

식물플랑크톤 분포도에 따른 운문호의 선택취수 수심 결정

이 정 호* · 백 인 호¹ · 김 철 호²

(대구대학교 과학교육학부, ¹한국수자원공사, ²진주산업대학교 미생물공학과)

Determination of Optimum Water Intaking Depth Based on Phytoplankton Distribution in Unmun Reservoir. Lee, Jung Ho*, In-Ho Baek¹ and Chul-Ho Kim² (Faculty of Science Education, Taegu University, Kyungsan, Kyungpook 712-714, ¹Korea Water Resources Corporation, Taejon 306-711, ²Dept. of Microbiological Engineering, Chinju National University, Chinju, Kyungnam 660-758, Korea)

The purpose of this study was to determine the optimum water intaking depth for water treatment plant based on the changes of phytoplankton distributions in Unmun reservoir. Sampling was carried around of intaking tower near the Dam site at monthly intervals from February to October in 1998. Total 79 phytoplankton taxa were observed and they were classified into 4 varieties, 75 species within 51 genera. Diatoms were mainly dominated from February to July. However *Rhodomonas* sp. was a dominant species in August, and *Microcystis ichthyoblabe* in September and October. Cell density of 122,800 cells/mL in October was the highest, and 415 cells/mL in May was the lowest. The pattern of vertical distribution was similar until May; however, the cell density in the epilimnion was much higher than it in the hypolimnion during the periods with the high water temperature over 20°C since June. The water depths showing over 5,000 cells/mL ranged from the surface to 9m in June, surface to 6m in September, and on the only surface in October. Based on water temperature and phytoplankton vertical distribution, the depth of 6m appeared to be the optimum intaking depth for water treatment plant; 75.4 to 98.0% of phytoplankton cell densities could be avoided and the temperature over 18.3°C was preserved to prevent cold water damage for rice growth at the water depth during cyanobacterial blooming period in Unmun reservoir.

Key words : Cold water damage, Distribution, Intaking water depth, Phytoplankton, Unmun reservoir

서 론

최근 댐저수지를 중심으로한 국내 상수원의 수질은 급격히 영양단계가 상승하여, 매년 여름철과 초가을의 고수온기에 독성남조류의 대발생이 빈번히 발생하고 있어 상수처리에도 막대한 장애를 유발하고 있다(이 등, 1998). 상수원에서 조류 피해를 줄이기 위해서는 장기적

으로는 남조류 발생을 근본적으로 줄일 수 있는 유입수질의 개선이 필요하며, 단기적으로는 정수장으로 유입되는 조류량을 저감시킬 수 있는 수심별 선택취수가 현실적으로 가장 유효한 방법으로 활용되고 있다(정 등, 1998).

그러나 본 조사대상지인 운문호의 경우에는 동일한 취수탑을 통하여 생활용수 뿐만 아니라 농업용수도 동시에 취수되는 문제점이 있어 적정 취수 수심 결정이

* Corresponding author: Tel: 053) 850-6994, Fax: 053) 850-6959, E-mail: jungho@taegu.ac.kr

대단히 난해한 실정이다(한국수자원공사, 1997b). 운문호에 있는 2개의 취수탑 중 본 조사의 정점인 댐측으로부터 약 500 m 상류에 위치한 제 1취수탑(상류취수탑)은 당초 인근지역의 벼농사를 위한 농업용수와 하천유지용수 공급 목적으로 건설되었으나, 이후 상수원수 공급을 병행토록 그 사용목적이 변경되어, 부득이 동일한 취수탑으로 농업용수와 생활용수가 같이 취수되는 이례적인 상황이 전개되게 되었다(백, 1999). 이에 따라 고수온기 남조류 대발생 기간에는 상수처리의 조류 장해를 저감하기 위한 심층수 취수의 필요성과 동시에 벼농사의 냉해피해를 방지하기 위한 표층수 취수의 필요가 첨예하게 상충되는 문제점이 도출되어, 양쪽을 모두 만족시킬 수 있는 최적 취수수심 결정이 시급히 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 수심별 조류분포를 중심으로 운문호의 식물플랑크톤 군집의 분포 특성에 따른 최적 취수수심 검토를 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

운문댐은 경상북도 청도군 운문면 대천리의 밀양강 상류 동창천에 위치하고 있으며, 1993년에 완공된 국내 최대규모의 상수원전용댐이다. 유역면적은 301.34 km²로서 저수량은 1억3천5백만 m³, 최고수심은 댐측기준 약 40 m이며, 1998년 4월에 처음으로 만수되었고, 현재 수질은 중영양단계에서 부영양단계로 이행되는 과정에 있는 것으로 보고되고 있다(한국수자원공사, 1997a; 백, 1999).

조사는 댐측으로부터 약 500 m 상류에 위치한 제 1취수탑에서 1998년 2월부터 10월까지 월 1회씩 총 9회 조사를 실시하였다(Fig. 1).

