

# 농업용 호소 수질현황과 개선계획



김 호 일  
한국농어촌공사 수질환경팀장  
bnrkhi@ekr.or.kr

## 1. 머리말

우리나라는 국토의 70%정도가 급경사의 산지로 이루어져 있고, 강수가 여름철에 집중될 뿐만 아니라 좁은 국토면적에 비해 많은 인구로 인해 국제인구행동연구소(PAI)가 분류한 물부족국가에 속한다. 우리나라의 국민 1인당 가용 수자원량은 북한이나 이란, 이라크 보다도 적은 1,453m<sup>3</sup>로 세계 153개 국가 중 최하위급인 129위이나 다행히도 그동안 지속적인 댐, 저수지와 같은 수자원 개발과 관리노력으로 물이용에 큰 어려움을 겪지 않아 왔으며, 영국 생태환경 및 수문학센터에서 발표한 물빈곤지수(WPI)<sup>1)</sup>는 143개 국가 중 43위에 올라 있다.

우리나라 연간 수자원 총량 1,240억m<sup>3</sup> 중 총 이용량은 337억m<sup>3</sup>이며, 잘 알려진 대로 이 중 절반 가까운 160억m<sup>3</sup>을 농업용수로 사용하고 있을 만큼 농업용수는 국가 수자원관리에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 2008

년 말을 기준으로 해서 우리나라의 농업용수를 공급하기 위한 수리시설은 저수지 17,611개소, 양배수장 7,336개소, 보 18,127개소 등 총 68,688개소이며, 수리답면적을 기준으로 저수지에서 56%, 양배수장에서 24%, 기타 보나 관정에서 20%의 농업용수를 공급하고 있다.

농업용수 공급의 중추적인 역할을 담당하고 있는 저수지의 경우 정체수역으로서 상류로부터 유입되는 각종 오염물질과 토사의 집합장소인 동시에 우리나라 저수지 유입하천의 높은 질소, 인 농도 특성으로 인해 부영양화에 따른 수질오염 가능성이 매우 높은 시설이다. 특히 우리나라 농업용 저수지의 50% 이상이 1945년 이전에 준공(60년 이상 경과)되었으며 1987년 이후에 준공(20년 이하 경과)된 시설은 불과 3% 정도에 불과할 정도로 오래된 시설이 많고, 경기 충남 등 서부지역에 위치한 저수지는 낮은 수심으로 인해 수질악화가 우려되는 실정이다.

1) 물빈곤지수(WPI, The Water Poverty Index) : 1인당 가용수자원량(Resource), 수자원접근율(Access), 사회경제요소(Capacity), 물이용량(Use) 및 환경(Environment)등을 종합적으로 고려하여 물부족이 인구에 미치는 영향을 평가하기 위한 지표

표.1 2009 농업용수 수질측정망 현황

(단위 : 개소)

구분	계	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
계	826	3	7	13	1	2	7	58	53	73	107	98	173	144	87
농업용수 측정망	800	3	7	13	1	2	7	52	53	73	101	94	165	143	86
호 소 측정망	26	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6	4	8	1	1

수질현황조사는 1978년 “하천수계 및 하구담수호 수질현황조사”를 시작으로 농림수산식품부에서 1990년에 저수지를 중심으로 한 농업용수 수질측정망을 운영하여 정기적인 수질조사를 실시하면서 본격화되었고, 점진적으로 대상 시설과 조사빈도, 조사항목을 확대하여 왔다. 2009년에는 800개 저수지·담수호에 대한 연 4회 조사를 실시하였으며, 환경부에서 운영하는 호소수질측정망에 포함된 26개 농업용 호소를 포함하여 826개 농업용 호소의 수질과 오염원인을 정기적으로 조사하였다. 수질측정망조사결과를 기초로 호소별 수질관리대책을 수립하여 관리하면서 지속적으로 수질오염이 진행되는 저수지에 대해서는 수질개선을 추진하고 있다.

이 외에도 17,600여개 저수지에 대해 2년마다 개략적인 수질조사를 실시하고 있고, 한국농어촌공사 자체적으로도 공사관리 저수지에 대한 정기적인 수질조사를 하고 있다.

본고에서는 이들 수질조사결과를 바탕으로 농업용 호소의 수질현황과 수질개선사업 등 관련 오염대책에 대해 살펴본다.

## 2. 수질현황

농업용 호소는 앞으로 환경, 생태, 하천기능 유지를 고려한 환경용수 공급뿐만 아니라 저수지 주변지역 개발에 따른 관광용수 등을 포함하는 방향으로 그 기능이

확대될 것으로 예상되지만 현재로는 주로 작물재배 목적의 농업용수 공급을 주 기능으로 하고 있다. 따라서 이에 맞는 수질기준이 설정되어 있어야 하겠지만 현재 우리나라에는 환경정책기본법에서 규정하고 있는 “수질 및 수생태계환경기준 IV등급”을 농업용수 수질관리 목표로 설정하고 있을 뿐이며 작물생육과 관련하여 규정된 수질기준은 없고 이와 관련된 연구도 매우 미흡한 실정이다.

### (1) 사람의 건강보호 기준(하천, 호소 공통)

표 2. 수질 및 수생태계 환경기준(호소)

항 목	기준값(mg/L)
카드뮴(Cd)	0.005 이하
비소(As)	0.05 이하
시안(CN)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.01)
수은(Hg)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.001)
유기인	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005)
폴리클로리네이티드비페닐(PCB)	검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005)
납(Pb)	0.05 이하
6가크롬(Cr <sup>6+</sup> )	0.05 이하
음이온계면활성제(SBS)	0.5 이하
사염화탄소	0.004 이하
1,2-디클로로에탄	0.03 이하
테트라클로로에틸렌(PCE)	0.04 이하
디클로로메탄	0.02 이하
벤젠	0.01 이하
클로로포름	0.08 이하
디에틸헥실프탈레이트(DEHP)	0.008 이하
안티몬	0.02 이하

(2) 생활환경 기준

등급		상태 (캐릭터)	기 준								
			수소이온 농도 (pH) (mg/L)	화 학 적 산소요구량 (COD) (mg/L)	부유물질량 (SS) (mg/L)	용 존 산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로로필a (Chl-a) (mg/m <sup>3</sup> )	대장균군 (군수/100mL)	
										총 대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	2 이하	1 이하	7.5 이상	0.01이하	0.2 이하	5 이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5~8.5	3 이하	5 이하	5.0 이상	0.02 이하	0.3 이하	9 이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5	4 이하	5 이하	5.0 이상	0.03 이하	0.4 이하	14 이하	1,000 이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5	5 이하	15 이하	5.0 이상	0.05 이하	0.6 이하	20 이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 이하	15 이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하	-	-
나쁨	V		6.0~8.5	10 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	2.0 이상	0.15 이하	1.5 이하	70 이하	-	-
매우 나쁨	VI		-	10 초과	-	2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70 초과		

※ 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.

