

정부간행물등록번호

11-1480000-001363-10

MINISTRY OF ENVIRONMENT

2021

조류(녹조)발생과 대응 연차보고서

2022. 8.



환경부

녹조현상(綠潮, Green tide)의 이해

1. 조류(藻類, Algae)는 물속에서 광합성을 하는 식물플랑크톤

- 조류는 물속에 사는 작은 생물로 수생태계 먹이사슬의 생산자이며, 산소를 공급하고 동물플랑크톤의 먹이가 되는 등 육상의 식물과 같은 중요한 역할 수행

* 조류(식물플랑크톤) → 동물플랑크톤 → 작은 물고기 → 큰 물고기 → 사람

2. 조류는 크게 규조류, 녹조류, 남조류, 기타조류 등으로 구분

- 엽록소라는 광합성 색소를 가지고 있어 광합성을 통해 성장하므로 빛(일사량), 수온, 영양염류(질소·인) 및 체류시간 등 환경조건에 큰 영향을 받음

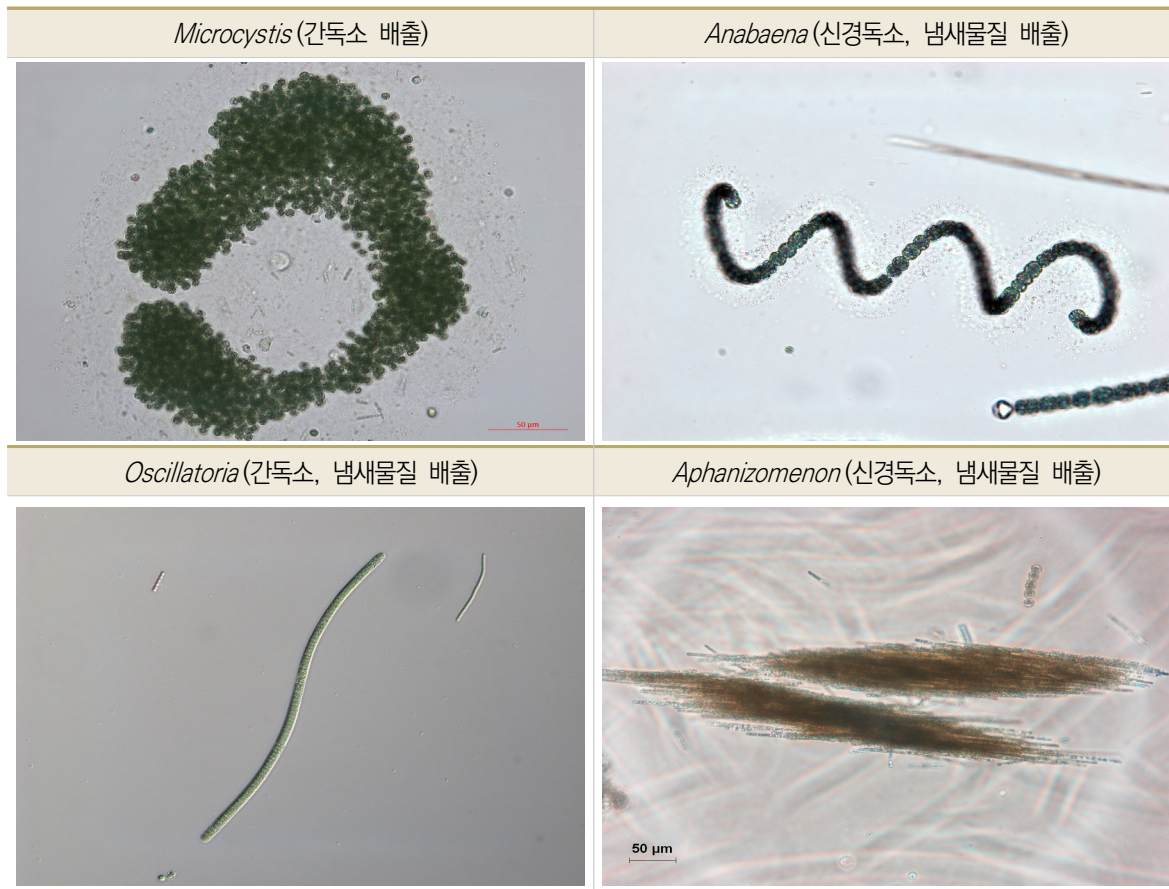
- 우리나라 하천과 호소는 영양염류가 풍부한 상태이므로 주로 계절별 일사량과 수온에 의해 우점종(가장 많은 종)이 결정됨

- 우점종에 따라 물 색깔이 갈색, 옅은 녹색, 진한 녹색 등으로 변화



3. 녹조현상이란 여름~가을철에 우점종을 차지하는 남조류에 의해 하천과 호소의 물빛이 진한 녹색을 띠는 현상을 말함

- 남조류 중 일부 종은 **냄새물질(Geosmin, 2-MIB)**과 **독소(간 독소, 신경독소)**를 배출하여 물의 심미적 가치와 안전성을 떨어뜨림



4. 녹조 발생시 정수처리 강화로 먹는물 안전 강화

- 녹조현상이 발생해도 물 속 독소는 정수처리 과정에서 충분히 제거되기 때문에 우리나라의 정수 처리된 물에서 **독소물질이 검출된 사례는 없음**
 - * 남조류가 발생해도 독소물질이 항시 배출되는 것이 아니고 남조류의 서식환경이 나빠졌을 때 등 일부 경우에만 독소물질이 배출되기 때문임
- 냄새물질**의 경우 **인체에 영향은 없으며**, 다만 **수돗물 음용시 불쾌감을 초래할 수** 있으나 **원수 취수(강변여과, 저층수 취수 등) 및 정수처리(활성탄 처리, 고도처리 등) 과정에서 충분히 제거 가능하여 철저히 대응 중**

조류경보제

1. 운영 목적

- 조류발생 상황을 주기적으로 모니터링하여 일정한 수준 이상의 유해남조류가 발생할 경우 경보를 발령하여 필요한 조치를 취함으로써 수돗물을 안정적으로 공급하고 친수활동시 조류독소로부터 국민의 안전을 도모하기 위함

2. 운영 개요

- (대 상) 29개소(상수원 호소 22개소, 상수원 하천 6개소, 친수활동 구간 1개소)
- (기 간) 매년 연중('98년~)
- (주 기) 주1회 이상('경계' 단계 이상 발령시 주2회 이상)
- (측정항목) 수온, pH, DO, 클로로필- α , 유해남조류 세포수 등

3. 발령 및 해제기준

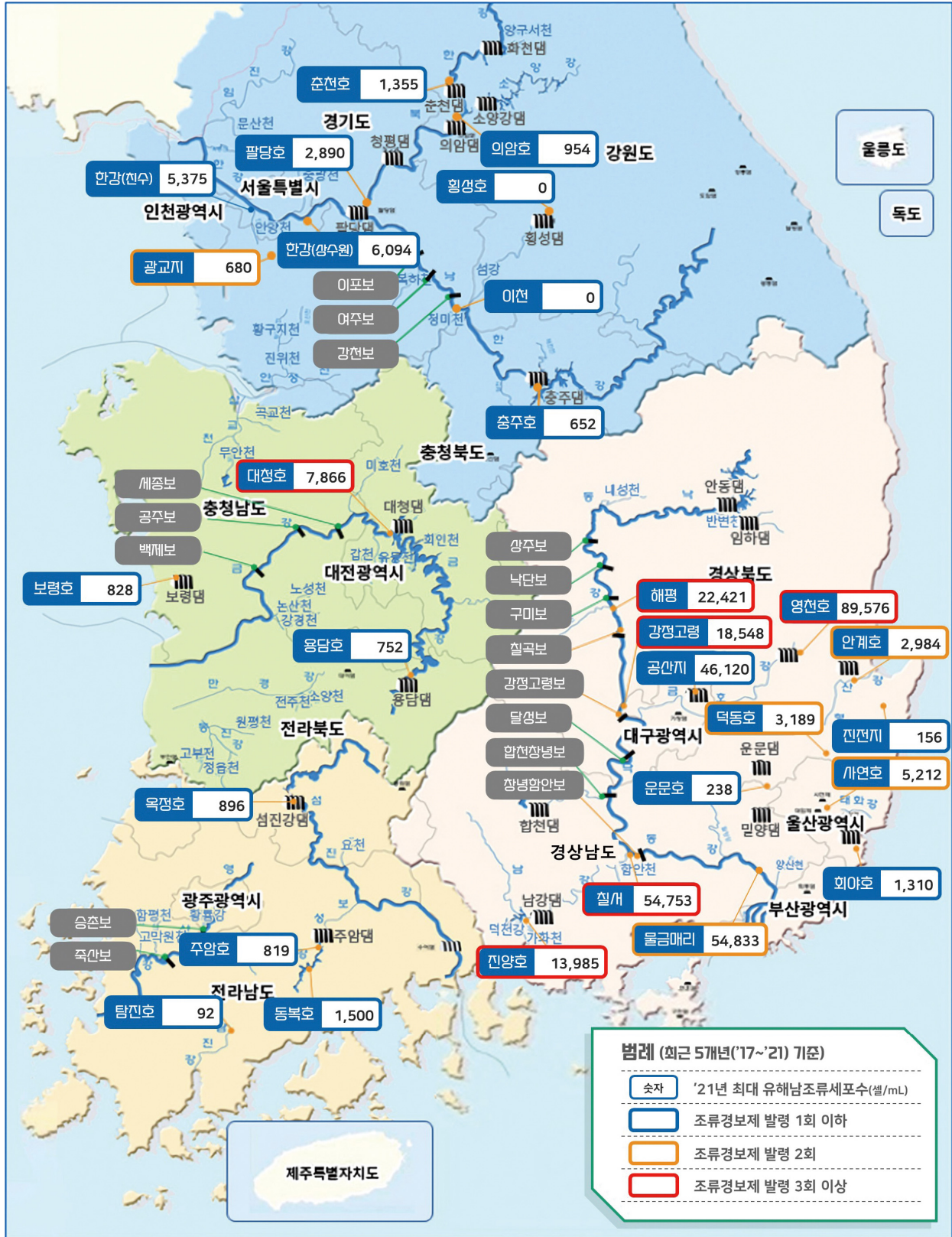
- (발령권자) 하천·호소별 관리기관(유역·지방환경청장 또는 시·도지사)
- (발령기준) 2회 연속 유해남조류 세포수가 기준을 초과하면 발령

상수원 구간	관심	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 1,000 세포/mL 이상 10,000 세포/mL 미만인 경우
	경계	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 10,000 세포/mL 이상 1,000,000 세포/mL 미만인 경우
	조류 대발생	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 1,000,000 세포/mL 이상인 경우
	해제	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 1,000 세포/mL 미만인 경우
친수활동 구간	관심	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 20,000 세포/mL 이상 100,000 세포/mL 미만인 경우
	경계	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 100,000 세포/mL 이상인 경우
	해제	2회 연속 채취 시 유해남조류 세포수가 20,000 세포/mL 미만인 경우

4. 조류경보 단계별 조치사항

단계	조치사항
평시	<ul style="list-style-type: none"> • 주 1회 이상 시료채취 및 분석(유해남조류세포수, 클로로필-a) • 오염원 점검 및 예찰활동 전개
관심	<ul style="list-style-type: none"> • “관심” 단계 발령, 오염원 단속 • 주 1회 이상 시료채취 및 분석(유해남조류세포수, 클로로필-a) • 취수구와 조류 심한지역 차단막 설치 및 조류 제거 조치 실시 • 정수 처리 강화
경계	<ul style="list-style-type: none"> • “경계” 단계 발령 및 대국민 홍보(친수 활동, 어패류섭취 자제) • 주 2회 이상 시료채취 및 분석(유해남조류세포수, 클로로필-a, 냄새물질, 조류독소) • 취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시 • 취수구 이동, 정수처리 강화(활성탄처리, 오존처리 등), 정수의 독소분석 • 기상상황, 하천수문 등을 고려한 방류량 산정(필요시 방류량 조정)
조류 대발생	<ul style="list-style-type: none"> • “조류대발생” 단계 발령 및 대국민 홍보(친수 활동, 어패류섭취 금지) • 주 2회 이상 시료채취 및 분석(유해남조류세포수, 클로로필-a, 냄새물질, 조류독소) • 취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치, 조류제거물질 살포, 조류제거선 운영 등 조류 제거 조치 실시 • 취수구 이동, 정수처리 강화(활성탄처리, 오존처리 등), 정수의 독소분석 실시 • 댐·보 방류량 조정

전국 조류경보제 운영지점 및 발령현황



2021
조류(녹조)발생과 대응
연차보고서





목 차

제 1 부	2021년도 조류 발생상황 특성	1
제1절	2021년 조류발생 총평	2
제2절	4대강 본류(16개 보·하천) 구간	4
제3절	주요 상수원 호소	9
제 2 부	수계별 조류발생 현황 및 원인분석	13
제1절	한강 수계	14
1.	한강 수계 일반현황	14
2.	2021년 조류발생 현황	17
3.	조류발생 영향인자 분석	25
제2절	낙동강 수계	40
1.	낙동강 수계 일반현황	40
2.	2021년 조류발생 현황	43
3.	조류발생 영향인자 분석	52
제3절	금강 수계	74
1.	금강 수계 일반현황	74
2.	2021년 조류발생 현황	77
3.	조류발생 영향인자 분석	83
제4절	영산강 수계	99
1.	영산강 수계 일반현황	99
2.	2021년 조류발생 현황	102
3.	조류발생 영향인자 분석	105

제 3 부	녹조발생 예방 및 대응정책	119
제1절	조류발생 모니터링 정책	120
1.	조류경보제	120
2.	조류예측	130
3.	기타 모니터링 정책	132
제2절	녹조대응 정책	136
제3절	오염물질 감시·관리 강화	139
1.	하천으로 유입되는 오염물질 관리강화	139
2.	입체적 하천감시	141
제 4 부	참고자료	145
1.	수질·조류 모니터링 자료	147
가.	주요 상수원 하천·호소 측정자료(운영지점)	148
나.	친수활동 구간 조류경보제 측정자료(운영지점)	186
다.	4대강 보 대표지점 측정자료(관찰지점)	188
2.	초분광 녹조 원격 모니터링 사진자료	221
3.	해외 녹조현상 사진자료	227
4.	주요정책자료	245
가.	2021년 조류경보제 시행계획	246
나.	조류경보제 개선 주요내용	261
다.	수질·녹조 대비 댐-보-저수지 최적 연계운영	268



표 목 차

표 1-1-1	수계별 최근 5년간 조류경보 발령일수	2
표 1-1-2	4대강 16개 보 최근 5년간 여름철(7~8월) 유해남조류 세포수	3
표 1-1-3	한강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황	5
표 1-1-4	한강 본류구간 최근 5년간 조류경보 발령일수	5
표 1-1-5	낙동강 본류구간 최근 5년간 조류경보 발령일수	7
표 1-1-6	낙동강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황	7
표 1-1-7	금강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황	8
표 1-1-8	영산강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황	8
표 1-1-9	한강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수	10
표 1-1-10	낙동강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수	10
표 1-1-11	금강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수	11
표 1-1-12	영산강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수	11
표 2-1-1	한강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	14
표 2-1-2	한강수계 조류경보제(친수활동 구간) 운영 지점	15
표 2-1-3	한강수계 조류경보제 관찰 지점	15
표 2-1-4	한강수계 2021년 조류경보 발령 현황	17
표 2-1-5	최근 10년간 팔당호 조류경보 '관심' 단계 발령현황	19
표 2-1-6	2021년 팔당호 조류발생 현황	20
표 2-1-7	최근 5년간 강수량 비교(1~7월간, 양평기상관측소)	21
표 2-1-8	최근 4년간 팔당호내 지점별 수온변화(℃, 조류경보제 자료)	21
표 2-1-9	강동대교~잠실대교 구간 7~10월 조류발생 현황(상수원 구간)	22
표 2-1-10	잠실대교~행주대교 구간 7~10월 조류발생 현황(친수활동 구간)	22

표 2-1-11	2021년 충주호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	23
표 2-1-12	2021년 광고지 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	23
표 2-1-13	2021년 춘천호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	23
표 2-1-14	2021년 횡성호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	24
표 2-1-15	2021년 의암호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	24
표 2-1-16	2021년 이천 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	24
표 2-1-17	양평관측소 기상 요소별 현황	25
표 2-1-18	강천보 수질인자 변화 비교	27
표 2-1-19	여주보 수질인자 변화 비교	28
표 2-1-20	이포보 수질인자 변화 비교	29
표 2-1-21	한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2020년 vs. 2021년)	31
표 2-1-22	팔당댐 강수량	32
표 2-1-23	팔당호 월평균 체류시간 비교(2020년 vs. 2021년)	33
표 2-1-24	댐앞 지점의 수질 변화 비교	33
표 2-1-25	부용사 앞의 수질 변화 비교	34
표 2-1-26	삼봉 수질 변화 비교	35
표 2-1-27	이천 지점의 수질 변화 비교	37
표 2-1-28	의암호(신연교) 지점의 수질 변화 비교	38
표 2-2-1	낙동강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	40
표 2-2-2	낙동강수계 조류경보제 관찰지점	41
표 2-2-3	2021년 낙동강수계 조류경보 발령 현황	43
표 2-2-4	낙동강수계 보 구간 강수량(1년 누계)	44



표 2-2-5	2021년 조류경보제 지점 유해남조류세포수 발생현황	46
표 2-2-6	2021년 월별 낙동강 8개 보 조류관찰지점 유해남조류세포수 발생현황	48
표 2-2-7	2021년 안계호, 영천호, 덕동호, 운문호 유해남조류세포수 발생현황	49
표 2-2-8	2021년 진양호, 사연호, 회야호 유해남조류세포수 발생현황	50
표 2-2-9	공산지, 영천호, 안계호, 운문호, 진양호, 사연호 조류경보 발령 현황	51
표 2-2-10	상주 기상대 기상 요소별 현황(1월~12월)	53
표 2-2-11	구미 기상대 기상 요소별 현황(1~12월)	54
표 2-2-12	대구 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)	55
표 2-2-13	합천 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)	56
표 2-2-14	밀양 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)	57
표 2-2-15	낙동강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2020년 vs 2021년)	58
표 2-2-16	상주보 수질인자 변화 비교	60
표 2-2-17	낙단보 수질인자 변화 비교	61
표 2-2-18	구미보 수질인자 변화 비교	62
표 2-2-19	칠곡보 수질인자 변화 비교	63
표 2-2-20	강정고령보 수질인자 변화 비교	64
표 2-2-21	달성보 수질인자 변화 비교	65
표 2-2-22	합천창녕보 수질인자 변화 비교	66
표 2-2-23	창녕함안보 수질인자 변화 비교	67
표 2-3-1	금강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	74
표 2-3-2	금강수계 조류경보제 관찰 지점	75
표 2-3-3	2021년 금강수계 조류경보 발령 현황	77

표 2-3-4	연도별 대청호 조류발생 현황	78
표 2-3-5	2021년도 대청호 월별(최대치) 조류발생 현황	79
표 2-3-6	연도별 보령호 조류발생 현황	79
표 2-3-7	2021년도 보령호 월별(최대치) 조류발생 현황	79
표 2-3-8	2020~2021년 금강보 구간 여름철 녹조 발생 현황	80
표 2-3-9	금강수계 보의 3~10월 주요 조류발생 현황	80
표 2-3-10	대청댐 유역 평균 강우량	83
표 2-3-11	대청호 추동지점 수질 변화 비교	85
표 2-3-12	대청호 문의지점 수질 변화 비교	86
표 2-3-13	대청호 회남지점 수질 변화 비교	87
표 2-3-14	대청호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	89
표 2-3-15	대전지방기상청 기상 요소별 현황	90
표 2-3-16	금강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2014~2021년)	92
표 2-3-17	세종보 수질인자 변화 비교	93
표 2-3-18	공주보 수질인자 변화 비교	94
표 2-3-19	백제보 수질인자 변화 비교	95
표 2-3-20	금강수계 3개 보 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	96
표 2-4-1	영산강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	99
표 2-4-2	영산강수계 조류경보제 관찰 지점	100
표 2-4-3	영산강수계 2021년 조류경보 및 수질예보 발령 현황	102
표 2-4-4	죽산보 동절기(1~3월) 조류발생 주요현황	102
표 2-4-5	영산강수계 보의 여름철(7~10월) 조류발생 주요현황	103



표 2-4-6	영산강수계 수질예보 발령일수	103
표 2-4-7	2021년도 영산강 수계 상수원 호소 유해남조류세포수 월별 최대치 발생현황	104
표 2-4-8	광주지방기상청 기상 요소별 현황	106
표 2-4-9	영산강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교	107
표 2-4-10	승촌보 수질인자 변화 비교	108
표 2-4-11	죽산보 수질인자 변화 비교	109
표 2-4-12	영산강수계 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	110
표 2-4-13	주암댐 유역 평균 강수량	111
표 2-4-14	주암호 댐앞 수질 변화 비교	111
표 2-4-15	주암호 신평교 수질 변화 비교	112
표 2-4-16	주암호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	113
표 2-4-17	탐진호 유역 평균 강수량	114
표 2-4-18	탐진호 댐앞 수질 변화 비교	114
표 2-4-19	탐진호 유치천 합류부 수질 변화 비교	115
표 2-4-20	탐진호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	116
표 3-1-1	조류경보제 적용대상 추진경위	121
표 3-1-2	조류경보제 발령기준	122
표 3-1-3	조류경보제 상수원구간 발령단계별 조치사항	123
표 3-1-4	조류경보제 친수활동 구간 발령단계별 조치사항	124
표 3-1-5	조류경보제 기준 변경사항	125
표 3-1-6	조류경보제 운영결과	126
표 3-1-7	조류예측 단계	130

표 3-1-8	수질관리협의회 구성	131
표 3-2-1	녹조발생 시 취·정수처리 흐름도	138
표 3-3-1	갈수기 기간 중 주요 수질오염원 점검실적	139
표 3-3-2	2021년 총인처리 강화운영 실적	140
표 3-3-3	가축분뇨 지도점검 실적	140
표 3-3-4	2017~2021년 환경지킴이 하천순찰활동 실적(건수)	141
표 3-3-5	2021년 항공(드론)감시 실적(건수)	142





그림목차

그림 2-1-1	팔당댐 앞 전경(2021년 7~8월)	20
그림 2-1-2	양평관측소 기상 요소별 월평균 값	26
그림 2-1-3	한강 강천보 지점 수온 및 수질 농도 변화	27
그림 2-1-4	한강 여주보 지점 수온 및 수질 농도 변화	28
그림 2-1-5	한강 이포보 지점 수온 및 수질 농도 변화	29
그림 2-1-6	충주조정지댐 월평균 방류량(2012~2020년 vs. 2021년)	30
그림 2-1-7	한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교	31
그림 2-1-8	댐앞 수온 및 수질 농도 변화	34
그림 2-1-9	부용사앞 수온 및 수질 농도 변화	35
그림 2-1-10	삼봉 수온 및 수질 농도 변화	36
그림 2-1-11	이천 지점 수온 및 수질 농도 변화	37
그림 2-1-12	의암호(신연교) 지점 수온 및 수질 농도 변화	38
그림 2-2-1	상주 기상대(상주보, 낙단보) 기상 요소별 월평균 값	53
그림 2-2-2	구미 기상대(구미보, 칠곡보) 기상 요소별 월평균 값	54
그림 2-2-3	대구 기상관측소(강정고령보, 달성보) 기상 요소별 월평균 값	55
그림 2-2-4	합천 기상관측소(합천창녕보) 기상 요소별 월평균 값	56
그림 2-2-5	밀양 기상관측소(창녕함안보) 기상 요소별 월평균 값	57
그림 2-2-6	낙동강 상주보 지점 수온 및 수질 농도 변화	60
그림 2-2-7	낙동강 낙단보 지점 수온 및 수질 농도 변화	61
그림 2-2-8	낙동강 구미보 지점 수온 및 수질 농도 변화	62
그림 2-2-9	낙동강 칠곡보 지점 수온 및 수질 농도 변화	63
그림 2-2-10	낙동강 강정고령보 지점 수온 및 수질 농도 변화	64
그림 2-2-11	낙동강 달성보 지점 수온 및 수질 농도 변화	65

그림 2-2-12	낙동강 합천창녕보 지점 수온 및 수질 농도 변화	66
그림 2-2-13	낙동강 창녕함안보 지점 수온 및 수질 농도 변화	67
그림 2-3-1	2021년 대청호의 강우, 저수율 변화와 조류경보제 발령 시기	83
그림 2-3-2	대청호 추동지점 수온 및 수질 농도 변화	85
그림 2-3-3	대청호 문의지점 수온 및 수질 농도 변화	86
그림 2-3-4	대청호 회남지점 수온 및 수질 농도 변화	87
그림 2-3-5	대전지방기상청 기상 요소별 월평균 값	91
그림 2-3-6	대청조정지댐 월평균 방류량(2013년~2021년)	92
그림 2-3-7	금강 세종보 지점 수온 및 수질 농도 변화	93
그림 2-3-8	금강 공주보 지점 수온 및 수질 농도 변화	94
그림 2-3-9	금강 백제보 지점 수온 및 수질 농도 변화	95
그림 2-4-1	광주지방기상청 기상 요소별 월평균 값	106
그림 2-4-2	영산강 승촌보 지점 수온 및 수질 농도 변화	108
그림 2-4-3	영산강 죽산보 지점 수온 및 수질 농도 변화	109
그림 2-4-4	주암호 댐앞 지점 수온 및 수질 농도 변화	112
그림 2-4-5	주암호 신평교 지점 수온 및 수질 농도 변화	113
그림 2-4-6	탐진호 댐앞 수온 및 수질 농도 변화	115
그림 2-4-7	탐진호 유치천 합류부 수온 및 클로로필- α 농도 변화	116
그림 3-1-1	강정고령보의 자동입체측정시스템 및 모니터링 지점	132
그림 3-1-2	수심별 남조류 세포수의 자동측정분석-수분석 비교결과	133
그림 3-1-3	수계별 하천 표면에서 측정된 원격반사도 스펙트럼	134
그림 3-1-4	위성과 항공 영상자료를 활용한 시공간적 녹조 원격모니터링	135
그림 3-1-5	녹조발생 시 취·정수처리 흐름도	138



제 1 부

2021년도 조류 발생상황 특성

제1절 2021년 조류발생 총평	2
제2절 4대강 본류(16개 보·하천) 구간	4
제3절 주요 상수원 호소	9

제1절 2021년 조류발생 총평

조류경보 발령현황

1998년부터 시행해온 조류경보제를 기준으로 보면 최근 5년간¹⁾ 4대강 수계에서 발생한 조류경보 총 발령일수(관심, 경계, 대발생 각 발령단계별 발령일수의 총합)는 2017년 643일(28지점) → 2018년 552일(28지점) → 2019년 492일(28지점) → 2020년 459일(29지점) → 2021년 754일(29지점)으로 나타났다. 2020년 대비 금강수계에서는 발령일수가 감소(90일 → 69일)하였으나 낙동강수계에서 크게 증가(369일 → 670일)하여 총 발령일수는 증가(459일 → 754일)하였다. 정확한 조류의 발생 및 거동 파악을 위해서는 기온, 수온, 체류시간, 일사량, 영양염류, 다른 종과의 경쟁관계 등 여러 요인에 영향을 복합적으로 고려해야하며, 아직 원인인자별 기여도가 명확히 규명되지는 않았으므로 보다 장기간의 일관된 관찰과 분석이 필요하다.

표 1-1-1 수계별 최근 5년간 조류경보 발령일수

수 계	2017년 (28지점)	2018년 (28지점)	2019년 (28지점)	2020년 (29지점)	2021년 (29지점)
한 강	0	112	97	0	15
낙동강	482	363	278	369	670
금 강	161	77	117	90	69
영산강	0	0	0	0	0
합 계	643	552	492	459	754

* 세부적인 조류경보 발령일수 및 최근 10년간 조류경보 발령일수는 “제4부 참고자료” 참고

1) 낙동강(물금·매리) 지점은 2020년부터 시범운영

4대강 보구간 조류발생

2020년 조류경보제와 수질예보제가 통합되면서 기존 4대강 16개보 구간에 운영중이던 수질예보지점이 조류관찰지점으로 편입 되었다. 최근 5년간의 발생량을 살펴보면 2018년 이후로 보 구간의 유해남조류 발생량이 감소하는 추세를 나타내고 있으며, 이는 보 개방에 따른 영향과 여름철 강우량, 강우일수, 기온 등 복합적인 요소가 영향을 미치므로 지속적인 모니터링이 필요하다.

표 1-1-2 4대강 16개 보 최근 5년간 여름철(7~8월) 유해남조류 세포수

(단위 : 세포/mL)

구 분		2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	비고
한 강	평균	0	135	118	0	0	3개 보
	최 대	0	823	940	0	0	
낙동강	평균	10,545	69,959	33,385	5,121	17,744	8개 보
	최 대	107,598	1,264,052	286,378	47,793	188,054	
금 강	평균	4,652	29,287	510	12	1,609	3개 보
	최 대	23,054	398,820	4,490	130	10,600	
영산강	평균	31,793	33,401	219	49	4,806	2개 보
	최 대	357,600	259,700	1,994	488	33,791	

유역별, 특성별 분석 필요성

2021년은 조류경보제 구간과 4대강 보 구간 모두 2020년에 비해 조류 발생정도가 증가한 것을 확인할 수 있다. 조류발생 현황과 특성은 하나의 기준으로 살펴보기는 어려우며, 긴 장마와 같은 기상 상황과 보 개방 효과 등 복합적인 요소와 유역별, 대상구간 특성별, 조류 종별로 다르다. 따라서 본서에서는 유역, 대상구간을 나누어 2021년의 조류발생 특성을 살펴보기로 한다.

제2절 4대강 본류(16개 보·하천) 구간

4대강 본류구간 수질예측지점에서 조류경보제 관찰지점으로 편입

수질예측 지점은 2012년 1월부터 4대강 16개 보를 대상으로 시행하였다. 2013년도 조류경보제 시범지역으로 낙동강 3개 보(칠곡보, 강청고령보, 창녕함안보)가 제외 되었고, 이어 2016년도에 강천보가 제외되어 2019년까지 12개 지점으로 운영되었다. 하지만 조류경보제와 수질예보제가 혼동되는 사례가 다수 발생하고, 제도별 운영방식에 따라 동일한 데이터를 놓고도 예·경보 발령 단계가 상이하여 효율적인 조류 감시 및 대응체계 구축을 위해 2020년부터 두 제도를 통합하여 운영하게 되었다. 이에 따라 4대강 본류 16개 보 구간은 2020년부터 조류경보제 관찰지점으로 편입(조류 경보 발령 미실시)되어 운영되었다.

한강수계 조류경보 발령

한강수계 본류 조류경보제 운영지점의 경우 2020년에는 발령 지점이 없었으나, 2021년에는 서울시에서 운영하고 있는 한강 지점(상수원 구간 : 강동대교~잠실대교, 친수활동 구간 : 잠실대교~행주대교) 중 상수원 구간에서 2015년 이후 처음으로 ‘관심’ 단계가 15일간(8.24~9.7) 발령되었다. 한강(이천) 지점은 운영이 시작된 2016년 이후로 조류경보가 발령된 적이 없었다. 이천 지점은 남한강의 상류 지점으로 수심이 비교적 낮고 유속이 빨라 비교적 남조류 성장에 불리한 것으로 판단된다.

최근 2018년(77일)과 2019년(97일)로 2년 연속 발령된 광교지 지점은 2020년 이후 조류경보가 발령되지 않았으며, 그 외 지점도 2019년부터 발령되지 않고 있다(상수원 주요 호소인 충주호와 팔당댐은 “제3절 주요 상수원 호소”에서 기술).

조류경보제 관찰지점인 강천보, 여주보, 이포보는 매년 조류발생 정도가 심하지 않은 지점이다. 2021년 3개 지점의 연평균 유해남조류세포수 발생량은 0~1세포/mL 수준이며, 이포보에서만 최대 20세포/mL 수준로 조사되었다.

표 1-1-3 한강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분		2017	2018	2019	2020	2021
강천보	평균	0	18	20	0	0
	최대	0	480	420	0	0
여주보	평균	0	17	31	0	1
	최대	0	366	940	0	20
이포보	평균	0	43	14	11	0
	최대	0	823	460	410	0

표 1-1-4 한강 본류구간 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구 분		이천	한강 (강동대교~행주대교)	합 계
2017	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2018	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2019	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2020	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2021	관 심	-	15	15
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	

※ 한강 이천 지점은 2016년부터 시행(2020년 강천 → 이천으로 지점명 변경)

낙동강 4월 경보 발령을 시작으로 11월까지 발생과 감소 반복

낙동강 본류구간은 8개의 보가 설치되어 있으며, 조류관찰지점으로 모니터링 하고 있다. 또한 낙동강 본류 중 해평(칠곡보 상류 22km), 강정고령(강정고령보 상류 7km), 칠서(창녕함안보 상류 12km), 물금매리(창녕함안보 하류지역으로 취수구 3km 상류)는 조류경보제의 적용을 받는다.

2021년도 낙동강 조류경보 발령일수는 335일로 2020년도보다 75일 증가하였다. 2019년 대비 증가한 발령일수는 2020년 시범운영을 시작한 물금매리 지점의 발령일수가 포함된 영향도 있다. 물금매리 지점을 제외한 총발령일수는 2019년 230일, 2020년 226일, 2021년 205일로 감소 추세이며, '경계' 발령일수도 2019년 62일, 2020년 12일, 2021년 7일로 발령강도도 낮아지고 있다. 다만, 낙동강 8개보 중 최하류에 위치한 창녕함안보의 하류에 위치한 물금매리 지점의 총발령일수가 130일로 창녕함안보~낙동강하굿둑 구간의 조류발생이 심화된 것으로 관찰된다.

관찰지점을 살펴보면 8개보 평균 발생량은 960~9,443세포/mL로 2020년도 평균 발생량 365~3,720세포/mL에 비해 증가하였고, 최대 발생량도 188,054세포/mL(합천창녕보)로 2020년도 47,793세포/mL(창녕함안보)보다 높게 나타났다. 2020년은 장마철 역대 2위 강우량과 1973년 관측 이래 최장기간 장마로 여름철 일조시간 감소, 유속의 증가로 체류시간이 짧아 조류가 발생강도가 비교적 낮았다.

2021년 6월 물금매리와 강정고령보에서 조류경보제가 첫 발령되었고, 7월 칠서, 9월 해평 지점에서 발령되었으며 칠서와 물금매리 지점은 11월말까지 지속되었다. 특히 7월에는 칠서, 8월에는 물금매리 지점에서 '경계' 단계가 발령되었다. 낙동강 8개 관찰지점은 대부분 7월말에서 8월초에 최대발생량을 기록하였으며 이후 감소추세를 나타내며 낮은 발생강도에서 증감을 거듭하였다.

표 1-1-5 낙동강 본류구간 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분		해평	강정고령	칠서	물금매리	합계
2017	관 심	28	81	114	×	324
	경 계	-	33	68	×	
	대발생	-	-	-	×	
2018	관 심	28	39	28	×	157
	경 계	-	19	43	×	
	대발생	-	-	-	×	
2019	관 심	34	84	37	×	230
	경 계	-	13	62	×	
	대발생	-	-	-	×	
2020	관 심	24	88	102	34	260
	경 계	-	-	12	-	
	대발생	-	-	-	-	
2021	관 심	21	84	93	104	335
	경 계	-	-	7	26	
	대발생	-	-	-	-	

※ 물금·매리 지점은 2020년 4월부터 시범운영

표 1-1-6 낙동강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분		2017	2018	2019	2020	2021
상주보	평균	1,095	5,551	2,840	365	960
	최대	9,820	90,263	46,876	4,441	7,920
낙단보	평균	2,830	4,635	3,964	995	1,726
	최대	35,731	89,200	70,714	16,516	38,354
구미보	평균	3,535	1,388	3,219	1,839	1,585
	최대	32,518	11,553	41,079	46,000	24,388
칠곡보	평균	2,474	1,615	2,196	929	2,603
	최대	23,125	23,100	24,809	16,637	51,350
강정고령보	평균	5,031	6,593	8,257	2,177	5,127
	최대	69,140	110,431	100,017	17,108	89,443
달성보	평균	17,347	13,626	12,244	2,113	3,890
	최대	263,805	159,000	94,429	33,055	74,942
합천창녕보	평균	20,919	59,712	23,431	2,282	9,443
	최대	204,220	1,264,052	286,378	27,176	188,054
창녕합안보	평균	24,740	34,961	18,874	3,720	4,265
	최대	324,367	715,993	223,562	47,793	43,366

금강 전년대비 비슷한 수준의 조류발생

금강 본류 상류 용담호와 대청호 두 개 호소는 조류경보제 운영지점이고, 하류의 3개 보(세종보, 공주보, 백제보)는 관찰지점으로 모니터링 되고 있다.(상류 2개 호소는 “제3절 주요 상수원 호소”에서 기술)

2021년 금강 3개 보 유해남조류 평균발생량 및 최대발생량을 살펴보면 2020년과 비교 했을 때 비슷한 수준을 나타내고 있다. 과거 5개년 자료를 보면 2018년 이후 발생량이 감소되었으며, 이는 2018년부터 시작된 보 개방과 더불어 긴 장마로 일정 유량, 유속이 확보되는 등 물리적인 수환경 변화에 기인한 것으로 판단된다.

표 1-1-7 금강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분		2017	2018	2019	2020	2021
세종보	평균	436	1,457	8	310	274
	최대	6,360	17,185	310	3,160	2,250
공주보	평균	1,207	1,877	261	411	325
	최대	13,070	14,130	4,490	4,930	6,390
백제보	평균	1,408	21,594	189	717	583
	최대	23,054	398,820	3,475	10,140	10,600

영산강 조류발생량 감소추세

영산강 본류는 2개의 조류경보제 관찰지점이 있다(승춘보, 죽산보). 2018년 이후로 조류발생이 큰 폭으로 감소했는데, 이는 수문개방으로 인한 효과로 판단된다.

표 1-1-8 영산강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분		2017	2018	2019	2020	2021
승춘보	평균	1,432	129	179	27	156
	최대	13,840	1,153	4,025	332	2,018
죽산보	평균	14,189	15,644	119	267	1,702
	최대	357,600	259,700	2,280	3,842	33,791

제3절 주요 상수원 호소

한강수계 주요 상수원 ‘팔당호’와 ‘충주호’ 조류경보 미발령, ‘한강’ 관심 발령

팔당호의 경우 2018년에 조류경보 발령(관심 22일) 이후 조류경보가 발령되지 않았다. 충주호는 청풍교 지점에서 9월 말 남조류가 첫 출현(9.23, 652세포/mL) 하였으나 그 이후 남조류는 발생하지 않아 경보 발령은 없었다. 다만, 7월부터 이어진 폭염으로 한강(강동대교~잠실대교) 구간에 일시적으로 ‘관심’단계가 발령(8.24~9.7)되었다.

낙동강수계 ‘진양호’ 전년대비 늘어난 발령일수

진양호는 2021년 총발령일수는 105일로 2017년 158일 이후 최근 5개년 중 가장 긴 발령일수이나 2019년부터 ‘경계’ 단계는 발령되지 않았다. 진양호는 2016년부터 매년 조류경보가 발령되고 있는데 이는 저수용량 대비 유역면적이 넓어 강우시 유역으로부터 유입되는 영양염류가 많아 남조류 성장에 유리한 조건이 형성되었기 때문으로 판단된다. 진양호 외에도 영천호 21일, 안계호 42일, 덕동호 28일, 공산지 56일, 사연호 83일 조류경보제가 발령되었으며, 특히 영천호에서만 ‘경계’ 단계가 7일간 발령되었다.

금강수계 ‘대청호’ 전년대비 짧아진 발령일수

중부권의 대표적인 식수원인 대청호는 1998년 조류경보제를 시행한 이후 1999년과 2014년을 제외하고 매년 조류경보가 발령되었다. 2021년은 2020년대비 총 발령일수는 감소(90일 → 69일)하였으며 ‘경계’ 단계 발령은 없었다(2020년에는 11일간 ‘경계’ 단계 발령). 8월 중순 문의 수역의 ‘관심’ 발령 이후 9월 말 추동수역에서 발령되며 10월 중순까지 발령(8.12~10.19)을 유지하였다. 유해남조류세포수는 2020년과 비교시 평균(1,703세포/mL → 510세포/mL) 및 최대치(31,780세포/mL → 7,866세포/mL) 모두 감소하였음을 알수 있다.

그 외 호소는 조류경보 미발령

한강수계 의암호, 횡성호, 광교지, 춘천호, 낙동강수계 운문호, 진전지, 회야호, 금강수계 용담호, 보령호, 영섬수계 주암호, 탐진호, 동북호, 옥정호에서는 조류경보가 발령되지 않았다.

표 1-1-9 한강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분	총주호	이천*	횡성호	춘천호	의암호	팔당호	한강	광교지	합계
2017	관 심	-	-	-	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2018	관 심	13	-	-	-	-	22	-	112
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2019	관 심	-	-	-	-	-	-	97	97
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2020	관 심	-	-	-	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2021	관 심	-	-	-	-	-	15	-	15
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	

※ 명칭변경(2020년) : 강천 → 이천

표 1-1-10 낙동강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분	해평	강정고령	칠서	물금매리	영천호	공산지	안계호	진전지	운문호	덕동호	사연호	회야호	진양호	합계
2017	관 심	28	81	114	×	-	-	-	-	-	-	-	130	482
	경 계	-	33	68	×	-	-	-	-	-	-	-	42	
	대발생	-	-	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
2018	관 심	28	39	28	×	59	-	40	-	42	-	-	48	363
	경 계	-	19	43	×	-	-	-	-	-	-	-	17	
	대발생	-	-	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
2019	관 심	34	84	37	×	13	-	-	-	-	-	-	35	278
	경 계	-	13	62	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
2020	관 심	24	88	102	34	9	-	-	-	14	39	-	35	369
	경 계	-	-	12	-	12	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2021	관 심	21	84	93	104	14	56	42	-	28	83	-	105	670
	경 계	-	-	7	26	7	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

※ 물금·매리 지점은 2020년 4월부터 시범운영

※ 명칭변경(2020년) : 칠곡 → 해평, 창녕함안 → 칠서

표 1-1-11 금강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분	응답호	대청호	보령호	합계	
2017	관 심	-	119	42	161
	경 계	-	35	-	
	대발생	-	-	-	
2018	관 심	-	77	-	77
	경 계	-	9	-	
	대발생	-	-	-	
2019	관 심	-	117	-	117
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2020	관 심	-	90	-	90
	경 계	-	11	-	
	대발생	-	0	-	
2021	관 심	-	69	-	69
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	

표 1-1-12 영산강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분	옥정호	동북호	주암호	탐진호	합계
2017	관 심	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2018	관 심	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2019	관 심	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2020	관 심	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2021	관 심	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	



제 2 부

수계별 조류발생 현황 및 원인분석

제1절 한강 수계	14
제2절 낙동강 수계	40
제3절 금강 수계	74
제4절 영산강 수계	99

제1절 한강수계

1. 한강수계 일반현황

가. 수계 조류 발생 특성

한강수계의 가장 큰 상수원이자 인공호수인 팔당호는 수도권 2,500만 명의 상수원으로 중요한 역할을 하며 수질특성이 다른 북한강과 남한강이 합류하여 다양한 조류가 발생한다. 팔당호와 한강은 청평댐(북한강)과 충주댐(남한강), 팔당댐과 인근 하수처리장의 방류수로 이루어지며 그 변동에 따라 물의 흐름에 변화가 생기고 정체되는 현상이 발생하며, 그 때 조류 발생에 적절한 수질 및 기후인자가 형성되면 특정조류의 성장이 나타난다. 한강수계의 조류경보제 지점은 유해남조류의 대발생 잠재력을 지니고 있어 세심한 관심이 요구된다.

나. 조류경보제(운영지점, 관찰지점) 적용 구간

 조류경보제 운영 지점

한강수계에서 조류경보제를 운영하고 있는 지역은 팔당호, 한강(팔당댐 하류 본류구간), 한강(이천), 의암호, 충주호, 춘천호, 광교지, 횡성호 총 8개 구간이며, 현황은 아래와 같다.

표 2-1-1 한강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점

지 점	대표 채수 위치	운영기관
팔 당 호	댐앞, 부용사앞, 삼봉	한강유역환경청
한강(강동대교~잠실대교)*	미사대교, 강동대교, 광진교, 잠실철교	서울시
한강(이천)**	강천	한강유역환경청
의 암 호**	신연교	원주지방환경청
충 주 호	댐앞, 청풍교	원주지방환경청
광 교 지	취수탑	경기도
춘 천 호	용산취수장, 춘천댐 상류	강원도
횡 성 호	취수탑	원주지방환경청

* 팔당댐 하류 한강(강동대교~잠실대교) 지점은 2000년부터 서울시가 자체적으로 운영해오던 지점을 2006년부터 조류경보제에 편입

** 한강(이천), 의암호는 2016년 조류경보제 신규지점으로 추가 / 한강(이천)은 2020년 명칭변경(강천→이천)

또한, 2016년부터 친수구간 조류경보제가 도입됨에 따라, 기존 한강 지점(한강 하류의 강동대교~잠실대교, 잠실대교~행주대교) 중 낚시, 수영 등 친수활동이 활발히 이루어지는 “잠실대교~ 행주대교” 구간은 친수활동 구간으로 운영 중에 있다.

표 2-1-2 한강수계 조류경보제(친수활동 구간) 운영 지점

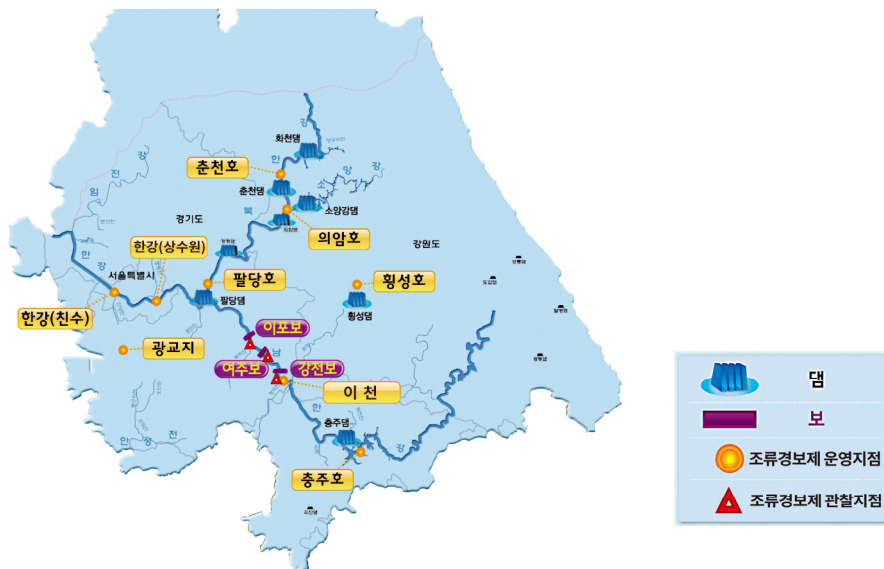
지 점	대표 채수 위치	운영기관
한강 (잠실대교~행주대교)	성수대교, 한남대교, 한강대교, 마포대교, 성산대교	서울시

조류경보제 관찰 지점

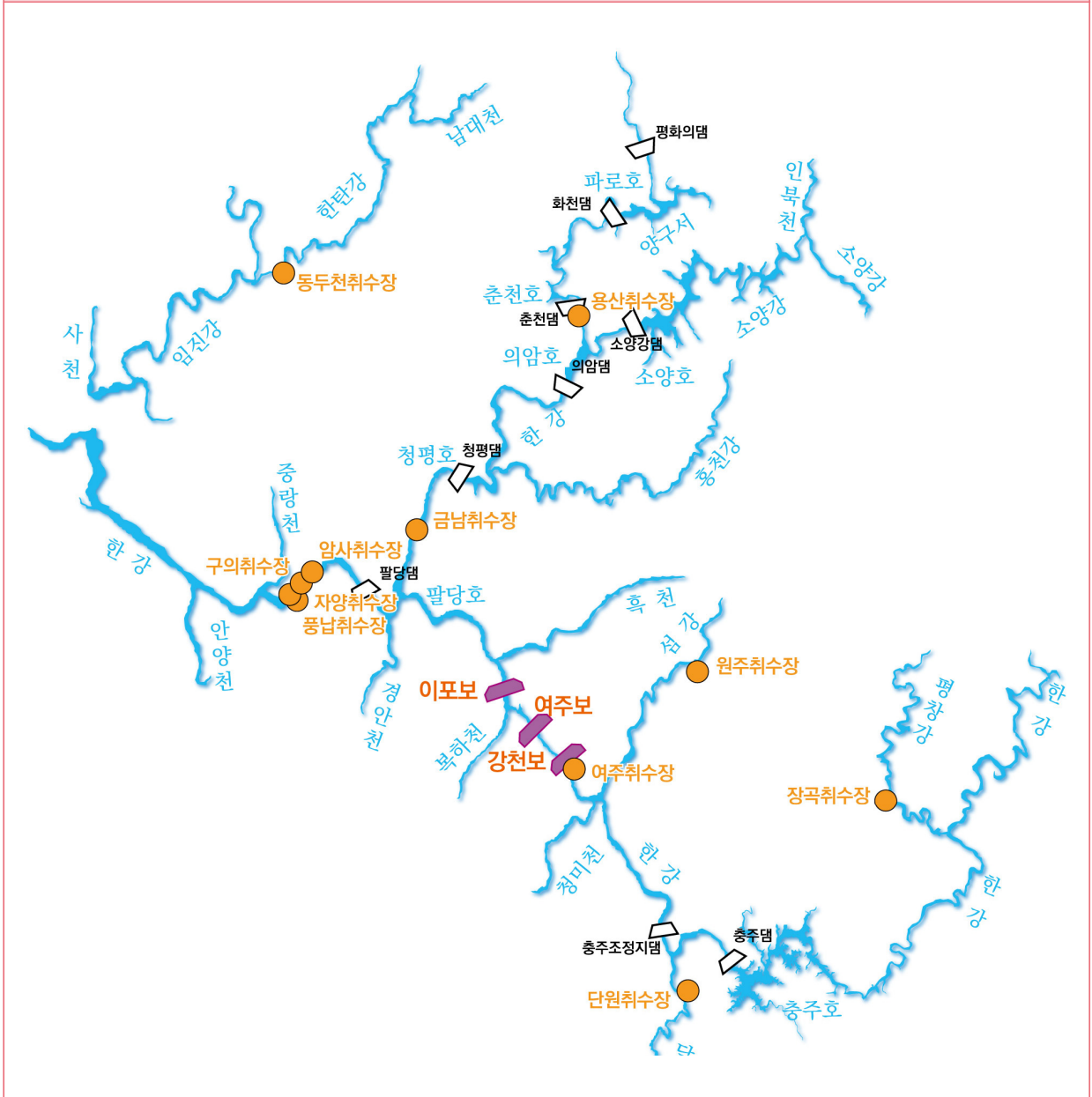
4대강 보 구간에 대하여 보 설치로 인한 조류 발생을 사전에 예측하기 위해 2012년부터 2019년까지 수질예보제를 운영하였고, 2020년 조류경보제 통합 운영에 따라 남한강 3개 보를 관찰지점으로 운영하고 있다.

표 2-1-3 한강수계 조류경보제 관찰 지점

지 점	대표 채수 위치	운영기관
강천보	보 상류 400m	국립환경과학원
여주보	보 상류 500m	국립환경과학원
이포보	보 상류 300m	국립환경과학원



한강 유역 현황도



2. 2021년 조류발생 현황

가. 유해남조류 출현 총평

2021년 한강수계의 조류경보제 적용구간 중 잠실상수원 구간에서만 15일간 발령되었고, 다른 구간에서는 조류경보가 발령되지 않았다.

지속적인 한강수계의 수질개선 노력과 함께 관계기관 간 오염원 유입저감과 사전차단 조치 등 조류발생 억제를 위해 오염원 관리에 총력을 다하여 팔당호 등에 심각한 녹조현상이 발생하지는 않았지만, 잠실 상수원 구간에서 짧은 장마와 7월부터 이어진 폭염으로 일시적으로 조류경보제 관심단계(8.24 ~ 9.7, 15일간)가 발령되었다.

표 2-1-4 한강수계 2021년 조류경보 발령 현황

지점		조류경보 발령		
		관심	경계	대발생
팔당호	댐앞		미발령	
	부용사앞		미발령	
	삼봉		미발령	
한강(강동대교~잠실대교)		8.24~9.7(15일)	-	-
한강(잠실대교~행주대교)			미발령	
강천보			미발령	
의암호			미발령	
충주호	댐앞		미발령	
	청풍교		미발령	
광고지			미발령	
춘천호			미발령	
횡성호			미발령	

나. 남한강 본류 3개 보 구간

수질예보제가 운영되었던 기간(2012~2019) 중 2012년도부터 2016년까지 한강수계의 3개 보(강천보, 여주보, 이포보)에서는 수질관리단계가 발령되지 않았다. 3개 보 중 강천보는 2016년에 조류경보제 상수원 구간으로 적용되었으며(현재 이천 지점으로 명칭변경)으로 2021년까지 유해남조류가 관심단계 수준 이하로 검출되어 조류경보는 발령되지 않았다.

2021년 남한강 3개 보 구간에서 연평균 식물플랑크톤 세포수는 4,532~7,865 세포/mL이었으며, 상류의 강천보 보다 하류인 이포보에서 더 많은 세포수가 나타났다. 식물플랑크톤 분류군 중 규조류는 3개 보 구간에서 상대우점도가 77~86%로 식물플랑크톤 생물량의 대부분을 차지하였고, 남조류는 1~4%, 녹조류는 3~7%, 기타조류는 10~15%로 조사되었다. 연중 대부분 기간에 규조류인 *Cyclotella*가 우점하였으며, 여름철 강천보 및 여주보에서 남조류인 *Merismopedia*가 짧은 기간 우점하여 나타났다.

수온이 상승하는 8~9월에 남조류인 *Merismopedia*, *Phormidium* 및 *Pseudanabaena* 등이 출현하였고, 남조류 세포수는 강천보에서 8월 17일에 최대 2,080세포/mL로 나타났으며, *Merismopedia*가 대부분으로 나타났다. 남조류는 수온 상승 및 체류시간 및 영양염류 증가에 따라 발생 정도가 증가하는데, 금년도는 충주댐에서 홍수 대비 수위를 낮추기 위해 6~7월까지 지속적으로 방류하여, 보 구간 유속 증가로 남조류 세포수가 낮게 나타났다.

연도별 남조류의 출현을 보면, 2013년에는 *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria* 등 유해남조류가 일부 출현하였으며, 2014년과 2015년은 여름과 가을에 *Merismopedia*가 주로 출현하였고, 유해남조류는 여름이나 초가을에 일시적으로 500세포/mL 이하의 적은 세포수로 출현하였다. 2016년부터 2019년까지 여름과 가을에 *Merismopedia*가 주로 출현하였으며, 유해남조류는 *Microcystis*, *Oscillatoria*가 적은 세포수로 출현하였다. 2020년에는 *Merismopedia*가 최대 2,560세포/mL으로 주로 출현하였으며, 유해남조류는 출현하지 않았다.

다. 주요 상수원 호소(조류경보제 친수활동 구간 포함)

▶ 팔당호 조류경보 미발령

1998년부터 조류경보제를 운영중인 팔당호는 수온, 강수량 등 외부 환경요인에 따라 주기적으로 조류경보 '관심' 단계(2016년 이전 '주의보')가 발령되었으나, 2021년까지 조류경보 '경계' 단계(2016년 이전 '경보') 이상 발령된 경우는 없었다.

2021년 팔당호 3개 지점에서 모두 유해남조류가 출현하였으나, '관심' 단계는 발령되지 않았다. 팔당댐앞 지점은 유해남조류가 최대 2,890세포/mL가 출현하였고, 부용사 지점은 유해 남조류가 최대 112세포/mL가 출현하였다. 삼봉 지점은 유해남조류가 최대 408세포/mL가 출현하였다.

표 2-1-5 최근 10년간 팔당호 조류경보 '관심' 단계 발령현황

(단위 : 일)

구분	계	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21
팔당호	댐 앞	87	21	0	23	43	0	0	0	0	0
	부용사앞	21	0	0	0	21	0	0	0	0	0
	삼 봉	72	28	0	0	21	0	0	23	0	0

팔당호의 유해남조류는 북한강 수계인 삼봉을 중심으로 서종대교~양수대교 구간(약 12km)에서 주로 발생하는 경향을 보이고 있으며, 2011년 북한강에서 저수온기인 11월~12월에 유해남조류(*Anabaena*)의 이상증식 현상이 발생함에 따라 2012년에 삼봉이 조류경보제 팔당호 지점으로 추가되었다.

2021년 팔당호 유해남조류 발생 상황을 살펴보면, 댐앞은 7월 26일에 유해남조류가 72세포/mL이 처음 출현하였고, 이후 증식하여 8월 17일에 조류경보 '관심' 수준인 2,890세포/mL로 출현하였지만, 강우로 인해 8월 23일 392세포/mL로 감소하면서 2주 연속 1,000세포/mL이 넘지 않아 '관심' 단계는 발령되지 않았다.

북한강의 영향을 받는 삼봉은 8월 2일에 유해남조류가 52세포/mL가 처음 출현하였고, 8월 23일에 408세포/mL까지 증가하였지만, 이후로 감소하여 10월 이후로 출현하지 않았다.

남한강 수계의 영향을 받는 부용사 앞은 8월 9일에 유해남조류가 112세포/mL로 출현한 이후 유해남조류가 출현하지 않았다.

그림 2-1-1 팔당댐 앞 전경(2021년 7~8월)



표 2-1-6 2021년 팔당호 조류발생 현황

(단위 : mg/m³, 세포/mL, ng/L)

측정 일시	팔당호								
	댐앞			부용사앞			삼봉		
	클로로필- α	유해남조류	지오스민	클로로필- α	유해남조류	지오스민	클로로필- α	유해남조류	지오스민
7.19	34.3	0	8	21.4	0	18	15.3	0	5
7.26	13.1	72	5	30.3	0	2	11.4	0	4
8. 2	11.3	1,113	73	9.9	0	24	10.3	52	5
8. 9	11.8	879	26	13.5	112	13	6.9	0	10
8.17	31.5	2,890	45	37.1	0	6	9.7	238	63
8.23	15.1	392	70	8.7	0	7	13.8	408	96
8.30	14.2	150	14	2.8	0	3	20.0	130	11
9. 6	10.3	31	2	1.1	0	1	18.9	50	3
9.13	17.6	0	2	3.0	0	1	17.6	80	4
9.23	15.3	0	3	2.3	0	3	20.1	62	7
9.27	24.2	0	4	3.9	0	2	19.2	80	4
10. 5	20.1	0	6	4.2	0	2	11.7	0	4

2021년 한강수계 총 강수량은 1,018.9mm로 최근 10년간 평균 강수량인 1,287.6mm보다 낮게 나타났다. 2021년에는 3월부터 9월까지 강수량이 비교적 고르게 나타났으며, 장마기간에 강수량이 평년보다 낮게 나타나 유해남조류 발생에 미치는 영향이 낮은 것으로 판단된다.

표 2-1-7 최근 5년간 강수량 비교(1~7월, 양평기상관측소)

연 도	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
1~7월 강수량(mm)	756.9	816.2	423.9	536.1	578.0

표 2-1-8 최근 4년간 팔당호내 지점별 수온변화(조류경보제 자료)

지점명	'18년 5~7월 평균수온(°C)	'19년 5~7월 평균수온(°C)	'20년 5~7월 평균수온(°C)	'21년 5~7월 평균수온(°C)
댐 앞	20.9	21.6	21.4	21.0
부용사앞	21.9	23.3	22.3	21.8
삼 봉	19.7	20.8	21.6	20.0

한강 하류구간 조류경보 미발령

서울시에서 운영 중인 한강하류 구간은 2014년과 2015년 2년 연속으로 조류주의보(관심)가 발령되고 2015년에는 잠실수중보 상·하류 전구간에서 조류경보(경계)가 발령 되었다. 하지만 2016년 ~ 2020년까지는 조류경보가 발령되지 않았으며, 그 원인으로는 2015년 대비 팔당호의 방류량 증가로 인한 체류시간 감소와 주요 오염원 유입시설인 하수처리장의 총인처리 강화에 따른 오염원 유입감소가 요인으로 보인다.

다만, 2021년에는 7월부터 이어진 마른 장마와 폭염으로 인해 8월 중순까지 증가하다가 8월말 이후 잦은 강우로 인해 해소 되었다. 유해남조류는 2021년 7월 4주차에 강동대교 구간에서 첫 출현 후, 8월 4주차에 미사대교에서 최대치(6,094세포/mL)를 나타냈다. 2021년에는 7월 중순까지 유해남조류가 발생하지 않았으나, 7월초부터 이어진 폭염으로 남조류가 급속하게 증가하여 잠실 상수원구간에 8월 3~4주 2주 연속 기준을 초과하여 '관심' 단계를 발령하였다. 이후 잦은 강우와 기온 저하로 조류 발생이 줄어 이후에는 평년과 비슷한 경향을 보였다.

표 2-1-9 강동대교~잠실대교 구간 7~9월 조류발생 현황(상수원 구간)

(단위 : 세포/mL)

측정 일시	미사대교	강동대교	광진교	잠실철교
	유해남조류세포수	유해남조류세포수	유해남조류세포수	유해남조류세포수
7.12	0	0	0	0
7.19	0	0	0	41
7.26	0	130	0	0
8. 2	201	261	157	40
8. 9	343	63	43	120
8.17	1,865	1,515	2,522	2,285
8.23	6,094	3,472	991	671
8.30	43	158	736	569
9. 6	126	0	0	0
9.13	144	51	35	177
9.24	143	181	110	177
9.27	77	117	186	16

표 2-1-10 잠실대교~행주대교 구간 7~9월 조류발생 현황(친수활동 구간)

(단위 : 세포/mL)

측정 일시	성수대교	한남대교	한강대교	마포대교	성산대교
	유해남조류세포수	유해남조류세포수	유해남조류세포수	유해남조류세포수	유해남조류세포수
7.12	0	0	0	0	0
7.20	0	0	0	0	0
7.26	0	0	80	89	0
8. 2	0	635	0	126	200
8. 9	80	1,125	696	1,510	5,128
8.18	4,473	559	86	380	1,571
8.23	3,369	2,700	3,116	1,303	1,257
8.30	699	878	5,375	5,292	477
9. 6	210	464	45	480	46
9.13	1,144	0	1,380	1,067	121
9.23	289	715	725	214	634
9.27	314	276	113	147	306

그 외 한강수계 발령현황

충주호는 댐앞 지점에서 2018년 10월 4일부터 16일까지 13일간 조류경보(관심)가 발령되었으나, 2019년 이후 전 지점이 조류경보제 기준 이하의 유해남조류가 발생하여 조류경보는 발령되지 않았다. 청풍교 지점의 경우 2021년 9월에 유해남조류가 일시적으로 출현하였다.

표 2-1-11 2021년도 충주호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류세포수(세포/mL)	0	0	0	0	652(청풍교)	0

경기도 수원시에 위치한 광고지는 2015년 28일간 조류주의보(관심)가 발령 후 2017년까지 조류경보가 발령되지 않았다. 2018년 조류경보제 ‘관심’단계가 77일 2019년에는 ‘관심’단계가 97일 발령되었으나, 2020년과 2021년에는 조류경보가 발령되지 않았다.

표 2-1-12 2021년도 광고지 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
1주차	0	0	680	0	0	0	0
2주차	0	0	0	220	0	0	0
3주차	0	0	0	0	0	0	0
4주차	0	420	0	0	0	0	0
5주차	-	-	0	-	0	-	-

춘천호는 2005년에 남조류가 대량 발생하여 2006년에 조류경보제 시행대상으로 지정되었으며, 2006년 시행 이후 현재까지 조류경보가 발령되지 않았다. 2021년 6월부터 11월에 유해남조류는 조류경보 관심단계 발령기준(1,000세포/mL) 이하로 출현하였다.

표 2-1-13 2021년도 춘천호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류세포수(세포/mL)	0	35	48	671	389	27

횡성호는 조류경보제를 시행한 이후 2013년에 처음으로 35일간(13.8.13~9.16일) 조류 주의보가 발령된 후 최근까지 조류경보가 발령되지 않았다. 2021년에는 유해남조류가 출현하지 않았다.

표 2-1-14 2021년도 횡성호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황

구 분	4월	5월	6월	7월	8월	9월
유해남조류세포수(세포/mL)	0	0	0	0	0	0

의암호는 2016년부터 조류경보제를 시행하고 있으나 조류경보는 발령되지 않았다. 2021년 7~9월까지 유해남조류 조류경보 관심단계 발령기준(1,000세포/mL) 이하로 출현하였다.

표 2-1-15 2021년도 의암호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류세포수(세포/mL)	0	0	809	954	888	0

이천(남한강)은 2016년 조류경보제 지점으로 추가되었으며, 2021년에는 유해남조류가 출현하지 않았다.

표 2-1-16 2021년도 이천 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류세포수(세포/mL)	0	0	0	0	0	0

3. 조류발생 영향인자 분석

가. 남한강 보 구간

한강수계의 남한강 본류 구간 3개 보 지점에서 식물플랑크톤 발생에 영향을 미치는 인과 질소 농도는 상류보다 하류의 농도가 더 높게 나타났으며, 식물플랑크톤의 세포수도 상류 지점보다 하류 지점에서 더 높게 나타났다. 보 구간은 본류로 유입되는 주요 지천인 청미천과 양화천, 복하천의 수질에 크게 영향을 받으며, 특히 3개 보 중 하류에 위치한 이포보는 오염도가 높은 양화천과 복하천이 유입되어 이포보의 영양염류 농도가 다른 보에 비해 높게 나타났다. 보 구간의 식물플랑크톤은 대부분의 시기에 규조류가 60% 이상으로 나타났다. 여름에는 일시적으로 녹조류와 남조류(*Merismopedia*)의 발생이 높아졌으며, 겨울에는 규조류와 기타조류의 발생이 높아지는 경향이 나타났다.

평균기온 상승, 일사량과 강수량은 감소

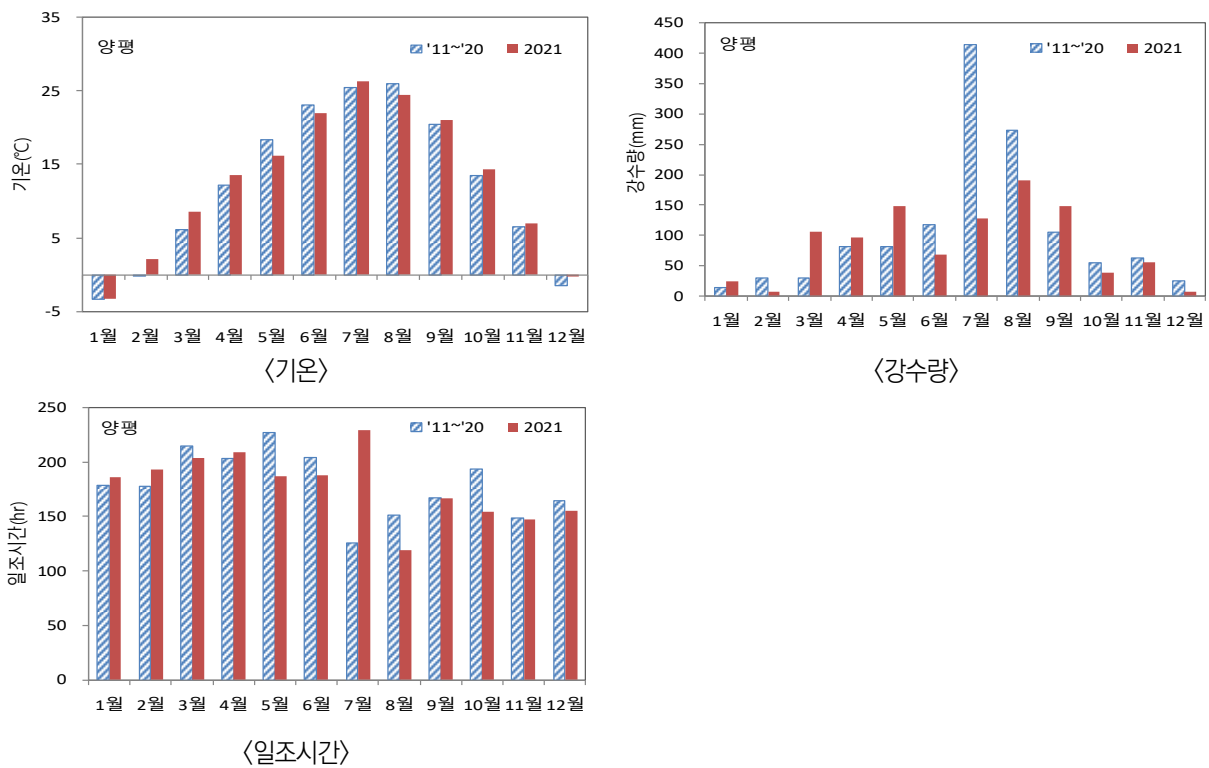
조류 발생에 영향을 미치는 기상, 수리·수문과 수질 등을 조사하였다. 남한강 본류 3개 보 구간의 전체적인 기상 특성이 반영되는 양평관측소의 자료를 사용하였으며, 기상 요소는 기온, 강수량 및 일조시간에 대하여 2011~2020년의 과거 10년 평균과 2021년의 값을 비교하였다.

표 2-1-17 양평관측소 기상 요소별 현황

기간	평균기온(°C)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2011 ~ 2020	12.2	1,289.3	2,155.7
2021	12.7	1,018.9	2,140.0
증감	0.5 (↑)	270.4 (↓)	15.7 (↓)

2021년은 지난 10년 평균기온보다 0.5℃ 증가하였고 강수량은 270.4mm 감소하였다. 2021년 강수량은 3월과 5월에 지난 10년보다 높았으나, 6월 이후 강수량이 감소하기 시작하였으며, 8월에 발생한 강우는 190.6mm으로 지난 10년간 8월의 평균 강수량보다 낮은 양을 나타냈다. 강수량의 변동은 유량 및 체류시간에 영향을 끼쳐 조류의 성장 증식에 큰 영향을 미칠 수 있다. 2021년 7, 8월의 강수량은 지난 10년 강수량보다 크게 감소하여 조류 발생에 영향을 미친 것으로 보인다. 2021년 일조시간은 지난 10년보다 15.7hr 감소하였으며, 3월 이후 대부분 기간에 낮은 일조시간을 보였고, 강수량이 적었던 7월에는 222.9hr로 가장 높은 일조시간을 보였다.

그림 2-1-2 양평관측소 기상 요소별 월평균 값



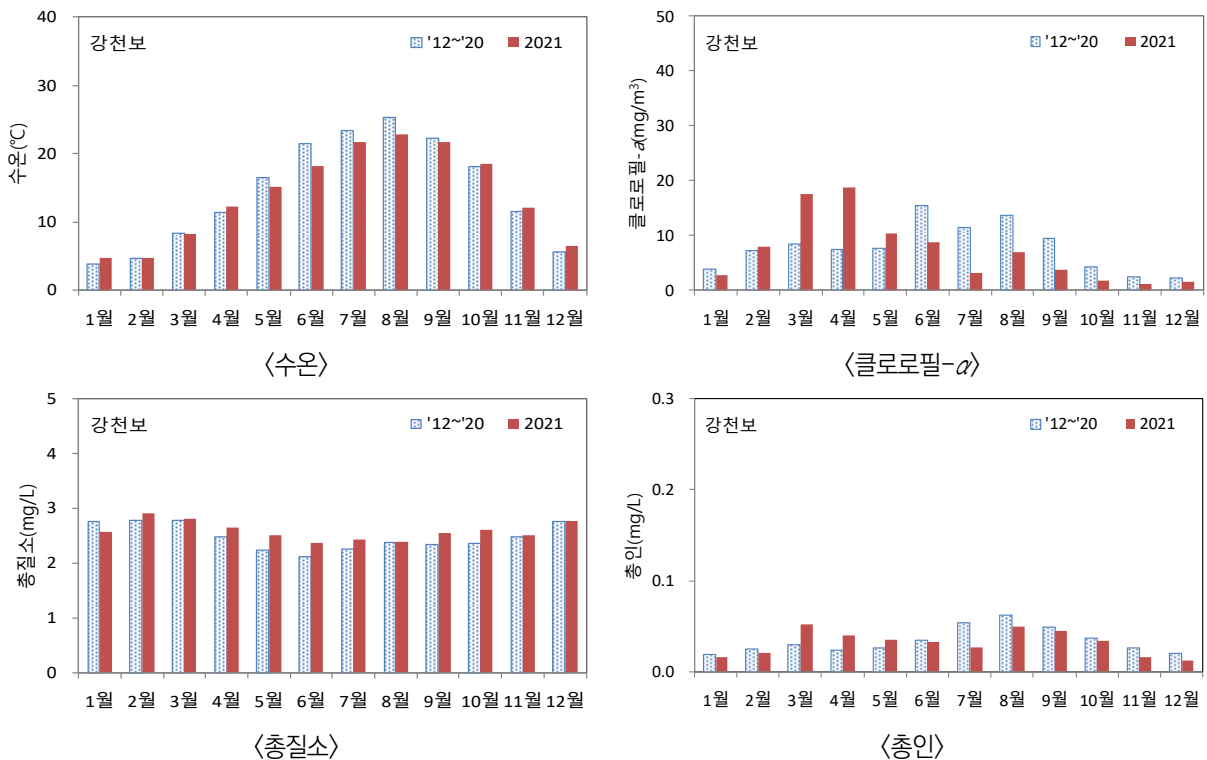
강천보 : 수온, 클로로필- α 와 총인 농도 감소, 총질소 농도 증가

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자 보 설치 이후인 2012~2020년과 2021년의 평균값을 비교하였다. 강천보에서 수온은 보 설치 이후인 2012~2020년의 평균값보다 2021년 평균값이 0.4℃ 감소하였다. 클로로필- α 농도는 2021년 평균 농도 7.0mg/m³의 값으로 과거 평균에 비해 0.9mg/m³ 감소하였으며, 6월, 7월에 주로 높은 값을 나타냈다. 총질소 농도는 2.584mg/L로 과거 평균보다 0.110mg/L 증가하였고, 총인 농도는 0.032mg/L로 과거 평균보다 0.002mg/L 감소하였다.

표 2-1-18 강천보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2012 ~ 2020	14.3	7.9	2.474	0.034
2021	13.9	7.0	2.584	0.032
증감	0.4 (↓)	0.9 (↓)	0.110 (↑)	0.002 (↓)

그림 2-1-3 한강 강천보 지점 수온 및 수질 농도 변화



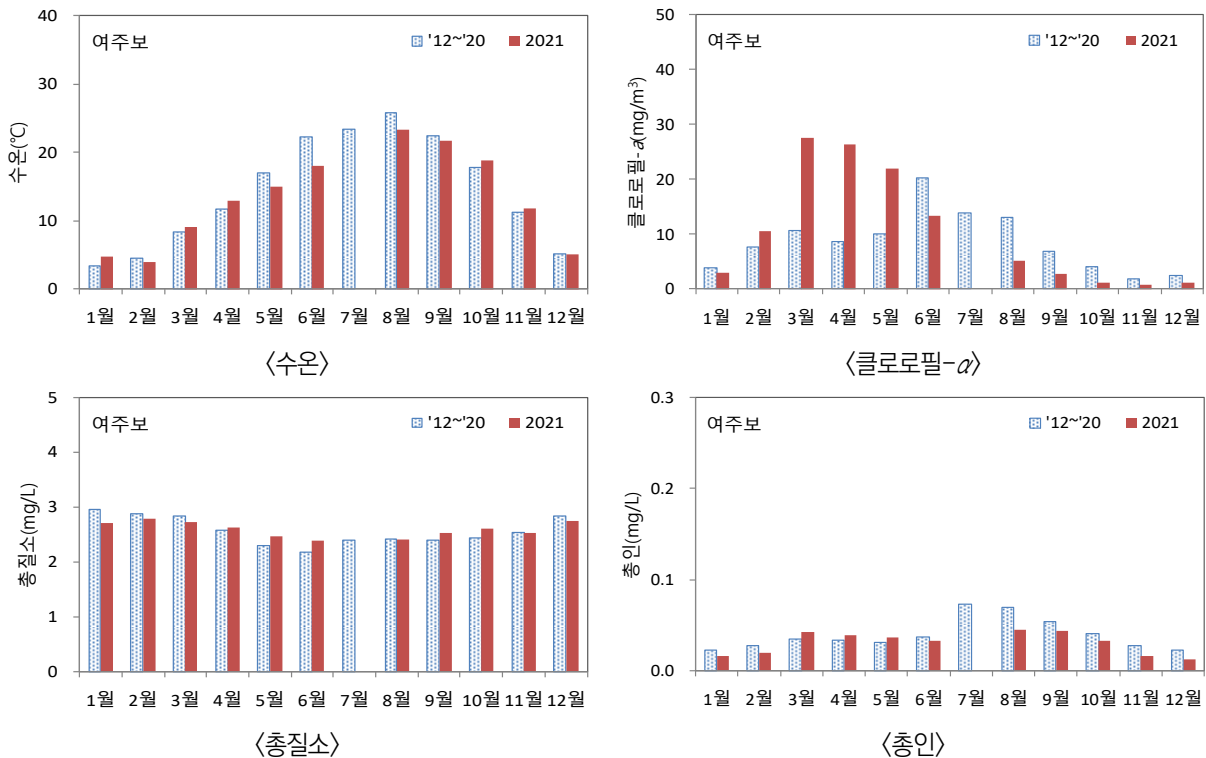
여주보 : 수온 및 총인 농도 감소, 클로로필- α 및 총질소 농도 증가

여주보의 2021년 평균 수온은 13.1℃로 과거 평균보다 1.3℃ 감소하였다. 클로로필- a 농도는 10.4mg/m³로 과거 평균보다 1.8mg/m³ 증가하였으며, 6월 이후 클로로필- a 농도는 과거 평균보다 낮게 나타났다. 총질소 농도는 2.587mg/L로 과거 평균보다 0.027mg/L 증가하였고, 총인 농도는 0.031mg/L로 과거 평균보다 0.009mg/L 감소하였다. 총인은 대부분 시기에 과거 평균보다 낮았으며, 총질소는 봄과 겨울철에 과거 평균보다 높게 나타났다.

