

주암호 영양상태 및 인부하 분석

배상옥 · 이용운 · 이성우* · 정선용

전남대학교 공과대학 환경공학과, 한국수자원공사*

Trophic State and P Loading Analysis for Juam Lake

Bae, Sang-Ok · Lee, Yong-Woon · Lee, Sung-Woo* · Chung, Seon-Yong

Department of Environmental Engineering, Chonnam National University, Korea Water Resources Corporation*

Abstract

Juam lake is a major water reservoir for the industrial and agricultural activities as well as the residential life of Kwangju and Chonnam regions. However, the water quality of the lake is getting worse due to a large quantity inflowing to the lake. The excessive growth of algae by the overfertilization may result in water treatment problems and also the interference with desirable water uses of navigation, aesthetics, recreation, and aquatic ecosystem. Thus the purpose of this study is to investigate the species and their amount of planktons in the lake and the relationship between the P loading amount and the chlorophyll-a used as a primary productivity index. The results of the investigation show that (1) the predominant species of algae are *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis*, *Melosira granulata*, *Synedra acus*, and *Coelastrum cambricum*, (2) the trophic state of the lake can be classified as eutrophic, and (3) there is close relation between the P loading amount and the chlorophyll-a.

Key words : eutrophication, plankton, trophic state, P loading model, chlorophyll a

I. 서론

주암다목적댐은 보성강 수계의 주암호와 이사천 수계의 상사호를 동시에 개발하여 두 저수지를 도수터널로 연결함으로써 수자원의 보전과 개발 그리고 이용의 효율성을 높인 유역변경식 댐이다. 이 댐의 물은 광주광역시를 비롯하여 전남

지역 8개 시·군에 상수원수, 공업용수, 농업용수를 공급하고 있다. 또한 주암다목적댐의 물을 상수원으로 이용하는 인구가 매년 증가하고 있어 수질개선 및 보전을 위한 종합적이고 체계적인 수질오염 저감방안이 필요한 실정이다.

주암다목적댐의 수질이 악화된 가장 큰 원인은 유역으로부터 오염물질의 지속적인 유입이며, 이

중 유역내의 인구와 축산활동이 주요 배출원이다. 주암호의 수질관리상 가장 중요한 점은 유역내의 주요 오염원인 가축, 인구, 비점오염원, 위생업소 등에 의한 영양염의 유입으로 조류가 이상 증식하고, 이때 수화(water bloom)의 발생과 조류의 사멸이 반복되는 악순환으로 수자원으로서의 이용가치가 하락하고 있다는 것이다. 수중생태계에서는 생물량 및 생물종의 계절에 의한 변화뿐만 아니라, 기나긴 세월 동안에 어느 방향으로의 변화가 일어난다. 이와 같이 주암호 부영양화의 개념은 생물생산이 낮은 빈영양호가 일차생산이 높은 부영양호로 천이되어 가는 현상으로 생각할 수 있다. 호소내에 영양염의 유입은 부영양화의 직접적인 원인이 되고 일차생산자인 조류가 과잉 번식하여 수질은 점차 악화되고, 이로 인한 피해는 계속된다. 상수원으로 이용되는 호소수는 정수처리시 원수에 포함된 현탁물질을 제거하기 위하여 보통 응집제를 사용하고 있다. 따라서 부영양화된 호소수가 정수장 원수로 사용되는 경우에는 응집제의 사용량이 증가하게 된다. 또한 부영양화 호소에서 조류의 과잉번식에 의해 호소수의 pH가 높아지면 응집작용에 장애가 발생하고, 킬레이트 작용을 하는 조류의 대사산물 혹은 분해산물이 많은 경우에는 응집작용 자체가 저해를 받는다.¹⁾ 여름철 남조류의 일종인 *Microcystis*, *Anabaena* 등이 대량 발생하는 경우에는 응집제의 첨가량이 많아지고, 부유성의 조류들은 침전되지 않고 유출되는 경우가 있다. 한편, 조류 때문에 완속 및 급속 여과지, 그리고 스크린이 막히는 현상은 부영양화의 초기 상태에서 잘 일어난다. 조류의 양과 막힘현상 사이의 상관관계는 조류의 종류나 여과층의 상태에 따라 다르지만, 주로 *Synedra*, *Asterionella*, *Melosira* 등의 규조류의 대량 발생에 의한 피해가 외국에서 보고된 바 있다.²⁾ 이들 규조류는 세포가 사멸한 후에도 세포의 껍질이 남아 있기 때문에 여과지 역세척 회수가 증가되어 정수처리 공정의 전체 효율을 저감

