

정부간행물등록번호

11-1480000-001363-10

MINISTRY OF ENVIRONMENT

2023 조류(녹조)발생과 대응 연차보고서

2024. 6.



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 種)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 항상 배출되는 것이 아니고 남조류의 서식환경이 나빠졌을 때 등 일부 경우에만 독소물질이 배출되기 때문임
- 냄새물질의 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-*a*, 유해남조류 세포수 등

3. 발령 및 해제기준

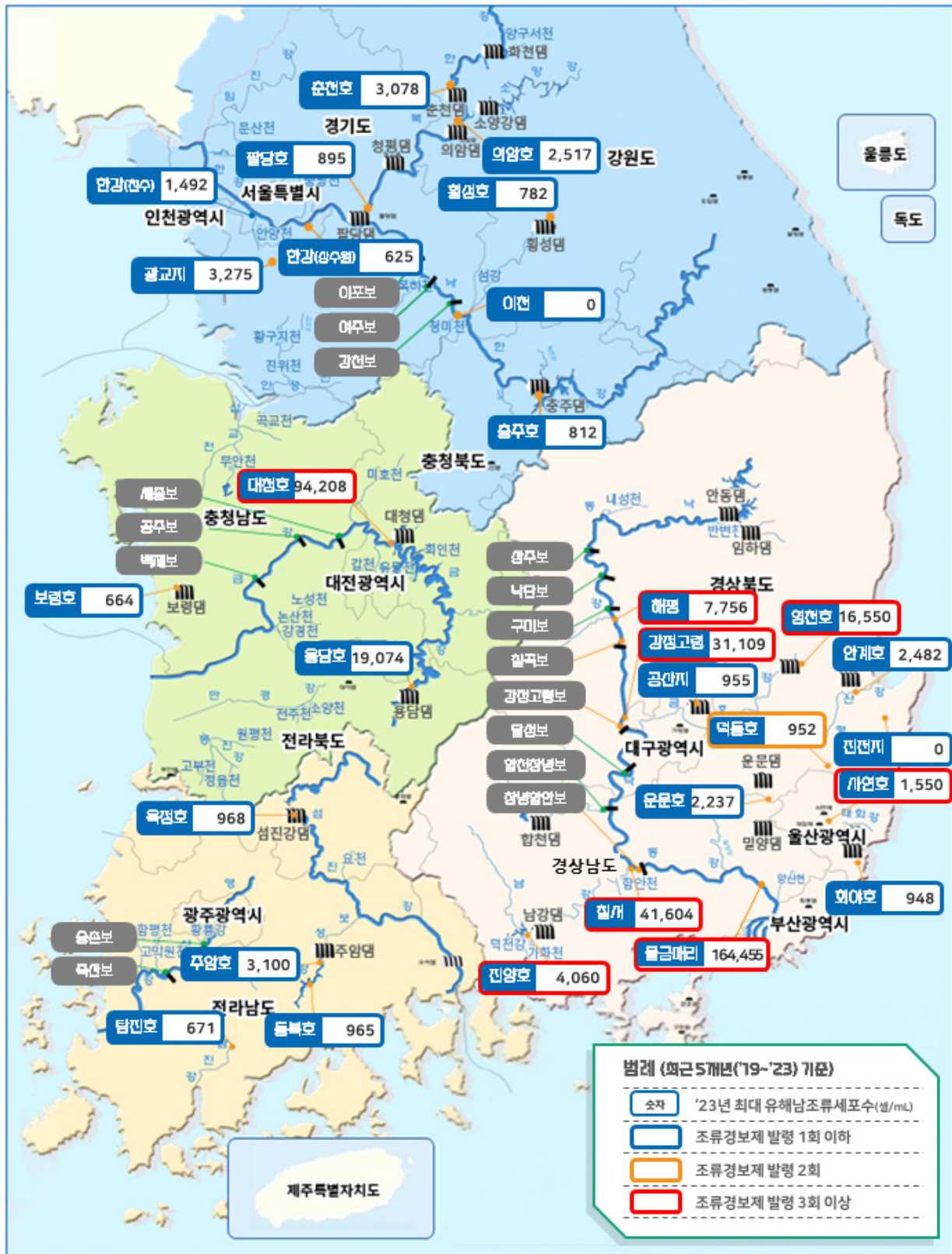
- (발령권자) 하천·호소별 관리기관(유역·지방환경청장 또는 시·도지사)
- (발령기준) 2회 연속 유해남조류 세포수가 기준을 초과하면 발령

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

4. 조류경보 단계별 조치사항

단계	조치사항
평시	<ul style="list-style-type: none"> · 주 1회 이상 시료채취 및 분석(유해남조류 세포수, 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(유해남조류 세포수, 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(유해남조류 세포수, 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(유해남조류 세포수, 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





MINISTRY OF ENVIRONMENT

2023
조류(녹조)발생과 대응
연차보고서



목 차

제 1 부	2023년도 조류 발생상황 특성	1
제1절	2023년 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.	2023년 조류발생 현황	17
3.	조류발생 영향인자 분석	26
제2절	낙동강 수계	42
1.	낙동강 수계 일반현황	42
2.	2023년 조류발생 현황	45
3.	조류발생 영향인자 분석	55
제3절	금강 수계	74
1.	금강 수계 일반현황	74
2.	2023년 조류발생 현황	77
3.	조류발생 영향인자 분석	86
제4절	영산강 수계	109
1.	영산강 수계 일반현황	109
2.	2023년 조류발생 현황	112
3.	조류발생 영향인자 분석	115

제 3 부	녹조발생 예방 및 대응정책	131
제1절	조류발생 모니터링 정책	132
1.	조류경보제	132
2.	조류예측과 수질관리협의회 운영	142
3.	기타 모니터링 정책	144
제2절	녹조대응 정책	149
제3절	오염물질 감시·관리 강화	152
1.	하천으로 유입되는 오염물질 관리강화	152
2.	입체적 하천감시	154
제 4 부	참고자료	157
제1절	수질·조류 모니터링 자료	158
1.	주요 상수원 하천·호소 측정자료(운영지점)	158
2.	친수활동 구간 조류경보제 측정자료(운영지점)	184
3.	4대강 보 대표지점 측정자료(관찰지점)	186
제2절	녹조 원격 모니터링 사진자료	196
제3절	해외 녹조현상 사진자료	203
제4절	주요정책자료	225
1.	2023년 조류경보제 시행계획	225
2.	조류경보제 개선 주요내용	240
3.	수질·녹조 대비 댐-보-저수지 최적 연계운영	246





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 2023년 조류경보 발령 현황	17
표 2-1-5	최근 10년간 팔당호 조류경보 '관심' 단계 발령현황	19
표 2-1-6	2023년 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	최근 2년간 강수량 및 팔당호 총방류량 비료(7~9월, 서울기상관측소)	22
표 2-1-10	미사대교~잠실철교 구간 7~9월 유해남조류 세포수 현황(상수원 구간)	22

표 2-1-11	잠실대교~행주대교 구간 7~9월 유해남조류 세포수 현황(친수활동 구간)	23
표 2-1-12	2023년 충주호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	24
표 2-1-13	2023년 광교지 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	24
표 2-1-14	2023년 춘천호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	25
표 2-1-15	2023년 횡성호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	25
표 2-1-16	2023년 의암호 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	25
표 2-1-17	2023년 이천 월별(최대치) 유해남조류세포수(세포/mL) 현황	25
표 2-1-18	양평관측소 기상 요소별 현황	26
표 2-1-19	강천보 수질인자 변화 비교	28
표 2-1-20	여주보 수질인자 변화 비교	29
표 2-1-21	이포보 수질인자 변화 비교	30
표 2-1-22	한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2022년 vs 2023년)	32
표 2-1-23	팔당댐 강수량	34
표 2-1-24	팔당호 월평균 체류시간 비교(2022년 vs 2023년)	34
표 2-1-25	댐앞 지점의 수질 변화 비교	35
표 2-1-26	부용사 앞의 수질 변화 비교	36
표 2-1-27	삼봉 수질 변화 비교	37
표 2-1-28	이천 지점의 수질 변화 비교	38
표 2-1-29	의암호(신연교) 지점의 수질 변화 비교	39
표 2-2-1	낙동강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	42
표 2-2-2	낙동강수계 조류경보제 관찰지점	43
표 2-2-3	2023년 낙동강수계 조류경보 발령 현황	45



표 2-2-4	낙동강수계 보 구간 강수량(1년 누계)	46
표 2-2-5	2023년 조류경보제 지점 유해남조류세포수 발생현황	48
표 2-2-6	2023년 월별 낙동강 8개 보 조류관찰지점 유해남조류 세포수 발생현황	50
표 2-2-7	2023년 안계호, 영천호, 덕동호, 운문호 유해남조류 세포수 발생현황	51
표 2-2-8	2023년 진양호, 사연호, 회야호 유해남조류 세포수 발생현황	52
표 2-2-9	공산지, 영천호, 안계호, 운문호, 진양호, 사연호 조류경보 발령 현황	53
표 2-2-10	상주 기상대 기상 요소별 현황(1월~12월)	55
표 2-2-11	구미 기상대 기상 요소별 현황(1~12월)	56
표 2-2-12	대구 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)	57
표 2-2-13	합천 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)	58
표 2-2-14	밀양 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)	59
표 2-2-15	낙동강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2022년 vs 2023년)	61
표 2-2-16	상주보 수질인자 변화 비교	62
표 2-2-17	낙단보 수질인자 변화 비교	63
표 2-2-18	구미보 수질인자 변화 비교	64
표 2-2-19	칠곡보 수질인자 변화 비교	65
표 2-2-20	강정고령보 수질인자 변화 비교	66
표 2-2-21	달성보 수질인자 변화 비교	67
표 2-2-22	합천창녕보 수질인자 변화 비교	68
표 2-2-23	창녕함안보 수질인자 변화 비교	69
표 2-3-1	금강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	74
표 2-3-2	금강수계 조류경보제 관찰 지점	75

표 2-3-3	2023년 금강수계 조류경보 발령 현황	77
표 2-3-4	연도별 대청호 조류발생 현황	80
표 2-3-5	2023년도 대청호 월별(최대치) 조류발생 현황	80
표 2-3-6	연도별 용담호 조류발생 현황	81
표 2-3-7	2023년도 용담호 월별(최대치) 조류발생 현황	81
표 2-3-8	연도별 보령호 조류발생 현황	82
표 2-3-9	2023년도 보령호 월별(최대치) 조류발생 현황	82
표 2-3-10	2022~2023년 금강보 구간 여름철 녹조 발생 현황	83
표 2-3-11	금강수계 보의 3~10월 주요 조류발생 현황	83
표 2-3-12	대청댐 유역 평균 강우량	86
표 2-3-13	대청호 추동지점 수질 변화 비교	88
표 2-3-14	대청호 문의지점 수질 변화 비교	89
표 2-3-15	대청호 회남지점 수질 변화 비교	90
표 2-3-16	대청호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	92
표 2-3-17	용담댐 유역 평균 강우량	93
표 2-3-18	용담댐 취수탑 지점 수질 변화 비교	95
표 2-3-19	용담댐 댐앞 지점 수질 변화 비교	96
표 2-3-20	용담호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	98
표 2-3-21	대전지방기상청 기상 요소별 현황	99
표 2-3-22	금강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2016~2023년)	101
표 2-3-23	세종보 수질인자 변화 비교	102



표 2-3-24	공주보 수질인자 변화 비교	103
표 2-3-25	백제보 수질인자 변화 비교	104
표 2-3-26	금강수계 3개 보 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	105
표 2-4-1	영산강수계 조류경보제(상수원 구간) 운영 지점	109
표 2-4-2	영산강수계 조류경보제 관찰 지점	110
표 2-4-3	영산강수계 2023년 조류경보 및 수질예보 발령 현황	112
표 2-4-4	죽산보 동절기(1~3월) 조류발생 주요현황	112
표 2-4-5	영산강수계 승촌보의 여름철 조류발생 주요현황	113
표 2-4-6	영산강수계 죽산보의 여름철 조류발생 주요현황	113
표 2-4-7	2023년도 영산강수계 상수원 호소 유해남조류 세포수 월별 최대치 발생현황	114
표 2-4-8	광주지방기상청 기상 요소별 현황	116
표 2-4-9	영산강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교	117
표 2-4-10	승촌보 수질인자 변화 비교	118
표 2-4-11	죽산보 수질인자 변화 비교	119
표 2-4-12	영산강수계 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	120
표 2-4-13	주암댐 유역 평균 강수량	121
표 2-4-14	주암호 댐앞 수질 변화 비교	121
표 2-4-15	주암호 신평교 수질 변화 비교	122
표 2-4-16	주암호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	123
표 2-4-17	탐진호 유역 평균 강수량	124
표 2-4-18	탐진호 댐앞 수질 변화 비교	124
표 2-4-19	탐진호 유치천 합류부 수질 변화 비교	125

