

농업용 저수지의 수질특성과 수질개선

-왕궁저수지를 대상으로-

Characteristics and Improvement of the Water Quality in Wangkung Reservoir

윤경섭 · 이광식 · *김형중 · 황길순(농업기반공사 농어촌연구원)

Yoon, Kyung-Sup · Lee, Kwang-Sik · *Kim, Hyung-Joong · Hwang, Gil-Son

Abstract

In spite of considerable advances in water quality control measures within lake, many basic questions concerning an eutrophication still remains unanswered and it becomes obvious that an extensive limnological database is needed for the inter-comparison between bodies of water and for the assessment of the status of lake water quality. In order to diagnose the water environment and assess the changes of the water quality, Wangkung irrigation reservoir was investigated by a long-term monitoring program for the physical, chemical and biological water quality parameters. In addition, these data was used to determine the design elements of natural purification facilities.

I. 서론

본 연구에서는 농업용 저수지의 수질환경특성을 심층적으로 규명하여 효과적인 수질개선 및 관리 방안을 제시하고자 전라북도 익산시에 위치한 왕궁저수지를 선정하여 2000년부터 현장조사 및 수질변화특성 분석을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

수질조사는 2000년 4월부터 유입하천 3개 지점과 저수지 내 4개 지점을 선정하여 조사하였고, 최상류와 최하류의 두개지점에서는 플랑크톤시료를 채취하고, 수심별로 현장조사를 실시하였다. 수질분석항목은 수온, pH, 전기전도도, 투명도, DO, COD, SS, T-N, T-P, Chl-a이고, 수질환경공정시험법에 의거하여 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 유역특성

왕궁저수지 유역의 토지이용 현황은 밭이 1.9%인 0.171km², 논이 22.3%인 1.978km², 임야가 69.7%인 6.171km², 택지가 1.1%인 0.098km², 수역이 4.0%인 0.35km², 그리고 기타가 1.0%인 0.091km²로 구성되어 있다. 이와 같이 왕궁저수지 유역은 약 70%가 임야로 되어있으며, 그 다음으로 논이 많이 분포하고 있다.

왕궁저수지 유역은 유역면적/호수면적비가 17.35이고, 총면적/호수용량비는 4.72로서 외국의 호소에 비해 높은 특징을 갖고 있다. 이와 같이 왕궁저수지는 호수면적에 비해 비교적 넓은 유역면적을 갖고 있어 넓은 유역면적으로부터 많은 영양염류 부하가 발생하고 더 높은 호수생산성이 유발될 유역환경 특성을 지니고 있다.

3.2. 수질변화특성

(1) 유입수의 수질특성

왕궁저수지에 유입하는 하천수의 수질항목간의 상관성을 살펴본 결과 조사대상 하천유역에서 강우시 COD와 T-P의 증가는 SS의 증가와 매우 밀접한 관련이 있었다(Table 1). 한편, T-N의 경우에는 SS와의 상관관계가 비교적 적은 것으로 나타났다. 이상과 같은 연구 결과에 의하면 차수막이나 부댐 등을 이용하여 저수지 유입부에 저류지를 조성하여 부유성(입자상) 물질을 단순히 침전 분리하는 것만으로도 COD 및 T-P 부하량을 상당히 저감할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 T-N 처리를 위해서는 침전이외에도 이동성 질소성분을 제거할 수 있는 인공습지 조성 등 별도의 처리방안이 도입되어야 할 것으로 판단된다.

Table 1. Relationships between SS and other constituents at Inflowing Streams into Wangkung Reservoir

Hakhyeon Stream	R ²	Yangkok Stream	R ²
COD = 4.7 ln(SS)	0.80	COD = 0.064(SS)+8.4	0.90
T-P = 0.019(SS)+0.3	0.76	T-P = 0.0019(SS)+0.3	0.76
T-N = 0.0062(SS)+5.3	0.32	T-N=0.0062(SS)+5.3	0.32

(2) 저수지 내의 수질변화특성

왕궁저수지 수표면의 수온은 봄부터 증가하여 8월경에 가장 높고 이후에 낮아지는 경향을 보이며, 시료채취지점에 관계없이 전 수면에서 비슷한 수온분포를 나타냈다. 수직분포로는 하계 수심 약 2m에서 수온약층이 발달하고 가을로 접어들면서 전 수층이 일정한 분포를 보였다.

수표면의 DO농도는 7월에 평균 14mgO₂/L 정도로 가장 높은 값을 나타냈다. 이는 성층 현상에 의하여 수체가 표, 중, 하층으로 분리되고, 표층부는 공기중의 산소가 재폭기되었기 때문인 것으로 판단된다. 또한 생산자의 활발한 광합성 작용도 수표면의 DO농도가 높아진 하나의 원인인 것으로 판단된다. 수온약층보다 깊은 수심에서는 용존산소의 급격한 감소로 하계에 심층은 용존산소의 결핍현상이 나타났다. 봄과 가을에는 전수층이 혼합되면서 심층까지 용존산소가 공급되는 경향이 나타났다.

