

**낙동강 녹조 대응과  
창원시민의 안전한 수돗물 공급을 위한  
정책 토론회**



**기후위기·그린뉴딜정책연구회**



# 「낙동강 녹조 대응과 창원시민의 안전한 수돗물 공급을 위한 정책 토론회」

## □ 개요

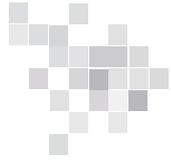
- 일 시 : 2022. 9. 16.(금) 오후 2시
- 장 소 : 창원특례시의회 대회의실(제2별관 2층)
- 주 최 : 창원특례시의회 기후위기·그린뉴딜 정책연구회
- 주 관 : 안전한 수돗물 및 낙동강 상수원지킴이 창원시민대책위원회, 수돗물시민네트워크

## □ 진행계획

시 간	내 용	비고
[개회식] 14:00 ~14:50	• 내빈 소개	사회자
	• 시작인사 창원특례시의회 기후위기·그린뉴딜 정책연구회 안전한 수돗물 및 낙동강상수원지킴이 창원시민대책위원회	
	• 주제발표 1 : 낙동강 유충 해결과 상수원 수질 개선 방안 - 발제자 : 곽인실 전남대학교 교수 • 주제발표 2 : 낙동강 녹조 해결과 안전한 수돗물 대책 방안 - 발제자 : 이승준 부경대학교 교수	
[주제토론] 14:50 ~15:30	• 좌장 : 전홍표 창원특례시의원, 연구회 대표의원	좌 장
	• 토론 1 : 창원시 안전한 수돗물 안전 강화 대책 - 이종덕 창원특례시 상수도사업소 소장	
	• 토론 2 : 시민에게 신뢰 받는 수돗물 정책 방향 - 이해련 창원특례시의원, 유충규명 특별조사위원회 위원	
	• 토론 3 : 안전하고 깨끗한 수돗물 생산과 공급 정책 방향 - 정순욱 창원특례시의원, 유충규명 특별조사위원회 위원	
	• 토론 4 : 시민이 바라는 먹는물 정책 방향 - 이재경 진해YWCA 사무총장	
15:30 ~16:00	• 토론 5 : 안전한 수돗물을 위한 상수원수 수질 - 이철재 수돗물시민네트워크 정책위원	
	■ 종합토론 및 폐회	

## □ 주요참석자

구 분	성 명	소 속	비 고
기후위기 그린뉴딜 연구회 의 원	전 홍 표	건 설 해 양 농 림 위 원 회	연구회 대표의원
	이 원 주	문 화 환 경 도 시 위 원 회	연구회 총무
	김 묘 정	기 획 행 정 위 원 회	의회운영 위원회
	문 순 규	부 의 장	기획행정 위원회
	서 명 일	경 제 복 지 여 성 위 원 회	의회운영 위원회
	이 우 완	기 획 행 정 위 원 회	
	최 은 하	문 화 환 경 도 시 위 원 회	
	한 은 정	문 화 환 경 도 시 위 원 회	
발제자 및 토론자	곽 인 실	전 남 대 학 교	교수
	이 승 준	부 경 대 학 교	교수
	이 종 덕	창 원 시 상 수 도 사 업 소 장	
	이 해 련	창 원 시 유 충 사 태 특 별 조 사 위 원 회	시의원
	정 순 욱	창 원 시 유 충 사 태 특 별 조 사 위 원 회	시의원
	이 재 경	진 해 Y W C A	
	이 철 재	수 돛 물 시 민 네 트 워 크	
	임 희 자	공 동 집 행 위 원 장	
	이 종 훈	창 원 시 기 후 환 경 정 책 관	



# 01

## 국내 취수원 갈따구 종류 및 분포현황

곽인실 교수



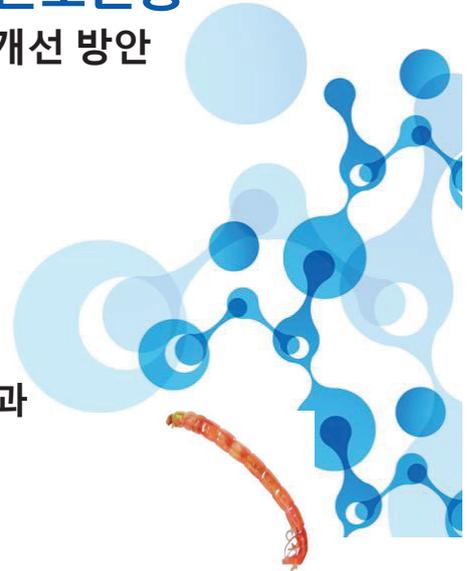


# 국내 취수원 깔따구 종류 및 분포현황

## : 낙동강 유충 해결과 상수원 수질 개선 방안



곽 인 실 교수  
전남대학교 해양융합과학과



전남대학교 수산과학연구소

전남대학교

## Contents

1. 수생태계: 깔따구 유충의 생태학적인 특성
2. 취수원 및 정수시설: 유충의 분포 및 정수장 유입가능성
3. 원수관리: 기후변화에 따른 유충 관리를 위한 모니터링 제도 마련



## 수생태계:

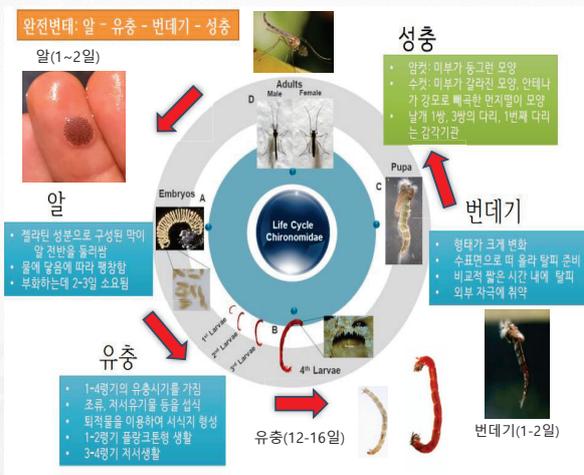
## 깔따구 유충의 생태학적인 특성



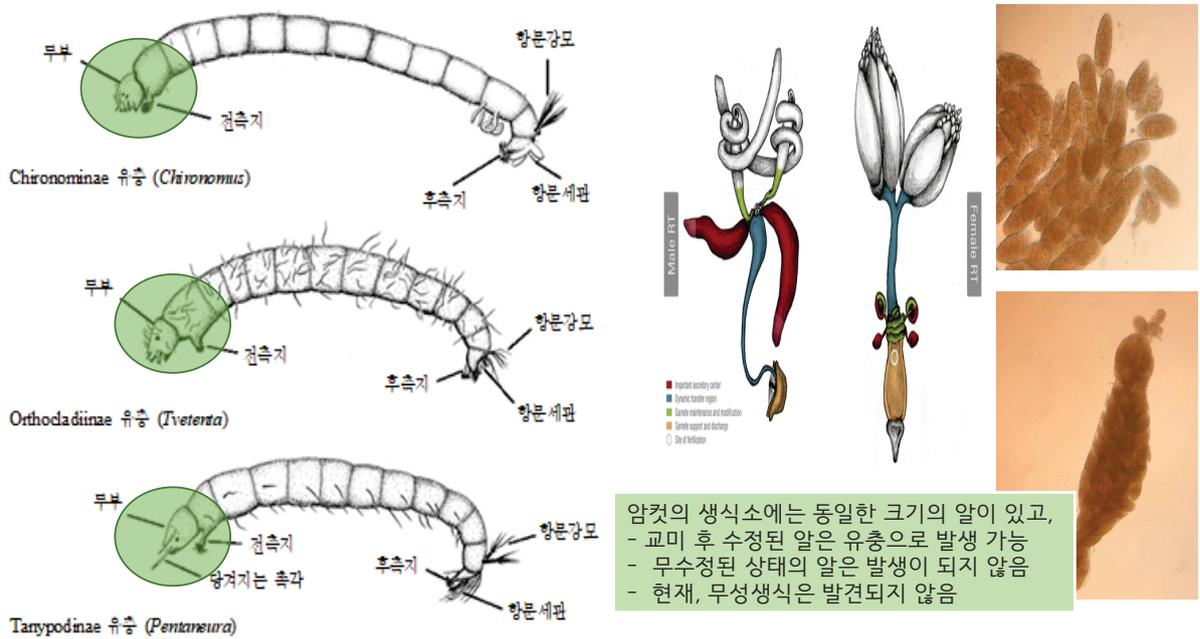
### 깔따구 유충의 생활사와 대발생 조건

4

- 유충 분류와 Microscope(현미경) 슬라이드 제작을 위해서 해부용 현미경 필요
- 유충 동정을 위해서 위상차 광학현미경과 다양한 매물 렌즈를 가진 광학 현미경 사용 분석

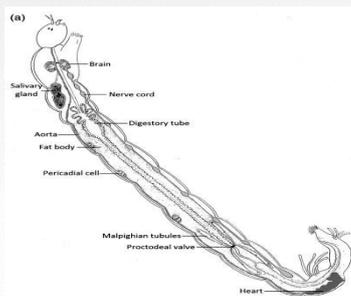


- 환경 교란으로 열악한 환경조건 형성: 유기물(SS, TOC 등의) 과다 유입
- 경쟁자와 포식자의 부재: 먹이원과 서식처의 독점
- 생존능력: 저산소층에 대한 생리적인 적응능력
- 퇴적물 내에서 은신처를 형성하는 저서생물
- 흐름이 없이 고여있어 따뜻한 미소서식처 형성
- 따뜻한 기온과 수온: 야외 15도 이상, 실내사육조건 20도 이상
- 인적이 드물어 조용한 상태
- 축축한 부착기질: 돌이나 나무, 콘크리트 등의 표면

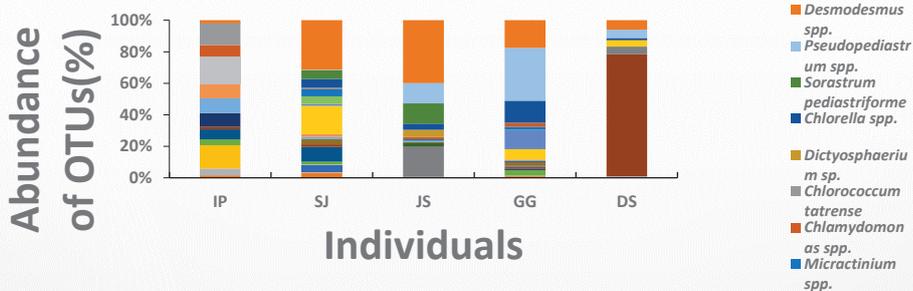


\* *Paratanytarsus grimmii* 무성생식

## 4대강 보 유충의 중장 해부 및 위내용물 분석



녹조류, 규조류, 균류 섭취



- 진핵생물을 타겟으로 하는 18S rRNA를 이용한 DNA Library 제작
- Illumina iseq 100 target amplicon sequence 플랫폼을 이용하여 NGS 분석 진행
- DADA2 파이프라인과 NCBI 데이터 베이스를 이용한 구성 파악

## 수생태계 내에서 깔따구 제거 영향(1/2)

전남대학교 수산과학연구소  
수통합 생물 FCF 평가 연구

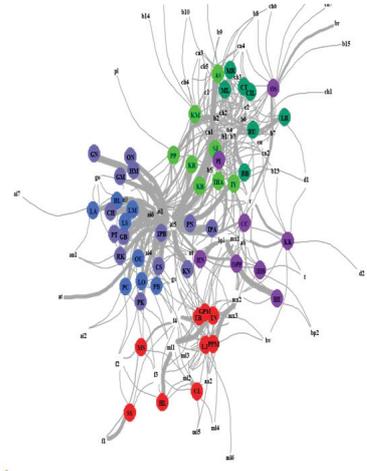
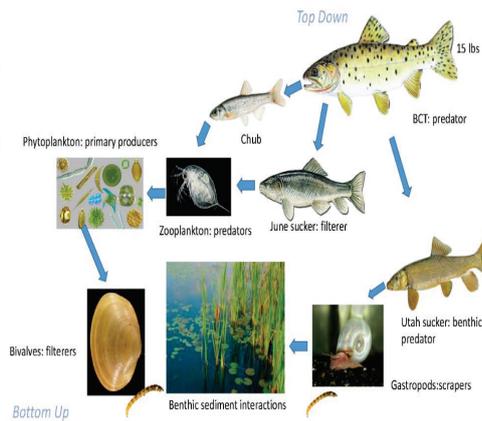


### ■ 종다양성 감소

- 깔따구는 저서성 대형무척추동물 중 가장 높은 종다양성을 보이는 무리 => 종다양성 관점에서 매우 중요한 분류군
- 깔따구 제거시 해당 지역의 종다양성이 크게 감소하게 될 것

### ■ 수생태계 먹이망 교란

- 깔따구는 수생태계 먹이망에서 생산 중요한 역할 => 어류 및 다른 곤충의
- 저서성 대형무척추동물 생산량 증대
- 깔따구 제거시 깔따구를 먹이로 하던 어류 감소 => 먹이망의 교란



호소내 먹이망 모식도 (Richards, 2017)

## 수생태계 내에서 깔따구 제거와 영향(2/2)

전남대학교 수산과학연구소  
수통합 생물 FCF 평가 연구

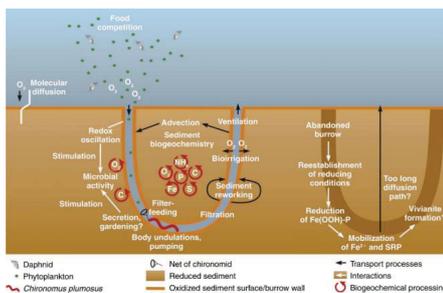


### ■ 유기물 및 물질순환 교란

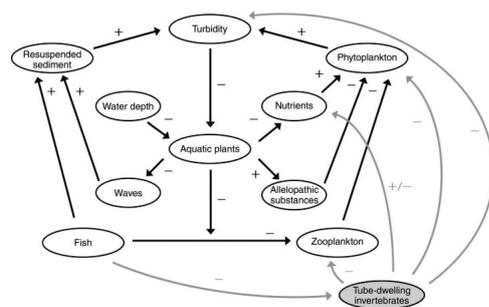
- 깔따구는 퇴적물과 수체 내에 있는 유기물을 분해하여 영양염류가 순환하게 함
- 깔따구 제거시 물질 순환이 크게 교란, 퇴적물 내에서 일어나는 다양한 이화학적 작용이 교란될 것

### ■ 퇴적물 내의 철이온 산화 영향 및 HABs 증가 유발

- 깔따구는 퇴적물 내의 철이온 산화에 영향을 미치며 유해조류발생(Harmful algal blooms, HABs)에 영향을 미침
- 깔따구 제거시 철이온 산화 교란 영향으로 유해조류의 발생 => 부영양화, 무산소증 유발



Chironomus plumosus가 튜브(관)를 통해 산소를 순환시켜 철의 상태를 변화시킨다는 모식도 (Hölker et al., 2015)



호수 생태계에서 구성 인자들 사이의 상호작용 (Scheffer et al., 2015)

# 취수원 및 정수시설:

# 유충의 분포 및 정수장 유입가능성



## 수돗물 갈따구 유충 유출사고 및 검출 현황

### 인천 수돗물 유충 발견 사고

2020년 07월 13일 인천 서구 유충 발생(연합뉴스)



2020년 07월 15일 인천 부평 유충 발견 (NEWSIS)



2020년 07월 21일 정수장 7곳서 '유충' 발견 (JTBC)



7월 9일 유충 발견후 수돗물 유충 민원 총 1,848건  
**실제유충발견 235건(8.31기준)**

제주 수돗물 유충 발견 사고- 1차: 2020.10.22, 2차: 2021. 2. 25

2020년 10월 22일 제주도 수돗물 '깔따구 유충' 발견 (연합뉴스)

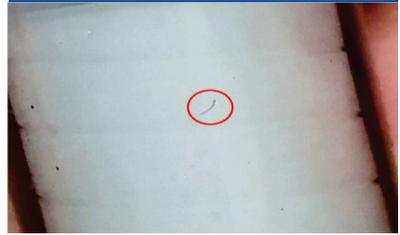


사진은 지난 20일 밤 서귀포시 대포동 한 주택 샤워기 밑에서 발견된 유충. (연합뉴스 제공)

2020년 10월 25일 제주도 수돗물 '유충' 51건 발견(제주의 소리)



2020년 12월 14일 수돗물 유충, '타마긴털깔따구' 등 2종 확인-역학조사 본격 돌입(제주일보)



창원 석동정수장 수돗물 유충 발견 사고- 2022. 7.7.

"수돗물 믿어도 되나"...깔따구 유충에 '먹는 물 안전' 뿔

2022.08.18 06:35 기사입력 2022.08.17 14:08

자녀날 창원수원수돗물에서 깔따구 유충 발견  
"방충살이 미흡 등 시설 노후화 등이 원인"  
2년 전 인천제주시도 유충 발견  
관망부, 유충 유충 차단장치 도입 등 위생관리조치 강화



수도원에서 제공한 유충이 발견된 수돗물. 사진은 지난 7월 7일 창원수원수돗물에서 발견된 유충. (연합뉴스 제공)

"깔따구 유충 왜 또 나왔나?" 근본대책 요구

2022.07.27 09:14 2022.08.02

NEWS

▶ANC▶ 서귀포시 가정 정수장의 수돗물에서 지난해에 이어 지난해에도 깔따구 유충이 또 다시 나왔다는 데요.

도의회가 고위 공무원들을 한꺼번에 불러 정황을 점검을 규명하고 근본적인 대책을 세우라고 요구했습니다.

조민호 기자입니다.

▶END▶ ◀VCR▶ 지난해 10월 깔따구 유충이 처음 발견됐던 서귀포시 가정정수장

원인은 도지사가 사과하고 청문회 개최를 결의했지만 해군기지 전입으로 공사과정에서 송수관로가 파열된 뒤 역과장치가 고장 나 지난해에도 유충이 또 나왔습니다.

