주오염원별 농업용저수지의 장기 수질특성변화

Long-term changes of water quality with regard to main Pollutant Sourses in Agricultural Reservoirs

* 최선화, 김호일, 윤경섭(농업기반공사 농어촌연구원), 박종민(농림부)
* Choi, Sun-Hwa, Kim, Ho-Il, Yoon, Kyung-Seup, Park, Jong-Min

Abstract

This study has been carried out to analized of long term changes of water quality with regard to main pollutant sources in agricultural reservoirs on the basis of data during 1996-2001. The major source was domestic wastewater(DWW) and water pollution by non-point sources(NPS) is increasing as time goes. It was determined that Seasonly average values of DWW were pH 7.6~8.7, COD 7.0~9.4, T-N 0.74~2.07, T-P 0.05~0.62, Live-stock wastewater(LWW) were pH 7.5~8.9, COD 5.5~9.8, T-N 0.57~1.91, T-P 0.04~0.13, NPS were pH 7.1~8.3, COD 3.1~5.2, T-N 0.29~1.44, T-P 0.02~0.07. Fluctuation of DWW and LWW were very wide and variable long term patterns of them were similar. Trophic states by Carlson Index of DWW and LWW was classified as eutrophic to hypretrophic from chl-a, T-P concentration.

Ⅰ. 서 론

자연과 환경의 절대요소인 물은 지구표면의 약 70% 이상을 차지하는 가장 풍부한 자원으로 모든 생물체의 물질대사에 필요한 필수요소일 뿐만 아니라 농업활동, 산업활동, 기타 인간 활동의 중요한 자원으로 절대적인 가치를 지니고 있다. 우리나라의 총 수자원은 1,276억톤으로 연간 이용할 수 있는 담수총량은 331억톤이고, 이중 농업용수로 이용되는 양은 전체의 48%에 해당하는 158억톤에 달하고 있다[1]. 그럼에도 불구하고 정부는 그동안 수자원의 관리를 한강 등 4대강을 포함하는 대하천 중심의 利·治·水 측면에서 해왔고, 수질보전정책이 유기물 처리를 중심으로 하는 하천관리형으로 추진되어 왔기 때문에 현재 우리나라 농업용수용 호소 대부분이 농업용수 수질기준을 초과하거나 부영양화가 심각한 수준에 도달하였다[2]. 최근 농업용수에 대한 사회적 관심 대두와 함께 농림부와 농업기반공사에서는 농업용수 수질관리 및 수질개선사업의 정책적 기초자료를 확보하고자 '90년부터 전국 농업용수원을 대상으로 수질측정망을 지정하여 매년 수질조사와 오염원조사를 정기적으로 실시하고 있다. 본 연구에서는 그동안 축적된 농업용수 측정망 자료를 이용하여 농업용 저수지의 수질오염에 영향을 미치는 주요 오염원인을 파악하고, 주오염원별로 장기적인 수질변화를 분석하여 향후 농업용 저수지의 수질개선 및 오염방지 대책수립에 필요한 자료를 확보하는데 있다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1) 조사대상

농업용수 수질측정망 중 1996년부터 2001년까지 조사된 저수지를 대상으로 하여 주오염원을 분석하였고, 그 중 정기적인 수질조사와 오염원조사로 비교적 정확한 자료가 축적되어 있는 117개소 저수지를 대상으로 주오염원별로 장기적인 수질변화를 분석하였다. 연도별 조사대상 측정망수와 수질변화 분석에 이용된 대상 저수지수는 Table 1~2와 같다.

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(2002년 10월 12일)

2) 수질조사 및 분석

수질조사와 분석은 농업용수수질관리지침과 수질오염공정시험방법에 준하여 실시하였으며, 조사시기는 동절기를 피하여 봄~가을에 연 2회 조사를 하였고, 채수지점은 저수지의 수질을 대표할 수 있는 지점을 선정하여 채수하였다. 수질분석항목은 수온, DO, pH, BOD, COD, SS, T-N, T-P, Chll-a 등 18개 항목으로 수온, pH, DO, EC 등은 현장에서 측정하였고, 나머지 항목은 4℃ 냉장 보관하여 실험실로 운반하여 분석하였다.

