

## 합천호 수질 및 영양단계에 대한 평가

최형섭\* · 조인철 · 변종환 · 문병현<sup>1)</sup> · 허종수<sup>2)</sup>

경상남도보건환경연구원, <sup>1)</sup>창원대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>경상대학교 응용생명과학부  
(2002년 10월 24일 접수, 2002년 12월 3일 수리)

### Estimation of Water Quality and Trophic State in the Hapcheon Lake

Hyoung-Sub Choi\*, In-Cheol Cho, Jong-Hwan Byun, Byung-Hyun Moon<sup>1)</sup> and Jong-Soo Heo<sup>2)</sup> (Gyeongsangnam-do Province Government Public Health and Environmental Research Institute, Chang-won 641-241, Korea, <sup>1)</sup>Dept. of Environmental Engineering, ChangWon National University, Chang-won 641-773, Korea, <sup>2)</sup>Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

**ABSTRACT :** The yearly average water qualities of the Whang river, which flows into the Hapcheon lake, were COD 3.1~4.2 mg/L, T-N 2.460~3.550 mg/L, and T-P 0.111~0.201 mg/L during 1996~2001. The yearly average COD concentration of Hapcheon lake was increased from 1.9 mg/L (in 1996) to 2.7 mg/L (in 2000). However, T-N and T-P concentration of Hapcheon lake did not show increasing trend over the 6 year period. During 1996~2001, the yearly average concentrations of T-N, T-P were 1.383~1.792 mg/L, 0.018~0.023 mg/L, respectively. The correlation coefficients between chlorophyll *a* and T-N, T-P, rainfall intensity, water temperature were 0.382, 0.372, 0.589, and 0.526, respectively. Therefore, the rainfall and water temperature appeared to play an important role for the variations of chlorophyll *a* concentration in the Hapcheon lake. Trophic state of the Hapcheon lake were evaluated to be in the range of mesotrophic to eutrophic.

**Key words:** Hapcheon lake, chlorophyll *a*, trophic state.

## 서 론

우리나라는 강우가 여름에 집중되기 때문에 하천수만으로는 수자원을 해결할 수 없어 인공댐을 건설하여 수자원을 확보하고 있다. 이러한 인공댐에 의한 호수들은 상류 수역의 비점원 점원에 의한 오염으로 호수 형성후 10~30년 경과시에는 부영양호의 수질을 보인다고 한다<sup>1)</sup>.

일반적으로 호수에서 수자원의 가치를 결정하는 오염물질 중 가장 보편적인 것은 유기물 함량이다. 유기물의 양은 외부 유입부하량과 호수내 일차생산의 두 가지 근원에 의해 좌우된다. 일반적으로 자연호에서는 외부기원유기물에 비해 일차생산량이 크기 때문에 일차생산량이 부영양화를 결정짓는다. 그러나 체류시간이 짧은 인공호들은 하천과 자연호의 중간적인 성격을 띠고 있으며, 외부기원 유기물 부하량이 많기 때문에 자연호와는 달리 일차생산과 외부기원 유기물 부하량을 함께 고려되어야 한다. 일차 생산량 중 식물성 플랑크톤에 의한 호수자체 생성 유기물은 그 비중이 크게 되면 호수 생태

계에 매우 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 식물성 플랑크톤의 생산력은 질소, 인에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그런데 국내의 많은 호수들이 질소, 인 농도에서 식물성 플랑크톤이 성장할 수 있는 한계농도 이상인 것으로 알려지고 있다<sup>2)</sup>.

합천호는 유역면적이 931.1 km<sup>2</sup>이며 임야 706.6 km<sup>2</sup>, 논 94.1 km<sup>2</sup>, 밭 45.6 km<sup>2</sup>, 대지 9.1 km<sup>2</sup>, 기타 75.7 km<sup>2</sup>로 구성되어 있고 유역내 오염물질 발생부하량은 BOD 17,870 kg/day, T-N 2,584 kg/day, T-P 373 kg/day이며, 축산, 양식, 토지에 의한 BOD, T-N, T-P 발생부하량은 57~72%로 보고되고 있다<sup>3)</sup>. 이러한 전형적인 농촌지역에서는 일반적으로 점오염원보다는 비점오염원에 의한 오염이 문제되고 있고 오염원의 관리가 매우 까다롭다. 이러한 유역에 위치한 합천호는 농업용수, 발전용수 등을 확보하기 위하여 다목적 댐으로 건설되어 약 12년이 경과하였으며, 최근 식물성 플랑크톤이 대량 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 인공호수인 합천호의 장래 수질관리를 위한 수질변화특성을 파악하기 위해, 호수 유입 하천 중 가장 큰 하천이며, 상시 유량을 유지하고 있는 황강의 수질이 합천호의 수질 변화 특성에 미치는 영향을 파악하고 합천호의

