

연구결과보고서

농촌지역 작부체계에 따른  
용수구역단위 물관리 기술 개발(최종)

---

Development of Water Management Techniques for  
Farming Condition Changes within Agricultural Watershed

---

2008. 12.

농어촌연구원  
생산자원연구소

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 『농촌지역 작부체계에 따른 용수구역단위 물관리 기술 개발』의 최종 연구보고서로 제출합니다.

2008년 12월

주관연구기관명 : 한국농촌공사  
농어촌연구원

연구책임자 김진택  
연구원 조진훈  
박기욱  
김동주

공동연구기관 : 공주대학교  
산학연구본부

연구책임자 정남수  
연구원 이세희  
장우석  
박중환  
박진수  
김성환  
박주석  
최한준

# 요 약 문

1. 연구과제명 : 농촌지역 작부체계에 따른 용수구역단위 물관리 기술 개발(최종)

2. 연구기간 : 2007. 1. ~ 20087. 12. (총2년)

## 3. 연구의 필요성 및 목적

### ◦ 기술적 측면

- 기존의 논작물 위주 영농에서 최근, 시설재배, 밭작물 재배 등으로 급속하게 변화하고 있으므로, 이에 대처한 용수구역단위 적정 농업용수의 확보, 공급 및 관리 기술 개발과 실용화 방안 제시가 필요
- 농촌용수개발사업의 추진을 위한 적정 용수수요량 규모의 결정을 통한 농촌용수의 설계기준에 활용

### ◦ 경제-산업적 측면

- 향후 FTA/DDA 쌀 협상 등 농산물시장 개방 확대 추세를 감안하면 점차적으로 논 지역에서의 쌀 생산면적은 과수, 화훼 등 고기술, 노동집약, 고소득 농산물 생산단지로 전환될 것으로 예상됨

### ◦ 연구개발 목적

- 농촌지역 영농형태 및 농업용수 이용 변화 예측 기술 개발

## 4. 연구성과

### 4.1 농촌지역 토지이용 변화 분석

- 우리나라의 경지면적은 1980년대 초반 일시 증가하였다가 1990년 초반 급격한 감소경향을 나타내고 있으며, 1997년 이후 일시 진정된 국면을 보이고 있다가 2000년대 이후 지속적으로 감소되고 있는 것을 나타냈음
- 논면적은 1980년대 이후 경기도 지역이 32.7%가 감소되어 가장 큰 값을 보였고, 강원, 충북, 경남순으로 큰 감소폭을 보이고 있으며, 지역별 경지이용률도 1980년의 125.4%에서 2005년 104.7%로 감소한 것으로

분석되었음

- 지역별 농가인구 및 65세이상 농가인구비율은 경지면적 감소와 큰 상관성을 나타내고 있는 것으로 나타나 장래 경지면적 변화를 예측함에 있어 추가변수로 활용이 가능한 것으로 나타났음

## 4.2 농촌지역 장래 경지면적 변화 산정

- 우리나라 장래 경지면적 예측을 위한 모형으로는 대표적으로 KREI-A SMO 모형을 이용하고 있으나 도단위 이하 시군단위 혹은 사업지구 단위의 경지면적 예측을 위한 예측모형을 개발하였음. 경지면적 예측을 위해서 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과를 고려한 변화-할당모형을 개발하였음
  - 경지성장효과 :
    - 전국적으로 빠른 경지 면적 변화를 보이는 지역은 경지의 구성비가 그렇지 못한 지역보다 빨리 변화하며, 전국적으로 저조한 경지 면적 변화를 보이는 경지의 구성비가 큰 도시는 늦은 변화를 보이고 있음
    - 어떤 도시나 지역의 특정 규모별 농경지 면적의 변화는 전국의 농경지 면적변화와 무관한 상태에서 이루어 질 수 없으며, 전국의 농경지 면적의 변화에 영향을 받는다는 사실을 근거
  - 경지구조효과 :
    - 0.1ha 미만 농경지부터 0.3 ha 까지 소규모 농경지는 조금씩 증가하는 추세인 반면에 0.5ha부터 3.0ha 까지 중규모 농경지는 점차 감소하고 있으며, 3ha부터 10ha 이상의 농경지는 계속해서 증가하고 있음
    - 과거부터 경지면적 변화 및 논 경영 규모별 농가구수에 대한 통계를 제공하기 때문에 조사된 전국 경지면적변화 통계를 바탕으로 논 경영 규모별 농가수에 평균 면적을 곱하여 환산한 면적과 비교하여 각 규모별 경지면적 변화량을 산정
    - 중규모 농경지는 해당 규모에 비하여 적정 판매 수익을 올리지 못하는 이유로 인하여 농경지를 팔거나 농사를 포기함으로써 경지 면적이

계속해서 줄어들고 있는 추세이며, 여기에는 중규모 농경지의 소규모화 또는 대규모 농경지로의 흡수에 대한 요소도 포함

- 지역할당효과 :

- 그 지역이 지니고 있는 입지적 특성, 인구 유입, 농경지 입지 요건 등 다른 지역에 대한 상대적 경쟁력을 의미
- 지역할당효과를 고려하여 본다면 경기도, 강원도, 전라북도, 제주도 지역의 경지는 계속해서 감소하는 추세이며, 그 외 충청남도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 지역은 경지가 증가하는 추세임
- 두 모형이 예측한 각 도별 2030년 전국의 논 경지 면적은 8% 정도의 오차를 보이고 있다. 하지만 KREI-ASMO 모형을 각 도에 적용하여 본다면 지속적으로 감소하는 결과를 보이는데 반하여 개발된 모형은 각 도별로 증가와 감소에 대한 각각 다른 결과를 나타내고 있으며, 그 합은 전국적으로 논경지면적이 줄어드는 범위 안에 있음

#### 4.3 용수구역단위 경지면적 예측시스템 개발

- 관개지구의 경지면적 산정을 위한 경지면적 변화 산정시스템을 개발하여 실무자가 사용하기 쉬운 형태로 구성하였음
- 개발된 시스템은 KREI-ASMO를 기초로 하여 전국단위 경지면적을 추정할 다음, 예측할 시/군에 대하여 경지면적 자료를 입력받아 변화할당모형이 적용되어 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과 3가지 변화할당효과가 산정되며, 이 값들을 활용하여 시/군 장래 경지면적을 예측하였음

#### 4.4 관개지구의 농업용수 이용특성 분석

- 대상지구의 관개모니터링 자료로부터 논에서의 증발산량, 침투량, 관개량 등을 분석하였고, 용수공급에 따른 관개효율을 산정하였음
- 논에서의 물수지 분석결과 2003년부터 2006년까지 평균 관개량이 1,338.6 mm로 나타났고, 강우에 의한 유효우량이 평균 477.5mm로 분석되었음
- 관개지구의 관개효율은 순별 물수지 분석결과 56.0 ~ 67.3%로 나타났

- 으며, 4개년 평균 61.3%로 산정되었음
- 지역별 경지면적 예측결과와 용수수요량 변화 추세를 고려하여 대상 지구의 장래 용수수요량을 산정한 결과 향후 용수공급량은 2010년에 약 11.0%로 감소할 것으로 추정되었으며, 2050년에는 최대 34.8% 감소하는 것으로 나타났으며 각 연도별 수요량 변화를 산정하였음

#### 4.5 관개지구 적정 물관리방안 정립

- 농업용수 공급에 따른 용수로내 거동을 해석하기 위해 수리해석모형을 구성하였음. 용수로내 수리해석은 수리시설물의 조작에 따라 발생하는 시간적, 공간적 수리현상의 변화를 고려한 유한차분모형으로 구성되어 있음
- 모형을 이용하여 관개지구내 저수위, 구간별 용수로 수위를 모의한 결과 저수위는  $RMSE$ 는 0.062m이었으며,  $R^2$ 는 0.828로 나타났고,  $E^2$ 은 0.63로 나타나 저수위 변동을 잘 나타내어 주었고, 수로내 수위는 DS1, DS2, DS5 지점의  $RMSE$ 는 0.092, 0.025 및 0.074,  $R^2$ 는 각각 0.97, 0.65 및 0.46으로 나타났고,  $E^2$ 은 0.96, 0.02 및 0.20의 값을 보여 모형을 통한 용수로의 거동을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었음
- 검정결과, 저수위의  $RMSE$ 은 0.123m이었으며,  $R^2$ 는 0.77로 나타났고,  $E^2$ 은 0.46로 나타나 검정기간에 대한 저수지의 물수지 해석에도 보정기간에 보였던 결과와 유사한 경향을 보여주었고, 수로내 수위는 DS1, DS4, DS5지점의  $RMSE$ 는 0.141, 0.096 및 0.064,  $R^2$ 는 각각 0.87, 0.52 및 0.36으로 나타났고,  $E^2$ 은 0.87, 0.46 및 0.97의 값을 보여 모형에 의한 모의치가 유용함을 나타내어 주었음
- 모형을 이용한 연속관개와 방류량의 조절을 통한 총관개량과 구간별 용수도 달시간을 검토한 결과, 수원공의 총방류량을  $0.460m^3/sec$ 에서  $0.485m^3/sec$ 의 범위에서 변화했을 때, 최대  $21,232m^3$ 에서  $19,051m^3$ 으로 변화하여 같은 방류량의 연속관개와 비교했을 때, 평균 12%의 용수를 절감할 수 있는 것으로 나타났음

## 5. 연구의 실용화 방안

### 가. 활용정책명(또는 사업명)

- 중규모 농업용수개발사업

### 나. 활용 주관부서(또는 농식품부 담당과)

- 농식품부 용수자원과
- 중규모 농업용수개발사업 추진 관련부서

# 목 차

제출문 .....	
요약문 .....	
1. 서론 .....	1
1.1 연구의 필요성 .....	1
1.2 연구목적 .....	1
1.3 연구방법 .....	1
2. 농촌지역 토지이용 변화 분석 .....	3
2.1 개요 .....	3
2.2 연도별 농경지 면적 변화 .....	3
2.3 벼 재배면적의 변화 .....	5
2.4 기타작물 재배면적의 변화 .....	8
2.5 국제 및 국내 쌀가격 변화 .....	12
2.6 농촌인구 변화 .....	16
2.6.1 농촌지역의 고령화 현황 .....	16
2.6.2 경지면적 변화와 농촌인구의 상관성 분석 .....	17
3. 장래 경지면적 변화 산정 .....	19
3.1 서론 .....	19
3.2 농촌지역 경지면적 변화 분석 .....	20
3.2.1 장래 경지면적 산정모형 .....	21
3.2.2 농경지 결정모형의 적용 .....	24
3.2.3 농경지 결정모형의 지역별 적용 .....	27
3.2.4 농촌지역단위 적용의 한계 .....	30
3.3 농촌경지면적 예측모형의 개발 .....	31
3.3.1 변화할당모형의 개요 .....	31
3.3.2 경지 성장 효과 .....	33
3.3.3 경지 구조 효과 .....	40



3.3.4 지역 할당효과 .....	41
3.3.5 변화할당효과의 적용 .....	44
4. 농촌지역 장래 경지면적 산정시스템 개발 .....	49
4.1 서론 .....	49
4.2 변화할당모형의 보정 .....	49
4.3 보정된 변화할당모형의 적용 .....	50
4.4 시스템 개발 및 적용 .....	51
4.5 장래 경지면적 산정시스템 적용예 .....	53
5. 관개지구 장래 용수수요 변화 산정 .....	61
5.1 개요 .....	61
5.2 대상지구 .....	61
5.2.1 일반현황 .....	61
5.2.2 관개구역 특성 .....	61
5.2.3 계측시설 현황 .....	63
5.2.4 수위-유량곡선 .....	66
5.3 농업용수 이용현황 분석 .....	68
5.3.1 농업용수 이용현황 .....	68
5.3.2 농업용수 이용 변화요인 조사 .....	70
5.4 관개지구내 농업용수 이용특성 분석 .....	81
5.4.1 관개지구 물수지해석 .....	81
5.4.2 순별 용수이용현황 .....	83
5.5 장래 용수수요량 산정 .....	86
6. 관개지구내 적정 물관리방안 정립 .....	87
6.1 개요 .....	87
6.2 용수로 수리해석 .....	87
6.3 모형의 개발 .....	91
6.4 모형의 적용 .....	100
7. 요약 및 결론 .....	123

참고문헌 ..... 127

부록 ..... 129

A-1. 자문내역 및 공동연구내역 .....

A-2. 경지성장효과 계산결과 .....

A-3. 경지구조효과 계산결과 .....

A-4. 지역할당효과 계산결과 .....

# 표 목 차

## 2. 농촌지역 토지이용 변화 분석

(표 2-1) 경지면적 현황(1980-2005) (단위 : ha) .....	4
(표 2-2) 작물별 생산량과 농가소득 .....	10
(표 2-3) 시설재배 농가수 현황 (단위 : 가구수, %) .....	11
(표 2-4) 시설재배면적 현황(단위 : ha, %) .....	12
(표 2-5) 시설재배 농가의 평균 재배면적 .....	12
(표 2-6) 농가수매가격 .....	13
(표 2-7) 농가판매가격 .....	13
(표 2-8) MMA에 의한 쌀수입물량 .....	14
(표 2-9) 세계 곡물가격 동향 .....	15
(표 2-10) 우리나라의 쌀가격 .....	15
(표 2-11) 농촌인구와 경지면적 변화의 상관성 분석 .....	17

## 3. 장래 경지면적 변화 산정

(표 3-1) KREI-ASMO 를 활용한 장래 경지면적 예측 결과 .....	25
(표 3-2) 전국 및 각 도별 매개변수의 계산 결과 .....	26
(표 3-3) 장래 경지면적 변화 추정 결과 .....	27
(표 3-4) 1997 - 2006 전국의 총 논 경지면적 변화 .....	34
(표 3-5) 1998 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	35
(표 3-6) 1999 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	36
(표 3-7) 2000 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	36
(표 3-8) 2001 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	37
(표 3-10) 2002 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	37
(표 3-11) 2003 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	38
(표 3-12) 2004 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	38
(표 3-13) 2005 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	39
(표 3-14) 2005 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정 .....	39
(표 3-15) 1998 - 2006 경지 구조효과 추정 결과 .....	40
(표 3-16) 지역할당효과의 산정 결과 .....	42
(표 3-17) KREI-ASMO 모형과의 추정치 비교 .....	44
(표 3-18) 경지성장효과의 보정 .....	45

(표 3-19) 변화할당모형과 KREI-ASMO모형에 의한 경지면적 산정결과 .....	47
(표 3-20) 지역별 농가규모에 따른 예측결과의 보정 .....	48

#### 4. 농촌지역 장래 경지면적 산정시스템 개발

(표 4-1) 보정된 변화할당모형의 2006년 경지면적 예측결과 .....	50
---	----

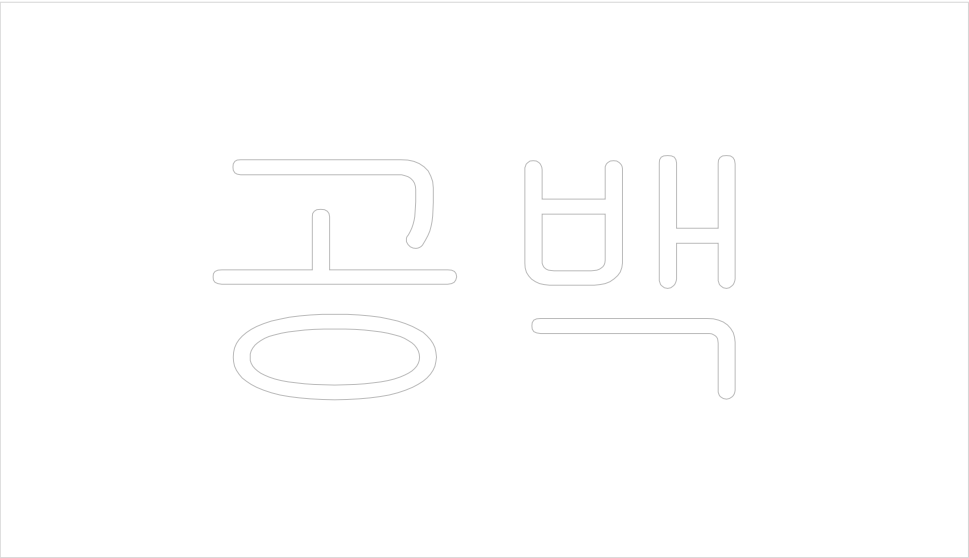
#### 5. 관개지구 장래 용수수요 변화 산정

(표 5-1) 대상지구 개요 .....	62
(표 5-2) 대상지구내 주요 측정시설 .....	64
(표 5-3) 주요지점의 수로유량관계식 .....	67
(표 5-4) 설계기준과 현장조사를 통한 생육단계의 변화 .....	71
(표 5-5) 월별 저수위변화(이동저수지) .....	72
(표 5-6) 월별 저수위변화(용덕저수지) .....	73
(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황 .....	76
(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속) .....	77
(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속) .....	78
(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속) .....	79
(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속) .....	80
(표 5-8) 관개지구의 용수공급특성 분석 .....	83
(표 5-9) 순별용수이용현황 (2003) .....	84
(표 5-10) 순별용수이용현황 (2004) .....	84
(표 5-11) 순별용수이용현황 (2005) .....	85
(표 5-12) 순별용수이용현황 (2006) .....	85
(표 5-13) 이동지구의 장래용수수요량 산정 .....	86

#### 6. 관개지구내 적정 물관리방안 정립

(표 6-1) 논벼의 생육단계별 적정담수심 .....	94
(표 6-2) 수정 Penman 방법의 작물계수('83 ~ '86) .....	95
(표 6-3) 토양통별 일평균 침투량 .....	96
(표 6-4) 관개방식에 따른 제한요건 .....	99
(표 6-5) 관개면적에 따른 매개변수 결정 .....	100
(표 6-6) 매개변수 개요 .....	104
(표 6-7) 매개변수 보정 결과 .....	105

(표 6-8) 98SET-1에 대한 보정 결과(1998/5/4) .....	109
(표 6-9) 99SET-1에 대한 검정결과(1999/6/8 ) .....	111
(표 6-10) 유량조절방식에 대한 적용기준 .....	112
(표 6-11) 유량조절에 따른 용수도달시간 변화 .....	113
(표 6-12) 관개방식별 용수도달시간 산정결과 .....	116
(표 6-13) 네가지 평가지수의 가중치 적용 .....	118



# 그림 목 차

## 2. 농촌지역 토지이용 변화 분석

<그림 2-1> 연도별 경지면적 변화 .....	5
<그림 2-2> 지역별 논면적 변화 .....	5
<그림 2-3> 지역별 밭면적 변화 .....	6
<그림 2-4> 연도별 경지이용률 추이 .....	6
<그림 2-5> 논외 경지이용률 추이 .....	7
<그림 2-6> 밭의 경지이용률 추이 .....	7
<그림 2-7> 총지면적중 논면적 비율 .....	8
<그림 2-8> 총경지면적 밭면적 비율 .....	8
<그림 2-9> 주요작물별 지면적 변화 .....	9
<그림 2-10> 주요작물별 생산량 변화 crops .....	9
<그림 2-11> 주요작물별 단위생산량 .....	10
<그림 2-12> 벼, 과수, 채소의 단위생산량 .....	11
<그림 2-13> 배, 과수, 채소의 농가소득 .....	11
<그림 2-14> 농촌인구 변화(1970-2006) .....	16
<그림 2-15> 농촌지역의 65세이상 인구 비율 .....	17

## 3. 장래 경지면적 변화 산정

<그림 3-1> 최근 20년간 논, 밭 면적 변화 현황 .....	20
<그림 3-2> KREI-ASMO 모형의 구성 .....	21
<그림 3-4> 지역별 매개변수 추정과정 .....	26
<그림 3-5> 매개변수를 활용한 전국 경지면적 예측 결과 .....	27
<그림 3-6> 경기도 경지면적 변화 .....	28
<그림 3-7> 강원도 경지면적 변화 .....	28
<그림 3-8> 충청북도 경지면적 변화 .....	28
<그림 3-9> 충청남도 경지면적 변화 .....	29
<그림 3-10> 전라북도 경지면적 변화 .....	29
<그림 3-11> 전라남도 경지면적 변화 .....	29
<그림 3-12> 경상북도 경지면적 변화 .....	30
<그림 3-13> 경상남도 경지면적 변화 .....	30
<그림 3-14> 변화할당효과를 고려한 경지면적 예측 모델의 흐름도 .....	32

<그림 3-15> 전국의 논 경지면적 변화 .....	34
<그림 3-16> 년도별 경지면적 변화량 추세 .....	35
<그림 3-17> 규모별 평균 경지면적 변화량 .....	41
<그림 3-18> 전국 총 경지 변화량 .....	43
<그림 3-19> 변화-할당모형과 KREI-ASMO모형의 차이(2030) .....	47

#### 4. 농촌지역 장래 경지면적 산정시스템 개발

<그림 4-1> 시스템 개발 과정 .....	51
<그림 4-2> 개발된 시스템의 진행 과정 .....	52

#### 5. 관개지구 장래 용수수요 변화 산정

<그림 5-1> 대상지구의 개요 .....	62
<그림 5-2> 용수조직에 따른 관개지구의 구분 .....	63
<그림 5-3> 관개량 계측 장치(이동용수간선) .....	65
<그림 5-4> 관개량 계측장치(진원용수간선) .....	65
<그림 5-5> 관개량 계측장치(5호지선) .....	66
<그림 5-6> 수위-유량곡선 .....	67
<그림 5-7> 이동용수간선의 관개량 계측자료(2001 ~ 2005) .....	68
<그림 5-8> 용수공급실적 .....	68
<그림 5-9> 진원용수간선의 수위 계측자료(2001 ~ 2005) .....	69
<그림 5-10> 5호지선의 수위 계측자료(2001 ~ 2005) .....	69
<그림 5-11> 이양기 이전 포장물관리 현황(경기남부) .....	70
<그림 5-12> 논벼의 생육단계모식도 .....	70
<그림 5-13> 시기별 담수심 변화(진원용수간선) .....	71
<그림 5-14> 주요 저수지의 저수위 변화 .....	72
<그림 5-15> 연도별 저수위 변화 .....	73
<그림 5-16> 저수지별 용수공급현황 .....	74
<그림 5-17> 이동저수지의 시기별 용수공급현황 (2004. 1. 1 ~ 10. 31) .....	75
<그림 5-18> 이동용수간선의 수위-유량관계 .....	75
<그림 5-19> 관개지구 물수지해석 모식도 .....	81
<그림 5-20> 논에서의 물수지 .....	82
<그림 5-21> 필요수량 산정 알고리즘 .....	82
<그림 5-22> 순별 용수이용현황 .....	83
<그림 5-23> 이동저수지의 장래 용수수요변화 산정 .....	86



## 6. 관개지구내 적정 물관리방안 정립

<그림 6-1> 유한차분해석을 위한 연산격자의 구성 .....	90
<그림 6-2> 모형의 계산 흐름도 .....	92
<그림 6-3> 논에서의 물수지 개념도 .....	94
<그림 6-4> 수로에서의 용수분배 과정 .....	97
<그림 6-5> 수집자료의 신뢰성 분석 .....	102
<그림 6-6> 수집자료의 정확도 및 이용가능성 분석 .....	102
<그림 6-7>(a) 덕담용수간선의 수위 현황(1998/6/8~6/9) .....	103
<그림 6-7>(b) 덕담용수간선의 수위 현황(1998/6/12~6/14). .....	103
<그림 6-8> 저수위 보정 결과 .....	105
<그림 6-9> 두 모형간의 유황해석 결과 .....	107
<그림 6-10> 두 모형간의 실행오차 비교 .....	107
<그림 6-11> 400m지점의 유량, 수위 및 유속 변화 .....	108
<그림 6-12> 보정결과(98SET-1) .....	109
<그림 6-13> 저수위 검정결과(1999) .....	110
<그림 6-14> 검정결과(99SET-1) .....	111
<그림 6-15> 관개방식별 유량기준 .....	112
<그림 6-16> 용수도달시간 산정결과 .....	114
<그림 6-17> 유량변화에 따른 구간별 도달시간 변화 .....	114
<그림 6-18> 저수지로부터의 공급량 변화(1998/5/4 ~ 1998/5/6). .....	115
<그림 6-19> 연속관개와 방류량조절에 따른 용수도달시간 변화 .....	115
<그림 6-20> 연속관개 및 방류량 조절에 따른 총관개량 산정 .....	116
<그림 6-21> 수로용량에 따른 효과분석 : CASE 6 .....	119
<그림 6-22> 수로용량에 따른 효과분석 : CASE 7 .....	120
<그림 3-23> CASE 6에 따른 모의결과 .....	120
<그림 3-24> CASE 7에 따른 모의결과 .....	121

# 1. 서론

## 1.1 연구의 필요성

- 향후 FTA/DDA 쌀 협상 등 농산물시장 개방 확대 추세를 감안하면 점차적으로 논 지역에서의 쌀 생산면적은 과수, 화훼 등 고기술, 노동집약, 고소득 농산물 생산단지로 전환될 것으로 예상됨
- 기존의 농작물 위주 영농에서 최근, 시설재배, 밭작물 재배 등으로 급속하게 변화하고 있으므로, 이에 대처한 용수구역단위 적정 농업용수의 확보, 공급 및 관리 기술 개발과 실용화 방안 제시가 필요
- 농촌용수개발사업의 추진을 위한 적정 용수수요량 규모의 결정을 통한 농촌용수의 설계기준에 활용

## 1.2 연구목적

최근 개방화 추세에 따라 급격하게 변화하고 있는 경지면적, 작부체계 등 변화 예측기술을 개발하고, 영농변화를 고려한 용수구역단위 물관리 기술 개발을 목적으로 함

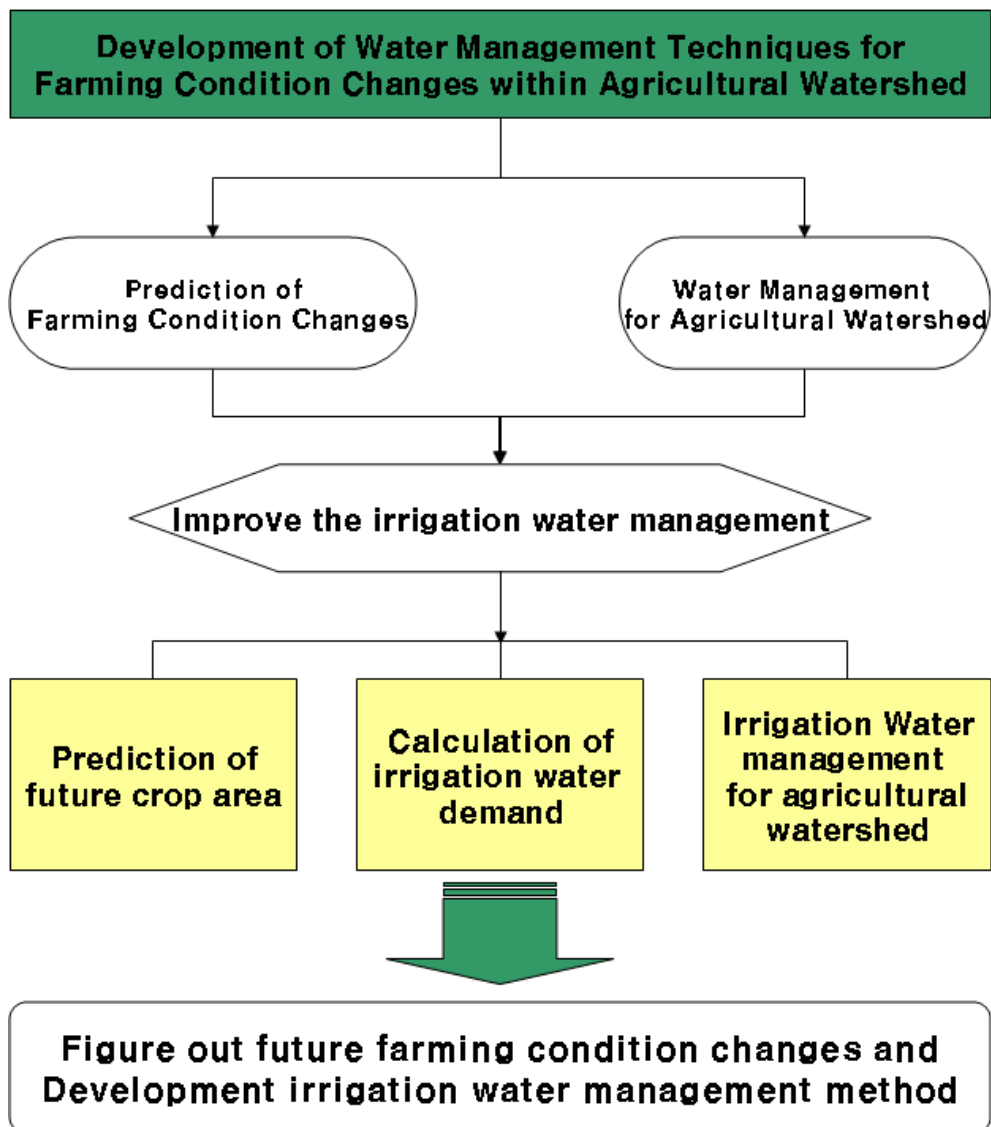
## 1.3 연구방법

### 1.3.1 연구내용

#### 2차년도(2008년) : 농촌지역 장래경지면적 변화산정시스템 개발 및 적용

- 영농변화 예측시스템 개발 및 적용
  - 중규모지구 경지면적 변화 현장조사 및 자료구축
  - 시스템 설계 및 데이터베이스 구축
  - 예측시스템 개발 및 시범적용
  
- 시스템 시범적용 및 용수구역단위 적정 물관리 방안 정립
  - 장래 농촌용수 이용 변화 분석
  - 기존 수리시설에 의한 용수공급능력 분석
  - 수리시설물 연계운영방안 수립
  - 용수구역내 물부족지역 용수확보 방안 수립

### 1.3.2 연구 추진체계



<그림 1-1> Research process

## 2. 농촌지역 토지이용 변화 분석

### 2.1 개요

한국의 식량자급률은 최근 30%이하 수준에 머물고 있고, 더 떨어질 것으로 우려되고 있다. 우리나라의 주곡인 쌀의 생산이 1990년대 이후 급격히 감소하면서 1993~96년 사이에는 공급부족 현상이 나타났고, 1996년 말에는 재고수준이 25만톤 수준까지 떨어지는 위기를 맞기도 했다. 또한 1인당 연간 쌀 소비량도 2006년 현재 78.8kg으로 1996년 대비 25%정도 감소하였다.

쌀생산 및 소비량의 감소 추세는 농촌지역의 경지면적 변화와 국제 정세 등 다양한 원인으로 기인하는 것으로 분석되고 있다. 경지면적 감소에 따른 농업정책의 변화는 1990년의 「농지의 이용 및 보전에 관한 법률」 시행령이 개정되면서 소규모 농지전용 허가권이 농림부에서 지방자치단체로 위임되고, 1993년에는 「국토이용관리법」이 개정되어 전용규제가 허용행위 열거방식에서 제한행위 열거방식으로 완화되는 등 농지의 전용과 유희화가 급격히 늘어난 것으로 보인다.

특히 국내의 농업은 국내에서의 농업생산 및 다양한 국제환경 변화에도 민감한 산업이다. 최근의 WTO, DDA 등의 개방화 추세, 국제 쌀가격의 변화에도 민감하게 반응하고 있는 것으로 보고되고 있다.

이러한 전반적인 변화요인에 따라 해방이후 1990년대 초까지 쌀 증산정책을 강력하게 시행되어 왔으나, 2002년 농림부에서는 쌀 증산정책을 포기하고 고품질, 고소득 농업생산을 위한 정책방향을 전환하게 되면서 급격한 영농환경의 변화를 가져오게 되었다.

따라서 앞으로의 농업정책 방향에 따라 WTO, DDA 등 개방화시대를 맞아 향후 경지면적 변화, 작부변화, 친환경, 고소득 작물생산 등을 예측할 수 있는 기술을 개발하고 이러한 요인을 고려한 농업용수 정책을 개발할 필요가 있다.

본 장에서는 농촌지역 경지면적 현황을 조사를 통해 변화요인별 특성을 분석하여 장래 경지면적 변화 예측을 위한 기초자료로 활용하고자 한다. 특히 경지면적 변화에 영향을 미치는 것으로 판단되는 쌀가격, 농촌인구, 고령화율에 대한 시계열 분석을 통해 장래 경지면적 변화 예측 모형의 매개변수로 활용 가능한지 여부를 판단하고자 하였다.

### 2.2 연도별 농경지 면적 변화

경지면적 변화에 대한 요인별 분석결과는 다음의 (표 2-1) 및 <그림 2-1>에 나타낸 바와 같다. 도별 경지면적 자료로부터 변화추세를 분석한 결과 1990년대 중반이후 전국적으로 감소하여 총경지면적이 9.3% 정도 감소하여 1995년 대비 2005년 현재 183만 ha로 나타났다.

논면적 및 밭면적은 1995년 이후 2005년까지 논은 14.1% 감소하였고, 밭은 4.7%로 증가하는 것으로 분석되었다. 논면적 변화는 1995년 이후 경기도와 경상남도에서 32.4%, 27.4% 감소하여 큰 폭으로 감소하고 있음을 알 수 있다. 1990년대 중반이후의 감소폭은 1997년c 이후 외환위기 이후 진정된 국면을 보이고 있으나 농경지 전반에 걸쳐 감소하고 있는 것으로 나타나고 있다.

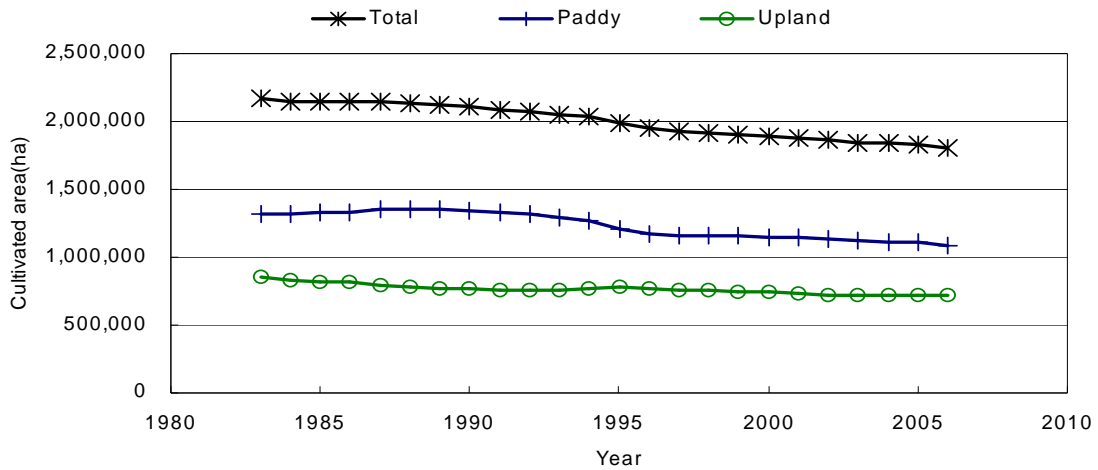
이러한 감소추이는 농지전용의 완화조치에 따른 결과로 분석되고 있다. 특히 1990년에 「농지의 이용 및 보전에 관한 법률」 시행령 개정으로 소규모 농지전용 허가권이 농림부에서 지방자치단체로 위임되고, 1993년에는 「국토이용관리법」이 개정되어 전용규제가 허용행위 열거방식에서 제한행위 열거방식으로 완화된 것에 따른 영향으로 나타나는 것으로 판단된다.

우리나라에서는 경지면적의 감소뿐만 아니라 경지이용률 역시 1965년에 158%를 기록한 이래 1980년 125.3%에서 2000년 110.5%, 2005년 104.7%로 감소하고 있는 것으로 분석된다. 경지면적과 경지이용률 저하의 가장 큰 원인은 우리나라의 저농산물가격정책으로 인한 농가경제의 악화를 들고 있다. 이러한 정책 결과 농가부채의 증가로 소규모 영농경영을 하는 농민은 빚을 지면서까지 농사를 지을 수 없게 되었고, 한계농지의 경작을 포기하게 되면서 줄어드는 것으로 보고되고 있다.

(표 2-1) 경지면적 현황(1980-2005)

(단위 : ha)

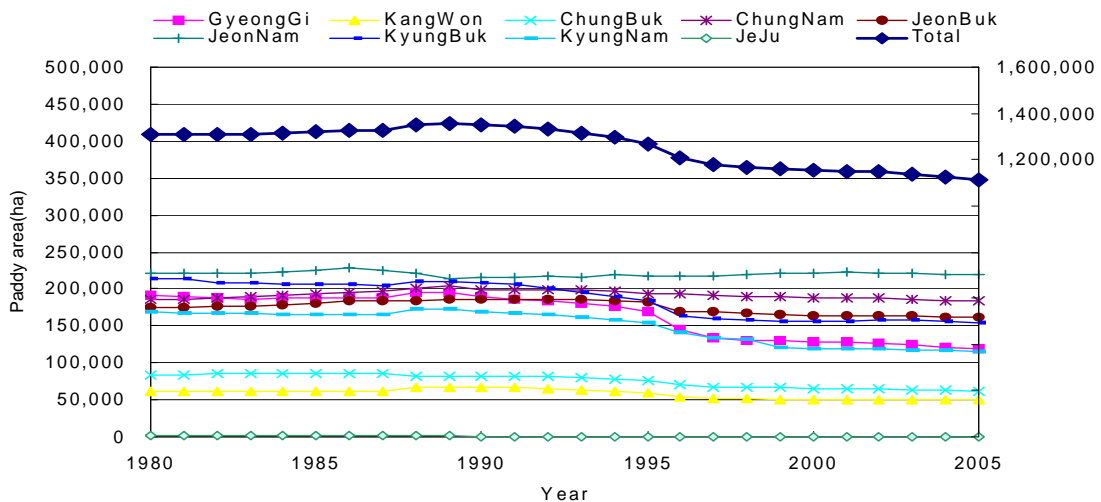
	Total Area			Paddy				Upland			
	Area (A)	Cultivated Area	Ratio	Area (B)	Cultivated Area	Ratio	B/A(%)	Area (C)	Cultivated Area	Ratio	C/A(%)
1980	2,207,071	2,765,195	125.3	1,310,970	1,556,811	118.8	59.4	896,101	1,208,384	134.8	40.6
1981	2,195,822	2,774,180	126.3	1,306,789	1,559,085	119.3	59.5	889,033	1,215,095	136.7	40.5
1982	2,188,268	2,678,296	122.4	1,308,053	1,515,179	115.8	59.8	880,215	1,163,117	132.1	40.2
1983	2,180,084	2,697,981	123.8	1,311,512	1,560,693	119.0	60.2	868,572	1,137,288	130.9	39.8
1984	2,166,636	2,706,896	124.9	1,315,933	1,574,794	119.7	60.7	850,703	1,132,102	133.1	39.3
1985	2,152,357	2,592,014	120.4	1,319,903	1,516,821	114.9	61.3	832,454	1,075,193	129.2	38.7
1986	2,144,415	2,570,803	119.9	1,324,932	1,497,683	113.0	61.8	819,483	1,073,120	131.0	38.2
1987	2,140,995	2,597,729	121.3	1,328,529	1,510,993	113.7	62.1	812,466	1,086,736	133.8	37.9
1988	2,143,430	2,529,382	118.0	1,351,657	1,502,020	111.1	63.1	791,773	1,027,362	129.8	36.9
1989	2,137,947	2,484,599	116.2	1,357,857	1,490,896	109.8	63.5	780,090	993,703	127.4	36.5
1990	2,126,721	2,409,360	113.3	1,352,741	1,456,706	107.7	63.6	773,980	952,654	123.1	36.4
1991	2,108,812	2,332,160	110.6	1,345,280	1,417,855	105.4	63.8	763,532	914,305	119.7	36.2
1992	2,090,877	2,260,723	108.1	1,335,204	1,380,915	103.4	63.9	755,673	879,808	116.4	36.1
1993	2,069,933	2,284,714	110.4	1,314,727	1,386,925	105.5	63.5	755,206	897,789	118.9	36.5
1994	2,054,814	2,205,180	107.3	1,298,323	1,330,245	102.5	63.2	756,491	874,935	115.7	36.8
1995	2,032,706	2,196,640	108.1	1,267,112	1,318,727	104.1	62.3	765,594	877,913	114.7	37.7
1996	1,985,257	2,141,854	107.9	1,205,867	1,278,950	106.1	60.7	779,390	862,904	110.7	39.3
1997	1,945,480	2,096,764	107.8	1,176,148	1,232,016	104.8	60.5	769,332	864,748	112.4	39.5
1998	1,923,522	2,117,838	110.1	1,162,852	1,243,728	107.0	60.5	760,670	874,110	114.9	39.5
1999	1,910,081	2,116,013	110.8	1,157,306	1,240,194	107.2	60.6	752,775	875,819	116.3	39.4
2000	1,898,925	2,098,041	110.5	1,152,579	1,225,763	106.3	60.7	746,346	872,278	116.9	39.3
2001	1,888,765	2,089,259	110.6	1,149,041	1,239,363	107.9	60.8	739,724	849,880	114.9	39.2
2002	1,876,142	2,019,530	107.6	1,146,082	1,213,661	105.9	61.1	730,060	805,869	110.4	38.9
2003	1,862,622	1,935,801	103.9	1,138,408	1,159,378	101.8	61.1	724,214	776,423	107.2	38.9
2004	1,845,994	1,941,142	105.2	1,126,723	1,157,363	102.7	61.0	719,271	783,779	109.0	39.0
2005	1,835,634	1,921,000	104.7	1,114,950	1,147,637	102.9	60.7	720,684	773,363	107.3	39.3



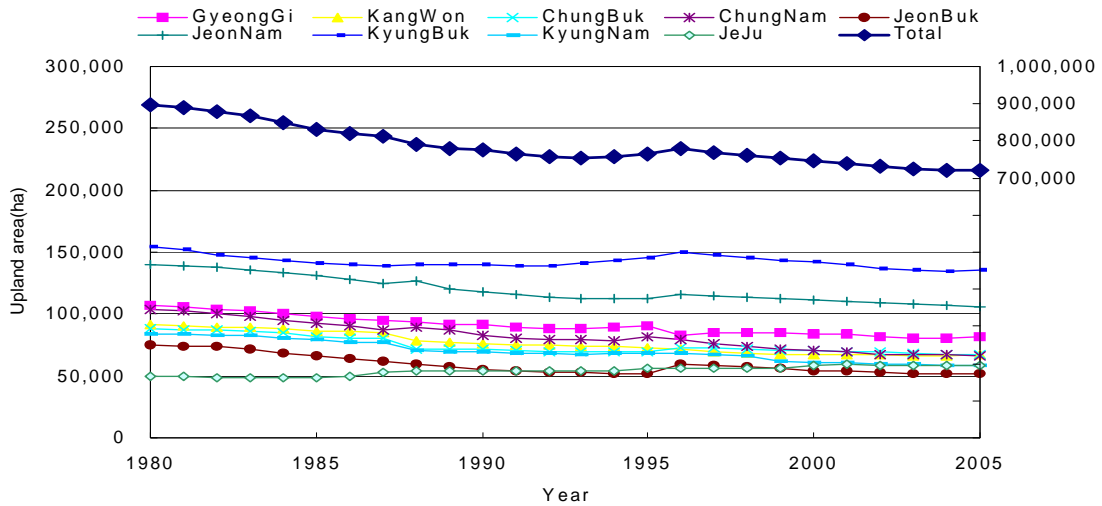
<그림 2-1> 연도별 경지면적 변화

### 2.3 벼 재배면적의 변화

지역별 총경지면적은 경기도가 32.7% 감소하여 가장 큰 값을 나타내고 있고, 강원, 충북, 경남이 각각 22.8%, 25.1%, 31.3%로 크게 변화함을 알 수 있었고, 대체적으로 감소하는 경향을 보이고 있으나 그 변화폭은 지역적 특성에 따라서 차이가 있음을 알 수 있었다. 논면적의 변화도 총경지면적의 변화와 비슷한 경향을 보이고 있으며 도시화, 산업화가 많이 진행된 지역을 중심으로 크게 변화하는 양상을 보여주고 있다. 지역별 논경지면적의 변화는 <그림 2-2>에 나타낸 바와 같다.

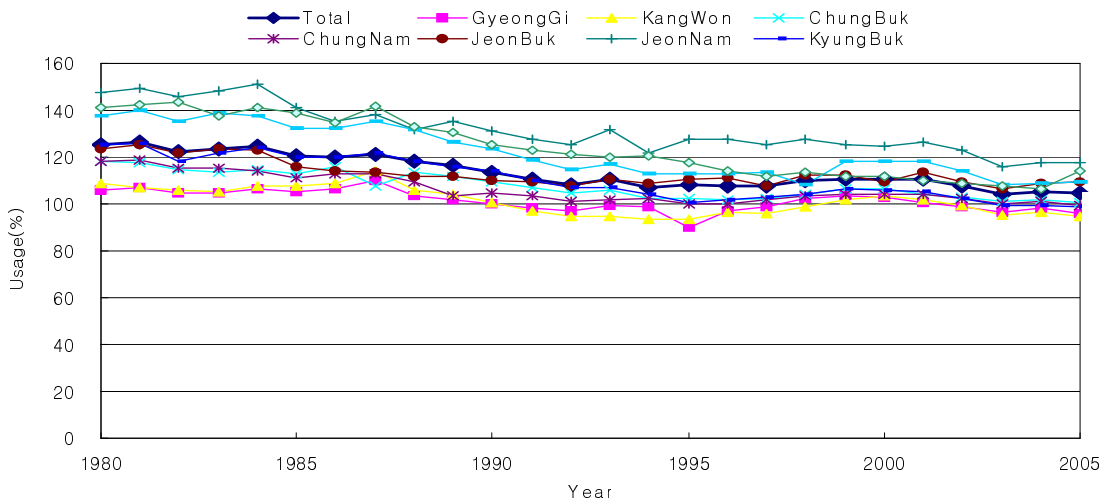


<그림 2-2> 지역별 논면적 변화

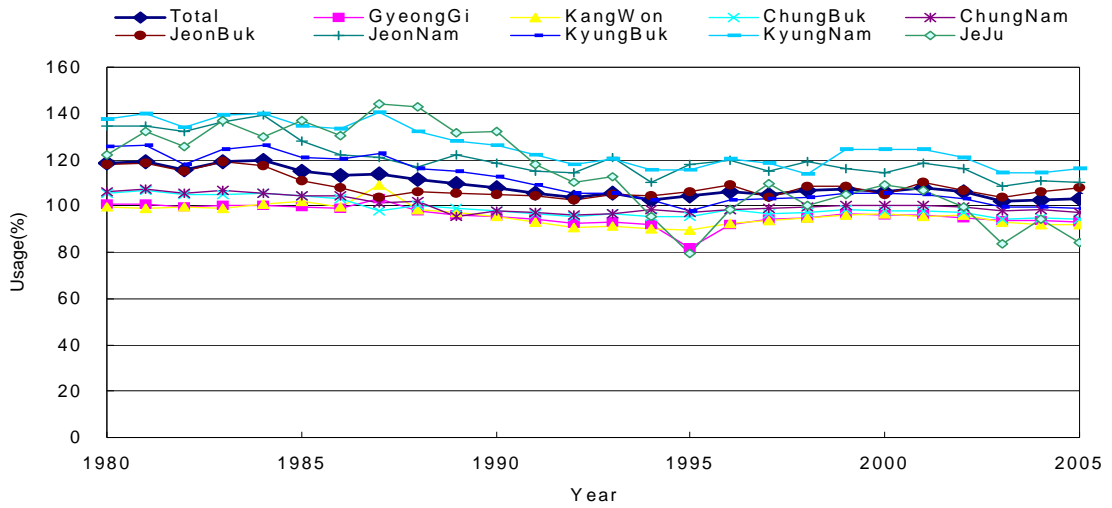


<그림 2-3> 지역별 밭면적 변화

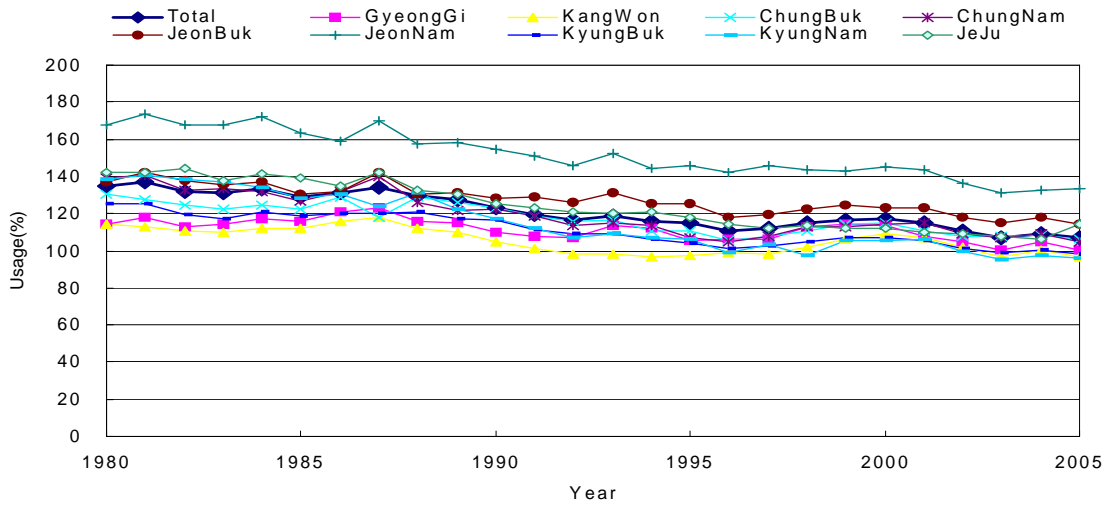
지역별 경지이용률은 1980년 전국평균이 125.4%에서 2005년에 104.7% 지속적인 감소 추세에 있으며 이는 이모작, 시설재배 등 다양한 영농환경 변화에 기인한 것으로 판단된다. 논 경지이용율도 1980년 전국평균 118.8%에서 2005년 102.9%로 감소하는 것으로 나타났다, 밭 경지이용율은 1980년 전국평균 134.8%에서 2005년 107.3%로 그 감소폭이 더 크게 나타나고 있다.



<그림 2-4> 연도별 경지이용률 추이



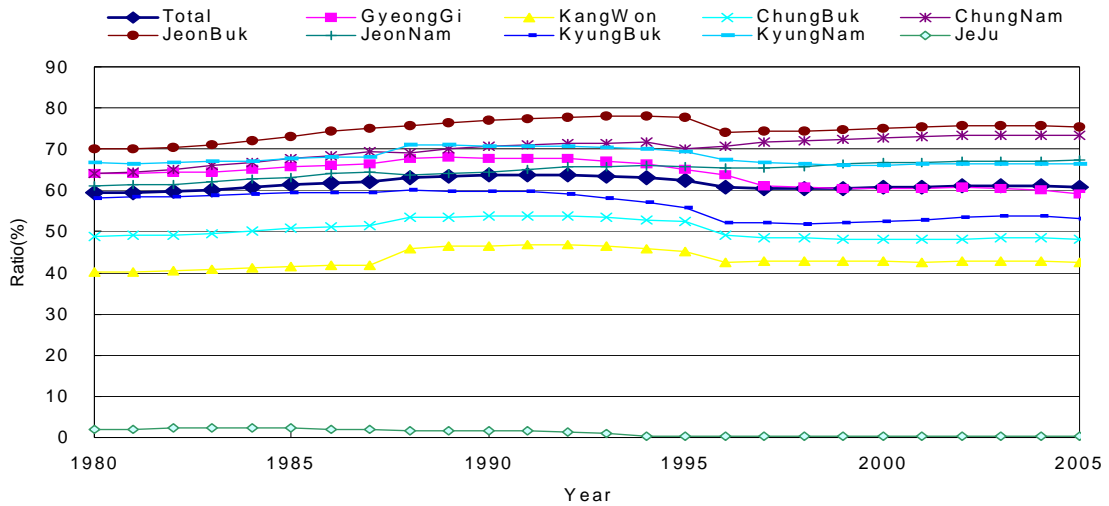
<그림 2-5> 논지의 경지이용률 추이



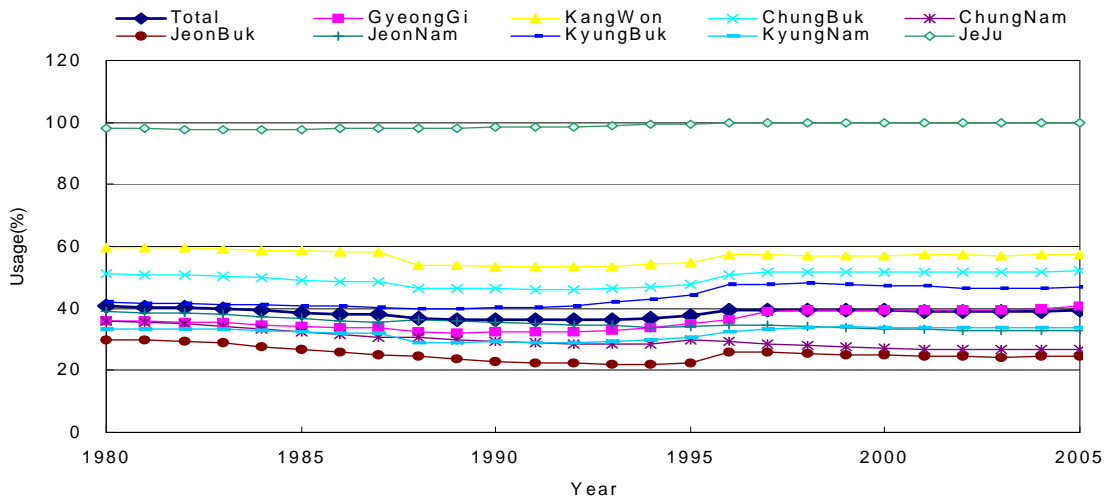
<그림 2-6> 밭의 경지이용률 추이

반면, 전국의 지역별 논면적 및 밭면적 비율은 거의 일정한 값을 보이고 있으나 역시 1990년대 중반 논면적 비율이 일시 감소하다가 회복되는 경향을 보여주고 있다.





