

대청호 유입유량 변동과 수질 및 조류증식의 관계

천세억[†] · 이재안 · 이재정 · 유영복 · 방규철 · 이열재

국립환경과학원 금강물환경연구소

Relationship among Inflow Volume, Water Quality and Algal Growth in the Daecheong Lake

Se-Uk Cheon[†] · Jea-An Lee · Jay J. Lee · Yung-Bok Yoo · Kyu-Chul Bang · Yeoul-Jae Lee

Geum River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research

(Received 7 December 2005, Accepted 12 January 2006)

Abstract

Changes in water quality and algal growth according to the differences in the inflow volume were investigated in the Daecheong Lake from 1998 to 2001. Until year 2000, inflow volume considerably depended on the rainfall throughout the basin. However, the correlation was low since 2001 when water storage in the upstream Yongdam Lake was started. According to inflow volume-TP relationship analyses, significant correlation was found at up- and middle-stream sites, excluding down-stream site of the Daecheong Lake. For chlorophyll-a, correlation was found with flow volume at all sites except for Choo-So. In a dry year, although nutrients loads were relatively lower than those in rainy years, there were higher concentrations of chlorophyll-a and massive bloom of *Microcystis*. Limiting factors for algal growth seems to be not the volume of nutrients load but retention time and physical disturbance of the water body influenced by inflow volume. Thus, in the Daecheong lake, it would be more important to focus on the management of eutrophication in dry years than in rainy ones.

keywords : Algal growth, Daecheong Lake, Eutrophication, Inflow volume, Water quality

1. 서론

우리나라 호수는 대부분이 하천에 댐을 건설하여 형성된 인공호이다. 이렇게 건설된 댐들은 하천과 직접적으로 연결되고 또한 댐의 상류 유역이 호수의 집수유역이기 때문에 호수 수면적에 비하여 대단히 넓은 유역면적을 갖게 된다. 대청호의 경우도 호수면적보다 유역면적이 57.2배나 넓다.

우리나라의 호수들은 입지한 위치에 따라 환경적 특성이 상당히 다양하게 나타나고 있다. 팔당호나 하구호의 경우는 하천의 하류에 위치하고 있기 때문에 수심이 낮고 체류시간이 짧아 유출율이 높은 특성을 보이고 있다. 반면 소양호, 파로호, 대청호, 용담호, 충주호, 안동호 등은 하천의 중·상류에 위치하고 있어 수심이 깊고 체류시간이 길어 유출율이 낮은 특성을 보이고 있다. 그리고 춘천, 의암호 등과 같이 전술한 호수들의 중간적 특성을 갖는 호수가 있다(Rhu et al., 1994).

이러한 차이는 호수의 이용목적에 따라서 나타나는데, 발전이나 상수원으로 이용되는 팔당호의 경우는 비교적 저수량이나 수위가 안정적이지만(공, 1992) 발전, 용수 확보 이외에도 댐 하류의 유지용수 및 홍수조절 등 다목적으로 이

용되는 대청호의 경우에는 저수량과, 수위변동이 심하게 나타난다(Han et al., 1998).

팔당호와 같은 하천형 호수들은 갈수기에는 체류시간의 증가로 인하여 환경변동이 심하지 않고 생물의 생산이 높은 반면, 홍수기에는 체류시간이 짧아지고 일시적으로 극심한 환경변동과 함께 유역으로부터 유입된 오염물질의 유출이 일어난다(Lim et al., 1999). 그러나 소양호, 대청호 등과 같은 호수형 호수는 갈수기 보다는 오히려 풍수기인 여름철에 일시적인 환경변동은 있지만 오염물질의 유입과 축적에 의하여 생물생산이 증가된다(오 등, 1995).

현재 우리나라 대부분의 호수에서는 여름철에 부영양화 현상이 나타나고 있으며 유독성 남조류(Watanabe et al., 1993; 박, 1998) 등이 출현하고 있다.

호수에서 조류의 성장에 주요한 역할을 하는 환경요인은 물리화학적 요인, 호수내의 생물학적 변동, 호수의 성인에 따른 유역의 특성, 기상조건 등을 지적하고 있다.

대청호는 우리나라 호수 중 지리적 위치, 규모, 저수량, 체류시간 등을 고려 해 볼 때 대형호수의 대표적인 모형으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 매년 여름철 부영양상태가 반복적으로 발생하는 금강수계의 대청호를 중심으로 대청호의 유입유량의 변화가 영양염 유입에 미치는 영향과 그에 따른 수질변화 및 조류의 발생과의 관계에 대하여 고찰하였다.

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

2. 재료 및 방법

2.1. 대청호 수질 및 수리·수문 자료조사

대청호 수질조사는 1998년에서 2001까지 4년 동안 본류 수역 3개 지점과 만입수역 1개 지점에서 수행하였다(Fig. 1). 본류수역은 대청호의 상류인 장계교 하류(L1), 중류의 회남대교(L3), 하류의 댐앞지점(L4)이었으며 만입수역은 소옥천이 유입되는 추소 지점(L2)이었다.

수질분석을 위한 시료는 각 조사지점에서 수면으로부터 50 cm 깊이에서 채취하였으며 지점 L1의 경우 중층 시료는 측정된 수심의 중간에서, 하층 시료는 바닥으로부터 1 m 상부에서 반돈채수기(Wildco, vertical type)를 이용하여 채취하였다.