출현종의 현존량을 구하기 위한 정량 시료는 Van Dorn 채수기를 사용하여 표층수부터 최심수층 30 m까지 3 m 간격으로 채취하였다. 종의 동정을 위한 식물플랑크톤 시료는 plankton net 시료와 정량 시료의 농축액을 함께 사용하였다. 정량 분석은 채수된 1 l 시료를 48~72시간 침전시켜 상등액을 제거하여 적정량으로 농축한 뒤, Sedgwick-Rafter Chamber를 사용하여 Schoen(1988)의 방법으로 計數하였다.

수질의 이화학요인은 수온, pH, 용존산소, 엽록소-a, 총질소, 총인, secchi depth 등 총 7개 항목에 대해 조사하였다. 각 항목의 측정 분석은 공정시험방법(환경부, 1996)에 따라 엽록소-a는 흡광광도법, 그리고 총질소는 자외선 흡광광도법, 총인은 아스코르빈산 환원법으로 분석하였다. 수온과 pH, 용존산소는 현장에서 시료 채취와

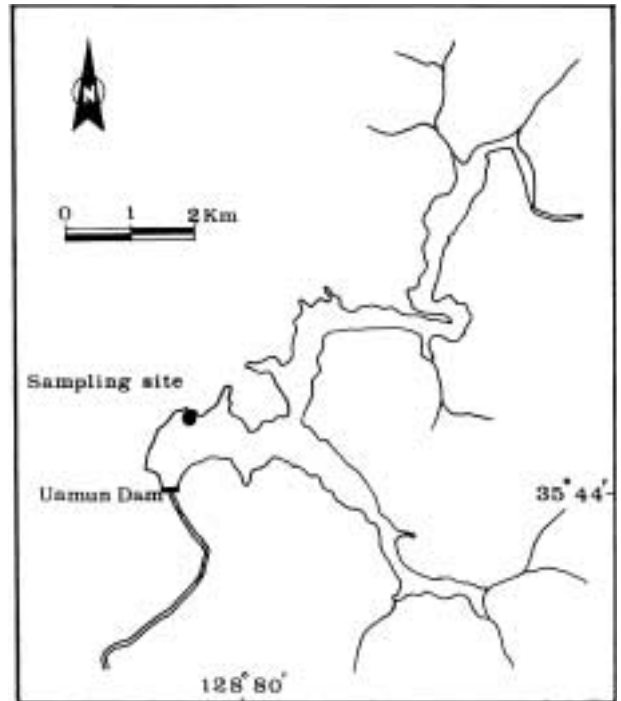


Fig. 1. A map showing sampling site in Unmun reservoir; the sampling site is 1 st intaking tower for water treatment plant in the reservoir.

함께 수질자동측정장치 YSI 6000 (YSI)으로 측정하였다. 수질 영양단계는 Yang and Dickman (1993)의 LTSI (Lake Trophic Status Index)를 계산하여 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 환경요인

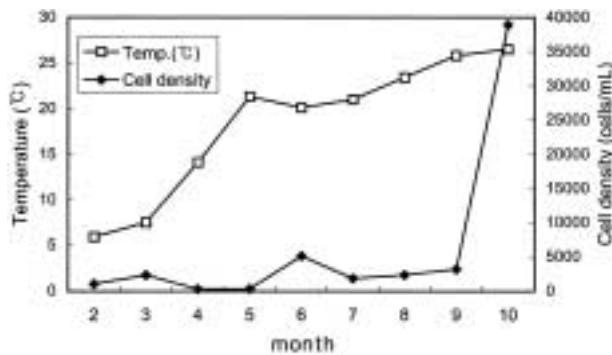
표층수에 대한 환경요인 조사의 결과는 Table 1과 같다. 수온은 2월이 5.9°C로써 최저치를, 10월이 26.5°C로 최고치를 나타냈으며, 5월부터 20°C를 상회하는 것으로 조사되었다. 수온 상승에 따른 수층 내 수온성층은 4월부터 형성되었으나, 본격적인 성층은 5월부터 시작되었다(Fig. 2). 5월 이후 수온약층은 대개 수심 6m부터 9m의 범위에서 형성되기 시작하였으나, 10월에는 수심 3m부터 현저하게 수온약층이 시작되어 남조류의 대발생 및 수표면 집적의 결과와 밀접하게 부합되는 것으로 조사되었다(Fig. 4).

Secchi depth는 2월과 5월만 3 m 이상이었을 뿐, 나머지 시기에는 비교적 낮은 값을 나타내었으며, 특히 남조류 수확이 가장 심했던 10월은 1 m에 불과한 것으로 조

Table 1. Environmental factors on the surface water in Unmun reservoir.

