

주암호의 조류 출현종 및 거동 분석

이용운 · 정선용 · 배상옥 · 문양수

전남대학교 환경공학과

Analysis of Algal Species and Movements in Juam Lake

Lee, Yong Woon · Chung, Seon Yong · Bae, Sang Ok · Moon, Yang Soo

Department of Environmental Engineering, Chonnam National University

Abstract

Juam Lake is a major water resource for the industrial and agricultural activities as well as for the resident life of Kwangju and Chonnam regions. However, the water quality of the lake is getting worse due to a large quantity of pollutant 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 fish maintenance. Therefore, the purpose of this study is to analyze algal species and movements in Juam Lake in order to use as basic data in making the countermeasure to achieve the water quality goal of the lake. The results of the analysis show that (1) the predominant species of algae are *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis*, *Melosira granulata*, *Synedra acus*, and *Coelastrum cambricum*, (2) their groups are changed in order of diatoms, green algae, and blue-green algae with the lapse of time, and (3) the distance of the vertical movements of algae for 24 hours is about 2m.

Keyword : water resource, overfertilization, algal movement, *Microcystis*

I. 서론

주암다목적댐은 보성강 수계의 주암호와 이사천 수계의 조절지댐인 상사호를 동시에 도수터널로 연결한 유역변경식댐으로서 광주·전남지역의 중요한 상수원이며, 공업용수와 농업용수 그리고 일부는 수력발전 등으로 이용되고 있다.

주암다목적댐의 물은 인근주민의 생활용수 및

기반산업의 중요한 수자원이기 때문에 최근 주암호의 오염 진행상태에 많은 관심이 모아지고 있으며, 호소의 수질보전 및 개선을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 주암호의 내·외부에서 유입되는 오염물질로 인해 호소의 수질은 점점 악화되고 있는 실정이다¹⁾. 특히, 매년 심화되고 있는 호소의 부영양화로 인해 여름마다 조류(藻類)가 과잉 번식할 뿐만 아니라, 연녹색의 조

류가 호소표면에 넓게 떠 있을 때에는, 용수사용자인 시민들에게 시각적으로 불쾌감을 주어 상수도에 대한 시민들의 신뢰도를 저하시키고 있다.

빈영양이었던 호소가 부영양화되면 조류가 과잉 번식하여 수질은 점차 악화되고, 이로 인한 피해는 확산된다. 정수장 원수에 포함된 현탁물질을 제거하기 위하여 보통 응집제가 사용되고 있다. 그러나 부영양화된 호소수가 정수장 원수로 사용되는 경우에는 응집제의 사용량이 증가하게 된다. 부영양화 호소에서 조류의 과잉번식에 의해 호소수의 pH가 높아지면 응집작용에 장애가 발생하고, 킬레이트 작용을 하는 조류의 대사산물 혹은 분해산물이 많은 경우에는 응집작용 자체가 저해를 받는다²⁾. 따라서 단순히 응집제 사용량의 증가뿐만 아니라, 응집자체가 일어나지 않는 경우가 있다. 특히, *Microcystis*, *Anabaena* 등이 대량 발생하는 여름철에는 응집제의 첨가량이 많아지고, 응집처리를 할 때에 수면에 부유하는 성질을 가진 남조류 등은 침전하지 않고 Floc으로 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 있다³⁾. 이런 원인은 규조류는 세포가 죽은 후에도 세포의 껍질이 남아 있기 때문에 여과지 역세척 회수가 증가되어 정수처리 공정의 전체 효율을 저감시킬 수 있다.

부영양화에 의해서 조류가 대량으로 발생하면 물에서 냄새가 나는 경우가 있는데, 이 냄새는 조류가 직접 방출하는 것과 조류가 사멸한 후에 이것을 영양으로 하는 방선균이나 세균류에 의해서 이차적으로 생산된 것이 있다³⁾. 대개 비린내, 흙냄새, 곰팡이 냄새를 내는데 조류가 많이 발생한 호소의 물을 원수로 이용하는 수도물에서 흔히 발생하고 있다. 우리나라 호소들에서 우점종으로

흔히 나타나는 *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spp.*는 수질을 악화시키는 Geosmin을 생산하는 남조류의 일종으로서 상수도에서 맛과 냄새장해를 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. 본 연구의 목적은 주암호 수질개선 대책을 수립할 때 기초자료로 활용하기 위하여 주암호 조류종의 출현현황 및 발생량을 조사하고, 어느 특정 시간대별 조류종의 변화와 수직이동 거리를 분석하는 것이다.