수온(°C), pH, DO(mg/L), Conductivity(µS/cm)는 Corning 사(U.S.A.)의 Check and mate 90, 투명도(m)는 Secchi Disk, Turbidity(NTU)는 Hach사(U.S.A.)의 2100 Turbidometer를 이용하여 현장에서 측정하였다. 영양염류(총인 : TP, 총질소 : TN)와 Chlorophyll-a 농도는 수질오염공정시험방법(환경부, 2001)에 준하여 분석하였으며, 흡광도의 측

정은 UV/VIS Spectrometer Lambda 2S(Perkin Elmer)를 이용하였다.

대청댐의 수리수문 자료는 한국수자원공사 수자원관리종합정보시스템(<http://www.kowaco.or.kr>)에서 제공하는 댐 수문 자료를 이용하였다.

2.2. 조류의 동정 및 계수

조류의 동정 및 계수를 위한 시료는 대청호 각 조사지점에서 채취한 시료를 현장에서 Lugol 용액으로 고정하였다. 조류의 동정 및 검경은 원시료를 위상차현미경(Axioscop, Zeiss, Germany)으로 하였고, 계수는 Sedgwick-Rafter counting chamber를 사용하여 속별로 실시하였다. 조류의 동정은 廣瀨弘幸 등(1991), 정(1993)에 준하여, 그리고 계수는 수질오염공정시험방법(환경부, 2001) 제41항 식물성 플랑크톤(조류)에 준하였다.

2.3. 대청호 영양염부하 특성

대청호 영양염 부하 특성을 분석하기 위하여 1998년부터 2001년까지 장계 지점(L1) 수층별 조사결과와 평균치와 월평균 유입유량을 적용하여 부하량을 산정하였으며 유량 물질부하관계식($C_i = a \cdot Q^b$)을 이용하였다(C_i : 물질부하량, Q ; 유량).

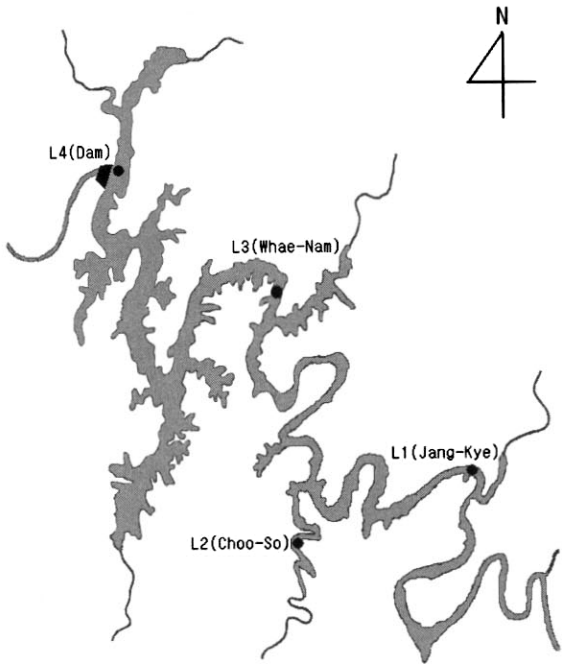


Fig. 1. Map of the research sites in the Daecheong Lake.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대청호 유역 강수량 및 유입유량 변동

1998년부터 2001년까지 4년간의 대청호유역 월별 강수량 및 유입유량 변동은 Table 1과 같다. 이 기간의 평균 강수량은 1,244 mm이었고 평균 유입유량은 1132.4 CMS이었다. 우리나라는 몬순기후대에 속하기 때문에 강우가 대체로 여름철에 집중된다. 4년간 평균 강수량에 대한 6월부터 9월까지 4개월간의 평균 강수량 비율은 71.5%였고, 이 기간의 대청호 4년간 평균유입유량에 대한 여름철 4개월의 유입유량 비율은 67.9%로 집중도가 높은 것으로 나타났다.

1998년부터 2001년까지 4년간 대청호 유역 강우량과 대청호 유입유량의 관계는 Fig. 2의 (a)와 같다. 일반적으로 대청호 유역의 강수량과 대청호의 유입유량과는 밀접한 관계가 있다. Fig. 2(b)는 1999년의 월별 강수량과 대청호 유입유량의 관계이며, Fig. 2(c)는 2001년 월별 강수량과 대청호 유입유량의 관계이다. 1999년은 대청호 상류의 용담호에

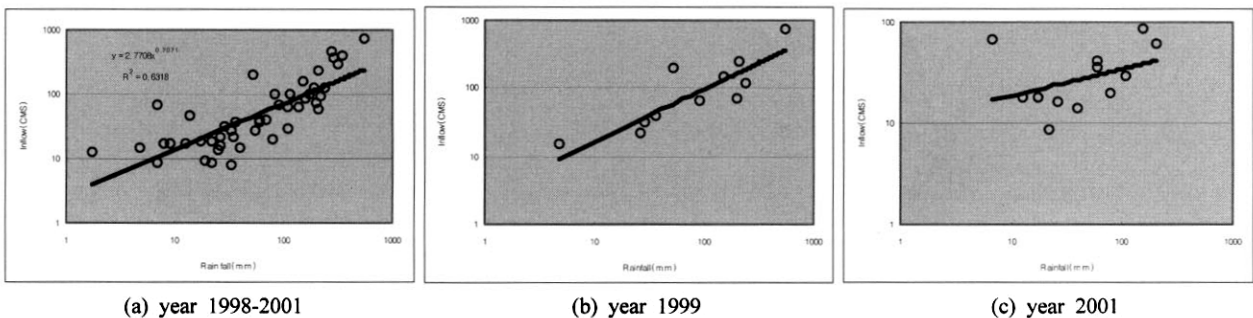


Fig. 2. Relationship between rainfall in the Daecheong Lake basin and inflow volume to the Daecheong Lake.

