) * 지내력은 cone penetrometer (콘면적 6.45cm², 선단각 30°)를 사용하여 논면으로부터 15cm사이를 5cm마다 측정한 콘지수, [주] : 일본 농림수산성(1984) 토지개량사업계획설계기준 계획 『토층개량』 p.24

지도록 배수조직 및 관리시설의 정비에 의한 용·배수를 제어하는 방안을 강구해야 한다.

4) 재배관리용수량

재배관리용수량은 재배양식, 영농기술, 물관리방식 등의 포장조건과 수원에서 확보된 수량, 배수시설(配水施設)용량 및 관리방식 등의 용수조건 등을 총

분히 고려하여 산정한다. 또 계획지구 논의 관개배수 방식의 실태를 조사하여 산정하여야 한다.

일반적으로는 다음과 같은 경우에 재배관리용수량이 필요하다.

- ① 중간낙수후의 재답수 또는 간단관개시의 관개
- ② 농작업효율향상을 위한 강제적 배수후의 재관개 (기계이앙시, 약제살포 등)
- ③ 기상·수온의 변화에 대한 물관리 대응, 저온시기의 심수(深水), 고온시기의 내리흘림식 관개 등
- ④ 약제살포 등 농작업상의 필요에 의한 담수심의 증감

재배관리용수량은 용수배수시설의 내용연한(耐用年限) 등 장기간의 시간단위보다는 재배기술변화 등 짧은 시간단위로 변동하는 요인에 의해 결정되므로 그 원인에 대하여 충분히 고려하여야 한다.

5) 필지단위용수량의 변화

필지단위용수량은 자연조건과 재배양식, 물관리방식 및 포장조건의 변화에 따라 다르므로 지구의 실정을 충분히 검토한 후 필요에 따라 이들을 고려하여 산정한다.

(1) 자연조건에 의한 변화

자연조건에 의한 변화는 논관개를 주로 하는 농업용수 이용상의 특징이다. 물관리 방식, 토양조건 등은 기상 등 자연조건에 의해 달라진다. 이러한 변화는 이들을 적절히 고려하는 것 이외에 계획상 물이용기간에 여유를 두는 방법으로 처리한다.

(2) 재배·물관리방식에 따른 변화

다음과 같은 요소가 용수량에 영향을 준다.

- ① 직파 재배(담수·건답)의 도입
- ② 작부체계의 변경, 경작 시기의 이동
- ③ 밭이용 후의 논 환원
- ④ 방제작업의 집단화 작업 후 전구역 동시 재관개
- ⑤ 냉해 대책상의 물관리, 심수관개

(3) 포장조건에 의한 변화

다음 요소가 용수량에 영향을 준다.

- ① 용·배수분리에 따른 용수량의 증가
- ② 구획 크기의 확대에 따른 용수량과 그 강도의 증대

6) 발관개 계획 병행시의 필지단위용수량

최근 논·밭의 고도이용을 위한 논·밭윤환 또는 답리작의 실시가 요청됨에 따라 논관개계획을 밭관개계획과 병행실시하는 경우가 많아질 것으로 예상된다. 이러한 경우 필지단위용수량의 산정은 전면적에 대한 벼재배시와는 달리 논·밭윤환 또는 답리작의 실시로 인하여 토양투수성의 변화, 재배관리용수량의 상태 변화 등이 생겨 그리 단순하지 않다.

논·밭윤환 또는 답리작에 따른 용수량변화로서는 ㉠ 논을 밭으로 이용한 경우의 용수량과 ㉡ 밭이용지(利用地)로부터 다시 논이용으로 전환한 경우의 검토가 필요하다. 논을 밭으로 이용한 경우의 용수량은 전환작목(轉換作物)에 의하여 다르지만 논이용시의 용수량보다 작아지는 것이 일반적이며, 논·밭의 비관개기동안 용수 확보가 필요하게 되는 경우가 많다.

한편, 밭이용으로부터 다시 논으로 전환하는 경우에는 밭이용시의 투수성이 논이용시의 투수성보다 크기 때문에 일반적으로 투수량이 증가하는 경향이 있다.

따라서 논·밭윤환 또는 논·밭 답리작에 따른 용수량의 변화가 지구내 필지단위 용수량에 어떻게 작용하는가를 검토할 필요가 있다.

전환 후 논·투수성의 변화는 밭이용시의 토양조건의 변화에 따라 다르다. 밭이용시의 바람직한 토양조건은 토양의 투수성과 구조를 보다 신속한 배수성과 적절한 보수성(保水性), 통기성(通氣性) 등 밭토양에 좋은 조건으로 접근시키는 것이다. 따라서 환원답의 토양조건은 약간 발효의 성질을 띠고 경반층(耕盤層)의 투수성이 양호해져서, 초기용수량 및 중간낙수 후의 용수량이 증가하는 경우가 많다.

그러므로 논·밭윤환의 경우, 밭관개계획을 병행할 때의 필지단위용수량은 답이용 면적 중 전환 전의 필지단위용수량, 전환 후의 침투량 증가부분, 밭이용 면적에 대한 증발산량 및 밭관개시 포장 내 손실수량으로 구성되며, 답리작의 경우에는 답리작 이전의 본답 전체면적에 대한 침투량 증가부분과 증발산량 및 밭관개시 포장 내 손실수량으로 구성된다고 볼 수 있다.

또한, 논·밭윤환에 있어서는 환원답의 전작목(前作物)이 무엇이나에 따라 관개시기가 변화하는 일도 있으므로 작목의 선정은 용수계획에서의 용수량을 설정하는데 중요한 요소가 되고 있다.

7) 건답·답수직과재배시의 필지단위용수량의 추정에 있어 유의할 점

건답직과재배는 썩레질과 논두렁 바르기를 하지 않는 포장관리상의 특징이 있어 용수량에도 큰 변화를 가져오는 경우가 많다.

건답직과답의 용수량에 관한 시험결과에서 보면, 건답직과재배에 따른 용수

량 변화는 모든 논지대에서 일어나는 것은 아니고 충적선상지(沖積扇狀地)나 암거배수에 의한 건답화가 이루어진 논에서 심토층의 투수성이 크고 관개기에도 지하수위가 그리 높아지지 않은 논에서 그 변화가 현저하다. 반대로 관개기에 지하수위가 높아진다고든지 또는 심토층이나 경반(耕盤) 등에 현저히 투수성이 나쁜 토층이 존재하는 논에서는 그 변화는 거의 나타나지 않는다.

따라서 건답직파재배의 도입으로 용수량 증가가 현저하다고 추정되는 지구의 경우 수원의 수량이 풍부해야 한다. 수원이 풍부하지 않은 경우에는 씨레질 이앙이나 담수직파재배 등의 조합을 고려한다. 또 건답 직파재배에 따른 용수량 증가가 크다고 추정되는 경우에는 배수로 수위를 높여 침투를 억제하는 방법, 벤토나이트 객토, 밀다짐 등의 대책이 효과적인 경우가 있다.

또한 건답직파는 일반 이앙재배에 비하여 담수기간이 10~20일 짧아지는 것이 보통이므로, 초기침투량이 증대하여도 관개기간 중의 총용수량은 그리 증가하지 않는다. 저수지 등의 수원계획에 있어서는 침투량의 증가와 경작시기의 이동, 담수기간의 단축 등을 고려하여 기별용수량을 검토하여야 한다.

그리고 담수직파재배의 경우에는 씨레질의 유무가 용수량의 크기에 영향을 준다. 그러나 담수직파는 일반직파에 비하여 용수량 증가가 그리 문제가 되지 않는 경우가 많다. 씨레질을 하는 경우 감수심의 변화는 이앙재배시와 별로 달라지지 않는다.

8) 최대단위용수량 산정에 관한 검토

논이용방식, 재배양식, 이앙방식, 물관리방식 등에 대한 변화가 있을 것으로 예상하여 최대단위용수량의 산정 방법에 대한 재검토가 요구된다.

즉, ① 지금까지 벼단작(單作)이었던 것이 답리작(畚裏作)의 도입 또는 논밭윤환으로 논이용방식이 변화되어 논토양의 투수성이 증대됨에 따른 용수량 증가, ② 재배양식이 이앙재배에서 건답직파재배로 변화함에 따른 초기담수량의 현저한 증대, ③ 이앙방식이 인력이앙에서 기계이앙으로 변화함에 따른 이앙일수의 단축에 의한 1일 이앙용수량의 현저한 증대, ④ 재배기술 발달에 의한 중간낙수 후와 방제작업 용수를 일시에 다시 담수하는 등 새로운 물관리 방식의 도입에 따른 용수수요 변화 등으로 최대단위 용수량을 구성하는 요인이 복잡해져, 종전의 최대증발산량이 발생하는 시기의 용수량을 최대단위용수량으로 정하던 때와는 그 양상이 다르게 되어 가고 있다.

따라서 앞으로 최대단위용수량을 산정할 때는 논이용 후 나타나는 침투량 증대에서 오는 경우의 용수량 증대 문제를 고려함과 아울러 앞에 제시한 ②, ③, ④ 등의 용수증대 요인 등을 종합적으로 비교, 검토하여 수혜지구,

전체에서 볼 때 어느 시기를 최대 용수시기로 보느냐가 제일 중요하다.

건답직파면적의 비중이 크고 초기담수량이 일시에 많이 요구되는 지구에서는 초기 담수시기가, 기계이앙면적의 비중이 크고 또한 썩레질용수량이 많이 요구되는 지구에서는 이앙집중기(移秧集中期)가, 중간낙수 또는 방제작업을 일시에 실시하는 면적의 비중이 큰 지구에서는 중간낙수 후 또는 방제작업 후 일시에 다시 담수하는 시기가 최대용수시기가 될 것이고, 이때에 요구되는 단위면적당 용수량이 최대단위용수량이 될 것이다.

일반적으로 건답직파담의 초기담수량은 일반 썩레질용수량보다는 20~40% 정도 작은 것으로 알려져 있으므로 이앙담의 비중이 클 경우에는 썩레질용수량을 기준으로 최대단위용수량을 산정함이 좋을 것이다. 최대용수량의 크기를 완화시키기 위해서는 논밭윤환, 답리작 도입·폐지 등 영농면에서의 작부계획상의 조합, 벼품종의 재배상 조합과 경작시기의 이동에 따르는 중간낙수기의 변동 및 경작시기별 면적배분 등에 대한 충분한 검토가 있어야 한다.

9) 벼 재배방식별 관개용수량

농촌진흥청(1995)에 의하면 관개기간 중의 유효우량을 제외한 벼 재배방식별 관개용수량은 이앙재배는 100일간 838mm, 건답직파는 100일간 998mm, 담수직파는 130일간 1,263mm가 필요하다고 조사되었다(표 1.3.20 참조). 이것은 이앙재배에 비하여 건답직파의 경우 19%, 담수직파의 경우 51%의 관개용수가 더 필요한 것을 뜻하지만, 시험성적이 단편적으로 제시한 참고자료이므로 기상조건, 토양조건을 고려하고 생육기별 물관리 특성을 분석하여 벼 재배방식별 관개용수량을 신중하게 결정해야 할 것이다.

농어촌진흥공사의 연구(영농방식변화에 따른 필요수량변화연구, 1997)에 의하면 재배방식별 필요수량변화가 표 1.3.21과 같다.

이 표의 결과를 분석하면 이앙재배에 비해 담수직파는 30% 정도 건답직파는 9% 정도의 필요수량 증가가 발생한다.

표 1.3.20 벼 재배방식별 관개용수량

방식별	관개기간	관개일수	관개용수량 (mm)					유효강우 (mm)	관개용수 (mm)
			엽면 증발	수면 증발	침투량	정지 용수	계		
이 앙	6.1~9.10	100	500	300	500	120	1,420	582	838
담수직파	5.1~9.10	130	550	390	845	120	1,905	642	1,263
건답직파	6.1~9.10	100	480	300	800	-	1,580	582	998

표 1.3.21 재배방식 및 필요수량변화(Penman 식 적용) (단위 : mm)

구분	관개기간	관개 일수	잠재 증발산량	실제 증발산량	필지단위 용수량	유효수량	순용수량	조용수량
이 양	6.1~9.10	100	485.9 *	596.7 *	1,104.3	516.3 *	588.0	735.0
담수직파	5.1~9.10	130	564.5	641.7	1,369.8	570.9	798.9	998.6
건답직파	5.20~9.10	110	479.3	594.0	1,151.0	510.3	640.7	800.8

주) 조용수량은 순용수량에 25% 가산함.

3.2.5 시설관리용수량

시설관리용량을 결정함에 있어 송수손실수량은 지구의 입지조건, 수로의 길이 및 형식 등을 고려하고 배분관리용수량은 수로형식, 관리조직, 관리체제, 시설장치화(裝置化)의 정도, 논의 분산정도 등과 함께 시설정비수준과 관리수준 등을 고려한다. 특히 비관개기에는 수로의 기능을 유지·보전하기 위한 시설유지용수만으로 구성된다.

가. 송수손실수량

송수손실량 중 수면으로부터의 증발량에 의한 손실은 일반적으로 용수로의 유하 거리(流下距離)가 짧아 무시되며, 주로 침투손실로서 수로의 포장형식 및 상태, 수로주변의 지하수위, 유하거리 등에 의해 크게 좌우된다. 일반적으로 송수손실률은 흙수로의 경우, 간선용수로 15~25%, 지선용수로 10~20%, 용수지거 10%, 콘크리트 및 아스팔트수로의 경우 5~7%를 적용한다.

나. 배분관리용수량

말단부 논의 수요수량을 과부족 없이 배분하기 위해서는 극히 엄밀한 물관리가 필요하지만 사실상 불가능하다. 또한 송수배분조작에 대한 응답의 지연현상이 불가피하며, 말단에서 시시각각 변동하는 물수요에 대응하고, 수로시설과 수혜지구와의 표고분포에 따라 원활히 용수를 배분할 수 있는 수위를 적절히 유지하기 위하여는 지구사정에 상응(相應)한 배분관리용수량이 발생한다.

특히 도시화가 진행된 지구나 발지대 안에 논의 점점이 산재하는 지구에서는 배분관리용수량이 커지게 된다. 또한 배분방식(配分方式)에도 영향을 받는다.

앞으로 도시화 또는 논의 발전환 등 지구조건 변화에 따라 논면적이 감소하는 경우에는 배분관리용수량이 더욱 커지게 될 것이다. 배분관리용수량의 추정은 표 1.3.22의 내용을 참고한다.

표 1.3.22 배분(配分)관리용수량의 조사에

수로 형식	조사면적 (ha)	용 수 량			비 고
		취 수 량	감수심 또는 계획취수량	손실률 (%)	
개수로	106~168	35~36mm/d	20.0mm/d	42.9~44.4	
개수로	37.7	0.220m ³ /s	0.140m ³ /s	36.4	말단에서 무효방류량 측정
개수로	42.1	0.041m ³ /s	0.022m ³ /s	46.4	홍수로 말단에서 무효방류량 측정
개수로	22.38	20.0mm/d	14~18mm/d	10~30	이 양 시
관수로	22.38	26.0mm/d	17~24mm/d	7.7~34.6	건담직파시
관수로	15.16	11.5mm/d	9~11mm/d	4.4~21.7	
개· 관수로	4,367.8	(80.14~100.26) ×10 ⁶ m ³ /y	67.97× 10 ⁶ m ³ /y	15.2~32.2	유효우량을 무시한 경우
개· 관수로	4,367.8	(80.14~100.26) ×10 ⁶ m ³ /y	(51.91~61.65) ×10 ⁶ m ³ /y	38.5~35.2	유효우량을 고려한 경우

주) 손실률에는 수로송수손실이 포함되어 있다. 배분관리용수(配分管理用水)를 분리하려면 수로송수손실을 차인(差引)한다.

다. 시설유지용수량

비관개기에도 다음 관개기까지 수로시설의 기능을 유지하기 위한 통수를 필요로 하는 일이 있고 이것을 시설유지용수로 취급하게 된다.

비관개기의 개수로에는 토사퇴적 또는 오수유입에 의한 수로 내 오염 등이 발생하는 경우가 있다. 특히 도시화가 진행된 지역을 수혜지구 내에 갖게 되는 경우에는 이 경향이 두드러진다. 또한 관수로에서는 밸브 폐색부(閉塞部) 및 기타 부분으로부터 미량의 누수가 계속되어 관내에 공기의 체류가 생기는 일이 있다. 또한, 용수로청소와 통수기능확보를 위하여 관개용수를 취수하기 전에 통수를 필요로 하는 지구에서는 그 수량을 확보해야 한다. 이 용수량은 수로규모와 통수방식에 따라 다르므로 지구의 실정을 감안하여 정한다.

3.2.6 유효우량

관개기간중에 논에 내린 강우는 그 양에 따라 일부 또는 전부가 논에서 이

용되는데, 이와 같이 관개기간 중에 논에 남아 이용되는 유효우량(effective rainfall)이 내린 빗물의 몇 %가 되는가 하는 문제는 강우량, 강우강도, 지세, 흙의 투수성, 비가 오기전의 토양의 함수량 등에 따라 달라진다. 그러나 논에서의 비재배는 담수재배를 원칙으로 하기 때문에 최대 담수심을 결정짓는 논 의 물꼬높이, 생육시기별 물관리 방법 등이 가장 주요한 변수가 된다. 일반적으로 논벼의 경우 한 필지의 순용수량은 식 (1.3.15)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Req = ET + (I) + C - Re \dots\dots\dots (1.3.15)$$

여기서 *Req*:답의 필요수량,
ET:증발산량,
C:재배관리용수량
I:일 침투량,
Re:유효우량

상시관리 담수심은 보통 60~80mm이고 유효우량은 이 담수심에 기여하는 정도를 나타내므로 일단위로 논에서의 수심을 추적해가면서 계산하여야 한다.

일강우량이 물꼬높이 이상이 되면 유효우량은 물꼬까지의 강우량이 되나 전일의 담수심이 물꼬높이를 유지하고 있으면 유효우량은 없다. 따라서 일별 담수심의 변화가 유효우량을 결정하는 결정적인 변수가 된다. 일별 담수심의 변화는 단일 필지에서의 물수지식을 이용하여야 한다.

유효우량을 고려한 논에서의 물수지식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$D(t) = D(t-1) + Re(t) + Ri(t) - U(t) \dots\dots\dots (1.3.16)$$

여기서, *D(t)*: *t*일의 담수심(mm),
D(t-1): 전일의 담수심(mm),
Re(t): *t*일의 유효우량(mm),
Req(t): *t*일의 관개량(mm),
U(t): 당일의 소비된 수량(mm)

따라서, 유효우량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Re(t) = D(t) - D(t-1) - Ri(t) + U(t) \dots\dots\dots (1.3.17)$$

여기서 당일 소비된 수량은 $U(t) = ET + I + C$ 로 나타낼 수 있으며 ET 는 실제증발산량(mm), I 는 1일간의 삼침투량(mm/day)이, C 는 1일당 재배관리용수량(mm/day)이다

그러나 일강우량의 크기가 5.0mm 이하인 경우에는 비옆에 차단되어 실제 눈에서는 기여하지 않는 무효강우로 보는 것이 타당하며 어떠한 경우에도 유효우량의 크기는 최대담수심 D_{max} 에 그날의 감수심을 더한 양을 초과하지 못한다.

담수우량이 당일 소비된 수량보다 많을 때는 유효우량은 이 양과 동일하다. 또 당일의 담수우량이 당일 소비된 수량 보다 적을 때는 담수우량이 유효우량이 된다.

이와같은 절차로 포장에서 유효우량에 의한 담수심의 일별변화를 계산한 결과가 표 1.3.48의 담수심란에 제시되어 있다.

계산된 유효우량은 저수지 용량 결정에서는 그 양만큼의 용량을 절감하는 결과를 가져온다. 그러나, 실제의 급수관리에 있어서 유효우량의 영향을 고려하여 급수량을 조절하는 것은 쉬운 일이 아니다.

3.2.7 지구내 이용가능량

취수시설로부터 공급되는 수량 이외에 유지(溜池), 계류(溪流), 하천, 지하수, 논의 낙수 등에 대하여 수량, 수질, 유지관리 등을 종합판단한 후, 일부지역 또는 일정기간에 안정적인 수원으로서는 이용될 수 있는 수량을 산정하여 지구내 이용가능량으로 한다. 이 양은 수요량으로부터 감소시킬 수 있는 양으로서 용수계획에 반영한다.

일반적으로 지구내 이용가능량의 공급수원은 보완적 수원과 반복이용가능량으로 구분하며, 전자는 자기유역을 가지는 유지, 계류 등 이용가능한 보완적 수원이고, 후자는 주로 수혜지역안의 논으로부터의 낙수를 지구내에서 재이용하는 수원이다. 다만, 반복이용용수의 경우 논관개를 위한 농업용수로서 적절한 수질인지를 검토해야 한다. 특히 소유역의 경우 주변환경의 영향을 받기 쉬우므로 용수오염 또는 정화의 진행상황을 고려하여 반복이용여부를 결정한다. 용수로서 수질이 부적합할 경우에는 오염발생원을 직접 개선하거나, 맑은 물과의 혼합에 의한 희석 또는 오수처리(산화지, 침전지 등의 방법)를 하여 이용해야 한다.

가. 보완적 수원

보완적 수원은 수혜지구 안에 있는 일부지역에서 이용되는 소규모 수원이 대부분이다. 따라서 용수계획에 있어서는 종전의 이용방식을 감안하여 그 지구사정에 맞는 이용방식을 찾는 것이 중요하다. 보완적 수원의 이용가능량은 안정적으로 이용할 수 있는 양을 정하는 것이 원칙이며, 지구내 실측결과, 인근 유사지구의 사례 등을 종합적으로 검토하여 산정한다.

나. 반복이용가능수량

논에 유입한 관개용수는 증발산량과 심층부로의 침투량을 제외한 나머지 상당부분이 근처 또는 하류부에 유출되므로, 지구면적이 큰 경우에는 동일지구의 계획 속에 이 물을 다시 용수로 이용할 수 있는 가능성이 있다. 특히 수원 개발이 크게 제한받고 있는 최근의 상황을 감안하면 계통적인 용수의 반복이용은 용수이용효율을 증가시키고, 취수지점의 계획용수량을 그 만큼 감소시키는데 큰 역할을 할 수 있다.

그러나 도시화가 진행된 지역에서는 수질오염이 현저함으로 배수를 다시 용수로 재이용하는 경우에는 수질상 문제가 없는지를 검토해야 한다.

일반적으로 용수의 반복이용은 광역의 논용수계획에 적용되는 것으로 반복이용가능량의 추정 및 반복이용방법은 다음과 같다.

1) 반복이용가능량의 추정

반복이용가능량 Q 는 다음 식에 의해 계산한다.

$$Q = \Sigma(D - E) \cdot r \cdot A \dots\dots\dots (1.3.18)$$

- 여기서, Q : 반복이용가능량(m^3)
- D : 필지단위용수량(mm)
- E : 증발산량(mm)
- r : 환원율
- A : 논면적(ha)

반복이용을 측정하는 블록의 크기는 침투수의 재이용이 가능한 규모(일반적으로 저평지에서 20~60ha 이상)가 되게 선정한다. 환원율 측정시기는 일반적으로 한 여름 연속한발 때 논외 물관리가 안정된 기간 중에 물수지인자를 측정하는 것이 좋다.

일반적으로 환원율은 용수의 심층부 침투에 영향을 미치는 지형·지질조건에 따라 크게 좌우된다. ① 하천 하류부의 저평지에서는 지하수위가 높고 지

하수면 기울기가 작으므로 심층부침투량이 거의 없어 환원율이 0.7~1.0으로 대단히 크다. ② 하천 상류부의 선상지에서는 지하수위가 낮고 지하수면의 기울기가 크고 투수계수가 크므로 지하수유동량도 크다. 따라서 지하침투의 대부분이 지표로 침출되지 않아 환원율은 0~0.2로 대단히 낮다. ③ 선상지의 하류부 또는 평탄지로의 이행부에서는 지구밖으로부터의 용출수(湧出水)가 모여드는 경우가 있어 환원율이 1을 넘을 경우도 있다. 그리고 평탄지나 대지 위에서는 지하수함양량에 기여하는 침투는 2~6mm/d 이하로 작게 된다.

한편, 환원율을 정하는 기본원리는 다음과 같다. 즉, 필지단위용수량은 증발산량, 재배관리용수량 및 침투량으로 구성된다. 이 중 소비되어 버리는 증발산량과 지하수로 함양되는 심층부 침투량을 제외하면, 재배관리용수량과 침투량의 일부는 블록으로부터 표면유출이 되어 환원량(還元量)에 기여한다. 따라서, 환원율은 시설관리용수량을 포함하지 않은 블록 공급량(취수량)중에서 포장에서 소비되는 양을 빼 양에 대하여 블록으로부터의 표면유출량이 차지하는 비율을 말하는 것으로 식 (1.3.18)에 의하여 반복이용가능량을 용이하게 산정할 수 있다. 반복이용이 안정적으로 일어날 것으로 예상되는 비의 생육기간에서는 증발산량의 변동은 그리 크지 않으므로 심층부 침투량이 용수의 환원량을 제한시키고 있다.

반복이용가능량 분석 및 조사사례는 다음과 같다.

반복이용가능량은 지구내 토양의 침투성과 수로특성에 따라 다르지만, 1995년 분석에 따르면 평균침투량이 4.3mm인 영산호와 대호의 경우, 포장에서 침투된 양이 담수호로 환원되는 양의 비율인 환원율은 30~53%이었으며, 전체 용수공급량의 20~30%(회귀율) 정도가 반복이용가능량이라 할 수 있다. 또한, 1997년 경북 청도군 운문면 밀양강 상류 관개면적 110ha인 저수지지구 용수간선시점에서의 취수량과 배수간선 말단부에서 하천으로 배출되는 양의 비율인 회귀율이 34%로 조사되었으며 반복이용가능량이라 할 수 있으나 일반적으로 적용할 수는 없고 참고자료로 이용할 수 있다.

2) 환원율을 이용한 CB(critical block)법의 응용방법

넓은 지역에서 용수가 반복이용되는 저평지 등 복잡한 반복이 있는 경우에 적용할 수 있는 기법이다.

필지단위용수량과 블록면적의 곱으로 나타내는 용수블록으로의 무강우시 공급량(시설관리용수량을 포함시키지 않음)은 블록으로부터의 반복이용가능량 이외의 부분이 소비된다고 하고, 그림 1.3.10과 같은 블록을 연결하여 이들 상호간의 관계를 판단하여 분류한 후에 전체에서 필요로 하는 용수량을 구하는

방법이다. 구체적으로는 다음 순서에 의한다.

- ① 논을 그 내부에서 반복이용이 가능한 블록과 불가능한 블록으로 구분한다.
- ② 각 블록으로의 유입량 및 하류로의 유출량을 측정하여 환원율을 정한다.
- ③ 환원율에 의하여 각 블록으로부터의 환원량을 구하고, 각 블록의 성격을 판정하여 그림 1.3.11과 같이 NB(negligible block), RB(return block) 및 CB(critical block)의 3종류로 분류한다. 여기서, NB 블록은 상류블록의 환원수만으로 그 블록 및 그 하류블록의 필요량을 충족시킬수 있는 블록이고, RB 블록은 상류블록으로부터의 환원수만으로는 그 블록 및 그 하류블록의 필요량을 충족시킬 수 없고, 그 블록으로부터의 환원수가 하류블록에 재이용되며, 또한 하류에 CB 블록이 존재하는 블록이며, CB 블록은 상류블록으로부터의 환원수만으로는 그 블록 및 하류블록의 필요량을 충족시킬 수 없고, 그 블록으로부터의 환원수가 계획지구의 하류블록에서 재이용되지 않거나 또는 하류에는 NB 블록만이 존재하는 블록이다.

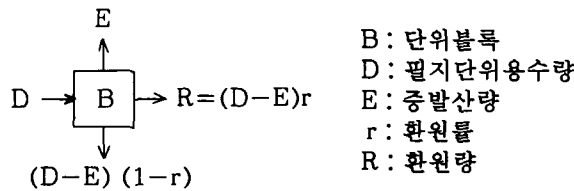


그림 1.3.10 용수블록의 수지모식도

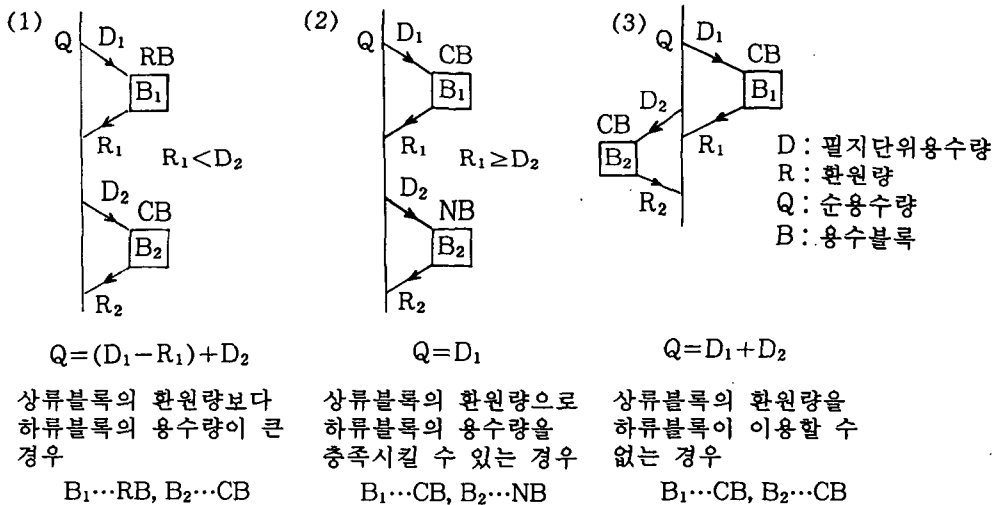


그림 1.3.11 CB법 블록 판정의 단순예 (유효우량이 없는 경우)

④ 유효유량이 없는 상태의 순용수량은 개개의 CB 블록면적과 필지단위용수량과의 곱(積)의 합과 개개의 RB 블록면적과 증발산량 및 심층부 침투량의 합(유입량과 배수량의 차로써 측정됨)과를 합친 값으로 계산된다.

3.3 수원계획(水源計劃)

3.3.1 기본적 계획방법

수원계획에서는 일반적으로 계획용수량에 나타나는 최대취수량 및 총취수량의 양쪽이 충족될 수 있게 할 필요가 있다. 이를 위하여 수원의 종류, 배치, 취수가능량 등 시설계획에 관계되는 기초제원에 대하여 기술적 측면 및 사회·경제·환경적 측면으로부터 검토하여 수원계획의 타당성을 확인한다.

최근에는 신규수원을 확보하려면 기득수리권자(既得水利權者), 어업권자 등과 조정해야 할 일이 많고, 지역의 영향도 크므로 다면적인 검토가 필요하다. 또한 수질은 사회정세 및 환경상황에 의해 변동한다는 것도 예측하여 계획을 검토하도록 한다.

3.3.2 수원계획의 순서

수원시설로서 저수지를 건설하거나 유역변경을 계획하는 경우에는 사회·경제·환경적 측면에서 영향이 큰 경우가 많으므로 그 가능성에 대해 특히 유의하여야 한다.

수원시설의 형태, 배치 등은 계획용수량에 관계되는 수요를 충족시킬 수 있는지를 제일 먼저 검토하고, 기타 소요(所要)의 가능성을 감안하여 경제성을 고려한 결정을 하는 것이 원칙이다.

3.3.3 이용가능수량

이용가능수량(利用可能水量)은 수원을 개발하려는 유역의 조건과 상황에 따라 변동하므로, 선행사업에 의한 수자원의 이용·개발, 취수지점의 하류의 기득수리권 등을 감안하여 정한다.

3.3.4 설계빈도

강우량이나 홍수량과 같은 단일 수문사상에 대해서는 통계적 처리의 이론과 계산방법이 정립되어 있어 필요할 때에는 확률계산을 실시하여 설계강우량 또

는 설계홍수량을 결정할 수 있다. 그러나 여러가지 수문량의 복합결과로서 나타나는 저수지의 필요저수용량, 하천의 취수가능량과 같은 복합사상은 단일수문사상의 경우와 같이 확률처리를 하기가 매우 어렵고 그 결과가 무의미해지는 경우가 보통이다.

가. 농업저수지의 설계빈도

관개배수계획에서는 필수적으로 설계빈도에 해당되는 수문량을 구해야 하는데, 여기에는 어느 특정년을 계획기준년으로 결정하여 그 해의 수문량을 구하는 방법과 장기간의 기상수문자료로부터 통계·확률처리하는 빈도해석으로 구하는 방법이 있는데 컴퓨터 해석이 가능한 최근에는 후자의 방법이 주로 사용된다.

강우량이나 홍수량과 같은 단일 수문사상에 대해서는 통계적 처리의 이론과 계산방법이 정립되어 있어 필요할 때에는 확률계산을 실시하여 설계강우량 또는 설계홍수량을 결정할 수 있다. 그러나 여러가지 수문량의 복합결과로서 나타나는 저수지의 필요저수용량, 하천의 취수가능량과 같은 복합사상은 단일수문사상의 경우와 같이 확률처리를 하기가 매우 어렵고 그 결과가 무의미해지는 경우가 보통이다. 즉, 저수지의 필요저수용량은 작물의 관개용수량, 증발량, 한발일수, 강우량, 저수지 유입수량 등의 여러가지 복합사상에 의해 결정되므로 확실적인 확률논리에 의해 결정할 수는 없다.

나. 농촌용 저수지의 설계빈도

농어촌정비법에 따르면 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 관개용수, 축산용수, 환경용수, 수산용수 등을 농촌용수라 하며, 이를 공급하는 저수지는 농촌용저수지라고 할 수 있다. 농촌용저수지는 용수부족으로 야기되는 경제적·사회적·환경적 문제의 심각성에 따라 서로 다른 설계빈도(표 1.3.23 참조)를 적절하게 적용하여 필요저수량을 결정해야 한다. 설계빈도가 높으면 물공급 부족으로 인한 피해는 적지만 수자원시설 투자가 커지기 때문이다. 저수지설계에서는 필요저수용량을 10년 빈도로 사용하고, 단위용수량을 구할 때는 증발산량을 빈도처리하여 사용하고 있다.

다. 설계빈도 수문량의 결정방법

설계빈도를 결정해야 하는 대표적인 수문량에는 저수지의 필요저수용량과 하천의 취수가능량 등이 있다. 이 수문량들을 결정하는 방법에는 계획기준년

표 1.3.23 각종 용수별 표준 설계빈도

용수 명	설계빈도		용수 명	설계빈도	
	표 준	범 위		표 준	범 위
생활 용수	20년	20~100년	공업 용수	20년	20~100년
관개 용수	10년	20~100년	축산 용수	20년	20~100년
환경 용수	20년	20~100년	발전 용수	20년	20~100년
주운 용수	10년	20~100년			

주) Votruba, 1989

방법과 전체년자료로 확률처리에 의한 방법이 있으며 후자의 방법이 자주 사용되며 바람직한 방법이다. 전체년 자료로 분석하는 방법에는 확률처리 방법과 고갈빈도 방법이 있다.

계획기준년 방법은 수문량(작물의 관개용수량, 증발량, 한발일수, 강수량, 저수지 유입수량 등) 가운데 하나를 선택하여 20~40년에 걸쳐 계산한 후, 10년 빈도에 해당되는 특정년을 선택하고, 그 해의 필요저수용량을 설계필요저수용량으로 결정하는 방법이 이다.

전체년 자료분석방법 가운데 확률처리 방법은 복합사상인 필요저수용량을 전체 년에 대하여 매해 계산하고 확률처리하여 10년 빈도를 설계 필요저수용량으로 결정하는 방법이고, 고갈빈도 방법은 복합사상인 필요저수용량을 전체 년에 대하여 저수량변화를 일별로 모의발생하여 설계빈도에 해당되는 횟수의 저수량이 고갈되었을 때의 필요저수용량을 설계 필요저수용량으로 결정하는 방법이다.

최근에는 전자계산기의 보급에 따라 전체년의 수문자료로부터 산정하는 방법이 주로 적용되며 예비설계를 위한 개략계산에는 계획기준후보년에 대하여 필요저수용량을 계산하는 방법이 적용될 수 있다.

1) 계획기준년 방법

저수지 필요저수용량 또는 하천 취수가능량에 대한 계획기준년을 결정하기 위하여 강수량, 연속한발일수, 증발량 또는 하천유량 등의 수문량 가운데 하나를 선택하여 전체년의 수문자료를 확률처리하여 10년 빈도에 해당되는 계획기준년을 결정한다.

이 방법은 과거 20~40년간 선택된 수문량에 대하여 매년의 수문량을 계산하고 이 가운데 제2~3위 또는 제3~4위가 되는 해를 결정한다. 최근 10개년의 수문자료로 결정하는 경우에는 제1위가 되는 해를 계획기준년으로 정한다.

예를 들어 강우량자료로부터 필요저수용량의 계획기준년을 결정하려면, 다음 2) 전체년 자료방법으로 10년 빈도의 강우량에 해당되는 해와 이 값에 가장 가까운 몇개년을 선정한다. 선정된 몇개년에 대하여 기별 필요수량과 유역의 이용가능한 기별 유입량으로 저수지의 필요저수용량을 계산하거나, 또는 취수예정지점의 하천유량에서 필요수량(관개용수량)을 뺀 값을 검토하여 하천의 취수가능량을 계산하여, 그 값들이 제1위에 해당되는 해를 계획기준년으로 취하고, 설계수문량으로 결정하는 방법이다.

2) 전체년의 자료 방법

입수할 수 있는 모든 자료를 사용하여 분석하는 방법으로는 매년의 저수지 필요저수용량이나 하천 취수가능량을 계산한 후, 이 값들을 확률처리하여 해당 설계빈도의 저수지 필요저수용량과 하천 취수가능량을 구하는 방법과 모의 발생에 의한 저수량 고갈빈도로 저수량을 구하는 방법이 있다.

(1) 매년의 수문량을 확률처리하는 방법

20~40년간의 자료를 거동분석방법으로 분석하여 매년의 필요저수용량을 산정하고, 이 값들을 가장 적합한 빈도분석방법을 선정하여 10년 빈도 필요저수용량을 구하는 방법으로서 가장 합리적이다. 전자계산기의 보급에 따라 가능한 한 장기간의 자료로 일별 물수지 분석에 의하여 확률처리하는 것이 바람직하다.

수문사상을 수반한 농업생산기반정비사업계획에서는 어느 변량이 일어나는 확률보다 그 변량 이상이 일어나는 확률이 문제가 된다. 예를 들면 100년 확률홍수량이라 할 때는 그 이상의 홍수량이 발생할 확률을 말하며, 이 경우 발생확률은 1/100이 된다.

수문량 x 의 확률밀도함수를 $f(x)$ 라하고 x 이상이 발생하는 확률 즉, 초과확률을 $W(x)$, x 사상이 발생하지 않는 비초과확률을 $S(x)$ 라 할 때

$$W(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx \dots\dots\dots(1.3.19)$$

$$S(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx \dots\dots\dots(1.3.20)$$

또 x 가 x_{μ} 이상 혹은 x_c 이하가 되는 것이 평균적으로 보아 T 년에 1회의 비율로 기록될 때 이 T 년을 그 특정치 x_{μ} 혹은 x_c 의 재현기간이라 한다. 재

현기간 T 는

$$T = \frac{1}{nW(x)} \quad \text{또는} \quad T = \frac{1}{nS(x)} \dots\dots\dots (1.3.21)$$

윗 식에서 n 는 수문량 x 의 연평균발생회수이며 x 를 매년 최대치 혹은 매년 최소치의 1개만을 취하면 $n = 1$ 이 된다.

확률수문량은 재현기간 T 에 대응한 수문량을 구하는 것인데 이를 위해서는 밀도함수 $f(x)$ 를 정규화해서 $W(x)$ 또는 $S(x)$ 를 구해야 한다.

관측치를 정리해서 $f(x)$ 를 정규화하는 방법에는 대상이 되는 변량의 성격에 따라 여러가지 방법이 있으나 수문문제를 다룰 때 널리 쓰이는 방법중에 대수확률지에 의한 근사해법, Iwai(岩井)법, Gumbel-Chow법 등이 있다.

① 대수확률지에 의한 해법의 예

㉠ 22개년에 대하여 계산된 필요저수용량을 연도에 관계없이 크기의 순으로 나열하여 표 1.3.24의 ①, ②란에 기입한다.

㉡ 비초과확률 $F(n)$ 을 Hazen plot $F(n) = 1 - \frac{2n-1}{2N}$ 또는 Thomas plot

$F(n) = 1 - \frac{n}{N+1}$ 으로 계산하여 ③란에 기입한다.

여기서, N : 전체기록 자료수, n : 큰 기록치 쪽에서 헤아린 차례의 번호수
여기에서는 Thomas 플롯을 적용하고 계산표에서는 (%)로 표시하기 위해 $100F(n)$ 로 되어 있다.

㉢ 서로 대응하는 x 와 $100F(n)$, 즉, 대응하는 ②란과 ③란의 값을 좌표로

표 1.3.24 대수확률지에 의한 확률년 계산표

① 순위 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
② $x (\times 10^4 \text{ m}^3)$	76.3	74.4	72.5	69.5	66.2	65.1	62.2	60.2	58.7	57.6
③ $F(n) = \left[1 - \frac{n}{N+1}\right] \times 100$ (%)	95.65	91.30	86.96	82.60	78.26	73.91	69.57	65.22	60.87	56.52

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
52.2	49.4	45.9	43.2	38.5	35.4	33.4	32.1	29.5	25.6	22.1	20.0
52.17	47.83	43.48	39.13	34.78	30.43	26.09	21.74	17.39	13.04	8.70	4.35

하여 그림 1.3.12의 대수확률지에 작도한다. 총계 $N = 22$ 개점이 작도된다.

㉔ 총계 22개점을 평균적으로 관통하는 직선을 눈어림으로 작도한다.

㉕ 확률지법으로 T 년에 해당되는 수문량(초과확률 1/10에 해당하는 필요저수용량)을 구한 결과, 10년 빈도 필요저수용량 $70 \times 10^4 \text{ m}^3$ 을 설계 저수량으로 결정한다.

㉖ 그림 1.3.12로부터 구한 T 년의 확률 필요저수량은 표 1.3.25와 같다.

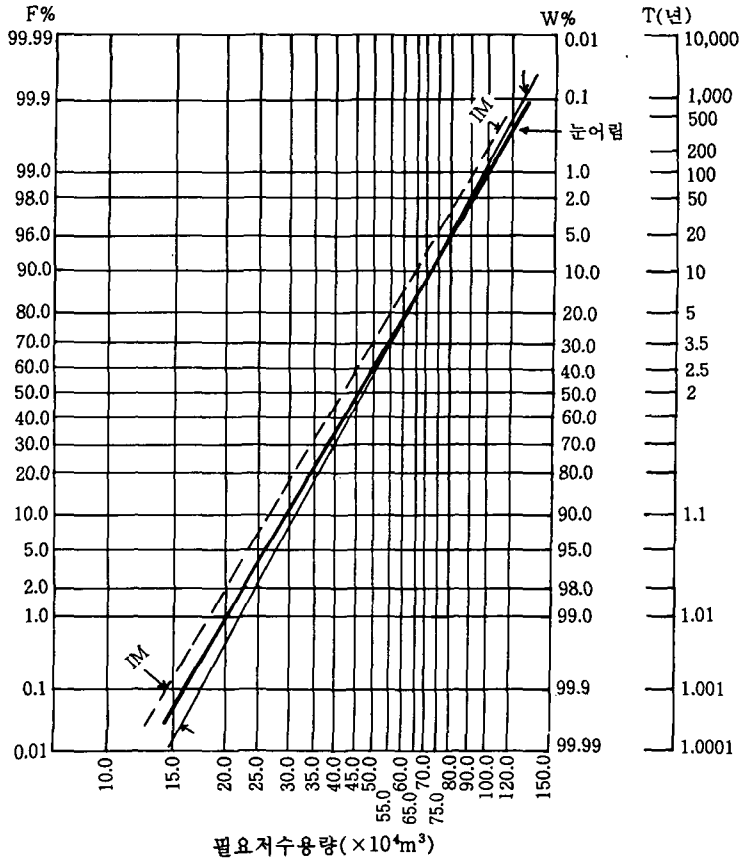


그림 1.3.12 확률지에 의한 근사 해법에

표 1.3.25 T 년 확률 필요저수용량

T 년	2년	5년	10년	20년	50년	100년	비 고
x ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	45.0	60.5	70.0	80.0	90.5	100.0	그림 1.3.12의 눈어림선 참고

그림중 IN선과 ζ선은 다음 항의 岩井법으로 계산된 이론선(기본치 x_1 , 이상치 x_x)이며 이 계산예와는 무관하다

② Iwai법

그림 1.3.13은 확률변수에 대한 Slade형 분포의 4개 기본형을 나타낸 것으로 Iwai법은 수문량 x_i 의 분포를 그림의 제II형으로 보아 해석하는 것이 그 특색이다. 이 형에서는 x_i 의 하한치 b 가 정수이며 상한치는 무한대이다.

Iwai법으로 수문변량에 대한 빈도해석을 하는 방법은 다음과 같다.

$$\text{비초과확률함수 } F(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\epsilon} e^{-\epsilon^2} d\epsilon \dots\dots\dots (1.3.22)$$

$$\text{정규변량}(\epsilon) \quad \epsilon = a \log \frac{x+b}{x_0+b} \dots\dots\dots (1.3.23)$$

$$\text{확률량 } x \text{의 계산식(기본치)} \quad l \log(x+b) = \log(x_0+b) + \frac{1}{a} \epsilon \dots\dots\dots (1.3.24)$$

$$\text{확률량 } x_e \text{의 계산식(이상치)} \quad l \log(x_e+b) = \log(x_0+b) + r_e S_x \dots\dots\dots (1.3.25)$$

$$\text{정규변량}(r_e) \quad r_e = \sqrt{\frac{N+1}{N-1} F'_{(N-1)}(2\epsilon)} \dots\dots\dots (1.3.26)$$

여기서 $S_x = S \log(x+b)$, ϵ , r_e 값은 정규변량이므로 Gauss의 정규분포 이론에 의하여 표 1.3.26에서 구한다. 그리고 a , x_0 , b 는 정수인데 그 값은 다음 식으로 계산할 수 있다.

x_0 : 자료의 기하평균 x_g 로서 식 (1.3.27)에서 구한다.

$$\log x_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log x_i \dots\dots\dots (1.3.27)$$

$$b : b = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M b_s \quad (M = \frac{N}{10}) \dots\dots\dots (1.3.28)$$

$$\text{단 } b_s = \frac{x_e \cdot x_s - x_g^2}{2x_g - (x_e + x_s)} \dots\dots\dots (1.3.29)$$

$$a : \frac{1}{a} = \sqrt{\frac{2N}{N-1}} S_x \dots\dots\dots (1.3.30)$$

$$\text{단 } S_x = \sqrt{X_i^2 - X_0^2}$$

$$X_i^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{\log(x_i + b)\}^2 \dots\dots\dots (1.3.31)$$

$$X_0^2 = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log(x_i + b) \right\}^2 \dots\dots\dots (1.3.32)$$

여기서, N : 표본총수, x_i : 변량, S_x : 표준편차

M : 표본총수를 10으로 나누어 $N/10$ 에 가장 가까운 정수를 취함.

$$(N/10 = 22/10 = 2.2 = 2)$$

x_e : 표본의 큰 값에서 차례로 M 개 표본을 취한 값

$$(\text{계산예에서는 } 76 \text{ 및 } 74.4 \times 10^4 \text{m}^3)$$

x_s : 표본의 작은 값에서 차례로 M 개 표본을 취한 값

$$(\text{계산예에서는 } 20 \text{ 및 } 22.1 \times 10^4 \text{m}^3)$$

$\frac{100}{W(\%)} = N \rightarrow \epsilon$, 예를들면 $W = 1\%$ 이면 $N = 100$ 년 이고 $\epsilon = 1.645$ 이다.

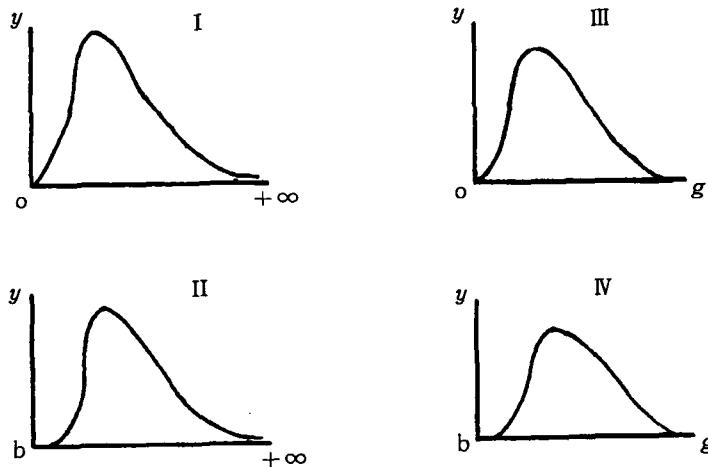


그림 1.3.13 수문량분포형
(*Slade형 분포의 기본형)

표 1.3.26 확률 N 년에 대한 정규변량표

N (년)	ϵ	N (년)	ϵ	N (년)	ϵ	N (년)	ϵ	N (년)	ϵ
2	0.000	37	1.3622	72	1.5560	107	1.6629	260	1.8847
3	0.3045	38	1.3702	73	1.5597	108	1.6654	270	1.8936
4	0.4769	39	1.3782	74	1.5635	109	1.6678	280	1.9022
5	0.5951	40	1.3860	75	1.5672	110	1.6701	290	1.9105
6	0.6858	41	1.3932	76	1.5709	111	1.6725	300	1.9184
7	0.7547	42	1.4008	77	1.5745	112	1.6749	310	1.9260
8	0.8134	43	1.4079	78	1.5780	113	1.6772	320	1.9335
9	0.8634	44	1.4145	79	1.5815	114	1.6795	330	1.9407
10	0.9062	45	1.4213	80	1.5849	115	1.6818	340	1.9476
11	0.9442	46	1.4276	81	1.5883	116	1.6841	350	1.9542
12	0.9780	47	1.4342	82	1.5917	117	1.6863	360	1.9606
13	1.0084	48	1.4404	83	1.5950	118	1.6885	370	1.9672
14	1.0361	49	1.4464	84	1.5982	119	1.6907	380	1.9733
15	1.0614	50	1.4520	85	1.6014	120	1.6929	390	1.9792
16	1.0848	51	1.4578	86	1.6046	125	1.7034	400	1.9850
17	1.1065	52	1.4634	87	1.6077	130	1.7135	410	1.9906
18	1.1263	53	1.4693	88	1.6108	135	1.7232	420	1.9961
19	1.1455	54	1.4746	89	1.6138	140	1.7324	430	2.0014
20	1.1630	55	1.4798	90	1.6168	145	1.7414	440	2.0067
21	1.1798	56	1.4849	91	1.6198	150	1.7499	450	2.0118
22	1.1955	57	1.4901	92	1.6228	155	1.7582	460	2.0166
23	1.2102	58	1.4952	93	1.6257	160	1.7662	470	2.0213
24	1.2246	59	1.4999	94	1.5285	165	1.7739	480	2.0260
25	1.2380	60	1.5047	95	1.6314	170	1.7814	490	2.0305
26	1.2509	61	1.5094	96	1.6342	175	1.7885	500	2.0350
27	1.2639	62	1.5141	97	1.6369	180	1.7955	550	2.0565
28	1.2749	63	1.5180	98	1.6396	185	1.8023	600	2.0757
29	1.2861	64	1.5231	99	1.6423	190	1.8089	650	2.0931
30	1.2967	65	1.5274	100	1.6450	195	1.8153	700	2.1094
31	1.3069	66	1.5317	101	1.6476	200	1.8215	750	2.1242
32	1.3170	67	1.5359	102	1.6502	210	1.8332	800	2.1375
33	1.3270	68	1.5400	103	1.6528	220	1.8446	850	2.1506
34	1.3359	69	1.5441	104	1.6554	230	1.8554	900	2.1630
35	1.3453	70	1.5481	105	1.6579	240	1.8655	950	2.1750
36	1.3537	71	1.5521	106	1.6604	250	1.8753	1000	2.1850

③ Gumbel Chow법

비대칭분포에 대해서 미국에서 널리 사용되고 있는 방법으로 이론적인 정밀성도 비교적 높다. 이 방법에 의하여 구하려는 수문량의 초과확률치 X 는

$$X = \overline{X} + \sigma K$$

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln\left(\ln \frac{T}{T-1}\right) \right\} \dots\dots\dots (1.3.33)$$

여기서, \overline{X} : 수문량의 평균치,
 σ : 표준편차,
 K : 빈도계수 (표 1.3.27),
 T : 재현기간

표 1.3.27 빈도계수 K 의 값

T (년)	200	100	50	25	20	10	5	2
K	3.683	3.137	2.592	2.043	1.867	1.304	0.720	-0.164

(2) 모의발생에 의한 저수량 고갈빈도로 저수량을 구하는 방법

가능한 모든 자료를 분석하여 매년의 저수지 필요저수량이나 하천 취수가능량을 계산한 후, 이 값들을 확률처리하여 해당 설계빈도(보통 10년 빈도)의 저수지 필요저수량과 하천 취수가능량을 구하는 방법이 일반적이지만, 규모가 큰 관개저수지에서 홍수조절을 하거나 타용도(농촌지역의 생활, 공업용수 등)로 용수를 공급하거나 유역배출(유역면적/관개면적)이 적어 다음해 만수가 되지 않은 상태로 영농기를 맞는 경우에는 고갈빈도개념으로 저수량을 구하는 방법을 검토하여 적용하는 것이 바람직하다.

이 방법은 가정한 필요저수량에 대하여 장기간 기상수문자료로부터 경년적으로(Carry-over) 연속하여 포장에서의 감수심과 유역에서의 유입량으로 저수량변화를 모의발생하여 가정한 필요저수량이 분석기간내에 얼마나 부족한가를 해당설계빈도의 고갈율로 나타내는 시행착오법으로 모의발생하여 구하는 방법이다.

고갈률은 전체분석기간 중의 고갈발생년수, 제한급수일수, 공급부족수량 중

어디에 평가의 기준을 두느냐에 따라 적합한 방법으로 저수량의 설계빈도를 구한다.

관개저수지의 이수관리모형인 IRRIMA 모형(김태철, 1994)에서는 일별 저수량변화를 모의발생하여 저수량이 고갈되는 발생년수에 의한 고갈률에 따라 설계빈도에 해당되는 필요저수량을 구하고 있다. 즉, 관측자료가 있는 분석기간이 30년인 경우, 저수량에 대하여 일별물수지분석을 실시하여 저수량이 3회 바닥이 들어나게 되는 경우의 필요저수량을 계획저수량으로 결정하는 것이다.

① 저수지의 고갈발생년수에 의한 고갈률

이 방법은 저수지의 완전고갈이 허용되는 경우에 가장 일반적으로 사용되는 방법으로서 관개용 저수지에는 적합하지만 생활용수를 공급하는 저수지는 고갈을 허용치 않기 때문에 적합하지 않다.

$$P = n_e / n \dots\dots\dots(1.3.34)$$

여기서, P : 저수지 고갈률,

n_e : 저수지 고갈발생년수,

n : 저수지의 전체분석년수

② 저수지의 제한급수일수에 의한 고갈률

이 방법은 용수공급측면에서 저수지의 고갈이 허용되지 않는 생활용수를 공급하는 경우에 적합한 방법이다.

$$P = n_r / n \dots\dots\dots(1.3.35)$$

여기서, n_r : 제한급수일수, n : 전체분석일수

③ 저수지의 공급부족수량에 의한 고갈률

전체기간의 수요량에 대한 공급부족량의 비로 나타내는 이 방법은 일반적으로 좋은 방법이기는 하지만 고갈 및 제한급수의 심각성을 나타내지 못한다.

$$P = V_s / V_d \dots\dots\dots(1.3.36)$$

여기서, V_s : 저수지의 공급부족수량, V_d : 수요량

3.4 시설계획

3.4.1 계획의 기본방침

가. 시설계획의 원칙

수리(水利)시스템은 용수시설시스템 및 관리제어시스템으로 구성되는 종합적 물이용을 위한 체계이다.

용수시설시스템은 용수의 저류, 취수, 배분, 조정 등의 기능을 하는 시설인 댐, 취입보, 용수로, 분수공, 조절지 등의 유기적 연관관계에 의해 구성된다.

시설계획은 기본계획 중의 용수계획 및 수원계획에 기초하여, 기본구상으로 개략 결정한 주요시설의 제원을 정밀조사 결과에 의해 명확히 하고, 수리(水利)시스템으로서의 전체 조화를 감안하여 결정한다. 이 단계에서 유의할 요건은 대략 다음과 같다.

- ① 저수, 취수, 송수 등을 위한 시설의 기능 및 안정성의 확보
- ② 용수의 이용·관리 및 시설관리에 있어서의 합리성의 충족
- ③ 시설의 건설비 및 유지관리비에 있어서의 경제성의 확인
- ④ 시설의 주변 환경과의 조화

또한 시설계획은 결정된 시설의 기초제원으로 개략사업비를 산정해서 사업의 효과를 검토할 수 있도록 필요한 항목에 대하여 충분한 정밀도로 검토해야 한다.

나. 시설의 종류

시설의 종류는 그 기능에 따라 표 1.3.28과 같이 분류한다.

다. 시설계획의 작성순서

시설계획의 작성은 다음의 순서에 의한다.

㉠ 현재의 용수에 대한 문제점과 사업의 개선상 필요한 사항을 명확히 한다. 또한 사업의 시설보강, 시설신설, 기능증강 또는 시설의 통폐합 중의 어느 것에 의하는가를 명확히 한다.

㉡ 계획지구에서 현재의 용수계통을 고려함과 동시에, 지구의 지형, 지질 등을 검토하여, 전체시설의 구성 및 배치, 개개시설의 위치, 형식, 주요제원 등을 정한다.

㉢ ㉡에서 정한 제원들을 종합적으로 검토하여 계획을 수정하는 것이 필요한 경우에는 전체시설의 구성을 재검토한다.

표 1.3.28 용수시설의 종류

명 칭	구 분	공 종
저수시설	이수(利水)를 위한 저수기능을 갖는 시설	저수지, 대규모 조절지, 유지(溜地), 담수호, 지하댐 등
취수시설	이수(利水)를 위한 취수기능을 갖는 시설	취입보시설 (자연취입을 포함), 양수장, 지하수공 등
송·배수(配水) 시설	용수의 송·배수를 위한 수로 조직을 구성하는 시설	용수로(개수로, 사이편, 수로교, 암거, 수로터널, 관수로 등), 분수공, 물넘이, 방수공(放水工), 낙차공, 급류공 등
조절(조정)시설	용수계에 있어서의 수량의 변동을 조절하기 위한 시설	조절지(1일~수일의 장기적 조절기능을 갖는 것), 조정지 팜펀드 : 단시간의 조정기능을 갖는 것) 등
관리제어 시설	용수나 시설의 관리·제어를 위한 시설	기상관측시설, 양수시설, 제어시설, 통신시설, 보호, 보안시설 등

㉞ ㉝에서 결정된 시설계획의 평가에 대하여 검토해서 최종적인 판정을 내린다.

3.4.2 시설용량의 결정

가. 결정시 유의할 점

시설계획에서는 계획한 이수(利水)의 상황에 따라 저수 또는 송·배수에 필요한 시설용량 및 기초제원마다 만족하여야 할 시설의 표고(설치높이)가 기본이 된다. 이들의 확보가 시설의 기능을 충분히 발휘하는데 있어 필요한 조건이다.

취수시설 및 송·배수시설의 용량은 최대치(수로조직에 조정용량이 있는 경우는 이를 고려한 최대치)에 의해 결정하는 것을 원칙으로 한다.

짧은 기간동안 최대용수량이 나타나는 경우의 취수시설 및 송·배수시설 용량은 사업의 경제성을 중심으로 타당성을 검토한 후 결정한다. 이 경우 침투값을 저감시키기 위한 조정시설의 설치, 용수이용상의 윤희관개 도입에 의한

침투값의 저하 (단 지역농업의 전개방향에 합치하는 것이 전제가 됨) 또는 작부체계의 다양화(단일품종, 물관리작업에 기인하는 용수이용의 집중에 대응) 등을 검토하는 것이 효과적인 방법이다.

또한 저수시설에서는 그 설치위치의 하천유황(河川流況)이나 저수가능량의 변동에 의하여 시설의 저수율(貯水率)이 변화하므로, 이 점을 고려한 합리적 용량의 배분 및 시설의 배치를 검토함과 아울러 용수이용에 있어서 탄력적 운영이 가능하도록 배려하여 계획으로 하는 것이 바람직하다.

시설의 표고는 계획취수위나 양수기의 규격을 결정할 때의 기초가 됨과 동시에 용수의 수두(水頭), 시설의 배치 등의 검토에 있어서도 중요한 요소로서, 시설의 경제성에 큰 영향을 준다.

시설계획에서 시설용량의 결정에 있어서는 그 구조 및 운영·유지관리의 안전성을 충분히 고려하고, 소정의 여유나 안전율을 고려하여 결정한다.

나. 계산방법

1) 저수시설 및 조절시설

저수시설 및 조절시설에서는 계획지역의 용수수요량과 수원이용에 의한 공급량과의 물수지를 일정한 시간단위로 분석하여 이용가능한 유효저수용량과 퇴사용량·사사용량 등 이용불가능한 용량을 산정한다. 이 경우 저수시설에서는 설계빈도년에 발생하는 부족량을 보충할 수 있어야 하고, 조절시설에서는 용수를 일시저류함으로써 최대로 수일 정도의 기간동안 수요측 용수이용의 시간적 변동에 합치되도록 용수량을 조절해줄 수 있는 용량을 계산한다.

2) 물수지분석의 시간단위

저수시설 또는 조정시설의 용량을 계산하기 위한 물수지분석의 시간단위는 저수용량의 크기와 기능에 따라 정한다. 일반적으로 연단위, 월단위 주기인 저수용량이 큰 저수지의 물수지분석은 월 평균유출량으로 계산하는 것이 일반적이다. 그러나, 유역면적과 저수용량이 비교적 작은 관개저수지, 갈수기에 각종 용수수요가 경쟁적인 다목적 농촌용저수지, 시설에 의한 발작물관개용 조정지에는 일별 또는 시간별로 물수지를 분석하는 것이 바람직하다. 일본에서는 논관개의 경우, 생육기별로 물소비형태를 고려하여 이앙기에는 일별로, 생육관개기에는 5일별로, 밭관개의 경우, 조정지용량 및 물관리계획 수립에는 일별로 물수지를 분석하는 것이 일반적이다.

(1) 이월 저류량 방법 (Carryover-year control)

연간 감수심이 연간 유입량 보다 커서 갈수년에는 풍수년의 과잉 수량을

저류하였다가 공급해야 하므로 저수용량이 크게 된다. 따라서 몇 년에 한번 월류가 일어나며, 저수지 만수위에서 사수위까지의 변화가 적어도 1년 이상의 주기로 일어나는 대용량의 저수지에서는 이월저류량(Carryover-year)방법이라 하여 분석주기를 연 단위자료로 취해서 물수지분석을 실시한다.

(2) 연내 저류량 방법 (Within-year control)

연간의 감수심이 연간 유입량보다 작아 저수용량이 작으므로 일년에 몇 차례 월류가 일어난다. 또한, 저수지의 만수위에서 사수위까지의 변화가 당해 연도내에서 일어나고 단지 1~2개월간 갈수기간이 지속되는 경우의 물공급을 할 수 있도록 저수용량을 결정하는 방법을 연내저류량 (Within-year)방법이라 하여 분석주기를 월단위자료로 취하여 물수지분석을 실시한다.

(3) 주간 저류량 방법 (Weekly control)

저수지 기능이 작물생육기, 주운 또는 겨울철 등 연중 특별한 시기에만 물을 공급하거나, 물소비형태가 일을 하지 않는 주말(non-working day)에는 물수요가 작아 저수지의 수위가 1주일의 주기로 만수위와 사수위 사이를 변화하는 저수용량이 작은 저수지에서는 분석주기를 일단위(日單位)자료로 취하여 물수지분석을 실시한다.

또한, 물을 저류하지 않고 하천에서 직접 양수하여 도수하는 펌프장과 취입보 등 연속적인 유거형 수자원. 계획에는 일별 물수지분석이 바람직하다. 관개저수지를 다목적으로 이용하기 위해서도 일별 물수지는 필수적이다.

Bratranek(1939)는 월평균유출량으로 물수지분석하는 것은 시간적으로 연속함수인 유출량을 불연속으로 개략 표현하게 되고, 특히 갈수기에 방류율, 유효저수용량 등을 확률적으로 해석하는데는 많은 오차가 발생하게 되며, 일유출량에 의한 저수용량과 월유출량에 의한 저수용량을 비교분석하여 추정 오차식을 유도한 바 있다.

농수산부(1987)는 물수지분석기간을 일별로 하여 구한 저수용량이 월별로 하여 구한 저수용량보다 약 3.5% 정도 작은 것으로 분석하였다. 간단관개 등 효율적인 물관리를 위해서는 일별 물수지분석이 바람직하다고 제안한 바 있다.

(4) 일간 저류량 방법 (Daily control)

저수지의 만수위에서 사수위까지의 변화가 하루를 주기로 일어나는 저수용량이 작은 조정지와 저수탱크에 적용되며, 이 경우 유입량은 조정지의 양수량이며, 감수심은 시설농업의 관개용수량이다. 조정지 규모결정 및 온실(Green house)의 자동관수화 계획에서는 분석주기를 시간단위로 하여 물수지

분석을 실시한다.

3) 취수 및 송·배수시설

취수 및 송·배수시설에 대하여는 최대용수량이 발생하는 시기에 연속한발이 일 어날 가능성을 감안하여, 일반적으로 무강우의 상태에서 발생하는 용수의 일최대량 (최대용수수요량)이 통과할 수 있는 용량에 여유 및 안전을 고려한 용량으로 계획한다.

논관개에서 최대용수량은 썩레질시기, 중간낙수기 직후의 재담수시 등에 많이 나타나지만, 이에 필요한 용수량은 지역농업에서의 영농이나 물관리의 현재상황과 밀접한 관련이 있으므로, 지역농업의 전개방향을 충분히 고려하면서 제원(諸元)을 결정한다.

4) 용수량의 합산

발용수를 동시에 저수 또는 송·배수하는 경우에는 산정된 논용수량에 별도로 계산한 발용수량을 합산한 것을 시설의 용량으로 한다. 즉 논과 밭에 대하여 시기별로 산정한 후 각각의 계획용수량 및 유효저수량을 합산하고, 여기에 사업계획에서 고려해야 할 기타의 용수량을 더하고, 다시 안전율을 가하여 필요한 시설용량(일반적으로 합계치의 최대)을 산정한다.

3.4.3 저수시설

가. 위치선정

저수지의 위치선정에 있어서는 예정지조사 단계에서 개략적인 상황을 검토하여 후보지로 적합하다고 판단될 때에는 실측을 하게 된다. 저수지 위치 선정상 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

㉠ 우선 지형도(1/25,000~1/50,000정도)에서 댐위치와 저수지 부지의 지형을 검토해서 수문자료로부터 계산된 필요저수용량이 확보될 것인지의 여부를 검토하며 이 필요저수용량을 저수하기 위한 댐높이, 수몰지의 범위 및 집수면적을 도상으로 정한다. 필요저수용량의 확보여부는 댐위치 선정의 관건이 되는 사항으로서 예정지조사단계에서 집수면적과 관개면적의 비율에 의해 대강 어림을 잡을 수 있다. 우리 나라에서는 집수면적이 관개면적의 3~4배가 되면 소요저수용량이 확보되는 것으로 보아도 무방하다.

유역면적이 클수록 수량확보면에서는 유리하나 유역면적이 5배 이상되면 물넘이 규모가 커져 건설비가 많이 소요된다.

㉡ 저수지 부지의 지형은 토지경사가 $\frac{1}{350}$ 보다 느린 것이 유리하다. 보통

$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{250}$ 을 택하면 되나 $\frac{1}{250}$ 보다 급한 곳은 내용적상 불리하다.

㉞ 댐의 위치는 안쪽은 평퍼짐하나 막을 자리의 계곡은 좁아서 댐길이가 짧게 되는 곳 또는 두 하천이 합류하는 지점이 유리하다. 다만 후자에 있어서는 암반에 균열이 많거나 단층이 발달되어 있는 경우가 있으므로 주의를 요한다.

㉟ 댐부근의 표층지질도 또는 답사에 의해 댐부지와 저수지부지의 지질적 조건을 조사하여 누수 및 붕괴매물의 가능성이 없는지를 검토한다. 적지로 판단된 후의 기본 조사단계에서는 보링, 물리탐사 등을 행한다. 필요에 따라서는 암질조사와 누수시험도 해야 한다.

㊱ 저수지 적지로 확정된 후에는 지형측량을 포함한 개략측량 및 축제재료의 조사시험을 하여야 한다. 저수지 내용적측량은 댐표고의 1.2배 이상까지 실시하여야 하며 댐 물넘이에 대해서는 중횡단측량과 부근평면측량을 실시해야 한다. 재료의 조사시험은 소정 방법과 소정양식에 따라야 한다.

㊲ 댐축조에 대한 경제성조사를 하여야 한다. 경제성 조사항목에는 댐의 건설비, 수물면적 및 수물물의 보상비, 관련개발의 경제성 등이 있다. 다른 조건이 동일할 때에는 경제성의 비교결과에 따라 저수지의 최종후보지를 결정한다.

나. 물수지분석의 기본구조

물수지분석은 저수지 저류량의 거동을 나타내는 기본 저류방정식 (1.3.37)로 저수지의 저류량 거동을 파악할 수 있다. 분석단위시간 t 는 일단위(日單位)를 취하는 것이 바람직하다.

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t - \Delta E_t - L_t, \quad 0 < Z_{t+1} < C \dots\dots\dots(1.3.37)$$

여기서, Z_{t+1} : 다음의 저류량, Z_t : 어느 날의 저류량, Q_t : 유입량,
 D_t : 방류량, ΔE_t : 호면 증발량, L_t : 기타 손실량,
 C : 유효저수용량

1) 저수지유입량(貯水池流入量)의 계산

저수지 유입량은 관측자료의 유무에 따라 다음 방법으로 계산한다.

(1) 관측자료가 있을 때

당해지점에 강우량과 유출량의 관측자료가 있는 경우에는 강우-유출모형(降雨流出模型)을 설정하여 장기강우자료로부터 장기유출량을 추정한다. 우리 나

라에서 개발되었거나 적용되고 있는 강우-유출모형에는 DAWAST 모형, USDAHL-74 모형, TANK 모형 등이 있다. 인근유역에 유출량 장기관측자료가 있을 때에는 유역면적의 비에 의하여 당해지점의 유량을 추정하거나, 관측지점과 당해지점의 유량사이의 상관식을 구하여 장기유출량을 추정한다.

① DAWAST 모형

관개저수지의 저수용량 및 다목적 이용, 하천의 이·치수계획수립, 하천과 저수지의 수질변화해석, 저수지 침전량과 하천유지용수를 위한 하천유황곡선작성 등 수자원을 보다 합리적으로 계획, 설계 및 관리하기 위하여 필수적인 일유출량의 정확한 추정을 위하여 “한국하천의 일류출량 모형”(DAily WATershed STreamflow model)을 개발하였다. 이 모형은 유출관측자료의 유무, 유역규모와 유역특성인자의 조사여부에 따라 ㉠ 최적화 모형, ㉡ 일반화 모형(회귀모형)과 ㉢ 지역화 모형으로 구성되었다.

유역토양층을 지표면, 불포화층과 포화층의 3개 저수층으로 단순화하고 모형의 매개변수를 최적화하여 일유출량을 모의발생하는 “유역토양수분 추적에 의한 일유출량 모형”을 개발하여 최적화 모형이라 하였다. 수자원개발의 대상지점에서는 2~3년간 수문 자료를 관측하고, 이 최적화 모형을 적용하여 합리적으로 수자원을 계획, 설계 및 관리할 수 있다.

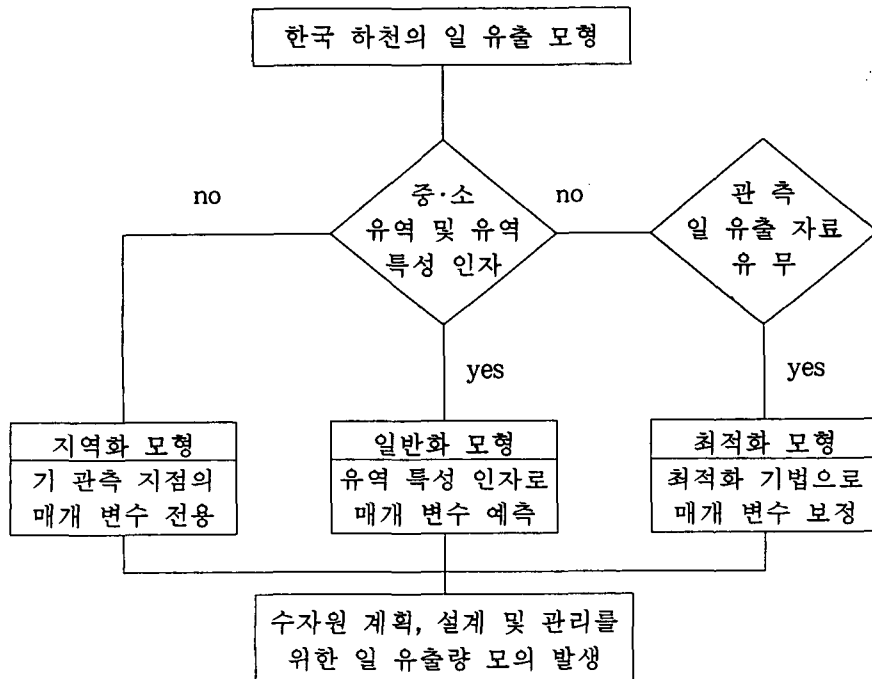


그림 1.3.14 DAWAST 모형과 부모형

a. 모형의 기본구조

유역에 강우가 있으면 차단, 증발, 지표면 저류 등의 초기손실이 이루어지고, 강우가 계속되어 초기손실량보다 크게 되면 침투와 함께 표면유출이 일어난다. 표면유출은 유역의 크기에 따라 지체, 배분되어 나타난다.

한편, 불포화 토양층의 토양수분은 침투로 점차 증가하고, 침투가 계속되어 토양 수분이 불포화층의 포장용수량을 초과하면, 중력에 의하여 하부 포화토양층으로 심층 침투가 이루어져 포화층의 토양수분도 증가하게 된다. 이 포화층의 토양수분이 일정한 값 이상이면 불포화층과 포화층 사이에서 중간유출이 일어나고, 무강수기에는 이 포화층의 토양수분이 누출되어 기저유출로 나타나는 것으로 강우-유출의 유역수문반응을 개념화하였다.

유출에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 토양수분상태이므로, 불포화층과 포화층의 물수지를 일별로 실시하고, 유역토양수분상태를 일별로 추적하여 일 유출량을 추정하였다. 불포화층의 토양수분은 강우에 의한 침투로 증가되고 유역증발산과 심층침투에 의하여 감소되며, 불포화층에서의 물수지방정식은 식 (1.3.38)과 같다.

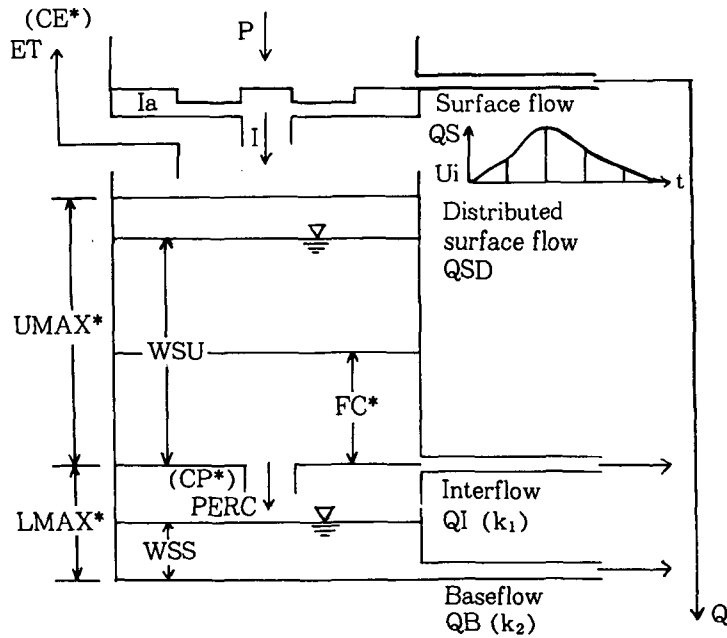


그림 1.3.15 최적화 모형의 개념도

$$WSU_{i+1} = WSU_i + I_i - ET_i - PERC_i \dots\dots\dots (1.3.38)$$

여기서, WSU_i : i 일의 불포화층의 토양수분량 (mm),

I_i : i 일의 침투량 (mm),

ET_i : i 일의 유역증발산량 (mm),

$PERC_i$: i 일의 심층침투량 (mm)

침투량은 강우가 초기손실 이하이면 유효저류능의 계산에 중요성을 두어 모두 침투되는 것으로, 초기손실 이상이면 강우에서 직접유출량을 뺀 양이 침투되는 것으로 처리하였다.

$$I_i = P_i, \quad \text{if } P_i \leq I_a \dots\dots\dots (1.3.39)$$

$$I_i = P_i - QS_i, \quad \text{if } P_i > I_a \dots\dots\dots (1.3.40)$$

유역증발산량은 식 (1.3.41)로부터 증발접시 증발량과 불포화층의 토양수분량으로부터 일별로 추정하였다.

$$ET_i = Eo_i (1 - e^{-CE \times WSU_i}) \dots\dots\dots (1.3.41)$$

$$Eo_i = C \times EP_i \dots\dots\dots (1.3.42)$$

여기서, Eo_i : i 일의 잠재 증발량 (mm),

EP_i : i 일의 증발접시 증발량 (mm),

C : 증발 접시 계수, CE : 유역 증발산 계수

침투가 계속되어 불포화층의 토양수분상태가 유역토양의 포장용수량 보다 크게 되면 증력에 의하여 하부 포화층으로 심층침투가 이루어진다.

$$PERC_i = CP \times (WSU_{i-1} - FC) \times \frac{WSU_{i-1}}{UMAX}, \text{ if } P_i > 0 \text{ and } WSU_{i-1} > FC \dots\dots\dots (1.3.43)$$

$$PERC_i = 0, \quad \text{if } P_i = 0 \text{ or } WSU_{i-1} \leq FC \dots\dots\dots (1.3.44)$$

여기서, FC : 포장용수량 (mm), CP : 심층투수계수
 포화층 토양수분량은 강우시에는 심층침투에 의해 증가하고, 기저유출에 의해 감소된다.

$$WSS_{i+1} = WSS_i + PERC_i - QB_i, \text{ if } P_i > 0 \quad \dots\dots\dots(13.45)$$

$$WSS_{i+1} = WSS_i - QB_i, \quad \text{if } P_i = 0 \quad \dots\dots\dots(13.46)$$

여기서, QB_i : i 일 포화층기저유출량 (mm),
 WSS_i : I 일의 포화층 토양수분량 (mm)

b. 유출의 성분

유출성분을 표면유출, 중간유출과 기저유출 성분으로 분류하고, 상기한 방법으로 유역토양수분을 고려하여 각 성분을 분석한 후, 합산하여 일 유출량을 추정한다.

$$Q = QS + QI + QB \quad \dots\dots\dots (13.47)$$

표면유출은 유효우량으로 유출성분중에서 양적으로 가장 크기 때문에 대단히 중요한 성분이다. DAWAST 모형에서는 미국 SCS의 유효우량방법(1972)을 변형하여 표면유출을 추정하였다.

$$Q = (P - 0.2 S)^2 / (P + 0.8 S) \quad \dots\dots\dots (13.48)$$

$$S = 25,400 / CN - 254 \quad \dots\dots\dots(13.49)$$

여기서, Q : 직접유출량(mm), P : 일강우량 (mm),
 S : 최대잠재저류능 (mm), CN : 유출수 (Curve number)

DAWAST 모형에서는 유역토양수분의 연속처리와 모형의 연속적 모의발생에 적합하도록 SCS의 S 를 식 (1.3.49)의 토양의 최대저류능 개념에서 불포화층의 유효저류능 S_α 개념으로 변형하여 식 (1.3.50)과 같이 최대저류능과 현재의 토양수분량의 차이로 새롭게 정의하였다.

$$S_\alpha = UMAX - WSU, \quad UMAX > WSU \quad \dots\dots\dots (13.50)$$

$$QS = (P - 0.2 S_a)^2 / (P + 0.8 S_a) \dots\dots\dots(1.3.51)$$

여기서, S_a : 유효저류능 (mm),
 $UMAX$: 불포화층의 최대토양수분량 (mm),
 WSU : 불포화층의 토양수분량 (mm),
 QS : 표면유출량 (mm)

중간유출은 포화층 수분량이 최대수분량에 이르기까지는 우선 수직방향으로만 심층침투가 진행되며, 그 이상이 되면 포화층의 최대수분량 이상의 심층침투량은 수평방향의 중간유출로 나타나는 구조를 적용하였으며, 중간유출은 감수곡선계수 k_2 에 따라 결정된다.

$$QI_i = (1 - k_2) \times (WSS_i - LMAX), \text{ if } WSS_i > LMAX \dots (1.3.52)$$

$$QI_i = 0, \quad \text{if } WSS_i \leq LMAX \dots\dots\dots(1.3.53)$$

여기서, QI_i : i 일의 중간유출량 (mm),
 $LMAX$: 포화층의 최대수분량 (mm),
 k_1 : 중간유출 감수곡선계수 ($0 < k_1 < 1$)

포화층의 수분량은 심층침투에 의해 보충되고, 포화층의 기저유출량은 포화층 수분량과 기저유출 감수곡선계수 k_2 에 따라 결정된다.

$$QB_i = (1 - k_2) \times WSS_i \dots\dots\dots(1.3.54)$$

여기서, QB_i : i 일의 기저유출량 (mm), k_2 : 기저유출 감수곡선계수

c. 추적성분

유출의 시간적 분포에 관한 추적매개변수인 일별배분율 (U_i)과 감수곡선계수 (k)를 기존의 수문자료로부터 분석하여 미리 결정한다.

일별배분율은 Bernard (1935)가 제안한 방법으로 복합 강우-유출 사상으로 부터 구하며 유효우량과 유출량과의 관계로부터 구한다.

$$QSD_i = \sum_{j=i-n+1}^i U_{i-j-1} QS_j \dots\dots\dots (1.3.55)$$

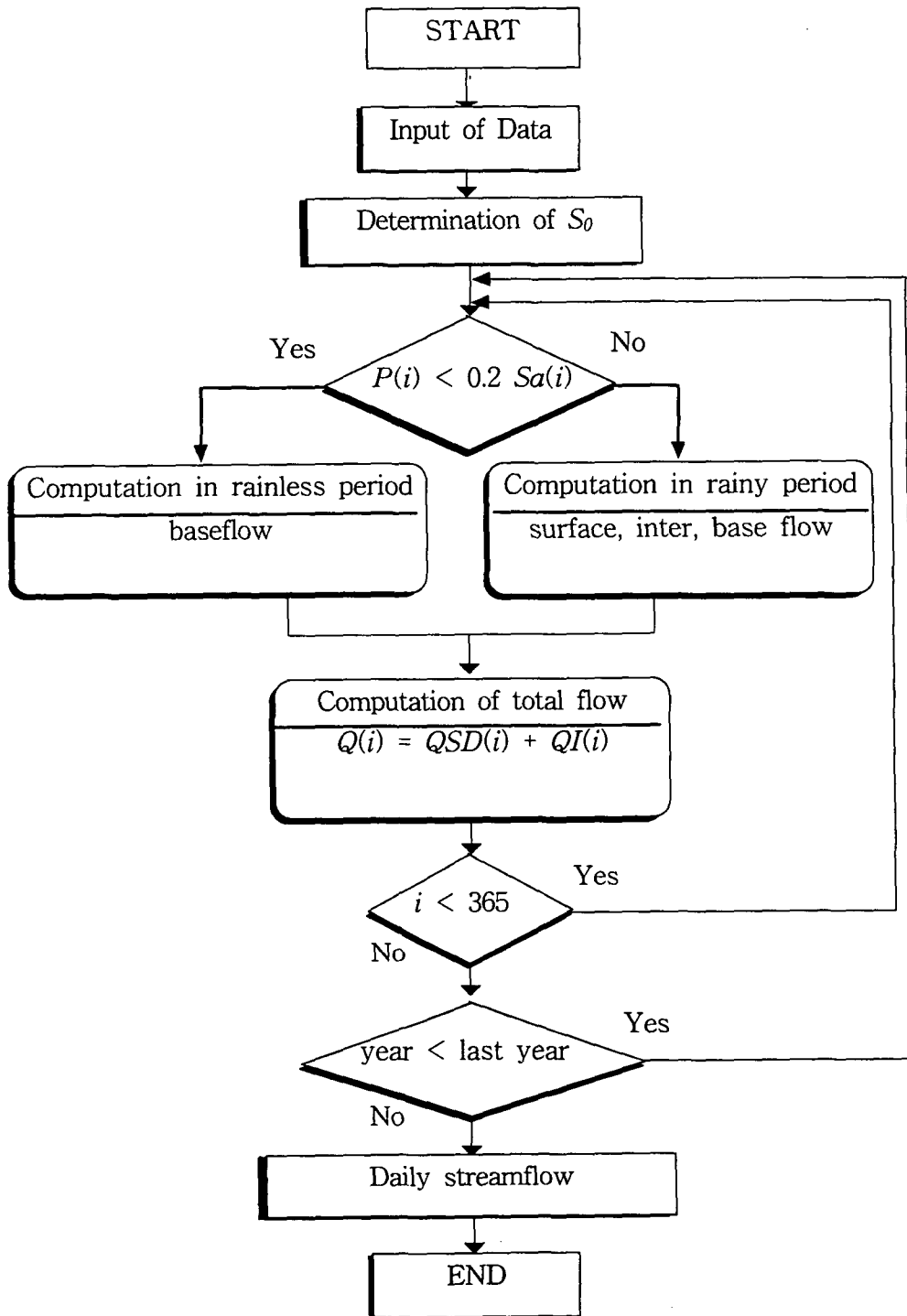


그림 1.3.16 최적화 모형의 흐름도

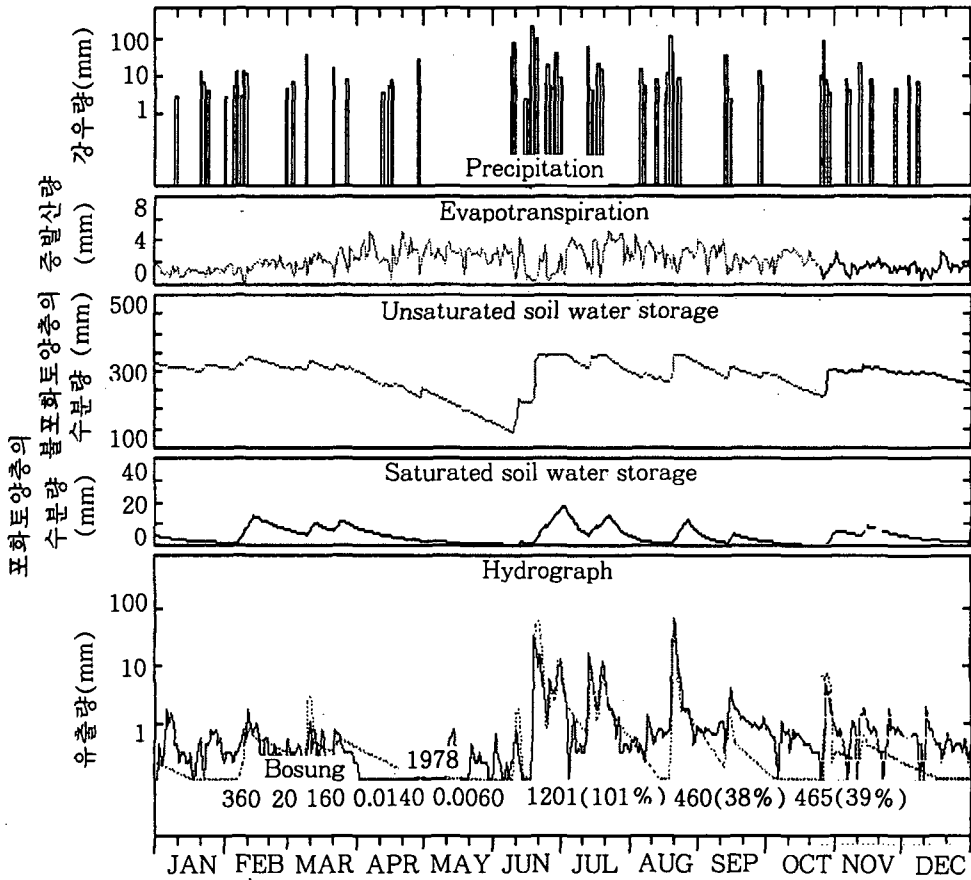


그림 1.3.17 DAWAST 모형에 의한 유역 수문반응해 예

$$\sum_{i=0}^n U_i = 1.0 \quad \dots\dots\dots (1.3.56)$$

강우가 발생하면 수문곡선은 상승하여 침투부를 지나 표면유출이 끝나면 중간유출과 기저유출로 점차 하강하게 되며, 감수부의 수문곡선은 식 (1.3.57) 과 같이 감수곡선 계수에 따른 지수함수 형태를 나타낸다.

$$Q = Q_0 \times k^t \quad \dots\dots\dots (1.3.57)$$

여기서, Q : 유출량, Q_0 : 초기유출량, k : 감수곡선계수, t : 단위시간

표 1.3.28 DAWAST 모형의 적용 매개변수

구분	물 수지 매개변수					추적 매개 변수					비 고
	UMAX (mm)	LMAX (mm)	FC (mm)	CP	CE	U ₁	U ₂	U ₃	k ₁	k ₂	
값	320	30	130	0.020	0.007	0.52	0.37	0.11	표 3.29		

표 1.3.30 월별 중간·기저 유출 감수곡선계수

월	$k = a + b \times \log_{10} A \text{ (km}^2\text{)}$				월	$k = a + b \times \log_{10} A \text{ (km}^2\text{)}$			
	k ₁		k ₂			k ₁		k ₂	
	a	b	a	b		a	b	a	b
1	0.793	0.027	0.921	0.014	7	0.568	0.056	0.837	0.020
2	0.809	0.021	0.933	0.011	8	0.617	0.044	0.827	0.022
3	0.802	0.019	0.937	0.008	9	0.650	0.051	0.879	0.017
4	0.676	0.041	0.872	0.018	10	0.792	0.022	0.948	0.002
5	0.678	0.041	0.895	0.007	11	0.743	0.036	0.937	0.009
6	0.626	0.057	0.836	0.029	12	0.776	0.031	0.897	0.019

모형은 UMAX, LMAX, FC, CP, CE 등 5 개의 물수지 매개변수와 U_i, k₁, k₂ 등 3개의 추적매개변수로 구성되어 있으며, 이들을 최적화 기법으로 보정한다.(표 1.3.29 참조) 이상의 기본 열개를 갖는 최적화 일 유출량 모형의 흐름도와 적용결과의 일례는 각각 그림 1.3.16, 1.3.17과 같다.

② TANK 모형

菅原(1978)의 탱크모형은 3~5개의 저류층으로 구성되어 유역에 따라 직렬 또는 병렬로 연결하여 유역반응을 표현하는 것으로서 일본의 많은 유역에 적용하여 실용화된 모형이다.

佐藤(1982)는 TANK 모형은 보정해야 할 매개변수가 너무 많아 이를 어떻게 단순화하느냐가, 또한 각 탱크의 수와 수위, 유출공의 크기, 침투공의 크기 등 매개변수들이 기계적인 반복에 의하여 보정, 결정될 뿐, 수문반응의 물리적 의미가 없이 구성되어 있어 원칙적으로는 무계측 수문지점에서는 적용할

수 없기 때문에 어떻게 매개변수를 표준화시킬 수 있는지가 해결해야 할 문제점이라고 지적하고 있다. 또한, TANK 모형은 일본 유역의 지표면은 연중 습윤한 상태라고 보아 토양수분변화를 고려하지 않은 점도 주의해야 할 것으로 평가하고 있다.

우리 나라에서는 영산강(1973), 금강(1980) 유역수문기본계획에서 유역을 유출공과 침투공을 가진 저류탱크로 간주하고 유출계수와 침투계수를 보정하여 TANK 모형을 도입하여 설계에 적용한 바 있다. 이외에도 “관개조직의 일별조작을 위한 일유출량예측”, “장·단기유출 탱크모형”, “중소유역의 일별용수수급해석을 위한 하천망 모형의 개발” 등에 탱크모형을 적용하였다.

TANK 모형의 기본구조는 다음과 같다.

a. 유출량

그림 1.3.18의 TANK 모형으로부터 유출량은 다음과 같이 정의된다. q_1 은 지표유출성분, q_2 는 중간유출량성분, q_3 는 기저유출량성분으로 가정할 수 있다.

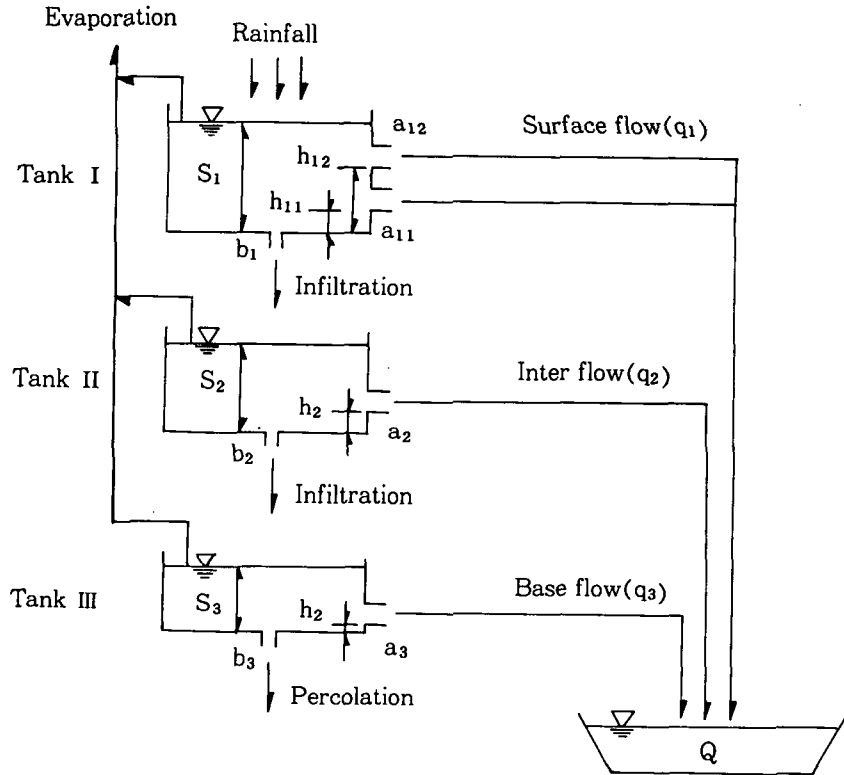


그림 1.3.18 탱크모형의 기본구조

$$Q_t = q_1 + q_2 + q_3 \dots\dots\dots(1.3.58)$$

여기서, Q_t : t일의 일유출량, q_1 : 상단 tank로부터의 유출량성분,
 q_2 : 하단 tank의 유출량성분, q_3 : 하단 tank의 유출량성분

지표유출량 q_1 은 상단 tank에 있는 2개 유출공에서의 유출량의 합으로 정의된다.

$$q_1 = q_{11} + q_{12} \dots\dots\dots(1.3.59)$$

여기서, q_{11} : 상단 tank의 상부유출공에서의 유출량,
 q_{12} : 상단 tank의 하부유출공에서의 유출량

각 유출공에서의 유출량은 식 (1.3.60), (1.3.61)의 저류량-유출량의 관계로부터 다음과 같이 정의된다.

$$q_{11} = a_{11} (S_1 - h_{11}), \quad \text{when } S_1 > h_{11} \dots\dots\dots(1.3.60)$$

$$q_{12} = a_{12} (S_1 - h_{12}) \quad \text{when } S_1 > h_{12} \dots\dots\dots(1.3.61)$$

여기서, S_1 : 상단 tank의 저류량,
 h_{11}, h_{12} : 상단 tank의 유출공 높이,
 a_{11}, a_{12} : 각 유출공의 저류계수

중간유출, q_2 는 다음과 같다.

$$q_2 = a_2 (S_2 - h_2), \quad \text{when } S_2 > h_2 \dots\dots\dots(1.3.62)$$

여기서, S_2 : 중간 tank의 저류량, h_2 : 유출공의 높이, a_2 : 저류계수
 기저유출, q_3 는 다음과 같다.

$$q_3 = a_3 (S_3 - h_3), \quad \text{when } S_3 > h_3 \dots\dots\dots (1.3.63)$$

여기서, S_3 : 하단 tank의 저류량, h_3 : 유출공의 높이, a_3 : 저류계수

b. 저류량과 배수량

각 tank에서의 저류량 S 는 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$S_{i,t} = S_{i,t-1} + U_{it} - q_{it} - E_{i,t} - D_{i,t} \dots\dots\dots (3.64)$$

여기서, $S_{i,t}$: t 일의 i tank의 저류량,

$S_{i,t-1}$: $t-1$ 의 저류량,

U_{it} : t 일의 강수량 또는 $i-1$ 번 tank로 부터의 유입량,

q_{it} : t 일의 유출량,

$E_{i,t}$: 증발산량,

$D_{i,t}$: $i+1$ 번 tank 또는 저류권역 아래로의 배수량

식 (1.3.64)에서 U 의 값은 상단 tank의 경우는 R , 중간과 하부 tank에서는 각각 D_1, D_2 가 된다. R 은 일강수량이다.

각 tank로부터 그 하단의 tank 또는 저류권역 아래로의 배수량은 다음과 같다.

$$D_i = b_i \cdot S_i \dots\dots\dots(1.3.65)$$

여기서, D_i : i tank의 배수량, S_i : 저류량, b_i : 배수계수

각 tank로부터의 증발산량은 t 일의 실제증발산량 중 상부 tank에서의 증발산량의 잔량으로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$ET_i = ET_a - \sum_{j=1}^{i-1} ET_j \dots\dots\dots(1.3.66)$$

여기서, ET_i : i tank의 증발산량, ET_a : 실제증발산량이며

$\sum ET_j$ 항은 상부 tank에서의 증발산량의 합이 된다.

c. 유역증발산량

tank모형에서의 장기간의 유출량은 궁극적으로 총 강수량으로부터 총 증발산량과 하단 tank의 총 배수량의 합을 뺀 값으로 정의된다. 저류권역 이하로의 침윤량은 상대적으로 작은 값이므로, 유역으로부터의 증발산량의 추정결과에 따라 유출량이 결정되게 된다. 따라서, 유역증발산량의 정확한 추정은 일유출량의 추정에 있어서 매우 중요하다. 한 지점에서의 증발산량은 다음과 같이 표시된다.

$$ET_a = K_s \cdot K_c \cdot ET_p \dots\dots\dots(1.3.67)$$

여기서, K_s : 토양수분계수, K_c : 작물 및 유역피복계수
 잠재증발산량의 추정방법은 Penman 식(1948)이 가장 적절한 것으로 추천하고 있다.

Penman 식에 의한 잠재증발산량의 추정에는 기온, 풍속, 상대습도, 일조시간 등이 필요하다. 기상자료가 미비한 지역에는 pan 증발량과 Penman 식에 의한 잠재증발산량의 관계식으로부터 추정할 수 있다.

$$ET_p = a E_{pan} + b \dots\dots\dots(1.3.68)$$

여기서, E_{pan} : 증발량, $a \cdot b$: 회귀식의 계수
 토양수분의 감소에 따른 실제증발산량은 유역의 저류량에 따른 지수함수적인 변화를 고려하여 Beken(1979) 등이 제시한 방법을 이용하여 다음과 같이 표시하였다. 식 (1.3.69)에서 α 값은 유역증발산량의 추정을 통하여 $\alpha = 0.1$ 로 하였다.

$$K_s = 1 - \exp(-\alpha \cdot S) \dots\dots\dots(1.3.69)$$

여기서, α : 매개변수, S : 유역의 총 저류량이다.
 실제증발산량은 유역의 작물 및 식생 등의 피복상태에 따라 동일한 잠재증발산량에 대하여 상이한 값을 보이는 것으로 알려져 있다. 잠재증발산량에 대한 실제증발산량의 비를 유역피복계수 또는 작물계수라고 한다.

$$ET_a = K_c \cdot ET_p \dots\dots\dots(1.3.70)$$

여기서, K_c : 유역피복계수(작물계수)
 TANK 모형의 입력자료는 ① 유역의 지상인자, ② 모형의 매개변수, ③ 모형의 초기저류량, ④ 계산기간, ⑤ 일별 강우량과 pan 증발량자료 등으로 구성된다.
 TANK 모형의 매개변수 보정을 위하여 Rosenbrock 등의 최적화기법을 적용하게 된다. 최적화기법에 의하여 일별 실측유출량과 추정치와의 잔차의 평방제곱근을 최소로 하는 매개변수를 구하였다.

TANK 모형의 출력자료는 ㉠ 입력자료의 결과, ㉡ 유역의 월평균 작물피복 계수, ㉢ 일별, 순별, 월별, 강우별, 유출량 등으로 구성된다.

③ USDAHL-74 모형

USDAHL-74 모형은 1974년 미국 농무성 수문연구소(USDAHL)에서 농업 유역에 대해서 개발되었으며, 유역수문반응의 물리적 의미를 가진 매개변수로 이루어졌기 때문에 유역특성으로부터 무계측 수문지점에도 적용할 수 있는 모형이다. 또한 유역을 수문반응이 균일한 여러 개의 지대로 구분하며 또한 동일지대에서도 지하수의 흐름을 고려하여 몇개의 토층으로 분할하므로 많은 입력자료와 현지 조사량이 필요하고 많은 매개변수로 구성된 정교한 분포형 유역수문모형이다.

a. 모형의 구조

이 모형은 토양의 저류, 침입, 증발산, 지표면류, 하천류 추적, 지하수 등 수문순환의 거의 모든 과정을 다 포함하고 있다. 이 모형은 1개의 주프로그램과 13개의 부프로그램으로 구성되어 있다.

모형의 입력자료는 유역 파라미터, 절점 강수량, 주간 평균증발량, 주간 평균기온 등이다. 유역 파라미터는 지형, 토양, 지대, 추적, cascading 순서, 토지 이용 등 유역에서 일어나는 여러 가지 수문현상에 큰 영향을 미치는 자료이다. 대부분의 파라미터는 지형도, 토양도, 토양설명서, 식생 및 농업조사 등으로부터 얻을 수 있으나 이와같이 직접 얻을 수 없는 파라미터는 보정과정을 통하여 얻어야 한다. 이 모형의 측정 파라미터는 43개, 보정 파라미터는 4개정도이다. 파라미터에 대한 자세한 설명과 결정방법은 USDAHL-74 모형의 사용자 설명서에 상세히 기술되어 있다.

모형의 출력자료는 13가지의 각종 수문량이 있으며 매 실행시마다 항상 출력되는 표준출력은 강수량, 증산량, 증발량과 유출량의 월, 년, 합계이고 대부분의 일단위 수문량 정보는 임의 선택되도록 되어 있다. 또한 유역전체에 대한 값과 지대별 값을 구분하여 출력시키도록 되어 있다. 폭우 수문곡선은 입력자료로서 원하는 날짜를 입력하기만 하면 그 날짜에 해당되는 수문곡선에 대한 자료가 출력된다.

b. 모형의 이론적 배경

모형의 강우자료는 유역을 대표할 수 있도록 조정된 강우와 강설로 입력되며, 강설량은 강우와 구분되도록 하여 식 (1.3.71)에 의하여 일 용설량으로 계산되어 강우량으로 치환된다.

$$MELT = C \cdot (T - THAW) \cdot (1.0 - 0.5 \times VEG) + 2P \quad \dots\dots\dots(1.3.71)$$

여기서, *MELT* : 지표면에서의 일 용설량(mm), *C* : 계수,
T : 주간 평균 기온(°C), *P* : 일강수량(mm),
THAW : 용설이 시작되는 기온(°C),
VEG : 식생밀도의 가중평균치

모형에서의 잠재증발산량은 계기증발량(Class A pan), 식생피복의 성장, 토양의 저류능 등의 선형함수로써 식 (1.3.72)와 같이 나타내 진다.

$$ET = GI \cdot K \cdot P \cdot \{(S - SA) / AWC\}^X \quad \dots\dots\dots(1.3.72)$$

여기서, *ET* : 잠재증발산량 (mm/d),
GI : 작물 또는 식생의 성장지수(%)
S : 토양의 전 공극률,
SA : 토양의 가용공극률,
X : *AWC/G*
K : *GI*/계기증발량(mm/d),
AWC : 증발산에 대한 배수가능한 공극률,

지표면에서의 침투능은 식 (1.3.73)과 같은 Holtan 식에 의해 계산되나, 식 (1.3.73)의 *a*에 대한 계절적인 변화요인으로서 *GI*를 적용하여 식 (1.3.74)로서 침투능을 계산한다.

$$f = a \cdot S_a^{1.4} + f_c \quad \dots\dots\dots(1.3.73)$$

$$f = GI \cdot a \cdot S_a^{1.4} + f_c \quad \dots\dots\dots(1.3.74)$$

여기서, *f* : 침투능(mm/h),
a : 지표면공극률 지수,
S_a : 표토의 유효공극률(mm),
f_c : 최후침투능

침투량을 초과하는 경우는 지표유출로써 나타나며, 지표류를 연속방정식으로 나타내면 다음의 식 (1.3.75)와 같다.

$$q_o = ova \cdot D^n \dots\dots\dots (1.3.75)$$

여기서, q_o : 지표류(mm/h),

n : 흐름상태에 따른 계수,

ova : 조도, 경사장 및 경사도에 따른 계수

하천유출과 기저유출은 지표류에 대한 연속방정식과 토양의 저류방정식을 연립하여 계산한다. 저류방정식은 식 (1.3.76)과 같다.

$$S = m_c \cdot q - (q/ova)^{0.6} \dots\dots\dots (1.3.76)$$

여기서, m_c : 하천유출의 감퇴곡선계수로 유역의 홍수수문곡선에서 얻는다.

토양내에 침투된 물은 증발산, 증력수 종방향침윤 및 측방유동으로 분배된다. 모형에서는 토양을 여러개의 토층간의 수분이동을 식 (1.3.77)에 의해 계산한다.

$$SUBPUT_{L+1} = t \cdot C \cdot (G - SA)/G \dots\dots\dots (1.3.77)$$

여기서, $SUBPUT$: 다음 층으로 침윤되는 양,

L : 토층, t : 시간증분,

C : 최대공극률, G : 증력수 저류능

c. 파라미터 보정 및 적용예

이 모형을 유역에 적용하기 위해서는 각종 파라미터 값을 결정하고 그 다음 보정과정을 통하여 그 값을 확정하여야 한다. 보정이란 실측 및 모의발생 유출량 사이의 차이를 없애는 방향으로 처음에 가정한 각종 파라미터 값을 변화시켜 그 값을 결정하는 절차를 말한다.

이 모형에서 중요한 것은 지대 구분이다. 즉 유역의 유출량 발생에 영향을 미치는 유역파라미터 값이 균일하게, 소위 수문학적 동질성을 가지는 면적으로 분해한다.

지하수 재충전(GR), 증발산 상한온도(TU), 증발산비 (E/TEP), 융설온도 ($THAW$) 등으로 모의발생초기에 가정한 값으로부터 계속 그 값을 변동시키면서 유출량을 모의발생시키는 과정에서 실측 유출량과 모의발생 유출량사이의 차이가 가장 적은 파라미터 값의 조합을 선택하여 최종 파라미터 값으로

결정하게 된다.

보정의 순서는 전체적으로 보아 먼저 월, 년별 유출량을 일치시키고 그 다음 수문곡선의 모양을 일치시키게 된다.

이 모형의 보정에서는 대부분 파라미터가 물리적 의미를 가지고 있으므로 지형도, 토양도, 지질도, 토양유설명서 등 기존자료로부터 얻을 수 있고, 모형 내부의 계산과정이 지표 및 토양내의 물이동에 대한 확정된 물리적 과정으로 구성되어 있으므로, 어느 한 특정 파라미터의 유역물수지에 미치는 영향이 크지 않아 이 모형의 파라미터가 안정화되어 있다.

유역수문모형의 보정은 모형내부의 계산과정이 완전히 이해되어야 하고, 초기값의 결정이 중요하며 많은 경험을 필요로 하고 시행착오법이므로 시간이 오래 걸리는 등 어려운 작업이다. 그러나 일단 어느 한 유역에서의 파라미터 값이 결정되면 유역특성이 근본적으로 변화하지 않는 한 상수값이 되므로 강수량, 평균기온, 평균증발량의 자료만으로도 시간단위의 수문곡선은 물론 일 또는 월단위의 장기유출량도 모의발생 시킬수 있게 된다.

이 모형을 5.89km²의 도척시험유역에 적용하여 유역의 장기유출해석을 시도하였다. 1985년 6.1~12.31 사이의 관측 강우-유출자료로부터 파라미터를 보정하고, 절점 강수량, 주간평균 일기온, 주간평균 일증발량 자료를 입력하여 얻은 모의발생 일유출체적과 실측된 일유출체적을 비교한 결과 보정기간의 실측유출량은 707.7mm로서 보정된 파라미터를 이용한 모형의 모의발생 유출량 712.2mm와는 약 0.63%의 오차로서 거의 일치하고 있다.

일유출량에 대한 실측 및 모형발생값을 비교하면 시각적으로도 첨두유량 몇 개소와 일부 감수곡선의 하강부를 제외하고는 거의 일치되는 경향을 나타내었다. 이 경향을 통계적으로 비교한 바 실측 일유출량과 모의발생 일유출량 사이의 상관계수는 0.91로서 양자간 아주 높은 상관을 나타내고 있어 유역 파라미터의 값은 적절한 것으로 판단되었다.

(2) 관측자료가 전혀 없을 때

유역특성인자로부터 모형매개변수를 추정하여 일유출량을 모의발생할 수 있는 DAWAST 모형이나 TANK 모형을 적용할 수 있다. 지금까지는 Kagiyama(梶山, 1929)의 월수수량공식이 널리 사용되어 왔으나, 앞으로는 유역에서의 강우-유출반응을 컴퓨터를 이용하여 모의발생하는 일유출량 추정모형의 활용이 요망된다. 왜냐하면, 일유출량 추정이 가능해야 관개저수지의 일별 물수지 분석이 가능하고 하천에서의 유황분석이 가능하기 때문이다.

① 무계측하천에 적용가능한 DAWAST 모형

최적화 모형인 “유역토양수분 추적에 의한 일유출량 모형”은 수문관측이 있는 지점에서만 적용 가능하기 때문에, 기본계획수립을 위한 예비설계 또는 수문관측을 실시할 시간적, 경제적 여유가 없는 수리설계를 위하여 관측유출자료가 전혀 없는 무계측 하천에서도 일유출량을 추정할 수 있는 모형개발이 필요하다. 이를 위하여 우리 나라 57개 수문지점에서의 지형, 토양, 토지이용, 지질인자 등 유역특성으로부터 최적화 모형의 매개변수를 추정하는 관계식을 유도하였다. 구해진 매개변수를 “유역토양수분 추적에 의한 일유출량 모형”에 적용하여 무계측 하천에서도 일유출량을 추정할 수 있는 모형을 개발하여 일반화 모형이라 하였다. 표 1.3.31은 무계측 유역에 적용가능한 일반화모형의 매개변수의 종류와 내용을 표시한 것이다.

유역규모에 따라 유역특성인자만으로 무계측하천에서도 표 1.3.32~1.3.34의 추정방정식으로부터 물수지 매개변수를 추정하여 일유출량을 모의발생할 수 있다.

농업수자원 개발의 주대상이 되는 중소유역에서는 대체로 장기간의 유출자료가 없기 때문에 이 일반화 모형의 유용성은 대단히 크다.

매개변수 추정방정식은 통계적인 다중회귀식이어서 물리적 의미를 부여할 수 없으므로, 추정된 매개변수의 값이 이미 분석된 값의 최대치를 초과할 때는 최대치를 택하고, 최소치보다 작을 때는 최소치를 택하는 것이 바람직하다.

표 1.3.31 변수의 종류와 내용

매개변수의 종류		매개의 변수내용	
종속변수		UMAX : 불포화층의 최대토양수분량 (mm) LMAX : 포화층의 최대수분량 (mm) FC : 포장용수량 (mm) CP : 심층침투계수 CE : 유역증발산계수	
독립변수	지형인자	X ₁ : 유역면적 (km ²)	X ₂ : 주하천장 (km) X ₃ : 주변장 (km) X ₄ : 유역경사 (%)
	토양인자	X ₅ : 수문토양군 A (%) X ₆ : 수문토양군 B (%) X ₇ : 수문토양군 C (%) X ₈ : 수문토양군 D (%)	
	토지이용인자	X ₉ : 발면적(%), X ₁₀ : 논면적(%), X ₁₁ : 산림면적 (%)	
	수문지질인자	X ₁₂ : 화성암류(%), X ₁₃ : 퇴적암류(%), X ₁₄ : 변성암류(%)	

표 1.3.32 소유역 매개변수 추정방정식 ($A < 250\text{km}^2$)

종속변수	추정방정식
UMAX	$289.94 + 0.3154 X_1 - 1.4036 X_3 + 1.4545 X_{11} - 0.6739 X_{13}$
LMAX	$19.97 - 1.2229 X_4 + 0.1150 X_7 + 0.3332 X_8 + 0.0769 X_{14}$
FC	$90.30 + 1.9205 X_2 - 0.4113 X_3 + 4.6079 X_4 + 6.8372 X_5$
CP	$0.0145 - 0.000063 X_2 + 0.000041 X_7 + 0.000154 X_9$
CE	$0.0077 - 0.000012 X_1 + 0.000111 X_2 - 0.000032 X_8$

표 1.3.33 중유역 매개변수 추정방정식 ($250 \text{ km}^2 < A \leq 1,000\text{km}^2$)

종속변수	추정방정식
UMAX	$380.53 - 5.1977 X_{10} - 1.6019 X_{13} + 0.2993 X_{14}$
LMAX	$25.02 + 1.5794 X_5 + 0.8127 X_9 + 0.7647 X_{11} - 0.7212 X_{12} - 0.6802 X_{13}$ $- 0.6384 X_{14}$
FC	$233.09 - 0.1846 X_1 + 0.7474 X_3 + 1.6946 X_7 - 2.7813 X_9 - 4.2534 X_{10}$ $- 1.3910 X_{11} - 0.5243 X_{13}$
CP	$- 0.0352 + 0.000020 X_1 - 0.000087 X_3 + 0.000696 X_5 + 0.000118 X_6$ $+ 0.000663 X_9 + 0.000705 X_{10} + 0.000457 X_{11}$
CE	$0.0264 - 0.000008 X_1 + 0.000054 X_3 - 0.000681 X_4 - 0.000438 X_5$ $- 0.000308 X_9 - 0.000280 X_{10} - 0.000150 X_{11}$

표 1.3.34 대유역 매개변수 추정방정식 ($A > 1,000\text{km}^2$)

종속변수	추정방정식
UMAX	$324.0 - 0.0612 X_3 + 0.9581 X_6 - 2.8831 X_9 + 0.3866 X_{12}$
LMAX	$47.2 - 0.1194 X_7 - 1.1277 X_{10}$
FC	$151.8 - 0.4888 X_{13}$
CP	$0.00797 - 0.00000036 X_1 + 0.0000199 X_2 + 0.000681 X_4 + 0.0000969 X_5$ $+ 0.000101 X_{13} + 0.0000355 X_{14}$
CE	$0.00875 - 0.0000186 X_2 + 0.00000844 X_3 + 0.0000573 X_8 - 0.0000716 X_{13}$

표 1.3.35 추정 매개변수의 최대치와 최소치

매개변수	UMAX(mm)	LMAX(mm)	FC(mm)	CP	CE
최대치	400	40	210	0.014	0.009
최소치	250	10	106	0.022	0.005

② 무계측하천에 적용가능한 TANK 모형

유역특성에 따른 매개변수의 변화를 구명하여 TANK 모형을 우리 나라의 무계측지점에서도 적용할 수 있는지 그 가능성을 검토하였다.

유역특성인자로부터 TANK 모형의 매개변수를 예측하기 위한 우리 나라 10개 유역을 대상으로 연구한 결과를 적용하여 무계측하천에서도 일유출량을 추정할 수 있게 되었다.

유역별 최적매개변수와 지상인자와의 상관성을 규명하기 위하여 유역별 지상인자와유역별 최적매개변수와의 상관관계를 분석하였다. 여기서는 이들 변수의 정상치, 대수치 등의 조합에 대하여 Stepwise 방법에 의한 다중회귀분석을 실시하였다.

그 결과, 모형의 매개변수에 영향을 주는 인자로 ① 유역면적, ② 형상계수, ③ 논구성비, ④ 밭구성비, ⑤ 임야구성비 등의 5가지로 압축하였다. 유역별 매개변수와 이들 각 인자, 혹은 인자의 조합과의 관계를 고려하여 표 1.3.36과 같이 보정매개변수 추정식을 결정하였다.

표 1.3.36 수정 탱크모형의 매개변수 추정방정식

parameter	Regression equations	r ²
a ₁₁	a ₁₁ =0.107+0.01 log (Area)	0.561
a ₁₂	a ₁₂ =-0.192+0.001 × (forest)-0.001 × (length)	0.756
a ₂	a ₂ =0.089+0.004 × log(Area)-0.002 × (upland)	0.860
a ₃	a ₃ =0.005+0.00026 × (length)	0.742
b ₁	b ₁ =0.616-0.042 × log(Area)-0.002 × (forest)	0.949
b ₂	b ₂ =0.067	
b ₃	b ₃ =0.005654+0.021784 × (f)-0.0015781 × log(length)	0.640
h ₁₁	h ₁₁ =5.495+0.564 × log(Area)	0.518
h ₁₂	h ₁₂ =-70.256+1.283 × (forest)+188.991 × (f)	0.970
h ₂	h ₂ =-2.060+5.8821 × log(Area)-0.369 × (length)	0.733
h ₃	h ₃ =0	

※ Area : km², Length : km, Paddy, Upland, Forest : %

③ Kajiyama(梶山)의 월수수량공식

지금까지 저수지의 물수지분석은 Kajiyama 식에 의한 순별유입량과 Blaney- Criddle 식에 의한 증발산량 추정을 기초로 순별로 수행되어 왔다.

우리 나라 24개 본류하천에서 10년간 관측한 자료를 분석하여 1929년 발표된 Kajiya의 월수수량 공식은 우리 나라 수자원개발의 출발점이었고 대단히 큰 공헌을 해왔고 지금도 중요한 역할을 담당하고 있다. 그러나, 시대적 발전에 비추어 이 공식은 월, 순단위 유출량이라는 구조적 문제점과 정확도와 일반성에 있어서 많은 문제점이 지적되고 있어 사용할 때에는 주의를 요하며 가능한한 사용을 자제하는 것이 좋다.

왜냐하면, 저수용량이 크지 않은 대부분의 관개저수지에서의 저수량 관리를 위한 유입량을 월·순별로 물수지분석하면 저수지의 저수량거동과 하천의 유출량 변화, 저수지와 하천의 수질 변화, 담수호의 제염관리, 염분토양의 용탈 등을 일별로 연속적으로 파악할 수 없기 때문에 효율적인 이수관리가 불가능하기 때문이다. 일본과 미국 등에서도 논관개의 경우, 생육기별로 물 소비형태를 고려하여 이앙기에는 일별로, 관개기에는 5일별로, 밭관개의 경우, 조정지 용량 및 물관리 계획수립에는 일별로 물수지분석하는 것이 일반적이다. 특히, 컴퓨터 모형으로 유역에서의 물의 거동을 모의발생하는 시대적 기술추세를 보더라도 일별 물수지분석에 의한 이수관리는 필수적이다. 그럼에도 불구하고 계속 사용되고 있는 이유는 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 간단성과 지금까지 70년간 사용해온 타성 때문으로 볼 수 있다.

$$C = \sqrt{R^2 + (138.6f + 10.2)^2} - 138.6f + E \dots\dots\dots (1.3.78)$$

- 여기서, C : 월별유출량(mm),
- R : 월강우량(mm),
- f : 유역계수로서 표 1.3.37과 같음,
- E : 개정계수로서 표 1.3.38과 같음.

관개기는 순별유출량, 비관개기는 월별유출량을 계산한다. 순별유출량은 식 (1.3.78)로 계산한 월별유출량을 순우량의 비로 배분하되 순별우량이 5mm 이하인 경우에는 다음식으로 그 순의 유출량을 계산한다.

$$C_0 = \frac{10.2 + E_0}{3} \dots\dots\dots (1.3.79)$$

- 여기서, C_0 : 개정순별유출량,
- E_0 : 순강우량 5mm 이하일 때의 개정계수이며

표 1.3.37 f 의 값

유역 상황	f 값
유역내에 농경지, 임야가 많고 경사가 느리며, 년평균기온이 높고 유하거리가 길어 유역내감수심이 가장 많아 유출량이 최소인 경우	1.4
위와 대략 같으나 유역 내에서의 감수심이 비교적 많아 유출량이 비교적 작은 경우	1.2
유출량이 보통인 경우	1.0
유역유출량이 비교적 많은 경우	0.8
유역이 황폐되고 경사가 급하며 유로가 짧아 유출량이 가장 많은 경우	0.6

표 1.3.38 개정계수 E 의 값

월별 강우량	1	2	3	5	6	9	10	비 고
0~10mm	-2.5	-2.5	5.0	-	-2.0	6.0	9.0	3, 7, 8, 11, 12월의 개정계수는 $E=0$ 임
	-2.0	-2.0	5.5	-	-3.0	6.4	6.3	
20~30	-1.5	-1.5	6.0	-	-3.0	4.8	5.6	
	-1.0	-1.0	9.5	-	-6.0	7.2	4.9	
50~70	-	-	8.5	-2.4	-9.0	8.0	3.5	
	-	-	7.0	-3.6	-12.0	8.8	2.1	
80~100	-	-	10.5	-6.0	-17.0	9.2	1.4	
	-	-	5.0	-12.0	-20.0	10.0	-	
150~200	-	-	-	-6.0	-26.0	11.0	-	
	-	-	-	-	-30.0	12.0	-	
250~300	-	-	-	-	-22.5	9.0	-	
	-	-	-	-	-15.0	6.0	-	

표 1.3.38에서 강우량 0일 때의 E 값을 취한다. 즉, 순별유출량을 개정했을 때는 그달에 속하는 다른 2개 순의 유출량은 식 (1.3.79)으로 계산한 순별유출량을 그 달의 총유출량에서 차인한 후 나머지 양을 순별강우량의 비율로 배분한다.

2) 농어촌용수의 수요량 계산

농업용수, 농촌생활용수, 농공단지용수, 하천유지용수, 농촌 관광용수, 소수력 발전용수 등 총괄하여 농어촌 용수라고 정의한다.

(1) 논관개용수

논관개용수는 못자리 용수량, 이앙용수량, 증발산량, 침투량, 관리손실량으로 구성된다. 논관개용수중 침투량의 일부(약 40~60%)가 다시 하천으로 회수된다. 구체적인 계산방법은 “3.2.3~3.2.7”을 참고한다.

(2) 생활용수

생활용수량은 예상인구, 보급률, 1인당 급수량에 따라 다르며 단위는 m³/d이다. 생활용수 수요량의 월별 변화율은 90~110%로서 표 1.3.39와 같다. 생활용수의 하천환원율은 약 70%로서 하천수질악화의 요인으로 하수처리 대상이 된다. 건설부(1990)의 계획연도별, 인구규모별 단위급수량은 표 1.3.40과 같으며 농촌생활용수도 이에 준하게 된다.

(3) 축산용수

축산용수는 가축이 생리적으로 필요한 물, 사육관리작업과 환경개선을 위한 물, 초지 및 사료작물의 관개용수 등을 포함한다. 축산용수 공급은 바로 축산폐수의 배출로 이어지므로 문제가 제기되고 있다. 축산용수의 단위용수량은 한·육우, 건유우 50~60 l/두/일, 젖소(착유우) 120~150 l/두/d, 돼지 20~30 l/두/d, 닭 0.3~1.0 l/수/d이다. 축산규모별 초지소요 면적은 표 1.3.40과 같으며 초지(草地)관개용수는 알팔파 기준으로 연간 300mm 정도 이다.

표 1.3.39 월별 생활용수 수요변화

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
%	93	92	96	96	100	100	110	110	104	104	100	102	100

표 1.3.40 계획연도별, 인구규모별 단위급수량 (l/d)

인 구	1988년	1996년	2001년	2011년	증가율(%)
100만명 이상	378	466	515	538	1.8
40~100만명	264	353	397	452	3.1
5~40만명	247	316	354	403	2.7
2~5만명	203	260	293	340	2.9
2만명 이하	190	240	269	314	2.8
평 균	325	400	440	481	2.1

표 1.3.41 축산규모별 초지소요 면적

축산 규모	초지 이용률 (%)	한우 (두/ha)	젖소 (두/ha)
소규모	10	-	20
부업	20	15	10
전업	50	6	4

(4) 공업용수

공업용수량은 일반적으로 원단위법(原單位法)을 적용하여 m^3/d 로 나타내는데, 여기에는, 종업원 원단위, 출하액 원단위, 부지면적 원단위 등이 있고, 우리나라에서는 대부분 부지면적 원단위를 적용한다. 공업용수의 월별 변화율은 80~120%로서 표 1.3.42와 같다.

공업용수의 하천환원율은 약 90%로서 하천수질악화의 큰 요인으로 하수처리 대상이 된다. 업종별 부지면적당 공업용수 원단위는 표 1.3.43과 같으며 농공단지의 용수량도 이에 준하게 된다.

표 1.3.42 월별 공업용수 수요변화

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
%	90	90	82	82	88	108	118	120	118	110	98	94	100

표 1.3.43 업종별 부지면적당 공업용수 원단위 ($m^3/d/1,000 m^2$)

구분	공업용수 원단위	구분	공업용수 원단위
음·식료품 제조업	21.1	비금속광물 제품	8.4
섬유·의류, 피혁	31.9	1차 금속	11.0
목재 및 나무 제품	6.0		
종이, 인쇄, 출판	35.9	조립금속기계	7.7
석유화학, 고무 제품	17.2	기타 제조업	8.3

주) 1996 건설교통부 수자원장기종합계획(1997~2011)

(5) 환경용수

① 하천유지용수

하천유지용수라 함은 주운, 염해 방지, 적정 취수심 유지, 수질 보전, 어업

하구 폐쇄의 방지, 지하 수위 유지, 하천 생태계 보전, 경관 등 하천의 정상적인 기능을 수행하는 데 필요한 최소한의 하천유량이라고 할 수 있다.

우리 나라 다목적댐 가운데서 충주댐 관리규정에는 하천유지용수의 공급기준을 구체적으로 제시하고 있으나, 소양강 댐, 대청 댐, 안동 댐 등의 관리 규정에는 하천 유지 용수를 공급하도록 하고는 있지만, 공급량에 대하여 명기한 것이 없고 상시 발전 용수에 대해서만 양을 제시하고 있다. 금강 하구지점에서 갈수기 하천유지용수량은 $30\text{m}^3/\text{s}$ (약 $0.26\text{mm}/\text{d}$)이며, 미국 Arkansas 주 White river의 Batesville지점(유역면적 $11,062\text{ sq. mi}$)에서의 하천유지용수량은 겨울철 $0.26\text{mm}/\text{d}$, 여름철 $0.43\text{mm}/\text{d}$ 이다.

이상의 내용을 종합하여 볼 때, 저수지를 건설하려면 수질 보전과 수리 기득권 측면에서 하천유지용수의 책임방류량을 여름철 갈수기의 유입량이 $0.40\text{mm}/\text{d}$ 이하인 경우에 $0.40\text{mm}/\text{d}$ 이 되도록 방류하고, 겨울철에는 $0.25\text{mm}/\text{d}$ 이하인 경우에 $0.25\text{ mm}/\text{d}$ 가 되도록 방류하는 것이 바람직할 것이다.

표 1.3.44 다목적 댐의 하천 유지 용수량

댐 명	하천유지용수량 (m^3/s)	비 고
충주댐	32.6 이상	이상 갈수시 $10.6\text{ m}^3/\text{s}$
소양강댐	5시간 방류, 251	상시 발전용수
대청댐	5시간 방류, 264	"
안동댐	5시간 방류, 105	"

② 소하천 환경용수량

갈수기 도시하천의 건천화를 방지하여 하천생태계를 유지하고, 경관을 개선하여 시민의 정서를 함양하기 위한 친수공간 확보차원에서 하천유지용수로 취급할 수 있다. 서울시에서는 우이천 하천환경정비를 시범적으로 시행한 바 있다. 일본에서의 도시 소하천의 친수기능 확보를 위한 수질과 유황조건을 참고로 하면 다음 표 1.3.45와 같다.

일본의 경우, 관개용수로 그 지역의 관개용수와 음용수, 잡용수 공급은 물론, 소방용수, 생활 잡배수처리, 지하수함양과 더불어, 물놀이 터, 만남의 터, 자연 동·식물의 서식처 등 가능한한 다목적으로 이용하여 자연정화 기능과 친수공간을 제공할 수 있도록 활용하고 있다. 그러나, 우리나라의 관개용수로써는 주거지를 관통하는 경우가 거의 없으므로, 신규로 도시하천으로 부터 도시공원으로의 친수수로 설치를 계획할 수 있다.

표 1.3.45 도시 소하천의 친수기능 확보를 위한 수질과 유황조건

구 분	수 질		유 황		
	BOD (mg/l)	대장균수 (개/100ml)	흐름폭 (m)	수심 (cm)	유속 (cm/s)
수 영	< 2	< 400	> 5	> 50	< 50
물놀이	< 5	< 1,000	-	< 50	< 60
반딧불 감상	< 2	-	-	5~30	10~30
낚시	< 5	-	-	> 30	> 30
보트놀이	< 10	-	> 10	> 100	< 60
강변산책	< 10	-	-	30	30

㉠ 수면 폭

친수공간 확보에 필요한 수면폭은 최소 (0.2~0.3×하천폭) 정도이며, 서울시 관내 중·소하천에서는 (0.3×하천폭) 을 계획하고 있다.

㉡ 유속

중·소하천에서 도시경관용 하천유속은 흐름을 매우 완만하게 느낄 수 있고, 수면에는 거의 파가 일어나지 않는 0.2m/s 이내가 적합할 것이다.

㉢ 수심

수심은 하상재료가 보이지 않을 정도의 수심인 10cm 이상이 좋다. 서울시에서는 하천기울기에 따라 1/100이상에서는 수심과 유속을 각기 10cm, 0.30m/s, 1/100~1/300에서는 15cm, 0.2m/s, 1/300이하에서는 20cm, 0.15m/s로 정하고 있다.

㉣ 소하천 유지용수량 결정

도시 소하천 유지용수량은 하천폭 1m당 최소한 9ℓ/s (=0.3m×0.1m×0.3m/s)가 필요하여, 우리 나라 중소하천의 하천폭 공식인 식 (1.3.80)를 적용하면 하천유지용수량 Q는 다음 식 (1.3.81)과 같이 된다.

$$L = 1.303 \times A^{0.318} \cdot I^{-0.5} \text{ (m)} \dots\dots\dots(1.3.80)$$

$$Q = 0.0117 \times A^{0.318} \cdot I^{-0.5} \text{ (m}^3\text{/s)} \dots\dots\dots(1.3.81)$$

여기서, L : 하천폭(m), A : 유역면적(km²),
I : 하천기울기, Q : 하천유지용수(m³/s)

이와 관련된 예를 들면, 유역면적이 61.5km^2 인 대전시를 관통하는 대전천 상류에 하천유지용수 공급과 홍수조절을 위하여 유효저수량 약 $1,000\text{만m}^3$ 규모 저수지를 건설하여 갈수기에도 평수량에 해당되는 $0.515\text{m}^3/\text{s}$ 를 공급하는 기본계획이 수립된 바 있다.

(6) 농촌관광용수

지역자원을 유용하게 이용하기 위하여는 농업수리시설을 관광자원으로 이용하려는 사회적 노력이 요청된다. 농업수리시설을 관광시설로 이용하는 것은 농어촌정비법의 해당 규정에 따라 가능하다.

'96년 농어촌정비법에서는 농조재산의 타목적 사용이나 수익사업이 가능하게 되어 있지만, 이 경우, 농지개량조합 재산 본래의 용도와 목적을 방해하지 않는 범위내에서 농림부장관의 승인을 얻게되어 있다. 타목적으로 사용하여 얻은 수입은 관리수탁자(조합)에게 귀속한다. 이 때, 타목적으로 사용코자하는 자는 농지개량조합과 시설사용에 관한 계약서를 작성하고, 여기에 임대차 등에 관한 조건을 명기한다. 관광사업주체는 지방공공단체, 농지개량조합, 사기업 등이 있다.

앞으로는 농업수리사업도 자연환경보전과 공익적 이용가치를 높일 수 있도록 하여야 할 것이며, 농촌관광용수를 공급하려면 다음과 같은 점들을 고려해야 한다.

㉠ 저수위를 원활하게 조정, 유지하는 일이다. 관광용수측에서는 가급적 저수위를 높게 유지하기를 바라지만, 관개용수측에서는 필요한 용수를 자유롭게 방류하기를 바란다. 관광사업자와 조합과의 계약서에는 당연히 농업수리 우선원칙이 명기되어있다. 그러나, 관개용수측에서도 관광지의 존재는 경제적인 이득이 있으므로, 관광에 협조하기 위하여 농업용수 사용을 가급적 줄이려는 경향이 생기게된다. 관개용저수지는 10년 빈도 갈수를 대상으로 계획된 경우가 많아 평균 10년에 1번은 댐 바닥이 드러나게 된다. 따라서, 매년 수위가 크게 낮아지는 저수지는 관광이용의 대상으로 적합하지 않다. 따라서, 도시화에 따라 관개면적이 상당히 감소한 도시근교 지구나, 자기 유역외에 별도의 간접유역이 있어, 그곳으로 부터 풍부한 유입량을 기대할 수 있는 도시 근교지구에서는 관광이용의 대상으로 좋은 조건을 가지게 된다. 관광 성수기 (4월~11월)에 수위가 낮아질 때에는 주위에 관정을 설치하여 지하수를 양수하여 저수지에 유입시킬 수도 있다. 보트 승선장은 지형에 따라 차이는 있지만 보통 저수위가 3m 이상 낮아지면 승선에 문제가 있다. 양어를 할 때에는 수위가 급격히 저하하거나 댐이 바닥이 드러나는 경우는 피해야

한다.