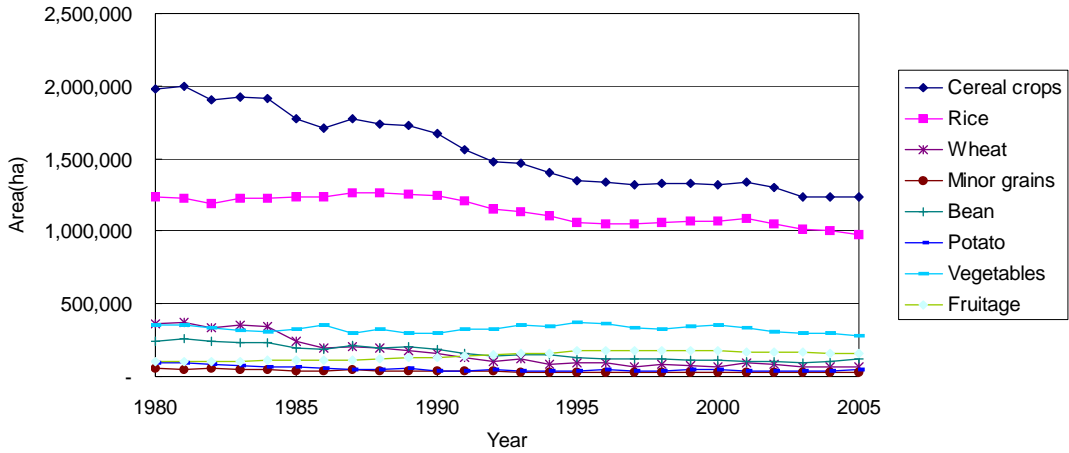
<그림 2-7> 총지면적중 논면적 비율



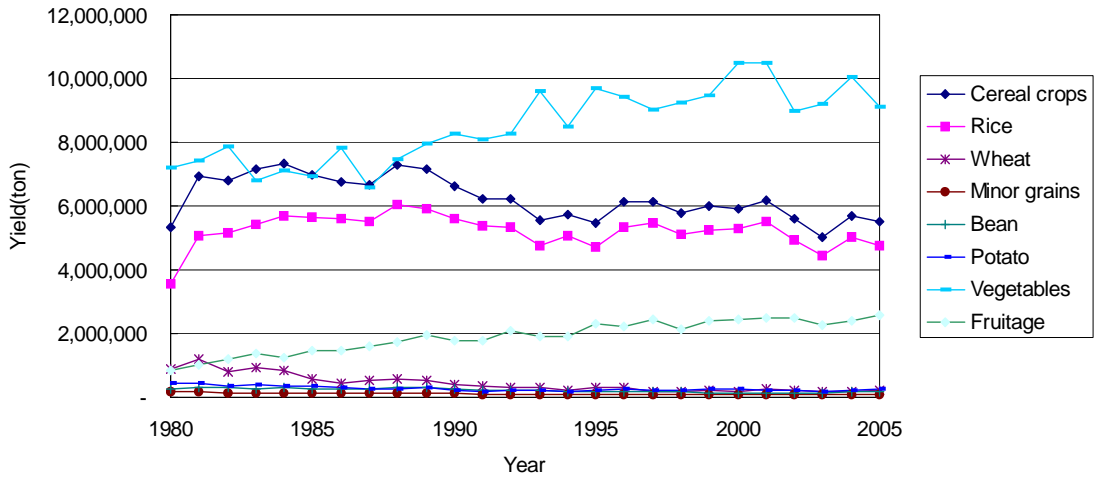
<그림 2-8> 총경지면적 밭면적 비율

## 2.4 기타작물 재배면적의 변화

주요 식량작물 및 채소, 과실류 등 농경지에서 이루어지는 주요작물의 재배면적, 생산량을 분석한 결과는 <그림 2-9>~<그림 2-10>에 나타난 바와 같다. 미곡, 맥류 이외의 잡곡, 두류, 서류 등의 생산면적 및 생산량은 지속적으로 감소하는 경향을 보여주고 있으며 단위면적당 생산량은 거의 일정한 값을 보여주고 있다. 반면 채소, 과실류의 재배면적은 타작물과 마찬가지로 감소하거나 다소 증가하는 등 다양한 패턴을 보여주고 있으며, 특히 생산량은 채소, 과실류는 급격한 증가세를 보여주고 있다.



<그림 2-9> 주요작물별 지면적 변화



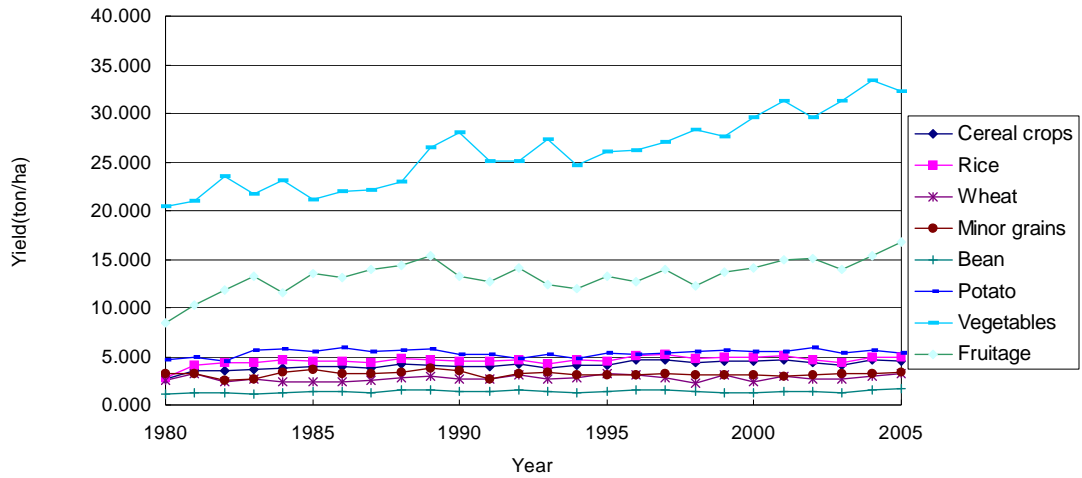
<그림 2-10> 주요작물별 생산량 변화 crops

주요작물의 단위면적당 생산량은 미곡이 1980년대의 4.332 ton/ha에서 최근 10년간 평균값이 4.854 ton/ha로 18.93% 증가한 반면 채소의 경우 두 기간의 평균값이 22.439, 29.334 ton/ha로 30.73% 증가하였고, 과실의 경우 12.535, 14.167 ton/ha로 13.02% 증가하였다. 미곡과의 단위면적당 생산량의 비도 채소, 과실류가 각각 6.63, 3.44배로 월등히 높은 값을 보여주고 있다.

미곡과 기타작물의 재배에 따른 농가소득이 재배면적 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 재배면적, 생산량, 농업소득 등 관련항목을 조사한 결과는 다음의 (표 2-2)에 나타난 바와 같다.

작물에 따른 생산량과 농가가구당 소득의 관계로부터 미곡의 농업소득이 2002년 현재 평균 10,240 천원으로 과수, 채소의 20,406, 14,943 천원으로 평균 1.993, 1.459배가 높은

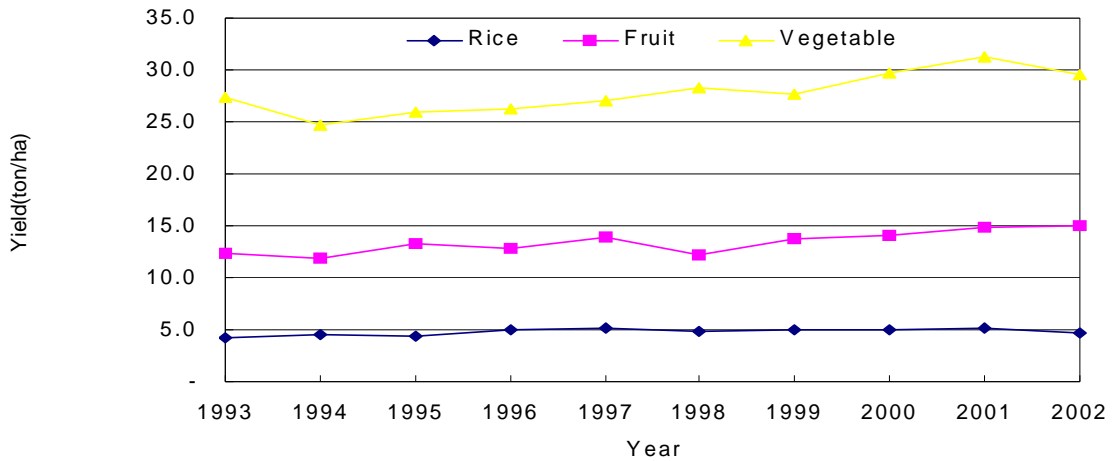
것으로 나타나고 있어 연도별 쌀 재배면적이 감소하고 있지만 줄어드는 경지의 일부가 생산량과 소득이 많은 과수나 채소 재배로 전환되고 있는 것으로 판단된다.



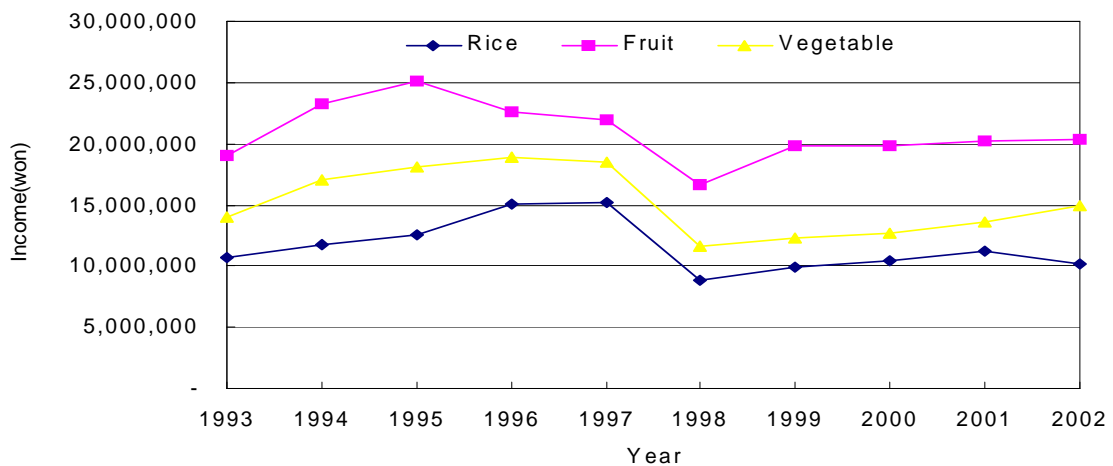
<그림 2-11> 주요작물별 단위생산량

(표 2-2) 작물별 생산량과 농가소득

	재배면적(ha)			생산량(천톤)			농가소득(천원)		
	쌀	과수	채소	쌀	과수	채소	쌀	과수	채소
1993	1,134,943	155,092	350,024	4,748	1,920	9,589	10,721	19,016	14,028
1994	1,101,678	161,517	343,954	5,058	1,930	8,470	11,819	23,282	17,025
1995	1,055,337	174,130	372,313	4,694	2,300	9,686	12,596	25,151	18,142
1996	1,048,987	173,304	359,220	5,322	2,207	9,404	15,037	22,592	18,946
1997	1,051,659	176,102	333,320	5,448	2,452	9,030	15,214	21,969	18,465
1998	1,056,483	175,708	326,134	5,089	2,153	9,247	8,830	16,658	11,574
1999	1,058,555	174,409	342,276	5,238	2,385	9,447	9,941	19,883	12,329
2000	1,055,034	172,790	353,725	5,239	2,429	10,483	10,448	19,876	12,741
2001	1,055,750	166,912	335,439	5,450	2,488	10,496	11,270	20,196	13,653
2002	1,038,577	166,322	303,739	4,891	2,500	8,984	10,240	20,406	14,943



<그림 2-12> 벼, 과수, 채소의 단위생산량



<그림 2-13> 배, 과수, 채소의 농가소득

특히 농촌지역에서의 화훼산업은 2005년 12월말 기준 전국 농가의 화훼재배 농가수는 1만2천9백 가구로 2004년에 비해 2.3% 감소하였으나, 1995년에 비해서는 2.8% 증가한 것으로 조되었다. 전국의 화훼재배시설 면적은 7,568 ha로 1995년에 비해 52.9% 증가하였다. 1971년 이후 화훼재배 농가수 변화는 다음의 (표 2-3)에 나타낸 바와 같다. 재배시설별 면적은 2005년 현재 7,568ha로 2004년 대비 6.2% 증가하였고 1990년 이후 지속적인 증가추세를 보이고 있다. 또한 재배시설면적과 재배농가수를 감안한 결과 2005년도 농가호당 평균경영규모는 0.59ha로 1995년 이후 지속적인 증가추세를 보이고 있다.

(표 2-3) 시설재배 농가수 현황 (단위 : 가구수, %)

	1971	1980	Ratio	1990	Ratio	1995	Ratio	2000	Ratio	2005	Ratio
가구수	1,806	2,733	51.3	8,945	227.3	12,509	39.8	13,080	4.5	12,859	△2.3

(표 2-4) 시설재배면적 현황

(단위 : ha, %)

		'90	'95	'00	'03	'04	'05	Ratio	
								'90/'95	'95/'04
	총면적	3,503	4,950	5,890	6,853	7,123	7,568	52.9	6.2
철재	계	1,752	3,023	3,336	3,560	3,397	3,483	15.2	2.5
	철제유리온실	59	47	139	107	103	103	97.8	0.0
	철제교체시설	-	87	246	230	203	218	16.6	7.4
	스틸파이프	1,673	2,408	2,566	3,019	2,910	2,974	22.2	1.1
	기타	-	481	385	204	181	188	△39.0	3.9
	노지	1,751	1,907	2,554	3,293	3,726	4,085	114.2	9.6

\* 자료 : 농림부(2006)

(표 2-5) 시설재배 농가의 평균 재배면적

(단위 : ha/가구, %)

		1990	1995	2004	2005	Change	Ratio
	계	0.39	0.39	0.54	0.59	0.05	0.9
	· 시설재배	0.20	0.24	0.26	0.27	0.01	3.8
	· 노지재배	0.19	0.15	0.28	0.32	0.04	14.3

\* 자료 : 농림부(2006)

## 2.5 국제 및 국내 쌀가격 변화

1991년 12월 GATT 사무총장 둔켈이 제시한 우루과이라운드(UR) 포괄협상안에서 수입물량 제한 등 관세 이외의 방법에 의한 수입규제를 철폐한다는 “예외없는 관세화”와 어떠한 농산물이라도 일정량 이상을 수입해야 한다는 “최소시장접근(Minimum Market Access, MMA)”를 의결하였다. 즉 우리나라는 식량안보 등의 특수성으로 한국의 쌀에 대해서는 10년간 관세화를 유예하고 그 기간 중 최소시장접근만을 허용하여 1995~1999년은 국내 소비량의 1~2%의 범위에서 수입을 의무화하고 매년 0.25%씩 증량하고, 2000~2004년은 2~4%의 수입 의무화와 매년 0.5%의 증량을 골자로한 협상안이 확정되었다.

농림부 식량정책과 및 농협 농가 판매가격 조사결과에 따르면 최근 5년간 지역별 쌀 한가마당 농가수취가격 변화에 따르면 2000년 농가 판매가격을 100으로 보았을 때 2001년부터 지속적으로 감소하여 2006년 현재 88.4에 달하고 있으며 특등급의 경우 조곡

40kg 당 52,960원으로 매년 감소하고 있는 경향을 보이고 있다. 여기서 농가수취가격은 농가수매가격, 논농업·고정직불금, 변동직불금의 합계이다((표 2-6),(표 2-7)).

국내 쌀가격 및 생산량 등 농업부문의 주요지수는 이러한 국제정세를 반영하고 있으며 특히 국제 곡물 가격에 영향을 많이 받는 것으로 판단된다. 2006년 MMA 쌀 도입량은 총 211,493톤으로 중국, 미국, 태국, 호주 등으로부터 수입되고 있다. 연도별 MMA쌀 도입현황은 (표 2-8)에 나타낸 바와 같다.

(표 2-6) 농가수매가격

(단위 : 원, 벼 40kg)

구분	'02	'03	'04	'05	'06
특등급	62,440	62,440	62,440	50,050	52,960
1등급	60,440	60,440	60,440	48,450	51,270
2등급	57,760	57,760	57,760	46,300	48,990
3등급	51,410	51,410	51,410	41,210	43,610
등급외	41,560	41,560	41,560	31,050	52,960

※수매가격 : '05년부터는 공공비축 매입가격)은 전국 동일 가격임

(표 2-7) 농가판매가격

(단위 : %)

구분	'01	'02	'03	'04	'05	'06
가격지수	97.5	95.0	98.9	99.3	89.6	88.4

\*) 농협에서 농가 판매가격을 조사하고 있으나, 가격지수만 발표하고 있음

\*\* ) 가격지수는 200년 수매가격을 100으로 보고 상대적 가격을 산정

(표 2-8) MMA에 의한 쌀수입물량

	곡종	원산지	수입량 (ton)	가격(\$)	비고 (처리)	
2000	Long-grain	Thailand	20,000	205.40	67,112	
	Middle-grain	China	94,016	265.40		
	Sum		<b>114,016</b>	(254.8)		
2001	Long-grain	Thailand	20,000	199.00	66,850	
	Short-grain	China	70,000	276.30		
	Short-grain	Australia	22,520	250.00		
	Middle-grain	USA	30,000	335.27		
	Sum		<b>142,520</b>	(273.7)		
2002	Long-grain	Thailand	25,000	198.60	73,963	
	Middle-grain	USA	40,000	309.45		
	Short-grain	China	106,023	304.5		
	Sum		<b>171,023</b>	(290.2)		
2003	Long-grain	Thailand	30,000	225.2	85,157	
	Middle-grain	USA	55,000	531.1		
	Short-grain	China	114,528	407.7		
	Sum		<b>199,528</b>	(413.9)		
2004	Long-grain	Thailand	33,000	298.1	91,873	
	Middle-grain	USA	65,000	405.4		
	Short-grain	China	130,032	421.2		
	Sum		<b>228,032</b>	(398.9)		
2005	Industrial	Long-grain	Thailand	33,024	325.4	96,235
		Middle-grain	USA	56,306	527.2	
		Middle-grain	Australia	10,033	498.9	
		Short-grain	China	127,315	498.0	
		Sum	(Brown rice)	226,678	(479)	
	Table use	Long-grain	Thailand	3,293	371.2	
		Middle-grain	USA	5,504	548.4	
		Short-grain	China	12,767	549.7	
	Sum	(Polished rice)	21,564	(522.7)		

\* 계약금액은 '96년까지 CFR기준, '97년부터는 CIP기준임, '01년 수입 곡종 세분화

2007년 현재 주요 곡물 가격은 다음의 (표 2-9)에 나타난 바와 같다. 쌀의 경우 전년동월대비 약 9.7% 상승하고 있는 것으로 나타났다.

(표 2-9) 세계 곡물가격 동향

(단위 : \$/톤, %)

	'05/'06	'06/'07	'06.9	'07.8	'07.9	변화량(%)		
						전년	전년동월	전월
밀	142	181	176	244	296	63.5	68.2	21.3
옥수수	88	140	98	130	132	△ 5.7	34.7	1.5
콩	214	267	201	310	346	29.6	72.1	11.6
중립종 쌀	484	538	518	535	568	5.6	9.7	6.2
장립종 쌀	301	320	318	334	331	3.4	4.1	△ 0.9

\* 자료 : 미농무성('07.9)

우리나라의 쌀가격은 2005년 농산물품질관리원의 조사결과에 따르면 80kg 한가마당 154,572원으로 조사되었고, 재배면적은 980 천 ha 로 나타났다.

(표 2-10) 우리나라의 쌀가격

	2002	2003	2004	2005
가격(원/80kg)	154,385	161,321	165,558	154,572
재배면적(1,000 ha)	1,053	1,016	1,001	980

\* 쌀가격은 회계연도 평균 산지쌀값



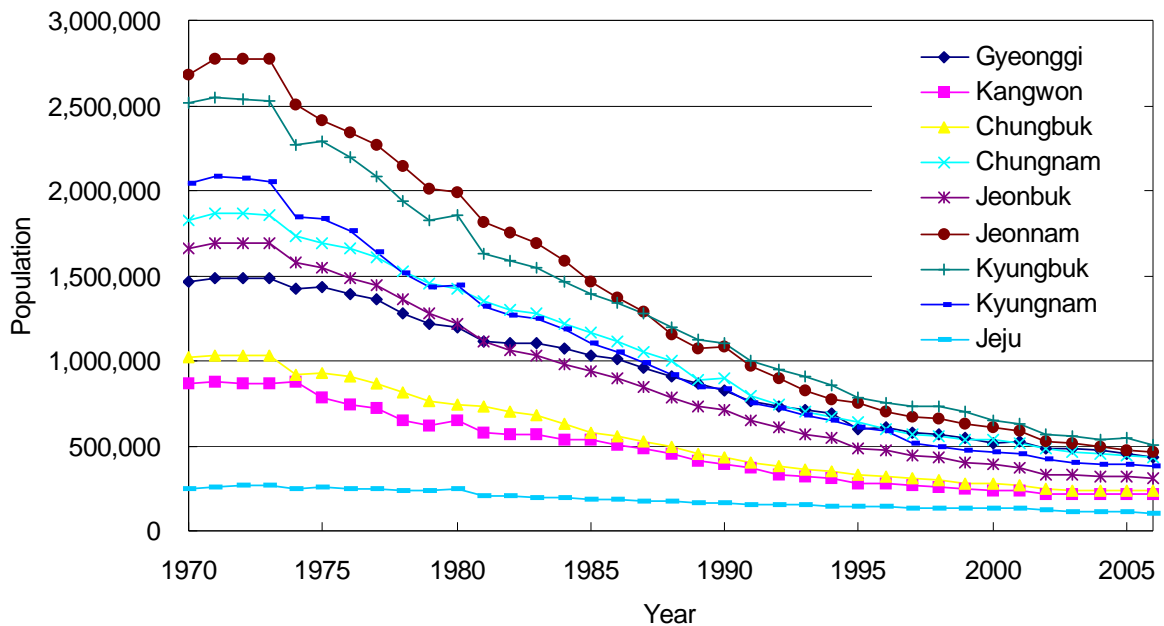
## 2.6 농촌인구 변화

### 2.6.1 농촌지역의 고령화 현황

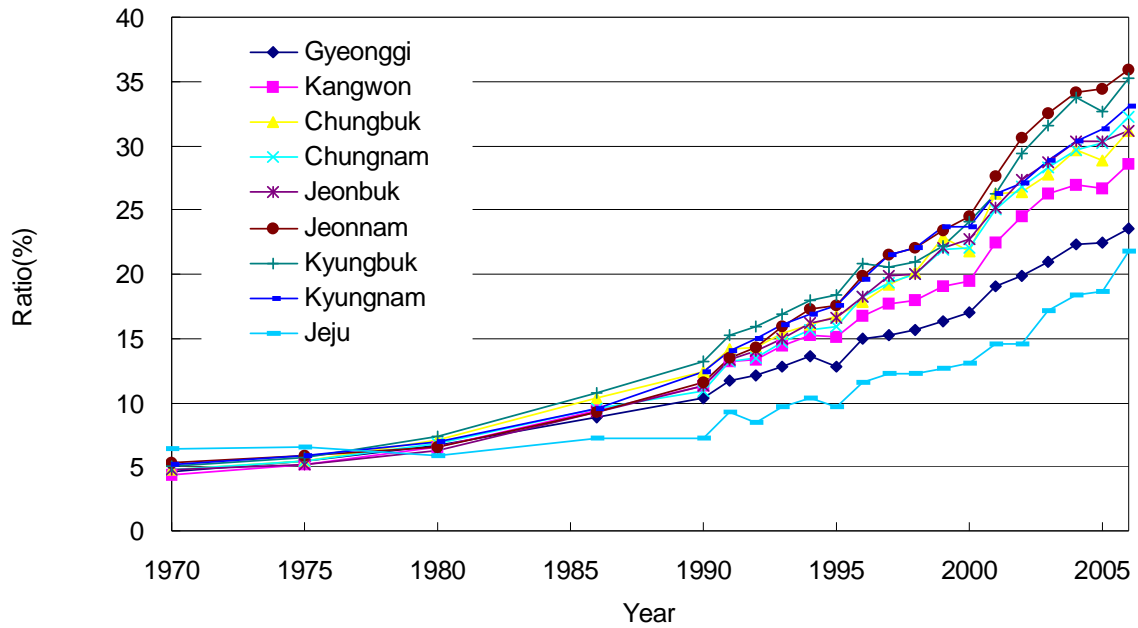
경지면적 감소와 농촌인구의 변화의 상관성을 분석하기 위해 농가인구 및 65세이상 농가인구의 비율을 조사한 결과는 <그림 2-14> 및 <그림 2-15>에 나타난 바와 같다. 1970년 농가인구가 정점을 보인 이래 급격한 감소 추세를 이루어 현재 농가인구는 3,434천명으로 총인구의 7.1%를 기록하고 있다.

또한 농촌인구의 고령화 정도를 판단하기 위한 65세 이상 고령화 인구 비율은 인구 감소와 반대로 급격한 증가를 보이고 있고, 농촌지역에서는 1985년 중반이후 평균 10%이상을 기록하여 고령화 사회에 진입하였고 2006년 현재 제주가 21.8%로 제일 낮은 값을 보이지만 다른 지역은 그 이상의 값을 보이고 있어 후기고령화 사회에 속하는 것으로 분석되었다.

결과적으로 농촌인구의 감소와 65세 이상 인구 비율로 보아 실제로 농업생산에 종사할 수 있는 노동력의 감소와 경지면적은 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 판단된다.



<그림 2-14> 농촌인구 변화(1970-2006)



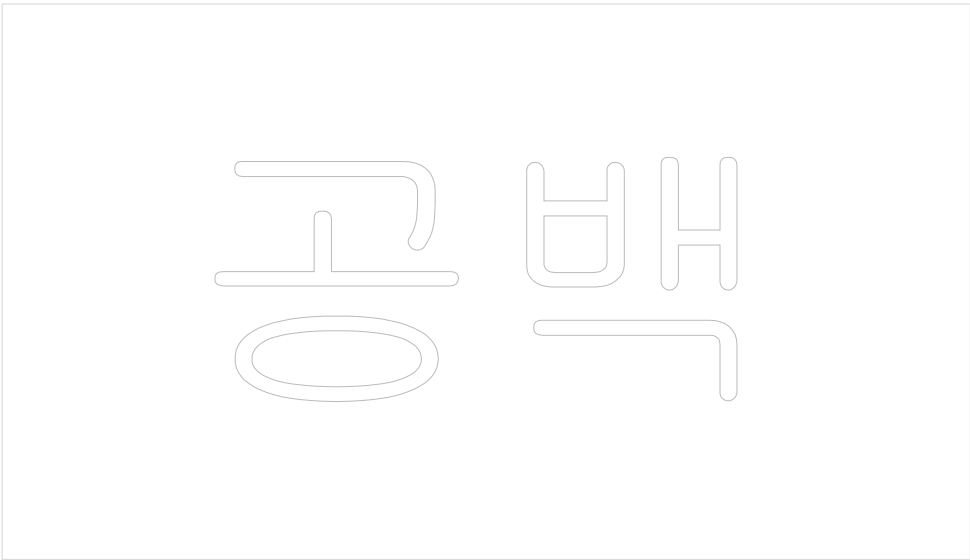
<그림 2-15> 농촌지역의 65세이상 인구 비율

### 2.6.2 경지면적 변화와 농촌인구의 상관성 분석

조사된 지역별 경지면적과 농촌인구의 상관성을 상관계수( $R^2$ )를 이용하여 변화 경향을 분석하였다. 분석결과는 (표 2-11)에 나타낸바와 같이 농촌인구와 65세이상 인구비율이 상관계수가 0.832와 0.773으로 높게 나와 상관성이 있는 것으로 나타났으며 이로부터 농촌인구에 대한 인자를 장래 경지면적 예측에 활용할 수 있는 것으로 판단되었다.

(표 2-11) 농촌인구와 경지면적 변화의 상관성 분석

$R^2$	인구	65세이상인구	65세이상인구비율(%)
평균	0.832	0.555	0.773
경기	0.940	0.256	0.754
강원	0.915	0.324	0.687
충북	0.970	0.812	0.931
충남	0.909	0.907	0.956
전북	0.971	0.655	0.923
전남	0.164	0.338	0.382
경북	0.959	0.457	0.780
경남	0.960	0.575	0.885
제주	0.703	0.675	0.657



## 3. 장래 경지면적 변화 산정시스템 개발

### 3.1 서론

장래의 경지면적을 예측하는 방법은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째 전통적으로 많이 이용하고 있는 방법으로 통계적 기법을 이용한 예측이다. 둘째로는 위성영상을 이용한 토지이용도를 추출하고 이로부터 시계열 경지면적 변화를 예측하는 방법이다. 마지막으로 Markov 기법 등을 적용한 추계학적 모형 및 GIS, RS를 통합한 방법이다. 이들 방법은 이용가능한 자료의 종류, 분석의 정확도, 대상지구 등의 조건에 따라 다양하게 개발·적용되고 있다.

먼저, 장래 경지면적 예측을 위한 통계학적 접근으로는 농촌경제연구원을 중심으로 시도되고 있으며 1980년대 초반부터 다양한 방향으로 시도되었다. 특히 이정환 등(1997)은 국내외 농업여건 변화에 대응한 농정분야 전략과 정책을 검토하기 위해 국내외 식량문제 전반에 걸친 전망과 향후대책을 제시한 바 있다. 그중에서 경지면적 변화는 상위 계획인 국토종합계획의 도시용 용지 신규 소요량 전망치를 이용하여 용도별 전용 및 개발 면적을 배분하는 형태로 설정하여 2010년의 경지면적 전망을 시도하였다.

한국농촌경제연구원에서는 1998년에 농업부문 전반에 걸친 장·단기 예측모형을 개발하였고 이를 보완하여 1999년에 KREI-ASMO99 (김경덕 외)를 발표하였다. KREI-ASMO 모형은 크게 국제 쌀 수급모형과 국내농업모형으로 구분되고, 다시 국내농업모형은 재배업부문모형과 축산부문모형으로 구성되어 이들 결과로부터 차기 농산물 협상을 감안한 수입개방 시나리오에 따른 대안별 국내생산 및 수입량을 분석하였다. 이중 경지면적 변화 예측을 위한 개별 국가모형을 제시하였고, 현재경지면적, 실질농가수취가격, 기간 등으로 향후 경지면적을 예측하기 위한 매개변수를 산정하였다. 이후 한국농촌경제연구원에서는 매년 농업전망을 발표하면서 장래 경지면적 전망을 같이 산정하고 있다.

다음으로, 위성영상을 이용한 시계열 토지이용변화 추정 방법은 도시화 산업화에 따른 도시인근 지역, 경관 등을 분석하기 위한 목적으로 수행되었으며, 일부 농촌지역의 경지면적 분석이 시도된 바 있다. 황만익 (1997)은 위성영상을 이용하여 도시지역의 도시화에 따른 토지이용 변화 분석을 실시하였다. 안승만 등(2002)는 도시의 확장에 따른 인구 밀집지역의 토지이용변화를 분석하기 위해 위성영상과 GIS를 이용하여 시계열 분석을 시도한 바 있다.

마지막으로 공간자료와 추계학적 모형을 이용한 예측방법이다. 김정부 (1978)는 주용진 등 (2003)은 시계열별 Landsat 위성 영상과 토지이용 변화 예측모형을 개발하여 토지이용 변천과정에 대한 모의를 시도하였다.

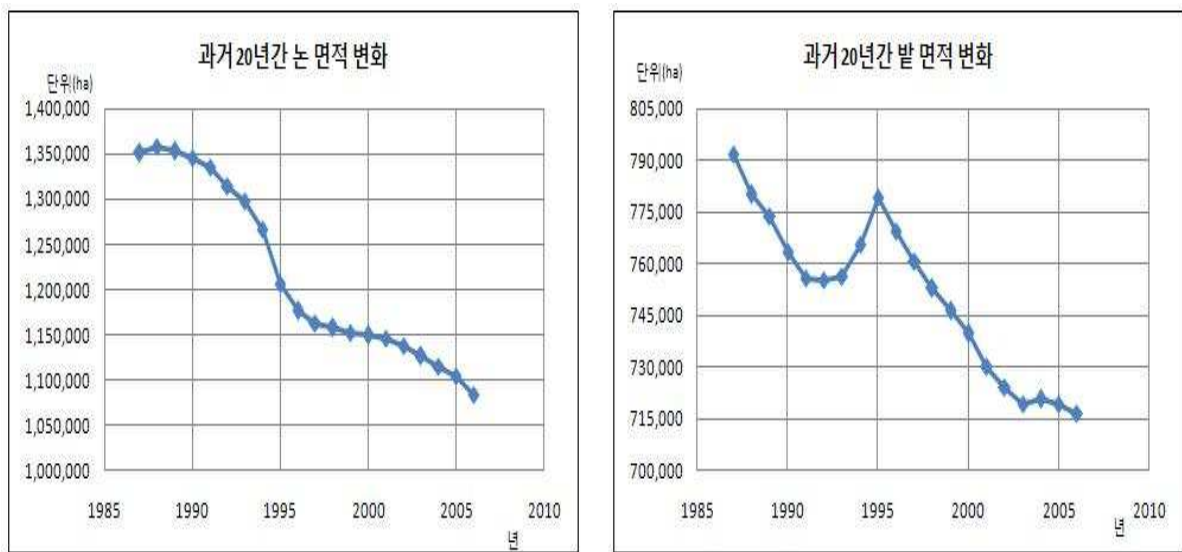
본 연구에서는 농촌지역 장래 경지면적 변화 예측을 위해서 한국농촌경제연구원에서 개발한 KREI-ASMO 모형의 용수구역단위 적용성을 검토하고, 이를 보완하기 위한 방안

으로 변화할당효과를 고려하여 장래 농촌경지면적을 예측하고자 하는 농촌경지면적 예측 모형을 개발하고자 한다.

### 3.2 농촌지역 경지면적 변화 분석

경지면적은 2004년 세계 무역기구 쌀 협상이 타결됨에 따라 쌀 재배면적 및 작물 재배 면적이 대폭적으로 감소할 것으로 전망되고 있다. 또한 향후 FTA/DDA 쌀 협상 등 농산물시장 개방 확대 추세를 감안하면 점차적으로 논 지역에서의 쌀 생산면적은 과수, 화훼 등 고기술, 노동집약, 고소득 농산물 생산단지로 전환될 것으로 예상되며, 기존의 농작물 위주 영농에서 최근 시설재배, 밭작물 재배 등으로 급속하게 변화하고 있다.

특히 최근 20년간 경지면적은 215만 ha에서 185만 ha 로 약 15% 가 감소하였으며 그중 논 면적은 132만 ha에서 113만 ha 로 14% 감소하였고, 밭 면적은 83만 ha에서 72만 ha 로 13% 감소한 것으로 나타났다. 또한 최근 20년간 작물 재배 면적은 논 작물 재배 면적보다 밭작물 재배 면적이 5배 이상 더 감소한 것으로 나타나고 있다.



<그림 3-1> 최근 20년간 논, 밭 면적 변화 현황

이러한 전반적인 변화요인에 따라, 1990년대 초까지 쌀 증산정책을 강력하게 시행되어 왔으나, 2002년 농림부에서는 쌀 증산정책을 포기하고 고품질, 고소득 농업생산을 위한 정책방향을 전환하게 되면서 급격한 영농환경의 변화를 가져오게 되었다. 하지만 이러한 변화는 수리구조물 등 농업생산기반 시설 개보수의 시급성을 약화시켜 용수공급기능의 급격한 저하에 의한 경지생산성의 약화라는 또 다른 문제점을 야기하고 있다

따라서, 개방화되는 농업정책의 방향에 따라 전국의 경지면적 및 시/군 이하 단위까지 경지면적을 추정하여 용수구역단위의 적정 농업용수를 확보하고, 나아가 용수공급 및 관

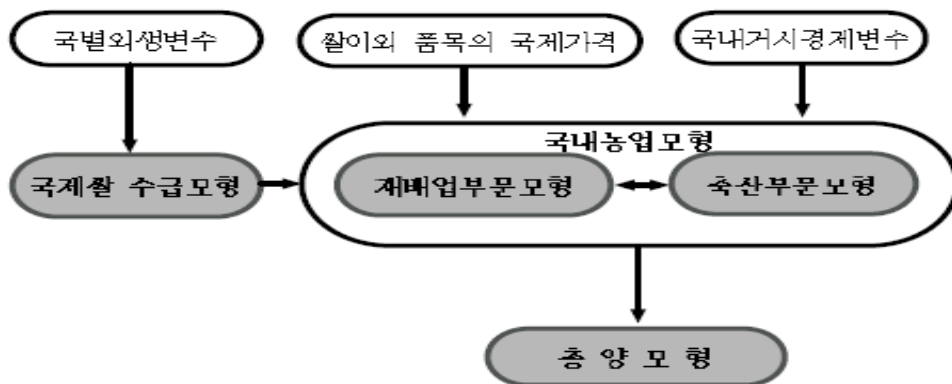
리 기술 개발과 실용화 방안 등 보다 세밀하고 현실적인 연구가 요구된다.

본 연구에서는 전국의 연도별 경지면적 자료를 조사·분석하여 경지면적 예측의 기초 자료로 활용하고자 한다. 특히 경지면적 변화에 영향을 미치는 것으로 판단되는 쌀 가격과 경지의 구조적 특성 및 지역적 특성을 이용하여 농촌지역 장래 경지면적을 예측해 보고, 면적비를 통해 용수구역단위 경지면적을 예측하는 것이 활용 가능한지 판단해 보고자 한다.

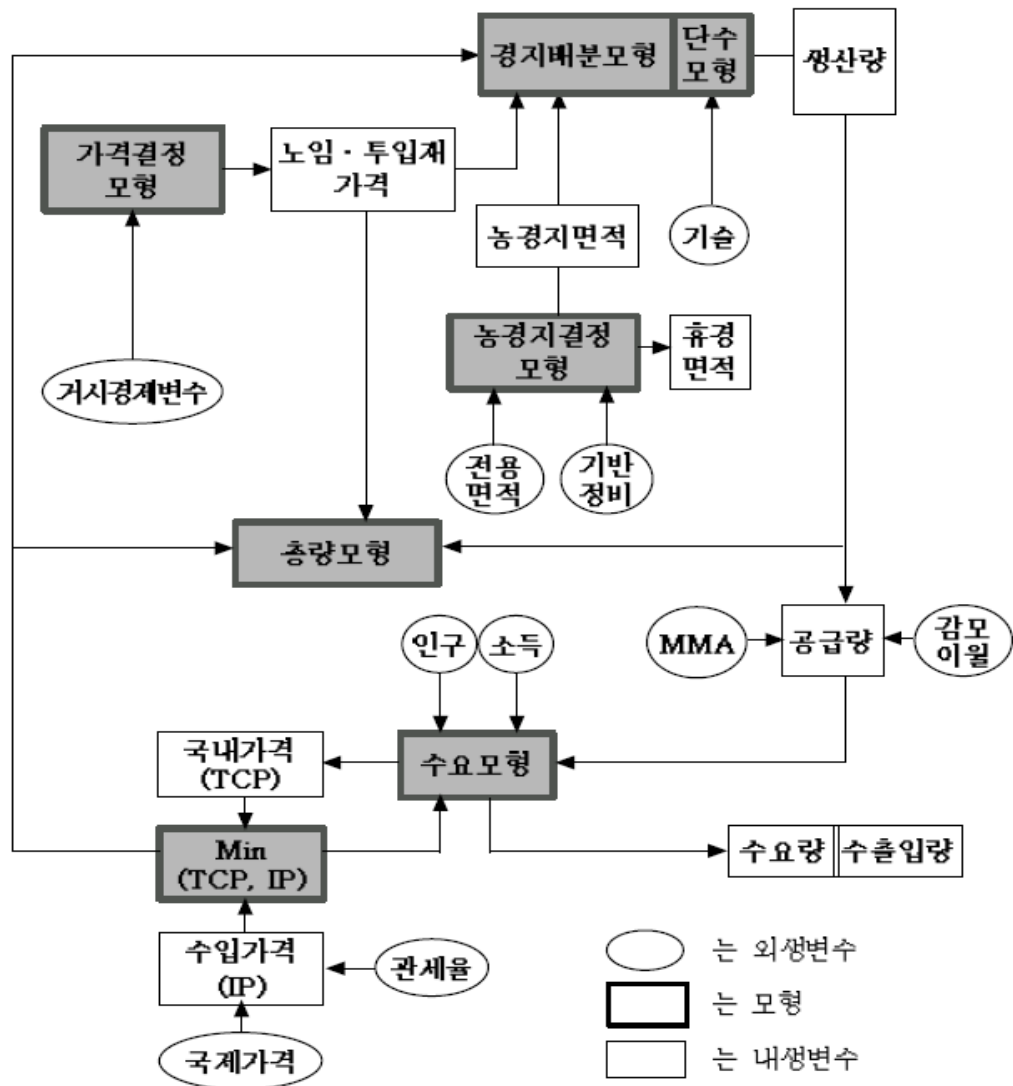
### 3.2.1 장래 경지면적 산정모형

#### 1) KREI-ASMO 모형의 구조

KREI-ASMO 모형은 한국 농업의 변화를 포괄적으로 판단하기 위하여 농업부문 장·단기 예측모형(1998)을 수정·보완한 모형이다. KREI-ASMO 모형은 국제미가를 예측하는 국제 쌀 수급모형, 경종작물과 과수 등을 포함하는 재배업 모형, 축산물 수급을 예측하는 축산모형 등 이들 전망치를 통합하여 농업소득과 부가가치 등을 산출하는 총량모형의 4개 모형으로 구성되어 있으며, 모형의 구조는 <그림 3-2>와 같다.



<그림 3-2> KREI-ASMO 모형의 구성



<그림 3-3> 재배업 모형의 구조

재배업 모형은 농업생산요소, 가격결정함수, 단수함수, 수요함수, 역수요함수 등으로 구성된다. 여기에서 각 농업생산물에 대한 농업생산요소, 가격결정함수로부터 농업투입재 가격, 농업노임, 임차료 등 농업생산요소 가격이 산출된다. 산출된 농업생산요소 가격은 경지배분모형이 입력되어 생산량을 결정하게 되고, 최종적으로 총량모형에 입력 자료로 사용된다. 경지배분함수에서 사용되는 장래의 농경지면적은 농경지 결정모형에서 산정되어 각 품목별 재배면적을 산출한다. 여기서 이용되는 농경지 결정모형은 국내 뿐만아니라 외국의 쌀생산에 대해서도 고려해야하기 때문에 국가별 경지면적을 산정하게 된다.

## 2) 농경지 결정모형

본 연구에서 이용되는 농경지 결정모형은 국가별 외생변수로 장래의 경지면적을 계산하게 된다. 여기서 이용한 모형은 다음의 식(2.1)과 같다.

$$A_t = -6,356.485604 + 0.84499A_{t-1} + 0.138181RFP_{t-1} - 3.973545T \quad (2.1)$$

여기서,  $A_t$  : 식부면적

$A_{t-1}$  : t-1기의 식부면적

$RFP_{t-1}$  : t-1기의 실질 농가수취가격(Won.kg)

$T$  : 시간변수로서 1991, 1992, ... 와 같이 계산기준년도 값

장래 농경지 면적 변화를 산정하기 위한 모형 이외에도 한국의 쌀 실질 농가수취가격, 농업생산량을 나타내는 단수, 일인당 쌀 소비량 산정식, 쌀 재고 수요 산정식 등의 항목별 산정식이 있다.

국내에서는 농업협동조합을 통하여 매년 지수화된 쌀판매지수를 제공하기 때문에 농경지 결정모형에서 이용하기 위한 실질 농가수취가격은 미국의 쌀 실질가격으로부터 환산된 값을 이용하며 그 관계식은 식(2.2)에 나타낸 바와 같다.

$$RFP_t = 1115.46 + 0.2918753RUSRP_t \quad (2.2)$$

여기서,  $RFP$  : 한국의 실질농가수취가격(Won/kg)

$RUSRP$  : 미국산 중단립종의 세계 쌀 실질가격(Won/10kg)

### 3) 농경지결정모형의 일반화

KREI-ASMO 모형을 구성하는 농경지 결정모형은 전국단위의 장래 경지면적 변화를 예측하기 위한 모형으로 농업용수 개발사업의 대상이 되는 최소 읍·면, 시·군단위 혹은 용수구역단위로 적용을 위해서는 대상지구에 맞는 각 매개변수의 추정이 필요하다.

농경지 결정모형은 한국농촌경제연구원의 KREI-ASMO모형의 농경지 결정모형을 기본으로 하여 각 기간별 경지면적, 실질농가수취가격 및 예측기간으로 구성되는 일반화된 농경지결정모형을 이용한다. 본 연구에서 적용하기 위한 농경지결정모형의 일반화된 방정식은 식(2.3)과 같다.

$$A_t = a + b \times A_{t-1} + c \times RFP_{t-1} + d \times T \quad (2.3)$$

여기서,  $A_t$  : 식부면적

$A_{t-1}$  : t-1기의 식부면적

$RFP_{t-1}$  : t-1기의 실질 농가수취가격(Won.kg)

$T$  : 시간변수로서 1991, 1992, ... 와 같이 계산기준년도 값

a, b, c, d : 매개변수



농경지 결정모형의 적용을 위한 각 시기별 경지면적은 통계청 국가통계포털(KOSIS)에서 제공하는 연도별 시군별 통계자료를 조사하여 이용한다. 국내의 경지면적 통계자료는 1994년 이전까지는 도별 자료를 제공하고 있으며, 이후 각 시군별 자료를 매년 제공하고 있다.

모형에서 이용하는 실질 농가 수취가격은 기준년도에 대한 가격변동을 나타내는 판매가격지수와 2005년 이후의 공공비축 매입가격을 참조하여 해당연도의 가격으로 환산하여 사용한다.

### 3.2.2 농경지 결정모형의 적용

#### 1) 기존모형의 적용결과

원형모형의 매개변수로부터 2010년의 경지면적 예측치를 산정한 결과는 (표 3-1)에 나타난 바와 같다. 전국 및 경기도의 경지면적 산정결과는 모형을 이용하여 예측값을 산정할 수 있는 것으로 나타났으나, 경기도 평택, 용인, 안성시의 경지면적 자료를 이용하여 동기간에 대한 예측치는 (-) 값을 보여 전국단위 모형은 그 적용범위가 줄어들게 되면 타당한 예측이 어려움을 알 수 있었다.

또한 모형을 통한 예측결과와 통계자료를 이용한 선형회귀모형을 이용한 예측결과를 보면 전국, 경기, 시단위의 경지면적 감소추세를 고려하였을 때 3.7~14.5%의 감소한 결과를 보이고 있으나, 전국경지면적은 선형회귀모형이 5.5%, KREI-ASMO 모형이 15.8%의 값을 나타내 과다한 값을 나타내고 있다. 또한 경기도에 대한 경지면적 예측결과도 선형회귀모형이 3.7%, KREI-ASMO 모형이 20.8%의 값을 산정하였다.

결과적으로 KREI-ASMO모형은 전국단위의 경지면적 예측을 위한 모형으로 시·군 단위의 경지면적 변화 예측을 위해서는 모형의 수정이 필요하며 이는 앞절에서 제시한 농경지 결정모형의 매개변수의 추정을 통한 도별 경지면적을 예측하고, 각 도에서의 시군별 경지면적 비율은 연도별로 거의 일정한 값을 보이고 있어 도별 경지면적 예측 값과 시군별 경지면적 비율의 곱으로 산정하는 과정을 거쳐 장래 예측 값을 구하는 것으로 산정과정을 제시하고자 한다.

(표 3-1) KREI-ASMO 를 활용한 장래 경지면적 예측 결과

(단위 : ha)

	Cultivated area					KREI-ASMO	Linear regression model		
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2010	2020	2030
전체	2,144,000	2,108,812	1,985,257	1,888,765	1,824,039	1,535,907 (-15.8%)	1,724,100 (-5.5%)	1,547,200 (-15.2%)	1,370,300 (-24.9%)
경기	283,000	276,031	227,116	211,195	198,569	157,170 (-20.8%)	191,153 (-3.7%)	156,806 (-21.%)	122,459 (-38.3%)
평택시			23,758	23,036	22,296		20,995 (-5.8%)	19,190 (-13.9%)	17,385 (-22.%)
용인시			11,280	9,827	8,863		7,581 (-14.5%)	5,482 (-38.1%)	4,383 (-61.8%)
안성시			18,569	17,672	16,770		15,917 (-5.1%)	14,134 (-15.7%)	12,351 (-26.4%)

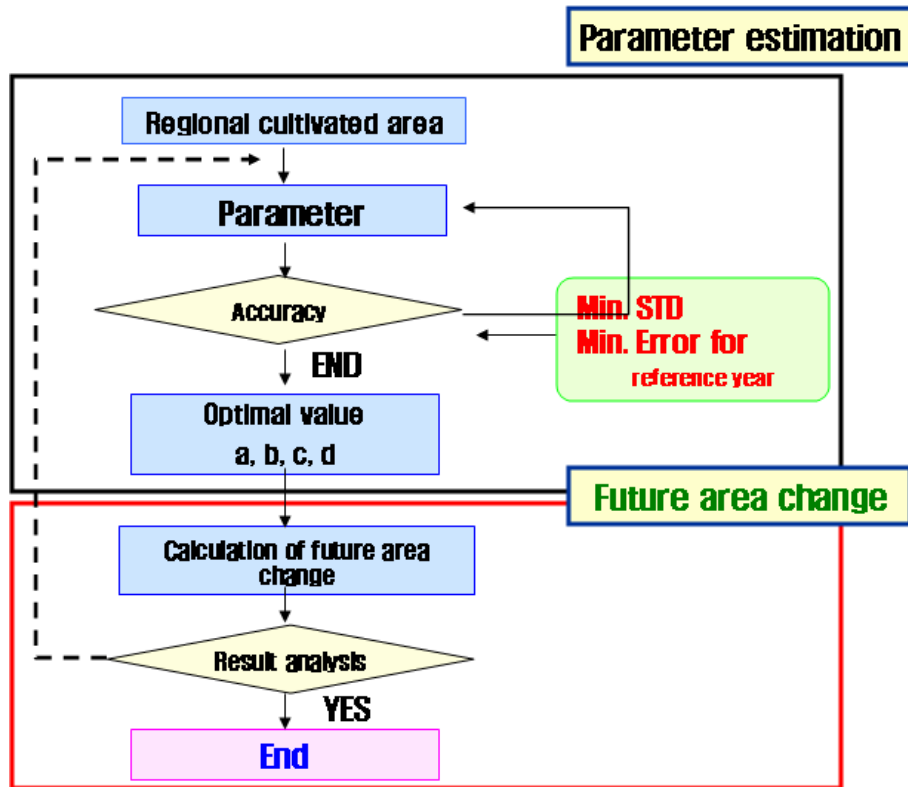
( ) 안의 값은 2005년 총경지면적 대비 경지면적 증감률임

결과적으로 KREI-ASMO모형은 전국단위의 경지면적 예측을 위한 모형으로 시·군 단위의 경지면적 변화 예측을 위해서는 모형의 수정이 필요하며 이는 앞절에서 제시한 농경지 결정모형의 매개변수의 추정을 통한 도별 경지면적을 예측하고, 각 도에서의 시군별 경지면적 비율은 연도별로 거의 일정한 값을 보이고 있어 도별 경지면적 예측 값과 시군별 경지면적 비율의 곱으로 산정하는 과정을 거쳐 장래 예측 값을 구하는 것으로 산정 과정을 제시하고자 한다.

## 2) 매개변수의 추정

지역별 경지면적 예측을 위한 매개변수 추정과정은 주어진 일반식의 4가지 매개변수에 대해 적정한 값을 주어 기준년도( $t-1$ )와 목표연도( $t$ )의 경지면적값으로부터 예측하고자 하는 기간의 예측값을 산정한다. 총 자료기간에 대하여 예측값들의 표준편차가 최소가 되는 매개변수 조합을 구하여 이 매개변수에 의한 장래의 예측값의 타당성을 변화추세를 고려하여 검증하고 최종적으로 지역별 특성에 맞는 매개변수를 추정하게 된다.

여기서 지역별 범위는 전국의 각 도단위로 설정하였으며, 도단위 경지면적의 장래예측 값으로부터 지구단위의 경지면적을 산정하게 된다. 지구단위 경지면적 산정은 도단위 경지면적 예측값과 각 지구의 도내 경지면적 비율의 곱으로 표시된다.



<그림 3-4> 지역별 매개변수 추정과정

### 3) 지역별 매개변수 산정결과

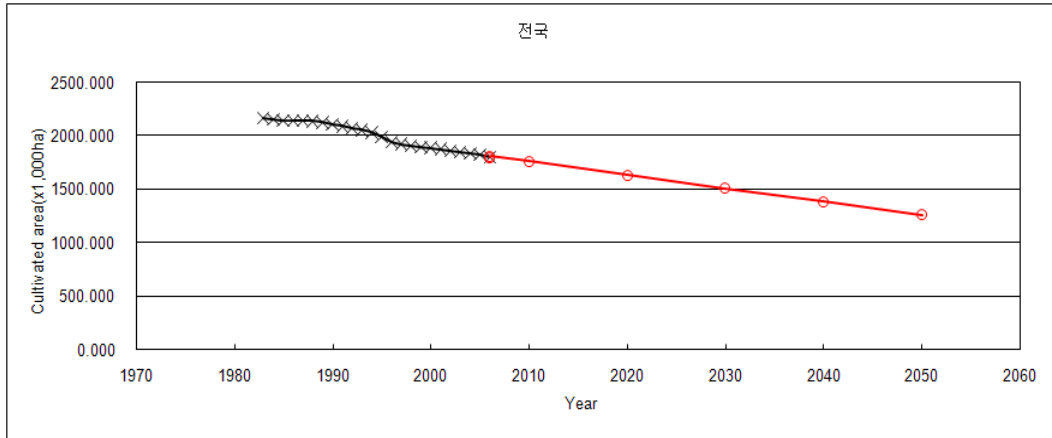
본 연구에서 이용하는 농경지 결정모형의 지역별 매개변수를 추정한 결과는 다음의 (표 3-2)에 나타낸 바와 같다.

(표 3-2) 전국 및 각 도별 매개변수의 계산 결과

	매개변수			
	a	b	c	d
전국	228.49719	-0.18224	4.96935	-12.46599
Gyeonggi	228.45075	0.40710	-0.23879	-2.24059
Kangwon	136.93068	0.42765	-0.16876	-0.35529
Chungbuk	161.76581	0.11103	-0.09064	-1.28502
Chungnam	277.45029	6.28901	-4.07290	-1.74798
Jeonbuk	239.07162	0.31294	-0.21213	-1.13784
Jeonnam	342.11499	0.13762	-0.12051	-1.55054
Kyeongbuk	323.62183	0.08021	-0.10703	-1.73555
Kyeongnam	-1.23965	0.53697	0.18805	-1.42480
Jeju	47.90007	-0.06292	0.03426	0.04430

### 3.2.3 농경지 결정모형의 지역별 적용

매개변수 추정과정에서 결정된 지역별 매개변수를 이용한 전국의 경지면적을 예측해 보면 다음 <그림 3-5>와 같다. 지역별 경지면적 변화량 산정결과는 2006년 경지면적을 기준으로 하였을 때 2010년에 경기도가 -2.6% 감소하여 최대값을 나타내었으며, 이후 그 변화폭이 크게 될 것으로 예측된다. 그 이유는 연도별 경지면적 조사 결과 1980년대 이후 경지면적 감소폭이 크게 나타난 것이 예측결과에도 반영되었을 것으로 판단된다.