3) 오염원조사 및 부하량 산정

오염원에 대한 자료조사는 관할 행정기관의 협조를 얻어 각종 통계자료를 기초로 하였고, 부족한 자료에 대해서는 현지조사를 통하여 보완하는 방법으로 실시하였다. 오염원은 생활계, 축산계, 산업계, 비점오염원 등으로 구분하여 조사하였고, 오염부하량 산정은 환경부에서 고시(제1999-143호)한 "오염총량관리계획수립지침(별표2~3)"의 오염원 종류별 원단위를 이용하여 산정하였다.

Table 1. Numbers of sampling sites by provinces

Total	Daegu	Gyeoggy	Gangwon	Chongbuk	chongnam	Jeonbuk	Jeonnam	Gyeongbuk	Gyeognam
117	2	19	5	11	13	16	18	18	15

Ⅲ. 결과 및 고찰

1) 주오염원

'96년부터 2001년까지 조사된 수질측정망을 대상으로 동일한 원단위를 적용하여 주오염원을 분석한 결과 생활하수가 가장 큰 오염원으로 나타났으며, 시간의 경과에 따라 오염기여율이 점차 감소추세에 있으며, 이는 '98년 이후 정부의 환경기초시설 확충노력에 따른 결과라고 판단된다. 축산폐수는 '97년도에 34.8%로 가장 주요한 주오염원으로 조사되었으나 계속해서 감소하는 추세에 있는 것으로 나타났으며, 토지유출 등 비점오염원에 의한 오염기여율은 '97년을 기점으로 14.3%에서 2001년도에 29.1%로 큰 폭으로 상승하는 모습을 보이고 있어 비점오염원에 의한 수질오염 증가 비중이 점차 커지고 있음을 알 수 있다. 이는 최근 환경부의 4대강 유역 오염원조사에서 생활하수가 가장 큰 주오염원으로 비점오염원에 의한 수질오염이 날로 증가하고 있는 결과와 같은 양상을 보이고 있다[3].

Table 2. Main pollutant source in agricultural reservoirs('96~2001)

Year	No. of site	DWW	LWW	IWW	NPS	FRF
1996년	150(100%)	77(51.3%)	42(28.0%)	-	31(20.7%)	-
1997년	161(100%)	69(42.9%)	56(34.8%)	6(3.7%)	23(14.3%)	7(4.3%)
1998년	186(100%)	71(38.2%)	54(29.0%)	11(5.9%)	42(22.6%)	8(4.3%)
1999년	336(100%)	133(39.6%)	101(30.0%)	6(1.8%)	84(25.0%)	12(3.6%)
2000년	436(100%)	190(43.6%)	118(27.0%)	6(1.4%)	118(27.0%)	4(1.0%)
2001년	492(100%)	215(43.7%)	122(24.8%)	2(0.4%)	143(29.1%)	10(2.0%)

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(2002년 10월 12일)

