

강우 및 유입 하천수가 팔당호 수질에 미치는 영향분석

김종민[†] · 노혜란^{*} · 허성남 · 양희정 · 박준대국립환경연구원
^{*}한강유역환경청A Study on the Water Quality Affected by the Rainfall and
Influent Rivers in Paldang Reservoir, KoreaJongmin Kim[†] · Hyeran Noh^{*} · Seongnam Heo · Heejeong Yang · Jundae Park

National Institute of Environmental Research,

^{*}Han river basin environmental office

(Received 15 February 2005, Accepted 21 March 2005)

Abstract

This paper aimed to compare the daily water quality as well as the hydrological data gathered for the past two years (2000 to 2001) between the two influent rivers of Paldang reservoir. The analysis also has been carried out to draw out the factors that affect the water quality at the dam site, where the main drinking water drawing point is located. The relationship between total amount of monthly rainfall and monthly inflow showed $r^2=0.74$ ($p<0.05$). The highest peak of inflow of influent rivers recorded in August and September (in the year of 2000) and July and August (2001). Average inflows of influent rivers in 2000 and 2001 are calculated at 209.0, 161.5 CMS (Bughangang), 268.6, 148.2 CMS(Namhangang), and 7.8, 5.0 CMS (Gyeongancheon). The formula which was driven from the relationship between inflow and COD load of influent rivers, explained that COD concentration in general increased with the inflow. But during the rainy seasons (July, August, and September), COD concentration decreased according to the increase of inflow. The daily rainfall and COD concentration(or load) during the rainy season (August and September in the year of 2000, July and August in 2001) indicated that the peak of COD load correspond with the rainfall, which decreased sharply after 3 or 4 days. The reason was thought that the high COD load was diluted rapidly by the rain flow. Water temperature, pH and conductivity measured at dam site decreased obviously when the inflow sharply increased. Peak period of total phosphorus concentration coincided with that of inflow. In rainy season, chlorophyll-*a* concentration decreased obviously as the inflow increased. The reason can be ascribed to the flushing effect caused by the operation of floodgate.

keywords : Paldang reservoir, Rainfall, Influent river, COD

1. 서론

우리나라는 연 강수량의 2/3가 홍수기인 6~9월의 장마와 태풍기간에 집중되고 갈수기인 11월부터 다음해 4월까지 6개월간의 강수량은 연 강수량의 1/5에 불과하여 하천 유량의 변동이 매우 큰 특징을 갖는다. 또한 국토의 65%가 산악지형이고, 토양의 표토층이 얇아 유역의 보수능력이 적으며, 하천의 경사가 급하여 홍수시 급격한 유출량 증가를 나타내므로(한국수자원공사, 2004) 대부분 하천의 흐름을 막아 조성된 우리나라 인공호수들은 이러한 기후적 요인에 크게 영향을 받게 된다.

우리나라 호소는 대략 17,966개로 알려져 있는데 이들 중 자연호수는 7개정도이고 나머지는 모두 댐을 축조하여 조성된 인공호이다(환경부, 2001). 이러한 인공호들은 그들

이 축조된 위치에 따라 수계의 상류에는 주로 다목적 댐(소양호, 대청호 등)이, 중·하류부에는 발전용 댐(팔당호, 청평호 등)이, 그리고 강의 하단에는 해수역류방지용 하구둑(금강하구인, 낙동강하구인 등)이 조성되어 있다(김 등, 1992). 이렇게 상류부터 하류까지 인공호의 구배적 특성은 육수학적 과정들과 인공호 수체의 반응 및 특성에 핵심적인 역할을 하며(Kennedy et al., 1982, 1985), 하천의 유역에 따라 존재하는 여러 개의 연속적인 인공호들은 호수 수질면에서 독특한 상·하류간의 차이를 보이는 것으로 알려져 있다(Pickett et al., 1988).

한강 수계의 제일 하류 쪽에 위치한 팔당호는 1973년 남·북한강과 경안천이 합류하는 지점에 발전을 목적으로 댐을 축조하여 형성된 호수로서, 만수면적은 38.2 km², 총저수용량은 244백만톤 정도이며 체류시간이 짧고 성층의 발달이 미약한 대표적인 하천형 호수로 알려져 있다. 팔당호의 수표면적에 대한 유역면적의 비는 618로 국외의 자연

[†] To whom correspondence should be addressed.
jongm@dreamwiz.com

호에 비해 매우 큰데, 이는 호수성상의 주요인이 유역의 특성에 따라 지배된다는 것을 의미하며, 호소의 수질은 물론 생태계의 구성 역시 유역의 강우와 오염물질의 배출에 영향을 받음에 따라 호수의 천이도 매우 빨리 진행될 수 있음을 암시한다(공, 1992). 특히 넓은 유역으로부터 유입되는 영양염류는 호수의 부영양화 정도에 매우 중요하게 다루어져 왔다(Shindler et al., 1974; Bloesch et al., 1977). 또한 강물의 호수 유입시 하천수와 호수의 수층 혼합과정은 유입수와 호수자체의 밀도차, 유입되는 양, 수체 교환률(flushing rate), 유역의 형상 등의 영향을 받으며 오염물질의 축적이나 부영양화 발생시기 등이 변화될 수 있는 것으로 알려져 왔다.