Sampling date	W.T (°C)	pH	DO (mg/L)	SD (m)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	chl-a (µg/L)	LTSI*
Feb. 3	5.9	7.1	12.0	3.5	0.005	0.979	2.2	1.95
Mar. 3	7.5	7.6	12.4	2.5	0.005	1.624	2.4	2.41
Apr. 14	14.1	7.0	11.5	2.2	0.029	1.307	4.9	5.73
May 6	21.3	7.1	9.3	3.3	0.014	1.238	4.8	4.19
Jun. 9	20.1	8.3	9.7	2.6	0.014	1.032	6.2	4.85
Jul. 2	21.0	7.9	9.0	2.5	0.011	0.923	5.3	4.37
Aug. 3	23.4	7.9	8.4	2.0	0.026	1.160	5.0	5.74
Sep. 2	25.8	8.2	8.7	2.0	0.017	0.800	8.0	5.80
Oct. 8	26.5	7.4	8.5	1.0	0.012	0.541	8.7	6.38

* LTSI (Lake Trophic Status Index)

**Fig. 2.** Comparison between the changes of the water temperature and the phytoplankton cell density on the surface water.

사되었다 (Table 1).

총인은 조사기간 평균 0.015 mg/L의 농도로써 중영양 단계에 해당하는 상대적으로 낮은 값을 보였다 (USEPA, 1974). 특히 2월과 3월은 극히 낮아 0.01 mg/L 이하의 빈영양단계였으나, 4월과 8월, 10월은 부영양단계로 조사되었다 (USEPA, 1974). 운문호의 평균 총인 농도가 비록 중영양단계에 있는 것으로 나타났으나, Henderson-Seller and Markland (1987)가 제시한 조류 대발생 가능 기준인 0.01 mg/L는 상회하는 것으로 조사되었다. 총질소 농도는 전 조사기간에서 부영양 기준인 0.5 mg/L (Henderson-Seller and Markland, 1987) 이상으로 나타나 (Table 1), 질소 오염원에 대한 각별한 관리가 필요한 것으로 사료된다. Chl-a 농도는 수온 증가와 거의 일치하여 증가하였는데, 식물플랑크톤 현존량이 가장 높았던 10월이 8.7 µg/L로써 가장 높은 것으로 나타났다.

운문호의 수질 영양단계를 평가하는 LTSI (Lake Trophic Status Index; Yang and Dickman, 1993)치는 수온이 증가함에 따라 정비례하여 높아지는 양상을 나타내

었는데 (Table 1), 식물플랑크톤 현존량의 급증으로 인한 결과로 해석된다. 조사기간 전체 평균 LTSI치는 4.6이었는데, 이는 LTSI 4.2~5.40의 범위인 중영양단계의 마지막 단계인 중부영양 (mesoeutrophic)에 해당하여, 운문호의 수질이 중영양에서 부영양단계로 이행되는 과정에 있는 것으로 해석할 수 있다.

2. 출현종 분류 및 조성

본 조사에서 출현한 식물플랑크톤은 7강, 12목, 28과, 51속의 75종, 4변종인 총 79 taxa였다. 총 출현종 79 taxa를 綱別로 분류하면 녹조강이 가장 많은 35종으로 전체의 44.3%를 차지하였으며, 다음이 규조강 22종과 남조강 11종이었고 그 외 11종으로 조사되었다.

조사시기별 출현종수는 10월이 34종으로 가장 많았으며 2월이 가장 적은 종이 출현하였는데, 이는 7°C 이하의 저수온의 영향으로 대부분의 출현종이 규조강으로만 국한된 결과로 유추된다. 반면에 10월은 여름철에서 가을철로 이행되는 시기의 특성으로 남조강을 비롯하여 녹조강과 규조강의 다양한 종들이 혼재된 결과로 생각된다 (Sze, 1993).

본 조사에서는 조사정점이 1개소로 제한되어 임하호의 277 taxa (김 등, 1995a), 주암호의 177 taxa (이와 송, 1995), 진양호의 304 taxa (김 등, 1995b), 부안댐 124 taxa (한국수자원공사, 1997c) 등 타 댐저수지의 결과보다 출현종이 적게 나타났다.

3. 우점종 변화

계절별 우점종 변화는 우리나라 댐저수지의 일반적인 우점종 천이와 거의 일치하는 결과를 나타내었다 (김 등, 1995a, b; 이와 송, 1995; 한국수자원공사, 1997c; 이, 1999; 이와 박, 2000a, b). 2월부터 7월까지의 표층수에서는 4월에 황색편모조강의 *Dinobryon sociale*가 우점한 것을 제외하고는 매월 규조강이 우점종으로 조사되었다 (Table 2). 2월에는 *Asrterionella formosa*가 우점하였는데, 본 종은 1월부터 5월까지 국내 댐저수지의 보편종으로서 출현하며 (이와 조, 1994; 김, 1996; 장과 전, 1996), 대발생할 경우에는 정수공정 중 여과지를 폐색시키기도 하는 종으로 보고되고 있다 (佐藤, 眞柄, 1996). 특히 본 종은 저수온을 선호하여 수온 0~15°C 범위에서 가장 활발하게 생육하는 것으로 보고되어 있어 본 조사의 결과와 일치하는 것으로 나타났다 (Cox, 1996). 특히 5월에 우점종으로 조사된 규조종 *Cyclotella asterocostata*는 1985년 중국에서 처음 신종으로 기재된 이후 (Xie et al., 1985), 우리 나라의 임하호와 낙동강에서만 출현이 확인

Table 2. Dominant species on the surface water in Unmun reservoir.

