

발간등록번호

11-1541000-000352-10

<http://rri.ekr.or.kr>

농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구(II)

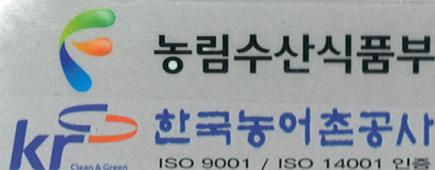
The Study for Estimation of Environmental Flows in
Rural Area

2009. 12

농림수산식품자료실



0006625



농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구(I)

Survey of Environmental Flows in Rural Area

2009. 12.



농림수산식품부
한국농어촌공사

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 『농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구』의
1차년도 보고서로 제출합니다.

2009년 12월 10일

주관연구기관명 : 한국농어촌공사
농어촌연구원

연구책임자 : 박기욱

연구원 : 이용직
김진택
윤동균
오승태

공동연구기관명 : 경상대학교
산학협력단

연구책임자 : 김상민

연구원 : 장민원
강이슬
김성민
이봉균
김수진

요 약 문

1. 과 제 명 : 농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구
2. 연구기간 : 2009년 1월 ~ 2010년 12월 (총 2년중 1년차)
3. 연구의 목적 및 필요성

가. 연구의 배경 및 필요성

- 농업용수 공급에 따른 하천유량 기여 등 농업용 수리시설의 환경용수 공급 기능에 대한 농업용수의 역할에 대한 분석이 필요
- 농업용 수리시설의 환경용수 공급 기능과 다원적 기능에 대한 농업용수의 역할에 대한 분석이 필요
- 농어촌 하천에서의 전통적으로 깨끗하고 풍요로운 자연환경 및 사회환경의 유지를 위해서는 하천에 인위적으로 용수를 공급할 필요가 있으며, 이를 위해서는 환경용수의 적정 규모를 산정하고 관리하기 위한 방안의 개발이 필요

나. 연구의 목적

- 농어촌 환경용수의 범위를 규정하고, 실제 환경용수 공급에 대한 실태조사를 통하여, 지역별, 시기별로 적용할 수 있는 환경용수 산정기준을 제시
- 농업용 수원공으로 확보된 수자원의 효율적 이용을 위한 관리방안을 제시하고, 농촌지역의 자연적, 사회적 환경개선에 대한 수자원의 체계적, 지속적 관리방안을 구축

4. 연구내용

가. 국내외 농어촌 환경용수 기준 및 대상 설정

- 하천수 이용관련 법령 및 기준 조사
- 환경용수의 개념 및 정의
- 농어촌 환경용수의 대상 및 범위 설정

나. 국내외 환경용수 현황 및 공급실태 분석

- 국내외 사례 현황조사
- 우리나라에 적합한 환경용수의 적용방안 제시

5. 연구성과

5.1 농어촌 환경용수의 적용

가. 환경용수의 개념

- 하천유지유량은 이수관리와 하천환경관리를 바탕으로 하천 개발과 이용을 위한 인위적인 기능, 그리고 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량으로 정의됨
- 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능 이외도 시대의 변천에 따른 사회적 요구 조건에 따라 여러 다른 기능에 대해서도 정의되었고 그에 따라 그 개념도 확장되고 있음
- 환경용수는 농촌지역의 하천생태계 보전을 위한 최소한의 하천 기능유지는 물론 환경개선 의미를 포함하고 있어 환경과 하천 유지용수를 동시에 만족시키는 용수를 뜻하고 있음

나. 국내외 기준조사

- 농어촌정비법 제2조에 농어촌용수를 “농어촌지역에 필요한 생활용수, 농업용수, 공업용수와 환경오염의 방지를 위한 용수로 정의
- 일본에서는 신하천법 이후로 정상유량이라는 용어를 사용. 정상유량이란 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의되어 있고, 신하천법 16조에 규정된 ‘공사실시기본계획’에 정상유량을 설정
- 일본의 유수의 정상적인 기능은 유수의 점용, 주운, 어업, 관광, 유수의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천관리시설의 보호, 그리고 지하수위 유지 등으로 우리나라와 다르지 않으며, 유수의 점용을 제외한 8개 항목에 동식물 보호를 추가한 9가지를 고려하여 갈수시에도 유지하여야 하는

유량을 하천유지유량으로 정의하고, 다시 이수유량을 고려하여 정상유량을 결정

- 미국에서 하천유지유량은 'Instream Flow' 또는 'Minimum Flow'라 하며, 하천내에서 물의 가치와 이용을 허용수준 이상으로 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의
- 영국 수자원법(Water Resource Act)에는 우리나라 하천유지유량의 개념과 유사한 최소허용유량(minimum acceptable flows, MAF)이라는 개념이 있어 지방 하천청이 각 하천마다 지정하고 있음
- 독일의 경우 하천유지유량은 연방정부 혹은 주정부 관할 하천관리협의회에서 하천수 이용과 기능을 고려하여 취소조건에 따라 각종 용수의 수질, 하천환경, 생태계, 여가활동, 또는 희석유량과 관련된 항목을 정성적으로 평가하여 결정하고 있음

5.2 농어촌 환경용수 산정방안

가. 환경용수 산정기법

- 하천유지유량 산정기법은 일반적으로 수문학적 접근법(Hydrological approach), 수리학적 접근법(Hydraulic rating approach), 서식지 모델링 기법(Habitat simulation method), 그리고 통합적 방법(Holistic method)으로 구분할 수 있음
- 수문학적 접근법은 역사적 수문자료를 사용하는 접근법으로 장기간에 걸쳐 관측된 하천의 흐름 자료를 바탕으로 하천유지유량은 연 유량 혹은 월유량에 대한 평균 혹은 중간값의 백분율로 나타낼 수 있으며, 하천유량에 대한 초과확률이나 유량지속곡선으로부터 계산
- 서식지 모델링 기법은 어느 정도의 유량에서는 어떤 종류의 생물이 보존될 수 있는가를 실증적으로 조사한 표를 작성하여

어느 수준의 생태를 확보할 것인가를 결정

- 수리학적 접근법은 물고기 서식지와 같은 하천자원과 유량변화의 양과 질 사이의 계량적 관계를 이용하는 방법으로 기본적인 수리학적 변수(하천횡단면에서의 운변, 최대수심, 평균유속 등)들을 이용
- 통합적 접근법은 유량관련 자료와 지식을 활용하는 방법인데, 전문가 그룹의 자문을 받는 방법과 혼용하여 활용하는 방법
- 콤비네이션 방법은 주로 다변량 통계 기법이 적용되는 하이브리드(hybrid)기법으로 4가지 하천유지유량 산정기법(hydrological, hydraulic rating, habitat simulation, holistic)들 중에서 두 개 이상을 고려하여 결정

나. 농어촌 환경용수 산정 방안

- 환경용수는 하천유지유량과 기본적인 추구 목적이 유사하므로 기존 하천유지유량 산정 방법을 참고하여 목적별 환경용수 산정을 위한 방법으로 도입함
- 하천유지유량은 하천이 갖는 고유의 자연갈수량을 설정한 것으로서 하천특성을 유지하는 최소한의 자연갈수량으로 설정
- 환경용수를 산정할 때 현실적으로 생태계보전과 경관유지 등의 항목에 대해서는 계량화가 곤란하기 때문에 특수한 경우를 제외하고는 관개구역내의 중심 마을에서 배출되는 하수처리 방류수를 회석하기 위한 수량 등 수질보전 항목을 위주로 환경용수를 산정
- 하천의 생태계, 서식처를 보존하기 위한 유량은 하천을 보전하거나 복원하기 위해 필요한 생태계를 대상으로 하되 주로 하천에서 대표 어종이 서식하기 위해 하천이 확보해야 하는 수리 조건(수심, 유속, 하상재료 등)을 만족할 수 있는 유량을

- 말하며, 특별히 하천 구간내 상업적인 어종이나 기타 보호 어종 또는 천연기념물과 같은 어종을 관리할 필요가 있을 때 산정
- 하천 경관을 고려한 필요유량 산정에서는 하천경관을 고려한 필요유량 산정방법의 검토하고 경관을 고려한 필요유량과 대상 구간의 선정과 필요유량의 산정

다. 국내외 하천유지유량 산정 및 적용사례

- 금강수계의 하천유지유량 산정에서는 수문학적 접근에 의한 갈수량 산정 이외에 하천 생태계를 고려한 필요유량 산정에서는 어류 조사, 대표어종과 서식환경, 한계구간과 필요유량 결정에 대해 조사를 실시하였음
- 한강에서는 하천을 자연유황 형태로 복원하여 생태계의 다양성을 확보할 수 있는 목표 하천유량관리 수준을 결정하기 위하여 RVA(Range of Variability Approach) 방법을 적용하였으며, 댐건설 전후의 자연유황의 변화 양상을 비교하여 각종 유황을 계산하였으나 수질이나 생태계 영향에 대해서는 고려하지 않음
- 안양시에서는 안양천 하천정비 사업을 추진하면서 하천정비사업 후에 필요한 하천유지용수는 1일 44,900m³로 결정

라. 환경용수 산정사례

- "농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편"(농림부, 1998)에는 유역상태에 따른 기준갈수량을 계산하여 수록
- 설계기준에 따르면 유역상태를 4가지로 분류하였는데, 유역내 양수장, 취입보 등 수리시설이 많고 유역내 임상상태가 빈약할 경우에는 0.0902m³/s/100km², 유역내 임상 및 수리시설물이 보통인 경우에는 0.1804m³/s/100km², 임상이 좋고 상류부 수리

시설물이 거의 없는 지역은 $0.3608\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 를 10년 빈도 갈수량으로 적용

- “하천유지유량 산정요령”(건설교통부, 1999)에는 미계측 유역의 갈수량을 비유량 개념으로 추정 가능하도록 수계 내 많은 수위관측소의 장기간 실측자료를 회귀분석하여 소하천의 기준갈수량 및 평균갈수량을 산정할 수 있는 회귀식을 제시

5.3 농어촌 환경용수 실태조사

가. 환경용수 실태조사의 필요성

- 우리나라의 하천유지용수 산정은 대하천에 국한되고 있으며, 전국 구간에 획일적이고 제한된 항목을 기준으로 하고 있는 등 전반적으로 볼 때 생공용수의 개념까지 접근하지 못하고 있음
- 환경용수의 산정 및 관리방안의 수립을 위해서는 관련 제도 정비, 환경유량결정에 필요한 수문정보, 전문가 집단의 네트워크 구축, 재원, 환경용수의 공급을 위한 계획적 기간의 설정 등을 종합적으로 도모할 필요가 있음
- 하천유황, 하천환경, 하천용수사용에 대한 지속적인 모니터링과 조사를 통하여 신규 용수사용 허가 가능량, 기존 용수재평가를 통한 용수사용량을 파악하고 환경용수로의 이용가능성을 파악하여야 함

나. 하천 현황 조사

- 하천 운영실태 조사를 위한 대상지구는 농업용 수리시설물의 종류와 규모가 다양한 시험지구로서 농촌의 대표성과 적절한 기준의 자료가 있으며 현장방문의 비교적 용이한 점 등을 고려하여 경기도 용인시 이동면 송전천과 안성시 양성면, 용인

시 남사면, 평택시 진위면 진위천의 수계지구를 선정하였음

- 농촌하천의 시기별 하천유황을 분석한 결과는 갈수기인 11월부터 이듬해 5월까지 대체적으로 유량이 줄어드는 현상을 보이고 있으며, 장마기인 6월 이후 회복되어 정상적인 흐름을 보였음
- 저수지 운영자료 분석결과 4월초부터 관개기 관개용수를 공급하였으며 수위 조절 목적으로 방류를 한 경우는 없었다. 용덕저수지의 하류의 하천의 경우 관개기 이전은 수위의 변동이 없었으나 4월초 관개용수의 공급으로 수위가 조금씩 상승하는 것으로 나타났음

다. 환경용수 공급 모니터링

- 환경용수 적용을 위해 경남 고성군 하이면 와룡리에 위치해 있는 하이저수지를 시험유역으로 선정하였음
- 관개가 끝난 9월말과 10월 초순 경에 하천의 물은 말라 있었으며, 건전한 하천생태계의 복원과 농촌유역의 물순환 회복을 위한 농업용 저수지의 농어촌 환경용수의 공급 필요성을 보여주었음
- 하이저수지의 농어촌 환경용수 공급에 따른 하천환경 변화를 분석하기 위해 하이저수지 하류에 위치한 봉현천 2개 지점에 하천유량 관측을 위한 수위계를 설치하였음

라. 저수지 물수지 분석

- 농업용 저수지의 일별 모의조작을 위하여 개발된 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형을 이용하여 저수지의 일별 사용량을 추정하였음
- 2004년부터 2008년까지 관개기간인 4월부터 9월까지의 하이저

수지의 저수위 변화를 분석한 결과 2004년부터 2008년까지 관 개기간인 4월부터 9월까지의 하이저수지의 저수위 변화를 나타내었음

- 2004년에서 2008년 사이 가장 저수율이 낮았던 날은 2007년 6월 21일로 저수위가 55.74m으로 모의되었음

6. 연구의 실용화 방안

가. 실용화 방안

- 농촌용수 이용량 조사 사업에 활용
- 농촌용수 개발/관리 사업 기준 정립에 활용

나. 실용화 부서

- 농식품부 농업기반과 및 한국농어촌공사 사업계획실
- 시군 농촌용수 담당 부서 및 한국농어촌공사 수자원관리처

<목 차>

제출문	
요약문	
제1장 서론	3
1.1 연구배경	3
1.2 연구의 필요성	4
1.3 연구 목적	5
1.4 연구내용 및 범위	5
제2장 농어촌 환경용수의 적용	9
2.1 서론	9
2.2 환경용수의 개념	9
2.2.1 하천유지유량	11
2.2.2 환경개선용수	12
2.1.3 환경용수	13
2.3 국내기준조사	16
2.3.1 관련법규	16
2.3.2 하천유지유량 관리 주체	19
2.4 국외기준조사	20
2.4.1 일본	20
2.4.2 미국	21
2.4.3 영국	23
2.4.4 독일	24
2.4 결과 및 고찰	25
2.5 요약 및 결론	27

참고문헌	28
제3장 농어촌 환경용수 산정방안	31
3.1 서론	31
3.2 하천유지유량 산정기법	31
3.2.1 하천유지유량 산정기법의 종류와 분류	31
3.2.2 환경용수 결정	41
3.2.3 갈수량 산정	43
3.2.4 하천기능별 필요유량 결정	45
3.3 국내외 하천유지유량 산정 및 적용 사례	59
3.3.1 국내사례	59
3.3.2 국외사례	62
3.4 농어촌 환경용수 산정방안	69
3.4.1 한국농어촌공사	69
3.4.2 한국수자원공사	76
3.4.3 수계별 하천유지용수 산정	79
3.4.4 환경용수 산정 절차	81
3.5 결과 및 고찰	86
3.6 요약 및 결론	89
참고문헌	91
제4장 농어촌 환경용수 실태조사	95
4.1 서론	95
4.2 환경용수 실태조사의 필요성	95
4.3 농어촌지역 하천 운영실태	98
4.3.1 대상지구 선정 및 위치	98
4.3.2 일반현황	99

4.3.3 하천운영실태	106
4.3.4 시기별 하천유황 조사	108
4.3.5 하천 개보수에 따른 하천유황 변화	109
4.3.6 저수지 운영자료에 의한 방류현황	110
4.4 환경용수 공급 실태 모니터링	111
4.4.1 시험구역	112
4.4.2 저수지 물수지 분석	123
4.4.3 하천 수질 분석	137
4.5 요약 및 결론	140
참고문헌	141
제5장 종합결론	145
부록	

< 표 목 차 >

(표 2.1) 하천유지유량과 환경개선용수의 비교(고익환 등, 2008)	13
(표 2.2) 환경점수에 따른 최대허용 취수량	24
(표 3.1) 하천유지유량 산정기법의 분류	31
(표 3.2) 하천유지유량 결정 방법 비교(Davis and Hirji, 2009)	39
(표 3.3) 하천유지유량 산정 과정 예(김종원 등, 2007)	41
(표 3.4) 갈수량 산정 방법별 적용 사례	45
(표 3.5) 경관대상의 분류	53
(표 3.6) 환경점수에 따른 최대허용 취수량	68
(표 3.7) 무계측 농업구역에서의 기준갈수량 산정예 (단위 : m ³ /s/km ²)	74
(표 3.8) 환경용수량을 고려한 유효저수량의 산정예	75
(표 3.9) 수계별 하천유지용수 산정결과(건설교통부, 2000) (단위:백만 m ³ /년)	81
(표 4.1) 소하천 현황 조사	100
(표 4.2) 소하천별 토지이용현황	101
(표 4.3) 평균고도 및 표면경사	103
(표 4.4) 하천의 특성	103
(표 4.5) 기존 상수도시설 및 이동상수로 확장 계획(1989)	104
(표 4.6) 진위천 유역 농업용수 이용현황	105
(표 4.7) 저수지 제원	113
(표 4.8) 위도별 월평균 일조가능시간(시간)	131
(표 4.9) 위도별 월평균 대기권 밖의 일사량(mm/일)	131
(표 4.10) DIROM 모형의 입력자료	133

<그 립 목 차>

<그림 2.1> 일본의 정상유량 산정	21
<그림 2.2> 미국의 하천유지유량 산정	22
<그림 3.1> 하천유지유량 산정 절차	42
<그림 3.2> 수생 생태계 흐름 선호 분류 예	52
<그림 3.3> 일본의 정상유량 산정	65
<그림 3.4> 미국의 하천유지유량 산정	66
<그림 3.5> 환경용수 산정	82
<그림 3.6> 환경용수 산정 기법의 선정 절차	83
<그림 3.7> 하천 구간별 단면 조사 예	96
<그림 4.1> 대상지구 하천도	98
<그림 4.2> 완장천 시점부 상동1교 지점 및 단면도	106
<그림 4.3> 완장천 시점부 상동1교 지점의 건천화된 하천	106
<그림 4.4> 완장천 종점부 및 단면도	107
<그림 4.5> 봉무천 북리저수지 합류후 지점	107
<그림 4.6> 봉무천 종점	108
<그림 4.7> 봉무천 산정교 지점의 월별 하천유황	109
<그림 4.8> 하천개보수 전·후의 하천유황(완장천지점)	110
<그림 4.9> 용덕저수지 운영에 따른 하천수위 변화	111
<그림 4.9> 미산저수지 운영에 따른 하천수위 변화	111
<그림 4.10> 하이저수지 위치	112
<그림 4.11> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상류 저수지 전경	113
<그림 4.12> 하이저수지 수위-내용적 곡선	114
<그림 4.13> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상류 전경	114
<그림 4.14> 고성군 하이면(봉현천) 하천 하류 전경	115

<그림 4.15> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상류 수위계 설치 장면	115
<그림 4.16> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상하류 수위계 설치 후	116
<그림 4.17> 고성군 하이면(봉현천) 유속 측정구간	116
<그림 4.18> 고성군 하이면(봉현천) 하천 유속 측정값	117
<그림 4.19> 대상저수지 주변 DEM	118
<그림 4.20> 하이저수지 유역 DEM	118
<그림 4.21> 대상저수지 주변 경사도	118
<그림 4.22> 하이저수지 유역 경사도	118
<그림 4.23> 대상저수지 주변 정밀토양도	118
<그림 4.24> 하이저수지 유역 정밀토양도	118
<그림 4.25> 대상저수지 주변 토지피복도	118
<그림 4.26> 하이저수지 유역 토지피복도	118
<그림 4.27> 진주 기상관측소 연평균 강수량(1970년~2008년)	120
<그림 4.28> 진주 기상관측소 월평균 기온(1970년~2008년)	121
<그림 4.29> 진주 기상관측소 월평균 상대습도(1970년~2008년)	121
<그림 4.30> 진주 기상관측소 월평균 풍속(1970년~2008년)	122
<그림 4.31> 진주 기상관측소 월평균 일조시간(1970년~2008년)	122
<그림 4.32> 저수지 물수지 요소 모식도	123
<그림 4.33> 관개기간에 대한 하이저수지 저수위 변화 모의	136
<그림 4.34> QUAL2K 모형의 구간별 모의 개략도	138
<그림 4.35> QUAL2K 모형에서의 용존산소 상호 작용 기작	139
<그림 4.36> 환경용수 공급전후 비교	139

제1장 서론

- 1.1 연구배경
- 1.2 연구의 필요성
- 1.3 연구목적
- 1.4 연구내용 및 범위

제1장 서론

1.1 연구배경

최근 우리나라는 환경친화적인 도시 공간 마련 또는 생태공원 및 친수환경 조성에 대한 국민의 기대가 높아지는 등 하천에서의 자연환경 및 생활환경 개선을 위한 용수, 즉 환경용수의 도입에 대한 필요성이 제기되고 있다. 또한 물이 부족한 우리나라에 있어 기존 수리시설물에 저장된 용수를 활용하는 것은 부족한 수자원을 효율적으로 사용하기 위해 매우 중요한 사항이다.

- 하천법에는 하천에서 유수의 정상적인 기능과 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량을 하천유지유량을 정하고 있다. 이것은 하천 고유의 수리, 수문학적 하도가 유지되어 하천 동식물의 생태환경 보호, 하천경관보전, 하천수질보전 등이 가능한 하천유량을 유지하기 위한 것이다.
- 하천유지유량의 산정은 하천고유의 수리, 수문학적 하도유지가 가능할 수 있는 갈수량을 기준으로 산정하되 자연적, 사회적 여건과 유량공급 가능성 등을 고려하여 하천수질보전 등을 위한 기능 8가지 항목(항목별 필요유량)을 감안하여 산정한다.
- 하천유지유량의 적용대상은 국가하천 및 지방1급하천 등 중요성이 인정되는 하천을 대상으로 산정하여 고시하고 있다.
- 우리나라의 농촌지역에는 대부분 지방2급하천 및 소하천이 흐르고 있는데 이들 하천은 비교적 규모가 작고, 상류부에 농업용수로 이용하기 위한 농업용 저수지가 위치하고 있기 때문에 농촌지역 하천에 대한 “환경용수”의 도입이 중요시되고 있다.
- 농어촌정비법에는 농어촌지역에 필요한 용수를 농어촌용수로 정의하고 있고, 농어촌용수에는 생활용수, 농업용수, 공업용수, 수산용수와 환경오염을 방지하기 위한 용수로 구분하고 있다.
- 일반적으로 자연환경 및 사회환경 개선을 위한 환경용수는 “친환경용수” 또는 “환경개선용수” 등으로도 사용되고 있다. 그러나 환경용수에 대한 학문적 또는 제도적으로 통일된 정의가 없는 실정으로 환경용수

에 대한 연구가 활발이 이루어지고 있지는 않지만 한국농어촌공사, 한국수자원공사 등 물과 관련된 모든 기관에서 개별적으로 정의하여 사용되고 있는 실정이다.

- 농어촌지역에서의 환경용수량의 산정에는 저수지 지점의 기준갈수량 또는 구역내 중심마을 하수처리 회석수량, 친수용수 등 농촌환경보전에 필요한 수량을 산정하여 이중 큰 값을 적용하고 있으나 지금까지는 하천생태계에 대한 산정기준은 고려하고 있지 않고 있다.

따라서 농어촌 환경용수의 적용을 위해서는 환경용수를 구성하는 갈수량의 적정성을 판단하고, 농어촌지역의 하천에서의 수질보전, 생태계보전 및 경관유지 등을 필요항목에 대한 산정기준을 정립하고, 현장 실태조사를 통한 환경용수의 관리방안 수립에 대한 연구가 필요하다.

1.2 연구의 필요성

- 농촌지역에서의 농업용수는 전통적인 작물생육 뿐만아니라 토양, 지하수, 하천 등에 대한 물순환 개선과 생태계 유지에 큰 역할을 수행하고 있으며, 하천유지유량은 주요하천의 특정지점에 대해서 산정하고 있으나 농촌지역에 산재한 소하천의 유지유량에 대해서는 고려되지 않는 실정에 있다.

- 농업용수 공급에 따른 하천유량 기여 등 농업용 수리시설의 환경용수 공급 기능에 대한 농업용수의 역할에 대한 분석이 필요하다.

- 관개지구를 통한 회귀수량의 하천수량 기여 등 농업용 수리시설의 환경용수 공급 기능과 다원적 기능에 대한 농업용수의 역할에 대한 분석이 필요하다.

- 농어촌 하천에서의 전통적으로 깨끗하고 풍요로운 자연환경 및 사회환경의 유지를 위해서는 하천에 인위적으로 용수를 공급할 필요가 있으며, 이를 위해서는 환경용수의 적정 규모를 산정하고 관리하기 위한 방안의 개발이 필요하다.

1.3 연구 목적

본 연구의 목적은

○ 농어촌 환경용수 산정방안 개발을 위하여 농어촌 환경용수의 범위를 규정하고, 실제 환경용수 공급에 대한 실태를 조사하여, 지역별, 시기별로 적용할 수 있는 환경용수 산정기준을 제시하는 데 있다.

○ 또한, 농어촌 환경용수의 산정으로 농업용 수원공으로 확보된 수자원의 효율적 이용을 위한 관리방안을 제시하고, 농촌지역의 자연적, 사회적 환경개선에 대한 농촌지역 수자원의 체계적/지속적인 관리방안을 구축하고자 한다.

1.4 연구내용 및 범위

가. 국내·외 농어촌 환경용수 기준 및 대상설정

- 하천수 이용관련 법령 및 기준 조사
 - 연구논문 및 연구보고서
 - 농림수산식품부, 한국농어촌공사
 - 국토해양부(한국건설기술연구원, 한국수자원공사)
 - 관련 지침 및 기준
- 용어의 개념 및 정의
 - 하천유지용수, 환경용수, 하천관리유량 등
 - 환경용수의 적의
- 농어촌 환경용수의 대상 및 범위 설정
 - 농어촌 환경용수 적용 대상 : 갈수량, 수질, 생태계, 경관 등
 - 적용범위 설정
 - 환경용수 산정 사례
 - 환경관리유량의 적용
 - 각 유량의 적정성 검토

나. 국내외 환경용수 현황 및 공급실태 분석

- 국내 사례 현황조사
 - 국내 기준 조사
 - 지자체 운영조례
 - 저수지 운영지침
- 국외 모범사례 현황조사
 - 조사대상 선정
 - 환경용수 산정기준
- 우리나라에 적합한 환경용수의 적용방안 제시
 - 갈수량 : 기준갈수량, 평균갈수량
 - 수질보전유량
 - 생태계보전유량
 - 기타 필요유량 (경관유지 등)

제2장 농어촌 환경용수의 적용

2.1 서론

2.2 환경용수의 개념

2.3 국내외 기준조사

2.4 결과 및 고찰

2.5 요약 및 결론

참고문헌

제2장 농어촌 환경용수의 적용

2.1 서론

농촌에 있는 대부분의 하천은 하천법의 적용 혹은 준용을 받지 않는 소하천이며, 소하천정비법에서 소하천은 하천법에서 정한 국가 및 지방 1·2급 하천에서 제외된 하천 중에서 시장·군수·자치구의 장이 그 명칭과 구간을 정하여 소하천으로 지정·고시하는 하천으로 정의된다.

소하천정비법은 국가의 제도적인 관리대상에서 매년 수해발생의 주원인으로 작용하고 각종 쓰레기 투기, 생활하수와 축산폐수 등의 유입으로 인하여 하천 환경오염이 심화되는 등 황폐화되고 있는 소하천을 체계적으로 정비하기 위한 제도적 장치를 마련하기 위한 취지로 1995년 제정되었다. 소하천 지정 대상은 일시적이 아닌 유수가 있거나 있을 것으로 예상되는 구역에서 평균 하폭이 2m 이상, 시점부에서 종점부까지 유로연장 500m 이상인 하천이다. 여기에 해당하는 소하천은 전국적으로 22,664개이며, 총 유로연장은 35,815km에 달한다(한국하천일람, 2004).

최근엔 다양한 물수요의 등장과 경쟁으로 말미암아 과거 농업용으로만 한정했던 농업수리시설들의 역할도 지역의 환경과 하천 생태계를 보호하기 위한 적극적인 노력과 지침을 요구받고 있다. 이에 하천유지유량, 환경개선용수, 환경용수 등의 개념들이 적극 해석되고 수리시설의 계획에서부터 관리에 까지 물관리 전반에 반영되기 위한 준비를 하고 있지만 법적으로나 기술적으로 이들 개념이 명확히 구분되지 못하고 현장에 적용할 수 있는 명확한 기술이 정립되지 않아 아직까지 뚜렷한 효과를 기대하지 못하고 있다.

본 장에서는 하천유지유량 및 환경용수 산정에 대한 국내외 적용방법을 조사하여, 농어촌 환경용수를 정의하고 범위를 규정하고자 한다.

2.2 환경용수의 개념

하천유지유량은 이수관리와 하천환경관리를 바탕으로 하천 개발과 이용을 위한 인위적인 기능, 그리고 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능을

유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량이다. 그러나 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능 이외도 시대의 변천에 따른 사회적 요구 조건에 따라 여러 다른 기능에 대해서도 정의되었고 그에 따라 그 개념도 확장되었다.

우리나라의 경우 과거에는 주로 하천 수운에 맞춰 개략적으로 설정되었던 하천유지유량은 1970년대 들어와 하천 하류에서 농업용수 등 각종 용수 확보를 위한 하구 염수 침입을 방지하는 차원에서 산정되었다. 그리고 1980년대 이후 하천수질 및 생태계 등에 대한 관심이 고조되면서 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능을 보전하고 악화된 수질을 회석시키는 개념으로 해석되었다.

1) 1970년대

우리나라에서의 하천유지유량은 초기에 주운에 필요한 유량의 확보에 주목적을 두어 왔으나 하천유지유량의 확보 필요성을 인식하였을 뿐 경제적 기술적 문제 때문에 실질적인 수량의 증가를 위한 조치를 취하지는 못하였다. 그 후 용수수요 증가에 따라 대부분의 물수요를 충족하였던 하천의 물이 메마르고 황폐화 되었으며, 조수간만의 차이가 심한 하구에서는 갈수기에 염분이 침입하여 농업용수를 사용하는데 있어서 막대한 지장을 초래하였다. 그리고 용수 확보 방안은 발전용 댐 및 용수공급 전용댐 등과 같이 단일 목적으로 댐을 건설하였던 종래의 방식에서 홍수조절, 용수공급, 발전 등 다목적으로 이용할 수 있는 방식인 다목적 댐을 건설하는 추세로 변화하였다. 생·공용수는 얼마간 확보할 수 있었으나 하도에서의 유량이 감소하여 염수침입에 따라 취수가 곤란하게 됨으로 인하여 이에 의한 염해를 방지하기 위하여 필요한 유량을 하천유지유량으로 정의하기 시작하였다. 보통 염분농도는 1,000~1,500ppm을 유지할 수 있도록 하였고, 갈수량(갈수기에 해당하는 6월의 일 유출량)을 구하여 생·공·농업용수 등의 이수유량을 제외한 양으로 하천유지유량을 결정하였다. 수자원장기종합 10개년 계획(1966~1975) 이나 금강유역조사보고서(1970) 등에서 하천유지유량을 계산한 바 있다.

2) 1980년대

하천수질 및 생태계 등에 대한 관심이 고조되면서 하천의 고유한 자연적 기능을 보전하고 악화된 수질을 회석시키는 개념으로 하천유지유량 산정 기

준이 변화하였다. 생활오수나 산업폐수의 방류로 하천이 과도하게 오염되면서 오염물질의 농도가 환경기준치를 초과하지 못하도록 하천 수질을 유지시키기 위한 유량인 회석유량을 하천유지유량으로 간주하였다. 유역의 수질을 모델링하기 위하여 수많은 모델들이 개발되어 사용되었고, 수자원장기종합개발 기본계획 수정안(1985), 동진강 유역조사 보고서(1988), 낙동강 하천정비 기본계획(1981) 등에서 고려되었다.

3) 1990년대

경제적인 여유가 생기면서 단순히 용수공급원으로서의 하천에서 오락과 휴식의 장으로서 하천의 역할이 증대되었다. 하천의 정상적인 기능 9가지에 대한 전반적인 고려가 요구되었고 환경보전유량과 갈수량 중에서 큰 유량을 하천유지유량으로 결정하였다. 하천의 정상적인 기능은 이수, 치수, 환경기능으로 구분하여 적용하고 있다.

하천유지유량은 갈수량을 최소한의 기준으로 잡고, 항목별 필요유량을 조합하여 구간 또는 지점별로 설정한 최대치 유량을 갈수량과 비교하여 큰 값을 사용하는 것이 제안되었고, 한강 하천유지유량 조사연구 보고서(1990), 수자원장기종합계획(1991~2011) 등에 적용되었다.

2.2.1 하천유지유량

하천설계기준(2005)에 따르면 하천관리를 위해 하천에 흘러야 하는 유량인 하천관리유량은 ‘하천유지유량과 우수점용(물이용)을 위하여 필요한 용수를 합한 유량’으로 정의된다. 하천유지유량은 이수용수와 함께 하천관리유량의 주요 구성요소로서 어떤 하도구간 또는 대표지점에서 자연적 기능을 유지하고 보전하기 위해 하천관리자가 설정하고 관리하는 유량으로 그 정의는 하천법에 명시되어 있었다.

하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능 이외도 시대의 변천에 따른 사회적 요구 조건에 따라 여러 다른 기능에 대해서도 정의되었고 그에 따라 그 개념도 확장되었다. 우리나라의 경우 과거에는 주로 하천 수운에 맞춰 개략적으로 설정되었던 하천유지유량은 1970년대 들어와 하천 하류에서 농업용수 등 각종 용수 확보를 위한 하구 염수 침입을 방지하는 차원에서 산정되었다.

그리고 1980년대 이후 하천수질 및 생태계 등에 대한 관심이 고조되면서 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능을 보전하고 악화된 수질을 회석시키는 개념으로 해석되었다. 하천의 정상적인 기능 9가지에 대한 전반적인 고려가 요구되었고 환경보전유량과 갈수량 중에서 큰 유량을 하천유지유량으로 결정하였다. 하천의 정상적인 기능은 이수, 치수, 환경기능으로 아래와 같이 분류될 수 있다.

- ① 이수기능(2가지) : 최소한의 자연갈수량, 수운 및 수상활동 유지
- ② 치수기능(4가지) : 염수침입 방지, 하천시설물 보호, 하구 막힘 방지, 지하수위 유지
- ③ 환경기능(3가지) : 하천동식물의 생태환경 보호, 하천수질 보전 및 청결한 유수의 유지, 하천경관 보전

2.2.2 환경개선용수

많은 지방자치단체들이 해당 지자체의 주민들을 위해 환경 친화적인 도시공간 마련 또는 생태공원, 친수환경 조성 등을 목적으로 이와 관련된 거주성 차원의 환경을 개선하기 위한 새로운 용도의 물을 요구하고 있다. 청계천, 석촌호수 등에서 사용하고 있는 물처럼 지역의 환경을 개선하고 보전하기 위한 용수, 즉 환경개선용수는 환경용수, 환경유량, 친환경용수 등 다양한 이름으로 불리고 있는데 학문적으로나 제도적으로 통일된 정의가 어려웠다.

2007년에 하천법이 개정되면서 하천유지유량을 산정함에 있어 환경개선을 고려하도록 함으로써 이와 같은 목적으로 사용되는 물을 환경개선용수로 지정해서 관리하는 제도적 근거가 마련되었다(고익환 등, 2008). 하천을 생활공간으로 이용하고자 하는 국민의 요구가 증대함에 따라 하천이용을 위한 용수의 수요가 증가하여 새로운 하천용수의 확보 및 관리문제가 대두되었고, ‘하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량’이라고 하천유지유량을 정의하고 있는 기왕의 하천법은 2007년 개정법에서 환경개선용수를 목적용수로 추가하여 하천유지유량을 ‘생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량’으로 정의하는 것으로 바뀌었다. 환경

개선용수는 친수공간 확보, 물놀이, 관광, 하천문화행사 등 사회환경 개선을 위해 하천의 일부구간 또는 일부지역에 필요한 수량으로서 이를 이용하고자 하는 수혜대상 집단(지자체, 특정 기관 또는 개인 등)의 요구에 의해 발생하는 수량이라 할 수 있다.

고익환 등(2008)은 하천유지유량은 하천 자체의 자연환경을 보전하기 위한 목적으로 자체유역의 물순환 체계에 따라 자연적으로 발생되어지나, 환경개선용수는 하천을 중심으로 하는 어메니티(Amenity)차원의 사회환경을 개선하기 위한 목적으로 사용자의 요구에 의해 발생된다고 구분하였다(표 2.1).

(표 2.1) 하천유지유량과 환경개선용수의 비교(고익환 등, 2008)

구분	하천유지유량	환경개선용수
목적	자연환경 보전	사회환경 개선
발생원인	자체유역의 물순환 체계에 따라 자연적으로 발생	사회환경 개선을 위해 사용자가 요구하는 경우에만 발생
적용구간	하천유역 상·하류의 연속된 전구간	하천 일부구간 및 일부지역
수혜대상	국민 및 자연환경(생태계)	환경개선용수 요구자(지자체, 단체 및 개인 등)
수리권	하천법에 의거, 국가가 고시 및 관리	하천법에 의거, 이용자가 우수사용허가를 득하여 이용
기능	<ul style="list-style-type: none"> • 자연환경 보전 • 하천 생태계 보전 	<ul style="list-style-type: none"> • 관광, 하천문화행사를 위한 하천 경관 개선 • 물놀이 등 레크리에이션을 위한 친수공간 개선
비용부담	국가	환경개선용수 요구자(지자체, 단체 및 개인 등)

2.1.3 환경용수

최근 경제성장과 더불어 청정한 환경에서 안정된 생활을 영위하고자 하는 국민들의 욕구가 증가함에 따라 환경의 보전 및 복원에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 하천의 경우, 시민들의 레저 활동 및 휴식을 위한 공간으로 활용되고 있어 청정한 환경 유지를 위한 노력이 필요하다. 특히, 하천의 자정

능력을 향상시키고 하천의 정상적인 기능을 회복하기 위해서는 수생물의 서식환경 조성, 오염원 차단 및 적정 하천 유지유량 유지 등의 다양한 조건이 요구된다. 이 중 하천의 생태유량의 유지는 기타 서식환경 조성에 있어 기본이 된다고 할 수 있다(Arthington et al., 2006).

환경용수는 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 수산용수 등과 함께 농촌용수의 범주에 포함되는 용수다. 환경용수는 농촌지역의 하천생태계 보전을 위한 최소한의 하천기능유지는 물론 환경개선 의미를 포함하고 있어 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 용수를 뜻한다.

환경용수는 나라마다 적용하는 제도가 다르며 용어도 환경용수(Environmental Water), 환경유량(Environmental Flow), 환경적 수요량(Environmental Demand), 필요하천유량(Instream Flow Requirements, Instream Flow Required, Instream Flow Need), 환경필요유량(Environmental Flow Requirement), 관리환경필요유량(Maintenance EFR), 갈수환경필요유량(Drought EFR), 생태유량(Ecological Flow), 보전유량(Conservation Flow), 하천유량(Instream Flow)등 다양하게 사용되고 있다. 환경용수는 생태계와 생태계의 편익을 유지하기 위하여 하나의 강, 습지, 또는 연안 내에서 제공되는 물 체제로서 과거에는 하천에 최소한 유지해야 할 유량인 기저유량(Base Flow)으로 인식되었으나, 최근에는 자연유량의 변이성에 대한 인식과 동태적 의미로 총체적인 유황을 의미한다.

농림부(1998)는 환경용수를 유역의 평균갈수량과 집단마을 하수처리를 위한 희석수 중 큰 값으로 한다고 정의하였다. 신규 저수지를 설계하거나 기존 저수지를 송상할 경우에 현지여건을 감안하여 저수지 유효 용수량 산정에 반영하여야 할 수량으로 저수지 지점의 기준갈수량 또는 관개구역내 중심마을 하수처리 희석수량 등 농촌환경보전에 필요한 수량 중 큰 값을 사용한다. 즉 농촌지역의 하천생태계보전을 위한 최소한의 하천기능유지와 환경개선을 포함하여 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 최소한의 하천유량을 의미한다.

농촌용수개발사업에서 환경용수는 농어촌정비법 시행령 제2조에 농어촌 지역의 환경오염 방지를 위한 용수로 정의되어 있어 현재 농업용 댐 계획시

에는 하류하천의 건천화 방지와 주변 환경유지 및 보전을 위한 최소한의 용수(하천의 갈수량 기준)를 확보하여 공급하는 하천유지용수로 계획하게 된다. 대부분이 농촌지역에 위치한 소하천의 경우 환경용수는 갈수기 하천의 건천화를 방지하여 하천생태계를 유지하고, 경관을 개선하여 시민의 정서를 함양하기 위한 친수공간 확보차원에서 하천유지용수로 취급할 수 있다.

일본의 경우, 관개용수로써 그 지역의 관개용수와 음용수, 잡용수 공급은 물론, 소방용수, 생활 잡배수 처리, 지하수함양과 더불어, 물놀이, 만남의 장소, 자연 동·식물의 서식처 등 가능한 한 다목적으로 이용하여 자연정화 기능과 친수공간을 제공할 수 있도록 활용하고 있다. 환경용수는 농촌지역내 하천 및 용·배수로의 생태계보전, 경관유지, 수질보전, 지하수위 유지 등 하천과 시설물의 정상적인 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 유지유량과 농업용수 관개구역내 중심 마을에서 방류한 하수를 희석처리 하기 위한 희석수 수량 등 농촌환경보전을 위하여 확보하여야 할 수량이다.

일본의 경우엔 주거의 쾌적성 등 생활환경 질적 수준의 개선에 대한 주민들의 욕구가 증대 되면서 생활주변의 하천은 생활환경 질적 개선의 중요 요소로 등장하게 되었다. 하천환경개선에서 맑고 깨끗한 용수확보가 가장 중요한 과제인데 이를 둘러싼 수리권 문제, 수질개선 문제, 농업용수 활용 문제 등 환경용수 확보와 관련한 다양한 문제점들이 나타나게 되었다. 이러한 환경용수 확보와 관련한 문제는 하천법 개정(1997년)으로 하천환경의 보전과 개선이 법의 목적에 추가되고 각지에서 하천환경 개선을 위한 다양한 사업들이 시행되면서 더욱 복잡하고 심각해지기에 이르게 되었다. 즉, 하천법 개정을 계기로 하천의 청류(清流)회복을 위한 다양한 사업들과 다자연형 하천정비사업 등의 사업들이 법적 근거를 가지고 본격적으로 추진되면서 맑고 깨끗한 하천유수 확보가 하천관련 중앙 및 지방정부의 정책에서 중요한 위치를 차지하게 되었다. 2006년 국토교통성은 「환경용수에 관한 수리사용허가의 취급에 관하여」라는 환경용수에 관한 지침을 확정하였고, 여기에서 환경용수는 수질, 친수공간, 경관 등 생활환경 또는 자연환경의 유지 및 개선 등을 도모하는 것을 목적으로 하는 용수라는 점을 명확히 하고 있다(김종원 등, 2007).