시킬 수 있다. 부영양화에 의해서 조류가 대량으로 발생하면 물에서 비린내, 흙냄새, 곰팡이 냄새가 나는 경우가 있는데, 이 냄새는 조류가 직접 방출하는 것과 조류가 사멸한 후에 이것을 영양으로 하는 방선균이나 세균류에 의해서 이차적으로 생산된 것이 있다.²⁾ 우리나라 호소들에서 우점종으로 흔히 나타나는 *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spp.*는 수질을 악화시키는 Geosmin을 생산하는 남조류의 일종으로서 상수도에서 맛과 냄새를 일으킬 염려가 있다. 또한, 이들은 여름철에 대량 증식을 하여 청록색의 수화를 만들기도 한다. 호소의 부영양화가 계속 진행되면 생물에 독성을 갖는 조류의 분비물이 배출되고, 저수층에 죽은 조류의 분해작용으로 무산소층이 형성되어 어류의 생존에 심각한 영향을 줄뿐만 아니라 저니층으로부터 인, 철, 망간 등의 용출이 일어난다. 이처럼 상수원인 주암다목적댐의 부영양화 진행에 따른 문제점이 우려되고 있다.

그러나 지금까지의 주암호에 관한 연구보고서를 보면, 이화학적 수질에 관한 조사와 플랑크톤의 출현현황만이 나와있고 수질의 변화와 플랑크톤 발생과의 상관관계에 관한 체계적이고 종합적인 연구보고는 미흡한 실정이다. 본 연구의 목적은 주암호의 이화학적 수질과 영양상태에 따른 조류의 출현현황 및 발생량에 관한 조사를 통해 부영양화 진행상태를 분석하고 수질항목과 플랑크톤 발생과의 상관관계를 규명하여, 부영양화의 예측과 제어를 위한 인부하 모델의 적용 가능성을 검토하는 것이다.

II. 실험 및 분석방법

1. 조사지점

1998년 3월부터 10월까지 매월 1회 주암호 5개 지점과 조절지점인 상사호 3개 지점에 대해서

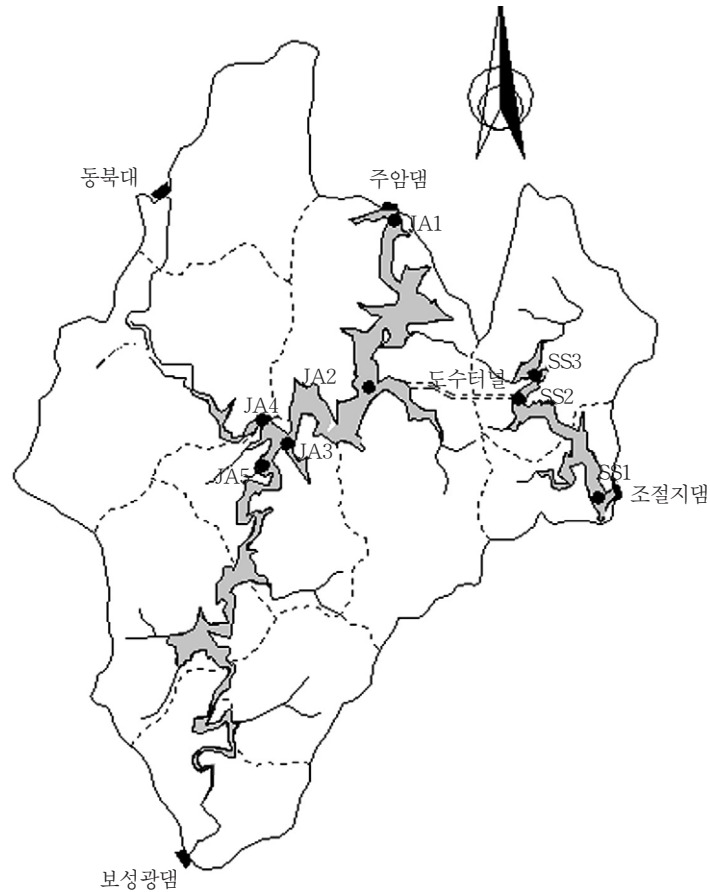


Fig. 1. Sampling locations in lakes Juam(JA1 to JA5) and Sangsa(SS1 to SS3).

동·식물성 플랑크톤의 출현종과 현존량, 그리고 이화학적 수질항목을 조사하였다. 조사지점은 Fig. 1에 나타냈다.