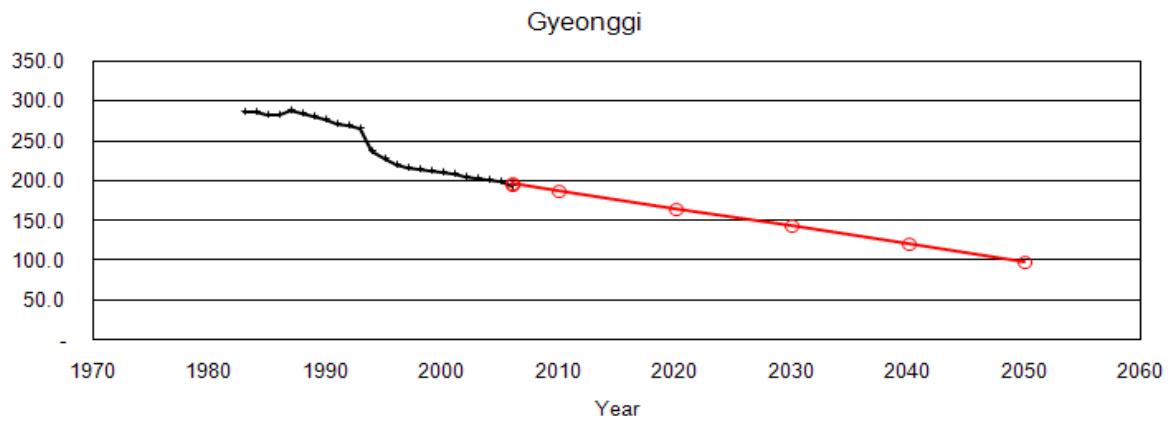
<그림 3-5> 매개변수를 활용한 전국 경지면적 예측 결과

전국의 경지 면적은 2006년을 기준으로 하였을 때 2010년 전국적으로 2.15%의 감소를 나타내고 있으며, 2030년 16%로 큰 폭의 감소가 예상되며 이후, 상당한 감소를 보일 것으로 판단된다.

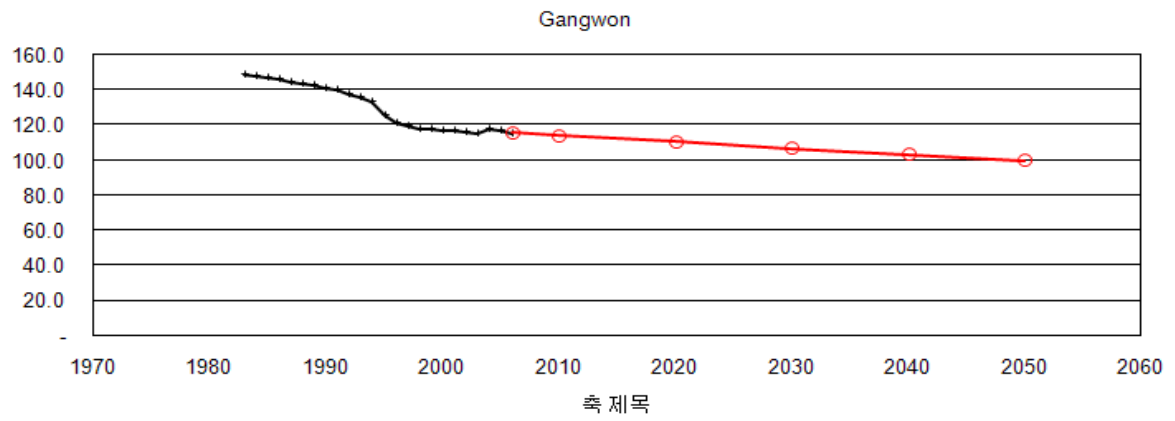
(표 3-3) 장래 경지면적 변화 추정 결과

(단위 : ×1000 ha)

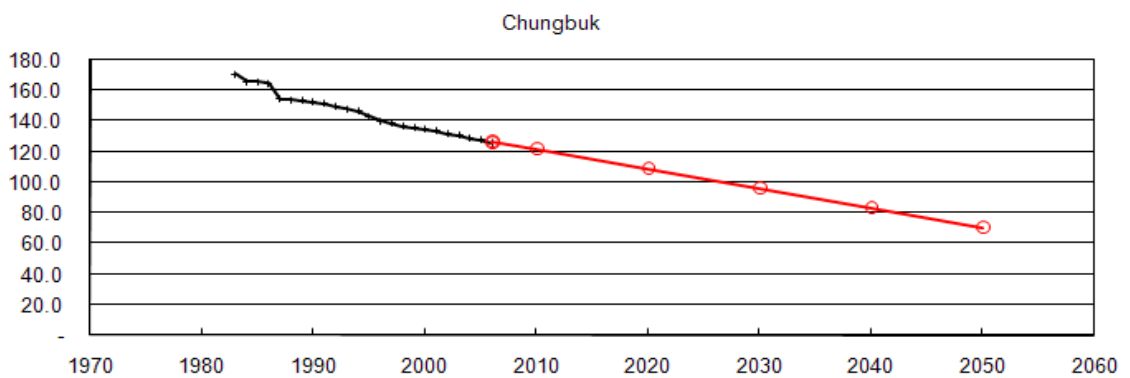
	2006	2010	2020	2030	2040	2050
경기	196.3 -1.4%	187.4 3.2%	165.0 14.8%	142.6 26.4%	120.1 37.9%	97.7 49.5%
강원	115.3 0.3%	113.9 1.5%	110.3 4.6%	106.8 7.7%	103.2 10.7%	99.7 13.8%
충북	126.9 -0.8%	121.7 3.3%	108.9 13.5%	96.0 23.7%	83.2 33.9%	70.3 44.1%
충남	246.5 0.4%	239.5 3.3%	222.1 10.3%	204.6 17.4%	187.1 24.4%	169.6 31.5%
전북	210.7 0.2%	206.1 2.4%	194.7 7.8%	183.4 13.2%	172.0 18.5%	160.6 23.9%
전남	322.3 -1.9%	316.0 0.1%	300.5 5.0%	285.0 9.9%	269.5 14.8%	254.0 19.7%
경북	286.5 -0.1%	279.6 2.3%	262.2 8.4%	244.9 14.5%	227.5 20.5%	210.2 26.6%
경남	171.0 -0.3%	165.3 3.1%	151.0 11.4%	136.8 19.8%	122.5 28.2%	108.3 36.5%



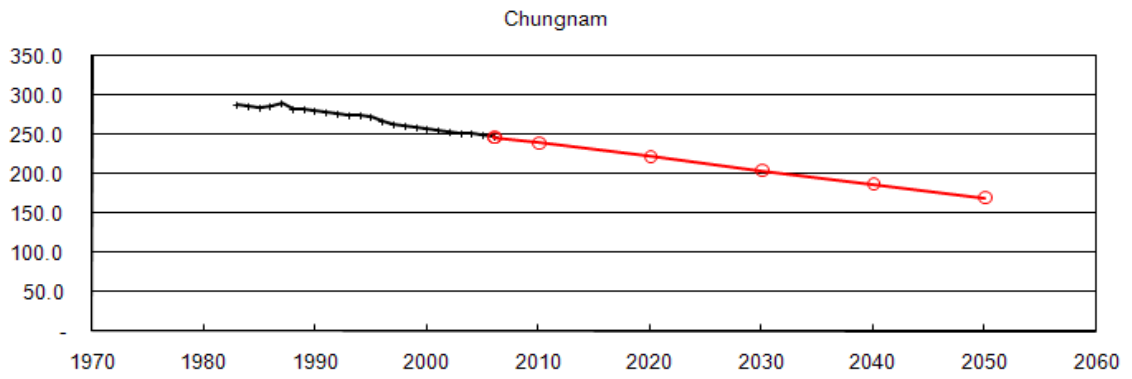
〈그림 3-6〉 경기도 경지면적 변화



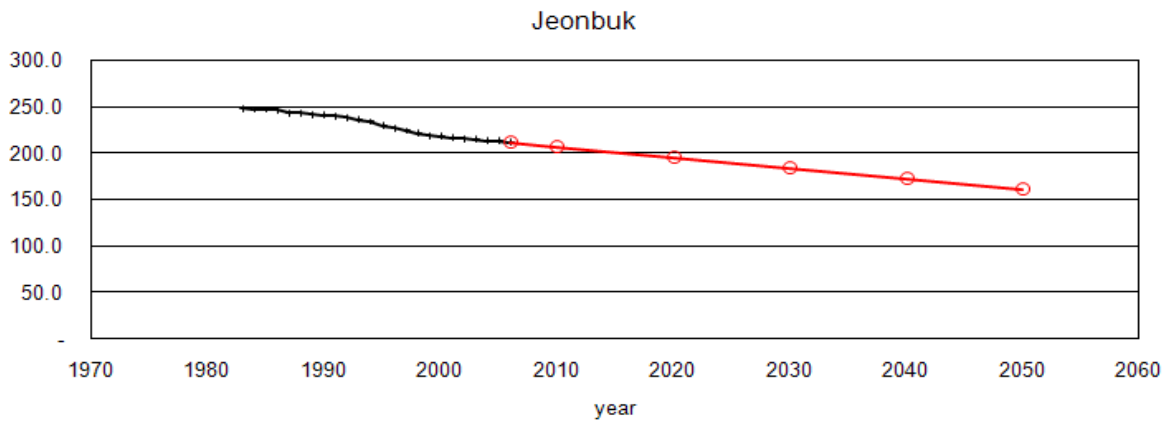
〈그림 3-7〉 강원도 경지면적 변화



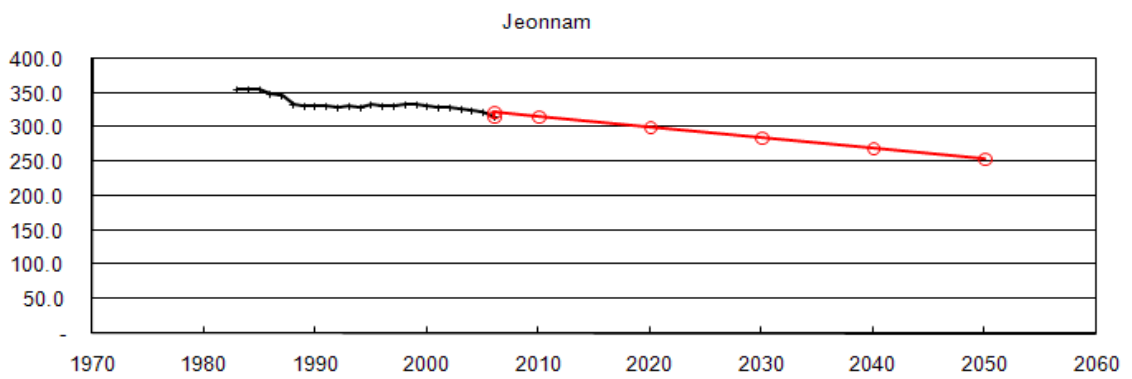
〈그림 3-8〉 충청북도 경지면적 변화



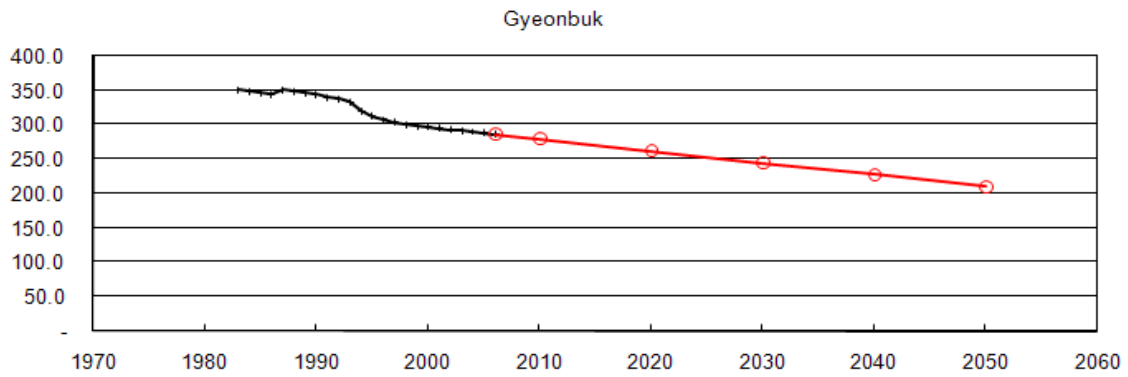
<그림 3-9> 충청남도 경지면적 변화



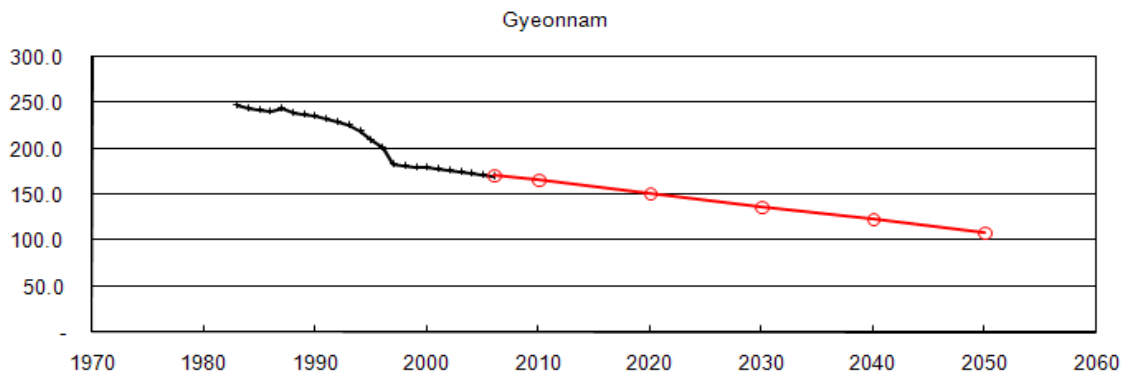
<그림 3-10> 전라북도 경지면적 변화



<그림 3-11> 전라남도 경지면적 변화



<그림 3-12> 경상북도 경지면적 변화



<그림 3-13> 경상남도 경지면적 변화

### 3.2.4 농촌지역단위 적용의 한계

1999년의 KREI-ASMO 는 과거의 경지면적을 기반으로 미래의 경지를 예측하는 내생 변수와 외생변수를 모두 사용하는 방법이었는데, 2005년으로 넘어오면서 농산물 가격, 농업 노임 등 외생변수만을 활용하는 것으로 바뀌었고, 시나리오를 추가하여 외생변수가 변화할 때 농지변화를 예측할 수 있도록 하였다.

그러나 이를 도 단위 이하로 내리게 되면 지역별로 변별력을 갖출 수 있는 충분한 외생 변수를 확보할 수 없고 확보하더라도 내생변수가 발생시키는 자체적인 무작위성이 외생변수의 보편성을 추월하게 되므로 지역별 편차를 심화시키게 된다.

때문에 기존 농경지 결정모형은 전국단위의 예측은 가능하지만 도 단위 이하의 일부 지역에서는 예측치가 (-)값을 나타내는 등 타당한 예측이 어렵다고 판단된다.

## 3.3 농촌경지면적 예측모형의 개발

### 3.3.1 변화할당모형의 개요

#### 1) 변화 할당 모형의 의의

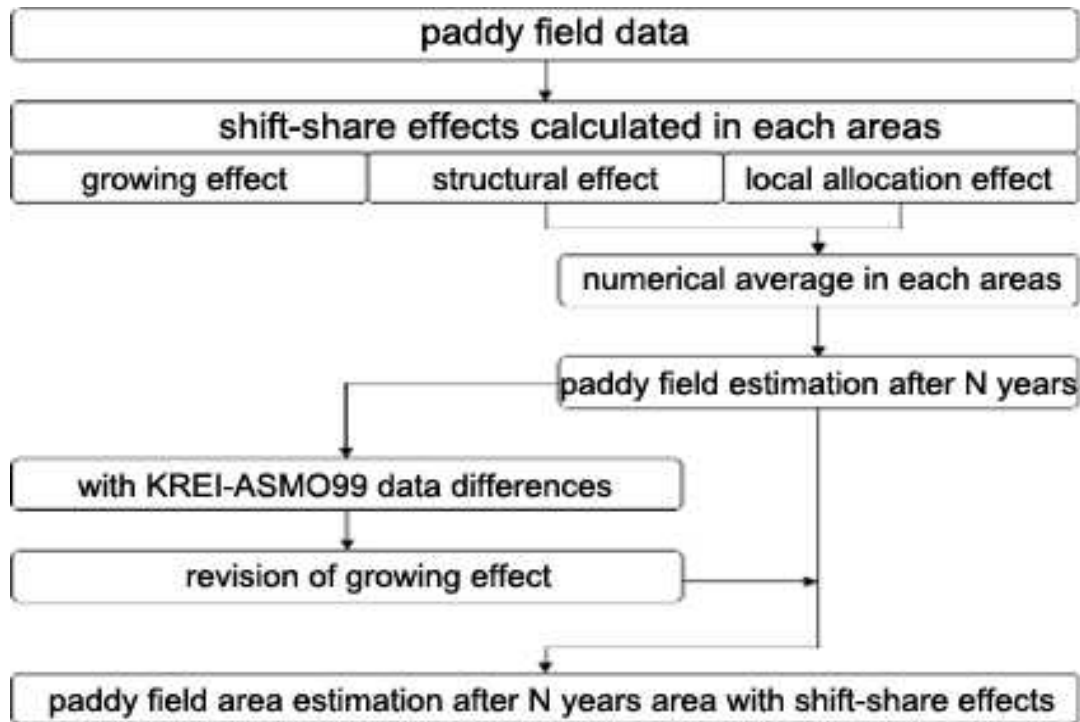
변화-할당모형(Shift-share model)은 경제변화의 구조적 분석, 특히 산업성장의 이면에 내재하고 있는 원인들을 보다 효과적으로 파악할 수 있도록 방대한 통계자료를 체계적으로 구성하기 위하여 시도된 순수 경제분석모형이다.

변화-할당모형은 한 도시나 지역의 일정기간 산업성장 및 변화를 전국 또는 다른 도시와의 관계 하에서 상대적인 위치를 파악함으로써 도시간·시점간·산업간 비교를 용이케 하여 장래 산업의 방향설정에 유용한 준거 틀/framework)를 제공한다.

#### 2) 경지면적 예측 모형에서의 변화 - 할당효과

경지 면적에서 변화-할당모형은 다음과 같은 두 가지 기본가정을 전제로 한다. 그 첫째 가정은 전국적으로 빠른 경지 면적 변화를 보이는 지역은 경지의 구성비가 그렇지 못한 지역보다 빨리 변화하며, 전국적으로 저조한 경지 면적 변화를 보이는 경지의 구성비가 큰 도시는 늦은 변화를 보일 것이라는 사실이다. 두 번째 가정은 경지 면적 변화를 경지 구조별 변화의 원인에서 찾아보려고 하는 것으로 어떤 도시 및 지역 경지 변화는 전국경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과와 세 가지 요인으로 구분할 수 있다는 것이다. 즉 변화-할당모형은 어떤 도시나 지역의 경지면적 변화에 영향을 미치는 이들 세 가지의 몫을 찾아내는 것이 그 목적이다.





<그림 3-14> 변화할당효과를 고려한 경지면적 예측 모델의 흐름도

### 3) 변화 - 할당 분석의 기본 모형

총 경지 면적 변화는 분석 기간 동안  $j$  지역  $i$  규모 경지 면적의 총 증가, 감소의 합을 의미한다. 따라서 이 값이 (+) 혹은 (-) 의 값을 가짐에 따라 분석기간 동안  $j$  지역  $i$  규모 경지 면적 변화여부를 판단할 수 있다.  $j$  지역  $i$  규모 경지 면적의 총 변화는 앞서 살펴본 세 가지 효과의 합으로 다음 식(2.4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{총성장} = V_{ij}(t) - V_{ij}(0) = Ng + Im + Rs \quad (2.4)$$

단,  $V_{ij}(t)$  = 대비년도( $t$ )에 있어서  $j$  지역  $i$  규모 경지면적의 증감량

$V_{ij}(0)$  = 기준년도(0)에 있어  $j$  지역  $i$  규모 경지 면적의 증감량

$Ng$  = 전국경지성장효과

$Im$  = 경지구조효과

$Rs$  = 지역할당효과

### 3.3.2 경지 성장 효과

#### 1) 경지 성장 효과의 추정

경지의 성장효과는 전국적으로 추정되는 것으로 기존에 개발된 KREI-ASMO99를 활용할 수 있다. 원형모형의 매개변수로부터 2010년의 경지면적 예측치를 산정한 결과는 앞서 나타낸 (표 3-3)과 같다.

결과적으로 KREI-ASMO 모형은 전국단위의 경지면적 예측을 위한 모형으로 시·군단위의 경지면적 변화 예측을 위해서는 모형의 수정이 필요하며, 이는 앞 절에서 제시한 변화할당모형의 영향 요소를 각 도별로 추정하여 도별 경지면적 변화 예측 값을 구하는 것으로 산정과정을 제시하고자 한다.

#### 2) 변화할당모형의 전국 경지성장효과

변화할당 모형의 전국 경지 성장 효과는 일정기간  $j$  지역  $i$  면적의 변화 또는 총 증가량 중에서 국가 전체의 모든 면적의 평균 변화로 발생하는 증감량을 말한다. 이것은 어떤 도시나 지역의 특정 규모별 농경지 면적의 변화는 전국의 농경지 면적변화와 무관한 상태에서 이루어 질 수 없으며, 전국의 농경지 면적의 변화에 영향을 받는다는 사실을 근거로 한다. 따라서 경지 성장효과는 식(2.5)로 나타낼 수 있다.

$$N_g = V_{ij}(0) \times \frac{V(t) - V(0)}{V(0)} \quad (2.5)$$

단,  $V_{ij}(0)$  = 기준년도(0)에 있어서  $j$  지역  
 $i$  규모 경지의 증감량

$V(0)$  = 기준년도(0)에 있어서  
전국모든 경지의 증감량

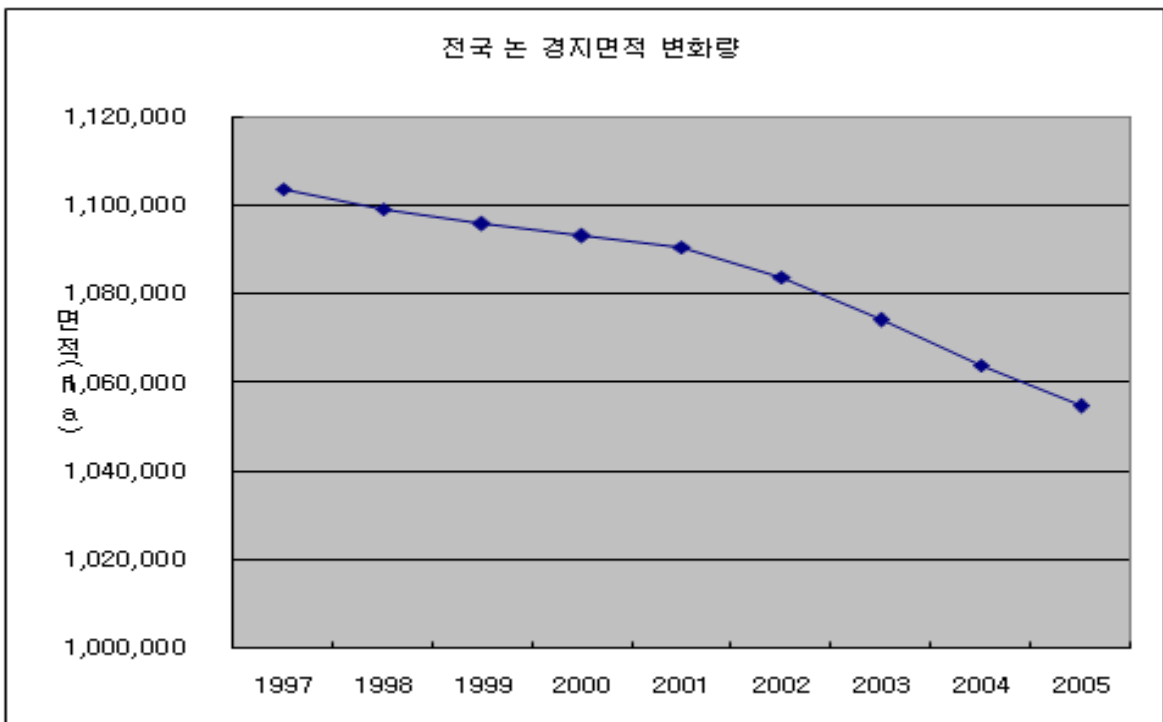
$V(t)$  = 대비년도( $t$ )에 있어서  
전국모든 경지의 증감량

1997년부터 조사된 전국의 총 경지면적 변화량은 (표 3-4)와 같다. 이를 도표로 나타내면 <그림 3-15>와 같이 전국 도별 총 경지면적은 1997년부터 점차 감소하고 있다는 것을 알 수 있다. <그림 3-16>과 같이 그 감소량도 점차 증대되는 추세를 알 수 있다.

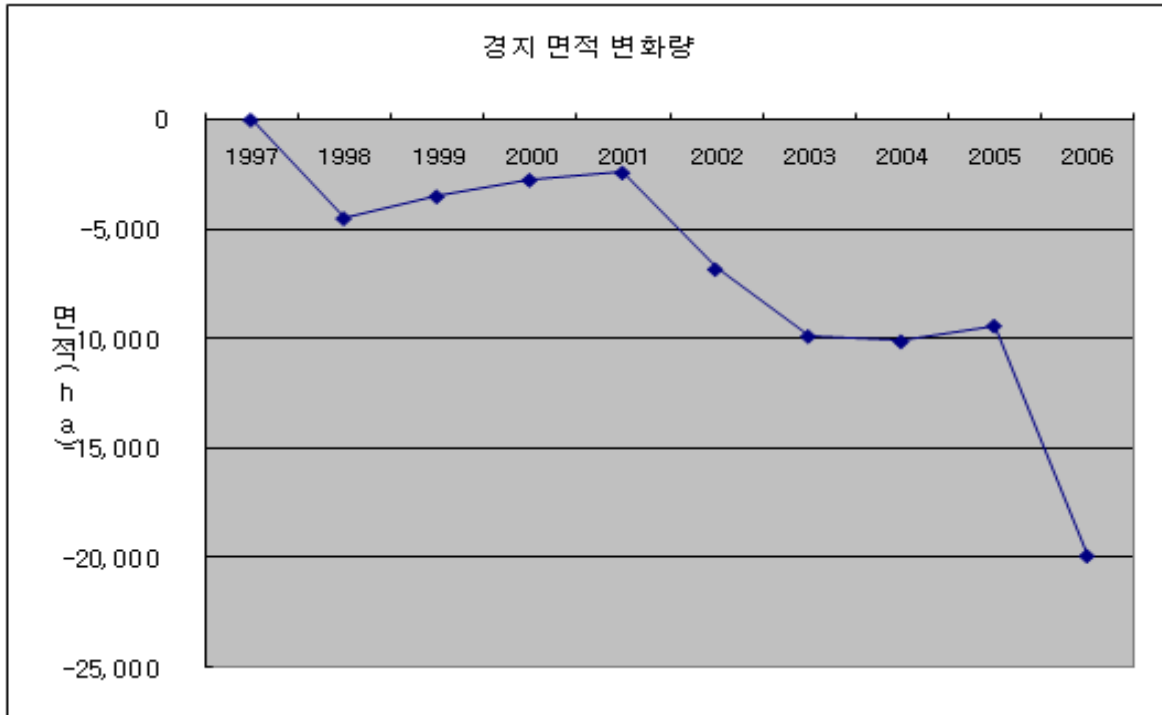
(표 3-4) 1997 - 2006 전국의 총 논 경지면적 변화

(단위 : ha)

년도	도별 총 논 경지면적	증감량
1997	1,103,809	-
1998	1,099,319	-4,490
1999	1,095,827	-3,492
2000	1,093,090	-2,737
2001	1,090,682	-2,408
2002	1,083,874	-6,808
2003	1,074,009	-9,865
2004	1,063,911	-10,098
2005	1,054,518	-9,393
2006	1,034,643	-19,875



<그림 3-15> 전국의 논 경지면적 변화



<그림 3-16> 년도별 경지면적 변화량 추계

조사된 결과를 변화할당 모형에서 전국 경지성장효과를 산정한 (표 3-5)와 비교해보면 요소별 추정 값의 합이 실제 자료와 일치하여 개발된 모형이 올바른 값을 추정함을 알 수 있다.

(표 3-5) 1998 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.6	-0.7	-0.7	0.0	-3.0
0.1 - 0.3ha	-13.1	-8.6	-13.9	-22.1	-14.8	-38.6	-44.9	-38.9	-0.1	-195.1
0.3 - 0.5ha	-38.3	-20.4	-31.2	-62.1	-40.5	-87.4	-85.4	-75.6	-0.3	-441.3
0.5 - 0.7ha	-40.7	-18.9	-32.9	-78.3	-43.9	-103.6	-87.1	-79.8	-0.2	-485.4
0.7 - 1.0ha	-59.2	-30.3	-41.8	-123.0	-76.0	-144.0	-116.5	-90.4	0.0	-681.2
1.0 - 1.5ha	-96.4	-36.3	-57.4	-156.2	-111.3	-159.5	-125.9	-93.4	0.0	-836.5
1.5 - 2.0ha	-64.0	-23.1	-27.7	-98.1	-94.5	-115.1	-63.9	-50.1	-0.2	-536.8
2.0 - 3.0ha	-90.2	-31.2	-33.2	-107.9	-123.0	-106.6	-58.7	-34.7	0.0	-585.5
3.0 - 5.0ha	-75.7	-27.5	-22.7	-79.9	-105.6	-80.7	-39.9	-19.9	0.0	-452.0
5.0 - 10.0ha	-48.0	-10.9	-10.6	-42.3	-61.4	-44.1	-17.3	-9.1	0.0	-243.8
10.0ha 이상	-5.9	-1.3	-0.8	-1.0	-7.2	-10.9	-0.5	-1.8	0.0	-29.6
합계	-531.6	-208.9	-272.5	-771.3	-678.5	-891.2	-640.8	-494.5	-0.8	-4490.0

(표 3-6) 1999 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.2	-0.7	-0.9	-0.7	0.0	-3.3
0.1 - 0.3ha	-11.3	-7.0	-13.9	-20.4	-12.6	-38.8	-44.1	-34.0	-0.1	-182.2
0.3 - 0.5ha	-29.4	-16.2	-25.6	-50.8	-31.2	-76.2	-73.4	-59.3	-0.2	-362.3
0.5 - 0.7ha	-31.2	-14.7	-27.0	-63.4	-33.7	-82.5	-66.4	-61.0	-0.1	-379.9
0.7 - 1.0ha	-50.0	-24.3	-32.4	-93.1	-57.9	-110.7	-81.9	-69.1	0.0	-519.5
1.0 - 1.5ha	-70.9	-23.8	-42.3	-120.9	-80.1	-124.9	-89.7	-69.3	0.0	-621.9
1.5 - 2.0ha	-48.0	-18.7	-19.6	-72.7	-75.4	-76.8	-54.1	-36.2	-0.2	-401.7
2.0 - 3.0ha	-67.1	-21.0	-22.2	-75.4	-87.4	-76.9	-40.1	-23.7	0.0	-413.8
3.0 - 5.0ha	-60.0	-24.6	-18.9	-62.2	-81.6	-66.4	-33.5	-17.0	0.0	-364.2
5.0 - 10.0ha	-36.3	-9.0	-7.1	-39.2	-61.1	-42.0	-13.1	-10.0	0.0	-217.9
10.0ha 이상	-6.7	-1.5	-0.6	-1.7	-5.3	-8.2	0.0	-1.1	0.0	-25.3
합계	-411.0	-161.0	-209.8	-600.0	-526.6	-704.2	-497.3	-381.5	-0.7	-3492.0

(표 3-7) 2000 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	-0.6	-0.8	-0.6	0.0	-2.8
0.1 - 0.3ha	-8.7	-5.8	-10.2	-17.4	-10.5	-33.5	-36.1	-27.5	-0.1	-149.7
0.3 - 0.5ha	-24.0	-13.2	-20.4	-43.4	-22.3	-61.4	-62.3	-46.3	-0.1	-293.4
0.5 - 0.7ha	-25.2	-11.9	-19.4	-51.2	-26.6	-64.6	-55.9	-45.0	-0.1	-299.9
0.7 - 1.0ha	-42.8	-18.6	-24.7	-73.7	-42.7	-85.6	-68.1	-55.7	0.0	-412.0
1.0 - 1.5ha	-55.2	-19.4	-33.4	-96.2	-61.8	-102.4	-69.5	-55.7	0.0	-493.7
1.5 - 2.0ha	-39.8	-14.9	-18.0	-56.4	-55.8	-65.7	-36.2	-26.7	0.0	-313.4
2.0 - 3.0ha	-50.3	-15.4	-14.3	-48.3	-63.6	-54.8	-33.4	-19.8	0.0	-299.9
3.0 - 5.0ha	-45.0	-18.5	-14.2	-47.8	-65.8	-46.5	-20.7	-13.6	0.0	-272.1
5.0 - 10.0ha	-24.1	-7.5	-8.7	-34.2	-53.1	-30.9	-8.2	-6.8	-0.1	-173.6
10.0ha 이상	-6.3	-0.7	-0.2	-1.4	-7.7	-8.8	0.0	-1.5	-0.1	-26.6
합계	-321.5	-126.0	-163.6	-470.3	-410.0	-554.7	-391.2	-299.2	-0.5	-2737.0

(표 3-8) 2001 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.5	-0.6	-0.5	0.0	-2.4
0.1 - 0.3ha	-6.7	-4.0	-8.0	-11.7	-7.4	-21.1	-23.6	-19.3	-0.1	-102.0
0.3 - 0.5ha	-19.9	-10.1	-17.3	-30.6	-20.4	-42.1	-43.1	-35.9	-0.1	-219.6
0.5 - 0.7ha	-20.8	-9.5	-17.5	-37.4	-21.8	-47.2	-42.4	-36.3	0.0	-233.0
0.7 - 1.0ha	-36.5	-15.7	-24.2	-59.2	-39.2	-70.5	-57.0	-48.3	0.0	-350.7
1.0 - 1.5ha	-42.2	-16.1	-24.2	-71.1	-49.3	-81.1	-57.2	-45.9	0.0	-387.1
1.5 - 2.0ha	-40.7	-13.5	-17.3	-57.9	-50.5	-64.1	-42.6	-30.5	0.0	-317.0
2.0 - 3.0ha	-41.4	-13.7	-14.2	-54.0	-53.8	-62.8	-38.3	-22.5	0.0	-300.8
3.0 - 5.0ha	-43.2	-16.9	-12.3	-50.4	-59.1	-56.1	-27.8	-15.0	0.0	-280.8
5.0 - 10.0ha	-25.5	-9.4	-6.9	-34.8	-50.1	-35.0	-12.0	-7.6	0.0	-181.3
10.0ha 이상	-4.9	-1.3	-0.8	-6.3	-9.0	-9.3	-0.9	-0.8	0.0	-33.4
합계	-281.8	-110.4	-143.0	-413.6	-360.7	-489.8	-345.6	-262.7	-0.4	-2408.0

(표 3-10) 2002 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.3	-0.3	-0.5	-0.9	-0.3	-1.2	-1.6	-1.4	0.0	-6.6
0.1 - 0.3ha	-21.7	-12.3	-22.6	-39.4	-21.5	-67.4	-73.4	-59.5	-0.4	-318.2
0.3 - 0.5ha	-57.6	-30.5	-43.2	-96.0	-55.7	-128.9	-127.8	-106.9	0.0	-646.6
0.5 - 0.7ha	-64.8	-27.7	-46.7	-118.0	-54.9	-139.7	-121.0	-105.0	0.0	-677.9
0.7 - 1.0ha	-95.1	-44.2	-62.9	-163.3	-103.0	-198.8	-160.9	-124.2	0.0	-952.5
1.0 - 1.5ha	-128.0	-48.9	-68.3	-226.1	-133.0	-228.9	-172.8	-135.8	0.0	-1141.8
1.5 - 2.0ha	-92.8	-35.6	-41.1	-151.5	-133.7	-161.0	-115.0	-85.0	0.0	-815.8
2.0 - 3.0ha	-125.8	-36.2	-45.7	-144.4	-154.4	-150.5	-95.4	-62.0	-0.1	-814.4
3.0 - 5.0ha	-118.8	-53.1	-38.4	-130.8	-179.4	-145.3	-84.7	-40.9	-0.1	-791.5
5.0 - 10.0ha	-66.3	-20.8	-28.3	-88.5	-163.5	-118.7	-34.7	-16.4	-0.2	-537.4
10.0ha 이상	-21.0	-3.0	-5.0	-9.9	-21.2	-41.9	-0.1	-3.0	-0.3	-105.3
합계	-792.2	-312.7	-402.5	-1168.9	-1020.8	-1382.3	-987.4	-740.0	-1.2	-6808.0

(표 3-11) 2003 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.4	-0.4	-0.6	-0.9	-0.8	-1.8	-2.6	-2.5	0.0	-10.0
0.1 - 0.3ha	-32.0	-17.0	-34.0	-49.9	-30.6	-86.0	-105.5	-82.5	-0.3	-437.8
0.3 - 0.5ha	-79.7	-39.2	-66.4	-131.3	-82.4	-173.6	-185.2	-139.5	-0.8	-898.0
0.5 - 0.7ha	-82.9	-34.3	-62.6	-161.8	-89.6	-184.7	-164.4	-141.8	0.0	-922.1
0.7 - 1.0ha	-126.3	-67.7	-96.5	-245.9	-158.8	-265.3	-210.0	-179.7	0.0	-1350.2
1.0 - 1.5ha	-181.8	-60.5	-92.1	-285.7	-197.1	-309.8	-221.7	-177.0	-0.4	-1526.0
1.5 - 2.0ha	-149.9	-48.7	-69.1	-232.1	-176.0	-306.6	-177.9	-105.4	0.0	-1265.8
2.0 - 3.0ha	-177.8	-56.4	-62.1	-170.8	-216.7	-231.0	-163.0	-107.7	0.0	-1185.7
3.0 - 5.0ha	-177.4	-75.1	-51.8	-185.3	-251.8	-254.3	-145.7	-76.0	0.0	-1217.4
5.0 - 10.0ha	-106.0	-45.4	-40.4	-166.3	-217.0	-177.0	-56.5	-55.8	-0.1	-864.5
10.0ha 이상	-17.7	-9.6	-7.6	-65.2	-62.2	-19.1	-2.0	-3.8	-0.1	-187.4
합계	-1131.9	-454.5	-583.3	-1695.2	-1482.9	-2009.4	-1434.4	-1071.7	-1.8	-9865.0

(표 3-12) 2004 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.5	-0.4	-0.7	-0.9	-0.7	-2.1	-2.7	-2.9	0.0	-10.9
0.1 - 0.3ha	-31.1	-18.4	-37.2	-53.2	-31.9	-84.1	-109.0	-89.0	-0.7	-454.6
0.3 - 0.5ha	-77.9	-39.7	-66.0	-131.6	-83.0	-171.2	-181.0	-140.4	-0.6	-891.3
0.5 - 0.7ha	-77.6	-36.6	-69.9	-167.3	-84.2	-186.7	-162.3	-154.2	0.0	-938.9
0.7 - 1.0ha	-121.9	-60.2	-86.1	-239.3	-150.4	-248.9	-215.3	-181.6	-0.3	-1303.9
1.0 - 1.5ha	-172.6	-57.3	-91.8	-270.7	-191.5	-298.0	-223.4	-171.4	0.0	-1476.6
1.5 - 2.0ha	-135.9	-50.3	-64.9	-219.1	-177.5	-282.1	-170.4	-109.3	0.0	-1209.6
2.0 - 3.0ha	-183.8	-56.4	-67.1	-186.5	-213.4	-240.4	-168.5	-101.8	0.0	-1218.0
3.0 - 5.0ha	-192.6	-83.3	-52.3	-203.3	-267.6	-294.3	-150.2	-86.4	0.0	-1330.1
5.0 - 10.0ha	-123.7	-53.6	-49.9	-209.3	-253.9	-227.8	-83.0	-56.1	-0.1	-1057.5
10.0ha 이상	-26.0	-7.9	-8.9	-54.8	-67.4	-31.4	-8.3	-1.8	-0.1	-206.7
합계	-1143.6	-464.3	-594.8	-1736.0	-1521.5	-2067.1	-1474.0	-1094.9	-1.8	-10098.0

(표 3-13) 2005 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-0.5	-0.4	-0.7	-0.8	-0.6	-1.8	-2.6	-2.9	0.0	-10.4
0.1 - 0.3ha	-29.4	-17.7	-37.1	-51.2	-32.0	-76.5	-101.9	-84.4	-0.8	-430.9
0.3 - 0.5ha	-71.3	-39.1	-58.1	-120.9	-76.0	-155.0	-163.8	-126.4	-0.2	-810.6
0.5 - 0.7ha	-74.0	-34.8	-67.1	-153.7	-75.6	-172.3	-144.0	-140.5	0.0	-862.2
0.7 - 1.0ha	-106.4	-60.5	-74.1	-219.1	-139.5	-219.9	-196.1	-164.2	-0.3	-1180.1
1.0 - 1.5ha	-155.1	-50.4	-79.0	-246.2	-175.4	-269.8	-202.3	-151.7	0.0	-1329.8
1.5 - 2.0ha	-127.1	-51.5	-62.5	-194.8	-152.5	-266.2	-161.8	-106.6	0.0	-1122.9
2.0 - 3.0ha	-172.3	-52.5	-56.5	-173.6	-188.1	-233.9	-159.1	-87.8	0.0	-1123.7
3.0 - 5.0ha	-163.0	-71.4	-60.6	-198.8	-266.3	-259.8	-130.0	-72.3	0.0	-1222.3
5.0 - 10.0ha	-114.4	-56.1	-45.1	-202.4	-256.8	-240.9	-88.8	-75.5	-0.1	-1080.0
10.0ha 이상	-35.7	-7.1	-7.7	-63.4	-58.1	-33.2	-10.9	-4.0	-0.1	-220.1
합계	-1049.1	-441.4	-548.5	-1624.8	-1420.8	-1929.2	-1361.3	-1016.4	-1.5	-9393.0

(표 3-14) 2005 규모별 경지면적 변화량의 도별 추정

(단위 : ha)

	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계
0.1ha 미만	-1.1	-0.9	-1.4	-1.7	-1.3	-3.7	-4.9	-4.7	0.0	-19.7
0.1 - 0.3ha	-54.7	-34.0	-64.7	-92.2	-60.0	-159.2	-191.8	-165.7	-0.6	-823.0
0.3 - 0.5ha	-155.7	-80.2	-136.3	-235.4	-162.1	-305.2	-335.7	-283.7	-0.8	-1695.2
0.5 - 0.7ha	-155.4	-69.6	-128.1	-275.9	-159.2	-338.2	-312.7	-274.1	-0.3	-1713.4
0.7 - 1.0ha	-255.0	-115.9	-169.3	-421.6	-287.0	-488.2	-408.8	-339.8	-0.2	-2485.8
1.0 - 1.5ha	-277.2	-110.3	-162.9	-492.3	-333.5	-549.1	-394.9	-307.2	0.0	-2627.5
1.5 - 2.0ha	-276.2	-107.3	-132.4	-431.0	-363.0	-468.5	-330.2	-230.1	-0.1	-2338.8
2.0 - 3.0ha	-282.2	-110.9	-112.4	-421.5	-373.6	-503.6	-311.0	-195.3	-0.1	-2310.7
3.0 - 5.0ha	-364.1	-154.6	-121.6	-485.0	-526.1	-592.5	-331.5	-185.1	-0.3	-2761.0
5.0 - 10.0ha	-291.3	-123.3	-101.7	-453.2	-568.2	-535.0	-225.9	-130.2	-0.3	-2429.1
10.0ha 이상	-78.8	-21.2	-17.3	-142.2	-188.2	-163.3	-28.1	-31.3	-0.4	-670.8
합계	-2191.8	-928.1	-1148.1	-3452.1	-3022.3	-4106.5	-2875.4	-2147.3	-3.2	-19875.0



### 3.3.3 경지 구조 효과

#### 1) 경지 구조효과의 추정

국내에서는 국가통계포털 사이트에서 과거부터 경지면적 변화 및 논 경영 규모별 농가 수에 대한 통계를 제공하기 때문에 조사된 전국 경지면적변화 통계를 바탕으로 논 경영 규모별 농가수에 평균 면적을 곱하여 환산한 면적과 비교하여 각 규모별 결지면적 변화량을 구한다. 여기서 지역별 범위는 전국의 각 도 단위로 설정하였으며, 도 단위 경지면적의 장래 예측값으로부터 지구단위의 경지면적을 산정하게 된다. 이는 식(2.6)으로 나타낼 수 있다.

$$\text{경지구조효과 } Im = V_{ij}(0) \times \frac{V_i(t)}{V_i(0)} - \frac{V(t)}{V(0)} \quad (2.6)$$

단,  $V_{ij}(t)$  = 대비년도( $t$ )에 있어서  $j$ 지역  $i$ 규모 경지의 증감량

$V_{ij}(0)$  = 기준년도(0)에 있어서  $j$ 지역  $i$ 규모 경지의 증감량

$Im$  = 경지구조효과

#### 2) 경지 구조효과의 산정결과

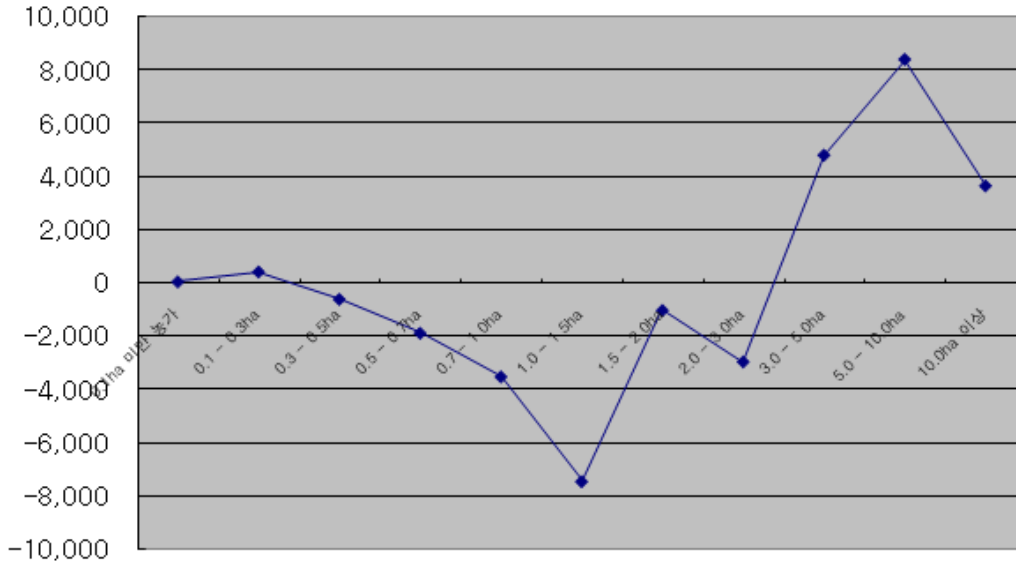
변화-할당효과를 고려하는 농경지 모형에서 경지구조효과를 추정 한 결과는 (표 3-15)에 나타낸 바와 같다. 1998년부터 2006년까지 추정된 경지 구조 효과를 고려하여 1997년부터 2006년까지의 규모별 평균 논 면적의 변화를 살펴보면 <그림 3-17>과 같다.

(표 3-15) 1998 - 2006 경지 구조효과 추정 결과

(단위 : ha)

년도	0.1ha 미만	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상
1998	323.6	9584.8	6017.0	772.9	-3251.4	-9028.8	-4960.2	-13086.1	4013.0	8899.0	716.1
1999	64.9	2785.8	3772.6	833.8	1943.2	2503.8	-574.7	-9785.9	-5380.7	1122.7	2714.5
2000	-21.0	-13518.7	-17492.8	-14001.5	-5359.5	-21427.3	18742.5	16750.4	18815.0	12992.9	4520.0
2001	-28.2	4799.3	4128.5	3065.0	-6243.6	7578.9	-12899.1	-5755.8	-377.0	3964.0	1768.0
2002	52.4	-2561.4	-4274.4	-6606.4	-3289.7	-14118.1	9189.7	615.0	7743.2	9430.6	3819.1
2003	63.7	683.6	-2970.9	-525.6	-8317.4	-9086.6	-9162.4	461.6	8924.7	18347.5	1581.8
2004	32.7	916.7	-2092.5	-1271.2	-3704.3	-4943.7	-251.4	-1056.4	-1694.0	10912.3	3151.9
2005	-124.0	-4709.8	-1063.4	-5882.4	-600.0	-9887.4	-1972.3	-3548.7	9271.4	7634.5	10882.1
2006	173.1	5894.4	8597.5	6800.5	-2690.2	-8453.5	-7202.6	-11069.9	1929.8	2279.8	3741.1

규모별 평균 경지 면적 변화량



<그림 3-17> 규모별 평균 경지면적 변화량

변화-할당 모형에서 추정한 경지 구조효과를 살펴보면 0.1ha 미만 농경지부터 0.3 ha 까지 소규모 농경지는 조금씩 증가하는 추세인 반면에 0.5ha부터 3.0ha 까지 중규모 농경지는 점차 감소하고 있으며, 3ha부터 10ha 이상의 농경지는 계속해서 증가한다는 것을 알 수 있다. 이러한 원인은 소규모 농경지는 지가상승의 기대로 인한 부동산 투기 및 소규모 매입으로 인한 증가와 중규모 농경지의 세분화로 판단할 수 있을 것이다. 중규모 농경지는 농작물 가격의 하락이 그 원인으로 볼 수 있다. 중규모 농경지는 해당 규모에 비하여 적정 판매 수익을 올리지 못하는 이유로 인하여 농경지를 팔거나 농사를 포기함으로써 경지 면적이 계속해서 줄어들고 있는 추세이며, 여기에는 중규모 농경지의 소규모화 또는 대규모 농경지로의 흡수에 대한 요소도 포함되어 있다. 대규모 농경지의 경우 농업소득을 극대화 하기 위하여 점차적으로 규모가 대규모화되는 것으로 판단된다.

### 3.3.4 지역 할당효과

#### 1) 지역 할당 효과의 추정

지역 할당 효과는 전국의 다른 지역에 대비한  $j$  지역의 경쟁적 위치를 나타내는 것으로 그 지역이 지니고 있는 입지적 특성, 인구 유입, 농경지 입지 요건 등 그 지역의 다른 지

역에 대한 상대적 경쟁력을 의미한다.

전국의  $i$  규모 경지변화량에 비해서  $j$ 지역의  $i$  규모 경지가 보다 빠른 변화를 보일 경우에 + 효과를 가지게 되나 반대로 전국의  $i$  규모 경지 변화에 비해서 보다 작은 변화를 보일 경우는 - 효과를 가지게 된다. 이 값은 식(2.7)로 나타낼 수 있다.

$$\text{지역할당효과 } R_s = V_{ij}(0) \left[ \frac{V_{ij}(t)}{V_{ij}(0)} - \frac{V_i(t)}{V_i(0)} \right] \quad (2.7)$$

단,  $V_{ij}(t)$  = 대비년도( $t$ )에 있어  $j$ 지역  $i$  규모 경지면적

$R_s$  = 지역 할당 효과

## 2) 지역할당효과의 산정 결과

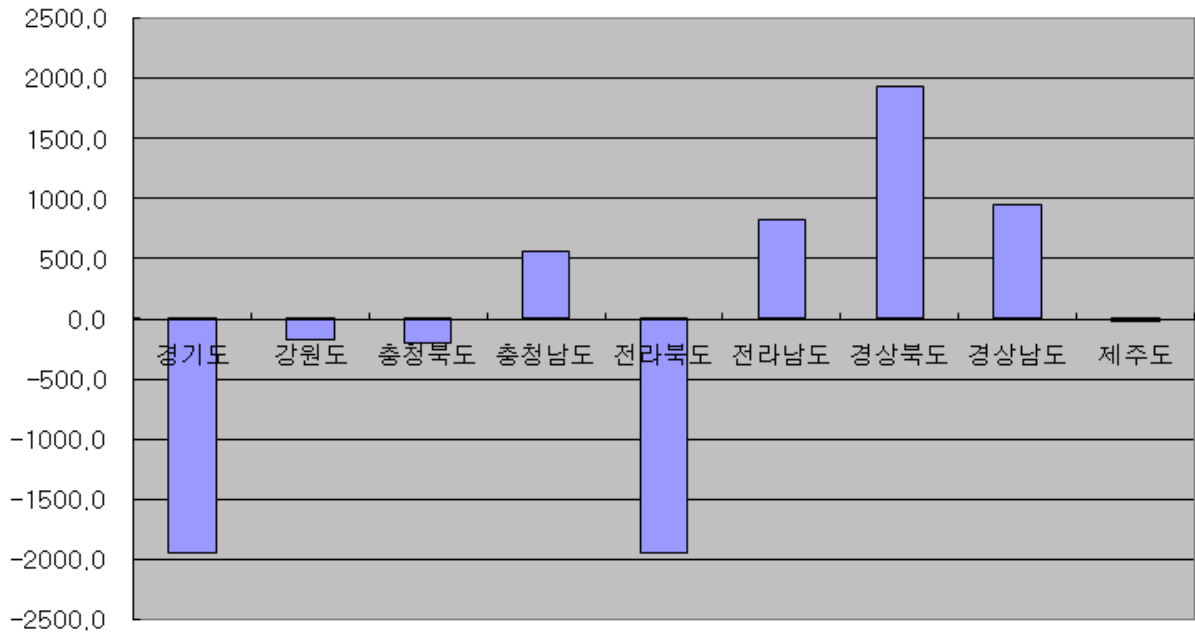
변화-할당효과를 고려하는 농경지 모형에서 지역할당효과를 추정 한 결과는 (표 3-16)에 나타낸 바와 같다.

