

신구저수지에서 인공식물섬이 동·식물플랑크톤 군집에 미치는 영향

이은주 · 조안나¹ · 권오병² · 안태석^{1,*}

(한국 플랑크톤 생태연구소, ¹강원대학교 환경과학과, ²(주)아썸)

The Effect of Artificial Floating Island to Zooplankton and Phytoplankton in Shingu Reservoir, Korea. Lee, Eun Joo, Ahn Na Cho¹, Oh Byung Kwon² and Tea Seok Ahn^{1,*} (Institute of Korean Algaetech, Gangneung 210-702, Korea; ¹Department of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea; ²Assum Ecological System Inc., Gwacheon 427-070, Korea)

The effects of artificial floating island on the changes in phytoplankton and zooplankton community structure were investigated monthly from September 2006 to May 2007 in Shingu reservoir. The total cell number of phytoplankton under the artificial floating island was three times less than those of control (without artificial floating island). The dominant species of phytoplankton were *Lyngbya* sp. on September, *Cryptomonas* sp. from October to January, *Aulacoseira granulata* on February and *Oscillatoria* sp. from March to May at lake water. Cyanophyta was dominated from February to March at lake water but it was dominated from March at artificial floating island area. The total individual number, species number of zooplankton and species diversity of phytoplankton and zooplankton under the artificial floating island were higher than those of lake water.

Key words : artificial floating island, phytoplankton, species diversity, zooplankton

서 론

우리나라에서는 1980년대 이후 소양호나 대청호 등 대형 인공호수에서 부영양화에 따른 남조류의 대발생(녹조현상)이 중요한 수질문제로 대두되었다(이 등, 1998). 현재 우리나라의 대부분의 저수지는 부영양 상태를 보이고 있으며, 이들 저수지는 부영양화에 따른 1차 생산력의 증가로 인하여 매년 남조류(또는 Cyanobacteria)에 의한 녹조현상이 반복적으로 나타나고 있다(이 등, 2003; 이 등, 2007). 녹조현상이 나타나면, 호수 경관의 훼손, 상수 처리비용의 증가, 악취발생의 문제가 나타나고(Persson,

1982), 독소에 의한 공중보건학적 문제도 발생한다(Dawson, 1998).

이런 남조류의 발생을 저감시키는 방법 중의 하나가 인공식물섬을 설치하는 것이다. 인공식물섬은 부력재 위에 갈대나 꽃창포 등을 식재하여 호수의 일부에 설치한다. 이 인공식물섬은 경관상으로도 아름다울 뿐 아니라 호수의 표면을 덮으므로 남조류의 광합성을 차단하여 남조류의 증식을 억제하는 효과가 있음이 밝혀졌다(이 등, 2002). 또한 인공식물섬에 식재한 식물들의 뿌리가 수중으로 내려가 수중의 인, 질소 등을 흡수하여 영양염 감소의 효과로도 식물플랑크톤과 경쟁이 되며(환경관리공단, 2000), 식물섬 아래에는 동물플랑크톤의 밀도가 증가하

* Corresponding author: Tel: 033) 250-8574, Fax: 033) 251-3991, E-mail: ahnts@kangwon.ac.kr

고 이에 따라 증가된 동물플랑크톤을 먹이자원으로 하는 어류의 증가도 있음이 알려졌다(권, 2007). 국내에서는 인공식물섬을 팔당호에는 수질개선의 목적으로 2000년에 설치되어 운영중이며, 파로호에는 생태계복원의 목적으로 설치되어 운영중이다. 이 인공식물섬은 수질개선의 효과보다는 동물플랑크톤, 무척추동물, 어류, 조류 등이 서식할 수 있는 새로운 생태계를 조성하는 기능이 더 크다고 보고되었다(Byeon *et al.*, 2002).