JA1은 댐앞의 취수탑 부근으로 수질의 변화가 상수의 질을 결정하는 중요한 곳이고, JA2는 조절지댐인 상사호와 연결되는 도수터널이 있는 지점이며, JA3는 주암호 상류의 두 지류가 합쳐지는 곳으로 생물종의 변화와 환경변화의 추이가 예상되는 곳이다. JA4는 동북천의 물이 유입되는 주암호의 상류 부분이고, JA5는 보성강의 본류가 주암호로 유입되는 댐의 상류부분이다. 상사호의

SS1은 댐앞 부근이고, SS2는 주암호와 도수터널이 연결된 지점이며 SS3는 상류지역으로 오염원의 유입으로 인한 영양염의 부하가 높게 예상되는 지점이다.

2. 시료 분석

각 지점에서 플랑크톤의 분포와 수질항목을 조사하기 위한 시료채취는, 날씨와 하루중 채수시간에 많은 영향을 받으므로 매일 맑은 날 일정시간에 시료를 채취하였다. 플랑크톤 채집은 Plankton

net (Müller gäze No. 11-25)을 사용하였으며 채집된 플랑크톤은 포르말린을 첨가하여 최종농도 3%가 되게 고정하고 냉장운반하여 100~1000배 광학현미경으로 분류하고, Haemocytometer, Sedgwick-Rafter Chamber를 이용하여 계수 하였다.^{3)~4)} 동일한 장소에서 DO, pH, 수온을 현장에서 측정하였고, 시료를 냉장운반하여 Chlorophyll-a (Chl-a), T-N, T-P, COD_{Mn}, SCOD_{Mn}, PO₄-P를 측정하였다. 측정방법은 수질오염공정시험법에 따라 실시하였다.⁵⁾

3. 호소의 부영양화 평가

주암호와 상사호의 부영양화도(Trophic State)를 평가하기 위한 방법으로 호소내에서의 수질변화와 플랑크톤의 출현종 및 발생량을 조사하였다. 판정항목으로는 영양염농도, 일차생산량, 수중의 용존산소 분포, 동·식물성 플랑크톤의 생물지표 등을 이용하였다. 또한 OECD의 보고서⁶⁾에서 세계 각지의 수많은 호소의 수질측정치를 통계 처리하여 단일 항목으로부터 다른 항목을 추정하는 종합적인 수역의 부영양화도 판정기준을

제안하였는데, 이를 주암호와 상사호의 부영양화 판단기준으로 하였다.

4. 총인과 chl-a의 상관관계

인부하 모델²⁾은 인의 물질수지에 관한 해석을 기초로 하고 있는데, 본 연구에서는 주암호와 상사호의 부영양화 지표로서 총인과 Chl-a와의 상관관계를 규명하여, 호소 내에 유입되는 인부하에 따른 Chl-a 생산량을 예측하고 인의 차단을 통한 부영양화 제어의 가능성을 조사하였다. 주암다목적댐의 연도별 수리학적 특성은 1993년부터 1997년까지 한국수자원공사⁷⁾에서 조사한 5년간의 자료를 이용하였고, 본 연구에서 조사한 8개 지점의 실측값과 비교분석 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 플랑크톤의 분포

주암호 5개 지점과 상사호 3개 지점에 대한

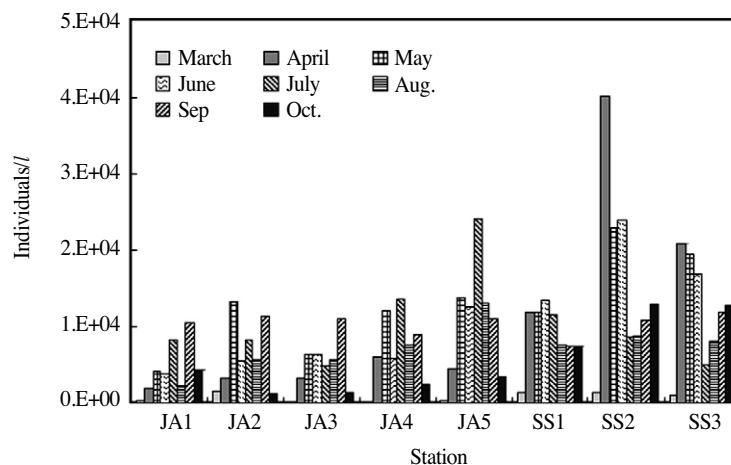


Fig. 2. Monthly variation of individuals of phytoplankton in lakes Juam and Sangsa(1998).

