

# 북한강 남조류 과다증식과 환경요인 분석



변 명 섭 |

한강물환경연구소 환경연구관  
zacco@korea.kr

## 1. 서론

수체 내에서 조류(藻類)의 증식은 주로 빛, 온도, 영양물질(질소, 인), 강수량 등에 의해 영향을 받는다. 온대지역의 호수에서 식물플랑크톤의 우점종 조성은 계절적으로 변화하게 되는데 일반적으로 수온이 낮은 시기에는 규조류, 수온이 높은 시기에는 남조류가 우점하게 된다. 상수원으로 이용되는 수체에서 수질 관리상 문제가 되는 남조류를 일반적으로 유해남조류라고 하는데 *Anabaena*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Phoridium*, *Osillatoria*의 5개 속(Genera)이 여기에 속한다. 특히 단일 남조류 종이 과다하게 증식하는 녹조(綠潮) 현상은 하천과 호소의 상수원수로서의 이용시 불쾌한 맛과 냄새를 유발할 수 있으며, 정수과정에서의 부산물 생성, 수중 용존산소 농도의 급격한 변화 유발로 인한 수생생물의 사멸 등 다양한 부작용을 일으킬 수 있다.

2012년 7~8월 북한강 수계에서 발생한 녹조현

상은 춘천의 의암호부터 청평호, 팔당호 그리고 한강의 분류까지 확산되었다. 원인종은 남조류의 일종인 *Anabaena spiroides*로 확인되었다. 이 종의 대량증식으로 인해 수돗물에서 불쾌한 곰팡내가 발생하여 많은 민원이 발생하였다. 원인 남조류 종은 과거 팔당호에서도 종종 관찰되었으며 동절기인 2011년 11월부터 2012년 1월 중순까지 팔당호에 대량 증식하여 상수원수 이용에 큰 지장을 주었다.

한강물환경연구소에서는 팔당호의 주요 지점에 대하여 주간 단위로 조류의 발생경향을 조사하는 조류경보제를 운영하고 있다. 2011년까지는 팔당댐 2(댐앞)와 팔당댐3(남한강)에 대한 조사를 실시하였고, 2011년 말 북한강 수계에서 남조류(*Anabaena*)가 대량증식에 따라 2012년부터는 삼봉리(북한강) 지점을 추가하여 조사하고 있다. 또한 북한강의 남조류 변화추이를 조사하기 위해 청평댐앞 지점도 함께 조사하였다(그림 1).

여기에서는 2012년 하절기 북한강 수계에서 발생한 남조류 대량증식에 영향을 끼쳤을 것으로 판단되는 환경요인에 대하여 검토해 보고자 한다.

일반 수질항목과 조류의 종동정(species identification), 계수(counting) 그리고 이취미를 유발하는 Geosmin, 2-MIB 등은 한강물환경연구소에서 측정하였고 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>), 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS, <http://www.wamis.go.kr>), 환경부



그림 1. 북한강 수계 및 팔당호 조사 지점

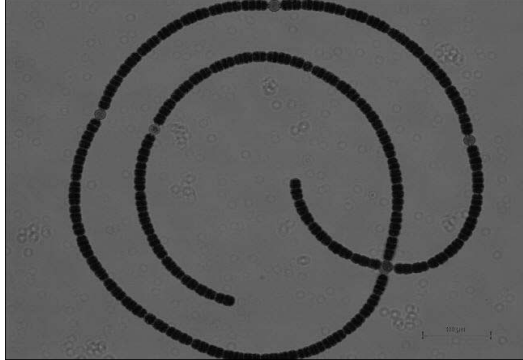


그림 2. 2012년 북한강 수계 녹조 발생 원인종 (*Anabaena spiroides*)

물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)의 자료를 활용하였다.

## 2. 북한강의 남조류 이상증식

2011년 11월에 북한강에서 남조류의 대량증식현상이 발생하였으며, 2012년 여름에도 북한강 수계에서 남조류의 과다증식이 발생하여 팔당호 및 한강본류까지 영향이 나타났다. 원인종은 *Anabaena*

*spiroides* 이었다(그림 2).

*A. spiroides*는 청평댐앞, 삼봉리, 팔당댐앞 등 북한강 수계에서 모두 6월 29일부터 거의 동일한 시기에 출현하기 시작하여 8월 20일 이후에는 거의 검출되지 않았다. 청평댐앞은 8월 10일, 삼봉리는 8월 11일, 팔당댐앞은 8월 6일에 각각 최고치를 나타내었다.

남한강 조사지점(팔당댐3)에서는 짧은 기간 *A. spiroides*가 일부 출현하였으나 조사지점 상류에서는 거의 출현이 없는 점으로 미루어 바람 등에 의해 북한강에서 밀려 온 것으로 판단되었다.