※ 등급별 수질 및 수생태계 상태

마. 약간 나쁨: 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.

이는 우리나라의 수질지수가 세계 122개 국가 중 8위에 해당될 만큼 수질상태가 양호하고 농업용수원의 수질오염과 관련한 작물생육피해가 발생할 만큼 크게 문제되지 않았기 때문이 아닌가 한다. 참고적으로 한국농어촌공사에서 2002년부터 2004년까지 3년간 연구한 “수질오염이 벼생육에 미치는 영향연구” 결과를 보면 벼의 경우 COD 25mg/L, T-N 4mg/L, T-P 9mg/L 미만에서는 쌀 수확량과 품질에 별 영향이 없다는 것을 알 수 있다. 우리나라의 일반하천이나 저수지의 경우 이 정도의 수질은 오염도가 매우 높은 상태로서 일부 담수호의 T-N을 제외하고는 거의 모든 농업 용수원이 이 보다 양호한 수질상태를 보이고 있다. 그러나 농업용 호소의 수질은 이러한 작물생육뿐만 아니라 호소와 연결된 하천과 호소주변지역, 수생태계에 미치는 영향, 그리고

영농환경에 미치는 영향을 종합적으로 고려하여 결정되어야 타당하다. 이런 관점에서 보면 현재 농업용 호소 수질관리 목표기준으로 적용되고 있는 “수질 및 수생태계환경기준 IV등급”은 적절하다고 판단된다.

농업용 호소에 대한 수질현황과 변화추이는 매년 정기적으로 조사하고 있는 수질측정망조사결과를 활용하여 판단하는 것이 일반적이다. 물론 수질측정망 구성 시 일부 수질오염도가 높은 호소위주로 선정된 경우도 있어 농업용수 수질측정망조사 결과가 전국농업용 호소의 평균 수질을 나타낸다고 할 수는 없지만 우리나라의 대표적인 농업용 호소가 총 망라되어 있고 저수량이 전체 저수량의 70%이상으로 많아 수량적인 측면에서는 어느 정도 대표성이 있다고 할 수 있다. 전국 17,600여개 농업용 호소의 수질을 일제히 조사하는 수질실태일제조사

의 경우 2년마다 조사할 뿐만 아니라 일부 호소에 대해서만 수질정밀분석을 실시하는 관계로 전반적인 수질현황과 변화추이를 파악하는데 어려움이 있다. 수질측정망조사의 주요내용은 수질조사와 오염원조사로서 수질은 COD, T-N, T-P, Chl-a, 중금속 등 16개 항목을 연 4회 조사하며, 오염원조사는 오염원별 오염원수, 오염부하량, 오염원의 위치를 파악한다.

근래의 수질일제조사와 수질측정망조사 결과를 고려할 때 전체 농업용 호소의 약 5%내외의 저수지가 농업용수 수질환경기준을 초과하는 것으로 추정하고 있다. 가장 최근에 조사한 2009년 농업용 호소에 대한 수질측정망조사결과에 의하면 측정망 대상 826개 호소 중 165개 호소(20%)가 농업용수 수질환경기준(IV등급, COD8mg/L이하)을 초과하는 것으로 조사되어 2008년에 비해 수질이 약간 개선된 것으로 나타났다. 유호저수량을 기준으로 저수지·담수호 총저수량의 15%정도가 농업용수 수질환경기준을 초과하는 것으로 조사되었으며 수질측정망 호소의 평균 COD는 6.3mg/L로 나타났다.

연도별 수질변화추이를 살펴보면 90년대 중반까지 수질환경기준 초과율이 30~50%를 상회할 정도로 최악

의 상태를 보였고, 이후 지속적으로 개선추이를 보이다가 2007년부터 다시 수질오염도가 증가추이를 보이고 있으며, 연평균 COD변화도 이와 유사한 경향으로 나타나고 있다.

2007년 이후의 수질오염도 증가는 다양한 원인이 있겠지만 이 기간의 극심한 가뭄과 국지성 호우 등 기상여건에 의한 영향이 가장 큰 것으로 판단된다.

호소 설치연대별로 수질상태를 살펴보면 유역에 분포하는 오염원에 의한 영향보다는 설치가 오래된 호소일수록 오염도가 높게 나타났다. 해방이전, 즉 설치된 지 65년 이상된 호소의 수질기준초과율은 44.7%로서 80년대 이후에 설치된 호소의 약 5배정도이며, COD농도도 약 1.5배 높게 조사되었다. 이는 오염물질의 호소 내 장기퇴적에 따른 내부생산성 증가 때문이라고 판단된다.