내일신문 뉴스 오피니언 내일스페셜 지평선

뉴스 | 정치 | 사회 | 경제 | 문화 | 환경 | 교육 | 건강 | 부동산 | IT | 생활 | 특종

전국 정수장 27곳에서 '깔따구 유충'

경상북도에서 수돗물 유충 발생은 전국에서 유충 발생지역이 가장 많은 것으로 나타났다.

2022.07.19 09:30 기사

경상북도에서 수돗물 유충 발생은 전국에서 유충 발생지역이 가장 많은 것으로 나타났다.

2022.07.19 09:30 기사

경상북도에서 수돗물 유충 발생은 전국에서 유충 발생지역이 가장 많은 것으로 나타났다.

2022.07.19 09:30 기사

경상북도에서 수돗물 유충 발생은 전국에서 유충 발생지역이 가장 많은 것으로 나타났다.

2022.07.19 09:30 기사

경상북도에서 수돗물 유충 발생은 전국에서 유충 발생지역이 가장 많은 것으로 나타났다.

2022.07.19 09:30 기사

경상북도에서 수돗물 유충 발생은 전국에서 유충 발생지역이 가장 많은 것으로 나타났다.

깔따구 발생

Google 검색: 559,000건, 뉴스 9,300건(2021.04.03 검색)  
연관어: 준설토, 수돗물, 4대강, 신항만 건설, 기후변화

1993.8.3. 대구시 상수도본부, 7월 한달간 20여건 수용가에서 신고

연합뉴스

大邱시 "수돗물 벌레검출은 곤충을 오인한 것"

기사입력 1993.08.03. 오전 9:39 스크린 본문듣기 설정

공감 댓글

요약본 가 댓글

(大邱=聯合) 大邱시상수도본부는 3일 최근 시내 일부지역 가정 수돗물에서 벌레가 잇따라 검출됐다는 수용가들의 신고를 조사한 결과, 수돗물에서 나온 것이 아니라 주변 여건에 따라 자연 발생한 곤충류라고 설명했다.

3일 시상수도본부에 따르면 지난 7월 한달간 수돗물과 관련, 시민들로부터 제기된 민원 20여건 가운데 10건이 가정 수돗물에서 용수철모양의 벌레 혹은 붉은 색을 띤 벌레가 나왔다는 것.

이에 따라 시상수도본부는 벌레가 나왔다고 신고한 南구 大明동과 中구 南山동 일대의 가정 수돗물을 조사한 결과, 문제의 벌레는 파리와 같은 모기와 비슷한 깔따구의 알 또는 유충으로 여겨질 기온상승(盛夏 25)에 따라 주변하천이나 하수구에서 발생한 뒤 발견된 것.

1994.6.7. 서울 탄천 주변 집단번식

연합뉴스

<현장>서울 탄천주변 '깔따구'떼 극성

기사입력 1994.06.07. 오후 7:20 스크린 본문듣기 설정

공감 댓글

요약본 가 댓글

(서울=聯合)○... 서울 강남구 탄천주변에 모기의 일종인 '깔따구'가 떼를 지어 몰려들어 주민들이 이를 퇴치하느라 밤잠을 설치는가 하면 더운 날씨에 창문을 닫고 지내는 등 큰 불편을 겪고 있다.

7월 강남구에 따르면 지난 3월께부터 탄천주변에서 서식하는 '깔따구'가 갑자기 더워진 날씨로 급격히 번식. 인근 삼성동, 대치동 등 주택가로 한꺼번에 수천마리씩 떼를 지어 몰려들고 있다.

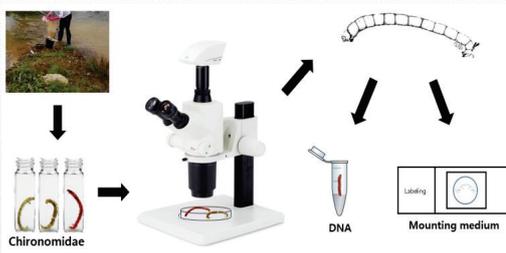
특히 삼성1동 지역의 피해가 가장 심해 밤이 되면 불빛을 보고 날아온 깔따구떼가 창문에 시커멓게 달라붙어 정상적인 생활을 불가능하게 하고 있다는 것.

필터 사용으로 2020년 알게 된 것인가

갈따구 유충 형태학적 분석

갈따구 동정을 위한 슬라이드 제작

- 현장에서 채집한 갈따구류를 90~100% 에틸알코올로 시료를 고정
- 실체현미경을 통한 육안 동정 후 분류군으로 나눔
- 체장, 두폭 길이 등을 측정하고 사진 기록, 두부와 꼬리를 해부하여 외형, 부속지를 Slide glass에 Euperal, Hoyer's solution 이나 CMC10을 이용하여 고정 또는 반영구적으로 보관
- 상위 8종의 체장, 두부-눈과 위치, 무늬, 측각, 구기 특성 분석
- 유충 분류와 Microscope(현미경) 슬라이드 제작을 위해서 해부용 현미경 분석
- 유충 동정을 위해서 위상차 광학현미경과 다양한 대물 렌즈를 가진 광학 현미경 사용 분석



분자생물학 기술을 이용한 갈따구 종 동정 및 분포 파악

DNA COI갈따구를 통한 종 동정 및 분포 파악

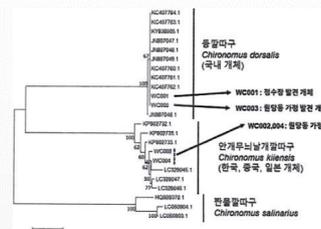
- DNA barcode를 진행하기 위해 갈따구 개체 DNA 추출 및 COI 유전자를 통한 종 파악
- 머리와 후측지는 형태분석에 사용
- 몸통은 DNA추출을 위해 AccuPrep® Genomic DNA Extraction Kit (Bioneer) Protocol로 수행
- 추출한 DNA는 COI Primer를 이용한 PCR을 실시하며, 1.5% Agarosegel을 통해 시각적인 밴드 확인
- PCR Product는 염기서열 분석 후 계통수 분석



AccuPrep® Genomic DNA Extraction Kit (Bioneer)



1.5% Agarose gel

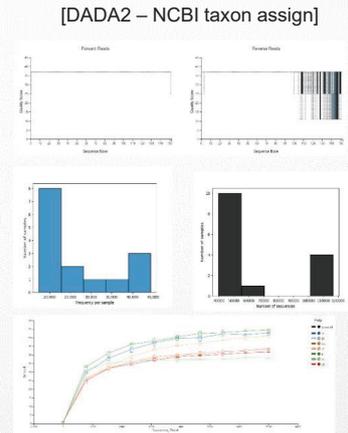


Phylogenetic tree

**eDNA 기술을 이용한 퇴적물 내 생물 다양성 분석**

**취수원에서 채집된 퇴적물에 18S rRNA eDNA 출현군집**

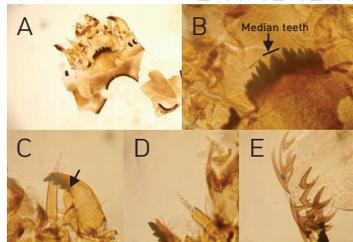
- 퇴적물 내 존재하는 출현 군집에 대한 다양성을 파악하기 위해 CTAB를 이용하여 DNA추출
- 진핵생물을 타겟으로 하는 18S rRNA를 이용한 DNA Library 제작
- Illumina iseq 100 target amplicon sequence 플랫폼을 이용하여 NGS 분석 진행
- DADA2 파이프라인과 NCBI 데이터 베이스를 이용한 종 구성 파악 (<Identy 97%)



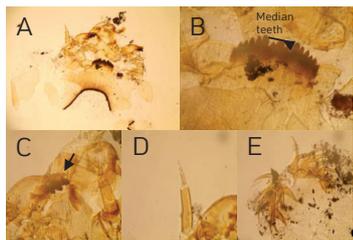
**정수장 유출사고 깔따구 유충 형태 특징과 출처 분석**

**인천 공촌정수장 Chironomid 출현 종 형태**

1. *Chironomus kiiensis* (안개무늬날개깔따구)

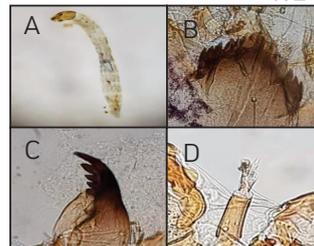


2. *Chironomus flaviplumus* (노랑털깔따구)



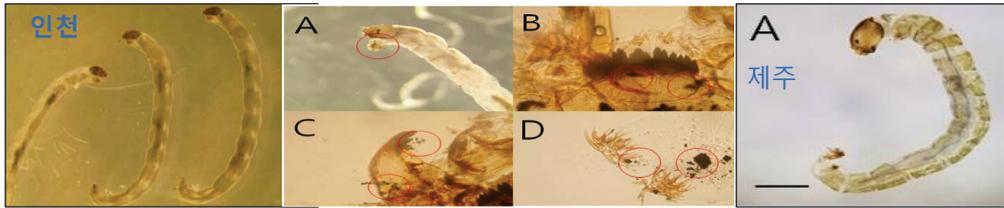
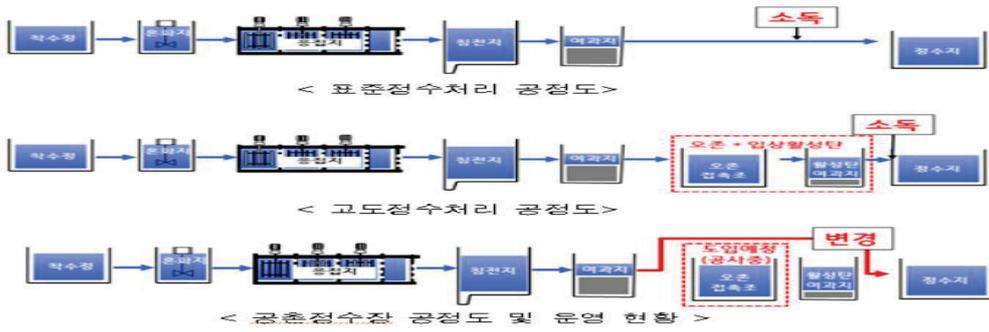
**제주 강정정수장 Chironomid 출현 종 형태**

1. *Orthocladius tamarutilus* (깃깔따구속)

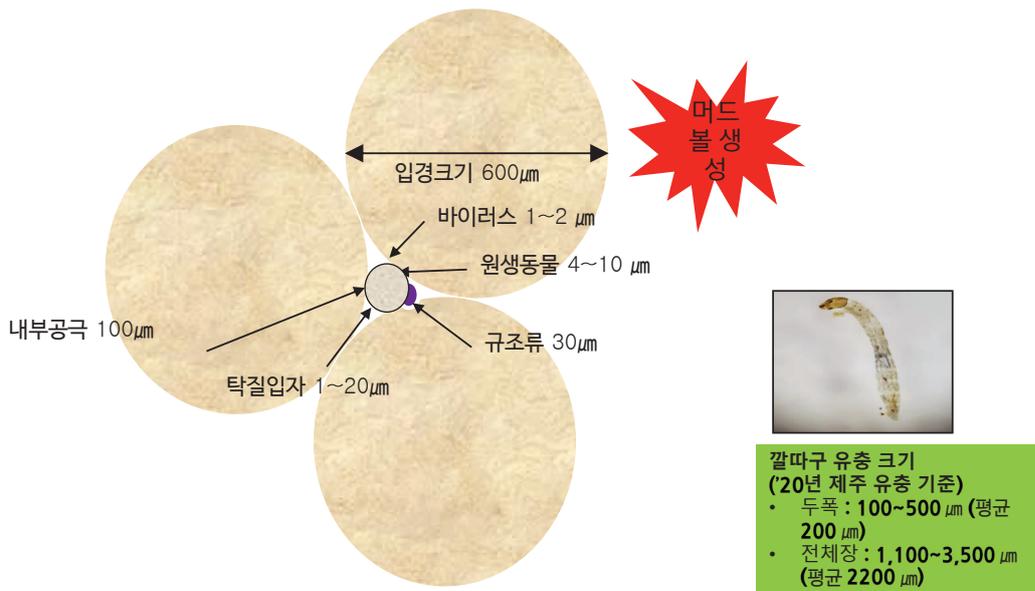


2. *Paratrichocladius tammaater* (타마긴털깔따구)





- 현재, 활성탄지, 모래여과지에서 유출 확인
- 물의 이동에 따른 전체 수도 공정 과정에서 확인 필요





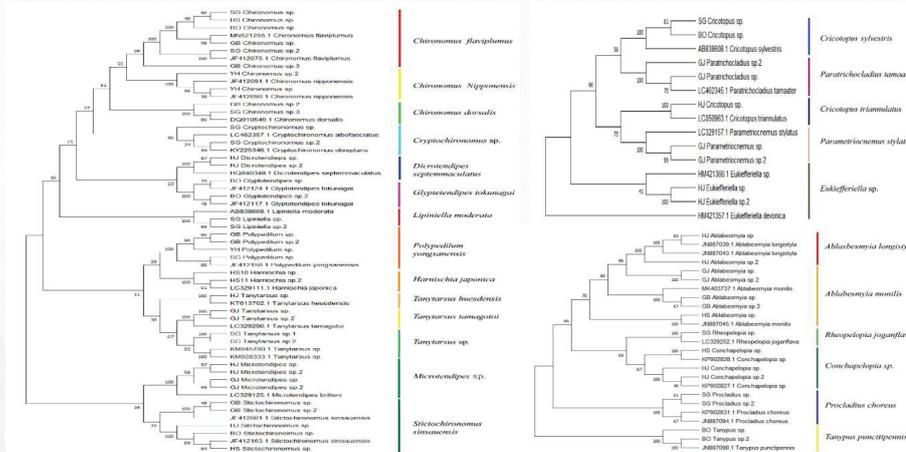
정수장 인근하천의 깔따구 유충 분포현황 (2)

- 8개 정수장 인근하천에서 발견된 깔따구는 총 3아과 19속 25종 분석
- 전국 누적 깔따구 유충 목록은 3아과 31속 67종이 출현 (본 조사에서 조사된 종은 초록색 표)

No	Subfamily	아과	학명	국명	No	Subfamily	아과	학명	국명
35	Chironominae	깔따구아과	<i>Tanytarsus formosanus</i>	국명 미정	53	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus</i> sp.	깃깔따구속
36	Chironominae	깔따구아과	<i>Tanytarsus</i> sp.	장부깔따구속	54	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus suspensus</i>	그네깃깔따구
37	Chironominae	깔따구아과	<i>Tanytarsus tamagotai</i>	가위장부깔따구	55	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus tamarutius</i>	동근깃깔따구
38	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Brillia japonica</i>	일본생물깔따구	56	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Parakiefferiella bathophila</i>	삼지창술깔따구
39	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Corynoneura kibunelata</i>	국명 미정	57	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Parametricnemus stylatus</i>	창열털날개깔따구
40	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Cricotopus bimaculatus</i>	두점박이아기깔따구	58	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Paratrichocladus tamaater</i>	타마킨털깔따구
41	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Cricotopus sylvestris</i>	숲아기깔따구	59	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Ablabesmyia longistyla</i>	긴모리알라깔따구
42	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Cricotopus triannulatus</i>	세줄아기깔따구	60	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Ablabesmyia monilis</i>	목결이알라깔따구
43	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Cricotopus yatabensis</i>	국명 미정	61	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Conchapelopia aagaardi</i>	국명 미정
44	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Eukiefferiella</i> sp.	랴논깔따구속	62	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Conchapelopia</i> sp.	민다리깔따구속
45	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Halocladus variabilis</i>	국명 미정	63	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Procladius choreus</i>	알모기깔따구
46	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Hydrobaenus galovinensis</i>	국명 미정	64	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Procladius</i> sp.	모기깔따구속
47	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Hydrobaenus kondoii</i>	국명 미정	65	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Rheopelopia joganflava</i>	국명 미정
48	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus chuzesextus</i>	국명 미정	66	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Tanypus</i> sp.	늘깔따구속
49	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus glabripennis</i>	국명 미정	67	Tanypodinae	늘깔따구아과	<i>Tanypus punctipennis</i>	점박이늘깔따구
50	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus kanii</i>	국명 미정					
51	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus rivularum</i>	국명 미정					
52	Orthocladinae	깃깔따구아과	<i>Orthocladus seanwui</i>	선우깃깔따구					

깔따구 유충의 계통수 분석

- 정수장 인근 하천별 깔따구를 실체현미경을 이용하여 형태학적 분류
- 깔따구 미토콘드리아 DNA를 이용한 COI 유전자의 부분염기서열을 통해 계통진화(Phylogenetic tree)분석



깔따구 미토콘드리아 DNA를 이용한 COI 유전자의 부분염기서열을 통해 계통진화적 분석(Phylogenetic tree)를 분석

취수원 별 퇴적물 내 18S rRNA eDNA 생물상

조사 지점	출현 강	출현 목	비율 (%)
인천 공촌 & 부평	Eurotatoria (진유충강)	Filiiidae (삼지유충)	65.37
	Insecta (곤충강)	Ephemeroidea (하루살이목)	6.65
	Cryptophyceae (은편모조강)	Cryptomonadaceae (크립토포모나스과)	4.34
	Chlorophyceae (녹조강)	Neochloridaceae (네오클로리소과)	3.56
	Bacillariophyceae (돌말강)	Naviculaceae	3.40
경기 화성	Eurotatoria (진유충강)	Filiiidae (삼지유충)	19.03
	Magnoliopsida (목련강)	Poaceae (벼 목)	14.90
	Enoplea (유침강)	Actinolaaimidae	11.89
	Chlorophyceae (녹조강)	Neochloridaceae (네오클로리소과)	9.61
	Bacillariophyceae (돌말강)	Naviculaceae	8.46
	울산 회야	Insecta (곤충강)	Ephemeroidea (하루살이목)
Clitellata (환대강)		Naididae (실지렁이류)	18.60
Ostracoda (패충류)		Cyprididae	10.99
Chlorophyceae (녹조강)		Neochloridaceae (네오클로리소과)	9.93
Actinopteri (경골어강)		Carangidae (전갱이과)	9.42
부산 범어		Dinophyceae (와편모조강)	Kryptoperidiniaceae
	Bacillariophyceae (돌말강)	Naviculaceae	17.44
	Chlorophyceae (녹조강)	Neochloridaceae (네오클로리소과)	13.69
	Coscinodiscophyceae (채돌말강)	Aulacoseiraceae	12.34
	Mediophyceae (메디오강)	Biddulphia	4.30

