

새만금 수질개선 방안 연구 - 용담댐 방류량을 중심으로

김연주 | 이진희 | 황대호 | 송재열 | 장평화

연구진

연구책임자 김연주 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)
참여연구원 이진희 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)
 황대호 (한국물관리정책연구소 대표연구원)
 송재열 (한국환경정책·평가연구원 연구원)
 장평화 (한국환경정책·평가연구원 연구원)

산학연정 연구자문위원

강형식 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)
김태운 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)
김보국 (전북발전연구원 연구위원)
송성욱 (새만금지방환경청 주무관)
최정훈 (농어촌연구원 책임연구원)

© 2013 한국환경정책·평가연구원

발행인 이병욱

발행처 한국환경정책·평가연구원
 서울특별시 은평구 진흥로 215 (우편번호) 122-706
 전화 02)380-7777 팩스 02)380-7799
 <http://www.kei.re.kr>

인쇄 2013년 11월 27일

발행 2013년 12월 2일

출판등록 제17-254호

ISBN 978-89-8464-742-8 93530

서 언

새만금호의 환경관리는 2020년 해수 담수화를 목표로 수질관리 중심으로 시행되고 있습니다. 특히, 새만금 유역 내 상류지역인 만경강 유역의 수질문제는 타 유역에 비해 심각한 수준으로 수량 확보 및 오염원 저감을 위한 대책들이 시행되고 있습니다. 또한, 용담다목적댐에서의 발전방류량의 일부가 만경강으로 유입되고 이로 인한 만경강 수질개선 효과가 이미 알려진바, 본 연구에서는 용담댐의 방류량을 활용하는 만경강의 수질 개선 방안을 찾고자 합니다.

본 연구는 용담댐 방류량과 연계된 기존의 새만금 개발 및 수질개선 계획들을 검토하고, 용담댐 방류량과 만경강 수량 및 수질의 관계에 대한 자료 분석을 바탕으로 수질개선 대안을 도출하고 검토하였습니다. 본 연구의 결과는 향후 새만금유역 및 만경강 수계의 수질개선 및 수량확보와 효율적인 댐운영 관리 등에 기여할 것으로 기대합니다. 본 연구결과가 나오기까지 본 연구를 맡아 수행한 김연주 박사, 이진희 박사, 한국물관리정책연구소 황대호 박사, 송재열 연구원, 장평화 연구원에 게 감사의 뜻을 표합니다. 아울러 연구의 질적 향상을 위해 자문위원으로서 수고해 주신 전북발전연구원 김보국 연구위원, 새만금지방환경청 송성욱 주무관, 농어촌연구원 최정훈 책임연구원과 내부자문위원으로 수고해 주신 강형식 박사, 김태운 박사께도 감사의 말씀을 드립니다. 그 외 연구과정에서 도움을 주신 모든 관계자들에게도 감사를 드립니다.

2013년 12월

한국환경정책·평가연구원

원장 이 병 욱

국문 요약

본 연구는 새만금 수질개선을 목적으로 용담댐 발전방류량을 활용하는 방안을 모색하였으며, 이를 위해 용담댐 방류량과 연관된 기존의 새만금 개발 및 수질개선 계획들을 검토, 용담댐 방류량과 용담댐 물 공급에 의한 만경강 유량 및 수질 영향 그리고 용담댐 물 공급 현황에 대해서 분석, 만경강 수질 개선의 대안으로 용담댐 용수배분을 통한 하천유지유량 공급 및 증가방류를 제안하고 검토하였다.

먼저, 새만금 종합개발계획(이하 개발계획)과 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책(이하 수질개선대책)을 검토하였다. 개발계획에 따르면 용담댐의 전주권 용수 배분량이 새만금 개발 후 전량 사용된다면 만경강 유입수량은 매우 적어질 것이지만 용수공급가능량은 새만금 개발 후 필요수량을 초과하고, 이에 용담댐 용수배분량이 전량 사용될지 여부는 불확실하다. 즉, 용담댐 방류량의 활용을 통해 현재 뿐만 아니라 미래, 즉 새만금 개발 후 수질을 유지·개선하는 데 기여할 수 있을 것이다. 또한 수질개선대책에서는 어우보 운영의 개선 및 용수 재이용 등을 용담댐 으로부터 만경강으로의 유입수량을 늘리기 위한 대책으로 포함하고 있었다.

다음으로, 용담댐 물 공급의 만경강 수질영향 분석을 하였다. 용담댐으로부터 만경강 유역으로 방류되는 물이 만경강의 유량 및 수질에 미치는 영향을 분석하고, 또한, 용담댐의 물공급 현황을 분석하였다. 용담댐 방류량의 만경강 수질에 대한 영향에 대해 정량적으로 파악하고자 연별, 월별 자료를 분석한 결과, 갈수 시 용담댐 방류량과 만경강 본류를 흐르는 유량의 상관계수가 0.98로 높은 상관관계를 보였으며, 유량이 적을수록 적은 유량에도 큰 수질 변화를 보였다. 용담댐의 용수공급현황을 살펴보면 총 계획배분량에 비해 실제 배분량은 적어서 총 배분량에 여유가 있음을 알 수 있었다. 전주권의 생활·공업용수는 기존 계획량 15.6 CMS에서 실제 수요량은 5.0 CMS로 적어졌고 금강본류의 하천유지유량은 기존 계획량 5.0 CMS에서 실제 배분량은 10.0 CMS로 증가되었다.

마지막으로 만경강 물 공급 활용 수질개선 대안 도출 및 검토를 하였다. 1) 용담댐 용수배분 현황을 살펴본 결과 용담댐의 용수공급 가능량의 여유분이 5.4 CMS에 이르는 것을 확인할 수 있었으며, 이중 일부를 만경강 하천유지유량으로 배분하는 방안을 제안하였다. 이를 위해서 용수 사용 평가기준의 확립 및 제도 개선, 댐 용수 배분을 위한 평가체제의 확립 및 정부와 수자원공사 간 지분 조정 등의 과제 해결, 하천유지유량의 산정방법 보완 및 적용을 위한 종합적 체계가 필요한 것으로 보인다. 2) 용담댐의 일시적 방류량 증가를 통해 만경강 수질을 개선하는 방안을 모색해보았다. 도수 터널을 통한 유역변경수를 활용하기 때문에 방류수량에는 한계가 있고 이에 일반적인 증가방류의 효과를 기대하기에는 어려울 것으로 보이나, 어느 정도의 수질개선 효과가 있을 것으로 기대된다. 위의 개선방안을 바탕으로 가능한 시나리오를 구성하였다. 시나리오의 타당성을 확인하기 위해 각각 시나리오에 따른 용담댐 저수율의 변화를 검토하였으며 또한 SWAT 모형을 활용하여 수질변화를 모의하였다.

본 연구는 용담댐 방류량을 이용하여 수질개선 방안의 구체적 정량적 검토를 하였다는 것에 의의가 있으며, 향후 관련 논의 및 수질개선 계획의 시행 등의 기반을 제공한다.

주제어: 만경강, 용담댐, 외부유입수량, 하천유지유량, 증가방류

| 차례 |

제1장 · 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 주요 연구내용 및 방법	1
제2장 · 새만금 유역 개황	3
1. 새만금 유역	3
가. 만경강 유역	4
나. 동진강 유역	8
2. 새만금유역 외부유입수	12
가. 용담댐	14
나. 섬진강댐	26
다. 나포 및 서포 양수장	27
제3장 · 새만금 개발 및 수질개선 계획에서 용담댐 물 공급의 역할 검토 · 28	
1. 새만금 종합개발계획	28
가. 개요	28
나. 새만금 개발 용수공급 계획 상 용담댐 물 공급	30
2. 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책	32
가. 개요	32
나. 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책 중 용담댐 물 공급 관련 대책	40
3. 소결	42

제4장 · 새만금 수질과 용담댐 물 공급 분석	43
1. 새만금유역 수질에 대한 용담댐 물공급 영향 개요	43
2. 용담댐 물 공급의 만경강 유량 영향	49
가. 용담댐 전주권 방류량 및 고산천 유입량	49
나. 어우보 상류 및 하류 유량 구성	53
다. 만경강 유량과 용담댐 방류량의 상관관계	57
3. 용담댐 물 공급의 만경강 수질 영향 분석	61
가. 용담댐 방류량과 수질의 연 변화 상관관계	61
나. 용담댐 방류량과 수질의 월 변화 상관관계	64
4. 용담댐 물 공급 현황 분석	70
5. 소결	75
제5장 · 용담댐 물 공급 활용 새만금 수질개선 방안 제안	76
1. 용수재배분을 통한 만경강 하천유지유량 공급	76
가. 제안 개요	76
나. 관련 여건	79
다. 하천유지용수 확보 방안	80
2. 탄력적 댐 운영을 통한 증가방류	82
가. 제안 개요	82
나. 관련 여건	83
3. 시나리오 구성 및 평가를 통한 대안 검토	85
가. 시나리오 구성	86
나. 시나리오에 따른 용담댐 저수율 검토	87
다. 시나리오에 따른 SWAT 모형 모의 결과 검토	90

제6장 · 결 론	96
1. 연구의 결과 및 의의	96
2. 향후과제	96
참고문헌	99
부 록 1 건설부 공고 제138호	101
부 록 2 익산지방 국토관리청 고시 제2006-200호	103
부 록 3 용담댐 물 분배 갈등 사례	109
부 록 4 SWAT 모형을 이용한 만경강유역의 수질 모의	115
Abstract	119

| 표 차례 |

〈표 2-1〉 새만금유역 토지이용 현황(2010년 기준)	12
〈표 2-2〉 새만금유역 외부유입수량 현황	12
〈표 2-3〉 용담댐 본댐의 시설현황	16
〈표 2-4〉 용담댐 여수로의 시설현황	18
〈표 2-5〉 용담댐 저수지의 시설현황	19
〈표 2-6〉 도수터널, 취수탑 및 발전시설 현황	23
〈표 2-7〉 용담댐 유역의 확률수문량	24
〈표 2-8〉 저수량의 용도별 배분 계획 및 현재 상황	25
〈표 2-9〉 섬진강댐 주요 제원	26
〈표 2-10〉 나포양수장 제원	27
〈표 2-11〉 서포양수장 제원	27
〈표 3-1〉 새만금 간척지 토지이용계획의 변화	29
〈표 3-2〉 새만금간척지 개발에 따른 용수수요량과 공급체계	30
〈표 3-3〉 용담댐 공급량 배분 계획	31
〈표 3-4〉 새만금호의 구간별 목표수질	33
〈표 3-5〉 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책 추진 일정	34
〈표 3-6〉 새만금유역 제2단계 수질개선 상류대책	35
〈표 3-7〉 새만금유역 제2단계 수질개선 호내대책	38
〈표 4-1〉 새만금유역 주요 오염원의 분포	44
〈표 4-2〉 용담댐 방류량 조건에 따른 만경대교 지점 수질변화 (2015년 기준)	48
〈표 4-3〉 어우보상류 구간 연간 유량 현황	53
〈표 4-4〉 만경강 월류량 관련 변수의 상관계수(회귀분석 결과)	58

〈표 4-5〉 용담댐의 연평균 방류량과 전주, 김제 측정망 연평균 수질	62
〈표 4-6〉 연평균 용담댐 방류량과 수질 상관계수	62
〈표 4-7〉 용담댐 방류량(고산천)과 수질의 상관계수	64
〈표 4-8〉 용담댐의 2007년도 고시에 따른 용수배분 계획 및 현재 운영 사항	71
〈표 4-9〉 용담댐 방류량 현황	72
〈표 5-1〉 2008년 증가방류 실험에서 댐별 증가방류 목적 및 규모	85
〈표 5-2〉 하천유지유량 및 증가방류 시나리오 구성	87
〈표 5-3〉 시나리오에 따른 연간 수질개선 효과(SWAT 모형 예측)	91

| 그림차례 |

〈그림 1-1〉 연구 흐름도	2
〈그림 2-1〉 새만금 유역도	3
〈그림 2-2〉 만경강 수계 현황	5
〈그림 2-3〉 만경강 수계도	7
〈그림 2-4〉 동진강 수계 현황	9
〈그림 2-5〉 동진강 수계도	11
〈그림 2-6〉 새만금유역의 외부수량 유입 위치	13
〈그림 2-7〉 새만금유역 연도별 외부유입수량	14
〈그림 2-8〉 용담댐 위치와 금강수계 유역도	15
〈그림 2-9〉 용담댐 전면 전경(상단)과 여수로(중간) 및 발전시설(하단) (2013년 10월)	17
〈그림 2-10〉 용담댐의 본댐 단면도	18
〈그림 2-11〉 용담댐의 수위 및 저수 용량 배분	20
〈그림 2-12〉 용담댐의 도수터널 단면도	20
〈그림 2-13〉 용담본댐 취수탑(상단) 및 도수터널 취수탑(하단) (2013년 10월)	21
〈그림 3-1〉 새만금유역 용수원 위치도	31
〈그림 3-2〉 새만금 간척지의 토지이용계획과 구간별 목표수질	33
〈그림 3-3〉 어우보 운영개선에 따른 용수공급 계획도	41
〈그림 4-1〉 김제(만경강) 및 동진강(동진강) 지점 수질경향	45
〈그림 4-2〉 새만금 상류유역 수질영향 인자와 수질개선대책의 연관도	46
〈그림 4-3〉 만경A 및 만경B에 대한 용담댐 방류량과 BOD 변화(상단) 및 T-P (하단)	47

〈그림 4-4〉 용담호의 연도별 수질현황	48
〈그림 4-5〉 고산천 상류(상단), 용담댐 방류수 유입 모습 후방(중간) 및 전방 (하단) (2013년 10월)	50
〈그림 4-6〉 용담댐 전주권 방류량(Yongdam Q)과 용담댐 방류량의 고산천 유입량 (Yongdam Q(Gosan))의 관계 및 월별 변화(맨위 및 중간), 고산정수처리장 취수량 월별 변화(아래)	52
〈그림 4-7〉 어우보 상류 구간 유량 현황(2008~2011년 평균)	54
〈그림 4-8〉 연도별 어우보 상류(왼쪽) 및 하류(오른쪽) 구간 유량 현황(2008~ 2011년)	54
〈그림 4-9〉 월별 평균 어우보 상류(왼쪽) 및 하류(오른쪽) 구간 현황(2008~ 2011년)	55
〈그림 4-10〉 어우보 유입량(위) 및 외부유입수량 제외한 어우보 유입량(아래) 대비 어우보 취수율(%)	57
〈그림 4-11〉 강수량, 고산천 자체 유량, 용담댐 방류량(고산)과 만경강 유량의 관계, 2008~2011년 월별자료(왼쪽) 및 홍수기 제외한 월별자료 (오른쪽) (홍수기는 월 강수량 400 mm 이상인 경우로 가정함)	59
〈그림 4-12〉 강수량, 고산천 자체 유량, 용담댐 방류량(고산)과 만경강 유량의 관계, 2008~2011년 월 자료 중 강수량이 각각 50 mm(왼쪽) 및 100 mm(오른쪽) 이하인 갈수시 자료만 이용함	60
〈그림 4-13〉 용담댐 방류량과 전주 및 김제지점 수질의 연도별 변화 (BOD, T-P)	63
〈그림 4-14〉 월별 용담댐 방류량(고산천)과 BOD 및 T-P 변화(전주, 김제)	65
〈그림 4-15〉 월별 용담댐 방류량(고산천)과 BOD 및 T-P의 상관관계(전주 및 김제지점)	66

〈그림 4-16〉 한계유량 이하에서 유량과 수질의 관계 예시, 김제지점 월별 BOD	68
〈그림 4-17〉 한계유량에 따른 용담댐 방류량(고산천)과 김제지점 BOD 간의 회귀 분석 결과: 선형방정식 상관계수 및 선형방정식의 기울기	70
〈그림 4-18〉 2003~2012년 전주권 방류량(Q1)과 금강본류 방류량(Q2)의 연 도별, 월별 변화	73
〈그림 4-19〉 용담댐 월평균 전주권 및 금강본류 방류량, 그리고 일평균 저수율 변화(2003~2012년)	74
〈그림 4-20〉 용담댐 수위기준에 따른 저수량과 저수율	74
〈그림 5-1〉 하천유지유량 개념	76
〈그림 5-2〉 용담댐 용수배분 계획량(왼쪽) 및 실제사용량(오른쪽)	78
〈그림 5-3〉 용수사용 허가·평가를 위한 기반구축	80
〈그림 5-4〉 증가방류 댐 운영 방법론 검토	84
〈그림 5-5〉 하천유지유량 확보 시나리오별 용담댐 방류량 및 저수율	88
〈그림 5-6〉 증가방류 시나리오별 용담댐 방류량 및 저수율	89
〈그림 5-7〉 SWAT 모형 예측 유지유량 변화에 따른 전주지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)	92
〈그림 5-8〉 SWAT 모형 예측 유지유량 변화에 따른 김제지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)	93
〈그림 5-9〉 SWAT 모형 예측 2월 증가방류기간 변화에 따른 전주지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)	94
〈그림 5-10〉 SWAT 모형 예측 2월 증가방류기간 변화에 따른 김제지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)	95

| 제1장 · 서론 |

1. 연구의 필요성 및 목적

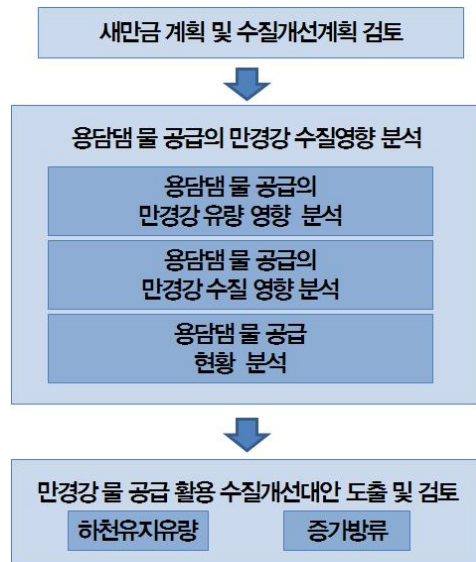
2011년 3월, 제6차 새만금안으로 “새만금 종합개발계획” 및 “제2단계(‘11~’20) 수질개선종합대책”이 확정되었고, 현재 2020년 새만금호의 해수 담수화를 목표로 수질관리에 초점을 둔 환경관리가 시행되고 있다. “새만금 종합개발계획”은 수질개선 계획 뿐 아니라 용수 수요추정 및 공급계획, 홍수대책 등을 포함한 방재계획, 방수시설물 계획 등 여러 수자원관련 계획을 포함한다. 이에 “제2단계(‘11~’20) 수질개선종합대책”은 상류 오염원 저감대책 및 오염원의 호 내 유입 차단 대책과 함께 현재의 갑문을 통한 해수유통 상태를 유지하고, 새만금호의 담수화는 2020년을 목표로 추진하되 2015년 상반기까지 중간평가를 실시하여 필요 시 추가대책 발굴하여 추진할 계획이다.

새만금 유역에서 만경강 유역의 수질문제는 동진강 유역에 비해 심각하다. 만경강 유역의 수질개선을 위해 오염원 저감 뿐 아니라 수량확보를 위한 대책들이 시행되고 있으며, 어우보 운영 개선, 물 재이용 사업 등의 대책이 2단계 수질개선종합대책에 이미 포함되어 있다. 만경강 수계는 용담다목적댐 발전방류량이 생활용수를 위해 일부 취수되고 나머지는 고산천을 통해 만경강으로 유입된다는 특징이 있다. 즉 만경강의 유입물량 부족을 해결하기 위해 용담댐 방류량을 활용할 수 있을 것이며, 본 연구에서는 용담댐 방류량을 활용하여 만경강 수질을 개선하는 방안을 찾고자 한다.

2. 주요 연구내용 및 방법

본 연구는 새만금 유역 중 만경강 유역의 수질개선을 위해 유역변경을 통해 만경강으로 유입되는 용담댐 발전방류량을 활용하는 방안을 모색한다. 이를 위해 용담

댐 방류량과 연계된 기존의 새만금 개발 및 수질개선 계획들을 검토하고, 용담댐 방류량과 만경강 수량 및 수질의 관계에 대한 자료 분석을 수행하였다. 이를 바탕으로 만경강 수질 개선을 위한 용담댐 방류량 확보방안으로 용담댐 용수재배분을 통한 하천유지유량 공급 및 증가방류를 대안으로 도출하였으며 이의 시행을 위해 필요한 주요 사항을 검토하였다(그림 1-1 참조).



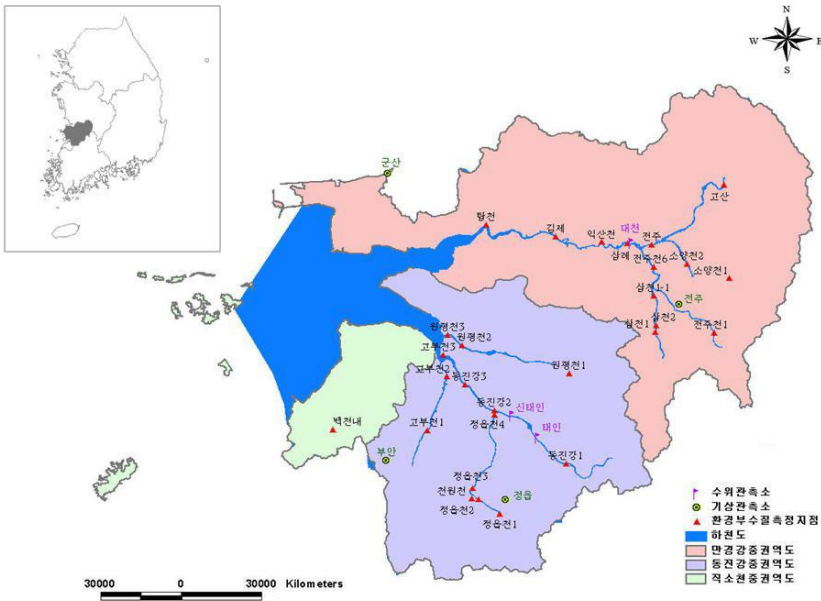
〈그림 1-1〉 연구 흐름도

본 보고서는 총 6장으로 구성되어 있다. 제1장 서론은 연구의 필요성 및 목적, 그리고 주요 연구내용 및 방법 등을 포함한다. 제2장은 만경강과 동진강 유역을 포함하는 새만금유역에 대한 개요뿐만 아니라 새만금 유역의 외부유입수 현황을 포함한다. 제3장은 용담댐 전주권 방류량과 연계된 새만금 개발 계획과 수질개선 계획에 대한 검토 결과를 포함한다. 제4장은 용담댐 물 공급의 만경강 수질 영향분석 결과를 포함하며, 제5장은 연구를 위해 사용한 주요 방법으로 기존 자료 검토 및 자료의 통계 분석, 또한 수질모형 모의를 포함한다. 마지막으로 제6장 결론은 본 연구 결과의 요약 및 의의, 그리고 향후 연구과제를 제시한다.

| 제2장 · 새만금 유역 개황 |

1. 새만금 유역

새만금 유역(그림 2-1 참조)은 총유역면적이 3,319km²이며, 만경강은 1,527.1km², 동진강은 1,129.3km²으로 대부분의 면적을 만경강과 동진강 유역이 차지하고, 그 외에 인근의 서해안 일부 유역과 새만금 간척개발지로 구분된다. 새만금유역은 행정구역상 정읍시, 김제시, 익산시, 전주시, 군산시 등 5개 시와 완주군, 부안군, 고창군 등 3개 군으로 구성되어 있다(환경부, 2012).



자료: 환경부(2012).

〈그림 2-1〉 새만금 유역도

가. 만경강 유역

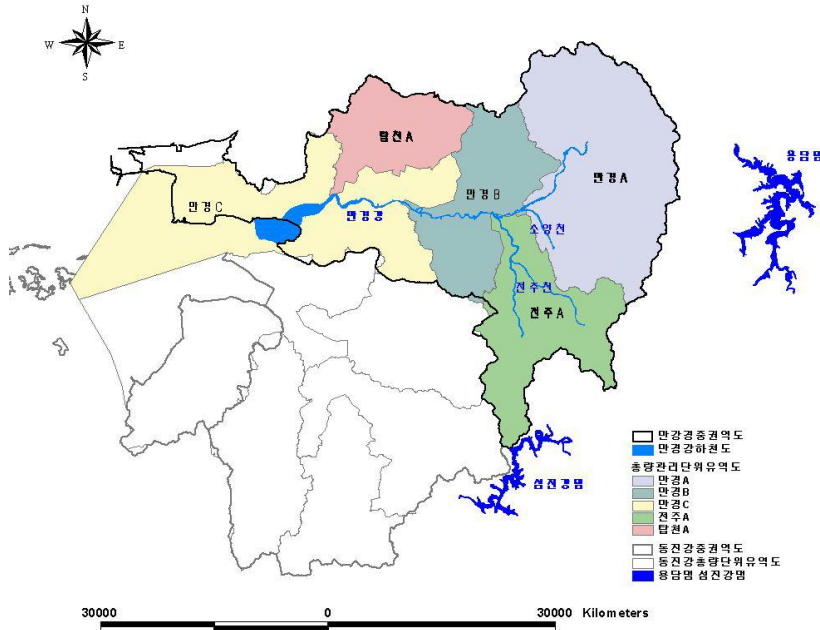
1) 유역현황

만경강은 유역면적이 1,527km², 유로연장은 77.4km로 전라북도 완주군 동상면 원등산에서 발원하여 북서측으로 유하하다 고산천과 합류한 후 유향을 남서측으로 바꾸어 유하하고, 완주군 소양면 만덕산(EL. 761.8m)에서 발원한 소양천과 합류하며, 다시 서측으로 유하하여 완주군 상관면 박이피산(EL. 315.8m)에서 발원한 전주천과 합류한 뒤 광활한 만경평야를 서측으로 관류하여 서해로 유입한다. 고산천, 소양천, 전주천 등의 지류와 합류하고 서해로 유입되는 하천이다(건설교통부, 2001).

유역형상은 대체적으로 수지상(dendritic)이다. 만경강유역의 동쪽에는 노령산맥이 서쪽으로 뻗어 있어 산세가 험하지만, 서쪽에는 광활한 평야지대와 구릉을 이루고 있는 대표적인 동고서저형을 보인다. 유역의 북쪽과 동쪽으로는 망해산(EL. 230.3m), 미륵산(EL. 430.2m), 옥녀봉(EL. 410.4m), 운장산(EL. 125.9m), 만덕산(EL. 761.8m)을 분수령으로 하여 금강유역과 접해 있으며, 남쪽으로는 박이피산(EL. 315.8m), 오봉산(EL. 513.2m), 모악봉(EL. 793.5m), 성덕산(EL. 240.2m)을 분수령으로 하여 섬진강 및 동진강유역과 접해 있다(건설교통부, 2001).

만경강 유역은 행정구역상 전라북도 전주시, 김제시, 정읍시, 부안군, 고창군 3개 시, 2개 군이 위치하고 있다. 토지이용현황을 보면 총 면적이 1,129.3km²으로 농경지는 542.9km²로 48.1%, 대지가 31.0km²으로 2.9%, 임야가 411.61km²로 36.4%이며 기타면적이 143.75km²로 12.7% 정도이며, 유역의 절반 정도가 농경지임을 알 수 있다(건설교통부, 2001).

수질오염총량관리제에서는 만경강유역을 만경A, 전주A, 탑천A, 만경B, 만경C 총 5개의 단위유역으로 구분하고 있다(환경부, 2012)(그림 2-2 참조).



자료: 환경부(2012).

〈그림 2-2〉 만경강 수계 현황

2) 하천현황

완주군 동상면에서 발원하는 만경강은 고산천, 소양천과 합류하여 본류를 이루며, 완주군 구이면에서 발원하는 삼천은 전주시내를 관통하는 전주천에 합류하며, 전주천은 대천지점에서 만경강에 합류하고, 익산시의 왕국면과 금마면을 흐르는 익산천이 유입하면서 만경강 대수계를 형성한다. 만경강 수계의 1차 지류로는 고산천, 소양천, 전주천, 익산천, 목천포천, 용암천 등이 있다. 전주시를 주 유역으로 하는 전주천과 유역 내에 대규모 축산농가가 위치한 익산천, 익산시의 하·폐수가 유입되는 목천포천과 탐천, 김제시의 축산단지 폐수가 유입되는 용암천 등은 만경강 수계의 수질관리 및 오염도 부분에서 중요한 하천들이다(환경부, 2012).

〈그림 2-3〉은 만경강 유역의 하천 수계를 보여주며, 만경강 수계를 이루는 주요

하천의 현황은 다음과 같다(환경부, 2012).

① 고산천은 완주군 화산면 운산리에서 발원하여 경천과 대아에서 내려오는 물과 합류하여 만경강의 상류를 이룬다. 유량이 비교적 풍부하며 수질이 양호하나 유역 상류의 축산폐수와 생활하수의 유입으로 계절에 따라 오염도가 증가하는 현상을 보인다.

② 소양천은 유역면적이 164km², 유로연장이 24.0km인 하천으로 만경강과 완주군 삼례읍 하리에서 합류되며, 상류유역에 임야가 넓게 분포하고 있어 수질이 비교적 양호한 편이다.

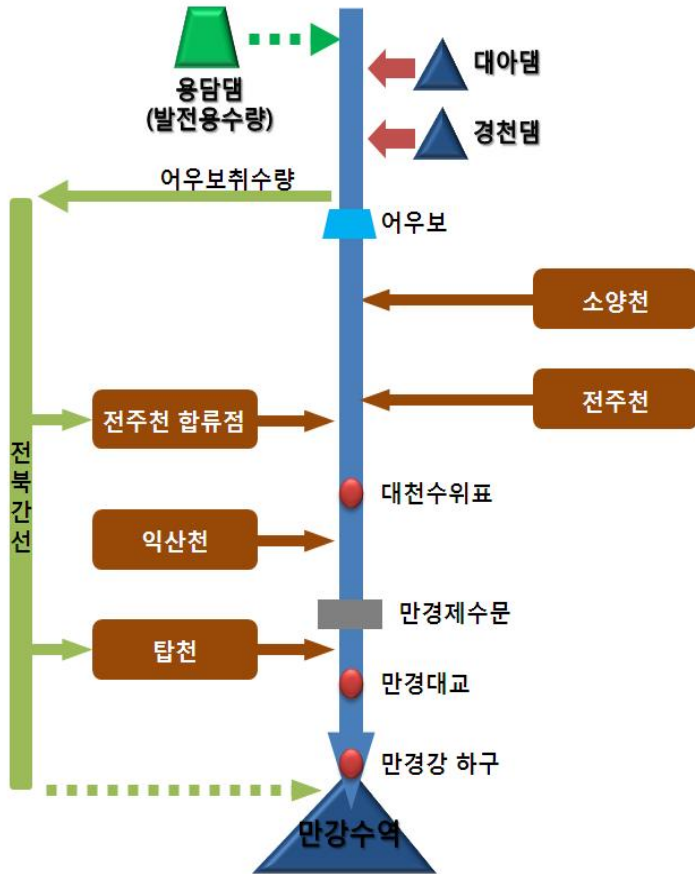
③ 전주천은 유역면적이 444.0km², 유로연장이 28.0km인 하천으로 전주시를 관통하며 완주군 상관저수지에서 발원한 삼천과 합류하여 전주시내를 흐르다가 완주군 삼례지점에서 만경강과 합류하며, 만경강의 지류 중에서 오염부하가 높은 편이다.

④ 익산천은 길이 10.6km의 하천으로 익산시 금마면에서 발원하여 익산시 춘포면에서 만경강과 합류한다. 익산천 유역에 위치한 축산농가에서 축산폐수와 생활하수가 배출되어 만경강의 지류들 중에서 오염도가 높은 하천에 속하며, 강우 시 축산분뇨의 유출이 오염부하량을 증가시키기 때문에 만경강 수질에 많은 악영향을 끼친다.

⑤ 목천포천은 만경제수문 직하류에서 만경강으로 유입되며 익산시의 하수처리장, 공단폐수처리장 등이 유입되는 하천으로 오염도가 높은 하천이다.

⑥ 탑천은 익산시 금마면에서 발원하여 만경대교 상류지점에서 만경강으로 유입되는 하천이다. 합류지점에는 입석갑문이 설치되어 있고, 갑문에 저류된 물은 대간선 수로에서 재이용 용수로 사용되고 있어서 영양물질의 농도가 높고, 수질에 영향을 미친다.

⑦ 용암천은 김제시에 위치한 축산폐수처리장의 방류수가 유입되며, 만경2교 직하류에서 만경강 본류와 합류한다.



자료: 농림부(2007) 참조 재작성.

〈그림 2-3〉 만경강 수계도

나. 동진강 유역

1) 유역현황

동진강은 유역면적이 1,129.3km², 유로연장은 51.0km로 전라북도 정읍시 산외면 상두리 국사봉(EL. 543m)에서 발원하여 남서쪽으로 유하하다가 칠보천과 합류한 후 유향을 북서측으로 전환하여 거산평야를 관류하고, 정읍시 내장동 내장산에서 발원하는 정읍천과 신태인 부근에서 합류한 다음, 영원면과 백산면을 관류하는 고부천과 신태인 및 이평평야를 관류하는 원평천과 합류하여 서해로 유입되는 하천이다(국토해양부, 2009).

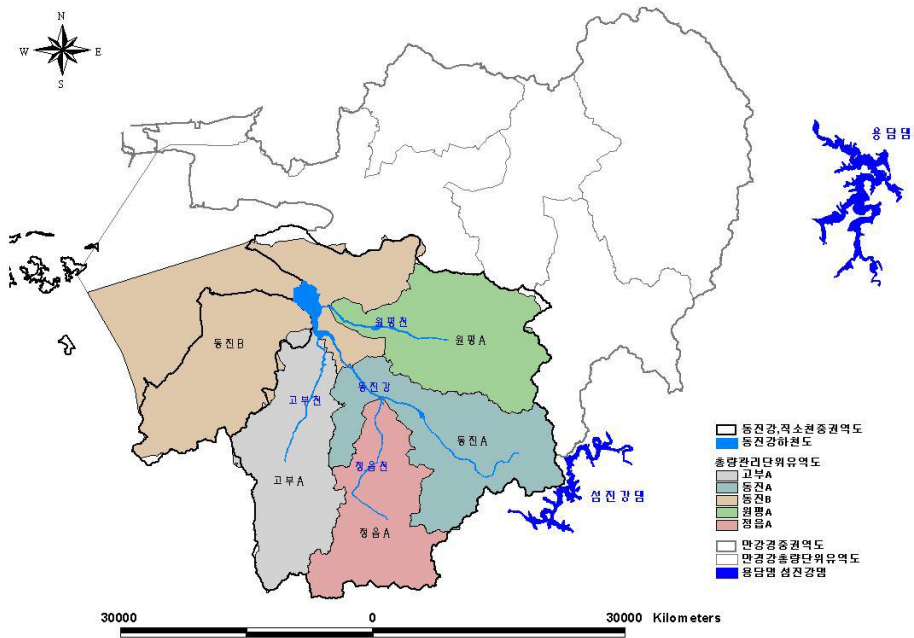
동진강 유역의 형상은 대체적인 선형(fan-shape)을 이루며, 유역의 경계는 북측과 동측으로 성덕산(EL. 24.2m), 모악산(EL. 793.5m), 국사봉(EL. 543m), 흑방산(EL. 388.5m)을 분수령으로 하여 만경강 유역과 접하고, 남측으로 성옥산(EL. 388.5m), 내장산(EL. 763.2m)을 분수령으로 하여 섬진강 및 영산강 유역과 접하고, 서측으로 변산반도 국립공원과 접하고 있다(국토해양부, 2009).

동진강 유역은 행정구역상으로 전라북도 정읍시, 김제시, 부안군, 고창군, 전주시, 완주군 등 2개시 4개군을 포함한다. 김제시, 정읍시, 부안군, 고창군 4개의 시·군은 유역 내에 위치하며, 전주시와 완주군은 유역에서 차지하는 면적이 적다. 토지이용 현황은 총 면적 1,129.3km² 중 농경지는 522.0km²로 46.2%, 대지가 34.8km²로 3.1%, 임야가 401.9km²로 35.6%, 기타 170.6km²로 15.1%로 각각 이용되는 것으로 나타났으며, 유역의 절반에 가까운 면적이 농경지로 이용됨을 알 수 있다(국토해양부, 2009).

유역의 대부분은 평탄하고 비옥한 토지로 이루어져 있으며, 유역의 하류부에는 곡창지대인 김제평야가 있다. 그러나 유역면적에 비해 상대적으로 넓게 분포한 농경지로 인해 자체유역의 용수만으로는 공급할 수 있는 용수가 부족하기 때문에 동진강분류에 동진제수문(1929년)과 고부천의 하장 배수갑문(1936년), 원평천에 해창 배수갑문(1948년) 등 용수 재이용 시설을 설치하여 저류수를 재이용하는 한편 섬진강댐에서 농업용수와 발전용수를 도수·유입 받아 부족한 농업용수를 공급하고

있다(건설교통부, 2001).

수질오염총량관리제에서는 동진강유역을 동진A, 정읍A, 고부A, 원평A, 동진B 총 5개의 단위유역으로 구분하고 있다(환경부, 2012)(그림 2-4 참조).



자료: 환경부(2012).