인공식물섬은 구조물과 그 위에서 성장한 수생식물로 구성이 되며, 수체에 바로 설치되어 수생태계에 직, 간접적으로 영향을 미치게 된다. 여기에서는 신구저수지에 설치된 인공식물섬이 동·식물플랑크톤의 변화에 영향을 주는지를 확인하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역 및 식물섬의 구조

신구저수지는 충청남도 서천군에 위치하고 있는 소규모 농업용 저수지로서, 수표면적은 0.1 km^2 , 저수량은 $3.88 \times 10^5 \text{ ton}$ 이며, 평균 수심은 4 m로 비교적 얇은 저수지로 분류된다(Hwang *et al.*, 2003). 저수지의 경계에는 농경지가 존재하며, 이곳으로부터 영양염이 유입되고 있다(이 등, 2008).

이 저수지에 50 m^2 ($5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$)의 인공식물섬을 설치하였다. 식물섬의 수초종은 노랑꽃창포 단일종이며 실험에 사용된 인공식물섬은 (주)아섬의 공법을 따라 설치하였다(권, 2007).

2. 조사방법

조사기간은 2006년 9월부터 2007년 5월까지 9개월에 걸쳐 매달 1회씩 대조구(st. 1)와 인공식물섬 설치수역(st. 2)의 두 곳에서 표층수를 채수하였다. St. 2의 시료 채취는 인공식물섬의 가장자리에서 약 20 cm 안쪽의, 수심 약 20 cm 지점에서 이루어졌고, 인공식물섬으로부터 약 300 m 거리에 위치한 st. 1에서도 같은 수심에서 시료를 채취하였다(Fig. 1).

식물플랑크톤 조사는 두 지점의 표층수를 500 mL 폴리에틸렌 시료병에 담아 Lugol 용액으로 현장에서 고정한 후, 실험실로 운반하여 약 2주일 이상 침강시켰다(APHA · AWWA · WPCF, 1989). 이 침강된 시료를 사이펀(siphon)으로 상등액을 뽑아버리고 농축시켰다. 세포의 계수는 Palmer-Maloney counting chamber를 사용하였

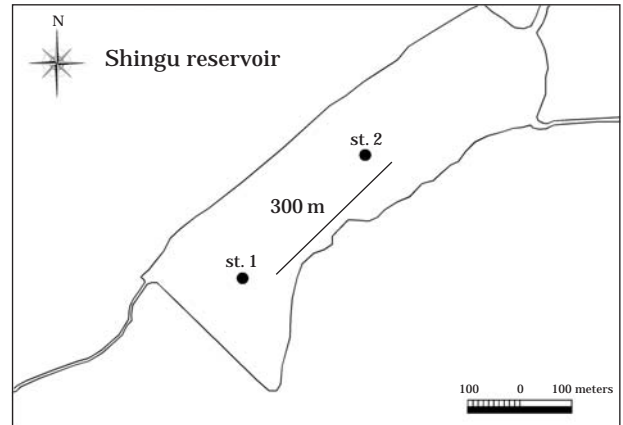


Fig. 1. The map showing smapling sites in Shingu reservoir.

으며, 광학현미경을 이용하여 400배에서 검경하였다. 종 동정은 水野(1975)의 방법에 따랐다. 군집의 종 다양성 지수는 Shannon-Wiener 다양도지수로 산출하였다.

동물플랑크톤은 조사지점에서 플랑크톤 정량넷(mesh size $80 \sim 100 \mu\text{m}$)를 이용하여 5 L의 물을 걸러서 250 mL 폴리에틸렌 시료병에 담아 현장에서 포르말린으로 고정한 후 실험실로 옮겨서 광학현미경 400배에서 계산하였다. 종 동정은 水野(1975)의 방법을 따랐다.