조사 지점	출현 강	출현 목	비율 (%)
김해 삼계	Bivalvia (이매패강)	Cyrenidae	34.30
	Pinopsida (구과식물강)	Pinaceae (소나무과)	27.17
	Magnoliopsida (목련강)	Poaceae (벼과)	7.43
	Bacillariophyceae (돌말강)	Naviculaceae	5.76
	Chlorophyceae (녹조강)	Neochloridaceae (네오클로리소과)	4.98
	의령 화정	Gastropoda (복족강)	Melanopsidae
Bacillariophyceae (돌말강)		Naviculaceae	18.51
Insecta (곤충강)		Chironomidae (갈따구과)	10.44
Magnoliopsida (목련강)		Poaceae (벼과)	6.43
Ulvophyceae (갈파래강)		Ulvaceae	2.61
제주 강정		Bacillariophyceae (돌말강)	Naviculaceae
	Agaricomycetes (주름버섯강)	Agaricaceae (주름버섯과)	13.31
	Eurotatoria (진유충강)	Filiiidae (삼지유충)	11.56
	Chlorophyceae (녹조강)	Neochloridaceae (네오클로리소과)	6.05
	Spirotrichea (선모강)	Oxytrichidae	5.27

갈따구 인식 안내 자료집

	갈따구과 (Chironomidae)	나방파리과 (Psychodidae)	모기과 (Culicidae)	등에모기과 (Ceratopogonidae)	먹파리과 (Simuliidae)	각다귀과 (Tipulidae)	실지렁이과 (Tubificidae)
분류학적 체계	절지동물문 곤충강 파리목 갈따구과	절지동물문 곤충강 파리목 나방파리과	절지동물문 곤충강 파리목 모기과	절지동물문 곤충강 파리목 등에모기과	절지동물문 곤충강 파리목 먹파리과	절지동물문 곤충강 파리목 각다귀과	환형동물문 환대강 지렁이목 실지렁이과
유충 사진							
체장	5-15mm	5-7mm	3-6mm	2-15mm	3-6mm	10-25mm	5-8cm
유충의 형태	가늘며 원통형이거나 약간 굽곡진 형태를 가지고 있다. 앞가슴과 복부 끝에 헛발톱을 가지고 있다. 몸은 붉은색 또는 회백색이다. 11번째 배마디에 2쌍의 돌기가 있다.	원통형이거나 다소 납작한 형태이다. 헛발톱이 퇴화되어 있다. 체절은 다시 소환절로 나뉘며 몸 후반부 2마디의 등면에는 경판이 있다. 배 말단에 경화된 원추형 호흡관이 있다.	구기에 술이 있다. 흉부가 복부보다 매우 두껍다. 대부분의 종이 복부 끝에 호흡기를 가지고 있다.	매우 가는 원통형의 몸을 가지고 있다. 배 말단의 강모를 제외하고는 헛발톱과 털이 없어 매우 관하며 배마디의 길이가 머리의 길이보다 조금 길다.	구기에 부채 모양의 강모 다발이 있어 먹이를 걸러 먹는다. 앞가슴에 1개의 헛발톱이 있고 배마디 끝에 줄발이 있다.	원통형의 몸은 갈색이다. 배마디 말단에 손가락 모양의 돌기가 있다.	육안으로 보이지 않으며 매우 미세한 털이 있으며 몸은 빨간색으로 가늘고 길다.
성충의 형태	구기가 발달되어 있지 않고 더듬이가 머리보다 길다. 날개는 가늘다.	날개는 짧고 넓으며 몸을 덮고 있으며 털이 나 있다.	길게 신장된 침을 가지고 있다. 날개 시맥을 따라 비늘이 있다.	구기는 피르기에 적합한 구조를 가진다. 더듬이가 머리보다 길다. 시맥이 단순하다.	구기가 짧고 흉부가 아주 치 형태를 이룬다. 다리가 짧고 뚱뚱하며 넓은 날개를 가지고 있다.	원통형의 몸체를 가진다. 구기에 부채꼴의 술을 가지기도 한다. 앞가슴에 헛발이 있거나 퇴화되어 있다.	-

# 취수원 관리를 위한 제언 원수관리: 기후변화에 따른 유충 관리 모니터링 제도 마련

- 외국 유충 사고 및 관리 기준
- 취수원 관리 제언



## 2009 - 2018 유럽 상수관망

### 수돗물 대형무척추동물의 크기 범위

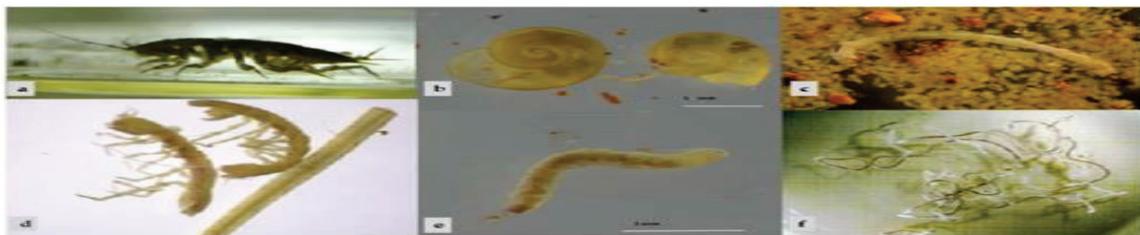


Figure 2. Macroinvertebrates in drinking water networks. (a): water lice (*Asellus aquaticus*), (b): Nautilus tanshorn (*Gyraulus crista*), (c): Chironomid larvae (*Paratanytarsus grinnelli*), (d): cave water louse (*Proasellus caudatus*), (e): Oligochaete (*Stylaria lacustris*), (f): Oligochaete (*Lumbriculus terdigetes*). Fotos© U. Michaels, G. Gunkel.

Table 1. Size range and occurrence of macroinvertebrates in drinking water networks in the European lowlands. Data base = 1039 hydrant samplings with 100 µm filtration.

Animal Groups and Species	Size Range (Length) (mm)	Occurrence Probability (%)	n (Positive Samples)	Median (Ind. m <sup>-3</sup> )	Percentile (10%) (Ind. m <sup>-3</sup> )	Percentile (90%) (Ind. m <sup>-3</sup> )	Maximum (Ind. m <sup>-3</sup> )
Macroinvertebrates (total)	>2	96.5	1003	15.9	2.0	135	4764
Isopoda							
Water louse ( <i>Asellus aquaticus</i> )	0.5-11	79.3	824	15.6	1.0	61	869
Cave water louse ( <i>Proasellus caudatus</i> )**	1-6	sporadic	34	8.0	1.0	34	89
Freshwater amphipod ( <i>Niphargus aquilex</i> )	0.4-6.5	2.4	20	1.9	0.9	14.6	40
Midges							
Simuliid, adults	1-4	sporadic					
Chironomide, larvae ( <i>Paratanytarsus grinnelli</i> )	5	rare	66*	27	1.9	154	1834
Chironomide, adults, larvae ( <i>Limnophyes asquamatus</i> )	2	sporadic					
Oligochaete ( <i>Stylaria lacustris</i> )							
Oligochaete ( <i>Lumbriculus terdigetes</i> )	0.5-40	74.9	778	6.0	1.0	92.3	4723
Springtails (Collembola)	1-5	sporadic					
Snails							
Nautilus tanshorn ( <i>Gyraulus crista</i> )	1-2	rare	12*	6			1599
Bladder snail ( <i>Physella acuta</i> )	1.5-5	rare					
Bryozoa ( <i>Plumatella</i> spec.)	20	rare					

\* = occurrence in only one drinking water network; value, size range and mean size are based on the drinking water pipe populations.  
\*\* drinking water network located in Southern Germany.

- Günter Gunkel, Ute Michels and Michael Scheideler, Water Lice and Other Macroinvertebrates in Drinking Water Pipes: Diversity, Abundance and Health Risk

2009-2018 에 네덜란드, 벨기에, 룩셈부르크 등의 상수관망에서 100µm 필터링 1039 개 샘플 분석

오클라호마주 수돗물의 유충 검출(2013.8)  
 수도공급 차단후, 800여명 주민에게  
 음용안전 공지

잔류염소 상태속에서도 생존; 인체에는  
 무해하나 직접음용금지, 부득이 음용시  
 끓여서 먹을 것 권고

**Blood worms infest Oklahoma town's tap water**

By Katie Drummond | Aug 29, 2013, 3:18pm EDT  
 Via CNN | Image: istoe/retv (Flickr)

**Tiny Red Worms Shut Down An Oklahoma Town's Water Supply**

AP Kiriil Eaton, Associated Press Aug 30, 2013, 10:59 PM

(August 29, 2013)



**"THE CHLORINE WON'T KILL THEM, THE BLEACH WON'T KILL THEM."**

Blood worms tend to thrive in low-oxygen or heavily polluted water, where they burrow inside mud. And unfortunately for officials in Colcord, the buggers are also extremely resilient. "The chlorine won't kill them, the bleach won't kill them," Cody Gibby, the town's water commissioner, told a local TV network. "You can take the worms out of the filter system and put them in a straight cup of bleach and leave them in there for about four hours, and they still won't die."

텍사스주 Old River Winfree 소도시  
 수도에서 유충발견(2015.7)  
 Worms in the water in small Texas town

By Jeff Ehling



캔사스주 Marthavill시 수도수 유충발견(2013.8)  
 아미쉬마을 400 여명 주민불편 :생활용수로사용

**Blood Worms Infest Small Kansas Town's Water Supply.** A small, rural town in southeast Kansas has been virtually shut down after discovering worms in their water supply system. ... **Blood worms** — actually the larvae of the midge fly — are typically small, ranging between half-an-inch to one inch in length. Aug 30, 2013

(2013)

kotunews.weebly.com > main > blood-worms-infest-sm...

Blood Worms Infest Small Kansas Town's Water Supply ...



스코틀랜드 Oban지역 수도수 유충검출 (2007.9) → 유충이 ball 형태 덩어리로 발견

**BBC NEWS** One-Minute World News  
 News Front Page  
 Last Updated: Tuesday, 11 September 2007, 10:32 GMT 11:32 UK  
 E-mail this to a friend Printable version

**Bloodworms found in water supply**

People in Oban have complained to Scottish Water after finding midge larvae in their drinking supply.

Customers claim about two or three of the tiny organisms, up to 6mm long, are being found in every glass of water.

The worm-like creatures are up to 6mm in length

Watch Larvae in water

영국 Leicestershire 지역 검출(2005.9) 250개소 검출 30,000 가정이 피해

**BBC NEWS** One-Minute World News  
 News Front Page  
 Last Updated: Tuesday, 6 September 2005, 19:55 GMT 20:55 UK  
 E-mail this to a friend Printable version

**Water company fights worm problem**

Severn Trent says it hopes it will get rid of a midge larvae infestation at one of its treatment plants in Leicestershire by this weekend.

Many residents spotted the tiny worm-like creatures in their household water supplies.

Lesley Gutteridge spotted the larvae in the baby's bath water

The company said it had had around 230 complaints - and admits 30,000 homes across the county may be affected.

An investigation is currently underway and employees are doing all they can to flush the worms out.

So far Severn Trent is investigating reports from homes in the south of the county, including Oadby, Wigston, Glenfield and Leicester city centre.

Lesley Gutteridge, from Braunstone, noticed the creatures when she was bathing her 10-week-old son James.

"I couldn't believe how many were swimming around in the bath... I noticed they were all in our drinking water in our cups and glasses.

Officials say chironimids are not harmful to humans

RELATED BBC SITES

병원성 미생물로부터의 먹는 물 안정성

- [공중보건] 심미적 불쾌감에 대한 문제는 있으나, 무척추동물 내 병원성 미생물이 인체에 직접적으로 유해하다는 보고된 바 없음(Anthony Olsen, 2004; Gerardi and Grimm 1982; Ali, 1991. Bay, 1993)

Grodhaus, 1983; Levy *et al.*, 1986; Ali, 1991; Bay, 1993; Berg, 1995a). These larvae can have serious public relation implications for municipal water suppliers. However, chironomid larvae have never been found to be disease vectors, or otherwise injurious to man (Gerardi and Grimm, 1982; Ali, 1991). Therefore chironomid larvae constitute an aesthetic nuisance, but not a public health problem (Bay, 1993).

## 취수원 유충 관련 제도적 개선방안 제시

전남대학교 수신과학연구소  
수통합 생물 FCF 평가 연구



### ■ 국외 유충 관련 관리기준 현황

- 영국(Ofwat) 수질 기준은 거름망(약 50 μm) 100L를 통과시켜 현미경 확인 검출 시 부적합 판정

영국 유충 관련 수질기준(Ofwat)

항 목	스크린값
대형 무척추동물류 Chironomid larvae(갈따구 유충), Asellus(물벌레류), Nais(물지렁이류), Daphnia(물벼룩)	0 개체/100L

- 남아프리카(Rand water) 갈따구류 및 총 소형동물에 대한 가이드라인 제시

Rand water(남아프리카) 유충 관련 수질 자체 운영관리 기준 (Steynberg et al., 1996)

구 분	Diptera (갈따구 류)	총 소형동물 (갈따구 제외)
Recommended limit (권고)	1 개체/m <sup>3</sup>	20 개체/m <sup>3</sup>
Maximum permissible limit (최대)	4 개체/m <sup>3</sup>	100 개체/m <sup>3</sup>
Crisis limit (위기)	7 개체/m <sup>3</sup>	250 개체/m <sup>3</sup>

## 취수원 유충 관련 제도적 개선방안 제시



### ■ 국외 유충 관련 관리기준 현황

- 중국 선전시(Shenzhen city) 남아프리카 사례(Steynberg et al., 1996) 참조하여 관리 제시

중국 선전시 유충 관련 수질 자체 운영관리 기준 (Wen-Chao et al., 2012)

구 분	총 소형동물	비 고
Recommended limit (권고)	50 개체/m <sup>3</sup>	갈따구 포함
Maximum permissible limit (최대)	200 개체/m <sup>3</sup>	

- 네덜란드 VEWIN 심미적인 문제를 일으키는 개체수가 나타나지 않아야 하고, 잠정적인 권고값 제시

네덜란드의 유충 관련 수질 자체 운영관리 기준(VEWIN, 2012)

구 분	갈따구	요각류	비 고
Recommendation (권고)	50 개체/m <sup>3</sup>	500 개체/m <sup>3</sup>	타 종류 미확인



### ■ 취수원 모니터링 추진

- 외국(미국, 영국 등)의 경우, 수도시설 유충 유출사고 발생, 종에 대한 정보는 미진하고 부족  
-> 우리의 경우는 종 분석 및 포렌식 기술 확보
- 취수원 중 복류수, 하천수 및 호소수는 유충 모니터링이 필요
- 기후변화, 가뭄 등에 대비한 식수공급처 취수원 모니터링을 통해 안전한 건강한 수자원 확보 및 유충 관리방안을 마련

### ■ 수도공정과정 중 위생 소형생물 관리

- 수생태계 내 유충은 종 다양성, 포식자의 먹이원, 유기물 및 물질순환 등에 있어 중요 생물분류군
- 깔따구를 취수원에서 제거는 매우 위험한 발상이며, 수도공정과정으로 유입된 유충은 '이물질'로 분류하여 유입 차단 및 제거가 필수적
- 수도공정과정에서는 유충을 비롯한 기타 소형생물도 '이물질'로 분류하여 제거 및 관리



### ■ 조류경보제와 연계한 유충경보제 도입

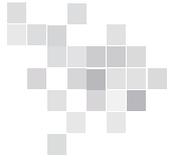
- 조류와 유충은 동일하거나 유사한 서식환경에 서식, 피식자-포식자의 관계로 공존
- 지속적인 모니터링을 통한 환경변화(이상기후, 가뭄 및 홍수 등)에 따라 피식-포식의 동태 변화는 '수자원의 질'에 대한 변동을 예측할 수 있는 기반 자료로 활용
- 조류경보제와 연계한 유충경보제 도입은 장기적인 상수도시설 관리에 대한 분쟁과 민원을 해소

### ■ 수도시설 위생 생물에 대한 중·장기 연구 필요

- 수자원의 안전성 및 수도시설의 위생 생물에 대한 중·장기 연구로 기후변화, 탄소중립 대응책 마련
- 정부-기관-지자체 네트워크 구축을 통한 수도시설 위생 생물 관리 및 정보 공유 필요
- 수돗물에 대한 불안감 해소를 위한 교육 홍보와 기술도입으로 '물'에 대한 불신을 해소

감사합니다.