〈그림 2-4〉 동진강 수계 현황

2) 하천현황

섬진강과 분수령을 이루는 국사봉에서 발원하는 동진강은 내장산에서 발원하는 정읍천과 정읍시 신태인 부근에서 합류하여 동진강 하구를 지나서 서해로 흘러간다. 만경강과 분수령을 이루는 모악산에서 발원하는 원평천은 김제시를 경유하여 흐르

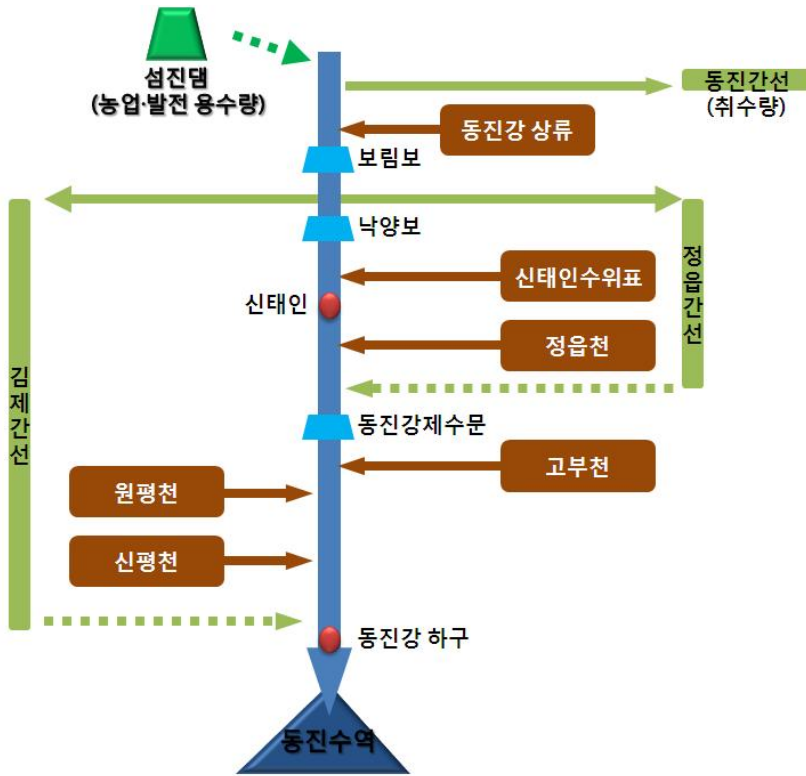
는 두월천과 감곡천, 금구천이 합류하여 평야지대를 가로질러 하구에 이르고, 고부천은 흥덕지에서 발원하여 고부평야를 지나 동진강 하류에서 합류하여 서해로 유입된다(환경부, 2012).

동진강 수계의 1차 지류로는 정읍천, 고부천, 원평천 3개 하천이 있으며, 동진강유역에서 수질관리 부분에서 중요한 하천이다. <그림 2-5>는 동진강 유역의 하천 수계를 보여주며, 만경강 수계를 이루는 주요 하천의 현황은 다음과 같다(환경부, 2012).

① 정읍천은 유역면적이 230.2km², 유로연장이 23.0km인 하천으로 내장산에서 발원하여 정읍시를 지나 이평, 정우면 등의 평야지대를 흘러가다가 신태인 지점에서 동진강과 합류한다. 정읍천은 정읍시의 생활하수와 공장폐수가 유입되고, 평야지대를 지나가는 유속이 느린 하천이며, 동진제수문에 의해 하류가 대부분 정체수역을 형성하고 있어서 하상에 퇴적물이 많고 오염도가 높은 하천이다.

② 고부천은 유역면적이 240.6km², 유로연장이 28.0km인 하천으로 반등산에서 발원하며 부안군 동진면 장등리에서 동진강과 합류한다. 고부천 상류의 흥덕저수지에서 하류부에 농업용수를 공급하고, 소성천과 흥덕천이 합류되는 지점에 설치된 하장갑문으로 고부천 일대의 평야지대에서는 농업재이용수를 활용하기 때문에 농경지에서 유출되는 영양물질의 유입으로 하천에서 부영양화 현상이 나타나고, 하천 일대 토지의 오염부하량이 높은 하천에 속한다.

③ 원평천은 유역면적이 280.6km², 유로연장이 26.0km이며 모악산에서 발원하여 금산천과 합류하고 김제군 죽산면에서 동진강과 합류하는 하천이다. 원평천 상류는 수질이 비교적 양호한 편이며, 하류는 하구에 설치된 해창갑문으로 농업용수를 공급하고 있어서 수질이 상류에 비해 좋지 않은 상태이다.



자료: 농림부(2007) 참조 재작성.

〈그림 2-5〉 동진강 수계도

2. 새만금유역 외부유입수

새만금유역은 농경지의 비율이 높아 농업용수에 대한 요구가 높은 지역인 반면 (표 2-1 참조), 유역 내에서 자체적으로 공급할 수 있는 용수가 부족하여 제수문과 배수갑문을 설치하는 한편으로 용담댐과 섬진강댐, 금강호(나포 및 서포양수장)로부터 용수를 도입 받고 있다(표 2-2 및 그림 2-6 참조). 즉, 유역 내에서 필요한 용수의 일부를 외부에서 유입 받고 있는데, 이러한 외부유입수량은 만경강의 경우 용담댐으로부터 약 20%, 동진강은 섬진강댐으로부터 약 33%에 달하고 있다(김태근, 2013). <그림 2-7>에서 보듯이 나포와 서포양수장을 통해 새만금유역으로 유입 되는 유량은 용담댐과 섬진강댐에 비해 크지 않다.

〈표 2-1〉 새만금유역 토지이용 현황(2010년 기준)

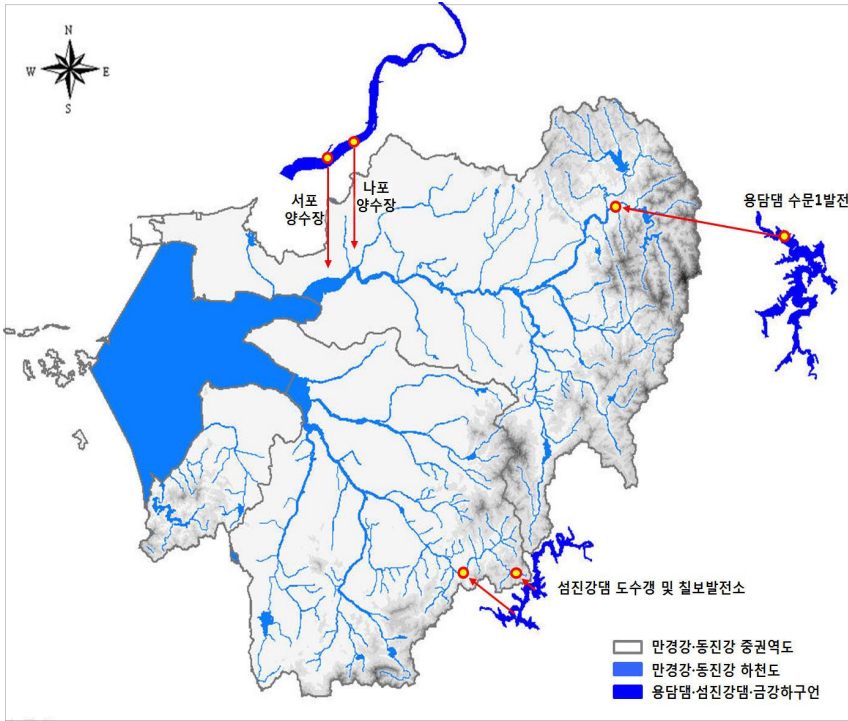
구 분	면적(km ²)			점유율(%)		
	새만금유역	만경강유역	동진강유역	새만금유역	만경강유역	동진강유역
계	3,033.0	1,628.9	1,404.1	100.0	53.7	46.3
전	280.9	133.0	147.9	9.3	4.4	4.9
답	899.4	416.3	483.0	29.7	13.7	15.9
임야	1,197.2	706.4	490.8	39.5	23.3	16.2
대지	296.3	182.0	114.3	9.8	6.0	3.8
기타	359.2	191.1	168.0	11.8	6.3	5.5

자료: 환경부(2012).

〈표 2-2〉 새만금유역 외부유입수량 현황

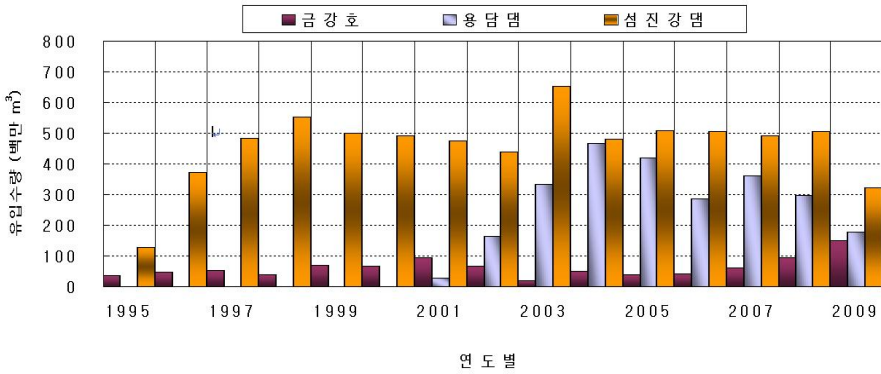
유역	유입수계	시설물명	용도
만경강	금강	나포양수장	농업용수
		서포양수장	농업용수
		용담댐	생활용수
동진강	섬진강	섬진강댐	농업용수

자료: 전북지역환경기술개발센터(2010).



자료: 환경부(2012).

〈그림 2-6〉 새만금유역의 외부수량 유입 위치 (아래 왼쪽 : 용담댐 위치 및 전경, 아래 오른쪽 : 섬진강댐 위치 및 전경)



자료: 전북지역환경기술개발센터(2010).

〈그림 2-7〉 새만금유역 연도별 외부유입수량

주요 외부유입수 공급원인 용담댐과 섬진강댐, 나포 및 서포양수장의 현황을 정리하였다. 서론에서 언급된 바와 같이 본 연구는 만경강 상류유역 외부유입수 공급원인 용담댐의 방류량을 중심으로 수행하였고 이에 용담댐 현황을 자세히 정리하였다.

가. 용담댐

용담댐은 전주권을 포함하는 서해안 군장산업단지에 생·공용수를 공급하기 위해 금강상류인 전북 진안군 용담면에 건설한 다목적댐이다. 용담댐에서는 전북 서북권의 부족한 용수를 충족하기 위해 도수터널에 의한 유역변경방식으로 만경강상류로 용수를 공급하고 있다. 도수터널을 통해 유입된 물은 고산의 제1발전소에서 발전용수로 이용한 후 고산천에 방류하며, 방류수 중 일부는 대아댐 하류 하천취수보에서 고산정수장으로 취수되어 정수된 후 전주권의 생활용수로 공급한다. 용담댐에서 전주권 생활용수로 공급이 시작된 것은 2001년 8월이었고, 고산천에 방류가 시작된 것은 2002년 8월이었다. 고산천에 방류된 물은 만경강으로 직접 유입되고 있다(전북 지역환경기술개발센터, 2010).

1) 용담댐 유역

금강 수계 상류에 있는 용담댐은 동경 127° 31' 40" , 북위 35° 56' 30" 에 위치하며, 좌안은 전북 진안군 용담면 월계리에 해당하고 우안은 전북 진안군 안천면 삼락리에 해당하며, 발원지는 뜬봉샘(전북 장수군 장수읍 수분리 신무산)이다(한국수자원공사, 2011). 용담댐의 상류로의 유로연장은 61.3km에 이르며, 유역면적은 930km²으로 금강유역면적 9,810km²의 약 9.4%를 점유하고 있다(한국수자원공사, 2013)(그림 2-8 참조).



자료: 한국수자원공사(2013).

〈그림 2-8〉 용담댐 위치와 금강수계 유역도

용담댐 유역은 동쪽으로 국립공원 덕유산 향적봉(EL. 1,614.0m)과 낙동강의 지류인 황강 유역과 경계를 이루고, 남쪽으로는 장안산(EL. 1,236.9m), 신무산(EL. 896.8m), 팔공산(EL. 1,151.0m), 성수산(EL. 1,059.2m), 마이산(EL. 678.0m) 등을 경계로 하여 섬진강 유역과 접하며 서쪽으로는 장수산(EL. 1,125.9m)을 경계로 만경강 유역과 접하고 있다(한국수자원공사, 2011).

용담댐 유역 내의 지자체로는 진안군(55%), 장수군(34%), 무주군(11%) 3개 군이 있으며, 용담댐의 하상표고는 EL. 205.0m, 하폭은 140m로 하상구배는 약 0.2% 정도이며 유로는 댐지점을 지나 급격히 북동쪽으로 사행하고 있다(한국수자원공사, 2011).

2) 용담댐의 시설현황

가) 본댐

용담댐은 높이 70m, 길이 498m, 정상폭 10m의 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐으로(표 2-3, 그림 2-9, 그림 2-10 참조), 사업기간은 1989년 12월 타당성조사로 시작하여 2001년 12월에 준공되었다. 여수로 수문(폭 14m × 높이 13m)이 5개이며, 총저수량은 815백만 m^3 으로 우리나라에서 5번째로 규모가 크다(한국수자원공사, 2011).

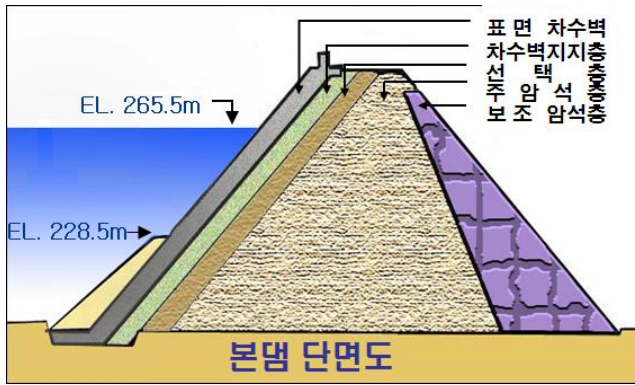
〈표 2-3〉 용담댐 본댐의 시설현황

구분	댐형식	길이	높이	정상폭	총저수량	사면구배	댐 체적
용담댐	콘크리트 표면차수벽형 석괴댐	498m	70m	10m	815백만 m^3	상류면 1:1.4 하류면 1:1.4	$2.206 \times 10^6 m^3$

자료: 한국수자원공사(2011).



〈그림 2-9〉 용담댐 전면 전경(상단)과 여수로(중간) 및 발전시설(하단) (2013년 10월)



자료: 한국수자원공사(2013).

〈그림 2-10〉 용담댐의 본댐 단면도

나) 여수로

여수로는 문비 월류식으로 6,600CMS의 방류능력을 갖고 있으며, 홍수유입량은 5,500CMS, 설계방류량은 3,211CMS이다. 월류정표고는 EL. 252.8m이다(표 2-4 참조). 여수로문비는 래디알게이트 형식으로 길이가 14.0m, 높이가 13.425m인 문이 5개이다. 설계수두는 12.925m(EL. 265.5m), 권양속도는 0.3m/min, 권양높이는 11.425m(EL. 264m)이다(한국수자원공사, 2011).

〈표 2-4〉 용담댐 여수로의 시설현황

구분	방류능력검토	홍수유입량	설계방류량	월류정표고	공도교
용담 다목적댐	6,600CMS	5,500CMS	3,211CMS	EL. 252.8m	폭 8m, P.C 거터교

자료: 한국수자원공사(2011).

다) 저수지

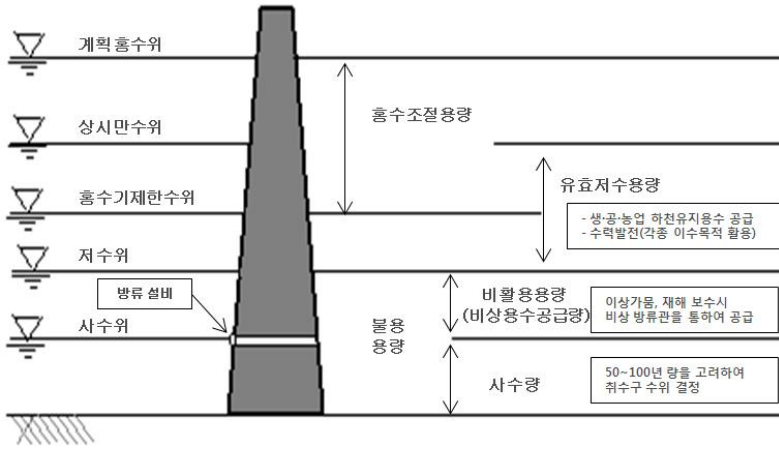
저수지에서의 최대가능홍수위는 EL. 266.56m(PMF 유입시 저수지 최고수위)이며, 계획홍수위는 EL. 265.50m, 상시만수위는 EL. 263.50m, 홍수기제한수위는 EL. 261.50m,

저수위는 EL. 228.50m, 도수터널 취수탑에서의 용수공급가능수위는 EL. 225.00m (도수터널 취수탑), 본댐 취수탑에서의 용수공급가능수위는 EL. 226.50m, 수위변동은 35.0m이다. 총 저수 용량은 홍수위 기준(265.50m)으로 $815 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이며, 만수위 기준(263.50m)으로는 $742 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이다. 유효저수용량은 $672 \times 10^6 \text{ m}^3$, 홍수조절용량은 $137 \times 10^6 \text{ m}^3$, 비활용 저수용량은 $70 \times 10^6 \text{ m}^3$ 이다(표 2-5, 그림 2-11 참조)(한국수자원공사, 2011).

〈표 2-5〉 용담댐 저수지의 시설현황

구 분		수위 및 용량
최대가능홍수위		EL. 266.56m
계획홍수위		EL. 265.50m
상시만수위		EL. 263.50m
홍수기제한수위		EL. 261.50m
저수위		EL. 228.50m
용수공급가능수위	도수터널 취수탑	EL. 225.00m
	본댐 취수탑	EL. 226.50m
수위변동		35.0m
홍수만수위시 저수지면적		36.24km ²
총저수용량	홍수위(265.50m) 기준	$815 \times 10^6 \text{ m}^3$
	만수위(263.50m) 기준	$742 \times 10^6 \text{ m}^3$
유효저수용량		$672 \times 10^6 \text{ m}^3$
홍수조절용량		$137 \times 10^6 \text{ m}^3$
	전용용량	$73 \times 10^6 \text{ m}^3$
	공용용량	$64 \times 10^6 \text{ m}^3$
비활용저수용량		$70 \times 10^6 \text{ m}^3$
	비상용수공급량	$25.1 \times 10^6 \text{ m}^3$
	공급불가능량(사수량)	$44.9 \times 10^6 \text{ m}^3$

자료: 한국수자원공사(2011).



자료: 한국수자원공사(2011).

〈그림 2-11〉 용담댐의 수위 및 저수 용량 배분

라) 도수터널 및 발전시설 및 취수탑

용담댐의 주요 시설로 도수터널과 도수터널 끝에 있는 수력발전소 그리고 취수탑이 있다(그림 2-12, 그림 2-13 참조).



자료: 한국수자원공사(2013).

〈그림 2-12〉 용담댐의 도수터널 단면도



〈그림 2-13〉 용담본댐 취수탑(상단) 및 도수터널 취수탑(하단)
(2013년 10월)

도수터널의 길이는 21.9km, 직경 3.2m로 취수탑과 발전소를 연결하고 있다. 취수탑은 표면 취수형 수직 콘크리트 탑으로 높이 58.5m, 크기 11.5×12m²의 본댐 취수탑과 높이 58m, 크기 8.5×15.8m²의 도수터널 취수탑 2개소가 설치되어 있다(표 2-6 참조).

도수터널과 연결되어있는 제1발전소는 전북 완주군 고산면 소향리에 위치하며, 반지하식으로 건설되었다. 입축 프란시스형식의 제1발전소는 최대사용수량이

17.6CMS, 정격유효낙차가 147.13m로 2대의 3상 교류 동기발전기를 통해 22,100kW의 전력용량을 생산한다(한국수자원공사, 2011; 한국수자원공사, 2013)(표 2-6 참조).

제2발전소는 1,150kW의 전력용량을 생산하는 발전기 2대(제1소수력)와 1,800kW의 전력을 생산하는 발전기 1대(제2소수력)을 통해 총 4,100kW의 전력 용량을 생산한다. 용담댐 제2발전소의 제1소수력과 제2소수력은 둘 다 반지하식에 횡축 농형 유도전동기 형식의 발전기가 쓰이고 있으며, 낙차가 46.0m이며 최대사용수량은 각각 6.2CMS와 5.21CMS이다(한국수자원공사, 2011; 한국수자원공사, 2013)(표 2-6 참조).

〈표 2-6〉 도수터널, 취수탑 및 발전시설 현황

구분		내용	
도수터널		길이	21.9km
		직경	3.2m
취수탑	본댐 취수탑	높이	58.5m
		크기	11.5×12m ²
	도수터널 취수탑	높이	58m
		크기	8.5×15.8m ²
발전 시설	제1발전소	발전소 건물 형식	반지하식
		수차 형식	입축 프란시스형
		최대사용수량	17.6CMS
		정격유효낙차	147.13m
		발전기 형식	3상 교류 동기발전기
		발전기 용량	22,100kW (11,050kW × 2대)
		설비 전압	154kV
		주변 압기	12,300kVA × 2대
	송전 선로	9.8km ACSR 330mm ² 3상 1회선	
	제2발전소 (제1소수력)	발전소 형식/크기	반지하식 (18.9m × 24.9m)
		시설 용량	2,300kW (1,150kW × 2대)
		수차 형식	횡축 프란시스
		발전기 형식	횡축 농형 유도전동기
		정격유효낙차	46.0m
		최대사용수량	6.2CMS
		변전설비 전압	22.9kV
		변압기	3,000kVA
	송전 선로	26.1km ACSR 160mm ² 3상 4선식 1회선	
	제2발전소 (제2소수력)	발전소 형식/크기	반지하식 (14.5m × 18.4m)
		시설 용량	1,800kW
		수차 형식	횡축 프란시스
		발전기 형식	횡축 농형 유도전동기
		정격유효낙차	46.0m
		최대사용수량	5.21CMS
		변전설비 전압	22.9kV
		변압기	2,300kVA
	송전 선로	26.1km ACSR-OC 160mm ² 3상 4선식 1회선	

자료: 한국수자원공사(2011).

마) 홍수예경보 시설현황 및 확률수문량

용담댐 주변에는 수위관측소가 5개소(본댐, 방수로, 댐직하류 교량, 동향지점, 천천지점), 우량관측소가 7개소(주천, 부귀, 상진, 안천, 계북, 장계, 천천), 경보국이 14개소(어둔, 감동, 대소, 밤소, 굴암, 용포, 대차, 제원, 천내, 원당, 두평, 적하, 제1발전소 1경보국, 제1발전소 2경보국), 기상환경국이 1개소(송풍) 설치되어 홍수에 대비하고 있다(한국수자원공사, 2011; 한국수자원공사, 2013).

용담댐 유역의 확률수문량은 <표 2-7>과 같다.

<표 2-7> 용담댐 유역의 확률수문량

빈도	강우량(mm)		홍수량(CMS)	비고
	1일	2일		
5년 빈도	152.0	196.2	2,750	
10년 빈도	180.1	232.0	3,300	
25년 빈도	215.6	277.2	4,000	
50년 빈도	241.9	310.8	4,500	
100년 빈도	268.0	344.1	5,000	
200년 빈도	294.1	377.3	5,500	설계홍수량
가능최대(PMP)	559.6	634.5	10,000	*유출율 81.6%

자료: 한국수자원공사(2011).

3) 용담댐의 임무와 기능

전라북도 진안군 용담면 월계리, 금강 상류에 위치한 용담댐은 (1) 전주권(전주, 직산, 군사, 김제, 군산-장항 산업기지 등) 및 서해안 개발 사업으로 예상되는 생활·공업용수를 493백만 m^3 /년 공급하고, (2) 137백만 m^3 /년의 홍수조절능력으로 상습침수지역인 금강 중·하류 지역의 홍수피해 경감, 그리고 (3) 수력 발전시설에 의한 전력자원의 개발을 목적으로 건설하였으며, 광역 상수원 보호를 위해 댐 상류에 하수처리장 통합 운영 및 관리를 하고 있다(행정자치부, 2007; 한국수자원공사, 2011).

1991년 용담댐 건설기본계획(총무처, 1991)과 2007년 용담댐 건설사업 완료에 관한 고시(행정자치부, 2007)에 의하면 저수량의 용도별 배분에 관한 사항은 <표 2-8>과 같다(부록 1, 부록 2 참조). 용도별 배분 계획은 2021년을 기준 년도로 새만금 개발 후 수요 예측을 기반으로 하고 있다.

〈표 2-8〉 저수량의 용도별 배분 계획

1991년 고시			2007년 고시				
홍수조절 용량	용수공급량		발전량	홍수조절 용량	용수공급량		발전량
69 백만 m^3 /년	전주권	생공용수 493 백만 m^3 / 년	232.5 백만kWh/ 년	137 백만 m^3 /년	전주권	생활용수 383.25 백만 m^3 / 년	198.5 백만kWh/ 년
	금강분류	하천유지 용수 157 백만 m^3 / 년				공업용수 109.50 백만 m^3 / 년	
금강분류			하천유지 용수 157.68 백만 m^3 / 년				

자료: 총무처(1991), 행정자치부(2007).

나. 섬진강댐

섬진강 상류에 위치하고 있는 섬진강댐에서는 운암터널과 칠보터널을 통해 유역 변경식으로 동진강유역으로 농업용수를 공급하고 있다. 운암터널로는 순수한 농업용수를 취수하여 동진강 본류로 방류하고 있으며 칠보터널로는 유역변경에 의한 낙차를 이용하여 칠보발전소에서 발전을 한 후 농업용수로 재이용되고 있다. 섬진강댐의 유역면적은 76,300ha로 연평균 공급량은 471백만 톤이다(전북지역환경기술개발센터, 2010). <표 2-9>는 섬진강댐의 주요 제원을 보여주고 있다.

2011년도에 섬진강댐에서 동진강으로 방류된 양은 1일 141만 m^3 으로 26만 m^3 은 운암수계에서, 115만 m^3 은 칠보발전소를 통하여 동진강유역으로 유입되었다.(환경부, 2012)

〈표 2-9〉 섬진강댐 주요 제원

구 분	내 용	제 원	단 위
면 적	유역면적	76,300	ha
	만수면적	2,651	〃
저수량	총저수량	46,600	만 m^3
	유효저수량	37,000	〃
수 위	홍수위	197.7	EL,m
	만수위	196.5	〃
	사수위	175.5	〃
제 당	형식	중력식 콘크리트	
	제당표고	200.0	EL,m
	길이	344.2	m
	높이	64.0	m

자료: 전북지역환경기술개발센터(2010).

다. 나포 및 서포 양수장

나포와 서포양수장은 금강에서 양수하여 군산과 김제 일대 농경지에 용수를 공급하고 있다. <표 2-10>과 <표 2-11>은 나포양수장과 서포양수장의 제원을 보여주고 있으며, 나포양수장을 통해서는 1995년부터 2009년까지 연평균 52.4백만 톤이 공급되었고, 서포양수장은 2007년부터 2009년까지 연평균 47.4백만 톤이 공급된 것으로 조사되었다(전북지역환경기술개발센터, 2010).

〈표 2-10〉 나포양수장 제원

구 분	제 원
펌 프	입축사류 1,100 \varnothing ×8대(전양정 22m)
전동기	1,000hp(750kw)×16극×8대
양수량	일일최대: 1,714천톤(2.48톤/초×8대=19.84톤/초)
수배전반	22.9kv 수전반 등 21면
수전용량	22.9kv/9,080
건축연면적	기계, 전기실: 987m ² , 사택 : 93m ²

자료: 전북지역환경기술개발센터(2010).

〈표 2-11〉 서포양수장 제원

구 분	제 원
펌 프	입축사류 1,200 \varnothing ×8대 (전양정 28m)
전동기	1,650hp(1,230kw)×12극×8대
양수량	일일최대 : 2,291천톤(3,315톤/초×8대=26.5톤/초)
수 배전반	22.9kv 수전반 등 19면
수전용량	22.9kv/13,050
건축연면적	기계실: 516m ² , 전기실: 397m ²
제 진 기	유압식3단×2대(수평, 경사콘베어 1식)

자료: 전북지역환경기술개발센터(2010).

Ⅰ 제3장 · 새만금 개발 및 수질개선

계획에서 용담댐 물 공급의 역할

검토 I

본 장에서는 새만금 관련 기존 계획에서 용담댐 물 공급의 중요성을 살펴보고자, 새만금 종합개발계획 및 수질개선 계획의 세부내용을 검토하고 용담댐 물 공급과 연관된 계획들에 대해 정리하였다.

1. 새만금 종합개발계획


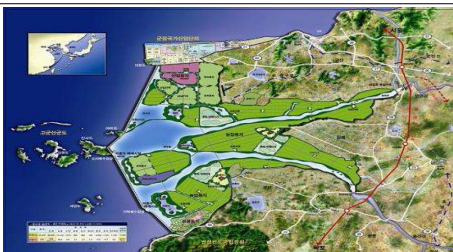


가. 개요

새만금간척지의 원래 목적은 “농업용지 조성을 위한 간척지 개발과 농업용수 공급을 위한 담수호 개발”이었다. 이를 위해 33.9km의 방조제를 쌓아 283km²의 간척용지와 118km²의 호소를 만든다는 것이 당초의 계획이었다. 그러나 1991년 착공 이후 새만금호의 수질오염에 대한 우려와 농업용지 조성의 타당성이 이슈로 부각되면서 새만금간척지 개발계획을 전면적으로 검토하기 시작하였다. 이러한 논란 끝에 그동안 새만금간척지 용도에 대한 정부계획만 크게 세 차례 변경되었는데, ① 2001년 정부조치계획시 확정했던 100% 농수산 중심(1991년 새만금사업 초기 구상과 동일하다.) ② 2007년 4월에 복합개발구상(농업용지 : 비농업용지 = 72:28) ③ 2011년 3월에 최종 확정된 내부개발 기본 구상(농업용지 : 비농업용지 = 30:70)이 그것이다 (표 3-1 참조)(국무총리실 외, 2011).

특히 '11년 3월에 확정된 안에서는 새만금지역을 전략적으로 육성하기 위해 기존의 농업용지의 비율을 대폭 축소하고 산업·관광 등의 복합용지를 전체 간척용지의 70%까지 대폭 확대하였다. 이 계획에서는 새만금간척지를 2단계로 나누어 개발하

는데, 1단계인 2020년까지는 전체 간척지 283km²의 72.7%인 205.8km²를 개발하고 2단계인 2021년 이후에는 나머지 77.1km²를 개발하는 것으로 되어 있다(국무총리실 외, 2011).

〈표 3-1〉 새만금 간척지 토지이용계획의 변화

토지이용계획	주요 내용
	<p>① 새만금사업 초기 구상안('91) ○ 100% 농수산 중심 개발 ○ 농업식량생산기지 조성 ※ 정부조치계획(2001. 5) 수립 시와 동일</p>
	<p>② 토지이용구상안('07. 4) ○ 복합개발구상 ○ 농업용지 : 비농업용지 = 72 : 28</p>
	<p>③ 토지이용구상 변경(안)('08. 10) ○ 다기능 융복합기지 조성 ○ 농업용지 : 비농업용지 = 30 : 70</p>
	<p>④ 내부개발 기본구상('11. 3) ○ 명품복합도시 개발구상 ○ 새로운 문명을 여는 도시, 동북아 경제중심지 조성 ○ 농업용지 : 비농업용지 = 30 : 70</p>

자료: 국무총리실 외(2011), 환경부(2013).

나. 새만금 개발 용수공급 계획 상 용담댐 물 공급

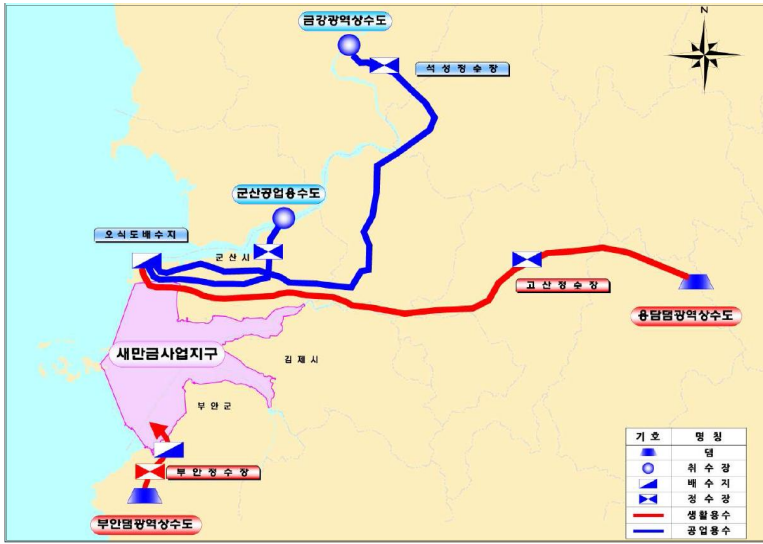
새만금 개발계획상 용수공급 계획에 따르면 생활용수 39.6만 톤/일, 공업용수 15.0만 톤/일 및 농업용수 136백만 톤/일을 포함한다(표 3-2, 그림 3-1 참조). ① 생활용수는 기존 공급체계만으로 84.1만 톤/일을 공급할 수 있어 44.5만 톤/일의 여유가 있다고 예측되었다. 즉, 부안댐광역 및 전주권광역 체계조정, 군산시 배분량 조정, 용담댐 여유량 공급 등을 활용한다고 계획되었다. ② 공업용수는 기존 공급체계를 통해 22.3만 톤/일을 공급할 수 있어 7.3만 톤/일의 여유가 있는 것으로 분석되었다. 금강광역 및 군산공업 체계 조정, 군산시 배분량, 군산 Ⅱ공업 신규공급 등을 통해 확보하도록 계획하였다. ③ 농업용수 136백만 톤/년을 새만금호를 담수화하여 전량 공급하는 것으로 하여 용수확보에는 지장이 없을 것으로 보았다(국무총리실 외, 2011)¹⁾.

〈표 3-2〉 새만금간척지 개발에 따른 용수수요량과 공급체계

구분	수요량	공급가능량	과부족	공급가능량 내역
생활용수	39.6만톤/일 (내부 33.2; 외부 21.4)	84.1만톤/일	44.5	전주권광역 체계 조정량 23.9만톤/일
				부안댐광역 체계 조정량 1.0만톤/일
				군산시 배분계획량 조정 6.2만톤/일
				용담댐 생공용수 여유량 53.0만톤/일
공업용수	15.0만톤/일 (내부 15.0)	22.3만톤/일	7.3	금강광역 체계조정량 6.9만톤/일
				군산공업 체계조정량 0.5만톤/일
				군산시 배분계획량 조정 2.9만톤/일
				군산Ⅱ공업 신규 공급 12.0만톤/일
농업용수	136백만톤/년	(136백만톤/일 이상)	-	새만금호에서 공급

자료: 국무총리실 외(2011).

1) 당초 계획상 새만금호의 총저수량은 682백만 톤으로 추정되었다.(농어촌진흥공사, 1995) 그러나 “새만금 매립토 조달방안 및 배분계획”에 의해 새만금호 내를 추가로 준설할 경우 새만금호의 총저수량은 1,271백만 톤으로 당초보다 약 1.9배가 증가하게 된다.(농림수산식품부 등, 2012) “새만금 매립토 조달방안 및 배분계획”이란 새만금사업에 소요되는 전체 7.06억㎡의 매립토 중 5.66억㎡(80.2%)를, 새만금호 내 추가 준설을 통해 공급하는 계획이다. 추가 준설 깊이는 EL.-15.0 ~ -1.5m이다(국토해양부, 2011).



자료: 국무총리실 외(2011).

〈그림 3-1〉 새만금유역 용수원 위치도

용담댐 물공급 측면에서 살펴보면 새만금 개발이 완료된 후 원활한 생공용수 공급을 위해서는 당초 용담댐 용수배분 계획에 맞춰 135.0만 톤/일(15.6CMS)이 전주권으로 분배되어야 한다. 즉, 새만금 개발 계획의 용수공급계획에 따르면 135.0만 톤/일 중 기존시설 공급량인 70.0만 톤/일을 제외한 양이 신규개발 예정인 군산II 공업용수로 12.0만 톤/일 그리고 새만금 생활용수로 53.0만 톤/일이 배분될 예정이다(표 3-3 참조).

〈표 3-3〉 용담댐 공급량 배분 계획

총 공급량	배분계획
135.0만 톤	기존시설 공급: 70.0만 톤/일
	군산II 공업용수 공급(신규): 12.0만 톤/일
	새만금 생활용수 공급(신규): 53.0만 톤/일

자료: 국무총리실 외(2011) 활용 작성.