표 2-4-20	탐진호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수	126
표 3-1-1	조류경보제 적용대상 추진경위	133
표 3-1-2	조류경보제 발령기준	134
표 3-1-3	조류경보제 상수원구간 발령단계별 조치사항	135
표 3-1-4	조류경보제 친수활동 구간 발령단계별 조치사항	136
표 3-1-5	조류경보제 기준 변경사항	137
표 3-1-6	조류경보제 운영결과	138
표 3-1-7	조류예측 단계	142
표 3-1-8	수질관리협의회 구성	143
표 3-3-1	갈수기 기간 중 주요 수질오염원 점검실적	152
표 3-3-2	2022년 총인처리 강화운영 실적	153
표 3-3-3	가축분뇨 지도점검 실적	153
표 3-3-4	2019~2023년 환경지킴이 하천순찰활동 실적(건수)	154
표 3-3-5	2022년 항공(드론)감시 실적(건수)	155





그림목차

그림 2-1-1	팔당댐 앞 전경(2022년 7~8월)	20
그림 2-1-2	양평관측소 기상 요소별 월평균 값	27
그림 2-1-3	한강 강천보 지점 수온 및 수질 농도 변화	28
그림 2-1-4	한강 여주보 지점 수온 및 수질 농도 변화	29
그림 2-1-5	한강 이포보 지점 수온 및 수질 농도 변화	30
그림 2-1-6	충주조정지댐 월평균 방류량(2012~2021년 vs. 2022년)	31
그림 2-1-7	한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교	32
그림 2-1-8	댐앞 수온 및 수질 농도 변화	35
그림 2-1-9	부용사앞 수온 및 수질 농도 변화	36
그림 2-1-10	삼봉 수온 및 수질 농도 변화	37
그림 2-1-11	이천 지점 수온 및 수질 농도 변화	38
그림 2-1-12	의암호(신연교) 지점 수온 및 수질 농도 변화	39
그림 2-2-1	상주 기상관측소(상주보, 낙단보) 기상 요소별 월평균 값	55
그림 2-2-2	구미 기상관측소(구미보, 칠곡보) 기상 요소별 월평균 값	56
그림 2-2-3	대구 기상관측소(강정고령보, 달성보) 기상 요소별 월평균 값	57
그림 2-2-4	합천 기상관측소(합천창녕보) 기상 요소별 월평균 값	58
그림 2-2-5	밀양 기상관측소(창녕함안보) 기상 요소별 월평균 값	59
그림 2-2-6	낙동강 상주보 지점 수온 및 수질 농도 변화	62
그림 2-2-7	낙동강 낙단보 지점 수온 및 수질 농도 변화	63
그림 2-2-8	낙동강 구미보 지점 수온 및 수질 농도 변화	64
그림 2-2-9	낙동강 칠곡보 지점 수온 및 수질 농도 변화	65
그림 2-2-10	낙동강 강정고령보 지점 수온 및 수질 농도 변화	66
그림 2-2-11	낙동강 달성보 지점 수온 및 수질 농도 변화	67
그림 2-2-12	낙동강 합천창녕보 지점 수온 및 수질 농도 변화	68
그림 2-2-13	낙동강 창녕함안보 지점 수온 및 수질 농도 변화	69

그림 2-3-1	2021년 대청호의 강우, 저수율 변화와 조류경보제 발령 시기	86
그림 2-3-2	대청호 추동지점 수온 및 수질 농도 변화	88
그림 2-3-3	대청호 문의지점 수온 및 수질 농도 변화	89
그림 2-3-4	대청호 회남지점 수온 및 수질 농도 변화	90
그림 2-3-5	2023년 용담호의 강우, 저수율 변화와 조류경보제 발령 시기	93
그림 2-3-6	용담호 취수탑 지점 수온 및 수질 농도 변화	95
그림 2-3-7	용담호 댐앞 지점 수온 및 수질 농도 변화	96
그림 2-3-8	대전지방기상청 기상 요소별 월평균 값	100
그림 2-3-9	대청조정지댐 월평균 방류량(2013년~2022년)	101
그림 2-3-10	금강 세종보 지점 수온 및 수질 농도 변화	102
그림 2-3-11	금강 공주보 지점 수온 및 수질 농도 변화	103
그림 2-3-12	금강 백제보 지점 수온 및 수질 농도 변화	104
그림 2-4-1	광주지방기상청 기상 요소별 월평균 값	116
그림 2-4-2	영산강 승촌보 지점 수온 및 수질 농도 변화	118
그림 2-4-3	영산강 죽산보 지점 수온 및 수질 농도 변화	119
그림 2-4-4	주암호 댐앞 지점 수온 및 수질 농도 변화	122
그림 2-4-5	주암호 신평교 지점 수온 및 수질 농도 변화	123
그림 2-4-6	탐진호 댐앞 수온 및 수질 농도 변화	125
그림 2-4-7	탐진호 유치천 합류부 수온 및 클로로필- <i>a</i> 농도 변화	126
그림 3-1-1	강정고령보의 자동입체측정시스템 및 모니터링 지점	144
그림 3-1-2	달성보, chl- <i>a</i> , 남조류세포수 수심별 현황(2021~2023)	145
그림 3-1-3	수계별 하천 표면에서 측정된 원격반사도 스펙트럼	147
그림 3-1-4	위성과 항공 영상자료를 활용한 시공간적 녹조 원격모니터링	148
그림 3-2-1	녹조발생 시 취·정수처리 흐름도	151



제 1 부

2023년도 조류 발생상황 특성

제1절 2023년 조류발생 총평	2
제2절 4대강 본류(16개 보·하천) 구간	4
제3절 주요 상수원 호소	9

제1절 2023년 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 2019년 492일(28지점) → 2020년 459일(29지점) → 2021년 754일(29지점) → 2022년 778일(29지점) → 2023년 530일(29지점)으로 나타났다. 2022년과 비교하여 금강수계에서는 발령일수가 증가(49 → 181일) 하였으나 낙동강수계(700 → 321일)에서 크게 감소하여 총 발령일수가 감소(778 → 530일)하였다. 정확한 조류의 발생 및 거동 파악을 위해서는 기온, 수온, 체류시간, 일사량, 영양염류, 다른 종과의 경쟁관계 등 여러 요인에 영향을 복합적으로 고려해야 한다.

표 1-1-1 수계별 최근 5년간 조류경보 발령일수

수 계	2019년 (28지점)	2020년 (29지점)	2021년 (29지점)	2022년 (29지점)	2023년 (29지점)
한 강	97	0	15	29	28
낙동강	278	369	670	700	321
금 강	117	90	69	49	181
영산강	0	0	0	0	0
합 계	492	459	754	778	530

* 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 수질예보 지점이 조류관찰지점으로 편입되었다. 최근 5년간의 발생량을 살펴보면 전반적으로 감소추세이나 여름철 강우량, 강우일수, 기온 등 연도별 영향인자의 변화에 따라 발생량에 영향이 있어 지속적인 모니터링이 필요하다.

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

(단위 : 세포/mL)

구 분		2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	비고
한 강	평 균	118	0	0	0	0	3개 보
	최 대	940	0	0	0	0	
낙동강	평 균	33,385	5,121	17,744	43,701	4,574	8개 보
	최 대	286,378	47,793	188,054	348,349	59,007	
금 강	평 균	510	12	1,609	2,010	808	3개 보
	최 대	4,490	130	10,600	7,320	6,070	
영산강	평 균	219	49	4,806	3,711	1,093	2개 보
	최 대	1,994	488	33,791	24,650	6,650	

○ 유역별, 특성별 분석 필요성

2023년은 조류경보제 구간과 4대강 보 구간 전반에 대해 2022년에 비해 조류 발생정도가 감소한 것을 확인할 수 있다. 조류발생 현황과 특성은 하나의 기준으로 살펴보기는 어려우며, 긴 장마와 폭염과 같은 기상상황 등 복합적인 요소와 유역별, 대상구간 특성별, 조류 종별로 다르다. 따라서 본서에서는 유역별 대상구간을 나누어 2023년의 조류발생 특성을 살펴보기로 한다.

제2절 4대강 본류(16개 보·하천) 구간

○ 조류 관찰지점으로 운영

2012년 1월부터 4대강 16개 보를 대상으로 수질예보제를 시행하였다. 2013년도에 조류경보제 시범운영으로 낙동강 3개 보(칠곡보, 강정고령보, 창녕함안보)가 수질예보제 운영지점에서 제외되었고, 이어 2016년도에 강천보가 제외되면서 2019년까지 12개 지점으로 운영되었다. 하지만 제도별 운영방식에 따라 동일한 데이터를 놓고도 예·경보 발령 단계가 상이하여 조류경보제와 수질예보제가 혼동되는 사례가 다수 발생하여, 효율적인 조류 감시 및 대응체계 구축을 위해 2020년부터 두 제도를 통합하여 운영하게 되었다. 이에 따라 4대강 본류 16개 보 구간은 2020년부터 조류경보제 관찰지점(조류 경보 발령 미실시)으로 운영되고 있다.

○ 한강수계 조류경보 발령

한강수계 본류 조류경보제 운영지점의 경우 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) 발령되었으나, 2023년에는 조류경보제가 발령되지 않았다. 한강(이천) 지점은 운영이 시작된 2016년 이후로 조류경보가 발령된 적이 없다. 이천 지점은 남한강의 상류 지점으로 수심이 비교적 낮고 유속이 빨라 남조류 성장에 불리한 것으로 판단된다.

최근 5개년을 살펴보면 2019년(97일) 발령된 광교지 지점은 2020년 이후 조류경보가 발령되지 않았다. 충주호는 2022년에 14일간(9.22~10.5) 조류경보가 발령되었다. 횡성호에서도 2013년(35일) 조류경보 발령 이후 발령이 없다가 2022년에 15일간(7.27~8.10) 조류경보가 발령되었다. 의암호는 조류경보제 운영시점인 2016년부터 조류경보 발령이 없다가 2023년 처음으로 28일간(8.30~9.26) 발령되었다.(상수원 주요 호소인 충주호와 팔당댐은 “제3절 주요 상수원 호소”에서 기술).

조류경보제 관찰지점인 강천보, 여주보, 이포보는 매년 조류발생 정도가 심하지 않은 지점이다. 2023년에는 3개 지점 모두에서 유해남조류 세포수는 미발생으로 조사되었다.

표 1-1-3 한강 본류구간 조류 관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분		2019	2020	2021	2022	2023
강천보	평균	20	0	0	0	0
	최대	420	0	0	0	0
여주보	평균	31	0	1	0	0
	최대	940	0	20	0	0
이포보	평균	14	11	0	0	0
	최대	460	410	0	0	0

표 1-1-4 한강 본류구간 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구 분		이천	한강 (강동대교~행주대교)	합 계
2019	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2020	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2021	관 심	-	15	15
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2022	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	
2023	관 심	-	-	0
	경 계	-	-	
	대발생	-	-	

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

● 낙동강 6월 경보 발령을 시작으로 12월까지 발생과 감소 반복

낙동강 본류구간은 8개의 보가 설치되어 있으며, 조류관찰지점으로 모니터링하고 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.

2023년도 낙동강 본류구간 조류경보 발령일수는 307일로 2022년도보다 309일 감소하였다. 2019년 대비 증가한 발령일수는 2020년부터 시범운영을 시작한 물금매리 지점의 발령일수가 포함된 영향도 있다. 물금매리 지점을 제외한 총발령일수는 2019년 230일, 2020년 226일, 2021년 205일, 2022년 420일, 2023년 161일로 2019년부터 감소하다 2022년에 크게 증가하였지만 2023년 다시 큰폭 감소하였다. 물금매리를 제외한 '경계' 발령일수도 2019년 75일, 2020년 12일, 2021년 7일, 2022년 124일, 2023년 14일로 2022년에 크게 증가하였으나 전체적으로 낮아지는 추세다. 물금매리의 경우 낙동강 8개보 중 최하류에 위치한 창녕함안보의 하류에 위치하며 2020년 34일(경계 0일), 2021년 130일(경계 26일), 2022년 196일(경계 82일), 2023년에 146일(경계 0일)로 2022년 크게 증가하였다가 2023년에 다소 감소한 추세를 나타내었다.

2023년 6월초 칠서 지점에서 조류경보제가 첫 발령되었고, 6월 중순에 강정고령, 물금매리 지점에 발령되었으며 칠서, 물금매리 지점은 12월까지 발령이 지속되었다. 특히 6월말에는 칠서 지점에서 '경계' 단계가 발령되어 7월 초까지 지속되었다

관찰지점을 살펴보면 2023년 8개 보 평균 발생량은 640~8,081세포/mL로 2022년도 평균 발생량 1,655~21,446세포/mL에 비해 감소하였고, 최대 발생량도 168,823세포/mL(창녕함안보)로 2022년 348,349세포/mL(달정보) 보다 낮게 나타났다. 2020년은 장마철 역대 2위 강우량과 1973년 관측 이래 최장기간 장마로 여름철 일조시간 감소, 유속의 증가로 체류시간이 짧아 조류 발생강도가 비교적 낮았다. 낙동강 8개 관찰지점은 대부분 7월에 최대 발생량을 기록하였으며 10월 이후 낮은 발생량에서 증감을 반복하였다.