2.3 국내기준조사

우리나라에서는 민법, 하천법, 다목적댐법 등 특별법에 의해 수리권을 규정하고 있으나 실정법상으로 수리권의 의의나 내용에 관하여 직접적인 명문 규정을 두고 있지 않다. 하천법 제25조에서 ‘유수의 점용허가’에 관한 규정이 있고, 민법에서는 하천법이 시행되기 전 유수점용을 하고 있었던 자에게 관행수리권(주로 농업용수)을 인정하고 있으나 관행과 법률의 모호함으로 인해 수리권 분쟁의 우려가 높고 하천유지유량의 확보와 관리가 어려운 실정이다.

2.3.1 관련법규

(1) 농어촌정비법

농어촌 환경용수에 대한 개념의 도입은 1990년에 제정된 농어촌발전특별조치법의 제2조에 농어촌용수를 “농어촌지역에 필요한 생활용수, 농업용수, 공업용수와 환경오염의 방지를 위한 용수로 정의하고 있으며, 환경용수에 대한 농업분야의 최초의 법률적 언급이라고 할 수 있다.

최근 들어 2001년에 개정된 농어촌정비법에서 농어촌용수에 대한 규정을 추가하여 농업생산기반정비와 연계한 농어촌용수의 활용 방안에 대해 다루고 있는 실정이다. 이 법의 개정 목적은 첫째로는 세계적인 개방화 추세에 진전에 적극적으로 대응하고 2000년대에 대비한 우리 농수산업 및 농어촌개발, 정비사업을 체계적, 종합적, 효율적으로 추진하기 위하여 농어촌정비에 필요한 자원에 대한 기초조사를 실시함과 동시에 농수산업의 경쟁력 제고와 구조개선을 뒷받침하기 위한 농업생산기반 및 수산업생산기반 정비제도를 강화하는 방안을 마련하는 것이다. 둘째로는 농어촌생활환경정비를 위해 농어촌주택, 도로, 상하수도, 오폐수처리시설 등은 물론, 각종 생활편익시설이 완비된 현대적 생활기반을 마련하여 농어촌에서 도시보다도 나은 생활을 영위할 수 있도록 농어촌생활환경을 정비하는 것이다. 셋째로는 한계농지, 산지, 연안해면 등 활용 가능한 자원을 지역별, 유형별로 알맞게 정비, 개발함으로써 농수산업생산기반과 농어촌생활환경이 정비된 현대적인 농어촌을 조성하고 국가의

균형있는 발전에 이바지하는 것이다.

농어촌정비법[일부개정 2001.1.28 법률 제 6221호]

제2조 제1항

2. “농어촌용수”라 함은 농어촌지역에 필요한 생활용수·농업용수·공업용수와 환경오염의 방지를 위한 용수를 말한다.

(2) 하천법

우리나라에서 하천유지유량이 법적으로 처음 도입되어 이를 결정하는 법적 근거가 된 것은 하천법과 하천법시행령이다. 이들 법은 1971년 처음 제정되었고 하천관리의 적정을 기하며 공공복리의 증진에 기여함을 목적으로 하였다. 우리나라의 하천법은 제3조에 하천과 그에 따르는 부수적인 산물을 국가의 소유로 한다고 명시하고 그에 준하는 하천의 유량도 원칙적으로 국가의 소유로 하고 있다. 하천법의 기본원칙은 하천법의 목적에서 명시하였듯이 공익주의를 바탕에 두고 있으며 국가 관리의 허가체제로 하천의 이용을 통제함으로써 적정한 하천의 관리를 도모하는 것이다. 이에 따라 하천관리 및 수권조정에 국가가 강력한 권한을 가지고 있으며, 수량이 부족하거나 수권의 행사가 침해될 때 공익에 대한 피해를 제거하거나 경감하고 공익사업을 위하여 필요한 경우에는 수권의 허가 및 승인의 취소, 효력의 정지 등 공익을 위한 감독처분을 할 수 있다.

하천법과 함께 그 시행을 위하여 1971년 제정된 하천법시행령에서는 하천관리위원회를 설치하고 하천구역의 지정, 하천정비기본계획(河川整備基本計劃)의 작성, 연안구역의 지정, 수자원의 종합개발 계획 및 수문조사, 하천관리에 관한 사항 등을 조사, 심의하도록 하고 있다. 또 제11조에 하천의 기능을 정의하고 있으며, 하천의 유효한 이용과 유수의 정상적 기능 및 상태의 유지에 관한 사항으로 하천의 점용, 배의 운항, 어업, 관광, 유수의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천부속물의 보호와 지하수위의 유지, 기타 사항을 종합적으로 고려하여야 한다고 규정하였다. 하천정비기본계획에는 당해 수계의 종합적인 보전과 이용의 기본 방침에 관한 사항과 하천공사 시행의 기본이 되는 사항을 결정하도록 의무규정을 두고 있다.

하천유지유량은 하천법시행령 제11조에 정의한 하천의 기능에 대하여 개정된 하천법 제20조에서 “하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량”이라고 정의되었다. 1980년에 제정한 하천시설기준에서는 하천법시행령(1971)에 사용된 정상유량의 개념을 더욱 구체화하여 유지유량과 이수유량으로 구분하고, 유수의 정상적인 기능을 유지하는데 필요한 유량이란 하천주운, 어업, 경관, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천관리 시설의 보호, 지하수위의 유지, 동식물의 보전, 유수의 수질유지 등을 종합적으로 고려하여 갈수시에 있어서 유지해야할 유량 및 이것이 정해진 지점으로부터 하류에 있어서 유수의 점유를 위하여 필요한 유량의 쌍방을 만족시키는 유량으로서 적절한 하천관리를 위하여 정하는 것이라 하였다.

① 하천법(1971)

1971년 제정된 하천법에서는 제2절 제20조에서 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량을 하천유지유량이라 정의하고, 건설교통부장관으로 하여금 기준지점을 정해 하천유지유량을 설정하여 고시하도록 명시하였다. 그러나 하천유지유량의 개념이 아직까지 하천관리에 적용되지 못하고 있어 하천유량을 적절히 유지하는데 제도상의 보호가 미흡하다.

하천법[일부개정2004.1.20 법률 7101호]
 제2장 제2절 유역조사·홍수예방 등제20조
 제1항 건설교통부장관은 하천의 정상적인 기능 및상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 流量(이하 "河川維持流量"이라 한다)을 정하여 第60條의 規定에 의한 中央河川管理委員會의 審議를 거쳐 이를 告示하여야 한다. ②河川維持流量은 河川流水의 狀況을 대표할 수 있는 主要地點(이하 "基準地點"이라 한다)을 河川別로 설정하여 이를 기준으로 정하여야 한다.

② 하천법시행령(1971)

하천유지유량을 산정하기 위한 법률 근거로서 하천법과 함께 1971년에 제정된 하천법시행령 제11조에 하천의 유효한 이용과 유수의 정상적 기능 및 상태의 유지에 관한 사항에 대하여 하천의 점유, 배의 운항, 어업, 관광, 유수

의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천부속물의 보호와 지하수 위의 유지, 기타 사항을 종합적으로 고려하여야 한다고 규정되어 있다. 건설교통부장관은 관계행정기관의 장과 협력 하에 하천의 명칭, 기준지점의 명칭과 위치, 그리고 하천유지유량을 공시하도록 하고 있다.

하천법시행령[일부개정 2004.7.20 대통령령 18475호]
 제1장 총칙 제13조 (하천유지유량의 산정등)
 제1항 건설교통부장관은 법제20조 제1항의 규정에 의하여 하천유지유량을 산정한 때에는 다음 각호의 사항을 고시하여야 한다. 고시한 하천유지유량을 변경한 때에도 또한 같다.
 1. 하천의 명칭
 2. 기준지점의 명칭 및 위치
 3. 하천유지유량
 제2항 건설교통부장관은 제1항의 규정에 의한 하천유지유량의 산정요령을 정하고자 할 때에는 미리 관계행정기관의 장과 협의하여야 한다.
 제3항 건설교통부장관은 법제20조제2항의 규정에 의한 기준지점을 정하고자 하는 때에는 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.
 1. 수량 및 수질관리의 기준이 되는 지점
 2. 과거부터 관측된 수문자료가 충분하고, 유량관측이 지속적으로 실시되고 있는 지점
 3. 하천유수를 많이 사용하고 있는 지점
 4. 해수위의 변화에 의한 영향을 받지 아니하는 지점
 5. 댐·하구둑 등 유수를 가두어 두는 구역이 아닌 지점

2.3.2 하천유지유량 관리 주체

하천법 및 하천법시행령에 명시된 하천유지유량과 관련된 법령에 따라 하천유수의 점용 허가 및 하천유지유량의 확보 및 유지관리 업무를 수행하고 있는 기관은 크게 정부 주도의 건설교통부와 각 지방 국토관리청, 다목적 댐 등과 같은 시설의 건설을 통한 수자원 개발 및 이용 업무를 수행하고 있는 한국수자원공사, 농촌유역을 담당하는 한국농어촌공사, 그리고 물 사용자로서 지방자치단체들이 있다. 건설교통부는 각 지방 국토관리청을 통해 직할하천 구간에서의 유수의 점용허가 등을 포함한 하천법시행령 제11조의 업무를 수행한다.

한국수자원공사는 다목적 댐과 같은 시설물의 건설, 광역상수도의 건설 및 관리를 통한 우리나라 전체의 각종 용수의 배분 등을 통해 하천유지유량의 조사, 연구, 그리고 공급을 담당한다. 각 지방자치단체는 행정구역 범위내에 속한 하천이 유수 점용 허가, 하천개발과 관리, 그리고 하천정비사업 등을

수행하고 있다.

한국농어촌공사는 농업용 저수지, 보, 양수장 등의 취수시설과 용배수로를 비롯한 하천정비를 책임지고 있다. 그러나 우리나라는 하천의 자연적 기능보다는 악화된 수질을 개선하기 위한 인위적 기능의 회석유량 및 염수침입방지유량이 하천유지유량 개념을 지배하고 있고 수질과 수량이 분리되어 관리되고 있어서 하천유지유량의 기본 개념, 산정 방법, 용도, 그리고 각종 용수의 비용 산정과 관할권에 대해 명확한 경계선이나 업무영역이 구분되어 있지 않은 상태이다.

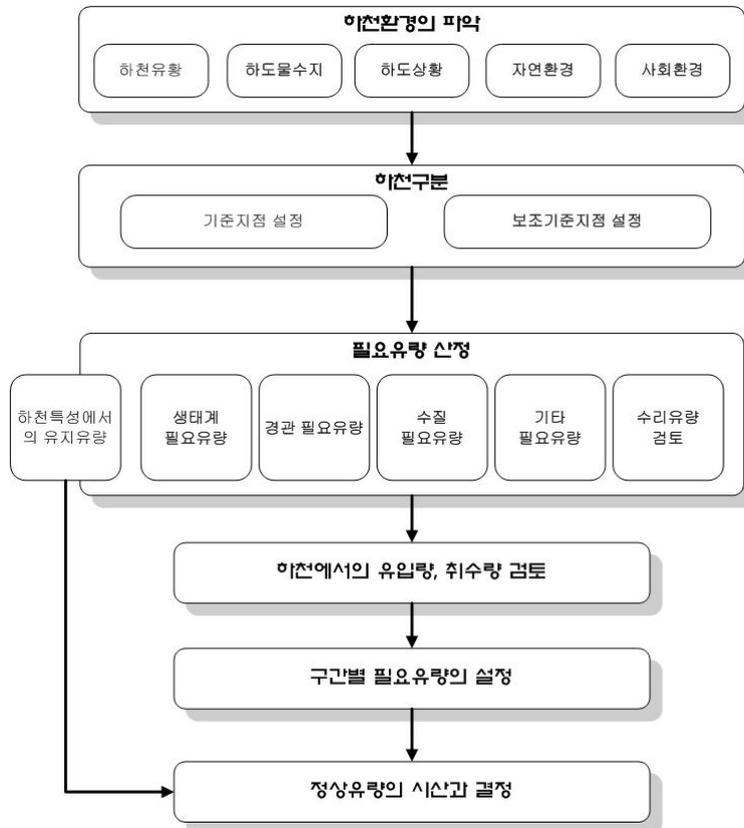
2.4 국외기준조사

2.4.1 일본

일본에서는 신하천법 이후로 정상유량이라는 용어를 사용하였다. 정상유량이란 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의되어 있고, 신하천법 16조에 규정된 ‘공사실시기본계획’에 정상유량을 설정하기로 되어 있다. 일본의 유수의 정상적인 기능은 유수의 점용, 주운, 어업, 관광, 유수의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천관리시설의 보호, 그리고 지하수위 유지 등으로 우리나라와 다르지 않다. 유수의 점용을 제외한 8개 항목에 동식물 보호를 추가한 9가지를 고려하여 갈수시에도 유지하여야 하는 유량을 하천유지유량으로 정의하고, 다시 이수유량을 고려하여 정상유량을 결정한다.

<그림 2.1>은 일본에서 정상유량을 검토하는 과정을 정리한 것이다. 우선 대상 하천의 하천유황, 하천 유입량과 취수량, 하도상황, 자연환경, 주변 사회환경 등 하천환경을 파악한다. 하천 유황을 대표하는 복수의 지점을 선정하고 각각에서 항목별 필요유량을 설정한다. 각 대표지점에서의 정상유량은 하천 유입량, 취수량 등과 구간별 필요유량에 대해 대표지점간 종단적 정합과 함께 하천특성에서 본 하천유지유량을 감안하여 설정한다. 하천유지유량은 갈수량으로 산정하는데, 관측자료가 없는 하천에 대해서는 일본 전국 하천의 270여개 자료를 이용하여 하천유지유량 $Q(\text{m}^3/\text{s}) = 0.0069A(\text{km}^2)$ 을 제시하였다.

관측자료가 있을 경우에는 10년 평균갈수량 및 기준갈수량을 정리하여 정상 유량의 기준으로 하였다. 그리고 하천유지유량은 최소갈수량 이상부터 평균 갈수량 정도까지를 기준으로 한다.

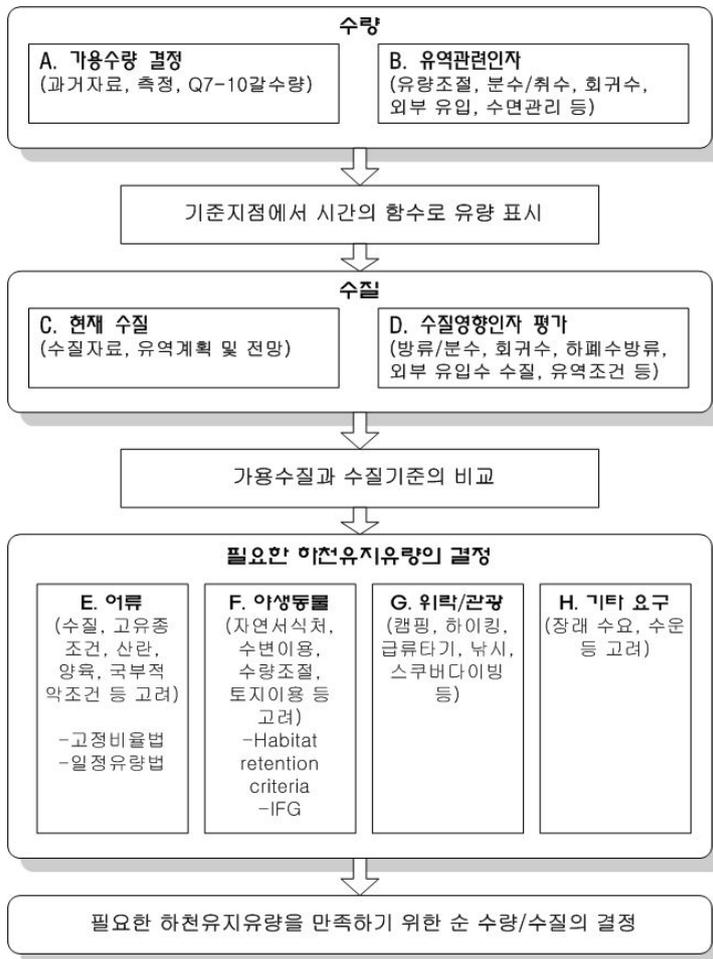


<그림 2.1> 일본의 정상유량 산정

2.4.2 미국

미국에서 하천유지유량은 'Instream Flow' 또는 'Minimum Flow'라 하며, 하천내에서 물의 가치와 이용을 허용수준 이상으로 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의된다. 하천내 물의 가치(instream value)와 이용이란 어류 및 야생동물, 위락, 시미, 수질, 수력발전, 수운, 그리고 하구/하천변 식생과 홍수터 습지 등에서의 생태계 유지 등을 의미한다. 미국에서의 하천유지유량은 수력발전 및 농업용수 취수로 인한 하천수량 감소에 따른 하천생태계 문제에서

시작되었다. 하천생태계 문제 중에서도 주관심사는 서식처의 문제였다. 그러나 미국에서는 하천환경의 제반 항목을 종합적으로 고려하여 하천구간별로 유지유량이나 정상유량을 체계적으로 결정하는 방법은 알려져 있지 않다. 하천의 대부분이 사유로서 치수나 하천유지유량을 보장하기 위해 토지 소유권자의 행위를 직접적으로 제한하기 어렵기 때문인 것으로 알려져 있다. 정부 차원에서 하천유지유량을 결정하는 규정을 정한 것은 아니지만 하천 기능의 제 항목을 고려하여 하천유지유량을 결정하는 방법들을 정리하면 <그림 2.2>와 같다.



<그림 2.2> 미국의 하천유지유량 산정

2.4.3 영국

1960년대 후반 이후 영국 수자원법(Water Resource Act)에는 우리나라 하천유지유량의 개념과 유사한 최소허용유량(minimum acceptable flows, MAF)이라는 개념이 있어 지방 하천청이 각 하천마다 지정하도록 되어 있다. 그러나 수량감소에 따른 수질악화와 하천환경을 고려하여 최소허용유량을 정확히 산정할 수 있는 명확한 방법이 제시되지 않았고, 각 지역 하천청에서는 단순히 총유량의 일정비율만을 취수할 수 있도록 허가하여 왔기 때문에 이 조항이 제대로 시행된 적은 없다. 각 하천청에서는 하천환경을 보전하기 위하여 취수허가의 상한선을 제시하여 하천유량이 최소한의 기준유량 이하로 내려가는 경우만 취수를 제한하거나 일정유량을 유지하는 범위내에서만 취수허가를 내주는 방법을 채택하고 있다. 다만 기준유량 이상이 지속되는 기간과 갈수시의 수질 및 하천환경의 영향에 대한 평가가 어렵다는 문제를 안고 있다. 영국은 갈수량에 따른 하천유지유량은 현재까지 특별히 지정되지 않고 일반적으로 일유량을 바탕으로 유허곡선에서 해당 기간 95%에 유지되는 유량(Q45)을 채택하되 하천에 따라 계절별 변화에 맞추는 것으로 알려져 있다. 또한 연최소 7일유량 계열의 평균치를 갈수기 유량으로 정의해서 사용하기도 한다.

하천유지유량을 산정한 요크셔 지방을 대표적 사례로 들면, 하천의 환경가중치를 평가하여 최대허용 취수량과 최소허용 하천유량을 각각 산정하고, 이를 토대로 다시 각각 신규 치수 허가기준과 전체 취수중지 기준으로 사용하였다. 하천환경 점수는 갈수기의 유량감소에 따른 하천환경의 민감도를 측정하기 위해서 수치화된 환경가중시스템(Environmental Weighting System)을 도입한 것이다. 하천환경 차원에서 고려한 항목은 어류, 낚시, 수생 생태, 육상 생태, 어메니티(amenity), 그리고 여가활동이고, 이 항목에 대해 설문자의 점수를 부여하고 더한 값(Environmental Weighting, EW)을 계산하여 최소허용 하천유량에 반영하였다. 어업은 하천구간별 어종별로 점수를 부여하고, 낚시는 낚시 빈도, 수중 생태는 생물학적 수질지표(Biological Water Quality Index)를 활용하고, 육상 생태는 하천구간별 토지이용에 따라서, 어메니티는 경관가치, 여가활동은 수상운동의 종류에 따라서 점수를 부여

하였다. 최대허용 취수량은 계산된 환경점수에 따라서 결정되고, 취수허가량이 최대허용 취수량을 초과하지 않는 범위에서 신규 허가를 내준다. 그리고 하천유량이 매우 적어도 최대허용 취수량 보다 적으면 취수허가를 내주는 취약점을 보완하기 위해서 하천유량이 환경기준유량(Environmentally Prescribed Flow, EPF) 이하로 떨어지는 경우 취수를 중지하는 기준을 제시하였다.

(표 2.2) 환경점수에 따른 최대허용 취수량

환경점수	최대허가 취수량	환경기준유량
50+	3×DWF	1.0×DWF
40 ~ 49	4×DWF	0.9×DWF
30 ~ 39	5×DWF	0.8×DWF
20 ~ 29	6×DWF	0.7×DWF
10 ~ 19	7×DWF	0.6×DWF
0 ~ 9	8×DWF	0.5×DWF

※DWF:갈수기유량(m³/day)

2.4.4 독일

독일의 하천은 연중 안정되게 유출되고 하수처리시설로 인한 깨끗한 물을 하천에 흐르게 하고 있으며 특별히 하천유지유량을 위해 하천유량을 조절하거나 이용할 필요성을 갖지 않고 있다. 따라서 하천유지유량은 연방정부 혹은 주정부 관할 하천관리협의회에서 하천수 이용과 기능을 고려하여 취소조건에 따라 각종 용수의 수질, 하천환경, 생태계, 여가활동, 또는 희석유량과 관련된 항목을 정성적으로 평가하여 결정하고 있다. 독일에서의 하천유지유량 결정방법은 갈수량 또는 최저유량을 평가하여 결정하는 방법과 필요유량을 항목별로 결정하는 매트릭스 기법이 있다. 첫 번째 방법은 주로 유량자료를 해석하여 결정하는 것이고 매트릭스 기법은 하천이용과 기능에 따른 항목을 결정하고 하천에 따라 이뤄지는 여러 기능별 발생기회에 따라 필요한 항목을 설정하여 매트릭스를 풀어서 해석하는 방법이다. 하천에서 이뤄지는 14가지 활동기회에 따라 38개의 평가항목을 설정하고 각각의 가중치와 수리·수문학적 조건을 고려하여 하천유지유량을 결정한다.

2.4 결과 및 고찰

환경용수에 대한 보다 명확한 법적 정의는 하천법과 국토해양부지침에서 규정하고 있는 하천유지유량의 개념에서 찾을 수 있다. 하천법에서 정의하고 있는 하천유지유량, 국토해양부 지침인 하천유지유량 산정요령, 하천유지유량 고시계획 상의 하천유지유량에 대한 개념이 모호하거나 개념상에서 일치하지 않는 부분이 있다.

환경용수는 이수유량을 제외한 기존에 하천에 흘러야할 최소한의 하천유지유량을 초과하여 더 필요한 용수로 정의한다. 하천법에서 정의하고 있는 하천유지유량으로는 환경용수와 하천유지유량의 구분이 불가능하다. 다시 말하면 하천법에서 정의하고 있는 하천유지유량은 생·공용수, 농업용수 등을 포함한 이수유량과 이를 제외하고 하천에 흘러야 할 유량의 합이다. 이 개념에서 본다면 환경개선용수는 하천유지유량 범위 내에서 이수용도로 사용되고 있는 수량을 제외한 양을 환경개선용수와 하천에 흘러야할 유량으로 구분하겠다는 것이 된다. 이는 환경개선용수라는 개념을 도입한 타당성이 결여되는 현상을 초래한다(김종원 등, 2007).

환경개선용수와 하천유지유량과 유사할 수 있는 개념인 환경용수는 그 필요성에 대한 인식에도 불구하고 무관한 전문가들조차 다른 용어들과 자주 혼동하는 용어이다. 국토연구원(김종원 등, 2007)의 설문 조사에 따르면, 우리나라에서는 하천유지용수와 환경용수 간에 개념적 구분이 명확하지 않은 가운데 환경용수에 대한 개념을 수정·보완하여 환경용수를 포괄하도록 하여야 한다는 항목에 대하여 40.2%로 응답비율이 가장 높다.

반면에 거꾸로 환경용수는 하천유지용수를 포함하는 광의의 개념이라는 항목에 대한 응답비율이 역시 34.3%로 높게 나타난다. 그리고 환경용수와 하천유지용수는 서로 별개의 개념이라는 항목에 대한 응답비율이 25.2%로 나타나 환경용수의 개념에 대한 전문가들의 인식이 상당히 혼란을 겪고 있음을 확인하였다.

전문가 그룹 간에도 환경용수와 하천유지용수의 개념적 관계에 있어서 인식차이가 다양하게 전개되고 있다. 즉, 먼저 환경용수와 하천유지용수가 서로 별개의 개념이라 항목에 대해서는 수자원공사 내 전문가들의 응답비율이 가

장 높았고, 환경용수가 하천유지용수를 포괄하는 광의의 개념이라는 항목에 대해서는 지방공무원들의 응답비율이 가장 높다. 하천유지용수를 환경용수를 포함하는 광의의 개념으로 수정·보완하여야 한다는 항목에 대해서는 교수집단 및 관련 연구원 집단에서 가장 높은 응답비율을 보였다.

현재의 법에서 정의하고 있는 틀에서는 기존의 하천유지유량의 범위 내에서 환경용수를 공급한다는 것이기에 이는 유량관리 차원에서 보면 적합하지 않다. 갈수기 기준의 하천유지유량의 범위 내에서 환경용수를 추가로 확보하는 것은 현실적으로 어렵다는 것이다. 김종원 등(2007)은 일본의 사례를 들어 갈수량 기준으로 이수용도로 사용할 수 있는 유량의 범위 내에서 환경용수를 확보하는 것과 평수량 또는 풍수량 개념 하에서 공급가능한 유량의 범위 내에서 환경용수를 확보할 수 있도록 하는 것이 바람직한 방향이라고 제안한다.

2.5 요약 및 결론

가. 환경용수의 개념

- 하천유지유량은 이수관리와 하천환경관리를 바탕으로 하천 개발과 이용을 위한 인위적인 기능, 그리고 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량으로 정의됨
- 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능 이외도 시대의 변천에 따른 사회적 요구 조건에 따라 여러 다른 기능에 대해서도 정의되었고 그에 따라 그 개념도 확장되고 있음
- 환경용수는 농촌지역의 하천생태계 보전을 위한 최소한의 하천기능 유지는 물론 환경개선 의미를 포함하고 있어 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 용수를 뜻하고 있음

나. 국내외 기준조사

- 농어촌정비법 제2조에 농어촌용수를 “농어촌지역에 필요한 생활용수, 농업용수, 공업용수와 환경오염의 방지를 위한 용수로 정의
- 일본에서는 신하천법 이후로 정상유량이라는 용어를 사용하였다. 정상유량이란 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의되어 있고, 신하천법 16조에 규정된 ‘공사실시기본계획’에 정상유량을 설정
- 일본의 유수의 정상적인 기능은 유수의 점용, 주운, 어업, 관광, 유수의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천관리시설의 보호, 그리고 지하수위 유지 등으로 우리나라와 다르지 않다. 유수의 점용을 제외한 8개 항목에 동식물 보호를 추가한 9가지를 고려하여 갈수시에도 유지하여야 하는 유량을 하천유지유량으로 정의하고, 다시 이수유량을 고려하여 정상유량을 결정
- 미국에서 하천유지유량은 ‘Instream Flow’ 또는 ‘Minimum Flow’라 하며, 하천내에서 물의 가치와 이용을 허용수준 이상으로 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의

- 영국 수자원법(Water Resource Act)에는 우리나라 하천유지유량의 개념과 유사한 최소허용유량(minimum acceptable flows, MAF)이라는 개념이 있어 지방 하천청이 각 하천마다 지정하고 있음
- 독일의 경우 하천유지유량은 연방정부 혹은 주정부 관할 하천관리협의회에서 하천수 이용과 기능을 고려하여 취소조건에 따라 각종 용수의 수질, 하천환경, 생태계, 여가활동, 또는 희석유량과 관련된 항목을 정성적으로 평가하여 결정하고 있음

참고문헌

1. 건설교통부, 1993, 하천시설기준
2. 고익환, 박상영, 김정곤, 2008, 하천의 생태·수문학적 평가방법. 한국수자원학회지 41(10): 24-29
3. 고익환, 윤석영, 노재화, 2008, 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량, 한국수자원학회지 41(4): 10-14
4. 김종원, 김창현, 심우배, 한동근, 2007, 환경용수 확보를 위한 중앙정부와 지방정부의 역할 분담과 정책 과제, 국토연구원
5. 농림부, 1998, 농업농촌용수종합이용계획
6. 농어촌연구원, 2005, 농촌지역 소하천의 유지유량 확보 및 관리방안 연구, 농업기반공사
7. 한국수자원공사, 1995, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용. IPD-95-2. 연구보고서, 247-264
8. 한강홍수통제소, 2004, 한국하천일람, 건설교통부
9. Arthington, A. H., S. E. Bunn, N. L. Poff, and R. J. Naiman, 2006, The challenges of providing environmental flow rules to sustain river ecosystem. Ecological Applications 16: 1311-1318

제3장 농어촌 환경용수 산정방안

3.1 서론

3.2 환경용수 산정기법

3.3 국내외 환경용수 산정 및 적용사례

3.4 농어촌 환경용수 산정 방안

3.5 결과 및 고찰

3.6 결론

참고문헌

제3장 농어촌 환경용수 산정방안

3.1 서론

실천적인 측면에서 생태환경요인을 중시하면서 최저 환경용수량을 결정하는 데는 몇 가지 방법이 사용되고 있지만 지역과 국가에 관계없이 적용되는 일반적인 방법은 없다. 환경용수에 관한 연구는 1940년대 미국 어류 및 야생생물국(US Fish and Wildlife Service)에서 처음으로 시작하여 1970년대까지 계속되었고, 그 결과 1969년 환경정책법(Environmental Policy Act)과 1965년 수자원법(Water Resource Act)에 환경용수 개념이 도입되고 1971년엔 최저 환경용수법(Instream Flow Legislation)이 나왔다. 영국, 호주, 뉴질랜드 등 다른 나라에서는 1980년대 들어와서 환경용수 개념이 도입되었다(김종원 등, 2007).

본 장에서는 기존 문헌과 사례를 통하여 하천유지유량의 개념을 정리하고 국가별 하천유지유량 산정 기법을 정리하였다. 하천유지유량의 법적 개념과 시대의 변천에 따라 그 개념과 산정 방법이 어떻게 바뀌었는지 검토하고, 농어촌 환경용수의 산정을 위한 방안을 제시하고자 한다.

3.2 하천유지유량 산정기법

3.2.1 하천유지유량 산정기법의 종류와 분류

하천유지유량 산정기법은 일반적으로 수문학적 접근법(Hydrological approach), 수리학적 접근법(Hydraulic rating approach), 서식지 모델링 기법(Habitat simulation method), 그리고 통합적 방법(Holistic method)으로 구분되며, 경우에 따라서는 (표 3.1)에서처럼 수문학적 접근법, 수리학적 접근법, 통합적 방법, 콤비네이션 방법(Combination method) 등으로 구분하기도 한다.

(표 3.1) 하천유지유량 산정기법의 분류

Hy	Q95 based on mean monthly discharge(Dacova et al.	Minimum Q of 50 litres s-1 or Q347 (Docampo & De Biku, 1993)	Flow indices from frequency analyses (unspecified)(Dunbar et
----	---	--	--

(표 3.1) 하천유지유량 산정기법의 분류

d r o o g I c a l a P p r o a c h	2000)		al. 1998)
	Washington Base Flow Methodology(Dunbar et al. 1998)	Various percentages of pre-regulation MAR (e.g. 10%, 22%)	Tessman Modification of Tennant Method(Dunbar et al. 1998)
	VHI(Mattas D, pers. comm.)	Rationalization of Q95 values	RVA (and/or IHA)(Richter 2001)
	VHI (use of PAWN Hydrological Model)(Dunbar et al. 1998)	Two-level Seasonal Modified Tennant Method (Scruton & LeDrew 1996)	OCFR (0.1-0.3 cm per 100 km ²)(Nakamura et al. 1994 cited in Nakamura 1999)
	Q80 of unregulated mean daily flow regime	10% of MAF(Tharme, 1996)	Robinson's 1969 Method(Stalnaker & Arnette, 1976)
	Simple hydrological formulae (Brittain & Henning Lahab-Lund 2001)	Rationalization of %AAFs from Tennant Method(Casadei 1990, cited in Ubertini et al. 1996)	Various FDC percentiles (incl./excl. ecological and/or geomorphological data)(Gordon et al. 1992)
	Mean Monthly Flow	Q96(Jowett, 1997)	Texas Method
	20% of Q90(Benetti et al., 2002)	10% of Q90(Benetti et al., 2002)	Orth & Leonard Rationalization Method
	MQ(Statzner et al., 1990)	RQ Index of disturbance	Q355(Bernadov, 1998)
	Q347(Crosa et al., 1988, cited in Ubertini et al. 1996)	NPF (approx. 10 x OCFR value per 100 km ²)	Q90(of regulated/unregulated flow)(Caissie & El-Jabi 1994)
H a b I t a t s i m u	Northern Great Plains Resource Program Method(Dunbar et al., 1998)	Modified Hoppe & Finnell Method, Modified Tennant Method(Tierney, 1986)	Low flow indices from FDC analysis(Dunbar et al., 1998)
	MNQ(Statzner et al. 1990)	Flow Translucency Approach(Gippel 2001)	FDC percentiles(Ferrar (ed.) 1989)
	Median Monthly Flow(Caissie & El-Jabi, 1994)	Hoppe and Finnell Method(Dunbar et al., 1998)	FDC Analysis (FDCA)(Gordon et al., 1992)
	7Q10(Caissie & El-Jabi, 1994)	70% of 7Q10(Benetti et al., 2002)	Tennant Method(Alves & Henriques, 1994)
	5-20% of Q90(Benetti et al., 2002)	Desktop Estimate(DWAF, 1999)	BWE(King et al., 1999)
	Basic Flow Method(Palau & Alcazar, 1996)	Average Base Flow Methodology(Caissie & El-Jabi, 1994)	Ecotype-based Modified Tennant Method(Alves et al., 1996)
	30% of Mean Monthly Flow(Tharme, 1996)	33-46% MAF(Docampo & De Biku, 1993)	30-75% of 1 in 5 year low flow(Jowett, 1997)
	25% of MAF(Tharme,	30% of MAF(Jowett,	50% of 7Q10(Benetti et

(표 3.1) 하천유지유량 산정기법의 분류

l a t i o n	1996)	1997)	al., 2002)
	Q95 or a multiple thereof	based on geology & catchment area	Orth & Leonard Rationalization Method
	20% Food-producing WUA Approach(Jowett 1997)	ENSA Toulouse Method(Dunbar et al. 1998)	2-D/3-D hydrodynamic modelling(Leclerc et al. 1995)
	RHABSIM	MTA	RHYHABSIM
	WSP Hydraulic Model (with PJ)(Reiser et al. 1989a)	Quantitative fish habitat modelling (Dunbar et al. 1998)	River 2D Model (University of Alberta web site 2001)
	Physical Habitat Analysis	RSS (incl. HABITAT Model)	CASIMIR(Jorde K, pers. comm.)
	Cubillo Method(Cubillo 1992)	Newcombe's Methodology(Newcombe 1981)	Fish Rule Curve Method
	PHABSIM-based local physical habitat simulation tool(Nakamura et al. 1995)	Fish population modelling within an IFIM-type framework(Dunbar et al. 1998)	Linked statistical hydraulic & multivariate habitat use models(Lamoroux et al. 1998)
	Fleckinger Approach(Cubillo 1992)	IFIM (and/or PHABSIM)(Dunbar et al. 1998)	Hydraulic habitat modelling(BladpRov, 1998)
	HABIOSIM, Habitat Duration Analysis	HABIOSIM, Habitat Duration Analysis	Biotope-level modelling(Tharme In prep)
Food-producing Habitat Retention Approach(Jowett 1997)	FST-Hemisphere Benthos hydraulic modelling(Statzner et al. 1990)	Integrated GIS-based habitat simulation model (Semmekrot et al. 1996)	
Microhabitat simulation models for large rivers	Fish Habitat Analysis	EVHA(Ginot 1995)	
H y d r a u l i c	Empirical Discharge-Water Surface Area	Approach(O'Donnel & Moore, 1983)	Wetted Perimeter Method
	Hydraulic habitat simulation modelling(Dunbar et al. 1998)	Hydraulic-based methodologies(Vismara et al. 2001)	Hydraulic Geometry-Discharge Relationships(Mosley 1992)
H o l i s	Environmental Flow Management Plan Method(King et al. 1999)	Holistic methodologies (DRIFT, BBM or similar)	Various expert panel approaches(Cottingham et al. 2002)
	WAMP Expert Panel Method	Snowy Inquiry Methodology	FLOWRESM(Arthington et al. 2000)

(표 3.1) 하천유지유량 산정기법의 분류

	SPAM	BBM	HAM
t i c	EPAMEPAM	DRIFT (Arthington 1998a)	Ecohydrological modelling
	Flow Events Method(King et al. 1999)	Flow Events Method(Cottingham et al. 2001)	Benchmarking Methodology(Brizga et al. 2002)
	Holistic framework combining expert opinion	Correlations of Q95	7-point naturalness scale
C o m b i n a t i o n m e t h o d	Po River Basin Method (links between VHI, catchment variables & water quality)(Vigan et al. 1997)	Physical (hydraulic) biotope-based approaches(Stewardson & Gippel 1997)	Threshold components of flow regime-based approaches(Cooney 1994b, cited in Cross et al. 1994)
	NPFs calculated using various approaches (unspecified)	Singh Regionalisation Method(Vismara et al. 2001)	Case-specific holistic-based approaches(Growns & Kotlash,1994)
	River Enxoe Approach (temporary rivers)(Bernardo & Alves 1999)	Wimmera River Habitat-based Approach(Arthington & Pusey 1993)	Habitat-based hydrological modelling linked to river system fish populations
	MORIMOR-HAFIMO Integrated model(Peviani et al. 1996)	Elements of IFIM/PHABSIM(Dunbar et al. 1998)	Managed Flood Releases Approach(Acreman et al. 2000)
	Hydrograph Reconstruction Approach(Salverda et al. 1996)	Thomson River Fish Habitat-Flow Approach(Gippel et al. 1994)	Physico-chemical & biotic indices(Dacova et al,2000)
	BENHFOR Procedure(Buffaqui,2001)	Modified HQI Method(Annoni et al. 1996)	Hall Fish Habitat Approach(Hall,1989)
	Water quality data & various biotic indices	PJ (case-specific)	Direct use of hydrology
	Multivariate biomass models(Dunbar et al. 1998)	Studies relating fisheries data to environmental variables	Combination of IFIM & elements of holistic methodologies
	Expert method for minimum flows(Faugli 1997)	Direct use of GIS-based studies of physical habitat for fish/invertebrate species(Muotka et al. 1996)	Means of recommended Qs derived from multiple methodologies(Green 1993, cited in Cross et al. 1994)
	Correlations of fish year class to spawning flow(Dunbar et al. 1998)		

(source: <http://www.iwmi.org>)

(1) 수문학적 접근법(Hydrologic approach)

역사적 수문자료를 사용하는 접근법으로 장기간에 걸쳐 관측된 하천의 흐름 자료를 바탕으로 하천유지유량은 연 유량 혹은 월유량에 대한 평균 혹은 중간값의 백분율로 나타낼 수 있으며, 하천유량에 대한 초과확률이나 유량지속곡선으로부터 계산될 수 있다. Bradford(2004) 수문학적 접근 방법에는 Tennant method(Tessmann method), Flow duration method(Hoppe method, Lyon's method, Texas method), New England aquatic base flow 등을 소개하였다. 문제는 하천 구간별, 시기별로 형태가 다르고 그에 따라 수위, 유속, 유량이 달라지기 때문에 하천유지유량도 각 조건별로 달라질 수밖에 없다(Maunders and Hindley, 2005). 댐이 건설되기 전이나 공업·농업·생활용수로 대규모 취수가 일어나기 전에 자연적으로 강에 흐르던 유량을 추산하여 수역생태계가 보전되기 위해서는 어느 정도의 자연유량 비율이 유지되어야 하는가를 결정한다. 산정방법의 특징을 반영하여 '고정비율(fixed percentage)방법' 혹은 '표준설정(standard-setting) 방법'이라 불린다.

계측/무계측유역에 대한 수문학적 지역화 기술에 기반을 둔 다양한 수문지수와 공식을 통합하고, 유역변수를 포함하고, 수리/수문학적 그리고 지형학적 조건들을 고려하는데 사용된 유량지수들은 전문가적 판단과 유사한 수문, 생태학적 형태의 하천들에서의 통계학적, 구조적 관측치들의 조합을 사용하여 선택하는 기법으로 수자원 개발 사업의 계획/답사단계에서 가장 유용하며 서식지시뮬레이션, 통합적 접근 또는 콤비네이션기법 등의 하위도구로 사용 가능하다. 이 방법은 요구되는 자료의 양이 적고 단순하여 비용이 비교적 저렴하고 신속하게 적용할 수 있다는 장점을 가지도 있는 반면에, 수역생태에 대한 실증적 자료를 고려하지 않기 때문에 최소 하천유지용수가 정해진다 해도 주먹구구식이라는 비판에 직면할 수 있다.

(2) 서식지 모델링 기법(Habitat simulation approach)

수역 생태계에 존재하는 다양한 종류의 생물들은 각자 생존에 필요한 유량이 각기 다르다. 서식지 모델링 기법은 어느 정도의 유량에서는 어떤 종류의 생물이 보존될 수 있는가를 실증적으로 조사한 표를 작성하여 어느 수준

의 생태를 확보할 것인가를 결정한다. 유량과 보호 가능한 생물 종류의 관계를 파악하기 위해서는 전문가에 의한 대규모 실증자료의 축적과 분석이 필요하다. 서식지 모델링 기법은 수리학적 접근 방법의 하나로도 볼 수 있다. 서식지 모델링 기법은 생물서식에 필요한 수심, 유속 등 특정 수리학적 조건을 찾아 유량을 결정하는 방법이다. 가장 일반적인 방법으로는 Physical Habitat Simulation System(PHABSIM) 모델과 Instream Flow Incremental Methodology(IFIM)이다(Maunders and Hindley, 2005).