투명도는 0.5-6.4m로서 변화폭이 컸으며, 최대 투명도는 2001년 5월 4일 저수지의 가장 하류 지점에서 나타났다. 이 시기에는 햇빛이 호수 바닥까지 도달하는 것을 예상할 수 있다. 그 이후에는 급격히 투명도가 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 영농기의 시작으로 농경지로부터 혼탁된 물이 유입되었기 때문으로 판단된다.

SS농도는 평균 7.9mg/L로서 농업용수수질기준(호소수질기준 IV등급)을 만족하였다. 2000년에 비해 2001년에 SS농도가 높고 불규칙한 경향을 보였는데, 이는 2000년에는 강우가 시기적으로 비교적 고르게 내린 반면 2001년에는 시기적으로 편중되어 내렸기 때문으로 판단된다. 즉, 비강우기가 길었던 경우에는 유역에 축적된 SS성분이 강우에 의해 일시에 유출된 결과인 것으로 판단된다. 또한 대부분의 시기에서 2개의 하천이 유입하는 저수지 상류지점에서 높은 값을 보였다.

COD는 2년간의 평균값이 8.2mg/L로서 호소수질기준 IV등급을 초과하고 있었다. 6월 이

후에는 대부분 농업용수수질기준을 초과하고, 특히 7, 8월에 높게 나타났는데, 이는 강우와 영농배수의 영향인 것으로 판단된다. COD도 SS와 마찬가지로 2000년에 비해 2001년에 높은 값을 나타냈으며 2개의 하천이 유입하는 상류지점에서 높은 값을 나타냈다.

T-N의 평균 농도는 1.0mg/L로서 호소수질기준 IV등급을 초과하지는 않았지만, 6, 7월에는 수질기준을 초과하는 경우가 많았다. 특히 두 개의 하천이 유입하는 지점에서는 최고 2.2mg/L를 나타내는 등 대부분 이 지점에서 T-N농도가 높게 나타났다. T-P농도는 평균 0.07mg/L로서 대부분 농업용수 수질기준을 만족하였다. 또한 평균 N/P비는 16으로서 T-P가 한계영양물질인 것으로 나타났다. 따라서 왕궁저수지의 부영양화에 의한 수질악화를 방지하기 위해서는 T-P를 삭감할 수 있는 대책을 세워야할 것으로 판단된다.

Chl-a농도는 0.6-89.6 μ g/L로 변동폭이 컸으며, 2000년보다 2001년에는 크게 농도가 높아졌다. 특히, 2001년 7~8월에는 50-60 μ g/L로 농도가 크게 증가하였다. Chl-a의 경우도 상류부근에서 높게 나타났는데, 이는 이 부분에서 T-N, T-P가 높았기 때문으로 판단된다.

3.3 부영양화도 평가

왕궁저수지의 부영양화도를 평가하기 위하여, Vollenweider, OECD, U.S.EPA의 분류기준에 적용하였다. 왕궁저수지의 평균 T-P(μ g/L), T-N(mg/L), Chl-a(μ g/L), Secchi-disk depth(m)는 각각 72, 0.991, 20.1, 1.4로서 Vollenweider, OECD 분류기준으로는 중-부영양(Meso-eutrophic)단계, U.S.EPA의 분류기준으로는 부영양단계인 것으로 나타났다. 따라서 왕궁저수지는 부영양화 방지를 위한 대책을 세워야할 것으로 판단된다.

3.4 호내 수질항목간의 관계

왕궁저수지의 Chl-a농도와 COD, T-N, T-P사이의 관계를 살펴보기 위하여 회귀분석을 한 결과, Chl-a와 COD는 $\text{Log}[\text{Chl-a}(\mu\text{g/L})]=2.2386 \times \text{Log}[\text{COD}(\mu\text{g/L})]-4.6245$ 로서 R^2 가 0.50을 나타내 가장 높은 상관성을 보였다. 이는 Chl-a의 구성성분 중 가장 많은 부분을 차지하는 것이 탄소(C)이기 때문에 Chl-a의 성장이 COD의 상승에 직접적으로 영향을 미친 것으로 판단된다. Chl-a와 T-P는 $\text{Log}[\text{Chl-a}(\mu\text{g/L})]=0.935 \times \text{Log}[\text{TP}(\mu\text{g/L})]+2.435$ 로서 R^2 가 0.31을 나타냈다. Chl-a와 T-N은 $\text{Log}[\text{Chl-a}(\mu\text{g/L})]=0.4284 \times \text{Log}[\text{TN}(\mu\text{g/L})]+2.8604$ 로서 R^2 가 0.0242를 나타내 상관성이 제일 낮았다. Chl-a와 T-P의 R^2 가 Chl-a와 T-N의 R^2 보다 큰 것은 한계영양물질이 T-P라고 분석된 것과 일치되는 결과이다.