표 1-1-5 낙동강 본류구간 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분		해평	강정고령	칠서	물금매리	합계
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	-	-	-	-	
2022	관 심	79	84	133	114	616
	경 계	26	42	56	82	
	대발생	-	-	-	-	
2023	관 심	-	49	98	146	307
	경 계	-	-	14	-	
	대발생	-	-	-	-	

※ 물금·매리 지점은 2020년 4월부터 시범운영

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

(단위 : 세포/mL)

구 분		2019	2020	2021	2022	2023
상주보	평균	2,840	365	960	1,655	941
	최대	46,876	4,441	7,920	16,959	16,340
낙단보	평균	3,964	995	1,726	5,332	886
	최대	70,714	16,516	38,354	61,780	15,702
구미보	평균	3,219	1,839	1,585	7,739	640
	최대	41,079	46,000	24,388	132,470	5,511
칠곡보	평균	2,196	929	2,603	4,788	1,927
	최대	24,809	16,637	51,350	127,406	22,114
강정고령보	평균	8,257	2,177	5,127	13,174	2,984
	최대	100,017	17,108	89,443	114,735	42,606
달성보	평균	12,244	2,113	3,890	14,195	4,271
	최대	94,429	33,055	74,942	348,349	62,952
합천창녕보	평균	23,431	2,282	9,443	21,446	6,110
	최대	286,378	27,176	188,054	165,744	102,214
창녕합안보	평균	18,874	3,720	4,265	15,806	8,081
	최대	223,562	47,793	43,366	151,711	168,823

● 금강 본류 전년대비 평균발생량 증가

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

2023년 금강 3개 보 유해남조류 평균발생량 및 최대발생량을 살펴보면 2022년과 비교 했을 때 평균 발생량이 감소하였으나 최대발생량은 증가하였다.

표 1-1-7 금강 본류구간 조류관찰지점 최근 5년간 조류발생 현황

(단위 : 세포/mL)

구 분		2019	2020	2021	2022	2023
세중보	평균	8	310	274	1,306	503
	최대	310	3,160	2,250	3,770	9,150
공주보	평균	261	411	325	1,925	727
	최대	4,490	4,930	6,390	4,600	9,175
백제보	평균	189	717	583	2,798	1,049
	최대	3,475	10,140	10,600	7,320	14,280

● 영산강 조류발생

영산강 본류는 2개의 조류경보제 관찰지점이 있다(승촌보, 죽산보). 승촌보는 2019년부터 평균발생량 및 최대발생량이 증감을 반복하고 있으며, 죽산보는 2019년 이후 2022년까지 증가 추세를 보이다 2023년에는 조류발생이 감소했다.

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

(단위 : 세포/mL)

구 분		2019	2020	2021	2022	2023
승촌보	평균	179	27	156	137	434
	최대	4,025	332	2,018	345	10,765
죽산보	평균	119	267	1,702	7,285	2,384
	최대	2,280	3,842	33,791	24,650	25,850

제3절 주요 상수원 호소

○ 한강수계 '팔당호, 충주호, 횡성호' 조류경보 미발령, '의암호' 관심 발령

팔당호의 경우 2019년 이후 경보가 발령되지 않고 있다. 충주호는 2019년 이후 발령이 없었다가 2022년에 14일간(9.22~10.5) '관심' 단계가 발령되었다. 횡성호도 2013년 이후 발령이 없었다가 2022년에 15일간(7.27~8.10) '관심' 단계가 발령되었으며, 의암호는 2016년 이후 처음으로 2023년에 28일간(8.30~9.26) '관심' 단계가 발령되었다.

○ 낙동강수계 '영천호' 제외 조류경보 미발령

영천호는 2018년 59일, 2019년 13일, 2020년 21일, 2021년 21일로 조류경보제가 매년 발령되다 2022년에는 미발령 되었으나 2023년에 다시 14일 간(8.17~8.30) '관심' 단계가 발령되었다. 영천호를 제외한 낙동강 수계 주요 상수원은 2023년 모두 조류경보제가 미발령 되었다.

○ 금강수계 '대청호', '용담호' 발령일수 증가

중부권의 대표적인 식수원인 대청호는 1998년 조류경보제를 시행한 이후 1999년과 2014년을 제외하고 매년 조류경보가 발령되었다. 2019년 117일, 2020년 90일, 2021년 69일, 2022년 49일로 감소추세에 있다가 2023년 78일로 다시 증가하였다. '경계' 단계 발령 또한 2020년 발령 이후 다시 34일 발생하였다. 용담호는 2014년 이후 처음으로 조류경보제가 발령되었으며 58일간(8.10~9.6, 9.18~10.17) '관심' 단계, 11일간(9.7~9.17) '경계' 단계가 발령되었다.

○ 그 외 호소는 조류경보 미발령

한강수계 춘천호, 광교지, 낙동강수계 공산지, 안계호, 진전지, 운문호, 덕동호, 회야호, 진양호 금강수계 보령호, 영섬수계 옥정호, 동북호, 주암호, 탐진호에서는 조류경보가 발령되지 않았다.

표 1-1-9 한강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분	충주호	이천*	횡성호	춘천호	의암호	팔당호	한강	광교지	합계
2019	관 심	-	-	-	-	-	-	97	97
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2020	관 심	-	-	-	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2021	관 심	-	-	-	-	-	15	-	15
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2022	관 심	14	-	15	-	-	-	-	29
	경 계	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	
2023	관 심	-	-	-	-	28	-	-	28
	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
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2022	관 심	79	84	133	114	-	-	-	-	-	21	-	63	700
	경 계	26	42	56	82	-	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2023	관 심	-	49	98	146	14	-	-	-	-	-	-	-	321
	경 계	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

※ 물금·매리 지점은 2020년 4월부터 시범운영

※ 명칭변경(2020년) : 칠곡 ₩ 금강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분		용담호	대청호	보령호	합계
2019	관 심	-	117	-	117
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2020	관 심	-	90	-	90
	경 계	-	11	-	
	대발생	-	-	-	
2021	관 심	-	69	-	69
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2022	관 심	-	49	-	49
	경 계	-	-	-	
	대발생	-	-	-	
2023	관 심	58	78	-	181
	경 계	11	34	-	
	대발생	-	-	-	

표 1-1-12 영산강수계 최근 5년간 조류경보 발령일수

(단위 : 일)

구분		옥정호	동북호	주암호	탐진호	합계
2019	관 심	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	
2020	관 심	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	
2021	관 심	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	
2022	관 심	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	
2023	관 심	-	-	-	-	0
	경 계	-	-	-	-	
	대발생	-	-	-	-	



제 2 부

수계별 조류발생 현황 및 원인분석

제1절 한강 수계	14
제2절 낙동강 수계	42
제3절 금강 수계	74
제4절 영산강 수계	109

제1절 한강 수계

1. 한강 수계 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 운영지점

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 미사대교~잠실철교, 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

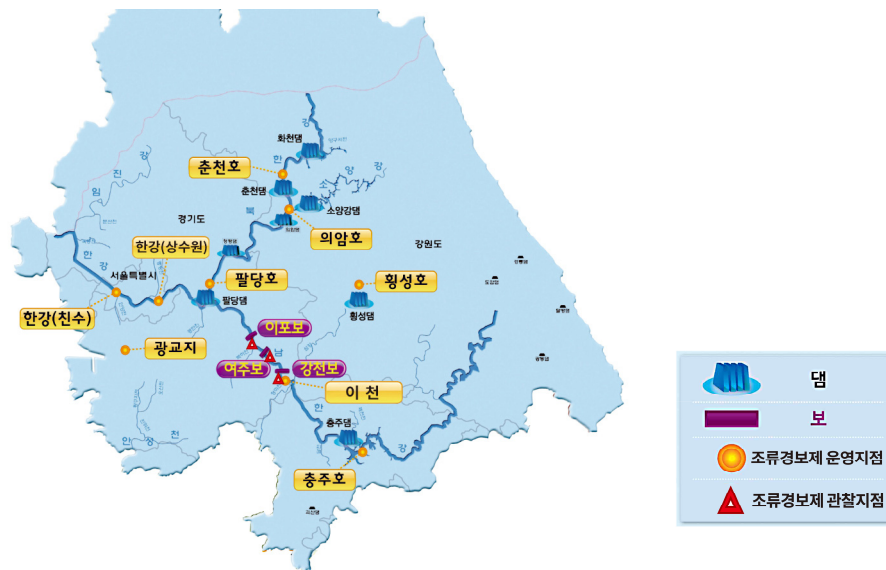
지 점	대표 채수 위치	운영기관
한강 (잠실대교~행주대교)	성수대교, 한남대교, 한강대교, 마포대교, 성산대교	서울시

○ 조류경보제 관찰지점

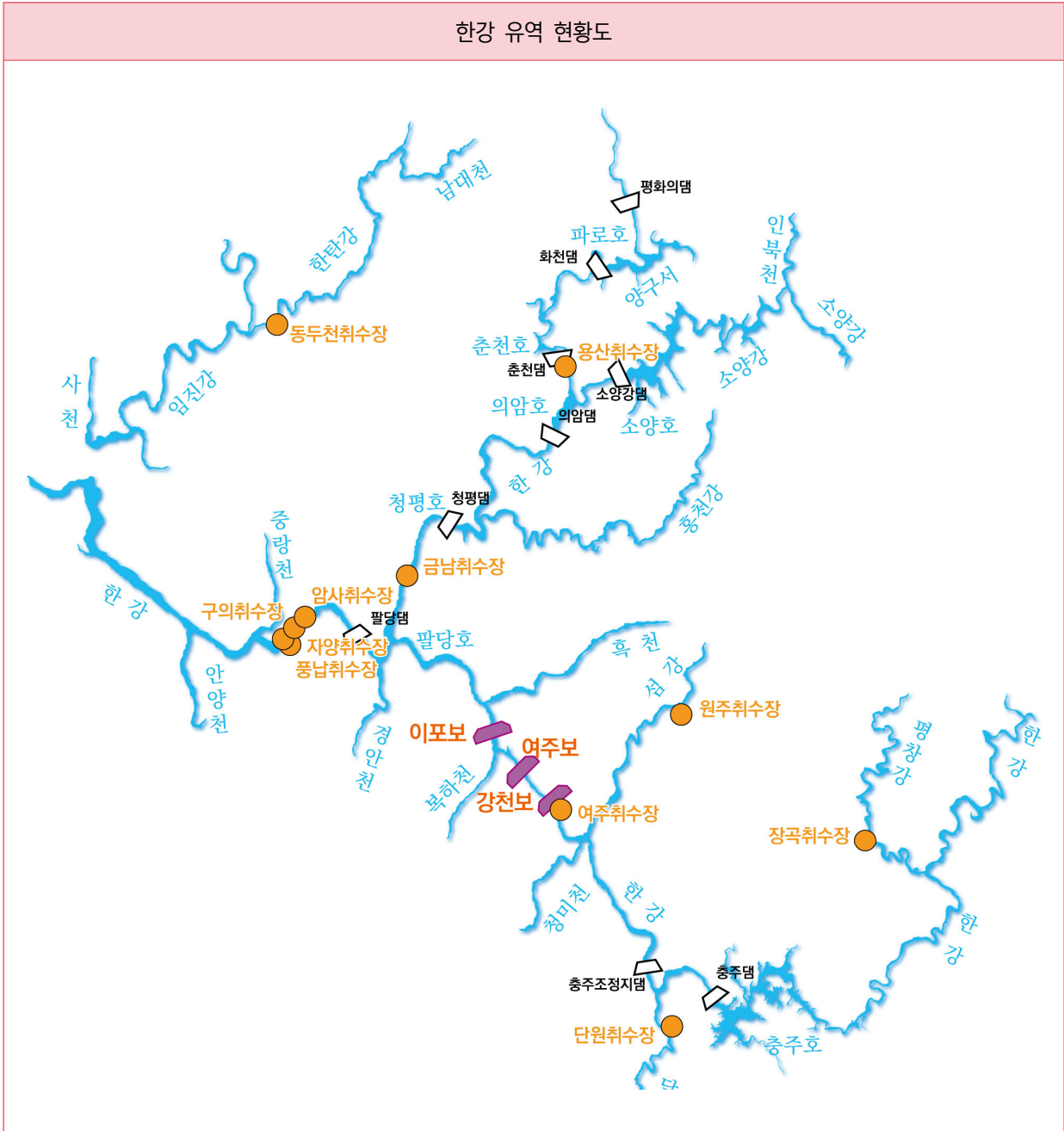
4대강 보 구간에 대하여 조류 발생을 사전에 예측하기 위해 2012년부터 2019년까지 수질 예보제를 운영하였고, 2020년 조류경보제 통합 운영에 따라 남한강 3개 보를 관찰지점으로 운영하고 있다.

표 2-1-3 한강수계 조류경보제 관찰 지점

지 점	대표 채수 위치	관리기관
강천보	보 상류 400m	한강유역환경청
여주보	보 상류 500m	한강유역환경청
이포보	보 상류 300m	한강유역환경청



한강 유역 현황도



2. 2023년 조류발생 현황

가. 유해남조류 출현 총평

지속적인 한강수계의 수질개선 노력과 함께 관계기관 간 오염원 유입저감과 사전차단 조치 등 조류발생 억제를 위해 오염원 관리에 총력을 다하여 팔당호 등에 심각한 녹조현상이 발생하지는 않았다. 그러나 중부지방 폭염에 따른 수온 상승, 기상 여건, 체류시간 증가 등 복합적인 요인으로 의암호 신연교 지점에서 관심단계(8.30~9.26, 28일간)가 발령되었다.