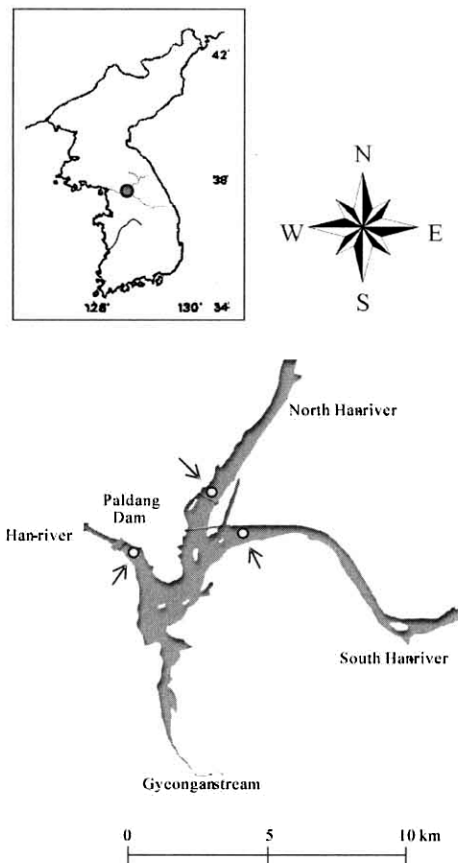
팔당호는 상수원으로서의 중요성과 함께 유입되는 유입하천의 댐 앞 수질에 대한 기여도 등과 관련하여 많은 연구가 수행되어 왔다. 공(1997)은 팔당호에서의 조류증식은 영양염의 농도보다 수리학적 체류시간에 더 의존하며 그 원인은 우기에 수체가 물리적으로 방해를 받기 때문이라고 보고하였고, 한 등(1999)은 팔당호의 일일생산력이 광도, 유광층의 깊이, 온도 및 수리학적 체류시간 등과 종합적인 관계를 갖는다고 하였다. 류 등(1995)은 강우에 의한 팔당호의 조류발생 양상을 밝힌 바 있으며, 임 등(1999)은 팔당호의 수리수문 자료와 조류 발생량과의 상관성을 조사하여 수역 환경변화가 조류성장에 미치는 영향을 보고하였다. 그

러나 대부분 월 조사결과를 이용함으로써 보다 빈도 높은 측정주기를 통한 정밀조사는 수년전부터 시험가동을 거쳐 운영중인 수질자동측정망 자료를 제외하고는 거의 이루어진바 없다.

본 논문은 팔당호 유입하천인 북한강과 남한강에서의 2년간 매일 조사된 자료와 당시의 수문자료 등을 이용하여 이들의 상관성을 검토하고, 궁극적으로 팔당호 대표지점이며, 다량의 상수취수구가 위치한 댐앞지점 수질과는 어떠한 인과관계가 있는지 분석해보고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

팔당호내 및 유입하천의 조사지점은 북한강의 경우 양수교, 남한강의 경우 용담리, 그리고 이 두 하천이 모이는 팔당호 댐 앞 지점을 선정하였다(Fig. 1). 유입하천인 남한강 및 북한강 수질자료는 2000~2001년(2년) 기간중 매일 조사된 자료로서 조사항목은 수온, pH, COD 3개 항목이다. 팔당댐 앞 지점은 매주 1회 조사된 자료로서 조사항목은 수온, pH, DO, 전도도, COD, 총인, 총질소, 클로로필 *a* 등 총 8항목이다. 호수의 수위, 유입량 등 수문자료는 한강수력발전처의 팔당댐 및 청평댐 관리현황자료(한강수력발전처, 1998~2001)에서 인용하였으며, 강우량은 기상청의 기상연보(기상청, 1998~2001)에서 인용하였다.



Height of Dam (m)	28
Length of Dam (m)	574
Water level (EL, m)	
Flooding level	30
Average water level	25
Low level	25
Drainage basin area(km ²)	23,618
Surface area (km ²)	38
Mean depth (m)	7
Max water volume (10 ⁶ m ³)	244
Drainage basin area /Surface area	618

Fig. 1. Map of sampling site in Paldang reservoir, Korea.