1998년도 3월에서 10월까지의 조사기간에 출현한 플랑크톤의 개체수는 Fig. 2와 같다. 각 지점별 출현 종의 수는 식물성 플랑크톤의 경우 6월이 전 지점에 걸쳐서 많은 종이 출현하였고, 7월과 8월에는 종의 다양성이 감소하고 있다. 동물성 플랑크톤은 주암호에서는 6월에 다양한 종이 나타났으나, 상사호에서는 오히려 6월이 아니라, 8월에 다양한 종이 나타났다. 주암호에서는 7월달이 가장 많았고, 상사호에서는 4월달에 가장 많이 출현하였다. 지점별 분포를 보면 주암호와 상사호의 상류 지점인 JA4와 JA5, SS2와 SS3 지점에서 가장 많이 출현하였는데, 이는 상류지점이 수심이 낮고 수온이 높으며, 또한 오염원이 많아 영양염의 유입이 많기 때문인 것으로 사료된다. 또한 조류 종의 출현에 있어서 월별, 지점별로 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 계절에 따라 출현하는 종이 다르며 또한 주위의 환경과 특히 영양상태, 온도 등의 변화로 인해 다양한 종이 출현한다고 사료된다.

2. 호소의 수질과 조류발생

주암호와 상사호 주요 8개 지점의 수질측정 결과를 보면 계절이 여름철로 접어들면서 본격적으로 조류의 발생이 시작되는 것을 알 수 있다. pH는 7월과 8월에는 JA1지점을 제외한 모든 지역에서 9에서 10정도로 높은 값을 나타내었다. 이것은 조류가 이상증식하면서 수중에 녹아 있는 탄산을 소모했기 때문에 pH가 상승했다고 사료된다. 또한 Fig. 3의 Chl-a의 측정치가 높은 것을 보면 조류가 많이 발생했다는 것을 알 수 있다. 주암호에서의 Chl-a의 수치를 보면 조류의 발생이 예상되는 7월과 8월에도 15mg/m³ 이하의 수치를 나타내었으나, 상사호의 경우에는 조류발생이 심했던 7월에 SS2, SS3 지점에서 Chl-a의 수치가 80mg/m³ 정도로 높은 수치를 나타내었다. 그리고 SS1 지점에서도 22mg/m³로 높게 나타나고 있다. 이 결과로 보아 상사호가 주암호보다 영양염의 오염부하가 더 심한 것으로 나타났다. 주 오염원

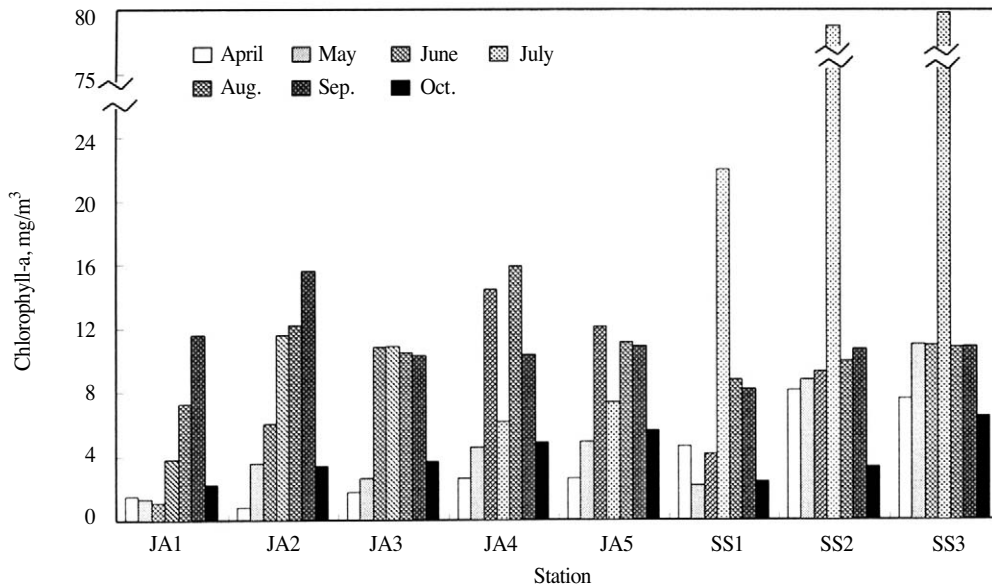


Fig. 3. Monthly variation of Chl-a concentration in lakes Juam and Sangsa(1998).