2) 수질변화

Figure 1은 '96년부터 2001년까지 6개년간의 수질변화를 주오염원별로 도식화한 것으로 조사결과는 다음과 같다. pH는 계절별 평균이 7.1~8.9의 범위로 생활하수 7.6~8.7, 축산폐수 7.5~8.9, 비점오염원 7.1~8.3으로 시간이 경과함에 따라 변동폭이 작아지며, DO와 높은 상관관계를 보이고 있는 것으로 나타났다. COD는 생활하수가 7.0~9.4mg/L, 축산폐수 5.5~9.8mg/L, 비점오염원 3.1~5.2mg/L로 축산폐수의 변화폭이 가장 크며, 비점오염원의 저수지는 Ⅳ등급 이하의 수질로 가장 깨끗한 것으로 나타났다. TKN와 T-N의 평균농도는 0.29~2.07mg/L의 범위로 주오염원에 상관없이 변화유형이 비슷하며, T-P 항목에서는 비점오염원(0.02~0.07mg/L)에 비해 축산폐수(0.04~0.13mg/L)와 생활하수(0.05~0.62mg/L)에서 큰 변동폭을 보이고 있다. 식물플랑크톤의 현존량을 나타내는 Chl-a는 4.98~165.0mg/㎥으로 생활하수에서 변동폭이 크게 나타났고, 특히 '97년 가을에 상당히 높은 농도를 보이고 있는데 이는 조사대상지의 조류의 대번성으로 인한 영향으로 판단된다.(김 등, 2000)

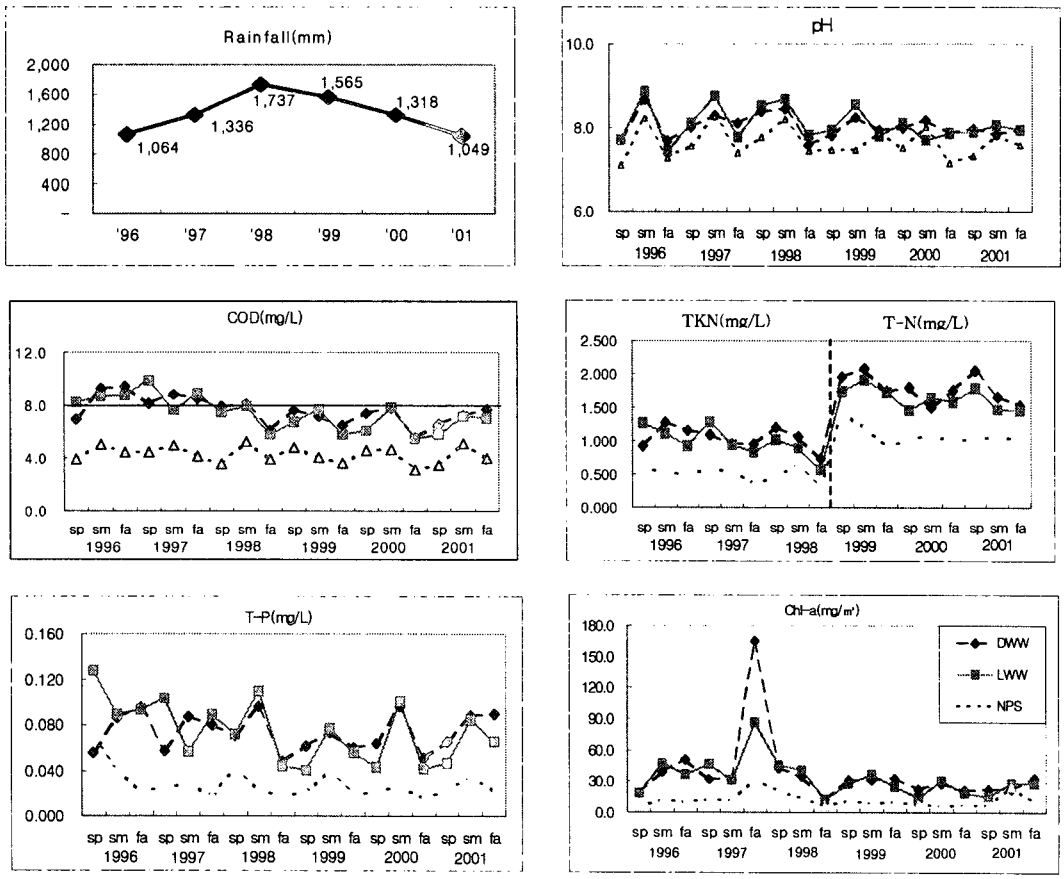

Figure 1. Seasonally variation of average values for pH, COD, T-N, T-P, Chl-a in water reservoirs by years measured from 1996 to 2001

