

# 4대강 남세군 국민건강 위협 현황과 해결 방안

2021년 8월 31일(화) 오후 2시

## 장소 및 방식

전체 온라인 참석 및 온라인 생중계  
[us02web.zoom.us/j/85374469357](https://us02web.zoom.us/j/85374469357)



### 주최

- 더불어민주당 이수진(비례) 국회의원
- 무소속 양의원영 국회의원
- 환경운동연합
- 시민환경연구소
- 낙동강네트워크

### 인사말

- 이수진 국회의원(비례)
- 양의원영 국회의원
- 홍중호 서울대 환경대학원 교수·환경운동연합 공동대표

### 발제

- 4대강 녹조 저감 대책 : 박재현(환경부 물환경정책관)
- 낙동강·금강 마이크로시스틴 현황분석 종합 결과 : 이승준(부경대 식품영양학과 교수)

### 종합 토론 (좌장 : 박항근 가톨릭관동대 교수)

신유나(국립환경과학원 연구관)	백명수(시민환경연구소 소장)
최승호(〈뉴스타파〉 PD)	임희자(환경운동연합 생명의 강 특위 낙동강위원장)
강호열(낙동강네트워크 공동집행위원장)	곽상수(고령군 객거리 이장)
송미영(경기연구원 부원장)	조영철(충북대 교수)

## 4대강 남세균 국민건강 위험 현황과 해결방안 토론회

### ■ 개요

- 일시 : 2021년 8월 31일(화) 오후2시~4시
- 줌링크 : <https://us02web.zoom.us/j/85374469357>
- 주최 : 더불어민주당 이수진 의원실(비례)·양의원영 의원실(무소속)·  
환경운동연합·시민환경연구소·낙동강네트워크

### ■ 세부 내용

- 발제(각20분)
  - 4대강 남세균 저감 종합대책  
: 박재현 (환경부 물환경정책관)
  - 낙동강·금강 마이크로시스틴 현황분석 종합 결과  
: 이승준 (부경대 식품영양학과 교수)
- 종합 토론(각5분)  
좌장 : 박창근 가톨릭관동대 교수
  - 조영철 (충북대학교 환경공학과 교수)
  - 최승호 (<뉴스타파> PD)
  - 신유나 (국립환경과학원 연구관)
  - 송미영 (경기연구원 부원장)
  - 강호열 (낙동강네트워크 공동집행위원장)
  - 곽상수 (고령군 객기리 이장)
  - 백명수 (시민환경연구소 소장)
  - 임희자 (환경운동연합 생명의 강 특위 낙동강위원장)

제1발제

4대강 남세균 저감 종합대책

박재현 정책관 (환경부 물환경정책과)

---

# 녹조발생 현황 및 대책

---

2021. 8. 31



환 경 부  
물환경정책관

# I. 녹조 발생 현황

## 1 조류경보제 지점 현황

□ '21.8.31일 현재 '경계' 1곳(물금·매리), '관심' 7곳(강정·고령, 대청호 등)으로 한강과 낙동강, 대청호 지역 조류경보 발령 중

- (경계단계) 낙동강 물금·매리(8.12)
- (관심단계) 강정·고령(6.17), 공산지(8.4), 칠서(8.5), 대청호·진양호·사연호(8.12)한강(미사대교~잠실철교)(8.24)

[조류경보제 운영 지점 측정 결과 (단위: 세포/mL)]

	지점	채수일자				경보	[비교] '18~'20년
		8월1주(8.2)	8월2주(8.9)	8월3주(8.17)	8월4주(8.23)		
한강	팔당호(담양)	1,113	879	2,890	392		0 ~ 1,078('19)
	한강(미사대교)	201	343	1,865	6,094	관심	112 ~ 818('19)
	이천	0	0	0	0		128('19)
	의암호	243	954	908	344		0 ~ 144('19)
	충주호(담양)	0	0	0	0		0
	광교지	0	220	0	0		0 ~ 2,860('19)
	춘천호(교각)	72	383	1,355	875		0 ~ 29('19)
	횡성호	0	0	0	0		0 ~ 977('20)
	한강(친수)	0	80	4,473	3,369		0 ~ 456('18)
낙동강	운문호(취수탑)	0	0	0	0		0 ~ 989('18)
	영천호	2,600	838	345	770		719 ~ 45,967('20)
	진양호(내동)	5,549	3,816	1,233	2,533	관심	59 ~ 340('20)
	안계호	2,984	669	13	358		13 ~ 677('19)
	공산지(취수탑)	46,120	8,942	5,420	2,240	관심	73 ~ 480('18)
	진전지(하류)	0	0	0	0		0
	사연호(취수탑)	1,387	906	1,189	963	관심	58 ~ 13,556('20)
	회야호(여수로)	430	1,220	860	170		230 ~ 500('18)
	덕동호	10	50	264	304		63 ~ 1,329('20)
	해평	45	22,421	245	250		143 ~ 6,280('19)
	강정고령	18,548	7,387	2,415	1,415	관심	2,821 ~ 13,501('19)
	칠서	25,563	2,020	32,453	3,345	관심	1,289 ~ 18,643('19)
	물금매리	42,385	54,833	9,971	22,276	경계	1,647('20)
	금강	대청호(문의)	3,714	7,866	3,040	1,980	관심
용담호(담양)		432	752	558	410		0
보령호		0	0	720	400		50 ~ 1,928('19)
영산강	주암호(신평교)	71	536	819	400		0 ~ 83('19)
	동북호(취수탑)	490	390	555	465		0 ~ 95('18)
	옥정호	90	202	265	220		0
	탐진호(담양)	34	38	0	0		0

## 2

## 보 관찰지점 현황

- 16개 보 대표지점(보 상류 500m)의 경우 낙동강은 유해남조류(2,379~32,680세포/mL) 전주(800~40,233세포/mL) 대비 감소
- (한강) 강천보, 여주보, 이포보 3개 보에서 모두 유해남조류 미검출
- (낙동강) 현재 낙동강 8개 보 인근에 유해남조류 출현
  - 달성보(32,680세포/mL)와 창녕함안보(12,443세포/mL)를 제외한 6개 보에서 10,000세포/mL 미만 출현(2,379~9,620세포/mL)
- (금강) 세종보, 공주보, 백제보 3개 보에서 전주 대비 감소하여 출현(세종보: 1,610 → 0세포/mL, 공주보: 860 → 250세포/mL, 백제보: 3,630 → 1,090세포/mL)
- (영산강) 8월3주 집중강우로 인해 유속이 증가되어 미채수, 전주(승촌보 661, 죽산보 2,659) 대비 감소 추정

수계	보 명칭	채수일자				'18~'20년 동시기
		8월1주(8.2)	8월2주(8.9)	8월3주(8.17)	8월4주(8.23)	
한강	강천보	0	0	0	0	0 ~ 302('19)
	여주보	0	0	0	0	0 ~ 217('19)
	이포보	0	0	0	0	0 ~ 460('19)
낙동강	상주보	7,920	7,375	3,347	2,379	41 ~ 350('19)
	낙단보	38,354	16,514	2,103	2,485	120 ~ 3,842('20)
	구미보	21,818	24,388	1,420	4,550	791 ~ 27,160('19)
	칠곡보	51,350	20,391	800	2,665	541 ~ 7,228('19)
	강정고령보	41,956	24,476	2,650	5,470	2,137 ~ 56,100('19)
	달성보	74,942	3,840	4,760	32,680	1,686 ~ 44,975('19)
	합천창녕보	113,360	1,795	18,375	9,620	911 ~ 17,453('19)
	창녕함안보	43,366	2,317	40,233	12,443	2,070 ~ 29,216('19)
금강	세종보	1,650	2,200	1,610	0	0 ~ 180('18)
	공주보	1,360	1,580	860	250	0 ~ 4,175('19)
	백제보	5,980	3,800	3,630	1,090	0 ~ 1,705('19)
영산강	승촌보	822	491	661	미채수	0 ~ 1,994('19)
	죽산보	19,809	1,056	2,659	미채수	0 ~ 1,345('19)

## Ⅱ. 녹조 대응 현황

### 【금년도 추가 추진사항】

'20년	개선('21년)
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 여름철 공공 하·폐수처리장의 총인 방류기준 강화 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 여름철 총인 방류기준 강화운영 <b>시설 확대 및 추가 비상저감 실시</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 상수원·친수활동 구간 29개 지점에서 조류경보 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 조류경보 운영 및 녹조 예측지점 추가 (팔당호, 진양호)하여 <b>선제대응력 강화</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 먹는물 안전을 위한 정수처리 강화와 고도정수처리시설 설치(47개소)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <b>고도처리시설 추가 설치</b>(20개소 추진 중) 및 지자체 등 현장 지도·점검</li> </ul>

### 1 오염원 유입 저감

- (방류기준 강화) 녹조 빈발 지역 및 상수원 인근 공공 하·폐수처리장의 총인 처리를 강화 운영하여 오염물질 유입 저감(4~9월)
  - 금년의 경우 강화 운영 하·폐수처리장 확대('20년 142개소 → '21년 147개소) 및 여름철(8.16~9.30) 추가 비상 저감\* 실시
    - \* 4~9월 강화 운영 중인 147개소 지원에 추가로 취수원 상류 50km 이내 시설 지원 (한강 44개소, 낙동강 81개소, 금강 16개소, 영산강 11개소 등 152개소)
- (점오염원 집중 점검) 녹조 우심지역, 상수원 인접지역에 위치한 환경기초 시설 및 배출시설 대상(하·폐수처리장, 가축분뇨시설 등 2,098개소) 특별점검('21.4~9)
  - ※ 8.26 기준 벌칙(고발 등), 행정처벌(과태료 등), 경고(현장계도) 등 311건 조치 완료
- (비점오염원 관리) 환경청, 지자체, 수공 합동으로 강우 전·후 하천변 및 하천유입 쓰레기 신속 수거·처리 등 오염물질 제거(8.26 기준 2.4만톤 수거)
- (환경지킴이 운영 등) 오염행위 감시·계도 등 녹조 빈발지역 상시 감시
  - ※ 퇴비 부적정보관 875건, 쓰레기 투기 5,288건, 기타 수질오염행위 10,457건(8월말 기준)

## 2

### 녹조 감시·대응 체계 구축운영

- (조류경보제 운영) 전국 주요 상수원·친수활동구역(경보지점 29개소, 관찰지점 16개소) 인근의 조류농도를 측정
  - 관심: 주변 오염원 지도·단속 강화, 정수장 독소분석 실시\*
  - \* 원수·정수에 대해 관심·경계·대발생 단계별 주 1·2·3회 조류독소(마이크로시스틴-LR) 분석
  - 경계: 낚시·수상레저 등 친수활동 자제 권고, 현수막 등을 통한 공지
  - 대발생: 친수활동 금지, 정수처리 강화, 조류제거물질 살포
- (조류 예보) 녹조 발생량을 사전에 예측하여 대국민 공개하고(8개소\*), 모니터링 강화, 취수구 차단막 설치 등 선제대응에 활용
  - \* 한강(팔당호, 강천), 금강(대청호), 낙동강(칠곡, 강정고령, 창녕함안, 물금·매리, 진양호)
- (원격 모니터링) 클로로필-a 및 피코시아닌(남조류 함유 색소) 농도를 이용하여 광범위(100~300km)한 녹조 발생 감시 → 우심지역 관리 등 활용
  - ※ 금강(7.27, 8.15), 낙동강(8.6, 8.29) 촬영, 낙동강 및 금강 추가촬영 예정

## 3

### 먹는물 안전 관리

- (사전점검) 약품주입설비 등의 관리상태, 분말활성탄 비축량 확보 등 취·정수장\* 대응 준비실태 사전점검('21.4~6, 102개소)
  - \* 녹조 영향이 예상되는 정수장 대상(한강 45, 낙동강 38, 금강 10, 영산강 9개소)
- (취·정수장 관리) 녹조유입 차단 및 강화처리로 먹는물 안전 확보
  - (모니터링) 조류경보제 발령지점 인근 정수장에서 주 1회~주 2회 조류관련 항목(마이크로시스틴-LR, 2-MIB, 지오스민) 모니터링

< 녹조 발생 관련 먹는물 수질 점검 현황 >

- 녹조로부터 생성될 수 있는 독성물질(마이크로시스틴-LR)은 불검출
- 맛·냄새물질(지오스민, 2-MIB)은 감시기준 이내에서 안전하게 처리 중(감시기준: 20ng/L)