은 농경지와 산림 등의 비점오염원으로, 하계 우천시 호소내에 유입되어 오염부하가 높은 것으로 보인다. Fig. 4에 나타난 총질소와 총인에 관한 조사 결과를 보아도 주암호보다 상사호가 전체적으로 높은 수치를 나타내고 있다. 또한 용존산소에 관한 조사결과를 보면 7월과 8월에 상사호에서는

거의 10mg/l(포화도의 약 85%)에 가까운 수치를 나타내고 있다. 이는 조류의 광합성작용에 의하여 발생된 산소에 의해서 용존산소 농도가 높아진 것으로 사료된다. pH와 용존산소, 그리고 Chl-a와의 상관관계를 Fig. 5에 나타내었다.

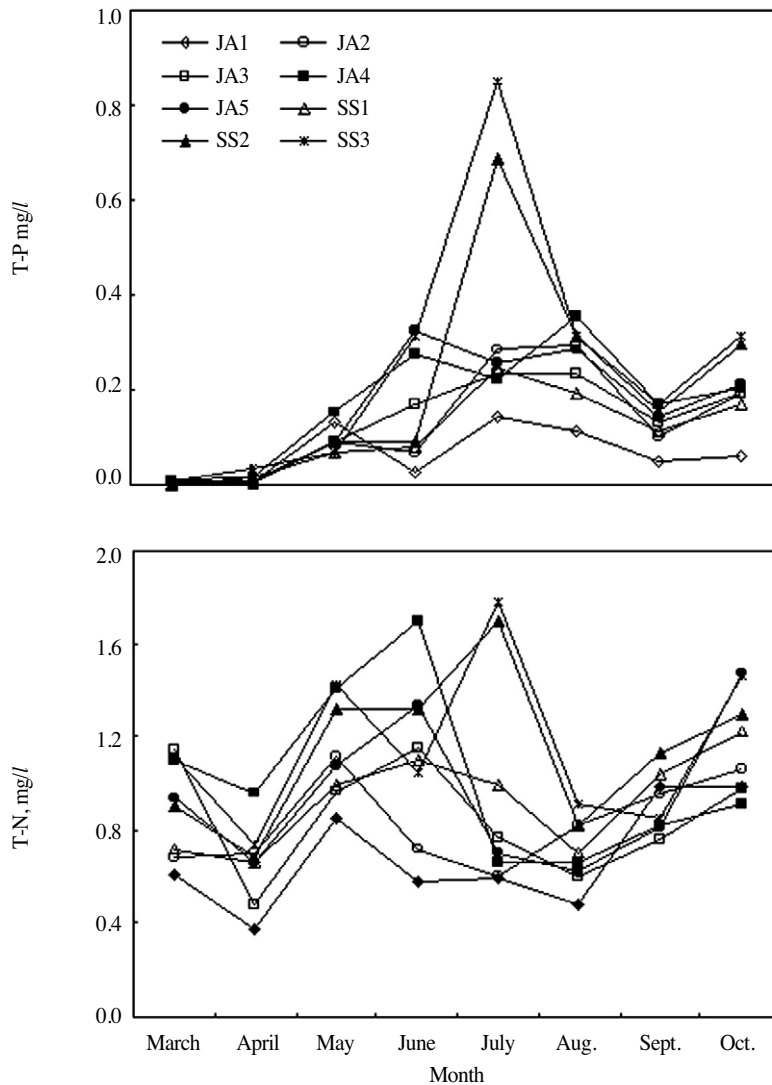


Fig. 4. Monthly variation of T-N and T-P concentration.

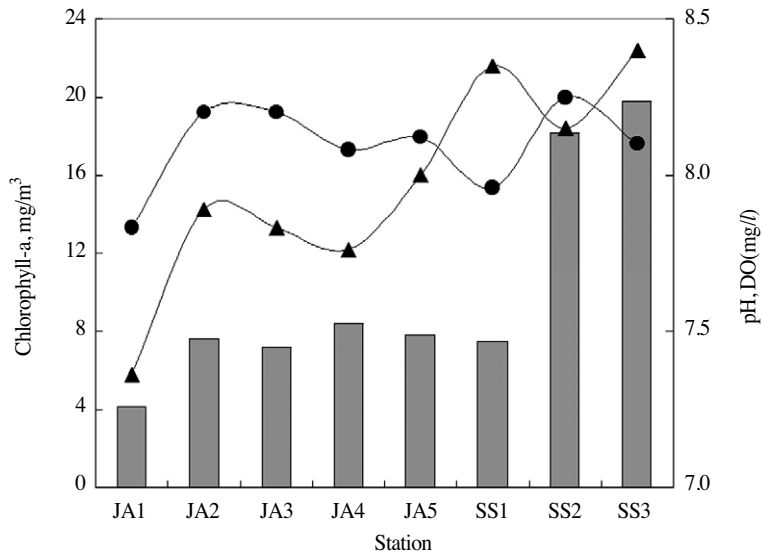


Fig. 5 Variation of pH(●), DO(▲) and Chl-a(■) concentration at each sampling location.