수질조사항목 중 수온, pH, DO 및 전도도는 수질자동측정계기인 'HYDROLAB'(Hydrolab, 1995)을 이용, 현장에서 측정하였으며, COD 및 영양염류 분석은 수질오염공정시험방법(환경부, 2000)에 따라 COD는 망간법을, 총 질소와 총 인은 각각 자외선 흡광광도법과 아스코르빈산 환원법을 이용하였다. 클로로필 *a*는 GF/C 여과지로 시료를 여과후 90% 아세톤으로 암냉소에서 24시간동안 엽록소를 추출하여 663, 645, 630 및 750 nm의 파장에서 흡광광도계(Cary 1E, Varian)로 흡광도를 측정하여 계산하였다. 용존산소 포화도는 수증기압의 변동을 무시하고 Mortimer(1981)가 제안한 다음과 같은 수온에 따른 포화 용존산소 농도 산출식을 이용하여 실측 용존산소 농도와와의 비를 백분율로 산출하였다.

$$\ln C = 7.7117 - 1.31403 \ln(T + 45.93)$$

C : Dissolved oxygen saturation concentration (mg/L)

T : Water temperature (°C)

3. 결과 및 고찰

1998~2001년까지 팔당호의 4년간 유입량과 강우량자료를 토대로 월 강우량 총합과 월평균 유입량을 산정하여 이들의 상관관계를 보면 팔당호 월 강우량 총합은 월평균 유입량의 변화를 74% ($p < 0.05$)정도 설명할 수 있는 것으로 나타났다(Fig. 2). 즉, 팔당호 유입량은 유역 강우에 의해 74%정도 영향을 받으므로 유입하천의 유량은 유역 강우에 크게 의존하는 것으로 평가된다. 팔당호에 유입되는 3개 지천중 수량은 대부분 남한강과 북한강으로부터 공급되며, 경안천은 상대적으로 적은 양이 유입되나, 상대적으로 높은 오염도를 갖는 경안천 유입수역에 상수원 취수구가 인접해 있어, 이들이 취수구 수질에 미치는 영향에 대한 많은 논란이 있어 왔다. 이것은 팔당호가 유입하천의 영향을 직접 받는 하천형 호수로서 기후나 수문학적 요인 등 여러 가지 환경영향인자가 복합적으로 영향을 미치기 때문이다. Fig. 3은 강우기(8월)와 비강우기(4월)에 조사된 경안천 상류(서하교)부터 댐앞 지점까지 총 7개지점(서하교-정지리보-광동교-금사교-분원리-소내섬-댐앞)에 대한 수심별 COD 조사결과를 도시한 것이다. 4월의 수심별 COD 농도분포는 전 조사지점이 표층에서 높고 심층에서 낮게 나타나, 경안천에서 흘러드는 유입수는 심층수와는 잘 혼합되지 않았는데, 그 원인은 이 시기 호수보다 높은 유입천(경안천)의 수온으로(김 등, 2002) 밀도류가 형성되었기 때문으로 판단된다. 그러나 8월에는 상·하층이 잘 혼합된 특징을 나타냈으며, 특히 남한강 유량과 북한강 유량이 혼합되는 소내섬(댐앞) 지점 바로 전지점) 부근에서 COD 농도는 크게 희석되는 것으로 나타났다.

유입하천의 수질과 유량과의 관계분석을 위하여 각 유입하천의 개략적인 유입량을 산정하였는데, 북한강은 청평댐과 팔당호간의 유입지천 유량을 무시하고 청평댐 방류량을

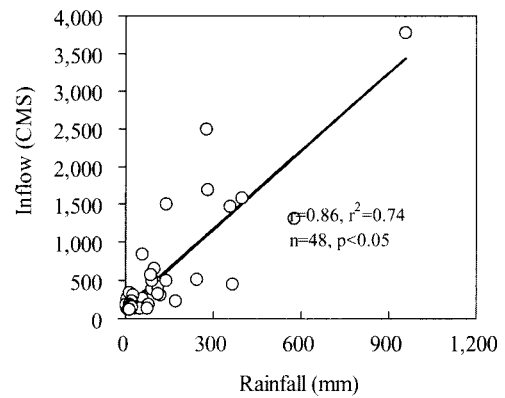


Fig. 2. Relationship between monthly total amount of rainfall and monthly average inflow from 1998 to 2001.