Table 1. Rainfall on the Daecheong Lake basin and inflow to Daecheong Lake from 1998 to 2001 (data from Korea Water Resources Corporation, <http://www.kowaco.or.kr>)

		(unit : Rainfall mm, inflow CMS)												
Year		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Sum
1998	Rainfall	26.5	35.9	29.0	151.4	89.3	237.9	208.9	545.6	200.4	52.7	25.8	4.7	1608.1
	Inflow	21.5	38.3	30.5	153.2	66.5	122.9	241.4	726.7	71.3	194.8	21.6	15.0	1703.7
1999	Rainfall	6.9	18.8	70.0	84.2	107.3	170.2	136.7	189.9	284.8	116.6	14.1	9.1	1208.6
	Inflow	8.7	9.4	40.8	97.0	60.8	99.0	64.7	129.7	380.5	100.2	45.0	17.3	1053.1
2000	Rainfall	22.1	1.7	25.3	55.9	33.2	215.8	313.1	350.1	271.6	33.1	34.5	7.9	1364.3
	Inflow	18.8	12.5	13.4	27.0	8.2	91.9	284.9	383.7	452.8	27.5	20.9	16.8	1358.4
2001	Rainfall	39.7	61.0	6.8	17.7	21.7	204.9	155.6	60.8	79.5	108.2	12.6	26.4	794.9
	Inflow	14.3	36.1	66.9	17.8	8.4	60.0	86.4	41.3	20.0	29.3	17.7	16.1	414.3
Mean	Rainfall	23.8	29.4	32.8	77.3	62.9	207.2	203.6	286.6	209.1	77.6	21.8	12.0	1244.0
	Inflow	15.8	24.1	37.9	73.8	36.0	93.5	169.4	320.4	231.1	88.0	26.3	16.3	1132.4

저류되기 이전 시기이고 2001년은 용담호에 저류가 시작된 시기이다. 1999년부터 2000년까지 대청호 유입유량과 유역 강수량은 1998, 1999, 2000년에 R^2 가 각각 0.751, 0.784, 0.700으로 두 인자 간에 밀접한 관계를 보였지만 2001년에는 R^2 가 0.154로 낮게 나타났는데, 이는 용담호의 담수에 따른 인위적인 유량 조절로 인하여 유역강수량과 대청호 유입유량 간의 상관도가 낮아졌기 때문이라고 판단된다.

3.2. 대청호 영양염 부하 특성

우리나라 대부분의 호수는 하천에 댐과 같은 구조물을 축조하여 막아서 형성된 인공호이기 때문에 호수의 수질은

호수로 유입되는 하천에 크게 영향을 받는다. 호수로 유입되는 하천의 수질은 유역으로부터 유출되는 오염물질과 밀접한 관련이 있다. Fig. 3은 대청호 유입 지점인 지점 L1에서 4년간(1998~2001)의 총질소와 총인 농도 변동을 나타낸 것이다. 총질소 농도의 변동은 유입유량 변동과 연관성이 낮아 보이지만 총인 농도 변동은 유입유량의 변동과 유사한 형태를 보이고 있다. 대청호의 지점 L1에서 이 시기의 총질소와 총인의 유량-물질부하량의 관계는 Fig. 4와 같다. 영양염 부하 특성은 유량 물질부하관계식($C_L = a \cdot Q^b$)을 이용하였다(C_L : 물질부하량, Q ; 유량). 여기서 $b > 1$ 이면 유량 증가에 따라 오염물질의 농도가 증가되고 $b < 1$ 이면 유

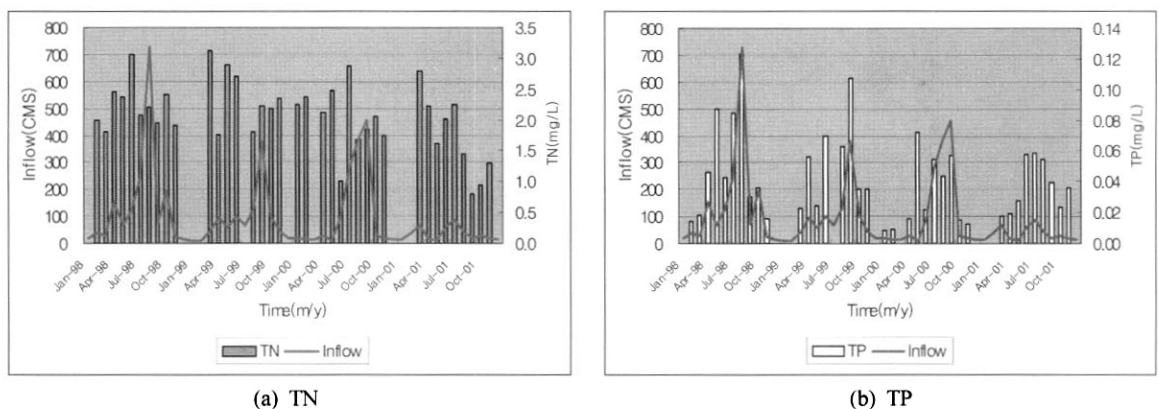


Fig. 3. Variation of TN, TP and inflow at the site L1 in Daecheong Lake for 4 years (1998~2001).