지역별로는 충남지역의 오염도와 수질기준 초과율이 가장 높고 다음으로 경북지역과 경기지역이 높으며 강원지역은 농업용수 수질환경기준을 초과하는 호소가 전혀 없는 것으로 조사되었다. 경기도와 충남지역은 지역개발이 활발하고 도시화가 많이 진행되었을 뿐만 아니라 지형적으로도 평탄하여 호소의 수심이 대체로 낮은

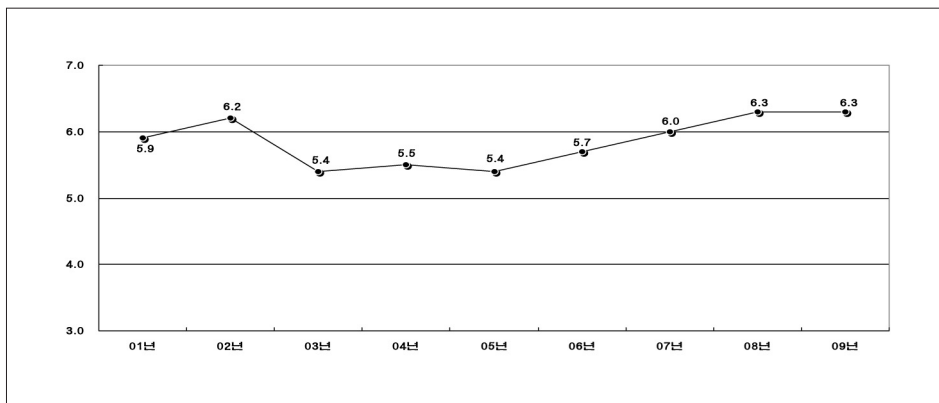


그림 1. 농업용수 수질측정망 평균 COD 변화

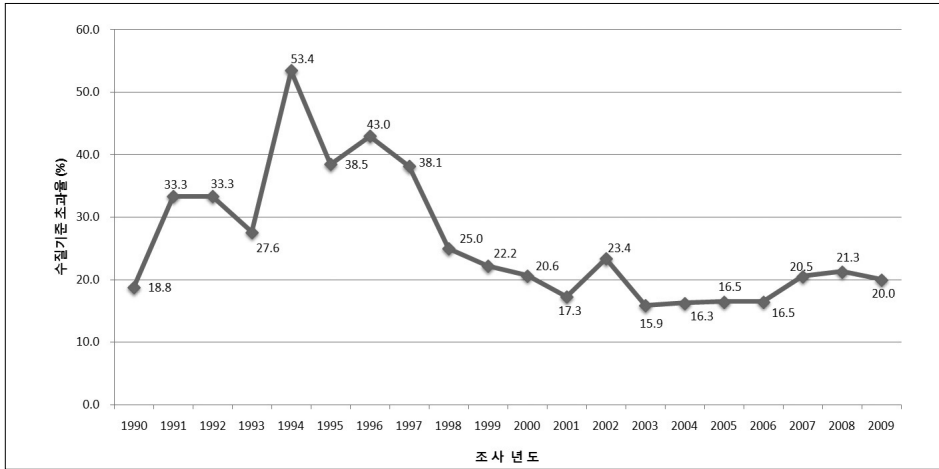


그림 2. 농업용수 수질측정망 연도별 수질기준 초과율

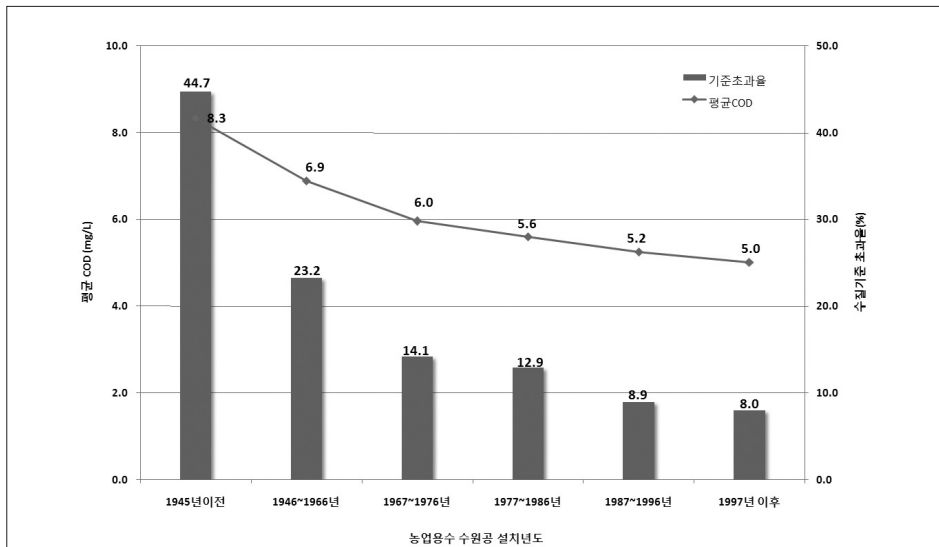


그림 3. 저수지 설치연대별 수질변화

특성으로 생각된다.

그리고 경북지역은 예년에 비해 두배 가까운 기준초과율을 보였는데 이는 극심한 가뭄에 따른 수량부족과 내부생산성 증가가 원인으로 판단된다. 강원지역의 경우 오염원이 적을 뿐만 아니라 수량이 풍부하고 호소의 수

심이 대체로 깊어 오염원의 영향이 상대적으로 적은 관계로 수질이 양호하나 일부 산간지에 위치한 호소에서는 울창한 산림시대로부터 대량으로 유입된 낙엽, 부엽토의 호소 내 퇴적량이 많아 이에 대한 관리여부에 따라서는 향후 수질이 악화될 가능성이 큰 것으로 생각된다.