결 과

1. 식물플랑크톤

조사기간 중 신구저수지에 출현한 식물플랑크톤의 총 종수는 34속 61종이 출현하였으며 그 중 황색편모조류(Chrysophyceae) 1속 1종, 갈색편모조류(Cryptophyceae) 1속 1종, 외편모조류(Dinophyceae) 1속 1종, 남조류(Cyanophyceae) 6속 7종, 규조류(Bacillariophyceae) 9속 20종 그리고 녹조류(Chlorophyceae) 16속 31종이었다. 대조구에서 출현한 총 종수는 61종, 인공식물섬 설치수역에서는 54종으로 인공식물섬 설치수역이 대조구보다 7종이 적게 출현하였다. 그 중 우점종은 다음과 같다(Table 1). 대조구에서는 9월에 남조류인 *Lyngbya sp.*가 우점하다가 10월부터 이듬해 1월까지의 갈색편모조류인 *Cryptomonas sp.*, 2월에는 규조류인 *Aulacoseria granulata* 그리고 3월부터 5월까지는 남조류인 *Oscillatoria sp.*가 우점하였다. 한편 인공식물섬 설치한 곳의 바로 밑에서 채수한 시료에서는 갈색편모조류인 *Cryptomonas sp.*가 10월부터 이듬해 2월까지 우점하였고, 3월에는 규조류인

Table 1. Dominant species of phytoplankton at Shingu reservoir.

Year	Month	Control area	Artificial floating island area
2006	Sep.	<i>Lyngbya</i> sp.	<i>Lyngbya</i> sp.
	Oct.	<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Cryptomonas</i> sp.
	Nov.	<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Cryptomonas</i> sp.
	Dec.	<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Cryptomonas</i> sp.
2007	Jan.	<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Cryptomonas</i> sp.
	Feb.	<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Cryptomonas</i> sp.
	Mar.	<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Aulacoseira granulata</i>
	Apr.	<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.
	May	<i>Oscillatoria</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.

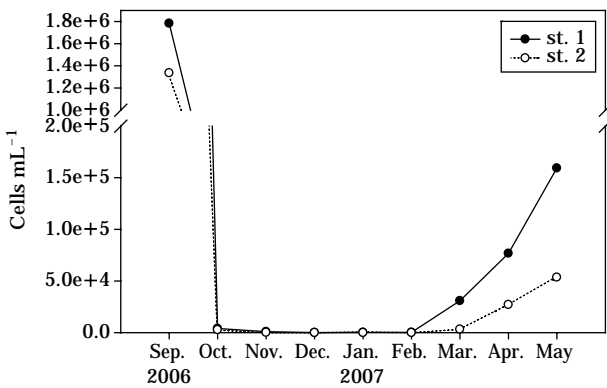


Fig. 2. Changes of Cyanophyceae cell number at control area (st. 1) and artificial floating island area (st. 2) in Shingu reservoir.

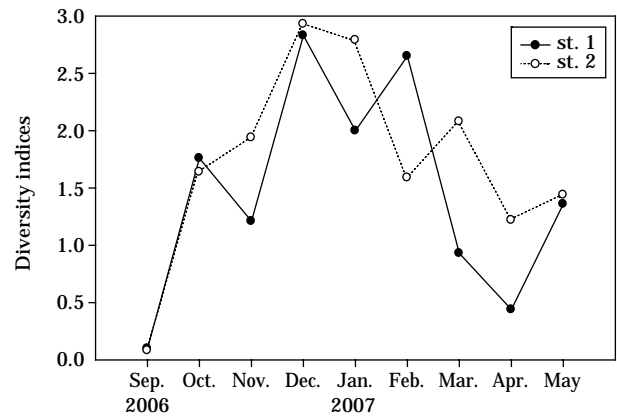


Fig. 3. Changes of phytoplankton diversity at control area (st. 1) and artificial floating island area (st. 2) in Shingu reservoir.

Aulacoseira granulata 그리고 *Oscillatoria* sp.는 대조구보다 한 달 늦게 4월부터 우점하였다.