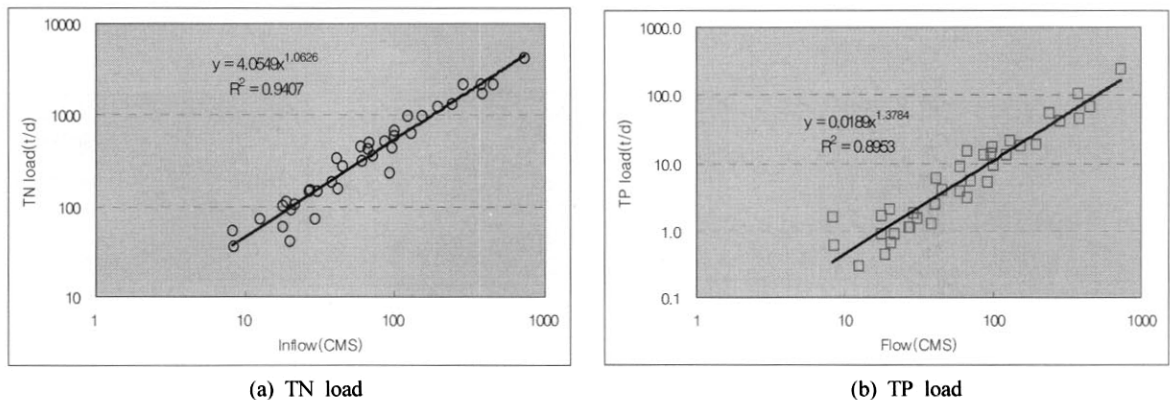


Fig. 4. Relationship between Nutrients (TN, TP) load and inflow at the site L1 of Daecheong Lake for 4 years (1998~2001).

량증가에 따라 농도가 감소됨을 의미한다. 이 지점에서 4년간의 월평균 수질과 유량으로 산출한 유량-총질소부하의 관계지수 b는 1.0626으로서 유량의 증가는 질소농도의 주요 증가 요인이 아니지만, 유량-총인부하의 관계지수 b는 1.3784로 산출되어 유량의 증가가 총인농도를 증가시키는 주요 요인으로 나타났다.

3.3. 유입 유량과 수질

1998년부터 2001년까지 4년간 대청호 각 조사지점에서 조사기간 동안 표층의 수질 변동은 Table 2와 같다. 대청호 상류에 위치한 지점 L1과 L2에서(이상 상류지점) 수온은 3.5~33.0°C 범위이었고 중류와 하류에 위치한 지점 L3와

L4(이상 중·하류 지점)에서는 4.6~30.1°C이었다. pH는 상류지점에서 7.0~10.3 범위이었고 중·하류지점에서는 6.9~9.8 범위이었다. DO와 전기전도도는 상류지점에서 각각 7.2~19.9 mg/L, 82.4~259.0 μS/cm 범위이었고, 중·하류지점에서는 각각 6.2~14.4 mg/L, 68.3~177.8 μS/cm 범위이었다. 탁도와 투명도는 상류지점에서 각각 0.9~40.4 NTU, 0.4~3.7 m 범위이었고, 중·하류지점에서는 각각 0.9~20.1 NTU, 1.3~6.4 m 범위이었다. 각 조사지점에서 총인 농도와 Chl-a 변동추이는 Fig. 5와 같다. 총인과 Chlorophyll-a 농도는 상류지점에서 각각 0.007~0.160 mg/L, 1.1~162 mg/m³범위이었고, 중·하류지점에서는 각각 0.003~0.048 mg/L, 0.3~63.4 mg/m³ 범위이었다.