표 2-1-4 한강수계 2023 조류경보 발령 현황

지점		조류경보 발령		
		관심	경계	대발생
팔당호	댐앞	미발령		
	부용사앞	미발령		
	삼봉	미발령		
한강(강동대교~잠실대교)		미발령		
한강(잠실대교~행주대교)		미발령		
강천보		미발령		
의암호		8.30~9.26(28일)	-	-
충주호	댐앞	미발령		
	청풍교	미발령		
광교지		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 명칭 변경) 2023년까지 유해남조류가 관심단계 수준 이하로 출현하여 조류경보는 발령되지 않았다.

2023년 남한강 3개 보 구간에서 연평균 식물플랑크톤 세포수는 6,615~13,199세포/mL였으며, 상류의 강천보보다 하류인 이포보에서 더 많은 세포수가 나타났다. 식물플랑크톤 분류군 중 규조류는 3개 보 구간에서 상대우점도가 33~100%로 식물플랑크톤 생물량 중 가장 높은 비중을 차지하였고, 남조류는 0~21%, 녹조류는 0~40%, 기타조류는 0~47%로 조사되었다. 연중 대부분 기간에 규조류 *Cyclotella*가 우점하였다.

보 구간에서 남조류는 수온이 상승하는 6~9월에 *Merismopedia*가 출현하였고, 세포수는 이포보에서 8월 21일에 최대 7,420세포/mL로 나타났다. 남조류는 수온 상승, 체류시간 및 영양염류 증가에 따라 발생 정도가 증가하며, 유하방향에 따라 가장 하류에 위치해 있는 이포보에 남조류가 밀집되어 가장 높은 세포수가 나타난 것으로 판단된다.

연도별 남조류의 출현을 보면, 2013년에는 *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria* 등 유해남조류가 일부 출현하였으며, 2014년부터 2021년까지 여름과 가을에 *Merismopedia*가 주로 출현하였고, 유해남조류는 여름이나 초가을에 일시적으로 1,000세포/mL 미만의 적은 세포수로 출현하였다. 2022년과 2023년은 여름과 가을에 *Merismopedia*가 주로 출현하였으며, 유해남조류는 출현하지 않았다.

다. 주요 상수원 호소(조류경보제 친수활동 구간 포함)

○ 팔당호 조류경보 미발령

1998년부터 조류경보제를 운영중인 팔당호는 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.

팔당호의 조류경보제 발령 현황은 수온, 강수량 등 외부 환경요인에 따라 주기적으로 조류경보 ‘관심’ 단계(2016년 이전 ‘주의보’)가 발령되었으나, 2023년까지 조류경보 ‘경계’ 단계(2016년 이전 ‘경보’) 이상 발령된 경우는 없었다.

2023년 팔당호 3개 지점 중 댐 앞과 삼봉 지점에서 유해남조류가 출현하였으나, ‘관심’ 단계는 발령되지 않았다. 팔당호 유해남조류 발생 상황을 살펴보면, 댐 앞 지점은 8월 7일부터 10월 23일까지 출현하였으며, 유해남조류가 최대 895세포/mL가 출현하였다. 부용사앞 지점은 8월 7일부터 10월 4일까지 유해남조류가 출현하였으며, 최대 724세포/mL가 출현하였다. 삼봉 지점은 7월 31일부터 9월 25일까지 유해남조류가 출현하였으며, 최대 525세포/mL가 출현하였다.

표 2-1-5 최근 10년간 팔당호 조류경보 ‘관심’ 단계 발령현황

(단위 : 일)

구분	계	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
팔당호	댐 앞	66	23	43	0	0	0	0	0	0	0
	부용사앞	21	0	21	0	0	0	0	0	0	0
	삼 봉	44	0	21	0	0	23	0	0	0	0

그림 2-1-1 팔당댐 앞 전경(2023년 7~8월)



표 2-1-6 2023년 팔당호 조류발생 현황

(단위 : mg/m³, 세포/mL, ng/L)

측정 일시	팔당호								
	댐앞			부용사앞			삼봉		
	클로로필-a	유해남조류	지오스민	클로로필-a	유해남조류	지오스민	클로로필-a	유해남조류	지오스민
7.31	28.9	0	2	32.7	0	4	11.9	53	3
8.7	12.6	483	45	14.2	460	39	6.8	0	4
8.14	9.0	174	5	6.7	75	7	8.9	69	5
8.21	13.3	895	19	33.2	724	6	5.1	282	11
8.28	19.7	132	11	52.3	0	2	8.9	60	6
9.4	14.2	227	4	3.9	0	3	9.4	130	13
9.11	24.7	680	13	48.1	627	4	17.9	525	8
9.18	10.8	378	6	19.9	23	3	9.6	91	5
9.25	8.3	199	1	2.4	0	1	11.7	263	4
10.4	11.8	125	4	21.5	71	2	6.7	0	4
10.10	37.5	46	5	38.7	0	2	9.8	0	6

2023년 한강수계 총 강수량은 1,538.4mm로 최근 10년간 평균 강수량인 1,232.2mm보다 높게 나타났다. 2023년 수온은 겨울철과 여름철은 10년 평균보다 높게 나타났고, 나머지는 평균과 유사하게 나타났다.

표 2-1-7 최근 5년간 강수량 비교(1~7월, 양평기상관측소)

연 도	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년
1~7월 강수량(mm)	423.9	536.1	578.0	823.2	957.9

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

지점명	'20년 5~7월 평균수온(°C)	'21년 5~7월 평균수온(°C)	'22년 5~7월 평균수온(°C)	'23년 5~7월 평균수온(°C)
댐 앞	21.4	21.0	22.0	22.0
부용사앞	22.3	21.8	23.9	23.9
삼 봉	21.6	20.0	20.7	20.8

○ 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 발령되었다. 하지만 2016~2020년까지는 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 유해남조류가 증가하다가 8월말 이후 잦은 강우로 인해 해소되었다. 2021년 유해남조류는 7월 중순까지 발생하지 않았으나, 2021년 7월 4주차에 잠실철교 구간에서 첫 출현 후, 8월 4주차에 미사대교에서 최대치(6,094세포/mL)를 나타냈다. 7월 초부터 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.

2023년에는 서울 강수량이 부족하지 않았고 팔당댐 방류량이 충분하여 조류경보가 발령되지 않았다.

표 2-1-9 최근 2년간 강수량 및 팔당호 총방류량 비교(7~9월, 서울기상관측소)

(단위 : mm)

구 분	평년('20~'21년 7~9월 합산 평균)	'22년 7~9월 합산	'23년 7~9월 합산
강수량(mm)	510.5	1,018.6	892.5
총방류량(m ³ /s)	369.2	1,737.2	1367.3

* 강수량: 서울기상관측소, 총방류량: 국가수자원관리종합정보시스템

2023년 한강 하류 상수원 구간에서 조류경보제 운영결과 유해남조류는 평균 182(최소 0~최대 625)세포/mL 검출되어 조류경보가 미발령되었다.

표 2-1-10 미사대교~잠실철교 구간 7~9월 유해남조류 세포수 현황(상수원 구간)

(단위 : 세포/mL)

측정 일시	미사대교	강동대교	광진교	잠실철교
	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수
7.3	37	80	54	138
7.10	95	103	111	38
7.17	팔당댐 방류량 증가로 선박운항 곤란하여 미채수			
7.24	0	0	42	0
7.31	52	17	0	0
8. 7	395	38	359	257
8.14	84	10	53	42
8.21	180	625	378	215
8.28	57	351	103	105
9. 4	336	393	7	87
9.11	123	77	241	395
9.18	225	584	163	384
9.25	72	116	97	528

표 2-1-11 잠실대교~행주대교 구간 7~9월 유해남조류 세포수 현황(친수활동 구간)

(단위 : 세포/mL)

측정 일시	성수대교	한남대교	한강대교	마포대교	성산대교
	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수	유해남조류 세포수
7.4	0	0	0	65	48
7.10	팔당댐 방류량 증가로 선박운항 곤란하여 미채수				
7.17	팔당댐 방류량 증가로 선박운항 곤란하여 미채수				
7.25	0	0	0	25	0
8.2	712	329	601	33	0
8.8	581	774	870	1,492	479
8.14	409	0	190	26	76
8.21	935	278	555	428	980
8.29	53	479	78	268	0
9.5	137	408	45	0	0
9.13	513	1,119	1,284	595	454
9.19	404	497	832	289	189
9.25	146	173	52	118	473

○ 그 외 한강수계 발령현황

충주호는 댐앞 지점에서 2018년 10월 4일부터 16일까지 13일간 조류경보(관심)가 발령된 이후 5년 만인 2022년 충주호 댐앞 지점에서 조류경보제 ‘관심’ 단계가 9월 22일부터 10월 5일까지 14일간 발령되었다. 2023년에는 조류경보제가 발령되지 않았다.

표 2-1-12 2023년도 충주호 월별(최대치) 유해남조류 세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류 세포수(세포/mL)	0	0	76(청풍교)	578(댐앞)	812(댐앞)	466(청풍교)

경기도 수원시에 위치한 광교지는 2015년 28일간 조류주의보(관심)가 발령 후 2017년까지 조류경보가 발령되지 않았다. 2018년 조류경보제 ‘관심’ 단계가 77일 2019년에는 ‘관심’ 단계가 97일 발령되었으나, 2020년 이후 연속 2회 기준초과가 되지 않아 조류경보는 발령되지 않았다.

표 2-1-13 2023년도 광교지 월별(최대치) 유해남조류 세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
1주차	0	0	830	210	0	848	442
2주차	0	0	640	87	3,275	693	390
3주차	0	33	0	0	924	732	289
4주차	0	58	150	890	906	350	0
5주차	-	90	-	193	-	-	0

춘천호는 2005년에 남조류가 대량 발생하여 2006년에 조류경보제 시행대상으로 지정 되었으며, 2006년 시행 이후 현재까지 조류경보가 발령되지 않았다.

표 2-1-14 2023년도 춘천호 월별(최대치) 유해남조류 세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류 세포수(세포/mL)	0	280	0	3,078	922	958

황성호는 조류경보제를 시행한 이후 2013년에 처음으로 35일간('13.8.13~9.16일) 조류 주의보가 발령된 후 2022년에 처음으로 조류경보제 '관심' 단계가 7월 27일부터 8월 10일까지 15일간 발령되었으며 2023년에는 발령되지 않았다.

표 2-1-15 2023년도 황성호 월별(최대치) 유해남조류 세포수(세포/mL) 현황

구 분	4월	5월	6월	7월	8월	9월
유해남조류 세포수(세포/mL)	0	0	0	258	336	782

의암호는 2016년부터 조류경보제를 시행하고 있으며, 2023년에 처음으로 조류경보제 '관심' 단계가 8월 30일부터 9월 26일까지 28일간 발령되었다.

표 2-1-16 2023년도 의암호 월별(최대치) 유해남조류 세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류 세포수(세포/mL)	0	0	154	2,517	2,092	479

이천(남한강)은 2016년 조류경보제 지점으로 추가되었으며, 2023년에는 유해남조류가 출현하지 않았다.

표 2-1-17 2023년도 이천 월별(최대치) 유해남조류 세포수(세포/mL) 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
유해남조류 세포수(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 가장 하류인 이포보에서 농도가 더 높게 나타났으며, 식물플랑크톤의 세포수도 상류 지점보다 하류 지점에서 더 높게 나타났다. 남한강 보 구간은 유입되는 주요 지천인 청미천과 양화천, 복하천의 수질에 영향을 받으며, 특히 3개 보 중 가장 하류에 위치한 이포보는 오염도가 높은 양화천과 복하천이 유입되어 이포보의 영양염류 농도가 다른 보에 비해 높게 나타나는 경향을 보였다. 보 구간의 식물플랑크톤은 대부분의 시기에 규조류가 50% 이상으로 나타났으며, 상대적으로 수온이 높은 8월, 9월에 일시적으로 녹조류와 남조류(*Merismopedia*)의 발생이 높아져 규조류 우점률이 낮아졌다가 다시 규조류의 우점률이 높아지는 경향이 나타났다.

○ 평균기온과 강수량 증가, 일사량 감소

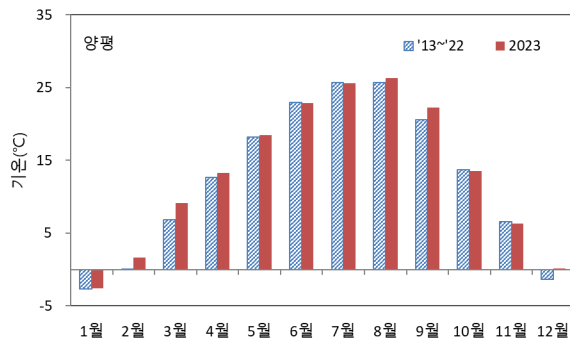
조류 발생에 영향을 미치는 기상, 수리·수문과 수질 등을 조사하였다. 남한강 본류 3개 보 구간의 전체적인 기상 특성이 반영되는 양평관측소의 자료를 사용하였으며, 기상 요소는 기온, 강수량 및 일조시간에 대하여 2013~2022년의 과거 10년 평균과 2023년의 값을 비교하였다.