3. 부영양화도 판정

호소의 부영양화도 판정에 있어 단일 항목에 대하여 정량적인 판정기준을 도입할 경우 각 항목간의 모순이 생길 가능성이 있다. 또한 단일 지표에서는 수역내의 부영양화에 따른 수질 변화 등의 각각의 현상과 그 지배인자간의 정량적인 관계를 명시할 수밖에 없다. 따라서 부영양화의 제어 및 수질관리를 목적으로한 부영양화도의 판정에는 이용하기 어렵다.

주암호와 상사호는 주요염원인 농업과 축산, 인구 등에 의한 영양염의 유입으로 호소내의 일차생산이 증대하는 현상을 보이고 있으므로, 영양염 농도와 일차생산을 중심으로 해서 수질항목과의 상관관계를 정량적으로 파악하였다. OECD에서 여러 호소를 대상으로 조사 발표한 Table 1을 주암호의 부영양화 판정기준으로 이용한 결과, Chl-a 농도 (Fig. 3)에 의한 부영양화의 판정에서 상사호의 3개 지점은 평균 농도가 8~25mg/m³, 최대 농도가 75mg/m³이상인 부영양호에 속하고, 나머지 지점은 중영양호에서 부영양호의 중간적인 성질을 나타내었다. 특히 취수정이 있

는 JA1은 빈영양호와 중영양호 사이로 상당히 양호한 수질을 나타내고 있다고 판정되었다. 각 지점에 대한 총인(Fig. 4)에 관한 결과를 보면, JA1은 중영양호의 중간정도에 달하고 나머지는 부영양호의 중간정도에 달하는 것으로 나타났다. 또한 일본의 부영양화 생물지표종²⁾을 이용한 판정에서는 1998년과 1999년 주암호와 상사호의 우점종인 *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis*, *Melosira granulata*, *Coelastrum cambricum*, *Synedra acus* 등이 중영양화 생물종으로 분류되어 있다. 그러나 호소의 영양상태별 지표생물종은 일본에서 제시한 것이고, 아직 우리의 호소와 하천에 맞

Table 1. Classification table of trophic state in lakes⁶⁾

Trophic state	T-P (Annual average)	Unit : mg/m ³	
		Chlorophyll-a (Annual average)	Chlorophyll-a (Annual maximum)
Extreme Oligotrophic	≤ 4.0	≤ 1.0	≤ 2.5
Oligotrophic	≤ 10.0	≤ 2.5	≤ 8.0
Midtrophic	10 ~ 35	2.5 ~ 8	8 ~ 25
Eutrophic	35 ~ 100	8 ~ 25	25 ~ 75
Dystrophic	≥ 100	≥ 25	≥ 75

는 지표 생물중에 관한 지침이 마련되어 있지 않다. 일본에서 제시한 지표 생물중에 의존해서 호소의 부영양화도를 결정하는 것은 적합하지 않다고 판단된다. 따라서 우리 나라 호소에 맞는 영양 상태별 지표 생물종이 마련되어야 할 것이다.

4. 부영양화 예측 인부하 모델

인부하 모델은 호소내의 다양한 미생물반응이나 화학반응 등의 변화과정을 직접 표현하고 있지 않기 때문에 해석적인 동시에 경험적인 모델이다. 따라서 적용대상 호소에 대한 다년간의 수질측정 자료와 수리학적 특성을 필요로 한다. 그리고 대상 호소에 인부하 모델을 적용하기 위해서는 호소의 플랑크톤 증식 제한인자가 인이라는 가정이 필요하다.