	Dominant taxon	cell density (cells/mL)
February	<i>Asterionella formosa</i>	662
March	<i>Aulacoseira distans</i> var. <i>alpigena</i>	1,068
April	<i>Dinobryon sociale</i>	192
May	<i>Cyclotella asteriocostata</i>	305
June	<i>Fragilaria crotonensis</i>	2,066
July	<i>Fragilaria crotonensis</i>	1,456
August	<i>Rhodomonas</i> sp.	1,068
September	<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	3,026
October	<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	34,486

된 것으로 생태적 특성은 아직 확실하지 않으며, 우점종으로 보고된 것은 이번 조사가 최초의 것이다 (Lee et al., 1995; 이 등, 1995; 이, 1998).

8월은 갈색편모조강의 *Rhodomonas* sp.가 우점종이었으나, 이후 9월과 10월은 모두 남조강의 *Microcystis ichthyoblabe*가 우점종으로 조사되었다 (Table 2). 고수온기에 남조류의 우점은 온대와 아열대 지역의 일반적인 결과로써 수온 상승으로 인한 수심별 수온성층이 중요한 요인으로 작용한 것으로 사료된다 (Carmichael and Falconer, 1993). 그러나 8월의 고수온기에 *Rhodomonas* sp.가 우점한 생태학적 이유는 확실하지 않으나, 최근의 조사에서 대청호 (이, 1999)와 자양호, 팔당호에서도 8월과 10월의 고수온기에 본 종이 범무하는 것으로 나타나 (이 등, 1998), 본 종의 분류 및 생태에 관한 심도있는 조사가 필요한 것으로 사료된다.

4. 식물플랑크톤의 현존량 변화

식물플랑크톤의 현존량은 10월이 122,800 cells/mL로 가장 많았으며, 5월이 가장 적은 415 cells/mL로 나타났다 (Fig. 2). 5월에 식물플랑크톤 현존량이 가장 낮았던 것은 이 시기가 호수 생태계의 clear water phase에 해당하는 시기로서 식물플랑크톤에 대한 동물플랑크톤의 섭식이 가장 왕성하고, 또 규조류 우점시기에서 하계의 남조류 우점시기로 이행되는 완충기인 것이 주요인으로 생각된다 (Horne and Goldman, 1994).

본 조사에서는 이례적으로 여름철인 8월보다 초가을인 10월이 식물플랑크톤 현존량이 훨씬 높게 나타났는데, 이는 8월에는 운문댐 지역의 거둬들인 강우로 식물플랑크톤 군집 성장이 크게 교란되었고, 오히려 10월이 8월보다 표층 수온이 약 2°C 높았던 결과에 기인한 현상으로 생각된다. 일반적으로 표층수온의 상승은 수체내 수온약층을 더욱 뚜렷하고 강하게 형성시켜, 남조류 우

점을 심화하여 전체 식물플랑크톤 현존량 증가를 초래하는 것으로 알려져 있다 (Fay, 1983; Sze, 1993). 10월 조사에서 급격한 현존량 증가에 비해 chl-*a* 농도 변화가 적었던 것은 세포의 체적은 극히 작은데 비해 군체를 이루는 세포의 숫자는 매우 많은 *Microcystis ichthyoblabe*가 우점종이었던 영향으로 사료된다 (Table 2). 즉 *Microcystis ichthyoblabe*의 세포체적은 전체 조류종 중 최소 수준으로 불과 2.2 $\mu\text{m}^3\text{cell}^{-1}$ 정도로서 유사종인 *Microcystis aeruginosa*의 58.2 $\mu\text{m}^3\text{cell}^{-1}$ 의 약 26분의 1의 체적에 불과하여 현존량의 증가에도 불구하고 chl-*a* 농도는 크게 증가하지 않는 것으로 간주된다 (이, 1998).

운문댐의 식물플랑크톤 현존량은 8월의 고수온기에 거의 10,000 cells/mL를 상회하는 대청댐 (이와 박, 1997) 및 타 댐저수지들 (김 등, 1995a, b; 이와 송, 1995)과 비교할 때 유사하게 나타났으나, 10월의 현존량은 대단히 높은 값으로 간주된다.