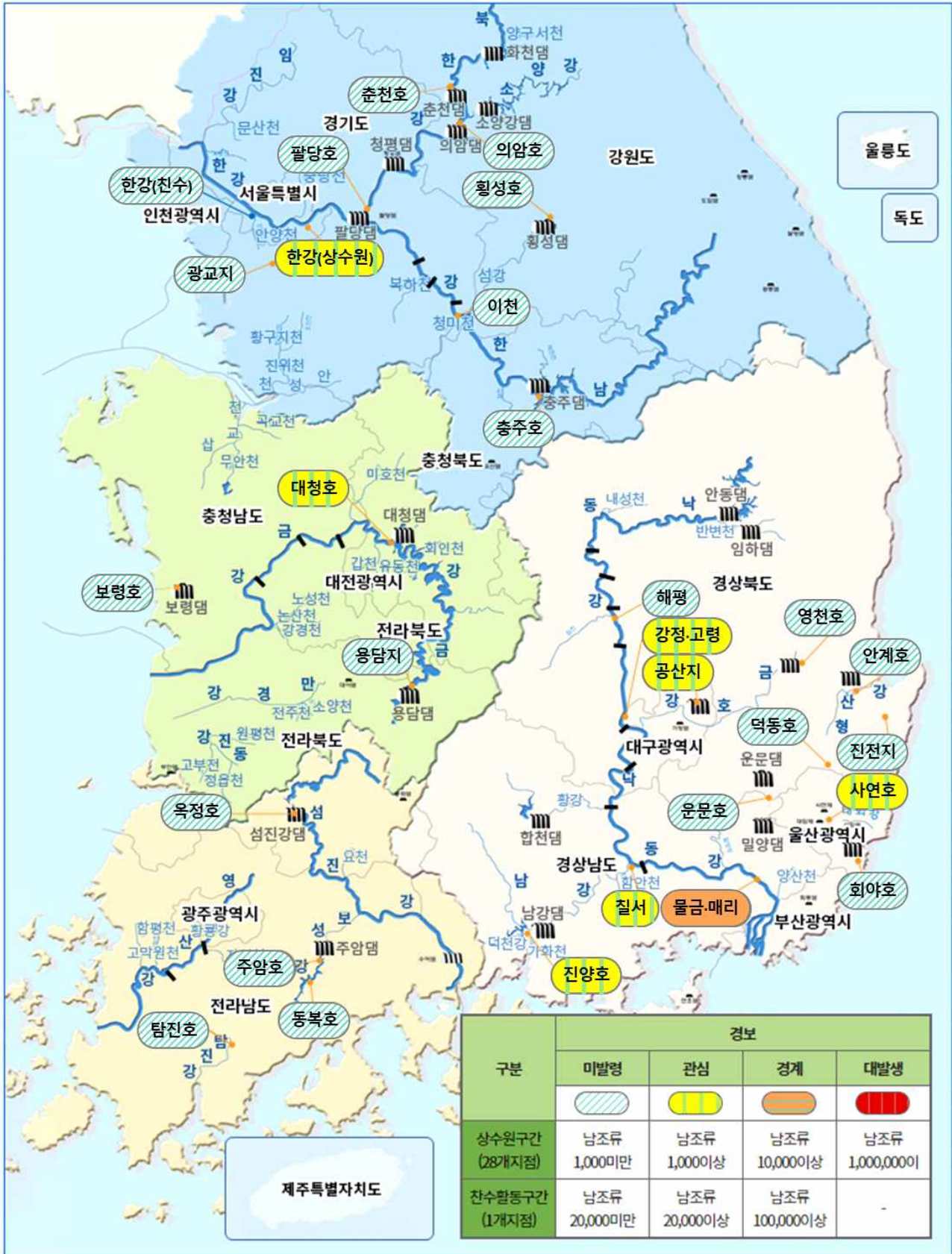
- (취수시 녹조 유입 차단) 취수탑 부근에 조류차단막을 설치하고, 조류 농도가 낮은 수심으로 취수구를 이동시켜 조류 유입 최소화
- (시설 확충) 녹조 영향을 받는 정수장(102개소)의 고도정수처리시설 확충\*
  - \* '20년까지 47개소 도입 완료(낙동강 본류 취·정수장은 100% 도입 완료), 20개소 도입 중
- (비용 지원) 한강(27개소), 낙동강(19개소)은 필요시 정수처리 추가 약품 비용
  - ※ 조류경보가 발령되거나 맛·냄새 물질 농도가 높은 경우 비용 지원
- (녹조유입 저감) 취수장으로의 녹조유입 최소화로 먹는물 안전 담보
  - (유입방지) 취수탑 인근과 본류 유입 지점에 조류차단막을 설치해 취수장으로 녹조유입 방지(21개 댐, 28개)
  - (저감장치) 취수탑 인근에 물순환 설비, 수면포기기 등의 녹조 저감 장치를 운영해 녹조 완화(12개 댐·보, 211기 운영 중)
- (기술지원) 정수장별 녹조 상황 대응 등 맞춤형 컨설팅(21.8.10~10.29) 및 취약정수장 추가 지도·점검 추진(10.30~11.30)
  - ※ 환경청, 상하수도협회, 유역수도지원센터 및 전문가 합동(전국 447개 정수장 대상)

## 4 대국민 소통 강화 및 기술연구

- (대국민 정보공개) 물환경정보시스템 등을 활용한 객관적인 정보 공개
  - (녹조대응 정보방 운영) 녹조대응 정보방(환경부 홈페이지)을 운영하여 현장의 녹조 상황과 대응조치 등을 촬영하여 업로드
  - (수질정보) 정수장 수질정보(조류독소, 맛·냄새물질 등)를 지속 공개하고, 대청호 등 수자원공사 위성·CCTV를 활용한 실시간 사진 자료 공개
- (녹조 연구 개발) 과학원과 기술원을 중심으로 녹조 제어/제거, 모니터링/예측 분야 중심으로 R&D\* 지속 추진
  - \* R&D 사업분야 : 모니터링/예측(47.4%), 제어/제거(26.3%), 생리/생태(10.4%), 위해성 관리(5.3%), 수질개선(5.3%), 플랫폼/전략(5.3%)
  - 에어로졸 형태의 조류독소로 인한 친수활동 영향 등 추가연구 예정

# 참고 1

## 조류경보제 지점도 및 경보발령 현황 (8.31 기준)



## 참고 2

## 조류경보 단계별 대응조치

단계	관계 기관	조치사항
관심	4대강 물환경연구소장 (사도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 1회 이상 시료 채취 및 분석(납조류 세포수, 클로로필 a) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	수면관리자	취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시
	취수장·정수장 관리자	정수 처리 강화(활성탄 처리, 오존 처리)
	유역지방 환경청장 (사도지사)	1) 관심경보 발령 2) 주변오염원에 대한 지도·단속
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	댐, 보 여유량 확인·통보
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 실시 2) 하천구간 조류 예방·제거에 관한 사항 지원
경계	4대강 물환경연구소장 (사도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취·분석(납조류 세포수, 클로로필 a, 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	수면관리자	취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시
	취수장·정수장 관리자	1) 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 2) 정수처리 강화(활성탄처리, 오존처리) 3) 정수의 독소분석 실시
	유역지방 환경청장 (사도지사)	1) 경계경보 발령 및 대중매체를 통한 홍보 2) 주변오염원에 대한 단속 강화 3) 낚시·수상스키·수영 등 친수활동, 어패류 어획·식용, 가축 방목 등의 자제 권고 및 이에 대한 공지
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	기상상황, 하천수문 등을 고려한 방류량 산정
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 및 폐수배출사업장 관계기관 합동점검 지원 2) 하천구간 조류 제거에 관한 사항 지원 3) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 강화
조류대발생	4대강 물환경연구소장 (사도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취·분석(납조류 세포수, 클로로필 a, 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	수면관리자	1) 취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시 2) 황토 등 조류제거물질 살포, 조류 제거선 등을 이용한 조류 제거 조치 실시
	취수장·정수장 관리자	1) 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 2) 정수 처리 강화(활성탄 처리, 오존 처리) 3) 정수의 독소분석 실시
	유역지방 환경청장 (사도지사)	1) 조류대발생 경보 발령 및 대중매체를 통한 홍보 2) 주변오염원에 대한 지속적인 단속 강화 3) 낚시·수상스키·수영 등 친수활동, 어패류 어획·식용, 가축 방목 등의 금지 및 이에 대한 공지
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	댐, 보 방류량 조정
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 및 폐수배출사업장 관계기관 합동점검 지원 2) 하천구간 조류 제거에 관한 사항 지원 3) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 강화

제2발제

낙동강·금강 마이크로시스틴  
현황분석 종합 결과

이승준 교수(부경대 식품영양학과)



# 낙동강 및 금강의 녹조 독성물질인 Microcystin 측정 결과 및 고찰

4대강 남세군 국민건강 위협 현황과 해결방안 토론회(2021.08.31)

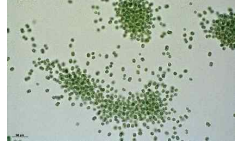
이승준 (Seungjun Lee) Ph.D.

E-mail: paul5280@pknu.ac.kr

식품영양학과 수산과학대학 부경대학교

# 녹조

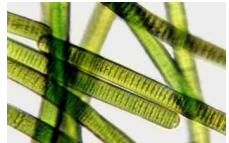
- Cyanobacteria (남세균 or 남조류)
  - 광합성이 필요하기 때문에 표층수에서 자람
  - Cyanobacteria가 생성하는 독성물질
    - **Cyanotoxins**



*Microcystis*



*Planktothrix*



*Nodularia*

# 녹조의 원인

## ■ 부영양화

- 담수에서 N:P 비율이 중요
- N:P비율에 따라 우점 cyanobacteria가 정해짐

## ■ 기후변화

- 온도 ↑, 강수량 ↑, 염류 ↑

## ■ 수계변화

- 정체, 수량, 생태계



# 유해 Cyanobacteria

- 유해 cyanobacteria (독성물질을 생성하는 cyanobacteria)는 4종이 아니다!

Table 1. Cyanotoxin Production Observed Across Cyanobacterial Genera **Microcystin**

Cyanobacterial Genera	ATX	CYN	MC	NOD	STX	References
<i>Anabaenopsis</i>			X			232
<i>Aphanizomenon</i>	X	X	X		X	115
<i>Chroosporum</i>		X				89,112
<i>Cylindrospermopsis</i>	X	X			X	92,97,233
<i>Cylindrospermum</i>	X		X		X	234
<i>Dolichospermum</i> (ex <i>Anabaena</i> )	X	X	X		X	81,235,236
<i>Fischerella</i>			X			232
<i>Geitlerinema</i>					X	234
<i>Gloeotrichia</i>			X			25
<i>Haplosiphon</i>			X			25
<i>Lyngbya</i>		X			X	96,237,238
<i>Microcystis</i>			X			83,131
<i>Nodularia</i>				X		239,240
<i>Nostoc</i>	X		X	X		82,241,242
<i>Oscillatoria</i>	X	X	X		X	243,244
<i>Phormidium</i>	X		X			82,241,245
<i>Planktothrix</i>	X		X			23,246
<i>Radiocystis</i>			X			25
<i>Raphidiopsis</i>	X	X	X			247
<i>Scytonema</i>			X		X	232
<i>Umezakia</i>		X	X			248



# Cyanotoxins

## ■ 종류가 많음

- 크게 3종류로 분류: 간독성물질, 신경독성물질, 피부독성물질

Toxin	Short term health effects	Long term health effects
<b>Microcystins</b>	Gastrointestinal, liver inflammation, and hemorrhage and liver failure leading to death, pneumonia, dermatitis	Tumor promoter, liver failure leading to death
Nodularins	Similar to Microcystins	Similar to microcystins
Saxitoxins	Tingling, burning, numbness, drowsiness, incoherent speech, respiratory paralysis leading to death	Unknown
Anatoxins	Tingling, burning, numbness, drowsiness, incoherent speech, respiratory paralysis leading to death	Cardiac arrhythmia leading to death
Cylindrospermopsin	Gastrointestinal, liver inflammation and hemorrhage, pneumonia, dermatitis	Malaise, anorexia, liver failure leading to death
Lipopolysaccharide	Gastrointestinal, dermatitis	Unknown
Lyngbyatoxins	Dermatitis	Skin tumors
BMAA	Unknown	Potential link to neurodegenerative diseases

# Cyanotoxin이 사람에게 미치는 영향

## Health Impacts of Cyanotoxins



*Note: Not all cyanotoxins lead to all of these health impacts. These listed impacts are caused by microcystins or cylindrospermopsin, the two cyanotoxins that EPA has issued Health Advisories for.*

