

태양전지 물순환장치를 이용한 호내 부영양화 저감에 관한 연구

구본우*, 이영신*, 오대민*, 최건열*, 양종운*, 이영호**

*한서대학교 환경공학과

**현대도시개발(주)

e-mail:givemeok@hanmail.net

A study on the reduction of eutrophication in reservoir using solar-powered circulation

Young-Shin Lee*, Dae-Min Oh*, Gun-Youl Choi*,
Bon-Woo Gu*, Jong-Woon Yang*

*Dept. of Architectural Engineering, Hanseo University

**Hyundai City Corporation

요약

소류지의 주변으로 농축산농가와 마을 등이 위치할 경우 지속적인 오염물질 유입과 강우시 농경지등에서 발생하는 비점오염물질 유입 등으로 부영양화의 원인이 되고 있으며, 이로 인해 식물성 플랑크톤의 이상변식으로 부영양화가 악화되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 태양전지 물순환장치를 이용하여 부영양화 저감효과를 평가하고자 한다. 소류지내에 태양전지 물순환장치를 설치 후 식물성 플랑크톤과 부영양화지수를 평가한 결과, 전체 식물성 플랑크톤 현존량의 경우 큰 변화가 나타나지 않았으나, 부영양화의 주요인 중 하나인 남조류가 제어되었으며, 부영양화지수는 가동기간이 증가함에 따라 부영양화지수가 감소하는 것으로 나타나 부영양화 방지에 있어서 효과적이라 판단된다.

1. 서론

소류지 주변으로 농축산농가와 마을 등이 위치할 경우, 미처리된 상태의 오염물질의 지속적인 유입과 강우시 농경지로부터 비점오염물질이 유입되어 부영양화의 원인이 되고 있다.

본 연구대상지인 충남 B호수의 소류지는 유입 및 유출량이 거의 없는 폐쇄성 또는 준폐쇄성 수역으로 소류지에서 발생하는 부영양화 현상이 심화되어 식물성 플랑크톤이 이상변식하게 되고, 이로 인해 부영양화가 점차 악화되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 폐쇄성 수역의 지속적인 오염물질 유입으로 부영양화가 진행되고 있는 소류지를 대상으로 부영양화 개선을 위해 인공순환 원리를 이용한 태양전지순환시스템을 적용하여 부영양화 개선을 하고자 하였다.

이를 위해 연구대상이 되는 소류지의 부영양화상태

를 진단하고, 태양전지순환시스템의 부영양화 저감효과를 평가하여 유사한 수질문제를 겪고 있는 국내 소류지의 부영양화 개선을 하는데 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

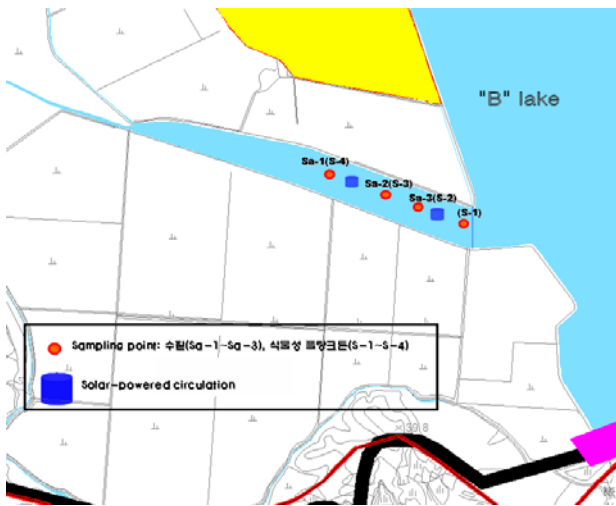
2.1. 실험장치

태양전지순환시스템은 태양전지모듈 (Photovoltaic Module) 자체동력으로 년 중 운전이 가능하며, Float System, Float arm로 태양전지순환시스템으로 수표위에 부유시켜 강우시 장치의 유실을 방지하였다. 회전원판(Distributor Dish)은 호수 심층수가 흡입호스로 표층수의 강제순환을 유도하며, 흡입호스(Intake Hose)는 최대 30m(최소 70cm)의 수심에 적용가능하며, 본 연구대상지의 수심에 맞게 흡입호스의 길이를 조절하여 적용하였다. 모터는 BLDC

(Brushless Motor)타입으로 분당 10,000 Gallon으로 회전하며 평균최고 처리용량은 1대당 70만톤의 처리가 가능하다.

2.2. 실험방법

태양전지순환시스템을 적용하였을 경우 소류지내 영양상태의 변화를 분석하기 위해 먼저 태양전지순환시스템 가동 전후의 식물성플랑크톤의 현존량 및 우점종을 조사하여 식물성플랑크톤의 동향을 분석하였으며, Carlson(1977)이 제시한 방법에 따라 수질항목 중 Chl-a 농도와 TP, 투명도(SD)를 이용하여 영양상태지수(Trophic State Index :TSI)를 계산하여 연구대상지의 장치 가동에 따른 부영양화지수를 검토하였다.