5. 수심별 식물플랑크톤의 분포

운문호는 대구광역시와 경산시를 비롯한 경상북도 일부지역에 생활용수를 공급하고 있을 뿐만 아니라 인근 지역의 비농사의 농업용수의 수원으로 활용되고 있다 (한국수자원공사, 1997a, b). 생활용수와 농업용수에 대한 공통 수원으로서는 동일한 취수탑을 사용하는 상황에서 발생하는 문제는 여름철과 초가을의 고수온기 남조류 대발생 기간 동안의 선택취수의 수심 결정이다 (한국수자원공사, 1997b). 정수장으로 유입되는 생활용수의 정수과정에서 장애를 유발하는 남조류 저감을 위해서 심층수를 취수할 경우 농업용수의 수온 저하로 농사의 냉해 피해가 필연적으로 수반되게 된다 (백, 1999). 그러므로 남조류 피해를 충분히 줄일 수 있으며, 또 수온 하락도 최소화 할 수 있는 적정 취수 수심을 결정하는 것은 운문댐 수원 관리에 있어 가장 시급한 과제가 아닐 수 없다 (이 등, 1998).

동계의 2월부터 춘계의 5월까지의 표층수에서 수심 30 m까지 식물플랑크톤의 현존량 변화는 심하지 않은 것으로 나타났다 (Fig. 4). 2월은 오히려 표층수의 현존량이 1,022 cells/mL로 가장 적었으며, 타 조사시기에도 표층수가 전체 수심의 식물플랑크톤 현존량의 5%에서 11%까지의 범위에 불과하여 선택취수의 의미는 없는 것으로 조사되었다 (Fig. 4).

일반적으로 댐저수지의 수심별 수층은 여름철 고수온기가 되어 표층수의 수온이 상승하게 되면 수온약층을 중심으로한 變水層 (metalimnion)과 그 상부의 表水層 (epilimnion), 하부의 深水層 (hypolimnion)으로 분리되

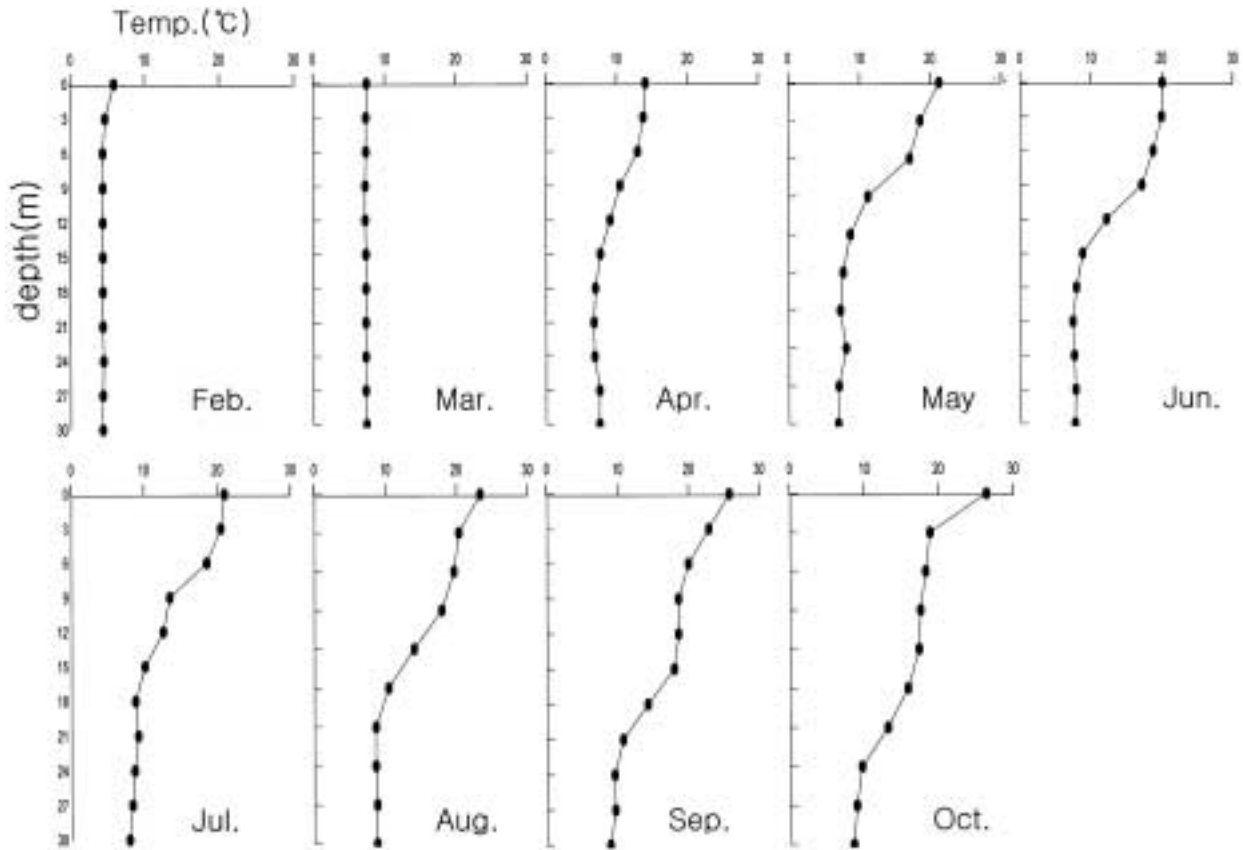


Fig. 3. Monthly changes in the depth profile of temperature in Unmun reservoir.