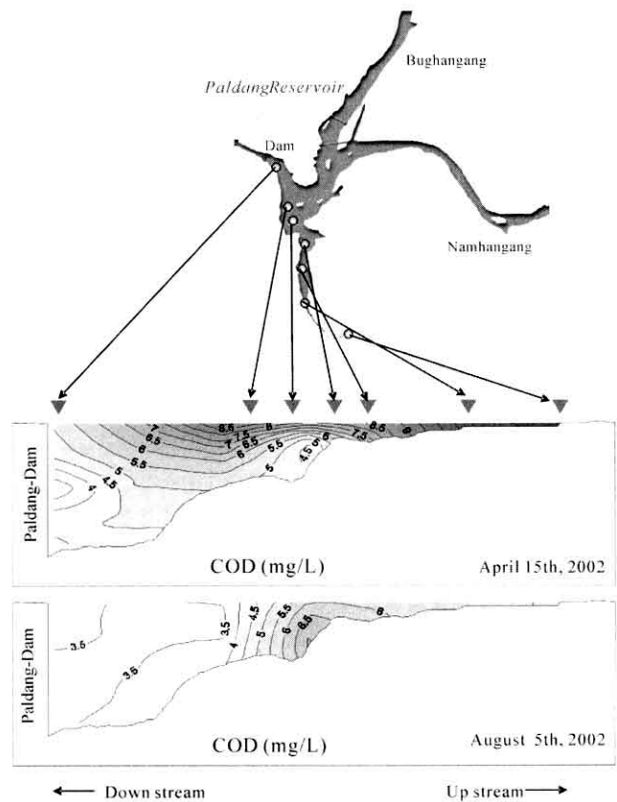


Fig. 3. Comparison of COD profile between April and August, 2002 at consecutive sampling point from Gyeongang stream to Paldang dam site.

북한강 유입량으로 간주하였다. 팔당호 전체 유입량중 매우 근소한 부분을 차지하고 있는 경안천 유량은 이미 많이 사용되고 있는 유입량 비율(환경처, 1990)인 1.6%를 팔당호 일유입량에 곱하여 산정하였는데, 그 이유는 경안수위표 지점의 유량이 강우기에만 기록되고 갈수기에는 거의 기록되지 않아 실제 유량이 있는 갈수기의 유량이 전혀 반영되지 않았기 때문이다. 남한강 유입량은 팔당호 전체유입량에서 북한강 유입량과 경안천 유입량을 제외한 값으로 산출하였다. 2000년과 2001년의 강우패턴에 따른 월 유입량 분포는 남한강 및 북한강 모두 2000년에는 8, 9월, 2001년에는 7, 8월에 피크를 나타냈다. 연도별 평균유입량은 2000년의 경

우 북한강은 209.0 CMS, 남한강은 268.6 CMS, 경안천은 7.8 CMS로 남한강 유량이 더 많았으나, 2001년에는 북한강 161.5 CMS, 남한강 148.2 CMS, 경안천 5.0 CMS로 북한강 유량이 더 많았던 것으로 나타났다.

하천수 유량과 COD 물질부하량은 경험적으로 다음과 같은 관계를 가진다. 물질의 부하량을 C_L 유량을 Q 라 할 때;

$$C_L = a \cdot Q^b$$

의 관계를 가지며 양변을 Q 로 나누면 다음과 같다.

$$\frac{C_L}{Q} = C = a \cdot Q^{(b-1)}$$

여기서 계수 b 의 값이 1보다 크면 그 물질의 농도 C 는 유량의 증가에 따라 증가하는 양상을 보이며, 계수의 값이 1보다 작으면 감소하는 양상을 보이게 된다. Fig. 4는 2년간 (2000-2001) 조사된 팔당호에 유입되는 북한강 및 남한강 유입유량과 각 조사지점 (북:양수교, 남:용담리)의 일간 COD 부하량과의 상관도를 나타낸 것으로 도출된 관계식은 다음과 같다.

- 전계절 : $C_N = 0.2001Q^{1.0417}$, $C_S = 0.2476Q^{1.0169}$

- 7,8,9월 : $C_N = 0.3513Q^{0.9625}$, $C_S = 0.4281Q^{0.9469}$

여기서 C_N : 북한강 COD 농도, C_S : 남한강 COD 농도

남·북한강 모두 전 계절을 대상으로 분석하였을 때 계수 b 의 값은 각각 1.017, 1.042로서 $b > 1$ 임을 나타내고 있으므로 유입유량이 증가함에 따라 이들의 농도는 증가하는 경향을 보였으나, 강우기인 7, 8, 9월을 대상으로 분석하면 계수 b 는 각각 0.947, 0.963으로 $b < 1$ 임을 나타내고 있어, 강우기에는 유입유량이 증가할수록 COD 농도가 감소하는 경향을 보이는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 연중 강우량이 가장 많았던 시기인 8, 9월 (2000년)과 7, 8월(2001년)의 강우량과 남·북한강 COD 농도 및 부하량의 일 변화를 도시한 것이다. 2000년 및 2001년 모두 COD 부하량은 강우패턴이 단속적일 경우 강우일 혹은 다음날 피크를 보인다음 급격히 감소하였으며, 강우가 연속적일 경우에도 높은 수준을 보이는 기간이 강우기간 만큼 길어졌으나 거의 유사한 경향을 보였다. COD 농도도 부하량이 피크를 보이는 시기에 같은 패턴을 보이는 하나 그 변화폭은 COD 부하량에 비해 상대적으로 작게 나타났다. 어느 경우이던 강우에 의한 COD 농도의 급격한 증가는 강우가 끝난 후 급격히 감소하며, 길어야 3~4일 이내 강우 이전 수준으로 복귀하는 현상을 나타냈다. 이런 현상은 강우기에 유입유량이 증가할수록 COD 농도가 감소하는 경향