표 2-1-19 여주보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2012~2020	14.4	8.6	2.560	0.040
2021	13.1	10.4	2.587	0.031
증감	1.3 (↓)	1.8 (↑)	0.027 (↑)	0.009 (↓)

그림 2-1-4 한강 여주보 지점 수온 및 수질 농도 변화



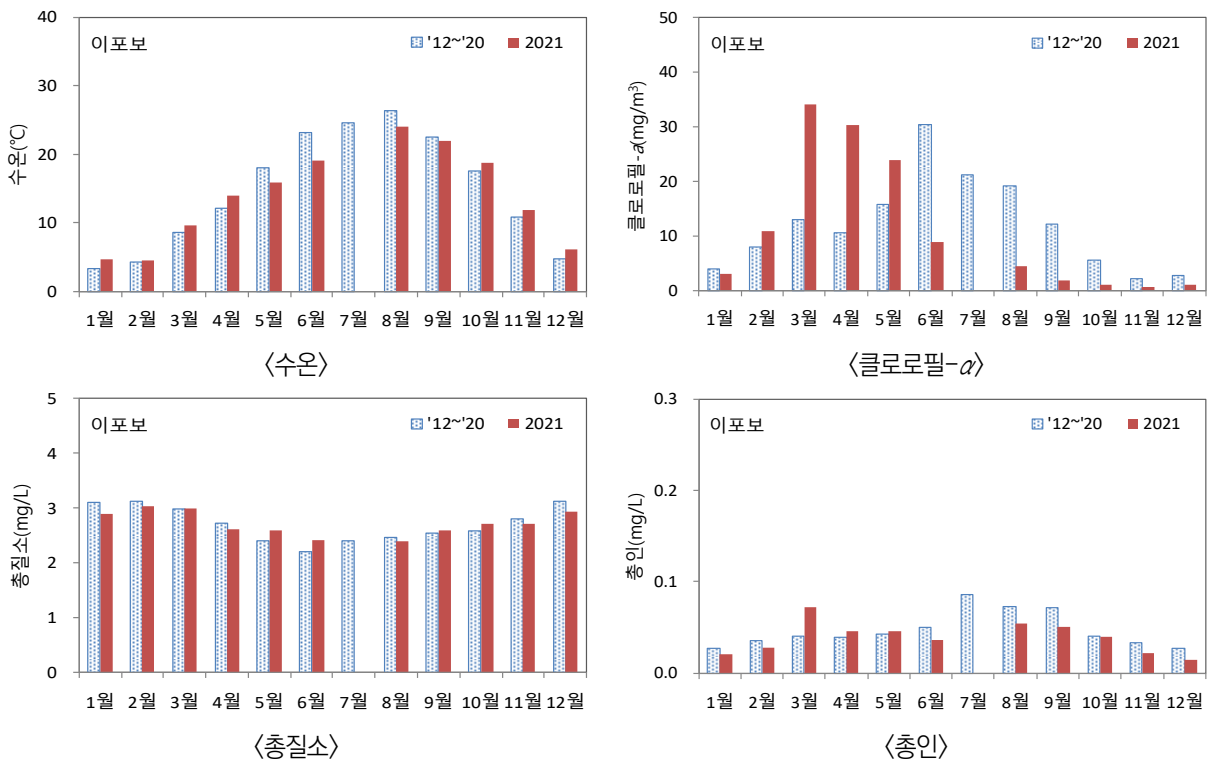
이포보 : 수온, 클로로필- α 와 총인 농도 감소, 총질소 농도 증가

이포보의 2021년 평균 수온은 13.7℃로 과거 평균보다 1.0℃ 감소하였다. 클로로필- α 농도는 11.0mg/m³로 과거 평균보다 1.1mg/m³ 감소하였으며, 6월 이후 과거 평균보다 낮은 농도를 나타냈다. 총질소 농도는 2.719mg/L로 과거 평균보다 0.010mg/L 증가하였고, 여름철인 8월에 낮게 나타났다. 총인 농도는 0.039mg/L로 과거 평균보다 0.008mg/L 감소하였고, 6월 이후 과거 평균보다 낮은 농도를 나타냈다.

표 2-1-20 이포보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2012~2020	14.7	12.1	2.709	0.047
2021	13.7	11.0	2.719	0.039
증감	1.0 (↓)	1.1 (↓)	0.010 (↑)	0.008 (↓)

그림 2-1-5 한강 이포보 지점 수온 및 수질 농도 변화



강수량 감소로 인해 상류댐 방류량이 감소하여 체류시간 증가

2021년 강수량은 1,018.9mm로 2012~2020년 평균 1,366.4mm보다 270.4mm 감소하였으며, 2021년 충주조정지댐의 연평균방류량은 128CMS로 2012~2020년 평균 방류량 CMS보다 27CMS가 감소하였다. 이와 같은 결과는 2021년 7, 8월의 월평균방류량이 각각 222CMS, 174CMS로 2012~2018년 7월과 8월 월평균방류량인 289CMS, 363CMS보다 현저히 낮은 방류량을 나타냈다.

2021년 연평균 체류시간은 1.1일로 2020년 0.8일에 비해 길어졌으며, 7, 8월에 충주조정지댐의 방류량 감소가 원인으로 보인다.

그림 2-1-6 충주조정지댐 월평균 방류량(2012~2020년 vs. 2021년)

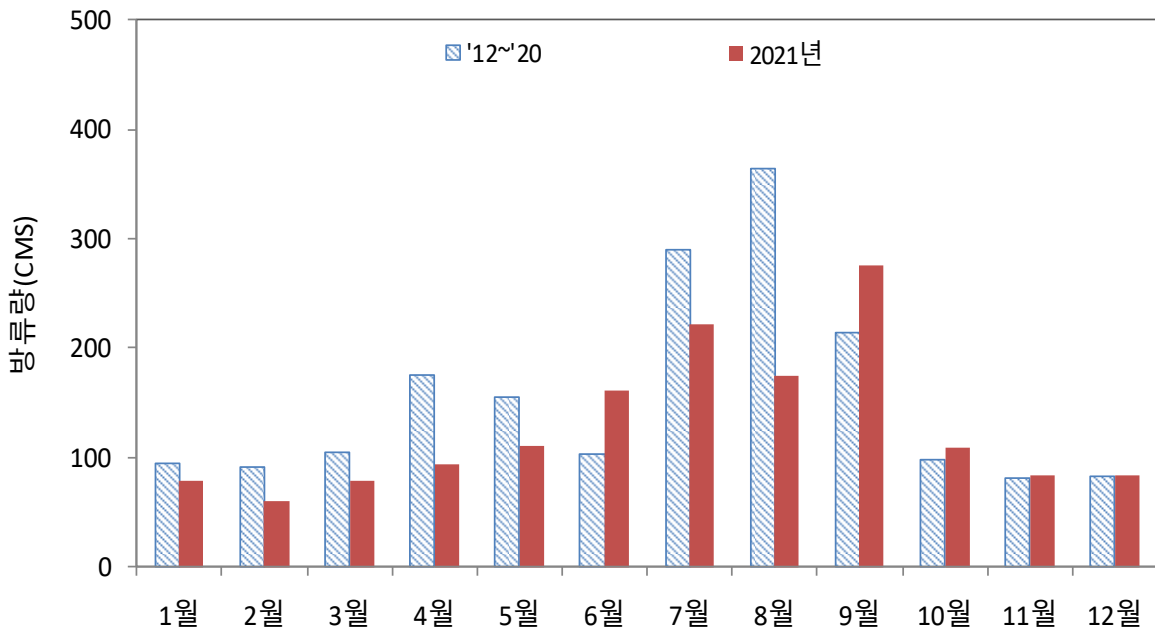
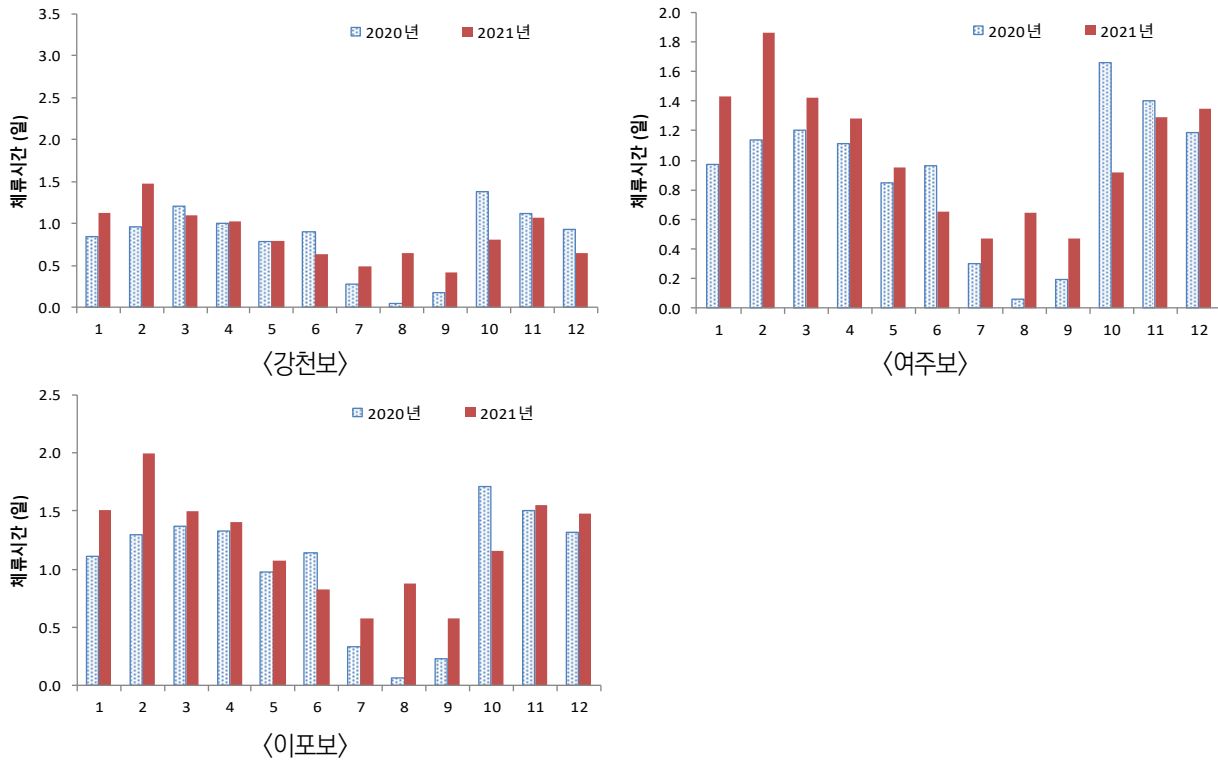


표 2-1-21 한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2020년 vs 2021년)

(단위 : 일)

월	강천보			여주보			이포보		
	2020(A)	2021(B)	비율(B/A)	2020(A)	2021(B)	비율(B/A)	2020(A)	2021(B)	비율(B/A)
1	0.8	1.1	1.4	1.0	1.4	1.5	1.1	1.5	1.4
2	1.0	1.5	1.5	1.1	1.9	1.6	1.3	2.0	1.5
3	1.2	1.1	0.9	1.2	1.4	1.2	1.4	1.5	1.1
4	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3	1.2	1.3	1.4	1.1
5	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1
6	0.9	0.6	0.7	1.0	0.7	0.7	1.1	0.8	0.7
7	0.3	0.5	1.8	0.3	0.5	1.6	0.3	0.6	1.8
8	0.0	0.6	13.0	0.1	0.6	11.4	0.1	0.9	13.9
9	0.2	0.4	2.4	0.2	0.5	2.4	0.2	0.6	2.5
10	1.4	0.8	0.6	1.7	0.9	0.6	1.7	1.2	0.7
11	1.1	1.1	0.9	1.4	1.3	0.9	1.5	1.6	1.0
12	0.9	0.6	0.7	1.2	1.3	1.1	1.3	1.5	1.1

그림 2-1-7 한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교



나. 팔당호 유역

강수량은 전년 대비 증가

팔당호의 조류발생 경향은 남한강과 북한강, 경안천의 수질변화에 큰 영향을 받는다. 팔당호로 유입되는 유량의 대부분은 남한강과 북한강이며, 경안천은 유입되는 유량은 적으나 남한강과 북한강에 비해 수질오염도가 상대적으로 높다. 팔당호에는 조류경보제 운영을 위한 채수위치가 총 3개로, 남한강의 영향을 받는 부용사앞, 북한강의 영향을 받는 삼봉, 그리고 댐앞이 있다.



2021년도 팔당호 강수량은 2020년에 비해 374.5mm 적은 1,018.9mm을 기록하였고, 이는 전년 대비 74.6% 수준으로 2019년 강수량과 유사하였다. 2021년에는 강수량이 크게 집중되기 보다는 3월~9월까지 꾸준한 강수량을 보였다. 2월에 6.8mm로 최소강수량을 나타냈고, 8월에 190.6mm로 최대 강수량을 나타냈다.

표 2-1-22 팔당댐 강수량

구 분	2004 ~ 2019	2020	2021
강수량(mm)	1,411.7	1,366.4	1,018.9

※ 출처 : 기상청

▶ 팔당호 체류시간 변화

팔당호의 체류시간은 2021년에 평균 9.5일로 2020년 대비 0.1일이 증가하였다. 2021년의 체류시간은 3~9월까지 내린 강우로 인해 4~9월까지 10일 이하의 체류시간을 보였고, 최소 체류시간은 5.6으로 2020년(1.2일)에 비해 상대적으로 길었다.

표 2-1-23 팔당호 월평균 체류시간 비교(2020년 vs 2021년)

(단위 : 일)

팔당호												
월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2020(A)	10.0	11.1	11.3	12.8	9.4	10.1	7.0	1.2	3.3	11.2	12.0	12.8
2021(B)	13.3	13.4	10.6	8.4	6.4	5.6	5.8	8.7	6.0	10.0	12.9	13.1
비율(B/A)	1.3	1.2	0.9	0.7	0.7	0.6	0.8	7.2	1.8	0.9	1.1	1.0

▶ 수온 감소, 총인 증가

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질의 변화 경향을 분석하고자 조류경보제 채수위치 3개소(댐앞, 부용사앞, 삼봉)의 2018~2020년 평균과 2021년을 비교하였다.

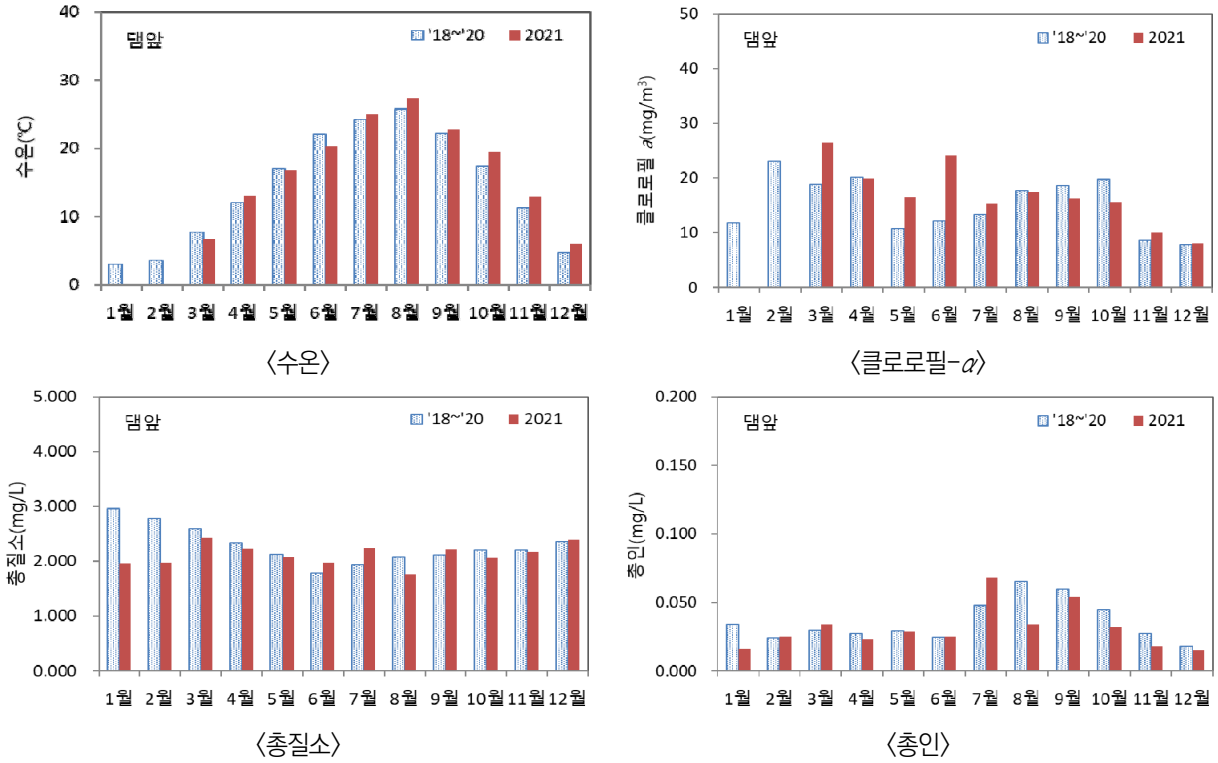
댐앞의 2021년 수온은 14.2℃로 18~20년 평균과 같았고, 클로로필- α 농도는 1.1mg/m³ 감소하였으며, 총질소 농도는 0.167mg/L 감소, 총인 농도는 0.005mg/L가 감소하였다.

표 2-1-24 댐앞 지점의 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018 ~ 2020	14.2	15.2	2.289	0.036
2021	14.2	14.1	2.122	0.031
증감	0.0 (-)	1.1 (↓)	0.167 (↓)	0.005 (↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료('18~'21), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-8 댐앞 수온 및 수질 농도 변화



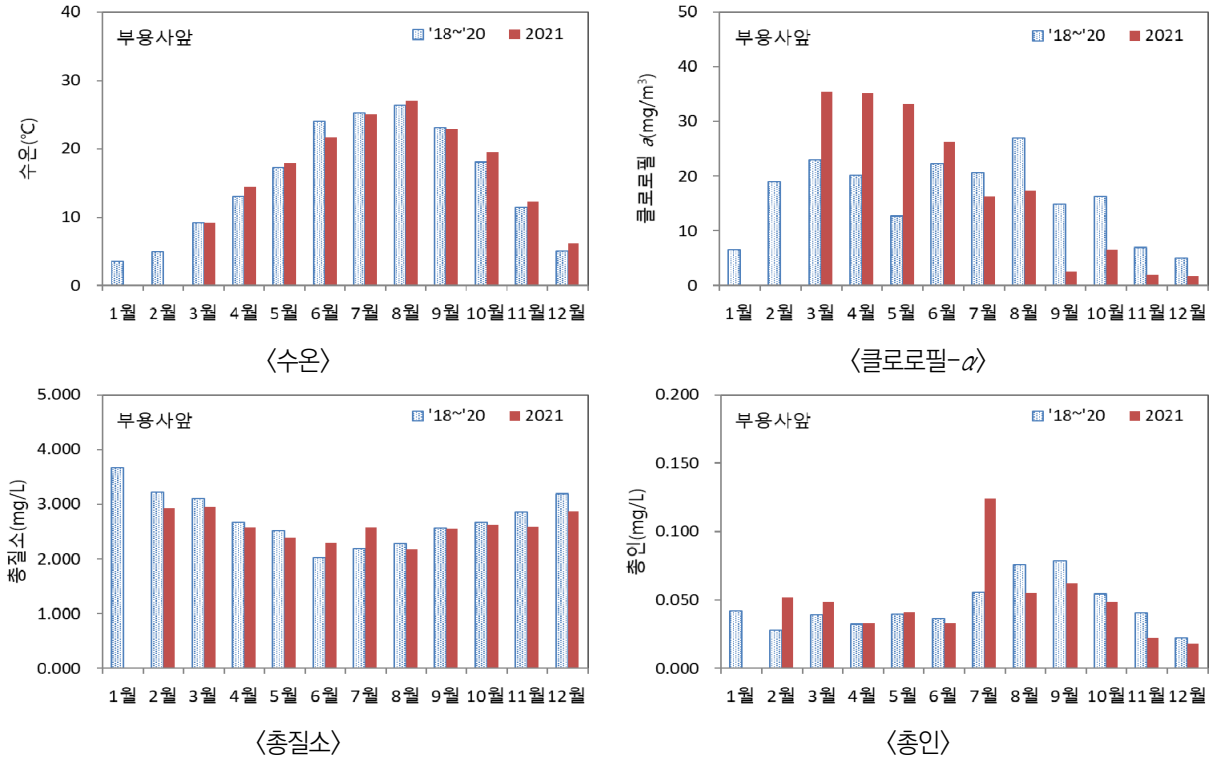
2021년 부용사앞의 수온은 14.7°C로 18~20년 평균(15.1°C) 보다 0.4°C 감소하였고, 클로로필-a 농도는 1.5mg/m³ 감소하였으며, 총질소 농도는 0.151mg/L 감소, 총인 농도는 0.004mg/L가 증가하였다.

표 2-1-25 부용사 앞의 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018 ~ 2020	15.1	16.2	2.747	0.045
2021	14.7	14.7	2.596	0.049
증감	0.4 (↓)	1.5 (↓)	0.151 (↓)	0.004 (↑)

※ 수온·클로로필-a : 조류경보제 자료('18~'21), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-9 부용사얏 수온 및 수질 농도 변화



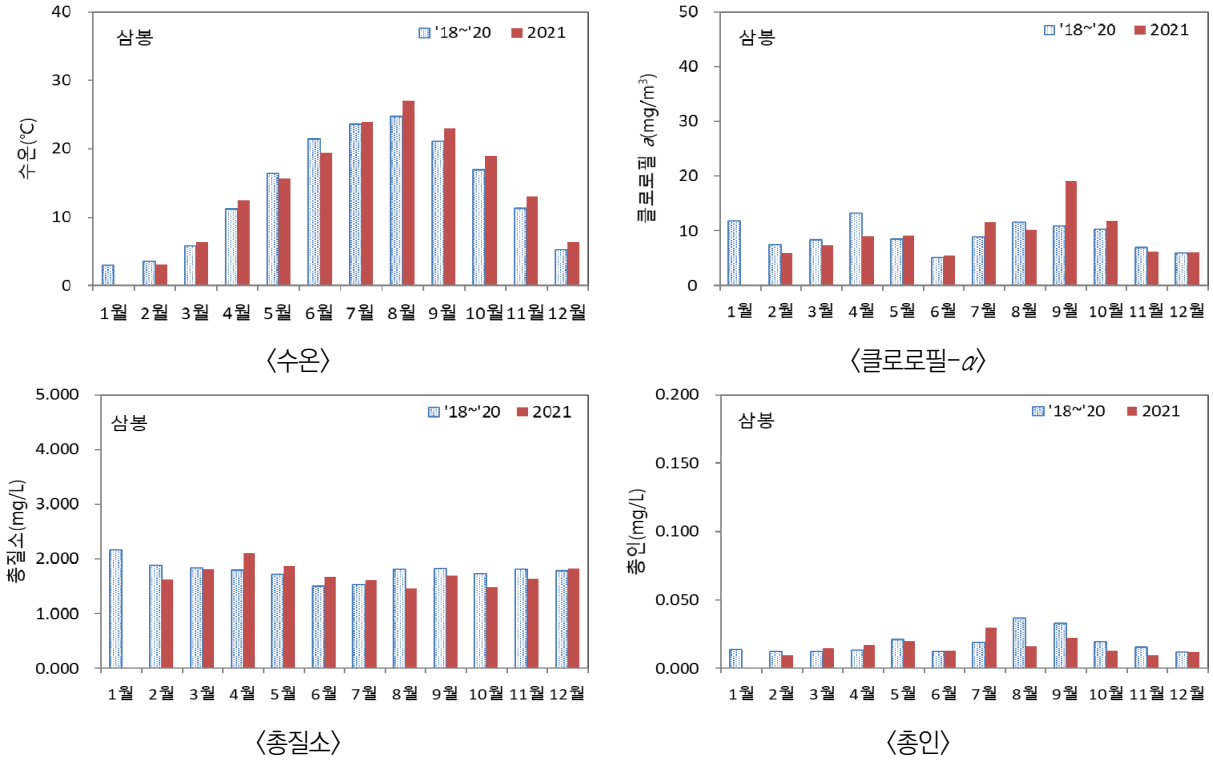
2021년 삼봉의 수온은 18~20년 대비 0.4°C가 증가하였고 클로로필- α 농도는 0.6mg/m³ 감소하였다. 총질소와 총인 농도는 각각 0.073mg/L, 0.003mg/L 감소하였다.

표 2-1-26 삼봉 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018 ~ 2020	13.7	9.1	1.782	0.019
2021	14.1	8.5	1.709	0.016
증감	0.4 (↑)	0.6 (↓)	0.073 (↓)	0.003 (↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료('18~'21), 총질소·총인 : 수질 측정망 자료

그림 2-1-10 삼봉 수온 및 수질 농도 변화



다. 기타 상수원 구간

이천 지점은 남한강 강천보를 기준으로 하였으며, 팔당호 부용사 앞에 비해 낮은 수심과 빠른 유속을 가지고 있다.

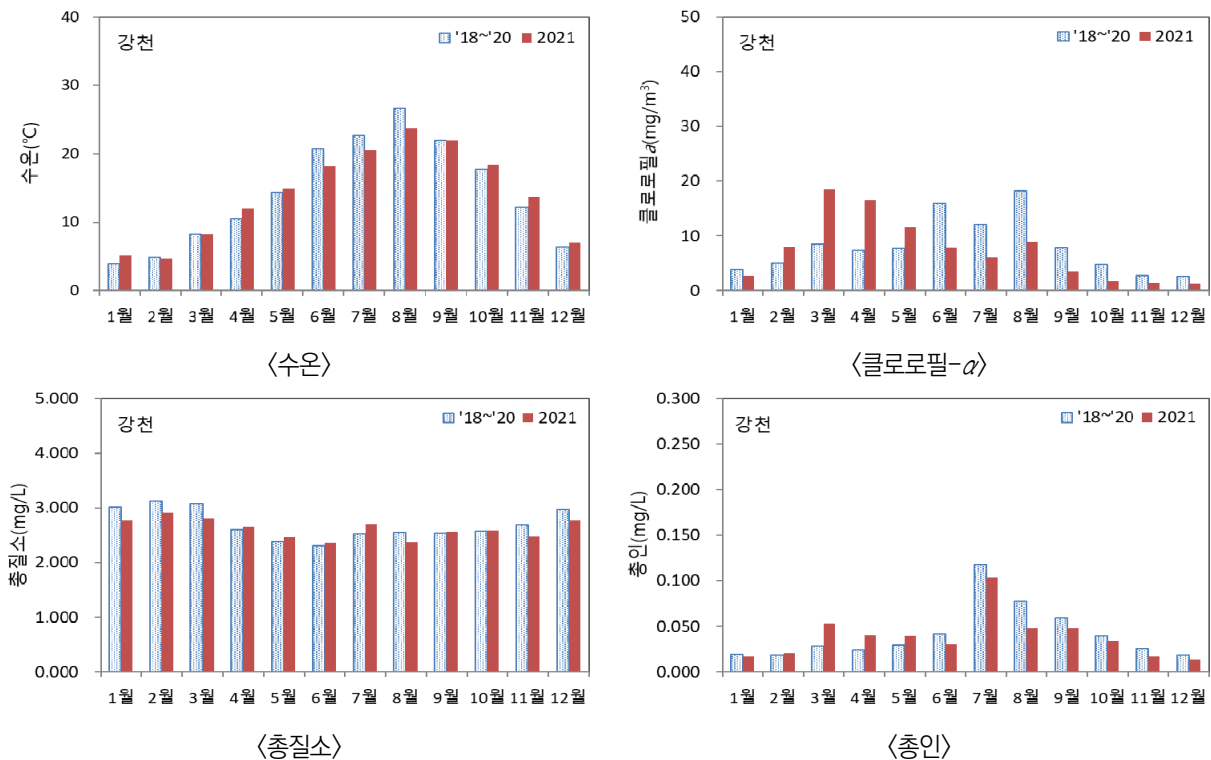
남한강 이천 지점의 2021년 수온은 14.0℃로 2018~2020년 평균보다 0.2℃ 감소하였고, 클로로필-*a* 농도는 0.7mg/m³ 감소하였다. 총질소 농도는 0.079mg/L가 감소하였으며, 총인 농도는 0.003mg/L가 감소하였다.

표 2-1-27 이천 지점의 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018 ~ 2020	14.2	8.0	2.697	0.042
2021	14.0	7.3	2.618	0.039
증감	0.2 (↓)	0.7 (↓)	0.079 (↓)	0.003 (↓)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료('18~'21), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-11 이천 지점 수온 및 수질 농도 변화



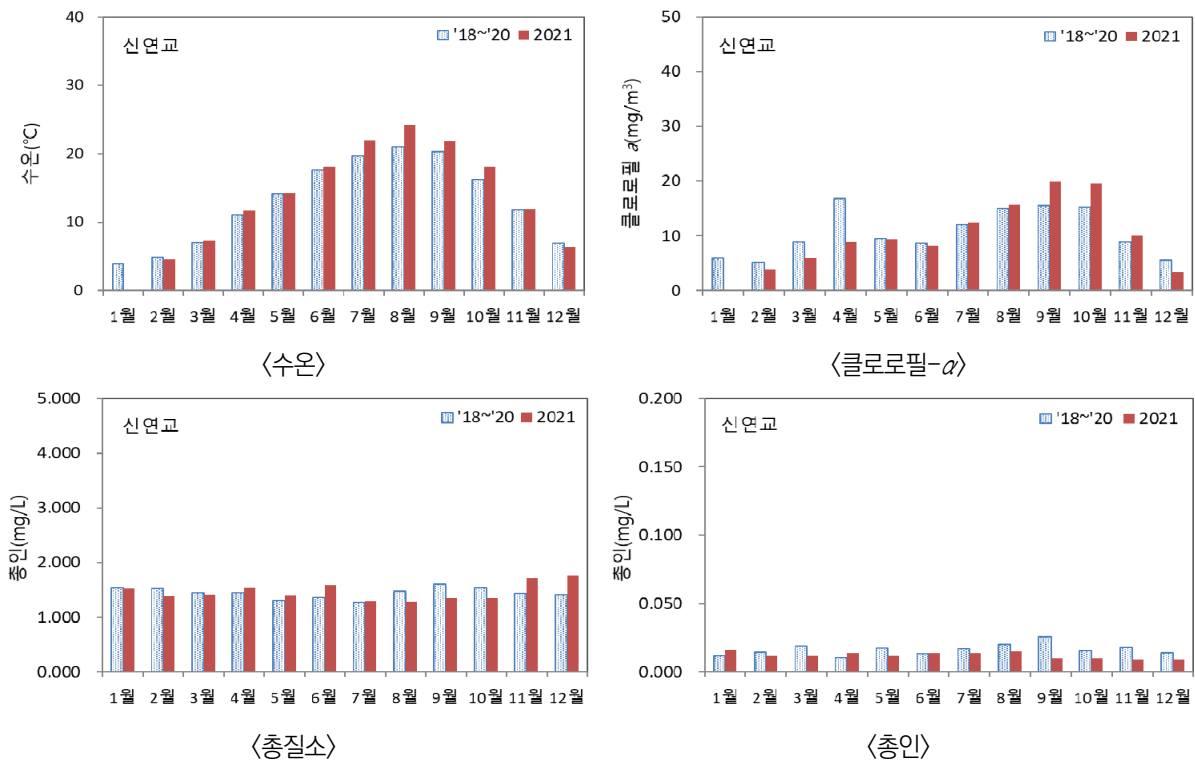
의암호의 신연교 지점은 의암호의 댐앞을 기준으로 분석을 실시한다. 의암호 지점의 수온은 13.4℃로 2018~2020년 대비 0.5℃ 증가하였고, 클로로필- α 농도는 0.8mg/m³ 감소하였으며, 총질소 농도는 0.018mg/L 증가, 총인 농도는 0.004mg/L 감소 하였다.

표 2-1-28 의암호(신연교) 지점의 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018 ~ 2020	12.9	10.6	1.446	0.016
2021	13.4	9.8	1.464	0.012
증감	0.5 (↑)	0.8 (↓)	0.018 (↑)	0.004 (↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료('18~'21), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-12 의암호(신연교) 지점 수온 및 수질 농도 변화



참 고 일정별 주요사항

일 자	주요사항	세부내용
5.17	조류경보제 시행	- 조류경보 발령지점(팔당호(담양, 부용사, 삼봉), 한강(이천)) 및 관찰지점(강천보, 여주보, 이포보) 조류경보제 운영계획 수립
5.31	한강수계 수질관리협의회 운영	- 기관별 녹조대응방안, 기관별 협력체계 구축, 맛냄새물질 대응방안
6.2	녹조 대비 정수장 준비실태 점검	- 녹조대응 시설(분말활성탄 투입설비, 중염소 주입설비 등) 정상 작동여부, 분말활성탄 등 정수 처리약품 비축량 확보 등 점검
6.18	녹조 대응 상황반 구성	- 조류경보제 운영 등 녹조대책 이행 및 비상상황 대처, 오염원 지도·점검, 지자체 이행상황 점검 등 현장대응 관리 강화
6.22	한강 조류대응 모의훈련 실시	- 한강 조류경보 '경계' 단계를 가정한 관계기관 합동 가상 모의훈련
7.26	팔당호 유해남조류 첫 출현	- 상시 감시체계 운영(담양 72세포/mL)
8.24	한강 조류경보 발령	- 한강 강동대교~잠실대교 지점, 8.24~9.7(15일간)
9.27	팔당호 유해남조류 마지막 검출	- 평시 대응체제로 전환(삼봉 80세포/mL)
10.5	팔당호 유해남조류 미검출	- 평시 대응체제 운영

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
8.17	쿠키뉴스	황성담 상류 대규모 녹조 발생... 당국 확산 방지에 안간힘

제2절 낙동강 수계

1. 낙동강 수계 일반현황

가. 수계 일반현황 및 조류 발생 특성

낙동강(洛東江)은 현재 상주를 지칭하는 “가락”의 동쪽에 있는 강이라는 데서 이름이 유래되었고 길이는 521km, 유역면적은 23,817km²이다.

낙동강에는 상주보부터 창녕함안보에 이르기까지 모두 8개의 보가 설치되어 있으며 하류구간인 달성보, 합천창녕보, 창녕함안보에서는 매년 지속적으로 유해남조류가 대량으로 발생하고 있고, 상류구간인 상주보, 낙단보 등에서도 유해남조류가 관측되고 있다.

나. 조류경보제(운영지점, 관찰지점) 적용 구간

조류경보제 운영지점

낙동강 수계에서 조류경보제를 운영하고 있는 지점은 운문호, 영천호, 진양호, 안계호, 공산지, 진전지, 사연호, 회야호, 덕동호 9개 호소와 낙동강 본류의 해평(舊칠곡), 강정고령, 칠서(舊창녕 함안), 물금매리 4개 구간으로 총 13개 지점이며, 운영현황은 아래와 같다.

표 2-2-1 낙동강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점

지 점 명	대표 측정 지점	관리기관
운문호	댐앞, 취수탑2	대구지방환경청
영천호	취수탑	대구지방환경청
진양호	판문, 내동	낙동강유역환경청
안계호	취수탑	대구지방환경청
공산지	중앙부, 취수탑	대구광역시
진전지	상류, 하류	경상북도
사연호	취수탑, 반연리	낙동강유역환경청
회야호	취수탑, 여수로	낙동강유역환경청
덕동호	댐앞	대구지방환경청
낙동강(해평)	취수구 2km(보 상류 22km)	대구지방환경청
낙동강(강정고령)	취수구 2km(보 상류 7km)	대구지방환경청
낙동강(칠서)	취수구 4km(보 상류 12km)	낙동강유역환경청
낙동강(물금·매리)	취수구 3km	낙동강유역환경청

조류경보제 관찰지점

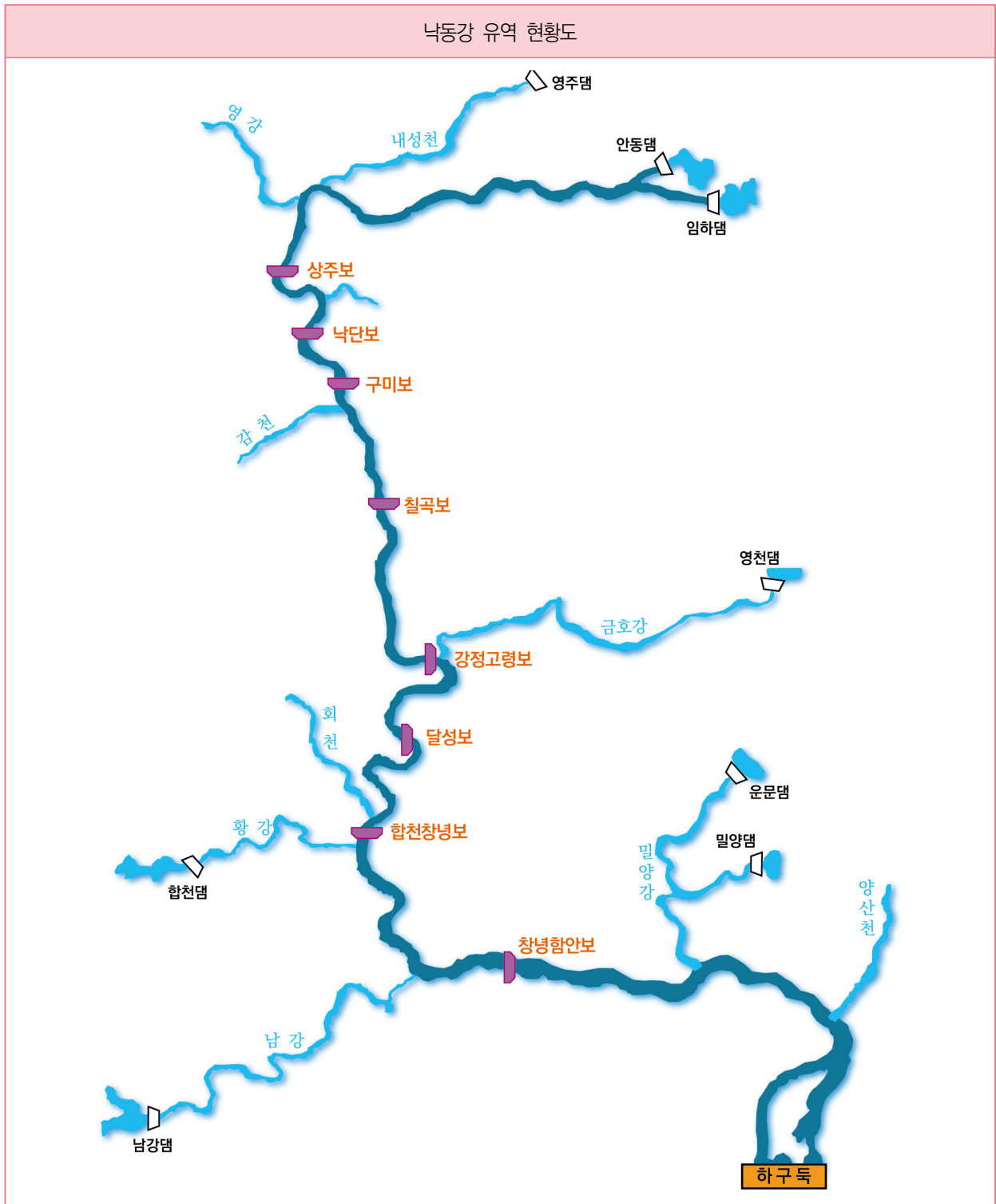
2020년부터 수질예보 지점을 조류경보제에 편입시키고 조류관찰지점(조류경보 발령 미 실시)으로 명칭을 바꿔서 운영하였다. 낙동강수계는 기존 조류경보제가 운영되는 칠곡보, 합천창녕보, 창녕함안보 3개 보를 포함하여 총 8개 보에서 운영하고 있다. 매주 측정되는 해당지점의 자료는 물환경정보시스템에서 제공되고 있다.

표 2-2-2 낙동강수계 조류경보제 관찰지점

지 점 명	채수 위치	관리기관
상주보	상주보 상류 500m 지점	대구지방환경청
낙단보	낙단보 상류 500m 지점	대구지방환경청
구미보	구미보 상류 500m 지점	대구지방환경청
칠곡보	칠곡보 상류 상류 500m 지점	대구지방환경청
강정고령보	강정고령보 상류 500m 지점	대구지방환경청
달성보	달성보 상류 500m 지점	대구지방환경청
합천창녕보	합천창녕보 상류 500m 지점	낙동강유역환경청
창녕함안보	창녕함안보 상류 300m 지점	낙동강유역환경청



낙동강 유역 현황도



2. 2021년 조류발생 현황

가. 유해남조류 발생 총평

2021년도 낙동강 수계의 조류발생 상황을 살펴보면, 진양호에서 체류시간 증가 등으로 저온성 남조류가 증식하면서 동절기에 조류경보 '관심' 단계가 발령(1.7~1.27, 21일간)되었으며, 이후 6월부터 조류경보가 발령(6.10 물금매리와 사연호에서 '관심' 단계 발령)되어 지점별로 발령과 해제를 반복하였다. 짧은 장마로 인해 강우량이 적고 무더위가 지속되면서 전년 대비 평균 유해남조류세포수가 늘어나고 조류 발령일수가 길어진 것이 특징이다. 낙동강 수계는 높은 수온과 영양염류, 본류구간에 설치된 8개의 보 등으로 인해 조류발생 우심지역이 타 수계에 비해 많이 존재한다. 이로 인해 조류 발생 상황에 대한 일괄적인 분석이 어려운 측면이 있음을 주시하면서 낙동강 본류의 보구간과 상수원 호소구간으로 나누어 살펴보도록 하겠다.

표 2-2-3 2021년 낙동강수계 조류경보 발령 현황

지 점	조류경보 발령		
	관심	경계	대발생
해평(21일)	9.16~10.6(21일)		-
강정고령보(84일)	6.17~9.8(84일)		-
칠서(100일)	7.15~7.21(7일) 8.5~9.8(35일) 9.28~11.17(51일)	7.8~7.14(7일)	-
물금·매리(130일)	6.10~8.11(63일) 10.15~11.24(41일)	8.12~9.6(26일)	-
영천호(21일)	7.29~8.4(7일) 8.12~8.18(7일)	8.5~8.11(7일)	-
공산지(56일)	8.4~9.29(56일)		
안계호(42일)	7.8~8.18(42일)		
진전지		미발령	
운문호		미발령	
덕동호(28일)	10.14~11.10(28일)		-
사연호(83일)	6.10~6.30(21일) 8.12~9.1(21일) 10.8~11.17(41일)	-	-
회야호		미발령	
진양호(105일)	1.7~1.27(21일) 8.12~11.3(84일)	-	-

나. 낙동강 본류 구간

2021년 조류발생 특징

낙동강 본류의 조류경보제 지점은 해평(舊칠곡), 강정고령, 칠서(舊창녕 합안), 물금매리 총 4개 지점으로 운영되었으며, 기존의 수질예보지점은 2020년부터 조류경보제로 편입 후 관찰지점으로 명칭이 변경되어 낙동강 8개 보를 대상으로 운영되었다.

2021년도 낙동강 수계의 조류발생 상황을 살펴보면, 2월경부터 사상형 남조류인 아파니조메논(*Aphanizomenon*)이 출현하였으며 6월경에는 집락성 남조류인 마이크로시스티스(*Microcystis*)가 출현하였다. 진양호에서 저온성 남조류(*Anabaena*)의 증식으로 1월 7일 조류경보 ‘관심’ 단계가 최초 발령되었으며, 6월 이후 기온이 상승하면서 6월 10일 물금매리 지점, 6월 17일 강정고령 지점, 9월 16일 해평 지점에서 ‘관심’ 단계가 최초 발령되었으며, 칠서 지점은 7월 8일 ‘관심’ 단계를 거치지 않고 ‘경계’ 단계가 발령되어 7일간 지속되었다. 물금매리 지점은 최초 발령 이후 8월 중순 높은 기온으로 ‘경계’ 단계가 발령(8.12~9.6, 26일간)되었다.

강정고령과 물금매리 지점은 8월말 태풍 이후 기세가 꺾여 9월 8일 강정고령, 9월 6일 물금매리 지점의 조류경보가 해제되었으며, 9월 8일 칠서 지점도 조류경보가 해제되었다. 9월말 지속되는 기온 상승으로 남조류가 재증식하기 시작하여 해평(9.16~10.6, 21일간), 칠서(9.28~11.17, 51일간), 물금매리(10.15~11.24, 41일간) 지점에서 ‘관심’ 단계가 발령되었다.

올해의 낙동강 녹조현상은 전년도 대비 평균 유해남조류세포수가 늘어나고 전체 조류경보 발령 일수가 늘어났다. 원인은 전년도는 폭우를 동반한 긴 장마와 태풍으로 인해 남조류가 많이 증식할 수 있는 환경적인 요인(체류시간, 수온 등)이 제한되었으나, 올해는 지속된 무더위로 인한 고수온과 짧은 장마로 인한 적은 강우량 등으로 인해 조류가 증식할 수 있는 조건이 형성되었기 때문이다.

표 2-2-4 낙동강수계 보 구간 강수량(1년 누계)

(단위 : mm)

강우량	상주보	낙단보	구미보	칠곡보	강정고령보	달성보	합천창녕보	창녕합안보
예년	996.0	976.5	968.0	984.3	984.3	985.7	986.0	1,034.4
전년(2020년)	1,282.4	1,263.0	1,262.2	1,289.4	1,291.0	1,280.8	1,306.9	1,356.3
2021년	1,093.1	1,086.0	1,083.5	1,080.4	1,075.5	1,066.9	1,069.0	1,088.2

※ 출처 : K-water 마이워터(운영현황 자료 중 다기능보 관리현황)

조류경보제 지점 조류발생 상황

낙동강 본류 해평 지점의 경우 9월 들어 적정한 수온(22℃), 유역에서 유입된 영양염류, 체류시간 증가로 인해 조류경보 '관심' 단계가 발령(우점종: 마이크로시스티스)되었으며 전년에 비해 늦게 최초('20.9.11 → '21.9.16) 발령되었다. 유해남조류세포수 최고치는 8월 9일 22,421세포/mL를 기록하였고 경보발령 일수는 24일(9.16~10.9)로 전년과 같았다.

강정고령 지점은 전년보다 늦게 최초('20.4.16 → '21.6.17) 발령(우점종:마이크로시스티스)되어 증감을 계속 반복하다 8월 2일 유해남조류세포수 최고치(18,548세포/mL)를 기록하고 점차 수온 감소와 함께 유해남조류세포수도 낮아지면서 84일(6.17~9.8)만에 조류경보가 해제되었다. 이후에도 유해남조류세포수가 증감을 반복하며 1천세포/mL(관심 발령 기준)를 초과하는 상황이 발생하였으나, 추가적인 조류경보는 발생하지 않았다.

칠서 지점은 유해남조류세포수가 6월 28일 25,454세포/mL, 7월 5일 최고치 54,753세포/mL로 2회 연속 1만세포/mL(경계 발령 기준)를 초과하면서 '관심' 단계를 거치지 않고 7월 8일 '경계' 단계가 발령되었고, 이후 장마가 시작되면서 유해남조류세포수는 감소하여 7월 15일 '관심' 단계가 발령(7.15~21, 7일간)되었다. 장마 이후 기온이 상승하면서 유해남조류가 재증식하기 시작하여 8월 5일 조류경보 '관심' 단계가 재발령되었고, 태풍의 영향으로 해제(8.5~9.8, 35일간)되었다. 태풍 이후 기온 상승 및 국지성 호우로 인한 영양염류의 유입 등으로 9월 28일 '관심' 단계가 재발령되어 51일간(9.28~11.17) 지속되다가 기온이 점차 내려감에 따라 유해남조류세포수가 안정화되면서 조류경보는 완전히 해제되었다. 발령일수는 100일로 전년대비 14일 줄어들었다.

'21년 5월부터 정식 운영된 물금매리 지점은 다른 지점에 비해 조금 빠르게 5월말부터 남조류가 증가하기 시작하여 6월 10일 조류 경보 '관심' 단계가 최초 발령되었다. 이후 8월 9일 남조류 세포수 최고치인 54,833세포/mL를 기록하면서 8월 12일 조류경보 '경계' 단계가 발령되었고 8월말 태풍 영향으로 '관심' 단계를 거치지 않고 9월 6일 경보가 해제되었다. 이후 무더위가 지속되면서 10월 15일 경보 '관심' 단계가 재발령되었다가 기온 저하로 11월 24일 조류경보는 완전히 해제되었다.

표 2-2-5 2021년 조류경보제 지점 유해남조류세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(보)		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
해평	평균	결빙	0	30	303	158	1,030	607	5,740	1,118	517	379	303
	최고	결빙	0	62	413	256	2,418	1,865	22,421	1,555	753	669	669
	최저	결빙	0	0	155	54	483	0	45	617	258	90	0
강정고령	평균	0	0	0	400	50	2,391	5,180	7,441	591	1,841	849	1,059
	최고	0	0	0	694	199	4,499	9,884	18,548	1,496	3,589	984	1,901
	최저	0	0	0	41	0	181	189	1,415	175	116	700	700
칠서	평균	167	19	122	527	118	1,063	14,899	15,845	1,086	2,180	675	256
	최고	266	58	310	1,221	262	2,765	54,753	32,453	2,615	3,225	1,017	672
	최저	68	0	0	78	55	278	60	2,020	161	889	342	22
물금매리	평균	9	0	0	33	426	6,338	4,933	28,632	889	2,692	1,082	247
	최고	17	0	0	63	608	14,750	9,459	54,833	1,387	3,947	1,744	568
	최저	0	0	0	0	262	2,389	195	9,971	320	1,082	702	0

조류관찰지점 조류발생 현황

수질예보 지점으로 운영되던 8개보 대표지점은 조류관찰 지점으로 명칭이 변경되고, 별도의 경보 발령은 하지 않았다. 조류관찰지점은 상층, 중층, 하층 채수를 해서 혼합시료를 분석하는 조류경보 지점과 달리 표층 채수를 해서 분석하고 있으며, 올해의 조류발생 상황을 상류로부터 순서대로 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

상주보는 조류관찰지점 중에서 유일하게 전년도 대비 빠른 시기에 유해남조류세포수가 급증하였다. 8월에 최고치인 7,920세포/mL(8.9)를 기록하였고, 8월과 9월을 제외하고 월평균 1천세포/mL 이하를 유지하였다.

낙단보는 7월까지 낮은 수치를 유지하였으나 8월 초에 수온의 상승과 함께 유해남조류세포수도 급격히 증가하여 8월에 최고치 38,354세포/mL(8.2)를 기록하였으며, 이는 전년도 최고치인 16,516세포/mL 보다 높았다. 8월 중순부터 수온이 하락하면서 남조류 세포수 또한 감소하는 경향을 보였다.

구미보는 8월 들어 수온이 올라감에 따라 급격하게 유해남조류세포수가 증가하여 8월 9일 최고치인 24,388세포/mL를 기록했다. 그 후 증감을 반복하다 10월 이후 수온이 낮아지면서 점차 안정화되었다.

칠곡보는 6월부터 유해남조류세포수가 증가하기 시작하여 8월에 역대 최고치인 51,350 세포/mL(8.2)를 기록하였다. 이후 8월 중순부터 급격히 감소하여 안정화되었다.

강정고령보는 6월 이후 유해남조류세포수가 증가하기 시작하여 수온이 상승함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 7월 26일에 최대치인 89,443세포/mL를 기록하고 이후 점차 감소하면서 안정화되었다. 11월말에 일시적으로 1천세포/mL(관심 발령 기준, 우점종은 아파니조메논) 이상으로 높아졌지만 금세 안정화되었다.

달성보는 6월부터 월평균 1천세포를 초과하기 시작하여 8월에 최고치인 74,942세포/mL (8.2)를 기록하였고, 9월부터 안정화되어 1천세포/mL 이하를 나타냈다.

합천창녕보는 유해남조류세포수가 2018년에 역대 최고치인 1,264,052세포/mL이 측정된 이후 매년 발생 강도가 약해지고 있으며 2021년 최고치는 188,054세포/mL로 나타났다. 수계 내 다른 보들과 비슷한 수치를 유지하다가 7~8월에 두드러진 강세를 보였다.

창녕함안보는 낙동강 8개 조류관찰지점 중 최하류에 위치한 지점으로 6~10월까지 평균 유해 남조류세포수가 1천세포/mL 이상을 유지하였으며, 8월에 최고치인 43,366세포/mL(8.2)를 나타내었다.

표 2-2-6 2021년 월별 낙동강 8개 보 조류관찰지점 유해남조류세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(보)		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
상주	평균	결빙	0	32	129	94	454	51	4,569	3,154	979	128	0
	최고	결빙	0	85	255	362	1,212	93	7,920	4,326	1,470	411	0
	최저	결빙	0	0	0	0	0	0	1,822	879	400	0	0
낙단	평균	결빙	0	13	180	56	556	1,049	12,167	1,268	566	55	6
	최고	결빙	0	33	507	109	986	3,016	38,354	1,586	174	83	17
	최저	결빙	0	0	28	0	99	11	1,380	969	1,069	0	0
구미	평균	결빙	0	20	180	194	1,641	1,245	10,636	1,648	493	192	8
	최고	결빙	0	68	424	349	5,306	3,170	24,388	2,874	1,360	572	33
	최저	결빙	0	0	54	31	121	52	1,003	854	144	0	0
칠곡	평균	결빙	0	31	353	83	3,314	6,256	15,205	1,011	588	411	48
	최고	결빙	0	131	493	135	5,678	18,337	51,350	2,751	925	861	137
	최저	결빙	0	0	189	21	1,546	36	800	70	377	0	0
강정고령	평균	결빙	0	0	358	162	5,985	32,524	15,128	778	583	784	1,210
	최고	결빙	0	0	916	401	10,606	89,443	41,956	1,341	1,076	1,169	4,165
	최저	결빙	0	0	0	0	771	193	1,086	275	141	432	0
달성	평균	15	0	84	396	51	11,214	6,110	23,381	417	416	447	112
	최고	29	0	370	833	147	38,965	13,679	74,942	650	705	789	296
	최저	0	0	0	39	0	149	70	684	100	165	153	0
합천창녕	평균	64	14	0	840	22	213	63,735	35,788	1,340	560	1,023	436
	최고	151	36	0	1,763	87	497	188,054	113,360	4,010	1,128	2,584	1,453
	최저	0	0	0	0	0	46	49	1,795	244	177	217	0
창녕함안	평균	96	82	174	748	339	1,547	14,688	24,590	2,362	2,379	797	537
	최고	137	135	288	1,757	812	2,225	30,473	43,366	4,628	3,817	898	1,133
	최저	55	39	111	64	0	283	248	2,317	1,324	1,659	698	36

다. 주요 상수원 호소

☑ 안계호, 덕동호, 진양호, 사연호 조류경보 ‘관심’ 단계, 영천호 ‘경계’ 단계 발령

대구 공산지는 2017년부터 2020년까지 조류경보가 발령되지 않았으나, 2021년에는 조류경보 ‘관심’ 단계가 56일(8.4~9.29) 발령되었다. 경북 진전지의 경우 1년 내내 안정화 상태를 유지하면서 조류경보는 발령되지 않았다.

대구지방환경청 조류경보 발령 대상 호소인 영천호, 안계호, 운문호, 덕동호 중 영천호와 안계호, 덕동호에서 조류경보가 발령되었다. 안계호는 2018년 이후 첫 조류경보가 발령(7.8~8.18, 42일)되었고, 이는 전년도 대비 수온과 영양염류 농도의 증가로 인한 것으로 보인다. 영천호는 7월 말에 유해남조류세포수 급격하게 증가하여 조류경보 ‘경계’ 단계까지 진입하였는데, 강우로 인한 영양염류의 유입과 수온 증가로 인해 유해남조류가 대량 번식하기에 유리한 환경이 조성되었기 때문인 것으로 분석된다. 영천호는 총 21일의 조류경보가 발령되었으며 ‘관심’ 단계는 14일(7.29~8.4, 8.12~8.18), ‘경계’ 단계는 7일(8.5~8.11)을 기록했다. 덕동호는 총 28일(10.14~11.10)의 조류경보가 발령되었으며, ‘관심’ 단계만 발령되었다.

표 2-2-7 2021년 안계호, 영천호, 덕동호, 운문호 유해남조류세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(호)		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
안계	평균	17	15	0	223	0	781	1,528	1,098	947	99	18	10
	최고	40	59	0	891	0	1,445	2,059	2,984	2,371	271	46	40
	최저	0	0	0	0	0	0	1,071	13	297	0	0	0
영천	평균	0	0	0	254	39	168	24,140	14,405	360	81	17	56
	최고	0	0	0	521	195	561	89,576	81,328	600	257	86	145
	최저	0	0	0	0	0	0	185	345	0	0	0	0
덕동	평균	1	2	0	2	0	213	47	356	761	1,921	323	23
	최고	5	6	0	8	0	428	103	1,154	1,771	3,189	851	91
	최저	0	0	0	0	0	13	24	10	84	868	131	0
운문 (뱀앞)	평균	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	30	0
	최고	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	119	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
운문 (취수탑)	평균	0	0	0	0	8	0	0	0	0	59	16	0
	최고	0	0	0	0	40	0	0	0	0	238	79	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

낙동강유역환경청 조류경보 발령 대상 호소 중 회야호를 제외한 진양호, 사연호에서 조류경보가 발령되었다.

진양호는 동절기 체류시간 증가 및 흐름 정체 등으로 수심이 얇은 지점에서 휴면포자가 발아(주위환경의 악화로 운동성을 잃어버리고 세포막의 표면에 강한 막을 형성하여 휴면 상태로 되는 포자를 말하며, 휴면포자의 발아는 5~10°C에서가 가능한 것으로 보고됨)하여 ‘관심’ 단계가 21일간 발령(1.7~1.27, 우점종 : 아나베나)되었다. 이후 7월 장마 이후 기온이 올라감에 따라 지난해보다 두 달가량 빠른 8월 12일 조류 경보 ‘관심’ 단계가 재발령되어 84일간(8.12~11.3) 지속되었다. 진양호 지점은 지난해에 대비 경보 발령일수가 다소 많이 늘어났으며(2020년 35일, 2021년 105일), 유해남조류세포수 최고치는 내동 지점은 9월 28일 9,755세포/mL, 판문 지점은 10월 12일 13,985세포/mL로 측정되었다.

사연호는 국보로 지정되어 있는 반구대 암각화(높이 4m, 너비 10m의 절벽암반에 새겨진 바위 그림으로 선사시대 사람의 생활과 풍습을 알수 있는 총 200여점의 그림)의 침수를 방지하기 위한 수위 유지로 저수량 부족 및 유출량 감소, 수온 상승 등으로 전년보다 두 달 가량 빠른 6월 10일 조류경보 ‘관심’ 단계가 21일간 발령(6.10~6.30, 우점종 : 아파니조메논)되었다. 이후 기온과 강우 영향 등으로 발생과 감소가 반복되면서 8월 12일 재발령되었다가 8월말 태풍의 영향으로 경보 해제(8.12~9.1, 21일간)되었으며, 10월 초 늦더위로 인해 경보 ‘관심’ 단계가 발령되어 41일간(10.8~11.17) 지속되었다. 유해남조류세포수 최고치는 6월 15일에 반연리 지점에서 3,102세포/mL, 취수탑 지점에서 5,212세포/mL로 측정되었다.

표 2-2-8 2021년도 진양호, 사연호, 회야호 유해남조류세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(호)		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
진양 (내동)	평균	1,513	29	33	0	92	775	296	3,283	5,684	4,469	45	23
	최고	2,974	83	133	0	366	1,866	783	5,549	9,755	8,878	99	53
	최저	375	0	0	0	0	283	0	1,233	1,383	429	0	0
진양 (판문)	평균	1,298	0	0	0	46	487	360	2,358	4,831	7,108	27	124
	최고	2,634	0	0	0	183	950	966	2,749	9,533	13,985	106	620
	최저	369	0	0	0	0	133	0	2,099	1,566	270	0	0

지점명(호)		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
사연 (취수탑)	평균	297	0	0	0	64	1,901	122	1,111	629	863	457	83
	최고	297	0	0	0	255	5,212	297	1,387	963	988	713	271
	최저	297	0	0	0	0	438	0	906	70	615	99	0
사연 (반연리)	평균	0	46	0	34	209	2,004	283	1,483	716	1,360	407	87
	최고	0	184	0	170	368	3,102	594	2,011	1,839	2,304	1,159	238
	최저	0	0	0	0	0	935	0	452	0	773	0	0
회야 (여수로)	평균	0	0	0	0	0	0	44	670	55	90	75	0
	최고	0	0	0	0	0	0	140	1,220	130	250	120	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	170	0	20	20	0
회야 (취수탑)	평균	0	0	0	0	0	0	62	760	88	93	103	0
	최고	0	0	0	0	0	0	280	1,310	160	170	160	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	330	0	50	40	0

표 2-2-9 공산지, 영천호, 안계호, 운문호, 진양호, 사연호 조류경보 발령 현황

구 분	년도	발령일수	발령단계		
			관심(구 주의보)	경계(구 경보)	대발생
공산지	2017년~2020년	-	-	-	-
	2021년	56일	8.4~9.29(56일)	-	-
영천호	2017년	-	-	-	-
	2018년	59일	7.30~8.28(30일), 9.12~10.10(29일)	-	-
	2019년	13일	8.29~9.10(13일)	-	-
	2020년	21일	8.27~9.2(7일), 9.15~9.16(2일)	9.3~9.14(12일)	-
	2021년	21일	7.29~8.4(7일), 8.12~8.18(7일)	8.5~8.11(7일)	-
덕동호	2020년	14일	8.27~9.9(14일)	-	-
	2021년	28일	10.14~11.10(28일)	-	-
안계호	2017년	-	-	-	-
	2018년	40일	8.8~28(21일), 9.12~30(19일)	-	-
	2019년~2020년	-	-	-	-
	2021년	42일	7.8~8.18(42일)	-	-

구 분	년도	발령일수	발령단계		
			관심(구 주의보)	경계(구 경보)	대발생
운문호	2017년	-	-	-	-
	2018년	42일	8.8~9.18 (42일)	-	-
	2019년~2021년	-	-	-	-
진양호 (판문, 내동)	2017년	161일	(내동) 8.3~11.1(91일), 12.14~1.3(21일) (판문) 7.27~11.1(98일), 11.16~11.29(14일), 12.14~12.27(14일)	(내동) 11.2~12.13(42일) (판문) 11.2~11.15(14일), 11.30~12.13(14일)	-
	2018년	62일	(내동) 10.4~10.16(13일), 11.1~11.14(14일) (판문) 6.28~7.10(13일), 8.31~9.4(5일), 10.4~10.16(13일)	(판문) 8.14~8.30(17일)	-
	2019년	35일	(내동) 9.11~10.15(35일) (판문) 9.11~10.1(21일)	-	-
	2020년	35일	(내동) 10.15~11.18(35일)	-	-
	2021년	105일	(내동, 판문) 1.7~1.27(21일), 8.12~11.03(84일)	-	-
사연호 (취수탑, 반연리)	2017년~2019년	-	-	-	-
	2020년	39일	(취수탑, 반연리) 8.27~10.4(39일)	-	-
	2021년	83일	(취수탑) 6.17~6.30(14일) (반연리) 6.10~6.30(21일), 8.12~9.1(21일), 10.8~11.17(41일)	-	-

3. 조류발생 영향인자 분석

가. 기상 조건

낙동강 8개보 인근에 위치한 5개 기상대 및 관측소(상주, 구미, 대구, 합천, 밀양)의 기온, 강수량, 일조시간 측정 자료에 대한 과거 10년(2011~2020년) 월평균 값과 2021년 월평균 값을 비교·분석하였다.

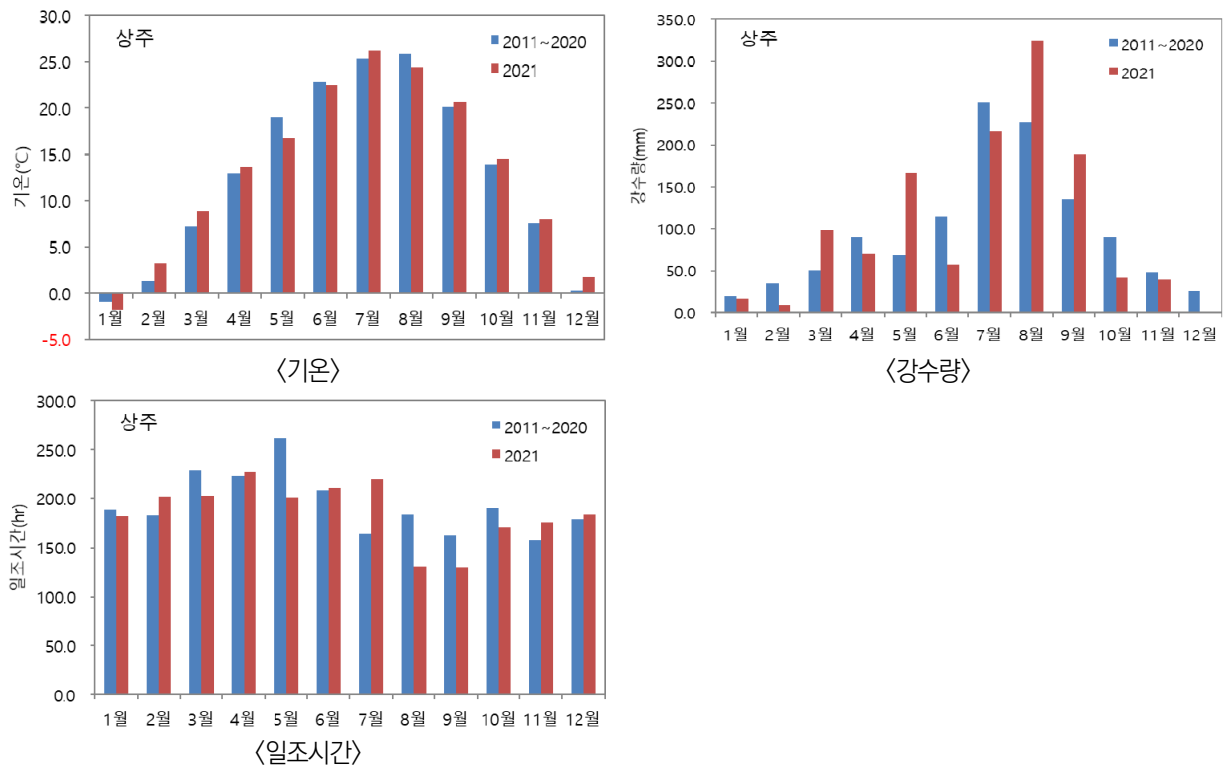
상주 기상대 : 평균기온 및 강수량 증가, 일조시간 감소

상주보와 낙단보 영향권에 있는 상주 기상대의 기상자료를 분석한 결과, 2021년 연평균 기온은 13.2℃로 과거 10년 평균기온보다 0.3℃ 증가하였고, 강수량은 1,230.8mm로 과거 10년 평균보다 73.2mm 증가하였다. 2021년 일조시간은 2,238.5시간으로 과거 10년 평균 일조시간보다 93시간 감소하였다.

표 2-2-10 상주 기상대 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2011~2020	12.9	1,157.7	2,331.5
2021	13.2	1,230.8	2,238.5
증감	0.3 (↑)	73.2 (↑)	93.0 (↓)

그림 2-2-1 상주 기상대(상주보, 낙단보) 기상 요소별 월평균 값



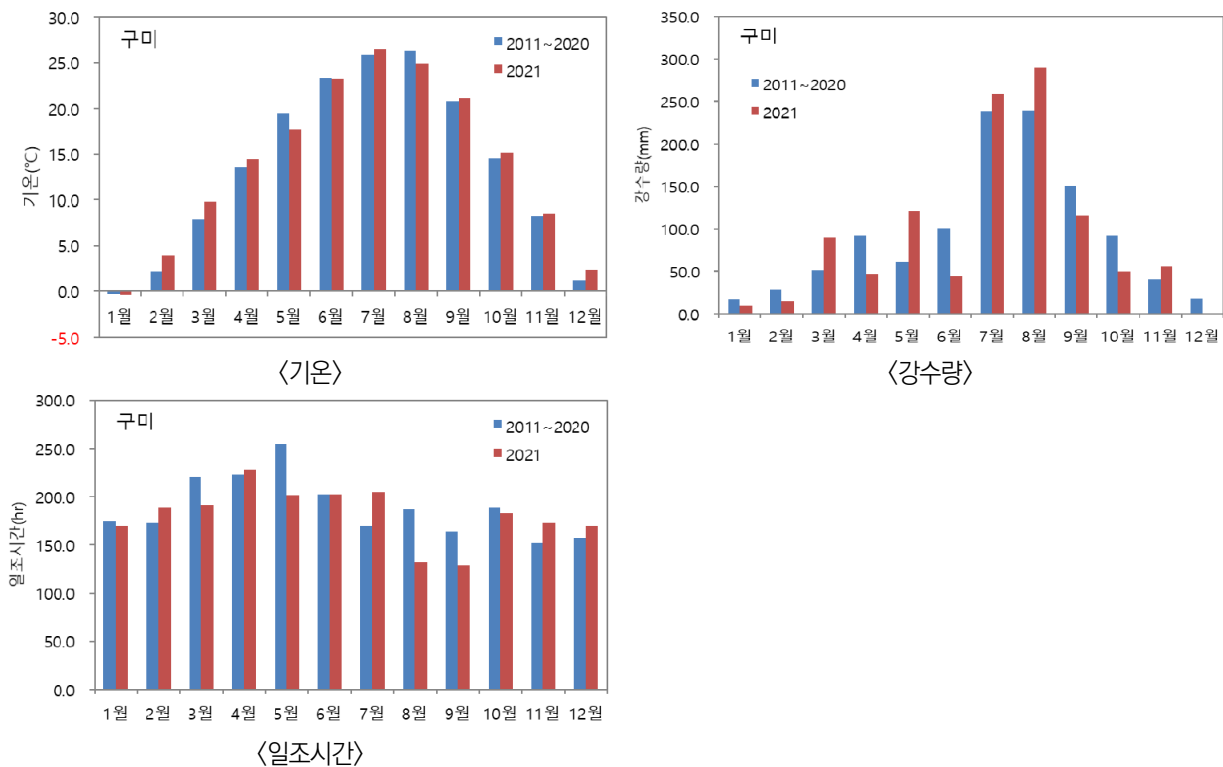
☞ 구미 기상대 : 평균기온 증가, 강수량 및 일조시간 감소

구미보와 칠곡보 유역에 영향을 미치는 구미 기상대의 각 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2021년 연평균 기온은 13.9℃로 과거 10년간 평균기온보다 0.3℃ 증가하였다. 강수량은 1,098mm로 과거 10년 평균보다 34.1mm 감소하였고, 특히 4월과 6월에 강수량 감소 비율이 높았다. 2021년 일조시간은 2,175.2시간으로 과거 10년 일조시간보다 92.8시간 감소하였으며, 월별로 5월, 8월 및 9월에 감소 비율이 높았다.

표 2-2-11 구미 기상대 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2011~2020	13.6	1,132.1	2,268.0
2021	13.9	1,098.0	2,175.2
증감	0.3 (↑)	34.1(↓)	92.8 (↓)

그림 2-2-2 구미 기상대(구미보, 칠곡보) 기상 요소별 월평균 값



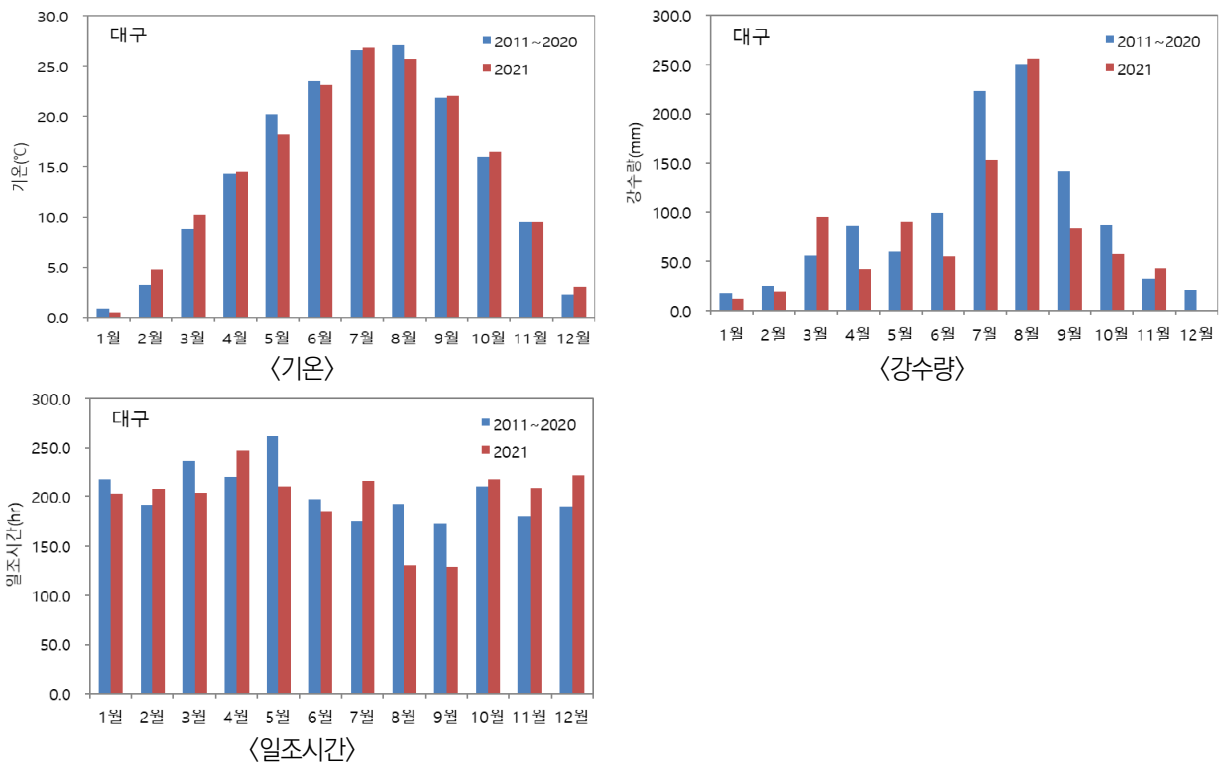
대구 기상관측소 : 평균기온 증가, 일조시간 및 강수량 감소

강정고령보와 달성보 유역에 영향을 미치는 대구 기상관측소의 각 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2021년 연평균 기온은 14.6℃로 과거 10년 평균보다 0.1℃ 증가하였다. 강수량은 910mm로 과거 10년 평균보다 192.6mm 감소하였고, 특히 6월, 7월 및 9월에 강수량 감소 비율이 높았다. 2021년 연중 일조시간은 2,380.7시간으로 과거 10년 평균 일조시간보다 64.3시간 감소하였으며, 월별로 5월, 8월 및 9월에 감소 비율이 높았다.

표 2-2-12 대구 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2011~2020	14.5	1,002.6	2,445.0
2021	14.6	910.0	2,380.7
증감	0.1 (↑)	192.6 (↓)	64.3 (↓)

그림 2-2-3 대구 기상관측소(강정고령보, 달성보) 기상 요소별 월평균 값



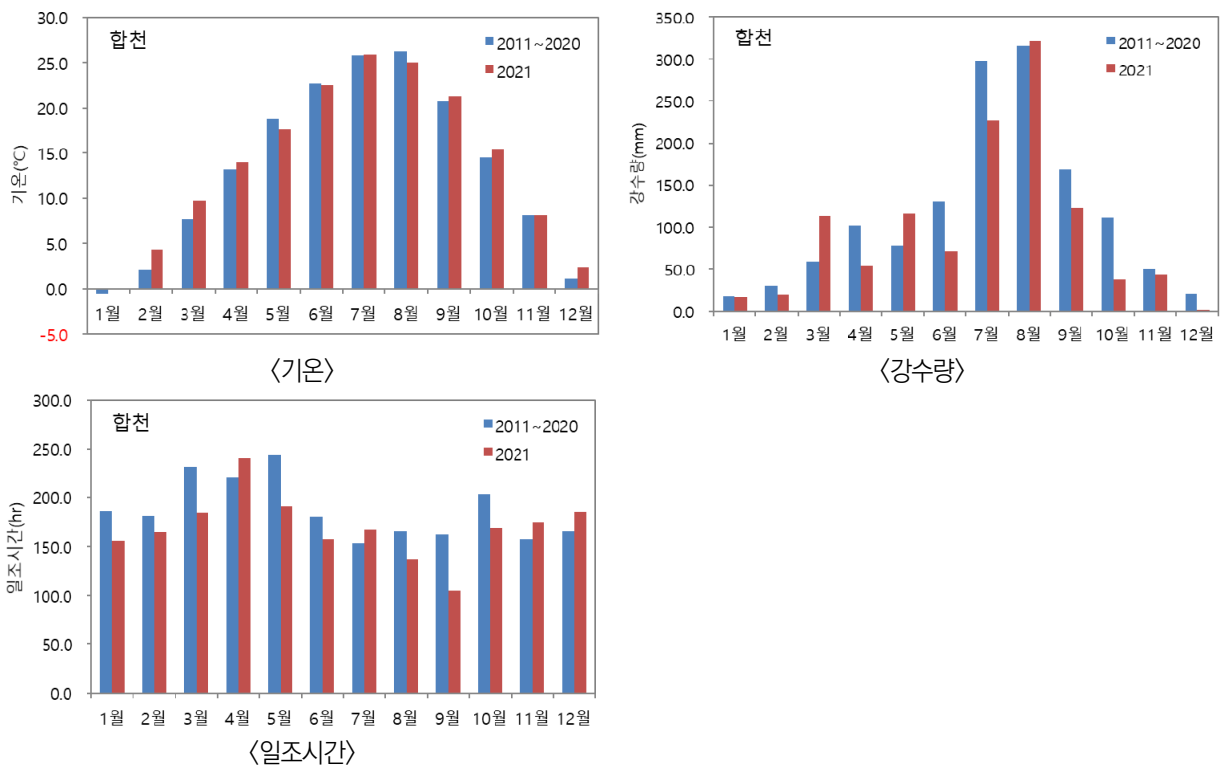
합천 기상관측소 : 평균기온 증가, 강수량 및 일조시간 감소

합천창녕보 유역에 영향을 미치는 합천 기상관측소의 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2021년 연평균 기온은 13.9℃로 과거 10년 평균보다 0.5℃ 증가하였다. 강수량은 1,146.4mm로 과거 10년 평균보다 236.3mm 감소하였으며, 특히 6월과 7월에 강수량 감소 비율이 높았다. 2021년 일조시간은 2,030.7시간으로 과거 10년 평균 일조시간보다 221.7시간 감소하였다.

