

남한강 하류수역에서 식물플랑크톤 증식의 영향인자 및 수중유기물 기원

박혜경[†] · 변명섭^{*} · 최명재 · 김용진

국립환경과학원 한강물환경연구소

^{*}국립환경과학원 수질환경과

The Effect Factors on the Growth of Phytoplankton and the Sources of Organic Matters in Downstream of South-Han River

Hae-Kyung Park[†] · Myeong-Seop Byeon^{*} · Myeong-Jae Choi · Young-Jin Kim

Han river Environmental Research Center, National Institute of Environment Research

^{*}Department of Water Environment, National Institute of Environment Research

(Received 4 June 2008, Accepted 1 August 2008)

Abstract

We divided the downstream of South-Han River into three water zones, such as river zone, transition zone and lacustrine zone depending on the flow rate, and elucidated the major effect factors on the growth of phytoplankton and the sources of organic matters in each water zone. The difference of chlorophyll-a concentration which represents the standing crop of phytoplankton was statistically significant among the water zones. From the results of bivariate correlation analysis between chlorophyll-a concentration and water quality parameters in each water zone, the outflow of Chungju dam and hydraulic retention time of Lake Paldang which are directly related with the flow rate seemed to have obvious impact on phytoplankton growth in the downstream of South-Han River. The concentration of nutrients such as phosphorus and nitrogen exceeded the criterion of eutrophication and did not showed significant relationship with chlorophyll-a concentration. There were strong correlations between BOD₅ and chlorophyll-a concentrations in transition and lacustrine zone showing autochthonous production of phytoplankton was dominant source of organic matters in these zones especially in dry seasons. The results of this study show that the control of abundance of phytoplankton is the key target for reduction of the organic pollution in the downstream of South-Han River.

keywords : Autochthonous production of organic matters, Downstream of South-Han River, Flow rate, Phytoplankton

1. 서론

우리나라는 치수와 이수 목적 하천에 다수의 댐을 건설한 결과 하천에는 다수의 인공호가 생겨나게 되었고 장기 저수 및 불규칙한 수량통제로 인해 호수내의 수체류 시간이 길어지게 되었으며, 인위적 조성으로 인해 만입부 등의 정체수역이 형성되어 호수 내·외부에서의 오염물질 유입에 의한 부영양화의 가능성이 매우 높다. 수역의 부영양화는 현재 지구가 갖고 있는 가장 심각한 환경문제중의 하나로서 물에 질소, 인 등의 영양염류가 과다하게 공급됨에 따라 원치 않는 수질의 변화, 즉 수체내 1차생산자인 조류가 비정상적으로 과다증식하는 현상을 초래한다.

호수나 하천의 유기물은 유역에서 유입되는 외부기원 유기물(allochthonous organic matter)과 내부에서 생산되는 내부생성 유기물(autochthonous organic matter)로 나눌 수 있으며, 내부생성 유기물은 주로 조류와 수생식물의 광합성

과정을 통해 이루어진다. 일반적으로 유속이 빠른 하천에서는 외부로부터 유입되는 외부기원 유기물이 수중 유기물의 주요한 공급원이 되며 정체수역인 호수나 하천 하류 및 하구연 등에서는 수중생물의 1차 생산에 의한 자체생산 유기물이 주 공급원이 된다(Fisher and Likens, 1977; Wetzel, 2001). 국내외에서 조사된 1차생산력 및 유기물 수지를 보면, 평균 체류시간이 200일로 길고 수위변동이 큰 호소형 호수인 대청호에서 1990년 3월부터 12월까지 총 유기물 부하량의 68%를 식물플랑크톤의 1차생산에 의한 내부부하가 차지하고 있다(황길순 등, 1994). 또한 하천이지만 체류시간이 길어 물이 정체되는 낙동강 하류지역에서 1994년 5월부터 10월까지 식물플랑크톤증식이 제일 활발한 시기에 조사한 결과를 보면 6개월간의 총유기물부하에서 식물플랑크톤에 의한 내부생산이 49%를 차지하였다(김범철 등, 1996). 미국의 빈영양호인 Mirror Lake의 경우 내부생산이 총 유기물생산의 78.7%, Marl Lake의 경우 79.2%, Lawrence Lake의 경우 88.9%로 모두 높은 비율을 보였다(Wetzel et al., 1972). 이상과 같이 자연 호수나 호수형 대형 인공호수 또는 물이 정체되는 하천 하류에서는 체류시간이 길기 때

[†] To whom correspondence should be addressed.
parkhk@me.go.kr

문에 유기물 부하량에서 외부 유역에서 유입되는 유기물에 비해 수중에서 생산되는 내부 생산의 기여도가 더 큰 것으로 알려져 있다. 즉 수체의 전체 유기물 부하에서 수중 1차 생산에 의한 유기물의 기여도는 수체의 체류시간이 길수록 또 부영양화가 진행될수록 커질 수 있으므로 각 기원의 유기물 기여도에 관한 연구를 통하여 해당 수체의 수질관리 목표를 설정할 수 있다.