2. 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책

가. 개요²⁾

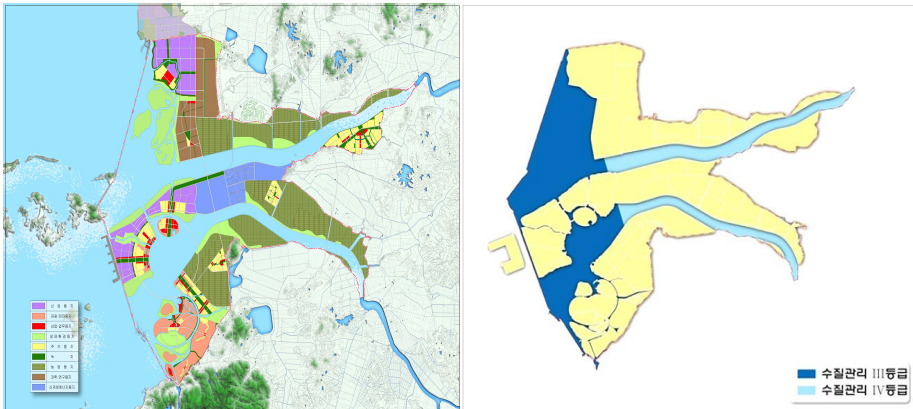
정부에서는 새만금유역의 수질을 개선하기 위해 2001년에 1단계 수질개선대책(정부조치계획)을 수립하여 2010년까지 추진하였고, 2011년부터는 “새만금유역 제2단계 수질개선종합대책”(이하 2단계 수질개선종합대책)을 수립하여 2020년까지 추진 중이다.

1단계와 2단계 수질개선대책은 간척지 토지이용계획과 관련이 있다. 2011년에 확정된 토지이용계획은, 새만금 간척지를 당초 농업용지 위주에서 산업·관광·도시 등 복합용도로 변경하는 것이었고, 특히 세계적인 명품 “물의 도시”를 구현하기 위해 “강과 호소, 해양을 잇는 ‘깨끗한 물’의 확보”를 수질관리계획의 목표로 하고 있다(국무총리실 등, 2011).

변경된 토지이용계획과 수질관리 목표에 따라 1단계 수질개선대책 기간에는 전체 Ⅳ등급이었던 새만금호의 목표수질을 중상류 구간 Ⅳ등급, 하류 Ⅲ등급으로 차등 설정하였다(그림 3-2, 표 3-4 참조). 복합도시 등이 위치하는 하류구간의 수질을 농업용수 기준인 Ⅳ등급보다 강화한 것이다(환경부 국립환경과학원, 2011). 강화된 목표수질을 달성하기 위해 '11~20년까지를 기간으로 하는 2단계 수질개선종합대책을 수립하였다.

2단계 수질개선종합대책은 크게 상류, 호내, 해양의 3개 권역으로 나누어 총 45개 세부대책으로 구성되며, 권역별 세부 대책은 다음과 같다(표 3-5 참조).

2) 새만금유역 수질개선 마스터플랜 수립 연구(환경부 국립환경과학원, 2011)를 참고하였음.



자료: 국무총리실 외(2011), 환경부(2013).

〈그림 3-2〉 새만금 간척지의 토지이용계획과 구간별 목표수질

〈표 3-4〉 새만금호의 구간별 목표수질

구 분		목표 수질			
		농업용지 구간(중·상류)		도시용지 구간(하류)	
수치적 기준	생활환경 기준	Ⅳ 등급	COD: 8.0mg/L 이하 T-P: 0.10mg/L 이하 Chl-a: 35.0mg/m ³ 이하 등	Ⅲ 등급	COD: 5.0mg/L 이하 T-P: 0.05mg/L 이하 Chl-a: 20.0mg/m ³ 이하 등
	인체건강 보호기준	카드뮴·비소·수은·시안·유기인·PCB 등 17개 항목			
심미적 기준		- 물놀이·산책 등 적극적 친수활동과 쾌적한 수변공간을 확보할 수 있는 아래의 조건을 충족할 수 있을 것 - 쓰레기·기름성분·하수찌꺼기·배설물 등 친수활동에 제약을 주는 이물질이 없을 것 - 불쾌한 냄새·색깔·거품 등이 없을 것 - 친수활동에 제한을 주는 어패류의 집단폐사 등이 발생하지 아니할 것			

자료: 국무총리실 외(2011).

〈표 3-5〉 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책 추진 일정

(연차별 세부실행계획 기준)

권역	구 분	세부 대책	추진 일정										
			'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	
1. 상류	1-1. 점오염원 대책	1-1-1. 총인처리시설 설치											
		1-1-2. 마을하수도 설치											
		1-1-3. 공공하수도처리시설 설치											
		1-1-4. 폐수종말처리시설 설치											
		1-1-5. 하수관거 확충 및 정비											
	1-2. 비점오염원대책	1-2-1. 비점오염원관리지역 지정 관리											
		1-2-2. CSOs(합류식 하수도 초기월류수) 시설 설치											
		1-2-3. 도시계획시 LID기법 적용											
		1-2-4. 제외경작지 초지 및 셋강형 수로 조성											
		1-2-5. 강변저류지 조성사업											
		1-2-6. 생태하천복원 사업											
		1-2-7. 농업비점오염원 관리-거버넌스 구축											
	1-3. 축산분뇨 대책	1-3-1. 공공축산분뇨처리장 보강 및 증설											
		1-3-2. 축산단지 바이오순환림 조성(용지)											
		1-3-3. 축사시설 현대화(용지)											
		1-3-4. 개별처리 및 자원화 시설 지원											
		1-3-5. 왕궁 환경개선대책(축사매입 등)											
		1-3-6. 소류지 및 생태하천 복원(왕궁)											
	1-4. 하천유지용수 확보 대책	1-4-1. 하수처리수 재이용 사업											
		1-4-2. 저수지 증고 사업											
		1-4-3. 하천 퇴적토 준설 등											
		1-4-4. 도시지역 용수량 저감시설 설치											
		1-4-5. 어우보 운영개선											
	1-5. 기 타	1-5-1. 총인총량제 실시											
	2. 호내	2-1. 유입수 관리 대책	2-1-1. 침전지 시설 설치										
			2-1-2. 유입수 인처리시설 설치										
			2-1-3. 생태환경용지내 인공-호안습지 조성										
2-1-4. 금강호 희석수 도입													
2-2. 호소수 관리 대책		2-2-1. 쓰레기 수거 및 처리 대책											
		2-2-2. 적조·녹조대책											
		2-2-3. 오염우심지역 준설 및 심층폭기시설 설치											
2-3. 내부개발 대책		2-3-1. 총인처리시설 설치											
		2-3-2. 하폐수처리수 호내 유입 방지대책											
		2-3-3. LID기법 적용											
		2-3-4. 용지별 저류지·습지 조성대책											
		2-3-5. 농업용지 BMPs 적용 사업											
		2-3-6. 농업용지 시비량 30% 감축대책											
		2-3-7. 중수/빗물이용시설 설치											
		2-3-8. 하수처리수 재이용 사업											
		2-3-9. 산업단지 완충저류시설 설치											
		2-3-10. 매립토 용출방지대책											
		2-3-11. 방수제·매립 등 용지조성 공사시 환경관리대책 추진											
2-4. 연구사업		2-4-1. 환경모니터링 및 수질개선 연구											
3. 해양		3-1. 해양보전대책	3-1-1. 해양수질 및 해양환경변화 모니터링										
	3-1-2. 해양환경보전대책 수립(R&D)												

자료: 농림수산식품부 외(2011) 참고하여 정리.

1) 상류대책

수질개선종합대책의 상류대책은 ‘점오염원 대책’, ‘비점오염원 대책’, ‘축산분뇨 대책’, ‘하천유지용수 확보 대책’ 및 ‘기타’로 구분된다. <표 3-6>은 새만금유역의 수질개선을 위한 상류대책과 관련된 세부대책과 내용을 보여주고 있다.

<표 3-6> 새만금유역 제2단계 수질개선 상류대책

구 분	세부 대책	내 용
점오염원 대책	총인처리시설 설치	21개소 설치
	마을하수도 설치	139개소 설치
	공공하수도처리시설 설치	6개소 설치
	폐수종말처리시설 설치	6개소 설치
	하수관거 확충 및 정비	29개소 설치
비점오염원 대책	비점오염원관리지역 지정 관리	추후 지정
	CSOs(합류식 하수도 조기월류수) 처리시설 설치	7개소 설치
	도시계획 시 LID기법 적용	조례 제정 및 시범사업 실시
	제외경작지 조치 및 셋강형 수로 조성	제외경작지 조치 조성 16개소 셋강형 수로 17개소 구하도 복원 1개소 하천환경 개선 11개소
	강변저류지 조성사업	3개소
	생태하천복원 사업	환경부 10개 하천, 국토해양부 12개소 농림수산식품부의 ‘새만금유역 농업비점오염 저감기법 개발’ 연구사업(‘10~’16)의 연구결과 반영 예정
축산분뇨 대책	농업비점오염원 관리·거버넌스 구축	보강 1개소, 증설 2개소 용지지역 103,454m ² 용지지역 축사 120동 80,000m ²
	공공축산분뇨처리장 보강 및 증설	개별처리시설 400개소, 자원화시설 4개소
	축산단지 바이오순환림 조성(용지)	축사매입 및 철거, 수림대 조성 등
	축사시설 현대화(용지)	왕궁지역 3개 소류지 및 익산천
	개별처리 및 자원화 시설 지원	3개 하천
	왕궁 환경개선대책(축사매입 등)	대아댐 1개소
하천 유지용수 확보 대책	소류지 및 생태하천 복원(왕궁)	하천퇴적토 준설 2개소 보개량 4개소 여울조성 25개소 지류물순환 1개소
	하수처리수 재이용 사업	전북권의 생공용수로 공급하는 응답댐물을 확보하여 만경강으로 유입시키기 위한 어우보에서의 취수량 조정으로 만경강 유지용수로 활용하기 위한
	저수지 증고 사업	
	하천 퇴적토 준설 등	
	도시지역 용수량 저감시설 설치	
기 타	어우보 운영개선	
	총인총량제 실시	2015년까지의 대책으로 수질개선 효과 및 오염원의 증가에 따라 총인총량제 도입 검토

자료: 환경부 국립환경과학원(2011) 참고하여 정리.

가) 점오염원 대책

2단계 수질개선종합대책에 반영된 점오염원 대책 사업으로는 ① 화학적 인처리 시설 등의 총인처리시설 설치, ② 마을하수도 설치, ③ 공공하수처리시설 설치, ④ 폐수종말처리시설 설치, ⑤ 하수관거 확충 및 정비가 있다(환경부 국립환경과학원, 2011).

점오염원은 수계의 수질관리 측면에서 우선시해야 하며 지속적으로 관리를 해야 할 대상이다. 특히, 새만금유역은 2012년 1월 1일부터 방류수 수질기준 I지역의 기준을 따르도록 되었고, 이에 따라 새만금유역과 새만금 간척지 내의 공공하수처리장 및 폐수처리장은 방류수 중의 T-P를 기존 2.0 mg/L에서 0.2 mg/L로 강화해야 하므로 사실상 화학적 인 처리 시설이 의무화되었다(환경부 국립환경과학원, 2011).

나) 비점오염원 대책

1단계 수질개선대책(정부조치계획)에서는 점오염원 관리를 주로 하여 수질관리 인프라의 구축을 하여 성과를 거두었으며, 비점오염원 관리는 부분적으로 추진되었다.

환경부 등(2011)에 의하면 새만금유역의 배출부하량 중 비점오염원의 비중은 67.5~75.6% 정도로 추정(2009년 기준)되며 향후 비슷한 수준을 보일 것이라고 한다. 점오염원을 저감시킨 이후에 비점오염원을 저감시키는 것이 일반적인 수질관리의 순서로, 1단계 수질개선대책에서는 점오염원 관리를 위한 기반을 마련했으므로, 2단계 수질개선대책에서는 비점오염원관리 대책의 기반을 마련하여 체계적으로 추진하는 것이 중요하다. 저감대책이 효과를 보이기까지 어느 정도의 시간이 필요한 비점오염원 관리의 특성상 시설투자 외에 중요한 역할을 하는 주민의 참여를 반영하여 대책을 세웠다(환경부 국립환경과학원, 2011).

비점오염원 대책 사업으로는 ① 비점오염원관리 지정 관리, ② CSOs(합류식 하수도 초기월류수) 처리 시설 설치, ③ 도시계획 LID(Low Impact Development, 저영향개발)기법 적용, ④ 제외경작지 초지 및 셋강형 수로 조성, ⑤ 강변저류지 조성,

⑥ 생태하천복원, ⑦ 농업비점오염원관리·거버넌스 구축 등 7개 사업이 선정되었다(환경부 국립환경과학원, 2011).

다) 축산분뇨 대책

축산분뇨는 관리의 우선순위가 높은 오염원으로, 새만금유역에서 축산계의 배출 부하량의 비율은 약 1/4로 토지계 다음으로 높다. 축산분뇨 대책의 과제로 ① 공공축산분뇨처리장 보강 및 증설, ② 축산단지 바이오순환림 조성, ③ 축사시설 현대화, ④ 개별처리 및 자원화 시설 지원, ⑤ 왕궁 환경개선대책, ⑥ 소류지 및 생태하천복원이 선정되었다(환경부 국립환경과학원, 2011).

라) 하천유지용수 확보 대책

하천유지용수 확보 대책으로는 ① 하수처리수 재이용, ② 저수지 증고, ③ 하천퇴적토 준설, ④ 도시지역 용수량 저감시설 설치, ⑤ 어우보 운영 개선이 선정되었다(환경부 국립환경과학원, 2011).

마) 기타 - 총인총량제 실시

2015년까지의 대책으로도 오염원이 지속적으로 증가하고, 새만금유역에 목표수질 달성이 불확실하거나 수질개선의 효과가 가시적으로 나타나지 않을 경우, 총인에 대한 총량제 도입을 검토하도록 하였다(환경부 국립환경과학원, 2011).

2) 호내 대책

새만금유역의 호내를 대상으로 실시되는 수질개선종합대책의 호내 대책은 ‘유입수관리 대책’, ‘호소수관리 대책’, ‘내부개발대책’, ‘연구사업’으로 구분된다. <표 3-7>은 새만금유역의 수질개선을 위한 호내대책에 대한 세부대책과 내용을 보여주고 있다(환경부 국립환경과학원, 2011).

〈표 3-7〉 새만금유역 제2단계 수질개선 호내대책

구 분	세부대책	내 용
유입수 관리 대책	침전지 시설 설치	2개소 설치
	유입수 인처리시설 설치	2개소 설치
	생태환경용지 내 인공호안습지 조성	수질정화 공간 조성을 위한 호안 및 습지 조성
	금강호 희석수 도입	14.5 km, 금강호의 수질이 IV급수를 안정적으로 달성할 경우 추진
호소수관리대책	쓰레기 수거 및 처리 대책	내부개발환경관리 가이드라인으로 관리
	적조·녹조대책	내부개발환경관리 가이드라인으로 관리
	오염우심지역 준설 및 심층폭기시설 설치	타당성평가 거쳐 추후 진행
내부개발대책	총인처리시설 설치	T-P에 대한 관리 강화
	하폐수처리수 호내 유입 방지대책	하폐수처리수는 간척지 내에서 용수로 재이용하거나 외해 방류등을 통해 호내 유입을 원천적으로 차단
	LID기법 적용	비점오염원의 호내유입을 최소화
	용지별 저류지습지 조성대책	간척지의 각 구간별 저류지와 습지를 조성 강우유출수 중의 오염물질을 저감
	농업용지 BMPs 적용 사업	농업비점오염 저감을 위해 적용
	농업용지 시비량 30% 감축대책	1단계 수질개선대책에서 실현가능성이 높게 분류되어 2단계에서도 반영
	중수/빗물이용시설 설치	내부개발에 따른 생활용수량을 저감하기 위해 실시 새만금호 내 하수처리수의 유입을 방지, 용수량을 저감
	하수처리수 재이용 사업	간척지내의 잡용수나 도시지역 내 조경, 수변공간 조성 등에 재이용
	산업단지 완충저류시설 설치	산업단지 내 사고에 대비 비점오염물질의 농도가 높은 초기 5mm의 강우에 대응하는 규모의 완충저류시설을 설치 산업단지에서 유출되는 오염물질을 사전에 차단
	매립토 용출방지대책	간척지 개발에 이용하는 매립토는 사전에 오염물질 용출방지 대책을 마련하고 필요시 매립토 내의 T-P를 불활성화
방수제·매립 등 용지조성 공사시 환경관리대책 추진	용지조성 공사 시 수질오염발생 방지, 비산먼지 발생 방지, 환경오염사고 예방 등 새만금호의 환경영향을 저감하기 위한 대책을 수립하여 추진	
연구사업	환경모니터링 및 수질개선 연구	새만금호의 수질개선을 위해 지속적으로 과제를 발굴 환경변화를 모니터

자료: 환경부 국립환경과학원(2011) 참고하여 정리.

가) 유입수관리 대책

호내 유입수관리를 위한 대책으로 ① 침전지 시설 설치, ② 유입수 인처리시설 설치, ③ 생태환경용지 내 인공호안·습지 조성, ④ 금강호 희석수 도입이 선정되었다(환경부 국립환경과학원, 2011).

나) 호소수관리 대책

호내 수면을 관리하기 위해 ① 쓰레기 수거 및 처리 대책, ② 적조 및 녹조 대책, ③ 오염우심지역 준설 및 심층폭기시설 설치가 선정되었다. 3개의 대책 중 쓰레기 수거 및 처리 대책, 적조 및 녹조 대책은 “내부개발 환경관리 가이드라인”으로 관리되고 있으며, 오염우심지역 준설 및 심층폭기시설 설치는 타당성 평가를 거쳐 추후에 진행되는 과제이다(환경부 국립환경과학원, 2011).

다) 내부개발대책

내부개발대책은 토지이용계획 시 새만금호로 유입하는 오염부하의 저감을 목적으로 환경영향평가서 협의 시 이행 조건으로 관리되며, 관련 대책은 간척지 토지이용의 기본 및 실시설계에 반영하였다. 내부개발대책으로는 ① 총인처리시설 설치, ② 하폐수처리수 호내 유입방지 대책, ③ LID 기법 적용, ④ 용지별 저류지·습지 조성 대책, ⑤ 농업용 BMPs (Best Management Practices; 최적관리기법) 적용, ⑥ 농업용지 시비량 30% 감축, ⑦ 중수/빗물이용시설 설치, ⑧ 하수처리수 재이용, ⑨ 산업단지 완충저류시설 설치, ⑩ 매립토 용출방지 대책, ⑪ 방수제·매립 등 용지 조성 공사 시 환경관리대책 추진 등 11개의 대책이 선정되었다. 이중 산업단지 완충저류시설은 산업단지에서 유출되는 오염물질을 사전에 차단하기 위해 설치하는 것으로 산업단지 내 사고에 대비하고, 비점오염물질의 농도가 높은 초기 5mm의 강우에 대응한다. 이는 산업단지의 비점오염물질에 유해물질이 많이 포함되어있고, 사고 시 오염물질이 새만금호에 유입되어 호수의 수질과 생태에 영향을 미치기 때문이다(환경부 국립환경과학원, 2011).

라) 연구사업

새만금호의 수질개선을 위해 지속적으로 과제를 발굴하고 환경변화를 모니터링 하기 위해 환경모니터링 및 수질개선 연구를 수행한다(환경부 국립환경과학원, 2011).

3) 해양대책

‘해양수질 및 해양환경변화 모니터링’, ‘해양환경보전대책 수립 R&D’ 2개의 과제가 선정되었으며, 국토해양부에서 해양보전 대책에 대한 세부내용을 작성하고 있으며, 새만금상류 및 호내 대책과의 연계를 고려하고 있다(환경부 국립환경과학원, 2011).

나. 새만금유역 제2단계 수질개선종합대책 중 용담댐 물 공급 관련 대책

제2단계 수질개선대책 중 만경강으로 유입하는 용담댐 물을 늘리기 위한 대책을 검토하였다. 구체적으로 “1-4-4. 도시지역 용수량 저감시설 설치”, “1-4-5. 어우보 운영 개선”, “2-3-7. 중수·빗물이용시설 설치”, “2-3-8. 하수처리수 재이용 사업”을 포함한다(농림수산식품부 등, 2011).

1) 1-4-5. 어우보 운영 개선

어우보 운영 개선 대책은 기존 대책 중 가장 적극적으로 용담댐 물의 만경강 유입량을 늘리는 대책이라고 할 수 있다. 즉 어우보에서는 익산, 군산 등지에서 필요한 농업용수를 취수하고 있는데, 익산지역 일부 생공용수(3천만 톤/년) 공급을 위해 비관개기에도 취수하는 등의 문제를 합리적으로 조정하여 만경강 월류량을 늘리고자 하는 것이다.

이를 위해 어우보에서는 당초 점용목적대로 관개기간에만 농업용수를 확보하고, 익산시의 생공용수는 광역상수도로 전환하도록 하였다. 또한 하류의 삼례취입보의

운영을 개선하여 삼례취입보 상류구간의 농업용수는 어우보에서, 삼례취입보 하류구간의 농업용수는 삼례취입보에서 취수하도록 하여 어우보 취수량을 조정하도록 하였다(그림 3-3 참조)(환경부 국립환경과학원, 2011).



자료: 농림수산식품부 외(2011).

〈그림 3-3〉 어우보 운영개선에 따른 용수공급 계획도

2) 1-4-4. 도시지역 용수량 저감시설 설치

본 사업에서는 신시가지·택지 계획, 구시가지 정비시 중수도와 빗물이이용시설 등 용수량 저감시설을 적극 도입하도록 하였다. 전주권의 생활용수는 용담댐에서 도수터널로 유입된 발전용수를 이용하고 그 나머지는 만경강으로 방류되므로, 용수량 저감시설을 통해 용수량을 줄인다면, 그만큼의 용담댐 물을 만경강으로 유입시킬 수 있기 때문이다.

3) 2-3-7. 중수·빗물이용시설 설치

“1-4-4. 도시지역 용수량 저감시설 설치”는 새만금 상류유역을 대상으로 하는 것이고 본 대책은 새만금 간척지를 대상으로 하고 있다.

2011년의 새만금 개발계획에 의하면, 새만금 간척지에서 필요한 생활용수는 전주

권광역 체계를 조정하거나 용담댐에서 공급토록 하고 있으므로, 중수와 빗물이용시설 등을 설치하여 용수량을 줄이고, 그만큼의 용수량은 하천유지용수로 확보하여 만경강으로 유입하기 위한 것이다. 즉, 용담댐에서 만경강으로 유입하는 방류량을 늘리는 계획인 것이다.

4) 2-3-8. 하수처리수 재이용 사업

본 대책은 내용적으로 “1-4-4. 도시지역 용수량 저감시설 설치”와 “2-3-7. 중수·빗물이용시설 설치”와 유사하다. 새만금 간척지 내에서 하수처리수를 생활용수 등으로 적극적으로 재이용하여 저장된 용수량 만큼 용담댐 물의 만경강 유입량을 늘리기 위한 것이다.

3. 소결

본 장에서는 새만금 종합개발계획 및 수질개선 계획의 세부내용을 검토하고 용담댐 물 공급과 연관된 계획들에 대해 정리하였다.

첫째, 용담댐의 전주권 용수배분량이 새만금 개발 후 전량 사용된다면 만경강 유입수량은 매우 적어질 것이다. 이는 새만금 개발 후 만경강 수질 유지를 위해 용담댐 방류량 외의 수량확보가 필요함을 제시한다.

둘째, 용수공급가능량은 새만금 개발 후 필요수량을 초과하고, 이에 용담댐 용수 배분량이 전량 사용될지 여부는 불확실하다. 즉, 개발진행 및 다른 용수 공급원의 이용가능성 등의 변화에 따라 달라질 것이다. 이에 용담댐 방류량의 활용을 통해 현재뿐만 아니라 미래, 새만금 개발 후 수질을 유지·개선하는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 용담댐으로부터 만경강으로의 유입수량을 늘리기 위한 대책으로 크게 ① 어우보 운영개선과 ② 물 재이용 등 용수수요를 적극적으로 줄이기 위한 방안들을 포함한다.

Ⅰ 제4장 · 새만금 수질과 용담댐 물 공급 분석 Ⅰ

본 장에서는 용담댐으로부터 새만금, 즉 만경강 유역으로 방류되는 물이 만경강 수질에 미치는 영향에 대한 몇몇 기존 연구들에 대해 조사한 후, 만경강 유역의 수질 및 수량자료, 그리고 용담댐 방류량 등 관측자료 분석을 통해 새만금유역에서 용담댐 물 공급 역할에 대해 살펴보았다. 수질(BOD, COD, T-P, T-N)뿐 아니라 용담댐 방류량, 고산 정수장 취수 후 용담댐 방류량, 경천·동상·대아 저수지 유입량 등에 대한 다양한 자료를 수집·분석하여, 용담댐 방류량의 만경강 수질에 대한 역할에 대해 정량적으로 파악하고자 하였다. 연도별 변화를 주로 분석한 기존 연구와 달리 월별 자료를 분석하여 새만금 수질 관련 주요 요소에 대한 정량적 분석을 고도화하였다. 본 연구의 자료 분석은 용담댐 물 공급의 만경강 유량 및 영향 분석, 그리고 용담댐 운영 현황 분석을 포함한다.

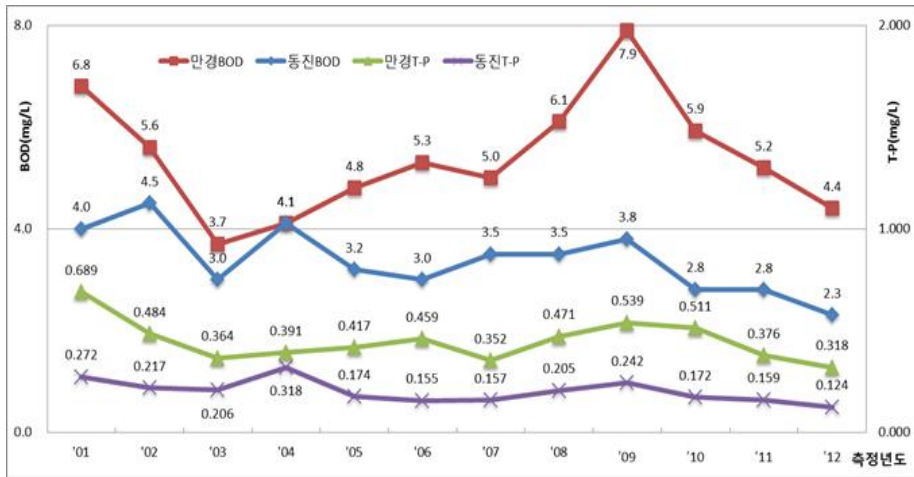
1. 새만금유역 수질에 대한 용담댐 물공급 영향 개요

새만금사업에서의 수질문제는 만경강유역에 집중되는데, 이는 대부분의 새만금 유역 대부분의 오염원이 만경강유역에 집중되어 만경강유역의 수질이 동진강유역의 수질에 비해 좋지 않고 이것은 새만금호의 수질악화에도 영향을 주기 때문이다 (그림 4-1, 표 4-1 참조). <그림 4-1>에서 나타나듯이 2012년을 기준으로 볼 때, 만경강의 수질은 BOD Ⅲ등급 수준인 반면, 동진강의 수질은 Ⅱ등급 수준으로 보이고 있다. T-P 역시 만경강은 V등급 수준인 반면, 동진강은 Ⅲ등급 수준을 보이고 있어, 대체로 만경강이 동진강에 비해 약 2배 정도 수질이 좋지 않음을 알 수 있다.

〈표 4-1〉 새만금유역 주요 오염원의 분포

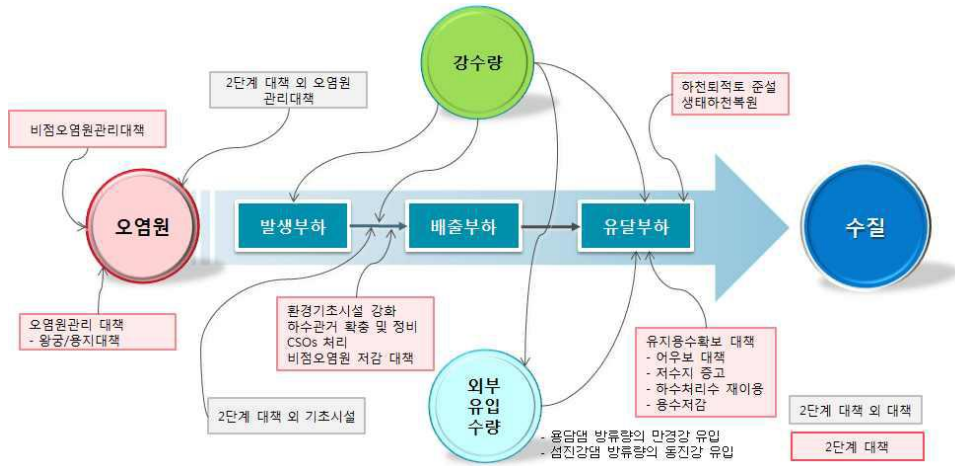
구 분		오염원			오염원 기여율(%)			
		2007	2009	2010	2007	2009	2010	
계	인구(인)	1,312,101	1,320,884	1,368,171	-	-	-	
	산업폐수발생량 (톤/일)	199,367	167,535	162,866	-	-	-	
	사육두수 (두)	한우	119,747	140,071	163,185	-	-	-
		젖소	18,599	19,651	16,218	-	-	-
		돼지	782,993	769,177	776,277	-	-	-
가금		16,118,104	13,155,804	14,229,397	-	-	-	
만경강유역	인구(인)	1,063,180	1,077,583	1,121,565	81.0	81.6	82.0	
	산업폐수발생량 (톤/일)	160,334	140,695	125,643	80.4	84.0	77.1	
	사육두수 (두)	한우	38,629	48,288	55,556	32.3	34.5	34.0
		젖소	4,718	5,083	5,140	25.4	25.9	31.7
		돼지	411,869	416,828	399,037	52.6	54.2	51.4
가금		6,295,417	6,979,709	6,887,389	39.1	53.1	48.4	
동진강유역	인구(인)	248,921	243,301	246,606	19.0	18.4	18.0	
	산업폐수발생량 (톤/일)	39,033	26,840	37,223	19.6	16.0	22.9	
	사육두수 (두)	한우	81,117	91,783	107,629	67.7	65.5	66.0
		젖소	13,882	14,568	11,078	74.6	74.1	68.3
		돼지	371,124	352,349	377,240	47.4	45.8	48.6
가금		9,822,686	6,176,095	7,342,008	60.9	46.9	51.6	

자료: 환경부(2009; 2013), 환경부 국립환경과학원(2011).



〈그림 4-1〉 김제(만경강) 및 동진강(동진강) 지점 수질경향

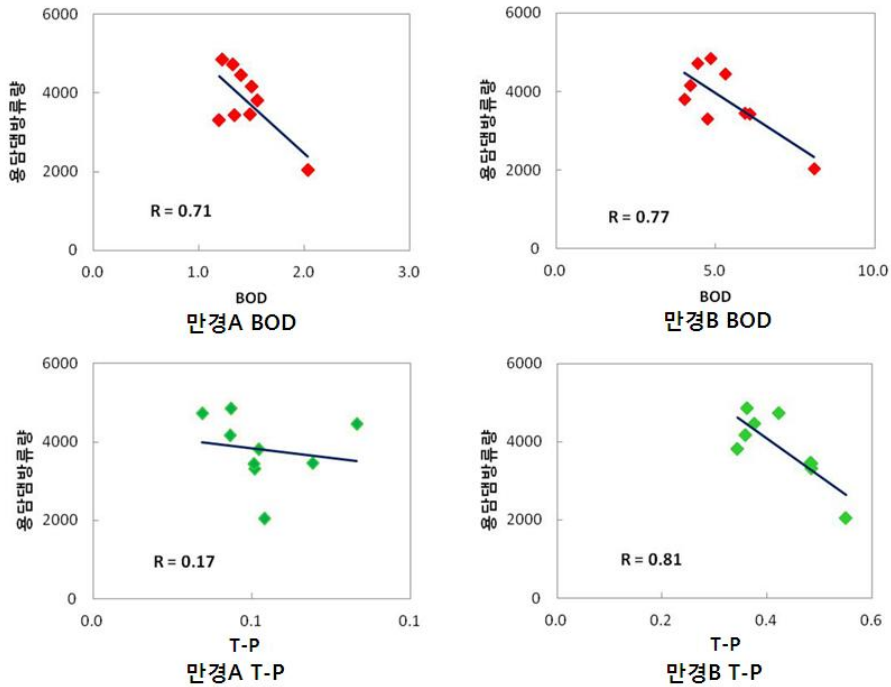
만경강유역의 수질에 영향을 미치는 요인은 크게, 오염원, 환경기초시설 등의 수질관리대책, 강수량, 외부유입수량 등을 꼽을 수 있다(환경부, 2013, 그림 4-2 참조). 강수량은 수질 환경에 중요한 요인이 된다. 대개 강수량이 높을 때는 수질이 낮아지는 음(-)의 상관관계성을 나타낸다. 유역에 강수량이 많을 경우, 하천 수량 증가로 인해 오염물 농도가 희석되며 자정작용이 촉진되어 수질이 개선되기 때문이다. 환경부(2013)는 특히 만경강유역에서 이러한 음의 상관관계는 더욱 높게 나타난다고 밝혔다. 또한 강수량은 오염물의 배출 구조에도 영향을 미친다. 월류량 증가로 인한 수계 오염물 유입과 비점오염물질 유출 등에 대해 직접적으로 작용한다. 강수량은 외부유입수량에도 영향을 미쳐, 강우시와 비강우시의 방류량 차이가 크다. 환경부(2012)에 따르면 용담댐과 섬진강댐의 경우, 강우시 방류량은 비강우시보다 20배에서 40배의 차이를 보였다.



자료: 환경부(2013).

〈그림 4-2〉 새만금 상류유역 수질영향 인자와 수질개선대책의 연관도

외부유입수량은 수질유지에 중요한 역할을 한다(환경부, 2012; 환경부, 2013). 2003~2011년 용담댐 방류량과 만경A 및 만경B 단위유역(그림 2-2 참조) 말단지점에서 BOD와 T-P 상관관계를 분석해보면, 방류량이 가장 적은 2009년에 만경강에서 가장 높은 수질을 가리키며, 용담댐 방류량이 클수록 수질이 저하되는 것이 하류인 만경B에서 뚜렷하게 나타났다. 또한, 용담댐 방류량과 BOD의 상관성을 분석해보면 방류량이 많을수록 낮은 농도를 보이는데, 특히 상류인 만경A보다 만경B 지점에서 이러한 음의 상관계수는 더욱 강하게 나타났다. 이러한 특징은 T-P에 대해서도 유사하게 나타났다(그림 4-3 참조).



주: 만경A와 만경B는 수질오염총량관리의 수질측정지점을 의미함.
자료: 환경부(2012).

〈그림 4-3〉 만경A 및 만경B에 대한 용담댐 방류량과 BOD 변화(상단) 및 T-P(하단)

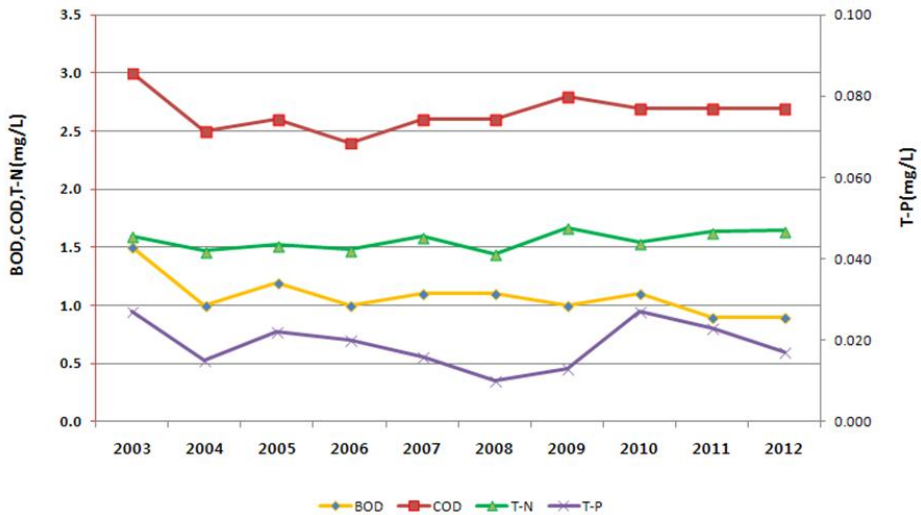
최근, 환경부(2013)는 외부 유입수량과 하류 하천수질과의 상관성을 분석하였다. 2002년부터 2011년까지 연간 유입량을 분석하여 용담댐 방류의 경우 2004년과 2009년도를 각각 최대, 최소 유입조건으로 선정하였다. 대조군은 2010년 강수 및 용담댐 방류량과 2015년 예측 오염원 조건에서 모의되었으며, 용담댐 방류량만 최대 및 최소 조건으로 변경한 후 실험군 모의를 수행하였다. 용담댐 수질 모의 결과, 용담댐 물은 만경대교 지점에서 BOD에 대해 -18.6~25.6%, T-N에 대해서는 -18.5~25.7%, T-P에 대해서는 -20.3~27.9%의 영향을 주는 것으로 분석되었다(표 4-2 참조).

〈표 4-2〉 용담댐 방류량 조건에 따른 만경대교 지점 수질변화(2015년 기준)

조 건		Flow(m ³ /sec)	BOD(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
대조군		25.90	5.7	6.730	0.425
용담댐 방류량	10년 최대 (2009년)	30.19	4.2	4,999	0.306
		16.5%	25.6%	25.7%	27.9%
	10년 최소 (2004년)	23.42	6.7	7,977	0.511
		-9.6%	-18.6%	-18.5%	-20.3%

자료: 환경부(2013).

기존의 자료들에서 용담댐 방류량의 희석수로서 역할은 분명히 확인할 수 있었다. 이는 금강 상류지역에 위치한 용담호의 수질은 양호하게 유지되고 있기 때문이다. <그림 4-4>는 최근 10년간 연도별 수질현황을 보여주며 COD 기준 I-b(좋음) 등급이 유지되고 있다.