(표 3-16) 지역할당효과의 산정 결과

(단위 : ha)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	평균
경기	-628.0	362.1	-5334.5	-173.6	-2885.5	-2169.6	-1744.0	-2400.6	-2502.2	-1941.8
강원	-439.6	107.3	-947.6	103.6	57.0	-468.9	1037.1	-451.1	-500.2	-166.9
충북	-633.0	-463.2	866.6	-454.6	430.7	278.9	-330.3	39.4	-1568.7	-203.8
충남	1236.2	612.6	-549.0	336.8	597.6	-79.0	607.8	-711.4	3052.9	567.2
전북	108.8	274.5	-9970.8	457.6	-3528.8	-2982.3	-1151.5	-2644.6	1949.0	-1943.1
전남	3454.1	400.7	2060.8	-486.2	11.1	1446.2	726.6	1548.4	-1775.5	820.7
경북	-1089.0	-248.7	8047.9	1281.7	2879.8	2692.6	51.6	2318.2	1426.3	1928.9
경남	-2003.7	-1028.9	5827.4	-1056.2	2447.6	1278.1	824.7	2295.8	-3.3	953.5
제주	-5.7	-16.4	-0.9	-8.9	-9.7	4.1	-22.2	5.9	-78.3	-14.7
합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

전국 평균 총 경지 변화량  
(지역 할당 효과)



<그림 3-18> 전국 총 경지 변화량

지역할당효과를 고려하여 본다면 경기도, 강원도, 전라북도, 제주도 지역의 경지는 계속해서 감소하는 추세이며, 그 외 충청남도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 지역은 경지가 증가하는 추세이다. 전국적으로 경지 면적이 줄어들고 있지만 경지 면적이 늘어나는 효과를 나타내는 지역은 일부 개간이나 간척사업의 영향으로 인한 증가현상으로 해석할 수 있으며, 앞서 고려한 경지 구조 효과와 지역 할당 효과의 총합은 0에 가까운 값을 나타내고 있으므로 도별 평균 경지 변화량은 전국적으로 경지 면적이 감소하는 범위 안에 있다고 판단할 수 있다. 간척 및 개간에 의한 경지면적의 증가에 대한 요소를 포함하여 경지 면적 변화를 정확하게 예측하기 위해서는 추후에 개간 및 간척사업의 경지 면적 증가 효과에 대한 연구를 통하여 파악할 수 있을 것이다.

### 3.3.5 변화할당효과의 적용

#### 1) 경지구조효과와 지역할당효과의 적용

개발된 모형과 KREI-ASMO 모형이 예측한 2030년의 경지면적은 (표 3-17)에 나타난 바와 같다. 두 모형이 예측한 각 도별 2030년 전국의 논 경지 면적은 8% 정도의 오차를 보이고 있다. 하지만 KREI-ASMO 모형을 각 도에 적용하여 본다면 지속적으로 감소하는 결과를 보이는데 반하여 개발된 모형은 각 도별로 증가와 감소에 대한 각각 다른 결과를 나타내고 있으며, 그 합은 전국적으로 논경지면적이 줄어드는 범위 안에 있다.

(표 3-17) KREI-ASMO 모형과의 추정치 비교

년간 변화율	지역	변화 할당 모형(경지구조효과, 지역할당효과)				KREI-ASMO 모형	
		2006	2010	2020	2030	2030	변화할당 모형과의 차이
-1312.9	경기	111004	105752.2	92622.8	79493.3	64886	23%
-43.4	강원	47751	47577.4	47143.3	46709.3	65279	-28%
-492.5	충북	58498	56527.8	51602.5	46677.1	78581	-41%
467.4	충남	181897	183766.4	188439.9	193113.4	200564	-4%
275.9	전북	158839	159942.6	162701.6	165460.6	164197	1%
755.1	전남	211740	214760.6	222312.0	229863.4	292747	-21%
482.4	경북	151855	153784.5	158608.3	163432.1	197094	-17%
-121.7	경남	112958	112471.4	111254.8	110038.3	60892	81%
-10.2	제주	101	60.1	1.0	1.0	1	0%
	합계	1,034,643	1034643.0	1034686.2	1034788.5	1124241	-8%

## 2) 경지성장효과의 보정

KREI-ASMO 모형은 일반적으로 경지면적과 농산물 가격을 국가 전체에 적용하여 전체를 바탕으로 회귀하여 구하는 방법이기 때문에 국가적 차원에서 농경지 예측은 가능하지만 도 단위 이하로 내려가게 되면 충분한 변수를 확보할 수 없게 되므로 적용하기가 곤란하다.

개발된 변화-할당모형은 농가수를 평균 면적으로 곱하여 규모별 경지면적을 환산하였고, 조사된 통계 자료 중에서 경지규모별 농가 수에 대하여 단위 조사가 통일화 되지 않았기 때문에 약간의 오차를 발생시키고 있으나, 기존의 모델에서 지역경지 면적비를 활용하여 산술적으로 분할하는 방식이 아닌 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과의 3가지 요소를 고려하기 때문에 경지성장효과를 제외하여 도 단위의 경지구조효과와 지역할당효과를 산정하여 지역별 경지를 장기예측하고 이 자료와 전국단위로 추정된 KREI-ASMO모형과의 차이로 경지성장효과를 보정하면 지역별 차별화된 추정과 함께 전국단위 경지예측과도 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

(표 3-18) 경지성장효과의 보정

(단위 : ha)

	경지 성장 효과 보정 전			경지 성장 효과 보정 후		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
경기	105,752	92,623	79,493	97,489	85,380	73,268
강원	47,577	47,143	46,709	43,860	43,457	43,051
충북	56,528	51,602	46,677	52,111	47,567	43,022
충남	183,766	188,440	193,113	169,407	173,704	177,990
전북	159,943	162,702	165,461	147,445	149,978	152,503
전남	214,761	222,312	229,863	197,980	204,927	211,862
경북	153,785	158,608	163,432	141,768	146,205	150,633
경남	112,471	111,255	110,038	103,683	102,555	101,421
제주	60	1	1	55	1	1
합계	1,034,643	1,034,686	1,034,789	953,798	953,774	953,749
KREI-ASMO 99예측자료	953,798	953,774	953,749	< KREI-ASMO 예측자료		

### 3.3.6 변화할당 효과 적용의 고찰

본 장에서는 장래 농촌지역 경지면적 변화예측모형을 개발하기 위하여 기존의 KREI-ASMO 모형의 한계와 적용성을 검토하고, 변화-할당 효과를 고려한 농촌경지면적 모형을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 기존의 KREI-ASMO는 국가단위의 경지면적 예측은 가능하지만 도 단위로 내려가게 되면 충분한 변수를 확보하더라도 내생변수가 발생시키는 자체적인 무작위성이 외생변수의 보편성을 추월하게 되므로 도 이하 지역에는 적용하기 힘들다고 판단하였다.

그렇기 때문에 본 연구에서는 도 이하 단위 지역의 경지 변화 예측을 위하여 경지 성장 효과, 경지 구조효과, 지역 할당효과와 3가지 변화-할당효과를 고려하여, 경지의 지역별 성장요소, 구조별 변화요소, 지역할당요소를 추정하였다. 이 요소중에서 97년부터 2006년까지의 구조별 변화요소, 지역할당요소를 산술평균하여 도별 경지면적 변화를 2010, 2020, 2030년에 대하여 추정하였으며 KREI-ASMO에서 전국단위 예측치와의 차이를 경지 성장 효과로 놓고 보정하였다. 계산된 결과는 지역별 차별화된 추정과 함께 전국단위 경지예측과도 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

이는 향후 전국의 경지를 예측하는 KREI-ASMO모형이 변화하더라도 이를 전국경지성장효과로 취급할 수 있기 때문에 용수구역단위에 적용하는데 문제가 없을 뿐만 아니라 국내 경지규모의 경우 읍면단위까지 통계조사가 시행되기 때문에 용수구역단위를 산정할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 변화할당모형에서 경지구구조효과의 경우 규모별 경지면적통계가 농가수로 조사되는 것에 그치고 있어 이를 경지면적으로 환산하는데 오류를 포함할 수 있으며 통계 조사되는 면적이 2000년까지는 10단계에서 2004년 이후 12단계로 수정되는 등 통계조사의 면적이 통일되지 않아 이 오차는 향후 통계청에서 각 도의 규모별 경지에 대한 면적과 통일화된 통계자료를 발표하게 된다면 해소될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 통계적인 자료의 처리는 사회의 변화에 따른 경지감소 등 일반적인 경향에 대한 추정이므로 개간이나 간척 등 농업토목 사업을 통한 경지의 증가요소는 별도로 구별하여 산정하여야 할 것으로 판단된다.

#### 1) 경지구구조효과와 지역할당효과의 적용

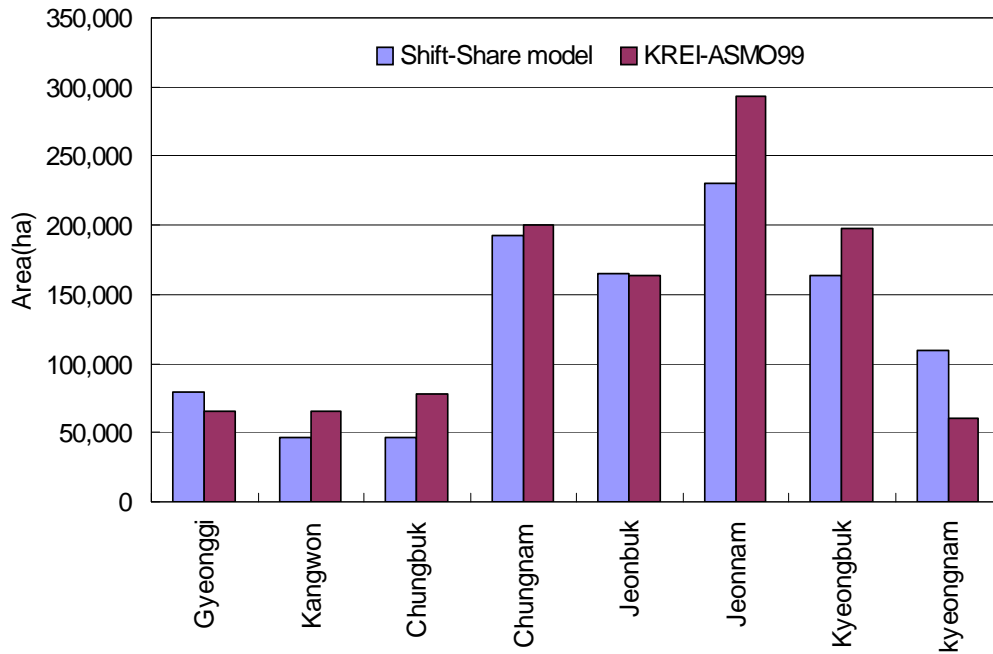
개발된 모형과 KREI-ASMO 모형이 예측한 2030년의 경지면적은 (표 3-19)에 나타난 바와 같다. KREI-ASMO 모형이 예측한 2030년의 도별 경지면적과 변화-할당 모형을 비교해 보면 <그림 3-19>와 같다. 두 모형이 예측한 각 도별 2030년의 전국의 농 경지 면적은 8% 정도의 오차를 보이고 있다. 하지만 KREI-ASMO 모형을 각 도에 적용하여 본다면 지속적으로 감소하는 결과를 보이는데 반하여 개발된 모형은 각 도별로 증가와 감소에 대한 다른 결과를 나타내고 있으며, 그 합은 전국적으로 농 경지면적이 줄어드는 범위

안에 있다.

(표 3-19) 변화할당모형과 KREI-ASMO모형에 의한 경지면적 산정결과

(단위 : ha)

	변화량	변화-할당모형				농경연 모형	비율 (%)
		2006	2010	2020	2030		
	-	2006	2010	2020	2030	2030	
경기	-1312.95	111,004	105,752	92,623	79,493	64,886	23%
강원	-43.4049	47,751	47,577	47,143	46,709	65,279	-28%
충북	-492.539	58,498	56,528	51,602	46,677	78,581	-41%
충남	467.3502	181,897	183,766	188,440	193,113	200,564	-4%
전북	275.9018	158,839	159,943	162,702	165,461	164,197	1%
전남	755.1435	211,740	214,761	222,312	229,863	292,747	-21%
경북	482.3778	151,855	153,785	158,608	163,432	197,094	-17%
경남	-121.654	112,958	112,471	111,255	110,038	60,892	81%
제주	-10.2294	101	60	1	1	1	0%
합계		1,034,643			1,034,761	1,124,242	-8%



<그림 3-19> 변화-할당모형과 KREI-ASMO모형의 차이(2030)



## 2) 전국경지성장효과의 적용

KREI-ASMO 모형은 일반적으로 경지면적과 농산물 가격을 국가 전체에 적용하여 전체를 바탕으로 회귀하여 구하는 방법이기 때문에 국가적 차원에서 농경지 예측은 가능하지만 도 단위 이하로 내려가게 되면 충분한 변수를 확보할 수 없게 되므로 적용하기가 곤란하다.

개발된 변화-할당모형은 농가수를 평균 면적으로 곱하여 규모별 경지면적을 환산하였고, 조사된 통계 자료 중에서 경지구모별 농가 수에 대하여 단위 조사가 통일화 되지 않았기 때문에 약간의 오차를 발생시키고 있으나, 기존의 회귀분석과 비교하여 오차율이 20%를 넘지 않으므로 적용성이 있다고 판단되며 이 변화-할당 모형은 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과의 3가지 요소를 고려하기 때문에 경지성장효과를 제외하여 도 단위의 경지구조효과와 지역할당효과를 산정하여 지역별 경지를 장기예측하고 이 자료와 전국단위로 추정된 KREI-ASMO모형과의 차이로 경지성장효과를 보정하면 지역별 차별화된 추정과 함께 전국단위 경지예측과도 부합하는 결과를 (표 3-20)과 같이 얻을 수 있었다.

(표 3-20) 지역별 농가규모에 따른 예측결과의 보정

	적용전			적용후		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
경기	105,752	92,623	79,493	156,987	137,487	117,984
강원	47,577	47,143	46,709	70,628	69,979	69,326
충북	56,528	51,602	46,677	83,914	76,598	69,278
충남	183,766	188,440	193,113	272,798	279,717	286,618
전북	159,943	162,702	165,461	237,432	241,511	245,576
전남	214,761	222,312	229,863	318,808	329,996	341,162
경북	153,785	158,608	163,432	228,290	235,435	242,565
경남	112,471	111,255	110,038	166,962	165,145	163,318
제주	60	1	1	89	1	1
합계	1,034,643	1,034,686	1,034,789	1,535,907	1,535,868	1,535,828
	1,535,907	1,535,868	1,535,828	<= KREI-ASMO Estimation		

## 4. 농촌지역 장래 경지면적 산정시스템 개발

### 4.1 서론

앞 장에서 변화할당모형을 이용하여 전국의 경지면적을 예측하고 그 적용성을 검토해 보았다. 변화할당모형은 규모별 경지 면적 자료로부터 경지 성장효과, 경지구조효과, 지역 할당효과 3가지의 효과를 산정하여 장래 경지면적 추정에 사용된다.

또한 변화할당모형은 타 모형과는 다르게 전국의 예측치가 차별화 되어 산정되며, 그 합계는 전국단위 경지 예측치와도 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

하지만, 일부 지역에 변화할당모형을 적용해 보면 몇몇 지역은 시간이 지남에 따라 경지면적이 증가하는 것으로 나타나기도 하였으며, 몇몇 지역은 (-) 값의 경지면적이 산정되기도 하였다.

때문에 본 장에서는 시/군 단위 경지면적 예측시 변화할당모형의 오류를 보정하고, 용수구역단위 경지면적 예측시 적용 방법을 연구해 보고자 한다.

### 4.2 변화할당모형의 보정

변화할당모형은 지역적으로 다른 예측치가 추정되지만, 일부 지역에서는 지나치게 크거나 혹은 작은 값이 추정되기도 한다. 때문에 변화할당 효과를 장래 경지면적 추정에 효과적으로 적용하기 위해서는 직접적으로 경지면적 예측에 활용되는 경지구조효과와 지역할당효과의 크기가 경지성장효과 범위 안에 있어야 한다고 판단된다.

이러한 문제에 대한 해결책으로 정(2005) 등은 공간상호작용모형을 활용한 인구 이동량의 예측에서 인구유입지역의 인구수를 활용한 제동항을 삽입하여 예측되는 유입인구량을 제어한 바 있다.

본 연구에서는 경지성장효과를 바탕으로 경지구조효과와 지역할당효과의 제동계수를 산정하기 위하여 KREI-ASMO모형과 변화할당모형이 추정 한 결과의 오차를 최소화하는 제동계수를 산정한 결과 최소값은 57%로 나타났으며, 이 값을 전국 단위 경지면적 예측에 적용하였다. 이를 식으로 나타내면 식(4.1)과 같다.

$$RIR_{ij} = IR_{ij} / \left( 1 + \beta \times \left| \frac{IR_{ij}}{N_{ij}} \right| \right) \quad (4.1)$$

여기서,  $IR_{ij}$  =  $i$ 년  $j$ 지역 경지구조효과+ 지역할당효과

$N_{ij}$  =  $i$ 년  $j$ 지역 경지성장효과

$\beta$  = 제동계수 0.57

### 4.3 보정된 변화할당모형의 적용

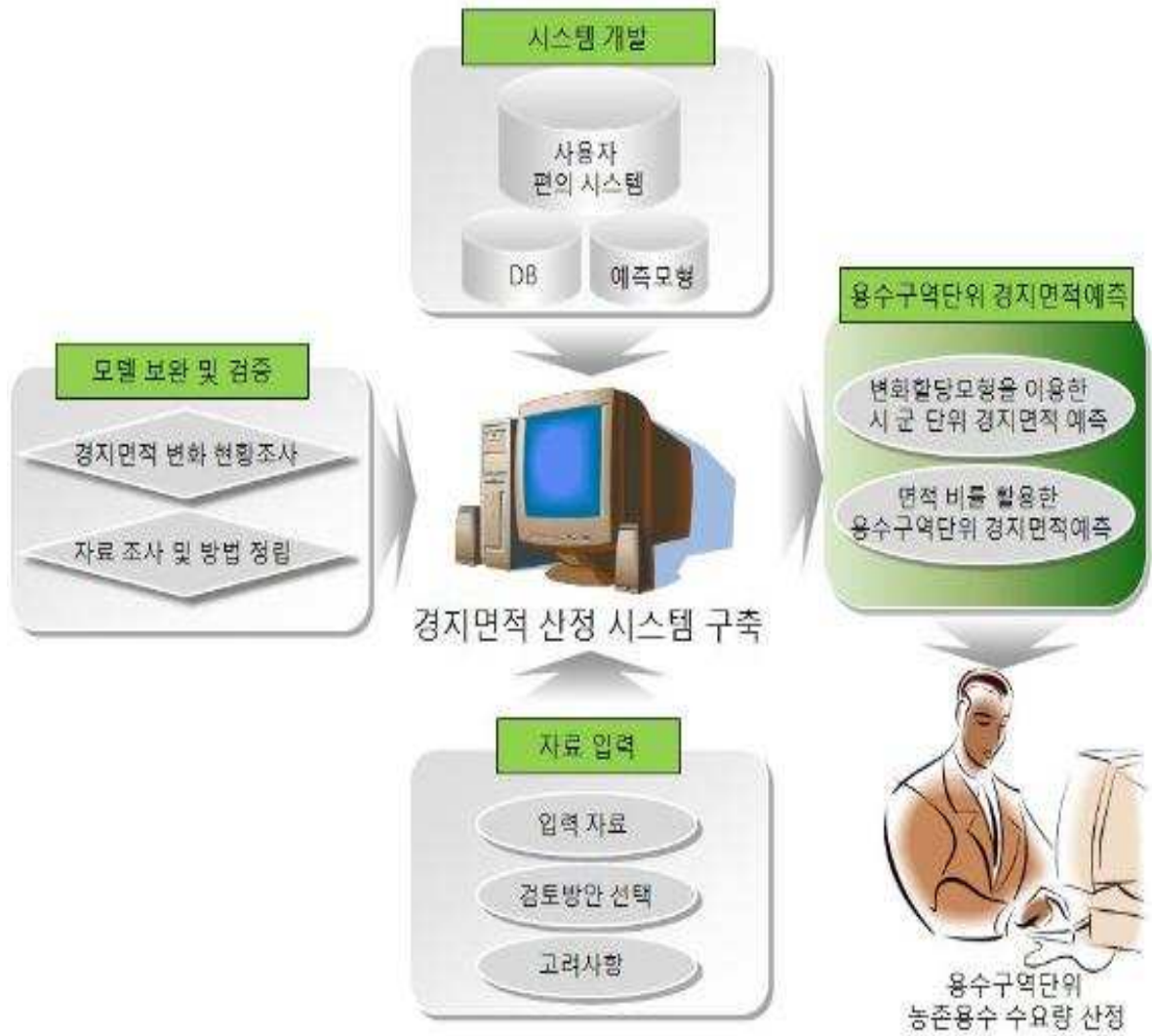
보정된 변화할당모형으로 1998년부터 2003년까지 전국의 경지면적 자료를 이용하여 2006년의 경지면적을 예측해본 결과 다음의 (표 4-1)과 같이 예측되었다. 기존의 변화할당모형에 제동항을 추가하여 2006년의 경지면적을 추정한 결과 경기도가 실제 자료와 -4.3% 로 가장 큰 오차를 나타내고 있으며 강원도가 0.6% 로 가장 작은 오차값을 나타내었다.

(표 4-1) 보정된 변화할당모형의 2006년 경지면적 예측결과

지역	2003 실제자료	보정된 변화할당모형 2006년 예측	성장효과보정	2006 실제 자료	실제 자료와 오차
경기	121,627	120,211	115,814	111,004	-4.3%
강원	49,383	49,244	47,443	47,751	0.6%
충북	63,264	62,786	60,490	58,498	-3.4%
충남	184,640	184,707	177,952	181,897	2.2%
전북	161,825	161,832	155,913	158,839	1.8%
전남	219,849	221,458	213,359	211,740	-0.8%
경북	156,777	157,620	151,855	151,855	0.0%
경남	116,450	115,934	111,693	112,958	1.1%

## 4.4 시스템 개발 및 적용

개선된 변화할당모형과 면적비를 활용한 용수구역단위 경지면적 예측 모형의 시스템 개발 과정은 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> 시스템 개발 과정

그리고 개발된 시스템의 진행 과정은 다음과 같다.



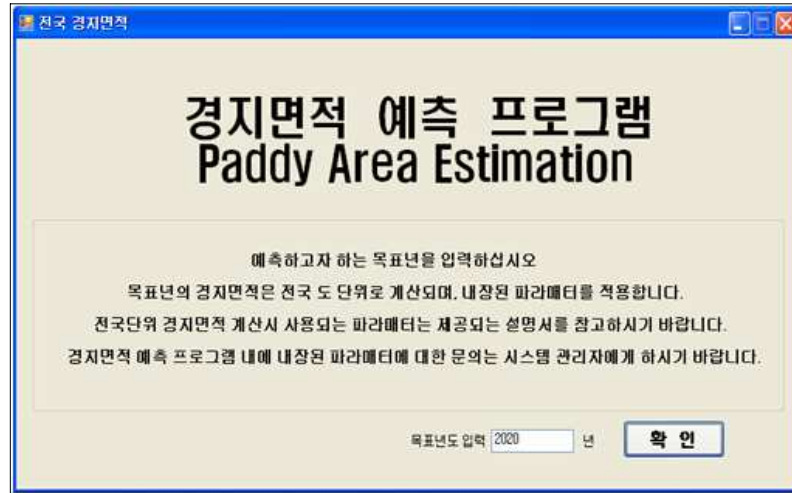
<그림 4-2> 개발된 시스템의 진행 과정

개발된 시스템은 KREI-ASMO를 기초로 하여 전국단위 경지면적을 추정한 다음, 예측할 시/군에 대하여 경지면적 자료를 입력받는다. 이 과정에서 보정된 변화할당모형이 적용되어 경지성장효과, 경지구조효과, 지역할당효과, 3가지 변화할당효과가 산정되며, 이 값들을 활용하여 시/군 장래 경지면적을 예측하게 된다.

또한, 해당 지역의 용수구역에 대한 자료를 입력받으면 면적비를 활용하여 용수구역단위 경지면적을 예측한다.

그리고, 그 결과는 정해진 서식으로 저장할 수 있기 때문에 관련 연구자 및 실무자가 쉽게 이용할 수 있을 것이라고 판단되며, 현장 적용성이 검증되면 실용화가 가능하다고 판단된다.

## 4.5 장래 경지면적 산정시스템 적용예



1. 프로그램을 실행하면 전국의 경지면적을 예측
2. 예측하고자 하는 목표연도를 입력상자에 입력하고 '확인'버튼을 클릭



3. 다음과 같은 전국의 경지면적과 추정에 사용된 매개변수가 출력됨
4. 예측하고자 하는 곳의 도를 선택





9. 새 작업 메뉴를 선택하면 기존작업내용을 지우고 입력상자의 내용을 초기화
10. 불러오기 메뉴를 선택하면 서식의 파일의 내용을 입력상자에 자동으로 입력



11. 도움말 메뉴는 변화할당효과에 대한 설명과, 프로그램 내에 내장된 예제 자료, 또한 원활한 작업을 위한 자료 입력 방법 등 필요한 내용을 보여줌



시/군단위 경지면적 예측

시/군단위 경지면적을 예측하기위해서 변화할당효과를 산정합니다.  
아래 상자에 선택하신 지역의 경지 규모별 증가수를 입력해 주시기 바랍니다.

**입력 설정**

선택 지역: 충청남도  
 예측 연도: 2020  
 시/군명 입력: 예산군

시작년도 설정: 1995  
 자료입력구간: 5  
 년

	시작년도 1995	기준년도 2000	기준년도2 2005	기준년도3
0.1ha 미만 농가	82	304	246	
0.1 - 0.3 ha 농가	1053	1420	1440	
0.3 - 0.5 ha 농가	1675	1663	1440	
0.5 - 0.7 ha 농가	1953	1490	1533	
0.7 - 1.0 ha 농가	2353	2100	1533	
1.0 - 1.5 ha 농가	3064	2583	2101	
1.5 - 2.0 ha 농가	1917	1624	1365	
2.0 - 3.0 ha 농가	1660	1502	1254	
3.0 - 5.0 ha 농가	666	713	752	
5.0 - 10.0 ha 농가	124	190	254	
10 ha 이상 규모 농가	11	15	48	
실제 경지면적	19636	19046	18686	

경지면적 예측 시작

- 충청남도 예산군의 자료를 넣은 모습입니다. 목표 연도는 처음 설정한 목표연도가 지속적으로 사용됨(자료 입력은 최소 2구간에서 4구간까지 할 수 있음)
- 자료를 입력하고 '경지면적 예측 시작' 버튼을 클릭

시/군 변화할당효과 및 경지면적량 계산결과

시 / 군 단위  
변화할당효과 - 경지면적 산정결과

선택하신 지역은 충청남도 예산군 이며, 예측연도는 2020 입니다.

용수구역단위

구역명	규모	논-밭 전환율	논-시설재배 전환율

1차산정: 경지성장효과 -514.56, 2차산정: -437.82, 3차산정: 0  
 시작년의 경지면적은 19636 ha 입니다.

경지구조효과: 1575.95, -42.01, 0  
 현재년의 경지면적은 18686 ha 입니다.

지역할당효과: -1975.74, -778.98, 0  
 목표년의 경지면적은 13924 ha 입니다.

용수구역 자료입력 | 취소 | 용수구역단위 적용

- 충청남도 예산군에 대한 변화할당효과와 경지면적을 예측한 결과가 출력됨
- 용수구역단위 예측을 위해서 '용수구역 자료입력' 버튼을 클릭



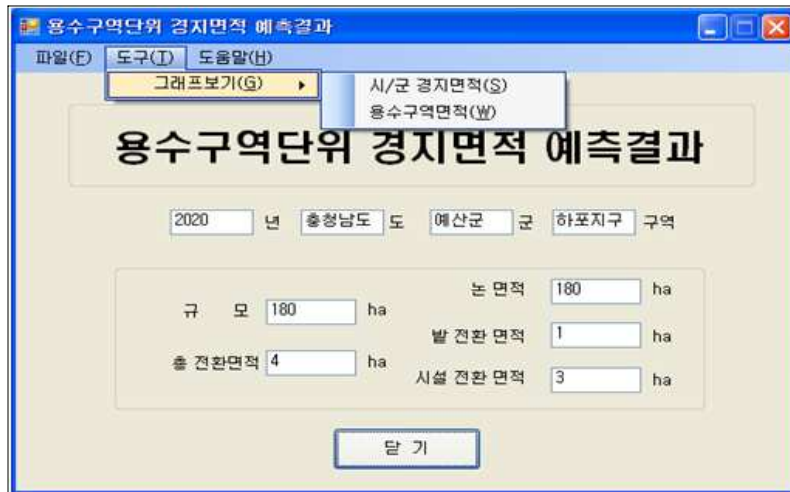
16. 용수구역에 대한 정보를 입력하는 창이 나타남



7. 용수구역에 대한 정보를 입력하고 '입력' 버튼을 선택



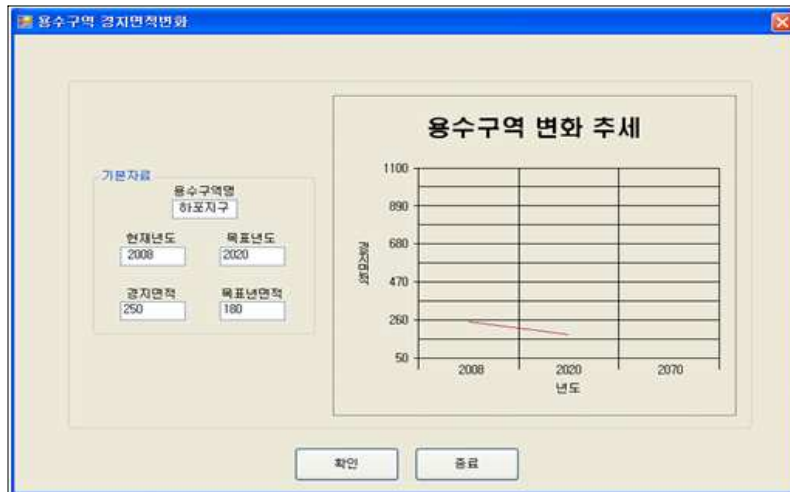
18. 용수구역에 대한 정보가 입력되면 '용수구역단위 적용' 버튼을 선택



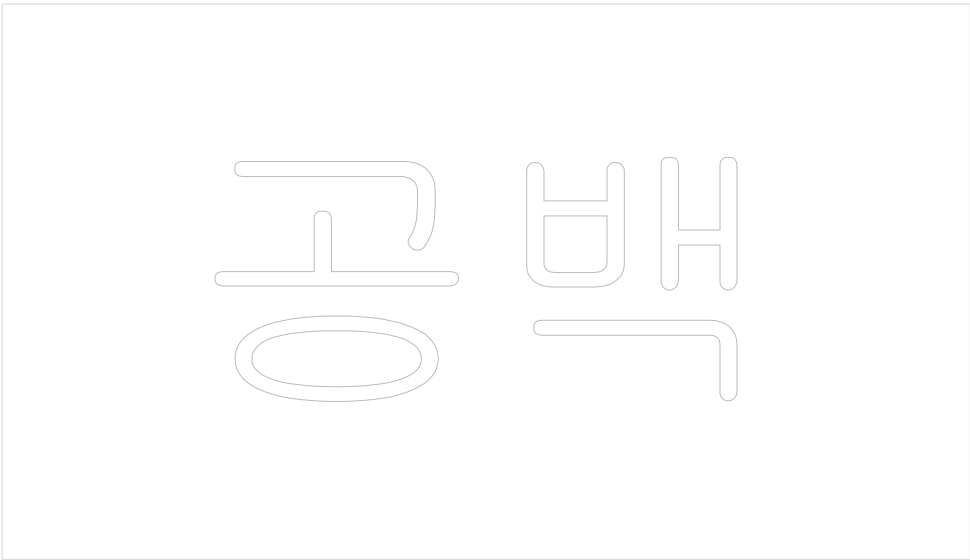
19. 용수구역단위 경지면적이 예측되면 '도구' 메뉴를 통해 그래프로 경지면적의 변화를 출력



20. '시/군 경지면적' 메뉴를 선택하면 시/군 경지면적 변화가 그래프로 출력



21. '용수구역면적' 메뉴를 선택하면 용수구역 경지면적의 변화가 그래프로 출력



## 5. 관개지구 장래 용수수요 변화 산정

### 5.1 개요

본 연구에서는 농촌지역의 장래 용수수요량 예측을 위하여 농촌지역의 용수이용특성 분석을 실시하고, 장래토지이용 예측결과와 시기별 용수이용특성에 따른 장래 용수수요를 분석하였다.

관개량 모니터링 자료를 이용하여 농촌지역 영농변화에 따른 용수이용 실태 분석을 실시하여 장래 용수수요량 변화를 개괄적으로 산정하고자 한다. 현장 모니터링 자료는 한국 농촌공사 농어촌연구원에서 장기 모니터링을 실시하고 있는 이동저수지 유역을 대상으로 저수위, 강우량, 관개량 자료를 분석하고 시기별 용수이용현황을 분석하였다.

### 5.2 대상지구

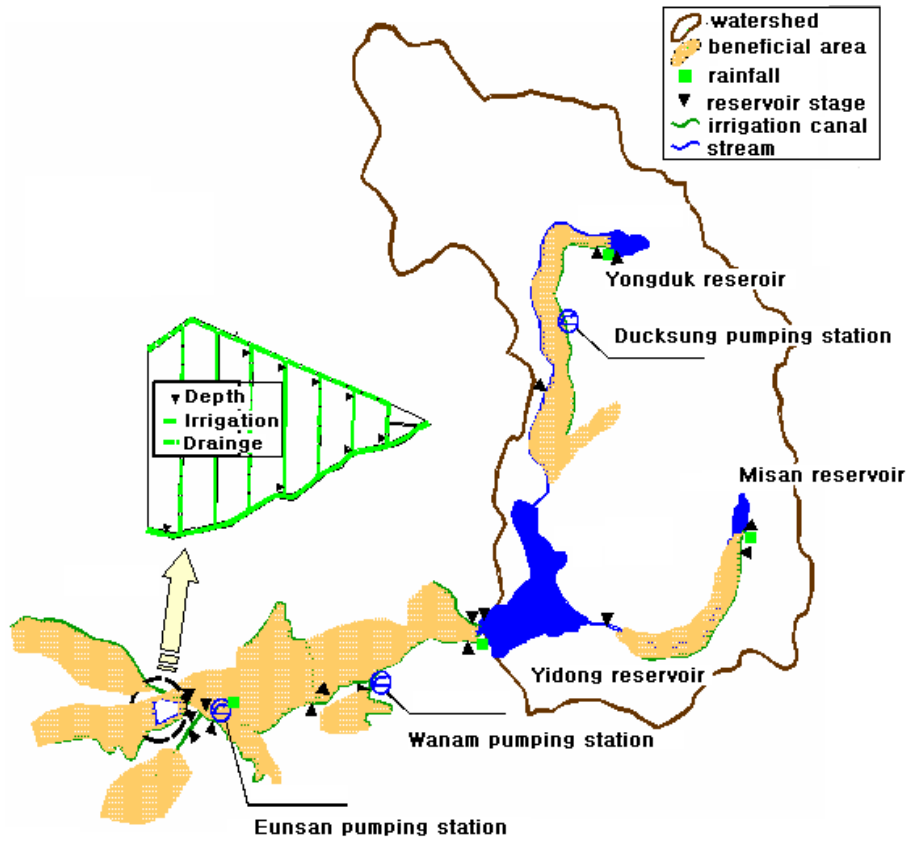
#### 5.2.1 일반현황

농업용수 이용특성 분석을 위한 대상 지구는 경기도 평택, 용인에 있는 용남용수구역의 이동저수지 유역을 선택하였다. 이동저수지는 유역면적이 9,300ha로 상류유역에 용덕저수지(유역면적 1,250ha)와 미산저수지(유역면적 442ha)의 2개 저수지가 있으며 3개의 유입하천으로부터 유입되고 있으며 이동저수지의 방류수는 진위천을 통하여 평택호로 유입된다.

이동저수지의 관개는 저수지 3개소와 양수장 3개소를 통해 이루어지며 관개면적은 용덕저수지 261ha, 미산저수지 199ha이며 이동저수지는 2,063ha인데 용수간선인 진위간선으로부터 급수되며 일부는 원암양수장(관개면적 47ha)과 은산양수장(관개면적 1,192ha)에서 양수되어 급수되고 있다. 대상 지구 위치도 및 이동저수지 관개 지구 현황은 <그림 5-1>에 나타낸 바와 같다.

#### 5.2.2 관개구역 특성

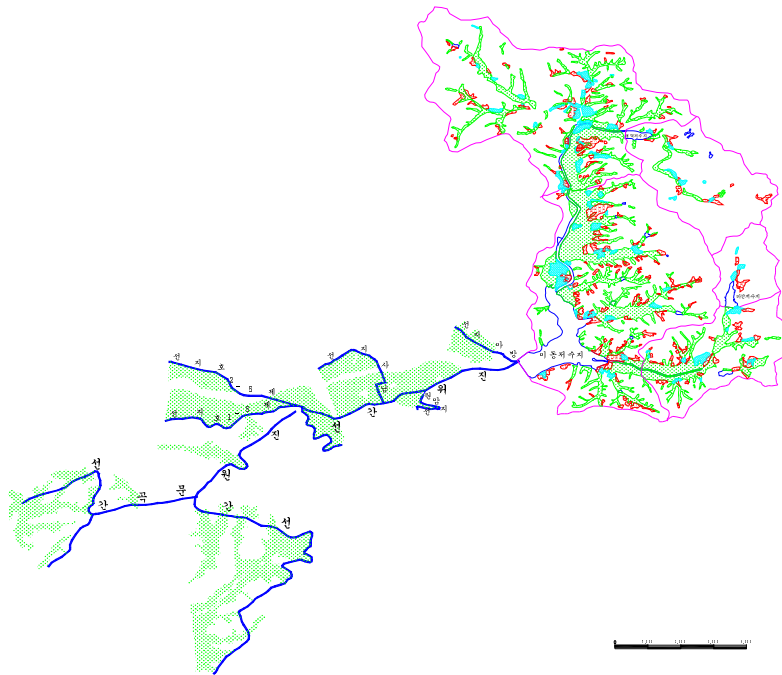
이동시험유역의 수로수위 측정은 저수지를 중심으로 저수지 시점부 3개소와 이동저수지의 진위용수간선을 중심으로 방아지선, 원암지선, 남사지선, 은산지선, 5호지선과 진원용수간선의 수로수위 측정으로 관개지역의 용수공급량을 측정하였다. 용수공급특성분석은 시기별 관개량, 관개시간, 관개회수에 대해서 관개 소구역별로 분석하였다. <그림 5-2>는 시험유역의 관개구역을 구분한 것이다. (표 5-1)은 시험지구 관개구역 특성을 나타낸 것이다.



<그림 5-1> 대상지구의 개요

(표 5-1) 대상지구 개요

	수원공	수혜면적 (ha)	비고
용덕	저수지	261	
미산	저수지	199	
이동	저수지	2,063	
방아	저수지	128	
원암	양수장	47	
남사	저수지	110	
진원	양수장	1,192	
5호지선	저수지	309	



<그림 5-2> 용수조직에 따른 관개지구의 구분

### 5.2.3 계측시설 현황

대상지구의 농업용수이용 현장 관측항목은 강우량, 하천수위, 저수위와 관개지구의 용배수로 수위이며 이들 관측항목에 대해 각각의 관측기기를 이동저수지 관개지구에 설치하여 농업용수 관측망을 구성하여 측정하고 있다.

강우관측지점은 총 4개소로써 시험지구의 상류유역에 3개소(용덕저수지지점, 미산저수지지점, 이동저수지지점) 그리고 관개지역에 1개소(은산양수장지점) 설치되었다. 강우관측지점의 우량계 형태는 데이터로거(data logger)자체 내장된 전도형 자기우량계로써 관측지점의 지점강우량을 측정하도록 하였다.

저수위관측은 총 3개소로써 시험지구의 주수원공인 이동저수지와 이동저수지 상류에 위치한 용덕저수지, 미산저수지에 수위계가 설치되었다. 2005년부터 재인교 상류의 노곡저수지의 수위관측기를 설치하여 운영중에 있다. 저수위관측지점의 수위계 형태는 취수탑이 있는 용덕저수지와 이동저수지에는 초음파식 수위계가 설치되었고 사통형태인 미산저수지와 노곡저수지는 압력식 수위계가 설치되었다. 저수위관측지점의 관측시설 전원은 태양열을 전원으로 하는 태양전지를 사용하였으며 관측자료의 저장은 수위계 출력부에 데이터로거를 부착하여 관측자료를 일정기간 기록, 저장하도록 하였다. 또한, 2003년부터 원격제어 가능한 자동저수위 계측기를 개발 설치하여 운영하고 있다.

관개지역의 수로수위관측은 총 20개소로써 주요 용수로 간·지선에 12개소 논포장 세부



관측을 위해서 8개소에 수위계가 설치되었다. 수로수위관측지점의 수위계 형태는 초음파식이며 관측시설 전원은 태양전원을 사용하였고 외부 데이터로거를 부착하여 관측자료를 일정기간 기록, 저장하도록 하였다.

대상지구의 농업용수 이용현황을 계측하기 위한 주요 측정시설은 다음의 (표 5-2)에 나타낸 바와 같다.

(표 5-2) 대상지구내 주요 측정시설

구분	지점명	위치	비고
강우	Yongduk	용덕저수지 취수탑	전도형 자기우량계
	Misna	미산저수지 관리사무소	
	Yidong	이동저수지 취수탑	
	Eunsan	은산양수장	
저수위	Yongduk	용덕저수지 취수탑	
	Misan	미산저수지 사통	
	Yidong	이동저수지 취수탑	
하천수위	Ducksung	덕성교	
	Jaein	계인교	
관개량	Yongduk	용덕간선 시점	
	Misan	미산간선 시점	
	Yidong	이동간선 시점	
	Banga	방아지선 시점	
	Wonam	원양양수장 토출부	
	Namsa1, 2	남사지선 시점(2개소)	
	Eunsan1, 2	은산지선 시점(2개소)	
	Jinwon	진원간선 시점	
	5-ho 1, 2	5호지선 시점	
	Eunsan field	은산양수장	

## 1) 이동저수지 시점부

이동저수지 시점부는 이동저수지에서 용수를 공급하는 진위간선의 시점부이다. 이동저수지의 관개면적은 2,063ha이다. 이동저수지의 시점부에 설치된 수위계는 초음파수위계이며 수위자료는 데이터로거에 의하여 수집된다.



<그림 5-3> 관개량 계측 장치(이동용수간선)

## 2) 진원간선(은산양수장)

진원간선은 이동저수지의 수로인 진위간선에서 은산양수장을 통하여 용수를 공급받는 수로이다. 진원간선의 관개면적은 1,192ha이다. 진원간선의 시점부에 설치된 수위계는 초음파수위계이며 수위자료는 데이터로거에 의하여 수집된다.



<그림 5-4> 관개량 계측장치(진원용수간선)

### 3) 5-1호지선

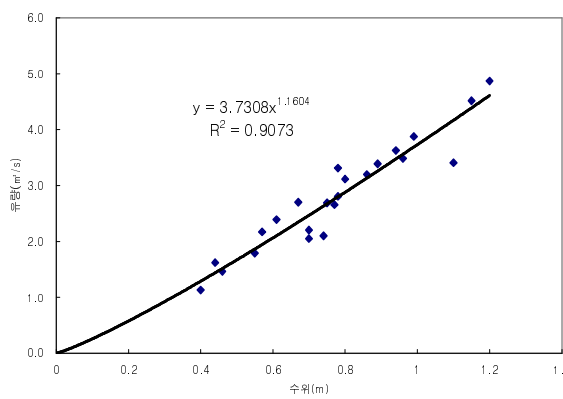
5-1호지선 지구는 평택시 진위면에 위치하고 있다. 5-1호지선 지구의 용수원은 이동저수지(한국농촌공사 평택지사 관할)로 이동저수지의 관개구역 주수로인 진위간선의 말단부분의 용수지선지구이다. 관개구역은 309ha이다.



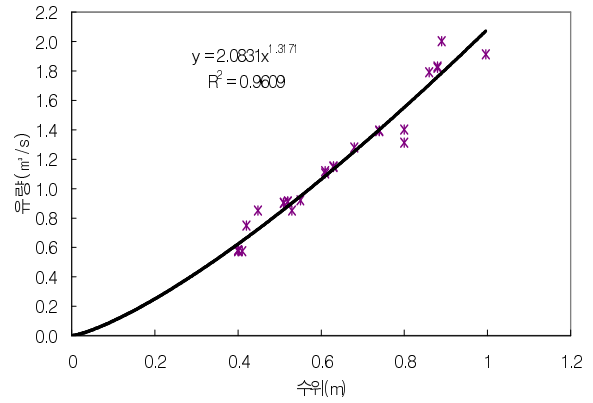
<그림 5-5> 관개량 계측장치(5호지선)

#### 5.2.4 수위-유량곡선

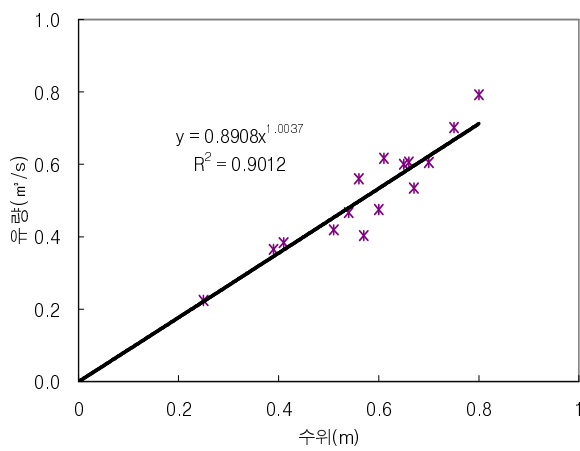
5개 수위측정지점에 대하여 유량측정을 실시하여 수위-유량관계를 구하였다. <그림 5-6>은 각 지점에 대한 수위유량관계곡선을 나타낸 것이다. 각 지점별 관계식을 정리하면 (표 5-3)과 같다.



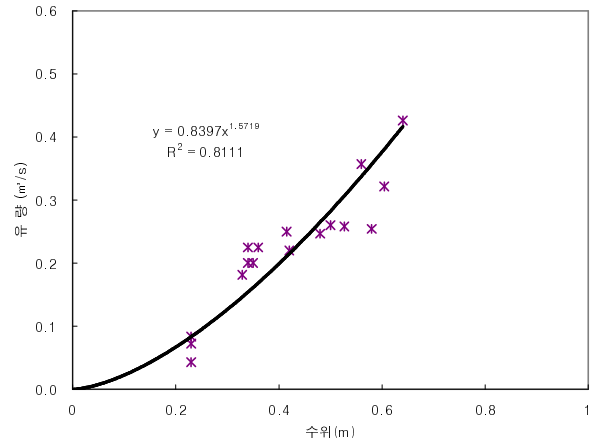
a) Yidong main canal



b) Jinwon main canal



c) 5-1 Ho secondary canal



d) Banga main canal

<그림 5-6> 수위-유량곡선

(표 5-3) 주요지점의 수로유량관계식

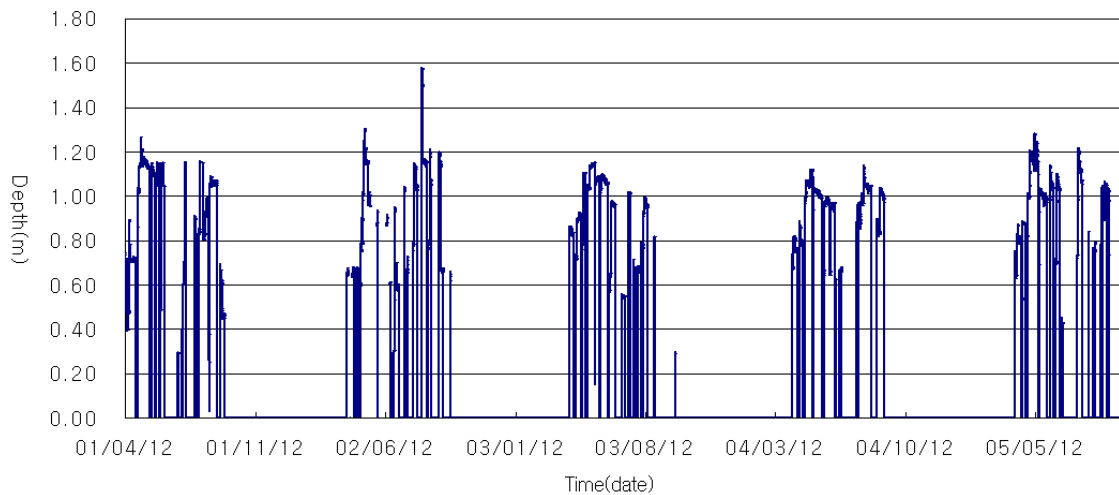
	구분	관계식	$R^2$
이동유역		$Q = 3.6851 H^{1.1372}$	0.8986
	Banga	$Q = 0.3897 H^{1.5719}$	0.8111
	Wonam	$Q = 0.1449 H^{0.9387}$	0.9390
	Jinwon	$Q = 2.0270 H^{1.2826}$	0.9513
	5-1 Ho	$Q = 0.8884 H^{1.0128}$	0.8940

## 5.3 농업용수 이용현황 분석

### 5.3.1 농업용수 이용현황

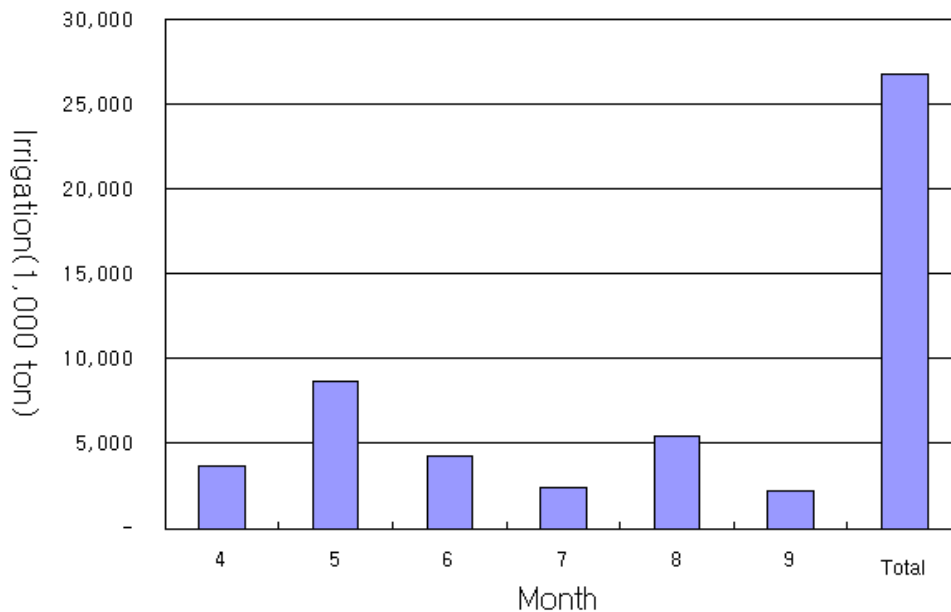
#### 1) 이동저수지

이동시점부는 2001년부터 유량측정을 시작한 지점으로서 2001년~2005년의 수위자료를 표시하면 <그림 5-7>과 같다.



<그림 5-7> 이동용수간선의 관개량 계측자료(2001~2005)

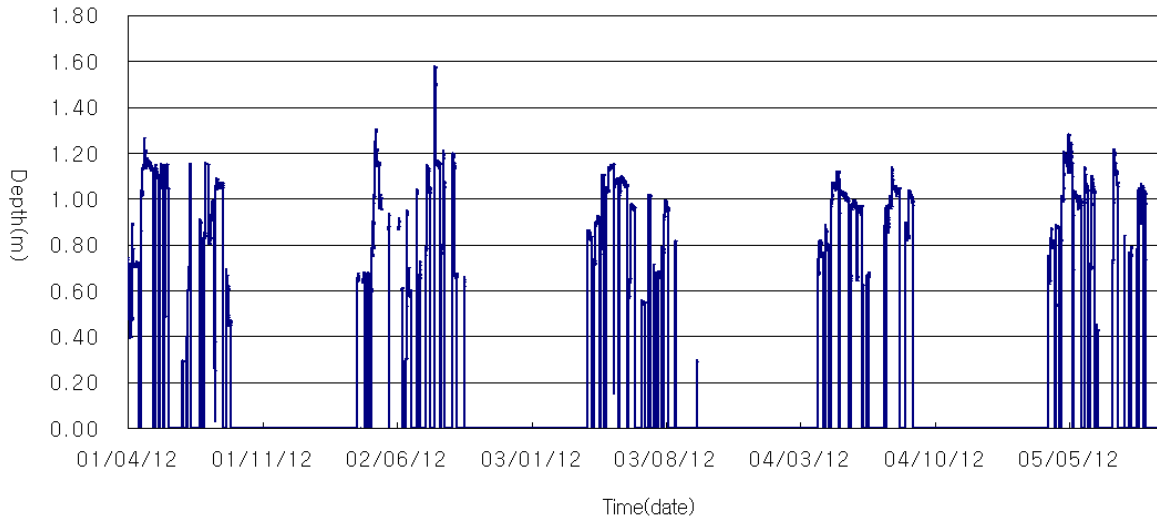
이동시점부의 수위자료를 수위-유량관계곡선식에 의하여 유량자료로 환산하고 시기별로 5개년 평균용수공급량을 표시하면 <그림 5-8>과 같다.



<그림 5-8> 용수공급실적

## 2) 진원간선

진원간선은 은산양수장에 의하여 용수를 공급하는 간선으로 2001년부터 용수공급량을 수위계에 의하여 측정하고 있다. <그림 5-9>는 진원간선의 일별수위를 5개년동안 나타낸 것이다.



<그림 5-9> 진원용수간선의 수위계측자료(2001 ~ 2005)

## 3) 5-1호 지선

5-1호지선은 이동저수지의 주간선인 진원간선에서 분기되는 수로로 2001년부터 용수공급량을 수위계에 의하여 측정하고 있다. <그림 5-10>은 5-1호지선의 일별수위 자료를 나타낸 것이다.