서식지 모델링 기법의 신뢰성은 유량과 생물서식의 관계가 얼마나 정확하게 파악되었느냐에 달려있다. 유량-생물서식의 관계 파악을 위해서는 환경조건이 비슷한 다른 수계에 대한 횡단면 자료(cross-sectional data)의 확보가 필요한 바, 자료의 질을 높이고 표본의 숫자가 커질수록 비용과 소요시간이 증가한다는 단점이 있다.

수문, 수리, 생물학적 조사 자료를 기반으로 흐름조건에 따라 특정 종이나 군들에 필요한 하천흐름의 유량과 그 적합성을 분석하여 하천유지용수를 산정한다. 미소서식지에서 유량에 따른 변화들을 수심, 유속, 기저구성, 피복상태 등의 기본변수들 뿐만 아니라 여러 개의 횡단면에서 수집한 자료로 추출한 여러 수리학적 지수들로 수리학적 프로그램의 입력자료 작성한다. 다양한 서식지 모델을 사용하여 모의한 가용 서식지 조건들은 대상종, 성장단계, 군, 생태들에 부적합한 미소 서식지 조건에 해당하는 정보와 연관된다. 생물군에 대한 Habitat-Q곡선의 형태에서 또는 Habitat time 과초과계열로서 확장된 결과물은 최적유량을 예측하는데 사용된다. 일부 모델은 하천 내 생태계뿐만 아니라 유사운송, 수질, 연안식생, 수생생물 등의 생태계 하위요소들을 고려하기도 한다. 과거유량기록 여러 횡단면에서의 수리학적 변수들, 다양한 생태계에서의 서식지 활용도와 적합성 자료 등 입력 자료가 많이 필요하다. 진보적, 역동적 수문/수리학적 서식지 모델링, 측량, 그리고 특정 종에 대한 서식지 유량 등의 결정 과정에서 전문가 의존이 크다. 이 기법은 복잡하고 자원 집중적이고 유연한 기법인데 서식지 모델링 기법은 경제적 중요성이 높은 수산업이 있고 보전 등 전략적 중요성이 높으며 사용자간의 협의가 필요한 중대규모 수자원 개발 사업에 활용할 수 있다. 주로 자료기반이 충분한 선진국

에서 이용이 많다.

(3) 통합적 접근법(Holistic approach)

유량관련 자료와 지식을 활용하는 방법인데, 전문가 그룹의 자문을 받는 방법과 혼용하여 활용하는 방법이다. 과학적인 실증자료를 바탕으로 전문가와 지역주민, 수리관리기관 등 이해 관계자들이 토론과 합의를 통해 최저 하천유지유량을 결정하는 방법이다. 개별 방법으로는 달성할 수 없는 성과를 나타낼 수 있는 방법으로 호주, 남아공 등 남반구에서 많이 활용되고 있다. 이 접근법은 이해 관계자 및 전문가들의 의견의 의사결정과정에서 공정히 반영될 수 있도록 구조화된 프레임 설정하여 사용한다. 호주에서 이용되고 있는 이 방법은 사실 앞에서 기술한 다른 접근법과 통합하여 사용할 수 있다. 호주가 채택하고 있는 전문가 패널 평가 방법(Expert Panel Assessment method)도 발전된 하나의 통합적 접근법에 속한다. 이 방법은 생태계만이 아니라 주변 지역민들의 심리·정서적 영향, 레크리에이션 측면까지 종합적으로 판단할 수 있기 때문에 설득력과 정치적으로 실행가능성이 높다. 그러나 이해 관계자들 간의 합의가 쉽지 않고, 비용이 가장 많이 소요되며, 객관적이고 과학적이기보다는 정치적 고려의 결과가 될 위험을 가지고 있다.

상당 수준의 학제간 전문가와 입력 자료를 필요로 하는 Bottom-up 혹은 Top-down방식이 있다. Top-down방식은 시나리오기반 접근법으로 자연 상태 유량조건으로부터 허용가능한 정도로 결정하고 Bottom-up방식에 비하여 유량특성인자가 부족해도 사용할 수 있는 장점이 있다. 이 접근 방법은 서식지와 관련된 과거 유량기록, 여러 횡단면에서의 수리학적 변수들, 다양한 생태계에서의 서식지 활용도와 적합성 자료 등 광범위한 입력 자료를 필요로 하고 수문/수리학적 서식지 모델링과 생태학 분야의 높은 수준의 전문가 지식을 필요로 한다.

(4) 수리학적 접근법(Holistic approach)

물고기 서식지와 같은 하천자원과 유량변화의 양과 질 사이의 계량적 관계를 이용하는 방법으로 기본적인 수리학적 변수(하천횡단면에서의 윤편, 최

대수심, 평균유속 등)들을 이용한다. 하천 횡단면은 유량이 수생생태계에 가장 크게 영향을 미치는 구간을 선택하고 유량-수리학적 변수들을 플로팅(plotting)하여 만든 서식지와 유량간의 관계가 사용된다. 서식지 환경이 심하게 영향을 받는 순간(breakpoint)을 서식지-유량곡선상에서 정의된다. 최소 환경유지유량은 특정 서식지 조건의 일정한 저하를 일으키는 유량이고 수리학적 하천유지유량 모델은 제한된 수문, 수리학적 모델링과 생태학적 자료, 그리고 전문가 판단을 요구하는 Desktop-field 기법과 연계된다. 사용하는 자료의 수가 적고 정밀도도 낮으며, 따라서 수반되는 낮은 해상도의 결과 때문에 협상이 필요 없는 수자원 개발 분야 응용에 가장 적당한 것으로 구분된다.

(5) 콤비네이션 방법(Combination method)

주로 다변량 통계 기법이 적용되는 하이브리드(hybrid)기법으로 4가지 하천유지유량 산정기법(hydrological, hydraulic rating, habitat simulation, holistic)들 중에서 두 개 이상을 고려하는데 사용되는 기법들의 조합에 따라 결과의 정도가 달라진다.

하천유지용수의 배분에 대한 이론은 크게 생태·수문학적 접근과 경제적 접근으로 나뉠 수 있다. 생태·수문학적 접근은 생태·환경적 요인을 중요시 하는 접근으로서 수문기반의 접근, 서식처접근, 통합적 접근을 통한 하천유지용수를 결정하는 방법이다. 한편, 경제적 가치를 반영한 방법은 하천유지용수의 가치평가를 통한 타 용수와의 경쟁 속에서 가장 비용을 최소화하는 확보방법이나 사회적 후생을 극대화 시킬 수 있는 배분량을 결정하는 방식이다(김종원 등, 2007) 세계은행(World Bank)에서 사용하는 하천유지유량 산정기법을 중심으로 비교하면 (표 3.2)와 같이 요약된다. 여기서 테넌트(Tennant) 방법은 현장 관찰로부터 도출된 추세에 기초하는데, 여기에는 유량 그리고 유량에 따른 어류의 서식지 변화 등을 고려하여 결정하는 방법이다. 따라서 상당한 현장 연구와 전문가의 견해가 반영되는 방법으로서 비교적 저렴하고 빠르게, 그리고 쉽게 적용이 가능한 장점이 있다. 이 기법은 미국을 비롯하여 광범위하게 사용되고 있다. Wetted-Perimeter 방법은 어류의 서식지를 유지하

는데 필요한 계절별 유량을 결정하는 방법으로서 이 방법은 과거의 수문기록을 이용하며, 정확성이 약간 떨어지는 특정하천별로 적용되는 방법이다. 평가기간이 테넨트(Tennant) 방법보다 약간 길게 소요되는 단점이 있다. 그리고 전문가 패널(Expert Panel) 방법은 다양한 수생생태계의 필요유량을 결정하는데 전문가 그룹을 활용하는 기법인데 호주에서 많이 사용되는데 상당한 성공을 거두고 있는 것으로 평가된다. 서식지 모델링 기법으로는 크게 두 가지를 소개하였는데 하나는 하천유량증분방법(instream flow incremental methodology: IFIM)이고, 다른 하나는 유량변동에 따른 하류지역의 반응방법(downstream response to imposed transformation: DRIFT)이다. 두 방법 모두 문제해결을 해가는 과정은 유사한데, IFIM은 대안적 접근방법이고, DRIFT는 시나리오적 접근 방법이다.

(표 3.2) 하천유지유량 결정 방법 비교(Davis and Hirji, 2009)

유량결정 방법	형식	자료/시간 소요	평가 소요시간	결과 신뢰도	적용범위
테넨트(Tennant) 방법	Hydrologic index	적정~적음	2주간	낮음	미국
Wetted-Perimeter 방법	Hydraulic rating	적정	2~4개월	낮음	미국
전문가 패널 (Expert Panel)	Holistic approach	적정~적음	1~2개월	적정	남아프리카, 호주
통합적 방법(Holistic)	Holistic approach	적정~많음	6~18개월	적정	호주, 남아프리카
유지유량증분방법론 (IFIM)	Habitat simulation	매우 많음	2~5년	높음	미국, 영국
유량변동에 따른 하류지역의 반응방법 (DRIFT)	Holistic approach	많음~매우 많음	1~3년	높음	레소토, 남아프리카, 탄자니아

적용 사례별로 보면, 하천유지유량의 산정방법으로 크게 오피스방법(office method)과 현장방법(field method)으로 나누어지는데 오피스 방법은 다시 테넨트(Tennant)방법, 사우스 캐롤라이나방법, 알칸사주방법, 노스캐롤라이나방법, 버지니아 주방법, 뉴잉글랜드 하천기저유량방법, 유량지속기간방

법, 텍사스 주방법 등이 있다. 현장방법은 수정된 테넌트(Tennant)방법, Wetted-Perimeter 방법, 서식지 모델링 방법, 하천유지유량증분장법 등이 있다.

생태·수문측면에서의 하천유지유량의 결정에 대해서 구체적인 방법으로 크게 규범적 방법과 쌍방향 대화식 접근으로 구분할 수 있다. 규범적 방법은 테넌트(Tennant) 방법, Wetted-Perimeter 방법, 전문가 패널(Expert Panel) 방법, 통합적 방법 등이 있다. 테넌트 방법은 현장 관찰로부터 도출된 추세에 기초하는데, 여기에는 유량 그리고 이에 따른 어류의 서식지 변화 등을 고려하여 결정하는 방법으로 비교적 저렴하고 빠르게, 그리고 쉽게 적용이 가능한 장점이 있다. Wetted-Perimeter 방법은 어류의 서식지를 유지하는데 필요한 계절별 유량을 결정하는 방법으로서, 이 방법은 과거의 수문기록을 이용하며, 정확성이 약간 떨어지는 특정 하천별로 적용되는 방법이다. 전문가 패널 방법은 다양한 수생생태계의 필요유량을 결정하는데 전문가 그룹을 활용하는 기법이다. 이 기법은 호주에서 많이 사용되는데 상당한 성공을 거두고 있는 것으로 평가된다. 통합적 방법은 유량관련 자료와 지식을 활용하는 방법인데, 위에서 언급한 방법 중의 하나를 병합하여 사용한다. 이 기법은 호주, 남아프리카공화국 등 남반구에서 많이 활용되고 있다.

(표 3.3) 하천유지유량 산정 과정 예(김종원 등, 2007)

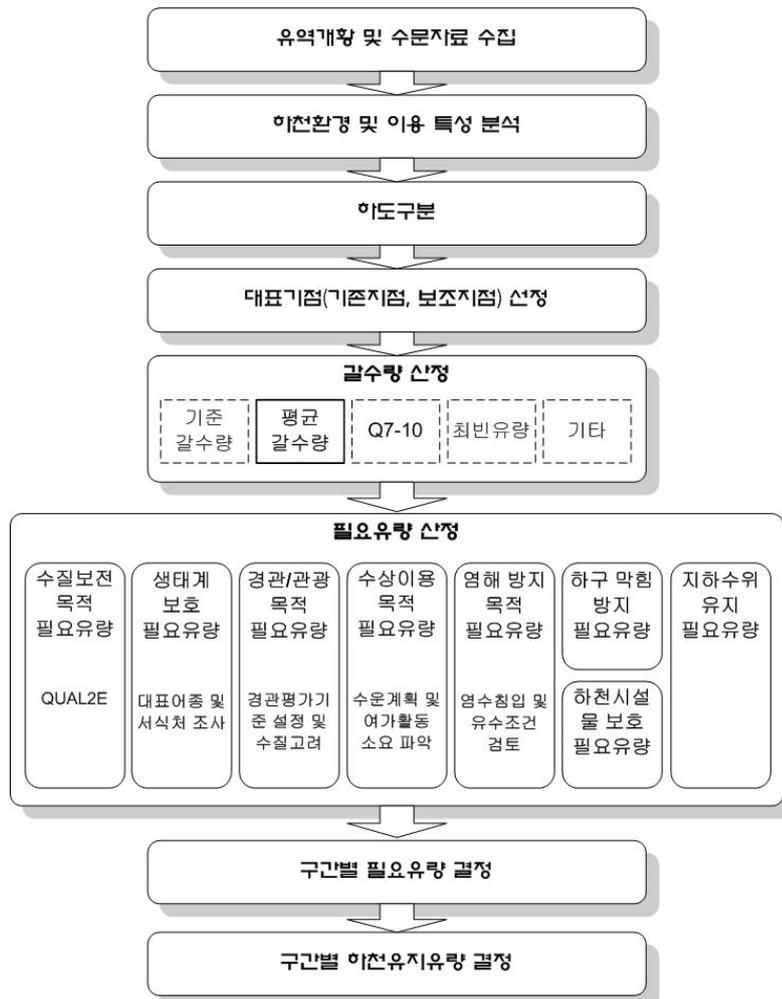
단계	IFIM	DRIFT
문제확인 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 이해당사자의 확인 • 대상 지역 및 가능한 영향 범위 확인 	<ul style="list-style-type: none"> • 이해 및 영향 당사지의 주요 관심 확인 • 위험에 노출된 집단의 확인 • 대상지역 및 가능한 영향범위 확인 • 생태물리학 연구에서 제기되는 사회적 영향 확인
조사 및 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 생태물리적/사회적/경제적 자료 평가, 추가적으로 요구되는 자료의 평가 • 대표적인 하천 유역 선정 • 자료수집 절차 설계 • 주요 자료수집 장소 확인 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사 지역의 선택에 있어서 부수적인 사회적 관심사, 특히 하천의 생/물리적 자료와 사회적 자료 간의 호환성 확보
	<ul style="list-style-type: none"> • 수문 및 생물자료 수집 • 서식지 유형 조사 	<ul style="list-style-type: none"> • 수문, 화학, 지형, 열, 생물 자료의 수집 및 유량변화가 각각에 미치는 예상수용력 분석 • 일정유량조절에 의한 생물학적 결과의 자료를 수집하기 위한 다학제적 공동연구
대안분석	<ul style="list-style-type: none"> • 향후 가능한 하천제도 및 그 결과 하천조절을 나타내는 환경용수 개발의 대안 및 시나리오 각 시나리오에 따른 개발가능한 수자원의 산출 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 시나리오별 직접편익비용의 측정
	<ul style="list-style-type: none"> • 대안의 직접편익비용 측정 	<ul style="list-style-type: none"> • 추가로 각 시나리오별 변화된 하천조건에 따른 위험노출 인구에 대한 사회적 영향 및 비용의 측정
최종적 의사결정	<ul style="list-style-type: none"> • 보다 큰 틀에서의 평가 • 하천수 사용자 협상 • 공공 참여 • 투명한 의사결정과정 	

3.2.2 환경용수 결정

환경용수의 개념은 목적과 주변 환경에 따라서 변화하기 때문에 산정되는 환경용수량의 크기도 달라진다. 아직까지 환경용수의 정의가 명확하게 구분되지 않고 있으나 기술적으로 하천유지유량과 유사한 방법으로 유량을 산정할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 하천유지유량의 경우도 국토건설종합계획, 하천정비기본계획의 작성 및 저수관리 등에 있어서 중요한 의미를 갖고 있음에도 불구하고 아직 하천유지유량에 대한 명확한 기준과 방법을 정립하지 못하는 실정이다.

지금까지 대체적으로 하천정비기본계획 등에서 해당 하천의 하천유지유량을 제시하여 왔으나 구체적인 산정 기준이나 방법에 따르기보다는 대부분 간

단한 유황 분석 또는 인근 지점의 갈수량, 즉 기준갈수량 또는 평균갈수량을 이용하여 비유량법으로 하천유지유량을 설정하기도 하였다. 특히 하천시설기준(건설부)에서 그 기준을 정하여 하천유지유량은 평균갈수량과 환경보전유량 중 큰 값을 취한다고 되어 있지만 환경보전유량을 계량화하기 위한 명확한 산정 기준이 제시되어 있지 않아 결과적으로 평균갈수량을 하천유지유량으로 설정할 수밖에 없는 실정이다. 환경용수는 하천유지유량과 기본적인 추구 목적이 유사하므로 <그림 3.1>의 기존 하천유지유량 산정 방법을 참고하여 목적별 환경용수 산정을 위한 이론을 정리하였다.



<그림 3.1> 하천유지유량 산정 절차

3.2.3 갈수량 산정

일반적으로 하천에서 갈수특성에 따른 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위해서는 지속기간별 갈수량을 산정하여 이용한다. 갈수량은 대표지점에서 하천유지유량의 개략적인 규모를 결정하는데 사용되며 인위적 유량 조절이 없는 자연 상태의 하천에서 실측된 유량자료를 이용하여 직접 산정하거나 유역면적 등과 같은 하천유역의 지형학적 특성을 바탕으로 하천유지유량을 설정할 때 최소한의 기준으로 이용한다. 하천유지유량은 하천이 갖는 고유의 자연갈수량을 설정한 것으로서 하천특성을 유지하는 최소한의 자연갈수량으로 설정한다. 하천유지유량을 설정하는 목적이나 설정자의 인식의 차이에 따라서 다르게 설정되고 있으나 생각할 수 있는 최악의 조건에서도 만족하여야 함으로 갈수시를 기준으로 하천유지유량을 결정하고 있다. 국내 하천의 경우에 갈수기 취수로 인한 유황의 변화가 심하지 않은 본류 및 지류의 직할 하천 하류에 해당하는 대하천을 제외하고 중소하천에서는 과거부터 주로 농업을 위한 관개기간의 관행수리권의 취수가 이뤄지는 상태에서 하천유황이 유지된 경우가 많았기 때문에 이러한 하천에서 정확하고 완전한 자연유량에 의한 자연갈수량을 산정하기에는 어렵다.

갈수시의 유량으로 생각할 수 있는 기준은 유황분석을 하여 355일 유량인 갈수량과 연속하는 7일 유량의 합이 가장 작은 값을 평균 일유량으로 환산한 7일 갈수량이 있다. 또한 갈수량의 최근 10년간의 제1위에 상당하는 유량인 기준갈수량과 하천의 대표유량으로 볼 수 있는 최빈유량을 하천유지유량으로 간주하였다. '하천유지유량 산정 요령(안)(건설교통부, 1999)에서는 하천유지유량 설정의 최소 기준인 유역 특성에 따른 갈수량을 기준갈수량과 평균갈수량을 대상으로 하였다. 일반적으로 두 개 이상의 유역에서 기상조건과 지질 및 지형 등 유역의 특성이 비슷하다면 수문 거동 특성도 거의 같다고 전제하여 비유량 개념이 사용되기도 한다. '하천유지유량 산정 요령(안)'에 미계측 유역 및 불확실한 지점의 갈수량을 결정할 경우에 유역면적만으로도 계산할 수 있는 방법이 제시되었다.

(1) 평균갈수량

하천의 건천화 방지 등 자연하천이 갖고 있는 최소한의 기능을 수행하도

록 하류에 흐르게 보장해 주어야 할 유량이자 자연의 혜택으로서 하류에 위치한 사람들도 사용할 수 있도록 흘러 보내는 유량으로서 어느 누구도 점유할 수 없는 비소비성 유량이다. 유량 관측 자료기간의 매년 갈수량을 자료년수로 산술평균하여 결정한다.

(2) 기준갈수량

10년 빈도 갈수량으로서 매년 갈수량을 빈도분석하여 비초과확률 10%(10년 빈도)에 해당하는 갈수량 또는 자료기간 10년의 갈수량 중에서 제일 적은 유량으로 결정한다.

(3) 10년빈도 7일 갈수량

7일간 연수유량을 평균한 후 가장 적은 평균유량을 그 해의 최저 일갈수량으로 하고 이들 최저치로 빈도분석하여 비초과확률 10%(10년 빈도)에 해당하는 갈수량이다.

4) 최빈유량

연중 가장 빈번히 발생하는 유량이다.

각 방법별 하천유지유량 결정 사례는 다음의 (표 3.4)와 같다.

(표 3.4) 갈수량 산정 방법별 적용 사례

산정방법		적용사례
갈수량	기준갈수량	① 청도천 하천정비 기본계획(1991) ② 홍천강 하천정비 기본계획(1990) ③ 근지암천 하천정비 기본계획(1987) ④ 광양동천 하천정비 기본계획(1987) ⑤ 삼산천 하천정비 기본계획(1986) ⑥ 대청댐 관리규정(1981) ⑦ 섬진강 유역조사 보고서(1981) ⑧ 형산강 하천정비 기본계획(1979)
	평균갈수량	① 주암댐 타당성 조사 보고서(1980) ② 충주댐공사지(1985) ③ 하천유지용수의 수급에 관한 연구(1988)
	Q7-10	① 수자원개발조사년보(1971)
	최빈유량	① 전국 주요하천 기초조사(1983) ② 금강 하천정비 기본계획(1986)
갈수량(6월일유출량)- 이수유량		① 수자원 장기종합 10개년 계획(1966-1975)(1966) ② 수자원 개발 및 이용 계획(1967) ③ 형산강 하천정비 기본계획(1979) ④ 하천유지용수의 수급에 관한 연구(1988)

3.2.4 하천기능별 필요유량 결정

(1) 수질항목

하천 수질을 고려한 필요유량 산정에서는 유역의 수질 특성 분석과 수질과 유량 측정하고 목표 년도별 오염부하량 선정하고 수질 예측 모형의 입력자료 구성과 하천 수질을 고려한 필요유량의 산정 그리고 하천 유량 크기별 수질 예측과 적성 수질관리유량 설정에 대해 조사한다. 현재 국내에서 통용되는 하천수질 보전을 위한 필요유량은 해당 하천의 목표 수질을 달성하기 위한 유량으로서 환경기초시설 증설에 따른 오염물질의 처리능력을 감안하여 다음과 같은 절차를 따라 결정된다.

- ① 수질특성 파악 및 평가 대상 항목의 선정
- ② 목표 연도 및 목표수질 기준 설정
- ③ 오염부하량 조사 및 목표 연도별 오염부하량 산정

- ④ 수질예측모형의 선정 및 수질예측
- ⑤ 목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정

환경용수를 산정할 때 현실적으로 생태계보전과 경관유지 등의 항목에 대해서는 계량화가 곤란하기 때문에 특수한 경우를 제외하고는 관개구역내의 중심 마을에서 배출되는 하수처리 방류수를 희석하기 위한 수량 등 수질보전 항목을 위주로 환경용수를 산정하는 것이 일반적이다.

농촌 하천 수질저하의 주된 요인은 가정폐수, 공장폐수, 축산폐수, 농경지 이용에 따르는 비점오염 부하량으로 구분된다. 오염의 정도는 수온, 탁도(SS), 용존산소(DO), 총질소(T-N), 총인(T-P), BOD나 COD의 유기물 농도를 관측함으로써 판단할 수 있으며 일반적으로 농촌용수의 경우 수질항목으로 BOD나 COD 등의 유기물농도를 기준으로 희석수량을 산정하는 것이 무난하다고 알려져 있다. 수질보전을 위한 하천환경보전유량을 산정하는 방법에는 총괄방식에 의한 개략적인 방법과 하천수질모의에 의한 방법이 있다.

1) 개략적인 방법

저수지 계획지점 하류의 수질보전에 필요한 희석수량을 산정하기 위해서 대상구간을 정하고 이 구간에 유입되는 오염부하량을 개략적으로 산정하는 것이다. 농촌 하천구간에 유입되는 오염량은 생활·산업·축산·자연계 오염원으로부터의 부하량이 있으며, 생활계 오염원 및 산업계 오염원, 축산계 및 자연계 오염원의 발생량은 오염원단위를 적용하여 산정할 수 있다. 환경부에서 발표한 생활계 오염원의 오·폐수발생량은 347ℓ/인·일이며 BOD 발생부하량은 63.2g/인·일 이고 농경지의 BOD 발생부하량은 6.1kg/km²·일이다.

대상구간에 하천으로 유입되는 하수처리장이 있을 경우에는 이 시설의 처리능력 및 방류수질을 검토하여 결정하여야 한다. 수질환경보전법에 따르면 하수종말처리시설 및 폐수종말처리시설(농공단지 오·폐수종말처리시설 포함)에 대한 방류수 수질기준 중 생물학적 산소요구량(BOD)(ml/ℓ)은 각각 20 이하 및 30 이하이다. 하천에서의 농업용수 수질기준은 BOD 8mg/ℓ 이하이며 생활환경보전을 위한 BOD는 10mg/ℓ 이하이다. 대상구간에 대한 오염부하량

과 농도가 결정되면 목적하는 농도 이하로 유지하기 위한 희석수량을 산정하게 되는데 희석수량은 하천수질기준에 따라 결정한다. 농공단지에서 1,000m³/일의 방류수를 배출허용기준인 30mg/ℓ로 방류할 경우 방류수질의 오염정도를 무시한다면 하천수질기준 10mg/ℓ로 유지하기 위해서는 2,000m³/일의 희석수량이 필요하게 된다.

수질과 유량 측정에서는 수질 측정은 시료 채취 지점의 선정과 일정한 하천 구간에서 하천의 유황을 대표할 수 있는 곳, 과거에 관측된 수문 자료가 충분한 곳, 평상시에 다른 유량 측정 지점과 상관성 높은 곳, 상·하수의 물질수지가 명확하게 파악되는 곳 이어야 하며 수질 분석 항목 및 방법에는 수온, PH, DO, BOD, 등 15개 항목으로 수질 오염공정시험법과 Standard Methods에 준한 분석 그리고 영양염류 성분의 경우 자동영양염류 분석기 이용을 한다. 수질 측정 성과 분석 시 수온, 용존 산소(DO), 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 질소(N), 인(P)을 분석한다.

2) 수질모의모형에 의한 방법

저수지 축조에 따라 갈수시 하류에 수질오염이 심화될 개연성이 클 경우에는 하천수계에 대하여 수질모의 모형을 적용하여 수질예측을 실시하고 대안별 저감대책을 수립하여 하천환경보전유량을 결정한다. 하천수계에 대한 수질예측은 QUAL2E 모형을 많이 적용하고 있는데 1985년 미국 환경청(EPA)에 의하여 개발된 QUALII 모형을 수정·보완한 모형으로 하천의 1차원적 흐름해석과 정상상태의 수질예측을 가능하게 하며 하천수계를 수리학적 특성이 유사한 구획(reach)과 실제로 계산이 수행되는 계산요소(element)로 구분한다. 모형의 기본이론은 물질수지 방정식과 연속방정식이고, 입력자료로는 경계조건으로서 분할구역에서의 수질항목 및 오염부하량과 특정지점에서의 수질항목 및 오염부하량이 필요하며 분류, 상류부 및 지천의 수질, 유량자료 및 수리계산에 필요한 입력자료와 수질반응상수 등을 사용한다. QUAL2E 모형을 이용하여 수질예측 및 환경보전유량을 산정하는 방법은 다음과 같다.

- ① 장래 오염발생량과 환경기초시설계획을 토대로 배출부하량을 산정
- ② 소유역별 오염부하량과 실측수질, 유량자료를 기초로 유달율을 산정
- ③ 실측 수질현황자료를 기초로 모형을 보정
- ④ 실측수질자료가 없을 경우 농촌유역의 일반적인 수질반응상수를 적용
- ⑤ 목표 수질에 달할 때까지 하천유량을 증가시켜 필요유량을 결정

모형을 통해 결정된 필요유량이 바로 하천환경보전유량이 된다. QUAL2E 모형에 의한 필요유량 산정은 "하천유지유량 산정요령(건설교통부, 1998)" 및 "새만금지구 담수호 수질보전대책수립 조사연구(농어촌진흥공사, 1997)"에 자세히 설명되어 있다. 일반적으로 QUAL2E 모형은 소하천의 급경사 지역에서는 적용할 수 없으므로 현지여건을 고려하여 적용여부를 결정하여야 한다.

하천의 오염이 더욱 진행하여 생태계가 파괴되고 하천이 황폐화됨에 따라서 하천의 오염을 방지하기 위하여 더욱 많은 유량이 필요하게 되었으나 이에 필요한 유량의 공급에는 한계가 있었다. 이에 환경보전법 및 배수수질 규제 등을 통하여 배출수의 오염농도를 조절하고 있으며, 각종 하수를 정화처리하려는 노력과 함께 하천의 자연정화를 회복시키기 위하여 수량의 공급을 늘리는 노력이 필요하였다. 해당 하천의 현재 수질을 근거로 하여 유역의 오염원 조사에 의한 오염부하량을 산정하고 목표연도의 수질기준을 달성할 수 있도록 주요 수질기준지점 또는 구간에서 원칙적으로 수질환경기준을 만족시킬 수 있는 유량을 공급하여야 한다. 수질 개선을 위한 필요유량은 하천유역에서 목표년도별로 계획된 하수도 정비 및 오염부하량 삭감 계획 등과 같은 수질 대책을 최대한 고려하여 설정한다. 기본적으로 하천의 수질 보전과 관리를 위해서는 해당 하천 유역에 대한 수질관리 측면의 분석과 그에 따른 대책을 감안하여 필요한 유량을 설정해야 하나, 하천수질관리 주체가 제시한 명확한 계획과 유지관리 대책을 확신하기 어려우므로 일반적으로 지금까지 제시된 목표 수질에 해당하는 유량만을 설정한다.

현재 국내에서 통용되는 하천수질 보전을 위한 필요유량은 해당 하천의 목표 수질을 달성하기 위한 유량으로서 환경기초시설 증설에 따른 오염물질의 처리능력을 감안하여 다음과 같은 절차를 따라 결정된다.

- ① 수질특성 파악 및 평가 대상 항목의 선정
- ② 목표 연도 및 목표수질 기준 설정
- ③ 오염부하량 조사 및 목표 연도별 오염부하량 산정
- ④ 수질예측모형의 선정 및 수질예측
- ⑤ 목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정

일본에서는 유역의 오염원 해석에 근거한 오염부하량을 산출하고, 주요 수질 기준 지점의 수질환경기준을 만족할 수 있는 필요한 유량을 설정한다. 하천의 하류 구간에서는 QUAL2E 모형과 같은 수질예측모형을 수치 및 도표화하여 수질을 예측하고, 하천관리에 필요한 수질 기준을 정하여 필요한 유량을 산정하고 하천유지유량의 유지관리에 반영하기도 한다.

미국에서는 비교적 하천수질이 엄격하며, 하천수질보전을 위해 하천유지유량을 지정하는 경우는 상대적으로 많지 않다. 미국에서 하천유지유량 설정은 주로 댐개발이나 관개용수의 취수 등으로 하류하천에 유황이 변하는 경우 어류 등 하천생태계를 보호하는 것에 중점을 두고 있다. 수질보전을 하천유지유량을 결정하는 모형 기법들은 크게 4가지가 있으며, 첫 번째는 가장 단순한 모형으로서 인구와 오염물질의 처리 수준에 따라 필요한 하천유지유량(갈수량)을 추정하는 방법이며, 두 번째부터 네 번째 모형은 분해 및 희석 등 하천의 자정작용 능력을 검토하여 하천유지유량을 결정하는 방법이 제시되어 있다.

영국에서는 하천 수질악화는 주로 취수량 증가와 오염배출에 의해 발생하므로 희석을 위한 하천유지유량을 확보하기보다는 취수를 제한하고 하수처리시설로 오염수를 처리하는 차원에서 하천유량을 유지 관리하고 있다. 하천수질 보전을 위해 특별히 지정된 유량을 꾸준히 흘려보내는 것이 아니고, 자연유량을 바탕으로 수질을 보전하고 필요시 취수를 제한함으로써 취수에 따른 수질악화를 억제하고 있다.

독일의 하천은 연중 안정하게 유출되고 하수처리시설이 잘 완비되어 있어 특별히 하천유지유량을 위해 하천유량을 조절하거나 이용할 필요성을 갖지

않고 있다. 따라서 우리나라나 일본과 같이 하천유지유량을 결정하기 위한 고려 항목에 대해 정량적으로 결정하는 방법보다는 연방정부 또는 주정부 관할 하천관리협의회에서 하천수 이용과 기능을 고려하여 취수조건에 따라 각종 용수의 수질, 하천환경, 생태계, 여가활동, 또는 희석유량과 관련된 항목을 정성적으로 평가하여 하천유지유량을 결정하고 있다.

(2) 생태계 항목

하천의 생태계, 서식처를 보존하기 위한 유량은 하천을 보전하거나 복원하기 위해 필요한 생태계를 대상으로 하되 주로 하천에서 대표 어종이 서식하기 위해 하천이 확보해야 하는 수리 조건(수심, 유속, 하상재료 등)을 만족할 수 있는 유량을 말한다. 특별히 하천 구간내 상업적인 어종이나 기타 보호 어종 또는 천연기념물과 같은 어종을 관리할 필요가 있을 때 산정한다. 하천의 모든 생태환경을 모니터링하고 관리하는 것은 무리이므로 각 하천구간에서 우리가 흔히 접할 수 있고 쉽게 이해할 수 있는 대표어종 또는 대표종을 선정하여 어류는 물론 하천 생태계가 보존될 수 있도록 최소한의 수리·수문학적 조건을 유지할 수 있도록 필요유량을 결정한다.

외국의 경우에, 현재까지 자연 보전에 큰 노력을 기울이고 있는 지역, 즉 북미, 유럽, 호주와 뉴질랜드 등에서 통용되고 있는 하천 어류 서식처 해석과 필요유량 산정 및 평가방법은 크게 세 가지 범주로 나누었다. 즉, 과거 관측 유량의 유향 분석을 통해 어류 서식에 적합한 일정 비율의 유량을 결정하는 방법 또는 경험적으로 결정하는 방법, 하천구간에서 하나 또는 그 이상의 조사구간(transect; 조사 단면)에서 유량 및 수리 기하 특성 자료(주로 수심과 유량에 따른 운변)를 수집하여 수리·수문 변수 간의 관계를 개발하는 방법, 그리고 유량에 따른 수리 변수를 조합하여 어류의 서식처를 모의하는 방법이 있다.(Gordon, et al, 1993; 김규호 등, 1996a; jowett, 1997)

1) 관측유량 또는 경험적인 방법

단지 관측된 유량을 이용하여 관측지점에서 측정된 유량의 비율을 책정하여 필요유량을 추천한다. 가장 간단한 형태로 최소유량을 계산하는 방법으로

일명 Montana Method라고도 하며, 연평균유량의 비율을 바탕으로 유지유량을 지정하는 것으로 겨울과 여름의 비율을 다르게 산정한다.

2) 조사구간 방법

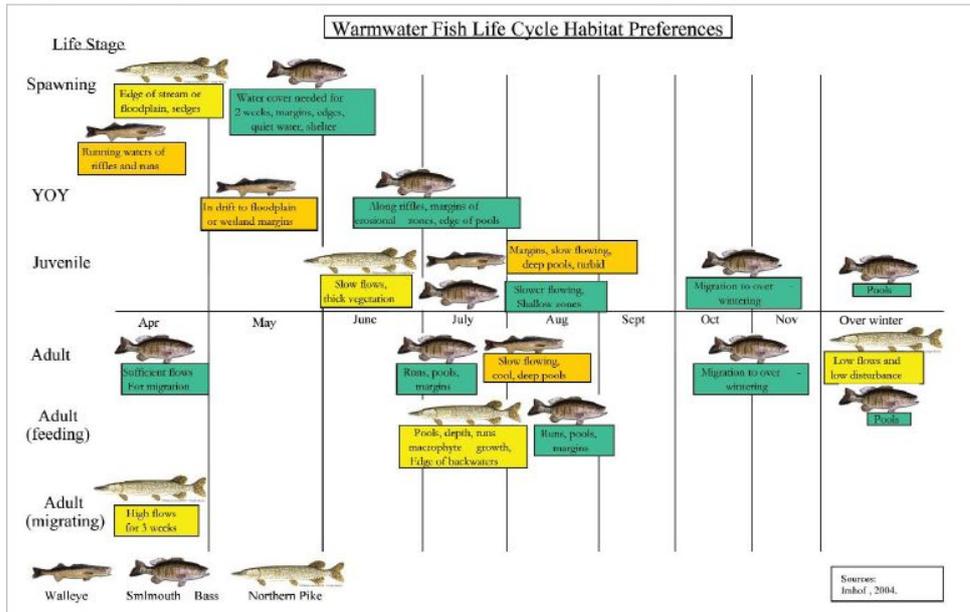
어떤 하천 구간에서 하나 또는 그 이상의 조사구간을 선정하여 현장자료를 수집하고 유량과 율변길이, 수심 및 유속과 같은 다른 물리 변수간의 관계를 개발하는 방법이다. 일반적으로 측정 자료는 하천유량을 유지하기가 가장 어렵고 한계상태인 곳(주로 여울과 같은 곳)에서 수집한다. 보통 얕은 여울구간은 유량이 변함에 따라 제일 먼저 영향을 받고 적절한 여울을 유지하게 되면 적절한 웅덩이를 유지할 수 있기 때문에 여울이 주로 분석 대상이 된다.

3) 서식처 모델링에 의한 방법

유량 규모에 따른 물리적 서식처의 변화를 고려할 뿐만 아니라 하천유량 범위에 걸쳐 가용한 서식처의 양을 결정하기 위하여 <그림 3.2>와 같은 대상 어종이 선호하는 서식처 선호도와 하천유량 정보를 결합하는 것이다. 가용한 서식처 면적과 하천유량 사이의 관계 곡선을 구하고, 이 곡선에서 개별 어종에 대한 최적 하천유량을 확인하여 추천 유지유량으로 이용한다. 이 방법에는 주로 IFIM(Instream Flow Incremental Methodology)가 이용되고 있으며, 하천의 서식처를 평가하기 위한 개념적 모형의 구조를 갖고 있다.

어류 보전에 필요한 수리 조건과 유량을 산정하기 위해서는 해당 방법에 따라 많은 조사와 자료가 필요하지만 그 동안 국내에서는 이와 같은 조사가 거의 이루어지지 않았기 때문에 외국에서 사용하는 방법들을 적용하기가 어렵다. 현재 국내 하천 어류 생태 조사 결과 및 관련 하천 특성치 조사 결과를 가지고 정교한 모형 등에 직접 이용하기는 어렵다. 이에 따라 국내에서 적용된 방법보다는 일부 지점에 대해 간편법으로 적용되어 어류가 물과 조화를 이루어 서식하는 하천 공간 시스템이 아닌 하도 부분의 통과 수로 역할만을 검토한 것이 대부분이다. 하천 공간 시스템에 대한 전반적인 해석이라기보다는 특정 구간 및 지점에서 어류의 이동에 필요한 수리·수문조건을 산

정하여 제시하는 것으로 어류가 서식하기에 적합한 하천내 전 구간에 걸쳐 거시적 해석과 함께 한계 구간에 대한 미시적인 서식처 공간을 상세하지 못한 단점이 있다. 자세한 필요유량 산정 방법에 대해서는 ‘하천유지유량 산정 방법의 개발 및 적용(한국수자원공사, 1995)’에 자세히 소개되어 있다.



<그림 3.2> 수생 생태계 흐름 선호 분류 예

(3) 하천경관 항목

하천 경관을 고려한 필요유량 산정에서는 하천경관을 고려한 필요유량 산정방법의 검토하고 경관을 고려한 필요유량과 대상구간의 선정과 필요유량의 산정한다. 하천경관을 고려한 필요유량 산정방법의 검토 시 대상지점의 설정 기준을 전형적인 하천경관을 볼 수 있는 장소, 인적이 많은 장소, 유량 변동이 하천경관에 영향을 주는 장소, 배수효과에 의해서 하천유량이 지배되지 않은 장소를 기준으로 하고 조사지점과 경관대상을 고정적인 시점에서 전망하는 경우 경관현상의 기본형으로 한다.

경관대상을 조사할 때는 경관구성요소와 경관구성요소의 상호관계에 대하여 알아야 한다. 경관구성요소는 시점, 시점장, 주대상, 대상장이 있고 경관구

성요소의 상호관계에서는 시점과 주대상의 관계, 시점장과 주대상 및 대상장과의 관계, 주대상과 대상장 또는 주대상 상호간의 관계에 대하여 알아야 한다. 주요 경관대상장별 경관대상은 (표 3.5)와 같다.

(표 3.5) 경관대상의 분류

경관대상장	경관대상
수면경관	물의흐름, 하도, 하상, 사주, 수질, 선박 등
수계경관	호안, 멈춤공, 수계선의 수문 및 갑문 등
둔치경관	나무, 화초, 운동장 및 운동시설, 벤치 등
수변경관	건물, 철탑, 굴뚝, 식물군락, 삼림, 강변 등

하천경관 필요유량 산정기준의 경우 수면폭, 유속, 수심, 하폭 등의 물리적 경관요소의 영향에 대해 알아보아야 하고 수면폭은 수면폭(W)과 하폭(B)의 비를 기준으로 한다. 확보한 자료와 설문자료를 이용하고 적용기준과 설문자의 만족도를 고려 경관에 필요유량 산정한다. 유속의 경우 대상구간의 경관에 양호하게 부합되는 유속 선정을 한다.

수심의 경우 대상구간의 하천경관에 적합한 수심 선정하고 유량의 변동과 경관과의 관계 조사하고 비교적 적용이 쉬운 설문조사 방법이용 및 자연조건에 따라 기준 적절히 적용한다. 경관을 고려한 필요유량 결정의 경우 우리나라 경관을 고려한 일본 건설성 방식과 심미적인 질적 관점에서 기술한 미국식 방법이 있다. 필요유량 결정 기준의 검토순서는 대상구간의 설정하고 조사지점과 경관 대상의 선정하고 조사지점의 적용기준과 필요유량의 선정하고 경관에서 수질을 고려한 필요유량의 산정한다.

지역 주민의 생활공간을 제공하기 위해, 하천 주변 경관을 유지하기 위하여 필요한 수리조건을 고려한다. 하천경관을 고려한 필요유량이란 하천에서 주요 경관을 유지하기 위하여 하천이 확보해야 할 수리학적 조건, 즉 수면폭, 유속 등을 만족할 수 있는 유량을 말한다. 하천경관은 유수, 제방, 고수부지 등으로 구성되는 하천요소와 하천 주변 지역의 시가지, 전원, 산림 등의 하천 주변 요소로 이루어지며, 하천 주변요소가 일체가 된 공간에 사람들의 활동이나 동식물의 생태계, 그리고 기상 등의 자연변화를 포함해서 하천경관이

이뤄진다. 하천경관 계획의 가장 중요한 점은 치수기능 등을 손상하지 않고 하천을 일상적인 경관 속에서 위화감 없이 포용하는 데 있다.