표 2-2-13 합천 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2011~2020	13.4	1,382.7	2,252.4
2021	13.9	1,146.4	2,030.7
증감	0.5 (↑)	236.3 (↓)	221.7 (↓)

그림 2-2-4 합천 기상관측소(합천창녕보) 기상 요소별 월평균 값



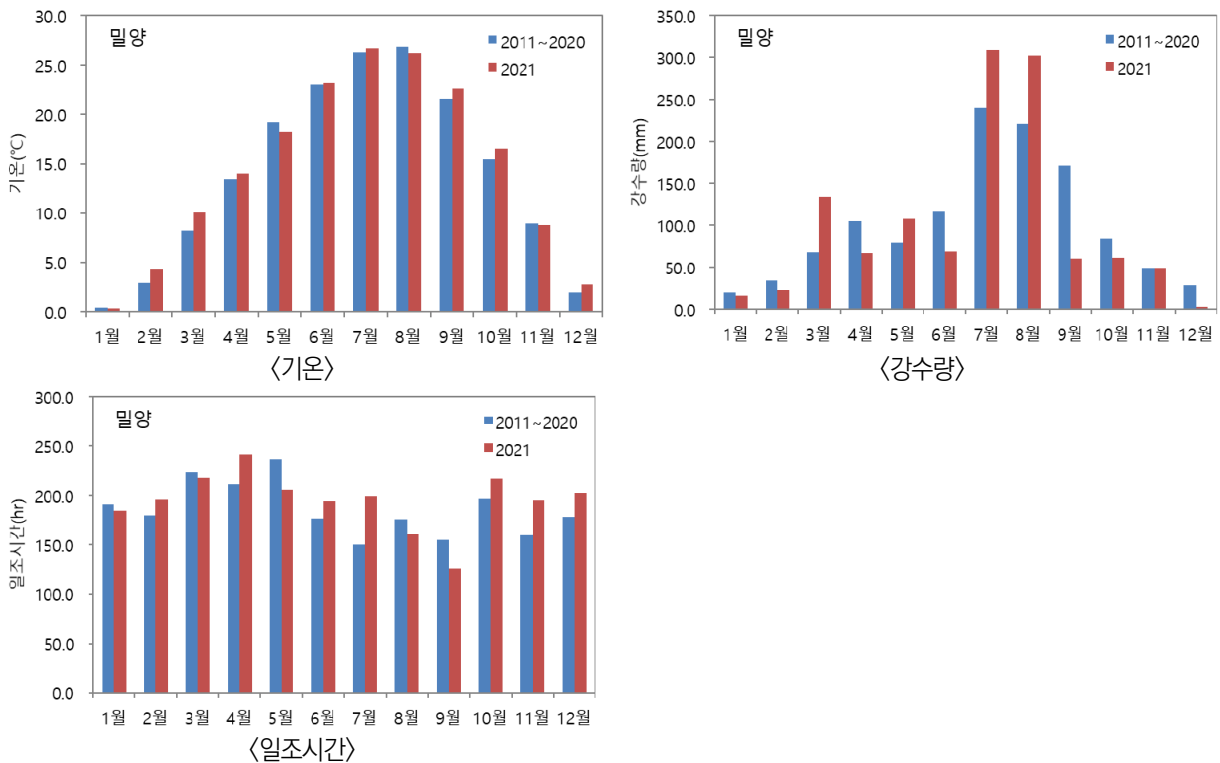
▣ 밀양 기상관측소 : 평균기온 및 일조시간 증가 강수량 감소

창녕함안보 유역과 인접한 밀양 기상관측소의 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2021년 연평균 기온은 14.1℃로 과거 10년간 평균기온보다 0.5℃ 증가하였다. 강수량은 1,202.5mm로 10년 평균보다 12mm 감소하였고, 7월과 8월에 평년보다 강수량이 증가하였으나, 9월에 감소 비율이 높았다. 2021년 일조시간은 2,340.7시간으로 과거 10년간 평균 일조시간보다 105.8시간 증가하였다.

표 2-2-14 밀양 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2011~2020	14.0	1,214.5	2,234.9
2021	14.5	1,202.5	2,340.7
증감	0.5 (↑)	12.0 (↓)	105.8 (↑)

그림 2-2-5 밀양 기상관측소(창녕함안보) 기상 요소별 월평균 값



나. 체류시간 분석

☑ 체류시간 변화: 전년 대비 체류시간 감소

2021년 보 구간 평균 체류시간은 6.4일로 전년도 7일보다 0.6일 감소하였다. 월별로는 4~5월에 전년 대비 1.8~3.3배로 감소하였으며, 1~2월, 7~9월 및 11월을 제외한 모든 시점에서 감소하였다. 2021년 2월에 16.3일로 체류시간이 가장 길었으며, 많은 강수량으로 인해 7~9월에 2일(1.6~1.9일) 미만으로 가장 짧았다. 보별로는 합천보에서 연평균 체류시간이 4.5일로 가장 짧았고, 칠곡보에서 9.8일로 가장 길었다.

표 2-2-15 낙동강 수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2020년 vs 2021년)

(단위 : 일)

구분	상주보			낙단보			구미보			칠곡보		
	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)
1월	5.4	8.6	1.6	6.7	10.8	1.6	8.1	10.3	1.3	13.9	20.8	1.5
2월	5.5	8.7	1.6	6.0	10.5	1.7	7.4	17.3	2.3	12.1	26.1	2.2
3월	6.4	5.8	0.9	5.9	6.4	1.1	9.8	8.9	0.9	13.5	13.0	1.0
4월	11.9	2.9	0.2	10.6	3.1	0.3	22.4	5.0	0.2	22.2	7.3	0.3
5월	5.0	2.7	0.5	5.2	3.3	0.6	8.2	4.2	0.5	13.0	6.9	0.5
6월	4.0	2.4	0.6	3.8	3.3	0.9	5.0	5.3	1.1	6.7	7.9	1.2
7월	0.6	1.1	1.8	0.7	1.5	2.1	0.8	1.8	2.2	1.0	2.1	2.1
8월	0.4	1.8	4.8	0.4	1.5	3.3	0.6	2.1	3.7	0.7	2.4	3.5
9월	0.7	1.7	2.3	1.0	1.7	1.7	1.1	2.2	1.9	1.4	2.6	1.9
10월	7.5	3.5	0.5	7.1	4.3	0.6	10.4	6.9	0.7	16.3	8.1	0.5
11월	8.5	5.6	0.7	8.6	9.5	1.1	12.6	5.1	0.4	19.7	9.5	0.5
12월	7.1	6.5	0.9	8.7	9.4	1.1	8.2	5.9	0.7	18.3	10.8	0.6

구분	강정고령보			달성보			합천창녕보			창녕함안보		
	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)	2020 (A)	2021 (B)	비율 (B/A)
1월	11.7	16.8	1.4	5.8	8.3	1.4	3.0	3.8	1.2	5.7	15.2	2.6
2월	9.9	22.5	2.3	5.6	9.9	1.8	4.8	16.2	3.4	6.8	19.1	2.8
3월	12.3	10.4	0.8	6.7	5.0	0.7	6.2	5.8	0.9	7.7	6.1	0.8
4월	24.1	7.4	0.3	11.4	3.9	0.3	10.7	4.2	0.4	12.1	4.3	0.4
5월	10.8	6.8	0.6	7.8	3.5	0.4	6.3	3.7	0.6	7.4	3.9	0.5
6월	6.1	6.1	1.0	4.2	4.1	1.0	3.6	3.4	0.9	4.0	3.0	0.7
7월	1.0	2.0	2.0	0.6	1.3	2.0	0.7	1.5	2.1	0.7	1.1	1.5
8월	0.7	2.1	2.9	0.5	1.3	2.8	0.5	1.0	2.2	0.5	0.9	1.7
9월	1.4	2.6	1.9	0.9	2.0	2.2	0.9	1.4	1.5	1.1	1.3	1.2
10월	12.5	7.2	0.6	6.5	6.2	1.0	7.8	4.2	0.5	6.7	2.9	0.4
11월	14.4	9.6	0.7	7.0	7.7	1.1	9.1	5.7	0.6	8.8	8.2	0.9
12월	13.5	12.7	0.9	6.9	19.9	2.9	3.8	3.4	0.9	10.6	10.7	1.0

다. 수질인자 분석

보 설치 이후 기상 및 수리·수문 조건에 따른 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자, 낙동강 수계 8개 보 지점에서 측정한 수질인자들에 대해 최근 3년(2018~2020년) 월평균 값과 2021년 월평균 값을 비교·분석하였다.

상주보 : 수온 감소, 클로로필- α 와 총인 농도 증가

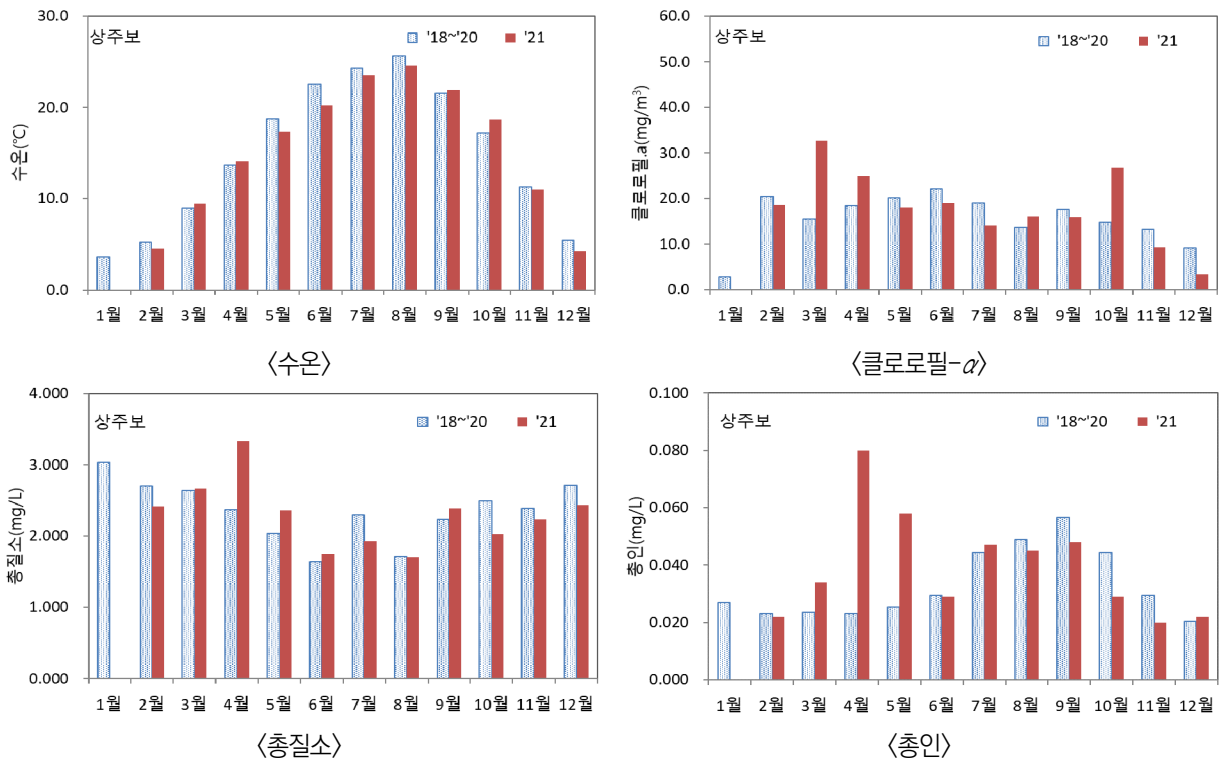
2021년 평균 수온은 14.1℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.5℃ 감소하였으며, 시기별로 5~6월에 지난 3년 평균보다 최대 2.3℃ 낮았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 18.0mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 월별로는 3월과 10월에 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 2.295mg/L, 총인은 0.039mg/L로 지난 3년간 평균 농도와 비교할 때 총질소는 동일하였고, 총인은 증가하였다.

표 2-2-16 상주보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	15.9	16.7	2.295	0.033
2021	15.4	18.0	2.295	0.039
증감	0.5 (↓)	1.3 (↑)	(-)	0.006 (↑)

※ 1월의 경우 2021년 결빙으로 평균에서 제외

그림 2-2-6 낙동강 상주보 지점 수온 및 수질 농도 변화



낙단보 : 수온, 총질소 및 총인 농도 감소 클로로필- α 증가

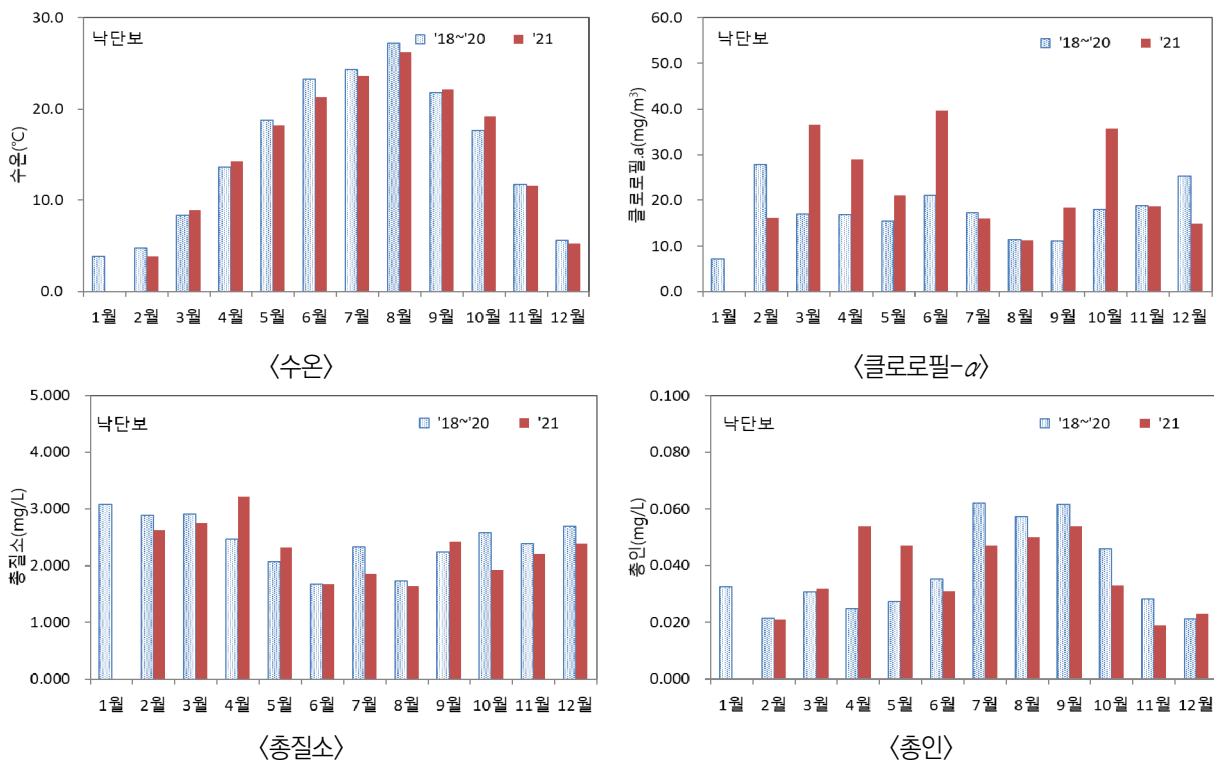
2021년 평균 수온은 15.9℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.2℃ 감소하였으며, 5~8월에 지난 3년 평균보다 최대 1.3℃ 낮았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 23.4mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 3~6월과 10월에 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 2.275mg/L, 총인은 0.037mg/L로 지난 3년간 평균 농도보다 감소하였고, 특히 총인은 4~5월에 지난 3년간 평균 농도 보다 높았으나, 그 외 시기에 대부분 감소한 것으로 나타났다.

표 2-2-17 낙단보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.1	18.2	2.359	0.038
2021	15.9	23.4	2.275	0.037
증감	0.2 (↓)	5.2 (↑)	0.084 (↓)	0.001 (↓)

※ 1월의 경우 2021년 결빙으로 평균에서 제외

그림 2-2-7 낙동강 낙단보 지점 수온 및 수질 농도 변화



구미보 : 수온, 총질소 및 총인 농도 감소 클로로필- α 증가

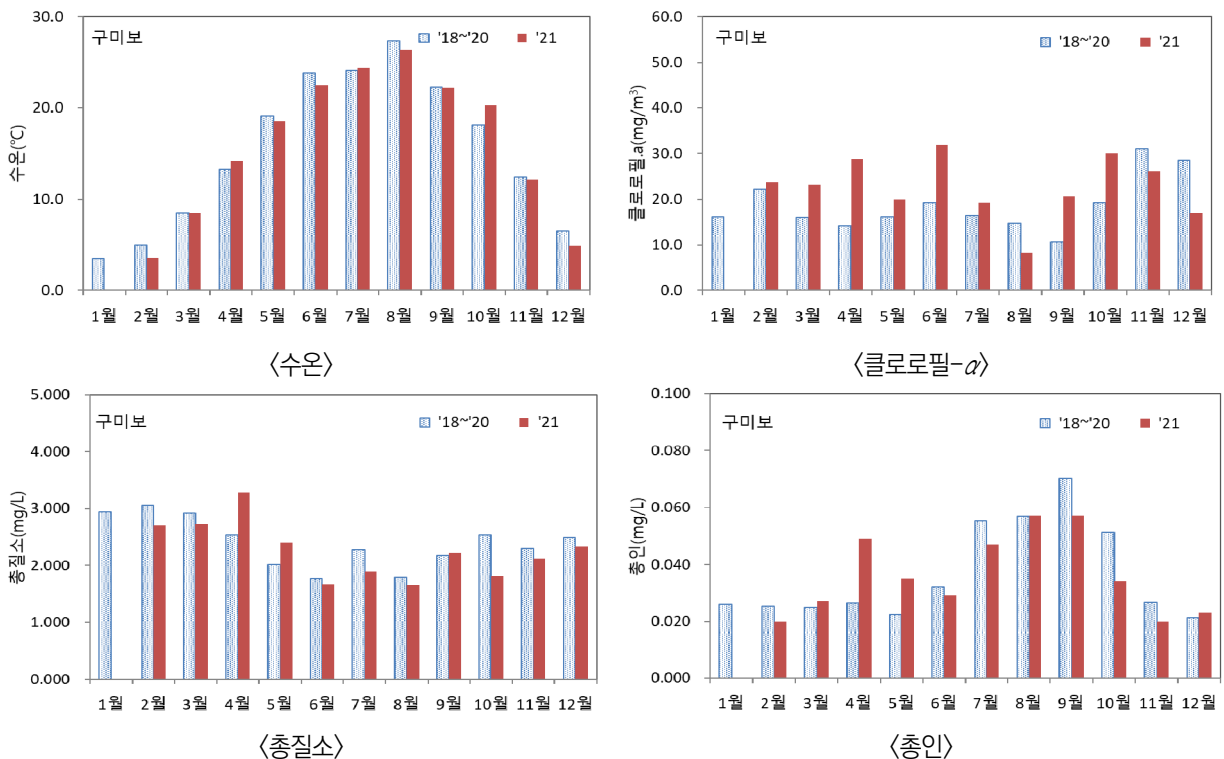
2021년 평균 수온은 16.2℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.2℃ 감소하였으며, 시기별로 5~6월에 지난 3년 평균보다 최대 1.3℃ 낮았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 22.6mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 3~6월, 9~10월에 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 2.260mg/L, 총인은 0.036mg/L로 지난 3년간 평균 농도보다 감소하였고, 특히 총인의 경우 4월~5월 지난 3년간 평균 농도 보다 높았으나, 그 외 시기에 대부분 감소한 것으로 나타났다.

표 2-2-18 구미보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.4	18.9	2.354	0.037
2021	16.2	22.6	2.260	0.036
증감	0.2 (↓)	3.7 (↑)	0.094 (↓)	0.001 (↓)

※ 1월의 경우 '21년 결빙으로 평균에서 제외

그림 2-2-8 낙동강 구미보 지점 수온 및 수질 농도 변화



❏ 칠곡보 : 수온 증가, 클로로필- α 및 총질소 농도 감소

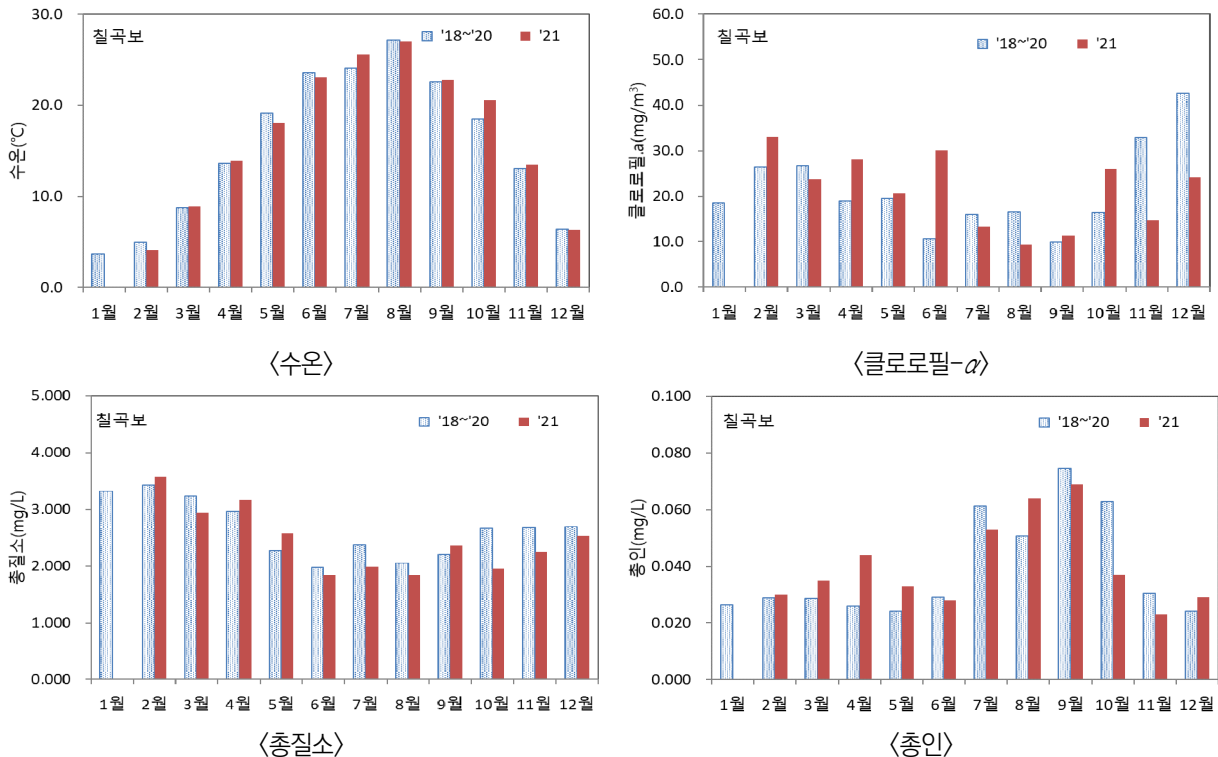
2021년 평균 수온은 16.7°C로 지난 3년간 평균 수온보다 0.2°C 증가하였으며, 1~6월(2021년 1월은 결빙)까지 지난 3년 평균보다 낮았고 7~11월까지 약간 높았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 21.3mg/m³로 지난 3년간 평균보다 낮았으나, 6월의 경우 지난 3년간 평균보다 약 3배 높았고, 11~12월에 감소 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 2.456mg/L, 총인은 0.040mg/L로 총질소는 지난 3년간 평균 농도보다 감소하였고, 총인의 동일하였다.

표 2-2-19 칠곡보 수질인자 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.5	21.5	2.592	0.040
2021	16.7	21.3	2.456	0.040
증감	0.2 (↑)	0.2 (↓)	0.136 (↓)	(-)

※ 1월의 경우 '21년 결빙으로 평균에서 제외

그림 2-2-9 낙동강 칠곡보 지점 수온 및 수질 농도 변화



강정고령보 : 수온과 클로로필- α 증가, 총질소와 총인 농도 감소

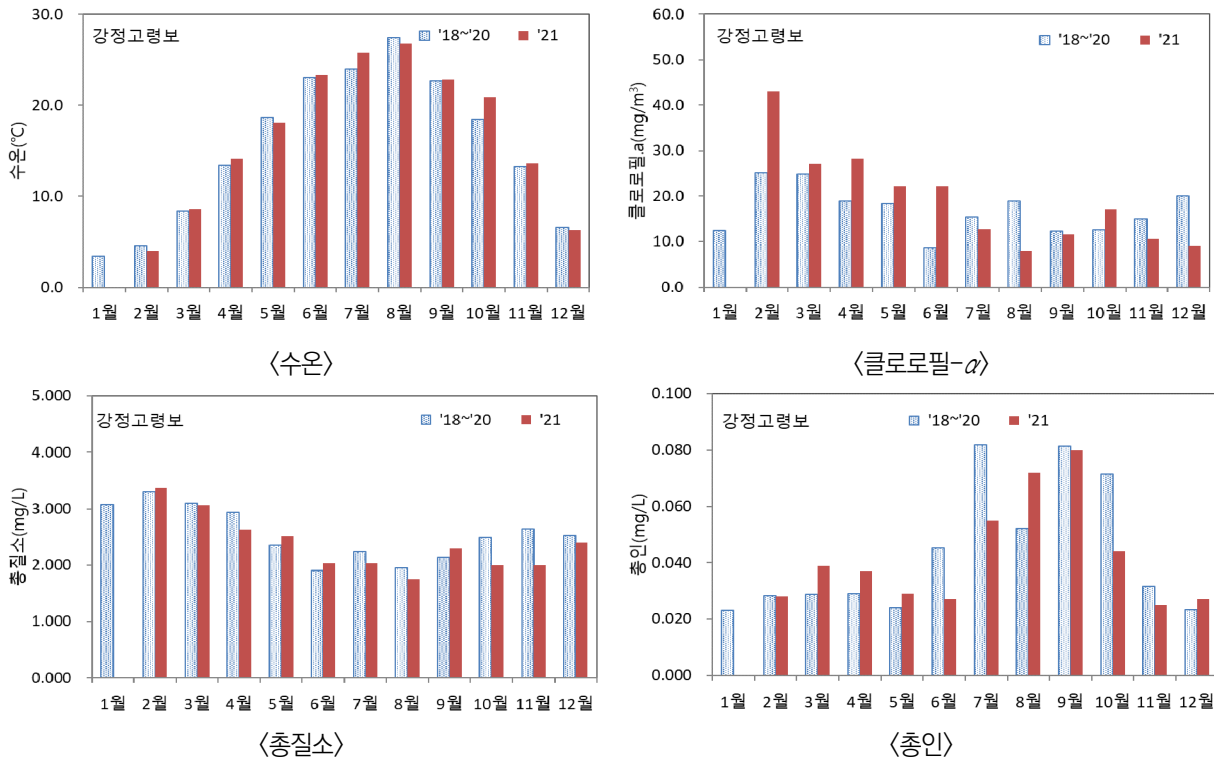
2021년 평균 수온은 16.8℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.3℃ 증가하였으며, 10월에는 지난 3년 평균보다 최대 2.4℃ 높았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 19.3mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 월별로는 2월에 증가 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 2.371mg/L, 총인은 0.042mg/L로 지난 3년간 평균 농도보다 약간 감소하였고, 총인의 6~7월과 10월에 감소 폭이 큰 것으로 나타났다.

표 2-2-20 강정고령보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.4	17.3	2.508	0.045
2021	16.8	19.3	2.371	0.042
증감	0.4 (↑)	2.0 (↑)	0.137 (↓)	0.003 (↓)

※ 1월의 경우 '21년 결빙으로 평균에서 제외

그림 2-2-10 낙동강 강정고령보 지점 수온 및 수질 농도 변화



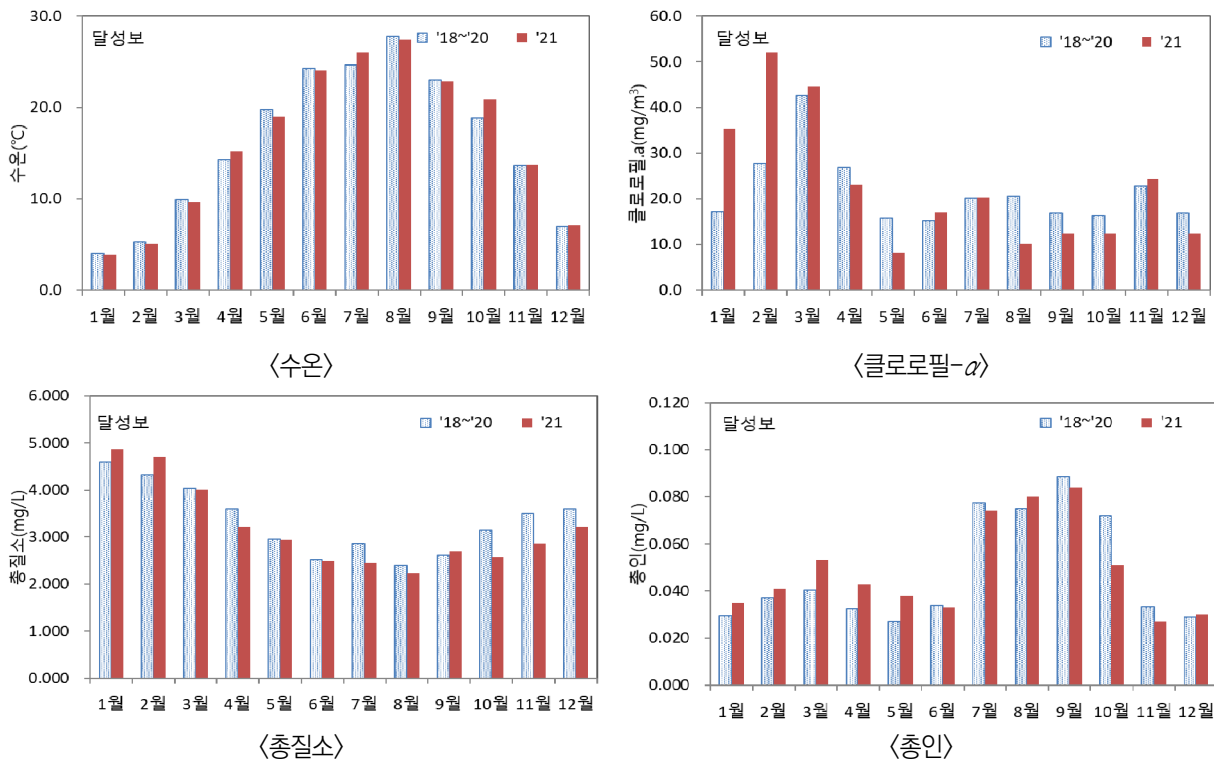
달성보 : 수온, 클로로필- α 및 총인 농도 증가, 총질소 감소

2021년 평균 수온은 16.2℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.2℃ 증가하였으며, 시기별로 10월에 지난 3년 평균보다 최대 2.1℃ 높았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 22.7mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 월별로는 1월과 2월에 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 3.182mg/L, 총인은 0.049mg/L로 지난 3년간 평균 농도와 비교할 때 총질소는 감소하였고, 총인은 증가하였다.

표 2-2-21 달성보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.0	21.6	3.338	0.048
2021	16.2	22.7	3.182	0.049
증감	0.2 (↑)	1.1 (↑)	0.156 (↓)	0.001 (↑)

그림 2-2-11 낙동강 달성보 지점 수온 및 수질 농도 변화



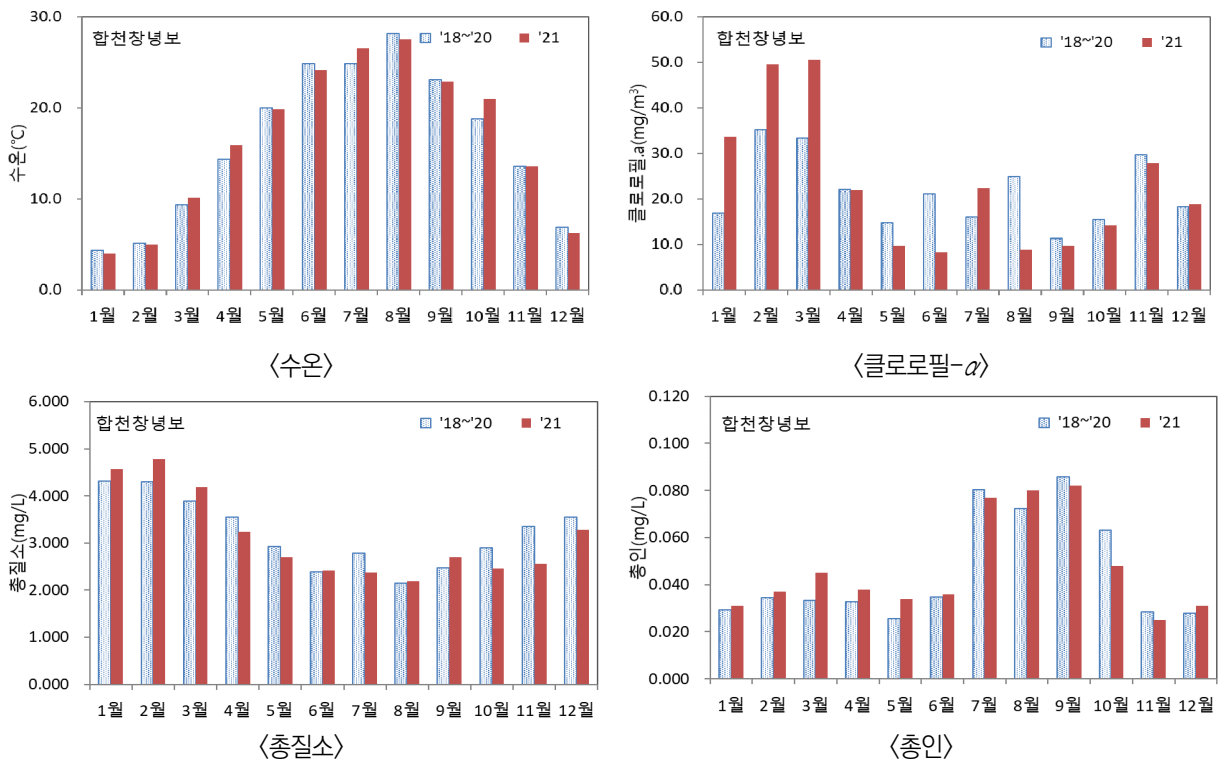
합천창녕보 : 수온, 클로로필- α 및 총인 농도 증가 총질소 감소

2021년 평균 수온은 16.4℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.3℃ 증가하였으며, 시기별로 10월에 지난 3년 평균보다 최대 2.3℃ 높았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 22.9mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 월별로는 1~3월에 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 3.122mg/L, 총인은 0.047mg/L로 지난 3년간 평균 농도와 비교할 때 총질소는 감소하였고, 총인은 증가하였다.

표 2-2-22 합천창녕보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.1	22.6	3.215	0.046
2021	16.4	22.9	3.122	0.047
증감	0.3 (↑)	1.3 (↑)	0.093 (↓)	0.001 (↑)

그림 2-2-12 낙동강 합천창녕보 지점 수온 및 수질 농도 변화



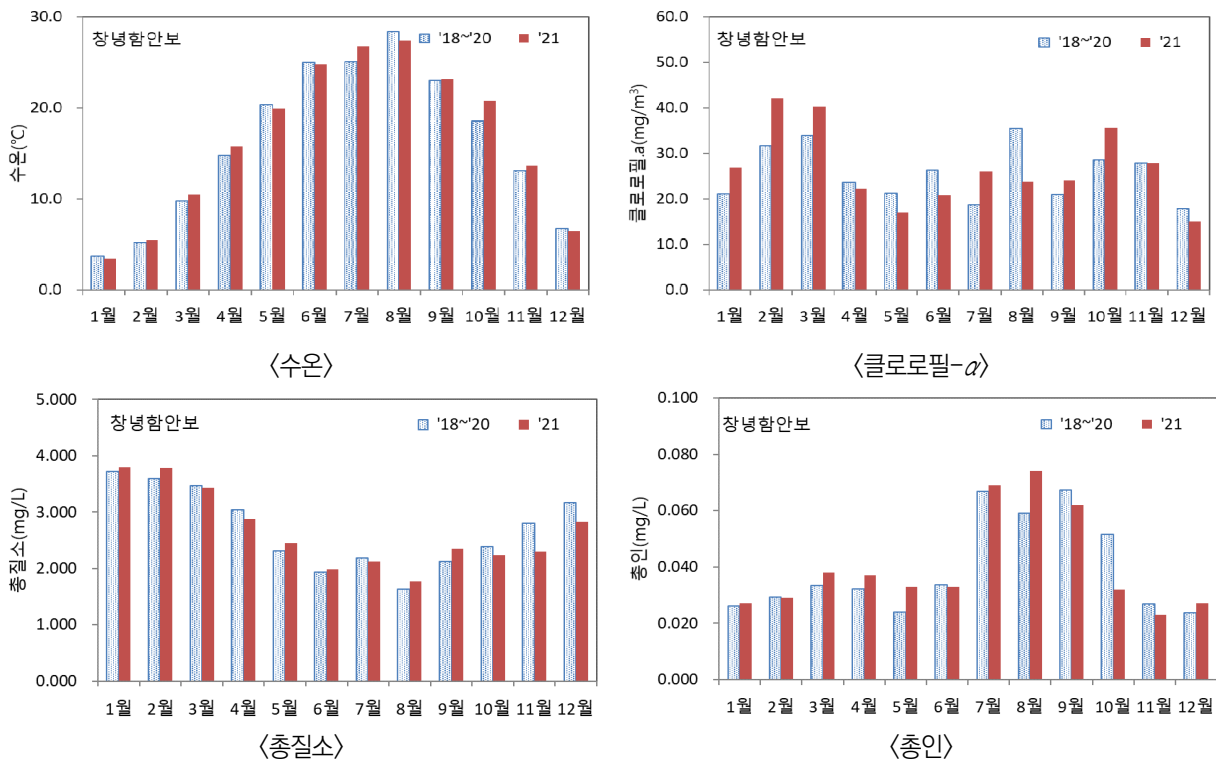
창녕함안보 : 수온, 클로로필- α 및 총인 농도 증가, 총질소 감소

2021년 평균 수온은 16.5℃로 지난 3년간 평균 수온보다 0.4℃ 증가하였으며, 시기별로 10월에 지난 3년 평균보다 최대 2.3℃ 높았다. 2021년 평균 클로로필- α 농도는 26.8mg/m³로 지난 3년간 평균보다 높았으며, 월별로는 1~3월과 10월에 증가 폭이 큰 것으로 나타났다. 2021년 평균 총질소는 2.659mg/L, 총인은 0.040mg/L로 지난 3년간 평균 농도와 비교할 때 총질소는 감소하였고, 총인은 증가하였다.

표 2-2-23 창녕함안보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.1	25.6	2.695	0.039
2021	16.5	26.8	2.659	0.040
증감	0.4 (↑)	1.2 (↑)	0.036 (↓)	0.001 (↑)

그림 2-2-13 낙동강 창녕함안보 지점 수온 및 수질 농도 변화



참 고

일정별 주요사항

일 자	주요사항	세부내용
1.7	진양호 조류경보 '관심' 단계 발령	칠서 조류경보제 '관심' 단계(1.7~27, 21일)
3.31	상반기 낙동강 중상류 조류대책실무위원회 개최	2021년도 낙동강 중상류 조류발생 대응방안 논의 등
5.20	2021년도 조류경보제 시행계획 수립	2021년 조류경보제 시행계획 수립(낙동강청)
5.27	2021년도 조류경보제 시행계획 수립	2021년 조류경보제 시행계획 수립(대구청)
6.1	낙동강 중상류 조류대응 상황실 운영	조류발생에 대비 조류모니터링, 신속한 상황전파 등을 위한 조류관리 상황실 운영
6.8	낙동강 하류 조류관리 상황실 운영	낙동강 하류 조류발생 대비 조류 모니터링, 신속한 상황전파 체계 구축을 위한 조류관리 상황실 운영
6.10	물금·매리, 사연호 조류경보 '관심' 단계 발령	물금·매리 조류경보제 '관심' 단계(6.10~8.11, 63일) 사연호 조류경보제 '관심' 단계(6.10~30, 21일)
6.17	강정고령 조류경보 '관심' 단계 발령	강정고령 조류경보제 '관심' 단계(6.17~9.8, 84일)
6.22	제23차 수질관리협의회 개최	조류 발생 현황 및 전망 보고, 환경대응용수 활용 계획 및 보 운영 개선 방안 공유 등
7.8	안계호 조류경보 '관심' 단계 발령 칠서 조류경보 '경계' 단계 발령	안계호 조류경보제 '관심' 단계(7.8~8.18, 42일) 칠서 조류경보제 '경계' 단계(7.8~14, 7일)
7.9	상반기 낙동강 조류대책위원회 개최	2021년 조류대응 추진정책 논의 및 자문 등
7.15	칠서 조류경보 '관심' 단계 발령	칠서 조류경보제 '관심' 단계(7.15~7.21, 21일)
7.25	영천호 조류경보 '관심' 단계 발령	영천호 조류경보제 '관심' 단계(7.29~8.4, 7일)
8.5	영천호 지점 조류경보 '경계' 단계 발령 칠서 지점 조류경보 '관심' 단계 발령	영천호 조류경보제 '경계' 단계(8.5~8.11, 7일) 칠서 조류경보제 '관심' 단계(8.5~9.8, 35일)
8.12	영천호 조류경보 '관심' 단계 발령 물금·매리 조류경보 '경계' 단계, 진양호, 사연호 조류경보 '관심' 단계 발령	영천호 조류경보제 '관심' 단계(8.12~8.18, 7일) 물금·매리 조류경보제 '경계' 단계(8.12~9.6, 26일) 진양호 조류경보제 '관심' 단계(8.12~11.03, 84일) 사연호 조류경보제 '관심' 단계(8.12~9.1, 21일)
8.13	녹조 대응 TF팀 회의 개최	조류 발생 상황 선제적 대응을 위한 TF팀 운영

일 자	주요사항	세부내용
8.25	제24차 수질관리협의회 개최	기관별 조류대응 현황 및 녹조저감 대책 공유
9.3	하반기 낙동강 중상류 조류대책실무위원회 개최	2021년도 낙동강 중상류 조류발생 대응방안 논의 등
9.16	해평 조류경보 '관심' 단계 발령	해평 조류경보제 '관심' 단계(9.16~10.6일, 21일)
9.28	칠서 조류경보 '관심' 단계 발령	칠서 조류경보제 '관심' 단계(9.28~11.17, 51일)
10.8	사연호 조류경보 '관심' 단계 발령	사연호 조류경보제 '관심' 단계(10.8~11.17, 41일)
10.14	덕동호 조류경보 '관심' 단계 발령	덕동호 조류경보제 '관심' 단계(10.14~11.10, 28일)
10.15	물금·매리 조류경보 '관심' 단계 발령	물금·매리 조류경보제 '관심' 단계(10.15~11.24, 41일)
10.18	하반기 낙동강 조류대책위원회 개최	2021년 조류대응 추진정책 논의 및 자문 등

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
1.7	연합뉴스	진주 진양호 내동·판문지점 조류경보 관심 발령
	부산일보	진주 진양호 내동 및 판문지점 조류경보 '관심' 발령
	MBC경남	진주 진양호 조류경보 '관심' 단계 발령
1.14	연합뉴스	낙동강청, 드론으로 녹조 파악하고 지도로 만든다
	부산일보	낙동강유역환경청, 드론으로 녹조 파악하고 지도로 만든다
1.28	연합뉴스	진주 진양호 내동·판문지점 조류 경보 21일만에 해제
1.29	경남도민신문	진주 진양호 내동·판문지점 조류경보 '해제'
4.9	경북매일	가축분뇨 하천 유출 사전차단 나선다
	경상매일신문	대구환경청, 가축분뇨 배출시설 불법행위 '꼼짝마'
4.10	대구MBC	환경청, 가축분뇨 배출시설 불법행위 집중점검
	안동MBC	대구환경청, 가축 분뇨 불법 배출 집중 단속
4.13	부산일보	경남도, 여름철 낙동강 녹조 발생에 선제적으로 대응한다

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
4.28	영남일보	기후변화와 독성 녹조류의 역습
5.19	MBC경남	김해시, 여름철 조류 발생 대비 단계별 대응대책 수립
	경남도민일보	김해시, 낙동강 조류 단계별 대응책 마련
5.25	국제뉴스	낙동강유역환경청, 낙동강 하류 조류경보제 시행
	뉴시스	낙동강유역환경청, 낙동강 하류 녹조관리 조류경보제 시행
	MBC경남	물금·매리지점 조류경보제 본격 시행
5.26	프레시안	낙동강청, 녹조대응 정보방 조류경보제 운영
6.1	프레시안	창원시, 정수장 여과지 관리 총력
	경남도민신문	창원시, 정수장 여과지(모래, 활성탄) 관리에 총력
6.7	아시아경제	녹조 유발 '영양염류' 유입 저감 위해 올해부터 낙동강 지역 '퇴비실명제' 시행
6.10	오마이뉴스	낙동강 물금-매리, 녹조 올해 첫 조류경보 발령
	연합뉴스	무더위에 돌아온 녹조, 경남 올해 첫 조류경보 관심 발령
6.11	경남도민일보	낙동강 올해 첫 조류경보 '관심' 발령
	KNN	경남 올해 첫 조류경보 관심 발령
6.14	부산일보	김해시, 조류경보 발령에 다른 수질관리 총력
6.17	연합뉴스	울산 사여호 취수탑 지점 '조류경보 관심 단계' 발령
	부산일보	울산 사연호 취수탑 지점, 조류경보 관심 단계 발령
6.18	연합뉴스	낙동강 강정고령 지점 올해 첫 조류경보
6.21	경북매일신문	대구지방환경청, 여름철 환경오염 행위 특별감시·단속
	대구신문	대구환경청, 하절기 환경오염행위 특별감시·단속 추진
7.1	연합뉴스	울산 사연호 반연리·취수탑 지점 조류경보 해제
7.5	대구MBC	낙동강 녹조 곳곳에서 빠르게 확산
	오마이뉴스	낙동강 녹조 창결... 취수장에다 농수로까지 짙은 녹색
7.8	뉴시스	낙동강 칠서 지점, 조류경보 '경계' 발령
	연합뉴스	낙동강 하류 칠서지점 조류경보 경계 단계 발령
	KNN	낙동강 칠서 지점 조류경보 경계 단계 발령

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
7.9	KBS	환경과학원, “낙동강 녹조 당분간 계속될 것”
7.15	CNB뉴스	낙동강 칠서 지점, 조류경보 ‘관심’단계로 하향
7.22	연합뉴스	장마 영향에 낙동강 칠서 지점 조류경보 해제
	경남도민신문	낙동강 칠서 지점 조류경보 ‘해제’
7.28	영남일보	녹조로 물든 안동호
7.29	NEWSIS	영천호, 조류경보 발령... 유해남조류 mL당 8만9576세포
7.30	경북도민일보	영천호, 조류경보 ‘관심’
	경북매일	영천호 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
	대경일보	대구환경청, 영천호 조류경보 ‘관심’ 발령
	대구신문	영천호 조류 경보 발령
8.4	매일신문	“비릿한 녹조 악취 산책조차 못 해요”...강정고령보 조류 경보 ‘관심단계’
8.5	연합뉴스	폭염에 낙동강 녹조 급증, 칠서 지점 조류경보 관심단계 발령
	국제신문	낙동강 칠서 지점, 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
8.5	경북매일	온통 초록빛의 강정고령보
	경북일보	낙동강 녹조 비상
	대경일보	낙동강 녹조 비상
	대구신문	한정에 장관, 폭염 대비 낙동강 녹조대응 현장점검
8.6	경북도민일보	낙동강 영천호, 주류경보 ‘경계’로 격상
	경북매일	영천호 지점 조류경보 ‘경계’발령
	경상매일신문	영천호 조류경보 ‘경계’ 단계로
	대구MBC	영천호 조류경보 ‘경계’로 격상
8.9	경북도민일보	최기문 영천시장, 영천호 조류경보 현장점검
	경상매일신문	영천시, 영천호 조류경보 긴급 점검 최기문시장, 댐-상수도사업소 찾아
	경안일보	영천호 조류경보 ‘관심’→‘경계’ 격상
	대경일보	영천호 조류경보 ‘경계’ 피해 최소화 대응

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
8.11	매일신문	안동호 녹조...수공市 확산 방지 비상
	경안일보	한국농어촌공사 안동지사, 녹조방제작업 전개
8.12	연합뉴스	폭염·가뭄에 조류 활개, 낙동강 물금·매리 '경계' 경보
	뉴시스	낙동강 물금·매리 조류경보 '경계', 진양호·사연호는 '관심'
	경남도민신문	폭염 가뭄에 조류경보 낙동강 물금·매리 지점 '경계'
8.13	경북매일	영천호 조류경보 경계→관심 완화
	대경일보	영천호 지점 조류경보 '관심' 단계 완화 발령
8.19	대구신문	낙동강 녹조 반복... 수문 개방 서둘러야
	매일신문	환경단체 "낙동강 녹조 해결을"
8.20	부산일보	창우너시, 칠서 취·정수장 현장 점검, 창원시 수돗물 안전하다
8.23	경북도민일보	낙동강 본류 녹조 심상찮다
8.25	매일신문	낙동강서 美 기준치의 245배 독성물질
	MBC	낙동강 '녹조라떼' 독소 물질 최대 245배 검출
	연합뉴스	경북 영천 안계호 조류경보 해제
8.25	노컷뉴스	최근 5년간, 경남 수돗물 '조류독소' 미검출, "안심하세요"
8.26	연합뉴스	부산시 "낙동강 독성물질 수돗물 정수과정서 모두 제거, 안전"
8.26	매일신문	고도정수로 독성물질 완전 제거 수돗물 안심하고 마셔도 괜찮다
	대구신문	정수장 원수서 독성 물질 검출 안 돼
	대구신문	[사설] 낙동강 식수원에 614배 독극물이라니
	경북매일	환경부 "낙동강 독성물질 문제없다"
	경북매일	[사설] 대구 식수원이 독성물질로 오염됐다니 충격
8.30	매일신문	[사설] 낙동강 검출 독성물질, 미리 대비해 걱정 덜자
	조선일보	녹조는 "보 개방 안해서"라더니, 이젠 "비 적은 탓"
9.1	매일신문	낙동강 수상레저시설 부근 '녹조 논란'
	대구신문	낙동강 식수원 조류독소 노출... 보 수문 개방해야
	KBS	환경단체, 낙동강 독성물질 대책 촉구

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
9.2	연합뉴스	울산 사연호 조류경보 '관심' 해제, 수온 내려가며 남조류 감소
	울산제일일보	울산 사연호 조류경보 관심 해제
9.7	노컷뉴스	낙동강 하류 물금·매리 지점 조류경보 26일만 해제
	KNN	낙동강 하류 물금·매리 지점 조류경보 해제
9.9	부산일보	낙동강 칠서 지점 조류경보 발령 35일 만에 해제
	뉴시스	낙동강 칠서 지점 조류경보 '해제', 35일만
9.10	경북매일	'녹색빛' 낙동강 강장고령 지점 조류경보 '관심' 해제...84일
	경북도민일보	대구환경청, 낙동강 강장고령 지점 조류경보 '관심' 해제
	영남일보	낙동강 강장고령 지점의 조류경보 '관심' 해제
	노컷뉴스	낙동강 강정고령보, 84일 만에 조류경보 '관심' 단계 해제
	TBC	84일만에 강정고령 지점 조류경보 해제
9.17	대경일보	대구환경청, 낙동강 해평 조류경보 '관심' 단계 발령
	NEWSIS	대구환경청, 낙동강 해평지점 조류경보 '관심' 단계 발령
9.28	뉴스1	낙동강 하류 칠서 지점, 조류경보 '관심' 단계 발령
	경남매일신문	낙동강 하류 칠서 지점 조류 경보 관심 단계
10.8	CNB뉴스	낙동강청, 사연호 반연리 지점 조류경보 '관심'발령
	경북도민일보	낙동강 해평 지점 조류경보 '관심' 해제
	대경일보	낙동강 해평 지점 조류경보 '관심' 해제
10.14	대구신문	4대강 조류경보제 오류... 채수지점 개선해야
10.15	시사뉴스	낙동강유역환경청, 낙동강 물금·매리 지점 조류경보 '관심' 단계 발령
11.4	뉴스1	낙동강청, 진양호 내동·판문지점 조류경보 84일만에 해제
11.18	연합뉴스	낙동강 칠서, 사연호 반연리 지점 조류경보 해제
	경남일보	낙동강 칠서, 사연호 반연리 지점 조류경보 해제
11.25	연합뉴스	추위에 녹조도 멈칫, 낙동강 물금·매리 조류경보 해제
	부산일보	낙동강 물금·매리 조류경보 해제, 추위영향

제3절 금강 수계

1. 금강 수계 일반현황

가. 수계 조류 발생 특성

금강은 전라북도 장수군 신무산에서 발원하여 군산에서 서해로 흘러드는 우리나라에서 3번째로 큰 강으로 길이는 397.8km, 유역면적은 9,912.15km²이다.

금강 상류에는 용담호와 대청호가 있으며, 중하류 구간에 세종보, 공주보 백제보 총 3개의 보가 설치되어 있으며 대청호 등 매년 조류발생으로 녹조현상이 빈번하게 관측되고 있다.

나. 조류경보제(운영지점, 관찰지점) 적용 구간

조류경보제 운영 지점

금강수계에서 조류경보제를 운영하고 있는 호소는 대청호, 용담호, 보령호 등 3개 호소이며 운영현황은 아래와 같다.

표 2-3-1 금강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점

호소명	대표 채수 위치	운영기관
대청호	추동, 문의, 회남	금강유역환경청
용담호	댐앞, 취수탑	전북지방환경청
보령호	취수탑	금강유역환경청

조류경보제 관찰지점

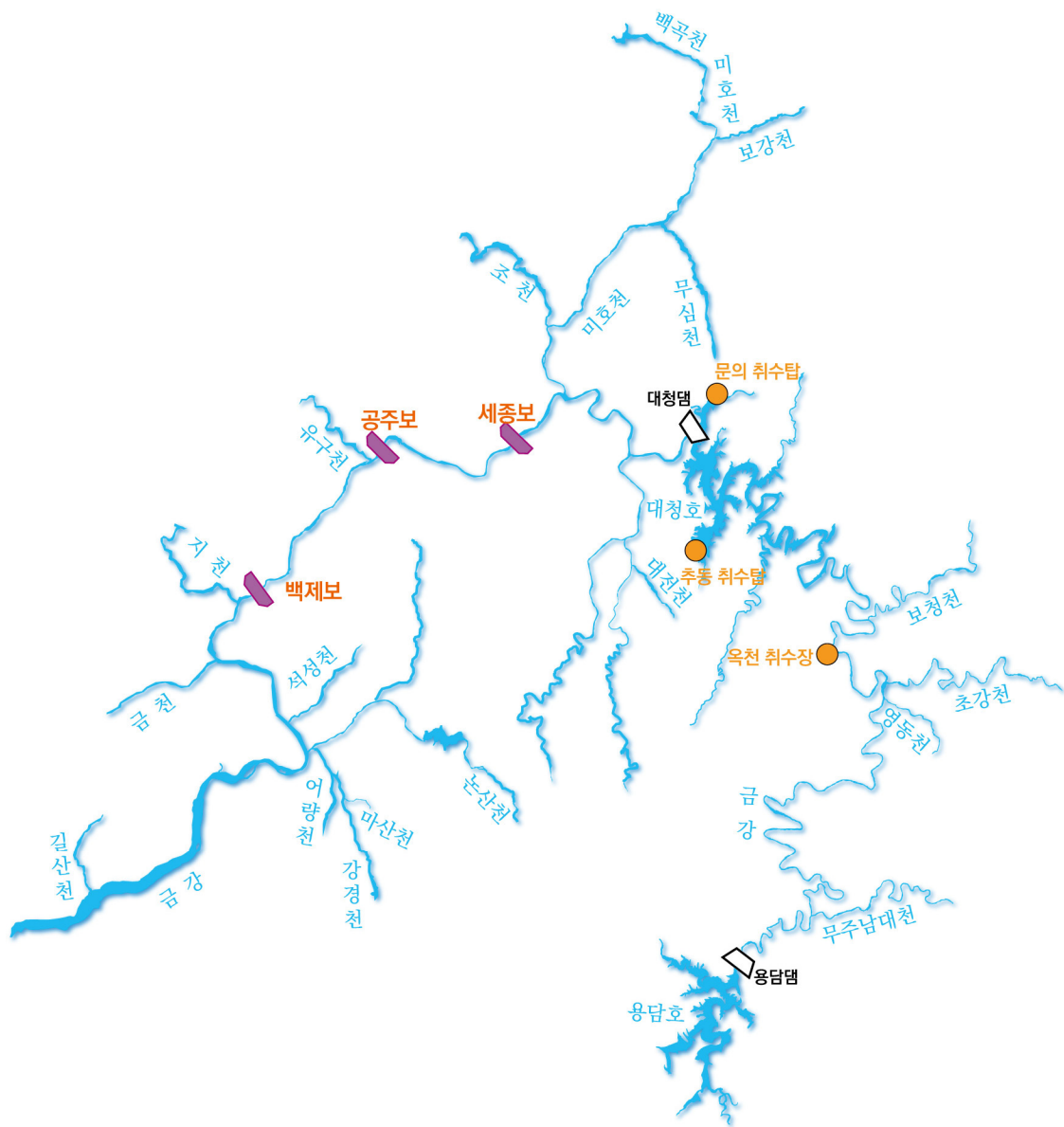
4대강 보 설치로 인한 조류 발생을 사전에 예측하기 위하여 2012년부터 2019년까지 4대강 보 구간에 대하여 수질예보제를 운영하였으며, 2020년부터는 조류경보제 관찰지점으로 편입하였다. 금강 수계는 세종보, 공주보, 백제보 등 3개 보를 조류경보제 관찰지점으로 운영하고 있다.

표 2-3-2 금강수계 조류경보제 관찰 지점

지 점	대표 채수 위치	운영기관
세종보	세종보 상류 1,100m 지점	국립환경과학원
공주보	공주보 상류 500m 지점	국립환경과학원
백제보	백제보 상류 500m 지점	국립환경과학원



금강 유역 현황도



2. 2021년 조류발생 현황

가. 총평

2021년 금강 수계의 조류발생 현황을 전체적으로 살펴보면, 대표적인 상수원인 대청호의 조류경보제 3개 운영지점 중 문의 지점은 70일간, 추동 지점은 23일간 조류경보 ‘관심’ 단계가 발령되었고, 나머지 1개 회남 지점은 경보가 발령되지 않았다.

2020년과 비교시 6일 늦게 경보가 발령되고 15일 일찍 해제되어 전년 대비 발령기간 및 유해남조류 발생강도는 모두 감소하였고, 여름철 고수온기(7~8월)의 대청호 유해남조류 세포수는 최대 7,866세포/mL, 평균 1,146 세포/mL(추동 673세포/mL, 문의 2,353세포/mL, 회남 411세포/mL)로 최대값과 평균값 모두 전년 대비 감소하였다.<표 2-3-15 참조>

대청호 외에 조류경보제를 운영중인 보령호와 용담호는 조류경보가 발령되지 않았다.

표 2-3-3 2021년 금강수계 조류경보 발령 현황

지점		조류경보제		
		관심	경계	대발생
대청호 (70일)	회남	미발령		
	추동(23일)	9.28~10.20	-	-
	문의(70일)	8.12~10.20	-	-
보령호		미발령		
용담호		미발령		

나. 주요 상수원 호소

▣ 대청호 70일간 조류경보 발령

대청호는 길고 구불구불한 사행천과 만입부 형태를 가지고 있어 구조적으로 조류발생에 취약하다(2019년 체류시간 268일). 대청호의 조류경보제는 1998년에 최초로 운영하였고, 2001년부터는 회남수역, 추동수역, 문의수역으로 구분하여 조류경보제를 운영하고 있다. 추동수역, 문의수역은 취수탑 상류 1km에 경보운영 지점이 있고 회남수역은 취수탑 상류 14km 지점에 경보운영 지점이 있다.

대청호 조류경보 발령은 1999년과 2014년을 제외하고 매년 조류경보가 발령되고 있다. 2021년의 경우에는 대청호 조류경보 운영지점 중 문의 지점에서 8월 12일 '관심' 단계가 처음 발령되었고, 9월 28일 추동 수역에서 추가로 '관심' 단계가 발령되었다.

2021년의 녹조 발생경향을 살펴보면 7월 폭염 등의 영향으로 대청호 상류에 위치한 서화천 유역을 중심으로 녹조가 우선 증식하였고, 이후 강우 및 대청댐 방류에 의한 영향으로 댐 하류에 위치한 경보제 지점으로 녹조가 이동·증식하였다.

8월 중순 문의 지점에서 최초 '관심' 단계가 발령(8.12~10.20, 70일간)되었고, 조류확산 및 물흐름 정체, 호소 부영양화 등으로 추동 지점에서 추가로 '관심' 단계가 발령(9.28~10.20, 23일간) 되었으나, 전 지점(회남, 문의, 추동) 경보가 발령되고 '경계' 단계까지 격상(문의, '20.10.5~10.16)되었던 전년과 달리 전 수역으로의 경보확대와 경보단계 격상은 발생하지 않았다.

문의, 추동 지점의 경보발령은 10월 20일 일괄 해제되었고, 전년(2020년) 조류경보 '관심' 단계 최종 해제일인 11월 4일과 비교할 때, 15일 일찍 해제되었다. 계절적 영향으로 인한 수온 감소 및 강우량 감소로 인한 영양염류 총인 농도 감소에 의해 유해남조류세포수도 점차 감소하였다.

아울러, 조류경보 발령일수 감소와 더불어 유해남조류 세포수 최대치와 평균치를 비교한 결과, 조류 발생기간과 발생강도 모두 전년대비 감소하였음을 확인하였다.

표 2-3-4 연도별 대청호 조류발생 현황

(단위 :일)

연도	전체 발령기간 (중복제외)	회남		추동	문의(청주취수장)	
		관심(주의보)	경계(경보)	관심(주의보)	관심(주의보)	경계(경보)
2010	59	59	-	43	29	-
2011	57	57	-	29	48	-
2012	90	40	43	62	48	-
2013	47	33	-	47	-	-
2014	-	-	-	-	-	-
2015	54	14	-	40	14	-
2016	91	64	-	84	91	-
2017	119	49	35	91	64	-
2018	77	60	9	63	77	-
2019	117	43	-	83	14	-
2020	91	85	-	63	71	12
2021	70	-	-	23	70	-

표 2-3-5 2021년도 대청호 월별(최대치) 조류발생 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
유해남조류세포수 (세포/mL)	284 (추동)	648 (회남)	820 (회남)	7,866 (문의)	7,144 (문의)	2,914 (문의)	520 (회남)	436 (추동)



2021년 8월초 대청호 문의 수역



2021년 8월초 대청호 추동 수역

보령호는 2021년 조류경보 미발령

보령호는 2010년 조류경보제가 도입된 이후, 2010년, 2017년 외에는 경보가 발령되지 않았다.

표 2-3-6 연도별 보령호 조류발생 현황

(단위 : 일)

구분	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
발령일수	미발령	미발령	미발령	미발령	미발령	42	미발령	미발령	미발령	미발령

표 2-3-7 2021년도 보령호 월별(최대치) 조류발생 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
유해남조류세포수 (세포/mL)	0	756	828	720	460	628	670	84

다. 본류 3개 보 구간(조류경보제 관찰지점)

☑ 조류경보제 관찰지점으로 편입, 작년 대비 유해남조류세포수는 증가

금강수계에는 세종보, 공주보, 백제보 3개의 보가 있으며, 3개 보 지점의 조류 발생은 대청댐 방류량과 금강 본류로 유입되는 주요 지천인 갑천, 미호천의 유량 및 수질변화에 큰 영향을 받는다.

2021년 세종보는 9월(9.13, 2,250세포/mL), 공주보(7.26, 6,390세포/mL)와 백제보(7.26, 10,600세포/mL)는 7월에 연중 최대 유해남조류세포수가 발생되었으며, 전년(2020년)도와 비교시 여름철 평균 유해남조류세포수는 유사한 수준으로 측정되었다.

참고로, 금강 수계 3개 보 구간 조류발생 모니터링을 위해 조류경보제와는 별도로 수질예보제(2012~2019년)를 운영해왔으나, 2020년부터는 보 구간을 조류경보제 관찰지점으로 편입시켜 운영하고 있다.

표 2-3-8 2020~2021년 금강보 구간 여름철 녹조 발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분	2020년 여름철(7~9월)		2021년 여름철(7~9월)	
	평균 유해남조류세포수	최대치	평균 유해남조류세포수	최대치
세종보	756	3,160	803	2,250
공주보	1,417	4,930	1,071	6,390
백제보	2,415	10,140	2,144	10,600

표 2-3-9 금강수계 보의 3~10월 주요 조류발생 현황

일자	세종보		공주보		백제보	
	클로로필- α (mg/m ³)	유해남조류세포수 (세포/mL)	클로로필- α (mg/m ³)	유해남조류세포수 (세포/mL)	클로로필- α (mg/m ³)	유해남조류세포수 (세포/mL)
21/03/02	105.8	0	119.4	0	26.3	0
21/03/08	8.8	0	13.1	0	22.5	0
21/03/15	15.4	0	23.3	0	62.3	0
21/03/22	19	0	36	0	90	0
21/03/29	29.9	0	36.2	0	81.9	0
21/04/05	26.9	1,080	39.6	1,460	73	0
21/04/12	27.2	0	58.6	0	121.1	0

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서

일자	세종보		공주보		백제보	
	클로로필- α (mg/m ³)	유해남조류세포수 (세포/mL)	클로로필- α (mg/m ³)	유해남조류세포수 (세포/mL)	클로로필- α (mg/m ³)	유해남조류세포수 (세포/mL)
21/04/19	40.8	0	78.7	0	161.1	0
21/04/26	52.8	0	136	0	147.6	0
21/05/03	41.1	0	62.9	0	140	0
21/05/10	69.6	0	139.1	0	159.9	0
21/05/17	40.9	0	52.5	0	137.1	0
21/05/24	17.9	0	22.6	0	73.6	0
21/05/31	19.1	0	19.7	0	25.2	0
21/06/07	21.2	0	37.5	0	84.3	0
21/06/14	57.1	0	127.7	0	132.6	0
21/06/21	67.9	0	135.4	0	110.1	0
21/06/28	60.5	0	171.9	0	178.8	0
21/07/05	27.8	0	43.5	0	78.9	0
21/07/12	11.3	0	11	0	20.4	0
21/07/19	66.6	0	127	0	127.5	320
21/07/26	116.9	2,130	165.2	6,390	127.8	10,600
21/08/02	72.9	1,650	141.1	1,360	154.6	5,980
21/08/09	76	2,200	113.3	1,580	92.8	3,800
21/08/17	70.8	1,610	118.8	860	135.9	3,630
21/08/23	39.4	0	69.9	250	84.3	1,090
21/08/30	6.1	0	7.5	0	12.1	0
21/09/06	5.4	595	8.8	260	12	630
21/09/13	23.6	2,250	25.2	1,480	48.6	1,820
21/09/23	13.5	0	16.4	1,740	32.8	0
21/09/27	7.3	0	7.8	0	26.8	0
21/10/05	11.5	0	29.2	0	67.4	0
21/10/12	7.7	0	14.7	0	35.6	0
21/10/18	4.1	0	9	0	25.6	0
21/10/25	7.5	0	7.3	0	12.8	0



공주보(2021.9.3)



백제보(2021.9.3)



세종보(2021.9.3)



세종보(2021.9.3)

3. 조류발생 영향인자 분석

가. 대청호

여름철 강우 이후 문의, 추동 수역에 ‘관심’ 단계 발령

대청호는 금강 중간에 조성된 인공호수로 유역면적이 넓고(4,134 km²) 사형천 모양의 긴 형태를 가진다. 대청호 상류에서 흘러드는 강우유입수에는 오염물질이 많이 포함되어있는데 여름철 호내에 장기간 체류하면서 조류 발생 요인으로 작용한다.

2021년 대청호 유역의 총강우량은 1,182mm로 2011~2020년 연평균 강우량(1,154mm)의 102%로 수준이다(한국수자원공사). 2021년 연간 강우량 변화를 보면 1~6월 누적 강우량은 392mm로 비교적 적었으며, 이후 하절기에 강우가 집중되었다(7~9월 702mm). 7월부터 수온 상승과 더불어 조류 성장에 필요한 영양염류(질소, 인)가 강우와 함께 유입되었고, 그 결과 유해남조류 발생이 증가하여 8월부터 70일간(8.12~10.20) 조류경보제 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 2021년 대청호 저수율은 7월 5일 최저(50.3%), 10월 18일 최고(73.2%)를 기록하였다.

그림 2-3-1 2021년 대청호의 강우, 저수율 변화와 조류경보제 발령 시기

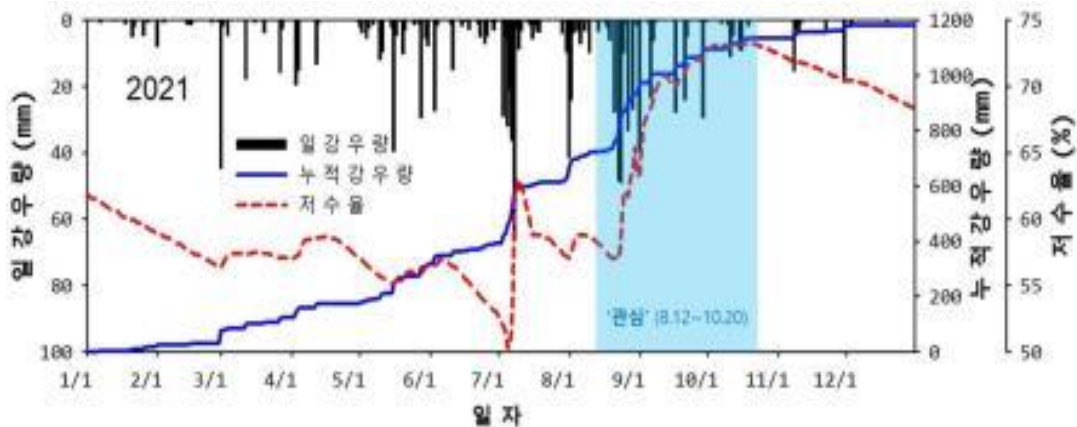
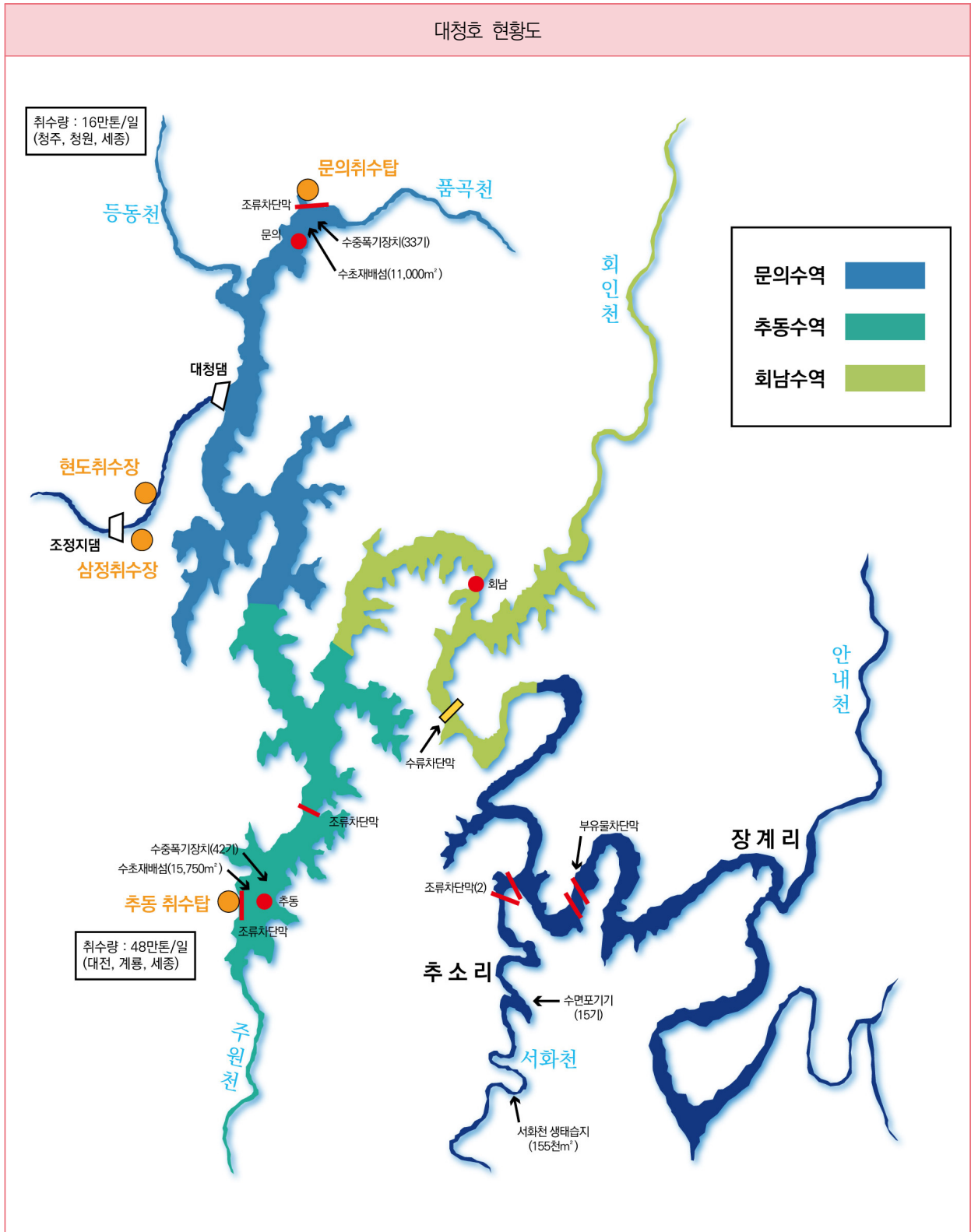


표 2-3-10 대청호 유역 평균 강우량

구 분	2010~2019(A)	2020(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1,154	1,182	1.02

※ 출처 : 국가수자원관리종합정보시스템

대청호 현황도



수온 증가, 총인 농도 감소

기상 및 수리·수문 조건에 따른 수질 변화 경향을 알아보기 위하여 대청호 조류경보제 3개 조사지점의 2019~2020년과 2021년 수질을 비교하였다.

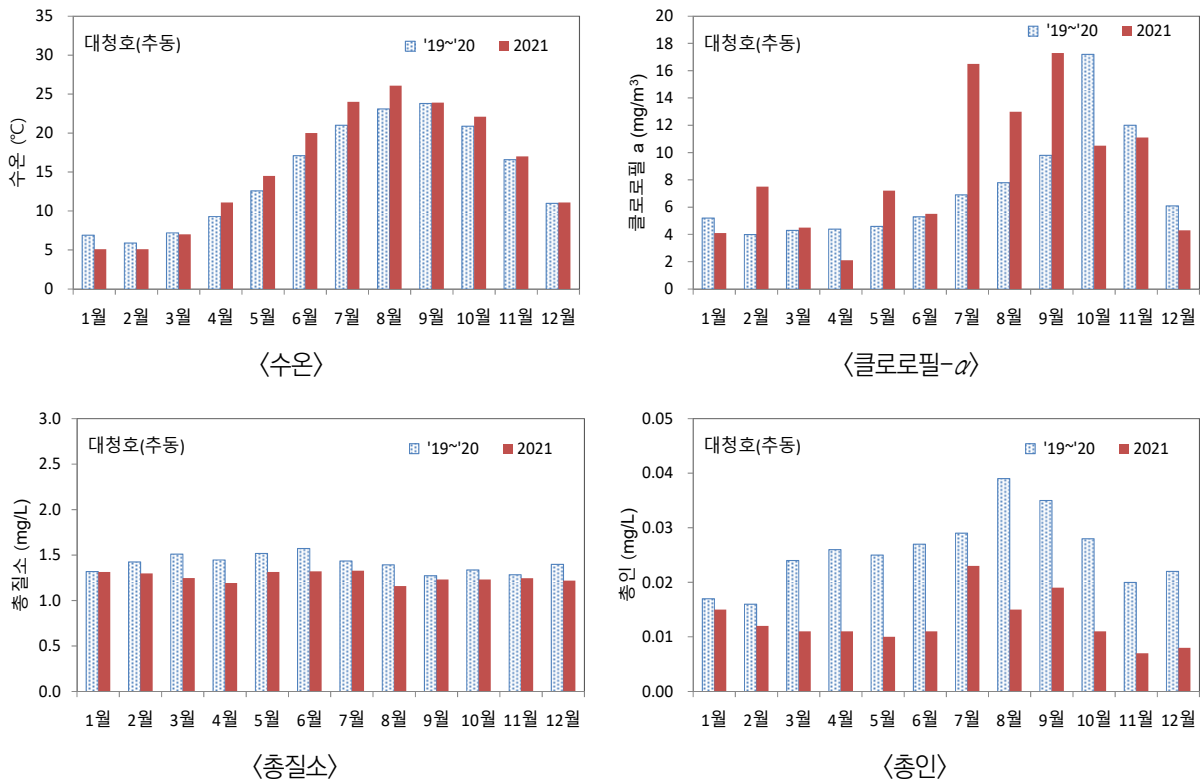
대청호 추동 지점의 2021년 평균 수온은 2019~2020년 평균치보다 1℃ 높았다. 2021년에는 강우량이 이례적으로 많았던 전년에 비해 하절기 강우량이 줄었고, 이에 따라 수온도 상대적으로 높게 형성되었다. 2021년 추동 지점의 클로로필-*a* 농도는 2019~2020년 보다 1.3mg/m³ 증가하였고, 연평균 총질소는 2019~2020년 평균보다 0.151mg/L 감소, 총인은 2019~2020년에 비해 0.013mg/L 감소하였다.