신구저수지에서 인공식물섬을 설치하기 전인 2006년 8월에 식물플랑크톤을 조사했을 때는 남조류인 *Lyngbya* sp.가 2.4×10^5 cells mL⁻¹, *Phormidium tenue*가 3.0×10^5 cells mL⁻¹ 등 남조류가 전체 세포수의 99.8%를 차지하고 있었다. 신구저수지에 출현하는 남조류의 총 세포수는 다음과 같다(Fig. 2). 신구저수지에서 남조류가 우점할 때는 전체 식물플랑크톤 세포수의 90% 정도를 차지하였다. 그러나 인공식물섬을 설치한 후 한 달 정도 지난 2006년 9월에는 대조구에서는 약 1.8×10^6 cells mL⁻¹였고, 인공식물섬 설치수역에서는 약 1.3×10^6 cells mL⁻¹였다. 그 이후 남조류는 급격히 감소하여 대조구에서 가장 적게 출현했었던 시기는 2006년 12월로 약 100 cells mL⁻¹였다. 그 이후 다시 서서히 증가하여 2007년 3월부터 우점종이 되었던 시기에는 3.0×10^4 cells mL⁻¹였고 5월에는 약 1.5×10^5 cells mL⁻¹였다. 인공식물섬 설치수역에서는 비슷한 경향이었으며, 2006년 12월부터 이듬해 2

월까지 남조류는 출현하지 않았다. 또한 우점종을 차지하여 급증하는 시기도 대조구보다 한 달 늦어진 4월로 세포수는 약 2.7×10^4 cells mL⁻¹였고 5월에는 5.3×10^4 cells mL⁻¹이었다. 남조류의 총세포수는 인공식물섬 설치수역이 대조구보다 약 3배 정도 적었다.

남조류인 *Lyngbya* sp.가 우점하던 2006년 9월의 종 다양도 지수는 대조구와 인공식물섬 설치수역 모두 최저값인 0.1과 0.082로 조사되었다(Fig. 3). 종 다양성 조사 결과 2007년 2월을 제외하고 대부분의 기간에 인공식물섬 설치수역에서 대조구보다 종 다양성 값이 높았다. 종 다양성 값이 높다는 것은 여러 종들이 다양하게 출현한다는 것을 의미한다. 특히 남조류가 다시 우점하기 시작한 3월부터 대조구에서의 종 다양성지수는 급격히 감소하여 0.93으로 떨어졌다. 그러나 대조구보다 한 달 늦게 규조류인 *Aulacoseira granulata*가 우점하던 인공식물섬 설치수역에서는 2.08로 매우 높은 값이었다.

2. 동물플랑크톤

신구저수지에서 조사기간 동안 출현한 동물플랑크톤의 총 종 수는 23속 34종으로 원생동물(Protozoa) 5속 5종, 윤충류(Rotifera) 8속 18종, 지각류(Cladocera) 5속 6종 그리고 요각류(Copepoda) 5속 5종이었다. 2006년 12월과 2007년 4월을 제외하고는 대조구보다 인공식물섬 설치수역에서 더 많은 종이 출현하였다. 특히 2007년 2월과 5월에는 인공식물섬 설치수역에 출현하는 동물플랑크톤의 종 수가 대조구보다 2배 이상 많이 출현하였다(Fig. 4).

동물플랑크톤의 개체수는 조사기간 동안 모두 대조구보다 인공식물섬 설치수역에서 많았다(Fig. 5). 가장 많은 차이가 있었던 시기는 2007년 3월로 대조구보다 인공식물섬 설치수역에서의 개체수가 약 2배 정도 많았다.

신구저수지에 출현하는 동물플랑크톤의 우점종은 Table

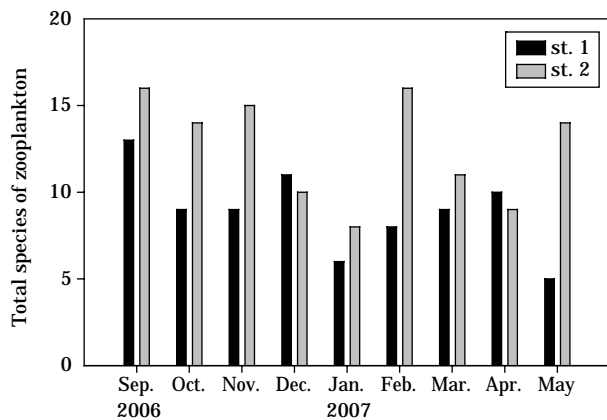


Fig. 4. The comparison of zooplankton speices at control area (st. 1) and artificial floating island area (st. 2) in Shingu reservoir.