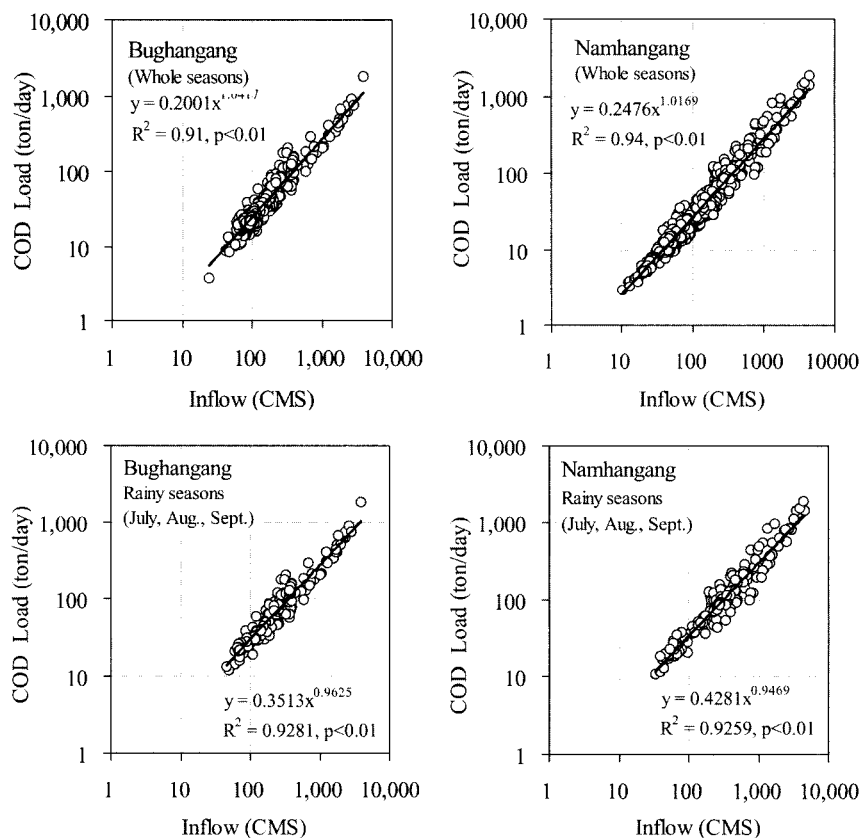


Fig. 4. Relationship between inflow of each influent river and COD load during the whole seasons and rainy seasons (July, Aug, Sept.) in Paldang reservoir, Korea (2000~2001).

을 보였던 것과 같이(Fig. 4) 초기 강우에 의해 야기된 높은 COD 부하량은 이후 풍부해진 수량에 의해 희석되고 이에 따라 농도의 급격한 감소로 이어졌기 때문으로 평가된다.

Fig. 6은 북한강 및 남한강 유량이 팔당댐 앞 지점의 수질에 미치는 영향을 파악하기 위해 이들을 비교하여 도시한 것이다. 댐 앞 지점의 수온은 강우 등으로 유입하천으로부터의 유입량 급증시 뚜렷한 감소경향을 나타냈으며, pH와 전도도도 유사한 양상을 보였다. 총인 농도가 급증하였던 시기와 유입량이 급증하였던 시기는 거의 일치하였으며, 강우기 클로로필 *a* 농도는 유입하천 유입량 증가시 낮아지고, 유입량이 감소한 시기에는 증가하는 경향이 뚜렷이 관찰되었다.

팔당호에 유입되는 남한강 및 북한강의 유량은 경안천 유량에 비해 비교할 수 없을 정도로 많고, 상대적으로 오염도가 높은 경안천의 유입량은 강우기의 경우 남북한강 유량에 밀려 댐 앞의 수질에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다(김 등, 2002). 또한 남한강에 비해 북한강은 유량은 적지만 유속은 빠른 것으로 보고된 바 있다(서 등, 1989). 이들 하천의 유량이 유역강우의 증가 등으

로 급증시 수온과 pH의 일시적인 감소와 총인 농도의 증가를 동반하고, 이 시기에 클로로필 *a* 농도감소에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 강우에 의한 인 유입량의 증가현상에 대하여는 여러 사례가 보고된 바 있다(김 등, 1997; 김, 2004). 그러나 팔당호는 조류증식에 영향을 미치는 영양염류 농도가 이미 충분히 높은 것으로 알려진 바 있어(한 등, 1995; Kong 1997), 인 유입량 증가에도 댐 앞 지점의 클로로필 *a* 농도에는 영향을 주지 않을 뿐 아니라 오히려 유입량 증가에 의한 수온저하 및 희석, 그리고 일정 수위를 유지하여야 하는 팔당호 특성상 수문 방류량의 증가에 따른 수체교환효과 등으로 조류의 증식은 상당한 제한을 받으므로 클로로필 *a* 농도는 급격히 감소하는 경향을 보인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 논문은 팔당호 유입하천인 북한강과 남한강에서의 2년간 매일 조사된 자료와 당시의 수문자료 등을 이용하여 이들의 상관성을 검토하고, 궁극적으로 팔당호 대표지점이