[그림 1] 연구 대상지

3. 부영양화의 저감특성

3.1. 식물성플랑크톤 조사

일반적인 호소나 저수지에서 발생하는 부영양화에서 주로 문제가 되는 조류는 남조류로 국내에서는 댐 저수지의 남조류 제어를 위한 단기적 제어방안으로 인공폭기장치가 가장 흔하게 사용되어 지고 있다.

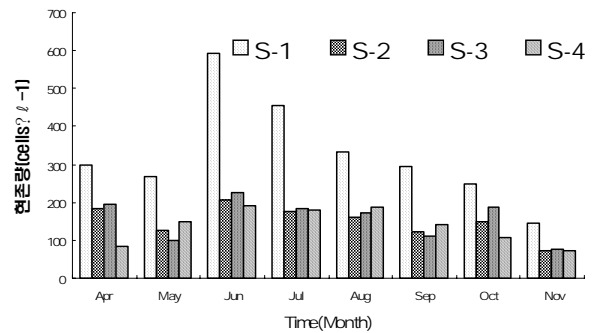
가동전 소류지내 서식하는 식물플랑크톤의 출현종은 총 19종으로 Cryptophyceae(갈색편모조강) 1종, Cyanophyceae(남조강) 1종, Bacillariophyceae(규조강) 15종, Dinophyceae(와편모조강)이 1종이 출현하였으며, 가동전 전체 식물플랑크톤의 현존량의 경우 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다.

태양전지순환시스템 가동에 따른 식물성플랑크톤의 종 조성 변화는 규조강이 15종으로 3,509 Cells · ℓ⁻¹로 차지하여 가장 많은 현존량을 나타내었으며,

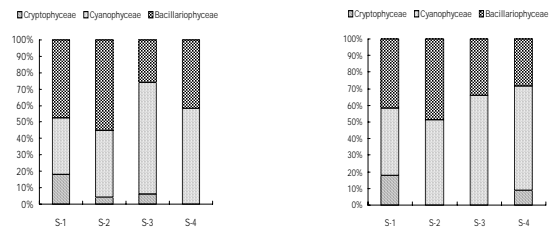
남조강이 2종으로 1,871 Cells · ℓ⁻¹로 나타내었다.

태양전지순환시스템 가동에 따른 우점종 변화는 가동전 4월, 5월 경우 남조류 규조류 순으로 출현율을 보인 반면, 가동후 식물성플랑크톤의 출현향상은 9월에 남조류 점유율이 10.5%까지 감소하며 규조류로 우점종이 바뀌었다.

따라서, 가동전 식물플랑크톤의 군집의 우점종이 남조류에서 가동후 규조류로 변화하여, 부영양화에서 주로 문제가 되는 남조류 제어효과가 높은바 태양전지순환시스템의 부영양화 방지에 있어 효과가 높은 것으로 사료된다.



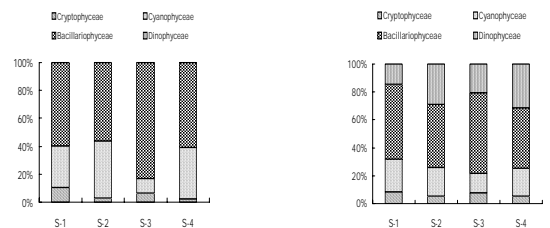
[그림 2] 연구 대상지내의 식물플랑크톤의 현존량 변화



<Apr>

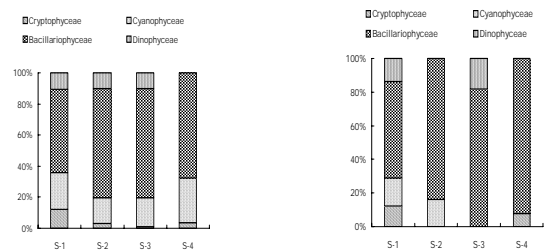
<May>

[그림 3] 식물플랑크톤의 종조성 변화 (가동전)



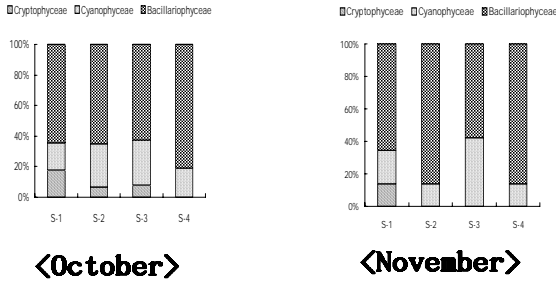
<June>

<July>

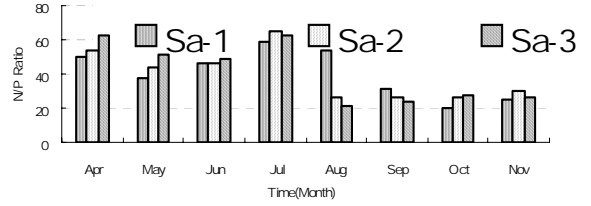


<August>

<September>



[그림 4] 식물플랑크톤의 종조성 변화 (가동후)