하천경관 측면에서의 필요유량은 하천이나 하천변에 접근하는 사람으로 하여금 정서적으로 풍부하고 안정된 심적 감정을 갖도록 하는 유량으로 하천을 휴식공간으로 볼 때 매우 중요한 기능 중의 하나이다. 즉 하천경관을 위한 필요유량은 기본적으로 시각, 청각 및 후각적으로 만족할 수 있는 수량과 수질이 유지되도록 산정하여야 한다. 필요유량을 산정할 때는 이수차원에서 수량 및 수질개선 목적의 공급수량이 충분하다고 판단될 경우 하천경관을 만족시키는 유량을 검토하고, 경관을 고려한 필요유량은 하천 환경 요소, 즉 하천생태계 보전, 친수 등을 고려하여 산정한 필요유량과 비교 분석하여 해당 하천의 개발 및 보전 방향에 따라 결정되어야 하며, 해당 하천의 자연 및 하도 특성, 인문·사회·지리적 특성, 문화·관광 특성 등 하천경관에 미치는 요소들을 조사하고, 하천의 상·중·하류구간 및 도시하천구간에서 유량과 하천경관과의 관계, 수변의 쾌적성과 하천경관과의 관계 등 유량과 관계가 있는 하천경관의 구조를 조사·검토하여야 한다.

하천경관을 고려한 필요수량 결정은 일반적인 기준을 적용하는 것과 설문조사방법에 의한 것이 있다. 일반적인 기준을 적용하는 방법은 유량변화에 따른 수면폭, 유속, 수심, 하폭 및 사주의 크기 등의 물리적인 경관요소의 변화가 경관에 미치는 영향을 관찰한 후, 유량의 변동과 경관과의 관계에 대한 평가를 실시한 결과를 근거로 하여 필요유량을 산정하는 방법이다. 일반적인 기준을 적용하는 것은 걸보기 수면폭 비(W/S) 또는 비유량 등을 근거로 하여 전국적인 기준을 경관이론에 근거하여 만들어 평가하는 방법으로서 한국수자원공사가 제시한 방법을 따르면 다음과 같다.

1) 수면폭

부각(하향각) 5도 이내의 평균적인 걸보기 수면폭(W)과 하폭(B)의 비($W/B \geq 0.2$)를 기준으로 한다. 단 도시하천의 경우에는 하천주변 요소에 대한 양각(상향각) 5도를 관측하여 부각에 해당하는 경관 특성과의 관계를 고려한다.

2) 유속

대상 구간의 하천의 형태 및 특성, 지역특성 그리고 사회·문화적인 특성을 고려하여 하천의 이미지에 부합하는 유속을 설정한다. 본 연구에서는 ①항에서 선정된 수면폭과 부합되는 유속 및 설문자료의 분석에 의해서 선정된 유속을 비교분석하여 관측자들이 심리적으로 안정감을 느끼면서 대상 구간의 경관에 양호하게 부합되는 유속을 선정한다.

3) 수심

급격한 경관 변화가 일어나지 않도록 주요 하상재료가 수면으로 드러나지 않는 수심을 확보한다. 현지조사를 통해서 구한 하상 및 하천변의 특성자료, 대상구간에서의 여가선용에 필요한 수심자료 그리고 설문조사에 의해서 구한 설문자들의 만족도에 관한 자료를 이용하여 대상구간의 하천경관에 적합한 수심을 선정한다.

4) 기타사항

대상 구간내 문화유적지나 명승지 및 선상지 하천 등에는 별도의 검토 방법이 필요하므로 별도의 기준을 정하여 평가한다. 설문조사방법은 조사지점에서 경관 평가자를 선정하여 실제 상황을 관찰하면서 인터뷰에 의해서 조사하는 방법으로서, 조사 대상자들의 표본 추출과정에서 대표성을 유지하고 적절한 표본수를 고려한다면, 실제 조사지점의 상황이 반영되고 비교적 객관성을 유지할 수 있는 방법이며, 다른 방법의 유용성을 검토하는데 기준이 되는 방법이다.

(4) 수상이용 항목

수상이용을 고려한 필요유량 산정의 경우 수상이용 실태 조사하고 수운 및 수상이용 특성을 문헌조사 및 검토하며 수운을 고려한 필요 유량의 결정시 수운이용 계획의 검토하고 수운계획과 하천유지유량과의 관계조사 하며 수운을 위한 수리 조건의 결정한다. 필요유량 결정시 여가활동을 고려한 필요유량의 결정하고 하도의 분류하며 여가활동과 하천환경 및 수리 조건 및 수리 조건의 선정 및 필요유량 산정과 필요유량의 결정을 한다. 수상이용 실태 조사를 할 경우 수운 및 수상이용 특성에 대한 질문을 한다.

수운을 고려한 필요 유량의 결정시 수운이용 계획의 검토하고 수운이용

실태에 대한 기본조사를 한다. 유람선의 최소 흘수는 1.20m이고 안정적 운항 시 필요수심은 1.50m이고 염수 침입에 의해 유지되던 수심은 하구둑 건설로 강하하고 하구둑 배수효과에 의해 유람선 운항에 필요한 수심 안정적 유지한다. 수운이용 계획의 조사의 경우 금강유역 하천정비기본 계획과 중부권 종합개발계획, 금강수계종합정비계획, 수운계획, 여가활동 계획에 대해 조사한다.

댐-갑문 방식보다 수운 및 수상이용하고 수운 실태 위주로 필요유량 결정과 필요유량 자연하도 차원에서 결정하고 특별 구간은 규암-낙화암, 일반 구간 대청댐 조정지 하류-강경이다. 여가활동을 고려한 필요유량의 결정시 하도의 분류하고 인구가 밀집된 도시에 인접한곳 4계절 동안 다양한 여가활동이 이루어지는 고밀도 여가 활동이 가능한곳 뛰어난 경치, 풍부한 계곡수, 질 좋은 낚시터 등 이 있다. 여가활동과 하천환경 및 수리조건에는 최소, 최대, 최적으로 기준 선정하고 현재 이루어지고 있고 앞으로 이루어질 것으로 판단한다.

하천에서 수운을 위해 선박이 안전하게 운행될 수 있는 홍수심 및 하폭 유지, 그리고 하천에서 이뤄지는 각종 여가활동을 위한 수심과 하폭을 유지할 수 있는 유량을 고려한다. 이때 우선 해당 하천의 수운 방식을 자연하도로 보고 필요유량을 산정한다. 그러나 하천이 상업적인 수운으로 운영되는 경우에는 운항선박의 실태(선박의 종류, 흘수 등)를 파악하고 이들 선박이 운항하고 있는 구간에서의 하도 특성(하상재료, 하도의 선형 등)을 조사하여 선박흘수와 여유고를 더한 소요수심이 확보될 수 있는 수리조건을 설정하여 Manning의 평균유속공식 또는 연속방정식 등을 이용하거나 부등류 모델링으로 검토한다. 장래의 수운계획을 감안할 경우에는 유량으로서의 수심 유지뿐만 아니라 하상준설, 수운용 댐건설 등의 가능성에 대해서도 충분히 검토하여야 한다. 우리나라 하천에서 이루어지는 수상활동은 하천관리자의 사전 승인에 의한 것과 사전 승인 없이 이용자가 하천에서 큰 피해를 일으키지 않는 범위에서 자연스럽게 이루어지는 활동 등이 있다. 따라서 이와 같은 수상활동에 대한 조사는 현지 주민과 허가 관청의 의견을 직접 조사하는 것이 효과적이다. 각 수상 이용에 대한 수리학적 기준은 현지답사 또는 국내외 장비의

기준을 고려하여 설정한다.

(5) 염수 침입 장비를 위한 필요유량

하천유지유량의 개념이 염해방지 유량으로 한정되었던 1970 ~ 1980년대에는 하류의 취수지점에서 취수된 유량이 농업용수로서는 부적절하게 많은 염분을 함유하고 있었다. 그래서 염분농도를 기준으로 하여 이수목적에 지장이 없는 정도까지 염분농도를 낮추는데 필요한 유량을 하천유지유량으로 설정하였다. 이러한 염분농도를 낮추는데 필요한 염해방자유량은 취수구의 위치와 유량의 과다뿐만 아니라 취수목적에 따라서 크게 달라지며, 하구엔 같은 염분침입방지시설이 설치되면 염해방자유량은 고려되지 않았다. 염수 침입 방지를 위한 필요유량의 산정은 하구가 외해와 직접 연결되어 있을 경우 우선 하류부에 염수 침입 실태 조사, 취수시설의 현황조사, 염수 침입이 취수 시설에 미치는 영향을 조사하여야 한다. 조사 결과 취수시설 등에 염수 침입의 영향이 있다고 판단되면 염수가 하천으로 거슬러 올라오는 것을 방지하기 위한 유속과 유수 조건을 검토한다. 이 때 염수 침입 방지 대책은 하천유량 증가 외에 취수시설의 개량, 염수 침입 방지 시설의 설치 등을 종합적으로 검토한다. 금강유역조사보고서(1970), 한강유역사업보고서(1971), 수자원개발조사년보(1971), 한국하천조사서(1974), 한강 하천정비 계획(1978), 낙동강유역개발지원조사(1973) 등에서 염수 침입을 고려하여 하천유지유량을 산정하였다.

(6) 하천시설물 보호를 위한 필요유량

하천관리시설을 보호하기 위한 필요유량을 산정하기 위해서는 우선 하천관리 시설 실태와 하천관리 시설과 하도 상황과의 관계 등을 조사한다. 시설물의 유지관리상 일정한 수심유지가 필요한 시설물이 있을 경우 이러한 수리조건을 만족시키는 유량을 산정한다. 그러나 이를 위한 하천유지유량의 증가보다는 시설물의 재질 및 구조의 변경, 재설치 등 구조적인 측면에서 해결하는 방안을 우선적으로 고려한다.

(7) 어업에 필요한 유량

해당 하천에 어업을 위한 경제성 어종이 서식하고 있고, 생업을 위하여 어업활동이 있을 경우 해당 어종을 보호하기 위한 유량을 설정하여야 한다. 대상 어종은 가장 일반적이고 상업적이 있는 대표어종을 기준으로 하고 이 어류가 서식하는 데 필요한 수리학적 조건을 조사하여 이를 만족하는 유량을 산정한다. 서식처 조건과 유량 산정은 하천 생태계를 고려한 필요수량 산정과 동일한 절차를 따른다.

(8) 하구폐색 방지를 위한 필요유량

하구폐색은 유사가 하구에 퇴적하여 사주가 형성됨으로써 하천수가 쉽게 바다로 빠져 들어가지 못하게 되는 현상을 말하는 것으로 해당 하천 하구부에서 하구 막힘 실태조사, 하구 막힘과 유황조건을 조사한다. 하구에서 유사 퇴적은 평상시외에 홍수시에 큰 변화를 초래하는 것이 보통이기 때문에 평상시 인위적인 유량증가로 하상재료를 이동시킨다는 것은 사실상 곤란할 뿐만 아니라 하천수의 낭비를 초래하는 결과가 될 수도 있으므로 하구에 수제 또는 편향 구조물 등과 같은 항구적인 인공시설물을 설치하여 유사이동을 조절하는 방안 등을 강구한다.

(9) 지하수위 유지를 위한 필요유량

하천수위는 주변 지하수위에 직접적인 영향을 미치기 때문에 주변의 지하수위 하강으로 인한 지하수 이용, 농작물 생육 등에 지장을 초래하지 않도록 하천의 일정수위를 유지하여야 할 필요가 있다. 이러한 지하수위 유지를 위한 필요유량은 우선 하천변의 지하수 이용실태 조사, 하천수위와 지하수 영향권 및 지하수 영향 조사, 그리고 하도 유황(하천유지유량)과 지하수위의 관계를 조사하여 판단할 수 있으나 현실적으로 자료부족 등으로 정량적인 해석 곤란하기 때문에 과거 지하수 고갈 상황 등에 대한 기록이나 인근 주민들의 탐문 조사를 통하여 정성적으로 판단하여 설정한다.

3.3 국내외 하천유지유량 산정 및 적용 사례

3.3.1 국내사례

환경용수는 아니지만 하천유지유량의 경우에는 1980년대부터 환경오염에 대한 문제가 부각되면서 수질문제에 중점을 두고 한강유역 조사사업 보고서(1971), 금호강유역 조사보고서(1977), 금강(갑천, 유동천) 하천 정비 기본계획 보고서(1985), 수자원장기종합개발계획 수정(1985), 하천유지용수의 수급에 관한 연구(1988), 한강 하천유지유량 조사 연구 보고서(1990), 낙동강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정보고서(1997), 한강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서(1998) 등에서 적용되었다.

환경용수가 고려된 주요 사례는 금강수계 하천유지유량 산정 보고서(대전 지방국토관리청, 1999)와 국토연구원(김종원 등, 2007) 연구보고서에서 찾아 정리하였는데 이를 요약하면 다음과 같다.

(1) 금강수계 사례

수문학적 접근에 의한 갈수량 산정 이외에 하천 생태계를 고려한 필요유량 산정에서는 어류 조사, 대표어종과 서식환경, 한계구간과 필요유량 결정에 대해 조사하였다. 어류조사의 경우 어류 서식처 보전을 위한 필요유량 산정을 위해 하천에 서식하는 동식물 중 어류의 조사방법과 민물고기의 현황 및 대표어종을 선정하였고, 어류 구간 및 조사지점의 선정에는 조사 구간을 하천유지유량과 구간별 필요유량 산정하고 11개 구간을 포함하여 금강 본류와 1차 지류로 정하였다.

우리나라 하천에서 대표어종과 서식처 조건에 따라서 145종에 대해 상류에서 하류에 이르기까지 6구역으로 나뉘 각 3~7종씩 선정하였다. 국내 하천의 대표어종은 대표어종의 서식처 환경조사 후 성장단계별 서식처 수리조건 검토하고 대상 하천의 대표어종 선정하여 대표어종의 서식처 수리조건 이용한다. 필요유량 산정시 수심-유속-유량 관계를 작성하고 갈수기 유량 측정성과와 한계단면의 유량자료를 조사하고 어류 서식에 필요한 수리조건을 만족시키는 유량을 결정하는 과정을 보여줬다.

하천 경관을 고려한 필요유량 산정에서도 대상구간을 먼저 나누고 대상지점의 설정기준을 전형적인 하천경관을 볼 수 있는 장소, 인적이 많은 장소, 유량 변동이 하천경관에 영향을 주는 장소, 배수효과에 의해서 하천유량이 지배되지 않은 장소를 기준으로 정하였다. 하천경관 필요유량 산정기준의 경우 수면폭, 유속, 수심, 하폭 등의 물리적 경관요소와 함께 확보한 자료와 설문자료를 이용하고 적용기준과 설문자의 만족도를 고려 경관에 필요유량을 산정하게 된다. 필요유량을 산정하기 위하여 시점장과 경관 대상지점의 선정을 8개의 하도구간을 대상으로 현지조사하고 문헌조사, 인터넷 검색과 명승지 및 관광명소 등을 중심으로 사람의 왕래가 잦은 곳과 주요 하천시설물 등을 대상으로 선정하였다.

하천 수질을 고려하는 경우에는 유역의 수질과 유량을 측정하고 목표년도별 오염부하량을 설정하고 수질 예측 모형을 이용하여 적정한 수질관리 유량을 분석하였다. 수질 측정은 일정한 하천 구간에서 하천의 유황을 대표할 수 있는 곳, 과거에 관측된 수문 자료가 충분한 곳, 평상시에 다른 유량 측정 지점과 상관성 높은 곳, 상·하수의 물질수지가 명확하게 파악되는 곳에서 수행하고, 수질 분석 항목 및 방법에는 수온, PH, DO, BOD, 등 15개 항목으로 수질 오염공정시험법과 Standard Methods에 준한 분석 그리고 영양염류 성분의 경우 자동영양염류 분석기 이용하였다. 수질 예측 모형으로 하천에서 사용하고 국내외적으로 신뢰도가 높으며 13개 수질항목의 모의가 가능한 QUAL2E 모형과 호소 수체의 이동과 독성물질의 거동, 상호반응을 모의할 수 있는 WASP5 모형이 대표적이다. QUAL2E 모형의 입력 자료는 조도계수와 수리입력 계수, 취수시설 및 취수량과 회귀율이고, WASP5 모형의 입력 자료는 태양에너지의 세기, 대청댐 일평균 방류량 및 취수량, 수리입력 계수 등이다.

수상이용에 필요한 용수는 수상이용 실태와 수온 및 수상이용 특성을 문헌조사를 중심으로 검토하고 향후 수운이용 계획과 하천유지유량과의 관계를 조사하여 수운을 위한 수리 조건을 결정한다. 유람선을 고려하는 경우에는 유람선의 최소 흘수 1.20m, 안정 수심은 1.50m로 하는데 염수 침입에 의해 유지되던 수심은 하구둑 건설로 강하하고 하구둑 배수효과에 의해 유람선 운

항에 필요한 수심을 안정적으로 유지하도록 계획한다. 여가활동의 경우는 하도를 분류하고 인구가 밀집된 도시에 인접한 곳, 4계절 동안 다양한 여가활동이 이루어지는 고밀도 여가 활동이 가능한 곳, 뛰어난 경치, 풍부한 계곡수, 질 좋은 낚시터 등에서 고려된다. 여가활동이 이뤄질 하천환경 및 수리조건에는 최소, 최대, 최적으로 기준 선정하고 현재 이루어지고 있고 앞으로 이루어질 것을 모두 고려하여 판단한다.

(2) 한강 사례

이동률 등(2005)는 하천을 자연유황 형태로 복원하여 생태계의 다양성 확보를 확보할 수 있는 목표 하천유량관리 수준을 결정하기 위하여 Richter 등(1997)의 RVA(Range of Variability Approach)방법을 한강에 적용하였다. 특히 댐건설 전인 1940년 이전 19년의 자료와 댐건설 후인 1983년 이래 19년간의 일자료로부터 IHA(Indicators of Hydrologic Alteration)를 분석함으로써 댐건설 전후의 자연유황의 변화 양상을 비교하였다. 월별 평균유량, 연속 최소유량, 연최소유량발생치, 연저유량펄스 빈도와 지속기간, 연속일유량증가량, 연속일유량감소량 등을 계산하였으나 직접적인 수질이나 생태계 영향을 고려하지 못하는 한계를 보였다.

(3) 안양시 사례

안양천에서 하천정비 사업을 추진하면서 하천에 필요한 용수를 확보하는 사업을 추진하였다. 사업구간은 유로연장 32.5Km, 유역면적 286km², 계획홍수량은 2,360m³/sec (200년 빈도), 하천복원 총사업비는 1,676억원(국비: 821억원, 도비: 372억원, 시비: 483억원)이 소요되었다. 하천정비사업 후에 필요한 하천유지용수는 1일 44,900m³로 결정하였고, 확보방안은 지하용출수(5,400m³/일), 백운저수지용수(2,000m³/일), 소하천용수(1,000m³/일), 생활하수재처리수(36,500m³/일) 등으로 공급하고 있다.

(4) 전주시 사례

홍수조절지를 조성하여 일정량 이상의 홍수발생 시에 하류의 수위 조건에

따라 홍수를 천변의 농경지에 저류시킨 후 방류하는 시설을 조성하였다. 여기에 투입된 사업비는 41,469백만원, 저류량은 961천톤정도이다. 또 하나는 상관수원지의 원수를 방류하는 방법인데 저수용량이 2,319천톤인 저수지로부터 1일 2만2천톤을 전주천으로 방류하여 하천유지용수를 확보하는 방안이다. 이는 진주시의 생활용수 공급을 용담댐계통으로 전환하면서 상관저수지의 잉여용수를 방류할 수 있는 여유량이 있기 때문에 가능하였다.

3.3.2 국외사례

(1) 호주

1994년 물 개혁에 대한 호주정부 협의회 합의서(1994 Council of Australian Government (COAG) agreement on water reform)는 환경용수 할당은 가장 과학적인 방법과 정보를 토대로 결정되어야 한다는 점을 명시하였으며, 물 할당 결정에서 환경에 우선순위를 두어야 한다고 강조하였다. 1999년 작성된 환경용수지침(Environmental Flow Guidelines)에선 환경용수를 하천과 강에서 수생 생태계를 유지하기 위해 필요한 수량으로 정의한다. 강과 하천에 대한 생태학적 목표는 특정 생태학적 가치를 환경유량을 통해 보호할 수 있도록 해주며, 생태학적 목표는 환경유량의 효과를 평가하고 지침 개선에 사용되는 정보를 평가를 사용하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, Bendora 댐과 Cotter 댐 사이의 Cotter river유역에 대한 생태학적 목표는 멸종위기에 처한 어종 Macquarie Perch를 보호하는 것으로, 표준 모니터링 과정에서 40마리 이상의 물고기가 잡히는 것을 이 목표 달성의 성공 여부를 가늠하는 지표로 삼고 있다.(김종원 등, 2007)

모든 주와 구(Western Australia와 Northern Territory는 제외)가 특히 환경 및 지속적인 사용과 관련하여 환경용수의 부족과 관리 필요성을 인식하는 물에 관한 백서를 작성하고 전략적 계획이나 정책을 마련하였다. 2004년 6월 국가 물 개혁에 대한 정부간 합의서(The June 2004 Intergovernmental Agreement on a National Water Initiative: NWI)는 물 개혁에 대한 1994년 COAG 합의(1994 COAG agreement)에 대한 의지를 재확인하고 새로운 행동

계획을 마련함으로써 이 같은 노력을 재개하였으며, 현재 모든 주와 테리토리가 NWI에 참여하고 있다.

1) 캐피털 구(Capital Territory) 사례

캐피털 구의 2006년 환경용수지침에서 환경용수는 기저유량(base flow), 소규모 홍수(small floods), 대규모 홍수(larger floods) 및 특수목적유량(special purpose flows)으로 구성되고 있다. 기저유량은 건천후시 지하수에 의한 유출량으로 어류, 식물, 곤충 등과 수질을 보호하기 위한 최소한의 수량이다. 소규모 홍수는 얇은 여울(riffle)을 유지하고, 대규모 홍수는 못(pool)이나 수로를 유지하기 위한 유량으로, 퇴적된 토사의 이동과 수로형태를 유지하는 것을 목적으로 한다. 특수 목적유량은 어류 산란기 등과 같은 특수한 생태학적 필요를 위한 유량이다.

2) 타즈마니아 주(Tasmania State) 사례

과거에는 환경용수량을 결정하기 위하여 서식지에 기초한 평가를 활용해 왔다. 유량은 관개 기간 중 기저유량이 가장 낮은 하절기 때를 기준으로 한다. 최근의 평가는 흐름특성과 생태계 구성요소(강기슭 식물, 범람원 습지, 지형학적 특징 및 강 하구 등) 등을 고려하는 보다 종합적인 방식 기초하고 있다. 이를 위해 대표적인 지역에 대한 현장평가와 특정목적의 필요유량을 결정하기 위한 수리학적 모델링 수행되어야 하며, 유량의 빈도, 규모, 기간, 변동률 등을 결정하기 위한 수문학적 분석이 실시되어야 한다.

3) 웨스턴 오스트레일리아 주(Western Australia State) 사례

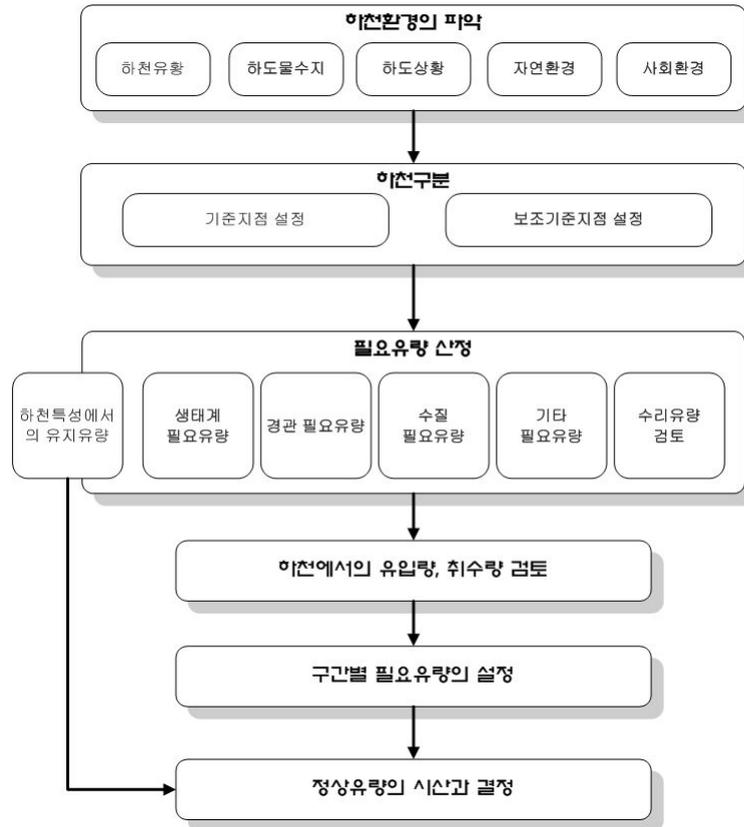
환경용수량 결정을 위해 필요한 세부기준은 수자원에 대한 수요에 의존한다. 소비 압력이 낮은 경우에는 수문학적 접근법이 사용되는데 가령 남서부 지방의 경우, 평균 연간유량의 60%가 지속가능한 양으로 예측되고 40%는 환경유량으로 할당된다. 수요가 많은 경우에는 보다 세밀하고 종합적인 접근법을 사용하는데, 주정부 수자원부(State Department of Water)는 주 전역의 지표수자원으로부터 환경유량을 모델링하는 하천분석 패키지 소프트웨어를

사용하고 있다.

(2) 일본

일본에서는 신하천법 이후로 정상유량이라는 용어를 사용하였다. 정상유량이란 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의되어 있고, 신하천법 16조에 규정된 ‘공사실시기본계획’에 정상유량을 설정하기로 되어 있다. 일본의 유수의 정상적인 기능은 유수의 점용, 주운, 어업, 관광, 유수의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천관리시설의 보호, 그리고 지하수위 유지 등으로 우리나라와 다르지 않다. 유수의 점용을 제외한 8개 항목에 동식물 보호를 추가한 9가지를 고려하여 갈수시에도 유지하여야 하는 유량을 하천유지유량으로 정의하고, 다시 이수유량을 고려하여 정상유량을 결정한다.

일본에서 정상유량을 검토하는 과정은 우선 대상 하천의 하천유황, 하천유입량과 취수량, 하도상황, 자연환경, 주변 사회환경 등 하천환경을 파악한다. 하천 유황을 대표하는 복수의 지점을 선정하고 각각에서 항목별 필요유량을 설정한다(<그림 3.3>). 각 대표지점에서의 정상유량은 하천 유입량, 취수량 등과 구간별 필요유량에 대해 대표지점간 종단적 정합과 함께 하천특성에서 본 하천유지유량을 감안하여 설정한다. 하천유지유량은 갈수량으로 산정하는데, 관측자료가 없는 하천에 대해서는 일본 전국 하천의 270여개 자료를 이용하여 하천유지유량 $Q(\text{cms}) = 0.0069A(\text{km}^2)$ 을 제시하였다. 관측자료가 있을 경우에는 10년 평균갈수량 및 기준갈수량을 정리하여 정상유량의 기준으로 하였다. 그리고 하천유지유량은 최소갈수량 이상부터 평균갈수량 정도까지를 기준으로 한다.

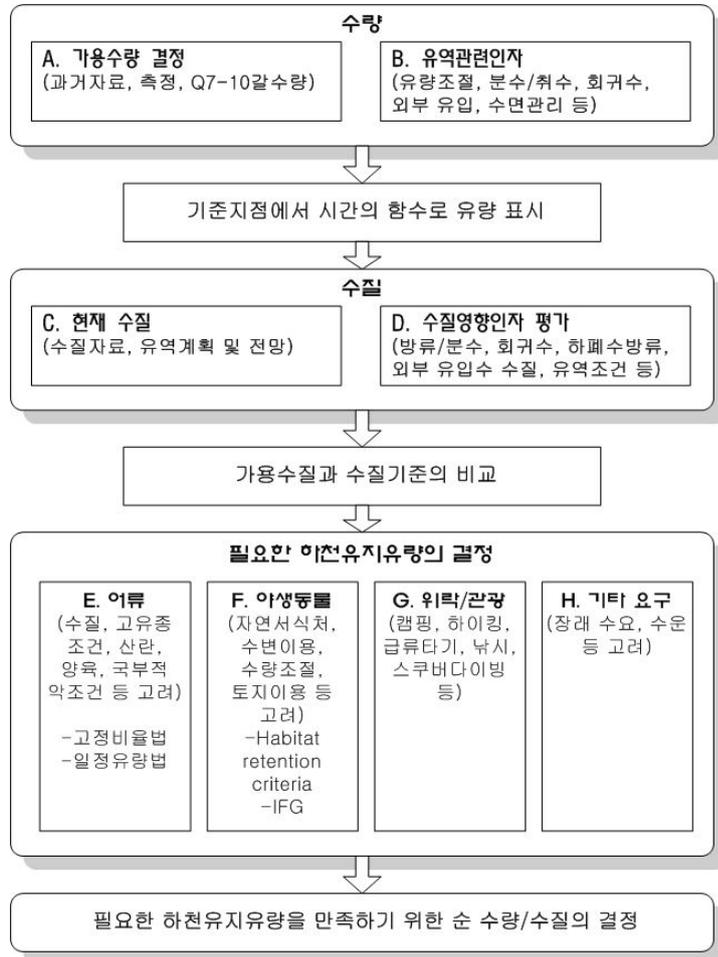


<그림 3.3> 일본의 정상유량 산정(농어촌연구원, 2005)

(3) 미국

미국에서 하천유지유량과 환경용수는 'Instream Flow' 또는 'Minimum Flow'라 하며, 하천내에서 물의 가치와 이용을 허용수준 이상으로 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의된다. 하천내 물의 가치(instream value)와 이용이란 어류 및 야생동물, 위락, 시미, 수질, 수력발전, 수운, 그리고 하구/하천변 식생과 홍수터 습지 등에서의 생태계 유지 등을 의미한다. 미국에서의 하천유지유량은 수력발전 및 농업용수 취수로 인한 하천수량 감소에 따른 하천생태계 문제에서 시작되었다. 하천생태계 문제 중에서도 주관심사는 서식처의 문제였다. 그러나 미국에서는 하천환경의 제반 항목을 종합적으로 고려하여 하천구간별로 유지유량이나 정상유량을 체계적으로 결정하는 방법은 알려져 있지 않다. 하천의 대부분이 사유로서 치수나 하천유지유량을 보장하기 위해

토지 소유권자의 행위를 직접적으로 제한하기 어렵기 때문인 것으로 알려져 있다(<그림 3.4>).



<그림 3.4> 미국의 하천유지유량 산정(농어촌연구원, 2005)

(4) 영국

1960년대 후반 이후 영국 수자원법(Water Resource Act)에는 우리나라 하천유지유량의 개념과 유사한 최소허용유량(minimum acceptable flows, MAF)이라는 개념이 있어 지방 하천청이 각 하천마다 지정하도록 되어 있다. 그러나 수량감소에 다른 수질악화와 하천환경을 고려하여 최소허용유량을 정

확히 산정할 수 있는 명확한 방법이 제시되지 않았고, 각 지역 하천청에서는 단순히 총유량의 일정비율만을 취수할 수 있도록 허가하여 왔기 때문에 이 조항이 제대로 시행된 적은 없다. 각 하천청에서는 하천환경을 보전하기 위하여 취수허가의 상한선을 제시하여 하천유량이 최소한의 기준유량 이하로 내려가는 경우만 취수를 제한하거나 일정유량을 유지하는 범위내에서만 취수허가를 내주는 방법을 채택하고 있다. 다만 기준유량 이상이 지속되는 기간과 갈수시의 수질 및 하천환경의 영향에 대한 평가가 어렵다는 문제를 안고 있다. 영국은 갈수량에 따른 하천유지유량은 현재까지 특별히 지정되지 않고 일반적으로 일유량을 바탕으로 유허곡선에서 해당 기간 95%에 유지되는 유량(Q45)을 채택하되 하천에 따라 계절별 변화에 맞추는 것으로 알려져 있다. 또한 연최소 7일유량 계열의 평균치를 갈수기 유량으로 정의해서 사용하기도 한다.

하천유지유량을 산정한 요크셔 지방을 대표적 사례로 들면, 하천의 환경가중치를 평가하여 최대허용 취수량과 최소허용 하천유량을 각각 산정하고, 이를 토대로 다시 각각 신규 치수 허가기준과 전체 취수중지 기준으로 사용하였다. 하천환경 점수는 갈수기의 유량감소에 따른 하천환경의 민감도를 측정하기 위해서 수치화된 환경가중시스템(Environmental Weighting System)을 도입한 것이다. 하천환경 차원에서 고려한 항목은 어류, 낚시, 수생 생태, 육상 생태, 어메니티(amenity), 그리고 여가활동이고, 이 항목에 대해 설문자의 점수를 부여하고 더한 값(Environmental Weighting, EW)을 계산하여 최소허용 하천유량에 반영하였다. 어업은 하천구간별 어종별로 점수를 부여하고, 낚시는 낚시 빈도, 수중 생태는 생물학적 수질지표(Biological Water Quality Index)를 활용하고, 육상 생태는 하천구간별 토지이용에 따라서, 어메니티는 경관가치, 여가활동은 수상운동의 종류에 따라서 점수를 부여하였다. 최대허용 취수량은 계산된 환경점수에 따라서 Table 4와 같이 결정되고, 취수허가량이 최대허용 취수량을 초과하지 않는 범위에서 신규 허가를 내준다. 그리고 하천유량이 매우 적어도 최대허용 취수량 보다 적으면 취수허가를 내주는 취약점을 보완하기 위해서 하천유량이 환경기준유량(Environmentally Prescribed Flow, EPF) 이하로 떨어지는 경우 치수를 중지

하는 기준을 제시하였다. 그리고 영국 환경청(UK Environment Agency)은 취수량 결정을 위해서 CAMS (Catchment Abstraction Management Strategies)를 개발하였는데 하천의 물리적 특성, 어류, 수생식물, 무척추 동물 등의 생태계를 고려하게 된다.

(표 3.6) 환경점수에 따른 최대허용 취수량

환경점수 (Environmental Weighting)	최대허가 취수량	환경기준유량
50+	3×DWF	1.0×DWF
40 ~ 49	4×DWF	0.9×DWF
30 ~ 39	5×DWF	0.8×DWF
20 ~ 29	6×DWF	0.7×DWF
10 ~ 19	7×DWF	0.6×DWF
0 ~ 9	8×DWF	0.5×DWF

※DWF : 갈수기유량(m³/day)

(4) 독일

독일의 하천은 연중 안정되게 유출되고 하수처리시설로 인한 깨끗한 물을 하천에 흐르게 하고 있으며 특별히 하천유지유량을 위해 하천유량을 조절하거나 이용할 필요성을 갖지 않고 있다. 따라서 하천유지유량은 연방정부 혹은 주정부 관할 하천관리협의회에서 하천수 이용과 기능을 고려하여 취소조건에 따라 각종 용수의 수질, 하천환경, 생태계, 여가활동, 또는 희석유량과 관련된 항목을 정성적으로 평가하여 결정하고 있다. 독일에서의 하천유지유량 결정방법은 갈수량 또는 최저유량을 평가하여 결정하는 방법과 필요유량을 항목별로 결정하는 매트릭스 기법이 있다. 첫 번째 방법은 주로 유량자료를 해석하여 결정하는 것이고 매트릭스 기법은 하천이용과 기능에 따른 항목을 결정하고 하천에 따라 이뤄지는 여러 기능별 발생기회에 따라 필요한 항목을 설정하여 매트릭스를 풀어서 해석하는 방법이다. 하천에서 이뤄지는 14가지 활동기회에 따라 38개의 평가항목을 설정하고 각각의 가중치와 수리·수문학적 조건을 고려하여 하천유지유량을 결정한다.

3.4 농어촌 환경용수 산정방안

환경용수는 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 수산용수 등과 함께 농촌용수의 범주에 포함되는 용수다. 환경용수는 농촌지역의 하천생태계 보전을 위한 최소한의 하천기능유지는 물론 환경개선 의미를 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(농림부, 1998). 신규 저수지를 설계하거나 기존 저수지를 증상할 경우에 현지여건을 감안하여 저수지 유효 용수량 산정에 반영하여야 할 수량으로 저수지 지점의 기준갈수량 또는 관개구역내 중심마을 하수처리 희석수량 등 농촌환경보전에 필요한 수량 중 큰 값을 사용한다. 즉 농촌지역의 하천생태계보전을 위한 최소한의 하천기능유지와 환경개선을 포함하여 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 최소한의 하천유량을 의미한다. 농촌용수개발사업에서 환경용수는 농어촌정비법 시행령 제2조에 농어촌 지역의 환경오염방지를 위한 용수로 정의되어 있어 현재 농업용 댐 계획시에는 하류하천의 건천화 방지와 주변 환경유지 및 보전을 위한 최소한의 용수(하천의 갈수량 기준)를 확보하여 공급하는 하천유지용수로 계획하는 것이 일반적이다.

3.4.1 한국농어촌공사

(1) 농업생산기반정비사업계획설계기준(필댐편)

농림수산식품부, 한국농어촌공사에서 농업수리시설물의 설계기준으로 하고 있는 농업생산기반정비사업계획설계기준(필댐편)에는 농어촌정비법에서 정의한 농어촌용수의 산정 및 공급을 위한 기준을 제시하고 있다. 특히 농어촌 환경용수에 대한 정의와 산정방법에 대해서 요약하면 다음과 같다.

환경용수용량은 농촌지역 내 하천 및 용·배수로의 정상적인 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 유지유량 혹은 친수 환경을 위한 친수용수 등을 제

공하기 위하여 필요한 저수용량으로서 환경용수량과 기준 갈수년의 하천유량을 기준으로 하여 이를 정한다.

환경용수량은 신규 저수지를 설계하거나 기존 저수지를 증상할 경우 현지 여건을 감안하여 저수지 유효저수량 산정에 반영해야 할 수량으로 저수지 지점의 기준갈수량 또는 관개구역내 중심마을 하수처리 회석수량, 친수용수 등 농촌환경보전에 필요한 수량 중 큰 값을 적용한다.

하류하천의 생태보전과 친수환경에 필요한 환경용수량을 공급할 수 있도록 환경용수량을 저수용량에 추가하도록 하였다.

가) 환경용수의 정의

환경용수는 농촌지역 내 생태계보전, 경관유지, 수질보전, 지하수위 유지 등 하천과 수리시설물의 정상적인 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 유지유량과 관개구역내 친수환경에 필요한 친수용수 등 농촌환경보전을 위하여 확보해야 할 수량이다. 성주댐과 같이 농업용 저수지에 하천유지유량을 고려한 저수용량이 설정되어 있는 경우도 있다.

환경용수에 대한 자세한 사항은 “농업·농촌용수종합이용계획”(농림부, 1999), “농업생산기반정비사업 계획설계기준 관개편“(농림부, 1998) 및 “농어촌용수이용합리화계획 (기본구상) (농어촌용수개발기획단, 1989)”을 참조한다.

나) 환경용수의 종류

1) 하천유지용수

하천유지용수는 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 용수를 말한다. 하천유지용수는 갈수량을 기준으로 산정하되, 하천수질 보전, 하천 생태계 보호, 하천 경관 보전, 염수 침입 방지, 하구막힘 방지, 하천 시설물 및 취수원 보호, 지하수위 유지 등을 위한 하천유지유량을 감안하여 산정한다.

여기서 갈수량은 과거 자연상태 하천에서 갈수기에 흘렀던 유량으로서 자연과 사람이 공유할 수 있는 최소한의 유량을 말하며 기준갈수량, 평균갈수량 등을 산정한 후 해당 하천의 규모나 특성 및 유량공급 가능성 등을 고려

하여 결정한다.

2) 친수용수

용수로에 친수공간을 설치하는 경우에는 비관개기에 별도의 친수용수가 필요하다. 친수용수는 농촌의 경관기능보전 및 친수활동을 위하여 필요한 용수로서 주로 비관개기에 친수환경을 위하여 공급하는 용수를 말한다. 친수활동이란 수변공간 중의 산책, 스포츠, 물놀이, 낚시 등의 레크리에이션이나 경관을 통하여 심리적, 정서적 만족을 얻는 활동을 말한다.

친수용수는 농경지에서 관개용수로서 소비되지 않는 용수이므로 송수시의 손실을 제외한 나머지의 양이 그대로 하천으로 환원된다. 친수용수는 수량 일부가 독립된 용수로서 관개기에는 관개용수를 친수용수로 활용할 수 있으나, 비관개기에는 별도의 친수용수의 수량이 필요하게 된다. 친수용수량은 하천유지용수량 범위내에서 고려하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 친수공간 조성에 필요한 용수량이 하천유지용수량 및 희석용수량을 초과할 경우 관련기관 및 주민의견을 수렴하여 별도의 초과용수를 고려할 수 있다.

친수용수량은 시간에 관계없이 거의 일정한 값을 갖고, 친수용수는 수로식 소수력발전과 연계하면 비관개기의 소수력 발전용수로서 유효하게 이용될 수 있다

다) 환경용수량 산정

1) 적용의 원칙

- ① 환경용수는 2급 지방하천 이하의 농촌용수구역내 소하천 및 용?배수로에서 일정유량을 보장하기 위한 것으로 저수지를 설계할 경우 필요한 저수량을 미리 확보해야 한다.
- ② 환경용수량은 계획지점의 기준갈수량과 관개구역내 중심마을 하수처리수의 희석에 필요한 수량, 친수용수량 등 농촌환경보전에 필요한 유량 중 큰 값을 적용한다.
- ③ 환경용수를 산정하기 위한 기준갈수량은 10년 빈도 갈수량을 의미하며 농촌환경보전유량은 관개구역내 중심마을의 하수처리 희석수량과

용·배수로 등의 시설물 유지·관리 수행 등 현지 여건에 따라 결정되는 가장 큰 수량을 의미한다.