㉠ 저수지의 수질을 보전하는 문제이다. 관광지가 되면 사람이 많이 모이게 되어 적절한 대책을 세우지 않으면 수질이 나빠진다. 여기에 대해서도, 관

표 1.3.46 内日댐 환경정비사업 내용

댐높이 (m)	댐길이 (m)	관개면적 (ha)	유역면적 (ha)	저수면적 (ha)	총저수용량 (10 ⁴ m ³)	댐형식
41.2	229	407	318	11.8	126	흙댐

구 분	내 용	총공사비	비 용 부 담		
			국 가	현	시
환경시설	휴게소, 화장실, 벤치, 주차장, 식수 등	118,000	1/3	1/3	1/3
기반시설	광장정비, 도로, 안전시설	천엔	1/2	1/4	1/4
1. 사업주체 : 山口縣, 2. 관리자 : 下關市					

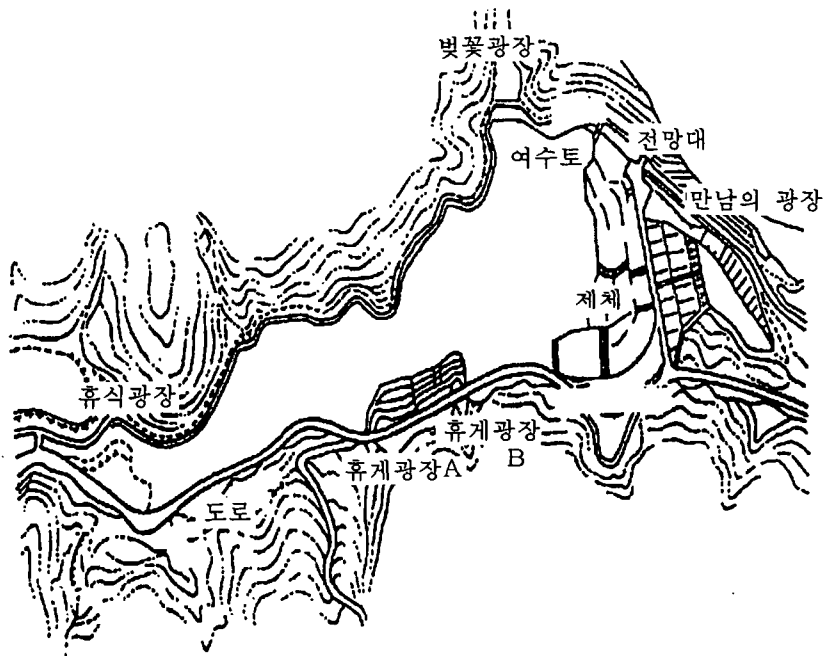


그림 1.3.19 일본 우츠이(内日)댐 환경정비 계획도

광측과 조합간에 계약에서 엄격히 규정하여야 한다. 대부분의 경우에, 식당으로부터의 배수는 별도로 정화하여 하천으로 방류하던가, 토양식 처리방법으로 지하에 침투시키던가 한다. 이러한 경우, 간접유역으로부터의 유입량이 많으면, 저수지의 물 회전을 증대시켜 수온이 상승하는 것을 억제시키므로 좋은 조건이 된다. 한편, 여름철에 저수위가 낮아지면 수온이 상승하고 이끼와 프랑크톤이 번성하여 수질이 악화된다.

㉔ 저수지 환경정비로 물과 숲이 있는 농업수리시설의 아름다운 환경자원을 개발, 정비하여 도시민에게는 휴식공간을 제공하고 농촌에는 자연환경을 개선하는 사업임을 명심해야 된다.

지금까지 농업수리시설은 농업생산의 향상이 주목적이었으므로 경제성과 효율성이 중요시되었으나, 농촌지역의 사회적변화와 시대적 가치관의 변화에 따라 앞으로는 수변환경의 환경보전적, 문화적 기능 강화가 요청되고 있다.

우리 나라 관개저수지의 조직적인 환경정비사례는 없는 실정이다.

일본은 1988년부터 일화 480,000~118,000천엔의 예산으로 농촌지역의 수변환경의 환경보전적, 문화적 기능을 강화하는 농업수리시설 고도이용사업을 시행하고 있다.

시모노세끼市 외곽의 관개저수지 内日(Utui)댐의 환경정비의 예를들면 다음과 같다. 댐주변에 광장, 꽃동산, 체육공원, 휴식광장, 기념관 등을 시설하였다. 수리시설 환경정비사업의 사업주체는 현(縣)정부이며 관리자는 시모노세끼市로 되어있다. 휴게소, 화장실, 벤치, 주차장, 식수 등 환경시설비 부담은 국가, 현, 시가 각각 1/3 씩 부담하고, 광장정비, 도로, 안전시설 등 기반시설비 부담은 국가 1/2, 현과 시가 각각 1/4 씩 부담하고 있다.

(7) 소수력 발전용수

소수력발전이란 발전용량이 3,000kW 이하의 경제성이 있는 소용량 수력 발전을 말한다. 발전에 사용된 물은 하류하천에 대하여는 하천유지용수량을 공급하는 것이 된다. 따라서, 하천유지용량과 관련지어 발전수량을 고려해 보면 다음과 같다. 하천유지용량을 평균갈수량(=0.2mm/d)수준으로 취하면 $0.2\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 이다. 따라서, 실용 가능한 최소규모의 소수력발전량을 20kW로 취하고, 유효낙차 15m, 종합효율을 70%로 가정할 경우의 필요한 발전용량을 계산해 보면 약 $0.20\text{m}^3/\text{s}$ 가 된다. (발전량 = $9.8 \times$ 발전용량 \times 유효낙차 \times 종합효율에서 역산) 즉, 관개저수지의 유역면적이 약 100km^2 정도는 되어야 소수력발전이 가능한 것으로 판단할 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 농조 저수지 가운데 소수력발전이 가능한 지구는 약 20개 정도이다.

관개저수지를 이용한 소수력발전은 관개저수용량과의 용수사용 경쟁, 사용 기간 및 낙차 등 많은 제약이 있다. 하천유황은 연도별, 시기별로 변화가 크고, 관개기에만 용수를 공급하게 되며, 벼 생육시기별로 감수심에 차이가 있으므로 발전 최대사용수량을 일반적으로 유황곡선의 25%로 취해야 하는 제약이 따른다.

주민에게 물놀이, 낚시, 보트, 스케이트, 만남의 터, 동·식물의 서식처 등 생태하천과 친수공간을 제공하는 것은 관개용수공급에 의한 생산성 향상에 지장을 주지않는 범위내에서 또한 경제성 측면에서 보다는 사회성 측면에서 접근해야 할 것이다.

특히, 도시화에 따라 관개면적이 격감한 관개저수지의 경우, 여유있는 물이 있다면 하천경관을 개선하고 시민정서함양을 위한 친수공간 확보차원에서 소하천발전과 하천유지유량을 공급할 수 있다.

농업진흥공사(1980)의 조사에 의하면 농지개량조합 관개저수지 가운데 140개 정도는 시설확장 또는 보수에 의하여 농촌 생활용수 및 전기를 일부 해결하고, 관개시 인근 양수장 지역의 농업용 전력을 공급하며 미개발된 고지대 2단 양수장용 전력 및 과수원 급수용 전력공급의 가능성이 있음을 조사한바 있다.

농지개량조합연합회(1995)의 조사에 의하면 농지개량조합 관개저수지 가운데 유역면적이 50km² 이상이고 댐높이가 15m 이상인 약 30개의 저수지에서 시설확장 또는 보수에 의하여 저낙차 소수력발전이 가능할 것으로 조사하였다.

과학기술처(1974)는 2,400개소의 소수력발전 적지가 있고 이 가운데 150개소는 개발사업이 유망한 것으로 조사되었다.

1998년 현재, 소수력발전 관개저수지는 대아(500kW×6기), 경천(400kW×6기), 성주저수지(500kW×3기, 300kW×1기) 등 4개소이다. 그리고 전북의 동진도수로에도 급류부에 소수력 발전시설(500kW×4기)이 있다.

3) 저수지 증발손실량의 계산

저수지 수면으로부터의 증발손실량은 인근 측후소의 증발계 증발량에 환산계수(보통 0.7)를 곱하여 추정한다.

$$Q = C A E \dots\dots\dots (1.3.82)$$

여기서, Q : 증발손실량 (m³), A : 수면적(m²),
 E : 관개기간중 증발계 증발량 (m)

표 1.3.47 국내 소수력발전소 건설 및 운영현황 (1998. 11월 현재)

구 분	발전소명	시설용량 (kW)	개발자	위 치	비 고
가동중	연천	6,000	현대건설	경기 포천 청산	20개소 35,535kW
	임기	1,100	대동기업	경북 봉화 소천	
	동진	2,000	윤화산업	전북 정읍 정우	
	방우리	2,120	서우수력	충남 금산 부리	
	소천	2,400	한여울	경북 봉화 소천	
	금강	1,350	현대건설	충북 옥천 동이	
	단양	2,100	현대산업개발	경북 단양 영춘	
	봉화	2,000	현대건설	경북 봉화 명호	
	산내	820	산내소수력	전북 남원 산내	
	영월	2,800	한국수전	강원 영월 영월	
	광천	450	수자원기술공단	전남 승주 주암	
	덕송	2,000	영동소수력	강원 정선 정선	
	대아	3,000	전북농조	전북 완주 고산	
	봉정	1,920	동진소수력	강원 정선 북면	
	경천	800	경천소수력	경북 문경 동로	
	반변	1,060	수자원기술공단	경북 안동 임하	
	포천	2,940	한국수력발전	경기 포천 영북	
	보령(1)	120	수자원기술공단	충남 보령 미산	
	부안	205	수자원공사	전북 부안 변산	
	운문	350	수자원기술공단	경북 청도 운문	
건설중	보령(2)	530	수자원기술공단	충남 보령 운천	2개소
	성주	1,800	성주소수력	경북 성주 가천	2,330kW
허가 추진중	판운	2,975	평창에너지	강원 영월 서면	8개소 11,945kW
	엘림	1,220	(주)엘림	경북 봉화 소천	
	장남	750	한국수력전기	전북 장수 산서	
	향산	2,850	삼영전력	충북 단양 가곡	
	연천(증설)	500	현대건설	경기 포천 청산	
	미산	1,650	미산소수력	강원 홍천 내면	
	횡성	700	수자원공사	강원 횡성 갑천	
밀양	1,300	수자원공사	경남 밀양 밀양		
계					30개소 49,810kW

C : 일사, 바람, 기압, 습도 등의 기상요인에 의한 계수로서 0.68~0.72

4) 침전량의 계산

저수지는 유역에서의 유사현상으로 어느 정도의 침전량이 있게 마련이며 이에 따라 저수용량이 감소하게 되므로, 저수지의 설계수명 동안의 침전량을 고려하여 저수용량을 결정한다. 퇴사량은 실측하는 것이 원칙이나 자료가 없을 때에는 저수지용적의 3~5%로 계상하고 저수지 사수역내에서 퇴사량용적을 확보하도록 계획한다.

다. 저수지 필요저수용량 결정

저수지 필요저수용량 결정은 시대에 따라 몇 단계로 발전되어 왔다.

첫째 단계는 일제시대 저수지로 벼이앙에 필요한 수량만을 저수하는 것으로 설계하였다. 이앙기간도 7월초순까지 지속되었다. 현재 평년 빈도 소규모 저수지는 모두 이 부류에 속한다.

둘째 단계는 단위저수량을 이용해서 설계하는 기법이다. 유역배율 3~4배 되는 곳의 단위저수량을 약 400~500mm 되는 것으로 하여 설계하는 방식이다. 단순히 농업용수만 고려하고 생·공업용수와 이앙기 또는 최대용수시기 등은 고려할 수 없다. 또한 작부체계와 이상가뭄을 반영할 수 없다. 현재 가뭄 빈도 10년 이하의 저수지가 여기에 속한다.

셋째 단계는 농업용 저수지의 내용적 설계에 사용되는 기법으로써 모의조작 방법이다. 과거의 수십년간의 기상자료를 기초로 유입량과 감수심을 계산하고 이를 순별로 저수지 모의조작을 해봄으로서 단위저수량 기법에서의 단점을 보완할 수 있는 기법이다. 그러나 여전히 이상가뭄이나 일별 물관리를 고려할 수 없다. 이 경우 10년 빈도 가뭄에는 견딜 수 있으나 연속되는 가뭄인 경우 저수지 내용적 결정에 이를 반영할 수 없다.

넷째 단계는 추계학적으로 자기상관성이 있는 필요저수량 계열의 분석기법이다. 이 방법은 이상가뭄이나 연속가뭄으로 다음 해 만수가 되지 않고 관개기를 맞는 것을 고려할 수 있다. Carr-yover의 경우 필요저수량에 대한 빈도계산은 불가능하므로, 저수량 고갈빈도개념을 도입하여 빈도계산을 한다.

다섯째 단계로는 저수지의 유입량 자료를 추계학적으로 또는 계획수문학적으로 모의발생시켜 여러가지 시나리오에 대해 검토하는 것이다.

저수지 필요저수용량 결정에는 갈수기간방법으로 예비설계에 적합한 누가곡선방법과 실시설계에 적합한 거동분석 또는 모의발생방법이 가장 널리 실용되고 있다. 세계적으로는 1980년대에 들어서 추계학적으로 모의발생한 합

성수문자료로 저류-급수계획에 의하여 필요저수량을 결정하는 추세이다.

농촌저수지의 필요저수량을 결정하는데는 IRRIMA 모형과 DIROM 모형이 있으며 그 계산예는 각각 표 1.3.48, 표 1.3.49와 같다.

1) 누가곡선방법

저수지의 필요저수량을 도해로 구하는 방법으로 Ripple(1882)이 제시하여 타당성단계에서 개략적으로 분석하는데 널리 이용되며 개략 절차는 다음 그림 1.3.20과 같다. 매월의 유입량을 누가하여 유입량 누가곡선(Mass curve)을 OB, 매월의 취수량을 누가하여 취수량 누가곡선 OA를 그린다. OA는 매월 취수량이 일정한 경우에는 직선, 매월 취수량이 변하는 경우에는 곡선이 된다. OA가 직선인 경우, 凸部 C에서 OA에 평행한 직선을 그어 OB와 만나는 점을 D라 하면, 최대 종거(從距) G가 필요저수량을 나타낸다. 이러한 유입, 취수 누가곡선에 대한 작업을 전체 분석기간 또는 10년 빈도에 해당되는 계획기준후보년에 대하여 실시하여 적합한 빈도의 필요저수량을 구하게 된다.

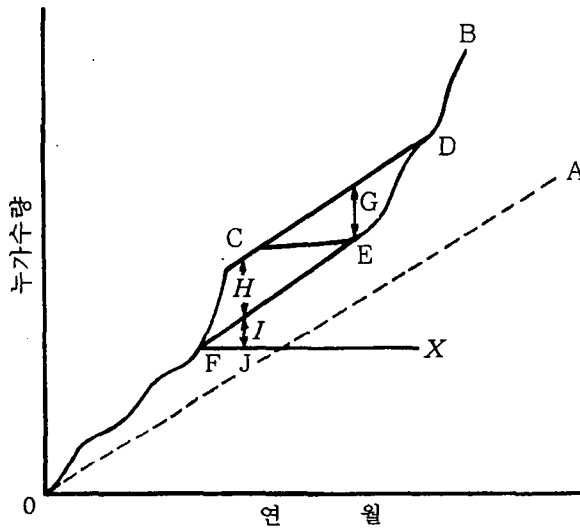


그림 1.3.20 Ripple 법

이 때, 만약 D와 같은 교차점이 없는 경우에는 그 기간동안의 공급량이 수요량보다 작은 것이므로 이 하천에서는 계획 취수량을 공급할 수 없는 것을 뜻한다. 또한, C점은 풍수기(豐水期) 최종기로 저수지가 만수(滿水) 되었다고 가정하였으므로 과연 풍수기 최종기에 만수가 되었는지 확인할 필요가 있으며, 이는 E점에서 OA에 평행선을 그어 OB 곡선과 만나는 지를 확인하면 된다.

다. OA가 곡선인 경우에는 OA, OB의 양 곡선상의 매월의 종거(從距)들로 별도의 그래프를 그려, 이 곡선의 凸部로부터 횡축에 평행선을 그려 앞의 방법으로 필요저수량을 구한다.

필요저수량이 결정되면 최대취수량을 결정할 필요가 있다. 이 경우, OA 곡선상의 정점(頂点)과 바닥점을 연결하는 평행선들을 그어 취수가능량을 결정할 수 있다. 이와 유사한 방법으로 잔차누가곡선(Residual mass curve)방법도 있다.

2) 거동분석(모의발생) 방법

상기한 저류방정식 (1.3.37)으로부터 저수지의 저류량 거동의 시간단위를 일단위(日單位)로 취하여 다음 절차에 따라 필요저수량을 구한다.

① 1차로 임의의 유효저수량 C 를 가정한다. 분석시점에는 저수지가 만수된 것으로 가정한다 ($Z_0 = C$)

② 일별로 유입량, 방류량, 호면 증발량을 고려하여 식 (1.3.37)의 물수지 분석으로 수문 자료가 있는 기간에 걸쳐 일별 저수량 변화를 추정한다.

③ 방류량 중에서 생활용수, 공업용수는 계절성을 월별로 고려하고, 관개용수는 일별로 계산한다. 하천유지용수는 유입량이 기준갈수량 보다 적을 경우에 한하여 공급할 수 있다.

④ 저류량을 다목적으로 이용하기 위해서는 잔여 저류량에 따라 정해진 규칙에 따라 방류량을 조절 제한한다.

⑤ 분석기간 전기간에 걸쳐 저류량이 고갈된 횟 수가 몇 회인가에 따라 빈도를 계산하여 계획한 빈도와 비교한다. 고갈된 횟 수는 용수의 종류, 작물생육기 및 제한급수의 가능성을 고려하여 결정한다.

⑥ 계산된 빈도가 계획된 빈도와 일치하지 않으면 유효저수량 C 를 다시 가정하여 정해진 저수지 고갈률 (설계빈도)과 일치할 때 까지 ①~⑤의 과정을 반복한다.

이상의 절차로 여러 가지 저류량 크기, 방류량 조건 등으로 저수지 크기를 결정할 수 있다. 이 거동분석 방법의 가정상의 문제점과 해결 방법은 다음과 같다.

① 저류방정식의 초기 저수위는 만수라고 가정한다. 이 가정은 분석초기가 갈수년일 때에는 저수량에 미치는 영향이 특히 크므로 이를 보완하기 위하여 최종 분석 저수위를 다시 초기 저수위로 가정할 수 있다.

② 과거의 하천 유출량이 미래에도 재현된다고 가정한다. 이 가정은 사실과 다를 것이므로 이를 보완하기 위하여 N simulation analysis (N년의 유출

자료를 사슬모양으로 재순환시켜 N개의 N년의 유출자료로부터 분석하여 N개의 저수량을 구하는 방법)를 실시할 수 있다.

③ 미래의 물 수요량 증가를 과거의 유출기록과 연관지어 물수지분석을 하게 되므로 미래의 물 수요량 증가를 고려하기 어렵다. 미래의 물수요증가는 저수량 신뢰율과 관계가 크므로, 미래의 수요량 증가 수준을 여러 가지로 가정하여 물수지를 분석할 수 있다.

3) 저수지 필요저수량 계산 예

저수량의 거동을 일별로 모의발생하여 설계빈도의 필요저수량을 계산하는 모형에는 IRRIMA 모형과 DIROM 모형 등이 있다.

(1) IRRIMA 모형

관개저수지의 이수관리모형인 IRRIMA(IRRigation MAnagement) 모형에는 저수지 필요저수량을 추정하는 RESSTO(RESEvoir STORage) 부모형이 있다.

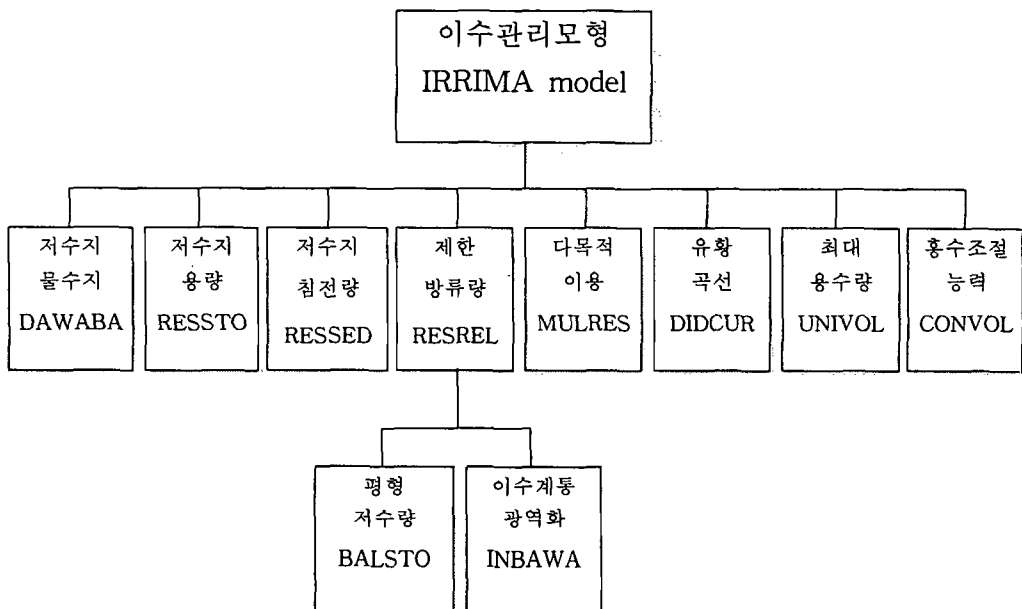


그림 1.3.21 IRRIMA 모형의 이용범위

저수량 기본방정식의 유입량을 DAWAST 모형으로부터 일별로 추정하고 Penman 방법으로 증발산량과 논담수심을 일별로 추정하며, 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 환경용수를 공급하는 물수지를 분석하여 Carry-over에 의한 필요저수량을 산정해서 고갈빈도개념으로 설계빈도(보통 10년)에 해당되는

저수지 내용적을 결정하고 있다.

IRRIMA 모형의 기본구조와 일별 저수량 거동을 분석한 예는 각각 그림 1.3.21과 1.3.22와 같다.

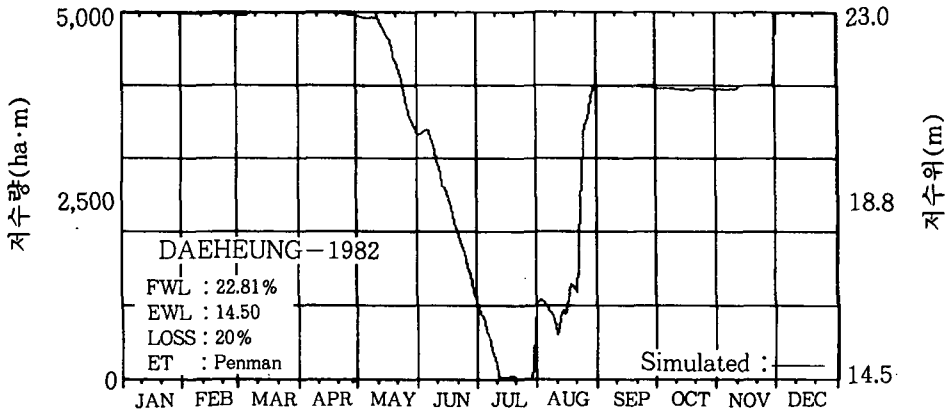


그림 1.3.22 일별 물수지에 의한 저수량 고갈년의 예 (IRRIMA모형의 계산예)

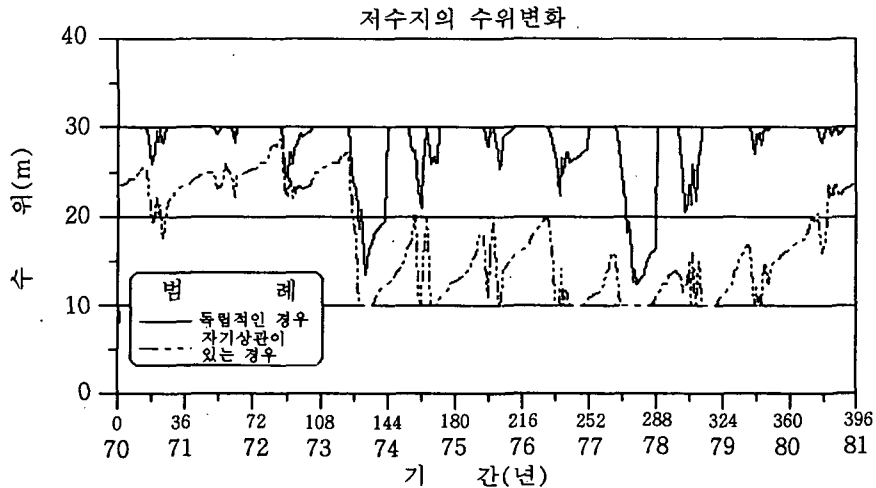


그림 1.3.23 저수지의 수위 변화

(2) DIROM 모형

DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형은 저수지 기본저류방정식 (1.3.37)에서 유입량을 Sugawara(菅原)의 탱크모형으로부터 일별로 추정하고, 농업용수 중 증발산량은 Penman공식으로 추정하여, 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 환경용수를 일별로 공급하는 물수지분석으로부터 저수지 내

용적을 결정하고 있다. 이 모형은 표 1.3.48에서와 같이 매년 필요저수용량을 빈도해석하는 독립적인 경우와 Carry-over를 고려하는 자기상관성이 있는 경우로 나누어 분석하고 있다.

표 1.3.48 일별 물수지에 의한 저수지 필요저수용량 계산예(IRRIMA모형의 계산예)

일	유입량	농업용수	증발산	방류량	저수량	저수위	온도	강우량	증발	담수심
단위	ha-m					EL. m	℃	mm		
1	7.5	86.7	27.8	0.0	2,069.0	19.77	20.5	0.0	5.0	30
2	7.5	99.3	38.4	0.0	1,971.1	19.64	21.7	0.0	7.2	30
3	7.5	97.2	36.6	0.0	1,875.5	19.50	22.1	0.0	7.1	30
4	7.5	93.9	33.9	0.0	1,783.5	19.37	21.7	0.0	6.4	30
5	7.5	79.3	21.7	0.0	1,707.8	19.26	23.7	0.0	4.6	30
6	95.3	0.0	16.6	0.0	1,835.0	19.44	22.4	54.2	4.7	60
7	51.3	0.0	21.5	0.0	1,882.9	19.51	19.1	0.0	2.9	53
8	32.5	0.0	32.8	0.0	1,910.8	19.55	20.0	0.0	4.9	44
9	9.4	0.0	12.0	0.0	1,917.3	19.56	18.6	0.0	1.7	38
10	8.6	18.4	37.8	0.0	1,902.3	19.54	19.5	0.0	5.9	30
소계	234.5	474.8	279.0	0.0	18,855.5	195.14	209.3	54.2	50.4	374
평균	23.5	47.5	27.9	0.0	1,885.0	19.51	20.9	5.4	5.0	37
11	7.8	100.3	39.1	0.0	1,804.4	19.40	21.5	0.0	6.7	30
12	7.5	98.6	37.8	0.0	1,708.1	19.26	23.6	0.0	6.3	30
13	7.5	96.8	36.3	0.0	1,613.3	19.11	24.9	0.0	7.5	30
14	7.5	101.9	40.6	0.0	1,513.2	18.95	25.7	0.0	8.2	30
15	7.5	48.5	28.0	0.0	1,470.2	18.88	24.9	3.6	5.4	30
16	7.5	0.0	11.7	0.0	1,482.3	18.90	20.5	11.3	1.1	35
17	7.5	26.4	21.8	0.0	1,459.8	18.87	20.5	0.0	3.8	30
18	108.7	0.0	11.7	0.0	1,594.1	19.08	22.0	45.9	1.1	60
19	61.2	0.0	25.1	0.0	1,651.4	19.17	20.9	0.2	4.8	52
20	41.0	0.0	32.0	0.0	1,688.3	19.23	21.5	0.0	4.7	44
소계	263.5	472.6	284.2	0.0	15,985.1	190.874	226.0	61.0	49.6	371
평균	26.4	47.3	28.4	0.0	1,598.5	19.09	22.6	6.1	5.0	37
21	15.1	0.0	17.0	0.0	1,700.8	19.25	21.8	1.5	3.5	38
22	13.7	0.0	22.2	0.0	1,710.9	19.26	21.0	0.5	4.3	31
23	12.5	67.4	23.7	0.0	1,652.0	19.17	22.1	0.0	4.2	30
24	11.4	74.4	26.5	0.0	1,585.6	19.07	23.1	1.0	4.6	30
25	10.4	45.2	9.2	0.0	1,549.5	19.01	21.9	1.8	0.3	30
26	9.4	78.3	20.9	0.0	1,477.4	18.90	22.7	0.0	3.9	30
27	8.6	93.0	33.1	0.0	1,388.9	18.75	22.3	0.0	5.3	30
28	7.8	69.5	13.5	0.0	1,324.8	18.64	20.8	0.0	1.4	30
29	7.5	96.3	35.8	0.0	1,231.7	18.48	21.6	0.0	6.4	30
30	7.5	94.4	34.3	0.0	1,140.3	18.31	23.2	0.0	7.1	30
소계	103.8	618.5	236.3	0.0	14,762.4	188.84	220.5	4.8	41.0	310
평균	10.4	61.8	23.6	0.0	1,476.2	18.88	22.1	0.5	4.1	31
총계	601.9	1,565.8	799.6	0.0	49,603.0	574.85	655.8	120.0	141.0	1,055
평균	20.1	52.2	26.7	0.0	1,653.4	19.16	21.9	4.0	4.7	35

표 1.3.49 연최대필요저수용량 계열의 비교

(단위 : ha-m)

연도	유입량	독립적인 경우			자기상관성이 있는 경우		
		필요수량	필요저수용량	부족수량	필요수량	필요저수용량	부족수량
1953	4,066.7	1,962.2	790.0	.0	3,064.5	1,494.8	.0
1954	3,522.6	2,006.4	750.4	.0	3,110.2	1,858.9	.0
1955	3,099.9	2,127.9	907.4	.0	3,352.2	1,983.1	.0
1956	3,900.4	1,678.9	912.0	.0	2,649.4	1,468.6	.0
1957	3,528.1	2,185.6	891.0	.0	3,355.4	1,446.9	.0
1958	5,295.7	2,109.4	1,183.9	.0	3,325.1	2,385.1	.0
1959	3,585.4	2,902.8	2,212.8	.0	4,545.4	3,767.8	1,345.0
1960	2,935.6	2,532.0	953.5	.0	3,952.5	3,336.8	.0
1961	5,150.1	1,768.1	434.1	.0	2,793.0	3,266.5	.0
1962	3,139.7	2,162.5	1,166.2	.0	3,435.6	2,223.7	.0
1963	4,844.3	1,507.6	357.3	.0	2,341.1	713.3	.0
1964	4,220.2	2,798.7	1,235.8	.0	4,401.7	2,709.6	287.2
1965	3,340.5	2,936.7	1,205.2	.0	4,525.1	3,019.8	310.1
1966	3,160.9	2,200.1	989.3	.0	3,444.8	3,796.2	776.4
1967	2,025.8	3,208.3	2,028.8	.0	4,985.1	6,270.1	2,473.0
1968	2,042.3	2,871.6	3,072.9	650.5	4,482.4	8,727.7	2,457.0
1969	5,023.1	1,989.1	2,391.8	.0	3,098.2	8,293.7	.0
1970	3,366.0	2,021.2	765.1	.0	3,207.2	7,343.0	.0
1971	3,526.7	1,851.0	346.0	.0	2,881.0	6,269.2	.0
1972	3,428.6	2,066.2	994.7	.0	3,221.2	6,177.6	.0
1973	2,224.8	3,250.8	2,129.4	.0	5,083.3	8,640.5	1,640.0
1974	3,513.5	2,224.4	1,588.9	.0	3,437.2	8,613.0	.0
1975	3,855.8	2,226.2	852.6	.0	3,490.1	8,624.7	.0
1976	2,739.5	2,590.1	1,285.5	.0	4,025.2	9,418.6	778.1
1977	1,791.8	3,108.6	2,195.3	.0	4,844.4	12,398.8	2,980.0
1978	3,630.6	2,412.0	1,880.3	.0	3,771.8	12,539.2	140.0
1979	3,852.2	2,209.0	663.4	.0	3,475.4	12,823.2	284.0
1980	3,825.4	1,464.9	347.1	.0	2,268.9	11,868.0	.0
1981	3,994.0	1,788.7	888.1	.0	2,796.2	11,440.9	.0
1982	2,148.0	3,056.5	1,958.3	.0	4,740.5	12,234.4	1,178.0
1983	2,810.6	2,512.1	1,748.3	.0	3,931.9	13,333.1	1,098.0
1984	4,256.1	2,492.7	1,254.9	.0	3,916.2	13,774.2	441.0
1985	4,751.3	1,928.9	803.0	.0	3,040.7	13,113.9	.0
1986	3,301.9	2,256.4	602.7	.0	3,505.2	11,487.4	.0
1987	5,147.9	1,433.7	1,056.9	.0	2,191.9	12,048.5	.0
1988	1,669.7	3,653.9	2,556.6	134.2	5,660.4	12,211.0	2,119.0
1989	4,017.4	1,927.1	2,263.8	.0	3,035.7	12,229.5	18.5
평균	3,533.3	2,308.7	1,288.2	21.2	3,605.0	7,387.9	498.4
10년 빈도값 (Gumbel-Chow)			2,196.4			13,190.1	

마. 설계홍수량

유역규모에 따라 표 1.3.50과 같이 적합한 홍수량 추정방법을 채택한다.

표 1.3.50 유역 규모에 적합한 홍수량 추정방법

유역면적 (km ²)	적합한 추정 방법	참 고 문 헌
< 5	표면류 유량도, 합리식	E.W. Steel, " Water supply and sewage "
< 250	SCS 단위도법, 홍수빈도	
< 5,000	Snyder 단위도법, 홍수빈도	V.M. Ponce, " Engineering hydrology "
> 5,000	홍수빈도, 홍수추적	

1) 합리식에 의한 방법

설계기준편의 합리식 (1.3.6)의 적용범위는 ① 강우가 시간과 공간에 대하여 균일하게 분포한다. ② 강우지속시간이 홍수도달시간 보다 크다. ③ 유출은 주로 표면류(overland flow)이다. ④ 하천류 저류과정은 무시한다는 등이다. 따라서 도달시간이 1시간 미만이거나, 유역면적 2.4km², 또는 5km² 이하에 적용해 왔지만 현재는 도시지역은 1ha이상 1.3~2.5 km², 농경지유역에서는 10km² 까지를 적용범위로 한다. 합리식에 대한 자세한 사항은 농지개량사업계획 설계기준(배수편 pp. 62~874)을 참고한다.

(1) 유출계수

합리식은 적합한 유출계수 C값의 적용이 무엇보다 중요하다. 유출계수는 토지이용상태에 따라 조사된 일정 범위의 유출계수를 제시한 표 1.3.51 으로부터 찾아 적용하지만 실제로 중요한 유역토양수분상태를 고려하고있지 못하므로, 앞으로는 유역토양수분상태를 고려한 저류량 S와 C와의 관계도 연구해야 할 것이다. 더욱이, 우리 나라 유역에는 조직적으로 조사된 유출계수가 없는 실정이다. 표 1.3.51의 값은 평균유역토양수분상태이고 5~10년 빈도에 적용하며, 계수의 범위에서 큰 값은 25년 빈도에 해당된다. 유역이 습윤하거나, 강우강도와 재현기간이 큰 경우에는 이를 고려하여 더 큰 C값을 택한다.

유역이 급경사인 경우에는 흐름의 확산에 의한 유출둔화가 거의 없으므로, 손실우량만 고려한 표 1.3.51의 상한치를, 유역이 완경사인 경우에는, 유출계수는 손실우량 뿐 아니라 흐름의 확산에 의한 유출둔화를 포함하므로 하한치에 가까운 값을 적용하는 것이 좋다. Stephensen(1981)은 재현기간에 따라 표 1.3.51의 값에 2~10년 빈도이면 1.0, 25년 빈도이면 1.1, 50년 빈도이면 1.20,

100년 빈도이면 1.25의 조정계수를 곱하여 적용할 것을 추천하고 있다.

건설부에서는 유역상태별로 유출계수를 표 1.3.52와 같이 제시하고 있으나, 우리 나라 유역에 적합한 합리식 유출계수 C에 대한 실험적 연구를 촉구하고 있다.

표 1.3.51 도시지역의 종류와 지표면의 형태에 따른 C 값 (ASCE, 1960)

지역의 종류	C	지표면의 형태	C
상업지역 변화가	0.70~ 0.95	수밀성 지붕	0.70~ 0.95
인근지역	0.50~ 0.70	아스팔트 도로	0.85~ 0.90
주거지역 (도시)		콘크리트 도로	0.80~ 0.95
단독주택	0.30~ 0.50	포장된 차도, 보도	0.75~ 0.85
복합주택 (고립)	0.40~ 0.60	자갈포설 차도, 보도	0.15~ 0.30
복합주택 (연립)	0.60~ 0.75		
주거지역 (교외)	0.25~ 0.40	잔디밭, 사질토	
아파트지역	0.50~ 0.70	2 % 경사	0.05~ 0.10
경공업지역	0.50~ 0.80	2 ~ 7 % 경사	0.10~ 0.15
중공업지역	0.60~ 0.90	7 % 이상 경사	0.15~ 0.20
공원, 묘원	0.10~ 0.25	잔디밭, 중점토	
운동장	0.20~ 0.35	2 % 경사	0.13~ 0.17
철도지역	0.20~ 0.40	2 ~ 7 % 경사	0.18~ 0.22
미개발지역	0.10~ 0.30	7 % 이상 경사	0.25~ 0.35

표 1.3.52 유역상태별 유출계수 (건설부)

유역 상태	C	비 고	유역 상태	C	비 고
밀집 시가지	0.90		일반 시가지	0.80	
밭, 임야	0.60		및 주택지역		
논	0.70		산지	0.70	

(2) 홍수도달시간

강우강도 i 는 홍수도달시간을 지속시간으로하는 강우강도이며 홍수도달시간은 유입시간과 유하시간의 합이며, 소유역 배수조직과 비교적 유역이 큰 자연배수로 및 소하천에 따라 다음과 같은 방법으로 구한다.

유입시간은 지표면의 경사도에 따라 결정되며 보통 5~10분으로 가정하는

것이 일반적이다. 유하시간은 배수로 길이를 배수로 경사와 조도계수에 따른 유속으로 나누어 계산된다.

2) 단위도에 의한 방법

200년 확률의 일우량 내지 2일 우량을 사용하여 유량곡선을 추정하여도 그 Peak 값이 반드시 200년 확률홍수량으로 된다고는 볼 수 없으므로 몇 개의 降雨波形에 대해서 유량곡선을 구해 둘 필요가 있으며 공식에 의한 방법과 병용하는 것도 하나의 방법이다.

단위도법에는 SCS 무차원단위도법, Bernard의 유량배분도법, Snyder의 종합배분도법, 中安의 방법 등이 잘 이용되고 있다(기타 상세한 사항은 농지개량사업계획기준(배수편) 참조). 단위도법에 대한 자세한 사항은 농지개량사업 계획 설계기준(배수편 pp. 81~91)을 참고한다.

3) 기왕의 관측자료에 의한 방법

기왕의 관측자료가 있을 때는 그 중의 최대치를 취하는 방법인데 우리나라에서는 이 만큼 장기간의 자료가 거의 없다. 자료가 있더라도 그 최대치를 그대로 설계홍수량으로 취할 것이 아니라 공식 또는 확률방법에 의한 계산결과와 비교에서 그중의 큰 값을 설계홍수량으로 취하는 것이 원칙이다.

4) 확률처리에 의한 방법

확률처리 방법에서도 장기간의 홍수관측자료가 필요하다. 우리나라에서는 관측자료가 부족하므로 유사유역자료를 쓰거나 일우량자료에 의해 간접적으로 홍수량을 계산해야 하는 경우가 많다.

한정된 기간에 대한 홍수관측자료가 있을 때에는 “비매년(非每年) 홍수량”을 취함으로써 표본수를 늘리는 문제도 생각할 수 있다. 100년 또는 200년 확률우량계산에는 적어도 표본수가 30년 이상이어야 한다. 기타 상세한 사항 농지개량사업계획 설계기준(댐편) 참고한다.

바. 홍수조절능력의 검토

만수면적이 유역면적의 1/30 보다 크고 홍수도달시간이 상당히 긴 경우에는 저수지의 홍수조절능력이 현저하다. 즉 유역으로 부터의 유입홍수량은 저수지의 홍수조절 기능으로 상단부분이 저수지에 저류되어, 저수지의 유출이 상당량 감소됨으로서 물넘이 공사비를 감소시킬 수 있다. 따라서 홍수 조절능력을 고려해도 좋다.

소규모 댐의 대부분은 물넘이 하류수위가 작고, 댐이 파손되어도 피해가 그다지 크지 않다. 따라서 홍수도달시간이 1시간 이내의 소유역에 대하여 유역

면적과 만수면적의 비가 30 이하인 경우에는 도달시간내의 강우강도나 저류가능 총량 등을 충분히 고려해서 저수지의 조절능력을 검토해도 좋다. 다만, 어느 경우에도 물넘이 규모를 과도히 축소해서는 안 된다.

홍수조절능력을 고려할 때의 물넘이 길이와 깊이와의 관계를 보면 물넘이 길이를 길게 해서 수심을 낮게 할수록 조절능력은 작게 된다. 그러나 하류방수로의 단면이 크게 되어 비경제적인 결과를 가져오기 때문에 특히 주의해야 한다.

1) 홍수추적 이론

홍수추적은 저수지추적과 하도추적 및 유역추적으로 구분된다. 하도추적은 홍수파가 하천의 임의구간을 통과하는 동안에 그 구간 내의 하천저류량에 의하여 그 크기가 얼마나 감소되고, 또한 유입과 유출의 지속기간이 얼마나 증가되는가 하는 문제 등을 밝혀 내는 과정이라고 할 수 있다. 저수지추적은 저수지를 통과하는 홍수파에 미치는 저수지의 홍수조절효과를 측정하는 방법을 제공하게 되어 저수지의 위치와 용량 및 물넘이와 그 규모 등을 결정하는 설계자료와 홍수예보를 위한 자료의 제공에 기여하게 된다. 유역추적은 유역 전체가 유입량(유효강우 기준)에 대하여 저류효과를 지니고 있기 때문에 유역을 하나의 가상의 저수지로 보고 추적함으로써 유역 출구에서의 수문곡선을 얻을 수 있다.

2) 저류해석

저류작용의 기본은 다음 저류방정식(storage equation)으로 나타낸다.

$$\bar{I} - \bar{O} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \dots\dots\dots(1.3.83)$$

식에서, \bar{I} : 하도의 임의구간으로 Δt 시간 동안 흘러 들어가는 평균유입량,

\bar{O} : 하도의 임의구간을 Δt 시간 동안 흘러 나가는 유출량,

ΔS : 저류량,

Δt : 시간간격($t_2 - t_1$)

시간 Δt 의 시작 시각과 끝나는 시각을 나타내어 정리해 보면 식 (1.3.83)은 다음과 같이 된다.

$$\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right) (t_2 - t_1) - \left(\frac{O_1 + O_2}{2}\right) (t_2 - t_1) = S_2 - S_1 \dots\dots\dots(1.3.84)$$

- 식에서, I_1 : 시간 t_1 에 있어서의 상류단의 유입량(m^3/s),
- I_2 : 시간 t_2 에 있어서의 상류단의 유입량(m^3/s),
- O_1 : 시간 t_1 에 있어서 하류단에서의 유출량(m^3/s),
- O_2 : 시간 t_2 에 있어서 하류단에서의 유출량(m^3/s),
- S_2 : 시간 t_2 에 있어서 하도구간의 저류량(m^3),
- S_1 : 시간 t_1 에 있어서의 하도구간의 저류량(m^3)

3) 저류량과 유출량의 관계

저수지의 경우, 수면표고에 따른 저류량의 내용적곡선도가 필요하며, 등고선 구간을 h 로 일정하게 하고 등고선간의 면적을 $a_0, a_1, a_2 \dots, a_n$ 이라고 하면 저류량 S 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$S = \frac{1}{2} h [(a_0 + a_1) + (a_1 + a_2) + \dots (a_{n-1} + a_n)] \dots\dots\dots(1.3.85)$$

식 (1.3.85)의 방법을 평균단면적법(average end area method)이라 부르며, 저수위에 따른 저류량은 저수지의 지형도에서 등고선 내의 면적을 구하고, 여기에 등고선의 평균높이를 곱하여 용적을 구하게 되며, 이것을 연속적으로 실시하여 저수위—저류량 관계를 산정할 수 있다.

저수위와 그것에 상응하는 저수지 배출량과의 관계는 저수지 물넘이 형태에 따라 계수가 다르지만, 대개의 경우 위어형 물넘이로 보아 식 (1.3.86)이 많이 사용된다.

$$O = CLH^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(1.3.86)$$

여기서, O : 유출량(m^3/s), C : 계수, L : 여수토의 나비(m),
 H 는 일류수심(m)이다.

4) 저수지의 홍수조절능력 계산방법

여기에서는 수정펄스법과 Cheng 도해법의 계산예를 소개한다.

(1) 수정펄스법(Modified Pul's method)

식 (1.3.84)로부터 유입, 유출과 저류량의 관계를 다음 식과 같이 정리할 수 있다.

$$\left(S_2 + O_2 \frac{\Delta t}{2} \right) = \left(S_1 - O_1 \frac{\Delta t}{2} \right) + (I_1 + I_2) \frac{\Delta t}{2} \dots\dots\dots(1.3.87)$$

식 (1.3.87)에서 유출량 O 와 저류량 S 는 수심 H 의 함수가 되며, Δt 를 일정하게 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$S + O \frac{\Delta t}{2} = \Phi, \quad S - O \frac{\Delta t}{2} = \Psi \quad \dots\dots\dots(1.3.88)$$

또한, Φ 와 Ψ 를 H 의 함수로 식 (1.3.88)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Phi_2 = \Psi_1 + (I_1 + I_2) \frac{\Delta t}{2} \quad \dots\dots\dots(1.3.89)$$

따라서, 일반식으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Phi_{n+1} = \Psi_n + (I_n + I_{n+1}) \frac{\Delta t}{2} \quad \dots\dots\dots(1.3.90)$$

여기서, n : 시각을 나타내는 첨자

식 (1.3.87)을 추적의 기본으로 하고 물넘이의 배제량을 종축으로, 이에 대응하는 저수지 저류량에 배제량의 반을 더한 값 $S + O \Delta t / 2$ 을 횡축으로 하는 저류량 지시곡선(storage indication curve)을 작성한다(그림 1.3.24 참조). 계산과정은 먼저 I_1, I_2, S_1 및 O_1 의 값으로 식 (1.3.87)의 좌항을 계산하고, $S_2 + O_2(\Delta t / 2)$ 에 해당하는 계산치를 횡축에 대입하여 종축의 물넘이 배제량을 읽는다. 이때 읽은 유출량이 최초 단위시간 후기의 유출량이며, 이 O_2 를 횡축의 값 $S_2 + O_2 \Delta t / 2$ 에서 감해 $S_2 - O_2(\Delta t / 2)$ 의 값을 계산한다. 이 값이 다음 단위시간의 $S_1 - O_1(\Delta t / 2)$ 가 되며, 이와 같은 계산과정을 반복하게 된다.

또한, 이에 앞서 저수위 대 배제량곡선도(height-discharge curve, $H-O$ 곡선 ; 그림 1.3.25 참조)와 수위-용량곡선도(height-capacity curve, $H-S$ 곡선; 그림 1.3.26 참조) 및 $\Phi \cdot \Psi \cdot S$ 등과 저수위와의 곡선도(그림 1.3.27 참조)를 작성해야 한다.

수정펄스법은 유입량이 물넘이와 같이 일정구간을 통하여 유출하는 경우에 잘 적용되며, 유입과 유출 그리고 일정시간에 따른 수위의 상승과 하강 추적에 적합하다.

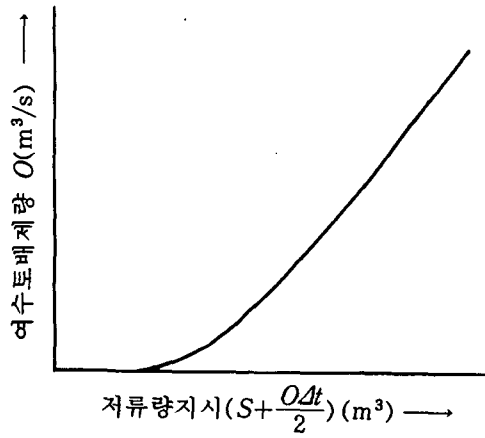


그림 1.3.24 저류량지시곡선

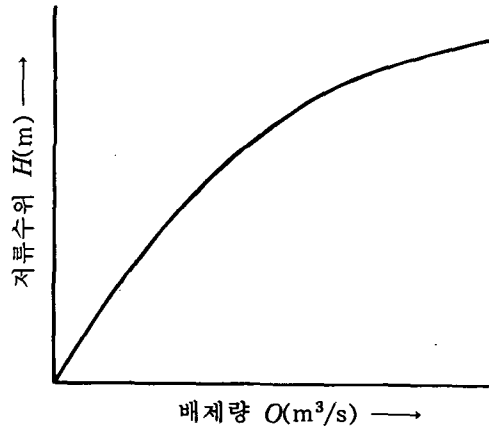


그림 1.3.25 저수위 대 배제량곡선도

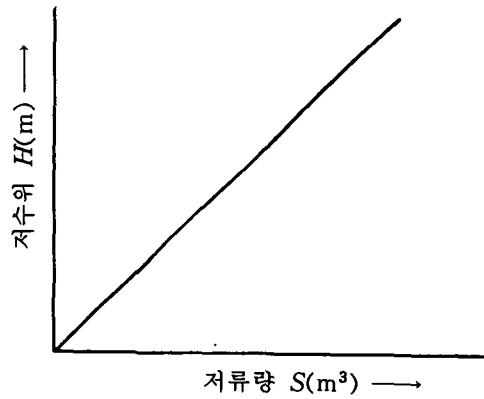


그림 1.3.26 수위-용량곡선도

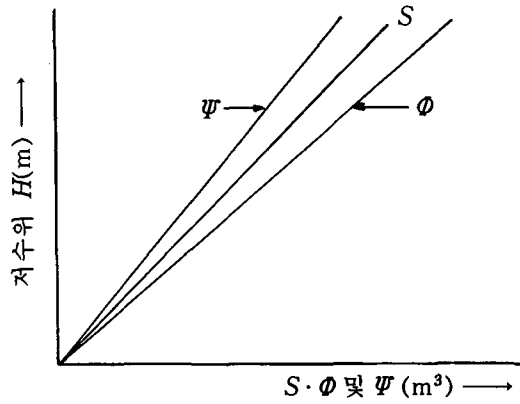


그림 1.3.27 $\phi \cdot \psi \cdot S$ 등과 저류수위와의 곡선도

예제 : 물넘이 길이가 50m인 저수지에서 표 1.3.53에서와 같은 50년 빈도 강우량에 의한 유입량이 있었다. 유출량을 추적하라. 다만, 물넘이 위의 수면적은 수위 1m당 100ha씩 증가된다고 한다.

표 1.3.53 시간별 유입량 계산

시간 (h)	유입량(m³/s) ($I_n + I_{n+1}$)/2	시간 (h)	유입량(m³/s) ($I_n + I_{n+1}$)/2	시간 (h)	유입량(m³/s) ($I_n + I_{n+1}$)/2	시간 (h)	유입량(m³/s) ($I_n + I_{n+1}$)/2
1	50	4	120	7	40	10	10
2	120	5	80	8	30	11	5
3	200	6	60	9	20	12	2

풀이 : 추적시간은 유입량 산정시간이 1시간이므로 $\Delta t = 1$ 시간으로 하고, $\phi = S + O(\Delta t/2)$ 와 $\psi = S - O(\Delta t/2)$ 는 모두 H (물넘이 월류수심)의 함수로 미리 도표를 작성한다. 어떤 시간 $t = t_1$ 에 있어서 I_1 , ψ_1 및 $t_1 + \Delta t$ 중 I_2 가 주어지면 식 (1.3.84)로부터 ϕ_2 가 계산된다. 그러므로, $\phi-H$ 곡선에 의하여 $t_1 + \Delta t$ 에 있어서 저수지 수위 H 가 구해지고, 수위 H 를 알게 되면 $H-O$ 곡선으로부터 H 에 대응하는 유출량 O 를 계산할 수 있다.

그리고 물넘이 배제량(여기에서는 유출량과 같음)은 위어 공식 $O = CLH^{3/2}$ 에 의하여 구할 수 있으며 $C = 2.1$, $L = 50m$ 로 하여 계산한 결과를 보면 그림 1.3.28 및 표 1.3.53와 같다.

또한 물넘이위 수위 1m당 수면적이 100ha 씩 증가되는 것을 도시하면 그림 1.3.29에서 보는바와 같다.

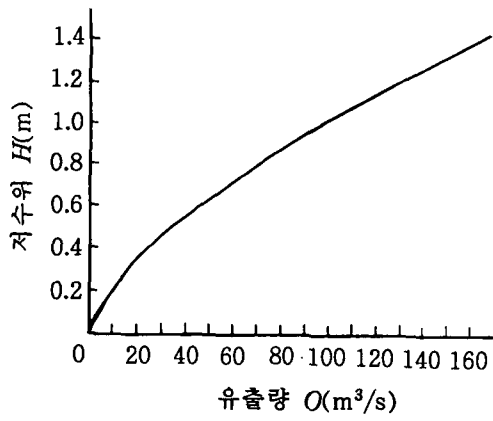


그림 1.3.28 H-O 곡선도

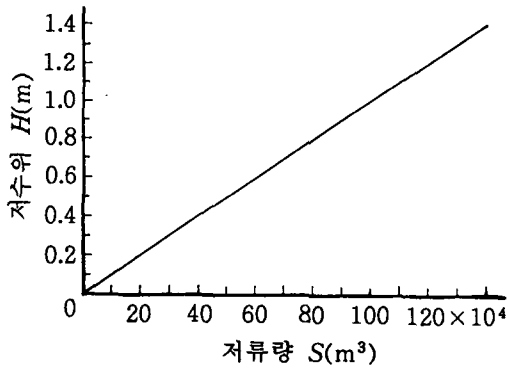


그림 1.3.29 H-S 곡선도

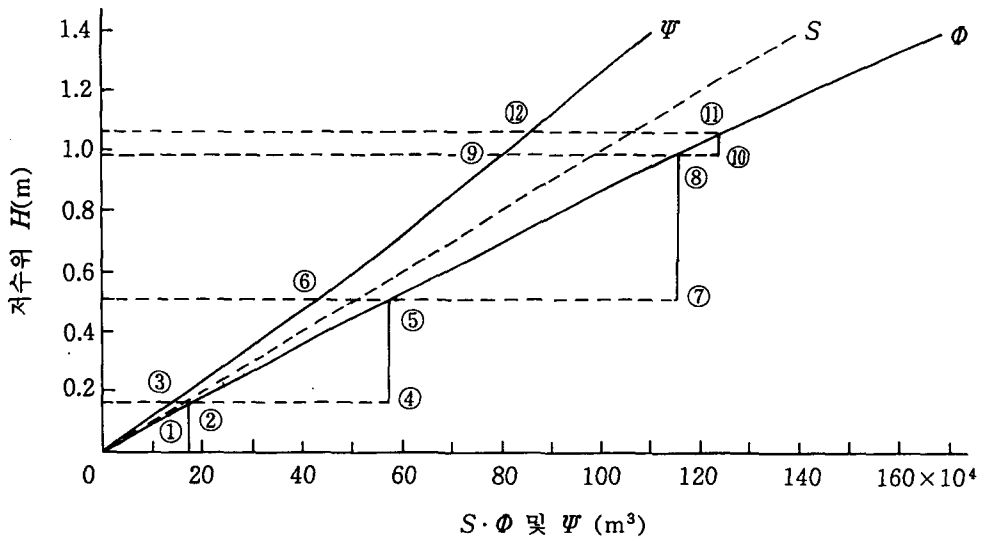


그림 1.3.30 상승기(저류기)에 있어서 ϕ 및 ψ 와 저류수위와의 관계

이상의 계산과정과 $H-O$ 곡선 및 $H-S$ 곡선을 이용하여 ϕ 및 ψ 를 계산한 결과는 표 1.3.54와 같다. 이 표에 의거하여 그림 1.3.30~31을 작성하고, 표 1.3.55에서 보는 바와 같은 홍수추적계산표를 만든다.

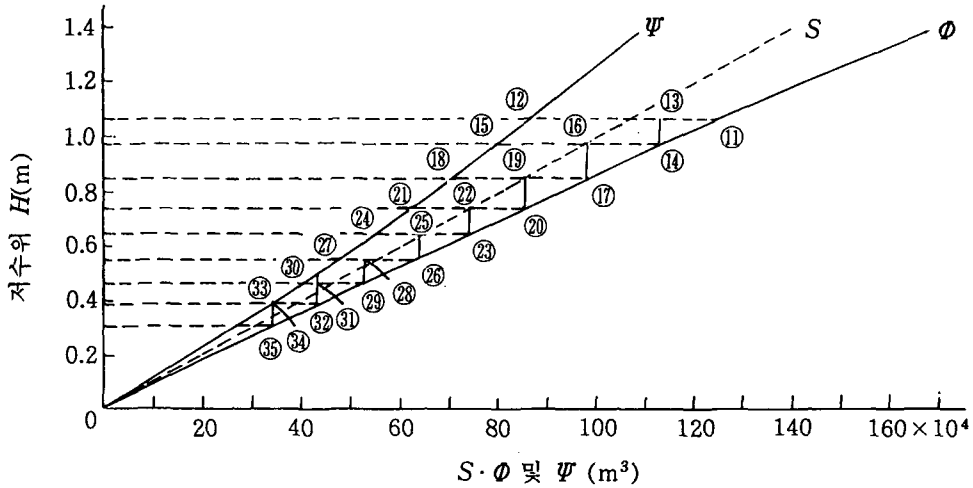


그림 1.3.31 하강기(배수기)에 있어서 ϕ 및 ψ 와 저류수위와의 관계

표 1.3.54 ϕ 와 ψ 의 계산표

H (m)	$H^{3/2}$	$O(O)=CLH^{3/2}$ (m^3/s)	$O\Delta t/2$ ($\times 10^4 m^3$)	S ($\times 10^4 m^3$)	$\phi=S+O\Delta t/2$ ($\times 10^4 m^3$)	$\psi=S-O\Delta t/2$ ($\times 10^4 m^3$)
1.4	1.66	166	29.88*	140**	169.88	110.12
1.3	1.48	148	26.64	130	156.64	103.36
1.2	1.32	132	23.76	120	143.76	96.24
1.1	1.15	115	20.70	110	130.70	89.30
1.0	1.00	100	18.00	100	118.00	82.00
0.9	0.85	85	15.30	90	105.30	74.70
0.8	0.70	72	12.96	80	92.93	67.04
0.7	0.59	59	10.62	70	80.62	59.38
0.6	0.47	47	8.46	60	68.46	51.54
0.5	0.35	35	6.30	50	56.30	43.70
0.4	0.25	25	4.50	40	44.50	35.50
0.3	0.16	16	2.88	30	32.88	27.12
0.2	0.09	9	1.62	20	21.62	18.38
0.1	0.03	3	0.54	10	10.54	9.46

주) * : $166 \times 1,800 = 298,800 m^3$, ** : $1.4 \times 100ha \times 10,000 m^3 = 1,400,000 m^3$, $C = 2.0$

표 1.3.55 홍수추적 계산표

A	B	C	D	E	F	G
시간 (h)	유입량	Δt시간의 유입량		저수지의 수위		유출량
	$\frac{I_n + I_{n+1}}{2}$ (m ³ /s)	$\frac{I_n + I_{n+1}}{2} \Delta t$ (×10 ⁴ m ³)	그림 1.3.31~1.3.32 의 대조번호	그림 3.31~3.32 의 대조번호	H (m)	O (m ³ /s)
1	50	18.0	0-①	②	0.16	6
2	120	43.2	③-④	⑤	0.51	36
3	200	72.0	⑥-⑦	⑧	0.99	98
4	120	43.2	⑨-⑩	⑪	1.05	108
5	80	28.8	⑫-⑬	⑭	0.97	96
6	60	21.6	⑮-⑯	⑰	0.86	80
7	40	14.4	⑰-⑱	⑳	0.74	64
8	30	10.8	㉑-㉒	㉓	0.64	51
9	20	7.2	㉔-㉕	㉖	0.55	40
10	10	3.6	㉗-㉘	㉙	0.46	31
11	5	1.8	㉚-㉛	㉜	0.38	23
12	2	0.7	㉝-㉞	㉟	0.31	17

[계산 및 도,표 작성]

- 1) 표 1.3.55의 A·B·C란에 표 1.3.53의 유입량을 기입한다. 이하 모두 표 1.3.55의 D, E란을 이용하여 F, G란을 완성한다.
- 2) C란 시간 1의 값 180,000m³를 그림 1.3.30의 원점으로부터 오른쪽으로 수평하게 선을 긋는다(0~①).
- 3) ①에서 수직으로 선을 그어 ①-②를 만든다(∅선과의 표점을 ②로 정함).
- 4) ②에서 수평으로 선을 그어 ②-③을 만든다(ψ선과의 교점에 ③을 정함).
- 5) C란 시간의 값 432,000m³를 ③에서 오른쪽으로 수평하게 선을 그어 ③-④를 만든다.
- 6) ④에서 수직으로 선을 그어 ④-⑤를 만든다(∅선과의 교점에 ⑤를 정함).
- 7) ⑤에서 수평으로 선을 그어 ⑤-⑥을 만든다(ψ선과의 교점에 ⑥을 정함).
- 8) 이상과 같은 방법을 반복하여 ⑪-⑫까지 이끌고, 다음 ⑬을 구하여 여기부터는 하강하기 때문에 그림 1.3.31로 옮겨 실시한다. C란의 값 288,000m³

- 를 ⑫에서 오른쪽으로 하여 ⑬을 정한다.
- 9) ⑭에서 왼쪽으로 수평하게 ⑭-⑮를 이끌어 ψ 선과의 교점에 ⑮를 정한다.
 - 10) ⑮에서 오른쪽으로 수평하게 C란의 해당 값을 이끌어 ⑯으로 하고 ⑮-⑯을 만든다.
 - 11) ⑯에서 수직으로 선을 그어 ϕ 선과의 교점을 찾아 ⑰을 정한다.
 - 12) ⑰에서 오른쪽으로 수평하게 ⑰-⑱을 이끌어 ψ 선과의 교점에 ⑲을 정한다.
 - 13) C란의 해당 값을 ⑲에서 오른쪽으로 수평하게 ⑲-⑳를 이끌어 ㉑를 정한다.
 - 14) ㉑에서 수직으로 선을 그어 ϕ 선과의 교점에 ㉒을 정한다.
 - 15) 이상과 같은 조작을 실시하여 ㉓까지 계속하고 표 1.3.55의 D, E란을 기입한 다음 E의 번호에 해당하는 저수지의 수위를 그림 1.3.30~31에서 구하여 F란을 기입하고, 이 저수지의 수위에 대응하는 유출량(배제량)을 H~O곡선에서 구하여 G란을 기입한다. 이상의 결과에 따라 유입량·유출량(배제량) 및 저수위를 도시하면 그림 1.3.32에서 보는 바와 같다.

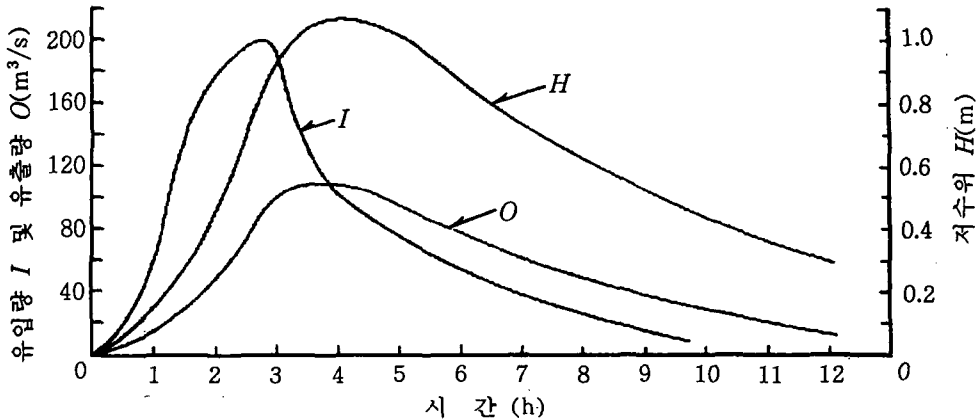


그림 1.3.32 유입량 및 유출량과 저류수위와의 관계

(2) Cheng 의 도식해법

유출계산의 간편한 도식해법 가운데 비교적 널리 이용되고 있는 Cheng의 방법을 설명해 보면 다음과 같다.

처음에는 댐에 수문이 없고 오리피스(orifice)나 자유윝류상태로 자연방류되는 것으로 하여 추적한다. 식 (1.3.83)의 저류방정식을 변형하여 나타내면 다음과 같이 된다.

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2)\Delta t + S_1 - \frac{1}{2}O_1\Delta t = S_2 + \frac{1}{2}O_2\Delta t \dots\dots\dots (1.3.91)$$

그림 1.3.33에서와 같이 I_1 과 t 에 대한 유입량 곡선을 긋고, 그림의 왼쪽에 $I\Delta t$ 와 I 직선을 그은 다음 O_1 과 S_1 과의 관계를 구하여 이것으로부터 O_1 과 $S+(1/2)O_1\Delta t$ 의 곡선을 긋는다(그림 1.3.33의 A곡선). 어느 시간 t 에 있어서의 값을 I_1 , O_1 및 S_1 으로 나타내고 시간 $t+\Delta t$ 에 있어서의 값을 I_2 , O_2 및 S_2 로 나타내면 어떤 시간(예를 들면 t_2)에 있어서의 유출량을 알았다고 할 경우 다음 시간 t_3 에 있어서의 유출량을 다음 절차에 따라 구할 수 있다.

그림 1.3.33에서와 같이 ①에서 수평선을 긋고 A곡선과의 교점을 ②라 하고, 다음에 ②에서 $O\Delta t$ 에 평행선을 그어 ③(t_2 와 t_3 의 중앙의 시간에 있어서의 유입량을 나타내는 점)에서 그은 수평선과의 교점을 ④, ④에서 수직으로 내려 A곡선과의 교점을 ⑤, ⑤에서 수평선을 그어 t_3 축과의 교점을 ⑥이라 하면 이 ⑥이 구하고자 하는 시간 t_3 에 있어서의 유출량이다.

이와 같은 방법을 계속하여 t_4 , t_5 , t_6 , ...의 유출량 표시점 ⑦, ⑧, ⑨, ...을 구한다.

저수지에서 댐의 수문개폐조작을 하는 경우의 도식해법은 다음과 같다. 즉, 수문개방도에 따라 그림 1.3.33의 A곡선과 같이 B곡선을 그리고 $(1/2)O\Delta t$ 와 O 와의 직선을 그린다. 시간 t_5 에 있어서 갑자기 B곡선의 개방도로 수문을 조

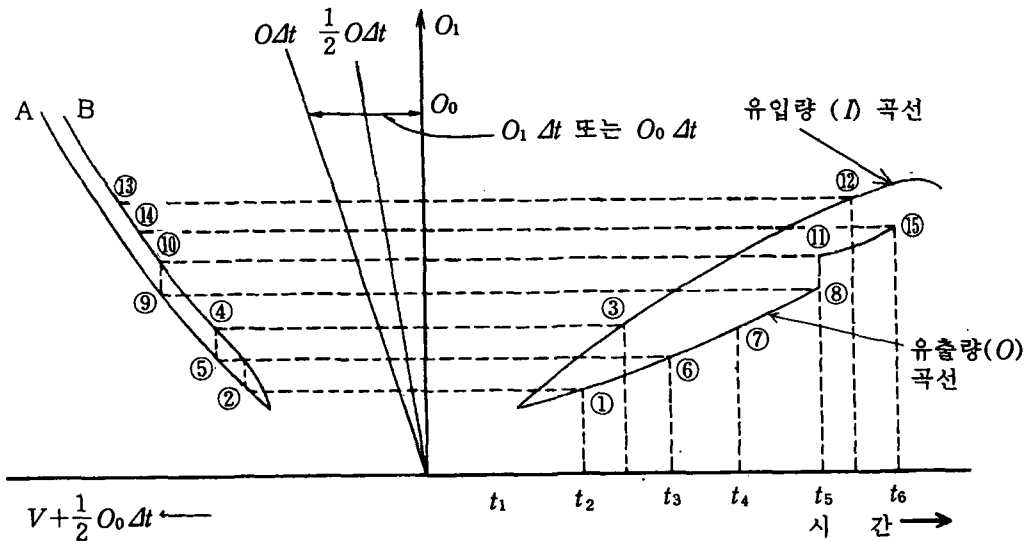


그림 1.3.33 Cheng의 도식해석도

작하는 것으로 한다.

이 경우 t_5 에 있어서의 유출량은 ⑧에서 갑자기 ⑪로 변화되며, 이 점 ⑪은 다음과 같이 계산한다. 즉, ⑧에서 수평선을 그어 A곡선과의 교점을 ⑨로하고, ⑨에서 $(1/2)O_0/t$ 에 평행선을 그어 B곡선과의 교점을 ⑩, ⑩에서 수평선을 그어 t_5 축과의 교점을 ⑪이라고 하면 이 ⑪이 t_5 에 있어서 수문조작으로 얻게 되는 유출량이 된다. ⑪이 구해지면 그 후에는 B곡선을 사용하여 ①에서 ⑥을 구한 것과 같은 방법으로 시간 t_6 에 있어서의 유출량 ⑮를 구할 수 있다.

예제 : 물넘이 길이가 80m인 홍수조절용 저수지에서 측정한 저수위와 저수용량의 관계가 그림 1.3.34와 같고, 이 저수지에 표 1.3.56에서 보는 바와 같은 유입량을 가진 홍수파가 유입할 때 유출량곡선을 Cheng의 도식해법으로 구하고, 저수지의 수위 변화를 구하라.

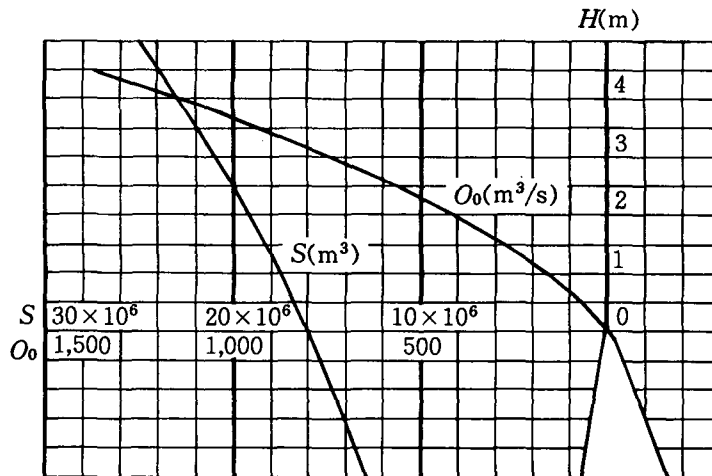


그림 1.3.34 저류량 및 유출량과 저수위와의 관계

표 1.3.56 시간별 유입량

시간 (min)	유입량 (m³/s)	시간 (min)	유입량 (m³/s)	시간 (min)	유입량 (m³/s)	시간 (min)	유입량 (m³/s)
0	20	120	1,100	240	260	360	90
20	80	140	1,040	260	200	380	85
40	200	160	840	280	150	400	80
60	400	180	640	300	120		
80	520	200	460	320	105		
100	1000	220	350	340	95		

풀이 : 물넘이의 유출량(배제량) O_0 는 $O_0 = CLH^{3/2}$ 식으로 구한다. 단, 유출계수는 $C = 1.8$ 로 한다.

$$O_0 = 1.8 \times 80 \times H^{3/2} = 144 H^{3/2}$$

여기에 H 는 물넘이의 월류수심이며, H 와 O_0 와의 관계를 계산해 보면 표 1.3.57과 같다.

표 1.3.57 H 와 O_0 와의 관계

구 분	H (m)								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
O_0 (m ³ /s)	50.9	144	264	407	569	748	942	1,152	1,374

표 1.3.57의 값을 그림 1.3.34에 그리고, 이 그림에서 S 와 H 와의 관계를 구하면 표 1.3.58과 같다.

표 1.3.58 S 와 H 와의 관계

구 분	H (m)								
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
$S(\times 10^6 \text{m}^3)$	16.6	17.5	18.3	19.2	20.1	21.1	22.1	23.1	

표 1.3.59 O_0 에 따른 $S+(1/2)O_0\Delta t$ 의 계산

구 분	O_0 (m ³ /s)								
	50.8	144	264	407	569	749	942	1,152	
$S + \frac{1}{2} O_0 \Delta t (\times 10^6 \text{m}^3)$	16.63	17.58	18.46	19.44	20.44	21.55	22.66	23.79	

주) $\Delta t = 20$ 분을 초(s)단위로 계산함.

O_0 와 S 와의 관계를 알았기 때문에 O_0 와 $S+(1/2) O_0\Delta t$ 를 구하면 표 1.3.59에서 보는 바와 같다. 이 결과를 그림 1.3.35에서와 같이 왼쪽에 나타낸다. 이 때 $O_0\Delta t$ 의 직선과 $S+(1/2) O_0\Delta t$ 의 곡선은 공통축척이어야 한다.

다음에는 앞에서 설명한 Cheng의 도식해석에 따라 그림 1.3.35의 오른쪽에

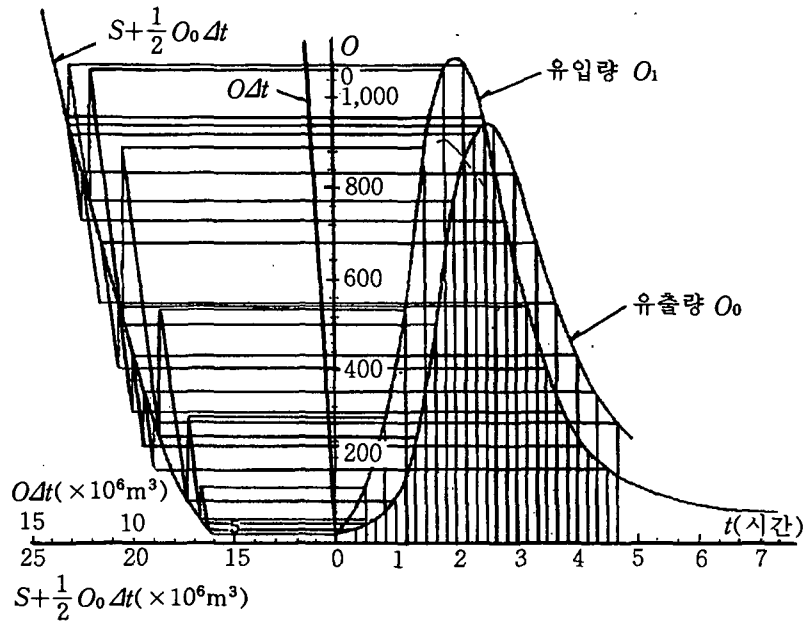


그림 1.3.35 Cheng의 도식해석도

표 1.3.60. 시간별 O_0 와 저수위 H 와의 관계

시·분	O_0	H	시·분	O_0	H	시·분	O_0	H	시·분	O_0	H
0.00	20	0.30	1.40	500	2.30	3.00	840	3.20	4.20	352	1.75
0.20	52	0.55	2.00	774	3.10	3.20	684	2.70	4.40	276	1.50
0.40	104	0.80	2.20	928	3.40	3.40	544	2.40			
1.20	248	1.45	2.40	944	3.60	4.00	432	2.15			

서 보는 바와 같이 그려나간다.

이 도식해법으로 구한 O_0 의 값에 대응하는 저수위변화를 그림 1.3.35에 의하여 구하면 표 1.3.60에서 보는 바와 같다.

사. 댐의 여유고

1) 소댐(Small Dam)에 대한 USBR의 기준

이 기준에서는 댐의 여유고를 통상여유고와 최소여유고로 구분하는데 통상여유고란 저수지의 평상수위(예를 들면 비조절 물넘이인 경우의 저수지 만수위)에서 댐마루까지의 표고차를 말하며 후자는 저수지의 최고수위 즉 설계홍수량이 유입하였을 때의 저수지 수위에서 댐마루까지의 높이를 말한다. 그러

므로 전자와 후자의 차이는 저수지의 홍수조절 수위(서차아지(Surcharge)수위)와 같게 된다.

또 물넘이가 조절형일 때는 양자가 동일하게 될 수도 있다. USBR의 여유고 결정기준은 다음과 같다. USBR에서는 소댐을 높이 15m 이하 또는 저수량 1,000,000m³ 이하의 댐으로 정의하고 있다.

① 표 1.3.61에 준하여 파고를 결정하여 통상여유고를 결정할 때는 풍속 100mile/h(약 45m/s)에 대한 파고를 취하고 최소여유고를 결정할 때에는 풍속 50mile/h(약 22.4m/s)를 취한다.

② 여유고결정에는 파랑이 제체사면을 기어올라가는 영향을 반영하기 위하여 돌쌓기(장석) 사면에서는 표 1.3.61의 값의 1.5배를 설계 파고로하며 콘크리트사면과 같이 조도가 작은 경우는 여기에 50%를 더 가산한다.

③ ①, ②에 의해 계산한 파고가 표 1.3.62 값보다 작을 때는 이 표의 값을 여유고로 한다.

④ 대안거리가 4.0km 이내고 한냉의 차가 심한 지방에서 필댐의 코어재료를 CL 또는 CH의 토질로 축조하는 경우는 표 1.3.62의 최소치에 더 여유를 고려한다.

종래 우리 나라에서는 Stevenson 공식으로 파고를 계산하고 이에 댐높이에 따른 안전상수를 가산하여 여유고를 구하였는데 이 방법은 풍속의 영향이 무시되었고 다른 공식과도 잘 일치되지 않는다(표 1.3.61). 따라서, 종래방법을 따르더라도 Molitor 공식으로 계산하고 풍속자료가 없을 때에는 USBR 기준에 준하여 풍속 약 45m/s를 적용하여 파고를 계산하는 것이 합리적이다. 이는 어떠한 지역이라도 다년간에 걸쳐 1회 정도는 풍속 45m/s를 맞을 가능성이 있기 때문이다. 다만 바람이 차단된 특수지역인 때는 풍속 33.5m/s~22.4m/s를 취할 수 있다.

2) SMB법

농지개량사업계획설계기준(댐편) 참조

3.4.4 취수시설

취수시설계획에서는 기본계획에서 설정된 시설을 기초로 다른 시설계획과의 관련성에 대하여 유의하고 수원의 종류별로 시설의 구조, 형식 등과 부대시설에 대한 개략설계를 실시하여 개략공사비를 산정하여야 한다.

취수시설의 종류에 따라 다음 항목을 갖추어야 한다.

표 1.3.61 파고결정에 대한 ASCE 기준과 파고계산공식의 비교

대안거리 F(km)	풍 속 V (m/s)	파 고 H (m)			비 고
		ASCE 기준	Molitor 공 식	Stevenson 공 식	
1.6	23.5	0.82	0.83	0.89	○ Molitor 공식 F>32km : $H = 0.061\sqrt{VF}$ F<32km: $H = 0.76 + 0.061\sqrt{VF} - 0.27^4\sqrt{F}$
1.6	35.2	0.91	0.91	0.89	
4.0	23.5	0.98	0.97	1.14	
4.0	35.2	1.10	1.10	1.14	
4.0	47.0	1.20	1.21	1.14	○ Stevenson 공식 F>76km : $H = \frac{1}{3}\sqrt{F}$ F<76km : $H = 0.75 + \frac{1}{3}\sqrt{F} - \frac{1}{4}4\sqrt{F}$
8.0	23.5	1.13	1.14	1.41	
8.0	35.2	1.31	1.33	1.41	
8.0	47.0	1.46	1.49	1.41	
16.1	23.5	1.37	1.41	1.59	여기서, V : 풍속(m/s), H : 파고(m), F : 대안거리 (km)
16.1	35.2	1.65	1.67	1.59	
16.1	47.0	1.86	1.90	1.59	

주) USBR에서는 파고결정에 있어 ASCE 기준을 취한다.

표 1.3.62 여유고의 최소치

대안거리 (km)	통상여유고 (m)	최소여유고 (m)	대안거리 (km)	통상여유고 (m)	최소여유고 (m)
1.6 미만	1.23	0.92	8.0 미만	2.46	1.85
1.6	1.54	1.23	16.1	3.08	2.16
4.0	1.85	1.54			

표 1.3.63 우리 나라 풍속의 극치

지 명	극 치(m/s)	풍 향	발 생 년 월 일
서 울	25.0	서	1954. 4.19
강 룡	36.7	서	53. 1.15
인 천	35.0	남	54. 8.25
추 풍 령 구	21.5	서	46. 4.18
대 울 산	25.3	북북동	59. 9.17
울 산	31.7	북 동	59. 9.17
전 주	19.0	남 동	45. 8. 3
광 주	25.8	남남동	56. 9.17
목 포	39.5	남	40. 7.23
여 수	35.5	북 동	59. 9.17
제 주	36.1	북북동	33. 8. 3

표 1.3.64 우리 나라 주요 태풍 (1959~1983, 중심최대풍속 100knots 이상 태풍)

태풍이름	발생일	중심최저기압(mb)	중심최대풍속(knots)	영향기간(월, 일~월, 일)	피해구역
BILLE	1959. 7.10	968	100	7.16 ~ 7.18	서해, 북부
ELLEN	59. 8. 1	964	110	8. 6 ~ 8. 9	남해, (제주)
JOAN	59. 8.24	891	200	8.31 ~ 9. 1	남해, 북부
LOUISE	59. 8.29	964	125	9. 5 ~ 9. 8	중남해, 북부
SARAH	59. 9.11	905	170	9.15 ~ 9.18	중남해, 북부
POLLY	60. 7.17	950	125	7.27 ~ 7.29	남해, 동해
DELLA	60. 8.18	918	100	8.28 ~ 8.30	남해, 북부, 전남
BETTY	61. 5.21	945	100	5.28 ~ 5.29	남해, 북부, 전남
HELEN	61. 8.23	975	100	8. 2 ~ 8. 4	남해, 북부, 전남
NANCY	61. 9. 6	888	200	9.15 ~ 9.16	남해, 북부, 전남
TILDA	61. 9.25	925	120	10.5 ~ 10. 6	남해, 북부, 전남
NORA	62. 7.30	900	150	8. 8 ~ 8. 9	중남해, 북부, 전남
AMY	62. 8.29	940	140	9. 6 ~ 9. 8	중남해, 북부, 전남
SHIRLEY	63. 6.12	935	140	6.19 ~ 6.20	남해, 북부, 전남
BESS	63. 7.26	930	130	8. 9 ~ 8.12	서해, 북부, 전남
BETTY	64. 7. 2	958	110	7. 6 ~ 7. 8	서해, 북부, 전남
HELEN	64. 7.27	930	130	8. 2 ~ 8. 4	서해, 북부, 전남
HARRIET	65. 7.20	970	100	7.28 ~ 7.29	북동해, 북부, 전남
JEAN	65. 7.24	940	140	8. 5 ~ 8. 6	북동해, 북부, 전남
MARY	65. 8.14	936	150	8.21 ~ 8.24	북동해, 북부, 전남
CORA	66. 8.29	917	150	9. 8 ~ 9. 9	북동해, 북부, 전남
MARY	68. 7.20	924	130	7.28 ~ 7.30	남동해, 북부, 전남
DELLA	68. 9.12	930	105	9.24 ~ 9.27	남동해, 북부, 전남
ELSIE	69. 9.16	890	130	9.29 ~ 9.30	남동해, 북부, 전남
OLGA	70. 6.28	905	130	7. 5 ~ 7. 7	남동해, 북부, 전남
WILDA	70. 8. 9	940	100	8.14 ~ 8.15	남동해, 북부, 전남
BESS	71. 9.17	911	140	9.23 ~ 9.26	중남해, 북부, 전남
RITA	72. 7. 5	910	120	7.25 ~ 7.27	중남해, 북부, 전남
TESS	72. 7. 8	940	110	7.23 ~ 7.25	중남해, 북부, 전남
BETTY	72. 8. 9	910	135	8.18 ~ 8.20	남동해, 북부, 전남
HELEN	72. 9.10	955	100	9.16 ~ 9.17	남동해, 북부, 전남
BILLIE	73. 7.11	916	130	7.18 ~ 7.19	서동해, 북부, 전남
PHYLLIS	75. 8.12	920	120	8.17 ~ 8.18	서동해, 북부, 전남
THERESE	76. 7.12	903	135	7.20 ~ 7.21	남동해, 북부, 전남
BILLIE	76. 8. 3	914	125	8.12 ~ 8.14	중남해, 북부, 전남
FRAN	76. 9. 4	915	130	9.12 ~ 9.13	남해, 북부, 전남
BABE	77. 9. 1	905	110	9.10 ~ 9.12	남해, 북부, 전남
WENDY	78. 7.22	962	80	8. 1 ~ 8. 3	영남, 북부, 전남
CARMEN	78. 8.10	961	80	8.18 ~ 8.20	영남, 북부, 전남
IRVING	79. 8. 6	954	90	8.15 ~ 8.18	영남, 북부, 전남
JUEY	79. 8.16	887	135	8.24 ~ 8.26	영남, 북부, 전남
AGNES	81. 8.26	947	95	8.31 ~ 9. 4	영남, 북부, 전남
CLARA	81. 9.14	924	120	9.23 ~ 9.25	영남, 북부, 전남
BESS	82. 7.22	901	140	8. 1 ~ 8. 3	영남, 북부, 전남
CECIL	82. 8. 4	914	125	8.12 ~ 8.15	영남, 북부, 전남
ELLIS	82. 8.18	913	125	8.25 ~ 8.28	영남, 북부, 전남
KEN	82. 9.16	936	110	9.24 ~ 9.26	영남, 북부, 전남
FORREST	83. 9.20	885	110	9.26 ~ 9.30	영남, 북부, 전남

주) 중심최저기압과 중심최대풍속은 태풍의 일생에서 취한 값이다.

㉠ 취입보의 경우는 갈수시(渴水時) 또는 하상변동에도 취수의 안전성이 확보될 수 있고, 설치위치가 치수(治水)의 안전성에 영향이 적으며, 송수배분(送水配分)에 있어 경제성이 확보될 수 있을 것.

㉡ 양수기의 경우는 유지관리·운전경비 등의 경제성이 확보될 수 있을 것.

㉢ 지하수공의 경우는 지하수위의 주기적 변동에 대하여 취수의 안정성·경제성이 확보될 수 있고 지반침하 등의 영향이 적은 곳일 것.

구체적으로 수원계획에 의한 취수시설의 형태 및 위치를 기초로 하여, 용수계획에서 산정한 취수량 및 수두(水頭)가 확보될 수 있는 합리적 취수방식을 선정함과 아울러, 안정성, 경관(景觀), 수질, 생태계 등 환경측면의 영향 및 경제성을 검토한 후 위치, 형식, 취입보 높이 등의 제원으로 개략설계를 실시하여 개략공사비를 산정한다.

또한 전체적으로 다른 시설계획과의 조화를 이루도록 작업을 진행시킨다.

가. 취입보

1) 설계취수량

설계취수량은 취입보의 높이 및 취수위의 설계에 기본이 된다. 설계취수량은 관개계획의 최대계획취수량을 취한다.

2) 설계취수위

취수위는 용수로기점의 계획수위 또는 취입수심에 의해 결정한다. 설계취수위는 취입방법에 따라 다음과 같이 정한다.

(1) 제수형(制水型) 취입

다음 중 높은 수위를 설계취수위로 한다.

㉠ 전술한 용수로 기점의 수위로 취수문으로부터 용수로 기점까지의 총손실수두를 더한 수위

㉡ 취입구바닥고에 취입수심을 더한 수위

(2) 자연취입

이 방법에서는 취수위(하천수위)가 변동하므로 약 10년 확률의 갈수위를 설계취수위로 하게 되는데 이 취수위가 설계취수량을 만족한다고 보아 상기 ㉠, ㉡의 조건을 충족시키도록 정한다. 확률처리방법은 Iwai법, Gumbel-Chow법, 대수확률지방법 등에 따르면 된다.

3) 갈수기준년과 갈수량

갈수기준년의 산정에 있어 기왕의 관측자료가 부족하거나, 조사측정 당시 해의 갈수위로 보아서 그 해가 갈수년이 아닌 경우는 실측치에 의한 갈수량

(위)산정은 곤란하다. 이 때는 유사하천의 갈수량과 그 비유량으로부터 갈수량을 구한다. 그러나 하천갈수량은 유역면적의 대소, 지형, 식생, 하상계수 등에 따라 달라지므로 비유량을 따를 때는 주의를 요한다. 실측하천의 유량과 강우 분포상태, 유역상태로부터 정한 갈수량이 납득할 수 있는 값이어야 한다. 그림 1.3.36의 a) 및 b)는 우리 나라 주요하천의 갈수 비유량을 나타낸 것으로 이들 곡선은 각 수계별 관측소의 갈수위(량)에 의해 각 관측지점의 유량 대 유역면적의 비 즉 갈수비 유량을 계산하여 양대수 방안지에 작도한 것이다.

우리 나라에는 보의 취수량에 대한 간단한 기준이 있는데 유역면적이 관개면적의 약 100배가 되면 소요수량이 확보되는 것으로 판단하는 방법이다. 즉, 논용수량범위가 1~2m³/s/5~10km²이고 대부분의 하천갈수량이 1~2m³/s/1,000 km² 이기 때문이다. 이 기준은 계획단계의 도상검토에서는 유익한 방법이 된다.

또한, 한해대책을 위한 수리시설물 실태조사(1989, 농진공) 등에서는 취입보, 양수장의 하천취수량기준을 표 1.3.65와 같이 산출하고 있으나 지역적인 조사로 검토한 바로는 대체로 갈수량이 대단히 크게 평가하고 있어 적용상에 주의를 요한다.

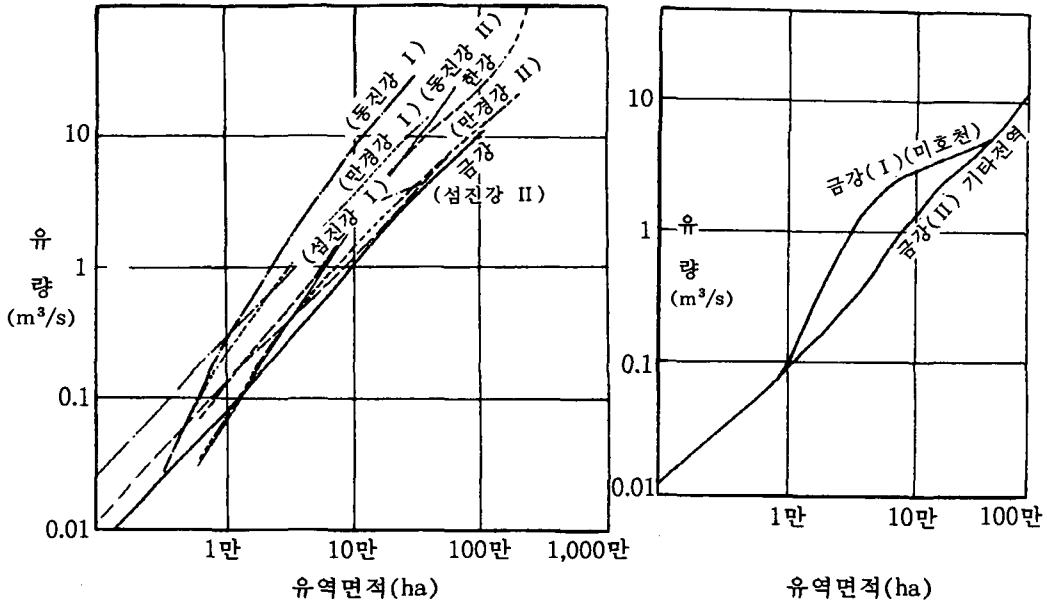


그림 1.3.36 a) 수계별 연중 갈수비유량곡선, b) 수계별 관개기간중 갈수비유량곡선

주) 수계별 곡선 중 I 는 해당관측소의 유역입상이 양호하고, 경지면적이 작으며 중간지점의 취수량이 적은 유역에 해당하는 것이고, II 는 입상이 불량하고 경지면적비율이 보통인 경우의 유역에 해당하는 것이다.

표 1.3.65 한반빈도별 갈수량 기준표 (취입보, 양수장용)

유역 상황	갈 수 량 (m ³ /s)				비 고
	3년	5년	7년	10년	
유역내 양수장, 취입보, 집수암거 등 수리시설이 많고, 유역내 감수심이 많아 갈수량이 가장 적은 경우	0.1984	0.1398	0.1128	0.0902	유역 면적 100km ² 기준
유역내 임상이 보통이고 감수심도 보통이어서 갈수량이 보통인 경우	0.3969	0.2796	0.2255	0.1804	
유역내 임상은 보통이나 감수심이 적어 갈수량이 비교적 많은 경우	0.5953	0.4194	0.3383	0.2706	
임상이 좋고 상류부 수리시설물이 적어 갈수량이 가장 많은 경우	0.7938	0.5592	0.4570	0.3608	

자료 : 한해대책을 위한 수리시설물 실태조사 (1989, 농진공)

4) 설계홍수량

설계기준 또는 다른 계획(예, 치수계획 또는 하천기본정비계획 등)에 하천의 계획홍수량이 정하여 있을 때는 그 홍수량을 설계홍수량으로 한다.

만일 하천의 유출량자료가 있는 경우에는 일우량으로부터 구할 것이 아니라 유출량자료를 확률처리하여 1/50 확률 정도의 홍수량을 구하는 것이 더욱 논리적이다.

5) 설계홍수위

4)항의 설계홍수량에 대응하는 하천수위를 설계홍수위로 취한다. 설계홍수위에 대해 하천제방을 계획할 때는 표 1.3.66의 기준(하천시설기준, 1993, 건설부)에 의한 여유고를 가산한다.

표 1.3.66 계획홍수량과 제방여유고

계획 홍수량(m ³ /s)	제방여유고(m)	계획 홍수량(m ³ /s)	제방여유고(m)
200 미만	0.6	2,000~5,000	1.2
200~500	0.8	5,000~10,000	1.5
500~2,000	1.0	10,000 이상	2.0

나. 양수장(揚水場)

수원공으로서의 양수장 계획에 있어서는 특히 시설의 설치비와 유지관리상

의 경제적 관계를 면밀히 검토하여야 한다.

1) 펌프취수의 특징

원동기의 위치와 홍수위의 관계, 전양정, 흡입양정의 크기를 고려하여 조건에 적합한 펌프형식을 채택해야 하는데 취수시설로서의 펌프취수의 특징은 다음과 같다.

- ㉠ 하천의 수위는 수원으로서의 제약조건이 되지는 않는다.
- ㉡ 취입보시설에 비하여 시설비가 일반적으로 저렴하다.
- ㉢ 운전비관계로 여분의 취수는 어렵다.
- ㉣ 펌프가능 이상의 취수는 불가능하다.
- ㉤ 갈수시에도 수위에 불구하고 취수가 가능하다.

2) 펌프의 분류와 개요

(1) 펌프의 적용범위

펌프의 적용범위는 표 1.3.67과 같다.

표 1.3.67 펌프의 적용범위

구 분	고 양 정 펌 프	저 양 정 펌 프
배 출 량	0.35~200 m ³ /min	36 ~ 1,150 m ³ /min
전 양 정	9 ~ 300 m	1.5 ~ 9.0 m

(2) 펌프의 형식

펌프의 형식은 표 1.3.68과 같다.

표 1.3.68 펌프의 형식

고 양 정 펌 프	저 양 정 펌 프	기 타
횡축 양흡입 다단와권펌프	입축 사류펌프	수중 모터 펌프
횡축 편흡입 다단와권펌프	횡축 사류펌프	
횡축 양흡입 다단와권펌프	입축 축류펌프	
횡축 편흡입 다단와권펌프	횡축 축류펌프	
입축 사류펌프	축류 튜블러펌프	
입축 편흡입 다단펌프	사류형 튜블러펌프	

- 주) a. 양흡입 다단와권펌프, 편흡입 다단와권펌프는 가이드가 붙은 diffuser 터빈펌프도 포함.
 b. 수중모터펌프에 대해서는 우물 등에 설치하여 소규모 관개용수에 사용되는 경우도 있다.

(3) 펌프의 표준구경과 배출량
 고양정 펌프와 저양정 펌프의 표준구경과 배출량은 표 1.3.69, 70과 같다.

표 1.3.69 고양정 펌프의 표준구경과 배출량

구경	배출량	구경	배출량	구경	배출량
mm	m ³ /min	mm	m ³ /min	mm	m ³ /min
65	0.32~0.50	250	5~8	600	36~50
80	0.50~0.80	300	8~12	700	50~70
100	0.80~1.25	350	12~18	800	70~90
125	1.25~2.00	400	18~23	900	90~115
150	2.00~3.50	450	23~28	1,000	115~150
200	3.50~5.00	500	28~36	1,200	150~200

- 주) · 펌프의 표준구경은 입축사류펌프인 경우는 배출구경, 기타펌프는 유입구경을 나타낸다
- 와권펌프의 표준구경은 표준양정 약 25m에의 값을 나타낸 것이다. 양정이 커지면 구경이 작아진다
 - 소요용수량에 대해 본표로부터 펌프구경을 결정할 수 있으나 경제성, 고장위험, 분산·용수량 변동에 대한 추종성 등을 고려하여 구경과 대수를 결정하도록 한다.

표 1.3.70 저양정 펌프 표준구경과 배출량

구경	배출량	구경	배출량	구경	배출량
mm	m ³ /min	mm	m ³ /min	mm	m ³ /min
600	36~50	1,200	150~200	2,000	480~600
700	50~70	1,350	200~255	2,200	600~740
800	70~90	1,500	255~325	2,400	740~850
900	90~115	1,650	325~400	2,600	850~1,000
1,000	115~150	1,800	400~480	2,800	1,000~1,150

3) 펌프의 선정

계획점에서의 배출량과 양정(고양정, 저양정) 등에 따르며 펌프형식 및 구경은 농지개량산업계획설계기준 양배수장편을 참조한다.

4) 펌프의 양정

펌프의 실양정은 흡입수면과 배출수면의 고차이며 전양정은 실양정에 각종의 손실수두를 더한 것이다. 펌프의 전양정은 실양정에 흡입관, 배출관의 손실수두, 압력수두차, 속도수두차를 더한 것으로 다음 식 (1.3.92)로 계산한다.

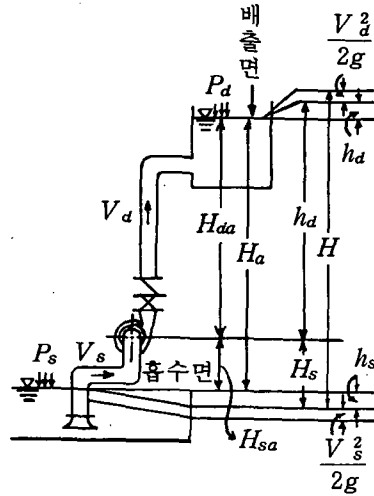


그림 1.3.37 펌프양정

$$H = H_a + \{10(P_d - P_s)/\gamma\} + \{(V_d^2 - V_s^2)/2g\} + h_s + h_d \dots\dots\dots (1.3.92)$$

여기서, H : 전양정(m),

H_a : 실양정(m),

H_{sa} : 흡입실양정(m),

H_{da} : 배출실양정(m),

h_s : 흡입관로 중의 총손실수두(m)

h_d : 배출관로 중의 총손실수두(m),

P_s : 흡입수면상에 작용하는 압력(kgf/cm²)

P_d : 배출수면 상의 압력(kgf/cm²),

V_s : 흡입관 내 유속(m/s)

V_d : 배출관 내 유속(m/s),

γ : 양류(揚流)의 단위체적중량(kgf/l)

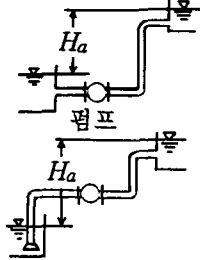
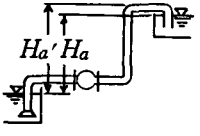
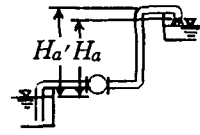
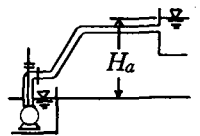
g : 중력가속도(m/s²),

H_s : 흡입전양정(m),

H_d : 배출전양정(m)

한편 실양정(ha)은 펌프설치방식에 따라 표 1.3.71과 같이 정한다.

표 1.3.71 각종 펌프의 설치방식과 실양정

	<p>펌프 설치고의 여하에 불구하고 흡입배출 양수면간 고차를 실양정으로 한다.</p>
	<p>배출관이 사이편을 형성할 때는 흡입, 배출의 양수면간의 고차를 실양정으로 한다. 사이편을 형성치 않을 경우는 흡수면에서 관로 내 최정부까지 고차를 실양정으로 한다.</p>
	<p>배출관단이 수중 방류의 경우는 도중의 관로가 사이편을 형성할 때, 흡입수면과 배출관단의 고차를 실양정으로 한다. 사이편을 형성치 않을 경우는 흡입면에서 관로 내 최정부까지의 고차를 실양정으로 한다.</p>
	<p>보통의 입축펌프의 관로손실은 펌프 배출구이 후부분에 대하여 계산한다. 펌프흡입구에서 배출구까지의 손실은 펌프성능 중에 포함된다.</p>

5) 펌프의 효율

수동력 L_w (펌프가 양수에 대해 한 일과 축동력 L_s : 펌프에 부여한 동력)의 비를 펌프효율 η 라 한다. η 는 펌프의 형식, 구경에 따라 다르지만, 대체로 표 1.3.72와 같다.

$$\eta = L_w/L_s \dots\dots\dots(1.3.93)$$

표 1.3.72 펌프의 효율(%)

저양정펌프					고양정펌프		
구 경 (mm)	횡 축		입 축		구 경 (mm)	와 권	입축사류
	사 류	축 류	사 류	축 류			
600	77	75	76	74	40	40	-
700	78	76	77	75	50	44	-
800	79	77	78	76	65	50	-
900	80	78	79	77	75	54	-
1,000	81	79	80	78	100	58	-
1,200	82	80	81	79	150	63	-
1,350	82.5	80.5	81.5	79.5	175	64	-
1,500	83	81	82	80	200	65	-
1,650	83.5	81.5	82.5	80.5	250	68	-
1,800	84	82	83	81	300	71	68
2,000	84	82	83	81	350	73	70
2,200	-	-	84	82	400	75	72
2,400	-	-	84	82	450	77	74
2,600	-	-	85	83	500	78	75
-	-	-	85	83	600	82	78
-	-	-	-	-	700	82	79
-	-	-	-	-	800	83	80
-	-	-	-	-	900	83	81
-	-	-	-	-	1,000	84	-
-	-	-	-	-	1,200	85	-

6) 펌프의 소요동력

펌프의 소요동력은 양수량 O, 전양정 H 및 펌프 효율에 따라 결정된다.
 소요동력 계산식은 (1.3.94)와 같다.

$$P = \{(K \cdot r \cdot O \cdot H) / (\eta_p \cdot \eta_y \cdot \eta_e)\} \cdot (1 + R) \dots\dots\dots (1.3.94)$$

- 여기서, P : 원동기출력(kW, PS),
 K : 물의 비중(상온 청수의 경우 1.0),
 O : 펌프배출량 (m³/min),
 H : 전양정(m),

η_p : 펌프효율,

η_y : 감속기를 사용하는 경우의 전달효율 (약 0.95),

η_e : 유체이음을 사용하는 경우의 전달효율(약 0.96%),

R : 원동기의 여유계수(전동기의 경우 0.15, 디젤엔진의 경우 0.20)

7) 원동기

펌프 원동기에는 전동기와 내연기관(diesel 기관)이 있다. 이들은 장단점이 있으므로 득실에 대한 결정적 결론을 내릴 수 없다.

펌프 원동기의 종류 및 장단점은 다음과 같다.(표 1.3.73)

전동기	$\left\{ \begin{array}{l} \text{삼상교류유도전동기} \\ \text{삼상교류동기전동기} \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{저압 : 50kW까지, 고압 : 50kW 이상} \\ \text{횡축형, 입축형} \\ \text{직결형, 기어결이, 벨트결이} \end{array} \right.$
내연기관	$\left\{ \begin{array}{l} \text{가솔린기관(펌프용으로는 거의 사용치 않음)} \\ \text{디젤기관} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{저속 : 600rpm 이하, 중속 600~1,200rpm} \\ \text{고속 : 1,200rpm 이상} \end{array} \right.$

표 1.3.73 전동기와 디젤기관의 비교

	전 동 기	디젤 기관
장점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 조작관리가 용이함. 2. 운전소음이 작고 원활하여 구조물에 대한 하중이 작다. 3. 원동기 가격 염가. 4. 연간 사용 도수가 많을 때는 디젤기관보다 동력비 저렴. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 펌프장위치에 따른 제약없음. 2. 홍수, 재해시 전동기보다 신뢰도 높음. 3. 연간사용도수가 작을 때에는 전동기보다 동력비 저렴.
단점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 위치제약을 받음. 현지 변전소, 배선 등의 옥외시설비가 고가로 됨. 2. 단기운전, 불규칙운전은 전기 기본요금 때문에 비경제적이다. 3. 홍수, 재해시의 신뢰도가 낮다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 조작, 관리가 복잡함. 특히 중저 기간 중 예비운전을 행할 필요 있음. 2. 소음, 진동이 심함. 3. 고가임. 4. 구조물에 대한 하중이 큼.

8) 펌프의 형식과 회전수

(1) 고양정 펌프

볼류트펌프는 흡입양정에 의해서 식 (1.3.95)로, 입축사류펌프는 전양정에 의해서 회전수를 구한다.

$$N = S (H_v + H_{s1})^{3/4} / \sqrt{Q} \dots\dots\dots(1.3.95)$$

여기서, N : 펌프 회전수(rpm),

S : 흡입비속도이며 최대배출량을 계획점 배출량의 120%로 하여 $S = 950$ 으로 한다.

단, 최대배출량이 계획점의 110%이내 때는 $S = 1,100$ 으로 해도 된다.

H_v : (대기압수두 10.33m)-(수온 25°C의 포화수증기압 0.33m)
 -(흡입배관손실수두 0.5m) = 9.5m

H_{s1} : 흡입양정(m)이며 흡상의 경우 (-), 압입의 경우는 (+)부호로 한다.(그림 1.3.38)

Q : 계획점 배출량 (m^3/min)이며 양흡입펌프인 경우는 $Q/2$ 로 한다.

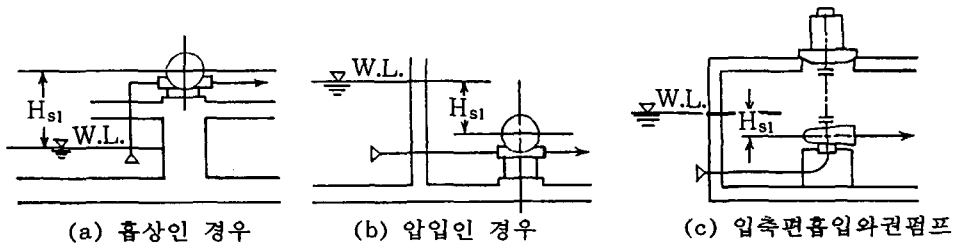


그림 1.3.38 고양정펌프의 흡상 및 압입

식 (1.3.95)로 계산한 회전수 N 이 원동기 회전수 N_m 과 상이할 때는 $N_m \leq N$ 가 되도록 선정한다. 그러므로 펌프설치고를 높게 하려면 회전수를 작게 해야하며 이 결과 극수가 많은 전동기를 사용해야 한다.

(2) 저양정 펌프

양정의 관점에서 볼 때 축류펌프로 대응될 것으로 예상한 것이 사류펌프로 변경해야 되는 경우가 있을 수 있고, 횡축펌프로 예상한 것이 입축 또는 튜블러 펌프로 해야 하는 경우가 있을 수 있어 선정된 펌프에 상응하여 펌프형식

을 결정해야 한다.

검토의 순서는 다음과 같다.

① 펌프의 회전수 : 펌프 매분당의 회전수 N 은 식 (1.3.96)로 구한다.

$$N = N_s H^{\frac{3}{4}} / Q^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1.3.96)$$

여기서, N_s : 흡입비 (저양정 펌프의 표준치는 축류펌프 1,500~1,600, 사류펌프 900~1,000),

H : 계획점에서의 전양정(m),

Q : 계획점에서의 배출량(m^3/min)

② 순흡입수두 : 계획점에서 펌프에 필요한 순흡입수두 H_{sv0} 는 다음식으로 계획한다.

$$H_{sv0} = (N\sqrt{Q}/S)^{\frac{4}{3}} \dots\dots\dots (1.3.97)$$

여기서, H_{sv0} : 계획점에 있어서 펌프에 소요되는 순흡입수두(m),

S : 흡입비속도 (축류펌프 1,300, 사류펌프 1,200),

N : 펌프 회전수(rpm),

Q : 배출량(m^3/min)

③ 계획점 이외에서의 펌프에 필요한 순흡입수두 H_{sv} 는 H_{sv0} 에 계수 α 를 곱하여 계산한다.

$$H_{sv} = \alpha \cdot H_{sv0} \dots\dots\dots (1.3.98)$$

여기서, 계수 α 는 최저실양정 $h_{a_{min}}$ 과 배관손실 h_l 및 계획점에서의 전양정 h_t 와의 비 $h_{a_{min}}/h_t$, h_l/h_t 를 계산하여 그림 1.3.39로부터 q 를 구한 후 이 q 에 의하여 α 를 구할 수 있다.

$$\textcircled{4} \text{ 허용흡입실양정 } H_{s_2} = H_a - P_v - h_{ls} - H_{sv} \dots\dots\dots (1.3.99)$$

여기서, H_{s_2} : 허용흡입실양정(m),

H_a : 대기압(10.33m),

P_v : 수온 25 C의 포화수증기압력(0.33m),

h_{ls} : 흡입배관손실(m),

H_{sv} : 계획점 이외에서 펌프에 소요되는 순흡입수두(m).

$H_{s2} > 0$ 인때는 흡상방식이 가능하나 $H_{s2} \leq 0$ 인때는 압입방식으로 해야한다.
또 펌프 설치고를 결정함에 있어서는 약 0.5m의 흡입여유수두를 고려할 필요가 있다.

⑤ 허용흡입실양정 H_{s2} 와 펌프의 종류, 형식을 선정한다.

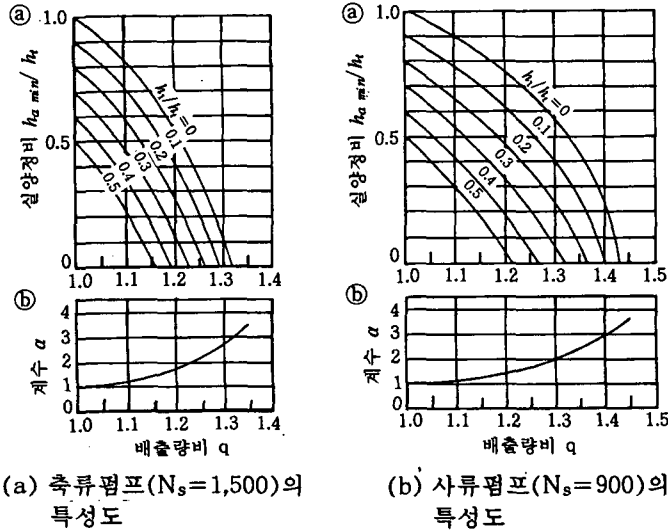


그림 1.3.39 펌프의 특성도

(3) 흡입방식에 따른 펌프의 종류 및 형식

① 흡상방식펌프 : 식 (1.3.99)로 계산한 H_{s2} 가 (+)부호인 경우이며 이 H_{s2} 에 대하여 흡수위로부터 펌프임펠러 입구상단(그림 1.3.40)까지의 높이가 동등 하든지 작아야 한다. 일반적으로 횡축펌프를 채용할수 있는데 H_{s2} 치가 작을 때에는 흡수위와 원동기 설치 바닥면표고의 관계로부터 타 종류의 펌프 및 압 입방식에 대해 검사한다. 일반적으로 튜블러펌프(tubular pump)를 제외한 횡 축펌프를 제외한 횡축펌프가 이에 해당한다.

② 압입방식펌프 : 식 (1.3.99)로 계산한 H_{s2} 의 부호가 (-)인 경우이며 그 절대치에 대하여 흡수위로부터 임펠러입구(그림 1.3.40)까지의 깊이가 같거나 커야한다. 일반적으로 입축펌프 및 튜블러펌프가 이에 해당한다.

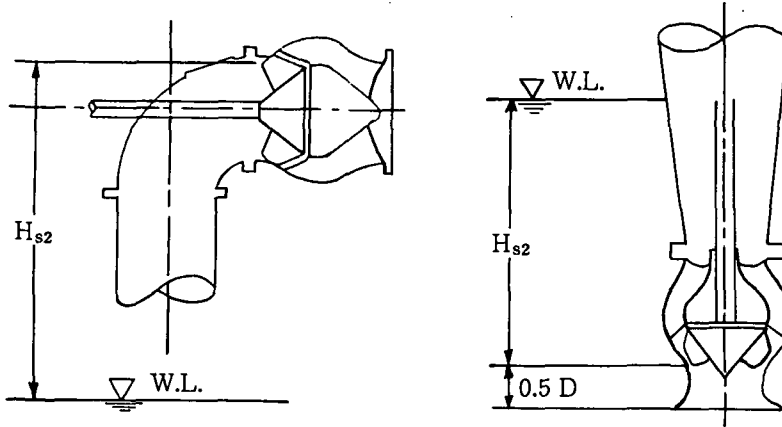


그림 1.3.40 H_{s2} 의 설명도

③ 펌프종류와 형식의 검사순서 : 상기 ①, ②의 조건을 만족하는 펌프종류·형식을 횡축축류펌프→횡축사류펌프→입축류펌프 또는 축류튜블러펌프-입축사류펌프 또는 사류튜블러펌프의 순서로 검사해 나간다.

입축펌프의 경우는 一床式인지, 二床式인지를 검토하여 가장 적절한 펌프의 종류와 형식을 결정한다. 또 압입방식 입축펌프에 있어 식 (1.3.99)로 구한 H_{s2} 가 (-)부호인 때 그 절대치가 통상의 흡입구 침수 깊이(구경의 1.9~1.65배)보다 지나치게 크게 되는 때는 펌프의 비속도를 검토할 필요가 있다.

다. 지하수 이용시설

지하수량은 계절적으로 변화가 적고 안정되어 있어 비교적 간단한 시설로서 채수할수 있고 대체로 어느 곳이나 이용될 수 있다는 장점이 있지만 용수량에는 한도가 있어 일시에 다량의 물을 채수하는 것은 곤란하다.

1) 투수계수의 선정

투수계수의 측정법은 다음과 같다.

(1) 실내법

① 간접법(입도분석치에 의한 실험식을 이용)

Kozney식, Zunker식, Rose-Fair-Hatch식, Slichter식, Terzaghi식, Hazen식 등이 있다.

② 직접법(침투시험기를 이용)

(2) 야외법

① 유속실측법(추적법을 이용) : 색소, 식염, 방사성동위원소 등

② 양수법(양수시험에 의함) : 수위저하법, 수위회복법, 주수법 등

이중 (2)항 야외법의 ② 양수법에 의할 때는 양수시험의 결과로부터 투수계수를 구하는 공식 또는 각 계산식에 대해서 적용조건을 잘 이해하고 그 값을 적용할 것인 가의 적부에 대하여 신중히 고려해야 한다.

한편 투수층을 조성하는 토양에 대한 투수계수는 대략 표 1.3.74와 같다.

표 1.3.74 투수층을 조성하는 토양과 투수계수

투수도	투수계수 범위 K (m/s)	투수층을 조성하는 토양
높다	$> 10^{-3}$	굵은 자갈, 중간 자갈
보통	$10^{-3} \sim 10^{-5}$	잔자갈, 굵은 모래, 잔모래
낮다	$10^{-5} \sim 10^{-7}$	잔자갈, 실트질 모래, 다져지지 않은 실트
극히 낮다	$10^{-7} \sim 10^{-8}$	다져진 실트, 실트질 점토, 점토
불투수	$10^{-9} >$	균질의 점토

2) 영향권(Circle of Influence)

토질에 따라 영향원의 반경은 표 1.3.75와 같고 우물과 집수암거의 영향원 반경은 다음 식 (1.3.100)~(1.3.102) 로 계산할 수 있다.

표 1.3.75 영향원의 반경

토 질	영향원 반경(m)
굵은 자갈	1,500 <
보통 자갈	500~1,500
굵은 모래	100~500
잔 모래	10~100
실 트	5~10

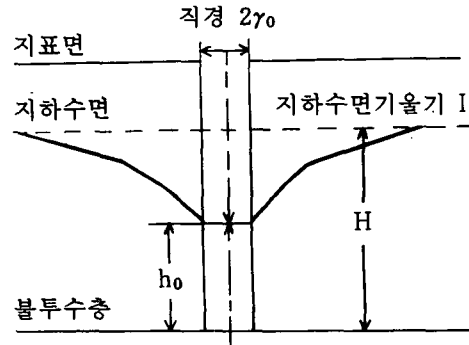


그림 1.3.41 깊은우물

(1) 깊은 우물의 경우(그림 1.3.41)

$$R = \frac{\pi(H^2 - h_o^2)}{2HI \log_e \frac{R}{\gamma_o}} \dots\dots\dots(1.3.100)$$

$$R = \frac{\pi(H - h_o)}{\log_e \frac{R}{r_o}} \dots\dots\dots(1.3.101)$$

여기서, R : 영향권(m), H : 원지하수심(m), h_o : 우물의 수심(m)
 r_o : 우물의 반경(m), I : 원지하수면의 기울기

(2) 집수암거의 경우(그림 1.3.42)

$$R = \frac{H^2 - h_o^2}{2IH} \dots\dots\dots(1.3.102)$$

여기서, H : 원지하수심(m), h_o : 암거의 수심(m),
 I : 원지하수면의 기울기

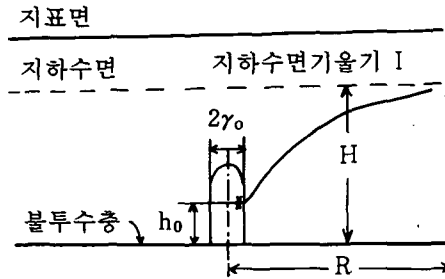


그림 1.3.42 집수암거

이 경우 만약 우물부근에 하천이 있으면 하천까지의 거리 a 가 $R/2$ 이상일 때는 위와 같은 방법으로 구한 R 를 이용하지만 $R/2$ 이하일 때는 $2a$ 를 R 로 한다.

3) 우물의 양수량

일반적으로 얇은 층의 지하수를 채수하는 우물을 얇은 우물, 깊은 층의 지하수를 채수하는 우물을 깊은 우물이라고 한다.

(1) 자유수면 지하수를 채수하는 경우

① 깊은 우물(우물바닥이 불투수층에 달하고 측벽으로부터 용출할 때)
 다음의 Thiem 공식을 사용한다.(그림 1.3.43)

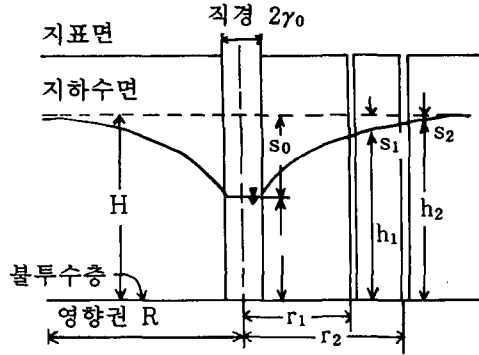


그림 1.3.43 깊은 우물

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h_o^2)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}} \dots\dots\dots (1.3.103)$$

$$h_o = H - s_o$$

여기서, Q : 양수량 또는 용수량(m³/s),

H : 원지하수심(m),

r_o : 우물의 반경(m),

k : 투수계수(m/s),

h_o : 우물의 수심(m),

s_o : 우물의 수위저하량(m)

식 (1.3.103)으로부터 현장에서 r_1 과 r_2 에서의 h_1 과 h_2 를 측정하여 자유 수면 대수층의 투수계수를 식 (1.3.104)로 구할 수 있다.

$$k = \frac{Q}{\pi} (h_2^2 - h_1^2) \times \log_{10} \frac{r_1}{r_2} \dots\dots\dots (1.3.104)$$

② 얇은 우물(우물바닥이 불투수층에 닿지않고 우물바닥으로부터 용출할 때)

a. 우물바닥이 반구면인 경우(그림 1.3.44)

$$Q = \frac{2\pi k (H - h_o)}{\frac{1}{r_o} - \frac{1}{R}} = \frac{2\pi k s_o}{\frac{1}{r_o} - \frac{1}{R}} \dots\dots\dots (1.3.105)$$

만일 $R \rightarrow \infty$ 라면

$$Q = 2\pi k \gamma_o (H - h_o) = 2\pi k \gamma_o s_o \dots\dots\dots (1.3.106)$$

b. 우물바닥이 평면인 경우
 다음의 Forchheimer 공식을 사용한다.(그림 1.3.45)

$$Q = \frac{2\pi k \gamma_o (H - h_o)}{\tan^{-1} \frac{R}{\gamma_o}} = \frac{2\pi k \gamma_o s_o}{\tan^{-1} \frac{R}{\gamma_o}} \dots\dots\dots (1.3.107)$$

만일 $R \rightarrow \infty$ 라면

$$Q = 4k \gamma_o (H - h_o) = 4k \gamma_o s_o \dots\dots\dots (1.3.108)$$

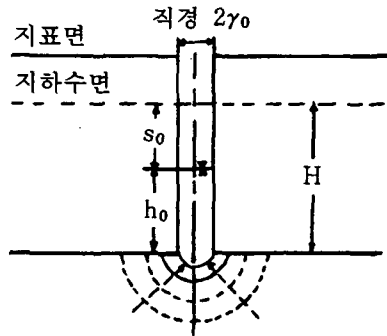


그림 1.3.44 얇은 우물(우물바닥이 반구면)

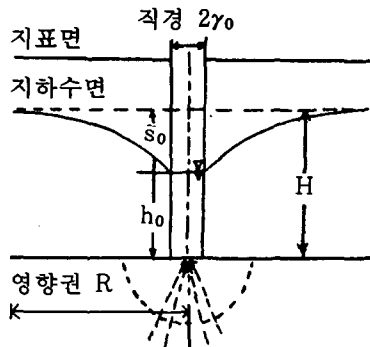


그림 1.3.45 얇은 우물(우물바닥이 평면)

c. 우물바닥이 불투수층에 닿지 않고 측벽, 바닥으로부터 용수할 경우
(그림 1.3.46)

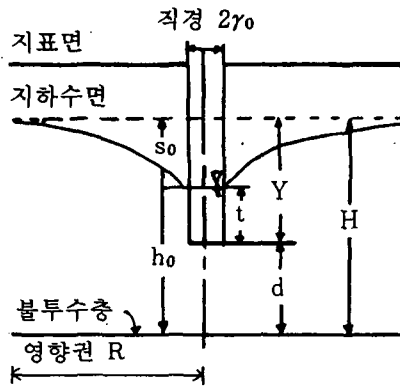


그림 1.3.46 얕은 우물(측벽 및 우물바닥으로부터 용출할 때)

㉠ Forchheimer 공식

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_0^2)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_0}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{h_0}{t+0.5r_0}\right)^{0.5} \left(\frac{h_0}{2h_0-t}\right)^{0.25}} \dots\dots\dots(1.3.109)$$

대수층이 극히 두꺼울 때는 Q가 아주 적어진다.

㉡ de Glee 공식

$$Q = \frac{4\pi k(H - h_0)}{\frac{4.6}{Y} \log_{10} \frac{\pi Y}{2r_0} + \frac{0.20}{H}} \dots\dots\dots(1.3.110)$$

이 식은 수위저하량 s_0 가 대수층의 두께 H 에 비하여 작고 $R \approx 2H$ 로 볼 때 적용한다.

우물바닥의 위치에서 대수층을 상하 2층으로 나누어 상층에 깊은 우물의 Thiem 공식을 하층에 얕은 우물의 Forchheimer 공식을 적용한 근사식

$$Q = \frac{\pi k(Y^2 - t^2)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_0}} + 4kr_0 s_0 \dots\dots\dots(1.3.111)$$

우물바닥에서 불투수층까지의 깊이가 우물지름의 6~10배 이상의 경우에 적용된다.

③ 비평형식

Thesis(1935)는 지하수와 열전달과의 유사성을 이용하여 비평형상태의 피압 대수층의 채수량 공식을 제시하였다.

$$Q = \frac{4\pi ST}{W(u)} \dots\dots\dots(1.3.112)$$

$$U = \frac{Y^2 S}{4Tt} \dots\dots\dots(1.3.113)$$

여기서,

$$W(u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du = -0.5772 - 2.3 \log_{10} u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} + \frac{u^4}{4.4!} + \dots\dots$$

여기서, s : t 시간 양수한 후의 수위저하량(m),

r : 양수우물 중심에서의 거리(m),

T : 전달계수(m²/s),

($T=kH$, 투수계수 k 및 대수층의 두께 H 의 곱),

S : 저류계수(자유수면 지하수에서는 유효간극율),

t : 양수시간(s),

$W(u)$: Wensel의 우물함수(m/s),

H : 원지하수심(m)

(2) 피압지하수를 채수하는 경우 (Thiem 공식)

① 대수층이 1층의 경우

a. 우물이 대수층을 관통할 때 (그림 1.3.47)

$$Q = \frac{2\pi km(H - h_o)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}}, \quad h_o = H - s_o \dots\dots\dots(1.3.114)$$

또는
$$Q = \frac{2\pi km(h_2 - h_1)}{2.3 \log_{10} \frac{r_2}{r_1}} \dots\dots\dots(1.3.115)$$

- 여기서, Q : 양수량 또는 용수량(m^3/s), R : 영향권(m),
 m : 대수층의 두께(m),
 H : 대수층의 하단으로부터 원지하수위까지의 높이(m),
 r_o : 우물의 반경(m),
 k : 투수계수(m/s),
 h_o : 우물의 수심(m),
 s_o : 우물의 수위저하량(m)

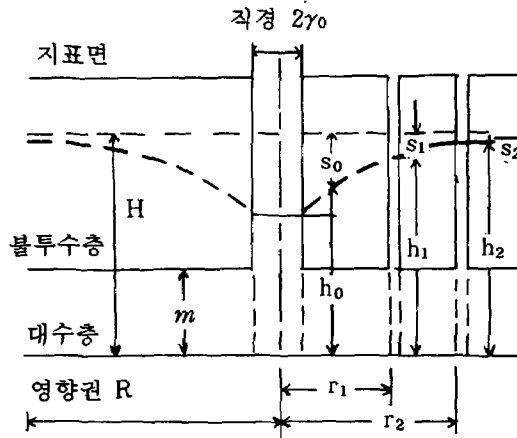


그림 1.3.47 피압지하수의 우물 (대수층을 관통할 때)

b. 우물이 대수층을 관통하지 않을 때 (그림 1.3.48)

① de Glee 공식

$$Q = \frac{2\pi k(H - h_o)}{\frac{2.3}{c} \log_{10} \frac{\pi c}{2r_o} + \frac{0.1}{m} + \frac{2.3}{m} \log_{10} \frac{R}{2m}} \dots\dots\dots(1.3.116)$$

여기서, c : 대수층내에 관입한 우물벽 길이(m)

이 식은 $1.3c \leq m$, $c/(2r_o) \geq 5$ 인 때에 적용된다. ② Kozeny 공식

$$Q = \frac{2\pi kmd(H - h_o)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}} \times \left(1 + 7\sqrt{\frac{r_o}{2md}} \cos \frac{\pi d}{2}\right) \dots\dots\dots(1.3.117)$$

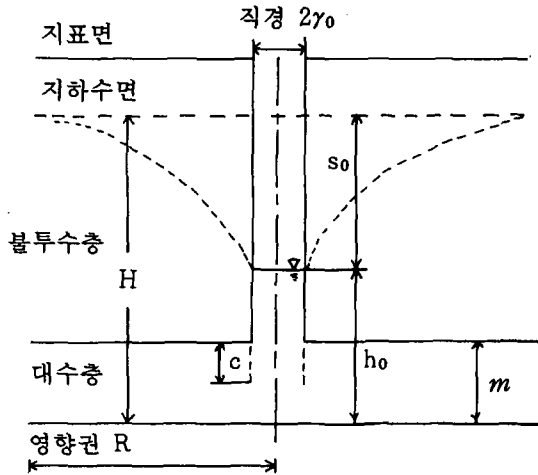


그림 1.3.48 피압지하수의 우물 (대수층을 관통하지 않을 때)

c : 대수층내에 관입한 우물벽의 길이, $d = \frac{c}{m}$

② 대수층이 여러 층인 경우(그림 1.3.49)

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{2\pi}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_0}} \{ m_1 k_1 (H_1 - h_1) + m_2 k_2 (H_2 - h_2) + m_3 k_3 (H_3 - h_3) \} \quad (1.3.118)$$

여기서, $H_1 - h_1 = H_2 - h_2 = H_3 - h_3 = H - h$ 이다. 또 $k_1 = k_2 = k_3 = k$ 라 하면

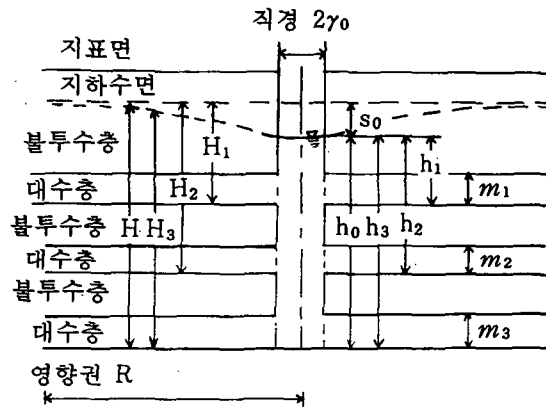


그림 1.3.49 대수층이 여러 층인 피압지하수의 우물

$$Q = 2\pi \frac{k(H-h_o)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}} (m_1 + m_2 + m_3) = \frac{2\pi km(H-h_o)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}} \dots\dots\dots (1.3.119)$$

여기서, $m = m_1 + m_2 + m_3$

③ 비평형식 공식

Theis 공식으로 식 (1.3.112)와 같다. 사용 기호의 내용은 다음과 같다.

S : 저류계수(피압지하수에서는 압축계수와 같음)

T : 전달계수, $T = km(km^2/s)$, k : 투수계수(m/s) 및 m : 대수층의 두께(m)

(3) 여러 개의 우물(群井)

우물이 접근해서 여러 개 있는 경우는 상호 영향을 미친다. 이 관계는 n 개의 우물에 대하여 다음 식에 의해 $j = 1, 2, 3, \dots\dots\dots n$ 의 연립방정식으로 풀 수 있다. (그림 1.3.50)

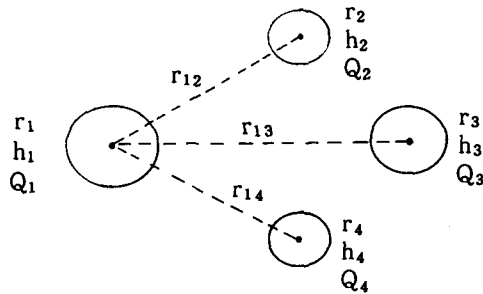


그림 1.3.50 여러 개 우물 (군정)

① 자유수면 지하수를 채수하는 경우 (깊은 우물의 경우)

$$k(H^2 - h_j^2) = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{\pi} \log_e \frac{R}{r_i} - \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{\pi} \times \log \frac{r_{ij}}{r_i} \dots\dots\dots (1.3.120)$$

$r_1, r_2, r_3, \dots\dots\dots r_n$ 각 우물의 반경(m), $h_1, h_2, h_3, \dots\dots\dots h_n$: 각 우물의 수심(m),
 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots\dots\dots Q_n$: 각 우물의 양수량(m^3/s), r_{ij} : i 번째와 j 번째 우물의 거리(m), H : 처음 우물의 수심(m), k : 투수계수(m/s), R : 영향권(m), m : 피압수층의 두께(m), \sum : $i = 1$ 에서부터 n 까지의 총화중 $I = j$ 를 제외한 화.

② 피압지하수를 채수하는 경우(우물이 대수층을 관통할 때)

$$k(H - h_j) = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi m} \log_e \frac{R}{r_i} - \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2\pi m} \log_e \frac{r_{ij}}{r_i} \dots\dots\dots(1.3.121)$$

4) 집수암거의 채수량

집수암거의 채수량을 나타내는 식이 많지만 이들을 실제로 적용함에 있어서 우물의 경우와 같이 각 식이 유도된 과정을 잘 이해하고 대수층의 수문학적 상태를 고려하여 적절한 식을 선택하는 것이 중요하다. 특히 투수계수를 현지에서 양수법(양수시험에 의함)에 의해 측정된 값을 선정할 때에는 양수시험에 해당되는 조건과 같은 조건의 식을 선정해야 한다. 자유면지하수의 대수층에 대한 용수량 계산식은 다음과 같다.