3) 부영양화도 추이

영양상태 추이를 보기 위하여 월평균 Chl-a농도와 T-P 농도를 Carlson의 TSI지수로 나타낸 결과 생활하수와 축산폐수가 주오염원인 저수지는 대부분 부영양~과부영양 상태인 TSI 53~70으로 비점오염원이 주오염원인 저수지 일부를 제외하고는 우리나라 농업용 저수지 대부분이 심각한 부영양상태에 있음을 보여주고 있다(Figure 2).

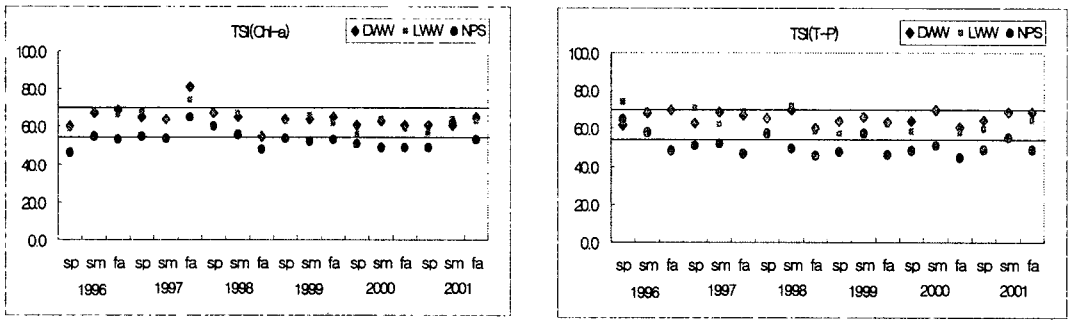

Figure 2. Variation of trophic state index from 1996 to 2001

Ⅳ. 결 론

우리나라 농업용수 수질측정망을 대상으로 '96부터 2001년까지의 6개년간의 수질성적과 오염원조사 자료를 분석한 결과 농업용 저수지의 주오염원과 주오염원별 대상저수지의 장기 수질변화는 다음과 같이 나타났다.

1) 농업용 저수지의 수질오염은 생활하수가 가장 큰 주오염원으로 나타났으며, 비점오염원에 의한 수질오염이 점차 증가하고 있는 것으로 나타났다.
2) 주오염원에 따른 수질변화는 비점오염원에 비해 생활하수와 축산폐수가 큰 변동폭을 가지며, 장기 수질변화 유형이 거의 비슷한 경향을 나타내고 있고, pH, COD, T-P, Chl-a항목 등에서 '98년 이후 수질이 다소 개선되는 경향을 보이고 있으며, 이는 우리나라 4대강의 수질변화와 같은 결과를 보이고 있다[3].
3) 월평균 Chl-a농도와 T-P 농도를 Carlson의 TSI지수로 나타낸 결과 생활하수와 축산폐수가 주오염원인 저수지는 대부분 부영양~과부영양 상태에 있는 것으로 나타났다.

Ⅴ. 참고문헌

1. 건교부. 2001. 수자원장기종합계획(Water Vision 2020)
2. 농림부. 농업기반공사. 2001. 2001년 농업용수수질측정망 결과보고서(Ⅰ권)
3. 환경부, 2001, 환경백서
4. 허우명외 3인. 2000. 안동호 수질의 장기적인 변화, 한국육수학회지. Vol33(3);260-266
5. 신재기 외 1인. 2000. 금강 하구호에서 수질의 계절변동과 오염도. 한국육수학회지. Vol33(3);251-259
6. 엄미정외 4인. 2000. 동진강 수계 농업용수 수질평가. 한국환경농학회지. Vol19(2)110-115
7. Carlson, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr. Vol22(361-369)

2002년도 한국농공학회 학술발표회 논문집(2002년 10월 12일)