# 02

## 낙동강 녹조 해결과 안전한 수돗물 대책 방안

이 승 준 교수







# 낙동강 녹조 해결과 안전한 수돗물 대책 방안

이승준

부경대학교 수산과학대학 식품영양학과

paul5280@pknu.ac.kr



환경

산업



물

LIFE  
ENVIRONMENT  
HEALTH

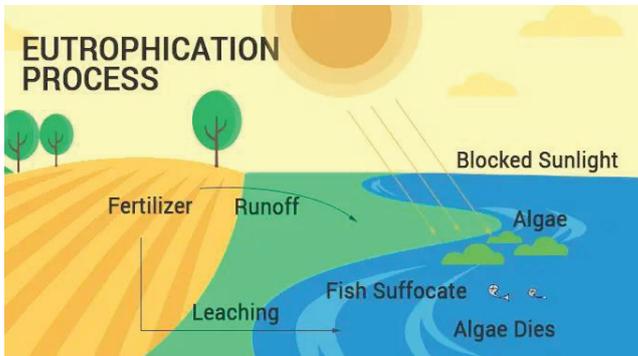


녹조

# 우리나라 녹조



## Part 1 녹조는 왜 생길까?



## Causes of Algae Blooms

CLEAN WATER ACTION  
CLEAN WATER FUND

**Environmental Conditions**

- Abundant light
- High temperatures
- High pH levels
- Stagnant water
- Excess nutrients

**Sources of Excess Nutrients**

<b>Agriculture:</b> Fertilizer runoff (nitrogen & phosphorus) and animal waste	<b>Industry:</b> Chemical discharge and waste	<b>Urban Life:</b> Sewage and waste runoff
---	--	---

**Climate Change**

Climate change is increasing the frequency and severity of blooms due to:

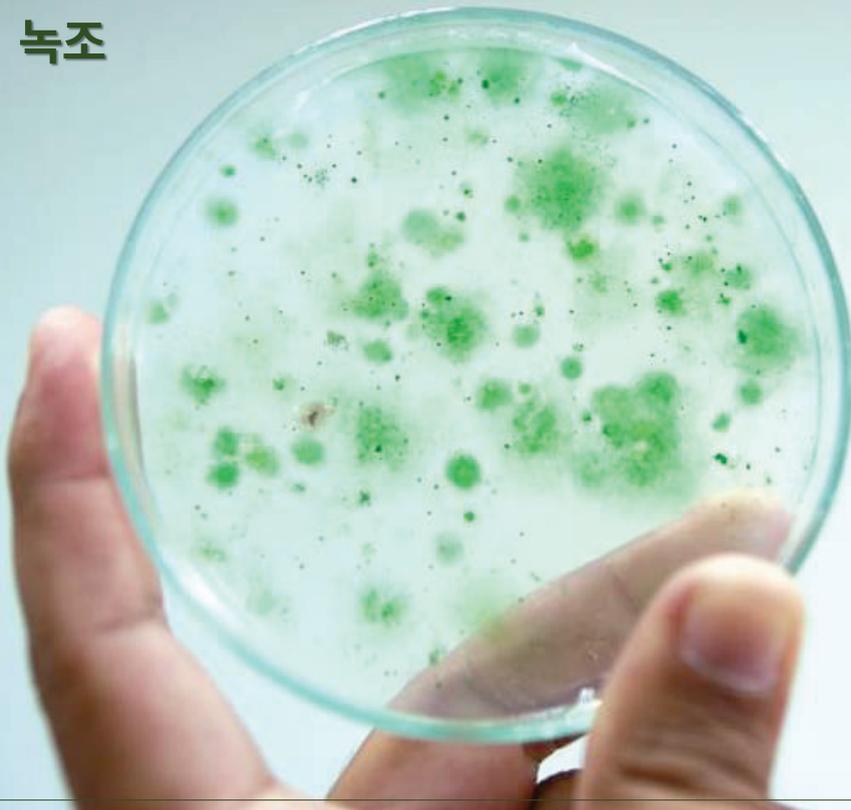
- Increases in water and air temperature
- Increases in droughts and flooding
- Changes in salinity
- Increased amount of CO<sub>2</sub>
- Sea level rise and coastal upswelling

TOXIC ALGAE BLOOM

# 우리나라 녹조의 원인은?

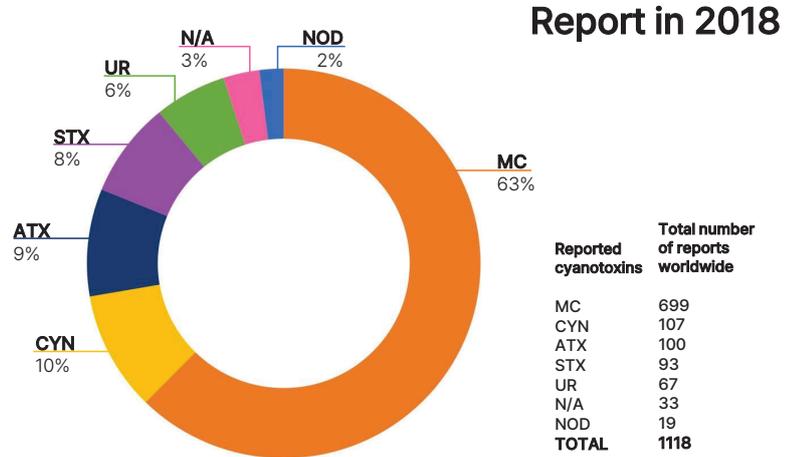
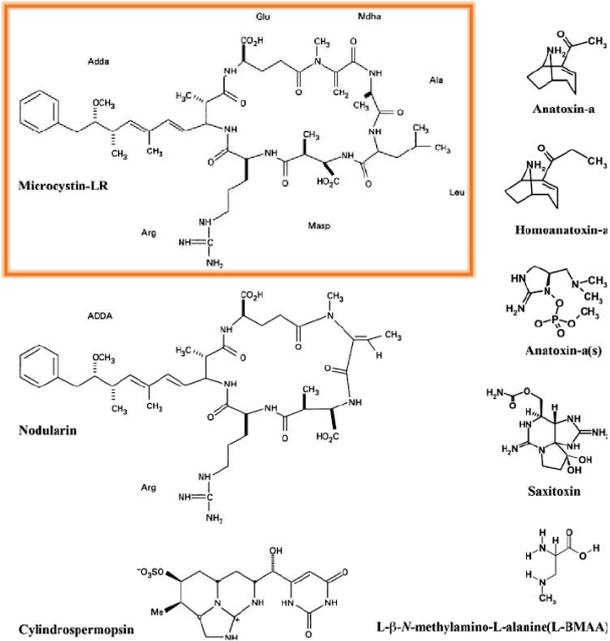
물의 사용 및 관리 실패!

## Part 1 녹조

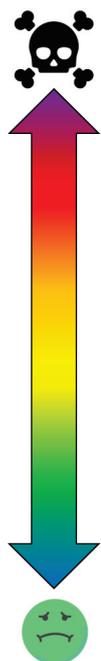


- Cyanobacteria (남세균)
  - 광합성 가능한 미생물
- 남세균의 세포수가 폭발적으로 증가
  - 녹조
- 남세균이 생성하는 독성물질
  - Cyanotoxins

# Part 1 Cyanotoxin (시아노톡신)

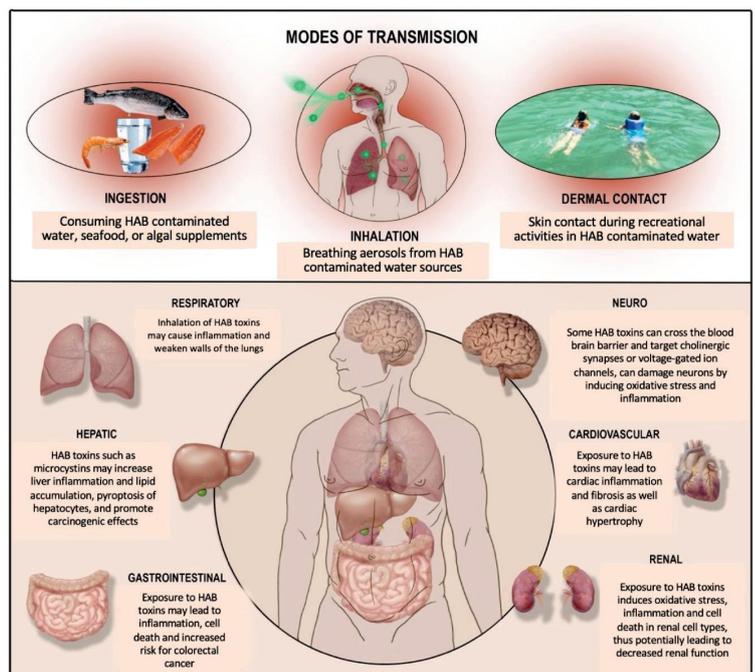


# Part 1 Cyanotoxin



## Toxin Reference Doses

- ← Dioxin (0.000001 mg/kg-d)
- ← Microcystin LR (0.000003 mg/kg-d)
- ← Saxitoxin (0.000005 mg/kg-d)
- ← PCBs (0.00002 mg/kg-d)
- ← Cyindrospermopsin (0.00003 mg/kg-d)
- ← Methylmercury (0.0001 mg/kg-d)
- ← Anatoxin-A (0.0005 mg/kg-d)
- ← DDT (0.0005 mg/kg-d)
- ← Selenium (0.0005 mg/kg-d)
- ← Botulinum toxin A (0.001 mg/kg-d)
- ← Alachlor (0.01 mg/kg-d)
- ← Cyanide (0.02mg/kg-d)
- ← Atrazine (0.04mg/kg-d)
- ← Fluoride (0.06 mg/kg-d)
- ← Chlorine (0.1 mg/kg-d)
- ← Aluminum (1 mg/kg-d)
- ← Ethylene Glycol (2 mg/kg-d)



## Part 1 마이크로시스틴 (Microcystin)

- 물과 매우 친한 화학물질
- 300°C 이상에서 분해
- 종류: 270종 이상
  - MC-LR, MC-RR, MC-YR
- 급성
  - 몸살, 감기, 복통, 구토, 알러지
- 만성
  - 간염증, 간비대, 간암
  - 기타: 폐, 신경계, 생식에 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

## Part 2 WHO microcystin 가이드라인

- Microcystins
  - 음용수: 12 µg/L (단기), 1 µg/L (장기)
  - 레저: 24 µg/L



# World Health Organization

Part 2 **미국 Cyanotoxin  
음용수 가이드라인**

- 미국 EPA 및 오하이오주
  - Microcystins
    - 0.3 µg/L (아동)
    - 1.6 µg/L (성인)
- 다른 cyanotoxin도 측정함
  - Anatoxin-a,  
Cylindrospermopsin,  
Saxitoxin



## 미국 캘리포니아주

**Recommended interim notification levels for three cyanotoxins**

Chemical	Notification level recommendation (µg/L) <sup>1</sup>	Duration	Health effect	Peer-reviewed study
Saxitoxins	0.6	1 day	Neurotoxicity	<a href="#">EFSA, 2009</a>
Microcystins	0.03	up to 3 months	Decline in sperm number	<a href="#">Chen et al., 2011</a>
Cylindrospermopsin	0.3	up to 3 months	Liver damage	<a href="#">Chernoff et al., 2018</a>

<sup>1</sup> One microgram per liter (µg/L) is equal to one part per billion (ppb).

## Part 2 먹는 물 수질기준 비교

- 납: 10 ppb ( $\mu\text{g/L}$ )
- 비소: 10 ppb
- 페놀: 5 ppb
- 수은: 1 ppb
  
- Microcystin-LR: 1 ppb ← 먹는물 수질감시항목



## Part 2 마이크로시스틴 유입경로

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

## SYMPTOMS OF EXPOSURE

Vary depending on how the person or animal was exposed, and whether the HAB is in salt or fresh water.



**EXPOSED?**  
Shower immediately. See a doctor or vet if symptoms occur.



Ear, eye, nose, skin, and throat irritation, and headache



Paralysis, respiratory illness, and seizures



Abdominal pain, diarrhea, liver and kidney damage, and vomiting



Drooling, diarrhea, low energy, not eating, stumbling, tremors, and vomiting

**WHEN IN DOUBT, STAY OUT!**  
Stay away from the water when a suspected HAB is present.



**DON'T**  
Play with scum or mats on the shore



**DON'T**  
Let animals drink water, eat algae, or swim



**DON'T**  
Swim



**DON'T**  
Fish or wade



**DON'T**  
Boat or kayak

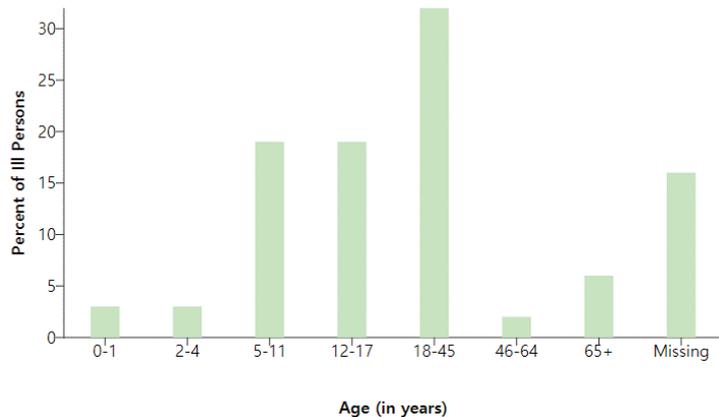


## Part 2 CDC: HAB summary



### 2019 Data Summary

One Health Harmful Algal Bloom System



**CDC collects data about harmful algal bloom (HAB) events and associated human or animal illnesses in the United States through the One Health Harmful Algal Bloom System (OH HABS).**

#### HAB-Associated Human Illnesses



**2 out of 5** ill people were under the age of 18.

**81%** sought medical care. No deaths were reported.

**Most (59%)** of the HAB-associated human illnesses were classified as suspected cases.

#### HAB-Associated Animal Illnesses



**56%** of animals died.

**Most (81%)** of the HAB-associated animal illnesses were classified as probable cases.



**14 states reported data for 2019**

**242 Harmful Algal Bloom Events**

- 63 Human Illnesses
- 367 Animal Illnesses

#### Harmful Algal Bloom Events



**3 out of 4** HAB events were in **fresh water**.

**Most (85%)** HAB events were classified as confirmed events.

**HAB events peaked in August.**

#### Environmental Testing

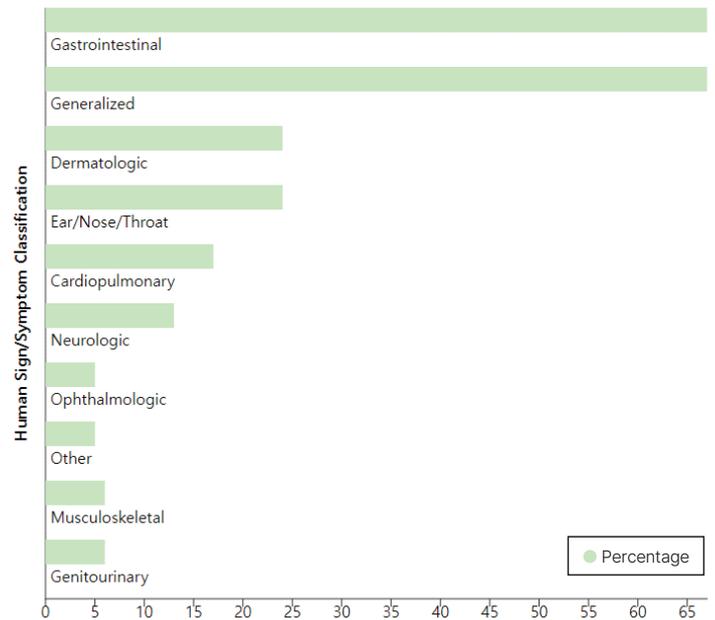


**88%** of HAB events were tested for toxins, algal species, or both.



Toxins were found **in half (53%)** of HAB events.

Part 2 **Gastrointestinal and generalized were the most frequently reported types of signs and symptoms for persons who became ill during 2019**



Total algae prevention & treatment costs across 85 locations:

**\$1,158,245,000**



*“This enormous sum is just a drop in the bucket of what algae outbreaks are costing Americans.”*

–Anne Weir Schechinger, EWG senior economic analyst



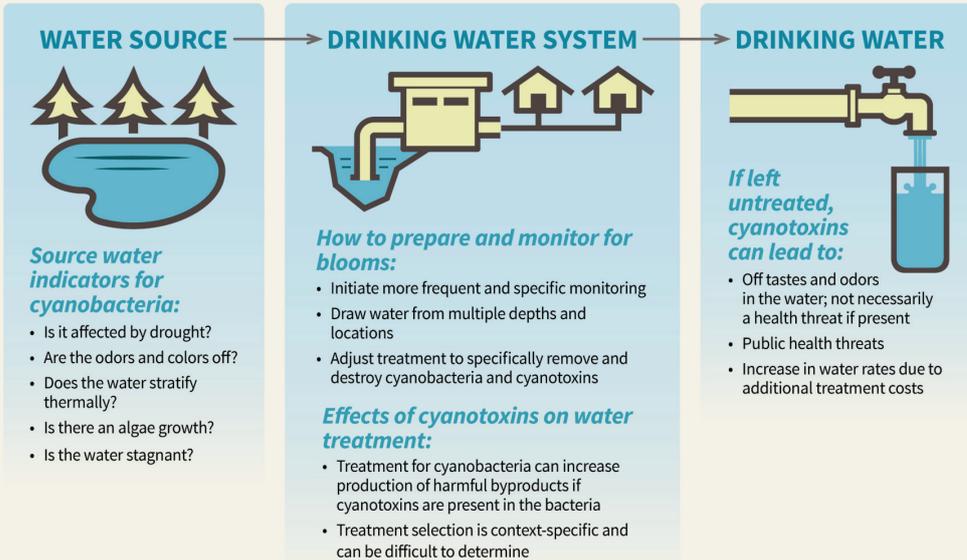
25% of the total costs, almost

**\$289 million,**

was spent by **12 cities** on drinking water treatment.