2와 같다. 대체적으로 가을에는 요각류 유생이 우점하였고 겨울철에는 원생동물 그리고 봄철에는 윤충류가 출현함을 알 수 있었다. 식물플랑크톤과는 달리 다양한 종이 나타나고 있다. 대조구와 인공식물섬 설치수역에서 나타나는 우점종이 다르다는 것을 확인하였다.

대조구와 인공식물섬 설치수역에 출현하는 동물플랑크톤의 정성·정량 조사를 이용한 종 다양성지수는 다음과 같다(Fig. 6). 2007년 4월을 제외하고는 조사기간 동안 모두 인공식물섬 설치수역의 종 다양성지수가 높았다. 이것은 인공식물섬 설치수역에서 다양한 종이 출현한다는 것을 의미한다.

고 찰

인공식물섬을 설치한 지역과 대조구에서 식물플랑크톤

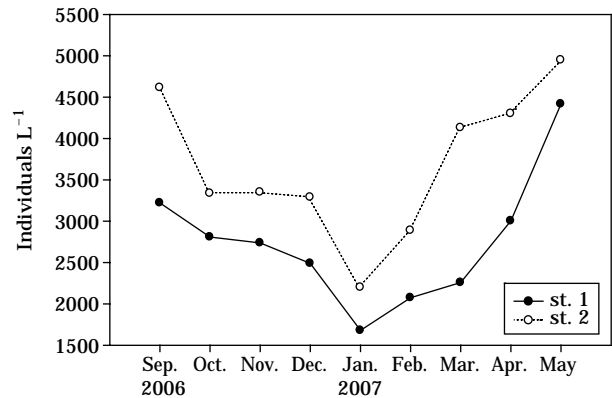


Fig. 5. Changes of Zooplankton individuals at control area (st. 1) and artificial floating island area (st. 2) in Shingu reservoir.

Table 2. Dominant species of zooplankton at Shingu reservoir.

Year	Month	Control area	Artificial floating island area
2006	Sep.	<i>Cyclops</i> sp.	Nauplius of Copepoda
	Oct.	Nauplius of Copepoda	<i>Carchecium polypinum</i>
	Nov.	Nauplius of Copepoda	Nauplius of Copepoda
	Dec.	<i>Tintinnopsis cratera</i> , Nauplius of Copepoda	<i>Tintinnopsis cratera</i>
2007	Jan.	<i>Vampyrella campanula</i> , Nauplius of Copepoda	Nauplius of Copepoda
	Feb.	Nauplius of Copepoda	<i>Diffugia corona</i>
	Mar.	<i>Polyarthra euryptera</i>	<i>Brachionus angularis</i> <i>Brachionus calyciflorus</i>
	Apr.	<i>Keratella cochlearis</i>	<i>Brachionus angularis</i> var. <i>bidens</i>
	May	<i>Bosmina coregoni</i>	<i>Carchecium polypinum</i>

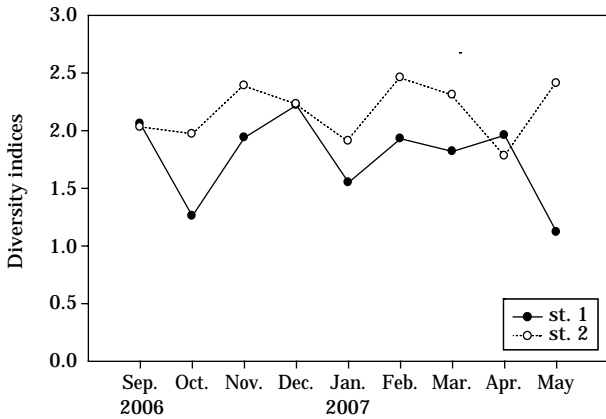


Fig. 6. Changes of zooplankton diversity indices at control area (st. 1) and artificial floating island area (st. 2) in Shingu reservoir.