II. 실험방법

1. 대상지역

주암다목적댐 유역현황은 Fig. 1에 보여진다. 본 연구의 대상지역은 주암다목적댐의 건설로 형성된 주암호와 상사호이다. 주암호의 총저수용량은 457백만 m^3 이며 유효저수용량은 412백만 m^3 이고 홍수조절용량은 60백만 m^3 이다. 반면에 상사호의 총저수용량은 250백만 m^3 이며 유효저수용량은 230백만 m^3 이고 홍수조절용량은 20백만 m^3 이다. 주암호 유역은 10개면 100개리, 상사호 유역은 1개 읍 2개면 21개리로 구성되어 있다. 주암호와 상사호의 유역내 주요산업은 농업이며, 상업과 공업은 아주 미미한 실정이다.

1997년도를 기준으로 주암호 유역에서 배출되는 BOD, T-N, T-P의 오염물질 배출부하량은 각각 3,893kg/일, 816kg/일, 93kg/일이다. 이 중에서 가축이 차지하는 BOD, T-N, T-P의 비율은 각각 44.65%, 34.37%, 53.99%이고 인구에 의한 비율은 각각 19.84%, 11.59%, 23.40%로 나타나고 있다. 따라서 이 유역의 주요 오염물질 배출원은 가축과

인구라고 할 수 있다. 한편, 도수터널을 통해 주암호로부터 상사호에 유입되는 물속에 포함된 BOD, T-N, T-P의 총량은 1997년도 기준으로 각각 908.7kg/일, 752.98kg/일, 20.07kg/일이다. 이것은 상사호 전체유역에서 배출되는 BOD, T-N, T-P의 총량에 각각 74.0%, 316.4%, 60.1%에 해당하기 때문에 상사호의 수질은 주암호에 절대적으로 의존되어 있음을 알 수 있다.

주암호의 수질은 오염물질이 다량 유입되고 조류가 대량으로 발생하는 여름과 가을철에는 III등급을 훨씬 상회하고 있으나, 그 밖의 계절에는 II급수를 유지하고 있다. 1997년도 기준으로 BOD, COD, T-N, T-P, Chl-a 각각의 농도는 1.1~2.2mg/L, 1.5~3.2mg/L, 0.322~1.272mg/L, 0.007~0.050mg/L, 0.8~2.6mg/L이다¹⁾.

2. 조사지점

Fig. 1에 보여진 바와 같이 조사지점은 주암호 5개 지점과 상사호 3개 지점이다. 조사기간은 1998년 3월부터 10월까지이며, 매일 1회 동·식물성 플랑크톤의 출현종과 현존량을 조사하였다. JA1은 댐앞의 취수탑 부근으로 수질의 변화가 상수의 질을 결정하는 중요한 곳이고, JA2는 조 절지대인 상사호와 연결되는 도수터널이 있는 지점이며, JA3는 주암호 상류의 두 지류가 합쳐지는 곳으로 생물종의 다양한 변화가 예상되는 곳이다. JA4는 동북천의 물이 유입되는 곳이고, JA5는 보성강의 본류가 주암호로 유입되는 댐의 상류부분이다. 상사호의 SS1은 댐앞 부근이고, SS2는 주암호와 도수터널이 연결된 지점이며, SS3는 상류지역으로 오염원의 유입으로 인한 영양염의 증가가 예상되는 지점이다.

3. 시료채집 및 분류방법

각 지점에서 플랑크톤의 분포를 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 아이스 박스에 넣어 운반 한후, 100~1000배 광학현미경으로 조류종을 분류하고, Haemacytometer, Sedgwick-Rafter Chamber를 이용하여 계수하였다^{4)~7)}. 또한 종의 동정 및 분류는 Kim(1994)⁸⁾, Yamagishi and Akiyama(1995)⁹⁾ 등에 나타난 방법에 따라 수행하였다.