\*연락처:

Tel: +82-55-211-1512 Fax: +82-55-211-1419  
E-mail: chsemail@hanmail.net

수질 항목간의 상관관계와 호수의 영양단계를 고찰하고자 하였다.

### 재료 및 방법

합천호의 수질 평가를 위해 사용된 자료는 1996년부터 2001년까지 6년 동안 월 1회 표층수에서 측정된 환경부 수질자료이다. 수질평가항목은 수온, COD<sub>Mn</sub>, T-N, T-P, chlorophyll *a*, 투명도로 하였다. 조사지점은 Fig. 1과 같이 환경부가 매월 1회씩 수질조사를 하고 있는 호수내 3개 지점과 호수 유입 하천중 가장 큰 하천이며 상시 유량을 유지하고 있는 황강으로, 호수 유입전 1개 지점으로 하였다. 호수의 방류수량과 저수량, 합천지역의 강우량, 일사량은 수자원공사와 기상청의 홈페이지에 수록된 자료를 각각 이용하였다.

### 결과 및 고찰

#### 호수 유입 하천수(황강)의 수질변화

합천호 유역의 하천들은 강우시의에는 건천인 대부분 소

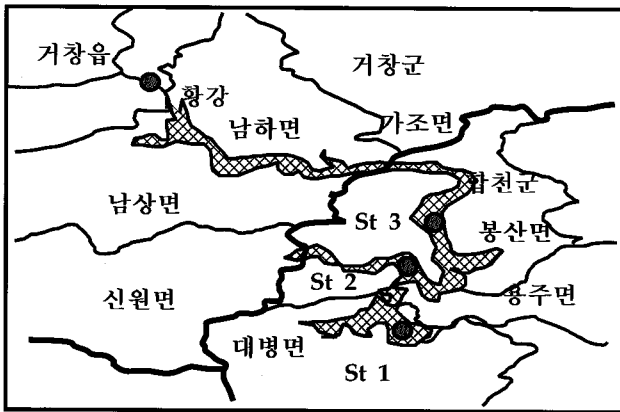


Fig. 1. Monitoring sites of the Hapcheon lake.

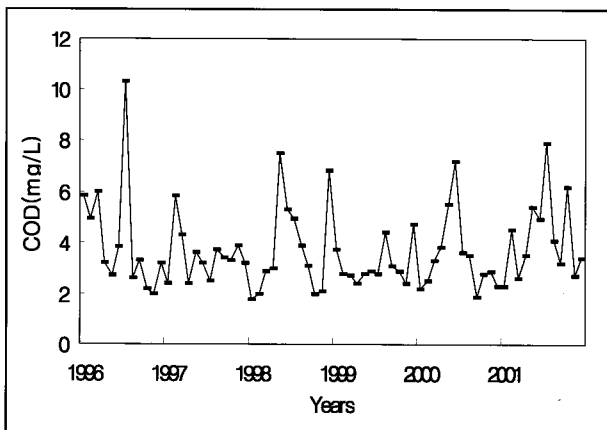


Fig. 2. The yearly variation of COD<sub>Mn</sub> concentration of the Whang river.

하천이나, 황강은 연중 상시 유량을 유지하는 하천이다. 그리고 평상시 합천호 유입수량의 대부분은 황강에서 유입되는 하천수이다. 황강은 거창군 거창읍을 기점으로 해서 합천댐에 합류되었다가 낙동강 본류로 유입되는 낙동강 제1지류 하천이다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 합천호에 유입되기 직전 황강 조사지점의 1996년부터 2001년까지 연평균 COD<sub>Mn</sub>농도의 범위는 3.1~4.2 mg/L이며, 6년간의 농도변화는 크지 않았으며, 갈수기에 COD<sub>Mn</sub>농도가 높게 나타났다.