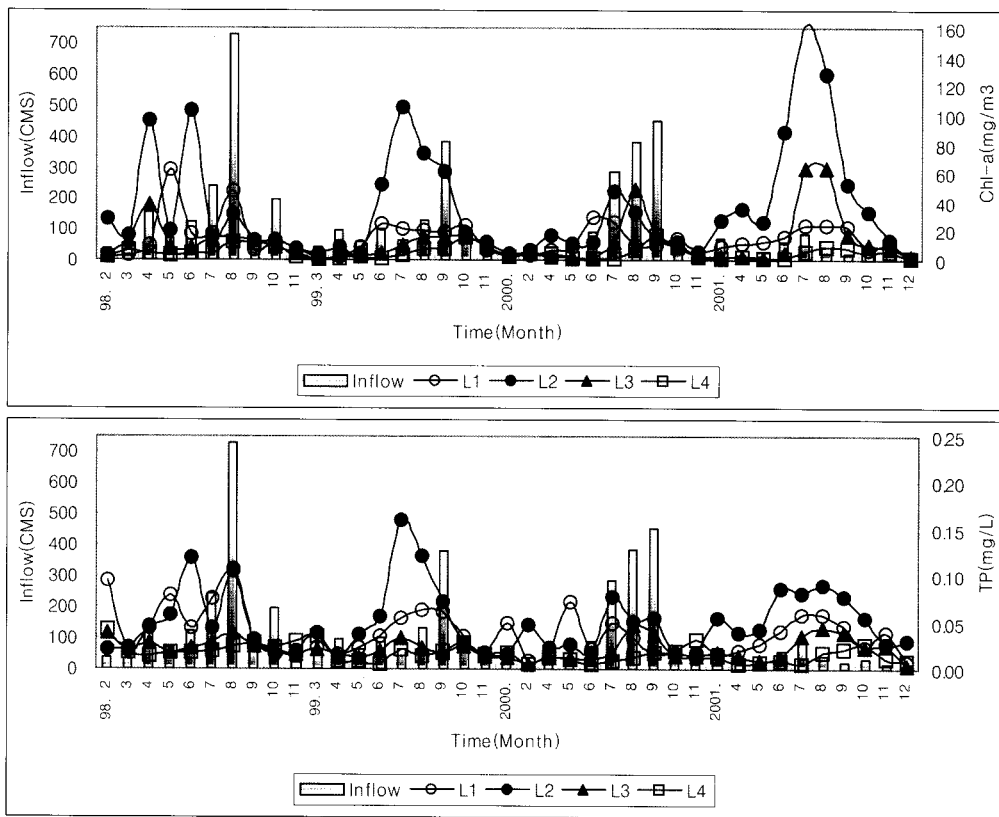


Fig. 5. Variation of inflow, TP and Chlorophyll-a concentration at the research sites in the Daecheong Lake.

Table 2. Minimum, maximum and average water qualities at the 4 sites in Daecheong Lake from 1998 to 2001

Sites	Water temp.(°C)	pH	DO(mg/L)	Cond. (μS/cm)	Turb. (NTU)	Tran. (m)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)
L1	Min	3.5	7.0	7.2	82.4	0.9	0.007	1.1
	Max	30.8	9.3	19.9	186.1	39.4	0.106	62.5
	Mean	20.1	8.1	10.8	131.8	8.7	0.038	14.9
L2	Min	3.5	7.0	8.7	92.5	0.9	0.012	1.1
	Max	33.0	10.3	19.1	259.0	40.4	0.160	162.4
	Mean	20.8	8.3	12.3	157.9	9.7	0.050	36.6
L3	Min	4.6	7.0	6.7	83.0	0.9	0.003	0.3
	Max	30.1	9.8	14.4	177.8	20.1	0.048	63.4
	Mean	20.1	7.9	10.2	124.7	5.2	0.022	12.5
L4	Min	5.1	6.9	6.2	68.3	0.9	0.005	0.8
	Max	29.7	9.4	13.1	150.6	8.0	0.043	17.3
	Mean	19.2	7.8	9.7	118.5	3.2	0.017	5.2

이상에서와 같이 수질은 대청호의 중·하류에 위치한 지점(L1, L2)에서보다 상류에 위치한 지점(L3, L4)에서 높은 값과 큰 변동폭을 나타냈다. 이는 상류 지점은 대청호 중·하류에 위치한 지점(수심 약 30 m 이상)보다 수심이 낮고 수체가 작아 유입유량 변동 등과 같은 외부 환경변동에 민감하기 때문으로 판단된다.

Table 3은 각 조사지점에서 유입유량과 수질간의 상관관계이다. 지점 L1에서 유량은 수온, 탁도, 총인 및 Chlorophyll-a에 양의 상관관계를, 전도도와 투명도는 음의 상관관계를 보였으며, 지점 L2에서는 수온과 총인 농도가 양의 상관관계 보였다. 지점 L3에서는 수온과 총인 농도가 양의 상관관계, 투명도는 음의 상관관계를 보였으며 지점 L4에서는 수온, 탁도 및 Chlorophyll-a가 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

지점 L1에서는 모든 수질항목이 유입유량과 상관성을 보였는데, 이는 지점 L1이 금강본류가 유입되는 지점(Transitional zone)으로 유입유량에 직접적인 영향을 받는 지점이기 때문으로 판단된다.

지점 L2는 소옥천이 유입되는 정체수역으로서 수심이 낮고 (약 6~10m) 조류의 번식이 심한 지역으로 유입유량 보다는 오히려 증식된 조류에 의한 영향이 강한 지역이기 때문으로 생각된다(Table 4).

지점 L3에서 투명도와 총인농도가, 지점 L4에서 탁도와 Chlorophyll-a가 유입유량과의 상관성을 보인 것은 유입유량의 직접적인 영향이라기보다는 상류수역의 수질 변동에 따른 간접 영향 때문이라고 판단된다.

총인의 경우 지점 L1, L2 및 L3에서 유입유량과 상관성을 보였으나 지점 L4에서는 상관도가 없는 것으로 나타났다. 이는 유입유량의 영향력이 대청호 상류에서는 강하나 하류에 이르러서는 감소되기 때문으로 판단된다.

3.4. 조류와 수질의 상관도

대청호 각 조사지점에서 수질과 Chlorophyll-a와의 상관도는 Table 4와 같다. 지점 L1에서 조류증식과 관련 있는 인자는 수온, 총인 및 투명도로 나타났다. 지점 L2의 경우는 모든 항목에서 유의하거나 아주 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 지점 L3의 경우 수온, pH, 탁도, 투명도, 총인 항목에서 유의하거나 아주 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났고, 지점 L4에서는 투명도가 아주 유의한 관련성을 나타냈다.

지점 L2에서 모든 항목이 Chlorophyll-a와 상관도가 높은 것은 이 지점이 소옥천의 유입부로서 조류의 증식에 아주 유리한 조건이 형성되고 있음을 시사하고 있다. 지점 L3의 경우는 대청호의 중간 지점으로서 대청호 본류 구간 유입수와 댐 방류수의 영향력이 적어 수체의 유동이 거의 없는 안정적인 지점으로 영양염의 체류기간이 길어져 조류증식에 유리한 조건으로 작용한 때문으로 추정된다.