자료: 한국수자원공사(2013).

〈그림 4-4〉 용담호의 연도별 수질현황

2. 용담댐 물 공급의 만경강 유량 영향 분석

우선 용담댐의 방류량은 도수터널을 통해 만경강 유역으로 유역 변경된 후 이중 일부가 전주 광역상수를 위해 취수되고, 나머지가 고산천을 통해 만경강에 방류되며, 이후 경산저수지와 대아저수지 방류량, 하천의 자체 수량과 함께 어우보에 도달하는데, 어우보에서는 삼례, 김제, 군산 등에 공급할 농업용수를 대간선수로로 취수되며 남은 물은 만경강 본류에 유입된다(그림 2-3 참조). 본 절에서는 용담댐에서 전주권으로 방류되어 만경강으로 흘러들어가는 유량에 대한 분석을 실시하였다.

① 용담댐 방류량 및 고산천 유입량의 관계 분석, ② 어우보 상류 및 하류 유량 구성 분석, ③ 만경강 유량과 용담댐 방류량의 상관관계 분석을 포함한다.

가. 용담댐 전주권 방류량 및 고산천 유입량

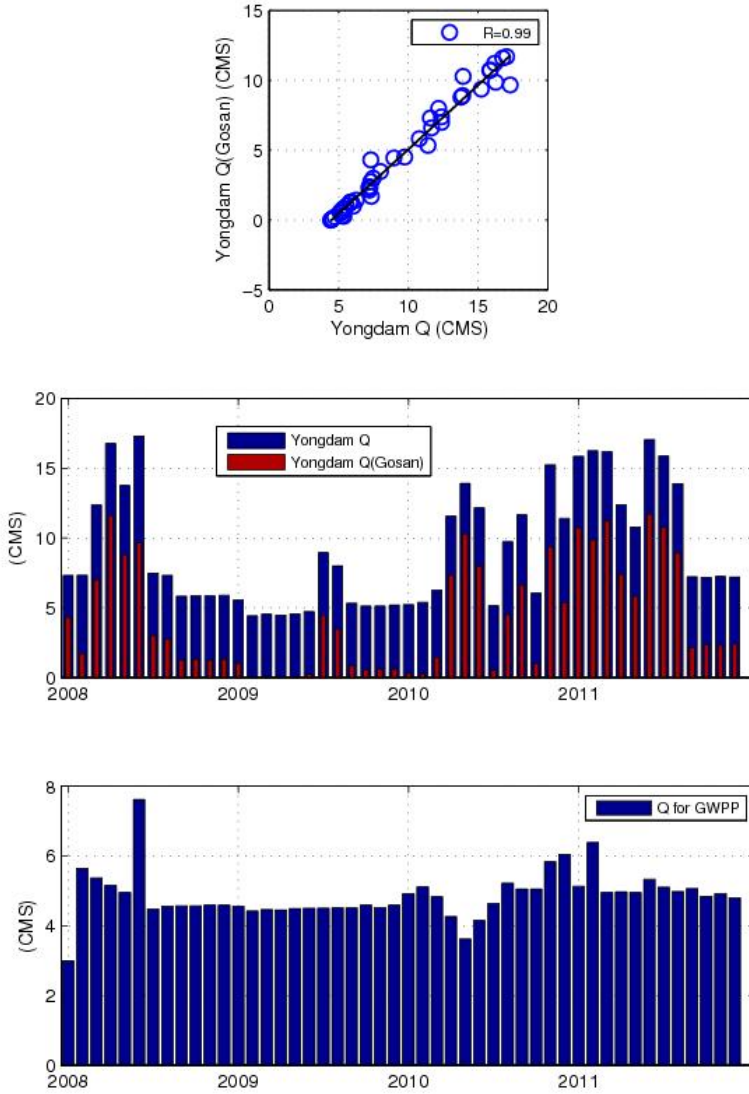
용담댐의 제1발전기 발전 방류량은 도수터널을 통해 만경강 유역으로 유역 변경된 후 이중 일부가 전주 광역상수를 위해 취수되고, 나머지가 고산천을 통해 만경강에 방류된다. 이 방류수량을 본 보고서에서 용담댐 방류량(고산천)으로 표현하였다. <그림 4-5>는 고산천 상류는 물의 흐름이 거의 없으며, 용담댐 방류량의 일부가 유입되어 하천의 흐름을 형성하고 있음을 보여준다.



〈그림 4-5〉 고산천 상류(상단), 용담댐 방류수 유입 모습
후방(중간) 및 전방(하단) (2013년 10월)

제2장에서 소개하였듯이 용담댐은 2021년까지 전주권 생공용수로 15.6CMS를 공급하기로 계획되었다. 하지만 현재의 전주권 생활용수 수요량은 5.0CMS이고, 이에 발전방류량 중 5.0CMS만이 정수장으로 취수되어 사용되며 나머지는 고산천으로 방류되고 있다(수자원공사, 2013). 용담댐의 용수공급 현황 및 관련 이슈 등에 대해서는 본장의 4절에서 자세히 다루고 있으며, 여기서는 용담댐 방류량(고산천)에 대한 이해를 돕고자 용담댐 용수공급 현황에 대해 간단하게 언급한다.

<그림 4-6>은 용담댐의 전주권 방류량 자료와 고산천으로 유입되는 용담댐 방류량 자료를 보여준다. 두 자료의 차이를 계산하여 전주지역 생활용수 공급을 위해 고산정수장으로 취수되는 수량을 산출하였으며 평균 4.9CMS정도의 수량이 균일하게 고산정수장으로 유입되고 있음을 알 수 있다.



〈그림 4-6〉 용담댐 전주권 방류량(Yongdam Q)과 용담댐 방류량의 고산천 유입량(Yongdam Q(Gosan))의 관계 및 월별 변화(맨위 및 중간), 고산정수처리장 취수량 월별 변화(아래)

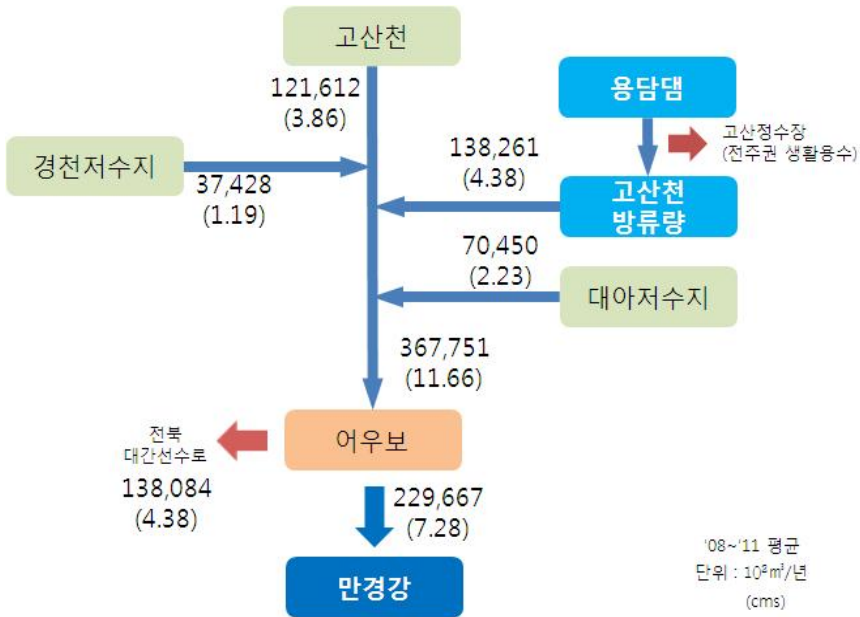
나. 어우보 상류 및 하류 유량 구성

어우보에 도착한 유량의 일부는 대간선수로로 취수되고 남은 물이 만경강 본류로 유입된다(그림 4-7 참조). <표 4-3>은 어우보를 중심으로 2008~2011년까지의 연도별 용담댐 방류량 중 고산천 유입량과 대아 및 경천저수지 방류량, 하천의 수량 및 어우보 취수량과 만경강 월류량 등을 나타내며, <그림 4-8>은 2008~2011년 평균 유량을 바탕으로 유량현황을 나타내는 모식도이다. 평균적으로 어우보 도착량의 약 38%는 용담댐 방류량(고산천), 약 33%는 상류자체 하천수량, 약 29%는 상류 농업용 저수지 방류량으로 구성된다. 어우보에서 약 38%의 물이 취수되며 나머지 약 62%가 만경강으로 흐른다.

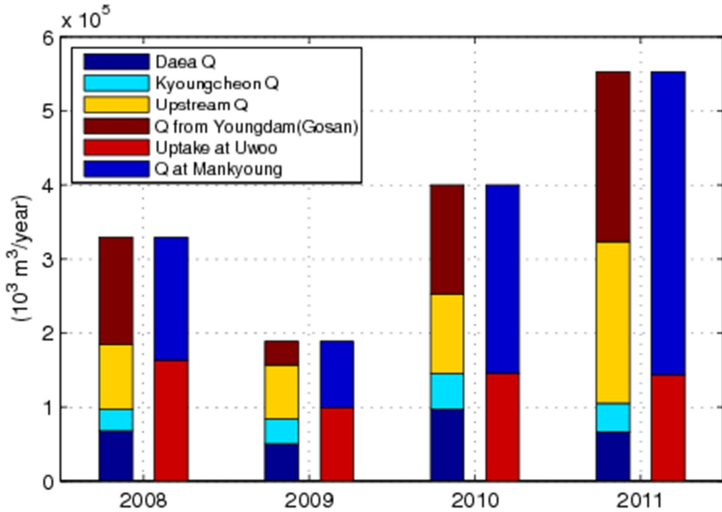
<표 4-3> 어우보상류 구간 연간 유량 현황

구 분		2008	2009	2010	2011	평균	어우보 도착량 대비 평균 비율(%)
대아저수 지 방류량	10 ³ m ³ /년	67,850	50,313	97,037	66,601	70,450	19.2
	CMS	2.15	1.60	3.08	2.11	2.23	
경천저수 지 방류량	10 ³ m ³ /년	28,858	33,996	48,575	38,284	37,428	10.2
	CMS	0.92	1.08	1.54	1.21	1.19	
상류자체 하천수량	10 ³ m ³ /년	87,947	72,802	106,911	218,786	121,612	33.1
	CMS	2.79	2.31	3.39	6.94	3.86	
용담댐 방류량 (고산천)	10 ³ m ³ /년	144,556	31,871	147,277	229,340	138,261	37.6
	CMS	4.58	1.01	4.67	7.27	4.38	
어우보 도착량	10 ³ m ³ /년	329,210	188,983	399,800	553,012	367,751	100.0
	CMS	10.44	5.99	12.68	17.54	11.66	
어우보 취수량	10 ³ m ³ /년	163,538	99,282	145,895	143,623	138,084	37.6
	CMS	5.19	3.15	4.63	4.55	4.38	
만경강 월류량	10 ³ m ³ /년	165,672	89,701	253,905	409,389	229,667	62.4
	CMS	5.25	2.84	8.05	12.98	7.28	
연 강수량 (전주)	mm	1,000	1,164	1,462	1,622	1,312	-

자료: 한국농어촌공사 내부자료, 기상청 홈페이지 자료 활용 재구성.



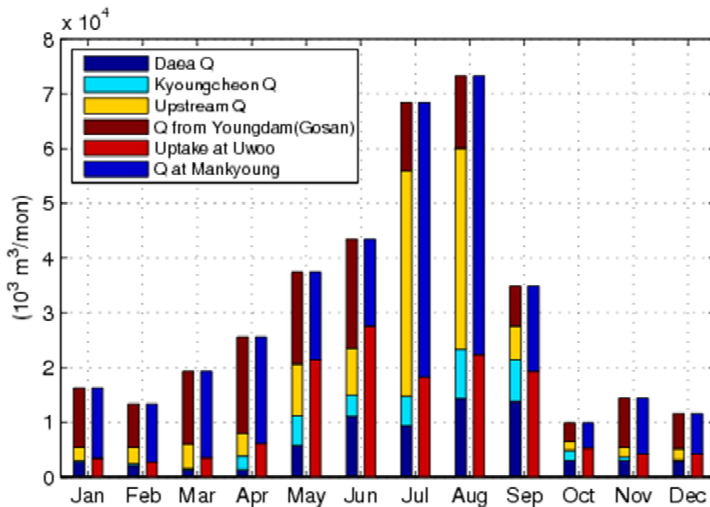
〈그림 4-7〉 어우보 상류 구간 유량 현황(2008~2011년 평균)



〈그림 4-8〉 연도별 어우보 상류(왼쪽) 및 하류(오른쪽) 구간 유량 현황 (2008~2011년)

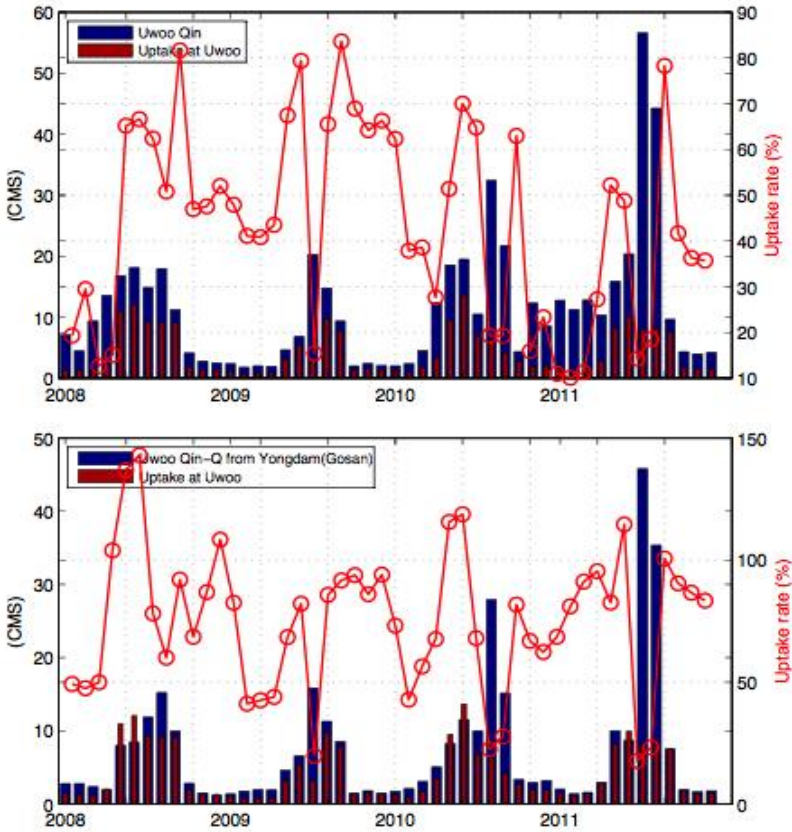
2008년부터 2011년까지 연도별 유량 구성의 변화를 살펴보면(그림 4-8 참조), 2009년에 어우보 총 도착량 대비 용담댐 방류량의 비율이 상대적으로 적었음을 알 수 있다. 이에 따라 만경강 월류량도 급감했으며 다음절 분석결과에서 나타나듯이 이는 결국 2009년 만경강 수질악화의 원인이 되었다고 할 수 있다.

〈그림 4-9〉의 어우보 도착량 월별 평균을 살펴보면, 평균적으로 5~6월에 농업 용수 공급을 위해 대간선수로로 취수되는 수량, 즉 어우보 취수량은 대아 및 경천 저수지 방류량과 고산천 자체 수량의 총량을 초과한다. 즉, 이 기간 동안 만경강 유량은 용담댐에서 고산으로 유역변경 후 고산정수장에서 생활용수를 위해 취수되고 남은 방류량에 의존한다고 할 수 있다.



〈그림 4-9〉 월별 평균 어우보 상류(왼쪽) 및 하류(오른쪽) 구간 현황
(2008~2011년)

최근 전라북도의 만경강 수질개선을 위한 유지용수 공급 요청에 따라 어우보 취수량에 대한 조정이 진행 중이다(이진희, 2012). 2011년 어우보 지점의 하천수사용에 대한 허가 갱신에 따르면, 어우보에서 농업용수의 취수를 위해 비관개기(10월~4월)에는 전체 취수량을 대아와 경천 저수지의 사전방류를 통해 공급하고, 관개기(5월~9월)에는 대아와 경천 저수지의 용수공급계획에 따라 최대한 공급함으로써 하천유지관리에 지장이 없도록 추진 중이다. 또한 생활용수 및 공업용수의 사용에 있어서도 대아와 경천저수지 사전방류를 통해서만 사용하도록 하고 있어 용담댐의 방류량의 일부가 하천유지용량으로 사용될 수 있게 되었다. 하지만 연도별 어우보 취수율을 살펴보면(그림 4-10 참조) 2011년 이후에도 어우보 취수량을 위해 용담댐 방류량의 일부가 사용됨을 볼 수 있다.



〈그림 4-10〉 어우보 유입량(위) 및 외부유입수량 제외한 어우보 유입량(아래) 대비 어우보 취수율(%)

다. 만경강 유량과 용담댐 방류량의 상관관계

만경강의 수질과 직접 관련이 있는 부분은 만경강 수량이다. 만경강 수량, 즉 만경강 월류량에 영향을 주는 인자를 알아보기 위해 <표 4-4>에 요약되어 있는 주요수량의 2008년부터 2011년까지 연간 및 월간 자료를 활용하여 회귀분석을 실시하였다. <표4-4>는 만경강 월류량을 종속변수로 하고 나머지를 독립변수로 하여

분석한 각 변수간의 상관관계수이며, <그림 4-11>은 월별자료를 바탕으로 각 변수간의 상관관계를 도식화한 것이다.

연 자료를 바탕으로 한 결과를 살펴보면, 어우보 도착량, 상류자체 하천수량, 용담댐 방류량(고산천), 강수량이 차례로 만경강 월류량과 가장 밀접한 관계에 있는 것으로 나타났다. 월 자료를 바탕으로 분석하면, 용담댐 방류량의 만경강 월류량의 영향이 크지 않게 나온다. 하지만 <그림 4-11>의 왼쪽 그림을 살펴보면 강수량이 매우 큰 홍수기 동안에 변수간의 상관관계가 전체 상관관계를 왜곡한다고 추측되어 월 강수량이 400mm 이상인 경우를 제외한 월별자료를 활용하여 상관관계 분석을 재 실시하였다. <그림 4-11>의 오른쪽 그림에서 보듯이 용담댐 방류량(고산천)과 어우보 도착량이 만경강 월류량과 큰 상관관계를 보였다. 어우보 도착량은 대아 및 경천 저수지 방류량, 상류자체 하천수량 그리고 용담댐 방류량(고산천)의 합이며, 결국 용담댐 방류량(고산천)이 만경강 월류량을 결정하는 데 주요한 역할을 한다. 또한 갈수 시 만경강 월류량 외 용담댐 방류량의 역할은 더욱 커진다(그림 4-12 참조). 월평균 강수량이 50mm 이하인 경우만 분석하였을 때 만경강 월류량과 용담댐 방류량의 상관관계수는 0.98에 이른다.

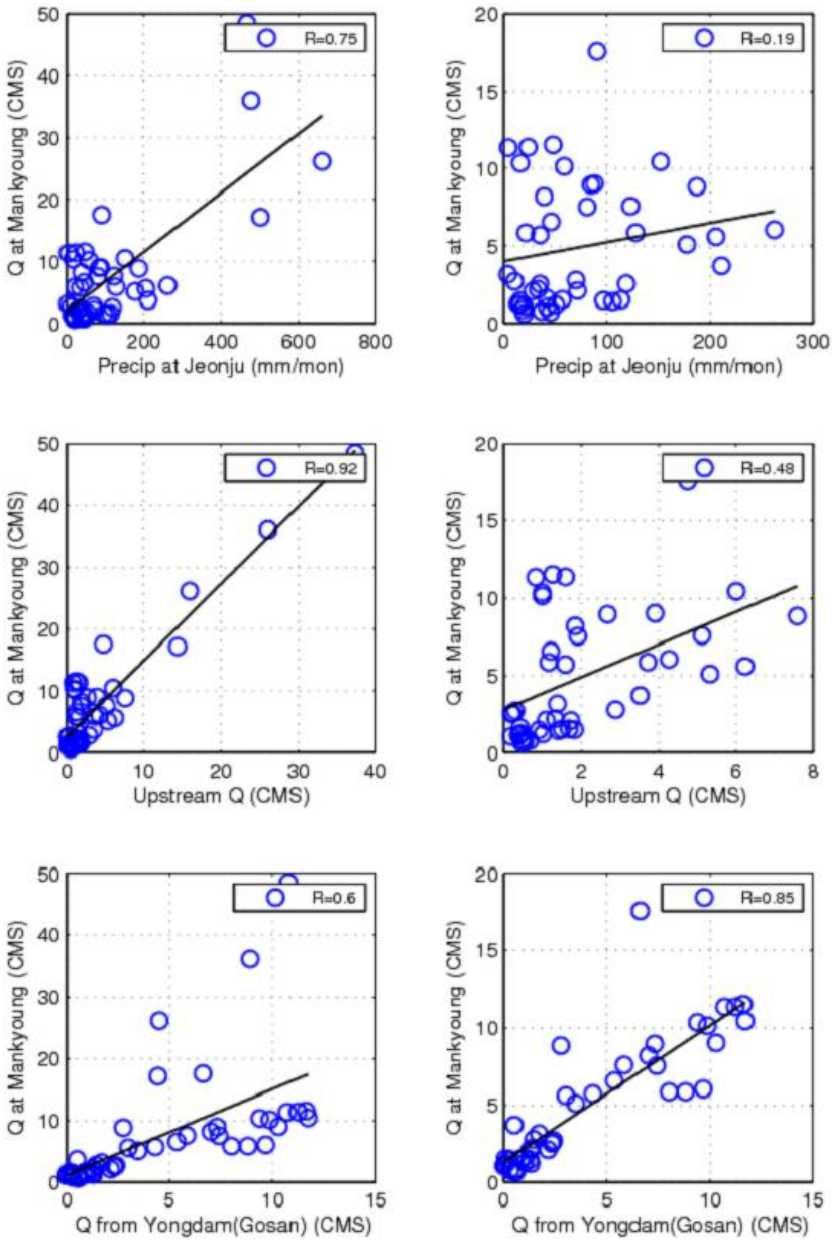
<표 4-4> 만경강 월류량 관련 변수의 상관관계수(회귀분석 결과)

만경강 월류량	대아저수지 방류량	경천저수지 방류량	상류자체 하천수량	용담댐 방류량 (고산천)	어우보 도착량	어우보 취수량	강수량
연 자료 (4)	0.37	0.42	0.96	0.93	0.99	0.44	0.86
월 자료 (48)	0.49	0.42	0.92	0.60	0.94	0.28	0.75
홍수시를 제외한 월 자료 (44)	0.03	0.16	0.48	0.85	0.80	0.21	0.19
갈수시 월 자료 (23)	-0.01	-0.10	0.53	0.98	0.86	0.06	0.01

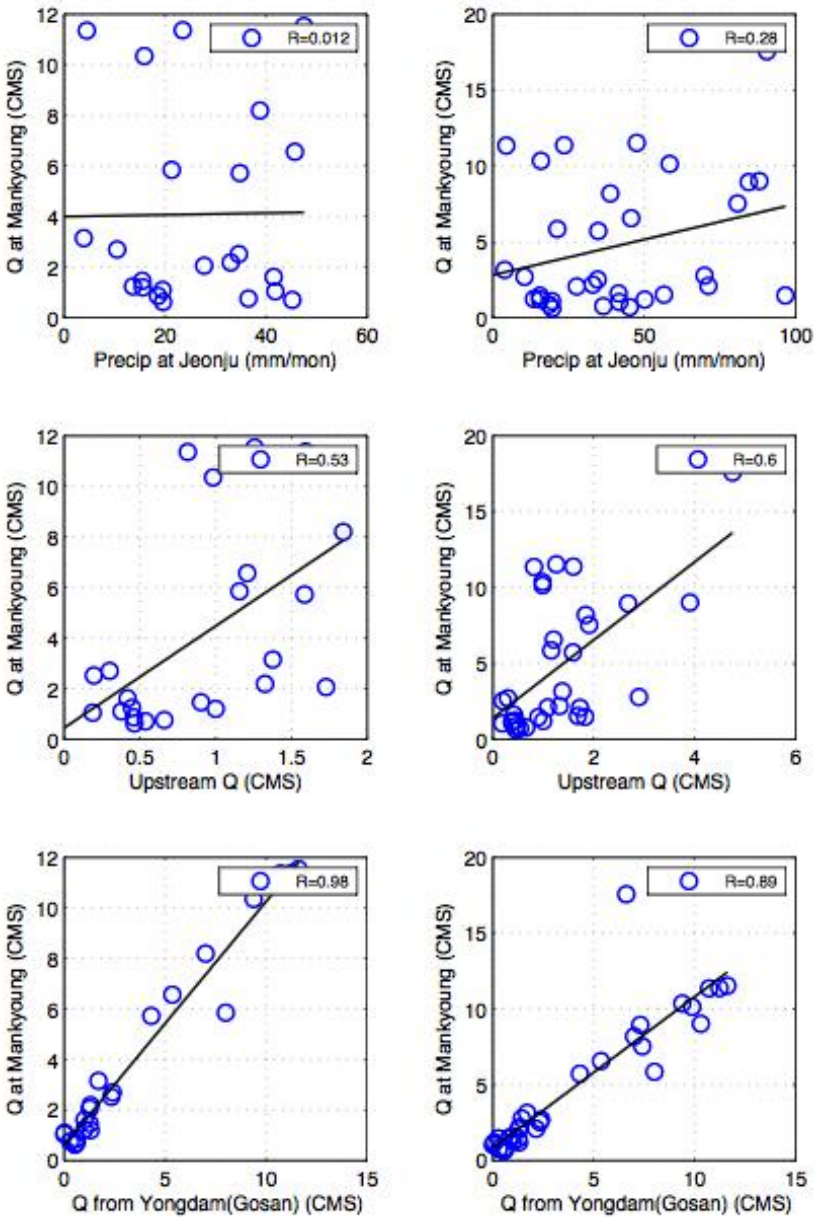
주: *홍수 시는 월 강수량이 400mm 이상인 경우로 가정함.

*갈수 시는 월 강수량이 50mm 이하인 경우로 가정함.

() 안은 회귀 분석시 사용된 표본수임.



〈그림 4-11〉 강수량, 고산천 자체 유량, 용담댐 방류량(고산)과 만경강 유량의 관계, 2008~2011년 월별자료(왼쪽) 및 홍수 시 제외한 월별자료(오른쪽) (홍수 시는 월 강수량 400mm 이상인 경우로 가정함)



〈그림 4-12〉 강수량, 고산천 자체 유량, 용담댐 방류량(고산)과 만경강 유량의 관계, 2008~2011년 월 자료 중 강수량이 각각 50mm(왼쪽) 및 100mm(오른쪽) 이하인 갈수 시 자료만 이용함

3. 용담댐 물 공급의 만경강 수질 영향 분석

용담댐 물 공급이 만경강 유역의 수질에 미치는 정도를 파악하기 위해, 용담댐 전주권 방류량과 만경강 본류 구간인 전주 측정망과 김제 측정망 수질과의 관계를 살펴보았다. 용담댐물이 본격적으로 고산천으로 유입된 2003년부터 2012년까지 자료를 활용하였다. 용담댐 방류량 및 만경강 수질 자료와 달리 앞 절에서 주로 분석된 용담댐 방류량 중 고산천 유입량 등의 만경강 수량 자료는 2008년부터 2011년까지 구축되었다는 차이가 있음을 주지할 필요가 있다. 본 절에서는 1) 용담댐 방류량과 만경강 수질의 경년 및 계절 변화 분석 및 2) 용담댐 방류량과 수질의 상관관계 분석을 수행하였다.

가. 용담댐 방류량과 수질의 연 변화 상관관계

용담댐에서 제1발전소의 발전용수 즉, 전라북도로 방류한 물과 전주 및 김제측정망의 연평균 수질의 연도별 변화를 살펴보았다(표 4-5, 그림 4-13 참조). 용담댐 전주권 방류량보다는 용담댐 방류량 중 고산천 유입량이 만경강 유량에 보다 직접적 관계가 있다. 하지만 용담댐 방류량(고산천) 연자료는 2008년부터 2011년까지로 자료가 4년 밖에 없고, 용담댐 방류량은 2003년부터 2012년까지의 10년간 자료가 있다. 이에 두 종류의 자료를 모두 활용하여 상관관계를 분석했다.

대체로 용담댐 방류량과 수질은 음의 상관관계가 있음을 볼 수 있다. 즉, 용담댐 방류량이 가장 적었던(연평균 5.5CMS) 2009년도의 수질이 다른 해의 수질에 비해 좋지 않았음을 볼 수 있고, 이런 경향은 전주 측정망보다는 김제 측정망에서 좀 더 강하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이러한 상관관계는 전주지점 T-P에서 매우 약하게 나타난 특징이 있다. 또한 <표 4-6>에서 보듯이 용담댐 방류량 자료와 용담댐 방류량의 고산천 유입량 자료를 사용한 경우에 수질과의 상관관계의 경향은 크게 다르지 않았다.

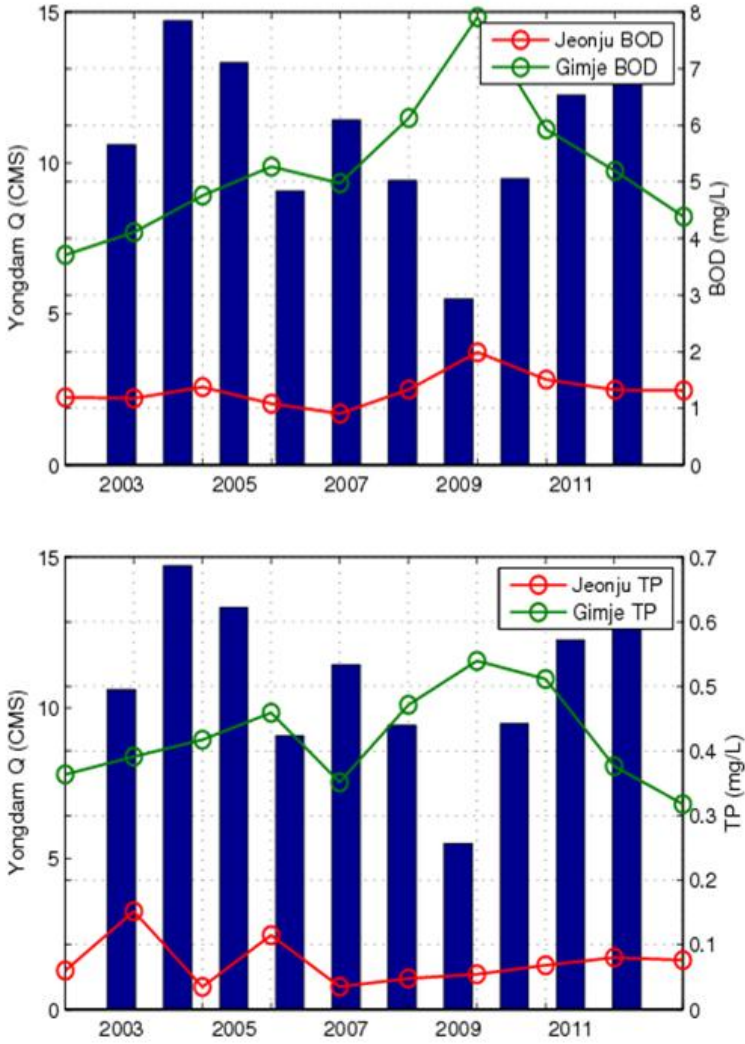
〈표 4-5〉 용담댐의 연평균 방류량과 전주, 김제 측정망 연평균 수질

연도	용담댐 방류량 (CMS)	전주(mg/L)				김제(mg/L)			
		BOD	COD	T-N	T-P	BOD	COD	T-N	T-P
2003	10.6	1.2	3.2	1.728	0.060	3.7	6.4	6.516	0.364
2004	14.7	1.2	2.8	2.427	0.152	4.1	7.6	6.177	0.391
2005	13.3	1.4	3.2	1.556	0.035	4.8	9.0	6.790	0.417
2006	9.1	1.1	2.8	1.677	0.115	5.3	11.0	8.423	0.459
2007	11.4	0.9	3.4	1.589	0.035	5.0	9.3	4.683	0.351
2008	9.4	1.3	3.7	3.253	0.048	6.1	12.5	7.449	0.471
2009	5.5	2.0	4.6	4.365	0.054	7.9	17.2	7.630	0.539
2010	9.5	1.5	4.2	3.887	0.068	5.9	12.7	7.466	0.511
2011	12.2	1.3	4.3	2.348	0.080	5.2	10.5	5.802	0.376
2012	12.7	1.3	5.0	2.146	0.076	4.4	10.0	4.542	0.318
평균	10.8	1.3	3.7	2.498	0.072	5.2	10.6	6.548	0.420

자료: 한국수자원공사 (<http://www.kwater.or.kr>), 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>).

〈표 4-6〉 연평균 용담댐 방류량과 수질 상관계수

구분		BOD	COD	T-N	T-P
용담댐 방류량 (2003~2012)	전주	-0.59	-0.28	-0.64	0.32
	김제	-0.82	-0.81	-0.61	-0.76
용담댐 방류량(고산천) (2008~2012)	전주	-0.94	-0.88	-0.60	0.07
	김제	-0.80	-0.83	-0.23	-0.49



〈그림 4-13〉 용담댐 방류량과 전주 및 김제지점 수질의 연도별 변화 (BOD, T-P)

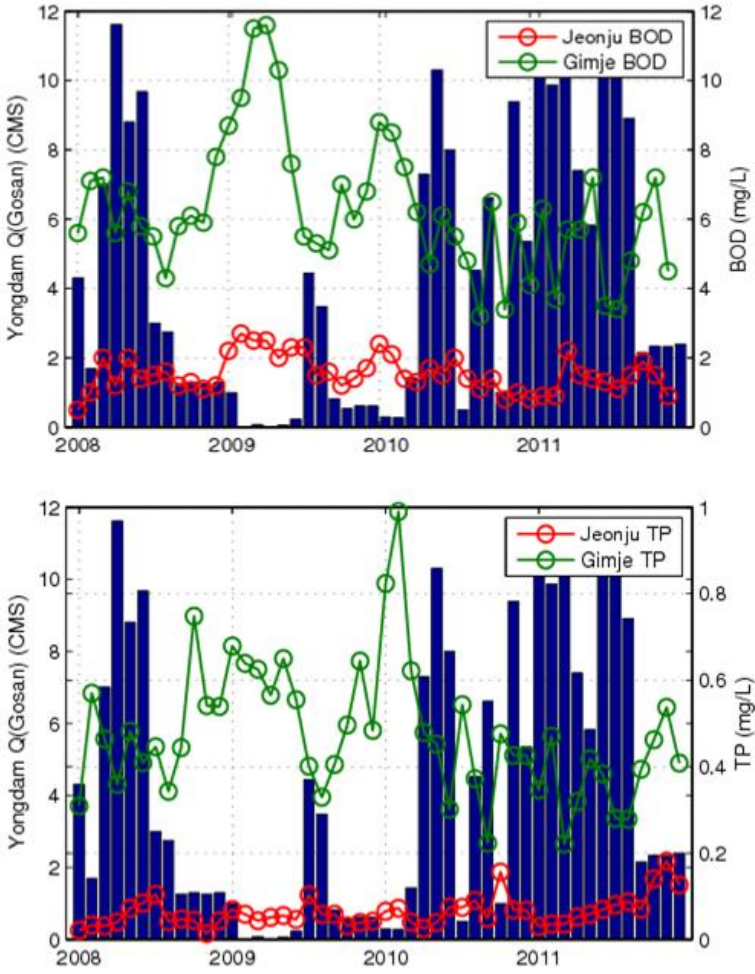
나. 용담댐 방류량과 수질의 월 변화 상관관계

방류량과 수질의 상관관계를 월별자료를 활용하여 분석하였다. 여기서는 2008년부터 2011년까지의 월별자료를 활용하여, 용담댐 방류량(고산천)과 BOD, COD, T-N, T-P의 상관관계 분석을 실시하였다(표 4-6 참조). <그림 4-6>에서 보듯이 용담댐의 전주권 방류량과 고산천으로 유입되는 용담댐 방류량의 차이, 즉 고산정수장 취수량은 거의 일정하지만 어느 정도 변화가 있다. 하지만 연 자료 분석을 보면 두 자료의 분석결과 차이가 크지 않았기에 좀 더 만경강 유량에 직접적 관련 있는 용담댐 방류량(고산천) 자료를 활용하였다.