그리고 Fig. 3과 같이, 호수의 부영양화에 큰 영향을 주는 T-N의 1996년부터 2001년까지 연평균농도의 범위는 2.53~3.55 mg/L이며, 연도별로 비슷한 농도 수준을 보였다. 또한 연평균 T-P는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 1996년부터 2001년까지 연평균농도의 범위가 0.111~0.201 mg/L로 조사되었으며, 농도가 조금씩 증가하고 있는 경향을 보이고 있다.

COD<sub>Mn</sub>, T-N, T-P에 대한 황강 수질과 호수내 수질의 상관성을 Table 1에 나타내었다. 그 결과 황강의 수질과 합천호 수질의 상관성은 아주 미약한 것으로 나타났다. 따라서 점오염원인 황강의 수질변화에도 호수의 수질은 일정한 수준으로 유지되고 있다는 것을 시사하는 것이다. 이는 합천호의 약 150일의 긴 수리학적 체류시간과 관련있는 것으로 생각된다.

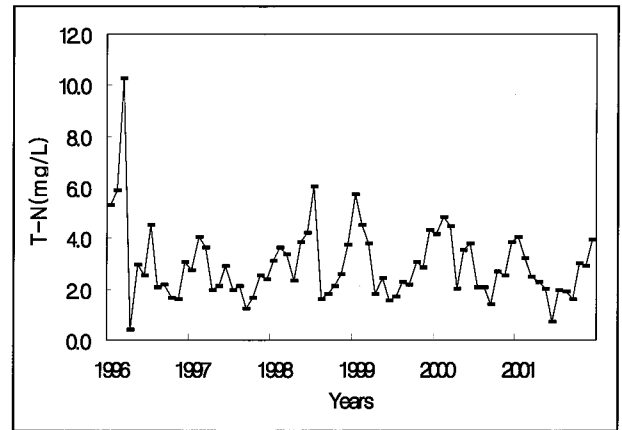


Fig. 3. The yearly variation of T-N concentration of the Whang river.

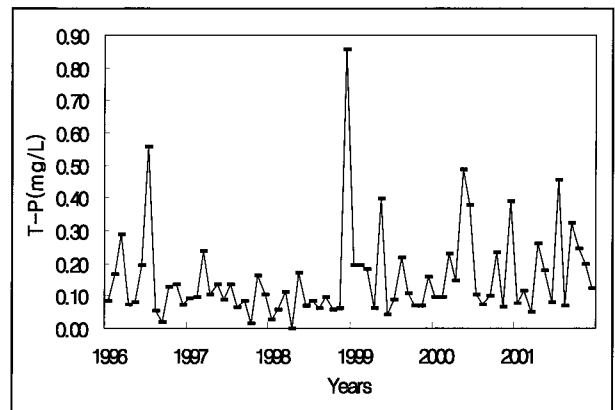


Fig. 4. The yearly variation of T-P concentration of the Whang river.

**호수의 연도별 수질변화추이**

Table 2에 나타낸 바와 같이 합천호의 연평균 COD<sub>Mn</sub>농도는 1996년에는 1.7~2.1 mg/L 이었으나, 2001년에는 2.6~2.8 mg/L로 나타났다. COD<sub>Mn</sub>의 연도별 변화추이는 호수내 3개 조사지점 모두 농도가 조금씩 증가하는 것으로 조사되었다. 그리고 조사 지점별로 COD<sub>Mn</sub>농도를 비교해본 결과 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

그리고 T-N의 지점별 평균농도를 보면 1996년 1.205~1.400 mg/L 이었으나 2001년에는 1.787~1.801 mg/L로 나타나 모든 조사지점에서 1996년에 비하여 조금 증가한 것으로

나타났다. 또한 T-P의 경우는 1996년 0.014~0.023 mg/L에서 2001년 0.017~0.019 mg/L로 나타나, St. 2, St. 3지점에서는 조금 증가하는 경향으로 나타났다. 그러나 St. 1지점은 1998년 이후 일정한 수준을 유지하는 것으로 조사되었다. T-N, T-P의 경우도 COD<sub>Mn</sub>와 마찬가지로 지점별 농도 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 농도 수준은 공<sup>2)</sup>이 발표한 전국 61개 호소의 1990부터 1997년 까지의 평균 수질인 T-N 2.083 mg/L, T-P 0.070 mg/L 보다 낮은 수준이다.