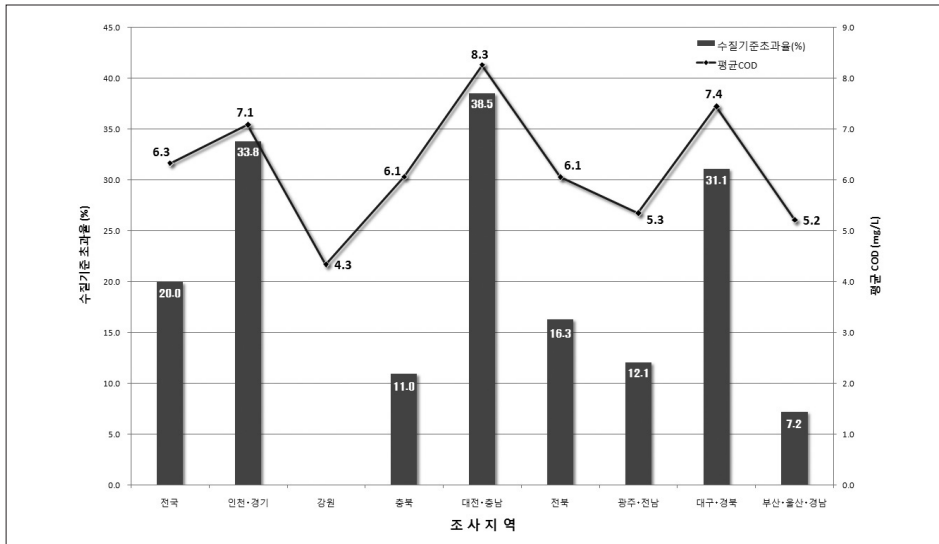


그림 4. '09 농업용수 수질측정망 지역별 수질현황



그림 5. 저수지 낙엽·부엽토 퇴적사례

호소의 부영양화와 관련되는 질소(T-N)와 인(T-P), 그리고 클로로필a(Chl-a)의 '09년 평균농도는 T-N이 1.16mg/L, T-P가 0.037mg/L, Chl-a는 14.2mg/m<sup>3</sup>로서 높은 편이며, 이들의 연도별 변화추이를 살펴보면 질소와 인은 2004년부터 감소경향이나 조류 발생지표인 Chl-a는 2005년을 기점으로 하여 증가 추세를 보인다.

상류 오염부하량을 기준으로 하여 호소별 오염원인을

분석해 보면 수질측정망 호소826개소의 주요오염원은 비점오염원인 토지유출수가 전체의 절반 가까운 388개소로 가장 많고 생활계가 28%인 231개소, 축산계가 24.7%, 그리고 양식계와 산업계가 3개소로 나타났다. 이 조사결과는 수질이 양호한 호소를 포함한 것이며, 어느 정도 오염이 진행된 호소, 즉 농업용수 수질환경기준을 초과하는 저수지·담수호 165개소를 대상으로 주요

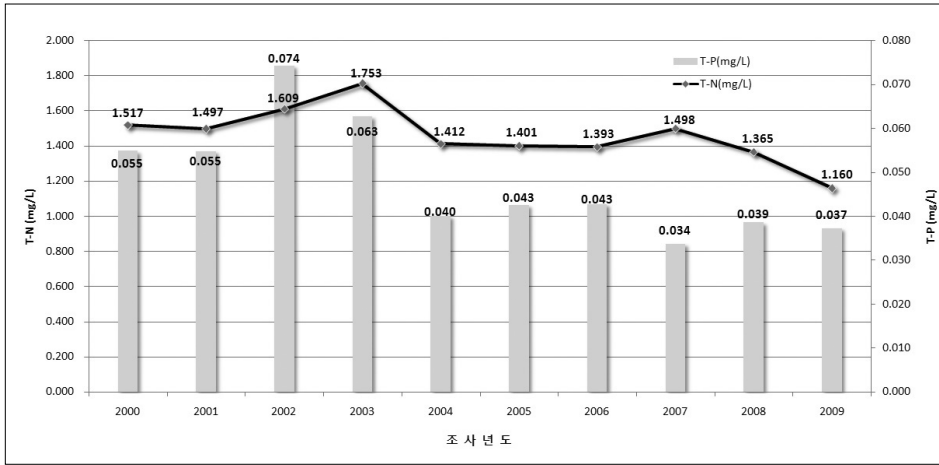


그림 6. 연도별 총질소·총인 변화

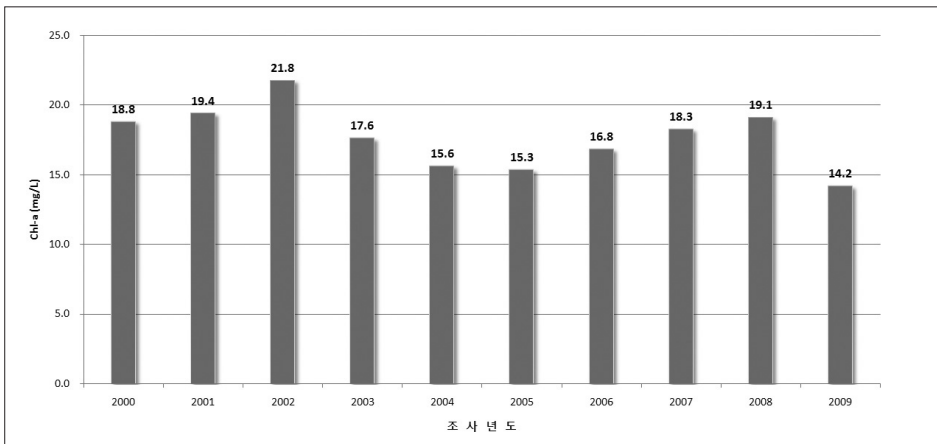


그림 7. 연도별 Chl-a 농도 변화

염원을 분석해 보면 생활계가 44.9%인 74개소이고 축산계가 40.6%인 67개소, 그리고 토지계가 14.5%인 24개소로서 생활계와 축산계 오염원에 의해 수질오염이 지배적이라고 할 수 있다.

그러나 연도별 주요염원 변화추이를 살펴보면 <그림-9>에서 알 수 있듯이 비점오염원의 영향이 점차 증가하고 있음을 알 수 있다. 2005년까지는 수질기준초과 저수지·담수호 중 비점오염원이 주요염원인 호소가 1개소

도 없었던 것이 점차 증가하여 2009년에는 24개소(14.5%)나 되고 있다. 따라서 농업용 호소 수질관리도 이러한 오염경향을 고려하여 대책을 수립해야 할 것이다.