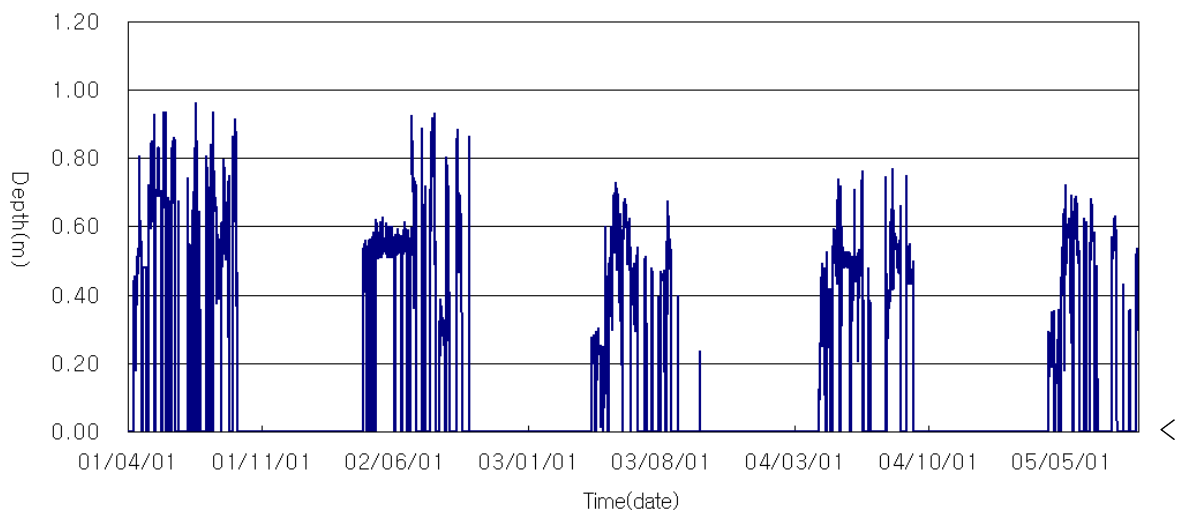


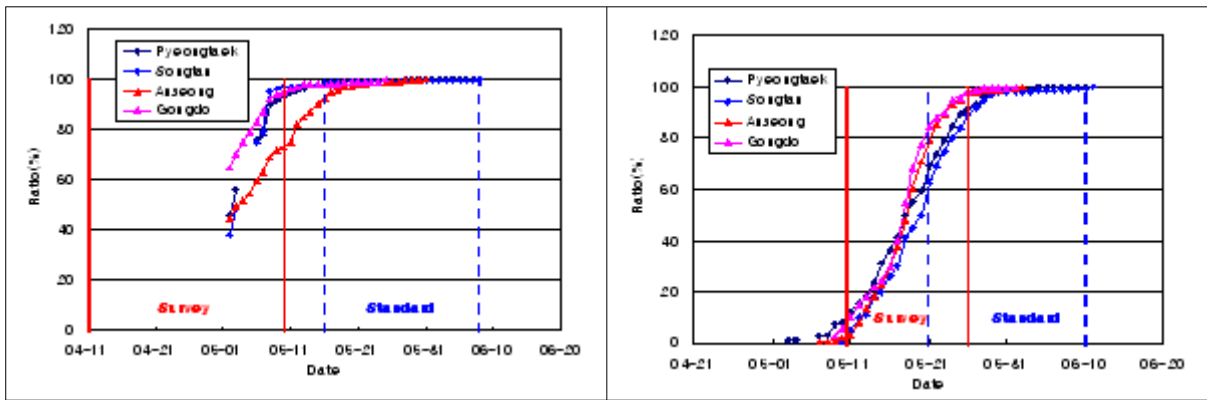
그림 5-10> 5호지선의 수위계측자료(2001 ~ 2005)

### 5.3.2 농업용수 이용 변화요인 조사

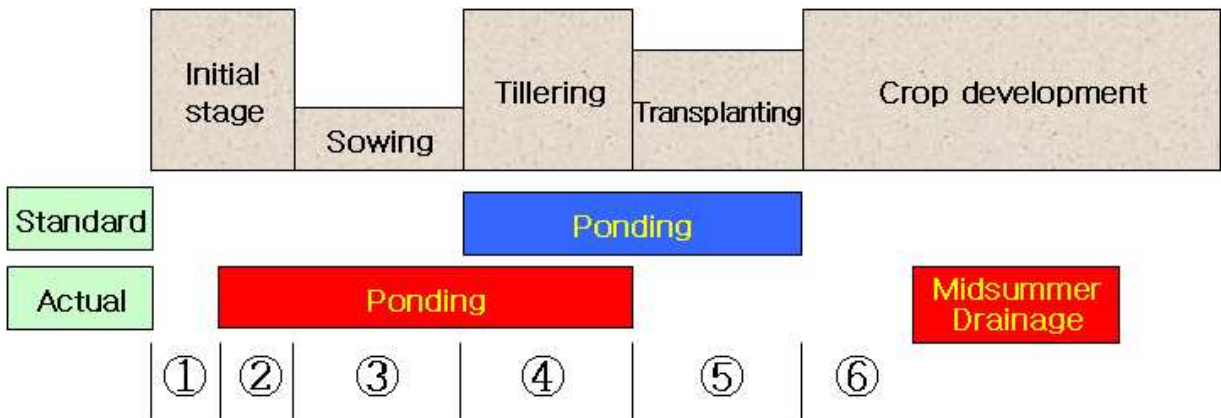
#### 1) 논물가두기 및 모내기

영농환경 조사대상지역인 경기도 남부지역에서는 직파재배를 실시하지 않고 있었으며 대부분 중모기계이앙을 실시하고 있었다. 벼품종으로는 미질이 양호한 중만생종이 90%정도 재배되고 있었다.

경기남부지역인 평택 안성일원에서 논물가두기 및 모내기 실적을 조사하면 <그림 5-11>과 같으며 이를 모식적으로 표시하면 <그림 5-12>와 같다. 경기 남부지역에서의 물가두기는 기존의 농업용수량 산정기준(5월 21일 ~ 6월 10일)과 비교하여 35일정도 일찍 시작하는 것으로 조사되었으며 모내기의 경우 5월 12일~5월 26일로 산정기준에 비하여 10일정도 일찍 시작하며 기간에 있어서도 15일로 5일정도 짧아진 것으로 조사되었다.



<그림 5-11> 이앙기 이전 포장물관리 현황(경기남부)



<그림 5-12> 논벼의 생육단계모식도

조사한 결과 이앙시기 및 이앙기간에 대해 기존의 기준과 조사한 결과를 정리하면 (표 5-4)와 같다. 또한 중간낙수기는 6/26 ~ 7/12에 실시하는 것으로 조사되었다.

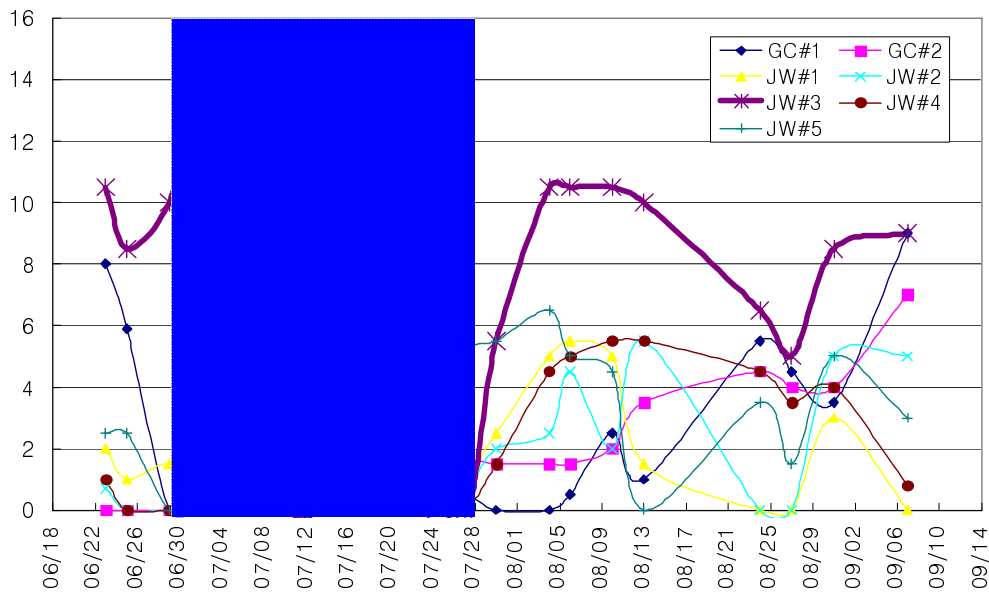
(표 5-4) 설계기준과 현장조사를 통한 생육단계의 변화

	이양전기	이양기	본답기
기준	4/17~5/31	5/21~6/10	6/11~9/11
실제	4/11~5/18	5/12~5/26	5/27~9/11

## 2) 포장담수심

이동지구의 관개구역과 인근 관개구역에서 담수심을 조사한 결과는 <그림 5-13>과 같다. 현재 농업용수량 산정에 있어서는 중간낙수기를 고려하지 않고 있는 반면 대부분의 논에서 6월 하순에서 7월초순 사이에 중간낙수를 실시하고 있다.

필지에서의 담수심 관리는 포장의 배수구에 흙물꼬의 높이를 조정하여 실시하고 있었다. 진원지구의 JW#3지구의 경우에는 친환경농법인 쌀겨농법을 실시하고 있는 포장으로 일반적인 벼재배 물관리와는 차이가 있었다. 경기도 남부지역의 경우 완전낙수는 9월 10일정도에 이루어지는 것으로 조사되었다.

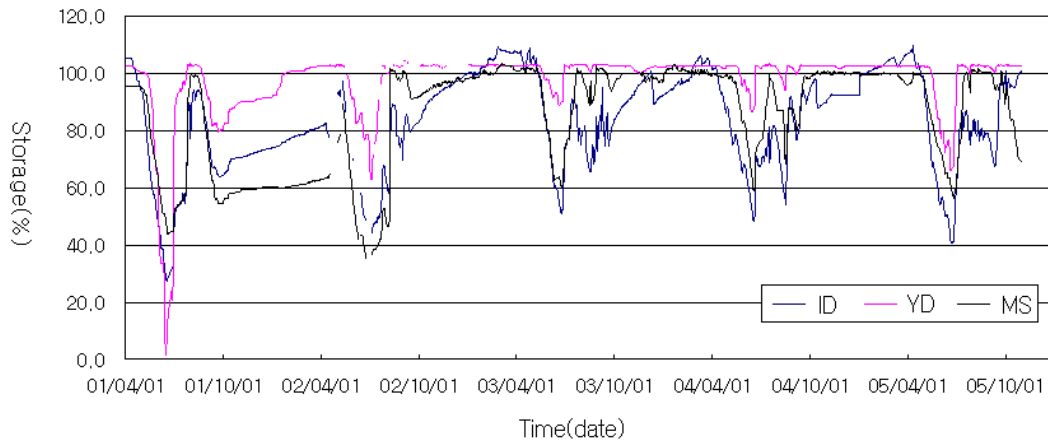


<그림 5-13> 시기별 담수심 변화(진원용수간선)



## 2) 연도별 용수공급현황 분석

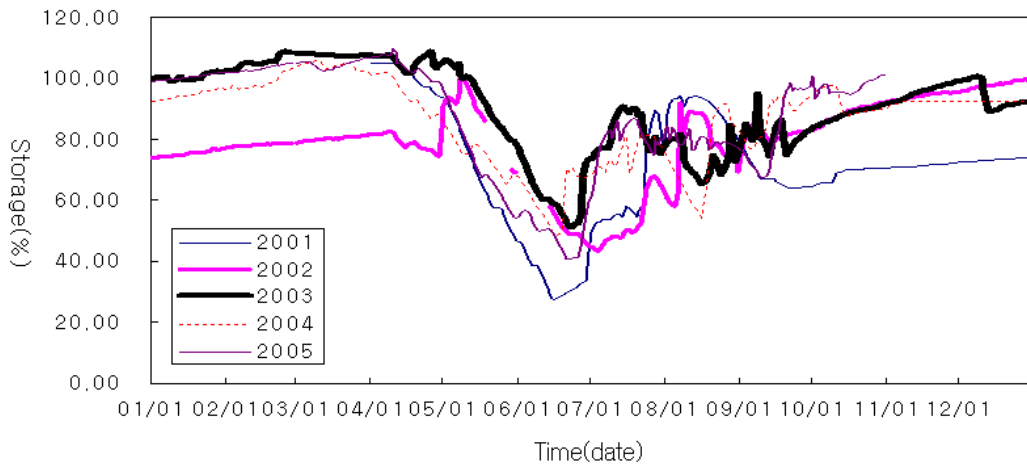
저수지의 저수율 변화는 <그림 5-14>와 같이 4월까지의 100%를 유지하고 있으며 이후 용수공급이 실시하여 저수율이 낮아지고 있다.



<그림 5-14> 주요 저수지의 저수위 변화

(표 5-5) 월별 저수위변화(이동저수지)

	Year					Average
	2001	2002	2003	2004	2005	
Jan.		10.0	11.7	11.3	11.7	11.2
Feb.		10.2	12.0	11.6	11.8	11.4
Mar.		10.4	12.1	11.9	11.9	11.6
Apr.	11.7	10.3	12.0	11.3	11.9	11.4
May	9.5	11.0	11.2	10.0	9.8	10.5
Jun.	6.6	8.1	9.0	9.0	8.0	8.5
Jul.	9.0	8.3	10.5	10.0	10.3	9.8
Aug.	11.0	10.2	9.9	9.9	10.3	10.1
Sep.	9.5	10.5	10.4	10.8	10.5	10.6
Oct.	9.5	10.9	10.9	11.1	11.5	11.1
Nov.	9.7	11.3	11.4	11.2		11.3
Dec.	9.9	11.5	11.3	11.2		11.3
Average	9.6	10.2	11.0	10.8	10.8	10.7



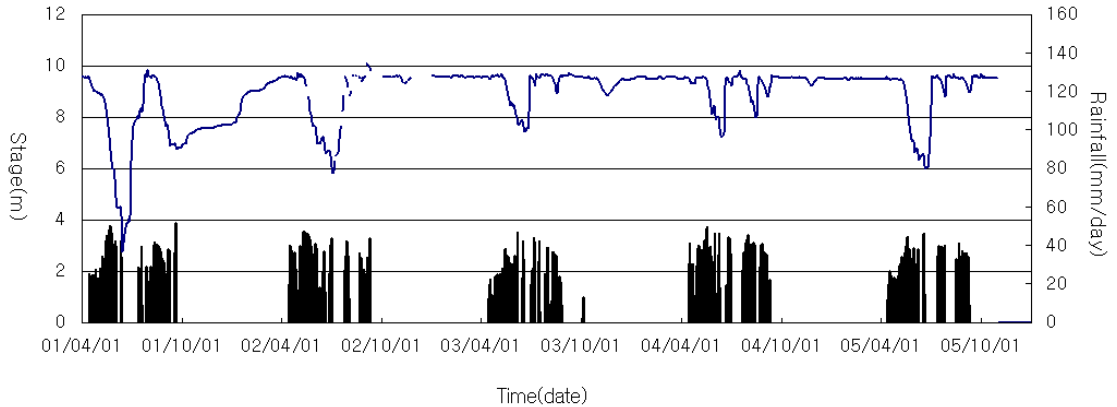
<그림 5-15> 연도별 저수위 변화

(표 5-6) 월별 저수위변화(용덕저수지)

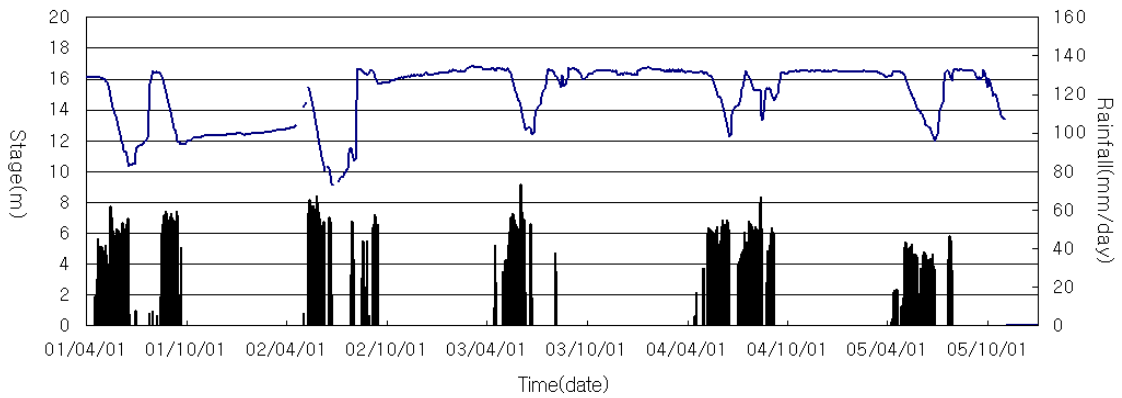
	Year					Average
	2001	2002	2003	2004	2005	
Jan.		75.4	100.6	94.6	100.5	92.8
Feb.		78.2	105.4	98.8	103.3	96.4
Mar.		80.3	107.7	104.2	104.8	99.2
Apr.	101.4	79.3	105.8	95.0	104.0	96.0
May	69.2	89.8	93.7	74.7	72.8	82.8
Jun.	34.6	50.5	61.9	61.2	49.1	55.7
Jul.	62.4	52.8	82.2	75.6	79.7	72.6
Aug.	90.0	77.6	73.6	73.7	79.6	76.1
Sep.	67.7	81.8	81.3	87.4	83.1	83.4
Oct.	68.7	88.7	88.1	92.1	97.2	91.5
Nov.	71.4	94.4	95.5	92.3		94.1
Dec.	73.3	98.0	94.1	92.6		94.9
Average	71.0	78.9	90.8	86.8	87.4	86.0

#### 4) 저수지별 일별 급수량 변화

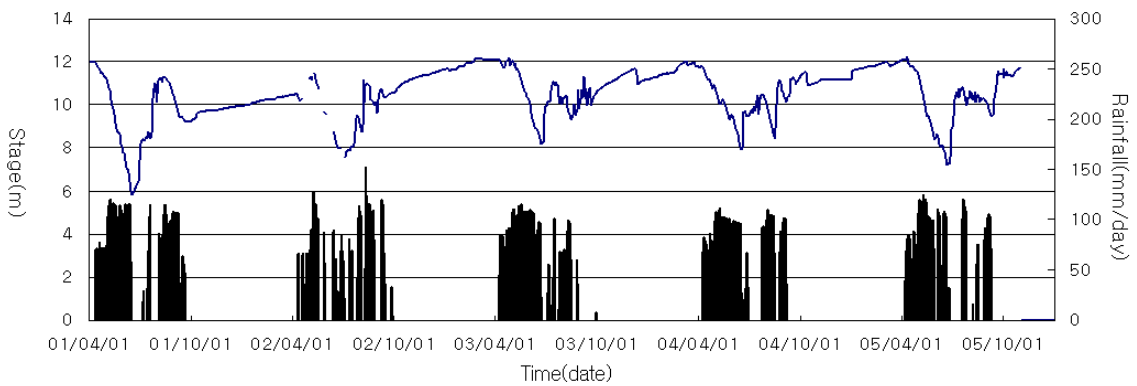
저수지별 용수공급에 따른 수위 변화는 <그림 5-16>과 같다. 용수공급은 4월초부터 실시하였으며 용덕저수지와 미산저수지는 용수공급이 실시한 후에도 저수위의 변화가 없었으나 이동저수지는 용수공급이 시작하는 날부터 수위가 낮아지는 것으로 나타났다.



a) Yongduk



b) Misan

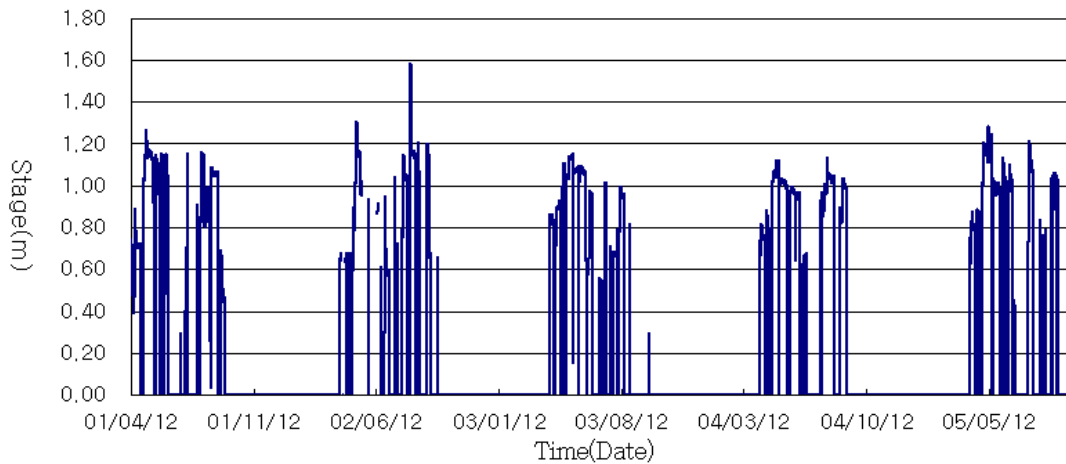


c) Yidong

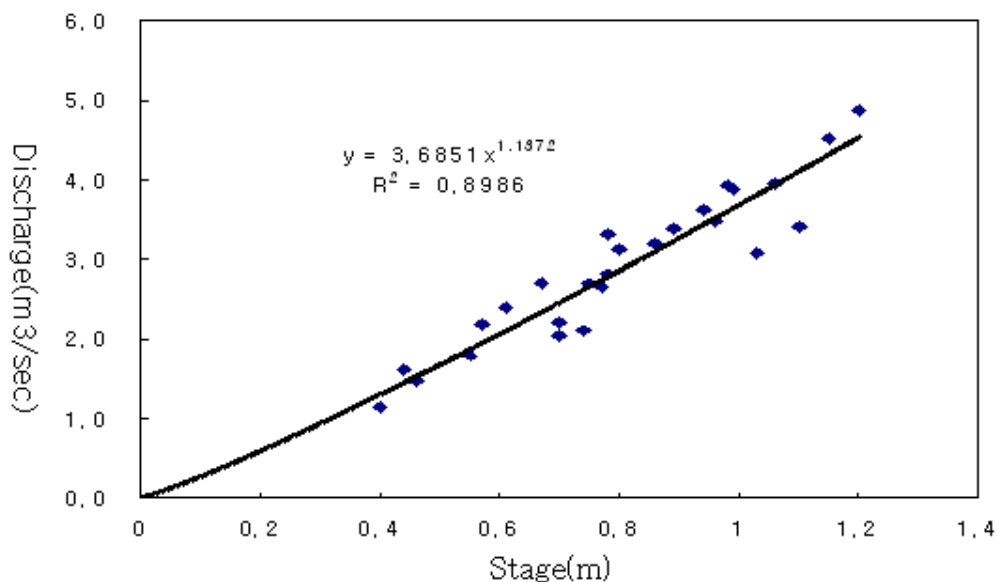
<그림 5-16> 저수지별 용수공급현황

### 5) 지점별 용수공급현황

이동시점은 이동저수지를 수원공으로 하며 관개면적은 2,063ha이며 용수공급시기는 4월부터 시작하였으며 평균 수로 수위 높이는 65cm 이며 강우발생시에는 폐비를 하거나 감비를 하였다. <그림 5-17>은 관개수로의 수위를 나타낸 것이며 <그림 5-18>은 수위에 따른 유량을 나타낸 것이다. 이동시점의 수로폭 2m이며 높이는 2.6m이며 유속이 빠르다. 수로의 저수위부분에 대해 수위유량관개를 나타낼 수가 없었다.



<그림 5-17> 이동저수지의 시기별 용수공급현황 (2004. 1. 1 ~ 10. 31)



<그림 5-18> 이동용수간선의 수위-유량관계

(표 5-7)은 이동시점의 관개특성을 분석한 것으로 월별 관개특성 분석하였다. 2001년 경우 총 12회 관개를 실시하였으며 관개일은 103일 관개시간은 2,471시간 관개량은 29,840.8천 $m^3$ 이며 2002년의 경우는 총18회 관개를 하였고 관개일은 71.2일 관개시간은 1709시간 관개량은 20,270.6천 $m^3$ 이며 2003년의 경우 총 19회 관개를 하였으며 관개일은 95일 관개시간은 2281시간 관개량은 27,325.6천 $m^3$ 을 관개하였다. 2004년의 경우 총 14회 관개하였고 관개일은 101일이며 관개시간은 2,425시간이며 관개량은 29,898.1천 $m^3$ 이다. 2005년 총 16회 관개하였고 관개일은 85.9일이며 관개시간은 2,061시간 관개량은 26,422.3천 $m^3$ 을 관개하였다. 이동시점의 평균 15.8회 관개하였으며 관개일수는 91.2일이며 관개시간은 2189.4시간이며 관개량은 26,751.2천 $m^3$ 을 관개한다.

(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황

2001	Period	Irrigation time (day)	Irrigation time (hour)	Irrigation (1,000 $m^3$ )	Remark
Apr.	4/12~4/29	17.0	409	3,440.4	
	sum	17.0	409	3,440.4	
May	5/2~5/22	20.2	484	7,305.8	
	5/25~5/31	6.4	154	2,253.6	
	sum	26.6	638	9,559.4	
Jun.	6/2~6/6	4.2	101	1,509.4	
	6/8~6/15	6.8	163	2,158.1	
	sum	11.0	264	3,667.4	
Jul.	7/6~7/8	2.1	51	167.3	
	7/13~7/14	1.3	30	135.7	
	7/16~7/20	3.8	92	1,092.5	
	sum	7.2	173	1,395.5	
Aug.	8/4~8/7	3.5	83	905.6	
	8/10~8/31	21.8	522	6,632.5	
	sum	25.2	605	7,538.1	
Sep.	9/1~9/10	9.4	225	3,183.2	
	9/15~9/21	6.5	157	1,056.8	
	sum	15.9	382	4,240.0	
Total		103.0	2,471	29,840.8	

(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속)

2002	Period	Irrigation time (day)	Irrigation time (hour)	Irrigation (1,000 m <sup>3</sup> )	Remark
Apr.	4/10~4/12	2.5	60	483.7	
	4/19~4/22	3.0	71	584.4	
	4/26~4/29	3.3	78	645.2	
	sum	8.7	209	1,713.4	
May	5/2~5/18	16.2	388	5,283.0	
	5/29~5/30	0.9	21	245.7	
	sum	17.0	409	5,528.7	
Jun.	6/14~6/15	1.3	30	347.8	
	6/19~6/20	0.7	16	118.5	
	6/21~6/23	2.1	50	152.3	
	6/26~6/30	4.6	110	932.1	
	sum	8.6	206	1,550.7	
Jul.	7/1~7/4	3.4	82	604.6	
	7/13~7/14	1.1	26	352.8	
	7/17~7/19	2.0	49	413.5	
	7/27~7/31	4.5	108	1,407.8	
	sum	11.0	265	2,778.7	
Aug.	8/1~8/4	4.0	95	1,321.5	
	8/10~8/19	8.9	213	3,619.8	
	8/21~8/26	5.6	134	1,626.0	
	sum	18.4	442	6,567.3	
Sep.	9/8~9/15	6.9	165	2,034.3	
	9/27~9/27	0.5	13	97.4	
	sum	7.4	178	2,131.7	
Total		71.2	1,709	20,270.6	

(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속)

2003	Period	Irrigation time (day)	Irrigation time (hour)	Irrigation (1,000 m <sup>3</sup> )	Remark
Apr.	4/9~4/16	6.8	164	1,778.7	
	4/18~4/18	0.3	7	50.0	
	4/19~4/29	10.3	247	2,757.5	
	4/30~4/30	0.8	18	170.6	
	sum	18.2	436	4,756.8	
May	5/1~5/6	5.5	133	1,783.0	
	5/8~5/9	0.9	22	292.1	
	5/9~5/29	20.5	491	7,184.8	
	5/30~5/31	1.3	30	403.8	
	sum	28.2	676	9,663.7	
Jun.	6/1~6/12	11.4	273	3,806.1	
	6/13~6/23	10.0	241	2,536.7	
	sum	21.4	514	6,342.8	
Jul.	7/5~7/9	3.8	91	606.3	
	7/14~7/18	3.8	91	1,150.5	
	7/24~7/24	0.2	5	32.1	
	7/25~7/28	3.0	72	607.3	
	7/30~7/31	1.8	42	346.3	
	sum	12.5	301	2,742.6	
Aug.	8/1~8/5	4.8	116	1,016.7	
	8/8~8/16	8.4	202	2,488.7	
	8/26~8/27	1.2	29	294.0	
	sum	14.5	347	3,799.4	
Sep.	9/30~9/30	0.3	7	20.2	
	sum	0.3	7	20.2	
Total		95.0	2,281	27,325.6	

(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속)

2004	Period	Irrigation time (day)	Irrigation time (hour)	Irrigation (1,000 m <sup>3</sup> )	Remark
Apr.	4/8~4/17	9.3	223	2,145.3	
	4/20~4/26	6.3	152	1,593.8	
	4/29~4/30	1.5	36	464.0	
	sum	17.1	411	4,203.1	
May	5/1~5/11	10.6	255	3,657.5	
	5/13~5/27	14.5	348	4,680.5	
	5/30~5/31	1.8	42	401.7	
	sum	26.9	645	8,739.7	
Jun.	6/1~6/17	16.3	392	4,895.1	
	6/18~6/19	0.8	19	137.1	
	6/25~6/29	4.0	96	792.8	
	sum	21.1	507	5,825.1	
Jul.	7/23~7/25	2.3	54	629.9	
	7/26~7/31	5.8	139	1,686.4	
	sum	8.0	193	2,316.3	
Aug.	8/1~8/16	15.7	377	5,234.7	
	8/25~8/31	6.8	162	1,844.0	
	sum	22.5	539	7,078.7	
Sep.	9/1~9/6	5.4	130	1,735.3	
	sum	5.4	130	1,735.3	
Total		101.0	2,425	29,898.1	



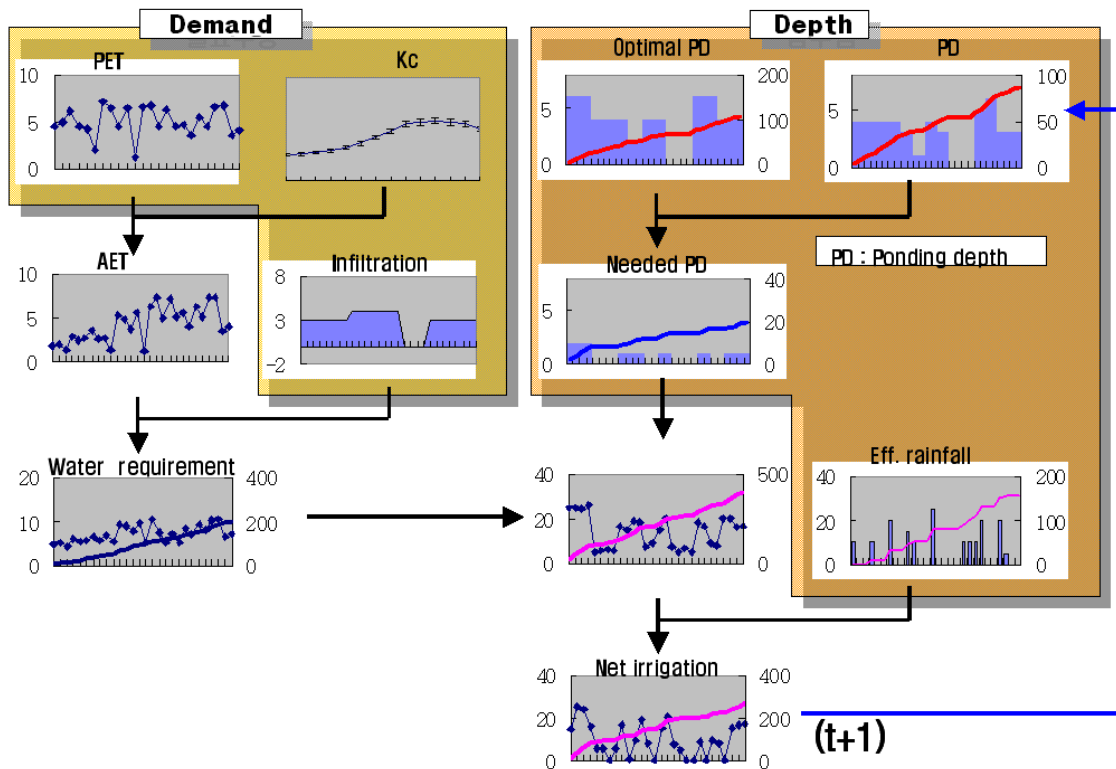
(표 5-7) 이동저수지의 용수공급현황(계속)

2005	Period	Irrigation time (day)	Irrigation time (hour)	Irrigation (1,000 m <sup>3</sup> )	Remark
Apr.	4/8~4/18	10.2	244	2,412.2	
	4/20~4/20	0.5	12	73.1	
	4/21~4/26	5.3	128	1,455.6	
	4/29~4/30	1.8	43	542.3	
	sum	17.8	427	4,483.2	
May	5/1~5/17	16.8	404	6,299.0	
	5/19~5/30	11.6	278	3,631.8	
	sum	28.4	682	9,930.8	
Jun.	6/5~6/10	5.1	122	1,704.7	
	6/14~6/21	7.2	173	2,256.5	
	6/25~6/26	1.5	37	181.4	
	sum	13.8	332	4,142.6	
Jul.	7/19~7/27	8.3	198	2,918.8	
	sum	8.3	198	2,918.8	
Aug.	8/8~8/8	0.3	6	50.3	
	8/14~8/18	4.3	103	993.0	
	8/27~8/30	3.5	83	924.4	
	8/31~8/31	0.6	14	159.8	
	sum	8.6	206	2,127.5	
Sep.	9/1~9/6	5.5	131	1,709.8	
	9/7~9/10	3.5	85	1,109.7	
	sum	9.0	216	2,819.5	
Total		85.9	2,061	26,422.3	

## 5.4 관개지구내 농업용수 이용특성 분석

### 5.4.1 관개지구 물수지해석

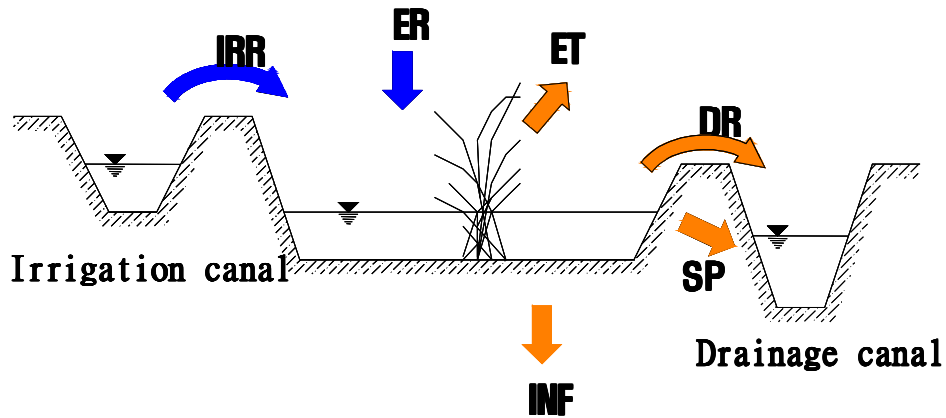
관개지구의 농업용수 이용특성 분석을 위해 관개지구내 물수지 해석을 위한 모형을 개발하였다. 물수지 해석모형은 관개지구의 용수공급을 위한 필요수량을 산정하고 실제 공급량과 소비수량을 비교하여 관개지구의 관개효율(Net Irrigation Efficiency)을 산정한다. 또한 용수공급에 따른 담수심의 모의를 통하여 용수공급효과를 모의할 수 있도록 구성하고 있다. 본 연구에서 개발한 물수지 해석모형의 개념도는 <그림 5-19>에 나타낸 바와 같다.



<그림 5-19> 관개지구 물수지해석 모식도

#### 1) 논에서의 물수지

논에서의 물수지 해석은 용수공급에 따른 용수이용과정을 나타내기 위한 관개량, 증발산량, 침투량 및 배수량 등의 요소로 구성된다. 본 연구에서 사용한 개별 필지에서의 물수지 해석을 위한 개념도는 <그림 5-20>과 같이 나타낼 수 있다.

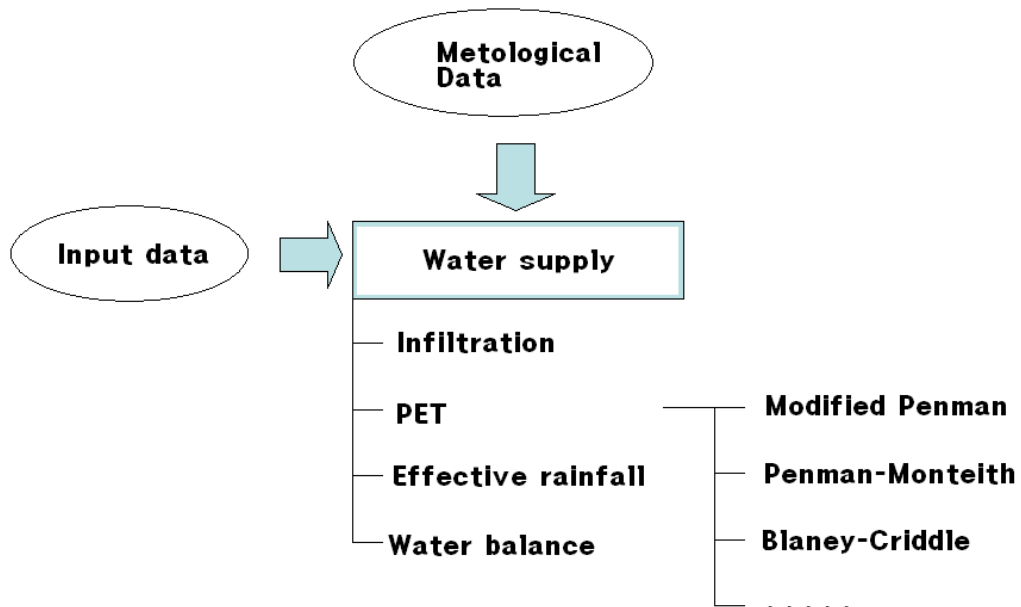


<그림 5-20> 논에서의 물수지

## 2) 용수공급량 산정

공급량의 산정은 영농환경자료, 기상자료, 지역특성자료를 이용하여 침투량, 증발산량, 유효강우량을 산정하고 이에 의해 논에서의 물수지를 수행함으로써 구할 수 있다. 침투량, 유효강우량은 지역의 특성 및 기상에 따라 좌우되는 것이며 증발산량 역시 기상에 따라 크게 영향을 받는 값이다.

증발산량의 산정은 수정 Penman법, Penman-Monteith법, Blaney-Criddle법 등 여러 가지 방법에 의하여 구할 수 있다. 본 연구에서 구축하려고 하는 시스템은 지금까지 논에서의 증발산량 산정을 위하여 많이 이용되고 있는 수정 Penman법과 최근에 FAO에서 권장하고 있는 Penman-Monteith법을 이용할 수 있도록 구성하였다.



<그림 5-21> 필요수량 산정 알고리즘

### 5.4.2 순별 용수이용현황

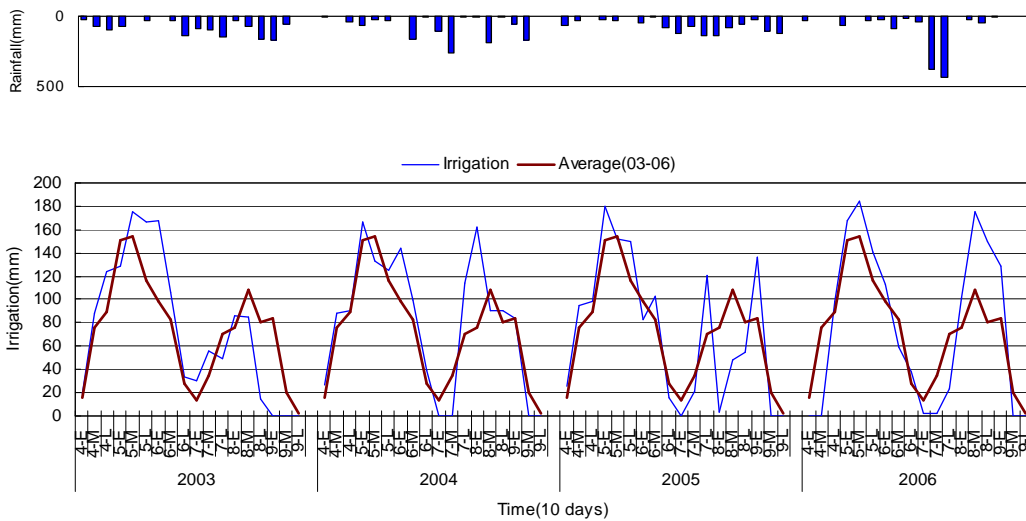
대상지구의 용수이용 변화를 분석하기 위해서 측정자료를 이용하여 순별 용수이용특성을 분석하였다. 대상지구의 강수량 측정자료와 용수공급실적을 분석한 결과는 (표 5-8), <그림 5-22>와 같이 나타낼 수 있으며, 측정자료중 2003년부터 2006년까지 4개년의 자료를 나타내었다. 연속된 용수공급실적 자료에 따르면 2001~2006년의 평균 공급량은 1,338.5mm, 이 기간중 강수량은 평균 1,230.8mm를 나타내었고, 이중 유효우량은 477.5mm를 기록하였다.

대상지구의 물수지 분석에 의하여 관개효율을 산정한 결과는 56.0%에서 67.3%의 값을 보이고 있으며 평균 61.3%의 값을 나타내었다.

대상지구의 연도별 용수공급은 강수량에 따라 변화를 보이고 있으나 생육단계에 따른 패턴은 유사하게 변하고 있음을 알 수 있으며, 시기별 강수량에 따라 사용량이 변하고 있음을 알 수 있다.

(표 5-8) 관개지구의 용수공급특성 분석

Year	Rainfall (mm)	Irrigation (1,000 ton)	Irrigation (mm)	Effective Rainfall (mm)	Efficiency (%)	Remark
Avg.	1,230.8	27,815.2	1,338.6	477.5	61.3	
2003	1,303.1	27,437.4	1,330.0	748.5	67.3	
2004	1,177.2	29,958.0	1,452.2	733.5	62.2	
2005	1,156.6	26,532.7	1,286.1	108.5	59.6	
2006	1,286.1	26,532.7	1,286.1	319.5	56.0	



<그림 5-22> 순별 용수이용현황

(표 5-9) 순별용수이용현황 (2003)

	RAIN	IRR	IRR	Eto	ER	CE
Total	1303.1	27,415,607	1328.9	469.7	748.5	0.67
4-E	27.2	395,766	19.1	38.2	36.5	0.49
4-M	71.6	1,815,114	87.9	44.0	0.5	0.50
4-L	96.2	2,567,374	124.4	40.67	24	0.54
5-E	73.8	2,650,881	128.4	42.9	223	0.56
5-M	0.4	3,610,819	175.0	37.8	53	0.61
5-L	33.1	3,430,747	166.2	38.6	94.5	0.74
6-E	1.2	3,465,865	168.0	6.9	14.5	0.75
6-M	30.2	2,188,819	106.0	28.1	0	0.77
6-L	142.4	697,228	33.7	31.3	9	0.91
7-E	90	616,167	29.8	31.9	50.5	0.58
7-M	95.2	1,152,396	55.8	5.3	0	0.69
7-L	145.2	1,005,594	48.7	26.1	35.5	0.88
8-E	29.4	1,773,433	85.9	13.6	54	0.76
8-M	72.2	1,742,672	84.4	39.1	33.5	0.45
8-L	162.6	302,734	14.6	44.5	120	0.87
9-E	173.8	-	0	0	0	0.00
9-M	58.4	-	0	0	0	0.00
9-L	0.2	-	0	0	0	0.00

(표 5-10) 순별용수이용현황 (2004)

	RAIN	IRR	IRR	Eto	ER	CE
4-E	12.2	546,817	26.506	10.745	0	0.86
4-M	0	1,815,730	88.014	38.681	0	0.89
4-L	41	1,865,517	90.427	38.195	50.5	0.86
5-E	65.6	3,435,780	166.543	42.116	61	0.49
5-M	23	2,742,341	132.93	39.543	25.5	0.60
5-L	35.6	2,581,173	125.117	42.93	24	0.74
6-E	0	2,973,788	144.149	45.108	0.5	0.59
6-M	165.6	2,049,220	99.332	48.561	129.5	0.89
6-L	10.6	798,854	38.723	20.955	0	0.75
7-E	110.6	-	0	24.531	25.5	0.00
7-M	261.6	-	0	37.715	120	0.00
7-L	10.4	2,339,953	113.425	34.405	9	0.39
8-E	11.4	3,350,633	162.416	46.661	34.5	0.31
8-M	190.2	1,875,840	90.928	25.908	223	0.33
8-L	10.4	1,857,197	90.024	30.418	14.5	0.38
9-E	60	1,725,165	83.624	23.201	16	0.33
9-M	168.6	-	0	0	0	0.00
9-L	0.4	-	0	0	0	0.00

(표 5-11) 순별용수이용현황 (2005)

	RAIN	IRR	IRR	Eto	ER	CE
4-E	64.6	524,213	25.41	10.689	0.00	0.89
4-M	30.2	1,969,055	95.446	33.726	0.00	0.77
4-L	0	2,024,944	98.155	42.451	3.50	0.84
5-E	25	3,714,978	180.077	39.351	23.50	0.44
5-M	34.4	3,137,709	152.094	38.715	32.00	0.52
5-L	1.8	3,078,337	149.217	42.314	1.50	0.55
6-E	50	1,706,601	82.724	23.611	0.00	0.58
6-M	7.6	2,125,194	103.015	29.806	4.50	0.60
6-L	78.8	321,169	15.568	8.599	0.00	0.00
7-E	124.4	-	0	27.773	18.50	0.00
7-M	73.8	435,609	21.115	9.24	0.00	0.63
7-L	135.6	2,490,588	120.727	21.335	0.00	0.31
8-E	139.6	62,055	3.008	4.074	0.00	0.00
8-M	81.8	1,001,186	48.531	20.788	1.50	0.51
8-L	54.6	1,127,341	54.646	24.22	0.00	0.52
9-E	23.6	2,813,701	136.389	43.35	23.50	0.35
9-M	105.6	-	0	0	0.00	0.00
9-L	125.2	-	0	0	0.00	0.00

(표 5-12) 순별용수이용현황 (2006)

	RAIN	IRR	IRR	Eto	ER	CE
4-E	36.8	-	0	13.355	0.00	0.00
4-M	0	-	0	38.173	0.00	0.00
4-L	0	2,033,222	98.55657	37.682	6.00	0.79
5-E	62.8	3,464,162	167.9187	49.724	61.00	0.53
5-M	0	3,805,984	184.4878	38.041	1.00	0.42
5-L	31.4	2,907,413	140.9313	45.106	22.50	0.68
6-E	27.2	2,330,898	112.9859	26.615	35.00	0.45
6-M	90	1,229,303	59.58812	34.189	48.00	0.98
6-L	14.6	784,175	38.01141	25.149	38.50	0.87
7-E	39.2	37,626	1.823831	28.097	25.50	0.00
7-M	377.2	49,205	2.385135	46.418	0.00	0.00
7-L	431.6	477,838	23.16231	18.471	36.50	0.97
8-E	0	2,105,041	102.0379	4.334	0.00	0.08
8-M	25.6	3,630,243	175.9691	22.758	10.50	0.15
8-L	52.4	3,099,730	150.2535	31.187	25.50	0.23
9-E	10.2	2,659,583	128.9182	40.97	9.50	0.35
9-M	0	-	0	0	0.00	0.00
9-L	0	-	0	0	0.00	0.00

## 5.5 장래 용수수요량 산정

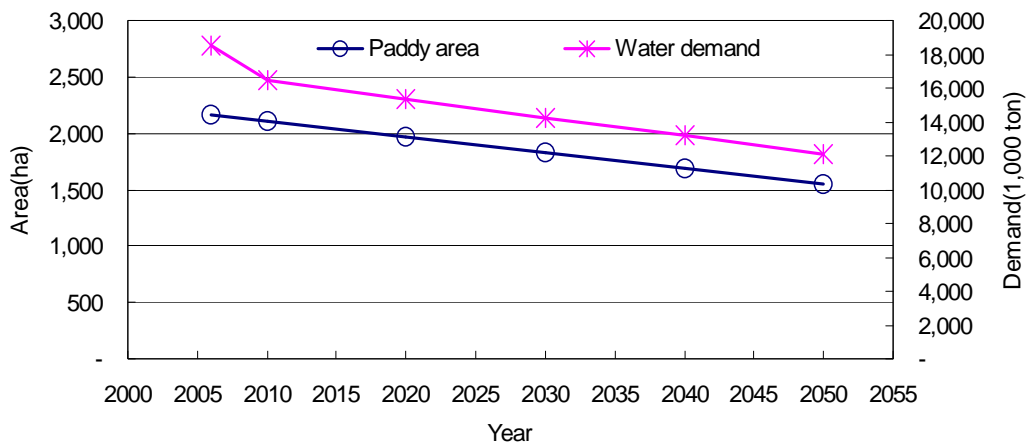
이동저수지 구역의 장래 토지이용 변화량 산정은 앞절의 지역별 토지이용변화예측결과를 이용하여 산정하였다.

경기도의 장래 토지이용 변화량은 2006년 경지면적을 기준으로 하였을 때 2010년에 -2.6%, 2020년에 -9.2% 2030년에 -15.7%, 2040년에 -22.3%, 2050년 -28.8%로 각각 변할 것으로 예측되었다. 이상의 결과는 경기도 전체의 경지면적을 예측한 것으로 대상지구의 경지면적도 이러한 추세를 반영한다고 가정하였을 때 이동저수지 관개지구의 관개면적과 측정된 평균 단위면적당 용수공급량을 이용하여 용수공급량 변화를 산정하였다.

관개지구의 경지면적 변화량과 용수수요량 변화 추세를 고려하여 향후 용수공급량은 2010년에 약 11.0%로 감소할 것으로 추정되었으며, 이후 2050년에는 최대 34.8% 정도 감소할 것으로 예상된다.

(표 5-13) 이동지구의 장래용수수요량 산정

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2010	2020	2030	2040	2050
Area (ha)	2,156	-	-	-	2,156	2,156	2,113	1,971	1,829	1,687	1,547
Demand (1,000 ton)	18,938	18,300	13,452	17,909	15,562	18,535	16,494	15,385	14,275	13,168	12,075
Supply (1,000 ton)	29,841	20,271	27,326	29,898	26,422	28,614	27,433	25,588	23,743	21,901	20,084
						(2006)	-11.0%	-17.0%	-23.0%	-29.0%	-34.8%



<그림 5-23> 이동저수지의 장래 용수수요변화 산정

## 6. 관개지구내 적정 물관리방안 정립

### 6.1 개요

용수로에서의 물관리를 위해서는 용수로내의 유황에 대한 현황파악이 필요하며, 용수로내의 수리해석을 통한 거동을 분석하기 위한 연구가 진행된 바 있다. 김(1988)은 관개용수로의 점진변화류를 계산하여 수면곡선을 추정할 수 있는 전산모형을 개발한 바 있다. 이 모형을 통해 잠관, 가통, 낙차공, 제수문 등의 수리구조물에서 발생하는 수리현상을 모의하였고, 관개용수로의 수리현상에 영향을 미치는 매개변수의 예민도 분석을 통해 조도계수, 마찰경사의 산정, 에너지보정계수, 계산간격 등에 따른 거동을 분석하였다. 白石英彦(1993)은 관개용수로 내에서의 수리현상을 유한차분모형에 의한 기본 모형을 구성하고 분지수로, 합류수로, 낙차공, 잠관, 수문 등의 각종 구조물이 있는 경우 발생하는 수로내의 거동분석을 실시하였다.

따라서 본 장에서는 농업용수의 공급에 따른 관개지구내 용수분배현상의 모의를 통해 적정 관개방식을 제시하고자 한다.

### 6.2 용수로 수리해석

관개 용수로와 같이 인공적인 수로에서는 흐름의 상태가 취수공, 분수공, 수문 등과 같은 수리시설의 조작에 의해 흐름이 시간적, 공간적으로 변하게 되는 비정상류가 주가 된다. 이러한 비정상류는 농업용수의 관리를 위한 계획수립, 농업용 시설물의 설계 및 관리에 있어 중요한 요인이 된다.

현실적으로 비정상류에 대한 해석을 통하여 용수로에서의 관리 및 모형을 개발한 예는 많지 않으며, 지금까지는 용수로의 흐름해석을 위해서는 흐름의 상태를 정상상태의 등류로 생각하여 단순화한 모형의 개발이 주가 되고 있는 실정이다.

수원공에서 취수된 물은 용수간선, 용수지선, 용수지거를 유하하여 포장에 도달한다. 만약 용수간선에서 어떤 용수지선으로 분수할 필요가 없어졌거나, 어떤 시간에 용수간선에서 용수지선으로 분수를 시작하는 경우, 이러한 용수로의 조작환경 변화에 수반하는 용수로내의 유량 변동에 대한 용수로의 거동을 해석하기 위해서 수로내의 수리해석 모형을 필요로 한다.

#### 1) 정상류의 기본방정식

수로의 설계에서는 유량, 조도계수 및 수로의 기울기를 결정할 수 있기 때문에 Manning의 등류공식을 일반적으로 많이 사용하고 있다. 등류의 기본방정식으로는 식(6.1)과 같은 Manning공식을 사용한다.



$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (6.1)$$

여기서,  $v$ 는 평균유속( $m/sec$ ),  $R$ 은 동수반경(hydraulic radius),  $S$ 는 수로의 기울기이다.

자연상태에서는 시간적으로는 수심과 유속은 일정하지만 위치에 따라서 수심과 유속이 변하게 되어 부정류 상태로 흐르게 되는 경우가 대부분이다. 부정류의 해석을 위해서는 다음과 같은 식(6.2)를 이용한다.

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S - \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} + \frac{\alpha Q^2}{g A^3} \frac{\partial A}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial x}}{1 - \frac{\alpha Q^2 T}{g A^3}} \quad (6.2)$$

여기서,  $h$ 는 수심( $m$ ),  $x$ 는 거리( $m$ ),  $S$ 는 수로의 기울기,  $Q$ 는 유량( $m^3/sec$ ),  $A$ 는 단면적( $m^2$ ),  $\alpha$ 는 에너지 보정계수,  $g$ 는 중력가속도,  $T$ 는 수면폭( $m$ )이다.

부정류의 기본방정식을 구형단면수로에 적용하면 같은 구간 내에서는  $\partial T / \partial x = 0$ 이므로 수면폭  $T$  대신에 수로폭  $B$ 를 이용하여, 다음 식(6.3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dh}{dx} = \frac{S - \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} \quad (6.3)$$

## 2) 부정류의 기본방정식

개수로의 수리 설계에서는 수로의 제원 등을 결정하는 것이 주가 되기 때문에 정상류에 대한 해석으로도 충분하나 농업용수로 내에서의 물관리를 위한 관개계획의 수립에 있어서는 부정류에 대한 해석이 필요하다. 수로구간의 두 구간에서 생기는 질량보존의 법칙을 고려함으로써 부정류의 연속방정식을 유도할 수 있다.