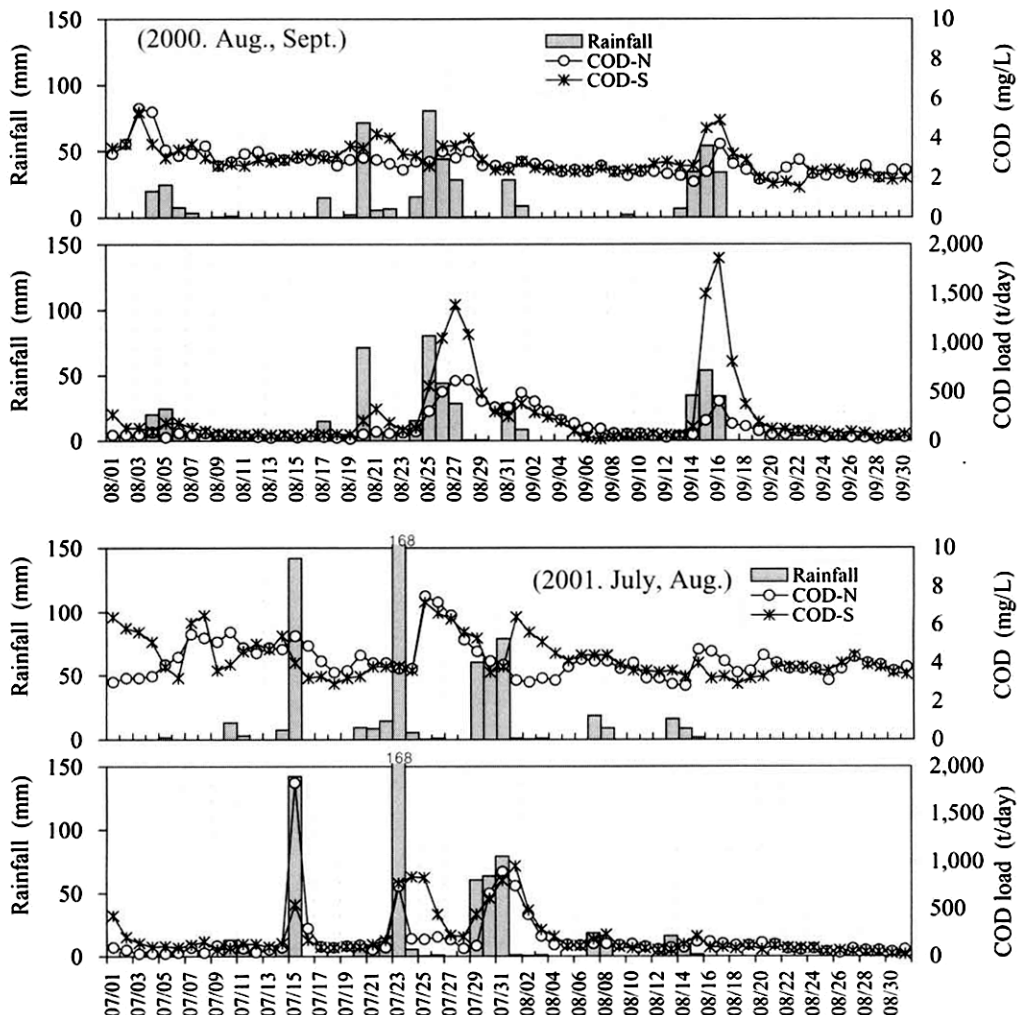


Fig. 5. Daily fluctuation of COD concentration and COD load of Bughangang(N) and Namhangang(S) according to the rainfall during the rainy season from 2000 to 2001.

며, 다량의 상수취수구가 위치한 댐 앞 지점 수질과는 어떠한 인과관계가 있는지 분석해보고자 수행되었다.

팔당호에서 강우량의 변화가 유입량의 변화를 약 74%정도 설명할 수 있는 것으로 나타난바 있어 강우량과 수질과의 연관성 평가에 유입량자료를 사용하여도 무난할 것으로 판단된다. 유입하천별 팔당호 유입량은 조사된 2년간 각 유입하천(남한강 및 북한강)의 유입 비율이 매년 다른 것으로 나타났다. 하천수 유량과 COD 물질부하량의 관계식에서 전 계절을 대상으로 분석하였을 때 유입하천(남,북한강)의 COD 농도는 유입유량 증가시 같이 증가하는 경향을 보였으나, 강우기(7, 8, 9월)에는 오히려 감소하는 경향을 보인바 있고, 이 시기에(2000년 8월 9월, 2001년 7월 8월) 강우량과 남·북한강 COD 농도 및 부하량의 일일변화에서도 강우에 의한 COD 농도의 급격한 증가는 강우가 끝난

후 급격히 감소하며, 길어야 3~4일 이내 강우 이전 수준으로 복귀하는 현상을 나타낸 바 있다. 이것은 초기 강우에 의해 야기된 높은 COD 부하가 이후 풍부해진 수량에 의해 희석되었기 때문으로 사료되었다.