- ④ 유역변경을 위한 저수지를 설계할 경우나 수리권 분쟁이 예상되는 곳, 환경보전이 지역사회 문제로 부각된 지역에 용수이용계획을 수립할 경우에는 지역주민, 지자체와 충분히 협의하고 현지여건을 감안하여 환경용수량을 결정하고 필요한 수량을 확보하도록 한다.
- ⑤ 환경용수는 댐이나 저수지 설치로 인하여 차단되는 기존의 갈수량을 보장해주는 것이므로 시설물을 설계할 경우 적정한 환경용수 방류시설을 설치하도록 해야 한다. 일본에서의 방류시설은 기준갈수량에 해당하는 $1\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 의 유량을 방류할 수 있도록 되어 있다. (일본 하천협회, 1999)

2) 기준 갈수량의 산정

기준 갈수량은 10년 빈도 갈수량으로 분석 기간 동안 매년 갈수량을 빈도 분석하여 비초과확률 10 %에 해당하는 갈수량이며 일반적으로 우리나라의 이수계획의 기준이 된다. 기준 갈수량의 산정은 실측자료가 있는 경우와 실측자료가 없는 경우로 구분할 수 있다.

가) 실측자료가 있는 경우

저수지 계획지점에 장기간 수위관측 자료가 있을 경우 이 자료를 이용하여 기준갈수량을 산정한다. 계획지점이 아닌 수계 내 상하류부의 수위 관측 자료를 활용할 경우에는 수위관측지점에서의 기준 갈수량을 산정한 다음, 양유역의 유역면적비, 비유량비 등에 의하여 계획지점의 기준 갈수량을 결정한다.

나) 실측자료가 없는 경우

실측자료가 없는 경우에는 기존 문헌자료에 나타난 수계별 또는 지역별 비유량자료를 활용하는 방법과 탱크모형과 같은 유출모형을 이용하여 일별 유출량을 모의발생시켜 기준 갈수량을 산정하는 방법으로 나눌 수 있다.

“농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편”(농림부, 1998)에는 유역상태에 따른 기준갈수량이 수록되어 있으므로 이를 활용할 수 있다. 위 설계기준에서는 유역상태를 다음의 4가지로 분류하여 10년 빈도 갈수량을 결정하고 있다.

- ① 유역내 양수장, 취입보 등 수리시설이 많고, 임상상태가 빈약 :
0.0902 m³/s/100 km²
- ② 유역내 임상 및 감수심도 보통이어서 갈수량이 보통 : 0.1804 m³/s/100 km²
- ③ 유역내 임상은 보통이나 감수심이 적어 갈수량이 비교적 많음 :
0.2706 m³/s/100 km²
- ④ 임상이 좋고 상류부 수리시설물이 적어 갈수량이 가장 많음 : 0.3608 m³/s/100 km²

기타 참고할 수 사항은 “하천유지유량 산정요령”(건설교통부, 1999) 등에 부분적으로 수록되어 있다. 이 자료는 미계측 유역의 갈수량을 비유량 개념으로 추정 가능하도록 수계 내 많은 수위관측소의 장기간 실측자료를 회귀분석하여 유도한 식으로 유역면적만 알면 동일 수계내 소하천의 기준갈수량을 산정할 수 있으나 소유역별 특성을 반영할 수 없는 단점이 있다. 금강 유역의 경우 유역면적별 기준갈수량 및 평균갈수량을 다음과 같이 제시하고 있다. 여기서 A는 유역면적(km²)이고 Q는 m³/s 이다.

$$Q_{\text{기준갈수량}} = 0.00283A^{0.878}$$

$$Q_{\text{평균갈수량}} = 0.00877A^{0.861}$$

실측자료와 적정한 비유량 자료가 없을 경우에는 일별 유출모형에 의한 모의발생 유출량을 이용하여 기준갈수량을 산정할 수 있다. 일유출량은 HOMWRS(Hydrologic Operation Model for Water Balance)의 유출량 부모형(DIROM) 또는 DAWAST모형으로 해당관측소의 강우량 자료를 이용하여 모의발생시켜 결정한다. 무계측 농업유역에서의 기준 갈수량 산정 예는 다음

과 같다.

(표 3.7) 무계측 농업유역에서의 기준갈수량 산정예 (단위 : m³/s/km²)

분 석 방 법	기준갈수량	비 고
농업생산기반정비사업계획설계기준(관개편) 적용	0.0018	유역임상 보통
하천유지유량 산정요령 회귀식 적용	0.0028	금강수계
HOMWRS에 의해 모의발생된 유출량자료 분석	0.0015	일반 농업유역

(2) 환경용수량을 고려한 농업용저수지 용량 결정 예

저수지 계획지점의 하천환경을 보전하기 위하여 환경용수 공급에 필요한 저수지 유효저수량을 확보하고자 할 경우에는 필요한 환경용수량을 산정한 다음 이 수량을 반영하여 시설물 모의조작기법에 의한 물수지 분석을 실시함으로써 결정할 수 있다. 이것은 일반적으로 농업용수 및 생·공업용수 공급에 필요한 저수량을 먼저 결정한 다음 환경용수량에 연간 일수를 곱하여 나타난 소요저수량을 더하여 저수지의 유효저수량을 결정할 경우 연간공급일수를 결정하기가 어렵고 과대한 설계가 될 우려가 있기 때문이다.

그러므로 환경용수량을 고려한 물수지 분석에서는 소수력 발전을 병행하여상시발전 방류량이 하천으로 직접 유입되고 이 수량이 환경용수량 보다 클 경우 또는 특정 일의 물수지 분석결과 환경용수량보다 많은 월류량이 발생할 경우에는 환경용수의 추가방류가 없는 것으로 물수지 분석을 실시하여 필요저수량을 결정하는 것이 바람직하다.

환경용수량을 고려한 저수지 모의조작 과정 및 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 일별 또는 순별 등 물수지 분석기간을 결정
- ② 분석기간의 농업용수, 생·공업용수, 환경용수 등 모든 공급량과 유입량을 반영하여 물수지 분석을 실시
- ③ 물수지 분석결과 무효방류량이나 하천방류량이 있을 경우 하천으로 방류되는 수량을 계산
- ④ 하천방류량과 환경용수량을 비교

- ⑤ 하천방류량이 클 경우 환경용수량을 제외하고 이 기간동안 물수지를 다시 실시한다. 하천방류량이 환경용수량 보다 작을 경우에는 그 차이만큼 추가 방류
- ⑥ 이와 같은 과정을 반복하여 전기간동안 물수지 분석을 실시한다.
- ⑦ 연최대 필요저수량 계열을 구하고 빈도분석하여 유효저수량을 결정
- ⑧ 환경용수량을 제외한 물수지 분석을 실시하여 유효저수량을 구하고 앞에서 구한 유효저수량과 비교

이상의 분석과정에 따라 중·소규모의 농업구역의 대하여 저수지 규모를 가정하고 환경용수량을 고려하여 물수지 분석을 실시하여 유효저수량을 결정한 결과를 요약하면 (표 3.8)과 같다. 여기에서 관개대상면적은 구역배율이 1/5배, 저수지 저수량규모는 단위저수량이 500mm가 되는 것으로 가정하여 분석한 것이다. 기상자료는 대전 기상관측소 자료를 적용하였다. 또한 기준갈수량은 (표 3.8)의 평균값인 0.0020 m³/s/km²를 적용하였다. 분석결과 사업규모 별로 차이가 있었으나 환경용수량을 고려하여 물수지 분석을 실시하였을 경우 개략적으로 6~17% 정도의 저수량이 더 필요한 것으로 분석되었다. 따라서 환경용수량을 저수지 설계에 반영하여 규모를 결정할 경우에는 현장여건 및 사업규모를 고려한 모의조작방식이 바람직함을 알 수 있다.

(표 3.8) 환경용수량을 고려한 유효저수량의 산정예

구 분	중규모지구	중소규모지구	소규모지구	비 고
구역면적 (ha)	10,000	5,000	1,000	
관개면적 (ha)	2,000	1,000	200	구역면적의 1/5
환경용수량 (m ³ /s)	0.20	0.100	0.020	무계측구역 평균 기준갈수량 적용
당초 필요저수량 (만m ³)	1,058.0	481.8	93.6	관개용수만 고려
변경 필요저수량 (만m ³)	1,167.0	513.2	110.2	관개용수와 환경용수 모두 고려
증 감 (만m ³)	109.0 (10.3%)	31.4 (6.5%)	16.6 (17.7%)	

3.4.2 한국수자원공사

2000년에 건설교통부에서 고시한 하천유지유량 산정요령(안)에 따르면 하천유지유량의 정의 및 산정의 기본방향에 대해 정립되어 있다.

(1) 하천유지유량의 정의

하천유지유량은 하천에서 유수의 정상적인 기능과 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량을 말한다.

(2) 하천유지유량 산정의 기본방향

- ① 갈수량 : 과거 자연상태 하천에서 갈수기에 흘렀던 유량으로서 자연과 사람이 공유할 수 있는 최소한의 유량을 말하며 기준갈수량, 평균갈수량 등을 산정한 후 해당 하천의 규모나 특성 및 유량공급 가능성 등을 고려하여 결정한다.
- ② 하천수질 보전 : 환경기초시설 등으로 최대한 처리한 후 남는 오염 부하량을 처리하는데 필요한 유량을 말한다.
- ③ 하천 생태계 보호 : 하천내 동식물의 서식처 유지에 적절한 수심, 유속 등 수리 조건을 제공할 수 있는 유량을 말한다.
- ④ 하천경관 보전 : 하천이 풍부하고 정서적으로 안정된 분위기를 제공할 수 있는 자연공간으로 유지될 수 있도록 시각적으로 만족감을 느낄 수 있는 최소한의 유량을 말한다.
- ⑤ 염수침입 방지 : 바닷물이 하구로 침입하여 염분 농도가 높아지면 하천수를 직접 이용할 수가 없게 되므로 이를 억제하거나 침입을 방지할 수 있는 최소한의 유량을 말한다.
- ⑥ 하구막힘 방지 : 하구 유속감소로 인해 하구에서 토사의 퇴적과 해안 모래의 침입 등으로 하구가 막혀 유수소통에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 제거하기 위한 유량을 말한다.
- ⑦ 하천시설물 및 취수원 보호 : 하천수위가 낮아져 물 속에 잠겨있던 하천시설물이 노출되어 부식되는 것을 방지하거나 또는 취수원 수심 확보를 위해 필요한 유량을 말한다.
- ⑧ 지하수위 유지 : 하천유량의 증감은 하천 주변의 지하수위에 직접

적으로 영향을 미치기 때문에 하천변에서 안정적으로 지하수위를 유지할 수 있는 유량을 말한다.

(3) 필요유량 산정

1) 하천 수질 보전을 위한 필요유량

하천수질 보전은 무엇보다도 하천에 유입되는 오염물질을 규제하거나 배출기준을 강화하여 하천유입을 근원적으로 차단 또는 경감하는 것이 가장 효율적이므로 환경기초시설 등에 의한 오염물질의 차단 및 처리여부, 하천의 수량공급 능력 등을 고려하여 접근하여야 한다.

하천수질보전을 위한 필요유량은 해당 하천의 목표수질을 달성하는데 필요한 유량으로서 환경기초시설 증설에 따른 오염물질의 처리능력과 비점오염원을 감안하여 (1) 수질특성 파악 및 평가대상 항목의 선정 (2) 목표연도 및 목표수질 기준 설정 (3) 오염부하량 조사 및 목표 연도별 오염부하량 산정 (4) 수질예측모형의 선정 및 수질예측 (5) 목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정과 같은 절차를 따른다.

필요유량 산정을 위한 수질평가 항목은 국내 하천수질의 평가기준으로 널리 활용되고 있는 생물화학적 산소요구량으로 한다. 그러나, 대상 하천에 따라 유입되는 오염부하량을 지배하거나 지역 특성상 특별히 고려해야 할 수질항목이 있는 경우에는 그 항목을 평가대상으로 추가할 수 있다.

2) 하천 생태계를 고려한 필요유량

하천생태계는 원칙적으로 하천에 서식하는 생물을 대상으로 하나, 사회적 중요도와 생태자료의 획득 가능성 등을 고려하여 하천에 서식하는 고등 생물인 어류를 대상으로 할 수 있다.

하천생태계를 고려한 필요유량은 (1) 생물분포 및 서식환경 조사 (2) 생태학적, 사회적 중요도와 보호종 등을 고려한 대표종과 대리종 선정 (3) 서식처 수리 및 수질 등과 같은 서식환경 조사, (4) 한계구간 설정 및 수리 특성 조사, (5) 필요유량 산정 등과 같은 절차에 따라 산정한다.

필요유량 산정은 가용한 자료와 필요성에 따라 수리학적 방법, 서식처 모의 방법, 또는 등류공식 등의 간략화 방법 등을 적용하여 산정할 수 있다.

3) 기타 항목을 고려한 필요유량

앞에서 정한 필요유량 산정 항목 이외에 하천경관보전, 지하수위의 유지, 염수침입 방지, 하구막힘 방지, 하천시설물의 보호와 같은 항목은 하천과 구간에 따라 필요할 경우에만 고려한다.

가. 하천경관 보전을 위한 필요유량

하천 경관을 고려한 필요유량은 수면폭과 유속, 수심 등을 고려하되 주로 수면폭을 확보하는 측면에서 결정하고, 대상구간과 지점선정, 평가기준의 선정 및 적용, 필요유량 산정과 같은 절차에 따른다. 단지, 해당 하천에 따라 유량만으로 경관을 유지할 수 없을 경우에는 수중보 등 수공구조물에 의한 수면폭과 수심을 확보할 수 있는 방안을 병행하여 검토한다.

필요유량 산정은 유량변화에 따른 수면폭, 유속, 수심, 하폭 및 사주의 크기 등 물리적인 경관요소의 변화가 하천경관에 미치는 영향을 관찰한 후, 유량 변동과 하천 경관간의 관계를 평가한 결과로 필요유량을 산정한다. 평가기준은 걸보기 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비(W/B)를 기준으로 조사지점에서 설문조사 방법 등을 통해 추정한다. 설문조사 방법은 표본 추출과정에서 대표성을 유지하고, 적절한 표본수를 확보하여 실제 상황이 반영되고 객관성을 유지할 수 있어야 한다.

나. 염수 침입 방지를 위한 필요유량

염수침입 방지를 위한 필요유량은 우선 하류부 등에서 염수침입 실태와 취수시설실태를 파악하여 바닷물 상승시 하류에 염수가 미치는 영향 등을 검토한 후 이에 대한 대책으로 필요량을 산정한다. 이때 염수침입 방지 대책은 하천유량을 증가시키는 방법 외에 하구둑의 설치, 취수시설의 개량 등도 병행하여 검토한다.

다. 하구 막힘 방지를 위한 필요유량

하구 막힘 방지를 위한 필요유량은 해당 하구에서 하구막힘 실태조사, 하구 막힘과 유황조건을 조사하여 결정하되 하구에 수제 또는 편향 구조물 등

과 같은 항구적인 인공시설물을 설치하여 유사이동을 조절하는 방안 등을 우선 검토한다.

라. 하천시설물 및 취수원 보호를 위한 필요유량

하천시설물 및 취수원 보호를 위한 필요유량 산정은 하천관리시설 실태, 하천관리시설과 하도 상황과의 관계 등을 조사하고 시설물의 유지관리상 일정한 수심유지가 필요한 시설물이 있을 경우 이러한 수리조건을 만족시키는 유량을 산정한다.

다만, 하천유지유량의 증가보다는 시설물의 재질 및 구조의 변경, 재설치 등 구조적인 측면에서 해결하는 방안을 우선적으로 검토한다.

마. 지하수위 유지를 위한 필요유량

하천변의 지하수 이용실태조사, 하천수위와 지하수 영향권 및 지하수 영향조사, 하도유황과 지하수위의 관계를 조사하여 결정하도 자료부족 등으로 정량적인 해석이 곤란할 경우에는 과거 지하수 고갈상황 등에 대한 기록이나 인근 주민들의 탐문조사를 통하여 정성적으로 판단하여 설정할 수 있다.

3.4.3 수계별 하천유지용수 산정

하천유지유량과 이수유량을 합한 정상유량은 1993년 하천시설기준에서 하천관리유량 개념으로 전환되었다. 낙동강 하천정비계획(1987), 용천 하천정비 계획(1988) 등에서 정상유량이 적용되었다. 하천유지유량은 평균갈수량과 환경보존유량 중에서 큰 값으로 결정한다.

평균갈수량은 자연상태의 하천에서 갈수기에도 흘렀다고 볼 수 있는 갈수량, 즉 하천의 건천화 방지 등 자연하천이 갖고 있는 최소한의 기능을 수행하도록 하류에 흐르게 보장해 주어야 할 유량이다. 환경보존유량은 주운, 염해의 방지, 하천관리시설의 보호, 수질보전, 어업, 하구폐색의 방지, 지하수위의 유지, 동식물의 보호, 경관 기능을 종합적으로 고려하여 하천환경보존을 위하여 설정하는 유량이다. 인위적인 하천환경변화에 따라 변화할 수 있는 유량으로 수질기준 및 하류의 하구언 및 수중보 같은 인위적 시설물 설치,

하수처리장 건설 등과 같은 사회적 요건에 따라 달라질 수 있으며 적절한 하천환경을 보존하기 위하여 필요한 유량으로 비소비성 유량이다.

하천유지유량은 자연적 요인인 평균갈수량과 인위적 요인인 환경보존유량에서 값이 큰 유량으로 설정하며, 이는 하천의 정상적 기능 및 상태를 유지하기 위하여 수요와 공급측면의 두 가지 측면을 다 만족하는 유량을 말한다. 기존 개념들과 비교하여 수문학적 측면에서 이러한 하천유지유량은 여러 갈수량 중에서 공급가능한 양으로서 자연 상태하의 평균갈수량을 정의하여 모든 지점에서 일관성 있게 적용할 수 있다. 기존의 하천유지유량은 갈수기를 기준으로 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위하여 산정하였으나 수문학적으로 볼 때 갈수기의 기준이 모호한 문제가 있다. 일반적으로 갈수량이라 할 수 있는 것은 기왕 최대 갈수량과 빈도분석에 의한 갈수량 및 최근 10년간의 갈수량 중 제 1 위의 갈수량, 10년 빈도 7일 갈수량, 평균갈수량 등이 있다. ‘이천 하천정비 종합계획(1993)’, ‘21세기를 바라보는 수자원 전망(1993)’, 낙동강 하천정비 기본계획(1991), 수자원장기종합계획1991-2011(1990), 한강 하천유지용수 산정에 관한 연구(1990) 등에서 적용되었다.

하천유지유량을 결정하는데 평균갈수량과 환경보존유량을 모두 사용하는 것은 관리제도적 측면에서도 장래 수권문제에 효과적으로 대처할 수 있는 장점을 가진다. 하천유지유량에 이수유량과 같이 하나의 수권을 부여함으로써 타용도로 전용할 수 없고 하류에 흐르도록 보장할 수 있다. 따라서 상류에서의 무분별한 유량의 과점이나 하류에서의 과도한 취수 등을 제한할 수 있는 근거를 부여할 수 있다. 그리고 자연상태의 하천에서 갈수기에 흘렀던 유량을 제외하고는 댐 등과 같은 수리시설물이나 다른 수단에 의하여 증가된 것으로 볼 수 있기 때문에 평균갈수량 이외에 추가로 필요한 유량은 수원을 확보하거나 수요를 감소시키는 방안을 강구하게 되고, 하류에서 수권을 갖고 있는 하천유지유량 이외에 추가로 필요한 유량은 원칙적으로 수혜자에게 그 비용을 부담시킬 수 있는 근거가 될 수 있다.

또 공급측면의 평균갈수량과 수요측면의 환경보존유량을 설정함으로써 공급측면에서 공급가능량과 수요측면에서 필요량을 비교하게 됨으로써 적절한 하천관리계획을 세울 수 있게 된다. 수요량에 비추어 공급량이 부족할 때는

댐 등과 같이 공급량을 증가시킬 수 있는 시설을 설치할 수 있으며, 공급가능량에 비추어 수요량이 과대할 때는 배수수질기준을 높이거나 하수처리시설을 설치하여 수요량을 감소시킬 수 있다.

(표 3.9) 수계별 하천유지용수 산정결과(건설교통부, 2000) (단위:백만m³/년)

구 분	1998	2001	2006	2011	2016	2020	비 고
계	7,091	7,548	7,737	8,368	8,368	8,368	
한 강	3,015	3,311	3,311	3,374	3,374	3,374	한강대교(재산정)
낙동강	1,563	1,671	1,797	2,113	2,113	2,113	진동(재산정)
금 강	1,019	1,072	1,135	1,387	1,387	1,387	규암(재산정)
영산강	315	315	315	315	315	315	나주('96년계획)
섬진강	173	173	173	173	173	173	송정('96년계획)
임진강	590	590	590	590	590	590	('96년계획)
안성천	120	120	120	120	120	120	('96년계획)
삽교천	95	95	95	95	95	95	('96년계획)
만경강	63	63	63	63	63	63	('96년계획)
동진강	16	16	16	16	16	16	('96년계획)
탐진강	8	8	8	8	8	8	('96년계획)
형산강	73	73	73	73	73	73	('96년계획)
태화강	41	41	41	41	41	41	('96년계획)

주1) 하천유지용수는 환경부 수질 정책을 위해 설정된 목표수질 또는 갈수기 목표 수질을 달성하기 위해 필요한 유량임

주2) 영산강과 섬진강은 수질보전유량이고, 기타 하천은 평균갈수량임

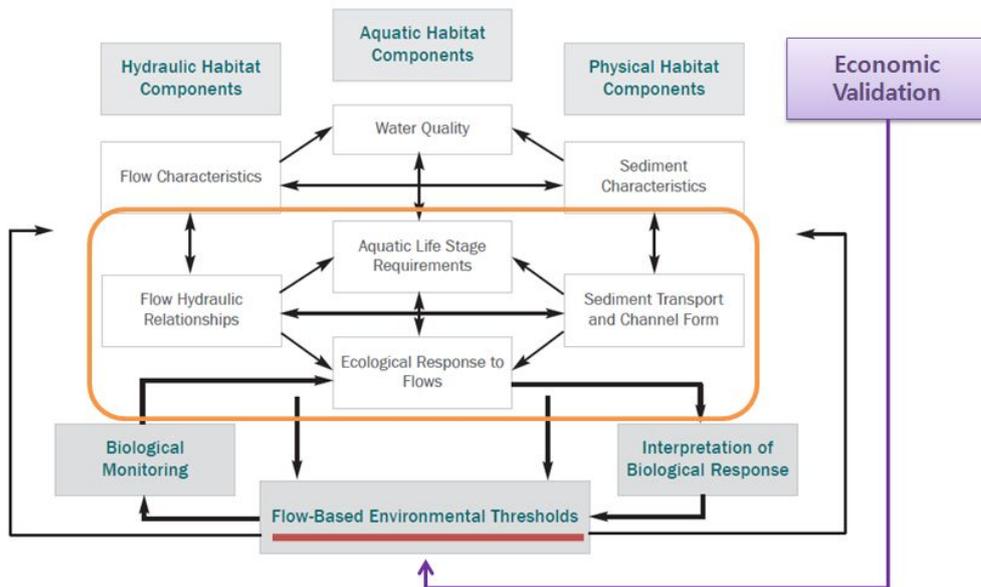
주3) 2011년 이후는 정책에 반영할 수 있는 수질개선 계획이 제시되지 않아 동일한 수질보전유량을 설정한 결과임

3.4.4 환경용수 산정 절차

Poff 등(1997)이나 Richter 등(1996)은 하천 유황을 자연유황(natural flow regime)으로 복원하여 하천의 생태 서식처를 조성하고 생태계 다양성 확보를 하는 것을 환경용수 결정의 목표로 하였다. 하천 유황은 수온, 하천 지형, 생태 다양성 등과 같은 물리화학적 특성들과 밀접한 관계가 있다. 자연유황의 생물학적, 수문/수리학적, 하천지형학적, 수질, 그리고 수문지질학적 요소에

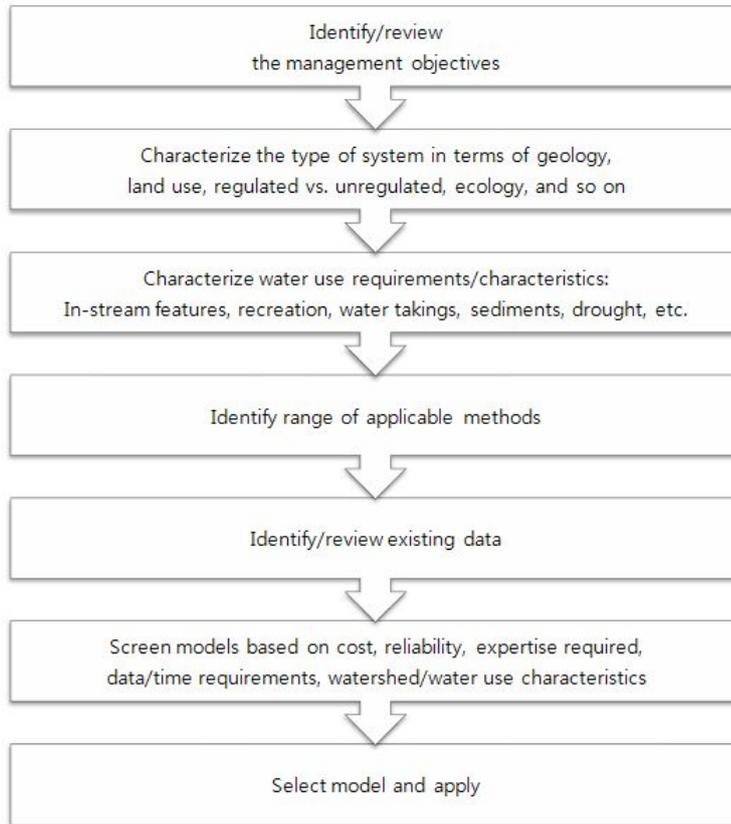
대하여 적절한 생태 환경을 유지할 수 있는 조건을 찾는 것이 바로 환경용수의 산정 과정이 된다(<그림 3.5>).

환경용수의 조사와 결정은 먼저 유역단위, 하천구간, 유출지점 등 공간단위에 따라 달라지며, 둘째 일별인지 월별인지 계절별인 분석 시간단위에 따라서도 고려되어야 한다. 셋째 하천 흐름의 종류는 하천의 차수와 네트워크 조직에 따라 영향을 받으며, 넷째 유황의 계절적 변화에 따른 흐름의 영향을 고려할 수 있어야 하고 다섯째 흐름 조건과 생태계 서식지 및 생물 군락을 관계를 바탕으로 결정되어야 한다. 마지막으로 경제적 타당성을 검토하여 무형, 유형의 이득을 고려한다.



<그림 3.5> 환경용수 산정(Aquafor Beech, 2005)

환경용수 산정 기법을 선택하는 기본적인 절차는 <그림 3.6>과 같이 요약될 수 있다. 먼저 관리 목표가 설정되고 다음 지질, 토지이용, 법률, 생태 등의 특성과 물이용 및 수리/수문 특성을 조사한다. 그리고 수집한 자료로부터 적용할 수 있는 모델과 환경용수 산정 기법을 검토하고, 비용, 신뢰성, 전문성, 소요 시간, 공간단위 등의 조건 등을 고려하여 최선의 대안을 선정한다.



<그림 3.6> 환경용수 산정 기법의 선정 절차

대상 하천이 결정되고 조사된 자료의 수준과 폭에 따라 환경용수 산정 방법이 결정되면 관리 목표에 따라 환경용수 산정 작업을 진행할 수 있다. 전체적인 절차는 다음의 설명과 같다.

(1) 대상 하천의 한정

실질적으로 농촌지역 소하천을 모두 관리하고 해당 환경용수를 결정하는 것은 가능하지 않기 때문에 우선적으로 관심 지역을 한정하는 것이 필요하다. 우선 지역을 선정하기 위해서는 해당 구간의 중요성을 평가할 수 있으면서 현실적으로 조사, 분석이 가능한 기준이 마련되어야 한다. 농촌지역 대부분의 하천에 대하여 사실상 관측자료가 없고 관련 환경자료를 파악할 수 없

으므로 하천과 해당 유역의 지형학적 조건, 그리고 기후학적 특성에 의존할 수밖에 없다. 따라서 전국적인 농촌 하천의 관리를 위해서는 이들 조건들을 분석하고 평가할 수 있는 환경과 시스템을 구축하여야 한다.

(2) 대표구간의 선정

대상 하천이 선정되면 복수의 구간으로 나누고 유량과 수질, 생태환경 등을 모니터링 할 수 있는 대표지점을 선정하여야 한다. 관개지구하고 밀접한 관계가 있기 때문에 하천의 자연적 분지나 합류점 외에도 용배수로와 저수지 등 수원공과의 연계도 고려하여야 한다.

(3) 갈수량 결정

대부분의 농촌 하천에서 관측자료를 기대할 수 없으므로 유역 유출 모델링이나 계측지역의 자료에 의한 비유량 등으로 갈수량을 산정할 수 있는 방법을 도입하여야 한다. 다양한 유역 조건에 적용되어야 하므로 모델은 간단하면서도 신뢰성있는 결과를 도출할 수 있어야 한다. 유역의 토지이용 변화와 기상조건, 농업용수의 사용, 그리고 물관리 방법에 따라서 하천 유황이 달라질 수 있으므로 이들 변화를 반영할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 비유량 법과 같이 유역의 특성을 나타내는 몇 개의 인자와 하천 유량사이의 관계를 찾아내어 간단한 공식을 만들어 사용할 수도 있다. 그러나 이는 유역 특성이 다른 다양한 지역에서의 관측자료를 필요로 하고 하천 유량과의 상관성을 찾아내야 하므로 결과에 비하여 과정에 많은 시간과 노력이 든다.

농림부(1999)에 따르면 유역내 수문관측자료를 활용하여 기준갈수량 및 평균갈수량을 산정하며, 수문관측자료가 없을 경우에는 인근 수문관측소의 기준갈수량이나 평균갈수량의 비유량 자료를 수집하여 해당지구의 유역면적비에 의해 기준갈수량 및 평균갈수량을 산정한다.

환경용수를 산정하기 위한 기준갈수량은 10년 빈도 갈수량을 의미하며 농촌환경보전유량은 관개구역내 중심마을의 하수처리 희석수량과 용·배수로 등의 시설물 유지·관리 수량 등 현지 여건에 따라 결정되는 가장 큰 수량을 의미한다. 농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편(농림부, 1998)의 유역상

태에 따른 기준갈수량을 활용할 수도 있다. 설계기준에 따르면 유역상태를 4가지로 분류하였는데, 유역내 양수장, 취입보 등 수리시설이 많고 유역내 임상상태가 빈약할 경우에는 $0.0902\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$, 유역내 임상 및 수리시설물이 보통인 경우에는 $0.1804\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$, 임상이 좋고 상류부 수리시설물이 거의 없는 지역은 $0.3608\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 를 10년 빈도 갈수량으로 적용하고 있다.

(4) 주요 하천기능별 필요유량 결정

건설부에서 제시한 환경보존유량을 고려하는 경우라도 농촌 소하천에 하천 기능을 모두 고려하는 것은 현실적으로 타당하지 않다. 구간별 하천의 특성과 주변 여건을 고려하여 대상 하천에서 고려해야 하는 적절한 기능을 설정할 필요가 있으며, 그에 따라 각각의 기능에 필요한 유량을 결정한다.

하천 구간별 기능과 그 기능의 유지 수준에 대한 뚜렷한 관리 목표가 설정되어야 한다. 그리고 영국에서 사용하는 환경점수와 같이 각 기능과 그에 의한 성과를 계량할 수 있는 기준이 마련되어야 하고, 이것과 비교하여 환경용수의 적절성을 판단할 수 있도록 하여야 한다.

(5) 환경용수의 결정

건설부에서 제시하고 있는 Max.(평균갈수량, 환경보존유량) 개념을 농촌 지역 소하천에도 일관되게 적용한다. 다만 기후와 영농활동에 의한 계절적 편이가 큰 만큼 월 혹은 계절단위로 각 하천 구간별 환경용수가 결정되어야 한다. 하천유지유량이 결정되면 이를 공급할 수 있는 해당 유역의 가용수자원 현황과 비교하여 용수 확보 여부를 판단하고, 부족한 경우에는 환경용수의 확보를 위한 방안을 구상하여야 한다. 이들 작업은 기본적으로 연구자의 검토와 판단에 의존하게 되는데 만약 관련 자료들이 전산화되고 적절한 의사결정 지원 수단이 강구된다면 보다 효율적으로 환경용수의 산정 혹은 갱신할 수 있을 것이다.

3.5 결과 및 고찰

기존 환경용수는 농촌지역이 아닌 도시 내에서 자연적 유역단위의 접근보다는 도시를 관통하는 하천의 휴식공간으로의 활용에 필요한 유량을 확보하는데 목표를 두고 있고, 다음으로 현행법에서 정의하고 있는 환경용수와 하천유지용수의 개념이 모호한 상태이기 때문에 상대적으로 국토 환경의 핵심인 농촌지역에서의 환경용수 문제는 그 필요성과 기술적 연구에 대한 관심과 투자가 크지 않았다. 청계천이나 양재천의 경우처럼 도시하천의 경우는 친수공간 활용 위주로 이루어 지다보니 환경용수량의 적정성이나 하천의 생태계에 미치는 영향을 고려한 확보가 이루어지기 쉽지 않은 것이 사실이고 그렇다보니 이런 사업들에서 진정한 환경용수 산정과 확보, 관리를 위한 노하우가 축적되지 못하는 현실이다.

우리나라의 경우 원래 환경용수를 확보해야 할 가장 중요한 고려인자의 하나인 서식처 제공이나 하천생태계의 유지에 필요한 유량에 대한 적정성이나 확보된 유량에 대한 모니터링을 통한 평가가 이루어지지 않거나 축적된 자료가 많지 않은 실정이다. 또한 수자원관리 차원에서 주요 하천과 시설의 유량이 관측되고는 있지만 그 역사가 길지 않고 농촌지역에 많은 소하천의 경우는 사실상 거의 계측이 이뤄지지 않고 있다.

무계측지역인 경우엔 물리적 모델에 의존할 수도 있으나 유역의 크기가 작은 만큼 검증할 수 없는 결과는 그 신뢰도 또한 높지 않다. 더욱이 생태계 환경에 대한 이해와 하천 흐름이 생태계에 미치는 영향을 분석함으로써 환경용수의 산정과 관리가 가능함에도 불구하고 농촌용수 관리에서 생태학적 관리 기술이 반영되거나 관련 전문인력 양성은 매우 저조한 형편이기 때문에 형식적인 환경용수 산정에서 벗어나지 못하는 한계를 갖고 있다. 그리고 국내 물관리 사업의 특성상 단기간에 이뤄지는 연구와 사업이 대부분인지라 해외 선진국의 사례와 같이 장기간에 걸친 조직적인 모니터링과 분석 및 대안 도출을 기대할 수 없는 실정도 환경용수 결정의 걸림돌이라 할 수 있다.

농촌지역에서 환경용수는 주로 저수지나 보에서 확보된 물을 공급하는 것인데 설계상 환경용수에 대한 고려가 없이 준공된 수원이므로 하류에 필요한 환경용수를 공급할 때는 시설의 보강이나 미묘한 물관리 기술 개발이 선행되

어야 한다. 그리고 대부분의 농업용 수리시설이 규모가 크지 않기 때문에 시기적으로나 양적으로 유효한 관리가 어려운 문제도 안고 있다.

한편, 환경용수를 확보하고 공급하는데 있어서 공급자와 수혜자의 책임과 부담에 대한 갈등이 명확하게 해결되지 못한 상태이기 때문에 제도적인 뒷받침 또한 기대하기 어렵다. 우리나라 물 공급주체를 크게 보면 농림수산식품부와 국토해양부이다. 환경부는 물 공급주체라기 보다는 상수도를 관리하는 위치에 있으며 자체적으로 물을 공급한다고 볼 수 없다. 농업분야 외부에서는 농촌지역을 중심으로 수많은 물 공급시설을 보유하고 있는 한국농어촌공사의 물 공급역할에 대한 장기적인 비전이 필요하다고 하면서 관개용 농업용수 공급만이 아니라 농업용 수리시설들의 연계관리를 통하여 농촌지역의 생활용수, 농공단지, 환경용수 등에 필요한 용수까지도 부담할 수 있기를 요구받기도 한다.

매년 농경지의 감소 등으로 농업용수의 공급기능을 상실한 농업용 저수지는 2000년 이후 만을 보더라도 매년 적게는 28개소, 많게는 83개의 저수지가 용도 폐기되고 있는 실정이다. 농업용으로 건설된 보의 경우도 매년 많게는 298개 정도가 용도 폐기되고 있다. 농업용 저수지에 대한 적극적인 활용방안을 마련하지 않을 경우에는 용도 폐기되는 저수지의 수는 계속 증가할 전망이다. 이로 농촌지역에 산재한 농업용 저수지의 적극적 활용을 위해서는 관개용수에 국한시킬 것이 아니라 농촌지역의 생활 환경개선 차원에서 농촌 환경용수의 확보 및 공급이라는 큰 정책적 차원에서 접근이 필요하다고 한다(김종원 등, 2007). 이를 위해 농업용 저수지의 경우에도 관개용수와 환경용수로의 공급이 가능하도록 관련 제도의 개선이 필요하고, 환경개선용수로의 판매가 가능하도록 관련 법 조항의 개정이 필요함과 동시에 농시에 소하천, 지방하천 등을 통하여 환경용수를 공급할 대상지가 없더라도 저수지 자체의 유지관리를 통한 환경용수의 확보 차원에서 필요한 예산의 확보를 위한 노력이 요구된다고 주장한다. 여기에는 중앙정부 차원에서 예산을 신설하는 방법 외에도 기존의 수계별 물이용 부담금을 활용하는 방안도 적극적으로 검토할 필요가 있다. 동시에 일정규모 이상의 농업용 저수지의 생활용수 판매이익금, 환경용수로의 판매이익금의 일정액을 유지관리비로 활용할 수 있는 방안도 가능할 것

이다(김종원 등, 2007)

일본, 호주 등 선진 국가에서 환경용수 배분의 원칙은 예컨대 도시개발이나 댐의 건설로 특정 하천의 건전화 발생했을 때, 개발 이전의 수량을 확보하는 목표로 환경용수의 배분이 시행되고 있는 실정이다. 우리나라에서의 환경용수 배분에서 경제모형의 적용을 위해서는 생태환경에 대한 가치 추정 연구가 축적이 되어야 가능할 것으로 판단된다. 캘리포니아에서는 수자원 배분을 위해 캘빈(CALVIN)모형과 같은 시스템분석 기법이 사용되고 있다. 시스템분석 기법은 개별 강이나 하천의 용도별 수자원배분에 중점을 주는 것이 아니라, 광역수계에 포함되는 모든 소규모 강, 하천, 지류 등을 묶어서 하나의 시스템으로 파악하는 것이다. 이들 광역수계 전체를 여러 하위 지점으로 쪼개어 각 지점의 수량 유출입을 종합적으로 판단하여 전체적으로 수자원을 배분하는 기법이다.

그러나 하천유지유량이 국토건설종합계획, 하천정비기본계획의 작성 및 저수관리 등에 있어서 중요한 의미를 갖고 있음에도 불구하고 아직 하천유지유량에 대한 명확한 기준과 방법을 정립하지 못하는 실정이다. 지금까지 대체적으로 하천정비기본계획 등에서 해당 하천의 하천유지유량을 제시하여 왔으나 구체적인 산정 기준이나 방법에 따르기보다는 대부분 간단한 유황 분석 또는 인근 지점의 갈수량, 즉 기준갈수량 또는 평균갈수량을 이용하여 비유량법으로 하천유지유량을 설정하기도 하였다.

특히 하천시설기준(건설부)에서 그 기준을 정하여 하천유지유량은 평균갈수량과 환경보전유량 중 큰 값을 취한다고 되어 있지만 환경보전유량을 계량화하기 위한 명확한 산정 기준이 제시되어 있지 않아 결과적으로 평균갈수량을 하천유지유량으로 설정할 수밖에 없는 실정이다.

3.6 요약 및 결론

가. 환경용수 산정기법

- 하천유지유량 산정기법은 일반적으로 수문학적 접근법(Hydrological approach), 수리학적 접근법(Hydraulic rating approach), 서식지 모델링 기법(Habitat simulation method), 그리고 통합적 방법(Holistic method)으로 구분할 수 있음
- 수문학적 접근법은 역사적 수문자료를 사용하는 접근법으로 장기간에 걸쳐 관측된 하천의 흐름 자료를 바탕으로 하천유지유량은 연유량 혹은 월유량에 대한 평균 혹은 중간값의 백분율로 나타낼 수 있으며, 하천유량에 대한 초과확률이나 유량지속곡선으로부터 계산
- 서식지 모델링 기법은 어느 정도의 유량에서는 어떤 종류의 생물이 보존될 수 있는가를 실증적으로 조사한 표를 작성하여 어느 수준의 생태를 확보할 것인가를 결정
- 수리학적 접근법은 물고기 서식지와 같은 하천자원과 유량변화의 양과 질 사이의 계량적 관계를 이용하는 방법으로 기본적인 수리학적 변수(하천횡단면에서의 윤변, 최대수심, 평균유속 등)들을 이용
- 통합적 접근법은 유량관련 자료와 지식을 활용하는 방법인데, 전문가 그룹의 자문을 받는 방법과 혼용하여 활용하는 방법
- 콤비네이션 방법은 주로 다변량 통계 기법이 적용되는 하이브리드(hybrid)기법으로 4가지 하천유지유량 산정기법(hydrological, hydraulic rating, habitat simulation, holistic)들 중에서 두 개 이상을 고려하여 결정

나. 농어촌 환경용수 산정 방안

- 환경용수는 하천유지유량과 기본적인 추구 목적이 유사하므로 기존 하천유지유량 산정 방법을 참고하여 목적별 환경용수 산정을 위한 방법으로 도입함
- 하천유지유량은 하천이 갖는 고유의 자연갈수량을 설정한 것으로서 하천특성을 유지하는 최소한의 자연갈수량으로 설정

- 환경용수를 산정할 때 현실적으로 생태계보전과 경관유지 등의 항목에 대해서는 계량화가 곤란하기 때문에 특수한 경우를 제외하고는 관개구역내의 중심 마을에서 배출되는 하수처리 방류수를 희석하기 위한 수량 등 수질보전 항목을 위주로 환경용수를 산정
- 하천의 생태계, 서식처를 보존하기 위한 유량은 하천을 보전하거나 복원하기 위해 필요한 생태계를 대상으로 하되 주로 하천에서 대표어종이 서식하기 위해 하천이 확보해야 하는 수리 조건(수심, 유속, 하상재료 등)을 만족할 수 있는 유량을 말한다. 특별히 하천 구간내 상업적인 어종이나 기타 보호 어종 또는 천연기념물과 같은 어종을 관리할 필요가 있을 때 산정
- 천 경관을 고려한 필요유량 산정에서는 하천경관을 고려한 필요유량 산정방법의 검토하고 경관을 고려한 필요유량과 대상구간의 선정과 필요유량의 산정

다. 국내외 하천유지유량 산정 및 적용사례

- 금강수계의 하천유지유량 산정에서는 수문학적 접근에 의한 갈수량 산정 이외에 하천 생태계를 고려한 필요유량 산정에서는 어류 조사, 대표어종과 서식환경, 한계구간과 필요유량 결정에 대해 조사를 실시하였음
- 한강에서는 하천을 자연유황 형태로 복원하여 생태계의 다양성을 확보할 수 있는 목표 하천유량관리 수준을 결정하기 위하여 RVA(Range of Variability Approach) 방법을 적용하였으며, 댐건설 전후의 자연유황의 변화 양상을 비교하여 각종 유황을 계산하였으나 수질이나 생태계 영향에 대해서는 고려하지 않음
- 안양시에서는 안양천 하천정비 사업을 추진하면서 하천정비사업 후에 필요한 하천유지용수는 1일 44,900m³로 결정

라. 환경용수 산정사례

- "농업생산기반정비사업계획설계기준 관개편"(농림부, 1998)에는 유역

상태에 따른 기준갈수량을 계산하여 수록

- 설계기준에 따르면 유역상태를 4가지로 분류하였는데, 유역내 양수장, 취입보 등 수리시설이 많고 유역내 임상상태가 빈약할 경우에는 $0.0902\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$, 유역내 임상 및 수리시설물이 보통인 경우에는 $0.1804\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$, 임상이 좋고 상류부 수리시설물이 거의 없는 지역은 $0.3608\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 를 10년 빈도 갈수량으로 적용
- “하천유지유량 산정요령”(건설교통부, 1999)에는 미계측 유역의 갈수량을 비유량 개념으로 추정 가능하도록 수계 내 많은 수위관측소의 장기간 실측자료를 회귀분석하여 소하천의 기준갈수량 및 평균갈수량을 산정할 수 있는 회귀식을 제시

참고문헌

1. 건설교통부, 1993, 하천시설기준
2. 고익환, 박상영, 김정근, 2008, 하천의 생태·수문학적 평가방법. 한국수자원학회지 41(10): 24-29
3. 고익환, 윤석영, 노재화, 2008, 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량, 한국수자원학회지 41(4): 10-14
4. 김종원, 김창현, 심우배, 한동근, 2007, 환경용수 확보를 위한 중앙정부와 지방정부의 역할 분담과 정책 과제, 국토연구원
5. 농어촌연구원, 2005, 농촌지역 소하천의 유지유량 확보 및 관리방안 연구, 농업기반공사
6. 대전지방국토관리청, 1999, 금강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서, 건설교통부
7. 안시권, 조영현, 성영두, 2008, 댐 하류하천 환경개선을 위한 다목적댐 증가방류 효과 고찰. 한국수자원학회지 41(10): 41-47
8. 이동률, 강성규, 우효섭, 2005, 자연유황과 하천복원: 한강유역 사례, 2005년 대한토목학회 정기학술대회발표논문집
9. 정성수, 김경섭, 2008, 안양천에서 QUAL2E와 QUAL2K 모델의 적용 및 평가. 대한환경공학회지 30(5): 544-551.