- (1) 집수암거의 바닥이 수평의 불투수층상에 놓여 있는 경우
(그림 1.3.51)

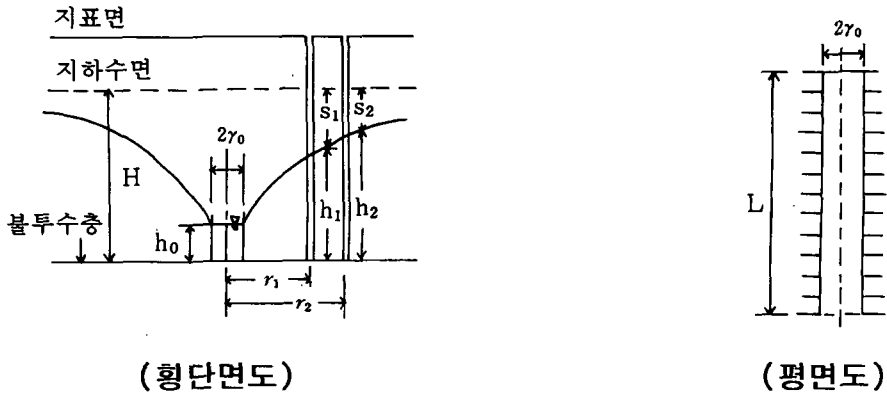


그림 1.3.51 집수암거

① 측벽으로부터의 용출수량

a. 편측으로부터의 용출수량

암거의 단위길이 당의 용출수량 q_1 (m^3/s)는

$$q_1 = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{2(R - r_0)} \dots\dots\dots(1.3.122)$$

$$\text{또는 } R > r_0 \text{ 때는 } q_1 = \frac{k(H^2 - h_o^2)}{2R} \dots\dots\dots(1.3.123)$$

여기서, H : 원지하수면(m) , h : 암거의 수심(m) , $2r_o$: 암거의 폭(m) ,
 L : 암거의 길이(m), R : 영향권(m) , k : 투수계수(m/s)
 또한,

$$q_1 = \frac{k(h_2^2 - h_1^2)}{2(r_2 - r_1)} = k \frac{(h_2 - h_1)(h_2 + h_1)}{(r_2 - r_1) 2} = \text{투수계수} \times \text{동수기울기} \times \text{통수단면적} \dots\dots\dots(1.3.124)$$

따라서 암거길이 L 의 용출수량 Q_r 은

$$Q_1 = q_1 L = \frac{kL(H^2 - h_o^2)}{2(R - r_o)} \dots\dots\dots(1.3.125)$$

또는

$$Q_1 = \frac{kL(h_2^2 - h_1^2)}{2(r_2 - r_1)} \dots\dots\dots(1.3.126)$$

b. 양측(대칭)에서부터의 용출수량

$$\text{암거단위길이 당의 용출수량 } q \text{ 는 } q = 2q_1 = \frac{k(H^2 - h_o^2)}{(R - r_o)} \dots\dots\dots(1.3.127)$$

$$\text{또는 } Q = \frac{kL(h_2^2 - h_1^2)}{r_2 - r_1} \dots\dots\dots(3.128)$$

이들은 원지하수면을 수평으로 가정하고 있지만 실제로 지하수면은 경사가 있고 또 암거를 설치함으로써 영향받기 때문에 암거의 길이가 길어지면 H , h_o 는 장소에 따라서 달라 지게된다. 이런 경우에는 암거의 길이를 적당히 분할하여 산정하며 길이가 비교적 짧은 구간은 H , h_o 가 일정하다고 보고 근사적으로 계산한다.

한편 집수암거의 단면이 원형인 원관의 경우(그림 1.3.52)도 근사적으로 상기의 관계식을 적용한다.

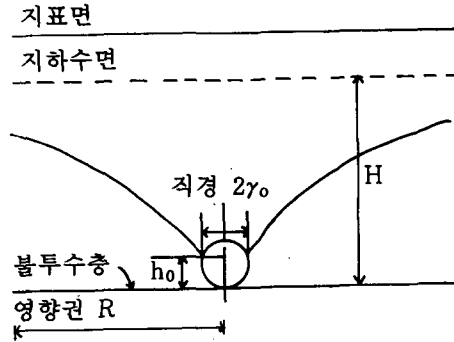


그림 1.3.52 집수암거 (원관의 경우)

② 상류단으로부터의 용수량

a. 상류단이 반원통면인 경우(그림 1.3.53)

지하수류의 등압력면을 반원통면으로 생각하여 용출수량 Q 는

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_o^2)}{2 \times 2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}} = \frac{0.68k(H^2 - h_o^2)}{\log_{10} \frac{R}{r_o}} \dots\dots\dots(1.3.129)$$

b. 상류단이 평면인 경우(그림 1.3.54)

지하수의 등압력면을 평면으로 생각하여 용출수량 Q 는

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_o^2)}{2 \times 2.3 \log_{10} \frac{2R}{r_o}} = \frac{0.68k(H^2 - h_o^2)}{\log_{10} \frac{2R}{r_o}} \dots\dots\dots(1.3.130)$$

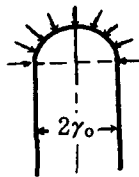


그림 1.3.53 집수암거(반원통면)
(상류단의 평면도)

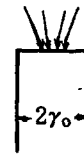


그림 1.3.54 집수암거(평면)
(상류단의 평면도)

이와같은 상류단이 평면인 경우라도 근사적으로 반원통면으로 취급하는 수가 많다.

c. 상류단(반원통면)과 양측벽(대칭)으로 부터의 용출수량(그림 1.3.55) 이 경우 용출수량 Q 는 다음 식으로 구한다.

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_o^2)}{2 \times 2.3 \log_{10} \left(\frac{2L + \pi R}{2L + \pi r_o} \right)} = \frac{0.68k(H^2 - h_o^2)}{\log_{10} \left(\frac{2L + \pi R}{2L + \pi r_o} \right)} \dots\dots\dots(1.3.131)$$

d. 상류단(반원통면), 양측벽(대칭) 및 하류단(반원통면))으로부터의 용출수량(그림 1.3.56) 이 경우 용출수량 Q 는 다음 식으로 구한다.

$$Q = \frac{\pi k(H^2 - h_o^2)}{2.3 \log_{10} \left(\frac{L + \pi R}{L + \pi r_o} \right)} = \frac{1.365k(H^2 - h_o^2)}{\log_{10} \left(\frac{L + \pi R}{L + \pi r_o} \right)} \dots\dots\dots(3.132)$$

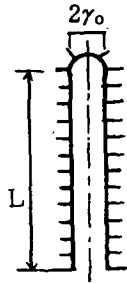


그림 1.3.55 집수암거(상류단 및 양측벽 용출) (평면도)

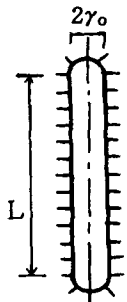


그림 1.3.56 집수암거(상·하류단 및 양측벽 용출) (평면도)

(2) 집수암거의 바닥에서 불투수층까지의 거리가 먼 경우(그림 1.3.57)
 암거바닥과 양측벽(대칭)으로부터 용출수량 Q (m^3/s) 는 다음식으로 구한다.

$$Q = \frac{kL(H^2 - h_o^2)}{R - r_o} = \frac{1}{\left(\frac{h_o}{t + 0.5r_o}\right)^{0.5} \left(\frac{h_o}{2h_o - t}\right)^{0.25}} \dots\dots\dots(1.3.133)$$

바닥에서 불투수층까지의 깊이 d 가 암거의 폭 $2r_o$ 의 5~6배인 경우 사용된다.

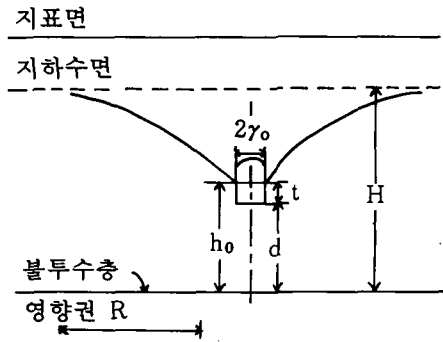


그림 1.3.57 집수암거(불투수층이 먼 경우)

(3) 집수암거의 바닥에서 불투수층까지 가까운 경우
 암거바닥으로부터 용출수량 Q 는 다음과 같다.

① 암거바닥이 평면인 경우(그림 1.3.58)

$$Q = \frac{\pi kL(H - h_o)}{2.3 \log_{10} \frac{2R}{r_o}} \dots\dots\dots(1.3.134)$$

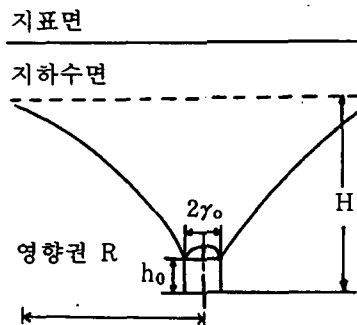


그림 1.3.58 집수암거(불투수층이 가까운 경우)

② 암거바닥이 반원통면인 경우

$$Q = \frac{\pi k L (H - h_o)}{2.3 \log_{10} \frac{R}{r_o}} \dots\dots\dots (1.3.135)$$

(4) 집수암거의 암거바닥의 불투수층이 경사진 면위에 등고선에 연해 있고 지하수의 흐름방향에 대하여 직교하는 방향인 경우(그림 1.3.59) 상류측에서부터의 용출수량 Q (m³/s)는 다음 식으로 구한다.

$$Q = k \cdot I \cdot L \cdot H \dots\dots\dots (1.3.136)$$

여기서, I : 원지하수면의 기울기

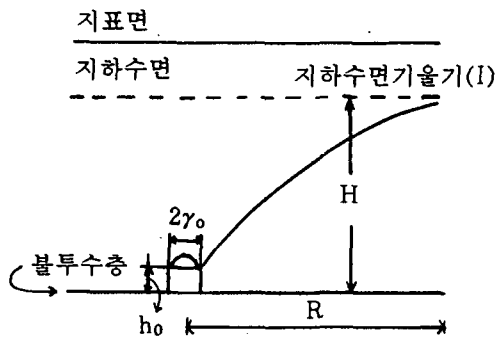


그림 1.3.59 집수암거(경사에 직교하는 경우)

(5) 집수암거의 길이가 길고 지하수면의 높이가 상류부와 하류부에서 다를 경우

집수암거의 길이를 몇 개의 구분으로 나누어서 생각하면 상류단으로부터의 용출수량을 Q_u , 암거 양측벽(대칭)으로부터의 용출수량을 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, 하류단으로부터의 용출수량을 Q_d 라 하면 총용출수량 Q 는 다음 식으로 구한다.

$$Q = Q_u + (Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n) + Q_d \dots\dots\dots (1.3.137)$$

한편 이 경우 각 용출수량을 계산함에 있어 암거깊이 h_o 를 정확히 하기 위해

서는 미리 h_0 로 가정하여 각 부분의 용출수량 $Q_u, Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n, Q_d$ 를 구하고 이로부터 각 구간의 압거내의 물흐름 상태를 확인하여 근사적으로 배수계산 또는 부등류의 계산에 의하거나 횡유입이 있는 흐름의 기본식을 적용하여 각각의 h_0 를 보정하면서 용출수량의 계산을 진행시킨다.

3.4.5 송배수시설

가. 송배수시설계획의 기본사항

이 계획을 하는데 있어서 기본사항은 다음과 같다.

- ① 자연조건 (지형, 지질 등)
- ② 사회조건 (토지이용상태, 지가(地價), 용배수 관행 등)
- ③ 수해지의 위치·분포·표고
- ④ 시설의 관리조직·체계(관리주체, 인원)
- ⑤ 시공조건(설치의 위치·규모, 재료의 조달 등)

나. 송배수시설계획의 순서

노선·구조의 선정에 앞서 주로 자연조건 등에 제약을 받게 되는 주요 분수공의 위치나 수로 본체의 안정성을 보전하는 시설(방수공, 물넘이 등)의 배치를 확정시킨다.

특히 길이가 긴 수로에서는 지형·표고·영농유형 등 용수이용상의 특징에 의해 복수의 블록으로 구분할 수 있으므로 블록별로 검토한다.

다. 송배수시설의 노선선정

수로의 노선선정 여하에 따라 경제성이 변화하므로 다음과 같은 점에 유의하여 노선안(路線案)을 비교한다.

① 관수로 형식의 수로에서는 지형상의 제약이 비교적 적다는 점에서 노선은 가급적 직선으로 하여, 짧은 거리를 통과하는 것이 바람직하다. 또한 개수로형식의 수로는 짧은 거리로 함과 동시에 큰 절성토(切盛土)를 피하는 것이 바람직하다. 단 어떠한 형식에 있어서도 수로의 허용유속을 만족할 수 있도록 노선을 선정해야 한다.

② 시설의 안정 때문에 토질이 나쁜 지점은 피하고 인가나 교통에 장애를 주지 않도록 배려한다.

③ 시설의 보안·보전 측면에서도 성토위에 수로를 설치하는 것은 가급적

피한다.

조절지를 비롯하여 분수공(分水工), 방수공(防水工), 물넘이 등은 기능확보란 점에서 위치가 제약되는 경우가 있으므로, 적당한 위치를 선정 한 후 가능한 노선안에 대하여 경제성 비교를 하는 방법도 실시하게 된다.

또한 고위부(高位部)를 접하는 수해면적의 비율이 전체의 수해면적에 비하여 적은 경우에는 그 부분만을 기계양수로 하는 등 전체공사비와 유지관리비 등을 비교, 검토한 후 경제성을 감안하여 노선을 결정한다.

지구의 고위부를 통과하는 송수시설은 수해지와 의 표고차를 경제적인 송수를 위하여 활용할 수 있지만, 지형·지질과 각 시설의 배치 등에 제약을 받기 때문에 다종다양(多種多様)한 노선배치로 되는 것이 일반적이다. 예를 들면, 표고가 정해진 2점간의 경제적 수두(水頭)의 배분은 수로의 형식·구조별의 연장을 배분함으로써 결정할 수 있다.

라. 수두의 배분

공사비가 최소가 되도록 하는 각 공종의 기울기는 공사비-기울기 접선법(Cost-slope tangent method)으로 수두를 배분하여 정한다.

1) 공사비-기울기 접선법(Cost-slope tangent method)의 원리

그림 1.3.60과 같이 수원의 취수점에서 AB간을 터널로 도수하고 그 이후는 개수로로 연결시키면 수로공사비와 터널공사비는 상반적인 증감을 가져온다.

이 관계를 나타낸 것이 그림 1.3.61이며 CD곡선은 수두 X를 증감시켰을 때의 개수로 공사비를 나타내고 반면 AB곡선은 터널공사비를 나타낸다. 그리고 곡선 EF는 공사비 AB와 CD 합계를 표시한 것이다. 개수로와 터널 공사비의 합계가 최소인 점은 곡선 EF상의 G점이며 이점의 수두-공사비의 변화율은 서로 크기가 같고 부호가 반대로 된다. 이것이 공사비-기울기 접선법의 원리이다.

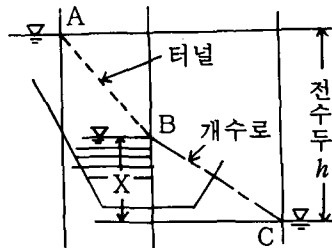


그림 1.3.60 수원에서 취수점까지의 송수시설 공종배치

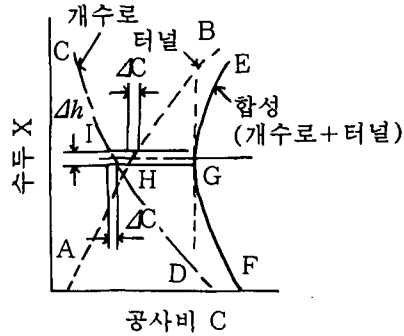


그림 1.3.61 수두 1cm당 공사비가 최소가 되는 공종의 합성

경제적으로 기울기를 구한다고 하는 것은 그림 1.3.61에서 총공사비를 최소로 하는 X 를 구하는 문제가 된다. 이를 위해서는 수두 1cm에 해당하는 각 공종의 합계공사비를 구하여 이 값에 대응하는 각 공종의 기울기를 결정하면 된다.

여기서 수두 1cm당 공사비란 그림 1.3.62에서 수두(X)의 변화 $\Delta h = 1\text{cm}$ 에 대한 공종별 공사비 변화량 ΔC 가 된다. 총공사비가 최소인 점 G 를 구하려면 앞서 지적한 바와 같이 곡선 AB 와 CD 의 cm당 공사비 변화율 $\Delta C/\Delta h$ 의 값이 서로 같고 부호가 반대인 X 를 구하면 된다. ((2)항 계산예 참조)

상기 경제적 고려외에 수두배분에 있어 고려할 사항은 다음과 같다.

① 단면 혹은 형상변화점에서는 가능한 한 수두손실이 작은 형상이 되게 트랜지션을 설치하여 수두를 유효하게 이용하도록 한다.

② 길이가 짧은 공종은 기울기를 완만하게 하여 트랜지션 손실을 적게한다.

③ 동일 시공구간에서는 거푸집 유용문제를 고려하여 가급적 동일단면으로 한다.

2) 공사비-기울기 접선법의 계산예

그림 1.3.60의 터널종점 B 의 수위가 정해진 것으로 하고 또 B 점 이후는 라이닝 수로, 사이편, 플룸으로 통수시키는 것으로 하여 B 점 이후 구간에 대한 공종별 수두배분을 계산한다.(표 1.3.76 계산예 참조)

만일 수원의 취수위 A 점의 표고를 변동시키는 조건이라면 AB 구역에 대해서도 동일한 요령으로 개수로 및 터널공사비를 계산하면 된다.

또 전구간 $A-B-C$ 에 대한 최소공사비도 구간 AB 및 구간 BC 에 대한 B 점의 수위별 공사비로부터 구할 수 있다

(1) 수로조건

이용가능수두 7.60m, 유량이 $5.80 \text{ m}^3/\text{s}$, 수로총연장이 14,500m (개수로

8,500m, 사이편 2,500m, 플룸 3,500m)일 때, 공사비-기울기 접선법으로 수두를 배분하라.

(2) 계산방법

다음과 같은 방법으로 계산한다.

① 계산구간의 총연장(14,500m)에 대한 이용가능수두 $H=7.60\text{m}$ 는 관개지구의 분수위와 그림 1.3.60의 터널 종점표고로부터 결정한다.

② 구간내 각 공중에 대하여 계획용수량 $5.80 \text{ m}^3/\text{s}$ 를 통수시키는 수로기울기를 가정하여 계산표의 ①란에 기입한다.

③ 가정된 공중별 기울기에 대한 소요수심 또는 소요관경을 계산하여 ②란에 기입한다.

④ ②란의 단면에 대한 수로 1m당 공사비를 ③란에 기입한다. 이 공사비는 동일 지구 또는 유사한 공사조건의 실적에 따라 정하는 것이 바람직하나 자료가 없을 때는 일위대가표에 의해 실제로 계산한다.

⑤ ④란의 수두차/m는 ①란에서 가정한 기울기로 계산하여 기입한다.

⑥ ⑤란의 m당 공사비 차액은 수심 또는 관경의 차이에 따른 공사비 차액으로 ③란 각 열의 차액을 기입한다. (예) $21.2 - 19.3 = 1.9$, $19.3 - 17.7 = 1.6$

⑦ ⑥란의 1cm당 공사비는 수두(수심 또는 관경) 1cm당의 공사비로서 {⑤란÷④란}÷100으로 계산한다. ⑥란의 계산결과로 그림 1.3.62의 a)와 같이 각 공중별로(기울기-수두 1cm당 공사비)의 도표를 작성한다.

⑧ ⑦란의 평균기울기는 ①란 각 열의 기울기의 평균이다.

⑨ 각 공중별 계산결과를 (d)표와 같이 집계정리한다.

⑩ (d)표, ①란은 각공중별의 수두 1cm당 공사비로서 이 공사비에 대입한 공중별의 기울기는 그림 1.3.62 a)로부터 구한다(②,③,④란의 각 기울기). 이렇게 하면 각 공중별 기울기를 동일한 공사비(표①란의 값)에 대하여 배분한 것이 된다. (d)표, ①란의 1cm당 공사비는 적당히 구분하면 된다.

⑪ (d)표, ⑤란은 가정된 cm당 공사비, 30, 50,……, 150천원에 대해 공중별로 수두(기울기)를 배분하였을 때 필요한 총수두를 의미하게 된다. ①란과 ⑤란의 결과에 의해 그림 1.3.62의 b)를 작도한다.

⑫ 총이용가능수두 $H = 7.60\text{m}$ 에 대응한 cm당 공사비를 그림 1.3.62의 b)에서 공사비에 대응한 각 공중별 기울기를 그림 1.3.62의 a)로부터 구하면 개수로 37×10^{-4} , 사이편 97×10^{-4} , 플룸 60.3×10^{-4} 이다.

⑬ ⑫항의 결과가 총공사비를 최소로 하기 위해 각공중별로 배분한 수두(기울기)가 된다. (표 1.3.77)

표 1.3.76 공사비-기울기 접선법에 의한 수두배분 계산예

a) 개수로, $Q = 5.8 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.014$, $z = 1 : 1.25$

① 수로 기울기	② 수 심 (m)	③ 1m 당 공사비(천원)	④ 수두차/m	⑤ 공사비차/m (천원)	⑥ 1cm 당 공사비(천원)	⑦ 평 균 기울기
0.0001	1.890	21.20				
0.0002	1.660	19.30	0.0001	1.9	190	0.00015
0.0004	1.459	17.7	0.0002	1.6	80	0.00030
0.0006	1.361	16.8	0.0002	0.9	45	0.00050
0.0008	1.279	16.3	0.0002	0.5	25	0.00070
0.0010	1.228	15.9	0.0002	0.4	20	0.00090

b) 사이편 $Q = 5.80 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.014$

① 수로 기울기	② 관 경 (m)	③ 1m당 공사비(천원)	④ 수두차/m	⑤ 공사비차/m (천원)	⑥ 1cm당 공사비(천원)	⑦ 평균 기울기
0.0030	2.349	23.4				
0.0050	2.135	21.8	0.0002	1.60	80.0	0.00040
0.0070	2.004	20.4	0.0002	1.40	70.0	0.00060
0.0100	1.874	19.3	0.0003	1.10	36.7	0.00085
0.0140	1.760	18.7	0.0004	0.60	15.0	0.00120
0.0220	1.617	18.3	0.0008	0.40	5.0	0.00180

c) 플룸 $Q = 5.80 \text{ m}^3/\text{s}$, $n = 0.014$

① 수로 기울기	② 수 심 (m)	③ 1m당 공사비(천원)	④ 수두차/m	⑤ 공사비차/m (천원)	⑥ 1cm당 공사비(천원)	⑦ 평균 기울기
0.00040	2.619	44.1				
0.00060	2.427	41.0	0.0002	3.1	15.5	0.00050
0.00100	2.206	37.5	0.0004	3.5	87.5	0.00080
0.00170	1.998	34.7	0.0007	2.8	40.0	0.00135
0.00300	1.795	32.2	0.0013	2.5	19.2	0.00235

d) 총수두와 m당 공사비

① 공종 수두 1cm당 공사비 (천원)	② 개수로		③ 사이편		④ 플 립		⑤ 계	
	8,500 m		2,500 m		3,500 m		14,500 m	
길이	기울기	수두(m)	기울기	수두(m)	기울기	수두(m)	총수두	
	30	0.00064	5.44	0.00200	5.00	0.00093	3.26	13.7
	50	0.00046	3.91	0.00120	3.00	0.00073	2.56	9.47
	70	0.00035	2.98	0.00095	2.38	0.00059	2.07	7.43
	100	0.00022	1.87	0.00071	1.78	0.00040	1.40	5.05
	150	0.00015	1.28	0.00050	1.25	0.00025	0.88	3.41

표 1.3.77 총공사비가 최소가 되도록 배분된 공종별 수두

공 종	배분된 기울기	길 이(m)	배분된 수두(m)	비 고
개 수 로	37×10^{-4}	8,500	3.145	
사 이 편	97×10^{-4}	2,500	2.425	
플 립	60.3×10^{-4}	3,500	2.111	
계		14,500	7.681	7.681-7.60=0.021m 0.021 ÷ 7.6=0.003 ok

표 1.3.78 공종별 관경 및 유속

공 종	통수량(m ³ /s)	조도계수(n)	수심 또는 관경(mm)	유속(m/s)	비 고
개 수 로	5.8	0.014	1,481	1.18	ok
사 이 편	5.8	0.014	2,218	1.06	no good
플 립	5.8	0.014	2,060	2.82	ok

⑭ 각 공종별로 배분된 수두에 대해 유속을 계산하여 타당한지를 검토한다.

다음 표 1.3.78의 유속은 배분된 수두에 의해 계산한 것인데 이 표에서 개수로와 플립은 유속범위가 타당하나 사이편의 유속은 토사퇴적의 관점에서 약간 부족하다.

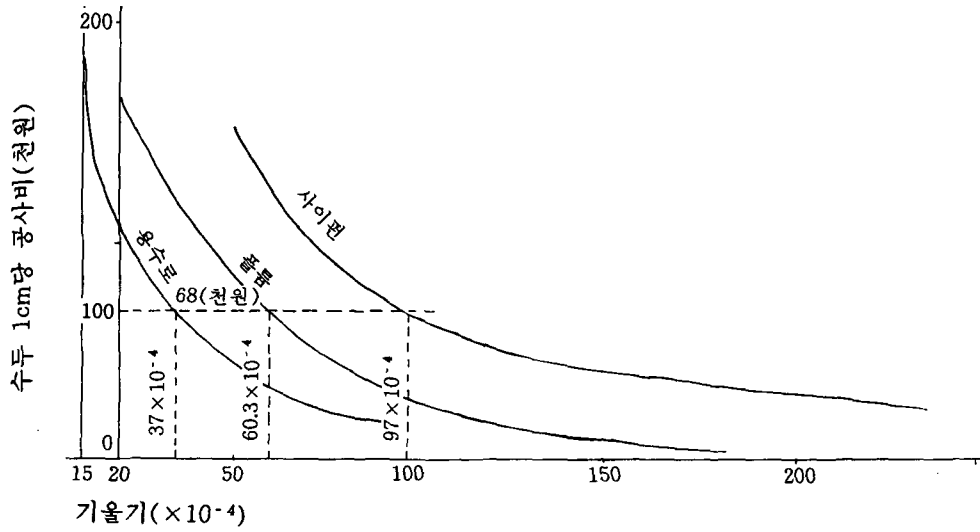


그림 1.3.62 ㉔ 공종별 수두 1cm당 공사비와 기울기

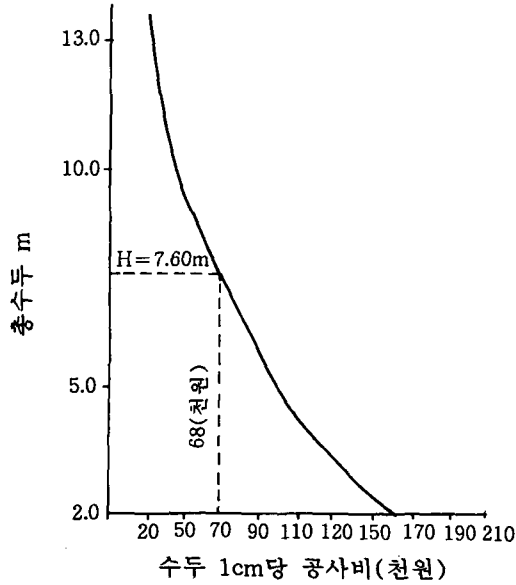


그림 1.3.62 ㉕ 총수두와 수두 1cm당 공사비

⑮ 만일 사이펀의 유속이 부족하다고 판단될 때는 최소허용유속(개수로유속의 1.3배정도 = $1.18 \times 1.3 = 1.531 \text{ m/s}$)을 주어 이 유속에 의한 소요의 수두를 계산하고 이 값을 기정(既定)된 것으로 보아 상기한 수두배분계산을 다시 시행한다.

마. 용수로 형식과 구조

개수로는 일반적으로 수리적으로 유리하며 절성토량(切盛土量)이 평형을 이루는 경우가 경제적이다. 또한 관수로는 폐지(潰廢地)가 적고, 지형에의 적응성이 좋으며 용수제어·안전관리가 용이한 것 등이 개수로에 비하여 장점이지만 시설의 보수·점검·수리에 있어서는 보이지 않는 유지관리가 뚝과 함께 수리학적인 용수의 거동도 고려하여야 한다.

개수로와 관수로의 비교는 규모, 목적, 입지 등의 조건에 유지관리의 상황과 경제성 측면에서 검토를 하여 가능한 형식을 선정하며, 이들에 대하여 수로공사비, 용지비, 부대공사비 등의 경제성을 고려하여 결정한다. 특히 논관개 이외의 용수가 있어, 연중 통수되는 경우에는 시설관리면에서의 검토가 중요하다.

최근에는 시가지를 통과하는 개수로에서 사람의 실족전락(失足轉落)과 쓰레기투기를 방지하기 위하여 암거화하거나 울타리 설치를 계획하는 한편, 친수기능의 부여, 주변환경과의 조화를 고려하는 경우도 많다.

1) 통수량과 단면

Manning의 평균유속공식은 다음과 같다.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(1.3.138)$$

여기서, V : 평균유속(m/s), I : 동수기울기,
 R : 경 심 (m), n : 조도계수

Hazen-Williams의 관수로 평균유속공식은 다음과 같다.

$$V = 0.355 C \cdot D^{0.69} \cdot I^{0.54} \dots\dots\dots(1.3.139)$$

여기서, V : 평균유속(m/s), C : 유속계수(표 1.3.89 참조),
 D : 관경(m), I : 동수기울기

개수로의 평균유속공식으로는 종래 Chezy형 공식과 지수형 공식이 사용되고 있으며 Manning 공식은 대표적인 지수공식이다. 이 공식은 조도계수 n 값을 적절히 채용하면 충분히 만족할 만하며 형태와 계산이 간단하여 가장 많이 사용되고 있다.

보통의 수로기울기와 경심의 범위내에서 Manning의 n 과 Kutter의 n 가 수치상 잘 일치한다. 실용상 양자의 값은 기울기 $S \geq 0.0001$, 경심 $R = 0.30 \sim$

9.0m의 범위에서 동일치로 생각할 수 있다.

Manning 공식의 적부는 조도계수의 선정에 달려 있다. 따라서 표면조도, 초생수로의 불규칙성, 수로의 변곡, 단면형태, 유속, 경심, 침전과 세굴, 부유물질 등 많은 요소에 의하여 변화하므로 신중히 고려하여야 한다. 또 유속이 극히 느린 경우, 경심이 큰 경우에는 큰 쪽의 조도계수를 채용하는 배려할 필요가 있다.

표 1.3.79, 80은 여러 가지 종류의 수로에 대한 조도계수 n 의 값을 기존자료에서 수집하여 제시한 것으로 각 수로에 대하여 최소치, 표준치, 최대치를 나타내고 있다.

원래 조도계수는 경심에 따라 변화하는 것이지만 이 기준에서는 표 1.3.79의 표준치를 채용하도록 한다.

표 1.3.79 1) 라이닝하거나 혹은 조립한 개수로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
평활한 강표면 (도장 얇음)	0.011	0.012	0.014
" (도장 함)	0.012	0.013	0.017
파형 표면 (강판)	0.021	0.025	0.030
시멘트 (모르터)	0.011	0.013	0.015
콘크리트, 이동식 스틸폼(흙손 끝막음)			
" 고정식 "	0.012	0.025	0.016
" 강재패널 거푸집			
콘크리트, 매끈한 목재 거푸집	0.012	0.015	0.016
" 거 친 "	0.015	0.018	0.020
" 스프레이(spray) (양호)	0.016	0.019	0.023
" " (파상)	0.018	0.022	0.025
" 기성플름	0.012	0.014	0.016
콘크리트 블록쌓기 (줄눈 평활)	0.014	0.016	0.017
" " (줄눈 부정)	0.015	0.017	0.018
점토 라이닝		0.025	
아스팔트 (활면)		0.014	
아스팔트 (조면)		0.017	
돌쌓기 (매쌓기)	0.017	0.025	0.030
" (찰쌓기)	0.023	0.032	0.035
초생 피복 (매붙임)	0.030	0.040	0.050

표 1.3.79 2) 터널, 암거, 사이편, 관수로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
강 (룩바 및 용접)	0.010	0.012	0.014
" (리벳)	0.013	0.016	0.017
강철(도장)	0.010	0.013	0.014
" (도장얇음)	0.011	0.014	0.016
시멘트 (모르터)	0.011	0.013	0.015
콘크리트 (스틸폼 및 강재패널 거푸집)	0.012	0.015	0.016
" (매끈한 목재 거푸집)	0.012	0.015	0.016
" (거친 목재 거푸집)	0.015	0.017	0.020
나무 (나무 통)	0.010	0.012	0.004
" (얇은 판자붙임, 크레오소트처리)	0.015	0.017	0.020
콘크리트관	0.012	0.014	0.016
철근콘크리트관(원심력부 배합콘크리트)	0.011	0.013	0.014
염화비닐관	-	0.012	-
전단면 라이닝없는 암석터널	0.030	0.035	0.040
바닥면 콘크리트한 라이닝없는 암석터널	0.020	0.025	0.030

표 1.3.79 3) 굴착 또는 준설수로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
<u>흙, 직선으로 균일한 경우</u>			
1. 잡초없음 (완성 직후)	0.016	0.018	0.020
2. 잡초없음 (완성후 다소 경과시)	0.018	0.022	0.025
3. 자갈 (잡초 없음)	0.022	0.025	0.030
4. 짧은 풀은 있으나 잡초 적음	0.022	0.027	0.033
<u>흙, 변곡하여 균일하지 않는 경우</u>			
1. 식물피복 없음	0.023	0.025	0.030
2. 약간의 잡초	0.025	0.030	0.033
3. 잡초 또는 수초밀생 있음	0.030	0.035	0.040
4. 밑바닥은 흙이고 측면은 굽은 돌	0.028	0.030	0.035
5. " " 잡초	0.025	0.035	0.040
6. " " 조약돌이고 측면은 잡초 없음	0.030	0.040	0.050
<u>드래그 라인 굴착과 준설</u>			
1. 식물피복 없음	0.025	0.028	0.033
2. 기슭에 관목이 약간 있음	0.030	0.050	0.060
<u>암 굴착</u>			
1. 평활하고 균일	0.025	0.035	0.040
2. 불규칙	0.035	0.040	0.050

표 1.3.80 자연유로

수로의 재료와 상태	조도계수		
	최소치	표준치	최대치
<u>평야부의 소유로</u>			
1. 잡초없고, 직선이고 만수위의 경우 균열이나 구덩이가 없음	0.025	0.030	0.033
2. 위와 같음, 단 돌과 잡초가 많음	0.030	0.035	0.040
3. 잡초는 없으나 약간의 구덩이가 있음	0.033	0.040	0.015
4. 위와 같음, 단 돌과 약간의 잡초가 있음	0.035	0.045	0.050
5. 위와 같음, 단 저수위이고 기울기나 단면의 변화가 적음	0.040	0.048	0.055
6. 4와 같으나 돌이 많다	0.045	0.050	0.060
7. 느린 흐름의 구간, 잡초나 깊은 구덩이가 있음	0.050	0.070	0.080
8. 잡초가 밀생한 구간, 깊은 구덩이나 입목 등이 많음	0.075	0.100	0.115
<u>산지유로로서 수로 내에 식물이 없고 하안은 보통 급한 경사이며 하안에 따라 나무와 관목이 고수위에서 침수 되는 수로</u>			
1. 하상은 조약돌 자갈	0.030	0.040	0.050
2. 하상은 큰 조약돌	0.040	0.050	0.070
<u>대유로</u>			
1. 조약돌과 관목이 없는 규칙 단면	0.025		0.060
2. 불규칙한 거친 단면	0.035		0.100

관수로의 평균유속에 적용되는 Hazen-Williams 공식은 실제의 수로관에 대한 실험을 기초로 하여 작성된 것이지만 구경이 50mm 이하의 소구경 관과 유속 1.5m/s 이하의 저유속에 대한 자료를 생략하고 정한 C값이므로 정밀도가 필요한 경우에는 주의하여야 한다.

2) 기울기

개수로의 기울기에 대한 표준은 표 1.3.82, 83에서 보는 바와 같다.

표 1.3.81 관수로 종류에 따른 C 값

관(내면의 상태)	유 속 계 수(C)		
	최 대 값	최 소 값	표 준 값
주철관(도장없음)	150	80	100
강관(도장없음)	150	90	100
모르터 도장관(주철)	145	80	100
타르에폭시 도장관(강)			
φ 800 이상	-	-	130
φ 700~600	-	-	120
φ 500~350	-	-	110
φ 300 이하	-	-	100
모르터 라이닝관(강, 주철)	150	120	130
원심력철근 콘크리트관	140	120	130
프리스트레스트관	140	120	130
경질염화비닐관	160	140	150
폴리에틸렌관	170	130	150
강화플라스틱복합관	160	-	150

표 1.3.82 용수로의 종류와 기울기의 표준

구 분	용 수 로		
	간선수로	지선수로	지거수로
기 울 기	$\frac{1}{3,000} \sim \frac{1}{5,000}$	$\frac{1}{1,000} \sim \frac{1}{3,000}$	$\frac{1}{300} \sim \frac{1}{1,000}$

표 1.3.83 각종 토질에 대한 기울기의 표준

구 분	토 질				
	미 사	부 식 토	모 래	자 갈	중 점 토
기 울 기	$\frac{1}{6,000}$	$\frac{1}{1,000}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{150}$

3) 허용유속

토질별로 최대허용유속을 제시하면 다음 표와 같다.

표 1.3.84 허용 최대평균유속 (m/s)

구 분	유속(m/s)	구 분	유속(m/s)
모래질 흙	0.45	두꺼운 콘크리트	3.00
사질양토	0.60	얇은 콘크리트	1.50
양 토	0.70	매쌓기 뒷길이 30cm 이하	1.50
점질양토	0.90	" 이상	2.00
점 토	1.00	조약돌 찰쌓기	2.50
모래섞인 점토	1.20	아스팔트	1.00
연 압	2.00	프리캐스트 콘크리트 파이프	2.50
중 압	2.50	강 관	5.00
경 압	3.00		

배수로, 방수로, 여수로 등 일시적인 최대허용유속은 상기 수치에 1.5배 이내로 하고 콘크리트 두께를 더하던가 철근으로 보강하는 경우에는 특별히 유속을 제한하지 않는다.

또 Thrupp는 각종 Silt를 유송하는 적당한 유속의 범위를 표 1.3.86과 같이 제시하고 있는데 이 범위중에서 최대유속이면 Silt를 충분히 유송된다고 말하고 있다.

수로에서의 유속의 대소는 수초생육에 영향이 크며 유속이 빠르면 식물의 생육이 저해될 뿐만 아니라 종자가 유하하여 그 부근에서의 번식을 막고 이토가 씻겨내려 뿌리의 생육을 저해하게 된다. 또 수온이 얇은 경우도 수초는 별로 생육하지 않는데 대략 18℃ 이하에서는 통수에 영향을 미칠 정도로 생육하지 않는다.

표 1.3.85 Silt의 침전한계유속

수심d(m)	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0
V(m/s)	0.19	0.30	0.38	0.45	0.56	0.65	0.69	0.70	0.77	0.82

표 1.3.86 수심별 Silt 유송에 적당한 유속범위

유속 범위 (m/s)		Silt 종류
수심 0.3m 경우	수심 3.0m 경우	
0.45 ~ 0.70	1.05 ~ 1.35	굵은 모래(조사)(Coarse sand)
0.30 ~ 0.45	0.70 ~ 1.05	중니 및 고운모래(Heavy silt and fine sand)
0.14 ~ 0.30	0.36 ~ 0.70	니토(Fine silt)

4) 측면 비탈의 결정

수로의 크기에 따라 또는 토질은 물론 쌓는 수로인가 파는 수로인가, 높이에 따라 측면 비탈기울기는 다르며 다음 표를 참고한다.

표 1.3.87 수로 크기에 따른 비탈기울기

통 수 로	비 탈
큰 수로 (주로 간선수로)	1 : 1.5 ~ 2.0
작은 수로 (주로 지선수로)	1 : 1.0 ~ 1.5
작 은 지 거	수직 ~ 1 : 0.5

표 1.3.88 수로의 비탈 1 : m (수직 : 수평)

토 질	흙 각 기	흙 쌓 기 (바깥비탈)		흙 쌓 기 (안비탈)			
		3m 이하	3m 이상	1 m	2 m	3 m	4 m
사 질 토	1.5~1.8	2.0	2.5	1.8	2.0	2.2	2.5
사질력토	1.0~1.5	1.8	2.2	1.5	1.8	2.0	2.2
양 토	0.5~1.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	2.0
점 토 질	0.5~1.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	2.0
점토질력토	0.5~1.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	2.0
부순 돌	-	1.2	1.8	1.0	1.2	1.5	1.8
암 석	0~0.5	-	-	-	-	-	-

5) 유량과 밑나비와 수심의 비 및 비탈

비탈기울기 1 : 1.5인 흙수로에서 적당한 b/H 와 H 의 표준은 식 (1.3.140)로 산정할 수 있다. 식 (1.3.140)에 의한 각종 유량에 대한 b , H 및 비탈은 표 1.3.90과 같다.

$$\begin{aligned}
 b/H &= \alpha Q^{\frac{1}{4}}, & H &= \beta Q^{\frac{1}{3}} & \text{단 } Q &\leq 20 \text{ m}^3/\text{s} \\
 b/H &= \alpha Q^{\frac{1}{2}}, & H &= \beta Q^{\frac{1}{3}} & \text{단 } Q &\geq 20 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots(1.3.140)
 \end{aligned}$$

여기서, Q = 유량(m^3/s) b : 밑바닥 나비(m), H : 수심, α , β : 계수 (표 1.3.89)

표 1.3.89 계수 α, β 의 값

구 분	$Q \leq 20(\text{m}^3/\text{s})$		$Q > 20(\text{m}^3/\text{s})$	
	계수의 범위	평균	계수의 범위	평균
α	1.40 ~ 2.00	1.70	0.71 ~ 1.06	0.78
β	0.71 ~ 0.87	0.79	0.71 ~ 0.87	0.79

표 1.3.90 홍수로의 기울기와 밑바닥과 수심과의 비

Q m^3/s	b (m)	H (m)	표준 b/H	b/H 의 범위	$H(\text{m})$ 의 범위	$V(\text{m/s})$ 의 범위	비 탈 (1 : I)
1	1.3	0.76	1.7	1.7~2.0	0.75~0.80	0.50~0.75	400~1,200
3	2.5	1.10	2.3	1.8~2.7	1.00~1.20	0.55~0.80	1,000~1,800
5	3.3	1.30	2.5	2.1~3.0	1.20~1.50	0.55~0.85	1,600~2,400
7.5	4.4	1.58	2.8	2.3~3.3	1.40~1.75	0.56~0.86	1,800~2,700
10	5.4	1.73	3.1	2.5~3.6	1.55~1.90	0.58~0.88	2,000~3,000
15	6.7	1.98	3.4	2.8~3.9	1.80~2.20	0.59~0.89	2,400~3,600
20	8.7	2.17	4.0	3.2~4.7	1.95~2.40	0.60~0.91	2,700~4,200
25	10.4	2.32	4.5	3.6~5.3	2.10~2.50	0.63~0.94	2,900~4,700
30	12.0	2.45	4.9	3.9~5.8	2.20~2.70	0.65~0.95	3,000~5,000

주) 사면비탈의 변화에 대한 수정 : 사면의 비탈 1 : 1.5 이외의 경우, 동일한 통수단면적 A에 대한 밑바닥 나비 b' 는 다음 식으로 산정한다.

$$b' = b + (1.5 - m) h$$

여기서, m : 사면의 경사각 (= $\cot \theta$), h : 만수심

6) 단면결정

(1) 수리학상으로 가장 유리한 단면

수로의 종단비탈과 횡단비탈이 정해지면 수리학상으로 가장 유리한 단면이란 $V = \sqrt{RI}$, $R = \frac{A}{P}$ 의 식으로 부터 경심 R이 최대 즉, 윤변 P가 최소인 때 최대유속 또는 최대유량을 가진 단면을 말하며 사다리꼴 및 직사각형 단면의 일반형은 다음과 같이 된다.

$$b = 2 H \tan \frac{\theta}{2}, \quad L = B/2, \quad R = \frac{H}{2} \quad \dots\dots\dots(3.141)$$

식에서 H : 수심(m), B : 단면폭(m), b : 밑나비(m), θ : 경사각,
 m : 비탈(cot θ), L : 비탈 길이(m)

(2) 침투상으로 유리한 단면형

수로의 침투손실량은 표토 및 하층상의 성질, 지하수면의 고저에 따라 다를 뿐만 아니라 경심에 비례하고 수심에 관계가 있다. 침투손실량 수심의 평방근에 비례하는 것으로 하면

$$S_y = C \sqrt{H} \dots\dots\dots(1.3.142)$$

여기서, S_y : 수로단면의 바닥으로 부터의 침투손실량, H : 수심,
 C : 토질 및 지하수면의 고저에 따르는 계수

수로의 평균침투속도가 그림 1.3.64와 같다고 하면 비탈면에서의 침투속도는 바닥 침투속도의 2/3 이다. S 를 수로의 단위길이 당 침투량이라 하면

$$S = C \sqrt{H} \left(b + \frac{4H}{3} \sin \theta \right) = \left\{ A / \left(\frac{b}{H} + \cot \theta \right) \right\}^{\frac{3}{4}} \left(\frac{b}{H} + \frac{4}{3} \sin \theta \right) \dots\dots\dots(1.3.143)$$

윗식을 b/H 에 대해 미분하고 S 의 최소치를 구하면

$$b/H = 4 \frac{1 - \cos \theta}{\sin \theta} = 4 \tan \frac{\theta}{2}, \quad H = \sqrt{\frac{A \sin \theta}{4 - 3 \cos \theta}}, \quad b = 4 H \cdot \tan \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots(1.3.144)$$

즉, 침투상 가장 유리한 단면의 밑바닥과 수심의 비는 수리상 유리한 단면의 그것의 2배이다.

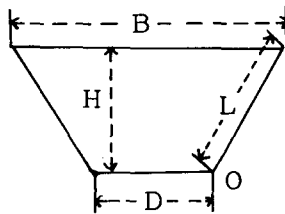


그림 1.3.63 수로단면

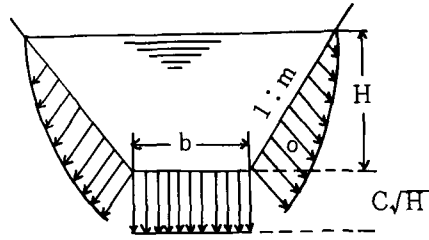


그림 1.3.64 침투상 유리한 단면

바. 송수조직

1) 송수조직의 선정

송수조직의 선정에 있어서 비교안을 검토하는 평가기준은 다음과 같다.

- ㉠ 수자원의 유효이용, 특히 펌프양수한 물 또는 댐안에 저류된 물은 물론 용수로내를 흐르는 물이 쓸데없이 방류되지 않도록 할 것(무효방류의 방지)
- ㉡ 물관리가 용이하고 원활한 물배분이 가능할 것(효율적 물 분배)
- ㉢ 시설비가 저렴하며 과대하지 않을 것(공사비의 절감)
- ㉣ 조작이 단순하고 고장이 적을 것(높은 신뢰도)
- ㉤ 유지관리비가 싸게 들 것(저렴한 관리비)

2) 송수방식의 종류와 선정

최근에는 대구경의 관재개발, 시공기술의 진보, 용지취득문제, 수질문제, 용수관리 합리화문제 등 사회적 배경의 변화로 농업용 대간선수로에도 파이프라인 방식의 채용이 많아지고 있다. 파이프라인 방식의 계획 및 설계에 대한 상세한 내용은 농지개발사업계획설계기준 수로공편을 참조한다.

3) 조직용량과 계획통수량

송수조직계획상 설정되는 유량을 조직용량이라 하고 일반적으로 계획최대용수량으로 주어진다.

어떤 이유로 도중의 분수가 정지된 경우에, 그 하류 수로에는 과잉의 유량이 흐르는 것이 된다. 따라서 분수공보다 하류의 수로에서는 분수정지시를 상정하여 분수공보다 상류의 조직용량을 통수시킬 수 있어야 한다. 조직용량은 계획통수량을 정하는 필요조건에 지나지 않으므로 수로의 통수단면의 축소는 반드시 방수공 또는 물넘이 지점에서 행한다.

즉 계획통수량은 조직용량과 방수공 등과의 관계에서 비로소 축소가 가능하다(그림 1.3.65). 조직용량은 송수시설의 경제성을 직접 지배하지만 이는 최대유

량에 지배된다. 따라서 유량변동이 큰 경우에는 조절지를 설치하여 변동의 폭을 좁히는 것이 최대유량을 경감시키는 것이 되고 따라서 경제성과 관련이 있게 된다.

송배수시설인 흠수로, 라이닝 수로, 플룸, 사이펀, 수로교, 암거, 터널, 관수로, 낙차공 및 급류공, 분수공, 물넘이, 방수공 등의 계획에 대하여 자세한 것은 농지개량사업계획설계기준 수로공편을 참고한다.

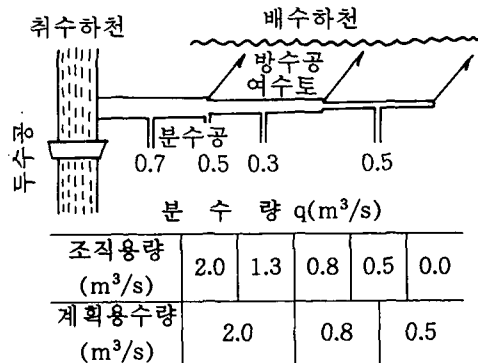


그림 1.3.65 조직용량과 계획통수량과의 관계

사. 유지관리면에서의 용수로 계획시 유의사항

용수로 유지관리상 유의사항은 다음과 같다.

㉠ 구조적으로나 수리학적으로 안정성이 확보되어야 한다. 계획설계 및 시공과정에서 잘못이 생기면 기능이 발휘될 수 없음은 물론 안정성의 결여로 수명단축과 위험이 뒤따르게 되어 유지관리상 큰 어려움이 있다. 용수로 유지관리가 곤란한 대성토구간(大盛土區間)의 설치를 감행한다든지, 관내의 토사 퇴적으로 송수기능상 장애발생 염려가 있거나, 누수위험이 발생하기 쉬운 곳에는 잠관을 설치하는 일 등은 삼가하여야 할 것이다. 마을 뒷산 등을 끼고 돌아 홍수시 위험염려가 큰 곳에서는 토공수로를 가급적 피하고, 수로의 중간 중간 적당한 곳에 홍수배제와 토사배제의 안정장치로서 방수공, 물넘이, 토사 배출구 등이 계획되어야 한다.

㉡ 정상적인 기능을 발휘할 수 있도록 계획설계하는 동시에 용수로에서의 점검 및 보수(補修)가 신속히 이루어지도록 계획하여야 한다. 용수로의 정상적 수리학적 기능에 대해 장애가 되는 것은 토사퇴적과 용수로 구조물에 걸려드는 쓰레기 등이다. 이를 최소화하려면 퇴사가 생기지 않도록 충분한 설계유속을 줄 수 있게 계획하고 떠내려오는 쓰레기 수거시설을 계획해야 하고, 토사

유입이 있는 취수구에는 침사지를 계획하도록 한다. 그러나 용수로 이용과정에서 얼마간의 퇴사현상(堆砂現象)과 쓰레기 퇴적현상과 함께 시설노후화에 의한 고장도 있게 마련이므로, 이들을 기동성있게 점검·정비·보수·관리하는데 필요한 충분한 폭원(4.0m 정도)의 관수로 도로를 계획하도록 한다. 또한 산허리를 통과하는 용수로로는 가급적 관수로로 하는 것이 측면붕괴 및 토사붕락(土砂崩落)에 의한 위험을 피할 수 있으나, 잘못 관수로가 계획되는 경우에는 개수로 형식에 비하여 퇴사제거면에서 도리어 불리하게 되므로 관수로계획에 있어 신중을 기할 필요가 있다.

㉔ 유지관리에 있어 이에 소요되는 인력 및 경비가 최소화되도록 계획되어야 한다. 산업의 고도화에 따라 관리인력이 부족하고 임금의 급상승으로 용수로 유지관리문제는 오늘날 반드시 해결되어야 할 큰 과제가 되고 있다. 따라서 시설의 고도화로 유지관리에 소요되는 인력과 경비를 크게 낮출 수만 있다면 시설비부담의 가중은 감당하지 않을 수 없는 현실로서 토공수로의 구조물화, 관수로화계획 등의 적극적인 검토가 필요하며, 유지관리에 문제가 많은 잠관설치는 피하도록 한다.

㉕ 용수의 수질보전을 기할 수 있는 계획이 되어야 한다. 오늘날 농업용수도 공장폐수, 생활하수 및 쓰레기 등으로 수질면에서 큰 위험을 받고 있는 곳이 많으므로 이들 폐수 및 하수가 가급적 유입하지 않도록 함과 함께 쓰레기 투척장소로 이용되지 않게 계획함이 필요하다. 예를 들면 일차 정화(淨化)된 물도 용수로에 들어오는 것은 가급적 용수로 및 농지 밖으로 배출되도록 함과 동시에 마을 근처를 통과하는 용수로로는 생활하수의 직접유입 및 쓰레기 투척장소로 이용되지 않도록 관수로계획에 대한 배려가 필요하다.

3.4.6 조절시설(調節施設)

가. 조절시설계획의 기본사항

이와같은 조절시설로 확보할 수 있는 기능에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 수원에서의 공급조작 용이(유량오차 등의 처리)
 - ② 용수의 공급량(특히 취수지점에서의 수량) 및 수요량(특히 말단에서의 수량)의 발생시기의 타임 래그(time lag)의 흡수
 - ③ 용수이용의 변동에 대한 자유도(自由度)의 증대
 - ④ 시설의 오조작(誤操作)·오작동(誤作動) 등에 대한 완충
 - ⑤ 사고발생시에 있어서의 여유의 확보
- 조절시설은 취수조작을 쉽게하고 효율의 향상시키는 역할을 갖는다. 이에

관리제어시설과의 연계가 중요한 역할을 한다.

나. 조절시설의 종류

조절시설에는 조절지(調節池), 조정지(調整池), 배수조(配水槽)가 있다.

1) 조절지

용수수요의 발생시기와 필요한 수량의 취수·송수시기와의 타임 래그에의 대응이 조절지의 주요기능이며, 이에 필요한 용량은 그 기능에 따라 산정된다. 예를 들면 보통 계획되는 것은 1~2일 정도의 조절이 되지만, 사고에 의한 통수장애(通水障礙)에 대비하기 위하여는 2~3일분의 용량이 필요하다. 특히, 갈수기 보충수원의 기능이 있을 경우 20~30일간의 필요수량을 공급할 수 있는 용량도 고려할 수 있다.

조절지의 설치위치는 수위차의 확보라는 점에서는 수로조직의 상류측이 적합하고 용수량의 조절이란 점에서는 하류측이 적당하지만, 양자의 기능을 항상 감안하여 경제성도 배려하여 선정한다. 이 경우 복수(複數)의 조절지를 설치하는 것이 효과적인 경우가 많다.

2) 조정지

조정지는 용수의 공급량과 수요량과의 1일 이내의 시간차를 조정하는 것이 주요 기능이며, 이에 의해 말단의 용수이용의 단기변동에 의한, 용수수요 최대량의 평활화(平滑化)를 꾀하기 위하여 설치한다.

조정지는 간선수로계의 말단에 설치하는 것이 일반적이다. 송수계(送水系)의 통수는 24시간으로 계획하지만, 자주 변동하는 수요계(需要系)의 대략 1일 용수이용의 동향과의 차분(差分)이 조정용량이 되는 것으로 충분한 경우가 많다. 그 구조에는 콘크리트 탱크, 고무시트 펴기 등이 있으며, 설치위치의 지형조건 등을 검토한 후, 경제성을 고려하여 선정한다.

3) 배수조(配水槽)

배수조는 주로 펌프의 운전시간 및 정지시간 사이의 송·배수를 조정하는 시설이며, 용량은 비교적 작아도 좋지만, 용량이 크면 조정시설로서 다른 기능을 겸용할 수 있기 때문에 펌프설비의 유지, 보전 및 용수의 원활한 배수관리 면에서 유리하다. 일반적으로 배수조의 필요 최소용량은 탱크내의 설정수위에 의하여 펌프의 자동운전을 하는 경우에는 펌프의 on/off의 허용빈도를 고려하여 결정한다. 배수조의 설치위치는 필요수두(必要水頭)의 확보가 가능한가, 펌프양수비 및 배관비(配管費)는 높지 않은가, 용지의 확보 및 관리가 용이한가 등을 고려한 후 선정한다.

3.5 물관리 계획

3.5.1 개요

인류의 문화가 발전되고 과학문명이 발달됨에 따라 수자원은 자유재에서 경제재화되고 그 중요성은 점점 높아지고 있으며 우리 나라에서도 빠른 경제성장으로 각 산업분야에서 물수요가 증가하고 있어 그 이용과 개발이 큰 과제로 등장하게 되었다.

논관개용수는 수리시설을 확충해감에 따라 그 수요가 증가하게 되고, 벼의 단위면적당 생산량을 높이려면 더욱 많은 물을 필요로 하게 된다. 발관개도 고려하면 농업용수의 수요량은 훨씬 커지므로 평상시 유출량으로는 공급하기 어렵게 되어 물의 확보를 위한 경비도 점차 증가하게 될 것이다.

적정한 물 관리를 하면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

㉠ 현재 농업용수시설이 있기는 하나 물이 부족하여 한해를 면치 못하는 지역의 용수 부족을 해소할 수 있다.

㉡ 기존 수원공으로서 수리안전담면적을 확대할 수 있다. 즉, 윤환관개를 시행할 경우 절약한 용수량을 이용하여 인근 천수답이나 밭에 대한 관개를 도모할 수 있다.

㉢ 농민이 부담하는 물값을 인하할 수 있다.

관개면적이 확장되거나 용수부족이 해소될 경우에 물공급이나 관리비부담을 많은 사람이 분담하게 되므로 농민부담이 경감되고 양수장의 경우에는 양수시간의 단축도 가능하여 유류대나 전력비를 절감할 수 있다.

㉣ 농업용수개발비용을 절감할 수 있다. 용수량을 절감한다는 것은 단위저수량이나 단위용수량을 적게하는 것이므로 저수지나 양수장 등의 규모를 줄일 수 있고 용수로의 단면도 축소할 수 있다. 이는 개발비용의 절감으로 이어져 같은 금액의 예산으로 보다 많은 면적을 수리답화할 수 있다.

3.5.2 기본구상

물관리 계획수립에 유념할 사항은 다음과 같다.

㉠ 수원공의 유지관리에 철저를 기하고 평야부 시설을 물관리에 용이한 수로 조직과 공작물이 되도록 계획해야 하며 수량측정 장치도 그 지역 특성에 부합되도록 해야 한다.

㉡ 관개계획수립에 종사하는 자는 관개구역내의 토양별 면적과 벼 생육시기별 필요수량을 정확히 알아서 필요한 양만을 공급하도록 해야한다.

㉔ 용수로에서의 손실을 적게해야 한다. 용수지선이나 지거의 길이는 가급적 짧아야 하고 수로표면은 라이닝을 해야 한다.

㉕ 관개방법은 윤회관개나 간단관개를 실시토록 계획해야 하며 토양수분을 75% 이상만 유지하면 벼생육에는 지장이 없음을 염두에 두어야 한다.

㉖ 물관리를 담당할 요원의 교육계획도 반영해야 한다.

3.5.3 물관리와 윤회관개

관개수심과 생육, 수확량과의 관계 및 관개적기에 관한 많은 연구를 종합해보면 다음과 같다.

㉗ 초장(草長)신장은 담수의 깊고 얇음에는 관계가 없고, ㉘ 분경(分莖)은 토양함수량에 비례하며, ㉙ 무효분얼은 토양함수량이 100~75%일 때 최소이고, ㉚ 일반재배에서는 75% 이상의 토양수분이 필요하며, ㉛ 최대수량은 10~30mm의 담수관개가 가장 적합하며, ㉜ 수잉개화기에는 담수하고, ㉝ 기타 시기에는 75~100% 정도의 토양수분을 유지함으로써 1/2 정도의 용수량을 절약할 수 있는 것으로 조사되었다.

일반적인 생육시기별 물관리 형태는 그림 1.3.66과 같다.

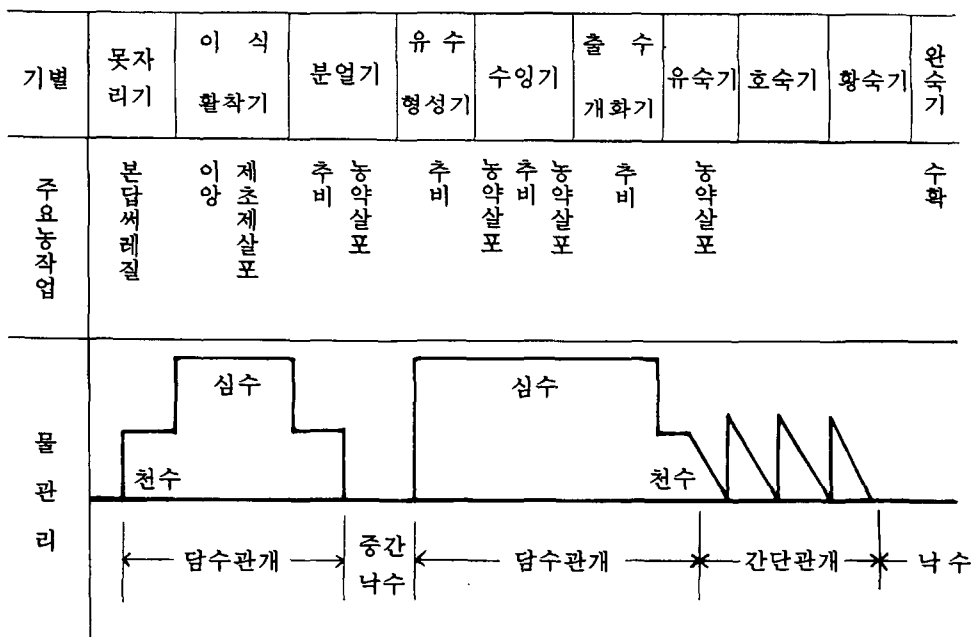


그림 1.3.66 생육시기별 물관리

3.5.4 윤환관개계획

가. 용수분배시설

1) 윤환관개의 용수량 계산예

(예제 1) 윤환구역내의 수로용량

윤환구역면적 54ha, 토양 Sandy loam (토립자 0.005mm 이하 18%),
이양용수 140mm, 이양기간 20일, 수로손실 15% 일 때의 수로용량을 구하라.

(해)

표 1.3.91에서 토양조건에 따라

$E = 1,000\text{ha}/\text{m}^3/\text{s}$ 이다. $P = 0.140\text{m}$ 이고,

$A = 54\text{ha} = 540,000\text{m}^2$, $N = 20\text{days}$, $T = 86,400\text{s}$, $L = 15\%$ or 0.15 이므로
설계기준 식 (1.3.14)에서

$$Q = \left(\frac{540,000 \times 0.14}{20 \times 86,400} + \frac{540,000}{10,000 \times 1,000} \right) \times \frac{1}{1 - 0.15} = 0.115 \text{ m}^3/\text{s} \text{ 이다.}$$

표 1.3.91 토양의 점토함량별 관개율과 윤환관개간격

점토 중량비율 (토립자 0.005mm이상)	관개율 (E) ha/m ³ /s	단위용수량(W) mm/d	윤환관개간격(I) 일 수
5 % 이하	500	17.24	4~5
5~10	700	12.34	5~6
10~15	850	10.16	5~6
15~20	1,000	8.64	6~7
20~25	1,100	7.67	6~7
25~30	1,200	7.20	6~8
35~40	1,300	6.65	6~8
40 % 이상	1,400	6.17	6~8

설계상 결정된 수로용량은 물분배계획과 밀접한 관계가 있으며 계산된 수로 단면은 유효우량을 고려치 않는 것으로 사실상의 소요단면보다 여유가 있다. 그러나, 이 여유단면은 이양기간, 홍수 후의 안전관개, 장기간 한발 후의 관개와 같이 많은 물을 짧은 시간내에 공급하고자 할 때 충분히 이용된다.

(예제 2) Turnout 통수량 계산

면적 1,354.14ha(경점질 1,314.6ha 사질부식토 39.54ha)를 1개 지선으로 관개

하려한다. 구역내 수로손실을 20%로 가정하고 Turnout 통수량을 계산하라.

(해)

단위면적당 용수량으로 각 생육기간별 Turnout의 통수량은 다음 공식에 의하여 산출할 수 있다.

$$Q = \frac{qA}{86,400a} \left(\frac{1}{1-L} \right) = \frac{qA}{8,640,000} \times \frac{1}{(1-L)}$$

여기서, Q : 소요통수량(m^3/s), q : 100ha당 소요수량(m^3/d),
 a : 단위면적 100ha, A : 관개면적 (ha), L : 수로손실 (%)

(1) 묘대

$$Q_1 = \frac{1,000 \times 1,354.14}{8,640,000} \left(\frac{1}{1-0.2} \right) = 0.1959 m^3/s$$

(2) 습윤

$$Q_2 = \frac{7,500 \times 1,354.14}{8,640,000} \left(\frac{1}{1-0.2} \right) = 1.469 m^3/s$$

(3) 씨레질

$$Q_3 = \frac{1,500 \times 1,354.14}{8,640,000} \left(\frac{1}{1-0.2} \right) = 0.294 m^3/s$$

(4) 본답

이양후 30일 이내

$$Q'_4 = \frac{(3,600 \times 1,314.6) + (4,020 \times 39.54)}{8,640,000} \left(\frac{1}{1-0.2} \right) = 0.708 m^3/s$$

이양후 30일 이후

$$Q_4 = \frac{(6,000 \times 1,314.6) + (6,667 \times 39.54)}{8,640,000} \left(\frac{1}{1-0.2} \right) = 1.180 m^3/s$$

윤환관개를 위한 관개수로의 용량을 결정하려면 조합된 최대치가 채택되어

야 한다.

$$Q_{max} = Q_2 + Q_3 + Q_4 = 2.94m^3/s$$

2) 유통관개구의 물분배계획

가뭄이 극심하면 GIS를 이용한 수해구역과 용수계통도로부터 유통관개구역을 그림 1.3.84와 같이 설정할 수 있다.

나. 조절 및 측정구조물

1) 제수와 분수구조물

1개의 수로조직에는 많은 분수관이 있고 각 분수관이 지배하는 관개면적의 크기가 비슷하기 때문에 분수관의 설계를 표준화할 수 있도록 수량을 비슷하게 하여야 한다. 분수관의 계획설계상 유의할 점은 ① 문을 닫았을 때 누수가 없을 것, ② 시공이 용이할 것, ③ 충분한 양의 물을 통수할 수 있을 것, ④ 작동이 용이할 것 등이다.

2) 수량측정장치

수량측정장치는 물이 필요수량에 비해 충분할 때, 그리고 특히 관개용수가 필요치 않은 기간에는 중요하지 않은 것으로 생각할 수도 있다. 그러나 수자원을 개발함에 있어서 경작지가 대규모로 증가하는데 따라 관개용수를 얻는 것도 중요하지만 관개에 대한 기술적 개량을 도모하는 것도 필요하다.

수자원의 경제적 이용이라는 관점에서 수량측정은 대단히 중요하며 측정방법과 기구가 연속적으로 연구개발되어야 한다.

(1) 위어

① 위어의 개념

간단한 유량측정방법중의 하나는 위어(Weir)에 의한 방법이다. 수로를 횡단하여 벽을 설치하고 그 위를 물이 넘어 흐르게 되는 공작물을 위어라 하고, 벽이 터져 물이 월류하는 부분을 notch라 하고 위어를 월류한 수맥을 Nappe라고 한다.

벽의 상류 흐름은 관성때문에 Nappe의 하면과 측면에서 수축되며 위어의 정부와 측벽이 뽀족하게 되어 있을 때 Nappe는 항상 일정한 형상을 이루며 월류유량의 변화가 적어 유량측정에 이용되는 것이다. 위어는 일반적으로 Qy 쪽위어(Sharp-crested weir)와 넓은 위어(Broad-crested weir)로 구분되며 관개용수 유량측정에는 주로 뽀족위어가 사용된다. 뽀족위어로 정확하게 유량을

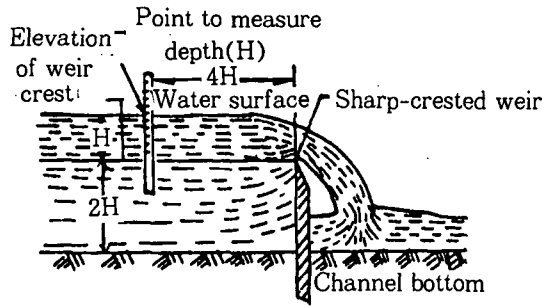


그림 1.3.67 Weir 측면도

측정하려면 그림 1.3.67과 같이 위어의 높이(P)와 월류수심(H)의 비(H/P)가 2 정도 되는 것이 좋고 이 때 P는 적어도 0.10m 보다 커야 한다. H/P 가 5를 초과하면, 상류측 접근수로에 한계수심이 생기지 못하여 지배단면이 형성되지 않기 때문에 피하는 것이 좋다. 표준 뽕쪽위어는 터진 모양(缺口)에 의하여 직사각형 위어(Rectangular-notch weir), 사다리꼴 위어(Trapezoidal-notch or Cipolletti weir), 삼각 위어(Triangular-notch weir) 등 세가지로 구별한다.

위어의 터진 모양, 주위환경과 측정수위조건을 고려하여 위어를 설계, 제작한다.

- 월류수두는 0.061m 이상 0.61m 이내일 것
- 직사각형 위어와 사다리꼴 위어의 수두는 위어길이의 1/3을 초과해서는 안된다.
- 계획유량에 대한 수두가 위의 2가지 제한요건에 따라서 최대치에 가깝도록 위어길이를 선택하여야 한다.

② 삼각위어

삼각위어(그림 1.3.68)는 V-notch 라고도 하며 작은 유량을 측정할 때 사용된다. 보통 0.029m³/s 이하의 유량을 측정할 때 정확한 결과를 기대할 수 있다. 0.29m³/s 이상의 유량을 측정할 때는 정도가 떨어진다. 삼각위어의 이론적 유량공식은 다음과 같다.

$$Q = 8/15 C_e \tan \theta / 2 \sqrt{2g} H_e^{5/2} \dots\dots\dots(1.3.145)$$

삼각위어는 90° 삼각위어가 많이 사용되며 완전히 수축된 조건의 C_e 값을 0.578을 적용하면 유량공식은 다음과 같다. V-notch의 삼각위어의 유량을 신속히 산출하는데 편리를 도모하고자 부록에 수록하였다.

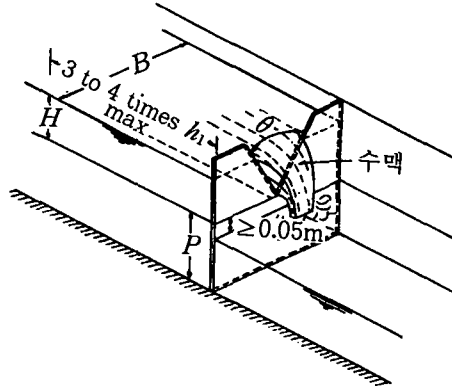


그림 1.3.68 삼각위어

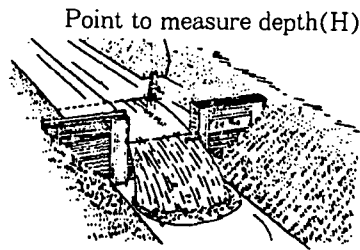


그림 3.69 직사각형 위어

$$Q = 1.47 H^{2.5} \dots\dots\dots(1.3.146)$$

여기서, Q : 유량 (m^3/s), H : 결구바닥과 상류수면간의 수직거리 (m)

③ 직사각형 위어

직사각형 위어(그림 1.3.69)의 유량계산공식은 다음과 같다

$$Q = 1.84 [L - 0.1 n H] H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(1.3.147)$$

여기서, Q : 유량(m^3/s),

L : 결구의 길이(m),

H : 위어마루로부터 상류 수표면간의 수직거리(m)

n : 단수축의 수

(양단수축시 $n = 2$, 1단 수축시 $n = 1$, 단수축 없을 시 $n = 0$)

위어의 월류수심 H 는 위어로부터 $4H$ 이상 되는 위치에서 측정해야 한다. 이 직사각형 위어의 유량표는 부록에 수록하였다.

④ 사다리꼴 위어

직사각형 위어와 사다리꼴 위어는 $2.198 \text{ m}^3/\text{s}$ 정도의 유량측정에 적합한 것이다.

사다리꼴 위어(그림 1.3.70)에 사용되는 Gourley-Crimp 공식은 다음과 같다.

$$Q = 1.69L^{1.02}H^{1.47} + 1.32 \tan \frac{\theta}{2} H^{2.47} \dots\dots\dots(1.3.148)$$

특히 위어의 옆기울기가 1 : 4 인 뽀쪽위어이며 양단수축이 있는 사다리꼴 위어를 Cipolletti 위어라 하며 유량공식은 완전수축된 직사각형 위어의 유량공식과 같다. 즉

$$Q = 1.84 \left[L - 0.1 n H^{\frac{3}{2}} \right] \dots\dots\dots(1.3.149)$$

여기서, Q : 유량(m^3/s), L : 결구의 장(m), H : 수두(m), n : 단수축수 Notch의 길이는 최소 $3H$ 이상이 좋으며 사다리꼴 위어의 유량표는 부록에 표시하였다.

위어 설치에 대한 유의사항을 들면 다음과 같다.

- 위어는 상류부 수로가 적어도 위어길이의 10배되는 길이 만큼 직선이 되는 위치에 설정하고 또 수로내 흐름방향에 직각되게 설치하여야 한다.
- 위어의 정상부와 측부는 직선이고 뽀쪽해야하며 직사각형 위어의 정상부는 수평이어야 하며 측면은 정상부와 이루는 일정한 각이 되도록 정확하게 설치하여야 한다. 삼각위어에서는 Notch의 정점으로부터 내린 수직선과 45° 각을 이루도록 제작해야 한다.

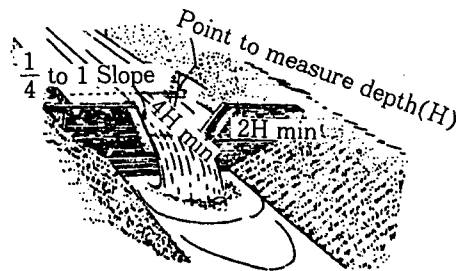


그림 3.70 사다리꼴 위어

- 상류 수로는 수류가 원활하고 와류가 생기지 않고 평균유속 0.091m/s 을 초과하지 않을 만큼 충분히 커야 한다.

- 잠류현상이 생기지 않으려면 위어 하부수로에는 모든 장애조건이 없어야 한다. 위어 정상부는 공기가 자유로이 들어갈 수 있게 하기 위하여 하류 최고 수표면보다 높게 설치하여야 한다.

⑤ 설치기준

상기에서 3종의 위어에 대하여 개수로에 설치할 경우에 관하여 기술하였으나 다음은 실제 위어를 설계하거나 설치할 때의 기준을 구체적으로 기술하고자 한다.

수위측정장치는 그림 1.3.71과 같이 작은 Tank 내로 통하는 작은 구멍은 위어판 내면에서 상류측으로 최소 200mm 최대 수로폭만큼 떨어지고 위어에서 50mm 이상 아래 하고 수로저면에서 50mm 이상 높게 한다. 작은 구멍의 내경은 10~30mm로 하고 수로내벽에 직각이 되게 연결하고 주위는 평탄하게 한다.

정류(整流)장치는 위어판에 접근되는 유속을 일정하게 하기 위해 정류장치를 설치한다. 정류장치는 상하 동일하게 수로측 방향에 수직으로 설치한 몇장의 다공판식인 것이 좋다. 다공판(그림 1.3.72)은 직경 20mm의 구멍을 수로 횡단면 전부에 등간격으로 설치하여 구멍 중심거리는 약 30mm로 한다. 다공판은 수류에 의해 파괴되지 않도록 충분히 견고한 재료를 사용하며 매수는 많을수록 좋다. 물을 유하시키는 위어판은 그림 1.3.73과 같이 수직이며 내면의 흐름을 교란시키지 않도록 돌기가 없고 측면(側緣)은 정폭 2mm이하로 한다. 위어의 측정범위와 제작치수를 예를 들면 그림 1.3.74와 표 1.3.92, 93과 같다.

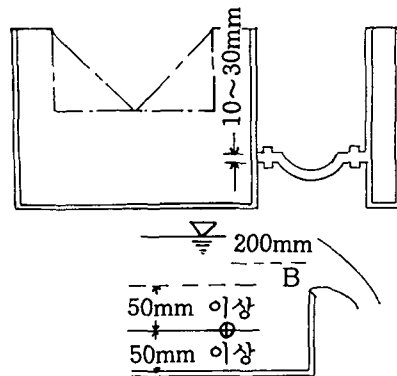


그림 1.3.71 수위측정장치

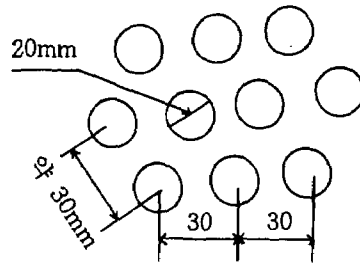


그림 1.3.72 다공판 기준

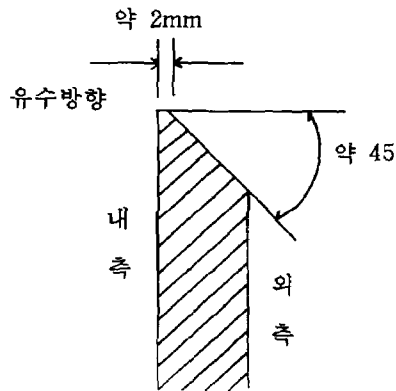


그림 1.3.73 위어판

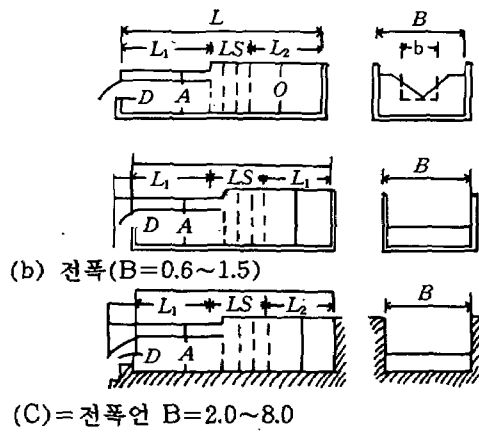


그림 1.3.74 위어 규격

표 1.3.92 각종 위어의 사용범위

위어의 형식	폭 B×b (m)	수두범위 h (m)	유량범위 Q (m ³ /min)
60° 각 형	0.45	0.04~0.12	0.018~0.26
90° 각 형	0.60	0.07~0.20	0.11~1.5
90° 각 형	0.80	0.07~0.26	0.11~2.9
사 각	0.90×0.36	0.03~0.27	0.21~5.5
사 각	1.20×0.48	0.03~0.312	0.28~9.0
전 폭	0.60	0.03~0.15	0.36~4.0
전 폭	0.90	0.03~0.225	0.54~11.4
전 폭	1.20	0.03~0.30	0.72~24.0
전 폭	1.50	0.03~0.375	0.9~42.0
전 폭	2.00	0.03~0.50	1.2~86.0
전 폭	3.00	0.03~0.75	1.8~237.0
전 폭	5.00	0.03~0.80	3.0~425.0
전 폭	8.00	0.03~0.80	4.8~671.0

표 1.3.93 각종 위어의 제작 표준치수

형 식	폭 B×b	최대수두 h'	L ₁	L ₃	L ₂	l	L	D	A	C
60° 삼각	0.45	0.12	0.69	0.24	0.57	-	1.50	0.12	0.27	0.37
90° 삼각	0.60	0.20	1.00	0.40	0.80	-	2.20	0.12	0.35	0.50
90° 삼각	0.80	0.26	1.32	0.52	1.06	-	2.90	0.30	0.60	0.75
4 각	0.9×0.36	0.27	1.71	0.54	1.44	-	3.69	0.20	0.50	0.60
4 각	1.2×0.48	0.312	2.41	0.63	1.83	-	4.60	0.25	0.60	0.75
전 폭	0.6	0.15	1.35	0.30	1.05	0.15	2.70	0.30	0.50	0.60
전 폭	0.9	0.225	2.05	0.45	1.60	0.23	4.10	0.30	0.60	0.75
전 폭	1.2	0.30	2.70	0.60	2.10	0.30	5.40	0.30	0.70	0.90
전 폭	1.5	0.375	3.40	0.75	2.65	0.38	6.80	0.40	0.90	1.05
전 폭	2.0	0.50	4.50	1.00	3.50	0.50	9.00	0.50	1.20	1.50
전 폭	3.0	0.75	6.75	1.50	5.25	0.75	13.55	0.75	1.70	2.00
전 폭	5.0	0.80	9.00	1.60	7.40	0.80	18.00	1.00	2.00	2.50
전 폭	8.0	0.80	12.00	1.60	10.40	0.80	24.00	1.50	2.50	3.00

(2) 파살플룸(Parshall flume)

① 파살플룸의 원리

파살플룸을 통하는 유출은 ① 자유(완전)유히류(free flow)인 경우와 ② flume

의 하류측 수표면이 유출량을 감소시킬 만큼 높은 잠류(submerged flow)인 경우의 두가지 흐름 가운데 하나일 것이다. 유량을 산출하기 위하여 그림 1.3.75와 두 개의 측정정(測定井, depth gage) H_a 와 H_b 가 마련되어 있다. 어느 것이나 flume의 정점(crest)를 영점으로 정한다. 파살플룸의 장점은 최소손실 수두를 가진 단일수두기구로서 작용하는 성능이 있으며 또한 기울기가 평탄한 비교적 수심이 얇은 수로에서도 적용이 허용된다. 주어진 유량에 대하여 파살 플룸 내의 손실수두는 같은 자유유티류 조건하에 작용하는 위어에 필요한 손실 수두의 약 1/4밖에 되지 않는다.

파살플룸 내의 유속이 수로 내의 유속보다 빠르므로 위어와 같이 상부의 토사 퇴적 및 접근유속의 영향을 고려할 필요가 없다는 점이다. 물론 당초 시설비는 위어보다 경비가 많이 소요되나 소형파살플룸은 운반이동하여 여러 지점에서 이용할 수 있는 점도 있는 것이다. 파살플룸을 이용하여 자유(완전)유티류 상태하에서 유량을 산출할 때 목부분 폭(throat width)과 점축부(converging section)에 있는 측정정에 나타나는 수심만 알고 있으면 직접 표를 이용하여 산출할 수 있는 것이다.

파살플룸의 측정상 중요한 특성중의 하나는 자유(완전)유티류시의 유량이 감축됨이 없이 구조물 하류측에서의 넓은 범위의 배수(back water)현상 및 비교적 큰 잠류현상에서도 적용할 수 있는 특성이 있다. 여러가지 목부분 폭에 대한 H_b / H_a 의 자유유티류한계(또는 잠류한계)는 표 1.3.95와 같다.

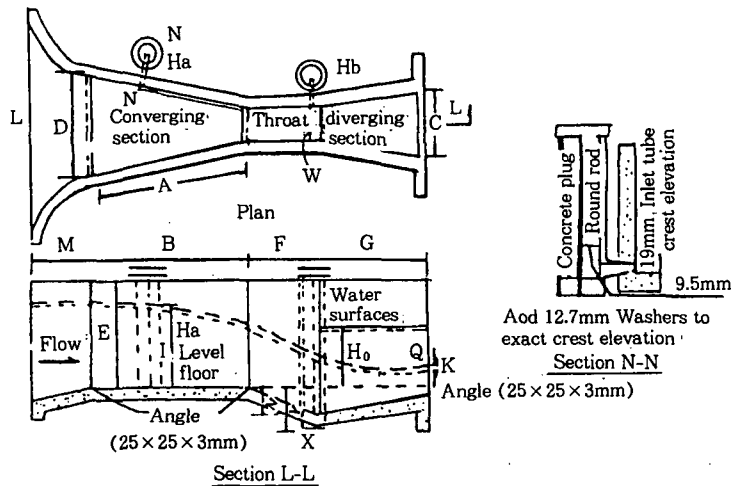


그림 1.3.75 콘크리트 파살플룸의 평, 단면도와 구조도

표 1.3.94 파살플룸 규격 (W~Y, 단위 cm)

W	A	2/3A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y	자유류의 용량 m ³ /s	
																최소	최대
7.62 (3in)	46.67	31.12	45.72	17.78	25.88	60.96	15.24	30.48	2.54	5.72	40.64	30.48	76.84	2.54	3.81	0.000850	0.0538
15.24 (6in)	62.05	41.43	60.96	39.37	39.63	60.96	30.48	90.96	7.62	11.43	40.64	30.48	90.17	5.08	7.62	0.001416	0.1104
22.86 (9in)	87.95	85.72	86.36	38.10	57.47	60.96	30.48	45.73	7.62	11.43	40.64	30.48	107.95	5.08	7.62	0.002549	0.2520
30.48 (1ft)	137.16	91.44	134.24	60.96	84.46	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	50.80	38.10	149.20	5.08	7.62	0.003115	0.4560
45.72 (1ft 6in)	144.78	96.52	141.86	76.20	102.55	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	50.80	38.10	167.64	5.08	7.62	0.004248	0.6797
60.96 (2ft)	157.40	101.60	167.47	91.44	120.65	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	50.48	38.10	195.44	5.08	7.62	0.011890	0.9374
91.44 (3ft)	167.64	111.76	164.49	121.92	157.16	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	50.48	38.10	222.29	5.08	7.62	0.017280	1.4270
121.92 (4ft)	182.88	121.92	179.39	152.40	193.68	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	60.96	30.48	271.11	5.08	7.62	0.036820	1.9229
152.40 (5ft)	198.12	132.08	194.31	182.88	230.17	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	60.96	30.48	307.95	5.08	7.62	0.045310	2.4240
182.8 (6ft)	213.36	142.24	209.23	213.33	266.70	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	60.96	30.48	344.19	5.08	7.62	0.073630	2.9310
213.36 (7ft)	228.60	157.40	224.16	243.84	303.21	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	60.96	30.48	381.04	5.08	7.62	0.084960	3.4380
243.84 (8ft)	243.84	162.56	239.08	274.32	339.73	91.44	60.96	91.20	7.62	22.85	60.96	30.48	417.16	5.08	7.62	0.099120	3.9510

만일 유수가 자유유티한계를 초월하면 잠류가 되어 잠류하에서 유량을 계산한다.

② 유량계산

파살플룸의 유량계산은 다음 시험식에 의하여 계산한다. 파살플룸의 목부분 폭(W)에 따라 수리현상이 달라지므로 이에 따라 공식도 약간의 차가 있게 되는 것이다.

시험공식을 이용하여 계산치를 얻을 수 있으며 각종 파살플룸의 유량은 부록에 수록하였다. 유량을 계산하려면 첫째 자유유티한계를 결정하여야 된다. 왜냐하면 자유유티상태와 잠류상태간에 유출량에 차이가 있기 때문이다.

(3) 사다리꼴 플룸(Trapezoidal Flume)

사다리꼴 플룸은 다른 수로유량 측정용시설보다 설치나 관리상 여러 가지 장점이 있다. 이 구조는 그림 1.3.76과 같으며 지금까지 저폭이 0.3048m이고 측면의 기울기가 1 : 1 인 형과 저폭이 0.6096m이고 측면의 기울기가 1.25 : 1 인 형이 있다(그림 1.3.77, 78). 이 수로는 철물, fiberglass, 콘크리트 등으로 제작설치되며 때로는 공장제품화할 수도 있다.

표 1.3.95 파살플룸 유량식

Parshall Flume 형	목부분폭 (W : cm)	유량 공식 (ℓ/s)	잠류한계 (H _b /H _a)
초소형	2.54 (1")	$Q = 0.0604 H_a^{1.55}$	0.50
	5.08 (2")	$Q = 0.1207 H_a^{1.55}$	0.50
	7.62 (3")	$Q = 0.1772 H_a^{1.55}$	0.50
소형	15.24 (6")	$Q = 0.3812 H_a^{1.58}$	0.60
	22.86 (9")	$Q = 0.5354 H_a^{1.53}$	0.60
	30.48 (1')	$Q = 0.6909 H_a^{1.522}$	0.70
	45.72 (1'6")	$Q = 1.056 H_a^{1.538}$	0.70
	60.96 (2')	$Q = 1.428 H_a^{1.550}$	0.70
	91.44 (3')	$Q = 2.184 H_a^{1.566}$	0.70
	121.92 (4')	$Q = 2.953 H_a^{1.578}$	0.70
	152.40 (5')	$Q = 3.732 H_a^{1.587}$	0.70
	182.80 (6')	$Q = 4.519 H_a^{1.595}$	0.70
213.36 (7')	$Q = 5.312 H_a^{1.601}$	0.70	
243.84 (8')	$Q = 6.112 H_a^{1.607}$	0.70	
대형	304.80 (10')	$Q = 7.463 H_a^{1.60}$	0.80
	365.76 (12')	$Q = 8.859 H_a^{1.60}$	0.80
	457.20 (15')	$Q = 10.960 H_a^{1.60}$	0.80
	609.60 (20')	$Q = 14.450 H_a^{1.60}$	0.80
	762.00 (25')	$Q = 17.940 H_a^{1.60}$	0.80
	914.40 (30')	$Q = 21.440 H_a^{1.60}$	0.80
	1219.20 (40')	$Q = 28.430 H_a^{1.60}$	0.80
	1524.00 (50')	$Q = 35.410 H_a^{1.60}$	0.80

이 사다리꼴 플룸은 ① 설치가 용이하다. ② Back water가 거의 없으므로 손실수두가 작다. 따라서, 플룸 주위에 세굴현상이 일어나지 않는다. ③ 잠물 제거능력이 좋다. ④ 큰 유량도 측정가능하다. ⑤ 어떠한 수정없이 실제유량을 구하는데 다른 것보다 큰 잠류현상하에도 측정할 수 있는 등의 특징이 있다.

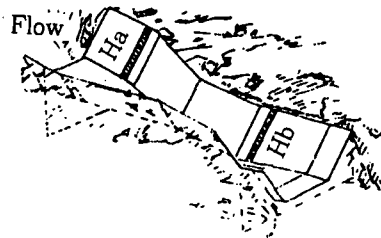


그림 1.3.76 사다리꼴 flume 설치도

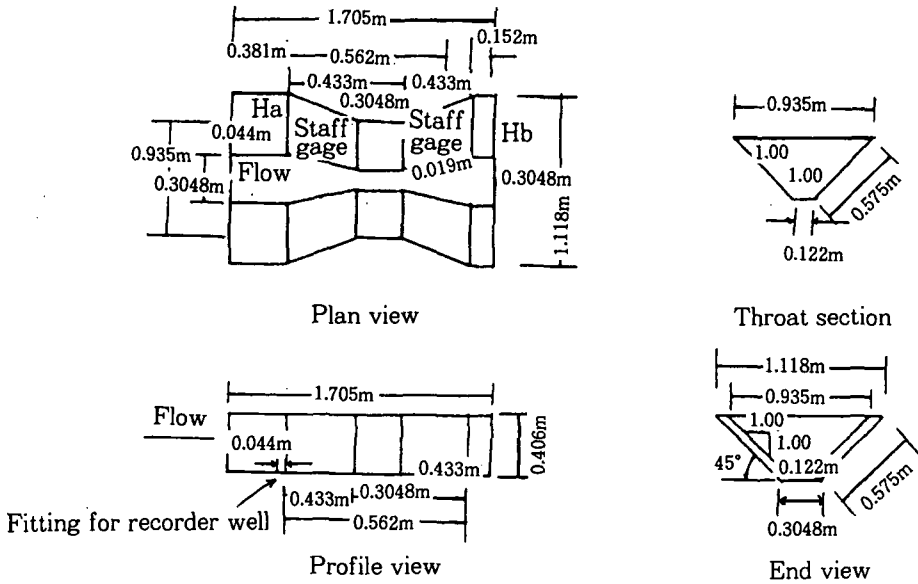


그림 1.3.77 0.3048m 사다리꼴 플룸

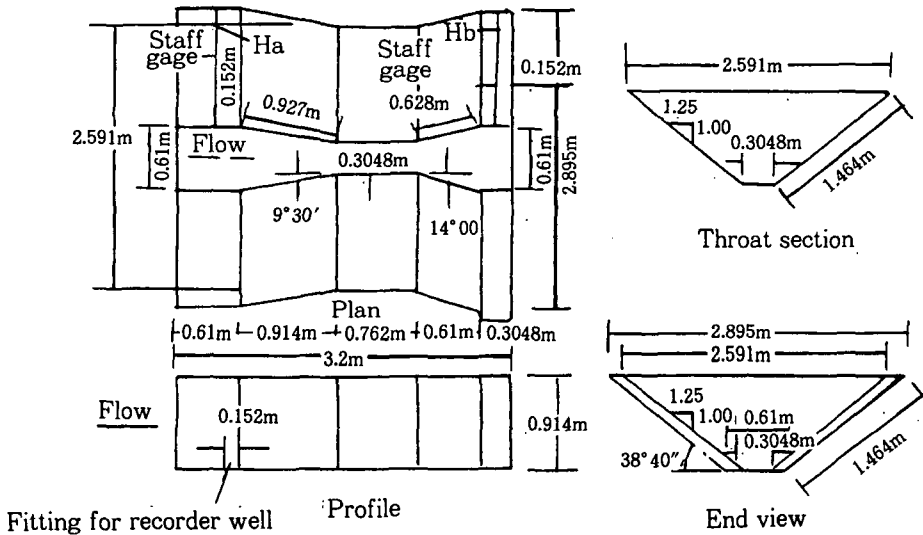


그림 1.3.78 0.6096m 사다리꼴 플룸

사다리꼴 플룸은 측정눈금의 근소한 차가 유량의 큰 차를 나타내므로 측정에 주의를 해야 한다. 다른 플룸과 같이 설치지점은 수로의 직선부에 설치해야 하며 플룸의 저면을 정확히 수평이 되도록 설치해야 한다는 점이 중요하다.

플룸에서 수위측정은 H_a , H_b 두 위치에서 측정하며 눈금자는 접착제를 사용하여 플룸의 측면에 부착시킨다.

상류측 측정눈 H_a 는 유량을 계산하는 눈금이며 하류측 H_b 는 잠류상태가 일어나 수정할 때 사용한다. 가능한 한 상류측에서 측정된 눈금으로 유량을 산출할 수 있도록 즉, 완전월류상태하에서 측정이 되어야 한다.

대부분 플룸에서는 잠류현상이 일어나지 않는다. 잠류현상은 H_b/H_a 가 75% 일 때 일어나며 H_b/H_a 가 75% 이하이면 완전월류상태가 되는 것이다.

대부분 수로저면에서 2.54~15.24cm 정도 올리면 완전월류상태가 된다.

바닥폭이 0.3048m와 0.6096m인 사다리꼴 수로의 완전월류상태하의 유량을 부록에 표시하였다. 만일 잠류가 일어나면 그림 1.3.79를 이용하여 실제유량을 산출할 수 있다.

예를 들면 $H_a = 49.07\text{cm}$ 이고 $H_b = 43.59\text{cm}$ 일 때 잠류 $43.59/49.07 \times 100 = 89\%$ 이다. 그림에서 H_b/H_a 의 비가 89%일 때 유량비 Q/Q_0 의 값은 0.92이다. 따라서 $H_a = 49.07\text{cm}$ 일 때 유량이 $0.4989\text{m}^3/\text{s}$ 이므로 여기에 0.92를 곱하여 실제유량(Q) $0.459\text{m}^3/\text{s}$ 를 얻을 수 있다.

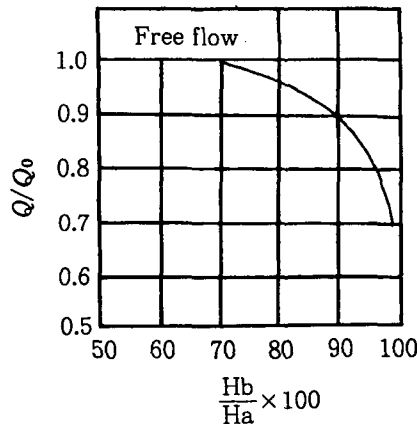


그림 1.3.79 0.3048~0.6096m (1'~2') 사다리꼴 플룸의 잠류비

(4) C.H.O 분수문(Constant Head Orifice Turnout)

미국 내무성 개척국에서는 잠류 오리피스(orifice)를 이용하여 유량을 측정하는 방법에 대하여 많은 연구를 실시해왔다. 이 결과 C.H.O 분수문을 개발했다. 이는 오리피스 수두차를 항상 6.1cm로 유지하여 측정하기 때문에 정수두 오리피스 분수문(C.H.O)이라고 한다. 이 C.H.O 분수문은 유량을 측정할 뿐 아

니고 유수를 차단하는데 이용할 수 있으며 반드시 수로흐름방향과 직각이 되게 설치한다.

C.H.O 분수문은 유입부, 1개 혹은 2개의 조절문, 하류부로 구성되며 유량은 어떠한 일정수두하에서 주어진 잠류 오리피스를 항상 일정한 유량으로 통과되는 원리를 이용하여 산출한 것이다. 오리피스에 항상 붙어있는 문짝(gate)개폐에 따라 통수단면적을 조절한다. 이때 오리피스 수두는 하류측 문짝을 조절함으로써 항상 수두를 일정하게(0.06m) 유지하여 유량을 측정하는 것이다. 수두 측정은 그림 1.3.80과 같이 상류측 문짝의 상류부에 측정눈금자(staff gage)로 수위를 측정한다.

일정량을 흐르게 하기 위해서 다음과 같이 분수문을 조작한다. 필요한 유량을 얻기 위하여 상류측 수문을 필요한 면적만큼 개방하고 다음으로 일정수두차($\Delta h = 0.06m$)가 유지되도록 하류측 문짝의 개방도로 조절한다.

60.96×45.72cm 문짝과 76.2×60.96cm 문짝이 과거에는 많이 사용되어 왔다. 이 형의 C.H.O 분수문의 문짝 개방고별 유량은 부록에 표시하였다.

유량계산은 다음 식으로 구한다.

$$Q = CA\sqrt{2g\Delta H} \dots\dots\dots(1.3.150)$$

여기서, Q : 유량(m^3/s), Δh : Orifice의 수두차(= 0.06m)

A : 문짝단면적(m^2), C : 유량계수, g : 중력가속도(= $9.8m/s^2$)

분수문 앞의 상류수심이 수문수위의 2.5배 이상이고 수문앞면 바닥에 철판으로 보강되어 있지 않은 보통상태에서는 유량계수 C 는 약 0.70이다.

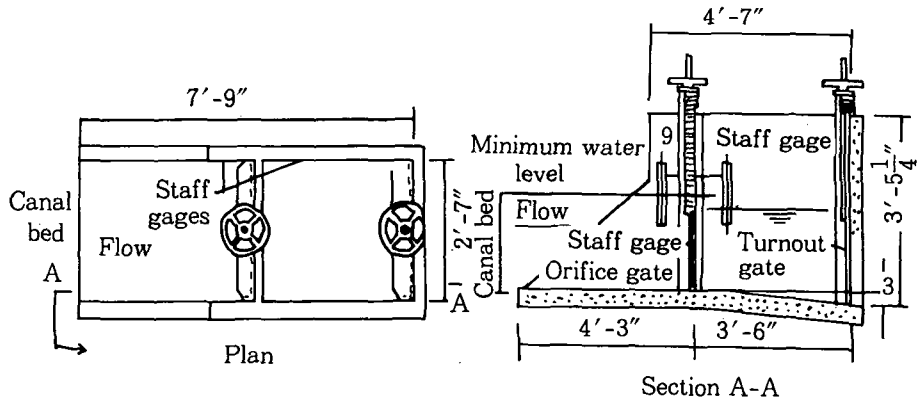


그림 1.3.80 1련 정수두 분수문의 입구단면도

라. 용수의 균등배분을 위한 물관리

1) 용수시설의 측면

용수로의 형식 및 조직은 일반적으로 상류 쪽에 위치한 전답(田畓)만이 물 이용을 용이하게 할 수 있고, 하류로 갈수록 어렵게 되어 있다. 이는 수혜면적이 큰 곳일수록, 수원에서 거리가 멀리 떨어질수록 그 어려움은 더욱 심하게 되어 있다. 일부 보조수원의 개발로 용수의 균등배분에 도움이 되기는 하지만, 대부분 수혜면적이 큰 지역에서도 용수의 균등배분역할을 할 수 있는 조정시설이 마련된 곳이 없는데다, 용수로의 형식도 관수로가 아닌 거의 개수로로 되어 있어 하류부에서의 물이용은 관수로의 경우와 달리 어렵게 되어 있다.

조절지, 조정지 등의 조절시설은 용수로 상의 엄청난 무효방류(無效放流)를 억제하고, 물의 적기공급 유지라는 관점에서 균등배분의 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

용수로의 관수로화는 말단의 용수이용을 쉽게 하는 동시에 개수로에 비하여 유지관리비의 절감, 시설부지의 경제성과 함께 균등배분의 효과가 크게 나타나는 것으로 되어 있다.

2) 물공급 및 이용방식의 측면

오늘까지의 물이용방식은 대체로 수원에서 물을 계획수위로 공급하면 수원에 가까운 곳부터 수요에 따라 자유로이 용수를 이용하는 수요주도형(需要主導型) 물이용 방식인데다, 다른 사람보다 많이, 그리고 먼저 쓰려는 낚은 수리관행으로, 용수손실이 많은 한편 물의 균등배분에 큰 장애를 주고 있다. 따라서 용수손실을 막고 물의 균등배분을 위하여는 조절지, 조정지 등 조절시설 및 관수로화를 위한 강구와 함께 수요주도형 이용방식 및 낚은 수리관행의 개선이 요구되고 있다. 낚은 수리관행은 극단적인 수요주도형 물이용행위로서, 결국 수요주도형이 갖는 물이용방식의 단점을 어떻게 보완하느냐가 과제가 된다.

마. 용수절감을 위한 물관리

1) 무효방류량(無效放流量)에 대한 대책

수원으로부터 하류로 보내는 물은 상류부에서 먼저 이용하는 까닭에 하류부에서는 물 이용을 기대할 수 없어 물부족의 곤란을 겪기도 하지만, 반대로 상류부에서 용수가 필요없어 그대로 하류부로 내려가므로 물이 쓸모없이 버려지는 경우가 많다. 이를 무효방류량(無效放流量)이라하며 주로 용수의 공급과 수요간의 양적, 시간적 차이에 기인한 것으로 수혜면적이 클수록 커지고 있다.

일본의 한 사례에 의하면 무효방류율이 공급량의 35%에 달하는 것을, 조절지를 설치하여 5~6%로 줄일 수 있었다는 것이다. 따라서 수혜면적이 넓은 지역에서는 물의 방류손실의 억제와 용수의 적기이용(適期利用)을 위한 자유도를 높인다는 점에서 중간저류시설인 조절지, 조정지 등의 설치를 적극적으로 검토할 필요가 있다.(자세한 것은 3.4.6 조절시설 참조)

2) 용수의 일과성(一過性) 이용과 반복이용으로의 대책

논에 유입한 관개용수는 그 일부가 표면배출수 또는 침출수로 인근 또는 하류부로 유출하는데다, 재배관리용수로 쓰여지는 수량중 재배관리상 버려지는 용수도 많아지고 있으므로, 넓은 범위의 면적을 대상으로 한다면 이들 물을 다시 용수로 반복이용할 수 있는 가능성이 크다.

이와 같은 용수의 반복이용은 수질면에서 농업경영상 지장이 없는 것을 전제로 계획한다면 용수의 이용효율을 높이는데 유효한 수단이기도 하다.

특히 수원개발이 어려워지는 최근의 상황을 감안하면 계통적인 용수의 반복이용은 용수효율의 제고와 취수지점의 계획용수량 절감을 도모하는데 큰 기여가 된다. 그러나, 반복이용조직이 거의 되어 있지 않은 일과성 이용이 많고, 지역에 따라서는 말단부에서 재이용할 만한 배출수가 많은데도 불구하고 헛되이 버려지는 일이 많다. 따라서 용수의 반복이용은 용수절감에 크게 기여하므로, 반복이용계획을 세우는데는 그 지구의 지형, 지하수위에 대한 검토와 동시에 반복이용방법이 되고있는 취입보(取入溜)에 의한 방법, 배수로를 용수로에 접속하는 방법, 펌프에 의한 도수방법, 용·배수겸용 수로에 의한 방법 등에 대하여 적극적으로 검토하여 지구사정에 알맞는 방식들을 채택하는 것이 필요하다.

3) 수요주도형 물이용방식의 개선

용수로에 공급된 물은 필요에 따라 수요자 마음대로 자기의 농경지에 끌어들이고, 충족되었을 때에는 분수장치나 물꼬를 닫아 하류로 방류하여 버리는 수요주도형 물관리방식이 이용되어 왔다. 이에 따라 무효방류량은 더욱 커지게 되었고, 수원이 부족할 때는 상하류부의 수혜자간의 물분쟁을 야기하는 직접적인 요인이 되어왔다. 따라서 수혜자간 물분쟁의 억제와 용수를 유효하게 이용하려면 지금까지의 수요주도형 물관리방식의 편중성에서 공급주도형 물관리방식의 도입이 필요하다.

4) 시설관리용수량의 억제

송배수시스템 안에서 손실되거나 쓰여지는 시설관리용수는 용수로의 송수손실용수, 배분관리용수 및 수로기능유지·보전용수로 구성된다. 따라서 시설관

리용수량 중 특히 문제가 되는 것은 송·배수로 내에서 무효하게 손실되는 수량이다. 시설관리용수량의 크기는 지구의 입지조건, 수로길이 및 수로양식(개수로, 관수로) 등에 의하여 변하지만, 수원이 부족한 지역에서는 어떻게 하면 송배수손실을 최대한으로 억제하여 나갈 수 있는냐는 것이 큰 문제이다. 입지조건과 수로길이는 그 지구에서 불변이므로 용수손실억제를 위하여 개선할 부분은 주로 수로양식뿐으로 토공양식의 수로를 콘크리트구조물화 또는 관수로화하여 토공의 경우의 수로손실 15~20%를 5%이내로 억제하는 방법이다. 따라서 시설관리용수량의 억제를 위하여 효과적인 방법은 토공수로의 콘크리트구조물화와 관수로화에 있으며, 이들 계획에 있어서는 공사비, 용수절감효과, 유지관리비 등의 경제성을 종합검토하여 결정함이 필요하다.

5) 용수시설에 대한 유지관리의 철저

용수시설의 유지관리 목적은 용수시설에 대한 점검·보수를 통하여 용수시설이 갖는 기능의 지속적 유지에 있다. 따라서 용수시설의 유지관리의 양부는 바로 용수시설의 손실없는 송·배수기능과 그 수명에 관계된다. 다시 말하면 유지관리가 잘되면 그 만큼 시설의 수명을 연장시켜 나갈 뿐만 아니라 시설기능의 정상화로, 시설고장 및 훼손으로 생기는 용수손실을 크게 억제시킬 수 있다.

문제는 일반적으로 유지관리가 잘 되어있지 않아 기능저하로 용수손실이 많아져 물부족을 가져오는 곳도 많다는 것이다. 그 원인으로 농민 또는 일반인의 시설에 대한 가해행위, 조합의 재정부족, 정부차원의 지원부족 등을 들 수 있다. 유지관리의 불충분으로 나타나는 용수손실을 억제하기 위하여는 용수시설의 중요성에 대한 홍보계획과 함께 조기의 점검·보수를 위한 재정보호 등 치밀한 계획이 필요하다.

6) 윤회관개의 이행

윤회관개는 용수부족지구에서 관개용수를 공급받을 차례를 미리 정하여 관개하는 방법이다. 용수의 균등배분이란 역할도 크지만, 자유로이 물을 대는 관행의 관개방법에 비하여 크게는 50%까지 용수를 절감할 수 있으므로, 수원량이 충분치 못한 지역 또는 수혜면적을 좀 더 확대하려는 지역에서 권장하고 있다. 이 방법은 관행 관개방법에 비하여 물배분, 소요인력 및 경비가 커지는 단점이 있기도 하지만, 용수의 배분능률을 높이기 위한 적절한 시설이 된다면 용수절감효과는 더욱 높아 질 것으로 기대된다. 따라서 윤회관개를 도입하여 실시하려면 용수절감효과에 대한 대민홍보와 용수의 배분능률을 높이기 위한 적절한 시설의 설치가 검토되어야 한다.

7) 절수관개의 이행

논벼는 생리상 생육시기별 용수의 필요정도가 다르므로 그 필요정도에 따라 물관리를 하여야 수확량도 높아지고 용수도 절약된다. 더구나 가뭄이 계속되면 용수가 부족하게 되어, 가뭄의 정도와 벼가 지나는 생육시기별 용수의 필요정도에 따르는 절수관개는 절실히 필요하다.

표준적인 절수관개방법으로도 약 30%정도의 절수가 가능한 것으로 알려져 있어, 용수가 부족하거나 가뭄이 있는 해에는 용수절약을 위하여 절수관개는 반드시 시행되어야 할 것이다. 용수부족시 생육시기별 용수의 필요정도에 따르는 표준적인 절수관리방법을 제시하면 표 1.3.96과 같다.

표 1.3.96 표준적인 절수관리방법

구 분	용수의 필요정도	물 배 분 방 법	
		용수가 약간 부족한 경우	용수가 대단히 부족한 경우
활 착 기	가장 필요	담 수	관수 또는 습윤
분 열 기	필 요	습 윤	단 수
무효분열기	극 소	단 수	단 수
유수형성기	가장 필요	수회 관수	1~2회 관수
수 잉 기	가장 필요	수회 관수	1~2회 관수 또는 습윤
출수개화기	필 요	1~2회 관수 또는 습윤	습 윤
호 숙 기	필요 또는 적음	습윤 또는 단수	단 수
황 숙 기	적 음	단 수	단 수
완 숙 기	극 소	단 수	단 수

8) 이수관리곡선에 의한 절수관개

농림부(1986) 농업기반조성사업 편람에서는 가뭄이 극심하면 표준분수량을 조절하고 예상 강우량을 고려하여 제한급수를 실시하도록 권하고 있으나 구체적인 물관리지침은 미비한 상태이다. 따라서, 여기에서는 객관적인 절수지침의 한 방법을 구체적으로 제시한다.

저수지 건설후 운영된 저수위 기록으로 부터 유입량과 방류량의 실적을 다음과 같은 절차로 분석하여 미래의 저수위를 예측하여 효율적으로 물관리할 수 있는 이수관리규정을 결정한다.

(1) 저수지 저수량 관리

저수지 설계시에는 어느 저수위 상태일 때, 즉, 갈수위 또는 홍수위일 때, 어떤 양을 공급해야 할 지를 객관적인 기준하에 조정할 수 있는 공급계획을 규정하게 된다. 갈수위에서의 급수계획을 이수관리, 홍수위에서의 방류계획을

홍수관리라고 한다. 이들 관리계획은 대단히 복잡하여 일반적인 방법은 없으므로 물관리주체가 수립해야 할 것이다.

① 저수량 관리개념

급수계획에는 저수량, 계절에 관계 없이 소요량 전량을 공급하여 저수지가 고갈되면 소요량을 전혀 공급하지 못하는 무제한급수(simple release)와 저수량이 감소함에 따라 수요량에 대한 급수를 제한하여 저수지고갈로 인한 급수불능을 막기 위한 제한급수(restricted release)가 있다. 과거의 유입량에 대한 저수위의 거동을 분석하여 이수관리규정을 수립하면 가장 효율적인 저수지 운영이 가능할 것이다.

저수량 관리는 풍수기에는 용수공급을 촉진하여 하류지역의 물수요를 찾아내어 적극적으로 공급하는 것이고, 갈수기에는 저수량이 감소한 상태에서 적합한 방법으로 용수공급을 억제하여 수혜지역의 물수요를 중단없이 공급하는 계획을 말한다. 이렇게 2개의 상반되는 목표를 조화롭게 조정할 수 있는 객관적인 기준의 하나가 관개시기별로 일정한 저수량 수준을 설정한 기준저수량곡선과 급수제한저수량으로 구성된 이수관리곡선이다.

계획적으로 저수량을 운영하는 지구의 댐저수량은 적어도 관개기가 끝나기 전까지는 저수량이 바닥이 드러나지 않도록 관리를 해야 하므로, 저수량이 감소하면 절수 등의 방법으로 물관리를 강화하게 된다. 이 물관리를 객관적으로 정량적으로 파악할 수 있는 관리규정의 하나가 기준저수량곡선과 급수제한저수량곡선으로 구성된 이수관리곡선(operation rule curve)이다. (기준, 그림. 1.3.3 참조)

② 관개저수지의 저수량곡선의 예

관개저수지는 평균 10년에 1회 예상되는 갈수년, 관개기에 용수를 공급하도록 유효저수량을 결정하기 때문에, 다른 말로 하면 나머지 9년과 갈수년 비관개기에는 물이 남는다는 뜻이 된다. 다만, 갈수년 1회가 언제 올 지 모르기 때문에 그 때를 대비해서 비축해두어야 하는 구조적 특성을 가지고 있다.

예당지의 과거 30년간('66~95년) 일별 저수위곡선은 그림 1.3.81과 같으며 설계기준 그림 1.3.3의 저수량 관리의 개념도와 비슷한 양상을 보이고 있다. 연강우량은 '88년의 707mm에서 '69년의 1,740mm범위에 있으며 연평균강우량은 1,180mm이다. 연평균유입량은 258백만 m^3 로 유출률은 31.5~77.5%로 평균 57.6%였다. 연평균 농업용수공급량은 80백만 m^3 로 단위저수심은 912mm이며 유효급수율은 174%로 대단히 크게 나타났다.

30년 가운데 약 6년(1968, '76, '78, '82, '88, '92년) 정도가 바닥이 들어나

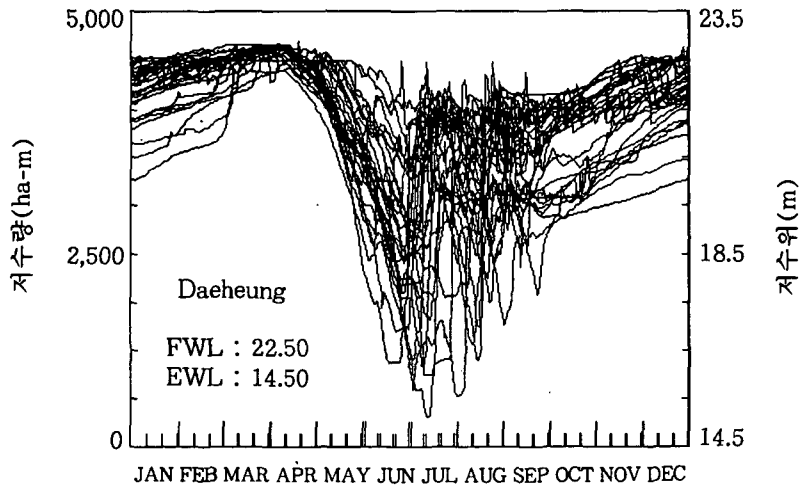


그림 1.3.81 해당지의 관측 일별 저수량곡선 (1966~95년)

는 가뭄을 겪고 있어 10년 빈도에는 부족한 저수용량으로 나타나고 있다.

(2) 이수관리곡선

① 기준저수량곡선

이 기준저수량곡선은 관개기말일에는 저수량이 영(零)이 되도록 일정 확률 기준년을 고려하여 시기별로 갈수기 필요저수용량곡선을 기초로 실제 저수관리조작의 편리성을 감안해서 작성하게 된다. 이 기준저수량곡선을 경계로 실제의 저수위가 이보다 높으면 물수요에 따라 급수를 촉진하게되며 이보다 낮으면 갈수대책을 위하여 급수를 억제하게 된다.

기준저수량곡선을 작성하는 방법은 다음과 같다.

관개기간의 각 기별(일별 또는 5일별)로 저수지 유입량과 포장의 조용수량과의 차이인 물부족량을 식 (1.3.151)와 같이 구하여, 이를 관개기말일을 시점으로 하여 역순으로 각 기별 누가필요저수량을 식 (1.3.152)와 같이 구한 다음, 이를 각 기별로 크기 순으로 나열하여 Plotting position 등의 확률개념으로 특정일 i 일의 확률 빈도별 누가필요저수량을 결정하여, 이로부터 빈도별 필요저수량 곡선을 작성한다. 특정일 i 일의 저수량이 그날의 확률 (P) 필요저수량보다 적지 않으면, 적어도 관개기말까지 저수량이 영 이하로 떨어지지 않을 확률이 $1-P$ 임을 뜻한다. 여기에서 확률 P 는 농업용수의 설계빈도가 보통 10년이므로 0.1에서 크게 벗어나지 않으며, 계산된 시점의 필요저수량곡선의 저수량 V 가 저수지의 저수량 V_0 와 일치하도록 조정하여 기준저수량곡

선을 작성한다.

$$DEF(i) = INF(i) - GDW(i) \dots\dots\dots(1.3.151)$$

$$STV(i) = STV(i+1) - DEF(i) \dots\dots\dots(1.3.152)$$

$$STV(i) < 0, \quad STV(i) = 0 \dots\dots\dots(1.3.153)$$

여기서, I : 일 또는 5일의 기별, INF : 저수지 유입량 (Inflow)

GDW : 포장의 조용수량 (Gross duty of water)

DEF : 물 부족량 (Deficit),

STV : 필요 저수량 (Storage volume)

② 급수제한곡선

실제 저수량이 기준저수량곡선보다 낮게 되면, 급수제한을 하게 되며 남은 저수량의 정도에 따라 급수제한을 S (=급수제한량/필요수량)를 나타내는 곡선을 급수제한곡선이라고 한다. 저수위가 저하하면 이에 해당되는 감소된 제한 급수율을 적용하여 급수하게 된다. 급수제한곡선을 구하는 방법은 기준저수량곡선 설정방법의 절차와 거의 같다. 즉, 관개기 말일에서부터 급수제한을 S 를 적용하여 기별로 식 (1.3.151)의 $GDW(i)$ 대신에 급수제한을 S 를 고려한 경우의 기별 물부족량을 계산하여, 기준저수량곡선에서와 같은 방법으로 급수제한을별로 급수제한곡선을 작성한다. 이 때 S 는 보통 10, 30, 50, 70% 등이 적용된다.

$$DEFS(i) = INF(i) - (1 - S) \cdot GDW(i) \dots\dots\dots(1.3.154)$$

$$STV(i) = STV(i+1) - DEFS(i) \dots\dots\dots(1.3.155)$$

$$STV(i) < 0, \quad STV(i) = 0 \dots\dots\dots(1.3.156)$$

여기서, $DEFS$: 급수제한율을 고려한 물 부족량

이상과 같은 개념을 적용하여 구한 예당지의 이수관리곡선은 그림 1.3.82와 같고 이를 생육시기별, 저수율별 급수제한율을 나타내면 표 1.3.97과 같다.

즉, 그림 1.3.82에서 어느 시점의 저수위가 S_2 곡선에 있다면, 이 때의 급수 제한율이 S_2 에 속하므로 S_2 만큼 급수제한하고, 저수위가 S_1 곡선으로 회복되

면 S_1 만큼 급수제한하고, 다시 저수위가 기준저수량곡선 이상으로 회복되면 급수제한을 완전해제하게 된다.

③ 급수제한강도

이수관리곡선(기준저수량곡선과 제한급수량곡선)과 모의발생한 저수위로부터 급수제한일수, 제한급수율을 종합적으로 나타내는 홍수조절용량이 이수관리에 미치는 영향을 객관적, 정량적으로 파악하는 방법이며 급수제한율($\%$) \times 급수제한일수(day)로 구하며, 적용방법은 관개저수지의 홍수조절용량을 설정하기 전·후의 급수제한강도의 차이로부터 이수관리에 미치는 영향을 검토한다.

저수율별, 생육시기별 급수제한율($\%$)과 제한지속일수(day)로부터 제한급수강도($\% \cdot \text{day}$)를 구하여 농업가물을 지수화하고 농업가물피해를 평가할 수 있다.

④ 이수관리곡선에 의한 절수관개방법

기준저수량곡선과 제한급수량곡선으로 구성된 이수관리곡선으로 시기별, 저수위에 따른 용수별 급수제한율을 적용하여 효율적으로 물관리를 할 수 있다.

그림 1.3.83과 같이 급수제한율이 0%이면 준비, 급수제한율이 10% 이하이면 저수지 가물주의보, 10~20%이면 가물경보, 제한급수율이 20~40%이면 가물위험, 40~60%이면 가물특별위험, 60% 이상이면 가물최대위험 등 단계적으로 구별할 수 있다. 첫째, 저수지 가물주의보, 가물경보일 경우에는 10~20% 정도 제한하여 전지구에 공급한다.

둘째, 급수제한율이 20~40%의 가물위험상태일 때에는 용수간선과 관개면적을 고려하여 관개구역을 3개 구역으로 구분하여 각 구역별로 4일 급수(給水), 2일 단수(斷水)체계의 급수량과 급수구역을 지정해줄 수 있다.

셋째, 급수제한율이 40~60%의 가물특별위험상태일 때에는 용수간선과 관개면적을 고려하여 관개구역을 2개 구역으로 구분하여 각 구역별로 3일 급수, 3일 단수체계의 급수량과 급수구역을 지정해줄 수 있다.

넷째, 급수제한율이 60% 이상의 가물최대위험상태일 때에는 용수간선과 관개면적을 고려하여 관개구역을 3개 구역으로 구분하여 각 구역별로 2일 급수, 4일 단수체계의 급수량과 급수구역을 지정해줄 수 있다.

⑤ 이수관리곡선과 GIS를 이용한 유회관개계획의 예

가물위험단계에는 GIS를 이용한 수혜구역과 용수계통도로부터 유회관개구역을 설정하여 극심한 가물을 극복해야 한다. 이수관리곡선과 GIS를 이용한 유회관개계획의 구체적인 예는 다음과 같다. 6월 3일 현재 필요수량이 $16\text{m}^3/\text{s}$

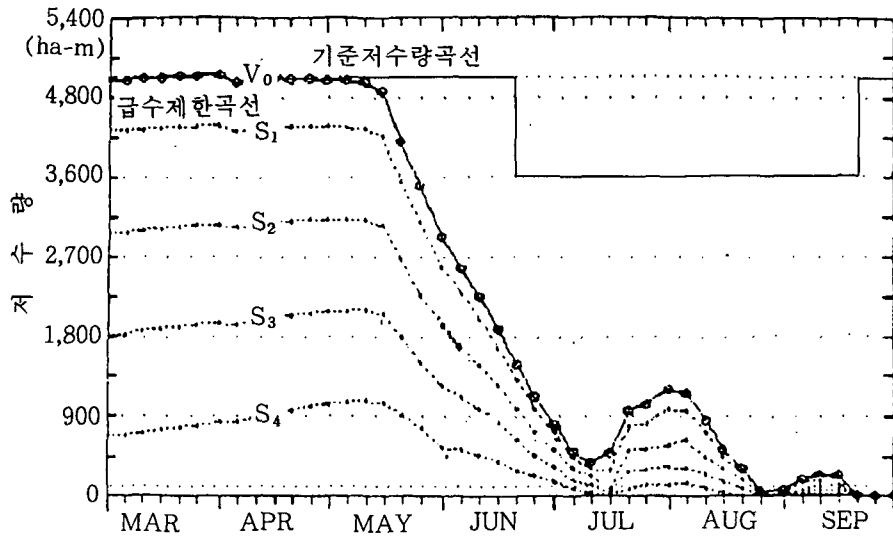


그림 1.3.82 예당저수지의 이수관리곡선

표 1.3.97 예당지의 생육시기별, 저수율별 급수제한율

생 육 시 기	급수제한율 (%)				생 육 시 기	급수제한율 (%)			
	20	40	60	80		20	40	60	80
4. 1	87.2	63.3	39.5	15.8	7. 1	11.0	7.9	5.0	2.2
6	88.2	64.5	40.9	17.2	6	8.0	5.7	3.3	1.1
11	89.0	65.5	42.0	18.5	11	3.3	2.3	1.4	0.5
16	89.5	66.3	43.0	19.7	16	16.7	10.3	5.0	0.4
21	89.5	66.4	43.3	20.2	21	17.3	11.2	5.9	1.9
26	89.3	66.4	43.6	20.7	26	20.6	12.4	7.1	2.5
5. 1	89.1	66.5	43.8	21.2	8. 1	20.2	13.5	6.8	3.1
6	88.9	66.5	44.1	21.6	6	16.0	10.3	5.8	2.0
11	87.0	65.2	43.4	21.5	11	9.7	6.8	3.8	0.8
16	77.3	57.7	38.4	19.1	16	6.0	3.9	1.8	0.1
21	68.6	50.3	32.4	15.9	21	0.3	0.0	0.0	0.0
26	55.8	41.1	26.3	11.6	26	0.6	0.0	0.0	0.0
6. 1	49.5	36.7	23.9	11.1	9.1	3.6	1.7	0.5	0.0
6	44.4	33.1	21.8	10.5	6	4.3	2.8	1.4	0.3
11	37.6	28.1	18.6	9.1	11	4.5	3.0	1.4	0.5
16	30.1	22.4	14.8	7.1	16	0.0	0.0	0.0	0.0
21	23.2	17.2	11.3	5.3					
26	17.3	12.8	8.4	3.9					

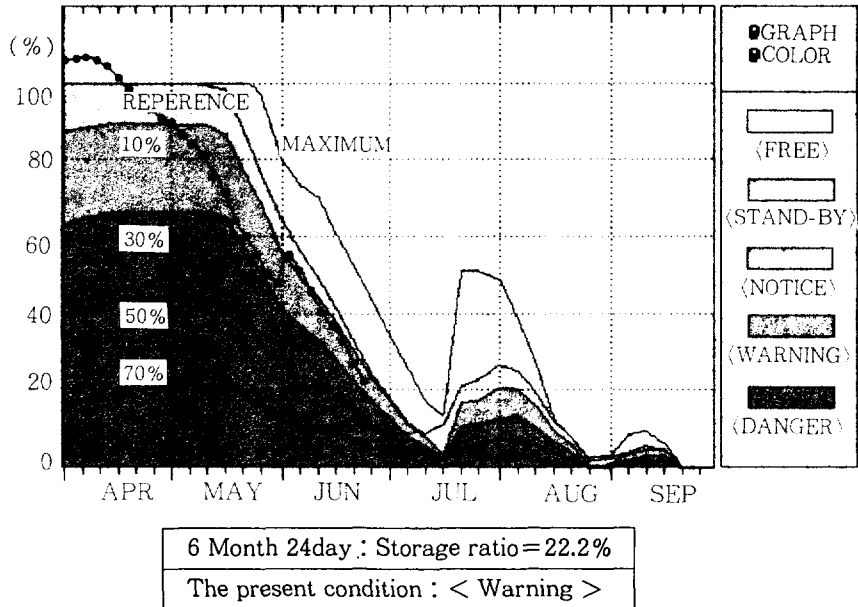


그림 1.3.83 이수관리곡선에 의한 급수제한강도(%·day)의 예

인 예당간선지구에서 저수위에 따라 다음과 같이 유회관개구역을 설정하여 절수함으로써 가뭄을 극복할 수 있다.

㉠ 저수위가 El.20.0m이면 저수율은 49%이므로 이에 해당되는 급수제한율이 20%이므로 가뭄경보 단계이다. 이에 따라 전구역에 20% 절수하여 약 12.8m³/s를 급수한다.

㉡ 저수위가 El.19.2m이면 저수율은 36%이므로 이에 해당되는 급수제한율은 약 40%이므로 가뭄위험 단계이다. 이에따라 급수량을 9.6m³/s로 제한하고 표 1.3.98과 그림 1.3.84와 같이 관개구역을 3개 구역으로 나누어 4일 급수, 2일 단수하는 유회관개를 실시한다.

㉢ 저수위가 El. 18.70m이면 저수율은 30%이므로 이에 해당되는 급수제한율은 약 50%이므로 가뭄위험단계이다. 이에 따라 급수량을 8.0m³/s로 제한하고 관개구역을 2개구역으로 나누어 3일 급수, 3일 단수하는 유회관개를 실시한다.

㉣ 저수위가 El. 18.30m이면 저수율은 24%이므로 이에 해당되는 급수제한율은 약 60%이므로 가뭄최대위험 단계이다. 이에따라 급수량을 6.4m³/s로 제한하고 관개구역을 3개구역으로 나누어 2일 급수, 4일 단수하는 유회관개를 실시한다.

표 1.3.98 예당용수간선의 4일 급수 2일 단수 급수일정표의 예

급수 예정일	제 1 블록 (2,475ha)		제 2 블록 (2,005ha)		제 3 블록 (2,420ha)		총급수량 (m ³ /s)
	급수	급수량(m ³ /s)	급수	급수량(m ³ /s)	급수	급수량(m ³ /s)	
'98 6. 3	○	4.8	×	-	○	4.8	9.6
6. 4	○	4.8	×	-	○	4.8	9.6
6. 5	○	4.8	○	4.8	×	-	9.6
6. 6	○	4.8	○	4.8	×	-	9.6
6. 7	×	-	○	4.8	○	4.8	9.6
6. 8	×	-	○	4.8	○	4.8	9.6
평 균		3.2		3.2		3.2	9.6

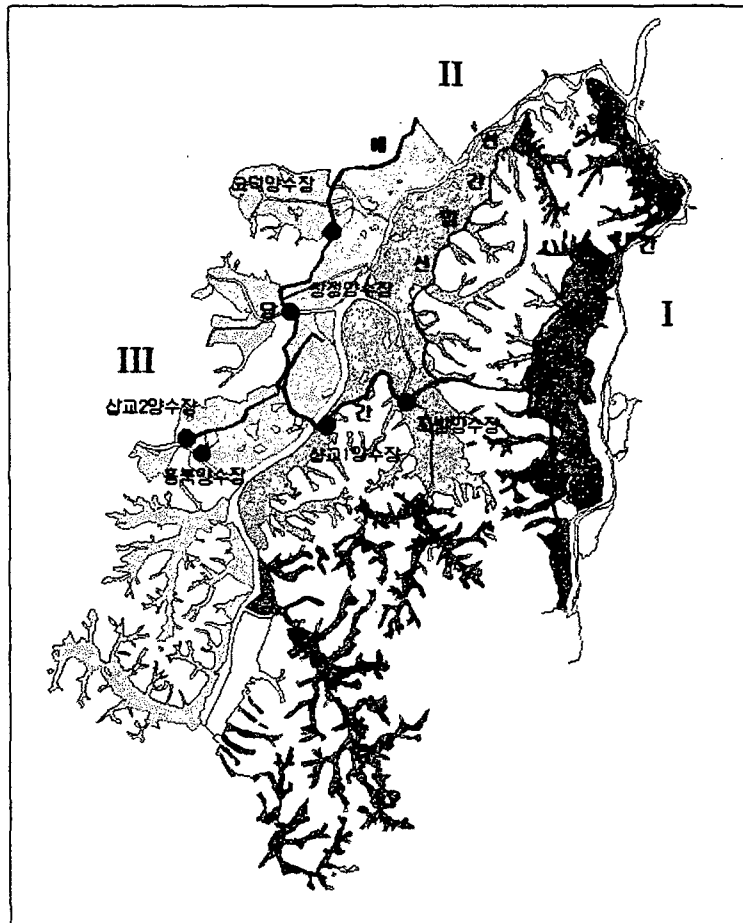


그림 1.3.84 예당지구에서 이수관리곡선과 GIS를 이용한 유회관개구역도의 예

제 4 장 수온상승

4.1 수온

4.1.1 수도작과 수온

가. 벼의 발육에 대한 최저, 최적, 최고온도

이와 같이 치사온도는 수온과 지속시간에 의해서 좌우되므로 이를 동시에 고려해야 한다.

표 1.4.1 벼의 발육에 대한 최저, 최적, 최고온도

조 사 항 목	최저온도 (°C)	최적온도 (°C)	최고온도 (°C)
발아	10~13	30~34	40~44
모의생장	-	32	-
초장신장	15~16	30~32	40
분얼증가	14	28~34	40
유수분화	15	30~34	40
출수	17~20	30~34	40
개화	15~19	28~40	30~40
성숙기	10~20	30 내외	40

나. 고수온 및 저수온 피해

수온이 적온으로부터 떨어져 고수온과 저수온이 됨에 따라 생육 및 수확량에 악영향이 나타난다. 실험에 의하면 수온에 따른 피해는 품종의 저항성, 토양상태, 시비방법의 차이, 벼의 건강여부, 수온 처리기간의 장단, 수온처리 당시 기온 및 생육시기의 차이 등에 의하여 상당히 달라진다.

냉수피해는 주야에 따라 현저하게 달라서 주간이 야간에 비하여 훨씬 심각하다. 같은 주간이라도 14시경이 가장 심각하고 14시를 전후하여 멀어질수록 피해도는 경감하고 특히 조기에 가장 경미하다.

냉수관개를 해야 할 경우에는 될 수 있는대로 야간에 실시하고 주간은 지수(止水)상태로 함이 좋다. 부득이 주간에 관수할 경우에는 관개시 논의 수온이 낮고 관수후에 수온상승이 빠른 아침에 실시함이 유리하다.

유수형성기에는 수심의 차로 인한 영향은 거의 없으나 감수분열기에는 수심이 깊을수록 피해가 커져 수심이 10cm 이상에서는 전 유수(幼水)가 수면하

에 있어 수확량은 전무에 가까운 등 수심에 의한 영향이 크게 나타났다. 기온이 수온보다 낮아서 피해를 줄 수 있을 정도의 저기온에서는 반대로 수심을 깊게하고 유수를 물로서 덮어 놓는 편이 안전하다.

4.1.2 하천수온

가. 하천의 수온분포

1) 횡단면내의 수온분포

하천수온은 횡단면내에서 알고 느리게 흐르는 변두리와 유심부와는 차이가 있으나 샘물이 있는 특별한 경우를 제외하고는 0.5℃ 이상의 차이는 생기지 않는다. 유심부의 수온은 횡단면내의 평균수온과 아주 비슷하므로 그 지점의 하천수온으로 할 수 있으며 더욱 수직방향의 수온경사는 무시할 수 있다. 다만 수리시설을 통과한 유량이 많은 유입수와 본류와의 수온차가 클 때는 충분히 혼합된 지점에서 수온을 측정할 필요가 있다.

2) 흘러내리는 방향의 수온분포

수온은 수원에서부터 흐름에 따라서 변화하고 단위거리당 수온상승도는 상류일수록 크고 하류부에서 작아진다. 일반적으로 수온상승도는 용출수나 지류수의 유입이 없거나 그 영향이 작을 때에는 수면에 있어서의 수열량(H_0 , cal/m².s)에 의하여 다음과 같이 표시된다.

$$\Delta \theta_1 = \frac{H_0}{C \cdot P \cdot V \cdot D} x \dots\dots\dots(1.4.1)$$

여기서, $\Delta \theta_1$: 수온상승도, H_0 : 수열량(cal/m²/s)

C : 물의 비열(cal/g/℃), P : 물의 밀도(g/cm³),

V : x 구간의 평균유속(m/s), D : x 구간의 평균수심(m)

지류수나 용천수의 유입이 많아 그 영향을 무시할 수 없는 구간의 수온상승도($\Delta \theta_2$)는 지류수나 용천수에 의하여 단위시간마다 단위수주에 옮겨지는 열량을 B_0 (cal/m²/s)이라 하며 다음 식으로 표시된다.

$$\Delta \theta_2 = \frac{H_0 + B_0}{C \cdot P \cdot V \cdot D} x \dots\dots\dots(1.4.2)$$

H_0 와 B_0 는 α , β 를 각각 비례정수라 하면

$$H_0 = \alpha(\theta_\infty - \theta) \dots\dots\dots(1.4.3)$$

$$B_0 = \beta(\theta - \theta_1)$$

여기서, θ_∞ : 평형온도, θ : 본류수온, θ_1 : 지류나 용천수의 온도

나. 수온의 시간적 변화

1) 일변화

하천수온의 일교차는 하천의 상류구간에서는 수원에 가까울수록 적고 상류에서 하류로 갈수록 일변화도가 크다. 그러나 하천의 하류부에서는 유하함에 따라서 일교차가 적어지고 기온의 일교차에 대한 비율도 적어진다. 삼면에 해양을 끼고 있는 우리 나라는 특히 그러하다.