## Part 2 Impacts of Cyanotoxins on Drinking Water Systems

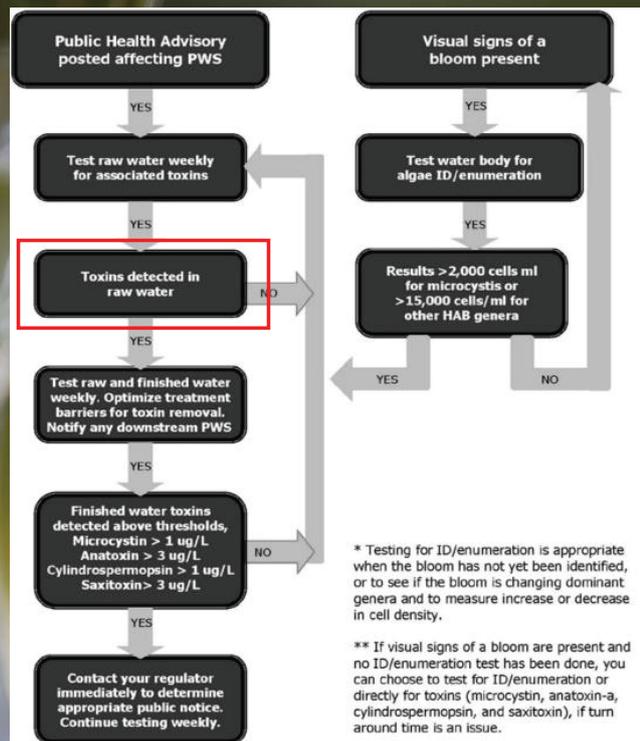
Increasingly, water systems are monitoring for and addressing cyanotoxins and the algal growth that can cause their formation. Some cyanotoxins are on EPA's list of drinking water contaminants of concern. In 2016, EPA published "Health Advisories" for two cyanotoxins.



CLEAN WATER ACTION  
CLEAN WATER FUND

## Part 2 미국 Cyanotoxin 음용수 가이드라인

- 미국 EPA 및 오하이오주
  - Microcystins
    - 0.3 µg/L (아동)
    - 1.6 µg/L (성인)
- 다른 cyanotoxin도 측정함
  - Anatoxin-a,
  - Cylindrospermopsin,
  - Saxitoxin



## Part 2 Toledo Water Crisis

- 지역: 미국 톨로도시
- 발생일: 2014년 8월 2-4일
- 조치: 3일간 전면단수
  - 조리, 음용, 샤워 모든 물 사용 금지



## Part 2 Guideline

- 마시는 물
  - MC-LR
  - MCs
- 친수 활동



## Part 2 Guideline

### ▪ 마시는 물

- MC-LR (우리나라)
- MCs (270 여종)
  - 미국을 포함한 해외국가들은 total MCs

## Part 2 대구수돗물

### ▪ 7월 21일 대구 3곳의 정수장

	원수 (ppb)	정수 (ppb)
고산	0.438	0.226
매곡	0.405	0.281
문산	1.388	0.268

문산정수장 원수 현미경 사진



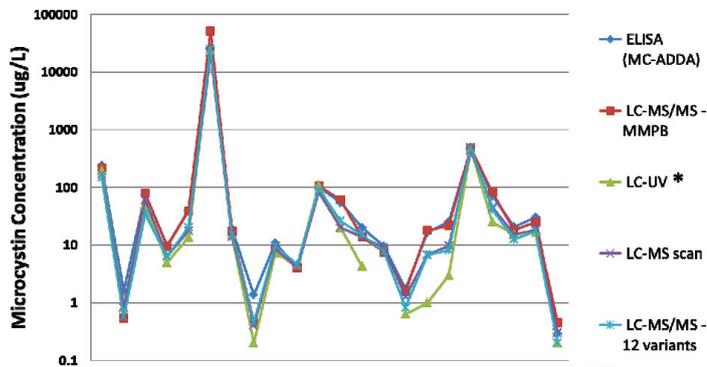
### ▪ 대구시 수질검사소

- 모두 불검출

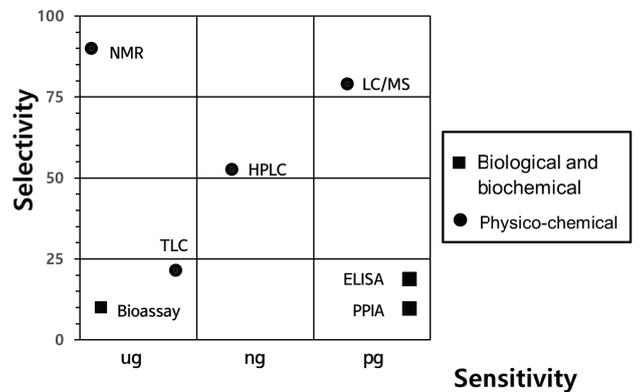
## Part 2 수돗물

	지점	일시	분석결과	OEHHA	USEPA 6세 미만 기준	지점	일시	분석결과	OEHHA	USEPA 6세 미만 기준	
			(ug/L, ppb)	(0.03 ppb) 비교	(0.3 ppb) 비교			(ug/L, ppb)	(0.03 ppb) 비교	(0.3 ppb) 비교	
부산	부산 진구	08.12	검출한계 미만	-		경남	창원 진해구 D	07.29	검출한계 미만	-	
	부산 사상구	08.12	검출한계 미만	-			창원 진해구 E	07.29	검출한계 미만	-	
	부산 수영구	08.12	0.061	2.03배	20.3%		창원 마산 합포구	08.19	검출한계 미만	-	
	부산 동래구	08.12	검출한계 미만	-	-		창녕군 길목면	08.04	검출한계 미만	-	
	부산 해운대구	08.12	검출한계 미만	-	-	대구	대구 수성구	07.30	0.064	2.13배	21.3%
	부경대학교	08.25	검출한계 미만	-	-		대구 동구	08.08	0.051	1.7배	17%
경남	양산 물금	08.12	검출한계 미만	-	-		달성군 구지면	07.30	검출한계 미만	-	-
	김해 내동	08.13	0.056	1.86배	18.6%		달성군 화원읍	07.14	검출한계 미만	-	-
	창원 진해구 A	07.29	0.175	5.83배	58.3%	달성군 화원읍	08.05	검출한계 미만	-	-	
	창원 진해구 B	07.29	검출한계 미만	-	-	경북	고령군 다산면	07.14	검출한계 미만	-	-
	창원 진해구 C	07.29	0.092	3.06배	30.6%		상주시 낙동면	08.06	검출한계 미만	-	-

## Part 2 분석방법: ELISA vs. LC-MS/MS



\* LC-UV data presented does not include false-positives that were eliminated from total (Based on lack of confirmation with LC-MS methods).  
Sample # 14 was non-detect using LC-UV.



---

Part 2 **우리나라 수돗물의 마이크로시스틴**

▪ **먹는물 수질감시항목**

- 「수도법」 제26조제3항 및 「먹는물관리법」 제5조제4항

▪ **Microcystin-LR**

- 1회 /반기(평상시), 1회/주~3회/주 (조류경보 발령시)

- '관심' 단계 발령 시 1회/주
- '경계' 단계 발령 시 2회/주
- '조류대발생' 단계 발령 시 3회/주

---

Part 2 **우리나라 수돗물의 마이크로시스틴**

▪ **Microcystin-LR 기준 = 1 ppb**

MC-LR = 0.5

MC-RR = 0.3

MC-LA = 0.1

MC-YR = 0.2

MC-LY = 0.3

기준치 이상? 이하?

## Part 2 정수만 하면 끝?



## Part 2 레저(친수)활동 기준

Application of Recommended Values	Microcystins			Cylindrospermopsin		
	Magnitude (µg/L)	Duration	Frequency	Magnitude (µg/L)	Duration	Frequency
Recreational Water Quality Criteria	8	1 in 10-day assessment period across a recreational season	More than 3 excursions in a recreational season, not to be exceeded in more than one year <sup>b</sup>	15	1 in 10-day assessment period across a recreational season	More than 3 excursions in a recreational season, not to be exceeded in more than one year <sup>b</sup>
Swimming Advisory		One day	Not to be exceeded		One day	Not to be exceeded



## Part 2 International Recreational Water Guideline or Action Levels for Cyanobacteria and Microcystins

Jurisdiction	Lowest Recreational Water Guideline/Action Level
Australia	microcystins (total): > 10 µg/L or <i>Microcystis aeruginosa</i> (total): > 500 to < 5,000 cells/mL or cyanobacteria (total): > 0.4 to < 4 mm <sup>3</sup> /L (where a known toxin producer is dominant in the total biovolume) or total biovolume of all cyanobacterial material > 10 mm <sup>3</sup> /L (where known toxins are not present)
Canada	microcystins (total): > 20 µg/L (expressed as microcystin LR) or cyanobacteria (total): 100,000 cells/mL
Cuba	cyanobacteria: > 1 of the species known as potentially toxic or phytoplankton cells: > 20,000 – to < 100,000 cells/mL, > 50 percent of cells cyanobacteria
Czech Republic	cells: > 20,000 cells/mL
Denmark	chlorophyll a: > 50 µg/L, dominated by cyanobacteria or visible surface scum
European Union	appropriate monitoring must be implemented if there is a risk of proliferation of algae. Member state authorities responsible must take management measures and provide information immediately if a proliferation of cyanobacteria (or blue algae) occurs.
Finland	algae (includes cyanobacteria): detected
France	microcystins: > 25 µg/L or cyanobacteria: > 20,000 to < 100,000 cells/mL (± 20 percent)

## Part 2 International Recreational Water Guideline or Action Levels for Cyanobacteria and Microcystins

Jurisdiction	Lowest Recreational Water Guideline/Action Level
Germany	Secchi Disk reading > 1 m and (microcystins): ≥ 10 µg/L or chlorophyll a (with dominance by cyanobacteria): ≥ 40 µg/L or biovolume: > 1 mm <sup>3</sup> /L
Hungary	microcystins: > 4 to < 10 µg/L or cell count: > 20,000 to < 50,000 cells/mL or chlorophyll a (with dominance by cyanobacteria): > 10 to < 25 µg/L
Italy	microcystin-LR: > 20 µg/L equivalents or cyanobacterial cell count for cyanotoxin-producing species other than those that produce microcystins (e.g., cylindrospermopsin) > 100,000 cells/mL (± 20 percent) or transparency ≤ 1 m and total phosphorus > 20 µg/L and total cyanobacterial cell count > 2,000 to ≤ 20,000 cells/mL (± 20 percent) or transparency ≥ 1 m and total phosphorus > 20 µg/L and total cyanobacterial cell count ≤ 2,000 cells/mL
Netherlands	chlorophyll a: > 12.5 to < 75 µg/L or biovolume (cyanobacterial cell count): > 2.5 to ≤ 15 mm <sup>3</sup> /L

## Part 2 International Recreational Water Guideline or Action Levels for Cyanobacteria and Microcystins

Jurisdiction	Lowest Recreational Water Guideline/Action Level
New Zealand	microcystins (total): $\geq 12 \mu\text{g/L}$ or cyanobacteria (benthic): 20 - 50 percent coverage of potentially toxigenic cyanobacteria attached to substrate or cyanobacteria (total): $> 0.5$ to $< 18 \text{ mm}^3/\text{L}$ (biovolume equivalent of potentially toxic cyanobacteria) or cyanobacteria (total): $> 0.5$ to $< 10 \text{ mm}^3/\text{L}$ (biovolume equivalent of the combined total of all cyanobacteria)
Poland	visible blooms
Scotland	chlorophyll a: $\geq 10 \mu\text{g/L}$ with dominance of cyanobacteria or cyanobacteria: $\geq 20,000$ cells/mL
Spain	cyanobacteria proliferation potential (low)
Turkey	microcystin-LR: $> 25 \mu\text{g/L}$ equivalents or cells: $> 20,000$ to $100,000$ cells/mL
World Health Organization (WHO)	cyanobacteria: 20,000 cells/mL or chlorophyll a: $10 \mu\text{g/L}$ (approximately 2-4 $\mu\text{g}$ microcystins/L, assuming cyanobacteria dominance)

## Part 3 우리나라 강의 2021년 7~8월 Microcystin 농도

#	채수장소	MC 농도 (ppb, ug/L)					
		7/28	7/30	8/4	8/6	8/11	
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	합천장영보 상류	1.19	1.26	1.07	555.68	4.90	1.23
11	창녕활안보 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
1292.35	30.39	4914.39
		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 용각요 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	송선대(환경부 채수지점)	8/17	불검출
19	해평취수장 앞	8/12	60.07
20	칠곡보 상류	8/12	재측정
21	성주대(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	2.23
26	물금취수장 앞	8/17	8.25
27	물금취수장 앞	8/17	8.17
28	(금강) 용포대교 수상스키장 부근	8/12	1509.17
29	(금강) 용포대교 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



## Part 3 우리나라 강의 2022년 7~8월 Cyanotoxins 농도

Cyanotoxin 농도(ug/L-ppb)

	마이크로시스틴	아나톡신	실린드로스피루민	BMAA
낙동강 하구둑 선착장(우안)	1.434	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
삼락둔치 수관교 하단(좌안)	249	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
대동선착장(우안)	1.024	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
매리취수장 직하(우안)	7.9	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
매리취수장 직상(우안)	8.0	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
본포생태공원(우안)	33.2	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
본포취수장 앞(우안)	6.1	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
함안보 선착장(우안)	5.4	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
철서취수장 앞(우안)	8.8	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
유어선착장(좌안)	394	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
창녕장천파크골프장 앞(좌안)	2.585	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
낙동강 레포츠벨리 (좌안)	388	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
도동양수장	3.922	정상한계 미만	0.29	정상한계 미만
달성보 선착장(좌안)	284	정상한계 미만	0.41	정상한계 미만
좌원유원지(좌안)	338	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
매곡취수장 건너편(우안)	270	정상한계 미만	0.26	정상한계 미만
	775	정상한계 미만	0.13	정상한계 미만
성주대교 하단(우안)	307	정상한계 미만	0.21	정상한계 미만
칠곡보생태공원(좌안)	288	정상한계 미만	0.11	정상한계 미만
해평취수장 취수구(좌안)	245	정상한계 미만	0.26	정상한계 미만
낙단보 율령호운영센터(좌안)	4.0	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
상주보선착장(우안)	9.4	정상한계 미만	정상한계 미만	정상한계 미만
영주댐선착장	1.2	3.945	정상한계 미만	정상한계 미만
양산 논1	126	-	-	-
양산 농수로1	199	-	-	-
양산 낙동강 본류	제실형	-	-	정상한계 미만
양산 논2	5.079	-	-	정상한계 미만
양산 양배수장 저류조	제실형	-	-	정상한계 미만
양산 농수로2	141	-	-	정상한계 미만
양산 양배수장 취수구	506	-	-	-
다대포 해수욕장	10.6	-	-	1.116

Cyanotoxin 농도(ug/kg)

	마이크로시스틴	아나톡신	실린드로스피루민	BMAA
삼락둔치 관수교 하단(좌안)	5.0	0.66	0.173	불검출
본포생태공원 앞(우안)	1.3	0.33	-	-
함안보 (우안)	4.8	0.33	-	-
철서취수장 앞(우안)	2.1	0.40	-	-
창녕 유어선착장(좌안)	2.4	0.55	-	불검출
창녕 장천파크 골프장(좌안)	1.9	0.39	-	-
합천군 논 토양 1(우안)	2.0	0.82	-	-
합천군 논 토양 2(우안)	4.0	0.76	0.327	불검출
낙동강 레포츠벨리	2.6	0.37	0.115	3.247
매곡취수장 맞은 편	2.2	0.38	-	-
칠곡보 생태공원	2.2	0.61	-	-
상주보 선착장	0.9	0.25	-	-

## Part 3 농업용수



## Part 3 농작물에 축적된 연구들

### • 10년전 연구

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

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>Aphanizomenon ovalisporum</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 ± 0.55/10 <sup>3</sup>	
			600		5.12 ± 0.45/10 <sup>3</sup>	
			3,000		5.40 ± 0.85/10 <sup>3</sup>	
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

## Part 3 농작물에 축적된 연구들

Table 4 Cyanotoxins 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	Peuthert 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 arctianum</i> )	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.2	Peuthert et al. 2007				
French bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.30–0.50	Peuthert et al. 2007				
Green pea ( <i>Pisum sativum</i> )	Lake Lalla Takerkous (Morocco)	MCs	500	Roots	0.24	Peuthert et al. 2007, Saqrane et al. 2009				
			1,050		6.23					
			4,200	190.85	Stem		0.88			
			4,200	79.19			0.41			
			500	Leaves	5.52					
			1,050		7					
			4,200	156.8	Roots		0.25–0.48			
			4,200	0.25–0.48						
			Lentil ( <i>Lens esculenta</i> )	Lake Lalla Takerkous (Morocco)	MCs		500	Roots	16	Peuthert et al. 2007, Saqrane et al. 2009
							1,050		24.52	
4,200	162.79	Stem				2.33				
1,050	2.33					36.61				
4,200	Leaves	0.33								
500		7								
1,050	98.37	Roots				0.14–0.26				
4,200	0.14–0.26									
Lettuce	Extraction from <i>Microcystis aeruginosa</i>	MCs				0.62	Leaves	8.31 ± 0.2	Goidl et al. 1999, Crush et al. 2008, Hereman & Bitencourt-Oliveira 2012, Mohamed & Al Shehri 2009	
						2.5		19.8 ± 4.1		
			6.23	16.8 ± 6.3						
			12.5	177.8 ± 3.4						
			12.5	177.8 ± 3.4						
	Lake Hakanoa (New Zealand)	MCs	2,100	Shoots	0.79					
			2,100	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			
				Distal leaves	88.3 ± 25			
				Basal leaves	94 ± 0			
				Leaves	0.12			
				Roots	0.17			
Apple tree ( <i>Malus pumila</i> )	Dianchi Lake (China)	MCs	30	Shoots	16.20 ± 0.73	Chen et al. 2010		
			300		27.50 ± 3.54			
			3,000		225 ± 25.62			
			30		14.76 ± 4.22			
			300		43.94 ± 9.83			
			3,000		510.23 ± 141.10			
			3,000		510.23 ± 141.10			
Maize ( <i>Zea mays</i> )	Lake Lalla Takerkous (Morocco)	MCs	1,050	Roots	7.55	Peuthert et al. 2007, Saqrane et al. 2009		
			4,200		18.71			
			1,050	Stem	1.29			
			4,200		7.65			
			1,050	Leaves	1.01			
	4,200	5.82						
	Lake Müggelsee (Germany)	MCs	5	Roots	0.03–0.05			
			5	Roots	0.03–0.05			
	Parsley	Groundwater (Saudi Arabia)	MCs	Varied	Leaves		0.25	Mohamed & Al Shehri 2009
					Roots		0.3	
Perennial ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> cv. Grasslands Samsun)	Lake Hakanoa (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 Hakanoa (New Zealand)	MCs	2,100	Roots	0.12–0.14	Chen et al. 2004, Crush et al. 2008		
				Roots	0.12–0.14			
	Dianchi Lake (China)	MCs	24	Seedling	2.61 ± 0.32/10 <sup>3</sup>			
			24		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)