표 2-3-11 대청호 추동지점 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2019~2020	14.6	7.3	1.409	0.026
2021	15.6	8.6	1.258	0.013
증감	1.0 (↑)	1.3 (↑)	0.151 (↓)	0.013 (↓)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제('19.1~'21.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-3-2 대청호 추동지점 수온 및 수질 농도 변화



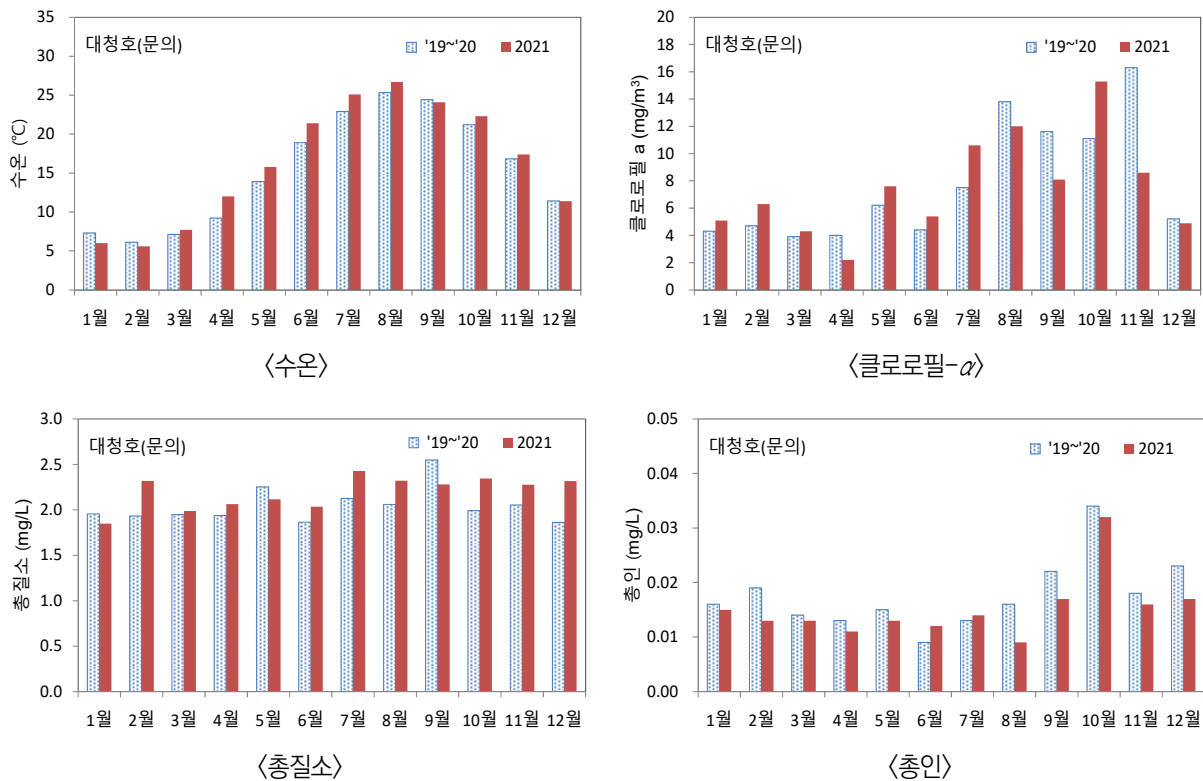
대청호 문의지점의 2021년 평균 수온은 2019~2020년 보다 0.9℃ 증가하였는데 2020년에 비해 고수온기의 강우량이 적었고 이에 따라 수온이 낮은 강우유입수가 비교적 적게 유입되어 하절기 수온이 높았다. 2021년 문의지점의 연평균 클로로필- α 농도는 2019~2020년 평균보다 0.3mg/m³ 감소하였다. 2021년 문의지점의 총질소 농도는 2019~2020년 평균보다 0.152mg/L 증가, 총인 농도는 0.003mg/L 감소한 것으로 분석되었다.

표 2-3-12 대청호 문의지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2019~2020	15.4	7.8	2.042	0.018
2021	16.3	7.5	2.194	0.015
증감	0.9(↑)	0.3(↓)	0.152(↑)	0.003(↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료('19.1~'21.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-3-3 대청호 문의지점 수온 및 수질 농도 변화



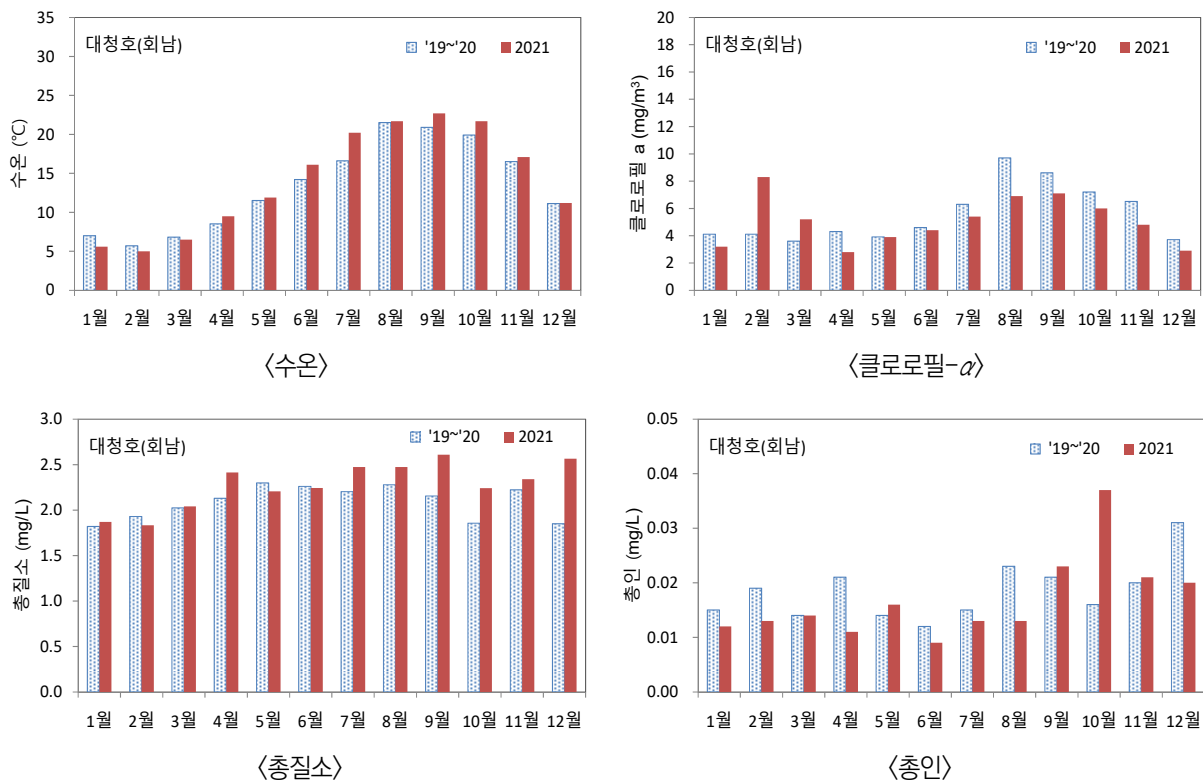
대청호 회남지점의 2021년 평균 수온은 2019~2020년 평균보다 0.7℃ 증가하였는데 대청호 다른 지점들과 마찬가지로 2020년에 비해 적었던 강우의 영향으로 여름철 수온이 높게 형성되었다. 2021년 회남 지점의 클로로필- α 농도는 2019~2020년 평균보다 0.7mg/m³ 증가하였다. 2021년 회남지점의 연평균 총질소 농도는 2019~2020년 평균보다 0.191mg/L 증가, 총인 농도는 2019~2020년 평균에 비해 0.001mg/L 감소하였다(10월 최대 0.001mg/L).

표 2-3-13 대청호 회남지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2019~2020	13.4	5.6	2.084	0.018
2021	14.1	5.1	2.275	0.017
증감	0.7(↑)	0.5(↓)	0.191(↑)	0.001(↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료(19.1~'21.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-3-4 대청호 회남지점 수온 및 수질 농도 변화



대청호의 조류 발생은 대체로 하절기 수온 상승과 더불어 집중강우에 포함되어 하천으로 유입되는 조류 성장에 필요한 영양염류(질소, 인)의 이동과 정체되는 시기에 따라 조류가 발생하는 수역과 발생 정도가 결정된다. 2021년 대청호 유역의 총 강우량은 1,182mm로 평년 강우량(최근 10년 평균 1,154 mm)과 비슷하였고, 강우량은 하절기에 집중되었다(7~9월, 702mm). 대청호 조류경보제 3지점(문의, 회남, 추동)에서 유해남조류세포수가 경보 기준(관심, 1천세포/mL) 이상으로 출현한 경우는 지점별로 1~9회이며, 클로로필-*a* 농도가 15mg/m³를 초과하는 경우는 지점별로 0~5회로 조사되었다. 2021년 대청호에는 총 70일간 조류경보 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 지점별로는 3지점 중 가장 하류에 위치한 문의 지점에서 ‘관심’ 단계가 8월 12일 처음 발령되었고, 이후 추동 지점에서 9월 28일 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 추동과 문의 지점 모두 10월 28일에 해제되었다. 2021년 대청호의 조류경보제 발령은 문의 지점에서 가장 길게 발령(8.12~10.28, 70일간)되었으며, 유해남조류세포수도 다른 지점에 비해 높았다(최대 7,866세포/mL, 8.9).

2021년 대청호의 강우량과 저수율 변화 그래프를 보면<그림 2-3-1> 6월 이전까지는 강우량이 비교적 적었고, 7~9월에 비교적 강우량이 많았으며, 10월 이후에는 강우량이 급감하였다. 2021년 대청호의 수위 변동은 7월 초까지 대체로 감소 추세를 보였고 7월 5일 연중 최저(50.3%)를 기록하였다. 7월 발생한 집중강우에 따라 대청호의 수위가 상승하였고 이후 8월 중순까지 등락을 반복하였는데, 8월 하순 이후에는 다시 서서히 상승하다가 10월 18일에 연중 최대(73.2%)를 기록한 후 연말까지 서서히 하락하였다. 2하반기 대청호의 총방류량 자료(한국수자원공사)를 보면 9월 18일 이후 방류량이 급감하였고, 이에 따라 저수율과 수위는 10월 하순까지 서서히 증가하였다.

대청호 하류 만입부에 위치한 문의 지점의 경우 댐수위가 상승하면 수체가 댐 방향으로 흘러가지 못하고 문의 수역 내에 정체하게 된다. 2021년 문의 수역에는 여름에 유입된 오염물질과 발생한 조류가 9월 이후 방류량 감소에 따른 댐수위 상승과 맞물려 오랜 기간 정체되었고, 이러한 수체의 정체는 문의 지점에서 조류경보제 발령기간이 길어진 요인으로 작용하였다.

2021년 8월 9일 7,866세포/mL로 유해남조류개체수가 가장 높았던 문의 지점의 우점종은 *Anabaena*로 5,614세포/mL 였으며, *Oscillatoria*도 1,584세포/mL로 비교적 많이 출현하였다. 그 외에 종은 소량 출현하였다(*Microcystis* 300세포/mL, *Aphanizomenon* 368세포/mL). 시기별로 유해남조류 발생 현황을 보면, 5월 하순 추동 지점부터 *Microcystis*가 소량 출현하면서

유해남조류 발생이 시작되었다. 회남 지점은 6월초부터 *Microcystis*가, 문의 지점 또한 6월초부터 *Aphanizomenon*이 소량 출현하면서 유해남조류의 발생이 시작되었다. 6월 하순에는 대청호 전역에 *Anabaena*가 우점하는 특성을 보였다.

8월부터 문의 지점에서 ‘관심’ 기준 이상의 유해남조류세포수가 관찰되었고(8.2, 3,714세포/mL) 8월 9일 조사 결과(7,866세포/mL) 2회 연속 ‘관심’ 기준을 초과하여 8월 12일 문의 지점에 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후 문의 지점에는 10월 12일, 10월 18일 2회 연속 ‘관심’ 기준(1천세포/mL) 이하로 관찰되어 10월 20일 문의 지점에 발령된 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 추동 지점은 8월 30일 (2,348세포/mL)에 최초 ‘관심’ 기준 이상의 유해남조류세포수가 관찰되었고, 9월 13일 (2,538세포/mL)과 9월 23일(3,124세포/mL) 2회 연속으로 ‘관심’ 기준을 초과함에 따라 9월 28일 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후 문의 지점과 마찬가지로 10월 12일, 10월 18일 2회 연속 유해남조류세포수가 ‘관심’ 기준 이하로 관찰됨에 따라 10월 20일 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 2021년 문의와 추동 지점에서는 조류경보제 발령기준인 유해남조류 4속(*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*)이 모두 출현하는 특징을 나타내었다.

표 2-3-14 대청호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

채수위치	최초 관심 기준 초과 세포수(일자)			최대 세포수			여름철(7~8월) 평균 세포수			
	2019년	2020년	2021년	2019년	2020년	2021년	2019년	2020년	2021년	
대청호	추동	2,372 (9.23)	2,376 (8.24)	2,348 (8.30)	4,484 (10.28)	9,138 (9.28)	3,124 (9.23)	193	856	673
	문의	1,566 (8.05)	2,392 (8.04)	3,714 (8.02)	3,610 (8.19)	31,780 (10.07)	7,866 (8.09)	930	3,506	2,353
	회남	2,240 (9.02)	3,134 (7.27)	1,940 (9.23)	3,328 (9.09)	8,934 (8.04)	1,940 (9.23)	481	2,701	411

나. 본류 3개 보 구간

☑ 평균기온 증가, 강수량·일사합·일조시간 감소

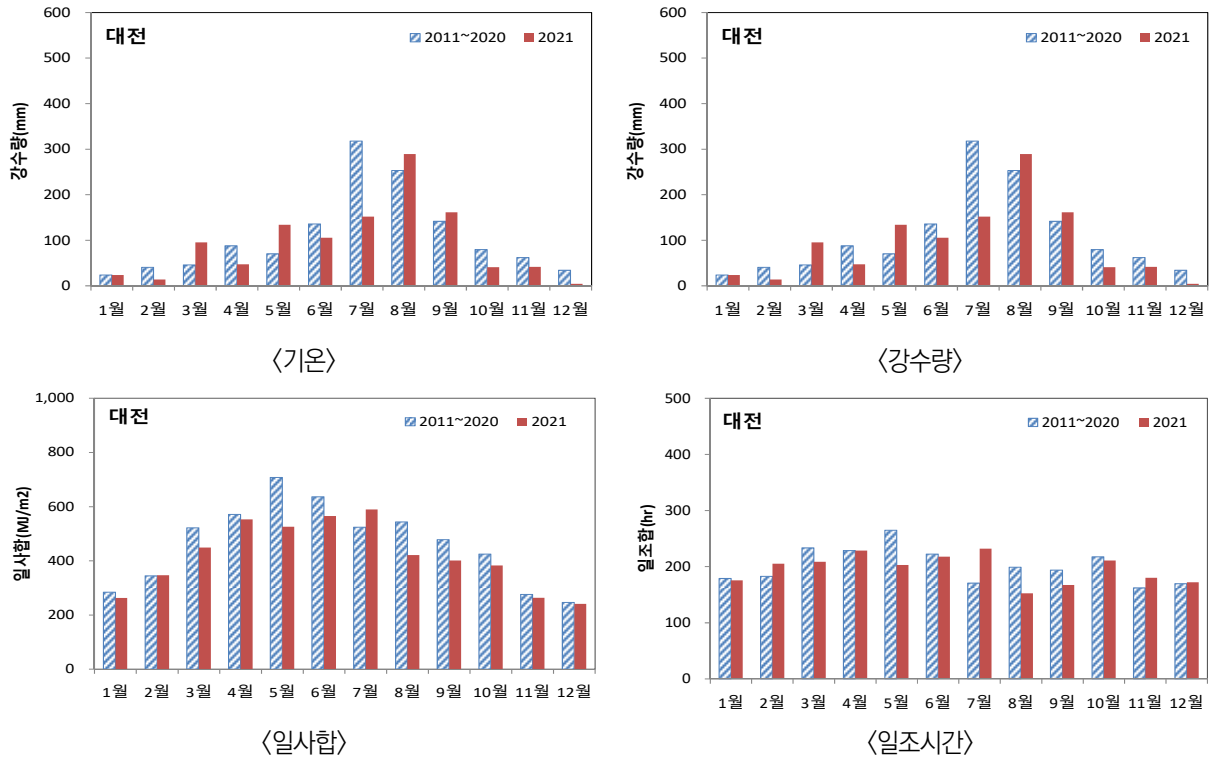
금강 본류의 보 구간 조류 발생 경향은 대청댐 방류량과 본류로 유입되는 주요 지천인 갑천과 미호천의 유량 및 수질 변화에 큰 영향을 받는다. 또한, 2021년 금강의 보 구간은 2018년부터 지속적으로 세종보와 공주보의 수문이 완전 개방됨에 따라 유량 등 물리적인 수환경이 개방 전과 대비하여 변화가 있었다. 3개 보 지점 중 가장 상류에 위치한 세종보의 클로로필-*a* 농도는 갑천과 미호천의 수질과 큰 상관관계를 보이며, 대청조정지댐 방류량(발전방류량과 수문방류량의 합)은 보 수역의 클로로필-*a* 농도 변화에 영향을 미친다. 또한 봄철부터 클로로필-*a* 농도가 증가하여 높게 유지되고, 여름철(7~9월)에는 남조류가 증가하는 반면 가을철에는 규조류가 다시 증가하는 특징을 보여주고 있다.

금강 본류의 조류 발생에 영향을 미치는 기상, 수리·수문, 수질 등에 관한 조사는 금강 수계의 기상 특성을 반영하는 대전지방기상청의 자료를 이용하였으며, 기상 요소는 기온, 강수량, 일사량 및 일사시간을 통해 2011~2020년의 과거 10년 평균과 2021년의 값을 비교하여 <표 2-3-16> 및 <그림 2-3-5>에 제시하였다. 각 기상 요소별 분석 결과, 과거 10년 대비 평균 기온은 약 0.9℃ 증가하였으며 월 평균 기온은 7월에 과거 10년 월평균 대비 최고 증가하는 양상을 보였다. 연강수량(1,109.5mm)은 과거 10년(1,291.0mm) 대비 다소 감소하여 7월부터 9월까지 보 구간의 조류 발생 양상과 상호관계를 보였다. 일사량과 일조시간의 경우는 과거 대비 다소 감소하였고, 일사량의 연간 합계는 과거 10년간 대비 553.2MJ/m², 일조시간은 연간 66.6시간 감소하였다. 특히, 일사량과 일조시간은 과거 대비 봄철 증가하여 여름철(7월)까지 높게 유지되는 경향을 보였다. 이러한 보 수역의 물리·화학적 수질인자 특성은 계절별 조류 발생 양상에 주요한 영향을 미친 것으로 판단된다.

표 2-3-15 대전지방기상청 기상 요소별 현황

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일사합(MJ/m ²)	일조시간(hr)
2011~2020	13.4	1,291.0	5,558.3	2,420.9
2021	14.3	1,109.5	5,005.1	2,354.3
증감	0.9 (↑)	181.5 (↓)	553.2 (↓)	66.6 (↓)

그림 2-3-5 대전지방기상청 기상 요소별 월평균 값



보 개방 및 강수량과 방류량 변동에 따른 체류시간 변화

강수량은 전년 대비 큰 폭으로 감소하였고, 특히 7월부터 9월까지 대청조정지댐 월평균 방류량 (발전방류량과 수문방류량의 합)은 전년대비 크게 감소하였다. 세종보, 공주보, 백제보의 연평균 체류시간은 각각 0.2일, 0.5일, 2.1일로 백제보를 제외한 세종보, 공주보는 전년대비 소폭 증가하였으나, 2018년부터 시작된 세종보와 공주보의 지속적인 완전 개방에 따라 개방전 대비 연평균 체류시간은 감소 양상을 유지하였다. 여름철(7~9월) 백제보의 체류시간은 강우 영향에 따라 감소하였고, 연평균 체류시간도 전년 대비 다소 감소한 것으로 나타났다.

그림 2-3-6 대청조정지댐 월평균 방류량(2013년~2021년)

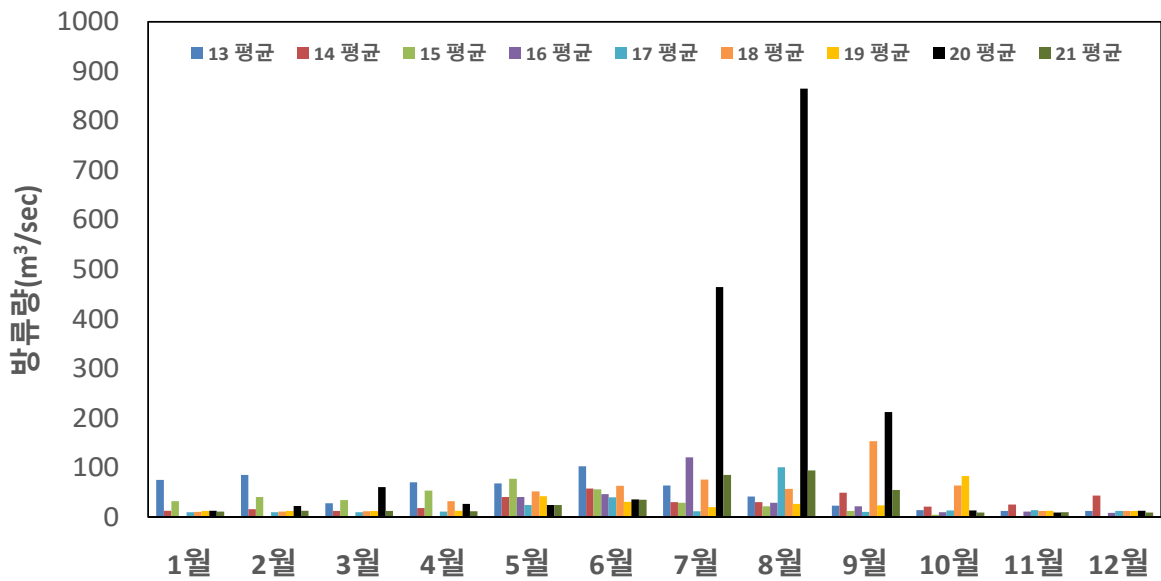


표 2-3-16 금강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2014~2021년)

(단위 : 일)

월	세종보									공주보									백제보								
	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21			
1	1.9	1.1	2.9	2.0	0.5	0.4	0.2	0.3	4.8	2.9	5.9	4.5	3.5	0.8	0.6	0.6	6.2	3.8	9.4	6.3	6.2	7.1	4.8	4.3			
2	1.5	1.0	2.5	1.3	0.5	0.4	0.2	0.3	3.9	2.6	5.2	3.9	2.0	0.8	0.6	0.6	5.5	3.4	7.9	4.9	6.6	6.7	5.2	4.4			
3	1.6	1.0	2.2	1.5	0.3	0.4	0.1	0.2	4.3	2.7	4.8	4.9	0.4	0.8	0.3	0.5	6.4	3.8	7.6	6.7	3.3	7.0	2.8	3.6			
4	1.7	0.7	1.3	1.8	0.2	0.4	0.2	0.2	4.2	1.8	2.6	4.2	0.4	0.7	0.5	0.4	6.1	2.3	3.3	5.6	2.7	6.5	5.7	3.0			
5	1.0	0.7	0.8	1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	2.7	1.7	1.9	3.8	0.5	0.5	0.4	0.3	4.3	2.4	2.5	5.2	2.4	4.2	5.0	2.0			
6	0.7	0.7	0.8	1.1	0.2	0.2	0.2	0.2	1.9	1.8	2.1	3.0	0.5	0.5	0.3	0.4	3.0	2.6	2.9	3.7	2.8	4.4	2.5	1.2			
7	0.9	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	2.3	1.7	0.5	0.5	0.5	0.4	0.1	0.3	3.5	2.3	0.7	0.8	3.0	3.1	0.4	0.7			
8	0.6	1.1	1.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	1.4	2.7	0.2	0.5	0.6	0.3	0.1	0.3	1.8	4.1	3.4	0.8	4.1	1.7	0.3	0.8			
9	0.6	1.8	1.0	0.9	0.2	0.2	0.1	0.2	1.6	4.4	2.5	2.3	1.1	0.8	0.2	0.5	2.1	6.9	3.2	2.8	1.5	1.0	0.7	0.7			
10	0.8	2.1	1.2	1.4	0.2	0.2	0.2	0.2	2.1	4.8	2.8	3.8	0.3	0.5	0.4	0.8	2.6	6.9	3.8	4.9	1.4	2.5	2.6	1.2			
11	0.9	1.5	1.1	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2	2.2	3.2	3.8	4.2	0.6	0.6	0.4	0.6	2.9	4.4	5.5	3.6	9.7	5.3	3.7	1.4			
12	0.9	1.8	1.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	2.4	3.9	3.6	4.2	0.6	0.7	0.5	0.6	3.0	5.5	4.5	3.4	5.3	6.2	4.2	2.3			

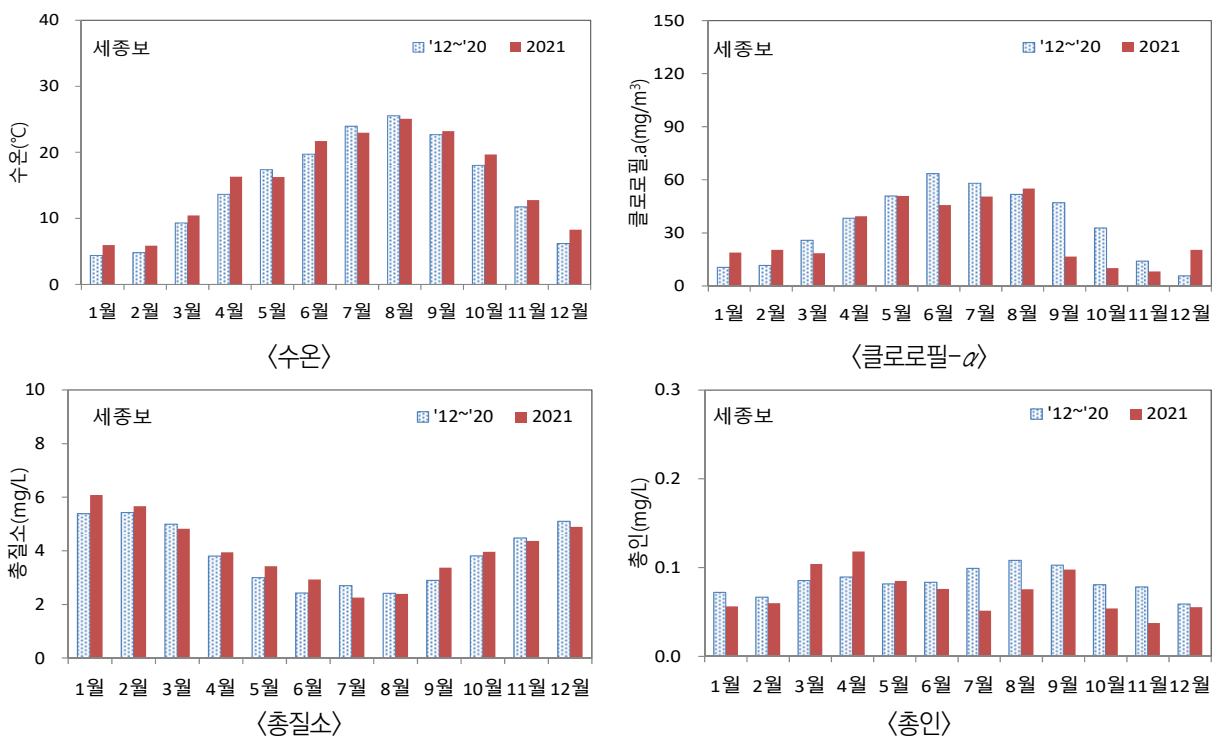
세종보 : 평균 수온·총질소 농도 증가, 클로로필-a·총인 농도 감소

기상 및 수리·수문조건에 따른 수질 변화 경향을 분석하고자 보 설치 이후 예년(2012~2020년)과 2021년의 값을 비교하였다. 세종보의 수질인자 양상은 보 개방에 따른 유속 변화 등의 영향이 미친 것으로 보인다. 수온은 예년대비 1.5℃ 증가하였다. 클로로필-a의 경우 연평균 농도는 예년대비 4.45 mg/m³ 감소하였으나, 9월에는 강수량 증가에 따라 예년대비 소폭 증가하였다. 2021년 세종보의 총질소는 전형적인 계절변화 경향을 나타내며, 예년대비 증가하였다. 총인의 경우도 계절적 변화에 따른 전형적인 증감양상을 보였으나, 예년대비 봄철(3~5월)에는 다소 증가한 반면, 가을철 이후(10~12월)에는 다소 감소됨에 따라 연평균 농도는 감소된 결과를 보였다.

표 2-3-17 세종보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2012~2020	14.9	35.3	3.855	0.085
2021	16.5	30.8	3.874	0.076
증감	1.5 (↑)	4.45 (↓)	0.02 (↑)	0.008 (↓)

그림 2-3-7 금강 세종보 지점 수온 및 수질 농도 변화



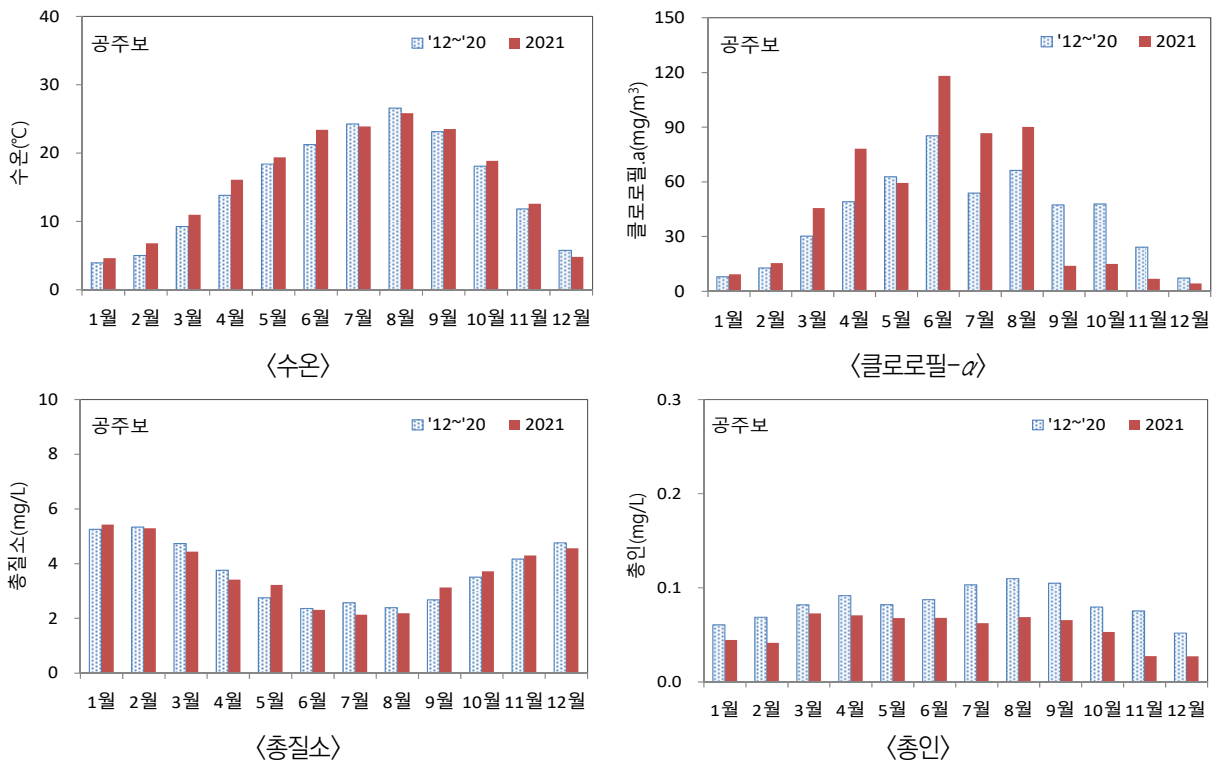
공주보 : 평균 수온·클로로필-a 농도 증가, 총질소·총인 농도 감소

연중 완전 개방되었던 공주보의 연평균 수질인자는 여름철 강우의 영향을 받았다. 연평균 수온은 예년(2012~2020년) 대비 0.8℃ 증가하였다. 연평균 클로로필-a 농도도 예년대비 증가하였다. 총질소의 연평균 농도는 0.02mg/L 감소하였다. 총인도 연평균 농도는 예년대비 0.028mg/L 감소하였다.

표 2-3-18 공주보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2012~2020	15.5	42.7	3.627	0.084
2021	16.3	47.8	3.608	0.056
증감	0.8 (↑)	5.0 (↑)	0.02 (↓)	0.028 (↓)

그림 2-3-8 금강 공주보 지점 수온 및 수질 농도 변화



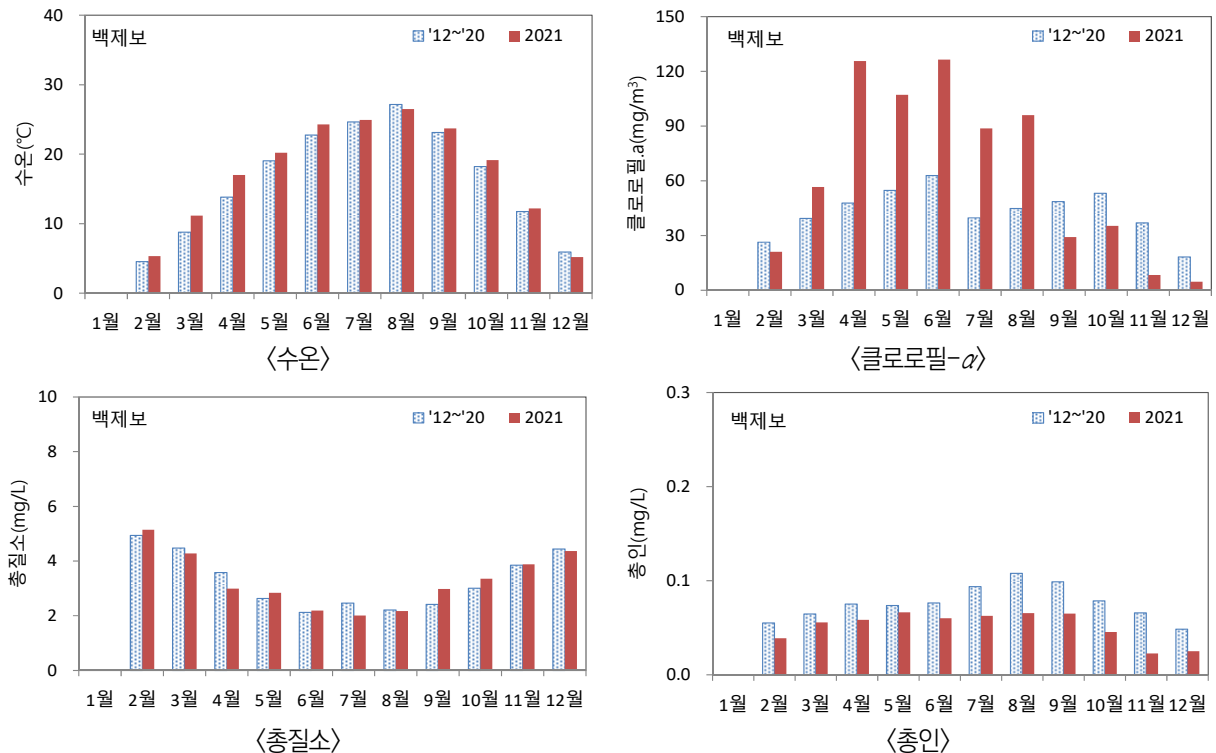
백제보 : 평균 수온·클로로필-a 농도 증가, 총질소·총인 농도 감소

백제보의 연평균 수질인자도 여름철 강우의 영향을 보여주고 있다. 연평균 수온은 예년대비 1.1℃ 증가하였고, 클로로필-a 농도도 연평균 64.6mg/m³ 로 예년 42.7mg/m³ 대비 21.8mg/m³ 크게 증가하였다. 2021년도의 총질소는 연평균 값이 예년 대비 0.012mg/L 소폭 감소하였다. 총인의 연평균 농도도 예년대비 0.025mg/L 감소한 수준을 보였다

표 2-3-19 백제보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2012~2020	16.0	42.7	3.310	0.076
2021	17.1	64.6	3.298	0.051
증감	1.1 (↑)	21.8 (↑)	0.012 (↓)	0.025 (↓)

그림 2-3-9 금강 백제보 지점 수온 및 수질 농도 변화



☞ 보 개방 및 강우의 영향으로 조류농도 및 유해남조류 발생은 감소

2021년에는 전반적으로 세종보와 공주보의 완전 개방과 여름철 강우 영향에 따라 보 구간의 조류 농도 및 유해남조류 발생이 다소 감소하는 양상을 보였다. 유해남조류세포수는 세종보에서 2,250세포/mL(9.13)로 연중 최대 세포수가 확인되었고, 11월에 일시적인 출현을 보였다. 이는 미호천과 대청호 수역의 조류 발생 등 외부 요인이 영향을 미치는 것으로 판단된다. 공주보는 여름철 6,390세포/mL(7.26)로 최대 세포수가 확인되었고, 이후 큰 폭의 감소를 보였다. 백제보는 여름철 10,600세포/mL(7.26)로 최대 세포수가 확인된 이후 지속적으로 감소하는 양상을 보였다.

표 2-3-20 금강수계 3개 보 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

지점	최초 초과 세포수(발생일자)*								최대 세포수(발생일자)							
	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년
세종보	-	-	-	-	17,185 (8.6)	-	-	-	900 (8.18)	6,508 (8.19)	3,540 (8.22)	6,360 (8.7)	17,185 (8.6)	310 (9.2)	3,160 (9.14)	2,250 (9.13)
공주보	111,010 (7.16)	15,058 (8.19)	10,574 (8.11)	13,070 (8.7)	11,275 (7.30)	-	-	-	111,010 (7.16)	15,058 (8.19)	23,350 (8.16)	13,070 (8.7)	14,130 (8.8)	4,490 (8.19)	4,930 (9.28)	6,390 (7.26)
백제보	95,500 (7.14)	20,376 (7.20)	12,884 (8.1)	13,035 (7.24)	27,650 (7.26)	-	10,140 (9.14)	10,600 (7.26)	147,500 (7.17)	95,355 (9.21)	145,198 (8.18)	23,054 (8.7)	398,820 (8.6)	3,475 (8.19)	10,140 (9.14)	10,600 (7.26)

※ 1만세포/mL 이상

참 고 일정별 주요사항

일 자	주요사항	세부내용
1.29	2021년 퇴비나눔센터 운영계획 수립	서화천 유역 방치축분 제로화를 위한 축분 전량 수거 및 퇴비화 위한 전담기구 운영계획 수립
4.26	금강수계 녹조대응 및 관리대책 수립	관계기관별 녹조 대응 대책 실행계획 반영 등
5.20	2021년도 조류경보제 시행계획 수립	대청호, 보령호 조류경보 시행 계획 수립
5.21	2020년 조류경보제 시행계획 및 녹조대응·관리대책 알림	조류경보제 시행계획 및 녹조대응·관리대책 관계기관 통보
6.2	제1회 대청호 조류대책위원회 개최	'21년 녹조대책, 기관별 녹조 대응계획 발표 및 논의
8.10	제2회 대청호 조류대책위원회 개최	녹조발생 현황 및 전망, 여름철 녹조대응 추진계획 등 논의
8.12	대청호 '문의수역' 조류경보 발령	문의수역 조류경보 '관심'단계 발령 및 관계기관 전파
8.30	녹조 바로알기 소통교실 운영계획 수립	녹조현상에 대한 부정적 인식개선과 수돗물 안전성에 대한 불안감 해소를 위해 대청호 및 정수장 등 견학 실시
9.28	대청호 '추동수역' 조류경보 발령	추동수역 조류경보 '관심'단계 발령 및 관계기관 전파
10.20	대청호 '문의수역' 조류경보 발령 해제	'문의수역' 조류경보 '관심'단계 발령 해제 및 관계기관 전파
10.20	대청호 '추동수역' 조류경보 발령 해제	'추동수역' 조류경보 '관심'단계 발령 해제 및 관계기관 전파

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목
6.1	금강일보	금강청, 2021년 첫 조류대책위원회 개최
6.6	충북일보	“대청호 식수원 지켜라” 옥천보은수역 녹조대응 비상체제 돌입
6.7	연합뉴스	한정애 환경부장관, 대청호 녹조 대응 상황 점검
6.23	충청일보	금강청, 상수원 통행제한도로 합동단속
6.30	금강일보	금강청, 대청호 녹조 유발 오염원 집중 단속
7.1	전국매일신문	금강청, “대청호 녹조 저감” 영동군 등 7개 하수처리장 기준 강화
7.29	뉴스스	대청호 추소리 등 일부지역 녹조, ‘조류경보제’발령 수준 미만
8.9	연합뉴스	금강청, “중부권 최대 식수원 대청호 녹조 확산에 선제 대응”
8.12	대전일보	금강청, 대청호 문의 수역에 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
9.12	대전일보	대청호 옥천상류 녹조와 쓰레기 ‘이중고’
9.28	대전MBC	금강청, 대청호 추동수역 조류경보 ‘관심’단계 발령
9.29	충청일보	대청호 녹조대응 ‘냄새 없는 안전한 수돗물 생산’ 총력
10.14	뉴스핍권	금강청이 ‘녹조교실’운영하는 까닭은?
10.20	뉴스스	금강청, 대청호 발령된 조류경보 ‘관심’단계 모두 해제
11.11	금강일보	금강청, 대청호 수변 정화활동 실시
11.17	뉴스스	금강청, 대청댐 유역 수질·수생태 보전과 복원 지원

제4절 영산강 수계

1. 영산강 수계 일반현황

가. 수계 조류 발생 특성

영산강은 1996년도 몽탄취수장 폐쇄 이후, 먹는물 상수원으로서 기능을 상실하여 주로 농업용수로 활용되고 있다. 영산강은 농경지 등에서 발생하는 비점오염원(BOD기준 79.4%, 52톤/일)이 높아 부영양화 인한 조류 성장조건이 이미 충족된 상태라 볼 수 있고, 이로 인해 매년 여름철은 녹조현상이 주기적으로 반복되고 있는 실정이다.

나. 조류관리제(조류경보제, 조류관찰지점) 적용 구간

조류경보제 운영 지점

섬진강·탐진강 수계 조류경보제 운영지점은 주암호, 동북호, 옥정호, 탐진호 등 4개 호소이며, 운영현황은 아래와 같다.

표 2-4-1 영산강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점

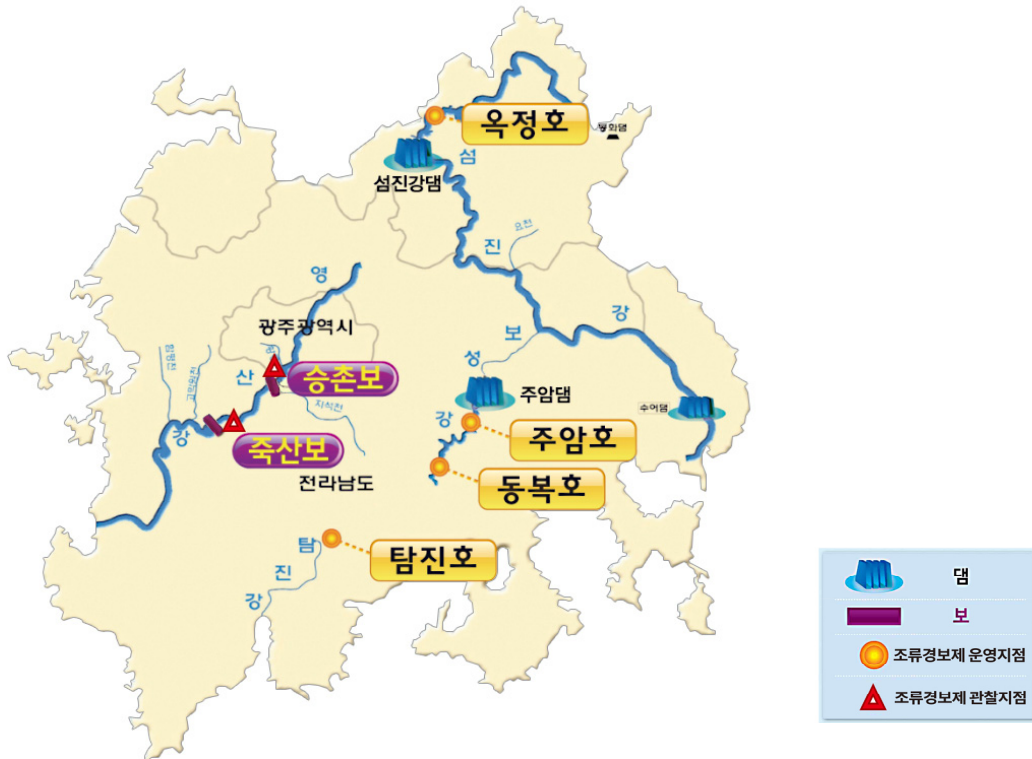
호소명	대표 측정 지점	운영기관
주암호	주암호(댐앞), 주암호(신평교)	영산강유역환경청
동북호	동북호(취수탑), 동북호(중류)	영산강유역환경청
옥정호	칠보취수구	전북지방환경청
탐진호	탐진호(댐앞), 탐진호(유지천 합류)	영산강유역환경청

조류경보제 관찰 지점

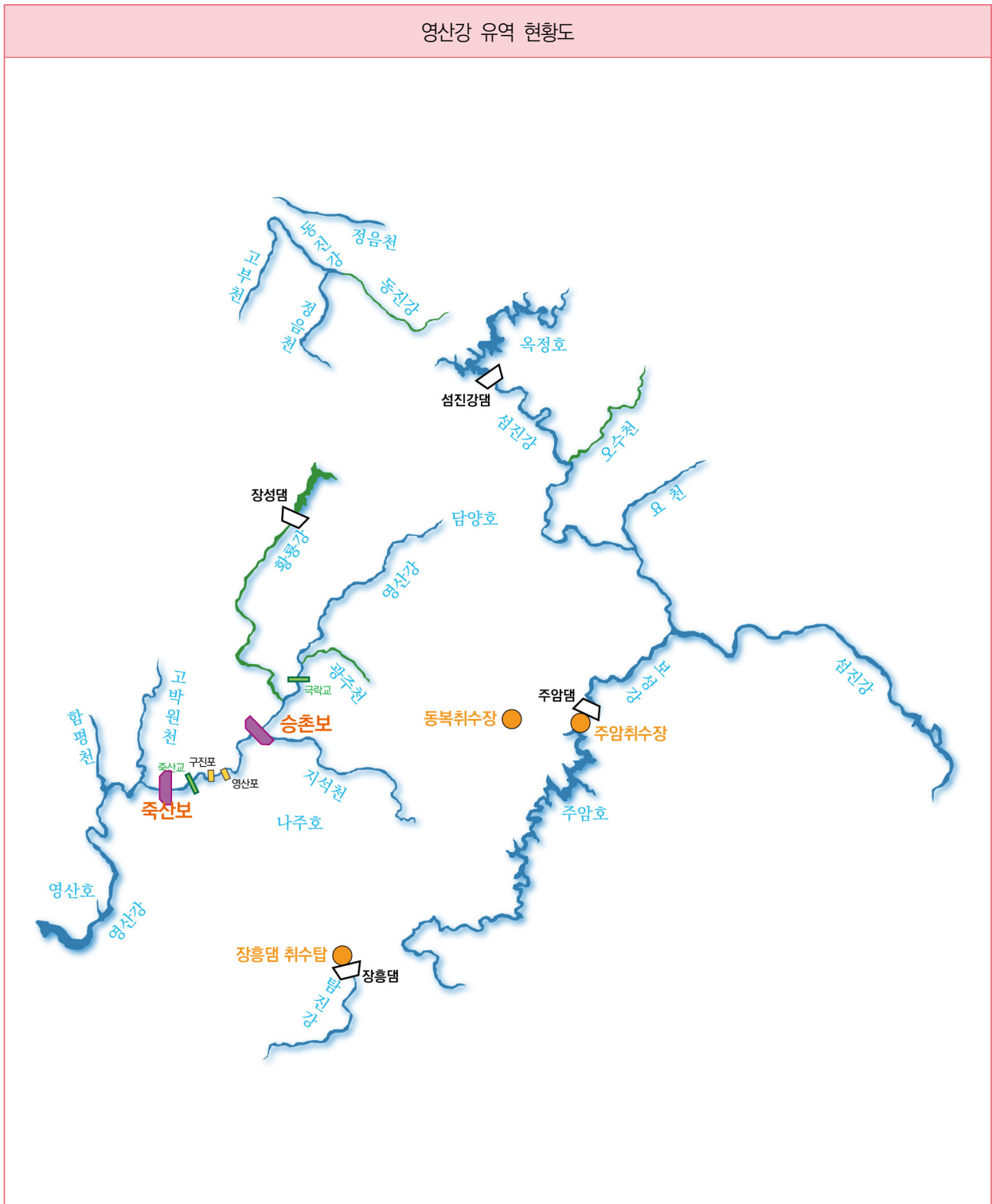
4대강 보 구간에 대하여 보 설치로 인한 조류 발생을 사전에 예측하기 위해 2012년부터 2019년까지 수질예보제를 운영하였고, 2020년 조류경보제 통합 운영에 따라 영산강수계에서는 2개 보를 관찰지점으로 운영하고 있다(승촌보, 죽산보).

표 2-4-2 영산강수계 조류경보제 관찰 지점

지 점	대표 채수 위치	운영기관
승촌보	보 상류 1,000m	국립환경과학원
죽산보	보 상류 800m	국립환경과학원



영산강 유역 현황도



2. 2021년 조류발생 현황

가. 총평

2021년 영산강 수계내 주요 상수원 호소에서는 발생량이 적어 조류경보를 발령하지 않았다. 승촌보와 죽산보의 유해남조류세포수는 전년대비 다소 증가하였지만 우려할 수준으로 발생하지는 않았다.

표 2-4-3 영산강수계 2021년 조류경보 발령 현황

조류경보 발령	승촌보	죽산보	주암호	옥정호	동북호	탐진호
관심	대상아님	대상아님	미발령	미발령	미발령	미발령
경계						
대발생						

* 승촌보, 죽산보는 2020년 4월까지 수질예보지점으로 관리, 이후 조류경보제 조류관찰지점으로 관리

나. 본류 2개 보 구간

저수온기 규조류 발생

2021년 영산강 2개 보 구간 중 승촌보의 평균 유해남조류 세포수는 156 세포/mL이었으며, 죽산보는 1,702세포/mL로 상류인 승촌보 보다 하류인 승촌보에서 더 많은 세포수가 나타났다.

승촌보 및 죽산보는 유해남조류보다는 매년 겨울철~봄철 사이에 저온성 규조류(*Stephanodiscus*)가 증식·우점하는 양상을 보이는 구간이다.

표 2-4-4 죽산보 동절기(1~3월) 조류발생 주요현황

측정항목	채수일자											
	1.4	1.19	1.25	2.1	2.8	2.15	2.22	3.2	3.8	3.15	3.22	3.29
수온(°C)	4.3	3.5	5.7	6.8	6.4	8.0	8.0	9.3	10.8	12.4	12.9	14.7
클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	168.2	133.4	129.1	161.0	174.3	98.6	78.3	99.0	78.3	62.7	33.2	52.5
유해남조류세포수 (세포/mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
규조류세포수 (세포/mL)	52,950	36,675	27,825	41,250	41,250	18,950	6,100	6,850	12,475	5,125	340	3,075

여름철 남조류 발생

여름철 기온상승으로 수온이 최고 30.9℃까지 상승하면서 남조류인 *Microcystis*가 주요 종으로 출현하였으며, 7~10월경 승촌보는 남조류가 최대 2,018세포/mL(9.23)로 발생되어 2020년 남조류 최대발생수(332세포/mL)에 비해 증가하였으며, 죽산보 역시 이른 더위로 인해 최고 33,791세포/mL(6.28)까지 발생하여 2020년 남조류 최대발생수(3,842세포/mL)에 비해 증가했다. 남조류는 11월초까지 일부 출현하였지만 미미한 수준에 그치며 소멸하였다.

표 2-4-5 영산강수계 승촌보의 여름철 조류발생 주요현황

구간명	측정항목	채수일자									
		7.12	7.19	7.26	8.2	8.9	8.17	9.6	9.13	9.23	9.27
승촌보	클로로필- α (mg/m ³)	53.2	72.2	136.4	129.9	58.3	86.0	18.5	57.1	25.2	44.3
	유해남조류세포수 (세포/mL)	66	63	98	822	491	661	510	89	2,018	1,206

표 2-4-6 영산강수계 죽산보의 여름철 조류발생 주요현황

구간명	측정항목	채수일자										
		6.21	6.28	7.5	7.12	7.19	7.26	8.2	8.9	8.17	9.6	9.13
죽산보	클로로필- α (mg/m ³)	68.6	65.5	37.6	53.8	57.6	68.2	101.2	43.1	79.4	23.8	38.2
	유해남조류세포수 (세포/mL)	410	33,791	703	211	733	15,725	19,809	786	2,659	234	277

나. 주요 상수원 호소

4개 상수원 호소, 조류경보 미발령

2021년도 광역 상수원 4개 호소(주암호, 동북호, 탐진호, 옥정호)의 조류경보제 운영결과, 4개 호소 모두 조류경보 발령이 없었다. 주암호는 6월 중반부터 유해남조류세포수가 99세포/mL 출현하였으며, 8월 중순 주암호2(신평교) 지점에서 유해남조류세포수가 819세포/mL까지 증가하기도 하였다. 이후 조류경보 발령기준 이하로 유지되다가 소멸되었다.

동북호는 조류경보가 2009년 발령(당시 조류주의보 41일)된 것을 마지막으로 이후 조류경보가 발령되지 않고 안정적 수질을 유지하고 있다. 2021년에는 6월부터 12월까지 유해남조류가 출현하였고 6월에 최대치인 1,500세포/mL 출현하였다.

탐진호는 2008년부터 조류경보제 대상호소로 지정된 이후 조류경보제가 발령되지 않는 등 안정적인 수질을 유지하고 있다. 2021년 유해남조류 발생현황은 탐진호(댐앞) 지점에서 42세포/mL(6.7)로 처음 출현하였으며, 탐진호(유치천 합류부)은 22세포/mL(6.23)로 나타났다. 2021년에는 6월 초부터 10월 초까지 유해남조류가 18~92세포/mL 출현하였으나, 10월 이후 유해남조류는 소강상태를 보였다.

표 2-4-7 2021년도 영산강 수계 상수원 호소 유해남조류세포수 월별 최대치 발생현황

(단위 : 세포/mL)

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
주암호	-	99	130	819	397	52	-	-
동북호	-	1,500	850	740	910	960	480	90
탐진호	-	-	-	88	33	49	-	-
옥정호	-	8	36	265	18	896	-	88

3. 조류발생 영향인자 분석

가. 본류 2개 보 구간

❏ 겨울철 규조류 발생, 장마남조류 세포수 감소와 규조류 증가

영산강 수계 본류 구간 2개 보 지점의 조류는 1월부터 3월까지 규조류인 *Stephanodiscus* 가 대부분 우점하였으며, 여름인 7월부터 가을인 9월까지 규조류와 녹조류가 우점 발생하였다. 이후 가을철인 10월부터 규조류가 다시 우점하는 계절적인 천이 패턴을 보였다. 특히 1월부터 3월, 10월부터 12월까지 구형 규조류인 *Stephanodiscus*와 *Cyclotella*가 대량 발생하였다. 이 기간 동안 *Stephanodiscus*와 *Cyclotella* 세포수 최대치는 각각 승촌보에서 13,650세포/mL, 25,400세포/mL, 죽산보에서 48,850세포/mL, 27,550세포/mL로 조사되었다. 남조류는 여름인 6월부터 늦은 가을인 11월까지 나타났으나 대발생 현상은 없었다. 6월 초 *Anabaena*, *Microcystis*가 최초 발생하였으며, 이후 *Microcystis*가 우점하는 현상이 10월 초까지 지속되었다. 2개 보 남조류 출현 패턴은 비슷한 양상으로 나타났으며, 과거 여름철 고수온기에 남조류가 크게 증식하던 현상과 달리 장마 이후 남조류 대발생 현상은 사라졌다. 이는 장마 이후로부터 가을철까지 남조류와 경쟁하는 규조류의 증가와 관련이 있을 가능성이 있다.

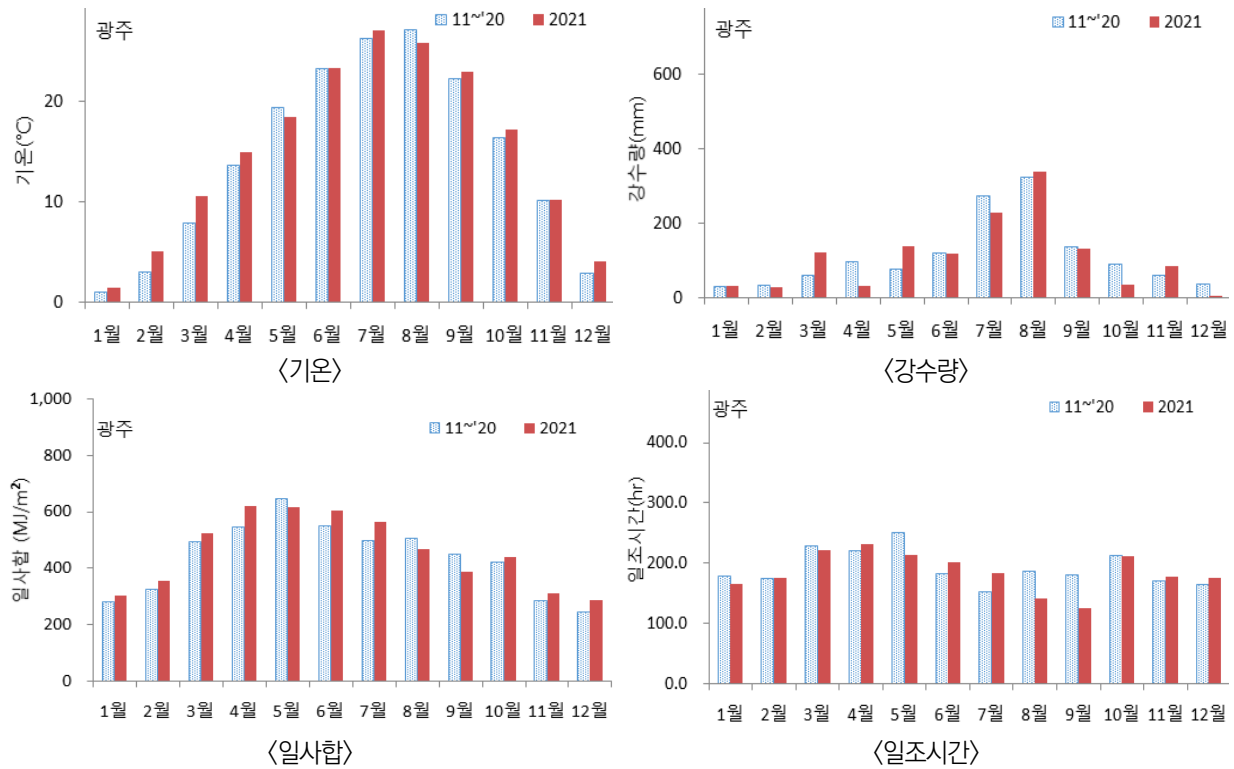
❏ 평균기온·강수량·일사량 상승, 일조시간 감소

조류 발생에 영향을 미치는 기상, 수리·수문, 수질 등에 관하여 2011년부터 2021년까지 자료를 조사하였다. 영산강 수계의 전체적인 기상 특성을 반영하는 광주지방기상청의 자료를 이용하였다. 기상 요소는 기온, 강수량, 일사량 및 일조시간에 대하여 2011~2020년의 과거 10년 평균과 2021년의 값을 비교하여 <표 2-4-10> 및 <그림 2-4-1>에 제시하였다. 2021년 평균 기온은 과거 10년 평균보다 0.7℃ 증가하였다. 2021년도 강수량은 1303.8mm로 과거 10년보다 43.4mm 감소하였다. 특히 2021년 7월부터 8월기간 동안 강수량은 566.3mm로 과거 10년 평균 강수량인 596.5mm보다 30.2mm 감소하였고, 2020년 635.7mm보다 69.4mm로 감소하였다. 일사량의 연간 합계는 5월, 8월, 9월을 제외하고는 과거 10년 평균보다 증가하여 541.6MJ/m² 상승하였다. 일조시간은 과거 10년 평균에 비해 82.7시간 감소하였다.

표 2-4-8 광주지방기상청 기상 요소별 현황

기간	평균기온(°C)	강수량(mm)	일사합(MJ/m ²)	일조시간(hr)
2011~2020	14.4	1347.2	5248.6	2297.6
2021	15.1	1303.8	5490.2	2214.9
증감	0.7 (↑)	43.4 (↓)	271.6 (↑)	82.7 (↓)

그림 2-4-1 광주지방기상청 기상 요소별 월평균 값



체류시간 감소추세

2개 보 월평균 체류시간을 비교한 결과, 2021년 승촌보의 평균 체류시간은 3.9일로 최근 4년(2020년 3.9일, 2019년 5.0일, 2018년 2.8일, 2017년 6.0일)과 비교한 결과, 2018년을 제외하고 다소 감소하는 양상을 보였다. 죽산보의 평균 체류시간은 6.2일로 최근 4년(2020년 6.0일, 2019년 6.2일, 2018년 4.2일, 2017년 10.3)와 비교한 결과, 2018년과 2020년을 제외하고 다소 감소하는 양상이 보였다. 2개 보 평균 체류시간은 5.1일로 과거 3년(2020년 5.0일, 2019년 5.6일, 2018년 3.5일, 2017년 8.2일)에 비해 짧은 체류시간을 보였다.

표 2-4-9 영산강 수계 보 구간 월평균 체류시간 비교

(단위 : 일)

월	승촌보					죽산보				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
1	8.2	6.0	11.3	4.4	5.6	12.8	9.8	2.9	6.2	10.3
2	7.1	7.8	9.2	5.4	5.7	11.8	13.4	3.0	7.9	10.6
3	10.8	2.5	7.5	6.0	3.0	16.1	3.2	6.2	9.3	4.6
4	7.5	0.7	2.1	5.9	4.0	11.7	3.1	10.4	9.4	7.3
5	9.9	1.0	4.5	3.6	2.8	18.8	4.1	7.3	5.7	5.1
6	5.9	0.7	2.9	1.7	2.4	9.1	2.6	3.4	2.4	4.2
7	2.7	0.9	1.6	0.4	0.9	4.6	2.4	2.3	0.6	1.3
8	1.8	0.7	1.9	0.2	1.1	2.6	1.4	3.9	0.4	1.7
9	2.7	1.0	1.5	0.8	2.2	4.3	1.5	2.1	1.2	3.4
10	4.8	1.4	1.2	4.9	4.9	7.5	3.0	1.6	7.5	7.9
11	6.4	4.9	9.6	7.9	7.9	12.7	2.5	16.8	10.0	9.6
12	4.4	6.2	7.3	6.0	5.7	11.8	3.1	14.3	11.9	9.1
연평균	6.0	2.8	5.0	3.9	3.9	10.3	4.2	6.2	6.0	6.2

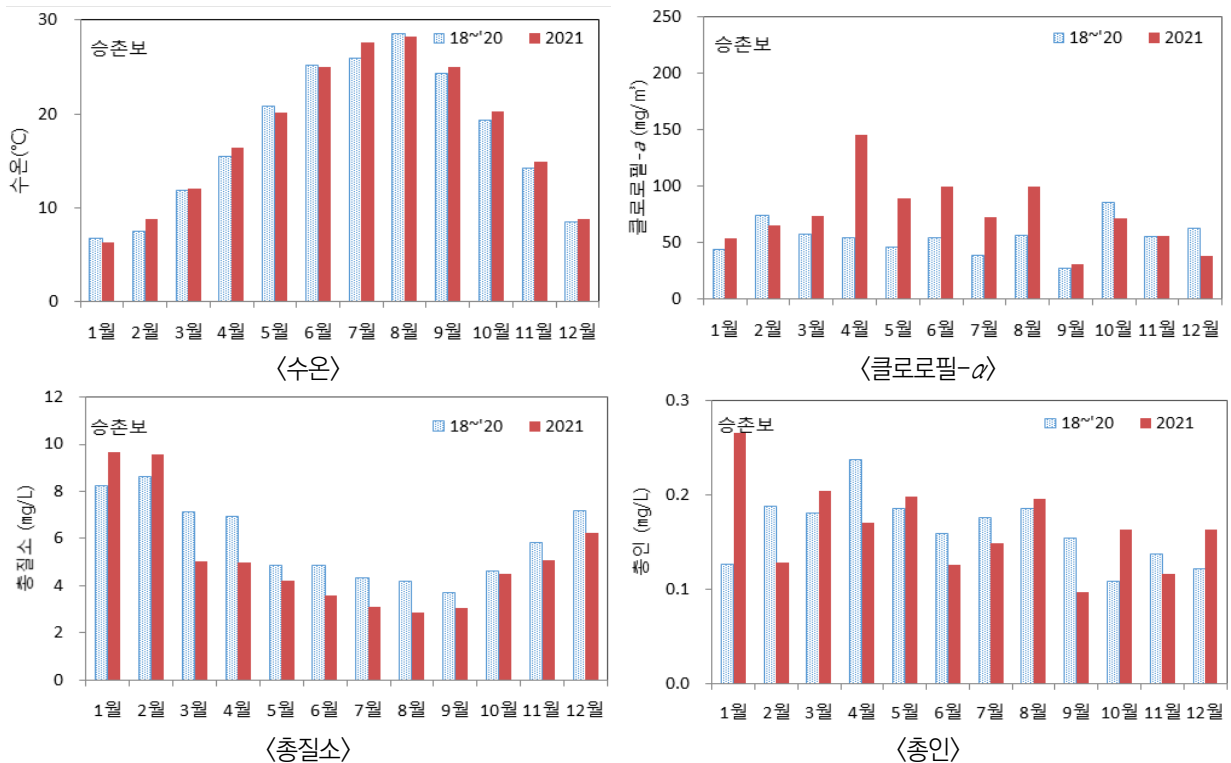
승촌보 : 평균 수온·클로로필- α ·총인 농도 증가, 총질소 농도 감소

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자 승촌보에서 2018~2020년과 2021년 값을 비교하여 <표 2-4-12>과 <그림 2-4-2>에 제시하였다. 수온은 3년 연평균보다 0.4℃ 증가하였다. 영양염류인 총질소 농도는 과거 3년에 비해 0.714mg/L만큼 감소하였으며, 총인은 0.002mg/L 증가하였다. 승촌보의 수질인자 수온과 총인, 클로로필 농도가 증가한 가운데 총질소는 감소하였다.

표 2-4-10 승촌보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	17.4	54.7	5.883	0.163
2021	17.8	74.6	5.169	0.164
증감	0.4 (↑)	19.8 (↑)	0.714 (↓)	0.002 (↑)

그림 2-4-2 영산강 승촌보 지점 수온 및 수질 농도 변화



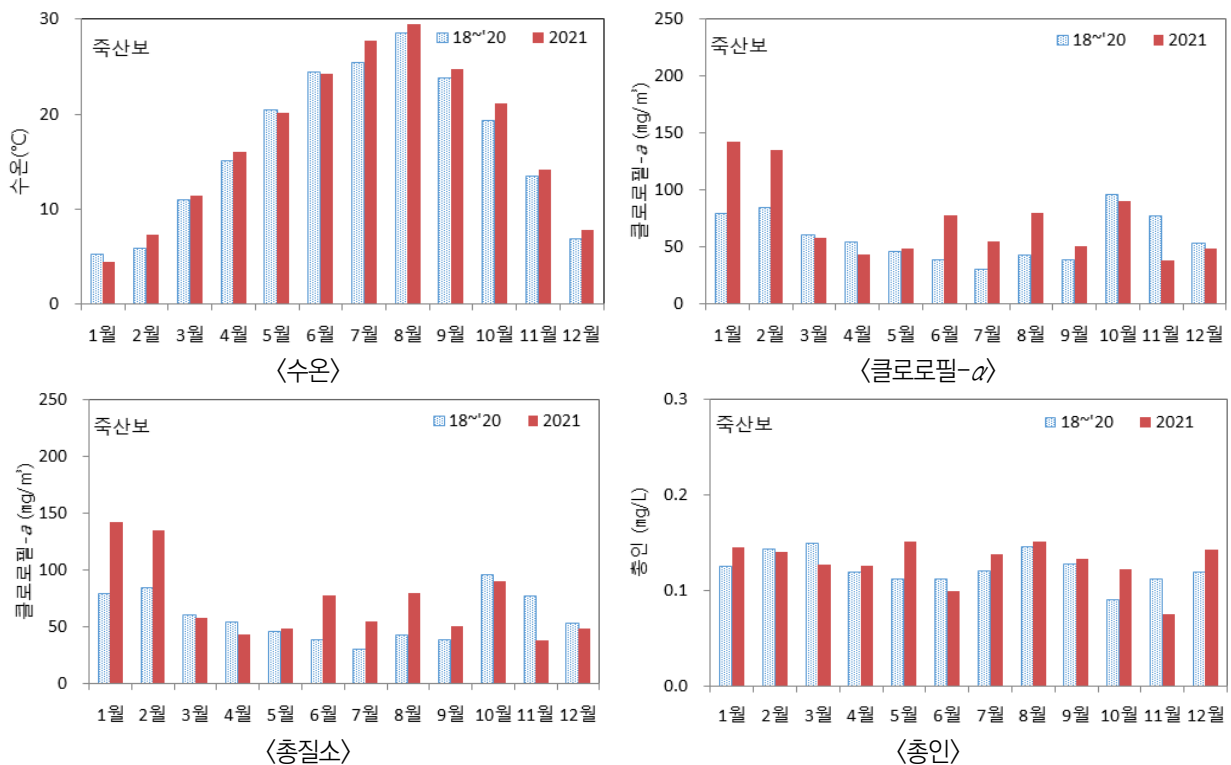
죽산보 : 평균 수온·클로로필- α ·총인 농도 증가, 총질소 농도 감소

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자 죽산보에서 2018~2020년과 2021년 값을 비교하여 <표 2-4-13>과 <그림 2-4-3>에 제시하였다. 수온은 3년 연평균보다 0.8℃ 증가하였다. 클로로필- α 농도는 14.0mg/m³ 만큼 증가하였다. 영양염류인 총질소는 0.109mg/L만큼 감소하였으며, 총인의 농도는 0.006mg/L만큼 증가하였다. 죽산보의 수질인자 수온과 총인, 클로로필 농도가 증가한 가운데 총질소는 감소하였다.

표 2-4-11 죽산보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	16.6	58.5	4.303	0.123
2021	17.4	72.5	4.195	0.129
증감	0.8(↑)	14.0(↑)	0.109(↓)	0.006(↑)

그림 2-4-3 영산강 죽산보 지점 수온 및 수질 농도 변화



〈표 2-4-14〉에서 나타난 바와 같이 영산강 수계의 연도별 유해남조류세포수 최대치는 45,900세포/mL(죽산보, 2015.8.19), 71,840세포/mL (죽산보, 2016.8.18.), 357,600 세포/mL (죽산보, 2017.8.3), 259,700세포/mL(죽산보 2018.7.26), 4,025세포/mL(승촌보 2019.9 30), 3,842세포/mL(죽산보 2020.9.21)로 조사되었다. 2021년에는 2018세포/mL (승촌보 9.24), 33,791세포/mL(죽산보 6.28)로 조사되어, 최근 2019년과 2020년에 비해 유해남조류 발생은 다소 증가하였다.

표 2-4-12 영산강수계 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

구 분	승촌보		승촌보	
	최초 초과 세포수 [※]	최대 세포수	최초 초과 세포수 [※]	최대 세포수
2015년	-	-	17,225 (8. 3)	45,900 (8.19)
2016년	27,380 (8.16)	27,380 (8.16)	16,460 (6.16)	71,840 (8.18)
2017년	12,080 (6.26)	13,840 (6.26)	43,150 (6. 5)	357,600 (8. 3)
2018년	-	1,153 (8. 9)	71,540 (7.23)	259,700 (7.26)
2019년	-	4,025 (9.30)	-	2,280 (9.30)
2020년	-	332 (9.21)	-	3,842 (9.21)
2021년	-	2,018 (9.24)	33,791 (6.28)	33,791 (6.28)

※ 과거 수질예보 수질관리단계 발령 기준인 1만세포/mL 이상 적용, 2020년 5월부터 '조류관찰지점'으로 운영 중 (조류경보 발령 미실시)

나. 주암호

강수량은 과거 10년 평균대비 감소

주암호 조류경보제 운영지점은 2개 지점으로, 댐앞과 신평교 지점이 있다. 주암댐의 2021년 댐유역 평균 강수량은 1,277mm로 2011~2020년 10년간 댐유역 평균 강수량인 1,482mm의 약 86%에 해당하는 강수량을 보인 것으로 나타났다.

표 2-4-13 주암댐 유역 평균 강수량

구 분	2011~2020(A)	2021(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1,482	1,277	0.86

※ 출처 : 국가수자원관리종합정보시스템

평균수온·클로로필- α 감소, 총질소·총인 증가패턴 상이

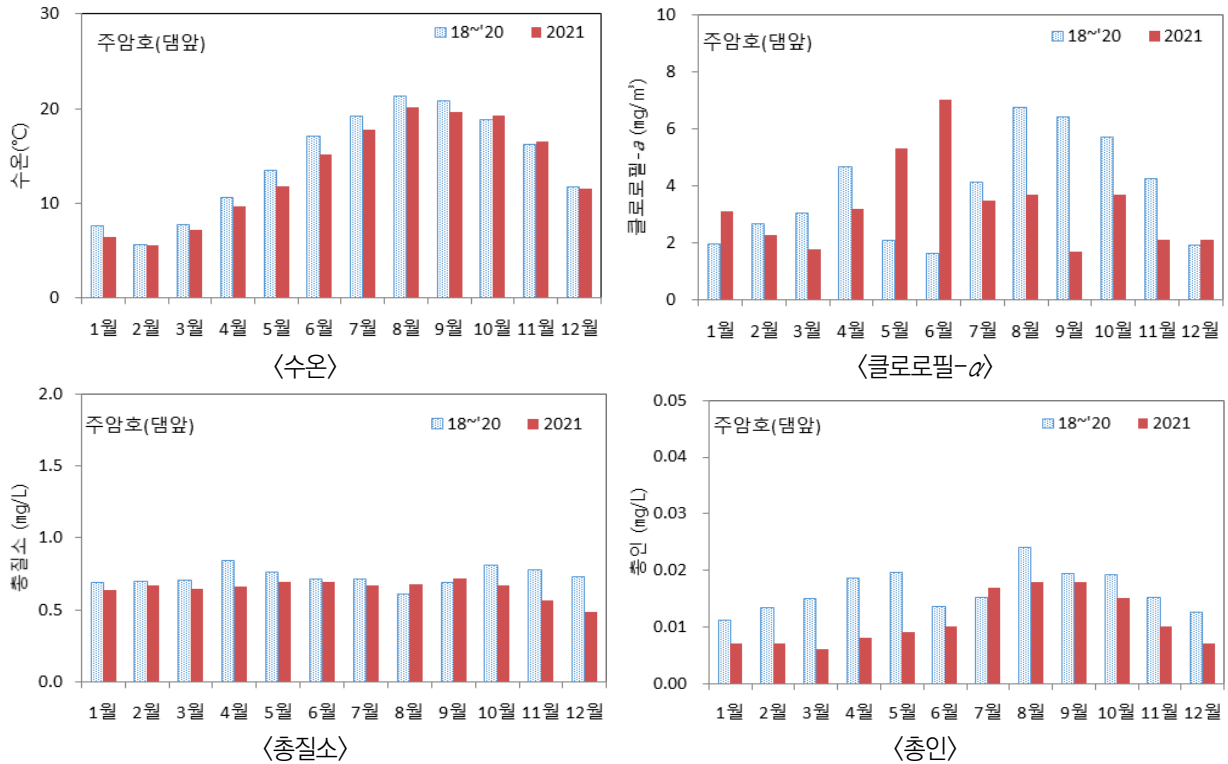
기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질의 변화 경향을 분석하고자 주암호 조류경보제 운영지점 2개(댐앞, 신평교)의 2018~2020년 평균과 2021년을 비교하였다. 2021년 주암댐 앞의 평균수온은 2018~2020년 평균수온 보다 0.8℃ 감소하고, 클로로필- α 농도는 0.5mg/m³ 감소한 것으로 나타났다. 총질소는 0.079mg/L, 총인은 0.002mg/L만큼 각각 감소하여 영양염류와 클로로필- α 모두 감소하였다.