댐 앞 지점의 수온은 강우 등으로 유입하천으로부터의 유입량 급증시 뚜렷한 감소경향을 나타냈으며, pH와 전도도도 유사한 양상을 보였다. 총인 농도가 급증하였던 시기와 유입량이 급증하였던 시기는 거의 일치하였으며, 강우기 클로로필 *a* 농도는 유입하천 유입량 증가시 낮아지고, 유입량이 감소한 시기에는 증가하는 경향이 뚜렷이 관찰되었다. 동 결과로 볼 때 강우기 클로로필 *a* 농도 증감은 팔당호 수문 방류량의 증가에 따른 수체교환효과가 가장 크게 영향을 미친 것으로 사료되었다.

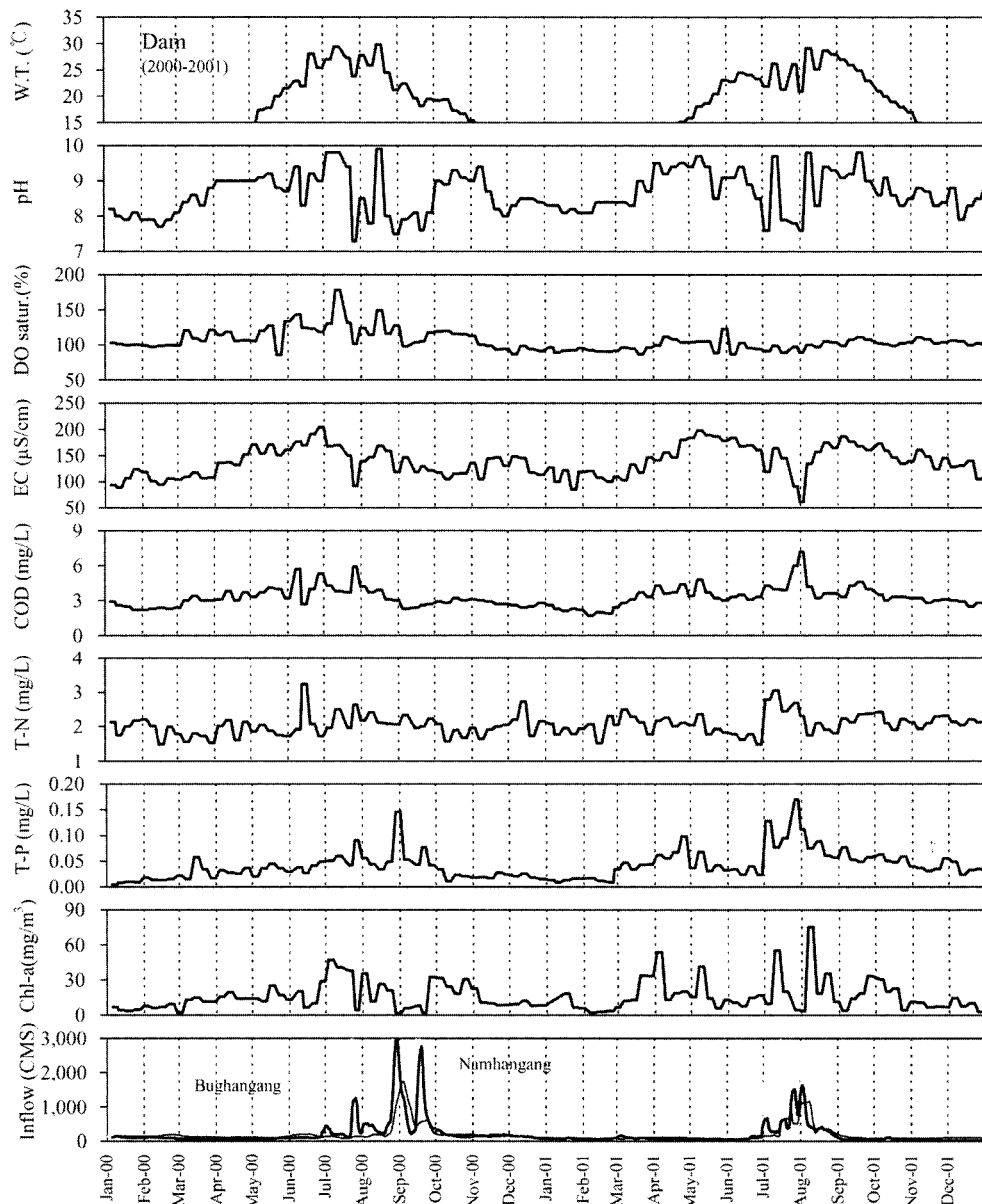


Fig. 6. Weekly fluctuation of physico-chemical parameters (dam site) and inflow (influent rivers) in Paldang reservoir from 2000 to 2001.