Fig. 6은 1999년 홍수기에 모의한 대청호의 호류도로 대청호 본류 구간 중 회남부근(L3)에서 호류가 거의 없으며 소옥천이 유입되는 L2 지점 역시 호류의 형성이 거의 없이 안정적인 모습을 보여주고 있다.

지점 L1의 경우는 직접적으로 유입수의 영향을 받기 때문에 수체가 불안정한 지점이기에는 하나 Chlorophyll-a의 상관도가 높은 것은 금강본류로부터 유입되는 영양물질을 가장 먼저 이용할 수 있는 지점이기 때문으로 추정된다.

지점 L4의 경우는 가장 하류에 위치하고 있어 대부분의 영양물질들이 상류인 지점 L1, L3에서 소모되어 영양원의 고갈현상이 발생되고, 또 일부는 조류가 지점 L4에서 증식된 것이라기보다는 상류인 지점 L3에서 흘러든 것으로 생각된다.

전술한 바와 같이 유입유량의 변동은 대청호의 수질 특

Table 3. Correlation between inflow and water quality at the 4 sites in Daecheong Lake (n=35)

Sites	Items	Water Temp.	Conductivity	Turbidity	Transparency	TP	Chlorophyll-a
L1		0.4212**	-0.3779*	0.4363**	-0.3295*	0.4028*	0.4011*
L2		0.4278**	-	-	-	0.3301*	-
L3		0.4679**	-	-	-0.3271*	0.4600**	-
L4		0.4651**	-	0.3352*	-	-	0.4846**

* : p<0.05 ; ** : p<0.01 ; *** : P<0.001

Table 4. Correlation between Chlorophyll-a and water quality at the 4 sites in Daecheong Lake (n=35)

Items	Sites	L1	L2	L3	L4
Water Temp.		0.5924***	0.5571***	0.4860**	-
pH		-	0.6227***	0.7111***	-
DO		-	0.6701***	-	-
Conductivity		-	0.6136***	-	-
Turbidity		-	0.8636***	0.9027***	-
Transparency		-0.3724*	-0.6352***	-0.6301***	-0.5987**
TP		0.5766***	0.7266***	0.6906***	-

* : p<0.05 ; ** : p<0.01 ; *** : P<0.001

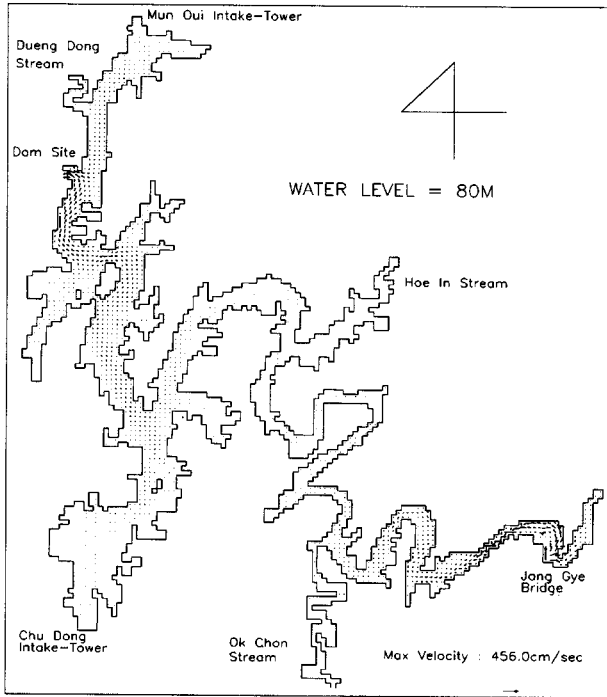


Fig. 6. Distribution of current during the rainy season in 1999.

히 인 농도의 증가에 영향을 미치게 되고 결국 이러한 수질의 변화는 호수내에서 조류의 증식에 직·간접적인 영향요인으로 작용된다. 결국 대청호 유역의 강우량은 유입유량에 변동을 유발하고, 유입유량의 증가는 대청호의 인농도 증가를 초래하며 조류의 증식을 촉발하여 이화학적 수질변화를 초래하는 것으로 판단된다.

3.5. 조류 변동

1998년부터 2001년까지 4년간 대청호 지점 L3에서의 우점조류 변동은 Fig. 7과 같다. 대청호에서 주로 출현하는 조류는 규조류인 *Aulacoseira*, 남조류인 *Anabaena*, *Microcystis*, 갈색편모조류인 *Cryptomonas* 등이다. 이 중 규조류인 *Aulacoseira*와 갈색편모조류인 *Cryptomonas*는 연중 지속적으로 출현하나, 남조류인 *Anabaena*와 *Microcystis*는 초여름에 출현하여 초가을까지 지속적인 우점을 보였다.

이들 우점조류들의 상대우점도는 Fig. 7에서와 같이 연도별로 각 조류의 상대우점도가 다르다. 규조류인 *Aulacoseira*의 경우 1999년에 상대우점도가 높았다. 남조류인 *Anabaena*의 경우 1998년에 출현기간이 가장 길었고 1999년에는 1998년도에 비하여 상대우점도가 감소하였으며, 2000년도에는 일시적인 우점 현상은 있었으나 출현기간이 짧았고, 2001년의 경우는 거의 출현하지 않았다. 그러나 남조류 *Microcystis*의 경우 *Anabaena*와는 상반된 현상을 보였다.