어 층을 이루게 된다 (Lampert and Sommer, 1997). 이후 수체의 정체 심화에 따라 *Microcystis* 등의 남조류가 표층에 집적하여 급격한 증식을 하게 되는 것은 일반적인 현상으로 보고되고 있다 (Henderson-Sellers and Markland, 1987).

운문호의 경우에도 6월부터의 고수온기에는 이전의 동계 및 춘계와는 판이한 양상을 나타내어 표층수를 비롯한 表水層의 식물플랑크톤의 양이 深水層보다 훨씬 높게 나타났다. 5,000 cells/mL 이상의 현존량을 보인 수심은 6월의 경우 표층수로부터 9m의 범위이며, 9월은 6m까지, 그리고 10월은 단지 표층수에만 국한되었다. 따라서 거둬진 집중 강우의 영향으로 수화가 발생하지 않은 7월과 8월을 제외하고 고수온기의 운문댐 조류 분포는 개괄적으로 표층수로부터 9m의 범위에 집중되는 것으로 조사되었다 (Fig. 4).

일반적으로 벼의 생육에 대한 냉해 피해는 발아기부터 출수기까지의 기간이지만, 수심별 선택취수가 필요한 남조류 대발생기에 해당하는 시기는 7월 하순의 초장신장기부터 8월 20일경의 출수기까지의 약 30일간이며 그

이후에는 수온의 영향은 거의 받지 않는다 (이, 1984; 소, 1989; 김, 1990; 한국수자원공사, 1997b). 초장신장기부터 출수기까지의 냉해 피해를 피할 수 있는 각 단계별 벼 생육 최저 온도는 초장신장기가 15~16°C이며, 분얼증가기는 14°C, 유수분화기는 15°C, 마지막으로 출수기는 약 17~20°C이다 (소, 1989; 한국수자원공사, 1997b). 따라서 선택취수를 위한 수온 최저 한계는 17°C에서 20°C의 범위 내에서 결정될 수 있는 것으로 간주된다.

고수온기에 수온 20°C를 상회하는 수심은 운문호의 경우 약 6m로써 (Fig. 3), 이 범위 내 식물플랑크톤량의 전체 수심의 총량에 대한 구성비는 6월이 75.4%, 7월 37.0%, 8월 78.9%, 9월이 89.4%였으며 현존량이 가장 많았던 10월은 무려 98.0%에 달했다. 따라서 장마로 인해 식물플랑크톤량이 비정상적으로 적었던 7월을 제외하고는 최저 75.4% 이상의 조류가 수심 6m부터 표층수까지의 범위에 집적되어 있는 것으로 조사되었다. 또한 수온이 17~18°C를 보이는 수심 9m의 경우에는 8월이 전체 조류량의 82.4%로 가장 적었고, 타 조사시기에는 모두 90% 이상의 조류가 9m에서 표층까지에 모여있는