2) 연변화

수온의 연중변화를 보면 최고수온은 8월에, 최저수온은 1월에 많이 나타나며 2월에 나타나는 곳도 있다.

다. 수리시설과 하천수온

1) 저수지 방류에 의한 수온변화

저수량이 많은 큰 저수지가 축조되어서 깊은 층의 물을 취수할 경우에는 8월경까지 원하천의 수온보다 상당히 낮은 수온을 나타내는 수도 많다. 특히 다설지대의 하천에서는 용설기의 냉수가 하층에 다량으로 유입 저수되기 때문에 낮은 수온이 지속하는 것이다. 그러나 가을에는 반대로 원하천의 수온보다 방수하는 물의 온도가 높은 때도 있다.

2) 터널과 수온저하

일반적으로 하천에서 취수하여 터널로 도수하는 경우에는 그 방수구 하류의 수온은 하천으로 유하시키는 경우보다 낮아진다. 그 원인은 하천에서는 수면으로부터의 수열량에 의한 구간 상승이 있고 유로가 길고 유하시간도 늦어지는데 비하여, 터널에서는 거의 수온변화가 없이 취수구에서의 수온이 그대로 방류되기 때문이다. 터널안의 수온변화는 지하수의 유입이 없도록 공사가 완전할 경우에는 시간적으로 근소한 차이는 있어도 평균수온은 변화가 없다.

라. 수로 내의 수온

용수로에서의 수온상승은 수면에서의 열수지면에서 생각하면 하천과 마찬가지로 4.3 “수온 상승기구”에서 기술한 방법에 의해서 구할 수 있지만 일반적

으로 도수로는 수심이 크고 수면폭이 작으며 유속도 상당히 크기 때문에 구간 상승은 거의 기대하기 어렵다. 한편, 관개지구 내 수로에서는 유량도 분수되어 적어지고 유하에 따라 약간의 수온상승도 있을 것이지만 실제로는 논으로부터의 배수와 침투수의 유입이 있고, 곳에 따라서는 찬 용출수의 영향도 있어 사정이 복잡해진다. 관리가 나쁜 수로에서는 초목에 의하여 수면으로부터의 수열량이 차단되는 수도 있다.

4.1.3 호소 및 저수지의 수온

가. 호소의 수온

중·고위도 지방의 호소는 봄부터 가을까지 사이에 일반적으로 심한 수온성층을 나타낸다. 수온성층은 봄에 일사량 증가와 기온상승으로 수면이 가열되어 표층에 열저류가 되기 때문에 일어난다. 한번 수온성층이 일어나면 대류냉각이 일어나지 않는 한 이 층이 심층으로의 난류열수송을 방지하기 때문에 성층은 서서히 강해진다. 표면가까이는 거의 등온의 대류층이 있어서 그 밑에 온도가울기가 큰 층이 위치하고 그 아래쪽에는 온도가 점차 낮아지는 심수층이 계속된다. 그림 1.4.1은 수온수직분포를 나타내고 있으며, 여름의 삼층의 수온구조를 표층부터 각각 ㉠표수층(대류층), ㉡변수층(변온층, 약층), ㉢심수층이라 칭한다.

가을이 되면 표면부터 수온저하가 일어나기 시작하여 표층수온이 저하함과 아울러 변수층의 위치는 깊어지며, 겨울에는 전층이 거의 등온으로 된다. 수온수직분포의 연변화는 저위도지방에서는 볼 수 없고 연중 거의 상하등온이 유지된다. 호소학상 분류에는 겨울 수온이 4°C이하로 되는 호수를 온대호라 하고 4°C이상이 되는 호수를 열대호라 한다.

나. 저수지의 수온

발전이나 그밖의 다목적에 위한 대규모 저수지에서는 수온의 수직분포형이 상술한 자연호의 수온수직분포와는 다르다. 인공호소는 유입수가 수온형성에 큰 역할을 하고 있으나 대부분 저수지 내에서는 표면부근의 변수층외에 더욱 깊은 곳에도 변온층이 나타난다. 깊은 곳의 변온층은 취수나 유입수의 영향으로 이루어지고 그 외에 물의 이화학적 성질도 이 층을 경계로 하여 변화된다. 저수용량이나 수면적에 비하여 유입량이 많은 저수지에서는 여름의 수온성층은 약하고 거의 상하 등온이 되어 하천수온과 비슷해지는 경우도 있다. 저수

지 내의 유속이 평균 20cm/s 이상으로 되면 이와같은 상황을 나타낸다.

저수용량과 수면적에 비하여 유입량이 작아짐에 따라서 수온성층은 확실해진다. 수온성층의 강도를 나타내기 위하여 $\beta' = \theta/\theta_s$ 와 s/q 의 관계를 도식한 것이 그림 1.4.2이다. (θ 는 전층평균수온, θ_s 는 표면수온, s 는 수면적, q 는 유량)

극히 저류일수가 긴 큰 저수지에서는 심부의 변온층이 약화된 수온분포는 외관상 자연호와 비슷해진다. 저수지에서는 이류(移流)열량이 수온성립에 큰 역할을 하고 있으므로 각층 수온의 절대치는 자연호의 그것과는 상당히 달라진다.

여름에는 저수지의 표층은 더운 표수층을 형성하므로 대개의 경우 유입수는 밀도류를 형성하여 유입된다. 밀도류층과 취수되는 층과의 사이에 충분한 밀도차가 없을 경우 밀도류는 그대로 유출되며, 이 경우 더운 표수층은 취수되지 않고 그대로 남게 된다. 저수지의 취수온도를 생각할 경우 수위변동의 영향은 무시할 수 없다.

특히 홍수조절을 포함한 다목적댐에서는 홍수기에 제한수위를 저하시키므로 수면이 심부에 있는 취수구부근까지 저하되어 표층수가 취수되는 경우도 있다.

농업용 소규모 저수지에서도 표면적이거나 저수용량에 대하여 유입량이 적어지면 충분히 표수층이 발달한다. 심부의 수온은 못의 깊이와 유입수온에 의하여 변화하지만 봄이나 초여름의 유입수가 여름까지 남게되는 수가 많으며 이때에는 수온이 상당히 저온이다.

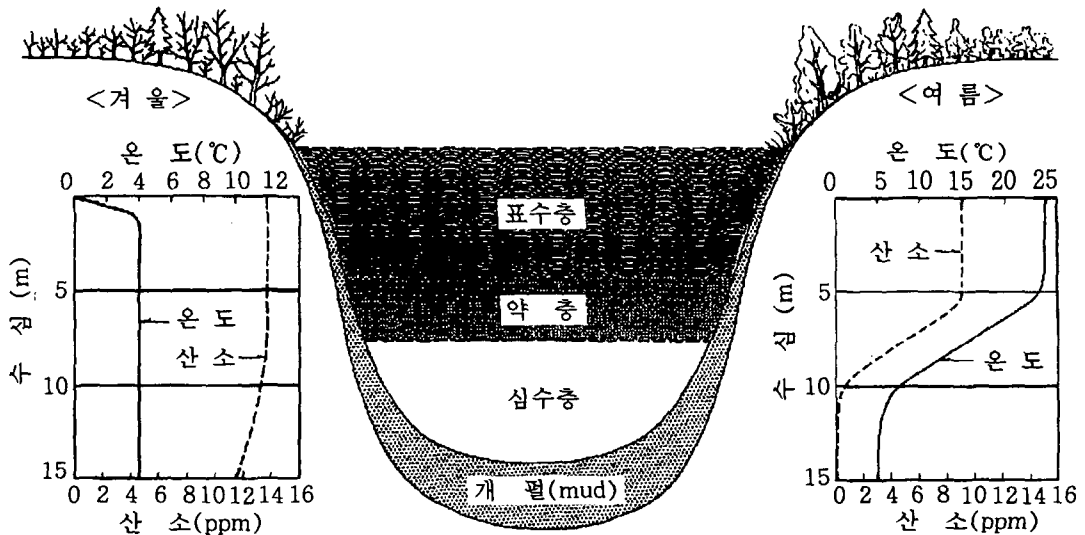


그림 1.4.1 호소와 저수지의 수온

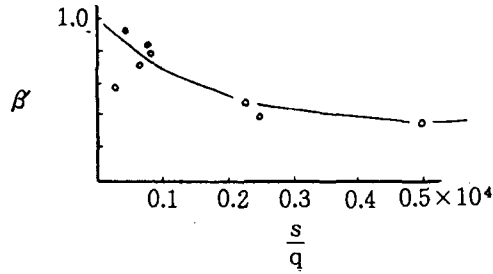


그림 1.4.2 저수지의 수온성층의 강도
 $\beta' = \theta/\theta_s$ 와 s/q 의 관계 (s 는 수면적 m^2 , q 는 유량 m^3/s)

그러나 작은 저수지에서는 표수층도 얇고 1m 내외인 경우도 많다. 따라서 저수지의 성격에 따라서 표면취수를 고려해야 할 것이다.

표 1.4.2 관개기간중 보령댐 한 지점에서의 시간별 수온변화(1998. 6.1~6.10)

기간 시각	6. 1	6. 2	6. 3	6. 4	6. 5	6. 6	6. 7	6. 8	6. 9	6.10
1	16.5	13.0	*	19.8	20.8	20.5	21.9	22.3	22.9	22.2
2	18.8	12.3	*	19.8	20.8	20.5	21.9	22.4	22.6	22.2
3	18.2	11.8	*	20.1	20.7	20.5	21.8	22.3	22.6	22.2
4	20.2	11.4	*	20.3	20.6	20.4	21.8	22.3	21.9	22.1
5	17.2	11.0	*	20.3	20.6	20.3	21.7	22.3	21.4	22.1
6	17.6	11.2	*	20.4	20.6	20.3	21.6	22.3	21.3	22.2
7	20.5	11.7	*	20.4	20.7	20.3	21.6	22.4	20.6	22.2
8	21.2	13.6	*	20.5	20.7	20.3	21.6	22.4	21.2	22.2
9	21.2	15.6	*	20.5	20.7	20.3	21.6	22.4	21.1	22.4
10	23.4	15.0	*	20.6	20.7	20.5	21.8	22.5	21.3	22.5
11	24.4	14.0	20.9	20.6	20.7	20.8	22.2	22.5	21.6	22.6
12	24.3	*	21.2	21.2	20.7	20.9	22.6	22.5	22.0	22.6
13	24.0	*	22.1	22.5	20.7	20.3	23.2	22.6	21.7	22.8
14	21.5	*	22.1	22.9	20.6	20.3	23.8	22.9	22.9	23.7
15	20.2	*	*	23.0	20.6	20.8	24.2	23.1	*	24.1
16	19.3	*	*	23.6	20.6	20.8	24.0	23.0	*	24.1
17	19.0	*	*	21.9	20.6	20.3	23.9	22.7	*	24.3
18	17.4	*	*	21.6	20.7	20.4	23.4	22.9	*	23.3
19	16.3	*	*	21.5	20.7	20.3	22.9	23.3	22.3	23.5
20	15.8	*	20.1	21.2	20.7	20.2	21.8	23.1	22.2	23.6
21	15.6	*	20.0	21.2	20.6	20.1	21.9	22.8	22.1	23.5
22	15.1	*	19.9	21.1	20.6	20.1	22.2	23.2	22.1	23.6
23	14.6	*	19.8	21.0	20.6	20.0	22.3	23.5	22.2	23.5
24	13.3	*	19.9	20.9	20.6	20.0	22.2	23.4	22.2	23.3

4.1.4 지하수의 수온

지하수는 일사로부터 열이 가해지지 않으므로 지표수와 비교하면 연중변화가 극히 작으며 년교차가 2℃ 이하인 경우가 많다. 지하수 수온은 지면 하 10m 부근까지는 일반적으로 토지의 연평균기온보다 약간 고온이라고 생각되고 있다.

지하수 수온의 연변화는 거의 없으나 실제 우물의 수온은 기온이나 비의 영향을 받아서 변화한다. 한편 하천복류수의 영향을 받는 지하수는 일반적으로 수온의 연변화가 크다.

복류수는 샘이 되어서 선상지 말단에서 용출하는 경우도 있으며 인공적으로 취수하기도 쉽다. 이 경우 취수지점이나 취수방식에 따라서 수온이 달라진다. 용수대(湧水帶)에서는 수로수온의 상승은 거의 볼 수 없다. 수온에 관한 조사나 계획에 있어서는 그 지구의 지형이나 수문상황을 충분히 고려해야 한다.

가. 얇은 지하수의 수온

지하수온과 지온은 특수한 경우 이외에는 같은 온도로 보아도 무방하다. 그림 4.3은 지층심도에 따른 지온의 월별분포를 실측한 대표적인 예로서 복류수를 위시하여 천층 지하수의 수온도 이 형의 변화를 따른다. 이 그림의 각 곡선은 $A_z = A_0 e^{-hz}$ (A_0 및 A_z 는 지면 및 깊이 $z(\text{cm})$ 에서의 진폭, h 는 진폭감소계수)로 표시되는 지수곡선군으로서 이들 곡선군은 지층심도가 커짐에 따라 중앙축(그림에서는 약 15.5℃)을 중심으로한 진폭이 급격히 감소한다. 이 중앙축의 값(15.5℃)이 연평균지온이며 중앙축에 대한 각곡선의 진폭이 지온의 연교차를 표시하는 지표(진폭 = (연교차)×1/2)가 된다. 평균지온은 연평균기온보다 약 1~3℃ 높은 것이 보통이다. 또 지온연교차는 지층이 깊을수록 작아져서 지층의 깊이가 어느 한도 이상이 되면 거의 일정한 값에 수렴되며 연교차는 1~3℃ 이내가 보통이다. 지하수는 관개기에 상대적으로 수온이 낮으므로 지하수를 용수원으로 할 때는 냉수해를 받는 경우가 많다. 더욱이 강우, 용설수, 용출수 등의 외수가 지층에 도달하면 지하수층의 분포에 많은 영향을 미친다. 물은 토양에 비하여 비열이 크고 열확산율이 작기 때문에 지층에 도달한 외수의 온도는 수직, 수평방향에 걸쳐 상당한 범위까지 영향을 미친다.

우물을 통하여 지하수를 채수하는 경우에는 동일한 대수층에서 채수하더라도, 일사의 영향, 우물간의 거리, 우물의 깊이, 또는 우물이 밀폐형인지 개방형인지에 따라 채수온도가 달라지므로 수온문제를 다룰 때에는 일단 채수온도를 실측하는 것이 바람직하다.

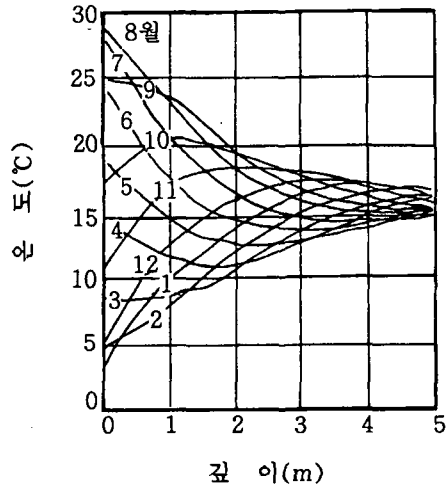


그림 1.4.3 월별 지하수온분포

나. 깊은 지하수의 수온

지온교차가 0인 지층을 항온층이라 한다. 항온층의 깊이(상한심도)는 일변화에서는 40~50cm정도, 연변화에서는 20m정도이나 지역의 형태, 지층의 수리지질적 요건에 따라 달라진다. 또 항온층 상한깊이의 수온은 연평균기온보다 1~2°C 높은 것이 일반적이다. 지하증온율(geothermal gradient)은 지형과 지하구조에 따라 값이 달라지며 보통 30m마다 1°C 증온율을 나타낸다. 일본에서는 항온층 상부깊이의 수온 T_e 와 연평균기온 T_a 사이에는 $T_e = 0.83 T_a + 3.7$ 인 관계가 있다고 조사되었다.

항온층 내에서는 지층이 난투수층이며 천층지하수와 격리되어 있고 또 지하수의 순환속도가 극히 완만하여 천층지하수보다 수량이 훨씬 안정되어 있는 것이 보통이다.

항온층 내의 수온은 깊이가 커질수록 직선적으로 높아진다. 항온층내의 수온(T)은 다음식으로 추정할 수 있다.

$$T = mT_a + (D - D_0)\theta + k \dots\dots\dots(1.4.4)$$

- 여기서, m : 상수로서 0.83 내의,
- T_a : 연평균기온(°C),
- D : 고려중인 지층심도(m)
- D_0 : 항온층의 깊이(상한심도),

θ : 지하증온율

k : 상수로서 2.7~4.6이며 평균 3.7이다.

어떤 지역의 지하증온율의 개략치를 아는 데는 우물수온으로 측정한다. 우물수온이라 하더라도 다단(多段)채수 우물에서는 양수량을 가감함으로써 각층의 분출수량이 달라지며 따라서 수온이 변화한다. 또 다단채수에서는 그 채수온대에 해당하는 지층 깊이를 알 수가 없다. 그러므로 단수를 작게하여 양수량을 크게하는 동시, 채수심도가 서로 다른 여러 개의 우물을 선정하지 않으면 증온율을 알 수 없다.

4.1.5 논외 수온

가. 맨논(모내기 전의 논)의 수온

얕게 담수된 맨논의 수온은 복잡하게 변화하는 논수온의 기본이 된다. 모내기 초기 또는 식재 직후의 논은 맨논으로 간주해도 좋다. 맨논은 일반적으로 수심의 깊이에 관계없이 태양광선의 흡수량에는 큰 차이가 없다.

수심이 얕을 수록 한낮 수온은 높아지기 쉬우나 토층속에 다량의 물이 있고 수면의 방열이 크기 때문에 수심 15cm 정도 까지는 증온이 수심에 크게 영향 받지 않는다.

이에 수심 2~3cm를 얕은 물, 5~6cm를 보통, 10cm 이상을 깊은 물로 취급하면 한낮의 최고수온은 일사가 있을 경우에는 얕은 물일수록 높지만 깊은 물의 경우는 수온차가 5°C를 넘는 경우는 적다.

최고수온이 일어나는 때는 얕은 물일 경우 13시경이고 깊은 물에서는 15시경이 된다. 최고기온과 비교하면 보통의 수심에서 여름에는 최고수온이 약 4°C 높고, 맑은 날씨는 2배가 되는 수가 많다. 그러나 최저수온은 날씨에 관계없이 수심이 깊을수록 높고 최저기온보다 항상 높다. 수온과 기온의 차는 보통 수심에서 여름기간은 약 2°C로서 1일의 수온평균치가 기온평균치보다 높은 것은 당연하다. 또 일반적으로 수심이 클수록 평균치는 높아진다. 1일의 최고 최저의 평균치는 전체의 평균치보다 얕은 물일수록 크게 나타나며 그 시각은 위도, 계절 및 수심에 따라 달라진다.

수층하의 지온은 지층이 깊어질수록 일변화의 양상이 늦어지며 (4cm 깊게 되면 약 1시간 늦어진다) 일교차가 급감하지만(지면하 15cm에서 1/2, 20cm에서 1/10이 된다) 일평균치는 수온의 그것과 거의 차가 없다. 수직침투는 열의 전도를 조장하는 것이 되기 때문에 지온의 일변화를 크게 하지만 일평균치의 상승역할을 하는 것은 수온이 급승할 때 뿐이다.

나. 벼논의 수온

관개수가 냉하지 않을 경우 혹은 좀 냉하더라도 단시간의 관개수로 수온이 충분한 논에서는 벼의 생육은 전체가 거의 균일하다.

벼논에서는 수온도 전체가 거의 균일하며 식부직후에는 상기한 모내기 전의 맨논과 같은 정도의 온도를 나타낸다. 벼가 무성해질수록 수면에 쪼이는 일사가 작아지므로 일평균수온은 점점 기온에 가까워지며 출수기 전 2주경부터 기온 이하로 된다. 이와 같이 저하되는 것은 주로 한낮의 수온 특히 최고수온이 오르지 않기 때문이며 야간 및 식전의 온도는 모내기 전 논의 경우와 같이 수온이 기온보다 높다.

따라서 생육기간 중의 온도의 변화는 일교차에 의해 가장 잘 나타난다. 그림 1.4.4는 일본 관동지방에서의 벼의 생육기간 중의 일교차의 감소상황이다. 초기수온의 일교차의 순(旬)평균치는 16°C이고 출수기후는 5°C로 1/3 이하로 되며 지면하 7cm의 지온에서도 같은 시기에 5°C에서 1.5°C로 되어 동물의 저하를 나타내고 있다. 이러한 변화율은 거의 일본 전역에서 성립되는 것이므로 우리 나라에서도 참고가 될 것이다.

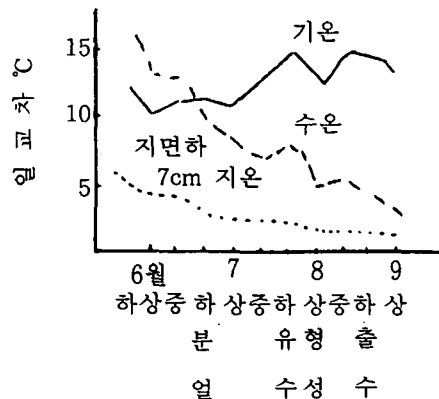


그림 1.4.4 벼의 생육에 따른 일교차의 변화 (일본 : 市村)

다. 냉수관개논의 수온

보통 논의 수온을 성립시키는 요소는 수면에서의 방사, 기층과 사이의 잠열, 현열의 교환 및 지중 열전도 등이다. 따라서 수온은 수심과 기상조건 및 번무도에 따라 결정된다.

이 수온보다 훨씬 차가운 물을 델 때에는 물꼬는 용수온도와 같고, 물꼬에서 논안으로 유입확산되면 수면에서의 수열 및 재래온수와의 혼합에 의하여

점차로 평형온도에 접근하게 된다. 따라서 논안에 깊이 들어간 쪽은 평형수온을 나타내는 지수곡선분포로 된다.

4.6.2에서 기술한 바와 같이 파종기부터 출수기까지의 평균수온이 23℃ 이하 19℃까지는 온도에 비례하여 불임실량이 증가하므로 물꼬에서부터 속으로 갈수록 생육 또는 수량의 분포는 수온의 분포곡선에 잘 일치할 때가 많다. 냉수의 영향은 관개시각에 따라서 현저히 다르다. 냉수를 단기간 관개하는 경우, 논을 냉각시키지 않는 관개시각은 일출 전이다. 논수온이 최저이고 용수온과의 차가 작고 또 관개 직후로부터 일사로 승온되기 때문이다. 그러나 한냉고지에서 야간기온의 저하가 심할 경우에는 이른 아침에 관개를 하면 논 전체에 냉해를 받으므로 좋지 않다. 일반적으로는 냉수관개는 이른 아침이 좋고 다음에는 야간 또는 저녁 때가 좋으며, 한낮 관개는 좋지 않다. 아침 일찍 관개할 경우에는 수온이 낮아도 한낮에는 거의 회복되어서 최고기온과 큰 차이가 없지만, 논 수온이 높아진 시각에 저수온의 물을 유입하면 최고수온시까지 승온하지 못하는 결과가 되어 좋지 않다.

4.2 수온대책

4.2.1 개설

높은 위도 지방의 하천 혹은 심산유곡의 적설 또는 용천수를 수원으로 하는 경우, 벼농사에는 그대로 저온장해를 받는 수가 많다. 저수지의 경우는 수온성층을 형성하며 표층수는 따뜻하나 하층에서 취수하면 현저히 수온이 낮다. 도수로의 경우, 터널내에서는 수온변화가 거의 없지만 자연하천에서는 폭이 넓고 유로가 굴곡되어 길이가 길므로 상대적으로 수온상승 효과가 있다.

수온대책은 승온시설에서부터 물관리 및 재배학적인 대책이 있지만 편의상 다음과 같이 나누어서 검토하기로 한다.

① 하천, 저수지 등의 수원에서 도수로 및 간·지선수로를 거쳐 논외 물꼬까지의 사이에서 수온 상승책

② 논에서의 대책 중에는 논안에서 수온상승 뿐 아니라 전술한 수온과 벼의 생육과의 관계를 고려한 광범위한 냉수온피해의 경감대책을 생각할 수 있다.

4.2.2 온수대책

가. 저수지에 있어서의 온수취수시설

옛날의 농업용 저수지는 나무빈지를 설치하여 표층의 온수를 순차적으로 취수

하도록 하였으며, 최근에는 취수탑이나 사통에 취수공을 수심별로 여러개 설치하여 표층의 온수를 취수하고 있다. 다목적댐이나 발전용 댐에서는 발전용수 취수에 따른 농작물의 냉해피해로 손해배상 등의 민원이 많이 발생하여 온수로, 온수지 등을 설치하였으나, 최근에는 표층수 취수방법을 채택하여 이러한 문제를 해결하고 있다.

나. 온수지 및 온수로

온수지는 수원의 수온이 낮을 경우 일시적으로 수면적이 넓고 수심이 얇은 저수지에 저장하여 수면에서 받는 태양열을 될 수 있는대로 효과적으로 이용함으로써 평형수온 가까이 상승시켜 사용하고자 하는 시설이다. 농업용 저류지에서는 유입수의 교환에 오랜 시간이 걸리는데 대하여 온수지에서는 유입수가 점차 교환되어서 체류시간이 짧다. 온수로는 일반적으로 수면의 나비를 넓게, 수심을 얇게하는 등 수온상승에 적합한 수리조건의 수로를 축조하여 유하중에 될 수 있는대로 수온상승을 꾀한다. 그 설계요령은 4.4 [수온상승 시설]에서 검토되고 있다

다. 수원의 교환

이것은 특수한 경우이지만 하천수온은 그 유역상태에 따라서 다르니까 현재의 취수원의 수온보다 높은 수온의 유역에서 비교적 간단하게 교환될 수도 있다. 하천의 본류와 각 지류 수원의 수온을 측정하여 수원교환의 기술적 및 경제적 가능성을 조사 검토하는 대책이 필요하다.

4.2.3 논 수온대책

가. 사용수량의 절약 (누수방지)

물꼬에서 유입된 물 온도는 논안에 넓게 확산유하함에 따라서 수온은 급격히 상승하여 평형수온으로 되므로 내리흘리기의 경우를 생각하면 그 평형수온이 될 때까지의 거리 또는 범위(이것은 냉수피해면적에 해당한다.)는 유입수온과 동시에 그 양에 좌우되므로 수온이 낮을 때에는 될 수 있는대로 사용수량을 적게하는 것이 유입구 피해를 적게하는 유효한 방법이다. 또한 이 사용수량의 절감에는 후술하는 관개방식의 개량까지도 고려하는 것이 바람직하다. 이 문제는 논의 보수력에 관련되므로 객토, 밀다짐 또는 논두렁 개량 등의 누수방지대책이 필요하지만 한편 경작자의 관행과 타성이 원인이 되는 경우도 있으므로 합리적인 물관리에 대해서 계몽지도를 하면 반드시 전기한 토지개량

을 하지 않아도 어느 정도의 냉수피해를 경감할 수가 있다.

나. 관개방법의 개량

일반적으로 냉수온피해지는 대개가 내리흘림식 관개를 하는 곳이므로 이것을 간단관개방법으로 바꾸면 물꼬피해를 경감할 수 있다. 해뜨기 전 이른 아침에 관개하고 낮에는 지수함으로써 냉수피해를 방지할 수 있다. 그러나 각 농가가 같은 시각에 관개하기는 수로조직상 어려우므로 필요에 따라 전술한 객토 또는 누수방지 대책을 수립하여 수시로 단시간 관개하여 용수부족이 되지 않도록 해야 한다. 보통 냉수지대에서 보수력이 강한 토질과 물이 잘 스며 들지 않는 토질에서는 내리흘림식 관개는 하지 않으므로 수원의 저온을 크게 걱정하지 않는다.

다음으로 간단관개와 관련하여 부담이 되는 날도 생길 수 있으나 토양수분이 어느 정도(최대용수량의 70~80%)까지는 벼의 생육에는 영향이 없으므로 보통 토양에서 2일 또는 3일의 무담수의 날이 있어도 문제되지 않는다. 단 냉수장해가 문제되는 수잉기는 가장 다량의 물을 필요로 하는 시기이므로 무담수로 되어 있어도 이 시기에는 특히 물부족이 되지 않도록 주의해야 할 것이다. 야간에 기온저하가 심한 지방 또는 시기에서는 담수에 의한 온도조절작용도 무시할 수 없으므로 이 관개방법에 대하여 검토할 여지가 있다.

다. 물꼬에서의 대책

종래 냉수대에서는 물꼬에 웅덩이를 만들기도 하고 물꼬의 나비를 넓게 하든가 또는 논두렁에 의하여 우회수로를 설치하였으나 최근에는 poly vinyl tube 또는 분산판을 사용하는 방법, 물꼬의 위치를 변동시켜서 냉수가 장기간 일정 장소에서만 유입하지 않도록 하는 방법 등이 실시되고 있다.

라. 논이 평형수온을 상승시키는 방법

논이 받는 태양열에 의한 열수지 면에서 증발로 빼앗기는 열량을 적게 하기 위해서 수면에 O.E.D제(증발억제 약품)로 엷은 막을 형성하여 증발을 방지하고 평형수온을 상승시키는 방법이 있다. 또는 방풍림대에 의하여 증발에 대한 바람의 영향을 적게하는 것도 생각할 수 있다.

마. 재배기술에 의한 방법

내냉성 품종의 선정을 비롯하여 출수지연에 대비하여 늦벼를 피하고 조식을

하는 등의 방법이 생각된다. 또는 두둑재배의 제안이 있으나 이 재배법은 논 전체로서는 논수온상승이 늦어지는 경향이 있다.

4.3 수온 상승기구

수온대책은 얇은 못(답, 온수지 등)과 온수지(로)에서의 열의 교환, 즉 열수지를 이해하고 이에 의한 평형수온과 수온상승률을 계산하여 구체적으로 수립할 수 있다.

4.3.1 열수지방정식

방정식을 해석하여 결정하며, 수온상승 계산에 필요한 항목은 순방사, 현열전달, 수온 등은 수층에 작용하는 여러 가지 열수지항의 평형을 나타내는 식 즉, 열수지계수, 포차, 포화수증기압력 곡선의 변화율 등이다.

한낮 태양에서 수면에 이르는 파장이 짧은 방사(단파방사)의 일부는 반사되지만 대부분은 수층에 흡수되어 수온이 상승되나 수면의 온도보다 높게 되면 열은 공기중으로 흐르게 된다. 수면의 수증기 압력과 공기중의 수증기압력과의 차에 비례하여 증발이 일어나고 그 때문에 열이 소비되고 있다. 이와 같은 모양을 도식적으로 나타내면 그림 1.4.5와 같다.

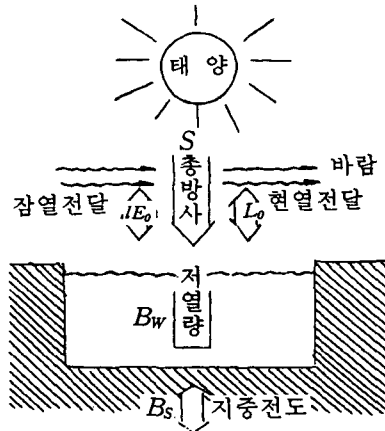


그림 1.4.5 얇은 못에 작용하고 있는 열수지

그림 1.4.5에서 보는 바와 같이 주로 태양으로부터의 단파방사에 의한 수온 변화에 유효한 순방사는 공기중으로의 방열(현열전달), 증발에 의한 열손실(잡

열전달), 수온상승에 쓰여진 열량, 물밑에서 지중으로 전달된 열량으로 분배되고 있다. 그리고 어느 항의 변화는 다른 항의 변화를 일으키게 되며 이 관계를 식으로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$S = L_0 + lE_0 + B_w + B_s \quad \dots\dots\dots(1.4.5)$$

여기서, S : 순방사량 (cal/m²/s), L_0 : 현열량전달(cal/m²/s),
 lE_0 : 잠열전달량(cal/m²/s), E_0 : 수면증발량(g/m²/s),
 l : 증발의 잠열(580 cal/g), B_w : 수층저수량의 변화(cal/m²/s),
 B_s : 지중전도열량(cal/m²/s)

윗식에서 첨자 w 는 깊이 H (m)의 수층전체를, o 는 수면에서의 현상을, s 는 토양층의 현상을 표시하고 있다.

이 식은 일반적으로 천수층에 대한 열수지식이다. 순방사는 수면에 주어질 때 정(+)의 부호를, 현(顯)·잠(潛)열전달은 수면에서 공기중으로 전달될 때 정(+)의 부호를, 수온이 상승하여 열이 수층에 저류(貯溜)되고 있을 경우 수층저열량은 정(+)의 부호를, 지중전달열량은 지중으로 열이 흐르고 있을 때 정(+)의 부호를 취한다고 생각한다.

열수지 각항의 계산은 다음과 같이 한다.

가. 현열전달량(L_0)

수면의 온도와 기온과의 차에 비례하기 때문에 수온성립과정은 식 (1.4.6)으로 표시할 수 있다.

$$L_0 = h(\theta_w - \theta_a) \quad \dots\dots\dots(1.4.6)$$

여기서, h : 현열전달계수(cal/m²/°C/s),
 θ_w : 수온(°C),
 θ_a : 기온(1.5m의 높이에서의 °C)

나. 잠열전달량

증발에 관여하는 잠열전달량은 다음과 같이 계산한다.

$$IE_0 = k\{e(\theta_w) - e_a\} \dots\dots\dots(1.4.7)$$

여기서, k : 잠열전달계수(cal/m²/mmHg/s),
 $e(\theta_w)$: 수온 θ 에 대한 포화수증기압력(mmHg)
 e_a : 공기중(1.5m 높이)의 수증기압력(mmHg)

포화수증기압력은 온도의 복잡한 함수이지만 수온과 기온과의 차이가 10℃ 이하의 경우에는 다음과 같은 근사 직선식을 사용할 수 있다.

$$e(\theta_w) \approx e(\theta_a) + \varphi(\theta_w - \theta_a) \dots\dots\dots(1.4.8)$$

여기서, $e(\theta_a)$: 기온에 대한 포화수증기압력(mmHg)
 φ : 포화수증기압력-온도곡선의 기온에 대한 변화율(mmHg/℃)
 이 관계를 식 (1.4.7)에 대입하면 잠열전달은 결국 다음과 같이 된다.

$$IE_0 = k\{D_f + \varphi(\theta_w - \theta_a)\} \dots\dots\dots(1.4.9)$$

여기서, $D_f = e(\theta_a) - e_a$: 포차(mmHg)

다. 저류열량

깊이 $H(m)$ 의 수층에 저류될 수 있는 열량은 어느 시간안의 수온변화에 수층의 열용량을 곱한 것이므로 다음과 같이 표시된다.

$$B_w = c\rho \cdot H \frac{d\theta_w}{dt} \dots\dots\dots(1.4.10)$$

여기서, $c\rho$: 물의 용적열용량(cal/℃/m³), $d\theta_w/dt$: 수온변화(℃/s)
 현열전달계수와 잠열전달계수와의 사이에는 다음과 같은 간단한 비례관계가 있다.

$$k \approx 2h \dots\dots\dots(1.4.11)$$

라. 순방사

수온변화에 유효한 방사열 에너지는 방사열 방사의 공급성분과 손실성분과의 과부족을 계산하여 주어지는 순방사이다.

태양으로부터의 전단파방사(全短波放射)는 일부 수면에 의하여 반사되지만 거의 수중에 투입흡수되고 만다.

한편 공기중에 있는 수증기, 탄산수은 등에서 파장이 긴(4μ 이상) 방사가 수면에 이르고 또 수면은 그 온도에 의하여 장파방사를 공중에 방출하고 있다.

이 차인으로서 일반적으로 수면은 장파방사의 형태로 열을 잃고 있으며, 이를 유효방사라고 부르고 있다. 이 때문에 수온변화에 유효한 순방사는 도달전단파방사(到達全短波放射)에서 반사단파방사와 유효방사를 뺀 것이 된다. 이를 식으로 표시하면 식 (1.4.12)와 같이 된다.

$$\text{순방사} = \text{도달전단파방사} - \text{반사단파방사} - \text{유효방사} \dots\dots\dots(1.4.12)$$

수면에 작용하고 있는 순방사를 구하려면 도달전단파방사, 반사단파방사, 유효방사량을 알아야 한다. 최근에는 식 (1.4.6)의 값을 자동적으로 순방사에 비례하는 전기출력값으로 변환하여 주는 계측기가 사용되고 있지만 아직 현장에서는 사용할 수 없다.

1) 도달전단파방사

구름없이 완전히 맑은 때의 도달전단파방사의 기후학적인 계산방법은 다음과 같다. 전단파방사 R_0 는 대기의 투과도를 고려하면 용이하게 구할 수 있다. 최근 우리 나라에 관계되는 도달전단파방사량을 표시하면 표 1.4.3과 같다. 도달전단파방사량은 구름량의 증가에 따라서 처음에는 완만하게 후에는 급하게 감소하며, 특히 0.5 이상의 구름량에 있어서는 전단파방사의 감쇠는 현저하다. 예를 들면 구름량이 0.76의 경우 전단파 방사능은 맑은 날의 1/2로 감쇠되며 완전 구름낀 날에는 약 1/4이 된다.

평균구름량에 의한 지면에 도달한 전단파방사량은 다음과 같이 된다.

$$R_n = R_0(1 - 0.37n - 0.38n^2) \dots\dots\dots(1.4.13)$$

여기서, R_0 : 완전히 맑을 때 도달전단파방사량,

R_n : 흐릴 때 도달전단파방사량,

n : 평균운량(0 ~ 1.0)

또한, 일조율을 이용하면 지면에 도달한 전단파방사량을 다음과 같이 계산한다.

$$R_n = R_0 (a + b \times d / D) \dots\dots\dots(1.4.14)$$

여기서, R_0 와 R_n : 완전히 맑을 때와 흐린 때 도달전단파방사량,

d : 일조시간,

D : 가조시간,

a, b 는 지역상수로 우리 나라 금강수계의 경우,

$a = 0.13, b = 0.52$ 이다.

표 1.4.3 완전히 쾌청한 경우의 월간 전단파방사량 R_0 (kcal/cm²/30.4일)

월 위도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
45	6.7	10.3	14.3	19.5	22.6	23.9	23.2	20.1	15.3	11.5	7.8	5.9
40	3.3	12.2	16.4	20.3	23.0	24	23.4	20.9	17.7	13.2	9.7	7.7
35	10.7	14.0	17.6	21.0	23.0	24	23.6	21.6	18.1	14.7	11.4	9.7
30	12.5	15.5	18.6	21.4	23.0	23.8	23.4	21.8	19.1	16.1	13.1	10.5
25	14.1	16.8	19.5	21.6	23.0	23.4	23.1	21.8	19.8	17.4	14.6	13.1
20	15.5	17.9	20.2	21.6	22.5	22.8	22.6	21.6	20.4	18.5	16.1	14.7

2) 반사단파방사

구름에 의해 반사 및 흡수된 후에 전단파방사는 수면에 도달하지만 전부가 수층에 흡수되는 것이 아니고 일부는 반사되고 다시 공중으로 되돌아 가고 만다.

$$\text{반사단파방사} = a \cdot R_n \dots\dots\dots(1.4.15)$$

여기서, a : 비례계수(0 ~ 1.0)로 반사율이라 한다.

수면의 전단파방사에 대한 일평균반사율을 표시하면 표 1.4.4 와 같다. 위도가 높은 곳에서는 겨울철에 0.12로 높아지나 벼 재배기에 있어서는 전국 0.06이라는 반사율을 사용할 수 있다. 0.06 이란 수면 반사율은 지면 식피면의 값(0.15~0.20)의 1/2~1/3 에 불과하다. 결국 수층에 흡수되는 전단파방사량은

다음과 같다.

$$\text{흡수단파방사} = \text{도달단파방사} - \text{반사단파방사} = (1 - \alpha)R_n \quad \dots\dots\dots(1.4.16)$$

표 1.4.4 수면 평균반사율의 위도와 계절에 의한 변화

월 위도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.12
30	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09
20	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07

3) 유효방사

맑은 날의 유효방사량 F_0 는 지면 가까이(1.5m 높이) 기온과 수증기압력에 밀접하게 관계되고 있음이 알려져 있다.

최근의 관측자료로 부터 구해진 식은 다음과 같다.

$$F_0 = \sigma \delta T^4 + (0.39 - 0.058\sqrt{e_a}) \dots\dots\dots(1.4.17)$$

여기서, δ : 수면의 사출율(射出率) (0.98)

$\delta = 8.26 \times 10^{-11} \text{ cal/cm}^2/\text{min } ^\circ\text{K}^4$; 장파방사에 의한 열방출을 특징짓는 Stephan Boltzman 정수, T : 기온의 절대온도(섭씨온도 + 273)
 e_a : 공기중의 수증기압력 (mmHg)

윗식을 계산하여 도식화한 것이 그림 1.4.6으로서 기온이 높고 수증기압력이 낮으면 수면에서 상실되는 유효방사량은 커진다.

계산도에 의한 유효방사의 결정법은 다음과 같다.

백엽상자안의 기온이 20°C에서 수증기압이 11mmHg이었다고 하면 11mm Hg에 상당하는 15mb인 곳에서 수평으로 우측에서 선을 연장하여 기온 20°C 선과의 교점으로부터 수직으로 선을 내린다. 그리고 수직선과 아래의 좌표선과의 교점을 읽으면 완전 맑은 날의 유효방사량이 구해진다. 이 경우에는 $0.11 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ 가 얻어진다. 날이 흐린 때는 구름이 장파방사를 잘 내기 때문에 유효방사는 다음과 같이 감소된다.

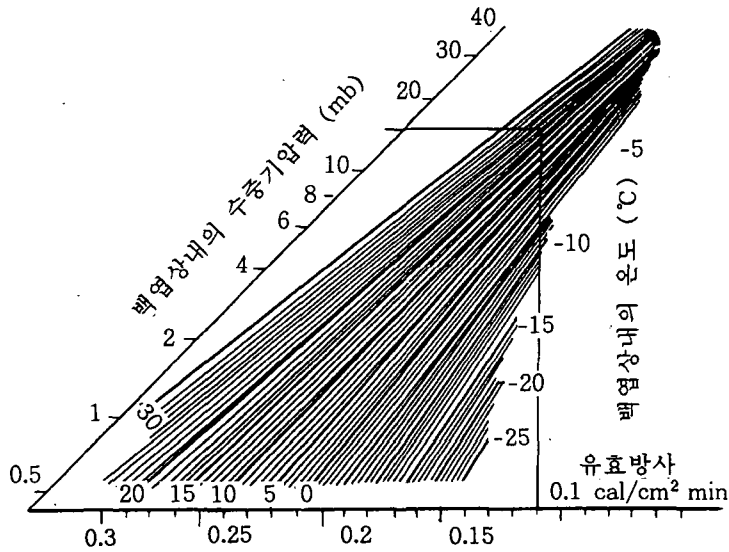


그림 1.4.6 유효방사의 계산도

$$F_n = F_o (1 - 0.63n^2) \dots\dots\dots(1.4.18)$$

F_n : 운량 n (0~1.0)의 경우에 유효방사량

이 값을 계산도에서 구한 맑은 날의 F_o 를 곱하면 구름이 있는 경우의 유효방사가 곧 얻어진다.

이상과 같은 방법으로 구한 도달전단파방사, 반사단파방사, 유효방사량을 식 (1.4.12)에 대입해서 계산하면 수온변화에 유효한 순방사량을 구할 수 있다.

마. 현열전달계수

이 계수는 수면과 공기사이의 열 교환관계를 나타내는 것으로 평균적으로 2.0 cal/m²/°C/s에 가깝다고 알려졌다. 이 값은 풍속에 의하여 변화하며 다음과 같이 표시한다.

$$h = (0.24 + 0.5V_{10}) \dots\dots\dots(1.4.19)$$

V_{10} 은 지면상 10m의 높이의 풍속(m/s)으로서 대략 측후소에서 발표되고 있는 풍속에 가깝다. 측후소에서 발표하는 풍속을 식 (1.4.19)에 대입하면 계산에 필요한 현열전달계수를 구할 수 있다.

바. 포차(飽差)

포차는 어느 때의 기온에서의 포화수증기압력과 그 때의 공기중의 수증기압력의 차이므로 난습구의 온도차로부터 구해지는 상대습도($r = 0 \sim 1.0$)를 쓰면 다음과 같이 표시된다. 이 식에서 포차를 구하려면 상대습도와 기온을 알아야 한다.

$$D_f = (1 - r)e(\theta_a) \dots\dots\dots(1.4.20)$$

사. 포화수증기압력곡선의 변화율

평형수온상승률을 정하는데 중요한 역할을 하는 φ 의 값이 같은 표 1.4.5에 표시되어 있다. 22.5°C의 경우에는 $e(\theta_a) = 2.044\text{mmHg}$, $\varphi = 1.19\text{mmHg}/^\circ\text{C}$ 이 얻어진다. 또한 mmHg를 mb로 환산하려면 전자에 1.33을 곱하면 된다.

포화수증기압력은 온도의 복잡한 함수이지만 수온과 기온과의 차이가 10°C 이하의 경우에는 다음과 같은 근사 직선식을 사용할 수가 있다.

$$e(\theta_w) \approx e(\theta_a) + \varphi(\theta_w - \theta_a) \dots\dots\dots(1.4.21)$$

여기서, $e(\theta_a)$: 기온에 대한 포화수증기압력(mmHg)

φ : 포화수증기압력-온도곡선의 기온에 대한 변화율(mmHg/°C)

4.3.2 평형수온과 수온상승도의 계산

가. 얇은 막의 경우

수층의 열수지식에 대한 각항의 관계를 이용하여 식 (1.4.5)를 변형하여 수층에 주어지는 순방사와 공기중으로 방열되는 항이 같아져 수온변화가 없는 상태가 되는 수온인 평형수온(θ_∞)을 유도하면 다음과 같이 된다.

$$\theta_\infty = \theta_a + \frac{(S/h) - 2D_f}{1 + 2\varphi} \dots\dots\dots(1.4.22)$$

여기서,

평형수온 θ_∞ 은 기온과 복합항과의 합계로서 표시되고 순방사와 현열전달계수와의 비(S/h)가 2배의 포차보다 클 경우에는 수온은 기온보다 높아진다. 일

표 1.45 포화수증기압력(mmHg)과 포화수증기압력-온도곡선의 변화율

(mmHg/°C)

기온	기온									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10 { e	9.21 0.62	9.27 0.63	9.33 0.63	9.40 0.64	9.46 0.64	9.52 0.65	9.56 0.65	9.65 0.65	9.71 0.65	9.78 0.66
11 " φ	9.84 0.66	9.91 0.67	9.98 0.68	10.04 0.68	10.11 0.68	10.18 0.68	10.24 0.69	10.31 0.69	10.38 0.70	10.45 0.70
12 "	10.52 0.71	10.59 0.71	10.66 0.71	10.73 0.71	10.80 0.72	10.87 0.72	10.94 0.73	11.01 0.74	11.09 0.74	11.16 0.74
13 "	11.23 0.74	11.31 0.75	11.38 0.75	11.45 0.76	11.53 0.76	11.60 0.77	11.68 0.77	11.76 0.77	11.83 0.78	11.91 0.78
14 "	11.99 0.79	12.07 0.79	12.14 0.80	12.22 0.80	12.30 0.80	12.38 0.80	12.46 0.81	12.54 0.81	12.62 0.82	12.71 0.82
15 "	12.79 0.83	12.87 0.83	12.95 0.83	13.04 0.84	13.12 0.85	13.21 0.85	13.29 0.86	13.38 0.86	13.46 0.86	13.55 0.87
16 "	13.68 0.88	13.72 0.88	13.81 0.89	13.90 0.89	13.99 0.89	14.08 0.90	14.16 0.91	14.26 0.91	14.35 0.92	14.44 0.92
17 "	14.53 0.92	14.62 0.93	14.72 0.93	14.81 0.94	14.90 0.95	15.00 0.95	15.09 0.95	15.19 0.96	15.28 0.96	15.38 0.97
18 "	15.48 0.98	15.58 0.98	15.67 0.98	15.77 0.99	15.87 0.99	15.97 1.00	16.07 1.01	16.17 1.01	16.27 1.01	16.37 1.02
19 "	16.48 1.02	16.58 1.03	16.69 1.04	16.79 1.04	16.86 1.04	17.00 1.05	17.21 1.06	17.21 1.06	17.32 1.07	17.43 1.07
20 "	17.54 1.07	17.64 1.08	17.75 1.08	17.86 1.09	17.97 1.09	18.09 1.10	19.20 1.10	18.31 1.10	18.42 1.11	18.54 1.11
21 "	18.65 1.12	18.78 1.12	18.88 1.13	19.00 1.13	19.11 1.13	19.23 1.14	19.35 1.14	19.47 1.15	19.59 1.15	19.71 1.16
22 "	19.83 1.16	19.95 1.10	20.07 1.17	20.19 1.17	20.32 1.18	20.44 1.19	20.59 1.19	20.69 1.19	20.82 1.19	20.94 1.20
23 "	21.07 1.20	21.20 1.21	21.32 1.22	21.45 1.22	21.58 1.22	21.71 1.22	21.85 1.23	21.98 1.23	22.11 1.24	22.24 1.25
24 "	22.38 1.25	22.51 1.25	22.65 1.25	22.79 1.26	22.92 1.26	23.06 1.27	23.20 1.28	23.34 1.28	23.48 1.28	23.62 1.28
25 "	23.76 11.29	23.90 1.30	24.04 1.31	24.18 1.32	23.33 1.33	24.47 1.34	24.62 1.34	24.76 1.35	24.91 1.37	25.06 1.37
26 "	25.21 1.38	25.36 1.39	25.51 1.40	25.66 1.41	25.81 1.42	25.96 1.43	26.12 1.44	26.27 1.45	24.43 1.46	26.58 1.46
27 "	26.74 1.47	26.90 1.49	27.06 1.49	27.21 1.50	27.37 1.51	27.54 1.52	27.70 1.53	27.86 1.54	28.02 1.55	28.19 1.55
28 "	28.35 1.57	28.51 1.58	28.68 1.58	28.85 1.61	29.02 1.61	29.18 1.61	29.35 1.62	29.53 1.63	29.70 1.64	29.87 1.65
29 "	30.04 1.66	30.22 1.67	30.39 1.67	30.57 1.68	30.75 1.70	30.92 1.70	31.10 1.71	31.18 1.72	31.46 1.73	31.64 1.74
30 "	31.82 1.75	32.01 1.76	32.19 1.77	32.38 1.78	32.56 1.79	32.75 1.80	32.93 1.82	33.12 1.82	33.31 1.83	33.50 1.85
31 "	34.70 1.85	33.89 1.87	34.08 1.88	34.28 1.89	34.47 1.90	34.67 1.91	34.86 1.92	35.06 1.93	35.26 1.94	35.46 1.95
32 "	35.66 1.96	35.87 1.97	36.07 1.98	36.27 1.99	36.48 2.00	36.68 2.01	36.89 2.03	37.10 2.03	31.31 2.06	31.52 2.06
33 "	37.73 2.07	37.94 2.08	38.16 2.09	38.37 2.10	38.48 2.11	38.80 2.12	39.02 2.13	39.24 2.15	39.46 2.15	39.68 2.16
34 "	39.90 2.18	40.12 2.18	40.34 2.20	40.57 2.21	40.80 2.22	41.02 2.23	41.25 2.24	41.48 2.25	41.71 2.26	41.94 2.27
35 "	42.18 2.28	42.41 2.30	42.24 2.31	42.88 2.33	43.12 2.34	43.36 2.36	43.60 2.38	43.84 2.40	44.08 2.41	44.32 2.42

평균 기상조건을 써서 식 (1.4.22)에서 구한 평형수온은 얇은 곳의 일 평균수온에 거의 가깝다. 식 (1.4.22)은 비교적 얇은 수층의 평형수온(따라서 일평균수온)이 수심의 영향을 받지 않음을 나타내고 있다. 그러나 수온의 일기변화가 대상으로 될 경우에는 수심이 중요한 역할을 한다.

나. 온수지(로)의 경우

온수지의 수온상승기구가 얇은 못과 다른 점은 유입하는 물에 의하여 열량이 못안으로 운반되어 유출구로부터 열이 반출되고 있는 점이다. 이 경우에도 열의 획득과 손실과는 평형되어 있으므로 열수지식이 성립한다.

온수지안에서 물이 점차 교환적으로 유출구로 도달하는 경우에 어느 수체가 못안에 경과하는 시간은 다음과 같이 된다.

$$t = \frac{A \cdot H}{q} \dots\dots\dots(1.4.23)$$

여기서, A : 못의 표면적(m^2), H : 수심(m), q : 유입량(m^3/s)
 온수지에 유입해서 시간 t 만큼 못안에서 체류한 후 못으로부터 유출되는 물의 온도는 다음과 같이 표시된다.

$$\theta_w = \theta_\infty - (\theta_\infty - \theta_0) \exp\left\{ -\frac{h(1+2\phi)}{c\rho H} t \right\} \dots\dots\dots(1.4.24)$$

여기서, θ_0 : 원류의 수온($^{\circ}C$)
 이 식은 변형하면 다음과 같이 수온상승도 ($\theta_w - \theta_0$) 를 구하는 식이 된다.

$$(\theta_w - \theta_0) = (\theta_\infty - \theta_0) \left[1 - \exp\left\{ -\frac{h(1+2\phi)}{c\rho H} t \right\} \right] \dots\dots\dots(1.4.25)$$

$$\psi = (\theta_w - \theta_0) / (\theta_\infty - \theta_0) = \left[1 - \exp\left\{ -\frac{h(1+2\phi)}{c\rho} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right] \dots\dots\dots(1.4.26)$$

윗식 우변의 큰 괄호안은 일반적으로 온수지(로)의 온도상승률이라 부르고 못의 성능을 가르치는 중요한 양이 된다. 윗식에서 온수지에 의한 온도상승률 ψ 는 못의 수심에 무관하고 A/q 인 단위유입량당 수면적에 따라서 정해지는 것을 나타내고 있다.

식 (1.4.24)에 의한 수온상승도의 추정치는 일평균, 순평균 등의 어느 정도 장기간의 평균상승도를 구하는 경우에만 맞는다. 그러나 온수지(로)의 설계에 있어서는 어떤 평균적인 기상조건하에서의 평균 수온상승도가 문제가 되기 때문에 식 (1.4.25), (1.4.26)을 사용할 수가 있다.

다. 평형수온 및 수온상승도 계산에

1) 평형수온의 계산

예제 : 서울(위도 37° 36')의 기상자료를 써서 8월에 있어서의 평형수온을 계산하기로 한다.

8월의 평균기상조건은 기온 24.5℃, 상대습도 0.84, 구름량 0.75, 풍속 2.2m/s 이다.

풀이 : 위도 37° 36'의 맑은 날의 도달 단파방사량을 표 1.4.3 에서 구한다.

$$(21.6 - 20.9) \frac{2}{5} = 0.7 \times \frac{2}{5} = \frac{1.4}{5} = 0.28$$

$$21.6 - 0.28 = 21.32 \text{ kcal/cm}^2 / 30.4 \text{ d}$$

$$R_0 = \frac{21.320}{30.4} = 701.3 \text{ cal/cm}^2 / \text{d}$$

단위면적당 1일간 방사량을 m²당 1초간의 값으로 환산하려면 1/8.64를 곱하면 된다.

즉, $R_0 = 701.3 \times 1/8.64 \approx 81.17 \text{ cal/m}^2 / \text{s}$

구름량 0.75 에 따른 감소계수는 0.51 이므로 실제 도달단파방사는

$$R_n = 81.17 \times 0.51 \approx 41.4 \text{ cal/m}^2 / \text{s} \text{ 이다}$$

수층에 흡수된 단파 방사량은 다음과 같다.

$$(1-a) R_n = (1 - 0.06) R_n = 0.94 \times 41.4 = 38.91 \text{ cal/m}^2 / \text{s}$$

기온 24.5℃이므로 수증기압력은

$$23.06(\text{mmHg}) \times 0.84 = 19.37 \text{ mmHg}$$

로 표시되므로 mb로 환산하면

$$19.37 \times 1.33 = 25.76 \text{ mb} \text{ 이다.}$$

그림 1.4.6에서 기온 24.5℃, 수증기압력 25.76mb 인 경우의 완전 맑은 날 유효방사 F_0 은 다음과 같다.

$$F_o = 0.08 \text{ cal/cm}^2/\text{min} \times 166.6 = 13.33 \text{ cal/m}^2/\text{s}$$

구름량이 0.75이므로 유효방사의 감소율은 0.65 이고, 실제유효방사량 F_n 은 다음과 같다.

$$F_n = 13.33 \times 0.65 = 8.6645 \text{ cal/m}^2/\text{s}$$

이들 값을 식 (1.4.12)에 대입하면 결국 수온의 변화에 유효한 순방사량은 다음과 같다.

$$S_w = 38.91 - 8.66 = 30.25 \text{ cal/m}^2/\text{s}$$

현열전달계수 h 는 식 (1.4.19)에 평균풍속 2.2m/s를 대입하면 다음과 같이 된다.

$$h = (0.24 + 0.5 \times 2.2) = 1.34 \text{ cal/m}^2/\text{C}/\text{s}$$

포차는 식 (1.4.20)에 표 1.4.5에서 기온 24.5°C 의 값과 상대습도 $\gamma = 0.84$ 를 대입하여 구한다.

$$D_f = (1 - 0.84) \times 23.06 = 3.6896 \text{ mmHg}$$

기온 24.5°C 에서의 포화수증기 압력의 변화율 ϕ 은 표 1.4.5에서 다음과 같다.

$$\phi = 1.27 \text{ mmHg}/\text{C}$$

이상의 값을 식 (1.4.22)에 대입하면 평형수온은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \theta_{\infty} &= 24.5 + \frac{(30.25/1.34) - 2 \times 3.6896}{1 + 2 \times 1.27} \\ &= 24.5 + \frac{22.575 - 7.3792}{3.54} = 24.5 + \frac{15.19}{3.54} \\ &= 24.5 + 4.29 \approx 28.79\text{C} \end{aligned}$$

θ_{∞} 는 28.8°C 가 되어 기온보다 4.3°C 높음을 알 수 있다.

이 값은 7월경 서울에서는 얇은 못(1.5m보다 얇은)의 일평균수온은 28.8°C 에 가깝다는 것을 뜻한다. 여러 가지 대책을 강구해도 이보다 높아지지 않음을 나타내며, 어느 지점에서 온수지(로)를 설치하려면 상기 방법으로 평형수온의 평균치를 구하고 상승온도를 미리 알고서 설계해야 한다.

2) 온도상승률의 계산

예제 : 서울지방에서 원류 수온 18°C, 평형수온 28.8°C, 수온상승도를 5°C라 하자. 온도상승율과 온수지의 규모를 구하라.

해 : 식 (1.4.26)에서

$$\psi = (\theta_w - \theta_0) / (\theta_\infty - \theta_0) = \frac{23 - 18}{28.8 - 18} = \frac{5}{10.8} = 0.46$$

즉 냉수를 온도 5°C 높이는데 필요한 온도상승률은 0.46이 됨을 알 수 있다. 온도상승률 0.46을 얻는데 필요한 온수지의 규모 즉 온수지(수로)의 면적을 알려고 할 때 식 (1.4.26)을 변형한 다음 식을 쓰면 된다.

$$\frac{A}{q} = \frac{C_e \cdot \ln(1 - \psi)}{-h(1 + 2\psi)} \dots\dots\dots (1.4.27)$$

다만, $C_e = 1 \times 10^6 \text{ cal}/(\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C})$ 이다.

같은 방법으로 서울에 있어서의 계산을 하면 다음과 같이 된다.

$$\frac{A}{q} = \frac{1 \times 10^6 \ln(1 - 0.46)}{-1.34(1 + 2 \times 1.27)} = \frac{10^6 \times (-0.616186)}{-4.7436}$$

$$\frac{A}{q} = \frac{-616.186}{-4.7436} = 129,898 \text{ m}^2/\text{m}^3/\text{s}$$

이것은 평균적으로 수온을 5°C 상승시키려면 유입구에 유입하는 단위유량 (m^3/s)당 12.9893 ha의 수면이 필요함을 가리킨다. 따라서, 필요유량 (m^3/s) 에 A/q 를 곱하면 온수지면적이 구해진다.

수온 18°C인 관개수를 0.2 m^3/s 공급할 때, 수온을 5°C 만큼 올리려면 다음 크기의 온수지가 필요하다.

$$12.9898 \times 0.2 \text{ m}^3/\text{s} = 2.59796 \text{ ha}$$

이같은 계산으로 온수지의 규모를 전국 각 지점에서 추정하려면 필요온도상승률을 알아야 한다. 필요온도상승률을 얻기 위하여 온수지의 규모를 식 (1.4.24)에 의하여 계산하면 표 1.4.6과 같이 된다.

표 1.4.6에는 필요온도와 효율을 얻기 위한 단위유량당 못면적(이 양은 s/m의 차원이므로 온도상승저항이라 부를 수 있다)이 여러 경우의 기온조건하에 대하여 표시되고 있다. 식 (1.4.26)에 평형수온, 원류(수원공)의 수온 및 기대유출수온을 대입하여 온수지의 온도상승률을 알면 표 1.4.6과 평균기온으로부터 필요한 온수지(로)의 규모를 구할 수 있다. 온도상승률이 커지고 평균기온이 낮아지면 온수지 규모는 급격히 커진다.

표 1.4.6 기온조건과 온도상승률(ϕ)에 따른 단위유량(m^3/s)당 열교환면적
(A/q , $ha/m^3/s$)

온도상승률 ϕ							
평균기온 T_a	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
10	4.97	7.96	11.40	15.45	20.42	26.90	35.80
12	4.51	7.37	10.56	14.31	18.94	24.90	33.20
14	4.32	6.91	9.91	13.41	17.75	23.30	31.09
16	4.00	6.50	9.30	12.60	16.60	21.80	29.10
18	3.80	6.00	8.60	11.70	15.50	20.30	27.20
20	3.50	5.60	8.10	11.00	14.35	19.10	25.50
22	3.30	5.20	7.50	10.10	13.40	17.60	23.50
24	3.00	4.90	6.90	9.40	12.40	16.40	21.90
26	2.80	4.50	6.40	8.70	11.50	15.10	20.20
28	2.60	4.10	5.90	8.00	10.60	13.60	18.60
30	2.40	3.90	5.50	7.50	9.90	13.00	17.30

3) 수온상승도의 계산예

(예제) 서울에서 7월 어느 날 기온 24.5°C, 상대습도 84%, 구름량 0.75, 풍속 2.2m/s 이 관측되었다. 온수지면적 10,000m²에 유입되는 유량 0.1m³/s의 유입 수온이 18°C일 때 수온상승도를 계산하라.

“가”.에서 설명한 방법을 쓰면 평형수온은 다음과 같이 된다.

$\theta_\infty = 28.81^\circ\text{C}$ 이고, 이 조건을 식 (1.4.25), (1.4.26)에 대입하면

$$\theta_w - \theta_0 = (\theta_\infty - \theta_0) \left[1 - \exp\left\{ -\frac{h(1+2\phi)}{CPH} t \right\} \right]$$

$$\phi = \left[1 - \exp\left\{ -\frac{h(1+2\phi)}{CP} \cdot \frac{A}{q} \right\} \right]$$

$$\theta_w - \theta_0 = (28.81 - 18) \left[1 - \exp\left\{ -\frac{1.34(1+2 \times 1.27)}{1 \times 10^6} \times \frac{-6.16163}{-4.7436} \right\} \right]$$

$$= 10.81 \left[1 - \exp\left\{ -\frac{4.7436}{1 \times 10^6} \times 10^6 \times 129.893 \right\} \right]$$

$$= 10.81 \left[1 - \exp\{-0.6110604348\} \right]$$

$$\theta_w - \theta = 10.81 [1 - 0.543] = 10.81 \times 0.457 = 4.94^\circ\text{C}$$

즉, 약 4.94℃ 수온이 상승함을 알 수 있다.

이상의 계산은 비교적 얕은 온수지나 온수로의 수온상승의 예측에는 유효하지만 깊은 저수형의 온수지에서는 그리 유효하지 않다. 이유는 깊은 못에서는 수온성층이 강하게 형성되므로 이상의 식을 유도하는데 쓰인 가정이 만족될 수 없기 때문이다. 깊은 온수지에서 수온상승계산을 하는 방법은 아직 확립되고 있지 않고 있다. 약층까지를 하나의 못으로 보고 체수시간(滯水時間)을 결정하는 방법이 사용되고는 있으나 그 근거는 그리 명확하지 않다.

4.4 수온상승 시설

4.4.1 계획상의 기초조건

관개수온이 저온이어서 벼재배에 지장을 초래할 경우 수온상승시설로서 우선 생각되는 것은 온수지 및 온수로의 설치이다. 이의 한계가 되는 수온은 벼의 품종 및 생육기 등에 의하여 다르지만 이양부터 출수까지의 기간의 평균을 취하면 23℃ 전후라고 한다.

관개용수는 간선·지선의 수로를 거쳐 논에 유입하기까지에 약간의 수온상승을 가져오는 수도 있으므로 하천 등의 수원공의 수온이 항시 그보다 고온일 필요는 없다.

이와같은 수로에 있어서의 수온상승이 있으므로 수로 하류부의 논에는 비교적 따뜻한 물이 관수되어 온수시설을 설치한 경우에 있어서도 직접의 효과는 수로 상류의 논일수록 크다.

특히 수원공에서 먼 논에서는 한번 상류에서 관개된 물이 하류의 용수 중에 섞이게 되므로 수온이 충분히 높은 것이 보통이다.

다음에 관개기간의 수온이 낮을 경우라도 원래 그 지방의 평균수온이 낮아서 수원공 수온에 가까울 경우에는 그 시설이 아무리 좋아도 평형수온 이상으로 될 수 없기 때문에 수온상승시설은 필요 없다.

그러나 전관개기간의 평균을 취하면 일반적으로 평형수온은 비교적 높다.

온수시설이 필요하고 또 기대효과가 큰 것은 기상조건이 좋음에도 불구하고 수원공 수온이 낮은 경우이다. 수원공 수온이 몇도 이하인 경우 온수시설이 필요한가는 명확하지 않으나 일단 18℃ 쯤으로 생각해도 좋을 것이다.

다만 이 이하의 수온에 있어서도 단시간에 관개를 하고 있는 지역에 있어서는 수온상승시설을 필요로 하지 않는다. 또 관개기간의 평균 수온이 18℃ 이상인 곳에서도 관개초기 또는 유수형성기 등에 냉수피해를 받는 경우에는 당

연히 적당한 수온상승시설을 생각해야 한다.

수온상승시설의 위치는 수원의 조건, 지형 등에 따라서 판단해야 하며 이러한 시설은 유입 유출부, 제방 등에 의하여 못쓰게 되는 땅이 생기므로 경지밖에 설치하는 것이 좋다. 이것은 논이 그 자체가 수온상승시설과 같은 기능을 지니고 있기 때문이며 필요한 수온조건 등에 따라서는 시설을 경지안에 만드는 것 보다는 논대로 두는 것이 유리한 경우도 있다.

4.4.2 수온상승시설의 종류

가. 저수형 온수지

저수와 수온상승의 두가지 목적을 겸한 것으로 골짜기를 댐으로 막아서 수시로 표층수를 취수한다. 표수층, 변수층, 심수층이 형성되는데다가 늘 취수하는 것이 아니므로 수온상승도, 열효율 등은 유수형 온수지와 똑같이 생각할 수 없다. 이들 층의 두께나 수온분포는 못의 크기와 기후조건 등에 따라서 다르지만 보통 표층수의 온도는 평형수온에 상당히 가까워 지고 있다. 그러나 취수할 경우 표수층하의 냉수가 혼입할 때는 표층수온보다 저온의 물이 유출하게 된다.

그러므로 수온상승시설로서의 저수형 온수지에서는 온수취수장치에 주로 문제가 있으며 이에 대해서는 4.5 [온수취수시설]에서 상술한다.

나. 유수형 온수지

유수형 온수지는 저수를 목적으로 하지 않고 유입 유출량이 거의 같으며 형태와 구조상으로 2종으로 대별한다.

하나는 저수형과 같이 골짜기를 댐으로 막는 것으로서 관개기간중 상시 유입, 유출이 다루어 진다. 일반적으로 수심은 5~9m 정도, 체수일수는 수일 정도의 것이 많다. 저수형과 같이 표수층, 변수층, 심수층을 형성하나 수심 5~9m 정도의 적은 못에서는 표수층 두께는 약 0.5m이고 평형수온의 80~90%의 수온으로 되어 있다. 수온특성은 오히려 저수형 온수지와 비슷하므로 문제는 역시 표층취수 방법에 있다.

다른 형의 것은 대체로 평지에 축조되며 그 규모는 저수형에 비하여 일반적으로 작다. 수심은 0.5m~1.8m, 체수시간은 10~30시간의 것이 많다. 유량은 0.5m³/s 정도이고 1m³/s 이상의 것은 극히 적다. 형태는 대체로 장방형을 이루고 물은 단변에서 들어가 다른 단변으로 흘러 나간다. 최근의 온수지는 물이 정체하여 사수역을 만들지 않고 흐름을 균일하게 하기 위하여 몇 개의 월류보

에 의하여 분할되어 있다. 다만 각 월류보 바닥 및 마지막 유수구토제에는 물 빼기 수문을 설치하여 논 낙수후에는 못안의 물을 전부 빼도록 하는 것이 좋다.

다. 온수로

온수로는 수로형식의 수온상승시설로서 본질적으로 유수형 온수지와 다르지 않으며 형태가 온수지에 비해서 단변이 짧고 장변이 극히 길다는 차이가 있을 뿐이다. 다만 이 때문에 유하방향에 대한 단면적이 작고 일정한 유량의 경우 온수지에 비하여 유속이 크다.

온수로에는 온수지와 유사한 외형을 가지고 토제에 의해서 내부를 칸막이한 우회수로와 용수로의 나비를 넓혀서 물 면적을 크게 한 광폭수로가 있다. 우회수로는 사수역이 의외로 클뿐더러 토제로 인해서 쓰지 못하는 땅이 생겨 일반적으로는 유리한 시설은 아니다. 이 못쓰는 땅은 물면적의 40% 이상 미치는 경우도 있다.

같은 면적에 시공한다면 온수지가 물면적을 크게 차지하고 또 효율을 좋게 할 수 있다. 이와 반대로 광폭수로는 사수역이 없고 전술한 바와 같이 유속이 빠르니까 수괴의 상하혼합이 잘 되어서 대단히 효율이 좋다.

넓은 온수지, 우회수로 등에서는 기온저하가 생겨 인근의 기후에 다소의 영향을 주지만 광폭수로에서는 이와 같은 기후변화는 거의 볼 수 없다.

4.4.3 수온상승시설의 열효율과 구조

가. 열효율

못의 수면적과 유량이 주어졌을 때 평균수온상승도는 수심이나 체수시간보다는 수열면적(일사 또는 공기에서 열을 받는 면)이 클수록 커진다. 따라서 만일 못(수로)의 일부에 물이 정체해 있으면 그 부분은 흐르는 물이 아니므로 이 못(수로)의 수열면적은 적고 수온상승도 작다.

다음에 수열면의 온도가 낮을수록 상승도는 크다. 실제로 수면온도는 수중 온도보다 높아지기 쉬우니까 상하혼합을 충분히 하여 깊이에 따른 수온차가 생기지 않도록 하는 것이 좋다. 위와 같은 조건이 성립될 때 온수지(로)는 이상적인 상태에 있으므로 동일한 외형조건하에서 수온상승이 가장 크다. 식 (1.4.25)에 표시한 수온상승도 $(\theta_w - \theta_0)$ 가 이와 같은 조건하의 경우이다.

그러나, 실제 온수지(로)는 이상적인 상태는 아니므로 식 (1.4.25) 에다 그 지구의 기상조건을 대입하여 계산한 수온상승도보다 작은 값을 취한다. 이 상

승도와 식 (1.4.25)의 상승도의 비를 백분율로 표시하여 열효율(Ψ)이라 정의하면 Ψ 는 온수지에서 약 80~90%, 광폭수로에서 거의 100%이다.

따라서 기상조건과 구조조건을 주어 온수지 또는 우회수로의 수온상승도를 계산한 경우 실제는 그의 80%라고 생각하는 것이 안전하다. 다만 광폭수로에 있어서는 이와 같은 고려는 불필요하다. 또 기상조건과 계획수온 상승도로부터 구조조건을 계산할 때에 계획수온 상승도는 20% 정도의 여유를 두는 편이 안전하다.

기설 온수지에서 실제의 수온상승을 측정하는 경우, 장기간의 관측치 평균을 사용하지 않으면 수온상승도의 오차가 크게 된다. 그러므로 단기간의 관측치를 사용할 경우에는 다음 식에 의하여 실제의 상승도 $\Delta\theta_p$ 를 구한다.

$$\Delta\theta_p = \frac{1}{q}(B'_w + A \cdot B_w) \dots\dots\dots(1.4.28)$$

- 여기서, B_w : 저열량의 변화(cal/m²/s),
- B'_w : 관측기간의 평균수평이동열량(cal/s)
- A: 수면적(m²),
- q: 유량(m³/s)

나. 열효율을 좋게 하는 구조

열효율을 좋게 하는 구조는 사수역을 만들지 않을 것과 물의 상하혼합을 좋게 하는 것이다. 우선 사수역을 만들지 않으려면 우회수로를 하지 말고 광폭수로 또는 얇은 온수지 등으로 하는 것이 좋다.

온수지의 경우에는 유입·유출부에 월류보를 설치하여 그림 1.4.7와 같이 정류지와 승수로를 설치하여 한 지점에서 유입하고, 한 지점에서 유출되는 것을 피하는 것이다.

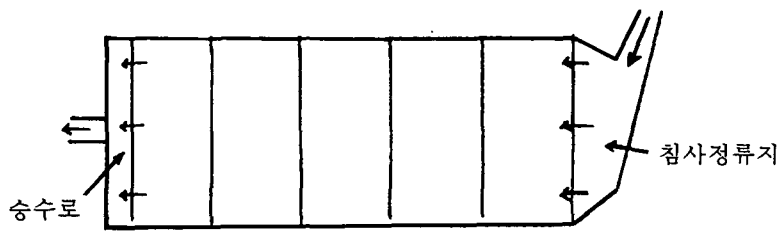


그림 1.4.7 유수형 온수지

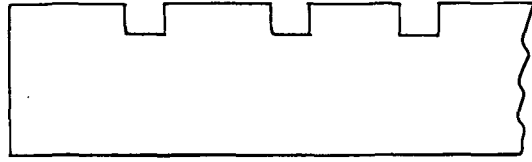


그림 1.4.8 월류보 상부를 파낸 부분

그림 1.4.7과 같이 온수지안에 월류보를 설치하고 전면월류시킴으로써 물이 일부에 정체하는 것을 방지할 수 있다.

월류보는 물론 완전히 수평이어야 하지만 그래도 바람 등의 영향을 받아 일 부분에서만 월류하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 월류보 상부에 그림 1.4.8과 같이 파놓는다. 이것은 수m 마다 적당한 모양으로 깊이 3~4cm 나비 10~15cm 정도로 파놓으면 좋다. 온수지는 복잡한 형을 피하고 장방형으로 하는 것이 좋다. 월류보에 의해 둘러싸인 각 유수구(遊水區)도 유하방향으로 짧은 장방형이 되는 것이 좋다. 월류보는 여러개 만들어도 이 저수지에 경사를 갖도록 할 수 있고 비용도 그다지 많이 들지 않는다. 다음에 물의 상하혼합을 좋게 하기 위해서는 못을 깊게 하지 않는 것이 좋다. 수심 2m쯤 되는 경우에는 수면부근과 바닥의 수온차가 2℃쯤 되지만 0.9~1m에서는 대체로 1℃ 이내로 차이가 있다. 또 월류보는 상하혼합 효과도 있다. 월류보의 바로 앞에서 못 단면의 각부에서 물이 모여서 월류하는 까닭에 여기에서 혼합되지만 월류한 물은 다음의 유수구의 따뜻한 물의 하층에 흘러들어 간다.

폭넓은 수로와 같이 상하혼합이 완전한 경우를 제외하고는 온수지에서 한낫 수면은 아무래도 하층보다 고온이 된다. 물의 유하방향과 풍향이 일치하면 표면의 따뜻한 물은 월류보로부터 유출하지만 방향이 반대일 때에는 물의 환류가 생겨서 찬물이 넘어간다. 따라서 온수지의 유하방향은 관개기간의 상풍(常風)방향과 일치하도록 계획하는 것이 좋다. 온수지(로)의 주위에 방풍림을 설치하느냐 토제를 만드느냐 하는 것은 여러 관계를 확인한 뒤에 판단해야 한다.

4.4.4 수온의 일변화와 구조

온수지에서 유출수온의 일변화를 조절하는 것은 그 지구의 비와 기상조건에 맞는 수온을 관리하는데 필요하다. 일반적으로 수심이 깊을수록 또는 체수시간이 길수록 유출수온의 일변화폭은 작아진다고 생각되고 있으나 반드시 그렇지 않다.

수온의 일변화의 조절을 위해서 ① 야간의 관개수온을 높이려면 수심을 깊게 하고(1m 정도) 체수시간을 길게(20시간 이상) 하는 것이 필요하며 이것은 유수형 온수지형식이다. ② 한낮의 관개수온을 높이려면 수심을 아주 얇게 하고(40cm 이하) 체수시간을 길게 할 필요가 있으며 이것은 온수로형식이다.

4.5 온수취수시설

4.5.1 온수취수의 이론

4.1.3 호소 및 저수지의 수온에서 설명된 바와 같이 실제 저수지의 관개기 수직수온분포를 보면 수면 가까이에서 수온이 급승하고 약층의 발달이 현저하며 수층은 연직 방향에 안정되어 있는 것이 보통이다. 따라서 온수취수는 밀도차에 의한 불연속면을 갖는 두 층 사이의 흐름으로 취급하는 쪽이 타당하다.

그림 1.4.9와 같이 수온 T_2 , 밀도 ρ_2 , 동점성계수 ν_2 의 靜水위에 수온 T_1 ($T_1 > T_2$), 밀도 ρ_1 ($\rho_1 < \rho_2$), 동점성계수 ν_1 의 표층수가 있어 이 두 층이 안정성층을 이루고 밀도가 작은 표층수가 고른 유속 V_1 으로 흐름 경우를 생각한다.

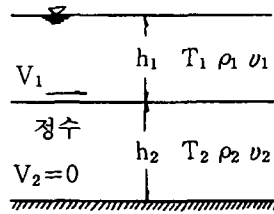


그림 1.4.9 한계유속의 설명

두 층의 접촉면에서 혼합이 일어나지 않은 조건, 즉 상층의 흐름이 하층수를 흡수하지 않으려면 $V_1 < V_c$ 이면 된다. 이 V_c 는 한계유속이며 G.H. Keulegan의 반경험식에 의하면 다음 식과 같이 표시된다.

$$V_c = \frac{1}{\theta} \left(\frac{\nu_2 g \Delta \rho}{e_1} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (1.4.29)$$

- 여기서, ν_2 : 하층의 동점성계수
- g : 중력가속도
- $\Delta \rho$: 상하층의 밀도차 ($\rho_2 - \rho_1$)
- θ : 무차원량으로 실측에 의해 결정되는 정수

표층수의 깊이 h_1 과 V_c 에 관한 Reynolds수 $Re = V_c \cdot h_1 / \nu_1$ 이며

$$Re < 450 \text{ 일 경우 } \theta = 0.127$$

$$Re > 450 \text{ 일 경우 } \theta = 0.178$$

이제 $V_c = 1\text{cm/s}$, $h_1 = 140\text{cm}$ 라면 7°C 인 물에서는 $\nu_1 = 0.014\text{cm}^2/\text{s}$ 이므로 $Re > 450$ 로 되기 때문에 식 (1.4.29)의 $\theta = 0.178$ 을 채택해야 한다.

1기압에 있어서 수온에 의한 물의 밀도와 동점성계수는 표 4.7 과 같다. 상술한 한계유속 V_c 를 구하려면 $T_2 = 7^\circ\text{C}$ 로 하고, $\nu_2 = 0.014\text{cm}^2/\text{s}$, $g = 980\text{cm}/\text{s}^2$ 로 놓고 T_1 을 각각 12, 17, 22, 27, 32°C 로 하는 경우 식 (4.29)에서 V_c 를 산출하면 표 1.4.8 과 같이 된다. 상층 수온이 높아질수록 V_c 의 값은 커지므로 상하 두 층의 수온차로 정해지는 V_c 이하의 흐름에서는 경계면은 흐트러지지 않게 되어 저수지에서 표층수 취수가 가능하게 된다.

표 1.4.7 온도에 따른 물의 밀도와 동점성계수 (1기압)

온도 ($^\circ\text{C}$)	0	10	20	30	40
ρ (g/cm^3)	0.99987	0.99973	0.99823	0.99568	0.9922
ν (cm^2/s)	0.0179	0.0131	0.0101	0.0080	0.0066

표 1.4.8 $T_2 = 7^\circ\text{C}$ 에 대한 한계유속

T_1 ($^\circ\text{C}$)	7	12	17	22	27	32
V_0 (cm/s)	0.0	1.0	1.4	1.7	2.0	2.3

한계유속 V_c 를 구하는 식은 상층이 고른 유속을 갖는 경우이다. 수평유속이 수직방향에 기울기를 갖는 표층수의 흐름의 경우에는 경계면 부근의 유속분포만으로 경계면의 흐트러짐이 발생된다. 따라서 수면 가까운 곳의 유속이 V_c 보다 크더라도 경계면의 유속이 한계유속 이내이면 하층의 고밀도 냉수의 혼합은 일어나지 않는다. 실제로 저수지에서 취수량이 커지면 취수구 부근에서는 약층의 경계면이 상하로 이동되는 수가 있다. 이것은 표층수와 동시에 하층의 냉수도 취수하고 있기 때문이다. 또 저수지의 수온수직분포를 측정할 때 약층의 경계면 부근에서 수온변동이 심한 것과 주기적으로 수온의 변동이 있음을 알 수 있지만 이것은 경계면 부근의 교란에 의한 것과 약층이 현저할 때

에 경계면에 일어나는 내부파에 의한 것으로 생각된다. 이상과 같이 온수취수 시설로서는 취수구에서의 유속이 한계유속 이상 되지 않도록 적정량을 취수하는 것이 바람직 하지만 약층의 형성이 현저하지 않을 경우 혹은 취수량이 커서 취수심이 표층의 깊이보다 커질 경우(발전용 댐에서 이런 예가 많다)에는 하층의 냉수도 혼입하게 되기 때문에 취수온은 표층온수보다 낮아진다.

4.5.2 온수취수시설

표층수 취수시설이라 할지라도 저수지의 성격, 수온성층상태, 취수량에 관계되는 제요소를 충분히 검토하지 않고 시설된 것도 있으므로 계획대로 효과를 보지 못하는 것도 있다. 농업용 저수지에서는 표층 취수시설을 하는 것이 일반적이지만, 다목적댐이나 발전용댐에서도 필요에 따라 표층 취수시설을 하는 경우가 많다.

온수취수시설은 floating형, 월류형, 오리피스형 등이 있으며 이들 온수취수 시설의 구체적 형식은 농지개량사업설계기준 필댐편 6.2.1(P.224)를 참고한다.

Floating형(伊藤式)은 일본에서의 성과시험결과 1965년 현재 $0.6\text{m}^3/\text{s}$ 까지의 취수량에서는 아주 좋은 성적을 얻었으나 취수량이 큰 경우와 기타 형식의 온수취수시설에 대한 성적은 알려져 있지 않다.

월류형은 큰 댐에서 많으며 월류심이 2m 이내이면 표층취수를 기대할 수 있으나 월류심이 5m 내외에서는 취수부 이하의 냉수도 다량으로 취수된다. 공구형(孔口型)에서는 일반적으로 작은 취수량에 한해서 온수취수가 가능한 경우도 있으나 대유량 취수에서는 동시에 2개이상의 취수구를 작동하는 관계로 표층취수의 효과를 기대할 수 없다.

오리피스형은 취수량이 큰 발전댐에 많이 설치되며 조작면에서 월류수심을 일정하게 유지하는 자동조절장치를 갖는 것과 빈지식이 있다. Orifice형은 옛날부터 크고 작은 농업용저수지에 주로 설치되고 있으며 관개기에 온수취수를 위하여 취수심을 일정하게 유지되도록 자동적으로 오르내리는 조절 gate를 넣은 것도 있다.

4.6 수온상승효과

4.6.1 낮은 수온의 영향

하천이나 저수지에서 취수되는 냉수는 일반적으로 초여름에 특히 낮은 온도이고 7, 8월에는 좀 승온되므로 그것을 받는 논은 주로 생육지연형의 장애를

받는다. 이와 반대로 지하수 또는 용출수와 같이 7, 8월경까지도 승온되지 않는 냉수는 그것을 대는 논외 물꼬 부근에 생육장해를 일으키기 쉽다. 여름철 한파가 닥쳐올 때는 수온의 저하로 말미암아 생육이 일시 정지하거나 불임장해가 일어난다. 이 저온 장해는 용수의 저온과 달라서 논 전면에서 고르게 일어나지만 물꼬 부근에서는 용수저온으로 인한 생육지연과 중복하여 장해가 증대하는 수가 많다.

논 수온과 벼의 불임발생의 관계는 품종에 따라 다르며 그림 4.10의 A는 일본 북해도 旭川에서, B는 京都에서 얻은 시험결과이다. 시험논의 일단에서 냉수를 내리 흘리고서 수온(식부부터 출수까지의 평균치)이 다른 위치의 벼의 불임률을 조사한 것이므로 기온과 일조 등은 각각 일정하다.

A에서는 평균수온 19°C 이하에서는 완전불임, 23°C 이상은 불임에 관계없으며, A, B 모두에서 약 1°C의 수온저하가 불임률 20%에 상당하는 것으로 나타났다.

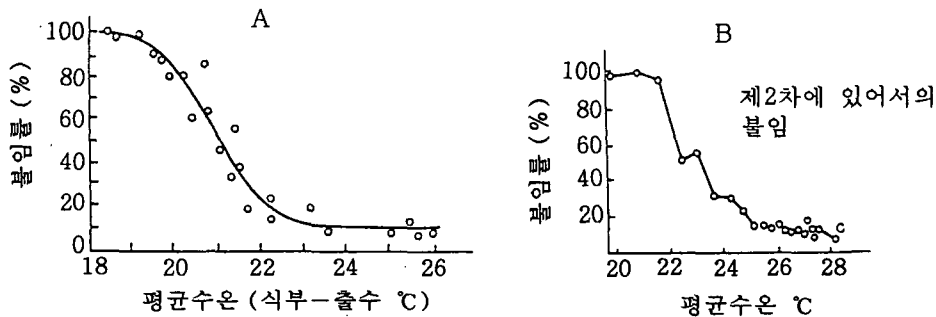


그림 1.4.10 이양, 출수간 평균수온과 벼의 불임률

4.6.2 냉수관개에 의한 벼의 감수

한 물꼬에서 관개되는 전체면적에서 냉해피해가 없을 때의 수확량과 냉수관개로 인한 감수량의 비율을 냉수피해율이라고 한다. 수온이 낮으면 명백하게 피해율은 증대하며, 대략 23°C 부근에서 냉수피해율이 영이 되는 것으로 추측된다.

4.6.3 연속관개 논에서의 용수승온의 증수효과

가. 냉각량의 개념

연속관개를 하는 논에서 냉수에 의한 냉각은 물의 냉수도(t)와 관개량(I)의

곱으로 나타난다. 여기서 냉수도란 다음과 같이 정의된다. 냉수도(t)=한계수온 23℃-평균용수온도(T℃). 그리고 냉각량 I·t 와 냉수피해율 R (%)와의 관계는 다음 식 (1.4.30)으로 표시 할 수 있다.

$$R = 0.025 I \cdot t - 0.907 \dots\dots\dots(1.4.30)$$

여기서, I : 관개량(mm/d), t : 냉수도(℃)

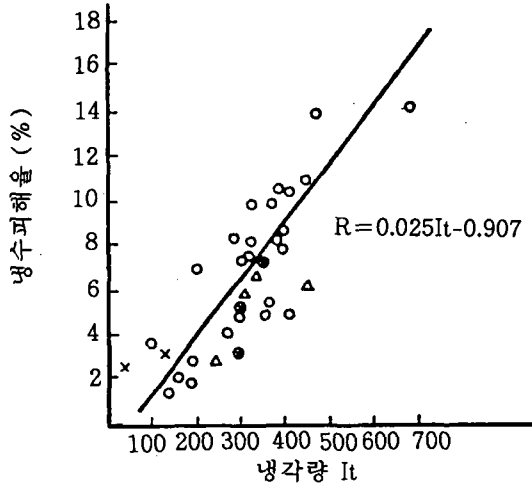


그림 1.4.11 냉각량과 냉수피해율

나. 용수온 1℃ 상승 또는 하강의 영향

지역마다 냉수피해에 관한 정확한 측정이 적으므로 상기의 냉각량과 피해율의 관계식을 써서 연속관개 논의 용수온도가 1℃ 변할 때의 피해율의 증감을 다음과 같이 구한다.

$$\Delta R = \frac{dR}{dt} = 0.025I \dots\dots\dots(1.4.31)$$

여기서, ΔR : 피해율 증감(%), I : 관개량(mm/d)
즉, 온도 1℃ 증감에 따른 피해율의 증감은 관개량에 따라 표 1.4.9 와 같아진다.

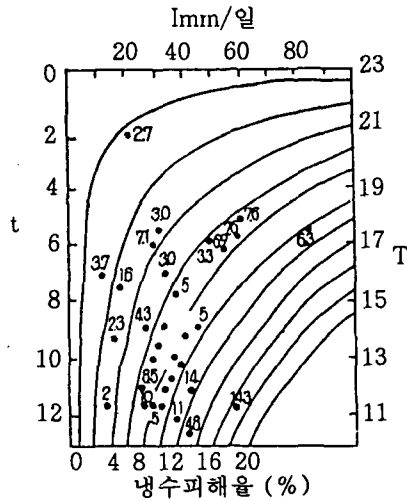


그림 1.4.12 I, t(T)와 냉수피해율 곡선

표 1.4.9 평균 용수온이 1°C 변할 때의 피해율증감(%)

관 개 량 I (mm/d)	20	40	60	80	100
피해율 증감 (%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

예를 들면, 평균수온(T) 16°C (t = 7°C)의 물로 1일 50mm 연속관개할 때의 냉수피해율은 그림 1.4.12에서 8%이다. 온도가 1°C 내려서 15°C가 될 때에는 피해율은 1.25% 증가하여 9.25%로 된다. 관개량 1mm/d의 변화에 따른 피해의 증감률은 다음 식과 같다.

$$\Delta R = \frac{dR}{dT} = 0.025t \dots\dots\dots(1.4.32)$$

관개량 1mm 증감시의 피해율 증감은 온도에 따라 표 1.4.10과 같이 된다.

표 1.4.10 1일 관개량이 1mm 증감하였을 때의 피해율의 증감(%)

평균수온 T (식부~출수)	23	20	17	14	11	8
냉 수 도 (t)	0	3	6	9	12	15
피해율의 증감 (%)	0	0.075	0.15	0.23	0.30	0.38

다. 수온 1℃의 변화와 동일한 영향을 갖는 관개량 (mm/d)의 변화

수온이 변할 때의 피해율의 변화량 $\Delta R(t)$ 과 관개량 I mm/d에 대한 $\Delta R(I)$ 의 비율은 I/t 이므로 수온 1℃의 상승과 동일한 효과를 표시하는 관개수량변화를 알 수 있다.

예를 들면, 수온 15℃ 관개수심 40mm의 논에서는 수온 1℃ 높이는 것과 관개량을 5mm 절감하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 수온이 낮은 곳일수록 온도 1℃ 상승과 동일한 효과를 관개량 절감으로서 얻을 수 있다는 것은 주목해야 할 일이다.

제 5 장 사업효과

5.1 관개사업의 효과

투자효과를 어떤 관점에서 어떤 방식으로 어떤 서식에 의거 어느 정도로 포착할 것인가에 관해서는 많은 의견이 있을 것이나 여기서는 투자효과 분석업무의 최대공약수를 찾기 위해 농업생산기반정비사업 평가의 일반적인 항목, 방법 및 서식을 예시하고자 한다. 물론 투자효과분석은 사업 성격별 및 유형별로 분석의 정도와 분석방법의 시각을 달리 할 수 있으나 여기서는 농촌용수 사업에 대한 투자효과분석의 일반적인 기법을 제시하고자 한다.

5.1.1 지목변경 효과

관개개선사업시행으로 가장 먼저 나타나는 효과는 농지의 지목변경과 생산조건이 개선되는 점이다. 즉, 수리불안전답에서 안전답으로 변화됨은 물론 지목이 밭에서 논으로, 임야에서 논·밭으로, 유지, 기타의 잡종지가 논으로 변경되어 토지생산성을 높일 수 있게된다. 이와같이 지목이 변경되어 농지의 생산기반조건이 개선되는 것을 지목변경 효과라 한다.

사업시행으로 기존농지가 폐기되는 경우 즉, 저수지, 용배수로, 기타 구조물 설치로 인하여 경지의 기능을 상실하게 되는 농지를 폐폐농지라 하며 폐폐농지는 시행 전 면적에 포함시켜야 하며 시행 후에는 기타면적으로 처리되어야

표 1.5.1 시행 전후 지목별 면적

(단위 : ha)

구 분	시행전	시 행 후					소 계	기 타	계
		경 지 정리답	관 개 개선답	배 수 개 선	향 후 개 발				
답	안전답	65	60				60	5	65
	불안전답	1,249	640	550			1,190	59	1,249
	배수불량답								
밭	565		478				478	87	565
임 야	112		17				17	95	112
기 타	214		4				4	210	214
계	2,205	700	1,049				1,749	456	2,205

주) 폐폐지 면적 : 151ha(답 64ha, 전 87ha)

한다. 사업시행 전후의 지목 변경표를 예시하면 표 1.5.1과 같다.

5.1.2 작부체계 개선 및 농지이용률 제고

지목이 변경되고 농지의 경작조건이 개선됨으로써 고수익성 작물재배가 가능케 되고 연간 다기작이 가능케 되는 등으로 사업시행 후 작부 체계가 달라지는 상황을 작부체계 개선효과라 한다. 시행 전 임야 또는 잡종지로 방치되었을 때는 작물을 재배할 수 없었으나 지목이 논으로 바뀌어 벼를 재배할 수 있거나, 비수익성 작물밖에 재배할수 없던 밭에 관개를 함으로써 경제작물을 재배할 수 있게 되며, 밭을 논으로 바꾸어 비관개의 밭상태에서 일반 밭작물보다 수익성이 높은 수도 및 답리작물을 재배하는 효과를 관개개선에 의한 작부체계 개선효과라 한다.(표 1.5.2 참조).

한편 관개배수조건이 개선됨으로써 이모작 후에 수도작기 이양이 가능하게 되며 답리작물재배가 가능하게 된다. 따라서 관개개선사업은 영농시 제약인자를 해소시켜줌으로써 농지의 이용률이 제고된다. 이때의 농지이용률은 백분율로 나타내며 식 (1.5.1)에 의한다.

$$\text{농지이용률(\%)} = \frac{\text{식부 연면적}}{\text{농지의 절대면적}} \times 100 \dots\dots\dots(1.5.1)$$

5.1.3 단위 수확량 증가

가. 사업시행 전후의 수확량 추정

사후평가에서의 수확량 추정은 현지 실측자료를 얻을 수 있지만 사전 타당성 평가에서는 사업시행 전 상태가 개발대상지와 유사한 조건이고 이미 시행된 인근 사업지역에서 얻은 조사자료를 기초로 추정하는 것이 보통이다. 때로는 공신력이 있는 시험성적이나 사후평가 자료 및 정부의 통계자료를 기초로 하여 추정하는 경우도 있다. 추정한다는 것은 어느 정도의 오류를 감수해야 한다. 특히 두가지 이상의 복합사업이 실시되는 경우에는 실적자료의 미비로 각 사업효과를 분리하기가 사실상 곤란하다. 예컨대 농업용수개발사업은 대개 경지정리사업을 병행하게 되는데 이런 경우 두가지 사업을 분리하여 효과를 추정한다는 것이 사실상 어렵고 두가지 사업을 묶어서 효과를 계측할 수 밖에 없다. 그러나 경지정리사업과 관개배수사업은 수확량 증가폭이 다르므로 지목 변경표에서부터 따로 구하여 계산하여야 하며 생산비 분석표에서도 노동력절감, 비료 증시 등 비목별로 차등을 두어 계산하여야 한다.

표 1.5.2 작부체계

a) 시행 전 작부체계

구분	작부체계		수리답		불안전답		계	
	전작	후작	면적(ha)	구성비(%)	면적(ha)	구성비(%)	면적(%)	구성비(%)
논	벼	-	49	75.4	962	77.0	1,011	76.9
	"	대·과맥	7	10.7	130	10.4	137	10.4
	"	감자	2	3.1	30	2.4	32	2.4
	"	마늘	2	3.1	38	3.0	40	3.1
	"	딸기	3	4.6	45	3.6	48	3.7
	"	채소	2	3.1	44	3.6	46	3.5
	계		65	100	1,249	100	1,314	100
밭	대·과맥	대두	108	19.2				
	"	고구마	87	15.4				
	"	참깨	18	3.2				
	연초	-	17	3.0				
	"	채소	24	4.2				
	"	대두	80	14.2				
	고추	-	183	32.4				
	감자	채소	24	4.2				
	채소	채소	24	4.2				
	계		565	100			565	
합계		630		1,249		1,879		

주) 켈페지 면적 151ha(논 64ha, 밭 87ha)가 포함되어 있음.

b) 시행 후 작부체계

구분	작부체계		관개개선		경지정리		계	
	전작	후작	면적(ha)	구성비(%)	면적(ha)	구성비(%)	면적(ha)	구성비(%)
논	벼	-	494	47.1	329	47.0	823	47.1
	"	대·과맥	220	21.0	147	21.0	367	21.0
	"	감자	84	8.0	56	8.0	140	8.0
	"	마늘	104	9.9	70	10.0	174	9.9
	"	채소	84	8.0	56	8.0	140	8.0
	"	딸기	63	6.0	42	6.0	105	6.0
	계		1,049	100	700	100	1,749	100
합계								

주) 사업시행 후 밭은 없어짐.

나. 수확화 속도

농작물 수확량은 기후·토양 등 자연조건과 비료·농약 등 투입재의 사용수준, 농지기반조건, 재배기술수준 등 수 많은 복합적 요인에 의하여 결정된다. 수확량예측은 이러한 요인을 하나 하나 고려하는 것이 이상적이겠으나 현실적으로는 개별적 요인과 복합적 요인의 상호작용에 의하여 나타나는 유기적 효과이므로 이를 명확히 구분하여 어떤 수치를 단적으로 제시한다는 것은 무척 어려운 일이다. 따라서 개발 후의 단위당 수확량을 객관성있게 예측하기 위해서는 첫째 사업시행 후 농지가 정상적 지력을 발휘하여 완전산출수준에 도달하기까지 몇 년이 소요되는가? 둘째 무엇을 기준으로 사업내용 기간 중의 변동을 예측할 것인가? 셋째 사업외 요인과 병행사업에 의한 증가효과를 어떻게 추정할 것인가를 제시해야 한다.

농업생산기반정비사업의 효과를 구현하는 정도는 사업의 종류, 토양조건, 공사의 정도, 사후관리정도에 따라 다르겠지만 일반적으로 완공 직후부터 효과가 완전히 나타난다고 볼 수는 없고 보통 완공 후 초기단계에는 단위수량이 낮으며 때에 따라서는 (특히 경지정리사업) 시행 전보다 단위수량이 낮은 경우가 있다. 어느 정도의 시일이 경과하여 지력이 증진되고 작부구조의 변화에 적응한 후에 비로소 기대효과가 완전히 나타난다고 봐야한다(표 1.5.3).

다. 사업외 요인에 의한 증수

농작물의 단위 수확량은 전술한 바와 같이 여러 가지 복합적 요인에 의하여 결정되는 것이므로 특정사업(예 관개개선사업)의 시행여부와는 관계없이 품종개량, 영농기술향상 등 사업외적 요인에 의하여 매년 수량이 증가추세에 있다. 사업을 시행하지 않더라도 단위 수량은 어느 정도 증가하고 있으므로 사업시행 시의 수량과 사업불시행 시의 수량을 대비하여 나타낸 수량이 사업의 증수효과라 할 수 있다.

농업생산기반정비사업에는 사업시행 전후 작목이 크게 달라지지 않고 단위 수확량만이 증가하는 관개배수개선사업, 시행전에는 농작물을 전혀 재배하지 않다가 작물을 재배함으로써 단위 수확량이 새로 창출되는 개간 간척사업, 표토의 파괴·이동으로 초기에는 농지이용률도 낮고 감수되는 경우가 있으나지력의 회복단계를 지나면 오히려 지력갱신효과까지 일어나 크게 증수되는 경지정리사업 등이 있다.

이와 같이 사업의 종류에 따라 다르겠지만 만일 사업시행 전과 시행 후의 재배작물이 같다고 하면 당해 사업이 시행되지 않더라도 다른 증수요인에 의

하여 단위 수확량이 증가되었으므로 시행 후의 증가추세와 상쇄되어 개발에 의하여 증수되는 분량은 사업내용(事業耐用) 기간동안 매년 일정하게 된다. 따라서 다른 요인에 의한 증가추세치는 구태여 계산할 필요가 없고 사업시행 전 후 평균 수확량은 일정수준으로 고정시켜 계산하는 것이 일반적이다.

표 1.5.3 개발형태별 작물별 개발효과 발생속도

개발형태별	작물별	연차별구현율 (%)				
		1	2	3	4	5
관개개선 배수개선	미곡	100				
	미곡	100				
	맥류	100				
경지정리 간척	미곡	92	97	100		
	미곡	53	73	90	95	100
개간 개답	보리	55	78	90	100	
	미곡	70	80	90	100	

5.1.4 생산비 절감

생산비는 사업의 종류와 정도에 따라 다르지만 일반적으로 사업시행 후 제물재비는 증가하고 인건비는 절감된다. 관개배수개선사업의 경우 시행 전에 비하여 시행 후에 관개배수관리에 투입되던 노동력이 크게 줄어들게 되지만 시행 후에는 조합경상비와 시설물 유지관리비를 별도로 부담하여야 하는 문제가 발생하게 된다.

한편 시행 후에는 지력증진 또는 의욕적인 영농을 위하여 비료(특히 퇴비), 농약등자재비를 증가투입하는 것이 일반적이며 그리고 증수에 따른 수확·탈곡비와 도정비는 증가되는 것으로 보아야 한다. 그런데 문제는 단위당 증가투입정도를 어느 기준에 의거 추정할 것이냐 하는 점이다. 계산의 편의상 비료, 농약 및 자재비는 10% 증가투입으로 보고, 탈곡비는 수확물에 대한 일정비율(미곡은 3.5% 맥류는 10%)로 산정하는 것이 일반적이다.

5.1.5 기타 효과

위에서 서술한 바와 같이 관개배수개선사업의 일반적 효과는 물관리개선에 의한 단위 수확량 증대와 경지이용률의 증대·작부체계개선, 노동력 절감 등

을 꼽는다.

그러나 관개배수개선사업은 일반적으로 단독사업인 경우보다는 복합사업인 경우가 많고 환경보전, 생태계유지, 지역경제활성화, 삶의 질 향상 등의 효과가 더 많으므로 위에서 열거한 효과외에 부수적 효과가 더 많다고 볼 수 있다. 농업생산기반정비사업의 효과를 대별하면 측정가능 효과와 비가측적 효과, 그리고 역효과로 구분되며 각 항목별 효과를 세분하여 보면 다음과 같다.

가. 측정가능 효과

1) 직접효과

- ① 1차효과 : 증산, 생산비절감, 농산물 질의 향상
- ② 2차효과 : 생활 및 공업용수개발, 육운개선
- ③ 3차효과 : 조립, 토양보존, 공단조성

2) 간접효과

- ① 고용증대 : 공사중 고용 및 시행 후 경작지 투입 고용증대
- ② 국토확장 및 농지확장
- ③ 식량자급 및 양어증식
- ④ 외화절약(수입시를 가정)
- ⑤ 투자파급효과(연관산업 부흥효과)
- ⑥ 관광지 조성효과(낚시터, 수상 리크리네이션 등)
- ⑦ 경기 부양 효과

나. 비가측 효과

1) 사회적 효과

- ① 농민의 사회적 지위 향상 및 영농의욕 증진
- ② 기술발전

2) 주민 관련 효과

- ① 복지증진 효과
- ② 삶의 질 향상
- ③ 한·수해 예방

3) 기타 사회적 변화

- ① 지역경제 활성화에 기여
- ② 과학영농 의욕 고취

다. 역 효과

- ① 궤폐지의 감수(減收) 및 공사 중 작물 피해
- ② 양식장 및 염전의 매몰
- ③ 생태계의 파괴

5.2 효과분석의 기준

5.2.1 효과분석의 법적 근거

관개개선사업에 대한 타당성검토(특히 효과계측)는 농어촌정비법 및 동법 시행령과 농림사업 실시규정에 준하여 시행한다.

농어촌정비법 및 동법 시행령

- 제5조(농업생산기반정비사업의 원칙)
- 제6조(농업생산기반정비사업계획 및 예정지조사)
- 제7조(농업생산기반정비사업기본계획)
- 제8조(농업생산기반정비사업시행계획수립)

농림사업 실시규정(농림부 훈령 제877호)

- 제29조(신규사업의 선정제한)

5.2.2 효과분석 지표

가. 수익성분석의 기법

투자효율이란 투자의 상대적 가치를 판단하는 기준이다. 투자효율계측 방법에는 사업으로 인한 투입 및 산출을 할인에 의하지 않는 방법과 할인에 의하여 계측하는 방법의 두가지로 구분할 수 있다. 먼저 사업의 비용 및 편익을 현재가치로 할인하지 않는 경우의 투자효율을 분석 방법에는 ① 관찰에 의한 우선순위결정법, ② 순지출비용의 1원당 평균수입법, ③ 연평균 지출비용 1원당 수입법, ④ 투자장부상의 연평균 소득법 등이 있다. 이들의 공통적인 결점은 시간의 흐름에 대한 시한성과 수익차를 고려하지 못하는 점과 지나치게 단순하기 때문에 복잡한 여러 가지 사업계획에 대하여 엄밀한 분석이 곤란한 점이다.

다음으로 할인에 의하여 수익성을 측정하는 분석방법에는 ① 편익비용 비율(B/C Ratio), ② 회수기간법(PP), ③ 순수익의 현재가치(NPW), ④ 내부투자 수익률(IRR) 등이 있다.

현재의 1원과 장래의 1원이 갖는 화폐의 가치가 다르므로 비용과 수익의 흐름을 현재가치로 환산하여 시계열적으로 분석할 수 있는 점이 유리하다.

나. 순수익의 현재가치

순현재가치는 사업추진에 따라 장래에 발생될 순수익이 특정할인을 조건하에서 얼마의 현재가치를 나타내느냐 하는 것을 뜻한다. t년도의 수익과 비용을 각각 B_t , C_t 라 하고 r 를 할인율이라 할 때 사업의 기준연도(0차년도)부터 n년도까지의 순현재가치는 식 (1.5.2)에 의하여 구한다.

$$\text{순수익의 현재가치(NPW)} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \dots\dots\dots(1.5.2)$$

예를 들면, 표 1.5.4의 (1)란에서 할인율 12% 를 채택할 경우 사업의 NPW는 2,177천원이다. 즉 이 사업은 할인율 12% 조건하에서 투자된 모든 비용을 회수하고도 2,177천원의 순수익이 있으므로 사업시행이 가능한 것으로 볼 수 있다.

이 방법에 의한 투자결정은 투자결정 주체가 생각하고 있는 할인율에 의한 순현재가치가 정(+)으로 나타났을 때는 사업을 시행하고 그렇지 않을 때는 사업시행을 폐기하게 된다.

이 방법은 한정된 자원으로 여러가지 사업중의 일부만을 시행해야 할 경우 동일한 할인율에서 순현재 가치가 큰 것을 선택하게 된다. 이 NPW에 의한 투자결정은 투자규모가 큰 사업일수록 순현재가치도 크게 나타나는 것이 일반적이기 때문에 비록 투자규모는 작지만 수익률이 높은 사업이 폐기되기 쉬운 결점이 있다.

다. 회수기간법

회수기간법이란 사업의 순수익이 비용을 보상할 때 까지 소요되는 기간을 말한다. 다시 말하면 연차별 수익의 현재가치 누적액과 같아지는 기간이다. 이러한 회수기간법은 장래의 여건변동에 대한 불확실성 문제가 중요시되는 산업 부문이나 기업의 경우 또는 정치사정이 유동적인 국가에 대한 해외투자 사업의 경우에 이용된다.

라. 편익비용비율(B/C ratio)

편익비용비율은 사업으로부터 발생하는 총편익의 현재가치와 총비용의 현재

가치에 대한 비율을 말하며 식은 다음과 같다.

$$\text{편익비용비율} = \frac{\text{총편익의 현재가치}}{\text{총비용의 현재가치}} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \dots\dots\dots(1.5.3)$$

편익비용비율은 어떤 할인율로 할인했을 경우 편익비용비율이 1.0이상이나 1.0이하에 따라 사업시행여부를 결정하는 기준이 된다. 표 1.5.4에서 볼 때 12%의 할인율을 적용했을 경우 B/C ratio는 1.1로 사업시행이 가능한 것으로 생각할 수 있다. 그러나 편익비용비율은 계산과정이 현재가치를 내포하고 있으므로 사업으로 인한 편익이 조기에 발생할수록 유리한 사업으로 판정되고 편익이 서서히 증대하면 사업의 효과가 적다고 판단된다.

마. 내부투자수익률 (Internal rate of return)

내부투자수익률은 사업에 투입되는 비용이 사업기간동안 몇 %의 편익을 발생시킬 수 있는나 하는 연평균을 나타내는 방법은 다음과 같다.

① 연차별 수익의 현재가치 합계와 비용의 현재가치 합계를 같게 하는 할인율, 즉 편익비용비율을 1 로하는 할인율 r 가 바로 투자수익률이 된다.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} = 1 \dots\dots\dots(1.5.4)$$

② 연차별 사업순수익의 현재가치 (NPW)의 합계를 영이 되도록 하는 할인율 r 이 바로 내부투자 수익률이 된다.

예를들면 표 1.5.4에서 편익비용비율을 1로 하여 사업으로부터 발생되는 연차별 수익과 비용의 현재가치의 합계를 순수익의 현재가치를 영이 되도록 하는 할인율 18%가 바로 내부투자 수익률이 된다. 다시 말하면 이 투자사업의 내부투자 수익률 (IRR)은 18%이다. 상기 방법은 그림으로 설명하면 다음과 같다. Y축은 순현재가치를, X축은 할인율 그리고 PP' 는 순현재 가치를 나타낸다고 할 때 순현재가치는 할인율이 높을수록 낮아진다. 그림 1.5.1에서 현재가치 (NPW)선과 X축의 교차점 B의 X값 C_3 가 내부투자 수익률이 된다.

③ 투자수익률(IRR)을 구할 경우에는 시행착오에 의해 순현재가치를 정(+)으로 하고 할인율을 부(-)로 하는 할인율을 구해서 투자수익을 계산하는 보간법을 사용한다. 이 보간법에 의한 투자수익률 계산은 다음과 같이 한다. 그림 1.5.1에서 현재가치가 정인 B₁의 할인율 C₁인 때 순현재가치를 A₁ 이라하고 순현재가치가 負인 B₂의 할인율과 순현재가치를 각각 C₂, A₂ 라고 하면 이때 IRR 계산은 다음 식에 의한다.

표 1.5.4 소규모 관계사업

(단위 : 천원)

년 도	I										II					III				
	비 용				농 업 조 수 익	할인율 12%				할인율18%		수 익 현 가	중 가 수 익	할인율18%		사업순 수익	할인율 15%		할인율 20%	
	공 사 비	유 지 관 리 비	생 산 비	총 경 비		계수	비 용 현 가	계수	수 익 현 가	계수	비 용 현 가			계수	현 제 가		계수	현 제 가	계수	현 제 가
1	7,500	-	-	7,500	-	0.893	6,698	0.893	-	0.847	6,352	-	-7,500	0.847	-6,352	-7,500	0.870	-6,525	0.833	-6,248
2	6,000	-	-	6,000	-	0.797	4,792	0.797	-	0.718	4,308	-	-6,000	0.718	-4,308	-6,000	0.756	-4,536	0.694	-4,762
3	-	600	700	1,300	6,000	0.712	926	0.712	4,272	0.609	792	3,654	4,700	0.609	2,862	4,700	0.668	3,093	0.579	2,721
4	-	600	700	1,300	6,000	0.636	827	0.636	3,816	0.516	671	3,095	4,700	0.516	2,425	4,700	0.572	2,688	0.482	2,265
5	-	600	700	1,300	6,000	0.567	737	0.567	3,402	0.437	568	2,622	4,700	0.437	2,054	4,700	0.497	2,236	0.402	1,889
6	-	600	700	1,300	6,000	0.507	659	0.507	3,402	0.370	481	2,220	4,700	0.370	1,739	4,700	0.432	2,030	0.335	1,574
7	-	600	700	1,300	6,000	0.452	588	0.452	2,712	0.314	408	1,884	4,700	0.314	1,476	4,700	0.376	1,767	0.279	1,311
-								(0.452)	150	(0.314)		104	331	(0.314)	104	331	0.376	124	(0.279)	92
총 계	13,500	3,000	3,500	20,000		4,564	15,217		17,394		13,580	13,580	10,331		0			977		-560

주) 잔존가치

(1) I 란 할인율 12%의 경우, NPW = 17,394 - 15,217 = 2,177, 편익비용비율 = 17,397/15,217 = 1.1

(2) II 란 할인율 18%의 경우, NPW = 13,580 - 13,580 = 0, 편익비용비율 = 13,580/13,580 = 1.0,

IRR = 18%

(3) III 란 IRR계산, $IRR = 15 + 5 \left(\frac{977}{977 + |-560|} \right) = 18\%$

$$IRR = C_1 + (C_2 - C_1) \left(\frac{A_1}{A_1 + [A_2]} \right)$$

= 낮은 할인율 + (높은 할인율 - 낮은 할인율)

$$\times \left(\frac{\text{낮은 할인율일 때 NPW}}{\text{낮은 할인율일 때 NPW} + [\text{높은 할인율일 때 NPW}]} \right) \dots\dots\dots (1.5.5)$$

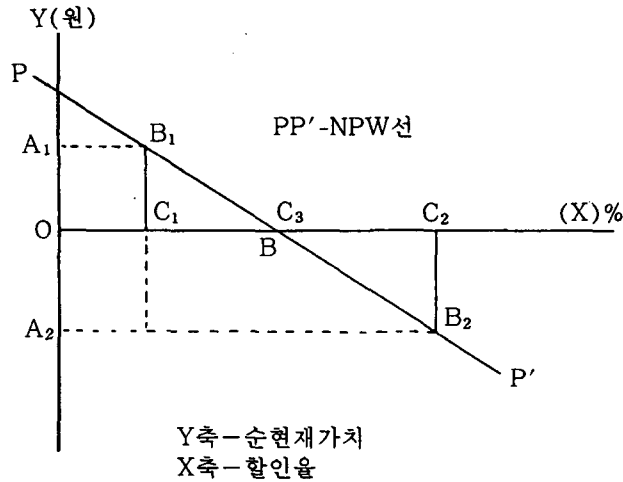


그림 1.5.1 보간법에 의한 내부투자수익률

위의 공식에 의한 투자수익률 계산은 표 1.5.4에서와 같이 IRR은 18%이다.

$$\text{즉 } IRR = 15 + (20 - 15) \times \left(\frac{977}{1,537} \right) = 18\%$$

그러나 내부투자수익률은 내용연한이 각기 다른 사업을 상호 비교하는 경우 내용연수가 짧은 사업의 수익성이 높게 되는 결함이 있으며 또한 사업시행후 편익이 발생할 때까지 비교적 오랜 시일을 요하는 사업은 불리한 것으로 판정되는 결점이 있다.

5.2.3 현재가치와 할인율

사업시행으로 인한 편익과 비용이 시설물의 전체 내용기간을 통하여 매년 똑같은 수준을 유지한다면 초년도 한해의 편익과 비용을 비교함으로써 수익성을 간단히 판단할 수 있다. 그러나 실제로 투자는 초기에 이루어지고 유지관리비와 사업수익은 공사기간을 지난 이후에 이루어지며 또한 일정기간이 지나 는 동안 시설물 대체의 필요성도 생긴다. 이와같이 시간의 경과와 더불어 변화하는 편익과 비용의 시계열적 흐름의 총계를 비교하기 위해서는 어떤 특정 시점에서의 가치 즉 현재가치로 환산할 필요가 있다. 이때 환산에 사용되는 계수를 할인율이라 한다.

적정한 할인율을 결정하는데는 첫째 기회비용의 개념, 둘째 시간적 선호율의 개념, 셋째 시장이자율의 개념이 있다. 첫번째의 개념의 할인율은 만약 특정사업에 투자된 자금을 그 사업에 투자하지 않고 다른 사업에 투자되었다면

다른 사업에서 어떤 수익이 창출되었을 것이므로 해당사업의 할인율은 다른 투자기회의 수익률과 일치하거나 그보다 높아야 한다는 것이며 둘째의 시간적 선호율을 근거로 하는 할인율은 사회전체가 장래의 소비를 위하여 현재의 소비를 희생하는 시간적 한계대체를 말한다.

이 두가지의 주장은 모두 계량화가 어렵고 소비성장률을 독립변수로 볼 때 계수효과나 가속효과를 어떻게 측정하느냐 하는 문제점이 있다. 셋째의 시장이자율의 개념도 역시 현실적으로는 완전 경쟁적인 자본시장이란 존재하지 않으며 또 금융기관의 대출이자율도 정부나 중앙은행의 직접통제를 받고 있어 사채시장과의 사이에는 상당한 차이가 있으므로 적정할인율로 결정하기에는 많은 난점이 있다.

5.2.4 투자수익률 산정식의 선택

내부투자수익률(IRR)과 재무수익률(FIRR)의 실제 계획에 있어서는 유지관리비와 영농비를 어떻게 취급하느냐에 따라 세가지 계산식이 있다.

① 사업시행 전후의 농업조수익의 차액을 증가수익으로 보고 시행 전후의 영농비의 차액을 공사비 (또는 투자비) 및 유지관리비와 함께 비용측에 포함시켜 계산하는 방법으로서 이 비용편익의 산정은 식 (1.5.6)에 의한다.

식 (1.5.6)에서 농업조수익의 차액을 분자에, 투자비 및 유지관리비와 영농비 차액의 합계를 분모에 포함시키는 방법이다. 설명의 편의상 시행전 농업조수익을 G_0 , 시행후 농업조수익을 G_w , 시행전 영농비를 C_0 , 시행후 관리비를 C_w , 투자비를 I , 유지관리비를 $O\&M$ 라하고 각 항목을 현재가치화된 것으로 가정할 때 계산식은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{B}{C} = \frac{G_w - G_0}{I + O\&M + (C_w - C_0)} \dots\dots\dots(1.5.6)$$

② 둘째식은 사업시행전후의 농업조수익의 차액으로부터 시행전후의 영농비 차액을 공제한 추가순수익을 분자로 하고 분모인 비용측에는 투자비와 유지관리비를 포함시키는 방법이다.

$$\frac{B}{C} = \frac{(G_w - C_w) - (G_0 - C_0)}{I + O\&M} = \frac{(G_w - G_0) - (C_w - C_0)}{I + O\&M} \dots\dots\dots(1.5.7)$$

③ 셋째식은 시행전후의 농업조수익 차액에서 영농비차액을 공제한 추가 순

수익으로부터 다시 유지관리비를 뺀 것을 분자로 하고 분모에는 투자비만을 포함시키는 방법이다.

$$\frac{B}{C} = \frac{(Gw - Go) - (Cw - Co) - O\&M}{I} \dots\dots\dots(1.5.8)$$

위의 세 가지 계산식에 의한 산정결과 큰 차이가 없다. 그러나 개념상 IRR는 투자자본의 가득울을 의미하는 것이므로 어느 항목을 투자자본으로 보느냐에 따라 각식의 의미는 다르다. 즉 첫째 식 (1.5.9)은 농민이 지출하는 영농비와 유지관리비도 국민경제적 관점에서 보면 시설투자와 함께 사회적 자본형성에 기여하는 자본투하라고 볼 수 있으므로 사회적 자본효율이 되며 한때 미국에서도 수자원 사업평가에 이 식을 적용한 바 있다.

둘째 식 (1.5.7)은 영농비를 농업경제 단위인 농민의 유동비용으로 보고 유지관리비는 시설물 관리주체의 운용자본의 일부로 간주한 것이므로 관리주체 예컨대 농조와 같은 입장에서 본 자본효율식이다.

셋째 식 (1.5.8)은 시설투자인 고정자본만을 투자자본으로 본 것이며 재정자금의 공급자인 정부의 입장에서 본 자본효율식이다. 이상 세가지 식 중 어느 것을 사용하느냐는 분석자의 견해에 따라 다를 수도 있겠으나 세계은행 (IBRD) 등 국제기구에서도 권장하고 있는 둘째식을 설계기준에서 제시하였다.

5.2.5 경제분석의 제측면

가. 경제분석의 관점

투자사업에 대한 효과분석은 국민경제적 관점에서 보느냐 사경제적 관점에서 보느냐에 따라 경제분석과 재무분석으로 구분한다. 경제분석은 사업시행으로 인한 혜택을 누가 받는가 또는 누가 기여했는가에 관계없이 해당사업이 전체 국민경제에 얼마만큼 기여했느냐의 경제적 기여 즉 투자자본의 경제적 효율만을 제측할 뿐이지 자본의 소유분배 문제는 다루지 않는다. 그러나 재무분석은 자본의 소유관계를 중요시하며 경제분석의 경우와 같이 투자자본의 효율이 아니라 사업 참여 단위로 투자한 사적자본의 수익성을 측정한다. 즉, 농민, 기업체 또는 공공단체 등 사업에 참여한 개별 경제주체가 투자한 자본에 대한 재무적 수익을 분석대상으로 한다. 재무분석의 결과는 투자주체의 재력, 사업수지 및 부채의 상환능력 등에 관한 판단자료가 되며 가격보조, 자금공급, 자금대여 조건 등 재정지원에 관한 정책결정의 기초자료로 제공된다.

나. 경제분석과 재무분석의 차이

경제분석과 재무분석은 그 분석 과정에서 현재가치화 작업, 사업내용기간의 결정 및 불변시장가격의 적용 등 많은 점에서 공통성을 가지고 있으나, 편익과 비용항목 부문에서는 다음과 같은 중요한 차이가 있다.

1) 현행시장가격

경제분석에서는 편익과 비용이 사회적 가치와 일치 내지 접근되도록 할 필요가 있으므로 현행시장가격을 불완전 경쟁요소 때문에 조정해야 하지만 재무분석에서는 불완전 경쟁요소, 예컨대 가격보조, 세금, 관리가격 등의 영향을 고려치 않고 시장거래가격을 그대로 적용한다. 자가소비분이나 또는 생산요소 중 자가공급분에 대해서도 해당시장 거래가격을 적용한다.

2) 조세 및 보조금

경제분석에서는 조세와 보조금을 이전지출로 취급한다. 조세는 직접세이거나 간접세이거나 사업에서 발생하는 수익에서 부담자 여하를 불문하고 사회적 수익의 일부이니 만큼 사업수익의 일부로 계상하고 반면 보조금은 사업시행을 위한 재정지출이므로 전체경제의 입장에서는 비용이 된다. 그러나 재무분석에서는 사경제적 수지에 중점을 두게 되므로 조세부담은 비용에, 보조금은 수익에 계상한다.

3) 자본이자와 감가상각

경제분석에서는 이자를 일단 사회적 수익으로 취급한다. 차입자본 또는 기체에 대한 이자는 국민경제내부에서 일어나는 이전적 지출에 불과하다. 한편 시설물의 감가상각적립금을 자본시설의 감모(減耗)에 해당하는 금액을 적립금으로 지출하는데 불과하다. 그러나 재무분석에서는 차입자본에 대한 지불이자와 감가상각비는 비용에 계상한다.

4) 기업이윤

투자사업의 시설물 공사를 건설업체 등 사기업체에서 청부맡는 경우는 기업이윤이 발생한다. 기업이윤은 사경제적인 측면에서 보면 해당 기업체에 귀속되지만 국민경제적 관점에서 보면 사회전체의 수익의 일부이므로 경제분석에서는 비용에서 제외되어야 한다. 그러나 재무분석에서는 공사비로 간주하여 공제하지 않는다.

다. 사회 지표 분석

현재까지의 농업기반조성사업 효과분석은 주로 경제분석 또는 재무분석방법에 의존함으로써 경제적 측면에서의 수익성 평가만이 강조되어 왔는데, 이 방

법은 사업으로 인한 이익의 포착이 화폐적 계량화가 쉬운 농업생산성 증대부문만이 크게 다루어지고 나머지 간접적이며 복합적으로 유발되는 사회적 효과에 대한 평가는 소홀히 다루어졌다. 이러한 평가상의 제한국면을 타개하려면 농업개발사업이 지역사회와 지역주민에 미치는 사회적·환경적·심리적인 측면에서의 변화까지도 포함한 사회·경제적 효과를 보다 총체적이고 집약적으로 평가하여야 할 필요가 있다.

특히 대단위 농업종합개발사업의 경우 국민경제발전에 기여한 정도가 클 뿐만 아니라 농촌환경 개선, 지역발전, 주민의 복리증진 그 밖에도 한·수해 방지, 농민의 사회적 지위향상, 국민의 단합심 향상, 국방상의 효과, 지역간의 균형개발 등 무형의 효과가 크게 나타나고 있으므로 이와같은 비가시적 효과분석이 중요하게 다루어져야 한다. 따라서 앞으로는 사업시행에서 비롯된 효과분석 작업에 사회지표 분석분야가 추가되는 것이 바람직하다.

사회지표는 주관적 지표와 객관적 지표가 있으며 역사적 흐름속에서 인간이

표 1.5.5 사회지표구성의 개념골격 비교

체 계	한국의 사회지표	사업진단과 평가모델(PBME)	기본적 사회관심영역	사회체계론적 접근	행위체계론적 접근
기 관	경제기획원	A . D . B	O E C D	S a n y u	농촌경제 연구원
기 준	부 문 지 표	사 업 목 적	목 표 영 역	하 위 체 계	사 회 체 계
항 목	1. 인 구 2. 소득·소비 3. 고용, 인구 4. 교 육 5. 보 험 6. 주택 환경 7. 사 회 8. 공 안	1. 인구학적 경제적 특성 2. 경제적효율성 3. 사회적 효과 4. 환경과 주민 참 여	1. 건 강 2.개인능력개발 3. 고용 및 작업의 질 4. 시간활용 및 여가 5. 개인적 상태 6. 물리적환경 7. 사회적환경 8. 공공 질서	1. 생 산 2. 소 비 3. 방 어 4. 학 습 5. 상호작용 6. 의사결정	1. 유기체 2. 사 회 3. 교 화 4. 인 성

주) 남강종합개발사업, 농업진흥공사, 1982

처해 있는 사회상태를 총체적이며 집약적으로 나타내어 생활의 양적인 측면은 물론이고 질적인 측면도 측정함으로써 인간생활의 전반적인 복지정도를 파악할 수 있도록 하는 척도이다. 사회지표의 체계는 국가와 사회의 변천에 따라 또는 분석자의 주관적 접근방법에 따라 다를 수 있다. 그 동안 우리 나라에서 실시한 사회지표 체계구성의 형식과 ADB 및 OECD에서 실시한 지표체계를 소개하면 표 1.5.5와 같다.

5.2.6 경제분석 기준

경제분석평가기준의 각종 가격, 조정계수 등을 매년 변동하므로 농진공에서 매년 발간하는 “경제분석평가기준”을 참조하여야 한다.

가. 적용가격 기준

경제분석에서는 국민경제 입장에서 진정한 사업의 편익과 비용을 추정하기 위하여 현행 시장가격의 불완전 경쟁요인을 조정하여 도출한 잠재가격 (shadow price)을, 그리고 재무분석에서는 시장가격을 조정한 불변가격을 각각 적용한다. 그러나 완전경쟁 조건하에서 농산물의 잠재가격 추정은 현실적으로 어려운 일이므로 대신 국제간에 거래되는 품목은 세계은행에서 추정한 장기에측가격을 그리고 비교역품목은 국내시장가격을 조정하여 적용한다.

경제분석의 경우에는 사업비가 국내자본으로 조달되며 또한, 사업에 의해 생산되는 농산물이 국내시장가격에 큰 영향을 주고 있지 않은 농업부문 투자사업의 타당성분석 적용가격은 세계은행에서 장기에측한 국제거래가격대신 국내시장가격을 조정하여 적용한다.

재무분석의 경우에는 농산물 수요공급의 비탄력성에서 오는 어느 특정연도 가격의 특수성을 배제하기 위해 5개년 농가판매가격을 전 연도 불변가격으로 디플레이터하여 각 연도의 조정가격을 산출한 후에 평균 조정가격에 농가판매가격 지수의 연평균변화율을 적용하여 추정한 가격을 적용한다.(표 1.5.6 참조)

1) 농산물 가격

전국의 작물별 5개년 농가판매가격을 전 연도 불변가격으로 디플레이터하여 각 연도의 조정가격을 산출한 후 평균조정가격에 농가판매가격지수의 연평균 변화율을 적용하여 추정한 당해연도 재무분석가격에 표준환산계수로 조정하여 적용한다.

2) 투입물재 가격

전년도 투입물재가격에 당해연도 생산자 물가예측지수를 적용하여 산출한

표 1.5.6 농산물가격(1998. 예)

적 용	단위	'98추정가격(원)		적 용	단위	'98추정가격(원)	
		재무분석	경제분석			재무분석	경제분석
쌀	kg	1,640	1,591	참깨	kg	9,093	8,820
겉보리	"	687	667	들깨	"	3,018	2,927
쌀보리	"	786	763	땅콩	"	2,946	2,858
맥주맥	"	880	853	유채	"	908	881
수수(정곡)	"	1,032	1,001	엽연초	"	5,149	4,995
조(좁쌀)	"	669	649	인삼(수삼)	"	30,739	29,817
옥수수(간식)	"	606	588	양잠(봄)	"	8,827	8,562
단옥수수(개)	"	215	208	양잠(가을)	"	8,564	8,307
옥수수(사료)	"	428	415	밤	"	1,378	1,337
콩	"	1,778	1,724	사과(부사)	"	1,197	1,161
팥(적두)	"	2,824	2,739	배	"	1,702	1,651
완두	"	1,017	987	복숭아	"	1,625	1,557
녹두	"	3,880	3,764	포도	"	1,862	1,806
고구마	"	518	502	감귤	"	1,077	1,044
봄감자	"	530	514	단감	"	1,700	1,649
가을감자	"	664	644	대추	"	5,329	5,169
봄무	"	242	235	국화	본	123	119
가을무	"	174	169	카네이션	"	162	157
고냉지무	"	274	265	글라디올	"	203	197
봄배추	"	214	208	아이리스	"	239	231
가을배추	"	124	120	장미	"	171	166
고냉지배추	"	306	296	백합	"	492	477
양배추	"	219	212	안개초	"	110	107
시금치	"	548	531	거베라	"	148	143
생강	"	2,702	2,620	느타리버섯	kg	3,006	2,916
마늘	"	1,932	1,874	표고버섯	"	6,169	5,984
풋마늘	"	388	376	시설무우	"	402	390
양파	"	207	201	시설배추	"	305	296
쪽파	"	701	680	배추(터널)	"	210	203
대파	"	469	455	양상추	"	676	656
상추(노지)	"	737	715	피망(시설)	"	1,600	1,552
고추(노지)	"	6,275	6,087	숙갓	"	471	457
오이(노지)	"	516	500	우엉	"	894	867
토마토(노지)	"	634	615	당귀	"	5,628	5,460
가지	"	261	253	작약	"	2,736	2,654
당근	"	594	577	도라지	"	1,538	1,492
호박(노지)	"	443	429	더덕	"	5,165	5,010
참외(노지)	"	1,282	1,243	황기	"	8,683	8,423
수박(노지)	"	1,074	1,042	미나리	"	1,057	1,026
딸기(노지)	"	1,491	1,446	취나물	"	1,409	1,366
상추(시설)	"	958	929	참다래	"	1,139	1,104
고추(시설)	"	2,608	2,530	유우	"	536	520
오이(시설)	"	931	903	번식우	0.9두	1,643,243	1,593,946
토마토(시설)	"	962	933	비육우	kg	6,446	6,253
호박(시설)	"	799	775	번식돈	"	53,675	52,065
참외(시설)	"	1,778	1,724	비육돈	"	1,786	1,732
딸기(시설)	"	2,440	2,366	산란계	개	72	70
수박(시설)	"	1,155	1,120	육계	kg	1,246	1,209

표 1.5.7 투입물재 가격(1998 예)

구 분	단 위	'98 추 정 가 격	
		재 무 분 석	경 제 분 석
○ 비료			
질 소(N)	kg	574.6	557.3
인 산(P)	"	912.5	885.1
카 리(K)	"	450.0	436.5
규산질	포(20)	557	1.114
석회석	"	580	1.160
퇴 비	kg	28	27
○ 짚	"	56	54
○ 작물변 종자가격	-	<부표2>	<부표2>
○ 작물변 영농비	-	<부표3>	<부표4>
○ 노 임			
남 자	원/일/일	41,241	25,734
여 자	"	29,471	18,356
○ 역 우	원/두/일	15,962	9,959

주) 부표는 “경제분석평가기준” 참조

가격에 표준환산계수로 조정하여 적용한다.(표 1.5.7 참조)

3) 농촌노임

경제분석에 적용되는 농촌노임은 농업노동의 특수성에서 오는 농한기 취업 기회의 제한을 고려하여 산출된 고용비율을 시장노임에 적용하여 계산된 노임을 노동의 기회비용으로 분석에 적용한다.