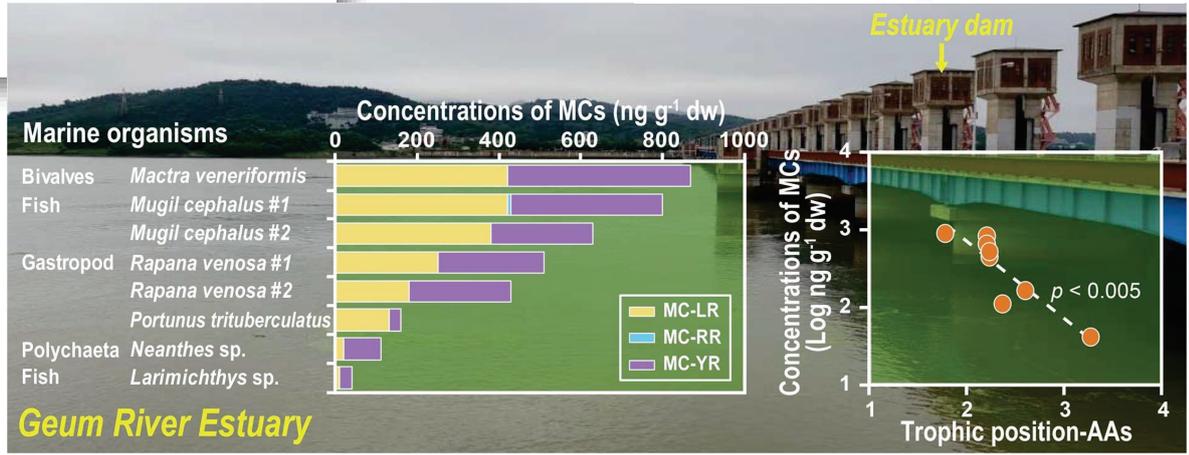
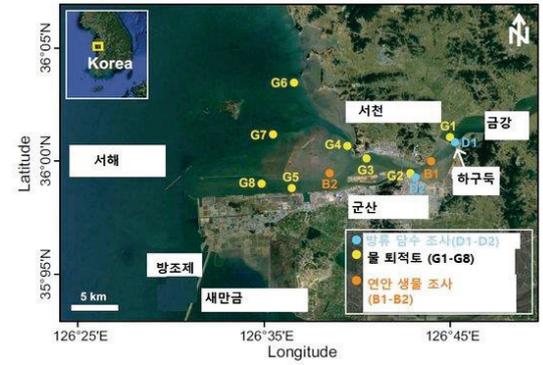
Environment International  
Volume 133, Part B, December 2019, 105194

Full length article  
**Multimedia distributions, bioaccumulation, and trophic transfer of microcystins in the Geum River Estuary, Korea: Application of compound-specific isotope analysis of amino acids**

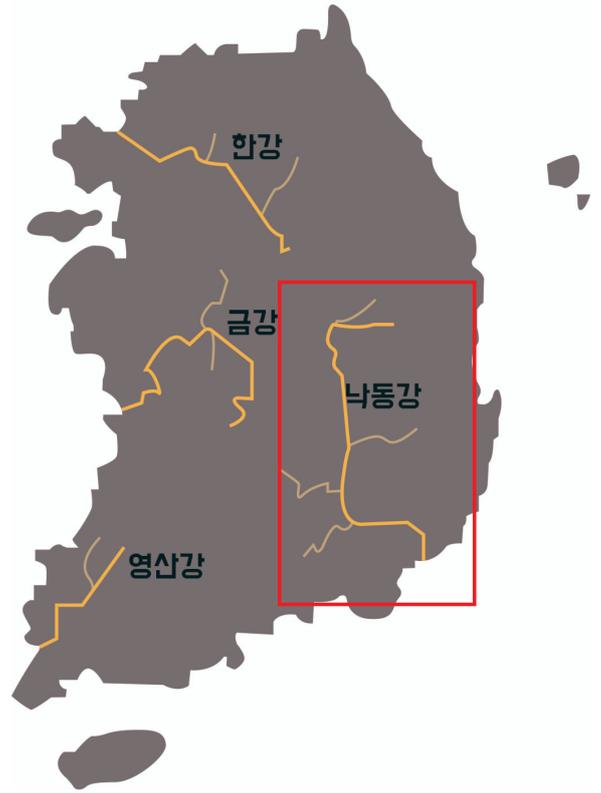
Dokyun Kim <sup>a</sup>, Seongjin Hong <sup>b, c, d, e</sup>, Hyuntae Choi <sup>a</sup>, Bohyung Choi <sup>a, c</sup>, Jaeseong Kim <sup>d</sup>, Jong Seong Khim <sup>a</sup>, Hodong Park <sup>f</sup>, Kyung-Hoon Shin <sup>a, c, d, e</sup>

Show more

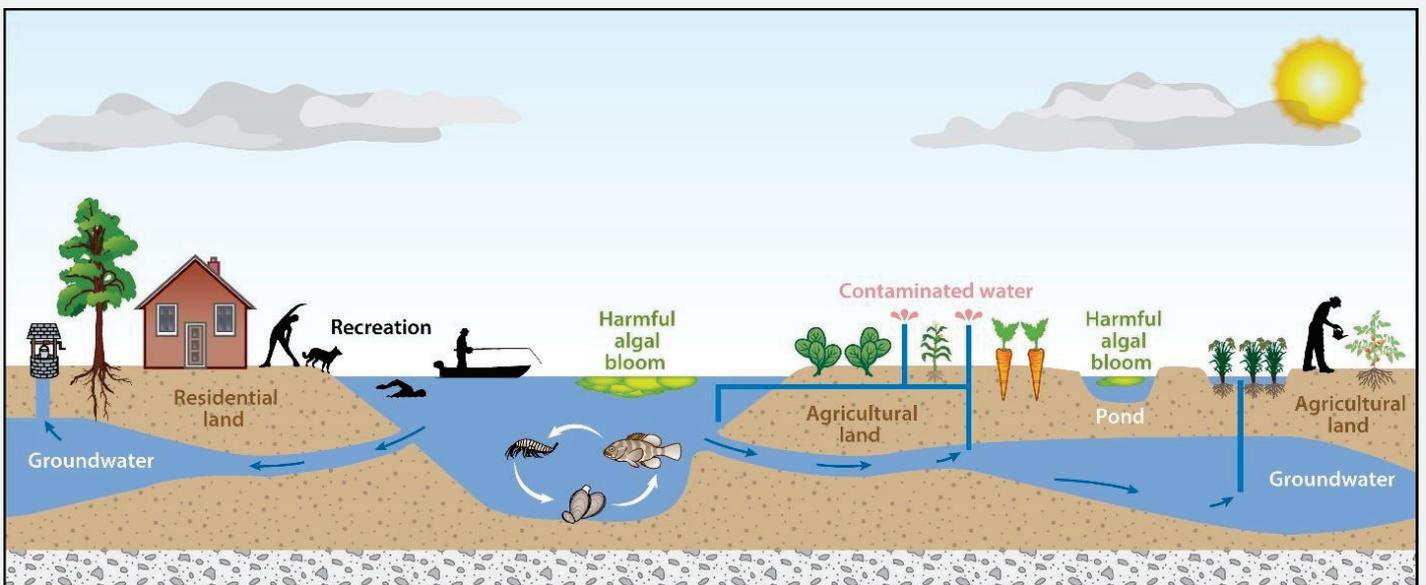
+ Add to Mendeley Share Cite



Part 3 **녹조 = 낙동강?**



Part 3 **녹조 독성은 환경, 식물, 동물, 사람에게 영향을 미치고 그 독성물질은 여러 경로로 우리에게 유입된다.**





녹조 해결은?

연구

민간

관리

정책

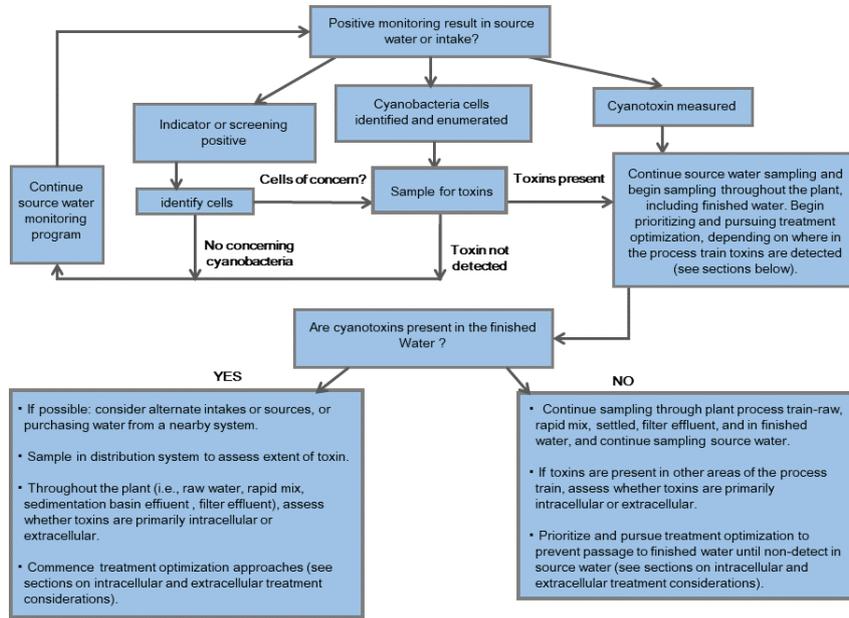


국가

환경과 사람을 보호!

- 원수의 관리
- 모니터링
- 가이드라인
- 교육
- 연구

## Part 4 Water Treatment Decision-tree for Cyanotoxins Detected in Source Water



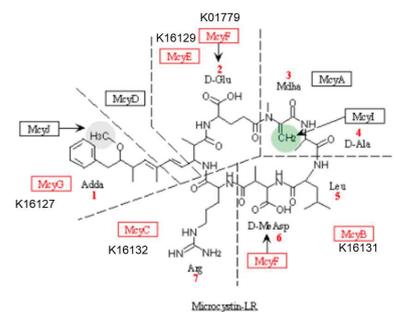
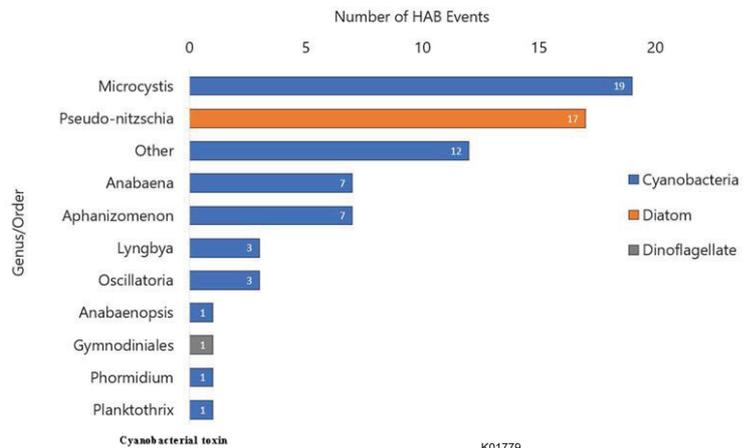
## Part 4 조류경보제

### ■ 남조류 세포수 측정

- 4종의 유해남조류
- 낙동강 조사 (NGS)
  - 유해남조류: *Microcystis*, *Synechococcus*, *Pseudanabaena*, *Dolichospermum*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Cyanobium*, *Leptolyngbya*, *Sphaerospermopsis*, *Nostoc*
  - 유전자: *mcyE* >>>> *mcyA*

### ■ 조류독성측정 측정 및 기준의 검토

### ■ 친수활동 지점



## Part 4 모니터링

### • 채수지점

Purpose of monitoring	Confidence required from results	Water body type	Sampling effort required	Access required for sampling	Sample type (method) <sup>1</sup>	Number of samples <sup>2</sup>	Frequency of sampling <sup>3</sup>
Public health surveillance of drinking supplies: <i>in direct service</i>	Very High	Reservoirs & lakes	High	Supply offtake and Open water by boat	Discrete sample at offtake depth <u>and</u> integrated depth	Both offtake location and multiple open water sites	Weekly or 2x-weekly
		Rivers and weir pools		Mid-stream by boat: from bridge or weir	Integrated depth		
Public health surveillance of drinking supplies: <i>bulk water storage/not in service</i>	High	Reservoirs & lakes	Moderate	Supply offtake location <u>and/or</u> Open water by boat	Discrete sample at offtake depth <u>and/or</u> integrated depth	Multiple sites	Weekly or 2x-weekly
		Rivers and weir pools		Mid-stream by boat: from bridge or weir	Integrated depth		
Public health surveillance of recreational water bodies & non-potable domestic supplies	Moderate	Reservoirs & lakes	Low	Shoreline	Surface Sample	Limited number of sites	Weekly or fortnightly
		Rivers and weir pools		River bank	Surface Sample		

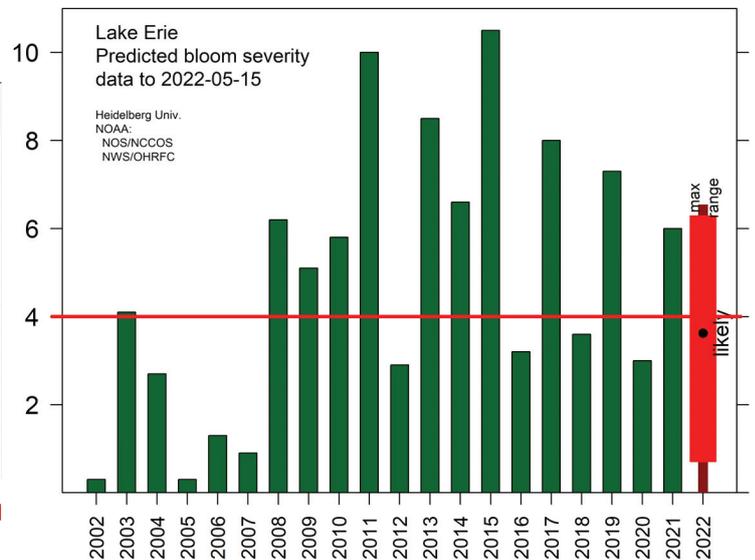
## Part 4 예보

### • 8월2일 자료

• 유해남조류 예측 결과

구분	지점	관측(유해남조류세포수, cells/mL)			예측 (단계)							
		20220711	20220718	20220725	경보 발령	20220802	20220803	20220804	20220805	20220806	20220807	20220808
한강	이천	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	판당호(당양)	100	0	74	-	-	-	-	-	-	-	-
	경신교	248	128	217	-	-	-	-	-	-	-	-
	미사대교	38	20	0	-	-	-	-	-	-	-	-
낙동강	원삼대교	278	105	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	해방	14953	29361	42608	경계	-	-	-	-	-	-	-
	강정교령	29342	28096	9116	관심	-	-	-	-	-	-	-
	침서	105871	82321	43913	경계	-	-	-	-	-	-	-
금강	물금-백리	77961	-	144450	경계	-	-	-	-	-	-	-
	관양호(관양)	4816	-	1260	관심	-	-	-	-	-	-	-
	관양호(내동)	111	-	2040	-	-	-	-	-	-	-	-
	대청호(문석)	94	0	276	-	-	-	-	-	-	-	-
대청호(주동)	대청호(주동)	52	148	494	-	-	-	-	-	-	-	-
	대청호(하남)	776	0	100	-	-	-	-	-	-	-	-

■ 단계별 범위  
 0단계: <1,000    1단계: 1,000 ~ <10,000    2단계: 10,000 ~ <100,000    3단계: 100,000 ~ <1,000,000    4단계: >1,000,000



Part 4 **교육**



Part 4 **연구 (Research)**

- 예방과 예측
- 모니터링
- 제거
- 관리



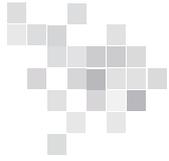


# 생태계의 자정작용



진심으로 감사합니다.





# 03

안전하고 깨끗한 수돗물 생산·공급을 위한  
창원시 안전한 수돗물 안전 강화 대책

이 종 덕 창원시 상수도사업소장





## - 안전하고 깨끗한 수돗물 생산·공급을 위한 - 창원시 안전한 수돗물 안전 강화 대책

이종덕 창원시 상수도사업소장

지난 7월 석동정수장 수돗물 유출 발생사고가 발생하여 상수도사업소에서는 사태를 조속히 정상화시키기 위하여 선행적인 긴급조치와 낙동강청과 유역수도지원센터의 기술지원을 받아 정수 공정을 개선하고,

유출 발생사고가 다시는 발생하지 않도록 유출발생 원인규명 특별조사 위원회를 제안사항을 포함하여 정수장의 환경 및 운영방법 개선과 유출의 유입과 주변 서식을 방지하기 위한 시설물의 개선, 시민의 신뢰 회복에 중점을 두고 ‘창원시 수돗물 안전 강화 대책’을 수립하였습니다.

현재 창원시에는 낙동강 하천수를 원수로 하는 칠서정수장, 낙동강 하천수를 강변 모래층의 여과기능을 활용하여 모래층 지하에서 여과수를 취수 원수로 하는 대산정수장, 낙동강 하천수와 성주수원지 호소수를 원수로 하는 석동정수장, 3개의 정수장을 운영하고 있습니다.