10. 한국수자원공사, 1995, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용.
IPD-95-2. 연구보고서, 247-264

제4장 농어촌 환경용수 실태조사

4.1 서론

4.2 환경용수 실태조사의 필요성

4.3 하천 현황 조사

4.4 환경용수 공급 모니터링

4.5 결론

참고문헌

제4장 농어촌 환경용수 실태조사

4.1 서론

생태계 보전을 위한 필요유량 산정은 구체적인 산정기준이나 방법보다는 유역이 갖는 고유의 갈수량과 같은 일정유량을 지배적인 인자로 보아왔으며, 유량의 변화에 따라 서식처 수리조건(수심 및 유속)이 먼저 한계에 달하는 여울을 대상으로 하천생태계의 먹이사슬 상층부에 속하는 어류를 중심으로 서식처 환경에 대한 평가방법의 적용과 이를 이용한 최적유량을 산정하는 연구가 진행되어 왔다(한국수자원공사, 1995) 일반적으로 환경용수는 계절적 변화를 고려하여야 하고, 특정 지점에서만이 아니라 하천의 전 구간에 걸친 문제이며, 미묘한 생태계 변화도 감지하여야 하므로 적정한 위치 선정과 지속적으로 일관된 관측이 수행되어야 한다.

우리나라의 하천유지용수 산정은 대하천에 국한되고 있으며, 전국 구간에 획일적이고 제한된 항목을 기준으로 하고 있는 등 전반적으로 볼 때 생공용수의 개념까지 접근하지 못하고 있다. 앞서 사례들에서처럼 생태용수로서의 기능을 하기 위한 고려요소는 기후, 토지이용, 지하수, 물이용, 댐, 저수지, 장래 물이용 변화, 어류, 수질, 문화·심미, 여가 등이 종합적으로 고려되어야 한다. 그리고 이것이 성공적으로 이뤄질 수 있도록 관련 제도정비, 환경유량결정에 필요한 수문정보, 전문가 집단의 네트워크 구축, 재원, 환경용수의 공급을 위한 계획적 기간의 설정 등을 종합적으로 도모할 필요가 있다.

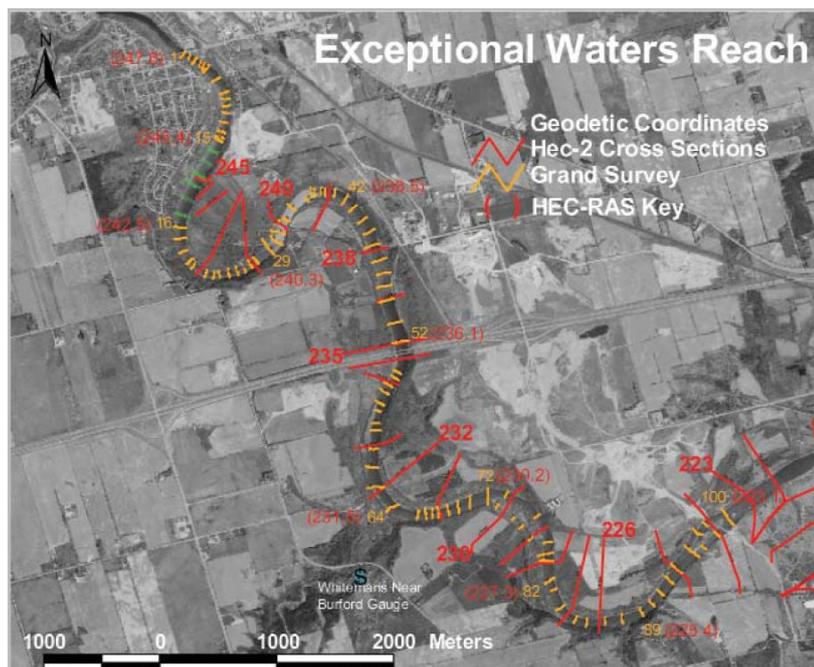
본 장에서는 농어촌 환경용수의 적용을 위한 하천운영 실태, 하천유량 모니터링을 통해 기존 농업용 수원공으로부터의 환경용수 공급 가능성을 분석하고 적절한 관리방안을 수립하는 데 활용하고자 한다.

4.2 환경용수 실태조사의 필요성

우리나라에서는 한강 사례(이동률 등, 2005)에서와 같이 대형 하천의 경우에는 장기간에 걸친 흐름 관측자료가 구축되어 있어 그나마 환경용수 산정 기법의 몇 가지를 적용할 수 있었으나 생태계와 서식지에 미치는 영향을 평가할 수는 없었다. 농촌유역과 같이 소하천이 주를 이루는 시스템에서는 유

량 관측마저도 이뤄지는 곳을 찾기 쉽지 않고 설사 관측시설이 설치되었다더라도 축적된 자료가 많지 않은 실정이다. 물론 생태계 영향에 관한 지식은 매우 제한적인데 이것은 자동화 설비를 도입하기 힘들고 숙련된 전문가의 참여가 필요하기 때문이다. IWMI(International Water Management Institute)나 세계은행의 경우와 같이 해외 사례를 살펴보면 목적에 맞게 환경용수 산정 기법을 일정하게 정한 후 현장 모니터링 시스템을 운영하는 것과 동시에 기존에 관측된 성과 자료의 수준에 따라 적절한 환경용수 산정 절차를 결정하는 체계를 찾을 수 있다. 어떤 방식이든 잘 구축된 현장 모니터링이 결과의 신뢰에 결정적임을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 우선 기존 사례를 참고하여 농촌 소하천에서의 환경용수 산정과 관리에 필요한 항목을 예비하고 현장 관측 모니터링 방향을 논의하고자 하였다. 캐나다 온타리오(Ontario) 사례를 보면 유역의 크기, 수문 관측 데이터 유무, 수문학적 혹은 수리학적 모형, 전문성, 수문, 수리, 그리고 생태학적 유역특성과 영향에 대한 이해, 수리권 등에 따라 환경용수 산정의 목표를 설정하였다(Aquafor Beech, 2005).



<그림 3.7> 하천 구간별 단면 조사 예

기본적으로 수위 및 유량 계측소, 강수량, 용설량 및 기온 관측소, 어류 생태 정보, 하천 지도, 수문모델, 흐름 제어시설을 고려한 수리 모델, 흐름 제어시설을 고려한 장기 수위 관측 자료, 정수 처리 및 방류량, 토지이용 현황과 전망, 취수권 등의 자료를 수집하였고 여러 계절에 걸쳐 현장 모니터링을 실시함으로써 상세 정보를 취득하였다. 결과로서 전체 하천 구간에 하천 특성(하천 폭, 수심, 유량, 유속, 제방, 저수위 때 고려할 구간, 잠재적 어류 피난처, 서식처 특성 등)의 상세 지도를 작성하였다. 하천의 각 구간별로 단면 형상을 측량하고 유량과 그에 따른 흐름 폭, 깊이, 유속을 관측하였으며 서식하는 어류 및 저생 무척추 생물 리스트를 작성하였고 온도, 용존산소, pH 등의 주간 및 계절 변화를 연속적으로 조사하였다. 하천지형의 변화를 추적할 수 있는 항공사진 기록을 수집하고 수생 식물군락의 서식지 상세 지도를 작성하였으며 강수와 증발 등 물수지 변화로 저수량과 하천 유량에 미치는 영향을 평가하였다. 이렇게 상세한 하천 단면과 관계된 다양한 환경변수가 흐름의 변화에 어떻게 영향을 미치는지를 수문/수리모델, 스프레드시트 방법, 전문가 참여 등으로 검토하고 물관리 전략의 비교를 수행하였다.

김종원 등(2007)은 기본적인 하천 모니터링을 중앙정부의 책임으로 구분하였다. 하천의 주요 지점별 유량정보의 구축 및 제공을 국가에서 담당하여야 한다는 것이다. 유량정보에는 하천유지유량, 이수유량, 여유유량 등의 정보를 담은 물수지 분석을 제공한다. 하천유량은 수위-유량관계를 통하여 계산하는 것이 일반적이데, 수위자료에는 자료의 부족, 보정문제, 하상의 변화 등으로 측정치에 상당한 오차가 내재될 수 있음을 인지할 필요가 있다.

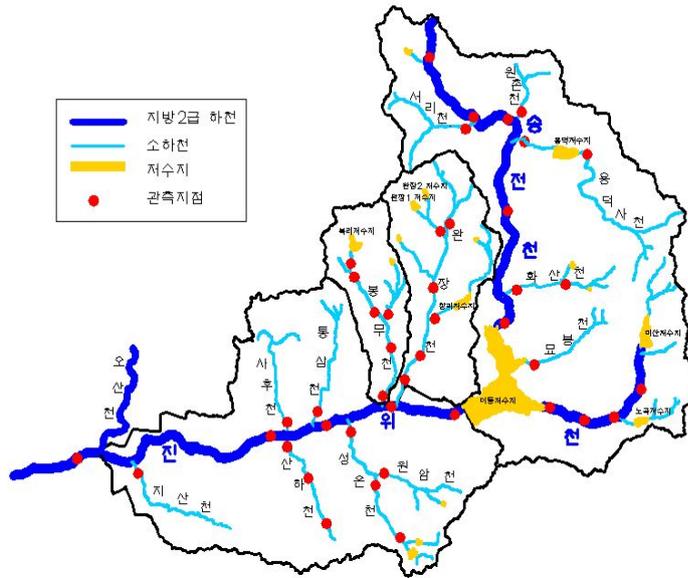
유효한 환경용수 산정이 가능하기 위해서는 지속적인 하천 관련 정보의 축적에 의한 측정지점의 확대를 통해 보다 정확한 유량, 수질, 하천환경 등에 대한 정보축적을 도모하고 효율적인 하천이용을 도모하여야 한다. 하천유황, 하천환경, 하천용수사용에 대한 지속적인 모니터링과 조사를 통하여 신규 용수사용 허가 가능량, 기존 용수재평가를 통한 용수사용량을 파악하고 환경용수로의 전환 가능량에 대한 정보를 산출한다. 하천유역 차원에서는 하천정보가 유역내의 지점별로 이루어져야 하기 때문에 그만큼 모니터링 업무의 부담도 늘어나게 된다.

4.3 농어촌지역 하천 운영실태

4.3.1 대상지구 선정 및 위치

농어촌지역 하천 운영실태 조사를 위한 대상지구는 농업용 수리시설물의 종류와 규모가 다양한 시험지구로서 농촌의 대표성과 적절한 기준의 자료가 있으며 현장방문의 비교적 용이한 점 등을 고려하여 경기도 용인시 이동면 송전천과 안성시 양성면, 용인시 남사면, 평택시 진위면 진위천의 수계지구를 선정하였다.

시험지구의 대표적인 하천은 지방 2급 하천으로 송전천과 진위천이 있다. 송전천은 총 5개의 소하천이 송천천으로 유입되고 이는 이동저수지로 유입된다. 송전천의 수계는 서리천, 원촌천, 용덕사천, 화산천, 묘봉천이 있으며 진위천은 총 8개의 소하천이 유입되며 미산저수지부터 시작하여 완장천, 봉무천, 원암천, 성은천, 통삼천, 사후천, 사하천, 지산천의 수계로 이루어져 있다. <그림 4.1>은 대상지구의 하천도를 나타낸 것이다.



<그림 4.1> 대상지구 하천도

4.3.2 일반현황

진위천 직할하천인 안성천의 제 1지류인 진위천 수계중 준용하천구간으로 고시된 진위천 상류기점인 안성시 양성면 미산리의 동경 127°-15' -27" , 북위 37°-07' -22" 지점부터 평택시 서탄면 금암리 오산천 합류점까지의 진위천과 진위천 지류로서 준용하천으로 고시된 송전천, 완장천, 봉무천, 성은천, 통삼천, 사후천, 산하천, 지산천, 월촌천, 용덕사천, 화산천, 묘봉천, 원암천의 13개 지천구간 총 하천 연장 73.65km, 유역면적은 203.69km² 이다.

(1) 하천유역

진위천 유역은 행정구역상으로는 경기도 용인시, 안성시, 평택시의 일부를 포함하고 있으며 유역의 형상은 우형(Pinnate form)의 장방형으로서 유역의 중심부를 경기도 용인시 이동면 화산리에 위치한 표고 EL. 514.9m의 화산리에서 발원한 유역면적은 203.96km²의 진위천이 동에서 서로 관류하고 있으며 진위천의 기점인 최상류부에 위치한 미산저수지로부터 하류 5.35km 지점에 농업용저수지 이동저수지가 있고 저수지 북측으로는 유역면적 58.8km²의 송전천이 이동저수지로 유입되고 있고 이동저수지 하류부의 진위천에는 좌부측에는 완장천 봉무천 사후천 등 4개의 지천이 유입되고 우부측으로는 성은천 산하천 지산천등 3개 지천이 유입되고 있다.

한편 진위천 하구부터 이동저수지까지의 진위천 하상 경사는 비교적 완만한 경사를 이루고 있어 하천 연안에 많은 농경지가 형성되어 있으나 이동저수지 상류부와 진위천으로 유입되고 있는 지천들의 하상경사는 이들 유입지천의 유로연장이 짧은데 비하여 비교적 높은 분수량에서 발원되고 있는 관계로 하상경사가 대단히 급한 계곡하천의 특성을 가지고 있다.

따라서 진위천 유역의 대부분은 진위천 하류부의 하천연안에 형성되어 있는 농경지를 제외하고는 대부분이 산지로 되어 있어 유역내에는 대규모의 취락지구는 없고 단지 하천연안에 형성되어 있는 농경지에 따라 소규모 취락지가 형성되어 있을 뿐이다. 진위천 유역의 인문현황을 살펴보면 총 15,455 가구에 62,610명의 인구가 존재하고 있으며 용인시 남사면 통삼리와 아곡리 일대에 현대 리바트, 삼화전자, 한일농원 및 프라자 컨트리클럽 등이 위치하고

있다. 하상구성물질은 대체로 모래 및 자갈로 구성되어 있는데 진위천의 이동저수지 상류부와 유입지천은 하상경사가 급한 계곡하천의 특성을 가지고 있어 하상구성물질도 비교적 입경이 큰 자갈, 모래 등으로 이루어져 있으며 하류부에는 세사와 점토성 니토질로 구성되어 있다.

(표 4.1) 소하천 현황 조사

하천명	하천연장	유역면적	시점	종점
진위천	19.60	203.69	안성시 양성면 미산리	평택시 서탄면 금암리
송전천	12.50	58.23	용인시 이동면 서리	용인시 이동면 송전리
원촌천	1.80	5.71	용인시 이동면 천리	용인시 이동면 천리
용덕사천	5.90	15.84	용인시 이동면 묵리	용인시 이동면 천리
화산천	2.25	5.93	용인시 이동면 화산리	용인시 이동면 송전리
묘봉천	2.70	6.84	용인시 이동면 묘봉리	용인시 이동면 묘봉리
완장천	5.90	22.41	용인시 남사면 완장리	용인시 남사면 완장리
봉무천	5.60	12.43	용인시 남사면 북리	용인시 남사면 봉무리
성은천	2.80	12.78	안성시 원곡면 성은리	용인시 남사면 진목리
원암천	1.70	3.98	용인시 남사면 원암리	용인시 남사면 원암리
통삼천	3.50	7.84	용인시 남사면 통삼리	용인시 남사면 봉오리
사후천	2.75	8.45	평택시 진위면 동천리	평택시 진위면 봉남리
산하천	3.20	11.82	안성시 원곡면 산하리	평택시 진위면 진목리
지산천	3.45	8.63	평택시 지산동	평택시 신장동
계	73.65	203.96		

(2) 토지이용현황

유역내 토지이용 현황을 살펴보면 총유역면적 208.69km²중 답면적이 37.43 km², 전면적 16.94km², 임야 126.40km², 기타가 22.92km²로서 임야가 차지하는 전면적의 62%, 농경지가 27%, 기타가 11%를 점유하고 있다. 이를 하천 유역별로 살펴보면 다음 (표 4.2)와 같다.

(표 4.2) 소하천별 토지이용현황

하천명	농경지			임야	대지	기타	총면적
	계	전	답				
진위천	15.27	4.82	10.45	36.95	0.84	5.54	58.60
지산천	2.47	0.84	1.63	3.96	0.75	0.83	8.01
산하천	3.72	0.93	2.79	6.59	0.19	1.21	11.71
사후천	2.75	0.68	2.07	4.83	0.13	0.90	8.61
통삼천	2.51	0.63	1.88	4.38	0.11	0.82	7.82
성은천	2.81	0.70	2.11	4.95	0.14	0.91	8.81
원암천	1.21	0.30	0.91	2.12	0.06	0.39	3.78
봉무천	4.10	1.02	3.08	7.15	0.18	1.33	12.76
완장천	6.09	1.52	4.57	10.62	0.27	1.99	18.97
묘봉천	1.45	0.59	0.86	4.84	0.09	0.59	6.97
화산천	2.08	0.86	1.22	6.96	0.13	0.85	10.02
원촌천	3.59	1.47	2.12	11.98	0.22	1.47	17.26
송전천	3.00	1.22	1.78	9.99	0.19	1.22	14.40
용덕사천	3.32	1.36	1.96	11.08	0.21	1.36	15.97
계	54.37 (26.69%)	16.94 (8.32%)	37.43 (18.38%)	126.40 (62.06%)	3.51 (1.72%)	19.41 (9.53%)	203.69

(3) 하천 유로 및 경사

진위천 유역은 직할하천인 안성천의 제1지류로서 유역의 북측은 표고 EL.403.6m의 부아산과 함박산이 있고 동측은 삼봉산과 시궁산이 있으며 남측은 덕궁산에서부터 봉황산에 이르는 표고 EL. 300m~400m 정도의 산지가 형성되어 있고 유역의 서측은 안성천이 흐르고 있다.

따라서 표고 EL.514.9m의 시궁산에서 발원한 진위천은 발원지 부근에 농업용수용 미산저수지가 있고 이 지점부터 동측으로 약 6.95km 유하하다가 경기도 용인시 이동면 서리에 위치한 표고 EL.403.6m의 부아산에서 발원하여 북에서 남으로 흐르는 송전천과 합류하게 되고 이 합류점에서 이동저수지가 있다. 진위천은 이동저수지로부터 다시 서측으로 약 2.54km 유하한다. 표고 EL. 306.0m인 덕봉산에서 발원하여 북에서 남으로 흐르는 완장천과 합류하고 그 합류점으로부터 0.48km 하류 좌부측에서 유입되는 봉무천과 합류한후 서측으로 약 1.32km 흐르면서 우안측에서 유입되는 성은천과 합류하고 성은천 합류점으로부터 1.30km 하류지점의 좌부측으로 통삼천이 유입되고 다시 하류 1.00km 지점의 좌부측에서는 사후천이 우부측으로는 산하천이 유입되고 다시 하류로 약 6.50km 지점의 우부측으로 지산천이 유입되고 있다. 그리고 본 유역의 최저지대의 지반고는 유역의 북서측에 인접한 오산천과의 합류점으로서 표고가 약 20m 내외이고 최고 산지대의 지반고는 진위천의 발원지인 시궁산 지대의 약 400~500m로 기대량은 비교적 적은 편이며 유역의 대부분은 구릉지로 풍화작용이 진행되고 있어 노년기 지형에 속한다고 볼 수 있다.

하천지형인자의 정량적 표현으로서 종래의 지형학은 지형을 기술적 입장에서 관찰하여 각 지형의 특징이나 발달과정을 정성적으로 설명하였으나 최근에는 유역내에 발생하는 홍수 및 강우로 인한 정량적으로 연구하기 위한 차원적 인자의 표현으로서 유역의 기하학적 특성을 규명하기 위한 연구가 활발히 진행되어 유역의 기하학적 특성이 홍수유출에 미치는 영향이 대단히 크다는 것을 알게 되었다.

따라서 본 유역의 수문분석의 정보를 높이기 위하여 진위천 유역의 기하학적 특성인 유역경사, 형성계수, 하천밀도 유역평균폭등을 분석하면 (표 4.3) 및 (표 4.4)와 같다.

(표 4.3) 평균고도 및 표면경사

하천명	평균고도	표면경사	비고
진위천	150.0	19.5	
송전천	203.0	20.5	
원촌천	114.0	23.4	
용덕사천	286.0	34.7	
화산천	244.0	33.3	
묘봉천	128.0	20.0	
완장천	128.0	12.5	
봉무천	100.0	10.2	
성은천	129.0	19.0	
원암천	127.0	24.0	
통삼천	100.0	10.1	
사후천	100.0	10.6	
산하천	100.0	10.5	
지산천	100.0	9.8	

(표 4.4) 하천의 특성

하천			유역면적	유로연장	유역평균 폭	형상계수	비고
본류	제1지류	제2지류					
진위천			203.69	33.50	6.08	0.182	
	송전천		58.23	13.85	4.20	0.304	
		원촌천	5.71	3.35	1.70	0.509	
		용덕사천	15.84	8.54	1.85	0.217	
		화산천	5.93	4.06	1.46	0.360	
		묘봉천	6.84	3.97	1.72	0.430	
	완장천		22.41	8.85	2.53	0.286	
	봉무천		12.43	7.07	1.76	0.249	
	성은천		12.78	5.50	2.32	0.422	
		원암천	3.98	3.20	1.24	0.389	
	통삼천		7.84	5.04	1.56	0.309	
	사후천		8.45	4.75	1.78	0.375	
	산하천		11.82	4.66	2.54	0.544	
	지산천		8.63	5.20	1.66	0.319	

(4) 이수 현황

1) 생활용수

진위천 지역의 생활용수 이용은 1989년 조사당시 이동상수도와 송탄상수도 시설을 통해 총 81,804명에 대한 용수를 공급하고 있으며, 최근 들어 도시화 진행 등의 원인에 의해 생활용수 수요가 증가하고 있는 실정에 있다. 다음 (표 4.5)는 진위천 지역의 상수도시설 현황을 보여 주고 있다.

(표 4.5) 기존 상수도시설 및 이동상수로 확장 계획(1989)

구분	기존 상수도시설		확장계획 (1991)	비고
	이동상수도	송탄상수도		
취수장	이동저수지	진위천	수도권광역상수도	
총인구	11,686인	70,119인	8,451 인	
급수인구	760인	62,116인	5,915 인	
시설용량	300 m ³ /일	15,000 m ³ /일	4,000 m ³ /일	
급수량	108 m ³ /일	14,173 m ³ /일	4,019 m ³ /일	
급수지역	송전리 일대	송탄시	송전리 일대	

*) 출처 : 진위천 하천조사기본계획(1989)

2) 공업용수

본 진위천 지역내에는 많은 공장들이 산재되어 있으나, 일부 지역에서는 소집단을 이루고 있는 실정으로 업종별 업체수를 보면 총 78개 업체중 화학 12개, 금속 5개, 식품 3개, 전기(전자) 12개, 비금속 15개, 제지 10개, 기타업종 15개 업체가 가동되고 있다. 현재 지역내 총공장수는 총 72개 업체로서 종업원수 15개 10,134 인, 용수사용량은 9.6×10³ m³/일이다.

공업용수의 수원은 대부분 지하수나 관정 등 각 공장 자체시설로 구성되어 있으나, 일부 업체에서는 송전천 4개업체, 원촌천, 용덕사천 각 1개 업체에서는 각 하천에서 직접 취수하고 있는 실정으로 그 용수량은 2,907 m³/일이다. 한편 용수사용량 추정은 각 제조업체별로 종업원수에 종업원1인 1일당 단위용수량을 곱하여 산정하되, 유수인용 허가분은 허가량을 용수 사용량으

로 처리하여 공업용수 이용량을 산정하였다.

3) 농업용수

농업용수 이용은 양수장, 보 등에 의하여 하천의 유수를 취수하여 관개하는 면적은 829.2ha이고, 이동저수지, 용덕저수지, 북리저수지, 미산저수지를 통해 관개되는 면적은 각각 2,803.2ha, 224.3ha, 63.0ha, 163.7ha 이다. 기타 소규모 저수지에서 관개되는 면적은 504.1 ha이다. 진위천 유역의 각종 수리시설물에 의한 총 관개면적은 3,743ha이며, 지표수를 이용하는 농업용수는 42,969.6 천 m³/일에 이르고 있다.

(표 4.6) 진위천 유역 농업용수 이용현황

하천명	수원공별 관개면적					년간사용량
	양수장	보	소계	저수지	계	
진위천	151.7	15.7	167.4	3,050.6 (2,206.1)	3,218.0 (2,373.5)	36,942.6 (27,247.8)
송전천	76.8	201.6	278.4	36.7	315.1	3,617.3
원촌천						
용덕사천				224.3	224.3	2,575.0
화산천		22.5	22.5	73.6	96.1	1,103.2
묘봉천	0.9		0.9	37.4	38.3	439.7
완장천				175.5	175.5	2,014.7
봉무천				70.3	70.3	807.0
성은천		3.2	3.2	20.0	23.2	266.3
원암천	165.3		165.3	16.8	182.1	2,090.5
통삼천	86.7		86.7	36.0	122.7	1,408.6
산하천	101.2		101.2		101.2	1,161.8
사후천		3.6	3.6	17.1	20.7	237.6
지산천						-
계	582.6	246.6	829.2	3,758.3 (2,913.8)	4,587.5 (3,743.0)	52,664.5 (42,969.6)

주: ()는 유역내 관개면적 및 연간 사용량임.

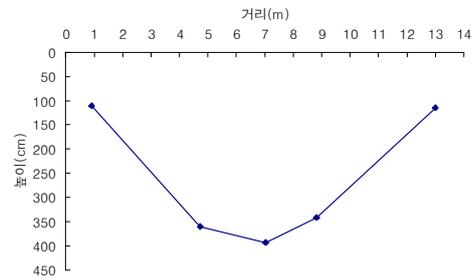
4.3.3 하천운영실태

1) 완장천

이동저수지 하류부에서 진위천 첫 번째 합류 하천인 완장천의 시점부 지점인 상동1교의 하천현황은 주변은 농경지로 되어있으며 하상재료는 자갈과 모래로 구성되어있다. 하천제방은 양안으로 돌망태와 하류부분에는 자연제방으로 되어있다. 관측지점 상류에는 공장지대가 있다. 3월의 완장천 하천의 전경을 보았을 때 결빙기동안 얼어있는 물이 녹아 조금씩 흐르고 있으나 5월의 경우는 하천의 바닥을 보이고 있었다.



(a) 조사지점 전경(2005년 1월)



(b) 조사지점 단면도

<그림 4.2> 완장천 시점부 상동1교 지점 및 단면도

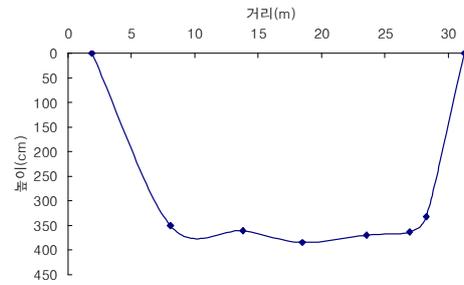


<그림 4.3> 완장천 시점부 상동1교 지점의 건천화된 하천(2005년 5월)

완장천의 종점부근에는 유역전체의 물이 내려와 유량이 많은 것으로 나타났으며 하천 중간 곳곳에 농업용수 취수를 위한 보들이 많이 있다. 하천의 단면은 시점부의 경우 하천폭이 좁으며 종점부에서는 넓은 것으로 나타났으며 완장천의 경우 시점부의 하천폭은 12m 이었으며 종점은 31.5m로 나타났다.



(a) 조사지점 전경(2005년 1월)



(b) 조사지점 단면도

<그림 4.4> 완장천 종점부 및 단면도

2) 봉무천

봉무천은 복리저수지를 기점으로 하천이 생성되며 하천의 시점부의 하상 재료는 자갈과 모래도 되어있으며 종점부에는 바위 자갈 모래 등으로 구성되어 있다. 제방의 경우는 시점부는 양안이 자연제방으로 되어있으며 종점부는 양안이 콘크리트 직벽으로 농업용수 취수목적으로 보 설치로 인하여 구조물화 되어 있다.



<그림 4.5> 봉무천 복리저수지 합류후 지점



<그림 4.6> 봉무천 종점

4.3.4 시기별 하천유황 조사

농촌하천의 시기별 하천유황의 변화를 조사하고자 월별 하천유황을 하천 현황, 식생, 수질, 유량 등의 항목으로 구분하여 조사하였다. 조사시기는 월1회로 실시하여 하천수의 이용에 따른 하천유황의 변화와 계절에 따른 기상인자의 변화로 인한 하천유황의 자연적 변화를 파악하고자 하였다.

농촌하천의 시기별 하천유황을 분석한 결과는 갈수기인 11월부터 이듬해 5월까지의 대체적으로 유량이 줄어드는 현상을 보이고 있으며, 장마기인 6월 이후 회복되어 정상적인 유량을 보이고 있다. 조사대상하천중 봉무천과 완장천 2개하천을 상류, 중류, 하류로 세분하여 집중적으로 하천유황을 관측한 결과 하천시설물의 수, 용수이용형태, 지점별로 차이가 있지만 대체적으로 앞에서 말한 경향을 보이고 있다. <그림 4.7>은 봉무천 산정교 지점의 월별 하천유황 조사결과를 시기별로 보여주고 있다.



(a) 2005. 3. 21



(b) 2005.5. 30



(c) 2005. 7. 6



(d) 2005. 10. 5

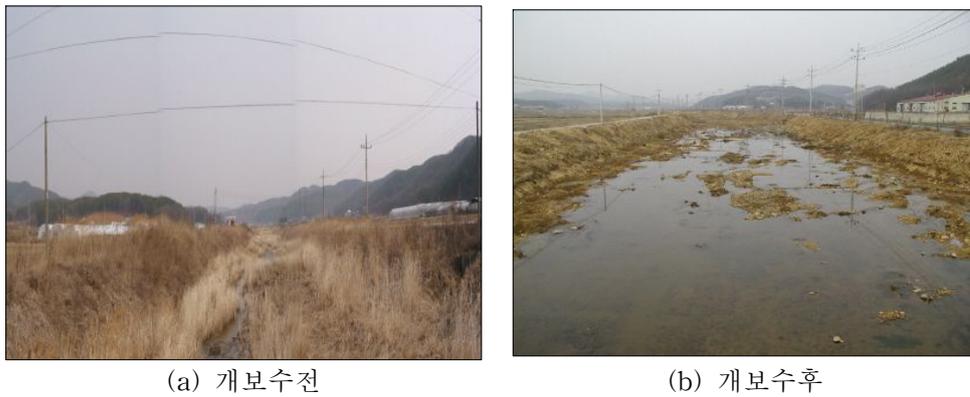
<그림 4.7> 봉무천 산정교 지점의 월별 하천유황

4.3.5 하천 개보수에 따른 하천유황 변화

농촌하천은 하천의 고유적인 유수 기능 이외에 생활용수, 공업용수, 농업용수 등의 공급을 위한 다양한 기능을 갖는다. 봉무천, 완장천의 경우, 농업용수 공급을 위한 취입보의 개수는 봉무천이 17개, 완장천이 30개가 존재하고 있는 실정이다. 이들 취입보는 원래의 기능을 유지하기 위해 주기적인 개보수가 필요한 실정이나 관리주체에 따라 제때 관리가 이루어지지 않는 경우 파손, 토사의 퇴적 등의 원인으로 인해 제기능을 발휘하지 못하는 경우가 대부분이다.

조사지점의 완장천의 경우도 30개의 취입보중 대부분이 토사의 퇴적으로 하천유황을 볼 수 없었으나, 용인시에서 2005년 하반기부터 시행된 하천개보수사업에 의해 하천 토사를 제거하고 하천정비를 시행한 결과 하천유황이 갈

수기입에도 불구하고 양호한 상황을 유지하는 것으로 나타났다. <그림 4.8>은 완장천의 하천개보수 전후의 하천유황을 보여주고 있다.

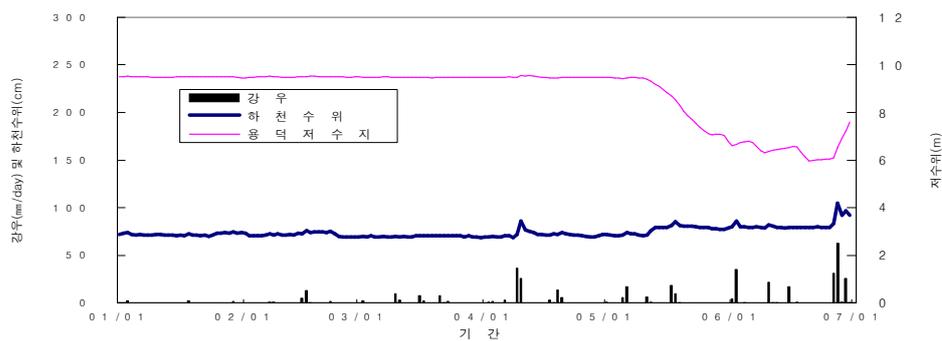


<그림 4.8> 하천개보수 전·후의 하천유황(완장천지점)

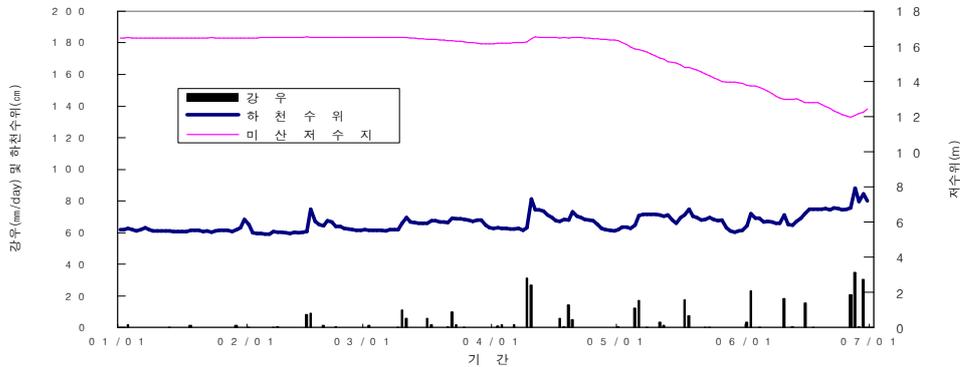
4.3.6 저수지 운영자료에 의한 방류현황

2005년 저수지의 운영에서 4월초부터 관개기 관개용수를 공급하였으며 수위 조절 목적으로 방류를 한 경우는 없었다. 용덕저수지의 하류의 하천의 경우 관개기 이전은 수위의 변동이 없었으나 4월초 관개용수의 공급으로 수위가 조금씩 상승하는 것으로 나타났다. 급격하게 변화하는 수위는 강우발생으로 인한 것으로 판단된다.

진위천 상류의 미산저수지 역시 관개기 이후 하천의 수위가 조금씩 상승하는 것으로 나타났으며 급격하게 상승하는 경우는 강우발생과 하천수위 관측지점의 상류의 가동보의 운영으로 나타난 것으로 판단된다.



<그림 4.9> 용덕저수지 운영에 따른 하천수위 변화



<그림 4.9> 미산저수지 운영에 따른 하천수위 변화

4.4 환경용수 공급 실태 모니터링

농어촌 환경용수의 적용을 위해 농어촌 유역의 물수지를 고려할 필요가 있으며, 이를 위해 유역 물수지를 위한 모니터링 및 모델링 기법의 정립이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 농어촌 유역의 환경용수 적용 방안을 제시하기 위하여 대상유역을 선정하여 물수지 모니터링 체계를 구축하고 저수지 물수지 모델링을 위한 모형을 구축하였다. 대상지구에 대한 기상자료 구축을 통한 장기간의 저수지 물수지 분석을 통해 풍수년, 평수년, 갈수년 등에 대한 관개기간/비관개기간에 대한 저수율을 분석하여 각 기간별 공급가능 농어촌 환경용수를 산정한다.

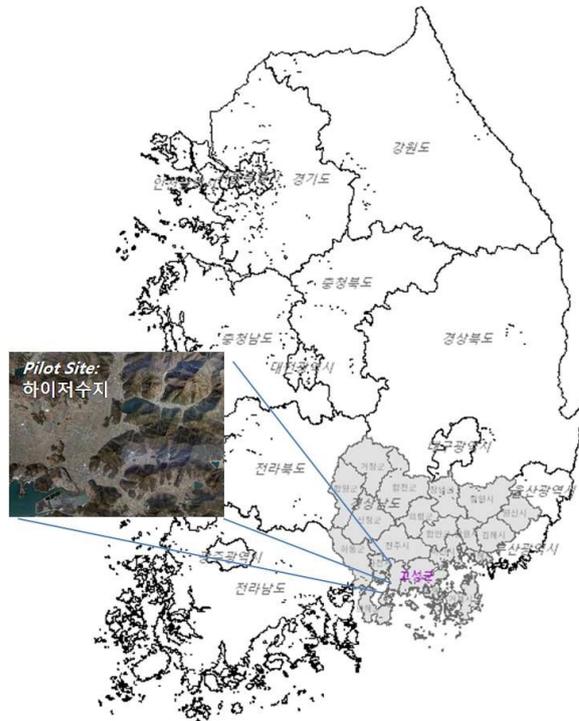
본 연구에서는 저수지 물수지 분석을 통해 산정된 농어촌 환경용수의 공급에 따른 하천 수질 개선 효과를 분석하기 위해 하천 수질 모니터링 및 모델링 체계를 구축한다. 하천 환경개선을 위한 저수지 운영은 크게 건천 및 정체성 하천의 오염물질 유송 및 하상세척(플러싱)을 위해 필요한 수량을 일시적으로 증가시켜 주는 방법(Tsukahara and Hakoishi, 1999)과 생태서식에 필요한 유량을 지속적으로 공급하여 생물 다양성 보전 및 친수활동 증대를 도모하는 방법이 있을 수 있다. 수질개선 효과의 원인으로 방류 증량으로 인한 유송 및 희석이 주요하게 작용한 것으로 분석하였다. 환경개선 효율을 증

대사키기 위한 저수지 운영 방법론을 방류시기, 규모, 기간, 횡수별로 정립할 필요가 있을 것으로 분석하였다.

4.4.1 시험구역

(1) 시험구역의 선정

환경용수 적용을 위해 경남 고성군 하이면 와룡리에 위치해 있는 하이저수지를 시험구역으로 선정하였다. 시험구역의 선정을 위해 서부경남에 있는 농업용 저수지를 대상으로 후보지를 선정하고, 저수지의 용량, 저수지 관련 자료 구축 현황, 저수지 물공급체계, 인접 소하천의 실태, 접근성 등을 고려하여 시험구역을 선정하였으며, 다음의 <그림 4.10>은 대상구역의 개략적인 위치를 보여주고 있다.



<그림 4.10> 하이저수지 위치

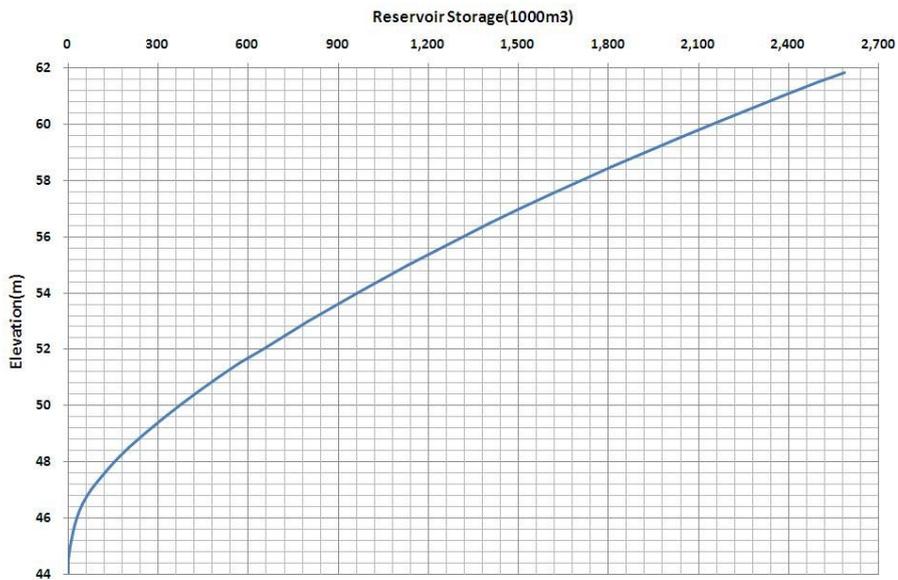
선정된 시험유역에 대한 현장조사를 실시하였으며, 다음의 <그림 4.11>은 하이저수지 전경을 보여주고 있으며, (표 4.7)은 하이저수지의 주요 재원을 보여주고 있다. 하이저수지는 경남 고성군 하이면 와룡리에 위치해 있으며 1977년 완공된 농업용 저수지로 사통으로 취수를 하고 있다. 하이저수지의 총저수량은 2,593.9천 톤이며 유역면적 1,342ha, 만수면적 24,2ha, 수해면적은 166.7ha이다. 다음의 <그림 4.12>는 하이저수지의 수위-내용적 곡선을 보여주고 있다.