### IN HUMANS

#### Brain

*Source:* Ingestion

*Symptoms:*

- Headache
- Incoherent speech
- Drowsiness
- Loss of coordination

#### Respiratory System

*Source:* Inhalation

*Symptoms:*

- Dry cough
- Pneumonia
- Sore throat
- Shortness of breath
- Loss of coordination

#### Digestive System

*Source:* Ingestion, drinking contaminated water, or eating contaminated fish

*Symptoms:*

- Abdominal pain
- Nausea
- Vomiting
- Diarrhea
- Stomach cramps

#### Body

*Source:* Contact, e.g. swimming

*Symptoms:*

- Irritation in eyes, nose, and throat
- Blistering around the mouth
- Skin rash, including tingling, burning and numbness
- Fever
- Muscle aches (from ingestion)
- Weakness (from ingestion)

#### Organs

*Source:* Ingestion

*Symptoms:*

- Kidney damage
- Abnormal kidney function
- Liver inflammation

#### Nervous System

*Source:* Ingestion

*Symptoms:*

- Tingling
- Burning
- Numbness

### IN PETS

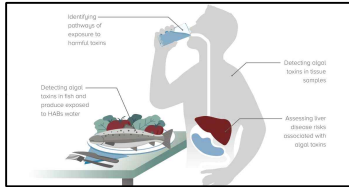
*Symptoms:*

- Vomiting
- Fatigue
- Shortness of breath
- Difficulty breathing
- Coughing
- Convulsions
- Liver failure

Respiratory paralysis leading to death



# Cyanotoxin 유입경로



Way of exposure	Kind of exposure
Skin contact	Toxic scum or mat material
	Raw water containing toxic blooms or free toxins
	Treated water containing toxic blooms or free toxins
Drinking water	Accidental ingestion of toxic scum
	Raw water containing toxic blooms or free toxins
	Treated water containing toxic blooms or free toxins
Inhalation	Toxins during water-sports, showering or work practices
	Shellfish or finfish if containing toxins
Food consumption	Plant products if containing toxins
Haemodialysis	Using water containing free toxins

## ROUTES OF CYANOTOXIN EXPOSURE

### INGESTION



Drinking Water



Eating Seafood



Swimming

### INHALATION



Building a Sandcastle



Boating

### SKIN CONTACT

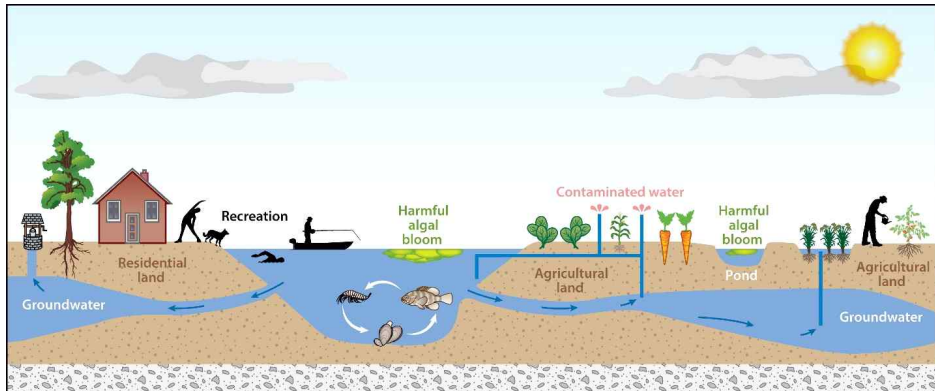


Swimming or Wading



Showering & Bathing

녹조는 환경, 식물, 동물, 사람에게 영향을 미치고 여러 경로로 유입된다.



# 실험 방법

- 물 샘플

- 2021년 7월 28일부터 8월 20일까지 금강 및 낙동강에서 매주 수, 금 두 차례 물 샘플 실시
- 녹조가 심각한 지역에서 표층수를 샘플함
  - 표층수: Cyanobacteria 내부에 있는 독성과 물에 있는 독성을 동시에 분석할 때 사용됨
    - Cyanobacteria 자체도 독성을 가지고 있으며 이런 cyanobacteria가 물 또는 에어로졸을 통해 인체 및 환경에 유입될 수 있음

- 독성 측정

- 미국 EPA에서 승인 받은 Method 546방법으로 total microcystins를 측정함
  - Microcystin-LR뿐만 아니라 다른 종류의 microcystin도 독성이 높기 때문에 total microcystins을 측정함.
  - 환경에서 microcystin-LR은 에틸레이션, linearization 등으로 변화가 생김. 하지만 독성에는 큰 변화가 없음. LC-MS/MS방법 측정시 이런 부분을 고려해야함 또한 최소 12개의 다른 형태의 microcystins 측정해야 ELISA와 동일한 결과를 보임 (미국 환경청 자료)

# 낙동강 및 금강 녹조 발생 모습



좌 : 낙동강  
매곡취수장  
부근

우 : 금강 하  
굿둑 부근  
농수로





좌 : 낙동강  
국가산산 취  
수구 부근

우 : 금강 하  
굿둑 어부뺨  
터 부근



# 실험결과: Microcystin 측정

채수지점 Total microcystin (ug/L, ppb) 농도

#	채수장소	MC 농도 (ppb, ug/L)					
		7/28	7/30	8/4	8/6	8/11	8/13
1	강정 고령보 상류	139.31	157.89	238.01	0.27	170.17	재측정
2	화원 유원지 부근	228.91	20.58	5.63	714.97	40.84	미검출
3	고령교 부근	111.39	65.60	29.41	5.00	246.46	154.11
4	도동서원 앞	28.46	23.76	88.88	3.48	117.98	982.41
5	이노정 앞	-	-	재측정	-	972.68	-
6	국가산단취수구 부근	428.92	201.15	30.39	4914.39	재측정	886.88
7	고령 연리들 지하관정	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	-
8	고령 연리들 논	-	1.08	-	-	-	-
9	이방 양수장	0.21	0.60	1.00	-	-	-
10	합천창녕보 상류	1.19	1.26	1.07	555.68	4.90	1.23
11	창녕함안보 상류	774.54	362.49	1200.98	4226.41	272.53	6.77
12	본포 취수장 앞	682.01	8.20	1555.32	80.55	0.24	657.36

MC 농도		
평균	최소	최대
141.13	0.27	238.01
202.19	5.63	714.97
102.00	5.00	246.46
207.49	3.48	982.41
		972.68
		1.08
0.60	0.21	1.00
94.22	1.07	555.68
1140.62	6.77	4226.41
497.28	0.24	1555.32

#	채수장소	날짜	MC 농도 (ppb)
13	영주댐 용각오 아래	8/12	0.62
14	영주댐 상류	8/12	20.91
15	상주보 선착장	8/12	5.84
16	낙단보 상류	8/12	측정 예정
17	구미보 상류	8/12	632.87
18	송선대교(환경부 채수지점)	8/17	불검출
19	해평취수장 앞	8/12	60.07
20	칠곡보 상류	8/12	재측정
21	성주대교(환경부 채수지점)	8/11	0.11
22	문산취수장 앞	8/11	35.30
23	매곡취수장 앞	8/11	435.50

#	채수장소	날짜	MC 농도 (ppb)
24	남지철교 상류(환경부 채수지점)	8/17	불검출
25	칠서취수장 앞	8/9 8/17	2.23 8.25
26	물금매리 감노리(환경부 채수지점) 앞	8/17	3.52
27	물금취수장 앞	8/17	8.17
28	(금강) 용두양수장 앞	8/12	1509.17
29	(금강) 옹포대교 수상스키장 부근	8/12	1562.10
30	(금강) 어부 배터 선착장 앞	8/12	2362.43
31	(금강) 서포양수장 앞	8/12	재측정
32	(금강) 조류생태전시관 앞	8/12	재측정



# 미국 microcystins 가이드라인

## ■ 음용수

- 미국 EPA 및 오하이오주
  - Microcystin
  - 0.3 ug/L (미취학 아동)
  - 1.6 ug/L (성인)
- 다른 cyanotoxin도 측정함

State	Drinking Water Guidance/Action Level
Minnesota	Microcystin-LR: 0.1 ug/L; Anatoxin-a: 0.1 ug/L
Ohio	<p>Do Not Drink – children under 6 and sensitive populations (pregnant women, nursing mothers, those receiving dialysis treatment, the elderly and immune-compromised individuals)</p> <p>Microcystin: 0.3 ug/L                      Anatoxin-a: 20 ug/L                      Cylindrospermopsin: 0.7 ug/L                      Saxitoxin: 0.2 ug/L</p> <p>Do Not Drink – children 6 and older and adults</p> <p>Microcystin: 1.6 ug/L                      Anatoxin-a: 20 ug/L                      Cylindrospermopsin: 3.0 ug/L                      Saxitoxin: 0.2 ug/L</p> <p>Do Not Use (based on the Recreational No Contact Advisory thresholds)</p> <p>Microcystin: 20 ug/L                      Anatoxin-a: 300 ug/L                      Cylindrospermopsin: 20 ug/L                      Saxitoxin: 3 ug/L</p>
Oregon	<p>Ages 5 years and younger:</p> <p>Microcystin: 0.3 ug/L                      Anatoxin-a: 0.7 ug/L                      Cylindrospermopsin: 0.7 ug/L                      Saxitoxin: 0.3 ug/L</p> <p>Adults:</p> <p>Microcystin: 1.6 ug/L                      Anatoxin-a: 3 ug/L                      Cylindrospermopsin: 3 ug/L                      Saxitoxin: 1.6 ug/L</p>
Vermont	<p>Microcystin-LR: equal to or greater than 0.16 ug/L                      Anatoxin-a: equal to or greater than 0.5 ug/L                      Cylindrospermopsin: equal to or greater than 0.5 ug/L</p>

# 미국 microcystins 가이드라인

## ■ 레저활동

- 미국 EPA (권장사항): 8 ug/L
- 오하이오 EPA: 6 ug/L (수영금지), 20 ug/L (물 접촉 금지, no contact)
- 또한, 전세계적 가이드라인
  - 오스트리아 10 ug/L, 캐나다 10 ug/L, 프랑스 25 ug/L, 독일 10 ug/L, 이탈리아 25 ug/L, 싱가포르 50 ug/L...

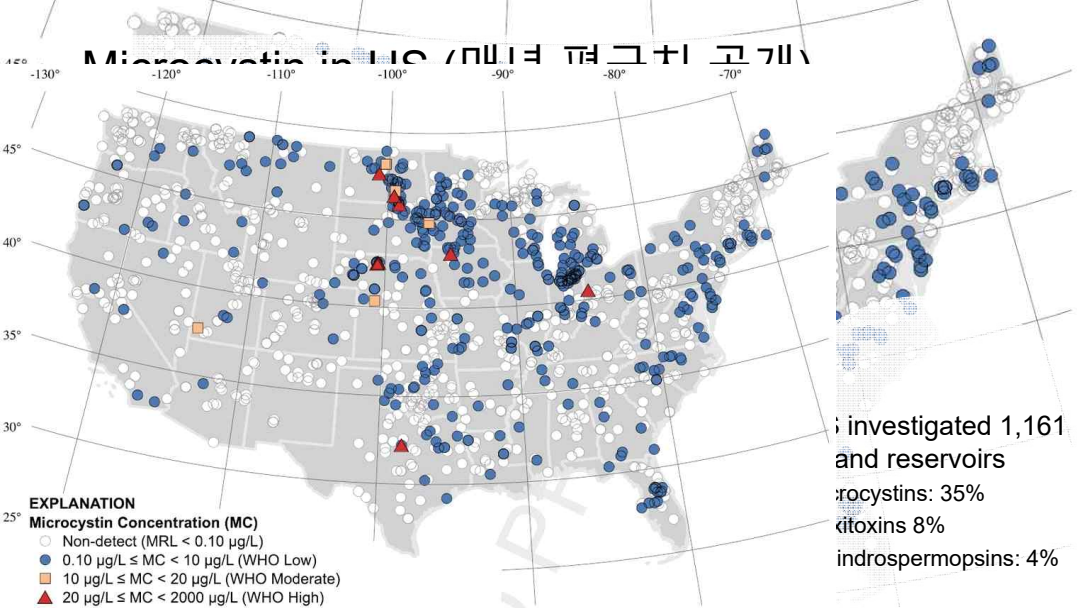
# WHO microcystin 가이드라인

- 2019년
  - Microcystin-LR: 1 ug/L (음용수), 20 ug/L (레저)
- 2020년 자료
  - Microcystins (microcystin-LR에서 microcystins로 변경됨)
    - 음용수: 12 ug/L (단기), 1 ug/L (장기)
    - 레저: 24 ug/L
- LD<sub>50</sub> (반수치량)
  - 5 mg/kg (oral, mouse), 18 mg/kg (inhalation, mouse)
  - 참고: 아플라톡신 LD50: 0.3-17.9 mg/kg (oral)