2023년 평균기온은 10년 평균기온보다 0.7℃ 증가하였고, 강수량은 305.9mm 증가하였다. 2023년 1월의 강수량은 43.5mm로 지난 10년 중 가장 높게 나타났고, 4월 이후 강수량이 증가하기 시작하였으며, 7월에 발생한 강우는 526.3mm로 지난 10년간 평균 강수량(310.4mm)보다 매우 높은 양으로 나타났다. 2023년 일조시간은 2,155.4시간으로 지난 10년보다 26.3시간 감소하였으며, 12월에 가장 낮은 일조시간을 보였다.

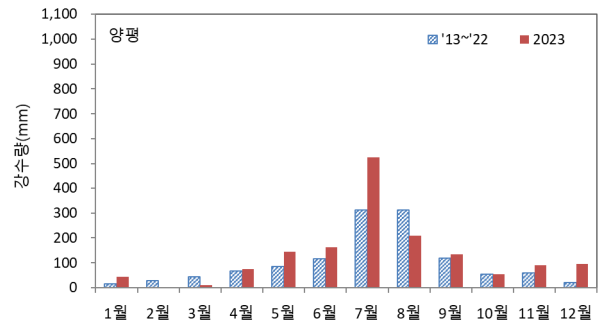
표 2-1-18 양평관측소 기상 요소별 현황

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2013 ~ 2022	12.4	1,232.5	2,181.7
2023	13.1	1,538.4	2,155.4
증감	0.7 (↑)	305.9 (↑)	26.3 (↓)

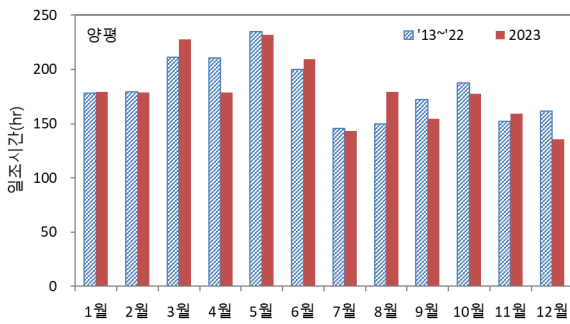
그림 2-1-2 양평관측소 기상 요소별 월평균 값



〈기온〉



〈강수량〉



〈일조시간〉

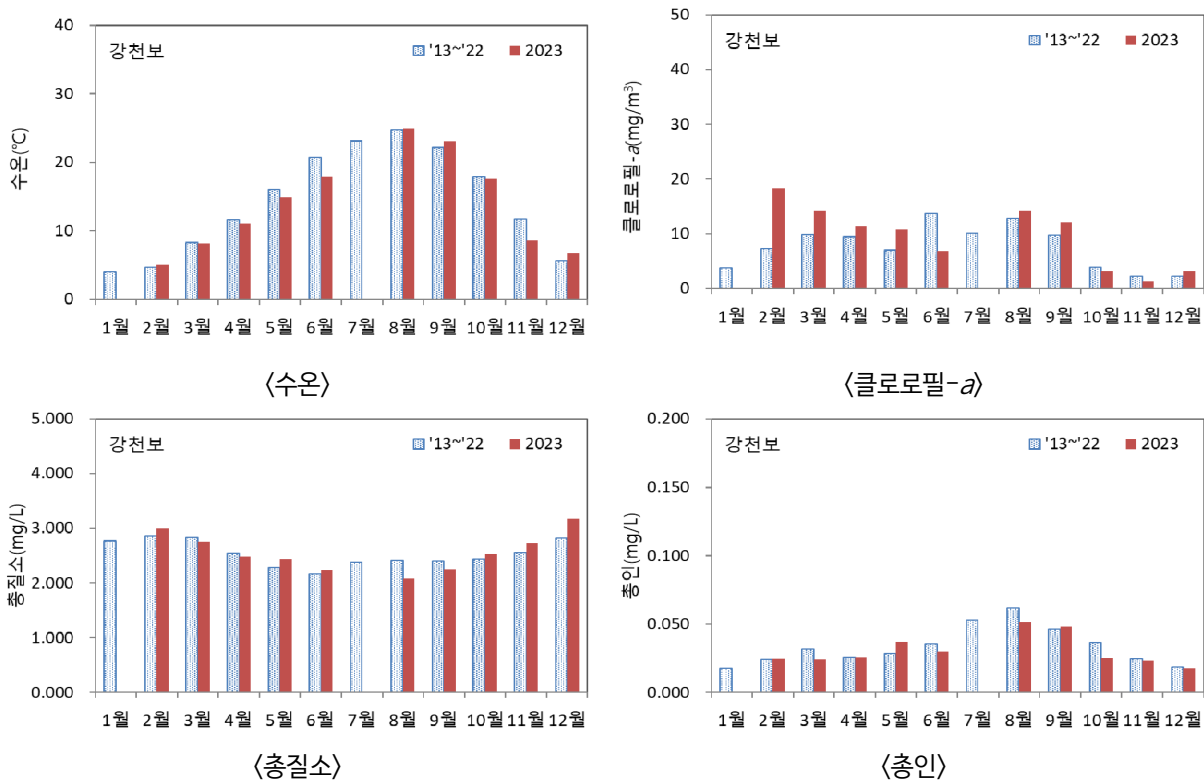
○ 강천보: 클로로필-*a*, 총질소 농도 증가, 수온, 총인 농도 감소

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자 2013~2022년과 2023년의 평균값을 비교하였다. 강천보에서 수온은 13.8℃로 2013~2022년의 평균값보다 2023년 평균값이 0.4℃ 감소하였으며, 클로로필-*a* 농도는 2023년 평균 9.5mg/m³의 농도로 과거 평균에 비해 1.9mg/m³ 증가하였다. 총질소 농도는 2.566mg/L로 과거 평균보다 0.027mg/L 증가하였고, 총인 농도는 0.031mg/L로 과거 평균보다 0.003mg/L 감소하였다.

표 2-1-19 강천보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013 ~ 2022	14.2	7.6	2.539	0.034
2023	13.8	9.5	2.566	0.031
증감	0.4 (↓)	1.9 (↑)	0.027 (↑)	0.003 (↓)

그림 2-1-3 한강 강천보 지점 수온 및 수질 농도 변화



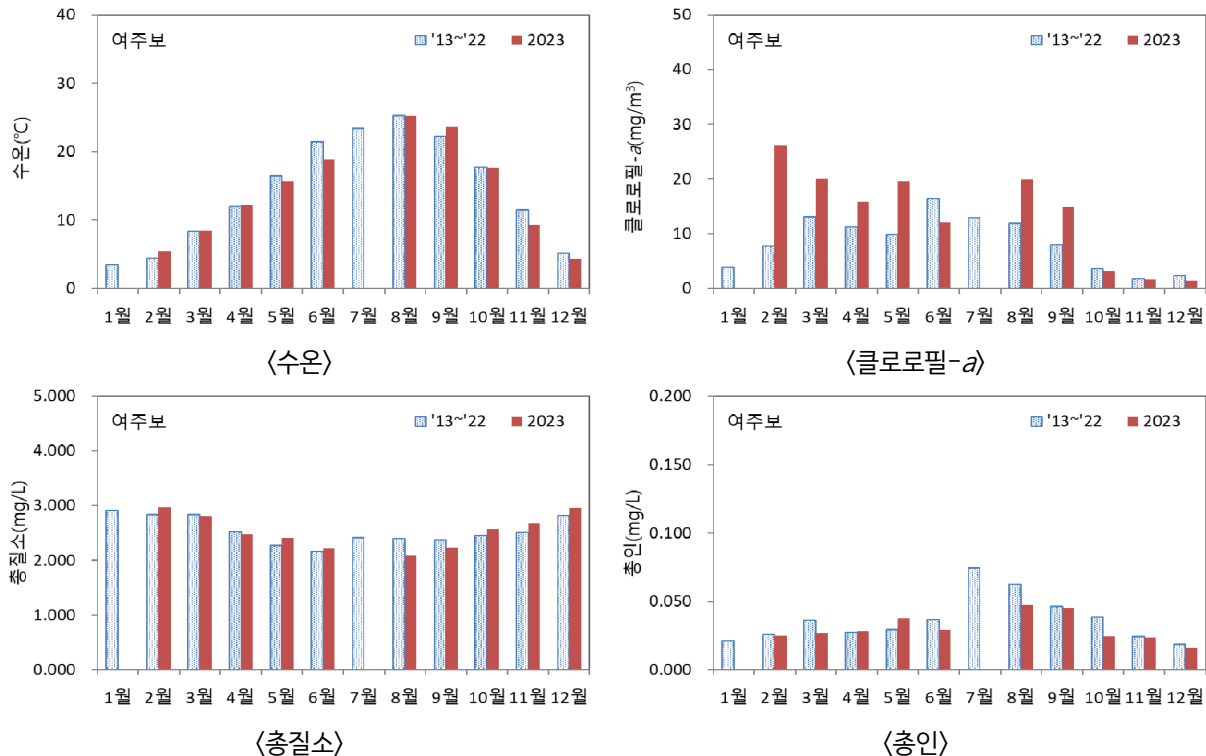
○ **여주보: 클로로필-a, 총질소 농도 증가, 수온, 총인 농도 감소**

여주보의 2023년 평균 수온은 14.1℃로 과거 평균보다 0.2℃ 감소하였다. 클로로필-a 농도는 13.5mg/m³로 과거 평균보다 4.9mg/m³ 증가하였으며, 6월을 제외한 2월부터 9월까지 클로로필-a 농도는 과거 평균보다 높게 나타났다. 총질소 농도는 2.545mg/L로 과거 평균보다 0.002mg/L 증가하였으며, 과거 평균과 유사하게 나타났다. 총인 농도는 0.030mg/L로 과거 평균보다 0.007mg/L 감소하였고, 대부분 시기에 과거 평균보다 낮게 나타났다.

표 2-1-20 여주보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	14.3	8.6	2.543	0.037
2023	14.1	13.5	2.545	0.030
증감	0.2 (↓)	4.9 (↑)	0.002 (↑)	0.007 (↓)

그림 2-1-4 한강 여주보 지점 수온 및 수질 농도 변화



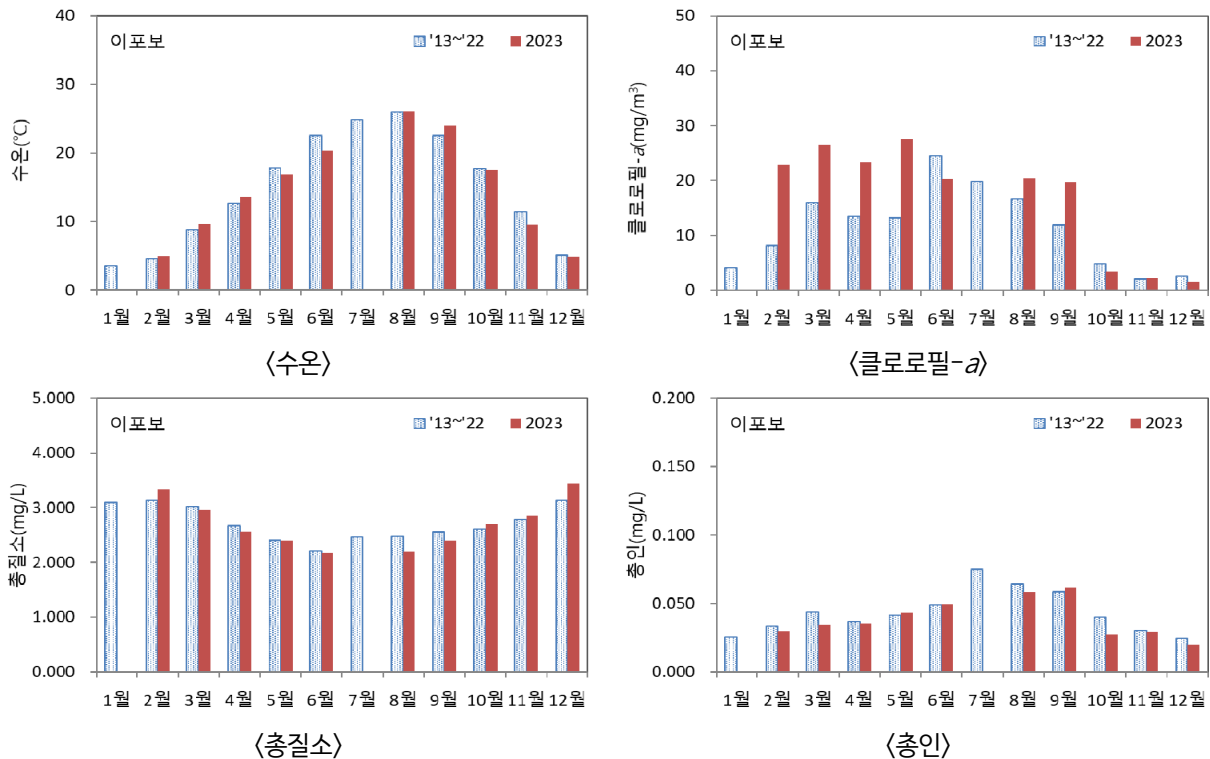
● 이포보: 클로로필-*a* 농도 증가, 수온, 총질소, 총인 농도 감소

이포보의 2023년 평균 수온은 14.7℃로 과거 평균보다 0.1℃ 감소하였다. 클로로필-*a* 농도는 16.8mg/m³로 과거 평균보다 5.4mg/m³ 증가하였으며, 6월을 제외한 2월부터 9월까지 클로로필-*a* 농도는 과거 평균보다 높게 나타났다. 총질소 농도는 2.702mg/L로 과거 평균보다 0.010mg/L 감소하였고, 3월부터 10월까지 과거 평균보다 낮게 나타났다. 총인 농도는 0.039mg/L로 과거 평균보다 0.005mg/L 감소하였고, 대부분 시기에 과거 평균보다 낮은 농도를 나타냈다.