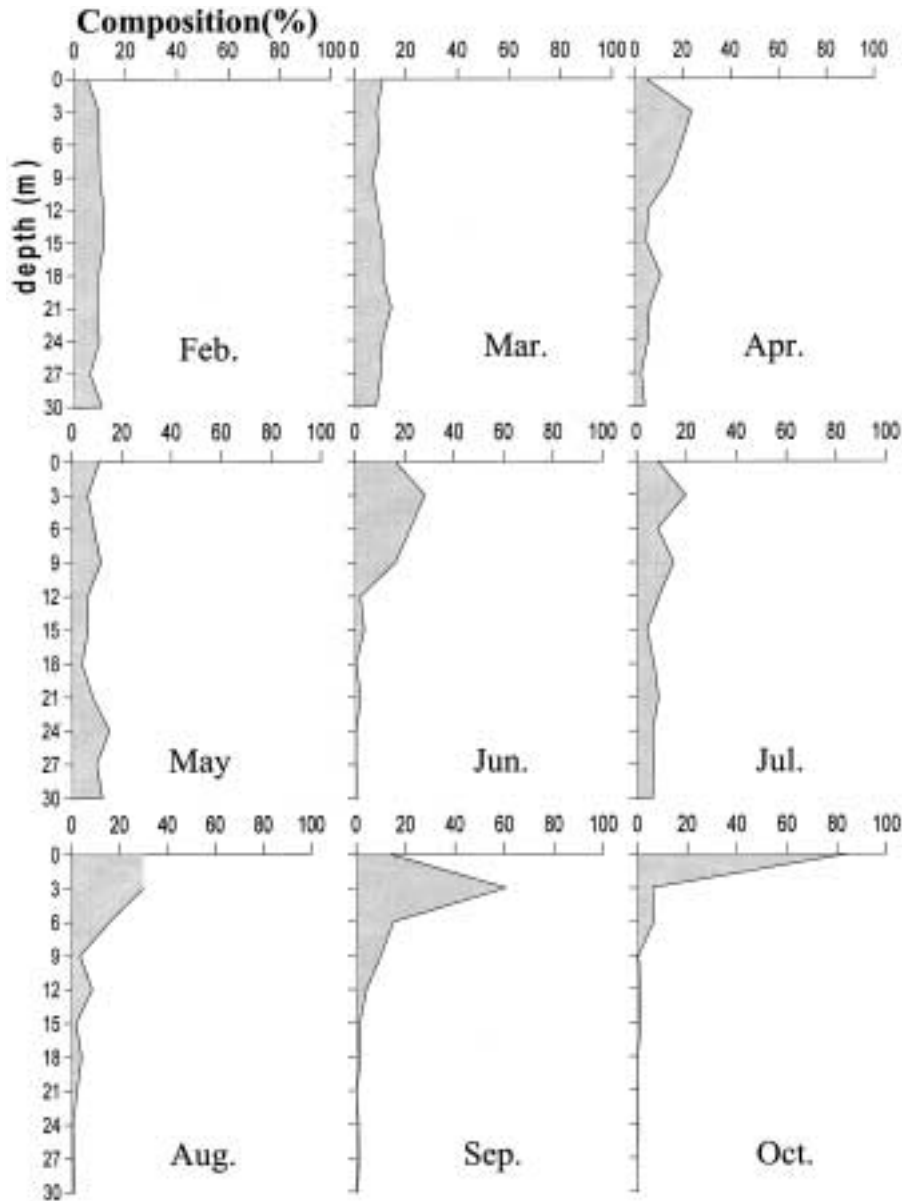


Fig. 4. Monthly changes in the composition of phytoplankton cell densities on the depth profiles in Unmun reservoir.

것으로 조사되었다 (Figs. 3, 4).

따라서 수온과 식물플랑크톤량의 2가지 요인만으로 남조류 대발생기의 운문호의 취수 수심을 결정한다면, 전체 수심의 총 식물플랑크톤 현존량을 최소 75.4%에서 최대 98.0%까지 배제할 수 있으며, 수온은 18.3~20.0°C 범위를 나타내는 6m의 수심이 타당한 것으로 판단된다.

적 요

식물플랑크톤 군집의 분포 특성에 따른 운문호의 최

적 취수수심 검토를 목적으로 1998년 2월부터 10월까지 조사를 실시하였다. 식물플랑크톤 출현종은 7강, 12목, 28과, 51속의 75종, 4변종인 총 79 taxa였다. 2월부터 7월까지의 4월을 제외하고 규조강이 우점종이었으며, 8월은 갈색편모조강의 *Rhodomonas* sp.가 우점종이었으나 9월과 10월은 남조강의 *Microcystis ichthyoblabe*가 우점종이었다. 식물플랑크톤 현존량은 10월이 122,800 cells/mL로 가장 많았으며, 5월이 가장 적은 415 cells/mL로 나타났다. 2월부터 5월까지의 수심별 식물플랑크톤의 현존량 변화는 심하지 않았으나, 6월부터의 고수온