식물 플랑크톤 증식이 인에 대해 제한이 되는 경우, 호소중의 인 농도는 식물플랑크톤 농도에 큰 영향을 미친다. 호소에 인이 유입된 후, 이를 이용한 식물플랑크톤의 증식이 일어나므로 그 결과를 조사하였다. 즉, 순환기인 3월과 4월 호소에

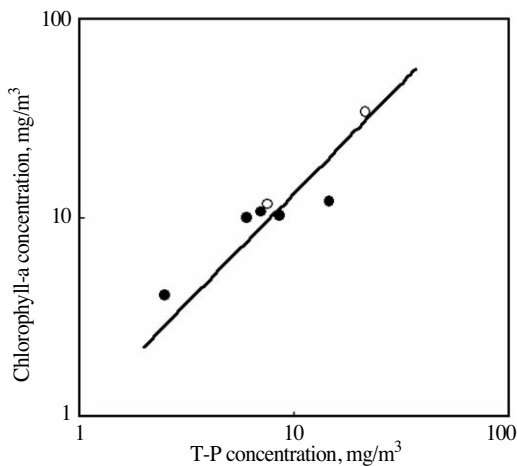


Fig. 6. Average of Chl-a in summer(June, July, Aug.) and total phosphorus in spring(March, April) : Juam(●) and Sangsa(○).

유입된 인에 의해 6, 7, 8월 하계동안 조류의 증식이 많은 영향을 받게 되는 것이다. Sakamoto¹⁰⁾, Dillon & Rigler¹¹⁾, OECD¹²⁾ 등은 수많은 호소 조사결과를 기초로 하여 양자의 통계적인 관계를 다음과 같이 표현하였다.

$$\log[\overline{\text{Chl}}]^S = 1.583 \log[\overline{\text{P}}]^{\text{SP}} - 1.134 \quad (\text{상관계수 } r=0.975) \quad (1)$$

또한 년평균 Chl-a 농도와 년평균 인 농도와의 상관관계식은 다음과 같이 보고하였다²⁾.

$$\log[\text{Chl}]^Y = 0.96 \log[\text{P}]^Y - 0.5528 \quad (\text{상관계수 } r=0.88) \quad (2)$$

가. 주암호의 하계 Chl-a 농도와 춘계 인 농도와의 관계

한국수자원공사⁹⁾에서 조사한 주암호와 상사호의 N/P의 비가 16보다 훨씬 크므로 플랑크톤 증식의 제한인자는 인이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 호소내부의 인 농도와 Chl-a 농도와의 상관관계를 구하였다.

Fig. 6은 주암호 5개 지점과 상사호 2개(SS1, SS3) 지점의 춘계평균 총인 농도 $[\overline{\text{P}}]^{\text{SP}}(\text{mg}/\text{m}^3)$ 와 하계평균 Chl-a 농도 $[\overline{\text{Chl}}]^S(\text{mg}/\text{m}^3)$ 와의 관계를 나타낸 것이다. 결과를 보면 양자 사이에 밀접한 상관성을 보이며, 다음과 같은 회귀곡선식이 얻어졌다.

$$\log[\overline{\text{Chl}}]^S = 1.104 \log[\overline{\text{P}}]^{\text{SP}} + 3.0155 \quad (\text{상관계수 } r=0.9261) \quad (3)$$

나. 주암호의 연평균 Chl-a 농도와 연평균 인 농도와의 관계

부영양화 모델을 통해 부영양화의 지표로서 Chl-a 농도를 연간단위로 예측할 수 있다. 하지만 대상 호소의 부영양화 모델을 구축하기 위해서는 수년간의 수질측정 자료가 필요하다. 한국수자원공사에서 조사한 주암호와 상사호의 5년간의 수질측정 데이터와 본 연구에서 3월부터 10월까지 조사한 8개 지점에 대한 연평균 Chl-a 농도와 연

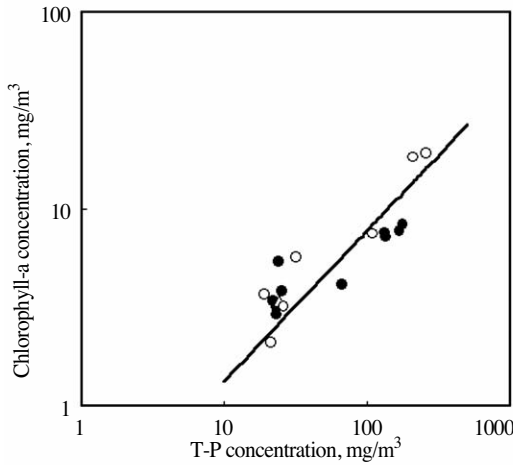


Fig. 7. Annual average of Chl-a and total phosphorus in lakes Juam(●) and Sangsa(○).