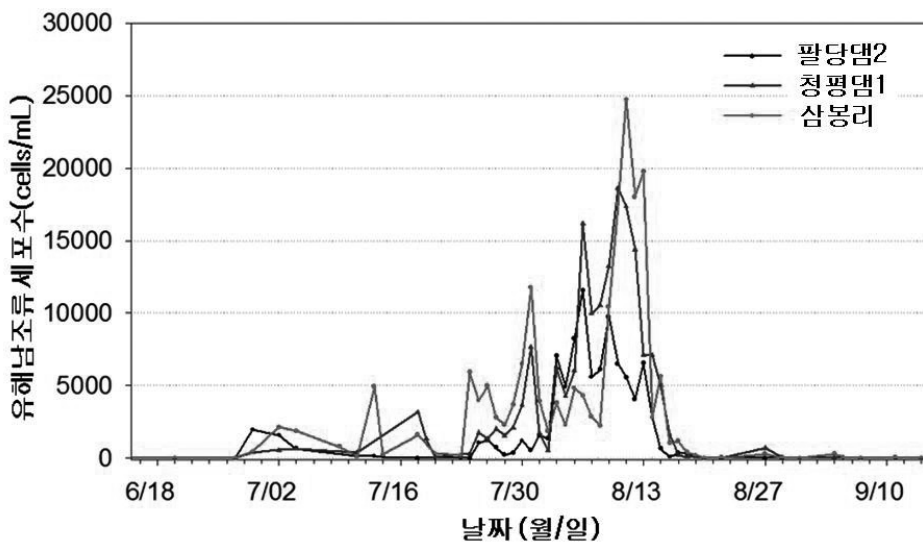


그림 3. '12년 북한강 및 팔당호 유해남조류 세포수

### 3. 환경요인

조류 증식과 밀접하게 연관된 환경요인 중 빛, 수온, 영양물질(총인), 강수량 등의 2012년 7~8월과 예년(2007~2011년)의 변화를 비교하고 검토하고자 한다.

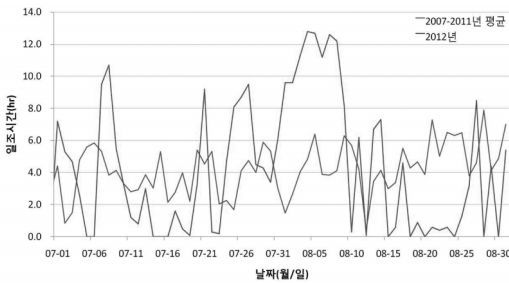
#### 3.1 빛(일조시간)

조류의 성장에는 일조시간이 중요한 성장요인 중 하나이다. *A. spiroides*가 본격적으로 증식하기 시작한 7월 21일부터 8월 20일까지 총일조시간은 춘천기상대와 양평기상관측소에서 2012년이 예년(2007~2011년) 보다 51~64% 증가하였다(그림 4).

총일조시간(7월21일~8월20일)(단위:시간)

	'07~	'11년	'12년	증가율
춘천기상대	123.3	185.9	51%	
양평관측소	102.2	167.9	64%	

춘천기상대 7~8월 일별 일조시간



양평기상관측소 7~8월 일별 일조시간

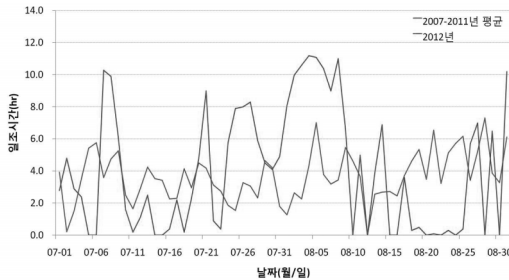


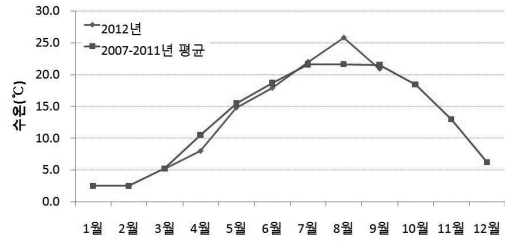
그림 4. 춘천기상대 및 양평기상관측소 7~8월 일별 일조시간 변화

[자료출처 : 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)]