의 출현 종의 경향은 같았으나 남조류의 우점시기가 인공식물섬 수역이 한 달 느렸으며, 남조류의 총 세포수는 대조구보다 인공식물섬을 설치한 곳이 3배 정도 적게 출현하였다. 그리고 식물플랑크톤의 종 다양성지수는 조사 기간 중 인공식물섬을 설치한 곳에서 대체로 높게 나타나 인공식물섬 수역이 대조구보다 다양성에 대한 평가는 증가하였다. 이는 남조류 등의 특정 종의 우점도가 감소한 때문이었다. 조사지점인 인공식물섬 수역과 대조구는 약 300 m 거리이어서 환경요인에 의한 식물플랑크톤의 차이는 없다고 사료된다. 따라서, 인공식물섬 설치수역은 식물플랑크톤의 개체수가 적고, 종의 종류(species richness)도 대조구에 비하여 다소 적게 나타났다. 실제로 진천의 백곡지에 설치한 인공식물섬에서도 식물 플랑크톤의 개체수와 출현종이 낮게 나타났고(권, 2007), 팔당호에 설치된 인공식물섬도 같은 결과이었다(변, 2007).

인공식물섬에서 식물플랑크톤 개체수가 적은 것은 다음과 같이 설명할 수 있다. 첫째 수생식물과 인공식물섬 구조물에 의한 햇빛 차단이다. 수생식물은 태양빛이 수표면에 직접 유입되는 것을 차단함으로써 식물플랑크톤의 증식과 성장을 억제한다(변 등, 2007). 또 다른 이론은 수생식물-식물플랑크톤의 경쟁과 타감작용이다. 부영양호에서 수생식물은 저질토와 수체로부터 인과 질소 등의 영양염을 흡수하여 영양염류에 대하여 식물플랑크톤과 경쟁한다(Asaeda et al., 2001). 또 수 생태계에서 수생식물은 남조류의 성장을 억제하는 화학물질을 분비하는 것으로 알려져 있고(Nakai et al., 1999), 녹조류에도 타감작용을 한다(Nakai et al., 1996). 따라서, 신구저수지의 인공식물섬 설치 수역에서 식물플랑크톤의 개체수가 적은 것

은 식재된 수초대에 의한 빛의 차단, 영양염류의 경쟁 및 수생식물에 의한 타감작용이 작동한 것으로 사료된다.

대조구보다 인공식물섬 설치수역에서 동물플랑크톤의 밀도가 높은 것은 인공식물섬 수생식물의 근권이 많은 기여를 하고 있다고 사료된다. 인공식물섬의 구조물과 식재된 수생식물의 뿌리 때문에 인공식물섬 아래에서는 물의 흐름은 정체된다. 인공식물섬 수역에서 정체현상은 미생물의 높은 개체수 유지와 유기물함량을 높게 하여 동물플랑크톤의 먹이원을 풍부하게 하고, 동물플랑크톤이 물의 흐름에 영향을 받지 않고 잘 성장할 수 있도록 한다. 특히 몸집이 큰 요각류나 지각류와 같은 동물플랑크톤은 수생식물 밑의 근권과 같은 어두운 곳에 은신하여 물고기의 포식으로부터 도망간다(변, 2007). 또 동물플랑크톤은 인공식물섬 아래 생성된 용존산소가 적은 지대로 이동하여 어류 등의 포식자를 피한다. *Daphnia sp.*와 같은 동물플랑크톤은 낮은 농도의 용존산소 조건에서 서식할 수 있지만 어류의 서식환경으로 낮은 용존산소는 적합하지 않다(Gebhart and Summerfelt, 1978). 결과적으로 수생식물은 동물플랑크톤을 섭식하는 포식자의 활동을 감소시켜 동물플랑크톤의 밀도를 높게 만든다(Stansfield et al., 1997). 실제로 Moss et al. (1985)의 연구에 의하면 수초를 제거했을 때 동물플랑크톤을 섭식하는 어류에 의해 동물플랑크톤의 개체수가 급격히 감소되는 현상을 관찰할 수 있었다. 따라서 인공식물섬 수역에서 어류에 의한 동물플랑크톤의 섭식작용이 동물플랑크톤의 개체수 변화에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 생각된다. 또 호소에서 새로운 서식처를 만들면, 대형어류가 식물플랑크톤이나 저서생물을 섭식하는 물고기를 포식함으로써 동물플랑크톤의 개체수가 증가한다(Søndergaard et al., 1996). 이번 연구에서도 이와 같은 이유로 조사지점인 신구저수지에서는 조사기간 동안 동물플랑크톤의 출현 종수와 개체수는 인공식물섬 수역이 대조구보다 최대 2배 정도 더 높았던 것으로 판단된다.