3.5 플랑크톤의 변화

강우전후의 플랑크톤의 변화는 6월말에 있었던 강우 이후 동·식물플랑크톤의 급격한 변화가 있었다. 이때 내린 강우로 인해 왕궁저수지에서 월류되는 양은 없었고 단지 유입수량의 증가로 수위가 증가되기만 했다. 식물플랑크톤은 강우전 39,562 cells/ml에서 강우 후 7,270 cells/ml로 감소하였다. 식물플랑크톤 중에서는 특히 *Microcystis* sp. and *Chlorella* sp.가 크게 감소하였다. 감소의 원인으로서는 희석, clay 입자와 결합하여 침강, 또는 빛이 제한되어 광합성이 낮아졌을 가능성이 있다. 8월말의 강우직후 식물플랑크톤은 1,834 cells/ml에서 5일 후 7,451 cells/ml으로 증가하였다.

또한 식물성 플랑크톤의 계절변화는 은편모조류, 규조류 → 남조류(여름) → 규조류로 천

이되는 것으로 나타났으며, 특히 여름철 남조류의 bloom현상이 매년 나타났다. 남조류의 생물량이 최대에 이르는 시기는 8월로서 2000, 2001년 각각 3.5×10^5 cells/ml과 3.2×10^5 cells/ml로 2000년이 약간 높게 나타났다.

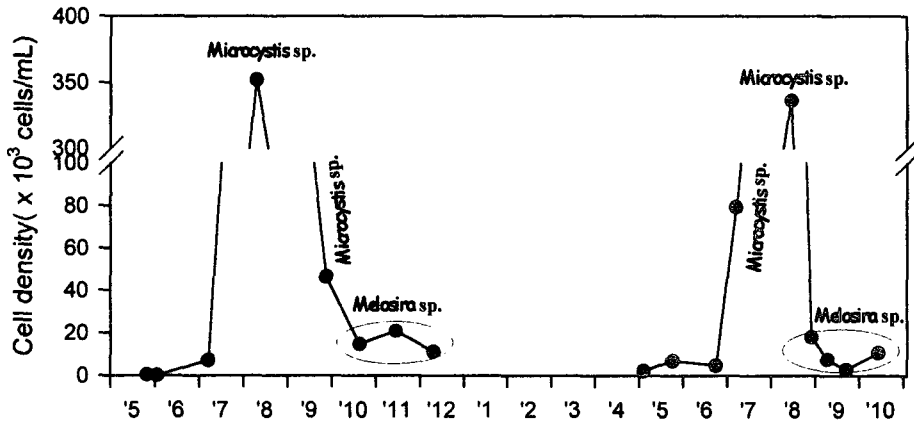


Fig. 1 Changes of Phytoplankton in Wangkung Reservoir

IV. 결론

왕궁저수지의 SS, T-N, T-P는 호소수질기준 IV등급을 만족하였으나, COD는 호소수질기준 IV등급을 초과하고 있었다. 엽록소 a(Chl-a) 농도는 0.6-89.6 μ g/L로 변동폭이 컸다. 제한 영양인자는 T-P인 것으로 나타났으며, 영양상태는 중-부영양상태 이상인 것으로 나타나 부영양화대책을 마련해야 할 것으로 판단된다. 수질항목사이의 관계는 Chl-a와 COD가 상관관계가 가장 크고, 다음으로 Chl-a와 T-P, Chl-a와 T-N의 순으로 나타났다. 식물성 플랑크톤의 계절별 변화는 은편모조류, 규조류 → 남조류(여름) → 규조류로 천이되는 것으로 나타났다. 왕궁저수지의 경우 저수지 상류인 하천수 유입부 부분의 수질 특히 T-N과 T-P 농도가 높은 것으로 나타나 유입수의 영향을 많이 받는 것으로 판단되고, 유입수의 수질은 SS농도와 관계가 높은 것으로 나타났다. 따라서 마을배수나 축산배수를 저수지에 유입하기 전에 처리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 호내 대책으로서는 유입부에 질소와 인의 흡수율이 높은 수생식물을 이용한 자연정화시설이나 차수막 또는 부딪 등을 이용한 저류지 등을 도입하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 과학기술정책관리연구소(1996), 강원도-나가노현간 생태공학적 호수수질개선 공법의 비교연구, 강원대학교 부속 환경연구소
2. 권지영, 임익현, 정팔진(1999), 왕궁저수지의 수질특성에 관한 연구, 전북대학교 공업기술연구소, 공학연구 제30집, pp. 39-46
3. 김좌관, 홍육희(1992), 국내 인공댐호의 물리적 환경인자에 의한 호수특성 고찰에 관한 연구, 한국환경과학회지 1권, pp. 49-54
4. 농림부 농어촌진흥공사(1999), 왕궁지구 농업용수 수질개선사업 기본계획(안), 농어촌연구원