표 2-4-14 주암호 댐앞 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	14.2	3.8	0.729	0.013
2021	13.4	3.3	0.650	0.011
증감	0.8 (↓)	0.5 (↓)	0.079 (↓)	0.002 (↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료(2018.1~2021.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(표층)

그림 2-4-4 주암호 댐앞 지점 수온 및 수질 농도 변화



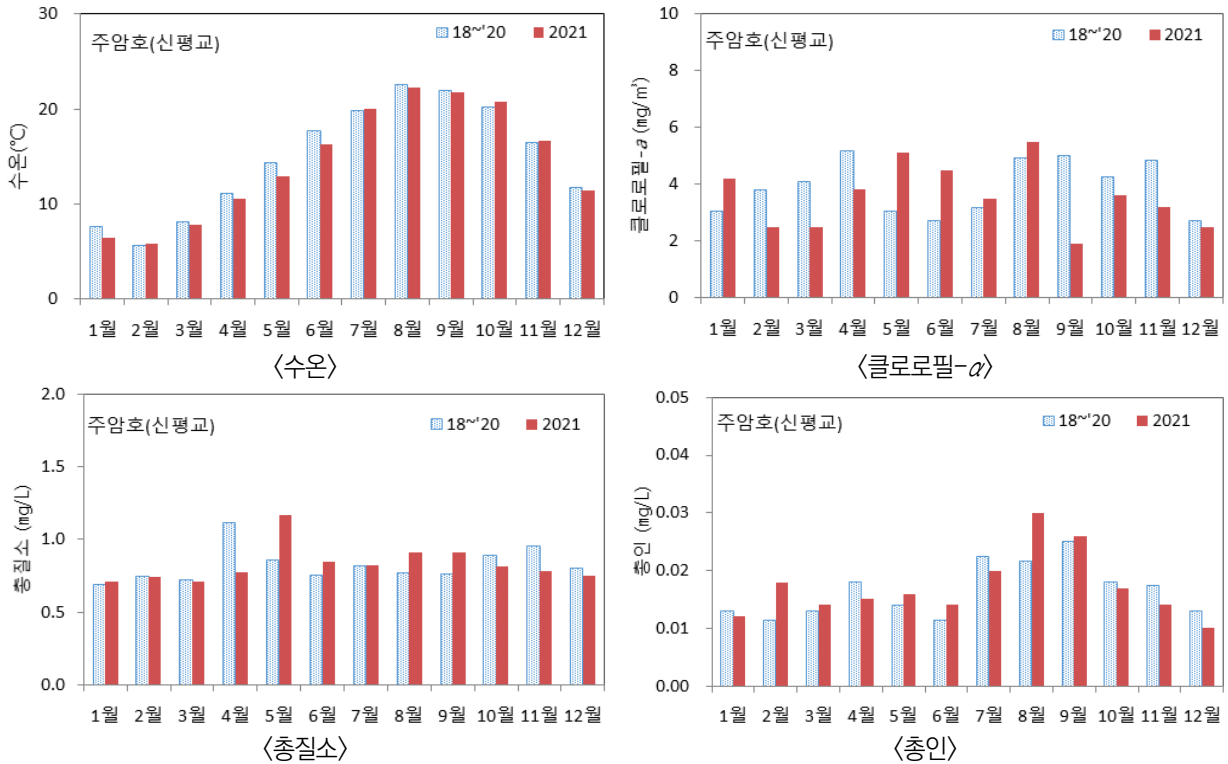
2021년 주암호 신평교의 평균수온은 2018~2020년 평균수온보다 0.4℃ 감소하였으며, 클로로필-*a* 농도는 2018~2020년 평균보다 0.3mg/m³ 감소하였다. 총질소는 2018~2020년 평균 보다 0.005mg/L 증가하였으며, 총인은 변화가 없었다. 주암호 2개의 지점 모두 평균수온과 클로로필-*a*의 농도는 모두 감소하였다. 영양염류인 총질소와 총인의 증가패턴은 서로 상이하였다.

표 2-4-15 주암호 신평교 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	14.8	3.9	0.825	0.017
2021	14.4	3.6	0.830	0.017
증감	0.4 (↓)	0.3 (↓)	0.005 (↑)	-

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료('18.1~'21.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(주암호2)

그림 2-4-5 주암호 신평교 지점 수온 및 수질 농도 변화



2021년에는 주암호 2개 지점 모두 유해남조류세포수가 관심 기준(1천세포/mL)을 넘는 경우가 없었다. 유해남조류 최대 세포수 출현시기는 2개 지점 모두 8월 중순이며, *Microcystis*가 우점하였다.

표 2-4-16 주암호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

지점	최초 500세포/mL 초과 세포수(발생일자)		최대 세포수(발생일자)	
	2020년	2021년	2020년	2021년
주암호1(담양)	-	733(8.18)	346(10.20)	733(8.18)
주암호2(신평교)	-	536(8.10)	428(9.28)	819(8.18)

다. 탐진호

강수량은 과거 10년과 유사

탐진호 조류경보제 채수위치는 2개로, 댐앞, 탐진강과 유치천 합류지점이다. 2021년 탐진호의 댐유역 평균 강수량은 1,528mm로 2011~2020년 10년간 댐유역 평균 강수량인 1,528mm와 비슷하였다.

표 2-4-17 탐진호 유역 평균 강수량

구 분	2011~2020(A)	2021(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1,523.3	1,528.0	1.00

※ 출처: 국가수자원관리종합정보시스템

평균수온 증감패턴 상이, 클로로필- α 감소

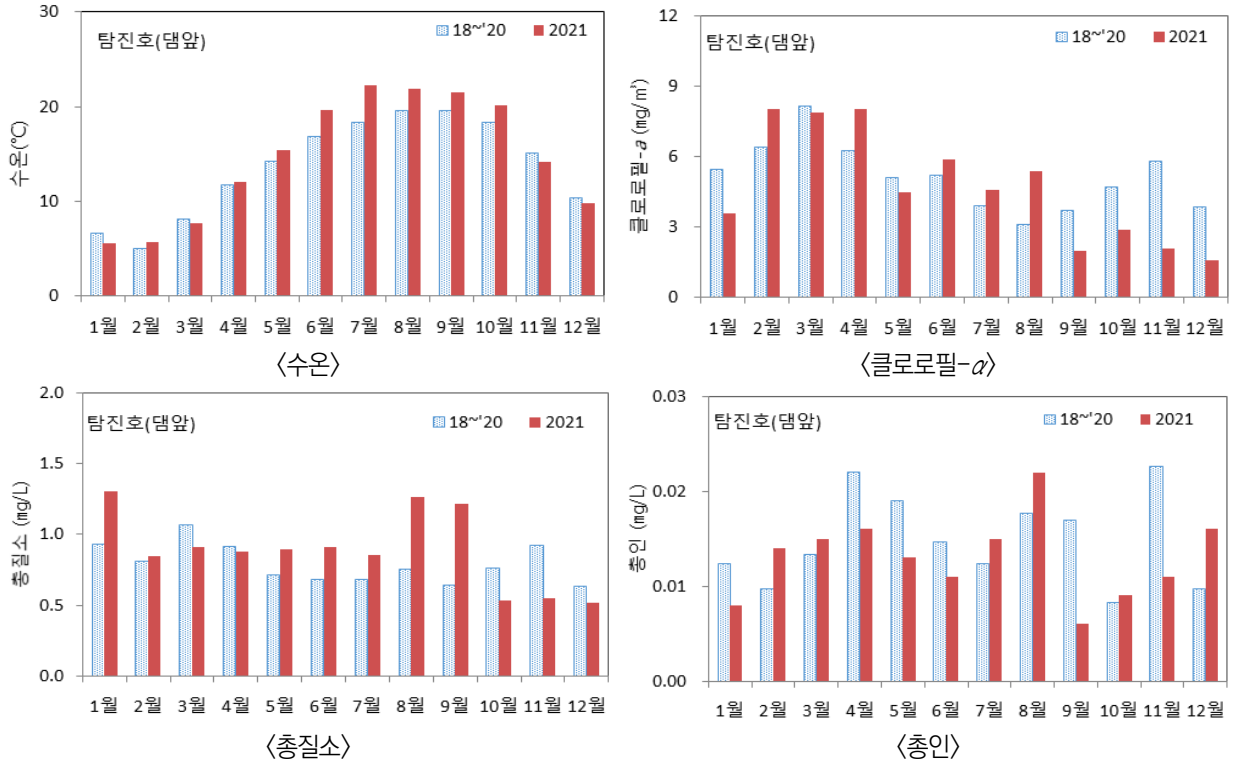
기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질의 변화 경향을 분석하고자 탐진호 조류경보제 2개 채수위치(댐앞, 유치천 합류부)의 2018~2020년 평균과 2021년을 비교하였다. 2021년 댐앞 평균수온은 2018~2020년 평균수온 보다 0.9℃ 증가하고, 클로로필- α 농도는 0.4mg/m³ 감소한 것으로 나타났다. 총질소는 0.094mg/L 증가하였고, 총인은 0.002mg/L 감소하였다.

표 2-4-18 탐진호 댐앞 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- α (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2018~2020	13.7	5.1	0.794	0.015
2021	14.6	4.7	0.892	0.013
증감	0.9 (↑)	0.4 (↓)	0.094 (↑)	0.002 (↓)

※ 수온·클로로필- α : 조류경보제 자료('18.1~'21.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(탐진댐 인근, 장흥댐2)

그림 2-4-6 탐진호 댐앞 수온 및 수질 농도 변화



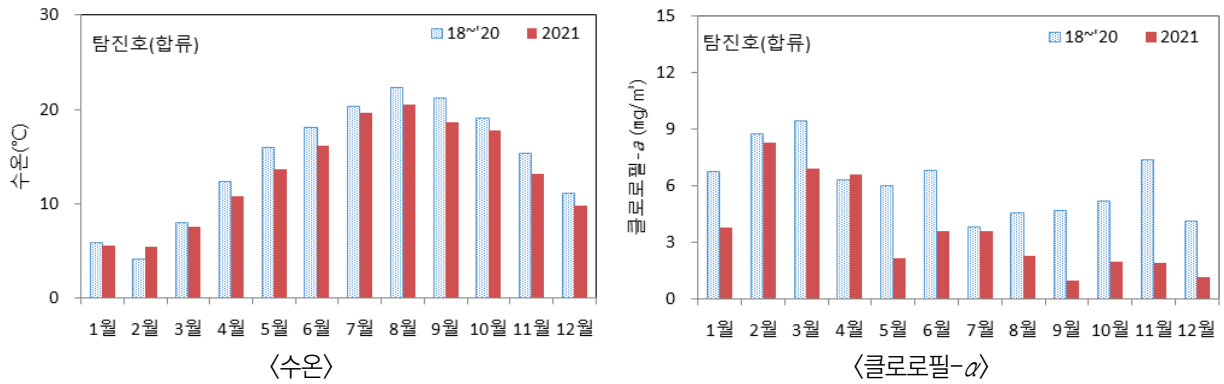
탐진호의 유치천 합류부는 2021년 평균수온은 2018~2020년 평균수온보다 1.3℃ 감소하였으며, 클로로필-*a* 농도는 2018~2020년 평균 클로로필-*a* 농도보다 2.6mg/m³ 감소했다.

표 2-4-19 탐진호 유치천 합류부 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)
2018~2020	14.5	6.2
2021	13.2	3.6
증감	1.3 (↓)	2.6 (↓)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료('18.1~'21.12)

그림 2-4-7 탐진호 유치천 합류부 수온 및 클로로필- α 농도 변화



2021년 탐진호 댐앞의 유해남조류 최대 세포수 출현시기는 6월 중순이었으며, *Anabaena*가 우점하였다. 반면 유치천 합류부 지점의 유해남조류 최대 세포수 출현시기는 8월 말이었으며, *Microcystis*가 우점하였다. 2개 지점 모두 ‘관심’ 기준(1천세포/mL)을 넘는 경우는 없었다.

표 2-4-20 탐진호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

지점	최초 500세포/mL 초과 세포수(발생일자)		최대 세포수(발생일자)	
	2020년	2021년	2020년	2021년
탐진호1(댐앞)	-	-	88(8.18)	48(6.16)
탐진호2(합류)	-	-	54(8.18)	92(8.23)

참 고 일정별 주요사항

일자	주요사항	세부내용
5.17	2021년 조류경보제 시행	섬진강 수계 광역상수원 3개(주암·동북·탐진호), 영산강 수계 보구간(승촌보·죽산보) 대상 조류경보제 시행계획 수립·통보
6.8	영산강섬진강 수계 수질관리협의회 회의개최	녹조 발생이 본격화되는 하절기 대비하여 실무회의 개최, 유관기관 대책 사전 협의
6.24	동북호 녹조 발생 대비 토의 훈련	동북호의 녹조발생에 대비한 관계기관 협업 및 신속한 위기대응 시스템 점검으로 먹는 물의 안정적 공급, 협력 논의

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목
7.27	전남매일	영산강유역환경청장, 영산강 녹조 대응상황 점검
8.11	연합뉴스	영산강에서 짙어지는 녹조
8.31	NSP통신	해남군 금호호 녹조, 한국 농어촌공사 영산강사업단 책임론




제 3 부

녹조발생 예방 및 대응정책

제1절 조류발생 모니터링 정책	120
제2절 녹조대응 정책	136
제3절 오염물질 감시·관리 강화	139

제1절 조류발생 모니터링 정책

1. 조류경보제

 안전한 수돗물 공급목적으로 시행

조류경보제는 상수원 호소 등 주요 호소의 조류 대량 발생시 정수처리 여과장치의 기능저하, 일부 유해남조류에 의한 냄새물질 및 독소 발생 가능성으로 인해 조류발생 상황을 주기적으로 모니터링하여 사전에 필요한 조치를 취하도록 하는 목적으로 시행하였다. 2016년에는 상수원으로 사용되는 하천구간과 친수활동 구간을 추가하여 그 목적과 범위를 확대해 가고 있다.

〈법적 근거〉

- 물환경보전법 제21조(수질오염 경보제)
 - ① 환경부장관 또는 시·도지사는 수질오염으로 하천·호소의 물의 이용에 중대한 피해를 가져올 우려가 있거나 주민의 건강·재산이나 동식물의 생육에 중대한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정될 때에는 해당 하천·호소에 대하여 수질오염 경보를 발령할 수 있다.
- 물환경보전법 시행령 제28조(수질오염경보)
 - ① 법 제21조제5항에 따른 수질오염경보의 종류는 다음 각 호와 같다.
 1. 조류경보
 2. 수질오염감시정보

운영 지점을 살펴보면 1998년 팔당·대청·충주·주암호를 대상으로 최초로 조류경보제를 시행한 이후 2003년 6개 호소로, 2006년에는 16개 호소로, 2008년에는 20개 호소로 점진적으로 확대해 왔으며, 2016년에는 4개 하천과 친수활동 1구간 등을 추가하여 28개 하천·호소, 2020년에는 1개 하천을 추가하여 총 29개 하천·호소(친수활동 구간 포함, 2021년 기준)를 대상으로 운영하고 있다.

표 3-1-1 조류경보제 적용대상 추진경위

시행년도	하천·호소명	대표 채수 위치	관리기관
'98	팔 당 호	댐앞, 부용사앞, 삼봉	한 강 청
	대 청 호	추동, 문의, 회남	금 강 청
	총 주 호	댐앞, 청풍교	원 주 청
	주 압 호	댐앞, 신평교	영산강청
'99	운 문 호	댐앞, 취수탑2	대 구 청
'03	용 담 호	댐앞, 취수탑	전 북 청
'04	동 북 호	취수탑, 중류	영산강청
	영 천 호	취수탑	대 구 청
'05	진 양 호	판문, 내동	낙동강청
	안 계 호	취수탑	대 구 청
'06	공 산 지	중앙부, 취수탑	대구광역시
	광 교 지	취수탑	경 기 도
	춘 천 호	춘천댐 상류, 용산취수장	강 원 도
	옥 정 호	칠보취수구	전 북 청
	진 전 지	상류, 하류	경상북도
	한 강	강동대교~잠실대교(5개 채수위치), 잠실대교~행주대교(5개 채수위치)	서 울 시
'07	사 연 호	취수탑, 반연리	낙동강청
'08	회 야 호	취수탑, 여수로	낙동강청
	덕 동 호	댐앞	대 구 청
	탐 진 호	댐앞, 유치천 합류	영산강청
'09	보 령 호	취수탑	금 강 청
	횡 성 호	취수탑	원 주 청
'13	한 강	강동대교~잠실대교(5개 채수위치)중 구의취수장 지점 폐쇄	서 울 시
'16	의 압 호	신연교	원 주 청
	한강(강천)	강천보 상류	한 강 청
	낙동강(칠곡)	칠곡보 상류	대 구 청
	낙동강(강정·고령)	강정고령보 상류	대 구 청
	낙동강(창녕·함안)	창녕함안보 상류	낙동강청
	한강(친수활동 구간)	잠실대교~행주대교(5개 채수위치)를 친수활동 구간으로 신설	서 울 시
'20	낙동강(물금·매리)	물금매리	부 산 시

조류발생 정도에 따라 단계적으로 대응

조류발생 상황은 상수원구간과 친수활동 구간으로 나누어 단계별 조류경보를 발령하고 있다. 발령기준으로는 녹조현상을 유발하는 유해남조류(세포수²⁾)로 모니터링 하고 있다. 조류발생 모니터링 결과에 따라 상수원구간은 ‘관심→경계→대발생’, 친수활동구간은 ‘관심→경계’ 단계로 조류경보를 발령하며, 2회 연속으로 유해남조류 세포수가 아래 기준을 초과할 때 발령한다.

표 3-1-2 조류경보제 발령기준

발령단계		발령·해제기준
상수원 구간	관심	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000세포/mL 이상 10,000세포/mL 미만인 경우
	경계	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 10,000세포/mL 이상 1,000,000세포/mL 미만인 경우
	조류대발생	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000,000 세포/mL 이상인 경우
	해제	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000세포/mL 미만인 경우
친수활동 구간	관심	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 20,000 세포/mL 이상 100,000 세포/mL 미만인 경우
	경계	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 100,000 세포/mL 이상인 경우
	해제	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 20,000 세포/mL 미만인 경우

조류경보 발령권자는 상기 단계별 기준에 해당하는 조류가 발생하였을 때는 즉시 해당 경보 단계를 발령하고, ‘조류경보’ 이상의 발령단계에서는 대중매체 등을 통해 관련사항을 신속히 홍보하여야 한다. 아울러 관계기관은 아래의 경보단계별 조치사항에 따라 신속하게 대응하여야 한다.

2) 유해남조류세포수는 마이크로시스티스(*Microcystis*), 아나베나(*Anabaena*), 아파니조메논(*Aphanizomenon*) 및 오실라토리아(*Oscillatoria*) 속(屬) 세포수의 합을 말한다. 유해남조류는 부영양화된 수역에서 많이 발생되며 독성물질(마이크로시스틴, 아나톡신 등) 및 냄새물질(지오스민, 2-MIB)을 생산하기도 함

표 3-1-3 조류경보제 상수원구간 경보단계별 조치사항

단계	관계기관	조치사항
관심	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 1회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 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)
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	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 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필-a, 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	수면관리자 (수면관리자)	취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시
	취수장·정수장 관리자 (취수장·정수장 관리자)	1) 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 2) 정수처리 강화(활성탄처리, 오존처리) 3) 정수의 독소분석 실시
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	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(현수막 설치 등)
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	기상상황, 하천수문 등을 고려한 방류량 산정
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 및 폐수배출사업장 관계기관 합동점검 시 지원 2) 하천구간 조류 제거에 관한 사항 지원 3) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 강화
조류 대발생	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 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

단계	관계기관	조치사항
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	1) 조류대발생경보 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(현수막 설치 등)
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	댐, 보 방류량 조정
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 및 폐수배출사업장 관계기관 합동점검 시 지원 2) 하천구간 조류 제거에 관한 사항 지원 3) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 강화
해제	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	각종 경보 해제 및 대중매체 등을 통한 홍보

표 3-1-4 조류경보제 친수활동 구간 경보단계별 조치사항

단계	관계기관	조치사항
관심	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 1회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필-a, 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	1) 관심경보 발령 2) 낚시·수상스키·수영 등 친수활동, 어패류 어획·식용 등의 자제 권고 및 이에 대한 공지(현수막 설치 등) 3) 필요한 경우 조류제거물질 살포 등 조류 제거 조치
경계	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필-a, 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	1) 경계경보 발령 2) 낚시·수상스키·수영 등 친수활동, 어패류 어획·식용 등의 금지 및 이에 대한 공지(현수막 설치 등) 3) 필요한 경우 조류제거물질 살포 등 조류 제거 조치
해제	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	각종 경보 해제 및 대중매체 등을 통한 홍보

조류경보제 기준 변경 사항

2015년 말에는 조류경보제 운영 기준 등을 변경하였으며, 2016년부터 새로운 기준을 적용하여 제도를 운영하고 있다. 그 내용은 다음과 같다.

표 3-1-5 조류경보제 기준 변경사항

항 목		'15년 이전	'16년 이후
대상 지역	상수	- 22개 주요 호소 (팔당호, 대청호, 주암호, 충주호 등)	- 좌 등
		〈추 가〉	- 1개 호소(의암호 추가) - 4개 보(이천·해평·강정고령·칠서)
	친수	〈신 설〉	- 환경부장관이 정하여 고시하는 하천·호소
경보지표		- 클로로필- α 농도 + 유해남조류세포수	- 유해남조류세포수
단계별 발령 기준	관심	- 클로로필- α 15mg/m ³ + 유해남조류세포수 500 세포/mL	- 유해남조류세포수 1,000 세포/mL
	경계	- 클로로필- α 25mg/m ³ + 유해남조류세포수 5,000 세포/mL	- 유해남조류세포수 10,000 세포/mL
	대발생	- 클로로필- α 100mg/m ³ + 유해남조류세포수 100만 세포/mL	- 유해남조류세포수 100만 세포/mL
친수용 발령 기준	관심	〈신 설〉	- 유해남조류세포수 20,000 세포/mL
	경계		- 유해남조류세포수 100,000 세포/mL
발령용어		- 조류주의보 → 조류경보 → 조류대발생	- 관심 → 경계 → 조류대발생
친수 조치사항 보완		〈신 설〉	- (관심) 친수활동, 어패류 어획·식용 자제 권고 - (경계) 친수활동, 어패류 어획·식용 금지

최근 10년간 조류경보제 운영 결과

최근 10년간 조류경보제 운영에 따른 경보 발령 현황을 살펴보면 다음과 같다.

표 3-1-6 조류경보제 운영결과

지점	구분 (운영지점수)	'12 (22)	'13 (25)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)
합계	계	167	266	372	608	404	643	552	492	459	754
	주의보/관심	124	195	300	485	373	465	464	417	424	714
	경보/경계	43	71	72	123	31	178	88	75	35	40
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
한 강	충주호	주의보/관심	-	-	-	-	-	<13일> 10.4~10.16	-	-	-
	이 천	주의보/관심	X	X	X	X	-	-	-	-	-
	횡성호	주의보/관심	-	<35일> 8.13~9.16	-	-	-	-	-	-	-
	춘천호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	의암호	주의보/관심	X	X	X	X	-	-	-	-	-
	팔당호	주의보/관심	<28일> 7.27~8.23	-	<23일> 8.5~27	<43일> 담당 : 8.19~9.30 (43일) 부용사앞: 8.26~9.15 (21일) 삼봉: 8.19~9.8 (21일)	-	-	<22일> 삼봉: 8.14~9.4	-	-
	광고지	주의보/관심	<총 35일> 8.8~9.11	-	-	<28일> 8.26~9.22	-	-	<77일> 8.21~11.5	<97일> 8.21~11.25	-

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서

지점	구분 (운영지점수)	'12 (22)	'13 (25)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)	
한 강	한 강 (강동~잠실 / 잠실~행주)	<14일> 강동~잠실: 8.9~22	-	<24일> 강동~잠실: 8.5~28 (24일) 잠실~행주: 8.12~28 (17일)	<31일> (65일 경보와 중복) 강동~잠실: 7.7~30, 8.18~27, 9.15~10.19 (69일) 잠실~동작: 6.30~7.6 (7일) 잠실~행주: 8.18~9.1, 10.14~11.3 (36일)	-	-	-	-	-	<15일> 미사~잠실 : 8.24~9.7 (15일)	
	* 잠실~행주 '16년부터 친수활동 구간	-	-	-	<78일> 잠실~동작: 7.7~30 (24일) 동작~양화: 7.3~30 (28일) 양화~행주: 6.30~7.30 (31일) 잠실~행주: 9.2~10.13 (42일) 강동~잠실: 8.28~9.14 (18일)	-	-	-	-	-	-	-
용담호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
금 강	대청호	주의보/관심	<47일> (37일 경보와 중복) 회남: 10.4~11.5 (33일) 회남: 8.9~22, 10.5~30 (40일) 추동: 9.6~11.6 (62일) 문의: 8.29~9.19, 10.5~30 (48일)	<47일> 회남: 10.4~11.5 (33일) 추동: 7.25~8.7, 10.4~11.5 (47일)	-	<54일> 회남: 7.29~8.11 (14일) 추동: 10.2~11.10 (40일) 문의: 10.28~11.1 0 (14일)	<91일> 회남: 8.3~10.5 (64일) 추동: 8.3~10.25 (84일) 문의: 8.3~11.1 (91일)	<84일> (35일 경계와 중복) 회남: 7.26~8.8, 9.13~10.17 (49일) 추동: 8.23~11.21 (91일) 문의: 8.9~10.11 (64일)	<68일> (9일 경계와 중복) 회남: 8.16~9.11, 9.21~10.23 (60일) 추동: 8.22~10.23 (63일) 문의: 8.8~10.23 (77일)	<117일> 회남: 9.11~10.22 (42일) 추동: 10.2~12.23 (83일) 문의: 8.29~9.10 (13일)	<79일> (11일 경계와 중복) 회남: 8.6~10.27 (83일) 추동: 9.3~11.3 (62일) 문의: 8.14~10.4, 10.16~11.3 (71일)	<69일> 추동: 9.28~10.19 (22일) 문의: 8.12~10.19 (69일)
		경보/경계	<43일> 회남: 8.23~10.4	-	-	-	-	<35일> 회남: 8.9~9.12	<9일> 회남: 9.12~9.20	-	<11일> 문의: 10.5~10.15	-
	보령호	주의보/관심	-	-	-	-	-	<42일> 5.17~6.27	-	-	-	-

지점	구분 (운영지점수)	'12 (22)	'13 (25)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)	
나 해 강	해평	주의보/관심	X	<13일> 8.28~9.9	<28일> 7.29~8.11, 10.21~11.3	<35일> 9.22~10.26	-	<28일> 6.21~7.18	<28일> 8.8~9.4	<34일> 8.8~9.10	<24일> 9.11~10.4	<21일> 9.16~10.6
	강정 고령	주의보/관심	X	<62일> 7.30~9.9 9.21~10.10	<36일> 8.5~19 9.16~10.6	<77일> 6.30~7.13 9.1~10.19 12.8~21	<69일> 6.8~7.11 8.9~9.12	<81일> 6.7~6.13 7.17~7.25 8.9~8.22 10.2~11.21	<39일> 6.27~7.10, 8.20~9.11	<84일> 6.27~8.21, 9.4~10.1	<88일> 4.16~5.12, 9.3~10.6, 11.19~12.1 5	<84일> 6.17~9.8
		경보/경계	X	<11일> 9.10~20	-	-	-	<33일> 6.14~7.16	<19일> 8.1~8.19	<13일> 8.22~9.3	-	-
	칠서	주의보/관심	X	<38일> 8.23~9.4 10.11~11.4	<78일> 6.3~17 8.22~28 9.16~11.10	<161일> 6.2~7.6 7.28~11.9 11.24~12.1 4	<81일> 5.31~6.21 7.6~11 8.2~22 9.9~26 12.6~19	<114일> 6.14~7.4 8.7~10.24 11.29~12.1 2	<28일> 6.14~6.27 7.30~7.31 8.31~9.11	<37일> 6.20~7.17, 8.5~8.13	<102일> 6.18~7.8, 8.27~10.4, 10.15~11.2 5	<93일> 7.15~7.21, 8.5~9.8, 9.28~11.17
		경보/경계	X	<60일> 7.30~8.22, 9.5~10.10	<65일> 6.18~8.21	<10일> 7.7~16	<31일> 6.22~7.5 8.23~9.8	<68일> 7.5~8.6 10.25~11.2 8	<43일> 6.28~7.10 8.1~8.30	<62일> 7.18~8.4, 8.14~9.26	<12일> 7.9~7.20	<7일> 7.8~7.14
	물금 매리	주의보/관심	X	X	X	X	X	X	X	X	<34일> 6.18~7.21	<104일> 6.10~8.11, 10.15~11.2 4
		경보/경계	X	X	X	X	X	X	X	X	-	<26일> 8.12~9.6
	영천호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	<59일> 7.30~8.28 9.12~10.10	<13일> 8.29~9.10	<9일> 8.27~9.2, 9.15~9.16	<14일> 7.29~8.4, 8.12~8.18
		경보/경계	-	-	-	-	-	-	-	-	<12일> 9.3~9.14	<7일> 8.5~8.11
	공산지	주의보/관심	-	-	<111일> 취수탑 : 6.12~26, 8.7~11.10	<56일> 취수탑 : 7.14~27 9.1~10.12	<62일> 중앙부 : 6.14~7.18 중앙부, 취수탑 8.17~9.12	-	-	-	-	<56일> 중앙부: 8.4~9.28 취수탑: 8.4~9.28
		경보/경계	-	-	<7일> 취수탑 : 6.5~11	<35일> 취수탑 : 7.28~8.31	-	-	-	-	-	-
	안계호	주의보/관심	-	-	-	<15일> 9.13~27	-	-	<40일> 8.8~8.28 9.12~9.30	-	-	<42일> 7.8~8.18
진전지	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
운문호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	<42일> 댐앞: 8.8~9.18 (42일) 취수탑2: 8.8~9.18 (42일)	-	-	-	

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서

지점	구분 (운영지점수)	'12 (22)	'13 (25)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)
낙 동 강	덕동호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	<14일> 8.27~9.9	<28일> 10.14~11.10
	사연호	주의보/관심	-	-	-	-	<29일> 취수탑 : 8.10~8.29 (20일) 반연리 : 8.10~9.7 (29일)	-	-	<39일> 취수탑: 8.27~10.4 (39일) 반연리 : 8.27~10.4 (39일)	<83일> 취수탑: 6.17~6.30 (14일) 반연리: 6.10~6.30, 8.12~9.1, 10.8~11.17 (83일)
	회야호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	진양호 (남강호)	주의보/관심	-	-	-	-	<26일> 판문: 8.18~9.12 (26일) 내동: 8.18~9.12 (26일)	<116일> (14일 경계와 중복) 판문: 7.27~11.1, 11.16~11.2 9, 12.14~12.2 7 (126일) 내동: 8.3~11.1 (91일) 12.14~12.3 1 (109일)	<48일> 판문: 6.28~7.10, 8.31~9.4, 10.4~10.16 (31일) 내동: 1.1~1.3, 10.4~10.16, 11.1~11.14 (30일)	<35일> 판문: 9.11~10.1 (21일) 내동: 9.11~10.15 (35일)	<35일> 내동: 10.15~11.1 8
	경보/경계	-	-	-	-	-	<42일> 판문: 11.2~11.15, 11.30~12.13 (28일) 내동: 11.2~12.13 (42일)	<17일> 판문: 8.14~8.30	-	-	-
영 산 강	옥정호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	동북호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	주암호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	탐진호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- ※ 지점별·경보별 중복일수는 제외, ()는 주의보와 경보의 중복일수는 경보에 산정함
- ※ 2016년 조류경보 발령용어 변경(조류주의보/조류경보/조류대발생 → 관심/경계/조류대발생)
- ※ 해당년도의 시행지점이 아니었던 경우 X 표시

2. 조류예측

조류발생 상황을 미리 예측하여 관련 기관 및 대국민 정보제공

2020년 수질예보제와 조류경보제가 통합되면서 조류경보제 상수원 지점을 대상으로 조류감시 제도의 선제적 대응 기능을 강화하기 위하여 단기 조류 발생량에 대한 예측 정보를 함께 제공할 수 있도록 ‘조류예측 및 수질관리협의회에 관한 규정’(환경부 훈령 제1456호, 2020. 5.1.)에서 조류예측을 규정하고 시행되고 있다. HSPF와 EFDC-NIER 모델을 연계하여 아래와 같이 조류 발생을 예측하여 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)을 통해 정보를 전달하고 있다. 2020년 총 6개 지점(한강 이천, 낙동강 해평, 강정고령, 칠서, 물금매리, 금강 대청호) 운영을 시작으로 2021년 총 8개지점(팔당호, 진양호 추가)에 대하여 유해남조류 세포수 농도(구간 범위) 및 수온에 대한 향후 7일간의 예측정보를 제공중이다.

- (기간) 5월~10월
- (주기) 조류경보 발령일에 예측정보 함께 제공(주 2회*)
 - * 10,000 세포/mL 이상일 경우 매근무일
- (지점) 8개 지점(이천, 해평, 강정·고령, 창녕·함안, 물금·매리, 대청호, 팔당호, 진양호)

표 3-1-7 조류예측 단계

구 분	유해남조류세포수 ³⁾ 예측 값
0 단 계	1,000 세포수/mL 미만
1 단 계	1,000 세포수/mL 이상 ~ 10,000 세포수/mL 미만
2 단 계	10,000 세포수/mL 이상 ~ 100,000 세포수/mL 미만
3 단 계	100,000 세포수/mL 이상 ~ 1,000,000 세포수/mL 미만
4 단 계	1,000,000 세포수/mL 이상

3) 유해남조류 세포수는 *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria* 속 세포수의 합

장래 조류발생에 선제적으로 대응

유역환경청장은 공공수역의 수질예보와 공동대응 방안 등 다음 각 호의 사항을 협의·조정·의결하기 위한 수질관리협의회(이하 "협의회"라 한다)를 수계별로 설치·운영한다. <표 3-1-7>과 같이 협의회는 구성되어 있으며, 유역환경청장은 조류예측 3단계 또는 4단계에 해당하는 조류예측 결과를 통보받은 경우, 물환경보전법 시행령 제28조제4항의 별표4의 「수질오염경보의 종류별·경보단계별 조치사항」에 준하는 조치를 시행할 수 있다.

표 3-1-8 수질관리협의회 구성

수 계	위 원
한강 수계	<ul style="list-style-type: none"> - 한강유역환경청, 원주지방환경청, 한강물환경연구소, 한강홍수통제소 관계공무원 각 1인 - 환경부가 추천하는 수질 및 수량 관리 전문가 4인 - 서울특별시, 인천시광역시, 경기도, 강원도, 충청북도 관계공무원 각 1인 - 한국환경공단, 한국수자원공사, 한국수력원자력(주), 한국농어촌공사 임직원 각 1인
낙동강 수계	<ul style="list-style-type: none"> - 낙동강유역환경청, 대구지방환경청, 낙동강물환경연구소, 낙동강홍수통제소 관계공무원 각 1인 - 환경부가 추천하는 수질 및 수량 관리 전문가 4인 - 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 경상남도, 경상북도 관계공무원 각 1인 - 한국환경공단, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 임직원 각 1인
금강 수계	<ul style="list-style-type: none"> - 금강유역환경청, 금강물환경연구소, 금강홍수통제소 관계공무원 각 1인 - 환경부가 추천하는 수질 및 수량 관리 전문가 4인 - 대전광역시, 충청북도, 충청남도, 전라북도 관계공무원 각 1인 - 한국환경공단, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 임직원 각 1인
영산강 · 섬진강 수계	<ul style="list-style-type: none"> - 영산강유역환경청 관계공무원 2인, 영산강물환경연구소, 영산강홍수통제소 관계공무원 각 1인 - 환경부가 추천하는 수질 및 수량 관리 전문가 4인 - 광주광역시, 전라북도, 전라남도 관계공무원 각 1인 - 한국환경공단, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 임직원 각 1인

3. 기타 모니터링 정책

☑ 보 구간 조류발생 상황 입체모니터링

녹조 발생의 수질특성과 시간적·공간적 분포를 연속적으로 파악하여 녹조 대응에 활용하고자 자동입체측정시스템을 강정고령보에 설치하여 운영하고 있다. 2019년에는 강정고령보 1km 상류의 좌안·중앙·우안에서 자동입체모니터링을 수행하여 조류발생에 유리한 환경조건 및 보 개방에 따른 입체적 수질변동 파악하였다.

자동입체측정시스템의 측정 정확도를 확보하기 위하여 정도관리를 수행하였는데, 표준물질 시험의 현장측정 항목은 정확도 및 정밀도 5% 이내로 좋음 이상으로 평가되었다. 수분석과 비교한 클로로필-*a*의 상대오차율은 평균 15%~50%로 나타났으며, 전반적으로 경향은 유사했으나 수분석값이 조금 높게 나타났고, 이는 자동측정장비보다 다양한 파장에서 유해조류를 측정하는 수분석 측정방법과의 차이에 의한 것으로 판단된다.

그림 3-1-1 강정고령보의 자동입체측정시스템 및 모니터링 지점

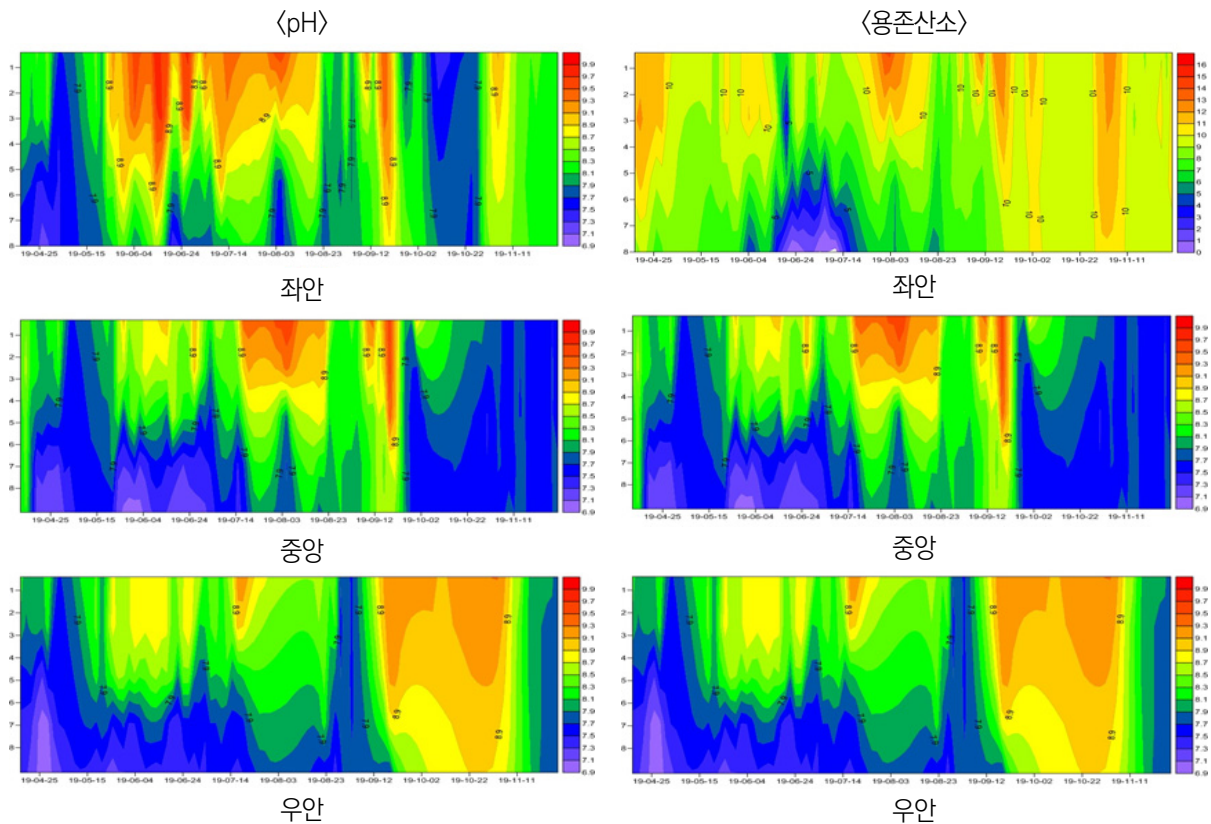


남조류 발생에 유리한 25℃ 이상의 수온 조건은 5월 24일부터 9월 19일까지 4개월간 유지되었으며, 수온성층은 기온이 상승하면서 5월 하순경부터 시작되었으나, 8월에는 빈번한 강우로 일시적으로 상·하층의 수온차이가 감소하는 현상이 반복되고, 좌안·중앙·우안의 공간적인 차이는 없었다. 남조류 세포수는 여름철인 6~9월 평균 약 6,000세포/mL로 연평균보다 약 1.5배 많았으며, 전년대비 최고 250% 상승하였고, 봄철인 4~5월은 전년대비 50%이상 감소하였다.

pH는 6월부터 9월까지, 표층부터 수심 6~8m까지 pH 9 이상으로 높았으며, 공간적 분포는 중앙(st.2)과 우안(st.3)이 9월에만 깊은 수심에서도 높은 pH를 보인 반면, 좌안(st.1)은 6월부터 9월까지 길게 높은 pH를 보였다.

클로로필-*a* 농도는 6월말~7월초 높게 나타났으며, 9~10월에도 간헐적으로 증가된 농도가 단기간 나타났고, 우안이 좌안과 중앙보다 농도가 낮았다. 저층의 빈산소 상태(DO≤2mg/L)는 5월 중순부터 7월 중순까지 저층 약 8m에서 시작되어 수심 약 6m이하까지 나타났으며, 좌안과 중앙보다 우안에서 뚜렷하게 나타났다. 또한 10월말에는 수온감소에 의한 수체 전도현상으로 전 수심에서 약 9mg/L 이상을 보였다.

그림 3-1-2 수심별 남조류 세포수의 자동측정분석-수분석 비교결과



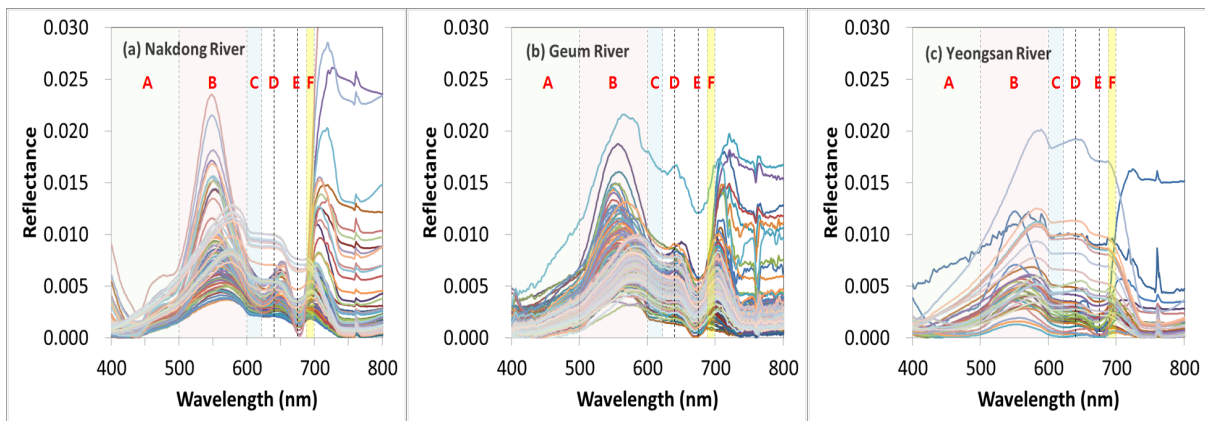
최근 3년간 운영을 통한 강정고령보 수질측정결과 클로로필-*a*와 남조류세포수의 자동 측정값은 측정장비의 일시적 헌팅으로 측정값 증가를 제외한 연평균 측정값은 비교적 일정하게 나타나, 수질이 비교적 안정적인 것으로 판단되며, '20년부터 타 지역 취수장 인근 및 보 인근에 대한 수질감시를 위해 지점을 이동하여 감시할 계획이다.

※ 3년평균 농도 : 클로로필-*a* 10mg/m³~25mg/m³, 남조류세포수 3,000~6,000 세포/mL

분광 특성을 이용한 조류 원격모니터링

국립환경과학원에서는 4대강 광역수체의 녹조모니터링과 신속한 대응을 위해 2014년부터 면(面) 단위 원격모니터링 체계를 구축·운영하고 있다. 기존의 국가수질측정망 지점에서 측정된 녹조 정보는 수계 전반적인 발생현황을 파악하기 어려운 반면, 항공기 촬영에서 획득한 영상 정보는 하천 전체에 대한 녹조 발생지역 및 분포 현황과 조류 농도를 한 눈에 알 수 있다. 항공기에 탑재된 초분광센서는 가시광선 영역(400~700nm)에서부터 근적외선 영역(700~1,000nm)까지의 파장대를 수백 개의 범위(밴드)로 세세하게 나누어 자료를 저장할 수 있다. 조류 농도는 좁은 파장대 단위로 저장된 자료에서 조류의 분광 특성과 관계 있는 파장대 자료를 활용함으로써 높은 정확도의 원격 농도 추정이 가능하다.

그림 3-1-3 수계별 하천 표면에서 측정된 원격반사도 스펙트럼



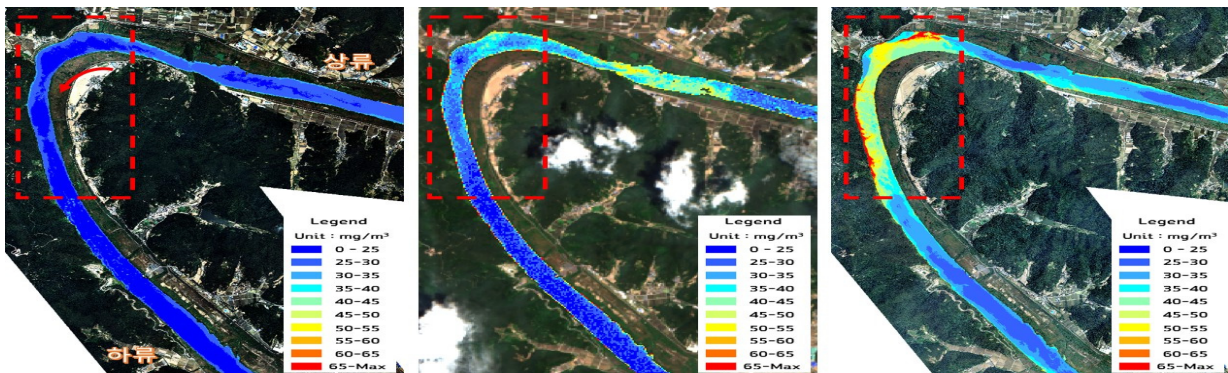
초분광 항공촬영은 낙동강수계(구미보~창녕함안보), 금강수계(대청호~백제보), 북한강수계(의암호~팔당호), 영산강수계(승춘보~영산강하구언)를 대상으로 녹조가 많이 발생하는 6월과 10월 사이에 매년 총 12회 이상 수행하였다. 항공촬영과 병행하여 현장에서 센서 방향으로 복사되는 수표면 반사율을 측정하였으며, 동일한 지점에서 채취된 시료를 대상으로 실내 실험을 통해 조류의 농도와 유색 용존물질, 입자성물질 등의 흡수특성을 분석하였다.

녹조 원격 모니터링은 초분광영상 데이터와 빛에 반응하는 조류의 고유한 분광특성을 이용해 조류의 분포 및 농도를 파악하는 첨단 기술이다. 2016년에는 하천 표층에서 반사되는 파장별 복사에너지와 수체 내에서 일어나는 빛의 복사·전달 현상의 비교·분석을 통해 남조류 함유 색소인 피코시아닌 농도를 신속·정확하게 추정할 수 있는 새로운 모형들을 개발했다. 개발된 모형은 현장

측정된 원격반사도와 물질별 흡수 스펙트럼 자료를 이용하여 반경험적 방법을 통해 물질별 흡수특성을 추정하는 고유분광특성 역변환 모형(Inherent Optical Properties Inversion Model), 남조류 함유색소인 피코시아닌 분석의 최적 파장대를 찾기 위한 유전자 알고리즘-부분 최소제곱회귀모형(Genetic Algorithm-Partial Least Square Model), 수체의 분광곡선에서 조류의 양에 따라 피크 파장대가 이동하는 현상을 이용하여 피코시아닌 농도를 추정하는 반사피크 비율지수(Peak Ratio Index)이다. 2017년에는 낙동강수계를 대상으로 개발된 모형을 적용하였고, 2018년에는 3대강 수계(낙동강, 금강, 영산강)로 확대 적용, 2019년에는 3대강 수계 보 구간별 모형을 개발하여 적용하였다.

주요 파장들은 수체의 다양한 구성물질과 함유량(농도)에 따라 파장의 위치와 크기가 비선형적으로 쉽게 변할 수 있다. 이러한 비선형성은 선형분석으로 조류 농도를 정확하게 추정하는데 방해(교란) 요소로 작용하고, 견고한 추정 모형을 개발하는데 한계점으로 작용하였다. 이에 2020년에는 수체 분광특성과 피코시아닌 농도 사이의 비선형 관계를 해석하고자 수년간 구축된 자료를 기반으로 기계학습 기법을 적용하여 정확도 높은 농도 추정모형을 개발하였다. 2021년에는 초분광 드론촬영으로 녹조 원격모니터링이 가능한 기술을 개발하였다. 또한 다기종 위성을 이용하여 클로로필-a, 피코시아닌, 부유물질 농도를 추정하기 위한 기계학습 기반의 모형을 개발하여 주기적인 광역 수질 모니터링이 가능하도록 하였다. 2022년에는 다기종 센서 기반의 담수역내 영양염류 농도 추정모형 개발을 통해 원격모니터링 결과의 활용방안을 도출할 계획이다.

그림 3-1-4 위성과 항공 영상자료를 활용한 시공간적 녹조 원격모니터링



(a)항공영상을 이용한 클로로필-a 농도지도(19.06.21)

(b)위성영상을 이용한 클로로필-a 농도지도(19.06.24)

(c)항공영상을 이용한 클로로필-a 농도지도(19.06.25)

제2절 녹조대응 정책

☞ 녹조대응 관계기관 협업체계 구축·운영

수계별 ①수질관리협의회 ②녹조대응 현장 TF ③정수장운영관리협의회 등 녹조대응을 위한 다양한 관계기관 협의체를 구성·운영한다.

“수질관리협의회”는 「조류예측 및 수질관리협의회에 관한 규정」(환경부 훈령)에 따라 공공수역의 수질예보와 공동대응 방안 등을 협의·조정·의결하기 위해 수계별로 설치·운영된다. 수질관리 협의회는 유역환경청장이 의장으로 유역(지방)환경청, 홍수통제소, 시·도, 한국수자원공사, 농어촌공사, 한국환경공단, 전문가 등이 참여하여 조류예측 및 조류경보 단계별 대응조치에 관한 사항, 보별 수질관리계획 관련 사항, 관계기관 비상연락체계에 관한 사항 등 관계기관 의견조정 등 수질·녹조대응을 위한 사항들을 협의·의결한다.

2012년부터는 녹조발생 시 현장에서 신속하고 체계적으로 대응할 수 있도록 수계별로 “녹조대응 현장 TF”를 구성·운영하고 있다. TF팀은 관계기관 실무 팀장급으로 구성하며, 관계기관 사전 협조체계 구축으로 신속한 의사결정을 도울 뿐 아니라 유역환경청 중심으로 신속한 수질·조류 관련 정보 공유 및 현장대응을 하고 있다.

아울러 녹조발생 시 정수처리 장애 등에 효과적으로 대응하기 위하여 수계별로 취·정수장 운영자, 지자체 및 전문기관 등이 참여하는 “정수장운영관리협의회”를 운영하고 있다. 협의회에서는 녹조발생 시 추가적인 모니터링이 필요할 경우 측정지점·주기·항목·분석주체 등을 결정하고, 조류관련 데이터를 공유하며, 수처리 기술 자문단을 구성하여 정수장에서 요청이 있을 경우 한국환경공단, 한국수자원공사 등 전문기관에서 자문역할을 수행하고 있다.

☞ 취·정수장 녹조 대비

녹조상황에도 안전한 수돗물 공급을 위해 주요 정수장에 고도정수처리시설이 도입되어 운영되고 있다. 고도정수처리시설은 조류가 발생시키는 맛·냄새 원인물질의 제거효율을 높이기 위해 오존, 입상활성탄 등을 활용하는 시설이다. 2017년까지 한강 수계에는 18개 정수장에, 낙동강 수계에는 상류를 제외한 18개 모든 정수장에 고도정수처리시설이 도입·운영되고 있다. 대청호를 이용하는

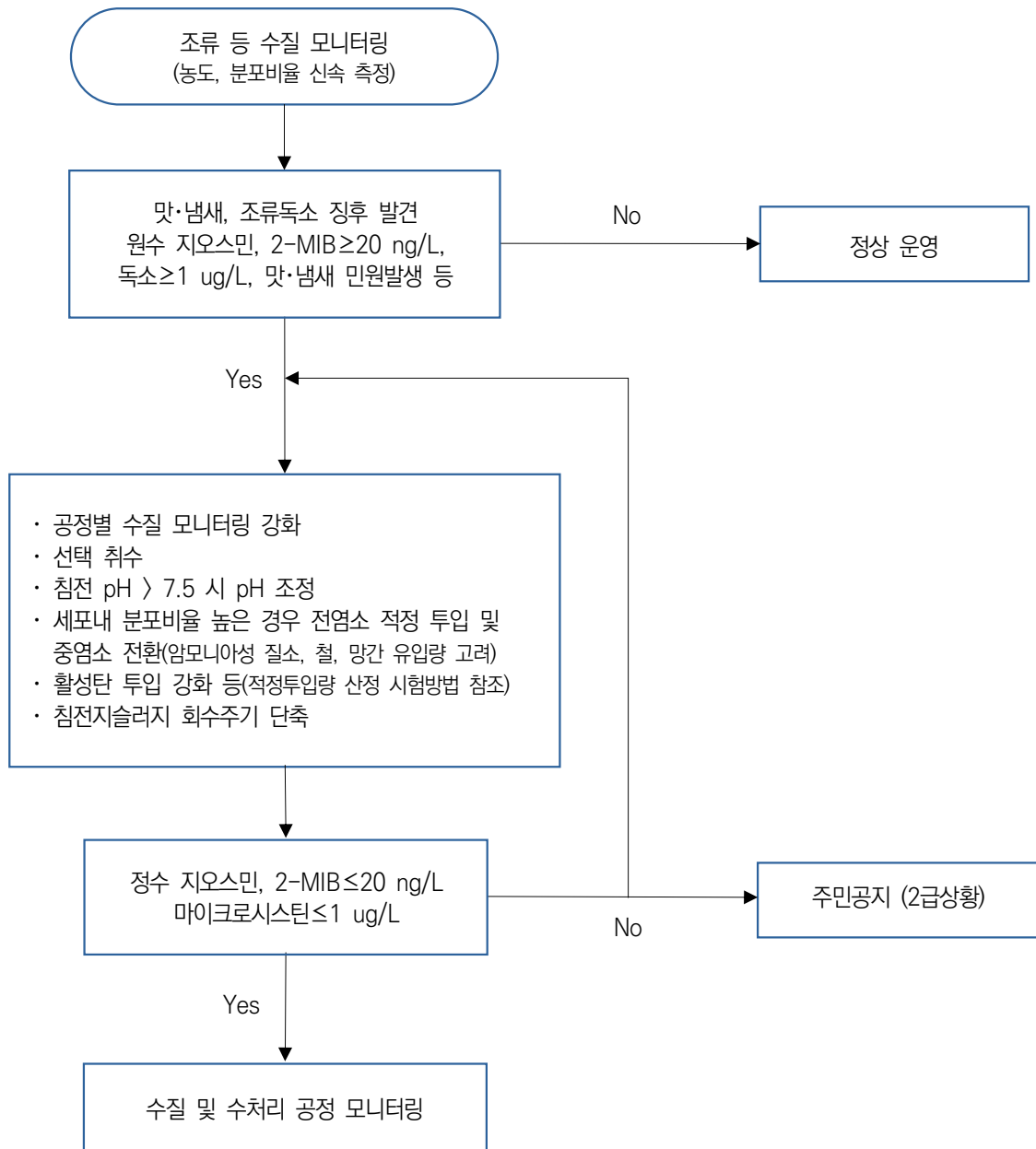
금강 수계 정수장은 심층 취수방식을 이용하고 있어 녹조에도 상대적으로 안정적인 급수가 가능하며, 3개 정수장에 고도정수처리시설이 도입되어 있고 앞으로 더욱 확대 도입될 예정이다.

안전한 수돗물 공급을 위해 환경부는 2017년 5월 “정수장 조류대응 가이드라인” 개정판을 마련·배포하여 취·정수장의 녹조대응을 강화하고 있다. 가이드라인에 의하면 평상시에는 정수약품(분말활성탄, 응집제 등)을 적정량 보유토록 하고, 원수에 대한 주기적인 수질 모니터링(pH, 조류, 맛·냄새물질 등), 간헐운전 설비(분말활성탄, 중염소, 오존 등)의 정기점검 및 상시 가동준비를 유지토록 하고 있다.

또한, 조류발생시 취수시설 주변에 조류방지막 및 살수장치를 설치하여 조류 유입을 차단하는 조치를 취하도록 하고 선택취수가 가능한 취수장은 조류영향이 없는 수심이하로 취수지점을 변경하도록 하고 있다. 아울러 남조류에 의한 맛·냄새물질의 효과적인 제거 방법, 규조류에 의한 여과장애 저감 방법 등 정수처리 과정별 조류대응 방법을 자세히 제시하고 있어 녹조발생 시에도 수돗물을 안정적으로 공급할 수 있는 취·정수 체계가 구축되어 있다.

환경부는 조류독소로부터 수돗물의 안전을 확인하기 위하여 마이크로시스틴-LR을 먹는물 수질감시항목으로 지정하고 조류경보가 발령하는 때에 수돗물의 농도를 측정하고 있으며, 2017년 10월부터 그 검사결과는 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr, 한국환경공단 운영)에 대국민 공개하고 있다. 2021년에는 전국의 정수장에서 총 520회에 걸쳐 마이크로시스틴-LR을 측정하였으며, 모든 측정자료에서 불검출되었다.

그림 3-2-1 녹조발생 시 취·정수처리 흐름도



제3절 오염물질 감시·관리 강화

1. 하천으로 유입되는 오염물질 관리강화

☞ 갈수기 수질관리대책 추진

매년 12월부터 익년 4월말까지를 갈수기 기간으로 정하고 수질오염사고유발시설 관리, 방제교육·훈련, 상수원 감시활동 강화 등 갈수기 예방·감시·대응에 만전을 기하였으며, 갈수기 기간중 발생할 수 있는 수질오염사고에 신속하게 대응하기 위해 환경부, 유역(지방)환경청 및 시·도에 '수질관리 종합상황실'을 설치·운영하여 환경기초시설, 지정폐기물 배출·처리업소의 단속을 강화하고, 유류보관시설, 공사장 등 수질오염사고 유발시설에 대한 일제 점검 등 집중 관리하였다.

2021년 갈수기 기간 중에 폐수배출업소, 폐수처리업소, 폐기물처리업소, 환경기초시설 등을 대상으로 한강수계 1,380건, 낙동강수계 874건, 금강수계 973건, 영산강수계 172건 등 총 3,399건을 점검하여 890건에 대하여 개선명령, 조업정지, 고발 등 조치하였다.

표 3-3-1 갈수기 기간 중 주요 수질오염원 점검실적

분야별	단속 건수	위반 건수	조치내역							
			계	개선 명령	조업 정지	사용 정지	폐쇄	경고	단독 고발	기타
합계	3,399	890	1,315	299	15	5	3	374	150	469
폐수배출업소	1084	358	653	50	12	2	2	287	32	268
폐수처리업소	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
유독물취급업소	1121	285	333	92	0	0	0	35	106	100
폐기물처리업소	224	48	66	1	3	3	1	18	12	28
환경기초시설	923	191	253	155	0	0	0	33	0	65
기타	43	8	10	1	0	0	0	1	0	8

하·폐수 처리시설 총인 처리 강화

녹조빈발수계에 위치한 공공 하·폐수처리장을 대상으로 여름철 방류수 수질을 개선하여 운영토록 하고, 저감 목표(저감량)를 설정하여 달성여부 등을 고려하여 운영비용을 지원하고 있다. 총인이 수계로 유입되는 것을 줄이기 위한 사전예방적 조치의 일환으로 2016년부터 시행하였으며, 2018년부터 영산강까지 대상지역을 확대하여 4대강 유역의 공공하수처리시설, 공공폐수처리 시설을 대상으로 운영하고 있다. 2021년에는 4대강 수계 146개 시설이 참여하여 100개 시설이 저감목표를 달성하였으며, 기준년도인 2015년 대비 총인 약 507톤을 저감하였다.

표 3-3-2 2021년 총인처리 강화운영 실적

수 계	대상시설	기준년도('15년) 배출량(톤)	'21년도 배출량(톤)	저감량(톤)
한 강	56	665.4	164.0	501.3
금 강	75	40.4	30.6	9.8
낙동강	13	8.2	17.9	-
영산강	3	15.8	9.6	6.2
합 계	147	729.8	222.1	507.6

가축분뇨 합동 지도·점검 실시

녹조발생 및 수질오염을 사전에 예방하기 위해 가축분뇨 관리의 취약시기인 봄철 갈수기간 및 하절기·장마철을 대비하여 환경부, 지방자치단체를 중심으로 점검반을 구성하여 가축분뇨 배출시설 등을 사전 점검하고 있다. 2021년 총 281개소를 점검하여 총 35건의 위반사항을 확인하였다.

표 3-3-3 가축분뇨 지도점검 실적

구분	점검 인원	점검 시설	위반 시설수	조치내역					
				개선명령	사용중지 명령	폐쇄명령	과태료 부과	경고	고발
상반기	89	165	21	8	0	0	20	5	1
하반기	54	116	14	1	2	0	12	2	0
합 계	143	281	35	9	2	0	32	7	1

2. 입체적 하천감시

하천순찰 등 감시·정화활동

2021년에는 5대강 환경지킴이(전국 452명)를 통해 본류·지류 등 총 10,184km에서 하천순찰을 실시하고 있다.

하천순찰은 환경지킴이가 도보로 하천변을 따라 이동하면서 상수원 감시, 수질오염 사고, 오염물질 배출, 쓰레기 방치 여부 등을 확인·감시하고 있으며 하천오염행위 사전예방 및 계도, 하천정화활동 등에 실적을 나타내고 있다. 또한, 남조류 발생 시기에는 녹조발생 우심지역 중심으로 일 1회 이상 하천순찰을 실시하고 있다.

2021년 추진실적은 총 61,646건으로 하천변 쓰레기 투기·소각 단속 및 퇴비 부적정 보관 현장 계도 등 하천 주변 오염원 사전 예방활동 35,010건, 하천변 정화활동 및 교육·홍보활동 26,636건이다.

표 3-3-4 2017~2021년 환경지킴이 하천순찰활동 실적(건수)

구 분	계도활동(건)			정화활동(건)	교육/홍보활동(건)		
	불법어로 (낙시)	쓰레기투기 (소각)	기타		체험활동	주민교육	생태탐사
2017	7,451	5,345	13,518	5,957	248	9,477	1,338
2018	3,790	6,052	17,333	8,319	170	5,326	519
2019	5,753	5,474	19,448	8,427	352	6,694	412
2020	8,347	9,143	24,778	24,378	1,113	4,150	1,476
2021	8,624	9,019	17,367	19,947	339	5,705	645

하천수질 항공(드론)감시

하천 수질을 상류에서 하류까지 동시에 감시하기 위하여 한강·낙동강·금강·영산강 4대강 수계에 드론을 활용한 항공 하천감시를 실시하고 있다.

당초 항공감시는 각 수계별로 경비행기 1대를 배치(한강수계는 2대)하여 운행하면서 물색깔 변화, 수질오염사고 등을 감시하였으나, 2018년부터는 현장적용성이 보다 뛰어난 드론(총 12대)을 활용하여 항공감시를 추진하고 있다. 2021년 4대강 수계 총 운항횟수는 3,036회이다.

표 3-3-5 2021년 항공(드론)감시 실적(건수)

수계명	운항횟수	점검실적		
		물색깔 변화	수질오염사고	기 타
계	3,036	286	2	301
한강 상류(원주청)	102	20	0	6
한강 하류(한강청)	180	36	1	0
낙동강 상류(대구청)	1,039	120	0	60
낙동강 하류(낙동강청)	544	88	1	25
금강수계(금강청)	379	19	0	31
영산강수계(영산강청)	792	3	0	179

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서



제 4 부

참 고 자 료

1. 수질·조류 모니터링 자료	147
2. 초분광 녹조 원격 모니터링 사진자료	221
3. 해외 녹조현상 사진자료	227
4. 주요정책자료	245

제4부 참고자료

1. 수질·조류 모니터링 자료

가. 주요 상수원 하천·호소 측정자료(운영지점)	148
나. 친수활동 구간 조류경보제 측정자료	186
다. 4대강 보 대표지점 측정자료(관찰지점)	188

제 4 부

1. 수질·조류 모니터링 자료

가. 주요 상수원 하천·호소 측정자료(운영지점)

※1-12월 : 혼합채수 결과

팔당호

조사일시	팔당호(댐앞)			팔당호(부용사앞)			팔당호(삼봉)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/18	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/1	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/8	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/16	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	2.9	6.0	0
21/2/22	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	3.3	5.8	0
21/3/2	4.1	31.8	0	6.1	42.8	0	3.9	7.2	0
21/3/8	6.1	34.1	0	9.3	40.2	0	5.9	6.7	0
21/3/15	7.8	26.8	0	10.8	33.5	0	7.1	7.2	0
21/3/22	8.8	13.4	0	10.5	24.8	0	8.4	8.2	0
21/3/29	10.3	16.9	0	11.6	29.8	0	10.1	7.6	0
21/4/5	12.0	14.5	0	15.3	27.1	0	11.4	6.7	0
21/4/12	13.9	33.2	0	13.7	66.6	0	13.1	10.9	0
21/4/19	13.6	25.0	0	15.0	36.9	0	12.6	9.8	0
21/4/26	15.4	9.6	0	17.0	15.4	0	14.9	9.8	0
21/5/3	15.8	7.6	0	18.0	20.7	0	15.0	8.7	0
21/5/10	15.3	13.4	0	15.8	55.5	0	14.2	6.9	0
21/5/17	17.8	11.2	0	18.3	24.9	0	15.9	10.9	0
21/5/24	18.5	34.1	0	19.6	31.8	0	17.6	9.8	0
21/5/31	17.6	14.7	0	18.4	11.6	0	16.9	6.9	0
21/6/7	20.2	46.4	0	20.2	34.1	0	17.7	5.6	0
21/6/14	21.5	20.1	0	26.2	42.0	0	21.2	5.3	0
21/6/21	21.7	15.2	0	21.6	17.4	0	21.7	4.5	0

조사일시	팔당호(담양)			팔당호(부용사앞)			팔당호(삼봉)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)
21/6/28	23.3	14.5	0	23.0	19.7	0	21.3	9.2	0
21/7/5	22.1	7.2	0	21.2	4.9	0	20.7	10.7	0
21/7/12	23.6	7.9	0	24.9	5.4	0	22.9	11.5	0
21/7/19	27.2	34.3	0	27.4	21.4	0	26.3	15.3	0
21/7/26	28.4	13.1	72	28.7	30.3	0	28.3	11.4	0
21/8/2	28.3	11.3	1,113	28.2	9.9	0	28.5	10.3	52
21/8/9	28.7	11.8	879	28.1	13.5	112	27.7	6.9	0
21/8/17	26.6	31.5	2,890	27.3	37.1	0	26.2	9.7	238
21/8/23	25.2	15.1	392	24.5	8.7	0	25.3	13.8	408
21/8/30	23.6	14.2	150	23.5	2.8	0	24.0	20.0	130
21/9/6	22.1	10.3	31	21.9	1.1	0	22.8	18.9	50
21/9/13	22.7	17.6	0	24.2	3.0	0	22.7	17.6	80
21/9/23	23.0	15.3	0	22.5	2.3	0	23.8	20.1	62
21/9/27	22.3	24.2	0	22.4	3.9	0	21.8	19.2	80
21/10/5	22.4	20.1	0	23.2	4.2	0	22.5	11.7	0
21/10/12	20.8	14.2	0	21.0	6.1	0	20.3	14.6	0
21/10/18	18.2	15.6	0	18.3	14.2	0	17.7	11.2	0
21/10/25	16.0	12.0	0	15.6	1.7	0	15.5	9.8	0
21/11/1	15.1	11.8	0	15.5	2.5	0	15.7	6.1	0
21/11/9	13.6	11.7	0	13.4	2.6	0	13.4	5.0	0
21/11/15	12.2	8.1	0	11.6	1.6	0	12.0	8.1	0
21/11/22	10.4	8.6	0	8.8	1.1	0	11.2	5.6	0
21/11/29	8.3	8.4	0	8.4	1.2	0	8.5	4.4	0
21/12/6	6.4	5.6	0	6.0	1.4	0	6.6	5.3	0
21/12/13	5.1	8.2	0	5.4	2.2	0	5.9	7.4	0
21/12/20	4.4	10.1	0	4.9	2.0	0	4.7	7.2	0
21/12/27	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙

의암호, 한강(이천)

조사일시	의암호(신연교)			한강(이천)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/18	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/25	결빙	결빙	결빙	5.1	2.7	0
21/2/1	결빙	결빙	결빙	2.8	4.4	0
21/2/8	결빙	결빙	결빙	3.9	5.1	0
21/2/16	4.7	3.4	0	5.8	10.1	0
21/2/22	4.4	4.3	0	5.9	12.3	0
21/3/2	6.0	4.7	0	5.8	20.0	0
21/3/8	6.1	6.9	0	6.9	22.1	0
21/3/15	8.0	6.0	0	9.9	13.2	0
21/3/22	9.3	6.3	0	10.3	18.7	0
21/3/29	9.7	8.9	0	9.9	14.7	0
21/4/5	12.6	6.0	0	11.1	11.2	0
21/4/12	12.1	10.7	0	12.4	13.2	0
21/4/19	12.0	12.0	0	11.2	21.5	0
21/4/26	12.2	6.5	0	15.7	21.9	0
21/5/3	11.8	6.0	0	13.5	15.2	0
21/5/10	13.4	9.4	0	14.2	13.1	0
21/5/17	15.8	12.3	0	채수불가	채수불가	채수불가
21/5/24	16.1	9.6	0	17.0	6.2	0
21/5/31	14.9	5.8	0	17.2	4.9	0
21/6/7	16.0	6.0	0	17.4	5.8	0
21/6/14	20.3	7.6	0	19.8	13.0	0
21/6/21	21.2	13.3	0	채수불가	채수불가	채수불가
21/6/28	21.0	9.8	0	18.4	9.2	0
21/7/5	18.6	11.0	36	채수불가	채수불가	채수불가
21/7/12	22.0	9.8	0	채수불가	채수불가	채수불가

조사일시	의암호(신연교)			한강(이천)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	23.4	16.7	43	채수불가	채수불가	채수불가
21/7/26	24.9	15.1	809	22.7	2.9	0
21/8/2	25.1	20.5	243	24.1	8.2	0
21/8/9	25.4	14.5	954	24.1	9.8	0
21/8/17	22.6	11.4	908	23.9	6.4	0
21/8/23	23.7	16.2	344	22.7	11.3	0
21/8/30	20.2	11.3	430	21.6	3.1	0
21/9/6	20.7	35.0	888	채수불가	채수불가	채수불가
21/9/13	22.3	15.8	535	23.6	1.6	0
21/9/23	22.7	17.0	65	21.1	7.4	0
21/9/27	23.1	20.3	140	21.5	1.6	0
21/10/5	21.6	18.1	0	21.6	3.1	0
21/10/12	19.6	22.6	0	20.3	2.0	0
21/10/18	17.1	19.5	0	16.0	0.9	0
21/10/25	13.8	18.3	0	15.7	0.9	0
21/11/1	13.6	12.6	0	16.5	1.4	0
21/11/9	12.8	11.0	0	13.9	2.4	0
21/11/15	11.2	12.9	0	12.1	1.1	0
21/11/22	10.0	3.8	0	12.0	1.1	0
21/11/29	8.6	4.9	0	8.2	0.9	0
21/12/6	6.6	1.3	0	7.0	1.1	0
21/12/13	7.0	2.2	0	7.1	1.6	0
21/12/20	5.0	5.1	0	5.7	1.8	0
21/12/27	4.5	3.6	0	결빙	결빙	결빙

운문호, 영천호

조사일시	운문호(댐앞)			운문호(취수탑2)			영천호(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	5.6	1.9	0	5.8	2.2	0	4.0	3.5	0
21/1/11	4.1	2.4	0	4.1	2.4	0	4.2	3.5	0
21/1/18	3.8	2.1	0	3.7	1.9	0	3.7	3.2	0
21/1/25	4.7	2.7	0	4.6	2.5	0	7.7	3.6	0
21/2/1	5.1	2.6	0	5.0	2.4	0	6.4	4.5	0
21/2/8	3.4	3.0	0	3.6	3.1	0	2.6	6.5	0
21/2/15	5.1	3.0	0	4.6	3.0	0	4.9	10.4	0
21/2/22	5.7	3.8	0	5.1	4.1	0	7.6	16.1	0
21/3/2	4.2	3.7	0	4.3	3.8	0	6.5	17.6	0
21/3/8	5.9	3.0	0	5.8	3.6	0	6.6	14.6	0
21/3/15	7.0	3.8	0	7.4	3.3	0	8.8	14.4	0
21/3/22	6.4	2.4	0	6.7	2.8	0	10.1	13.4	0
21/3/29	8.0	2.8	0	8.4	3.1	0	11.2	10.1	0
21/4/5	9.4	3.0	0	9.7	3.5	0	14.4	10.0	304
21/4/12	9.3	3.2	0	10.0	3.6	0	11.8	16.0	521
21/4/19	10.2	1.5	0	10.1	1.8	0	15.6	6.7	0
21/4/26	10.9	2.6	0	12.1	2.5	0	15.3	8.6	191
21/5/3	11.9	2.0	0	11.6	2.2	40	17.0	13.1	0
21/5/10	10.6	1.7	0	11.6	2.0	0	13.7	9.4	0
21/5/17	12.9	2.6	0	13.5	2.9	0	16.7	7.7	0
21/5/24	15.4	2.2	0	16.0	3.2	0	21.1	9.7	0
21/5/31	14.2	1.9	0	15.2	2.2	0	19.2	6.1	195
21/6/7	15.2	2.8	0	16.5	3.5	0	20.1	6.8	0
21/6/14	16.5	3.4	0	18.4	3.9	0	20.9	5.5	79
21/6/21	15.7	2.7	0	18.7	4.9	0	22.0	3.9	33
21/6/28	16.0	3.5	0	19.1	4.2	0	21.5	6.9	561
21/7/5	17.3	4.2	0	18.4	6.7	0	23.2	8.4	389
21/7/12	19.0	2.1	0	21.3	2.1	0	23.6	5.9	185

조사일시	운문호(담양)			운문호(취수탑2)			영천호(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	18.4	2.5	0	22.4	2.3	0	24.4	17.6	6,410
21/7/26	18.6	2.1	0	23.3	2.3	0	24.3	23.3	89,576
21/8/2	18.0	1.8	0	20.4	2.7	0	22.8	20.3	81,328
21/8/5	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	24.0	3.2	2,600
21/8/9	19.9	2.1	0	20.7	2.5	0	23.5	8.9	838
21/8/17	17.2	2.6	0	20.5	3.6	0	22.8	9.5	345
21/8/23	19.8	3.4	0	22.9	4.0	0	22.8	13.7	770
21/8/30	19.6	5.7	0	22.3	4.5	0	24.0	7.6	548
21/9/6	21.6	4.0	0	19.9	3.3	0	21.6	15.7	600
21/9/13	19.4	11.5	0	21.8	9.9	0	22.3	12.9	251
21/9/23	18.3	2.3	0	20.5	2.8	0	20.7	12.9	0
21/9/27	18.5	11.3	0	21.0	7.7	0	22.0	37.2	590
21/10/5	19.7	2.5	20	21.9	4.9	238	21.6	13.7	257
21/10/12	17.7	3.5	0	20.9	5.9	0	19.2	15.5	66
21/10/18	15.6	4.3	0	19.8	4.3	0	18.8	9.3	0
21/10/25	17.0	2.5	0	20.0	3.3	0	18.7	6.9	0
21/11/1	16.3	3.3	33	17.7	5.4	0	17.5	7.0	0
21/11/8	15.8	4.6	0	17.0	6.1	0	17.0	6.4	0
21/11/15	13.0	5.1	0	15.0	5.9	0	15.1	3.3	0
21/11/22	11.9	4.9	0	13.3	7.2	79	16.3	2.8	86
21/11/29	11.4	4.7	119	12.7	6.6	0	11.5	2.0	0
21/12/6	9.8	3.8	0	10.6	5.6	0	10.1	2.2	0
21/12/13	8.8	2.8	0	9.6	3.7	0	10.8	2.3	145
21/12/20	8.9	3.0	0	8.9	3.5	0	7.7	2.9	0
21/12/27	6.1	3.8	0	6.3	3.7	0	6.2	4.4	79

대청호

조사일시	대청댐(추동)			대청댐(문의)			대청댐(회남)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/18	5.0	4.1	0	5.9	5.5	0	5.7	3.3	0
21/1/25	5.3	4.1	0	6.1	4.6	0	5.5	3.0	0
21/2/1	5.1	4.7	0	5.6	5.1	0	5.1	3.6	0
21/2/8	4.8	4.7	0	5.3	5.8	0	4.8	6.6	0
21/2/15	5.4	9.7	0	5.6	5.4	0	4.9	9.6	0
21/2/22	5.2	10.7	0	5.8	9.0	0	5.1	13.3	0
21/3/2	5.9	7.1	0	5.8	5.0	0	5.0	10.4	0
21/3/8	6.7	4.3	0	6.6	3.9	0	5.6	5.6	0
21/3/15	7.3	4.4	0	6.9	3.2	0	6.9	3.9	0
21/3/22	7.4	3.8	0	8.7	4.1	0	6.9	3.2	0
21/3/29	7.5	3.0	0	10.2	5.4	0	8.3	2.8	0
21/4/5	10.0	1.8	0	9.9	2.9	0	8.8	2.5	0
21/4/12	10.9	1.7	0	12.6	2.1	0	9.1	3.7	0
21/4/19	10.8	1.9	0	11.1	1.8	0	9.4	1.9	0
21/4/26	12.7	3.1	0	14.5	1.9	0	10.6	3.1	0
21/5/3	13.0	8.0	0	13.7	3.6	0	10.5	2.0	0
21/5/10	13.7	11.0	0	13.9	11.7	0	10.9	4.9	0
21/5/17	14.7	8.8	0	16.3	8.1	0	12.4	4.7	0
21/5/24	15.6	5.3	284	17.3	5.8	0	12.8	4.3	0
21/5/31	15.7	3.1	76	17.9	9.0	0	13.1	3.4	0
21/6/7	18.3	5.0	0	19.0	5.5	144	14.5	5.3	648
21/6/14	19.2	6.9	0	21.1	4.4	0	16.8	4.2	132
21/6/21	20.7	4.7	0	22.2	4.8	214	16.1	3.0	434
21/6/28	21.7	5.3	48	23.1	6.8	28	16.9	4.9	578
21/7/5	22.3	7.6	0	23.7	7.4	0	17.1	3.8	640
21/7/12	24.1	7.6	212	24.9	9.4	52	20.8	7.2	820