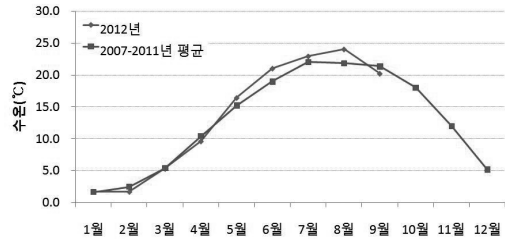
### 3.2 수온

환경부 물환경정보시스템에 따르면 청평댐1의 2012년 8월 수온은 25.8°C로 예년(2007~2011년) 8월의 평균수온 21.6°C보다 4.2°C 높게 나타났으며, 삼봉리의 5~8월 수온은 예년평균 보다

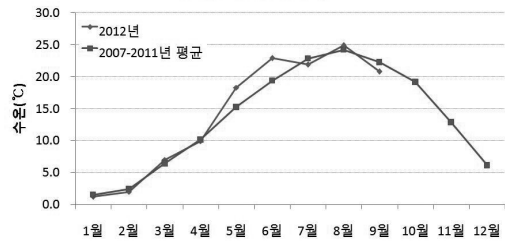
청평댐1(댐앞, 북한강) 수온



삼봉리(북한강) 수온



팔당댐3(남한강) 수온



팔당댐2(댐앞) 수온

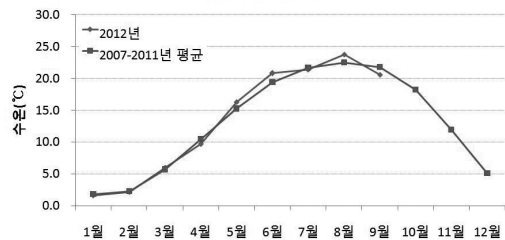


그림 5. 남·북한강 및 팔당호 월별 수온 변화

[자료출처 : 환경부 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)]

0.9~2.1℃ 높게 나타났다. 팔당댐3에서는 5~6월에 예년보다 3.1~3.5℃ 높게 나타났다. 팔당댐2에서는 5~6월과 8월에 예년에 1.0~1.4℃ 높게 나타났다(그림 5).

### 3.3 영양염류(총인)

조류 증식의 제한요인으로 알려진 총인의 계절적

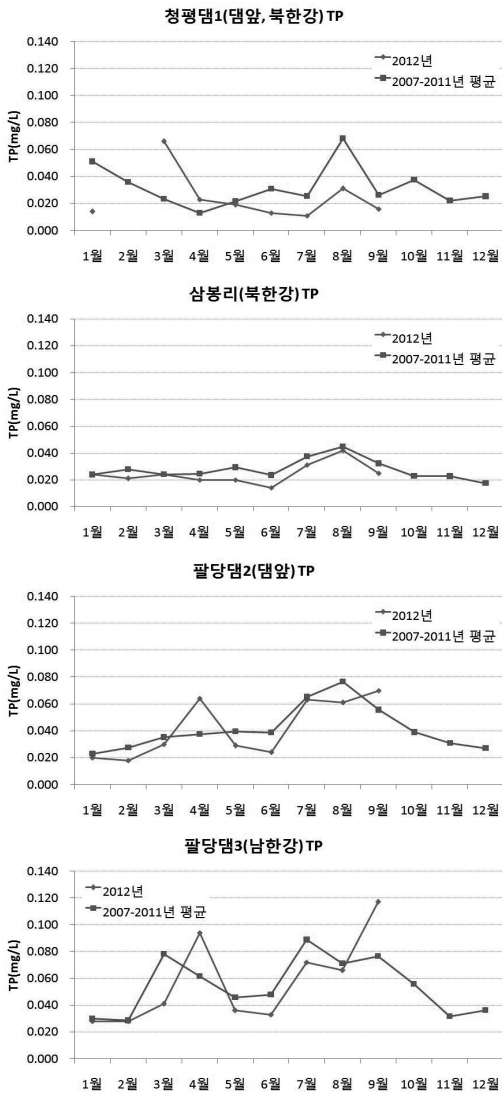


그림 6. 남·북한강 및 팔당호 월별 총인 변화  
[자료출처 : 환경부 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)]

인 농도변화 양상은 예년과 비슷하였으나 A. spiroides가 발생했던 2012년 7~8월이 예년보다 다소 낮게 나타났다. 대부분의 지점에서 7~8월에 농도가 상승하는 것으로 나타났으며, 북한강 수계의 청평댐1과 삼봉리가 8월에 각각 0.031 mg/L, 0.042 mg/L를 나타냈으나, A. spiroides가 출현하지 않았던 남한강의 팔당댐3은 0.066 mg/L로 상대적으로 높게 나타났다. 팔당댐2는 0.061 mg/L를 나타내었다(그림 6).