그러나 호수의 수질평가에 있어 매우 중요한 수질인자인 chl-a 농도변화를 살펴보면, 1996년 3.1~4.1 mg/m<sup>3</sup>에서 2001년 10.5~11.4 mg/m<sup>3</sup>으로 조사되어 1996년도에 비하여 2001년도에는 약 3배정도 높은 농도를 나타내었으며, 매년 증가하는 것으로 조사되었다.

따라서 합천호에 있어서 T-N, T-P농도의 연도별 변화 정도에 비하여, Chl-a 농도가 크게 증가하는 것으로 보아 식물성 플랑크톤의 생장에 N, P 뿐만 아니라 다른 변수들도 영향을 주는 제한인자일 수 있다고 생각되어진다.

**Table 1. Relationships between Hapcheon lake and Whang river in COD, T-N, T-P concentration**

Items	COD	T-N	T-P
Regression equation	y=0.003X+2.29	y=-0.068X+1.76	y=-0.006X+0.02
R <sup>2</sup>	0.00008	0.0987	0.0068

**Table 2. The ranges and averages of water quality in the Hapcheon lake during 1996~2001**

Items	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
St.1	COD	1.0~2.6 (1.7±0.5)	1.3~2.7 (2.1±0.4)	1.9~2.7 (2.3±0.3)	1.9~3.0 (2.4±0.4)	2.0~2.6 (2.3±0.2)	2.2~3.2 (2.7±0.3)
	T-N	0.738~1.910 (1.205±0.373)	1.196~1.912 (1.577±0.200)	1.211~1.885 (1.539±0.163)	1.119~1.824 (1.511±0.256)	1.1115~1.973 (1.455±0.275)	1.397~2.490 (1.801±0.280)
	T-P	0.004~0.053 (0.023±0.016)	0.003~0.035 (0.020±0.012)	0.007~0.029 (0.017±0.006)	0.009~0.025 (0.017±0.005)	0.004~0.026 (0.015±0.007)	0.014~0.028 (0.017±0.004)
	Chl-a	0.5~8.0 (3.1±2.6)	0.3~19.6 (5.3±6.6)	1.0~18.6 (6.8±5.1)	2.1~32.7 (10.9±9.6)	0.6~16.3 (7.9±5.3)	1.2~33.4 (11.4±9.9)
St.2	COD	1.2~3.1 (1.9±0.5)	1.2~3.1 (2.3±0.6)	1.2~2.9 (2.3±0.5)	1.7~2.8 (2.3±0.3)	2.1~2.6 (2.4±0.2)	2.1~4.1 (2.8±0.5)
	T-N	0.788~2.050 (1.375±0.442)	1.312~2.122 (1.620±0.211)	1.024~1.943 (1.557±0.224)	0.932~1.885 (1.495±0.306)	1.105~2.021 (1.554±0.248)	1.239~2.800 (1.789±0.376)
	T-P	0.006~0.032 (0.017±0.007)	0.000~0.035 (0.022±0.011)	0.003~0.044 (0.025±0.015)	0.010~0.040 (0.023±0.009)	0.004~0.036 (0.019±0.010)	0.015~0.028 (0.019±0.004)
	Chl-a	0.8~9.7 (3.9±3.1)	0.2~18.1 (6.0±6.9)	0.2~16.9 (7.7±5.8)	1.7~33.4 (14.3±11.4)	0.4~24.6 (7.7±6.9)	1.1~23.1 (10.5±8.5)
St.3	COD	1.3~3.4 (2.0±0.6)	1.3~3.1 (2.3±0.6)	1.4~2.8 (2.3±0.4)	1.4~2.7 (2.1±0.4)	1.8~2.9 (2.4±0.3)	2.2~3.3 (2.6±0.3)
	T-N	0.806~2.279 (1.400±0.506)	1.040~1.988 (1.598±0.245)	1.002~2.119 (1.669±0.286)	0.910~1.895 (1.516±0.315)	1.121~1.729 (1.513±0.162)	1.588~2.473 (1.787±0.257)
	T-P	0.006~0.024 (0.014±0.006)	0.000~0.046 (0.024±0.016)	0.004~0.047 (0.028±0.014)	0.009~0.034 (0.022±0.007)	0.009~0.072 (0.023±0.017)	0.014~0.027 (0.019±0.004)
	Chl-a	0.1~10.4 (4.1±3.5)	0.3~53.7 (9.5±15.1)	0.0~21.5 (9.4±7.0)	0.7~23.5 (9.1±7.7)	0.7~23.5 (9.1±7.7)	1.3~25.2 (11.4±9.6)

\*Unit : COD, T-N, T-P(mg/L), Chlorophyll-a(mg/m<sup>3</sup>).