4. 시간대별 조류거동 조사

낮과 밤을 포함하는 24시간 동안 시간대별 조류의 수직분포와 수직운동 거리를 확인하기 위하여 조류종별 수직분포 상태를 측정하였다. 측정기간 동안에 날씨는 맑았으며, 수온은 27.5°C였다. 그리고 일출과 일몰 시간은 각각 06시 01분과 19시 06분이었다. 조류 측정기기는 독일에서 개발한 조류 자동 측정기(bbe FluoroProbe)를 사용하였으며, 이 기기는 조류의 종별 수직농도 분포를 요구하는 수심간격으로 얼마든지 구분시켜 측정할 수 있으며, 최대 7개의 종류를 한번에 측정할 수 있다. 본 연구에서는 주암호에 일반적으로 많이 나타나는 남조류, 녹조류, 규조류, 편모조류에 대해서 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 출현종 및 개체수

전 조사지점에 대한 1998년도 3월에서 10월까지의 플랑크톤 조사 결과를 보면 식물성 플랑크톤의 경우 6문 7강 3아강 15목 8아목 34과 0아과 56속 121종으로 조사되었고, 동물성 플랑크톤의

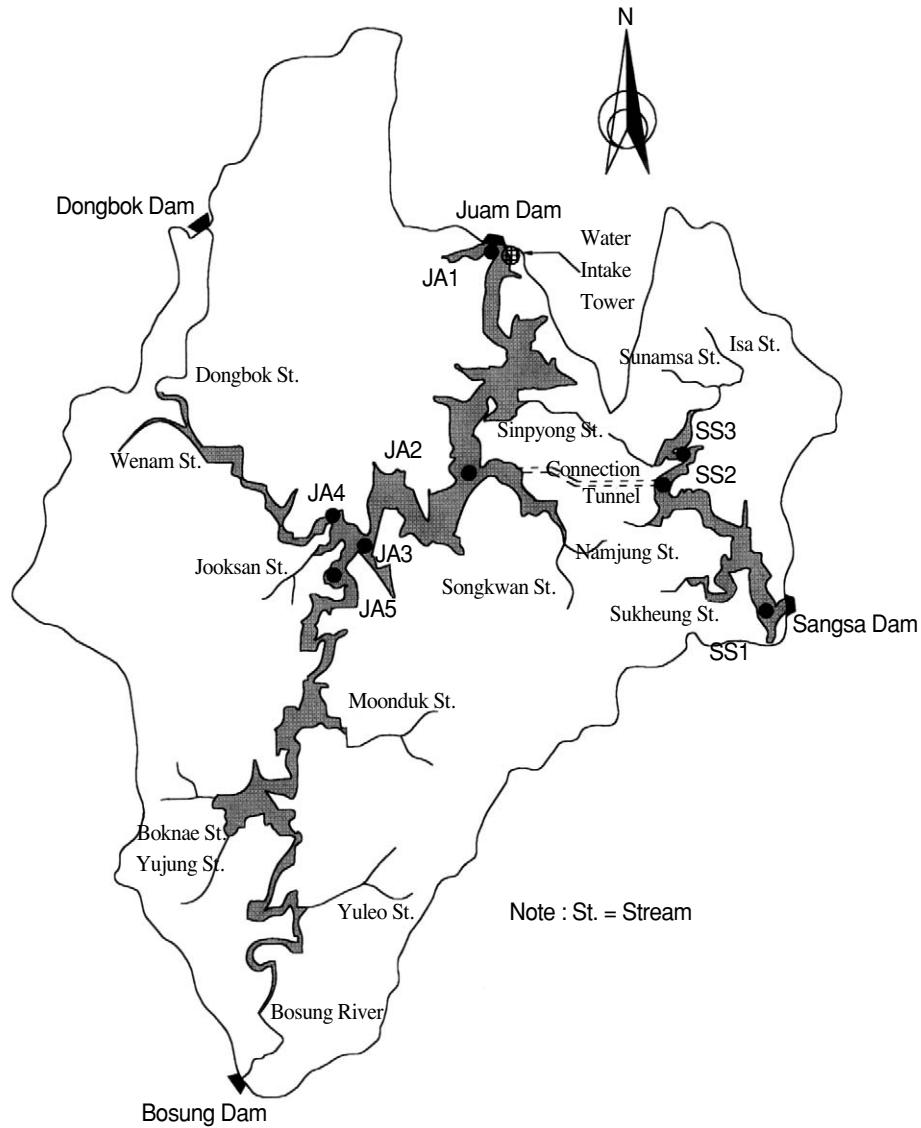


Fig. 1. Watershed of Juam and Sangsa lakes, and algal sampling points.