부정류는 시간과 거리에 따라서 흐름의 특성이 변하므로 두 구간 사이의 유량의 변화는  $\partial Q / \partial x$ 가 되고, 한 구간에서의 시간에 따른 수심의 변화는  $\partial y / \partial t$ 이다. 또한  $dt$ 시간 동안 발생하는 구간 사이의 유량의 변화는  $(\partial Q / \partial x) dx dt$ 가 되고, 두 구간 사이의 체적의 변화는  $T dx (\partial y / \partial t) dt$ 가 되는 데, 물은 비압축성 유체이므로 두 구간에서의 시간에 따른 유량의 변화량과 체적의 변화량을 합한 값은 "0"이 되어야 한다. 따라서 이로부터 부정류의 연속방정식은 다음 식(6.4)와 같이 표현된다.

$$\left( \frac{\partial Q}{\partial x} \right) dx dt + T dx \left( \frac{\partial y}{\partial t} \right) dt = 0 \quad (6.4)$$

연속방정식에 따르면,  $dA = T dy$ 이므로, 다시 정리하면 식(6.5)의 부정류의 연속방정식을

얻을 수 있다.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (6.5)$$

일정구간에서 생기는 유량의 유출입은 수로의 입구에서만 생기는 것이 아니고 횡유입량  $q$  도 고려한다. 따라서 부정류의 연속방정식에 횡유입량을 고려한 식(6.6)을 이용한다.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (6.6)$$

### 3) 연속방정식의 차별화

식(6.6)의 연속방정식에서 첫째 항은 다음 식(6.7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \frac{\partial A}{\partial h} \frac{\partial h}{\partial t} = W \times \frac{\partial h}{\partial t} \quad (6.7)$$

여기서,  $W$  는 이 구간에서 저류되는 평균 수면폭이다. 두 번째 항은 다음 식(6.8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{1}{\Delta x} (A_{i+1}v_{i+1} - A_{i-1}v_{i-1}) \quad (6.8)$$

수로폭이 일정한 구형단면수로에서는 연속방정식을 다음 식(6.9)와 같이 표시할 수 있다.

$$W \frac{{}_n h_i - {}_{n-2} h_i}{\Delta t} + \frac{W}{\Delta x} \left( \frac{{}_{n-2} h_{i+2} + {}_{n-2} h_i}{2} {}_{n-1} v_{i+1} - \frac{{}_{n-2} h_{i-2} + {}_{n-2} h_i}{2} {}_{n-1} v_{i-1} \right) - q = 0 \quad (6.9)$$

### 4) 운동방정식의 차별화

운동방정식의 1항, 2항, 3항, 즉,  $\partial v / \partial t$ ,  $\partial v^2 / \partial x$ ,  $\partial h / \partial x$  에 대해 차별형식으로 표시를 한다면 식(6.10), 식(6.11), 식(6.12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{{}_n v_i - {}_{n-2} v_i}{\Delta t} \quad (6.10)$$

$$\frac{\partial v^2}{\partial x} = \frac{{}_{n-2} v_{i+2}^2 - {}_{n-1} v_{i-2}^2}{2\Delta x} \quad (6.11)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{{}_{n-1} h_{i+1} - {}_{n-1} h_{i-1}}{\Delta x} \quad (6.12)$$

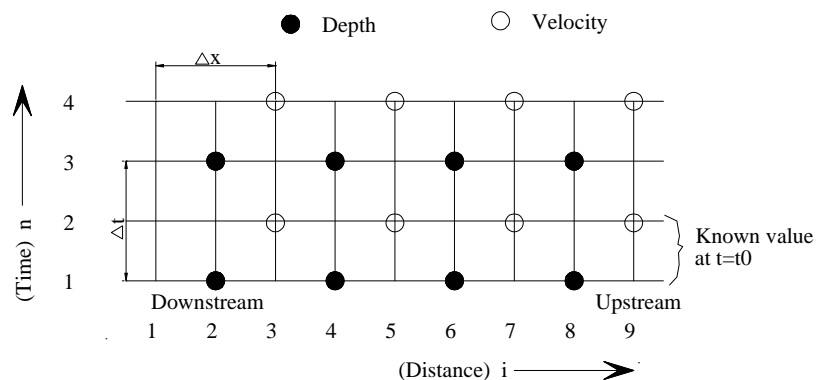
여기서,  $z$  는 수로 바닥의 표고(m) 이다. 이상의 과정에서 식(6.9)의 미지유속  $v$  를 쓰지 않고 이전 구간의 기지유속  ${}_{n-2} v_i$  로 대체하여 근사치를 구함으로써, 현재구간의 유속

$n$   $v_i$  만 미지수로 남길 수 있어 해를 구하는 계산을 간편화하였다. 구해진 각 성분을 식 (6.9)에 대입해서 정리하면 수로의 미지유속  $n$   $v_i$ 을 구하는 식(6.13)을 유도할 수 있다.

$$\frac{1}{g} \frac{n v_i - n v_{i-2}}{\Delta t} + \frac{1}{2g} \frac{n-2 v_{i+2}^2 - n-2 v_{i-2}^2}{2\Delta x} + \frac{z_{i+1} - z_{i-1}}{\Delta x} + \frac{n-1 h_{i+1} + n-1 h_{i-1}}{\Delta x} + \frac{n^2 |n-2 v_i|}{\left(\frac{R_{i+1} + R_{i-1}}{2}\right)^{3/4}} \frac{n v_i + n-2 v_i}{2} = 0 \quad (6.13)$$

### 5) 연산격자의 구성

개수로의 부정류 해석에 있어서 각 수로구간에 대해 구간별로 일정한 거리로 분할을 실시하고, 계산방향은 수로의 하류방향에서 상류방향으로 계산을 진행한다. 여기서는 각 구간은 계산에 필요한 하나의 점이기에 때문에 일정한 간격을 갖는 노드(node)로 표시할 수 있다. 각 노드의 구간간격은  $\Delta x$ , 계산시간간격을  $\Delta t$ 로 한다. 거리와 시간에 대한 노드의 연산격자를 만들면 <그림 6-1>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 6-1> 유한차분해석을 위한 연산격자의 구성

각 노드는 4개의 값을 가지고 있다. 이 값은 각 노드의 기지의 값과 현재시간에 계산되어 저장되는 미지의 값을 저장하는 공간으로 구성된다. 현재시간  $t$ 에서 계산된 미지의 값은 다음 시간  $t + \Delta t/2$ 에서 다시 기지의 값으로 읽어 들여 다음 단계의 계산을 수행한다. 한 구간  $\Delta x$ 사이의 노드에 수위값과 유속값이 있는 데, 이것은 부정류 방정식의 연속방정식에서 얻어지는 수위값과 운동방정식으로부터 얻어지는 유속값이다.

여기서 각 노드의  $\Delta x$ 와  $\Delta t$ 사이에는 계산이 진행되면서 실제의 수리현상의 전달을 잘 반영할 수 있도록 하기 위해서 다음과 같은 식(6.14)를 만족해야 한다.

$$\Delta t \leq \left| \frac{\Delta x}{v_{\max} \pm \sqrt{g h_{\max}}} \right| \quad (6.14)$$

여기서,  $v_{\max}$  는 수로 내에서 수리해석 중 발생하는 최대유속(m/sec)이며,  $h_{\max}$  는 계산과정 중 발생하는 최대수심(m)이다.

## 6) 경계조건

모형 내에서 유황이 생기게 하는 조건, 다시 말해서 수로 내에서 유황에 관계없이 입력자료로 주어지는 조건을 경계조건이라고 한다. 수로내의 수리해석을 위해서 연속방정식과 운동방정식을 해석하고자 할 때 상류, 하류 끝 지점의 수위 또는 유량이 주어진다면 다음 구간으로의 계산이 가능해진다. 본 연구에서는 저수지나 양수장 같은 수원공에서 방류량을 수로에 유하하는 형식이므로 주어진 방류량을 상류쪽의 경계조건으로 이용하고, 하류쪽의 경계조건은 초기수심을 0.001m로 설정하여 모형의 경계조건으로 입력하는 유량경계조건 및 수위경계조건을 가진다.

## 6.3 모형의 개발

일반적으로 용수분배계획을 위해서는 구간별 용수로의 특성, 조작방법 등의 용수로 자료와 관개단위별 면적, 영농계획 등을 포함하는 포장자료, 그리고 각 기간별 관개단위별 필요수량 자료가 필요하다. 이들 자료로부터 각 용수로 구간의 통수량이 계산되고, 분수문의 개폐정도에 따라 관개단위별 관개량이 계산된다. 관개단위별 관개량은 계산이 진행됨에 따라 합쳐져 필요수량을 만족할 때까지 계속된다.

관개가 진행됨에 따라 필요수량 만큼 관개된 관개단위에 대해서는 분수문을 폐쇄하게 된다. 이에 따라 용수로의 수로상태가 바뀌게 되므로 다시 각 구간별 통수량을 계산하고, 남아 있는 관개단위의 관개량을 조정한다. 이와 같은 계산을 반복하여 관개지구의 필요수량이 채워지면 관개가 종료된다. 따라서, 본 모형을 통하여 관개단위별 필요수량이 계산되고, 시간의 경과에 따른 용수로의 통수상황과 각 관개단위별 관개시간, 즉, 분수문의 개폐시간을 제시할 수 있게 되어, 관개에 소요되는 시간을 예상할 수 있게 된다.

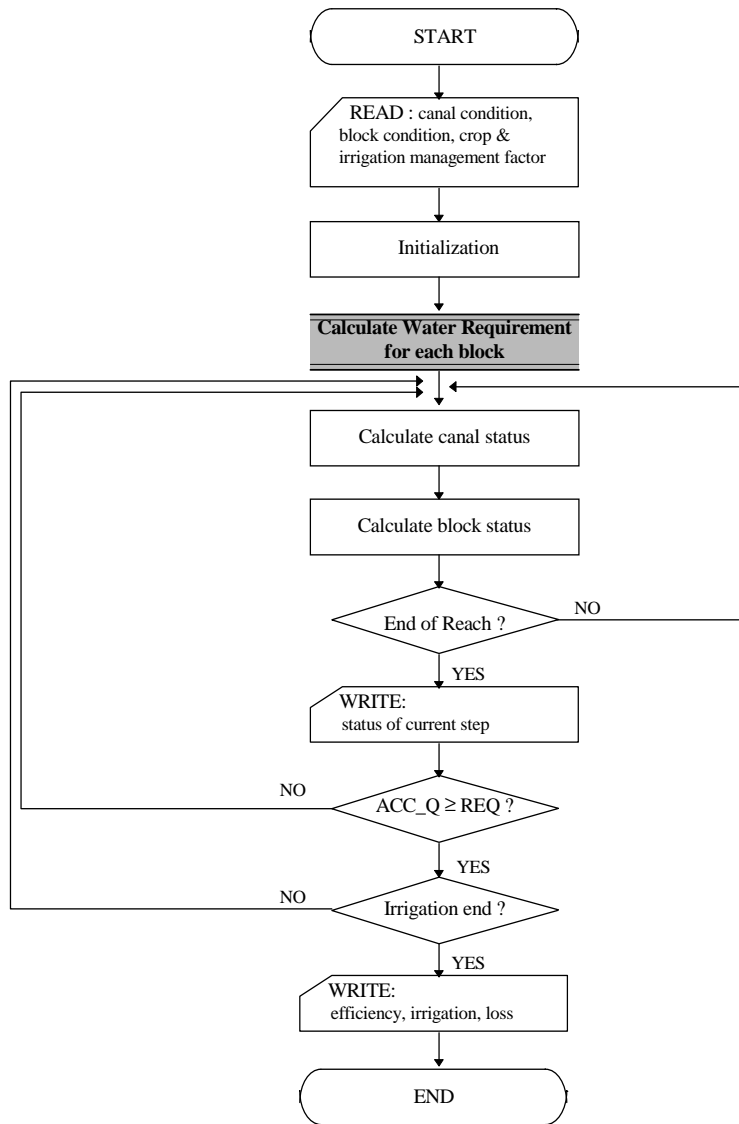
일부 관개단위에서 관개가 종료되면, 그 하류부의 용수로 통수량은 많아지지만 나머지 관개단위로 용수를 공급할 수 없게 되면 쓸모없게 되어 용수간선의 말단부로 빠져나가는 용수손실이 발생하게 된다.

<그림 6-2>는 관개조직의 용수분배를 최적화하기 위한 모형의 흐름도이다. 관개지구에서 용수의 적정분배를 달성하는 것을 목적으로 하는 본 모형에서는 용수의 무효방류를 최소화하고, 용수의 분배에 따른 관개효율을 최대화하기 위하여 최적화기법을 도입하였다.

농업용수의 공급에 있어서 용수로 최상류 구간의 통수량의 결정, 시간별 분수문의 조작

지침, 현지여건 등의 다양한 조건을 고려하고, 각 단계에서 발생하는 용수의 최적분배를 위한 최적화기법으로 동적계획법을 채택하였다.

대상구역의 연결형태를 상류로부터 하나의 수로 구간에서 관개를 하는 몇 개의 구간으로 정의한 후, 각 구간에서 입력변수  $S_i$  을 수로 구간을 통과하는 유량, 결정변수  $X_i$  을 각 구간의 분수문 개폐 여부로 정의하고, 시간  $t$  를  $\Delta t$  개념으로 이산화하여 사용하며, 관개시간에 대하여 연속적으로 수위 및 유량변화를 모의한다. 이때, 동적계획모형의 적용을 위하여  $i$  단계의 결정변수  $X_i$  을 유한개수의 벡터집합으로 이산화하여(Discrete Dynamic Programming; DDP), 각 단계에서 결정변수의 값으로 대표되는 관개지구의 관개량과 용수로 시점의 통수량을 비교하여, 용수의 무효방류를 최소화하도록 하는 분수문 개폐를 결정할 수 있다.



<그림 6-2> 모형의 계산 흐름도

### 6.3.1 모형의 수식화

본 모형의 일차적 목표는 용수로 구간에서 용수의 무효방류의 최소화를 달성하는 것이다. 따라서, 본 모형에서는 단계별로 관개지구의 관개량과 용수로 시점의 통수량의 차이에서 계산되는 용수의 무효방류를 최소화하고, 포장에서 용수의 균등분배를 달성하기 위해 각 단계별 분수문의 최적 조작계획을 수립하도록 한다. 이에 따라 목적함수와 제약조건식을 수식화하면, 식(6.15) ~ 식(6.19)와 같이 정의할 수 있다.

$$\text{Minimize } R_i = Q_{0,i} - (S_i + \sum_{j=0}^N I_{i,j}) \quad (6.15)$$

$$\text{subject to } Q_{0,j} \leq Q_{0,\max} \quad (6.16)$$

$$I_{i,j} \leq REQ_{i,j} \quad (6.17)$$

$$h_{i,j} \leq h_{i,\max} \quad (6.18)$$

$$Q_{i,j} \leq Q_{i,\max} \quad (6.19)$$

여기서,  $R$  은 무효방류량( $m^3$ ),  $Q_0$  는 용수로 시점의 통수량( $m^3$ ),  $S$  는 용수로 구간의 일정 수위를 유지하는 데 채워지는 양으로 정의되는 수로내 정체수( $m^3$ ),  $h$  는 수로구간의 수심( $m$ ),  $q$  는 수로구간의 유량( $m^3/sec$ ),  $I$  는 관개단위의 관개량( $m^3$ ), 첨자  $i$  는 시간에 따른 계산단계, 첨자  $j$  는 용수로에 따른 공간적 계산구간,  $REQ$  는 관개단위의 필요수량 및 첨자  $\max$  는 용수로 수로특성에 의해 결정되는 수위, 유량의 최대치를 각각 나타낸다.

각 단계에서 결정변수  $X$ 는 각 분수문의 조작조건 및 용수로에서 흐름에 따라 결정되는 분수문 개폐 여부로 정의되는 데, 이를 수식화하면 초기의 분수문 개폐상태는 식(6.20)과 같은 형태로 나타낼 수 있으며, 각 단계에서 분수문 개폐를 결정하는 것은 단계별로 계산되는 관개단위의 관개량과 관개단위의 필요수량이다.

$$X_i = [0, 0, 0, 0, \dots, 0; I_i] \quad (6.20)$$

#### 1) 필요수량산정

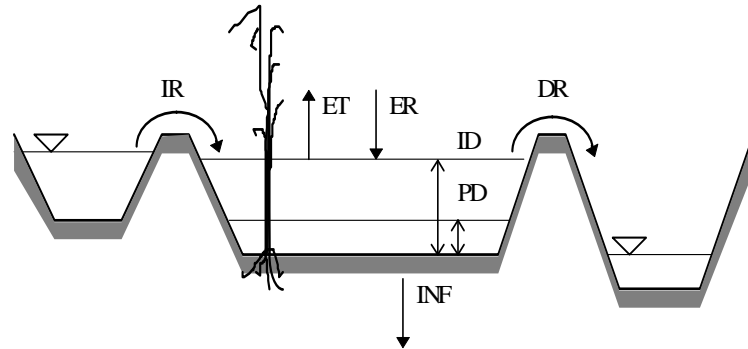
논에서 필요수량은 물수지 관계에 의하여 답포장의 생육시기별 적정담수심과 현재의 포장담수심의 차이로부터 계산한다. 답포장의 필요수량 산정은 식(6.21)과 같이 표현할 수 있다.

$$REQ_t = ID_t - PD_t \quad (6.21)$$

여기서,  $REQ$  는 관개단위의 필요수량(mm),  $ID$  는 적정담수심(mm),  $PD$  는 포장담수심(mm),  $t$ 는 일단위 시간을 나타낸다. <그림 6-3>은 포장의 물수지를 나타낸 것이다.

가. 적정담수심

논에서 적정담수심은 논벼의 최대 수확량을 전제로 하여 만들어진 생육단계별 담수기준이며, (표 6-1)에 제시되어 있다.



<그림 6-3> 논에서의 물수지 개념도

(표 6-1) 논벼의 생육단계별 적정담수심

Date	6/10	6/20	6/30	7/10	7/20	7/30	8/10	8/20	8/30	9/10	9/20	9/30
Days after transplanting	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Growth stage	Root setting		Tiller			Elongation		Heading		Ripening		
Depth(mm)	60		40	10	60		60		40			

\*) 자료 : 농업개발연구소, 서울대학교, 1986

나. 포장담수심

논에서 포장담수심은 전일의 담수심에 관개량과 유효우량을 합하고 벼의 근역 밖으로 배제되는 침투량과 포장 밖으로 배제되는 증발산량과 배수량을 뺀 값으로 정의된다. 포장의 현재 담수심은 식(6.22)에 의해서 계산한다.

$$PD_t = PD_{t-1} + IR_t - ET_t - INF_t + ER_t - DR_t \quad (6.22)$$

여기서,  $PD$  는 포장담수심(mm),  $IR$  은 관개량(mm),  $ET$  는 증발산량(mm),  $INF$  는 침투량(mm),  $ER$  는 유효우량(mm),  $DR$  은 배수량(mm) 및  $t$ 는 일단위 시간을 각각 나타낸다.

다. 증발산량

논벼의 실제 증발산량은 FAO 수정 Penman식으로부터 구한다. 수정 Penman식은 여러

가지 연구를 통해 국내에서 비교적 정확한 값을 구할 수 있다고 알려져 있으며, 논의 잠재증발산량을 산정하는 FAO 수정 Penman식은 식(6.23)과 같다.

$$ET_p = C[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)] \quad (6.23)$$

여기서,  $ET_p$ 는 잠재증발산량(mm/day),  $W$ 는 온도로 계산되는 가중치,  $R_n$ 은 순일사량(mm/day),  $f(u)$ 는 풍속함수,  $(ea - ed)$ 는 증기압차(mb),  $C$ 는 주야의 기후차에 의한 보정계수이다. 논벼의 실제 증발산량은 수정 penman식에 의해 구한 잠재증발산량에 작물계수( $K_c$ )를 곱하여 구할 수 있는 데, 식(6.24)와 같이 나타낼 수 있다.

$$ET_t = K_c \times ET_p \quad (6.24)$$

여기서,  $ET_t$ 는 논벼의 실제 증발산량(mm/day),  $K_c$ 는 작물의 작물계수이다. 실제증발산량의 계산을 위한 작물계수는 각 지역별로 다른 값을 가지게 되며, 여기서는 (표 6-2)에서 제시한 대구지방의 1983년~1986년의 작물계수의 평균값을 사용한다.

(표 6-2) 수정 Penman 방법의 작물계수('83~'86)

	6			7			8			9
	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E
Kc	-	1.05	0.63	0.87	1.34	2.03	2.36	2.02	2.32	1.90

\*) 자료 : 농업개발연구소, 서울대학교, 1986

#### 라. 유효우량

유효우량은 관개기간에 포장으로 내린 강우량 중에서 관개에 이용되는 양으로 정의된다. 일반적으로 유효우량은 논에서 낙수구 높이와 담수심에 의해 결정된다. 즉, 강우량이 낙수구 높이와 담수심의 차이보다 크면 유효우량은 낙수구 높이까지의 강우량이 되며, 담수심이 낙수구 높이를 유지하고 있으면 논에 내린 강우량은 낙수구를 넘어 배제되어 유효우량은 존재하지 않는다. 유효우량은 산정은 식(6.25)로 계산한다.

$$RF \leq FB, \quad ER = RF, \quad ERR(\%) = 100 \quad (6.25)$$

$$RF > FB, \quad ER = FB, \quad ERR(\%) = 100(FB/RF)$$

$$RF = 0, \quad ER = 0, \quad ERR(\%) = 0$$

여기서,  $ER$ 은 유효우량(mm),  $ERR$ 은 유효율(%),  $RF$ 는 강우량(mm),  $FB$ 는 포장의 적정담수심과 포장담수심의 차( $ID - PD$ )로써 정의되며, 식(6.25)에 의해 계산된 값을 사용한다.

#### 마. 침투량

논의 침투량은 담수상태를 유지하기 때문에 토양의 특성, 포장조건, 지하수위 등에 영향을 받게 되므로 시기적으로 변화하는 경향을 가지고 있다. 토성에 따른 강하침투량은 (표 6-3)과 같다. 그러나 본 연구에서는 침투량의 변화를 측정한 자료가 많지 않기 때문에 논



바닥에서의 강하침투와 눈두렁을 통한 침투를 고려하여 일정한 값을 가지는 것으로 보았다. 일평균 침투량을 4~10mm의 범위에서 변하는 값으로 보아 토양의 종류에 따라 선택하여 사용한다.

(표 6-3) 토양통별 일평균 침투량

Soil type	sand	sandy loam	loam
Infiltration rate (mm/day)	3~6	2~3	1~2

## 2) 용수로의 수리해석

용수로의 흐름의 형성을 결정하는 인자는 수로의 기하학적 요소, 수로의 재질, 단면의 조도, 수위, 통수량 등이며, 수로시설의 운용의 적정성은 수로효율로 표시된다. 모형의 단순화를 위하여 수로시설의 특징은 <그림 6-4>와 같이 모식화하였다.

1) 1개의 수로구간은 1개의 관개단위만 관개하고, 이때의 분지율은 관개단위의 관개량과 구간 통수량의 비로써 정의한다. 각 관개단위별 관개량의 계산은 구간의 분지율과 용수로 구간의 유량의 관계로부터, 식(6.26)에 의해 계산한다.

$$I_{i,j} = DR_j \cdot Q_{out\ i,j} \quad (6.26)$$

여기서  $I$  는 관개단위의 관개량( $m^3/sec$ ),  $Q_{out}$  은 각 구간의 통수량( $m^3/sec$ ),  $DR$  은 각 관개단위의 분지율, 첨자  $i, j$  는 계산단계와 구간을 각각 가리킨다.

2) 용수로는 취수시설로부터의 유입량, 유역으로부터의 유입량 및 포장배수량도 처리한다.

### 3) 수리해석

수로의 형태는 직사각형이며, 이 때의 수심은 등가수심으로 한다.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}} \quad (6.27)$$

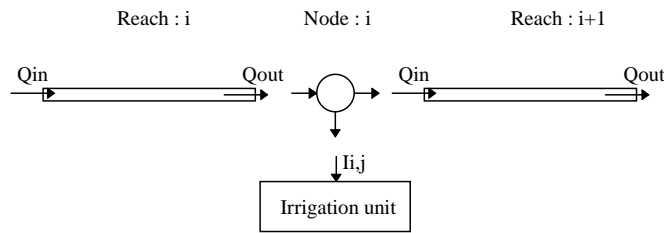
수리해석에는 연속방정식과 등류수심법을 사용한다.

$$Q = V \cdot A = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}} \cdot A \quad (6.28)$$

여기서,  $Q$  는 유량( $m^3/sec$ ),  $V$  는 유속( $m/sec$ ),  $R$  은 동수반경( $m$ ),  $A$  는 수로의 단면적( $m^2$ ),  $n$  은 수로의 조도계수 및  $S_o$  는 수로의 바닥경사이다.

구간 유입량에 대한 등류수심과 구간 유출량에 대한 등류수심의 평균치를 그 구간의 평균수심으로 한다. 수로 구간에서는 구간의 수위를 채우기 위한 정체수가 발생하며, 이때 저류수심은 그 구간의 수심으로 한다. 하류 구간으로 용수의 이동과 관개단위의 관개는 수로의 수위가 일정하게 유지된 후에 가능한 것으로 한다.

분수문의 개폐에 따른 용수로의 수심 계산은 유량의 전파가 다음 구간으로 진행된 후 다음 구간의 시점에서 등류수심을 계산하여 다음 구간의 평균수심으로 한다.



<그림 6-4> 수로에서의 용수분배 과정

### 3) 관개방식

용수의 분배방법에 따른 관개방식은 정해진 양을 계속하여 관개하는 연속관개 (continuous irrigation), 관개구역을 여러 개의 소구역으로 나누어 순서를 정하여 순서에 따라 관개하는 윤환관개(rotation irrigation), 필요한 구역과 기간에 비정기적으로 관개하는 간단관개(intermittent irrigation), 수요자가 필요할 때 필요한 양을 관개할 수 있는 청구관개(demand irrigation), 등이 있다. 우리나라의 관개는 논관개의 경우 간단관개가 가장 많이 이용되고 있다.

관개방법은 관개지구의 지형, 영농, 경제, 사회적인 조건을 고려하여 선정하여야 하며 현재의 여건뿐만 아니라 앞으로의 발전방향, 즉 인력관리에서 기계, 전기, 전자기술을 이용한 자동관리로, 공급자 주도에서 수요자 주도로 진행되고 있는 것을 고려한다.

#### 가) 관행물관리의 문제점

관행물관리에 의한 농업용수의 분배에서 발생하는 제한사항이나 문제점은 다음과 같다.

- 용수로 조직에서 측정, 조절, 분수시설의 부족, 파손, 관리 미숙으로 과다한 관리손실이 발생하고 있다.
- 합리적이고 계획적인 관개가 이루어지지 못하며, 관개와 배수가 적절히 시행되지 못한다.
- 포장에서의 물관리 미숙으로 낙수구를 통한 배수가 많이 발생하고 있으며, 이에 따라 관개효율이 낮다.
- 농민들이 관행적으로 심수관개, 내리흘림식 관개 등을 채택함으로써 물관리의 효율화에 저해요인이 되고 있다.
- 상하류간에 용수의 균등분배가 이루어지지 않는다.
- 수로의 통수능력의 저하로 계획된 용수를 작물이 필요로 하는 시간내에 공급하지 못하고 있다.

## 나) 관개방식의 개선

관행 물관리의 문제점을 개선하기 위하여 다음과 같은 형태로 관개방식을 설정하였다.

- 연속관개 : 용수로의 수로조건에 따른 용수로 시점의 최대 통수량을 연속적으로 통수하는 방법으로, 용수로의 통수량을 많이 함으로서 빠른 시간내에 관개할 수 있는 관개방식이다. 분수문의 개폐시간은 현지에서 농민들이 포장을 관리하기에 편한 시간으로 하여 선택한다.
- 실시간 조작에 의한 관개 : 실시간(real time)은 충분히 빠른 시간내에 응답을 주어 실제 시간내에 반드시 문제를 해결하는 것으로 정의된다. 따라서, 실시간 조작이란 실제 관개지구에서 발생하는 조작의 시간간격을 조작자에 의해 현지에서 조작 가능한 범위내에서 설정하고, 분수문의 개폐와 용수로 시점의 통수량을 조절하는 것으로 정의할 수 있다.
- 하류 구간 우선 관개 : 하류 구간부터 우선적으로 관개하는 방식은 용수로의 하류 구간에서 발생하기 쉬운 용수의 차등분배를 해결하고자 용수로에서 하류에 속하는 구간을 선정하여 우선적으로 관개하는 방식이다. 용수로 시점의 통수량은 관개단위의 관개상태에 따라 바뀌게 되며, 분수문 개폐에 대한 시간간격과 용수로시점의 통수량 조절에 대한 시간간격은 하류구간의 관개량이 필요수량의 50%가 채워질 경우, 상류구간에서 관개를 시작하는 것으로 한다.
- 상류 구간 우선 관개 : 본 관개방식은 용수로 상류 구간의 관개량이 50%가 채워질 때까지, 상류구간에서만 관개를 하고, 그 이후 상류구간의 관개단위별 관개상태에 따라 분수문을 개폐하고 하류구간에서 관개를 시작한다.
- 전 구간을 같은 시간에 끝나도록 관개 : 본 관개방식은 용수로의 전체 분수문을 조작하여 같은 시각에 끝나도록 분수문의 개폐 및 용수로 시점의 통수량을 조절하면서 관개하는 방식이다.
- 용수로 시점의 통수량을 관개상태에 따라 조절하면서 관개 : 본 관개방식은 관개단위의 관개상태를 몇 개의 단계로 나누고 각 상태에 따라 용수로 시점의 통수량을 조절하면서 관개하는 방법이다.

이상과 같은 6개의 관개방식에 따른 제한요인들을 정리하면 (표 6-4)와 같다.

(표 6-4) 관개방식에 따른 제한요건

Case	Release		DT1 (hrs)	DT2 (hrs)	CTIME (min)
	Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	Step			
1	$Q_0=Q_{max}$	1	6	6	10
2	$Q_0 \leq Q_{max}$	2	1	1	10
3	$Q_0 \leq Q_{max}$	2	6	6	10
4	$Q_0 \leq Q_{max}$	2	6	6	10
5	$Q_0 \leq Q_{max}$	1	6	6	10
6	$Q_0 \leq Q_{max}$	3	6	6	10

#### 4) 관개효율

농업용수의 관리 정도는 용수이용의 대부분을 차지하는 관개용수의 이용효율로 판단할 수 있으며, 수로조직과 포장에서의 관개효율은 수로효율(conveyance efficiency,  $E_c$ ), 분배효율(distribution efficiency,  $E_d$ ), 포장관개효율(field application efficiency,  $E_a$ )로 구분한다.

##### 가) 수로효율

수로효율은 용수간선과 지선을 통하여 전달된 물에 대해 분수문을 통하여 분배된 물의 비율이며 식으로 나타내면, 식(6.29)와 같다.

$$E_c = \frac{V_d}{V_c} \times 100 \quad (6.29)$$

여기서,  $E_c$  는 수로효율(%),  $V_c$  는 수로에 공급되거나 하천에서 양수한 물의 양(m<sup>3</sup>),  $V_d$  는 분수문에서 분수된 물의 양(m<sup>3</sup>)이다.

수로효율은 수로의 길이, 유량, 구조 및 관리상태, 관개시간 등에 따라 차이가 크며, 우리나라의 수로조직은 일반적으로 용수간선과 지선의 길이가 길고 조절능력이 없으며, 주로 흙수로로 되어 있다. 또한 수로구조물의 유지관리도 불량하여 수로를 통한 침투손실과 누수손실 이외에도 관리미숙으로 인한 관리손실도 크게 작용한다.

##### 나) 분배효율

분배효율은 분수문을 통하여 분수된 물에 대해 포장으로 관개된 물의 비율로 정의된다. 이를 식으로 나타내면 식(6.30)과 같다.

$$E_d = \frac{V_f}{V_d} \times 100 \quad (6.30)$$

여기서,  $E_d$  는 분배효율(%),  $V_f$  는 포장에 관개된 물의 양(m<sup>3</sup>)이다.

다) 포장관개효율

포장관개효율은 포장에 관개된 물에 대해 작물의 생육에 필요한 담수심 유지를 위하여 공급된 물의 비율로써 정의된다. 이를 식으로 나타내면 식(6.31)과 같다.

$$E_a = \frac{V_m}{V_f} \times 100 \quad (6.31)$$

여기서,  $E_a$  는 포장관개효율(%),  $V_m$  은 포장에 관개된 물의 양 중에서 담수심을 유지하는데 사용된 물의 양( $m^3$ )이다.

**5) 저수지 방류량의 결정**

관개용 저수지의 방류량은 작물의 필요수량을 주 대상으로 하고 있으며, 우리나라와 같이 논벼를 주 작물로 하는 경우에는 기상조건이나 포장상태에 따라 달라진다.

저수지 방류량은 관개면적에 따라 관개단위별 관개량을 계산하여, 각 관개단위별 관개량의 합을 공급하는 것으로 식(6.32)에 의해 결정한다.

$$Q_0 = \sum_{j=0}^N C_j \times REQ_j \quad (6.32)$$

여기서,  $Q_0$ 는 용수로 시점의 통수량( $m^3/sec$ ),  $REQ$ 는 관개단위의 필요수량( $m^3$ ),  $C$ 는 관개면적의 크기에 따른 계수( $sec^{-1}$ ), 첨자  $j$ 는 이다.

관개단위별  $C$ 는 설정된 관개단위의 관개면적에 따른 관개 가능시간을 고려하여 (표 6-5)와 같이 정하였다.

(표 6-5) 관개면적에 따른 매개변수 결정

AREA(ha)	$0 < A \leq 5$	$5 < A \leq 10$	$10 < A \leq 15$	$15 < A \leq 20$	$20 < A$
$C(1.0 \times 10^{-5} sec^{-1})$	0.864	1.296	1.728	2.160	2.592

**6.4 모형의 적용**

**6.4.1 자료의 이용가능성 분석**

모형의 모의결과와 비교하기 위해서 물관리 자동화 시스템의 운영자료를 이용하기 때문에 수집자료에 대한 자료의 이용가능성 검토에 대한 결과를 바탕으로 알맞은 기간의 자료를 선정하는 것이 필요하다. 이를 위해서, 하드웨어와 소프트웨어에서 생길 수 있는 오류의 정도를 검토하기 위해서는 신뢰성(Reliability), 정밀성(Accuracy)에 대해 검토하였다.

신뢰성은 총 운영기간중 시스템의 오동작으로 수집된자료의 진위를 검정할 수 없는 자료를 제외한 이용 가능한 자료의 비율을 말한다. 각 계측시설은 용수로, 저수지, 유역, 하

천에 설치되어 각각의 상한치와 하한치로 설정되어 있는 데, 용수로의 경우, 수로의 높이에 따라 0~1.2m의 허용 범위에 들어오는 값의 개수를  $N_c(t)$ 라고 하고, 이 범위를 벗어난 값의 개수를  $N_f(t)$ 라고 했을 때, 신뢰성은 다음 식(6.33)으로 계산된다.

$$R(t) = \frac{N_o(t)}{N} \times 100 = \frac{N_o(t)}{N_o(t) + N_f(t)} \times 100 \quad (6.33)$$

여기서,  $R(t)$ 은 자료기간 동안의 신뢰성(%)이고,  $N$ 은 자료기간 동안 수집된 총 자료의 개수를 말하며,  $N_o(t)$ 는 수집된 자료의 허용범위내의 자료 개수,  $N_f(t)$ 는 허용범위에 들지 않은 자료의 개수이다.

그러나, 수집된 자료가 허용범위내에 들더라도 예상치 못한 오동작, 장치의 결함, 고장, 파손 등의 원인으로 발생할 수 있는 여러 가지 오류가 생길 수 있으므로 주기적인 자료의 검토가 필요하다. 이를 위해 조사기간 중 계측장치의 수집자료와 현장검정을 통해 수집한 실측자료와의 비교, 다른 계측장치의 계측값의 변화와 상호비교를 통해 검토를 통해 수집된 자료의 이용 가능한 정도를 나타내는 정밀성을 계산하며, 다음의 식(6.34)로 나타낸다.

$$A(t) = \frac{N_A(t)}{N_o(t)} \times 100 \quad (6.34)$$

여기서,  $A(t)$ 은 자료기간 동안의 정밀성(%)이고,  $N_A(t)$ 는 수집된 자료 중 이용 가능한 자료의 개수다.

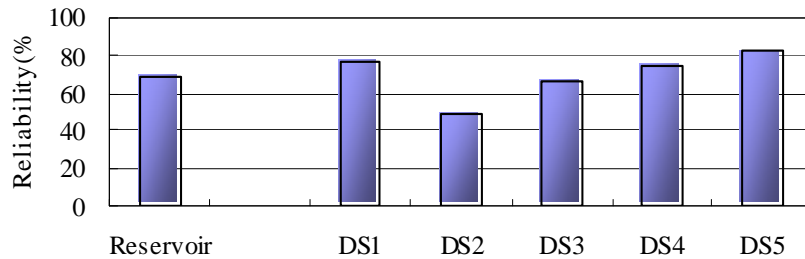
수집자료의 신뢰성에 대한 분석결과는 <그림 6-5>에 나타내고 있다. 특히 DS2 계측지점의 경우 가장 낮은 49%로 나타나 잦은 오류가 있었음을 알 수 있으며, 평균 73%의 신뢰성을 보이고 있다. 또한 1998년 자료의 경우 운영 초기와 8월부터 9월 사이의 홍수에 따른 고장으로 전체 기간에 대한 신뢰성은 낮은 경향을 보였다.

수집자료의 정밀성에 대한 분석결과는 <그림 6-6>에서 보여주고 있다. 대상지구의 자동화 시스템의 정확성은 76%에서 98%의 범위로 고장기간을 제외하고는 평균 90%이상의 정확성을 가지고 있음을 알 수 있었다.

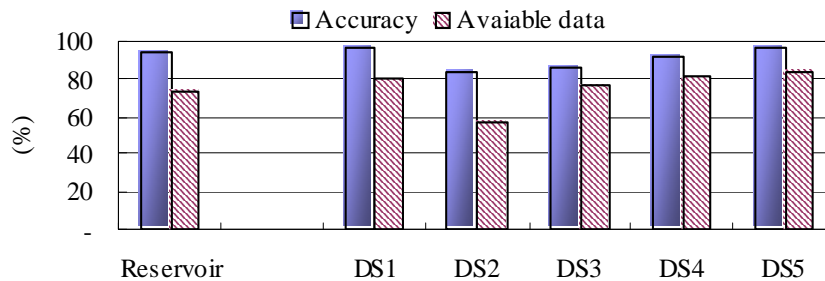
3개 년도의 수집자료 중에서 관개조직의 거동을 분석하기 위해 용수로의 전체 구간에서 동일한 기간에 자료를 얻을 수 있고, 수집된 자료가 높은 신뢰성(Reliability)을 가지고 있으며, 저수지의 저수위, 용수로의 수위에 대한 상호비교가 가능한 기간을 선정하였다. 1998년의 5월, 6월의 저수위자료 및 용수로 수위자료를 선정하였으며, 이 기간 동안 저수위 자료는 100 %의 신뢰성을 보여주었고, 용수로 수위 자료는 평균 97.4%의 신뢰성을 보여주었다.

1999년의 6월의 자료도 저수위 자료 및 용수로 수위 자료는 각각 100%, 85.4%의 신뢰성을 나타냈다. 1999년의 자료 중 5월의 자료는 저수위 자료 및 용수로 수위 자료가 각각 100%로 높은 신뢰성을 보여주었으나 자료의 개수가 926개 이었으며, 5월중 며칠 동안 정

상적인 동작을 보인 일부분의 자료만 수집되어 있어 본 연구에서 이용할 수 없는 자료로 제외하였다.



<그림 6-5> 수집자료의 신뢰성 분석

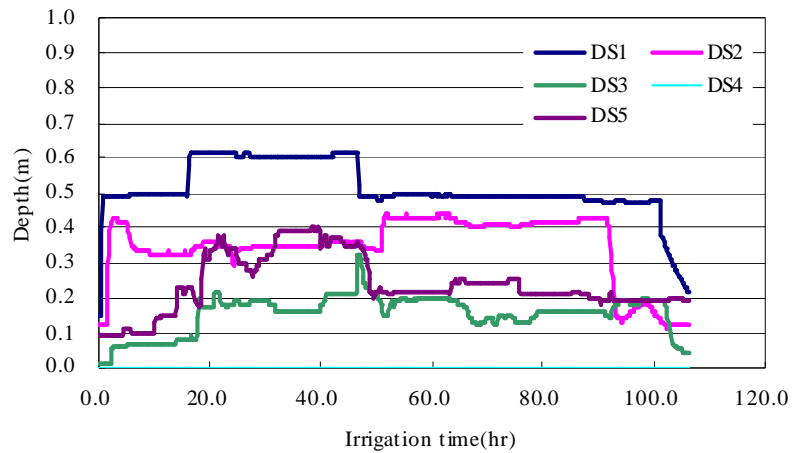


<그림 6-6> 수집자료의 정확도 및 이용가능성 분석

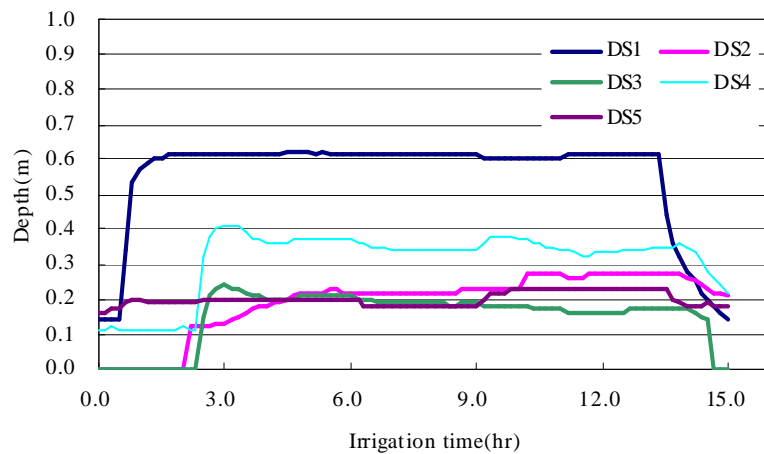
#### 6.4.2 모형의 보정

본 장에서는 모형의 검정을 위해서 1998년, 1999년 물관리자동화 운영자료로부터 1998년 5월 1일부터 6월 30일까지(98SET-1~98SET-8)의 기간 동안에 수집된 8개의 관개실적자료, 1999년 6월 1일부터 6월 15일(99SET-1, 99SET-2 및 99SET-3)에 수집된 3개의 관개실적자료를 각각 선정하여 모형의 적용성을 검토하기 위한 현장운영자료로 선택하였다.

<그림 6-7>은 1998년 6월 8일(98SET-5) 및 6월 12일(98SET-6)에 수집된 자료를 저수지에서의 통수개시시간으로부터의 경과시간에 따른 도시하였다. 용수로 구간에서의 수위는 계측시설로부터 일정시간에 걸쳐 수집되면 운영프로그램에 의해 각 구간의 유량을 계산한다.



<그림 6-7>(a) 덕담용수간선의 수위 현황(1998/6/8~6/9)



<그림 6-7>(b) 덕담용수간선의 수위 현황(1998/6/12~6/14).

매개변수의 수동보정은 모형의 매개변수를 계속적으로 변화시켜 추정치를 실측치와 비교하는 것으로 다양한 현장조건의 변화를 모형의 거동에 적용할 수 있으므로 보정에 많은 시간이 소요되나 안정적인 해를 구할 수 있다. 매개변수의 자동보정은 추정결과를 평가하기 위한 목적함수를 최소화 혹은 최대화 하도록 최적화 기법을 이용하여 매개변수를 결정하는 것이다.

본 모형의 매개변수의 보정은 수원공, 용수로 및 포장의 현장 수집자료에 의해 매개변수를 쉽게 결정할 수 있으므로 시행착오법에 의해 (표 6-6)과 같은 관개조작모형의 매개변수를 보정하였다.

매개변수는 저수지의 기타손실량을 계산하기 위한 LRatio, 용수로의 주요 분수시설물인 분수공의 유량계수(C), 수로의 제체를 통한 손실량(Closs), 구간별 Manning의 조도계수



(Mn) 및 포장의 배수물꼬높이(RH)로 분류하였다.

(표 6-6) 매개변수 개요

Parameters		Description
Water sources	LRatio	Ratio of minor loss in reservoir
Irrigation canal	C	Coefficient of discharge
	Closs	Loss in canal body
	Mn	Manning's roughness coefficient
Irrigation block	RH	Average ridge height in paddy

관개기간 동안 수집된 연속된 관개결과를 모의함으로써 저수지의 저수위 및 방류량, 수로 내 주요지점의 수위, 유량 및 용수도달시간, 포장의 포장담수심을 잘 추정할 수 있도록, 각 비교항목에 따라서 *RMSE* (root mean square error), 상대오차(relative error), 결정계수( $R^2$ ) 및 모형의 효율성( $E^2$ , model efficiency) 등으로 평가한다. *RMSE* 은 식 (6.35)에 의해 계산한다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_s(i) - Q_o(i))^2} \quad (6.35)$$

여기서,  $Q_o$  는 실측치,  $Q_s$  는 모의치 및  $i$  는 계산시간이다.

$E^2$  은 모형의 효율성을 평가하기 위한 방법으로 실측치와 모의치의 관계로부터 식 (6.36)과 같이 계산한다.

$$E^2 = 1 - \frac{\sum (Q_s - Q_o)^2}{\sum (\overline{Q_o} - Q_o)^2} = 1 - \frac{\partial_s^2}{\partial_o^2} \quad (6.36)$$

여기서,  $Q_o$  는 실측치,  $Q_s$  는 모의치 및  $\overline{Q_o}$  는 모의치의 평균값이다. 계산식의 분모는 실측치의 분산을 나타내며, 분자항은 실측치와 모의치의 불일치(index of disagreement)를 나타낸다. 모형의 효율성  $E^2$  는 추정치와 실측치가 일치하면 1.0이며, 그 값이 0과 1.0사이에 있으면 추정치를 사용하는 것이 실측치의 평균을 이용하는 것보다 좋은 과를 얻을 수 있고, 계산된 값이 0보다 작으면 추정 결과가 나쁘거나 실측자료가 일관성이 없음을 의미한다.

관개조직의 운영기록 및 현장 측정자료를 바탕으로 매개변수의 수동보정 방법에 의해 구한 매개변수는 (표 6-7)에 나타내었다.

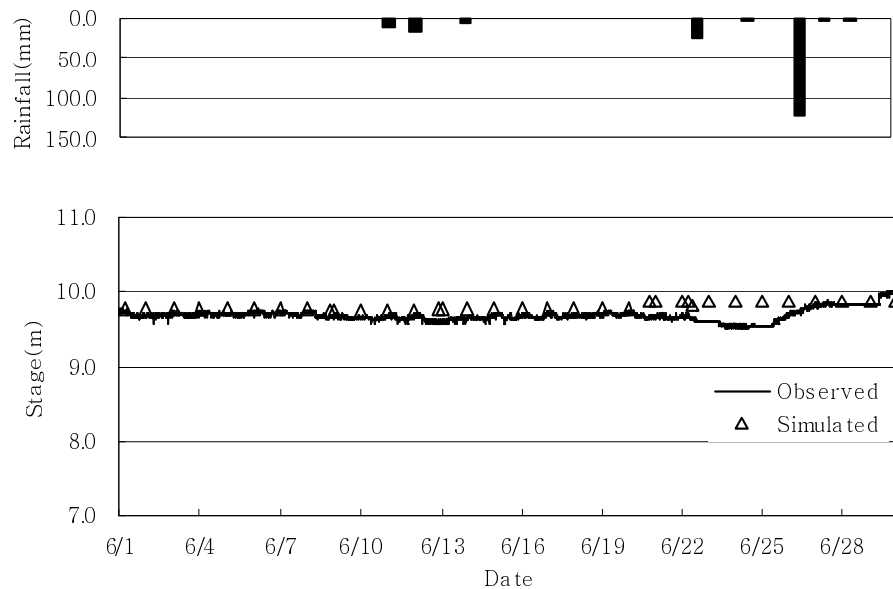
(표 6-7) 매개변수 보정 결과

Parameters		Duckdam main canal
Water sources	LRatio	0.405
Irrigation canal	C	0.62 ~ 0.65
	Closs	0.13
	Mn	0.018 ~ 0.024
Irrigation block	RH	0.045 ~ 0.088

### 1) 저수위 변화

관개용 저수지를 대상으로 하는 유역의 저수량을 모의한 결과는 비교기간인 1998년 6월의 실측저수위와 모의치를 비교한 결과는 <그림 6-8>과 같다.

1998년의 보정기간에 대하여 강우량이 189mm이었으며, 총 4회의 관개에 대한 저수지의 저수량을 분석한 결과  $RMSE$ 는 0.062m이었으며,  $R^2$ 는 0.828로 나타났고,  $E^2$ 은 0.63으로 나타나 모형을 통한 모의결과 저수위의 변동을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다.



<그림 6-8> 저수위 보정 결과

## 2) 수로내 유황 해석

### (1) 유입량의 변화에 따른 수로내 유황 변화분석

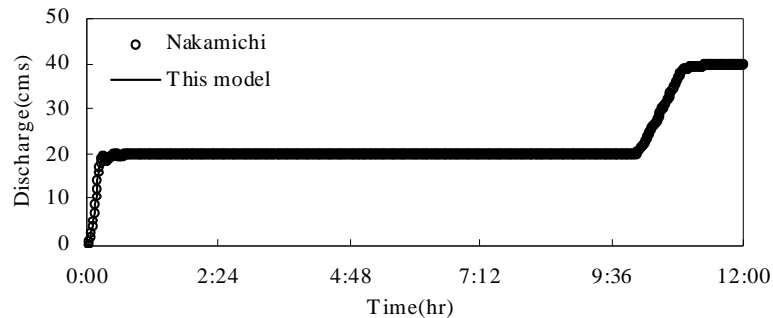
모형을 이용한 수로내의 유황변동에 따른 거동을 해석하기 위해서 유한차분해석을 이용한 수리해석모형의 기본 자료와 동일한 조건하에 모형의 결과치를 구하여 각 구간별 해석 결과를 <그림 6-9>에 도시하고 있다.

모형의 실행에 대한 자료는 수로의 길이가 2,400m이고 수로의 폭 및 높이가 각각 10m, 4m 인 가상적인 수로에 대해 수로구간을 400m 간격으로 나누고, 시점에서의 유입량을  $20 \text{ m}^3/\text{sec}$  에서  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$  로 증가시켜 시간에 따른 주요지점의 수위 및 유황의 변화를 비교 하였다.

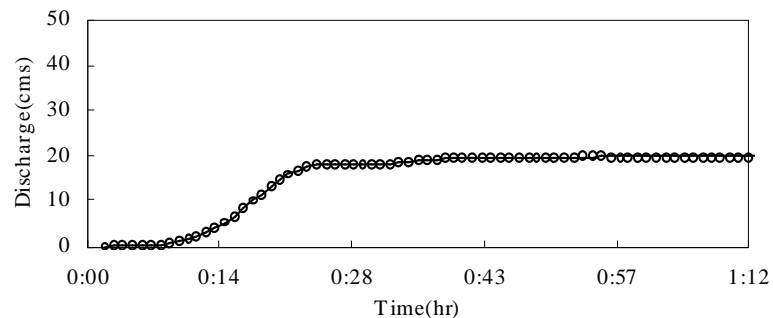
<그림 6-9>(a)는 처음에는  $20 \text{ m}^3/\text{sec}$  로 흘려 보내다가 10시간 후에  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$  로 증가시켰을 때 수로내의 반응을 보여주고 있으며, <그림 6-9>(b)~(e)는 거리별로 각 지점에 유황이 전파되어 도착한 시간부터 시간에 따른 수위변화를 보여주고 있다.

두 모형간 유황의 변화에 대한 재현성을 알아보기 위해 모형간 오차분석 및 상관분석을 실시하였으며, 그 결과는 <그림 6-10>에 나타내었다 분석결과 두 모형간의 오차는 전체 모의시간 동안 1% 범위 내에서 변동하고 있으며, 결정계수가 0.99로 나타나 높은 상관성을 보여주었다.

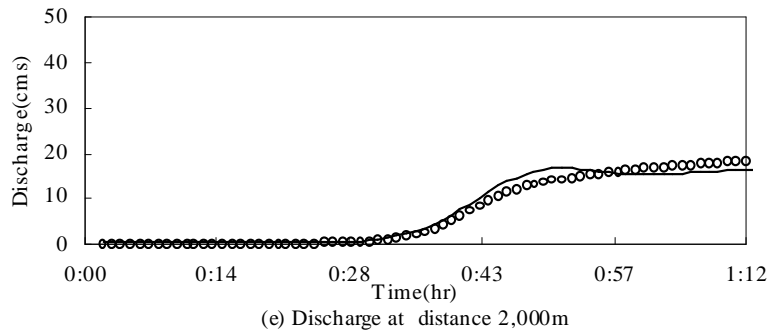
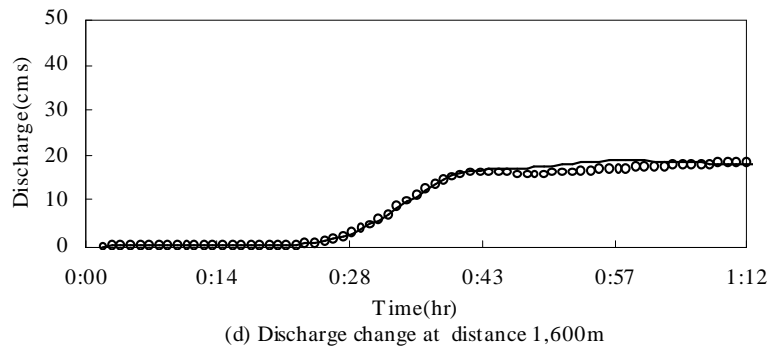
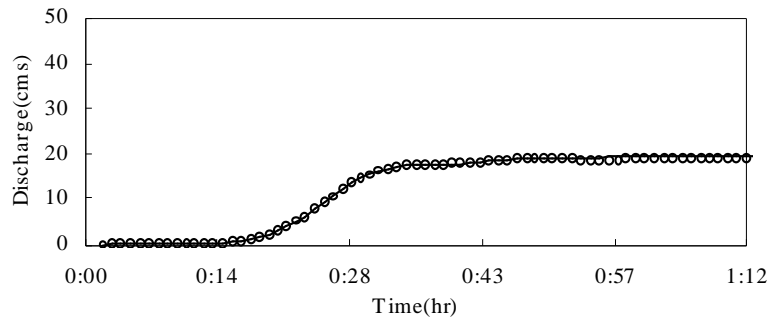
<그림 6-11>은 특정 구간에서의 두 모형간 유황, 수위 및 유속에 대한 비교 결과를 나타내고 있으며, 모의 결과 구간내의 유황이 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.