수도권주민의 상수원인 팔당호로 유입되는 세 유입하천 중에서 유입량의 약 54%를 차지하는 남한강의 상류에는 국내에서 두 번째로 큰 인공호인 충주호가 위치하고 있어 홍수 및 갈수기에 충주호의 수문조작에 따라 팔당호로 이르는 남한강 하류 유속과 유량이 크게 영향을 받고 이는 곧 팔당호의 수질에 직접적인 영향을 미친다(공동수 등, 1996). 또한 남한강은 유량이 많은 반면 수질이 다소 불량하여 유입 하천 중에서 오염부하량이 가장 많기 때문에 팔당호의 수질에 대한 영향도가 상대적으로 매우 크며, 특히 봄철에는 오염도가 높아 더욱 큰 영향을 미친다(한강물환경연구소, 2005).

본 연구에서는 팔당호로 유입되는 남한강 하류구간을 대상으로 경계가 불분명한 하천과 호수구간을 유속에 따라 하천(River zone), 호수전이대(Transition zone), 호수구간(Lacustrine zone)의 세 구간으로 구분하고 각 구간별로 수질을 조사하여 구간별로 식물플랑크톤 증식에 영향을 미치는 환경인자와 또 식물플랑크톤 증식에 의한 수중유기물 기여도를 평가하였다.

2. 연구방법

2.1. 조사지점 및 조사기간

조사 지점은 충주조정지댐 방류지점부터 시작해서 팔당

호 유입지점까지의 남한강 본류 약 90 km 구간을 대상으로 6개 지점(S1: 충주조정지댐 방류수, S2: 남한강대교, S3: 이포대교, S4: 강상, S5: 아신리, S6: 신원리)을 조사하였다(Fig. 1). 본 연구에서는 매 조사 시기에 각 조사지점의 유속을 직접 측정하지 못하였기 때문에 기존 자료를 이용하여 남한강 하류의 전체 조사지점을 3개 구간으로 구분하였다. 연 30회 이상 측정된 유량 수위자료를 바탕으로 HEC-RAS 모형을 이용하여 남한강 수계의 유속을 모의 한 결과 S1 부근의 유속은 0.720 m/s, S2 부근은 0.721 m/s, S3 부근은 0.388 m/s, S4 부근은 0.067 m/s, S5 부근은 0.040 m/s, S6 부근은 0.038 m/s로 산정되었다(한강수계관리위원회·한강물환경연구소, 2006). 따라서 위의 결과를 바탕으로 남한강 중류의 S1, S2 지점은 하천 구간(River zone), S3 지점은 남한강과 팔당호의 경계가 되는 전이대(Transition zone) 그리고 S4에서 S6 지점은 팔당호내 수역에 포함되는 호수 구간(Lacustrine zone)으로 구분하였다.

조사 시기는 2004년 7월부터 2006년 6월까지 매월 수질이 안정되고 대표할 수 있는 시기를 선택하여 월1회 24회 조사하였다.

시료채취는 수심이 깊은 S4, S5, S6 지점은 선박을 이용하여 표층수를 채수하였고 동절기 결빙 시에는 표층의 얼음을 깬 후 조사하였다. S3, S2 지점은 다리위에서 채수하였으며 S1(충주조정지댐)은 방류수를 직접 채수하였다.

2.2. 조사 항목 및 분석 방법

수질항목으로 수온, pH, DO, 전기전도도, BOD, TP, TN, NO₃-N, NH₃-N, PO₄-P, 클로로필 a 등 총 11개 항목을 조사하였다. 수질조사항목 중 수온, pH, DO 및 전기전도도는 휴대용 수질현장측정기(HORIBA사, Water Checker U-10)