경우 5문 4강 5아강 13목 4아목 23과 1아과 47속 68종으로 조사되었다. 각 지점별 출현 종의 수는 식물성 플랑크톤의 경우 6월이 전 지점에 걸쳐서 많은 종이 출현 하였고, 7월과 8월에는 종의 다양성이 감소하고 있다. 동물성 플랑크톤은 주암호에서는 6월에 종의 다양성을 보였으나, 상사호에

서는 오히려 6월이 아니라, 8월에 종의 다양성을 나타내었다. 또한 조사기간에 출현한 플랑크톤의 개체수는 Fig. 2와 같다. 주암호에서는 7월달이 가장 많았고, 상사호에서는 4월달에 가장 많이 출현하였다. 지점별 분포를 보면 주암호와 상사호의 상류 지점인 JA4 와 JA5, SS2 와 SS3 지점에서

가장 많이 출현하였는데, 이는 상류지점이 수심이 낮고 수온이 높으며, 또한 오염원이 많아 영양염의 유입이 많기 때문인 것으로 사료된다.

2. 우점종

조사기간 동안에 주암호 및 상사호의 각 지점별로 동·식물성 플랑크톤의 우점종 순위를 결정하였고, 월별 동·식물성 플랑크톤의 총개체수에 대한 우점종이 차지하는 비율은 Table 1에 보여진다. 식물성 플랑크톤의 경우 3월에 주암호에서는

규조류인 *Synedra acus*, *Asterionella formosa*가 우점하였고, 상사호에서도 규조류인 *Melosira granulata* var. *argutissima*가 세 지점의 모두에서 우점하였다. 4월에는 JA1, JA2, JA3에서 *Peridinium bipes*가 우점하였고, JA4, JA5에서는 *Microcystis aeruginosa*가 우점하여 편모조류와 남조류로 우점종의 변화가 있었다.

상사호에서는 계속해서 *Asterionella formosa*, *Synedra acus* 등의 규조류가 우점종이었다. 5월에는 녹조류가 우점하였는데, *Staurastrum dorsidentiferum* var. *ornatum*, 과 *Eudorina elegans*가 출현

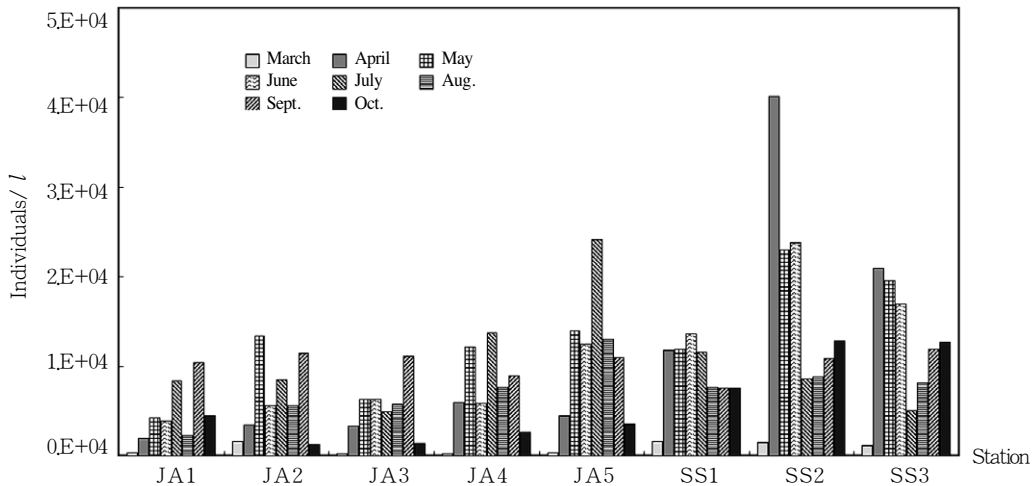


Fig. 2. Monthly variation of total biomass of phytoplankton in lake Juam and Sangsa. Individual number was counted by Haemocytometer and Sedgwick-Rafter Chamber at 100~1000 magnification.