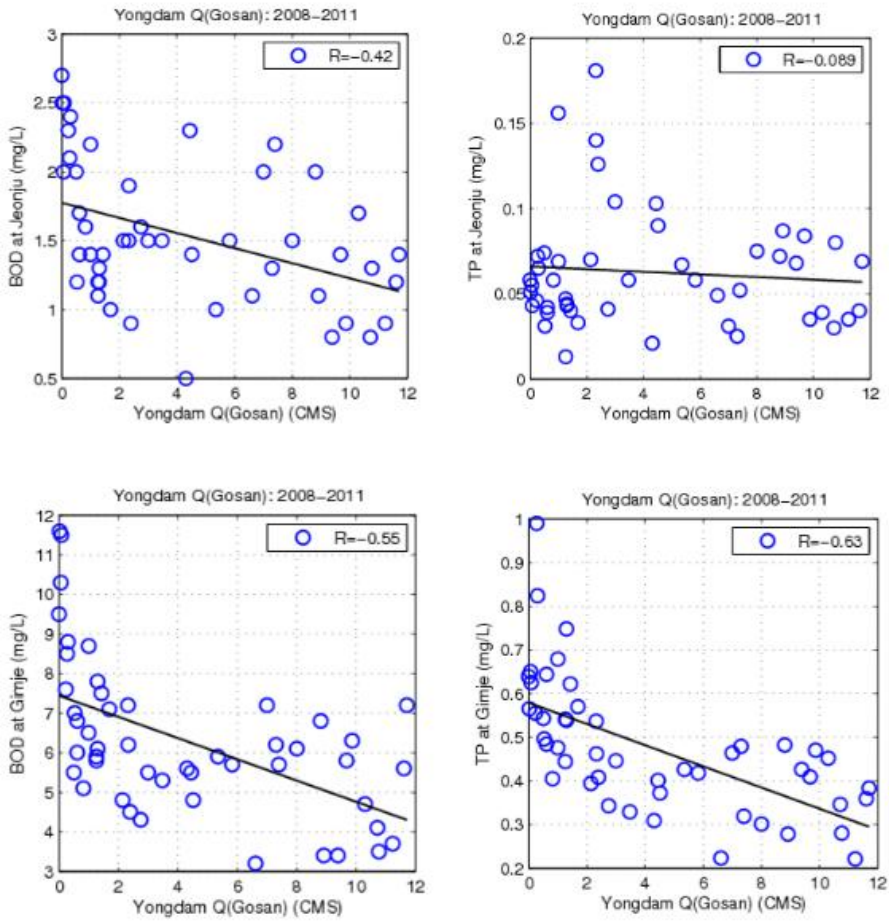
<그림 4-14>와 <표 4-7>에서 보듯이 월별자료를 활용한 회귀분석의 경우 연별 자료를 활용한 경우보다 대체적으로 낮거나 비슷한 상관계수가 나왔다. BOD의 경우 연자료를 바탕으로 하면 전주와 김제 지점에서 각각 $R=-0.94$ 와 $R=-0.80$ 이 나왔으나, 월자료를 바탕으로 하면 $R=-0.42$ 와 $R=-0.55$ 가 나왔다.

〈표 4-7〉 용담댐 방류량(고산천)과 수질의 상관계수

용담댐 방류량(고산천)	전주		김제	
	BOD	T-P	BOD	T-P
연자료	-0.94	0.07	-0.80	-0.49
월자료	-0.42	-0.09	-0.55	-0.63

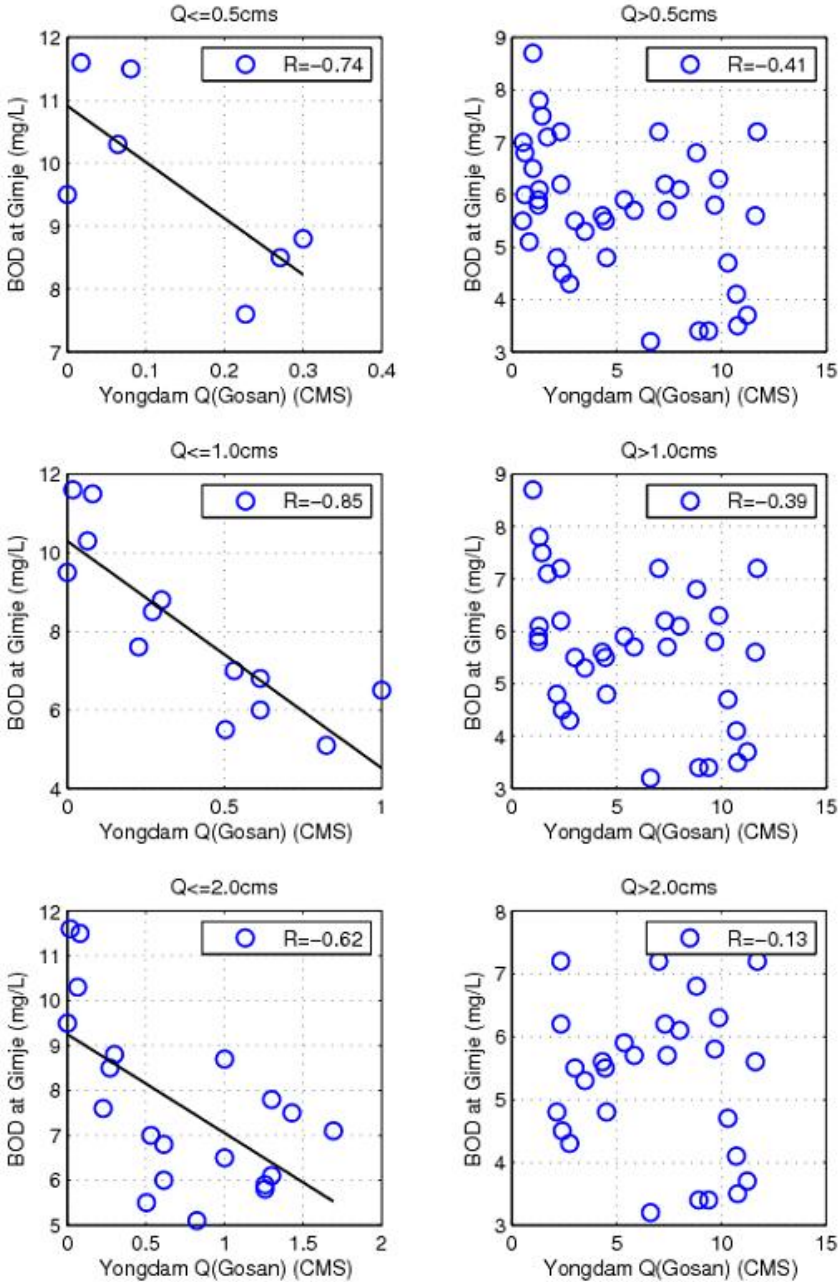


〈그림 4-14〉 월별 용담댐 방류량(고산천)과 BOD 및 T-P 변화 (전주, 김제)

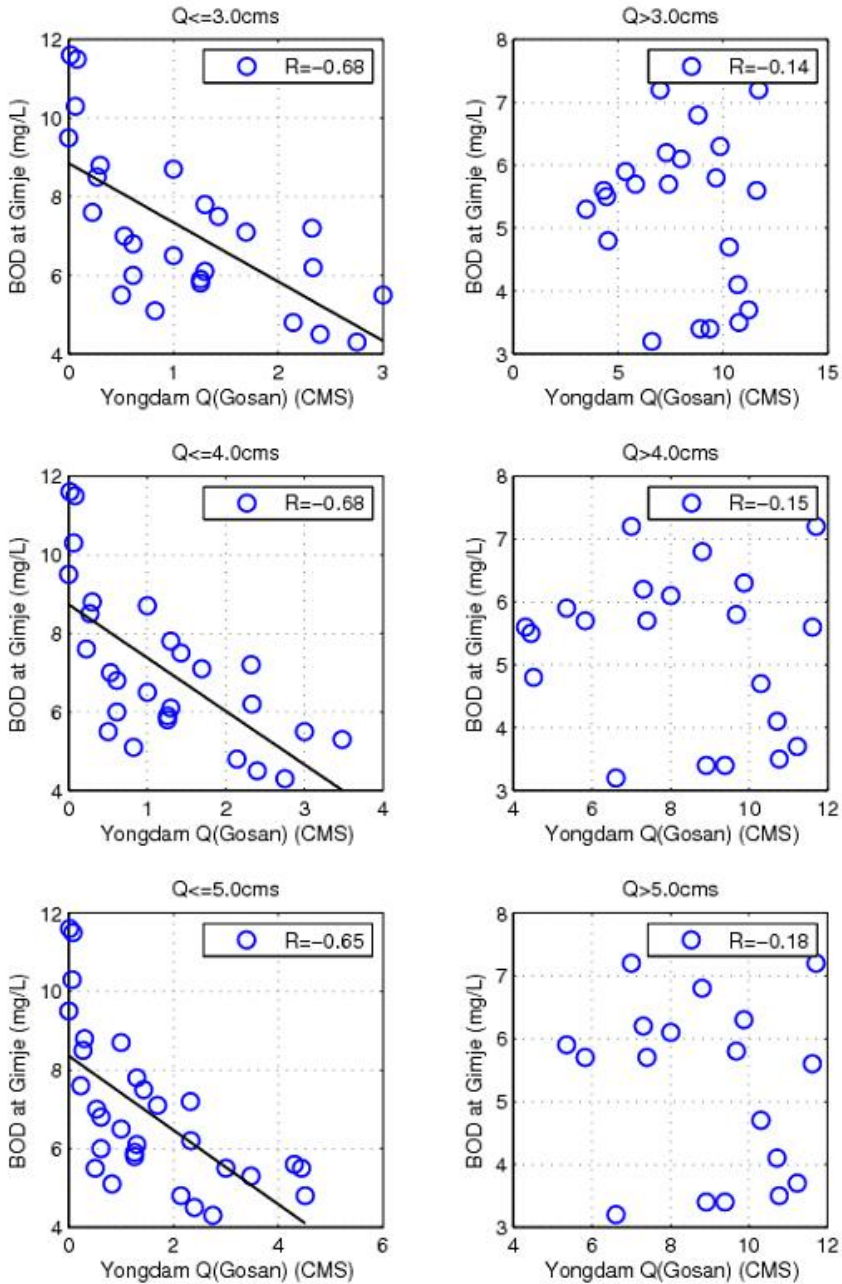


〈그림 4-15〉 월별 용담댐 방류량(고산천)과 BOD 및 T-P의 상관관계
(전주 및 김제지점)

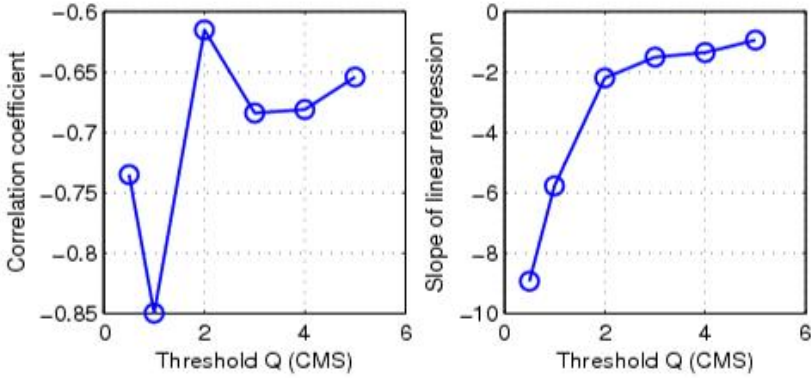
<그림 4-15>를 살펴보면 수량이 작은 시기 동안만의 수량과 수질과의 관계는 전체 기간 동안의 관계보다 더욱 명백할 것으로 추측된다. 이에 용담댐 방류량(고산천)에 대한 한계점(threshold)을 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 CMS로 임의로 정하였고, 각각의 경우에 대해 유량과 수질의 상관관계 분석을 수행하였다. <그림 4-16>과 <그림 4-17>은 김제지점 BOD와 용담댐 방류량(고산천)을 분석한 결과를 예시로 보여준다. 전체 월별자료를 활용한 분석보다 수량이 작은 경우, 즉 용담댐 방류량(고산천)이 임의로 정한 일정 한계점보다 낮은 경우 유량과 수질의 상관관계가 더욱 명백하게 나타났다. 또한 한계점이 커질수록 선형방정식의 기울기의 절대값이 작아지는 경향을 보였다. 즉, 유량이 적을수록 적은 유량 변화에도 수질의 변화가 크다. 위의 결과는 유량이 적은 갈수기 동안에 작은 양의 수량이라도 수질개선에 많은 도움을 줄 수 있다고 제시한다. 이러한 경향은 다른 경우에도 대체적으로 나타나지만 김제지점 BOD의 경우가 가장 확실하게 나타낸다고 할 수 있다.



〈그림 4-16〉 한계유량 이하에서 유량과 수질의 관계 예시, 김제지점 월별 BOD



〈그림 4-16〉 한계유량 이하에서 유량과 수질의 관계 예시, 김제지점 월별 BOD
(계속)



<그림 4-17> 한계유량에 따른 용담댐 방류량(고산천)과 김제지점 BOD 간의 회귀분석 결과: 선형방정식 상관계수 및 선형방정식의 기울기

4. 용담댐 물 공급 현황 분석

용담댐 용수 배분계획에 따르면 댐의 연간 용수공급량을 650.43백만 톤이며 이는 전주권 생활용수 383.25백만 톤(12.1CMS), 전주권 공업용수 109.5백만 톤(3.5CMS), 금강본류 하천유지용수 157.68백만 톤(5.0CMS)을 포함한다(행정자치부, 2007). <표 4-8>에 정리되어 있는 현재 용수배분 현황에 따르면, 전주권 생활용수로 일평균 43.2만 톤(5.0CMS), 금강본류 하천유지용수로 일평균 86.4만 톤(10CMS), 그리고 금산권 생활용수로 일평균 1.7만 톤(0.2CMS)가 분배되고 있다. 금산권 생활용수 공급은 2012년 6월부터 시작되었다.

〈표 4-8〉 용담댐의 2007년도 고시에 따른 용수배분 계획 및 현재 운영 사항

구분			계획량 (2007년 고시)		현재 사용량	
			만m ³ /일	CMS	만m ³ /일	CMS
용수공급 량	전주권	생활용수	105.0	12.1	43.2	5.0
		공업용수	30.0	3.5	-	-
	금산권	생활용수	-	-	1.7	0.2
	금강분류	하천유지 용수	43.2	5.0	86.4	10.0

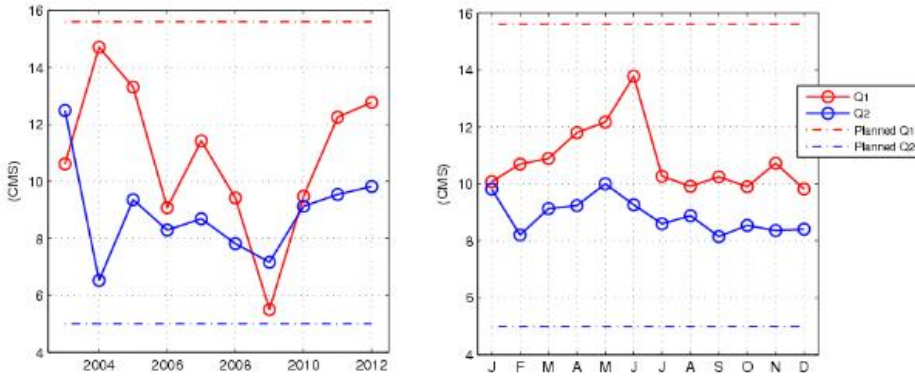
자료: 행정자치부(2007), 수자원공사(2013).

용수 배분 현황에 대해 자세히 분석하기 위해 '03~12년까지 10년간 용담댐에서 전북권과 충청권으로 방류된 월 평균값을 활용하였다(표 4-9 참조). <그림 4-18>은 전주권과 금강분류로의 용수배분의 연도별 변화 및 월별 변화를 보여준다.

<표 4-9>와 <그림 4-18>에서 보는 바와 같이, '03~12년 동안 전북권에는 평균 10.8CMS가 방류되었고, 충청권에는 평균 8.9CMS가 방류되었다. 전북권 방류량을 연도별로 보면, 2004년도가 가장 많은 14.7CMS가 방류되었고 2009년이 가장 적은 5.5CMS였다.

〈표 4-9〉 용담댐 방류량 현황

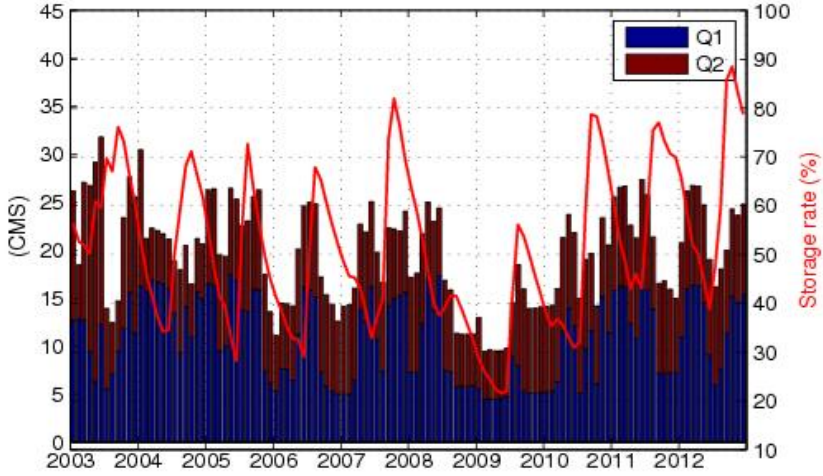
구분	월	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	평균	
진북권 (CMS)	1월	12.7	16.3	16.6	5.3	5.0	7.3	5.6	5.2	15.8	10.9	10.1	
	2월	12.8	15.8	16.4	7.6	5.0	7.3	4.4	5.4	16.3	16.0	10.7	
	3월	12.8	16.9	9.5	7.6	6.4	12.4	4.5	6.3	16.2	16.3	10.9	
	4월	9.5	16.7	10.0	6.5	13.7	16.8	4.5	11.6	12.4	16.3	11.8	
	5월	6.4	16.5	17.5	11.3	12.6	13.8	4.6	13.9	10.8	14.5	12.2	
	6월	12.3	16.0	16.9	16.1	16.2	17.3	4.7	12.2	17.0	9.1	13.8	
	7월	5.5	13.4	13.8	15.8	10.6	7.5	9.0	5.1	15.9	6.0	10.3	
	8월	7.1	9.3	13.6	15.2	7.4	7.3	8.0	9.7	9.7	13.9	7.6	9.9
	9월	9.5	14.1	15.9	7.3	14.2	5.8	5.3	11.7	11.4	7.2	11.4	10.2
	10월	11.9	11.0	15.9	5.9	15.0	5.9	5.1	6.1	7.2	7.2	15.2	9.9
	11월	15.6	15.6	7.4	5.3	15.3	5.8	5.1	15.2	7.2	7.2	14.6	10.7
	12월	11.4	14.9	6.2	5.0	15.6	5.9	5.2	11.4	7.2	7.2	15.4	9.8
계	10.6	14.7	13.3	9.1	11.4	9.4	5.5	9.5	12.2	12.7	15.4	10.8	
과부족	-5.0	-0.9	-2.3	-6.5	-4.2	-6.2	-10.1	-4.2	-6.1	-3.4	-2.9	-4.8	
충청권 (CMS)	1월	13.5	14.2	9.7	5.8	9.1	9.9	7.4	8.9	9.7	9.8	9.8	
	2월	5.7	5.5	10.0	6.9	9.3	10.3	5.0	8.9	10.3	10.2	8.2	
	3월	14.3	5.4	10.0	6.8	9.6	9.3	5.1	9.7	10.5	10.5	9.1	
	4월	17.3	5.3	9.3	7.7	9.0	8.3	5.1	9.7	10.2	10.4	9.2	
	5월	22.8	5.3	9.0	8.9	9.4	9.2	5.0	9.8	10.5	10.2	10.0	
	6월	19.5	5.2	8.5	8.5	8.9	7.1	5.0	9.7	10.3	10.0	9.3	
	7월	8.4	5.5	8.8	9.1	9.2	9.4	5.6	9.9	9.9	10.2	8.6	
	8월	5.3	8.6	9.5	9.7	9.2	8.6	10.5	9.3	7.5	10.5	8.9	
	9월	5.3	6.4	9.7	9.9	8.1	5.5	10.6	8.0	9.3	8.6	8.1	
	10월	11.6	5.5	10.4	9.5	7.3	5.4	8.8	8.2	9.6	9.1	8.5	
	11월	12.1	5.6	10.1	9.1	6.7	5.4	8.8	8.2	8.7	9.0	8.4	
	12월	14.2	5.8	7.4	7.6	8.5	5.4	8.9	9.2	7.8	9.4	8.4	
계	12.5	6.5	9.4	8.3	8.7	7.8	7.2	9.1	9.5	9.8	8.9		
과부족	7.5	1.5	4.4	3.3	3.7	2.8	2.2	4.1	4.5	4.8	3.9		



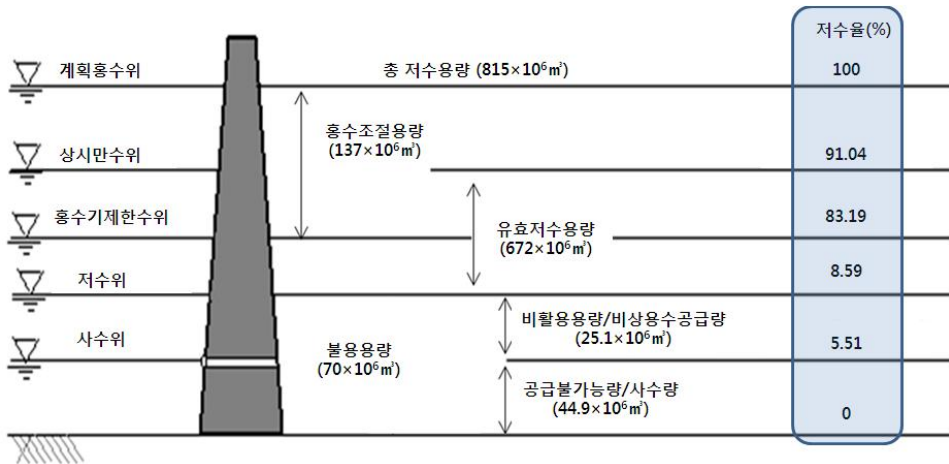
〈그림 4-18〉 2003~2012년 전주권 방류량(Q1)과 금강본류 방류량(Q2)의 연도별, 월별 변화

방류량을 월평균별로 보면, 전북권의 경우 대체로 장마철을 앞둔 4~6월에 방류량이 많고 봄철 갈수기에 대비하기 위한 10~12월에는 방류량이 많지 않음을 볼 수 있다. 금강본류 방류량의 경우 월별 편차가 크게 나타나고 있지 않음을 볼 수 있다.

방류량의 변화에 따른 댐 운영 여건이 어떻게 변화해 왔는지 살펴보기 위해, 방류량과 저수율의 변화를 살펴보았다(그림 4-19 참조). 금강본류 하천유지유량을 계획된 수량인 5.0CMS의 두 배인 10.0CMS를 공급하고 있지만, 현재 전주권 생공용수 공급의 경우 전주권 즉 새만금 유역 개발이 완료되지 않은 상태이기에 당초 2021년 계획량 15.6CMS보다 훨씬 적은 5.0CMS (도수터널 통과 후, 고산정수장에서 전북권 생활용수 공급을 위해 취수하는 수량)가 전주권 생활용수로 공급되고 있다. 최근에 시작된 금산권 생활용수 공급량은 0.2CMS로 전체 수량에 적은 부분을 차지한다. 따라서 지난 10년간의 월별 총 방류량 및 저수율의 변화를 살펴보면, 2008~2009년 가뭄 시에도 저수율이 20% 이하로 떨어진 적이 없다. 기준 수위별 저수량 및 저수율을 나타내는 <그림 4-20>에서 보듯이 저수위 저수율은 8.6%, 홍수기 제한수위 저수율은 83.2%, 상시만수위 저수율은 91.0%이며, 이러한 수위 기준들을 고려해 볼 때 용담댐의 저수율 변화는 매우 안정적으로 유지되어 왔음을 알 수 있다.



〈그림 4-19〉 용담댐 월평균 전주권 및 금강본류 방류량, 그리고 일평균 저수율 변화(2003~2012년)



자료: 수자원공사(2011) 활용 보완.

〈그림 4-20〉 용담댐 수위기준에 따른 저수량과 저수율

5. 소결

본 장에서는 용담댐 방류량의 만경강 수질에 대한 역할에 대해 정량적으로 파악하고자 하였다. 연별 자료 뿐 아니라 월별 자료를 분석하여 새만금 수질 관련 주요 요소에 대한 정량적 분석을 고도화하였다.

주요 결과는 아래와 같다. 첫째, 고산천에서의 용담댐 방류량은 어우보 취수점을 거쳐 최종적으로 만경강 본류 흐르는 유량과 높은 상관관계를 보였다. 둘째, 고산천에서 용담댐 방류량은 만경강 수질과 음(-)의 상관관계를 보였다. 특히, 유량이 적을수록 적은 유량 변화에도 수질의 변화가 컸으며, 이는 유량이 적은 갈수기 동안에 작은 양의 수량이라도 수질개선에 많은 도움을 줄 수 있다고 제시한다. 셋째, 용담댐의 용수공급 현황을 살펴보면 현재 전주권 생공용수 사용량(5.0CMS)은 당초 계획된 배분수량(15.6CMS) 보다 훨씬 적고 이에 맞춰 전주권 방류량이 결정되고 있다. 또한 금강본류 하천유지유량은 계획량(5.0CMS)의 두 배 정도의 수량(10.0CMS)이 공급되고 있다. 결과적으로 실제 총 용수배분량은 건설 시 계획량보다 작고 이에 용담댐의 저수율은 지난 10년간 매우 안정적으로 유지되어 왔다.

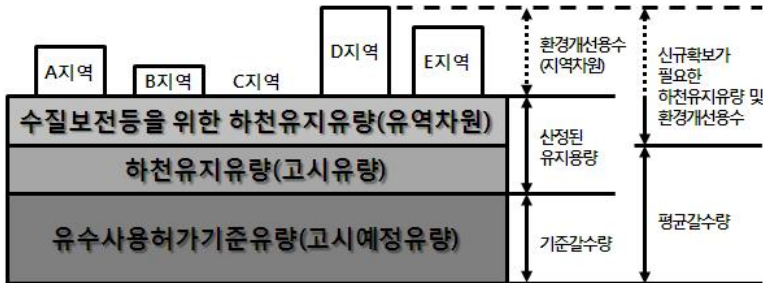
제5장 · 용담댐 물 공급 활용 새만금 수질개선 방안 제안

본 장에서는 앞에서 살펴본 용담댐 물 공급 및 만경강 수질 현황 그리고 이들 간의 상관관계에 대한 분석을 바탕으로 새만금 수질개선 방안을 제안한다. 이에 본 연구에서는 ① 용수재배분을 통한 만경강 하천유지유량 공급과 ② 탄력적 댐운영을 통한 증가방류를 제안하고 실행을 위한 주요 사항들을 정리하고, SWAT 모형을 활용하여 가능한 시나리오에 대한 모의 등을 바탕으로 제안된 방법의 효과 및 실현 가능성에 대해 검토하였다.

1. 용수재배분을 통한 만경강 하천유지유량 공급

가. 제안 개요

용담댐 건설 시 설정해 놓은 용수배분 계획과 실제 사용량과의 차이를 재평가하고 이를 바탕으로 용수를 재배분하여 만경강 하천유지유량을 공급하는 방안을 제안한다. 하천유지유량 확보는 새만금유역 수질개선 대책 중 하나로 이미 포함되어 있으며 이를 위한 방안 중 하나로 용담댐 용수재배분을 포함할 수 있다.



자료: 고익환 외(2008).

〈그림 5-1〉 하천유지유량 개념

하천유지유량이란 “생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량”으로 정의된다(하천법, 51조 1항). 하천유지유량은 하천 고유의 수리수문학적 하도 유지가 가능할 수 있는 갈수량을 기준으로 산정하되, 하천의 자연환경 보전을 위한 기능 유지를 위해 하천 생태계, 하천 수질을 고려해야 한다. 또한 필요한 경우 생태계 보호, 수질 보전을 위해 필요유량을 고려하고, 또한 하천경관, 염수침입 방지, 하구 막힘, 하천 시설물 및 취수원 보호, 지하수위 유지 등을 고려할 수 있다(국토교통부, 2011)(그림 5-1 참조).

용담댐 건설 시 설정된 용수배분 계획량과 실제 사용량은 차이가 있다(그림 5-2 참조). 첫째, 건설 시 계획보다 전주권 생활 및 공업용수 수요가 적다. 2021년 기준 새만금 개발을 전제로 용수계획이 수립되었고, 이에 전주권 생활용수 12.1CMS 및 공업용수 3.5CMS 공급이 계획되었으나 현재에는 전주권 생활용수 5.0CMS만 공급되고 있다. 둘째, 금강본류의 하천유지유량 5.0CMS 공급이 계획되었으나 현재는 하천유지유량 10.0CMS와 금산 생활용수 0.2CMS를 공급되고 있다. <부록 3>에 포함되어 있듯이 용담댐 건설 시 전주권과 금강권 사이의 용수배분에 관한 갈등이 있었으며 당시 금강본류의 하천유지유량 공급을 최우선으로 공급하기로 한 합의가 이루어졌다.

결국 현재 용수배분 현황을 볼 때 용담댐의 용수공급 가능량의 여유분은 5.4CMS에 이르고 이중 일부를 전주권, 즉 만경강 하천유지유량으로 배분하는 방안에 대해 검토해 볼 수 있다(그림 5-2 참조).



〈그림 5-2〉 용담댐 용수배분 계획량(왼쪽) 및 실제사용량(오른쪽)

금강권역의 하천유지유량 고시안(국토교통부, 2009)에 따르면 만경강 대천 지점에서의 하천유지유량은 4.02CMS이며 이는 기준 갈수량을 바탕으로 수질보전을 위해 확보되어야하는 산정된 유량이다. 연 유출 총량이 10년 빈도일 때 1년의 전체의 일류량과 하천유지유량을 비교하여 하천유지유량이 부족한 일수와 유량을 산정했을 때, 확보유량은 0.0CMS, 즉 부족유지유량은 4.02CMS이다. 이는 기존 용수 계획량의 한도 내 여유분인 5.4CMS보다 적은 양이다.

물론 새만금개발이 완료될 경우 용담댐의 생활 및 공업용수의 계획 배분량인 15.6CMS를 모두 공급해야 할 수도 있고, 이후에는 하천유지유량을 확보할 수 없다는 문제점이 있다. 하지만, 새만금 개발의 선결과제는 새만금 유역 특히 만경강 유역의 수질개선이고, 이를 위해 하천유지유량 확보는 필수적이라 할 수 있다.

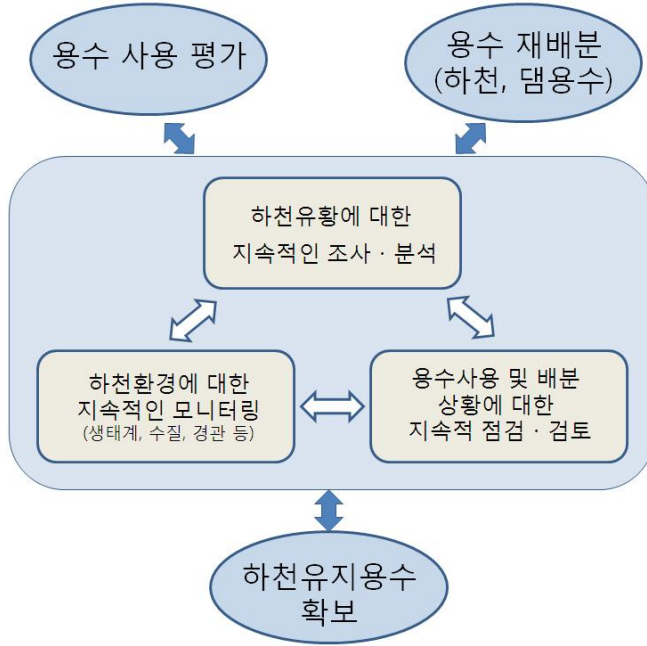
나. 관련 여건

댐 용수의 여유분을 활용하여 하천유지유량을 확보하기 위해 현실적으로 극복해야 할 여러 가지 제도 및 방법적 한계점들이 있다. 과학기술부(2007)의 분석에 따르면 용수사용 평가기준의 미흡, 댐 용수 배분을 위한 평가체계 미흡 및 제도적 한계점, 하천유지용수 고시 및 산정 미흡 등을 포함한다(그림 5-3 참조).

첫째, 용수사용 평가기준을 확립해야 한다. 신규 수리권 허가 및 기존 수리권 재평가를 위한 제도개선이 필요하다. 현행 하천점용 허가기준에 따르면 용수사용에 대한 특별한 기준이 없다. 다만 신청된 수리권에 대해 하천 내 남아있는 수량이 있고 기득수리권자의 민원이 없는 한 허가가 이루어지고 있으나, 하천 수량 및 수리권 허가량 등에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다. 또한 수리권 갱신 과정에서 기존 용수사용에 대한 재평가를 하기 위한 체계가 마련되어 있지 않다(과학기술부, 2007).

둘째, 댐 용수배분을 위한 평가체계를 확립하고 정부와 수자원공사간의 지분 조정 등의 선결과제를 해결해야 한다. 용수 계획량과 실제사용량의 차이를 줄이기 위해서는 용도별 용수수요에 대한 평가가 주기적으로 이루어져야 할 뿐 아니라 용수사용 평가를 통해 하천유지용수에 대한 수요를 반영할 수 있는 체계를 구축해야 할 것이다. 추가적으로 용수 용도별로 지분이 다른 기관에 있기 때문에 용도별 댐 용수를 재분배할 경우 지분 재설정의 문제가 발생한다. 대부분의 경우 댐 용수 가운데 생활 및 공업용수는 수자원공사가, 농업용수와 하천유지용수는 정부가 지분의 대부분을 소유하고 있는 상황이다(과학기술부, 2007).

셋째, 하천유지유량을 산정방법의 보완 뿐 아니라 이를 고시하고 적용하기 위한 종합적 체계가 필요하다. 즉, 수계별로 하천유지유량에 대한 고시가 이루어졌지만, 공급계획이 수립되지 않은 상태에서 고시가 이루어졌고 이에 따른 용수공급이 이루어지고 있지 않다. 또한 일관성 있는 유지유량 산정요령이 제공되고 있지 않기에 이를 바탕으로 한 사회적 합의가 도출되기 어려운 현실이다(과학기술부, 2007).



자료: 과학기술부(2007) 활용 보완.

〈그림 5-3〉 용수사용 허가·평가를 위한 기반구축

다. 하천유지용수 확보 방안

위에서 제시한 하천유지용수 확보 방안을 과학기술부(2007)에 따라 하천유지용수 확보방안 및 이의 법·제도적 근거 및 환경적 기능 측면의 검토를 제시할 수 있다.

첫째, 하천유지용수 확보를 위해 신규 용수사용 재평가에 의한 용수배분 조정에서 하천유지용수를 우선적으로 고려하고 재평가를 통해 회수된 용수에 대해 하천유지용수로 우선적으로 배분해야 한다. 1) 기존 댐 용수의 잉여분을 하천유지용수로 우선적으로 배분하고, 필요 시 발전용수의 의무 방류제를 도입해야 한다. 2) 일정수준을 초과하는 하천유지용수에 대하여 해당 지자체가 비용을 부담하는 방안을 도입하고, 관행수리권의 취수량 명확화, 농업용수 실제 사용량의 감소 등에 의해 확보되

는 농업용수 잉여분을 하천유지용수로 우선적으로 배분해야 한다. 3) 일정수준을 초과하는 하천유지용수에 대하여, 해당 지자체를 권리주체로 하는 수리권을 설정하여 수익자 부담원칙에 의거하여 해당 지자체가 비용을 부담하게 하고, 수익자의 식별이 가능한 경우는 해당지자체가 수익자에게 비용을 청구, 개별 하천마다 해당 지자체에서 하천유지유량을 목적별로 다양하게 활용할 수 있어야 한다.

둘째, 하천유지용수 확보를 위한 법·제도적 근거 확보 방안으로 환경용수로서의 기능이 확대 적용된 하천유지용수 기준 및 확보를 하천법에 명시하여야 한다. 국가적 차원에서 하천유지확보를 위한 일반적인 기준과 원칙을 제시하자면, 기준은 기존의 하천유지유량 확보기준에 환경 및 지역자원으로서의 기능을 확대 적용하는 것이고, 원칙은 하천관리자가 하천법 상의 하천유지용수 확보기준에 의거하여 개별 수계 또는 개별 하천별 특성을 반영한 구체적인 기준을 마련하고 그 확보 대책을 강구하는 것이다. 개별하천의 정비계획 상에 하천유지용수 확보를 위한 구체적인 방안을 명시하도록 의무화해야 하며, 중앙정부에 의해 하천유지용수 확보를 위한 일반기준과 원칙 등을 포함하는 하천정비계획 수립지침을 시달, 하천정비계획 수립 지침에 의거하여 정비계획 상에 해당하는 하천의 특성을 고려한 하천유지용수 확보 기준과 확보방안을 명시해야 한다. 구체적인 하천유지유량을 제시, 하천정비계획 상의 하천유지유량을 물수지분석의 기준으로 적용하여야 한다.

셋째, 하천유지용수의 환경적 기능 확보 방안은 하천관리자가 수질기준을 개별 하천단위로 하천유지용수 확보기준에 의거하여 설정 및 고시하여야 한다. 하수처리장 설치와 같은 해당 지자체의 투입비용 및 용수사용자의 수질개선 노력에 대한 인센티브 제공 등 수질기준 확보를 위한 투입비용에 대한 지원을 하고, 하천환경 보전·복원을 위한 지구지정과 관리를 하여야 한다. 환경에 민감한 지역이나 보호가치가 높은 지역에 대해서는 지구를 지정하여 하천자연환경의 보전·복원을 추진하고, 하천습지나 보호종 서식지역, 보존가치를 지닌 생태·역사·문화자원 부존지역 등을 대상으로 해당지역에 대해서는 취수, 배수, 시설물 설치 등 용수사용행위를 제한하여야 한다.