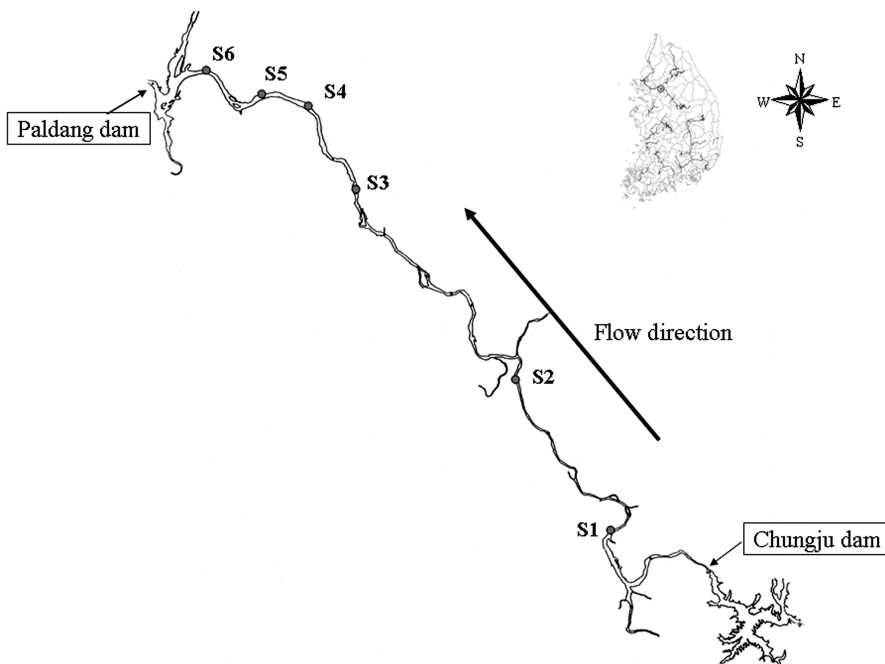


Fig. 1. Sites map of downstream of South-Han River system.

를 이용하여 현장에서 측정하였으며, 현장에서 시료를 채취하여 냉암소에서 보관하여 가능한 한 빨리 실험실로 옮긴 후 BOD, 클로로필 a, 영양염류(T-N, T-P, PO₄-P, NH₃-N, NO₃-N) 항목을 수질오염공정시험방법(환경부, 2004) 및 Standard method for Water and Wastewater(Greenberg et al., 1992)에 준하여 분석하였다.

충주댐 및 팔당댐의 저수량, 강우량, 유입량, 방류량 자료는 국가수자원관리종합정보 인터넷 홈페이지(www.wamis.go.kr)에 게재된 댐 운영정보의 2004년 및 2005년도 일자료를 이용하였다. 각 통계분석은 SPSS 11.0 통계프로그램을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

남한강 하류의 유속은 상류의 대형댐인 충주호의 방류량, 주변 지역의 강우량에 직접적으로 영향을 받으며, 남한강 하류 하천의 유속은 다시 팔당호의 체류시간에 직접적인 영향을 미친다. 조사기간 동안 충주호 및 팔당호의 유역강우량, 충주댐 방류량(Outflow), 팔당호 유입량(Inflow) 및 팔당호 수리학적체류시간(HRT)을 Fig. 2에 나타내었다. 2004년에는 6월 하순부터 8월 중순까지의 여름철 장마기에 강우가 집중되어 2004년 연강우량(1,431 mm)의 71%인 1,014 mm가 이 기간 동안 내렸다. 이에 따라 충주댐 방류량도 증가하였고 그 결과 하류의 팔당댐 유입량도 이때에 가장 많았으며 체류시간이 매우 짧아졌다. 한편 9월부터 2005년 2월까지 강우량이 매우 적어 하류의 팔당호 체류시간이 15일 이상 증가하는 갈수현상을 보였다. 2005년 봄철에도 강우 빈도가 산발적으로 많았으나 그 양은 많지 않아 충주댐 방류량과 팔당댐 유입량은 거의 변화하지 않고 낮은 값을 보였으며 다시 강우량이 증가한 2005년 6월에도 하류 지역의 홍수방지를 위해 방류량을 늘리지 않아 2004년 9월 이후부터 2005년 6월까지 거의 일정한 방류량을 보였다. 2005년 6월부터 8월까지의 여름철 강우기의 강우량은 2004년에 비해 훨씬 적어 연강우량(1,349 mm)의 57%