\*( ) : Average±SD.

Table 3. Correlation coefficient between water quality variables in the Hapcheon lake

Item	Chl- <i>a</i>	Temperature	COD	T-N	T-P	N/P	Transparency	Rainfall	Solar radiation
Chl- <i>a</i>	1.000								
Temperature	0.590**	1.000							
COD	0.372**	0.245**	1.000						
T-N	0.382**	0.260**	0.262**	1.000					
T-P	0.372**	0.443**	0.132	0.116	1.000				
TN /TP	-0.148*	-0.213**	-0.274**	0.163*	-0.421**	1.000			
Transparency	-0.582**	-0.424**	0.175**	-0.255**	-0.256**	0.055	1.000		
Rainfall	0.567**	0.483**	0.124	0.219**	0.372**	-0.133	-0.447**	1.000	
Solar radiation	0.314**	0.092	-0.144*	0.277**	0.023	0.132	-0.413**	0.289**	1.000

\*\* Significant at 0.01, \* Significant at 0.05, n=216.

### Chl-*a*와 수질변수 상호간의 상관성 분석

Table 3은 1996부터 2001년까지 매월 조사한 3개 조사지점의 모든 자료를 이용하여 수질변수 상호간의 상관관계 및 Chl-*a*와 다른 수질변수와의 관계를 나타낸 결과이다. Chl-*a*농도변화와 수질변수와의 상관성 관계를 상관계수의 절대값에서의 크기 순서를 살펴보면, 수온>투명도>강우량>T-N>T-P=COD<sub>Mn</sub>>일사량>N/P 이었다. 수온, 강우량, T-N, T-P, COD<sub>Mn</sub>, 일사량은 정의 상관관계를 투명도와 N/P는 부의 상관관계를 나타내었다.

식물성 플랑크톤의 생장에 가장 중요한 인자인 T-N, T-P와 Chl-*a*와의 상관계수는 각각 0.382, 0.372로 나타나 상관성이 낮은 것으로 조사되었다. 이는 합천호내의 질소와 인이 식물성 플랑크톤의 생장에 필요한 양으로 호수 내에 이미 존재하고 있어 나타난 현상으로 생각된다. Thomann(1987)에 의하면 식물성 플랑크톤은 반포화상수가 용존성 무기인이 5 µg/L, 용존성 무기질소가 20.5 µg/L이라고 하였으며, 이의 5배이상 존재할 경우 성장속도는 포화상태에 이른다고 하였다<sup>4)</sup>. 또한 Vollenweider(1968)에 의하면 남조류 bloom의 최저농도는 인 10 µg/L, 질소 200~300 µg/L이라고 추정하였다<sup>5)</sup>.

합천호의 2001년 NO<sub>3</sub>-N농도는 1.038~2.421 mg/L이고 평균 1.505 mg/L 이었으며, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P은 0.010~0.023 mg/L이고 평균 0.015 mg/L이었다. 따라서 용존성 질소의 경우는 합천호에 있어 식물성플랑크톤의 생장에 제한 인자로 작용하기에는 높은 농도인 것으로 추정되며, 인의 경우도 0.020 mg/L를 넘는 경우가 있어 식물성플랑크톤의 생장에 충분한 양인 것으로 판단된다.

수온과의 상관계수는 0.590으로 나타났으며, 강우량과도 0.567로 나타나 Chl-*a*의 농도증가에 수온과 강우량이 가장 많은 영향을 주는 것으로 조사되었다. Oh 등<sup>6)</sup>은 대청호에서 집중강우가 있을 후 Chl-*a*농도가 점차 증가하여 4.3~5.5일 후에 최고조에 이르렀으며, 남조류의 대량 발생은 강우시기 및 강수량, 수온, 일사량 등의 기상조건에 의하여 영향을 받는 것으로 보고하였다. Elber 등<sup>7)</sup>은 강우 약 2주일 후에 조류의 생체량이 증가하였다고 보고하였다. 그리고 Seo<sup>8)</sup>는 대청호를 대상으로 한 연구에서 모든 양분 조건이 만족되는 상태에서 Chl-*a*

농도는 수온변화에 가장 민감한 반응을 나타내는 것으로 보고하였다.