조사일시	대청댐(추동)			대청댐(문의)			대청댐(회남)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	24.5	37.9	452	25.8	19.5	466	20.8	4.2	196
21/7/26	24.9	12.9	420	25.8	5.9	494	21.9	6.3	0
21/8/2	25.3	29.0	0	26.8	8.4	3,714	20.6	6.9	120
21/8/9	27.5	11.0	760	27.1	14.3	7,866	21.0	6.4	380
21/8/17	26.7	8.5	944	27.3	15.5	3,040	22.0	7.9	0
21/8/23	25.8	6.4	924	26.4	12.4	1,980	22.5	7.0	756
21/8/30	25.2	9.9	2,348	25.6	9.5	3,568	22.2	6.2	784
21/9/6	24.2	11.1	934	24.1	4.6	3,044	22.6	6.4	704
21/9/13	24.2	11.4	2,538	24.5	6.8	7,144	22.3	4.7	772
21/9/23	23.5	23.8	3,124	23.9	12.1	1,446	23.1	10.8	1,940
21/9/27	23.5	23.0	2,768	23.7	8.8	2,056	22.6	6.6	590
21/10/5	23.4	7.6	1,968	24.0	11.0	2,914	21.8	5.1	800
21/10/12	23.0	12.9	970	23.1	12.7	644	22.5	6.3	328
21/10/18	21.7	13.1	850	21.7	21.6	938	21.9	7.3	144
21/10/25	20.4	8.5	356	20.6	15.9	360	20.5	5.3	204
21/11/1	19.5	12.7	468	19.8	8.7	240	19.4	5.9	520
21/11/8	18.6	15.1	44	18.8	10.6	130	18.3	4.3	460
21/11/15	16.7	13.5	48	17.2	6.6	36	17.2	5.5	462
21/11/22	16.0	8.1	332	16.4	8.6	314	15.6	4.4	0
21/11/29	14.3	5.9	232	14.8	8.3	300	14.7	4.1	92
21/12/6	12.8	3.4	244	13.3	4.1	132	13.2	2.4	108
21/12/13	12.0	4.7	436	12.2	5.2	36	11.4	3.1	144
21/12/20	10.5	4.3	196	10.8	5.0	28	10.8	3.0	52
21/12/27	9.0	4.8	192	9.2	5.2	84	9.5	2.9	92

낙동강

조사일시	낙동강(해평)			낙동강(강정·고령)			낙동강(칠서)			낙동강(물금·매리)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)
21/1/4	결빙	결빙	결빙	2.1	46.2	0	3.5	20.0	266	4.0	13.5	17
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/18	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	4.4	32.0	68	5.6	30.9	0
21/2/1	결빙	결빙	결빙	3.2	40.1	0	5.5	33.8	0	4.1	30.2	0
21/2/8	3.2	24.6	0	3.4	46.4	0	5.2	43.3	19	4.3	42.8	0
21/2/15	4.8	19.2	0	5.1	36.8	0	5.9	44.7	0	6.3	43.5	0
21/2/22	6.2	12.2	0	5.6	38.2	0	7.3	32.8	58	10.1	42.7	0
21/3/2	5.5	10.5	62	5.9	29.0	0	7.5	48.0	0	9.9	29.8	0
21/3/8	6.4	20.9	0	7.4	24.2	0	9.7	23.4	21	8.7	37.5	0
21/3/15	9.6	32.6	0	9.4	22.2	0	10.8	64.1	310	12.2	38.5	0
21/3/22	9.6	49.9	59	9.7	23.7	0	11.7	46.3	158	11.9	22.4	0
21/3/29	11.6	7.6	155	12.4	20.3	41	14.4	31.5	78	14.5	9.3	0
21/4/5	13.3	33.9	214	13.3	12.1	89	14.5	55.1	215	16.0	12.8	54
21/4/12	13.1	14.0	385	14.5	45.5	654	15.4	29.3	1,221	15.2	20.3	63
21/4/19	14.2	29.6	349	14.8	46.8	694	17.1	14.8	969	16.2	9.4	37
21/4/26	16.1	36.7	413	17.2	33.6	521	18.7	7.9	153	18.1	2.4	10
21/5/3	17.6	25.6	256	18.1	18.5	0	18.6	12.7	55	17.7	4.3	608
21/5/10	17.0	20.0	141	17.3	2.6	0	18.8	14.4	71	18.3	6.6	262
21/5/17	18.6	23.3	54	19.2	4.1	0	19.5	20.5	83	19.7	13.0	571
21/5/24	19.3	11.7	182	20.9	26.2	199	22.4	17.2	262	21.0	15.7	262
21/5/31	19.6	28.6	610	21.1	37.2	181	23.7	22.5	559	22.3	22.8	3,440
21/6/7	21.2	34.4	610	24.1	48.1	4,499	24.6	12.0	278	24.0	31.3	2,389
21/6/14	23.8	27.1	2,418	24.7	12.4	1,598	25.8	23.1	2,765	24.5	25.8	4,773
21/6/21	23.6	46.5	483	24.2	11.6	3,287	25.9	26.8	649	26.1	37.2	14,750
21/6/28	22.8	18.6	283	25.6	25.8	9,884	26.7	27.8	25,454	26.3	29.6	6,411
21/7/5	23.2	22.3	613	24.9	32.5	4,074	25.4	17.3	54,753	26.5	24.8	9,459
21/7/8	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	23.3	22.0	1,429	미채수	미채수	미채수
21/7/12	23.8	5.2	0	24.5	6.2	189	24.2	7.1	86	24.8	10.3	195
21/7/19	26.5	30.7	275	27.0	35.4	5,714	27.3	37.2	60	28.1	17.4	1,077

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서

조사일시	낙동강(해평)			낙동강(강정·고령)			낙동강(칠서)			낙동강(물금·매리)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해 남조류 (세포 /mL)
21/7/26	26.9	17.4	1,865	29.4	29.7	6,039	29.1	52.7	7,609	28.8	22.1	7,525
21/8/2	26.5	12.0	45	29.7	18.3	18,548	30.7	61.7	25,563	30.8	23.3	42,385
21/8/9	28.5	21.7	22,421	28.7	8.2	7,387	28.9	13.4	2,020	29.9	52.5	54,833
21/8/12	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	30.3	40.9	31,951
21/8/17	25.9	7.1	245	27.0	8.9	2,415	26.7	17.5	32,453	27.1	26.3	9,971
21/8/19	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	27.4	23.8	10,376
21/8/23	24.9	5.7	250	26.4	11.6	1,415	25.9	12.2	3,345	25.4	18.4	22,276
21/8/26	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	채수불가	채수불가	채수불가
21/8/30	23.4	3.4	980	23.1	2.4	393	24.0	3.6	161	25.1	10.0	320
21/9/2	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	24.9	16.2	911
21/9/6	21.4	5.3	1,098	21.1	3.1	547	22.1	7.0	911	22.8	12.7	1,387
21/9/13	22.7	39.4	1,555	23.2	25.4	1,496	24.0	17.6	1,097	23.7	25.9	630
21/9/23	21.9	21.5	1,342	23.2	11.4	175	23.6	17.1	2,615	23.5	37.3	1,365
21/9/27	21.6	13.8	617	22.8	11.5	346	23.3	18.8	648	23.4	42.9	720
21/10/5	23.0	15.4	746	23.9	13.1	3,589	24.3	31.4	2,803	24.1	38.6	2,028
21/10/12	21.0	20.5	753	22.1	7.1	165	22.5	36.0	1,801	23.5	44.3	3,710
21/10/18	18.6	27.3	258	18.9	5.5	116	18.9	19.3	889	20.9	54.8	3,947
21/10/25	16.3	46.8	312	16.8	32.1	3,495	17.5	32.7	3,225	17.8	65.1	1,082
21/11/1	15.2	20.8	497	16.6	11.3	890	16.6	34.8	1,017	16.5	55.5	1,046
21/11/8	미채수	미채수	미채수	15.1	12.5	984	14.8	15.1	667	미채수	미채수	미채수
21/11/9	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	15.2	29.9	1,744
21/11/10	12.4	19.3	90	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수
21/11/15	11.4	14.2	669	12.8	6.5	822	13.3	11.7	342	미채수	미채수	미채수
21/11/16	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	13.3	1.9	702
21/11/22	10.8	27.8	260	11.9	9.8	700	채수불가	채수불가	채수불가	12.6	2.7	835
21/11/29	8.4	32.8	0	9.6	8.7	1,901	10.4	14.6	674	10.6	8.3	15
21/12/6	6.5	19.4	0	7.3	12.5	909	8.7	13.3	672	미채수	미채수	미채수
21/12/7	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	8.5	10.6	568
21/12/13	5.2	14.3	0	6.9	29.0	36	7.7	25.3	195	7.7	4.3	350
21/12/20	4.3	15.6	0	5.6	16.3	0	6.4	22.3	133	6.3	9.0	0
21/12/27	채수불가	채수불가	채수불가	3.8	13.5	0	4.4	23.1	22	미채수	미채수	미채수
21/12/28	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	미채수	4.2	11.4	68

안계호, 덕동호

조사일시	안계호(취수탑)			덕동호(댐앞)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	4.7	8.2	26	6.4	3.3	5
21/1/11	5.4	10.1	0	4.0	2.8	0
21/1/18	4.1	8.6	0	2.0	1.9	0
21/1/25	8.6	11.7	40	6.0	4.0	0
21/2/1	5.9	15.0	0	5.1	2.5	0
21/2/8	3.9	16.8	0	3.6	2.8	0
21/2/15	7.5	14.5	0	4.5	4.1	0
21/2/22	8.3	13.9	59	6.8	3.5	6
21/3/2	7.8	10.2	0	4.9	4.1	0
21/3/8	7.4	9.8	0	6.6	6.1	0
21/3/15	9.7	8.1	0	9.8	8.1	0
21/3/22	11.0	8.2	0	9.5	6.3	0
21/3/29	12.6	8.9	0	12.7	8.1	0
21/4/5	14.2	9.7	0	12.2	7.9	0
21/4/12	12.6	10.3	891	13.2	11.0	0
21/4/19	15.5	7.6	0	14.6	12.0	8
21/4/26	14.9	5.7	0	17.4	8.9	0
21/5/3	15.6	4.5	0	17.8	9.1	0
21/5/10	14.2	7.9	0	17.3	12.4	0
21/5/17	17.0	5.9	0	18.7	15.0	0
21/5/24	23.1	7.3	0	23.6	5.0	0
21/5/31	20.3	6.9	0	22.7	5.3	0
21/6/7	20.7	5.9	0	26.0	4.0	13
21/6/14	21.9	9.7	790	24.8	8.4	296
21/6/21	22.7	10.4	890	25.7	5.3	428
21/6/28	24.3	6.1	1,445	24.9	5.6	113
21/7/5	23.3	5.4	1,201	25.6	7.4	103
21/7/12	24.4	4.9	2,059	28.7	4.1	27

조사일시	안계호(취수탑)			덕동호(댐앞)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	25.2	4.3	1,071	28.5	2.3	33
21/7/26	26.1	6.6	1,782	29.9	3.2	24
21/8/2	25.7	3.9	2,984	31.0	2.5	10
21/8/9	25.1	6.2	669	28.4	4.4	50
21/8/17	24.4	5.9	13	23.8	7.8	264
21/8/23	24.7	8.0	358	25.0	6.5	304
21/8/30	26.2	9.0	1,465	27.2	7.8	1,154
21/9/6	23.9	4.2	809	23.4	13.6	410
21/9/13	23.7	6.8	2,371	24.7	8.6	777
21/9/23	23.1	13.8	310	23.8	12.2	1,771
21/9/27	22.8	15.3	297	21.8	11.1	84
21/10/5	23.4	8.6	86	24.8	8.7	3,189
21/10/12	21.4	9.7	40	21.5	18.5	2,445
21/10/18	20.0	7.9	271	20.9	8.2	868
21/10/25	19.3	4.8	0	19.0	6.9	1,181
21/11/1	17.9	5.4	46	17.6	6.0	851
21/11/8	17.4	9.9	46	16.2	5.5	299
21/11/15	14.8	6.1	0	15.6	3.7	173
21/11/22	14.0	6.9	0	13.6	3.7	131
21/11/29	12.6	7.2	0	12.9	5.2	159
21/12/6	11.6	5.5	0	11.6	3.1	91
21/12/13	9.1	8.0	40	9.8	3.5	0
21/12/20	7.8	3.9	0	8.8	3.5	0
21/12/27	5.8	8.5	0	6.8	4.3	0

총주호

조사일시	총주호(담양)			총주호(청풍교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	6.9	0.6	0	7.3	3.1	0
21/1/11	채수불가	채수불가	채수불가	5.1	5.6	0
21/1/18	채수불가	채수불가	채수불가	4.8	6.1	0
21/1/19	4.6	1.4	0	미채수	미채수	미채수
21/1/25	5.5	1.4	0	5.6	6.1	0
21/2/1	4.9	0.5	0	5.2	5.5	0
21/2/8	4.2	1.9	0	4.0	6.4	0
21/2/15	4.8	2.8	0	4.7	4.7	0
21/2/22	9.7	3.3	0	5.1	3.3	0
21/3/2	4.5	6.1	0	4.6	4.7	0
21/3/8	5.9	8.9	0	5.4	5.0	0
21/3/15	6.6	0.5	0	6.7	0.8	0
21/3/22	5.5	1.5	0	7.8	3.6	0
21/3/29	6.8	2.2	0	9.5	1.4	0
21/4/5	7.0	2.2	0	10.5	1.7	0
21/4/12	8.0	1.9	0	11.5	3.1	0
21/4/19	8.4	1.4	0	12.4	2.8	0
21/4/28	10.9	1.6	0	13.2	1.6	0
21/5/3	10.5	1.4	0	14.1	1.3	0
21/5/10	10.0	2.7	0	14.2	1.6	0
21/5/17	13.3	3.4	0	15.4	1.9	0
21/5/24	14.5	0.8	0	17.2	1.9	0
21/5/31	14.2	1.1	0	17.0	1.9	0
21/6/7	13.8	0.8	0	19.3	0.9	0
21/6/14	16.4	0.6	0	21.1	1.4	0
21/6/21	17.7	0.8	0	21.5	0.8	0
21/6/28	18.7	1.4	0	21.6	2.2	0
21/7/5	17.5	1.7	0	23.2	7.3	0

조사일시	충주호(담양)			충주호(청풍교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/12	20.9	1.5	0	23.5	3.9	0
21/7/19	21.0	1.1	0	24.5	3.0	0
21/7/26	21.8	1.4	0	25.1	4.3	0
21/8/2	채수불가	채수불가	채수불가	26.1	2.2	0
21/8/10	22.2	1.6	0	26.6	2.2	0
21/8/17	24.0	0.8	0	25.6	1.9	0
21/8/23	22.6	1.9	0	25.2	2.8	0
21/8/30	23.8	2.5	0	24.5	3.6	0
21/9/6	20.4	1.9	0	23.6	2.8	0
21/9/13	22.3	0.8	0	24.1	1.1	0
21/9/23	21.7	1.1	0	23.4	1.9	652
21/9/27	20.1	1.9	0	23.1	2.2	0
21/10/5	19.6	2.3	0	23.1	3.6	0
21/10/12	20.4	2.5	0	22.4	3.6	0
21/10/18	20.4	2.3	0	20.9	5.6	0
21/10/25	16.7	4.2	0	19.8	2.5	0
21/11/1	18.9	2.0	0	19.2	2.3	0
21/11/8	16.2	1.6	0	채수불가	채수불가	채수불가
21/11/15	16.6	0.8	0	16.9	3.3	0
21/11/22	12.4	0.8	0	15.4	3.1	0
21/11/29	14.4	0.8	0	14.3	2.2	0
21/12/6	11.2	0.5	0	12.7	2.0	0
21/12/13	9.0	1.4	0	11.2	2.0	0
21/12/20	10.0	1.4	0	10.7	2.2	0
21/12/27	7.4	1.4	0	8.6	3.0	0

■ 광고지, 황성호

조사일시	광고지(취수탑)			황성호(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	결빙	결빙	결빙	채수불가	채수불가	채수불가
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/18	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/1	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/8	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/15	5.1	10.8	0	결빙	결빙	결빙
21/2/22	5.1	19.5	0	결빙	결빙	결빙
21/3/2	5.0	26.8	0	채수불가	채수불가	채수불가
21/3/8	6.8	27.5	0	6.3	4.2	0
21/3/15	9.1	25.8	0	6.4	1.1	0
21/3/22	10.0	38.4	0	5.8	1.9	0
21/3/29	11.4	43.3	0	7.5	2.0	0
21/4/5	13.4	27.4	0	9.5	1.6	0
21/4/12	15.9	31.6	0	8.9	2.2	0
21/4/19	14.8	46.9	0	9.9	1.7	0
21/4/26	17.3	49.2	0	11.1	1.9	0
21/5/3	17.3	28.2	0	10.3	1.3	0
21/5/10	16.9	16.7	0	9.4	1.6	0
21/5/17	20.2	16.9	0	12.9	7.0	0
21/5/24	21.4	17.4	0	13.0	11.4	0
21/5/31	20.5	32.7	0	13.4	15.3	0
21/6/7	22.8	24.8	0	채수불가	채수불가	채수불가
21/6/14	26.5	11.9	0	15.8	15.4	0
21/6/21	24.8	20.0	420	15.1	28.6	0
21/6/28	27.5	15.4	680	15.6	12.9	0
21/7/5	25.2	14.2	0	15.5	2.8	0
21/7/12	27.3	16.9	0	17.0	5.3	0

조사일시	광교지(취수탑)			횡성호(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	29.7	12.9	0	17.0	6.2	0
21/7/26	31.3	42.4	0	18.1	7.8	0
21/8/2	29.9	32.3	0	18.1	11.5	0
21/8/9	29.7	19.7	220	17.4	0.9	0
21/8/17	27.8	16.4	0	19.5	2.6	0
21/8/23	26.7	23.7	0	16.5	5.3	0
21/8/30	25.7	7.5	0	15.7	3.9	0
21/9/6	24.2	19.4	0	16.6	4.7	0
21/9/13	25.2	24.8	0	16.8	2.7	0
21/9/23	23.9	24.8	0	채수불가	채수불가	채수불가
21/9/27	23.4	30.6	0	16.1	6.1	0
21/10/5	23.3	30.9	0	17.3	5.0	0
21/10/12	21.9	27.3	0	15.8	5.3	0
21/10/18	18.7	32.4	0	16.0	5.0	0
21/10/25	16.6	14.4	0	14.5	2.8	0
21/11/1	15.7	12.7	0	14.4	2.5	0
21/11/8	8.0	15.2	0	12.3	3.0	0
21/11/15	12.5	14.6	0	11.4	1.7	0
21/11/22	11.6	14.8	0	9.9	2.2	0
21/11/29	9.3	17.2	0	9.3	2.0	0
21/12/6	7.6	7.7	0	8.3	1.7	0
21/12/13	6.9	10.0	0	7.3	1.5	0
21/12/20	5.7	13.6	0	결빙	결빙	결빙
21/12/27	3.1	19.6	0	결빙	결빙	결빙

용담호, 옥정호

조사일시	용담호(댐앞)			용담호(취수탑)			조사일시	옥정호(칠보취수구)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/5	6.2	2.6	0	5.1	2.1	0	21/1/4	9.3	1.7	0
21/1/11	4.3	1.9	0	3.8	2.5	0	21/1/11	8.7	1.3	0
21/1/18	4.0	2.3	0	4.2	1.8	0	21/1/18	9.1	1.8	0
21/1/25	4.8	2.3	0	5.1	2.2	0	21/1/25	10.7	1.9	0
21/2/2	3.6	0.7	0	3.4	0.9	0	21/2/1	10.8	0.5	0
21/2/8	4.0	0.6	0	4.0	0.8	0	21/2/8	10.2	0.7	0
21/2/15	4.3	0.6	0	4.0	0.4	0	21/2/15	9.0	0.9	0
21/2/22	6.1	1.0	0	5.3	0.7	0	21/2/22	11.8	0.9	0
21/3/2	4.3	1.0	0	4.0	1.3	0	21/3/2	10.9	3.7	0
21/3/8	4.8	1.4	0	5.0	1.8	0	21/3/8	11.5	2.1	0
21/3/15	5.9	1.4	0	6.3	1.7	0	21/3/15	11.5	0.7	0
21/3/22	7.3	1.9	0	5.6	1.0	0	21/3/22	10.7	3.5	0
21/3/30	8.1	3.0	0	7.6	1.0	0	21/3/29	11.5	3.5	0
21/4/6	8.0	3.4	0	9.6	0.9	0	21/4/5	11.6	0.7	0
21/4/13	9.0	2.4	0	8.0	1.0	0	21/4/13	12.7	2.5	0
21/4/19	8.4	1.1	0	9.1	1.9	0	21/4/19	11.2	2.4	0
21/4/27	10.8	1.8	0	10.0	1.7	0	21/4/26	12.3	1.7	0
21/5/3	9.9	1.3	0	9.6	0.9	0	21/5/3	12.1	1.8	0
21/5/11	9.4	5.5	0	8.8	3.2	0	21/5/10	12.9	1.9	0
21/5/18	12.2	7.3	0	10.4	5.2	0	21/5/17	13.8	4.0	0
21/5/24	13.8	13.1	0	12.8	8.9	0	21/5/24	14.4	5.2	0
21/5/31	13.7	11.7	0	11.8	5.5	0	21/5/31	14.9	4.3	0
21/6/7	14.3	4.0	16	11.9	5.9	6	21/6/7	15.4	5.3	4
21/6/14	14.3	4.6	3	15.0	2.8	4	21/6/14	16.7	6.7	2
21/6/21	16.0	3.4	3	14.6	2.6	0	21/6/21	17.6	4.9	8
21/6/28	16.4	4.8	23	14.2	4.4	0	21/6/28	17.8	1.9	4
21/7/5	14.5	6.0	14	13.7	6.8	13	21/7/5	15.5	5.2	12
21/7/12	17.8	6.8	23	16.3	1.4	40	21/7/12	16.5	1.8	0

조사일시	용담호(댐앞)			용담호(취수탑)			조사일시	옥정호(칠보취수구)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/20	19.0	3.9	6	17.7	13.9	5	21/7/19	16.5	4.3	0
21/7/26	17.9	5.0	64	20.2	3.5	56	21/7/26	16.8	7.5	36
21/8/3	18.2	6.8	432	21.4	14.2	450	21/8/3	17.4	7.3	90
21/8/9	13.0	5.6	752	17.2	5.2	666	21/8/9	16.8	6.5	202
21/8/17	14.4	4.1	558	15.8	4.8	461	21/8/17	17.9	13.2	265
21/8/23	15.9	21.3	410	14.6	10.9	254	21/8/23	18.6	11.2	220
21/8/30	14.9	7.6	264	16.9	5.2	268	21/8/30	16.5	1.0	18
21/9/6	15.4	5.0	366	15.0	4.5	135	21/9/6	15.7	1.2	11
21/9/13	18.2	6.3	538	16.8	14.2	606	21/9/13	17.2	0.0	0
21/9/23	17.3	23.6	492	16.4	9.2	132	21/9/23	17.0	3.0	5
21/9/27	16.2	5.2	294	15.5	15.7	210	21/9/27	17.2	2.5	15
21/10/5	16.9	13.9	528	17.7	8.4	514	21/10/5	17.0	2.5	4
21/10/12	13.9	4.8	302	14.3	4.2	259	21/10/12	16.4	7.6	896
21/10/18	14.6	2.0	109	13.9	3.5	210	21/10/18	13.1	0.8	58
21/10/25	14.4	4.1	179	13.6	2.5	323	21/10/25	12.6	0.6	0
21/11/1	13.4	4.4	100	13.3	3.5	182	21/11/1	13.5	1.2	0
21/11/8	12.3	6.7	19	12.0	5.4	56	21/11/8	13.3	1.3	0
21/11/15	12.7	6.6	76	11.9	5.6	36	21/11/15	12.1	0.9	0
21/11/23	11.8	9.4	134	12.1	6.8	152	21/11/22	11.8	1.5	0
21/11/29	12.1	8.6	148	12.3	6.5	162	21/11/29	11.0	1.4	0
21/12/6	11.7	5.2	38	10.5	3.7	44	21/12/6	10.7	1.2	0
21/12/14	7.5	2.9	71	7.4	3.4	70	21/12/13	11.9	6.9	74
21/12/20	7.5	0.0	79	7.1	0.0	50	21/12/20	11.9	1.3	88
21/12/27	5.6	2.6	120	5.4	2.5	34	21/12/27	9.0	1.8	12

공산지

조사일시	공산지(중앙부)			공산지(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	채수불가	채수불가	채수불가	3.7	7.9	0
21/1/11	채수불가	채수불가	채수불가	2.1	6.7	0
21/1/18	채수불가	채수불가	채수불가	1.6	10.0	0
21/1/25	채수불가	채수불가	채수불가	3.6	9.5	0
21/2/1	채수불가	채수불가	채수불가	2.6	7.7	0
21/2/8	채수불가	채수불가	채수불가	2.8	5.4	0
21/2/15	채수불가	채수불가	채수불가	3.7	7.7	0
21/2/22	채수불가	채수불가	채수불가	5.9	9.9	0
21/3/2	5.2	16.7	0	5.5	18.1	0
21/3/8	채수불가	채수불가	채수불가	6.1	22.0	0
21/3/15	8.2	27.8	0	7.8	26.7	0
21/3/22	9.1	30.7	0	9.0	31.2	0
21/3/29	10.6	20.0	0	10.3	19.8	0
21/4/5	11.9	25.1	0	11.5	25.0	0
21/4/12	채수불가	채수불가	채수불가	12.3	26.0	0
21/4/19	13.8	18.3	0	13.5	20.9	0
21/4/26	15.6	17.5	0	15.5	18.5	0
21/5/3	16.3	23.9	0	16.7	21.9	0
21/5/10	13.8	41.3	0	16.9	45.3	0
21/5/17	17.8	12.9	0	17.6	14.1	0
21/5/24	19.2	15.1	0	18.7	11.8	0
21/5/31	20.3	28.9	0	20.2	40.5	0
21/6/7	21.5	20.2	0	22.3	20.7	0
21/6/14	22.7	9.0	0	22.8	33.0	0
21/6/21	23.0	18.4	0	23.2	12.4	0
21/6/28	24.5	28.8	0	24.2	41.0	0
21/7/5	24.6	24.4	360	24.2	24.9	790
21/7/12	23.5	9.9	234	23.9	8.7	369

조사일시	공산지(중앙부)			공산지(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	23.9	26.8	612	25.4	31.4	910
21/7/26	25.1	24.3	8,010	25.4	27.1	5,424
21/8/2	26.0	25.6	5,928	26.2	36.3	46,120
21/8/9	26.0	6.1	4,852	26.1	11.1	8,942
21/8/17	25.7	6.1	912	25.6	10.3	5,420
21/8/23	채수불가	채수불가	채수불가	24.8	10.5	2,240
21/8/30	23.1	8.5	0	23.0	3.9	0
21/9/6	21.5	13.2	228	21.6	15.3	5,530
21/9/13	22.2	22.1	2,700	21.9	14.7	440
21/9/23	22.0	15.0	20	21.6	14.2	890
21/9/27	21.5	9.4	410	21.5	12.0	80
21/10/5	22.5	10.5	696	22.2	7.0	164
21/10/12	20.9	6.3	184	21.2	8.2	920
21/10/18	19.8	6.9	30	20.1	6.4	640
21/10/25	18.5	5.9	332	18.5	6.7	148
21/11/1	17.2	4.0	0	17.1	4.2	0
21/11/8	채수불가	채수불가	채수불가	16.2	5.4	0
21/11/15	14.4	5.4	0	14.4	6.4	0
21/11/22	13.2	5.0	0	13.2	4.3	0
21/11/29	11.7	7.1	0	11.6	7.6	270
21/12/6	채수불가	채수불가	채수불가	9.4	10.9	0
21/12/13	채수불가	채수불가	채수불가	8.9	14.4	0
21/12/20	채수불가	채수불가	채수불가	7.4	24.8	0
21/12/27	채수불가	채수불가	채수불가	5.4	23.6	0

춘천호, 보령호

조사일시	춘천호(용산취수장)			조사일시	춘천호(춘천댐 상류)			조사일시	보령호(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)
21/1/4	12.7	8.3	0	21/1/4	채수불가	채수불가	채수불가	21/1/4	6.1	6.3	288
21/1/11	11.2	4.2	0	21/1/11	결빙	결빙	결빙	21/1/11	4.4	5.0	124
21/1/18	11.5	3.8	0	21/1/18	결빙	결빙	결빙	21/1/18	4.3	5.1	174
21/1/25	14.7	4.2	0	21/1/25	결빙	결빙	결빙	21/1/25	4.6	4.1	88
21/2/1	13.5	3.9	0	21/2/1	결빙	결빙	결빙	21/2/1	4.6	4.3	32
21/2/8	4.0	3.1	0	21/2/8	결빙	결빙	결빙	21/2/8	3.9	4.7	56
21/2/15	4.5	3.6	0	21/2/15	채수불가	채수불가	채수불가	21/2/15	4.3	6.8	0
21/2/22	5.3	2.5	0	21/2/22	6.7	6.8	0	21/2/22	4.6	5.7	0
21/3/2	4.0	4.9	0	21/3/3	6.6	4.2	0	21/3/2	4.6	6.5	0
21/3/8	5.2	3.4	0	21/3/8	8.2	4.7	0	21/3/8	5.6	7.3	0
21/3/15	8.0	4.0	0	21/3/16	11.0	7.9	0	21/3/15	6.7	8.5	0
21/3/22	7.3	5.8	0	21/3/22	11.0	12.0	0	21/3/22	7.3	5.8	0
21/3/29	7.5	3.9	0	21/3/29	11.0	7.7	0	21/3/29	7.6	5.2	0
21/4/5	7.7	4.2	0	21/4/6	12.6	18.0	0	21/4/5	8.8	4.1	0
21/4/12	2.2	5.0	0	21/4/14	15.4	6.1	0	21/4/12	10.3	7.1	0
21/4/19	10.4	3.2	0	21/4/20	14.9	6.7	0	21/4/19	10.0	6.1	0
21/4/26	9.8	4.1	0	21/4/26	17.9	4.4	0	21/4/26	10.6	6.2	0
21/5/3	11.5	2.2	0	21/5/4	9.0	2.2	0	21/5/3	11.2	8.2	0
21/5/10	11.5	2.2	0	21/5/10	16.2	3.1	0	21/5/10	11.3	7.5	0
21/5/17	12.4	2.0	0	21/5/17	19.5	3.7	0	21/5/17	13.0	5.8	0
21/5/24	13.1	2.8	0	21/5/24	20.0	6.9	0	21/5/24	13.8	4.7	0
21/5/31	13.6	2.1	140	21/5/31	19.7	12.8	0	21/5/31	15.4	3.6	0
21/6/7	14.2	4.5	0	21/6/7	21.0	12.1	0	21/6/7	16.4	4.3	0
21/6/14	15.4	2.6	0	21/6/14	24.7	9.5	0	21/6/14	17.7	3.7	0
21/6/22	15.0	5.4	0	21/6/21	24.3	3.3	0	21/6/21	18.5	5.1	756
21/6/28	12.0	4.8	0	21/6/28	28.4	5.1	0	21/6/28	18.4	4.2	734
21/7/5	17.1	3.6	0	21/7/5	21.0	37.1	0	21/7/5	18.9	5.3	268
21/7/12	10.0	5.2	0	21/7/12	26.5	28.2	58	21/7/12	20.9	5.9	694

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서

조사일시	춘천호(용산취수장)			조사일시	춘천호(춘천댐 상류)			조사일시	보령호(취수탑)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)
21/7/19	17.1	9.2	0	21/7/19	29.5	12.5	144	21/7/19	22.5	6.2	828
21/7/27	22.1	6.1	6	21/7/26	31.1	7.6	39	21/7/26	23.3	4.5	54
21/8/2	22.0	8.1	105	21/8/2	29.7	9.6	72	21/8/2	26.0	4.2	0
21/8/9	23.0	6.3	28	21/8/9	29.0	11.8	383	21/8/9	23.4	4.1	0
21/8/18	20.9	6.6	125	21/8/17	28.2	10.9	1,355	21/8/17	27.2	6.8	720
21/8/24	21.1	8.3	161	21/8/24	25.2	34.3	875	21/8/23	21.7	6.9	400
21/8/31	20.8	8.6	122	21/8/30	24.8	12.8	269	21/8/30	24.1	12.9	0
21/9/6	21.0	4.5	119	21/9/6	24.2	8.2	314	21/9/6	22.9	15.2	0
21/9/13	22.4	4.0	64	21/9/13	24.3	8.3	524	21/9/13	23.2	6.2	380
21/9/23	20.7	4.0	162	21/9/23	22.7	9.9	617	21/9/23	22.9	5.1	460
21/9/27	19.9	4.0	100	21/9/27	22.5	10.3	219	21/9/27	22.5	6.5	0
21/10/5	20.3	4.5	0	21/10/5	22.0	6.5	0	21/10/5	20.9	6.1	234
21/10/12	18.7	3.9	106	21/10/12	21.1	12.5	0	21/10/12	22.4	7.2	628
21/10/19	18.5	5.0	0	21/10/18	19.0	6.9	0	21/10/18	20.1	8.8	402
21/10/25	14.7	4.4	0	21/10/25	16.5	4.9	0	21/10/25	18.3	10.8	412
21/11/1	14.5	2.5	0	21/11/1	16.0	6.5	0	21/11/1	20.7	6.5	670
21/11/8	13.8	5.4	0	21/11/9	14.4	5.2	0	21/11/8	16.1	7.6	0
21/11/15	14.2	4.7	60	21/11/15	13.1	4.9	0	21/11/15	14.1	5.2	236
21/11/22	11.3	2.3	0	21/11/22	11.5	3.6	8	21/11/22	12.9	6.2	204
21/11/29	9.8	2.3	0	21/11/29	10.3	3.0	0	21/11/29	11.4	9.0	24
21/12/7	7.1	2.2	0	21/12/6	8.8	2.5	0	21/12/6	10.0	5.4	24
21/12/13	5.9	2.1	0	21/12/13	6.7	3.4	0	21/12/13	9.2	6.3	84
21/12/21	5.5	2.9	0	21/12/20	6.1	2.9	0	21/12/20	8.2	6.6	52
21/12/27	4.3	3.3	0	21/12/27	3.5	3.7	0	21/12/27	6.2	7.1	26

주암호

조사일시	주암호(담양)			주암호(신평교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/5	7.5	3.8	0	7.7	5.0	0
21/1/11	6.2	3.1	0	5.9	4.5	0
21/1/20	6.0	3.0	0	5.7	3.5	0
21/1/26	6.2	2.6	0	6.2	3.8	0
21/2/2	5.4	2.3	0	5.5	2.3	0
21/2/9	5.9	2.7	0	5.7	2.5	0
21/2/16	5.6	2.1	0	5.9	1.9	0
21/2/23	5.6	2.2	0	6.0	3.2	0
21/3/3	6.1	1.4	0	6.6	2.9	0
21/3/9	7.2	1.7	0	7.6	2.3	0
21/3/16	7.6	1.8	0	8.5	2.4	0
21/3/23	7.8	2.1	0	8.5	2.4	0
21/3/30	8.6	2.2	0	9.2	3.1	0
21/4/6	9.4	3.3	0	9.7	3.3	0
21/4/13	10.0	3.2	0	11.1	5.7	0
21/4/20	9.6	4.4	0	10.6	3.9	0
21/4/27	11.0	3.1	0	12.0	2.9	0
21/5/4	10.8	4.2	0	12.0	6.7	0
21/5/11	11.5	5.5	0	12.9	5.1	0
21/5/18	12.2	7.2	0	12.8	4.0	0
21/5/25	12.7	4.4	0	13.9	4.7	0
21/6/2	14.3	6.9	0	15.2	4.9	0
21/6/8	15.5	12.3	0	16.0	5.6	0
21/6/15	15.2	5.3	99	16.8	4.1	27
21/6/22	15.9	3.3	0	17.2	3.4	0
21/6/29	16.1	2.4	0	17.8	2.2	47
21/7/8	16.7	4.1	0	19.4	4.2	0
21/7/13	18.5	3.5	130	20.9	3.6	55

조사일시	주암호(담양)			주암호(신평교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/20	18.6	5.1	26	20.6	3.2	0
21/7/27	19.3	2.2	17	21.4	4.5	0
21/8/3	19.8	3.7	0	21.9	4.2	71
21/8/10	20.1	4.4	198	22.8	4.4	536
21/8/18	19.9	2.5	733	22.3	4.6	819
21/8/25	20.5	4.3	475	22.2	8.6	400
21/8/31	20.6	0.7	269	22.2	1.3	110
21/9/7	18.9	2.3	313	21.2	2.1	315
21/9/13	19.5	2.2	165	22.1	2.5	397
21/9/23	19.9	1.8	56	22.2	1.4	69
21/9/28	19.8	1.5	0	21.4	2.0	0
21/10/6	20.2	3.7	37	22.5	3.8	51
21/10/13	19.6	3.5	52	21.4	2.6	7
21/10/19	19.0	3.8	0	20.2	4.9	42
21/10/26	18.2	3.7	0	18.9	2.9	0
21/11/2	17.7	2.6	0	18.6	3.3	0
21/11/9	17.2	0.8	0	17.2	2.5	0
21/11/16	16.5	1.3	0	16.6	3.4	0
21/11/23	14.7	3.6	0	14.5	3.5	0
21/11/30	14.2	1.8	0	14.0	3.6	0
21/12/7	12.9	2.5	0	12.5	3.1	0
21/12/14	11.2	3.9	0	11.4	2.8	0
21/12/21	11.0	1.2	0	10.7	1.6	0
21/12/27	8.8	0.9	0	8.3	1.4	0

동북호

조사일시	동북호(취수탑)			동북호(중류)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	6.1	7.4	0	6.4	9.7	0
21/1/11	4.5	9.8	0	4.1	11.1	0
21/1/19	4.1	8.9	0	4.0	10.0	15
21/1/25	5.4	6.5	0	5.2	8.9	0
21/2/1	6.3	3.2	0	5.7	5.5	0
21/2/8	4.7	8.8	0	4.2	7.7	0
21/2/15	5.4	6.5	0	5.0	7.4	0
21/2/22	6.0	7.2	0	6.4	7.4	0
21/3/2	6.3	9.4	0	5.9	11.5	0
21/3/9	7.3	11.3	0	7.6	12.3	0
21/3/15	9.0	12.0	0	8.8	13.7	0
21/3/22	8.2	18.8	0	8.8	21.5	0
21/3/29	9.9	16.8	0	10.4	17.9	0
21/4/5	10.9	13.7	0	11.0	13.7	0
21/4/12	11.3	9.7	0	11.5	15.2	0
21/4/19	12.5	7.7	0	12.3	11.0	0
21/4/26	13.6	7.5	0	13.6	9.1	0
21/5/3	14.4	7.1	0	14.9	11.3	0
21/5/10	15.0	6.9	0	15.4	9.8	0
21/5/17	15.4	7.1	0	16.5	7.1	0
21/5/24	18.1	4.6	0	18.5	5.8	0
21/6/1	19.7	1.8	0	19.1	3.7	0
21/6/7	20.0	2.5	275	20.8	5.6	375
21/6/14	21.2	3.9	375	22.7	8.9	525
21/6/21	20.9	4.6	1,290	21.6	8.7	1,500
21/6/28	21.8	3.6	640	22.4	6.7	850
21/7/5	21.3	7.7	380	22.1	11.3	380
21/7/12	22.3	4.2	230	23.1	4.0	190

조사일시	동북호(취수탑)			동북호(중류)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/20	24.0	3.6	55	24.2	3.5	455
21/7/26	23.3	10.6	420	23.4	7.6	840
21/8/2	25.8	3.1	490	26.3	4.5	630
21/8/9	23.5	5.4	390	24.7	7.6	425
21/8/17	24.4	7.4	555	24.7	5.3	740
21/8/23	24.0	10.3	465	24.7	10.4	230
21/8/30	25.2	5.9	820	25.5	4.2	715
21/9/6	23.2	4.1	850	23.4	3.0	700
21/9/13	23.9	9.0	740	24.2	6.0	630
21/9/23	23.8	8.3	220	23.9	5.5	0
21/9/27	23.8	8.8	910	23.9	7.3	420
21/10/5	24.2	7.5	960	24.3	6.1	910
21/10/12	23.0	6.5	270	23.2	3.4	200
21/10/18	21.5	7.4	300	21.6	9.4	260
21/10/25	19.7	9.1	0	19.7	4.9	0
21/11/1	18.9	2.7	0	19.0	2.7	480
21/11/8	17.1	4.5	120	17.0	6.1	0
21/11/15	15.3	3.6	0	16.1	4.3	0
21/11/22	14.6	4.5	0	14.7	5.9	40
21/11/30	13.3	6.6	0	13.5	7.8	0
21/12/6	11.3	5.6	90	11.8	6.0	0
21/12/13	10.8	7.9	0	10.6	7.1	0
21/12/20	9.5	6.7	0	9.3	7.1	0
21/12/27	6.9	7.6	0	7.2	8.7	0

탐진호

조사일시	탐진호(담양)			탐진호(유치천 합류)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	6.5	4.8	0	6.3	5.0	0
21/1/12	5.7	2.7	0	5.5	2.5	0
21/1/19	4.7	3.5	0	5.0	3.9	0
21/1/25	5.6	3.2	0	5.6	3.8	0
21/2/1	5.7	7.7	0	5.6	5.1	0
21/2/9	5.2	7.1	0	5.0	9.7	0
21/2/15	5.7	8.3	0	5.2	9.9	0
21/2/22	6.2	8.7	0	6.3	8.4	0
21/3/2	5.9	7.5	0	5.9	6.3	0
21/3/8	7.4	7.3	0	7.5	6.3	0
21/3/15	8.4	8.4	0	8.0	6.7	0
21/3/22	9.0	8.2	0	8.7	8.3	0
21/3/29	10.7	9.2	0	9.3	7.5	0
21/4/7	11.2	6.8	0	10.6	7.6	0
21/4/13	12.8	12.3	0	10.8	8.3	0
21/4/19	11.2	5.9	0	10.5	5.6	0
21/4/26	13.9	5.9	0	12.8	4.2	0
21/5/3	13.9	3.0	0	13.2	2.7	0
21/5/10	14.2	3.8	0	12.9	2.8	0
21/5/17	14.5	1.1	0	14.0	1.1	0
21/5/24	19.1	10.2	0	14.7	2.1	0
21/5/31	18.3	4.5	0	14.5	3.1	0
21/6/7	22.0	6.3	42	16.0	4.7	0
21/6/16	20.8	8.2	48	16.7	3.0	0
21/6/23	17.2	4.7	0	17.1	3.7	22
21/6/28	24.8	5.5	18	18.3	2.9	0
21/7/7	21.0	2.8	0	19.2	3.8	0
21/7/12	23.4	3.1	38	20.5	2.3	0

조사일시	탐진호(담양)			탐진호(유치천 합류)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	19.8	4.3	0	18.9	3.3	0
21/7/26	22.0	7.2	0	21.0	5.5	0
21/8/4	23.8	13.5	34	21.1	4.7	0
21/8/9	23.6	4.9	38	20.8	2.5	0
21/8/17	20.4	1.1	0	20.3	1.0	0
21/8/23	19.9	2.1	0	19.8	1.1	92
21/8/30	24.5	1.3	36	18.7	0.5	0
21/9/6	21.6	3.4	0	17.9	1.5	0
21/9/15	17.8	1.0	0	18.4	0.4	0
21/9/24	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
21/9/27	22.1	2.4	24	19.3	1.5	0
21/10/5	24.2	4.0	34	21.0	2.4	0
21/10/12	21.3	2.5	0	15.9	1.2	0
21/10/18	17.6	1.4	0	17.0	1.8	0
21/10/25	17.5	3.8	0	17.1	2.5	0
21/11/1	15.4	2.3	0	13.4	2.3	0
21/11/8	14.4	2.6	0	14.1	2.6	0
21/11/17	14.1	1.3	0	13.1	1.1	0
21/11/24	12.5	2.3	0	12.3	1.7	0
21/11/29	12.9	1.6	0	12.4	1.5	0
21/12/6	10.8	1.7	0	10.5	1.0	0
21/12/13	9.6	2.0	0	9.9	1.0	0
21/12/20	8.9	1.7	0	9.1	1.7	0
21/12/27	7.0	1.0	0	7.2	0.9	0

진양호

조사일시	진양호(남강호) (내동)			진양호(남강호) (판문)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	4.4	6.7	2,974	4.8	7.7	2,634
21/1/11	2.8	6.2	1,931	3.6	7.0	1,468
21/1/19	3.2	4.6	771	3.2	5.0	720
21/1/25	3.9	4.2	375	3.6	4.3	369
21/2/1	4.3	4.8	0	4.0	3.9	0
21/2/8	4.3	4.9	33	4.0	5.3	0
21/2/15	5.5	4.3	0	5.2	2.6	0
21/2/23	6.5	4.8	83	6.3	3.8	0
21/3/2	7.4	4.3	0	6.8	2.6	0
21/3/8	8.4	3.1	133	8.1	4.5	0
21/3/15	10.0	3.9	0	10.2	2.4	0
21/3/22	11.9	2.6	0	11.3	3.0	0
21/3/29	12.1	1.9	0	12.8	2.2	0
21/4/6	14.5	3.6	0	14.0	3.2	0
21/4/13	14.1	3.7	0	14.8	2.7	0
21/4/19	15.6	1.9	0	15.7	2.2	0
21/4/26	16.5	3.0	0	16.4	5.4	0
21/5/4	17.6	3.6	0	17.8	5.0	0
21/5/10	18.6	4.5	0	18.7	3.3	0
21/5/17	19.1	10.2	0	19.3	8.6	0
21/5/25	20.4	16.0	366	20.3	9.4	183
21/5/31	21.0	4.6	333	21.3	11.8	350
21/6/7	22.3	3.8	616	22.3	6.0	516
21/6/14	23.1	5.0	1,866	23.5	4.9	950
21/6/21	23.9	7.2	283	23.7	3.6	133
21/6/28	24.9	29.1	133	24.9	5.0	0
21/7/5	25.2	7.3	516	25.3	8.3	832
21/7/12	21.9	9.2	0	22.2	7.8	0

조사일시	진양호(남강호) (내동)			진양호(남강호) (판문)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	24.9	10.9	50	24.8	5.6	0
21/7/26	25.7	7.4	783	27.7	3.7	966
21/8/2	27.0	8.1	5,549	26.5	9.3	2,099
21/8/9	27.4	9.2	3,816	28.4	16.2	2,200
21/8/17	28.4	9.9	1,233	26.9	17.6	2,749
21/8/23	26.4	14.9	2,533	26.3	18.5	2,383
21/8/30	24.0	15.7	2,983	24.1	16.4	4,649
21/9/6	24.3	26.0	1,383	24.2	21.7	1,566
21/9/13	23.7	13.8	4,916	23.7	18.4	2,882
21/9/23	23.6	15.5	9,382	23.7	23.8	9,533
21/9/28	23.5	12.2	9,755	23.1	12.0	5,524
21/10/5	24.0	9.1	8,878	23.3	11.2	4,752
21/10/12	24.1	2.9	7,179	23.8	2.6	13,985
21/10/18	21.4	3.9	1,390	21.6	6.3	9,425
21/10/25	18.9	13.3	429	19.2	17.2	270
21/11/1	17.7	6.4	99	17.7	9.7	0
21/11/9	16.3	14.8	79	16.4	5.2	106
21/11/15	14.8	11.0	0	14.9	7.6	0
21/11/22	13.9	2.8	0	13.9	5.4	0
21/11/29	12.0	2.4	0	12.2	4.5	0
21/12/6	10.2	3.6	0	10.4	7.1	0
21/12/13	9.5	4.1	0	9.6	5.0	0
21/12/21	7.8	4.3	53	7.9	5.6	0
21/12/28	6.0	4.1	40	6.4	2.9	620

사연호

조사일시	사연호(취수탑)			조사일시	사연호(반연리)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	3.0	9.9	0	3.0	8.8	0	0
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	0
21/1/18	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	0
21/1/25	4.1	4.1	297	5.0	4.5	0	0
21/2/2	4.2	3.3	0	3.8	4.7	0	0
21/2/8	3.9	6.0	0	4.6	6.0	0	0
21/2/15	5.9	4.9	0	7.2	5.8	0	0
21/2/22	6.8	6.6	0	7.8	7.3	184	0
21/3/2	6.2	9.5	0	7.1	8.0	0	0
21/3/8	7.5	6.8	0	7.4	6.5	0	0
21/3/15	8.8	9.2	0	10.5	6.3	0	0
21/3/22	8.9	9.6	0	11.0	10.8	0	0
21/3/29	10.2	7.4	0	13.1	10.2	0	0
21/4/5	10.1	4.8	0	13.7	8.8	0	0
21/4/13	12.5	5.7	0	15.4	7.3	0	0
21/4/19	12.9	6.0	0	17.4	6.9	170	0
21/4/26	12.0	4.6	0	15.5	5.9	0	0
21/5/3	12.7	6.8	0	18.7	12.2	0	0
21/5/10	11.7	6.2	0	18.3	22.1	368	0
21/5/17	13.8	11.3	0	18.5	16.7	198	0
21/5/24	14.1	5.8	255	19.0	27.4	269	0
21/5/31	13.9	5.6	538	18.2	12.9	1,473	0
21/6/7	17.0	9.7	1,416	20.5	13.8	2,507	미채수
21/6/15	18.9	16.7	5,212	20.1	9.5	3,102	미채수
21/6/21	21.3	5.8	438	21.6	9.7	935	미채수
21/6/28	20.8	3.2	198	22.4	8.0	340	미채수
21/7/5	21.8	3.4	0	23.1	12.1	0	미채수
21/7/12	24.7	6.4	0	24.3	10.0	155	미채수

조사일시	사연호(취수탑)			조사일시	사연호(반연리)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)		수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	23.1	5.4	297	26.2	16.4	594	0
21/7/26	25.3	7.3	113	26.8	12.0	325	155
21/8/2	25.3	6.7	1,387	27.5	11.6	2,011	70
21/8/9	26.3	4.0	906	27.2	10.1	1,940	0
21/8/17	26.0	7.4	1,189	26.8	12.8	1,529	미채수
21/8/23	24.4	8.8	963	25.2	10.1	452	2,393
21/8/30	23.7	1.6	70	23.7	1.7	0	5,879
21/9/6	22.6	20.6	680	23.2	8.6	99	7,054
21/9/13	23.4	6.9	495	24.1	10.8	877	미채수
21/9/23	23.0	14.8	963	23.2	20.0	765	미채수
21/9/27	23.0	14.0	938	23.1	19.9	1,839	28
21/10/5	23.3	9.8	926	23.2	11.8	1,325	0
21/10/12	22.0	12.7	924	22.5	9.2	2,305	0
21/10/18	20.7	8.7	615	20.9	14.7	773	382
21/10/25	18.7	22.8	988	18.9	28.1	1,037	679
21/11/1	17.2	23.1	674	17.2	41.0	1,159	268
21/11/8	16.4	40.9	99	16.4	20.6	0	1,104
21/11/15	14.5	10.1	713	14.4	17.9	469	155
21/11/22	13.5	5.3	343	13.6	10.7	0	198
21/11/29	11.4	3.2	0	11.7	5.6	0	0
21/12/6	9.5	2.3	0	9.6	3.1	198	0
21/12/13	8.8	11.8	46	8.7	12.4	0	0
21/12/20	7.4	4.6	99	7.3	3.9	0	0
21/12/27	5.7	5.5	271	5.6	5.9	238	0

회야호

조사일시	회야호(취수탑)			회야호(회야호)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	5.2	9.7	0	4.0	11.7	0
21/1/11	2.0	27.2	0	1.4	9.0	0
21/1/18	3.4	11.2	0	3.6	8.9	0
21/1/25	5.4	22.8	0	3.6	33.4	0
21/2/1	5.7	13.9	0	5.7	30.0	0
21/2/8	7.1	27.1	0	6.9	25.0	0
21/2/15	7.7	15.1	0	7.7	10.7	0
21/2/22	7.9	18.0	0	8.1	19.4	0
21/3/2	7.9	13.6	0	8.0	11.0	0
21/3/8	8.6	6.8	0	8.7	7.9	0
21/3/15	10.4	14.7	0	11.3	13.8	0
21/3/22	11.2	6.6	0	11.4	7.7	0
21/3/29	13.2	2.0	0	13.1	2.3	0
21/4/5	11.8	1.4	0	10.8	1.5	0
21/4/12	13.8	1.9	0	13.8	3.0	0
21/4/19	14.8	3.6	0	14.9	3.9	0
21/4/26	15.6	2.4	0	15.6	3.0	0
21/5/3	16.1	3.3	0	16.1	2.7	0
21/5/10	16.4	1.0	0	16.5	1.4	0
21/5/17	17.7	2.5	0	17.7	2.6	0
21/5/24	18.6	2.3	0	18.6	2.3	0
21/5/31	19.8	1.7	0	19.5	2.2	0
21/6/7	22.1	4.3	0	22.5	4.0	0
21/6/14	22.1	7.8	0	22.1	8.1	0
21/6/21	21.5	7.2	0	21.6	7.3	0
21/6/28	20.8	4.6	0	20.9	5.0	0
21/7/5	21.7	14.7	0	21.8	6.5	0
21/7/12	24.8	3.7	0	24.3	6.0	0

조사일시	회야호(취수탑)			회야호(회야호)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	25.6	8.9	30	24.9	12.1	80
21/7/26	24.9	14.4	280	25.2	12.7	140
21/8/2	27.3	10.6	620	27.1	7.2	430
21/8/9	26.7	11.1	1,310	26.9	10.6	1,220
21/8/17	25.8	6.8	780	26.0	8.4	860
21/8/23	24.6	1.8	330	24.4	2.5	170
21/8/30	24.7	2.6	0	24.7	5.9	0
21/9/6	22.8	11.4	60	22.9	10.1	0
21/9/13	23.8	12.4	0	23.8	12.6	0
21/9/23	24.0	9.6	160	23.8	9.4	90
21/9/27	22.9	6.6	130	22.9	7.8	130
21/10/5	24.1	6.6	100	23.9	7.8	50
21/10/12	22.6	4.1	170	22.7	3.1	250
21/10/18	20.9	5.3	50	21.0	5.4	20
21/10/25	19.9	5.0	50	19.8	4.7	40
21/11/1	18.7	6.3	160	18.7	5.6	120
21/11/8	18.4	3.9	40	18.4	4.4	20
21/11/15	16.3	5.8	100	16.3	5.3	40
21/11/22	15.1	7.8	110	14.9	6.6	120
21/11/29	13.0	4.6	0	13.0	5.9	0
21/12/6	10.9	2.6	0	10.9	3.8	0
21/12/13	10.5	2.2	0	10.4	3.0	0
21/12/20	9.0	2.4	0	9.2	1.4	0
21/12/27	5.4	3.8	0	5.8	4.1	0

진전지

조사일시	진전지(상류)			진전지(하류)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/1/4	5.5	1.3	0	4.9	2.3	0
21/1/11	4.8	3.8	0	4.5	3.3	0
21/1/18	6.7	3.8	0	6.5	3.6	0
21/1/25	5.9	0.6	0	5.9	3.5	0
21/2/1	5.8	0.1	0	6.0	2.7	0
21/2/8	5.7	0.5	0	4.8	4.5	0
21/2/15	7.1	0.4	0	6.5	4.4	0
21/2/22	9.9	0.3	0	8.9	5.0	0
21/3/2	5.8	1.3	0	6.2	5.5	0
21/3/8	7.5	0.2	0	8.0	6.5	0
21/3/15	8.8	1.4	0	8.0	2.9	0
21/3/22	7.1	1.2	0	6.5	3.4	0
21/3/29	측정불가	2.5	0	측정불가	4.8	0
21/4/5	측정불가	2.2	0	측정불가	4.9	0
21/4/12	측정불가	0.2	0	측정불가	6.4	0
21/4/19	측정불가	0.8	0	측정불가	5.6	0
21/4/26	측정불가	1.9	0	측정불가	5.7	0
21/5/3	측정불가	1.3	0	측정불가	8.0	0
21/5/10	측정불가	0.7	0	측정불가	11.1	0
21/5/17	측정불가	0.9	0	측정불가	8.2	0
21/5/24	측정불가	0.6	0	측정불가	4.8	0
21/5/31	측정불가	0.5	0	측정불가	4.7	0
21/6/7	20.1	0.2	0	21.5	10.1	0
21/6/14	측정불가	0.1	0	측정불가	13.8	0
21/6/21	측정불가	0.3	0	측정불가	9.1	0
21/6/28	측정불가	0.7	0	측정불가	8.5	0
21/7/5	측정불가	0.4	0	측정불가	8.9	0
21/7/12	측정불가	0.9	0	측정불가	4.1	0

조사일시	진전지(상류)			진전지(하류)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해남조류 (세포/mL)
21/7/19	측정불가	1.2	0	측정불가	7.0	0
21/7/26	측정불가	1.2	0	측정불가	7.0	0
21/8/2	측정불가	1.2	0	측정불가	11.2	0
21/8/9	측정불가	0.6	0	측정불가	16.3	0
21/8/17	측정불가	1.0	0	측정불가	6.1	0
21/8/23	측정불가	0.7	0	측정불가	3.8	0
21/8/30	측정불가	0.6	0	측정불가	1.0	0
21/9/6	측정불가	0.7	0	측정불가	1.9	0
21/9/13	측정불가	1.5	0	측정불가	7.1	0
21/9/23	측정불가	1.3	0	측정불가	6.8	0
21/9/27	측정불가	1.1	0	측정불가	6.0	0
21/10/5	측정불가	0.9	0	측정불가	9.3	0
21/10/12	측정불가	0.8	0	측정불가	8.6	0
21/10/18	측정불가	0.8	0	측정불가	9.7	0
21/10/25	10.0	0.8	0	15.0	7.7	156
21/11/1	12.5	1.4	0	15.7	3.7	61
21/11/8	12.2	2.5	0	15.7	3.5	0
21/11/15	12.1	0.6	0	15.4	4.8	12
21/11/22	9.7	1.8	0	13.1	3.2	0
21/11/29	9.8	0.4	0	13.2	6.4	14
21/12/6	3.4	1.1	0	8.3	6.1	0
21/12/13	1.2	1.6	0	7.2	4.9	0
21/12/20	1.5	0.1	0	6.4	3.5	0
21/12/27	0.2	0.7	0	4.5	3.6	0

한강

조사일시	한강(미사대교)			한강(강동대교)			한강(광진교)			한강(잠실철교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)
21/1/4	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/11	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/18	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/1/25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/1	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/8	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/15	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/2/22	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
21/3/2	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
21/3/8	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
21/3/15	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
21/3/22	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
21/3/30	11.0	14.6	0	11.3	19.8	0	11.3	19.9	0	11.3	22.3	0
21/4/5	12.6	20.2	0	12.3	17.1	0	12.5	17.3	0	12.4	14.2	0
21/4/15	17.4	44.1	0	15.3	39.3	0	15.2	42.5	0	15.6	32.5	0
21/4/19	14.4	20.8	0	13.9	12.4	0	13.8	31.8	0	14.1	24.1	0
21/4/26	21.3	10.4	0	21.6	4.5	0	20.8	20.6	0	21.0	19.9	0
21/5/3	16.2	5.4	0	16.0	6.3	0	16.0	9.7	0	16.3	11.4	0
21/5/10	15.6	10.6	0	15.5	11.7	0	15.4	10.4	0	15.6	12.6	0
21/5/18	17.3	12.3	0	17.2	11.7	0	17.3	12.3	0	17.3	11.4	0
21/5/24	18.0	15.3	0	18.4	18.5	0	18.4	19.0	0	18.7	14.5	0
21/5/31	17.4	6.7	0	17.5	11.9	0	18.3	8.0	0	18.2	6.9	0
21/6/7	18.9	14.0	0	19.4	13.9	0	19.4	21.1	0	19.4	21.6	0
21/6/14	21.2	13.2	0	22.1	15.1	0	22.6	19.5	0	22.9	14.3	0
21/6/21	22.3	16.0	0	22.4	13.9	0	23.0	12.9	0	23.4	24.1	0
21/6/28	22.3	10.6	0	22.7	11.9	0	22.4	13.7	0	22.7	19.2	0

2021년
조류(녹조)발생과 대응
연 차 보 고 서

조사일시	한강(미사대교)			한강(강동대교)			한강(광진교)			한강(잠실철교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포/mL)
21/7/5	22.4	7.0	0	22.3	7.2	0	22.5	11.6	0	22.6	10.3	0
21/7/12	24.5	5.8	0	24.0	5.1	0	24.4	6.5	0	23.8	6.7	0
21/7/19	26.9	7.4	0	27.6	10.4	0	27.3	19.6	0	27.3	10.4	41
21/7/26	28.5	4.8	0	28.3	5.3	130	28.8	16.3	0	29.2	18.6	0
21/8/2	27.7	3.5	201	27.7	3.7	261	27.8	5.0	157	28.1	5.5	40
21/8/9	27.5	3.6	343	28.0	3.3	63	28.3	4.7	43	28.5	8.4	120
21/8/17	27.3	25.9	1,865	27.5	33.0	1,515	28.2	37.7	2,522	27.8	50.3	2,285
21/8/23	25.5	19.9	6,094	25.7	21.2	3,472	25.4	17.8	991	25.3	18.3	671
21/8/30	23.8	9.7	43	24.0	8.8	158	24.4	13.0	736	24.4	14.4	569
21/9/6	22.7	9.4	126	22.4	9.8	0	22.6	9.6	0	22.5	9.1	0
21/9/13	22.6	15.4	144	23.0	13.2	51	22.9	19.5	35	23.2	15.0	177
21/9/24	22.4	6.0	143	23.0	8.4	181	22.8	18.1	110	22.9	14.7	177
21/9/27	22.3	11.0	77	22.4	14.9	117	22.0	16.0	186	22.2	16.8	16
21/10/5	22.8	10.8	14	22.6	9.3	0	22.6	10.2	20	22.5	14.0	10
21/10/12	20.6	7.2	0	20.7	2.0	0	20.6	6.8	0	20.6	5.2	0
21/10/18	17.4	6.4	0	16.7	7.5	19	17.7	14.6	0	18.1	20.6	15
21/10/25	15.4	5.2	0	15.9	7.4	15	16.1	8.0	0	16.1	12.9	0
21/11/1	15.9	2.6	0	15.4	5.1	47	15.5	5.0	113	15.4	3.6	0
21/11/11	12.7	8.3	0	12.4	8.4	0	12.4	10.1	0	12.6	12.9	0
21/11/15	12.8	10.1	21	12.5	6.5	0	12.4	8.8	0	12.3	9.2	0
21/11/22	10.2	4.4	0	10.3	6.5	0	10.4	7.3	0	10.5	6.5	0
21/11/29	8.0	6.7	0	7.8	8.0	0	8.3	9.0	0	8.1	11.1	0
21/12/6	6.0	6.2	0	6.1	7.7	0	6.1	9.5	0	6.1	10.1	0
21/12/16	6.0	8.2	0	5.8	6.2	0	5.8	8.4	0	6.1	9.1	0
21/12/20	4.4	8.4	0	3.4	6.4	0	4.0	10.1	0	4.6	11.1	0
21/12/27	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙

나. 친수활동 구간 조류경보제 측정자료

한강

조사일시	한강(성수대교)			한강(한남대교)			한강(한강대교)			한강(마포대교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)
21/3/29	10.6	6.7	0	11.5	6.7	0	11.4	8.5	0	11.4	8.1	0
21/4/5	11.8	12.9	0	12.7	7.5	0	12.9	19.8	0	12.6	22	0
21/4/13	14.0	34.9	0	14.4	23.5	0	14.1	39.4	0	14	42.8	0
21/4/19	13.9	37.9	0	14.1	39.3	0	14.0	66.8	0	13.4	78.6	0
21/4/26	16.0	26.2	0	16.9	26.1	0	16.2	61.6	0	15.9	55.1	0
21/5/3	15.7	11.6	0	16.2	13.3	0	15.8	13.7	0	15.6	15	0
21/5/10	15.3	13.1	0	15.8	12.8	0	15.9	14.8	0	16	17.8	0
21/5/17	16.8	9.0	0	16.8	9.7	0	17.3	6.3	0	17.6	6.4	0
21/5/24	18.7	22.4	0	18.4	13.3	0	18.9	21.4	0	18.4	19.2	0
21/5/31	17.4	10.9	0	18.2	6.6	0	18.2	7.5	0	17.9	8.9	0
21/6/7	18.9	22.5	0	19.3	17.2	0	19.4	18.4	0	19.3	20.7	0
21/6/14	22.2	19.2	0	23.0	25.1	0	23.0	26.4	0	22.4	11.4	0
21/6/21	22.0	17.4	0	22.5	19.2	0	23.2	24.5	0	22.5	23.2	0
21/6/28	22.5	13.6	0	22.9	12.8	0	22.9	17.1	0	22.9	15	0
21/7/5	21.9	10.4	0	21.9	10.2	0	22.5	10.2	0	22.2	11	0
21/7/12	22.4	8.8	0	23.4	8.6	0	23.0	9.2	0	22.7	8.1	0
21/7/20	26.0	30.7	0	26.1	28.4	0	26.2	23.0	0	26	38.1	0
21/7/26	28.2	19.1	0	28.6	20.3	0	28.6	17.9	80	29.2	27.9	89
21/8/2	27.5	9.4	0	27.6	9.1	635	28.0	8.0	0	28.2	8	126
21/8/9	27.9	17.1	80	28.2	16.8	1,125	28.5	15.3	696	28.2	20.2	1510
21/8/18	26.4	21.4	4,473	26.6	17.2	559	26.5	15.8	86	26.3	18.1	380
21/8/23	25.2	15.5	3,369	25.1	13.2	2,700	24.9	13.4	3,116	25.2	11.8	1303
21/8/30	23.6	20.4	699	24.0	16.3	878	24.3	26.0	5,375	24.3	22.8	5292
21/9/6	21.0	9.1	210	21.2	9.2	464	21.4	10.0	45	21.2	9.3	480

조사일시	한강(성수대교)			한강(한남대교)			한강(한강대교)			한강(마포대교)		
	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)	수온 (°C)	Chl-a (mg/m ³)	유해 남조류 (세포 /mL)
21/9/13	22.2	23.6	1,144	22.5	23.8	0	22.6	12.0	1,380	22.7	34.1	1067
21/9/23	21.5	17.3	289	21.7	18.5	715	21.9	20.3	725	22	19.8	214
21/9/27	21.6	16.5	314	22.0	14.5	276	21.8	22.9	113	21.7	21.2	147
21/10/5	21.7	22.0	959	21.8	21.9	39	22.0	24.5	693	21.9	26.4	2176
21/10/12	20.0	8.6	8	20.1	5.6	0	20.0	8.4	38	20.1	8.3	36
21/10/18	17.2	17.4	29	17.0	15.0	186	17.1	29.3	0	17.2	25	183
21/10/25	15.6	15.8	43	16.1	7.6	0	15.5	8.4	0	15.4	11.5	145
21/11/1	15.1	10.5	0	15.4	11.3	21	15.5	14.8	0	15.5	14.9	0
21/11/10	12.5	12.7	0	12.8	6.3	0	13.1	6.0	0	13.2	7.1	167
21/11/15	12.8	7.5	0	13.4	6.0	0	12.6	5.6	0	12.5	5.6	0
21/11/22	11.8	7.1	0	13.0	5.6	0	12.3	9.0	0	12.2	9	0

다. 4대강 보 대표지점 측정자료(관찰지점)

강천보

조사 일시	수온 (℃)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	결빙					
21/1/11	결빙					
21/1/18	결빙					
21/1/25	4.8	8.3	11.6	2.7	0	
21/2/1	2.6	8.2	14.0	3.8	0	
21/2/8	4.4	8.3	12.8	5.1	0	
21/2/15	6.0	8.4	13.3	10.7	0	
21/2/22	5.6	8.3	12.4	12.1	0	
21/3/2	6.0	8.1	10.5	19.0	0	
21/3/8	6.7	8.1	12.7	21.4	0	
21/3/15	9.0	8.4	11.3	13.7	0	
21/3/22	10.3	8.2	12.7	19.5	0	
21/3/29	9.5	8.1	11.2	14.7	0	
21/4/5	10.9	8.1	10.0	13.9	0	
21/4/12	12.4	8.6	11.7	13.2	0	
21/4/19	10.7	8.8	12.6	22.4	0	
21/4/26	15.1	8.7	12.1	26.0	0	
21/5/3	12.8	8.6	11.8	19.2	0	
21/5/10	14.2	8.4	10.6	11.2	0	
21/5/17	유량증가로 채수불가					
21/5/24	16.8	8.3	10.7	6.0	0	
21/5/31	16.6	8.2	10.6	5.3	0	
21/6/7	17.0	8.5	10.0	4.9	0	
21/6/14	19.0	8.7	11.7	12.5	0	
21/6/21	유량증가로 채수불가					
21/6/28	18.5	8.5	9.5	8.7	0	
21/7/5	유량증가로 채수불가					

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/12	유량증가로 채수불가					
21/7/19	유량증가로 채수불가					
21/7/26	21.7	8.4	9.5	3.1	0	
21/8/2	유량증가로 채수불가					
21/8/9	23.4	8.1	7.6	9.5	0	
21/8/17	23.7	8.2	9.3	6.2	0	
21/8/23	22.6	7.9	8.0	9.1	0	
21/8/30	21.6	7.7	7.4	2.7	0	
21/9/6	유량증가로 채수불가					
21/9/13	22.2	7.8	7.8	1.5	0	
21/9/23	21.2	8.3	6.6	8.1	0	
21/9/27	21.4	8.2	9.4	1.7	0	
21/10/5	21.5	8.3	9.9	3.1	0	
21/10/12	20.5	8.4	9.2	2.0	0	
21/10/18	16.2	8.6	10.6	0.9	0	
21/10/25	15.7	8.7	10.8	1.1	0	
21/11/1	16.3	8.6	10.5	1.3	0	
21/11/9	유량증가로 채수불가					
21/11/15	11.9	8.3	10.6	0.9	0	
21/11/22	12.2	8.3	9.8	1.1	0	
21/11/29	8.1	8.4	11.5	1.6	0	
21/12/6	6.9	8.7	14.0	1.1	0	
21/12/13	7.5	8.8	12.4	1.4	0	
21/12/20	5.1	8.7	13.5	2.2	0	
21/12/27	결빙					

여주보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	결빙					
21/1/11	결빙					
21/1/18	결빙					
21/1/25	4.8	8.2	13.4	2.9	0	
21/2/1	2.1	8.3	14.4	3.8	0	
21/2/8	3.4	8.3	13.2	4.9	0	
21/2/15	5.5	8.5	14.0	17.6	0	
21/2/22	4.8	8.6	13.7	16.3	0	
21/3/2	6.7	8.3	11.1	20.5	0	
21/3/8	7.6	8.4	13.5	40.5	0	
21/3/15	8.8	8.6	12.6	21.2	0	
21/3/22	10.9	8.1	11.8	30.7	0	
21/3/29	11.3	8.6	12.3	25.5	0	
21/4/5	11.8	8.1	10.2	19.8	0	
21/4/12	12.7	8.7	11.4	21.0	0	
21/4/19	11.4	9.0	13.9	30.8	0	
21/4/26	15.9	9.1	13.4	34.2	0	
21/5/3	13.0	8.8	12.7	30.4	0	
21/5/10	14.5	8.6	11.4	27.1	0	
21/5/17	유량증가로 채수불가					
21/5/24	17.2	7.9	9.3	8.5	0	
21/5/31	유량증가로 채수불가					
21/6/7	17.4	8.1	8.9	7.4	0	
21/6/14	18.7	8.2	10.0	19.4	0	
21/6/21	유량증가로 채수불가					
21/6/28	유량증가로 채수불가					
21/7/5	유량증가로 채수불가					
21/7/12	유량증가로 채수불가					

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	유량증가로 채수불가					
21/7/26	유량증가로 채수불가					
21/8/2	유량증가로 채수불가					
21/8/9	24.9	8.0	7.0	9.3	0	
21/8/17	24.3	7.7	7.6	5.5	0	
21/8/23	22.1	7.6	7.1	4.0	0	
21/8/30	21.9	7.6	7.6	2.2	0	
21/9/6	유량증가로 채수불가					
21/9/13	23.1	7.8	8.3	1.1	0	
21/9/23	21.1	8.0	6.8	5.9	0	
21/9/27	21.0	7.8	8.4	1.3	0	
21/10/5	22.1	8.0	8.2	1.6	0	
21/10/12	20.9	7.9	7.8	1.5	0	
21/10/18	16.3	8.1	8.9	0.7	0	
21/10/25	15.7	8.6	10.4	0.7	0	
21/11/1	16.1	8.5	10.2	0.9	0	
21/11/9	유량증가로 채수불가					
21/11/15	11.0	8.3	10.9	0.5	0	
21/11/22	강풍으로 선박운항 불가					
21/11/29	8.4	8.5	12.1	0.7	0	
21/12/6	6.6	8.6	13.8	0.7	0	
21/12/13	7.4	8.6	12.1	0.9	20	Oscillatoria
21/12/20	4.1	8.7	13.9	1.8	0	
21/12/27	1.8	8.5	14.5	1.6	0	

이포보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	결빙					
21/1/11	결빙					
21/1/18	결빙					
21/1/25	4.7	8.2	13.3	3.1	0	
21/2/1	3.3	8.2	13.7	4.9	0	
21/2/8	3.8	8.3	13.2	6.0	0	
21/2/15	5.7	8.7	14.7	17.9	0	
21/2/22	4.9	8.6	14.0	15.0	0	
21/3/2	6.3	8.3	11.2	28.6	0	
21/3/8	8.3	8.8	14.8	50.5	0	
21/3/15	10.5	8.9	13.2	31.5	0	
21/3/22	11.6	8.8	12.4	31.5	0	
21/3/29	11.6	8.7	12.6	28.4	0	
21/4/5	12.1	8.3	10.7	21.7	0	
21/4/12	12.7	8.7	11.3	25.0	0	
21/4/19	13.5	9.3	14.3	32.4	0	
21/4/26	17.5	9.3	14.6	41.8	0	
21/5/3	14.3	8.8	12.4	30.6	0	
21/5/10	15.1	8.5	10.9	29.9	0	
21/5/17	유량증가로 채수불가					
21/5/24	18.4	7.8	9.2	11.0	0	
21/5/31	유량증가로 채수불가					
21/6/7	17.7	8.1	8.9	5.3	0	
21/6/14	20.5	8.2	9.8	12.5	0	
21/6/21	유량증가로 채수불가					
21/6/28	유량증가로 채수불가					
21/7/5	유량증가로 채수불가					
21/7/12	유량증가로 채수불가					

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	유량증가로 채수불가					
21/7/26	유량증가로 채수불가					
21/8/2	유량증가로 채수불가					
21/8/9	25.3	7.9	6.9	4.9	0	
21/8/17	24.5	7.6	6.9	6.0	0	
21/8/23	23.3	7.6	6.9	3.3	0	
21/8/30	23.1	7.8	7.2	3.7	0	
21/9/6	유량증가로 채수불가					
21/9/13	23.2	7.7	8.1	1.1	0	
21/9/23	21.2	8.1	8.3	3.3	0	
21/9/27	21.5	7.8	8.4	1.4	0	
21/10/5	22.2	7.8	7.6	1.4	0	
21/10/12	20.5	7.8	7.4	1.3	0	
21/10/18	16.8	7.9	8.4	0.7	0	
21/10/25	15.3	8.2	9.5	1.3	0	
21/11/1	16.0	8.4	9.9	0.9	0	
21/11/9	유량증가로 채수불가					
21/11/15	11.1	8.3	11.1	0.7	0	
21/11/22	강풍으로 선박운항 불가					
21/11/29	8.6	8.5	12.6	0.7	0	
21/12/6	6.7	8.7	13.6	0.9	0	
21/12/13	6.6	8.6	12.5	0.9	0	
21/12/20	4.8	8.6	13.4	1.6	0	
21/12/27	결빙					

상주보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4				결빙		
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25				결빙		
21/2/1				결빙		
21/2/8				결빙		
21/2/15				결빙		
21/2/22	4.5	8.3	13.5	18.6	0	
21/3/2	6.6	8.8	14.0	32.0	0	
21/3/8	7.1	7.8	12.0	23.7	85	Aphanizomenon
21/3/15	9.9	8.6	13.2	40.5	77	Aphanizomenon
21/3/22	11.7	8.5	12.1	39.0	0	
21/3/29	11.9	8.4	11.9	27.8	0	
21/4/5	11.7	7.3	9.2	10.4	200	Aphanizomenon
21/4/12	14.0	7.6	9.7	13.3	255	Aphanizomenon
21/4/19	13.9	8.7	12.5	38.2	61	Aphanizomenon
21/4/26	16.8	9.1	13.6	37.8	0	
21/5/3	16.7	8.7	11.4	31.0	22	Aphanizomenon
21/5/10	17.3	8.6	10.8	18.1	0	
21/5/18	16.7	7.3	8.0	8.2	16	Anabaena
21/5/24	18.3	7.6	8.9	13.5	362	Oscillatoria
21/5/31	17.8	8.1	10.4	19.3	70	Oscillatoria
21/6/7	20.2	8.1	9.6	23.2	340	Oscillatoria
21/6/14	22.7	8.2	9.5	13.6	263	Aphanizomenon
21/6/21	19.1	8.2	10.5	26.2	1,212	Oscillatoria
21/6/28	18.9	7.9	9.1	13.0	0	
21/7/5	21.9	7.5	8.5	11.0	93	Aphanizomenon
21/7/13	22.6	7.6	7.8	3.2	81	Oscillatoria