밖에 되지 않았으며 10월 초까지 강우가 빈번하여 12월까지도 팔당호 체류시간이 10일 이하로 나타났다. 2006년 1월부터 4월까지의 강우량이 매우 적은 갈수현상을 나타내어 팔당호의 체류시간이 다시 15일 이상으로 길어졌으며 5월부터 조사가 끝난 6월까지 간헐적인 강우가 내려 충주호 방류량, 팔당호 유입량이 증가하기 시작하였고 이에 따라 팔당호의 체류시간이 감소하였다. 하천 및 호수에서의 1차 생산자는 각각 부착조류와 식물플랑크톤으로, 유속에 따라 조류의 존재형태가 달라진다. 남한강 하류는 하폭이 넓고 유량이 많으며 유속이 상류하천에 비해 느린 고차하천이다. 따라서 수중 1차생산자는 식물플랑크톤의 형태로 주로 존재한다(박혜경 등, 2004). 식물플랑크톤의 증식에 영향을 미치는 대표적인 물리적 환경인자로 유속을 들 수 있다. 식물플랑크톤의 증식과 관련한 체류 시간에 대해 OECD의 조사보고서(1982)에서 3~5일이면 식물플랑크톤은 영양염류를 생산에 이용할 수 없다고 했으며 Welch(1984)는 하루에 10%의 flush rate, 즉 10일에 1회 교체된다면 녹조현상을 발생하지 않고 물고기에 필요한 식물플랑크톤량의 유지가 가능할 것이라고 하였다. 남한강 하류 구간에서 식물플랑크톤 증식에 큰 영향을 미치는 수리학적 체류시간은 팔당호의 체류시간으로 미루어 볼 때 매년 여름철 집중강우기에 가장 짧아지며 겨울부터 초봄까지 가장 길어지는 것으로 나타났으며 2006년에 비해 2005년 봄에 갈수기가 오래 지속되었다. 따라서 충주댐의 방류량이 적은 가을부터 다음해 봄까지의 갈수기에 남한강 하류 수역의 유속도 매우 느려지고 이런 조건은 남한강 하류 수역에서 식물플랑크톤의 증식을 촉진할 것으로 추정된다.

본 연구에서는 HEC-RAS 모형을 이용하여 모의된 유속을 근거로 남한강 중류의 S1, S2 지점은 하천 구간(River zone), S3 지점은 남한강과 팔당호의 경계가 되는 전이대(Transition zone) 그리고 S4에서 S6 지점은 팔당호내 수역에 포함되는 호수 구간(Lacustrine zone)으로 구분하였는데, 전 조사지점에서의 식물플랑크톤 현존량의 지표인 클로로필 a 농도를 대상으로 일원배치분산분석(ANOVA)과 Dun-

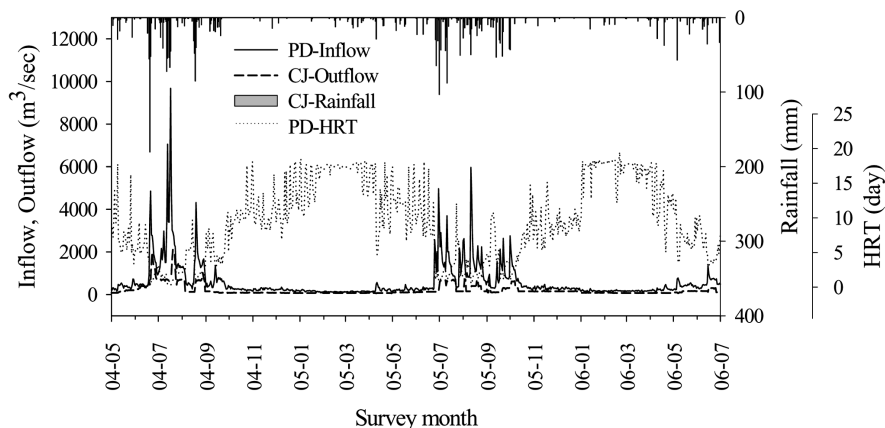


Fig. 2. Time series record for the amount of inflow (line) of Paldang dam and outflow (short dash) of Chungju dam, hydraulic residence time (dotted line) and the amount of rainfall (bar) in Lake Chungju from Jul. 2004 to Jun. 2006 (each value is daily value).

Table 1. The homogeneous subset of means of chlorophyll-a concentration of survey sites from post hoc range test and Dunnett's T3 pairwise multiple comparisons

Sites	N	Subset			F	Sig.
		1	2	3		
S1	24	6.4			6.197	0.000
S2	24	7.1				
S3	24	10.4	10.4			
S4	24	14.6	14.6	14.6		
S5	24		18.1	18.1		
S6	24			22.3		
Sig.		0.213	0.269	0.267		

nett의 T3법에 의한 다중비교를 실시한 결과, 각 지점 간에 유의한 차이를 가지고 있는 것으로 나타났으며 Table 1과

같이 세 그룹으로 구분되어 유속에 따른 남한강 하류 구간 구분이 식물플랑크톤 증식 측면에서도 상당히 유의한 구분인 것으로 나타났다(Table 1).

하천구간, 전이대구간, 호수구간에 속하는 조사지점의 평균값을 사용하여 조사기간 동안 각 수역별로 이화학적 수질항목의 농도 범위를 Fig. 3에 나타내었다. 또한 세 수역의 수질을 일원배치분산분석을 실시하여 수역간의 차이를 비교하였다(Table 2).