이번 상수도사업소에서 수돗물 안전 강화 대책을 수립 추진하고자 하는 사업을 발표하겠습니다.

### [운영개선]

1. ISO22000 인증을 받아 정수처리공정을 식품경영안전시스템에 따라 관리하고자 석동·대산·북면정수장에 대하여 2023년 4월까지 ISO 22000 인증을 완료하여 식품 수준으로 관리하는 안전한 수돗물 생산체계를 구축할 계획입니다.
2. 수돗물 위기 대응을 위한 정수장 중앙제어실과 상수도 운영센터의 기능을 강화할 것입니다.

정수장별 업무처리 세부 매뉴얼을 완비하고 직원들이 완성된 매뉴얼을 숙지토록 하여 정수장 관리 사각지대를 해소하고, 매년 상반기 위기관리 대응훈련을 실시하여 수질사고 발생 시 신속하게 대처할 수

있도록 하겠습니다.

또한 하절기에는 자체검사, 역세척, 침전지 슬러지 제거 주기 등을 단축하여 실시하도록 시스템화 할 것입니다.

### [시설물 개선]

유충 유입 차단시설 개선, 정수시설 고도화 사업, 역세척수 공급시설 개량, 폐수 배출용량 확장, 정수장 간 상호공급체계 구축사업 추진입니다.

#### 1. 전 정수장 유충 유입 차단시설 강화하기 위해

여과지, 정수지, 배수지에 유충 및 생물체의 유입을 차단하기 위한 시설인 출입문 이중화, 미세방충망 설치, 에어커튼 설치, 출입문 위생전실 설치 등을 ISO 22000 인증에 요구되는 위생, 환경적 시설을 인증기준에 따라 보강하고

침전지, 배출수지에 유충산란 방지하기 위한 살수장치, 파동장치 설치, 차단망과 주변 배수로, 습지 등 환경정비로 유충 서식지 제거할 것입니다.

#### 2. 지난 유충 발생 사고 시 오존처리 공정이 유충 제거에 매우 효과적인 방법임을 확인하였습니다. 이에 따라 칠서정수장과 석동정수장의 오존 설비를 개선하여 유충 사고 대응 능력을 강화하고자 합니다.

또한 칠서정수장 시설 노후화에 따라 급속여과지 하부집수장치 개량 사업을 추진 중이며 석동정수장도 단계적으로 개선할 계획입니다.

#### 3. 역세척은 일정 시간 동안 여과공정에 이용된 여재인 모래와 활성탄을 세척하는 것으로 정수처리에 매우 중요한 공정입니다.

석동정수장은 정수지 물을 역세척수로 사용하도록 역세척수 공급시설을 개량하고

칠서정수장은 활성탄지 역세척펌프와 배관 설치공사를 통해 잔류염소가 포함된 정수를 역세척수로 이용할 수 있도록 하여 유충 발생과 같은 사고를 사전에 차단하고자 합니다.

4. 환경부에서는 유출 유입 등 사고 발생 시에는 역세척수를 최대한 방류토록 권고하고 있으나, 지난 사고 시 석동정수장의 방류시설이 부족하여 역세척수를 전량 방류할 수 없었습니다.

이를 개선하기 위하여 일 방류량을 200㎥에서 3,000㎥로 방류할 수 있도록 배출수 처리시설을 증설하여 사고 시 전량 방류하도록 개선합니다.

#### 5. 비상 상수도공급체계 구축

현 상수도 공급체계는 대산정수장 구역과 석동정수장 구역이 개별적으로 운영되어 대산정수장, 석동정수장에 사고발생 시 상수도공급이 불가하므로, 칠서정수장에서 수돗물을 공급할 수 있는 비상 상수도공급망 구축이 필요합니다.

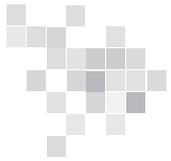
칠서정수장은 일 400,000톤을 생산할 수 있어 칠서정수장과 석동정수장, 대산정수장을 각각 연계하는 공급망을 구축하여 정수장 사고 발생 시 시민들이 안정적인 수질의 수돗물을 대체 공급받을 수 있도록 할 것이며, 이를 위해 수도정비계획에 반영하였으며 사업비 확보를 위해 경남도와 협의 중에 있습니다.

#### [시민 신뢰 회복]

석동정수장 유출 사고와 관련하여 시민들의 신뢰를 회복하기 위하여 수돗물에 대한 수질전문가와 시민으로 구성하여 수돗물의 정기적 검사와 공표, 수질관리 및 수도시설 운영에 대한 자문을 수행하는 수돗물평가위원회를 정비하였고,

홈페이지를 통한 관내 주요 지점별 수질 현황, 수질검사 결과, 수도 공급경로 등 상세한 정보를 적극적으로 공개하고, 투명한 수질정보를 공개하기 위해 노력하도록 하겠습니다.





# 04

## 시민에게 신뢰 받는 창원특례시 수돗물 정책 방향

이해련 창원특례시의원  
유충규명 특별조사위원회





## 시민에게 신뢰 받는 창원특례시 수돗물 정책 방향

이해련 창원특례시의원, 유충규명 특별조사위원회

수돗물(먹는물)은 어떤 상황에서라도 공급이 중단되어서는 안되는 것기에 재난이나 사고가 발생했을 때 상황 분석과 비상 체계 가동이 매우 중요하다.

특히, 사고 발생 시 초기대응이 가장 중요한데, 지침에 따른 교육과 훈련의 체계적 실시가 중요한 이유다.

우리가 편안하고 안심하게 먹는 수돗물은 사실 사고가 발생하기 전에는 어떤 과정을 통해 가정에서 마시게 되는지 잘 모른다.

원수에서 정수과정을 통해 수돗물로 오기까지는 많은 과정을 거치게 된다.

환경부 자료에 의하면 입상활성탄 사용 시 기본적으로 매일 미생물 상태를 점검하도록 되어있지만 정확한 기준은 없다.

따라서 정수장은 여과지를 통해 입상활성탄으로 들어오는 물의 수질이나 맛·냄새 유발물질 정도, 활성탄지에서 번식하는 미생물들의 활동 등을 토대로 역세척주기를 정수장 자체적으로 판단해 실시하고 있다. 환경부 조사결과 최소 10일에서 최대 30일까지의 역세척주기를 실시한 정수장도 있었다.

2019년 인천 등에서 수돗물 유충 사태가 발생 했을 때 환경부는 원인이 정수장의 활성탄지라고 발표를 했었다. 이에 환경부는 「수돗물 유충 예방 및 대응방안」(2021.8)을 제작 배포하였다.

하지만, 각 지자체에서 바뀐 지침에 따른 교육과 훈련이 제대로 진행되었는지를 평가하는 시스템이 있지는 않은 것 같다.

지침이 있다고 하더라도 이를 숙지하고 신속하게 대응 할 수 있는 전문인력과 상시적인 대응 체계가 필요하다.

이번 사태를 통해서 초동대처부터, 정수장 운영공정의 전반적인 운영체계, 시민 대응까지 무엇이 잘못되었는지 원인을 규명하기 위해 현장 점검과 토론 등을 통해 대안을 모색하였다.

수돗물은 원수부터 정수장, 수용가에 이르기까지 아무런 문제가 없어야 한다.

석중정수장 유충규명 특별조사위원회에서는 원수와 시설에 대한 문제과 혼재되어 있어 이에 대한 대책을 제시하였다.

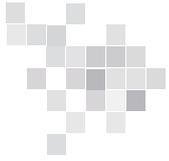
한편, 현재의 낙동강 원수가 개선되지 않는다면 정수장의 시설 개선도 중요하지만, 이럴 운영할 직원들의 전문성과 숙련도를 반영한 전문인력 보강과 육성, 효과적인 배치가 중요하다.

지난 7월 23일(토) 시민대책위와 이달곤 국회의원 면담에서 상수도 신뢰를 쌓기 위한 대책으로 시민들의 수돗물에 대한 인식 교육(프로그램)과 민관모니터링 강화 등이 제시되었었다.

특히, 시민인식 교육은 행정 중심이 아닌 민간에 공모를 통한 다양한 방식으로 찾아가는 교육과 현장 답사, 선진지 견학 등 다양한 방안이 필요하다는 것에 공감을 모았었다.

장기적으로는 취수원 관리체계 개선 및 점검을 위한 지자체 권한 강화, 보 개방에 대한 환경부에 대한 의견 전달 등이 논의되었다.

또한, 행정과 의회, 시민들이 신뢰하고, 안전한 수돗물에 대한 정책 제안을 할 수 있는 시스템 구축, 민관거버넌스의 확대도 논의되었는데 법과 조례 등을 통한 대책은 행정과 의회에서, 시민들과 전문가, 시민단체들은 다양한 대안 제시와 응원의 목소리를 내어 주었으면 좋겠다.



# 05

## 안전하고 깨끗한 수돗물 생산과 공급 정책 방향

정순욱 창원특례시의원  
유충규명 특별조사위원회 위원





## 안전하고 깨끗한 수돗물 생산과 공급 정책 방향

정순욱 창원특례시의원, 유충규명 특별조사위원회 위원

우리 삶 속에 물이 차지하는 부분이 참으로 많이 있습니다.

모두 혼함에 소중함을 생각하지 아니하고 항상 주어지는 것으로 알고 있었습니다.

문제가 발생하면서 식수에 대한 개념은 혼함보다 소중함이 앞서고, 입에 들어가는 물은 양에서 질로 생각 변화가 되어가는 세상으로 바뀌었습니다.

이번 석동정수장 깔따구 발생 사건은 먹는 물에 대한 인식 변화도 있었지만, 삶의 질에 따라 대응하는 빈부격차가 생겨 저소득에 대한 촘촘한 배려가 있어야 함을 알았습니다.

그리고 모든 이들이 함께 공포감을 느끼게 하는 모습도 되었습니다.

발달 원인은 석동정수장에 유입되는 깔따구가 정수장에서 처리되지 못하고 가정집까지 배달되면서 발생을 하였습니다.

그러나 문제의 발달을 바라보는 시각은 이해당사자에 따라 달리는 경향이 있었습니다.

그들의 해법에 실질적 피해자인 진해구민에 대한 이해당사자들은 관심이 없고 오로지 자신의 집단에 대한 이해를 위해 상대방의 결점을 찾는데 주력 하려는 입장이 강하였고, 자신의 집단에 대한 방어논리에 주력하는 모습이 강하였다고 봅니다.

피해당사자인 진해구민 15만명300명은 깔따구로 인해 식생활에 피해를 받고 있는 상황에서 원인에 대한 규명은 조금 차이를 느끼면서, 원수의 녹조로 발생하는 여러 복합적 문제는 규명이 되지도 아니하였고, 미봉책으로 덮으려 하는 의구심만 남았습니다.

그리고 원수에는 우리들에게 익숙하지 아니한 마이크로시스틴

에 대한 노출이 되면서 건강에도 자유롭지 못한 상황이 찾아왔습니다.

급기야 창원시가 해결책으로 내놓은 진해구민에게 약속한 ‘ISO22000’ 이 달성이 되어 안전성을 확보한 식용 가능한 수돗물이 가정집으로 배송되길 바랄 뿐입니다.

7월8일 석동정수장 원수 유입구에서 깔따구가 발생이 되었고, 가정집 수돗물에서 깔따구 유충이 발생이 되면서 석동정수장은 정수기능이 상실되었습니다.

창원시는 ‘특별조사위원회’ 를 만들어 유충 발생 원인과 대책 마련을 시작하였습니다.

창원시와 시민단체, 민간업체, 환경부 산하의 단체(한국수자원공사, 낙동강환경청), 지역 시의원이 참여하는 ‘특조위’ 활동을 시작하였습니다.

그러나 수사권이 없는 위원회는 한계가 있었고, 상급 단체인 환경부는 원수에 대한 현실 부정에 급급한 상황이 되었고, 특조위 활동과 대책 속에는 진해구민의 이해는 없었습니다.

위원회는 환경부의 ‘수돗물 유충 발생 예방 및 대응 방안’ 에 실린 관련 조치들이 유충 발생 시기부터 충분한 시료 파악과 확보가 이행되지 못했음을 확인하였으며, 이와 같은 미흡한 조치가 유충의 유입과 확산의 원인이 된 것으로 판단하고 중간 보고에 급급하였습니다.

첫째, 권장 예방조치가 부족한 부분입니다.

석동정수장은 급속여과지동 출입구의 이중문 미설치, 정수지 유입·유출구에 대한 유충 차단장치 미설치 등 매뉴얼에서 제시하는 충분한 예방조치가 미흡했던 점이 확인되었습니다.

둘째, 역세척수의 재사용 부분입니다.

환경부는 유충 발생 시기에는 여과지 역세척에 사용된 물인 역세척수를

최대한 방류할 것을 권장하고 있으나, 석동정수장은 역세척수 방류설비 부족으로 상당량의 역세척수를 정수 공정에 재사용하고 있었습니다.

(\* 일일 발생 역세척수 800㎥ 중 600㎥ 재사용, 200㎥ 방류)

이를 토대로 특조위는 시설개선, 조직운영, 원수관리에 대해서는 이야길 하였습니다.

#### <시설 개선>

1. 석동정수장 초고도화를 위해 국비지원이 필요하다
2. 칠서대산정수장과 석동정수장을 연결하는 공급망 구축이 필요하다.

#### <조직 운영>

1. 기후환경 변화에 효과적 대응을 할 수 있는 수질관리 체계를 구축하기 위한 조직 정비가 시급하다.

안전환 수돗물 관리를 위하여 민관협의회 구성을 위한 규정 마련이 필요하다.

#### <원수 관리>

취수장 주변 공공수역의 관리권역 설정과 수질 토적토 오염 대응, 수생태 관리, 녹조 대책 등을 담은 전반적인 수 환경 관리대책 수립을 요구하였습니다.

이런 내용을 종합하여 발생 17일 만에 창원시장은 긴급브리핑(7월23일)을 통해서 급하게 사과를 하였습니다.

시는 유충 발생 근본적인 대책으로 식품안전경영시스템(ISO22000) 국제 인정을 도입할 계획을 발표하였습니다.

진해구민의 입장에서 이번 깔따구 사건을 바라보면서 창원시에 요구하는 내용은 정직한 소통을 바라면서 음용이 가능한 물을 바라는 것입니다.

큰 비용이 들어간다는 것도 알고 있고, 그래서 국비 지원이 되어야 한다는 것도 잘 알고 있습니다.

그래도 창원시장님께서 말씀하신 내용을 지켜달라는 것이며, 최소한의 내용을 진해주민에게 알려주시길 바라는 마음이 큼니다.

#### <진해구민의 주장>

첫째, 석동정수장을 ISO22000에 맞추어 정수장시설을 언제까지 인정을 받겠다는 구체적인 안을 제시해 주길 바란다.

둘째, 석동정수장을 리모델 차원이 아닌 새로운 시설을 만들길 원하며, 제2석동정수장을 만들어 이전하라.

셋째, ISO22000 인정이 될 때까지 투명한 물 관리를 위해 ‘민, 관, 학’이 참여하는 위원회를 구성하여 투명한 관리를 해주길 바란다.

넷째, 깨끗한 원수 관리를 위해 낙동강에서 유입되는 취수단계에서 원수의 성분을 진해구민에게 최소한 주간 단위로 발표하라.

다섯, 깔따구 발생시 진해구민에게 공급되는 망을 다양화하라.

여섯, 향후 추진 계획을 연차별 진행 방향과 예산 투자계획을 제시하라.

금수강산 대한민국에서 물은 항상 넘쳐 우리의 생활에 항상 곁에 있는 것으로 생각하였습니다.

그만큼 소중함을 몰랐습니다.

그런데 우리네 생활에서 공기처럼 삶의 원천임을 알았기에 이번의 사태를 보면서 심각성을 느낍니다.

행정에서도 음용수에 대해서 최소한의 배려가 담겨 시민이 마음껏 먹고, 공유할 수 있도록 원점에서 생각해 주시고, 환경부에서는 원수 관리의 책임성이 있는 만큼 최소한의 관리인 2급수까지 공급이 되도록 물 관리를 책임져 주시길 부탁드립니다. 끝맺음을 하고자 합니다.

감사합니다.