기에는 표층수를 비롯한 表水層의 식물플랑크톤의 양이 深水層보다 훨씬 높게 나타났다. 5,000 cells/mL 이상의 현존량을 보인 수심은 6월의 경우 표층수로부터 9m의 범위이며, 9월은 6m까지, 그리고 10월은 단지 표층수에만 국한되었다. 수온과 식물플랑크톤량의 2가지 요인만을 고려한 적정 취수 수심은 전체 수심의 총 식물플랑크톤 현존량을 최소 75.4%에서 최대 98.0%까지 배제하며, 수온은 18.3~20.0°C 범위를 나타내는 6m의 수심이 타당할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 1999년도 대구대학교 학술연구비 지원과 한국수자원공사의 지원에 의해 수행되었음. 현장조사와 수질분석을 도와주신 한국수자원공사 운문댐사무소 관계자들과 자료 정리 등에 많은 도움을 주신 수자원연구소의 박종근 연구원께 감사드립니다. 또한 논문 교정에 수고를 아끼지 않으신 익명의 심사위원들께도 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 김리열. 1990. 논토양의 온도환경이 수도생육 및 양분흡수에 미치는 영향. 동국대 박사학위논문, 서울.
- 김용재. 1996. 팔당호의 식물플랑크톤 군집의 생태학적 고찰과 지표종을 이용한 영양단계 평가. *육수지* **29**: 323-345.
- 김용재, 최재신, 김도한, 정준. 1995a. 임하호에서의 식물성플랑크톤 군집의 생태학적 고찰. *육수지* **28**: 61-78.
- 김한순, 최재신, 정준, 김도한. 1995b. 진양호의 식물성플랑크톤 군집에 관한 연구. *육수지* **28**: 345-358.
- 백인호. 1999. 운문댐 최적 취수수심 결정을 위한 수질 및 식물성플랑크톤 군집변화 연구. 경북대 석사학위논문, 대구.
- 소창호. 1989. 수도 유식물 생장에 미치는 주야간온도영향의 해석적 연구. 서울대 박사학위논문, 서울.
- 이은주, 조규승. 1994. 소양호 식물성플랑크톤의 연간변화. *육수지* **27**: 9-22.
- 이장용. 1983. 온도조건에 따른 수도묘의 질소, 인산 규산흡수의 상호작용에 관한 연구. 서울대 석사학위논문, 서울.
- 이정호. 1998. 세포체적과 세포수에 의한 식물플랑크톤의 현존량 산정 비교. *육수지* **31**: 211-218.
- 이정호. 1999. 대청호의 년중 식물플랑크톤 군집 동태. *육수지* **32**: 358-366.
- 이정호, 김도한, 박종근. 1998. 취수원 조류군집 특성에 관한 연구 (1차년도). 한국수자원공사 보고서 (WRRI-ES-98-2), 대전.
- 이정호, 박종근. 1997. 대청호 남조류 수화 발생의 현황과 특성, 대한환경공학회. '97 추계학술발표회 초록집: 473-476.
- 이정호, 박종근. 2000a. 남강댐저수지의 식물플랑크톤 군집 동태. *J. Natural Science, Taegu Univ.* **16**: 155-167.
- 이정호, 박종근. 2000b. 1997년 대청호 남조류 수화의 특성. *J. Natural Science, Taegu Univ.* **16**: 147-153.
- 장윤경, 전숙례. 1996. 팔당댐 담수지역의 식물플랑크톤에 관한 연구 2. 식물플랑크톤 종 조성 변화. *한국조류학회지* **11**: 217-229.
- 정진성, 강임석, 김시준, 김영진, 서정관, 이상봉, 이정호, 정용현. 1997. 상수도에서의 조류장에 및 저감대책. 낙동강환경관리청, 창원.
- 한국수자원공사. 1997a. 운문댐 상수원 보호구역 지정 종합보고서. 한국수자원공사, 대전.
- 한국수자원공사. 1997b. 운문댐 하류 냉해방지 대책 용역보고서. 한국수자원공사, 대전.
- 한국수자원공사. 1997c. 부안다목적댐 사후환경영향조사보고서. 한국수자원공사, 대전.
- 환경부. 1996. 수질오염·폐기물·토양오염 공정시험방법. 동화기술, 서울.
- 佐藤敦久, 眞柄泰基. 1996. 上水道における藻類障害. 枝報堂出版, 東京.
- Carmichael, W.W. and I.R. Falconer. 1993. Diseases related to freshwater blue-green algal toxins, and control measures, p. 186-209. In: *Algal toxins in seafood and drinking water* (I.R. Falconer, ed.). Academic Press, London.
- Cox, E.J. 1996. Identification of Freshwater Diatoms from Live Material. Chapman & Hall, London.
- Fay, P. 1983. The blue-greens (Cyanophyta-Cyanobacteria). The Camlot Press Ltd, Southampton.
- Henderson-Sellers, B. and H.R. Markland. 1987. Decaying Lakes-The Origins and Control of Cultural Eutrophication. John Wiley & Sons, Chichester.
- Horne, A.J. and C.R. Goldman. 1994. Limnology. McGraw-Hill Inc, New York.
- Lee, J.H., J. Chung and T. Gotoh. 1995. *Cyclotella orientalis* sp. nov. (Bacillariophyceae) from South Korea. *Phycological Research* **43**: 145-149.
- Schoen, S. 1988. Cell counting. In: *Experimental Phycology A Laboratory Manual* (Christopher, S.L., J.C. David and P.K. Bruno, eds.). Cambridge University Press, London.
- Sze, P. 1993. A biology of the algae. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque.
- US EPA. 1974. An approach to a relative trophic index system for classifying lakes and reservoirs-National Eutrophication Survey. Pacific Northwest Env. Res. Lab. Corvallis, Oregon.
- Xie, S., B. Lin and S. Cai. 1985. Studies by means of LM and EM on a new species, *Cyclotella asterocostata* Lin,

Xie et Cai. *Acta Phytotaxonomica Sinica* **23**: 473-475.
Yang, J-R. and M. Dickmen. 1993. Diatoms as indicators

of lake trophic status in central Ontario, Canada. *Diatom Research* **8**: 179-193.