부영양화의 원인물질인 인과 질소의 농도는 평균값으로 볼 때 하천구간에 비해 전이대와 호수구간에서 약간 더 높은 농도를 보였으나 일원배치분산분석 결과 총인을 제외하고는 95% 신뢰수준에서 세 수역 간에 서로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

그러나 식물플랑크톤 현존량 지표인 클로로필 a 농도는

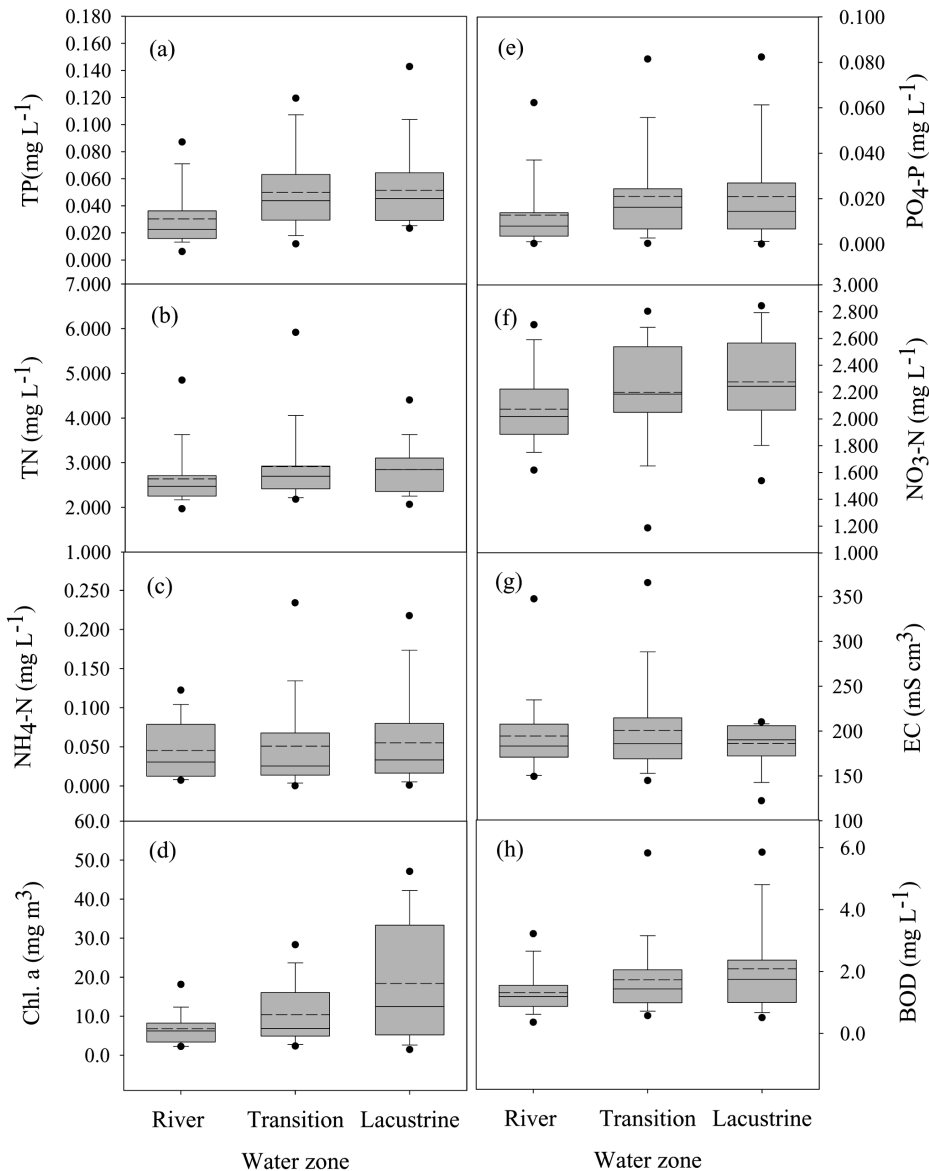


Fig. 3. The range of values of water quality parameters in each water zone from Jul. 2004 to Jun. 2006. ((a)-TP, (b)-TN, (c)-NH₄-N, (d)-Chl. a, (e)-PO₄-P, (f)-NO₃-N, (g)-EC, (h)-BOD₅, Box-25th and 75th percentiles, whisker-5th and 95th percentiles, dot-outlier, line within box-median value, dash within box-mean value).