갈색편모조류인 *Cryptomonas*의 경우도 각 연도별로 발생기간이나 우점도가 다르게 나타났다. 또한 규조류인 *Aulacoseira*와 남조류인 *Microcystis*는 상보적인 관계로 전형적인 계절적 천이를 보였다.

1998년부터 2001년까지 4년간의 유량변동을 보면 1998

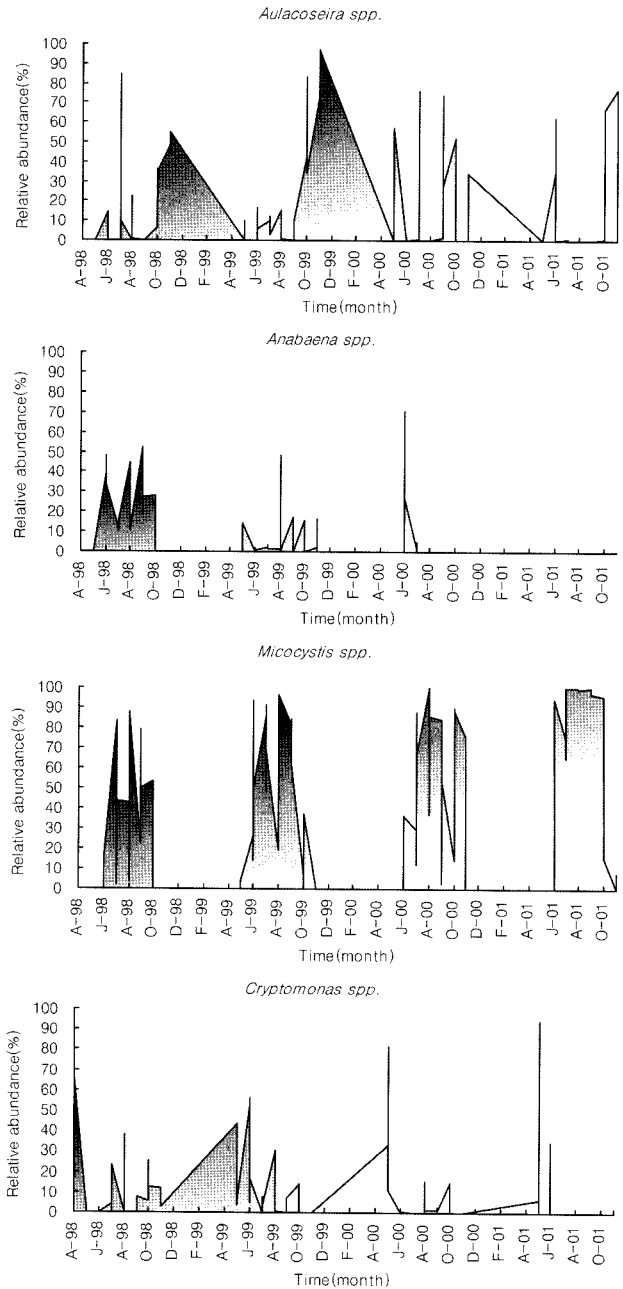


Fig. 7. Change of dominant algae at the site L3 in Daecheong Lake for 4 year (1998~2001).

년의 경우는 8월에, 1999년과 2000년의 경우는 9월에 유입유량이 가장 많았다(Table 1). 1998년의 경우는 8월 집중호우로 인하여 평균 유입유량이 약 730 CMS로 증가되면서 대청호 전수체가 교란되었고, 탁수층이 두껍게 분포하는 등의 수환경 변동으로 인하여 여름철에 남조류중에서도 *Anabaena*의 상대우점도 및 출현기간이 길었다. 그러나 1999년과 2000년에는 9월 이전에 유입유량이 많지 않았기 때문에 수체의 안정화 및 표수층의 수온상승 등으로 인하여 남조류인 *Anabaena*의 상대 우점도가 다소 낮아지고 출현기간이 짧아졌다. *Microcystis*의 경우는 이와 반대로 상대우점도 및 출현기간이 길어졌다. 특히 2001년에는 평년보다 강수량이 적었고 용담호의 저류로 인하여 유입 유량이 감소되어 *Microcystis* 우점기간이 길고 발생량도 많은 것

로 나타났다.

이러한 우점조류의 출현 양상으로 볼 때 풍수년의 경우 대청호 조류는 *Anabaena*형의 호수이고 갈수년의 경우에는 *Microcystis*형 호수로 볼 수 있다.

전술한 바와 같이 유역의 기상변동은 유입유량의 증가와 함께 호수 조류발생의 원인물질인 인의 유입을 증가시키고, 유입유량의 변동은 호수의 수환경을 변화시킴으로써 호수에서 조류의 출현 중에도 커다란 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 갈수년의 경우는 영양염의 부하는 적지만 수체가 안정적이고 오염물질이 장기간 체류하기 때문에 남조류 중 *Microcystis*의 과량 증식을 촉발하는 원인이 된다. 1998년부터 2001년까지 대청호의 체류시간을 보면 1998년에는 120일, 1999년에는 198일, 2000년에는 152일이었으나 *Microcystis*가 우점한 2001년의 경우 대청호의 체류시간은 약 499일로 나타났다. 따라서 2001년과 같은 갈수년의 경우에는 호수의 수질관리에 특별한 주의가 요구되는 시기로 판단된다. 특히 추소리(L2) 지점과 같이 만입되고 정체되는 수체에서는 조류의 과량 증식이 유발되어 본류수체에 영향을 미치기 때문에 오염원에 대한 중점 관리가 요구되는 지점이라 판단된다.