[그림 5] 장치가동 기간에 따른 N/P 변화

3.2. 부영양화 지수(TSI) 평가

태양전지순환시스템 가동에 따른 소류지내 부영양화 정도를 파악하기 위해 Calson지수 (TSI, Trophic State Index)를 사용하여 부영양화 지수를 계산하였으며 각 항목별(투명도, Chlorophyll -a, 총인)의 상관관계를 이용하여 부영양화지수를 검토하였다. 각 항목별 지수에 대한 계산공식은 다음과 같다.

$$TSI(SD) = 10\left(6 - \frac{\ln(SD)}{\ln(2)}\right)$$

$$TSI(Chl.a) = 10\left(\frac{6 - 2.04 - 0.68\ln(Chl.a)}{\ln(2)}\right)$$

$$TSI(TP) = 10\left(6 - \frac{\ln(0.48/TP)}{\ln(2)}\right)$$

Calson 지수(TSI, Trophic State index) 통한 태양전지순환시스템을 통한 부영양화지수를 검토하기 위하여 가동 전후 항목별 변화량은 투명도 경우 가동 전 0.15~0.28m로 매우 낮은 투시도로 조사되었으며, Chlorophyll-a 경우 평균적으로 30 mg/m³을 상회하는 것으로 조사되었다.

일반적으로 부영양화지수(TSI)가 40이하이면 빈영양호, 40~50내외이면 중영양호로 그리고 부영양화도 지수가 50 이상이면 부영양화로 구분할 수 있다. 연구 대상지인 소류지내 가동전 부영양화지수(TSI)는 64~85로 전 지점에서 부영양화상태로 판명되었다. 태양전지순환시스템 가동후 각각의 항목별 부영양화 지수 검토결과 가동전과 마찬가지로 부영양화 상태로 판명이 되었지만, 월별 변화량을 살펴보면 총인, Chl-a, 투시도 모두 가동 전에 비해 가동기간이 증가하면서 부영양화지수가 낮아지는 것으로 조사되었으며, 특히 소류지내 N/P비가 20이상으로 소류지 수체내 제한인자로 작용하고 있는 인이 가동전에 비해 감소폭이 큰 것으로 조사되었다.

이는 태양전지순환시스템으로 가동시간이 증가함에 따라 소류지내 표층과 심층의 수체순환을 유도함으로써 소류지내 영양염류 제거를 통해 부영양화 방지에 효과가 있는 것으로 사료된다.

[표 1] 장치가동 기간에 따른 부영양화지수(TSI) 평가

Item	Time	Sa-1 Point			Sa-2 Point			Sa-3 Point		
		TSI (SD)	TSI (Chl.a)	TSI (TP)	TSI (SD)	TSI (Chl.a)	TSI (TP)	TSI (SD)	TSI (Chl.a)	TSI (TP)
No Circulation	Apr	84	64	79	83	64	81	83	65	78
	May	85	64	76	83	64	81	82	64	74
Circulation	Apr	85	64	76	87	64	84	81	65	75
	May	83	64	77	85	66	81	78	66	77
	Jun	83	61	76	77	63	76	74	64	75
	Jul	81	62	71	73	62	69	75	66	71
	Aug	74	63	61	77	64	71	74	66	72
	Sep	71	62	67	71	63	71	72	65	72
	Oct	80	62	74	82	61	78	79	64	73
Nov	74	61	57	75	61	65	74	62	65	
Total mean		79	62	70	78	63	74	76	65	73

4. 결론

태양전지순환시스템 가동에 따른 소류지내 부영양화 상태를 분석한 결과 다음과 같은 다음과 같다.

- (1) 소류지내 식물플랑크톤의 분포도 변화에 대한 태양전지순환시스템의 부영양화 방지 효과를 분석한 결과 전체 식물플랑크톤의 현존량의 경우 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 식물플랑크톤의 군집의 우점종이 가동전 남조류에서 규조류로 변화하여 부영양화에서 주로 문제가 되는 남조류 제거가 이루어져 태양전지순환시스템의 가동으로 인해 부영양화 방지 효과가 높은 것으로 조사되었다.
- (2) 태양전지순환시스템 가동에 따른 소류지내 부영양화 정도를 파악하기 위해 Calson 지수(TSI)를 사용하여 부영양화지수를 검토한 결과 가동후 부영양화 상태로 조사되었으나, 가동기간이 증가함에 따라 부영양화지수가 낮아지는 것으로 조사되었다. 특히 소류지 수체내 제한인자로 작용하고 있는 총인(T-P)의 농도가 가동전에 비해 감소폭이 큰 것으로 나타나 소류지내 발생하는 부영양화 방지에 있어 효과가 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 김지영 「영산호의 부영양화 제어를 위한 영양염류 삭감률에 관한 연구」, 서울대학교 석사논문, 2000.
- [2] 김수만 「산기식 폭기장치 종류별 산소전달특성 비교」, 건국대학교 석사논문, 1999.
- [3] 김재윤 『우리나라 인공호의 부영양화 평가 및 예측에 관한 연구』, 한국환경과학회지 pp441-449, 1998.