Table 2. The results of one-way ANOVA of water quality parameters among the water zones

Items	W.T.	pH	DO	TN	NO ₃ -N	NH ₄ -N	TP	PO ₄ -P	Chl. a	BOD
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Sig.	0.929	0.120	0.318	0.400	0.124	0.404	0.015	0.258	0.002	0.087

수역에 따라 큰 편차를 보였으며 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 남한강 하류에서 식물플랑크톤의 증식에 영향을 미치는 환경인자는 영양염류 농도보다는 물리적 인자인 유속인 것으로 추정된다. 한편 수중 유기물농도 지표로 BOD₅를 조사한 결과 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나 하천구간에 비해 유속이 느려지는 호수구간으로 갈수록 높게 나타났다.

유속에 따라 구분된 각 수역에서 이화학적 및 물리학적 수질이 식물플랑크톤 증식에 미치는 영향을 파악하기 위해 항목간 상관관계를 분석하였다(Table 3). 하천 구간에서 클로로필 a 농도와 유의한 상관을 나타낸 항목은 pH와 팔당호의 수리학적 체류시간 그리고 충주댐방류량이었으며 pH와 팔당호 수리학적 체류시간은 양의 상관을 충주댐방류량은 음의 상관을 나타내어 하천구간에서 식물플랑크톤 증식에 영향을 미치는 환경인자는 주로 하류 호수의 체류시간과 상류댐의 방류량으로 표현되는 물리적 인자인 것으로 조사되었으며 이 두 항목은 모두 유속과 직접적인 관계가 있었다.

호수와 하천의 경계수역인 전이대 구간에서 클로로필 a 농도와 통계적으로 유의한 상관관계를 나타낸 항목은 BOD₅ 밖에 없었으며, 호수구간에서는 pH, DO, PO₄-P, NO₃-N, BOD₅ 그리고 팔당호의 수리학적 체류시간이었다. 호수구간에서 클로로필 a 농도와 유의한 상관관계를 보인 항목 중에서 영양염류인 PO₄-P와 NO₃-N은 음의 상관관계를 보여 식물플랑크톤 증식과정에서 우선적으로 소비되는 이들 무기영양염류는 식물플랑크톤 현존량이 많은 시기에 식물플랑크톤의 증식과정에서 급격히 소모되어 낮은 농도를 보이게 되고 그 결과 음의 상관을 나타낸 것으로 추정되며, 특히 PO₄-P의 경우 팔당호의 수리학적 체류시간과 음의 상

관관계를(R=-0.66, p<0.00), 충주댐방류량과는 양의 상관관계(R=0.52, p<0.01)를 보여 강우기에 외부 유입유량이 많을 때 외부에서 많이 공급되어 농도가 높아지는 반면에 유속이 빨라져 식물플랑크톤의 증식은 저해가 됨에 따라 음의 상관을 나타내는 것으로 추정된다. 이런 결과로 볼 때 남한강 하류의 호수구간에서도 식물플랑크톤의 증식에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 팔당호의 수리학적 체류시간 즉 유속인 것으로 판단된다.

한편 TN/TP의 무게비를 보면 전 조사지점에서 조사기간 평균 39.6~95.5의 비를 보였고 특히 상대적으로 TP 농도가 낮았던 하천 구간에서 더 높은 비를 보여 전 지점에서 모두 인이 제한영양염인 것으로 조사되었으며, 조사기간 평균 값으로 볼 때 모든 지점에서 TP과 TN 농도는 부영양 기준을 초과하였다(US EPA, 1979). 이런 결과로 볼 때 남한강 하류 수역은 영양염류 농도가 식물플랑크톤이 증식하기에 충분한 상태이기 때문에 영양염류 농도와 식물플랑크톤 현존량과 뚜렷한 양의 상관을 보이지 않는 것으로 판단된다. 따라서 남한강 하류 수역에서 식물플랑크톤에 영향을 미치는 인자로는 강우 및 상류 댐의 방류량 증가로 인한 유속의 증가(체류시간의 감소)가 가장 중요한 영향을 미치는 것으로 추정된다.

한편 세 수역에서 클로로필 a 농도와 BOD₅와의 상관관계를 보면 전이대 구간과 호수구간에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타내어 이 구간들에서 수중 유기물의 주요 기원이 식물플랑크톤의 증식 즉 내부 유기물부하임을 시사하였다. 특히 유속이 가장 느린 호수구간에서는 높은 상관계수를 보여 팔당댐에 의해 수체가 정체되는 호수구간에서 유기물 오염에 대한 내부 기원 유기물의 비중이 훨씬 큰 것을 알 수 있었다.