2. 탄력적 댐 운영을 통한 증가방류

가. 제안 개요

수질이 악화되는 갈수기 동안 일정기간 동안(예, 보름에서 한 달 정도)에 걸쳐 용담댐으로부터 만경강 유역으로 방류량을 증가시키는 방안을 제안한다. 앞의 유지유량 공급관련 제안은 용수재배분을 통한 수량 확보, 본 제안은 유연하고 탄력적인 댐 운영을 통한 용담댐 방류량, 즉 만경강 수량 확보를 통한 수질개선 방안이라고 할 수 있다. 수질 등 환경개선을 위한 수량은 하천유지유량이라고 할 수 있지만, 본 절의 제안은 증가방류를 통해 일정한 기간 동안만 단기적으로 물을 공급하고자 하는 제안으로 앞절의 용수재분배보다는 댐 운영 측면에 중심을 둔 제안이다.

증가방류(flushing flow)란 댐 직하류 하천의 환경보전을 위하여 댐으로부터 평상시에 발생할 만한 정도의 유량을 일시적으로 방류하여 인공교란을 유발하고, 이를 통해 하상변동 및 하도 내 사주·식생의 건전한 순환을 유도하는 것을 통틀어 말한다. 일반적으로 증가방류는 댐 건설 전 비조절하천의 유량규모를 재현함으로써 1) 댐 하류의 생태계에 긍정적인 영향을 도모하고, 2) 희석용수를 공급하여 수질개선 효과를 목적으로 시행된다(수자원공사, 2009).

증가방류를 위해서는 시기, 기간, 수량 등 댐 운영방안을 결정해야 한다. 안시권 외(2008)는 늦겨울에서 초봄인 2월에서 3월 사이에 증가방류를 시행하는 것이 바람직하다고 제시한다. 어류 산란 전 4월 이전과 하천 하류부에서의 조류 번성으로 인한 일시적 수질악화 방지 등을 고려해야 하기 때문이다. 용담댐 증가방류의 경우도 기 제시된 시기를 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

용담댐의 물은 도수터널을 통해 만경강으로 유역변경이 되기 때문에 방류량의 한계가 있다. 즉, 도수터널과 연결되어 있는 용담댐 제1발전소는 최대사용수량이 17.6CMS이다. 최대 17.6CMS가 방류되고 이중 약 5.0CMS가 전주권 생활용수 공급을 위해 고산정수장으로 취수되고 나면 12.6CMS가 고산천, 즉 만경강으로 방류될 수 있다. 이 정도의 수량을 통해 댐 하류의 하상변동이나 생태계 서식처 형성 등의

일반적인 증가방류 효과를 기대하기에는 한계가 있을 것이나, 여전히 희석용수 방류로 인한 수질개선 효과는 어느 정도 기대된다.

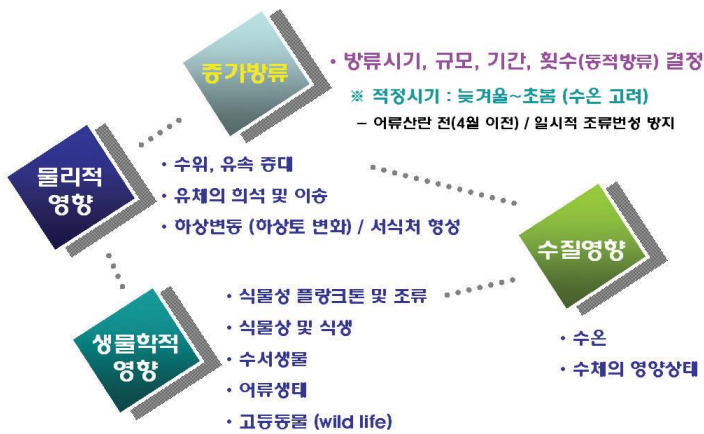
나. 관련 여건

용담댐의 일시적 방류량 증가를 통해 만경강의 수질을 개선하고자 하는 방안을 실행하기 위해서는 제도적 보완뿐 아니라 탄력적 댐 운영 방안 수립 등의 과제가 있다.

첫째, 용담댐이 위치하고 있는 금강유역이 아닌 새만금유역의 만경강의 수질을 용담댐 운영에 반영하기 위한 방안을 모색해야 한다. 즉 유역 간의 협의를 댐 운영에 반영할 수 있는 방안이 필요하다. ‘댐과 보의 연계운영’ 방안(국토해양부 훈령)의 하천수질 개선을 위한 저수량 활용에 관한 조항은 하천에서 깨끗한 물의 확보를 위하여 기상, 하천 상황과 댐과 보 및 독높임 농업용 저수지의 저수량, 물 사용 현황 등을 고려하여 저수량을 활용할 수 있다고 제시하고 있다. 실제로 수질예보제에서는 유역 및 지방환경청장이 수질이 경계 및 심각 단계에서 유량 조건을 요청·협의를 할 수 있다. 하지만 이는 같은 수계 내에서의 상황으로, 유역변경을 통해 이용 가능한 물을 수질개선에 활용할 수 있는 탄력적 댐 운영을 위한 제도적 기반이 미비한 상황이다. 또한, 전반적으로 농업용수의 수량관리는 국토부에서, 수질관리는 환경부에서, 방재(재해관리) 업무는 소방방재청에서 담당하고 있으며, 농업용수는 별도로 농림축산식품부가 관리하는 등 물관리 기능별 부처가 다르고 관련 법률도 다양하여 조율이 매우 어려운 실정이다(한국농촌경제연구원, 2010).

둘째, 다양한 실험, 모니터링, 수치모델링 연구를 바탕으로 방류규모, 방류시기, 효과분석 조사 방안 등을 포함하는 댐 운영방안을 마련해야 한다(그림 5-4 참조). 실제로 2008년 수자원공사는 댐 하류하천 환경개선을 위해 주요 다목적댐의 증가방류를 시행하였고 이의 효과를 분석하였다. 증가된 방류량으로 인한 희석효과가 전반적인 수질 농도를 저감시켰으며, 방류 종료 후보다는 방류 중 그리고 비용존성

유기물질(BOD 등)보다는 용존성 영양염류(T-N, T-P 등)에서 저감효과가 좋았던 것으로 나타났다. 지속효과는 방류 후 강수 등은 여러 복합적 요인으로 명확하게 파악할 수는 없었으나, 팔당호의 경우 20일 이상 지속되었다. 생태환경조사에서는 생태학적 오염도 감소 등의 효과를 파악할 수 있었으나 가시적 효과는 나타나지 않았다(표 5-1 참조)(안시권 외, 2008).



자료: 안시권 외(2008).

〈그림 5-4〉 증가방류 댐 운영 방법론 검토

〈표 5-1〉 2008년 증가방류 실험에서 댐별 증가방류 목적 및 규모

구분	댐명	증가방류량 (백만m ³ , CMS)			기대효과	①공급여유량		필요방류량(CMS)				방류규모결정근거
		1차 (3월중 15일간)	2차 (4월중 15일간)	합계		백만m ³	CMS	② 하상 세척	③ 최대 발전	④ 수질 보전	⑤ 생태 보전	
한강	소양강	19.4 (45→60)	19.4 (45→60)	341.2	갑수기 팔당 상수원 지점의 부영양화 방지	310.9	119.9	145	250.8	105 한강 대교	39.5	① (소양-충주 연계운영 고려) ①+② (하상세척)
	충주	155.5 (80→200)	141.6 (80→190)					330	828		89	
	형성	2.6 (2.5→4.5)	1.7 (2.5→3.8)					4.5	3.8		양평	
한강	안동	9.3(3일간) (24→60)	-	110.4	하천 플러싱에 의한 수질 및 생태개선	-	-	53.5	161	57 진동	24	②
	합천	20.7(3일간) (20→100)	33.7 (24→50)			57.5	111 22.2	100	119		금호	②
	남강	23.3 (22→40)	23.3 (22→40)			59.7	23	210	112		①	
금강	대청	64.8 (40→90)	25.9 (50→70)	90.7	상수원 보호 및 수환경 개선	100.4	38.7	150	264	36 규압	33 공주	①
섬진	주암	4.5 (1.5→5)	4.5 (1.5→5)	9.1	생태서식 친수환경	60.4	23.3	10	5	5.5 송정	5 나주	③+환경 개선

주: 1) 1.25일 기준 홍수기전(6.30일)까지 댐별 여유량(백만m³)

※ 여유량(CMS)은 30일간 지속방류 가능 규모<합천댐은 3일, 15일 지속방류>

☞ 안동댐, 합천댐은 '07년 수문방류 실적이 없었던 댐으로 하천 flushing 필요

2) 하상세척 수량: 잔모래로 구성된 하상의 소류 한계유속(flushing 유발) 0.45m/s 기준 검토

3) 수질보전 유량: 하천유지용수량(수질보전유량 개념)

4) 생태보전 유량: 생태학적 추천유량(ecological flow recommendations)

자료: 안시권 외(2008).

3. 시나리오 구성 및 평가를 통한 대안 검토

본 연구에서 제안하고 있는 유량 확보 방안을 통한 수질개선 방안의 효과를 추정하기 위해 시나리오를 구성하고 이에 따라 SWAT 모형 모의를 수행하였다. 본 연구에서 사용한 SWAT 모형 및 이의 검·보정 등에 관한 사항은 <부록 4>에 설명되어 있다. 우선 본 연구의 모형 모의를 통한 수질개선 효과 추정은 기 제안된 정책의 실현 가능성 논의를 위한 기반마련 차원에서 수행되었다.

가. 시나리오 구성

만경강 수량을 확보하기 위한 하천유지유량 공급과 증가방류를 위한 시나리오를 각각 4개, 2개 구성하였다. 앞장에서 분석한 용담댐 방류량(고산천)과 만경강 수질과의 관계 결과를 살펴보면(그림 4-15, 그림 4-16 참조), 용담댐 방류량(고산천)이 임의로 정한 일정 한계점보다 낮은 경우 유량과 수질의 상관관계가 더욱 명백하게 나타났다. 즉, 유량이 적은 갈수기 동안 작은 양의 수량이라도 수질개선에 많은 도움을 줄 수 있다는 것을 제시하였다. 이에 하천유지유량을 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0CMS를 확보하는 경우의 시나리오를 구성하였다. <부록 4>에 자세히 설명되어 있듯이 기존에 새만금 유역을 위해 구축된 SWAT 모형은 2010년 강수 및 용담댐 방류량(고산천) 자료를 활용하고 있고, 이에 본 연구에서도 2010년 용담댐 방류량을 기준으로 위의 5개 유지유량확보 시나리오를 <표 5-2>와 같이 구성하였다.

안시권 외(2008)는 어류 산란전 4월 이전과 하천 하류부에서의 조류 번성으로 인한 일시적 수질악화 방지 등을 고려해 하천 수온이 낮은 늦겨울에서 초봄인 2월에서 3월 사이에 증가방류를 시행하는 것이 바람직하다고 제안하고 있다. 이에 본 연구에서는 2월1일부터 보름 및 한 달간 증가방류를 용담댐 제1발전소 방류 최대사용수량인 17.6CMS로 유지하는 시나리오를 구성하였다.

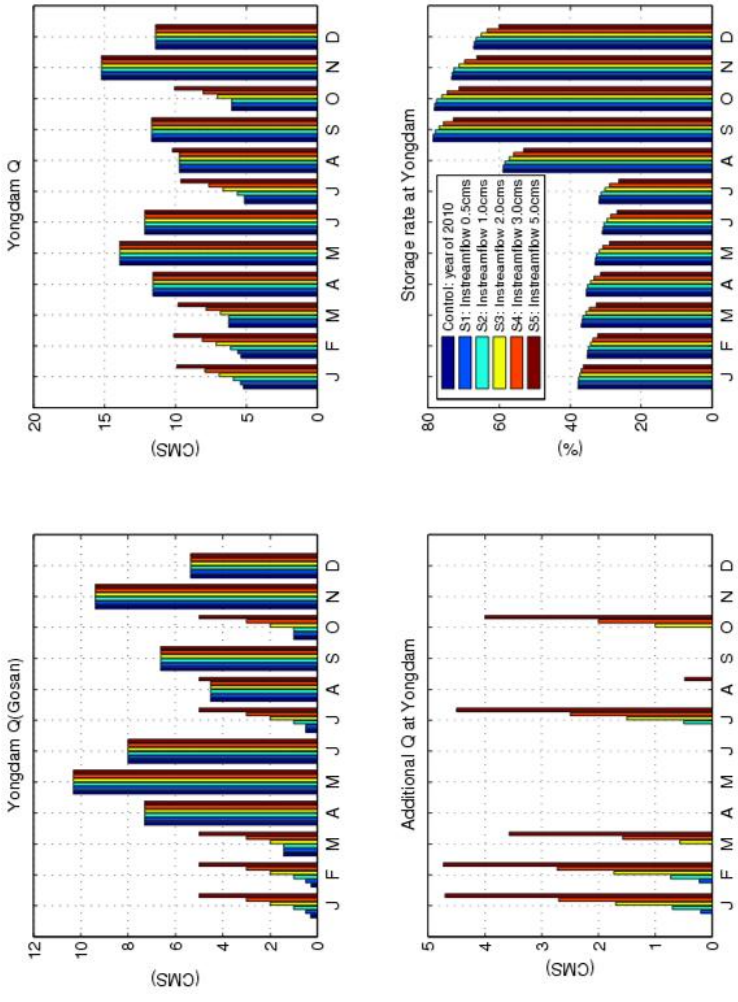
〈표 5-2〉 하천유지유량 및 증가방류 시나리오 구성

구분	시나리오
Control	-
S1	유지유량 0.5 CMS
S2	유지유량 1.0 CMS
S3	유지유량 2.0 CMS
S4	유지유량 3.0 CMS
S5	유지유량 5.0 CMS
S6	증가방류 17.6 CMS (2월1일 ~ 15일)
S7	증가방류 17.6 CMS (2월1일 ~ 28일)

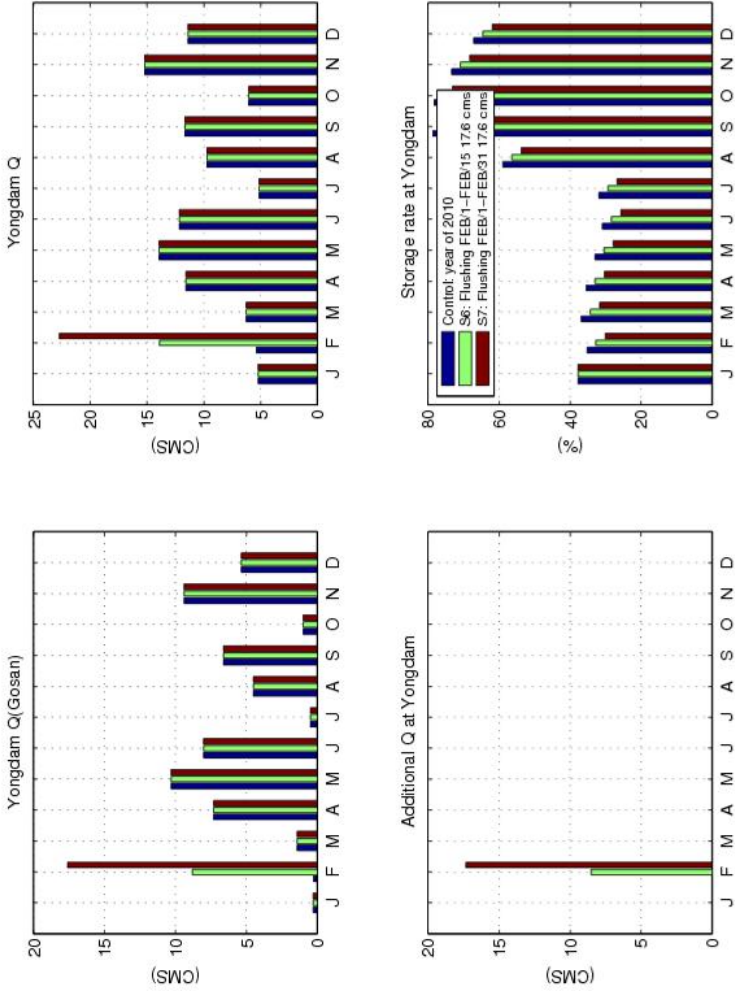
나. 시나리오에 따른 용담댐 저수율 검토

우선 유지유량확보 및 증가방류 시나리오에 따른 용담댐 방류량 변화 및 저수율 변화를 검토하였다(그림 5-5, 그림 5-6 참조). 대조군(Control)은 실제 2010년 용담댐 방류량이며, 각각의 시나리오에 따라 용담댐 방류량 및 추가 필요 방류량 그리고 이로 인한 용담댐 저수율 변화를 추정하였다. 물론 본 시나리오가 구성된 2010년은 평년 기후조건임을 주지하여야 한다.

<그림 5-5>는 유지유량 5.0 CMS를 확보하는 시나리오 상에서도 저수율은 25% 이하로 떨어지지 않음을 확인할 수 있다. <그림 4-19>에서 제시하듯이 저수위 저수율은 약 9%, 홍수기제한수위 저수율은 약 83%, 상시만수위 저수율은 약 91%이고, 본 연구의 하천유지유량 확보 시나리오들은 댐 저수율 변화 측면에서 안정적이라고 할 수 있다. 또한 <그림 5-6>의 증가방류 시나리오에 따른 용담댐 방류량 변화 및 저수율 변화도 마찬가지로, 시나리오별 저수율은 25% 이하로 떨어지지 않음을 보여준다.



〈그림 5-5〉 하천유지유량 확보 시나리오별 용담댐 방류량 및 저수율



〈그림 5-6〉 증가방류 시나리오별 용담댐 방류량 및 저수율

다. 시나리오에 따른 SWAT 모형 모의 결과 검토

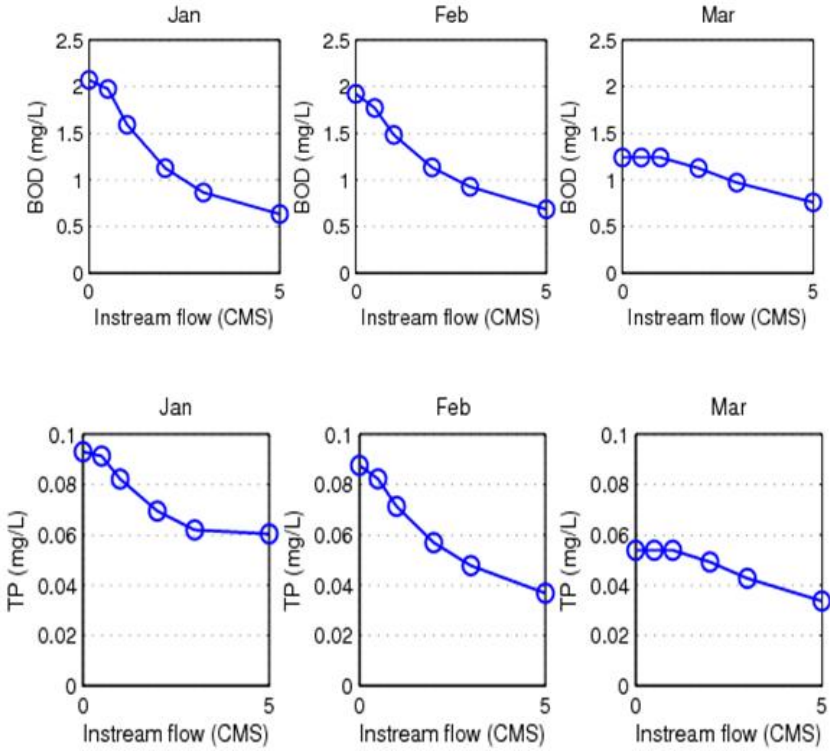
SWAT 모형 모의 결과는 <표 5-3>에 정리하였다. 예상되었듯이 유지유량이 늘어남에 따라 또한 증가방류의 기간이 늘어남에 따라 연간 수질개선 효과가 커졌다. 특히, 하천유지유량이 1.0CMS에서 2.0CMS, 2.0CMS에서 3.0CMS로 늘어나면서 수질개선 효율이 매우 커졌다. 2월 한 달 동안 최대수량으로 방류량을 증가한 경우의 효과는 연평균 수질변화의 측면에서 S4, 즉 하천유지유량이 2.0CMS와 비교할 수 있을 정도이다.

또한, 전주지점(만경A)에 비해 김제지점(만경B)의 수질이 더욱 나쁘기 때문에 김제지점에서 수질 개선의 비율(즉, %)은 전반적으로 낮지만 실제 BOD와 T-P의 개선의 크기는 매우 크다.

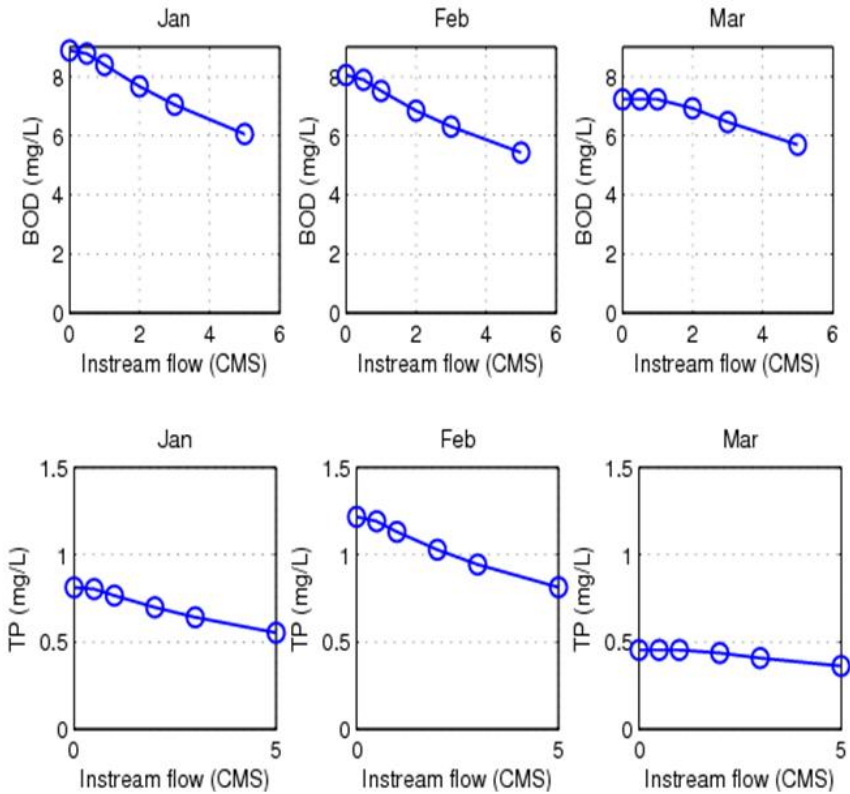
월별 효과를 살펴보면 유지유량확보를 위해 방류량이 늘어난 월에만 수질개선이 분명하게 나타났으며, 비슷하게 증가방류의 경우도 증가방류 시나리오에 따라 2월에만 수질 개선효과가 나타났다(그림 5-7, 그림 5-8, 그림 5-9, 그림 5-10 참조). 이는 SWAT 모형이 흐름조건 하 정상상태(steady state)임을 가정하는 흐름에 대한 수질 모형 모델이기 때문으로 사료된다. 특히, 단기간 수량이 많아지는 증가방류 효과의 신뢰성 있는 정량화를 위해서는 비정상상태(unsteady state) 수질을 모의하는 수리-수질 연계 해석 모형을 활용하여야 할 것이다.

〈표 5-3〉 시나리오에 따른 연간 수질개선 효과(SWAT 모형 예측)

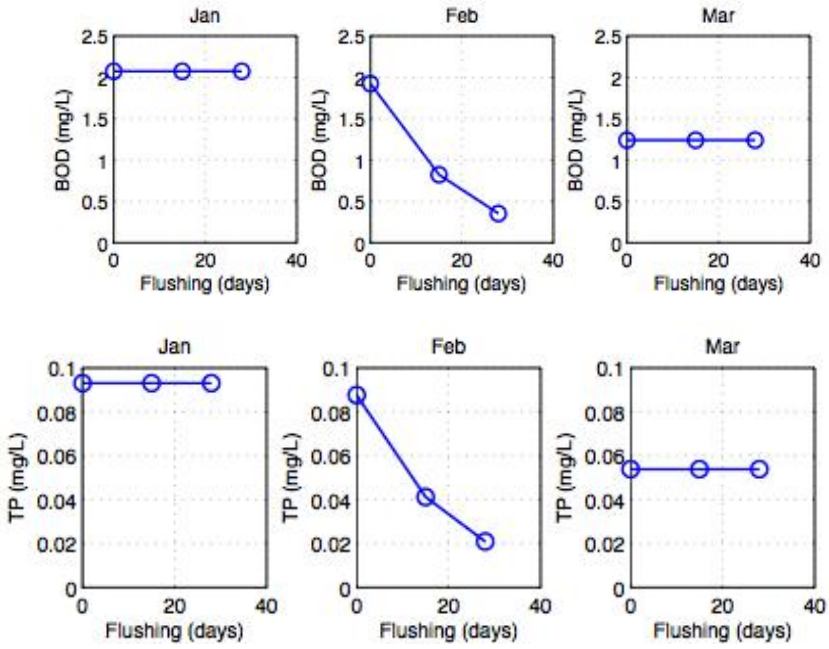
구분	시나리오	용담댐 유입량 (CMS)		유량(CMS)				BOD(mg/L)				T-P(mg/L)			
		절대값	%	전주		김제		전주		김제		전주		김제	
				절대값	%	절대값	%	절대값	%	절대값	%	절대값	%	절대값	%
Contro 1	-	4.67		10.47		20.49		1.09		5.30		0.05		0.46	
S1	유지유량 0.5 CMS	4.70	0.71	10.50	0.26	20.51	0.11	-1.85%	1.07	5.28	-0.40	0.05	-1.04	0.45	-0.62
S2	유지유량 1.0 CMS	4.83	3.38	10.63	1.47	20.60	0.55	1.01	-7.47	5.21	-1.71	0.05	-4.54	0.45	-2.50
S3	유지유량 2.0 CMS	5.21	11.54	10.98	4.89	20.88	1.92	0.61	-16.34	5.03	-5.02	0.05	-10.77	0.43	-6.50
S4	유지유량 3.0 CMS	5.63	20.46	11.37	8.58	21.19	3.42	0.84	-22.49	4.86	-8.19	0.05	-15.45	0.41	-10.12
S5	유지유량 5.0 CMS	6.50	39.16	12.18	16.33	21.83	6.54	0.76	-29.71	4.56	-13.43	0.04	-20.51	0.38	-15.91
S6	증가방류 17.6 CMS (2월1일 ~15일)	5.17	10.6	11.70	11.9	20.90	1.9	1.01	-7.2	5.08	-4.1	0.053	-0.8	0.44	-4.4
S7	증가방류 17.6 CMS (2월1일 ~28일)	5.70	21.9	11.70	11.9	21.30	4.1	0.94	-13.9	4.88	-7.9	0.050	-6.6	0.42	-8.3



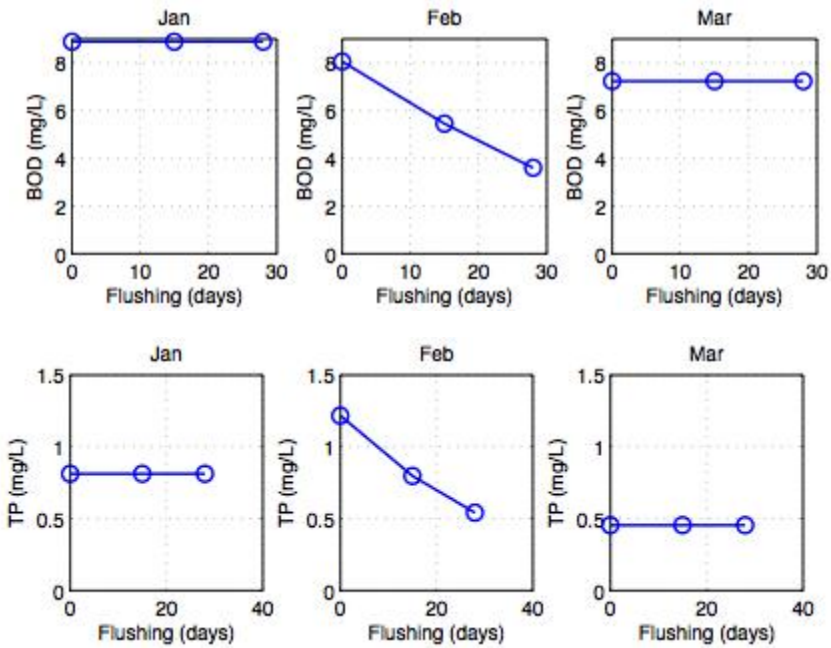
〈그림 5-7〉 SWAT 모형 예측 유지유량 변화에 따른 전주지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)



〈그림 5-8〉 SWAT 모형 예측 유지유량 변화에 따른 김제지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)



〈그림 5-9〉 SWAT 모형 예측 2월 증가방류기간 변화에 따른 전주지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)



〈그림 5-10〉 SWAT 모형 예측 2월 증가방류기간 변화에 따른 김제지점 BOD 및 T-P의 월별 변화(1, 2, 3월)

| 제6장 · 결 론 |

1. 연구의 결과 및 의의

본 연구는 새만금 수질개선을 위해 용담댐 발전방류량의 활용 방안을 모색하고자 하였다. 첫째, 용담댐 방류량과 연계된 기존의 새만금 개발 및 수질개선 계획들을 검토하였다. 둘째, 용담댐 방류량과 만경강 수량 및 수질의 관계에 대한 자료 분석을 수행하였다. 용담댐 물 공급의 만경강 유량 및 수질 영향, 그리고 용담댐 물배분 현황을 분석하였다. 셋째, 만경강 수질 개선을 위한 용담댐 방류량 확보방안을 도출하였으며 이의 시행을 위해 필요한 주요 사항을 검토하였다. 용담댐 용수재배분을 통한 하천유지유량 공급 및 증가방류를 대안으로 제안하였으며, 제안사항에 대한 시나리오를 구성하여 수질개선 효과를 모형 모의를 통해 검토하였다.

특히, 용담댐 방류량을 사용하는 수질개선 방안의 구체화 및 정량적 검토에 의의가 있다. 이는 본 연구에서 보여준 용담댐 방류량을 활용한 수질개선 효과는 향후 관련 논의 및 실행에 시발점이 될 수 있다. 또한, 용담댐 방류량과 만경강 수질의 상관관계 효과 분석을 통해 용담댐 방류량의 만경강 수질 유지 및 개선 역학에 대한 고도화된 정량적 근거를 제공한다. 특히 갈수 시 용담댐 방류량과 만경강 수량의 높은 상관관계는 용담댐 방류량의 만경강유역 및 새만금유역에 대한 중요성을 다시 한 번 부각시킨다.

2. 향후과제

향후 본 연구 제안한 방안들을 시행하기 위한 구체적인 제도 및 필요 용담댐 수량에 대한 심화 연구가 필요하다. 만경강 하천유지유량을 확보하고 용담댐 용수 재배분을 위한 수리권 해결방안, 재배분과 관련된 평가체계 보완, 하천유지유량 산정 및 고시 관련 미비점 보완 등 관련 기반구축이 필요하다. 또한 일정기간 동안

방류량 증가를 통한 수질개선을 달성하기 위해서는 댐 운영개선이 필요하다. 수계 간의 연계 운영을 위한 구체적인 제도 및 기반 개선방안을 모색하여야 한다.

또한 환경과 생태를 고려한 하천유지유량, 그리고 증가방류의 수량 및 시기, 기간 등을 산정하기 위한 연구뿐 아니라 이를 바탕으로 수질개선 방안의 효과 및 비용 정량화를 하는 연구도 요구된다. 본 연구에서는 단순한 시나리오를 구성하고 이를 바탕으로 수량개선 효과를 모형 모의를 통해 추정하였다. 이는 기 제안된 사항의 시행가능성을 파악하기 위한 민감도 분석이었으며, 향후 효과 및 비용 등에 대한 고도화된 정량화가 필요하다.

| 참고 문헌 |

<국문 자료>

- 건설교통부. 2001. 「동진강·만경강 수계 치수사업 기본계획(보완) 보고서」.
- _____. 2007. 「물분쟁 사례분석 및 조정방안에 관한 연구」.
- 고익환, 윤석영, 노재화. 2008. “자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량”. 「물과미래」 41(4): 10-14.
- 과학기술부. 2007. 「통합수자원평가계획시스템 개발」.
- 국무총리실, 기획재정부, 교육과학기술부, 행정안전부, 문화체육관광부, 농림수산식품부, 지식경제부, 환경부, 국토해양부, 전라북도. 2011. 「새만금 종합개발계획(Master Plan)」.
- 국토연구원, 농어촌연구원, 한국환경정책·평가연구원, 한국해양수산개발원, 전북발전연구원. 2008. 「새만금 간척용지 토지이용구상 조정방안 연구」.
- 국토해양부. 2007. 「한국하천일람」.
- _____. 2009. 「동진강 하천기본계획(보완) 보고서」.
- _____. 2011. 「새만금사업 매립토 확보방안」.
- 김태근. 2013. “새만금 수질개선정책 제안”. 「제1차 하천·호소 물환경포럼」.
- 농림부. 2007. 「새만금유역의 비점오염원 제어와 관리기술 개발」.
- 농림수산식품부, 한국농어촌공사. 2012. 「새만금호내 추가 준설에 따른 염분확산 예측 및 관리방안」.
- 농림수산식품부, 환경부, 국토해양부, 전라북도. 2011. 「새만금유역 제2단계('11-'20) 수질개선종합대책의 연차별 세부 실행계획」.
- 농어촌진흥공사. 1995. 「한국의 간척」.
- 안시권, 조영현, 성영두. 2008. “댐 하류하천 환경개선을 위한 다목적댐 증가방류 효과 고찰”. 「물과미래」 41(10): 41-47.
- 전북지역환경기술개발센터. 2010. 「새만금유역 오염원조사 및 농업비점오염원관리 방안 수립」.
- 총무처. 1991. 「건설부공고 제138호(용담다목적댐건설기본계획)」. 대한민국정부 관보,

p.49-50.

한국건설기술연구원. 2007. 「지표수 수문성분 해석 시스템 개발」.

한국농촌경제연구원. 2010. 「농촌용수의 효율적 이용 및 관리방안」.

한국수자원공사. 2011. 「용담다목적댐 관리연보」.

한국수자원공사. 2013. 용담댐관리단 대외용 내부자료.

행정자치부. 2007. 「익산지방국토관리청고시 제2006-200호」. 대한민국정부 관보, p.1044-1049.

홍성만. 2003. “수자원이용을 둘러싼 정책갈등의 조정과 협력: 용담댐 물꼬분쟁사례를 중심으로”. 「한국행정학회 하계학술대회」.

환경부. 2012. 「새만금유역권 신설 등 유역관리체계 개선방안 마련」.

_____. 2013. 「새만금유역 제2단계 수질개선종합대책의 수질개선효과 정량화 분석기법 개발」

환경부 국립환경과학원. 2011. 「새만금유역 수질개선 마스터플랜 수립」.