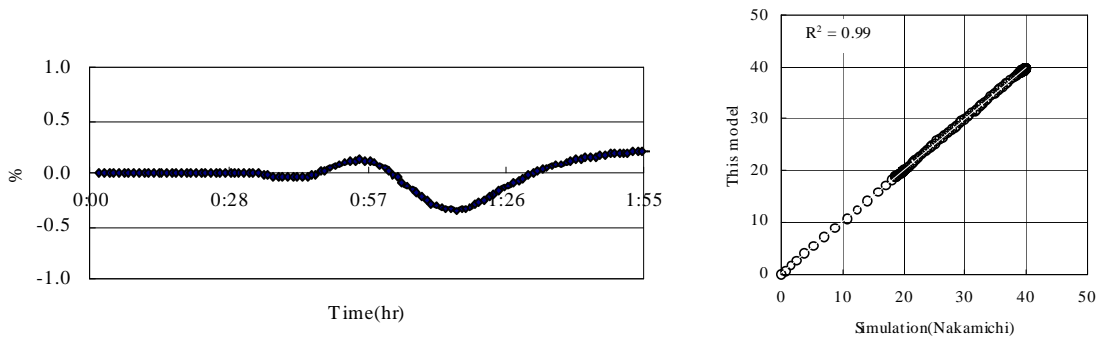
(a) Discharge change at distance 400m



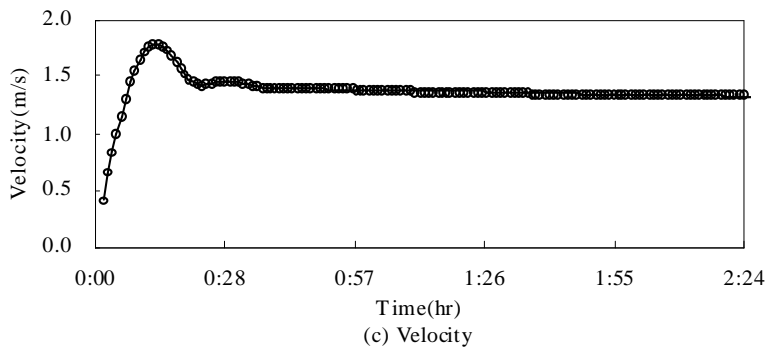
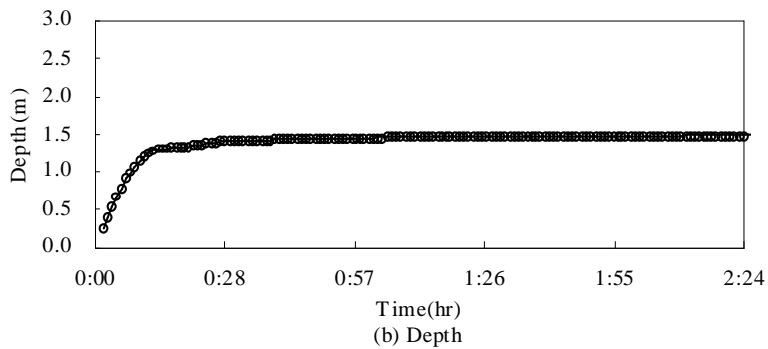
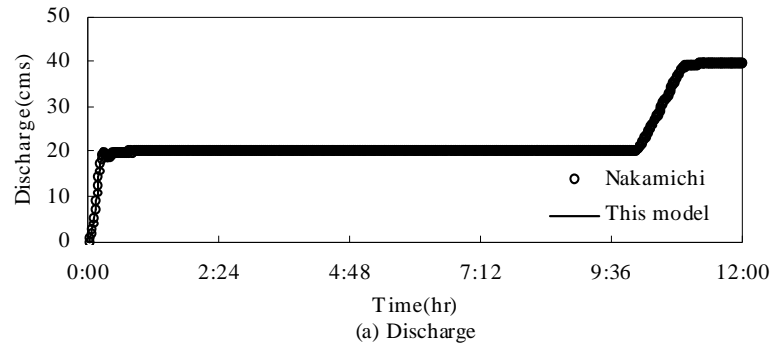
(b) Discharge change at distance 800m



<그림 6-9> 두 모형간의 유황해석 결과



<그림 6-10> 두 모형간의 실행오차 비교



<그림 6-11> 400m지점의 유량, 수위 및 유속 변화

### 3) 관개지구의 실측유량과 모의치의 비교 분석

98SET-1의 자료기간에 대해 관개기간 중 모의운영 결과를 바탕으로 용수로 조직의 거동을 분석하고자 한다.

방류량은 포장의 용수이용상태, 생육단계별 적정담수심, 용수로 조건 및 현재 수원공의 이용가능수량 등 여러 가지 조건에 의해 모형에서 결정하도록 하였다. 98SET-1의 시작일이 5월 4일로 우리나라의 남부지방의 영농시기에 따르면 씨레질 및 포장 준비시기로 포장에 담수심이 없는 경우이다. 따라서 본 기간 중에는 수리시설물 운영결과를 보면 대상지구의 전체 수혜지구에 걸쳐 모두 공급할 수 있도록 분수공을 일별로 하류구간부터 공급이 가능하게 조정을 하고 있다. 따라서 시설물 조작시기가 모형의 입력자료로 처리한다. 각

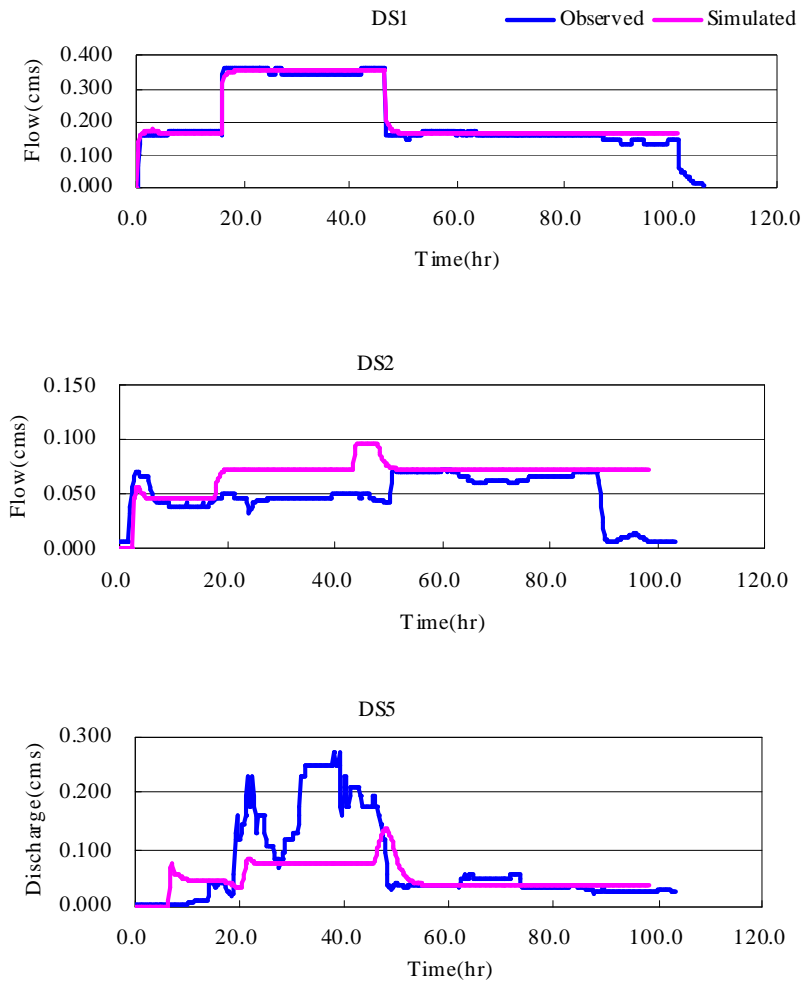
구간별 실측유량과 모의유량을 비교한 결과 용수로 주요구간의 유황이 유사한 결과를 보이고 있으며 모형에 의한 결과로부터 관개상황을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 모의 결과는 (표 6-8)에 나타내었다.

DS1, DS2, DS5지점의 *RMSE*는 0.092, 0.025 및 0.074,  $R^2$ 는 각각 0.97, 0.65 및 0.46으로 나타났고,  $E^2$ 은 0.96, 0.02 및 0.20의 값을 보여 모형을 통한 용수로의 거동을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다.

관개조직의 운영자료를 이용하여 용수로 시점에서 저수지로부터의 방류량의 모의 결과를 비교한 것은 <그림 6-12>와 같다. 모의 결과 실측치와 모의치의 결정계수( $R^2$ )는 0.94로 높은 상관성이 있음을 보여주었다.

(표 6-8) 98SET-1에 대한 보정 결과(1998/5/4)

Station	Travel time(hr)		RMSE	$R^2$	$E^2$
	Observed	Simulated			
DS1	0.50	0.50	0.092	0.97	0.96
DS4	1.83	2.05	0.025	0.65	0.16
DS5	18.83	23.67	0.074	0.46	0.20



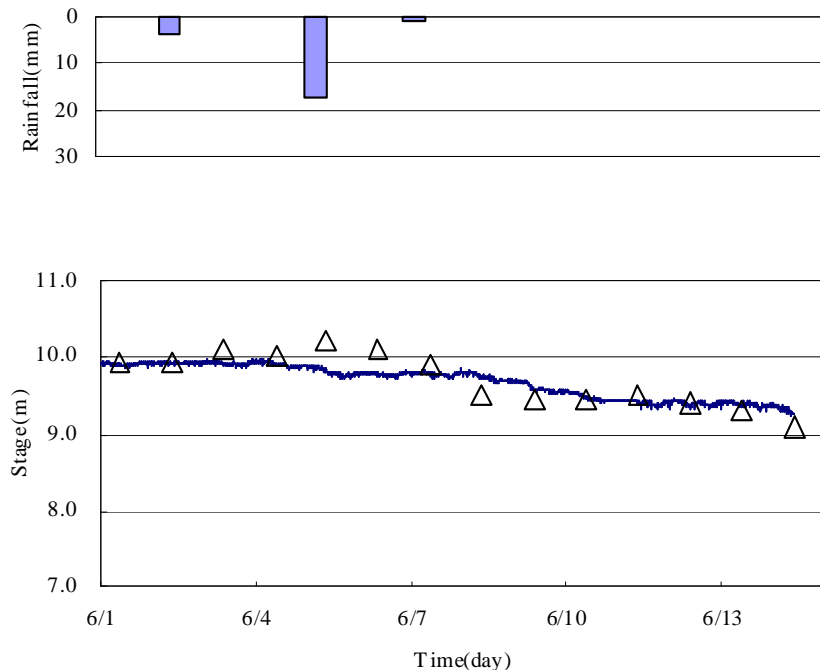
<그림 6-12> 보정결과(98SET-1)

### 6.4.3 모형의 검정

모형의 검정을 위하여 매개변수의 추정에 이용되지 않은 자료를 이용하여 모형의 일관성을 검토하였다. 대상자료는 1999년의 물관리자동화 운영자료 중 매개변수의 보정에 사용된 기간과 비슷한 시기에 측정된 1999년 6월 1일부터 6월 15일까지의 자료를 선정하였다. 매개변수의 보정에 사용된 자료는 6월 1일부터 6월30일까지의 자료였으나 1999년의 운영 중 6월 중순부터는 자료의 수집상태가 좋지 못하여 이 기간의 자료는 제외하였다.

#### 1) 저수지 저수위 변화

검정기간에 대한 저수위 변화에 대한 검정기간의 모의 결과는 <그림 6-13>에 나타낸 바와 같다. 결정결과는 15일간의 비교적 짧은 기간의 저수위에 대한 자료를 검정한 결과, 이 기간의 강우량이 22mm로, 총 3회의 관개에 대한 저수지의 저수위를 분석한 결과 *RMSE* 은 0.123m이었으며,  $R^2$  는 0.77로 나타났고,  $E^2$  은 0.46로 나타나 검정기간에 대한 저수지의 물수지 해석에도 보정기간에 보였던 결과와 유사한 경향을 보였다. 검정기간에는 저수지의 물수지를 결정하는 주요 변수 중 강우량이 보정기간보다 작아 저수지에서 방류량이 저수위 변화를 가져오는 데, 큰 영향을 주고 있는 것으로 판단되었다.



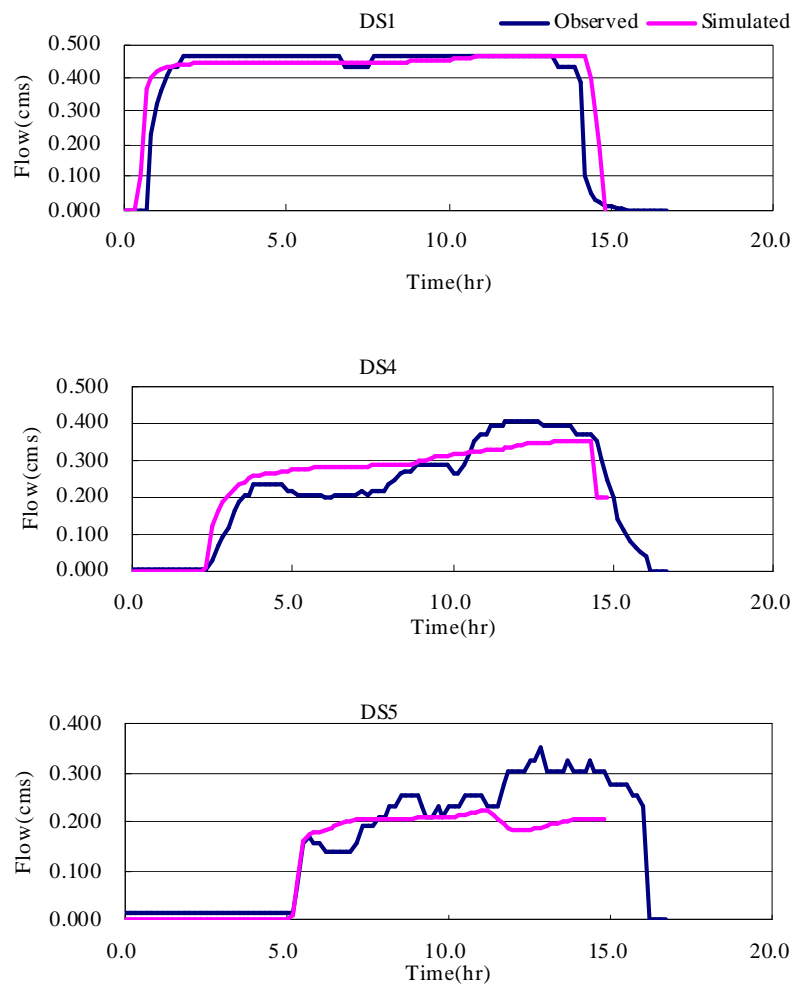
<그림 6-13> 저수위 검정결과(1999)

#### 2) 수로내 유황해석

모형의 검정기간 중 1999년 6월 8일의 관개현황자료에 대하여 실측치와 모의치를 비교한 결과는 (표 6-9) 및 <그림 6-14>와 같다. 검정결과 3개의 구간에서 DS1, DS4, DS5지

점의  $RMSE$  는 0.141, 0.096 및 0.064,  $R^2$  는 각각 0.87, 0.52 및 0.36으로 나타났고,  $E^2$  은 0.87, 0.46 및 0.97의 값을 보여 모형에 의한 모의치의 유용성을 확인해 주었다. (표 6-9) 99SET-1에 대한 검정결과(1999/6/8 )

Station	Travel time(hr)		RMSE	$R^2$	$E^2$
	Observed	Simulated			
DS1	1.00	0.67	0.141	0.87	0.87
DS4	3.33	3.17	0.096	0.52	0.46
DS5	5.67	5.50	0.064	0.36	0.97



<그림 6-14> 검정결과(99SET-1)

### 3) 용수도달시간 산정

본 대상지구의 관개조직에 대해 모형을 통한 용수도달시간의 산정을 통한 관개조직내의 수로시설물에 대한 조작시기의 결정을 위해, 수로내 유량조건의 변화를 통해 용수도달시간의 변화를 산정하고자 하였다. 모형의 적용을 위해서 1998년 6월 12일에 수집된 운영자료에 대해서 입력자료를 구성하여 유량별 용수도달시간을 산정하였다.

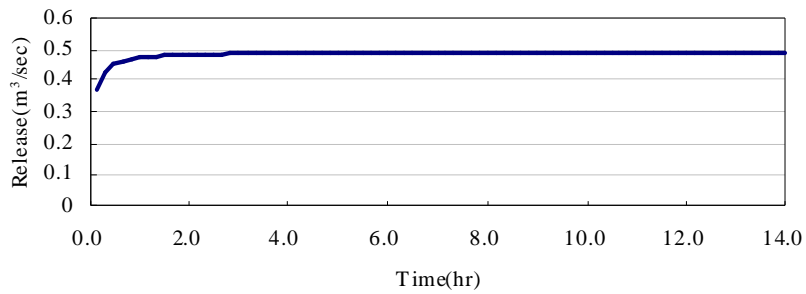


(1) 연속관개에 대한 용수도달시간

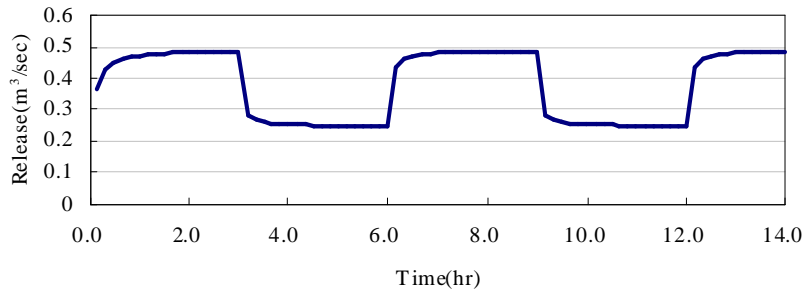
연속관개에 의한 용수도달시간의 변화는 수로에 유입하는 방류량의 크기와 관계가 있다. 방류량의 변화에 따른 용수도달시간을 산정하기 위해 방류량의 범위를 통상 관행적으로 방류하고 있는 0.200 ~ 0.485 m<sup>3</sup>/sec로 변화시켜 관개블록으로 용수를 공급하지 않는 상황에서의 구간별 용수도달시간을 산정한다. 선정된 관개방식에 따른 방류량 조절은 (표 6-10)에 나타낸 예와 같이 실시한다.

(표 6-10) 유량조절방식에 대한 적용기준

Method	Q <sub>release</sub>	Release change	
		Cycle (hr)	Ratio
Continuous irrigation	0.200~0.485	-	-
Modified continuous irrigation (reduced release)	0.485	1	
		2	0.8
		3	0.7
		4	0.6
		6	0.5
		12	



(a) Continuous irrigation : Q = 0.485 m<sup>3</sup>/sec



(b) Modified continuous irrigation : Q = 0.485 m<sup>3</sup>/sec, cycle = 2hr, ratio = 0.5

<그림 6-15> 관개방식별 유량기준

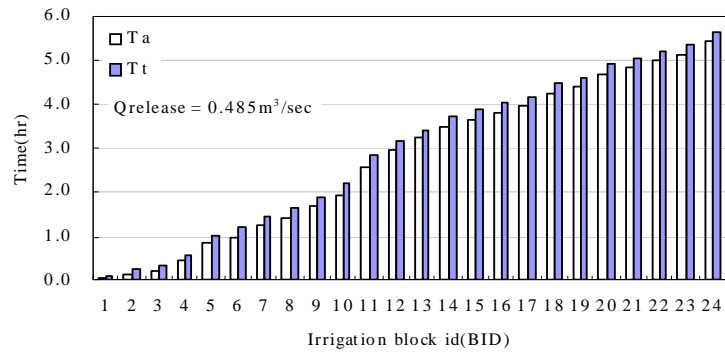
초기유량이 결정된 후, 모의된 각 지점별 용수도달시간을 각 관개블록별로 나타낸 것은 <그림 6-16>과 같다. 그림에서 각 지점에 따라 물머리도달시간과 용수도달시간은 구간에 따라서 다르게 계산되지만 최대 0.2667시간(약 16분)의 차이를 갖는 것으로 나타났다.

유량의 변화에 따른 물머리도달시간( $T_h$ )과 용수도달시간( $T_t$ )을 분석한 결과는 (표 6-11)에 나타낸 바와 같다. 유량의 변화에 따른 용수로 말단의 물머리도달시간  $T_h$ 는 유량이  $0.485 m^3/sec$  일 때 5.4194시간, 용수도달시간  $T_t$ 은 5.6389시간으로 각각 계산된다. 초기유량이  $0.230 m^3/sec$  일 때는 각각 6.8917, 9.6806으로 나타나, 모의된 유량에 최대 유량과 최대유량의 결과를 비교할 때 물머리도달시간은 약 27%증가하는 것으로 계산되었고, 용수도달시간은 약 71%증가하는 것으로 나타났다. 방류량이  $0.215 m^3/sec$  이하인 경우 용수로 말단까지 물머리는 도착하나 안정된 분수를 위한 일정 수위에 도달하지 못하여 용수도달시간의 계산에서 제외하였다.

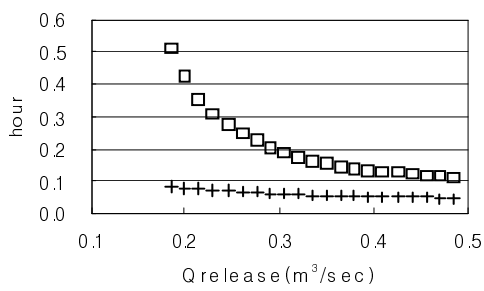
물머리도달시간은 용수로 내의 어떤 지점에 유황이 전과되어 처음으로 수위가 변화하는 시간이므로 방류량의 변화량에 그 차이는 적게 나타나게 되나, 용수도달시간은 어떤 지점의 안정된 분수를 위해 일정 수위에 도달하는 시간을 더함으로써 유량의 변화에 민감하게 반응하는 것으로 판단된다.

(표 6-11) 유량조절에 따른 용수도달시간 변화

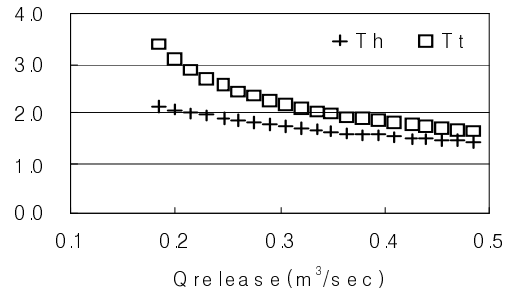
Qrelease	Max. $T_h$ (hr)	Max. $T_t$ (hr)	Total release (ton)
0.485	5.4194	5.6389	24,248.6
0.470	5.4722	5.7000	23,496.5
0.455	5.5306	5.7611	22,747.5
0.440	5.5889	5.8250	21,995.2
0.425	5.6528	5.8917	21,243.8
0.410	5.7194	5.9639	20,491.8
0.395	5.7861	6.0389	19,740.6
0.365	5.9361	6.2028	18,239.0
0.350	6.0167	6.2917	17,487.7
0.335	6.1028	6.3889	16,735.9
0.320	6.1944	6.4889	15,985.9
0.305	6.2889	6.6000	15,234.2
0.290	6.3917	6.7222	14,483.9
0.275	6.5028	6.8583	13,732.7
0.260	6.6222	7.0806	12,981.1
0.245	6.7500	7.8333	12,231.3
0.230	6.8917	9.6806	11,480.1
0.215	-	-	10,730.2
0.200	-	-	9,979.3



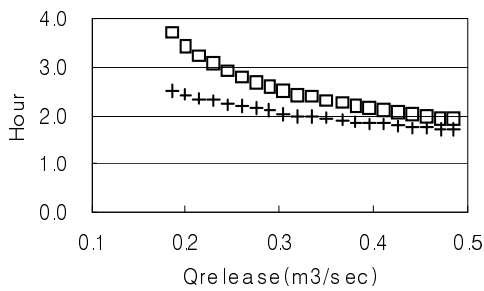
<그림 6-16> 용수도달시간 산정결과



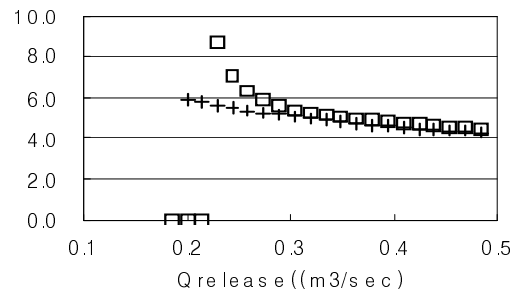
(a) BID 1



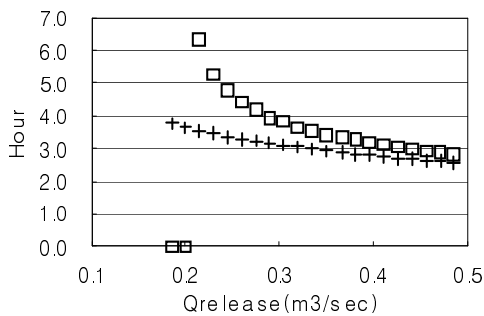
(b) BID 2



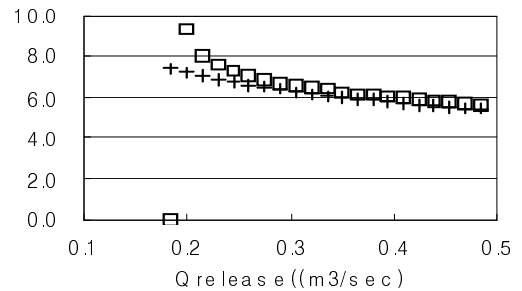
(c) BID 9



(d) BID 11



(e) BID 18

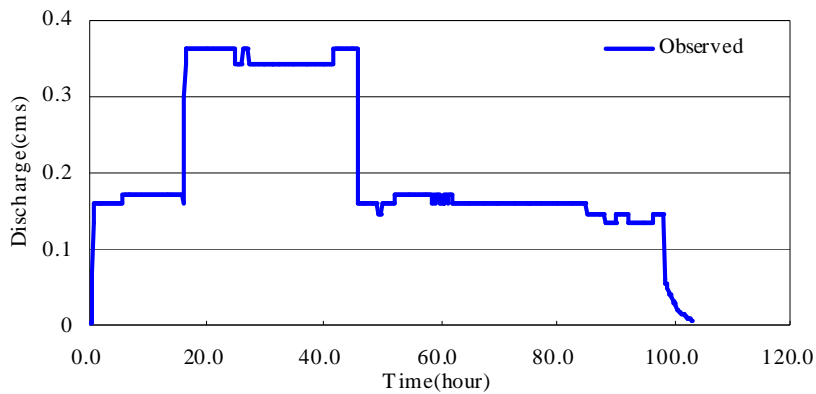


(f) BID 24

<그림 6-17> 유량변화에 따른 구간별 도달시간 변화

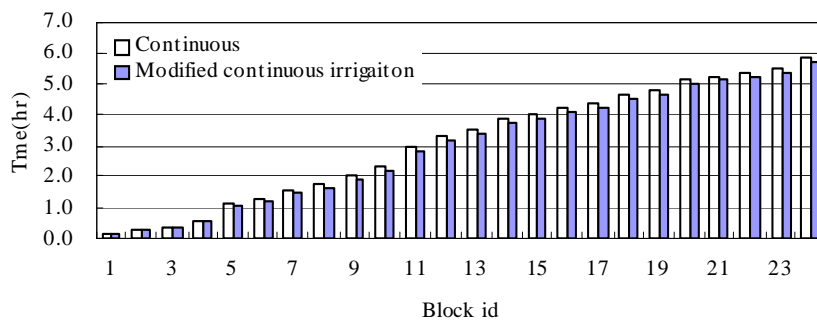
(2) 유량조절에 따른 용수도달시간

대상지구의 관행물관리에서 특정 관개블록의 용수공급을 위해 최단 시간에 관개용수를 공급하기 위해 방류량을 조절하기도 한다. 대상지구의 관개현황자료에 따르면, 저수지의 경우 용수로 하류지점에 물이 일정 시간 동안 도착하지 않는 경우가 발생하게 되며, <그림 6-18>의 예와 같이 시간에 따라 방류량을 달리하는 운영결과를 보이고 있다. 1998년 5월 4일의 운영자료를 보면 5월 8일 오후 2시에 방류량을  $0.172\text{m}^3/\text{sec}$  관개를 시작하여 방류시작시간으로부터 16시간 후인 1998년 5월 5일에 오전 6시에  $0.364\text{m}^3/\text{sec}$ 로 방류량을 늘렸다가, 다시 방류시작시간으로부터 60시간 후인 1998년 5월 6일 오전 12시에  $0.172\text{m}^3/\text{sec}$ 로 변경하였다.

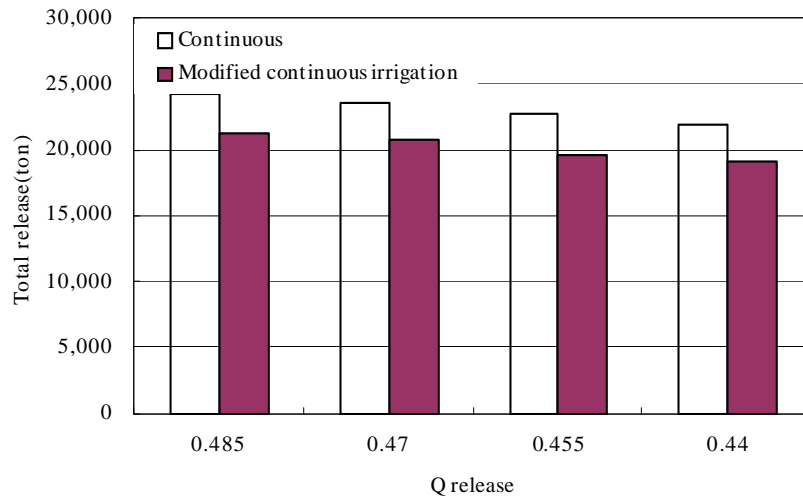


<그림 6-18> 저수지로부터의 공급량 변화(1998/5/4 ~ 1998/5/6).

방류량을 일정시간 간격 동안 유량을 조절하여 용수도달시간을 비교한 결과는 <그림 6-19>에 나타내고 있다. 여기서는 유량의 범위를 현재의 수로조건에서 통수할 수 있는 최대방류량인  $0.485\text{m}^3/\text{sec}$ 에서, 용수를 조절하는 사이클 시간의 통수량이 용수로 말단까지 용수를 공급하기 위한 최소방류량이  $0.230\text{m}^3/\text{sec}$ 이상이 되도록 유량을  $0.460\text{m}^3/\text{sec}$ 의 범위에서 모의하였다.



<그림 6-19> 연속관개와 방류량조절에 따른 용수도달시간 변화



<그림 6-20> 연속관개 및 방류량 조절에 따른 총관개량 산정

(표 6-12) 관개방식별 용수도달시간 산정결과

Method	Q <sub>in</sub>	Cycle		T <sub>h</sub>		T <sub>t</sub>		Total release
		Q <sub>in</sub>	Time	Max	diff	Max	diff	
Continuous Irrigation	0.485		-	5.4194		5.6389		24248.6
Modified continuous irrigation	0.485	0.388	1	5.1528	-0.267	5.3861	-0.253	22288.0
			2	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	22310.1
			3	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	22774.7
			4	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	23162.3
			6	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	23902.1
			12	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	24630.3
	0.470	0.339	1	5.1694	-0.25	5.4083	-0.231	21232.1
			2	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	21266.1
			3	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	21898.7
			4	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	22457.6
			6	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	23549.6
			12	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	24630.3
	0.455	0.291	1	5.1833	-0.236	5.4306	-0.208	20197.8
			2	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	20243.9
			3	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	21040.7
			4	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	21767.4
			6	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	23204.1
			12	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	24630.3
	0.460	0.230	1	5.1972	-0.222	5.4556	-0.183	19141.9
			2	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	19201.1
			3	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	20165.0
			4	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	21062.8
			6	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	22851.5
			12	5.1222	-0.297	5.3417	-0.297	24630.3

일정시간 동안 주기적으로 초기유량의 일정 비율로 줄여 모의한 결과는 (표 6-12)에 나타난 바와 같이 용수도달시간은 연속관개와 방류량을 조절하는 방법에서 용수로 말단의 최대 용수도달시간에는 오차가 5%미만으로 일정한 값을 보이고 있으나 수원공의 총방류량을  $0.460m^3/sec$ 에서  $0.485m^3/sec$ 의 범위에서 변화했을 때, 최대  $21,232m^3$ 에서  $19,051m^3$ 으로 변화하여 같은 방류량의 연속관개와 비교했을 때, 평균 12%의 용수를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

관개조직내의 특정 지점의 용수공급 개시시기를 단축하고, 수원공의 용수공급량을 줄이기 위해서 방류량을 조절하는 방법을 도입하는 것이 타당하며, 이를 위해 다양한 방법의 조절 방법에 대해 검토하는 것이 필요할 것이다

#### 6.4.4 모형의 적용

현장 수집자료의 분석을 통해 관개조직의 현황을 분석하고, 모형을 이용하여 관개효율을 개선할 수 있는 방안을 모색하고자 현재의 관개조직을 구성하는 용수로의 용량 및 규모의 적정성을 평가하고자 한다. 이를 위하여 용수로 내에서 발생하는 용수손실과 부적절한 용수의 사용을 가져올 수 있는 용수로의 운영방식 및 제원의 변경을 통해 관개조직의 거동을 분석하였다.

1998년 6월 22일부터 6월 24일까지의 운영결과를 이용하여 여러 가지 수로제원에 대하여 모의를 실시하였다. 모의된 결과로부터 균등지수, 관개효율, 수로 및 포장에서의 무효방류량 및 총관개시간의 평가기준에 대해 가중치 분석을 실시하였다.

가중치 분석을 위한 평가기준은 항목별 성격에 따라 최대값을 얻는 것과 최소값을 얻는 것으로 구분되며 다음 식(6.37)과 같다.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \max CU, & \max E \\ \min LOSS, & \min TIME \end{array} \right\} \quad (6.37)$$

여기서,  $CU$ 는 균등지수,  $E$ 는 관개효율,  $LOSS$ 는 용수로 및 포장에서의 관개시 발생하는 무효방류량이고,  $TIME$ 은 총관개시간을 나타내고 있다.

이로부터 각 평가기준의 목적치  $OBJ$ 를 판단하기 위해서 각각의 가중치를 적용한 값을 합하도록 계산한다. 이 때의 목적치의 값을 최소로 하는 최적의 값으로 선정하고 이 때의 용수로 제원을 본 대상지구의 수로조건에 대한 최적 제원으로 선정한다. 다음의 식(6.38)은 목적치를 최소화하기 위한 평가기준과 가중치의 관계에 의해 계산되는 식이다.

$$OBJ = wrcu \cdot (1 - CU) + wrea \cdot (1 - E) + wrls \cdot LOSS + wrtm \cdot TIME \quad (6.38)$$

여기서,  $wrcu$ 는 균등지수에 대한 가중치,  $wrea$ 는 관개효율에 대한 가중치,  $wrls$ 는 무

방류량에 대한 가중치, *wrtm* 은 총관개시간에 대한 가중치이다.

본 연구에서 사용한 네 가지 평가기준에 대한 가중치의 설정은 (표 6-13)에서 제시한 기준을 적용한다. 가중치의 선정은 평가기준의 중요도에 따라 다양하게 변할 수 있으며, 각 가중치는 평가자의 평가기준의 중요도에 따라 0(중요도 낮음) ~ 5(중요도 높음)의 값을 주도록 하였다.

대상지구의 수로제원의 적정성을 평가하기 위해 설계 가능한 가상적인 수로 제원을 이용하여 모의 결과를 이용한다. 시나리오에 따른 관개조직의 모의한 결과는 <그림 6-21> 및 <그림 6-22>에 나타내고 있다.

(표 6-13) 네가지 평가기준의 가중치 적용

CASE	<i>wrcu</i>	<i>wrea</i>	<i>wrls</i>	<i>wrtm</i>
1	1	1	1	1
2	5	1	1	1
3	1	5	1	1
4	1	1	5	1
5	1	1	1	5
6	3	5	4	3
7	2	4	5	4

수로용량의 적정성을 평가하기 위한 수로제원은 수로시점의 통과유량을 하류부로 보냈을 때 관개조직을 운영하는 과정중 수로를 통한 월류나 특정지점에 용수가 도달하지 않는 조건을 제외한 수로의 폭과 높이를 가정한다. 네 가지 평가기준을 동일한 중요도로 설정했을 때 평가값의 목적함수가 31.2%로 가장 작은 값을 보인 것은 방류량을 0.385 m<sup>3</sup>/sec로 했을 때 발생하였다.

각 평가기준의 중요도에 평가결과 네가지 조건에 따른 방류량은 0.372, 0.300, 0.372, 0.389 m<sup>3</sup>/sec로 나타나, 관개조직을 효율적으로 운영하는 데 있어서 특정한 수로제원과 방류량이 중요한 요인이 됨을 알 수 있다.

방류량의 변화에 따른 각 평가기준의 산정결과로부터 첫째, 균등지수와 관개효율의 관계는 균등지수는 각 관개블록별 필요수량을 완전히 공급하는 조건으로 모의하게 되므로 균등지수를 높이기 위해서는 큰 방류량을 유지하는 것이 유리하지만, 이 조건에서의 관개효율은 낮은 값을 보이게 되어 균등지수와 관개효율에 대한 중요도를 결정하는 데 있어서 두 평가기준의 상호대립적인 관계를 고려하는 게 타당한 것으로 분석되었고, 둘째, 용수손실량과 관개시간에 대한 모의 결과는 용수손실량은 방류량을 크게 유지하는 경우와 작게 유지하는 경우에서 낮은 값을 보이는 경향을 보였으며, 관개시간은 방류량이 작아질수록 증가하는 경향을 보이고 있다.

용수손실량을 최소로 하기 위해서 방류량 용수로의 통수량의 허용범위내에서 충분히 크

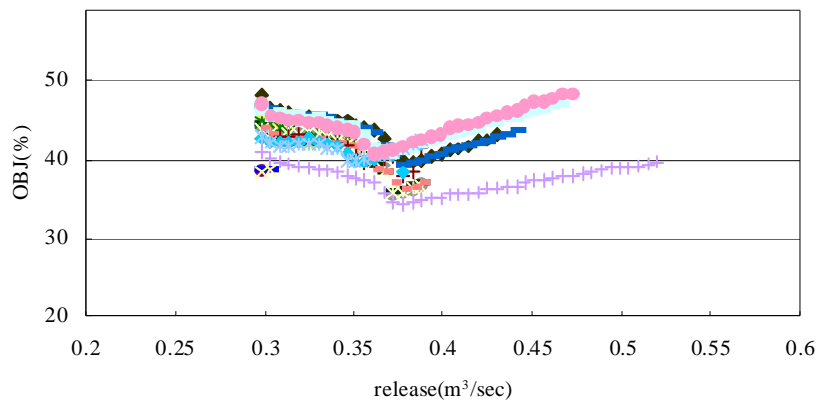
게 하여 관개시간을 줄이는 효과를 얻어 용수손실량을 줄일 수 있는 방법은 관개시간을 최소로 하는 평가기준에는 잘 부합되지만 관개효율에 대한 중요도를 고려하는 평가기준에는 대립되는 경향을 보이고 있다. 또한 작은 방류량을 유지하여 많은 시간 동안 공급되어 높은 관개효율을 얻을 수 있으나 관개시간이 증가하는 경향을 보였다.

따라서, 선정된 네 가지의 평가기준에 대한 상호관계를 잘 반영한 중요도 선정이 결과를 도출하는 데 있어서 하나의 요인이 됨을 알 수 있었다.

CASE 6에 따른 모의 결과는 <그림 6-21>에 나타난 바와 같다. 방류량을  $0.378\text{ m}^3/\text{sec}$ 로 했을 때, 같은 기간의 현장운영실적에 비해 방류량은  $40,313.8\text{ m}^3$ 에서  $50,724.3\text{ m}^3$ 으로 증가하였으나, 관개시간은 46.0 시간에서 41.5시간으로 감소하였고, 균등지수, 관개효율, 및 무효방류량은 각각 64.3%, 61.0%,  $7,920.2\text{ m}^3$ 에서 87.4%, 75.1%,  $8,014.4\text{ m}^3$ 으로 나타나 용수의 균등분배나 용수이용에 있어서 효율적인 것으로 나타났다.

CASE 7에 의한 모의 결과는 <그림 6-22>에 도시하였다. 방류량을  $0.372\text{ m}^3/\text{sec}$ 로 유지했을 때, 총방류량이  $61,392.0\text{ m}^3$ 으로 현장운영실적과는 많은 차이가 있으나 관개시간, 균등지수, 관개효율 및 무효방류량을 평가기준에 있어서는 각각 43.2시간, 92.4%, 74.8% 및  $10,498\text{ m}^3$ 으로 나타나 CASE 6과 마찬가지로 관개개선효과가 큰 것으로 평가되었다.

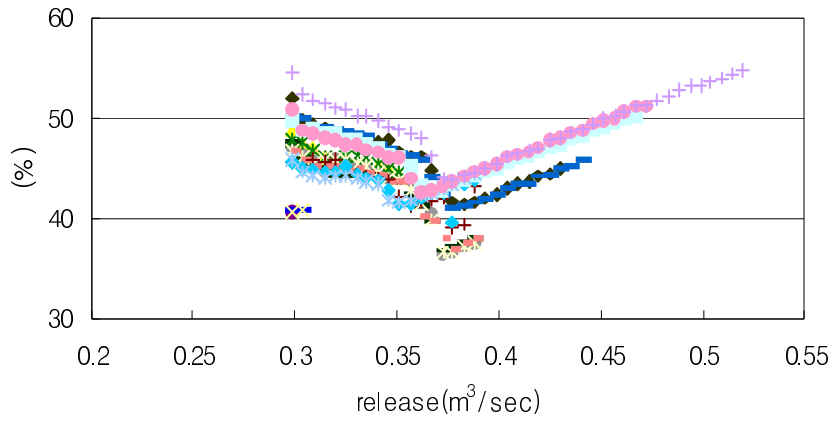
이로부터 관개조직 내에서의 관개방식을 선정함에 있어서 다양한 수로제원에 대한 모의를 통해 적정 관개방식을 찾고, 이를 현장에서 적용함으로써 각 지구의 실정에 맞는 효율적인 대안을 찾는 것이 바람직하다고 판단된다.



(CU:E:LOSS:TIME =3:5:4:3)

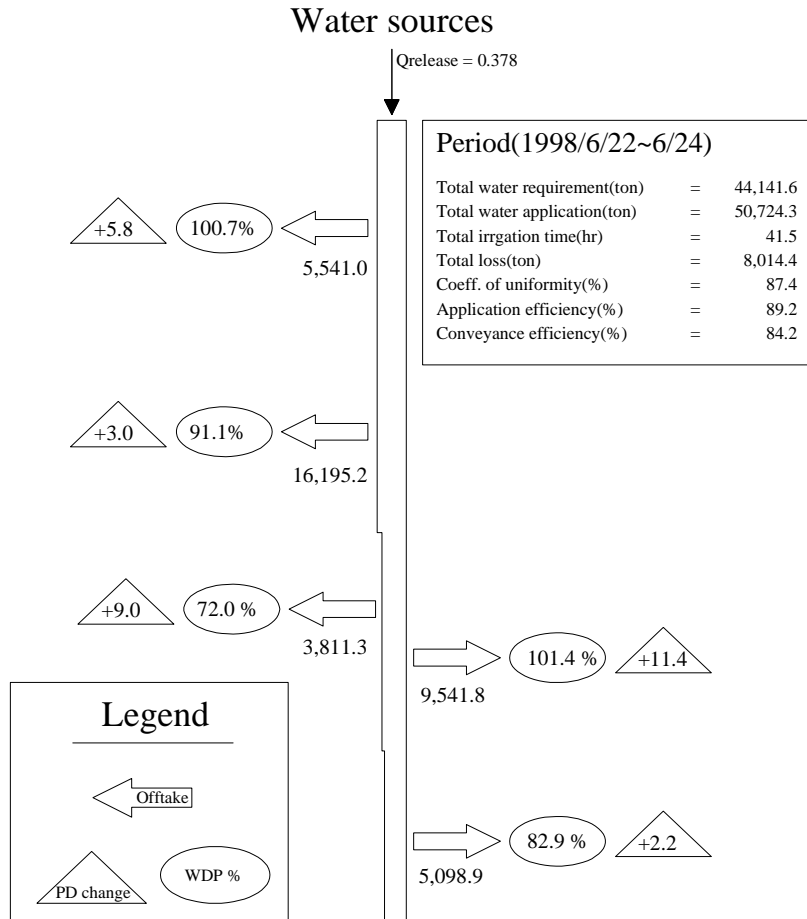
<그림 6-21> 수로용량에 따른 효과분석 : CASE 6





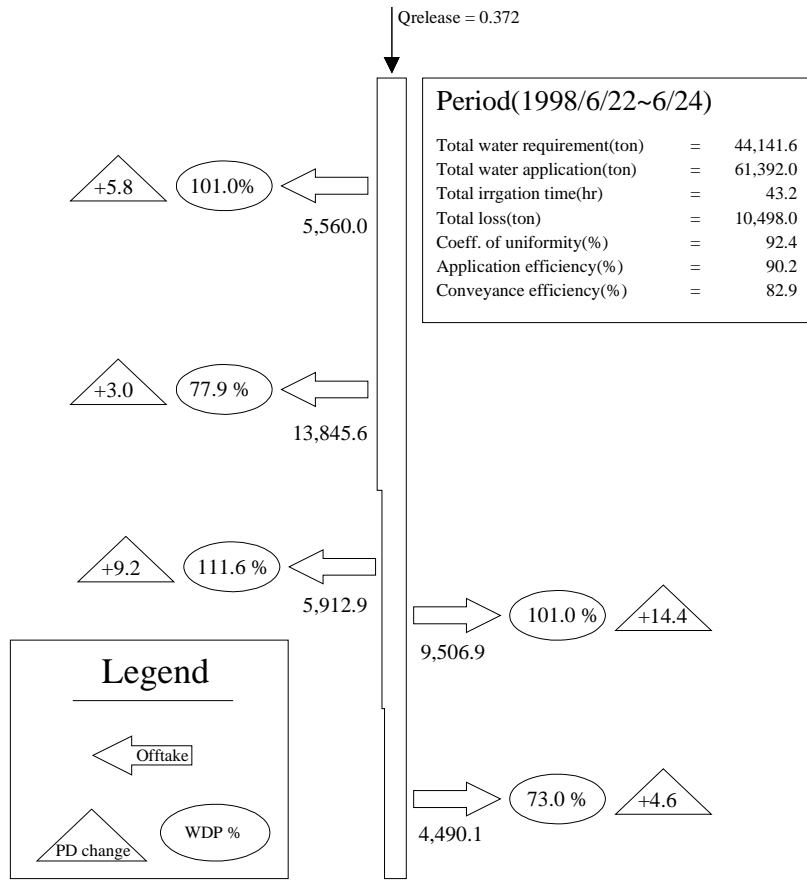
(CU:E:LOSS:TIME = 2:4:5:4)

<그림 6-22> 수로용량에 따른 효과분석 : CASE 7

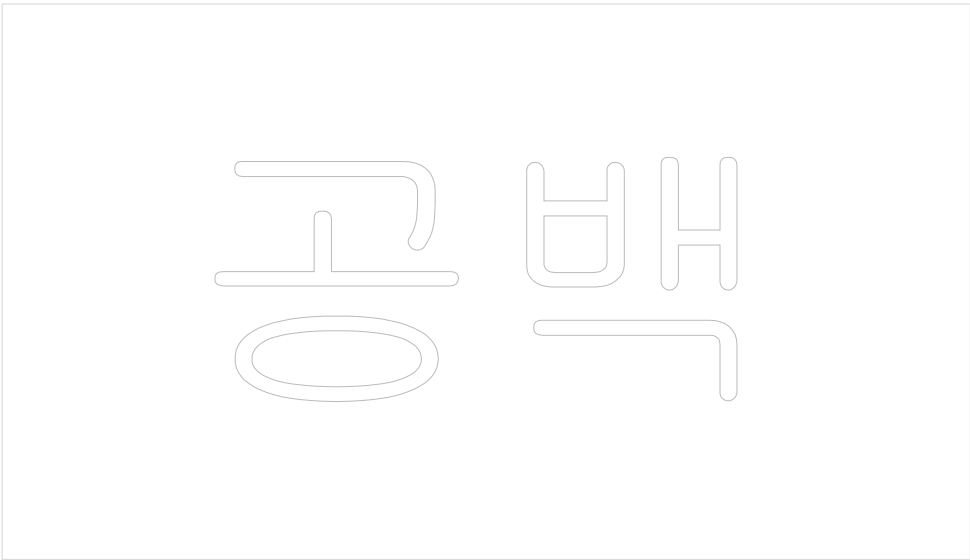


<그림 3-23> CASE 6에 따른 모의결과

# Water sources



<그림 3-24> CASE 7에 따른 모의결과



## 7. 요약 및 결론

### 1) 농촌지역 토지이용 변화 분석

우리나라의 농업정책 변화 및 WTO, DDA 등 개방화시대를 맞아 향후 경지면적 변화, 작부변화를 고려한 장래 경지면적 변화 예측 기술을 개발하기 위하여 농촌지역 경지면적 현황 조사를 통하여 변화요인별 특성을 분석하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

1. 우리나라의 경지면적은 1980년대 초반 일시 증가하였다가 1990년 초반 급격한 감소 경향을 나타내고 있으며, 1997년 이후 일시 진정된 국면을 보이고 있다가 2000년대 이후 지속적으로 감소되고 있는 것을 나타냈다.
2. 논면적은 1980년대 이후 경기도 지역이 32.7%가 감소되어 가장 큰 값을 보였고, 강원, 충북, 경남순으로 큰 감소폭을 보이고 있으며, 지역별 경지이용률도 1980년의 125.4%에서 2005년 104.7%로 감소함을 알 수 있었다.
3. 논면적 감소와 주요작물별 재배면적 변화는 상관성이 있음을 알 수 있었으며, 감소된 논면적의 일부가 미곡에 비해 단위생산량과 소득이 높은 과수, 채소 등의 작목으로 변화되는 것으로 분석되었다.
4. 지역별 농가인구 및 65세이상 농가인구비율은 경지면적 감소와 큰 상관성을 나타내고 있는 것으로 나타나 장래 경지면적 변화를 예측함에 있어 추가변수로 활용이 가능한 것으로 나타났다.

### 2) 장래 농촌지역 농경지 이용변화 예측

본 연구에서는 농촌지역의 장래 경지면적 예측을 위해 기존의 KREI-ASMO 모형의 적용성을 검토하고, 지역별 농경지의 변화-할당 효과를 고려한 농촌경지면적모형을 개발하는 것을 목적으로 하였다. 이상의 연구결과는 다음과 같다.

1. 농경연 KREI-ASMO모형의 농경지 결정모형으로부터 지역별 경지면적 예측을 위한 일반화된 농경지 결정모형을 정의하였다.
2. 전국단위 농경지 결정모형의 지역별 적용과정은 모형을 구성하는 매개변수를 추정하여 지구단위로 경지비율에 의해 산정하도록 구성하였다.
3. 지역별 매개변수 추정을 위한 알고리즘을 구축하여 전국 도별 매개변수를 추정하였다.
4. 지역별 매개변수를 이용하여 도별 장래 경지면적 예측값을 산정하였고 농경지 감소 추세를 고려하여 적정한 지역별 매개변수를 제시하였다.
5. 도이하 단위 지역의 경지면적 변화 예측을 위하여 경지성장효과, 경지구조효과, 지역 할당효과 3가지 변화-할당효과를 고려하여 경지의 지역별 성장요소, 구조별 변화요

소, 지역할당요소를 추정하였다.

6. 각 지역별 경지면적 예측결과 장래 경지면적이 지속적으로 감소하는 경향을 예측하는 기존의 KREI-ASMO모형의 거동과는 다르게 각 도별로 증가와 감소에 대한 결과를 나타내고 있으며, 이는 경지면적 예측을 위한 농가수와 영농규모와 같은 주요인자를 고려한 변화-할당효과를 반영하는 것으로 나타났다. 전국경지면적은 기존 예측결과와 마찬가지로 감소하는 경향을 보여주었다.

### 3) 농촌지역 장래 경지면적 산정시스템 개발

경지면적 변화 산정모형을 이용하여 시/군 단위 경지면적 산정시 오류를 보정하고 용수구역단위 경지면적 예측에 이용하기 위한 농촌지역 장래 경지면적 산정시스템을 개발하였다.

1. 변화할당모형의 적용을 위해서는 직접적으로 경지면적 예측에 활용되는 경지구조효과와 지역할당효과의 크기가 경지성장효과의 범위에 있도록 계동계수를 적용하여 예측하도록 수정하였다.
2. 계동계수를 이용하여 도별 경지면적을 추정한 결과 실제자료와의 오차가 0.6% ~ -4.3%의 오차를 나타내어 경지면적 추정에 이용할 수 있는 것으로 분석되었다.
3. 시/군단위의 경지면적 산정과 용수구역단위의 경지면적 산정을 위한 산정시스템을 개발하여 충남 예산군에 시범적용하고 장래 경지면적, 밭/시설재배면적을 산정하도록 구성하였다.

장래 경지면적 산정시스템은 충남 예산군에 시범적용 결과 농촌용수개발사업을 위한 경지면적 예측에 쉽게 이용할 수 있는 것으로 판단되었으며, 이 시스템의 실용화를 위해서는 다음과 같은 점이 필요할 것이다.

1. 시군별 경지면적 및 규모별 농가수등 입력자료의 DB 구축이 필요하다. 본 시스템 연도별 경지면적, 쌀가격, 농촌인구 등을 통해 도별 경지면적 변화치를 산정하고, 이로부터 시군별로 경지면적을 산정하기 때문에 시/군단위 이하에 대상지구에 적용을 위해서는 기본적으로 시군단위의 입력자료가 필요하다. 이를 위해 설계에 사용된 입력자료는 DB화하여 관리하고, 새로운 지구의 적용을 위해서는 관련자료의 구축이 선행되어야 할 것이다.
2. 실무에 적용을 위해서는 다양 지구에 대한 적용성 검증이 필요하다. 본 시스템은 경지면적 예측과 시범적용 과정에서 전국적인 지역을 대상으로 검토를 거치지 못한 실정으로 대상지구의 특성(산간지, 평야지, 수도권 등)을 고려한 모형의 검증이 선행되어야 할 것이다.
3. 논에서 밭/시설재배로 전환되는 지점에 대한 자료구축이 요구된다. 관개지구의 논은

논 혹은 시설재배로 전환되는 면적이 증가하고 있다. 본 시스템에서는 이러한 점을 고려하기 위해 사업지구의 조사자료로부터 논-밭 전환율과 논-시설재배 전환율을 산정하여 향후 밭면적과 시설재배면적에 대한 예측치를 산정하고 있다. 현재 관개지구 내 논에서의 밭면적과 시설재배면적의 변화에 대한 상세한 자료가 없는 실정으로 이를 보완할 수 있는 자료조사가 요구된다.

4. 실무적용을 위해서는 경지면적 산정시스템을 이용한 설계가 가능하도록 “설계기준” 혹은 “지침”에 반영되어 산정결과와 활용에 대한 실무적용방안의 마련이 필요하다.

#### 4) 관개지구의 농업용수 이용특성분석

농촌지역 농업용수 이용변화 분석을 위하여 농업용수 모니터링 자료를 사용하여 시기별 용수이용특성을 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농업용수 이용특성을 위한 대상지구를 용남용수구역에 위치한 이동저수지 관개지구를 선정하였다. 논에서의 증발산량, 침투량, 관개량 등을 산정하였고, 용수공급에 따른 관개효율을 산정하였다.
2. 논에서의 물수지 분석결과 2003년부터 2006년까지 관개량이 평균 1,338.6mm로 나타났고, 강우에 의한 유효우량이 평균 477.5mm로 분석되었다.
3. 관개지구의 관개효율은 순별 물수지 분석결과 56.0~67.3%로 나타났으며, 4개년 평균 61.3%로 산정되었다.
4. 지역별 경지면적 예측결과와 용수수요량 변화 추세를 고려하여 대상지구의 장래 용수수요량을 산정한 결과 향후 용수공급량은 2010년에 약 11.0%로 감소할 것으로 추정되었으며, 2050년에는 최대 34.8% 감소할 것으로 예상되었다.