### 3. 수질개선대책

앞에서 살펴보았듯이 농업용수 이용에서 가장 큰 비중을 차지하는 수도작 재배와 관련해서는 거의 모든 농

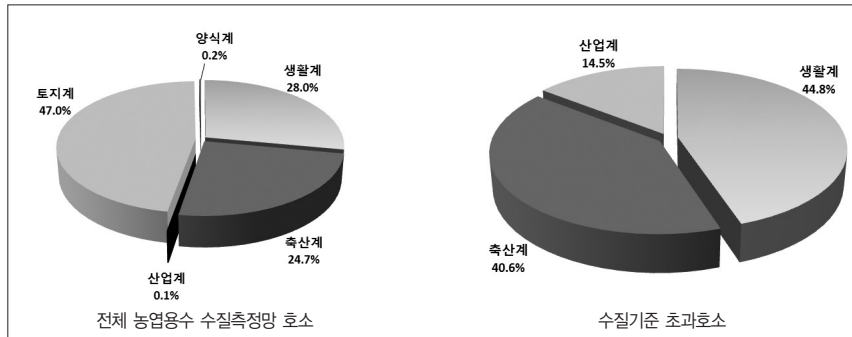


그림 8. 2009년 주요염원 현황

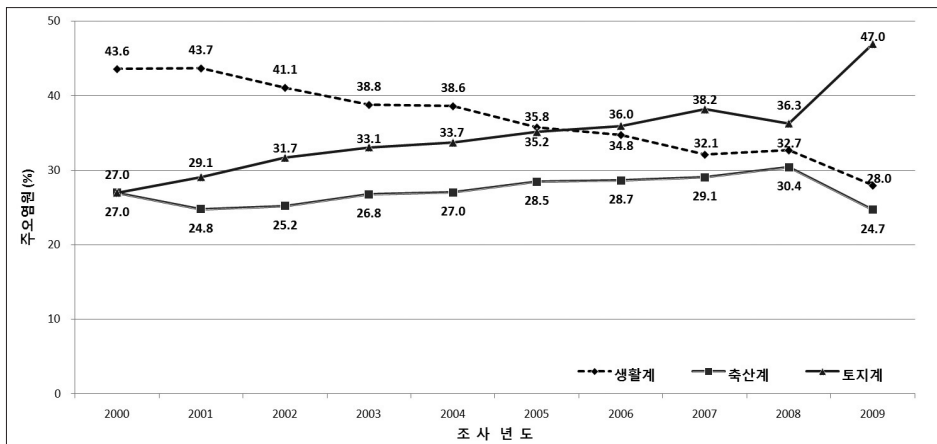


그림 9. 연도별 주요염원 변화

업용 호소에서 이용에 문제가 없는 상태이다. 그러나 발  
용수 이용이나 사람의 영농환경, 호소생태계, 그리고 하  
류수계의 구간별 수질관리기준과 관련해서는 일부 농업  
용 호소가 부적절한 수질상태를 보이고 있다. 시가나 지  
역에 따라 차이는 있지만 일반적으로 “수질 및 수생태계  
환경기준Ⅳ등급” 또는 이를 초과하면 수질이 나쁘다고  
느끼기 시작한다. 농림수산물부에서는 농업용수 수질  
실태일제조사 시 2000년부터 Ⅳ등급을 초과하면 “약간  
나쁨” 수준으로 분류하고 있으며, 수질환경기준에서는  
Ⅳ등급을 “약간나쁨”으로 분류하고 있다. 따라서 농식  
품부에서는 이런 점들을 감안하여 환경정책기본법에서

규정하고 있는 농업용 호소에 대한 “수질 및 수생태계환  
경기준Ⅳ등급”을 농업용 호소 수질관리 목표기준으로  
설정하고 있으며 이 목표기준을 초과하는 호소에 대해  
서는 수질개선대책을 추진하고 있다. 수질은 오염원수  
변화나 오염물질 관리상태, 기온, 일조, 강우사상과 같  
은 기후조건 등 매우 다양한 요인에 의해 변화가 심하므  
로 수질기준을 초과하는 모든 호소에 대하여 동일한 방  
법으로 수질개선대책을 추진하기에는 기술적인 한계,  
국가예산집행의 비효율성 등 어려운 부분이 많다. 따라  
서 현재 정부의 수질개선대책은 크게 두가지 방향에서  
이루어지고 있다.



수질기준 초과현상이 일시적이거나 간헐적인 호소에 대해서는 수질중점관리시설로 지정하여 수질오염감시, 지도·단속, 교육·홍보, 환경정화활동, 주민들로 구성된 수질관리협의회 운영과 같은 수질보전관리활동을 집중 실시토록 하고, 필요 시 상류오염물질처리를 위한 환경기초시설이 설치되도록 함으로써 추가적인 수질오염을 방지하고 더 나아가 수질기준이하로 수질이 개선되도록 추진하고 있다. 중점관리시설은 2000년부터 농식품부 자체적으로 추진해오다가 2009년 중점관리부처 농식품부, 환경부, 한국농어촌공사, 환경관리공단 관계자와 민간전문가로 구성된 “농업용 호소 수질관리 협의회”의 의결을 거쳐 지정하고, 지정 시 2년간 집중적으로 관리하도록 하고 있으며, 관리대상을 점진적으로 확대하고 있다. 그동안 수질기준 초과시설에 대한 중점관리 결과, 중점관리시설이 비록 수질개선도는 미미하지만 타 시설보다 수질개선도가 양호하거나 오염증가도가 적은 것으로 분석되었다. 호소나 하천의 수질은 상류 오염원에 영향을 크게 받으므로 수질을 깨끗이 관리하기 위해서는 상류 오염원의 철저한 관리와 오염물질 처리가 선행되어야 하며 유역에 거주하는 주민들의 의식전환이 그 무엇보다 중요한 문제라고 할 수 있다. 이러한 점에서 중점관리는 유용한 수질관리수단이 될 수 있다.

그리고 중장기적으로 지속해서 수질기준을 초과하는 호소, 즉 사전오염예방노력과 중점관리로 수질개선이 어려운 호소에 대해서는 근본적이고 장기적인 차원에서 수질개선사업을 실시하고 있다. 이와 관련하여 추진되고 있는 농업용수 수질개선사업은 호소 유입부나 호소 내에 수질정화시설을 고정적으로 설치하여 오염물질을 정화함으로써 수질이 개선되도록 하는 대책이다. 이와 관련하여 국내 기술은 다양하고 많은 기술이 개발되거나 또는 외국으로부터 도입되고 있으나 대부분이 현장

적용성이 낮거나 적용성에 대한 검토가 되지 않은 것이 많고 사업계획 수립에 필요한 정화효율이나 설계기준 등이 정립되어 있지 않을 뿐만 아니라 유지관리에 많은 비용이 소요되는 등 활용적인 측면에서 어려움이 많은 실정이다.