<그림 4.11> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상류 저수지 전경

(표 4.7) 저수지 제원

시 설 명	하이	표준코드	4882010042
소 재 지	경상남도 고성군 하이면 와룡리	-	-
시 설 관 리 자	도본부명: 경남도 본부 지 사 명: 고성군. 거제지사 주 소: 경상남도 고성군 고성읍 송학리 237-5	-	-
착공연도	1966-01-01	준공연도	1977-01-01
시설구분	1종	수원공구분	1
제체형식	필대(준형)	제체체적	1,000 m ³
제체길이	394 m	제체높이	23.2 m
총저수량	2,593.9 천톤	유효저수량	2,593.9 천톤
사 수 량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	1,342 ha	홍수면적	-
만수면적	24.2 ha	수해면적	166.7 ha



<그림 4.12> 하이저수지 수위-내용적 곡선

<그림 4.13>과 <그림 4.14>는 저수지 하류에 위치한 하천 전경을 보여주고 있다. 관개가 끝난 9월말과 10월 초순 경에 하천의 물은 말라 있었으며, 물이 흐르지 않는 하천은 식생으로 덮여 있어 하천으로의 접근성이 매우 나쁜 상태를 보여주고 있었다. 건전한 하천생태계의 복원과 농촌유역의 물순환 회복을 위한 농업용 저수지의 농어촌 환경용수의 공급 필요성을 보여주고 있다.



<그림 4.13> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상류 전경



<그림 4.14> 고성군 하이면(봉현천) 하천 하류 전경

(2) 시험유역 하천유량 모니터링

향후 하이저수지의 농어촌 환경용수 공급에 따른 하천환경 변화를 분석하기 위해 하이저수지 하류에 위치한 봉현천 2개 지점에 하천유량 관측을 위한 수위계를 설치하였다. 다음의 <그림 4.15> 및 <그림 4.16>은 현장 수위계 설치 작업과정과 설치 후 수위측정 지점의 전경을 보여주고 있다. 현장에 설치된 수위계는 부자식 수위계로 디지털 방식으로 자료를 저장하며 하천의 흐름 상태와 현장조건을 고려하여 10분 간격으로 모니터링 간격을 설정하였다.



<그림 4.15> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상류 수위계 설치 장면

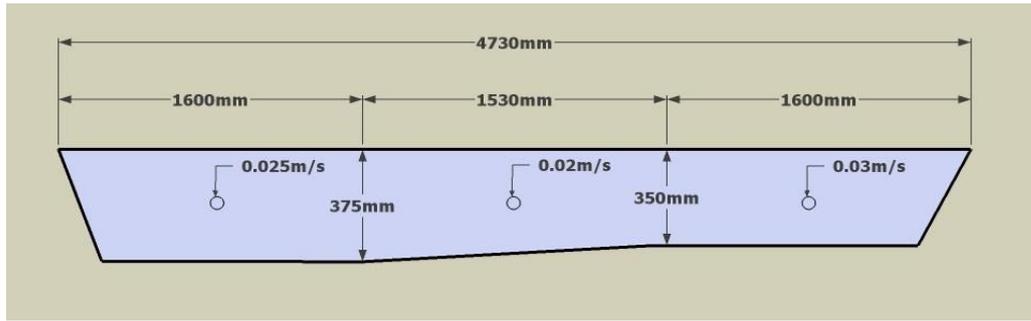


<그림 4.16> 고성군 하이면(봉현천) 하천 상하류 수위계 설치 후

하천수위로부터 하천유량을 산정하기 위해 모니터링 대상 하천 지점에 대한 수위-유량관계 작성이 필요하며 이를 위해 하천유량을 측정하였다. 하천유량의 측정은 대상지점에 대한 구간별 단면적을 계산하고 각 구간별 유속의 측정을 통해 산정하였다. 유속측정은 유속측정에 이용된 유속계는 OTT사의 Z400 유속계(프로펠러 타입)를 이용하였다. 다음의 <그림 4.17>은 현장 유속 측정 장면을 보여주고 있으며, <그림 4.18>은 하천유속 측정 결과를 보여주고 있다.



<그림 4.17> 고성군 하이면(봉현천) 유속 측정구간



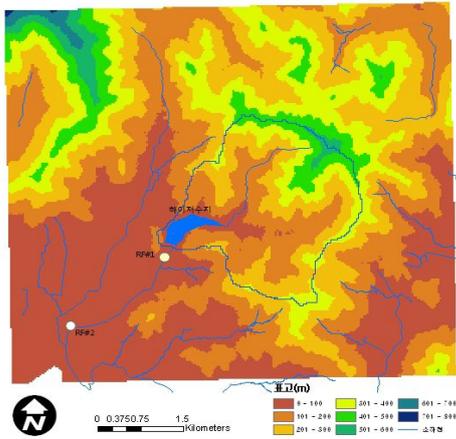
<그림 4.18> 고성군 하이면(봉현천) 하천 유속 측정값

(3) 시험구역 공간정보 자료구축

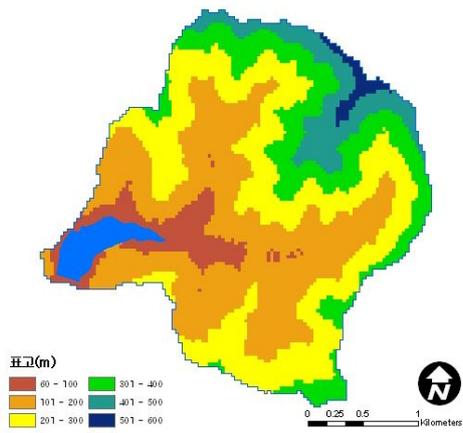
대상구역에 대한 공간정보의 구축을 위해 NGIS 수치지도를 기반으로 ArcGIS의 Extension인 Arc Hydro Tool을 사용해서 하이저수지의 유역을 추출하였다. 다음의 <그림 4.19>는 하이저수지 주변의 DEM(Digital Elevation Map)을 보여주고 있으며, <그림 4.20>은 하이저수지 유역에 대한 유역경계를 추출한 후 유역내의 DEM 자료를 보여주고 있다. 산출된 하이저수지 유역의 표고는 60m~650m의 분포를 보이고 있다.

구축된 DEM 자료로부터 유역경사를 추출하였으며, 다음의 <그림 4.21>과 <그림 4.22>는 하이저수지 주변과 하이저수지 유역에 대한 경사도를 보여주고 있다. 대상구역의 경사도는 평균 43.86%이며 최대 경사는 107.62%로 나타났다.

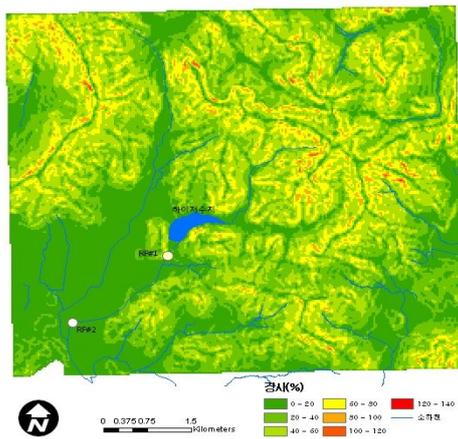
<그림 4.23>과 <그림 4.24>는 하이저수지 주변과 하이저수지 유역에 대한 정밀토양도를 보여주고 있으며 <그림 4.25>과 <그림 4.26>은 하이저수지 주변과 하이저수지 유역에 대한 토지피복도를 보여주고 있다. 하이저수지 유역의 토지피복 분류결과, 산림이 전체의 86.9%를 차지하고 있으며 논과 밭이 각각 5.32%, 0.15%의 분포를 보이고 있는 것으로 나타났다.



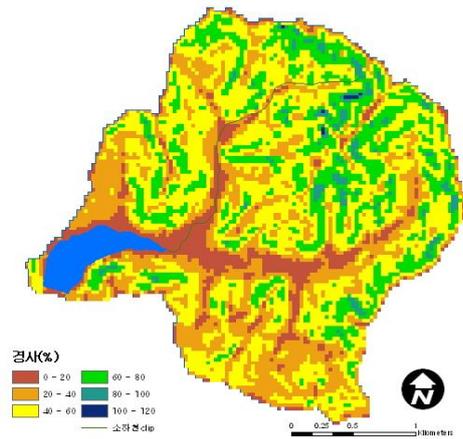
<그림 4.19> 하이저수지 주변 DEM



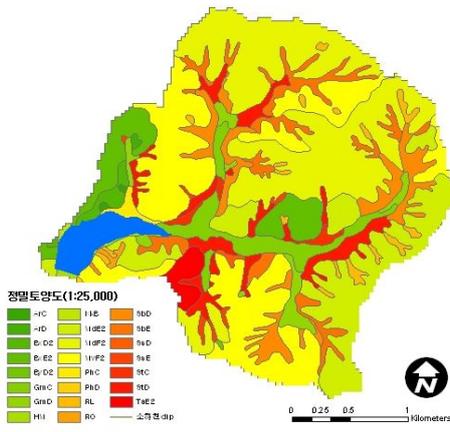
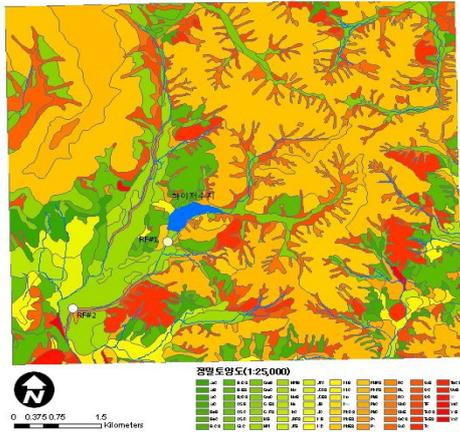
<그림 4.20> 하이저수지 유역 DEM



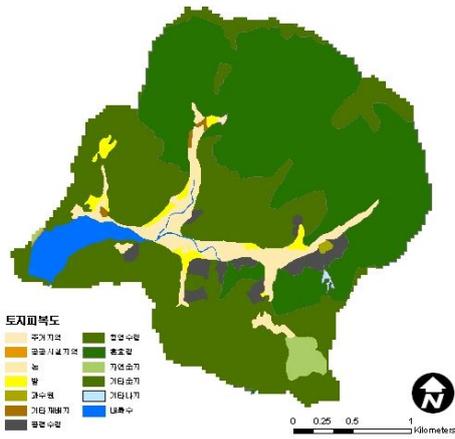
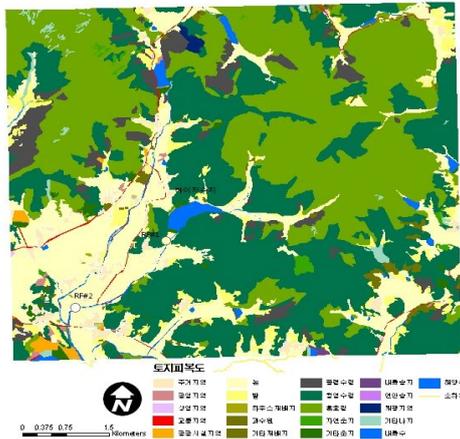
<그림 4.21> 하이저수지 주변 경사도



<그림 4.22> 하이저수지 유역 경사도



<그림 4.23> 하이저수지 주변 정밀토양도 <그림 4.24> 하이저수지 유역 정밀토양도

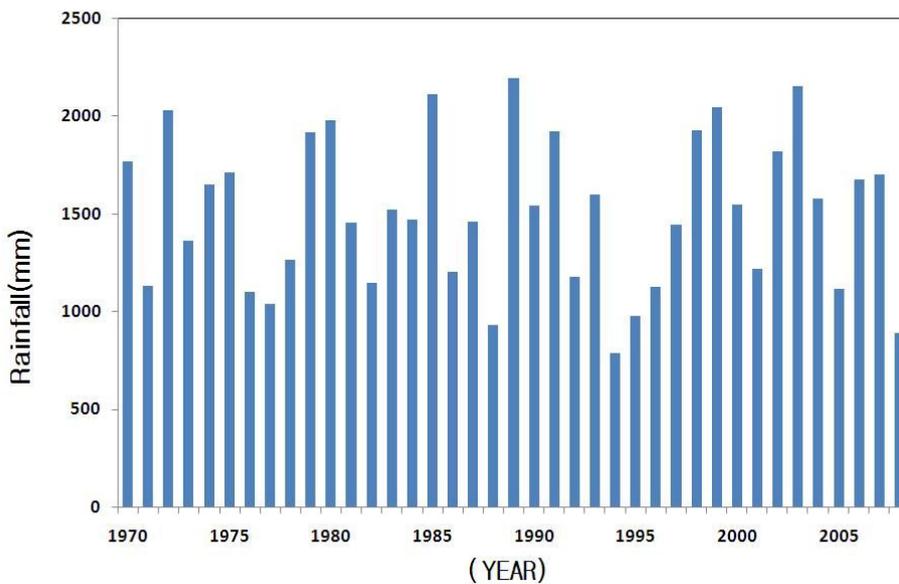


<그림 4.25> 하이저수지 주변 토지피복도 <그림 4.26> 하이저수지 유역 토지피복도

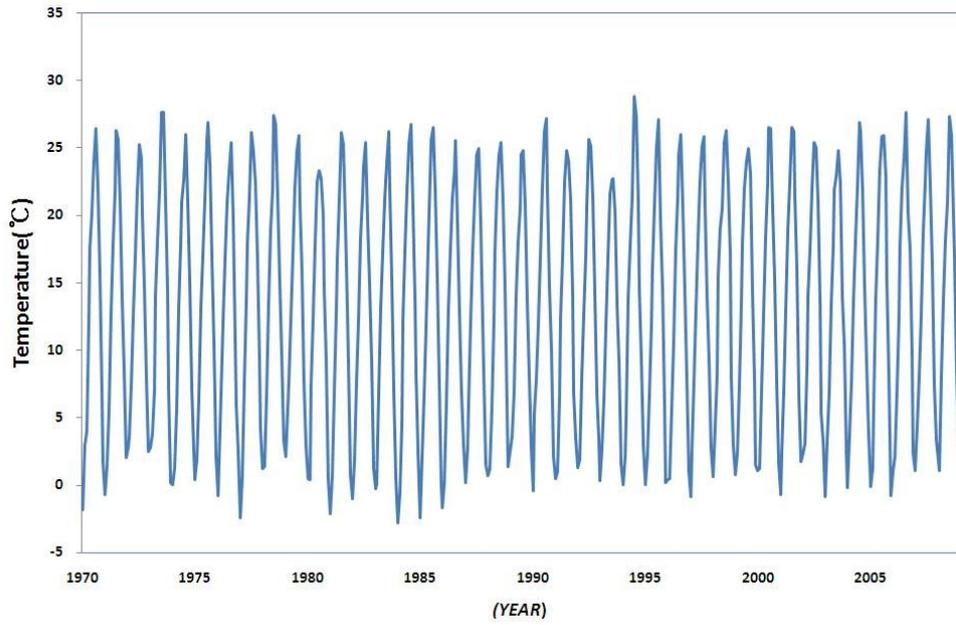
(4) 시험유역 기상자료 구축

하이저수지 유역의 기상자료는 기상청 기상관측소(진주)의 1970년부터 2008년까지의 자료를 이용하여 구축하였다. 다음의 <그림 4.27>은 연평균 강수량 자료를 보여주고 있으며, 자료기간동안의 연평균 강수량은 1,502.5mm으

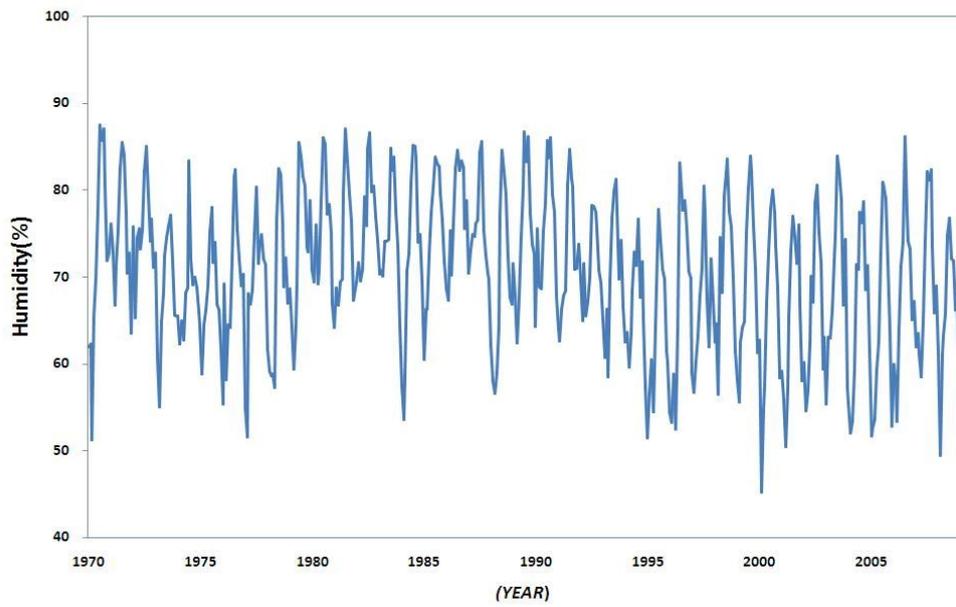
로 우리나라의 연평균 강수량에 비해 높은 값을 나타냈고, 1989년에 2,192.7mm로 가장 높은 강수량을 보였고, 1994년 784.9mm로 가장 낮은 값을 보였다. <그림 4.28>은 월평균 기온을 보여주고 있다. 월평균 기온은 1994년 7월 28.8℃로 가장 높았으며 1984년 1월 -2.8℃로 가장 낮은 값을 보였다. <그림 4.29>와 <그림 4.30>은 상대습도와 평균풍속을 보여주고 있다. 상대습도와 평균풍속은 일 값을 이용하여 월 평균값을 구했으며 상대습도는 1970년 9월이 87.5%로 가장 높았고 2000년 2월이 45.2%로 가장 낮았으며 월 평균풍속은 1995년 7월이 2.9m/s로 가장 높았으며 1977년 10월과 2006년 1월 2007년과 2008년 하반기에 0.8m/s로 가장 낮은 것으로 나타났다. <그림 4.31>은 월별 일조시간을 보여주고 있으며, 월별 일조시간은 일 일조시간을 모두 합한 값으로 산정했으며, 1994년 7월 284hr로 가장 많았으며 1984년 7월이 32.2hr로 가장 낮았던 것으로 분석되었다.



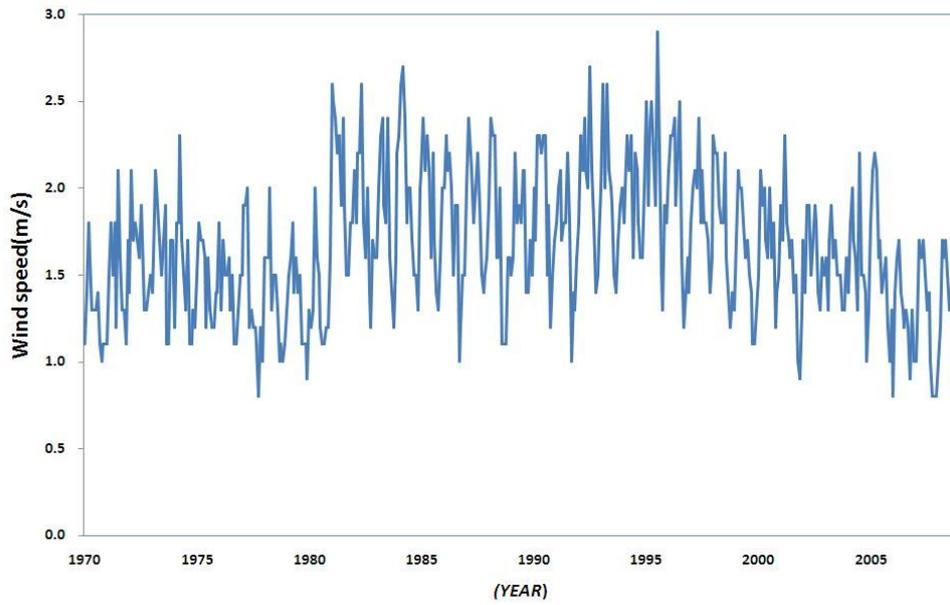
<그림 4.27> 진주 기상관측소 연평균 강수량(1970년~2008년)



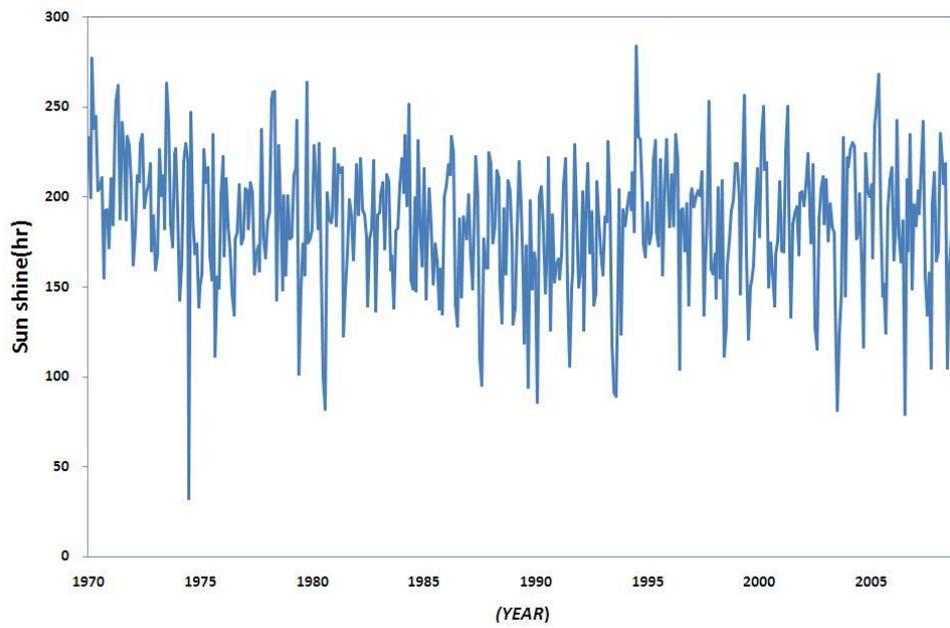
<그림 4.28> 진주 기상관측소 월평균 기온(1970년~2008년)



<그림 4.29> 진주 기상관측소 월평균 상대습도(1970년~2008년)



<그림 4.30> 진주 기상관측소 월평균 풍속(1970년~2008년)



<그림 4.31> 진주 기상관측소 월평균 일조시간(1970년~2008년)

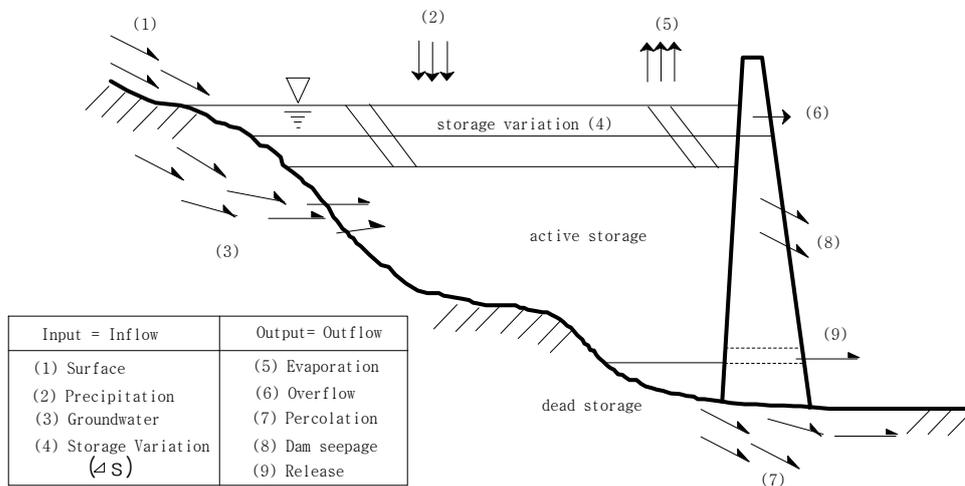
4.4.2 저수지 물수지 분석

농업용 저수지로부터 농어촌 환경용수를 공급하기 위해서는 기존에 운영되는 농업용 저수지의 물수지 분석을 통해 관개기간과 비관개기간에 대한 공급 가능 농어촌 환경용수량을 분석할 필요가 있다. 대상 저수지에 대한 장기간의 물수지 분석을 통해 농업용 저수지의 저수율을 분석하고, 풍수년, 평수년, 갈수년 등에 대한 저수율을 산정하고 각각에 해당하는 시기별 공급 가능 농어촌 환경용수량을 추정할 수 있다.

농업용 저수지의 물수지 분석을 위해 본 연구에서는 농업용 저수지의 일별 모의조작을 위하여 개발된 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형을 이용하여 저수지의 일별 사용량을 추정하였다. DIROM 모형은 저수지의 일별 물수지를 해석하고, 관개량을 추정하기 위하여 개발된 모형으로서, 많은 연구를 통하여 농업용 저수지에 대한 적용성이 평가되었다(김현영, 1989). DIROM모형의 개념을 정리하면 다음과 같다.

(1) 물수지 방정식

저수지의 물수지는 유입·유출수량을 주어진 시간단위별로 저수량 또는 저수지 수위를 추적하기 위해 사용된다. <그림 4.32>은 저수지의 물수지 요소의 구성을 도시하고 있고, 그 요소들의 관계는 다음의 식(1)과 같은 연속방정식으로 표시할 수 있다.



<그림 4.32> 저수지 물수지 요소 모식도

$$S_t = S_{t-1} + I_t + U_t + P_t - (R_t + O_t + E_t + G_t + D_t) \quad (1)$$

여기서, S_{t-1} = $t-1$ 일의 저수량(Storage), I_t =유입량(Inflow) P_t =수면강수량(Precipitation), U_t =지하수 유입량(Underground Inflow), R_t =방류량(Release), O_t =여수토 월류량(Overflow), E_t =수면증발량(Evaporation), G_t =지중침투량(Percolation), D_t =제방침투량(Dam Seepage) 등이다.

DIROM 모형에서의 식 (1)의 물수지 요소는 다음과 같은 방법으로 추정한다.

가. 유입량(I_t)은 Sugawara의 탱크 모형을 기초로 소규모 관개용 저수지에 적합하도록 모형을 단순화하여 모의발생하도록 한다.

나. 방류량(R_t)은 Penman식에 의해 증발산량을 추정하고 답에서의 답수심에 의해 유효우량을 산정한 다음 통관에서의 방류량을 일별로 모의발생하도록 한다.

다. 지하수 유입량(U_t), 지중 침투량(G_t) 및 제방침투량(D_t)은 실측이 거의 불가능한 요소이다. 특히, 지하수 유입은 수문 관개지점에서 지표수로 측정되거나 그 변화가 월단위 이상이기 때문에 일단위와 같이 매우 단기간의 물수지에 있어서는 고려의 대상이 되지 않는다. 또한, 지중 침투량은 댐 계획시부터 누수를 방지할 목적으로 지수벽을 설치하므로 이로 인한 누수량은 매우 적거나 무시할 수 있다. 따라서, 이러한 양은 매우 적거나 단기간의 물수지에 크게 영향을 미치지 않으므로, “기타 손실량”(Other Loss)의 개념을 도입하여 Black Box로 처리한다. 이에 의해 식 (1)을 다시 쓰면,

$$S_t = S_{t-1} + I_t + P_t - (R_t + O_t + E_t + L_t) \quad (2)$$

이 된다. 여기서, L_t =기타손실량(Other Loss)이다.

라. 저수지 수면에 강하하는 강수량(P_t)은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$P_t = R_t \times A_f \times C \quad (3)$$

여기서, P_t =t일의 수면강수량(m^3), R_t =t일의 측후소 강우량(mm), A_f =저수지 만수면적(ha) 및 C =단위 환산계수(=10) 등이다.

마. 저수지 수면으로 부터의 수면증발량(E_t)은 대형증발계에 의한 자료가 비교적 수면의 증발과 가까우므로 Veihmeyer(1964)의 Pan 계수를 사용하여 다음 식과 같이 계산한다. 즉,

$$E_t = A_t \times E_v \times P_c \times C \quad (4)$$

여기서, E_t =t일의 수면증발량(m^3), A_t =t일의 저수지 수면적(m^2), E_v =측후소 증발량(mm), P_c =증발계 종류에 따른 Pan 계수(=0.7) 및 C =단위 환산계수(=1/1,000) 등이다.

바. 여수토 월류량(O_t)은 그 형식이 자연월류량인 경우 물수지의 계산단위가 1일이므로 시간별 월류량 계산은 무의미하다. 따라서, 당일의 저수량이 여수토 마루높이 이상될 때 그 이상되는 저수량은 모두 월류되는 것으로 식(5)로 계산한다.

$$O_t = S_t - S_f \quad (\text{단, } S_t > S_f) \quad (5)$$

여기서, O_t =t일의 월류량(m^3), S_t =t일의 저수량(m^3) 및 S_f =저수지 만수량(m^3) 등이다.

(2) 유입량 모형

저수지의 유입량은 Sugawara의 TANK모형을 수정한 수정 TANK모형을

이용하여 추정하였다. Sugawara는 일본의 주요 수계에 대하여 TANK모형을 구성하였는데, 4개의 TANK를 직렬로 연결하고 1단 TANK의 유출공의 수는 2~3개로이며, 나머지 TANK의 유출공 및 삼투공의 수는 각각 1개로 하였다. 이러한 TANK모형은 주로 중규모 유역에 대한 유입량 추정에 많이 이용되었다.

김현영(1989)은 우리나라의 농업유역은 주로 소규모이고, 특히 농업용 저수지의 약 88.8%가 100km²이하의 소유역에 위치하고 있으며, 유출 지연시간이 짧고 유출 부분의 기울기가 급하다는 점을 고려하여 4단 TANK를 단순화시킨 수정 TANK모형을 개발하였다.

수정 TANK모형은 1단 TANK는 유출 성분 중에서 지표유출을 개념화한 것이고, 2단 및 3단은 각각 중간유출 및 기저유출을 개념화하여 나타내고 있다. 1단 TANK의 유출공의 수를 2개로 한 것은 홍수 유출시의 오차를 1개일 때 보다 감소시키기 위한 것이다. 3단 TANK의 유출공의 높이는 “0”으로 하였는데, 이는 강우가 없는 경우에도 항상 기저유출이 발생하도록 하기 위한 것이다.

수정 TANK모형에 의한 저수지 유입량은 일별 강우량으로부터 저류량 변화를 추정하여 구할 수 있다. 각 TANK의 저류량(ST) 변화량은 아래의 식 (6)에 의하여 계산된다.

$$\begin{aligned} \frac{dST_1}{dt} &= R - Q_1 - Q_2 - D_1 \\ \frac{dST_2}{dt} &= D_1 - Q_3 - D_2 \\ \frac{dST_3}{dt} &= D_2 - Q_4 - D_3 \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, Qi는 각 유출공의 유출량을 의미하며, Di는 각 TANK로부터 침투되는 삼투량, R은 일별 강우량을 나타낸다. 유출량 및 삼투량은 아래 식 (7)로부터 일별로 계산되어 진다.

$$\begin{aligned} Q_i &= a_i \cdot (ST_i - h_i) \cdot U(ST_i - h_i) \\ D_i &= b_i \cdot ST_i, \quad (i = 1 \sim 3) \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, a_i , b_i , h_i 는 매개변수이며, U 는 unit step function을 나타내는 함수로서 다음과 같이 정의된다.

$$U(x) = \begin{cases} 1 & (x > 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases} \quad (8)$$

따라서, 저수지 유입량은 강우량과 저류량을 이용하여 유출공의 유출량을 계산하고, 이를 일별로 모두 합하여 추정할 수 있다.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (9)$$

(3) 방류량 모형

가. 모형의 구성

관개용 저수지의 방류량은 당일의 기상조건(작물의 증발산량 및 유효우량), 용수로 조건(최저 방류량, 수로손실), 포장조건(침투량, 관리손실, 담수심, 관개면적, 물꼬높이) 및 작물의 생육단계(못자리 및 이앙용수) 등 여러 가지 요소에 의하여 결정되는 것이 보통이며, 그 밖에도 관개방식이나 인습 등과 같은 공학 외적인 요인도 중요하다.

그런데 방류량에 영향을 미치는 요인들은 주로 자연적인 조건에 의한 것과 인위적인 조작에 대한 것으로 구분할 수 있다. 전자에 속하는 것으로서 기상, 관개면적, 침투량, 손실을 및 담수심 등이고 후자로서는 물꼬 높이, 못자리 및 이앙용수, 최저방류량 등이다. 따라서, 방류량 모형에서는 전자에 속하는 인자를 입력자료를 이용하여 필요수량을 추정하고 후자의 매개변수를 실측 방류량 자료로부터 보정하여야 할 것이다.

통관에서의 방류량은 포장에서의 필요수량과 용수로의 흐름을 유지시켜 주는 최저 방류량 및 논벼의 경작에 필요한 이앙용수량 등의 부가적 개념으로 볼 수 있으며 여기에 수로 손실율을 고려하여 방류량을 결정할 수 있을

것이다. 즉,

$$OR(t) = C[REQ(t) + MR(t) + TS(t)](1 - L/100) \times A \quad (10)$$

이다. 여기서 $OR(t)$ =t일의 방류량($m^3/일$), C =단위환산계수(=10), REQ =논 필요수량($mm/일$), MR =단위 면적당(ha) 최저방류량(mm), TS =이양용수량(mm), L =수로 손실율(%) 및 A =관개면적(ha) 등이다.

논의 필요수량 $REQ(t)$ 는 논벼의 증발산량(ET_p)와 삼투량(I) 및 유효수량(Re)으로 부터 다음과 같이 정의된다. 즉,

$$REQ(t) = ET_p(t) \times K_c + I - Re(t) \quad (11)$$

이다. 여기서 ET_p =잠재증발산량(mm)으로서 Penman식에 의해 기상자료로부터 추정할 수 있으며, K_c =논벼의 작물계수, I =포장삼투량($mm/일$) 및 Re =유효수량으로서 일 강우량과 논외 물꼬 높이와 관리 담수심 등에 따라 좌우된다.

최저 방류량 $MR(t)$ 는 다음 식에서 계산되는 REQ 가 MR 보다 적어 용수로의 흐름을 유지할 수 없을 때 이를 유지하기 위한 수량이다. 즉,

$$\begin{aligned} MR(t) > REQ(t) \text{ 이면 } REQ(t) = 0.0 \text{ 이고 } MR(t) = \text{보정된 값} \\ MR(t) \leq REQ(t) \text{ 이면 } REQ(t) = V_T \text{ 이고 } MR(t) = 0.0 \end{aligned}$$

(12)

여기서, V_T 는 필요수량을 공급하기 위하여 수원공으로부터 포장에 이르는 동안의 손실수량과 포장에서의 관리손실 등을 고려한 조용수량으로서 다음 식과 같다.

$$V_T = (1 + E_i) \cdot I_a \quad (13)$$

여기서, I_a = 필요수량, E_i = 관개효율이다.

이양용수량 TS 는 해당 경지의 경운 깊이, 토양의 공극율 및 썩래질 후의 담수심 등의 요소에 따라 변화하는데 그 값도 대략 $100mm \sim 150mm$ 의 범위로

알려져 있다.

수로 손실율 L은 대상지구의 측정결과로부터 정의하거나 일반적인 기준인 10~20%의 범위에서 정의할 수 있다.

유효우량은 논의 물꼬높이와 관리 담수심 및 최저 방류량과 이양용수량에 따라 변화하는데 이들은 필지마다 또는 해당 저수지의 관개조직의 특성에 따라 다른데, 전 관개구역의 평균값을 적용하도록 한다.

본 과업에서는 대상 관개지구 전체를 하나의 필지로 개념화하고 방류량 모형을 구성하는 매개변수에는 물꼬높이, 관리 담수심 및 이양용수량 등의 개념을 도입하여 방법을 적용하였다.

나. 논벼의 증발산량

일단위 논벼의 잠재증발산량은 Doorenbos 등(1977) 및 Jensen(1983)이 제시한 Penman식을 적용하였다. FAO 수정 Penman 식은 많은 실험을 통하여 산정된 계수들이 제시되어 있고 유용성이 입증되어 지금까지 많이 사용되고 있다. FAO 수정 Penman 식은 식 3.3.14과 같다.

$$ET_p = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \quad (14)$$

여기서, ET_p 는 기준 작물의 잠재증발산량(mm/day), W 는 온도로 계산되는 가중치, R_n 은 순일사량(mm/day), $f(u)$ 는 풍속함수, $(e_a - e_d)$ 는 평균기온에서 공기의 포화수증기압과 실제수증기압과의 차이, C 는 주야의 기후차에 의한 보정계수이다. 가중치 W 는 식 (15)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$W = \Delta / (\Delta + \gamma) \quad (15)$$

여기서, Δ 는 평균기온에 대한 포화수증기압의 구배로서 식 (16)과 같고, γ 는 온도와 고도에 따른 습도계수로서 식 (17)과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{de_a}{dT_k} = \frac{d}{dT_k} [\exp(54.87) - (6790.49/T_k) - 5.00 \cdot \ln(T_k)] \quad (16) \\ &= [6790.49 / (T_k - \frac{5.0281}{T_k})] \cdot e_a \end{aligned}$$

$$\gamma = 0.386 \cdot (1013 - 0.1055 \cdot EL) / (595 - 0.51 \cdot T) \quad (17)$$

여기서, EL 은 고도(m), T 는 평균기온(°C)이다.

e_a 는 평균기온에서 공기의 포화수증기압으로서 식 (18)로 계산할 수 있으며, 실제수증기압 e_d 는 상대습도(RH)를 이용하여 식 (19)와 같이 계산할 수 있다. T_k 는 평균기온의 절대온도 ($T^{\circ}\text{C}+273.16$)이다.

$$e_a = \exp(54.87) - (6790.49/T_k) - 5.002808 \cdot \ln(T_k) \quad (18)$$

$$e_d = RH \times e_a / 100.0 \quad (19)$$

풍기동력학에서 풍속함수는 식 (20)과 같다.

$$f(u) = 0.27(1 + U/100.0) \quad (20)$$

여기서, U 는 2 m 높이에서 측정된 풍속(km/일)이다.

한편, 순일사량 R_n 은 단파일사량에서 지구복사에 의한 장파복사량의 차로써 얻을 수 있는데, 순일사량은 기상청이나 측후소에서 측정하지 않으므로, 일사량에서 일조시간, 온도등의 기상자료로 계산하는 방법을 사용하고 있으며, 이는 식 (21)과 같다.

$$R_n = (1 - a_l)R_s - f(T) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N) \quad (21)$$

여기서, R_n 는 순일사량, R_s 는 측정일사량, a_l 은 알베도 (albedo=0.25)이고, $f(T)$ 는 장파의 흑체반사량, $f(e_d)$ 는 습도에 대한 산란장파로 계산되는 값, $f(n/N)$ 는 일조시간 대 가조시간의 함수로 계산되는 값이다. 위 식의 각 항을 살펴보면 식 (22)~(24)와 같다.

$$f(T) = \varepsilon \cdot T_k^4 \quad (22)$$

여기서, ε 는 Stefan-Bolzman상수 ($11.71 \times 10^{-8} \text{cal/cm}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{day}$), T_k 는 평균 온도의 절대온도 값이며,

$$f(e_d) = a + b \sqrt{e_d} \quad (23)$$

이고, 여기서, a , b 는 계수($a=0.044$, $b=1.0$), e_d 는 평균 이슬점온도에서의 절대습도(mb)이며,

$$f(n/N) = a + b \cdot (n/N) \quad (24)$$

이고, 여기서, a , b 는 계수($a=0.1$, $b=0.9$), n/N 은 일조시간 대 가조시간의 비이다. 가조시간은 표 3.3.1을 이용하여 구할 수 있다.

한편, Doorenbos 와 Pruitt(1977)는 기상자료 중 일사량자료가 없는 경우에 일조시간으로부터 일사량을 계산하여 Penman 잠재증발산량을 산정할 수

있도록 식 (25)를 제시하였다.

$$R_s = [a + b \cdot (n/N)] \times R_a \quad (25)$$

여기서, R_s 는 일사량, a , b 는 계수($a=0.25$, $b=0.5$), R_a 는 (표 4.8)에서 산정되는 대기권 밖의 일사량이다.

(표 4.8) 위도별 월평균 일조가능시간(시간)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
30°	10.4	11.1	12.0	12.0	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.4	10.2
35°	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
40°	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3

(Crop Water Requirement, FAO Paper Vol. 24.)

(표 4.9) 위도별 월평균 대기권 밖의 일사량(mm/일)

위도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
30°	8.9	10.7	13.0	15.2	16.5	17.0	16.7	15.7	13.9	11.7	9.5	8.3
35°	7.6	9.6	12.2	14.7	16.4	17.2	16.8	15.5	13.2	10.7	8.2	7.0
40°	6.4	8.5	11.3	14.2	16.3	17.3	16.7	15.1	12.5	9.6	7.0	5.7

(Crop Water Requirement, FAO Paper Vol. 24.)

다. 유효우량과 필요수량

논에서의 유효우량은 포장의 물꼬관리에 따라 변화하는데, 일 강우량이 물꼬높이 이상이면 유효우량은 물꼬높이까지의 강우량이 되나 전일의 담수심이 물꼬높이를 유지하고 있는 경우는 유효우량이 없게 되므로, 유효우량의 산정을 위하여는 담수심의 변화를 고려해야 한다.