Table 1. Predominant species in lake Juam and Sangsa

Month	Predominant Species		Predominance Rate(%)
	Phytoplankton	Zooplankton	
March	<i>Melosira granulata</i> var. <i>argutissima</i> , <i>Asterionella formosa</i>	<i>Tintinnidium fulviale</i> , <i>Polyarthra euryptera</i>	69.3
April	<i>Synedra acus</i> , <i>Asterionella formosa</i>	<i>Polyarthra euryptera</i> , <i>Asplanchna herricki</i>	39.5
May	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Staurastrum dorsidentiferum</i> var. <i>ornatum</i>	<i>Chilodonella cucullulus</i> , <i>Coleps hirtus</i>	78.6
June	<i>Anabaena affinis</i> , <i>Staurastrum cyclacanthum</i> var. <i>cyclacanthum</i>	<i>Pompholyx complanata</i> , <i>Tintinnidium fulviale</i>	74.4
July	<i>Staurastrum cingulum</i> var. <i>inflatum</i> , <i>Synedra acus</i>	<i>Pompholyx complanata</i> , <i>Keratella cochlearis</i>	47.8
Aug.	<i>Anabaena affinis</i> , <i>Staurastrum paradoxum</i> var. <i>nodulosum</i>	<i>Keratella cochlearis</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i>	63.4
Sept.	<i>Anabaena affinis</i> , <i>Coelastrum cambricum</i>	<i>Pompholyx complanata</i> , <i>Polyarthra euryptera</i>	48.1
Oct.	<i>Anabaena affinis</i> , <i>Staurastrum cyclacanthum</i> var. <i>cyclacanthum</i>	<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Acinophrys sol.</i>	31.7

하였다. 상사호에서는 *Fragilaria crotonensis*로 종의 변화가 있었지만 역시 규조류가 우점하였다. 6월과 7월에는 계속해서 녹조류가 주암호에서 우점하였고, 상사호에서는 남조류가 출현하여 *Anabaena affinis*가 3개 지점 모두에서 우점하였다. 8월에 주암호에서는 각 지점별로 우점종의 변화를 보였는데, JA1에서는 *Anabaena affinis*가, JA2에서는 *Melosira granulata*가, JA3에서는 *Microcystis aeruginosa*가 우점하였다. 특히 할 만한 것은 JA4와 JA5에서는 *Melosira granulata*의 변종인 *Melosira granulata* var. *argustissima*가 우점하였다. 그리고 상사호에서는 3지점 모두 *Synedra acus*가 우점을 차지하였다. 9월과 10월에는 남조류가 압도적인 우점을 나타냈다. 그러나 본 조사에서는 개체수를 가지고 우점종의 순위를 결정하였으므로 *Microcystis* 속들은 상당히 많이 출현하였음에도 우점순위 상위에 나타나지 않았다. 부정형의 군체를 형성하여 출현하는 종들은 개체수는 작으나 단위용적당 차지하는 비율은 크기 때문에 우점종 선정시 이러한 문제들을 해결하기 위한 방안이 연구되어야 할 것이다.

동물성 플랑크톤의 경우를 보면, 현미경의 관찰을 통해 확인 할 수 있는 크기부터 육안으로도 볼 수 있는 크기까지 존재 하였다. 본 연구에서는 표층수의 시료를 관찰하였기 때문에 부유성의 미소한 플랑크톤이 주로 우점하였다. 이들이 상수도에 큰 피해를 주는 사례는 아직 보고되지 않았으며, 오히려 호소 생태계에서 조류와 세균의 1차 소비자 역할을 하며 균형을 이루고 있다¹⁰⁾. 하지만, 대량 발생시 물을 착색시키는 윤충류(*Keratella* sp., *Polyarthra* sp.), 요각류(*Copepoda* sp.) 그리고 지각류(*Daphnia* sp., *Bosmina* sp.) 등이 우점종으로 출현할 때(4, 8월)도 있었다. 3월과 4월에는 *Polyarthra euryptera*가 대체로 전지역에 걸쳐서 우점종으로 출현하였고, 5월에는 *Paramecium caudatum*과 *Chilodonella cucullulus*가 우점하였으며, 6월에는 *Tintinnidium fulvatile*, *Pompholyx complanata*,

*Polyarthra trigla*가 우점종을 보였다. 7월부터 9월까지의 주암호와 상사호에서 *Pompholyx complanata*, *Keratella cochlearis*가 각각 우점종으로 나타났고, 10월에는 *Bosmina longirostris*, *Acinophrys sol* 등이 우점종으로 출현하였다.