농업용 호소는 대부분이 COD 15mg/L이하로 수질오염도가 낮고 규모에 비해 수량이 많다. 따라서 일반적인 오폐수처리기술로는 수질개선에 어려움이 많고 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라 시설운영관리에 전문성을 갖춘 인력이 필요하는 등 제약사항이 많을 것으로 판단된다. 그리고 우리나라의 하천은 하상계수가 커서 계절별 유량의 차이가 크다. 특히 규모가 작고 유역이 좁은 농업용 호소의 경우 유입하천의 시기별 유량차가 매우 큰 특성을 가지고 있어 일반적인 오폐수처리시설 설치를 통한 유입하천수의 수질을 개선코자 할 경우, 시기에 따라서는 유량부족으로 인한 시설 운영자체가 어려울 수도 있다. 이러한 점을 감안하여 현재 농업용 호소에 대한 수질개선사업은 식물, 미생물, 토양 등의 오염물질 분해·흡수, 침전, 흡착기능을 위주로 하는 자연정화방식을 채택하고 있다. 이러한 시설들은 대체로 농촌에 위치한 농업용 호소의 수변공간이나 농촌경관 조성에 도움이 될 수 있고, 생태적으로도 유용하며 하수처리나 폐수처리시설처럼 시설 유지관리에 전문적인 지식이 요구되지 않는 장점이 있다. 물론 시설 운영과정에서 경우에 따라서는 정화효율 저하 등의 문제가 있을 수는 있겠지만 이는 시설배치, 설계개선, 시설관리 등을 통해 해결이 가능할 것으로 판단한다.

농업용수 수질개선사업은 1998년에 24개 농업용 호소에 대한 수질개선사업 추진계획을 수립함으로써 시작되었다. 수질개선사업은 1997년부터 시작된 마산저수지(충남 아산)수질개선시험사업지구의 자연정

화시설연구결과를 사업계획수립에 활용하였다. 1999년에 4개 농업용 저수지에 대한 기본계획을 수립하고 이 중 감둔저수지(전남 무안) 1개소에 대한 시범사업계획을 2000년에 수립하여 2001년부터 2003년까지 3년간 시설설치를 완료하고, 2004년부터 2006년까지 3년간 수질모니터링 등을 통해 사업효과를 평가하였다.

수질개선사업 시범지구로 실시한 전남 무안군 소재의 감둔저수지는 저수량 1,667천m<sup>3</sup>, 수혜면적 287ha 규모의 저수지로 이 지역의 중요한 농업용수 공급원이다. 수질개선사업을 시행하기 전에는 상류유역에서 유입되는 생활하수, 축산폐수, 비점오염원 등의 영향으로 COD, T-N, T-P가 농업용수 수질기준을 1.5~3배나 초과하는 Ⅵ등급(매우나쁨)의 수질이었다. 감둔저수지의 수질을 개선하기 위해서 자연형 하천정비 1개소(500m), 인공습지 2개소(5.2ha), 오염물질침강지 2개소(133천m<sup>3</sup>),

폭기분수 1개소 등의 수질정화시설을 설치하였다. 그 결과 감둔저수지의 수질은 오염원의 증가에도 불구하고 T-P는 2005년에, COD는 2009년에 목표수질인 0.1mg/L와 8mg/L를 달성하였다.

이러한 시범사업의 효과에 따라 본격적인 수질개선사업을 추진키로 하고 2006년부터 2007년까지 농식품부, 환경부, 한국농어촌공사, 환경관리공단 공동으로 TF를 구성하여 수질개선대상 농업용 호소에 대한 공동조사를 실시하고 당초 수질개선 대상지 24개소보다 확대된 69개 저수지와 담수호에 대한 수질개선사업 중장기추진계획을 수립하였다. 이 계획은 상류대책과 호내대책을 연계하여 추진토록 함으로써 사업의 효율성을 높이도록 하였다. 또한 “농업용 호소 수질관리지침”을 제정하여 정부 훈령으로 시달하고, “농업용 호소수질관리협의회”를 구성하여 수질개선을 위한 관련기관간의 협조체계를 구축하였다.

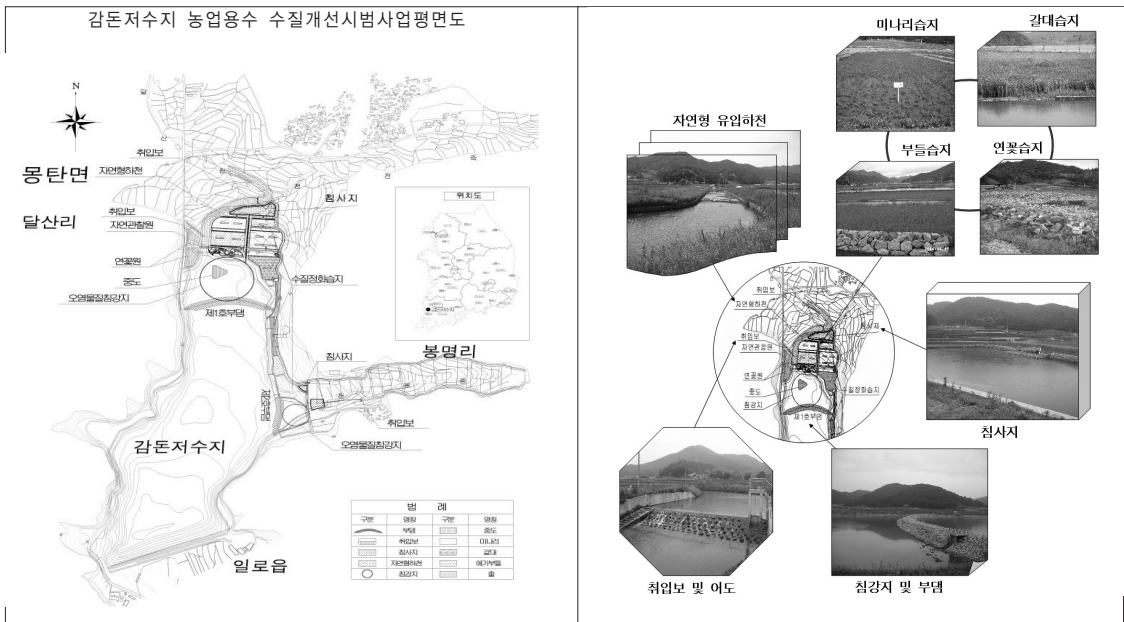


그림 10. 감둔지구 수질개선시범사업 평면도

〈감돈저수지 수질개선 효과〉

〈유입하천 수질변화추이〉

(단위 : mg/L)