표 1.5.8 비숙련 노동의 기회비용(1998 예)

○ 호당인구 및 취업상황	○ 호당 노동가능일수
- 영농종사인원 : 2.06인	- 영 농 : 2.06인 × 280일 = 576.8
- 타직업종사자 : 0.36인	- 타직업 : 0.36인 × 300일 = 108일
- 학생및무직자 : 1.04인	계 684.8일
계 3.46인	
○ 호당 실취업일수	
- 영 농 : 134.2일(가족노동(126.46)+풀었아(7.73))	
- 타 직 업 : 108.00일	

- 농외작업 : 2.9일 (22.86시간 ÷ 8시간)
- 가 사 : 182.50일 (365일 × 4시간 ÷ 8시간)
- 계 427.6

○ 농촌노동의 고용비율

$$\frac{427.6 \text{일(호당실취업일수)}}{684.8 \text{일(호당노동가능일수)}} \times 100 = 62.4\%$$

○ 비숙련 노동의 기회비용

구 분	재무분석가격	경제분석가격	비 고
남	41,238	25,732	경제분석가격은 재무분석가격에 고용비율 62.4% 적용
여	29,415	18,355	

자료 : 농림부, 「농가경제통계」, 1997. 5
농협중앙회, 「농협조사월보」, 1998. 3

4) 환 율

분석에 적용되는 환율은 외화로 표시된 농산물과 투입물재의 평가를 위한 자료로서 연간 환율변화율을 산출하여 적용한다.

표 1.5.9 환율과 표준 환산계수

1. 환율

- '97 평균환율 984.33(원/\$) → '98 평균환율(p) : 1,380.8(원/\$)

2. 잠재환율(SER : Shadow rate foreign exchange)

$$\text{○ } SER = \frac{M(1+tm) + X(1+Sx)}{M+X} \times AER$$

- M : 수입액
- X : 수출액
- tm : 수입관세율
- Sx : 수출보조율
- AER : 평균환율(Average rate foreign exchange)

- 잠재환율 = "97년 : 1,005.7(원/\$) → '98년(p) : 1,423.5(원/\$)

3. 표준환산계수

$$= \frac{\text{'98환율 (p)}}{\text{'98잠재환율 (p)(1,423.5)}} = 0.97$$

주) '98년 자료는 ('81년~'97년까지의 17개년간 자료를 근거로 추정)

- 자료 : 1) 농협중앙회, 「농협조사월보」, 2998. 1
 2) 통계청, 「한국주요경제지표」, 1997. 9
 3) 통계청, 「한국통계월보」, 1998. 2
 4) 임재환, 「농업투자분석」, 선진출판사 1997. 9

5) 표준환산계수

경제분석에 적용되는 표준환산계수는 국내의 여러 가지 요인들에 의해 형성된 시장가격의 왜곡요인을 조정한 조정계수로 환율을 잠재환율로 나누어 산출한다.

6) 기타 가격

본 분석기준에 명기되지 않은 가격은 현지 조사가격을 표준환산계수로 조정된 가격을 적용한다.

표 1.5.10 유류기각 조정계수(1998 예)

○ 기준원가(원/B : 159 ℓ)

- 도입원가(CIF) : 28,790.0
- 기 금 : 3,586.0
- 부 대 비 용 : 557.8
- 연 료 · 감 모 : 1,075.8
- 기 금 환 금 : △1,276.9
- 금 용 비 : 278.9
- 정 제 비 용 : 6,574.4
- 조 정 항 목 : 59.8
- 계 : 39,845원

○ 경유의 공장도가격 및 대리점가격(원/ℓ)

구 분	제조원가	세 금		부가세	마 진	대리점가격
		특소세	교육세			
경 유	387.7	85.0	12.75	48.55	18.0	552 ¹⁾

주)¹⁾ '98. 4월 기준

○ 이전적 지출

· 원유의 이전적 지출비율 = $\frac{\text{이전적지출}(4,143.8)}{\text{기준원유가격}(39,845)} = 0.1040$

· 경유가격중 이전적 지출

= (원유의 이전적 지출비율 × 제조원가) + 세금 + 부가세 + 마진 = 204.6월

○ 경유가격 경제분석 조정계수 = $[1 - \frac{204.6}{552}] = 0.62.9$

주) '98 환율(p) : 1,380.8월/\$ 적용

※ 자료 : 농협중앙회, 「농협조사월보」, 1998. 3

한국은행, 「조사통계월보」, 1998. 2

표 1.5.11 중기사용료 조정계수(1998 예)

○ 공사장비 가격조정

㉠ 수입장비

- 장비수입원가 : CIF가격

- 관 세 : CIF가격의 9%

- 부가가치세 : (CIF+관세) × 10%

- 기 타 제 세 : CIF가격의 2.5%

· 수 입 가 격 : $100 + 9 + 10.9 + 2.5 = 122.4\%$

· 수입장비 조정계수 = $\frac{\text{수입원가}(100.0)}{\text{수입가격}(122.4)} \times \text{표준환산계수}(0.97) = 0.793$

㉡ 국산장비

- 장비가격 = 생산원가(100%) + 부가세(10%) + 기타제세(2.5%) = 112.5%

· 국산장비 조정계수 = $\frac{\text{장비가격}(100.0)}{\text{관세포함가격}(112.5)} \times \text{표준환산계수}(0.97) = 0.862$

※ 자료 : (주) 헤인중기 장비판매부, 1994. 1

○ 장비손료중 원가계산 조정계수

기	종	상각비용	정비비용	관리비용	가중치
○	수입장비	42.02	36.22	20.86	82.64
	-엑스카베이터(325D)	0.793	0.838	0.909	
○	국산장비	42.24	40.35	17.41	87.42
	- 트럭기준	0.862	0.872	0.909	

※ 조정계수 = [(수입장비비율(11.8%) × 손료조정계수(0.8264)] + [국산장비비율(88.2%) × 손료조정계수(0.8742)] = 0.868

자료 = 건설교통부, 「표준품셈(토목부문)」, 1997.

표 1.5.12 용지매수보상비 조정계수(1998 예)

구분 년도	현실지가 ¹⁾ (원/평)	잠정가격 ²⁾ 쌀 순수익 기준	비고
1989	15,022	11,480	1) 평가액(월)÷면적(평) 2) 쌀 순수익÷이자율10%÷300평 '97자료는 '96자료×'97생산자물가지수 '98자료는 '97자료×'98생산자물가 예측 지수(1.031)
1990	20,211	11,211	
1991	24,494	11,259	
1992	26,434	12,647	
1993	26,601	11,318	
1994	26,612	13,154	
1995	26,965	13,509	
1996	27,693	13,942	
1997	28,773	14,486	
1998	29,665	14,935	

※ '98년 용지매수 보상비 계수는

$$\frac{'98\text{잠정가격}(14,935)}{'98\text{현실지가}(29,665)} \times 100\% \times 0.97(\text{표준환산계수}) = 48.8\%$$

자료 : 농림부, 「농가경제통계」, 각 연도, pp. 100~110.

농촌진흥청, 「농축산물표준소득」, 각 연도.

김정부, 「농지가격의 형성요인과 영향에 관한 연구」, 1991.

통계청, 「한국통계월보」, 1998. 1

표 1.5.13 사업비조정

구 분	재 무 분 석	경 제 분 석
노 임	시장노임 적용	노동의 기회비용
용 지 매 수 보 상 비	실매수보상액	토지의 기회비용
세 금	비용에 포함	비용에서 제외
보 조 금	비용에서 제외	비용에 포함
건 설 기 간 중 이 자	비용에 포함	비용에서 제외
지 불 이 자	"	"
감 가 상 각 비	"	"
물 량 예 비 비	"	비용에 포함
물 가 예 비 비	비용에 제외	비용에서 제외

자료 : 임재환, 「농업투자분석론」, 1997. 9

나. 사업비 조정

일반적으로 농업부문 투자사업의 설계사업비는 순공사비, 측량설계비, 공사감독비, 관리비, 기술용역 공사중 이자, 예비비 등으로 구성되는데 이러한 비용은 경제적·재무적 타당성 분석을 위한 실질비용 산출을 위해 다음과 같이 항목별로 조정한다.

1) 경제분석 사업비

경제분석사업비는 년차별로 공정별 설계사업비 항목에 사업비조정계수나 표준환산계수로 조정하여 산출한다.(표 1.5.14)

(1) 비숙련공노임

공사비의 노임중 비숙련공노임은 농촌노동의 고용비율을 시장노임에 적용하여 조정한 노동의 기회비용을 적용한다.

(2) 중기사용료

중기사용료중 관세 및 제세공과금과 각종 손료 등을 제외하기 위해 조정계수(1998년 0.868)로 조정한 비용을 경제분석 비용으로 적용한다.

(3) 유류대

사업비중 유류비용은 조정계수(1998년 0.629)로 조정한 비용을 경제분석사업비로 적용한다.

(4) 잡비

사업시행자의 이윤과 부가가치세를 제외한 후 표준환산계수로 조정한 부분만 비용으로 적용한다.

(5) 세금, 보험료

제세금 및 보험료는 이전적 지출로서 분석비용에서 제외한다.

(6) 용지매수 보상비

용지매수 보상비는 매수농지에 대한 경제적 수익을 사업시행전 수익에 포함시킬 때는 분석비용에서 제외하고, 그렇지 않을 경우는 용지매수 보상비에 조정계수로 조정한 비용을 경제분석비용으로 적용한다.

(7) 예비비

예비비 중 물가상승 예비비는 분석비용에서 제외하고, 물량변동 예비비는 당해 사업의 순공사비 조정비율로 조정한 비용을 분석비용으로 한다.

(8) 이 자

이자 는 분석비용에서 제외한다.

2) 재무분석 사업비

계획된 설계사업비 가운데 보조금과 물가상승예비비를 제외한 비용을 재무

표 1.5.14 경제분석을 위한 사업비 조정계수(1998 예)

사업비 내역	조 정 계 수	비 고
1. 순공사비	()	
가. 노무비	-	
-비숙련공노임	0.624	
-숙련공노임	0.970	
나. 재료비	0.970	
다. 유류대	0.629	
라. 중기사용료	0.868	
마. 잡비	0.486	순공사비 수준별 조정계 - 5억 이상 : 0.476 - 5~30억 : 0.486 - 30억이상 : 0.496
바. 간접노무비	0.970	
사. 산재보험료	0.000	
아. 부가가치세	0.000	
2. 지급자재대	-	
가. 자재대	0.970	
나. 부가가치세	0.000	
3. 용지매수보상비	0.488	
4. 측량설계비	0.970	
5. 공사감독비	0.970	
6. 관리비	0.970	
7. 기타	-	
8. 예비비	()	
가. 물량변동	0.000	순공사비의 조정비율 적용
나. 단가인상	-	
9. 공사기간중 이자	-	

주) 각 조정계수는 농진공 발행, 경제분석평가기준(매년 발행) 참조

분석 비용으로 한다.

3) 사업 분석기간(Project Life)

여러 가지 시설물로 구성된 농업부문투자사업의 사업분석기간은 사업의 주요시설물의 경제적 내용연수(economic life)를 기준하여 설정된 시설물의 내용연수를 사업분석기간으로 한다.

표 1.5.15 수리시설물의 내용연수

시설물	저수지	보	양배수장	용수로시설	방조제	배수갑문
내용연수(년)	60	40	40	40	60	40

4) 유지관리비

유지관리비는 수리시설물의 원활한 기능유지를 재무분석 비용에 순공사비 조정비율을 적용하여 산출된 비용을 경제분석비용으로 적용한다.

표 1.5.16 수리시설물 ha당 유지관리비(1998 예)

(단위 : 원)

구 분	경 제 분 석	재 무 분 석	비 고
저 수 지	49,149	70,314	
양 수 장	98,813	141,363	
배 수 장	88,279	126,293	
양·배수장	112,150	160,442	

주 1) 재무분석가격은 농지개발조합 수입지출 예산서를 활용하여 산출함

2) 경제분석가격은 '97 중규모농업용수개발사업의 순공사비 조정비율인 69.9%를 적용

5) 매물비용

과거에 착공되었다가 도중에 중단되어 현재 미완공 상태에 있는 사업이거나 개보수 k업으로 기투자된 비용은 매물비용으로 사업분석 비용으로 고려하지 않는다.

6) 시설물의 대체비용

사업 내구기간동안 시설물의 대체비용은 시설물의 원활한 기능유지를 위해 매년 투입되는 유지관리비와 상쇄되는 것으로 고려하여 별도의 대체 비용을 사업분석에 적용하지 않는다.

7) 시설물의 잔존가치

일반시설물의 내구연수 도달시 교체되는 시설물의 잔존가치는 사업평가에 영향을 줄만큼 크지 않으므로 사업분석에 고려하지 않는다.

다. 감응도 분석(Sensitivity Analysis)

아무리 치밀한 가정하에 사업분석을 하더라도 당초에 예측하지 못했던 기술

표 1.5.17 감응도 분석

가	정	EIRR(%)
○ 당초 EIRR		
○ 공사기간 2년 지연		
○ 사업비 100% 인상		
○ 농업수익 10% 감소		
○ 공사기간 2년 지연 및 사업비 10% 인상		

적으로나 경제적으로 불확실한 용인이 발생하여 사업분석 결과에 커다란 영향을 주게 된다.

따라서 사업분석 결과에 대하여 장래 발생할 수 있는 불확실 요인, 사업비 변동, 공사기간 지연, 가격변동, 수량변동 등에 대한 새로운 가정하에 요인별 감응도를 분석한다.

5.3 재무분석

5.3.1 재무분석의 의미

재무분석은 ① 참여농민의 입장에서 본 농가수지분석, ② 참여단체 단위에서 본 재무분석, ③ 개별 사업단위에서 본 재무분석으로 3대별되는데 어느 정도로 상세하게 분석할 것인가는 그 사업의 성격이나 사업집행 방법 여하에 달려 있다.

재무분석의 목적은 ① 특정사업이 참여농민이나 사업주체에게 사업내용 기간동안 충분한 수익성을 보장할 수 있는지의 여부를 판단하고, ② 참여단위의 사업시행 전 수익과 시행 후 수익을 비교 검토하므로써 사업시행에 따른 기체의 상환능력을 판단하고, ③ 자금공급규모, 자금대여조건, 상환조건, 가격보조(생산물 및 생산자재에 대한) 및 소득 보상 등 재정지원 계획 수립에 필요한 기초자료를 제공하는데 있다.

5.3.2 농가단위의 재무분석

농가단위의 재무분석은 개별농가의 인센티브를 취하는 주체가 누구냐에 따라 ① 가족농업 노동 보수기준, ② 경영주 노동 보수기준, ③ 농업경영 순수익기준 등 세가지로 나눌 수 있다.

이 가운데 가족 농업노동 보수기준은 가족노동 보수를 경영성과의 지표로 하는 경우 경영주를 포함한 가구원 전체의 노동평가액과 자기자본이자 및 자기소득지에 대한 토지 자본이자를 비용으로 보지 않는다.

경영주 노동 보수기준은 경영주를 제외한 가구원 노동과 자기소유 토지 및 자기자본에 대한 이자도 비용으로 간주함으로써 노동에 대한 보수를 경영주 개인에게 귀속시키는 개념으로 파악되는 지표이다. 농업경영 순수익기준은 농업경영을 일반기업 활동과 동일시하여 농업경영 순수익을 노동평가액도 비용으로 계상함으로써 영농활동을 일반기업의 입장에서 본 것으로 순수익의 내용은 기업이윤과 동일한 개념이다.

그런데 농지기반조성 사업에서의 수익농가의 재무분석은 어떤 측면에서 분석해야 할 것인가가 문제인데 현실적으로 우리 나라의 농업경영 형태가 가족단위의 경영형태를 탈피치 못하고 있으므로 가족노동 보수기준이 옳다고 주장하는 자도 있으나 사업으로 증가되는 한계비용에 대한 영농활동의 성과를 하나의 기업적 입장에서 다루어야 한다는 견해에서 농업경영 순수익 기준을 일반적으로 택하고 있다.

5.3.3 농가단위의 재무표 작성

재무분석표 작성을 위한 항목은 다음과 같다. (사업 시행 전후의 증감으로 표시함)

- ① 증가농업 조수익
- ② 경영비의 증가 (물재비, 감가상각, 노임)
- ③ 농업소득의 증가(① - ②)
- ④ 차입 토지자본 이자 증가
- ⑤ 차입 자본이자의 증가
- ⑥ 조세 공과금의 증가
- ⑦ 가족 노임의 증가 (③ - ④ - ⑤ - ⑥)
- ⑧ 경영주 외의 가족 노임의 증가
- ⑨ 자기 토지자본 이자의 증가
- ⑩ 자기 자본이자의 증가
- ⑪ 경영자 농업 노동보수의 증가 (⑦ - ⑧ - ⑨ - ⑩)
- ⑫ 경영주 노임의 증가 (⑦ - ⑧)
- ⑬ 농업경영 소득의 증가 (⑪ - ⑫)

⑭ 사업부담 (기채상환액, 유지관리비)

⑮ 위험 부담금

⑯ 부과금 회수비

이상의 제 항목으로부터 다음의 세가지 순이익을 구할수 있다.

⑰ 가족 노동 보수기준의 사업 순수익 (⑦ - ⑭ - ⑮ - ⑯)

⑱ 경영자 노임 보수 기준의 사업순수익 (⑪ - ⑭ - ⑮ - ⑯)

⑲ 농업경영 순수익 기준의 사업 순수익 (⑬ - ⑭ - ⑮ - ⑯)

5.3.4 대표농가의 재무분석

농가단위의 재무분석에 있어서 각 농가별로 수지표를 작성한다는 것은 불가능하며 또 성격이 전혀 다른 농가에 대한 하나의 수지표를 작성한다는 것도 비현실적이다. 사업규모가 비교적 적고 지역내 참여농가가 거의 동질인 경우는 지구 평균 경영규모의 농가를 산정하여 평균개념에 의한 대표농가의 수지표를 작성하여 해당사업 지구내의 농가수지를 대표하는 것이 일반적이다.

대표농가의 재무분석을 위하여는 첫째 농가호당 평균 경지면적표를 작성하고 (표 1.5.18 참조) 둘째 대표농가의 농업 순수익표를 작성하며 (표 1.5.19 참조) 셋째 대표농가 증가 농가소득을 계산하므로써 표 1.5.20 사업으로 인한 개별농가의 시행전후 평균 농가소득을 비교할 수 있다.

표 1.5.18 대표 농가호당 경작규모(예)

구 분		경 지			임 야	기 타
		논	밭	계		
사 업 지 구 내		1,314	565	1,879	112	214
사 업 지 구 외		108	167	275	674	41
계		1,422	732	2154	786	255
농가호 당	사 업 지 구 내	0.519	0.223	0.742	0.044	0.085
	사 업 지 구 외	0.043	0.066	0.109	0.266	0.016
	계	0.562	0.289	0.851	0.310	0.101

표 1.5.19 대표 농가의 농업순수익(예)

(단위 : 1,000원)

구 분		시 행 전			시 행 후		
		호당면적	ha당수익	총수익	호당면적	ha당수익	총수익
구역내	논	0.520	2,186	1,137	0.691	4,090	2,826
	밭	0.223	2,416	539			
	소계	0.743	2,255	1,676	0.691	4,090	2,826
구역외	논	0.043	2,186	94	0.043	2,186	94
	밭	0.066	2,416	159	0.066	2,416	159
	소계	0.109	2,321	253	0.109	2,321	253
계	논	0.563	3,426	1,231	0.734	3,978	2,920
	밭	0.289	2,415	698	0.066	2,409	159
	소계	0.852	3,083	1,929	0.800	3,849	3,079

표 1.5.20 대표 농가의 증가 농업소득(예)

(단위 : 1,000원)

구 분	시 행 전 (A)	시 행 후(B)	차 인 (B-A)	비 고
가. 농업 소득	1,929	3,079	1,150	
나. 농 외 소득	604	964	360	
다. 조 세	68	108	40	
라. 가 계 비				
마. 장기채년부금		169	169	
바. 조세 경상 비		69	69	
사. 농 가 소득	2,465	3,697	1,232	

주) (1) 농외소득은 농림부의 농가경제조사 결과 보조자료 적용 (31.3%)

(2) 조세는 농업소득의 3.5 % 적용

(3) 가계비는 농림부의 농가경제조사결과 보조 자료 적용

5.4 효과분석의 전산처리

5.4.1 입력자료

- 1) 사업시행 전·후 지목별 면적
- 2) 사업시행 전·후 지목별 작부체계
- 3) 연차별 농작물 생산량
- 4) 사업시행 전·후 작물별 ha당 투입물재
- 5) 사업비
- 6) 기타
 - ① 기타 수익
 - ② 연관산업효과
 - ③ 유지관리기관 경상비

5.4.2 처리결과 내용

- 1) 작물별 생산량
- 2) 작물별 수익성 분석
- 3) 사업 증가순수익
- 4) 조정사업비
- 5) 연차별 수익·비용 흐름표
- 6) 투자수익률(IRR)
- 7) 감응도 분석
- 8) 편익·비용비율($i=5.5\%$, 10%)
- 9) 사업수익의 순현재가치($i=5.5\%$, 10%)
- 10) 분석결과 요약
- 11) 기타 간접효과

5.4.3 입력자료 양식

표 1.5.21 경제분석 지구별 내용총괄

○ 사업명 :													
	1 : 경제 2 : 경제+재무 3 : 재무												
○ 지구명 :	(영문 :)												
○ 사업지구위치 :	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">시</td> <td style="text-align: center;">시</td> <td style="text-align: center;">읍</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">도</td> <td style="text-align: center;">군</td> <td style="text-align: center;">면</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(</td> <td style="text-align: center;">도</td> <td style="text-align: center;">군</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">)</td> <td style="text-align: center;">)</td> <td style="text-align: center;">)</td> </tr> </table>	시	시	읍	도	군	면	(도	군)))
시	시	읍											
도	군	면											
(도	군											
)))											
○ 처리일자 :	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">년</td> <td style="text-align: center;">월</td> <td style="text-align: center;">일</td> </tr> </table>	년	월	일									
년	월	일											
○ 조사구분 :													
○ 조사분석:	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">직</td> <td style="text-align: center;">성명</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">직</td> <td style="text-align: center;">성명</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">직</td> <td style="text-align: center;">성명</td> </tr> </table>	직	성명	직	성명	직	성명						
직	성명												
직	성명												
직	성명												

표 1.5.22 지목별 코드번호

코드	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
지목	논	밭	임야	유지 및 잡종지	초지	과수원	염전	간척지	간석지	기타

표 1.5.23 사업시행 전·후의 개발형태별 코드번호

시행 전		시행 후	
코드	개발형태	코드	개발형태
1	수리안전+비경지정리 (수안+비경)	1	관개개선
2	수리안전+배수불량 (수안+배불)	2	관개개선+경지정리 (관개+경지)
3	수리안전+배수불량+비경지정리 (수안+배불_비경)	3	관개개선+경지정리+배수개선 (관개+경+배)
4	수리안전+경지정리+배수불량 (수안+경+배불)	4	관개개선+배수개선 (관개+배수)
5	수리안전+비경지정리+기설간척 (수안+비경+기간)	5	간척+관개개선 (간척+관개)
6	수리불안전+비경지정리 (수불+비경)	6	간척+관개개선+경지정리 (간척+관개+경)
7	수리불안전+배수불량 (수불+배불)	7	간척+관개개선+배수개선 (간척+관개+배수)
8	수리불안전+배수불량+비경지정리 (수불+배불+비경)	8	경지정리
9	수리불안전+경지정리+배수불량 (수불+경+배불)	9	배수개선
10	수리불안전+비경지정리+기설간척 (수불+비경+기간)	10	경지정리+배수개선 (경지+배수)
11	용수부족	11	개답
12	초지		
13	수안+경지정리	12	개답+관개개선 (개답+관개)
14	수리불안전		
		13	개답+관개개선+경지정리 (개답+관개+경)
		14	용수보충(관개개선) (용수보충관개)
		15	원예
		16	채종
		17	초지
		18	배·불+수·안+비·경
		19	배·불+수·안+경지
		20	대구획경지정리
		21	
		22	
		23	
		24	

표 1.5.24 작물별 코드(CODE NO) 번호(전산처리용)

CODE NO.	작 물 명	CODE NO.	작 물 명	CODE NO.	작 물 명
001	일반벼(단작)	045	시설상추	089	시설무우
002	일반벼(이모작)	046	시설고추	090	시설배추
003	-	047	시설오이	091	배추(터널)
004	-	048	시설토마토	092	시설양상추
005	밭벼	049	시설호박	093	시설피망
006	대맥(겉보리)	050	시설참외	094	썩갓
007	과맥(쌀보리)	051	시설딸기	095	우영
008	맥주맥	052	시설수박	096	당귀
009	수수(정곡)	053	참깨(단작)	097	작약
010	조(좁쌀)	054	들깨	098	도라지
011	옥수수(간식용)	055	땅콩	099	더덕
012	단옥수수	056	유채	100	황기
013	옥수수(사료용)	057	엽연초	101	미나리
014	콩	058	인삼	102	취나물
015	팥	059	-	103	참다래
016	완두	60	양잠(봄)	104	-
017	녹두	061	양잠(가을)	105	-
018	고구마	062	밤	106	-
019	봄감자	063	사과(부사)	107	-
020	가을감자	064	배	108	-
021	봄무	065	복숭아	109	-
022	가을무	066	포도	110	-
023	고냉지무	067	감귤	111	낙농
024	봄배추	068	단감	112	한우번식우
025	가을배추	069	대추	113	한우비육우
026	고냉지배추	070	국화	114	번식돈
027	양배추	071	카네이션	115	비육돈
028	시금치	072	글라디올라스	116	산란계
029	생강	073	아이리스	117	육계
030	마늘	074	장미	118	-
031	풋마늘	075	백합	119	-
032	양파	076	안개초	120	-
033	쪽파	077	거베라	121	-
034	대파	078	-	201	요소
035	노지상추	079	-	202	인산
036	노지고추	080	-	203	카리
037	노지오이	081	-	204	퇴비
038	노지토마토	082	-	205	짚
039	가지	083	-	206	-
040	당근	084	-	207	-
041	노지호박	085	-	301	노임(남)
042	노지참외	086	느타리버섯	302	노임(여)
043	노지수박	087	표고버섯	303	축력(자가)
044	노지딸기	088		304	축력(고용)

표 1.5.27 사업비내역

단위 : 천원

구분	사업비	연차별투자계획			
		1	2	3	4
순공사비					
·노임					
비숙련공노임					
숙련공노임					
·재료비					
재료비					
유류대					
·중기사용료					
·잡비					
·간접노무비					
·산재보험료					
·부가가치세					
지급자재대					
·자재대					
·부가가치세					
개담및재료비					
·노임					
비숙련공노임					
숙련공노임					
·재료비					
재료비					
유류대					
·중기사용료					
·잡비					
·부가가치세					
·지원부담금					
용지매지 및 보상비					
측량설계비					
공사감독비					
판리비					
장기채이자					
환지비					
잡지출					
기타					
예비비					
·물량변동					
·단가인상					
공사기간중이자					
계					

제 6 장 유지관리

6.1 관리목표

수리시설관리는 사업시점보다 상당히 뒤에 시작되는 것이므로 그간의 사회적 경제적 및 기술적인 변화상태를 충분히 고려하고 이에 대응할 수 있는 시설계획을 수립해야 한다. 물관리가 광역화됨과 동시에 종래 논 위주의 용수공급으로부터 발관개에 이르기까지 관개용수의 이용이 다양화됨에 따라 관개시설을 경시하거나 낡은 물관리방식을 택하는 일이 없어야 하며 수자원의 종합개발, 물이용의 합리화 및 시설의 근대화 등 장래의 구상을 검토한 관리시설을 해야 한다.

물관리는 다음과 같은 지역조건을 고려해서 계획해야 한다.

① 지구 전체의 관리목표와 말단부분에서의 관리목표와의 균형
② 말단부에 있는 농가의 물수요를 시간적, 양적으로 충족시켜줄 수 있는 의사전달방법의 일원화 조직 및 시설

③ 구체적인 시간적 정량적 물관리 목표의 설정

④ 중점적으로 관리해야할 시설의 종류

⑤ 관리의 실제와 점검 방법

⑥ 시설관리를 위한 인적 구성 및 비용의 개산

이와 같은 목표를 설정하려면 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

① 관리 목표 및 시설의 정도는 현실적이어야 한다.

② 시설은 인력조작을 가급적 적게하고 자동으로 조정되도록 한다.

③ 장래 관리비가 적게 들어야 한다.

④ 현재상태를 점진적으로 개선할 수 있도록 탄력적인 시설이 되어야 한다.

6.2 관리 조직 및 체계

6.2.1 관리조직

농업용수의 관리기구 및 관리조직은 지역의 사회조직과 인간관계에 영향을 주는 경우가 많으므로 지역농민들의 많은 협조가 필요하고 또 그들에게 직접 관리하도록 하는 경우도 있으나 농업과의 겸업화, 관리기술 부족, 관리비용 등 많은 문제점이 있다.

종래의 물관리는 주로 논에 대한 것으로 제어조작이 비교적 단순했지만 관

개의 다목적화 및 고도화에 따라 물관리기술도 점차 복잡해서 고도의 기술을 필요하게 되어 많은 수의 우수한 물관리기술자가 필요하다. 따라서, 유지관리를 위한 인건비가 차지하는 비중은 점점 증가되므로 규모가 큰 지구에서는 인건비를 줄이기 위하여 유지관리시설의 자동화가 추진되어야 하며, 규모가 적은 지구에서는 특히 인건비 비중이 커지므로 인건비를 줄이기 위한 인적조직이 필요하다.

이와 같이 농업용수 및 시설을 합리적으로 유지관리하기 위해서는 별도의 조직이 필요하다.

이러한 조직의 합리적인 운영을 위해서는 관리책임자가 있어야 하며 이는 다음과 같이 정하고 있다.

① 유지관리기관 구역내의 시설물은 각 도지사 및 광역시장 감독하에 유지관리기관장이 책임 관리한다.

② 유지관리기관 구역외의 시설물은 시장·군수 책임하에 관리하는데 농지개량계가 조직되지 않은 시설에 대하여는 시장·군수가 지정한 지정관리자가 관리하며 시장·군수가 관리, 책임을 진다.

유지관리기관의 물관리체제는 그림 1.6.1에서와 같으며, 말단에서는 조합원의 자생적 조직체로서 자연부락 단위의 영농계가 중심이 되어 물관리를 비롯한 최말단시설을 관리하고 있다.

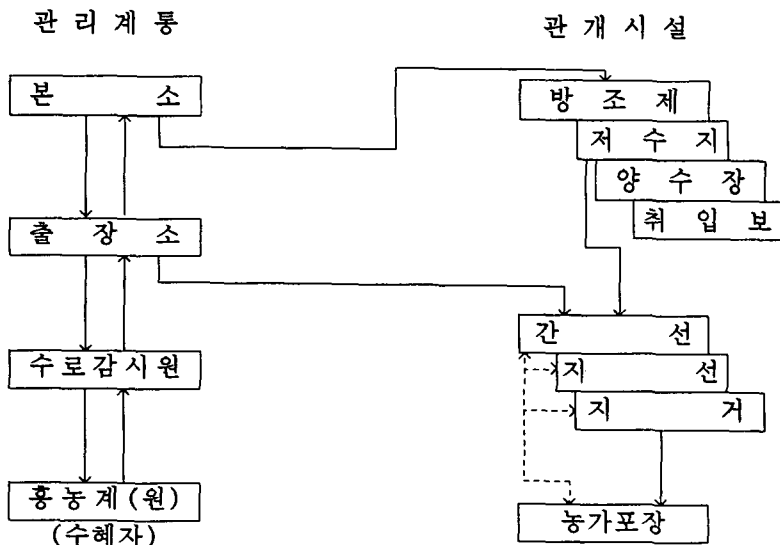


그림 1.6.1 물 관리 체계도

6.2.2 관리 체계

수자원의 부족과 다양화하는 농업용수를 효율적으로 사용할 필요성이 커지고 있다. 농업용수 관리 문제가 점차 중요시되고 있다. 여러가지 제약조건이나 자료에 기초를 둔 물관리체계를 작성하여 관리해야 한다.

물관리체계를 작성하기 위하여 무선장치, 자동화장치 또는 컴퓨터 등 관리시설을 만들기 이전에 물의 저류, 유송, 배분에 관련되는 농업토목구조물의 수리특성을 아는 것이 중요하다.

용수계통내에는 물과 관련된 많은 시설이 있기 때문에 이 시설이 계통적으로 계획된 기능을 발휘해서 당초 용수계통으로서의 역할을 다하도록 해야 한다. 개개의 시설이 별도로 관리되면 수계 전체의 기능은 발휘된다 해도 이는 물로 인한 분쟁의 요인이 될 수 있으므로 용수관리가 체계화되어야 한다. 이와같은 용수관리를 체계화하는데는 특히 다음 사항을 고려해야 한다.

① 관리목적이 유량, 수위, 압력 등 어디에 있는지 분명하게 한다.

② 수리시설 계통내에서 발생하는 수리현상이 가급적 정확하게 나타날 수 있는 모형을 제작하여 수리현상의 모형실험을 행한다. 또 계획시점에 있어서 여러가지 수리시설의 대안이 있는 경우에는 수리학적으로 유리한 계획을 선택한다.

③ 모형실험을 기초로 해서 수리시설의 안전과 안전을 얻는데 필요한 시설의 성능 및 규모를 결정한다.

④ 모형실험에서 계통내의 수리현상을 될 수 있는대로 정확하게 표시하기 위하여는 경계조건을 고려하며 현지에 필요한 계기를 설치한 후 자료를 검출한다.

⑤ 이러한 자료를 이용하여 물관리에 필요한 검출계기의 종류, 수량 및 치수를 결정한다.

⑥ 검출된 자료를 어디에 어떤 방법으로 전달할 것인가를 검토해서 전달장치를 결정한다.

⑦ 이와같은 자료를 기초로해서 수리시설을 조작하는 기구를 검토한다.

⑧ 이러한 검토가 끝나면 중앙관리소나 컴퓨터 장치를 설치한다.

6.3 물관리

6.3.1 용배수 관리계획의 기본방향

시설준공 직후인 개발초기에는 해당 수혜지구의 영농상황, 용수손실 등 물

관리에 필요한 기초자료가 불비하므로 이들 자료의 수집 및 조사가 이 시기에 이루어져야 한다. 또한 전체 급수대상지를 확정하여야 하고 벼농사에 있어 가장 중요한 요소중의 하나인 적기이앙에 초점을 맞추어 물 관리계획을 수립해야 한다. 개발초기에는 준공된 시설물의 용량, 작동여부 등을 알 수 없으므로 일단 적기에 이앙을 마치고 그 후에 본답의 물관리에 임해야 한다.

개발 중기이후는 초기에 수집 조사된 각종 자료를 단계적으로 정리하며 변동상황 누락사항 등을 보완하도록 한다. 급수구획을 확정하여 운환관개를 실시함으로써 용수의 낭비를 막고 물을 절약하여 용수의 합리적 관리가 가능토록 한다.

6.3.2 급수계획

급수시설은 못자리 용수, 씨레질 용수, 본답용수 등의 구체적인 급수량과 급수일정을 계획하는 것을 말한다. 모든 급수는 급수계획의 통보, 필요한 계몽, 수혜민 대표 또는 유관기관과의 일정협의, 급수계획 확정통보 등의 과정에 따라 시행하게 된다.

가. 못자리

못자리급수는 집단못자리, 보온못자리 등을 용수지선 및 지거 주변이나 기존하천수 이용지역 등에 설치하도록 장려하고 가급적 기존 수원공에 저류되어 있을 용수를 아껴서 최소한의 용수만을 사용하도록 한다.

집단못자리는 물의 효율적 이용이라는 측면에서 뿐만 아니라 병충해의 공동방제에도 유리하다. 또한 보온못자리는 조기이앙을 실현하기 위한 절대적 조건이 되며 이들 못자리를 용수지선이나 지거주변, 또는 기존 하천수 이용지역에 설치하는 것은 용수이용면에서 유리하고 용수절약의 효과도 있기 때문이다.

나. 씨레질 용수

씨레질 용수의 급수계획은 적기이앙의 달성에 그 중점을 두어야 한다. 벼농사에 있어서 다수확을 위하여는 적기에 이앙하는 것이 무엇보다도 중요하다. 따라서 이앙기의 물관리는 지구내 모든 경지가 적기에 이앙할 수 있도록 사전에 준비하여 두어야 한다.

계획의 순서는 우선 지구내 수원공의 공급가능수량을 조사해두어야 하는데 저수지의 경우는 계획저수량과 실저수량을, 그리고 해수의 역류로 양수에 제

약이 있는 양수장은 수위표에 의한 취수가능량을 일별로 조사, 작성한다. 용수 공급량의 계산은 못자리 용수량의 산정방식과 동일하다. 계획일정은 지역내 수혜민대표, 농촌지도기관과 협의하여 결정하고 그 결과에 따른 급수계획을 확정된 후 부락 계서판, 농촌지도기관 또는 행정기관에 공고 또는 통보하도록 하여야 한다.

다. 본답용수

본답용수 공급계획은 윤회관개를 통한 간단관개실시에 중점을 두어야 한다. 우리 나라 농민은 옛날부터 담수관개에 대한 욕구가 유달리 크다. 담수관개가 지니고 있는 여러 가지 장점은 있으나 단점이 더욱 심각한 문제이다. 즉, 담수관개는 물의 낭비에 따른 용수량 부족현상의 초래라는 치명적 단점 이외에도 ① 토양의 환원상태가 심해져 산소부족으로 벼뿌리가 충분한 기능을 발휘하지 못하고, 토양에서 벼가 필요로 하는 철분이나 칼슘 마그네슘 등이 쟁기층 아래로 녹아 내려 양분이 부족한 소위 노후화답이 되어 수량이 감소하고, ② 물을 계속 대줌으로써 토양의 양분이 유실되고 용탈이 심하여 벼 생육에 지장을 가져오며, ③ 벼 생육이 연약화하여 도복이 많은 등의 문제가 있다.

이상의 담수관개 단점을 보충할 수 있는 것이 바로 윤회관개방식에 의한 간단관개 방법이라고 할 수 있다. 이양한 후 활착기까지는 7~9cm 정도의 심수관개를 실시하고 활착기이후 완전낙수기까지 4~5일 간격으로 물을 대주어 유해물질의 발생을 감소시키고 토양환원을 억제하여 벼뿌리를 건설하게 해줌으로써 증수는 물론 용수량도 절감할 수 있다. 간단관개가 벼의 근활력 또는 수량에 미치는 효과를 실험한 결과는 표 6.2 와 같다.

이양재배에서의 일반적인 생육시기별 물관리 요령은 다음과 같다.

1) 활착기의 물관리

이양이 끝난 후, 곧 바로 물을 넣지 않고 논흙이 노출된 상태로 두면 활착이 늦어진다. 모낸 다음 2~3일은 새뿌리가 나와 자라기까지 보운을 위하여 모키의 1/2 정도(약 5~7cm) 로 깊이 물을 댈다. 활착이 되면 물깊이를 2~3cm 정도로 낮추어 분얼을 촉진한다.

2) 분얼기의 물관리

분얼기에는 물깊이를 3cm 전후로 얇게하여 분얼을 촉진한다. 분얼기에 물을 깊이 대면 분얼이 억제되거나 늦어지고, 벼가 연약해져 도복 및 병충해에 대한 저항력이 약해진다. 이 시기는 물이 부족하여도 성장에는 지장이 없지만 물이 단수되면 벼포기 주위의 흙이 굳어져 분얼발생이 억제되므로 물깊이를

얇게하여 2~3일에 한번씩 관개하고, 분얼종기까지는 물이 단수되지 않게 한다. 유효분얼기를 지나 무효분얼기에 이르면 벼생육에 물이 필요없으므로 중간낙수를 실시한다. 이 시기는 출수전 40일부터 30일 사이에 논바닥이 가늘게 갈라질 정도로 실시하는 것이 좋다.

3) 수잉기 전후의 물관리

이 시기는 물을 가장 필요로 하는 시기로 부족하면 유수발육 및 개화수정이 저하되어 감수된다. 벼는 유수분화기로부터 25일 후에 출수하고 출수와 동시에 10~12일간에 걸쳐 개화가 끝나며 이 기간에는 물깊이 4cm 로 다소 관개 하는 것이 좋다.

4) 출수기 전후의 물관리

수정이 끝나면 잎에서 만들어진 동화전분과 식물체중에 저장된 전분을 이삭에 전류시키는 생리작용을 하는데 이 작용의 중추적 역할을 하는 것이 생리수이므로 물깊이를 3~4cm의 보통 정도로 낸다. 벼가 팬후 현미가 완성되는 약 35일간은 물을 대어야 하지만, 등숙기에는 기온이 점차 낮아져서 벼의 엽면증산량이 적어지고 벼잎에 가려져 논면증발량도 적어지므로 많은 양의 물이 필요하지 않으므로 물깊이를 2~3cm로 얇게 걸러대기를 실시한다. 특히, 벼알이 여무는 시기에는 수분과 산소가 균형있게 공급되어야 한다.

5) 낙수

건실한 벼를 충분히 등숙시키기 위한 물떼기는 대체로 출수 후 35일경이다.

표 1.6.1 간단관개가 근활력 및 수량에 미치는 영향(호시, 1967)

처 리	근활력(r / fr • wt / h)			현미량(kg / 10 a)	
	상 근	중 근	하 근	八 達	八 續
관 행 재 배	148	180	108	434	427
간 단 재 배	180	210	156	438	434

주) 간단관개 - 고온기 40일간 3일관개, 2일 낙수

또한 간단관개에 의한 용수절약효과를 조사한 결과는 표 1.6.3 및 그림 1.6.2와 같다.

간단관개를 가장 필요로 하는 시기는 유수형성기부터 출수개화기와 성숙기로서, 이때는 등숙비율을 높여야 하므로 잎의 질소농도가 높고 뿌리가 건전해야 하는데 벼뿌리는 이때부터 많은 물을 필요로 하는 동시에 산소의 요구도도

높기 때문에 윤회관개를 통한 간단관개를 철저히 이행하여야 하며 통일계 품종은 간단관개를 실시하지 않으면 적고(赤枯)현상이 나타나 등숙에 영향을 준다.

표 1.6.2 생육시기별 물관리 깊이와 효과

생육시기	물대는 요령	물깊이 (cm)	효 과
이앙기	얕게 델 것	2~3	모를 얕게 심게 됨
활착기	깊이 델 것	5~7	증산 억제, 활착 촉진
분얼성기	얕게 델 것	2~3	분얼 촉진
무효분얼기	중간 물떼기(5~10일간)	0	헛가지 억제, 유해물질 제거
생식생장기	걸러 대기 (3일 관개, 2일 배수)	2~4	뿌리기능 촉진, 유해물질 제거
출수기	보통으로 델 것	3~4	꽃가루받이 촉진
등숙기	걸러 대기 (3일 관개, 2일 배수)	2~3	등숙 양호, 뿌리기능 유지
낙수기	출수후 35일 전후	0	품질 양호, 농작업 편리

자료 : 영남농업시험장, 1996, 시험연구사업 설계서

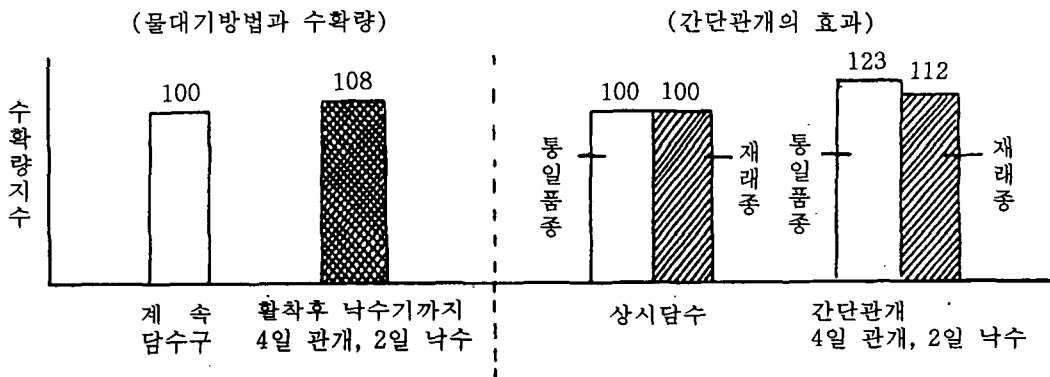


그림 1.6.2 간단관개의 효과

표 1.6.3 관개방법별 용수량

관 개 방 법	지구수	순용수량 (ℓ/s/ha)	감수심 (mm)
내 리 흘 립 식	131	2.78	24
간 단	172	1.97	17

운환관개를 통한 간단관개를 실시하기 위해서는 다음 사항을 고려한 관개 급수계획이 수립되어야 한다.

① 급수계획은 간·지선별로, 지역별 토양 및 재배품종을 고려하여 수립한다.

② 작물별 생산목표량, 작부체계에 따른 시기별, 관개면적을 조사하여 용수량을 파악 한다.

③ 확보가능수량과 평년의 시기별 분포상태를 분석하여 현재의 시설로 급수 가능한지를 검토해야 한다. 또한 조직적인 관개를 실행하기 위하여는 수계별로 동일품종에 대한 집단 재배단지 조성이 선행되어 불필요한 유출현상이 없도록 용수조직별 관개시기가 정해져야 할 것이다.

그러므로 협동영농이 고려되도록 집단재배단지 조성을 위해 유관기관과 긴밀한 협동체제가 이루어져야 하고 간단관개의 실효를 거두기 위하여 사전에 수혜민에게 급수계획을 충분히 주지시켜야 한다.

한편 용수가 부족한 지대에서는 부득이 용수절약을 위한 절수재배가 요구된다. 절수재배는 단수피해가 적은 생육기에 단수시켜 물을 절약하는 것으로 이앙기까지는 보통재배와 같지만 착근이후 유수형성기까지의 영양생장기는 관개를 극히 제한하여 밭상태로 재배하며 유수형성기 이후에는 약간 물이 논바닥을 스쳐갈 정도의 관개를 하고 출수 10여일 전 부터는 보통관개와 같이 담수관개를 한다. 이 방법은 주로 저수지내 용량이 적거나 잔존저수량이 적은 곳에서 실시하는 것으로 이때의 수확량은 관행관개시의 수확량보다는 좀 떨어지지만 용수량은 약 20%의 절약을 가져오는 이점이 있다.

6.3.3 물관리를 위한 인적 조직

농업용수의 관리조직은 유지관리기관이 전담하며 농민은 비용부담의 형식을 취하고 있다.

지금까지의 용수관리는 용수의 감시정도이며, 제어시설이나 급수량 측정시설은 거의 없는 실정이다. 앞으로는 농업용수가 다목적화, 고도화됨에 따라 물관리기술도 고도화할 것이므로 이에 대응하기 위해 많은 물관리(전문) 기술자가 필요하다. 운용관리의 인적 조직은 다음 사항을 고려하여 구성해야 한다.

① 말단에서의 물수요를 신속 정확하게 전달할 수 있는 조직이 되어야 한다.

② 지휘명령계통이 통일화해야 한다. 현재는 조합장이 모든 운용관리를 전담하고 있어 명령계통이 통일화되어 있으나 조직성이 부족하고 특히 물관리전문조직이 미약하다. 물관리기술은 증산과 한해대책과도 직결된다.

③ 관리기술자는 지구의 상황을 숙지하는 전문지식의 소유자이어야 하며 연수 등에 의해 새로운 전문지식이 보급되도록 해야 한다.

④ 가급적 소수의 인원으로 기동성있는 관리체제를 만들어야 한다.

6.3.4 물관리시 유의사항

물관리는 업무자체가 수혜민들의 이해와 직결되는 현장업무이다. 그러므로 용수공급의 부족, 공급시간의 지연, 불공평한 용수공급 등은 수혜민들의 불신을 초래하는 주원인이 된다. 이러한 수혜민의 불신을 없애고 물관리업무가 원활하게 이루어지기 위해서는 다음 사항들에 특히 유의하여야 한다.

① 개발지구 중 초년도 신개발 급수지구는 공정의 지연, 구조물의 미양생 및 토공의 미침하 등으로 인하여, 계획급수가 불가능함을 수혜민에게 계몽한다.

② 매년 급수 전 말단급수지까지 급수가능여부 및 시설물의 취약점을 사전 파악한다.

③ 급수계획은 변동이 있을 때마다 수혜민에게 통보하고 급수일정에 정확성을 기하여 수혜민에게 신뢰감을 주어야 하며 가수요적인 용수확보 및 과잉관개는 지양해야 한다.

④ 급수과잉시에는 급수신고가 없지만 부족시에는 급수신고가 있음을 유의한다.

⑤ 포장내 용수관리상황과 낭비여부를 판단하려면 배수로말단의 유출량을 점검한다.

⑥ 조잡한 시설물은 용수의 낭비를 초래하므로 이에 유의한다.

⑦ 도시근교는 겸업농민의 증가로 공휴일 이양이 성행될 전망이 큼을 유의한다.

⑧ 영농의 기계화는 이양시기를 단축하므로 이에 대비한다.

⑨ 농가소득의 증대로 수혜민의 협동화 및 유지관리의 참여도가 떨어질 수 있으므로 이미 조직된 각종 계의 활동 및 운영을 강화한다.

⑩ 계단식 개답지에는 묘판설치를 지양한다.

⑪ 급수는 수혜지역내에 우선하여야 한다.

⑫ 시설불비로 급수가 원활치 못하면 그 불가피성을 수혜민에게 납득시킨다.

농림부(1986) 농업기반조성사업 편람에서의 구체적 물관리요령은 다음과 같다.

① 매년 영농개시 전(3월 하순)까지 수혜구역 전체의 작부체계를 수립한다.

② 작부체계에 따른 품종별 재배면적 및 급수예정면적의 물수요량을 산출한다.

③ 작부체계에 따라 수원공별 용수계통별 연간 급수계획을 작성한다.

묘대급수 : 집단 및 공동 못자리 설치를 권유한다.

이양급수 : 작부계획에 따라 지역별로 집중적으로 관개용수를 공급한다.

본답급수 : 간단관개의 실시로 용수를 절약한다.

- ④ 처수상황을 참작하여 조기이양 및 답이작지역의 관개용수를 적절히 배분한다.
- ⑤ 한발이 심하면 표준분수량을 조절하고 강우량을 고려하여 제한급수를 실시한다.
- ⑥ 작부체계 및 기상변화로 물 수요량이 달라질 때에는 계획을 변경한다.
- ⑦ 급수계획이 변경되면 유관기관 및 흥농계에 통보하여 재급수요청에 의한 용수낭비를 방지한다.
- ⑧ 강우량이 5~10mm에 달하면 지선분수문의 표준분수량을 반으로 조절한다.
- ⑨ 강우량이 20mm 이상으로 계속강우가 예상되면 분수문을 닫고 급수를 중단한다.
- ⑩ 수로내에 저류된 물과 관개잉여수는 지구내의 유지에 도수하여 재이용한다.
- ⑪ 강우 후 통수재개시에는 표 1.6.4를 참고하고, 강우량에 의한 관개중단일수의 예는 표 1.6.5 를 참고하여 급수한다.

표 1.6.4 강우 후 통수재개방법

강우량(mm)	당일	2일	3일	4일	5일	6일	7일
5~10	1/2	1	1	1	1	1	1
10~20	1/2	1/2	1	1	1	1	1
20~30	0	1/2	1/2	1	1	1	1
30 이상	0	0	1/2	1/2	1	1	1

자료 : 농업기반조성사업 편람 (농림수산부, 1986)

표 1.6.5 강우량에 의한 관개중단일수 (예)

우 량 (mm)	관개중단일수 (일)	비 고
5 이하	계속 관개	○ 가정 : 1일 침투량 4mm 1일 증발량 3mm
5~9	1	
10~15	1~2	○ 예 : 4일간 계속 내린 강우량이 56mm 이고 감수심이 28mm이면 잔량이 28mm이므로 4일간 강우가 끝난 날부터 관개를 4~5일간 중단한다.
16~21	2~3	
22~27	3~4	
28~33	4~5	
34 이상	6일 이상	

자료 : 농지기반조성사업 편람 (1986, 농림수산부)

6.4 시설관리

6.4.1 시설물별 관리방법

가. 관리책임자 지정

수리시설물에 대하여는 1인 1시설물 관리책임자를 지정한다. 이를 위하여 유지관리기관 구역내의 시설물은 그 소속 직원 중에서 관리책임자를 지정하 유지관리기관 구역외의 시설물은 시장, 군수 책임하에 농지개량계장 또는 계원을 관리책임자로 지정한다.

관리책임자로 지정된 자는 다음과 같은 임무를 수행한다.

- ① 시설물의 파손 파괴등 이상 유무에 대한 점검
- ② 시설물 재해, 발생에 대한 응급 조치와 대책강구
- ③ 공해 오염물질의 유입상태 점검
- ④ 급수체계에 따른 급수조절
- ⑤ 기타 시설물의 선량한 보호

나. 점검 및 기록 유지

관리책임자는 1일 점검사항을 점검일지에 기록해야하며 점검결과 이상이 있을 때에는 보고체계에 따라 즉시 보고하고 지휘명령을 받아야 한다. 그리고 점검시에는 수위 변동, 유심 변화, 수로손실량 측정, 양수량 측정 등을 점검하고 기록, 보존하여 장래 개보수 사업추진을 위한 자료에 이용하도록 한다.

다. 경고 및 위험표시

시설물관리자(관리책임자)는 시설물 보호관리와 재해 및 인명피해 방지 등을 위하여 필요하다고 인정할 때는 잘 보이는 곳에 그 내용을 표시하는 게시판을 설치해야 한다. 즉 관리자는 관개 또는 배수를 위한 관리업무를 담당하는 자 이외의 출입을 제한 또는 금지하거나 어획, 기타의 목적으로 폭발물 및 유해물 또는 어획, 어망 등을 사용하는 행위의 금지 기타 필요한 제한조치를 표시하는 경고 표시판을 설치하고 위험이 있는 장소에는 위험표시판을 설치해 놓아야 한다.

라. 비상대비

대상대비를 위한 자체방호계획을 수립하여 비상대비에 만전을 기해야하며 중요시설물에 대하여는 청원경찰을 배치하는 등 1일 24시간 순회 또는 특별

경비해야한다. 관리자(관리책임자)는 비상시 응급조치를 위한 장비와 필요한 기구를 사전에 확보 비치해두어야 한다.

마. 개보수사업

관리자는 시설의 기능보전과 재해를 예방하기 위하여 매년 영농기 전에 정기점검하고, 분기별로 1회 이상 일상점검하며, 필요시 긴급점검한다. 점검결과 재해위험시설은 정밀안전진단을 실시하고, 결과에 따라 개보수사업을 추진한다. 개보수 사업을 하고자 할 때에는 다음 사항을 종합검토하여야 한다.

1) 수원공 능력 판단

지구단위로 수원공별로 모든 시설을 조사하여 현재의 급수능력을 판단하고 보수·보강하여야 할 시설공정을 조사 검토한다. 특히 저수지의 경우에는 수문조사와 필요저수용량을 산출하여 내용적 증대 방안을 검토하고 양수장의 경우에는 양수능력을 판단하여야 한다.

2) 용배수조직의 검토

기설수로의 파피부분과 누수부분이 없는지를 조사하고 수로의 계획 대 실제 유량의 통수능력을 검토하기 위하여 유량을 측정하여야 한다. 또 수로의 종단 기울기를 검토하고 공작물 등 용수관리 시설을 비롯한 다른 공작물을 함께 조사하여 통수 저해요인을 분석하여 대책을 세워야 한다.

3) 유지관리 현황조사

개보수사업을 시행하기 위한 경제성과 타당성을 검토한다. 이를 위해 수초 제거비용, 수로의 붕괴, 퇴적된 토량의 준설, 기타 사항 등을 조사한다.

4) 급수현황조사

수혜구역 중 급수불능 면적이 없는가를 조사하여 원인을 분석하고 동시에 급수횡수, 급수적기를 조사하는 한편, 일회 담수심과 담수일수를 조사한다.

5) 개보수 시행 여부의 판단

개략적인 기본조사를 행하고 이외에도 경지정리 등 관련사항을 조사한다. 기존자료 등을 수집 분석해서 개보수사업 시행을 위한 기본계획을 수립하여 시행한다.

6.4.2 시설물별 관리방법

가. 저수지

저수지에서는 제당은 물론 취수시설 및 물넘이 관리에 중점을 두어야하고 수자원 함양이 중요하다. 댐관리는 계측시설을 장치해야 한다. 계측설비는 설

계 및 시공의 확인과 관리를 목적으로 하는 것과 사후의 유지관리를 목적으로 하는 것이 있다.

댐본체에 설치하는 계측시설은 댐의 종류, 형식 규모 및 입지조건에 따라 계획항목, 계측점, 계측횟수, 계측방법이 다르다.

설치시기는 시공당초로 한다.

기타 댐관리에 대하여는 관개개선사업계획기준 댐편 5.2 관리항을 참조한다. 또한 저수지의 철저한 관리를 위하여 다음 사항을 고려한 관리가 이루어져야 한다.

① 댐에 가축을 방목하거나 퇴비의 적치, 토석의 채취 등과 같은 행위를 금한다.

② 댐에서 낚시 행위를 해서는 안되며 잡목은 완전히 제거한다.

③ 댐의 사면통행을 통제하여 댐 보호에 만전을 기한다.

④ 댐의 떼붙임이나 돌붙임 등의 토석이 유실되지 않도록 사전 예방한다.

⑤ 물넘이에는 균열된 부분이 없도록 하고 누수를 방지하여야 한다.

⑥ 강우기에는 물넘이 상단에 시설한 간이 물막이(흙가마니 쌓기)등을 제거하고 빈지 수문도 개방하도록 한다.

⑦ 통관지점과 슬루스 밸브의 인접부의 누수는 저수지 전체에 큰 영향을 미치게 되므로 균열 또는 누수부분이 없도록 한다.

⑧ 권양기나 스피들은 수시로 기름칠을 하여 작동에 지장이 없도록 하고 특히 강우시에는 수원감시를 철저히 한다.

⑨ 콘밸브실이 설치되어 있는 곳에는 유량조절 및 유량측정에 지장이 없도록 관련시설을 잘 관리한다.

⑩ 물넘이가 텐터게이트인 곳에서는 정전에 대비하여 설치해 놓은 예비 발전기에 대한 관리를 철저히 하여 유사시 작동이 안되는 일이 없도록 한다.

⑪ 저수지의 수원을 함양하기 위하여 상류 유역은 산림당국과 긴밀한 협조를 하여 사방조림을 실시하고 형질의 변경이나 기타 행위를 못하도록 대책을 강구한다.

⑫ 토사로 퇴적된 저수지는 갈수기를 이용하여 토사를 준설한다.

⑬ 준설된 토사는 건설용 골재나 성토용 재료로 활용하는 방안을 검토하고 점토나 부식토는 가급적 인접 농경지에 운반하여 객토로 활용하도록 한다.

⑭ 저수용량을 늘리기 위하여 물넘이를 돋우는 시설에는 임시시설(흙가마니 쌓기), 간이시설(빈지판막이, 빈지형 게이트), 영구시설(고무(패브릭)댐, 사이편, 슬루스 게이트, 텐터게이트 등) 등이 있으며 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- ㉠ 관리자는 시설의 안전도를 점검한 다음 물막이 높이를 결정한다.
- ㉡ 해당 저수지를 관할하는 기상관측소의 강우기록으로 200년 빈도의 강우량을 추정하고 유역상황에 따른 유량을 산정하여 물넘이의 측벽을 설계한다.
- ㉢ 물넘이를 돌우고자 할 경우에는 가급적 부지매수로 인한 비용부담이 없이 저수총량을 증가할 수 있도록 한다.
- ㉣ 물넘이 돌우기는 시설의 안전도와 홍수량 배제능력 등의 전문적인 기술진단을 하여 재정부담의 능력을 고려해서 연차적인 계획하에 추진한다.
- ㉤ 물넘이를 돌우기하였을 경우 유사시에는 이를 쉽게 제거할 수 있어야 하며 제거에 필요한 기구(갈구리, 지렛대 등)을 사전에 비치하여 안전을 기한다.

나. 양배수장

양수시설의 고도화 및 대규모화에 따라 기술적인 보수관리도 어려워지고 있다. 중요한 양배수장 시설은 보수관리의 불충분으로 고장이 발생하면 원활한 운영이 어렵게 되고 내용년수의 유지도 곤란해진다. 불의의 사태가 발생하면 시설뿐 아니라 농지, 농작물, 관계주민에게 막대한 피해를 주게 된다. 또 양배수장의 시설이 자동화됨에 따라 기계, 전기, 계기 등 조작에 전문기술자가 필요하므로 이에 대한 기술훈련을 거친 전문요원만이 관리토록 하는 등 관리에 안전을 기하여야 하며, 특히 다음 사항에 유의해야 한다.

- ① 시설의 보호, 경보, 자동정지장치 등 보호장치는 작동이 순조롭지 않은 경우 등 만일의 사고에 대비 한다.
- ② 기계는 수시로 정비(닦고 조이며 기름칠)하며 슬루스 밸브 등의 설비 장치의 작동여부를 점검한다.
- ③ 기계장치 대해서는 윤활유의 순환상황, 내부의 녹 및 도장, 냉각수의 순환, 스트레이너 장치 등의 정비, 공구보존 등에 유념한다.
- ④ 공구함을 반드시 비치하고 공구는 대장과 일치시킨다.
- ⑤ 양수장 실내외는 항상 정리정돈하고 환경미화에 철저를 기한다.

다. 취입보

취입보 관리에 있어 주요대상은 취입보 본체와 취수문, 호안공 및 호상공, 취입구의 유지관리 등이다. 위어는 다음 사항에 유의하여 관리에 안전을 기해야 한다.

- ① 취입보의 수문 관리 : 취입보 수문은 허용 일류수심이 50cm 정도로서 홍수시에 수문고장이 생기면 수문파손만이 아니고 제방결괴에도 연관이 된다.

그러므로 수문을 조작할 때마다 문짝 모터 등의 이상유무, 진동 및 이상음의 유무, 작동상황, 전류계 등을 점검함은 물론 정기적(예 : 월 1회)으로 예비발전 장치도 포함하여 운전점검하여야 한다. 수문은 적절하게 도장을 하여 녹스는 것을 방지해야 한다. 배사구의 배사를 위한 수문조작의 중요한 목적중의 하나이다. 홍수중기의 수문조작은 배사가 충분히 될 수 있는 유량이 흐를 때에 하며 계획취입수량을 유지토록 한다. 조작방법은 우선 전체수문을 일단 폐쇄하여 상류수위를 높여 배사하고자 하는 수문 (1문 또는 2문)을 타 수문에서 유량이 월류하지 않도록 조정하면서 개방한다. 상류에 댐이 있는 경우는 갑자기 유출량이 작아져 시기를 놓칠 우려가 있으므로 주의하여야 한다.

② 취입보 본체 : 대규모 취입보에는 침하계, 압력계 등의 계기를 설치한다. 이들 계기의 설치가 없는 취입보에서는 균열 및 관공현상이 있는지를 조기 발견하여 보수하며, 특히 마모깊이가 5cm 이상인 곳은 즉시 보수해야 한다. 보수 콘크리트 타설 후에는 즉시 단단한 목판을 얹어 해머로 다져야 한다.

③ 호안공 및 바닥보호공 : 호안공 및 바닥보호공의 피해는 첫째로 하류 하상의 세굴로 인한 호안 석재 및 호상블록의 탈락 또는 유실에 의한 것이다. 이 피해를 최소화하려면 피해부분을 조기발견하여 보수해야 한다. 필요에 따라서는 시공길이를 연장할 수도 있다. 바닥보호공의 이동방지를 위해 바닥보호공 하류단에 격벽과 널말뚝공의 시공길이를 연장할 수도 있다. 또 가동부의 하류에서는 수문이 반개방하였을 때의 유속에 의해 바닥보호공 속에 충전한 자갈이 빨려 나오는 수가 있다. 이것을 그대로 방치하면 하류하상의 세굴과 더불어 관공작용이 일어나며 나아가 물받이 부분에도 파급하므로 즉시 흡출부를 돌, 자갈 등으로 방지하는 조치를 취해야 한다.

④ 취입보 본체의 보호관리를 위하여 취입보를 중심으로 상하류 500m 이내에서 토석을 채취해서는 안 된다.

⑤ 토석채취를 허가할 경우에는 취입보에 영향이 없도록 기술적인 진단을 행할 것이며 토석채취로 인하여 시설에 피해가 발생할 경우에는 원인자로 하여금 피해복구조치를 취해 시설보호에 최선을 다해야 한다.

⑥ 취입보 부근에서 화약류로 고기를 잡는 행위는 취입보에 피해를 주므로 피해야 한다.

라. 용배수로

수로는 계획수량이 통수되고 수로의 제방이 안전하며 수로내의 각종 시설물의 기능이 완전히 발휘될 수 있도록 관리한다.

① 수로는 계획된 유량이 통수되어야 하므로 수로내의 침투, 잡초에 의한 유속장애, 수면증발, 구조물의 불비, 관리부실 등에서 오는 수로손실이 최소가 되도록 대처한다.

② 수로제방에는 식목을 하거나 임의개간, 가축방목 등의 행위를 못하게 하여 제방붕괴가 없도록 한다. 일반적으로 수로제방이 붕괴되는 원인에는 ㉠ 성토재료의 침하, ㉡ 연약한 기초지반의 활동, ㉢ 제방의 활동, ㉣ 외력에 의한 파괴, ㉤ 과잉 통수에 의한 파괴 등이 있다.

③ 수로의 누수방지와 유속을 원활히 하기 위하여 농번기 이전에 잡초와 퇴적물을 제거한다.

④ 용배수 잠관의 퇴사방지 및 제거, 배수갑문의 철물, 권양기, 스피들 등의 안전관리에 철저를 기한다.

⑤ 침투수를 억제하기 위하여 점토다짐, 라이닝, 비닐라이닝, Soil-cement 라이닝 등 응급대책을 세우고 연차적 계획하에 콘크리트 라이닝과 같은 영구 대책을 추진한다.

마. 집수암거

집수암거는 다음과 같은 사항에 유의하여 관리하여야 한다.

① 암거내에 퇴적물이나 파손부분이 없나를 확인하고 주변에 위험을 초래할 장애물이 있을 때에는 이를 사전에 철거 또는 제거한다.

② 집수정에는 반드시 뚜껑을 덮고 도색하여 양호한 유지관리를 한다.

③ 위험개소에는 반드시 위험 표식을 하여 인명피해 등이 없도록 사전에 예방한다.

바. 관정

관정은 외부적으로는 관정재료의 파손 또는 관정내에 모래, 돌, 나무 기타 이물질의 투입으로 인한 매물로 양수에 장애를 일으키는 경우가 있으며, 내부적으로는 과잉양수로 인한 대수층의 파괴로 양수량이 감소된다든지 또는 장기간 사용으로 미립물질이 관정내에 침전되어 노후현상이 나타나는 경우가 있으므로 이에 대한 관리를 철저히 하여 항상 본래의 기능을 발휘할 수 있도록 해야 한다.

1) 적정양수량 유지

관정능력 이상의 과잉 양수를 행할 경우에는 대수층이 파괴되거나 유속에 의하여 주변의 미세한 흙이나 모래 등이 관정내로 유입 퇴적되어 채취량이 감

소되므로 항상 관리능력에 맞는 양수를 해야 한다.

2) 채수량 감소 방지

과잉 양수로 인하여 유공관의 구멍이 막히는 일이 없도록 하고 유공관 주위의 자갈이 침하되었을 때에는 규격에 맞는 자갈을 보충시켜 주어 채수량이 감소되지 않게 해야 한다. 관정내 지하수의 유동으로 미립자가 충전되거나 인위적인 잡물투입으로 양수량이 감소되었을 때에는 적기에 퇴적물을 제거하여 본래의 기능을 회복시켜야 하며 이를 위하여 최소한 1년에 1회이상 관정내를 청소해야 한다.

3) 지하수의 관측조사

지하수 공급량의 감량, 지하수질의 오염, 시간적 채수량 변동에 대하여 장기적인 관측조사를 시행해서 지역별 또는 개개 관정의 특성에 알맞는 대책을 강구해야 한다.

4) 양수기의 관리

관정의 유지관리를 위해서는 관정자체 이외에 양수기에 대한 성능 및 관리등이 매우 중요하다. 양수기의 규격별 성능과 원리를 알고 운전관리를 철저히 해야 한다.

또 양수기를 정기점검 및 보수하여 양수기의 사용년한을 연장시키고 겨울철에는 동해를 방지하기 위하여 다음과 같은 대책을 수립해야 한다.

- ① 단열재를 사용하거나 방한실을 이용하여 본체의 동해를 방지한다.
- ② 배관용 파이프 중 지상에 노출된 부분은 방한재로 싸서 얼지않게 한다.
- ③ 압력탱크 및 관내에 있는 물을 뺐다.

양수기 고장을 발견하였을 때에는 신속하게 원인을 파악하여 완전하게 수리하여야 한다.

제 2 편 발 관 개

제 1 장 총 론

1.1 적용범위

이 편람의 발관개편은 설계기준 제2편 발관개편에서 규정하지 않은 사항으로 일반적인 기술해설, 표준적인 사례, 참고사항 등을 기술한 것이다.

이 편람에서 취급하는 범위는 발관개를 위하여 수원(水源)에서 포장에 이르는 종합적인 물이용시스템의 계획이다.

1) 지역의 특수성

우리 나라는 지역에 따라서 기후나 토양수분의 조건에 차이가 있고 발관개의 대상이 되는 밭농사의 기반에 관계되는 여러 가지의 자연 및 영농조건이 서로 다른 경우가 많다. 따라서 발관개계획에 이 편람을 적용함에 있어서는 그 지역의 밭농사의 특수성에 대응하여 계획을 수립하는 것이 바람직하다.

2) 물이용의 다양화

우리 나라의 밭지대는 외국에서 발관개가 성행하는 지역에 비하면 강우량이 많으나 그 분포는 해마다 계절에 따라서 변화가 크다.

이 편람에서는 주로 습윤지역에 있어서 수분보급관개를 중심으로 시행하고 있으며, 여기에 최근에 발전되고 있는 발관개시설의 다목적 이용에 관한 것을 포함하여 종합한 것이다.

3) 전환밭, 밭기반정비 및 시설단지의 취급

① 이 편람은 논과 밭을 구별하고 보통밭, 수원지(樹園地) 및 목초지를 대상으로 한 것이다. 전환밭은 보통밭과는 조건이 다르므로 이 편람의 대상으로 하지 않았으나 적용이 가능한 부분에 대해서는 적용해도 무방하다. 전환밭이란 논을 밭으로 이용함에 있어서 밭으로 이용되고 있는 기간의 논을 말한다.

② 최근 밭작물의 경쟁력을 강화하고 농업생산성을 향상시키기 위한 생산기반을 조성하기 위하여 밭기반정비사업이 활발하게 추진되고 있다. 밭기반정비사업을 시행함에 있어서 용수계획, 관개조직계획, 급수조직계획, 송수조직계획, 기타 필요한 사항은 가능한 범위내에서 이 편람을 적용할 수 있다. 이 편람에

언급되지 않은 상세한 내용은 『발기반정비사업 조사설계요령(농진공 1994. 6)』을 참고로 한다.

③ 채소생산단지에는 물론 보통밭이나 수원지에 있어서도 발관개의 도입과 아울러 시설(하우스)원예가 발달하고 그 단지도 대형화되는 경향이 있다. 시설내의 관개는 보통밭의 관개와는 형태가 매우 다르며 관개방법도 다양하기 때문에 이 편람에서 이것을 상세하게 다루기는 어렵다. 그러나 시설단지의 관개를 농업생산기반정비사업의 범위에서 취급하는 경우 이 편람에서 적용이 가능한 부분에 대해서는 될 수 있는 한 적용하는 것이 바람직하다.

4) 계획의 조정

발관개사업은 수십 ha에서 수백 ha에 이르기까지 그 규모가 여러 가지이다. 또 이 사업 중에서 수원을 새로 개발하지 않으면 안 되는 수가 많다. 따라서 이 편람은 수원계획에서 송수조직계획, 급수조직계획, 말단관개조직계획까지를 포함하고 있다.

수원에서 얻어진 물은 도중에 송수, 급수 등의 조직을 경유하여 말단포장까지 보내져 유효토양 내에 급수되기까지 효율적이고 경제적으로 그 이용을 꾀해야 한다. 즉 발관개시설은 광역에 걸친 수리토목시설인 동시에 말단에서는 농가의 영농시설의 하나로서 사용하기 쉽고 효과를 올리기 쉬운 것이라야 한다. 이를 위해서는 종합시스템으로서 전체를 일관하여 계획하는 것이 중요하다.

이 편람에서는 주로 조절지(farm pond) 또는 저수조에서 말단포장에 이르는 관개조직계획에 대한 것이 주된 것이지만 수원에서 말단포장에 이르기까지의 각 단계에 있어서의 계획과의 조화를 고려하여 전체에 걸쳐 관련된 필요사항도 포함시키고 있다.

5) 편람의 운용

이 편람은 발관개에 관계되는 사업계획의 수립에 있어서 필요한 기본적인 사항에 대하여 정한 설계기준을 설명하고 보충하는 것으로 복잡한 계획작업상의 선택을 될 수 있는 한 용이하게 하는데 도움이 될 것이다.

계획담당자는 이 편람을 참고로 하여 자신의 경험에 입각한 판단과 고유의 창조력에 의하여 현지의 실정에 맞는 가장 좋은 계획을 수립하도록 노력해야 한다.

1.2 발관개의 목적

1) 수분보급

발관개의 기본은 발작물에 필요한 수분을 인공적으로 공급하는데 있으며 수원에서 물을 경지에 끌어 조직적으로 분배하여 농작물의 수분요구량을 충족시켜 토지의 생산성을 증진시키는 것이다.

밭에 있어서 작물에 필요한 수분의 공급은 강우에 의해서도 보완되지만 자연의 강우만으로는 항상 발작물의 수분요구량을 충족시킨다고 할 수 없다. 우리나라는 아시아 몬순지대에 속해 있는 관계로 연강우량이 비교적 많아 강우만으로 부족되는 수분에 한하여 물을 보급하면 충분하다고 보는 보급관개에 대한 생각이 강하고 건조지대나 반건조지대와 같이 연간 또는 계절적으로 절대적인 수분부족이 생기는 지역과는 다르다. 따라서 보급수량은 발작물의 전수분요구량에 비하여 반드시 큰 비중을 차지하는 것이라고는 할 수 없다.

그러나 강우의 분포는 해에 따라서도 계절에 따라서도 불안정하며 가뭄과 강우의 불규칙성으로 인해 강우의 총량이나 평균치만으로는 과부족의 판단이 어렵다. 특히 여름철에는 발작물의 증산이 왕성하고 연속적으로 가뭄이 계속되어 수분부족이 생기면 작물의 생육에 미치는 영향도 상당히 크므로, 이 시기의 관개는 과도한 건조상태를 없애고 토양수분을 작물생육에 가장 적당한 범위 내에 놓이게 함으로써 수량의 증대, 품질의 향상을 도모하여 생산안정화의 효과를 높일 수 있다. 또 관개시설의 설치와 함께 토지이용의 고도화가 촉진되면 여름철 이외에도 수분보급의 필요성이 증대해진다.

2) 기 타

수분보급 이외에 관개시설의 이용목적로서는 ① 재배관리의 합리화, ② 기상재해방지, ③ 관리작업의 생력화 등을 들 수 있다. 이 편람에서는 이들을 일괄하여 다목적 이용이라 부른다.

발관개를 위한 시설비는 점차 고액으로 되고 물값도 높아지기 때문에 영농발전의 수단으로서 다목적 이용을 적극적으로 받아들여 시설의 고도이용을 꾀하므로써 사업효과를 높일 필요가 있다.

그러나 반면, 어느 종류의 다목적 이용에서는 일시적으로 다량의 물이 필요하여 시설용량이 커지거나 또는 물조작이 복잡해지므로 부가적인 관리시설을 필요로 하기 때문에 수분보급관개의 용량이나 시설에 비하여 비용이 많이 드는 경우가 있다. 다목적 이용을 위해서 과대한 시설비 및 유지비가 소요되거나, 과대한 관리노력을 요하거나, 혹은 목적으로 하는 이용항목에 대하여 충분한 효

과가 오르지 않는다고 생각되는 경우에는, 그 목적을 위한 시설이용을 재검토해야 한다. 한편 비교적 비가 많이 오는 지대에서 수분보급의 효과보다도 다목적 이용의 효과가 큰 경우에는 다목적 이용의 시설용량에 의하여 수분보급이 보충되는 경우도 있다고 생각된다.

다목적 이용에는 다음과 같은 많은 이용항목이 있지만, 어느 이용항목을 주로 할 것이냐를 충분히 검토해야 한다.

(1) 재배관리의 합리화

① 파종 및 정식기의 관개 : 발아, 활착 및 생육의 촉진

② 경운 및 정지를 위한 관개 : 토양을 부드럽게 한다. 사토에 있어서 트랙터의 주행을 좋게 한다.

(2) 기상재해 방지

① 풍식 및 풍해 방지 : 경작토양, 종자 및 묘 등의 증산 방지, 작물체로부터의 이상적인 증산 방지

② 동상해 방지 : 살포된 물방울 빙결시 잠열의 이용

③ 해풍해 방지 : 해풍에 의한 염분부착의 세척

(3) 관리작업의 생력화

① 시비 : 액비의 살포

② 병충해 방제 : 약액의 살포

③ 가축분뇨 및 전분폐액의 살포 : 밭이나 목초지에 환원

(4) 기 타

① 제초제 살포

② 토양개량제 살포

③ 적과제(摘果劑) 살포

④ 미기상, 지온조절 등

1.3 계획수립의 기본방향

1) 수원계획

우리 나라의 강우특성은 일반적으로 강수량이 많지만 계절적인 변동이 크고 지역적으로도 다르다. 또 수원의 대부분을 차지하는 하천은 짧고 급경사이며, 강수는 단시간에 바다로 유출되어 이수(利水)에는 불리한 상황에 놓여 있다.

최근에 있어서 물수요의 추이를 보면 생활용수와 공업용수의 증가가 현저할 뿐 아니라 농업용수에 있어서도 경지정리에 수반한 단위용수량의 증가, 발관개

면적의 증대 등으로 전국적인 물수요가 증가되어 금후 농업용수원의 확보는 어려워질 것으로 예상된다.

따라서 발관개를 위한 새로운 수원을 확보하는 경우 생활용수, 공업용수, 환경유지용수 등과의 조정, 농업용수의 수급동향 파악 등 종합적인 물이용계획을 고려하면서 대처해야 한다. 또한 우리 나라 밭은 소규모로 산재되어 있기 때문에 발관개의 수원으로 지하수만 주로 개발 이용되어 왔으나, 앞으로 단일수원으로 충족함은 어려워지리라고 예상되므로 지하수와 댐, 복수의 댐, 댐과 담수호 등 여러 가지의 조합도 고려해야 한다.

이상과 같은 수원사정을 잘 이해한 후에 지역의 수원이용이 가능한 수량을 파악하여 수원개발의 비용과 관개효과와의 관계에서 경제성을 충분히 검토한 다음 기본방침을 세워야 한다.

2) 영농계획

우리 나라의 밭은 일반적으로 수리형편이 나쁘고 논으로서의 개발이 곤란한 지대에 남겨진 곳으로, 밭작물은 자연강우에 의존하여 재배되었으나 강우분포가 불규칙하기 때문에 심한 한발상태에 놓이게 되는 등 잠재적 한발상태하에 있어 생산이 불안정하거나 생산성이 낮은 지역이 많다.

밭에 있어서는 논에서와 달리 그 재배작물은 여러 종류이고 지역에 따라서는 적정작물도 다르다. 영년작물과는 별도로 밭작물에는 그 지방의 농가경제를 지탱하는 기간작물 외에 토지이용, 노력의 배분, 지력의 유지, 위험분산 등을 위하여 기간작물과 함께 재배되는 보완작물이 있다. 또 대개의 작물은 연작에 의하여 수량 및 품질이 저하되기 때문에 윤작이 행해져 작물의 종류가 많아지고 있다. 더욱이 농작물의 가격은 공급에 좌우되므로 그 지역 장래의 영농계획을 확립한 후에 작물의 수요동향을 충분히 고려해야 한다.

일반적으로 영농계획을 수립함에 있어서는 계획지구를 포함한 지역의 농업개발계획의 내용에 대하여 충분히 검토하고 지구의 실정을 감안해야 한다.

생산체제에 대해서는 물이용을 계기로 하는 능동적 시장대응을 고려하여 집단적인 생산조직의 재편이 필요하다. 또 생산의 안정화를 꾀하기 위하여 조직적인 품질관리와 계속적으로 출하가 가능한 생산체제의 확립이 필요하며, 이에 발관개의 효과를 어떻게 받아들여 가느냐가 중요하다.

더우기 작부체계와 이에 수반하는 계절별 작물구성의 결정은 용수량에 크게 영향을 미치기 때문에 장래의 영농형태를 예측하여 정해 두어야 한다.

3) 경지정리 등 관련사업계획과의 조정

계획을 수립함에 있어서 계획지구에 대하여 경지정리계획이나 농지조성계획

이 있는 경우에는 이들 계획과 조정하는 것이 필요하다. 발판개의 말단시설은 구획정리, 농도, 토층개량, 농지보전 등 경지정리사업의 일환으로서 계획함이 바람직하다.

경지정리 등과 병행하는 경우 다음과 같은 점에 유의해야 한다.

(1) 영농관계

발판개를 전제로 한 영농계획에 있어서 새로운 도입작물 및 작부체계를 결정함에 있어서는 경지정리계획에 있어서의 기계이용계획과 알맞게 해야 한다. 이때 기계이용을 효율적으로 하기 위해서는 경지의 건조화, 작물단지의 형식 등이 필요하게 되는데 이들도 발판개계획에 영향을 준다.

(2) 구획의 형상 및 크기와 관계

경지정리계획에서 구획의 형상, 크기 및 도로망의 배치 등은 주로 기계의 작업능률에 의해서 정해지지만 관개시설의 배치, 관리운영 및 관개방법에도 크게 관계됨으로 있으므로 이들도 함께 검토해야 한다.

(3) 경사지에 있어서 농지보전과의 관계

농지보전상 송수로, 배수로, 농도 등의 배치는 구획의 형상이나 크기와 함께 관개방식의 선택이나 관개조직의 관리운영에 영향을 미치기 때문에 미리 검토해 둘 필요가 있다. 또 관개강도는 관개에 의해서 토양침식이 일어나지 않도록 신중히 결정해야 한다.

(4) 방풍시설과의 관계

경지정리계획에서는 바람의 영향에 의한 농작물의 피해를 방지하기 위해 방풍시설을 설치하는 수가 있다. 발판개를 하는 경우에도 관개방법에 따라서는 바람의 영향을 받으므로 관개방법의 결정을 포함하여 방풍시설의 설치를 검토할 필요가 있다.

(5) 논관개와의 관계

주변의 논관개와 병행하는 것이 물이용의 효율화, 경제성 등으로 보아 유리한 경우에는 포괄적으로 계획하는 것이 바람직하다.

4) 전체의 균형

물이용을 전제로 한 영농계획과 경지정리 등 관련사업계획에 따라 계절별 작물구성이 설정되고 수익지구가 결정되면 지구 전체의 연간 및 최대사용시의 대체적인 필요수량이 파악된다. 한편 수원의 종류와 이용가능수량의 검토에서 어느 수원에 얼마만큼의 수량을 의존하느냐를 정할 수 있다. 현재 발판개의 수원과 수량확보의 제약은 점차 커지고 수원개발비도 차차 증가하여 사업비도 높게 될 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 전체적인 물수급을 검토하는 단계에서 관개

필요수량과 물이용의 효과를 검토하고 사업비, 물값 등과 대비하여 경제적으로 균형이 이루어지도록 조정할 필요가 있다.

또한 수원, 송수, 급수, 조정지, 저수조, 양수기 등의 기본적 시설계획에 있어서는 장래의 관리제어방식과 관리운영조직을 포함하여 전체적으로 일관성과 균형이 있는 조직이 될 수 있도록 기본구상을 해야 한다.

제 2 장 조 사

2.1 조사순서

조사의 순서는 실시하고자 하는 사업의 규모 및 지역의 특성에 따라 결정해야 하기 때문에 일률적으로 규정하는 것은 적당하지 않으나 기본적인 과정과 내용은 그림 2.2.1과 같다.

1) 예정지조사

(1) 예정지조사에서 알아야 할 사항

- ① 기상, 지형, 지질 및 토양의 개요
- ② 포장의 정비상황
- ③ 수리상황(용·배수상황 및 주요 용·배수시설의 상황)
- ④ 지역·지구의 사회경제상황 및 영농개황
- ⑤ 도, 시, 군의 개발구상과 관련사업계획의 개황
- ⑥ 지구의 농가의향

(2) 예정지조사의 순서 및 유의해야 할 사항

① 다음에 드는 여러 가지 기존자료의 수집과 이에 의한 해당지구의 개황 파악

- 지형도 (축척 1/25,000~1/50,000, 1/5,000)
- 도, 시, 군 요람 (도, 시, 군 작성)
- 지질도 및 토지분류도
- 토양도
- 수원별 관개구역도

② 청문조사

현재의 영농상황, 도로, 경지구획 등의 토지기반상황, 용·배수시설상황, 수리상황, 경지정리 및 영농개선에 대한 농가의향, 예측 가능한 수원의 유무, 지역의 장래구상 등에 대한 관련농가, 도, 시, 군, 유지관리기관 등에서의 청문조사

③ 답 사

① 및 ② 항의 조사결과에 따라서 답사의 범위를 결정한다. 답사에는 도면 및 간단한 측정기구 (hand-level, 측거기 등)를 휴대하고 경지구획, 도로, 용·배수시설 및 관개시설상황, 지형 및 지질상황, 수원이 될 수 있는 하천 등의 유수상황, 취수가능지점 등을 조사한다.

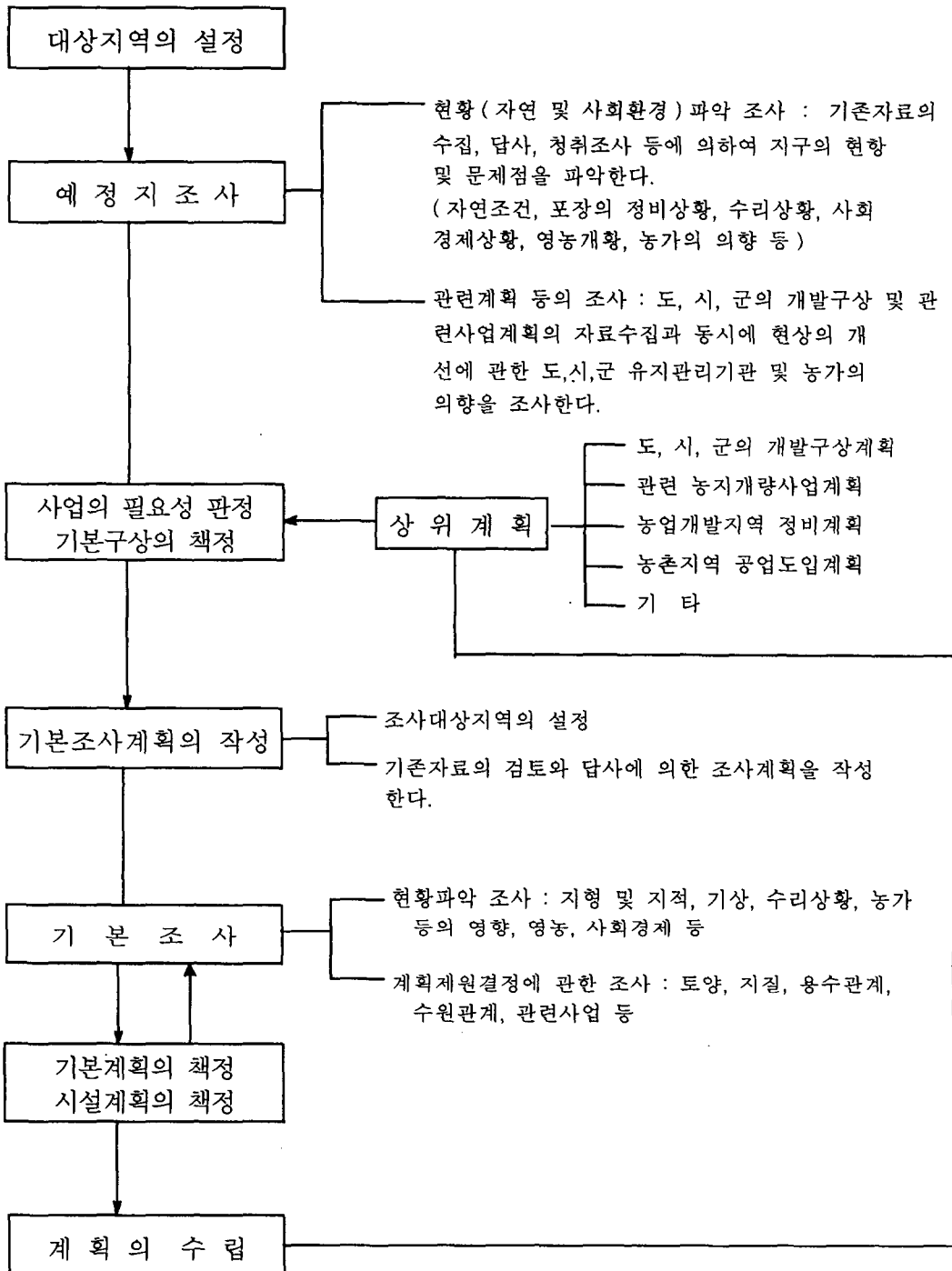


그림 2.2.1 조사 순서

답사의 결과는 도면에 기입하여 정리한다. 답사시에는 가능한 한 지구의 실정에 밝은 사람을 대동하는 것이 바람직하다.

④ 예정지조사의 결과에 따른 판단

예정지조사에 의하여 밝혀진 사항을 바탕으로 해당지역에 있어서의 사업의 필요성 및 타당성을 검토한다. 또한 도, 시, 군의 개발계획, 관련 농업생산기반정비사업 계획 등에 비추어 지역의 장래 발전방향에 입각한 사업의 기본방침을 책정한다.

기본방침의 내용은 수익지역의 설정, 주요 작부작물, 관개방식, 수원과 그 취수위치, 경지정리와의 병행실시 여부 등이다.

2) 기본조사

예정지조사의 결과에 따라 조사지역의 범위, 필요한 조사항목, 조사의 시기, 관측시설의 설치개소 등을 정한 조사계획을 작성하여 기본조사를 실시한다. 기본조사의 조사항목과 그 내용 등은 2.2에서 기술한다.

기본조사에 임해서는 기존자료를 최대한 활용함과 아울러 필요한 사항에 대하여 중점적으로 조사를 실시한다.

또한 기본조사와 계획수립과는 항상 관련을 갖도록 병행하여 진행하고, 계획의 수립과정중에 발생하는 새로운 사태에도 조사가 대응되도록 고려한다.

2.2 기본조사의 항목

2.2.1 지형 및 지적조사

가. 지형도의 작성

계획에 있어서 필요로 하는 정밀도를 가진 지형도가 기본조사, 지적조사, 관련농업생산기반정비사업 등에 의하여 이미 작성되어 있는 경우에는 그것을 사용하고, 작성되어 있지 않는 경우에는 조사 당초에 작성하는 것이 바람직하다. 필요로 하는 도면의 정밀도와 작성범위는 다음과 같다.

(1) 도면의 축척

관개계획에 있어서는 지구의 범위 및 면적, 관개방식, 관개조직 등의 계획결정에 필요한 축척은 1/1,000~1/5,000 정도, 등고선 간격은 1.0~2.0m 정도로 한다.

경지정리를 수반하는 경우에는 도로, 구획, 용수로 및 배수로의 배치와 환지계획의 규정, 토량계산 등이 가능한 정도로 작성한다. 표준으로는 축척을 1/500~1/1,200 정도, 등고선 간격을 0.5m~1.0m 정도로 한다.

(2) 도면작성의 범위

지형도는 각종 계획의 기본이 되는 것이기 때문에 계획수립에 있어서는 필요로 하는 각종 사항을 염두에 두고 충분한 범위의 지역에 걸쳐 작성해야 한다.

일반적으로 지형도는 예정지조사에 의하여 설정된 수익지구 및 그 주변과 관계조직 등의 계획결정에 필요한 범위의 지역에 걸쳐 작성한다.

나. 지적의 산정

원칙적으로 현지에서의 실측결과나 1) 항에서 작성한 지형도로부터 산정한 계산결과 또는 지적조사 등이 되어 있는 경우에는 그 결과를 바탕으로 하여 3.1.3 1)에서 결정되는 수익지구에 대하여 지목별로 산정한다.

2.2.2 기상조사

기상은 계획의 기본이 되는 사항이며 계획대상구역(이하 「지구」라 한다)을 대표하는 측후소의 장기간(원칙적으로 10개년 이상, 특히 용수계획에 밀접한 관계가 있는 기온, 강수량, 연속한발일수, 증발계증발량 등에 대해서는 20개년 이상이 바람직하다)에 걸친 자료를 조사한다. 지구 내에 필요한 자료가 없을 경우에는 지구와 관련성이 있는 인접한 측후소의 자료를 사용한다. 또한 증발계증발량은 현재 중앙기상대의 기존자료 및 각종 농업시험장, 기타 관련기관에 있는 자료를 수집하는 동시에 현지에서도 조기에 조사를 시작하여 될 수 있는 한 장기의 자료를 얻도록 노력한다.

조사항목을 용도에 따라 분류하면 표 2.2.1과 같다.

2.2.3 토양조사

가. 토양조사

(1) 조사항목

작토 및 유효토층 내의 각층의 두께, 토성 및 토색, gray 층의 위치, 반층 및 그 정도, 작물뿌리의 분포상황 등을 밝힌다.

(2) 조사지점의 선정

조사는 방안법에 의해 대체적으로 25ha에 1점의 비율로 시굴(원칙적으로 깊이 1m, 수원지 및 계단발 시공지에서는 1.5m 이상)하여 토양단면의 관찰, 시료의 수집 및 분석을 한다.

더우기 토양구분을 정할 경우에는 필요에 따라 1ha에 1점 정도의 시굴조사를 실시하며, 이 경우 지형이나 토양상태의 분포가 복잡할 때 또는 토양구역을

표 2.2.1 용도별 조사항목

항 목		용 도 구 분		
		영 농 계 획	용 수 계 획	기 타 시 설 계 획
기 온	평 균 기 온	○		
	최 저 기 온	○	○	
강 수 량	일 강 수 량	○	○	
	월 별 강 수 량	○	○	
	연 간 강 수 량	○	○	
	최 대 시 간 우 량			○
강 우 일 수		○	○	
일 조 시 간		○	○	
연 속 한 발 일 수		○	○	
강 설 기 간		○	○	
무 상 기 간		○	○	
최 다 풍 향		○		○
최 대 풍 속		○		○
증 발 계 증 발 량		○	○	

정할 때에는 필요에 따라 조사점수를 추가한다.

(3) 토양분석

토양분석은 토양 유형별로 대표지점에 있어서 각 층위별 입경조성, 진비중, 가비중, 삼상분포, pF-수분 관계 등의 물리적 항목에 대하여 실시한다.

(4) 조사결과의 정리

① 토양조사의 결과를 바탕으로 하여 토양을 구분한다. 기본적인 토양구분의 설정은 모재 및 퇴적양식이 거의 동일하다고 생각되고 생성학적으로 거의 동일한 단면형태를 가진 일군의 토양구분(통)으로 한다.

모재 및 퇴적양식에 대해서는 원칙적으로 표 2.2.2 및 표 2.2.3의 구분기준에 의하여 분류한다.

② 토양도의 작성 및 토양구분별 면적의 산정 : 토양구분에 따라서 토양도를 작성하고 토양구분별 면적을 산정한다. 또한 토양도에는 각 토양구분별로 대표적인 토양주상도를 기재한다.

표 2.2.2 모재의 분류

모 재	내 용	비 고
I. 비고결 화성암 II. 고결 화성암 III. 비고결 수성암 IV. 고결 수성암 V. 변성암	화산회, 화산사, 화산쇄설물, 경석, 시라노 등 집괴암, 유문암, 안산암, 규암, 화강암 등 자갈, 모래, 진흙, 애추(崖錐)퇴적물 등 역암, 사암, 이암, 불회암 등 결정편암, 천매암, 암쇄암, 대리석암 등	표시방법 (예) : 비고결 화성암 (화산회)

표 2.2.3 퇴적양식의 분류

퇴 적 양 식	비 고
I. 잔 적 II. 홍적세 퇴적 III. 붕 적 IV. 수 적 : 하성퇴적, 호성퇴적 해성퇴적 V. 풍 적 : ①화산회 ②비화산회 VI. 집 적 : 고위·중위·저위의 각 이탄, 흙니	홍적세에 퇴적된 것으로 추정되는 화산성 강하 퇴적물을 포함 충적세에 붕적된 것 충적세에 주로 물의 압력에 의해 퇴적된 것 ①은 II, IV에 속하지 않는 기타의 화산성 강하 퇴적물이고, ②는 사구(砂丘) 등

나. 침투율의 조사

침투율은 특정 조건하에서 관개수 또는 강수가 토양속에 침투하는 비율로 일반적으로 mm/hr로 표시되며, 불포화토양에 있어서 투수성의 지표가 되며 발관개에 있어서는 관개방식이나 적정관개강도 결정의 중요한 인자이다.

침투율의 측정방법은 그 목적에 따라서 보통 실린더 침투율과 고랑 침투율의 두가지로 대별되며 고랑관개에서는 고랑 침투율에 의해 측정한다.

[참 고] 침투율의 조사

1. 측정방법의 구분

측정방법으로서는 실린더를 사용하는 방법과 고랑담수 또는 고랑으로의 유입·유출량에서 감수심을 측정하는 방법 등이 있다.

1) 실린더 침투율 (스프링클러 관개의 관개강도 결정에 이용)

(1) 원통법 : 지표유하를 저지한 상태에서 단위시간당의 공급수량을 측정하는 방법

2) 고랑 침투율 (고랑관개에 적용)

(1) 고랑 담수법 : 단위시간당의 포장급수량 (지하침투량과 횡침투량)을 측정하는 방법

(2) 유입·유출법 : 단위시간당의 공급수량과 지표유하량의 차를 측정하는 방법

2. 측정지점의 선정 및 측정시간

측정지점으로서는 토양조사결과에서 지구를 대표하는 포장을 선정한다. 측정에 있어서는 토양의 함수비, 지표면상태 등의 조건에 따라서 그 값에 차이가 생기므로 될 수 있는 한 포장이 관개를 필요로 하는 상태에 가까운 시기에 측정한다.

3. 측정기구 및 기구의 배치

1) 원통법

철제원통, 타입철판, 타입추, 훅 게이지(hook gage), 초시계, 물운반용구 등 철제원통의 길이(높이)는 30~35 cm로 하고, 내경 28, 29, 30 cm의 3개를 1조로 한다.

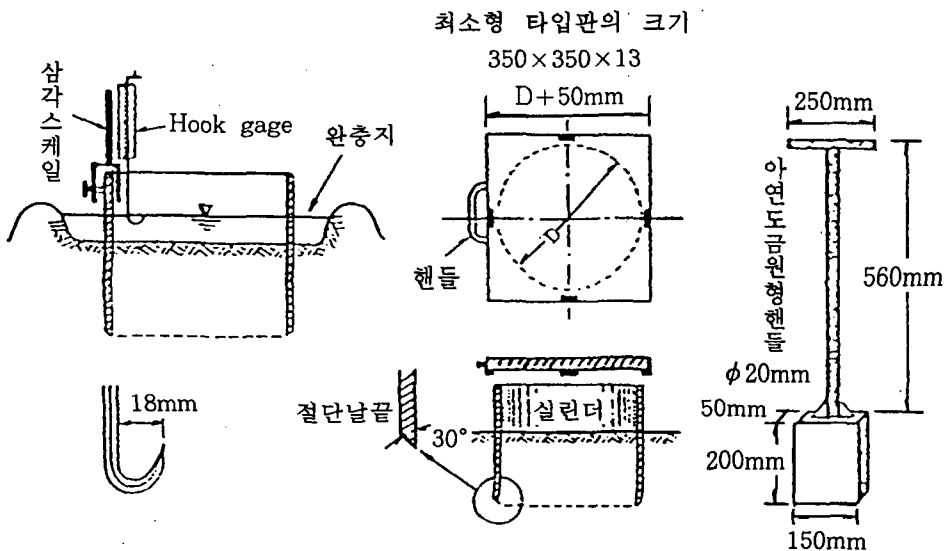


그림 2.2.2 원통법

2) 고랑 담수법

급수탱크, 지수철판, 훅 게이지(hook gage), 초시계, 삽, 물운반용구

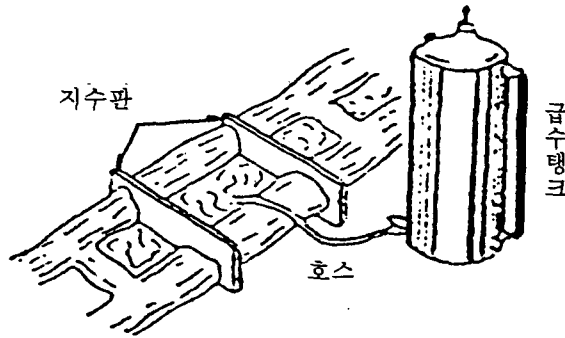


그림 2.2.3 고랑 담수법

3) 유입·유출법

유량계, 혹은 게이지, 초시계, 삼, 줄자, 레벨, 스타프, 말뚝, 급수시설

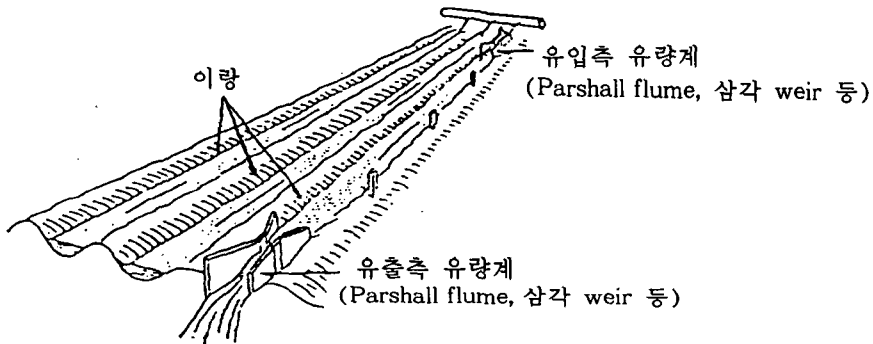


그림 2.2.4 유입·유출법

4. 측정방법

1) 원통법

(1) 원통의 설치 : 이 설치의 측정결과의 정밀도를 좌우하는 것이기 때문에 특히 유념하여 다음 순서에 따른다.

① 원통을 조사지점에 설치하고 토양에 단단히 밀착시킨다.

② 타입철판을 원통의 중앙에 올려 놓고 타입추의 손잡이를 수직으로 올렸다 내렸다 하여 원통의 정부를 수평으로 유지하면서 서서히 타입한다.

③ 타입깊이는 약 20cm로 한다.

④ 원통의 외측 약 10cm의 곳에 두력을 쌓아서 완충지(緩衝池)로 한다. 이 경우 완충지 내부의 토양을 교란시켜서는 안된다. 물사정이 나쁜 곳이나 투수성이 큰 곳에서

는 두둑 대신에 금속성의 원통을 사용하면 완충지를 만드는데 편리하다.

(2) 측정작업 (측정작업의 순서)

- ① 원통 내의 이질화(泥質化)를 방지하기 위해 마포 또는 비닐포를 토양면에 깐다.
- ② 원통내에 수심 10~15cm로 물을 채운다.
- ③ 마포 또는 비닐포를 재빨리 제거한다.
- ④ 동시에 흑 게이지(hook gage)에 의해 수위를 측정한다. 이 때에 오차가 생기기 쉬우므로 될 수 있는 대로 빨리 측정해야 한다.
- ⑤ 흑 게이지의 눈금을 읽은 시각과 관측한 시각을 기록한다.
- ⑥ 일정한 시간마다 흑 게이지에 의해 수위를 측정하여 기록한다. 측정빈도는 침투속도를 참작하여 정하게 되지만, 보통 토양에서는 측정을 시작한 후 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60분 간격으로 한다.
- ⑦ 도중에서 물을 더 주입할 때에는 그 전후의 수위를 정확하게 기록해야 한다.
- ⑧ 측정치에 이상이 있다고 인정했을 때에는 상당시간 측정을 계속한 후 원통을 빼올려서 토양의 상태를 관찰하여 기록해 둔다.
- ⑨ 빼올린 원통은 잘 청소한 후 보관하여 다음 타입시 토양을 교란하지 않도록 한다.

(3) 측정결과의 정리

① 적산침투량(積算浸透量) : 3개의 원통 중 가운데 값의 것을 취하여 침투곡선을 작성해서 그 정수를 결정한다. 측정결과를 정리하여 양대수지의 가로축에 경과시간(T)을 취하고 세로축에 적산침투량(D)을 취하면 거의 직선을 나타내므로 다음 식이 성립된다.(그림 2.2.5 참조)

$$D = C \cdot T^n$$

여기서 D : 적산침투량 (mm)

C : 정수 (T=1 일 때의 D)

T : 급수를 시작해서 부터의 경과시간 (min)

n : 정수 (직선의 기울기)

② 침투율(침투속도) : 침투율(I)은 적산침투량 $D = C T^n$ 을 미분하여 구할 수 있다.

$$I = 60 \cdot C \cdot n \cdot T^{n-1}$$

여기서, I : 침투율 (mm/h)

T : 경과시간 (min)

n : 정수 (직선의 기울기)

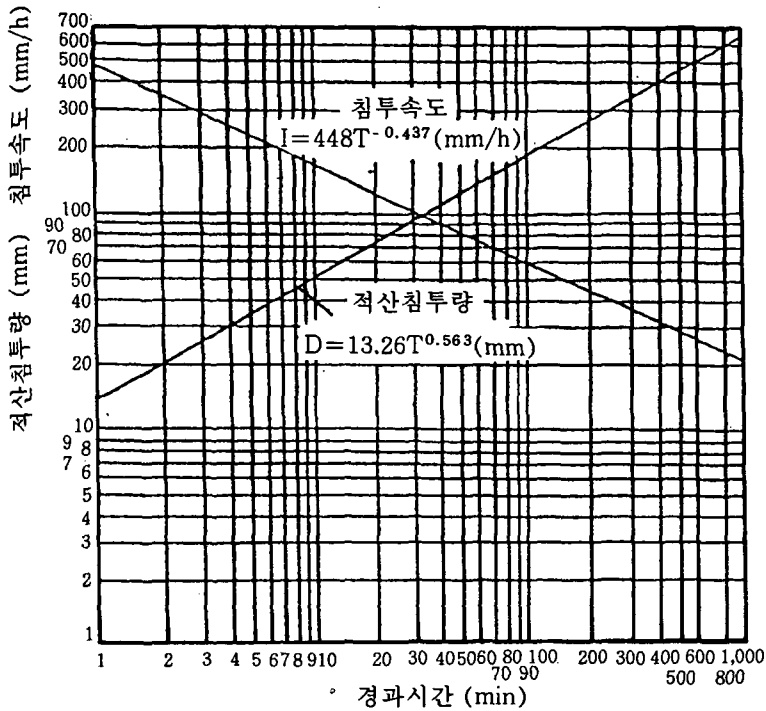


그림 2.2.5 침투곡선의 예

③ 기본침투율 : 침투율은 관개를 시작해서 부터 시간이 경과함에 따라 점차 감소하여 결국에는 일정한 값으로 된다. 이 상태에 있어서의 침투율을 기본침투율이라 하며 이는 포화토양에 있어서의 투수성을 나타낸다.

기본침투율은 침투율곡선의 시간에 의한 변화율이 10%로 저하했을 때의 값으로 정하고 기본침투율에 달할 때까지의 시간(T)은 $T = 600(1-n)$ 으로 표시한다.

기본침투율(I_b)은 C, n의 값으로부터 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$I_b = 60 \cdot C \cdot n \cdot \{600(1-n)\}^{n-1} \text{ (mm/h)}$$

또한 측정된 침투곡선에서 기본침투율(I_b)을 구할 때는 경과시간(T)에 대응하는 침투속도를 구하면 그 값이 바로 기본침투율(I_b)이다.

2) 고랑 답수법

(1) 측정방법 : 그림 2.3과 같이 50~100cm의 간격마다 고랑에 철판 등을 사용하여 간막이를 만들어 고랑에 답수시킨다. 측정요령은 원통법과 마찬가지로이며, 이 경우의 급수는 침투량이 크므로 급수탱크를 사용하면 편리하다. 이 방법은 측정이 간단하기 때문에 현장측정에는 적합하지만 토성에 따라서는 실제 관개의 경우와 다른 값을 나타내는 수도 있다.

(2) 측정결과 정리 : 측정된 적산침투량 D와 경과시간 T와의 관계는 측정시의 수면폭에 대한 것으로 이 값에서 포장 전체에 대한 D와 T와의 관계를 구한다. 포장당의 D와 T와의 관계를 구할 때는 측정시의 수면폭과 두렁폭의 비를 곱하여 보정한다.

$$D_f = \frac{b}{B} \cdot C \cdot T^n$$

여기서, D_f : 포장당의 적산침투량 (mm)

B : 두렁폭 (cm), b : 통수폭 (cm)

T : 경과시간 (min), C, n : 정수

3) 유입·유출법 (고랑침투율)

이 방법은 고랑에 적당한 유량을 흘려 유입량과 유출량을 측정하여 그 차에서 평균 고랑침투량을 구하는 것으로, 실제의 관개와 동일한 조건에서 측정하기 때문에 가장 적당한 값이 얻어지지만 측정작업이 번잡하고 상당한 면적과 많은 양의 물을 필요로 한다.

고랑침투율은 고랑의 단위면적에 단위시간당 침투하는 수량이며 수평방향으로도 침투하는 점이 실린더 침투율과 다르다.

(1) 측정방법

① 물발유속(3.4.3 가. 고랑관개 참조)의 측정결과에서 적당하다고 생각되는 수량 (관개 노력의 시간배분에 잘 맞고 침식에 대해 안전한 유량)을 시험유량으로 채택한다.

② 고랑의 단면형은 관형적으로 하고, 시험고랑의 길이는 경사가 급할 때는 50m, 경사와 유속이 다 같이 작을 때는 25m 또는 그 이하로 한다.

③ 고랑의 시작부분과 말단에 파살 플룸(Parshall flume)을 설치하여 물이 말단에 도달했을 때부터 일정한 시간마다 유입·유출량을 측정한다. 이 경우 적산침투량은 직접 측정할 수 없으므로 경과시간과 순간침투속도($i, \ell / \text{min}$) (단위시간내의 고랑시작부분 유입량과 말단 유출량의 차)를 실측하면 된다.

(2) 측정결과 정리

토양으로의 물의 침투량, 침투속도 및 시간과의 사이에는 원통침투량에서와 같이 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$i = K' \cdot T^n$$

고랑관개에서는 고랑침투율을 측정하지만 이 경우에는 고랑침투율로부터 포장당의 침투율로 환산해야 한다. 일반적으로 침투율은 다음 식으로 구한다.

$$I = 60 \cdot K' \cdot T^n (\ell / \text{h}) = \frac{60 \cdot K'}{L \cdot B} T^n (\text{mm/h})$$

여기서, L : 고랑의 유입단에서 유출단까지의 거리
B : 고랑폭

한편 $K = \frac{60}{L \cdot B} K'$ 라 하면 mm/h 로 표시한 포장당의 고랑침투율은 다음과 같다.

$$I = K \cdot T^n$$

여기서, K, n 은 고랑침투율 정수이다.

다. 토양수분관계조사

(1) 조사지점

조사지점은 지역을 경작토양의 두께, 토성 등의 조건에 의하여 구역을 구분하여 각 구분마다 구체적으로 1점 정도의 비율로 선정한다.

(2) 조사항목 및 조사방법

24시간 용수량, 생장저해수분점, 토양수분 소비형 등의 항목에 대하여 조사한다. (조사방법에 대해서는 3.2.2.나. 토양수분 조사의 항을 참조)

(3) 자료수집

인근 또는 유사한 밭관개 실시지구에 있어서의 작물별 관개수량, 일소비수량, 관개방법 등의 자료를 수집한다.

2.2.4 지질조사

지질은 시설계획에 있어 각종 구조물의 설치위치의 적부, 시공의 가부를 크게 좌우하는 것이므로 지구 및 그 주변에 있어서 기존자료를 수집하는 동시에 필요에 따라 현지조사를 하여 지질의 상태를 파악한다.

현지조사의 주된 조사항목은 다음과 같다.

- ① 댐 : 지표답사, 물리탐사, 시굴, 보링 등
- ② 두수공, 펌프장, 조절지 : 보링 등
- ③ 터널 : 물리탐사, 보링 등
- ④ 수로 : 지표답사 등
- ⑤ 지하수 : 지표답사, 물리탐사, 보링 등

상세한 것에 대해서는 농업생산기반정비사업계획설계기준 「댐편」 「취입보편」 「수로공편」 등 참조

2.2.5 수리상황조사

가. 수리상황조사의 내용

지구내 및 주변에 있는 수리시설에 대하여 관개면적, 취수량, 취수관행, 시설의 규모, 능력, 노후화의 정도 등을 조사하는 동시에 취수시설 및 용수로의 위치와 관개구역을 도면에 기입하여 정리한다.

지구내에 있어서의 방제용수시설, 농업용수시설, 상수도 등의 정비상황에 대하여 조사한다.

나. 한발에 의한 피해상황조사

과거 10개년 정도의 기간에 있어서의 한발상황을 농가, 관계기관으로 부터 청문 및 기존자료에 의해 조사하여 한발이 생겼을 때의 기상조건 (연속한발일수, 강우상황 등), 작물명, 피해면적, 피해정도, 피해액, 농가의 대응방법 등을 명백히 한다.

2.2.6 수원조사

발 관개계획에서는 수원을 새로 구하는 수가 많아 이것이 물 이용계획, 사업비 및 사업완료 후의 유지관리에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 지구내 및 그 주변의 각종 수원에 대하여 기존자료의 수집 및 시, 군, 유지관리기관으로부터 청문하는 동시에 필요에 따라 답사 및 실측을 통하여 수원계획수립의 기초자료를 구한다.

가. 기존자료의 수집

지구내 및 그 주변의 수원에 대한 이용가능 여부를 파악하기 위하여 이미 이용되고 있는 수량, 취수위치 및 방법, 수원수량의 상황, 수원에 관한 유량관측 결과 등에 대하여 청문 및 자료를 수집한다.

또 계획기준년에 있어서 수원유량 산정의 기초자료를 얻기 위해 지하수부존 자원 및 지구근방에서 측정된 하천 등의 유량관측자료도 반드시 수집하도록 노력한다.

나. 수량의 파악

1)항에 의한 기존자료의 수집 및 4)항에 의한 조사결과와 시, 군 및 유지관리기관의 관계자, 해당수원의 관리자 등의 의견에 따라서 답사를 실시하고 계획에 사용할 수 있는 수원의 취수예정지점을 선정하여 수량을 파악하고 이용가능

수량을 산정한다.

(1) 하천

① 유량측정은 예정되는 모든 수원에 대하여 실시하는 것이 바람직하다. 또한 유량자료는 장기간의 것을 필요로 하므로 그 관측은 조사 개시와 동시에 시작하여 2개년 이상 계속하는 것이 바람직하다.

② 댐에서 홍수유출량을 산정하는 경우 및 유량을 강우량과의 상관관계에서 구하는 경우에는 그 기초로 삼기 위해 유역 내의 강우량기록이 필요하다. 유역 내 또는 근방에 신뢰할 수 있는 우량관측소가 있는 경우는 그 자료를 사용하도록 하고, 우량관측소가 없는 경우에는 유역 내에 원칙적으로 자기우량계를 설치하여 될 수 있는 한 장기간의 관측자료를 얻는 것이 바람직하다.

(2) 호소

현황에서의 사용가능수량을 파악하기 위해서는 호소의 도면 또는 실측에 의하여 수위-저류량곡선을 작성하는 동시에 호소수위와 유출량을 관측한다. 우량기록, 기타에 대해서는 (1)항에 준한다.

(3) 지하수

① 기존의 지질도와 답사, 청문 및 전기탐사 등의 결과에 따라 지하수의 부존상태를 판단하고 지하수 채취가능장소를 선정하여 대표지점에 관측정을 설치한다.

② 관측정에서 양수시험을 실시하는 동시에 지하수의 변동상태를 조사하여 부존량을 파악한다. 또 지하수 이용에 수반할 지반침하, 주변에 있는 우물에 대한 영향 유무에 대해서도 조사한다.

③ 관측정은 기존의 우물이 있는 경우는 이를 이용하고 없는 경우에는 신설한다.

다. 수온 및 수질조사

(1) 수 온

한해방지를 위한 발판개에서는 여름철 기온에 비하여 수온이 낮은 지하수를 수원으로 이용하여도 냉온장해를 받는 일은 드물다. 따라서 고산에서의 용설수를 모아 수원으로 하는 경우 등 수온이 특히 낮다고 생각되는 경우에 대해서만 수온을 조사한다.

(2) 수 질

수원의 수질에 문제가 있다고 생각되는 경우에는 수질을 조사한다. 조사항목은 pH, COD, SS, DO, TN, 전기전도도(염분농도), 기타 비소와 아연 및 구리

등의 중급속에 대한 것 등이다.

라. 권리관계조사

지구내 및 그 주변의 수원에 관한 권리관계에 대해서 조사한다. 주된 것은 ①농업 및 기타 용수의 수리권, ②어업권, ③자연보호 등의 환경에 관한 규제 등이고 이들의 내용에 대해서 정확하게 조사한다.

2.2.7 사회·경제조건조사

국세조사, 농림업센서스, 도·시·군통계 등의 자료를 수집하여 농업을 둘러싼 사회·경제환경과 농업의 위치를 명백히 함과 동시에 농업발전의 저해요인을 구명하고 지역개발계획이나 농업진흥계획 등을 참고로 하여 장래 농업발전의 방향과 발판개 등의 농업개발의 필요성을 명백히 해야 한다.

주요한 조사항목과 그 개요는 다음과 같다.

가. 지리경제조건조사

지역의 지리적조건, 토지이용현황, 교통조건, 하천의 이용상황 등 지구를 둘러싼 지리경제조건을 조사하여 지구의 위치를 명백히 한다.

나. 사회·경제조건조사

총인구, 호수, 산업별 취업인구, 산업별 소득구성, 지구내 주요산업, 농지전용상황 등을 조사하여, 지역사회·경제에 있어서 농업의 위치를 명백히 한다.

다. 지역계획에 관한 조사

계획지구에 관계되는 도·시·군의 개발계획, 도시계획, 농업관계의 각종 진흥계획 등을 조사하여, 장래에 있어서 지구농업의 발전방향을 검토하는 동시에 수익범위를 확정하기 위한 자료로 한다.

라. 농업구조에 관한 조사

지구의 농업경영발전의 저해요인을 농업경영구조, 소득구조, 유통구조, 수리구조 및 농가의식면에서 구명하고, 농업개발의 방향, 농업생산기반정비사업의 필요성 등을 명백히 한다. 이를 위해 다음 내용에 대하여 조사분석한다.

(1) 농업구조조사, 소득구조조사에 있어서 지구의 농업경영구조(규모, 조직, 자본구성, 농가계층구성)의 구성요소인 농용지, 농업노동력, 농업자본, 작목, 농

가의 실태 등을 명백히 하고, 또 각 요인이 결합된 결과로서의 농가경제 및 작목마다의 수익성(생산비)에 대하여도 밝혀 둔다. 토지나 수리조건이 경영발전의 저해요인으로서 작용하고 있는 경우에는 그 실태와 관련성을 규명해 둔다.

(2) 유통구조조사는 농산물의 유통실태를 작물별, 시기별로 그 양과 가격에 대하여 조직관계에서 조사하여, 작목마다의 수급전망을 밝히는 동시에 그 문제점과 대책을 검토한다.

(3) 수리구조조사는 현황의 토지, 수리조건을 밝힘과 동시에, 기왕의 농업생산기반정비사업의 추진과정, 농지개량시설의 관리단체, 수리자산 및 수리관행, 수리비 등에 대하여 조사하여 농업발전을 저해하고 있는 요인을 수리면에서 명백히 한다.

2.2.8 영농재배상황조사

주된 조사항목과 그 내용은 다음과 같다.

가. 토지이용상황

통계자료 및 현지조사에 의하여 토지이용상황 및 최신의 동향을 도·시·군별 및 지목별로 조사하는 동시에, 토지이용을 규제하고 있는 여러가지 조건을 파악하여 영농개선방향 및 필요한 대책사업을 검토한다.

나. 주요작물과 재배관리체계

장래의 영농계획, 필요한 대책사업계획 및 경제효과산정에 있어서의 기초자료로 하기 위해, 현재 재배되고 있는 주요작물에 대하여 작부율, 작부동향, 재배시기 및 재배기술 등을 조사하여, 영농 및 재배기술상의 문제점을 명백히 한다.

조사내용 및 방법은 다음과 같다.

(1) 재배작물조사

① 농림통계 및 농촌지도소 등의 자료에서 도·시·군별로 재배작물(여름·겨울작물) 및 작부율을 조사한다.

② ①항의 조사정밀도를 높이기 위해 현지에서 보완조사를 실시한다.

(2) 재배시기조사

주요작물에 대하여 농업시험장, 농촌지도소 및 현지조사 등에 의하여 작물별 재배시기(파종기, 이식기 및 수확기별)를 조사한다.

(3) 재배기술조사

주요작물에 대하여 농업시험장, 농촌지도소, 유지관리기관 및 현지조사 등에 의해 현재의 재배기술에 관하여 조사한다.

(1)항에서 (3)항까지의 조사결과에 따라 주요작물에 대하여 영농 및 재배기술상의 문제점과 대책을 명백히 한다.

다. 수확량 및 피해량

현재 경작하고 있는 주요작물의 10a당 수확량 및 요인별 피해상황과 계획 후 도입예정작물의 10a당 수확량을 조사하고, 현황수확량에 미치는 피해요인과 개선의 가능성 및 필요한 대책사업 등을 검토하여, 영농계획, 경제효과산정 등의 기초자료로 삼는다.

(1) 농림통계 및 농촌지도소 자료에 의한 10a당 수확량 및 피해량의 조사 원칙적으로 최근 5년간의 10a당 수확량 및 10년간의 피해량(요인별)을 도·시·군별로 수집한다.

(2) 현지 수확량조사

지구의 특수사정에 의해 상기 (1)항에 의한 수확량이 실제와 매우 다르다고 생각되는 경우에는 수확량시험 또는 현지조사 등에 의하여 10a당의 수확량을 결정한다. 이 경우에는 현지조사에 의하여 10a당 수확량을 결정한 이유 및 결정근거를 밝혀둔다.

(3) 현지 피해상황조사

도·시·군, 농협 등 관련단체의 피해조사기록을 바탕으로 현지에서 청문을 통하여 피해발생지역, 피해면적, 피해정도, 피해요인 등을 명백히 하는 동시에 피해발생상황도를 작성한다.

(4) 작물수량에 미치는 요인별 문제점과 필요한 대책사업

(1), (2) 및 (3)항의 조사결과와 현황 포장조건, 재배조건에서 작물수확량에 미치는 피해요인과 그 개선의 가능성 및 필요한 대책사업을 명백히 한다.

라. 가축사양상황

가축의 종류별 사양두수, 사양호수, 사양규모, 사양체계, 사양생산상황 등에 대하여 조사하여 현재의 문제점과 개선방향을 밝힌다.

마. 농업경영상황

경영규모, 작부작목 등에 따라 영농유형을 대별하고 해당 영농유형별로 농업경영과 농가소득의 실태를 조사하는 동시에, 주요작물의 단위생산비, 소득액을

조사하여 농업경영상의 문제점과 개선방향 및 생산비절감, 농가소득증대의 구체적인 가능성을 명백히 한다. 또 장래의 경영계획수립, 유지관리비부담능력 등의 검토자료로 활용한다.

2.2.9 농가의향조사

조사는 농가, 유지관리기관, 농협, 농촌지도소, 도·시·군 등을 대상으로 실시한다.

가. 조사방법

청문조사가 바람직하나 다수의 농가를 대상으로 하는 경우 청문이 곤란할 때에는 앙케트 조사에 의한다.

또 추출에 의해 조사하는 경우는 지역별, 경영규모별, 연령별 등을 감안하여 지구전체의 의향이 반영되도록 배려해야 한다.

나. 조사항목

- ① 영농실태
- ② 영농의 개선대책
- ③ 농업생산기반정비에 대한 의향
- ④ 부담능력의 판정항목
- ⑤ 시설의 관리·운영에 대한 의향
- ⑥ 기타 필요한 사항

2.2.10 관련사업 등의 조사

주요 관련사업 및 조사내용은 다음과 같다.

가. 농업생산기반정비사업

계획, 설계 및 시공계획을 수립하기 위해 지구 및 그 주변지역에 있어서 국영, 도·시·군, 단체 및 용자 등에 의해 기간농업용 용·배수시설의 개량, 농도정비, 객토 및 암거배수 등의 농업생산기반정비사업이 계획 중 혹은 실시 중에 있거나 또는 실시된 일이 있느냐의 여부를 확인하여, 이들 사업이 있는 경우에는 이 계획에서 정해진 계획, 설계제원, 노선배치, 구조, 시공년도, 시공시의 상황과 이들의 사업에 대한 유지관리기관, 도·시·군, 농협 및 농업관계자의 평가 등을 계획서, 설계서의 자료 및 청문에 의하여 조사한다.

또한 받기반정비사업의 주요목표는 생산단지화, 기계화, 현대화를 통한 생산 유통시설의 개선에 의한 농가소득증대에 있으므로, 기반정비된 밭에 원예특작 사업(채소, 화예, 과수 등의 생산유통사업)이 이루어질 수 있도록 정부 및 도·시·군 담당자가 계획확인하고 향후 이러한 사업이 연계되어 이루어지게 한다.

나. 기타 사업

(1) 하천개수사업

지구 및 그 주변지역에 있어서 하천에 대한 개수계획이 있는 경우는 개수 후의 노선위치, 하천폭, 단면, 경사, 홍수위, 평수위, 시공시기, 단위배수량, 지구의 담수상태, 용지구입방법 등을 조사한다.

(2) 국도 및 지방도의 개수·신설사업

지구 및 그 주변지역에 있어서 국도 및 지방도의 개수 및 신설사업계획이 있는 경우는 그 노선위치, 부지폭, 구조, 폭, 시공시간, 용지구입방법 등을 조사한다.

(3) 이수(利水)사업

지구 및 그 주변지역에 있어서 발전, 홍수조절 등 각종 댐사업 및 상수도, 공업용수사업 등의 사업계획이 있는 경우는 그 물이용에 대한 계획내용을 조사한다.

다. 지역지정 등

(1) 농업진흥지역 정비계획

계획은 농업진흥지역 정비계획에서 정해지는 농용지 이용계획 및 농업생산기반의 정비개발계획과 조정이 취해진 것이어야 하기 때문에 농업진흥지역 정비계획의 내용을 충분히 파악하여 두어야 한다.

(2) 시가화구역에 관한 지역지정

농업관계 투자의 적부를 판정하기 위해 도시계획법에 의해 시가화구역, 용도지역 등으로 지정된 구역을 명확히 하는 동시에 해당구역 내에 있어서 용수·배수 및 도로와 사업과의 관계를 조사한다.

용수에 대해서는 해당구역 내에 있어서 현황 소요수량, 부족수량, 물이용상황, 수리관행, 지구 내의 용수시설에 대한 관리비 부담상황 등을 조사한다.

배수에 대해서는 해당구역내에서 유출하는 배수량, 지구 내의 배수시설에 대한 관리비 부담상황, 배수관행 등을 조사한다.

도로에 대해서는 지구에 접하는 도로의 위치, 폭, 구조, 개수계획 등을 조사

한다.

(3) 영농기계의 도입 및 시설설치사업과 기타 농업시책에 관한 사업

지구 및 이에 관련되는 지역에 있어서 트랙터, 각종 수확기 등 영농기계의 도입사업, 조제 및 저장을 위한 시설, 채소, 과수의 집출하시설 등의 시설설치사업, 산촌진흥계획, 채소생산출하 근대화계획, 과수진흥계획 등이 있는 경우에는 이들의 사업내용 및 계획내용을 조사한다.

(4) 국립공원 등

지구 및 그 주변지역에 있어서 국립, 도립 등 각종 공원, 자연환경보전지역, 광구구역 등의 토지이용 규제구역의 유무를 조사하여, 규제구역에 있는 경우에는 지정구역, 규제내용 등을 충분히 파악하여 두어야 한다.

제 3 장 계 획

3.1 기본구상과 기본계획

3.1.1 계획수립순서

계획수립의 표준적인 순서를 나타내면 그림 2.3.1과 같다.

이 순서는 기본구상, 기본계획의 수립, 시설계획의 수립, 계획의 평가 및 결정 등 4가지 과정으로 크게 나눌 수 있다. 계획수립을 위해서는 먼저 기본구상, 기본계획, 시설계획의 각 과정에서 충분한 검토를 하여야 한다. 끝으로 계획의 평가와 효과를 판정하여 계획을 결정한다.

단, 평가가 부적당하게 되었을 경우는 다시 최초의 기본구상까지 수정 조절할 필요가 있다.

3.1.2 기본구상

발관개사업을 새로 계획하려고 하는 지역에서는 수원을 확보하는 것이 점점 어렵게 되어가고 있을 뿐만 아니라, 계획예정구역의 규모가 큰 경우에는 복수의 수원을 고려하지 않으면 안될 경우가 많기 때문에 기본이 되는 사항에 대해서 신중한 검토가 필요하다.

가. 수익지구

수익지구의 설정에 있어서는 행정구획, 농협의 지구범위, 집출하시설의 지배범위, 영농집단의 분포 등의 조사결과 및 각종 개발계획, 장래의 영농방향 및 지방민의 요청이나 의향에 따라 수익지구를 설정하고, 이것을 근거로 해서 자연, 영농, 사회, 경제 등의 제조건 및 관리운영의 원활 여부를 고려한 다음 설정한다.

나. 영농계획

영농계획은 지역사업 완료후의 토지이용계획 및 개별경영의 지침 또는 목표가 되는 것이므로, 그 계획내용은 농가의 소득향상이나 농가경영의 개선을 도모할 수 있도록 정할 필요가 있으며 또한 실현가능한 것이어야 한다.

설정해 있어서는 지역의 자연조건 및 사회·경제조건, 도, 시, 군등에서 수립한 각종 개발계획 및 농가의 의향 등을 고려하고, 주요 영농유형, 도입작물, 작부

체계, 재배기술 등을 참고로 한다.

다. 용수계획

영농계획, 기상, 토양, 수리상황 등의 자료에 따라 용수량을 설정한다.

먼저 기상조사자료에 의해 강우량 및 분포, 한발빈도 등을 정리하고 기상조건에 따른 관개필요기간을 검토한다.

다음에 영농계획으로 정해진 작부체계에 따라 계절별 작물구성이 정해지면, 작물 및 토양에 의해 관개를 필요로 하는 것과 그렇지 않는 것으로 나눈다. 이 경우 한발상황조사, 토양조사, 수리상황조사 등의 자료를 참조한다. 관개를 필요로 하는 작물에 대해서는 기존자료, 타지구의 사례 등을 참고로 해서 작물별로 대략적인 관개기간, 월별 평균일소비수량, 관개일수 및 관개효과 등을 정리한다.

이 자료에 의해서 관개작물별 면적, 필요한 수량 등을 설정한다. 이 경우 계획기준년과 동일한 정도의 조건하에 있어서의 필요수량 값이 얻어지는 것이 바람직하다.

라. 수원계획

수원에 관한 조사자료에 따라 수원이 하나로써 수량이 풍부하며 수익지구가 작은 경우를 제외하고서는, 수원의 종류 및 장소마다 수원 이용가능수량을 개략적으로 산정하는 것이 필요하다. 이 경우 계획기준년과 동일한 정도의 조건하에서의 이용가능수량이 얻어져야 한다. 그리고 이용가능수량의 산정에 있어서는 기존의 수리권 등과의 관계를 감안해야 한다.

또 댐이나 두수공 등의 중요 수원구조물의 종류, 위치 등은 사업계획의 기본구상에 중대한 영향을 끼치므로 지형, 지질 등의 조사결과에 따라 설치가능성을 신중하게 검토하는 것이 필요하다.

마. 물수급계획의 조정

용수의 수급관계는 계획수립의 가부에도 영향을 끼치므로, 용수계획 및 수원계획에 따라 기본구상 책정의 단계에서 충분한 검토가 필요하다.

수원이용가능수량이 부족한 경우의 조정방법으로서는 ① 수원계획의 재검토, ② 영농계획 및 용수계획의 변경, ③ 수익면적의 재검토 등을 생각할 수 있다.

밭 지대에서는 일반적으로 수원이 부족하여 지하암반관정을 설치하는데 그 개발에는 많은 경비가 필요하므로, 기존의 수원공 보강 및 신규개발에 있어서

는 시설비용을 감안해서 경제성을 비교 검토할 필요가 있다.

바. 주요 시설계획

수원시설, 송수시설, 급수시설 등 주요한 시설에 대해서 위치, 규모, 구조, 공사비 등을 결정해야 한다.

주요시설계획은 개략적인 사업비의 산정 및 판정의 기초가 되며 계획수립의 가부에도 영향을 끼치므로, 이를 정함에 있어서는 기술적으로 가능하고 또한 경제적인 것이 되도록 해야 한다.

3.1.3 기본계획

가. 수익지구의 확정

수익지구의 확정은 계획의 기본이 되는 것으로 기본조사의 결과 등을 고려해서 적절하게 이루어져야 한다.

수익지구는 기본구상의 책정단계에서 개략적으로 정하였지만, 지형, 지적조사, 영농경제조사, 농가의향조사 및 관련사업조사 등의 기본조사 결과에 따라, 또한 관개방식과 필요한 수량, 관개시설 관리운영의 원활 등을 감안해서 그 지구의 범위를 확정해야 한다. 또한 수익지구는 영농계획, 용수계획 및 수원계획과 밀접한 관계가 있으므로 이들 계획과의 관련성을 고려하여 신중하게 결정해야 한다.

나. 영농계획의 확정

영농계획은 용수계획의 기초가 되는 작물에 대하여 각각 재배기간, 재배방법 및 비배관리의 기술체계를 확정함과 동시에 작물의 수급상황을 감안해서 주요 영농유형에 대한 경영개선계획을 작성한다.

(1) 영농계획은 해당지역에서 토지이용형태의 기본을 정함과 동시에, 각각의 농가 또는 경영규모, 목적 등을 동일하게 하는 집단적인 농가의 구체적 경영설계와 경영활동에 필요한 조직계획의 내용을 명백하게 하는 것이다. 그러나 계획책정시에 전제로 한 농가경영의 노동력, 경지 등의 경영기반은 변동될 수 있으며, 또 농산물의 수급동향, 가격동향 등도 유동적이기 때문에, 영농계획의 확정에 있어서는 지역농업환경이나 경영조건 변화에도 대응할 수 있도록 탄력성을 가지게 할 필요가 있다.