그리고, 식물성 플랑크톤의 생장에 큰 영향을 주는 질소, 인과 강우량과의 상관계수는 각각 0.219, 0.372로 낮은 상관성을 보였으며, Chl-*a*와 강우량과의 상관계수 0.526은 질소, 인과 강우량의 상관계수보다 약 1.5~2배정도 크다. 이는 합천호의 경우 식물성 플랑크톤 성장에 필요한 질소, 인이 충분히 존재하고, 강우시 다른 영양물질이 유입되어 나타난 현상이라고 생각된다. Park 등<sup>9)</sup>은 합천댐의 남조류 현존량과 양이온(K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)과의 상관계수가 0.41에서 0.89사이이며, 충분한 총인, 총질소가 존재하는 상태에서 양이온은 녹조현상에 중요한 요인으로 작용한다고 보고하였다.

또한, 투명도와 Chl-*a*, 강우량과의 상관관계를 보면 부의 관계로 나타났으며 상관계수는 0.582, 0.447이었다. 따라서, 식물성플랑크톤의 성장과 강우에 의한 오염물질유입은 호수의 투명도에 큰 영향을 주는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 Oh 등<sup>10)</sup>이 대청호에서 투명도와 Chl-*a* 농도간의 상관계수를 -0.507로 보고한 것과 비슷하다.

따라서, 합천호의 Chl-*a* 농도변화는 질소, 인과 같은 생장 영양물질의 농도수준뿐만 아니고 수문학적 요인과의 밀접한 관계가 있을 것으로 추정된다.

TN/TP비와 Chl-*a*의 농도의 상관관계를 보면 부의 관계로 나타났으며, 상관계수가 0.148로 거의 상관성이 없는 것으로 나타났다. 합천호의 TN/TP비는 50~150 사이가 대부분이며, 이 범위에서 OECD의 부영양화 기준인 Chl-*a*농도 25 mg/m<sup>3</sup> 이상의 높은 값을 나타내는 경우가 많았다. TN/TP비가 200 이상인 경우도 상당히 존재하고 있으며, 이 경우 Chl-*a* 농도는 10 mg/m<sup>3</sup> 이하의 낮은 값을 보였다. Lee 등<sup>9)</sup>은 소양호의 TN /TP값을 18~620으로 보고하였으며, 이러한 높은 TN/TP 값은 우리나라 대부분의 호수에서 나타나는 일반적 현상이며, 외국호수와 비교할 때 매우 특이한 현상이라고 하였다. 또한 Forsberg(1978)는 식물성 플랑크톤의 한계 영양 물질을 TN/TP 비가 10~17일 때 질소 또는 인이며, 10이하일 때는 질소, 17 이상일 때는 인이라고 하였다<sup>10)</sup>. 따라서 합천호수의 식물성 플랑크톤의 생장에 관련된 제한영양소는 P이며 합천호의

Table 4. The yearly TSI values of the Hapcheon lake

Years	St. 1			St. 2			St. 3		
	TSI (SD)	TSI (Chl-a)	TSI (TP)	TSI (SD)	TSI (Chl-a)	TSI (TP)	TSI (SD)	TSI (Chl-a)	TSI (TP)
2001	49	60	46	50	58	47	51	59	47
2000	48	57	43	48	55	46	48	57	47
1999	51	59	45	50	62	48	54	57	48
1998	51	55	45	52	54	47	53	60	49
1997	50	49	45	50	50	49	50	53	47
1996	47	46	46	48	49	45	48	48	44

부영양화를 조절하기 위해서는 P를 관리하는 것이 유리함을 시사하고 있다.

Chl-a와 COD<sub>Mn</sub>의 상관관계를 보면, 상관계수가 0.372로 나타나 낮은 상관성을 보였다. 이러한 결과는 Kim 등<sup>11)</sup>이 하절기 소양호의 표층수에서 COD<sub>Mn</sub>농도가 식물성 플랑크톤 증식의 영향을 거의 받지 않는 것으로 판단된다고 보고한 것과 유사하다. 하지만 식물성플랑크톤의 22 µg chl-a는 약 1 mgC에 해당하는 것으로 보고하고 있고, 낙동강 본류의 평균 Chl-a 농도 69.8 µg/L은 1.54 mgC/L로 추정하였다<sup>12)</sup>. 또한 Jo 등<sup>13)</sup>은 소양호에서 식물성 플랑크톤 생장이 유기물 분포에 미치는 영향 연구에서 총유기탄소량과 Chl-a의 농도가 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 보고하였다.