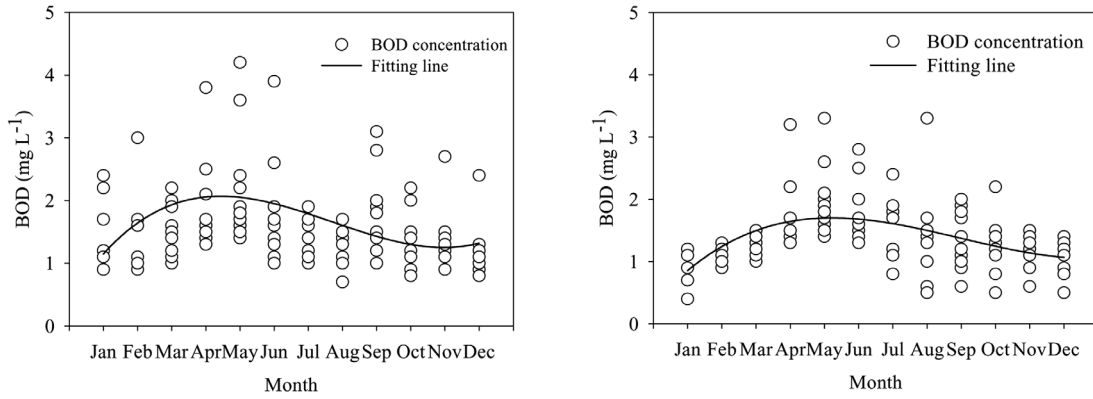
Table 3. Pearson correlation coefficients and significances between chl. a concentration and water quality parameters of each water zone (N=24)

Items	River zone		Transition zone		Lacustrine zone	
	Pearson correlation	Sig.	Pearson correlation	Sig.	Pearson correlation	Sig.
Water temp.	-0.206	0.334	0.105	0.626	0.0353155	0.870
pH	0.717	0.000	0.366	0.078	0.745	0.000
DO	0.196	0.358	-0.131	0.541	0.632	0.001
Conductivity	0.325	0.121	0.344	0.100	0.272	0.198
TP	-0.209	0.327	0.288	0.173	-0.207	0.331
PO ₄ -P	-0.287	0.174	-0.090	0.677	-0.459	0.024
TN	0.091	0.674	0.029	0.893	0.011	0.961
NO ₃ -N	-0.281	0.184	-0.159	0.459	-0.644	0.001
NH ₄ -N	0.383	0.065	0.386	0.062	-0.043	0.843
BOD ₅	0.214	0.316	0.586	0.003	0.753	0.000
HRT of Lake Paldang	0.549	0.005	0.282	0.181	0.526	0.008
Outflow from Chungju dam	-0.408	0.048	-0.181	0.396	-0.394	0.057

Table 4. Pearson correlation coefficients between chl. a concentration and BOD₅ by month of all survey sites

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.
R	0.709**	0.012	0.549	0.719**	0.790**	0.818**
Month	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
R	0.667*	0.167**	0.318	0.975**	0.742**	-0.515

N=12, p<0.01**, p<0.05*



(a) S3 (Ipo Bridge)

(a) S5 (Kangsang)

Fig. 4. Monthly variations of biochemical oxygen demand (BOD₅) in site S3 (Ipo Bridge) and S5 (Kangsang) for 5 years from 2001 to 2006, (monthly data from internet site <http://water.nier.go.kr>).

전체 조사지점을 대상으로 월별 클로로필 a 농도와 BOD₅ 간의 상관관계를 분석한 결과 봄부터 초여름인 4월부터 6월, 그리고 가을철인 10월, 11월에 높은 상관계수를 보여 유속이 느려지는 갈수기에는 남한강 하류 전체적으로 식물플랑크톤의 1차 생산에 의한 내부 유기물 부하가 큰 것으로 조사되었다(Table 4).

2001년부터 2006년까지 5년 간 호수구간에 속하는 S3(이포대교) 지점과 S5(아신리) 지점의 월별 BOD₅ 값을 Fig. 4에 나타내었다(물환경정보시스템, 2001~2006). 두 지점 모두 4월부터 6월까지 가장 높은 BOD₅ 값을 보여 봄철 유기물 오염도가 가장 높은 것으로 나타났다. 그런데 이 시기는 두 지점에서 BOD₅와 식물플랑크톤 현존량과의 상관관계가 매우 높은 시기와 일치한다. 이런 결과로 볼 때 남한강 하류 수역 특히 팔당호 전이대부터 호수 구간의 유기물 오염 관리를 위해서는 봄철 수중에서 식물플랑크톤의 증식을 제어하는 것이 매우 중요하며 이를 위해서는 상류 댐의 수문 조작을 통해 적절한 유속을 유지해주는 것이 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 수문조작에 의한 유속의 조절은 우리나라 강우 특성상 한계가 있으며 남한강 하류 수역의 영양염류 농도가 식물플랑크톤 증식의 제한인자로 작용하지 않을 정도로 높은 점을 감안할 때 근본적으로 식물플랑크톤 증식을 억제하기 위해서는 영양염류 농도를 저감시킬 수 있는 대책이 장기적으로 마련되어야 할 것으로 생각된다.