<온라인 자료>

기상청 홈페이지. <http://www.kma.go.kr/>

물환경정보시스템. <http://water.nier.go.kr>

한국수자원공사 홈페이지. <http://www.kwater.or.kr/>

제11971호	관	보	1991. 11. 16. (토요일)
<p>나. 홍수조절에 의한 금강 중·하류지역의 홍수 피해 경감.</p> <p>다. 수력발전시설에 의한 전력자원의 개발</p> <p>2. 위치 및 명칭</p> <p>가. 위치: 전라북도 진안군 용담면 월계리</p> <p>나. 수 계: 금강</p> <p>다. 명 칭: 용담다목적댐</p> <p>3. 규모 및 형식</p> <p>가. 댐</p> <ul style="list-style-type: none"> ○유역면적: 930km² ○연평균유입량: 761.8백만m³/년 ○댐형식: 표면차수벽형 석괴댐 ○댐높이: 69.0m ○댐길이: 496m <p>나. 여수로</p> <ul style="list-style-type: none"> ○형 식: 개거식 여수로 ○수문규모: 12m * 13m * 5문 <p>다. 도수터널</p> <ul style="list-style-type: none"> ○연 장: 20.8km ○직 경: 6.5m <p>라. 발전시설용량</p> <p>○제1발전소</p> <ul style="list-style-type: none"> · 위치: 전북 완주군 고산면 소향리 · 사용수량: 93.75m³/sec · 시설용량: 58,000kW × 2대 <p>○제2발전소</p> <ul style="list-style-type: none"> · 위치: 전북 진안군 용담면 월계리 · 사용수량: 5.0m³/sec · 시설용량: 1,200kW × 2대 <p>마. 송전선로</p> <ul style="list-style-type: none"> ○제1발전소: 154.0kV, 25.0km ○제2발전소: 22.9kV, 1.0km <p>바. 조정저댐</p> <ul style="list-style-type: none"> ○위 치: 전북 완주군 고산면 소향리 ○댐높이: 21m ○댐길이: 210m ○형 식: 콘크리트표류연과 보석 복합댐 <p>사. 가배수터널: D=6.5m, L=450m-2면</p> <p>4. 저수량, 취수량, 방류량 및 저수량의 용도별 배분에 관한사항</p> <p>가. 댐</p> <ul style="list-style-type: none"> ○총저수량: 815백만m³ ○유효저수량: 615백만m³ 	<ul style="list-style-type: none"> ○저수지 면적: 36.24km² ○제회홍수위: E.L. 265.5m ○상시안수위: E.L. 263.5m ○저 수 위: E.L. 235.0m <p>나. 저수량의 용도별 배분</p> <ul style="list-style-type: none"> ○용수조절량: 69백만m³ ○생활 및 공업용수(전주측): 493백만m³/년 (1,350천m³/일) ○화전유저용수공급량(금강본류): 157백만m³/년 (기준갈수량 1.2m³/초→5.0m³/초) ○발전량: 232.5백만kwh/년 <p>5. 댐 사용권의 설정 예정자: 국가(건설부장관)</p> <p>6. 건설비용 및 그 부담에 관한 사항</p> <p>가. 건설비용: 355,328백만원</p> <p>나. 건설비부담: 특정다목적댐법 제14조에 의거 국가 실행부자 (단, 발전권용시설 건설비는 한국수자원공사 가 부담합니다)</p> <p>7. 공사기간: 1992년~1997년(6개년)</p>	<p>○공업진흥청공고제91-1,224호</p> <p>KS표시험검사결과불합격제품에대한치분 공업표준화법 제21조의 규정에 의하여 KS표시 품에 대한 검사결과 치분내용을 중범시행규칙 제 21조의 규정에 의하여 다음과 같이 공고합니다.</p> <p>1991년11월16일</p> <p style="text-align: right;">공업진흥청장</p> <p>○업치명: 한국강관(주)</p> <p>○소재지: 인천 남구 학의동 468</p> <p>○규격번호: KS D 3537</p> <p>○규격명: 수도용아연도강관</p> <p>○치 분: 표시정치 3개월</p> <p style="text-align: center;">부 칙</p> <p>이 공고는 공고한 날부터 시행합니다.</p>	<p>○공업진흥청공고제91-1,225호~제91-1,228호</p> <p>한국공업규격표시허가 공업표준화법 제15조에 의거 다음과 같이 한국 공업규격의 표시물·허가(신규허가)하였기 동법시 행규칙운용요강 제20조의 규정에 의거 이를 공고 합니다.</p> <p>1991년11월16일</p> <p style="text-align: right;">공업진흥청장</p>

자료: 총무처(1991).

<부록1 그림> 용담댐 관련 대한민국관보 공고(1991) 내용 (계속)

〈부록 2〉 익산지방 국토관리청 고시 제2006-200호

제16414호	관	보															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">구 분</th> <th style="width: 15%;">당 초</th> <th style="width: 15%;">변 경</th> <th style="width: 15%;">증,감(Δ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>학습장</td> <td>5개소</td> <td>1개소</td> <td>Δ4개소</td> </tr> <tr> <td>배수시설연결</td> <td>34개소</td> <td>34개소</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>기 타</td> <td>1식</td> <td>1식</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>4. 점유면적: 당초 1,140만㎡, 변경 1,172만㎡</p> <p>5. 사업기간</p> <p style="padding-left: 20px;">○당 초: 2002년 4월18일~2007년 4월17일</p> <p style="padding-left: 20px;">○변 경: 2002년 4월18일~2008년12월17일</p> <p>7. 피허가자: 광주광역시 서구 내방로 410 광주광역시청</p> <p style="text-align: center;">~~~~~</p> <p>◎익산지방국토관리청고시제2006-200호 건설부공고 제138호(1991.11.16.), 건설교통부고시 제2001-224호(2001. 9. 3.), 동 제2003-218호(2003. 9. 6.), 동 제2004-187호(2004. 8. 7.), 동 제2005-525호(2005.12.30.), 동 제2006-154호(2006. 5.23.), 건설부고시 제1992-710호(1992.12.26.), 건설교통부고시 제1995-316호(1995. 9.14.), 동 제1996-402호(1996.12.27.), 동 제1998-164호(1998. 6. 8.), 익산지방국토관리청고시 제2000-290호(2001. 1. 2.), 동 제2003-50호(2003. 2.26.), 동 제2003-327호(2003.11.19.), 동 제2006-19호(2006. 1.27.), 동 제2006-189호(2006.12.27.)로 기본계획 및 실시계획을 고시한 용담다목적댐 건설이 완료되었음을 고시하며, 이 댐은 하천법 제2조제1항제2호 및 제3호의 규정에 의한 하천구역 및 하천의 부속물임을 댐건설및주변지역지원등에관한법률 제12조의 규정에 의하여 다음과 같이 고시합니다.</p> <p style="text-align: center;">2007년 1월 4 일</p> <p style="text-align: center;">익산지방국토관리청장</p> <p>1. 사업의 명칭: 용담다목적댐 건설사업</p> <p>2. 사업시행자의 명칭 및 주소</p> <p style="padding-left: 20px;">가. 사업시행자: 한국수자원공사사장(건설교통</p>	구 분	당 초	변 경	증,감(Δ)	학습장	5개소	1개소	Δ4개소	배수시설연결	34개소	34개소	-	기 타	1식	1식	-	<p style="text-align: center;">2007. 1. 4. (목요일)</p> <p>부장관의 위탁시행자)</p> <p>나. 주 소: 대전 대덕구 연축동 산6-2</p> <p>3. 사업의 목적</p> <p style="padding-left: 20px;">가. 용수공급: 전주권 및 서해안 개발사업으로 예상되는 생활, 공업용수를 연간 492.75백만㎡ 공급함.</p> <p style="padding-left: 20px;">나. 홍수조절: 홍수조절에 의한 금강 중, 하류 지역의 홍수피해 경감</p> <p style="padding-left: 20px;">다. 발전: 수력 발전시설에 의한 전력자원의 개발</p> <p>4. 유역 및 저수지</p> <p style="padding-left: 20px;">가. 유 역</p> <p style="padding-left: 40px;">○수 계: 금강분류</p> <p style="padding-left: 40px;">○유역면적: 930㎢</p> <p style="padding-left: 40px;">○년평균유입량: 769.5백만㎥/년(24.4㎥/초)</p> <p style="padding-left: 20px;">나. 저수지</p> <p style="padding-left: 40px;">○계획홍수위: EL. 265.5m</p> <p style="padding-left: 40px;">○상시만수위: EL. 263.5m</p> <p style="padding-left: 40px;">○저수위: EL. 228.5m</p> <p style="padding-left: 40px;">○저수지면적: 36.24㎢</p> <p style="padding-left: 40px;">○총저수용량: 815백만㎥</p> <p style="padding-left: 40px;">○유효저수용량: 672백만㎥</p> <p>5. 준공내역</p> <p style="padding-left: 20px;">가. 본 댐</p> <p style="padding-left: 40px;">○위 치: 전라북도 진안군 용담면 원계리</p> <p style="padding-left: 40px;">○댐형식: 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐</p> <p style="padding-left: 40px;">○댐높이: 70m</p> <p style="padding-left: 40px;">○댐길이: 498m</p> <p style="padding-left: 40px;">○댐체적: 2,225천㎥</p> <p style="padding-left: 40px;">○댐마루폭: 10m</p> <p style="padding-left: 40px;">○댐마루표고: EL. 268.5m</p> <p style="padding-left: 20px;">나. 여수로</p> <p style="padding-left: 40px;">○위 치: 댐 좌안</p> <p style="padding-left: 40px;">○형 식: 문비조절형 개수로</p> <p style="padding-left: 40px;">○원류부 폭: 70m</p> <p style="padding-left: 40px;">○원류부 정고: EL. 252.8m</p>
구 분	당 초	변 경	증,감(Δ)														
학습장	5개소	1개소	Δ4개소														
배수시설연결	34개소	34개소	-														
기 타	1식	1식	-														

1044

자료: 행정자치부(2007).

〈부록2 그림〉 용담댐 관련 대한민국관보 고시(2007) 내용

제16414호 관 보 2007. 1. 4. (목요일)

<p>○문 비 : Radial Gate(높이 13.425m, 폭 14.0m, 5문)</p> <p>다. 도수터널 ○직 경 : 3.2m ○길 이 : 21,897m</p> <p>라. 발전소 ○제1발전소 -시설용량 : 22,100kW(11,050kW×2기) -사용수량 : 17.6m³/sec -송전선로 : 154.0kW, 13.5km ○제2발전소 -시설용량 : 2,300kW(1,150kW×2기) -사용수량 : 6.2m³/sec -송전선로 : 22.9kW, 0.405km ○소수력발전소 -시설용량 : 1,800kW(1,800kW×1기) -사용수량 : 5.2m³/sec -송전선로 : 22.9kW, 0.405km</p> <p>마. 홍수에경보 시설 ○우량관측소 -7개소 : 주천, 부귀, 안천, 삼전, 계북, 천천, 장계 ○수위관측소 -5개소 : 동항, 천천, 본댐저수위, 방수위, 댐하류</p>	<p>○경보국 -14개소 : 어둔, 감동, 대소, 밤소, 굴암, 용포, 대차, 제원, 천내, 원당, 두명, 적하, 제1발전소 1경보국, 제2발전소 2경보국</p> <p>바. 이설도로 ○국 도 : 20.8km ○지방도 : 26.2km ○군도 및 면리간도 : 40.6km</p> <p>사. 편입토지 ○위 치 : 전라북도 전안군, 완주군, 무주군, 장수군 일원 ○면 적 : 39,907,663.6m² -공사용부지 : 1,430,315m² -수 물 지 : 36,208,477m² -간접보상 : 2,128,174m² -이주단지 : 140,697.6m²</p> <p>6. 사업시행기간 : 1992년10월~2006년12월 7. 저수량의 용도별 배분에 관한 사항 가. 홍수조절용량 : 137백만 m³ 나. 용수공급량 : 650.43백만 m³ ○생활용수 : 383.25백만 m³ ○공업용수 : 109.50백만 m³ ○하천유지용수 : 157.68백만 m³ 다. 발전량 : 198.553백만 kWh</p>
--	---

8. 토지 및 주요 시설물의 관리처분계획

가. 토지의 관리처분계획

구 분	내 용	관 리 처 분
□수물지	36,208,477	국가에 귀속
□공사용지	1,430,315	
○본 댐	127,923	국가에 귀속
○관리사무소	5,569	한국수자원공사에 귀속
○관리사무소 주차장	5,761	국가에 귀속
○제1발전소	85,613	한국수자원공사에 귀속
○제1발전소 진입도로	5,753	국가에 귀속

자료: 행정자치부(2007).

〈부록2 그림〉 용담댐 관련 대한민국관보 고시(2007) 내용 (계속)

제16414호 관 보 2007. 1. 4. (목요일)

구 분	내 용	관 리 처 분
○제1발전소 진입광장	5,341	국가에 귀속
○제1발전소 체육공원	84,759	완주군에 귀속
○제2발전소	6,596	한국수자원공사에 귀속
○제2발전소 진입도로	15,222	국가에 귀속
○제2발전소 초소	133	한국수자원공사에 귀속
○홍보관	3,616	한국수자원공사에 귀속
○홍보관 공원	28,297	국가에 귀속
○홍보관 대형차장	7,226	국가에 귀속
○홍보관 매점	1,752	한국수자원공사에 귀속
○댐 우안녹지	28,827	국가에 귀속
○댐 좌안녹지	47,616	국가에 귀속
○댐 좌안 진입도로	33,898	국가에 귀속
○댐 좌안 주차장	2,326	국가에 귀속
○댐 좌안 초소	127	한국수자원공사에 귀속
○본댐 팔각정	335	한국수자원공사에 귀속
○본댐 팔각정 공원	8,326	국가에 귀속
○본댐 팔각정 매점	610	한국수자원공사에 귀속
○본댐 좌안 하류공원(2)	31,186	진안군에 귀속
○자연학습장 공원	83,654	국가에 귀속
○자연학습장 매점	584	한국수자원공사에 귀속
○본댐 좌안 하류공원(3)	46,571	진안군에 귀속
○본댐 좌안 하류공원(1)	40,332	진안군에 귀속
○지하수조	1,101	한국수자원공사에 귀속
○취수탑 진입도로	36,422	국가에 귀속
○제2작업갱	26,694	국가에 귀속
○제2작업갱 진입도로	4,950	진안군에 귀속
○제3작업갱	78,286	국가에 귀속
○제3작업갱 진입도로	68,771	완주군에 귀속
○제4작업갱	109,166	국가에 귀속

1046

자료: 행정자치부(2007).

<부록2 그림> 용담댐 관련 대한민국관보 고시(2007) 내용 (계속)

제16414호 관 보 2007. 1. 4. (목요일)

구 분	내 용	관 리 처 분
○정천면 장음농로	13,746	진안군에 귀속
○주천면 리도203호	13,425	진안군에 귀속
□간접보상지	2,128,174	국가에 귀속

나. 주요 시설물의 관리처분계획

구 분	시 설 내 역	관 리 처 분
· 본 댐	높이 : 70m, 길이 : 498m	국가에 귀속
· 이수로	Radial Gate 5문	국가에 귀속
· 제1발전소	연면적 : 2,386㎡	한국수자원공사에 귀속
· 제1발전소 체육공원	면적 : 84,759㎡	완주군에 귀속
· 제2발전소	연면적 : 680㎡	한국수자원공사에 귀속
· 소수력 발전소	연면적 : 428㎡	한국수자원공사에 귀속
· 도수터널	직경 : 3.2m, 길이 : 21.9km	한국수자원공사에 귀속
· 관리사무소 및 홍보관	관리사무소 : 연면적 1,498㎡, 홍보관 : 연면적 975㎡	한국수자원공사에 귀속
· 홍보관공원	매점 등 주민편의시설 1식	국가에 귀속
· 자연학습장 공원	수목림 등 주민편의시설 1식	국가에 귀속
· 본댐 팔각정 공원	전망대 등 주민편의시설 1식	국가에 귀속
· 홍수에경보시설	우량국 7개소, 수위국 5개소, 경보국 14개소 등	한국수자원공사에 귀속
· 제2작업갱 진입도로	길이 0.3km	진안군에 귀속
· 제3작업갱 진입도로	길이 4km	완주군에 귀속
· 본댐하류 공원	면적 : 118,089㎡	진안군에 귀속
· 이설도로	국도 13호선 : 7.3km, 국도 30호선 : 13.5km	국가에 귀속
	지방도 49호선 : 7.0km, 지방도 795호선 : 19.2km	진라북도에 귀속
	군도 22호선 : 5.4km, 면리간도 등 : 35.2km	진안군에 귀속

9. 건설비용 및 그 부담에 관한 사항 (단위: 억원)

구 분	건 설 비 배 분		전용시설비	공동시설비·배분	
	금액(억원)	부담률(%)		금액(억원)	부담률(%)
홍수조절	1,743	12.1	99	1,644	13.4
생·공용수	7,954	55.0	1,466	6,488	53.1
하천유지용수	3,551	24.6	59	3,492	28.6

자료: 행정자치부(2007).

〈부록2 그림〉 용담댐 관련 대한민국관보 고시(2007) 내용 (계속)

제16414호 관 보 2007. 1. 4. (목요일)

구 분	건설비 배 분		전용시설비	공동시설비·배분	
	금액(억원)	부담률(%)		금액(억원)	부담률(%)
발·전	1.133	7.8	533	600	4.9
레크리에이션	67	0.5	67	-	-
계	14.448	100	2,224	12,224	100

10. 하천구역 확정토지조사
 가. 수몰지 : 36,208,477㎡
 나. 본담부지 : 127,923㎡
 ※토지등의 세목은 개제를 생략하고 한국수자원공사 용담댐관리단(063-430-4207)에 비치하여 이해관계인에게 열람

○서울지방항공청고시제2006-58호
 공항개발사업 실시계획 승인
 김포공항 국내선 여객청사 고가도로를 개량하기 위해 한국공항공사 서울지역본부장이 신청한 공항개발사업 실시계획에 대하여 항공법 제95조 제3항 규정에 의거 이를 승인하고, 같은법 제95조제5항 규정에 따라 아래와 같이 고시합니다.

2007년 1 월 4 일
 서울지방항공청장

1. 사업시행자의 성명 및 주소
 가. 사업시행자의 성명 : 한국공항공사 서울지역본부장
 나. 사업시행자의 주소 : 서울특별시 강서구 공항동 150번지

2. 공항명 및 사업의 종류
 가. 공항명 : 김포공항
 나. 사업의 종류 : 공항개발사업

3. 사업의 목적 및 내용
 가. 사업의 목적
 -김포공항 국내선 여객청사 고가도로의 보도일부를 차량 주정차지역으로 개량하여 차량 주차대행 서비스를 통하여 공항 이용

객의 만족과 편의성을 증진시키고자 함.
 나. 사업의 내용
 -사업명 : 김포공항 국내선 여객청사 고가도로 개량공사
 -사업시행 위치 : 서울시 강서구 공항동 150
 -사용 부지면적 : 580,029㎡
 -총사업비 : 8,568천원

-사업내용
 · 기존보도블럭 철거 : 408㎡
 · 아스콘포장 : 408㎡
 · 보·차도 분리대 설치

4. 사업시행의 기간 및 방법
 가. 사업시행의 기간(공사기간) : 승인일로부터 2007년 1 월말까지
 나. 사업시행의 방법 : 한국공항공사 서울지역본부 자체예산으로 시행

5. 사용할 토지, 지장물의 세목과 그에 관한 소유권 기타의 권리에 관한 명세
 -소재지 : 서울 강서구 공항동(공항구역 내)

소재지	지 번	지목	공부면적(㎡)	소 유 자
공항동	150	잡	580,029	국 (건설교통부)
계	1필지		580,029	

6. 기타 사업시행에 필요한 사항
 동사업과 관련하여 이견이나 문의사항이 있으신 분께서는 한국공항공사 서울지역본부 토목팀(TEL. 02-2660-4244, FAX 02-2660-4240)으로 연락바랍니다.

자료: 행정자치부(2007).

〈부록2 그림〉 용담댐 관련 대한민국관보 고시(2007) 내용 (계속)

〈부록 3〉 용담댐 물 분배 갈등 사례

용담댐 물 분배 갈등 사례는 지역의 용수 확보 및 전주권의 인구 과다추정으로 인한 용수배분의 재조정 등의 대전·충청지역 입장과 전주권 및 서해안 개발사업지역에 생활 및 공업용수 등의 안정적인 공급과 홍수의 조절에 의한 금강 중·하류지역의 피해경감 및 수력발전시설에 의한 전력자원 개발 등의 이유로 더 많은 용수 공급을 받기 위한 전북지역간의 갈등 사례이다. 이들 두 지역은 각각 금강수계의 상·하류지역에 위치하여 용수배분을 둘러싼 갈등을 겪게 되었다. 양적인 측면을 넘어서 상류지역의 용수 확보가 하류지역의 수질과도 밀접한 관계가 있어 상류지역에서는 생존권의 문제로, 하류지역에서는 환경오염의 문제로 인식하여 지방자치단체간의 갈등이 심화되었다(건설교통부, 2007). 〈부록3 표 1〉은 용담댐 물 분배 갈등 사례에 대해 보여주고 있다.

〈부록3 표 1〉 용담댐 물 분배 갈등 사례 요약

사례	용담댐 물분쟁	
일시	1988년 11월 ~ 2002년 10월	
분쟁원인	용담댐은 2000년 10월에 완공되어 11월 담수를 시작하였으나 건설 이후 충청권의 용수배분 반발에 따른 정상담수가 지연되는 등 수리권을 중심으로 지방정부 간의 분쟁으로 발전	
분쟁주체	충청권 지방자치단체 (충북·충남·대전)	전라북도
분쟁내용	용담댐의 건설이 대청호의 유입량감소를 야기시켜 순환비율이 감소하여 수질악화를 발생시킬 수 있으며 용수배분계획에서 전북권의 인구과잉산정으로 용수배분이 불리함으로 재조정 요구	충청권의 주장은 이기주의라고 판단하여 초기계획대로 추진할 것을 요구
해결과정	88.11 전주 광역도시권개발사업 예비타당성 조사 89.07 용담댐결사반대 진안국민권익대회(약 4000명) 89.04~89.08 용담수원적정개발방안 조사(건설부) 89.10.17 용담댐건설과 전북지역발전에 관한 공청회(수자원공사) 89.10.25 용담댐에 대한 현황설명회(수자원공사) 89.12~90.08 용담다목적댐 타당성 조사(수자원공사) 90.12~91.12 용담다목적댐 실시설계(수자원공사) 91.10.11 용담댐건설계획에 대한 지역주민청원(4322명)→국회건설위원회에서 청원을 본회의에 부의하지 않기로 결론 91.11 댐 기본계획 공고(건설부) 91.12.16 하천예정지 고시(건설부) 92.10 환경보전대전시민연합 용담댐 건설 시 충청지역 피해조사내용 및 감시 지속적 요구 92.10.29 용담댐 공사 착공 92.12.26 실시계획고시(건설부) 95.03 발주용역실시(수자원공사) 98.10 본 댐 축조 완료 00.10 용담댐 완공 00.11.09 용담댐 담수 시작 00.09.01 용수공급 개시 01.03~02.10.14 7차례의 용담댐 관련 공동조사위원회를 구성하여 합리적인 용수 배분을 위한 공동용역을 발주 합의하고, 그 결과 협약체결	
결과	관련법규를 활용하여 합의점 모색을 위한 기반·근거를 마련하여 분쟁당사자 간의 지속적인 설득에 의해 해결	

자료: 건설교통부(2007).

가. 갈등 배경 및 개요

금강유역은 유황의 불안정과 여름철 강수의 집중 등으로 인한 홍수피해와 효율적인 용수관리가 필요한 지역이었다. 이러한 취지로 신탄진부근에 대청다목적댐을 건설하였으나 이것만으로 금강유역의 홍수예방과 효율적 용수관리는 어려웠다. 1988년 11월 전주 광역도시개발사업의 예비타당성조사 시에 드러난 문제점인 부족한 용수의 확보를 위해 건교부에서는 1991년부터 2001년까지 용담댐 건설을 추진하게 되었다. 1992년 10월 '환경보전대전시민연합'은 용담댐 건설 시 예상되는 충청지역의 피해조사와 감시활동을 지속적으로 할 것을 주장하였고, 1993년 1월에는 용수배분 재조정, 수리권의 명시와 이의 법제화를 주장하는 대전·충청권 용담댐 건설대책협의회가 구성되었다. 1995년 3월 한국수자원공사는 발주용역으로 댐공사를 실시하고, 1998년 10월에 본 댐 축조가 완료되었다. 1998년 수자원공사는 용담댐에서 방류하는 초당 21t 가운데 15.6t을 전북지역으로 보내고, 5.4t을 하류로 보내기로 결정하면서 갈등이 본격화되었다. 용담댐의 건설계획 당시 금강하류 방류량(5.4t)과 관련하여 대청호의 수원부족과 수질 악화, 용담댐 하류부의 친수기능 저하 등을 이유로 충청권에서의 반대가 심했던 것이다. 2000년 6월에 발표된 충남대 환경문제연구소의 용역결과보고서에서 향후 2021년의 전주 인구가 과다하게 추정되었다는 것이 그 근거였다. 이를 기점으로 대전·충청권은 용담댐담수증지가처분신청서를 법원에 제출, 용수배분조정 요구, 용담댐 용수배분 조정을 위한 공동조사단구성을 요구, 국회 청원 등으로 용수확보에 대해 지역간 분쟁·갈등이 심화되었다(건설교통부, 2007; 홍성만, 2003).

나. 용담댐 갈등 사례의 쟁점 및 전개

금강 수계에 건설된 용담댐에서의 용수배분 문제를 놓고 충청도와 전라도 지역 양측에서는 다음과 같은 주장을 하였다. <부록3 표 2>는 용담댐에서의 용수배분과 관련된 갈등 과정을 연도별로 보여주고 있으며, 대전·충청 그리고 전주·전라의 주요

쟁점은 다음과 같다.

용담댐이 금강 수계에 건설되면서 대전 및 충청지역에서는 대청호에 유입되는 수량의 감소로 인해 순환비율이 급격하게 떨어지게 되어 수질악화가 발생할 수 있으며, 용수분배계획에 있어서 전주권에서의 인구과잉추정으로 용수배분이 불합리하기 때문에 재조정이 필요하다는 입장을 보였다. 또한 전주권의 생활·공업용수 공급은 필요한 수량에 한정할 것, 전주권 장래 인구추정 및 용수 수요량의 면밀한 재검토, 기존 수리권이 인정되는 물 이용계획이 되어야 할 것, 용담댐 상류 상수원보호구역 지정 등의 수질보전대책, 댐 하류 방류량 조정, 대청호 및 금강 수계의 수질보전대책 마련 등을 주장하였다(건설교통부, 2007; 홍성만, 2003).

반면 전주 및 전라도에서는 1991년에 건교부에서 발표한 초기 용수배분계획을 고수해야 함, 용담댐이 존재하는 한 전북·전주권의 생활·공업용수는 충분히 공급되어야 함, 수질의 보완 없이는 담수를 증지할 것을 주장하였다(건설교통부, 2007; 홍성만, 2003).

2001년에 용담댐의 용수배분 문제를 놓고 양쪽 지역의 갈등 및 분쟁을 해소하기 위해 용담댐 관련 공동조사위원회에서 육군사관학교 화랑대연구소에 용역을 발주하여 용담댐 용수의 합리적 이용 및 배분 용역으로 적정 용수배분 규모를 결정하는 연구가 수행되었다. 또한, 2001년부터 2002년까지 용담댐 관련 공동조사위원회에서 총 7차례의 운영위원 회의를 하였으며, 용담댐 용수의 합리적 이용 및 배분에 대한 최종보고회가 2002년도 말에 있었다. 물배분용역 최종보고회에서 기존의 용담댐 기본계획의 기본 틀을 유지하고, 금강하류의 하천유지용량을 최우선으로 공급할 것으로 공동합의가 되었다(건설교통부, 2007; 홍성만, 2003).

〈부록3 표 2〉 용담댐 용수배분 갈등 과정

날짜	주요 내용	비고
1989.4 -1989.8	용담수원 적정개발 방안 조사	
1991.11.16	기본계획공고(건설부 공고제138호)	
1992.6.26	“환경보전 대전시민연합”은 용담댐 관련 전담기구설치 및 지역주민홍보 등 용담댐 건설 시 예상되는 충청지역 피해내용 조사와 감시활동지속적으로 전개하기로 함.	NGO관여
1992.10.22	“금강수계보전을 위한 4개시도 민간단체 협력위원회 결성” -창립토론회(학계/관계/시민환경단체/시행기관 참석) : 용담호 부영양화 방지위한 대안제시, 환경감시원 운영, 환경영향평가의 문제점 및 재평가, 하천유지 용수량에 대한 재검토 등	4개 시/도 민간단체 임원이 결성함
1993.1.4.	대전충청권 용담댐 건설대책협의회 구성 (종합적 환경영향평가 실시, 용수배분재조정, 수리권의 명시, 구체화방안, 법제화주장, 수자원공사 수익금의 지역개발기금지원 등 주장)	
1993.10.22	대전충청권의 환경영향평가 재실시, 고도배수처리시설 마련 요구 발표	
1995.3.27	한국수자원공사 발주 용역실시	
1997.12.10	도수터널 관통	
1998.10.20	본댐축조 완료	
2000.6.1	충남대 환경문제연구소의 용역결과보고서 발표	2021년 전주인구과 다추정
2000.9.26	“용담댐 물 배분을 위한 대전/충남 범시도민 대책위원회 창립”	용수재배분, 대청호 수질개선요구
2000.9.29	용수배분 조정요구, 용담댐 물배분에 대한 민·관합동조사단 구성 요구	대전충남대 책위
2000.10.25	용담댐 담수중지 가치분 신청서 법원에 제출 -대전시의회의장, 동구의회의장등 5개구 의장	대전지방법원
2000.11.9	용담댐 담수 시작	
2000.11.13	용담댐 담수관련 대청호 수질대책 건의 -정부차원의 대청호 및 금강하류 유량확보 대책 등 제도적인 방안 조기강구 건의 대전시장/충남·북 도지사↔청와대, 국무총리실, 행자부, 건교부, 환경부	
2000.11.16	용담댐과 대청댐의 연계운영방안보고서에서 전주권 인구추정치 제시	대한토목학회
2000.11.22	금강수계물관리대책협의회 구성 -전북도, 대전시, 충남도, 충북도, 금강환경청 전주지방환경청, 대전지방국토관리청, 익산지방국토관리청, 한국수자원공사, 농업기반공사	
2000.11.24	금강수계별협의회 개최	합의도출 실패

자료: 홍성만(2003).

〈부록3 표 2〉 용담댐 용수배분 갈등 과정 (계속)

날짜	주요 내용	비고
2000.12.16	국회청원(청원인:대전충남대책위 김광식) -청원내용: 용담댐 물배분 조정을 위한 공동조사단 구성요구 -소개의원 : 김원웅, 송석찬, 이완구의원	
2000.12.20	수자원 공사사장, 건교부장관 검찰에 고발	대전/충청 대책위
2001.1.5	용담댐 물배분 조정건의회신-수계별협의회에서 협의(수질개선기획단→대전충청행정협의회장, 전북지사)	수개단
2001.3.21	금강수계별협의회 개최 -금강수계물관리대책협의회 운영규정제정/수공의 용수배분계획무시고려 없이 지자체가 모두 인정하는 기관에 최적의 용수배분량도출 위한 용역의뢰	공동합의
2001.5.24	용담댐 공동조사위 구성을 위한 금강수계 물관리 대책협의회 실무추진협의회 개최	합의도출 실패
2001.7.3	감사원 중재	수용
2001.7.5	제4차 금강수계물관리협의회 개최 -공동조사위 구성 및 운영에 대한 협약체결	공동합의
2001.7.25	용담댐 공동조사위원회 구성(위원회구성 11인) -KAIST교수(위원장), 대전, 충남, 충북, 전북, 전북/충청권 시민단체, 수공	
2001.8.7	용담댐 공동조사위 제2차 운영위원회 개최	
2001.9.1	용수공급 개시	
2001.11.30	댐 준공	
2001.12.27	제5차 공동조사위원회 운영위원 회의개최 -용역기관으로 육군사관학교 화랑대 연구소(책임연구원 전병호)로 확정 -용수배분 연구에 있어 제반 기준은 위원회와 연구진이 협의하여 결정	공동합의
2002.1.10	제3의 용역기관(육군사관학교 화랑대 연구소)에 의한 용담댐 용수의 합리적 이용 및 배분용역 착수	
2002.5.22	용담댐 관련 공동조사위원회 제6차 운영위원 회의	조사현장견 학
2002.7.12	용담댐 정상담수 개시	
2002.10.14	용담댐 관련 공동조사위원회 제7차 운영위원 회의-용담댐 용수의 합리적 이용 및 배분 최종보고회	
2002.11.4	물배분용역 최종 보고회 개최-기존 용담댐 기본계획의 기본 틀 유지-하류의 하천유지량을 최우선으로 공급	공동합의

자료: 홍성만(2003).

〈부록 4〉 SWAT 모형을 이용한 만경강유역의 수질 모의

본 과제에서는 ‘새만금유역 제2단계 수질개선종합대책의 수질개선효과 정량화 분석기법’ (환경부, 2013)에서 구축한 SWAT(Soil and Water Assessment Tool) 모형을 활용하였다. 환경부(2013)은 환경부 국립환경과학원(2011)에서 SWAT 모형을 2007년과 2009년도에 대해 각각 검·보정을 수행하여 구축된 모형을 활용하여, 2010년도 환경부 수질측정망의 유량 및 수질 자료를 바탕으로 검·보정을 수행하였다.

SWAT 모형은 미국 농무성(U.S. Department of Agriculture)의 농업연구국(Agricultural Research Service, ARS)에서 개발한 유역단위의 모델로, 강우-유출 모델과 수질 모델이 GIS와 연계된 호환모델로서 장기 유량과 수질을 모의할 수 있으며, 미계측 지역에서의 모의도 가능하며, 경작형태나 기후·식생 등의 변화에 따른 수질의 상대적 효과도 정량화할 수 있는 특징이 있다. 한국건설기술연구원(2007)은 국내 실정에 적합하도록 SWAT 모형을 이용하여 인위적·자연적인 물순환 구조변화와 지표수·지하수 연계 해석 등을 개선, 강우·증발산·토양수분·지표수·지하수의 시공간적 분포를 정량적으로 산정하였다.

실측값에 대한 모의결과에 대한 정확성과 상관성을 평가하기 위해 % difference (ASCE, 1993), NSE (Nash and Sutcliffe, 1970), RMSE (Root Mean Square Error)를 산정하였다(부록4 표 1 참조). % difference는 동일한 결과가 예상되는 반복되는 측정에 대한 신뢰성을 나타내는 양적 지표로, 실측값과 모의값을 수학적으로 비교하는 통계치이다. NSE는 값이 0과 1.0 사이에 있으면 실측값의 평균을 이용하는 것 보다 모의값을 이용하는 것이 더 좋은 결과를 얻을 수 있음을 의미하며, 실측값과 모의값이 1:1 라인을 얼마나 잘 묘사하는가를 나타낸다. 또한 RMSE는 실측값과

모의값 간의 상호편차를 의미하며, 정밀도가 높을수록 RMSE의 값은 0에 가까워진다.

〈부록4 표 1〉 모형의 효율 범위와 신뢰구간

Grade	Very Good	Good	Fair	Poor
<i>% difference</i>				
Hydrology	< 10	10 ~ 15	15 ~ 25	-
Seeiment & BOD	< 20	20 ~ 30	30 ~ 45	-
Water Temperature	< 7	8 ~ 12	13 ~ 18	-
Nutrients	< 15	15 ~ 25	25 ~ 35	-
<i>NSE</i>				
Daily Water flow	> 0.8	0.80 ~ 0.70	0.70~0.60	< 0.6

자료: 환경부(2013).

〈부록4 표 2〉는 SWAT 모형의 유량 검증결과이다. 활용된 관측자료 내에서의 SWAT 모형은 만경강 유역의 유출특성을 적절하게 반영하는 것으로 판단되나, 집중호우에 따른 침투유량에 대해서는 자료의 한계성이 있다. 8일 간격 오염총량측 정망에서의 관측 자료가 평상시 저유량 관측이 대부분이기 때문에 홍수기 및 풍수기 유량보다는 평수기 유량 이하의 유출량 모의가 잘 반영된 결과이며, 앞으로 풍수기에 대한 관측 자료의 보완이 반드시 필요할 것으로 보인다.

〈부록4 표 2〉 SWAT 모형의 유량 검증결과(2010년)

보정지점	실측값	모의값	<i>% difference</i>	<i>NSE</i>	<i>RMSE</i>
전주A	7.12	7.81	-9.81	0.69	4.47
만경A	10.47	9.40	10.20	0.67	6.84
만경B	19.37	18.13	6.37	0.73	7.90
탑천A	1.37	1.71	-24.60	0.89	2.16

자료: 환경부(2013).

〈부록4 표 3〉은 수질에 대한 검증결과로, 새만금유역 전반에 걸쳐 BOD의 경우 % difference는 -7.72~5.07, RMSE는 0.06~1.87의 범위를 각각 나타냈으며, 영양물질인 T-N과 T-P의 경우 % difference가 각각 -5.21~9.44와 -9.18~13.63, RMSE가 각각 2.03~3.28, 0.04~0.41의 범위를 나타냈다.

〈부록4 표 3〉 SWAT 모형의 수질 검증결과(2010년)

수질항목	보정지점	실측값	모의값	% difference	RMSE
BOD	전주A	7.5	7.6	-0.89	0.43
	만경A	1.5	1.6	-7.72	0.72
	만경B	5.8	5.5	5.07	1.87
	탑천A	4.6	4.6	-0.21	0.06
T-N	전주A	8,296	8,613	-3.82	2.03
	만경A	3,880	3,514	9.44	2.35
	만경B	7,364	6,852	6.95	3.28
	탑천A	6,326	6,655	-5.21	2.11
T-P	전주A	0,713	0,670	6.04	0.28
	만경A	0,068	0,062	8.77	0.04
	만경B	0,475	0,410	13.63	0.41
	탑천A	0,233	0,254	-9.18	0.14

자료: 환경부(2013).

계절적 수질 변화 경향을 전반적으로 따라가나 특정지점 및 시기에 따라 실측값의 경향과 동떨어진 결과를 나타내기도 했으나, 일반적으로 새만금유역과 같이 규모가 큰 유역에서는 고려해야 할 요소들이 광범위하며, 기상특성뿐만 아니라 토지이용 특성과 오염원, 대형 취수장 및 환경기초시설에 대한 요소들을 고려하였다 하더라도 이러한 기초자료의 유무 및 정확성에 크게 의존하기 때문에 모형이 현실을 반영하기에는 분명한 한계가 있다. 또한 특정시기에 이상치들이 존재하는 국가 관측망 자료 때문에 수질보정에 있어서 만족할 만한 결과를 얻기는 쉽지 않은 것이

현실이다. 그러나 복잡하고 다양한 새만금유역의 공간적 특성을 고려할 때, 경험적인 매개변수와 복잡한 과정을 통해 모의되는 유역모델링의 특성과 수질 매커니즘이 적정범위에서 모의된 결과로 판단된다.