<참고자료>

## 진해권 상수도공급 안정화(비상연계)시설 확충사업

낙동강 원수 수질문제 및 석동정수장 수돗물 유출 사고 등으로 인한 먹는 물에 대한 시민 불안 가중에 따른 비상공급망·연계시설 구축을 위한 시설 확충 필요

### □ 사업개요

- 사업기간 : 2023. 1. ~ 2025. 12. (3년간)
- 위 치 : 마산회원구 동마산IC 녹지, 성산구 대방동~진해구 석동
- 총사업비 : 40,000백만원 (국비 100%)
- 사업규모 : 송수관로 매설(7.3km) 및 가압장 설치 2개소
- 주요내용 : 동마산 IC 가압장 설치
  - 가압장(Q=166,000m<sup>3</sup>/일), 송수관로 매설(D1,000mm, 0.2km)
  - 석동정수장 비상연계관로 설치
  - 가압장(Q=25,000m<sup>3</sup>/일), 송수관로 매설(D600mm, 7.1km)

### □ 연차별 투자계획

(단위 : 백만원)

구분	총사업비	연차별 투자계획			비고
		2023년	2024년	2025년	
계	40,000	23,000	8,500	8,500	

### □ 추진현황 및 향후계획

- 수도정비기본계획 승인(환경부) : '14. 6월
- 부산국토관리청 사업시행 협약 체결(터널내 공동구 설치) : '18. 2월
- 수도정비기본계획(변경) 승인신청(환경부) : '21. 10월
- 실시설계용역 시행 및 완료 : '23. 1.~10.
- 수도사업 인가 및 도시계획시설 결정 : '23. 11월
- 공사착공 : '24. 1월

### □ 건의사항

- 사고발생 시 안정적인 상수도 공급체계 구축을 위한 사업비 400억원 전액 국비 지원 건의

소관부처 : 환 경 부 물종합정책관 물이용기획과 (☎044-201-7122)  
 시 · 도 : 경 상 남 도 기후환경산림국 수질관리과 (☎055-211-6742)  
 지자체 : 창 원 시 상수도사업소 수도시설과 (☎055-225-6242)

□ 계획평면도 (석동정수장 비상연계관로)



□ 계획평면도 (동마산IC 가압장)



## 칠서~대산정수장 비상연계 공급망 구축사업

낙동강 원수 수질문제 및 석동정수장 수돗물 유출 사고 등으로 인한 먹는 물에 대한 시민 불안 가중에 따른 비상공급망·연계시설 구축을 위한 시설 확충 필요

### □ 사업개요

- 사업기간 : 2023. 1. ~ 2025. 12. (3년간)
- 위 치 : 경상남도 창원시 의창구 북면 ~ 함안군 칠북면 일원
- 총사업비 : 25,000백만원(국비 100%)
- 사업규모 : 송수관로(D900mm, L=10.2km), 기압장 설치(Q=32,000m<sup>3</sup>/일)  
토출수조(집합정) 설치(V=500m<sup>3</sup>)
- 주요내용 : 칠서정수장과 대산정수장의 비상연계를 위한 송수관로 및 기압장 설치

### □ 연차별 투자계획

(단위 : 백만원)

구분	총사업비	연차별 투자계획			비고
		2023년	2024년	2025년	
계	25,000	15,800	4,600	4,600	

### □ 추진현황 및 향후계획

- 창원시 수도정비기본계획(변경) 수립 용역 착수 : '19. 6월
- 수도정비기본계획(변경) 승인 요청 : '21. 10월
- 실시설계용역 시행 및 완료 : '23. 1.~10.
- 수도사업 인가 및 도시계획시설 결정 : '23. 11월
- 공사착공 : '24. 1월

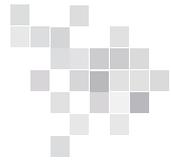
### □ 건의사항

- 사고발생 시 안정적인 상수도 공급체계 구축을 위한 사업비 250억원 전액 국비 지원 건의

소관부처 : 한 경 부 물종합정책관 물이용기획과 (☎044-201-7122)  
 시 · 도 : 경 상 남 도 기후환경산림국 수질관리과 (☎055-211-6742)  
 지자체 : 창 원 시 상수도사업소 수도시설과 (☎055-225-6242)







# 06

## 시민이 바라는 먹는 물 정책 방향

이재경 진해YWCA 사무총장





# 시민이 바라는 먹는 물 정책 방향

진해YWCA 사무총장 이재경

지난 7월 7일 석동 정수장에서 발생한 깔따구 유충 사태 이후 창원 진해 시민들은 코로나19 이후 걱정이 하나 더 늘었습니다. 설상가상 지난 8월에는 창원을 비롯한 낙동강을 원수로 하는 부산 대구 수돗물에서 발암에 생식독성까지 있는 청산가리 100배 이상의 독성을 가진 마이크로시스틴이 검출되었습니다. 이때까지 사용하고 마셨던 물마저 안전하지 않고 믿을 수 없는 세상이 되었기 때문입니다. 수돗물을 그냥 마실 수 있었던 예전으로 돌아갈 수는 없지만, 수돗물을 그냥 마실 수 있는 세상을 만들 수 있도록 다같이 노력해야 할 땀입니다.

우리가 추구하는 지속 가능한 발전의 목표 중 제6번은 건강하고 안전한 물관리입니다. 물은 인류의 생존과 문명의 근간이며 치수는 국가경영의 초석임은 동서고금을 통해 입증된 사실입니다. 우리는 그 중요한 물이 부족한 물 부족국가로서 물의 관리는 국가적으로 매우 중대한 사안으로서 원수 수질 관리에 기반한 수돗물 위기 예방과 대응 안전망 구축 역시 필요합니다.

1. 진해구 석동정수장에서 처음 깔따구 유충이 발생하였을 때 창원시의 대응에 관한 것을 먼저 짚어보겠습니다.

유충 발견을 즉시로 발표하지 않고 36시간 뒤에 발표함으로써 창원시는 시민의 알 권리를 침해하며 신뢰 기반을 스스로 허물었습니다. 시민들은 그날 진해구 중원동로 일대에서 길마켓 행사에 참여하며 창원시에서 틀어주는 분수 속에서 환호성을 지르며 마음껏 뛰어노는 아이들과 함께하고 있었습니다. 그 물이 석동정수장의 깔따구 유충이 나오는 물이란 걸 뒤에 알고 경악을 금치

못했습니다. 안일한 대처의 일면이라고 보입니다.

안전한 대책 마련과 함께 빠르고 정확한 정보 제공을 요청합니다.

2. 이번 석동정수장 유충의 근원은 원수로부터 기인했다는 사실은 매우 중요한 사안입니다.

원수 수질 관리가 매우 중요하고 유의미하므로 그에 따른 근본적인 대책과 함께 정부와 지자체, 각 부처 간의 유기적이고 상호공조체제가 필요하다고 봅니다.

2020년 7월에 인천에서 깔따구 유충 사태가 발생하였습니다. 인천의 경우를 언급하는 이유는 기온이 올라가는 것이 유충 발생 원인의 하나로 작용할 수 있다고 보기 때문입니다. 뿐만이 아니라 낙동강 원수에 창궐하고 있는 녹조가 뿜어내는 독성이 쌀무 배추에서 이제는 수돗물에서까지 검출되었습니다. 향후 기후변화와 무관하지 않기 때문에 물과, 기후, 농업과 산업 등 모든 정책은 유기적으로 이루어져야 합니다.

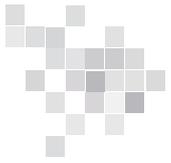
이번 일을 계기로 시민들은 낙동강 원수와 정수장 시설의 현대화와 노후 수도관에 관한 관심 등 총체적으로 물과 관리에 관한 관심이 높아졌습니다. 즉, 원수로부터 우리 집 수도꼭지와 샤워기까지 안전하고 깨끗한 물을 원하는 것입니다.

3. 물이용부담금에 대한 건입니다. 우리는 수도요금 외에 물이용부담금을 2002년부터 내고 있습니다. 물이용부담금을 받는다는 것은 1급수의 물을 공급하겠다는 약속입니다. 그러나 현실은 4급수입니다. 향후 낙동강 상수원수의 수질이 1급수~2급수로 관리되지 못할 시 물 이용 부담금 환급이 이루어질 수 있도록 현실적이고 책임 있는 행정적인 절차 마련을 요청합니다.

4. 그리고, 시민들과 학생들이 물에 관한 지식과 정보를 공유하며 체험할 수 있는 교육이 이루어질 수 있는 정책 마련을 요청합니다.

5. 위와 같이 위기 발생 때 낙장 발표가 아닌 신속하고 정확한 정보 제공과 수도물을 끓여 먹으라는 안일함이 아닌 현실성 있는 안전한 대응책을 제시해 주기를 바라며, 물 부담금의 올바른 이용과 낙동강 원수로부터 우리 주방의 수도꼭지까지 안전하고 깨끗한 물을 사용하고 마실 수 있는 일상을 위해 원수 수질 관리, 노후 수도관 문제 해결 등의 정수장 시설 현대화, 물 교육을 위한 국비 및 지자체 예산 확보와 학계의 전문가와 소비자를 대변하는 시민단체가 함께하므로 올바른 정책을 마련할 수 있기를 바랍니다. 이를 위하여 낙동강 상수원수부터 수도꼭지까지 시민들이 감시, 모니터링, 응급상황 발생 때 비상급수 등 정책제언을 통하여 참여할 수 있도록 민관협의회 구성을 요청합니다.





# 07

낙동강 녹조 대응과 창원시민의 안전한 수돗물 공급

이철재 수돗물시민네트워크 정책위원





## 낙동강 녹조 대응과 창원시민의 안전한 수돗물 공급

이철재 수돗물시민네트워크 정책위원(환경사회연구소 연구위원)

### ○ 갈따구 유충 문제

- 갈따구 유충은 깨끗한 수환경부터 오염된 수환경까지 분포 다양, 수질이 좋을수록 개체 크기 감소 경향(김재학, 2021)
  - 유충 크기 : 인천(2020.07 발생) > 제주(2020.10 및 2021.02)
- 2022년 7월 창원 석동 정수장 갈따구 유충 발견
  - 2021년 공주대·국립생태원 등이 작성해 환경부 국립환경과학원에 제출한 「4대강 보 개방에 따른 수생태계 변화 조사(2021)」 용역보고서에 따르면, 경남지역에 낙동강 원수를 공급하는 본포취수장 부근은 갈따구 우점 상태
  - 전체 대형 무척추동물 17종 중 우수성(흐르는 물에서 나타나는 종) 종은 단 2종이었으며, 전체 개체가 m<sup>2</sup>당 평균 117.5마리였는데, 우수성 종은 m<sup>2</sup>당 0.2마리에 불과(강찬수, 2022), 강이 아닌 정체된 호수라는 걸 보여줌
- 정부 주요 대책(김재학, 2021)
  - 침전지 살수 시설, 여과·정수 시설 등 외부 유입 차단 장치(미세방충망 등) 설치
  - 전처리 공정 운영 강화(전 염소 및 응집처리 강화) 및 공급계통 유충 발생 대응 방안 강화
  - 물웅덩이 제거·정수장 내 수목 제거 등 생물서식 환경 제거 등
- 갈따구 유충 유입 방지, 가능할까?
  - 기후위기 가속화에 따라 지역 환경에 적응한 생물 발현 가능

- 100% 통제는 현실적이지 않으며, 기술적 대책과 함께 최대한 낙동강 원수 수질 및 수생태계 개선과 위험 거버넌스(위험평가·위험관리·위험소통) 체계 구축 필요

○ 녹조 문제에 대한 위험평가·위험관리·위험소통 ‘총체적 부실’

- (위험의 종류) 자연에 의해 초래된 개념의 위험은 ‘신의 영역’ 이라는 의미로 ‘danger’, 반면 인간의 결정 행위 (decision making), 즉, 인위적으로 초래되는 위험은 ‘risk’
- 수돗물 불안을 초래하는 녹조(남세균 Cyanobacteria)와 갈따구 유충 발생에 따른 위험은 4대강 사업 이후 발생했다는 점에서 인간 행위에 따른 생산된 불확실성(manufactured uncertainty) 또는 생산된 위험(manufactured risk)
- (정책 결정 단위) 녹조 유해성·위해성 저평가 경향
- (전문가) “우리 국민이 ‘녹조’에 대한 근거 없는 공포감에 휩싸여 있다.” (송익준, 2016) “미국에 비해 한국 녹조 독성(MC-RR 우점이기에)은 높지 않다.”
- (국가) 녹조 문제 현실 반영 어려운 채수·분석 방식 유지 / 해외 연구 사례(남세균 독소의 농작물·에어로졸 검출 결과 및 다양한 경로 인체 유입 문제 등) 외면 / “녹조가 생긴 물을 농작물에 줘도 된다”는 환경부<sup>1)</sup> / 부실한 위험평가
- 위험관리·위험소통은 수돗물 안전만 강조
- 상수원 불안에 대한 대책 마련 외면
- 레저 활동 등에 따른 사전주의 활동 부재

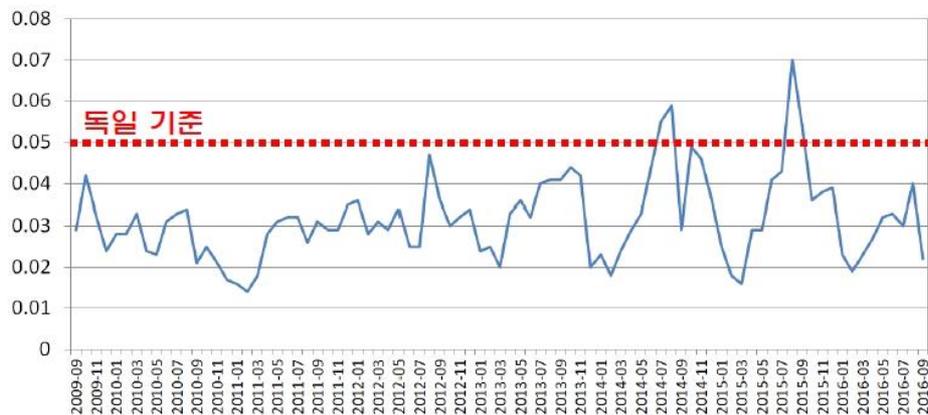
1) 환경부 물환경정보시스템 ‘녹조 Q&A’ 답변. 환경단체가 2021년 8월 문제를 지적하자 내용은 환경부는 해당 내용을 삭제했음.

- 환경재난의 사회재난 현상 심화, 정부 대책 미흡
- 정책 결정 단위에 대한 신뢰성 문제 발생

○ 총트리할로메탄(THMs) 문제

## 수돗물 발암성 소독 부산물 농도변화

● 부산 덕산정수장 수돗물 THMs 농도(기준: 0.1 mg/L)



● 농도 변화 폭 증가 -안정성(stability) 감소

그림 1. 4대강사업 전·후 부산 덕산정수장 소독부산물 변화(이현정, 2017)

- 수돗물 소독 부산물인 총트리할로메탄(THMs) 증가(2015년 9월 낙동강 덕산정수장에서 우리나라 기준치(0.1 mg/L)의 70% 수준 검출)
- 독일·노르웨이 0.05 mg/L, 미국 0.08 mg/L 기준 설정
  - 2022년 7월 화명 0.055mg, 덕산 0.043mg이 검출됐고, 8월 화명 0.051mg, 덕산 0.045mg / 부산 포함한 국내 대다수 지자체도 내부적으로는 0.05mg 목표 수질관리(박진홍, 2022)
  - 2015년 부산 상수도사업본부 관계자 “0.05 mg/L가 초과할 경우, 가정에서 수돗물을 끓여서 음용토록 홍보할 계획” (김

옥빈, 2015)

- 잔류 염소 등에 따라 관말(최종 소비지)에서 증가 우려
- 상수원 수질 영향

○ 성장을 위한 자연환경 훼손, 수돗물 신뢰도 저하

- 낙동강 수계 수질 오염 사건이 왜 다른 수계 수돗물 신뢰도에 영향을 미치는가?
  - 1991년 낙동강 페놀 오염 사건, 수돗물 신뢰도 저하의 결정적 사건
- 수돗물 사고의 하인리히 법칙
  - “큰 실수는 굵은 밧줄처럼 여러 겹의 섬유로 만들어진다.” (빅토르 위고 『레 미제라블』)
  - “하나의 대형사고 전엔 수십 차례의 경미한 사고와 수백 번의 징조들이 반드시 나타난다” ( 허버트 윌리엄 하인리히 『산업재해 예방: 과학적 접근』)
  - 낙동강 페놀 사건 이전의 무수한 징조(대장균 국제 기준 40배 초과, 기형 물고기, 수돗물 염소 악취 문제, 무허가 정수기 업체 난립, 약수터 이용 증가 등)
  - 수돗물 신뢰도는 1970~1980년대 대한민국 경제가 고도 성장기에 접어들면서부터 흔들리기 시작. 다시 말해 경제성장을 위해 강이라고 하는 자연환경을 훼손하고 희생시킨 결과 시민의 공공재이자 공공 서비스로서 수돗물 신뢰도 저하

○ 상수원 불안의 보편성에 따른 수돗물 신뢰도 저하

- 2013년 환경부 조사 결과 28.1%가 상수원 불신으로 수돗물

음용을 꺼리는 것으로 조사

- 2008~2012년 폭염과 녹조 창궐 시기 병입수 판매량 폭증
- 낙동강 수돗물 신뢰도 저하 사건 반복
- 재난과 사고의 반복은 낙동강 수계의 ‘특수성’ 이 아니라 의도하지 않은 ‘사회적 보편성’ 을 갖게 하고, 이러한 보편성은 다른 수계에 악영향
- 따라서 낙동강 수질 오염 사고 재발 방지는 낙동강 권역 수돗물 신뢰 회복만이 아니라 대한민국 전체에서 중요한 의미이며, 이를 위해서는 결국 낙동강 상수원 불안 문제부터 풀어야 함

- 상수원, 즉 강의 자연성을 제대로 회복하지 못하면 수돗물 신뢰 회복은 요원
- 상수원 수질 및 수생태 개선을 위한 종합대책 마련 및 위험 거버넌스 구축
- 정책 결정 단위 역할 제고(해외 사례 분석 및 국내 반영 / 투명성 · 신뢰성)

## <참고자료>

- 강찬수. 2022. “창원 수돗물에 깔따구 유충…환경부 보고서 작년부터 경고했다” 『중앙일보』. 2022.08.02.
- 김옥빈. 2015. “부산시, 수돗물 소독부산물 수치 낮춘다” 『아시아투데이』. 2015.09.08.
- 김재학. 2022. ‘깔따구 유충 발생사례 및 대응방안’ 「반복되는 수돗물 유충 사고와 조류 대 번성, 어떻게 할 것인가?」 대한상하수도학회·수돗물시민네트워크 공동 토론회
- 박진홍. 2022. “부산 소독한 수돗물서 ‘발암물질’ 급증… ‘원수 되살려야’ ” 『노컷뉴스』. 2022.09.13.
- 송익준. 2016. “녹조에 대한 근거 없는 공포감 없애야” 『중도일보』. 2016.04.28.
- 이현정. 2017. ‘4대강 사업이 바뀌버린 시스템 : 금강 곰나루를 중심으로’ 서울환경포럼·서울대학교 환경대학원 주최 서울환경포럼 2017년 봄 세미나 「녹조로 신음하는 4대강 어떻게 복원할 것인가?」 자료집(2017.5.2.)