(2) 계획도입작물의 선정에 있어서는 도, 시, 군의 개발구상계획, 농업개발지역정비계획, 농산물의 수급전망 등 외에 농가의 의향도 충분히 반영해야 한다.

또 근처에 발관개를 실시하고 있는 지구가 있는 경우에는 이 지구의 영농이 사업실시 이전에 비해 어떻게 변화했는가를 조사해서 계획에 참고하도록 한다. 도입작물은 다음 조건을 만족시켜야 한다.

- ① 지역의 농업개발방향에 부합하고 또한 작물의 수급동향을 고려한 것일 것.
- ② 자연조건에 적합하고 또한 경제효과가 기대되는 것일 것.
- ③ 해당도입작물에 관계되는 작부체계가 농가의 경지, 노동조건 등을 고려해서 효율적이고 합리적인 것일 것.
- ④ 해당 도입작물에 관계되는 재배방식이 지역의 농업기술수준으로 보아 가능하다고 인정되는 것일 것.

(3) 경영개선계획에 있어서는 현재 개별경영의 노동력, 면적규모, 자본장비 등 각각의 경영기반을 전제로 해서 기반정비사업을 계기로 경영을 개선해 가려고 하는 목표 및 목표에 도달하는 과정을 주요 영농유형마다 정하고, 관계행정기관 및 수익자대표와 충분히 협의한 후에 작성해야 한다.

경영개선계획에 있어서는 기반정비사업의 경제효과, 상환의 가능성, 사업에 의해 실현해야 할 정비수준 등의 판단이 가능하도록 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다.

- ① 영농의 기본적 방향
- ② 표준적인 경영유형별로 경영규모, 자본, 장비, 기술체계, 영농조직체제 등에 대한 목표 및 목표에 도달하는 과정
- ③ 영농유형 각각의 작부계획, 노동계획, 자금계획, 경영수지계획 등

다. 관개방식의 확정

관개방식은 말단에서의 물이용과 깊이 관계되며 말단의 시설비, 유지관리비 등에 영향을 주는 것이므로 입지조건, 영농조건, 수리상황 등을 충분히 검토해서 그 지구에 가장 적합한 방식을 확정한다.

(1) 관개방식의 분류

관개방식에는 여러 가지가 있으나 대별하면 다음과 같이 분류된다.

- ① 스프링클러 관개
- ② 고정관관개 : 다공관관개, 물방울관개
- ③ 지표관개 : 고랑관개, 보더(border)관개, 등고선도랑관개, 수반관개
- ④ 지하관개

지표관개방식인 등고선도랑방식 및 수반방식은 농업생산기반정비사업으로서의 실시된 예가 적고 우리 나라의 실정으로 보더라도 적용 가능성이 낮다. 또

지하관개방식에 대해서는 그 기술이 충분히 확립되어 있지 않다.

[스프링클러 관개방식]

스프링클러로 압력수를 분출시켜서 강우모양으로 토양면에 살포하는 방식이다. 스프링클러에는 여러가지 형식이 있으며 살포원의 지름, 살수분포모양, 적용압력 등이 다르다. 일반적으로는 지표고정관 또는 지중고정관을 포장에 설치하고 그 위에 일정한 간격마다 스프링클러 노즐을 붙여서 살포하며, 살포원을 겹치게 함으로써 될 수 있는대로 균등하게 살포되도록 한다. 지표관개방식에서는 피할 수 없는 심층침투손실, 지표의 불균등에 의한 침투손실 등을 적게 할 수 있으나, 반면 바람에 의한 살수분포의 편중이 생기기 쉽다. 지표관개에 비하면 소량의 빈번한 관개에 적합하며 관개관리 노동력도 적게 든다.

[고정관에 의한 관개방식]

① 다공관 관개방식

알루미늄관, 염화비닐관, 폴리에틸렌관 등의 파이프 또는 호스에다 구멍을 뚫어 포장의 지표에 고정하여 설치해서 살포하는 방식으로서, 살포되는 모양은 직사각형이 되고 비교적 저압이지만 관개강도는 크다. 스프링클러 관개에 비하면 살포거리가 짧고 관의 배치는 조밀하게 된다.

② 물방울 관개방식

이 방식은 드립(drip)관개 또는 트리클(trickle)관개라고도 부른다. 작물 사이의 지표에 고정해서 설치한 폴리에틸렌관에 일정한 간격마다 배치한 물방울 노즐 또는 구멍으로 부터 약한 강도로 빈번하게 작물의 뿌리 부근에만 물방울을 떨어뜨리는 방식이다. 물방울을 떨어뜨릴 때 압력을 감소시키기 위한 여러 가지 감압방식이 있다. 물방울 노즐은 작은 나선형의 유로를 노즐에 장치한 것이고, 격벽튜브는 튜브 내의 격벽에 작은 구멍의 오리피스를 가진 것으로, 어느 것이나 1차의 압력수가 이것들을 통과할 때 감압되는 구조로 되어 있다.

이 방식에서는 물방울이 떨어지는 점을 중심으로 토양표면의 일부분만 적시게 되며, 이는 소량의 빈번한 관개에 적합하다.

이 방식의 특징은 다음과 같다.

○ 물방울이 떨어지는 점 부근의 토양수분을 높게 유지할수 있기 때문에 수확량을 높일 수 있다.

○ 뿌리 부근에만 부분급수를 할수 있기 때문에 용수량을 절약할 수 있다.

○ 관내유속이 작기 때문에 균등급수를 쉽게 할 수 있다.

○ 능률적으로 관리하기 쉽다.

일반적으로는 1kgf/cm^2 내외의 말단압력으로 사용하는데 감압, 필터 등의 장치가 필요하며, 구멍이 막히는 것을 방지하기 위한 필터는 특히 중요하다.

[지표 관개방식]

① 고랑 관개방식

고랑에 흘려 보낸 물이 두둑의 측면으로 침투해서 작물의 근근역을 적시는 방식이다. 급수로를 일정한 간격으로 배치하고 고랑을 완경사로 정지하여 급수로로부터 각 고랑에 일정한 유량을 유하시킨다. 두둑의 하류단에서 근역층에 충분한 물을 보급하기 위한 수심을 확보하기 위해 필요한 침투시간 만큼 담수하는데, 상류단에서 하류단까지의 도달시간중 상류측에서는 여분의 시간에도 담수하기 때문에 근역층 하방으로의 심층침투손실을 피할수 없다. 이 방식에서는 지형, 토양의 침투율, 두둑의 길이, 공급하는 유량 등에 따라 관개적용효율에 차이가 생긴다. 또한 일정한 기울기로 만들기 위해 토공기계가 필요하다.

② 보더 관개방식

경지를 낮은 두령으로 좁고 길게 대상으로 나누고 일정한 느린 기울기를 붙여 얕은 층류로 해서 전면유하시켜 토양중에 침투시키는 방식이다. 심층침투손실 및 관개적용효율에 대한 것은 고랑 관개방식과 마찬가지로이다. 고랑 관개방식에 비해서 관개노력은 적게 들지만 큰 유하량이 필요하고 기울기에 의한 제약을 받기 때문에 보다 광범위한 지균작업이 필요하게 된다. 목초류의 관개에 많이 쓰인다.

③ 등고선 도랑 관개방식

관개수를 끌어가는 도랑을 등고선에 따라 대략 1/1,000의 기울기로 만들고 이 도랑에 있는 급수구로부터 경사면을 유하시켜서 관개하는 방식이다. 비교적 지형이 복잡한 경사지에서도 적용할 수 있는데 관개적용효율이 낮다.

④ 수반 관개방식

지표를 평탄하게 하고 구획을 두령으로 둘러싸서 수로 또는 파이프를 물을 끌어들여 담수시키는 방식이다. 평탄한 지형이고 투수성이 작은 토양에 적합하다.

[지하 관개방식]

이 방식은 지표면 아래에 급수해서 모관작용에 의해 근근역을 적시게 하여 관개효과를 올리려고 하는 것으로서 개거식과 암거식의 두가지가 있다.

개거식은 일정한 간격마다 수로를 배치해서 여기에 물을 흘려 보내어 수로로부터 침투시켜 지하수면을 상승시킴으로써 아래에서 근근역으로 물을 공급하는 것이며, 암거식은 지하에 관을 매설해서 이것에 의해 급수하는 것이다.

이 방식을 쓰려면 표토의 토성이 상방형 및 측방형으로 비교적 신속하게 수분을 모관이동시킬 수 있을 것, 토양의 투수성이 양호할 것, 비교적 얇은 층에 불투수층이 존재하여 심층으로의 침투에 의한 물의 손실이 방지될 것 등의 조건이 필요하다.

(2) 관개방식의 확정

다음과 같은 여러가지 조건을 충분히 검토해서 영농계획에 적합하고 또한 그 지구에 가장 적절한 관개방식을 확정한다.

① 입지조건

토지의 경사, 등고선의 상태 등 지형조건, 토양의 투수성, 풍향·풍속 등 기상조건

② 영농조건

- 재배작물 : 작물의 종류에 따른 관개방식의 규제요인
- 재배방법 : 식재밀도, 두둑 만드는 방법, 윤작체계 등
- 집단화의 정도 : 작부의 집단화, 협력경영의 가능성, 기계화의 정도
- 경영의 규모 : 경영면적의 대소, 영농계획 등

③ 수리사정

수원·수량의 제약, 필요수량, 관개효율 등

④ 경제성 등

[참고] 관개방식 선정의 일반적 조건

(1) 발관개에는 스프링클러 관개방식이 일반적으로 적합하며, 그 이유는 다음과 같다.

① 지표 관개방식에서는 심층 침투손실이 크기 때문에 스프링클러 관개방식을 적용한다.

② 1회의 관개수량이 적고 또한 빈번한 관개가 가능하므로 강우의 분포에 대응해서 실시 하는 보급관개에 적합하다.

③ 경사나 기복이 많은 지형에 적용하기 쉽다.

④ 관로이기 때문에 기복이 있는 지역에 급수하기 쉽고 웨페지가 적다.

⑤ 여러가지 모양의 구획에 대응하기 쉽다.

⑥ 근역층이 얇은 경우에도 비교적 균등하게 관개할 수 있다.

⑦ 소규모이고 집약적인 영농에 있어서 관개 노동력이 적게 들고 사용하기 쉽다.

⑧ 영농 기술수준이 높으면 이 방식을 손쉽게 이용할 수 있다.

상기 사항은 스프링클러 관개방식의 특징이기도 하지만, 반면 스프링클러 관개방식에는 다음과 같은 단점이 있다.

① 살수분포가 바람에 의해서 영향을 받는다.

② 일반적으로 3kgf/cm^2 내외의 수압을 필요로 하기 때문에 동력비가 많이 든다.

③ 살수분포를 겹치게 함으로써 비로소 균등한 분포를 얻을 수 있기 때문에, 포장 정비가 되어 있지 않은 곳에서는 사용할 수 없다.

(2) 다공관 관개방식은 스프링클러로 관개할 수 없는 소구획이나 집약적 관리를 필요로 하는 작물에 대해서 적합하다. 살포거리가 짧고 관개강도가 크기 때문에 빈번한 이동 또는 살포의 교체가 필요하다.

(3) 물방울 관개방식은 수원이 부족해서 물을 절약할 필요가 있는 경우에 적합하다. 식재간격이 조밀한 작물의 경우는 적하관(滴下管)의 수가 많아져서 말단시설비가 많이 든다. 그러나 시설(하우스)원예, 터널재배, 멀칭재배 등에서 토양면에 포설할 수 있어서 유리한 면이 있으며, 투수성 토양에서 이 방식에 의하면 침투손실이 적기 때문에 소량의 빈번한 관개에 가장 적합하다. 또한 물방울이 떨어지는 점 부근에 근군이 집중되기 때문에 양분관리를 하기 쉽고, 당도(糖度) 등의 품질을 중시하는 재배에 대해서는 액비의 사용에 의해서 뛰어난 효과를 올릴 수 있다.

(4) 지표 관개방식(고랑 관개방식. 또는 보더 관개방식)은 비교적 평탄하고 점질토양과 같이 침투율이 작은 토양에서 유리하다. 포장을 완만한 기울기로 일정하게 정지하기 위하여 정밀도가 좋은 토공기계를 사용해야 하는데, 정지토공량이 많아지는 기복지나 경사지에서는 적용하기 곤란하다. 이 방식에서는 압력수를 필요로 하지 않기 때문에 동력비는 들지 않으나, 관개기간 중 급수로부터의 취수 및 급수로의 수위관리 등에 노력이 필요하다. 설계된 고랑의 길이 또는 보더의 길이에 따라 급수로가 배치되므로 한 방향으로 완만한 경사지에서는 계획을 세우기 쉽지만 기복지에서는 수로배치가 어렵다.

(5) 다목적 이용에 있어서 액체의 살포가 필요한 경우에는 스프링클러 관개방식이 가장 유리하다.

이상 기술한 각 방식의 특징과 단점을 이해하는 것이 필요하다. 방식을 선정할 때는 기상조사, 토양조사, 지형조사, 영농조사 및 농가의향조사를 기초로 해서 시설비용, 유지관리비 등의 경제성, 수원사정 등을 고려해서 판정한다.

라. 용수계획의 확정

용수계획은 수원 및 각 시설의 용량을 결정하는데 기본이 되는 것이며, 기본조사결과에 따라 용수량 기초제원, 다목적 이용방법, 용수량 등을 확정한다.

용수계획의 상세한 내용에 대해서는 3.2 용수계획을 참조한다.

(1) 용수량 기초제원의 확정

토양수분특성조사 및 발수분소비조사를 통하여 총신속유효수분량(TRAM),

계획일소비수량, 계획간단일수 및 1회의 계획관개수량을 확정한다.

(2) 다목적 이용방법의 확정

관개시설의 다목적 이용에 의한 물이용의 고도화를 도모하기 위해 이용방법에 대해서 검토하고, 다목적 이용이 유효한 경우에는 이용제원을 적절하게 결정한다.

이용방법으로서는 다음과 같은 것을 생각할 수 있는데 기술적으로 미개발부분이 많기 때문에 신중한 검토가 필요하다.

① 재배관리의 합리화

파종, 정식기 물대기, 발갈이 물대기

② 기상재해방지

· 풍식방지, 동상해방지, 해풍해방지

③ 관리작업의 생력화

액비시용, 병충해방제, 분뇨관개, 전분폐액관개

④ 기 타

제초제, 토양개량제 또는 적과제의 살포, 미기상, 지온조절

(3) 용수량의 확정

용수량(조용수량)은 용수량 기초제원, 일강우량, 다목적 이용제원 등에 따라 관개면적, 수원 이용가능수량 등을 감안해서 확정한다.

(4) 수원의존량의 검토

용수량을 수원에 배분하고 각각의 수원에 대한 수원의존량을 검토한다.

마. 수원계획의 확정

용수계획 및 기본조사결과에 따라 수원의 종류, 시설의 위치 및 규모 등을 정해서 수원계획을 확정한다.

수원계획에서 산정한 용수량(수원의존량)을 수원 이용가능수량에 대비해서 수원의 종류와 장소를 확정된 후, 강우량, 하천유량 등의 자료를 써서 수원 물수지계산을 하여 계획기준년을 정함과 동시에 수원시설의 규모를 확정한다.

수원계획의 상세한 내용에 대해서는 3.2.4 수원계획을 참조한다.

3.2 용수계획

3.2.1 용수량결정의 기본

우리나라는 습윤지대에 위치하는 관계로 발관개용수량은 보급관개의 입장에

서 계획하는 것이 일반적이다. 용수계획에 있어서는 강우 및 토양의 특성을 충분히 검토해서 토양의 보수기능을 적절하게 활용함으로써 될 수 있는대로 물이용에 있어 유효수량의 비율을 높이는 방향으로 계획제원을 정하는 것이 중요하다.

이 밖에 작물의 수확량 뿐만아니라 품질도 향상시키기 위해서는 작물의 수분생리상의 특성을 이해하는 것이 중요하며, 그러기 위해서는 관개 개시시기나 토양수분상태 등에 대해서 작물의 종류별로 고려할 필요가 있다.

또한 수분보급 이외에 시설의 다목적 이용을 생각할 수 있는데 밭에서의 물이용은 영농을 고려한 종합적인 체계로서의 검토가 필요하다. 다목적인 물이용이 보급관개의 용량내에 그칠 경우에는 특별한 문제는 없지만, 이 용량을 초과할 경우에는 경제효과를 충분히 검토해서 용수계획을 세울 필요가 있다. 또 수원수량, 수리시설의 구조 및 물관리조직 등의 여러가지 요인에 대해서도 충분히 고려해야 한다.

3.2.2 용수계획 제원의 결정

가. 수분보급 용수량

보급관개에 있어서 용수량산정 순서를 나타내면 그림 2.3.1과 같다.
수분보급 용수량에 관한 상세한 것에 대해서는 다음 항을 참조하도록 한다.

3.2.2.나. 3) 수분정수의 결정

3.2.2.나. 4) 소비수량 및 계획일소비수량의 결정

3.2.2.다. 1회분의 순관개용수량 및 계획간단일수의 결정

3.2.3. 계획용수량의 결정 (관개수량, 적용효율, 반송손실률)

나. 토양수분조사

1) 조사지점의 선정

토양수분을 조사하기 위한 지점은 원칙적으로 토양조사에 따른 주요한 토양구분마다 선정해야 하며, 이 경우 적정하게 관리된 포장에서 대상작물을 선정할 필요가 있다.

토양의 물리적성질은 그 생성과정의 모재에 좌우되는 일이 많으며, 경사지에 있어서는 퇴적양식이 관개계획상 중요한 인자가 된다. 따라서 이들에 대해서는 토양조사결과를 충분히 검토한 후에 조사지점을 결정해야 한다.

또한 대상작물에 대해서는 평균적이고 양호하게 관리될 수 있는 포장의 선정이 필요하다. 이 경우 큰 방풍림이나 넓은 도로에 근접해 있는 위치에서는 이들

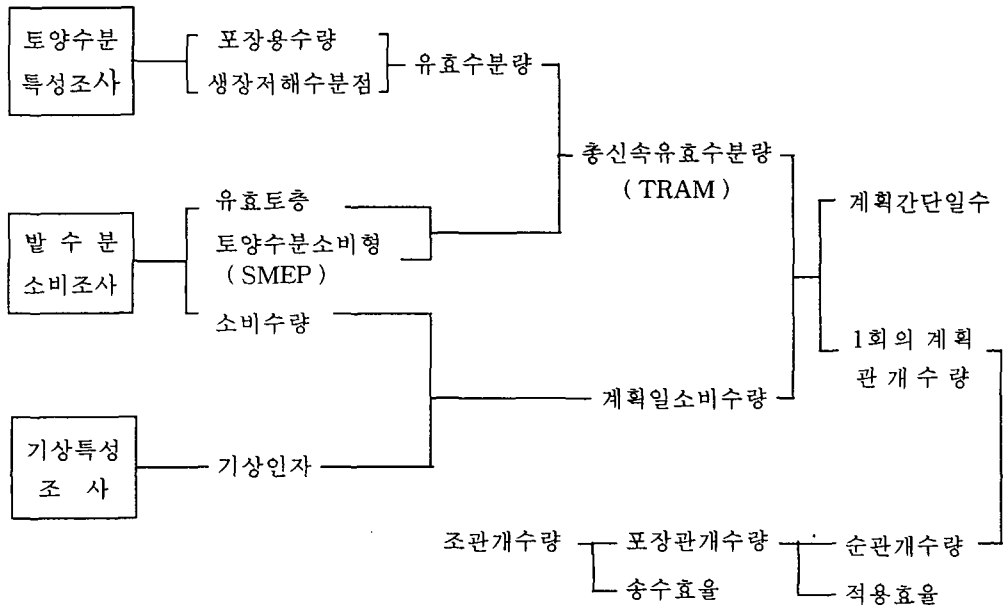


그림 2.3.1 수분보급을 위한 용수량산정 순서

로부터 15m 이상 떨어진 지점을 선정할 필요가 있다.

2) 토양수분의 측정방법

현재 많이 쓰이고 있는 측정방법에는 다음과 같은 것이 있다.

① 채토법

포장의 토양을 직접 채취해서 수분의 변화가 없도록 실험실로 운반하여, 100~110℃로 일정한 중량이 될 때까지 건조시켰을 때 그 감량을 토양수분량으로 한다.

채토에 있어서는 정용적 채토기(100cc)를 사용하면 편리하다. 채토해야 할 시료용적이 너무 적으면 측정치의 분산(평균치에서 벗어나는 오차)이 커질 염려가 있으므로 주의해야 한다. 시료에 자갈이 함유되고 또 그 크기가 증가할수록 시료용적을 많이 할 필요가 있다. 이 방법은 토양수분의 절대량을 직접 알 수 있으므로 토양수분 감소법으로 정확한 소비수량을 구할 때 기본이 되는 측정법이고, 또한 텐시오미터법, 전기저항법에 의한 토양수분의 검증에 쓰이므로 매우 중요하다.

② 텐시오미터법

토양중의 모관장력을 다공물질체를 매체로 해서 압력계로 유도하여 측정하는 방법으로서, 일반적으로는 다공체로 포러스컵(porous cup), 압력계로 수은 마노

미터가 쓰이고 토양수분량을 미리 준비한 수분장력관계곡선에 의해 구한다.

텐시오미터는 그 기구상 측정범위가 최고 1기압(pF 3.0)까지만, 1기압 가까이 되면 측정 기구속에 공기가 투입되어 기능이 저하하므로, 실제 사용범위는 0.85기압 정도까지이다. 따라서 비교적 습윤상태(pF 0~2.8)의 토양수분측정에 적합하다.

③ 전기저항법

전극을 장치한 흡습체를 흡속에 매설하고 오옴미터(ohm meter)에 의해 전기저항치의 변화를 측정해서, 미리 준비한 토양수분-전기저항치곡선에 의해 토양수분을 측정하는 방법이다. 흡습체로서는 석고블록(block), 나이론 유니트(nylon unit) 또는 유리 필터 블록(glass filter block)을 쓰는 것이 좋다. 특히 유리 필터 블록은 측정범위가 pF 1.4~4.6 정도로 넓다. 석고블록은 토양염류의 영향을 받는 일이 적지만 내수성이 낮으며, 사용전원로서는 교류전원을 쓴다.

④ 그 밖의 방법

이 밖에 유전식(誘電式)수분계, 열선수분계 등 많은 방법이 있는데 현지의 실정에 적합한 것을 시험연구기관 등의 협력을 얻어서 선정한다.

3) 수분정수의 결정

(1) 토양수분특성조사

토양수분특성으로서 발 관개계획상 중요한 것은 포장용수량과 생장저해수분점의 토양수분이다. 이들은 어느 것이고 조사지점에서 채취한 토양에 대해서 직접 측정하여 구한다.

① 포장용수량

건조지의 예에서는 유효수분의 상한계로서 포장용수량의 개념이 보통 사용되고 있다. 포장용수량은 다량의 강우가 있을 후 물의 하강운동의 비율이 대단히 작아졌을 때의 토양수분량으로서 정의된 경우가 있고, 토양중의 불포화 투수계수가 0이 되었을 때의 수분량으로서 제안된 경우도 있으며, 토양이 유지할 수 있는 현수수(懸垂水)의 최대량이라고 정의되기도 한다.

그러나 일본에서 측정예를 보면 중력수의 하강종료를 기준으로 하는 의미의 포장용수량은 다량의 강우후 수일을 지난 시점에서 생기는 경우가 많으므로, 포장용수량의 시점을 물소비의 출발점으로 하는 점에 대해서는 문제가 남아 있는 것으로 보고 있다.

따라서 유효수분의 상한을 포장용수량의 개념에 얽매이지 않고 시간규제로서 정의하는 것이 일반적이며, 충분한 강우 또는 관개후 대략 24시간을 경과한 뒤에 토양속에 보류되는 수분을 24시간용수량으로서 채택하고 있다. 즉 24시간을

경과하면 표준조건하의 토양에서 대부분의 중력수는 배제되며, 남은 중력수도 모근의 활발한 흡수에 의해 대부분이 유효하게 이용된다는 생각에 근거를 두고 있다.

24시간용수량을 pF치로 대비한 검토결과에 의하면, 화산회 토양에서는 pF2 전후, 광질 점성토양에서는 pF 1.5 전후의 경우가 많고, 토양에 따라 약간의 변동이 있다.

측정을 위해 선정된 조사장소에 100mm 이상을 급수하고 비닐 등으로 덮어 놓은 다음 24시간 후에 각 층에서 시료를 채취하는데, 토층이 치밀해서 배수불량이 생기기 쉬운 경우에는 관개수량을 너무 많이 하지 말고 보통의 관개수량 정도로 그칠 필요가 있다.

② 성장저해수분점

유효수분의 하한계에 대한 연구로 영구위조점에 대하여 많은 연구가 수행되어 왔으며, 영구위조점이 대략 pF 4.2 부근의 값을 나타낸다고 발표되었다. 작물의 물이용은 영구위조점까지는 정상생육이 저해되지 않는다고 주장된 바도 있으나 그 후의 연구결과는 이와 같은 견해를 부정하고 있다.

특히 습윤지대에서는 이와 같은 극한상태에 까지 이르게 될 위험은 비교적 적으며, 발판개는 단순한 작물의 생육유지보다도 더욱 적극적인 작물의 품질향상과 증수에 그 의의가 있다는 견해가 일반적이다.

이러한 입장에서 유효수분의 하한계로서는 영구위조점이 아니고 생장에 지장이 조금이라도 나타나면 그 시점의 수분을 하한으로 해야 한다는 견해가 정립되어 가고 있다. 이와 같이 성장저해가 일어나고 정상적인 생육을 할 수 없게 될 때의 수분량을 성장저해수분점이라고 부르고 있다.

이 때의 수분은 pF 치로 3.0 전후인 경우가 많다. 물론 토양에 따라 다소 다르며, 사질토에서는 pF 3.0 이하인 경우가 있고, 양토에서는 반대로 pF 3.0 이상인 경우도 볼 수 있으므로, 엄밀하게는 토양수분감소법에 의해서 수분감소량을 실측해서 수분소비량이 현저하게 감소될 때의 토양수분을 조사할 필요가 있다. 그러나 계획치로서는 원심법 또는 압막법에 의해 pF 3.0 의 수분량을 토양에 대해 실측하면 충분하다.

또한 작물의 종류에 따라서는 관개시의 수분상태가 품질에 크게 영향을 끼치는 일이 있으므로 계획에 있어서는 신중한 배려가 필요하다.

③ 유효수분량

발판개계획상의 유효수분은 포장용수량과 성장저해수분점 사이에 분포하고, 정상생육에 유효한 범위의 토양수분을 말한다.

유효수분의 표시를 중량비(%)가 아닌 용적비(%)로 나타내면 유효수분량(mm)의 계산에 편리하다. 토층의 두께를 10cm로 했을 경우 용적비(%) 표시의 값이 그대로 유효수분량(mm)을 나타내게 된다. 화산회토의 유효수분은 용적비로 20% 정도이고, 사토의 경우는 수%에 불과하며, 일반광질토는 이 중간의 값을 나타내는 경우가 많다.

(2) 발 수분소비조사

조사지점에서 토양수분의 변동을 실측해서 유효토층, 제한토층 및 토양수분 소비형 등을 정한다.

① 유효토층과 제한토층

발판개계획에서 말하는 유효토층이란 토양생산력적 입장과는 약간 달라서 근근의 유무에는 구애됨이 없이 포장용수량에 도달한 뒤에 토양면증발이나 작물근의 수분흡수 및 모관보급 등에 의해 수분소비가 이루어지는 깊이를 가리킨다. 또 작물의 물소비에 의해서 토양수분이 변동하는 깊이는 건조기간을 길게 잡으면 당연히 깊어지므로 통일규정으로서 대략 간단일수 정도의 연속한발기간을 취하고 있다.

제한토층이란 유효토층내에서 수분소비에 가장 지배적인 역할을 하고 그 층의 수분상태가 작물의 생육, 수량, 품질에 직접 영향을 주는 토층을 말한다. 따라서 토층단면의 관찰이나 근근의 분포상황 등으로부터 판단해서 어느 정도 추정할 수 있으나, 계산상에서는 유효수분량과 토양수분소비형으로부터 계산되는 각 층별 총신속유효수분량이 최소가 되는 토층으로 정해진다. 또한 포장에서 경과시간에 따른 토양수분감소를 실측할 수 있을 경우는 간단일수에 가까운 연속한발기간후 어떤 토층의 수분감소량이 다른 토층에 비해서 현저하게 작아졌을 때 이 토층을 제한토층으로 결정할 수 있다. 즉 이 토층내에서는 토양수분이 생장저해수분점까지 저하되고, 이로 인해서 이 토층(주로 표층에서 20cm 정도까지)의 수분감소가 정체되며, 보다 하층에서의 수분소비가 진행됨을 나타내고 있다.

② 토양수분소비형

유효토층에 있어서 수분감소량은 일정하지 않은 경우가 많고, 보통은 표층에서 하층으로 감에 따라 감소한다. 유효토층 전체의 수분감소량에 대한 각 층별의 수분감소량의 비율을 나타낸 것이 토양수분소비형(SMEP)이다.

토양수분소비형은 작물, 토양, 생육시기 등이 다르면 당연히 달라지는 것으로서 실측이 필요하며, 작물과 토양이 같아도 수분상태에 따라서 달라지므로 주의해야 한다. 특히 가는 뿌리가 표층 가까이에 모여 있을 경우가 많고 또한

유효토층이 얇기 때문에, 토양수분의 소비에는 작물뿌리에 의한 직접흡수와 토층내에 있어서의 모관이동현상이 얼켜서 복잡한 양상을 나타내게 된다. 토양수분소비형을 지배하는 인자중에서 특히 중요한 것은 작물뿌리의 발달상황과 보수성이라고 볼 수 있다. 토양수분소비형은 대략 일정하고 근근역을 4등분했을 때 상층부로부터 40, 30, 20, 10%의 수분소비가 된다고 하는 주장이 있지만, 실측을 해야 정확한 값을 알 수 있다.

계획상의 토양수분소비형으로는 제한토층의 수분이 생장저해수분점까지 저하지 않는 범위의 것이라야 한다.

4) 소비수량 및 계획일소비수량의 결정

유효토층내의 소비수량을 구하기 위해서는 토양수분감소법이 가장 적절한 방법의 하나이다. 이들의 실측은 관개기간을 통해서 실시하는 것이 바람직하지만, 많은 노력과 시간이 필요하므로 소비수량이 최대가 되는 기간에 중점적으로 시행하고, 그 밖의 기간에 대해서는 신뢰할 수 있는 근방의 실측자료나 증발산비법 등의 계산법에 의해 추정해도 좋다.

또한 소비수량은 측정기간중의 기상조건에 좌우되므로 측정 중에는 강우량이나 증발산에 관련되는 기상인자(증발계증발량, 일사량, 일조시간, 온도, 습도, 풍속 등)를 포함해서 계측하는 것이 바람직하다.

일소비수량(1일당 소비수량)은 그날 그날의 기상요인에 의해 변동하므로 계획치의 결정에 있어서는 다음과 같이 검토하여 조정할 필요가 있다.

(1) 계획에 쓰이는 일소비수량을 극히 단기간의 실측치만으로 결정하기에는 문제가 있으므로, 실측 및 계산법에 의해 어떤 재배관리상의 단계로서 동일하게 볼 수 있는 기간의 일소비수량의 평균치로서 구한다.

계획상의 일소비수량을 어떤 기간의 평균치로서 생각한다면, 그 사이의 흐린 날이나 적은 강우(계획상 무효강우가 되는 비)의 날은 소비수량이 확실히 감소되기 때문에, 이와 같은 값도 결과적으로 고려하는 것이 되어 오히려 실제에 가까운 계획치를 결정할 수 있다.

(2) 토양수분감소법에 의해 소비수량의 실측치가 구해지더라도 (1)에서 구한 값을 그대로 계획치로서 채택한다고는 볼 수 없다. 실측을 한 기간의 기상인자와 계획기준년의 기상인자를 비교해서 수정하는 것이 바람직하다.

(1) 및 (2)의 검토에는 증발계증발량을 사용하는 것이 좋다. 증발계증발량은 증발산에 관련된 많은 기상적 요인을 종합적으로 표현하는 것으로, 실측치가 얻어지면 측정치의 수정은 간단하게 할 수 있다. 만약 증발계증발량의 누년의 측정치를 얻을 수 있다면 미리 일사량, 일조시간, 온도, 습도, 풍속 등과의 상관관계

를 통계적으로 해석해 둘 필요가 있다.

이들의 검토결과 최종적으로 계획치로서 결정된 일소비수량을 계획일소비수량이라 하고, 기별 값중에서 가장 큰 값을 계획최대일소비수량이라고 한다.

[참 고] 소비수량 산정방법

소비수량의 실측방법에는 토양수분감소법, 라이시미터법, 챔버(chamber)법 등이 있다. 또 계산법으로서는 기상자료로부터 소비수량을 구하는 방법으로서는 블래니·크리들(Blaney-Criddle)법, 증발산비법 등이 있다.

1) 토양수분감소법

(1) 이 방법은 포장용수량으로부터 토양수분의 감소량을 측정하는 방법이다.

(2) 전토층이 포장용수량에 도달한 다음 실측을 시작한다. 실측의 위치는 흡수뿌리가 평 균적으로 분포되어 있는 장소로서 다음과 같은 위치를 택한다.

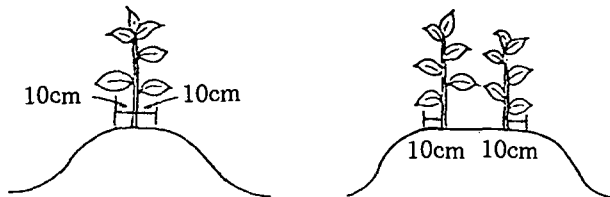
[토양수분측정 위치]

① 두둑이 있는 경우 (그림 2.3.2. a)

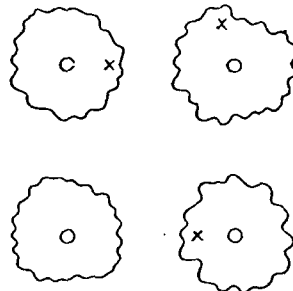
포기의 양측 약 10cm 의 위치

② 두둑이 없는 경우

조파 : 작물의 주간(株間) 중앙부에서 약간 포기쪽



(a) 두둑작물



×표는 토양수분측정위치

(b) 과 수

그림 2.3.2 토양수분측정위치

산파 : 포기에서 약 10cm 의 위치

- ③ 과수는 수관(樹冠)의 바깥부분에서 약간 줄기에 가까운 위치 (그림 2.3.2. b) 또한 평면적으로 본 실측의 위치는 동서, 남북 등 조건이 다른 장소에서 2개소 이상을 선정한다.
- (3) 측정은 원칙적으로 5, 15, 25, 35, 50, 70cm 의 위치에서 측정한다. 그림 3.4에 나타난 ①~⑥ 위치의 토양수분은 각각 $D_1 \sim D_6$ 부분의 평균치를 나타낸다. 그리고 토양단면의 관측에 의해 유효토층이 얕다고 판단될 때는 깊은 층의 측정을 생략해도 된다.
- (4) 관개하는 경우는 포장 전역에 균등하게 한다. 단, 관수가 안되는 경우는 강우 후 토양수분이 포장용수량에 도달하는 것을 기다려서 실측하도록 한다. 토양수분측정과 병행해서 강수량, 최고기온, 최저기온, 평균기온 및 증발계증발량도 관측한다. 측정시각은 매일 오전 9시를 중심으로 한다.
- (5) 유효토층 (깊이 $\sum D_n$)에 대한 매일의 토양수분 실측결과로부터 다음 식에 의해 일소비수량 $\sum e_n$ 을 구한다.

$$\sum e_n = e_1 + e_2 + \dots + e_n$$

$$e_1 = \frac{1}{10} (M_1 - M_1') D_1$$

$$e_2 = \frac{1}{10} (M_2 - M_2') D_2$$

.....

$$e_n = \frac{1}{10} (M_n - M_n') D_n \dots \dots \dots (2.3.1)$$

여기서, $D_1, D_2 \dots D_n$: 그림 2.3.3에 표시한 각 층의 두께 (cm)

$M_1, M_2 \dots M_n$: 그 날의 각 층 토양수분측정치 (용적 %)

$M_1', M_2' \dots M_n'$: 다음 날의 각 층 토양수분측정치 (용적 %)

$e_1, e_2 \dots e_n$: 각 층의 토양수분소비량 (mm)

단, 1일간 토양수분의 차이가 없는 경우에는 2~3일 단위로 계산한다. 순별 일소비수량은 원칙적으로 그 순에 실측된 평균 일소비수량으로 한다.

2) 라이시미터법

일반적으로 라이시미터에는 배수수지형(排水收支型), 플로우팅 (floating, 浮遊式)형, 웨이팅 (weighting, 秤量式)형 등이 있다.

배수수지형은 토양층과 침출수 수수조(受水槽)를 갖는 라이시미터에 의해, 강수량 (R),

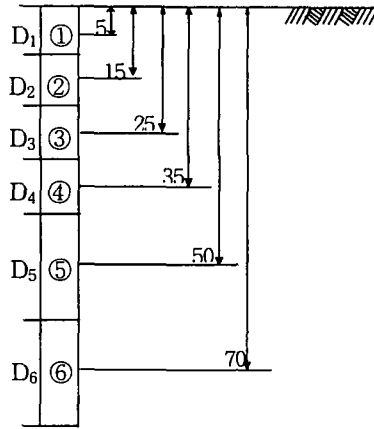


그림 2.3.3 토양수분측정 깊이

관개수량(I), 침출수량(S), 토양수분변화량(M) 등을 변수로 하여 수지계산을 통해 소비수량(e)을 구하는 방법이다.

$$e = R + I - S \pm M \dots\dots\dots(2.3.2)$$

식 (2.3.2)에서 M 의 부호는 토양수분감소량의 경우 “+”, 토양수분증가량의 경우 “-”를 취한다.

3) 챔버(chamber)법

포장의 토양수분을 미리 포장용수량으로 맞춘 다음, 공시작물을 증산실에서 피복하여 여기에 공기를 보내어서 그 출입구의 습도차를 정밀하게 구하고, 이것과 들여보낸 공기량으로부터 증발산량을 측정하는 방법이다. 이 방법에 의할 경우 실제의 재배관리상황에 가까운 상태로 측정할 수 있고 또한 월별 변화를 알 수 있다는 이점은 있으나, 일반적으로 토양수분감소법에 의한 경우보다 큰 값이 나오며 특히 토양속에서의 수분소비량을 구하는 경우에는 보정할 필요가 있다.

4) 블래니·크리들(Blaney-Criddle)법

이 방법은 기온, 일조시간, 작물계수 등을 이용하여 소비수량을 구하는 방법이다.

$$e_m = 0.254 K \cdot P \cdot t, \quad e_d = e_m / m \dots\dots\dots(2.3.3)$$

여기서, t 는 월평균기온 ($^{\circ}\text{F}$), P 는 연간 총 일조시간에 대한 월 일조시간의 비율(%), K 는 작물계수로서 실측에 의해서 정해지는 정수, e_m 은 월소비수량(mm), e_d 는 평균 일소비수량(mm/day), m 은 1달의 일수(day)이다.

즉 실측에 의해서 e_m 의 값을 구하고 각 작물마다 K 의 값을 정해 놓으면, 기상자료로부터 임의 지역에서의 소비수량을 구할 수 있다.

5) 증발산비법

이 방법은 증발계증발량의 값을 이용하여 소비수량을 구하는 방법이다. 즉 증발계증발량과 소비수량과의 사이에 작물과 그 성장단계에 맞추어서 일정한 상관관계가 있다고 생각하고 소비수량을 구하는 방법이다.

표 2.3.1 주요 발작물의 생육기별 증발산비

작물명 적정관수점	토마토	오 이	고 추	가을무우	가을배추	마 늘	
	pF 2.2	pF 1.9	pF 2.1~2.4	pF 2.5~2.8	pF 1.9	생육기	pF 2.2~2.5
생육기 이식후 1~10일	0.68	0.82	0.69	0.68	0.95	이식후 1~10일	0.50
11~20	0.85	0.89	0.78	0.79	0.98	11~20	0.49
21~30	0.89	1.00	0.92	0.90	1.02	21~30	0.39
31~40	1.08	1.05	0.97	1.02	1.09	겨울철 110일간 측정불능	
41~50	1.01	1.10	1.07	1.11	1.19		
51~60	0.96	1.20	1.09	1.15	1.20	141~150	0.21
61~70	0.92	1.36	1.14	1.19	1.25	151~160	0.65
71~80		1.20	1.16	1.26	1.27	161~170	0.66
81~90			1.21			171~180	0.66
91~100			1.22			181~190	0.73
101~110			1.17			191~200	0.90
111~120			1.12			201~210	1.01
121~130			1.09			211~220	1.01
131~140			1.05			221~230	0.99
141~150			1.05			231~240	0.94
평 균	0.91	1.08	1.05	1.01	1.12	평 균	0.70

주) 김철기 (1988, 1989, 1990) 발작물 소비수량에 관한 기초적 연구
한국농공학회지, Vol. 30 (3), Vol. 31 (3), Vol. 32 (1)

$$e = \alpha \cdot E \dots\dots\dots(2.3.4)$$

여기서, e 는 소비수량, E 는 증발계증발량, α 는 증발산비이다.
 주요 발작물의 생육기별 증발산비는 표 2.3.1에 표시한 바와 같다.

다. 1회분의 순관개용수량 및 계획간단일수의 결정

계획간단일수는 총신속유효수분량을 계획일소비수량으로 나누어 얻은 정수치로 하며, 일소비수량이 최대치 이하의 경우에는 1회분의 계획관개수량은 계획간단일수에 그 때의 일소비수량을 곱하여 얻는다.

발작물의 계획용수량이 갖는 특징과 산정순서를 살펴보면 다음과 같다.

발작물의 계획용수량 산정은 각 작물의 작물계수 또는 증발산비에 대한 시험치에 기초를 둔다.

발작물의 물관리는 벼재배상 필요한 물관리에 비하여 단순하여 용수량 산정에 있어서 그 만큼 간편한 점도 있지만, 재배작목에 따라 최대용수시기인 최대증발산시기 및 최대소비수량의 값이 될 최대증발산량이 다르고, 최대증발산시기(최대용수시기)도 봄작물은 초세(草勢)가 가장 왕성한 시기에 나타나는가 하면 가을작물은 계기증발량이 가장 크게 나타는 시기가 최대용수시기가 된다. 표 3.1에서 예를 들면 토마토, 오이, 고추, 마늘 등은 전자에 속하는 것으로 증발산비가 가장 큰 생육기가 최대용수시기가 되고, 가을무우와 가을배추 등은 후자에 속하는 것으로 증발량이 큰 생육초기에 최대용수시기가 나타나는 특징이 있다.

또한 발작물의 계획관개수량의 산정은 벼의 경우와 달리 최대용수시기에 대한 해당 토양 및 작물에 대한 1회분의 관개수량의 산출이 그 요체가 되는 것으로서, 해당 토양에 대한 포장용수량, 해당 토양 및 작물에 대한 최대용수시기의 성장저해수분점 및 토양수분소비형, 유효토층의 두께 등 수분정수의 측정은 계획관개수량의 산정에 앞서 수행되어야 할 사항이다.

즉 발작물의 계획관개수량의 산정순서를 열거하면 다음과 같다.

- (1) 토양과 작물에 따라 포장용수량 및 성장저해수분점을 측정하여 유효수분량을 정한다.
- (2) 유효토층의 두께 및 작물의 토양수분소비형을 측정하고, 이것과 앞에서 정해진 토층별 성장유효수분량에 의해 총신속유효수분량(TRAM)을 산정하여 1회분의 계획 순관개수량으로 정한다. 여기서 총신속유효수분량은 제한토층의 유효수분이 모두 소비되는 시점에서의 총신속유효수분량을 뜻한다.

(3) 측정된 기별 증발산량의 값으로부터 계획일소비수량을 측정하고, 총신속유효수분량의 계획일소비수량에 대한 정수비를 계획간단일수로 한다.

(4) 1회분의 순관개수량과 적용효율에 의하여 1회분의 포장관개수량을 정하고, 이 포장관개수량과 송수효율에 의하여 1회분의 조관개수량을 산출하는 식으로 계획용수량을 산출한다.

(5) 일소비수량이 최대치 이하가 되는 경우 1회분의 계획용수량은 그 때의 일소비수량에 계획간단일수를 곱하여 구한다.

(6) 여러가지 작물이 재배되고 있는 지구의 계획용수량은 각 작물의 작부면적에 따른 가중평균치를 사용하는 것이 일반적이지만, 300~500ha 이하의 작은 면적에서는 시설비가 허용하는 한 소비수량이 가장 큰 작물의 값을 취한다.

라. 물방울 관개용수량

물방울 관개를 절수적 관개방법으로서 이용하는 경우에는 토양의 일부분에만 중점적으로 급수하기 때문에, 포장 전체의 용수량을 종래의 표시법에 따라서 평균해서 수심으로 나타내면 작은 값으로 나타난다. 물방울 관개방식에서는 필요수량을 1일 1주(株) 또는 1주당 몇 l라고 산출하는 것이 적당하지만, 습윤지역에서는 여기에 쓰일 자료가 불충분하기 때문에, 여기서는 종래의 산출방법을 기초로 해서 다음 방법에 따르도록 한다.

용수량산정의 기초가 되는 총신속유효수분량, 계획일소비수량, 계획간단일수 및 1회 계획관개수량 등의 계획제원의 결정은 3.2.2 용수계획 제원의 결정에 준해서 한다. 단, 시설계획에 필요한 용수량을 구할 때는 얻어진 계획제원 값에다 다음에 기술하는 포장면적에 대한 습윤면적의 비율(P)을 곱한 후 지구전체의 포장면적을 곱하는 등 물방울 관개방식이 전역을 대상으로 한 살포가 아니라는 것을 고려할 필요가 있다.

1) 물방울의 낙하점 배치간격이 조밀한 경우

물방울의 낙하점 배치간격이 조밀한 경우는 물방울이 떨어지는 선에 따라서, 어느 나비를 가지고 젖게 되므로

$$P = \frac{\text{습윤폭(m)} \times \text{물방울 낙하선수}}{\text{작물재배열간격(m)} \times \text{작물재배열수}} \dots\dots\dots(2.3.5)$$

물방울의 낙하점을 중심으로 하는 습윤부분의 토양분포는 토양의 물리성(특히 pF와 수분과의 관계 및 불포화 투수계수), 낙하유량, 낙하시기 등에 의해

다르며, 또한 토양면증발이나 작물뿌리로 부터의 흡수 등의 소비조건에 의해 영향을 받아 비정상적으로 변화하므로 분석이 복잡하다. 따라서 습윤폭의 결정은 현지토양에서 실측하는 것이 좋다.

[참 고] 습윤폭의 기준

사토 및 사질양토	0.30m
양 토	0.40m
점질양토 및 점토	0.50m

습윤폭을 현지토양에서 실측하는 경우는 식생조건하에서 측정하는 것이 바람직하며, 최대 소비기에 있어서 식생이 있는 경우의 습윤폭은 식생이 없는 경우의 습윤폭의 약 50% 정도가 된다.

물방울 낙하선의 간격은 작물재배열간격과 관계가 있으며, 보통은 재배열 1조에 대해 1선으로 하는데 작물재배열폭이 작고 습윤폭이 큰 경우는 물방울 낙하선을 재배열의 중간에 배치하고 양측 재배열의 작물에 급수하도록 배치하면 말단시설비용을 싸게 할 수 있을뿐 아니라 용수의 절감도 되므로 생육·수확량과의 관계를 검토하여 고려해야 한다.

2) 물방울의 낙하점 배치간격이 큰 경우

예를 들면 과수를 재배하는 경우라든가 수박 등의 포복성 작물을 폭넓은 간격으로 재배하는 경우에는 작물뿌리 근처에만 물방울의 낙하점을 배치하는 것이 효율적이며, 물방울의 낙하점 배치간격이 커지게 되기 때문에 습윤면적의 비율은 현저하게 작아진다. 이 경우 습윤면적은 습윤폭을 지름으로 하는 원으로서 다음 식으로 P 를 계획한다.

$$P = \frac{\text{습윤면적} \times \text{물방울 낙하점수}}{\text{포장면적}} \dots\dots\dots(2.3.6)$$

또한 과수의 경우에는 큰 나무 1주에 대해서 여러개의 물방울 낙하점을 나무의 둘레에 배치하는 수가 있다.

마. 다목적 용수량

밭 지대에 있어서 작물이 생리적으로 요구하는 수분보급 이외에 물을 이용할 목적과 거기에 필요한 용수량에 대해서 설명하면 다음과 같다.

이것은 조사사례 등을 기초로 해서 계획의 근거가 될만한 사항을 추정한 것

이며, 실제계획에 있어서는 조사, 시험 등에 의해 더욱 자세한 검토가 필요하다.

1) 재배관리용수

재배관리용수에는 파종·정식기의 용수량, 경운작업을 위한 용수량 등이 있는데 단위용수량이 수분보급을 위한 용수량보다 많은 경우는 드물다.

(1) 파종·정식기의 용수량

보통 토층의 표층부분이 문제가 되므로 한 번에 다량으로 살포하는 것은 피하고 한발이 계속될 때 자주 관개하는 것이 좋다.

건조한 상태가 계속되면 작업후 3일 정도에서 전면적에 관개할 필요가 있다. 관개 대상토층이 10cm 정도일 때, 1회의 관개용수량은 대략 10~15mm 정도이다. 따라서 단위용수량으로서는 3~5mm/day의 경우가 많다.

한발이 계속되는 경우의 관개효과는 매우 뚜렷하다. 한 예로서 배추를 대상으로 실시한 관개효과를 살펴 보면 표 2.3.2에 나타난 바와 같다.

표 2.3.2 파종기의 관개효과

항 목 처 리	발 아 시 작	발 아 완 료	결주율(缺株率)(%)
관 개	7월 31일	8월 3일	3
무관개	8월 3일	8월 8일	22

주) 7월 25일 파종, 살포량 10mm

이와 같이 한발시의 관개효과는 극히 크다. 파종시기가 일기에 관계없이 안정되게 선택될 수 있다는 것은 수확기 및 그 품질과 수량이 보증될 수 있을 뿐만 아니라, 도입하는 작부체계의 선택의 폭도 넓어질 여지를 남겨준다. 예를 들어 여름철에 파종되는 당근은 한발이 계속된다면 발아하기 어렵기 때문에 관개시설이 없는 밭에서는 영농에 도입하기 어려운 측면을 가지며, 관개시설의 도입에 의해 비로소 가능하게 되어 영농의 근본적인 개선에 도움이 된다. 또 정식 후의 활착률의 차이는 품질과 수량의 안정이라는 점에서 중요할 뿐만 아니라, 작부 후의 재배관리를 균일하게 할수 있는 면으로 보더라도 큰 의의를 갖는다.

(2) 경운작업을 위한 용수량

점질토이면 건조해짐에 따라 토양이 고결화되어 경운이나 췌토 등을 하기 어렵게 된다. 이와 같은 경우 적당하게 토양수분을 공급해 주면 밭갈이가 용이하

게 된다. 어느 정도의 수분을 공급할 것인가는 그 시점의 건조상황에 따라 지배된다. 목표로 하는 토양수분의 값은 지금까지의 영농기계의 운행시험결과로부터 pF치가 대략 3정도로 알려지고 있다.

경운하는 토양깊이는 약 20cm 정도이며, 1회 관개수량은 약 20mm 정도로서 충분한 경우가 많다. 따라서 계획작업일수를 5일간 정도라고 하면 단위용수량은 약 4mm/day 정도가 된다.

사구지(砂丘地) 등에서는 너무 건조하면 트랙터 작업이 곤란하게 되기 때문에 관개의 필요성이 생기는 경우가 있다. 이 때 사구지 토양의 수분을 모관수가 연속되는 상태까지 습윤시킬 필요가 있으며, pF~토양수분곡선의 특성으로 보아 대상토층이 20cm 인 경우 보급수량은 약 20mm 정도이면 된다고 본다.

이 밖에 근채류(根菜類)의 수확을 용이하게 할 목적으로 관개를 실시하는 경우도 있다.

2) 기상재해방지용수

기상재해방지용수에는 풍식방지를 위한 용수량, 동상해방지를 위한 용수량, 해풍해방지를 위한 용수량 등이 있다.

기상재해는 급격하고도 넓은 범위에 걸쳐서 큰 피해를 가져오므로, 관개시설의 다목적 이용 효과가 크게 기대된다. 반면에 다량의 물이 필요하며 단위용수량도 수분보급량을 넘는 경우가 많으므로 용수량의 결정에 있어서는 시설비 및 다목적 이용상의 효과에 대한 충분한 검토가 필요하다.

(1) 풍식방지를 위한 용수량

강풍에 의해 풍식을 받는 경우 이것은 밭 생산력을 좌우하는 귀중한 경작토양이 날려갈뿐 아니라, 직접 종자나 묘가 비산하여 없어지게 되어 수량을 격감시키므로 그 방지는 중요한 의미를 갖는다.

따라서 넓은 면적에 대해서 일시적으로 다량의 물이 필요하다. 또한 강풍하에서 살포하기 때문에 관개효율이 극히 낮아진다는 것도 주의해야 한다.

1회의 관개수량은 10mm 정도로서 좋다고 보지만, 전면적을 1~2일에 종료해야 하므로 단위용수량으로서 5~10mm/day 가 되어 보급관개의 시설용량을 초과하는 경우가 예상된다. 따라서 특히 피해가 크다고 예상되는 부분에 대해서 중점적으로 관수하든가 또는 실제로 풍식이 예상되는 상태가 되었을 때 풍식이 발생하기 이전에 살포해 두는 것도 한가지 방법이다.

(2) 동상해방지를 위한 용수량

이 방법은 아주 심한 서리에 대해서도 방지효과가 있으며, 밭관개시설이 완비되어 있으면 소요노력도 적게 들이고 실시할 수 있다. 다만 다량의 물이 필

요하므로 물의 효율적인 사용을 실현하기 위한 살포기술의 향상이 필요하다.

동상해는 이동성 고기압이 어떤 지역내에 들어올 때 야간에 맑고 바람이 없는 상태의 조건아래에서 발생한다. 야간에 어느 정도까지 작물의 체온이 저하할 경우 피해가 나타나는가는 작물의 생육시기나 종류에 따라 차이가 있지만, 대략 만상기(晩霜期)에서는 -2°C 의 저온이 2시간 이상 계속되면 위험하다고 판단된다. 그러나 현실적으로 작물체온을 장기간 직접 측정한다는 것은 여러가지 어려운 문제가 있으며, 측정부분에 따라 측정치가 불균일할 수도 있으므로, 그 대책으로서 접지기상(接地氣象)을 잘 살펴보고 접지기온 또는 백엽 상자내의 기온으로부터 살포개시시기를 파악하는 것이 좋다.

예를 들면 일본의 안등(安藤)은 야간에 있어서 뽕나무의 엽온(葉溫)과 기온사이 에 다음과 같은 식이 성립한다고 했다.

$$t - t' = \frac{13.10}{(P + 1.12)(1 + 1.42\sqrt{v})} \dots\dots\dots(2.3.7)$$

여기서, t : 기온 ($^{\circ}\text{C}$)

t' : 뽕나무의 엽온 ($^{\circ}\text{C}$)

P : 수증기장력 (mm·Hg)

v : 풍속 (m/s)

바깥 기온과 백엽상자 내의 온도차가 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 정도이므로 이들을 고려하여 동상해의 위험성을 판단한다. 현실적으로 살포를 개시하느냐 않느냐는 풍속, 습도 및 일기변화 의 추이 등을 종합적으로 판단해서 결정한다.

일반적으로 동상해가 발생하는 기상조건은 풍속 1m/s 이하, 상대습도 70% 이상, 기온 -3°C 부근의 경우가 많으며, 손실열량은 $70\sim 140\text{kcal/m}^2/\text{h}$ 정도이다. 따라서 작물의 체온을 0°C 로 유지하기 위하여 필요한 빙결량(氷結量)은 $1\sim 2\text{mm/h}$ 라고 생각해도 좋을 것이다.

또한 실제의 살포에 있어서는 스프링클러에 의한 살포효율이나 적용효율, 나아가서는 포착률(捕捉率) 등을 종합적으로 판단해야 하므로 관개강도는 $3\sim 4\text{mm/h}$ 로 해야 한다. 따라서 보통의 보급관개강도보다 훨씬 작아지므로 스프링클러의 노즐의 한쪽을 막고 한쪽 노즐만 운전하든가, 또는 스프링클러의 간단 운전(間斷運轉)을 할 필요가 있다. 차나무의 경우는 3분간단, 채소의 경우는 2분간단이 대체적인 기준이다.

표 2.3.3 각 작물의 상해 위험은도

작 물	생육시기	위험은도 (°C)
뽕 나 무 사과, 앵두 살구, 자두, 복숭아	발 아 기	-2
	꽃봉오리기	-4
	개 화 기	-2
	결 실 기	-1
차 나 무	발 아 기	-3
	개 화 기	-2
딸 기	개화·결 실 기	-2
포 도	발 아 기	-1
	개 화 기	0
토 마 토	발아·개화기	-2
오 이	발아·개화기	-1 ~ -2
옥 수 수	발 아 기	-3
	개 화 기	-2
밀	개 화 기	-1 ~ -2

관개시간으로서는 작물의 체온이 위험은도(표 2.3.3)까지 내려가면 살포를 시작하고, 적어도 일출 또는 작물체 부근의 기온이 0°C 이상으로 올라갈 때까지는 계속해야 하며 4~8시간이 필요하다. 따라서 단위용수량으로서는 12~32mm/day가 필요하며, 다목적 이용 중에서는 가장 큰 부류에 속한다.

따라서 전면적에 동상해방지를 실시하려고 하면 수원수량의 증대, 송수능력의 증대, 조절지(farm pond) 또는 저수조의 증설 등이 필요하므로, 방지효과와의 균형을 생각해서 시설투자의 내용을 결정한다.

(3) 해풍해방지를 위한 용수량

해풍해(海風害)는 강우를 동반하지 않는 태풍에 의해서 해수를 포함한 강풍이 육지로 불어와서 바람 속의 염분이 작물에 부착하여 작물체의 표면이나 엽경(葉莖)의 작은 상처 등을 통하여 작물체내로 들어가서 생리적 탈수현상을 일으켜서 발생하는 것이다. 피해는 태풍뿐만 아니라 계절적인 강풍에 의해 발생하는 경우도 있다. 피해의 발생요인은 복잡하지만, 차 및 감귤 등에서는 10a당 작물체의 착염량(着鹽量)이 3kg 정도에서 생리적 낙엽이 생기는 피해를 볼 수 있다고 한다.

피해발생면적과 위치는 반드시 전지구 균등하다고는 말할 수 없다. 따라서 풍향, 지형, 작물생육상황 등을 종합적으로 판단해서 중점적인 방지면적을 정한다.

위험한 양의 염분이 부착해서 어느 정도의 시간 내에 세척을 하면 좋은가에 대해서는 그때의 바람의 형상, 착염상황, 일조의 유무, 작물체의 조건 등에 따라 차이는 있으나, 차 및 감귤에 대한 실측예를 보면 4시간 이내의 세척으로 현저한 효과가 있는 경우가 많으며, 8시간 이내에서도 약간의 효과가 있다. 그러나 그 이상의 시간이 경과하면 부착한 염분의 상당량이 체내로 흡수되어 직접적인 세척효과는 별로 기대할 수 없다고 한다.

또한 어느 정도의 수량을 살포해야 하는가에 대해서도 차 및 감귤 등의 조사사례를 참조하면 대략 4mm 정도라고 볼 수 있다. 너무 소량으로서는 작물체의 표면에 부착된 염분을 세척하는 효과는 별로 없고, 오히려 결정체로 되어 있는 염분을 재용해시켜서 다시 체내로 흡수시키는 결과가 되어 피해를 조장시키는 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

단위용수량은 12~24mm/day로 상당히 많은 양이 요구되어 보통의 보급관개 시설로 전면적에 대해 방지한다는 것은 무리이므로 실시면에서 더욱 연구할 필요가 있다.

3) 관리작업의 생력화용수

관리작업의 생력화용수에는 액비(液肥)용수량, 병충해방제용수량 등이 있는데 이들의 단위용수량이 소비수량을 초과 하는 일은 드물다.

(1) 액비용수량

액성비료의 살포에 대한 장점은 적기살포에 의한 비효의 증대 등을 들 수 있다. 또한 액비뿐만 아니라, 수용성비료인 경우 적당한 혼합방법만 있으면 관개조직을 통해서 살포가 가능하다. 액비효과의 예를 들면 표 2.3.4와 같다.

일반적으로 시비관개(施肥灌溉)에 있어서는 비료성분의 흡수율이 좋기 때문에, 연간시용량은 10~30% 정도 감소시켜도 무방하며, 시비회수는 관행으로 하는 것보다 많게 하는 것이 좋다.

필요수량은 일반적으로 보통의 보급관 개내에서 해결되지만, 액비살포 후 관개시설의 수세(水洗)를 겸해서 작물체를 세척하는 것이 좋다. 이 경우에도 세척을 위한 필요수량은 2~4mm 정도이다.

또한 고형비료(固形肥料)를 토양에 시용한 뒤에 관개를 하면 비효의 촉진에 있어서 유효한 경우가 많다. 즉 pF 2.7 이상으로 건조한 토양수분상태에서는 모관수의 이동이 원활하지 못하기 때문에 시비효과가 늦게 나타난다. 따라서 흡수 뿌리가 조밀하게 분포되어 있는 토층을 포장용수량 상태에 가까이 될 때까지 관개해야 되므로, 대상토층을 20cm라 하면 1회의 관개수량은 20mm 정도면 좋다. 전면적을 대략 5일 동안에 완료한다면 단위용수량은 4mm/day 정도가 된다.

표 2.3.4 액비의 사용효과

구 분	추 비	수 량 비 율 (%)	
		무 우	배 추
무 살 포	표준시비	100	100
	30% 증	113	136
	50% 증	114	159
살 포	표준시비	127	146
	30% 증	130	157
	50% 증	127	185

주) 기비 : N - 12kg/10a, P₂O₅ - 20kg/10a, Mg - 0.6kg/10a

추비 : 복합액비로서 질소량으로 하여 30% 및 50% 증

(2) 병충해방제용수량

병충해이 발생한 경우 종래의 방제법인 동력분무기나 스피이드 스프레이어를 대신해서 관개시설과 스프링클러를 이용하여 약액을 살포하는 것이 유효한 방법의 하나이며, 생력화와 보건위생의 관점에서 보아 뛰어난 효과를 가져온다. 단, 종래의 약액살포보다 훨씬 저압이기 때문에 실제 작물체로 부착시키는 액체 방울의 2차비산이 중요한 의미를 갖는다. 이를 위해서는 스프링클러의 종류, 배치조건, 적절한 선택, 지형이나 경지정리의 내용, 영농조건에 배려가 중요하다.

농약의 살포량은 작물체의 크기 등에 따라 다르지만 일반적으로는 종래의 방법보다 다량을 살포하는 것이 필요하다. 개략적으로 그 살포량은 작물체의 한계부착량이나 작물의 밀폐도, 방제효과면에서 본 부착량에 따라 다르지만, 보통 밭에서는 400~600 l /10a 정도, 수원지(樹園地)에서는 400~800 l /10a 정도이므로, 방제작업을 1일동안에 종료한다고 하면 단위용수량으로서는 1mm/day 정도가 된다.

또한 살포계획을 작성할 때에는 농약단속법, 관련되는 법령 등을 준수하고, 인체에 대한 독성, 어류에 대한 독성, 작물 및 토양중의 잔류성 등에 대해서 충분히 고려해야 한다.

(3) 전분폐액관개용수량

전분폐액(澱粉廢液)관개는 전분공장에서 배출된 전분폐액의 비료성분(N=400ppm, P₂O₅=200ppm, K₂O=500~600ppm)을 이용하여 희석수에 의해 보급관개를 하려는 것이다.

그 영농효과는 유기질비료의 보급, 토양수분의 보급 및 공해방지와 폐액처리

의 생력화이다. 용수량은 원칙적으로 수분보급을 위한 값을 기준으로 한다.

4) 기타의 용수량

(1) 미기상조절을 위한 용수량

여기서 말하는 미기상조절이란 작물이 생육하는 농지환경을 개선하고 제어해서 보다 호적한 환경을 만들어 작물의 생산력을 증대시키려고 하는 것이다.

이를 위해서는 매일 소량으로 살포해서 물이 증발할 때의 기화열을 이용하는 방법이 있다. 예를 들면 7~8월의 맑은 날씨에 1일 2회, 오전과 오후에 1회 2~3mm 정도를 살포하므로써 상당한 엽온저하효과를 가져올 수 있다. 이 경우 단위용수량은 4~6 mm/day 정도가 된다.

한편 영년생(永年生)의 상록수에 대한 겨울철 관개도 광의의 미기상조절에 해당된다. 즉 겨울철은 여름철에 비해서 연속한발이 계속되고 상대적으로 습도가 낮아서 건조조건으로서 본다면 심한 것이다. 뿐만 아니라 지온의 저하에 따라 뿌리털의 흡수작용도 저하되어 상록수는 생리적으로 보아 한발피해를 받고 있는 경우가 많다고 한다. 감귤 등에 대한 검토예를 보면 겨울철 한발시에 토양수분은 충분히 존재함에도 불구하고 잎은 시드는 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이러한 때 소량으로 비교적 자주 관개를 하면 물은 엽면에서 흡수되어 체내로 들어가서 생리적으로 좋은 영향을 가져오고 낙엽을 막을 수 있다.

차나무에 대해서도 마찬가지로 겨울철의 관개효과가 확인되었다. 1~3월의 강수량이나 강수빈도와 차의 수량 및 품질사이에 높은 상관관계가 존재함을 보더라도 겨울철 관개기술은 중요하다고 볼 수 있다.

겨울철 관개의 경우 3~5일마다 관개하는 것이 바람직하며, 단위용수량은 1mm/day 정도이면 충분할 것이다.

Föhn현상(산맥을 넘어 불어내리는 건조한 열풍)시의 이상건조를 방지하기 위한 미기상조절은 약간 뜻이 다르며, 넓은 면적에 걸쳐 일시적으로 다량의 물을 필요로하는 점에 있어서 수원면에서나 살포기술상으로 이를 위한 대응이 필요하다. 단위용수량은 10mm/day 가 넘는다고 판단된다.

(2) 지온조절을 위한 용수량

지온조절은 일종의 경지환경의 조절이다. 경지환경은 기층내 환경, 수층내 환경, 토양내 환경에 의해서 구성되는데, 지온조절은 토층내 환경의 지온을 조절해서 작물의 생산력을 증대시키려는 것이다.

지온조절의 목적의 하나는 겨울철의 지온을 상승시키는 것이고, 또 다른 하나는 여름철 고온의 지온을 내리는데 있다. 이러한 지온조절의 실시방법으로는 겨울철의 지온상승을 의도하는 경우, 그 원리는 낮의 고온시에 살포해서 땅 속

으로 침투시켜 토양의 비열을 크게하여 야간의 지온저하를 방지하는 방법이다. 이 방법에 의하면 무살포에 비해 1~2℃ 정도의 지온이 높아지는 것이 확인되었고, 이 방법은 동상해방지의 사전조치로도 쓰이는 방법이다.

한편 여름철의 지온을 저하시키려는 경우, 낮의 고온시에 살포해서 저하시키는 방법으로서 전술한 미기상조절의 일환으로서도 실시되는 방법이다.

이와 같은 지온조절을 위한 살포에서는 작물에 습해를 주지 않도록 살포량(단위용수량)은 1일의 증발산량을 넘지 않도록 주의한다.

(3) 하우스 재배용수량

근년에 시설원예가 전국적으로 보급된 결과 물이용의 형태에도 변화가 나타나고 있다. 시설원예에서는 유효우량이 없기 때문에 물에 대한 요구가 강하고, 작물과 재배조건에 따라서는 하루도 거르지 않고 매일 물이 필요한 경우도 있다.

노지(露地)의 경우와 같은 운번제는 지키기가 어렵고 1일을 단위로 했을 때에도 사용할 시간대가 낮의 고온시를 피해서 아침과 저녁에 집중되는 경향이 강하다. 단위용수량이 10mm/day 이상이 필요한 때도 있고, 특히 시설원예단지 등에 있어서 조절지 및 저수조 등의 증설이 필요한 경우가 있으므로, 단수시의 대책과 아울러 이들을 고려할 필요가 있다.

또한 작물을 바꾸어 심는 시기에 토양개량을 위해 담수를 겸한 다량의 관수(200~300mm)를 필요로 할 때도 있는데 이런 경우는 계획수량에다 포함시켜야 한다.

(4) 기타의 용수량

제초제, 토양개량제, 적과제(摘果劑)의 살포, 용설축진 등에 용수시설을 이용하는 경우가 있다. 이러한 용수계획에 있어서는 지구의 실태를 충분히 검토해야 하지만, 용수량은 원칙적으로 수분보급을 위한 값을 기준으로 한다.

3.2.3 계획용수량의 결정

계획용수량은 용수계획의 제원에다 수원에서 포장까지의 용수의 반송(搬送), 포장에서의 살포 등에 따르는 각종 손실수량을 적정하게 예상해서 결정한다.

가. 손실수량

손실수량은 포장내에 있어서의 적용효율과 반송중의 손실율을 예상한 관개효율에 의해서 구할 수 있다. 즉 손실수량은 다음 표 2.3.5의 수치를 참고로 해서 결정한다.

표 2.3.5 관개효율

구 분	적용효율	반송손실률	관개효율
스프링클러 관개	80~90 %	5~10 %	70~85 %
물방울관개	90 %	5~10 %	80~85 %
지표관개	70 %	5~10 %	60~65 %

주) 관개효율은 적용효율에서 반송손실률을 감안하여 구한 것이다.

스프링클러 관개의 적용효율은 지형, 기상조건(특히 바람) 및 작물폐쇄도를 감안해서 결정한다.

나. 관개수량

관개수량에는 순관개수량 및 손실을 고려한 조관개수량 등이 있다. 이들은 시설용량 결정의 기본이 되는 것으로 다음 식에 의해 산출한다.

(1) 순관개수량 = (최대계획일소비수량) × (간단일수)

(2) 포장관개수량 = $\frac{\text{순관개수량}}{\text{적용효율}}$

(3) 조관개수량 = $\frac{\text{순관개수량}}{\text{관개효율}}$

포장관개수량은 살포기에 의해 살포되는 수량으로서 말단살포시설의 계획에 쓰인다.

조관개수량은 포장관개수량에다 반송 중의 손실수량을 예상한 것으로서 수로의 용량결정 등에 쓰인다.

다. 용수량

지구 전체에 필요한 용수량은 다음과 같이 구한다.

(1) 순용수량 = (계획일소비수량) × (관개면적)

수원으로서 저수지를 계획하는 경우 또는 기별 변화를 알고자 하는 경우는 유효수량(3.2.4.나.항 유효수량 참조)을 고려해서 일계산한다. 이 경우 다음의 관수 예정일까지 유효수량이 있어도 그 일수는 변경하지 않고 간단일수를 일정하게 두고 관개수량을 수정한다.

(2) 조용수량 = $\frac{\text{순용수량}}{\text{관개효율}}$

다목적으로 이용하는 경우는 필요에 따라 계획일소비수량에다 더 보탠 값을 쓴다.

3.3 수원계획

3.3.1 계획기준년

계획기준년은 10년에 1회 정도 발생하는 한발년을 원칙적으로 채택한다

가. 하천취수의 경우

확률 1/10 정도의 갈수년을 계획기준년으로 한다.

나. 저수지의 경우

원칙적으로 저수용량 확률 1/10 정도의 해를 채택하는데 관개기간 중의 연속한발일수 및 유효우량에 대해서도 아울러 검토한다.

다. 기타의 수원인 경우

관개기간 중의 연속한발일수 및 유효우량을 통계처리해서 확률 1/10 정도의 해를 계획기준년으로 한다.

이들 계획기준년 결정의 기본이 되는 기상, 수문기록 등의 자료처리는 원칙적으로 20개년 이상으로 한다.

3.3.2 유효우량

발관개는 윤환블록(rotation block)에 따라 간단관개를 하기 때문에 유효우량, 관개수량의 계산은 원칙적으로 일계산으로 하는 것이 보통이다.

유효우량의 산출방법은 다음과 같다.

(1) 강수량(R)에 0.80을 곱한다.

$$0.80 \times R \quad (R < 5 \text{ mm 일 때 } R = 0)$$

(2) 유효우량의 상한치(R_0)는 총신속유효수분량(TRAM)에서 강우 직전에 있어서 밭의 수분보유량(유효수분량)을 빼어서 산출한다.

$$R_0 = (\text{TRAM} - \text{강우 직전의 유효수분량})$$

(3) 유효우량의 결정

① $R_0 \geq 0.80 \cdot R$ 일 때

$$\text{유효수량} = 0.80 \cdot R$$

② $R_0 < 0.80 \cdot R$ 일 때

$$\text{유효수량} = R_0$$

3.3.3 수원계획

현재 비교적 쉽게 이용되는 수원은 거의 논에 이용되고 있으며, 수리권관계로 새로 하천수를 이용하려면 어려운 점이 있지만, 논용수량의 검토 또는 종합적 수원이용계획의 검토 등에 의해 적극적으로 하천수의 효율적인 이용을 도모해야 할 것이다. 그러나 지형, 지질면에서 볼 때 발판개가 필요하지만 구릉지와 같이 하천수량이 부족한 지역에서는 일반적으로 하천수의 이용이 곤란한 경우가 많고, 또한 이용수량이 적을 때 스프링클러 관개를 위해 가압(加壓)이 필요한 경우 등 직접지하수를 양수하는 편이 경제적인 경우도 있다.

심층지하수는 장소에 따라서 그 수량이 항구성을 가지고 있고, 소규모적인 발판개용수로서 적당하지만 그 수원수량에는 한계가 있기 때문에, 보링, 전기탐사, 방사능탐사, 양수시험 등의 충분한 조사를 통하여 미리 부존량의 실태를 파악해야 한다.

저수지는 필요한 시기에 필요한 양을 공급할 수 있으므로 발판개와 같은 간단관개를 하는대는 이상적인 수원이다.

어떤 수원시설을 채택하더라도 발판개의 수원으로서 이용가능수량에 대해서는 필요수량의 시기별 변화를 고려해서, 그 총량과 함께 시기별 변화를 파악해 둘 필요가 있다.

이용가능수량에 대해서는 장기간의 실측자료를 기본으로 해서 그 통계처리에 의해 수원의 확실성을 파악하고 계획의 기초로 삼는다. 이 때 기술적으로 가능하면 될 수있는 한 각종 수원에 대해서 비교검토하는 것이 바람직하다. 또한 갈수량이 적은 하천에서 최대한으로 취수하는 경우에는 특히 수원과 관개지구의 중간에 조절지 또는 저수조를 설치하고, 펌프 운전시간의 연장, 펌프 시설용량의 감량 등 수원시설에 대해 검토하는 일도 필요하다. 이 경우 펌프의 운전시간은 24시간 운전하는 것을 기준으로 해서 계획해도 좋다.

또한 수원계획의 결정에 있어서는 도입될 작물체계나 작부율 등을 검토하여 용수를 효율적으로 사용하도록 노력하는 일도 중요하다.

한편 수리시설의 구조나 물관리조직의 내용에 따라서는 용수시스템계통내에서 물관리를 위한 관리손실을 예상해야 할 경우가 있으므로, 이를 위한 수원수량의 확보를 신중하게 고려할 필요가 있다.

3.4 전체조직계획

1) 일반적 사항

발관개에 있어서 조직 전체를 구성하는 각 요소는 서로 관련성이 있고, 하나의 요소를 변경하면 전체적인 구성에 영향을 미친다.

예를 들면 수원의 위치와 표고에 따라, 자연낙차의 이용여부 또는 압송펌프의 필요여부가 정해진다. 또한 말단시설에 사용하는 스프링클러의 작동압력특성에 따라서 가압펌프의 여부 및 관의 종류와 관재료의 선택조건이 달라진다. 관직경의 배열에 따라서 펌프가 필요로 하는 동력의 용량이 변동한다. 이와 같이 각 요소는 서로 관련성이 있다.

또한 말단에 있어서 물수요의 시간변동에 대응하여 수원에서 바로 필요한 수량을 송수할 수 있는 지구는 제외하고, 그렇지 않은 지구에 있어서는 조절지 및 저수조 또는 조정지 등의 시설을 조직에 설치하는 것이 필요하다.

전술한 바와 같이 각 요소가 구비해야 할 기능은 지구의 실정, 계획, 설계조건에 따라서 달라진다. 또한 각 요소는 다시 몇 개의 요소로 구성되어 있다. 따라서 조직 전체 중에 있는 이들의 다양한 요소는 서로 관련성과 조화를 가지고 구성되어야 한다.

2) 조절지 또는 저수조 하류측 물관리조직의 분류

면적규모에 따라 다음의 세가지로 구분된다.

① 살포블록

주로 스프링클러관개에 있어서 최말단에 있는 1개의 관수제어밸브 또는 급수전에 지배되는 포장면적을 살포블록이라 한다. 살포블록은 관개작업의 최소단위이며, 영농형태, 작부체계 및 물관리작업에 편리한 면적으로 한다.

② 윤번구

계획하고 있는 밭의 전지역을 몇 개의 일정한 구역으로 나누어, 그 구역내에서 관개순서를 정해놓고 관수할 때에는 일정구역마다 차례대로 윤번관개한다. 이와 같은 일정구역을 윤번구라 한다.

③ 관개구

하나의 급수조직의 대상이 되는 포장면적규모로서 1개 또는 여러개의 윤번구로 구성된다. 윤번구를 몇 개 묶어 하나의 급수조직계로 하면 그 구역내에서 물수용 변동을 조정하기가 편리하다. 관개구의 조직용량은 원칙적으로 최대사용시 소비수량의 평균치로 하는 것이 좋다. 이와 같은 물관리 제2단계의 면적은 클수록 기간시설경비면에서 약간 유리하지만, 물관리상으로는 여러 부락에 걸

치지 않게 하는 편이 편리하다.

이들에 대한 조직구성의 일례는 다음 그림에서 보는 바와 같다.

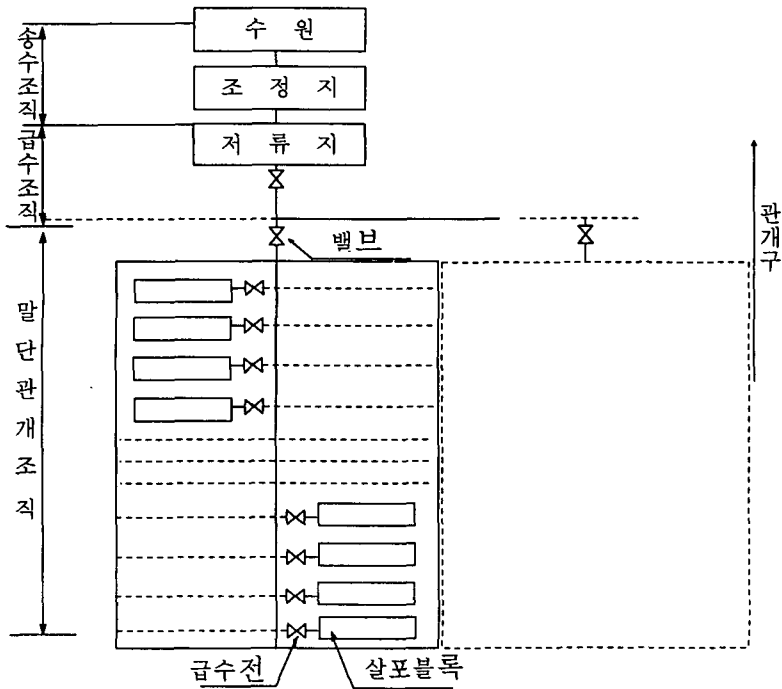


그림 2.3.4 조직구성의 예

3.5 말단관개조직계획

3.5.1 스프링클러관개

가. 기본구상

스프링클러 관개는 영농조건에 충분히 대응할 수 있는 형태로 계획되어야 한다. 밭에 있어서 다양하고 복잡한 물수요는 농가의 영농과 직결되어 있고, 현실의 영농조건과 대응시키지 않고 획일적인 형태로 계획을 세우면 완성 후의 시설이용에 심한 제약을 받는 경우가 있다. 특히 다목적 이용에 의해 다양하게 물이 이용되고 시설의 이용빈도가 높아지면, 이에 따라 사용수량이 대폭적으로 변동하는 예가 많아지기 때문에 이와 같은 경우에도 적절하게 대응할 수 있도록 해야 한다. 이 경우 수분보급에 있어서 조직용량과의 관련성을 충분히 고려해야 한다.

이 밖에 지형·기상·토양 등의 입지조건과 포장의 정비상황·시설비·유지관리비 등의 경제성 등도 고려하여 계획한다.

나. 살포블록의 규모

살포블록의 크기를 결정하기 위해서는 지형, 작물의 종류 및 단지화의 규모, 발기반정비의 정도, 토지소유의 내용 등 현실적인 영농조건에 적응시키는 것이 우선 중요하다. 이것이 만족되지 않으면 시설의 이용 그 자체가 큰 제약을 받게 된다. 예를 들면 스프링클러에 의한 방제의 경우 공동방제에 가입하지 않은 농가의 포장이 살포블록내에 산재하고 있으면 충분한 방제효과를 기대할 수 없고, 또한 여러가지 다른 수종, 품종, 작목 등이 혼재하여 있으면 그에 대한 방제방법은 극히 복잡해지지 않을 수 없다. 우리나라와 같은 영세소규모경영에 있어서 살포블록의 면적을 크게 잡으면 위와 같은 일이 나타나는 확률이 높아지기 때문에, 계획지구의 공동작업, 협업조직의 정도, 경지와 작물의 분산상황을 잘 조사하여 구획의 크기를 정해야 한다.

살포블록의 면적이 커지면 1개 밸브의 지배면적이 크게 되기 때문에 살포블록의 크기에 대해서는 시설비면에서 뿐만 아니라 조작관리의 용이성이나 연간 유지관리비면에서도 유리하게 선정해야 한다.

[참고]

우리나라에서는 농가의 경영규모가 작은 반면 경지의 분산도가 크다. 또한 도입작물의 종류가 많기 때문에 현실적으로 취할 수 있는 살포블록의 크기는 작게 될 수 밖에 없는 경우가 많다.

한편 스프링클러에 의한 방제에 있어서는 말단배관내의 약액도달 시간차에 따른 살포불균일이나 약액손실이 문제가 된다. 이와 같은 관점에서 살펴본 살포블록의 적정규모는 30~70a 정도이다. 다목적 이용 특히 방제목적으로 이용하는 경우 토지소유관계나 약액도달 시간차 문제에 비추어 볼 때 이 정도의 크기가 목표로 될 것이다.

살포블록 사이에 흐르는 물의 조절을 자동화하려면 작물이나 수종 등이 통일되어 있는 것이 좋고, 또한 관개구내에서 상당한 비율의 면적이 관련농가의 공동작업 및 협업경영으로 이루어지는 것이 바람직하다. 작물단지가 형성되어 있지 않거나 공동작업조직이 완전히 확립되어 있지 않은 경우에 살포할 포장을 임의로 선택하고자 할 때에는 전자밸브에 의한 원격조작방법이 효율적이다.

다. 말단기자재의 선정

이미 제 1 장 총론에서 기술한 바와 같이 물이용에는 여러가지 종류가 있으므로

로 우선 물이용의 주목적을 잘 파악하여 말단기자재를 선정해야 한다.

말단기자재는 다양화되는 경향에 있을 뿐만 아니라 그 내용도 점차 발전되어 나가고 있다. 따라서 이용목적과 사용조건에 따라 적절한 형과 구조를 선정해야 하며, 이 선정을 잘못하면 시스템으로서의 기능이 발휘되지 못하는 경우가 생긴다. 이 밖에 기자재의 정밀도에 대해서도 고려하여 현실적인 영농상의 요구에 알맞는 정밀도를 갖는 기자재를 선정해야 하며, 불충분한 정밀도나 지나치게 높은 정밀도를 갖는 기자재의 선정을 피해야 한다.

기자재에 따라서는 과도한 사용조건하에 놓이는 경우가 있으므로 유지관리가 편리하고 또한 내구성이 좋은 것을 택하는 것이 매우 중요하다.

1) 스프링클러의 설계제원

현재 우리 나라에서 널리 사용되고 있는 회전식 스프링클러에 대한 설계상 중요한 제원은 다음과 같다.

① 스프링클러의 노즐앙각

물이용의 목적, 작물의 종류, 지형조건 등에 의하여 대체적인 각도를 선정하는 것이 좋다. 작물의 종류가 같아도 그 높이가 변하여 갈 때에는 노즐앙각을 변경하는 것 보다는 오히려 라이저(riser)의 높이를 바꾸어 주는 쪽이 보다 좋은 성적을 얻을 수 있으며 살수분포의 조절도 정확하게 할 수 있다.

각도가 변형 노즐은 사출구 부근에서 불연속적으로 지름이 변하고 와류가 생기기 쉬우며, 일반적으로 각도 고정형에 비하면 살포분포에 불균등이 생기는 경우가 있기 때문에 주의를 요한다.

그러나 각도 가변형도 대폭적으로 작목을 변경하는 윤작체계를 취하는 포장이나 재배기간 중에 나무위 관개, 나무밑 관개 등 관개방법을 변경하며 작물을 재배하는 포장에서는 효과적인 경우도 있다.

수분보급관개에서는 1개의 스프링클러로 될 수 있는 한 넓은 면적에 살포하기 때문에 노즐앙각은 높은 것이 바람직하나 나무밑 관개에서는 낮은 각도로 한다. 다목적 이용의 경우는 목적에 따라 노즐앙각이 달라지지만 일반적으로 비교적 낮은 각도이다. 즉 병충해방제를 목적으로 하는 경우는 물방울을 작물의 잎에 될 수 있는 한 많이 가게 할 필요가 있기 때문에 20° 이하가 좋고, 풍식방지, 해풍해방지, 분뇨, 전분폐액 등의 살포를 목적으로 하는 경우에는 바람의 영향을 적게하기 위하여 중간각도의 기종이 많이 쓰인다.

그러나 다목적 이용에 있어서 너무나 극단적으로 낮은 각도의 스프링클러를 쓰면 스프링클러의 배치밀도를 높이는 결과가 되어 시설비면에서 불리하기 때문에 현장의 제반조건을 검토하여 신중히 고려해야 한다.

위에서 기술한 것을 종합하여 노즐양각을 네가지로 구분해서 표시하면 다음 표에서 보는 바와 같다.

표 2.3.6 노즐양각과 물이용 목적

각도구분	적용예
낮은 각도 10° 이하	나무밀 관개 차, 포도 등의 방제 밀감, 복숭아 등의 방제, 풍식방지, 분뇨살포 나무위 관개, 수분보급관개
중간 각도 (I) 11-16°	
(II) 17-22°	
보통 각도 23° 이상	

주) 양각은 모두 주노즐에 대하여 나타낸 것임

표 2.3.7 사용목적에서 본 주노즐구경의 구분

구분	주노즐구경 (mm)	압력 (kg/cm ²)	노즐유량 (l/min)	살포직경 (m)	주된 사용목적의 예	
S	~2.9	1.0~2.0	1.5~7.0	~26.0	서리방지 전용 또는 연약한 작물에 대한 보급관개	
	3.0~3.9	1.0~2.5	6.5~18.0	26.0~32.0		
M	MI	4.0~4.9	2.0~2.8	18.0~35.0	보급관개와 다목적 일반	
		5.0~5.9	3.0~3.5	40.0~63.0		
	MII	6.0~7.4	3.0~4.0	70.0~100.0		위와 같음 (특히 경지정리가 되어, 지형, 기상, 단지화의 조건이 좋을 때)
		7.5~9.9	3.9~5.0	90.0~190.0		
L	10.0~19.9	4.0~6.0	120~650	40.0~	조방작물에 대한 보급관개	
	20.0~	5.0~10.0	780~2,500			

주) 살포직경은 바람이 없는 평탄지에서의 개략치 (수압 3.0 kgf/cm², 노즐양각 30°)

② 스프링클러의 노즐구경

노즐구경에 대응한 적절한 수압의 범위가 있고, 이에 따라서 배출수량, 살포직경, 관개강도 등이 정해지기 때문에, 노즐구경을 사용목적에 대응하여 구분하여 두면 편리하다.

표 2.3.7은 이와 같은 관점에서 스프링클러 본체의 크기를 S, M, L의 3단계

로 생각하고 M은 다시 둘로 구분하여 주된 사용목적과의 대응을 예시한 것이다.

③ 스프링클러의 회전시간

일반적인 보급관개에서는 살포하는 수량이 많기 때문에 회전시간의 차이에 의하여 불균등 살포가 문제되는 일은 없으며, 회전시간에 대하여 기준치를 정할 필요성은 적다. 보급관개에 사용되는 스프링클러의 회전시간은 대체적으로 1~5분간의 범위에 있고, 대형일수록 회전시간은 길다.

그러나 다목적 이용 특히 방제에 있어서는 살포시간이 극히 짧기 때문에, 회전시간의 차이에 의해 불균등 살포가 생길 염려가 있으며, 20~60초의 비교적 짧은 시간의 범위가 적당하다.

[참 고] 물이용 목적의 종류와 스프링클러의 선정

1) 수분보급

보통의 발관개에서는 살포거리가 길고 또한 살포의 균등성이 좋아야 한다. 이러한 점에서는 회전식 스프링클러가 주체가 되는 경우가 많으며 그 중에서도 임팩트방식이 많다. 또한 비교적 평탄한 지형이고 조방적인 조건에서 재배되는 발작물에 대해 보다 살포거리를 길게 하고자 할 때에는 대형의 수차방식 및 임펠러방식 등이 쓰인다.

한편 온실, 하우스 등에서는 비교적 좁은 장소에서 저압으로 살포되기 때문에 비회전식 스프링클러 방식이 쓰이는 경우가 많다.

2) 재배관리의 합리화

과종 및 정식기의 관개, 경운 및 정지작업을 원활하게 하기 위한 관개 등에서는 보급관개에 준하여 스프링클러를 선정하면 된다.

3) 기상재해방지

[풍식방지] : 강풍이 부는 상태에서 살포해야 하기 때문에 회전식 스프링클러일지라도 대형은 바람의 영향을 받는 결점이 있다. 따라서 중형을 사용하고 더우기 노즐양각은 보통 각도의 것보다도 낮추어 중간 각도 또는 낮은 각도의 것을 선정하는 것이 바람직하다. 그러나 각도를 극단적으로 낮추면 단위면적당 설치개소가 늘어나기 때문에 풍식에 대한 사용빈도를 고려하여 적절한 기종을 선정해야 한다.

[동상해방지] : 동상해를 방지하기 위해서는 물방울을 될 수 있는 한 가늘게 하여 연속적으로 균일하게 살포해야 한다. 이 때 관개강도는 보급관개의 경우보다 상당히 낮게 해도 무방하며, 거의 바람이 없는 조건아래에 있으므로 바람에 대해서는 고려할 필요가 없다.

따라서 보급관개시설을 활용할 입장이라면 우선 관개강도를 저하시킬 수 있도록 살포기구의 기능을 조정해야 한다. 복식 노즐로 이루어진 회전식 스프링클러의 경우는 한쪽의 노즐을 막는 것이 효과적인 방법이다. 또한 물방울을 가늘게 하기 위하여 살포의

균일성을 떨어뜨리지 않는 범위내에서 수압을 높이는 것도 하나의 방법이다.

동상해방지가 주목적인 경우에는 소형의 회전식 스프링클러(대개의 경우 구멍이 1개 임)를 사용하여 미세한 물방울을 살포하는 방법을 취한다. 또한 비회전식 스프링클러에 의해 미스트를 발생시켜 동상해방지를 피하는 방법도 있다.

[해풍해방지] : 강풍아래에서 작물이 위험량에 달하는 염분을 받은 경우는 한정된 시간내에 살포하지 않으면 안 된다. 이러한 점에서 풍식방지를 위한 살포와 조건이 비슷하므로 살포기구의 선정도 이에 준한다.

4) 관리작업의 생력화

[액비의 살포] : 살포기구의 선정에는 특별한 제한요소가 없다. 보급관개가 원활하게 실시될 수 있는 살포특성이 보증되어 있으면 충분하다.

[방제, 적과제의 살포] : 회전식 스프링클러 중 임팩트방식이 주체가 된다. 방제의 경우는 살포의 균일성이 좋아야 하는 동시에 직접 약액이 식물체에 잘 부착되어야 한다. 따라서 노즐양각을 작물의 종류에 따라 선정할 필요가 있으며, 방제에 있어서는 중간 각도의 기종이 주가 된다.

일반적으로 엽층부(葉層部)가 비교적 평편한 조건이고 또한 조밀한 상태에서는 중간 각도 중에서도 다소 낮은 각도의 것을 사용하고, 나무가 높고 약액을 부착시킬 엽층부가 어느 쪽을 가진 경우에는 노즐양각을 약간 높이면 좋은 결과를 얻는 경우가 많다.

이 밖에 노즐양각의 선정에 있어서 고려해야 할 사항에는 바람의 영향이 있다. 방제에 있어서 바람에 의해 살포가 흐트러지는 강풍지대에서는 낮은 각도의 것을 선정하는 것이 적절하다.

노즐구경은 표 2.3.7과 같이 8개의 구분이 있지만, 방제를 주체로 하는 다목적 이용에 사용되는 스프링클러는 주로 M형에 속한다. 여기서 노즐구경은 지형, 기상, 경지정리와 작목의 집단화 조건 등을 고려하여 적절한 것을 선정해야 한다. 일반적으로 지형이 비교적 평탄하고 바람이 적으며 집단화가 잘 되어 있는 조건아래에서는 MII형의 채택이 가능하지만, 급경사의 강풍지대이고 작목이 분산되어 있으며 경지정리가 되어 있지 않은 조건아래에서는 MI형이 주체가 된다.

MI형 중에서 가장 많이 채택되는 표준형의 노즐구경은 4.0~4.9mm의 범위 내에 있다. 그 중에서도 방제가 주체인 때에는 관개강도를 될 수 있는 한 작게 하는 것이 바람직하며, 4.0~4.4mm의 범위 내에서 선정되는 경우가 많다. 이와 같은 노즐에 대한 부노즐의 적절한 조합은 2.4~3.2mm의 것부터 선정한다.

MII형 중에서 많이 사용되는 표준형의 노즐구경은 6.0~7.4mm의 범위내에 있다. 이 중에서 6.0mm 부근의 노즐로는 살포거리를 연장하기 어렵기 때문에 노즐구경을 6.4mm 부근의 것부터 선정하는 것이 바람직하다. 이 경우의 부노즐의 조합은 4.4~4.8mm의 것부터 선정하는 것이 좋다.

[분노, 전분폐액의 처리] : 대상작물이 비교적 조방적으로 재배되는 작목(목초 등)이 많으므로 회전식 스프링클러 중에서도 대형이 사용되는 경우가 많다.

또한 분뇨살포의 경우 이물질이 노즐을 메꾸는 것을 방지하기 위해 금속이 아닌 특수가공된 고무를 사용하여 노즐을 만드는 경우도 있다.

2) 조절장치의 분류와 선정

(1) 밸브의 종류

여러 가지 목적에 대응하는 각종의 밸브가 있으며, 이를 이용목적별로 대별하면 송수계통의 유량제어를 자동적으로 조작하는 자동화용조작밸브, 관로를 보전하기 위한 장치로서의 관로보전용밸브, 비료나 농약 등을 살포할 때에 사용하는 약액균등살포용밸브 등으로 구분된다.

[참고] 밸브의 종류

1) 관로보전용밸브

(1) 2차압력조정밸브 : 일종의 감압(減壓)밸브로 사용장소의 압력이 너무 높을 때나 압력변동이 심할 때에 감압하여, 밸브의 2차측압력을 필요로 하는 일정압력으로 자동조절한다.

관이나 기구를 고압에서 보호하기 위해서나 오리피스(orifice)와의 조합에 의해 유량을 조절할 목적 등에 사용된다. 라이저관에 사용되는 것은 정압(定壓)밸브라 부르기도 한다.

(2) 1차압력조정밸브 : 밸브의 급폐쇄 등에 의해 압력이 급상승하는 경우라든가 사용량의 변동에 의해 압력이 일정하지 않은 경우에, 압력증가에 의한 유량을 자동 배출하여 1차측의 압력을 설정압력 이하로 억제한다. 또한 관로중에 설치하여 1차측압력이 설정압력 이하로 내려가지 않게 하는 목적으로도 사용된다. 일반적으로 안전밸브보다 연속작동에 적당하다.

(3) 공기밸브 : 관로중의 공기를 자동배출하거나 또는 관로에 자동흡입하여 공기혼입에 의한 장애나 관로 내가 부압이 되는 것을 방지한다.

2) 약액균등살포용 밸브

(1) 정압시작동(定壓時作動) 밸브 : 설정압력을 넘으면 열리고 일정 압력까지 내려가면 닫히는 구조의 밸브로, 스프링클러 배출시작의 시간차나 각 스프링클러 사이의 낙차에 의한 압력 강하에 의해서 불균등 살포가 생기지 않도록 정지시킬 목적으로 각 라이저관에 설치하여 사용된다. 동시작동정압밸브, 감압밸브, 자동정지밸브 등으로 불리운다.

(2) 정유량(定流量) 밸브 : 압력의 변동에 관계없이 유량을 항상 설정된 일정량으로 자동조절하는 것으로, 관로에 설치하여 과대유량의 방지나 분기점에서의 적정유량배분을 위해서 또는 라이저관에 붙여서 각 스프링클러로부터의 배출량을 균등하게 하기 위해서 사용된다.

(3) 정유량정압시작동(定流量定壓時作動) 밸브 : 정압시작동밸브와 정유량밸브의 기능

을 겸한 것이다.

(4) 액개기폐(液開氣閉) 밸브 : 살포블록의 관내의 약액을 완전히 살포하고 약액의 관내잔류에 의한 손실을 방지하기 위해, 라이저관에 장치하여 공기압을 관내로 흡입해서 관내의 약액을 스프링클러에서 살포할 때 공기압의 손실을 방지하는 밸브이다.

3) 기 타

(1) 수위조정밸브 : 저수조, 조압조, 침전조 등의 수조의 수위를 일정하게 유지하기 위하여 자동급수 또는 자동배수를 하는 밸브이다.

(2) 압력측정밸브 : 스프링클러의 배출압력을 계측하기 위해 그 밸브에 전용할 특수 압력계를 삽입하여 측정한다.

(2) 급수전

관로의 물을 경지면으로 끌어내는 장치로서, 그 형식은 급수하는 장소, 관개 방식, 관내수압, 사용수량 등에 따라 다르다. 관내수압이 비교적 큰 관로에서는 주로 앵글(angle)밸브 또는 정지밸브가 많이 이용되고 있다.

(3) 혼입기

관로내에 약제, 액비 등을 주입하여 살포시설을 다목적으로 이용하고 재배관리작업의 생력화를 도모하는 장치로, 유량비례방식, 차압이용방식, 정유량밸브 방식 등이 있고, 대상면적이나 유량에 따라 적용방식을 선정할 필요가 있다. 말단관개조직에서는 벤튜리관의 원리를 응용한 소형의 이동식 혼입기가 많이 사용되고 있다.

살포기구를 사용하여 농약이나 액비를 살포하기 위해서는 작물에 약해를 입히지 않고 살포의 목적을 달성할 수 있는 준비와 대책이 필요하다. 약액은 회석배율이 정확하지 않고 밭 전체에 균일하게 살포되지 않으면 효과가 낮아질 뿐만 아니라, 경우에 따라서는 약해로 작물이 낙엽 또는 고사하거나 수량 또는 품질에 나쁜 영향을 준다. 혼입기의 선정에 있어서는 성능 및 부품의 재질도 검토해야 한다.

(4) 양수(量水)장치

양수계에는 차압식, 면적식, 전자식, 초음파식, 회전날개식 등이 있으나, 말단 시설에 사용되는 것은 정밀도, 가격, 보전 등의 면에서 보아 회전날개식이 많이 이용된다. 회전날개식은 유수의 힘에 의하여 날개가 회전하여 유량을 표시기록하는 것으로 관의 지름은 13~900mm, 정밀도는 $\pm 4\%$ 정도이다.

라. 말단기자재의 배치

장치화된 밭관개시설에서 배치의 결함은 항상 어느 고정된 위치에서 일어나

며, 그것이 시간이 흐름에 따라 누적되어 가는 성격을 가지기 때문에 위험하다. 따라서 배치계획은 안전을 고려하여 신중하게 결정해야 한다.

1) 스프링클러의 살포특성

(1) 살포특성의 조사

스프링클러의 다목적 이용기술의 발전에 따라서 여러 가지 기종이 사용되고 있으나, 그들의 특성을 명확하게 하고 목적에 따라서 적절하게 선택하기 위해서는 유량이나 살수분포 등의 살포특성을 조사하는 것이 바람직하다.

(2) 스프링클러의 살포도형

1개의 스프링클러를 중심으로 하여 2~4m 간격의 방안모양으로 양수통을 배치하고, 이 통속에 살포되어 들어간 물의 깊이를 재어 그 지점의 살포수심으로 하여 등수심곡선을 그려서 살포도형을 만든다(그림 2.3.5 참조).

1개의 스프링클러에 의한 살포도형을 도상에서 가로와 세로의 배치간격을 바꾸어 가며 여러 가지로 조합시키면, 살포기 및 살포관로의 간격에 의한 살포 효율을 구할 수 있다.

살포도형은 압력에 의해 크게 변하기 때문에 살포기의 배치에 있어서는 적정 사용압력을 명확하게 하는 것이 중요하다. 일정한 형식의 살포기에는 그 노즐

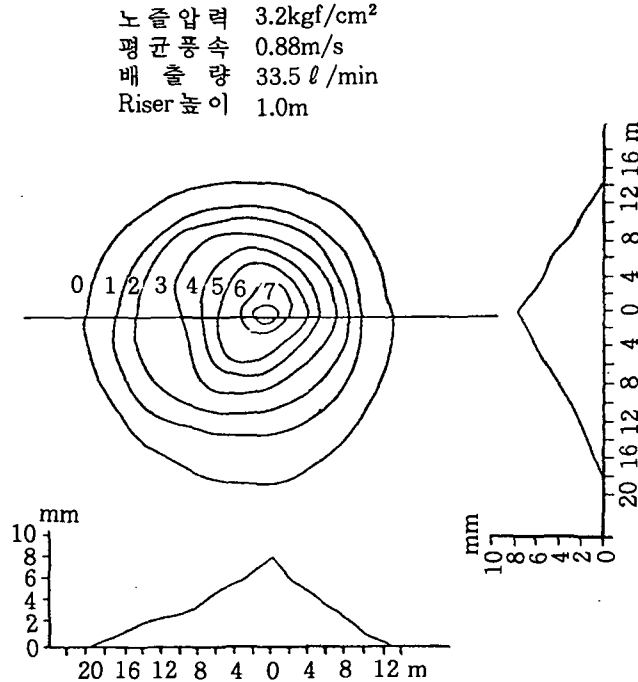


그림 2.3.5 살포도형의 예

의 크기에 따라 적정범위의 압력이 있어서 이 범위내에서는 표준살포도형으로 표시되지만, 압력이 이 범위에서 벗어나면 만족스러운 살수분포를 얻을 수 없는 것이 보통이다. 즉 압력이 너무 작으면 물방울은 커지고 살포기에서 조금 떨어진 위치에 둥근 고리 모양으로 낙하하는 경향을 가지며, 압력이 너무 크면 미세한 물방울이 살포기 주변에 모이고 또 바람에 의해 교란되기 쉽다.

살포도형이 바람에 크게 영향을 받는 것은 당연한 일이지만, 넓은 면적의 살포에 대해서는 바람의 영향을 작게 하기 위해 지관(支管)의 방향을 풍향과 직각이 되게 계획하는 것이 바람직하다.

2) 포장관개의 효율

스프링클러관개의 손실은 살포되는 물방울의 비산, 증발, 엽면부착에 의한 것과 살수분포의 불균일성에 의한 것으로 구분된다. 살수분포의 불균일성에 의한 손실은 살포효율로 표시되며, 포장 내의 전체손실을 감안한 것을 적용효율이라 한다.

(1) 살포효율

스프링클러와 살포기의 배치가 이상적인 것이라 할지라도 완전히 균등한 살수분포가 되게 하는 것은 거의 불가능한 일이다. 살포량이 적은 곳에 소요관개(所要灌溉)를 할 경우, 많은 곳에서는 과잉관개가 되고 유효토층 밖으로 무효침투손실이 된다. 즉 살수분포의 불균일성에 의하여 손실수량이 생기며 이들의 관계는 다음과 같은 살포효율(E_p)로 표시된다.

$$E_p = \frac{h_m}{h_a} \times 100 (\%) \dots\dots\dots(2.3.8)$$

여기서, h_a : 평균살포수심 (지표면에 도달한 수량의 평균치)

h_m : 최소살포수심 (전체측정개수의 25%에 상당한 개수를 측정치가 작은 값부터 집계하여 구한 평균치)

살포효율은 적용효율을 결정하는 기초가 될 뿐만 아니라, 사용기종의 선정이나 배치 등을 결정하는 근거로도 이용된다. 살포효율은 실제로 풍속, 풍향, 살포기의 배치, 경사지에서 라이저관을 세우는 방법, 지형 등에 따라서 달라지지만, 사용기종이나 배치 등의 계획에 있어서는 효율이 60% 이상으로 되게 해야 한다.

그러나 일반적으로 하층토는 비교적 습윤되어 있기 때문에 살포된 물은 지중

으로 침투한 후에 토양수분의 평형화작용에 의하여 평균화된다. 또한 살포량의 불균등성이 어느 정도 남아 있어도 작물생육에는 큰 영향이 없으며, 이러한 불균등성은 대개 총신속유효수분량 이상의 경우에 의하여 없어진다는 사실이 밝혀져 있다. 따라서 적용효율을 결정할 때는 살포효율을 85% 정도로 해도 무방하다.

대체적으로 살펴볼 때는 살포직경으로부터 추정할 수도 있다. 즉 보급관개의 경우는 스프링클러 및 지간(支間)의 간격을 살포직경의 0.55~0.60배로 하며, 방제의 경우는 이 값을 0.50배 정도로 한다. 단 관개기간 중 일정방향의 계절풍 및 경사 등에 대하여 충분히 고려해야 하며, 방제의 경우에는 약액의 작물체에 대한 직접 부착상황을 조사하여 참고로 하는 것이 좋다.

이 밖에도 살포분포의 균등성을 평가하는 방법으로서 균등계수(C_u)가 널리 사용되고 있으며 살포효율과의 환산식도 도출되어 있다.

$$C_u = \left(1 - \frac{\sum |h_a - h_d|}{h_a \cdot n} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2.3.9)$$

여기서, h_a : 평균살포수심
 h_d : 살포수심의 각 측정치
 n : 측정수

$$E_p = 1.59 C_u - 59 \dots\dots\dots(2.3.10)$$

여기서 E_p : 살포효율

[참 고]

표 2.3.8 배치간격에 미치는 바람의 영향

평균풍속 (m/s)	배치간격(살포직경비) (%)
0	65
~2.5	60
2.5~5.0	50
5.0~	30

(2) 적용효율

노즐에서 분사된 물방울은 지표면에 도달할 때까지 증발, 비산, 엽면차단 등에 의하여 약간의 수량이 손실되기 때문에, 이들을 손실수량으로 하여 계산해야 한다. 살포효율에 이와 같은 손실수량을 고려하여 계산한 것을 적용효율이라 하고 다음과 같이 표시한다.

$$E_a = E_p - E_r \dots\dots\dots(2.3.11)$$

$$E_r = \frac{h_r}{h_n} \times 100$$

여기서, E_a : 적용효율

E_p : 살포효율

E_r : 엽면차단, 증발, 비산 등에 의한 손실률

h_r : 엽면차단, 증발, 비산 등에 의한 손실수량

h_n : 스프링클러 노즐에서 분사되는 배출수량

E_r 의 값은 보통 5%로 하기 때문에 살포효율을 85%로 계획하면 적용효율은 80%가 된다. 평탄지에서 비교적 바람이 없는 날이 많은 곳에서는 10% 정도 높은 적용효율을 채택하는 것이 바람직하다.

3) 관개강도

(1) 사용할 스프링클러의 노즐구경, 압력 및 배치간격이 결정되면 다음 식에 의하여 관개강도를 계산한다.

$$h = \frac{60 \cdot Q}{D_n \cdot D_t} \dots\dots\dots(2.3.12)$$

여기서, h : 관개강도 (mm/hr)

Q : 스프링클러 배출량 (ℓ/min)

D_n : 살포기의 간격 (m)

D_t : 살포지관의 간격 (m)

(2) 보급관개에 있어서 살포기의 배치간격은 관개강도가 허용한계치를 넘지 않도록 정해야 한다.

허용관개강도는 경사지에서는 측정된 기본침투율의 1/5, 평탄지에서는 1/3 정도를 기준으로 한다.

보통의 토양에서는 일반적으로 표 2.3.9에 표시한 값을 기준으로 한다.

또한 관개강도를 결정할 때, 경사지의 경우 토양침식이나 유출에 의한 살수 분포의 불균일화 등을 방지하기 위해 토양형, 경사도, 식생상태 등의 토지조건을 고려할 필요가 있다. 이 밖에 영농계획상 가장 효율적인 관개작업계획을 감안하여 소정의 살포가 원하는 시간에 끝날 수 있도록 관개강도를 계획한다.

표 2.3.9 토양별 허용관개강도

토 양	허용관개강도 (mm/h)	
	평 탄 지	경 사 지
사 질 토	30	20
양 토	15	10
점 질 토	10	7

(3) 다목적 이용에 있어서는 각각의 물이용 목적에 따라서 다음과 같은 관개 강도로 계획하는 것이 바람직하다.

① 방제 : 관개강도가 너무 크면 단시간에 방제가 끝나게 되어 살포불균형의 원인이 되므로 10mm/h를 넘지 않게 하는 것이 좋다.

② 동상해방지 : 관개강도가 작은 편이 좋다. 3mm/h 전후가 일반적인 기준이 되며 보급관개용 기종에서는 한쪽 노즐만 사용하거나 간단살포를 시도할 필요가 있다.

③ 해풍해방지 및 풍식방지 : 관개강도가 큰 편이 좋다.

④ 액비시용 : 관개강도는 특별히 문제가 되지 않는다.

(4) 라이저관을 세우는 방법을 살펴보면 다음과 같다.

차나무나 밀감나무 등의 실례를 보면 라이저관의 높이를 나무높이보다 너무 높게 하는 경우 약액이 잎 뒷면에 잘 부착되지 않을 뿐만 아니라, 바람에 의한 영향도 받기 쉽다. 밀감나무의 경우는 나무높이보다 약간 낮게 하는 것이 바람직하고, 차나무의 경우는 약간 높게 하는 것이 좋다.

묘목이 생장을 계속하고 있는 경우에는 그 생장에 따라서 라이저관의 높이를

조절하는 방법을 강구하는 것이 바람직하다. 극단적으로 나무의 높이가 커지는 사과나무의 경우에도 검토할 필요가 있다.

또한 10° 이상의 경사지에서는 라이저관의 세움각도를 조절할 필요가 있으며, 이 때의 조절각도는 연직방향에 대하여 경사도의 1/2 정도로 라이저관을 골짜기축으로 기울게 하면 된다.

마. 말단배관계획

1) 배관방식의 결정

(1) 포장내 관로의 설치방식

이동성에 의하여 다음과 같이 구분할 수 있다.

① 인력이동방식

결합이 자유로운 이음매를 가진 파이프에 스프링클러를 설치하여 살포가 끝나면 파이프를 해체하고 윤번계획에 따라 다음 살포지점까지 인력으로 이동시킨다. 대형살포기의 경우에는 대차(台車)에 살포기를 설치하여 급수전에서 호스로 도수한다. 살포가 끝나면 대차 및 호스를 인력으로 다음 살포지점까지 이동시킨다.

② 지중고정식

살포관로를 모두 지중에 매설하여 고정한다.

③ 지표고정식

어느 작물의 관개기간 초기에 내압성 호스, 포리에틸렌관, 염화비닐관 등을 사용한 염가의 살포셋트를 지표에 설치하고 관개기간이 끝나면 철거한다.

④ 주행식

살포기를 동력에 의해 자동적으로 또는 견인시켜 다음 살포지점까지 이동시킨다.

스프링클러 관개의 말단조직은 살포기의 종류와 이동방식의 조합에 의하여 정해지는 것이지만, 관개작업의 생력화, 포장구획과의 관련성을 고려함과 동시에, 재배작물, 영농조건 등에 적합한 것을 선택하는 것이 중요하며, 그 개략적인 기준을 나타내면 표 2.3.10 과 같다.

종래의 스프링클러 관개방식은 이동식 스프링클러 셋트에 의하여 일정한 면적을 차례대로 관개해나가는 방식이 가장 경제적인 시스템이었으나 이동에 많은 노력이 든다. 생력화라는 점에서는 살포관로를 고정하는 것이 좋지만, 이것은 상당한 비용을 필요로 하기 때문에 수익성이 높은 작물포장 또는 경사지의 수원지(樹園地)를 제외하고는 경제적으로 문제가 된다. 그리고 포장 내의 고정시설은

표 2.3.10 포장내 관로설치방식

관로설치방식	저압살포기	중간압살포기	고압살포기	특징
인력이동	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일부의 야채류 (다공관) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보통밭, 야채밭 ○ 최저 10~20a 정도의 작물단지의 형성이 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 보통밭, 목초밭, 과수원 ○ 최저 50a 이상 작물단지의 형성이 필요함 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 10a 당 기구비는 저렴하지만, 이동에 노력이 많이 듦
지중고정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고급야채 등의 집약포장 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과수원 ○ 방제, 시비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가장 생력적임 ○ 시설비는 고가이지만 포장 내에서 영농작업의 장애가 되지 않음 ○ 동결에 의한 관의 파열 등의 염려를 피할수 있음
지표고정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 윤작체계를 취하는 고급야채 ○ 급경사 과수원 (다공관) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 윤작체계중에 관개빈도가 높은 작물이 10~20a 정도의 작물단지를 형성하고 있음 ○ 대형기계가 도입되는 포장 ○ 방제, 시비 등에 이용하는 경우 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1ha 이상의 단지에 관개빈도가 높은 작물이 재배되고 있는 경우 ○ 시비 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설비에 비해 생력화 정도가 큼 ○ 동결에 의한 파손이 생기기 쉬움
주행식		<ul style="list-style-type: none"> ○ 비교적 평지로서 경지정리가 되어 있는 경우 ○ 목초밭 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 목초밭 ○ 고도의 집단체배포장에서 경지정리가 되어 있는 경우 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생력적이고 경제적임

기계작업의 장애가 되는 수가 많다.

고압의 스프링클러를 사용하면 같은 면적의 관개에서는 이동회수나 살포기의 대수를 적게 할 수 있기 때문에 관개노력을 경감시킬 수 있다. 그러나 효율적

인 사용을 위해서는 어느 정도의 작물단지가 형성되어야 하므로, 특히 집단재배계획과의 관련성을 고려하여 이용해야 한다.

다목적사용을 위한 말단시설은 보급관개만을 목적으로 하는 시설에 비하여 이용빈도가 높다. 또한 동상해방제 등의 기상재해방지를 목적으로 하는 경우에는 일시에 살포해야 할 필요가 생기고, 특히 병충해방제는 한 작업단위의 살포가 수분간에 끝나므로 이동식에서는 작업효율면에서 대응할 수가 없다. 이와 같은 이유에서 다목적 이용의 경우 일반적으로 말단관로는 고정방식이 이용된다.

(2) 배관형식

배관형식의 기본형은 빗살형, 어골(魚骨)형 및 포크형의 세가지 형식이 있다.

어떤 형식을 채택하느냐에 대해서는 말단살포블록의 규모와 형상을 고려하여 정해야 한다. 그림 2.3.6은 배관형식을 나타낸 것이다.

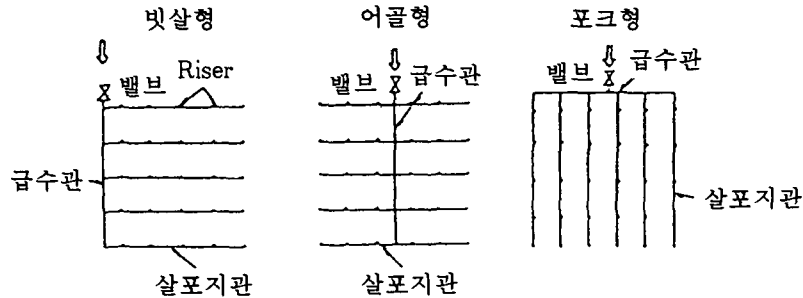


그림 2.3.6 배관형식

어골형 및 포크형의 배관형식에서는 말단살포블록의 규모를 70a 정도까지 확대할 수 있으며, 정사각형 또는 직사각형의 포장에 적용할 수 있다. 직사각형의 블록에 이들 배관형식을 사용할 경우에는 살포지관의 위치 및 방향을 적절하게 정함으로서, 살포지관에 소구경관의 사용을 가능하게 하고 10a 당의 공사비를 싸게 할 수 있다.

또한 관내유속을 크게 유지할 수 있게 되어 각 스프링클러에서의 배출시간차를 적게 할 수가 있으며, 따라서 병충해방제에 있어서 약액손실을 경감시킬 수 있다.

이에 반하여 빗살형에 있어서 말단살포블록의 규모는 30a가 한계이며, 그 형상이 거의 정사각형에 가까운 포장에만 적합하다.

동일규모의 살포블록에 대하여 위에서 언급한 3종류 배관형식의 공사비를 비교해 보면, 어골형 ≒ 포크형 < 빗살형의 관계가 있다.

이와 같은 이유에서 볼 때 포장조건과 영농조건에서 급수관의 설치개소에 제약이 없는 한 빗살형을 피하고 어골형 또는 포크형을 사용하는 것이 좋다.

2) 스프링클러 및 관로의 설계와 관의 재료

(1) 스프링클러의 설계

스프링클러의 설계는 영농조건, 대상작물, 지형, 토양 등의 여러 가지 조건을 고려하여 다음 순서로 실시한다.

① 대상작물, 사용목적, 지형 등을 고려하여 사용할 스프링클러의 형식을 결정한다.

② 살포효율이 60% 이상이 되게 살포지관의 간격 및 살포기의 간격을 결정한다.

③ 1회의 포장관개수량 (= 1회의 순관개수량/적용효율)을 구한다.

④ 결정한 스프링클러와 살포지관의 배치로부터 관개강도를 구한다. 관개강도가 허용한계값 이상인 경우에는 스프링클러의 배치나 사용기종을 다시 검토한다.

⑤ 1회의 실관개시간(T_o)을 정한다.

$$T_o = \text{포장관개수량} / \text{관개강도}$$

⑥ 1회의 관개작업시간은 1회의 실관개시간(T_o)에 이동 또는 교체시간을 가산한 것 인데, 이동시간은 관개방식에 따라서 상당히 달라지므로 현지의 실정에 따라서 정하도록 한다. 살포셋트의 1일당 이동횟수는 다음과 같이 구한다.

$$1\text{일당 이동횟수} = 1\text{일 작업시간} / (1\text{회 실관개시간} + 1\text{회 이동시간})$$

1일의 작업시간은 보통 최대사용시에 16~20시간으로 계획하며, 최대사용시 이외 이보다 짧은 시간으로 계획한다. 자동화된 고정식의 경우에는 24시간동안 관개를 계획해도 좋다.

⑦ 살포기의 용량 결정 : 살포기의 용량은 다음 식으로 구한다.

$$q = \frac{E_1 \cdot D_n \cdot D_t}{60 \cdot T_o} \dots\dots\dots(2.3.13)$$

여가서, q : 살포기의 용량 (ℓ/min)

E_1 : 포장관개수량 (mm)

D_n : 살포기의 간격 (m)

D_t : 살포지관의 간격 (m)

T_o : 1회의 실관개시간 (h)

⑧ 관개조직 전체의 살포량 결정 : 조직 전체에 필요한 살포량을 조직용량이라 부르며 다음 식으로 계산한다.

$$Q = 166.7 \frac{A \cdot E_1}{F \cdot T} \dots\dots\dots(2.3.14)$$

여기서, Q : 조직용량 (ℓ/min)

A : 관개면적 (ha)

E_1 : 포장관개수량 (mm)

F : 간단일수 (day)

T : 1일 실관개시간 (h)

⑨ 동시에 운전해야 할 스프링클러 수의 결정

$$N = \frac{Q}{q} \dots\dots\dots(2.3.15)$$

여기서, Q : 조직용량 (ℓ/min)

q : 1회 스프링클러의 용량 (ℓ/min)

N : 동시에 운전해야 할 스프링클러 수

또 이 N 은 다음과 같이 구할 수 있다.

1개 스프링클러 1회의 지배면적은 $a = D_i \cdot D_n$ 이고, 1일당 살포지관의 이동횟수를 N_e 회라 하면, 1일당 1개 스프링클러의 지배면적은 $a \cdot N_e$ (m^2)이다. 따라서 해당되는 관로의 지배면적을 A (ha)라 하면, 1일 관개해야 할 1블록의 면적은

A/F (F 는 간단일수) 이기 때문에 동시에 운전해야 할 스프링클러의 갯수 (N)는 다음과 같다.

$$N = \frac{A \times 10^4}{F \cdot a \cdot N_e} \dots\dots\dots(2.3.16)$$

발관개에서는 관개면적을 블록으로 나누어 관개하지만 각 블록의 면적이 균

등하고 또한 1일 관개횟수가 같은 경우에는 전술한 계산방법으로 가능하다. 그러나 실제적으로는 여러가지 조건에 의해 블록면적을 균등하게 분할할 수 없는 경우가 많기 때문에, 스프링클러의 갯수는 각 블록마다 적산식으로 계산할 필요가 있다.

⑩ 동시에 운전해야 할 스프링클러의 총수가 결정된 포장구획에 맞추어 표준적인 살포셋트의 관의 길이와 살포기의 수를 결정한다.

(2) 살포관로의 설계

스프링클러 관개에 있어서 살포관로의 설계에서는 관로상 최대압력점에서의 살포기 살포량과 최소압력점에서의 살포량의 비를 1.1 이하로 한다.

① 관로에 물이 흐르고 있을 때는 항상 마찰에 의한 수두손실이 따른다. 마찰손실은 주로 관내면의 조도, 관경 및 유속에 의해 정해진다. 살포관로의 수압은 분사공이 같은 간격으로 붙어 있는 많은 유출공을 가진 관내의 물의 흐름으로 보고, 각각의 구간으로 나누어 축차계산(逐次計算)방법에 의해 구한다. 살포관로에 있어서 마찰손실은 관내의 물의 흐름에 의하여 변하며, 물의 흐름은 스프링클러의 살포량에 비례하고 스프링클러의 살포량은 수압의 평방근에 비례한다. 즉

$$q = K\sqrt{p} \dots\dots\dots(2.3.17)$$

여기서, q : 스프링클러 노즐의 살포량

p : 스프링클러에서의 수압

K : 스프링클러의 분사공 형상에 관한 정수

② 살포관로의 수압이 마찰손실에 의하여 변화하므로 각 스프링클러의 살포량은 동일하지 않고 모두 다른 값을 나타낸다. 모든 스프링클러의 살포량은 관로내 그 위치에 있어서의 수압의 평방근에 비례한다.

$$\frac{q}{q_0} = \sqrt{\frac{p}{p_0}} \dots\dots\dots(2.3.18)$$

여기서, q : 수압 p 인 임의의 스프링클러 살포량

q_0 : 수압 p_0 인 관로말단의 스프링클러 살포량

③ 수압차가 작은 경우는 근사적으로 다음 관계식이 성립된다.

$$\frac{q - q_o}{q_o} \cong \frac{1}{2} \left(\frac{p - p_o}{p_o} \right) \dots\dots\dots(2.3.19)$$

각 스프링클러에서 살포량의 차를 10%로 하면 윗식에서 압력차는 20%가 된다.

④ 관로내의 평균압력은 말단의 스프링클러 수압에 관로 마찰손실의 1/4 을 더한 값과 근사적으로 같다.

$$p_n = p_o + \frac{1}{4} p_f$$

$$p_n = p_o + \frac{1}{4} (p_a - p_o) \dots\dots\dots(2.3.20)$$

여기서, p_o : 관로말단의 스프링클러 수압

p_n : 살포관로의 평균수압

p_f : 관로내의 마찰손실

p_a : 가장 상류측의 스프링클러 수압

⑤ 스프링클러의 평균살포량 q_m 은 다음과 같다.

$$q_m = q_o \{ 1 + 0.125 \left(\frac{p_a}{p_o} - 1 \right) \} \dots\dots\dots(2.3.21)$$

⑥ 관내의 총유량은 평균살포량과 관로상의 스프링클러 수의 곱으로 나타낸다.

$$Q = N \cdot q_m = N \cdot q_o \{ 1 + 0.125 \left(\frac{p_a}{p_o} - 1 \right) \} \dots\dots\dots(2.3.22)$$

여기서, Q : 총유량 (ℓ/min)

N : 총 스프링클러 수

(3) 관의 종류

말단살포 블록내에서 사용하는 관의 종류는 사용목적, 사용조건, 포장조건 및 지반의 상태를 고려하여 적절한 것을 선정해야 한다. 선정시의 유의사항은 다음과 같다.

① 말단시설의 관로에 사용되는 관으로는 요성관(撓性管)이 바람직하다. 특히

지중 고정식에 의한 배관의 경우에는 지반의 부등침하, 차량의 노압(路壓)을 고려해야 하며, 불요성관(不撓性管)을 사용하는 것은 피해야 한다.

② 병충해방제, 액비살포 등 약액살포를 이용목적에 포함시킨 경우에는 내식성도 고려해야 하며, 내식성이 큰 염화비닐관 또는 폴리에틸렌관이 적합하다.

③ 지표고정식에 의한 배관의 경우 염화비닐관은 자외선에 의한 변화에 주의하고, 폴리에틸렌관은 구부러짐에 유의해야 한다. 이와 같이 지상에 노출된 배관에 있어서 물만 살포할 목적인 경우에는 약제에 의한 부식을 고려하지 않아도 되므로 알루미늄관을 사용할 수도 있다.

(4) 관의 직경

관의 직경을 선택하는 것은 공사비 및 각 스프링클러의 배출시간차에 주는 영향이 크기 때문에, 다목적 이용자재를 사용할 경우 관의 직경을 선택하고 조합함에 있어서는 특히 세밀한 주의가 필요하다.

또한 살포관의 배관경사에 따라 선택하는 관의 직경이 다르며, 관의 재료비나 관내의 잔액량에 영향을 주므로 신중히 검토하여 경사도를 결정해야 한다.

원칙적으로 시판되는 관을 사용하고 가능한 한 주문하여 사용하는 것을 피하는 것이 좋다.

염화비닐관, 폴리에틸렌관 및 알루미늄관의 내면조도는 매우 작고 매끈하며, 각 스프링클러에서 배출유량의 변동폭은 10%, 압력의 변동폭은 20% 까지 허용되기 때문에 직경이 상당히 작은 관을 사용할 수 있다.

관의 직경을 선택하고 조합할 경우 급수관으로는 내경 200~50 mm, 살포관으로는 내경 50~25 mm 의 관을 시판하고 있는 관중에서 선택하여 적당히 조합해서 사용하는 것을 원칙으로 한다.

(5) 배관경사

살포관의 배관을 상향경사로 하느냐, 수평방향으로 하느냐, 또는 하향경사로 하느냐에 따라 선택되는 관의 직경에 큰 차이가 생긴다. 상향경사로 배관하면 위치에너지가 작용하는 반대방향으로 송수하는 형태가 되므로, 관의 직경은 수평 또는 하향경사의 경우에 비하여 다소 커진다. 한편 하향경사의 경우에는 송수하는데 위치에너지를 이용할 수 있기 때문에, 관의 직경을 상당히 줄일 수 있다. 살포관(관경 50mm 이하)은 말단이 개방되어 있기 때문에 관내의 유속을 10m/s 까지 허용할 수 있다는 점에 유의하여 관의 직경을 선택한다. 실제의 조건아래에서는 유속을 5m/s 이내로 하는 경우가 많다.

방제계획의 경우 급경사에서는 배관을 상향경사로 하여 관내의 잔액을 재이용하는 방식보다는, 배관을 하향경사로 해서 관내의 잔액을 뿜 수 있는 한 적

게 하여, 방제를 실시한 후에 포장내에서 살포하거나 처리하는 편이 설치비 또는 유지비면에서 경제적인 경우가 있다.

살포관의 경사는 배관의 재료비나 관내의 잔액량을 좌우하는 큰 인자이기 때문에, 지형이나 포장의 상황 및 방제작업과의 관련성을 신중히 고려하여 결정해야 한다.

(6) 다목적 이용자재의 유효이용과 관로설계

스프링클러를 이용하여 병충해를 방제하기 위한 관로설계에 있어서는 관로내의 농약을 유효하게 사용하기 위해 다음에 기술하는 사항을 검토할 필요가 있다.

① 시간차 및 살포제의 손실

스프링클러 노즐에서의 약액살포 시간차는 살포얼룩의 원인이 될뿐만 아니라, 약액의 손실을 가져오기 때문에 과대하지 않게 설계해야 한다. 약액살포 시간차는 말단블록 및 배관설계에 따라서 변화하므로, 말단 배관의 설계에 특히 주의해야 한다.

㉞ 일반적인 스프링클러 방제에서는 5분간 정도 살포되는 것이 보통이기 때문에, 살포손실의 한계를 2할로 하면 설계의 시간차 한계는 1분이 된다.

㉟ 급경사지에서는 저위부의 스프링클러로부터 살포가 시작되고 또한 저위부 스프링클러에서 가장 늦게 끝나기 때문에, 특히 그 주변에 과대한 약액량이 투하될 염려가 있다.

㊱ 살포시간차(T)는 관의 총용적을 V , 약액치환시의 급수시스템으로 부터의 약액 공급량을 Q 라 하면, 다음 식에 의하여 대체적인 값을 구할 수 있다.

$$T = f(V/Q) \text{ (min)} \dots\dots\dots(2.3.23)$$

여기서, f 는 약액치환시에 스프링클러로부터 무효살포되는 약액의 비율을 나타내는 계수로서, 최초에 관내가 비어 있을 때는 $f=1.25$, 물로 충만되어 있을 때는 $f=1.50$ 으로 놓을 수 있다.

또한 관의 총용적(V)은 식 2.3.24에 의하여 구할 수 있으며, 이는 스프링클러의 간격, 살포블록면적, 관로의 분기상황에 지배된다. 따라서 살포시간차는 이들의 조건과 아울러 급수시스템으로 부터의 약액 수송능력 및 관내가 최초로 물로 충만되어 있으나, 비어 있으나의 조건에 의하여 크게 영향을 미침을 알 수 있다.

② 관로내의 약액손실

말단관로의 설계에 있어서는 관내에 잔류하는 약액량이 될수 있는 한 적게 되도록 유의해야 한다.

잔류약액은 가능한 한 회수하여 재이용함이 바람직하나 회수시설을 도입하는 경우 시설비용, 내용연수, 관리비, 이 밖에 회수약액 살포작업의 난이, 그 시설에 의해 기대되는 효용 등에 대하여 충분히 검토해야 한다.

지형경사가 있는 경우에는 살포관을 상향경사로 하지 않고 하향경사로 하면, 관내에 잔류하는 약액량을 상당히 줄일 수 있다.

㉔ 종래의 스프링클러 살포에 있어서는 총살포량의 2할 정도를 말단관로내의 손실로 보는 것이 보통이지만, 배관설계를 적절하게 하여 손실을 줄일 수 있다. 관개를 목적으로 설계된 시스템에서는 꽤 큰 것이 보통이다.

㉕ 말단배관의 총용적으로 잔액손실량을 구할 수가 있으며, 대체적인 총용적 (V)은 다음식에 의하여 구할 수 있다.

$$V = \frac{5,000 A_u^2}{D_u \cdot F} (\ell) \dots\dots\dots (2.3.24)$$

여기서, D_u : 스프링클러 간격 (m)

A_u : 살포블록 면적 (ha)

F : 관로분기계수

관로분기계수 F 는 살포블록내의 스프링클러 총수(N)를 급수전으로 부터 순서대로 세어 가장 먼 스프링클러의 번호(M)로 나눈 값 $F=N/M$ 으로 정의된다.

이 F 는 포크형의 배관형식(그림 2.3.7)에서는 F 열의 살포지관임으로 됨을 의미하고, F 와 M 으로서 살포블록의 형상을 나타낸다.

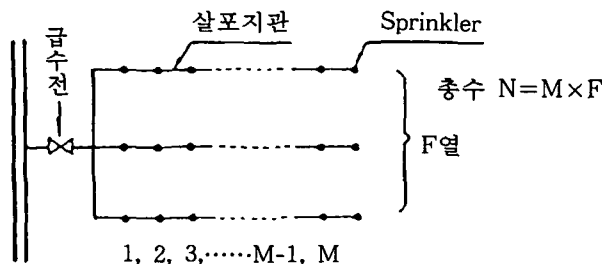


그림 2.3.7 관로분기계수의 설명도

㉔ 잔액의 회수 또는 그 유효화에 대해서는 여러 가지 방식이 고안되어 있지만, 어느 것이나 상당한 투자가 필요한 동시에 살포작업이 복잡해지거나 혹은 보수관리에 많은 노력과 비용을 필요로 하는 경우가 많다. 따라서 도입 또는 방식의 선정에 있어서는 전체적으로 균형을 취하도록 해야 한다.

㉕ 살포제의 손실과 잔액손실의 합계손실은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$(f-1) \cdot Q \cdot T + V = [f \cdot (f-1) + 1] \cdot V \dots\dots\dots (2.3.25)$$

공기치환의 경우는 관의 총용적(V)의 1.3배, 물치환의 경우는 1.8배 정도가 목표가 된다.

㉖ 이상에서 알 수 있는 바와 같이 관의 총용적을 작게 하면 살포손실과 잔액손실을 적게 할 수 있기 때문에, 주어진 조건아래에서 될 수 있는 한 관의 용적 즉 관의 직경을 작게 하도록 유의해야 한다.

또한 관의 총용적은 블록면적, 헤드(head)의 형, 스프링클러의 간격, 관개강도, 블록의 형상 등 말단시스템의 설계에서 결정해야 할 사항과 깊은 관계를 가지고 있다.