또한 관찰된 플랑크톤을 남조류, 녹조류, 규조류, 편모조류로 구분하여 월별 상대우점도를 조사하였다. 3월에는 전체적으로 규조류가, 4월에는 상사호에서는 규조류가 우점종이었으나, 주암호에서는 편모조류와 남조류가 우점종이었다. 5월에는 주암호에서는 녹조류가, 상사호에서는 여전히 규조류가 우점종이었다. 6월에는 주암호에서는 녹조류가 우점종이었고, 상사호에서는 규조류가 급격히 감소를 보였고, 남조류가 우점종을 나타내었다. 그리고 그 뒤를 녹조류가 우점순위를 차지 하였다. 7월에는 주암호에서는 계속해서 녹조류가 우점종이었고, 상사호에서는 규조류가 많이 출현하였다. 특히 SS1에서는 규조류가 우점순위 1위를 차지 하였다. SS2, SS3에서는 남조류가 1위를 차지하였고, 그 다음이 규조류 였다. 8월부터 10월까지 주암호 및 상사호 전체로 보아서 남조류가 우점종을 차지하였고, 그 다음이 규조류 였다. 이상의 관찰을 보면 종의 출현에 있어서 월별, 지점별로 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 조사지점별로 수심, 유속 등과 같은 특성이 다르고, 영양상태와 온도 등의 차이 때문인 것으로 판단된다.

3. 부영양화 상태

저니를 포함한 호소내에 서식하는 생물은 호소 및 저니의 성질, 즉 호소에 펼쳐지는 여러 가지 환경조건에 적응된 종류로 한정될 수 있다. 따라서 호소내에 서식하고 있는 생물군집을 관찰함으로써, 그 환경조건을 역으로 추정할 수가 있다. 생물지표, 생물종의 다양성 지표는 이와같은 관점에서 호소의 부영양화도를 판정하는데 이용되

어 질 수 있다. 특히, 생물은 서식기간을 통해서 여러 가지로 변화한 수환경의 상태를 종합적으로 반영하고 있다. 본 연구의 조류 출현종 조사결과에 따르면, 1998년 주암호와 상사호의 우점종으로는 *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis*, *Melosira granulata*, *Coelastrum cambricum*, *Synedra acus* 등이 나타나고 있다. 하지만, 이들 종은 외국에서 부영양화 생물로는 분류되지 않고 중영양화 생물종으로 분류되어 있다³⁾. 그러나 호소의 영양상태별 지표생물종은 일본에서 제시한 것이고³⁾, 우리나라에선 아직 우리의 호소와 하천에 맞는 지표 생물종에 관한 지침이 마련되어 있지 않아 일본에서 제시한 지표 생물종에 의존해서 호소의 부영양화도를 결정하는 것은 적합하지 않다고 판단된다. 일본과 우리나라는 토양의 질과 수질의 성분에 있어서 차이가 나고, 호소의 오염부하의 주요 오염원이 주로 생활하수, 축산폐수, 농업배수라고 가정할 때 일본과 우리나라의 음식문화 및 축사의 사료, 사용한 비료 등에 있어서 차이가 나기 때문에 그것에서 모든 영양분을 의지하고 증식하는 조류에 있어서도 출현종에 있어서 당연히 차이가 있을 것이다. 따라서 우리나라 호소에 맞는 영양상태별 지표 생물종이 마련되어야 할 것이다.

4. 시간대별 조류거동 분석

식물성 플랑크톤인 조류는 물의 흐름에 의해 움직임이 좌우되나 본 조사기간 동안에는 날씨가 맑아 바람에 의한 영향은 고려하지 않았고, 유영(Swimming)과 세포체의 밀도변화에 의한 수직분포를 조사하였다. 특히, 남조류에는 가스(보통 N_2)가 채워질 수 있는 위공포(Gas Vacuoles)가 있는데, 광합성 작용에 의해 영양분이 세포속에 축적되면 팽압(Turgor Pressure)이 발생되어 위공포 내의 가스가 빠져나가 침강하고, 영양분이 모두 소모되면 팽압이 사라져 위공포에 가스가 채