일별 담수심의 변화는 단일 필지에서의 물수지식을 이용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$Re = D_t - D_{t-1} - REQ(t) + U_t \quad (26)$$

여기서, D_t = t 일의 담수심(mm), D_{t-1} = $t-1$ 일의 담수심(mm), Re =유효우량(mm) 및 $REQ(t)$ = t 일의 필요수량(mm)으로서 관계한 수량 등이다. 소비수량 U_t 는 다음 식 (27)로 표시된다.

$$U_t = ET_a + I \quad (27)$$

여기서, ET_a =실제 증발산량, I =일 삼투량(mm) 등이다.

논에서의 담수심의 변화는 물수지식에 의해 다음과 같이 추적하고, 가정한 물꼬높이 D_{max} 및 관리 담수심 D_{min} 으로부터 당일의 필요수량과 유효수량도 계산한다.

(a) $D_{t-1} + R_t - U_t \geq D_{max}$ 이면 $REQ(t)=0.0$ 이고, $Re' = D_{max} - D_t + U_t$ 식 3.3.28

여기서, R_t = t 일의 강우량이며, Re' =유효가능우량(potential effective rainfall)이고, 다음 식 (28)과 식 (29)에 의해 유효수량으로 변환된다. 즉,

$$R_t \geq Re' \text{ 이면 } Re = Re' \quad (28)$$

$$R_t < Re' \text{ 이면 } Re = R_t \quad (29)$$

(b) $D_{min} \leq D_{t-1} + R_t - U_t < D_{max}$ 이면 $REQ(t)=0.0$ (30)

(c) $D_{t-1} + R_t - U_t < D_{min}$ 이면 $REQ(t) = D_{min} - D_{t-1} - R_t + U_t$ (31)

여기서, Re 는 식 (28) 및 (29)의 값이다.

(4) 입력자료

저수지 물수지 모형인 DIROM의 입력자료는 (표 4.10)과 같이 I 대상지구의 특성, II 기상관측소의 제원 및 기상자료, III 저수지 관련 자료, IV 유역 및 관개지구 특성 자료, V 영농 활동 자료, VI 계산시간 간격 등으로 이루어져 있다.

(표 4.10) DIROM 모형의 입력자료

Data Group	Card No.	Variable Name	Formats	Description
I Application Site				
	1	WSNAME(i)	4A4	Watershed Name
	2	PNAME (i)	4A4	Project Name
	3	RSNAME(i)	4A4	Reservoir Name
II Meteorological Station & Hydrologic Conditions				
	1	CLSTAT(i)	4A4	Name of the Meteorological Station
	2	ALAT	6F10.0	Latitude
		ELE	F10.0	MSL Elevation(m)
		WSAA(i)	2F10.0	Area of watersheds (ha)
		TWSA	F10.0	Total Area of watersheds (ha)
		AREAIR	F10.0	Irrigated Area(ha)
III Reservoir Informations				
	1	FIWL	F10.0	Initial water Level(m)
		FISTO	F10.0	Initial Storage($10^{-3}m^3$)
		FWL	F10.0	Full Water Level(m)
		FLWL	F10.0	Flood Water Level(m)
		DWL	F10.0	Dead Water Level(m)
	2	ELSP1	F10.0	Full Water Level to be modified(m)
		IMSP	2X, I2	Period to be modified(Starting month)
		IDSP	I2	" (Starting Day)
		LMSP	I2	" (Ending Month)
		LDSP	I2	" (Ending day)
		ELSP2	F10.0	Spillway Crest Elevation(m)
		SPLNG	F10.0	Spillway Length(m)
	3	NSTAG	I5	Number of Stages for reservoir Capacity
	4	STAG(i)	F10.0	Stage(EL.m)
		SURE	F15.0	Surface Water Area for the stage(m^2)

(표 4.10) 계 속

Data Group	Card No.	Variable Name	Formats	Description
<u>IV Characteristics of the reservoir, watershed, channel & Paddy</u>				
1		LAG	I5	Lag Tim(hr)
		EVCO	F10.0	Evaporation Coeff.for watershed
		HWLD	F10.0	Height of Wind speed meter in Meteorological station(m)
		TI	F6.0	Infiltration rate in the Paddy(mm/day)
		CL	F6.0	Conveyance Loss(%)
		OTH	F6.0	Minor Loss in Reservoir(mm/day)
		PANCO	F6.0	Evaporation Pan Coeff of reservoir
		DTMAX	F6.0	Maximum Ponding Depth(mm)
		DTMIN	F6.0	Nor mal Ponding Depth(mm)
		MRMI	F6.0	Municipal & Industrial use($10^{-3}m^3/day$)
		REMIN	F6.0	Minimum Release Rate(mm/ha)
2		BASIN(I)	2F6.0	Watershed Area(km ²)
		PADD(I)	2F6.0	Ratio of Paddy Area(%)
		UPLAN(I)	2F6.0	Ratio of Upland Area(%)
		FORST(I)	2F6.0	Ratio of Forest Area(%)
3		E(I)	12F5.0	Evaporation Loss of Watershed for every month(mm/day)
4,5,6		CC(I)	12F5.0	
<u>V Simulation Control Parameters</u>				
1		NUIM	I2	Irrigation Starting Month
		NUID	I2	Irrigation Starting Day
		NULM	I2	Nursery Ending Month
		NULD	I2	Nursery Ending Day
		IMTR	I2	Transplanting Start Month
		IDTR	I2	Transplanting Start Day
		LMTR	I2	Transplanting Ending Month
		LDTR	I2	Transplanting Ending Day
		LMIR	I2	Irrigation Ending Month
		LDIR	I2	Irrigation Ending Day

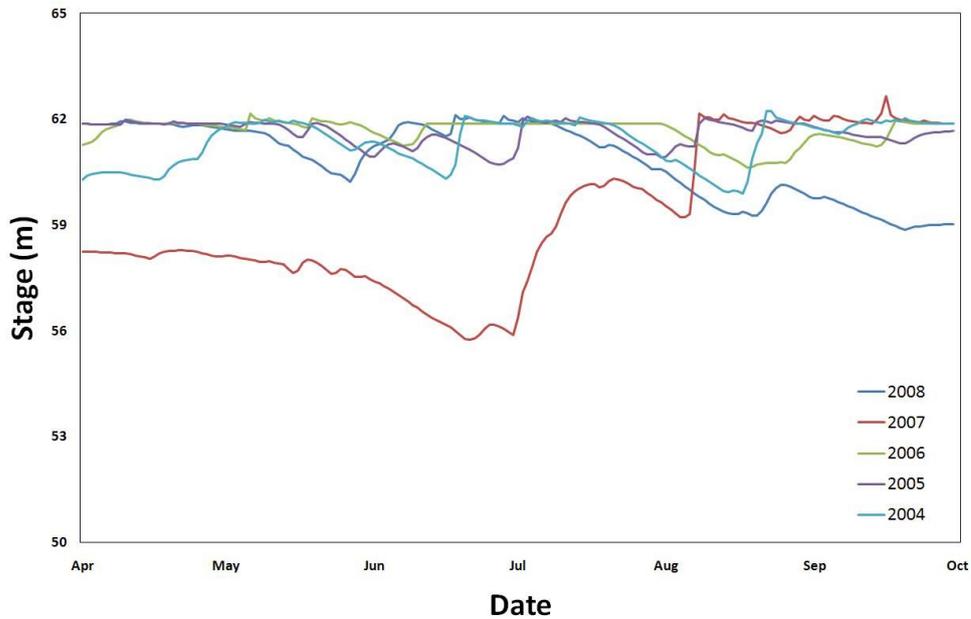
(표 4.10) 계 속

Data Group	Card No.	Variable Name	Formats	Description
	2	KTP	I2	Runoff Calibration(if want 01,otherwise oo)
	3	KRE	I2	Release " (")
	4	KSO	I2	Runoff Simulation (")
	5	KOS	I2	Release " (")
	6	KWB	I2	Water Balance Computation (")
	7	KOB	I2	Water " from observed data
	8	KWB	I2	Water " Error Computation
	9	IYW	I2	Water " Computation starting year
		IMW	I2	" " " " Month
		IDW	I2	" " " " Day
		LYW	I2	" " " Ending Year
		LMW	I2	" " " Month
		LDW	I2	" " " Day
		IYE	I2	Water Balance Error Computation Starting Year
		IME	I2	" " " " Month
		IDE	I2	" " " " Day
		LYE	I2	" " " " Year
		LME	I2	" " " " Month
		LDE	I2	" " " " Day
VI Meteorological Data & Observed Data				
	1	KD	I2	Data Option (01~NKD)
		IY	I2	" Starting Year
		IM	I2	" " Month
		ID	I2	" " Day
		LY	I2	" ending Year
		LM	I2	" " Month
		LD	I2	" " Day
		KD	I2	Block Numbers of Data
	2	Data(KD, I, J, K)	2(10F6.0), 11F6.0	Data per option, year, month, day

(5) 모형결과

다음의 <그림 4.33>은 2004년부터 2008년까지 관개기간인 4월부터 9월까지의 하이저수지의 저수위 변화를 보여주고 있다. 모형의 적용에 이용된 기상자료는 인접한 진주 기상관측소의 일별 자료로 추후 과거 기상자료의 추가 구축을 위해 장기간의 저수위 변화를 모의할 예정이다.

저수위 모의결과 2004년의 경우 평균저수율 95%, 최저저수율 82%를 기록했고 2005년 평균저수율 97%, 최저저수율 89%, 2006년 평균저수율 98%, 최저저수율 89%, 2007년 평균저수율 76%, 최저저수율 49%, 2008년 평균저수율 91%, 최저저수율 73%를 각각 기록하였다. 또한 2004년에서 2008년 사이 가장 저수율이 낮았던 날은 2007년 6월 21일로 저수위가 55.74m으로 모의되었다.



<그림 4.33> 관개기간에 대한 하이저수지 저수위 변화 모의(2004년~ 2008년)

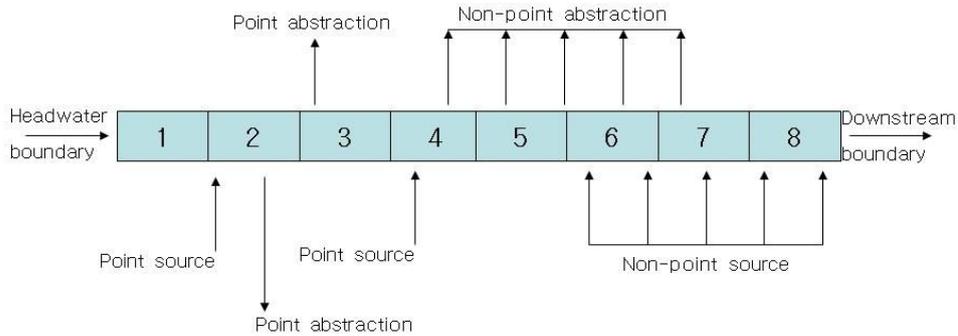
4.4.3 하천 수질 분석

저수지 물수지 분석을 통해 공급 가능한 농어촌 환경용수가 산정되면 저수지 하류의 하천으로 용수를 공급하게 되며, 시기별 농어촌 환경용수의 공급에 따른 하천 수질 개선 효과를 분석하기 위해 하천 수질 모델링이 필요하다. 하천 수질 모델링을 위해 현재 하이 저수지 하류 하천 2개 지점에 하천 수위 관측시설을 구축해 운영하고 있으며 추후 수질 모니터링을 통해 하천 수질 모델의 보정과 검정에 이용할 예정이다.

노준우 등(2008)은 댐에 의해 조절되는 하천에서는 적절한 하천유지유량의 확보는 물론, 하류 하천의 수질악화와 사고에 대비한 댐 운영이 요구되며, 이를 기술적으로 지원할 수 있는 동적인 하천수질모형의 적용이 필요성을 강조한 바 있다. 동적수질모형은 하천의 수질을 고려한 댐 용수공급 의사결정을 지원하기 위해 강우유출과 댐 방류량 증가와 같은 부정류 흐름상태에서 하천의 수질변화를 해석할 수 있는 비정상상태(unsteady state) 수질예측을 위하여 개발되었고 최상류단에서의 유량변동 뿐만 아니라 지천의 유량 및 수질인자에 대한 시·공간적 변동을 모의할 수 있다. 이러한 동적수질모형을 이용하면 방류량 증가유무에 따른 수질변화 및 수질개선효과분석이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 하천 수질 모델링을 위해 동적수질모형으로 현재 광범위하게 이용되고 있는 QUAL2K(Chapraet al., 2008) 모형을 선정하였다. QUAL2K는 하천의 수직 및 수평으로 완전혼합을 가정하며, 정상상태 부등류 흐름으로 해석하고, 열 수지와 수온의 비정상상태 모의가 가능하다. 또한 계산요소가 그 특성에 맞게 각각 다른 길이로 모의 할 수도 있으며, 오염원이거나 취수원이 같은 계산요소에 다중으로 고려할 수 있다. 유기물질을 나타내는 CBOD를 천천히 산화하는 sCBOD(cs)와 빠르게 산화하는 fCBOD(cf)의 두 가지 형태로 구분하여 현실화 하였으며, 자생 BOD와 관련 있는 입자성 유기물(detritus : m0)도 모의 가능하다. 무산소 상태에서 반응이 일어나는 탈질화반응, 퇴적층과 수체간의 용존산소 및 영양염류의 물질흐름량을 파악할 수 있는 기작을 구현하였다. 이 기작에는 입자성 유기물의 침강, 퇴적층 내 반응 및 수체 내 용존 상태 농도 등이 관여한다. 조류(ab)가 모의 가능하

며, 조류, 입자성 유기물 및 무기성 고형물 등을 이용하여 빛의 감소를 파악한다. 하천의 pH는 알칼리도와 총 무기탄소로 파악하며, 수온, 빛 및 침강에 의해 영향을 받는 병원균도 모의 가능하다. 다음의 <그림 4.34>는 QUAL2K의 모델링을 위한 개념도이다.

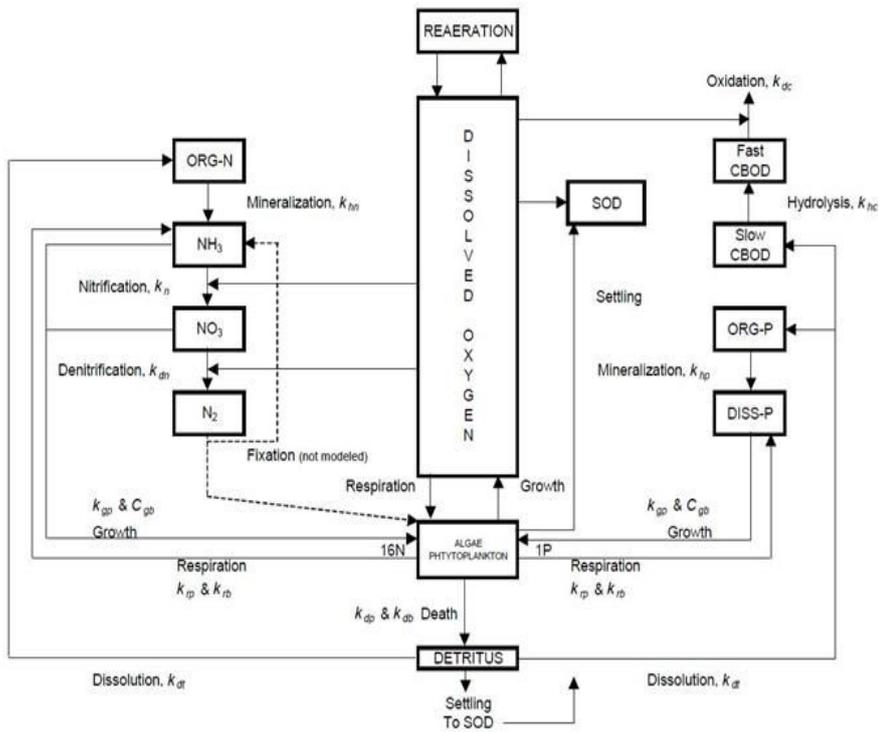


<그림 4.34> QUAL2K 모형의 구간별 모의 개략도

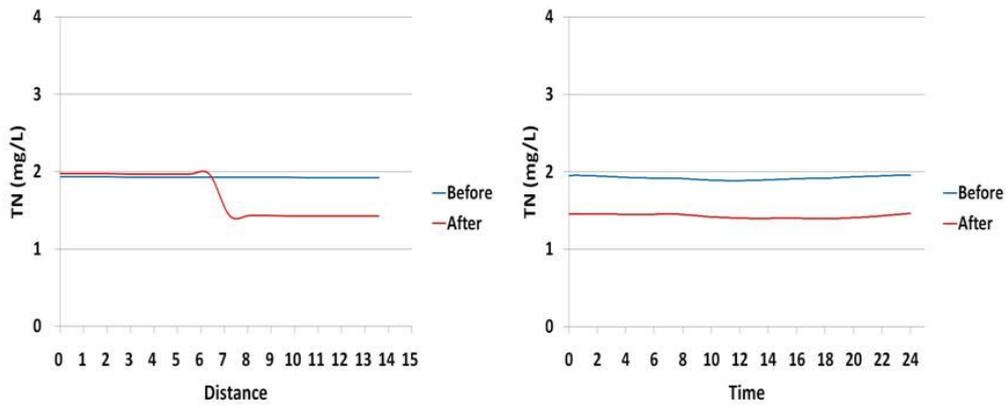
다음의 <그림 4.35>는 QUAL2K에서 용존산소의 상호작용에 대한 모식도를 보여주고 있다.

대상유역에 대한 하천수질 모델링을 구축하기 위한 현장 자료구축이 현재 진행되고 있어 모형의 보정과 검증은 추후 현장 모니터링 자료의 구축이후 수행될 예정이다. 본 연구에서는 농어촌 환경용수의 공급에 따른 하천 수질 개선 효과를 개략적으로 모의하기 위해 TN 농도가 2mg/L이며 5m³/s의 유량이 흐르는 가상의 하천에서 7km지점에 TN농도가 0.9mg/L인 유량 5m³/s을 흘려보낸 경우를 QUAL2K 모형의 적용을 통해 분석하였으며, 다음의 <그림 4.36>은 모의결과를 보여주고 있다. 가상의 하천에 대한 적용에서 기존의 하천에 보다 농도가 낮은 농어촌 환경용수를 공급할 경우 하천농도가 개선되는 효과를 보여주고 있다.

향후 저수지 물수지 분석을 통한 시기별 농어촌 환경용수량이 결정되고 하천 수질 모델링을 위한 실측자료 구축이 완료되면 농어촌 환경용수 공급효과가 하천수질에 미치는 영향을 정량적으로 분석할 수 있을 것으로 예상된다.



<그림 4.35> QUAL2K 모형에서의 용존산소 상호 작용 기작



<그림 4.36> TN농도 0.9mg/L인 유량 5m³/s의 농어촌 환경용수 공급전후 비교

4.5 요약 및 결론

가. 환경용수 실태조사의 필요성

- 우리나라의 하천유지용수 산정은 대하천에 국한되고 있으며, 전국 구간에 획일적이고 제한된 항목을 기준으로 하고 있는 등 전반적으로 볼 때 생공용수의 개념까지 접근하지 못하고 있음
- 환경용수의 산정 및 관리방안의 수립을 위해서는 관련 제도정비, 환경유량결정에 필요한 수문정보, 전문가 집단의 네트워크 구축, 재원, 환경용수의 공급을 위한 계획적 기간의 설정 등을 종합적으로 도모할 필요가 있음
- 하천유황, 하천환경, 하천용수사용에 대한 지속적인 모니터링과 조사를 통하여 신규 용수사용 허가 가능량, 기존 용수재평가를 통한 용수사용량을 파악하고 환경용수로의 이용가능성을 파악하여야 함

나. 하천 현황 조사

- 하천 운영실태 조사를 위한 대상지구는 농업용 수리시설물의 종류와 규모가 다양한 시험지구로서 농촌의 대표성과 적절한 기준의 자료가 있으며 현장방문의 비교적 용이한 점 등을 고려하여 경기도 용인시 이동면 송전천과 안성시 양성면, 용인시 남사면, 평택시 진위면 진위천의 수계지구를 선정하였음
- 농촌하천의 시기별 하천유황을 분석한 결과는 갈수기인 11월부터 이듬해 5월까지의 대체적으로 유량이 줄어드는 현상을 보이고 있으며, 장마기인 6월이후 회복되어 정상적인 흐름을 보였음
- 저수지 운영자료 분석결과 4월초부터 관개기 관개용수를 공급하였으며 수위 조절 목적으로 방류를 한 경우는 없었다. 용덕저수지의 하류의 하천의 경우 관개기 이전은 수위의 변동이 없었으나 4월초 관개용수의 공급으로 수위가 조금씩 상승하는 것으로 나타났음

다. 환경용수 공급 모니터링

- 환경용수 적용을 위해 경남 고성군 하이면 와룡리에 위치해 있는 하이저수지를 시험구역으로 선정하였음

- 관개가 끝난 9월말과 10월 초순 경에 하천의 물은 말라 있었으며, 건전한 하천생태계의 복원과 농촌유역의 물순환 회복을 위한 농업용 저수지의 농어촌 환경용수의 공급 필요성을 보여주었음
- 하이저수지의 농어촌 환경용수 공급에 따른 하천환경 변화를 분석하기 위해 하이저수지 하류에 위치한 봉현천 2개 지점에 하천유량 관측을 위한 수위계를 설치하였음

라. 저수지 물수지 분석

- 농업용 저수지의 일별 모의조작을 위하여 개발된 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형을 이용하여 저수지의 일별 사용량을 추정하였음
- 2004년부터 2008년까지 관개기간인 4월부터 9월까지의 하이저수지의 저수위 변화를 분석한 결과 2004년부터 2008년까지 관개기간인 4월부터 9월까지의 하이저수지의 저수위 변화를 나타내었음
- 2004년에서 2008년 사이 가장 저수율이 낮았던 날은 2007년 6월 21일로 저수위가 55.74m으로 모의되었음

참고문헌

1. 노준우, 이상욱, 정성태, 2008. 동적 하천수질모형을 활용한 증가방류 모의. 한국수자원학회지 41(10): 48-51.
2. 안시권, 조영현, 성영두, 2008. 댐 하류하천 환경개선을 위한 다목적댐 증가방류 효과 고찰. 한국수자원학회지 41(10): 41-47.
3. 정성수, 김경섭, 2008. 안양천에서 QUAL2E와 QUAL2K 모델의 적용 및 평가. 대한환경공학회지 30(5): 544-551.
4. 한국수자원공사, 1995. 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용. IPD-95-2. 연구보고서, pp. 247-264.
5. 김종원, 김창현, 심우배, 한동근, 환경용수 확보를 위한 중앙정부와 지방정부의 역할 분담과 정책 과제, 국토연구원
6. 안시권, 조영현, 성영두, 2008. 댐 하류하천 환경개선을 위한 다목적댐 증가방류 효과 고찰. 한국수자원학회지 41(10): 41-47.
7. 노준우, 이상욱, 정성태, 2008. 동적 하천수질모형을 활용한 증가방류 모의. 한국수자원학회지 41(10): 48-51.

8. 한국수자원공사, 1995. 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용. IPD-95-2. 연구보고서, pp. 247-264.
9. 고익환, 윤석영, 노재화, 2008b. 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량, 한국수자원학회지 41(4): 10-14.
10. Arthington, A. H., S. E. Bunn, N. L. Poff, and R. J. Naiman, 2006. The challenges of providing environmental flow rules to sustain river ecosystem. *Ecological Applications* 16: 1311-1318.
11. Doorenbos. J & Pruitt. W. O.. 1977. Crop requirements FAO. Irrigation and Drainage Paper 24. Rome. Italy.
12. Johnson, W. C., 1994. Woodland expansion in the Platte River, Nebraska: Patterns and causes”, *Ecological Monographs*. 64(1): 45-84.
13. Petts, G. E. and Maddock, 1998. Flow allocation for in river needs. *The river handbook hydrological and ecological principles*, 2: 289-307.
14. Sugawara. Masami & Kuniyuki Maruyama. 1956. A method of revision of the river discharge by means of : rainfall model. pp.14 ~ 18
15. Tsukahara, C. and N. Hakoishi, 1999. Investigation on flush discharge in Ikari dam, *Civil Engineering Journal* 41: 2-3.
16. Maunder, D. and B. Hindley, 2005, *Establishing Environment Flow Requirements: Synthesis Report*, Conservation Ontario: Newmarket, ON. Available at <http://www.conservationontario.ca/projects/pdf/Synthesis.pdf>
17. Richter, B.D., J.V. Baumgartner, J. Powell, and D. P. Braun, 1996, A Method of Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems, *Conservation Biology*, 10(4), pp.1163-1174
18. Annear, T. C., I. Chrisholm, H. Beecher, A. Locke, P. Aarrestad, N. Burkhart, C. Coomer, C. Estes, J. Hunt, R. Jacobseon, G. Jobsis, J. Kauffman, J. Marshall, K. Mayes, C. Stalnaker, R. Wentworth, 2002, *Instream Flows for Riverine Resource Stewardship*, USA: Instream Flow Council

제5장 종합결론

제5장 종합결론

5.1 농어촌 환경용수의 적용

가. 환경용수의 개념

- 하천유지유량은 이수관리와 하천환경관리를 바탕으로 하천 개발과 이용을 위한 인위적인 기능, 그리고 하천의 보전 및 복원 등을 위한 자연적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 최소한의 하천유량으로 정의됨
- 하천유지유량은 하천 고유의 자연적 기능 이외도 시대의 변천에 따른 사회적 요구 조건에 따라 여러 다른 기능에 대해서도 정의되었고 그에 따라 그 개념도 확장되고 있음
- 환경용수는 농촌지역의 하천생태계 보전을 위한 최소한의 하천기능 유지는 물론 환경개선 의미를 포함하고 있어 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 용수를 뜻하고 있음

나. 국내외 기준조사

- 농어촌정비법 제2조에 농어촌용수를 “농어촌지역에 필요한 생활용수, 농업용수, 공업용수와 환경오염의 방지를 위한 용수로 정의
- 일본에서는 신하천법 이후로 정상유량이라는 용어를 사용하였다. 정상유량이란 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의되어 있고, 신하천법 16조에 규정된 ‘공사실시기본계획’에 정상유량을 설정하고 있음
- 일본의 유수의 정상적인 기능은 유수의 점용, 주운, 어업, 관광, 유수의 청결한 유지, 염해의 방지, 하구폐색의 방지, 하천관리시설의 보호, 그리고 지하수위 유지 등으로 우리나라와 다르지 않다. 유수의 점용을 제외한 8개 항목에 동식물 보호를 추가한 9가지를 고려하여 갈수시에도 유지하여야 하는 유량을 하천유지유량으로 정의하고, 다시 이수유량을 고려하여 정상유량을 결정하고 있음
- 미국에서 하천유지유량은 ‘Instream Flow’ 또는 ‘Minimum Flow’라

하며, 하천내에서 물의 가치와 이용을 허용수준 이상으로 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의

- 영국 수자원법(Water Resource Act)에는 우리나라 하천유지유량의 개념과 유사한 최소허용유량(minimum acceptable flows, MAF)이라는 개념이 있어 지방 하천청이 각 하천마다 지정하고 있음
- 독일의 경우 하천유지유량은 연방정부 혹은 주정부 관할 하천관리협의회에서 하천수 이용과 기능을 고려하여 취소조건에 따라 각종 용수의 수질, 하천환경, 생태계, 여가활동, 또는 희석유량과 관련된 항목을 정성적으로 평가하여 결정하고 있음

5.2 농어촌 환경용수 산정방안

가. 환경용수 산정기법

- 하천유지유량 산정기법은 일반적으로 수문학적 접근법(Hydrological approach), 수리학적 접근법(Hydraulic rating approach), 서식지 모델링 기법(Habitat simulation method), 그리고 통합적 방법(Holistic method)으로 구분할 수 있음
- 수문학적 접근법은 역사적 수문자료를 사용하는 접근법으로 장기간에 걸쳐 관측된 하천의 흐름 자료를 바탕으로 하천유지유량은 연유량 혹은 월유량에 대한 평균 혹은 중간값의 백분율로 나타낼 수 있으며, 하천유량에 대한 초과확률이나 유량지속곡선으로부터 계산
- 서식지 모델링 기법은 어느 정도의 유량에서는 어떤 종류의 생물이 보존될 수 있는가를 실증적으로 조사한 표를 작성하여 어느 수준의 생태를 확보할 것인가를 결정
- 수리학적 접근법은 물고기 서식지와 같은 하천자원과 유량변화의 양과 질 사이의 계량적 관계를 이용하는 방법으로 기본적인 수리학적 변수(하천횡단면에서의 윤변, 최대수심, 평균유속 등)들을 이용
- 통합적 접근법은 유량관련 자료와 지식을 활용하는 방법인데, 전문가 그룹의 자문을 받는 방법과 혼용하여 활용하는 방법
- 콤비네이션 방법은 주로 다변량 통계 기법이 적용되는 하이브리드

(hybrid)기법으로 4가지 하천유지유량 산정기법(hydrological, hydraulic rating, habitat simulation, holistic)들 중에서 두 개 이상을 고려하여 결정

나. 농어촌 환경용수 산정 방안

- 환경용수는 하천유지유량과 기본적인 추구 목적이 유사하므로 기존 하천유지유량 산정 방법을 참고하여 목적별 환경용수 산정을 위한 방법으로 도입함
- 하천유지유량은 하천이 갖는 고유의 자연갈수량을 설정한 것으로서 하천특성을 유지하는 최소한의 자연갈수량으로 설정
- 환경용수를 산정할 때 현실적으로 생태계보전과 경관유지 등의 항목에 대해서는 계량화가 곤란하기 때문에 특수한 경우를 제외하고는 관개구역내의 중심 마을에서 배출되는 하수처리 방류수를 희석하기 위한 수량 등 수질보전 항목을 위주로 환경용수를 산정
- 하천의 생태계, 서식처를 보존하기 위한 유량은 하천을 보전하거나 복원하기 위해 필요한 생태계를 대상으로 하되 주로 하천에서 대표어종이 서식하기 위해 하천이 확보해야 하는 수리 조건(수심, 유속, 하상재료 등)을 만족할 수 있는 유량을 말한다. 특별히 하천 구간내 상업적인 어종이나 기타 보호 어종 또는 천연기념물과 같은 어종을 관리할 필요가 있을 때 산정
- 하천 경관을 고려한 필요유량 산정에서는 하천경관을 고려한 필요유량 산정방법의 검토하고 경관을 고려한 필요유량과 대상구간의 선정과 필요유량의 산정

다. 국내외 하천유지유량 산정 및 적용사례

- 금강수계의 하천유지유량 산정에서는 수문학적 접근에 의한 갈수량 산정 이외에 하천 생태계를 고려한 필요유량 산정에서는 어류 조사, 대표어종과 서식환경, 한계구간과 필요유량 결정에 대해 조사를 실시하였음

- 한강에서는 하천을 자연유황 형태로 복원하여 생태계의 다양성을 확보할 수 있는 목표 하천유량관리 수준을 결정하기 위하여 RVA(Range of Variability Approach) 방법을 적용하였으며, 댐건설 전후의 자연유황의 변화 양상을 비교하여 각종 유황을 계산하였으나 수질이나 생태계 영향에 대해서는 고려하지 않음
- 안양시에서는 안양천 하천정비 사업을 추진하면서 하천정비사업 후에 필요한 하천유지용수는 1일 44,900m³로 산정하였음

라. 환경용수 산정사례

- "농업생산기반정비사업계획설계기준 관계편"(농림부, 1998)에는 유역 상태에 따른 기준갈수량을 계산하여 수록
- 설계기준에 따르면 유역상태를 4가지로 분류하였는데, 유역내 양수장, 취입보 등 수리시설이 많고 유역내 임상상태가 빈약할 경우에는 0.0902m³/s/100km², 유역내 임상 및 수리시설물이 보통인 경우에는 0.1804m³/s/100km², 임상이 좋고 상류부 수리시설물이 거의 없는 지역은 0.3608m³/s/100km²를 10년 빈도 갈수량으로 적용
- "하천유지유량 산정요령"(건설교통부, 1999)에는 미계측 유역의 갈수량을 비유량 개념으로 추정 가능하도록 수계 내 많은 수위관측소의 장기간 실측자료를 회귀분석하여 소하천의 기준갈수량 및 평균갈수량을 산정할 수 있는 회귀식을 제시

5.3 농어촌 환경용수 실태조사

가. 환경용수 실태조사의 필요성

- 우리나라의 하천유지용수 산정은 대하천에 국한되고 있으며, 전국 구간에 획일적이고 제한된 항목을 기준으로 하고 있는 등 전반적으로 볼 때 생공용수의 개념까지 접근하지 못하고 있음
- 환경용수의 산정 및 관리방안의 수립을 위해서는 관련 제도정비, 환경유량결정에 필요한 수문정보, 전문가 집단의 네트워크 구축, 재원, 환경용수의 공급을 위한 계획적 기간의 설정 등을 종합적으로 도모

할 필요가 있음

- 하천유황, 하천환경, 하천용수사용에 대한 지속적인 모니터링과 조사를 통하여 신규 용수사용 허가 가능량, 기존 용수재평가를 통한 용수사용량을 파악하고 환경용수로의 이용가능성을 파악하여야 함

나. 하천 현황 조사

- 하천 운영실태 조사를 위한 대상지구는 농업용 수리시설물의 종류와 규모가 다양한 시험지구로서 농촌의 대표성과 적절한 기준의 자료가 있으며 현장방문의 비교적 용이한 점 등을 고려하여 경기도 용인시 이동면 송전천과 안성시 양성면, 용인시 남사면, 평택시 진위면 진위천의 수계지구를 선정하였음
- 농촌하천의 시기별 하천유황을 분석한 결과는 갈수기인 11월부터 이듬해 5월까지의 대체적으로 유량이 줄어드는 현상을 보이고 있으며, 장마기인 6월이후 회복되어 정상적인 흐름을 보였음
- 저수지 운영자료 분석결과 4월초부터 관개기 관개용수를 공급하였으며 수위 조절 목적으로 방류를 한 경우는 없었다. 용덕저수지의 하류의 하천의 경우 관개기 이전은 수위의 변동이 없었으나 4월초 관개용수의 공급으로 수위가 조금씩 상승하는 것으로 나타났음

다. 환경용수 공급 모니터링

- 환경용수 적용을 위해 경남 고성군 하이면 와룡리에 위치해 있는 하이저수지를 시험구역으로 선정하였음
- 관개가 끝난 9월말과 10월 초순 경에 하천의 물은 말라 있었으며, 건전한 하천생태계의 복원과 농촌구역의 물순환 회복을 위한 농업용 저수지의 농어촌 환경용수의 공급 필요성을 보여주었음
- 하이저수지의 농어촌 환경용수 공급에 따른 하천환경 변화를 분석하기 위해 하이저수지 하류에 위치한 봉현천 2개 지점에 하천유량 관측을 위한 수위계를 설치하였음

라. 저수지 물수지 분석

- 농업용 저수지의 일별 모의조작을 위하여 개발된 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model) 모형을 이용하여 저수지의 일별 사용량을 추정하였음
- 2004년부터 2008년까지 관개기간인 4월부터 9월까지의 하이저수지의 저수위 변화를 분석한 결과 2004년부터 2008년까지 관개기간인 4월부터 9월까지의 하이저수지의 저수위 변화를 모의하였음
- 2004년에서 2008년 사이 가장 저수율이 낮았던 날은 2007년 6월 21일로 저수위가 55.74m으로 모의되었음

5.4 제언

환경용수는 농어촌정비법에 정의되고 있으나 이에 대한 보다 명확한 법적 정의는 하천법과 국토해양부지침에서 규정하고 있는 하천유지유량의 개념에서 찾을 수 있다. 하천법에서 정의하고 있는 하천유지유량, 국토해양부 지침인 하천유지유량 산정요령, 하천유지유량 고시계획 상의 하천유지유량에 대한 개념이 모호하거나 개념상에서 일치하지 않는 부분이 있다.

환경용수는 이수유량을 제외한 기존에 하천에 흘러야할 최소한의 하천유지유량을 초과하여 더 필요한 용수로 정의한다. 하천법에서 정의하고 있는 하천유지유량으로는 환경용수와 하천유지유량의 구분이 불가능하다. 다시 말하면 하천법에서 정의하고 있는 하천유지유량은 생·공용수, 농업용수 등을 포함한 이수유량과 이를 제외하고 하천에 흘러야 할 유량의 합이다. 이 개념에서 본다면 환경개선용수는 하천유지유량 범위 내에서 이수용도로 사용되고 있는 수량을 제외한 양을 환경개선용수와 하천에 흘러야할 유량으로 구분하겠다는 것이 된다.

현재의 법에서 정의하고 있는 틀에서는 기존의 하천유지유량의 범위 내에서 환경용수를 공급한다는 것이기에 이는 유량관리 차원에서 보면 적합하지 않다. 갈수기 기준의 하천유지유량의 범위 내에서 환경용수를 추가로 확보하는 것은 현실적으로 어렵다는 것이다. 일본의 사례에서 보면 갈수량 기준으로 이수용도로 사용할 수 있는 유량의 범위 내에서 환경용수를 확보하는 것과 평수량 또는 풍수량 개념 하에서 공급가능한 유량의 범위 내에서 환경용수를 확보할 수 있도록 하는 것이 바람직한 방향이라고 판단된다.

우리나라의 경우 원래 환경용수를 확보해야 할 가장 중요한 고려인자의 하나인 서식처 제공이나 하천생태계의 유지에 필요한 유량에 대한 적정성이나 확보된 유량에 대한 모니터링을 통한 평가가 이루어지지 않거나 축적된 자료가 많지 않은 실정이다. 또한 수자원관리 차원에서 주요 하천과 시설의 유량이 관측되고는 있지만 그 역사가 길지 않고 농촌지역에 많은 소하천의 경우는 사실상 거의 계측이 이뤄지지 않고 있다.

농촌지역에서 환경용수는 주로 저수지나 보에서 확보된 물을 공급하는 것인데 설계상 환경용수에 대한 고려가 없이 준공된 수원이므로 하류에 필요한

환경용수를 공급할 때는 시설의 보강이나 미묘한 물관리 기술 개발이 선행되어야 한다. 그리고 대부분의 농업용 수리시설이 규모가 크지 않기 때문에 시기적으로나 양적으로 유효한 관리가 어려운 문제도 안고 있다.

농어촌 환경용수의 정량적 산정을 위하여는 농업용 저수지의 경우에도 관개용수와 환경용수로의 공급이 가능하도록 관련 제도의 개선이 필요하고, 환경개선 용수로의 판매가 가능하도록 관련 법 조항의 개정이 필요함과 동시에 소하천, 지방하천 등을 통하여 환경용수를 공급할 대상지가 없더라도 저수지 자체의 유지관리를 통한 환경용수의 확보 차원에서 필요한 예산의 확보를 위한 노력이 절실히 요구된다.

부록

1. 자문위원 및 실무평가위원
2. 자문의견 반영내역서
3. 공동 연구참여 내역

1. 자문위원 및 실무평가위원

구 분	일 자	자문위원	비 고
착수세미나	3월 11일	박병태(농림수산식품부) 홍성구(한경대학교) 김현수(농어촌연구원)	
중간검토회의	7월 13일	박병태(농림수산식품부) 홍성구(한경대학교) 김대의(사업계획실)	
결과발표회	12월 15일	박병태(농림수산식품부) 홍성구(한경대학교) 김대의(사업계획실)	

2. 자문위원 및 평가위원 자문의견 반영내역서

1) 착수세미나

자문위원 의견		반영 여부 (○,×)	반영내용(보고서 페이지) 및 미반영시 그 사유
1	과제명 변경 : 새로운 용어를 만들지 말고, 연구내용을 반영할 수 있는 제목을 고려	○	과제명 변경(당초) 농촌지역 환경용수 산정기준 연구(변경) 농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구
2	유역특성, 수리시설 유무를 고려한 현재 유량과 유량확보 방안을 검토하여 관리방안 수립으로 추진하는 것이 바람직함	○	관리방안의 수립은 2차년도에 실시할 내용으로 연구진행에 반영토록 하겠음
3	용수공급 효과를 평가하기 위해 수질, 생태 등의 주요 항목에 대한 선정과 반영이 필요	○	수질, 생태를 고려한 환경용수의 규모 및 실태조사는 해당 전문가와 공동연구를 통해 추진(외주용역시 반영)
4	“실태조사”는 연구내용에서 “사례조사”를 의미하고 있는 것으로 연구과정중 명확히 할 것	○	사례지구를 선정함에 있어 총괄적인 실태조사가 아닌 모범지구를 선정토록 추진
5	현재 기준으로 하고 있는 기준 갈수량의 충분, 불충분에 대한 타당성 검토가 필요함	○	농어촌용수의 기준갈수량에 대한 검토 실시하겠음
6	저수지에서 하천용수로 실제공급하고 있는 시설물을 대상으로 실태조사 실시할 것	○	시설물 운영지침, 관리일지 조사를 통해 실태조사 실시하겠음

2) 중간검토회의

자문위원 의견		반영 여부 (○,×)	반영내용(보고서 페이지) 및 미반영시 그 사유
1	하천유지유량과 하천관리유량의 개념정립 필요	○	하천유지유량의 개념 변화에 대한 내용을 보고서에 수록토록 조치하겠음
2	하천실태조사에서 조사기법에 대한 내용이 부족(조사시기, 방법에 대한 검토 필요)	○	조사시기 및 방법은 발표에 환경부 “건강한 하천 50선”의 선정기준을 검토하여 보완토록 추진
3	국토부의 하천유지유량 산정기준과 유사한 방법을 도입하여 환경용수 산정에 반영	○	기존의 하천유지유량 산정기준의 농촌유역에 적용하기 위한 방법 개발토록 추진

3) 결과발표회

자문위원 의견		반영 여부 (○,×)	반영내용(보고서 페이지) 및 미반영시 그 사유
1	수질개선효과 고려시 난류에 의한 혼합 등을 고려하도록 검토	○	2차년도 현장조사와 모형해석 수행시 반영
2	물수지 해석모형의 매개변수 수정이 필요함	○	물수지 분석을 위한 모형 검증시 반영토록 추진
3	유역특성을 반영을 통한 적정 환경용수량의 제시바람	○	2차년도 반영

■ 공동 연구참여 내역

분야별 공동연구 참여내역

연구항목	한국농어촌공사		용역기관	
	부서명	성명	기관명	성명
농어촌 환경용수 산정기준 정립	농어촌연구원	박기욱		
환경용수 공급 실태조사			경상대학교 산학협력단	김상민

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부로부터 연구비를 지원받아 한국농어촌공사 농어촌연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행 처

농어촌 환경용수 실태조사 및 산정방안 연구	
발행일	2009. 12
발행인	박 해 성
발행처	한국농어촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 해안로 391번지 전 화 031 - 400 - 1700 FAX 031 - 409 - 6055
※ 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	