호수의 영양단계 평가

호수의 영양단계는 주로 총질소, 총인, chl-a와 투명도에 의해서 판정하고 있다. Forsberg와 Riding<sup>14)</sup>은 Chl-a, 총질소, 총인의 부영양화 한계기준을 7 mg/m<sup>3</sup>, 0.6 mg/L, 0.025 mg/L로 제시하였고, U.S.EPA(1974)는 인에 대한 부영양화 한계 농도를 0.02 mg/L로 규정하였다. 그리고 Carlson(1977)은 호수의 영양단계를 총인 및 chl a농도, 투명도를 사용하여 0~100의 범위에 있는 Carlson지수인 영양상태지수(TSI, Trophic State Index)를 제시하였다. 이에 의하면, TSI>60이상은 부영양, 40<TSI<60은 중영양, TSI<40에서는 빈영양으로 구분하고 있다<sup>15)</sup>.

2001년 합천호에 있어 총질소와 Chl-a는 Forsberg와 Riding의 부영양기준을 초과하였으며, 총인은 0.017~0.019 mg/L로, EPA의 부영양화 기준보다 약간 낮고, Forsberg와 Riding의 중영양 기준인 0.015~0.025 mg/L의 농도범위 내에 있는 것으로 조사되었다. 그리고 Table 4에서 보는 바와 같이 합천호의 St.1, St.2, St.3지점 모두 TSI(SD)와 TSI(TP)에 있어서 연도별 변화는 크지 않았다. Chl-a에 의한 TSI(Chl-a)가 TSI(SD)와 TSI(TP)보다 각 지점에서 높게 나타났으며 변화의 폭도 크게 나타났으며 점점 조금씩 증가하고 있으며, 부영양화 기준인 60을 초과하는 경우도 나타났다. 반면에 TP에 의한 TSI값이 대부분 가장 낮게 나타났다. 따라서 합천호수의 영양상태지수는 Chl-a>SD>TP 순으로 나타났다. TSI값을 이용한 합천호

Table 5. Hydrological characteristics and phosphate loading rate of the Hapcheon lake

Items	Unit	Values*
Water volume	m <sup>3</sup>	441.3×10 <sup>6</sup>
Water surface area	m <sup>2</sup>	17×10 <sup>6</sup>
Outflow rate	m <sup>3</sup> /s	33.2
Depth of monitoring site	m	64.3
Loading rate discharged	kg/day	297.6

\* Average values in 2000 year

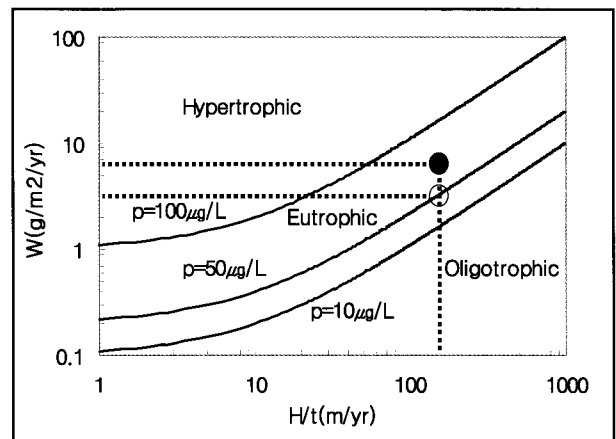


Fig. 5. Trophic state of the Hapcheon lake based on Vollenweider(1975).

의 영양상태를 살펴보면 중영양~부영양단계에 있는 것으로 보인다.

또한 합천 호수의 영양단계를 Vollenweider(1975)가 제시하고 있는 다음 모형을 이용하여 평가하여 보았다.

$$p = \frac{W}{10 + H/t}$$

여기서 p는 농도, W는 인의 표면 부하량, H는 수심, t는 호수의 수학적 체류시간이다. 자료의 실측은 매우 어렵기 때문에 Table 5에 나타난 바와 같이 자료수집이 가능했던 2000년 수문자료와 배출부하량을 이용하였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 Vollenweider(1975)식에 의하여 합천호의 TP농도를 추정한 결과 0.039 mg/L이며 2000년 합천호의 TP농도 범위인 0.004~0.072 mg/L과 근사하였다. 따라서 현재의 표면부하율 6.39 g/m<sup>2</sup>/yr의 49%인 3.25 g/m<sup>2</sup>/yr 이하로 저감시켰을 때, TP농도는 EPA의 부영양화 기준인 0.020 mg/L 이하로 될 것으로 추정되었다.