표 2-1-21 이포보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	14.8	11.4	2.712	0.044
2023	14.7	16.8	2.702	0.039
증감	0.1 (↓)	5.4 (↑)	0.010 (↓)	0.005 (↓)

그림 2-1-5 한강 이포보 지점 수온 및 수질 농도 변화



● 강수량 증가로 인한 상류댐 방류량 증가

2023년 강수량은 1,538.4mm로 2013~2022년 평균 1,232.5mm보다 305.9mm 증가하였으며, 2023년 충주조정지댐의 연평균 방류량은 220 CMS로 2013~2022년 평균 방류량 151 CMS보다 69 CMS가 증가하였다. 이와 같은 결과는 홍수기에 1,002 CMS의 많은 양을 방류함으로 과거 평균보다 높은 방류량을 나타냈다.

2023년 연평균 체류시간은 1.1일로 2022년 1.1일과 동일했으며, 방류량이 높았던 홍수기를 제외한 기간의 방류량이 과거 평균보다 낮아서 체류시간이 동일하게 나타난 것으로 판단된다.

그림 2-1-6 충주조정지댐 월평균 방류량(2013~2022년 vs. 2023년)

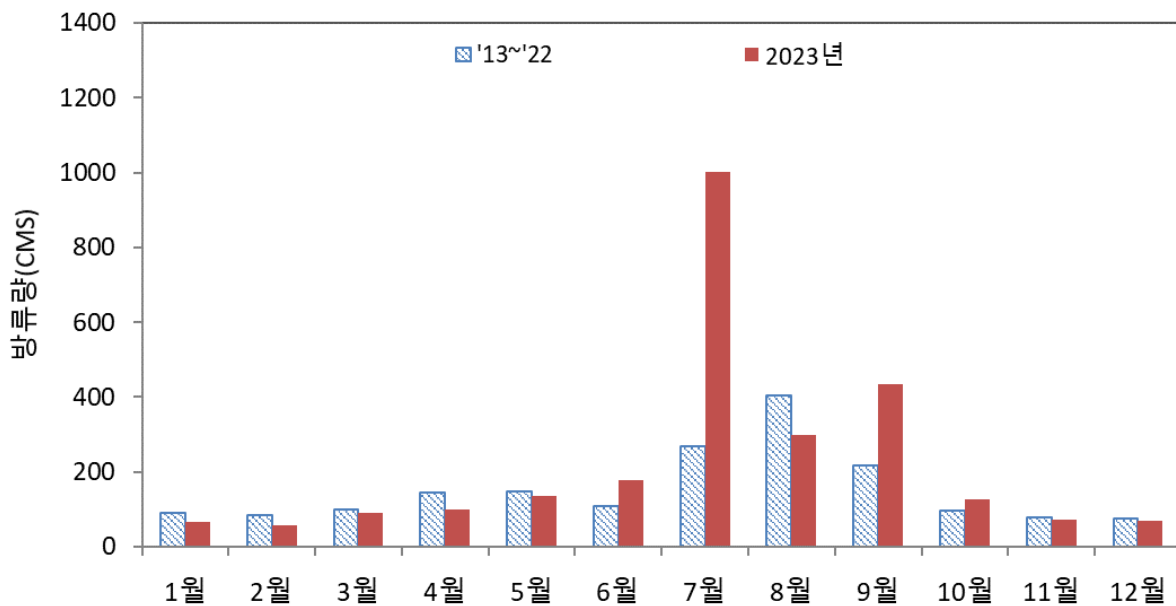
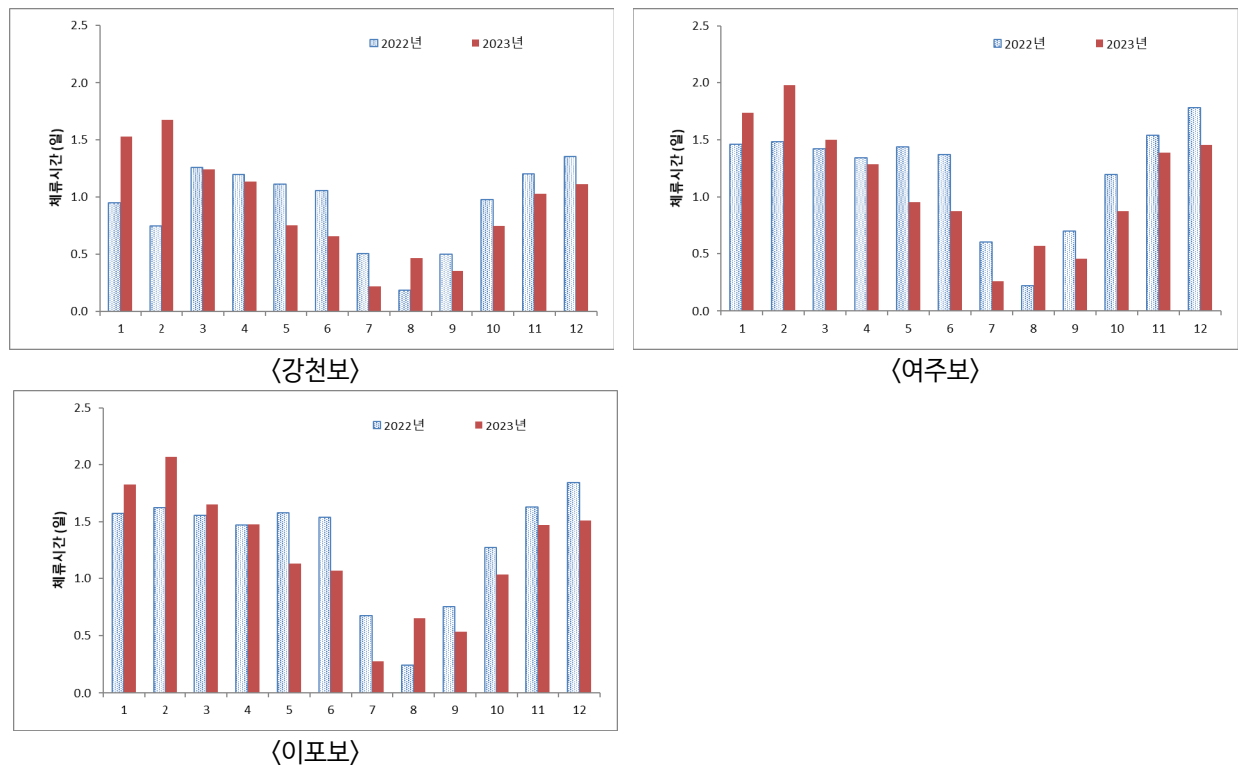


표 2-1-22 한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2022년 vs 2023년)

(단위 : 일)

보번호	강천보			여주보			이포보		
	2022(A)	2023(B)	비율(B/A)	2022(A)	2023(B)	비율(B/A)	2022(A)	2023(B)	비율(B/A)
1	0.9	1.5	1.6	1.5	1.7	1.2	1.6	1.8	1.2
2	0.7	1.7	2.2	1.5	2.0	1.3	1.6	2.1	1.3
3	1.3	1.2	1.0	1.4	1.5	1.1	1.6	1.7	1.1
4	1.2	1.1	0.9	1.3	1.3	1.0	1.5	1.5	1.0
5	1.1	0.7	0.7	1.4	1.0	0.7	1.6	1.1	0.7
6	1.1	0.7	0.6	1.4	0.9	0.6	1.5	1.1	0.7
7	0.5	0.2	0.4	0.6	0.3	0.4	0.7	0.3	0.4
8	0.2	0.5	2.5	0.2	0.6	2.6	0.2	0.7	2.7
9	0.5	0.4	0.7	0.7	0.5	0.7	0.8	0.5	0.7
10	1.0	0.7	0.8	1.2	0.9	0.7	1.3	1.0	0.8
11	1.2	1.0	0.9	1.5	1.4	0.9	1.6	1.5	0.9
12	1.4	1.1	0.8	1.8	1.5	0.8	1.8	1.5	0.8

그림 2-1-7 한강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교



나. 팔당호 유역

○ 강수량은 전년대비 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.



2023년도 팔당호 강수량은 2022년에 비해 605.0mm 적은 1,538.4mm을 기록하였고, 이는 전년 대비 71.8% 수준으로 나타났으나, 과거 평균('13~'22년) 1,232.2mm보다 306.2mm 더 많은 강수량으로 나타났다. 2023년에는 4~7월에 과거 평균보다 많은 강수량을 보였으며, 2월에 0.8mm로 최소강수량을 나타냈고, 7월에 526.3mm로 최대 강수량을 나타냈다.

표 2-1-23 팔당댐 강수량

구 분	2004 ~ 2022	2022	2023
강수량(mm)	1,232.2	2,143.4	1,538.4

※ 출처 : 기상청

○ 팔당호 체류시간 변화

팔당호의 체류시간은 2023년에 평균 10.6일로 2022년 대비 1.3일이 증가하였다. 2023년의 체류시간은 5월부터 내린 강우로 인해 5~9월까지 10일 이하의 체류시간을 보였고, 최소 체류시간은 2.0일로 2022년(1.5일)에 비해 상대적으로 길었다.

표 2-1-24 팔당호 월평균 체류시간 비교(2022년 vs 2023년)

(단위 : 일)

월	팔당호											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2022(A)	13.5	13.7	10.8	11.5	12.6	9.1	3.3	1.5	5.0	8.0	10.8	12.3
2023(B)	15.3	18.5	17.7	14.2	8.3	7.6	2.0	5.6	5.2	10.6	11.6	11.1
비율(B/A)	1.1	1.4	1.6	1.2	0.7	0.8	0.6	3.7	1.0	1.3	1.1	0.9

○ 수온 증가, 클로로필-a, 총질소, 총인 농도는 감소

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질의 변화 경향을 분석하고자 조류경보제 채수위치 3개소(댐앞, 부용사앞, 삼봉)의 2020~2022년 평균과 2023년을 비교하였다.

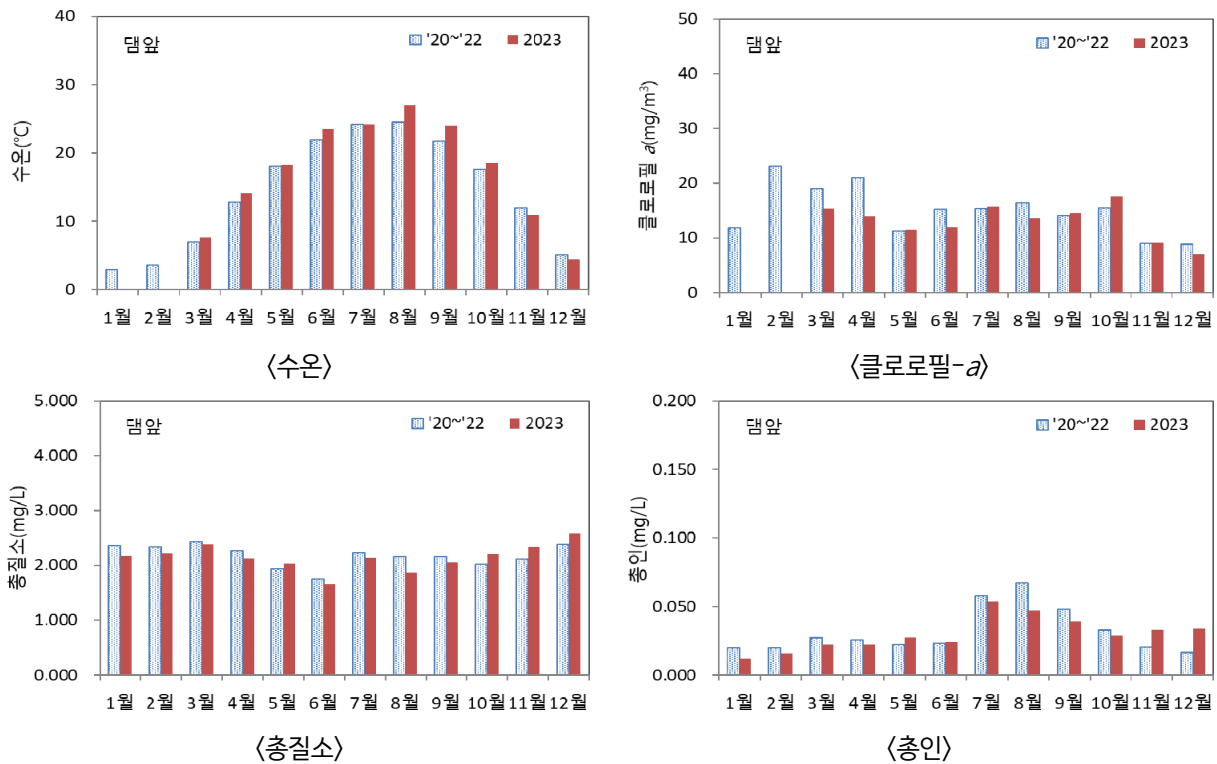
댐앞의 2023년 수온은 17.3℃로 20~22년 평균보다 3.0℃ 증가하였고, 클로로필-a 농도는 13.1 mg/m³로 2.0mg/m³ 감소하였으며, 총질소 농도는 2.150mg/L로 0.031mg/L 감소, 총인 농도는 0.030mg/L로 0.002mg/L 감소하였다.