# 미국 물 샘플 방법 (USGS)

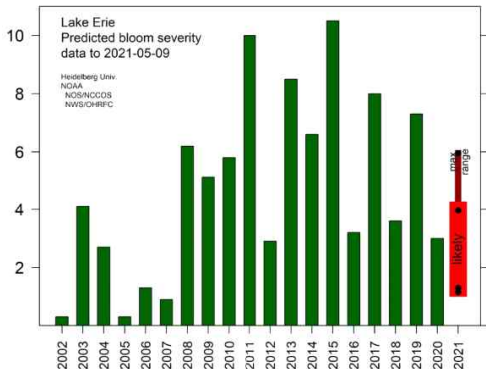
- 물 속 Cyanobacteria 수는 독성물질의 수치를 대표할 수 없음
- 상수원: 취수구 근처 및 표층수 또는 각 구간별
- 레저활동: 표층수 또는 유광층
- Depth-integrated (심층통합) sample 권장하지 않는 이유
  - 물에 녹아 있는 cyanotoxin만 나타내기 때문임

# Microcystin in US / 마이크로시스틴 농도 분포

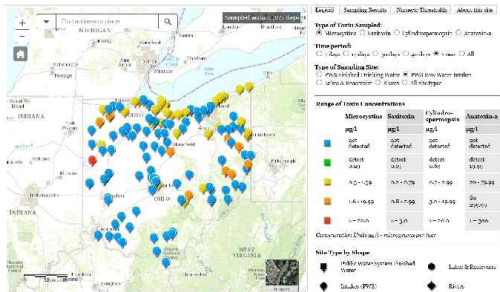


# 오하이오주 EPA

## 예측 모델 개발 및 적용



## Cyanotoxin 모니터링 (일반인에게 공개)



[wwwapp.epa.ohio.gov/gis/mapportal/HAB\\_Monitoring.html](http://wwwapp.epa.ohio.gov/gis/mapportal/HAB_Monitoring.html)

[www.ohioalgaeinfo.com](http://www.ohioalgaeinfo.com) - "Algal Toxin Results"

# 농작물에 축적된 연구들

Table 4 Cyanosims found in fresh produce

Type of fresh produce	Irrigation source	Toxin in irrigation water		Tissue	Toxin concentration in samples (µg/g of vegetables)	Reference
		Type	Concentration (µg/L)			
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.)	Lake Müggelsee (Germany)	Microcystins (MCs)	5	Roots	0.125	Peuthers et al. 2007
Arugula	Groundwater (Saudi Arabia)	MCs	Varied	Leaves	0.18	Mohamed & Al Shehri 2009
				Roots	0.24	
Cabbage	Groundwater (Saudi Arabia)	MCs	Varied	Leaves	0.22	Mohamed & Al Shehri 2009
				Roots	0.3	
Chick pea ( <i>Cicer arietinum</i> )	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.2	Peuthers et al. 2007
French bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.30-0.50	Peuthers et al. 2007
Green pea ( <i>Pisum sativum</i> )	Lake Lalla Takerkoust (Morocco)	MCs	500	Roots	0.24	Peuthers et al. 2007, Sagrane et al. 2009
				1,050	6.23	
				4,200	190.85	
				1,050	0.88	
				4,200	79.19	
			500	Leaves	0.41	
				1,050	5.52	
				4,200	156.8	
				1,050	0.88	
				4,200	79.19	
Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.25-0.48		
Lentil ( <i>Lens esculenta</i> )	Lake Lalla Takerkoust (Morocco)	MCs	500	Roots	16	Peuthers et al. 2007, Sagrane et al. 2009
				1,050	24.52	
				4,200	162.79	
				1,050	2.33	
				4,200	36.61	
			500	Leaves	0.33	
				1,050	7	
				4,200	98.37	
				1,050	0.14-0.26	
				4,200	0.14-0.26	
Lentice	Extraction from <i>Miracajou aeruginosa</i>	MCs	0.62	Leaves	8.31 ± 0.2	Codd et al. 1999, Crush et al. 2008, Hercman & Benecour, Oliveira 2012, Mohamed & Al Shehri 2009
				2.5	19.8 ± 4.1	
				6.23	16.8 ± 6.3	
				12.5	177.8 ± 3.4	
				2,100	0.79	
	Lake Hakaoa (New Zealand)	MCs	2,100	Shoots	0.79	
				Roots	0.78	
				2,100	0.59	
				2,100	0.18	
				2,100	0.18	

(Continued)

Table 4 (Continued)

Type of fresh produce	Irrigation source	Toxin in irrigation water		Tissue	Toxin concentration in samples (µg/g of vegetables)	Reference			
		Type	Concentration (µg/L)						
	Water containing cyanobacteria	MCs	Not mentioned	Central leaves	248.7 ± 92				
				Discal leaves	88.3 ± 25				
				Basal leaves	94 ± 0				
	Groundwater (Saudi Arabia)	MCs	Varied	Leaves	0.12				
				Roots	0.17				
Apple tree ( <i>Malus domestica</i> )	Dianchi Lake (China)	MCs	30	Shoots	16.20 ± 0.73	Chen et al. 2010			
					27.50 ± 3.54				
					225 ± 25.62				
					14.76 ± 4.22				
					43.94 ± 9.83				
Maize ( <i>Zea mays</i> )	Lake Lalla Takerkoust (Morocco)	MCs	1,050	Roots	7.55	Peuthers et al. 2007, Sagrane et al. 2009			
				4,200	18.71				
				1,050	1.29				
				4,200	7.65				
				1,050	1.01				
	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.03-0.05				
Parsely	Groundwater (Saudi Arabia)	MCs	Varied	Leaves	0.25	Mohamed & Al Shehri 2009			
Perennial ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> cv Grasslands Samsom)	Lake Hakaoa (New Zealand)	MCs	2,100	Roots	0.18-0.23	Crush et al. 2008			
Radish	Groundwater (Saudi Arabia)	MCs	Varied	Leaves	0.23	Mohamed & Al Shehri 2009			
				Roots	0.37				
Rape ( <i>Brassica napus</i> L.)	Lake Hakaoa (New Zealand)	MCs	2,100	Roots	0.12-0.34	Chen et al. 2004, Crush et al. 2008			
				Dianchi Lake (China)	MCs		24	Seedling	2.61 ± 0.32/10 <sup>3</sup>
									Nondetected
	120	8.32 ± 1.58/10 <sup>3</sup>							
					600		123.57 ± 19.19/10 <sup>3</sup>		
					3,000		651.00 ± 78.71/10 <sup>3</sup>		

(Continued)

# 농작물에 축적된 연구들

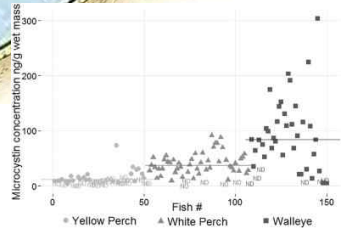
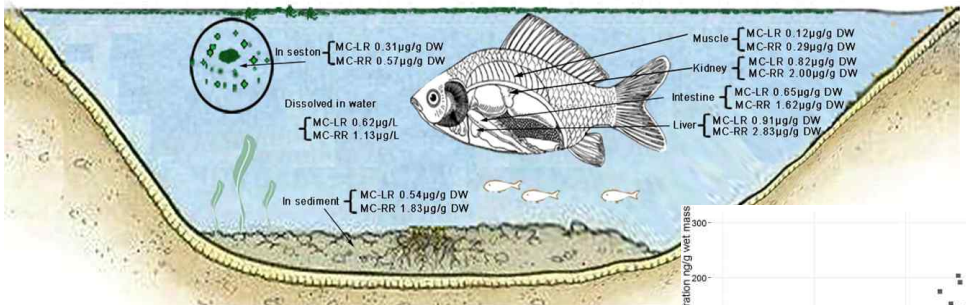
- 쌀
- 콩
- 밀
- 상추
- 사과
- 옥수수
- 파슬리
- .....

Table 4 (Continued)

Type of fresh produce	Irrigation source	Toxin in irrigation water		Tissue	Toxin concentration in samples (µg/g of vegetables)	Reference
		Type	Concentration (µg/L)			
Rice ( <i>Oryza sativa</i> )	<i>Apbanizomenon ovalisporium</i> extracts	Cylindrospermopsin	2.5	Roots	14	Chen et al. 2004, Prieto et al. 2011
			Leaves	12.5		
	Dianchi Lake (China)	MCs	120	Seedling	$2.94 \pm 0.55/10^3$	
			600		$5.12 \pm 0.45/10^3$	
		3,000		$5.40 \pm 0.85/10^3$		
Soya bean ( <i>Glycine max</i> L. Merrill.)	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.010-0.027	Peuthert et al. 2007
Sugar pea ( <i>Pisum sativum</i> var. <i>Saccharatum</i> )	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.25-0.42	Peuthert et al. 2007
Wheat ( <i>Triticum durum</i> )	<i>Microcystis</i> bloom	MCs	500	Roots	0.18	Saqrane et al. 2009
			1,050		7.6	
			4,200		26.66	
			4,200	Stems	1.17	
			4,200	Leaves	15.71	
Wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	Lake Müggelsee bloom (Germany)	MCs	5	Roots	0.028-0.13	Peuthert et al. 2007
White clover ( <i>Trifolium repens</i> cv. Grasslands Kopu)	Lake Hakanoa (New Zealand)	MCs	2,100	Roots	1.59	Crush et al. 2008

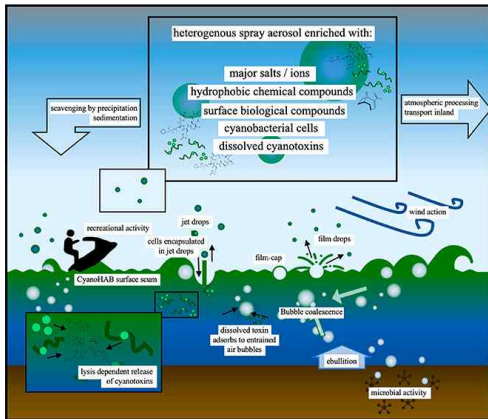


# 어패류에도 축적



# 에어로졸 연구도 활발히 진행중

- 코로 들어오면 혈관으로 유입되어 더 위험하다는 연구결과도 있음



# 고찰

- 녹조가 심한 지역에서 microcystin의 농도가 지나치게 높음
  - Cyanotoxin은 음용수뿐만 아니라 다양한 경로로 우리 몸에 유입 됨
    - 음용수: 녹조가 심할 때 상수장 원수 처리후 microcystin 측정의 필요함
    - 레저, 농업, 어업활동: 활동에 대한 가이드라인 설정 및 경고 요구 및 에어로졸
      - Cyanotoxin이 농작물, 어패류에 농축된 연구는 너무 많음
    - 환경: 전반적인 녹조에 대한 연구가 필요함
    - 기타: 다른 cyanotoxin측정도 요구됨
  - 미국이나 유럽처럼 예보 시스템, 독성물질 모니터링 시스템, 차후 관리 시스템 등 전반적인 녹조 관례 시스템의 재설정과 새로운 관리가 필요함

# 고찰

- 과거 cyanobacteria 방법이 아닌 최신 연구방법을 이용하여 녹조 발생정도를 분석하고 녹조 심할때 녹조독성을 적극적으로 측정하여 일반인에게 공개해야함
  - 녹조 발생의 정도로 사용되는 cyanobacteria 수 보다는 cyanotoxin의 측정이 필요함
  - Cyanotoxin 측정에 올바른 방법을 고려하고 우리 실생활과 밀접한 지역에서 측정이 요구됨
    - 채수장 입구, 레저활동 지역, 농업 및 어업활동이 진행되는 곳