요 약

호수 유입 하천인 황강의 1996~2001년 년도별 평균 수질은 COD 3.1~4.2 mg/L, T-N 2.460~3.550 mg/L, T-P 0.111~0.201 mg/L 이었다. 호수내의 평균 수질은 COD가 1996년

1.9 mg/L에서 2001년 2.7 mg/L로 매년 조금씩 증가하는 것으로 나타났다. 호수내의 1996~2001년 년도별 평균 T-N 농도는 1.383~1.792 mg/L 이었으며, T-P농도는 0.018~0.023 mg/L 이었다. 식물성 플랑크톤의 발생 정도를 나타내는 Chl-*a*와 T-N, T-P와의 상관계수는 각각 0.382, 0.372였으며, 또한 수온과 강우량에 대한 상관계수는 각각 0.589, 0.526이었다. 따라서 합천댐의 경우 식물성 플랑크톤의 발생이 T-N, T-P보다 수온 및 강우량과 더 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 그리고 호수의 영양단계는 중영양~부영양단계에 있는 것으로 평가되었다.

### 참 고 문 헌

1. Yoon, T. K., Yoon, T. I., Kim, C. G. and Park, S. J. (2000) The application of URC process for water quality management of artificial eutrophicated lake, *J. of KSEE*. 22(11), 2025-2036.
2. 공 동수 (1997) 국내 호소의 영양상태 판정기준에 관한 제고. 하천·호소의 수질보전과 유역관리에 관한 한·일 공동세미나. 국립환경연구원/일본국제협력사업, p.251-266.
3. 낙동강환경관리청 (1998) 낙동강권역 수질오염원조사 보고서.
4. Seo, D. I. (1988) Stratification characteristics and water quality management strategies of the Daechung Lake, *J. of KSEE*. 20(9), 1219-1234.
5. 환경부 (2000) 낙동강 수계에서의 남조류 독성 연구 및 그 제거 방안, p.65-100.
6. Oh, H. M. and Kim, D. H. (1995) Short-term prediction of the blue-green bloom in Daechung reservoir, *Korean Journal of Limnology* 28(2), 127-135.
7. Elber, F. and Schanz, F. (1990) The influence of a flood event on phytoplankton succession, *Aquat. Sci.* 52, 330-344.
8. Park, C. W. and Kwon, D. K. (1998) A study on early development of water bloom by blue-green algae in lake Hapchon I. Relationship between increasing standing crop of *Microcystis aeruginosa* Kutz and concentration of  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^+$  and  $Ca^{2+}$  in water system, *Korean Journal of Limnology* 31(2), 97-102.
9. Lee, H. W., An, K. G. and Park, S. S. (2002) Long-term annual trend analysis of epilimnetic water quality and their longitudinal heterogeneities in lake Soyang, *Korean Journal of Limnology* 35(1), 36-44.
10. Kim, J. M., Park, J. D., Noh, H. R. and Han, M. S. (2002) Changes of seasonal and vertical water quality in Soyang and Paldang river-reservoir, *Korean Journal of Limnology* 35(1), 10-20.
11. 환경부 (1993) 호소 만입부에서의 조류 대량증식 제어기술 개발(III), p.53-96.
12. Cho, K. J. and Shin, J. G. (1995) Distribution and variation of chlorophyll-a from midstream to downstream of Naktong River, *Korean Journal of Limnology* 28(4), 421-426.
13. Jo, Y. G., Lee, D. H. and Kim, S. J. (1995) The influence of planktonic primary production on the distribution of organic carbon in Lake Soyang, *Korean Journal of Limnology* 28(2), 137-150.
14. Kim, B. C., Heo, W. M. and Hwang, G. S. (1995) The eutrophication of lake Doam, *Korean Journal of Limnology* 28(2), 233-240.
15. Oh, I. H. (1995) Ecological studies on Deachung reservoir, *Korean Journal of Limnology* 32(2), 79-87.