#### 5) 관개지구내 적정 물관리방안 정립

농업용수의 공급에 따른 관개지구내 용수분배현상의 모의를 통해 효율적인 관개방식을 제시하고자 수행하였다.

1. 농업용수 공급에 따른 용수로내 거동을 해석하기 위해 수리해석모형을 구성하였다.
2. 용수로내 수리해석은 수리시설물의 조작에 따라 발생하는 시간적, 공간적 수리현상의 변화를 고려한 유한차분모형으로 구성되어 있다.
3. 모형을 이용하여 관개지구내 저수위, 구간별 용수로 수위를 모의한 결과 저수위는  $RMSE$  는 0.062m이었으며,  $R^2$  는 0.828로 나타났고,  $E^2$  은 0.63로 나타나 저수위 변동을 잘 나타내어 주었고, 수로내 수위는 DS1, DS2, DS5지점의  $RMSE$  는 0.092, 0.025 및 0.074,  $R^2$  는 각각 0.97, 0.65 및 0.46으로 나타났고,  $E^2$  은 0.96, 0.02 및 0.20의 값을 보여 모형을 통한 용수로의 거동을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다.

4. 검정결과, 저수위의  $RMSE$  은 0.123m이었으며,  $R^2$  는 0.77로 나타났고,  $E^2$  은 0.46로 나타나 검정기간에 대한 저수지의 물수지 해석에도 보정기간에 보였던 결과와 유사한 경향을 보여주었고, 수로내 수위는 DS1, DS4, DS5지점의  $RMSE$  는 0.141, 0.096 및 0.064,  $R^2$  는 각각 0.87, 0.52 및 0.36으로 나타났고,  $E^2$  은 0.87, 0.46 및 0.97의 값을 보여 모형에 의한 모의치가 유용함을 나타내어 주었다.
5. 모형을 이용한 연속관개와 방류량의 조절을 통한 총관개량과 구간별 용수도달시간을 검토한 결과, 수원공의 총방류량을  $0.460 m^3/sec$  에서  $0.485 m^3/sec$  의 범위에서 변화했을 때, 최대  $21,232 m^3$  에서  $19,051 m^3$  으로 변화하여 같은 방류량의 연속관개와 비교했을 때, 평균 12%의 용수를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

본질적으로 과거의 자료를 가지고 미래를 예측하는 것은 어느 정도 한계성과 불확실성이 내포 되어있다. 수학 통계적인 기법과 몇 가지 인자만을 가지고 복잡한 현실의 세계를 분석하기 때문에 미래에 대한 토지이용에 따른 정확한 예측은 더욱더 어려운 실정이다. 하지만 토지이용의 변화가 일어나는 것은 명확한 사실이다. 따라서 정확하고 정밀한 토지이용 시계열 자료의 획득과 여러 가지 법적, 정치적 인문·사회 인자들을 고려해야 보다 정확성이 높은 미래 토지이용을 예측할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 강연혁, 1990, 마야코프 연쇄모형을 이용한 농작물의 식부면적 추이분석, 농촌경제, 제13권, 제4호, pp. 29-40
- 김광호, 1998, 세계 식량전망과 한국의 식량대책, 경상대학교 개교50주년기념 심포지움, pp. 189-209
- 김기성, 이병철, 최예환, 2001, GIS를 이용한 춘천시 도시계획구역의 토지이용변화 분석, 강원대학교 농업과학연구소 논문집, 제12권, pp. 77-86
- 김배성, 김영식, 2005, OECD 세계농업전망모형(Aglink)을 이용한 세계 쌀 수급 전망, 농촌경제, 제28권, 제2호, pp. 119-131
- 김의홍, 1997, 토지이용 공간변화 예측의 통계학적 모형에 관한 연구, The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 5. No.2, pp. 173-183
- 김정부, 1978, Markov Chain에 의한 경지면적변동 추정, 한국농촌경제연구원
- 김정호, 성명환, 강혜정, 한두봉, 2006, WTO 체제하의 쌀산업 정책의 평가와 과제, 한국농촌경제연구원, 연구보고 R540, 2006. 11
- 김정훈, 2002, GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 도시외곽지역의 토지이용변화 분석, 국토연구, 제32권, pp. 175-200
- 김경덕, 김태훈, 전상곤, 이정환, 1999, 농업전망시물레이션모형 KREI-ASMO99, 한국농촌경제연구원 보고서 MJ43, 1999.12
- 김유일, 1996, 수도권 근교농촌의 토지이용과 경관의 변화-용인군의 사례를 중심으로-, 한국조경학회지, Vol.24 No. 1, pp. 121-123
- 김태훈, 윤태연, 최윤영, 2007, 통계로 본 한국농업의 국제비교 연구, 한국농촌연구원, 기타연구보고 M82, 2007.3
- 김현식, 2001, 수요변화에 대응하는 토지이용조정기준 : 안성시를 중심으로, 국토연구, 제31권, pp. 69-80
- 농어촌연구원, 2005, 영농환경 변화를 고려한 농업용수 적정 공급방안 연구, 한국농촌공사 연구보고서
- 박석두, 송미령, 김수석, 김홍상, 2004, 농지제도 개편의 방향과 추진방안, 한국농촌경제연구원 농정연구속보, 제17권, 2004. 11. 11
- 서진교, 2002, 개방화에 따른 영향분석과 중장기 농업부문 거시지표 전망, 신농업·농업특별대책연구단 워크샵 발표자료
- 안승만 외, 2002, 원격탐사와 GIS를 이용한 대전광역시 토지이용 변화 검출, 환경영향평가, 제11권, 제4호, pp. 373-385
- 안인찬, 2000, 한국 벼농사의 추세와 전망, 농업경영, 정책연구 27-3, pp. 18-37



- 오남현, 2002, 산지촌의 농업토지이용 변화와 특성-경북 영양군 석보면 요원리 지역을  
레로-, 대한지리학회, 제37권, 제1호, pp. 93-110
- 오치두, 1980, 농민의 영농형태변화에 영향을 미치는 요인 분석, 농촌경제, 제3권 제2호,  
pp. 84-93
- 유환중, 2006, 서울시 탈공업 지역의 공간적 특성과 토지이용변화, 지리학회지, 제40권,  
2호, pp. 269-281
- 이은우, 2006, 영농형태별 농가소득 격차요인 분석, 농촌경제, 제29권 제1호, pp. 49-63
- 이정환, 1998, DDA 농업협상의 진행과 향후 전망
- 이정환 외, 1997, 곡물의 중장기 수급전망과 대응대책, 한국농촌경제연구원 보고서
- 이정환, 조재환, 1990, 경지이용 구조변화 : 그 요인과 전망, 농촌경제, 제13권 제1호, pp.  
51-61
- 이진덕 외, 1999, LANDSAT TM과 JRES-1 OPS 영상을 이용한 도시지역의 토지이용  
변화 검출, 한국지리정보학회지, 2권 1호, pp. 73-83
- 이형동, 황철수, 2006, 대규모 택지개발에 따른 토지이용패턴변화와 시공간적 특성 분석  
: 고양시를 사례로, 지리학회지, 제40.권, 2호, pp. 155-167
- 주용진, 박수홍, 2003, 시계열 위성영상을 이용한 토지이용 변화예측 확률모형의 구현,  
지리학회지, 제37권, 4호, pp. 373-385
- 황만익, 1997, 인공위성 자료를 이용한 수도권의 도시화에 따른 토지이용 변화 분석,  
Journal of the Korean Geographical Society, Vol. 32, No. 3, pp. 329-340
- 허신행, 1990, UR이후의 세계농업 전망과 우리 농업의 나아갈 길, 농촌경제 제13권, 제4  
호, pp. 51-62
- 한국농촌경제연구원, 2007, 농업전망 2007(I), (II), 한국농촌경제연구원
- Helal Ahammad and Raymond Mi, 2005, Land Use Change Modeling in GREM  
-Accounting for forest sinks-, ABARE Conference Paper 05.13
- Hong, Seung-Gil et al., 2006, Analysis of Landscape According to Land Use at  
Rural Area in Korea using GIS Application, Korean J, Soil Sci. Fert., 39(11),  
pp. 1-7
- Jasper Dekkers, Eric Koomen, 2005, Simulation of Future Land Use for Water  
Management : Assessing the suitability of scenario-based modeling, 45th  
Congress of th European Regional Science Association (ERSA)
- Keristin Ellen Ronneberger, 2006, The Global Agricultural Land-use Model KLUM -  
A coupling tool for integrated assessment-, Phd dissertation paper,  
Hamburg
- Yoshitaka Kajita, Satoshi Toi,, An Approach for Predicting Land Use Changes in an  
Urbanization Control Area-A Case Study of a Japanese Regional Hub City-

## 부록

A-1. 자문내역 및 공동연구내역

A-2. 경지성장효과 계산결과

A-3. 경지구조효과 계산결과

A-4. 지역할당효과 계산결과

## A-1. 자문내역 및 공동연구내역

### 1. 자문위원 및 실무평가위원

구 분	일 자	자문위원	비 고
착수세미나	2월20일	이성홍 서기관(농림수산식품부) 송영석 차장(사업계획처) 박영욱 차장(생산자원연구소)	
중간검토회의	7월28일	이성홍 서기관(농림수산식품부) 최진용 교수(서울대학교) 송영석 차장(사업계획처)	
결과발표회	12월 5일	이성홍 서기관(농림수산식품부) 이현우 교수(경북대학교) 박창언 교수(신구대학교) 김영국 과장(사업계획처)	

### 2. 자문위원 및 평가위원 의견서 반영내역서

#### 1) 착수세미나

자문위원 의견		반영내용	
no.	주요 의견 내용	반영 여부 (○,×)	반영내용(계획) 및 미반영시 그 사유를 구체적으로 나열
1	장래 경지면적 예측기술 개발에 주안점을 두고 추진	○	장래경지면적산정시스템의 개발과 적용을 추진(공동연구)
2	연구결과를 실용화에 반영할 수 있도록 내실화 할것	○	사용자편의시스템개발과 중규모사업에 대한 기술지원(백신, 한림지구 등)
3	논지대에서 밭/시설재배로 전환된 면적에 대한 현장조사 추진	○	경지면적 산정시 논/밭전화율을 이용한 변화할당효과 반영

## 2) 중간검토회의

자문위원 의견		반영내용	
no.	주요 의견 내용	반영 여부 (○,×)	반영내용(계획) 및 미반영시 그 사유를 구체적으로 나열
1	시군단위 경지면적 예측에서 결과의 검증 필요	○	산정시스템개발과정에서 현재연도의 경지면적과 비교하여 오류제거토록 개발
2	수요량 산정은 제시한 모형에 대한 결과 검토 필요	○	농촌지역 용수수요량 변화산정
3	시스템 개발은 실무자가 이용하기 쉽게 개발토록 추진바람	○	사용자 편의시스템 개발

## 3) 결과발표회

자문 및 평가위원 의견		반영내용	
no.	주요 의견 내용	반영 여부 (○,×)	반영내용 및 미반영시 사유를 구체적으로 기술
1		○	
2		○	
3		○	

■ 공동 연구참여 내역

분야별 공동연구 참여내역

연구항목	한국농촌공사		용역기관	
	부서명	성명	기관명	성명
농업용수 이용 변화 예측 기반기술 개발	농어촌연구원	박기욱		
농촌지역 장래경지면적 산정시스템 개발			공주대학교 산학연구본부	정남수

A-2. 경지 성장효과 계산결과

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	1998 면적합계
경기	1998	-0.14	-13.06	-38.25	-40.71	-59.20	-96.38	-64.03	-90.18	-75.70	-48.01	-5.89	-531.55
강원	1998	-0.16	-8.62	-20.42	-18.94	-30.33	-36.33	-23.14	-31.19	-27.49	-10.91	-1.35	-208.87
충북	1998	-0.12	-13.94	-31.24	-32.89	-41.81	-57.38	-27.72	-33.23	-22.74	-10.62	-0.83	-272.53
충남	1998	-0.33	-22.15	-62.11	-78.33	-122.97	-156.23	-98.06	-107.90	-79.94	-42.31	-1.01	-771.34
전북	1998	-0.21	-14.80	-40.52	-43.88	-76.03	-111.31	-94.52	-122.99	-105.59	-61.43	-7.22	-678.50
전남	1998	-0.59	-38.63	-87.41	-103.57	-143.98	-159.52	-115.10	-106.60	-80.72	-44.13	-10.90	-891.15
경북	1998	-0.69	-44.90	-85.40	-87.08	-116.49	-125.93	-63.93	-58.73	-39.86	-17.25	-0.51	-640.75
경남	1998	-0.73	-38.94	-75.63	-79.82	-90.39	-93.38	-50.05	-34.71	-19.90	-9.10	-1.83	-494.48
제주	1998	0.00	-0.05	-0.27	-0.16	0.00	0.00	-0.24	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.83
합계	1998	-2.97	-195.08	-441.27	-485.38	-681.20	-836.46	-536.79	-585.54	-451.95	-243.79	-29.58	-4490.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	1999 면적합계
경기	1999	-0.14	-11.26	-29.36	-31.22	-49.98	-70.94	-48.02	-67.08	-60.01	-36.31	-6.70	-411.03
강원	1999	-0.15	-6.97	-16.16	-14.68	-24.31	-23.81	-18.72	-21.03	-24.64	-8.98	-1.53	-160.98
충북	1999	-0.16	-13.95	-25.62	-27.02	-32.41	-42.27	-19.62	-22.16	-18.88	-7.10	-0.65	-209.84
충남	1999	-0.37	-20.39	-50.78	-63.36	-93.07	-120.86	-72.67	-75.37	-62.16	-39.17	-1.74	-599.95
전북	1999	-0.18	-12.63	-31.19	-33.66	-57.93	-80.07	-75.44	-87.39	-81.63	-61.12	-5.34	-526.57
전남	1999	-0.75	-38.82	-76.22	-82.50	-110.71	-124.92	-76.76	-76.94	-66.38	-42.04	-8.18	-704.22
경북	1999	-0.85	-44.07	-73.45	-66.39	-81.92	-89.70	-54.15	-40.11	-33.54	-13.08	-0.04	-497.29
경남	1999	-0.75	-34.02	-59.33	-61.01	-69.11	-69.28	-36.17	-23.73	-16.98	-10.03	-1.05	-381.46
제주	1999	0.00	-0.06	-0.19	-0.12	0.00	-0.01	-0.17	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.65
합계	1999	-3.34	-182.17	-362.30	-379.95	-519.46	-621.86	-401.72	-413.82	-364.24	-217.87	-25.28	-3492.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2000 면적합계
경기	2000	-0.14	-8.72	-24.02	-25.17	-42.76	-55.17	-39.80	-50.30	-45.04	-24.10	-6.33	-321.53
강원	2000	-0.11	-5.78	-13.23	-11.85	-18.62	-19.43	-14.93	-15.39	-18.46	-7.54	-0.66	-125.99
충북	2000	-0.14	-10.20	-20.41	-19.44	-24.73	-33.45	-17.96	-14.26	-14.15	-8.69	-0.15	-163.59
충남	2000	-0.27	-17.40	-43.39	-51.20	-73.71	-96.24	-56.36	-48.35	-47.78	-34.19	-1.38	-470.28
전북	2000	-0.10	-10.48	-22.31	-26.64	-42.70	-61.82	-55.77	-63.56	-65.82	-53.06	-7.75	-410.02
전남	2000	-0.57	-33.53	-61.40	-64.58	-85.62	-102.36	-65.71	-54.78	-46.48	-30.90	-8.76	-554.68
경북	2000	-0.81	-36.11	-62.26	-55.88	-68.13	-69.52	-36.16	-33.41	-20.67	-8.21	-0.03	-391.20
경남	2000	-0.61	-27.47	-46.26	-45.01	-55.73	-55.66	-26.72	-19.84	-13.62	-6.82	-1.47	-299.23
제주	2000	-0.03	-0.06	-0.12	-0.09	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.05	-0.07	-0.49
합계	2000	-2.78	-149.74	-293.39	-299.88	-412.00	-493.66	-313.43	-299.91	-272.05	-173.57	-26.59	-2737.00



		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2001 면적합계
경기	2001	-0.13	-6.67	-19.93	-20.77	-36.45	-42.22	-40.65	-41.41	-43.22	-25.45	-4.87	-281.79
강원	2001	-0.09	-4.01	-10.14	-9.53	-15.72	-16.11	-13.47	-13.74	-16.89	-9.42	-1.32	-110.42
충북	2001	-0.17	-8.03	-17.34	-17.52	-24.17	-24.20	-17.30	-14.24	-12.28	-6.94	-0.80	-142.98
충남	2001	-0.23	-11.71	-30.63	-37.39	-59.21	-71.09	-57.89	-54.01	-50.35	-34.80	-6.30	-413.61
전북	2001	-0.18	-7.45	-20.36	-21.81	-39.21	-49.31	-50.46	-53.81	-59.12	-50.05	-8.97	-360.72
전남	2001	-0.51	-21.07	-42.15	-47.17	-70.54	-81.08	-64.12	-62.76	-56.05	-34.98	-9.35	-489.77
경북	2001	-0.57	-23.63	-43.05	-42.45	-57.05	-57.17	-42.61	-38.27	-27.83	-12.05	-0.90	-345.57
경남	2001	-0.51	-19.29	-35.88	-36.32	-48.29	-45.92	-30.52	-22.51	-15.03	-7.63	-0.82	-262.71
제주	2001	-0.01	-0.11	-0.11	-0.04	-0.04	-0.02	-0.01	-0.01	-0.04	-0.02	-0.02	-0.43
합계	2001	-2.40	-101.96	-219.59	-232.99	-350.67	-387.12	-317.04	-300.76	-280.80	-181.33	-33.35	-2408.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2002 면적합계
경기	2002	-0.33	-21.68	-57.59	-64.80	-95.11	-127.95	-92.75	-125.79	-118.79	-66.31	-21.04	-792.16
강원	2002	-0.31	-12.32	-30.53	-27.71	-44.18	-48.88	-35.65	-36.25	-53.12	-20.78	-2.98	-312.71
충북	2002	-0.48	-22.59	-43.16	-46.68	-62.88	-68.25	-41.12	-45.68	-38.36	-28.27	-5.03	-402.51
충남	2002	-0.85	-39.42	-96.04	-118.01	-163.30	-226.15	-151.55	-144.37	-130.82	-88.52	-9.90	-1168.92
전북	2002	-0.33	-21.54	-55.72	-54.95	-103.04	-133.04	-133.71	-154.39	-179.39	-163.50	-21.19	-1020.79
전남	2002	-1.22	-67.36	-128.86	-139.73	-198.82	-228.90	-161.03	-150.47	-145.32	-118.75	-41.85	-1382.31
경북	2002	-1.65	-73.36	-127.82	-120.98	-160.90	-172.78	-115.02	-95.42	-84.72	-34.70	-0.08	-987.42
경남	2002	-1.43	-59.52	-106.89	-104.97	-124.19	-135.80	-84.96	-61.95	-40.90	-16.36	-3.00	-739.97
제주	2002	0.00	-0.43	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.05	-0.07	-0.11	-0.20	-0.27	-1.21
합계	2002	-6.60	-318.22	-646.60	-677.86	-952.45	-1141.78	-815.83	-814.39	-791.53	-537.40	-105.33	-6808.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2003 면적합계
경기	2003	-0.35	-32.00	-79.70	-82.95	-126.27	-181.81	-149.89	-177.85	-177.40	-106.00	-17.69	-1131.91
강원	2003	-0.42	-17.05	-39.17	-34.32	-67.73	-60.47	-48.71	-56.44	-75.14	-45.42	-9.64	-454.52
충북	2003	-0.62	-34.01	-66.37	-62.64	-96.46	-92.09	-69.15	-62.12	-51.76	-40.41	-7.63	-583.27
충남	2003	-0.88	-49.91	-131.29	-161.78	-245.90	-285.69	-232.11	-170.82	-185.32	-166.29	-65.18	-1695.17
전북	2003	-0.79	-30.57	-82.43	-89.56	-158.81	-197.05	-176.01	-216.66	-251.79	-217.01	-62.23	-1482.89
전남	2003	-1.84	-86.02	-173.56	-184.70	-265.31	-309.82	-306.59	-231.04	-254.32	-177.05	-19.13	-2009.37
경북	2003	-2.58	-105.49	-185.19	-164.36	-209.96	-221.68	-177.92	-163.04	-145.66	-56.50	-2.01	-1434.40
경남	2003	-2.55	-82.47	-139.52	-141.79	-179.75	-176.95	-105.42	-107.69	-76.00	-55.79	-3.79	-1071.71
제주	2003	-0.02	-0.30	-0.80	-0.01	-0.01	-0.41	-0.01	-0.02	-0.03	-0.06	-0.08	-1.77
합계	2003	-10.04	-437.80	-898.04	-922.11	-1350.19	-1525.97	-1265.81	-1185.67	-1217.43	-864.54	-187.39	-9865.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2004 면적합계
경기	2004	-0.47	-31.09	-77.93	-77.64	-121.88	-172.59	-135.92	-183.81	-192.58	-123.67	-25.99	-1143.56
강원	2004	-0.45	-18.42	-39.68	-36.65	-60.18	-57.29	-50.31	-56.42	-83.32	-53.65	-7.95	-464.31
충북	2004	-0.72	-37.23	-65.96	-69.93	-86.06	-91.76	-64.86	-67.14	-52.30	-49.91	-8.94	-594.82
충남	2004	-0.87	-53.19	-131.59	-167.32	-239.31	-270.69	-219.14	-186.46	-203.31	-209.31	-54.83	-1736.01
전북	2004	-0.71	-31.90	-83.03	-84.17	-150.37	-191.50	-177.47	-213.36	-267.62	-253.95	-67.41	-1521.50
전남	2004	-2.07	-84.07	-171.21	-186.71	-248.93	-298.00	-282.13	-240.45	-294.31	-227.80	-31.39	-2067.05
경북	2004	-2.69	-108.97	-180.96	-162.33	-215.25	-223.35	-170.42	-168.51	-150.23	-83.00	-8.32	-1474.04
경남	2004	-2.91	-89.00	-140.35	-154.19	-181.63	-171.39	-109.29	-101.85	-86.39	-56.11	-1.77	-1094.88
제주	2004	0.00	-0.70	-0.61	-0.01	-0.28	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.06	-0.08	-1.82
합계	2004	-10.88	-454.57	-891.32	-938.94	-1303.88	-1476.58	-1209.56	-1218.02	-1330.09	-1057.47	-206.69	-10098.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2005 면적합계
경기	2005	-0.49	-29.36	-71.26	-74.05	-106.44	-155.10	-127.06	-172.28	-162.96	-114.38	-35.74	-1049.13
강원	2005	-0.37	-17.73	-39.09	-34.84	-60.49	-50.36	-51.46	-52.48	-71.45	-56.08	-7.07	-441.42
충북	2005	-0.68	-37.06	-58.13	-67.12	-74.14	-79.05	-62.49	-56.47	-60.63	-45.07	-7.67	-548.51
충남	2005	-0.83	-51.16	-120.86	-153.66	-219.10	-246.15	-194.77	-173.60	-198.81	-202.39	-63.43	-1624.75
전북	2005	-0.63	-31.99	-75.95	-75.65	-139.45	-175.41	-152.48	-188.07	-266.29	-256.79	-58.07	-1420.78
전남	2005	-1.85	-76.50	-154.98	-172.31	-219.88	-269.77	-266.22	-233.86	-259.76	-240.91	-33.15	-1929.19
경북	2005	-2.65	-101.90	-163.80	-144.03	-196.13	-202.28	-161.83	-159.07	-130.01	-88.75	-10.85	-1361.30
경남	2005	-2.91	-84.43	-126.35	-140.50	-164.24	-151.73	-106.56	-87.80	-72.34	-75.54	-4.02	-1016.41
제주	2005	0.00	-0.79	-0.21	-0.01	-0.28	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.06	-0.08	-1.51
합계	2005	-10.41	-430.93	-810.62	-862.17	-1180.15	-1329.85	-1122.89	-1123.65	-1222.28	-1079.98	-220.08	-9393.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2006 면적합계
경기	2006	-1.10	-54.68	-155.74	-155.43	-255.00	-277.22	-276.18	-282.21	-364.15	-291.35	-78.78	-2191.83
강원	2006	-0.86	-34.00	-80.20	-69.62	-115.88	-110.30	-107.29	-110.90	-154.58	-123.27	-21.24	-928.14
충북	2006	-1.35	-64.72	-136.34	-128.09	-169.33	-162.85	-132.45	-112.38	-121.59	-101.66	-17.33	-1148.11
충남	2006	-1.69	-92.23	-235.42	-275.94	-421.57	-492.32	-430.95	-421.53	-485.05	-453.22	-142.19	-3452.12
전북	2006	-1.32	-60.04	-162.06	-159.16	-287.02	-333.54	-363.03	-373.63	-526.14	-568.19	-188.21	-3022.34
전남	2006	-3.71	-159.22	-305.20	-338.17	-488.24	-549.15	-468.49	-503.64	-592.50	-534.97	-163.27	-4106.54
경북	2006	-4.88	-191.80	-335.70	-312.69	-408.78	-394.90	-330.18	-310.96	-331.54	-225.87	-28.12	-2875.43
경남	2006	-4.73	-165.72	-283.70	-274.06	-339.77	-307.18	-230.10	-195.34	-185.15	-130.25	-31.26	-2147.25
제주	2006	-0.05	-0.62	-0.83	-0.27	-0.22	-0.05	-0.13	-0.09	-0.30	-0.28	-0.38	-3.22
합계	2006	-19.69	-823.05	-1695.18	-1713.42	-2485.81	-2627.52	-2338.80	-2310.70	-2761.00	-2429.06	-670.78	-19875.00

A-3. 경지 구조효과 계산

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	1998 면적합계
경기	1998	15.51	641.47	521.63	64.83	-282.57	-1040.32	-591.65	-2015.47	672.14	1752.34	142.63	-119.47
강원	1998	17.43	423.49	278.45	30.16	-144.77	-392.12	-213.84	-697.13	244.09	398.17	32.59	-23.49
충북	1998	13.14	684.93	426.04	52.37	-199.56	-619.36	-256.13	-742.65	201.95	387.66	20.17	-31.44
충남	1998	35.54	1088.09	846.97	124.74	-586.94	-1686.37	-906.10	-2411.42	709.79	1544.50	24.37	-1216.83
전북	1998	22.90	726.99	552.58	69.88	-362.88	-1201.54	-873.38	-2748.69	937.53	2242.52	174.81	-459.28
전남	1998	64.54	1897.96	1191.82	164.92	-687.21	-1721.84	-1063.62	-2382.29	716.77	1611.00	264.04	56.08
경북	1998	75.23	2205.80	1164.54	138.67	-555.99	-1359.25	-590.71	-1312.48	353.93	629.76	12.25	761.74
경남	1998	79.08	1913.36	1031.24	127.11	-431.42	-1007.93	-462.52	-775.79	176.69	332.03	44.35	1026.19
제주	1998	0.21	2.69	3.73	0.26	-0.02	-0.05	-2.21	-0.21	0.14	1.04	0.92	6.50
합계	1998	323.56	9584.77	6016.99	772.94	-3251.36	-9028.79	-4960.16	-13086.13	4013.03	8899.03	716.13	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	1999 면적합계
경기	1999	2.70	172.18	305.68	68.52	186.96	285.65	-68.70	-1586.22	-886.56	187.12	719.63	-613.04
강원	1999	2.83	106.64	168.25	32.21	90.94	95.87	-26.78	-497.41	-363.96	46.27	164.82	-180.34
충북	1999	3.14	213.26	266.80	59.29	121.23	170.19	-28.07	-524.10	-278.94	36.58	69.67	109.06
충남	1999	7.11	311.77	528.78	139.05	348.17	486.63	-103.97	-1782.39	-918.31	201.85	186.65	-594.65
전북	1999	3.49	193.18	324.81	73.86	216.70	322.38	-107.93	-2066.53	-1205.83	314.98	572.97	-1357.93
전남	1999	14.52	593.58	793.68	181.04	414.16	502.96	-109.81	-1819.49	-980.66	216.64	878.85	685.47
경북	1999	16.63	673.96	764.78	145.68	306.45	361.17	-77.46	-948.44	-495.39	67.42	4.23	819.02
경남	1999	14.52	520.26	617.81	133.88	258.54	278.96	-51.74	-561.05	-250.84	51.70	113.29	1125.33
제주	1999	0.00	0.97	2.03	0.26	0.01	0.02	-0.24	-0.24	-0.24	0.16	4.36	7.08
합계	1999	64.94	2785.78	3772.62	833.78	1943.16	2503.83	-574.71	-9785.86	-5380.73	1122.72	2714.47	0.00



		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2000 면적합계
경기	2000	-1.05	-786.86	-1432.12	-1175.37	-556.18	-2394.66	2380.08	2809.13	3114.68	1804.04	1075.33	4837.03
강원	2000	-0.82	-521.73	-788.79	-553.48	-242.17	-843.35	892.99	859.35	1276.54	564.11	111.91	754.56
충북	2000	-1.09	-920.71	-1216.61	-907.83	-321.70	-1451.81	1074.25	796.30	978.66	650.64	25.92	-1293.98
충남	2000	-2.02	-1570.66	-2587.14	-2390.61	-958.91	-4177.13	3370.54	2700.42	3304.75	2559.74	234.30	483.27
전북	2000	-0.77	-946.38	-1330.15	-1244.01	-555.45	-2683.34	3334.79	3550.02	4552.39	3971.90	1316.79	9965.80
전남	2000	-4.29	-3026.92	-3660.71	-3015.19	-1113.77	-4443.10	3929.11	3059.72	3214.24	2313.04	1488.68	-1259.17
경북	2000	-6.10	-3260.00	-3712.15	-2608.97	-886.24	-3017.74	2162.10	1866.23	1429.58	614.92	5.64	-7412.71
경남	2000	-4.65	-2479.92	-2758.22	-2101.68	-724.99	-2415.79	1597.89	1108.28	942.26	510.71	249.96	-6076.16
제주	2000	-0.22	-5.48	-6.92	-4.35	-0.07	-0.37	0.71	0.94	1.87	3.79	11.47	1.36
합계	2000	-21.00	-13518.66	-17492.81	-14001.48	-5359.50	-21427.28	18742.45	16750.40	18814.98	12992.89	4520.00	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2001 면적합계
경기	2001	-1.50	314.10	374.79	273.19	-649.04	826.65	-1653.96	-792.46	-58.03	556.43	258.24	-551.59
강원	2001	-1.10	188.60	190.58	125.35	-279.89	315.34	-548.05	-262.92	-22.67	205.86	69.74	-19.17
충북	2001	-2.05	377.77	326.02	230.46	-430.29	473.71	-703.95	-272.55	-16.48	151.73	42.24	176.63
충남	2001	-2.72	551.16	575.97	491.89	-1054.19	1391.71	-2355.36	-1033.55	-67.60	760.69	333.87	-408.15
전북	2001	-2.08	350.65	382.70	286.93	-698.04	965.44	-2053.19	-1029.72	-79.36	1094.15	475.70	-306.83
전남	2001	-5.96	991.78	792.37	620.46	-1256.03	1587.30	-2608.82	-1201.11	-75.25	764.65	495.60	105.00
경북	2001	-6.67	1112.29	809.41	558.39	-1015.70	1119.29	-1733.67	-732.43	-37.36	263.32	47.96	384.84
경남	2001	-6.01	907.90	674.51	477.86	-859.79	898.96	-1241.62	-430.88	-20.17	166.76	43.41	610.93
제주	2001	-0.07	5.09	2.15	0.50	-0.64	0.46	-0.50	-0.23	-0.05	0.39	1.25	8.34
합계	2001	-28.17	4799.33	4128.50	3065.03	-6243.62	7578.85	-12899.11	-5755.85	-376.98	3963.97	1768.03	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2002 면적합계
경기	2002	2.63	-174.53	-380.68	-631.57	-328.51	-1582.15	1044.75	95.00	1162.06	1163.63	763.02	1133.66
강원	2002	2.43	-99.18	-201.81	-270.08	-152.60	-604.38	401.57	27.37	519.70	364.74	107.92	95.67
충북	2002	3.80	-181.85	-285.32	-454.99	-217.20	-843.92	463.23	34.50	375.25	496.04	182.21	-428.24
충남	2002	6.78	-317.29	-634.85	-1150.12	-564.03	-2796.32	1707.06	109.02	1279.74	1553.49	358.88	-447.64
전북	2002	2.64	-173.35	-368.31	-535.52	-355.88	-1645.01	1506.11	116.59	1754.93	2869.21	768.17	3939.58
전남	2002	9.72	-542.21	-851.82	-1361.81	-686.72	-2830.36	1813.81	113.64	1421.57	2083.81	1517.55	687.17
경북	2002	13.07	-590.46	-844.94	-1179.13	-555.74	-2136.41	1295.58	72.06	828.79	609.01	2.76	-2485.41
경남	2002	11.35	-479.10	-706.58	-1023.07	-428.93	-1679.14	957.01	46.79	400.13	287.10	108.79	-2505.66
제주	2002	0.01	-3.45	-0.07	-0.16	-0.08	-0.42	0.53	0.05	1.06	3.57	9.82	10.87
합계	2002	52.43	-2561.42	-4274.38	-6606.43	-3289.70	-14118.1	9189.66	615.01	7743.23	9430.59	3819.12	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2003 면적합계
경기	2003	2.24	49.97	-263.65	-47.28	-777.85	-1082.59	-1084.97	69.23	1300.49	2249.63	149.35	564.55
강원	2003	2.69	26.62	-129.59	-19.56	-417.22	-360.05	-352.61	21.97	550.85	963.90	81.38	368.37
충북	2003	3.91	53.10	-219.58	-35.71	-594.22	-548.35	-500.51	24.18	379.43	857.68	64.43	-515.64
충남	2003	5.55	77.94	-434.35	-92.21	-1514.80	-1701.18	-1680.10	66.49	1358.52	3529.03	550.26	165.16
전북	2003	4.99	47.73	-272.69	-51.05	-978.28	-1173.37	-1274.00	84.34	1845.81	4605.37	525.33	3364.20
전남	2003	11.65	134.32	-574.19	-105.28	-1634.33	-1844.85	-2219.23	89.94	1864.35	3757.35	161.46	-358.80
경북	2003	16.37	164.72	-612.66	-93.68	-1293.39	-1320.03	-1287.84	63.47	1067.83	1199.09	16.95	-2079.17
경남	2003	16.15	128.78	-461.57	-80.82	-1107.27	-1053.70	-763.04	41.92	557.13	1184.08	31.98	-1506.36
제주	2003	0.16	0.47	-2.64	0.00	-0.04	-2.46	-0.11	0.01	0.25	1.35	0.71	-2.31
합계	2003	63.72	683.64	-2970.92	-525.59	-8317.41	-9086.57	-9162.40	461.55	8924.66	18347.47	1581.85	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2004 면적합계
경기	2004	1.40	62.70	-182.95	-105.11	-346.25	-577.83	-28.25	-159.43	-245.27	1276.19	396.32	91.52
강원	2004	1.34	37.14	-93.15	-49.62	-170.98	-191.81	-10.46	-48.93	-106.12	553.59	121.20	42.21
충북	2004	2.16	75.07	-154.85	-94.68	-244.49	-307.21	-13.48	-58.24	-66.61	515.09	136.33	-210.91
충남	2004	2.61	107.26	-308.92	-226.53	-679.86	-906.28	-45.55	-161.72	-258.93	2159.96	836.16	518.19
전북	2004	2.15	64.33	-194.92	-113.96	-427.20	-641.15	-36.89	-185.06	-340.85	2620.56	1027.95	1774.96
전남	2004	6.22	169.53	-401.93	-252.79	-707.19	-997.71	-58.65	-208.55	-374.84	2350.68	478.69	3.46
경북	2004	8.09	219.74	-424.83	-219.79	-611.52	-747.80	-35.43	-146.15	-191.34	856.50	126.95	-1165.58
경남	2004	8.74	179.48	-329.50	-208.75	-516.00	-573.84	-22.72	-88.34	-110.03	579.05	27.03	-1054.87
제주	2004	0.00	1.41	-1.43	-0.01	-0.80	-0.04	0.00	-0.02	-0.04	0.66	1.29	1.02
합계	2004	32.73	916.66	-2092.49	-1271.25	-3704.30	-4943.65	-251.43	-1056.43	-1694.03	10912.27	3151.92	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2005 면적합계
경기	2005	-5.85	-320.89	-93.49	-505.20	-54.12	-1153.16	-223.18	-544.10	1236.13	808.58	1767.03	911.77
강원	2005	-4.46	-193.80	-51.27	-237.72	-30.75	-374.40	-90.39	-165.73	541.95	396.46	349.63	139.51
충북	2005	-8.10	-405.01	-76.25	-457.98	-37.69	-587.72	-109.77	-178.33	459.93	318.63	379.35	-702.93
충남	2005	-9.91	-559.12	-158.55	-1048.41	-111.39	-1830.14	-342.09	-548.28	1508.02	1430.68	3136.34	1467.16
전북	2005	-7.46	-349.67	-99.64	-516.14	-70.90	-1304.22	-267.82	-593.96	2019.89	1815.31	2871.05	3496.43
전남	2005	-21.98	-836.13	-203.31	-1175.63	-111.79	-2005.72	-467.61	-738.58	1970.39	1702.99	1639.15	-248.20
경북	2005	-31.56	-1113.72	-214.88	-982.68	-99.71	-1503.94	-284.25	-502.37	986.16	627.41	536.65	-2582.88
경남	2005	-34.66	-922.79	-165.75	-958.58	-83.50	-1128.08	-187.17	-277.31	548.72	533.97	198.71	-2476.44
제주	2005	-0.01	-8.64	-0.27	-0.03	-0.14	-0.08	-0.03	-0.07	0.25	0.45	4.15	-4.42
합계	2005	-123.99	-4709.77	-1063.41	-5882.38	-599.98	-9887.45	-1972.29	-3548.72	9271.44	7634.48	10882.07	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2006 면적합계
경기	2006	9.69	391.63	789.85	616.89	-275.96	-891.90	-850.53	-1351.97	254.52	273.45	439.39	-594.95
강원	2006	7.54	243.48	406.73	276.34	-125.41	-354.88	-330.42	-531.27	108.05	115.70	118.47	-65.68
충북	2006	11.91	463.51	691.49	508.37	-183.25	-523.95	-407.89	-538.40	84.99	95.42	96.67	298.85
충남	2006	14.84	660.55	1194.01	1095.19	-456.23	-1583.94	-1327.16	-2019.46	339.02	425.38	793.02	-864.78
전북	2006	11.64	430.01	821.92	631.69	-310.62	-1073.10	-1117.98	-1789.97	367.74	533.28	1049.72	-445.67
전남	2006	32.62	1140.28	1547.88	1342.18	-528.39	-1766.77	-1442.76	-2412.82	414.12	502.10	910.57	-260.97
경북	2006	42.90	1373.58	1702.58	1241.05	-442.39	-1270.51	-1016.84	-1489.75	231.73	211.99	156.83	741.17
경남	2006	41.55	1186.85	1438.85	1087.72	-367.70	-988.30	-708.60	-935.84	129.41	122.25	174.37	1180.54
제주	2006	0.43	4.47	4.19	1.07	-0.24	-0.15	-0.40	-0.45	0.21	0.26	2.09	11.48
합계	2006	173.12	5894.36	8597.50	6800.50	-2690.20	-8453.51	-7202.58	-11069.94	1929.79	2279.82	3741.14	0.00

A-4. 지역 할당효과 계산

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	1998 면적합계
경기	1998	-6.62	-293.59	-646.25	-203.38	1521.73	-223.03	32.96	1052.27	-312.21	-2074.59	524.73	-627.98
강원	1998	-10.86	-338.63	-191.47	-46.49	372.14	-1006.49	440.15	-318.24	781.57	-242.37	121.05	-439.64
충북	1998	8.10	292.00	-9.75	401.56	165.82	-122.31	-353.33	-416.14	174.09	-753.22	-19.86	-633.04
충남	1998	-0.34	-92.24	-68.56	644.12	-220.28	1483.31	-223.86	-277.95	-711.69	427.30	276.36	1236.17
전북	1998	-17.93	-373.00	-654.63	-218.00	-14.34	-846.58	1481.87	147.06	-1091.50	1958.65	-262.82	108.78
전남	1998	25.32	863.41	1403.31	450.25	289.96	1991.38	-2953.87	505.90	417.66	818.32	-357.56	3454.07
경북	1998	24.77	676.23	1046.62	-559.80	-2174.08	-1233.19	1984.79	-439.80	444.13	-734.90	-123.76	-1088.99
경남	1998	-21.83	-738.01	-869.76	-464.54	58.74	-43.57	-405.87	-254.18	296.70	599.27	-160.68	-2003.71
제주	1998	-0.61	3.82	-9.51	-3.73	0.31	0.48	-2.84	1.08	1.25	1.55	2.53	-5.67
합계	1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	1999 면적합계
경기	1999	9.06	-215.86	98.93	211.98	1247.39	-459.78	934.61	673.92	84.61	-1933.15	-289.63	362.07
강원	1999	-5.10	18.85	58.09	108.46	-266.40	211.51	132.09	56.85	22.43	153.37	-382.83	107.31
충북	1999	3.84	-506.30	-137.62	-753.30	-390.09	-43.13	1063.25	-722.49	18.94	1215.89	-212.21	-463.22
충남	1999	-14.80	256.02	908.73	476.57	-42.58	116.65	-134.45	-2512.46	542.30	1196.83	-180.21	612.60
전북	1999	-18.85	39.64	-1181.33	32.28	-1300.15	-696.53	-1238.40	91.44	1944.72	1747.34	854.34	274.50
전남	1999	-21.35	649.45	-130.44	-214.35	-878.05	1280.65	2329.23	-391.99	-1243.84	-1038.07	59.50	400.75
경북	1999	38.19	-46.72	1114.97	1394.17	1261.97	-674.12	-2437.75	1740.44	-1752.25	-884.33	-3.30	-248.73
경남	1999	-2.66	-198.57	-714.66	-1256.18	366.70	262.99	-600.08	1060.49	377.13	-468.44	144.41	-1028.86
제주	1999	11.68	3.48	-16.67	0.36	1.20	1.76	-48.49	3.81	5.95	10.55	9.92	-16.43

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2000 면적합계
경기	2000	3.98	335.10	888.40	548.38	28.20	-471.71	177.60	-4099.45	-1479.93	125.42	-1390.49	-5334.50
강원	2000	0.30	32.56	106.68	144.62	-56.80	395.23	-742.36	-767.85	-983.20	700.92	222.33	-947.57
충북	2000	22.72	490.92	938.95	1094.83	1415.37	-922.73	-394.77	-25.60	-1056.86	-971.19	274.93	866.57
충남	2000	0.49	-62.20	-836.11	-1084.66	-1603.65	-1988.21	397.82	2505.33	468.65	-420.61	2074.15	-548.99
전북	2000	40.31	141.47	1660.51	503.94	1299.37	378.82	-2699.03	-4510.30	-4006.29	-2442.46	-337.12	-9970.78
전남	2000	7.81	-798.75	-1728.62	-1366.00	-1057.35	365.56	-1063.40	3551.09	3668.51	1224.45	-742.46	2060.85
경북	2000	-58.40	-434.52	-1610.54	-439.26	-426.86	1203.77	2740.69	2162.02	2947.04	1572.15	391.83	8047.91
경남	2000	-8.56	265.15	568.32	613.64	387.55	1031.57	1583.25	1187.08	437.60	227.28	-465.48	5827.39
제주	2000	-8.66	30.28	12.41	-15.48	14.17	7.71	0.20	-2.32	4.49	-15.96	-27.70	-0.87
합계	2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2001 면적합계
경기	2001	-3.41	137.21	-178.24	702.42	-624.47	547.37	-1899.72	2189.97	-489.25	-1462.13	906.62	-173.62
강원	2001	7.51	-29.33	108.83	-1.77	238.08	219.70	158.21	-153.07	885.43	-1141.21	-188.79	103.59
충북	2001	-0.25	-393.46	-1265.71	-686.28	-441.36	-499.17	-544.38	1140.27	600.84	1232.99	401.87	-454.65
충남	2001	34.54	460.38	933.87	1477.54	398.25	2640.64	413.01	-299.70	-1781.55	-2339.40	-1600.81	336.76
전북	2001	-24.83	-274.43	-676.63	-1363.17	-552.55	-1987.97	616.72	1393.33	2043.61	2429.59	-1146.12	457.55
전남	2001	-27.58	256.74	762.19	402.00	1156.49	-1639.02	-636.88	-3119.09	-2032.19	2416.09	1975.02	-486.23
경북	2001	13.35	-63.24	168.11	-401.86	954.69	665.42	860.08	-1315.92	1005.90	-159.22	-445.59	1281.73
경남	2001	3.20	-108.42	199.70	-113.67	-1117.11	58.75	1030.47	158.48	-233.09	-1000.85	66.33	-1056.22
제주	2001	-2.54	14.55	-52.13	-15.21	-12.02	-5.72	2.49	5.73	0.32	24.15	31.47	-8.91
합계	2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2002 면적합계
경기	2002	-16.64	238.13	-31.13	-571.63	-940.39	1186.47	657.53	-581.99	-582.57	-73.77	-2169.51	-2885.50
강원	2002	-4.54	10.54	-354.43	-371.11	559.84	-533.94	-725.02	403.34	-721.53	1316.44	477.47	57.04
충북	2002	-12.13	321.25	706.44	-94.66	803.85	95.92	586.68	-481.40	-795.53	-555.92	-143.73	430.75
충남	2002	-46.50	-474.61	-229.48	136.85	1582.99	-1818.68	-332.34	-4325.26	-1745.65	2623.13	5227.11	597.56
전북	2002	30.92	102.85	554.45	1627.03	1400.14	2114.94	-3455.38	-892.17	-2651.08	-5056.75	2696.26	-3528.80
전남	2002	-2.90	-731.66	-593.66	-590.44	-1817.91	428.06	6235.50	1314.47	3385.45	-1536.38	-6079.39	11.14
경북	2002	8.39	501.74	842.86	-23.94	-1992.38	-1014.67	-59.22	2650.22	1687.40	73.75	205.67	2879.83
경남	2002	40.88	63.56	-981.14	-110.22	406.66	-498.44	-2901.30	1921.30	1438.11	3238.44	-170.22	2447.63
제주	2002	2.52	-31.79	86.10	-1.87	-2.80	40.34	-6.45	-8.51	-14.59	-28.94	-43.66	-9.66
합계	2002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

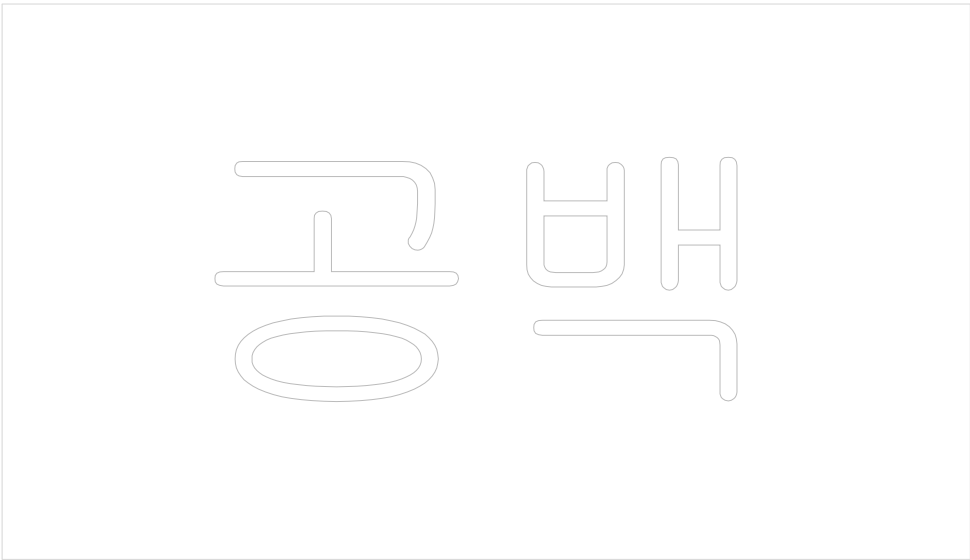
		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2003 면적합계
경기	2003	9.02	-226.82	-124.45	-726.07	-6.62	-354.91	-777.77	118.56	-132.31	-636.87	688.61	-2169.64
강원	2003	-1.37	76.32	84.97	180.95	-555.64	-129.70	400.01	-166.15	130.43	-202.99	-285.69	-468.86
충북	2003	5.45	204.12	9.00	653.58	-754.55	281.95	-128.97	353.48	-451.94	51.25	55.53	278.90
충남	2003	-8.42	145.40	136.10	275.29	195.44	-611.92	-282.10	1167.96	89.12	629.24	-1815.11	-78.99
전북	2003	-14.71	17.72	129.53	-746.53	-317.82	87.72	987.68	-979.08	-794.20	-1221.51	-131.11	-2982.31
전남	2003	8.43	-557.53	-112.44	-145.16	-774.30	-190.56	-1152.59	330.07	1750.19	1195.36	1094.72	1446.18
경북	2003	-11.40	-59.70	-302.81	-534.72	1328.53	940.94	43.68	108.72	-947.88	1477.31	649.89	2692.57
경남	2003	15.84	359.28	199.50	1042.66	855.81	17.80	910.00	-933.49	356.92	-1290.30	-255.93	1278.07
제주	2003	-2.83	41.21	-19.40	-0.01	29.15	-41.32	0.07	-0.06	-0.33	-1.49	-0.91	4.08
합계	2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2004 면적합계
경기	2004	5.06	-12.86	44.02	312.23	-438.06	-38.26	100.01	306.86	-1586.09	-1350.24	913.38	-1743.96
강원	2004	-5.97	30.69	339.76	134.89	681.81	-140.37	538.89	48.50	-580.16	146.70	-157.64	1037.09
충북	2004	-0.95	199.97	-210.94	329.63	-425.37	-407.02	258.20	-620.12	1424.23	-668.65	-209.23	-330.27
충남	2004	0.00	83.12	133.91	3.13	283.73	267.26	-982.68	180.49	1356.79	-1289.41	571.48	607.83
전북	2004	-6.41	198.21	50.00	-185.62	379.44	333.71	-1390.61	-992.74	2305.61	-289.98	-1553.06	-1151.46
전남	2004	-15.10	-361.74	-82.66	97.99	-614.11	156.40	487.81	1364.27	-1211.05	935.75	-30.98	726.59
경북	2004	8.74	-158.39	-88.17	-569.90	147.47	126.85	410.28	409.25	-911.35	451.53	225.33	51.62
경남	2004	14.62	6.41	-146.63	-122.39	-17.64	-298.68	578.01	-696.68	-798.25	2064.53	241.44	824.75
제주	2004	0.00	14.60	-39.28	0.04	2.72	0.11	0.10	0.16	0.28	-0.22	-0.71	-22.20
합계	2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2005 면적합계
경기	2005	9.14	-73.86	356.00	438.98	1633.37	-1550.45	611.76	-3824.23	-210.49	1808.29	-1599.15	-2400.64
강원	2005	7.95	6.96	-81.80	20.29	-611.80	573.46	5.46	158.36	-361.09	-152.40	-16.47	-451.09
충북	2005	3.61	-321.25	784.39	-281.87	698.99	354.02	121.29	-198.12	-815.55	14.99	-321.06	39.44
충남	2005	6.09	-290.39	-918.68	-1562.23	-2119.10	317.08	1341.75	3423.86	1908.36	-104.82	-2713.34	-711.41
전북	2005	7.35	-56.40	171.14	467.72	-356.52	-692.06	2410.99	-695.98	-3999.31	-497.91	596.32	-2644.65
전남	2005	11.62	695.30	-1002.29	-226.48	1331.44	856.37	-4563.56	1205.75	303.46	-364.79	3301.56	1548.39
경북	2005	-7.05	-150.11	-362.61	1403.62	-229.57	-252.62	-365.48	-856.57	2009.19	1392.53	-263.15	2318.18
경남	2005	-41.27	236.82	1033.11	-273.85	-327.56	392.80	432.44	784.24	1153.50	-2103.32	1008.95	2295.85
제주	2005	2.55	-47.07	20.74	13.82	-19.25	1.39	5.35	2.69	11.92	7.43	6.35	5.93
합계	2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		0.1ha 미만 농가	0.1 - 0.3ha	0.3 - 0.5ha	0.5 - 0.7ha	0.7 - 1.0ha	1.0 - 1.5ha	1.5 - 2.0ha	2.0 - 3.0ha	3.0 - 5.0ha	5.0 - 10.0ha	10.0ha 이상	2006 면적합계
경기	2006	-7.06	-287.33	-515.07	-462.48	-546.70	-304.88	-130.11	-46.36	-662.35	1848.80	-1388.69	-2502.23
강원	2006	-13.19	8.24	208.45	-162.77	18.75	104.98	954.93	758.86	511.47	-2030.23	-859.68	-500.17
충북	2006	13.69	157.97	-770.50	-633.35	-29.37	-435.61	-187.21	669.55	359.73	-1254.36	540.73	-1568.74
충남	2006	29.56	246.28	239.27	1074.80	1149.83	2976.79	2026.95	-2897.06	754.28	605.81	-3153.61	3052.90
전북	2006	6.64	645.69	1329.34	2742.44	1550.86	1897.46	-1151.00	895.45	-940.02	-4748.92	-278.92	1949.02
전남	2006	23.69	-435.57	-790.45	-2499.22	-128.75	-2317.70	-1751.03	1292.53	1654.54	761.69	2414.79	-1775.49
경북	2006	-24.68	-177.26	585.87	-417.77	-1166.55	-1066.58	1375.13	-511.60	-416.71	613.07	2633.33	1426.25
경남	2006	-25.74	-152.54	-281.61	372.92	-837.50	-853.37	-1132.92	-159.37	-1248.96	4211.79	104.00	-3.29
제주	2006	-2.92	-5.49	-5.30	-14.57	-10.57	-1.08	-4.74	-2.01	-11.97	-7.65	-11.95	-78.26
합계	2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





## 주 의

1. 이 보고서는 농림부로부터 연구비를 지원받아 한국농촌공사 농어촌연구원  
에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은  
아닙니다.

### ■ 발 행 처

농촌지역 작부체계에 따른 용수구역단위 물관리 기술 개발(최종)

발 행	2008. 12
발행인	임 종 완
발행처	한국농촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 1031-7번지
	전 화 031 - 400 - 1700
	FAX 031 - 409 - 6055

- 이책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.  
단, 이책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.