참고문헌

- 공동수, 팔당호의 육수생태학적 연구, 고려대학교 박사학위 논문, pp. 28-29 (1992).
- 공동수, 국내 주요호소의 영양상태 판정기준에 관한 제고, 하천·호소의 수질보전과 유역관리에 관한 한·일 공동 세미나, pp. 251-266 (1997).
- 기상청, 기상연보 (1998-2001).
- 김법철, 최광순, 심수용, 비점 오염원으로부터의 인의 홍수 유출, 하천·호소의 수질보전과 유역관리에 관한 한·일 공동 세미나 주제발표논문, 국립환경연구원/일본국제협력사업단, 서울, pp. 167-177 (1997).
- 김종민, 국내 주요 인공호의 수환경과 식물 플랑크톤 군집 동태에 관한 육수학적 비교연구, 한양대학교 대학원 박사학위논문, p. 55 (2004).
- 김종민, 허성남, 양희정, 노혜란, 정완중, 황정, 이인선, 김무영, 호소형 및 하천형 호수의 유기물 거동특성 비교 연구(I), 국립환경연구원 한강물환경연구소, pp. 29, pp. 51-53 (2002).
- 김좌관, 홍옥희, 국내 인공호의 물리적 환경인자에 의한 호수특성 고찰에 관한 연구, 한국환경과학회지, **1**, pp. 49-57 (1992).
- 류홍일, 공동수, 천세익, 박혜경, 손영환, 류재근, 김종민, 호소내 오염하천 유입부의 식물에 의한 정화처리 연구 (I), 국립환경연구원 한강물환경연구소, pp. 125-137 (1995).
- 서윤수, 김동균, 송준상, 김정규, 류덕희, 유재근, 이문호, 김종택, 양상용, 권오상, 허성남, 김종민, 천세익, 박혜경, 공동수, 이상욱, 황동진, 최성현, 이형진, 팔당상수원보호 종합대책에 관한 연구(2차년도), 국립환경연구원, pp. 159-165 (1989).
- 임병진, 정원화, 변명섭, 최성현, 방규철, 황승률, 김상훈, 허성남, 박준대, 박지형, 전선옥, 김병훈, 정재욱, 이정봉, 김종택, 류재근, 호수 내 조류 대 발생에 대한 수면제어 기술에 관한 연구(II), 국립환경연구원 한강물환경연구소, pp. 56-95 (1999).
- 한국수력원자력(주), 팔당댐, 청평댐 수계자료. <http://www.khnp.co.kr/index.jsp> (1998-2001).
- 한국수자원공사, 물관리센터, pp. 8-9 (2004).
- 한국수자원공사, 수자원관리종합정보시스템. <http://www.wamis.go.kr/> (2004. 12).
- 한명수, 어운열, 유재근, 유광일, 최영길, 팔당호의 생태학적 연구 2. 식물플랑크톤의 군집구조의 변화, 한국육수학회지, **28**(3), pp. 335-344 (1995).
- 한명수, 이동석, 유재근, 박용철, 유광일, 팔당호의 생태학적 연구 3. 식물플랑크톤의 일차 생산력과 광합성 모델 parameters, 한국육수학회지, **32**(1), pp. 8-15 (1999).
- 환경처, 팔당호 시험준설 영향조사보고서, p. 341 (1990).
- 환경부, 한국의 호소환경 조사기법 개발에 관한 연구, pp. 398-415 (2001).
- 환경부, 수질오염공정시험방법, pp. 157-161, 223-228, 232-234 (2000).
- Bloesch, J. P., Stadelman, P. and Buhner, H., Primary Production and Sedimentation in the Euphotic Zone of Two Swiss Lakes, *Limnol. Oceanogr.*, **22**, pp. 511-526 (1977).
- Kennedy, R. H., Thornton, K. W. and Gunkel, R. C., The Establishment of Water Quality Gradients in Reservoirs, *Can. Wat. Resour. J.*, **7**, pp. 71-87 (1982).
- Kennedy, R. H., Thornton, K. W. and Ford, D. E., *Characterization of the Reservoir Ecosystem*. In: Microbial processes in reservoirs (D. Gunnison, ed.), Dr. W. Junk Publishers, Boston, MA. pp. 27-38 (1985).
- Kong, D. S., Limnological and Ecological Characteristics of a River-Reservoir (Paldang), Korea. *Korean J. Limnol.*, **30**-supplement, pp. 524-535 (1997).
- Mortimer, C. F., The Oxygen Content of Air-Saturated Freshwater over Ranges of Temperature and Atmospheric Pressure of Limnological Interest, *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, **21**, pp. 1-23 (1981).
- Pickett, J. R. and Harvey, R. M., Water Quality Gradients in the Santer-Cooper Lakes, South Carolina, *Lake and Reser., Mgt.*, **4**, pp. 11-20 (1988).
- Schindler, D. W. and Fee, E. J., Experimental Lakes Area: Whole Lake Experiments in Eutrophication, *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **31**, pp. 973-983 (1974).