Abstract

A Study to Improve the Water Quality of the Saemangeum Using the Discharge of the Yongdam Dam

This study aims to improve the water quality of the Saemangeum using the discharge from the Yongdam Dam. In this study, we 1) reviewed the Saemangeum Development Master Plan (DMP hereafter) and the 2nd Master Plan for the Water Quality Improvement in the Saemangeum (MPWQ hereafter) with a focus on the plans related to the discharge from the Yongdam Dam; 2) analyzed the discharge from the Yongdam Dam and its effect on the water quantity and quality of the Mangyoung River (one of the upstream river branches of the Saemangeum), in addition to the analysis of the Yongdam Dam water supply to different regions of Mangyoung River (Jeonju area) and the Geum River watershed area; and 3) suggested using the discharge from the Yongdam Dam to provide instream-flow water and flushing flow to the Mangyoung River in order to improve its water quality.

First, we reviewed the DMP and the MPWQ. According to the DMP, the external inflow to the Mangyoung River from the Yongdam Dam would significantly decrease if the amount of water planned to be allocated to the Jeonju area from the Yongdam Dam is all distributed after the Saemangeum development is finalized. This would cause the amount of water supply to the Jeonju area to exceed the required quantity, and thus, it is not clear whether the planned amount of water would all be distributed to the Jeonju area. Therefore, the discharge of water from the Yongdam Dam could be utilized

to maintain and improve the water quality of the Saemangeum area in the present and future. In addition, we found that the MPWQ includes measures to increase the external inflow from the Yongdam Dam to the Mangyoung River such as improving the management of the Uwoo Weir and recycling the water.

Second, we analyzed the annual and monthly water quantity and quality data of the Mangyoung River and the Yongdam Dam to investigate the impact of the discharge from the Yongdam Dam on the water quantity and quality of the Mangyoung River. We found that there was a positive correlation between the amount of the discharge from the Yongdam Dam and the streamflow of the Mangyoung River during a dry season with a correlation coefficient of 0.98. In addition, we examined the current state of the water distribution from the Yongdam Dam, which showed that the total amount of water currently distributed was less than the planned amount. The amount of water planned to be distributed to the Jeonju area for the domestic and industrial use was 15.6 CMS, but the actual demand stands at 5.0 CMS. Maintaining the instream-flow in the main channel of the Geum River was, on the other hand, projected to require 5.0 CMS, but the actual amount of water distributed is increased to 10 CMS.

Finally, we suggested utilizing the discharge from the Yongdam Dam as an alternative to improve the water quality of the Mangyoung River and reviewed its applicability. The assessment of the current state of the water supply by the Yongdam Dam shows that there is an additional water supply capacity of 5.4 CMS, part of which could be used to maintain the instream-flow of the Mangyoung River. For this purpose, it is essential to establish evaluation standards for water use and the distribution of the dam water; adjust ownership shares between the government and the K-water, a public corporation in charge of the nation's water resources development; and to improve the system to calculate instream-flow needs. Moreover, the temporary flushing flow from the Yongdam Dam is suggested as a measure to enhance the water quality of the Mangyoung River. Although the amount of water that can be secured through the temporary flushing flow is limited, and so is its effect, because the flushing flow would use the river water diverted through

the water conduction tunnel, there will still be some noticeable improvement in the water quality. Based on the above alternatives, we constructed possible scenarios for the supply of instream-flow and the temporary flushing flow from the Yongdam Dam to the Mangyoung River. The applicability of such scenarios was assessed based on the expected changes in the water reserve rates of the Yongdam Dam as well as the water quality of the Mangyoung River. The SWAT model was used to simulate the changes in the water quality of the Mangyoung River in different scenarios.

This study suggested and quantitatively assessed alternative measures to improve the water quality of the Saemangeum, specifically the Mangyoung River, using the discharge from the Yongdam Dam, which would provide a basis for further discussions and the implementation of the suggested measures.

Keywords: Mangyoung River, Yongdam Dam, External Inflow, Instream-flow, Flushing Flow

KEI 연구보고서 목록 | 2009~2013

기본연구

- 2013년
- 2013-01 환경재정 DB 및 성과분석모형 구축 (장기복)
 - 2013-02 미래지향적 물환경 목표와 관리체계 연구 (이병국)
 - 2013-03 위해성 평가의 정책 활용도 제고를 위한 화학물질 Action Plan 수립 연구(I) (서양원)
 - 2013-04 전략환경평가제도의 실효적 운용방안 연구(I) - 정책계획의 수립절차 및 특성을 중심으로 (유현석)
 - 2013-05 기후변화 적응형 공간계획방법의 개발과 모의적용 연구(I) (김동현)
 - 2013-06 해외 개발사업의 지속가능성 강화에 관한 연구 (정우현)
 - 2013-07 생태계서비스지불제 이행 및 평가를 위한 지수체계 개발 (안소은)
 - 2013-08 자원·환경위기 시대에 대비한 에너지가격 개편 추진전략 연구(II) (강만옥)
 - 2013-09 초미세먼지(PM_{2.5})의 건강영향평가 및 관리정책 연구(II) (공성용)
 - 2013-10 물환경 관리여건 변화를 고려한 수질오염 총량제도의 개선방안 연구 (김호정)
 - 2013-11 지속가능한 상하수도 재정체계 구축 및 운용방안 연구 (문현주)
 - 2013-12 지표수-지하수 혼합대의 환경측면 및 관리범주 연구 (현운정)
 - 2013-13 희토류자석의 자원순환 활성화를 위한 폐자원흐름의 분석 (조지혜)
 - 2013-14 종량제 생활폐기물 처리의 배출자부담원칙 확대 적용 방안 (이희선)
 - 2013-15 환경보건 감시체계를 활용한 지역 특성별 환경정책수립 연구 (배현주)
 - 2013-16 산업단지 환경영향평가의 건강 사회분야 평가강화 방안 (이영수)
 - 2013-17 대규모 개발사업의 지속가능성 확보를 위한 예비타당성조사 제도 개선방안 (조공장)
 - 2013-18 기후변화 적응정책 이행의 효과성 제고 방안 (명수정)
 - 2013-19 가뭄 유형별 기후변화 적응정책 연구 (김연주)
 - 2013-20 해외 생물자원 전통지식의 지속가능한 활용전략 연구 (오일찬)
 - 2013-21 한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력기반 구축 연구(III) (명수정)
 - 2013-22 국가 해수면 상승 사회·경제적 영향평가(III) (조광우)
 - 2013-23 생물자원에 대한 접근과 이익공유 실행을 위한 지역모델 개발 (이현우)
- 2012년
- 2012-01 부문별 기후변화 적응대책 우선순위 평가 연구 (채여라 외)
 - 2012-02 온실가스 목표관리제와의 연계를 고려한 국내 배출권거래제 세부운영방안 연구 (이상엽 외)
 - 2012-03 초미세먼지(PM_{2.5})의 건강영향평가 및 관리정책 연구 I (공성용 외)
 - 2012-04 4대강 물환경 개선 중심의 수량 및 수질 통합관리 정책 연구 (이병국 외)
 - 2012-05 Rio+20 녹색경제 논의 대응 국가비전 및 발전방안 연구 (강상인 외)
 - 2012-06 국가 환경보건지표로서 환경성질병부담 도입방안 (신용승 외)
 - 2012-07 국제환경협력사업 내실화를 위한 국가전략 개발 (이 윤 외)

- 2012-08 기후변화 적응 정보 통합지원 체계구축에 관한 연구 (전성우 외)
 - 2012-09 기후변화를 고려한 지류하천 관리 및 수생태 복원 방향 (강형식 외)
 - 2012-10 기후변화에 따른 화학물질 위해성 관리방안 II (박정규, 서양원)
 - 2012-11 기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 연구 (강정은 외)
 - 2012-12 물발자국 개념의 정책적 도입과 활용방안 (노태호 외)
 - 2012-13 상하수도시스템의 기후변화 적응전략 및 적응비용 추정 연구 (안종호 외)
 - 2012-14 자원·환경위기 시대에 대비한 에너지가격 개편 추진전략 연구 (강만옥 외)
 - 2012-15 자발적 협약의 현황 진단 및 효과적 활용방안 (정우현 외)
 - 2012-16 환경정책 파급효과 분석을 위한 일반균형 모형 개발 (강성원 외)
 - 2012-17 중장기 생물다양성 전략 추진체계 연구 (이현우 외)
 - 2012-18 한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반 구축 연구 II (명수정 외)
 - 2012-19 국가 해수면 상승 사회·경제적 영향평가 II (조광우 외)
-
- 2011년 2011-01 기후변화 통합영향평가모형 체계 개발: 정책연계모형개발을 중심으로 II (전성우 외)
 - 2011-02 지역성장과 연계한 수변지역의 친환경적 개발 방향 (김익재, 최희선 외)
 - 2011-03 탄소세와 배출권거래제 연계를 통한 효율적 기후변화 대응 방안 (신상철, 박현주)
 - 2011-04 국가적색목록 생물종의 보호를 위한 관리정책 연구 (이현우 외)
 - 2011-05 기후변화 시나리오를 고려한 토지이용예측 모델 개발 I (한혜진)
 - 2011-06 기후변화 적응대책 우선순위 평가 방법론 분석 (채여라, 조현주)
 - 2011-07 기후변화 적응형 도시 리뉴얼 전략 수립: 그린인프라의 방재효과 및 적용방안 (강정은 외)
 - 2011-08 기후변화에 따른 화학물질 위해성 관리방안 (박정규, 신용승)
 - 2011-09 기후변화와 대기오염으로 인한 건강영향 연구: 사회경제적 변수에 따른 사망영향 (배현주 외)
 - 2011-10 나노 물질의 안전관리를 위한 제도화방안 (홍용석 외)
 - 2011-11 녹색기술 적용촉진을 위한 제도개선방안: 하수슬러지 및 고농도 액상폐기물을 중심으로 (최지용, 김창덕)
 - 2011-12 물 재이용을 통한 도시하천 물순환개선 정책방안 (안종호 외)
 - 2011-13 사회영향평가 지표 개발 및 운영 가이드라인 마련 연구 (조공장 외)
 - 2011-14 산업단지 공급계획의 대기분야 전략환경평가 기반구축 (문난경 외)
 - 2011-15 저소득계층의 기후변화 적응역량 강화를 위한 정책방안 연구 II (추장민 외)
 - 2011-16 특정대기유해물질 관리체계 정비방안 (공성용 외)
 - 2011-17 폐금속자원 희유금속 자원순환 활성화를 위한 기술적·제도적 지원 방안 (이희선 외)
 - 2011-18 하수처리장의 에너지 효율성 개선 방안 연구 (조을생 외)
 - 2011-19 하천 정비사업의 수질 및 수생태계 분야 사후모니터링 방안에 관한 연구 (전동준 외)
 - 2011-20 환경책임과 환경피해보험의 제도화 방안에 관한 연구 II (한상운 외)
 - 2011-21 해양 유류유출사고의 중장기적 영향분석 및 제도개선 방안 III (신용승 외)
 - 2011-22 한반도 기후변화 대응을 위한 남북협력 기반 구축 연구 I (명수정 외)
 - 2011-23 국가 해수면 상승 사회·경제적 영향평가 I (조광우 외)
 - 2011-24 개발사업의 종합환경영향평가지수 산정에 관한 연구 II (유현석 외)

- 2010년** 2010-01 기후변화 대응을 위한 물산업 육성 정책방안 (김중호 외)
 2010-02 기후변화 통합영향평가모형 체계 개발 : 정책연계모형개발을 중심으로 (전성우 외)
 2010-03 녹색 생활양식 확산을 통한 온실가스 감축방안 연구 (명수정 외)
 2010-04 택지 및 산업단지 개발사업의 환경평가 단계별 성과분석 (신경희 외)
 2010-05 온실가스 감축을 위한 폐기를 관리방안 연구 - 폐기물 부문의 온실가스 전과정 평가 (주현수 외)
 2010-06 기후변화와 대기오염이 환경 관련 질화에 미치는 영향 - 기온상승과 오존농도 증가의 상호작용을 중심으로 (배현주 외)
 2010-07 공유하천 물안보 체계 구축을 위한 협력방안 (김익재 외)
 2010-08 도서지역의 친환경적 용수공급계획 수립방안 (문유리 외)
 2010-09 도시기본계획의 전략환경평가 방법론 연구 (조공장 외)
 2010-10 폐금속자원 재활용 촉진을 위한 제도·기술적 방안 : 폐전자제품을 중심으로 (김광임 외)
 2010-11 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구Ⅱ (방상원 외)
 2010-12 물환경 거버넌스를 위한 의사결정체제 구축 I (이진희 외)
 2010-13 법정보호 야생조류의 서식환경 평가방안 (노백호 외)
 2010-14 식생과 토양의 역할을 고려한 저탄소 토지이용계획 수립 방안 II (황상일 외)
 2010-15 세대간 생체전이성 화학물질 현황 및 관리방향 (박정규)
 2010-16 수변지역 도시재생에 있어 저영향개발기법(LID)의 적용 방안 및 효과 (최희선 외)
 2010-17 대기 중 이산화탄소 분포에 대한 이해 : 위성관측과 GEOS-Chem 결과를 중심으로 (심창섭)
 2010-18 온실가스 배출권 초기할당 방식에 관한 연구 (김용건 외)
 2010-19 저소득계층의 기후변화 적응역량 강화를 위한 정책방안 연구 I (추장민 외)
 2010-20 지구온난화에 따른 지역규모 대기질 영향평가 II (문난경 외)
 2010-21 환경가치를 고려한 통합정책평가연구 II (안소은 외)
 2010-22 환경책임과 환경피해보험제도의 제도화방안에 관한 연구 (한상운, 박시원)
 2010-23 해양유류유출사고의 중장기적 영향분석 및 제도개선 방안 II (신용승 외)
 2010-24 개발사업의 종합환경영향 평가지수 산정에 관한 연구 (유현석 외)

- 2009년** 2009-01 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 III (추장민 외)
 2009-02 해양 유류유출사고의 중장기적 영향분석 및 제도개선 방안 (신용승 외)
 2009-03 환경가치를 고려한 통합정책평가 연구 I (안소은)
 2009-04 수질오염총량관리를 위한 배출권거래제 적용방안 연구 (문현주)
 2009-05 하천 건전성 평가모델 LOCOPEM을 적용한 환경평가 예측기법 (노태호 외)
 2009-06 환경평가를 활용한 토지이용계획 수립방안에 관한 연구 - 도시 및 택지개발을 중심으로 (정주철 외)
 2009-07 관광개발 다양화에 따른 친환경적 계획수립 및 평가방안에 관한 연구 (사공희 외)
 2009-08 Noise map을 활용한 환경소음의 관리방안 마련 (선효성 외)
 2009-09 제품분류에 따른 대기오염물질 직·간접 배출량 추정과 변화요인 분석 (공성용 외)
 2009-10 기후변화 대응 온실가스 감축을 위한 국가할당방안 연구 II (이상엽 외)

- 2009-11 식생과 토양의 역할을 고려한 저탄소 토지이용계획 수립방안 I (황상일 외)
- 2009-12 북한의 가뭄재해 취약지 분석 및 대응에 관한 연구 (명수정 외)
- 2009-13 기후변화 대응을 위한 물환경 관리 전략 및 정책방향 I (김익재 외)
- 2009-14 지구온난화에 따른 지역규모 대기질 영향평가 I (문난경 외)
- 2009-15 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (방상원 외)
- 2009-16 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리방안 II (박창석 외)
- 2009-17 환경시장의 구조 변화와 정책 과제 (김중호 외)
- 2009-18 그린화학제도 활성화 및 산업체 지원방안 (박정규)

수시연구

- 2013년 2013-01 화학물질 사고대응을 위한 제도개선 연구 (박정규)
- 2013-02 국가환경지리정보의 환경영향평가 활용현황 및 개선방안 (이상범)
- 2013-03 환경감리제도 도입에 대한 타당성 분석 (전동준)
- 2013-04 제도 홍보 및 성과확산을 위한 '환경영향평가 연차보고서' 발간 기획 연구 (박하늘)
- 2013-05 기후변화적응 홍보정책 전략 마련 연구 (하중식, 김동현)
- 2013-06 기후변화의 사회경제적 영향 평가 체계 및 자료 구축 방안 연구 (채여라)
- 2013-07 환경교육 활성화를 위한 법제도 개선방안 (이미숙)
- 2013-08 자원순환정책 실효성 제고를 위한 중장기 과제 (한상운)
- 2013-09 수변지역 소규모 개발사업의 친환경적 관리방안 연구 (주용준)
- 2013-10 개도국 물인권 확립을 위한 Green ODA 활성화 방안 (이 윤)
- 2013-11 한-아세안 환경협력 전략 마련을 위한 사전연구 (강택구)
- 2013-12 석산개발지 입지유형별 복구 및 활용방안 (사공희)
- 2013-13 개도국 지속가능발전 역량강화사업의 발전방향 (조을생)
- 2013-14 동북아 대기오염 전망을 고려한 국내 석탄화력 발전 증설의 대기질 영향 분석 (심창섭)
- 2013-15 기후변화협약의 적응부문 논의동향과 우리나라의 대응방향 (명수정)
- 2013-16 도심지역 대심도 지하공간 개발의 환경영향과 정책 제언 (현윤정)
- 2013-17 온실가스 감축 관련 국가 계획 현황 및 개선방향 연구 (김이진)
- 2013-18 새만금 수질개선 방안 연구 - 용담댐 방류량을 중심으로 (김연주)
- 2013-19 한반도 「그린 데탕트」 추진방안에 관한 연구 (추장민)
- 2013-20 국내 환경기술 수준과 EU BREFs 비교 및 BAT 도입시 비용사례분석 (공성용)

- 2012년 2012-01 Cities and Green Economy : Comparative Study of Korea, China and Japan (정우현 외)
- 2012-02 생물자원의 유용성 판단을 위한 기준 연구 (이현우, 김동욱)
- 2012-03 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련 (선효성 외)
- 2012-04 환경갈등 예방을 위한 환경평가제도 개선 연구 - 환경영향평가 관련 소송 사례 분석을 통한 접근 (이영수 외)

- 2012-05 민간 부문의 기후변화 적응을 위한 정책 기본 방향 (명수정 외)
- 2012-06 내륙 유도선 운항에 따른 수질관리 제도개선 방안 연구 (안종호 외)
- 2012-07 영흥화력 7,8호기 증설 환경영향 및 경제성 분석 (강광규, 김종원)
- 2012-08 오염지하수 관리 강화를 위한 제도적 지원방안 (현윤정 외)
- 2012-09 간접방류 산업폐수 관리 개선방안 연구 (조을생 외)
- 2012-10 토양생태계의 지속성 관리를 위한 토양환경보전정책 방향 (박용하, 최현아)
- 2012-11 백두대간 기맥에 대한 환경성평가 방안 연구 (이수재 외)
- 2012-12 기후변화 적응 정책 연구 로드맵 및 추진 전략 (권영한 외)
- 2012-13 중국의 對아세안 환경협력 현황 분석 (강택구 외)
- 2012-14 국토개발정책 변화와 공간환경정책의 발전방향 (최희선 외)

- 2011년**
- 2011-01 기후변화에 따른 건강영향 평가·적응 정책 방향 (신용승 외)
 - 2011-02 ODA사업의 환경평가 관리방안 연구 (조공장 외)
 - 2011-03 풍력발전단지 환경평가 방안 연구: I. 육상, II. 해상 (권영한, 이상범 외)
 - 2011-04 자연재해 발생 시 환경부문의 대응체계 개선방안 연구 (명수정 외)
 - 2011-05 교통환경 소음관리를 위한 소음측정망 system 개선 (박영민)
 - 2011-06 지속가능 발전교육(ESD) 강화방안 (김호석 외)
 - 2011-07 개발사업 환경평가의 중장기 모니터링 방안 (신경희 외)
 - 2011-08 재난성 원전사고에 따른 방사성오염의 토양·지하수관리 방향 마련 (황상일 외)
 - 2011-09 선보전 후개발 원칙의 실현방안 연구: 제주특별자치도 사례 중심 (권영한 외)

- 2010년**
- 2010-01 기후변화에 대한 생물종의 민감성 평가방안 연구 (이현우)
 - 2010-02 Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin Phase III (추장민 외)
 - 2010-03 녹색생활 지표 개발 및 활용방안 (명수정, 강민수)
 - 2010-04 지하수자원의 합리적 이용·관리를 위한 비용 부담체계 및 지하수재정 운영방안 연구 (문현주)
 - 2010-05 낙동강 조류발생 특성분석 및 관리 정책방안 (정유진 외)
 - 2010-06 지자체 기후변화 적응능력 평가를 위한 지표체계 개발 및 시범적용 (이정호 외)
 - 2010-07 수용성 향상을 위한 조력발전의 환경친화적 건설방안 (이희선 외)
 - 2010-08 환경성평가에 있어서 서식지 조사 및 보전방안 (노백호, 이현우)
 - 2010-09 기후변화와 사회통합에 관한 정책과제 개발 연구 (추장민 외)
 - 2010-10 하천·호소 퇴적물 관리 및 준설물질 활용방안 (김익재 외)
 - 2010-11 국가 온실가스 배출정보 작성 및 관리체계 개선방안 (김호석)
 - 2010-12 외국의 배출권거래제 시행에 따른 법적 쟁점 분석 (한상운, 박시원)
 - 2010-13 상수원지역의 친환경 토지관리방안 (최지용)
 - 2010-14 기후변화 취약성 지수분석을 통한 국가적응역량 제고방안 모색 (김연주 외)
 - 2010-15 도시농업의 온실가스 저감효과 및 정책방안 (이현우 외)

- 2010-16 물자원 이용과 관리를 위한 비용분담체계와 가격정책 연구 (문헌주)
- 2010-17 대기질개선 특별대책 추진 경험 및 성과 평가 (강광규 외)

- 2009년**
- 2009-01 저탄소·자원순환형 사회 구축을 위한 환경정책 (장기복 외)
 - 2009-02 Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin II (추장민 외)
 - 2009-03 4대강 살리기 사업지역의 하천 환경현황 분석 방안 연구 (이수재)
 - 2009-04 합리적인 수리권 및 수자원에의 기여와 보상체계 연구 (문헌주)
 - 2009-05 지속가능발전 관점에서의 녹색성장 의미와 평가방안에 관한 연구 (김호석 외)
 - 2009-06 남·북한 공유하천의 관리 현황과 물안보 확보방향 (김익재 외)
 - 2009-07 미세먼지의 농도 변화를 이용한 다중 이용시설의 흡연으로 인한 실내공기질 관리 정책 평가 (김성렬 외)
 - 2009-08 유네스코 지질공원의 특성과 시사점 연구 (이수재 외)
 - 2009-09 4대강 살리기 사업을 위한 필요 전문기술인력 추정 (안중호 외)

Working Paper

- 2013년**
- 2013-01 토양자원 유실 최소화를 위한 국내외 환경영향평가 사례 연구 (신경희)
 - 2013-02 PM-2.5 환경영향평가 방안 연구 (이영수)
 - 2013-03 지자체 적응대책 수립지원을 위한 기후변화 시나리오 자료 활용 방안 (정휘철)
 - 2013-04 기후변화에 따른 도심지역 지질재해 리스크 체계 마련 (이명진)
 - 2013-05 비전통가스 개발의 환경영향평가 가이드라인 마련을 위한 기초연구 (조한나)
 - 2013-06 모니터링을 통한 친환경 계획기법의 적절성 검증 기초연구 - 도시공간에서의 Stepping Stone을 중심으로 (최희선)
 - 2013-07 국가와 지자체의 기후변화 적응대책 실효성 제고를 위한 연계강화 방안 (임영신)
 - 2013-08 KEI 환경정보체계 발전방안 (전성우)
 - 2013-09 도시하천 유역의 환경평가 방법 마련을 위한 기초 연구 (홍현정)
 - 2013-10 제조업 환경비용의 국제비교 (조일현)
 - 2013-11 바이오가스의 재생연료의무혼합제도에 관한 해외사례 분석 (조지혜)
 - 2013-12 자연경관심의제도의 현황분석 및 제도 개선방안 (주용준)
 - 2013-13 층간소음 관리를 위한 기초연구 (박영민)
 - 2013-14 지속가능성 관점에서의 산업구조 변화 분석 (이미숙)
 - 2013-15 KEI 중국환경 중장기 연구계획 수립을 위한 기획연구 (추장민)
 - 2013-16 기후변화 적응관련 취약계층 지원 대책 현황조사 및 분석 연구 (신지영)
 - 2013-17 한국 ODA사업의 환경평가 모니터링 현황과 해외사례 비교 연구 - 사업 종료 후 모니터링 사례를 중심으로 (김태형)
 - 2013-18 국내 전략환경평가의 사회·경제성 부문 기능 확립을 위한 기초연구 (이상윤)
 - 2013-19 환경영향평가시의 시설별 유해대기오염물질 배출량 산정을 위한 기초연구 (주현수)

- 2013-20 지형장애물 분석을 통한 환경현황 자료 작성방안 (김지영)
- 2013-21 상수원보호구역 상·하류의 수변지역 관리방안 연구 - 잠실상수원보호구역과 팔당 상수원보호 구역 구간 중심으로 (김태운)
- 2013-22 2013 국민환경의식조사 연구 (이미숙)
- 2012년** 2012-01 기후변화를 고려한 농업 가뭄지수 활용 및 적용 기초 연구 (이진영)
- 2012-02 산림경영 기반시설의 주요 환경영향 - 선형사업(임도) 중심으로 (천영진 외)
- 2012-03 방조제 건설에 따른 연안환경의 중장기 변화 평가 연구 - 아산만 수치모델링 중심으로 (김태운)
- 2012-04 지속가능한 지하수자원 확보를 위한 지하수보전구역 지정 연구 - 외국의 지하수 보전구역 사례 분석 (현윤정)
- 2012-05 공공부문의 지역별 환경보호지출 및 수입(EPER) 통계 추계 (조일현, 김종호)
- 2012-06 누적영향평가 적용의 사례 분석 및 시사점 연구 (김진오)
- 2012-07 유해성에 따른 「폐기물 종료기준」의 해외 현황 및 정책적 시사점 (조지혜 외)
- 2012-08 도시 지하공간 조성에 따른 환경영향 관리 방향 연구 (김윤승)
- 2012-09 폐기물 처리관련 업종의 여건변화가 여타 산업에 미치는 영향 분석 (신상철)
- 2012-10 미래 건강부담 추정영향요인 고찰 - 기후변화에 따른 폭염 증가를 중심으로 (하종식, 신용승)
- 2012-11 세일가스 국내 도입에 따른 에너지·환경 정책 수립을 위한 기초연구 (주현수, 조한나)
- 2011년** 2011-01 수자원 현황 및 영향요인: 기후변화를 중심으로 (김연주, 정은성)
- 2011-02 도시계획의 전략환경평가를 위한 기후요소 평가기법의 해외사례 분석 (엄정희, 유승헌)
- 2011-03 임진강 유역의 저수지 지리정보 구축과 수질평가 기초연구 (홍현정, 김익재)
- 2011-04 방사능 재해에 따른 환경 및 인체 영향 분석 (심창섭, 홍지연)
- 2011-05 해조류를 이용한 바이오연료의 환경 친화적 적용을 위한 기초연구 (조지혜, 이희선)
- 2011-06 토양·지하수 오염부지의 종합적위해성평가를 위한 생태위해성평가체계 구축 (김윤승, 이주연)
- 2011-07 기후변화협약 당사국총회 의장(국)의 역할 기초연구 (김이진)
- 2011-08 환경영향평가 협의내용의 효율적 이행방안을 위한 제도적 고찰 (최상기 외)
- 2011-09 지하수오염의 평가 및 정화 규제 정책 방향 제시를 위한 연구: 염소계유기용제 오염 중심으로 (김호정 외)
- 2011-10 조력발전소 건설사업에 의한 해양 생물상 영향 사례 고찰 (천영진 외)
- 2010년** 2010-01 주요 교역국의 화학물질 규제동향 분석 (박정규, 김용성)
- 2010-02 국내 자원순환지표 변화 추이 (김광임 외)
- 2010-03 나노물질의 안전한 사용을 위한 환경·사회안전망 구축방안 연구 (홍용석)
- 2010-04 수문·식생 모사를 위한 지표모델의 동아시아 적용 타당성 분석 (김연주)

- 2010-05 어류의 물리서식처 적합도 지수 산정 방안 고찰 (강형식 외)
- 2010-06 북한의 탄소시장 잠재력 추정 연구 - 에너지부문을 중심으로 (강광규, 이우평)
- 2010-07 야간조명으로 인한 생태계 영향 평가 방안에 관한 연구 : 해외사례를 중심으로 (이상범)
- 2010-08 고령화 사회의 생활패턴 변화 및 환경이슈 조사 연구 (공성용)
- 2010-09 고온으로 인한 사망 누적효과 분석 방법론 연구 (하종식, 신용승)
- 2010-10 CMAQ을 적용한 환경영향평가서 작성에 대한 매뉴얼 (문난경)
- 2010-11 해안개발사업 환경평가 영향예측 결과에 근거한 해양동식물상 조사정점 선정방안 (맹준호, 조범준)
- 2010-12 산업단지 사업에서의 수질오염 영향범위 설정방안 (조한나, 송영일)
- 2010-13 개발사업 생태계훼손사고 대응 매뉴얼 구축 (박하늘, 전동준)
- 2010-14 지형 특성을 고려한 지형변화의 적정량 평가방안 (사공희, 정재현)
- 2010-15 소음지도를 활용한 소음평가 개선 방안 연구 : 택지개발사업을 중심으로 (선효성)
- 2010-16 CCS 관련 해외 환경관리 제도 및 연구동향 분석 (신경희)

기초연구

- 2009년** 2009-01 다목적댐 상류 폐광산 등 비점오염원 관리방안 (최지용 외)
- 2009-02 도시지역 우수공급체계에 관한 고찰 (문유리 외)
- 2009-03 폐기물 재활용 규제 선진화 방안 - 포장 및 가전폐기물을 중심으로 (김광임)
- 2009-04 유해물질 관리를 위한 SFA(물질흐름분석) 방법론 적용 연구 (주현수)
- 2009-05 녹색정화(Green Remediation) 최적관리기법 도입을 위한 기초연구 (황상일, 조한나)
- 2009-06 물환경 기준의 통합적 관리방안에 관한 연구 (한대호, 최지용)
- 2009-07 기후변화가 생태계에 미치는 영향 고찰 - 습지식물상을 중심으로 (권영한, 최홍근)
- 2009-08 도시지역의 기후변화 적응을 위한 열섬효과 완화방안 연구 (명수정)
- 2009-09 4대강 관련 법률 및 제도의 현황분석과 효율적 개선방안 (김태형 외)
- 2009-10 지역단위 하수재이용 활성화를 위한 기초연구 (조을생)
- 2009-11 기후변화 관련 환경보건 통합 데이터베이스 구축 (김성렬)
- 2009-12 환경책임과 환경피해보험제도의 제도화방안에 관한 기초 연구 (한상운)
- 2009-13 실시간 수질 모니터링 및 모델링 체계에 관한 고찰 (정유진)
- 2009-14 수질보전을 위한 새만금호 배수갑문 운영 대안에 관한 연구 (이진희)
- 2009-15 식물생태계가 대기 중 오존농도에 미치는 영향 - 기후변화와 관련하여 (심창섭)
- 2009-16 풍력발전시설에서 발생하는 환경소음 및 저주파음의 영향 (박영민, 정태량)
- 2009-17 신도시의 물순환 건전화를 위한 그린인프라 조성 기준에 대한 연구 (장수환)
- 2009-18 저탄소 생태관광지표 개발 및 평가 (배민기, 박창석)
- 2009-19 기후변화에 따른 연안역의 해역-육역 통합 범람 예측 방안에 관한 기초 연구 - 해석 모형 비교·분석을 중심으로 (김경준 외)
- 2009-20 기업 환경보호지출과 오염배출량의 상관관계 분석 - 대기분야를 중심으로 (하종식 외)

기후환경정책연구

- 2013년 2013-01 중장기 환경전망 연구 (강성원)
2013-02 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정(Ⅳ) (안소은)
2013-03 유기성 폐자원의 효율적 에너지화를 위한 관리체계 구축 방안 연구 (한상운)
2013-04 기후환경 취약계층의 환경복지 정책연구(Ⅰ) (박정규)
2013-05 온실가스감축정책현황 및 개선방안 연구(Ⅰ) - 감축목표달성을 위한 비용효과적 정책혼합 (강희찬)
2013-06 화석연료 대체에너지원의 환경경제성 평가(Ⅰ) (이창훈 외)
2013-07 기후변화에 대응하기 위한 생태계 환경안보 강화 방안(Ⅰ) (이수재)
2013-08 국토환경관리정책 변화와 개발제한구역의 지속가능한 관리 방안 (전성우)
2013-09 국가 물안보 체계 구축을 위한 중장기 정책방안 연구 (강형식)

녹색성장정책연구

- 2012년 2012-01 중장기 환경전망 및 대응전략(Ⅰ) (강성원 외)
2012-02 보호지역의 지속가능한 이용 및 관리 - 지역의 생태·경제·사회적 특이성을 기반으로 한 접근 (박용하 외)
2012-03 산업계 유기성폐기물의 자원화 촉진방안 연구 (신상철 외)
2012-04 도서지역 친환경 관광계획 수립방안에 관한 연구 (이상범 외)
2012-05 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구(Ⅳ) (이정석 외)
2012-06 주요국 온실가스 감축정책 동향 및 시사점 (김용건 외)
2012-07 지열에너지의 환경성 평가 및 환경친화적 이용 방안 (이희선 외)
2012-08 기후변화 대응 물안보 위기관리 정책 연구 (김호정 외)
2012-09 미래 성장동력 확보를 위한 상하수도 선진화 방안 (조을생 외)
- 2011년 2011-01 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 Ⅲ (안소은 외)
2011-02 국토자연자원의 현명한 이용전략 수립 Ⅲ (박창석 외)
2011-03 공간환경계획에 기반한 광역계획의 전략환경평가 방안 (최희선 외)
2011-04 고통사회 진입에 따른 환경문제 및 정책과제 (이정석, 손원익)
2011-05 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 Ⅲ (이정석 외)
2011-06 한중·일 탄소시장 연계의 파급효과 분석 (김용건, 공현숙)
2011-07 탄소세 도입 및 에너지세제 개편방안 연구 (강만옥 외)
2011-08 해양에너지의 환경성 평가 및 환경친화적 국토이용방안 (이희선 외)
2011-09 물관리 취약성과 물안보 전략 Ⅲ (김익재 외)
2011-10 물자원의 가치 변화와 물산업 선진화 전략 (문현주)
2011-11 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 Ⅲ: 극한홍수 대응책을 중심으로 (강형식 외)

2011-12 기후변화 대응을 위한 수자원 네트워크 구축방안 연구 II (이진희 외)

2011-13 기후변화 대응을 위한 수질제어 및 관리방안 II (안종호 외)

2010년 2010-01 녹색성장 촉진을 위한 환경규제 선진화 방안 (김종호 외)

2010-02 녹색성장 평가를 위한 지표체계 개발 및 활용방안 연구 (김종호 외)

2010-03 환경정보체계에 기반한 공간환경계획 수립 가이드라인 마련 II (최희선 외)

2010-04 연접개발에 대한 사전환경성검토 개선 방안 (선효성 외)

2010-05 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 II (안소은 외)

2010-06 국토자연자원의 현명한 이용전략 수립 II (박창석 외)

2010-07 환경문제를 둘러싼 지역갈등 해소 및 거버넌스 강화 방안 (이정석 외)

2010-08 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 II (박시원 외)

2010-09 국제 탄소시장 동향 및 전망 (이윤, 손원익)

2010-10 국내 에너지 시장구조를 고려한 온실가스 배출권 거래제 설계 방안-발전부문 참여방안을 중심으로 (신상철 외)

2010-11 기후변화 대응을 위한 탄소세 도입방안 (신상철 외)

2010-12 재생에너지의 환경성 평가 및 활성화 방안 - 폐자원을 중심으로 (이희선 외)

2010-13 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구(III) (명수정 외)

2010-14 물관리 취약성과 물안보 전략 II (김익재 외)

2010-15 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 II : 연안역 범람평가 및 대응방향 (조광우 외)

2010-16 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 II (강형식 외)

2010-17 기후변화 대응을 위한 수자원 네트워크 구축 방안 I (이진희 외)

2010-18 기후변화 연동 4대강 유역 지하수 함양량 예측 및 이용 가능량 산정 II (이정호 외)

2010-19 기후변화 대응을 위한 수질 제어 및 관리방안 I (안종호 외)

2009년 2009-01 국내 대기오염규제의 온실가스 저감효과 제고방안 (김호석 외)

2009-02 환경정보와 가이드라인 제공에 의한 자율적 환경평가 지원 (이영준 외)

2009-03 환경정보체계에 기반한 공간환경계획 수립 가이드라인 마련 (최희선 외)

2009-04 환경평가 절차 효율화를 위한 스크리닝의 단계별 도입방안 (신경희 외)

2009-05 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 I (안소은 외)

2009-06 국토자연자원의 현명한 이용전략 수립 I (박창석 외)

2009-07 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 I (김용건 외)

2009-08 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 연구 - 수송 및 건물부문 (강만옥 외)

2009-09 재생에너지의 환경성 평가 및 환경친화적 개발 I - 태양광 및 풍력에너지를 중심으로 (이희선 외)

2009-10 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I (명수정 외)

2009-11 물관리 취약성과 물안보 전략 I (안종호 외)

2009-12 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 I - 해안침식 영향평가

(조광우 외)

2009-13 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 연구 (정주철 외)

2009-14 기후변화 연동 4대강 유역 지하수 함양 및 이용가능량 산정 기법 개발 I (이정호 외)

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지(www.kei.re.kr)에서 보실 수 있습니다.