4. 결론

팔당호로 유입되는 세 하천 중에서 가장 유입량이 많아 팔당호 수질에 직접적으로 영향을 미치는 남한강 하류 수

역을 대상으로 유속에 따라 하천, 전이대, 호수 구간으로 구분하여 각 구간별로 식물플랑크톤 증식에 영향을 미치는 인자를 조사하고 식물플랑크톤 증식에 의한 수중유기물 기여도를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 식물플랑크톤 현존량을 나타내는 클로로필 a 농도는 유속에 의해 구분된 구간에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나, 각 구간에서 모두 식물플랑크톤 증식에 주요한 영향을 미치는 인자로는 유속과 직접적으로 관련이 있는 총주담 방류량과 팔당호의 수리학적체류시간으로 나타났으며 영양염류는 전 구간에서 부영양화 기준을 초과하여 남한강 하류 수역에서 식물플랑크톤 증식에 제한 요인은 아닌 것으로 조사되었다.
- 2) 구간별로 BOD₅ 값과 클로로필 a 농도간의 상관관계를 분석한 결과 유속이 느린 전이대구간과 호수 구간에서 높은 상관관계를 보여 이 구간에서 식물플랑크톤 현존량 즉 내부 유기물 생산량이 이 수역의 유기물 오염의 주요 기원으로 나타났으며, 호수구간의 주요 지점에서 연간 BOD₅가 가장 높은 봄철 갈수기에 BOD₅ 값과 클로로필 a 농도간 상관관계가 높게 나타나 팔당호 남한강 수역의 유기물 오염관리를 위해서는 봄철 수중에서 식물플랑크톤의 증식을 제어하는 것이 매우 중요한 것으로 조사되었다.

사 사

본 연구는 2004년 2005년 한강수계 환경기초조사사업 「남한강 중·하류 하천 및 팔당호의 생태계 구조 조사」의 일부로 수행되었습니다.

참고문헌

- 공동수, 윤일병, 류재근(1996). 팔당호의 물수지 및 수문특성. *한국육수학회지*, **29**, pp. 51-64.
- 국가수자원관리종합정보(2004~2005). <http://wamis.go.kr>.
- 김법철, 김동섭, 황길순, 최광순, 허우명, 박원규(1996). 부영양한 낙동강수계에서 유기물오염에 대한 조류 1차 생산의 기여도. *Algae*, **11**, pp. 213-237.
- 물환경정보시스템(2001~2006). <http://water.nier.go.kr>.
- 박혜경, 변명섭, 김은경, 이현주, 전명진, 정동일(2004). 팔당호 상류 유입하천의 수질 및 식물플랑크톤 분포 패턴. *한국물환경학회지*, **20**, pp. 615-624.
- 한강물환경연구소(2005). 남한강 수계 오염물질 유출 및 수질변동 특성에 관한 연구. NIER No. 2005-34-779.
- 한강수계관리위원회 · 한강물환경연구소(2006). 수역별 수질/수량 관측망 운영 및 평가. 2006년도 한강수계 오염총량관리사업.
- 환경부(2004). 수질오염공정시험방법.
- 황길순, 김동섭, 허우명, 김법철(1994). 대청호의 일차생산과 가두리양어장 및 유역으로부터의 유기물부하량. *한국육수학회지*, **27**, pp. 299-306.
- Fisher, S. G. and Likens, G. E. (1977). Energy flow in Bear Brook, New Hampshire; An integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Eco. Monogr.*, **43**, pp. 421-439.
- Greenberg, A. E., Clesceri, L. S., and Eaton, A. N. (1992). Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 18th ed. APHA AWWA WEF, Washington.
- OECD (1982). *Eutrophication of waters-monitoring, assessment and control*.
- US EPA (1979). *Quantitative techniques for the assessment of lake quality*. US EPA 440/5-79-015.
- Welch, E. B. (1984). Lake restoration results, (Ecosystems of the world 23, Lakes and reservoirs, F. B. Tamb (ed.) 643pp.), Elsevier, pp. 557-571.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems*. 3rd ed. Academic Press.
- Wetzel, R. G., Rich, P. H., Miller, M. C., and Allen, H. L. (1972). *Metabolism of dissolved and particulate detrital carbon in a temperate hard-water lake*. IBP-UNESCO Smpo-sium. Mem. 1st Ital Idrobiol. 29 Suppl., pp. 185-243.