# 최소가 아니라 최악의 상황을 대비해야 한다!!

- 우리의 무관심과 잘못된 관리 및 사용으로 인해 발생한 녹조는 심각한 환경 문제임.
  - 여름철에 나타나는 현상이며 매년 발생함. 녹조 발생의 횟수와 심각정도는 매년 더 심해질 것으로 예상함
  - 우리나라 전국에 걸쳐 장기간의 녹조 현상을 제대로 분석하고 이해하는 다양한 연구가 필요함
  - Cyanotoxin 미치는 영향은 장기적이며 노출경로는 마시는 물 뿐만이 아니라 흡입, 접촉, 음식 등 다양한 경로로 유입됨

## 종합토론

좌장 : 박창근 가톨릭관동대 교수

- 토론1 - 조용철 (충북대 교수)
- 토론2 - 최승호 (<뉴스타파> PD)
- 토론3 - 신유나 (국립환경과학원 연구사)
- 토론4 - 송미영 (경기연구원 부원장)
- 토론5 - 강호열 (낙동강네트워크 공동집행위원장)
- 토론6 - 곽상수 (고령군 객기리 이장)
- 토론7 - 백명수 (시민환경연구소 소장)
- 토론8 - 임희자 (환경운동연합 생명의 강 특위 낙동강위원장)

# 국내 남조류독소 발생 특성 및 위해성 관리

충북대 환경공학과 조영철 교수 choy@chungbuk.ac.kr

## 1. Microcystins의 독성

- 현재까지 연구에 따르면, MCs는 세균성 돌연변이원성(bacterial mutagens)이 아님 (WHO, 2020)

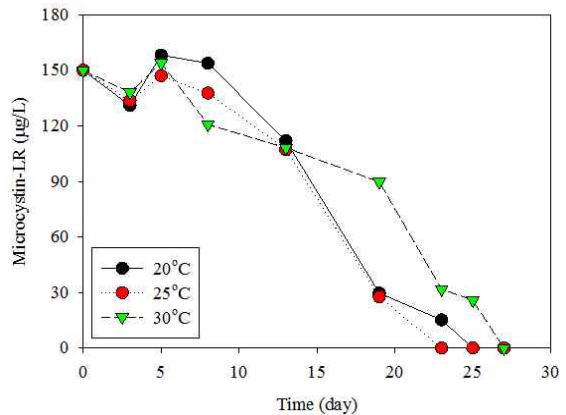
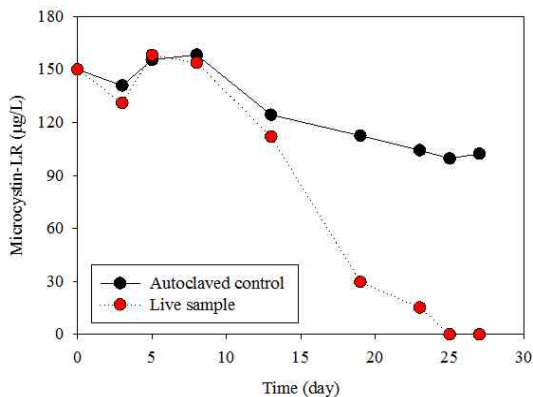
Microcystins	R1	R2	R3	R4	MW	독성 (LD <sub>50</sub> )
Microcystin-LR	Leu	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	994	50
Microcystin-YR	Tyr	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1,044	150-200
Microcystin-RR	Arg	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1,037	500-800
Microcystin-LA	Leu	Ala	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	909	50
Microcystin-YM(O)	Tyr	Met(O)	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1,035	56-110
Microcystin-YA	Tyr	Ala	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	959	60-70
Microcystin-LY	Leu	Tyr	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1,001	90

☞ 반수치사량(LD<sub>50</sub>, µg/kg): mouse, 복강내 주사  
☞ 출처) Zurawell et al., 2005.

- MC-LR은 MC-RR에 비해 6~12배 독성이 강하기 때문에 1 µg의 MC-RR은 0.08~0.17 µg MC-LR에 해당 (New Zealand Ministry of Health, 2013).

GROUP	정의	해석	Example
1	인체 발암성 물질 (Carcinogenic to humans)	인체에 대한 충분한 발암성 근거 있음	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ethanol in alcoholic beverages</li> <li>Salted fish, Chinese-style</li> </ul>
2A	인체 발암성 예측/추정물질 (Probably carcinogenic to humans)	실험동물에 대한 발암성 근거는 충분하지만 사람에게 대한 근거는 제한적임	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red meat (consumption of)</li> </ul>
2B	인체 발암성 가능 물질 (Possibly carcinogenic to humans)	실험동물에 대한 발암성 근거가 충분하지 못하며, 사람에게 대한 근거 역시 제한적임	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microcystin-LR</li> </ul>
3	인체 발암성 미분류 물질 (Not classifiable as to its carcinogenicity to humans)	실험동물에 대한 발암성 근거가 제한적이거나 부적당하고 사람에게 대한 근거 역시 부적당함	-

- 호수에서 MC-LR의 반감기는 4~18일 정도 (Cousins et al., 1996; Edwards et al., 2008),



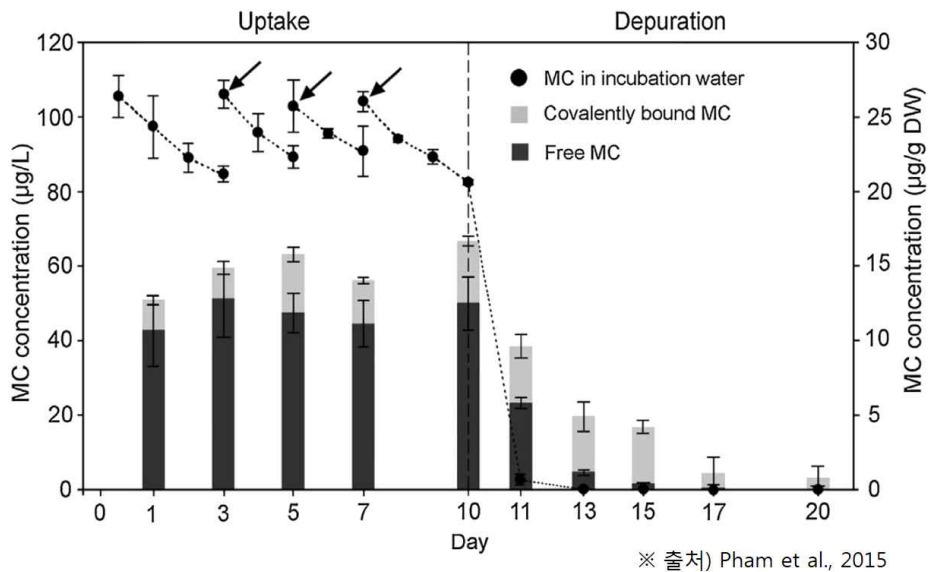
출처) 국립환경과학원, 2015. 담수환경에서 조류독소의 생물농축에 관한 연구(I)

## 2. 환경매체를 통한 microcystins의 노출

- MC-LR은 세포막을 통과하지 못하기 때문에 피부를 통해 침투되지는 않음 (Eriksson et al., 1990).
- MCs를 생성하는 남조류와 친수활동 중 접촉과 관련된 피부 자극 및 국부적 영향에 대한 많은 보고가 있지만 MCs 수치와 알레르기 반응 사이에는 상관관계가 발견되지 않음 (WHO, 2020)
- MC-LR은 수용성이며 휘발성이 없기 때문에 에어로졸에 포함되지 않으면 흡입이나 폐를 통한 흡수는 일어나지 않음 (Lambert et al., 1994).
- MCs는 휘발성이 없으므로, 흡입 노출은 남조류 세포나 독소가 포함된 스프레이를 통해서만 가능하며, 이러한 상황은 폭풍(storms)이나 보트 운행 중에 발생 가능 (WHO, 2020)
- 호수에서 Microcystis sp.의 밀도가 >120 000 cells/mL(MCs 농도가 최대 2,140 µg/L이며, 0.7-45%의 MCs가 용존성)일 때 에어로졸 중 MCs 농도는 낮은 pg/m<sup>3</sup> 범위 (Wood & Dietrich, 2011; WHO, 2020).

## 3. 어패류에 의한 독소의 농축

- MCs의 생물농축(bioaccumulation)은 일어나지만, 먹이사슬을 통한 생물증폭(biomagnification)에 대한 확실한 증거는 없음. 따라서 생물 조직에서 MCs의 높은 농도는 섭취시에만 발생 (WHO, 2020)



MCs에 노출된 조개에서 시간에 따른 독소의 농도 변화

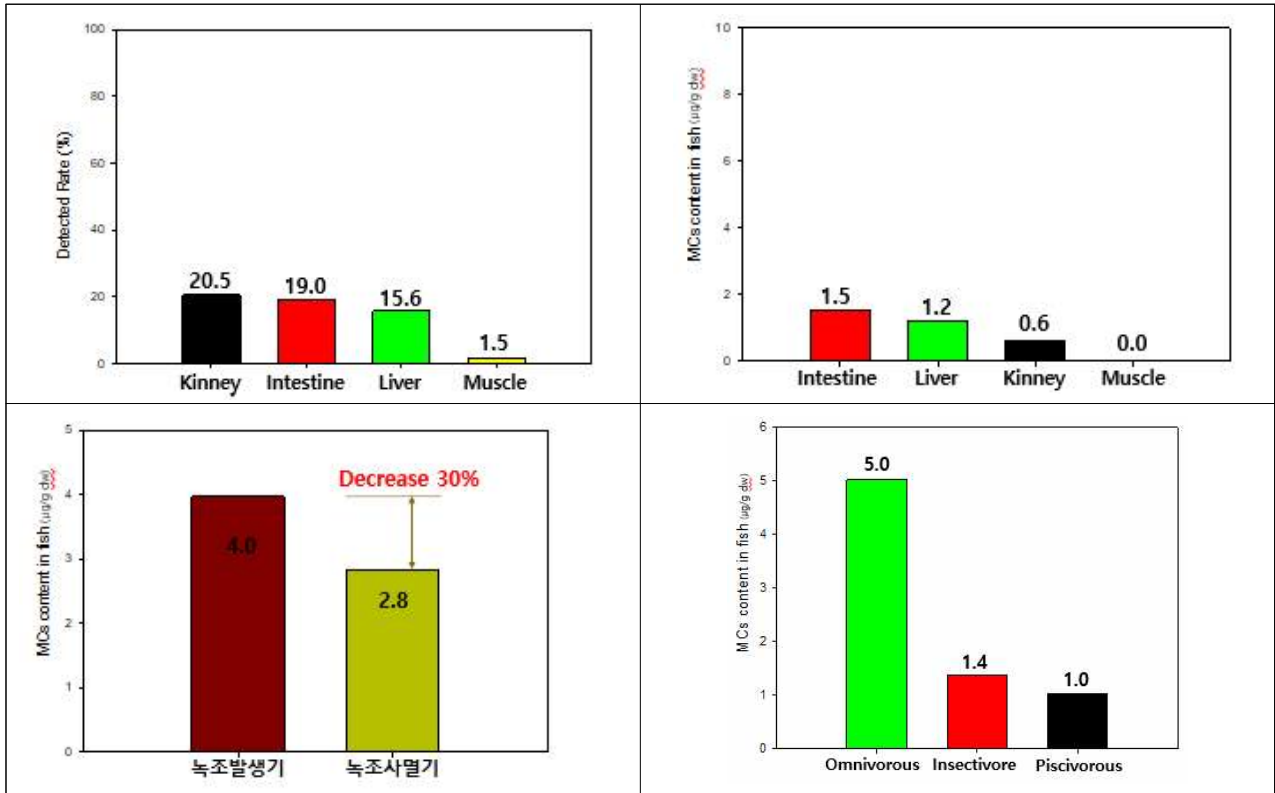
- 국내 5개의 호소에서 채집된 어류(205 개체) 조직(내장, 간, 신장, 근육)에서 MCs 농도 분석

시기	식성	백제보	죽산보	창녕함안보	대청호	보현산댐	계
2018/08	잡식성	10	10	0	7	36	63
	충식성	0	7	14	2	1	24
	어식성	0	3	4	3	1	11
	소계	10	20	18	12	38	98
2018/10	잡식성	9	13	2	14	15	53
	충식성	1	13	7	5	6	32
	어식성	8	1	9	1	3	22
	소계	18	27	18	20	24	107

출처) 국립환경과학원, 2018. 어패류 생체 조류독소 분석방법 및 위해성 평가 방안 연구



- 분석 결과
  - ✓ 검출률: 신장>내장>간>근육 (근육에서는 205개체 중 3개체에서만 검출)
  - ✓ MCs 농도: 내장>간>신장>근육
  - ✓ 녹조 발생기에 비해 녹조 사멸기에 농도가 낮음 (biodepuration 현상)
  - ✓ 어식성에 비해 잡식성 어류에서 높은 농도 (생물증폭이 일어나지 않음)