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	23.5	7.9	8.9	18.5	28	Oscillatoria
21/7/26	25.9	8.4	10.1	23.1	0	
21/8/2	28.0	8.0	7.2	11.2	7,920	Microcystis
21/8/9	27.3	7.9	7.8	17.3	7,375	Microcystis
21/8/17	22.9	8.1	8.0	24.0	3,347	Microcystis
21/8/23	22.5	7.9	8.2	23.8	2,379	Microcystis
21/8/30	22.1	7.4	7.7	3.9	1,822	Microcystis
21/9/6	21.6	6.9	8.0	7.0	4,310	Microcystis
21/9/13	23.0	7.9	8.8	21.9	4,326	Microcystis
21/9/23	21.8	7.7	8.9	14.0	3,102	Microcystis
21/9/27	21.1	7.9	9.5	20.5	879	Microcystis
21/10/5	22.1	8.2	9.7	28.1	1,470	Microcystis
21/10/12	21.2	8.1	10.2	41.6	1,334	Aphanizomenon
21/10/18	17.4	7.5	9.0	21.8	711	Microcystis
21/10/25	14.1	7.6	10.6	15.6	400	Microcystis
21/11/1	14.3	8.0	10.8	15.0	411	Microcystis
21/11/8	14.0	7.5	10.7	13.5	106	Microcystis
21/11/15	9.5	7.8	10.7	4.9	121	Aphanizomenon
21/11/22	10.2	7.0	11.3	6.1	0	
21/11/29	7.2	7.2	11.8	7.0	0	
21/12/6	4.8	7.2	12.2	2.4	0	
21/12/13	5.3	7.2	12.3	3.0	0	
21/12/20	4.2	7.7	12.4	5.5	0	
21/12/27	2.6	7.8	13.0	2.5	0	

낙단보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4				결빙		
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25				결빙		
21/2/1				결빙		
21/2/8				결빙		
21/2/15				결빙		
21/2/22	3.9	8.3	14.1	16.3	0	
21/3/2	5.4	8.7	14.5	21.8	0	
21/3/8	6.9	8.5	13.5	39.9	0	
21/3/15	9.4	9.0	15.1	61.5	33	Aphanizomenon
21/3/23	11.1	8.9	12.6	33.8	0	
21/3/29	12.0	8.7	11.8	25.9	32	Oscillatoria
21/4/5	13.2	7.6	10.0	18.0	28	Aphanizomenon
21/4/12	13.7	7.9	10.2	12.8	124	Aphanizomenon
21/4/19	14.6	8.9	12.7	44.2	60	Oscillatoria
21/4/26	15.7	9.0	13.0	40.4	507	Aphanizomenon
21/5/3	17.1	9.0	11.3	34.3	109	Oscillatoria
21/5/10	17.8	8.9	10.5	28.3	0	
21/5/18	18.6	7.5	8.3	9.6	35	Oscillatoria
21/5/24	18.8	7.6	8.6	13.2	93	Oscillatoria
21/5/31	18.5	8.1	9.4	19.8	42	Anabaena
21/6/7	21.0	8.1	10.0	28.9	265	Oscillatoria
21/6/14	23.2	8.1	9.3	36.1	99	Oscillatoria
21/6/21	20.4	8.1	9.1	45.9	874	Oscillatoria
21/6/28	20.7	8.8	11.7	47.7	986	Anabaena
21/7/5	22.2	7.9	9.0	13.7	1,043	Anabaena
21/7/13	22.0	7.4	8.5	3.9	11	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	25.2	8.4	9.8	23.4	127	Oscillatoria
21/7/26	25.3	8.5	9.7	23.4	3,016	Microcystis
21/8/2	29.0	8.1	7.8	12.5	38,354	Microcystis
21/8/9	29.2	8.2	8.0	22.1	16,514	Microcystis
21/8/17	25.6	7.5	7.3	9.0	2,103	Microcystis
21/8/23	24.3	7.9	8.0	8.9	2,485	Microcystis
21/8/30	22.8	7.3	7.8	4.1	1,380	Microcystis
21/9/6	22.1	7.1	8.0	6.6	969	Microcystis
21/9/13	22.7	8.0	9.2	21.8	1,271	Microcystis
21/9/23	22.3	7.9	9.5	26.5	1,246	Microcystis
21/9/27	21.8	8.0	8.9	18.1	1,586	Microcystis
21/10/5	21.9	8.2	9.3	25.9	615	Microcystis
21/10/12	22.2	8.6	10.3	45.9	1,069	Microcystis
21/10/18	18.0	8.0	9.7	36.1	174	Microcystis
21/10/25	14.7	8.2	11.3	35.3	407	Microcystis
21/11/1	14.2	8.1	11.1	17.0	83	Microcystis
21/11/8	14.0	7.6	11.6	16.0	47	Aphanizomenon
21/11/15	11.5	7.4	10.6	20.2	74	Aphanizomenon
21/11/22	10.1	7.4	12.3	23.5	69	Microcystis
21/11/29	8.4	7.3	12.1	16.3	0	
21/12/6	5.9	7.7	12.6	16.9	0	
21/12/13	5.5	7.1	12.8	12.6	17	Aphanizomenon
21/12/20	4.4	7.3	13.0	15.4	0	
21/12/27	결빙					

구미보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4				결빙		
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25				결빙		
21/2/1	2.9	9.0	16.1	33.9	0	
21/2/8	2.8	9.1	15.7	27.3	0	
21/2/15	4.0	9.0	15.7	19.2	0	
21/2/22	4.5	8.7	13.8	14.7	0	
21/3/2	5.4	8.3	13.1	10.9	0	
21/3/8	6.1	9.0	14.8	24.3	0	
21/3/15	8.9	9.3	16.0	33.3	0	
21/3/23	9.9	9.1	13.7	37.4	68	Aphanizomenon
21/3/29	12.0	8.4	12.3	10.1	30	Aphanizomenon
21/4/5	13.5	8.4	10.9	32.3	54	Aphanizomenon
21/4/12	13.1	7.4	9.3	13.9	126	Aphanizomenon
21/4/19	14.4	8.6	12.1	27.7	114	Aphanizomenon
21/4/26	15.7	9.1	12.8	41.4	424	Aphanizomenon
21/5/3	16.9	9.2	11.3	26.3	349	Aphanizomenon
21/5/10	18.0	8.9	9.7	15.2	69	Anabaena
21/5/18	19.1	7.8	9.0	14.7	31	Oscillatoria
21/5/24	19.5	7.9	9.5	15.3	236	Oscillatoria
21/5/31	19.7	8.6	11.2	28.0	287	Oscillatoria
21/6/7	21.3	8.2	10.8	30.2	325	Oscillatoria
21/6/14	23.3	8.1	10.2	32.5	5,306	Oscillatoria
21/6/21	23.1	7.7	9.2	45.2	812	Oscillatoria
21/6/28	22.4	8.8	12.5	19.8	121	Aphanizomenon
21/7/5	23.1	8.3	9.3	21.8	1,610	Anabaena
21/7/13	23.0	7.3	8.9	3.6	52	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	26.1	8.4	10.3	31.1	147	Anabaena
21/7/26	25.4	7.7	7.8	20.6	3,170	Microcystis
21/8/2	27.2	7.8	6.8	9.9	21,818	Microcystis
21/8/9	28.9	8.3	8.4	17.6	24,388	Microcystis
21/8/17	26.8	7.5	6.5	6.6	1,420	Microcystis
21/8/23	25.5	7.5	6.8	3.9	4,550	Microcystis
21/8/30	23.4	7.3	7.8	3.6	1,003	Microcystis
21/9/6	21.5	7.2	8.2	4.4	1,077	Microcystis
21/9/13	22.9	8.3	10.9	30.1	2,874	Microcystis
21/9/23	22.3	7.9	9.3	32.4	854	Microcystis
21/9/27	22.1	7.8	9.0	15.3	1,786	Microcystis
21/10/5	22.6	8.2	10.1	19.8	1,360	Microcystis
21/10/12	22.0	8.0	9.2	28.1	317	Microcystis
21/10/18	19.6	7.7	8.4	22.8	149	Oscillatoria
21/10/25	16.8	8.8	12.2	49.2	144	Microcystis
21/11/1	15.0	8.8	13.5	22.5	572	Aphanizomenon
21/11/8	14.4	7.8	11.8	23.5	0	
21/11/15	11.7	7.6	10.8	14.8	134	Microcystis
21/11/22	11.2	8.2	12.4	30.8	133	Aphanizomenon
21/11/29	8.5	8.7	13.7	38.5	120	Microcystis
21/12/6	6.5	8.3	12.9	20.9	0	
21/12/13	6.3	8.3	13.5	15.0	0	
21/12/20	4.3	8.1	13.6	17.2	33	Aphanizomenon
21/12/27	2.6	8.2	13.8	14.6	0	

칠곡보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4				결빙		
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25				결빙		
21/2/1	3.6	8.8	15.0	41.1	0	
21/2/8	3.8	8.8	14.8	40.7	0	
21/2/15	4.6	8.8	15.3	27.5	0	
21/2/22	4.5	8.3	13.3	22.5	0	
21/3/2	6.1	7.8	11.9	14.7	0	
21/3/8	6.7	7.9	12.5	21.1	0	
21/3/15	8.6	8.5	13.4	26.6	0	
21/3/22	10.8	9.1	13.5	36.5	22	Aphanizomenon
21/3/29	12.2	9.0	12.1	19.0	131	Aphanizomenon
21/4/5	12.9	8.4	10.2	19.5	189	Aphanizomenon
21/4/12	14.0	8.2	10.4	35.8	300	Aphanizomenon
21/4/19	13.7	7.8	10.3	25.8	493	Aphanizomenon
21/4/26	14.9	8.0	9.5	31.4	430	Oscillatoria
21/5/3	16.6	8.9	10.2	46.6	135	Aphanizomenon
21/5/10	17.3	8.5	8.2	9.3	51	Oscillatoria
21/5/18	18.2	8.0	8.5	11.0	21	Aphanizomenon
21/5/24	18.9	7.9	8.0	13.0	81	Oscillatoria
21/5/31	19.4	7.5	8.4	23.4	128	Oscillatoria
21/6/7	21.3	8.2	9.9	58.5	1,546	Anabaena
21/6/14	23.1	7.7	7.3	18.4	4,171	Oscillatoria
21/6/21	23.5	7.9	7.9	22.4	1,861	Aphanizomenon
21/6/28	24.6	8.2	8.5	20.9	5,678	Aphanizomenon
21/7/5	25.1	8.3	8.7	14.6	6,362	Aphanizomenon
21/7/13	24.4	6.9	8.2	4.4	36	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	25.7	7.3	8.5	15.9	290	Anabaena
21/7/26	27.3	7.6	7.0	18.5	18,337	Microcystis
21/8/2	28.5	7.7	5.4	13.3	51,350	Microcystis
21/8/9	29.5	8.0	7.8	17.2	20,391	Anabaena
21/8/17	27.8	6.9	6.3	9.1	800	Microcystis
21/8/23	26.4	7.3	6.8	4.4	2,665	Microcystis
21/8/30	23.0	6.4	7.6	2.9	820	Microcystis
21/9/6	21.7	6.3	8.4	2.6	467	Microcystis
21/9/13	23.4	7.7	8.9	23.7	2,751	Microcystis
21/9/23	23.4	7.6	8.1	9.7	70	Microcystis
21/9/27	22.5	7.3	7.7	9.3	755	Microcystis
21/10/5	23.1	6.8	7.5	15.6	925	Microcystis
21/10/12	22.6	7.2	7.3	5.9	453	Aphanizomenon
21/10/18	19.5	7.5	9.0	34.9	597	Microcystis
21/10/25	17.3	7.9	10.8	47.3	377	Microcystis
21/11/1	16.4	8.6	10.7	8.9	862	Microcystis
21/11/8	15.1	8.1	9.9	9.0	315	Aphanizomenon
21/11/15	13.9	7.8	10.5	14.7	545	Aphanizomenon
21/11/22	11.9	7.9	11.5	20.8	334	Aphanizomenon
21/11/29	10.0	7.7	11.7	19.4	0	
21/12/6	8.5	7.8	12.5	39.0	137	Aphanizomenon
21/12/13	7.4	8.1	12.0	28.0	55	Oscillatoria
21/12/20	6.1	8.0	12.6	14.7	0	
21/12/27	3.2	8.2	13.0	14.8	0	

강정고령보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4				결빙		
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25				결빙		
21/2/1	3.3	8.8	15.4	35.4	0	
21/2/9	3.2	8.9	15.3	43.5	0	
21/2/16	4.3	9.1	15.6	40.5	0	
21/2/22	5.0	9.0	14.5	47.6	0	
21/3/2	6.0	8.9	13.3	37.5	0	
21/3/8	6.6	7.9	12.2	28.9	0	
21/3/15	8.7	8.3	13.1	28.3	0	
21/3/22	10.2	8.0	11.2	22.0	0	
21/3/29	11.4	8.5	10.9	18.6	0	
21/4/5	12.8	8.1	9.5	13.5	207	Aphanizomenon
21/4/12	13.8	8.8	12.0	31.4	309	Aphanizomenon
21/4/19	14.5	8.7	11.0	35.5	0	
21/4/26	15.2	8.2	10.2	32.8	916	Aphanizomenon
21/5/3	16.1	8.0	8.3	14.3	294	Oscillatoria
21/5/10	17.3	7.7	7.1	4.5	0	
21/5/18	18.3	7.7	8.2	3.3	0	
21/5/24	18.9	8.1	9.5	19.0	114	Oscillatoria
21/5/31	20.1	8.0	9.3	69.9	401	Oscillatoria
21/6/7	21.5	7.9	10.2	46.2	4,339	Oscillatoria
21/6/14	22.9	7.7	7.4	6.1	771	Aphanizomenon
21/6/21	23.9	7.8	7.2	14.6	8,222	Aphanizomenon
21/6/28	24.7	8.0	8.0	21.8	10,606	Aphanizomenon
21/7/5	25.2	7.5	7.1	19.1	17,947	Aphanizomenon
21/7/13	24.5	6.9	8.4	5.3	193	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	25.8	7.3	8.3	18.3	22,513	Microcystis
21/7/26	27.7	8.0	6.8	8.4	89,443	Microcystis
21/8/2	27.9	7.5	4.4	7.8	41,956	Microcystis
21/8/9	29.1	7.6	6.8	11.4	24,476	Microcystis
21/8/17	27.6	7.2	6.8	11.1	2,650	Microcystis
21/8/23	26.7	7.2	7.0	7.8	5,470	Microcystis
21/8/30	22.9	6.6	8.2	2.1	1,086	Microcystis
21/9/6	21.6	6.6	8.8	3.3	639	Microcystis
21/9/13	23.4	7.8	8.8	18.1	1,341	Microcystis
21/9/23	23.1	7.4	7.5	12.7	275	Microcystis
21/9/27	22.9	7.4	7.2	12.3	855	Microcystis
21/10/5	23.4	7.4	8.3	19.9	940	Microcystis
21/10/12	22.9	6.8	6.2	4.6	141	Microcystis
21/10/18	19.7	7.0	7.6	6.8	175	Microcystis
21/10/25	17.5	7.5	10.5	36.7	1,076	Microcystis
21/11/1	16.4	8.1	10.3	10.2	880	Aphanizomenon
21/11/8	15.7	7.8	9.6	11.5	432	Microcystis
21/11/15	13.3	7.7	9.5	9.3	755	Microcystis
21/11/22	12.4	8.1	10.8	13.9	685	Aphanizomenon
21/11/29	10.4	7.6	10.3	7.6	1,169	Aphanizomenon
21/12/6	8.1	7.5	10.7	9.6	4,165	Aphanizomenon
21/12/13	7.3	7.9	11.0	8.1	533	Aphanizomenon
21/12/20	5.7	8.0	11.8	10.7	143	Aphanizomenon
21/12/27	4.0	8.3	12.0	8.2	0	

달성보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	3.5	7.8	13.5	34.6	29	Oscillatoria
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25	4.2	8.1	14.3	36.2	0	
21/2/1	4.9	8.0	14.5	43.1	0	
21/2/8	4.5	8.8	15.2	57.0	0	
21/2/15	5.1	7.8	15.4	55.4	0	
21/2/22	5.7	8.5	14.1	52.5	0	
21/3/2	7.4	7.9	12.7	56.5	0	
21/3/8	7.5	8.1	12.4	50.3	0	
21/3/15	9.7	7.7	13.1	41.7	24	Aphanizomenon
21/3/22	11.1	8.1	11.5	44.8	370	Aphanizomenon
21/3/29	12.5	8.4	11.5	30.4	28	Aphanizomenon
21/4/5	13.6	7.5	10.2	24.1	39	Aphanizomenon
21/4/12	14.6	8.1	10.4	26.2	833	Aphanizomenon
21/4/19	15.2	8.0	11.2	31.2	241	Aphanizomenon
21/4/26	17.3	8.4	9.9	10.8	470	Aphanizomenon
21/5/3	17.4	7.2	7.8	3.2	68	Aphanizomenon
21/5/10	18.1	7.5	7.2	3.1	42	Aphanizomenon
21/5/18	18.9	7.2	8.7	4.7	0	
21/5/24	19.7	7.8	8.5	5.8	0	
21/5/31	20.7	8.5	10.1	24.9	147	Oscillatoria
21/6/7	22.5	8.1	10.0	28.6	1,367	Anabaena
21/6/14	23.6	7.7	7.1	4.2	149	Aphanizomenon
21/6/21	24.8	7.9	8.8	14.2	4,373	Aphanizomenon
21/6/28	25.3	8.3	9.6	21.5	38,965	Aphanizomenon
21/7/5	25.4	7.2	7.3	24.9	13,679	Aphanizomenon
21/7/13	24.3	7.2	8.6	5.3	70	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	26.6	7.4	9.9	29.3	2,198	Microcystis
21/7/26	27.5	7.8	7.8	21.7	8,492	Microcystis
21/8/2	29.7	8.2	7.3	15.2	74,942	Microcystis
21/8/9	29.4	7.4	5.6	9.4	3,840	Microcystis
21/8/17	27.7	7.3	6.5	8.5	4,760	Microcystis
21/8/23	26.3	7.4	7.3	12.9	32,680	Microcystis
21/8/30	23.8	6.7	8.4	5.2	684	Microcystis
21/9/6	21.7	7.0	9.1	5.8	357	Microcystis
21/9/13	23.3	7.7	9.8	17.8	562	Microcystis
21/9/23	23.4	7.3	8.3	13.5	650	Microcystis
21/9/27	22.9	7.5	8.4	12.8	100	Microcystis
21/10/5	23.7	7.5	8.8	14.2	705	Microcystis
21/10/12	22.3	7.6	7.8	8.2	165	Microcystis
21/10/18	19.9	7.6	8.0	9.4	415	Microcystis
21/10/25	17.7	7.7	9.9	17.8	380	Microcystis
21/11/1	16.4	8.5	12.1	24.5	579	Aphanizomenon
21/11/8	15.6	8.0	10.0	15.7	153	Microcystis
21/11/15	13.1	7.7	9.8	12.6	403	Aphanizomenon
21/11/22	12.8	8.0	11.7	39.0	313	Microcystis
21/11/29	10.4	8.2	12.2	29.7	789	Microcystis
21/12/6	8.9	7.8	11.7	16.9	296	Oscillatoria
21/12/13	7.8	7.5	11.6	12.3	115	Aphanizomenon
21/12/20	7.2	8.0	11.9	10.8	38	Aphanizomenon
21/12/27	4.6	7.5	11.6	9.4	0	

합천창녕보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	2.9	7.6	14.0	24.1	151	Oscillatoria
21/1/11	결빙					
21/1/18	3.6	7.7	14.3	36.4	41	Oscillatoria
21/1/25	5.4	7.8	14.2	40.3	0	
21/2/1	4.4	7.9	14.1	34.0	0	
21/2/8	5.0	8.0	14.8	36.3	36	Oscillatoria
21/2/15	5.0	8.5	14.7	57.2	0	
21/2/22	5.4	8.6	15.4	70.3	21	Oscillatoria
21/3/2	7.4	8.5	14.8	59.6	0	
21/3/8	8.1	8.3	13.6	55.5	0	
21/3/15	9.7	8.5	14.3	60.8	0	
21/3/22	11.3	8.1	12.6	37.1	0	
21/3/29	13.8	8.4	12.7	39.5	752	Aphanizomenon
21/4/5	14.1	7.6	11.0	42.5	48	Aphanizomenon
21/4/12	15.3	8.0	12.9	21.8	1,763	Aphanizomenon
21/4/19	15.8	8.1	11.7	19.0	1,639	Aphanizomenon
21/4/26	18.3	8.0	10.1	4.1	0	
21/5/3	18.0	7.4	8.2	2.0	0	
21/5/10	18.8	7.6	8.9	5.9	0	
21/5/18	19.9	7.2	8.9	10.6	87	Aphanizomenon
21/5/24	21.0	7.5	9.8	10.3	0	
21/5/31	21.3	8.9	9.9	19.3	46	Aphanizomenon
21/6/7	22.6	8.0	8.4	5.2	160	Anabaena
21/6/14	23.8	7.6	6.8	2.4	149	Aphanizomenon
21/6/21	24.6	8.0	8.2	8.2	497	Aphanizomenon
21/6/28	25.3	8.3	9.3	16.9	47,288	Aphanizomenon
21/7/5	25.9	8.0	8.1	15.5	83,070	Aphanizomenon
21/7/13	24.9	7.2	8.7	5.5	213	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	27.0	7.7	10.0	25.7	49	Anabaena
21/7/26	28.3	8.3	9.8	42.4	188,054	Microcystis
21/8/2	30.2	8.8	9.7	16.3	113,360	Microcystis
21/8/9	29.5	7.4	6.8	8.2	1,795	Microcystis
21/8/17	27.6	7.2	7.3	7.5	18,375	Microcystis
21/8/23	26.3	7.4	8.3	8.5	9,620	Microcystis
21/8/31	23.9	6.9	8.9	3.7	516	Microcystis
21/9/6	21.8	6.7	9.5	4.1	430	Microcystis
21/9/13	23.5	7.1	10.1	14.7	677	Microcystis
21/9/23	23.3	7.1	8.9	9.6	244	Microcystis
21/9/27	23.0	7.2	9.4	10.5	4,010	Microcystis
21/10/5	23.6	7.4	9.1	10.2	653	Microcystis
21/10/12	23.3	7.3	8.2	8.7	1,128	Microcystis
21/10/18	19.6	7.0	8.9	13.0	280	Microcystis
21/10/25	17.3	7.3	11.3	24.5	177	Microcystis
21/11/1	16.2	8.0	13.1	46.7	2,584	Microcystis
21/11/8	15.6	7.8	11.1	11.4	539	Aphanizomenon
21/11/15	13.2	7.8	10.8	9.8	217	Microcystis
21/11/23	12.1	8.4	13.1	38.7	753	Microcystis
21/11/29	10.3	8.4	13.7	32.4	1,453	Aphanizomenon
21/12/6	8.3	8.1	13.1	25.8	640	Aphanizomenon
21/12/13	7.9	7.7	13.7	29.5	73	Aphanizomenon
21/12/20	5.4	7.3	12.2	11.9	0	
21/12/27	3.1	7.2	12.5	8.1	16	Aphanizomenon

창녕함안보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	3.2	7.6	14.0	22.5	137	Oscillatoria
21/1/11				결빙		
21/1/18				결빙		
21/1/25	3.6	7.7	14.8	31.0	55	Aphanizomenon
21/2/1	4.3	8.1	14.3	41.9	72	Oscillatoria
21/2/8	5.0	7.9	14.6	41.2	39	Aphanizomenon
21/2/15	6.3	8.3	15.3	47.0	135	Oscillatoria
21/2/22	6.3	8.3	14.2	38.4	0	
21/3/2	7.5	8.4	13.6	40.8	122	Oscillatoria
21/3/8	9.1	8.0	12.7	45.2	111	Aphanizomenon
21/3/15	10.6	8.4	14.0	45.5	173	Aphanizomenon
21/3/22	11.9	8.3	12.8	37.3	288	Aphanizomenon
21/3/29	13.4	8.1	11.7	32.8	384	Aphanizomenon
21/4/5	14.3	7.5	10.5	35.2	372	Aphanizomenon
21/4/12	15.5	8.0	12.9	25.3	1,757	Aphanizomenon
21/4/19	15.3	8.0	11.2	22.8	1,165	Aphanizomenon
21/4/26	17.9	7.9	10.8	5.1	64	Aphanizomenon
21/5/3	17.8	7.5	9.2	8.7	0	
21/5/10	19.1	7.8	10.8	23.4	19	Aphanizomenon
21/5/18	19.8	7.2	8.0	9.7	812	Aphanizomenon
21/5/24	21.3	7.4	9.8	21.3	524	Anabaena
21/5/31	21.5	8.8	9.4	21.5	1,654	Aphanizomenon
21/6/7	23.8	8.0	8.8	14.1	283	Aphanizomenon
21/6/14	24.5	7.7	8.7	11.5	2,225	Aphanizomenon
21/6/21	25.1	8.6	11.0	30.7	2,026	Aphanizomenon
21/6/28	25.9	8.7	11.1	27.3	24,939	Aphanizomenon
21/7/5	25.8	7.7	7.5	13.3	30,473	Aphanizomenon
21/7/13	25.1	7.2	7.9	7.4	248	Aphanizomenon

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	26.9	7.7	9.3	29.8	1,030	Microcystis
21/7/26	29.1	8.7	10.7	53.8	16,749	Microcystis
21/8/2	30.6	9.0	10.3	52.3	43,366	Microcystis
21/8/9	28.6	7.3	6.5	12.9	2,317	Microcystis
21/8/17	27.2	7.8	8.9	24.8	40,233	Microcystis
21/8/23	26.1	7.5	7.8	15.1	12,443	Microcystis
21/8/31	24.4	6.7	8.3	13.3	754	Microcystis
21/9/6	22.6	7.0	9.3	14.9	1,909	Microcystis
21/9/13	23.9	7.2	9.4	24.7	1,587	Microcystis
21/9/23	23.3	7.4	9.2	24.0	1,324	Microcystis
21/9/27	22.8	8.0	10.3	32.3	4,628	Microcystis
21/10/5	24.0	8.1	11.1	46.5	3,817	Microcystis
21/10/12	23.4	8.2	9.5	34.4	1,659	Microcystis
21/10/18	18.8	8.1	9.8	20.1	1,933	Microcystis
21/10/25	16.9	8.6	13.3	41.4	2,106	Microcystis
21/11/1	16.3	8.7	14.0	46.6	796	Microcystis
21/11/8	15.4	8.7	12.2	21.1	698	Microcystis
21/11/15	12.6	7.4	10.5	14.4	898	Microcystis
21/11/22	기상악화로 채수불가					
21/11/29	10.1	8.7	13.0	29.1	931	Aphanizomenon
21/12/6	8.2	7.8	11.0	8.6	1,133	Aphanizomenon
21/12/13	7.5	7.5	12.7	18.1	502	Aphanizomenon
21/12/20	5.9	7.9	13.1	20.4	82	Aphanizomenon
21/12/27	4.0	7.6	12.6	13.1	36	Aphanizomenon

세종보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	2.9	7.8	13.7	2.3	0	
21/1/11	1.1	7.7	14.3	2.8	0	
21/1/19	2.4	7.8	13.2	2.5	0	
21/1/25	7.6	7.4	12.8	12.9	0	
21/2/1	6.2	7.4	12.3	12.6	0	
21/2/8	6.2	7.8	12.1	12.3	0	
21/2/15	8.9	7.9	10.5	25.6	1,940	Oscillatoria
21/2/22	10.0	7.3	11.0	17.4	0	
21/3/2	8.1	7.6	11.1	105.8	0	
21/3/8	9.2	7.4	10.5	8.8	0	
21/3/15	11.4	7.3	10.1	15.4	0	
21/3/22	10.6	7.8	10.8	19.0	0	
21/3/29	12.7	7.7	9.6	29.9	0	
21/4/5	14.1	7.4	9.4	26.9	1,080	Oscillatoria
21/4/12	16.3	7.4	10.4	27.2	0	
21/4/19	14.0	7.7	9.4	40.8	0	
21/4/26	18.0	7.9	11.5	52.8	0	
21/5/3	15.1	8.3	10.8	41.1	0	
21/5/10	15.6	8.3	9.7	69.6	0	
21/5/17	19.6	8.3	7.6	40.9	0	
21/5/24	19.5	7.3	7.5	17.9	0	
21/5/31	19.8	7.8	8.9	19.1	0	
21/6/7	19.6	7.4	10.2	21.2	0	
21/6/14	21.3	7.5	10.7	57.1	0	
21/6/21	20.6	7.9	10.5	67.9	0	
21/6/28	22.4	8.0	10.6	60.5	0	
21/7/5	16.6	7.1	9.6	27.8	0	
21/7/12	20.2	6.9	8.4	11.3	0	

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	25.9	7.9	8.4	66.6	0	
21/7/26	28.5	8.7	11.4	116.9	2,130	Microcystis
21/8/2	26.1	8.4	8.4	72.9	1,650	Aphanizomenon
21/8/9	25.3	7.8	9.9	76.0	2,200	Microcystis
21/8/17	24.7	8.4	9.7	70.8	1,610	Microcystis
21/8/23	25.0	7.5	8.0	39.4	0	
21/8/30	22.6	7.5	7.7	6.1	0	
21/9/6	22.9	7.3	7.5	5.4	595	Microcystis
21/9/13	25.1	7.5	9.0	23.6	2,250	Microcystis
21/9/23	22.1	8.3	8.5	13.5	0	
21/9/27	22.3	7.5	8.6	7.3	0	
21/10/5	23.1	7.8	8.6	11.5	0	
21/10/12	20.4	8.1	8.0	7.7	0	
21/10/18	14.9	7.8	9.6	4.1	0	
21/10/25	15.6	8.1	9.8	7.5	0	
21/11/1	16.2	8.1	10.3	7.2	0	
21/11/8	15.5	8.2	9.3	9.9	530	Oscillatoria
21/11/15	12.3	8.1	11.1	6.2	275	Oscillatoria
21/11/22	12.9	7.9	11.1	6.9	0	
21/11/29	9.4	8.3	11.7	7.4	0	
21/12/6	7.1	8.1	11.7	5.2	0	
21/12/13	7.4	7.7	11.7	6.4	0	
21/12/20	5.8	7.6	13.0	5.9	0	
21/12/27	1.3	8.5	14.1	2.7	0	

공주보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	1.9	8.2	14.2	3.1	0	
21/1/11	결빙					
21/1/19	1.9	8.1	13.9	2.6	0	
21/1/25	7.4	7.6	12.0	15.9	0	
21/2/1	4.3	7.7	13.3	9.7	0	
21/2/8	5.3	7.6	12.4	12.4	0	
21/2/15	8.6	7.8	11.5	23.5	850	Oscillatoria
21/2/22	9.0	7.7	11.4	15.9	0	
21/3/2	8.9	7.5	9.9	119.4	0	
21/3/8	9.4	7.3	10.5	13.1	0	
21/3/15	11.7	7.6	10.4	23.3	0	
21/3/22	10.4	7.8	11.8	36.0	0	
21/3/29	12.5	7.5	11.1	36.2	0	
21/4/5	14.8	7.3	9.5	39.6	1,460	Oscillatoria
21/4/12	16.7	8.0	10.4	58.6	0	
21/4/19	13.5	8.0	13.3	78.7	0	
21/4/26	18.5	8.5	13.5	136.0	0	
21/5/3	15.7	8.1	12.3	62.9	0	
21/5/10	16.6	8.6	11.7	139.1	0	
21/5/17	19.4	7.3	7.7	52.5	0	
21/5/24	20.4	7.4	9.6	22.6	0	
21/5/31	20.2	7.2	8.3	19.7	0	
21/6/7	21.8	7.7	10.5	37.5	0	
21/6/14	24.1	8.6	11.5	127.7	0	
21/6/21	23.1	8.0	13.0	135.4	0	
21/6/28	24.7	8.0	13.3	171.9	0	
21/7/5	18.2	7.7	7.9	43.5	0	
21/7/12	19.8	7.0	8.8	11.0	0	

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	27.8	8.7	11.4	127.0	0	
21/7/26	29.8	8.9	12.0	165.2	6,390	Microcystis
21/8/2	28.2	8.0	7.7	141.1	1,360	Microcystis
21/8/9	27.3	8.6	11.4	113.3	1,580	Microcystis
21/8/17	26.5	9.0	11.6	118.8	860	Microcystis
21/8/23	25.1	7.6	7.1	69.9	250	Oscillatoria
21/8/30	22.1	7.4	7.2	7.5	0	
21/9/6	23.0	7.4	8.0	8.8	260	Microcystis
21/9/13	25.4	7.6	9.4	25.2	1,480	Microcystis
21/9/23	22.6	7.5	7.3	16.4	1,740	Microcystis
21/9/27	22.2	7.6	8.5	7.8	0	
21/10/5	23.8	7.9	9.6	29.2	0	
21/10/12	21.2	7.9	7.7	14.7	0	
21/10/18	15.3	7.4	9.3	9.0	0	
21/10/25	15.2	7.8	10.8	7.3	0	
21/11/1	15.6	8.0	10.6	6.2	0	
21/11/8	15.1	8.0	8.9	7.8	240	Oscillatoria
21/11/15	11.5	8.0	11.5	6.1	90	Oscillatoria
21/11/22	12.4	7.7	10.7	7.4	0	
21/11/29	8.4	7.7	12.6	6.5	0	
21/12/6	6.2	8.0	11.6	3.5	0	
21/12/13	7.3	7.9	11.9	6.8	0	
21/12/20	4.6	8.7	13.7	3.6	0	
21/12/27	1.2	7.8	14.0	3.0	0	

백제보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4				결빙		
21/1/11				결빙		
21/1/19				결빙		
21/1/25				결빙		
21/2/1	4.1	7.7	15.2	20.9	0	
21/2/8	4.7	7.9	14.9	18.1	0	
21/2/15	6.8	8.0	14.6	25.5	0	
21/2/22	5.7	8.0	15.9	19.6	0	
21/3/2	8.8	7.7	10.9	26.3	0	
21/3/8	9.4	7.5	10.3	22.5	0	
21/3/15	11.8	7.9	13.6	62.3	0	
21/3/22	12.6	8.5	13.6	90.0	0	
21/3/29	12.8	8.3	12.2	81.9	0	
21/4/5	15.0	7.9	9.9	73.0	0	
21/4/12	16.6	8.9	12.0	121.1	0	
21/4/19	14.8	9.3	16.1	161.1	0	
21/4/26	18.7	8.8	15.9	147.6	0	
21/5/3	16.0	8.8	14.8	140.0	0	
21/5/10	17.7	9.6	15.1	159.9	0	
21/5/17	20.7	8.3	9.5	137.1	0	
21/5/24	20.9	7.7	9.5	73.6	0	
21/5/31	20.6	7.5	8.8	25.2	0	
21/6/7	22.4	8.5	13.1	84.3	0	
21/6/14	25.4	8.6	12.6	132.6	0	
21/6/21	23.6	9.2	14.5	110.1	0	
21/6/28	25.4	9.1	15.4	178.8	0	
21/7/5	22.4	7.4	6.4	78.9	0	
21/7/12	20.7	7.5	8.7	20.4	0	

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	25.7	8.6	15.1	127.5	320	Anabaena
21/7/26	30.9	8.5	10.5	127.8	10,600	Microcystis
21/8/2	29.7	8.7	7.4	154.6	5,980	Microcystis
21/8/9	28.2	8.0	9.8	92.8	3,800	Microcystis
21/8/17	27.0	8.9	13.0	135.9	3,630	Microcystis
21/8/23	25.1	7.5	7.5	84.3	1,090	Microcystis
21/8/30	22.5	7.5	6.3	12.1	0	
21/9/6	22.9	7.7	9.4	12.0	630	Microcystis
21/9/13	25.6	8.3	9.8	48.6	1,820	Microcystis
21/9/23	22.7	7.6	8.0	32.8	0	
21/9/27	22.6	7.6	9.7	26.8	0	
21/10/5	23.8	8.3	10.8	67.4	0	
21/10/12	21.5	7.9	9.4	35.6	0	
21/10/18	16.6	8.0	11.4	25.6	0	
21/10/25	14.7	8.1	12.0	12.8	0	
21/11/1	15.2	8.3	11.8	12.6	0	
21/11/8	14.8	7.8	10.6	11.0	0	
21/11/15	10.9	7.6	11.8	6.5	110	Aphanizomenon
21/11/22	12.0	8.1	11.6	5.9	0	
21/11/29	8.0	8.3	12.2	5.5	0	
21/12/6	5.9	7.6	13.9	3.5	0	
21/12/13	7.5	8.4	12.0	6.9	0	
21/12/20	4.6	8.1	13.5	3.8	0	
21/12/27	2.8	8.1	13.9	4.8	0	

승촌보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	5.9	7.0	12.7	66.9	0	
21/1/14	5.3	7.4	13.5	47.4	0	
21/1/19	5.2	7.2	12.4	49.4	0	
21/1/25	8.7	7.1	9.0	51.4	0	
21/2/1	7.7	7.2	12.1	63.5	0	
21/2/8	7.4	7.4	11.8	51.7	0	
21/2/15	10.4	7.5	14.1	91.8	0	
21/2/22	9.6	7.2	12.2	52.7	0	
21/3/2	10.7	7.1	8.5	32.8	0	
21/3/8	11.8	7.1	10.6	73.6	0	
21/3/15	12.7	7.5	10.8	103.3	0	
21/3/22	12.7	6.8	9.8	85.6	0	
21/3/29	14.7	7.6	8.6	88.2	0	
21/4/5	15.2	7.5	7.4	127.3	0	
21/4/12	17.4	8.2	12.4	224.1	0	
21/4/19	15.2	8.3	14.2	228.3	0	
21/4/26	19.7	7.3	9.3	57.2	0	
21/5/3	17.0	7.0	6.4	77.4	0	
21/5/10	19.5	7.2	11.2	88.3	0	
21/5/17	20.8	6.6	4.3	13.9	0	
21/5/24	22.9	7.4	11.2	177.9	0	
21/6/1	23.9	7.6	12.4	122.0	0	
21/6/7	23.8	6.9	9.1	95.8	0	
21/6/14	26.3	6.4	6.7	82.9	0	
21/6/21	25.8	6.7	8.8	96.6	157	Microcystis
21/6/28	27.0	6.5	5.3	60.2	0	
21/7/5	24.8	6.7	4.5	25.1	0	
21/7/12	27.6	6.5	7.6	60.3	66	Microcystis

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	29.1	7.0	7.5	75.5	63	Microcystis
21/7/26	29.3	7.7	9.5	142.8	98	Microcystis
21/8/2	29.0	6.7	3.3	134.8	822	Microcystis
21/8/9	27.5	6.5	4.5	54.2	491	Microcystis
21/8/17	28.0	6.9	6.8	108.8	661	Microcystis
21/8/23	집중강우로 채수불가					
21/9/1	집중강우로 채수불가					
21/9/6	24.2	6.7	6.8	15.4	510	Microcystis
21/9/13	26.1	7.1	9.7	62.9	89	Microcystis
21/9/23	24.9	6.8	7.3	20.6	2,018	Microcystis
21/9/27	24.6	7.0	9.1	24.2	1,206	Microcystis
21/10/5	25.0	7.3	9.9	89.9	1,003	Microcystis
21/10/12	22.8	6.6	4.2	53.9	617	Microcystis
21/10/18	16.2	7.0	9.1	49.2	0	
21/10/25	17.0	8.2	16.5	91.6	0	
21/11/1	16.9	7.0	10.2	64.1	0	
21/11/8	16.9	7.2	11.2	70.5	0	
21/11/15	12.5	6.9	8.4	36.7	0	
21/11/22	13.3	6.9	9.4	52.2	0	
21/11/29	11.6	6.9	8.2	28.7	0	
21/12/6	9.3	7.0	10.4	42.5	0	
21/12/13	10.4	7.1	10.7	58.3	0	
21/12/20	7.4	7.2	12.0	36.6	0	
21/12/27	5.4	7.4	12.9	26.0	0	

죽산보

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/1/4	4.3	8.6	17.9	137.0	0	
21/1/14	결빙					
21/1/19	3.5	8.8	17.9	152.0	0	
21/1/25	5.7	8.5	16.4	138.3	0	
21/2/1	6.8	8.5	16.5	190.1	0	
21/2/8	6.4	8.9	16.6	197.6	0	
21/2/15	8.0	9.0	17.1	77.9	0	
21/2/22	8.0	8.3	13.6	75.0	0	
21/3/2	9.3	7.7	11.6	82.9	0	
21/3/8	10.8	7.5	11.0	62.6	0	
21/3/15	12.4	7.9	11.4	64.7	0	
21/3/22	12.9	7.0	8.3	22.4	0	
21/3/29	14.7	7.4	7.5	51.2	0	
21/4/5	15.0	7.5	7.2	40.0	0	
21/4/12	16.8	8.1	10.1	49.1	0	
21/4/19	15.7	7.7	8.4	40.5	0	
21/4/26	18.0	8.0	7.5	38.9	149	Aphanizomenon
21/5/3	18.4	7.5	6.5	50.8	0	
21/5/10	18.9	7.5	7.5	53.2	1,019	Anabaena
21/5/17	21.3	6.9	4.4	18.1	0	
21/5/24	22.2	7.5	9.3	74.1	31	Anabaena
21/6/1	22.7	7.5	8.5	46.9	338	Aphanizomenon
21/6/7	23.7	7.0	7.8	96.5	0	
21/6/14	25.3	7.1	7.8	95.5	0	
21/6/21	25.2	7.0	7.4	73.0	410	Microcystis
21/6/28	27.4	7.8	8.2	41.9	33,791	Microcystis
21/7/5	25.8	6.8	4.6	43.0	703	Microcystis
21/7/12	26.5	6.7	7.2	62.2	211	Microcystis

조사 일시	수온 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	chl-a (mg/m ³)	표층 유해남조류	
					유해남조류세포수 (세포/mL)	우점종
21/7/19	29.0	7.3	6.7	58.7	733	Microcystis
21/7/26	29.8	8.3	9.6	70.8	15,725	Microcystis
21/8/2	30.3	7.6	6.3	100.4	19,809	Microcystis
21/8/9	29.5	6.9	6.0	53.5	1,056	Microcystis
21/8/17	28.6	7.7	9.6	87.0	2,659	Microcystis
21/8/23	집중강우로 채수불가					
21/9/1	집중강우로 채수불가					
21/9/6	24.4	6.7	7.3	28.9	234	Microcystis
21/9/13	25.0	8.0	12.0	83.9	277	Microcystis
21/9/23	25.4	7.2	7.8	33.0	1,705	Microcystis
21/9/27	24.5	7.3	9.6	57.4	1,955	Microcystis
21/10/5	25.1	7.5	9.4	91.2	747	Microcystis
21/10/12	23.9	7.1	7.3	46.8	915	Microcystis
21/10/18	19.3	7.8	10.9	104.0	152	Microcystis
21/10/25	16.1	8.6	13.9	119.1	576	Microcystis
21/11/1	15.6	8.3	12.6	51.2	227	Microcystis
21/11/8	15.5	8.3	11.5	41.8	0	
21/11/15	13.0	7.3	8.7	27.4	0	
21/11/22	12.5	7.1	9.6	32.9	0	
21/11/29	10.4	7.3	10.7	39.4	0	
21/12/6	9.0	7.1	9.4	16.2	0	
21/12/13	8.5	8.1	14.0	46.2	0	
21/12/20	6.6	8.5	15.4	98.3	0	
21/12/27	4.6	8.3	13.9	41.9	0	

제4부 참고자료

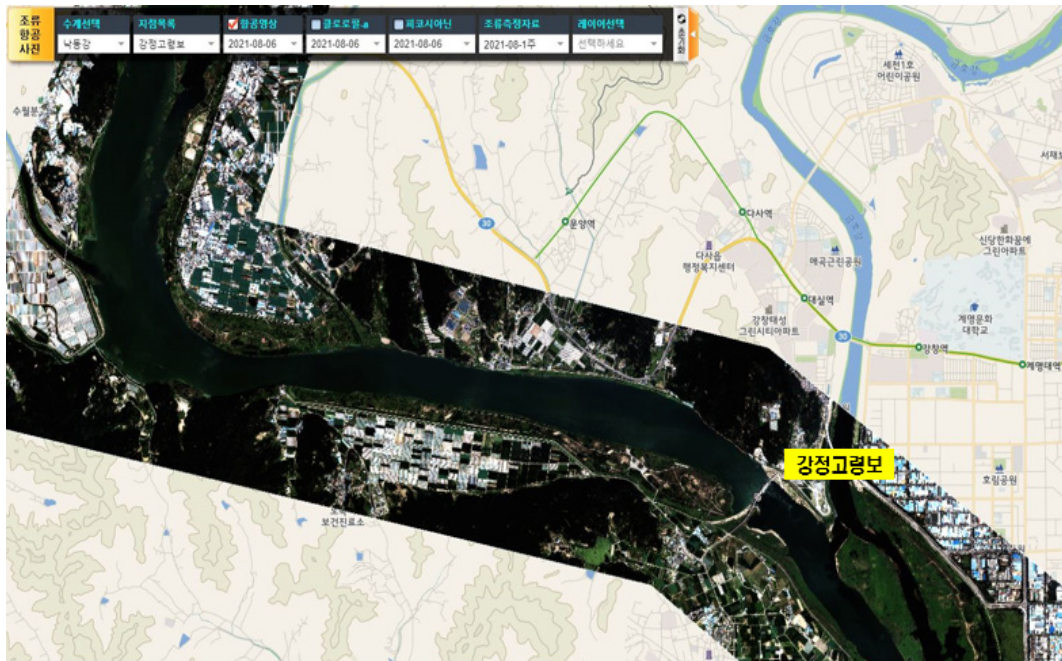
2. 초분광 녹조 원격 모니터링 사진자료

가. 낙동강	222
나. 금 강	224

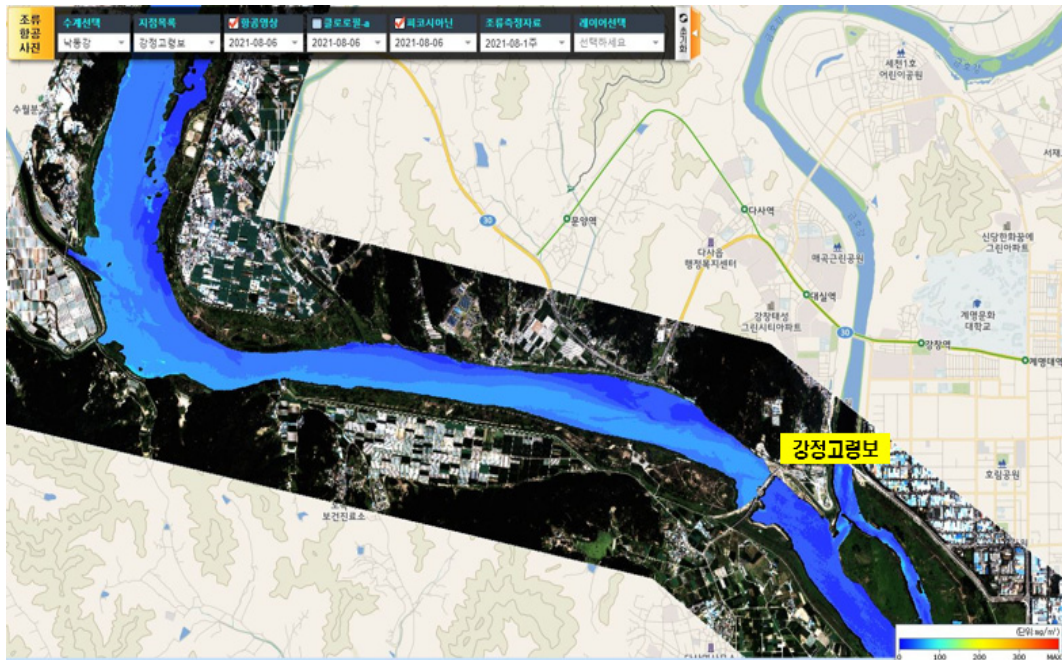
제 4 부

2. 초분광 녹조 원격 모니터링 사진자료

가. 낙동강

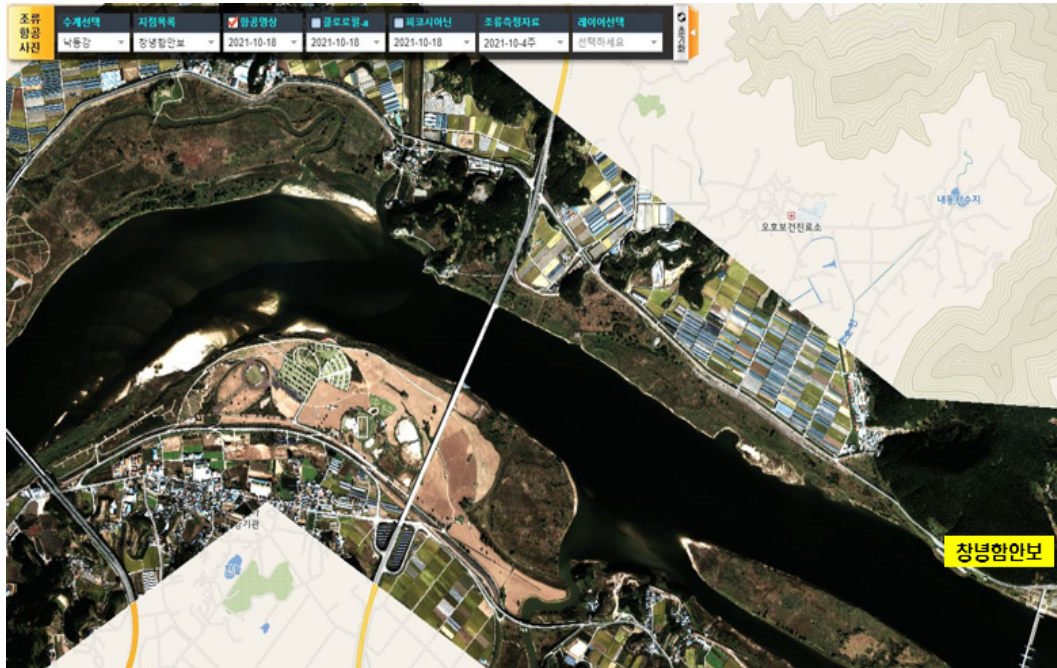


< 2021. 8. 6 강정고령보 RGB 사진 >

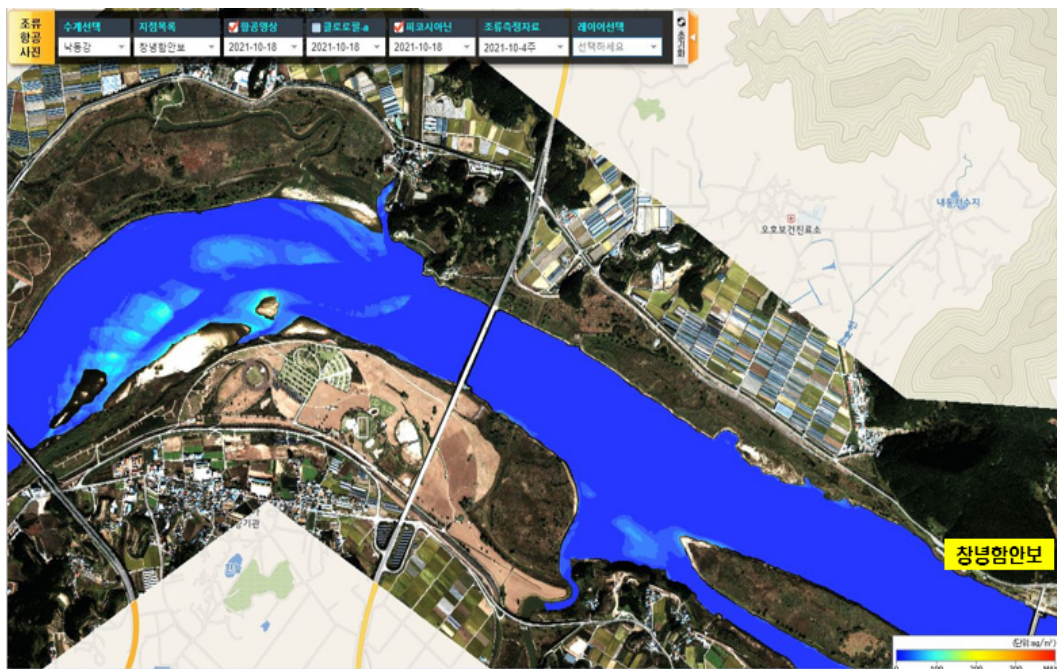


< 2021. 8. 6 강정고령보(피코시아닌) 사진 >

▲ 현장상황 : '21.8.2 강정고령보 조류관찰지점 남조류 세포수 - 41,956 세포/mL



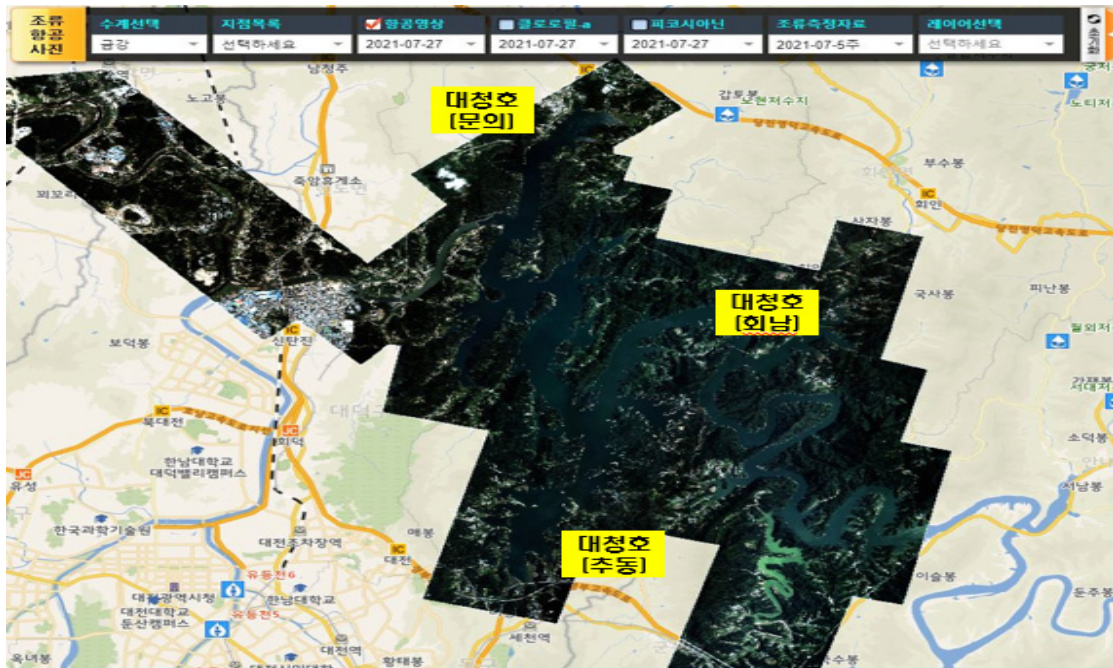
〈 2021. 10. 18 창녕함안보 RGB 사진 〉



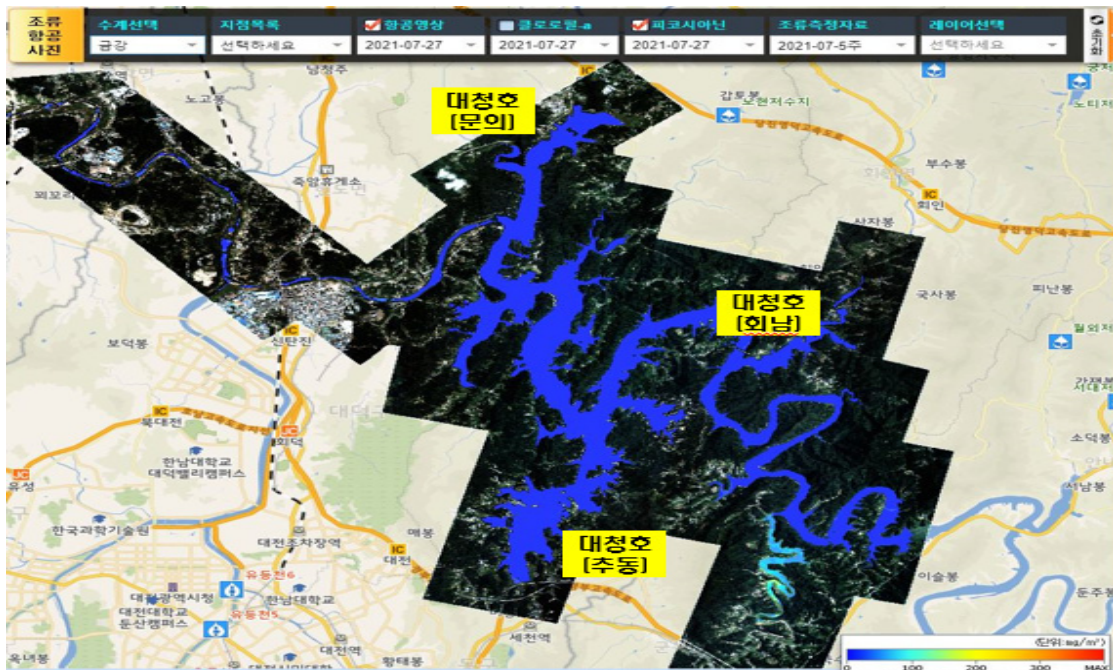
〈 2021. 10. 18 창녕함안보 초분광(피코시아닌) 사진 〉

▲ 현장상황 : '21.10.18 창녕함안보 조류관찰지점 남조류 세포수 - 1,933 세포/mL

나. 금 강



〈 2021. 7. 27 대청호(회남) RGB 사진 〉



〈 2021. 7. 27 대청호(회남) 초분광(피코시아닌) 사진 〉

▲ 현장상황 : '21.7.26 대청호(회남) 조류경보지점 유해남조류 세포수 - 0 세포/mL



< 2021. 7. 27 백제보 RGB 사진 >



< 2021. 7. 27 백제보 초분광(피코시아닌) 사진 >

▲ 현장상황 : '21.7.26 백제보 조류관찰지점 유해남조류 세포수 - 10,600 세포/mL

제4부 참고자료

3. 해외 녹조현상 사진자료

가. 호 주	228
나. 중 국	232
다. 미 국	234
라. 캐나다	241

가. 호주



〈 호주 New South Wales Copetom Dam 하천 녹조현상, 2006년 8월4) 〉

4) 출처 : 호주 뉴사우스웨일즈주 물관리국(NSW DPI, Water)



〈 호주 New South Wales Murray River 하천 녹조현상, 2016년 4월⁵⁾ 〉



〈 호주 New South Wales Tocumwal 하천 녹조현상, 2009년 3월⁶⁾ 〉

5) 출처 : 호주 뉴사우스웨일즈주 물관리국(NSW DPI, Water)

6) 출처 : 호주 뉴사우스웨일즈주 물관리국(NSW DPI, Water)



〈 호주 Sydney 호수 녹조현상과 조류위험 경고표지, 2017년 2월⁷⁾ 〉



〈 호주 New South Wales Murray River 하천 녹조현상, 2017년 2월⁸⁾ 〉

7) 출처 : 호주 뉴사우스웨일즈주 물관리국(NSW DPI, Water)

8) 출처 : 호주 뉴사우스웨일즈주 물관리국(NSW DPI, Water)



〈 호주 Spavin Lake, 2020년⁹⁾ 〉



〈 호주 Lake Burrinjuck, 2021년¹⁰⁾ 〉

9) 출처 : 2022 Hume City Council (2020.12.23)

10) 출처 : ABC News (2021.3.15)

나. 중국



〈 중국 강소성 태호 조류제거시설¹¹⁾ 〉



〈 중국 강소성 태호 녹조현상, 2014년¹²⁾ 〉

11) 출처 : 중국환경과학원 수생태연구소 제공

12) 출처 : 논문 Parel et al. 2014, Science



〈 중국 강소성 태호 녹조현상, 2019년¹³⁾ 〉

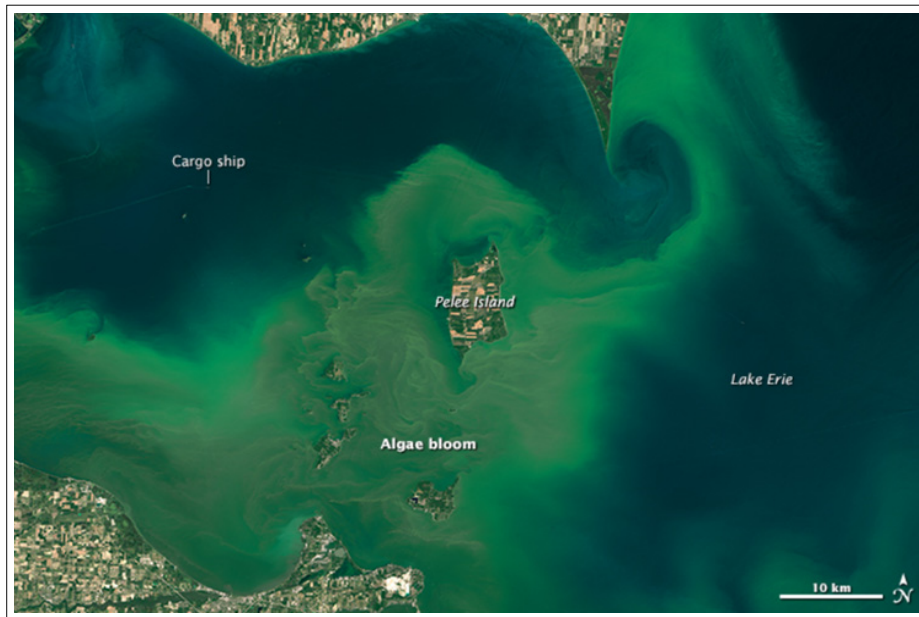


〈 중국 Liangxi River 녹조현상, 2019년¹⁴⁾ 〉

13) 출처 : CGTN (2019.09.19)

14) 출처 : China's US Focus (2019.10.29)

다. 미국



〈 미국 Lake Erie 호수 녹조현상, 2015년¹⁵⁾ 〉



〈 미국 Lake Erie 급수중단사태 발생시 녹조현상, 2014년¹⁶⁾ 〉

15) 출처 : NASA Earth Observatory Image of the Day(<https://earthobservatory.nasa.gov/>)

16) 출처 : NASA Earth Observatory Image of the Day(<https://earthobservatory.nasa.gov/>)



【스튜어트AP/뉴스시스】 4일(현지시간) 미국 독립기념일 연휴가 한창인 가운데 플로리다주 앞바다에 심각한 녹조가 발생해 주민과 관광객들이 불편을 겪고 있다. 사진은 플로리다주 스튜어트에 위치한 세인트 루시에강 주변에 녹조가 퍼져 있는 모습, 2016.7.5, 2016-07-05

〈 미국 플로리다 앞바다 녹조현상, 2016년¹⁷⁾ 〉



〈 미국 Lake Utah 녹조현상, 2016년¹⁸⁾ 〉

17) 출처 : 뉴스시스(2016.7.5.)

18) 출처 : Fox news(2016.7.25.)



〈 미국 St. Lucie River 녹조현상, 2018년¹⁹⁾ 〉



〈 미국 Lake Okeechobee 녹조현상, 2018년²⁰⁾ 〉

19) 출처 : Treasure Coast Newspapers(2018.6.29.)

20) 출처 : Pacific Standard(2018.7.25.)



〈 미국 Erie's Lake 녹조현상, 2019년²¹⁾ 〉



〈 미국 South Jersey's 주변 호수 녹조현상, 2019년²²⁾ 〉

21) 출처 : Erie Reader Newspapers(2019.8.28.)

22) 출처 : The Philadelphia Inquirer Newspapers(2019.9.19.)



〈 미국 Utah river 주변 녹조현상, 2020년²³⁾ 〉



〈 미국 Madison Area Lakes 주변 녹조현상, 2020년²⁴⁾ 〉

23) 출처 : WINK Newspapers(2020.7.16.)

24) 출처 : Wisconsin Public Radio Newspapers(2020.11.9.)



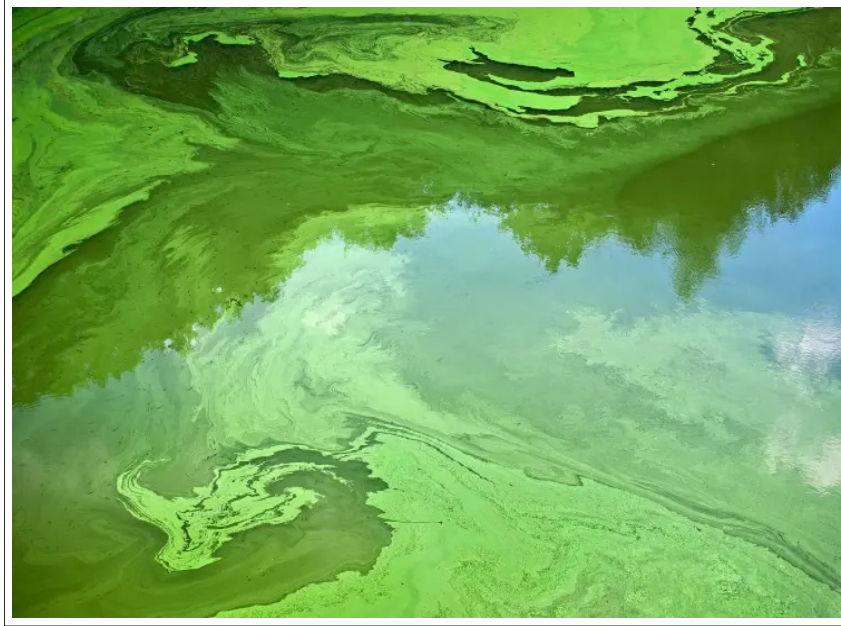
〈 미국 Utah river 주변 녹조현상, 2020년²⁵⁾ 〉



〈 미국 Madison Area Lakes 주변 녹조현상, 2020년²⁶⁾ 〉

25) 출처 : WINK Newspapers(2020.7.16.)

26) 출처 : Wisconsin Public Radio Newspapers(2020.11.9.)



〈 미국 California 주변 녹조현상, 2021년²⁷⁾ 〉



〈 미국 Western Lake Erie 녹조현상, 2021년²⁸⁾ 〉

27) 출처 : Fox News(2021.8.26.)

28) 출처 : The Blade(2021.9.4.)

라. 캐나다



〈 캐나다 Lake Morinville 녹조현상, 2018년²⁹⁾ 〉



〈 캐나다 Lake Micmac 녹조현상, 2018년³⁰⁾ 〉

29) 출처 : Edmonton journal(2018.7.27.)

30) 출처 : CBC NEWS(2018.8.2.)



〈 캐나다 Lake Nipissing 녹조현상, 2019년³¹⁾ 〉



〈 캐나다 Lake Oathill 녹조현상, 2019년³²⁾ 〉

31) 출처 : MYNORTHBAYNOW NEWS(2019.7.10.)

32) 출처 : CBC NEWS(2019.7.30.)



〈 캐나다 Saskatchewan 주변 녹조현상, 2020년³³⁾ 〉



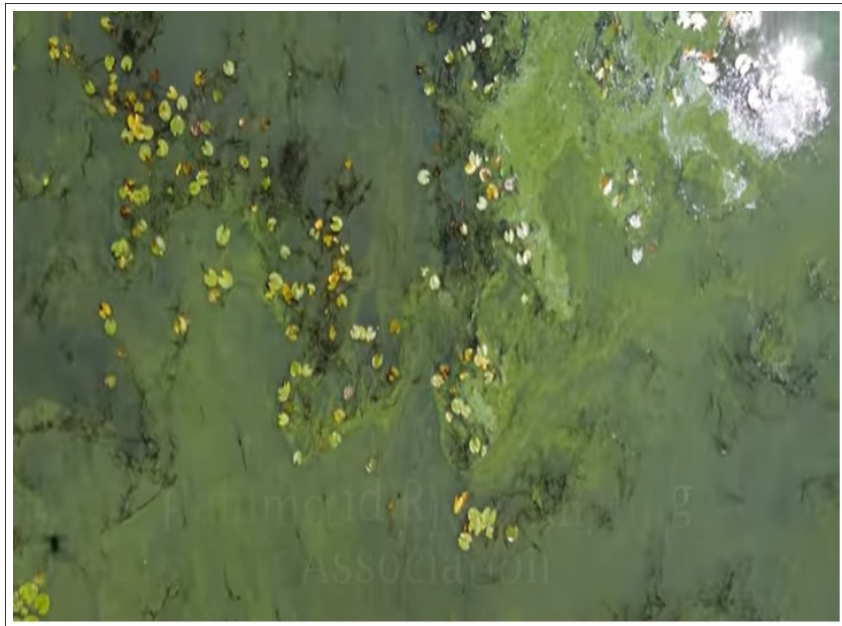
〈 캐나다 Ramsey Lake 녹조현상, 2020년³⁴⁾ 〉

33) 출처 : Saskatchewan Water Security Agency(2020.7.30.)

34) 출처 : CTV News Northern Ontario (2020.7.17.)



〈 캐나다 Elk and Beaver Lakes 녹조현상, 2021년³⁵⁾ 〉



〈 캐나다 Darlings Lake 녹조현상, 2021년³⁶⁾ 〉

35) 출처 : CTV News Vancouver Island (2021.5.4.)

36) 출처 : CBC-Radio-Canada (2021.8.13.)