워지면서 수표면으로 다시 상승하게 된다.¹⁾ 남조류는 이러한 수직운동을 매일마다 반복하고 있다. 그러나 남조류의 수직운동은 위공포내 가스의 유무에 따라서만 일어나기 때문에 광합성 작용을 통해 축적된 에너지(영양분)는 수직운동을 위해 전혀 소모되지 않는다. 따라서 남조류는 다른 조류들과는 달리 유동에 에너지가 필요하지 않으므로 축적된 영양분을 모두 증식에만 사용할 수 있어 다른 조류들에 비해 높은 증식능력을 보유하고 있다. Fig. 3에 24시간 동안 측정된 남조류, 녹조류, 규조류의 수직운동 변화가 보여진다. 편모조류의 측정농도는 다른 조류들에 비해 상대적으로 매우 낮았기 때문에 그림에 포함하지 않았다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 조류는 새벽 1시경에 수심 3.0~3.5m 지점에서 최고 농도를 보인 후에 최고농도 지점은 수면층으로 서서히 이동하여 9시경에 수심 1.0~1.5m 지점에서 최고 농도를 보이고 있다. 조류들이 수표면까지 이동하지 않은 이유는 남조류와 다른 조류들을 구별하여 설명할 수 있는데, 남조류 이외의 조류들은 수표면에 햇빛의 강도가 강해서 더 이상 상승하지 않은 것으로 판단되며, 남조류는 수표면으로 부상하는 동안에 광합성 작용에 의한 영양분의 생성으로 위공포내 가스가 빠져나가 더 이상 상승하지 못한 것으로 판단된다. 이러한 이유는 남조류 이외의 조류들은 생존에 적당한 환경쪽으로 이동할 수 있는 능력이 있으나 남조류에는 이러한 기능이 없기 때문이다. Fig. 3에 나타난 조류측정치를 이용하여 조류의 수직이동 거리를 계산하여 보면 약 2.0m 정도이다

IV. 결 론

본 연구에서 조사한 주암호와 상사호의 조류분포 및 특정 시간대별 조류종의 변화와 수직이동 거리를 조사한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