표 2-1-25 댐앞 지점의 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020 ~ 2022	14.3	15.1	2.181	0.032
2023	17.3	13.1	2.150	0.030
증감	3.0 (↑)	2.0 (↓)	0.031 (↓)	0.002 (↓)

※ 수온·클로로필-a : 조류경보제 자료('20~'23), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-8 댐앞 수온 및 수질 농도 변화



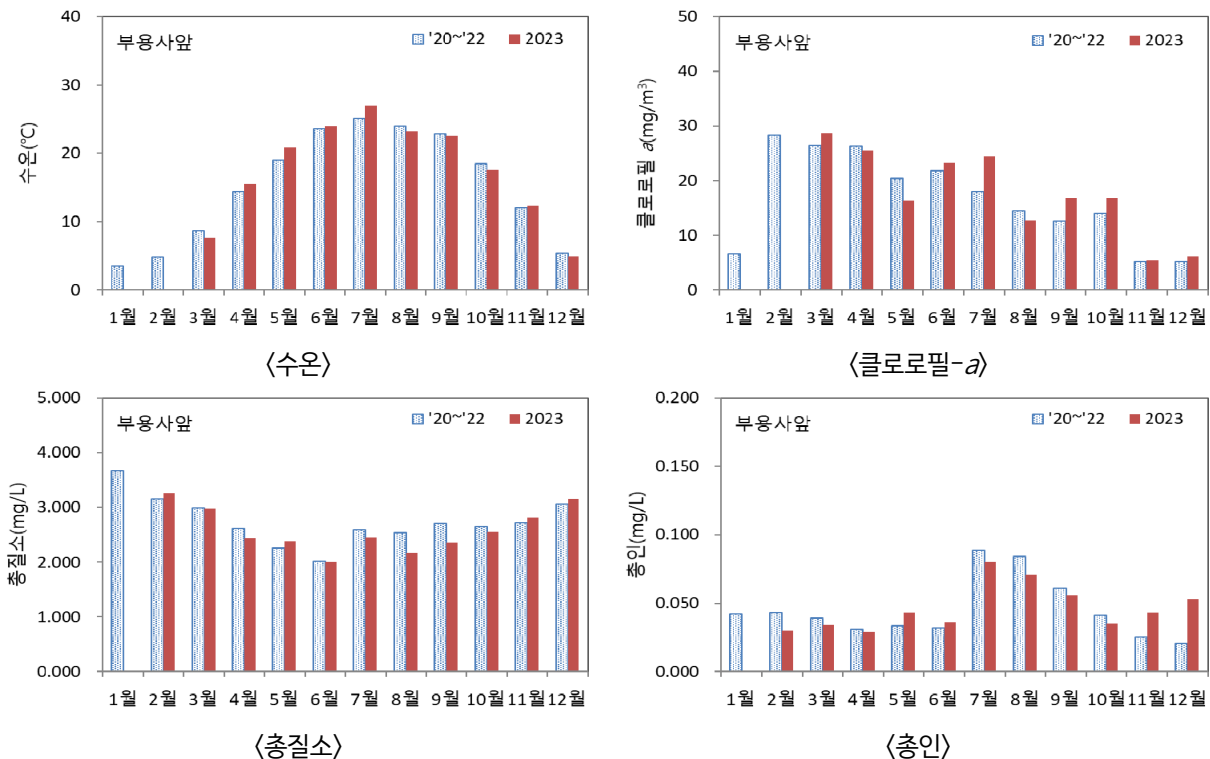
2023년 부용사앞의 수온은 17.6℃로 20~22년 평균보다 2.4℃ 증가하였고, 클로로필-*a* 농도는 17.6mg/m³로 1.0mg/m³ 증가하였으며, 총질소 농도는 2.596mg/L로 0.152mg/L 감소, 총인 농도는 0.046mg/L로 0.001mg/L가 증가하였다.

표 2-1-26 부용사 앞의 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020 ~ 2022	15.2	16.6	2.748	0.045
2023	17.6	17.6	2.596	0.046
증감	2.4 (↑)	1.0 (↑)	0.152 (↓)	0.001 (↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료('20~'23), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-9 부용사앞 수온 및 수질 농도 변화



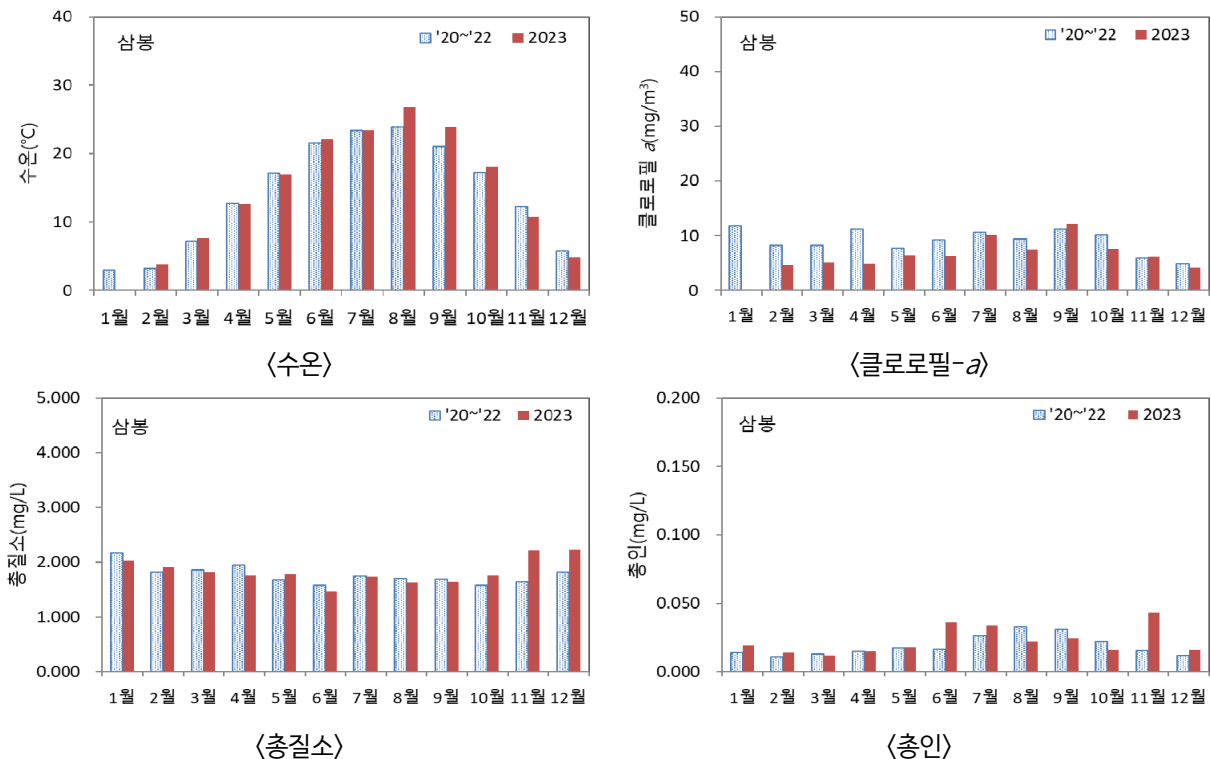
2023년 삼봉의 수온은 15.5℃로 20~22년 평균보다 1.5℃ 증가하였고, 클로로필-a 농도는 6.8mg/m³로 2.2mg/m³ 감소하였으며, 총질소 농도는 1.830mg/L로 0.060mg/L 증가, 총인 농도는 0.022mg/L로 0.003mg/L가 증가하였다.

표 2-1-27 삼봉 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020 ~ 2022	14.0	9.0	1.770	0.019
2023	15.5	6.8	1.830	0.022
증감	1.5 (↑)	2.2 (↓)	0.060 (↑)	0.003 (↑)

※ 수온·클로로필-a : 조류경보제 자료('20~'23), 총질소·총인 : 수질측정망 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.

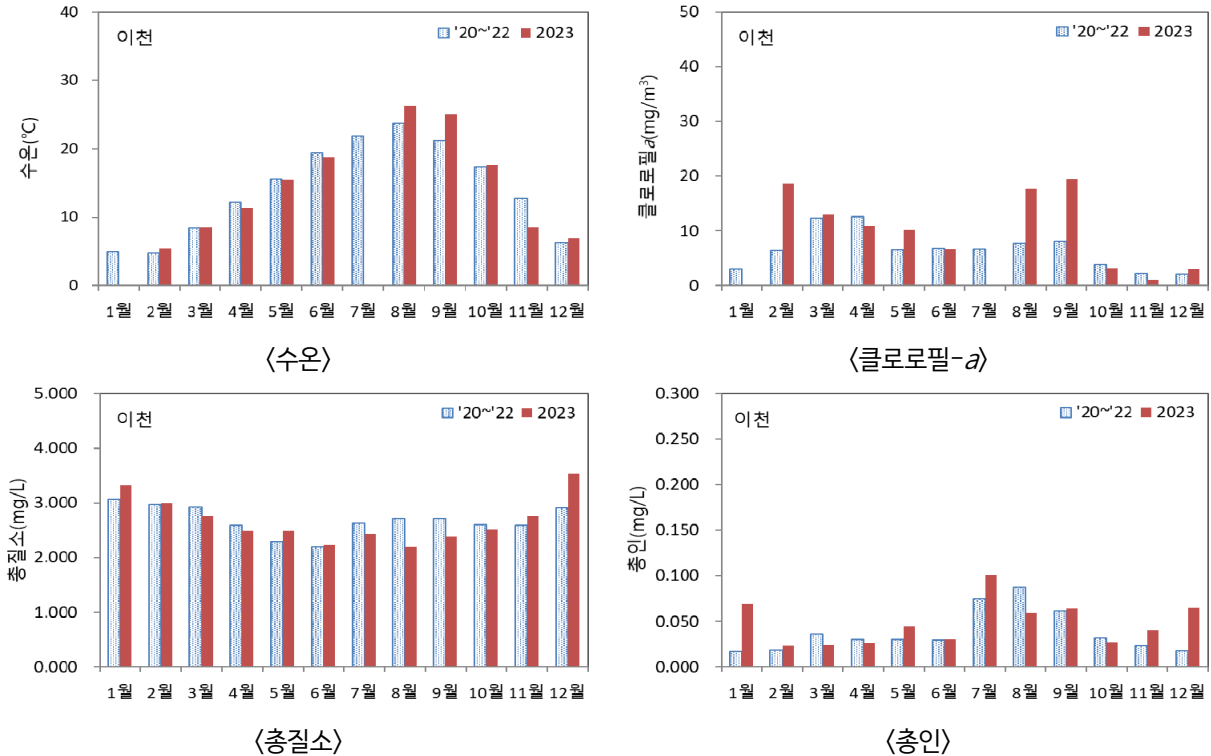
남한강 이천 지점의 2023년 수온은 14.4℃로 20~22년 평균보다 0.4℃ 증가하였고, 클로로필-*a* 농도는 10.4mg/m³로 3.8mg/m³ 증가하였다. 총질소 농도는 2.677mg/L로 0.007mg/L 감소하였으며, 총인 농도는 0.048mg/L로 0.010mg/L가 증가하였다.

표 2-1-28 이천 지점의 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020 ~ 2022	14.0	6.5	2.684	0.038
2023	14.4	10.4	2.677	0.048
증감	0.4 (↑)	3.8 (↑)	0.007 (↓)	0.010 (↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료('20~'23), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-11 이천 지점 수온 및 수질 농도 변화



의암호의 신연교 지점은 의암호의 댐앞을 기준으로 분석을 실시하였다.