### 3.4 강수량

북한강 수계의 춘천기상대에서는 7월 24일부터 8월 11일까지 19일간 10 mm 이상의 강우가 없었으며, 이 기간 동안 총강수량은 4.8 mm 였다. 팔당호와 인접한 양평기관측소에서는 7월 19일부터 8월 11일까지 23일간 10 mm 이상의 강우가 없었으며, 이 기간 동안 총강수량은 13.8 mm였다.

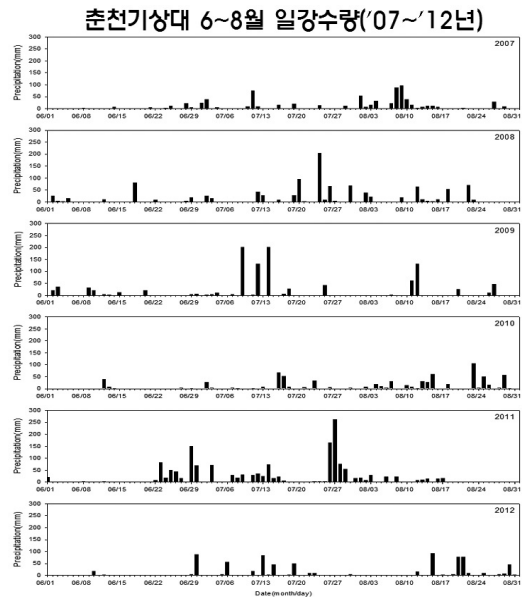


그림 7. 춘천기상대와 양평기관측소의 6~8월 일강수량 변화  
[자료출처 : 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)]

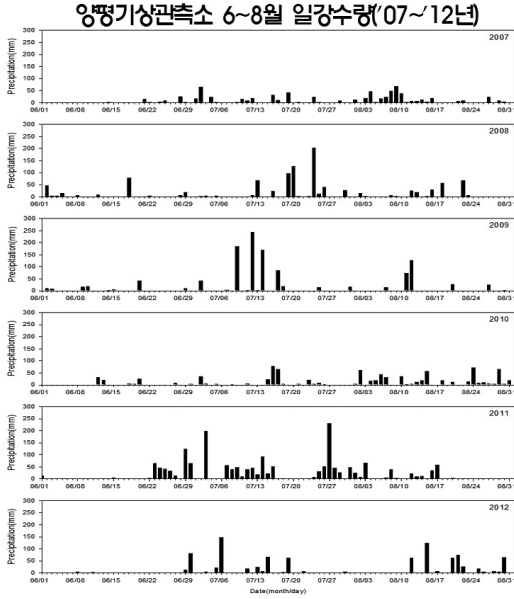


그림 7. 춘천기상대와 양평기상관측소의 6~8월 일강수량 변화(계속)

[자료출처 : 기상청 홈페이지(http://www.kma.go.kr)]

#### 4. 유해남조류와 환경요인 변화

2012년 청평댐과 팔당댐의 유해남조류 발생시기의 환경요인 변화를 보면 여름 가뭄과 폭염으로 인해 강수량이 거의 없는 상태에서 수온이 급격히 상승함에 따라 유해남조류 세포수가 증가하였으며,

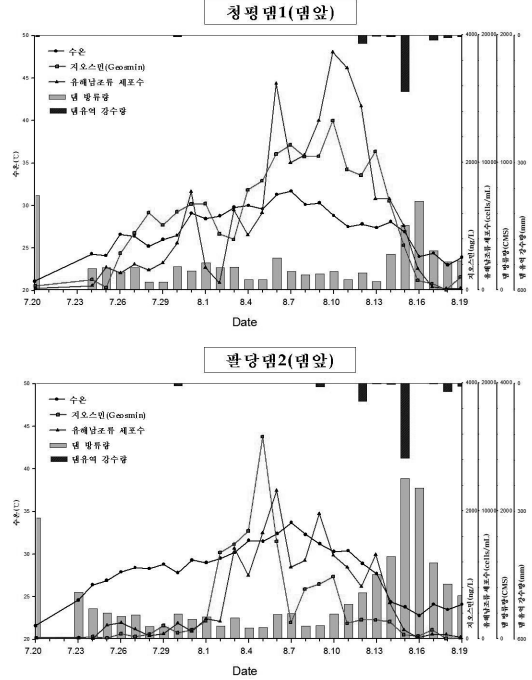


그림 8. 환경요인 변화에 따른 청평댐 및 팔당댐의 유해 남조류 세포수 및 지오스민 변화

강우 및 수온 하락, 댐방류량 증가 등으로 인해 유해남조류 세포수가 감소하는 경향을 나타내었다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 2012년 북한강 수계에서의 A. spiroides 발생은 다양한 요인에 의하여 발생한 것으로 볼 수 있다. ☹️