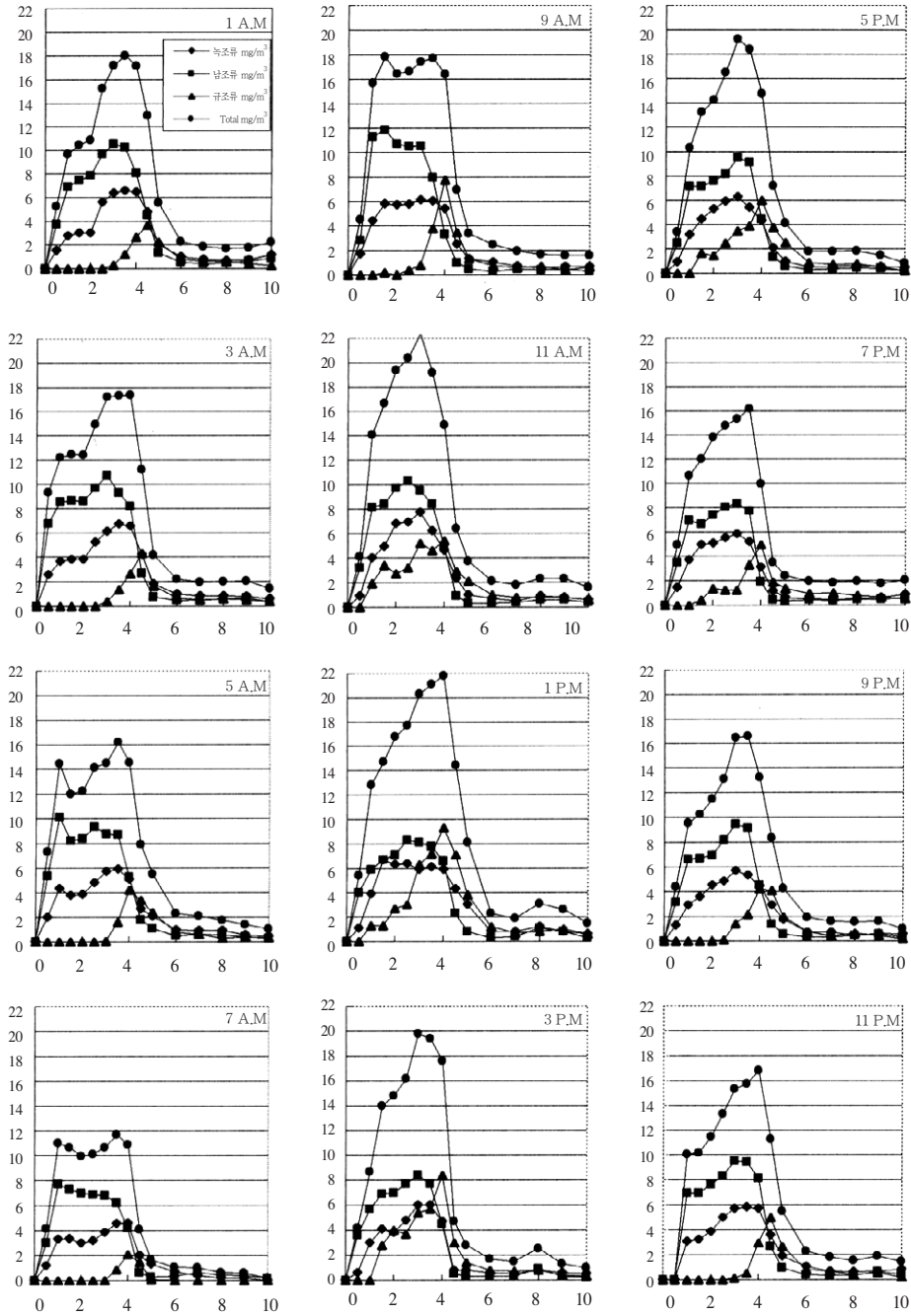


Fig. 3. Vertical variation of algal movements for day and night.(X axis: Depth of water, m; Y axis: Chlorophyll-a, mg/m³)

1. 봄철에서 가을철로 가면서 오염물질의 유입량이 증가함에 따라 조류의 개체수는 증가하였으나 종의 다양성은 감소하였다.
2. 주암호와 상사호의 우점종은 *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis*, *Melosira granulata*, *Coelastrum cambricum*, *Synedra acus* 등이며, 이들 조류군집은 계절의 변화에 따라 규조류, 녹조류, 남조류의 순서로 나타나고 있다.
3. 주암호 및 상사호에 나타나고 있는 우점종은 외국의 부영양화 지표 생물종에는 포함되지 않고 중 영양화 생물종에 속하고 있다. 그러나 이화학적 수질기준에 따라 주암호 및 상사호의 영양상태를 분류하여 보면 부영양호이다. 따라서 우리나라 호소에 맞는 영양상태별 지표 생물종이 마련되어야 할 것이다.
4. 낮과 밤의 24시간 동안에 조류의 최고농도 수심은 시간대별로 다르게 나타났으며, 최고농도의 수직이동 거리는 약 2.0m 정도이다.
5. 취수탑에서 취수 수심을 매일 일정하게 유지하는 것보다는 조류의 최고농도를 보이는 수심을 피할 수 있게 시간대별로 취수 수심을 변화시키는 것이 바람직하다.

사 사

본 연구는 한국수자원공사 댐관리처 및 (주)유일산업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. 이용운, 성치남, 이병희, 정선용 “주암호 수질 관리 전략 개발에 관한 연구”, 한국수자원공사 (1998).
2. Lee, H.D., Lee, E.S. and Sue, K.T., Planktons in the Water, Jinlitamgu Publishing Co. (1996).
3. 須藤隆一, 環境淨化YPIY微生物學, 講談社サイエソイフイク. (1995).
4. Masuzo Ueno et al, “Freshwater Biology of Japan”, Hokuryukan publishing.Co., LTD.(1986).
5. H. Hiroyuki at al, Illustration of the Japanese freshwater algae, Uchidarokakuho publishing Co., LTD.(1977).
6. K. S. Cho, Illustration of the freshwater zooplankton korea, Academy publishing company.(1993).
7. J. Jung, Illustration of the freshwater algae korea, Academy publishing company.(1993).
8. Kim, S. H., Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea, Vol. 34, Marine Phytoplankton, Education Authorities. (1994).
9. Yamagishi, T., and M. Akiyama, Phytomicrographs of the Freshwater Algae Vol. 1-5, Uchida Rokakuho. (1995)
10. 千原光雄, 藻類多様性Y生物學, 内田老鶴圃.(1997).
11. Horne, A.J. and Goldman, C.R., Limnology, 2nd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York (1994).