#### 4. Microcystins에 대한 관리기준

- 일일섭취허용량(TDI; WHO) : Fawell et al. (1999)의 실험 결과 인용

항목	Fawell <i>et al.</i> , 1994	
실험 대상 생물	생쥐(mouse)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 생쥐에게 정제된 MC-LR을 0, 40, 200, 1,000 µg/kg bw/day의 농도로 13주 동안 경구 투여</li> <li>▪ 40 µg/kg bw/day를 공급받은 생쥐에게는 아무런 영향이 나타나지 않았으며, 200 µg/kg bw/day의 농도를 주입하였을 때 일부 수컷과 암컷 생쥐의 간 조직에서 약간의 변화가 관찰</li> <li>▪ MC-LR에 대한 NOAEL(최대무영향농도) 값을 40 µg/kg bw/day</li> </ul>
MCs	정제된 MC-LR	
실험 기간	13주	
주입방법	위장 주입관을 통한 경구 투여	
독성치	NOAEL: 40 µg/kg bw/day	
불확실성지수	1,000	
TDI (µg/kg bw/day)	0.04	

#### Calculation of provisional lifetime drinking-water GV for MC-LR:

- $$GV_{\text{chronic}} = \frac{NOAEL * bw * P}{UF * C} = \frac{40 * 60 * 0.8}{1000 * 2} \mu\text{g/L} = 0.96 \mu\text{g/L} \approx 1 \mu\text{g/L}$$

**Calculation of provisional short-term drinking-water GV for MC-LR:**

- $$GV_{\text{short-term}} = \frac{\text{NOAEL} * \text{bw} * \text{P}}{\text{UF} * \text{C}} = \frac{40 * 60 * 1}{100 * 2} \mu\text{g/L} = 12 \mu\text{g/L}$$

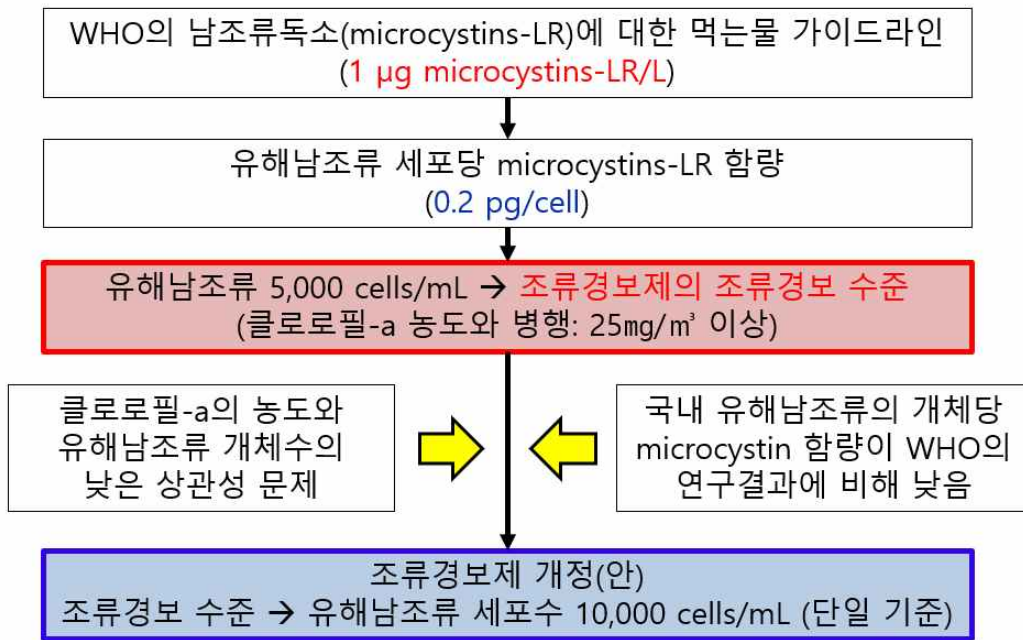
- WHO: 잠재적 허용 기준(provisional guideline)
- 미국: 10-day health advisory(건강 권고기준)

- 건강권고기준은 연방정부, 주정부 및 지방의 공공급수시설(public water systems)이 독소로부터 안전하게 유지될 수 있도록 정보를 제공하는 기준(informal technical guidance)이며, **연방 차원의 강제 또는 규제기준은 아니며**, 새로운 정보가 추가되면 변경 가능하다 (US EPA, 2015).
- 미국의 『Safe Drinking Water Act(안전한 식수법)』에 의해 US EPA는 먹는물 수질기준에 포함되지 않은 오염물질에 대해 건강 권고기준(health advisory)를 발표할 권한이 있다. **건강 권고기준은 대상 오염물질에 대하여 특정한 노출기간(하루, 10일, 수년, 또는 평생) 동안 노출되었을 때 건강에 악영향을 미칠 가능성이 있는 농도를 의미하며, 규제기준을 의미하는 것은 아니다** (US EPA, 2015).

- 국내: 먹는물 수질감시항목

**5. 조류경보제**

- 현행 조류경보제 설정 원리



- MC content per cell (i.e. “cell quota”) up to 550 fg/cell and toxin content of up to 14 µg/mm<sup>3</sup> biovolume have been reported for individual Microcystis sp. strains - these values seem to be exceptionally high, and a number of other studies suggest maximum cell quotas or toxin contents around 200 fg/cell or 5 µg/mm<sup>3</sup> biovolume, respectively (WHO, 2020).

▪ 조류경보제 개선 방안

- ✓ 먹는물 기준을 상수원수에 적용함으로써 조류독소의 실질적 위해성에 비해 과도한 대응
- ✓ 조류독소 기준 도입시 정수처리시설에 의한 독소 제거 효율을 고려한 기준 적용
- ✓ 현미경 계수법 보다 신속하고 정확한 방법의 도입 필요 (실시간 PCR법, 독소 정량법 등)

-끝-

# <4대강남세균 국민건강위협 현황과 해결방안 > 토론문

최승호(뉴스타파 PD)

뉴스타파와 PD수첩은 환경부의 조류경보제 채수지점에 대한 의문을 제기했습니다. 조류경보제 채수지점의 녹조 독성 농도가 인근 취수장 취수구의 녹조 독성 농도보다 현격하게 낮았기 때문입니다.

조류경보제 강정고령 채수지점은 0.11ppb였는데, 문산취수장 취수구는 35.3ppb, 매곡취수장 취수구는 435ppb였습니다. 해평 채수지점은 불검출이었는데, 해평 취수장 앞은 60ppb였고, 칠서 채수지점은 불검출이었는데, 칠서 취수장 취수구는 8.25ppb였습니다. 물금매리 채수지점은 3.5ppb였는데, 물금취수장 취수구는 8.1ppb였습니다.

조류경보제의 취지상 채수지점과 취수장 취수구 앞의 녹조 독성 농도는 비슷해야 한다고 생각합니다. 조류경보제의 목적이 상수원의 안정성을 확보하는 데 있기 때문입니다.(조류경보제 매뉴얼) 취재진에게 채수지점과 취수장과의 관계를 설명해준 담당자들도 같은 취지로 말했습니다. 낙동강 물환경연구소 담당 과장은 '왜 취수장보다 몇 킬로미터나 상류로 올라가서 채수하느냐?'는 취재진의 질문에 '분석에 2박3일 정도 걸리기 때문에 분석을 마칠 때쯤 취수구 앞까지 흘러갈 만한 상류에서 채수한다'고 설명했습니다. 국립환경과학원 담당과장도 같은 취지로 답했습니다. 따라서 채수지점의 녹조 독성 농도와 취수장 취수구 앞의 녹조 독성 농도는 비슷해야 합니다. 그런데 많게는 수천 배의 차이가 나는 것이 현실입니다.

채수지점과 취수장 취수구 앞의 녹조의 번성 정도가 다를 수밖에 없다고 생각합니다. 채수지점은 상류의 물 흐름이 좋은 강 중앙에 있습니다. 취재진과 환경단체 활동가들이 찾아가봤을 때 눈으로 보기에 그곳은 녹조가 적은 곳이었습니다. 그러나 취수장은 물흐름이 느린 곳, 강변에 있습니다. 녹조가 많을 수밖에 없는 곳입니다. 굳이 녹조 독성을 비교해보지 않아도 어느 쪽이 녹조 독성이 많을지는 쉽게 짐작이 가는 곳들입니다. 그런데 국립환경과학원의 전문가들은 녹조가 적은 곳에 채수지점을 정했습니다.

2018년 8월, 녹조가 가장 심각했을 때도 Microcystin-LR 수치는 강정고령 채수지점과 칠서 채수지점에서 0.1ppb가 딱 한 번씩 나왔습니다. 나머지는 정량한계미만이었습니다. 공교롭게 8월 6일에 두 지점에서 0.1ppb가 나왔는데, 이 때 남조류 세포수는 두 지점 모두 동일하게 12,200cell이었습니다. 1ppb였다면 122,000cell이었을까요? 그렇게 환산하면 이번에 측정한 매곡취수장은 435ppb니까 53,070,000cell이 됩니다. 문산취수장은 60ppb였으니 7,320,000cell에 해당합니다. 조류대발생을 훨씬 뛰어 넘는 수준입니다. 그런데 두 곳은 모두 관심단계가 발령됐습니다.

조류경보제가 이렇게 운영돼도 되는 것입니까?

국립환경과학원은 왜 조류경보제를 낙동강에 확대하면서 이런 채수지점을 선택했습니까? 왜 채수지점과 취수장 취수구 앞의 상태를 비교분석하지 않았습니까? 비교분석도 하지 않고 무슨 근거로 해당 지점을 선택했습니까?

# 조류경보제 운영 및 관리

〈국립환경과학원 신유나 연구관〉

## 1. 조류경보제 운영 목적에 따른 채수방법 관련 사항

상수원수 : 혼합채수 방법

- 취수시설은 대부분 표층이 아닌 중층 이하에서 취수하는 등 표층수만으로는 전 수체의 상태를 대표할 수 없으므로, WHO, 호주, 미국 등 다수 국가 사례를 분석하여 '혼합채수' 방법 적용

- (호소) 풍향, 풍속 등 주변 여건 변화에 따르는 영향이 적고 호소 내 취수구로 유입되는 수체의 녹조 발생 현황을 대표할 수 있는 취수구 주변을 포함하여 호소 규모 및 특성에 따라 채수위치를 선정
- (하천) 호소 대비 빠른 유속 때문에 취수구까지 유하(체류)시간 및 분석시간(약 1.5일) 등을 고려하여 취수구 상류 지점을 선정하여 채수(취·정수장에서 조류에 대응할 수 있는 시간을 확보)

친수용수 : 표층채수 방법

## 2. 조류경보 발령기준 설정 관련 사항

남조류 세포수 측정방식 활용

- 녹조 발생에 선제적으로 대응하고 다양한 정보를 확보할 수 있는 세포수 측정법을 활용\*

\* 먹는물에 대한 원수와 정수에 대한 독소는 취·정수장에서 주기적으로 측정하여 관리하고 있으며 공공수역의 남조류 세포수 측정을 통한 다양한 정보(종조성, 검출 가능 독소의 종류 등)를 확보하여 수질관리 대책에 활용

- 현재 조류경보제 기준인 남조류 세포수는 국내 주요 호수와 하천에 출현하는 남조류를 대상으로 세포 당 가지고 있는 독소함량 분석 결과를 기 반영한 상태임
- 조류독소만을 기준으로 경보제를 운영할 경우 녹조로 인한 정수처리 공정 장애, 심미적·냄새 영향 등을 간과할 가능성 존재

- 경계단계 기준은 국내에 출현하는 남조류의 세포 수와 독소농도 조사 결과를 통해 총 microcystin의 농도 1  $\mu\text{g/L}$ 일 때 독성이 가장 강한 *Microcystis*의 세포수(10,000 cells/mL)를 기준으로 적용

- 모든 유해남조류가 조류 독소를 발현하는 것은 아니므로, 조류독소를 기준으로 경보발령시

인지되는 유해남조류 세포수 대비 녹조의 발생이 과소평가 될 가능성 상존

- WHO, 호주 등 주요국에서도 세포수 측정법을 채택하고 있으며, 우리나라도 최초 조류경보제 운영시점('98)부터 동 측정법으로 경보 발령 체제를 운영하고 있음