결론적으로 본 연구에서 관찰된 결과에 따르면, 신구저수지에 설치된 인공식물섬이 새로이 수생식물 서식처를 생성하여, 그 인근 수역에서 식물플랑크톤의 성장을 억제시키고, 동물플랑크톤의 종 다양성을 높이고 개체수를 증가시켜, 호수 생태계의 복잡성과 다양성을 유도하는 것으로 사료된다.

적 요

녹조 저감 방안의 하나인 인공식물섬을 영양염 농도가

높은 서천군에 위치한 신구저수지에 설치하여 2006년 9월부터 2007년 5월까지 동·식물플랑크톤의 정성·정량 조사하여 인공식물섬이 동·식물플랑크톤의 출현 종 수와 세포수, 개체수에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 남조류의 개체수는 인공식물섬을 설치한 후 한 달 정도 지난 2006년 9월에 대조구에서 약 1.8×10^6 cells mL⁻¹, 인공식물섬 설치수역에서 약 1.3×10^6 cells mL⁻¹, 대조구에서 가장 적게 출현했었던 시기는 2006년 12월로 약 100 cells mL⁻¹였다. 그 이후 남조류는 2007년 3월부터 우점종이 되었던 시기에 3.0×10^4 cells mL⁻¹, 5월에는 약 1.5×10^5 cells mL⁻¹였다. 인공식물섬 설치수역에서는 비슷한 경향이었으나, 2006년 12월부터 이듬해 2월까지 남조류는 출현하지 않았다. 그리고 남조류 개체수가 급증하기 시작한 시기도 대조구보다 한 달 늦어진 4월로 세포수는 약 2.7×10^4 cells mL⁻¹였고 5월에는 5.3×10^4 cells mL⁻¹으로 2007년 5월 같은 달을 비교해 보면 인공식물섬 설치수역이 대조구보다 약 3배 정도 남조류의 세포수가 적었다. 동물플랑크톤은 식물플랑크톤과는 달리 다양한 종이 우점하고 있는 것을 알 수 있었으며 대조구와 인공식물섬 설치수역에서의 우점종도 서로 다르다는 것을 알 수 있었다. 신구저수지에 설치된 인공식물섬은 식물플랑크톤의 밀도를 낮게하고 동물플랑크톤의 밀도는 높게하는 기능이 있음을 확인하였다.

사 사

본 연구는 강원대학교 BK21 웰빙을 위한 환경기술개발 인력양성 사업팀의 지원으로 수행되었음.