제4부 참고자료

4. 주요정책자료

- 가. 2021년 조류경보제 시행계획 246
- 나. 조류경보제 개선 주요내용 261
- 다. 수질·녹조 대비 댐-보-저수지 최적 연계운영 268

가. 2021년 조류경보제 시행계획

▣ 배경 및 목적

- 조류발생 시 상수원의 안전한 먹는 물 공급 및 피해 최소화를 위해 '98년부터 환경부, 시·도지사가 관리하는 하천·호소에 대하여 실시
※ 총 29개소(상수원 28개소, 친수활동 구간 1개소)
- 해당 수계별 경보체계 구축을 통해 상수원 및 친수활동의 안정성 확보

▣ 법적 근거

- 『물환경보전법』 제21조제1항(수질오염경보제)

환경부장관 또는 시·도지사는 수질오염으로 하천·호소의 물의 이용에 중대한 피해를 가져올 우려가 있거나 주민의 건강·재산이나 동식물의 생육에 중대한 위해를 가져올 우려가 있다고 인정될 때에는 해당 하천·호소에 대하여 수질오염 경보를 발령할 수 있다

- 조류경보 발령대상 호소 및 발령주체(『물환경보전법 시행령』 별표2)

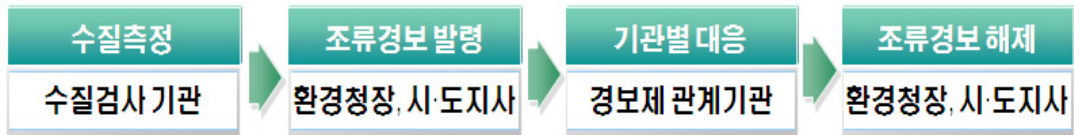
구분	대상 수질오염물질	발령대상	발령주체
상수원 구간	남조류 세포수	법 제9조에 따라 환경부장관 또는 시·도지사가 조사·측정하는 하천·호소 중 상수원의 수질보호를 위하여 환경부장관이 정하여 고시하는 하천·호소	환경부장관 또는 시·도지사
친수활동 구간	남조류 세포수	법 제9조에 따라 환경부장관 또는 시·도지사가 조사·측정하는 하천·호소 중 수영, 수상스키, 낚시 등 친수활동의 보호를 위하여 환경부장관이 정하여 고시하는 하천·호소	환경부장관 또는 시·도지사

□ 그간 추진경위

- '98년 : 4개 호소(팔당, 대청, 충주, 주암)를 대상으로 최초 시행
- '03.10 : 상수원 호소의 조류관리대책 수립
 - 조류경보제의 단계적 확대 추진 등 기본추진방안 수립
- '04. 1 : 조류경보제 운영강화계획 수립
 - 대상호소 확대 : 8개소('04년) → 10개소('05년)
 - '06년부터 조류경보제 운영을 지자체로 확대
- '05. 7 : 조류경보제 지자체 확대를 위한 관계기관 회의
 - 조류경보제 운영을 위한 지자체 17개 상수원 시범사업 실시
- '06. 4 : 조류 시료채취 방법 및 남조류 독소 분석 지침 시달
 - 환경청, 지자체, 수자원공사 등 관련 기관에 지침 배포
- '06 ~ '10 : 조류경보제 연도별 단계적 확대 운영
 - 10개소('05년) → 16개소('06년) → 17개소('07년) → 20개소('08년) → 22개소('09년)
- '13.2 ~ : 낙동강 조류경보제 시범운영
 - 상수원 이용 3개 보 구간(칠곡보, 강정고령보, 창녕함안보)
- '14. 9 : 한강 1구간 구의취수장 폐쇄(5→4지점으로 변경)
- '14. 4~12 : “조류포럼” 구성·운영을 통한 조류경보제 개선안 마련

- '15. 3 ~ : 물환경정보시스템 조류정보방을 통한 측정자료 관리·보고 및 대국민 공개
- '15.12 : 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」시행령 개정
 - 발령·해제 기준(납조류 세포수 단일화) 변경, 조류경보 발령 대상에 하천 추가, 친수활동 보호를 위한 구간까지 확대(하천·호소28개소)
- '15.12 : 조류경보제 대상 호소하천 지정 고시 제정(제2015-246호)
- '16. 4 : 채수방법 변경, 투명도·탁도 추가
 - 상수원 구간 : 층별 통합채수, 친수활동 구간 : 표층채수
- '18.5 ~ : 회야호(방류구)→회야호(여수로) 지점명 변경
- '18.1.18 ~ : 남강호→진양호 지점명 변경
- '20. 4. : 조류경보제 대상 호소하천 지정 고시 개정(제2020-98호)
 - 경보발령지점 : 총 29개소(기존 28개 지점 + 낙동강 물금매리 시범운영)
 - 조류관찰지점 : 총 16개소(수질예보 12개 지점, 조류경보제 중복 보 지점 4개)
- '20. 6 : 조류경보제 운영 매뉴얼 개정
- '20. 4 ~ : 낙동강 물금매리 지점 정식 운영

조류경보제 운영체계



- 발령권자 : 유역(지방)환경청장 또는 시·도지사
- 발령기준 : 남조류세포수*
 - 2회 연속 측정하여 남조류세포수가 단계별 기준에 해당될 때 발령

상수원 구간	관 심	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000세포/mL 이상 10,000 세포/mL 미만인 경우
	경 계	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 10,000세포/mL 이상 1,000,000 세포/mL 미만인 경우
	조류대발생	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000,000세포/mL 이상인 경우
	해 제	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000세포/mL 미만인 경우
친수활동 구간	관 심	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 20,000세포/mL 이상 100,000 세포/mL 미만인 경우
	경 계	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 100,000세포/mL 이상인 경우
	해 제	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 20,000세포/mL 미만인 경우

* 남조류세포수는 유해남조류인 *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria* 속 세포수의 합으로 함

- 조사기관은 조류피해 사전 대응을 위해 측정자료를 관리기관에 신속히 통보

※ 조류 모니터링 기관은 조류 피해 사전 대응을 위해 경보발령과 관계없이 측정자료를 취·정수장에 신속히 통보

☑ 조류경보제 모니터링

- 대상 : 하천·호소 29개소(환경부 23, 시도 6)
- 기간 : 연중
 - ※ 친수 구간은 운영기관 여건 및 운영 목적에 따라 동절기 등 미운영 가능
- 지점 : 취수지점을 중심으로 하천·호소별 1개소 이상
- 기관 : 환경부 및 시도
- 방법
 - 측정주기 : 주 1회 이상(“경계” 이상 발령 시 주 2회 이상)
 - 채수수심 : 층별 통합 채수(상수원 구간), 표층 채수(친수 구간)
 - 측정항목

구 분	측정 항목
필수항목 (10개)	수온, pH, DO, 투명도, 탁도, 클로로필 a, 유해남조류 세포수, 유해남조류 우점종 및 세포수(속별), 냄새물질(지오스민, 2-MIB), 조류독소(총 Microcystin-LR) ※ 냄새물질, 조류독소는 ‘경계’ 이상 시에만 필수항목이고 평시에는 권고항목(친수구간은 “관심”단계 이상)
권고항목	총조류세포수, 전체우점종, 분류군별(규조류, 남조류, 녹조류, 기타조류) 우점종 및 세포수 등 ※ 각 측정기관에서 기 시행중이거나 여건에 맞게 최대한 입력 가능한 항목을 입력

- 분석방법 : ‘수질오염 공정시험기준’ 및 ‘조류경보제 운영매뉴얼’에 따름
- 결과기록 : 수질 관찰조사 기록부 작성
 - 특이사항 발견 시 조사기관에서 관리기관에 보고

📌 조류 예측정보 제공

- 목적 : 3차원 수치모델에 실시간 예·관측 자료(기상, 유량, 수질)를 연계하여 발표일 기준 향후 7일간의 유해남조류 발생량을 예측하여 정보 전달
※ 경보발령은 실측치 기준으로 발령, 녹조예측정보 제공은 모델링 예상치 기준으로 관계기관 전파
- 근거 : 조류예측 및 수질관리협의회에 관한 규정
- 주기 : 주 2회(월요일, 목요일), 5월부터 10월까지
※ 예측 결과 유해남조류 세포수가 1만세포/mL를 하루라도 초과할 경우 매 근무일마다 발표
- 지점 : 8개(이천, 해평, 강정·고령, 칠서, 물금매리, 팔당호, 대청호, 진양호)
- 항목 : 유해남조류 세포수 농도(구간 범위)

(단위 : 세포/mL)

단 계	0단계	1단계	2단계	3단계	4단계
구 간	1,000 미만	1,000 이상 10,000 미만	10,000 이상 100,000 미만	100,000 이상 1,000,000 미만	1,000,000 이상

☑ 조류 관찰지점 운영

- 목적 : 수질예보 지점(조류경보제 중복 4개 보 포함)을 경보제에 편입시키고 ‘관찰지점’으로 분류하여 운영하며 관찰지점은 경보발령 미실시
- 지점 : 16개 보 구간 대표지점
- 방법
 - 측정주기 : 주 1회 이상
 - 채수방법 : 횡방향 좌중우 표층(수표면부터 수심 0.5m 혼합) 혼합시료
 - 측정항목

구 분	측정 항목
필수항목 (8개)	수온, pH, DO, 투명도, 탁도, 클로로필 a, 유해남조류 세포수, 유해남조류 우점종 및 세포수(속별)
권고항목	총조류세포수, 전체우점종, 분류군별(규조류, 남조류, 녹조류, 기타조류) 우점종 및 세포수, 냄새물질(지오스민, 2-MIB), 조류독소(총 Microcystin-LR) 등 ※ 각 측정기관에서 기 시행중이거나 여건에 맞게 최대한 입력 가능한 항목을 입력

□ 기관별 조치사항

- 기관별(관리기관) '21년도 조류경보제 세부 시행계획 수립·시행
 - 기관별 지역특성을 반영한 조류발생 대책 시행
- 조류경보 발령 및 보고
 - 수질분석결과, 경보발령 및 해제상황, 피해경감대책 추진상황 등 환경부에 보고
- 녹조발생 시기 환경대응용수 방류 절차 간소화 등 유역(지방)청별 협업 및 공동대응 철저
 - 환경대응용수 활용 등 조류발생에 신속대응을 위해 유역(지방)청에서는 필요 시 기관별 역할분담 및 관련절차를 정하여 추진
- 조류경보제 측정결과 입력·보고
 - 유해남조류세포수, 측정일, 측정시간, 필수·권고항목 및 특이사항 등
 - 환경부 전산망(물환경정보시스템 조류정보방)을 통해 전산입력 후 문서 보고

※ 수신처 : 해당관리기관, 환경부 수질관리과, 국립환경과학원 물환경평가연구과

결과입력 (측정기관)	결과승인		대국민공개	
	기 간	부 서	기 간	요 청
수요일	목요일	조류생태연구팀 (국립환경과학원)	금요일	조류생태연구팀 ⇨ 물환경평가연구과 (국립환경과학원)

- 붙임 : 1. '21년 조류경보제 시행대상 하천·호소
 2. 채수방법
 3. 수질관찰·검사 기록부
 4. 조류경보의 종류별·경보단계별 조치사항
 5. 조류경보 발령(해제) 통보 서식부

【붙임 1】

'21년 조류경보제 시행 대상 하천·호소

하천·호소명	대표 측정 지점	관리기관	측정기관
팔 당 호	댐앞, 부용사앞, 삼봉	한 강 청	한강물환경연구소
대 청 호	추동, 문의, 회남	금 강 청	금강물환경연구소
총 주 호	댐앞, 청풍교	원 주 청	원주청
주 압 호	댐앞, 신평교	영산강청	영산강물환경연구소
운 문 호	댐앞, 취수탑2	대 구 청	한국수자원공사
용 담 호	댐앞, 취수탑	전 북 청	전북청
동 북 호	취수탑, 중류	영산강청	광주상수도사업본부
영 천 호	취수탑	대 구 청	한국수자원공사
진 양 호	판문, 내동	낙동강청	한국수자원공사
안 계 호	취수탑	대 구 청	한국수자원공사
공 산 지	중앙부, 취수탑	대구광역시	대구상수도사업본부
광 교 지	취수탑	경기도	경기도보건환경연구원
춘 천 호	춘천댐 상류, 용산취수장	강 원 도	강원도보건환경연구원 (춘천시)
옥 정 호	칠보취수구	전 북 청	한국수자원공사
진 전 지	상류, 하류	경상북도	경북보건환경연구원
한강 (강동대교~잠실대교)	미사대교, 강동대교, 광진교, 잠실철교	서 울 시	서울물연구원
사 연 호	취수탑, 반연리	낙동강청	한국수자원공사
회 야 호	취수탑, 여수로	낙동강청	울산상수도사업본부
덕 동 호	댐앞	대 구 청	낙동강물환경연구소
탐 진 호	댐앞, 유치천 합류	영산강청	영산강물환경연구소
보 령 호	취수탑	금 강 청	금강물환경연구소
횡 성 호	취수탑	원 주 청	원주청
의 압 호	신연교	원 주 청	한강물환경연구소
한강(이천)	강천보	한 강 청	한강물환경연구소
낙동강(해평)	칠곡보 상류	대 구 청	낙동강물환경연구소
낙동강(강정·고령)	강정고령보 상류	대 구 청	낙동강물환경연구소
낙동강(칠서)	창녕함안보 상류	낙동강청	낙동강물환경연구소
낙동강(물금·매리)	-	낙동강청	부산시 상수도사업본부
친수활동 구간	잠실대교~행주대교(5개 채수위치)를 친수활동 구간으로 신설	서 울 시	서울시보건환경연구원

* 공산지는 공산정수장 고도처리시설 공사 완료 후부터 시행

【붙임 2】

채수 방법

- 상수원 구간은 ‘층별 통합채수’, 친수활동 구간은 ‘표층채수’

상수원 구간 (하천)	
<p style="text-align: center;">〈정상시〉</p> <p>☆ 채수위치</p>	<p style="text-align: center;">〈“경계”발령 이상〉</p> <p>☆ 채수위치</p>
<p>1) 하천의 단면 중 수심이 가장 깊은 수면에서 위의 그림과 같이 상층(수표면을 포함하여 수심 50cm 이내)과 수심의 1/3 및 2/3에서 각각 채수한 후 혼합</p> <p>* 수심이 2m 미만일 때에는 상층과 수심의 1/3에서 채수한 시료를 혼합</p>	<p>2) 수심이 가장 깊은 수면의 지점과 그 지점을 중심으로 좌우로 수면폭을 2등분한 각각의 지점(좌·중·우)에서 수심별(상·중·하층)로 채수한 후 혼합</p>
<p>※ 하천에서 바람의 방향이나 물의 흐름으로 남조류가 한쪽으로 치우쳐 분포할 수 있으므로 상수원 구간에서는 “경계” 발령 이상일 경우 하천의 좌·중·우에서 수심별(상·중·하층)로 채수한 시료를 혼합 사용</p>	
상수원 구간 (호소)	친수활동 구간
<p>☆ 채수위치</p>	<p>☆ 채수위치</p>
<p>1) 최저수심이 5m 초과 10m 이하인 지점 : 상·중·하층수 각각 채수 후 혼합</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상층수 : 수표면을 포함하여 수심 50cm 이내 - 중층수 : 전체 수심의 1/2에 해당되는 수심 - 저층수 : 호소 바닥으로부터 전체 수심의 1/2에 해당되는 수심사이 <p>(단, 최저수심이 5m 이하인 지점 : 수표면을 포함하여 수심 50cm 이내만 채수)</p> <p>2) 최저수심이 10m를 넘는 지점 : 상·중·하층수 각각 채수 후 혼합</p> <ul style="list-style-type: none"> - 상층수 : 수표면을 포함하여 수심 50cm 이내 - 중층수 : 전체 수심의 1/2에 해당되는 수심 - 저층수 : 호소바닥으로부터 위로 5m 사이 <p>* 표층에 육안으로 현저한 수준의 조류가 분포할 때에는 평균 수질자료를 얻을 수 있도록 채수지점 증가 가능</p>	<p>채수수심은 반돈채수기를 사용하거나 비이커를 사용하는 경우 모두 수표면이 포함 되도록 하여 “수심 50cm”이내에서 채수</p>

【붙임 3】

수질 관찰·검사 기록부

수질 관찰·조사 기록부							결 재	
관찰· 조사지점								
관찰· 조사일자				날	씨			
관찰· 조사자	소 속		직 급	성 명				
관찰· 조사시각				시료채취 시 각				
관찰결과	색 도			탁 도				
	조류발생							
	관찰의견							
조사결과	수 온	℃		pH				
	DO	mg/L		투 명 도	m			
	탁 도	NTU		남 조 류	세 포 / m L			
	클로로필 a	mg/m ³		우점 남조류				
	독 소			μg/L	냄새물질			ng/L
				μg/L				ng/L
조사의견								
종합의견								

* 남조류 세포수는 유해남조류인 Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria 속 세포수의 합으로 함

【붙임 4】

조류경보의 종류별·경보단계별 조치사항

가. 상수원 구간

단계	관계기관	조치사항
관심	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 1회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필- α) 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)
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	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 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필- α , 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	수면관리자 (수면관리자)	취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시
	취수장·정수장 관리자 (취수장·정수장 관리자)	1) 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 2) 정수처리 강화(활성탄처리, 오존처리) 3) 정수의 독소분석 실시
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	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(현수막 설치 등)
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	기상상황, 하천수문 등을 고려한 방류량 산정
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 및 폐수배출사업장 관계기관 합동점검 시 지원 2) 하천구간 조류 제거에 관한 사항 지원 3) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 강화

단계	관계 기관	조치사항
조류 대발생	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필- α , 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
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	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(현수막 설치 등)
	홍수통제소장, 한국수자원공사사장	댐, 보 방류량 조정
	한국환경공단이사장	1) 환경기초시설 및 폐수배출사업장 관계기관 합동점검 시 지원 2) 하천구간 조류 제거에 관한 사항 지원 3) 환경기초시설 수질자동측정자료 모니터링 강화
해제	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	각종 경보 해제 및 대중매체 등을 통한 홍보
비고 1. 관계 기관의 관호는 시·도지사가 조류경보를 발령하는 경우의 관계 기관을 말한다. 2. 관계 기관은 위 표의 조치사항 외에도 현지 실정에 맞게 적절한 조치를 할 수 있다. 3. 조류경보를 발령하기 전이라도 수면관리자, 홍수통제소장 및 한국수자원공사사장 등 관계 기관의 장은 수온 상승 등으로 조류발생 가능성이 증가할 경우에는 일정 기간 방류량을 늘리는 등 조류에 따른 피해를 최소화하기 위한 방안을 마련하여 조치할 수 있다.		

나. 친수활동 구간

단계	관계 기관	조치사항
관심	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 1회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필- α , 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	1) 관심경보 발령 2) 낚시·수상스키·수영 등 친수활동, 어패류 어획·식용 등의 자제 권고 및 이에 대한 공지(현수막 설치 등) 3) 필요한 경우 조류제거물질 살포 등 조류 제거 조치
경계	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	1) 주 2회 이상 시료 채취 및 분석(남조류 세포수, 클로로필- α , 냄새물질, 독소) 2) 시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	1) 경계경보 발령 2) 낚시·수상스키·수영 등 친수활동, 어패류 어획·식용 등의 금지 및 이에 대한 공지(현수막 설치 등) 3) 필요한 경우 조류제거물질 살포 등 조류 제거 조치
해제	4대강 물환경연구소장 (시·도 보건환경연구원장 또는 수면관리자)	시험분석 결과를 발령기관으로 신속하게 통보
	유역·지방 환경청장 (시·도지사)	각종 경보 해제 및 대중매체 등을 통한 홍보
<p>비고</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 관계 기관간의 괄호는 시·도지사가 조류경보를 발령하는 경우의 관계 기관을 말한다. 2. 관계 기관은 위 표의 조치사항 외에도 현지 실정에 맞게 적절한 조치를 할 수 있다. 		

【붙임 5】

조류경보 발령(해제) 보고·통보

1. 발령단계 :
2. 발령(해제)일시 :
3. 지점명 :
4. 조사결과
 - 가. 조사(시료채취) 일자 :
 - 나. 조사결과

지점명						
시료채취일자						
남조류세포수 (세포/mL)						
조류경보 발령단계						

5. 조류발생 현황·원인 및 전망
 - 〈조류발생 현황·원인〉
 - 〈향후전망〉
6. 관계기관 협조사항
7. 기타 특이사항

나. 조류경보제 개선 주요내용

▣ 그간 추진경과

- '14. 3. 5 : “조류경보제 개선방향” 간부간담회 보고
 - ☞ 조류전문가 그룹의 전문적 검토를 통해 ‘조류경보제 개선방안’을 마련할 것
- '14. 3. 31 : “조류전문가 포럼” 운영계획 수립
 - ☞ 조류경보제 운영상 나타난 문제점에 대한 검토·연구를 바탕으로 객관적이고 효율적인 개선방안 마련
 - ☞ 포럼 구성 : 전문가 15명, 연구원 6명, 환경부·국립환경과학원 조류담당 등 총 35명
- '14. 4. 11 : 「조류관리제도 개선방안 연구」 계약 체결(4.11~12.31)
 - ☞ 조류전문가 포럼 운영을 통한 조류관리제도 개선방안 연구(한국물환경학회)
- '14. 5. 21 ~ : “조류전문가 포럼”운영(5.21, 9.19, 11.7, 총 3회 개최)
 - ☞ 조류경보제 대상지역 확대, 경보지표 개선, 발령기준 조정, 발령용어 개선, 대국민 조치사항 추가 등 총 5개 개선과제 도출
- '14. 12. 5 : “조류경보제 개선방안 대국민 공청회” 개최
 - ☞ 공청회 결과 조류경보제 개선방향에는 대부분 동의하였으나, 대상지역 확대와 발령기준 조정과 관련하여 일부 의견 제기
 - ☞ 조류경보제 대상지역 4대강 본류 전체 확대(민간단체), 호소수 주의보 기준 추가조정(1천 → 2천세포/mL) 건의 (한국수자원공사)
- '14. 12. 18 : “조류경보제 개선과제” 제출(한국물환경학회 → 환경부)
 - ☞ 대국민 공청회 결과를 검토·반영한 “조류경보제 개선 최종안” 제출
- '15. 3. 17 ~ 3. 26 : 시행령 개정안 관계부처 협의

- '15. 10. 28 ~ 11. 3 : 입법예고
 - ☞ 관계기관 회의결과를 반영하여 재입법예고 실시(1차 입법예고 : '15.4.1.~5.11.)
- '15. 10. 29 : 규제개혁위원회 규제심사
- '15. 11. 9 ~ 11. 23 : 법제처 심사
- '15. 12. 1 : 국무회의 상정·통과
- '15. 12. 10 : 시행령 개정 완료(시행일 : '16.1.1~)

☒ 주요 개정내용

- 조류경보제 대상지역 확대
 - ☞ (현황) 22개의 주요 상수원을 대상으로 조류경보제 시행
 - 팔당호·대청호 등 17개소는 환경부장관이 경보 발령하고 있으며, 한강·공산지·춘천호 등 5개소는 자치단체장이 경보발령
 - ☞ (개선안) 최근 하천구간에서 녹조현상이 지속적으로 발생하므로, 호소 이외에 상수원으로 이용되는 하천으로 확대 시행
 - 하천 녹조는 먹는 물에 대한 불신과 심미적 불쾌감 유발 등 일상생활과 밀접하게 연관되어 있으므로 체계적인 관리·대응 필요
 - 의암호와 4개 보(강천보, 칠곡보, 강정고령보, 창녕함안보) 구간 추가
- 경보지표 및 발령기준 개선
 - ☞ (현황) 독소·냄새물질에 사전대응하기 위하여 유해남조류 세포수를 관리하고, 전체 조류 관리 목적으로 클로로필-*a* 농도도 함께 관리
 - 남조류 세포수는 WHO 먹는물 수질권고기준(Microcystin-LR 1 μ g/L)을, 클로로필-*a* 농도는 정수처리능력을 고려하여 설정하였으나,

- 지표 간 상관관계가 낮아 녹조 발생 시 효과적인 대응에 한계가 있으며, 국내 출현 남조류의 특성을 반영하기에 미흡
- ☞ (개선안) 유해남조류 세포수로 지표를 단일화하고, 국내 출현 남조류의 특성을 고려하여 경보발령 기준을 조정(5천세포/mL→1만세포/mL)
- 남조류 세포수는 발령기준을 초과하였으나 클로로필- α 농도가 기준 이내이어서 주의보가 발령되지 않은 사례 발생('14년 낙동강 3개보 기준 12회)

〈 현행 및 개선안의 발령 기준 비교 〉

구 분	클로로필- α (mg/m ³)		유해남조류 세포수 (세포/mL)	
	현 행	개선안	현 행	개선안
주의보 (→ 관심)	15	삭 제	500	1,000
경보 (→ 경계)	25		5,000	10,000
대발생	100		1,000,000	1,000,000

○ 친수용 조류경보제 도입

- ☞ (현황) 현재 상수원 보호를 위하여 경보제를 운영하고 있으며, 친수활동 보호 목적의 조류경보제는 미시행
 - 친수활동(낚시, 수상레저 등) 시 녹조로 인한 피해를 사전예방하기 위하여 상수원 이외의 구간에 대해서도 경보제 도입 필요
 - ☞ (개선안) 친수용 구간 조류경보제를 도입·시행할 수 있도록 발령기준, 관계기관 조치 사항 등 관련 규정 마련
 - 친수활동 시의 음용량*을 고려하여 상수원 구간의 기준보다 20배 완화 (2만 세포/mL)하여 관심단계 발령기준 설정
- * 친수활동 시 인체에서 섭취하는 물의 양이 1일 음용량의 1/20 정도

○ 기 타

☞ (용어) 현행 발령단계 용어(주의보, 경보)는 국민 불안을 과도하게 조성할 우려가 있어
조류발생 상황을 알려주는 용어(관심, 경계)로 변경

☞ (시행시기) '16. 1. 1일부터 시행

- 참고 1. 조류경보제 개선 총괄표
2. 조류경보제 대상 호소·하천 지정 고시

참고 1 조류경보제 개선 총괄표

항 목		'15년 이전	'16년 이후
대상 지역	상수	- 22개 주요 호소 (팔당호, 대청호, 주암호, 충주호 등)	- 좌 등
		〈추 가〉	- 1개 호소(의암호 추가) - 4개 보(이천·해평·강정고령·칠서) * '20년 지점명 변경(강천 → 이천, 칠곡 → 해평, 창녕함안→칠서)
	친수	〈신 설〉	- 환경부장관이 정하여 고시하는 하천·호소
경보지표		- 클로로필- α 농도 + 유해남조류세포수	- 유해남조류세포수
단계별 발령기준	관심	- 클로로필- α 15mg/m ³ + 유해남조류세포수 500 세포/mL	- 유해남조류세포수 1,000 세포/mL
	경계	- 클로로필- α 25mg/m ³ + 유해남조류세포수 5,000 세포/mL	- 유해남조류세포수 10,000 세포/mL
	대발생	- 클로로필- α 100mg/m ³ + 유해남조류세포수 100만 세포/mL	- 유해남조류세포수 100만 세포/mL
친수용 발령기준	관심	〈신 설〉	- 유해남조류세포수 20,000 세포/mL
	경계		- 유해남조류세포수 100,000 세포/mL
발령용어		- 조류주의보 → 조류경보 → 조류대발생	- 관심 → 경계 → 조류대발생
친수구간 조치사항 보완		〈신 설〉	- (관심) 친수활동, 어패류 어획·식용 자제 권고 - (경계) 친수활동, 어패류 어획·식용 금지

참고 2 조류경보제 대상 하천·호소 지정 고시

환경부고시 제2020-98호

조류경보제 대상 호소·하천 지정

1. 상수원 구간

호소·하천명	소재지	경보발령기관
팔 당 호	경기도 남양주시·양평군	한강유역환경청
의 암 호	강원도 춘천시	원주지방환경청
총 주 호	충청북도 충주시·제천시	원주지방환경청
횡 성 호	강원도 횡성군	원주지방환경청
광 교 지	경기도 수원시 장안구	경 기 도
춘 천 호	강원도 춘천시	강 원 도
덕 동 호	경상북도 경주시	대구지방환경청
영 천 호	경상북도 영천시	대구지방환경청
안 계 호	경상북도 경주시	대구지방환경청
운 문 호	경상북도 청도군	대구지방환경청
진 양 호	경상남도 진주시	낙동강유역환경청
공 산 지	대구광역시 동구	대구광역시
진 전 지	경상북도 포항시 남구	경상북도
사 연 호	울산광역시 울주군	낙동강유역환경청
회 야 호	울산광역시 울주군	낙동강유역환경청
대 청 호	충청북도 청주시·보은군, 대전광역시	금강유역환경청
보 령 호	충청남도 보령시	금강유역환경청
용 담 호	전라북도 진안군	전북지방환경청
주 압 호	전라남도 순천시	영산강유역환경청
탐 진 호	전라남도 장흥군	영산강유역환경청
동 북 호	전라남도 화순군	영산강유역환경청
옥 정 호	전라북도 정읍시	전북지방환경청
한강(강동대교 ~ 잠실대교)	서울특별시 강동구·광진구·송파구, 경기도 남양주시, 하남시	서울특별시
한강(이천)	경기도 여주시	한강유역환경청
낙동강(해평)	경상북도 구미시	대구지방환경청
낙동강(강정·고령)	대구광역시 달성군	대구지방환경청
낙동강(칠서)	경상남도 창원군	낙동강유역환경청
낙동강(물금·매리)	경상남도 김해시	낙동강유역환경청

2. 친수활동 구간

호소·하천명	소재지	경보발령기관
한강(잠실대교~행주대교)	서울특별시 송파구~경기도 고양시	서울특별시

3. 관찰지점(경보 미발령)

호소·하천명	소재지	경보발령기관
한강(강천보)	경기도 여주시	한강유역환경청
한강(여주보)	경기도 여주시	한강유역환경청
한강(이포보)	경기도 여주시	한강유역환경청
낙동강(상주보)	경상북도 상주시	대구지방환경청
낙동강(낙단보)	경상북도 상주시	대구지방환경청
낙동강(구미보)	경상북도 구미시	대구지방환경청
낙동강(칠곡보)	경상북도 칠곡군	대구지방환경청
낙동강(강정고령보)	대구광역시 달성군	대구지방환경청
낙동강(달성보)	대구광역시 달성군	대구지방환경청
낙동강(합천창녕보)	경상남도 합천군	낙동강유역환경청
낙동강(창녕함안보)	경상남도 함안군	낙동강유역환경청
금강(세종보)	세종특별자치시	금강유역환경청
금강(공주보)	충청남도 공주시	금강유역환경청
금강(백제보)	충청남도 부여군	금강유역환경청
영산강(승촌보)	전라남도 나주시	영산강유역환경청
영산강(죽산보)	전라남도 나주시	영산강유역환경청

부 칙

이 고시는 발령한 날부터 시행한다. 다만, 제1호 중 낙동강(물금·매리) 지점은 2021년 5월 1일부터 시행한다.

다. 수질·녹조 대비 댐-보-저수지 최적 연계운영

개 요

- (목적) 수질악화, 녹조발생 대응을 위해 ‘환경대응용수’를 도입하고 치수, 가뭄, 환경 등을 고려한 댐-보-저수지 최적 연계운영 기준을 마련
- (관련근거) 「하천법」 제14조에 따라 제정된 「댐과 보 등의 연계운영규정」 제8조(하천수질 개선을 위한 저수량 활용), 제9조(연계운영계획의 수립), 제14조(비상방류)
- (대상 시설) 「댐과 보 등의 연계운영규정」 제3조에 따른 댐, 보, 독높임 농업용저수지 등 [별표 1]의 연계운영 대상시설 총 194개 중 수질·녹조 대비를 위한 환경대응용수를 확보한 79개 시설(다목적댐 10, 수력발전댐 7, 다기능보 16, 독높임 저수지 46개)

※ 수력발전댐도 포함하여 운영하되 구체적인 사항은 수계별 협의회에서 결정

〈 연계운영 대상시설 현황(개소) 〉

구 분	다목적댐	수력발전댐	다기능보	독높임 농업용저수지 ¹⁾	물사용시설 ²⁾	기타 ³⁾
합 계	30	7	16	129	생활 5천톤/일 공업 1천톤/일 농업 8천톤/일 이상 취수시설	12
한 강	4	6	3	13		3
안성천	-	-	-	5		1
낙동강	12	-	8	34		1
형산강	-	-	-	2		-
태화강	3	-	-	-		-
금 강	3	-	3	38		1
삼교천	-	-	-	5		2
영산강	1	-	2	14		4
섬진강	5	1	-	10		-
탐진강	1	-	-	-		-
만경강	-	-	-	5		-
동진강	1	-	-	3		-

주 1) 5백만톤 이상

2) 물사용시설은 「하천법」에 따른 보고대상 시설로 하되 수계특성을 고려하여 수계별 협의회에서 조정할 수 있음

3) 기타 시설 중 홍수조절지 및 저류지는 홍수기 운영시에만 연계 운영의 대상으로 포함

〈수질·녹조대응 연계운영 대상시설 현황(개소)〉

수계(79)	다목적댐(10)	수력발전댐(7)	보(16)	독높임 농업용저수지 (46)
총계	10	7	16	46
한강	2	6	3	4
낙동강	6	-	8	18
금강	1	-	3	12
영산강	-	-	2	12
섬진강	1	1	-	-

〈수질·녹조대응 연계운영 대상시설 세부현황〉

수계	다목적댐	수력발전댐	보	독높임 농업용저수지
한강	소양강댐, 충주댐(조정지댐 포함)	화천댐, 춘천댐, 익암댐, 청평댐, 괴산댐, 팔당댐	강천보, 여주보, 이포보	반계, 대평, 좌운, 궁촌
낙동강	안동댐, 임하댐, 합천댐, 군위댐, 김천부항댐, 성덕댐	-	상주보, 낙단보, 구미보, 칠곡보, 강정고령보, 달성보, 합천창녕보, 창녕함안보	가음, 옥연, 만운, 금봉2, 오태, 삼가, 덕곡, 봉학, 죽전, 단산, 지평, 송림, 임고, 옥성, 창평, 운암, 서암, 금봉1
금강	대청댐	-	세종보, 공주보, 백제보	도림, 용연, 영천(한천), 백곡, 맹동, 용암, 광혜, 방동, 삼기, 중흥, 정안, 한계
영산강	-	-	승촌보, 죽산보	나주호, 장성호, 담양호, 광주호, 백용, 함동(수양), 장치, 금전, 만봉, 왕동, 유당, 입석
섬진강	주암댐	보성강댐	-	-

□ 주요 내용

○ 부족분 공급방식 확대

- 홍수기에 한하여 적용했던 댐의 부족분 공급방식(하류 기준지점 유량이 일정량 이상이면 방류량을 줄여서 공급)을 연중 적용하고 독높임 저수지에도 적용

※ (독높임 저수지) 기준 갈수량 이상 유하시 비출하는 부족분 공급방식으로 변경

○ 보 수위의 탄력 운영

- 보 수위의 활용 범위를 기존 어도제약, 양수제약 수위에서 지하수 제약수위(하천 수위가 낮아질 경우 주변 지하수 관정의 양수에 지장을 초래하지 않는 수위)까지 확대

○ 수질·녹조 대비 운영

- '16년 댐-보-저수지 최적 연계운업을 통해 확보된 이수용량 중 특정시점의 수질개선에 활용 가능한 환경대응용수(수문, 기상상황에 따라 변동) 개념을 도입

※ 기존에는 녹조 발생 후 댐 여유량 등을 활용하여 대응

- '17년부터 댐-보-저수지 최적 연계운영 방안'을 연중 적용하고 있으며 환경대응용수(연계운업을 통해 확보되는 특정시점의 수질개선에 활용 가능한 용수)를 수질·녹조 대응에 활용

〈댐-보-저수지 연계운영 운영여건 변화〉

구 분		2016년	2017년	2019년
운영 기준	댐· 저수 지	부족분 공급방식	부족분 공급방식	부족분 공급방식
		홍수기 운영	연중 상시 운영	연중 상시 운영
	보	관리수위 → 어도제약수위 → 양수제약수위	관리수위 → 어도 제약수위 → 양수 제약수위 → 지하수 제약수위	일부 보 개방 (금강, 영산강 등)
운영절차		관계기관 합동으로 녹조·수질악화에 대응		수질관리협의회와 연계하여 절차 간소화
적 용 댐		15일 간격	15일 간격	1일 간격
적용시기		6~7월 시범운영	연중 운영(4월~)	연중 운영

시설별 운영기준

댐

- 4대강 수계 10개 댐의 하천유지용수, 농업용수 공급 방식을 일정량 공급 방식에서 부족분 공급 방식으로 변경하여 추가수량을 확보
- 댐 하류 기준지점의 유량이 일정량(평수량 + 농업·하천유지 용수)이상일 경우에 농업·하천유지용수를 감량 공급하고 그 양을 비축는 부족분 공급방식을 연중 적용

〈부족분 공급방식 적용 댐 확대 현황〉

구 분	2014년	2015년	2016년	2017년
수 계	낙동강	한강	한강, 낙동강, 금강, 섬진강	한강, 낙동강, 금강, 섬진강
적 용 댐	안동, 임하, 합천	소양, 충주	군위, 부항, 성덕, 대청, 주암	'16년까지 적용대상 댐
적용시기	홍수기	홍수기	홍수기	연중
대상용수	하천유지	하천유지	하천유지, 농업	하천유지, 농업

독높임 저수지

- 저수지에서 방류한 하천유지용수가 하천을 통해 보 구간으로 직접 유입되는 독높임 저수지 46개소에 하천유지용수 방류방식을 변경하여 추가수량 확보
- 기존에는 시기별 방류량 조정방식을 적용하여 갈수시에는 평갈수량, 평상시에는 기준 갈수량으로 방류하고 그 외 수량은 비축하여 필요시에 활용
- 2017년부터는 신규 산정된 기준갈수량을 상시 방류하고 나머지 수량은 비축하는 부족분 공급방식으로 개선

보

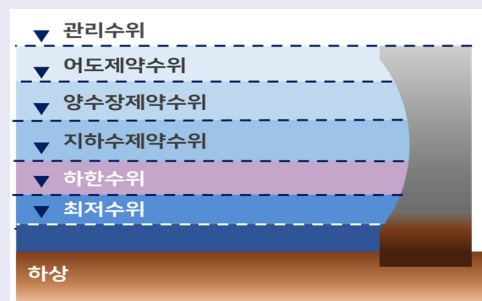
- 녹조와 수질개선을 위해 보 수위의 활용범위를 관리수위에서 '16년 어도제약·양수 제약 수위, '17년 보 인근 지하수 이용에 지장에 없는 지하수 제약수위까지 확대

※ 관리수위 → 어도 제약수위 → 양수 제약수위 → 지하수 제약수위

- 보 수위 저하기간은 어도, 취·양수장, 지하수 등에 대한 영향을 감안하여 보별로 탄력적으로 운영하고 시설관리자는 제약사항에 대한 조치 시행
 - (어도) 수위저하로 어도 기능 중단 시 어도 내 고립어류에 대한 대책방안 마련
 - (보 시설물 점검) 소수력 및 시설물 사전 점검을 실시
 - (지하수) 보 수위를 낮추어 운영할 경우 지하수위 영향범위, 거동 특성 등에 대한 지속적인 모니터링 시행
 - (어업) 보 수위저하 시 내수면 어업인에게 운영계획 사전 통보 및 협의
 - (친수시설) 수위저하로 인해 운영이 곤란할 것으로 예상되는 유람선, 수상레저시설 등의 관리자에게 운영계획 사전 통보 및 협의

Check Point 보 수위 정의

- ❖ 관리수위 : 보의 효율적인 운영을 위하여 설정한 고정보 상단의 수위
- ❖ 어도제약수위 : 어도 운영에 영향을 주지 않는 수위
- ❖ 양수장제약수위 : 농업용 양수장 취수에 영향을 주지 않는 수위
- ❖ 지하수 제약수위수위 : 주변 지하수에 영향을 주지 않는 수위
- ❖ 하한수위 : 먹는 물 취수시설에 지장을 초래하지 않는 수위
- ❖ 최저수위 : 수문을 완전히 개방했을 때의 수위



〈4대강 다기능보 제약수위〉

(단위 : EL.m)

구분	한강			금강			영산강		
	강천	여주	이포	세종	공주	백제	승촌	죽산	
상한수위	38.5	33.5	28.5	12.3	9.25	4.7	8.0	4.0	
관리수위	38.0	33.0	28.0	11.8	8.75	4.2	7.5	3.5	
하한수위	35.2	31.7	25.3	8.2	2.6	1.0	2.5	1.5	
갈 수 위	33.7	31.5	25.0	9.6	3.3	1.0	3.0	-1.4	
어도월류언	37.3	32.4	27.6	11.4	8.6	3.75	7.1	2.8	
제약수위	양·취 수장	36.5 (굴암)	31.8 (대신)	25.6 (능서1)	10.8 (양화)	8.5 (원봉외)	3.5 (이인)	6.0 (서창외)	2.0 (LG)
	어도	37.5	32.7	27.8	11.5	8.7	4.0	7.2	2.9

구분	낙동강								
	상주	낙단	구미	칠곡	강정고령	달성	합천창녕	창녕함안	
상한수위	47.5	40.5	33.0	26.0	20.0	14.5	11.0	5.5	
관리수위	47.0	40.0	32.5	25.5	19.5	14.0	10.5	5.0	
하한수위	43.6	37.4	22.6	24.5	14.9	6.6	2.3	1.5	
갈 수 위	40.8	33.8	27.3	17.1	12.3	7.6	5.4	0.6	
어도월류언	46.5	39.23	31.6	25.0	18.8	13.5	9.8	4.0	
제약수위	양·취 수장	45.0 (회상외)	39.0 (삼덕)	31.5 (구봉외)	25.0 (해평)	18.80 (칠곡)	11.4 (화원)	7.5 (자모)	4.4 (유어외)
	어도	46.6	39.5	31.7	25.1	19.0	13.7	9.9	4.4

☑️ 수질·녹조 대비 운영

○ 운영방안

- 과거 수질상황을 분석하여 수질악화가 예상되는 시기를 수질대응기간으로 설정하고 기간별 추가수량을 확보하여 적극 대응
- 수질대응기간은 조류경보제 ‘관심’ 이상 단계 발령이 예상되는 기간으로 설정하되 구체적인 대응기간은 수계별 협의회에서 당해연도의 기상·수문상황 등을 고려하여 각 수계별로 설정하도록 함
- 수질관리기관(환경부)은 수질 모니터링과 예측 결과에 따라 필요 시 환경대응용수 방류를 시설관리기관(환경부, 농림축산식품부)에 요청
- 시설관리기관 및 시설관리자(한국수자원공사, 한국농어촌공사)는 환경대응용수 방류 여부를 검토하고 방류계획을 수립하여 수계 협의회 의결을 거쳐 시행
- 수문·수질상황 및 환경대응용수 확보량에 따라 수질예측을 통해 방류 방법(필스, 플러싱 등) 및 방류량, 보·담수방안 등을 결정

○ 제한사항

- 댐 시설관리자는 환경대응용수 공급보다 가뭄 및 홍수에 대비한 운영을 우선 고려하여 운영하고, 저수지는 홍수기에 홍수조절을 위해 일정 저수율(70%) 이하로 운영
- 댐은 가뭄대비를 위해 ‘댐 용수부족 대비 용수공급 조정기준’의 ‘관심’ 단계 저수량 이상으로 유지 가능할 경우에만 환경대응용수를 공급

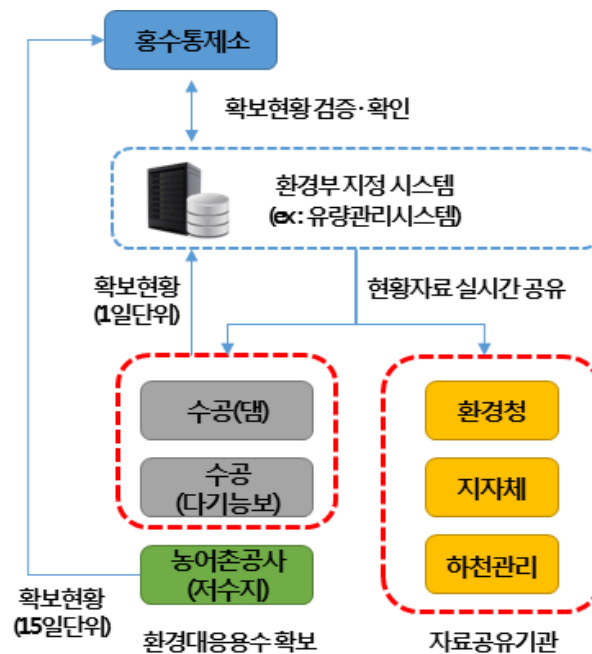
※ 가뭄시 용수감량 순위 : 환경대응용수 → 하천유지용수 → 농업용수 → 생활공업용수

- 댐의 홍수대응을 위해 방류를 실시할 경우 방류량에 환경대응용수를 우선 포함하여 이수용량 확보에 지장이 없도록 운영

☞ 환경대응용수 실시간 공유체계

- '19년 환경대응용수 즉시 활용을 위해 확보 수량 공유주기를 15일에서 1일로 단축
 - 각 댐의 환경대응용수 확보량과 향후 7일간(매주 월요일)의 확보 전망을 제시하고 필요시 즉시 수질 모델링·분석에 활용
- 환경대응용수의 즉시 활용이 곤란한 농업용 저수지는 현행 공유체계를 유지하되, 문서발송을 통한 자료공유 방식은 간소화

〈자료공유 절차 간소화 개념도〉



☑ 수계별 댐·보 연계운영협의회 절차 간소화

- 환경대응용수 활용을 위한 절차로서 댐·보 등의 연계운영 협의회 운영절차를 개선하여 대응용수 활용의 적시성 확보

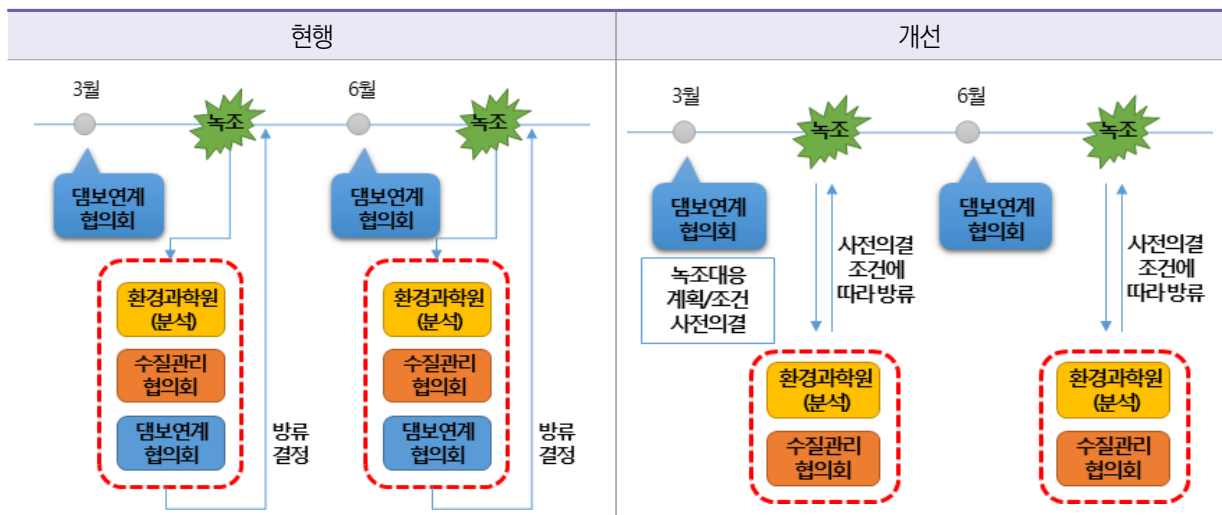
- 기존 절차는 수질관리협의회와 댐·보 연계운영협회의 이원화된 운영체제로 인해 수질관리협의회 개최부터 방류까지 최소 8일 이상 소요되어 녹조·수질사고 대응을 위한 적시성 확보가 어려워 '19년 심의기간 단축 및 운영절차를 개선

※ (예시) 조류경보 '경계' 단계 발령 → 수질관리협의회 개최(환경청, 1일) → 수질예측모델링(국립환경과학원, 3일) → 댐·보 연계운영협회의 심의(홍수통제소, 3일) → 댐·보 등 방류 전 주민 통보 필요(한국수자원공사, 1일) → 댐·보 등 방류 → 수질모니터링(환경청 등)

- 분기별 댐·보 연계운영협회의 개최 시, 수질·녹조 대응 운영방향 등을 사전 설정하고 의결하여 정책결정기간을 단축(3일 이내)

- 수계별 댐·보 연계운영 회의시 환경대응용수 확보 및 활용 조건, 녹조대응을 위한 연계운영계획 등을 사전에 의결하고 녹조발생시기에 수질관리협의회 요청 시 방류
- 수질관리협의회 요청 시 사전에 의결된 계획에 따라 홍수통제소 주관으로 댐·보의 방류 등을 시행, 국립환경과학원은 수질개선 방안, 개선효과 등의 분석결과를 제공

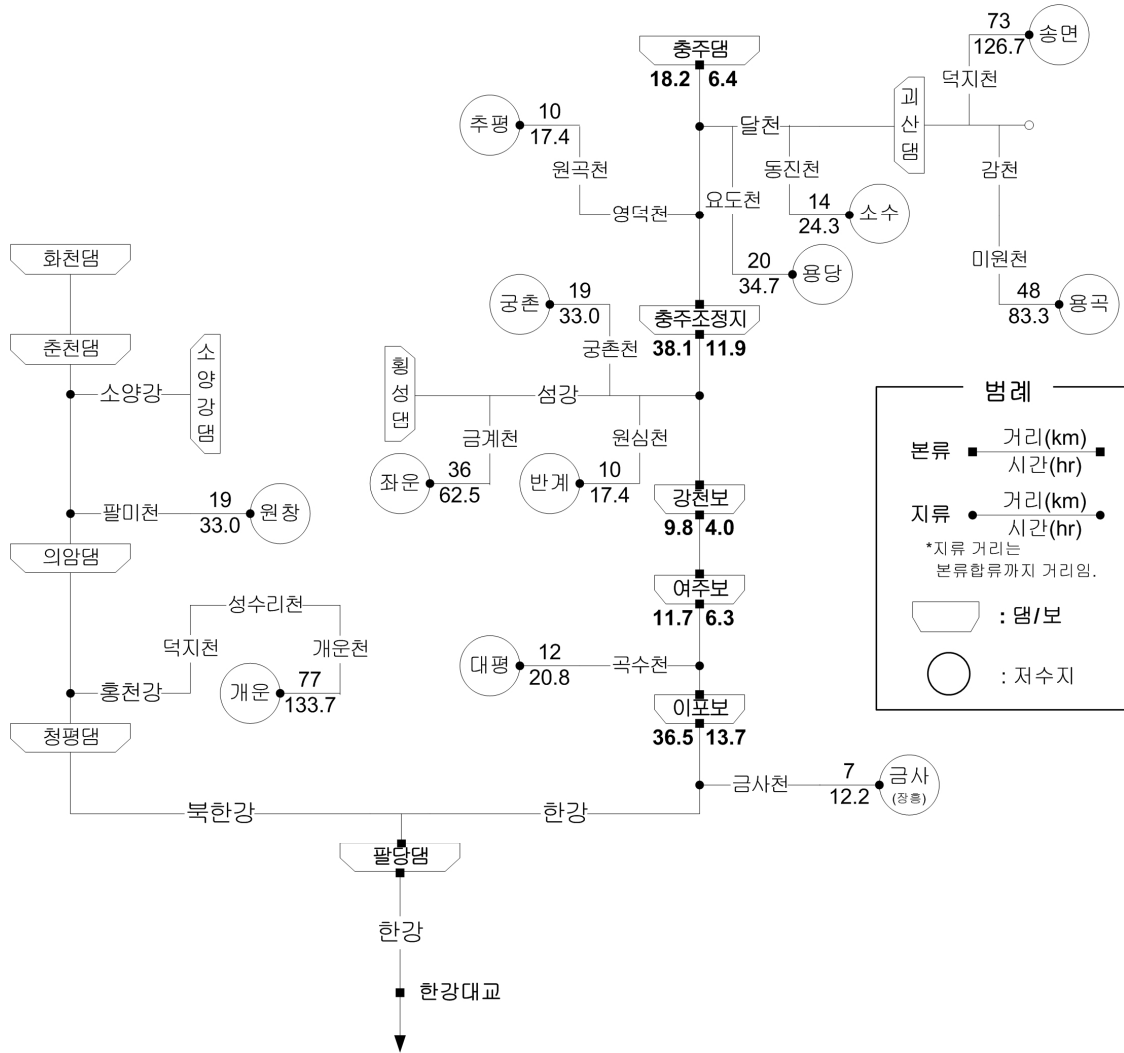
〈댐·보 연계운영 절차 간소화 개념도〉



참고 1 수계별 주요 지점별 도달시간

- ❖ 본류구간은 500m³/s 유량에 대한 본류구간 주요지점 도달시간에 대해 도시하였으며, 표는 유량규모별 주요지점별 도달시간을 나타내었음.
- ❖ 독높임 농업용저수지는 해당저수지에서 본류까지의 도달시간을 도시하였으며, 대표하천을 선정하여 유황별 평균유속을 검토하여 일괄적으로 계산하였음.
- ❖ 주요지점별 도달시간은 개략적인 상황을 알기 위해 산정한 것으로 실제와는 다소 차이가 있을 수 있음.

○ 한강수계



[한강수계 댐-보-저수지 도달시간 모식도]

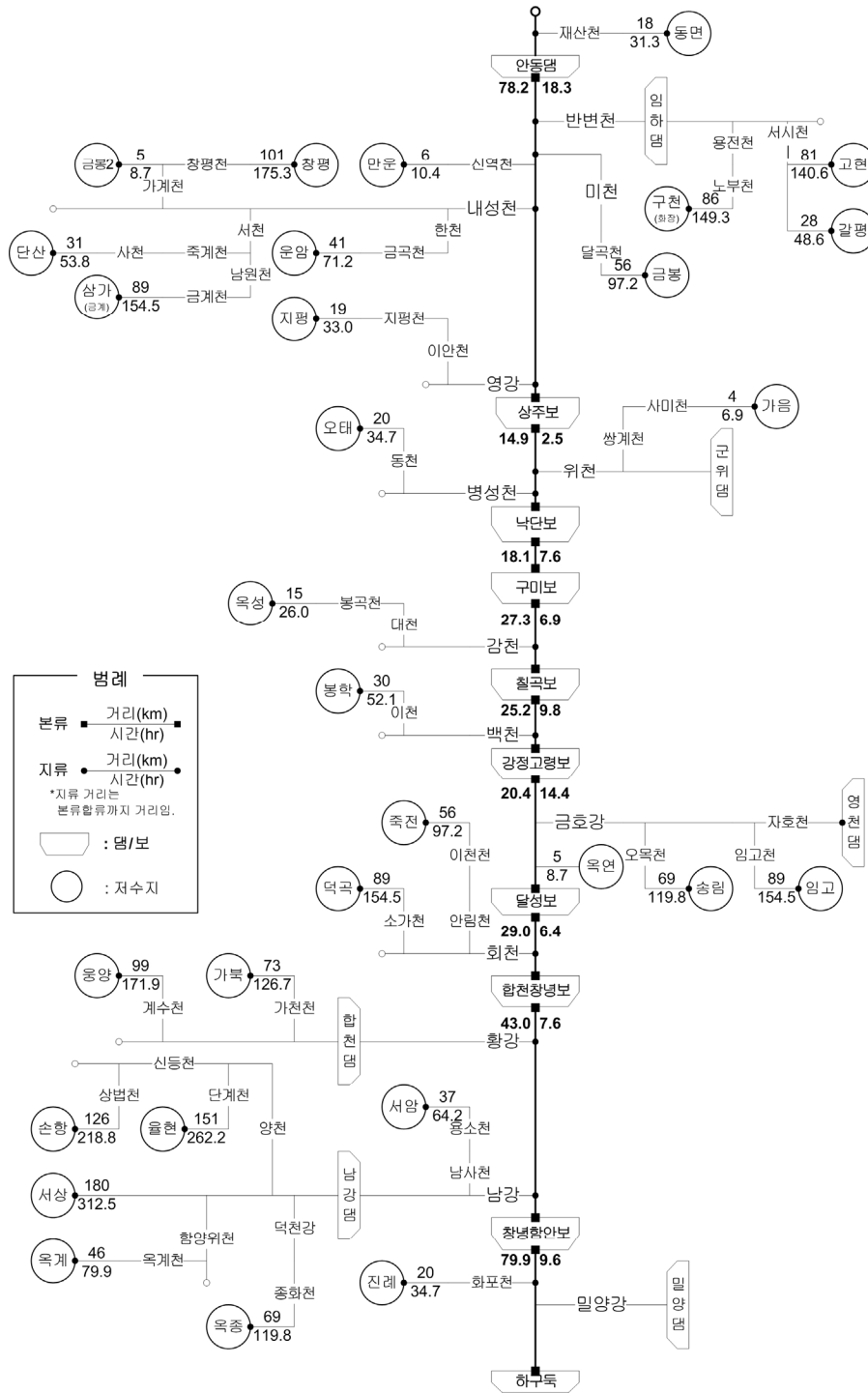
〈한강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리[km]		방류량[m³/s]									
		구간	누가	100	250	500	750	1,000	2,000	3,000	5,500	7,500	9,500
팔당댐	한강대교	36.3	36.3	-	-	-	-	7.5	6.6	6.1	5.3	4.8	4.5
충주댐	목계	23.2	23.2	22.6	12.1	8.1	7.5	7.4	6.6	6.1	5.4	5.0	4.7
	강천	25.8	49.0	36.2	24.5	15.2	12.7	10.0	9.1	8.6	7.9	7.5	7.2
	우만	4.7	53.7	40.4	24.2	17.2	14.4	11.2	10.1	9.5	8.6	8.1	7.8
	강천보	2.6	56.3	43.7	25.9	18.3	15.2	11.9	10.8	10.1	9.0	8.5	8.1
	여주	4.7	61.0	47.4	28.2	20.0	16.6	12.7	11.4	10.7	9.7	9.1	8.7
	여주보	5.1	66.1	53.0	31.7	22.3	18.4	13.6	12.2	11.5	10.3	9.7	9.2
	이포보	11.7	77.8	74.9	42.0	28.6	23.4	14.9	13.5	12.6	11.3	10.7	10.2
	팔당댐	36.5	114.3	142.6	69.2	42.3	32.6	18.0	16.5	15.7	14.4	13.7	13.2
화천댐	한강대교	36.3	150.6	-	-	-	-	25.5	23.1	21.7	19.6	18.5	17.7
	춘천댐	33.9	33.9	-	-	-	-	3.1	2.7	2.5	2.2	2.0	1.9
	의암댐	18.7	52.6	-	-	-	-	5.7	5.0	4.6	4.1	3.8	3.5
	청평댐	44.7	97.3	-	-	-	-	11.8	10.5	9.6	8.7	8.0	7.4
	팔당댐	24.5	121.8	-	-	-	-	16.5	14.5	13.3	11.9	11.0	10.2
소양강댐	한강대교	36.3	158.1	-	-	-	-	24.0	21.1	19.4	17.2	15.8	14.8
	의암댐	21.6	21.6	-	-	-	-	2.0	1.7	1.6	1.4	-	-
	청평댐	44.7	66.3	-	-	-	-	8.1	7.2	6.6	6.0	-	-
	팔당댐	24.5	90.8	-	-	-	-	12.8	11.2	10.3	9.2	-	-
	한강대교	36.3	127.1	-	-	-	-	20.3	17.8	16.4	14.5	-	-

〈한강수계 뚝높임 농업용저수지방류에 따른 본류까지 도달거리〉

수계	지구명	도명	시/군	본류까지 거리(km)	평수기(시간)	홍수기(시간)
한강	금사	경기	여주	7	12.2	4.6
한강	대평	경기	양평	12	20.8	7.9
한강	반계	강원	원주	10	17.4	6.6
한강	원창	강원	춘천	19	33.0	12.6
한강	공촌	강원	원주	19	33.0	12.6
한강	개운	강원	홍천	77	133.7	50.9
한강	추평	충북	충주	10	17.4	6.6
한강	송면	충북	괴산	73	126.7	48.3
한강	용당	충북	충주	20	34.7	13.2
한강	좌운	강원	홍천	36	62.5	23.8
한강	소수	충북	괴산	14	24.3	9.3
한강	용곡	충북	청원	48	83.3	31.7

○ 낙동강수계



[낙동강수계 도달시간 모식도]

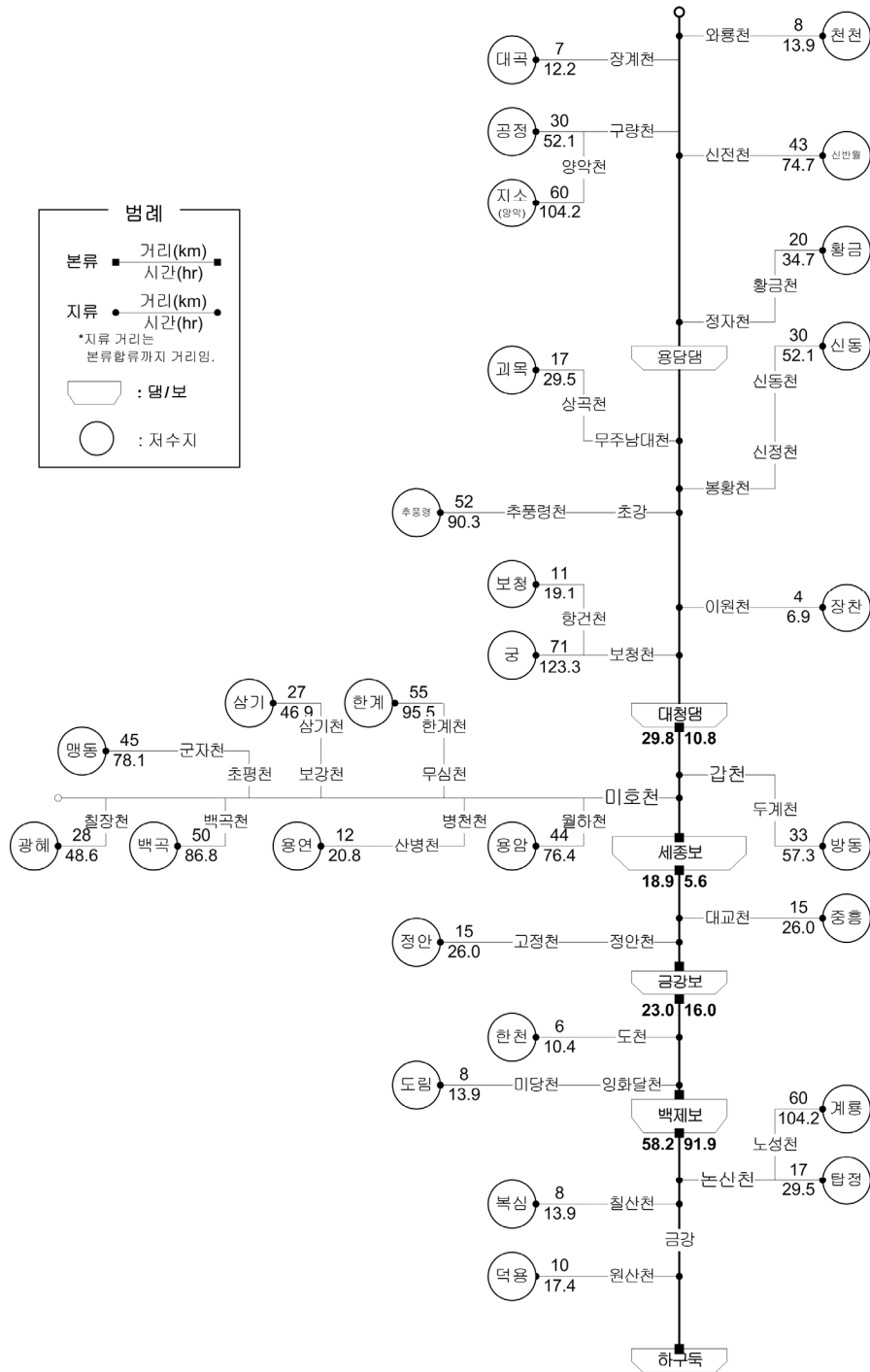
〈낙동강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리[km]		안동댐 방류량/금호강 유입량[m ³ /s]							
		구간	누가	100	200	500	750	1,000	2,000	3,000	4,500
안동댐	달지	59.7	59.7	26.5	19.2	14.9	12.8	12.7	10.5	9.3	8.0
	상주보	18.5	78.2	34.7	24.8	18.3	16.6	15.7	13.0	11.5	9.9
	낙단보	14.9	93.1	41.1	29.3	20.8	19.6	18.1	15.4	13.8	12.2
	구미보	18.1	111.2	50.7	36.2	28.4	24.4	24.3	20.2	17.8	15.4
	구미	15.8	127.0	59.8	42.6	31.6	30.7	29.6	27.7	26.6	25.4
	철곡보	11.5	138.5	67.1	47.8	35.3	34.4	33.1	30.9	29.7	28.4
	왜관	2.3	140.8	68.1	48.5	40.5	38.8	37.5	34.6	32.9	31.1
	강정고령보	22.9	163.7	85.1	60.7	45.1	43.8	41.4	37.7	35.6	33.4
	고령교	16.9	180.6	97.8	68.9	57.4	54.2	50.6	43.8	39.9	35.9
	달성보	3.5	184.1	103.4	71.7	59.5	55.7	53.1	46.6	42.8	39.0
	현풍	4.1	188.2	106.7	73.9	62.9	60.1	56.0	49.2	45.1	41.1
	합천·창녕보	24.9	213.1	126.7	86.4	65.9	63.1	58.8	51.7	47.5	43.4
	진동	35.3	248.4	214.0	123.1	68.9	66.3	64.1	59.2	56.3	53.5
	창녕·함안보	7.7	256.1	258.6	141.2	73.5	70.7	68.4	63.3	60.3	57.3
	삼랑진	30.0	286.1	284.4	155.3	75.5	72.8	70.7	65.8	63.0	60.1
	구포	33.4	319.5	312.9	170.8	81.1	79.6	75.1	69.2	65.7	62.2
	금호 (금호강)	동촌	26.8	26.8	12.5	8.5	6.4	5.4	4.9	-	-
성서		26.5	53.4	91.0	41.4	23.7	17.5	14.3	-	-	-
합류점		1.3	54.7	99.5	44.8	25.4	18.7	15.2	-	-	-

〈낙동강수계 독농임 농업용저수지방류에 따른 본류까지 도달거리〉

수계	지구명	도명	시/군	본류까지 거리(km)	평수기(시간)	홍수기(시간)
낙동강	창평	경북	봉화	101	175.3	66.8
낙동강	구천	경북	청송	86	149.3	56.9
낙동강	운암	경북	예천	41	71.2	27.1
낙동강	옥연	대구	달성	5	8.7	3.3
낙동강	송림	경북	경산	69	119.8	45.6
낙동강	금봉1	경북	의성	56	97.2	37.0
낙동강	옥성	경북	구미	15	26.0	9.9
낙동강	오태	경북	상주	20	34.7	13.2
낙동강	고현	경북	청송	81	140.6	53.6
낙동강	지평	경북	상주	19	33.0	12.6
낙동강	갈평	경북	청송	28	48.6	18.5
낙동강	단산	경북	영주	31	53.8	20.5
낙동강	삼가	경북	영주	89	154.5	58.9
낙동강	만운	경북	안동	6	10.4	4.0
낙동강	가북	경남	거창	73	126.7	48.3
낙동강	웅양	경남	거창	99	171.9	65.5
낙동강	서상	경남	함양	180	312.5	119.0
낙동강	죽전	경남	합천	56	97.2	37.0
낙동강	손항	경남	산청	126	218.8	83.3
낙동강	서암	경남	의령	37	64.2	24.5
낙동강	진례	경남	김해	20	34.7	13.2
낙동강	금봉2	경북	봉화	5	8.7	3.3
낙동강	덕곡	경북	고령	89	154.5	58.9
낙동강	울현	경남	산청	151	262.2	99.9
낙동강	옥계	경남	함양	46	79.9	30.4
낙동강	옥종	경남	하동	69	119.8	45.6
낙동강	동면	경북	봉화	18	31.3	11.9
낙동강	봉학	경북	성주	30	52.1	19.8
낙동강	가음	경북	의성	4	6.9	2.6
낙동강	임고	경북	영천	89	154.5	58.9

○ 금강수계



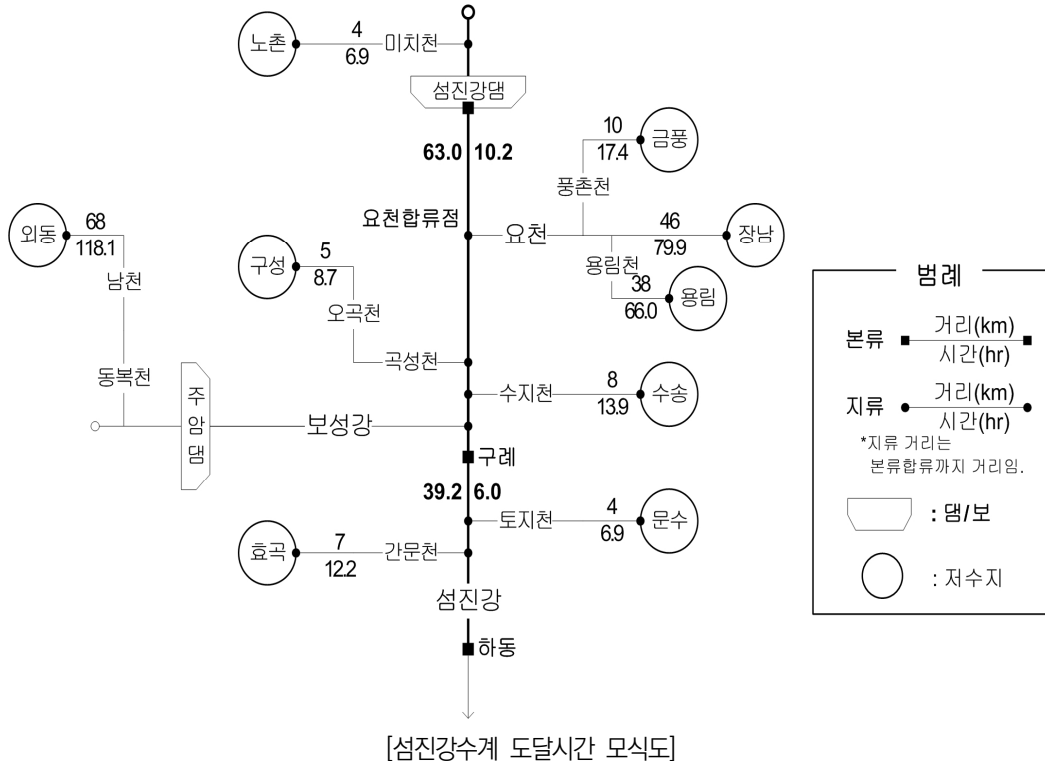
〈금강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리[km]		대청댐 방류량/미호천 유입량[m ³ /s]											
		구간	누가	100	250	500	750	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	8,000	9,600
대청댐	부강	18.1	18.1	7.0	5.1	3.9	3.4	3.2	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2
	세종보	11.7	29.8	18.0	13.2	10.8	9.6	9.0	7.8	7.1	6.6	6.2	5.9	5.4	5.1
	마어구	7.2	37.0	22.4	16.2	13.0	11.6	10.1	9.0	8.4	7.9	7.6	7.3	6.8	6.5
	공주	8.4	45.4	28.1	19.7	15.5	13.7	11.9	10.3	9.4	8.7	8.2	7.8	7.1	6.7
	공주보	3.3	48.7	31.1	21.1	16.4	14.4	13.3	11.6	10.6	9.8	9.3	8.8	8.1	7.6
	진두	10.7	59.4	57.7	32.0	22.4	18.8	19.2	15.8	13.9	12.5	11.4	10.5	9.2	8.9
	백제보	12.3	71.7	106.1	51.5	32.4	25.8	22.7	19.2	17.1	15.7	14.6	13.6	12.2	11.3
	규암	6.6	78.3	144.0	65.0	37.7	28.3	25.4	21.6	19.4	17.8	16.5	15.5	14.0	13.0
	강경	19.3	97.6	321.5	136.0	73.3	52.3	27.7	24.2	22.2	20.7	19.6	18.7	17.2	16.3
북일	석화	16.3	16.3	5.9	4.4	3.5	3.2	2.8	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	-	-
	합강	14.9	31.2	13.4	9.5	7.5	6.5	5.6	4.5	4.0	3.5	3.2	2.9	-	-
	세종보	9.1	40.3	13.7	9.7	7.6	6.7	7.9	6.5	5.7	5.1	4.6	4.3	-	-

〈금강수계 독농입 농업용저수지방류에 따른 본류까지 도달거리〉

수계	지구명	도명	시/군	본류까지 거리(km)	평수기(시간)	홍수기(시간)
금강	궁	충북	보은	71	123.3	47.0
금강	장찬	충북	옥천	4	6.9	2.6
금강	백곡	충북	진천	50	86.8	33.1
금강	보청	충북	보은	11	19.1	7.3
금강	삼기	충북	증평	27	46.9	17.9
금강	광혜	충북	안성	28	48.6	18.5
금강	추풍령	충북	영동	52	90.3	34.4
금강	한계	충북	청원	55	95.5	36.4
금강	계룡	충남	공주	60	104.2	39.7
금강	도림	충남	청양	8	13.9	5.3
금강	한천	충남	공주	6	10.4	4.0
금강	덕용	충남	부여	10	17.4	6.6
금강	복심	충남	부여	8	13.9	5.3
금강	용암	충남	연기	44	76.4	29.1
금강	정안	충남	공주	15	26.0	9.9
금강	용연	충남	천안	12	20.8	7.9
금강	방동	대전	유성	33	57.3	21.8
금강	탑정	충남	논산	17	29.5	11.2
금강	중흥	충남	공주	15	26.0	9.9
금강	황금	전북	진안	20	34.7	13.2
금강	천천	전북	장수	8	13.9	5.3
금강	괴목	전북	무주	17	29.5	11.2
금강	공정	전북	무주	30	52.1	19.8
금강	지소	전북	장수	60	104.2	39.7
금강	대곡	전북	장수	7	12.2	4.6
금강	맹동	충북	음성	45	78.1	29.8
금강	신동	충남	금산	30	52.1	19.8
금강	신반월	전북	진안	43	74.7	28.4

● 섬진강수계



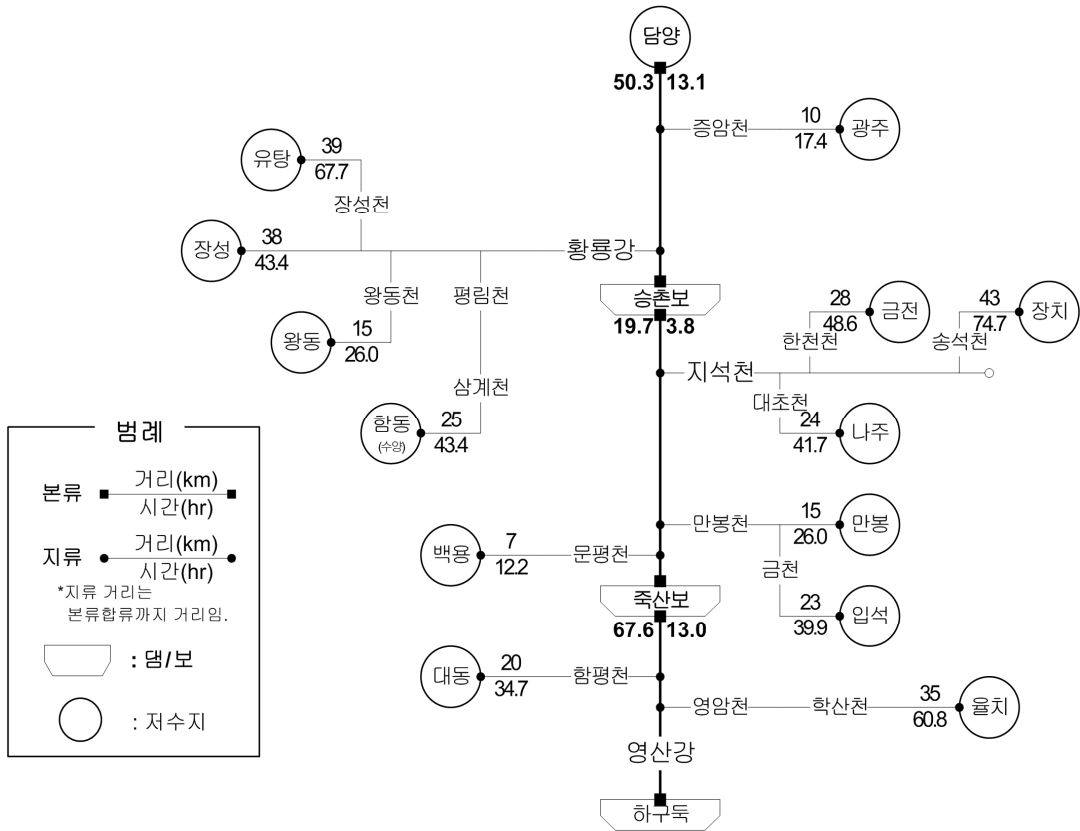
〈섬진강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리[km]		방류량[m³/s]							
		구간	누가	100	250	500	750	1,000	2,000	3,000	3,250
섬진강댐	오수천	27.6	27.6	7.1	6.2	5.5	5.0	4.7	4.0	3.6	3.5
	요천	35.4	63.0	13.9	11.8	10.2	9.3	8.6	7.0	6.1	5.9
	구례	24.8	87.8	17.8	15.2	13.2	12.1	11.3	9.3	8.2	8.0
	송정	12.7	100.5	20.9	17.6	15.2	13.7	12.7	10.2	8.8	8.5
	하동	26.5	127.0	25.3	21.8	19.2	17.6	16.5	13.9	12.4	12.1

〈섬진강수계 독농도 농업용저수지방류에 따른 본류까지 도달거리〉

수계	지구명	도명	시/군	본류까지 거리(km)	평수기(시간)	홍수기(시간)
섬진강	문수	전남	구례	4	6.9	2.6
섬진강	구성	전남	곡성	5	8.7	3.3
섬진강	금풍	전북	남원	10	17.4	6.6
섬진강	장남	전북	장수	46	79.9	30.4
섬진강	노촌	전북	진안	4	6.9	2.6
섬진강	수송	전북	남원	8	13.9	5.3
섬진강	외동	전남	담양	68	118.1	45.0
섬진강	효곡	전남	구례	7	12.2	4.6
섬진강	용림	전북	장수	38	66.0	25.1

○ 영산강수계



[영산강수계 도달시간 모식도]

<영산강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간>

구간	주요지점	거리[km]		금월 유입량[m³/s]							
		구간	누가	100	250	500	750	1,000	1,500	2,000	2,500
금월	광주	18.0	18.0	5.8	4.5	3.4	2.8	2.4	1.8	1.4	1.0
	마륙	15.2	33.2	13.0	10.4	8.3	7.2	6.3	5.1	4.3	3.7
	본동	9.7	42.9	16.5	13.4	11.1	9.7	8.8	7.4	6.4	5.7
	승춘보	0.5	43.4	16.7	13.6	11.3	9.9	8.9	7.5	6.5	5.8
	나주	4.6	48.0	18.0	14.7	12.1	10.7	9.6	8.2	7.1	6.3
	영산포	5.3	53.3	19.4	15.9	13.2	11.6	10.5	8.9	7.8	7.0
	회진	4.5	57.8	20.7	16.9	14.1	12.4	11.2	9.6	8.4	7.5
	죽산보	5.3	63.1	22.1	18.1	15.1	13.4	12.1	10.4	9.1	8.2

〈영산강수계 독농도 농업용저수지방류에 따른 본류까지 도달거리〉

수계	지구명	도명	시/군	본류까지 거리(km)	평수기(시간)	홍수기(시간)
영산강	만봉	전남	나주	15	26.0	9.9
영산강	장치	전남	화순	43	74.7	28.4
영산강	유탕	전남	장성	39	67.7	25.8
영산강	백용	전남	나주	7	12.2	4.6
영산강	대동	전남	함평	20	34.7	13.2
영산강	금전	전남	화순	28	48.6	18.5
영산강	왕동	광주	광산	15	26.0	9.9
영산강	입석	전남	영암	23	39.9	15.2
영산강	담양호	전남	담양	0	0.0	0.0
영산강	함동	전남	장성	25	43.4	16.5
영산강	장성호	전남	장성	38	66.0	25.1
영산강	나주호	전남	나주	24	41.7	15.9
영산강	광주호	전남	담양	10	17.4	6.6
영산강	울치	전남	영암	35	60.8	23.1

참고 2 보 수위별 활용가능 수량

수계	다기능보	관리수위		어도제약수위 ¹⁾		양수장제약수위 ²⁾		지하수제약수위 ³⁾		하한수위 ⁴⁾	
		수위 (EL.m)	저수량 (백만m ³)	수위 (EL.m)	저수량 (백만m ³)	수위 (EL.m)	저수량 (백만m ³)	수위 (EL.m)	저수량 (백만m ³)	수위 (EL.m)	저수량 (백만m ³)
총계			626.3		62.8		133.3	상한	195.4		401.6
								하한	233.0		
한강	소계		34.3		4.0		19.6		22.7		22.7
	강천보	38.00	8.7	37.50	1.5	36.70	4.2	35.20	6.3	35.20	6.3
	여주보	33.00	11.3	32.70	1.2	31.80	4.6	31.70	4.9	31.70	4.9
	이포보	28.00	14.3	27.80	1.3	25.60	10.8	25.30	11.5	25.30	11.5
낙동강	소계		511.9		53.9		95.3	상한	131.6		323.7
								하한	164.6		
	상주보	47.00	27.4	46.60	2.1	45.00	9.6	44.9	10.0	43.60	15.0
								44.2	12.8		
	낙단보	40.00	34.7	39.50	3.0	39.00	5.9	38.8	6.9	37.40	13.7
								38.4	8.8		
	구미보	32.50	52.7	31.70	6.1	31.50	7.6	31.3	9.0	22.60	50.1
								30.9	11.7		
	칠곡보	25.50	75.3	25.10	5.9	25.00	7.4	24.5	13.3	24.50	13.3
								24.5	13.3		
	강정고령보	19.50	92.3	19.00	12.4	18.00	24.1	16.4	41.9	14.90	57.2
								15.4	52.3		
	달성보	14.00	58.6	13.70	3.2	11.40	24.4	11.6	22.8	6.60	52.0
							10.8	29.0			
합천창녕보	10.50	70.0	9.90	8.2	9.50	12.0	9.2	15.2	2.30	64.1	
							8.7	19.6			
창녕함안보	5.00	100.9	4.40	13.0	4.80	4.3	4.4	12.5	1.50	58.3	
							4.2	17.1			
금강	소계		45.4		1.4		8.9	상한	30.3		37.2
								하한	33.3		
	세종보	11.80	5.7	11.50	0.9	10.80	2.7	9.2	4.6	8.20	4.8
								8.3	4.8		
공주보	8.80	15.5	8.70	0.2	8.50	1.1	6.8	8.7	2.60	13.9	
							6.2	10.0			
백제보	4.20	24.2	4.00	0.3	3.50	5.1	1.3	17.0	1.00	18.5	
							1.0	18.5			
영산강	소계		34.7		3.5		9.5	상한	10.8		18.0
								하한	12.4		
	승촌보	7.50	9.0	7.20	0.3	6.00	2.1	6.0	2.1	2.50	8.5
								5.5	2.9		
죽산보	3.50	25.7	2.90	3.2	2.00	7.4	1.7	8.7	1.50	9.5	
							1.5	9.5			

주 1) 어도 및 양수장 기능에 이상이 없는 수위

2) 양수장은 기능을 발휘하나 어도는 기능이 마비되는 수위

3) 지하수를 양수하여 농업용수로 활용하는 관정의 기능에 이상이 없는 수위

4) 보 건설 전 갈수위 또는 취수시설 등에 지장을 초래하지 않는 수위를 고려하여 결정한 보 관리를 위한 최저수위

〈 관련 홈페이지 〉

- 환경부 : www.me.go.kr
- 국립환경과학원 물환경정보시스템 : water.nier.go.kr
 - 수질측정자료 공개, 조류정보방(조류 측정자료, 조류경보 등 자료)
- 실시간 수질정보 시스템 : www.koreawqi.go.kr
 - 실시간 수질측정 데이터 확인
- 물사랑 홈페이지 : www.ilovewater.or.kr
 - 수돗물 안심확인제 소개, 지역별 수돗물 관리기관 정보 등
- 기상청 : www.weather.go.kr
 - 전국 기상상황, 일기예보(단기, 중장기)
- 한국수자원공사 : www.kwater.or.kr
 - 전국 댐·보 저수율, 방류량 등 정보

이 책에 활용된 데이터는 위 홈페이지에서 조회가 가능하며, 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.

◆ 만든 사람들 ◆

▶ 총괄

환경부 수질관리과	과장	박병언
환경부 수질관리과	사무관	이경한
환경부 수질관리과	주무관	이문항
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구관	김홍태
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구관	신유나
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구사	박상현
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구사	안정민
한국수자원공사		배원민

▶ 한강수계

국립환경과학원 한강물환경연구소	연구관	변명섭
한강유역환경청 수생태관리과	주무관	정재용
원주지방환경청 수질총량관리과	주무관	이미숙

▶ 낙동강수계

국립환경과학원 낙동강물연구소	연구관	박혜경
낙동강유역환경청 수생태관리과	주무관	김미정
대구지방환경청 수질관리과	주무관	김수현

▶ 금강수계

국립환경과학원 금강물환경연구소	연구사	이재정
금강유역환경청 수생태관리과	주무관	전형호
전북지방환경청 새만금유역관리단	주무관	이대영

▶ 영산강수계

국립환경과학원 영산강물환경연구소	연구관	박종환
영산강유역환경청 수생태관리과	주무관	김종하

2021년 조류(녹조)발생과 대응 연차보고서

▶ 발행일: 2022년 8월

▶ 발행인: 환경부 한화진

▶ 발행처: (우)30103 세종특별자치시 도움6로 11 정부세종청사

* 이 책의 무단 전재와 무단 복제를 금합니다.

2021
조류(녹조)발생과 대응
연차보고서