4. 결 론

대청호 유역의 유입유량 증가는 호수내로 조류 증식 제한인자인 인의 유입 원인인 동시에 호수의 중·상류의 수체에 물리·화학적 변화를 수반하여 수환경의 변동을 초래함으로써 조류의 증식을 유발하는 원인이 된다.

An(2000)은 장마기 대청호의 육수학적 특성에 관한 연구에서 연중강우의 대부분을 차지하는 장마기의 강우 강도는 유량특성과 체류시간을 결정하고 결국 수체의 화학적, 생물학적 특성을 변화시킨다고 하였다. 그래서 강우량이 많은 경우는 성층의 약화, 이온성 물질의 희석, 총인 증가, 무기성 잔류물질의 부하를 증가시키고 상류 수역의 Chlorophyll-a를 씻어낸다고 하였다. 반면 강우량이 적을 때는 강한 성층, 낮은 광물질 부하, 높은 염도 및 총인을 감소시킨다고 보고하고 있다. 본 연구 결과에서도 대부분 이와 유사한 결과를 얻었다. 그러나 2001년과 같은 갈수년의 경우 체류시간이 약 499일이 될 정도로 강우량이 적었으나, 인 부하가 많은 풍수년보다 Chlorophyll-a 농도가 유난히 높았다. 또한 수질관리상 문제가 되는 남조류인 *Microcystis*의 발생 정도가 높은 것으로 나타났는데, 이는 인 부하량의 다소 보다는 유입된 인의 체류기간이나 탁도에 의한 광저해 현상, 유입유량에 따른 수체의 물리적 교란정도 등이 보다 중요한 요인으로 다루어야 할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 호수의 부영양화에 따른 조류의 증식이 강우가 많은 풍수년 보다는 강우가 적은 갈수년의 경우에 더 많이 발생한다는 것을 보여주며 호수의 수질관리 측면에서도 주의를 기울일 필요가 있음을 시사하고 있다.

참고문헌

- 공동수, 팔당호의 육수 생태학적 연구, 고려대학교 박사학위논문 (1992).
- 박혜경, 한국산 남조류 *Microcystis* spp.의 생리·생태적 연구, 경북대학교 박사학위 논문 (1998).
- 오희목, 김도한, 대청호의 남조류 수화발생에 대한 단기간적 예측, *한국육수학회지*, **28**, pp. 127-135 (1995).
- 이문호, 조류에 의한 수질조사법, 동화기술 (1987).
- 정준, 한국담수조류도감, 아카데미서적 (1993).
- 환경부, 수질오염공정시험방법 (2001).
- 廣瀬弘幸, 山岸高旺, 日本淡水藻類圖鑑, 内田老鶴園 (1991).
- An, K. G., Importance of the Asian Monsoon on the Limnological Functions and Processes in the Taechung Reservoir, Korea, *International Symposium "Ecotechnology in Environmental Protection and Fresh Water Lake Management,"* October 17-20, Natural Science Auditorium, PaiChai University (2000).
- Edward, G. M. III and McGuire, M. J., An Early Warning System for Taste and Odor Control, *Journal of American Water Works Association, Research and Technology*, March, pp. 77-88 (1986).
- Han, E. J., Cheon, S. E., Park, J. K., Yu, S. J., Kim, T. K., Hwang, J. Y., Kim, S. J., Kim, D. H. and Yoon, Y. S., *A Study on Management Methods of Nutrients Loading in Daechong Lake(I)*, Report of NIER, Korea 20, pp. 315-327 (1998).
- Lim, B. J., Jheong, W. H., Byeon, M. S., Choe, S. H., Bang, K. C., Hwang, S. R., Kim, S. H., Heo, S. N., Park, J. D., Park, J. H., Hwang, D. J., Jun, S. O., Kim, B. H., Chung, J. W., Lee, J. B., Kim, J. T. and Ryu, J. K., *Survey and Control of Algal BloomS in Lake(II)*, Report of NIER, Korea NIER NO. 99-17-532, pp 389~402 (1999).
- Prescott, G. W., *How to Know the Freshwater Algae*, 3rd ed. The Pictured Key Nature Series (1978).
- Rhu, H. I., Kong, D. S., Cheon, S. U., Lee, S. H., Choi, S. H., Heo, S. N., Noh, H. R., Lee, Y. J., Choi, H. G., Kwon, O. S., Kim, J. M., Yang, S. Y., Park, J. D., Hwang, D. J., Son, Y. H., Park, E. K., Leem, J. H., Jung, J. W., Jung, W. H., Kim, J. H. and Lim, T. H., *Studies on Eutrophication Control of Lake and Reservoir(III)*, Report of NIER, Korea NIER NO. 94-17-432, pp 229~248, (1994).
- Sournia, A., *Phytoplankton manual*, UNESCO (1978).
- Watanabe, M. F. and Harada, K. I., Toxic Water Bloom of Blue-green Algae: Biological and Chemical Characteristics, *Jpn. J. Limnol.*, **54**, pp. 225-243 (1993).
- Yagi, M., Kajino, M., Matusuo, U., Atshitani, K., Kita, T. and Nakamura, T., Oorous Problems in Lake Biwa, *Wtr. Sci. Technol.*, **15**, pp. 311-312 (1983).