인 용 문 헌

권오병. 2007. 인공식물섬 조성에 의한 수생태계 개선효과에 대한 연구. 강원대학교 이학박사학위논문.
 변명섭. 2007. 수초재배섬에 의한 수환경 개선효과에 대한 연구. 강원대학교대학원 이학박사학위논문.
 변명섭, 박혜경, 전남희, 최명재, 공동수. 2007. 인공수초섬이 어류상에 미치는 영향. 한국육수학회지 **40**: 103-109.
 이연정, 김민섭, 신경훈, 황순진. 2008. 신구저수지의 1차 생산 및 지방산 생성속도 결정을 위한 13C 추적자 활용 연구. 한국하천호수학회지 **41**: 21-26.
 이은주, 김범철, 조규승. 1998. 소양호 지류에서의(상거리) 식물플랑크톤 군집구조(1984~1997). 한국육수학회지 **31**: 119-128.
 이은주, 이효혜미, 권오병, 석정현, 류지훈. 2002. 소규모 연못에

서 식물섬 조성 후 식물플랑크톤 군집구조의 변화. 한국환경보존학회지 **5**: 1-7.
 이재수, 김영철, 황길순. 2003. 장마 전, 후의 농업용 저수지 퇴적물의 변화분석. 대한토목학회지 **23**: 359-368.
 이재연, 이재훈, 신경후, 황순진, 안광국. 2007. 우리나라 농업용 저수지의 영양상태 및 수질특성. 한국육수학회지 **40**: 223-233.
 환경관리공단. 2000. 수초재배섬 운영결과 보고서. 환경관리공단.
 水野壽彦. 1975. 日本淡水プランクトン圖鑑. 保育社. pp. 353.
 西條八東. 1996. 三田村緒佐武. 新編湖沼調査法. p. 15-17.
 APHA · AWWA · WPCF. 1989. Standard Method for the Examination of Water and Waste-water. APHA, N.Y.
 Asaeda, T., V.K. Trung, J. Manatunge and T.V. Bon. 2001. Modelling macrophyte-nutrient-phytoplankton interactions in shallow eutrophic lakes and the evaluation of environmental impacts. *Ecological Engineering* **16**: 341-357.
 Byeon, M.S., J.J. Yoo, O.S. Kim, S.I. Choi and T.S. Ahn. 2002. Bacterial abundances and enzymatic activities under artificial vegetation island in Lake Paldang. *Korean Journal of Limnology* **35**: 266-272.
 Dawson, R.M. 1998. The toxicology of microcystins. *Toxicon* **36**: 953-962.
 Gebhart, G.E. and R.C. Summerfelt. 1978. Seasonal growth rates of fishes in relation to conditions of lake stratification. *Proc. Okla. Acad. Sci.* **58**: 6-10.
 Hwang, S.J., C.G. Yoon and S.K. Kweon. 2003. Water quality and limnology of Korean reservoirs. *Paddy & Water Environment* **1**: 43-52.
 Moss, B.H., H.R. Balls and K. Irvine. 1985. Management of the consequences of eutrophication in lowland lakes in England-engineering and biological solutions, p. 180-185. *In: Proceedings of International Phosphorus Conference* (Lester, J.W. and P.W.W. Kirk, eds.). SP Publishers, London.
 Nakai, S., M. Hosomi, M. Okada and A. Murakami. 1996. Control of algal growth by macrophytes and macrophyte-extracted bioactive compounds. *Wat. Sci. Tech.* **34**: 227-235.
 Nakai, S., Y. Inoue, M. Hosomi and A. Murakami. 1999. Growth inhibition of blue-green algae by allelopathic effects of macrophytes. *Wat. Sci. Tech.* **39**: 47-53.
 Persson, P.E. 1982. Muddy odour: a problem associated with extreme eutrophication. *Hydrobiol.* **86**: 161-164.
 Stansfield, J.H., M.R. Perrow, L.D. Tench, A.J.D. Jowitt and A.A.L. Taylor. 1997. Submerged macrophytes as refuges for grazing Cladocera against fish predation: observa-

tions on seasonal changes in relation to macrophyte cover and predation pressure. *Hydrobiol.* **342/343**: 229-240.

Søndergaard, M., L. Bruun, T. Lauridsen, E. Jeppesen and T.V. Madsen. 1996. The impact of grazing waterfowl on

submerged macrophytes: In situ experiments in a shallow eutrophic lake. *Aquat. Bot.* **53**: 73-84.

(Manuscript received 3 November 2008,
Revision accepted 10 December 2008)