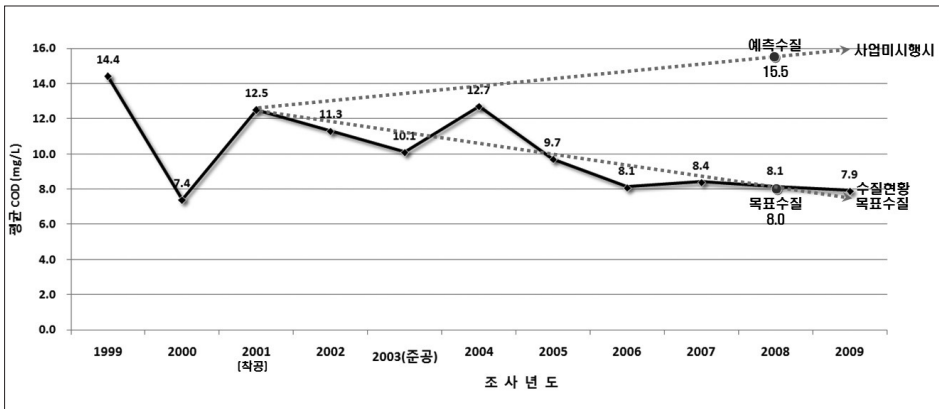
구분	'99	'03	'04	'05	'06
COD	3.7	3.3	8.2	5.3	7.9
T-N	5.29	5.85	5.08	6.28	7.00
T-P	0.13	0.12	0.26	0.15	0.27

〈사업시행 후 저수지 수질변화〉

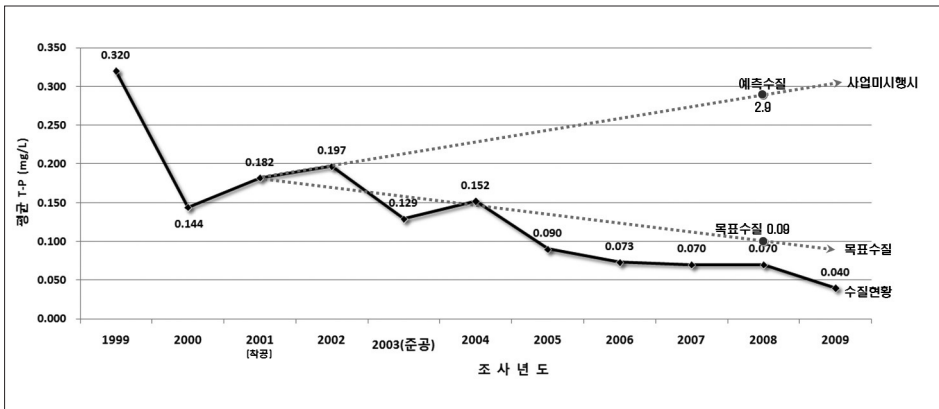
(단위 : mg/L)

구분	'08목표 수질	사업착공 ('01)	시행후							
			'02	'03(준공)	'04	'05	'06	'07	'08	'09
COD	8.0	12.5	11.3	10.1	12.7	9.7	8.1	8.4	8.1	7.9
T-N	-	3.08	2.58	2.42	1.81	1.42	1.98	1.97	1.82	1.33
T-P	0.1	0.182	0.197	0.129	0.152	0.090	0.073	0.07	0.07	0.04

〈COD 변화추이〉



〈T-P 변화추이〉



그 동안 농식품부와 한국농어촌공사에서는 농업용수 수질개선에 필요한 기술개발 및 실용화를 위해 충남 아산의 마산저수지와 당진 석문담수호 등에 연구시설을 마련하고 인공습지, 인공식물섬, 침강지, 접촉산화시설,

소규모 하수처리시설 등 여러 가지 수질개선시설에 대한 연구를 시행하였다.

마산저수지 수질개선시험사업은 1997년부터 2004년까지 농업용 저수지 수질개선에 필요한 시설 개발 및 실

용화 연구를 하였으며, 주로 다양한 형태의 소규모 인공 습지, 인공식물섬, 접촉산화수로, 침강지에 대한 수질정화효과 검증과 개선효율 제고방안에 대해 집중연구를 실시하였다.



그림 11. 마산저수지 수질개선 시험연구 평면도

석문담수호 시험조사연구는 간척담수호에 접한 간척지에 26ha의 대규모 연구단지를 조성하여 2002년부터 대형 간척담수호의 수질개선을 위한 장기연구를 해오고 있다. 자연적인 형태의 습지운영방안, 다양한 습지배열 및 구조에 따른 수질정화효과, 습지의 장기운영에 따른 정화효율 변화 및 개선방안, 휴경지의 수질정화효율조사 등 다양한 실험을 통해 대형 담수호의 수질개선대책 수립에 필요한 기술을 연구하고 있다.