\* 대부분의 국가에서 조류독소 농도 등은 먹는물 감시기준으로 관리 중

### 3. 하천 상수원수 조류경보 지점과 취수구 지점 독소 농도 차이

- 조류경보 지점은 유하(체류)시간과 분석시간(약 1.5일) 등을 고려하여 취수구 상류 지점을 선정하였기 때문에 동일한 일자에 채수한 취수구 지점과 수질이 유사하다고 할 수 없음
- 또한 하천의 경우 지형적 조건에 따라 가장자리에서 녹조 띠 또는 scum이 흔하게 관찰됨 → 해당 scum 농도가 하천의 수질과 수생태계를 대표한다고 할 수 없음
- 정수장 유입수는 하천의 표층이 아닌 중층 이하에서 취수되며, 취수구 앞에 조류 차단막이 설치되어 있어 실제 원수의 마이크로시스틴-LR 농도는 매우 낮고, 표준 정수처리 공정에서 99%이상 제거됨(고도정수처리시 완벽 제거 가능하며 낙동강의 경우 모든 정수장에 고도정수처리공정 설치·운영 중)

### 4. 조류독소 관리 및 대책

- 최근 이상기후로 인한 집중호우, 폭염 등으로 녹조 발생이 지역별·시기적으로 변화하고 있어 남조류의 독소생성능의 변화 가능성에 대비하여 지속적인 모니터링을 실시하고 있음
- 아나톡신, 실린드로스퍼몹신, 삭시톡신은 마이크로시스틴과 함께 남조류가 생산할 수 있는 독소로 알려져 있으나 국내 수체에서 마이크로시스틴 외의 독소는 검출 빈도와 농도가 낮아 마이크로시스틴-LR을 기준으로 설정 및 측정 시행 중
- WHO에 따르면, 마이크로시스틴 외의 독소는 수체에서 흔히 발생하는 독소가 아님\*
  - \* 간 기능 손상을 일으키는 고리형 펩타이드 독소인 마이크로시스틴은 흔히 발생하나, 아나톡신과 삭시톡신 등 신경독소는 흔하게 발생하지 않음(WHO, 1999)
  - \*\* '20년 6~11월 4대강 9개 지점에서 삭시톡신은 검출되지 않았으며, 아나톡신(~0.17  $\mu\text{g/L}$ )과 실린드로스퍼몹신(~0.29  $\mu\text{g/L}$ )이 낮은 농도로 검출(국립환경과학원, 2020)
- 최근 수상스키, 낚시 등 수상 레저 활동이 증가하고 있어 친수활동 조류경보 지점 확대 등을 고려하고 있으며, 이에 조류경보제 발령기준 병행 지표 설정을 위한 조류 독소 관리기준(안)을 검토하고 있음
- 또한 국내에서 에어로졸로 인한 조류독소의 피해 사례는 알려져 있지 않으나, 에어로졸 흡입과 관련된 관리 방안 논의가 발생하고 있어 이에 기초자료 확보 등 위해성 연구를 수행할 예정임

## 토론문

경기연구원 선임연구위원 송미영

녹조와 녹조 독성에 대해서 환경부는 이제까지 해 온 조사 결과를 충실하게 보고 해주었고 그 결과 낙동강과 금강에서는 여전히 유해남조류의 출현이 확인되었다. 그러나 조사 결과에 대한 대응은 여전히 사후적 조치 방안과 친수활동 자제 권고, 조사를 강화하고 차단막 설치 등 우리가 해온 기존 대응 방식에 초점을 두고 있다. 이중 실질적 선제 대응은 연구개발이 유일하다고 볼 수 있는데 그중에서도 위해성 관리는 5% 수준에 불과하고 모니터링 및 예측, 생리 생태 연구에 대해서는 세부적인 내용도 제시하지 않고 있다. 오늘 토론회의 주제와 관련, 중앙정부로서 환경부의 대응 방향과 미래위기 대응형 조치가 무엇이나는 질문에 답하고 있지 않은 셈이다.

지금까지 국내에서는 녹조대발생으로 인한 영향을 피할 수 없는 자연현상 일부로, 피해를 최소화하기 위한 사후처리 중심으로만 대응해왔다. 이러한 방식의 가장 큰 이유는 국내 물관리 분야 전문가 중 녹조류의 생리, 생태에 관한 연구와 관련 독성물질에 대한 보건 측면의 연구자들의 수와 역량이 제한적이기 때문이었다. 따라서 연구자 역량이 높은 여타 연관 분야에서 그 분야의 관점과 대응 방식을 토대로 연구개발을 주도해왔고, 그 결과가 시민사회나 일반인들의 관점에서 지속적으로 제기해 온 조류 독성물질의 위험성, 원수 자체의 법적 기준 보완 등에 관한 연구로까지 발전하기 어려웠다.

실제로는 녹조대발생과 연관되어 기본적으로 물어야 할 질문들, 녹조대발생이 그 현상이 일어나는 수체에 악영향이 있는가, 있다면 그건 무엇인가? 그 영향이 그 물을 이용하는 농업, 친수활동 등과 연계하여 물관리 분야에서는 무엇을 보완, 개량해야 하는가? 녹조대발생으로 인한 독성물질의 영향이 단순히 물과 수처리 분야 대응 방식으로 해소되는가? 에 답을 주지 못해왔다. 하천과 강의 물을 사후처리라는 방식만으로는 이들 질문에 답을 할만한 기본적 자료가 없고 이 때문에 이미 발생한 녹조와 녹조가 유발하게 될 우려나 염려를 과학적으로 정량적으로 해석해주고 안심시킬 수가 없었다. 설명이 간접적이고 해석이 두루뭉술할수록 지금까지 열심히 대응해 온 상하수처리 과정까지 실효성과 효율성의 도마 위에 올라왔다. 문제가 달라졌는데도 동일한 대응을 좀 더 확장하기만 하면 된다는 설명에 설득되지 않은 이들이 있었기 때문이다. 오늘 이승준 교수의 발표 내용은 현재까지 사각지대로 남아있던 의구심, 즉 녹조대발생에서 수처리까지 가는 과정 사이의 틈새와 연동된 우려를 확인하고 정량화해주는 최초의 과학적 시도의 하나이다.

이 결과가 지금껏 국내에서 더 이상 사실과 자료를 토대로 접근하지 못해왔던 조류대

발생과 그 악영향의 문제를 보다 근본적으로 공략해 볼 계기가 되길 기대한다. 총체적으로 녹조 발생과 그 독성물질이 수환경 내에서 일으킬 영향, 특히 수서동물을 포함하여 인간에게까지의 영향이 조사, 탐구돼야 할 것이다. 과거와 달리 수서독성의 문제가 생물농축이라는 환경 분야의 개념적 차원에서만 논의되기보다 건강, 취약한 어린이나 노인, 민감한 농작물 등 우리 일상의 현실과 밀접한 주제로 확정 지어지고 연구개발도 이러한 영역으로 확장되기를 기대한다. 또한 발제자가 제안했듯이 건강 관점에서 구체적인 법정 기준 제시, 친수 레저활동 등 아직 명확한 법적 기준이 존재하지 않는 영역에서 새로운 기준의 설정 등 더 정확한 질문과 함께 해답을 찾아가는 시도가 이루어졌으면 좋겠다.

이번 토론회가 환경부를 포함한 정부 당국이 녹조와 관련하여 정확히 어떤 문제의식과 질문을 필요로 하는지를 알게 되는 계기가 되었을 것이다. 기존에 유일했던 친수 활동 관련한 수경시설 기준도 수처리 방식의 사후대응 관점만 제시해왔는데, 이번 토론회를 기점으로 취수원수이자 우리 강의 본래 수질을 어떻게 관리해야 할지에 대해 새로운 질문이 던져졌기를 바란다. 특히 일상에서 시민들이 특정 하천이나 특정 시기에 실제 상황에서 고민하고 의문을 제기해 온 문제들에 대해 정부와 전문가를 포함한 우리가 모두 직접적인 지침이 필요함을 확인하는 자리가 되기도 기대한다. 발제자가 제시한 최근의 마이크로시스틴을 포함한 다양한 마시는 물 및 레저 용수에서의 기준을 우리 실정에 맞게 법제화하는 논의가 활발하게 전개되기 시작하고 기존 조사 대상 지점의 선정, 채수 및 분석 방식에서 문제점들을 개선하고 정확하게 자료를 생산하고 축적해나갈 방안들도 논의가 시작되어야만 한다. 특별히 녹조가 대발생 되는 동안 에어로졸 형태로 이동하는 녹조 독성물질의 농도와 분포, 이들로 인한 생물농축의 과정 등에 대한 논의는 연구개발 분야에 반드시 포함되어야 할 것이다.



## 낙동강 주민 안전은 누가, 어떻게 책임질 것인가?

2021.09.31. 고령군 포2리 이장 곽상수

- 지난 8월 6일. 마이크로시스틴총량이 국가산단 취수장 4914ppb, 함안보 4226ppb, 합천보 556ppb가 나왔다. 미국에서는 20ppb가 넘으면 레저활동을 자제해 달라고 요구를 한다고 한다.
- 이날, 구지에 있는 낙동강 레포츠밸리에서는 아이들이 배를 타고 제트스키를 타는 등 물놀이를 하고 있었고. 국가산단 취수장 인근지역에서는 낚시를 즐기는 분들이 있었다. 마이크로시스틴이 4914ppb라는 것을 누구도 몰랐을 것이고 무엇을 의미하는 것인지도 몰랐을 것이다.
- 낙동강 인근. 국가산단 취수장 바로 앞에서 농사짓는 농민으로서, 과연 이렇게 농사지은 농산물이 안전한가? 낙동강 변에 사는 우리의 삶이 안전한가를 묻고 싶다?
- 난 직접 이번 조사를 진행했다. 8월 6일. 국가산단취수장의 아침 8시와 오전 11시는 확연히 달랐다. 오전 8시는 녹조가 일어나고 있다를, 오전 11시는 강을 덮었다를 확인할 수 있었다. 그럼 11시에 강을 덮은 녹조는 어디에 있었나를 봐야 한다. 1m도 되지 않는 물속에 엄청난 양의 녹조가 가라앉아 어떤 조건을 기다리고 있었다.
- 양수장의 취수구는 강 수위의 중간에 있기에 녹조는 양수장을 통해 올라오지 않는다고 말하지만, 저녁부터 아침까지의 녹조는 물속에 있다. 양수장은 낮에만 가동하는 게 아니라 밤에도 가동한다. 그럼 농사짓는 농경지에 녹조가 유입되고 있고 이렇게 지은 농산물이 안전한가를 정부에 물어야 하겠다. 또한 4914ppb 인근에 사는 주민들은 또한 안전한가를 정부에 물어야 하겠다.