3.5.2 고정관로에 의한 관개

가. 다공관 관개

(1) 다공관관개의 종류

① Perforated 파이프

Perforated 파이프는 일반적으로 설치와 철거가 용이한 가벼운 이동식 파이프의 상부단면에 많은 가는 구멍을 만든 것으로, 파이프의 양측에서 직사각형 모양으로 살포한다. 관개강도는 구멍의 간격에 관계가 있고, 일반적으로 스프링클러에 비하여 크며 10~50mm/h 정도이다. 살포폭은 수압에 따라 다르며, 수압 0.25~2 kgf/cm²의 범위에서는 6~15m가 많고 관개강도에 대한 수압차의 영향은 크지 않다.

② Oscillator가 붙은 노즐라인

노즐라인은 20~40mm의 소구경의 아연도금 강관에 직경 1mm 정도의 작은 구멍을 일렬로 배치하여 0.6~1.5m 간격으로 뚫어 놓은 것이다. 노즐라인은 5~10m 간격마다 설치된 지주상에서 살포하며, 생력화하기 위해 유수에 의하여 자동적으로 작동할 수 있는 회전장치가 붙어 있다. 적용수압은 1.7~2.7kgf/cm²이며, 1구멍당 배출수량은 8~20 cm³/s이고, 관개강도는 3~15 mm/h 정도이다.

③ 유연성 다공호스

유연성 다공호스는 전술한 Perforated 파이프와 같은 적응성을 얻기 위한 것으로, 고분자재료를 사용하고 있기 때문에 금속재료에 비하여 역학적으로는 가요성(可撓性), 고탄성 및 내충격성의 이점을 가지며, 또한 취급면에는 가볍고 내식성이 크다. 복합재료로서 나일론계를 섞은 호스는 신장률이 작고 적용수압의 범위 내에서는 내압성에도 문제가 없다. 또한 구멍의 직경 및 간격을 임의로 설정할 수 있기 때문에 관개강도의 폭이 넓고, 호스 단면 내의 구멍위치에 따라서 비산방향과 비산거리를 바꿀 수도 있다.

(2) 다공관로의 설계

다공관로는 일반적으로 스프링클러 지관과 같이 설계하면 된다. 수압의 변화에 의하여 비산폭이 달라지기 때문에, 지형의 요철이나 경사 또는 마찰손실에 의하여 1라인에 나타나는 수압차를 20% 이하로 억제해야 하며 될 수 있으면 10~15% 이하로 하는 것이 바람직하다.

다공관로의 방향은 포장구획 및 도로배치와도 관련성이 있으며, 스프링클러와 같이 주풍향에 대하여 45~90° 방향으로 설치하는 것이 바람직하다.

다공관로의 설계제원인 관의 직경, 관로의 길이, 관개강도 등은 전항에서 기술한 바와 같이 다공관로의 일반적인 수리특성을 참고로 하면 되며, 성능이 비슷한 시판품이 없는 경우에는 규격을 지정하는 것이 바람직하다. 일반적으로 토양, 지형조건, 대상작물에 적절한 관개강도를 결정하고, 포장구획이나 마찰손실에 의한 수압저하에 대응할 수 있는 길이에 따라 관의 직경을 결정하여 관로의 상류단에서 필요한 수압을 구한다.

나. 물방울 관개

이 방식에서는 노즐로 부터의 유량이 적기 때문에 말단급수관 내의 유속이 작고 또한 마찰손실수두가 작으므로, 시설원에 뿐만 아니라 대구획포장에 대해서도 균등한 급수가 가능하다.

수압과 노즐유량과의 관계가 명확해지면 압력계에 의하여 미조압(微調壓)밸브의 개폐만으로 조작이 가능하고 자동화하기 쉽다. 감압방식에는 나사모양의 소단면유로를 통과시키는 것, 내측에 작은 구멍을 가진 송수부분이 있는 이중 튜브방식 등 여러 가지가 있다. 관개조직에는 소구경의 플라스틱 튜브를 사용하여 일정한 간격으로 노즐을 붙인다.

물방울 관개조직의 한 예를 도시하면 그림 2.3.8과 같다. 밸브장치부의 각 기구는 필요에 따라서 적당하게 조합하여 설치한다.

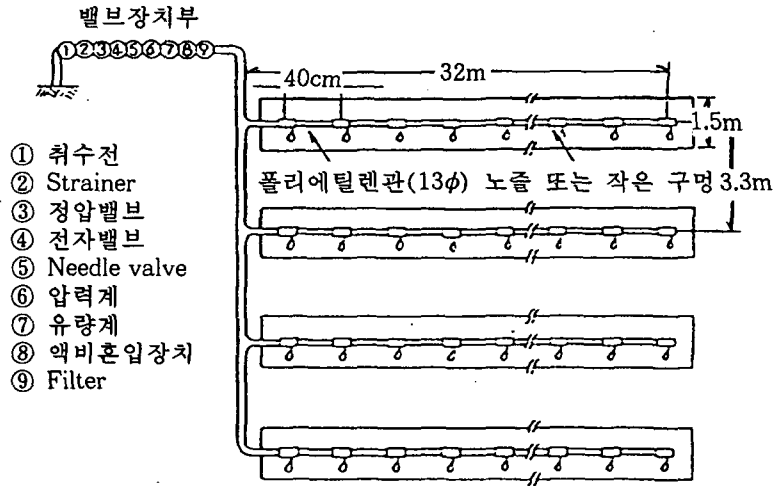


그림 2.3.8 물방울관개 말단급수조직의 예

3.5.3 지표관개

가. 고랑관개

1) 관개계획

(1) 적정포장유입량의 결정

고랑의 길이 방향에 대한 관개수심차를 작게 하려면 포장 상·하류단에서의 시간차를 작게 하면 된다. 고랑에 대한 적정포장유입량이란 토양침식을 일으키지 않는 범위내의 최대유량을 말한다. 최대유입량으로 포장의 하류끝까지 물발을 도달시키면, 그 이후에는 침투율이 저하됨에 따라서 유입량을 줄이고 포장하류끝에서의 월류손실을 방지해야 한다. 다만 침투율이 장시간에 걸쳐 점점 감소할 때에 유입량을 연속적으로 줄여 나가는 것은 사실상 불가능하므로, 일반적으로 유량을 1~2회 정도 줄이는 경우가 많다.

고랑유속을 지배하는 것은 주로 고랑의 기울기와 유량이며, 계획을 세울 때는 정해진 기울기의 고랑에 실제로 통수하여 상류부에서 침식상태를 조사한 후 최대유량을 결정한다.

(2) 고랑의 물발유속과 고랑의 침투율 결정

고랑관개시설의 기초자료를 얻기 위해 실측에 의해서 고랑물발의 유속과 침투율을 결정해야 하며, 포장의 토양수분이 관개를 필요로 하는 상태인 때에 측정한다.

① 고랑의 물발유속

고랑사이를 물이 흐를 때 그 선단의 유속을 물발유속이라 하며, 고랑의 기울기, 형상, 급수량 및 침투율의 영향을 받는다. 또한 고랑의 관리상태에 따라서도 달라진다.

○ 물발의 측정

- 시험고랑으로서 그 지구의 평균적인 기울기를 가진 고랑을 선정하여, 고랑 내의 흙덩어리 등 유량에 장애되는 것을 제거하고 5m 마다 표식을 세운다. 고랑 시점에는 소형 파살플룸 또는 삼각위어를 설치하여 유입량을 측정한다.

- 최대고랑유량 이하의 4종류 유량을 정하여, 각 유량마다 5~6줄의 고랑에 급수하여 물발의 유속을 측정한다.

- 고랑길이 및 고랑기울기를 임의로 정할 수 있을 때는 시험 고랑길이는 25~50m, 기울기는 원칙적으로 0.5, 1.0, 2.0%의 3계급으로 하여 각각에 대하여 시험한다.

○ 측정결과 정리

물발의 도달거리(L)와 시간(t)을 양대수방안지에 작도하면 대체적으로 직선이 된다. 이것으로부터 $t = \alpha \cdot L^\beta$ 로 하여 α 및 β 를 결정한다.

여기서 α , β 를 물발정수라 한다.

② 고랑의 침투율 결정

2.2.3 토양조사에 따른다.

(3) 관개시간의 결정

관개소요시간은 고랑길이, 관개수량, 침투율, 고랑의 물발유속 등 실측자료를 이용하여 다음 순서로 구할 수 있다.

길이 L(m)의 고랑에 D(mm)의 관개수심으로 고랑관개를 실시할 때의 T_f 는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$T_f = T + t = \left[\frac{60 \cdot D \cdot (n+1)}{K} \right]^{\frac{1}{n+1}} + \alpha \cdot L^\beta \dots\dots\dots(2.3.26)$$

여기서, T_f : 길이 L(m)의 고랑에 심층손실을 고려한 관개수량을 급수하기 위한 시간

T : 고랑의 한 점에 대하여 관개수심 D(mm)를 급수하기 위한 시간

t : 고랑의 한 점에 물발이 도달할 때까지의 시간

거리 L점(말단)까지 사이의 적산침투량(D)과 침투에 필요한 시간(T)사이의

관계는 전술한 침투율 $I = K \cdot T^n$ 을 적분하여 구할 수 있다

$$D = \frac{1}{60} \int I \cdot dT = \frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot T^{n+1} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.3.27)$$

그러므로 소요 관개수량 $D(\text{mm})$ 를 유입시키는데 소요되는 시간은 다음과 같다.

$$T = \left[\frac{60 \cdot D \cdot (n+1)}{K} \right]^{\frac{1}{n+1}} \text{ (min)} \dots\dots\dots(2.3.28)$$

이 유입시간은 물발이 말단에 도달한 이후의 시간이므로, 이 값에 물발의 도달시간 $t = a \cdot L^\beta$ 을 더한 T_f 가 총소요시간이 된다.

(4) 고랑길이 및 고랑나비의 결정

① 고랑길이의 결정

고랑관개에서 고랑의 길이는 관개의 적용효율, 경작지 토양의 보전 등에 의해 제약을 받는다.

최대허용고랑길이는 토양침식이나 다량의 심층손실 등을 수반하지 않고 물발이 도달할 수 있는 길이이며, 고랑유량이 클수록 또한 침투율이 작을수록 길게 된다.

1회의 급수노동효율을 향상시키기 위해서는 고랑길이가 길수록 좋으나 관개 적용효율과의 관계상 한계가 있다.

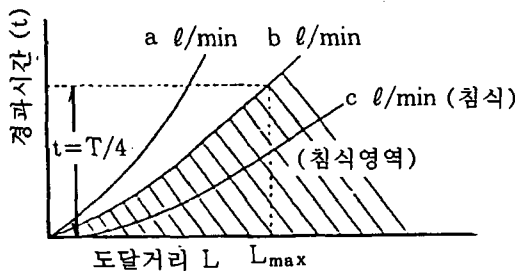


그림 2.3.9 최대허용고랑길이

그림 2.3.9는 어떤 토성과 기울기를 갖는 고랑에 여러 가지 유량으로 급수할 때, 경과시간과 물발의 도달거리 사이의 관계를 나타낸 것이다. 지금 $b \ell / \text{min}$ 를 초과하는 유량에 대해 침식을 일으킨다고 할 때, 다음에 기술하는 적용효율의 관계로부터 $m=4$ (즉 $t=T/4$)로 하면 최대허용고랑길이 L_{max} 은 그림과 같이 표시된다. 표 2.3.11은 토양별 최대허용고랑길이의 한 예이다. 보수력이 작고 침투율이 큰 사토의 최대고랑길이는 10m 이하이지만 관개노력면에서는 고랑관개의 적용이 곤란하다.

표 2.3.11 토양별 최대허용고랑길이의 예

토 양	근역의 깊이	1 회 관개수량	최대고랑길이
사 토	40 cm	16 mm	4 m
화산회토	40	44	29
사 양 토	40	34	36
양 토	40	38	99
식 토	40	44	121

주) 고랑의 기울기는 10%인 경우

② 고랑나비의 결정

고랑관개에서는 관개후에 침투수가 고랑의 횡단방향으로 어떻게 분포되는가를 고려해야 한다. 즉 관개수가 옆으로 침투하여 근역이 이 침윤범위내에 충분히 포함되는 간격의 고랑나비로 해야 한다.

균일한 토양의 고랑에 급수한 개략적인 모양은 그림 2.3.10과 같으며, 식양토에서는 횡방향침투량이 상당히 되지만 사질토의 경우는 하방향침투가 주가 된다. 그러므로 사질토에서는 고랑관개를 할 때 고랑나비를 너무 크게 할 수 없고, 심층손실을 방지해야 하며 고랑단면에 1회 급수할 수량이 제한되기 때문에, 고랑관개는 그다지 바람직하지 못하다. 설계에 있어서는 고랑의 일부(약 50cm)를 잘라 소요수량만을 담수하여 물의 횡방향 침투상황을 조사하고 심층손실을 적게 하도록 1회 급수량을 정한다. 작물이 성장한 때에 근역이 침윤범위내에 포함되지 않을 정도로 폭이 넓은 고랑에서는 통수위치를 작물별로 근접시킬 필요가 있다.

실험적으로 구한 최대고랑나비의 한 예를 도시하면 그림 1.3.11과 같다.

(5) 관개효율

포장내 관개효율의 개념으로서 관개된 물의 어느 정도가 근역내에 저류되어

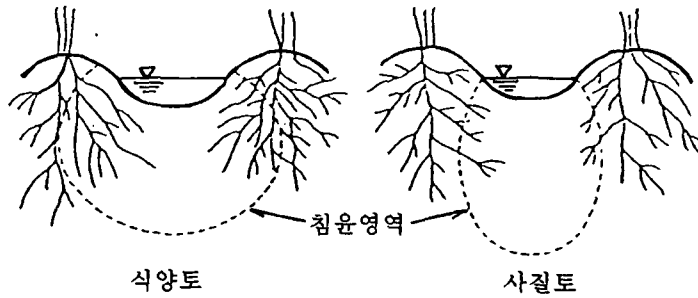


그림 2.3.10 고랑의 횡방향 침윤

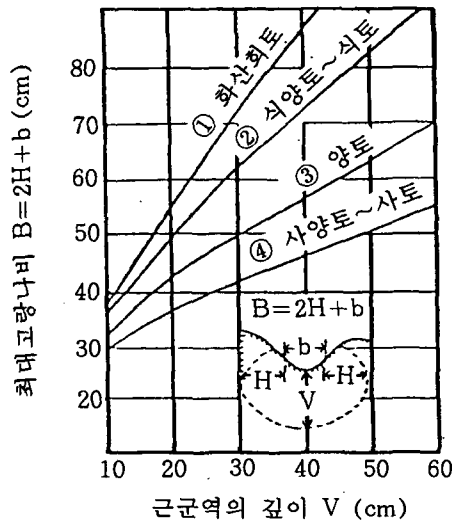


그림 2.3.11 근역의 깊이와 최대고랑나비와의 관계

작물에 사용되는가를 표시하는 적용효율이 있다. 계획을 수립하는 경우 고랑관개에 있어서는 적용효율이 70% 이상이 되도록 결정한다.

관개수를 고랑에 유입시켜 t 분 후에 말단까지 도달하는 것으로 계획하면, 말단에서 관개수가 흡수에 침투를 개시한 때 시점에서는 이미 t 분간에 걸쳐 침투가 계속되고 있는 결과가 된다. 그림 2.3.12에서 보는 바와 같이 말단에서 D (mm)의 침투수심을 얻는데 T 분이 소요되었다고 하면 시점에서는 $(T+t)$ 분이 지난 것이므로, 시점의 침투수량 D' 는 다음과 같이 계산된다.

$$D' = \frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot (T+t)^{n+1} \text{ (mm)}$$

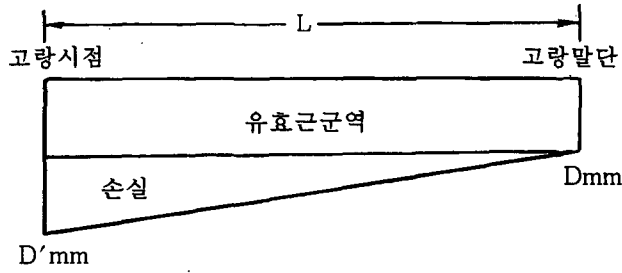


그림 2.3.12 고랑관개의 손실수량

그러므로 전환발에서와 같이 포장이 수평이고 또 포장하류단을 체절하므로써 월류손실을 방지할 수 있는 경우의 적용효율 E_a 는 다음 식과 같이 표시할 수 있다.

$$E_a = \frac{D}{\frac{1}{2} \cdot (D' + D)} \times 100 = \frac{200 \cdot D}{\frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot (T + \alpha \cdot L^\beta)^{n+1} + D} (\%) \dots (2.3.29)$$

유효근균역에서 아래방향으로 침투한 수량의 비율을 고랑관개에서는 심층손실 (W_L)이라 하며, $W_L = (1 - E_a)/100$ 이 된다.

일반적으로 실제의 고랑관개작업을 고려하여 T/m 시간에 관개수가 고랑의 말단에 도달하는 방법을 이용한다. 이 경우 $t = T/m$ 이며, m 의 값은 토양의 침투정수 K , n 에 의해서 결정한다.

지금 $D = \frac{K}{60 \cdot (n+1)} \cdot T^{n+1}$ 에서 $\frac{K}{60 \cdot (n+1)} = C$ 라 하면, $D = C \cdot T^{n+1}$

된다.

그림 2.3.13 에서 t 분후의 침투수심은 A 점에서 D_1 이며, $2t$ 분이 지난 후 A 점에서 D_2 일 때 B 점에서 D_1 이 된다. 그러므로 mt 분후 침투수의 분포는 A 에서 D_m , B 점에서 D_{m-1} 로 되고, $(m+1)t$ 분 후에는 A 점에서 D_{m+1} , B 점에서 D_m 인 수심이 된다.

여기서, $D_{m+1} = C \cdot [(m+1) \cdot t]^{n+1} = C \cdot t^{n+1} \cdot (m+1)^{n+1}$

$$D_m = C \cdot (m \cdot t)^{n+1} = C \cdot t^{n+1} \cdot m^{n+1}$$

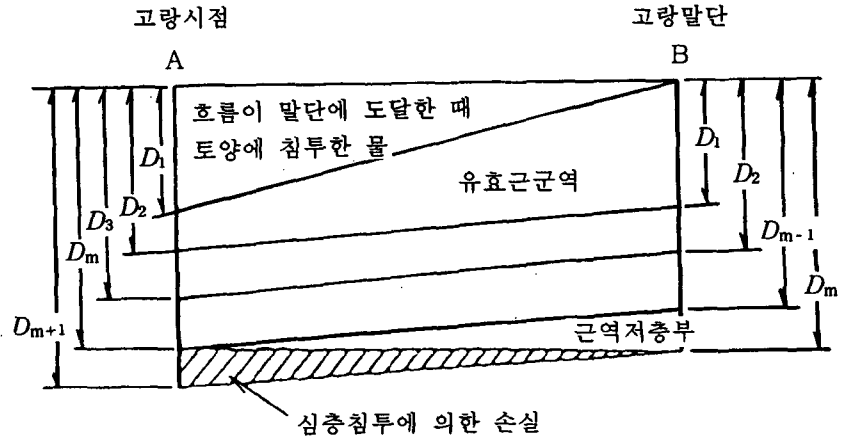


그림 2.3.13 고랑관개의 적용효율

따라서 적용효율(E_a)은 다음과 같이 표시된다.

$$E_a = \frac{D_m}{\frac{1}{2} \cdot (D_{m+1} + D_m)} \times 100 = \frac{2 \cdot m^{n+1}}{(m+1)^{n+1} + m^{n+1}} \times 100$$

이것을 도시하면 그림 2.3.14 와 같다.

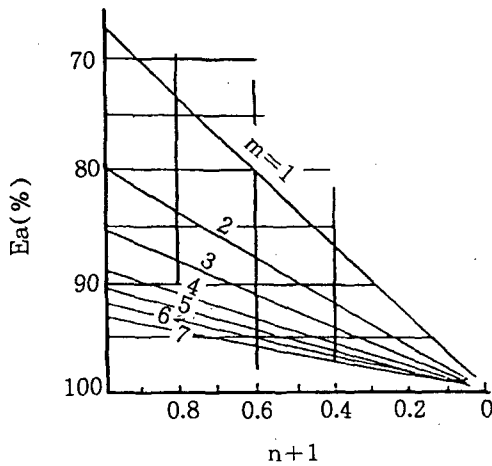


그림 2.3.14 관개효율 계산도표

m이 커짐에 따라 유량이 증가하고 침식이 일어나기 쉽기 때문에, m을 너무 크게 잡으면 좋지 않으며 경험적으로 3~4가 적당하다.

경사를 갖는 일반밭에서도 침투율이 점점 감소함에 따라 유입량을 감소시키면 하류단에서의 월류손실을 방지할 수 있으나, 현실적으로는 이와 같은 관개 조작을 실시하기가 곤란하다.

그러므로 토지조건에 합당한 월류손실량을 실험적으로 명확하게 구하여, 침투손실량을 고려한 수량을 적용효율의 대상으로 삼아야 한다.

2) 말단수로의 계획

고랑관개에 있어서 말단수로단면의 크기는 효율적인 관개를 실시함에 필요한 포장유량에 의해 결정된다. 포장유량은 소요관개수량을 어느 적용효율의 범위 내에서 급수하는데 필요한 유량과 생력적으로 관개할 수 있는 고랑의 개소수로 결정된다. 지금까지 검토한 바에 의하면 물관리조작상 적절한 포장유량은 최저 5~10 l/s 정도이며, 이 값에 윤번구내에서 동시에 취수하는 개소수를 곱한 것이 말단수로의 조직용량이 된다. 급수전의 간격은 토지조건에 따라 약간 다르나 보통은 최저 1경구에 1개소가 필요하다. 1경구의 구획이 30×100m 이고 단변에 연하여 수로를 설치한 경우의 급수전 간격은 30m 가 된다. 수원지(樹園地)와 같이 부정형인 구획에서도 최대 100m 간격으로 설치해야 될 것으로 본다.

경사지에서 등고선 고랑관개를 실시할 때에는 수로를 경사방향으로 배치하는 경우가 많으므로 관로에서는 하류측이 고압으로 된다. 이러한 때에는 수압조정 구조물을 도중에 설치하여 급수전에 과대한 압력이 작용하지 않도록 고려해야 한다.

그림 2.3.15 및 그림 2.3.16은 급수전 구조물의 예와 수압조정의 예를 나타낸 것이다.

나. 수반관개(boarder irrigation)

수반관개란 경지를 낮은 두령으로 좁고 길게 띠모양으로 만들어 일정한 기울

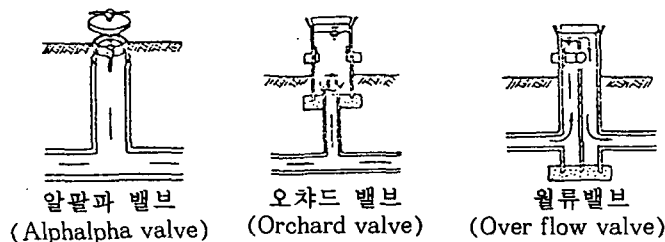


그림 2.3.15 급수전구조물의 예

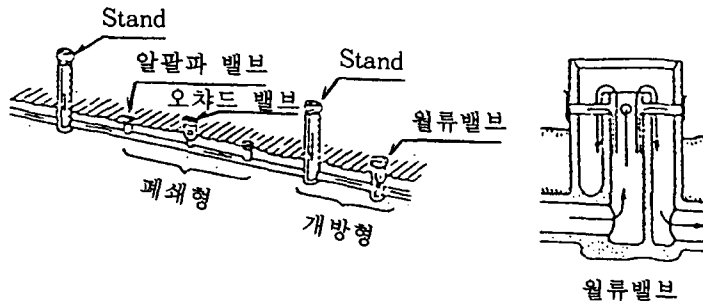


그림 2.3.16 수압조정의 예

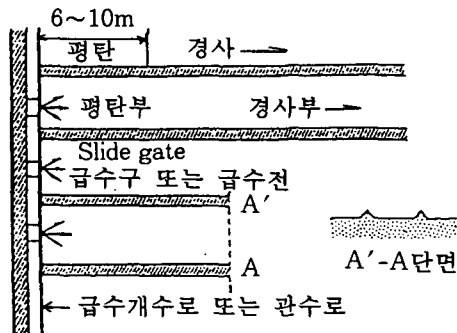


그림 2.3.17 수반관개의 예

기를 주어, 관개수를 수반대 (boarder strip)에 얇은 층으로 전면유하시켜 토양중에 침투시키는 방식이다. (그림 2.3.17 참조)

1) 관개계획

(1) 포장유입량의 결정

수반관개계획에서는 1구획의 포장급수량을 신중히 정하지 않으면 말단까지 균등하게 급수시킬 수가 없다. 포장유입량은 침투율과 내리흘림시험을 통하여 다음 식으로 구한다.

$$Q = \frac{100 \cdot A \cdot I}{\left(\frac{1 - 10 \cdot S \cdot h}{\mu \cdot C} \right)^{1/n}} \dots\dots\dots (2.3.30)$$

여기서, Q : 포장유입유량 (ℓ/min)

A : 구획면적 (a)

I : 1 회의 관개수심 (mm)

μ : 물발진행의 균등지수

사질토에서 0.5~0.6, 양토에서 0.6~0.7, 점질토에서 0.7~0.8 정도

h : 물꼬의 담수심 (cm)

보통 5~10 cm 를 취함

S : 담수형태에 따라 실험적으로 정하는 계수

기울기 1/1000, 유량 70~90 l/min (나비 1m 당)인 경우 0.6,

기울기 0, 유량 60~120 l/min (나비 1m 당)인 경우 0.7~0.8 정도

고랑관개의 경우와 마찬가지로 적산침투특성과 물발진행특성의 모양은 각각 다음과 같이 표시된다.

$$D = c \cdot T^n, \quad t = \alpha \cdot L^\beta \dots\dots\dots(2.3.31)$$

여기서, D : 적산침투량 (mm)

T : 침투에 소요되는 시간 (min)

L : 물발진행거리 (m)

t : 물발선단이 진행하는데 소요되는 시간 (min)

c, n, α, β : 실험정수

한편 μ 의 값은 물발진행의 일반형으로서 다음과 같이 표시된다.

$$\mu = 1 - \frac{n}{\beta + 1} \dots\dots\dots(2.3.32)$$

미국에서는 토양구조와 기본침투율로부터 그림 2.3.18와 같이 포장의 단위폭 당 유입량을 나타내고 있다.

(2) 구획의 나비와 길이

구획의 나비는 유량의 크기, 토지의 경사, 정지정도, 작업기계의 종류 등에 의해 결정되며, 이를 바탕으로 하여 관개기울기와의 관계를 표시하면 표 2.3.12와 같다.

구획의 길이는 주로 관개기울기와 유량으로 결정된다. 될 수 있는 대로 한구획의 상단에서 하단까지 균일하게 관개하도록 해야 하며, 침투율에 의해서

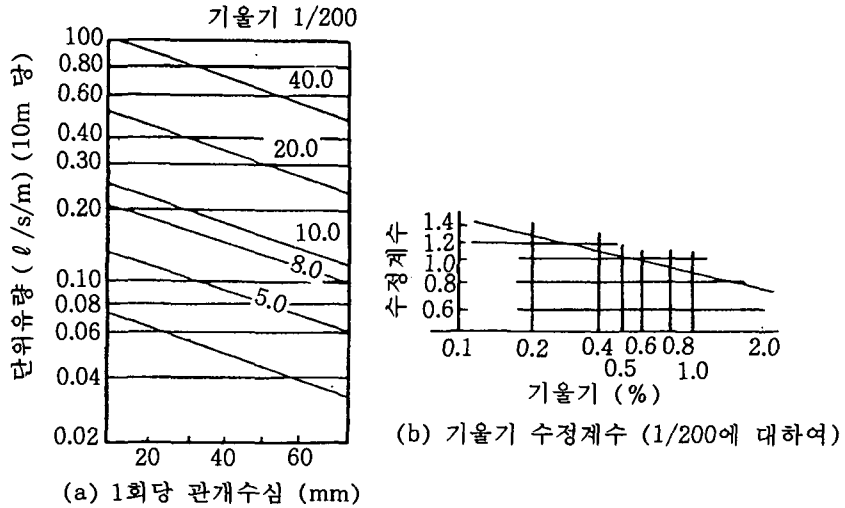


그림 2.3.18 단위유량 산정도표

포장별로 결정해야 한다. 일반적으로 구획내의 모든 지점에서 근역의 80% 이상을 습윤시켜야 한다.

표 2.3.12 기울기별 한계가장자리나비

관개기울기 (%)	가장자리나비 (m)
0 ~ 0.1	36
0.1 ~ 0.5	18
0.5 ~ 1.0	15
1.0 ~ 2.0	12
2.0 ~ 4.0	9
4.0 ~ 6.0	6

2) 말단수로의 계획

(1) 급수시설

말단급수로의 간격은 일반적으로 수반의 길이와 같게 하고, 포장하류단에는 배수로를 설치하는 것이 바람직하다. 개수로에서 취수할 때는 수위를 일정하게 유지하기 위해 수로내에 조절문이나 이동식 지수판을 설치할 필요가 있다.

(2) 취수장치

각 수반대(水盤帶)의 유입량이 크므로 급수전은 일반적으로 알팔파밸브

나 금속으로 만든 대구경 사이폰을 사용하며, 콘크리트수로의 측면에 슬라이드 문짝을 붙인 위어(weir)를 설치하는 경우가 있다. 급수관로에서 취수할 때는 앵글밸브를 붙인 급수전을 사용하는데 압력수 때문에 유수에 의한 물꼬의 토양침식문제를 고려해야 한다.

수반의 나비는 횡단방향의 포장기울기에 의해 규제되므로, 각 포장마다 1~2개소의 비율로 급수전을 설치한다고 할 때, 급수전의 간격도 전향에서 언급한 바와 같이 포장의 횡단기울기에 따라 다르게 된다. 다만 전환밭과 같이 수평에 가까운 대구획포장에서도 유수의 확산을 균일하게 하고 물꼬의 토양침식을 방지하기 위해, 급수전의 배치간격을 30~40m 이상으로 해서 유입량을 크게 하는 것은 바람직하지 못하다.

3.6 급수조직계획

3.6.1. 급수조직계획의 기본

급수조직계획에 있어서는 다음과 같은 사항을 항상 염두에 두고 계획을 수립해야 한다.

가. 말단에서의 작업능률과 시설투자의 균형

일반적으로 작업능률이 좋은 시설은 건설비 및 유지관리비가 많이 든다. 그러나 말단에서 어느 정도의 작업능률을 확보하지 않는다면, 원활한 다목적 이용을 기대할 수 없다. 따라서 양자의 균형관계를 합리적으로 꾀하는 것이 시설계획에 있어서 중요하다.

나. 각 이용항목의 물이용을 보증하는 조직용량의 확보

다목적 이용을 위한 시설에서는 이용항목마다 필요수량의 변동이 예상되므로, 시설의 조직용량도 각 이용항목에 대하여 필요한 최대치에 따라서 지배된다. 이들의 수량변동에 대하여 저류지~관로계의 일련의 시스템으로서 균형을 이루도록 해야 한다.

다. 각종 시설의 합리적 배치와 여러가지 공학적 기능의 조화

급수조직의 조직계획에서는 수원조직과 조절지 또는 저수조 및 말단 관개시설과의 상호관계를 합리적으로 결정함과 동시에, 조직 본체에서 본 공학적 기능의 조화를 꾀하는 일이 특히 중요하다. 그리고 말단에서의 작업본체에 적합

한 노선 및 각종시설의 배치를 결정해야 한다.

라. 충분한 신뢰성과 안전성의 확보

급수시설은 이용효과를 높이기 위하여 신뢰성과 안전성을 충분히 확보할 수 있도록 계획해야 한다.

특히 다목적 이용을 위한 시설에 있어서 급수조직에 고장이 생기면, 말단에서의 복잡한 작업진행이 중단되고 큰 경제적 손실을 가져옴과 동시에, 그 이용효과를 현저하게 저하시키게 된다. 예를 들면 병충해방제에 있어서, 밸브(valve)류의 빈번한 조작에 의하여 관의 파열사고가 일어나기 쉬운 상태에 이르러 파열사고가 생기게 되면, 관내에 있는 다량의 농약이 유출하게 된다. 또한 동상해방제에서 살포도중의 고장은 피해를 한층 확대하는 등 새로운 재해를 일으킬 우려가 있다. 따라서 개별적인 신뢰성과 안전성은 물론이고, 본체로서 평형을 이루는 신뢰성과 안전성이 보장되어야 한다.

3.6.2 급수조직의 지배규모

급수조직의 규모는 관개작업 및 시설계획의 단위가 되는 1개 또는 여러개의 유회환구로 구성되며, 유회환구를 결정하는데 있어서 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 수분보급을 목적으로 관개하는 경우는 계속해서 다량의 물을 필요로 한다. 이 경우에 시설계획상 유회환제를 채택하므로써, 유량을 균일화하고, 시설의 유회환시간을 없애며, 조직용량의 감소를 피하는 것이 보통이다. 따라서 이러한 유회환제에 의하여 하나의 관개작업체계가 성립한다. 한편 다목적 이용을 하는 경우는 각각의 이용목적에 따라 사용조건 및 제한조건을 충족시킬 수 있는 유회환구를 설정할 필요가 있다.

(2) 다목적 이용을 위한 급수조직의 계획에서는 말단작업성을 보증하는 형태가 되도록 말단부에서 부터 기준에 맞추어 나가도록 한다.

(3) 병충해방제의 경우에는 일반적으로 1일이내에 1관개구의 작업을 완료하도록 계획해야 한다. 따라서 병충해의 발생분포, 연간방제계획, 작업가능시간, 살포자재 혼입, 잔액의 처리방법 등을 검토한 다음 유회환구를 결정해야 한다.

(4) 자동화의 정도, 포장의 정비조건 및 방제작업의 조직은 살포작업의 능력에 크게 영향을 끼친다.

(5) 급경사지에서는 사용하는 관재료의 내압강도, 펌프설비, 저수조, 감압시설 등의 배치를 미리 고려하여, 용수에 대하여 불필요하게 에너지를 공급하거나

또는 감소시키지 않도록 윤환구를 결정할 필요가 있다. 이것은 관개구의 결정에 있어서도 마찬가지이다.

[참 고]

(1) 스프링클러 방제에 있어서 한 작업반이 1일에 작업할 수 있는 살포블록은 40~60개 정도이며 블록면적은 0.3~0.7ha 정도가 된다. 따라서 방제작업단위는 12~40ha 정도로 되는 경우가 많다.

(2) 병충해방제에 있어서 자연낙차를 이용하여 잔액회수를 피하는 방식에서는 지형적인 제약으로 지배규모에 제한을 받음과 동시에 작업능률이나 잔액의 재이용에도 현저한 제약을 받는다. 따라서 비교적 소규모의 관개구를 설정해야 한다.

(3) 체소류를 주로 재배하는 평탄지의 급수시설은 압력수조방식 또는 펌프직송방식이 많이 이용된다. 따라서 시설의 지배규모도 이들 시설을 설치하는데 드는 비용이나 기술적인 문제 및 유지관리면에서 15~50ha 정도로 되는 경우가 많다.

3.6.3 조직용량의 결정

가. 수분보급을 위한 조직용량

일반적으로 수분보급을 목적으로 하는 관개에 있어서 조직용량은 계획상 완전히 윤환제가 실시되는 것으로 보고 식 (2.3.33)에 의해 조직용량을 계산한다.

$$Q = 2.78 \cdot \frac{A \cdot E_2}{F \cdot T} \dots\dots\dots(2.3.33)$$

여기서, Q : 조직용량 (ℓ/s)

A : 관개구면적 (ha)

E_2 : 조관개수량 (mm)

F : 계획간단일수 (day)

T : 1일의 실관개시간 (h)

한편, 병충해방제와 같이 말단살포기의 선택 및 배치, 그리고 살포블록의 면적이 제한조건이 되는 이용목적에 있어서는 식 (2.3.34)이 적용된다.

$$Q = 2.78 \cdot \frac{h \cdot A_u \cdot N_a}{1 - E_m} \dots\dots\dots(2.3.34)$$

여기서, h : 관개강도 (mm/h)

A_u : 살포블록의 면적 (ha)

N_a : 1관개구중의 유회구수, 또는 동시 살포블록수

E_m : 운반손실을

조직용량에 자유도(f)를 추가하는 경우에는 식 (2.3.33) 또는 식 (2.3.34)의 양변에 f 를 곱하여 구한다. (자유도 f 에 대하여는 3.6.4 항 참조)

나. 다목적 이용시의 조직용량

다목적으로 이용하는 경우에는 각 이용목적에서 필요로 하는 조직용량중 최대치를 급수조직계획상의 조직용량으로 한다. 단, 각 이용목적간의 조직용량에 현저한 차이가 생기지 않도록 하고, 이의 결정에 있어서는 어느 이용목적이 조직용량을 규정하고 있는가를 명확히 하여 이용목적마다 조화가 이루어지도록 해야 한다.

3.6.4 급수조직의 자유도

가. 자유도의 필요성

3.6.3항에서 언급한 바와 같이 급수시설의 조직용량은 유회제를 전제로 하여 식 (2.3.33)으로 정하던지, 또는 관개구내에 동시살포되는 살포블록수를 한정하여 식 (2.3.34)으로 정한다. 이러한 방법으로 계획된 급수조직용량은 물수요의 시간적 집중에 대응할 여유가 없다.

따라서 물수요의 시간적 집중에 어느 정도 융통성 있게 대응하기 위하여 조직용량에 여유를 갖게 하는 것이 필요하다. 이 여유의 척도를 자유도라고 한다.

나. 자유도의 정의

(1) 유회제를 전제로 하는 경우

이 경우의 급수시설의 조직용량 (Q)는 식 (2.3.33)으로부터 다음과 같다.

$$Q = 2.78 \cdot \frac{A \cdot E_2}{F \cdot T}$$

이에 대하여 물수요의 시간적 집중으로 유회제에 의한 유량의 f 배의 유량을 통수할 때, 즉 유회제에 의하여 한정되고 있는 동시살포블록수 (N_a)의 f 배를

고려할 때의 조직용량 Q_f 는 다음과 같이 된다.

$$Q_f = 2.78 \cdot f \cdot \frac{A \cdot E_2}{F \cdot T} \dots\dots\dots(2.3.35)$$

(2) 한정된 살포블록수를 전제로한 경우

한정된 살포블록수 N_a 개만을 동시에 살포가능한 급수시설의 조직용량 Q 는 식 (2.3.34)로부터 다음과 같다.

$$Q = 2.78 \cdot \frac{h \cdot A_u \cdot N_a}{1 - E_m}$$

이에 대하여 물수요의 시간적 집중으로 살포블록수 N_a 개의 f 배를 고려하게 될 때의 조직용량 Q_f 는 다음과 같이 된다.

$$Q_f = 2.78 \cdot \frac{h \cdot A_u \cdot (f \cdot N_a)}{1 - E_m} \dots\dots\dots(2.3.36)$$

따라서 자유도 f 는 (1), (2)의 어느 경우에도 다음과 같이 표시된다.

$$f = \frac{Q_f}{Q}$$

즉, 자유도 f 는 한정된 살포블록수 (N_a)의 몇 배까지 물수요의 시간적 집중이 가능한가를 나타내는 척도로서 정의된다

다. 자유도의 크기

일반적으로 시설원예지대에서는 오전과 오후의 2회에 걸쳐 물수요의 최대치가 발생하는 일이 많다는 것과 1일의 살포이동회수가 4회정도라는 것으로부터 자유도를 필요로 하는 경우의 f 는 2정도를 기준으로 한다.

자유도 f 를 보증하기 위한 수량은 3.6.6의 가. 항에서 기술한 조절지 (farm pond) 또는 저수조의 시간적 집중완화용량 (V_{f2})에 의하여 구할 수 있다.

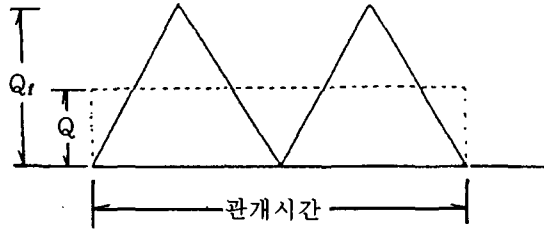


그림 2.3.19 물수요집중 모형

3.6.5. 급수조직의 구성과 각종 시설의 배치

(1) 급수조직의 구성계획 및 각종 시설의 배치는 급수조직의 수리적 안전성, 말단에서의 작업성, 시설의 건설·유지관리에 대한 경제성 및 시설의 신뢰성 또는 안전성의 관점에서 충분히 검토하여 결정해야 한다.

(2) 스프링클러 시스템은 말단에서 상당히 높은 작업압력을 필요로 한다. 작업압력의 확보는 자연적인 압력을 기본으로 하지만, 펌프에 의한 가압을 필요로 하는 경우는 가압구간을 최소한으로 억제해야 하며, 펌프장과 조절지 및 저수조의 위치를 결정할 때는 가능한 한 필요한 최소에너지로 급수될 수 있게 유의해야 한다.

(3) 펌프, 조절지 및 저수조와 관로는 급수조직을 구성하는 기본요소가 된다. 특히 시설의 건설비 및 유지관리비의 양면에서, 상호간의 조화를 꾀하도록 해야 한다.

(4) 급경사지의 급수조직에서는 급수조방식을 취함을 기본으로 한다. 급수조의 배치는 펌프에 의한 급수조까지의 양수와, 급수조로부터 말단급수밸브까지의 압력조정, 사용하는 관의 내압 등을 고려하여 결정해야 한다. 특히 급수조의 배치와 지배면적은 시설의 건설비 및 유지관리비에 큰 영향을 준다.

(5) 평탄지에서는 펌프직송방식 또는 압력탱크방식이 일반적이다. 압력탱크방식을 채택하는 경우 펌프의 제어는 압력스위치에 의한 On-Off 제어로서, 펌프 운전제어와 말단작업과를 단절시키는 것이 원칙이다. On-Off 제어의 시간간격은 펌프의 사양내용을 검토한 다음 적정하게 결정해야 한다. 펌프직송방식을 채택하는 경우에는 압력변동 및 유량변동에 즉각 대응할 수 있도록, 제어기구, 기타 부대기구에 대하여 신중하게 검토해야 한다.

(6) 관로의 배치는 분·급수조작작업 및 잔액처리조작과 깊은 관계가 있다. 따라서 자동화의 정도, 포장의 정비조건, 잔액의 처리방식 등을 종합적으로 검토하여 배치하도록 해야 한다.

(7) 관로의 배치는 분수점까지의 최단거리를 연결하는 것을 원칙으로 하지만, 작업개시전의 물채우기 조작, 관내의 공기처리, 사용하는 관의 종류와 재료로부터 정해지는 내압강도 및 유지관리를 고려하여 결정해야 한다.

(8) 살포자재의 혼입시설은 자재의 반입, 특히 도로와의 관계를 고려하여 시설의 위치를 결정해야 한다.

또한 잔액을 회수하는 경우에는 그 처리 또는 재이용과의 관계를 검토해야 한다.

(9) 다목적으로 이용하는 경우에는 특히 엄격한 압력조정이 필요한 경우가 많지만, 압력조정에 있어서는 단지 동수경사의 조정만을 목적으로 하는 것은 아니고, 수격압의 흡수, 방출, 관내유입공기의 처리에 대해서도 함께 검토하며, 수리적 안정성과 안전성을 높이는 것을 강구할 필요가 있다. 특히 과도한 감압은 공동현상(cavitation)을 일으켜, 수리적 불안정성의 큰 원인이 되기 때문에 특별히 유의해야 한다. 공동현상에 대한 안전한 감압량 (ΔH)은 다음 식의 공동현상계수 σ 의 값에 의하여 추정할 수가 있다.

$$\sigma = \frac{H_d - H_v}{\Delta H} \dots\dots\dots (2.3.37)$$

여기서, H_d : 감압밸브 하류부의 압력수두

H_v : 대기압에 대한 수증기압 (수두환산치)

ΔH : 감압량

공동현상계수 σ 는 감압밸브의 구조, 개방도 및 환경에 따라서도 달라지지만, 일차적으로 $\sigma < 1.25 \sim 1.50$ 를 추정치로 삼고 있다.

(10) 관개용수에는 모래, 자갈, 나무조각 등이 섞여 있는 경우가 많다. 따라서 제진(除塵)에 대한 고려가 있어야 있다.

① 조절지 또는 저수조로부터 급수관로의 유입구에 스크린을 배치한다. 또한 모래나 자갈을 빨아 올리지 않게 하는 유입구의 형상을 만든다.

② 관내의 주요 조압밸브와 유량조정밸브의 상류에 스트레이너(strainer)를 설치하는 등, 제진대책을 강구하여야 한다.

3.6.6 급수시설계획

가. 조절지(farm pond) 또는 저수조 계획

1) 조절지 또는 저수조의 용량

(1) 말단관개시간과 간선통수시간의 시간차 조정용량

말단에 있어서의 관개작업시간은 60~20시간으로 계획하며, 이중에서 이동시간을 제외한 것이 실관개시간이다. 한편, 간선통수에서는 수류제어 또는 통수용량의 문제 등에 비추어 24시간을 통수시간으로 하는 것이 일반적이며, 양자의 시간차를 조절지 또는 저수조에 의해 조정한다. 이를 위하여 필요한 조절지 또는 저수조의 용량 (V_{F1})은 다음과 같다.

$$V_{F1} = \frac{D}{E_f} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24 - T) \cdot A \dots\dots\dots (2.3.38)$$

여기서, V_{F1} : 조절지 또는 저수조의 용량 (m^3)

D : 계획 일소비수량 (mm/day)

E_f : 관개효율

T : 계획 일소비수량 D 에 대한 1일 실관개시간 (h),

A : 조절지 또는 저수조의 지배면적 (ha)

계획 최대일소비수량 D_m (mm/day)에 대한 실관개시간을 T_m (h)이라 하면, 동일한 말단시설을 이용하는 한, 계획 일소비수량이 D 일 때의 실관개시간 T 는 다음과 같은 관계가 있다.

$$D = \frac{D_m}{T_m} \cdot T \dots\dots\dots (2.3.39)$$

식 (2.3.38) 및 (2.3.39)으로부터 D 를 소거하면, V_{F1} 은 T 에 대한 이차방정식이 된다.

$$V_{F1} = \frac{D_m}{E_f \cdot T_m} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24T - T^2) \cdot A$$

윗식으로부터 V_{F1} 의 최대치는 $T=12$ hr 인 때에 나타나고, 다음과 같이 주어진다.

$$V_{F1} = \frac{60}{E_f} \cdot \left(\frac{D_m}{T_m}\right) \cdot A \dots\dots\dots(2.3.40)$$

단, 지구의 계획 최소일소비수량에 대한 관개시간이 12시간 이하가 되는 경우에는 식 (2.3.38)을 사용한다. 이때의 D, T 는 계획 일소비수량일 때의 값이다. 또한 펌프로 조절지 또는 저수조에 송수하는 경우, 송수유량 (m^3/s)의 하한치가 제한을 받는 경우에는 별도로 검토해야 한다.

(2) 용수수요의 시간적 집중 완화용량

급수조직에 자유도를 부가하는 경우에는 그에 대응할 수 있는 용량을 조절지 또는 저수조에 갖게 한다.

일반적으로 시설원예지대에서는 오전과 오후의 2회에 걸쳐 물수요가 최대로 된다.

지금 이러한 시간적 집중상황을 그림 2.3.20의 (b)에 나타난 바와 같은 2개의 3각형(자유도 $f \geq 2$)으로 표시하면, 시간적 집중을 완화하기 위하여 필요한 용량 V_{F2} (m^3)는 다음과 같이 산정할 수 있다.

① 임의시각에 있어서의 저수량

물수요유형에 대응하는 조절지 또는 저수조의 저수량변화를 나타내면 그림 2.3.20의 (a)와 같고, 임의시각 t 에 있어서의 저수량 V (m^3)는 다음 식으로 표시된다.

$0 \leq t \leq t_1$ 의 경우

$$V = Q_{in} \cdot t$$

$t_1 < t \leq t_2$ 의 경우

$$V = Q_{in} \cdot t - \int_{t_1}^t \frac{2f^2 \cdot Q_o}{T} \cdot (t - t_1) dt$$

$t_2 < t \leq t_3$ 의 경우

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{T}{4} \cdot Q_o + \int_{t_2}^t \frac{2f^2 \cdot Q_o}{T} \cdot (t - t_3) dt$$

$t_3 < t \leq t_4$ 의 경우

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{T}{2} \cdot Q_o$$

$t_4 < t \leq t_5$ 의 경우

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{T}{2} \cdot Q_o + \int_{t_4}^t \frac{2f^2 \cdot Q_o}{T} \cdot (t - t_4) dt$$

$t_5 < t \leq t_6$ 의 경우

$$V = Q_{in} \cdot t - \frac{3}{4} \cdot T \cdot Q_o + \int_{t_5}^t \frac{2f^2 \cdot Q_o}{T} \cdot (t - t_5) dt$$

여기서, Q_o 는 자유도 $f=1$ 에 있어서의 단위시간당의 소비수량 (m^3/h)이며, 다음식 식으로 주어진다.

$$Q_o = \frac{10 \cdot D_m \cdot A}{T_m \cdot E_f}$$

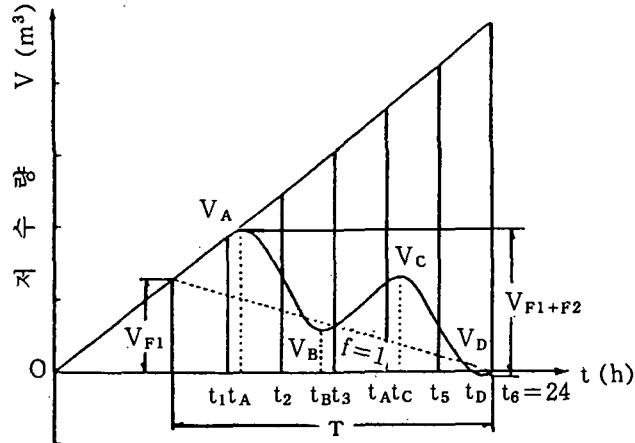
Q_{in} 은 조절지 또는 저수조로의 유입유량 (m^3/h)이며 24시간 송수하는 것으로 하면 다음 식으로 주어진다.

$$Q_{in} = \frac{T}{24} \cdot Q_o$$

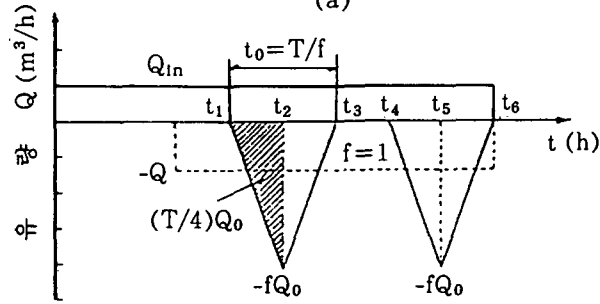
② 자유도를 부가한 경우 조절지 또는 저수조의 용량 (V_{F1+F2})

저수량 변화곡선에 있어서 극대·극소가 되는 점, 즉 t_A , t_B , t_C 및 t_D 에서의 조절지 또는 저수조의 용량은 각각 다음과 같이 주어진다.

$$V_A = \frac{T}{48} \cdot (48 - T) \cdot Q_o - \frac{T^2}{24 \cdot f} \cdot Q_o + \frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} \cdot Q_o$$



(a)



(b)

그림 2.3.20 물수요유형과 저수량변화

$$V_B = \frac{T}{48} \cdot (24 - T) \cdot Q_0 - \frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} \cdot Q_0$$

$$V_C = \frac{T}{2} \cdot Q_0 - \frac{T^2}{24 \cdot f} \cdot Q_0 + \frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} \cdot Q_0$$

$$V_D = -\frac{T^3}{48^2 \cdot f^2} \cdot Q_0$$

이들 식으로부터 $V_A > V_C$, $V_B > V_D$ 의 관계가 성립하므로 자유도를 부가한 경우 조절지 또는 저수조의 용량 V_{F1+F2} (m^3)는 다음 식으로 주어진다.

$$V_{F1+F2} = V_A - V_D = \frac{T}{48} \cdot (48 - T) \cdot Q_0 - \frac{T^2}{24 \cdot f} \cdot Q_0 + \frac{2T^3}{48^2 \cdot f^2} \cdot Q_0 \quad (2.3.41)$$

여기서 조절지 또는 저수조의 용량 V_{F1+F2} (m^3)는 실관개시간 T (hr)에 의하여 변화한다. 계획에 있어서 조절지 또는 저수조의 용량이 최대가 되는 T (hr)의 값은 다음 식으로 구한다.

$$T = 8f^2 + 16f - \sqrt{64f^4 + 256f^3 - 128f^2}$$

단, 지구의 계획 최소일소비수량일 때의 실관개시간이 위식으로 구한 T 시간 이하가 되지 않는 경우는 계획상의 최소관개시간을 사용한다. 또한 펌프로 조절지 또는 저수조에 송수하는 경우, 송수유량의 하한치가 제한을 받는 경우에는 별도로 검토해야 한다.

③ 자유도를 부가하므로써 생기는 조절지 또는 저수조 용량의 증가량 (V_{F2})

조절지 또는 저수조 용량의 증가량, 즉 시간적 집중을 완화하기 위하여 필요한 용량 V_{F2} (m^3)는 다음 식으로부터 구한다.

$$V_{F2} = V_{F1+F2} - V_{F1} \dots\dots\dots(2.3.42)$$

여기서 V_{F1} 은 식 (2.3.38) 또는 (2.3.40)에 의해 구한 값으로 시간적 집중에 의한 물수요유형은 일반적으로 삼각형을 나타내지만, 조절지 또는 저수조의 지배면적이 비교적 작은 경우 또는 영농형태 자동화의 정도에 따라서는 살포시간이 집중되고, 사다리꼴 또는 사각형을 나타내는 경우가 있다. 따라서 이들 유형을 채택할 때는 시설규모와 효과와의 관계를 충분히 고려해야 한다.

(3) 다목적 이용을 위한 용량

동상해방지, 해풍해방지 등 특정시간에 물이용이 집중하는 경우의 필요용량 V_{F3} (m^3)은 별도 계획치를 기준으로 하여 산정한다.

(4) 양수시설 및 분수시설의 원활한 운전제어용량

조절지 또는 저수조의 수위에 따라 간선수로서 부터 펌프에 의해서 취수 또는 분수시설을 제어하는 경우에는 취수의 On-Off 제어를 원활하게 하기 위한 용량 V_{F4} (m^3)를 필요로 한다. 이들은 또한 제어의 안전성을 위하여 조절지 또는 저수조의 수위차의 하한치로부터 제약을 받는다.

$$V_{F4} = Q_p \cdot t_o \dots\dots\dots(2.3.43)$$

$$V_{F4} \geq 0.2^* \times A_o \dots\dots\dots(2.3.44)$$

V_{F4} 는 (2.3.43)식 및 (2.3.44)식의 양식을 만족시켜야 한다.

여기서, Q_p : 펌프양수량 (m³/min)

t_o : 펌프휴지시간 (20분이상) (min)

A_o : 조절지 또는 저수조의 단면적 (m²)

*: 펌프 시동정지용 액면릴레이, 플로우트밸브 등의 불감대(不感帶)로부터 정해지는 수위차 20cm이상을 대체적인 기준으로 한다.

(5) 원활한 송수관리를 위한 용량

규모가 크고 긴 간선 개수로에서는 취수지점과 분수지점 사이에 생기는 유황조작의 응답지연 때문에, 감량조작의 경우에는 무효송수가 생기며 많은 관리용수가 쓰여진다. 또한 증량조작의 경우에는 그 지연으로 인하여 물수요에 즉시 응할 수 없게 된다.

이와 같은 관리손실수량을 경감시키고, 또한 용수계의 물관리조작을 용이하게 하기 위하여 다음과 같은 용량 V_{F5} (m³)를 조절지 또는 저수조에 갖게 한다.

$$V_{F5} = \Delta Q \cdot \tau \dots\dots\dots(2.3.45)$$

여기서, ΔQ : 유량변화량 (m³/s)

(계획 일소비수량의 기별변화차가 최대로 되는 때의 유량차)

τ : 유황조작의 응답지연시간 (s)

응답지연시간 τ 의 산정은 다음과 같은 방법이 적용된다. 여기서는 직사각형 단면의 개수로의 경우에 대한 계산법을 제시한다.

- ① 초기 정상유황으로부터의 정보와 도달상황의 분류
- 파속에 의한 시간 T_h (s)

$$T_h = l / (v_b + \sqrt{g h_b})$$

수로내의 저류변화에 의한 시간 T_c (s)

$$T_c = \Delta V / \Delta Q$$

여기서, l : 수로의 길이 (m).

g : 중력가속도 (9.80 m/s^2)

v_b : 초기평균유속 (m/s)

h_b : 초기평균수심 (m)

ΔV : 수로내의 저류변화량 (m^3)

② $T_h > T_c$ 의 경우

수위상승의 영향이 크고 또 ΔV 가 작은 경우이며, 용수도달상황은 T_h 에서 그 전량이 변화하므로 $\tau = T_h$ (s)로 주어진다.

③ $T_h < T_c$ 의 경우

무차원곡선을 모식적으로 나타내면 그림 2.3.21과 같다.

여기서, A점의 좌표는 $(T_h/T_c, 0)$ 가 된다. 또 B점의 가로좌표를 $t/(\Delta V/\Delta Q) = 1.0$ 으로 할 때, B점의 세로좌표는 0.667(실험정수)이 된다. 즉, B점의 좌표는 (1.0, 0.667)이다.

그림 2.3.22에서 사선부분이 저류변화를 나타내므로 C점의 가로축의 값 $[t/(\Delta V/\Delta Q)]_c$ 는 $\triangle ABD$ 와 $\triangle BEC$ 의 면적, 즉 S_1 과 S_2 를 같도록 하면

$$[t/(\Delta V/\Delta Q)]_c = 3.0 - 2.0 \cdot \frac{T_h}{T_c} = 3.0 - 2.0 \cdot \frac{l/(v_b + \sqrt{g \cdot h_b})}{\Delta V/\Delta Q}$$

따라서 C점의 좌표는 다음과 같다.

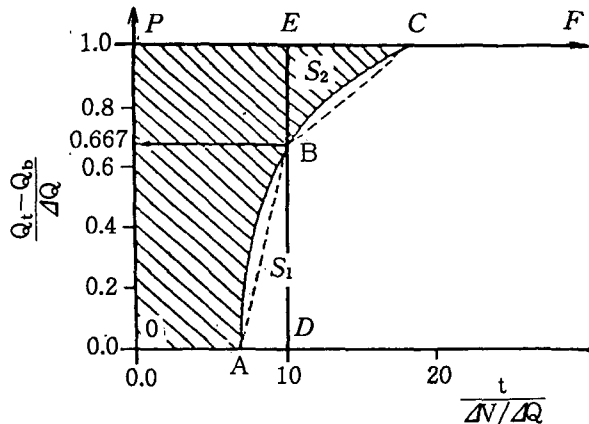


그림 2.3.21 무차원 표시곡선

$$(3.0 - 2.0 \cdot \frac{l/(v_b + \sqrt{g \cdot h_b})}{\Delta V / \Delta Q}, 1.0)$$

그림 2.3.21에 표시한 바와 같이 V_{FS} 의 무차원량은 그림의 사선부분 면적으로 주어진다. 그런데 그림에서 $S_1 = S_2$ 이므로 V_{FS} 의 무차원량은 □ ODEP의 면적으로 생각할 수 있다. 따라서 V_{FS} 를 식 (2.3.45)과 같이 주어진 경우에는 τ (s)의 값은 식 (2.3.46)과 같다.

$$\tau = \frac{\Delta V}{\Delta Q} \dots\dots\dots(2.3.46)$$

④ ΔV 를 구하는 방법

수로기울기 1/3,000 이상의 경우에는 부등류계산에서 얻어진 직사각형단면 수로의 초기정상유황의 수면형 $h_b(x)$ 와 조작후 정상유황의 수면형 $h_c(x)$ 로부터 ΔV 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta V = b \int_0^l [h_c(x) - h_b(x)] dx \dots\dots\dots(2.3.47)$$

여기서, x : 수로종단방향의 거리 (m)

b : 수로나비 (m)

이 방법은 직사각형단면수로에 관하여 기술한 것이지만, 포물선단면수로에도 적용될 수 있다.

그림 2.3.22와 같은 포물선단면 $Z = ay^2$ 의 수로에서 통수단면적은

$A(h) = 4h^{3/2}/3\sqrt{a}$ 로 주어지므로 ΔV 는 다음과 같이 표시된다.

$$\Delta V = \frac{4}{3\sqrt{a}} \int_0^l \{ [h_c(x)]^{3/2} - [h_b(x)]^{3/2} \} dx$$

여기서, $h_b(x)$ 및 $h_c(x)$ 는 각각 포물선단면수로에 있어서의 초기 정상유황 및 조작후 정상유황의 수면형이다.

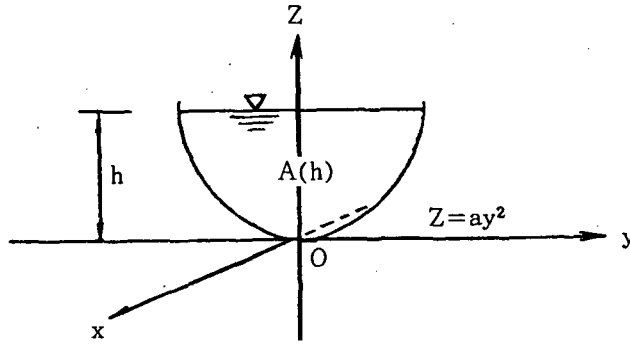


그림 2.3.22 포물선단면 수로

2) 조절지 또는 저수조의 위치 및 생략

(1) 조절지 또는 저수조의 위치

다음 각항을 검토하여 결정한다.

- ① 원칙적으로 관개구의 근처에서 자연압으로 필요압력을 확보할 수 있는 곳을 선정한다.
- ② 유지관리가 용이하며 경제적인 장소를 선정한다.
- ③ 급수조방식의 경우에는 유지관리와 경제성의 양면에서 지배규모와 위치를 검토한다. 고위부에 집중하여 설치하는 것이 반드시 유리하다고는 할 수 없다.
- ④ 기존의 연못을 유효하게 이용한다.
- ⑤ 시공조건이나 지반조건도 미리 검토한다.
- ⑥ 잉여수의 방류 또는 긴급방류를 생각하여 방수로가 용이하게 확보될 수 있는 곳을 선정한다.

(2) 조절지 또는 저수조의 생략

지형적 및 경제적인 제약 때문에 조절지 또는 저수조의 설치가 부적당한 경우에는 그 기능을 간·지선의 유량제어에 의해 보완하는 방법도 있다. 일반적인 관개시설에서는 계획시점에서 구상한 물이용상황이 반드시 실현되는 것은 아니고, 또한 그것은 해가 경과함에 따라 변화하는 경우가 많다. 조절지 또는 저수조를 안전시설로서의 기능도 갖게 하기 위하여, 특히 부득이한 경우를 제외하고는 생략하지 않은 것이 좋다. 어쩔 수 없이 생략하는 경우에는 안전성에 대하여 충분히 고려해야 한다.

나. 배관계획

1) 관직경의 결정

급수관로를 결정하기 위한 유량은 다음식으로 구한다.

(1) 유회구내의 유량

$$q = \frac{E_2}{8.64} \cdot \frac{24}{T_o} \cdot A_u = N \cdot q_n / (1 - E_m) \dots\dots\dots(2.3.48)$$

여기서, q : 유회구내로의 공급수량 (l/s)

E_2 : 조관개용수량 (mm)

T_o : 1회의 실관개시간 (hr) (최대관개시 1개의 말단시설에 대한 것)

A_u : 유회구내의 동시살포면적 (ha)

N : 유회구내의 동시작동 스프링클러 수 (개)

q_n : 스프링클러 1개의 평균배출량 (l/s)

E_m : 운반손실률

배관시설의 조직용량에 자유도 f 를 고려하는 경우에는 다음 식에 의한다.

$$q_f = \frac{E_2}{8.64} \cdot \frac{24}{T_o} \cdot f \cdot A_u = N \cdot q_n \cdot f / (1 - E_m) \dots\dots\dots(2.3.49)$$

여기서, f 는 조직용량의 자유도이며, 그 정의는 3.6.4항을 참조할 것.

(2) 유회구까지의 유량

$$Q = \sum q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots\dots + q_n \dots\dots\dots(2.3.50)$$

여기서, Q : 유회구까지의 공급수량 (l/s)

$\sum q$: 통수단면을 결정하려 하는 구간 이후에 있는 각 유회구내의
공급수량의 합계 (l/s)

조직용량에 자유도 f 를 고려하는 경우는 다음 식에 의한다.

$$Q = \sum q \cdot f = (q_1 + q_2 + q_3 + \dots\dots + q_n) \cdot f \dots\dots\dots(2.3.51)$$

(3) 수리공식

관직경결정에 있어 마찰손실수두는 다음의 Hazen-Williams 공식에 의하는

것을 원칙으로 한다.

$$H = \frac{6.819 \cdot L \cdot V^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{1.167}} \dots\dots\dots (3.52)$$

여기서, H : 마찰손실수두 (m)

D : 관의 직경 (m)

L : 관의 길이 (m)

V : 관내의 유속 (m/s)

C : 계수

염화비닐관 150 (단, 관직경 150mm 이하에서는 140),
석면시멘트관 140, 닥타일주철관 (모르타르 라이닝) 130,
강관 (에폭시 도장) 130 (단, 강관 800mm 미만의 용접부의 도장은 원칙적으로 실시하지 않으므로 C 값은 별도로 생각함)

수리설계의 상세한 내용은 농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로공편 관수로를 참조할 것.

(4) 관직경의 결정

① 동수경사는 가장 엄격한 제약조건이며, 최대거리 또는 최대양정 등을 기준으로 한다.

② 급수지관은 각 지관의 하류로부터 계산을 시작하여, 차례로 상류로 향하여 계산을 진행시킨다. 급수지관은 어느 분기점에서나 주어진 조건에서의 최대 손실수두 경사선으로 설계한다.

③ 조절지나 저수조 또는 급수조 아래의 관수로가 자연압력식일 때에는 동수경사선의 최고높이는 조절지나 저수조 또는 급수조의 최저 취수위로 정한다. 또한 지선에서는 분수점의 동수경사선에 의하여 정한다. 따라서 관수로의 관직경 배열은 동수경사선의 최고높이를 넘지 않도록 결정한다.

④ 자연압력식의 관수로에서 관직경배열을 결정할 때에는 관로비용에 대한 손실수두의 비가 일정하게 되도록 관직경을 선정한다. 즉 관로비용에 비례하여 유효수두를 배분하도록 한다.

⑤ 동수경사는 일정한 유량에 대해 관직경이 작을수록 커진다. 각 분수점에서 필요로 하는 동수경사선의 높이가 정해지면 이에 적합한 관직경을 구할 수 있다.

⑥ 송수방식이 급수조방식 또는 압력조방식인 경우에는 관직경선택이 바로

양수기의 규모에 영향을 주므로, 양수기의 비용과 관수로의 비용의 조합에 대하여 비교설계하여 비용의 최소화를 도모해야 한다. 이 경우 양수기의 비용에는 경상경비 및 보수비 등도 포함하여 취급해야 한다.

⑦ 어떠한 경우에도 동수경사선은 관수로의 부설종단보다 위에 있어야 한다.

⑧ 분수위가 정해져 있는 경우의 분기선의 관직경배열은 주어진 분수위의 최종지점간의 낙차를 최대한으로 활용한다. 이 경우의 관직경배열의 결정은 다음식에 의한다. (그림 2.3.23 참조)

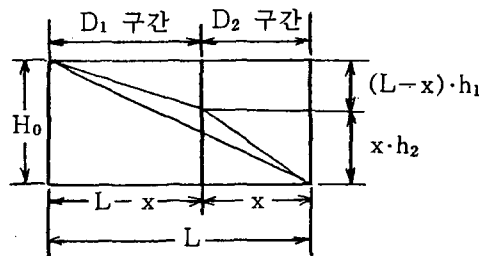


그림 2.3.23

$$x = \frac{H_0 - h_1 \cdot L}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(2.3.53)$$

여기서, x : 작은 쪽 관직경 (D_2)의 관로길이 (m)

H_0 : 이용가능한 유효수두차 (m)

L : 관로 전체의 길이 (m)

h_1 : 큰 쪽 관의 단위깊이에 대한 마찰손실 (mm)

h_2 : 작은 쪽 관의 단위깊이에 대한 마찰손실 (mm)

$L-x$: 큰쪽 관직경 (D_1)의 관로길이 (m)

⑨ 연장이 긴 관수로에 있어서는 곡관, 분수관 등의 이형관 및 제수밸브류의 국소 손실수두는 마찰손실수두에 비하여 작으므로 무시할 수 있다. 또한 국소 손실을 고려하는 경우의 개략치로서는 마찰손실수두의 10% 정도를 가산하는 것이 좋다.

단, 특수한 밸브류, 예를 들면 자동화된 다목적 이용시설에서 사용되는 전자밸브, 스프링클러의 라이저(riser)관에 붙이는 스톱밸브, 펌프의 송수관에 설치하

표 2.3.13 설계유속의 표준치

관 경 (mm)	설계유속(m/s)
75 ~ 150	0.7 ~ 1.0
200 ~ 400	0.9 ~ 1.6
450 ~ 800	1.2 ~ 1.8
900 ~ 1,500	1.3 ~ 2.0
1,600 ~ 3,000	1.4 ~ 2.5

표 2.3.14 허용최대평균속

관 내 면 상 태	평균유속의 허용 최대한도 (m/s)
모르타르 또는 콘크리트	3.0
강철 또는 주철	5.0
경질염화비닐 및 경질포리에치렌, 강화플라스틱	5.0
복합관	

는 스 모렌스키·자기밸브 등에서는 2~5m 정도의 국소손실수두를 일으키므로 각각에 대하여 이들 손실을 고려할 필요가 있다.

⑩ 관내유속은 손실수두와의 관계에서 볼 때 관로의 경제성에 영향을 준다. 노선의 조건, 사용하는 관의 종류, 관의 직경, 관로형식 등에 따라 일률적으로 정할 수는 없지만, 일반적인 유속의 범위를 나타내면 표 2.3.13과 같다.

관내 평균유속의 최대허용한도는 관의 내면재질에 의하여 표 2.3.14에 제시한 값으로 한다. 또한 수중의 부유물의 침적을 피하기 위하여, 관내 유속의 최소한도는 계획유량의 경우 0.3m/s이상으로 한다.

⑪ 급수조직은 수지상(樹枝狀)배관을 기본으로 하지만, 관망으로 하는 경우에는 조직을 구성하는 각 관로의 유량분포가 일련의 조직체로서의 수리적 제약을 받으므로 그 설계는 관망유량계산에 따라야 한다. 관망의 유량계산에는 여러가지 방법이 있지만, 반복근사법인 하아디·크로스(Hardy-Cross)법이 널리 사용된다.

2) 관의 종류와 재료의 선정

관의 종류와 재료는 충분한 강도를 가질 것을 전제로 경제성을 고려하여 선정한다.

3.6.7 약액 및 비료 혼입처리조직계획

가. 블록구성 및 시설구성

블록은 살포블록, 유회관, 관개구의 순으로 구성하고, 기본적 시설은 급수시설 및 말단살포시설로 구성한다.

(1) 살포블록이란 말단의 밸브조작에 의하여 동일한 급수관계 중에서 동시에 살포되는 범위의 발면적을 가르키며, 살포블록은 한개씩 유회관으로 살포되는 형식을 취하고 있다. 또한 계획간단일수내에 차례대로 관개되는 살포구의

집합체를 유회구라고 한다. 다시 유회구가 여러개 조합되어 관개구를 구성한다.

(2) 급수시설은 조절지 또는 저수조로부터 말단살포시설의 밸브 직전에 이르는 각 블록과 수리적으로 결합하는 관로계 및 그 부대설비로 구성된다. 말단살포시설은 밸브 이하의 살포블록내의 배관 및 살포설비에 의하여 구성되는 관로계이다.

상기 블록과 시설의 구성은 그림 2.3.24에서 보는 바와 같다.

(3) 다목적 이용조직의 배관면적규모가 큰 경우에는 살포블록 → 유회구 → 관개구의 3단구성이 되지만, 규모가 작은 경우에는 유회구와 관개구가 동일규모로 되어 2단구성이 된다.

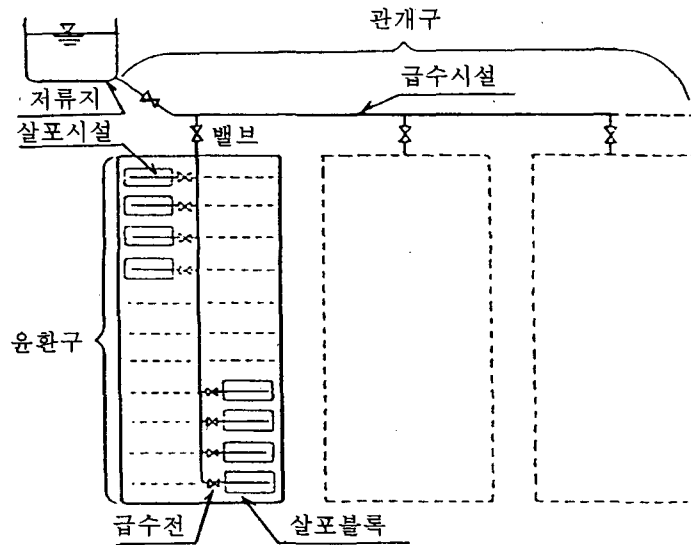


그림 2.3.24 발관개시설의 블록구성

나. 자재혼입방식

병충해방제 및 액비시용을 위한 자재혼입방식은 조직내의 시설배치에 의하여 관개구 혼입방식, 유회구 혼입방식, 살포블록 혼입방식의 3방식으로 나눌 수 있다. 또한 혼입장치의 기능면에서는 전량희석주입방식, 정유량밸브방식, 유량비례방식, 차압이용방식의 4방식으로 분류할 수 있다.

1) 혼입방식의 도식화

(1) 관개구 혼입방식 (A방식)

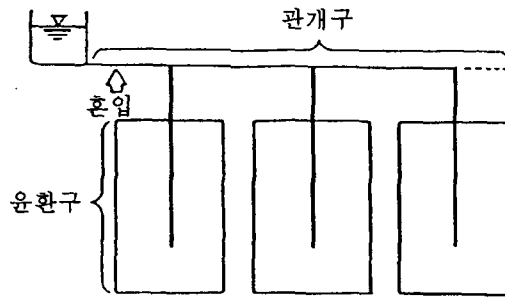


그림 2.3.25

(2) 윤환구 혼입방식 (B방식)

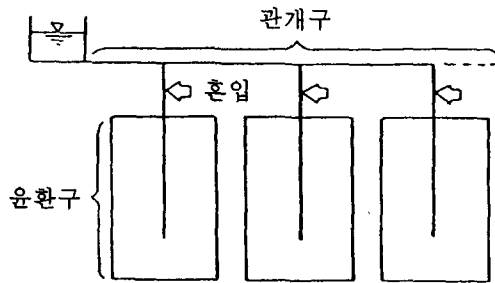


그림 2.3.26

(3) 살포블록 혼입방식 (C방식)

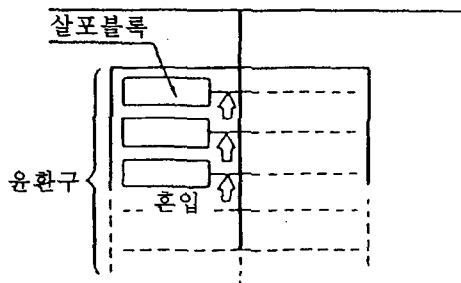


그림 2.3.27

관개구 혼입방식 및 윤환구 혼입방식의 혼입장치는 급수시설에 속하며, 살포블록 혼입방식의 장치는 살포시설에 속한다.

2) 혼입방식의 특징

(1) 관개구 혼입방식

이 방식은 지배면적 10ha 정도의 단일작물의 대규모단지이며 단지가 1개소에 집합되어 있고, 또한 지형조건, 영농형태 및 작업체계가 하나로 집약되는 경우에 적용하면 시설규모효과가 기대되어 유리하다.

(2) 윤환구 혼입방식

이 방식은 대규모단지이면서 포장이 수 ha 단위로 분산되어 있는 경우 및 1개소로 집합된 대규모단지라 할지라도 단지의 작물구성이 다양하고 영농형태 및 작업체계가 수 ha ~ 10ha 정도로 집약된 경우에 적합하다.

(3) 말단블록(살포블록) 혼입방식

이 방식은 고급채소의 집약재배의 경우와 같이, 개별경영을 주체로한 영농형태 및 작업체계를 확보하는데 적합하고, 그 지배면적은 수십 a ~ 수 ha 정도이다.

표 2.3.15 조직규모별 적용방식

방식 \ 조직	대	중	소
A 방식	○	×	×
B 방식	○	○	×
C 방식	○	○	○

3) 약액혼입방법

(1) 전량희석주입방식

이 방식은 혼입기구를 사용하지 않고, 조정조 또는 저류조에서 소정의 희석농도의 약액을 배관중에 압입하여 살포하는 방식이다.

배관면적이 크면 대용량의 조정조 또는 저류조가 필요하게 되며, 또한 약액의 조정에 시간이 너무 걸리면 약효상의 문제가 생기므로 이 점에 유의해야 한다.

(2) 정유량밸브방식

액비 및 약액의 조정액을 살포배관과는 별도로 배관한 약액전용관으로 정유량밸브까지 유입한 본관유량과 약액유량을 일정한 유량비로 만들어 소정의 희석액을 만드는 방법이다.

(3) 유량비례방식

관개용 배관과 약액유입량 배관에 대한 관직경의 면적비율을 희석배율로 하고, 관개용 배관에 벤츄리 기구를 설정하여, 그 1차측의 수압과 약액의 압력이 항상 같도록 하며, 2차측에 발생하는 차압을 이용하여 약액을 관개용 배관에 주입하므로써 일정한 배율의 희석액을 얻는 방식이다.

(4) 차압이용방식

관개수와 약액의 유량을 각각 오리피스에 의하여 측정하고, 양자의 차압이 항상 같게 되도록 조정밸브를 조절하여, 양 배관직경의 비율을 소정의 희석배율과 같게 하여 혼입하는 방식이다.

다. 잔액처리방식

1) 급수시설내의 잔액처리방식

송·급수관로의 관직경은 살포관로에 비하여 상당히 크고, 연장이 길어지게 되어 대량의 약액손실을 일으킬 염려가 있다.

간·지선 관수로내의 잔액처리방식으로서는 일반적으로 ① 물 압출방식, ② 역류회수방식의 두 방식이 적용되고 있다.

2) 살포시설내의 잔액처리방식

이는 회수처리와 포장의 살포처리로 나눌 수 있다.

(1) 회수처리 : 순차회수방식, 동시회수방식, 복수배관회수방식

(2) 살포처리 : 물 압출방식, 공기취입방식

3.7 송수조직계획

3.7.1 송수방식의 결정

1) 송수조직의 선정

송수조직은 일반적으로 그림 2.3.28에서 보는 바와 같은 복잡한 조직이다. 송수조직의 선정에 있어서는 수원으로부터 포장까지의 물사용법을 포함하여 하나의 조직으로 취급하고, 고려해야 할 몇가지 조직에 대한 비교안을 작성하여 이들 중에서 가장 좋은 안을 선정해야 한다.

비교안의 검토에 대한 평가기준은 다음과 같다.

(1) 수자원의 유효이용, 특히 양수한 물 또는 댐에 저류한 물을 불필요하게 방류하는 것을 적극적으로 방지할 것 (무효방류의 방지).

(2) 물관리가 용이한 상태에서 원활한 물배분이 가능할 것 (효율적 물배분).

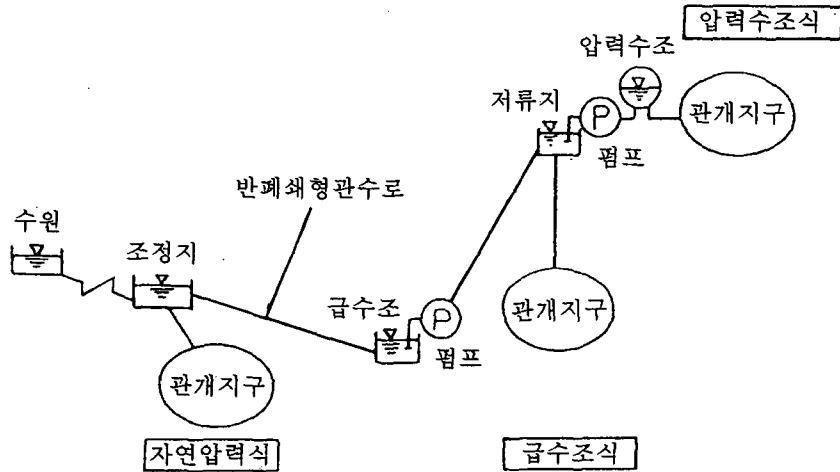


그림 2.3.28 송수방식의 조합에 의한 송수조직의 예

- (3) 시설비가 저렴하고 과대하지 않을 것 (경제적 초기투자):
- (4) 조작이 단순하고 고장이 적을 것 (높은 신뢰도).
- (5) 유지관리비가 싸게 들 것 (저렴한 관리비).

위에 기술한 조건을 만족하기 위한 송수조직의 선정에 있어서는 조절지 또는 저수조 및 조절지의 부대설비도 포함하여 검토해야 한다.

2) 송수방식의 종류와 선정

송수방식은 다음 5종류로 대별된다.

- | | | |
|-----------------|---|-------------------------|
| 자연낙차를 이용하는 경우 | [| 자연유하식 : 개수로, 개방형관수로 |
| | | 자연압력식 : 반폐쇄형관수로, 폐쇄형관수로 |
| 펌프양수를 필요로 하는 경우 | [| 급수조식 : 반폐쇄형관수로, 폐쇄형관수로 |
| | | 압력수조식 |
| | | 펌프직송식 |

위에 기술한 5종의 방식중에서 자연유하식은 대규모 계획지구에 있어서 수원으로부터 조절지까지의 간선도수로에, 펌프직송식은 소규모의 발관개시설로서 수격대책에 만전을 기할 수 있는 경우에 적용할 수 있다.

일반적인 발관개시설에 있어서의 송수방식으로서의 자연압력식, 급수조식 및 압력수조식이 많이 사용된다.

그림 2.3.29는 송수방식의 일반적인 형식을 나타낸 것이다.

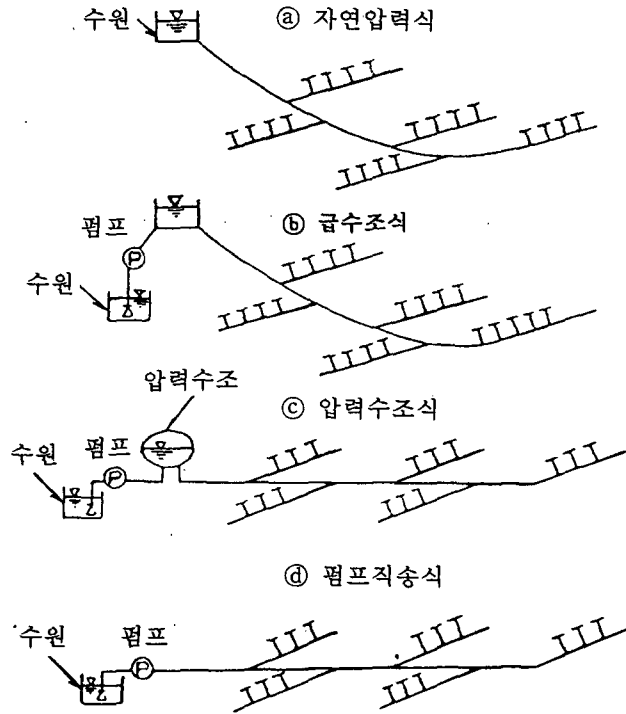


그림 2.3.29 송수방식의 종류

우선적으로 검토해야 할 일은 가장 좋은 방식인 자연압력식이 적용될 수 있는가 하는 것이다. 따라서 지구의 일부만이라도 자연낙차를 이용할 수 있으면, 그 지역에 대해서는 자연압력식을 적용하는 것이 바람직하다. 자연낙차를 이용할 수 없는 지구에서는 급수조식에 대하여 검토하고, 급수조식을 적용할 수 없는 경우에 대해서만 압력수조식을 적용한다. 여기서 압력수조식으로 하는 경우의 1펌프장에 대한 지배면적은 유지관리 및 시설비면에서 가능한 30~60ha 이하로 하는 것이 좋다.

계획지구가 광대하며 또한 지구가 분산되어 있는 곳에서는 이들의 송수방식을 몇 개의 조합으로 생각할 수 있으므로, 어떠한 조합으로 할 것인가를 도수의 수로형식을 고려한 몇 개의 비교안을 만들어 충분히 검토한 다음 가장 좋은 안을 선정하는 것이 바람직하다.

예를 들면 펌프양수가 필요한 지구에서 수원으로부터 관개지구까지 상당히 떨어져 있는 경우, 수원위치에서 펌프양수하여 일괄 송수할 것인가 또는 지구까지의 도중이나 지구내로 도수한 후 펌프양수하여 송수할 것인가, 또한 송수방식을 급수조식으로 할 것인가 또는 압력수조식으로 할 것인가, 그리고 도수

로는 개수로, 반폐쇄형관수로, 폐쇄형관수로중 어느 것으로 할 것인가, 이밖에 조정지나 조절지 또는 저수조가 필요한가, 필요한 경우 어느 위치에 설치할 것인가 등 여러 가지 조합을 생각할 수 있다. 따라서 현지의 수원과 그 위치, 지구내의 상황 등을 충분히 조사하여 각종 조건에 가장 적합한 안을 전술한 1)항의 평가기준에 의하여 검토한 다음 선정해야 한다.

특히 대규모 계획지구에서는 송수방식의 여하가 물관리 및 시설의 유지관리를 좌우하는 가장 중요한 문제가 된다.

급경사지 등 표고차가 크고 시판하는 관의 내압강도 이상으로 고저차가 있는 곳에서는 원칙적으로 규격관의 압력허용범위내에서 지구를 등고선방향으로 구분하여 2단 또는 3단양수방법을 취하도록 한다.

3) 수로형식과 그 특징

수로형식은 개수로와 관수로로 대별된다. 관수로에는 3종의 형식이 있고, 각각의 특징은 표 2.3.16에서 보는 바와 같다.

송수방식이 정해지면 계획에서 주어진 조건과의 관계에 따라 수로형식은 대략 특정의 형식으로 정해진다.

관수로의 계획이나 설계에 대한 상세한 내용은 농업생산기반정비사업 계획설계기준 수로공편 관수로를 참조할 것.

3.7.2 조정시설

조정시설에는 간선수로계의 도중 또는 말단에 설치하여 1일~수일의 장기적 조절을 도모하는 것을 목적으로 하는 조정지, 주로 1일 이내의 수요를 조정하기 위한 조절지 또는 저수조, 수십분 정도의 펌프운전이나 기타 시설의 연계동작을 조정하거나 과도현상을 완화시켜 시설을 보호하기 위한 급수조(서어지탱크 및 압력탱크를 포함)가 있다.

1) 조정지

(1) 조정지의 규모결정

① 급수관리 즉 용수의 원활한 배분을 주목적으로 하는 경우에는, 조정지로부터 하류의 계획최대유량의 반일 또는 1일분 정도의 저수능력을 갖도록 하는 것이 바람직하다.

이 경우의 조정지 저수량은 다음 식에 의하여 구한다.

$$V = \frac{10 \cdot D_m}{E_f} \cdot \frac{N_t}{24} \cdot A = \frac{D_m \cdot N_t}{2.4 E_f} \cdot A \dots\dots\dots(2.3.54)$$

표 2.3.16 관수로 각 형식의 특징

형식 조건	개 방 형	폐 쇄 형	반 폐 쇄 형
분 수 조 절	스탠드 위치에서 분수 기능을 겸용시킬 수 있기 때문에 스탠드의 구조에 적절한 장치를 가하면, 분수량의 조절도 비교적 용이하고 정확하게 할 수 있다.	동일배관계통중의 일부의 급수전을 개방하면, 즉시 다른 급수전의 분수량에 영향을 주는 결점이 있다. 이와 같은 경우에도 정량 분수할 수 있는 부수장치도 생각할 수 있지만, 공사비가 커진다.	부유식밸브스탠드의 위치에 분수시설을 병설하면, 어느 정도의 분수량을 조절할 수 있으므로 폐쇄형보다 약간 유리하다.
관 체	스탠드사이의 고저차를 규제함으로써, 저압관을 사용할 수 있는 반면, 스탠드위치에서 일단 감압되므로 관직경이 크게 되는 경향이 있다.	수두를 유효하게 이용할 수 있는 반면, 고압파이프의 사용이 필요하게 된다. 그러나, 표고차를 최대한으로 활용할 수 있으므로 개방형에 비하여 관경을 작게 할 수 있어, 급경사지에서는 개방형보다 관체 비용은 싸게 드는 수가 있다.	부유식밸브를 적당하게 설치하므로써, 저압관의 사용이 가능하다. 일반적으로 개방형보다도 고압관이 필요하게 된다.
스 탠 드	일방향 경사지에서의 배관에서는 스탠드간격을 좁히지 않으면 안되며, 스탠드수가 많아진다.	스탠드가 없으므로 이에 요하는 비용은 전혀 필요가 없게 된다.	관의 내압강도의 범위내에서 플루우트밸브를 설치하면 좋고, 경사지라고 하더라도 개방형보다 스탠드의 수가 적어도 된다.
방 수 시 설	단면변화점(분수점)에는 반드시 방수시설을 필요로 한다.	단면변화점(분수점)에 방수시설을 필요로 하지 않는다.	플루우트밸브의 위치에 여수토를 가급적 설치하는 편이 좋다. 최말단을 하천 등에 연락시켜 둘 필요는 없지만 개방형보다 방수시설비는 적게 든다.
물 관 리 손 실	물관리손실은 개수로 만큼 크다. 특히 24시간의 관개를 하지 않는 발관개의 경우, 이 손실은 예상 이상으로 크다.	물관리손실은 적다.	물관리손실은 적다.

여기서, V : 조정지 저수량 (m^3)

D_m : 계획 최대일소비수량 (mm/day)

E_f : 관개효율

N_t : 저수시간 (hr) = 저수일수 \times 24

A : 조정지의 관개면적 (ha)

② 수로시설의 관리 즉 보수나 점검 등에서 생각하는 경우에는, 이에 소요되는 시간이 규모의 결정조건이 된다.

일반적으로 $0.5 m^3/s$ 이하의 관수로에서 파손시의 보수는 1일 이내에 끝낼 수 있다. 그러나 그 이상의 규모에서는 3~7일 정도가 소요된다.

③ 물배분이나 시설관리 뿐만 아니라 보조수원으로서의 역할을 다하는 경우에는, 그 조정지에 저수시켜야 할 필요저수량과 조정지 유입수로의 통수능력으로부터 규모를 정한다.

(2) 조정지의 배치

조정지의 설치위치는 지구내에 가급적 많이 분산해서 설치하는 것이 이상적이며, 더구나 하천(댐을 포함)으로부터의 취수지구에서는 특히 고수시에 도입저수하는 것을 고려한 보조수원적 역할도 다해야 한다.

또한 조정지 설치예정지점의 입지조건, 경제성, 상하류 관수로의 수위계획 등 종합적인 수두배분에 대해서도 충분히 검토하여 결정한다.

2) 조절지 또는 저수조

조절지 또는 저수조의 용량결정은 3.6.6 가. 조절지 또는 저수조 계획 참조

3) 급수조

(1) 일반사항

급수조를 사용하는 송수방식은 펌프송수방식으로서 가장 바람직한 방식이며, 스프링클러관개면에서도 가장 좋은 방식이다.

급수조는 주로 펌프의 운전이나 정지시간 동안의 송·급수의 조절을 목적으로 하기 위해서는 조정용량은 비교적 적어도 된다. 그러나 정전이 예상되는 태풍시의 해풍해방지를 목적으로 하는 경우에는 미리 필요수량의 전부를 급수조에 저류하여 두어야 하기 때문에 상당히 큰 용량이 필요하다.

(2) 급수조의 용량

급수조의 규모가 클수록 펌프설비의 유지보전면이나 또는 용수의 원활한 급수관리면에서 유리하므로, 시설비가 허용되는 한 크게 하는 것이 바람직하다.

일반적으로 급수조의 최소용적은 급수조내의 설정수위에 의하여 펌프를 자동

운전하는 경우에는 펌프의 On-Off 허용빈도를 고려하여 결정한다. 이 때 최대 유량시의 펌프의 최저휴지시간은 일반적으로는 20분간 이상으로 하는 것이 바람직하고, 부득이한 경우에도 10분간 이상으로 하는 것이 좋다.

이 경우의 급수조용적은 다음 식으로 구한다.

$$V = Q_p \cdot t \dots\dots\dots(2.3.55)$$

여기서, V : 급수조 유효저수용적 (m^3)

Q_p : 계획최대양수시의 양수량 (m^3/min)

t : 펌프의 최저 휴지시간 (min), 보통 20분간 이상

(3) 급수조의 위치

- ① 급수조 지배하의 관개구역에 관개방식에 따라 요구되는 필요수두가 얻어지는 위치(표고)에 있을 것.
- ② 펌프양수비용 및 배관비용이 가장 싸게 되는 위치를 선정할 것.
- ③ 계획규모의 부지가 충분히 얻어질 수 있는 곳.
- ④ 관리에 편리한 위치일 것.

4) 압력수조

(1) 일반사항

① 이 방식은 고정식 또는 준고정식(어느 것이나 펌프 고정의 경우)의 관개 시설로 사용되는 방식의 하나로서, 계획지구가 평탄하고 부근에 급수조식으로 하기에 필요한 높이의 산 등이 없는 경우에 적용된다.

압력수조를 병설하고 압력수조내의 압력차를 이용하여 펌프를 자동적으로 운전시킨다. 따라서 일반적으로 원동기는 모터로 한다.

② 양수기, 펌프의 제어기기(전기설비), 파이프의 유지보전 등의 점에서 일반적으로 한개의 펌프장에 대한 지배면적은 원칙적으로 30~60ha 이하의 소규모 관개의 경우에 적합하다.

③ 압력수조내의 공기의 보급은 공기압축기에 의한다.

(2) 압력수조의 설치위치

① 압력수조는 펌프장에 인접하여 설치한다.

② 압력수조의 위치, 즉 펌프장의 위치 여하에 따라 양수비용은 물론 관로공사비에 큰 차이가 생기므로 이들의 공사비가 가장 싸게 드는 위치에 설치해야 한다. 따라서 다른 조건이 허용된다면 지구의 중앙부근에 설치하는 것이 경제

적이다.

(3) 압력수조의 효용

압력수조에는 다음 4가지의 효과가 있다.

- ① 양수펌프의 시동과 정지를 간편하게 한다.
- ② 살포기의 분사압력을 거의 일정하게 유지한다.
- ③ 관로내의 압력변동(수격작용)을 흡수한다.
- ④ 극히 소량의 물을 이용할 때 빈번한 단속운전(斷續運轉)을 완화시킨다.

(4) 압력수조의 용적결정 산출식

압력수조의 용적은 다음 식에 의하여 구한다.

$$X(\alpha - \beta) = V = Q \cdot T_o, \quad X = \frac{V}{(\alpha - \beta)} = \frac{Q \cdot T_o}{(\alpha - \beta)} \dots\dots\dots (2.3.56)$$

$$\alpha = 1 - \frac{p + 1.033}{p' + 1.033}, \quad \beta = 1 - \frac{p + 1.033}{p'' + 1.033}$$

$$\alpha \leq 70\%$$

여기서, V : 유효저수량 (ℓ)

X : 압력수조내 총용적 (ℓ)

p : 처음 수조내의 계기압력 (kgf/cm^2)

p' : 최고 급수압력 (kgf/cm^2)

p'' : 최저 급수압력 (kgf/cm^2)

α : 최고 급수압력하의 수조내 수량 (%)

β : 최저 급수압력하의 수조내 수량 (%)

T_o : 단속운전시 펌프의 휴지시간 (min)

Q : 단속운전시의 급수량 (ℓ/min)

윗식에 의하여 수조의 용적을 결정할 수 있지만, 이 경우 $\alpha \leq 70\%$ 로 되어야 한다. 따라서 $\alpha \leq 70\%$ 의 조건을 만족시킬 수 없는 때에는 미리 압력수조내의 공기에 어느 압력을 가하여 둘 필요가 있다. 이 때문에 공기압축기를 설치한다. 사용중에 수조중의 공기가 물에 섞여 빠져나가서 그 보급이 번거롭게 되므로 공기압축기를 반드시 설치해야 하며, 자동 공기압축기를 설치하도록 한다.

3.7.3 펌프시설

펌프시설의 계획에 있어서는 다음과 같은 제원을 결정해야 한다.

- (1) 펌프설비대수
- (2) 펌프형식
- (3) 펌프구경
- (4) 배출량 (1대당)
- (5) 전양정
- (6) 원동기의 종류 및 출력
- (7) 운전제어방법

이들 제원의 결정에 있어서는 농업생산기반정비사업 계획설계기준, 수로공편 관수로를 참조할 것.

3.7.4 부대시설

부대시설로서는 3.6.2 및 3.6.3항에서 기술한 조정시설과 펌프시설 외에 다음에 열거하는 것들이 있다.

- (1) 취수시설
- (2) 분수시설
- (3) 조압시설
- (4) 통기시설
- (5) 안전시설
- (6) 관리시설

상세한 내용은 농업생산기반정비사업 계획설계기준, 수로공편 관수로를 참조할 것.

3.7.5 종합수리해석

종합수리해석에 대한 검토는 주로 다음의 3개 사항에 대하여 실시한다.

- (1) 시설종합기능의 검토
- (2) 물관리조작과 시설연계기능의 검토
- (3) 물관리조작에 따른 과도현상의 검토

이들의 검토에는 전산 시뮬레이션(simulation)이 효과적인 기법이 된다. 위에 기술한 각 검토항목에 대해서는 시뮬레이션 기술상 주로 정상시뮬레이션, 준정상시뮬레이션, 비정상시뮬레이션이 각각 적용된다.

1) 시설종합기능의 검토

개별적으로 설계되는 각 시설을 한 개의 시스템으로서 결합한 경우에 설정한 유량범위에서 계획조건이 안전하고도 안정되어 있는가를 검토할 필요가 있다. 먼저 계획최대유량에 대하여 각 시설이 일련의 수류계로서 일관하여 시설용량의 평형을 이루고 있는지를 검토한다. 다음에 예상되는 유량변화의 범위 특히 최소유역에 대하여 안전하고도 안정된 송·급수가 가능한가를 확인해야 한다.

2) 물관리조작과 시설연계기능의 검토

미리 정해진 물관리조작이나 예기치 않은 상황에 대한 긴급조작에 대하여 계획된 시스템이 일체가 되어 안전하고 안정되게 작동되는가를 검토해야 한다.

계획된 시설의 수리모델을 시뮬레이터(simulator)로서 물관리조작의 수치실험을 실시하여 미리 관리조작의 난이도 또는 무효방류의 상황 등을 검토하는 것이 중요하다. 필요한 경우에는 조정지의 용량 또는 통수용량을 수정하고 관리방법을 개선하여 적절한 송·급수관리가 실현될 수 있는가를 확인해 두어야 한다. 특히 도중에 개수로를 포함하고 있는 시설에서는 수로의 유달지연(流達遲延)으로 송수관리를 매우 곤란하게 하는 일이 생기고, 무효방류를 발생시키는 최대의 원인이라고 지적되어 왔다. 따라서 이러한 시설에서는 특히 관리조작에 대한 검토를 신중히 해야 한다.

3) 물관리조작에 따른 과도현상의 검토

물관리조작에 대하여 송·급수시설중의 수류의 과도현상을 해석하여, 제어의 동적 안전성 및 수격작용에 대한 안전성을 검토하여 두는 것이 바람직하다.

송·급수시설의 상태(수위나 유량)를 조사하고 그것을 피이드백(feed back)하여 송·급수시설의 상황을 자동 제어하려고 하는 경우에 불안정한 진동현상이 일어나는 일이 있다. 따라서 수류계의 수리모델을 기초로 정보시스템의 피이드백[또는 피이드포워드(feed forward)]기구를 고려한 시뮬레이션에 의하여 제어의 안정성을 확인해 두는 것이 중요하다. 또한 수류의 제어에는 목표로 하는 정상치가 달성될 때 까지 반드시 과도현상이 뒤따른다. 특히 개방형의 관수로에서는 불안정한 진동이 발생하여 스탠드로부터 용수가 넘친다든지 또는 공기를 흡입하여 여러가지 문제발생의 원인이 되기도 한다.

폐쇄형의 관수로에서는 큰 수격압이 발생하여 파이프가 파열되는 경우가 생긴다.

4) 기타

관개시설은 기간 송수시설을 제외하고는 계획지구 고유의 조건에 의하여 적

절한 시설형태가 크게 다르기 때문에, 일률적인 기준에 의하여 결정한다는 것은 불가능하다. 따라서 이 기준에 기술되어 있는 일반적인 사항과 계획지구 고유의 특수조건을 감안하여 사업계획지역에 적합한 구체적인 시설계획기준을 작성해야 한다.

3.8 관리제어시설

3.8.1 계획의 순서

물관리 제어시설은 개별시설을 조직으로서 결합하는 중요한 역할을 담당하며, 토목, 기계, 전기 등의 기술분야에 넓게 관련되어 있고 허가수속도 필요하므로, 적절한 순서에 따라 계획을 추진하여 시설 상호간에 종합적으로 조정함과 동시에, 계획내용을 충실히 하고 작업의 중복, 누락, 두번손질 등을 방지하며 공정계획의 합리화에 노력해야 한다.

사업의 계획에 있어서는 골격이 되는 요소부터 먼저 정하고 이어서 점차 세부적으로 진행하는 방법이 일반적이지만, 특히 물관리 제어시설과 같이 풍부한 경험과 종합적인 판단을 필요로 하는 기술에 있어서는 당초 계획단계에서 큰 줄거리를 결정하는 것이 사업의 성패를 좌우한다고 해도 과언이 아니다. 따라서 계획단계, 실시설계단계, 시공단계를 거쳐 시설완성후의 관리단계에 이를 때까지 모든 작업은 전문기술자의 일관된 지도방침하에 순서있게 추진되어 나가야 한다.

계획순서의 일례를 도시하면 그림 2.3.30에서 보는 바와 같다.

3.8.2 관리제어시설

1) 간·지선 관리제어시설

용수시설의 규모나 구성에 따라 다르지만, 간·지선 용수시설은 물이용의 대상인 말단포장까지 용수를 효율적이고 안전하고 확실하게 보내는 것이 중요하다. 따라서 간·지선계의 관리제어시설은 일반적으로 다음과 같은 목적과 내용을 가지고 있다.

(1) 물배분의 합리화

계획분수비율의 유지, 시기별 지역적 수요변동에 대한 송·급수기능의 개선, 수로 계의 응답특성에 대한 대응 등

(2) 물의 유효이용

과대취수의 규제, 무효방류·관리손실수량의 경감, 강우의 유효이용, 복수수

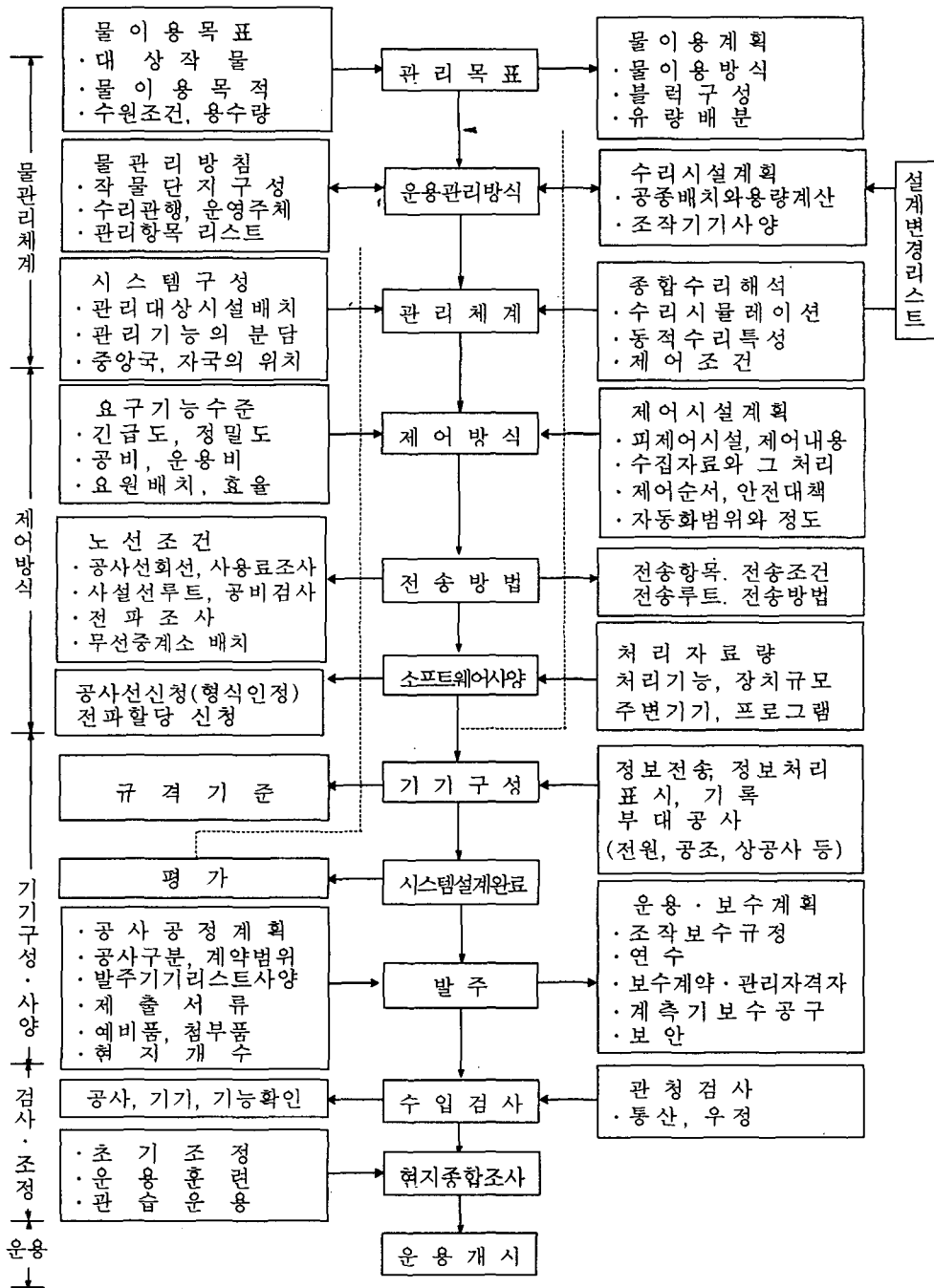


그림 2.3.30 계획순서의 예

원의 사용조정 등

(3) 시설기능의 보전

시설의 적정조작, 수로계 및 장치·기구 등의 이상 조기발견과 조치 (시설의 손해 및 2차 재해의 경감·방지)

(4) 관리경비의 절감

수리시설 운전동력비의 절감, 관리노무비의 절감 (감시조작 노무, 각종 자료작성 노무 등의 능률화)

(5) 기 타

시설·기구의 보호, 연락·통보·대응조치의 즉시성, 심리적 불안과 불만의 해소 (계 획성, 공평중립성의 확보)

발판개시설에서 물관리의 기본은 송·급수조직의 말단, 즉 포장의 급수구를 기점으로 하는 물수요에 적합하도록 송·급수제어를 실행하는 것이다. 한편 수원용량의 제약이나 수로단면의 경제성 등 때문에 공급측에도 일정한 규제를 가할 필요가 있다. 이 양자중 어느 것에 중점을 두느냐에 따라 수요주도형과 공급주도형의 두가지 운용방식으로 분류된다. 실용상으로는 경제성 및 운용조작 기술 등의 조건 때문에 양자를 적당히 절충하여 계획을 세우는 것이 보통이다.

수로형식에 따라 살펴 본 경우 자유수면을 가진 개수로에서는 수면경사에 의하여 흐름이 형성되므로, 상류측의 수문조작에 의해 수로의 유량 즉 하류측으로의 공급량을 임의로 조절할 수 있다. 하류측에서는 공급량의 범위내에서만 취수할 수 있으며, 여유를 가지고 공급해도 사용수량이 공급수량에 미치지 못할 경우의 잔여수량은 전부 무효방류로 된다. 또한 유량의 조절에 따른 유황의 전파속도가 비교적 늦고 수요측의 요구에 대한 적응성이 작다. 이러한 것은 개수로가 본질적으로 공급주도형의 성격을 갖는 것을 의미하고 있으며, 상류측을 우선하고 하류측을 경시함으로 인해 생기는 불만의 원인으로 되어 옛부터 수리분쟁이 많이 발생하였다.

이 때문에 개수로계에 있어서의 물관리기능에 대해서는 무효방류의 경감과 말단의 수요변동에 대한 적응이란 모순되는 문제점을 해결하는 것이 중심과제로 되어 있다.

이에 대하여 관수로 특히 폐쇄형 또는 반폐쇄형의 관수로에서는 말단 밸브를 열지 않는 한 물은 흐르지 않으므로, 원칙적으로 무효방류는 없다. 또한 관내에 다량의 공기가 혼입되는 것은 고장의 결정적인 원인이 되므로 항상 만류상태를 유지할 필요가 있고, 상류측의 밸브조작에 의한 공급규제는 하지 않도록 한다. 이러한 점은 관수로형식이 수요주도형의 물관리에 적합한 특성을 갖는다는 것

을 의미하고, 말단 밸브의 무질서한 조작에 의한 유량변동에 대해서도 완전히 적응하도록 공급해야 한다.

이와 같은 이유에서 관수로형식에서의 물관리기능 개선의 주요과제는 말단 밸브조작의 규제에 의한 공급측의 계획성의 회복과 급격한 유량변동에 대한 안전성의 확보 등이다.

용수의 수요와 공급과의 관계에서 본질적으로 서로 받아들일 수 없는 문제가 많다. 포장에서의 물사용은 시기적·시간적인 자유도를 요구하는 경향이 강하여 유량이 큰 폭으로 변동하는 것을 피할 수 없다. 예를 들면 유량변동폭이 계획 유량의 범위내에 있어도 이에 맞도록 유량과 압력을 제어하는데는 극히 고도의 장치화가 필요하고 유지관리에도 고도의 기술이 요구되어 받아들일 조직의 실태에 맞지 않을 우려가 있다. 이러한 경우 조정지는 송·급수조작에 있어서 유량변동의 완충시설로서 제어의 부담을 경감하고, 조정지용량의 범위내에서 상하류의 독립성을 보증하는 역할을 한다. 즉 조정지의 저류효과에 의하여 흐름의 연속성이 단절되어 공급측의 계획송수가 실현되는 한편 조정지의 하류측에서는 소요변동에 따른 물사용의 자유도가 구해진다.

2) 말단관리제어시설

관개개시시설을 물이용의 목적 및 사용조건에 따라 적절이 운용하기 위해서는 포장과 작물에 밀착한 아주 세밀한 인위적 조정과 감시가 필요하고, 이에 의하여 말단물관리의 지배면적이 제약을 받는다. 따라서 말단의 관리제어시설은 물이용의 말단작업체계의 단위인 관개구를 그 대상으로 하고, 또한 그 범위내에서 자기완결의 제어계로서 기능을 다할 수 있도록 계획하는 것이 실제에 적합하다.

관개구마다 조절지 또는 저수조의 설치를 전제로 한다면 그 수위정보에 의하여 간선수로의 송·급수의 연계동작이 가능하게 되며, 실제로 조절지 또는 저수조 유입구의 플로우트밸브에 의한 급수제어방식이 가장 많이 이용되고 있다. 또한 말단에서의 살포블록의 위치, 살포의 목적과 상황 등 물이용의 개별정보를 모두 중앙관리소까지 전달할 필요는 없고, 오히려 분산되어 있는 각 시설의 개략적인 움직임을 파악하고 조정할 수 있는 범위의 조직적인 연관을 갖게 하는 것이 중요하다.

이렇게 하여 관개구내에서 물이용의 작업성에 중점을 두고 말단 관리시설에 독자성을 갖게 함으로서, 현지의 조건에 즉시 대응할 수 있는 관리제어시스템을 구성할 수 있다. 조절지 또는 저수조를 설치하므로써 상위수계와의 직접적인 연관을 끊고 말단에서의 물이용의 자유도를 얻고자 하는 시설 본래의 계획

목표와도 합치되고, 또 이에 의하여 정보망이 대폭적으로 간소화된다.

3) 자동화의 의의

발관개시설의 자동화에는 수동을 포함한 간단한 것부터 고도의 제어시설을 수반한 것까지 여러 가지 방식이 있으므로 계획지구의 자연 및 영농조건에 비추어 그에 소요되는 경비와 효과를 검토하여 과대한 시설투자가 되지 않도록 해야 한다.

자동화의 이점으로서는 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

(1) 다목적으로 이용되면 사용빈도가 매우 높아지고, 방제나 시비 등의 관리 작업을 스프링클러로 할 경우에는 살포량이 소량이기 때문에 단시간에 살포라인으로 송수를 전담할 필요가 있는 바, 이러한 조작노력의 절감과 작업정밀도의 향상을 꾀할 수가 있다.

(2) 심한 농업노동에 의한 비건강적인 부분을 완화시킬 수 있다. 예를 들면 방제작업의 경우 인체에 대한 오염을 피할 수 있고 휴일을 확보할 수 있다.

(3) 하루의 관개시간을 길게 할 수 있고 시설용량을 작게 할 수 있다.

(4) 안전을 확보하는데 도움이 되고 고장을 조기에 발견할 수 있다.

그러나 자동화의 경비가 많이 들게 되므로 집약적이고 수익성이 높은 작물재배지구에 적용하도록 하고, 자동화의 정도도 간단한 것부터 고도의 제어까지를 선택하여 조합하도록 고려해야 한다. 예컨대 지형을 잘 이용함으로써 수동을 포함한 관리로도 충분히 효과적인 경우가 있다는 것을 고려해야 한다.

4) 자동화의 범위와 정도

발관개계획에서는 시스템을 구성하는 수리시설, 각종 장치, 기구의 선정과 배치의 적부가 시설의 초기비용, 운용비, 시설의 이용효과 및 유지관리의 난이도를 좌우한다.

최근에는 생력화의 요청이 커서 특히 다목적 이용시설에서는 작업내용이 복잡다양하기 때문에 중장비의 자동화시스템이 도입되는 경향이 있으나, 자동화의 계획목표를 명확하게 정리하여 놓지 않으면 시설의 기능이 현지의 물이용계획에 상당한 장애를 일으킬 수가 있다. 대상이 되는 발재배에 있어서는 자연환경이나 이에 따르는 작물의 생리반응이 극히 미묘하고, 경험에 의한 인간의 판단과 조치를 필요로 하는 경우가 많다. 따라서 자동화시설의 계획에서는 사람의 존재를 전제로 그 사람이 할 수 있는 역할을 충분히 의식한 후에 구비해야 할 기능의 범위를 설정해야 한다. 즉 수동으로서도 충분한 것, 기술적으로 자동화가 곤란한 것, 자동화에 의하여 비용이 매우 높아지는 것 등에 대해서는 인위조작을 전제로하여 계획하고, ① 단순한 반복조작과 정시조

작, ② 복잡한 연속조작, ③ 고도의 판단과 조작을 필요로 하는 작업, ④ 돌발적이고 신속한 조치를 필요로 하는 작업, ⑤ 불확실하게 처리하거나 조작을 태만히 해서는 안되는 작업, ⑥ 심한 위험과 고통을 수반하는 작업 등을 중점적으로 자동화 해야 한다.

표 2.3.17은 물이용 목적별로 자동화의 필요항목과 가능항목을 총괄한 것인데, 말단 작업의 중요부분은 인력에 의존할 수밖에 없고, 피이드백(feed back) 기능을 가진 본래의 의미에서의 완전자동화는 금후의 과제이다. 또한 이들 항목마다의 중요도는 현지의 조건에 따라 다르다. 예를 들면 도로망이 완비된 평탄지와 교통수단이 나쁜 급경사지에서는 자동화의 결정에 차이가 있는 것이 당연하고, 여러가지 작물이 혼재하거나 또는 개별이용을 전제로 하는 경우는 자동화가 물이용의 자유도를 저해하는 결과가 되기 때문에 주의해야 한다.

또한 수로의 이상에 대한 안전감시기능과 시스템고장의 점검기능은 자동화계획상의 필수항목으로 생각해야 한다.

5) 자동화의 형식

(1) 발판개시설의 자동화계획에 있어서는

- ① 펌프운전을 포함한 송·급수의 자동화
- ② 유회구의 분수제어
- ③ 말단살포의 자동화
- ④ 농약이나 액비 등의 혼입 및 잔액의 회수조작
- ⑤ 수로이상의 감시 및 대책

등이 검토의 중심대상이 되지만 각각 마이나 루우프의 제어기능을 갖게 하여 이를 조직화하는 방법이 일반적이다. 예를 들면 펌프에 있어서는 시동과 정지에 필요한 일련의 동작을 기측제어로하여 독립된 루우프로 하고, 제어장치에서는 On-Off의 지시만 할뿐 개개의 동작에는 관여하지 않는다. 약액의 혼입이나 회수에 대해서도 같으며, 또한 말단관로의 압력조정과 분수량제어는 정압밸브나 정유량밸브 등의 자력 제어기구에 의하는 경우가 많다. 이는 제어대상이 분산되어 있고 운용상 유회제를 전제로 하는 발판개시설의 조작조건에 맞는 방법이라고 할 수 있다.

(2) 펌프의 운전제어에는 대상이 되는 제어목적에 따라 다음의 3종류가 있고, 각각의 제어 목적을 실현하기 위한 제어방식이 적용된다.

① 압력제어

- 밸브제어에 의한 방식
- 압력수조에 의한 방식

표 2.3.17 자동화의 필요성과 가능성

작업항목	물 이용목적									
	수보 분급	미조 기 상절	풍방 식지	동방 상 해지	해방 풍 해지	병방 층 해제	액시 비용	적살 과 제포	제살 초 제포	토제 양살 개포 량
살포량의 설정	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×
살포량(시간)의 측정	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○
밸브의 개방(살포개시) 지시	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
동(同) 피이드백 지시	△	○	△	○	○	×	×	×	×	×
밸브의 폐쇄(살포정지) 지시	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○
동(同) 피이드백 지시	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×
살포블록의 선택제어	△	△	×	△	△	×	×	×	×	×
동(同) 설정프로그램에 의한 제어	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
살포이상의 감시	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
관로이상의 검출과 대책	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
약액 등의 종류 및 농도선정	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
동(同) 1차 회석	×	×	×	×	×	△	△	△	△	△
동(同) 2차 회석(주입)	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
살포효과의 판정	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
피이드백기능 (유량)	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
" (압력)	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○
" (바람)	×	×	△	○	×	△	△	△	△	△
" (비)	△	×	×	×	×	△	△	△	△	△
" (기온)	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×
" (습도)	×	△	×	○	×	×	×	×	×	×
" (토양수분)	△	×	△	×	×	×	×	×	×	×
" (염분)	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×
" (약액농도)	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
장치의 고장대책	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
조작경과의 기록	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

주) ○: 자동화 필요 △: 자동화 중요하지 않음 ×: 자동화 불필요 (또는 불가능)

- 대수제어에 의한 방식
- 대수제어와 밸브제어에 의한 방식
- 대수제어와 회전수제어의 조합에 의한 방식

② 유량제어

- 밸브제어에 의한 방식
- 대수제어에 의한 방식
- 대수제어와 밸브제어에 의한 방식
- 대수제어와 회전수제어의 조합에 의한 방식

③ 수위제어

- 밸브제어에 의한 방식
- 대수제어에 의한 방식
- 대수제어와 밸브제어에 의한 방식
- 회전수제어에 의한 방식
- 대수제어와 회전수제어의 조합에 의한 방식

(3) 말단살포의 자동화 즉 살포블록의 순차전환, 약액의 혼입·정지 등의 밸브 조작을 중심으로 하는 말단의 자동화방식은 다음과 같이 분류된다.

① 원격(집중)조작방법 : 전자밸브, 전동밸브, 유체압밸브 등

② 자동밸브방식 : 정유량자동밸브

자동기계밸브(자동전환밸브, 순차작동밸브, 자동전환급수밸브)

③ 앞의 2개의 조합에 의한 방식

원격(집중)조작방식은 제어실의 조절에 의하여 말단밸브의 개폐지시를 시작으로 하는 각종의 제어를 지시하고 정보를 수집 조정하는 것으로, 제어대상을 분산하고 또한 소수의 인원으로 처리하고자 하는 경우에 적합하며, 제어내용 및 범위 선택의 자유도가 크다. 말단밸브에는 전자밸브가 널리 사용되고 있다. 전원의 On-Off에 의한 전자코일의 작용으로 우회유로(迂廻流路)를 개폐하고 밸브내부의 유체압력에 의해 주밸브를 개폐하는 것으로, 약간의 전력으로 비교적 큰 용량의 흐름을 처리할 수 있는 특징이 있다.

자동밸브방식은 관내 유체의 움직임에 제어에 이용하는 것으로, 유량계의 원리를 응용한 정유량자동밸브와 그 압력변화로 작동하는 자동전환밸브를 종합한 방식, 송수관내의 수압변화에 대응하여 작동하는 자동기계밸브(자동전환밸브, 순차작동밸브, 자동전환급수밸브 등)방식 등이 있다. 관내를 유동하는 유체자신을 제어의 모체로 하여 전원 및 제어용 배선을 필요로 하지 않는다는 점에서

경제적이라 할 수 있으나, 개별 자동제어 때문에 살포순위의 임의선택성이 결여되고 또한 작동상황의 감시기능을 장치할 수 없는 것 등 제어시스템으로서의 제약이 크고 일부의 자동밸브에서는 기능상 불비한 점도 있어 널리 보급하기에 알맞다고 할 수는 없다. 그러나 급수조직의 계획과 시설운영계획을 일관된 방침하에서 시스템구성으로 생각한다면 자동밸브방식은 경제적이고 유지관리가 용이하기 때문에 농업용수시설의 자동화방식으로서 유리한 점도 많다.

6) 자동제어장치

(1) 자동제어장치의 역할

여기서 규정하는 자동제어장치는 포장에서 작물재배관리의 일환으로 발 관개 시설의 원활한 운영관리를 목적으로 하며, 용수조직(취수, 송수, 급수, 살포시설)의 설비내용 및 기능과 조화된 것이라야 한다.

(2) 장치의 신뢰성과 안전대책

발관개시설의 자동제어장치는 다른 분야의 이러한 종류의 장치에 비하여 사용되는 조건과 환경이 다른 면이 상당히 많다. 따라서 장치의 설계 제작에 있어서는 시설의 이용목적과 사용방법에 적합하도록 사용자재 및 상품의 품질과 그 구성을 검토하고 장치의 신뢰성을 확보하도록 해야 한다.

또한 장치의 구성에 있어서는 부품이나 회로 및 전원 등에 이상이 생길 경우, 가장 안전하다고 생각되는 동작과 상태를 확보할 수 있는 안전대책을 세워야 한다.

(3) 설계의 기본사항

① 적용법규 및 규격

이 기준에 관련된 기본적인 법규 및 규격은 다음과 같고, 원칙적으로 이 규정에 준해야 한다.

- 전기사업법
- 전기설비에 관한 기술기준
- 유선전기통신 설비령
- 유선전기통신 설비령 시행규칙
- 한국의 표준규격 등

② 사용상태

다음 각항과 같은 상태를 평상 사용상태로 한다. 각항의 어느 것이든 만족되지 않을 때에는 특수 사용상태로 보아 별도로 특수사양을 지정해야 한다.

- 표고 1,000m 이하의 장소에서 사용한다.
- 온도와 습도는 표 2.3.18의 범위로 한다.

표 2.3.18 자동제어장치의 온도 및 습도 범위

	주위온도	상대습도
실내설비의 경우	0 ~ +40℃	40 ~ 85%
실외 지상설비의 경우	-10 ~ +50℃	30 ~ 95%
실외 밸브실 등에 설치하는 경우	-10 ~ +40℃	30 ~ 100%

- 환경 : 과도한 먼지, 진동, 충격, 수해, 약해, 직사광선 등의 영향을 받지 않도록 시설의 전체계획중에 고려된 환경에서 사용하는 것을 원칙으로 한다.

③ 장치의 전원

- 전압·주파수 : 교류 100V 또는 200V (60Hz), 직류 24V 또는 110V
- 전압변동범위 : ±10% 이내 (직류 110V의 경우는 90~140V)

3.9 시설의 관리운영계획

3.9.1 관리운영계획

1) 시설의 관리기구

수원에서 말단에 이르는 수계구분에 따라 관리기능을 분담하는 계층관리의 방식에 의하는 것이 보통이다.(그림 2.3.31 참조)

(1) 중앙관리소

지구전체를 총괄적으로 관리하는 중심조직으로, 취수공에서 간·지선계의 분수공까지의 관리를 분담한다.

- ① 다른 수리사업과의 이수조정
- ② 지구관리소로 부터의 정보수집 및 연락조정
- ③ 용수의 적정한 배분방침 결정
- ④ 취수시설 및 송수시설의 관리

(2) 지구관리소 또는 분수구관리소

분수공으로 부터 하류의 조절지 또는 저수조를 매개로 하여 급수계의 관리를 분담한다. 중규모 지구에서는 중앙관리소의 업무를 겸한다.

- ① 말단관리소로 부터의 정보수집 및 연결조정
- ② 지구 또는 분수구내의 물사용 조정
- ③ 급수시설의 관리

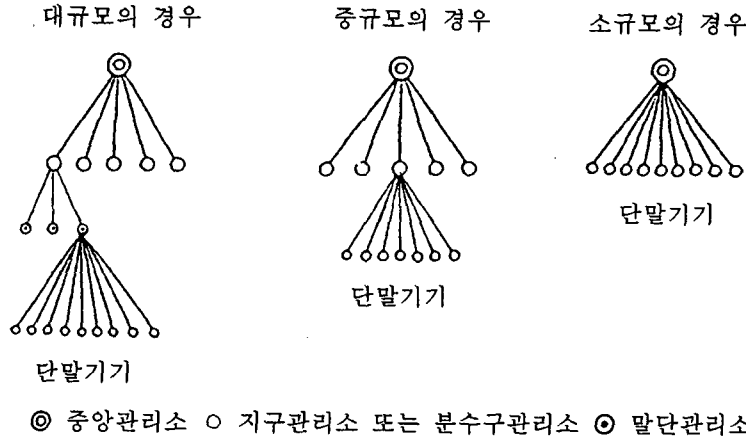


그림 2.3.31 관리기구도

(3) 말단관리소

관개구마다 설치하여 말단 포장조건에 대응한 구체적인 물이용에 대한 관리를 분담한다. 소규모 지구에서는 중앙 및 지구관리소의 업무를 겸한다.

- ① 유회일정의 결정
- ② 말단밸브의 조작에 의한 살포제어
- ③ 약액의 혼입 및 회수장치의 조작
- ④ 말단기기의 관리

2) 말단시설의 관리운영 원칙

발관개시설을 그 계획목적에 따라 원활히 관리 운영하기 위해서는 지구내의 수익농가에 시설의 특성과 그 운영방침을 명시하고, 공동시설·공유재산으로서의 의식을 높이도록 해야 하며, 그 원칙은 다음과 같다.

(1) 수원시설, 펌프, 송·급수로, 분수시설 및 관리제어시설 등의 주요시설에는 상임 관리자를 두거나 또는 조작용에 대한 책임소재를 명확히 하는 것이 바람직하다.

(2) 물이용의 일시는 결정된 유회일정에 따르는 것이 기본적이고, 일정의 변경은 관개농가의 동의와 관리책임자의 승인을 필요로 한다.

(3) 유회관개가 원칙이고 유회구내에서는 말단조직용량을 공유한다. 따라서 미리 시설용량을 특히 크게 설계하지 않는 한 계획에 없는 일시의 물이용은 금해야 한다.

(4) 시설의 효율적인 이용에는 경지정리와 작물의 집단화 및 공동작업화가 바람직하지만, 구획이 협소하거나 작목이 혼재되어 있는 경우에는 이웃의 구획

에서 약해가 문제되는 작부가 되지 않도록 주의해야 한다.

(5) 운영경비는 사용수량 비율에 의한 부담이 바람직하나, 유량측정설비나 부담금계산의 업무상 형편으로 수익면적에 의하는 경우가 많다. 그러나 최근에는 작물별 물사용량에 상당한 차이가 있기 때문에 계량기를 부착하여 부담금을 산출하는 것이 분쟁의 소지를 막을 수 있다. 또한 물이용의 순위결정에는 기회균등의 원칙을 적용하고, 특히 방제시에는 적당한 시기에 효과적으로 배분하는 것이 중요하다.

3.9.2 관리항목

관리항목별로 검토해야 할 주요사항은 다음과 같다.

- (1) 수원의 감시와 물이용계획
 - ① 기별계획용수량, 유효수량, 공급필요수량
 - ② 수원상태의 변동, 공급가능량
- (2) 취수 및 송·급수조작
 - ① 물수요의 발생, 용수의 신청 (말단 → 중앙), 요구시간, 요구연락계통
 - ② 취수 및 송·급수조작 (중앙 → 말단), 할당시간, 할당조건 및 순위
- (3) 긴급시의 대응
 - ① 긴급대응조작 (조작개소·조작방법)
 - ② 관계자로의 연결 (연락·지시계통)
- (4) 시설의 점검·정비
 - ① 수리시설의 순시, 조작, 정비
 - ② 제어설치·장치·기기의 조작, 유지점검
 - ③ 전기설비, 동력설비의 점검·조정
 - ④ 각종 부대시설의 보수, 영선, 재산관리
- (5) 물관리 데이터의 수집·정리·해석
 - ① 데이터의 수록범위
 - ② 데이터의 조정목적, 정리방법
 - ③ 데이터의 해석방법, 이용목적
 - ④ 기록의 보관
- (6) 섭외 관계
 - ① 관계기관과의 대응
 - ② 관계 타사업과의 조정

3.10 시스템의 계획과 종합평가

1) 현황과약 및 문제설정

시스템을 설계함에 있어 우선 「시스템 기능상의 계획목표」, 「시스템운용의 패턴」 및 「물관리상의 중점항목」에 관하여 해당 시스템만이 아니고, 기존의 유사한 시스템에 대해서도 광범위하고 면밀하게 조사 검토해야 한다. 또한 시스템에서 예상되는 환경요소의 변화에 대한 예측도 동시에 시도할 필요가 있다. 이들을 조사 및 예측함으로써 시스템에 가해지는 기능 및 제약을 명확하게 할 수 있다.

따라서 기능 및 제약조건을 만족하는 것을 전제로 하고, 시스템에 요청되는 평가지표를 선정해야 한다. 여기서 평가지표라는 것은 예를 들면 기능과 제약조건을 만족하는 한편 비용을 최소화한다든가 물이용효율을 최대화하는 것 등으로, 시스템이 도달하고자 하는 상태로서 의도되는 목적이다. 일반적으로 평가지표는 평가함수를 최대화 혹은 최소화하는 형태로서 주어진다.

2) 제약조건의 설정 및 평가지표의 선정

시스템에 요청되는 기능은 다음 각도에서 보면 시스템에 가해지는 제약이라 볼 수 있다. 따라서 본질에서는 시스템이 구비해야 할 기능을 제약조건에 포함시켜 논하기로 한다.

이와 같이 생각하면 시스템에 가해지는 제약은 ① 기능적 제약, ② 경제적 제약, ③ 사회적 제약으로 구성되어 있다. 해석을 하기 위해서는 이들의 제약조건이 수치화 또는 함수화되어 있어야 한다.

시스템의 평가지표는 ① 기능적인 것, ② 경제적인 것, ③ 사회적인 것으로 구성되어 있다.

이들의 지표는 될 수 있는 한 수치화 또는 함수화되어 있어야 하고, 그것에 의하여 시스템의 평가 및 서로 모순된 목적의 조정이 가능하게 된다.

시스템의 제약조건 및 시스템의 평가지표를 구체적으로 분리하여 예시하면 다음과 같다.

(1) 제약조건

① 기능적 제약

용수의 공간적·시간적 적정배분을 보증하기 위한 제기능(소요유량과 압력의 확보 등), 시스템 작동의 안전성, 신뢰성, 보존성 등이다.

기존 관개시설에 새로운 시스템을 부여하는 경우에는 기존 시설과 새로운 시설이 조화를 이루도록 해야 한다.

② 경제적 제약

주로 투자한계가 이에 해당된다.

③ 사회적 제약

수리권 및 수리관행, 그리고 다른 용수(공업용수 및 생활용수)와의 사이에서 일어나는 제약 등이다.

(2) 시스템의 평가지표

① 기능적인 평가지표

시설용량의 적정화, 정밀도 및 안정성의 향상, 동특성의 개선 등이 이에 해당된다.

② 경제적인 평가지표

투자효과의 최대화 즉 토지생산성 및 노동생산성의 향상, 영농의 자유도 증가와 작부체계의 합리화 등을 들 수 있다.

또한 비용의 저렴화(최초 비용과 운영관리 비용)도 경제적인 평가지표로 된다.

관리용수 및 무효방류의 최소화 등 물이용효율의 향상도 이에 포함된다.

③ 사회적인 평가지표

노동조건을 완화, 자원, 노력배분, 물배분조작의 간이화 등 여러 가지가 있다. 근래에는 자연환경의 유지와 개선 등도 고려되는 경우가 있다.

그러나 이들의 사회적인 평가지표는 정식화가 곤란한 경우가 많으므로, 적당한 안전계수를 곱하여 제약조건으로 취급하는 수가 많다.

3) 시스템의 합성과 해석

시스템의 합성이란 설정된 제약조건을 만족시킬 수 있는 시스템을 여러가지 방식에 의하여 조립하고 작성하는 것이다.

각 방식은 목적에 대한 평가기준, 즉 평가함수를 최대화 또는 최소화함에 의하여 평가된다. 이들 일련의 합성과 해석에 의하여 시스템의 합리적인 계획과 설계가 가능하다.

주어진 제약조건을 만족시키는 시스템은 보통 여러 가지가 있으므로, 이들 시스템의 특성을 충분히 해석하고 검토하여 합리적인 시스템을 선정하도록 노력해야 한다.

시스템의 합성과 해석에서는 우선 시스템의 기능특성, 비용특성 등 제특성을 취급하기 쉬운 모양으로 표현하여 일반화하는 것이 필요하다. 대개의 경우 이들을 수식으로 표현하며, 이 수학모델을 작성하는 단계를 모델화라고 한다. 모델화에는 시스템의 특성을 측정하는 것과 시스템의 특성을 미리 추정하는 것이 포함된다. 시스템이 비교적 간단한 경우에는 수학모델의 해가 구해지지만, 시

시스템이 복잡하면 해석적으로 해를 구하는 것은 불가능하다. 이 경우에는 컴퓨터에 의한 시뮬레이션방법이 사용된다.