이러한 연구개발과 수질개선 시범사업경험을 바탕으로 충남의 홍동저수지와 경북 개천저수지에 대한 수질개선사업을 2009년에 완공하였고, 현재 4개 저수지의 수질개선사업을 시공하고 있으며, 금년에도 4개 저수지에 대한 신규착공을 추진하고 있다. 농업용 저수지에 대한

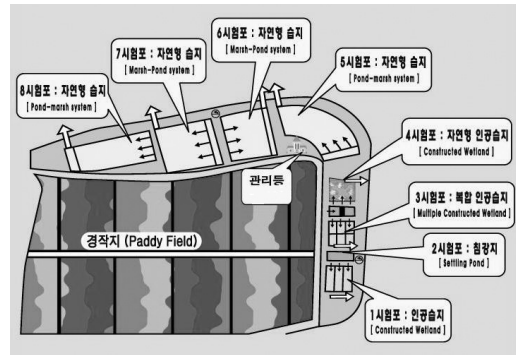


그림 12. 석문연구시험포 평면도

수질개선사업은 1단계로 2013년까지 53개 저수지에 대해 사업을 착수하고, 호소의 유역개발 등으로 여건변화가 있을 것으로 예상되는 16개 호소는 2014년 이후 2단계로 착수할 계획으로 추진하고 있으나 예산형편에 따라 어느 정도 변경이 있을 수 있다. 또한 대형 담수호에 대한 수질개선대책도 현재 간척사업이 진행 중인 지구위주로 추진되고 있다. 경기도의 화성호와 시화 탄도호에 대한 수질보전대책은 2006년에 시설설치공사를 시작하여 현재 활발히 진행되고 있다. 충남 홍성·보령지역에 위치하고 있는 홍성호는 담수호수질보전대책에 대한 세부설계를 완료하고 금년 착공을 목표로 추진하고 있으며, 보령호도 금년 중으로 세부설계를 완료할 계획이다.



그림 13. 시화 탄도화 수질보전대책 시공현장

이러한 농업용 호소 수질개선사업을 시행함에 있어 몇가지 문제점도 있다. 첫째는 호소의 입지여건상 일부 수질개선 대상 호소는 넓은 부지를 필요로 하는 현재 방식의 수질개선사업에 적합하지 않다는 것이다. 이러한 호

소는 필요부지를 매입 또는 새로 조성해야 하는 어려움이 예상된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 개선공법 및 시설이 개발되어야 할 것이다. 둘째는 수질개선시설들의 다양한 조건에서의 수질정화효율, 최적설치규격 및 운영조건 등 계획설계기준이 마련되어야 한다. 물론 한국농어촌공사에서 그동안 연구를 통해 “인공습지 설계관리요령” “수질개선조사설계매뉴얼” “수질개선공법 매뉴얼”을 개발하고 실용화를 추진해 왔지만 좀 더 많은 노력과 연구를 통해 시급히 정립되어야 한다. 셋째로 호소별 수질개선사업을 추진하여 목표 수질을 달성하는데 지나치게 오랜 기간이 소요되어 사업추진이 지지부진하고 수질개선으로 인한 사업효과가 과소평가될 우려가 있다. 현재 호소별 사업계획 수립(조사설계)에 2년 이상, 시설설치 3년, 시설설치 후 목표수질 달성에 5년 총 10년 정도가 소요되므로 이러한 단계별 소요기간을 최소화하기 위한 노력이 필요하다.

이외에 한국농어촌공사에서 금년도에 처음으로 호소의 부영양화대책을 시행하는 것을 적극적으로 검토하고 있다. 우리나라 농업용 저수지와 같이 규모가 대체로 작은 호소의 유입하천 수질은 유기물(COD) 농도는 높지 않으나 질소(T-N)와 인(T-P) 농도는 높은 편이다. 반면에 호소는 유입수에 비해 유기물(COD) 농도는 증가하고 질소와 인은 감소하는 경향을 보이고 있다. 그리고 계절별 수질(COD, Chl-a) 변화폭이 크며 특히 하절기를 중심으로 수온상승 시기에 수질악화현상이 뚜렷하고 이로 인한 일시적으로 호소수질오염이 심화되는 것으로 판단된다. 따라서 오염도 증가 또는 조류 발생증가시기에 맞춰 맞춤형 단기대책을 시행함으로써 수질악화를 방지하고, 개선효과가 좋을 경우 반복 시행 등을 통한 깨끗한 수질관리가 가능하도록 할 목적으로 부영양화대책을 추진하고 있다.

#### 4. 맺는 말

생활수준의 향상, 도시화 및 산업발달 그리고 개발확대에 따른 오염물질의 증가로 수질관리여건은 점점 악화되고 있고, 이로 인한 수질오염 역시 심화되고 있다.

그리고 지구 온난화에 따른 기후변화, 기온상승, 강수량 및 강우강도 증가, 국지성 호우, 시기별·지역별 강우편중과 같은 현상들은 조류 발생 증가, 토사침식 증가에 따른 비점오염원의 영향 증대, 갈수기 수량 감소 등을 초래함으로써 하천과 호소의 수질관리에 불리하게 작용하게 될 것으로 판단된다. 우리나라 물 수급전망에 따르면 2020년에 지역적으로 9억톤 정도의 물이 부족할 것으로 예측되고 있다. 이러한 상황에서 오염물질 증가, 기후변화에 따른 수질악화는 이용가능한 물의 양을 감소시킴으로써 물 부족을 가중시킬 수도 있다. 따라서 수질개선을 통한 물이용도 제고로 기후변화와 장래 물 부족에 대응하고, 쾌적한 환경, 건강한 생태계 보전, 안전한 농산물 생산을 위한 수질보전에 많은 관심과 적극적인 노력을 기울여야 할 것이다.

#### 참고문헌

- 농림수산식품부, 한국농어촌공사, 2009농업용수 수질측정망 보고서
- 농림수산식품부, 한국농어촌공사, 2009농업생산기반정비사업 통계연보
- 국토해양부, K water, 물과 미래(2010)
- 농림부, 농업기반공사, 2004, 농업용수 수질개선시험연구(최종)
- 농림부, 농업기반공사, 2005, 담수호 수질개선시험조사보고서
- 농림부, 한국농촌공사, 2006, 감둔지구 농업용수 수질개선 시범사업사후조사보고서
- 농림부, 농업기반공사, 2004, 농업용수 수질오염이 벼생육에 미치는 영향연구

기획 : 정세용 편집부위원장(schung@chungbuk.ac.kr)