4대강 남세균 국민건강위협 현황과 해결방안 토론회[토론문]  
**환경부의 정수 중심의 남세균 모니터링과 대책의 한계,  
이제는 전환해야 할 때**

2021.8.31. 시민환경연구소 소장 백명수

- 4대강 보 건설 이후, 여름철 발생하는 녹조(남세균)는 이제 연례 행사가 되고 있음
- 부경대 이승준 교수의 낙동강 남조류 발생지역에서 채수, 분석한 독성물질(마이크로시스틴) 농도는 미국 EPA의 레저활동 권장 사항, 세계적 가이드라인을 훨씬 초과하고 있음. 낙동강 국가산단 취수구 부근에서 최대 농도 4913.39ppb가 분석된 것은 해외의 통상 레저활동 가이드라인인 20ppb 수준의 200배가 넘는 것으로 매우 우려스러운 상황이 아닐 수 없음
- 남조류 발생에 따른 국민 우려가 클 때마다 환경부는 국내 정수장 처리수(정수)에서 남조류 독성이 검출되지 않았다고 조사결과를 언론 보도해 왔음. 남조류 대발생 시 국민들이 가장 크게 우려하는 것은 먹는 물 안전으로, 이에 대한 정부의 선제적 조치로 이해함
- 하지만 발표 자료에는 불검출로 명시되어 있으나, 검출한계에 대한 정보는 제공하고 있지 않았음. 실험실 분석 조건, 한계 등에 대한 소통은 없었던 상황임
- 현재 남조류 발생과 이로 인한 독성물질 위험이 세계적으로 제기되고 있음. 국내에서도 독성물질의 생태계 위해성, 친수활동에 따른 노출위험(에어로졸) 등에 대한 우려가 증가하고 있는 상황에서 환경부의 독성물질에 대한 정수장 모니터링으로는 많은 한계가 노정되고 있음. 이는 현재 남조류 중심의 모니터링은 위해성에 대한 추정과 대처로 볼 수밖에 없는 현실임
- 환경부의 남조류 대책의 한계는 이제 분명하게 인식해야 할 때임. 이제 남조류 발생의 위해성에 대한 정확한 진단과 대책이 수립·시행되어야 함
- 이를 위해 우선 정수장 중심의 조류경보제 운영에서 탈피하여 종합적인 대처로 나아가야 함. 때문에 남조류 모니터링을 단위 부피당 세포수에서 독성물질 농도로 그 체제를 바꿔야 함. 사실 독성물질을 생성하는 남조류(유해 시아노박테리아)의 종류도 매우 다양함. 마이크로시스틴을 생성하는 종도 발표 자료에 의하면 최소 16종에 이름. 유해 독성물질 중심의 세밀한 모니터링이 필요
- 독성물질 흡입경로에 따른 경보제가 마련되어야 함. 독성물질에 대한 가이드라인 설정, 그 위험성이 부각되고 있는 에어로졸 흡입 유해성, 생태계 축적에 대한 연구와 대책 마련이 필요함
- 끝으로 녹조발생에 대한 주요 원인에 대한 해결이 필요함. 부영양화, 기후변화, 수계변화(정체 등) 중 당장 시행할 수 있는 가능한 방안은 도입과 시행이 필요함

## 정부의 낙동강 책임 방기, 국민 안전 위태롭다

20210831 임희자

1. 환경부는 스스로 데이터 신뢰성을 훼손시키고 있다.
  - 환경부 박재현 국장은 조류경보제 보 관찰 지점에 대한 측정 결과를 제시했다. 그리고 8월 한 달 치 주간 측정 결과를 제시하면서 2018년~2020년 측정 결과를 비교 제시했다.
  - 2018년은 낙동강에서 역대 최대치의 조류대발생이 일어났던 해이다. 같은 시기 부산정수장은 블랙아웃의 위기를 겪을 뻔했다.
  - 그런데 칠서지점과 합천보 함안보에 대하여 상대적으로 측정치가 낮은 2019년 결과를 제시하는 건 국민의 상황인식을 왜곡시킬 수 있다.
  - 묻는다. 이런 식으로 낙동강 녹조 문제에 대응하여 환경부가 얻고자 하는 것이 무엇인가?

칠서	2018.07.30	100,941
칠서	2018.08.02	54,748
칠서	2018.08.06	120,999
칠서	2018.08.09	59,489
칠서	2018.08.13	66,522
칠서	2018.08.16	84,906
칠서	2018.08.20	41,360
칠서	2018.08.22	58,076
칠서	2018.08.27	1,289
칠서	2018.08.30	1,445

창녕함안보 상류300m	2018.07.30	109,428
창녕함안보 상류300m	2018.08.06	715,993
창녕함안보 상류300m	2018.08.13	228,838
창녕함안보 상류300m	2018.08.20	350,693
창녕함안보 상류300m	2018.08.30	2,070

지점	일시	유해남조류수
합천창녕보 상류500m	2018.07.23	9,958
합천창녕보 상류500m	2018.07.30	250,000
합천창녕보 상류500m	2018.08.02	24,500
합천창녕보 상류500m	2018.08.06	245,500
합천창녕보 상류500m	2018.08.09	229,000
합천창녕보 상류500m	2018.08.13	221,500
합천창녕보 상류500m	2018.08.16	718,000
합천창녕보 상류500m	2018.08.20	236,000
합천창녕보 상류500m	2018.08.22	1,264,052
합천창녕보 상류500m	2018.08.28	4,640

2. 환경부는 지금의 낙동강 녹조를 방지하고 수돗물 안전성만 강조하는 것이 환경부의 역할과

책임을 다하는 것인가?

- 2021.7.26 낙동강 함안보 본포 녹조 발생 현황 이때 환경부 유해 남조류 세포수 측정 결과는 16.749였다.



2021.7.26. 환경부 측정결과

지점	일시	유해남조류수	일시	유해남조류수
창녕함안보 상류300m	2018.05.23	1,132	2021.05.24	524
창녕함안보 상류300m	2018.05.28	2,809	2021.05.31	1,654
창녕함안보 상류300m	2018.06.04	21,710	2021.06.07	283
창녕함안보 상류300m	2018.06.11	22,182	2021.06.14	2,225
창녕함안보 상류300m	2018.06.18	92,543	2021.06.21	2,026
창녕함안보 상류300m	2018.06.25	104,855	2021.06.28	24,939
창녕함안보 상류300m	2018.07.06		2021.07.05	30,473
창녕함안보 상류300m	2018.07.09	415	2021.07.13	248
창녕함안보 상류300m	2018.07.16	1,810	2021.07.19	1,030
창녕함안보 상류300m	2018.07.23	34,269	2021.07.26	16,749
창녕함안보 상류300m	2018.07.30	109,428	2021.08.02	43,366
창녕함안보 상류300m	2018.08.06	715,993		
창녕함안보 상류300m	2018.08.13	228,838		
창녕함안보 상류300m	2018.08.20	350,693		
창녕함안보 상류300m	2018.08.30	2,070		
창녕함안보 상류300m	2018.09.03	200		
창녕함안보 상류300m	2018.09.10	809		
창녕함안보 상류300m	2018.09.17	848		
창녕함안보 상류300m	2018.09.27	1,150		
창녕함안보 상류300m	2018.10.02	3,426		

- MCs 에어로졸을 통한 환경영향 충분히 의심되는 징후가 있다. 2021.7.26. 함안보 소수력발전시설에 말라붙어있는 녹조알갱이



- MCs 2016년 2월24일 수돗물 낙동강 원수 측정결과
- MCs는 2016년 2월 조사 결과에 따르면 겨울에도 검출되었고 수돗물에도 미량이지만 검출되었다.

시료종류	시료명	분석1	분석2	평균	표준편차
수돗물	101호	0.0480	0.0472	0.0476	0.0006
	105호	0.0347	0.0216	0.0281	0.0092
	701호	0.0360	0.0447	0.0404	0.0061
	1405호	0.0285	0.0466	0.0375	0.0129
	205호	0.0459	0.0455	0.0457	0.0003
	110호	0.0272	0.0449	0.0367	0.0126
	507호	0.0289	0.0377	0.0333	0.0062
	502호	0.0241	0.0218	0.0230	0.0016
강물	창원칠서	0.0598	0.0495	0.0547	0.0073
	창원대산	0.0735	0.0613	0.0674	0.0087
	함안칠서정수장	0.2359	0.2478	0.2418	0.0084
	창원본포	0.0622	0.0518	0.0570	0.0073
	창원칠서취수장	17.4094	17.3846	17.3970	0.0175
	강정고령보1	0.0318	0.0451	0.0384	0.0094
	달성보	0.0640	0.0369	0.0504	0.0192
	강정고령보2	0.0446	0.0462	0.0454	0.0012
	질곡보	0.0640	0.0348	0.0494	0.0207
분석 단위: µg/L					

- MCs는 2017년 8월 조사에서 저니토에도 검출되었다.

2017년 8월 26일 낙동강 지역의 저니토의 Microcystin 농도

샘플링 위치 (Location)	저니토 깊이 (Depth)(cm)	Microcystin 농도 (MC conc.)( $\mu\text{g}/\text{kg-dw}$ )	비고 (Remarks)
St. 1 대동선착장 (Daedong)	0-1 1-2	7.9	
St. 2 본포취수장 (Bonpo)	0-1 1-2	0.9 1.5	
St. 3 함안보 (Haman)	0-1 1-2	11 11	
St. 4 달성보 (Dalsung)	0-1 1-2	8.8 13	OK
St. 5 강정보 (Kangjeong)	0-1 1-2	11 1.9	OK
St. 6 영주댐 (Youngju)	0-1 1-2	0.43 4.1	OK

- MCs에 대해 환경부는 조류경보제 관심 단계에서 MCs를 분석하지 않지만, 실제 관심 단계에서 MCs가 검출될 수 있다. 2017년 환경부 측정 결과는 7월 31일 2,082, 8월 3일 1,666, 8월7일 1,103이었다. 이 기간 중 8월 5일 환경부 조류경보제 측정지점 MCs는 3.37 MC-LR은 0.97이었다. 이때 칠서취수장 취수구는 6.26 MC-LR은 1.99였다.
- 2018년 8월6일 칠서의 MC-LR은 1.4 이때 유해남조류는 120,999였다.
- 이런 점들 때문에 환경부의 조류경보제 녹조대응대책을 믿지 못하겠다는 것이다.

지점명	채수위치	조사일	유해남조류세포수 (cells/ml)
낙동강	칠서	2017.07.31	2,082
낙동강	칠서	2017.08.03	1,666
낙동강	칠서	2017.08.07	1,103
낙동강	칠서	2017.08.14	6,722
낙동강	칠서	2017.08.21	2,069
낙동강	칠서	2017.08.28	3,037

지점명	채수위치	조사일	유해남조류세포수 (cells/mL)	Microcystin-LR( $\mu$ g/L)
낙동강	철서	2018.07.30	100,941	
낙동강	철서	2018.08.02	54,748	0.8
낙동강	철서	2018.08.06	120,999	1.4
낙동강	철서	2018.08.09	59,489	0.4
낙동강	철서	2018.08.13	66,522	0.3
낙동강	철서	2018.08.16	84,906	1
낙동강	철서	2018.08.20	41,360	0.5
낙동강	철서	2018.08.22	58,076	0.4
낙동강	철서	2018.08.27	1,289	정량한계미만
낙동강	철서	2018.08.30	1,445	정량한계미만

2017년 8월 낙동강, 영산강, 영주댐 원수의 microcystin 농도

Date	Time	Site	Conc. ( $\mu$ g/L)			Total MC
			MC-RR	MC-YR*	MC-LR	( $\mu$ g/L)
2017-08-05	10:20	철서취수장	2.46	1.81	1.99	6.26
2017-08-05	11:50	함안보 조류경보제 측정지점	1.29	1.11	0.97	3.37
2017-08-05	15:15	강정보 조류경보제 측정지점	1.20	0.98	1.02	3.21
2017-08-05	16:15	매곡취수장	1.89	1.50	1.55	4.94
2017-08-05	18:30	본포취수장	1.30	1.20	0.92	3.42
2017-08-06	18:40	매리취수장	1.46	N.D.	0.95	2.40
2017-08-05	15:00	영산강 죽산보 좌안	4.75	3.83	3.76	12.35
2017-08-06	12:20	영주댐	5.64	N.D.	4.48	10.12
2017-08-06	12:20	영주댐 scum	62.88	N.D.	55.70	118.58

MC-YR\* :  $\mu$ g equivalent L<sup>-1</sup>

4. 환경부는 환경부의 존재이유를 사수하라.

<마이크로시스틴문제>

- 국회 4대강 위해성 예방 특위 구성 촉구.
- 4대강사업 이후 낙동강 위해 요인 종합 조사 - 환경부, 농림축산식품부, 보건복지부(질병관리청) 차원의 종합 조사 촉구.
- 4대강사업 이후 4대강주변 사회영향평가(어민, 농민, 시민 영향 분석)

- 낙동강 종합 시민 교육
- 해외 강 복원 사례 조사
- 조류경보제 제도 개선 요구
- 취수원 앞, 주변을 채수지점 추가
- 마이크로시스틴 상시 분석
- 수돗물 마이크로시스틴 분석
- 어패류채집 어로활동 친수활동 금지

<녹조 발생문제>

- 수문상시개방 여건조성을 위한 취양수시설 개성공사를 턴키공사 일괄발주 요구 (4대강사업 당시 시공방법, 총사업비 3500억원 중 2022년 사업비 213억 책정)
  - 문재인정부 임기내 낙동강 보처리방안 낙동강유역물관리위원회 상정
- 낙동강은 사람만이 아니라 수많은 동식물의 보금자리이며 생명수이다. 그런데 정부는 동문서답을 하고 있다. 수돗물의 안전성 뿐만 말고 있다. 낙동강 수질과 생태계의 안전성은 외면하는 것은 아닌가? 수돗물은 지자체의 사무로서 낙동강 수질개선의 책임이 있는 환경부가 그 책임을 다 해주기 바란다.
  - 환경부는 왜 구차하게 변명을 늘어놓는가. 지금의 환경부 녹조대응 정책이 완벽하다고 확신하고 있는 것은 아니지 않는가. 그렇다면 문제점과 한계를 인정하고 당당하게 개선을 해나가면 국민들은 박수 칠 것이다.