평균 인 농도와와의 관계를 Fig. 7에 나타냈다. 식 (1) 에서처럼 연간 단위의 관계에서도 다음과 같은 상관성을 나타냈다.

$$\log[\overline{\text{Chl}}]^y = 0.7634 \log[\overline{\text{P}}]^x + 2.631 \quad (\text{상관계수 } r=0.8976) \quad (4)$$

본 연구에서는 주암호와 상사호의 상류부터 하류를 5개, 3개 지점으로 나누어 측정하였으며, 봄 순환기부터 가을까지 8개월 동안의 자료를 이용하였으므로 한국수자원공사에서 조사한 자료보다 높은 값을 나타냈다. 또한 OECD에서 조사한 대상 호소 71개에 대한 결과 (상관계수 $r=0.88$) 보다 상사호가 더 높은 상관성을 보였다. 이는 인 부하 모델을 이용한 부영양화의 예측 및 제어가 가능하다는 것을 나타낸다.

인 부하모델을 이용한 호소의 부영양화 제어의 적용사례는 보고된바 없지만, 여러 호소에서 얻어진 상관관계를 기초로 하기 때문에 주암호와 상사호에 대한 모델의 검정에 신뢰성을 갖을 수 있다고 사료된다. 하지만, 호소의 유입량과 유출량 등의 수리학적 특성, 수질측정 자료 등의 기초조사가 수년간 축적되어야 부영양화 예측의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서 조사한 주암호와 상사호의 수질상태에 따른 조류의 증식과 부영양화 진행상태 및 부영양화 예측·제어를 위한 인 부하모델의 적용 가능성에 대한 연구 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 각 지점별 출현 종의 수는 식물성 플랑크톤의 경우 6월이 전 지점에 걸쳐서 많은 종이 출현하였고, 지점별 분포를 보면 상류 지점에서 가장 많이 출현하였는데, 이는 상류지점 이 수심이 낮고 수온이 높으며, 또한 오염원이 많아 영양염의 유입이 많기 때문인 것으로 사료된다. 연간 식물 플랑크톤의 변화는 규조류, 녹조류, 남조류의 순으로 우점 하였다.
- 2) 주암호의 Chl-a 농도는 취수정이 있는 지점은 양호한 수질을 나타냈지만, 상류 4개 지점 은 중영양호 상태였으며, 상사호는 모두 부영양 상태를 나타냈다.
- 3) 각 지점별 총질소량에 의해 부영양화도 판정을 했을때, 취수정 부근은 빈영양호에 속하고 나머지는 중영양호에 속했다.
- 4) 각 지점별 총인에 의해 부영양화도 판정을 했을 때, 취수정 부근은 중영양호 상태이고 나머지는 부영양호 상태로 나타났다.
- 5) 주암호 및 상사호에 나타나고 있는 우점종은 외국의 부영양화 지표 생물종에는 포함되지 않고 중영양화 생물종에 속하고 있다. 그러나 이화학적 수질기준에 따라 주암호 및 상사 호의 영양상태를 분류하여 보면 부영양호이다. 따라서 우리나라 호소에 맞는 영양상태별 지표 생물종이 마련되어야 할 것이다.
- 6) 주암호와 상사호에 대한 Chl-a 농도와 인 농도와의 관계에서 밀접한 상관성을 나타내므로 인부하 모델을 이용한 부영양화의 예측 및 제어가 가능하다고 판단된다.

참고문헌

1. Lee, H.D., Lee, E.S. and Sue, K.T., Planktons in the Water, Jinlitamgu Publishing Co., (1996).
2. Sudou Ryuichi, Microbiology for Bioremediation, Koudansya scientific., (1995).
3. Ueno M. et al, "Freshwater Biology of Japan", Hokuryukan publishing. Co., Ltd. (1986).
4. Hiroyuki H. at al, Illustration of the Japanese freshwater algae, Uchidarokakuho publishing Co., LTD. (1977).
5. 수질오염공정시험방법, 동화기술. (1994)
6. OECD, "Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control OECD", (1982)
7. 주암다목적댐 환경관리 조사보고서, (1차-6차 보고서). 한국수자원공사. (1987-1994).
8. Chihara M., Biology of Algal Diversity, Uchida Rokakuho Publishing Co., Ltd. (1997).
9. 이용운, 성치남, 이병희, 정선용, "주암호 수질 관리 전략 개발에 관한 연구", 한국수자원공사. (1998).
10. Sakamoto M., Arch, Hydrobiol., 62, 1 (1966).
11. Dillon P. J. and Rigler F. H., Limnol. Oceanogr, 19, 767 (1974).
12. Clasen J., "OECD Cooperative Programe for Mornitoring of Inland Waters (Eutro- plication Control) Reginal Project Shallow Lakes and Resorvirs Final Report". OECD. (1979).