시스템의 특성이 수식 혹은 시뮬레이션으로 표시되면, 그 시스템의 특성을 최적으로 하기 위한 방법을 구할 수가 있다. 즉 주어진 평가함수(또는 평가치)를 최대 혹은 최소로 하는 최적해를 구할 수 있다.

시스템이 복잡하고 명확한 수학적모델로 표현되지 않는 경우에는 해석적인 방법을 적용할 수 없다. 따라서 이와 같은 경우에는 시행착오법으로 최적상태에 접근하는 방법을 취한다. 결과적으로 준최적해가 구해지며, 종래 시설의 계획·설계에서 행하던 비교설계방법은 준최적화를 시도한 것에 불과하다.

4) 시스템의 신뢰성과 보전성

발판개시설은 송수계, 정보전달계 및 제어계로 구성된 복잡한 시스템이므로 신뢰성 및 보전성을 확보하도록 충분히 고려해야 한다.

(1) 시스템의 신뢰도

신뢰도란 「시스템이 설정된 조건으로 설정된 기간동안 설정된대로의 기능을 고장없이 발휘하는 확률」이다.

그림 2.3.32에 표시된 바와 같이 각각의 구성요소가 직렬로 결합된 시스템에 있어서 각각의 고장률을 $f_i(t)$ 로 하였을 경우 시스템의 신뢰도 R 은 다음과 같이 주어진다.

$$R = 1 - \{ f_1(t) + f_2(t) + \cdots + f_n(t) \}$$

시스템내의 어느 구성요소, 예를 들면 요소 A의 고장률이 크고 이에 의하여 시스템 전체의 신뢰도가 크게 저하하는 경우, 이 부분을 그림 2.3.33에 표시한 것과 같이 병렬 방식으로 하면 시스템의 신뢰도가 향상된다.

이 경우 병렬 방식을 적용한 요소A의 고장률은 $\{ f_1(t) \cdot f_1(t) \}$ 로 주어진다. $f_1(t) < 1$ 이므로 요소 A의 고장률은 저하하고, 그 결과로서 시스템의 신뢰도 R 은 다음과 같이 되어 향상된다.

$$R = 1 - [\{ f_1(t) \}^2 + f_2(t) + \cdots + f_n(t)]$$

(2) 시스템고장률

시스템의 고장률은 그림 2.3.34에 표시한 바와 같이 시간의 경과에 따라 변

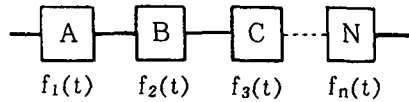


그림 2.3.32 직렬시스템

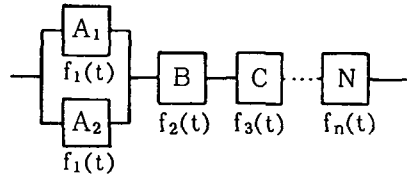


그림 2.3.33 병렬방식을 포함한 직렬시스템

화한다. 이 곡선을 욕조곡선(bath tub curve)이라 한다.

초기고장기에 길들이기 운전을 하여 각 요소간의 조화가 이루어지도록 시도해야 한다.

우발고장기에는 고장이 불규칙적으로 발생한다. 이것은 사후에 즉시 보전함으로써 고장기간을 단축시킬 수 있다.

마모고장기에는 미리 예측하여 보전함으로써 고장이 날만한 부분을 교환하여 시스템의 고장률을 저하시키도록 노력한다. 예측보전을 위해서는 각 요소의 고장 기록과 보수관리 일보를 완비해 두어야 한다.

5) 구성요소의 선정기준

시스템의 신뢰성 및 보전성을 확보하도록 구성요소의 선택에 있어서 충분히 고려해야 한다.

(1) 시설의 구성요소를 선택할 때는 다음 사항에 유의해야 한다.

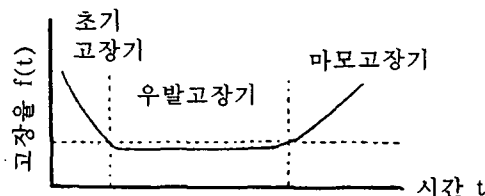


그림 2.3.34 고장율의 시간변화

- ① 기자재 및 부품을 용도에 따라 적정하게 선정한다.
 - ② 허용조건의 범위내에서 사용한다.
 - ③ 회로 및 구조가 될 수 있는 대로 단순하고 표준화된 것을 사용한다.
 - ④ 호환성 및 교환성이 있는 것을 사용한다.
- (2) 시설의 중요 부분에 대해서는 다음 사항을 고려해야 한다.
- ① 안전구조방식으로 한다.
 - ② 안전구조방식에서 고가로 되기 쉬운 경우에는 용장방식(冗長方式)으로 한다.
 - ③ 만일 이상이 있을 때 안전측에 작동하는 방식을 채택한다.
 - ④ 인위적인 사고를 피하기 위하여 오조작회피방식으로 한다.
 - ⑤ 만일의 사고에 대비하여 수동장치를 병설하여 둔다.
 - ⑥ 가능하면 고장보고시스템을 설치하는 것이 바람직하다

3.11 사업의 효과

1) 작물생산효과

농업생산기반정비사업에 의하여 농작물의 감산이 방지되고 입지조건이 호전되거나 작부면적이 증감되고 품질이 향상하는 등의 효과도 작물의 증가 판매액에서 생산에 소요된 경비를 뺀 나머지 즉 작물의 증가순이익액에 의하여 표시된다.

$$\begin{aligned} & \text{작물의 증가생산량} \times \text{표준단가} \times \text{순이익율} \\ & = \text{작물조수익액} \times \text{순이익율} = \text{작물증가순이익액} \end{aligned}$$

발판개사업에서의 주요 효과요인은 생산증가효과로서 ① 작부 증감효과, ② 발판개효과, ③ 불모지 방지효과, ④ 작부체계 전환효과 등이 있고, 품질향상효과로서 발판개효과 등이 있다.

2) 영농노력 절감효과

농작업의 기계화에 따른 노력절감의 효과는 작물의 증가생산량의 평가를 통하여 파악할 수 없고, 생산비의 절감을 위한 노동비 측면에서 계측한다. 사업의 실시전과 실시후에 있어서의 영농노력 투하량의 변화 및 영농기술체계의 변화에 따라 산정한다.

$$(\text{사업 실시전 영농노동량} - \text{사업 실시후 영농노동량}) \times \text{표준노동단가} = \text{기계화에 따른 경비의 증가액} = \text{영농노력 절감액}$$

발판개사업에 있어서는 관개시설의 완비나 자동화 등에 의한 생력화와 다목적 이용에 의한 방제, 시비 등의 생력화가 있다.

3) 유지관리비 절감효과

사업에 의하여 신설·개수 또는 폐지되는 농지개량시설의 증감에 의한 효과이고, 기존 시설의 유지관리비에서 신설·개수된 시설의 예정 유지관리비를 뺀 나머지로 나타낸다. 신설되는 시설이 많은 경우에는 그 효과는 마이너스(-)로 된다.

4) 기 타

갱신효과 등

제 3 편 수질대책

제 1 장 총 론

1.1 적용범위

이 편람의 수질대책편은 설계기준 제3편의 수질대책편에서 규정하지 않은 사항으로 일반적인 기술해설, 표준적인 사례, 참고사항 등을 기술한 것이다.

수질오염은 그 오염성분의 종류에 따라 ㉠ 중금속, 유독물질 등의 유해독성 물질(건강항목)에 의한 경우, ㉡ 유기물, 무기물(생활환경 항목), 부유물질 등에 의한 경우, ㉢ 질소, 인 등의 영양염류에 의한 경우, ㉣ 기타 염분, 기름, 방사성 물질에 의한 경우로 대별된다.

첫째는 중금속이나 유독물질인 수은, 카드뮴, 시안, PCB(polychlorinated biphenyl) 등이 이에 속하며, 주로 광산, 공장 등으로부터의 폐수가 그 원인이다. 이와 같은 성분은 사람의 건강에 해를 끼치거나 나쁜 영향을 주므로 법률로서 엄격하게 규제하고 있다.

둘째는 유기물 등 생활환경항목으로 분류되는 성분이다. 유기물은 생활환경항목 중에서도 가장 대표적인 성분이다. 물 속에 함유된 유기물의 양은 유기물 자체의 양으로 나타내지 않고, 그것을 분해하는데 필요한 산소의 양으로 간접적으로 나타낸다.

셋째는 질소나 인 등의 영양염류이다. 이들은 유해하지는 않지만 물 속에 많이 함유되어 있으면 식물성 플랑크톤 증식을 촉진시켜, 소위 부영양화(富營養化, eutrophication)라는 현상을 일으킨다.

넷째는 염분, 기름, 방사성 물질이다. 이들 물질은 수질오염항목 중에는 포함되지 않으나, 농업이나 수산업에 있어서는 중요한 성분이다. 우리 나라에서는 바다를 막아서 조성한 간척지 또는 바다 가까운 곳에서 바닷물의 역류로 인하여 염해가 발생하는 수가 종종 있다. 이밖에 방사성 물질이나 기름찌꺼기도 물 오염에 중요한 성분이다. 유기·무기의 부유물질 및 질소·인 등의 영양염류에 의한 수질오염은 주로 가정(생활하수), 공장, 농경지, 축사 등으로부터의 오수가 원인이 되는 수가 많다.

수질보전은 주로 환경관계법에 의하여 규제되고 있지 않은 비점오염원에서

배출되는 유기·무기의 부유물질, 질소·인 등의 영양염류 등에 의하여 오염된 농업용수를 관개함으로써 농작물의 생육에 많은 지장을 주는 경우와 생육된 농산물이 인체에 해로울 우려가 있는 경우 또는 응급 대책을 취하기 때문에 전술한 사태는 발생하지 않지만 대책을 세우지 않으면 그러한 사태가 발생된다고 추정되는 경우에 용이하게 농업피해를 방지하기 위하여 실시하는 대책이다.

여기서는 수질보전대책사업을 적정하고 효율적으로 계획하기 위한 조사 내용 및 방법, 기본구상, 유의사항 등을 제시하며 또한 일반적인 농어촌용수개발사업 계획지역 내에서 수질보전대책에 관한 조사 또는 계획이 필요한 경우 참고로 할 수 있다.

[참고] 수원시설 및 담수호의 수질현황

다음의 표 3.1.1 및 표 3.1.2는 각각 농어촌진흥공사에서 조사한 수원시설 중에서 오염이 비교적 심한 시설의 수질오염상황과 담수호(淡水湖)의 수질현황을 나타낸 것이다. 표에서와 같이 우리 나라 환경기준의 허용기준을 초과하는 농업용 수원시설이 많아져서, 농업용수의 수질개선 및 보전의 필요성이 더욱 절실한 상황임을 알 수 있다.

표 3.1.1 농업용수오염이 비교적 심한 수원시설과 수질오염상 (단위 mg/ℓ)

시·도	시설명	pH	DO	BOD	COD	T-N	T-P	SS	Cu
경기	상패 보	7.6~8.0	1.1~9.0	54.0~63.0	40.0~91.0	18.480~54.880	1.448~1.508	34.0~56.0	0.021~0.033
	연천양수장	7.5~9.3	8.8~17.8	11.5~12.0	9.8~18.0	0.672~6.048	0.121~0.392	6.4~8.8	0.002~0.004
	왕송저수지	7.6~8.4	7.8~10.0	10.8~18.3	15.4~24.4	3.752~3.808	0.124~0.213	17.2~29.6	0.001
	홍부저수지	8.2~8.9	7.3~13.6	10.4~17.0	17.2~17.8	1.792~3.752	0.202~0.203	24.4~25.2	0.001
강원	우두저수지	7.2~9.1	9.7~12.0	2.6~3.9	4.2~5.7	0.616~0.784	0.039~0.061	1.2~4.4	0.001
	금정저수지	6.9~9.7	8.3~13.8	3.9~12.3	11.4~16.4	1.400~2.520	0.092~0.305	14.8~28.4	0.003~0.011
충남	마산저수지	7.8~8.4	10.4~12.3	4.2~12.1	19.2~31.2	1.904~2.408	0.491~0.526	260.0~546.0	0.014~0.044
	실옥 보	8.4~8.8	10.9~17.7	6.2~13.4	9.2~20.0	7.224~14.896	0.930~1.213	8.0~30.4	0.004
전북	능 저수지	7.2~9.0	9.1~11.0	4.8~4.9	8.4~10.8	0.896~1.008	0.051~0.063	10.8~15.6	0.006~0.044
	월촌양수장	7.0~7.3	1.8~12.8	4.3~10.6	8.0~10.7	1.792~1.960	0.141~0.232	8.0~25.2	0.017~1.006
	홍덕저수지	6.9~7.4	5.7~7.5	2.6~3.5	11.3~12.7	1.344~1.568	0.309~0.391	429.0~572.0	0.016~0.019
전남	감둔저수지	8.8~9.8	9.3~10.1	5.1~8.8	17.0~17.8	0.224~2.184	0.155~0.266	15.6~36.0	0.004~0.010
	도덕저수지	9.3~10.6	13.5~15.5	11.4~25.5	20.6~60.8	2.744~4.032	0.185~0.367	33.2~106.4	0.002~0.004
	불갑저수지	7.2~7.8	6.6~8.8	2.1~3.1	7.0~9.6	0.616~0.728	0.039~0.043	3.2~15.2	0.001~0.002
	해평양수장	7.2~8.0	7.3~9.5	5.4~16.0	6.6~16.2	4.704~10.080	0.314~0.877	16.4~24.0	0.002~0.004
경북	내아저수지	7.2~7.8	12.4~12.9	8.9~18.6	14.0~27.6	0.336~2.408	0.169~0.261	13.2~15.6	0.001~0.007
	명계저수지	6.9~7.4	7.8~8.1	2.2~4.5	4.0~7.3	0.336~0.448	0.033~0.083	7.6~10.4	0.005~0.004
	봉학저수지	7.6~7.8	8.3~8.9	1.3~3.6	5.2~7.0	0.672~0.728	0.015~0.024	2.8~4.4	0.001~0.005
경남	송곳저수지	7.1~8.2	4.8~10.0	8.5~17.6	10.9~15.6	1.232~1.456	0.182~0.476	8.4~20.0	0.003~0.005
	식만양수장	7.0~7.4	0.8~1.8	13.2~21.3	10.6~22.2	4.368~11.144	0.533~1.540	7.2~9.6	0.001~0.007
	신기양수장	7.0~7.4	4.3~7.8	7.2~2.0	6.6~3.2	0.112~3.864	0.074~0.381	7.6~16.4	0.003

주) 농림부, 농어촌진흥공사 (1997) '97 농업용수 수질조사 보고서.

표 3.1.2 담수호 수질현황

(단위 : mg/ℓ)

조사 년도	시설명	pH	DO	BOD	COD	T-N	T-P	SS	Cu
1997	금강하구	7.4~9.2	3.8~15.2	-	6.0~9.9	0.672~3.360	0.011~0.173	6.4~22.2	0.001~0.010
	아산호	7.1~8.6	4.8~14.2	2.4~9.4	6.2~25.2	0.784~12.040	0.119~0.795	1.6~26.0	0.003~0.005
	삼교호	7.4~10.0	8.2~15.4	3.7~7.5	8.5~14.4	1.120~4.480	0.117~0.256	8.0~22.4	0.003~0.008
	영산호	7.2~8.7	6.1~10.8	0.8~4.4	6.2~10.9	0.392~1.064	0.063~0.244	6.0~26.8	0.002~0.004
	대호	8.1~9.9	8.1~10.4	4.2~9.7	6.6~15.0	0.616~2.296	0.015~0.127	0.8~23.2	0.002~0.020

주) 농림부, 농어촌진흥공사 (1997), 금강(I)지구 사후환경영향조사 보고서, '97 농업용수 수질조사 보고서

1.2 수질기준

우리 나라 농업용수 수질기준은 표 3.1.3에서와 같이 환경기준 중 하천 및 호소수질환경기준의 IV등급 수질기준을 목표로 한다. 지하수의 경우에는 표 3.1.4에서와 같은 지하수법 제13조 1항 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제5조 지하수 수질기준에서 농업용수 난을 만족할 수 있어야 한다. 앞으로 농어촌생활용수, 시설원예의 양액재배용수 등을 포함한 농어촌용수의 확보라는 차원에서 농업용수개발을 계획하는 경우 이용목적에 부합된 용수수질기준이 충족되어야 한다. 오늘의 우리 나라 농업용 수원시설의 오염현황을 살펴보면 농어촌용수의 수질보전은 시급히 해결되어야 할 상황에 있다.

표 3.1.3 환경정책기본법상의 하천 및 호소의 농업용수 수질기준

구분	생활 환경 항목						
	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	DO (mg/l)	SS (mg/l)	T-P (mg/l)	T-N (mg/l)
기준치	6.0~8.5	8 이하*	8 이하**	2 이상	100 이하* 15 이하**	0.1 이하	1.0 이하

주) *하천수질환경기준에만 해당, **호소수질기준에만 해당함.

건강 보호 항목 (단위 : mg/l)								
Cd	As	CN	Hg	유기인	Pb	Cr ⁶⁺	PCB	ABS
0.01 이하	0.05 이하	불검출	불검출	불검출	0.1 이하	0.05 이하	불검출	0.5 이하

표 3.1.4 지하수의 농업용수 수질기준

구분	일반 오염 물질			
	pH	COD (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Cl (mg/l)
기준치	6.0~8.5	8 이하	20이하	250 이하

특정 유해 물질 (단위 : mg/l)									
Cd	As	CN	Hg	유기인	페놀	Pb	Cr ⁶⁺	트리클로로 에틸렌	테트라클로 로에틸렌
0.01 이하	0.05 이하	불검출	불검출	불검출	0.005 이하	0.1 이하	0.05 이하	0.03 이하	0.01 이하

1.3 수질오염과 농업피해

1.3.1 수질오염과 농작물피해

농작물에 피해를 주는 수질오염원은 ㉠ 도시하수, ㉡ 공장폐수, ㉢ 가축분뇨와 축산폐수, ㉣ 기타로 대별할 수 있다.

수질오염으로 피해를 받는 농작물은 주로 벼이지만, 과수, 채소, 일반 발작물, 연(蓮) 등도 피해를 입는 경우가 있다. 더욱이 이들 농작물피해의 정도는 각 오염원의 종류 및 오염성분의 농도에 따라 다르다.

도시하수, 식품공장폐수, 펄프공장폐수 등은 질소화합물 또는 발효성유기물을 다량 함유하고 있기 때문에 이들 폐수로 농업용수가 오염되어 있는 경우 생육, 수량, 품질 등에 현저한 영향을 미친다. 그러나 오염원의 종류에 따라 폐수의 성분이 다르므로 생육, 수량 등에 지장을 가져오는 주요 요인이나 그 피해정도는 오염원에 따라서 상당히 다르다.

가. 도시하수에 의한 농작물피해

도시하수의 특징은 부엌, 욕실, 세탁 등의 일반가정하수와 식당, 대중목욕탕, 세탁소 등의 서비스업에서 나오는 하수를 비롯하여 각종 식품공장폐수 등이 뒤섞여 있어 오염원이 극히 복잡하다.

일반적으로 도시하수는 대략 수100~1,000 mg/l의 고형물을 함유하고 있고, 그 중 50~70%는 유기물이다. BOD는 약 10~350 mg/l(평균 150 mg/l 정도)으로 무기물로는 나트륨, 규산, 칼슘, 마그네슘 등을 포함하고 있다.

도시하수에 의한 벼 피해는 질소과잉으로 인한 도복, 등숙불량, 병충해의 발생과 유기부유물질에 의한 토양의 환원화로 인하여 양분흡수, 체내대사 등이 저해됨으로써 발생하는 수량 및 품질의 저하이다.

나. 공장폐수로 인한 농작물피해

일반적으로 식품, 펄프, 피혁 등을 제외한 화학공장, 금속정제 등의 공장폐수는 도시하수와는 달리 유기물 함량은 적으나 대체로 고농도 염류, 유독성, 강산성, 강알카리성, 고열성으로 농작물에 단기간에 극심한 피해를 주는 경우가 있다.

펄프, 피혁, 식품 등의 공장폐수는 질소화합물 등의 유기부유물질을 다량 함유하고 있어 질소과잉이나 유기물에 의한 토양환원에 따른 피해를 발생시킨다.

다. 가축분뇨와 축사폐수에 의한 농작물피해

가축분뇨로 수질이 오염되어 있는 농업용수는 공장폐수와는 달리 농작물에 급격히 피해를 발생시키는 경우는 적으나, 질소과잉으로 농작물의 생육상태가 과번무하게 되어 수량, 품질에 나쁜 영향을 끼칠 뿐 아니라 수생균이나 조류(藻類)의 이상번식에 의한 물리적인 출아장해, 수온 및 지온의 상승저해로 생육지연의 피해가 발생한다.

라. 기타

유류, 합성세제, 알콜류, 페놀류, 카드뮴류 등에 의한 농작물피해가 인정되거나 이들이 농작물에 주는 영향에 대해서는 아직도 연구 중에 있다.

[참고] 각종 환경오염에 의한 피해

(1) 질소과잉에 의한 벼 피해

질소는 식물의 필수 요소이지만 과잉하면 작물에 피해를 주는데, 그 정도는 지역, 생육시기 등에 따라서 매우 다르다. 질소과잉 피해는 과번무, 도복, 등숙불량, 병충해로 대별할 수 있다. 오염수에 의한 피해는 유입 물꼬에서 선상으로 과번무하거나 도복이 진행하여 가는 상황이 관찰되며, 생리병이나 병충해의 피해가 동시에 일어나는 경우가 많다.

(2) 환원토양에 의한 벼 피해

오염수 중의 유기물은 발과 같은 호기적 토양하에서는 최종적으로 탄산가스와 물로 분해되나 논과 같은 혐기적 토양에서는 수소, 이산화탄소, 메탄 등의 가스와 중간대사물로서 초산(醋酸), 낙산(酪酸) 등의 여러 가지 유기산이 생성된다.

이와 같은 분해과정에서는 물 속의 용존산소, 토양속의 산화물의 산소가 소비되어 토양의 Eh(산화 환원전위)가 저하하여 2가철, 유화물, 2가망간 등이 생성된다. 이들은 벼의 양분흡수, 체내 대사를 저해하여 지상부의 생육과 뿌리의 신장을 억제한다.

(3) 기름에 의한 벼 피해

기름은 석유정제, 자동차공업, 금속제품의 끝마감, 통조림, 피혁 등의 공장폐수에 함유되어 있어 주로 벼재배에서 피해를 볼 수 있다. 피해 발생정도는 여러 가지 조건에 따라 다르나 기름의 종류에 따라서는 대체적으로 경유가 심하고 중유와 모빌유는 비교적 경미하다. 또한 피해정도는 생육시기에 따라 다르나 대개 분얼기에 영향이 크다. 이 시기에는 쌀품질에도 영향을 주어 청미, 쇠미, 사미, 기형미가 증가한다. 피해발생농도는 경유의 경우 2ℓ/a 이상에서 피해가 생기고, 고사한계농도는 이앙기에 2~3ℓ/a, 분얼기에 4~8ℓ/a이라는 실험결과가 있다.

(4) 합성세제

가정용 세제의 대부분은 합성세제로 과거 ABS(Alkyl Benzen Sulfonate)가 주로 사용되었으나, 최근에는 생분해성인 LAS(Linear Alkyl Sulfonate)가 사용된다. 합성세제

는 뿌리의 세포막 성분에 작용하여 물이나 양분의 투과성을 저하시킨다. 작물에 대한 영향은 ABS나 LAS 모두 거의 같은 독성을 보인다. 비의 수경액에 세제를 가할 경우 두 가지 모두 약 10mg/l로 수확량은 반감한다. 그러나 수경이 아닌 흙을 사용한 재배에서는 토양미생물에 의한 분해를 받으므로 LAS는 그 영향이 적고, 관개수 중 60mg/l에서도 명백한 생육 저해가 나타나지 않는 것으로 보아서 보통의 도시하수 중의 세제 수준에서는 직접적인 영향은 없다. 그러나 미생물의 활성이 낮은 사질논에서는 주의가 필요하다.

한편 합성세제에는 빌더(발포촉진제)로 인산염을 함유하고 있어 합성세제 속의 인은 공장폐수가 생활하수에 섞여 수질이 오염되며 호소의 부영양화의 한 요인으로 알려져 있다.

① 합성세제는 사질토양에는 잘 흡착되지 않으나 점토질 또는 부식질 토양에서는 이상이 흡착 고정된다.

② 식물체에 흡착은 뿌리에는 잘 흡착되나 지상부에는 소량밖에 이동하지 않는다.

③ 어린 모의 생육에 미치는 영향은 잎이 마르거나 뿌리의 생육이 억제되는 것으로 나타난다.

④ 하천수 농도가 수확량에 미치는 영향은 명확하지 않으나 고농도에서는 이앙기나 분얼기에 피해를 준다.

(5) 오염성분과 피해 특징

① pH (수소이온 농도) : 비의 pH에 대한 허용범위는 꽤 넓으나 알칼리성이 되면 철분 결핍으로 황화현상이 나타난다. 또한 토양에 미치는 영향은 산성의 관개수로 토양속의 염기를 용해하여 토양의 노후화를 촉진한다. 산성수는 용배수시설의 구조물을 서서히 부식하고 내용연수(耐用年數)를 단축시키는 등의 영향이 있다.

② COD (화학적 산소 요구량) : COD는 물 속의 화학적 산화가능물질(주로 유기물)을 산화제로 산화했을 때에 소비되는 산소량이다.

비에 대한 영향은 수중의 유기물 그 자체가 독성을 보이는 경우는 드물고 유기물에 의하여 토양이 환원화하여 유해물질(황화수소, 유기산, 2가철 등)을 발생시키므로 피해를 주는 일이 많다.

③ SS (부유물질) : 유기물과 무기물(규사, 백색점토 등)이 있는데 양자 모두 토양의 물리성을 악화시켜 작물재배에 장애가 되는 경우가 많다. 또 유기물은 토양환원화의 요인이 된다.

④ T-N (총질소) : 총질소란 무기성질소(암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소)와 유기성질소(단백질성질소, 비단백질성질소)의 총량이다.

농업용수 중의 질소가 비에 미치는 영향은 기후, 유입시기(생육시기), 품종, 재배밀도, 토양의 종류, 시비 등에 따라 크게 변화한다. 일반적으로 농업용수 중의 질소과잉에 의한 피해는 전술한 바와 같다.

⑤ DO (용존산소) : DO는 수중에 용해되어 있는 산소량이다. 이것은 공기중의 산소

및 조류의 광합성으로 공급되지만 용해량은 온도와 압력에 따라 크게 다르다. 물이 유기물로 오염되어 있는 경우에는 수중미생물의 활동이 왕성해져 DO를 소비하는 반면, 대기로부터의 공급에는 시간이 필요하므로 DO는 저하한다. 그러나 벼의 경우에는 다른 발작물과는 달리 뿌리가 필요로 하는 산소는 지상부에서 통기조직에 의하여 공급되므로 수중의 산소부족이 직접 뿌리에 피해를 미치지 않는다.

1.3.2 농작업 피해

농작업상의 피해는 오염수가 논에 유입하여 토양이 나빠지는 것과 벼가 지나치게 자라거나 약해져 도복하므로써 경운, 이앙, 물관리, 수확 등의 농작업 전반에 걸쳐 발생하는 것으로 나누어 볼 수 있다. 특히 벼의 도복은 기계화작업을 곤란하게 하거나 효율을 극히 저하시킨다. 구체적인 사례로서 질소과잉으로 도복이 되면 콤바인의 운전이 곤란하거나 등숙불량이 되면 열풍건조기의 능률이 저하되는 등을 들 수 있다.

오염수 중의 유기물 및 미립자가 과도하게 유입하면 논은 투수성(답리작에서는 통기성)이 나빠지고, 또 토양의 환원화가 촉진되어 뿌리가 썩으므로 논외 기계작업을 곤란하게 한다.

이와 같이 나쁜 영향은 유입물꼬 부근에 있어서 특히 현저하다. 수질의 오염 정도는 오염수의 종류나 오염원부터 거리에 따라 다르므로 농가가 소유하는 토지의 위치, 용수로에서의 거리등에 따라서도 피해정도에 차이가 생기고, 따라서 농지의 집단화에 지장을 초래하는 경우도 있다.

이와 같은 농업용수의 수질오염은 토양의 이화학성을 악화시켜 작물에 직접 피해를 끼치는 동시에 경운에서 수확에 이르는 농작업 전반에 걸쳐 피해를 초래하고 물관리나 농약살포의 합리화 등 새로운 기술의 도입을 곤란하게 한다.

1.3.3 농업용 용배수시설의 피해

농업용 용배수시설에 대한 주된 피해는 부유물이 수로벽, 수로바닥, 스크린 등의 구조물에 부착 또는 퇴적되어 구조물의 기능이 저하함으로써 유지관리비가 늘어나는 경우와 산성의 오염수에 의하여 구조물이 부식하여 내용연수가 단축되는 경우가 있다.

도시하수에는 식물의 필수요소로서의 질소, 인산, 가리 등의 영양소가 다량 함유되어 있으므로 이들이 유입하고 있는 용수로는 수생균, 조류가 이상 번식하여 수로벽, 스크린 등에 붙어살며 더욱이 여기에 잡초의 종자가 정착, 발아하

여 수로벽에 균열이 생기거나 쓰레기, 토사의 퇴적 등으로 통수기능이 저하함으로써 유지관리비가 증가한다.

이밖에 도시하수 및 기타 유기물을 함유한 오수에는 공장폐수에서 볼 수 있는 것과 같은 강산, 강알카리, 더운물 등이 함유되는 수가 적기 때문에 급격한 피해가 발생하는 일은 드물지만 pH의 완만한 변화, 특히 오염수가 산성일 경우 양수기, 게이트 등의 구조물을 서서히 부식시켜 이들의 내용연수를 단축시킨다.

1.3.4. 생활 및 노동환경의 악화

수질의 오염은 농촌의 생활환경 및 노동환경에 많은 나쁜 영향을 미친다. 특히 여름철에 악취 및 파리, 모기 등은 농가뿐만 아니라 일반주민에게도 문제가 된다. 더욱이 오염수가 유입된 논(오수답)에서의 작업으로 인한 피부질환 등은 노동환경을 손상하고 노동의욕을 감퇴시킨다.

또 오수답에서는 보통 병해충이 더욱 많이 발생하므로 다량의 농약살포가 불가피하여 이것이 농업환경 전반에 미치는 영향도 무시할 수 없다.

제 2 장 조 사

2.1 조사순서

계획수립의 조사 순서는 지구의 규모 및 특성에 따라 다르므로 일률적으로 정할 수는 없으나 조사를 능률적으로 수행키 위해, ① 지구의 특성을 개략적으로 파악하고 (예정지 조사), ② 이를 기초로 필요한 사항에 관해 상세한 조사(기본조사)를 시행함이 바람직하다.

예정지 조사는 사업의 필요성을 판정함과 동시에 기본조사의 실시계획을 작성하기 위한 일반적인 현황파악 및 장래예측의 조사가 포함된다. 또한 계획의 내용에 따라 기본조사의 내용이 달라지기 때문에 예정지 조사의 단계에서 미리 계획을 구상하는 것이 좋다.

기본조사는 계획을 수립하고 이를 기초로 하여 설계·시공계획을 수립하기 위해 필요한 조사이다.

이와 같은 관점에서 조사순서의 예시는 그림 3.2.1과 같다.

2.1.1 예정지 조사

예정지 조사에서 실시할 조사 사항은 대략 다음과 같다.

- ① 자연조건, 토지조건 (기상, 지형, 토양 등)
- ② 용배수상황 (수원상황, 용배수상황, 주요한 용배수시설의 규모 및 구조 등)
- ③ 수질오염상황 (수질의 실태, 오염원의 위치 및 종류, 오수의 유입경로 등)
- ④ 농업피해상황 (농작물피해, 농업용 용배수시설피해, 농작업에 대한 장애 등)
- ⑤ 지역 및 지구의 농업개황
- ⑥ 도 및 시·군의 농업진흥계획
- ⑦ 도시계획 (하수도계획, 토지이용계획 등)
- ⑧ 관련된 다른 사업계획
- ⑨ 시설 관리자 및 농가의 의견
- ⑩ 사업의 필요성 판정
- ⑪ 계획구상
- ⑫ 기본조사의 실시계획 작성

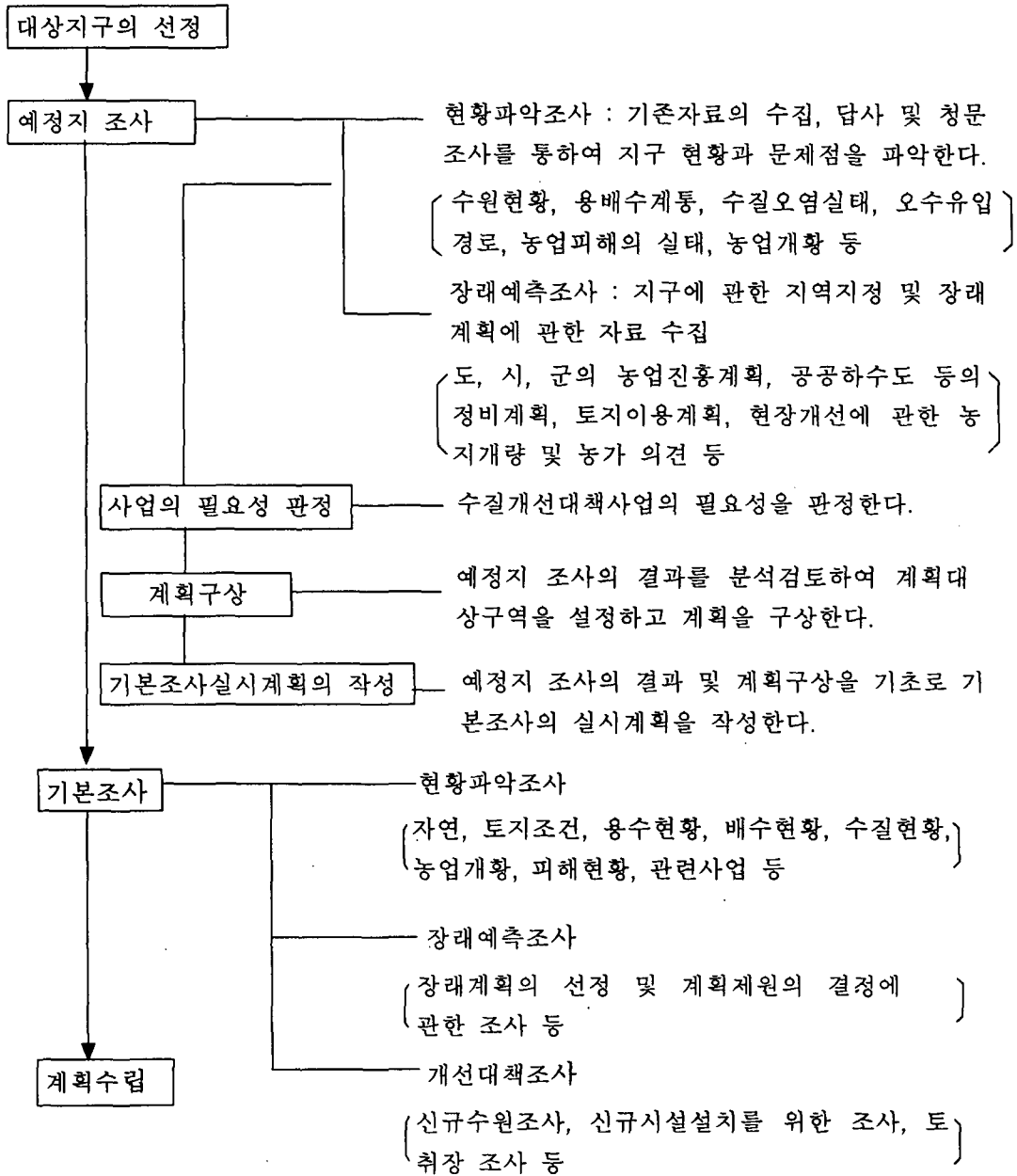


그림 3.2.1 조사 순서

①~⑨에서 조사된 사항을 기초로 당해지구에 있어서 사업의 필요성을 판정하여 계획을 구상하고, 지역의 농업개발구상에 대해서도 검토한다. 이를 근거로 조사항목, 관측시설의 설치장소 등의 선정에 관한 기본조사 실시계획을 작성하여 기본조사를 실시한다.

2.1.2 기본조사

기본조사의 실시계획에 따라 조사를 시행한다.

기본조사의 내용은 ① 현황파악과 수질개선여부를 판단하고 계획수립의 기초자료로 할 사항, ② 장래 있을 수 있는 사항의 예견, ③ 현재의 불비한 점을 개선하기 위한 수단을 탐색하기 위한 사항 등으로 대별된다. ③의 부류에 속하는 조사는 ①, ②의 조사결과에 따라 개선대책이 확실하게 된 이후에 실시하는 것으로, 이 종류의 조사는 일반적으로 장기간이 소요되기 때문에 예정지 조사결과와 이전 실시 예에서의 개선대책을 고려하여 ①, ②의 조사를 병행, 시행하는 것이 좋다.

2.2 조사항목 및 내용

2.2.1 자연·토지조건조사

가. 지목 및 지적

지목에 대해서는 지구의 토지이용 현황을 논, 밭, 초지, 과수원 등으로 분류하고 그 분포상황을 조사한다. 또한 필요에 따라 토지의 소유형태에 대해서도 조사한다.

지적은 지구의 지목별로 실측(지형도에 대한 도측을 포함)함을 원칙으로 하나 토지대장면적과 실제면적의 비율을 이용해서 토지대장에서 계산해도 지장은 없다. 그러나 토지대장을 기본으로 하는 경우는 토지대장지목과 현황이 토지이용현황과 다른 경우가 있으므로 지구의 실정에 따라 현지조사를 하여 결정할 필요가 있다.

나. 기상

기상조사는 일반적으로 용수개발, 배수개선 등의 사업계획수립의 경우와 같으나 수질개선대책 계획의 내용에 따라 중점 조사사항이 달라짐에 유의해야 한다. 특히 수질오염과 관련된 농업용수의 수질은 강수량에 크게 좌우되지만, 농작물 피해는 기온, 강우일수, 일조시간 등에 좌우되므로 수질조사 및 농작물피해와 병행해서 조사년의 기상상황을 파악한다.

다. 지형

지형조사는 1/2,500~1/5,000의 지형도를 작성하는 것이 바람직하다. 또한 국토기본조사, 지적조사, 농업생산기반정비사업 등에 의해 이미 도면이 작성되어

있는 경우에는 이를 이용하여도 지장은 없다. 일반적으로 지형도는 지구의 용배수계통조사, 수질조사, 시설계획 등에 사용되기 때문에 먼저 작성하는 것이 좋다.

라. 토양

토양조사는 기존의 조사자료를 활용토록 하고 필요사항이 부족한 경우에는 지구조사를 하여 보충한다. 보통 농업용수의 수질오염에 의해 논토양이 나빠져서 농작물이 피해를 받는다고 생각될 경우에는 우선 표층 또는 하층토양의 이화학적 성을 조사한다.

2.2.2 용수관계조사

가. 지구의 용수에 관한 조사

지구의 용수상태를 파악하기 위해 다음 사항에 대해 조사한다.

1) 용수계통

용수계통은 수질조사지점의 선정, 오수의 유입상황, 용수구역의 파악, 용수계획수립, 대책계획수립 등에 필요한 자료이다.

이를 위해 지구내의 각 용수계통별 수원, 용수시설의 위치, 수혜면적, 주요지점의 용수량 등을 조사하여 용수계통도 (1/2,500~1/5,000)를 작성한다. 보통 용수를 반복 이용하는 경우에는 그의 실태 및 반복이용의 기구를 정확히 파악한다.

조사는 기존자료와 지역관계자료로부터 청문조사 및 현지조사에 의한다.

2) 용수시설의 규모, 구조, 관리상황 등

지구내의 기설 용수시설 중 계획에 관계되는 것은 그의 규모, 구조, 통수능력, 관리주체, 관리상황, 설치년도, 개수의 여부 등을 기존의 자료, 관계자료로부터의 청문 및 현지조사에 의해 파악한다. 또한 펌프, 수문, 수로 등의 시설 보수, 청소에 대해서는 농업용수의 수질오염에 따른 필요 경비의 변화상황도 조사한다.

3) 용수이용상황 및 용수량

① 용수이용상황

지구내의 용수이용상황은 종류별 용수의 사용현황 및 각각의 사용수량이 시기별로 조사되어야 한다. 용수이용의 종류는 논용수와 밭용수가 대부분이지만 그 외 양어장, 축산시설 등에서 사용되는 경우도 함께 조사한다.

② 용수량

용수량은 대책의 내용에 따라 용수계통별로 필요한 지점을 정해 각 지점에서 측정한다. 또한 대표지점에서 감수심, 이양용수량 등을 조사하여 용수량을 검증한다.

수질개선대책과 병행해서 용수개발을 실시하는 경우에는 용수개발사업 계획에 따라 조사한다.

농업용수의 수질오염은 일반적으로 도시화된 지역에서 많이 발생하고, 이들 지역에서는 농지전용이나 밭 등으로 전환되어 용수량에 변화도 생긴다. 또한 현재 오염수계를 보조수원으로서 이용하고 있는 지역에서는 수질개선대책사업에 의해 오수를 제거하던가 용수와 배수를 분리함으로써 용수부족이 될 수도 있으므로 별도의 수원대책이 필요할 경우가 있으니 이에 유의하여 조사해야 한다.

③ 용수부족상황

용수부족의 유무를 조사하여 부족한 경우에는 그의 범위, 수량 및 원인과 용수부족에 의한 피해상황을 조사한다. 용수부족의 원인이 수질오염에 의한 농업피해를 방지하기 위한 것인지, 다른 요인에 의한 것인지를 정확히 조사한다.

4) 수리권, 용수관행 및 물관리상황

① 용수의 수리권과 허가조건을 조사한다. 일반적으로 관개면적이 넓으면 용수계획상 시기별 관개량, 관개면적 등도 조사한다.

수질개선대책으로 수원전환 또는 용수조직을 변경할 경우에는 지구주변의 수리권에 대해서도 조사한다.

② 지구내에서 관개용수를 반복 이용하는 경우나 수질오염의 대책에 관련된 특별한 용수관행이 있는 경우는 이들 용수관행의 내용을 유지관리기관의 직원과 관계자로부터 청문 조사한다.

③ 지구내의 물관리 주체, 물관리 방법 등을 조사한다. 특히 수질오염에 의한 작물피해를 막기 위한 물관리 등을 조사한다.

④ 저수지나 용수로에 오수가 유입해 수질이 악화된 경우는 오수가 유입하게 된 경로를 조사한다.

나. 수원에 관한 조사

수질개선대책으로 수원의 전환이나 회석수의 도입을 추진할 경우에는 새로운 예정지 수원의 취수가능량을 추정하기 위한 필요사항을 조사한다.

조사의 내용은 예정된 수원의 종류에 따라 다르므로 용수개발사업의 경우에 준하여 조사한다.

2.2.3 배수상황조사

가. 배수계통 및 배수량

배수계통은 용배수 겸용지역 및 반복이용 지역에서는 수질오염의 실태, 용수 계획, 대책공법의 선정 등을 조사하고, 분리한 오수를 유하시키는 경우에는 대책공법의 선정, 배수계획, 시설계획 등이 필요하다.

이를 위해 지구 및 주변지역의 각 배수로에 대해 유역면적, 배수량, 주요시설의 위치 등을 조사해 배수계통도(1/2,500~1/5,000)를 작성한다.

이 경우 오수가 배출되는 배수로는 간선배수로까지 조사한다. 일반적으로 배수량조사에 있어서는 택지화 등으로 유역의 유출형태가 변화되므로 유역의 토지이용, 배수로망의 정비상황 등 유출에 영향을 주는 여러 가지 요소를 조사하여 적정한 배수량을 파악한다.

나. 배수시설의 규모, 구조 및 관리상황

“가” 항에서 언급한 배수로 및 해당 배수로에 설치되어 있는 주요구조물의 규모, 구조, 배수능력, 설치년도, 관리주체, 유지관리상황 등을 조사한다.

다. 배수관행 및 배수상황

① “가” 항에서 언급한 배수로는 배수의 상황, 수질상황, 배수관행 등을 조사한다.

② 용배수겸용수로에서 배수를 분리하는 경우 및 용수로에 유입되는 오수의 배수계통을 변경하여 배수로에 배제(排除)시키는 경우는 배수로 하류에 대한 배수관행 등을 조사한다.

2.2.4 수질조사

가. 수질현황에 관한 조사

수질조사에서 중요한 것은 수질의 시간 및 장소에 따른 변동을 정확하게 포착하는데 있다. 조사결과는 그 지역의 수질을 대표할 수 있으며 그 변동폭에 대해서도 추정할 수 있어야 한다. 또 수질오염의 실태는 부하량으로도 파악해야 함으로 수질조사와 함께 반드시 유량조사도 한다.

1) 조사(채수)지점의 선정

지구의 오염원 상황, 용배수계통, 오수 유입경로, 수질 오염상황, 농업피해상황 등에 대하여 현지 청취조사를 하여 조사(채수)지점을 결정한다.

조사지점은 ㉠ 용수취수지점 (수원전환의 경우에는 취수예정지점을 포함), ㉡ 용수로 중의 주요 분·합류지점, ㉢ 지구내에 오염이 있는 경우 주요 오염원으

로부터의 유입부하량을 추정할 수 있도록 오수 유입지점의 직상류와 용수로에 유입한 오수가 용수와 혼합된 이후의 지점, ㉔ 수혜구역 입구지점 등으로 하고 유량조사의 난이성, 조사시 안전성과 계획이 끝날 때까지 같은 지점조사 가능성을 감안하여 결정한다. 또한 조사지점에는 번호를 붙여 도상에 표시하는 동시에 지점번호는 계획종료까지 변경해서는 안 된다.

2) 조사회수 및 시기

조사회수 및 시기는 관개기에 5회(활착기, 분얼기, 유수형성기, 출수개화기, 등숙기)와 비관개기 2회 정도가 이상적이나 지구여건에 따라 조정될 수 있다. 저수기 및 홍수기의 수질도 파악하여 두는 것이 바람직하다.

3) 조사항목

수질오염물질은 오염원의 종류에 따라 다르지만 ① 일반적으로 도시하수 (생활계 배수)를 대상으로 하는 수가 많기 때문에 조사항목은 원칙적으로 유량, 수온, pH, BOD, COD, T-N, T-P, DO, SS 등으로 한다. ② 중금속류는 필요에 따라 조사한다. ③ 수역의 수질변동상황을 파악하기 위하여 간편하게 측정할 수 있는 EC (전기전도도)는 수질변화의 지표가 되며 수질감시에 효과적이기 때문에 조사가 필요하다. ④ 이밖에 수질특성을 파악하는데 필요한 조사항목을 분석하여 수질개선대책방법을 검토하는데 편리하게 이용할 수 있도록 한다.

4) 수질측정법

수질측정을 위한 시료의 채수방법 및 분석방법은 수질환경보전법 제7조 규정에 의한 수질오염 공정시험방법에 의하여 실시하는 것을 원칙으로 하고 다음과 같이 실시한다.

① 채수방법

채수는 성분에 편중이 생기지 않게 해야 한다.

수심 3m 이하 폭 30m 이하의 하천에 있어서 표준 채수방법은 왼쪽부분, 유심부, 오른쪽부분의 각각에 대하여 수면에서 수심의 20%의 수위에서 채수하여 3점을 중량 혼합한다. 또한 하천의 취수지점에서는 취수한 대표부분을 채수하고 감조하천에서는 염수가 채수되지 않도록 주의해야 한다. 작은 수로의 경우 오수와의 혼합이 충분히 되어 있는 것이 인정되면 적당히 채수해도 좋다. 그러나 저질을 퍼 올리지 않도록 주의한다.

채수방법은 직접 퍼낼 수 있는 경우에는 시료병을 손으로 물속에 갈아 얹히거나 적당한 용기로 퍼 올린다. 교량위에서 채수하는 경우에는 폴리에틸렌제의 버킷에 줄을 달아 퍼 올린다. 시료병은 폴리에틸렌제의 1ℓ 용량을 사용한다.

② 현장측정

pH, EC, 수온, DO 및 유량은 현장측정을 원칙으로 하고 휴대형 계기를 사용한다. 수온은 계기의 측정치를 보정하기 위하여 막대형 온도계로 측정한다.

현장측정이 곤란할 때에는 시료를 채취해서 옮겨 될 수 있는 한 빨리 측정한다. 특히 DO의 현장측정시는 대기중 산소의 확산은 거의 무시해도 상관없으며, 적당한 용기로 측정해도 되고 이동하여 측정할 때에는 BOD병에 담아 밀봉하여 운반후 즉시 측정해야 한다. 또 색이나 냄새 등이 있을 때는 그 상황을 현장에서 기록해둔다.

③ 측정법

① 유량은 일반적으로 횡단면을 적당히 분할하여 각 단면의 평균유속을 측정하여 그 단면의 유속에 단면적을 곱하여 합산한다. 수위-유량관계 곡선으로 유량을 산출할 경우에는 수위만을 측정하면 된다. ② 수질 분석은 별도로 정하는 측정법에 의한다.

나. 오염원 조사

농업용수의 수질오염 원인을 파악하기 위하여 오수의 유입경로, 오염원의 개황, 오염부하량, 오염원 배출수의 배출허용기준, 방류하는 공공수역의 환경기준, 수역유형의 지정유무와 달성정도 등을 조사한다.

1) 오수 유입경로조사

지역의 용·배수계통도상에 오염원에서 배출된 배출수의 농업용 용배수로 유입경로를 조사하여 오수유입경로도를 작성한다. 더욱이 오염원 분포, 오수유입경로도, 용·배수계통도에서 오수의 배수구역을 분할한다.

2) 오염원 개황조사

각 배수구역에 인구, 가축, 공장 등의 주요 오염원의 현황 및 계획을 기존자료, 청취 등에 의하여 조사한다.

① 인구

총인구, 분뇨수거율 등을 조사한다.

② 가축

가축 종류별 소재지, 규모 (사육두수), 배출수의 성분 (수질), 배수량, 처리시설의 종류 및 성능 등을 조사하고 가축의 종류별로 총사육두수를 조사한다. 또한 분뇨를 농지에 환원하고 있는 경우 그 실태 (비율)를 조사한다.

③ 공장

점오염원에 대해서는 종류별로 명칭, 소재지, 종업원수, 배출수의 성분 (수질), 배출시기, 배수량, 처리시설의 종류 및 성능 등을 조사하고 비점오염원에 대해서

는 업종별로 배출수의 성분(수질), 배출량 또는 총출하액 등을 조사한다.

3) 오염부하량조사

현재상태의 농업용수의 수질오염 원인을 파악하기 위해 각 배수구역의 배출부하량(오염원에서 배출되는 오염부하량)을 조사한다.

현재의 수질오염 원인이 점오염원에 의한 것인가, 비점오염원에 의한 것인가는 오염원개황조사 결과를 바탕으로 각 발생오염부하량을 산출하여 그 결과로서 판단할 수 있다.

또한 오염원에서의 배출부하량을 그대로 농업용수의 오염부하량으로 보는데 문제가 있다고 인정될 경우에는 유달률을 고려한다.

배출부하량은 점오염원에 대하여는 각 배출량에 수질을 곱해 산정하고 비점오염원에 대해서는 오염원의 종류별 배출량(또는 인구, 두수, 총출하액 등)에 각 오염원단위(각 오염원에서 발생하는 단위 오염부하량)를 곱하여 구하고, 분뇨를 수거하고 있는 경우나 가축 배설물을 농지로 환원하고 있는 경우에는 이들을 제외할 수 있다.

또한 오염원단위는 원칙적으로 실측해야 하나 기존의 수질관계자료에서 추정할 수 있는 경우 또는 인근에서 사업이 실시되고 있어 그것을 이용하는 경우에는 그 값을 사용하여도 지장이 없다.

농업용수의 장래수질은 각 배수구역의 오염원 장래변화를 분석하여 장래의 배출부하량을 추정하여 예측할 수 있다.

4) 배출기준 및 환경기준에 관한 조사

관계법 또는 시(군)·도 조례로 배출기준 및 환경기준이 정해져 있는 경우 관련자료를 조사하여 농업용수에 미치는 영향을 검토한다.

[참고] 오염원 조사표 및 부하량 원단위

1)오염원 조사표 예

다음 표 3.2.1과와 표 3.2.2는 오염원현황조사 및 부하량조사의 조사표의 예이다.

표 3.2.1 오염원 조사표

① 축산

배수 구역	점원 비점원	명칭	소재 지	가축 종별	두수	배출수 성분				배수 량	처리방법		농지 환원율 %
						COD	SS	T-N	T-P		종별	성능	
					(두)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	m ³ /일		m ³ /일	

② 공장

배수 구역	업종명	소재 지	제품 출하액 (백만원)	배출수 성분				배수량 m ³ /백만원	처리방법	
				COD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)		종별	성능 m ³ /백만원

- 주) 1. 배출수성분의 COD, BOD, SS 및 T-N 등은 최근 측정결과의 연간평균값과 연간최고값 (계절별 변동이 심한 경우에는 관개기간의 평균값과 최고값을 조사)을 조사한다.
2. 점오염원은 별개로 기재하고, 비점오염원은 가축의 종류, 업종별로 종합하여 기재해도 좋다.
3. 오염원에 변동이 예측되는 경우에는 필요개소에 ()으로 표기한다.
4. 점원은 오염발생원이 점의 형태로 존재하면서 그 배출위치도 정확히 파악될 수 있는 것을 말하며, 비점원은 넓은 지역에서 면적(面的)으로 발생하는 오염부하원이다.

표 3.2.2 부하량 조사표

배수구역	점원·비점원 별	오염원 명칭	인구,두수,배수량,총출하액	배출수질 또는 오염원단위			오염부하량 g/일			비고
				COD	SS		COD	SS		
No. 1	점원 계 비점원 계 합계									
No. 2										
총 합 계										

- 주) 1. 인구, 가축두수 등 장래 변동이 예측되는 경우에는 2단으로 표기하고 예측 오염부하량을 ()로 표시한다.
2. 비고에는 오염부하량계산에 사용한 배출물 (분뇨 수거물, 농지환원을 등) 및 유달률을 기입한다.

2) 오염원단위

표 3.2.3은 공공 하수도 사업에서 사용하는 오염원단위의 예이다.

표 3.2.3 오염원단위의 예

① 생활하수 부하량 원단위

(단위 : g/인/일)

구 분	BOD	SS	T-N	T-P
시가지	70	70	7.75	1.63
비시가지	59	68	7.75	1.63

② 축산폐수 부하량 원단위(발생원단위)

구 분		발 생 량 (g/두/일)			
		BOD	SS	T-N	T-P
소	한 우	640	3,800	128	72
	젖 소	170	4,345	126.5	187
돼 지		125	356	20.4	16.8
닭		12.5	18	0.96	0.78
말		640	3,800	128	72

주) 젖소의 BOD 발생량은 한우보다 많은 670(g/두/일)정도일 것이나 환경부(1994) 수 환경정 책자료집(II)의 170(g/두/일)을 그대로 인용

③ 축산폐수 부하량 원단위(배출원단위)

구 분	배출폐수량 및 농도(mg/l)					배출원단위 및 발생에 대한 배출률 (%)			
	폐수발생량	BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P
한 우	33(ℓ)	2,900	1,230	446	60	95.7 (15.0%)	40.6 (1.1%)	14.7 (11.5%)	2.0 (2.8%)
젖 소	40(ℓ)	2,790	1,270			111.6 (65.6%)	50.8 (1.2%)	17.8 (14.1%)	2.4 (1.3%)
돼 지	12.5 (ℓ)	2,510	1,660	450	150	31.4 (25.1%)	20.36 (5.8%)	5.6 (27.5%)	1.9 (11.3%)
닭	-	-	-	-	-	0.25 (2%)	0.36 (2%)	0.019 (2%)	0.016 (2%)
말	33(ℓ)	2,900	1,230	445	60	95.7 (15.0%)	40.6 (1.1%)	14.7 (11.5%)	2.0 (2.8%)

④ 내수면 양식장의 부하량 원단위

(단위 : g/m²/일)

구 분	BOD	SS	T-N	T-P	사료 사용량
가두리	86	150	10.52	5.37	328.8
유수식	38.4	68.7	5.15	0.98	61.7

⑤ 토지유출수의 부하량 원단위

(단위 kg/km²/일)

구 분	BOD	SS	T-N	T-P
밭	7.1	7.59	2.33	0.17
논	5.12	4.41	2.33	0.17
임 야	0.96	1.26	0.55	0.013
대 지	87.59	227.73	0.76	0.027
기 타	0.96	1.26	0.76	0.027

주) 환경부(1994) 수환경정책자료집(II)

3) 유달률

유달률은 농업용 수로 등에 도달한 오염부하량을 배출 오염부하량으로 나눈 값이며, 이 값은 오수가 유하하는 수로의 형상, 유하거리 등에 따라 다르기 때문에 각각 실측값이 바람직하다. 일반적으로 농업용 수로에 직접 오수가 유입하는 경우 또는 오염원이 인근에 있는 경우에는 유달률을 1로 하여 계획해도 지장이 없다.

2.2.5 농업개발조사

수질개선대책사업은 오염되어 있는 농업용수의 수질개선을 도모함을 목적으로 하고 있으며, 그의 대책으로는 용수대책과 배수대책이 있다.

용수대책은 현재의 수량을 보장하는 것을 원칙으로 하나 실제사업은 도시근교 등의 택지화가 많이 이루어진 지역에서 시행되는 경우가 많다. 이와 같은 지역에서는 과거의 농지전용, 도시계획상의 용도지정, 답전환 등을 조사하여 물이용의 대상면적을 적정하게 결정하는 것이 중요하다.

이를 위해 농지전용, 작물별 작부면적, 농가소득, 경영규모 등의 현황 및 동향을 조사한다.

또한, 수질보전대책사업과 병행하여 용수 혹은 배수개선을 할 경우에는 각각 사업 계획에 따라 필요한 사항을 조사한다.

2.2.6 피해상황조사

가. 농작물피해

농업용수의 수질오염에 의한 농작물피해조사는 원칙적으로 농업개요, 생육상황, 수량, 품질, 도복 및 병해충 피해를 조사하나, 필요에 따라서는 기상조건, 토양조건 및 시비내역에 대해서도 조사한다. 또한 농업용수의 수질오염에 의한 농작물피해의 정도는 이들 조사결과를 안전담 (계획대상지역과 입지조건, 재배조건 등이 거의 동일한 지역으로 오염되지 않은 농업용수를 관개하고 있는 포장)에서 얻은 조사결과와 비교하여 추정한다.

[참고] 농작물 피해조사 예

농작물피해조사에는 몇 가지 방법이 있으나 벼에 대하여 일례를 들면 다음과 같다.

1) 농업개요

농업개요의 주요한 조사사항은 시비량(기비, 추비), 품종명, 재식밀도, 논갈이(경운), 관수시기, 썩레질, 이앙, 중간낙수기간, 관수 및 수확의 각 실시월일을 들 수 있다. 특히 시비량, 품종, 물관리에 관계되는 중간낙수기간 및 관수기는 수질 오염에 의한 생육장애에 관련 있는 조사이다.

또한 필요에 따라서 소재지, 면적, 수로명, 채수지점에서 포장까지의 거리등을 기록한다.

2) 생육경과

일반적으로 오염수에 의한 수도생육의 영향은 유입 물꼬 부분이 가장 현저하다. 질소과잉의 영향은 유입 물꼬에서 유출 물꼬를 향하여 선상으로 전개되는 것이 특징이고 다른 생리병이나 병충해는 분명히 식별할 수 있다. 일반적으로 오수담의 벼는 잎의 색깔이 진하고 과번무 때문에 아랫잎이 고사되어 있다. 또 안전담에 비하여 등숙기가 늦고, 이삭의 배열이 나쁘며, 도복현상이 보인다. 따라서 이들 상황을 확실하게 파악한다.

① 표본 선정법 : 한 필지 논은 표본 선정법은 물꼬의 위치에 따라 그림 3.3.2에서와 같은 방법으로 정하는 것이 바람직하다.

A, B, C의 3지점의 표본 평균치로부터 피해도를 짐작할 수 있으나, 유입물꼬를 포함한 4지점에 대하여 하나하나 비교하는 경우도 있다.

② 조사항목 : 생육과정의 조사항목은 초장(cm) 및 줄기수이다. 조사시기는 분얼기, 유수형성기 및 출수기의 3회로 한다.

③ 조사방법 : 한 지점에 3주씩을 선택하고 그 평균치로 나타낸다.

3) 수량구성요소

이삭수(본/주), 이삭당 벼알수, 등숙비, 현미 천립중량을 총칭하여 수량구성요소라 하고 각 항목을 전술한 표본 조사주에 대하여 측정한다.

수확기의 기타 조사항목은 ① 생육에 관한 사항으로서 잎길이, 마디길이, 줄기길이, 잎무게, ② 쌀품질은 1주당 정미와 현미비율 등을 필요에 따라 조사한다.

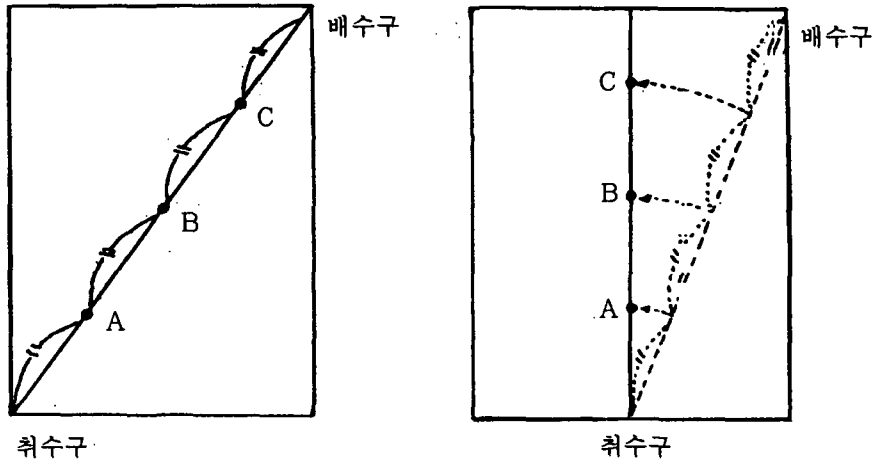


그림 3.2.2 일필지 논에서 조사벼줄기 선정방법의 모식도

나. 농작업상 피해

농업용수의 수질오염으로 토양이 악화되거나 작물이 도복하여 경운, 수확작업 등의 기계작업능률이 저하되는 경우에는 그 실태를 조사한다.

다. 농업용 용배수시설피해

농업용수의 수질오염으로 용배수시설의 손상, 기능저하 및 유지관리상의 변화가 있을 경우에는 그 실태를 조사한다.

라. 환경영향

농업용수의 수질오염으로 인하여 농업인의 작업환경 등이 악화되는 경우 그 실태를 조사한다.

마. 응급대책

농업용수의 수질오염으로 발생하는 농업피해를 방지하기 위하여 개별농가 또는 유지관리기관의 수혜구역 등에 따라 응급대책, 특별한 유지관리 등을 실시하고 있는 경우에는 그 실태를 조사한다.

2.2.7 관련사업 등 조사

가. 관련된 농어촌정비사업 등

사업지구 내와 주변지역의 관련 사업계획 중, 공사중이나 완공된 농업생산기

반정비사업이나 농어촌생활환경정비사업 등이 있는 경우는 이들 사업의 내용, 범위, 실시시기 등을 조사한다.

나. 농업진흥지역정비계획

농업진흥지역정비계획에 설정되어 있는 토지이용계획, 농지기반정비계획 등에 대해서 조사한다.

다. 도시계획관계

사업지구와 관련된 도시계획이 있는 경우는 도시계획을 근거로 하여 시가지 구역, 시가지조정구역, 용도구역 등의 구역구분, 도시시설의 정비계획 및 실시 상황(공공하수도, 유입하수도, 공원녹지, 산책로 등) 등을 조사한다.

제 3 장 수질보전계획

3.1 계획의 기본 방향

3.1.1 사업대책

수질보전대책의 기본은 농업용수에 오수의 유입을 방지하거나 제거하는 일이며, 이를 위하여 오염발생원 지역에 대한 발생원 대책이 가장 효과적이다. 그러나 실제로는 농업용수의 수질오염으로 인한 농업피해는 하수도 등의 정비가 지연되어 발생하는 수가 많으므로 농업상의 대책만으로 해결할 수 없는 경우가 많다. 이와 같은 지역에서 수질보전계획을 세울 때에는 먼저 사업지구의 수질오염의 원인을 파악하여 시, 도, 군 의 관계 기관과 발생원 대책의 가능성에 대하여 충분히 검토 협의하여야 한다.

그 결과 농업측에서 대책을 세울 수 없는 경우 농업측에 과대한 부담이 되지 않도록 계획내용, 장래의 유지관리 방법 등에 대해서 충분히 고려하여, 적절한 수질보전계획이 되도록 하는 것이 중요하다.

3.1.2 계획수립 방침

수질보전계획을 수립하는데 농업용수 수질오염 원인, 오염원의 분포, 오염수의 수질, 오수의 유입경로 등을 검토하여 문제점과 대책 방향을 명확히 하고 관련된 계획도 고려하여야 한다.

이 경우 유의해야할 중요사항은 다음과 같다.

① 수질보전대책사업은 농업용수의 수질오염을 제거하는 것이다. 결과적으로 용배수 계통의 변경과 관계가 있으며, 그 외에 「농업생산 환경」, 「농촌생활 환경」 등에도 영향을 끼친다. 따라서 미리 사업에 따른 장점과 단점에 대해서 충분히 검토하여 현지조건에 적합한 수질보전대책이 되도록 한다.

② 양질의 농업용수 수질을 유지하기 위하여, 사업 외에 해당 지역 수질의 오염방지에 관련되는 각종 사업계획에 대해서도 예측 등 관련성을 충분히 검토한다.

③ 용배수의 분리로 인한 배수로 주변 및 인접 하류지역의 영향에 대해서도 충분히 고려한다.

④ 이 사업으로 정비되는 용배수 시설은 구조적, 기능적 면에서 기존시설과 다른 경우가 있으므로 기존 관리체제로는 대처할 수 없는 것이 있다. 특히 용

수의 수질 정화, 배수의 종말처리 등을 목적으로 하는 처리시설을 설치하는 경우는 전문기술자가 관리하도록 하며, 유지관리비의 증가와 관계가 깊으므로 미리 관리체제를 수립하는 것이 좋다. 그리고 용배수 분리로 배수(오수)전용이 되는 구배수로와 관련시설은 관리가 소홀해지기 쉬우므로 안전성, 수로기능의 유지, 주변의 환경보전 등을 포함한 기존 관리책임체제를 확실하게 해야 한다.

3.2 계획수립 순서

3.2.1 계획수립 순서

계획수립의 순서는 대책계획의 내용과 관련사업의 유무에 따라 다르므로 일반적으로 규정할 수 없으며, 지구마다 그 계획 내용에 알맞게 작성하여 이를 기초로 하여 효율적으로 실시하여야 한다. 그림 3.3.1은 기본적인 순서의 예를 표시한 것이다.

3.2.2 계획수립시 유의사항

① 수질보전대책사업은 농업용수의 수질오염을 경감시키는 데 목적이 있다. 그러므로 일반적으로 해당지구의 수질오염 원인에 맞는 대책 공법의 선정, 시설계획과 용수계획에 중점을 두어야 한다. 특히 수질보전대책을 수립하는 지구는 대부분 도시근교 등의 토지이용 상황 변동이 심한 곳으로서 용수량이 변동되는 경우가 있으므로, 과거 농지의 전용 실적, 담 전환 상황, 기타 각종 계획에 따른 토지의 용도지정상황 등을 고려하여 적절한 용수계획을 작성한다.

② 수질보전 대책과 용수부족의 해소, 용수 배분의 합리화를 도모할 경우 장래의 토지이용 및 물관리에 적합한 용수량의 결정, 합리적인 물 배분을 위한 용수조직 현황, 수원계획 등이 중요하다.

③ 관련되는 각종 사업계획이 있는 경우, 수질보전대책 내용이 이들에 의하여 크게 영향을 받는 경우가 있으므로 상호 관련성을 충분히 고려해야 한다.

수질보전대책은 농업상의 대책뿐만이 아니라 다른 부분 대책과 연계되어 실시되어야 보다 효율적인 대책이 되는 경우가 많으므로 계획수립시에는,

㉠ 수질오염의 원인과 책임의 소재를 밝히고 그것에 알맞은 어떠한 대책을 세울 것인가?

㉡ 농업용수의 수질을 안정적으로 보전하려면 어떻게 하는 것이 좋은가?

㉢ 분리시킨 오수는 누가 어떻게 처리하는가?

등에 대해서 충분히 검토하여 관련기관과 협의하면서 추진하는 것이 중요하다.

④ 계획 단계마다 여러 비교안을 검토하여 적절한 계획을 선정한다. 이 경우 새로 생긴 문제에 대해 추가 조사하는 경우도 있고 계획작성시 반복 검토하여 변경하는 경우도 있다.

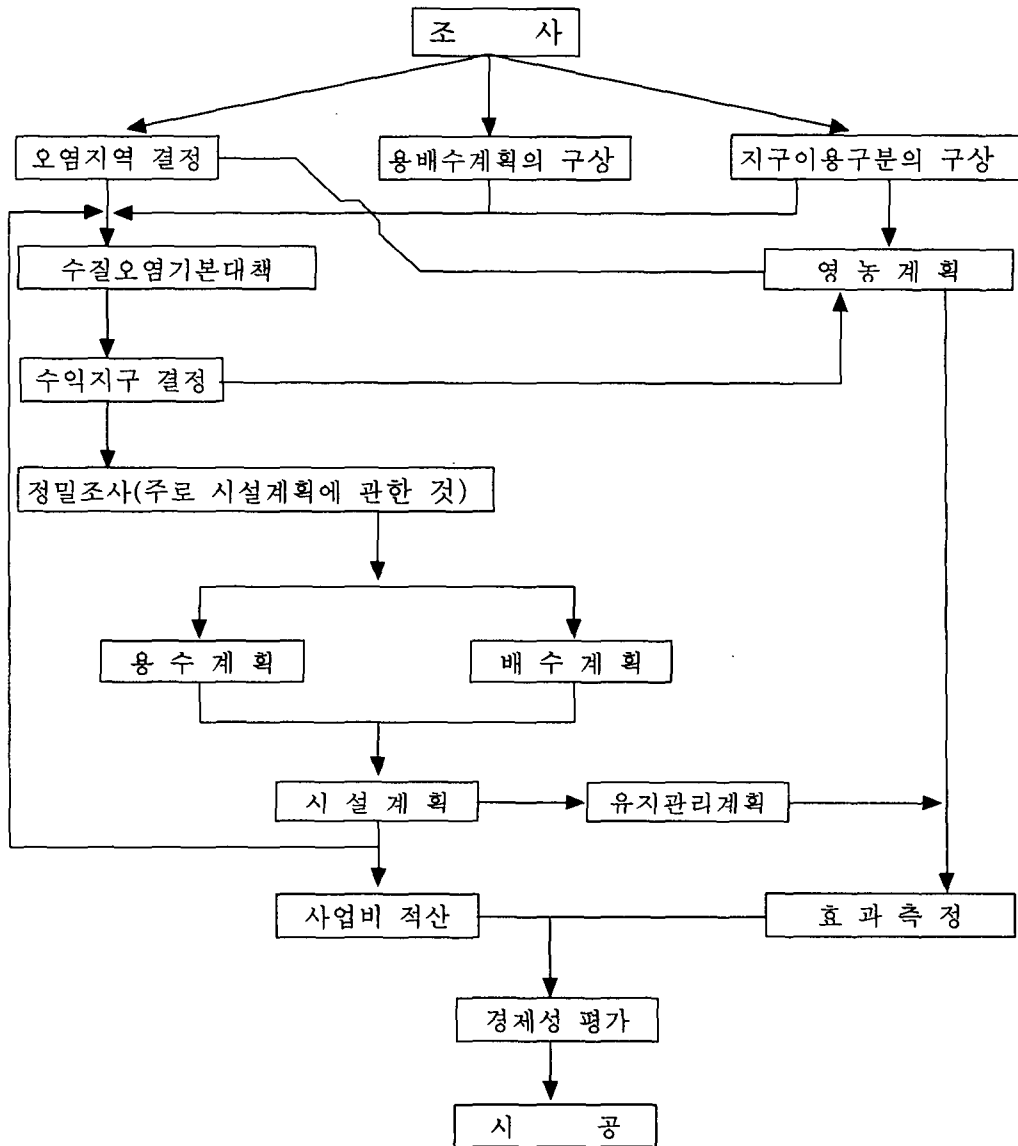


그림 3.3.1 수질보전계획의 순서

3.3 수해지구 결정

수질보전대책사업의 수해지구는 농어촌정비법과 동 시행령에 규정한 조건을 만족시키는 지역으로서 토지이용, 물이용 등의 변화가 예상되는 경우를 고려하여 사업효과가 발생하는 범위에 따라 결정한다. 즉, 수질보전대책과 병행해서 농업용 용배수시설의 신설 또는 개수를 계획하는 경우에는 각각의 목적에 맞는 수해범위를 설정할 것이나 그 범위는 최소한도에 그치도록 해야 한다.

3.4 영농계획

영농계획의 입안시 먼저 현재상황의 수질오염정도 및 그 원인을 확실히 규명함과 동시에 오염에 의한 피해상황을 검토한 후 수질오염원을 차단한다거나 작물재배에 유해하지 않는 수질로 개선해야 한다. 예를 들면 수질오염의 원인이 도시 생활하수, 공장폐수, 또는 가축배설물에 의한 것인지 등을 규명하고, 수질오염정도에 따른 피해정도를 파악하여 이에 대비할 영농계획을 세우는 것이다.

이에 따라 농업용수의 수질이 오염되어 있는 지역에서 재배기술적 대책으로 지구의 수질오염상황에 따른 품종 선택, 시비 및 물관리 개선, 논토양의 건조, 적절한 농약살포 등을 고려할 수 있으므로 이러한 지역에서는 수질오염에 적합한 품종선택, 물관리, 시비, 약제살포 등에 관한 재배관리기술의 지침작성이 중요하다.

예를 들면 과잉질소에 대해서는 질소비료의 시용을 피해의 상황에 따라 줄이고 토양을 산화적으로 유지하여 토양유기물의 분해를 촉진시키는 것이 효과적이다. 또 이밖에 내병성 및 내도복성의 품종도입, 인산 및 가리 비료의 증시, 미량요소의 적절한 공급, 규산칼슘이나 토양개량제의 시용 등도 효과적이다.

따라서 수질오염의 영농대책은 앞으로의 지역 영농목적에 맞도록 해야한다.

또한 수질과 토양오염에 영향을 미칠 수 있는 농공단지 등 공장시설의 설치는 최대한 억제토록 하고, 오염농지는 배수로의 개선과 함께 암거배수의 설치 등 농업토목적 대책도 강구하여 영농계획을 세우는데 차질이 없도록 해야 한다.

3.5 기본대책 선정

3.5.1 대책의 기본유형

농업용수 수질오염의 형태는 수원 또는 취수지점이 오염되어있는 경우, 용수

로에 오수가 유입하여 농업용수가 오염되어있는 경우와 상기 2개 경우가 복합되어 오염되는 경우 등 3가지의 형태로 '대별'할 수 있다. 수질오염방지 대책의 기본유형은 수원대책, 용배수분리대책 및 양자를 동시에 실시하는 복합적 대책이 있다. (그림 3.3.2 참조)

가. 수원대책

수원 또는 취수지점의 용수가 오염되어 있는 경우 오수 유입지점에서 그 상류로 취수시설을 옮기던가, 회석수를 이용하여 농업용수 수질기준을 유지하려는 것으로서 보, 양수장 등의 신설, 도수로의 신설 또는 변경 등 공사가 필요하다. 또한 신규 수원이 불가능한 경우 원수를 정화하는 수원정화시설을 고려한다.

수원 또는 취수지점의 대책은 다음과 같은 5가지 경우를 생각할 수 있다.

- ① I-(a) 형 : 현재 오염되어 있는 수원을 포기하고 오염되지 않은 수원을 확보하여 이것을 기설 용수로까지 도수하여 수원을 변경하는 방법이다.
- ② I-(b) 형 : 현재 오염되어 있는 수원의 취수량 일부를 방류하고 양질의 회석수로 회석하는 방법이다.
- ③ I-(c) 형 : 현재의 오염수를 여과 등에 의해 개선하는 방법이다.
- ④ I-(d) 형 : 저수지 (소류지 포함), 농용저류지 등의 수원에 유입하는 오수를 분리하여 배수 하천 등에 배제하는 방법이다. 이 경우에는 유역면적이 축소되어 수원에 유입하는 수량이 감소됨으로 이에 상당하는 수량의 확보 대책을 아울러 시행하는 것이 좋다.
- ⑤ I-(e) 형 : I-(b) 와 I-(c)를 병용하는 방법이다.

나. 용배수분리대책

오수가 유입하는 용수로(또는 용배수 겸용수로)에서 농업용수와 오수를 분리하는 것으로 그 대책 방법은 다음의 세 가지의 경우를 생각할 수 있다.

- ① II-(a) 형 : 용수로에 오수 유입을 차단하여 용수의 수질을 앞으로 보전하려는 방법으로 수로의 암거화, 관수로화 등에 의해서 용수로를 보호하는 경우와, 용수로를 우회시켜 용수를 보호하는 경우가 있다.
- ② II-(b) 형 : 용수로에 유입되는 오수를 모아서 유하시키는 배수로를 신설하여 용수로 수질 오염을 방지하는 방법이다. 이 방법은 용수로의 전면 개수에

구분	내용	현황	계획
수원대책 I	수원을 바꾸는 경우 (a)		
	회석수를 도입하는 경우 (b)		
	용수를 수질정화하는 경우 (c)		
	수원에 유입되는 오수를 분리배제하는 경우 (d)		
	용수의 수질정화와 회석수를 도입하는 경우 (e)		
용배수대책 II	용수로를 신설하여 용배수를 분리하는 경우 (a)		
	배수로를 신설하여 용배수를 분리하는 경우 (b)		
	용수로와 배수로를 동시에 신설 또는 개선하여 용배수를 분리하는 경우 (c)		
복합형 III	I 과 II의 복합 경우		

주 : 하천 : ~~~~~ 배수로 : ~~~~~ 기설용수로 : ——— 신설수로 : ———
기설저수지 : ● 수혜구역 : ○ 오염원 : ☉ 집수암거 : ||||| 취입보 : ⊕

그림 3.3.2 수질보전대책의 기본유형

비하여 오수를 하천 등에 배제하는 배수로를 신설하는 것이 경제적으로 유리한 경우와 용배수로 분리시 종래의 수로를 배수 전용으로 하여 그 오염도가 높아져서 악취의 발생 등 생활 환경이 악화될 우려가 있는 경우에 적용한다.

③ II-(c) 형 : 용지의 확보, 생활환경의 보전, 공사비 등을 비교하여 용수로와 배수로를 동시에 신설 또는 개수하는 방법이다.

다. 수원대책과 용배수분리대책을 동시에 하는 방법(복합형)

I-(a) ~ (e)와 II-(a) ~ (c)를 병행함으로써 농업용수의 수질 오염을 방지하는 방법이다.

3.5.2. 대책 선정

수질보전대책 선정에 있어서는 해당지구에서 사용되는 농업용수의 종류(논, 밭 및 수원지의 용수 등), 그 사용장소마다 사용수량을 분명히 하고 이것과 현재의 용수계통, 배수계통, 수질오염 원인 및 정도, 오염원 분포, 오수 유입경로, 관련되는 각종 사업계획(관개배수 사업, 하수도정비 사업 등), 환경 영향 등을 종합적으로 검토하여 가장 경제적으로 양질의 물을 이용할 수 있는 대책이 선정되어야 한다.

정밀하고 효율적인 대책을 선정하기 위해서는 다음과 같은 점에 충분히 유의하여 그림 3.3.3의 방법을 참고한다.

가. 수원 오염시의 대책선정

수원이 오염된 경우의 대책으로서는 수원 전환, 희석수 도입, 집수암거 등에 의한 수질 개선을 생각할 수 있다. 이 경우 수원으로서는 유지관리비가 저렴한 지표수를 우선적으로 선택할 수 있으나, 수량과 수질 측면에서 만족한 수원을 얻는 것이 바람직하다.

① 신규 취수지점이 구 취수공에 가까운 경우는 도수가 용이하지만, 전혀 별개의 장소 또는 용수로의 중하류부에 가까운 경우에는 도수시설의 길이가 늘어나므로 용수조직 전체의 재편성으로 이어질 수 있음에 유의해야 한다.

② 신규 수원의 수량이 풍부한 경우 도수량은 현재 수원의 오염 진행정도, 지구 내에서 필요로 하는 수질의 정도, 도수에 필요한 공사비 등을 고려하여 선정한다. 일반적으로 도수에 필요한 비용은 수량 증가에 정비례하는 것은 아니며, 소량의 수량증가는 공사비에 별 영향이 없는 경우가 많다.

③ 신규로 수원을 얻을 수 없는 경우는 오염수를 물리적 또는 생물화학적

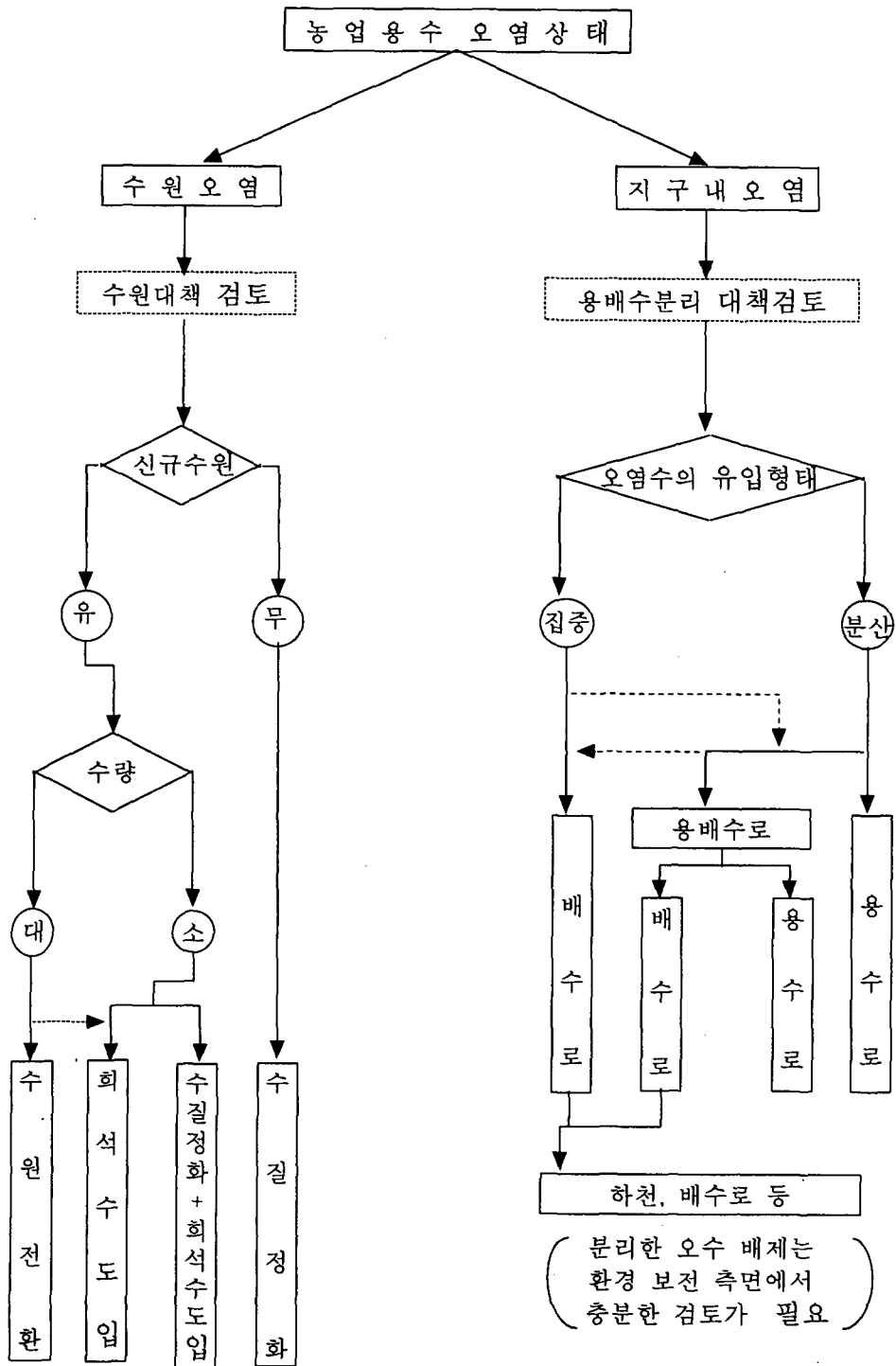


그림 3.3.3 대책 선정순서

정화해서 사용하는 방법을 생각할 수 있다. 이 경우 농업용수는 양적으로 크기 때문에 수질정화에 필요한 시설비 및 시설 유지관리비가 대폭 늘어나므로 이러한 점이 충분히 검토되어야 한다.

나. 지구내 용수로 오염시의 대책선정

① 용수로 중간으로 오수가 유입하여 농업용수가 오염된 경우에는 용배수 분리가 주요대책이 된다. 이 경우 오수가 용수로 전체에 걸쳐 분산적으로 유입되는 경우와 1개소 또는 몇 군데에서 집중적으로 유입되는 경우를 생각할 수 있다. 후자의 경우는 전자의 경우에 비하여 오수의 집수가 용이함으로, 오수 전용 배수로를 만들어 용수와 분리하는 것이 경제적인 경우가 많다. 그러나 해당 오염원의 유역면적이 큰 경우에는 우수의 유입량이 커져서 공사비 증대, 용지매수 곤란, 차집오수 배출지역 주민의 동의 획득 곤란 등 문제가 생긴다.

한편 전자의 경우에는 현재의 용수로로 유입하는 배수와 농업용수를 분리하기 위하여 용수로 또는 배수로를 신설해서 현재의 수로를 배수나 농업용수 전용으로 사용하는 방법과 현재의 용수로를 개수하여 동일 장소에서 농업용수와 배수를 분리하는 방법을 생각할 수 있다.

일반적으로 배수계통을 대폭 변경하는 것은 배수 관행상 문제가 발생하는 일이 많으므로 관계자에게 그 내용을 주지시켜 양해를 받아야 한다.

② 용배수겸용수로에서는 일반적으로 배수량보다 용수량이 적으므로 용수로를 신설하는 방법이 유리하나 수로에 유입하는 배수를 용수원으로 이용하고 있는 경우, 또는 수로에서 반복 이용하는 경우에는 용수부족을 가져오는 예가 있으므로 주의해야 한다.

③ 수로형식을 바꾸어 관수로나 암거로 하는 경우, 노선 선정은 기설노선에 구애됨이 없이 종합적으로 검토하여 결정한다.

다. 기존시설과 주변환경 대책

① 기존 용배수조직의 시설구조와 기능에 대해 다시 한번 살펴보고 농업현대화에 부합되는 시설로 개선하는 것이 중요하다.

② 용배수로의 관수로화, 암거화 등 시설개선으로 지상부 및 배수로가 황폐해져서 환경 보전상 문제가 야기되지 않도록 배려하여야 한다. 그러나 수질보전대책사업으로 대상시설을 제한하고 있으므로 시군읍면사업과 조정하여 계획하는 것이 좋다.

3.6 용수계획

3.6.1 계획용수량의 결정

① 수질보전대책사업으로 실시하는 용수시설의 용량이나 규모는 현재의 수량을 기초로 결정해야 하지만 수질오염 문제는 일반적으로 도시근교 등의 택지화가 심한 지역에서 많이 발생하므로 관개 면적이 변동되는 경우가 많다. 그러므로 용수계획의 결정에 있어서는, 과거의 농지 전용면적, 답전환 면적, 각종계획 등을 기초로 용도지정 상황에 따라, 관개면적을 용수계통별로 구분하여 지구의 감수심, 반복이용 실태 등에서 유량측정으로 얻은 현재 유량과 비교하여 적절한 계획용수량을 결정해야한다.

② 지구내의 용수부족 해소라든가 건답화 등의 토양조건의 개량을 예측하여 계획하는 경우는 현재 사용수량과 개량분에 상당하는 용수량을 구분하여 계산해야 한다. 용수계획의 상세한 것은 관개개선사업 경우에 준 한다.

③ 수질오염에 의한 작물피해를 방지하기 위한 절수재배 또는 특별한 물관리의 경우에는 정상적인 물관리를 할 수 있도록 용수대책을 강구해야 한다.

3.6.2 수원계획

수원의 수질이 오염되어 수원을 변경할 경우, 회석수를 이용하는 경우, 수원이 포함되는 유역의 오염구역을 제외시키는 경우에는 양질의 새로운 수원을 모색해야 한다.

① 신규수원에 의존하는 수량은 「지구 용수량」 - 「현재 수원의 이용가능수량」으로 구하며, 신규수원의 수량은 원칙적으로 10년에 1회 정도 발생하는 것으로 생각되는 갈수년에서의 필요수량을 만족해야 한다. 현재의 기존수원 수량이 부족하여 10년에 1회 정도 발생하는 갈수년에 필요수량을 얻을 수 없을 경우에는 용수를 보강개발 해야 한다. 그러나 용수 개발시는 수원확보와 아울러 지구전체의 용수조직을 변경해야만 충분한 효과를 거둘 수 있는 경우가 많으며, 당면한 수질피해대책에 지장을 주는 경우도 있으므로 지구의 실태를 충분히 고려하여 수원계획을 결정한다.

② 신규수원은 앞으로도 수질오염의 우려가 없어야 하고 유지관리비 측면에서도 경제적이어야 한다.

③ 수질보전대책을 실시하는 지역은 일반적으로 물 공급이 원활하지 않은 곳이 많으므로 신규 수원의 확보에도 곤란한 경우가 많다. 그러므로 신규수원을 확보하기 위해서는 하천수 이용, 주변 기설용수원의 활용 가능성에 대한 충분

한 검토가 필요하며, 또한 기설 저수지 (소류지 포함), 웅덩이를 이용할 경우에는 홍수시의 영향에 대한 검토도 필요하다.

3.7 배수계획

3.7.1 계획배수량

수질보전대책으로 시행하는 배수시설의 정비는 용수로에 유입되는 오수를 분리 배제함을 목적으로 하기 때문에 배수의 종류는 지표수와 오수가 된다. 계획배수량은 지표수와 오수를 합한 경우와 오수만의 경우가 있으나, 일반적으로 홍수시의 지표 배수량은 오수에 비하여 아주 많으므로 전자의 배수량은 홍수시의 지표수를 대상으로 하여 산정하여도 지장이 없다. 단, 지표수 배제구역의 면적이 적어서 지표수와 오수의 수량이 큰 차가 없을 때는 각각의 배수량을 합산한 것으로 한다.

가. 지표수 배수량

자연배수되는 경우의 최대유출량은 합리식으로 계산한다. 합리식 적용의 상세한 것은 농지개량사업계획설계기준 배수편을 참조할 수 있다. 그러나 일반적으로 수질보전대책사업은 택지화가 현저한 지역에서 많이 시행됨으로 합리식을 적용할 때 최대유출계수 및 계획기준 우량의 결정은 지구의 실정을 고려하여 충분히 검토되어야 한다.

나. 오수 배수량

가정, 축산시설 또는 공장에서 나오는 오수 배수량은 해당 지구의 오염원 조사결과나 기존자료를 참고하여 결정해야 하나 최대 배수량은 오염원의 종류에 따라 변화함으로 지구의 오수, 배수의 실태를 충분히 검토하여 결정한다. 오수를 지하 매설한 관수로로 배제하는 경우에는 오수 이외에 매설관으로 유입하는 지하수 침투량을 고려하여 배수량을 결정한다. 지하수의 침투량은 지구의 수질, 지하수 상황, 매설관 종류 등 요인에 따라 적절히 결정한다.

[참고] 계획 오수량

계획오수량은 생활 오수량 (가정 오수량 및 영업 오수량), 가축 폐수량과 지하수량으로 구분하여 다음 사항을 고려하여 정한다.

1) 생활 오수량

생활 오수량의 1인 1일 최대 오수량은 계획목표 연도에 계획 지역의 상수도 계획(혹은 계획 예정)상의 1인 1일 최대급수량을 고려하여 결정하며, 용도 지역별로 가정 오수량과 영업 오수량의 비율을 고려한다.

2) 가축 폐수량

농가에서 일반적으로 기르는 적정 수의 가축을 기준으로 가축폐수 원단위를 적용한다.

3) 지하수량

지하수량은 1인 1일 최대오수량의 10~20%로 한다.

4) 계획 1일 최대오수량

계획 1일 최대오수량은 1인 1일 최대오수량에 계획인구를 곱한 후 여기에 지하수량 및 기타 가축 폐수량을 더한 것으로 한다.

5) 계획 1일 평균오수량

계획 1일 평균오수량은 계획 1일 최대오수량의 50~70%를 표준으로 한다.

6) 계획시간 최대오수량

계획시간 최대오수량은 계획 1일 최대오수량의 1시간당 수량의 2.0~2.5배를 표준으로 한다.

3.7.2 배수계획상의 유의사항

① 오수를 분리하여 배제하는 방법을 채택할 때 도수부의 하수도계획 담당부서와 충분히 협의하여 장래의 하수도 정비계획을 검토해야 한다.

② 용배수 분리에 의하여 오수가 배출되는 곳이 정비된 후에도 새로운 오수가 배출될 염려가 있고, 특히 수세식 변소의 도입 등에 따라서 급격한 배수량의 증가를 가져오는 경우를 생각할 수 있다. 따라서 계획수립에 있어서는 배수로 사용 허가조건을 명확히 하고, 공공 하수도와의 성격상 차이를 미리 관계자에게 알려야 한다.

③ 분리한 오수를 개수로에 의하여 배제하는 경우는 기존 배수시설은 처음부터 신설 배수로 주변에 영향이 끼칠 것으로 생각할 수 있으므로 신중히 검토한다. 특히 유량이 적을 때의 악취 발생 등 생활환경상의 문제와, 배수기능의 개선에 따른 유출량 증대를 예상하여 배제되는 곳의 배수시설 용량 등을 충분히 고려하여야 한다.

3.8 타 기관사업 계획과의 조정

3.8.1 농업 용배수시설 계획과 조정

해당지구와 관계가 있는 기설 용배수시설의 계획, 설계상의 제원과의 조정을

피하는 것은 물론이고, 별도사업으로서 용배수시설 정비계획이 있을 경우 이들 사업의 전체계획 중에 본 사업에서 실시하고자 하는 수질보전대책 내용을 충분히 반영시키고 노선계획, 시설용량, 배치 등에 대해서 서로 충분히 조정하여 장차 시설이용상 무리하고 불필요한 일이 생기지 않도록 해야 한다. 또한 계획에 있어서는 양사업간에 시공구분에 대해서도 충분히 조정을 하며, 본 사업에서는 관련사업의 시공 시기를 고려하여 수질보전과 관계가 있는 시설을 증점적으로 시공하도록 조정한다.

농업 용배수시설은 수로, 하천, 호소 등을 통하여 인접지구와 직간접으로 깊은 관계를 가지고 있으므로 지역 전체의 물 순환 체제를 형성하고 있는 경우가 많으며, 지구의 시설개수의 내용이 용배수 분리일 경우에는 인접지구의 용배수 시설에 영향을 끼치는 경우도 있다. 특히 오수를 분리배제하는 계획에서는 하류지구의 용배수 관리에 대해서 양적, 질적 혼란을 일으키지 않도록 해야 한다.

3.8.2 경지정리 계획과 조정

경지정리사업으로 인하여 지구의 용배수 시설의 배치, 시설의 용량 및 이들 시설의 지배범위가 변화하므로 지구와 관련된 경지정리 계획이 있을 때는 이들 계획의 내용 및 관련성에 대하여 검토하고, 필요한 사항에 대해 충분히 조정하여, 시설 기능상의 부적성이나 재시공하는 일이 생기지 않도록 해야 한다. 특히 말단 수로망이나 농도 시공에 대해서는 동시시공이 바람직하므로 시공계획을 충분히 조정해야 한다.

3.8.3 농촌마을 배수시설 정비계획과 조정

농촌마을 배수시설 정비계획이 있을 때는 그 효과 및 범위를 정확히 파악하여, 수질보전대책사업의 여러 시설이 이들과 중복되거나, 계획규모, 시설의 기능, 구조 등이 어긋남이 없도록 충분히 조정한다. 농촌마을 배수시설 정비는 마을의 오수 발생원 대책이 대부분이므로 수질보전대책사업과는 대응의 근거와 계획의 목표를 달리하지만 시설계획 및 효과는 공통점이 많으므로, 이들 양사업 계획을 수립할 때에는 상호 보완할 수 있는 내용으로 하고, 일관된 대책이 되도록 조정한다.

3.8.4 하수도 사업과의 조정

수질보전대책사업은 하수도가 정비되지 않음으로서 무질서하게 배출되는 오

수의 유입으로 인하여 오염된 농업용수의 수질을 개선하려는 것이 많음으로, 하수도 정비와 밀접한 관계가 있다. 따라서 본사업 계획에서는 해당 지구의 하수도 계획의 유무를 확인하여, 계획이 있을 경우는 해당 사업의 효과가 발생될 시기를 예상하고 불필요한 투자가 되지 않도록 함은 물론이고, 시설의 배치, 규모, 구조 등에 대해서도 충분히 조정하는 것이 필요하다.

3.8.5 주택단지, 축산단지의 조성 계획과 조정

용배수로의 유역에 대규모 주택단지 또는 축산단지의 조성계획이 있을 때는 미리 이들 계획의 배수처리 방법에 대해서 이 계획의 사업 주체측과 협의하여, 이들 사업추진에 의한 본 사업의 효과가 점차 줄어드는 일이 없도록 충분히 조정해야 한다.

3.9 시설계획

3.9.1 시설계획의 기본구상

① 시설의 구조, 배치, 규모 등 구체적인 계획을 입안할 때에는 해당 지구의 수질 오염의 원인, 오수의 유입 경로 등 그 특징을 정확히 파악함과 동시에, 기존 수리시설의 구성, 수로 주변 지역의 환경조건 등을 고려하여 앞으로도 적절하게 되도록 해야한다. 특히 용배수 분리에 의하여 분리시킨 배수(오수)는 그 농도가 높아지거나 정체함으로써 악취가 발생하는 등 배수로 주변 환경에 나쁜 영향을 끼칠 경우가 있으며 또한 이러한 사태에 대한 나쁜 여론에 의하여 사업추진에 지장을 주는 일이 있다. 그러므로 분리시킨 배수에 대해서는 그 유하시설의 구조, 오수처리시설의 설치 등에 대해서 시군의 하수도 계획 등 주변 환경정비와 조화를 꾀하는 한편, 지역 주민이나 농업자와 대화를 통하여 서로 납득할 수 있는 계획을 모색하는 것이 중요하다.

② 수질보전대책사업은 농지와 택지가 혼재하는 등 토지이용이 복잡한 곳에서 시행되는 일이 많으므로 흔히 시설용지의 확보가 곤란한 실정이며, 시설 계획상 각종 제약을 받는다. 이와 같은 관점에서 시설계획의 사례를 들면 계획노선을 도로 혹은 다른 시설과 공용토록 한다던가 공법에 대해서는 이층 수로와 같은 특수한 공법을 쓰는 등 지구 특성에 맞는 독자적인 방법을 검토하는 것이 좋다.

또한 유사지구에서 실시한 사례를 조사, 검토하고 그 결과를 참고하여 해당 지구의 실정에 적합한 시설이 되도록 계획하여야 한다.

유사 지구의 사례 조사에 있어서는 다음 사항을 유의한다.

- ㉠ 공법의 적합성과 이차적 피해 등의 문제 발생 유무
- ㉡ 시공상의 이해 득실, 유의해야 할 사항
- ㉢ 대책 실시에 의한 수질개선 결과, 시설의 유지관리 방법

③ 시설은 농업용수의 수질오염에 의한 피해를 영구적으로 피할 수 있도록 계획하여야 한다. 그러기 위해서는 장래 택지화 등을 예상하여 상황 변화에 따라 다시 오염되는 일이 없도록 그 구조에 대하여 충분한 검토를 한다. 또한 어린이가 빠지지 않도록 방재, 안전면에 대해서도 충분히 고려하여야 한다.

3.9.2 대책 공법과 그 선정

수질보전대책의 기본유형은 3.5에서 기술한바와 같이 여러 공법이 있다. 어느 공법을 선정하느냐는 현지의 지형조건, 기존 용배수시설 상황, 오수의 유입경로, 토지이용 상황, 주변환경에의 영향정도, 재오염 가능성, 장래의 유지관리 상태 등을 고려하여 가장 효과적이며 경제적인 공법을 선정한다. 이때에 기존시설과의 적합성과 구조적인 안전성이 있어야 하며 이차적 피해를 일으킬 위험이 없을 것 등에 대해서도 충분히 검토해야 한다.

가. 대책공법의 종류

1) 수원이 오염되어 있는 경우 대책공법

(1) 수원전환

이것은 현재의 수원을 오염되지 않은 하천, 저수지(소류지 포함), 지하수 등의 별도 수원으로 전면 전환하는 방법으로서 전환하는 수원의 종류와 장소에 따라 공사의 내용이 달라지나, 우물, 보 시설, 양수장의 신설 또는 대체 등의 공사가 필요하다. 이 방법에서는 기설 수로의 대부분을 그대로 이용할 수 있는 경우가 많다.

(2) 희석수의 도입

현재 오염되어 있는 농업용수를 오염되지 않은 다른 수원의 물로 희석하여 수질을 개선하는 방법으로 수원 전환과 같은 공사가 필요하게 된다.

(3) 수질정화

현재의 수원의 수질을 정화·개선하는 방법으로 여과 등의 방법이 있다. 예를 들면, 여과에 의한 방법과 취수 하천의 하상에 다공관을 매설하여 하상의 자갈 또는 모래로 정화하는 것으로서 집수암거나 양수기 등의 신설이 필요하다. 이 방법은 부유물질이 많아서 이것을 제거하면 수질이 개선되는 경우에 유

효하나 여과부분의 구조와 수질 정화 기능과의 관계, 여과기능의 저하 등에 대하여 검토해야 한다.

2) 지구내 용수로가 오염되어 있는 경우 대책

(1) 용수로의 신설

용수로를 신설하여 농업용수에 오수 유입을 방지하는 방법으로서 용수로를 동일노선에 관수로화 또는 암거화하는 방법(그림 3.3.4 참조)과, 용수로를 오염원지역외로 우회시켜서 설치하는 방법이 있다. 이 방법은 구수로를 폐지하고 배수로화 하기 때문에 이에 대한 환경보전대책 및 유지관리비 처리에 문제가 생기기 쉽다.

(2) 배수로의 신설

배수로를 신설하여, 농업용수에 오수 유입을 방지하는 방법으로서 배수로를 암거화 하는 방법(그림 3.3.5), 유역내의 도로 측구 또는 간지선 배수로 등 오수가 배출되는 곳을 정비하여 오수 전용 배수로로 하는 방법, 오수 방수로를 신설하는 방법 등의 세 가지가 있다.

배수로를 암거화할때는 오수와 우수가 분리되지 않으면 단면이 커져서 공사비도 커지므로 유역이 극히 적은 경우를 제외하고는 오수만이 분리 배제되는 경우가 아니면 비경제적이 된다.

(3) 용배수로의 신설, 개수

용수와 배수를 분리하기 위하여 용수로와 배수로 양쪽을 신설 또는 개수하는 방법으로서 현재의 수로 부지 이외의 장소에서 용수로 또는 배수로 용지를 확보하는 것이 곤란한 경우에는 적용된다.

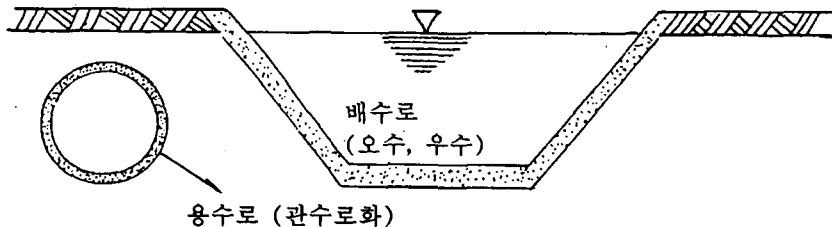


그림 3.3.4 용수로의 관수로화의 예
(기설 수로를 오수, 우수, 배수 전용 수로로 한 경우)

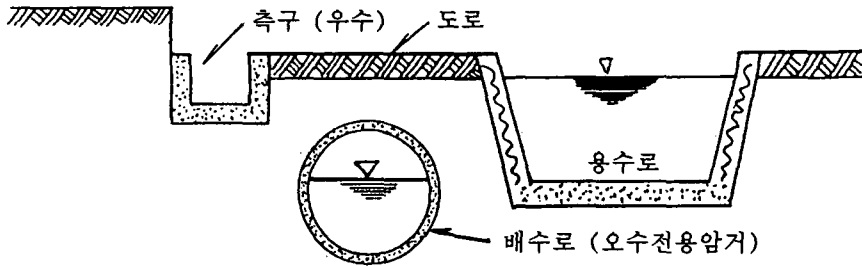


그림 3.3.5 배수로의 암거화의 예 (오수암거를 신설하는 경우)

① 용개·배폐형

오염되지 않은 농업용수를 신설 또는 개수한 개수로에 흐르게 하고 오수는 암거로 흘리는 방법이다. 이 형식에서 오수와 우수를 합류 유하시키는 경우는 신설배수도가 커져서 비경제적이므로 오수와 우수를 분리시켜 유하시키는 것이 가능한 곳 이외에는 일반적으로 적용하기 어렵다.

② 용폐·배개형

오염되지 않은 농업용수를 관수로 또는 암거로 흘려 보호하고, 배수로는 개수로로 하여 오수와 우수를 받아 유하시키는 방법이다(그림 3.3.6 및 3.3.7 참조).

(3) 용폐·배폐형

용수로를 관수로 또는 암거화하고, 배수로를 암거화하여 지하에 매설하는 방

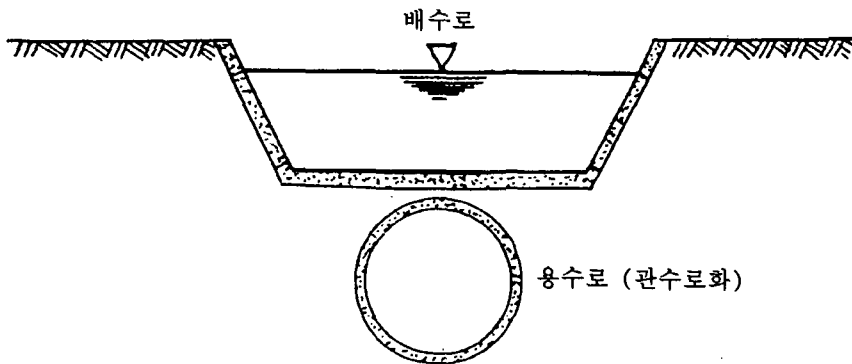


그림 3.3.6 용폐·배개형의 예 (용수로를 관수로화한 경우)

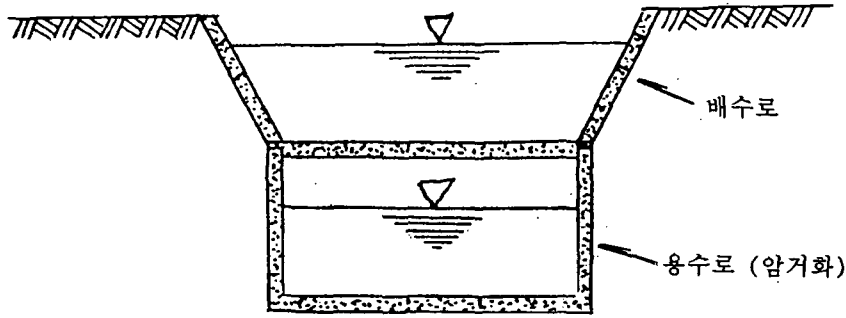


그림 3.3.7 용폐·배개형의 예 (용수로를 암거화한 경우)

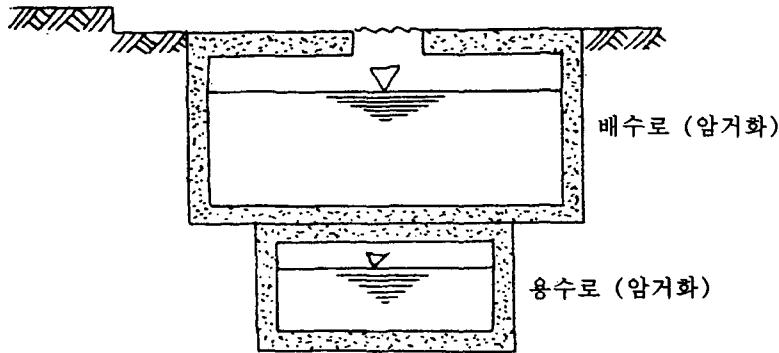


그림 3.3.8 용폐·배폐형의 예

법이다(그림 3.3.8 참조). 배수로는 일반적으로 암거로 하는 것이 좋지 않으나, 악취의 발생 등에 대한 환경 보전상의 문제 때문에 암거로 하고 있다.

(4) 용개·배개형

용수로와 배수로를 모두 개수로로 하여 지표에 두는 방법이다. 격벽으로 용 배수로를 분리 병설하는 것으로서 그림 3.3.9 또는 그림 3.3.10과 같이 용수와 배수를 격벽으로 완전히 분리하는 방법과, 격벽을 낮게하여 홍수시의 배수의 일부를 용수로 단면을 이용하여 흐르게 하는 방법이 있다. 용지의 여유가 있으면 전자가 바람직하다.

나. 각종 공법의 특징과 선정

수질보전대책 사업으로 시공되는 용배수 시설은 일반적인 용배수 시설에 비하여 심한 제약 조건이 있고, 용수기능의 확보는 물론 수질오염 방지기능, 환경보전기능도 겸비할 필요가 있으므로 극히 경제적인 대책이 요구되는 일이 많

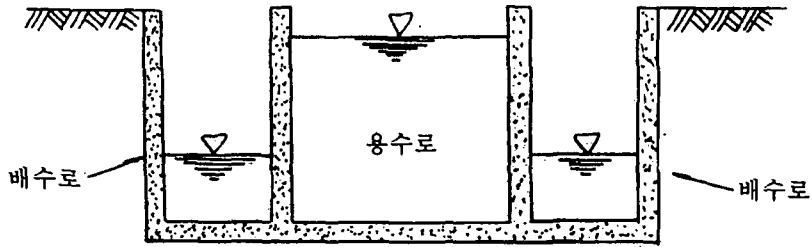


그림 3.3.9 용개·배개형의 예 (용수로와 배수로가 완전 분리된 경우)

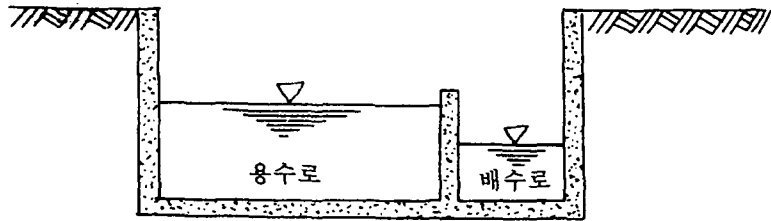


그림 3.3.10 용개·배개형의 예
(홍수시에는 용수로도 배수로로 이용하는 경우)

다. 이 때문에 대책 공법의 선정에 있어서는 유사 지구의 사례를 참고로 해당 지구에서 주어진 여러 조건과의 적합성을 검토하여 몇 개의 공법을 선정하고 최종적으로 이것들에 대한 경제성을 비교 검토하여 가장 적당한 공법을 선정한다.

다. 공법상 문제점과 대책

본 사업의 대상이 되는 지역은 일반적으로 농지가 전용되어 택지, 공장용지 등으로 토지이용이 복잡하게 변화된 경우가 많다. 지구 내에는 생활배수 등에 의한 수질오염의 원인자, 피해자, 양자를 겸한 사람들이 생활하고 있어, 각자의 입장에 따라 대책의 실시와 그것이 가져오는 영향을 받아들이는데 있어서 미소한 차이가 있음은 부인할 수 없다. 이런 점은 사업실시에 있어서 경시할 수 없는 문제로서, 주변 주민의 정서면도 고려한 공법을 선정하여야 한다.

① 용배수 분리후의 배수로에서는 오수가 체류하여 환경위생상 좋지 않은 영향이 생기는 경우가 많으므로 그림 3.3.11과 같이 오수 전용의 작은 도랑을 만들어 작은 유량시의 흐름이 좋아지도록 해야한다.

② 본 사업에서는 용수를 오수로부터 보호하는 것이 주체가 되지만 이 경우

[참 고] 대책공법의 특징

수질보전대책 실시지구의 실태조사 효과를 토대로 하여 대책 공법별 이점 및 결점을 정리하면 표 3.3.1과 같다.

표 3.3.1 대책공법의 특징

대책 공법	장 점	단 점	검 토 사 항	
수 원 대 책				
수원 전환	①대책으로서 가장 단순함 ②물관리 방법의 변경이 불필요함 ③신규수원의 수질이 양호하여 오수의 유입가능성이 없으면 수질의 안정성 있음	①신규수원을 얻기 어렵다. ②신규수원이 오염될 우려가 있음	수리권 문제	
오염수의 회석	①근처에 다른 수원 있으면 간단함 ②수원전환에 비하여 경제적인	①현재수원이 오염될 우려가 있음 ②회석에 의한 수질개선효과가 적음 ③회석용 수원이 오염될 우려가 있음	수리권 문제	
집수압거	①시설이 간단함 ②다른 수원이 불필요함	①집수압거공사비가 크다. ②수질오염이 진행된 경우 효과의 지속성 문제 ③구멍이 막히는 것을 방지하기 위한 정기적 역세조작 등에 의한 기능유지가 필요함		
용 배 수 분 리 대 책				
용수로의 신설	관수로 또는 압거의 신설	①용수의 확보가 확실함 ②오수, 오물의 불법투입방지가 가능 ③방호책 등 안전대책이 불필요함 ④노선선정의 자유도가 크다. ⑤유지관리가 용이함 ⑥부지문제의 해결이 용이함.	①전체를 신설할 경우는 공사비가 크다. ②맨홀 등의 부대 구조물이 많아진다. ③오수로화한 구용수로의 유지관리, 악취 문제에 대한 대책이 필요함 ④용수계통의 손실수두가 큼 ⑤한냉지에서 수온피해의 위험	하수도층의 별도대책
	우회개수로의 신설	①오염원의 범위가 한정되어 있는 경우는 경제적인 ②수로계통의 재편성이 불필요함	①용지의 확보가 필요함 ②택지화에 의한 재오염의 우려가 있음 ③내버린 수로구간의 오수나 유수의 처리대책이 필요함	

대책 공법	이 점	결 점	검 토 사 항
배수로의 신설	암거의 신설 ①환경의 개선, 미화에 유리함 ②장차 도시화에도 대처가능함 ③부지문제의 해결이 용이함 (도로하부 이용가능함)	①공사비가 크다. ②방류되는 곳의 환경보전 대책의 검토를 요함	①우수처리 ②종말처리의 유무 ③하수도와 조정
	오수전용 배수로의 신설 ①시설이 간단하고 값이 저렴	①고농도오수의 체류에 의한 악취의 우려가 있음 ②방류되는 곳의 환경보전대책의 검토를 요함 ③장래 용수계통에 오수가 혼입하는 것에 대한 불안이 있음 ④부지문제의 해결이 어려움	하수도와 조정
	오수방수로의 신설 ①시설이 간단하고 값이 싸다. ②시설의 대폭적인 개편이 불필요함	①방류되는 곳의 환경보전대책의 검토가 필요함 ②오염원의 확대, 변동에 부적함.	
용배수로의 신설	용개·배폐형 ①환경의 개선, 미화에 유리함 ②수리체계의 변경이 불필요함	①공사비가 크다. ②용수계통의 수질보전 불필요하다. ③배수계통의 유지관리가 어려움	①우수처리 ②배수계통의 처리 ③하수도의 조정
	용폐·배개형 ①용수로의 보호가 확실함. ②이층수로는 용지대책 불필요함	①배수로의 오수 흐름에 의한 악취의 우려가 있음 ②시설구조가 복잡, 고가임 ③맨홀 등 부대구조물이 증가함 ④유지관리의 노력이 크다. ⑤용수로의 손실수두가 크다.	하수도와 조정
	용폐·배폐형 ①용수로의 보호가 확실함 ②환경의 개선, 미화에 유리함 ③이층수로는 용지대책이 불필요함 ④지표부의 이용이 가능함	①시설구조가 복잡, 고가임 ②유지관리의 노력이 크다. ③용수로의 손실수두가 크다.	①우수처리 ②하수도와 조정
	용개·배개형 ①말단수리 시설의 개조가 불필요함	①공사비가 크다. ②수로단면의 확폭이 필요함 ③방재안전시설이 필요함 ④오수로의 악취대책이 필요함	

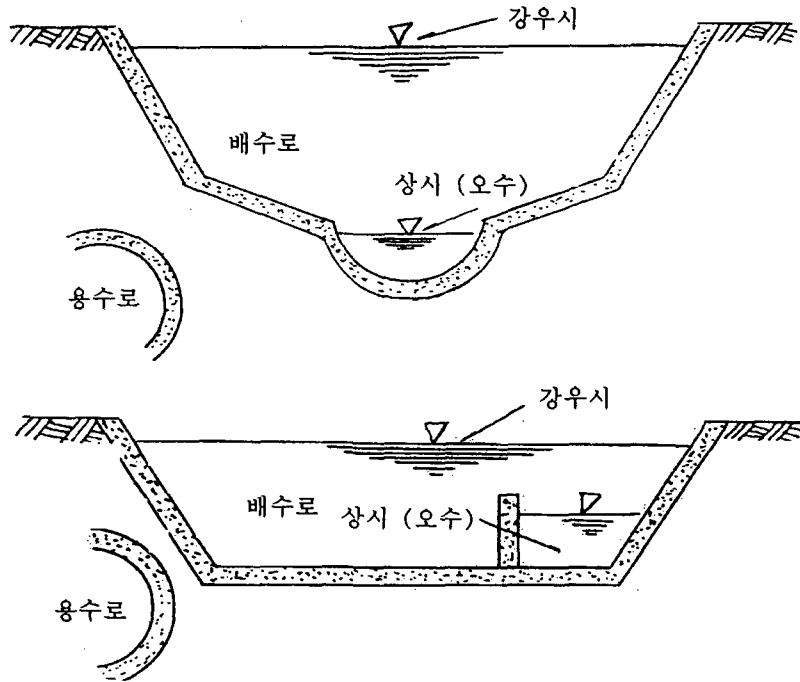


그림 3.3.11 용배수분리후 배수로의 소유량시의 오수 체류 방지 대책의 예

사업종료후의 배수대책을 경시한 공법은 피하도록 한다.

③ 용수로에서 오수유입 방지에 중점을 두면 용수를 관수로 또는 암거화하여 지하에 매설하는 공법이 유리하다고 하나 맑은 흐름은 보이지 않고 오수만이 남아서 환경면에서 불만이 많아지게 된다.

한편 용수로를 지표에, 배수로를 지하에 매설하는 방법은 경관이나 환경면에서는 좋으나, 용수로에 오수나 오물의 불법 투입에 대해서 항상 감시해야 하고, 어느 방법에서도 일장일단이 있으므로 충분한 검토가 중요하다.

④ 용수로를 관수로 또는 암거화하여 지하에 매설하는 방법은 용수의 저온 피해를 초래하는 경우가 있으므로 특히 한냉지역의 적용에는 주의해야 한다.

⑤ 수질조건에 따라서는 콘크리트, 금속 등의 시설재료가 열화(劣化)하는 경우가 있으므로 특히 배수시설(배수로의 밸브, 게이트 등)에는 내부식성에 대한 검토를 해야한다.

⑥ 신설 또는 개수의 대상이 되는 농업용 용배수 시설이 지역의 용배수 조직의 기간을 이루고 있을 경우에는 용배수 분리에 의하여 지역의 용수 및 배수에 지장을 주는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

3.9.3 시설의 구성과 배치

가. 용배수 조직의 구비 조건

본 사업에 의하여 시행되는 시설은 농업용수의 수질오염 피해를 방지하는 이외에 본래 관개배수시설로서 이수 및 배수기능을 모두 발휘할 수 있어야 한다. 수질보전대책으로 인하여 용배수 시설의 일부 또는 전부를 개수하여 재정비함으로써 계통 또는 조직으로서의 운영에 부적합한 일이 생기지 않도록 다음 사항에 주의하여 계획한다.

1) 시설의 기능성과 안전성

지구 내에서 필요로 하는 농업용수 공급의 안전 보장을 우선하고 시설자체도 구조상의 무리가 없이 안전하게 기능이 유지되어야 한다. 예를 들면 구관수로에 의한 용배수 조직은 비록 상·하류 블록간의 물 배분이 불공평하고, 물관리의 노력이나 손실수량 등의 문제가 있어도 시설체계로서는 유연한 면을 가지고 있는 것이 많다. 그러나 보다 합리적인 이수 운영을 목표로 하여 게이트 등의 조정기능을 강화한다면 용배수시설은 유연성이 적은 조직으로 변화하는 일이 많으므로, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 시설의 관리조작에서부터 말단 농가의 물꼬 관리까지를 포함하여 의식의 변혁이 요구된다. 또 이러한 시설은, 극히 고도의 이수대책이 요구되고 자칫하면 수로의 결괴 등 치명적 문제가 일어날 우려가 있으므로 조작의 잘못 등도 생각해서 물넘이 등을 설치하여 배수 역할을 갖도록 하는 것도 안전관리상 중요하다.

관로시설에서는 또한 유연성이 적은 조직이 되어 말단 밸브를 조작하지 않는 한 물이 흐르지 않으므로 수량의 손실은 거의 없다. 이것은 말단 밸브의 조작을 기점으로 하는 수요 주도형의 물관리 형태로 변환을 의미하며, 개수로 방식의 공급 주도형의 물이용에 익숙해진 관계자를 이해시키지 않고는 안전한 시설 운영이 불가능하다. 따라서 물관리의 변동을 완화시키는 조정지라든가 밸브 등의 급격한 조작에 의한 압력변동(수격작용)을 경감시키는 완충시설 등을 설치하여, 안전성을 높이는 이외에 조작방법을 포함해서 이들의 부적합한 현상이 일어나지 않는 구조로 한다.

2) 비상시의 대책

평상시 계획적인 관리조작의 경우와는 달리 비상 유황의 출현 또는 천재 등에 의한 불의의 사고가 일어날 경우에는 관개시설의 직접피해는 피할 수 없다 하더라도 이에 따른 이차, 삼차의 재해가 일어나지 않도록 해야 한다. 특히 시가지를 통과하는 수로시설에서는 구조상의 안전책을 지키는 외에 비상시에는

즉시 수로를 바꾸는 등의 대응할 수 있는 수로조직으로 하여 도로의 함몰이나 침수피해를 최소한으로 방지하는 대책을 시설계획에 반영시키는 것이 바람직하다.

3) 사업대상외의 용배수 계통과의 적합성

본 사업에 의하여 신설 또는 개수되는 시설과 지구외 또는 지구내의 기존시설과의 사이에 유량, 수위, 압력 등의 부적당한 것이 생기지 않도록 하는 한편 유지관리나 운용 조작면에서도 조화 있는 계획이 되도록 노력해야 한다. 용배수 겸용수로로서 오랫동안 사용되어온 시설을 전용화 할 경우 자칫하면 신규구간에 조화가 되지 않을 수 있으므로 주의해야 한다. 예를 들면 사업시행에 따라 배수기능이 개선되어 유출이 빨라지면 하류부의 최대유출량이 커지고, 택지화 등의 토지이용 변화 요인도 추가되어 하류 배수로의 용량을 초과하는 사태를 일으키는 경우가 있다.

나. 용배수 조직의 시설구성

용배수 시설의 구성은 지구의 규모, 수원조건, 지형조건 등 여러 조건에 따라 다르지만 일반적으로 다음의 여러 시설이 포함된다.

- ① 취수시설 (취수보, 취수게이트, 침사지, 제진기 등)
- ② 조정지
- ③ 간지선 송수시설 (간선수로)
- ④ 분수시설 (분수공, 조정용밸브, 게이트 등)
- ⑤ 양수, 가압시설 (펌프시설)
- ⑥ 지구내 배수시설 (말단 관개수로)
- ⑦ 수위조정 시설 (낙차공, 조압시설)
- ⑧ 유지관리 시설
- ⑨ 안전관리 시설
- ⑩ 조작관리 시설 (운영조작을 위한 장비, 건물, 관리도로 등)
- ⑪ 그 외의 부대시설 (타 사업과의 연계 및 조정시설 등)
- ⑫ 수질정화 시설
- ⑬ 오수처리 시설

이들 시설이 모두 포함될 것인가 아닌가는 지구조건에 따라 다르지만, 용수조직은 기본적으로 이들 여러 시설이 유기적으로 일체가 되어 기능을 발휘하여 농업용수를 원활히 보내고 배수하는 기능을 다하여야 한다.

그러므로 본 사업에 의하여 용수조직시설의 전부 또는 일부를 신설하거나 개

수를 시행할 경우에는 이들과 관계가 있는 여러 시설의 기능을 명확히 하여 이것이 전체 용수조직 안에서 어떤 역할을 하고 있는가를 충분히 검토하여 수질보전대책으로서의 기능과 용수조직으로서의 기능을 유지하는 방향에서 필요로 하는 시설을 적절히 배치해야 한다. 특히 수질보전대책사업의 경우 ①~⑩의 시설에 ⑫ 및 ⑬과 같은 특수한 시설이 추가되는 것과 관련 다른 사업시설과의 연계 및 조정에 필요한 시설이 부가되는 경우 그 구성은 한층 복잡하게 되어 시설의 구성과 배치에 충분한 검토가 필요하다.

일반적으로 각 시설의 구성과 배치는 지구 실태를 고려하여 조직의 골격이 되는 것에서부터 순차로 부대시설까지 결정해 가는 것이 바람직하다.

3.9.4 관련부대시설

가. 유지관리 시설

일반적으로 농업용 용배수시설 이외에 본 사업에는 특별한 시설이 많으므로 이들 시설의 유지관리에 지장이 없도록 부대시설의 정비가 필요하다. 수원에서 부유물이 많이 들어오는 곳에서는 제진시설의 배치가 필요하다. 또한 이같은 경우에 제거한 부유물의 처리방침을 정해야 하며, 필요한 경우에는 소각시설의 설치 등을 검토해야 한다.

암거시설에서는 토사, 오니, 쓰레기 등의 퇴적, 수로의 파손 등에 대한 일상관리를 위하여 소정의 간격으로 맨홀을 만들며, 내부에 유독가스가 축만하는 것을 방지하는 통기시설을 배치하는 등의 대책을 수립해야 한다.

배수로에서는 이토, 쓰레기를 제거하기 위한 게이트 또는 방수시설을 적절히 배치하는 것도 고려해야 한다.

나. 안전관리 시설

시가지의 수로에는 원칙적으로 가드레일 또는 울타리 등을 만들어 사람, 차량 등이 수로에 빠지는 것을 방지하는 이외에 쓰레기를 버리는 등의 재오염을 막기 위하여 수로에 덮개를 씌우는 등의 방법을 검토한다. 또한 밸브, 게이트 및 그 조작기에 관해서는 외부사람의 쓸데없는 조작을 피하기 위하여 자물쇠장치를 한다. 용배수로의 주변이 택지화하는 등 농업 이외의 토지이용이 늘어난 지역에는 수로의 물이 넘치면 중대한 문제가 되므로 용수로로부터 암거, 사이펀 등의 유입부, 체절 게이트 등과 같이 이상 수위상승이 예상되는 곳에는 물넘이 또는 방수공 설치를 검토해야 한다.

3.10 시공계획시 유의사항

3.10.1 시공계획상 유의사항

수질보전대책을 위한 시설에는 일반적으로 용배수개량사업의 경우와는 달리 특수한 조건에서 시행되는 일이 많으므로 계획 결정에 있어서 다음과 같은 사항에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

- ① 불쾌, 불결한 오수와 관계되는 작업이 많으므로, 안전관리에 특별한 배려를 하여야 한다.
- ② 생활관계의 배수는 공사기간 중이라 하더라도 통수를 차단할 수 없다.
- ③ 토지이용의 변화가 심하여 용배수로 주변이 시가지화 되어 있는 경우가 많다.
- ④ 본 사업의 수익자와 공사의 영향을 받는 이해 관계자가 다르며, 수질오염의 피해자, 원인자의 관계를 포함하여 이해가 상반되는 경우가 있다.

3.10.2 시설용지 조건

토지이용의 변화가 심한 지역과 비농가가 증가하고 있는 지역에서는 신규시설 용지의 확보가 곤란한 일이 많으며, 또한 공사용 가설용지 확보도 자유롭지 못한 경우가 많다. 특히 배수계통 시설이 대해서는 복잡한 감정 문제가 따르므로 공법 선정에 있어서는 이 점을 충분히 검토함과 동시에 시공계획에 대해서도 세심한 배려를 해야 한다.

3.10.3 공사기간 중 대책

공사기간 중에는 생활 배수는 물론 강우시 지표 배제에 대해서도 충분히 유의하고, 또한 교통대책도 검토하여 사회 경제 활동에의 영향을 최소한으로 줄이는데 노력하는 한편, 공사기간 중의 절수와 하수배제의 규제에 대하여 도·시 등과 협의하는 외에, 관계 주민에게 사업 취지를 철저히 인식시켜 협조를 요청하는 것이 중요하다.

3.10.4 공정계획

사업의 특수성으로 공사진행에 장애가 되는 요인은 적지 않다. 특히 소음 문제, 교통대책 등에서 야기되는 작업시간의 제약, 용수 및 배수차단에 대한 제약 등 미리 예상할 수 있는 것은 공정계획에 반드시 반영해야 한다.

이외에 도로개수, 포장 등 본 사업 시설과 관계되는 정비계획에 대해서는 서로 공정계획을 조정하여 공사의 중단 또는 시간적 손실을 피할 수 있도록 해야 한다.

3.11 계획의 종합평가

3.11.1 계획의 적합성 검토

기본대책 및 대책공법의 선정에 있어서는 시설의 기능, 유지관리, 환경 영향 등이 복잡하게 관련되어 있으므로, 쉽사리 가장 좋은 계획을 찾아낸다는 것은 어렵다. 따라서 계획을 수립하는 과정에서 적절한 방법으로 수시 재검토하여 사업목적에 적합한 계획이 되도록 하는 것이 중요하다.

3.11.2 경제성 검토

수질보전대책으로 적합한 계획안에 대하여 경제성을 검토하고, 필요에 따라 공법, 시설의 구조, 배치 등의 비교안을 작성 검토하여 경제성이 높은 대안이 되도록 노력한다.

3.11.3 사업효과 산정

사업의 효과로서는 다음과 같은 것이 있으며, 이들 효과를 산정하여 평가한다.

가. 작물생산효과

농업용수의 수질이 개선되는데 따라, 작물의 생산량이 증가하고 또한 품질이 향상됨으로 이들 효과를 증가 생산액으로 산정한다.

나. 영농 노력 절감효과

농업용수의 수질이 개선되어 작물의 과번무, 도복이 방지되고, 또한 토양의 물리성이 개선됨에 따라 농작업 기계의 도입이 용이해지고, 재배관리작업이 용이하게 되어 노동력 및 자재비 등이 절감되는 효과가 있다. 그러나 이는 작물 생산 효과에 의해서만 파악될 수 없고, 사업 실시 전후에 노동 투하량의 변화와 영농기술 체계의 변화에 토대를 두고 산정해야 한다.

다. 유지관리비 절감효과

사업에 의해서 시설의 유지관리비가 절감되어 나타나는 효과로서 이들 시설

의 유지관리비, 운전비, 노력제공 등의 기왕의 연간경비와 계획 연간경비와의 차액으로서 산정한다.

라. 간접효과

상기 농업의 직접효과 이외에 사업에 의한 환경개선 등의 간접효과가 있으며, 이에 대해서는 계측가능한 것에 대하여 산정한다.

제 4 장 유지관리

4.1 관리조직

취수시설, 용배수로 등의 유지관리를 적정히 하며 농업용수의 수질을 상시감시하고 재오염을 방지함으로써 수질을 보전하기 위해 관리조직을 구성하는 것은 중요한 일이다.

본 사업에 의해 분리된 배수로는 도시오수 등의 오염된 배수가 유하하는 경우 그 시설의 유지관리에는 많은 노력과 비용이 요구된다. 시설주변 주민의 생활환경에 주는 영향 등 본래 피해자였던 농업측면이 도리어 가해자가 되기도 하고 더욱이 현저하게 부담이 증가할 수도 있다.

이 때문에 계획수립에 있어 미리 도시 담당부서와 충분히 협의해서 배수로, 오수배수로, 오수처리시설, 쓰레기 처리시설 등의 관리주체, 비용부담방법 등을 설정하여 둘 필요가 있다.

4.2 유지관리

본 사업의 시설에는 취수시설, 용배수시설, 수질정화시설, 오수처리시설 등이 있다. 이들 시설의 유지관리는 다양해서 종래 전혀 사용치 않은 시설의 유지관리나 농업용수의 수질 유지보전 등이 포함되기 때문에 확고한 유지관리조직과 그의 운영방법을 확보하여 적정한 유지관리를 할 수 있도록 배려하여야 한다.

특히 유의하여야 할 유지관리항목은 다음과 같다.

- ① 농업용수 수질의 감시
- ② 오수가 정체되거나 넘치는 것을 방지
- ③ 수로의 청소
- ④ 수질정화시설, 오수처리시설 등의 기능보전
- ⑤ 울타리, 수로덮개 등의 보안

집필자 및 심의, 편집자 명단

집 필 자

구 자 응 권 순 국 김 태 철 이 근 후

심 의 자

구 요 한	구 광 회	권 상 필	김 현 영
김 선 주	박 승 우	심 재 환	이 만 호
유 명 진	유 성 곤	윤 경 섭	이 근 모
임 병 호	정 병 호	정 호 언	정 하 우
허 유 만			

편 집 자

김 주 인 김 주 창 이 근 후 이 용 직
정 일 응

(가나다 순)

비 매 품

농업생산기반정비사업계획설계기준
관 개 편
(기준 및 편람)

1998년 12월 발행

발행 : 농 립 부
 농어촌진흥공사
편수 : 한국농공학회
인쇄 : 문 선 기 획