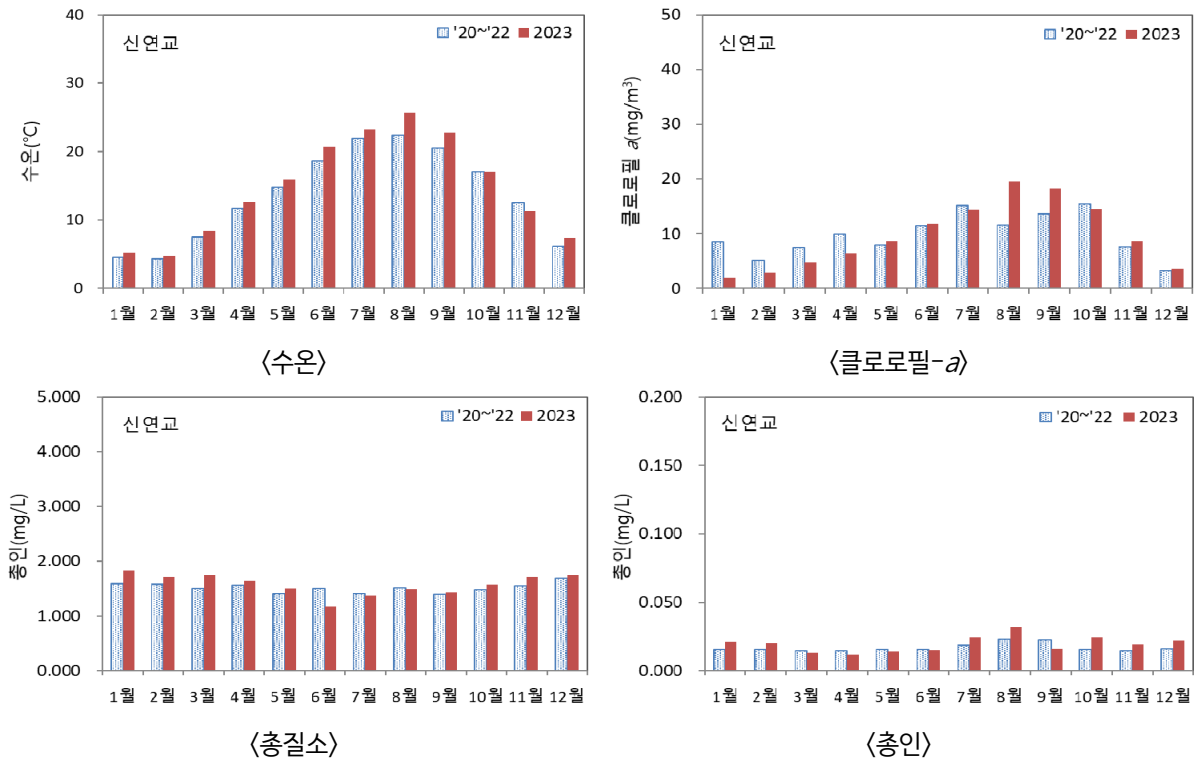
의암호 지점의 2023년 수온은 14.6℃로 20~22년 평균보다 1.1℃ 증가하였고, 클로로필-*a* 농도는 9.6mg/m³로 0.1mg/m³ 감소하였으며, 총질소 농도는 1.579mg/L로 0.063mg/L 증가, 총인 농도는 0.019mg/L로 0.002mg/L 증가하였다.

표 2-1-29 의암호(신연교) 지점의 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020 ~ 2022	13.5	9.7	1.516	0.017
2023	14.6	9.6	1.579	0.019
증감	1.1 (↑)	0.1 (↓)	0.063 (↑)	0.002 (↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보계 자료('20~'23), 총질소·총인 : 수질측정망 자료

그림 2-1-12 의암호(신연교) 지점 수온 및 수질 농도 변화



참 고

일정별 주요사항

일 자	주요사항	세부내용
5.25	한강상류 조류대책협의회 개최 및 조류대응 모의훈련 실시	- 한강상류 조류경보 '관심'단계를 가정한 관계기관 합동 가상 모의훈련
5.26	한강수계 수질관리협의회 운영	- 기관별 녹조대응방안, 기관별 협력체계 구축, 맛냄새물질 대응방안
5.27	조류경보제 시행	- 조류경보 발령지점(팔당호(담양, 부용사, 삼봉), 한강(이천)) 및 관찰지점(강천보, 여주보, 이포보) 조류경보제 운영계획 수립
5.30	녹조 대비 정수장 준비실태 점검	- 녹조대응 시설(분말활성탄 투입설비, 중염소 주입설비 등) 정상 작동여부, 분말활성탄 등 정수 처리약품 비축량 확보 등 점검
5.30	조류경보제 시행	- 조류경보 발령지점(팔당호(담양, 부용사, 삼봉), 한강(이천)) 및 관찰지점(강천보, 여주보, 이포보) 조류경보제 운영계획 수립
5.30	수질관리협의회 개최, 녹조 대응 상황반 구성	- 기관별 녹조대응방안, 기관별 협력체계 구축, 맛냄새물질 대응방안
6.13	녹조 대비 정수장 준비실태 점검	- 녹조대응 시설(분말활성탄 투입설비, 중염소 주입설비 등) 정상 작동여부, 분말활성탄 등 정수 처리약품 비축량 확보 등 점검
6.23	녹조 대응 상황반 구성	- 조류경보제 운영 등 녹조대책 이행 및 비상상황 대처, 오염원 지도·점검, 지자체 이행상황 점검 등 현장대응 관리 강화
6.26	팔당호 유해남조류 첫 출현	- 상시 감시체계 운영(담양 79세포/mL)
6.20	팔당호 유해남조류 첫 출현	- 상시 감시체계 운영(담양 32세포/mL)
6.30	한강 조류대응 모의훈련 실시	- 한강 조류경보 '경계'단계를 가정한 관계기관 합동 가상 모의훈련
7.27	조류경보 발령	- 황성호 취수탑 지점, 7.27~8.11(16일간)
8.29	팔당호 유해남조류 마지막 검출	- 평시 대응체제로 전환(삼봉 50세포/mL)
9.22	조류경보 발령	- 충주호 담양 지점, 9.22~10.6(15일간)
10.4	팔당호 유해남조류 미검출	- 평시 대응체제 운영
10.23	팔당호 유해남조류 마지막 검출	- 평시 대응체제로 전환(411세포/mL)
11.1	팔당호 유해남조류 미검출	- 평시 대응체제 운영

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
4.27	연합뉴스, 경기일보, 뉴시스, 국토일보	2023년 팔당호 녹조대책 수립시행 추진
6.1	국토일보, 뉴시스, 중부일보	상수원 녹조대응 수질관리협의회 개최
8.7	연합뉴스등 13개 언론사	한강청 팔당호 상수원 예방 총력
9.22	mbc충북, 신아일보, 서울경제TV, IPN뉴스	충주호 댐앞 지점 조류경보'관심'단계 발령

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창녕함안), 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

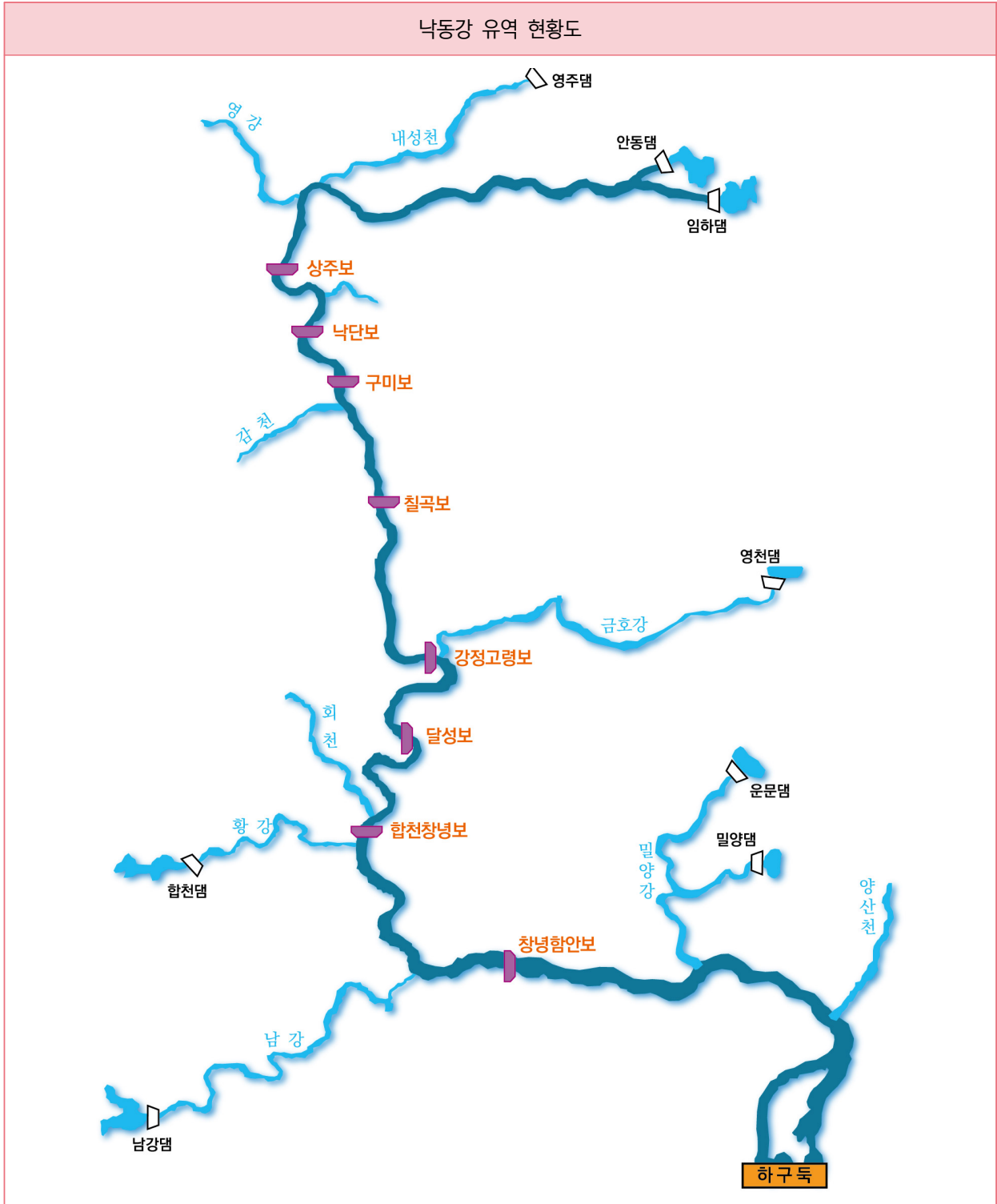
2020년부터 수질예보 지점을 조류경보제에 편입시키고 조류관찰지점(조류경보 발령 미 실시)으로 명칭을 바꿔서 운영하였다. 낙동강수계는 기존 조류경보제가 운영되는 칠곡보, 합천창녕보, 창녕함안보 3개 보를 포함하여 총 8개 보에서 운영하고 있다. 매주 측정되는 해당지점의 자료는 물환경정보시스템에서 제공되고 있다.

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. 2023년 조류발생 현황

가. 유해남조류 발생 총평

2023년도 낙동강 수계의 조류발생 상황을 살펴보면, 칠서에서 조류경보 ‘관심’ 단계가 첫 발령(6.8)되었으며, 이 후 물금·매리(6.15), 강정고령보(6.22)에서 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 6월말 기온 및 수온 증가에 따라 칠서에서 조류경보 ‘경계’ 단계가 발령(6.22)되었다. 해평 등 9개지점은 조류경보가 미발령되었으며 칠서 지점을 제외하고는 ‘경계’ 단계도 미발령되었다. 총 발령일수는 321일로 전년 대비 약 54%가 감소하였다. 이는 전년 대비 강수량이 1.5배이상 증가한 영향으로 보인다. 낙동강 수계는 높은 수온과 영양염류 등으로 인해 조류발생 우심지역이 타 수계에 비해 많이 존재한다. 이로 인해 조류 발생 상황에 대한 일괄적인 분석이 어려운 측면이 있음을 주지하면서 낙동강 본류의 보구간과 상수원 호소구간으로 나누어 살펴보도록 하겠다.

표 2-2-3 2023년 낙동강수계 조류경보 발령 현황

지 점	조류경보 발령		
	관심	경계	대발생
해평	미발령		
강정고령보(49일)	6.22~7.12(21일) 8.10~9.7(28일)	-	-
칠서(112일)	6.8~6.21(14일) 7.6~7.26(21일) 10.12~11.15(35일) 11.30~12.27(28일)	6.22~7.5(14일)	-
물금·매리(146일)	6.15~7.26(42일) 8.31~9.26(27일) 10.12~12.27(77일)	-	-
영천호(14일)	8.17~8.31(14일)	-	-
공산지	미발령		
안계호	미발령		
진전지	미발령		
운문호	미발령		
덕동호	미발령		
사연호	미발령		
회야호	미발령		
진양호	미발령		

나. 낙동강 본류 구간

○ 2023년 조류발생 특징

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

2023년도 낙동강 수계의 조류발생 상황을 살펴보면, 1월부터 사상형 남조류인 아파니조메논(*Aphanizomenon*)이 출현하였으며 5월경에는 집락성 남조류인 마이크로시스티스(*Microcystis*)가 출현하였다. 칠서에서 6월 8일 조류경보 ‘관심’ 단계가 최초 발령되었다. 물금·매리 지점은 6월 15일 ‘관심’ 단계가 발령되어 9월 26일까지 발령 및 해제를 반복하였다. 물금·매리 지점은 조류경보제 시행이후(’21.5월~) 최초로 ‘경계’ 단계가 미발령되었다. 강정고령보 지점은 6월 22일 ‘관심’ 단계가 발령되었으나, 21일만인 7월 12일에 해제되었다. 칠서 지점은 6월 22일 ‘경계’ 단계가 발령되어 14일간 지속되었다가, 7월 6일 ‘관심’ 단계로 하향되어 7월 26일까지 지속되었다.

강정고령보 지점은 8월 초 기온 상승으로 남조류가 재증식하여 ‘관심’ 단계가 발령(8.10~9.7, 28일간)되었다. 칠서와 물금·매리 지점은 10월 12일에 ‘관심’ 단계가 재발령되어 12월말까지 발령 및 해제를 반복하였다. 이는 낮 최고기온 및 일사량이 ’16년 이후 가장 높은 수준으로, 아파니조메논(*Aphanizomenon*)이 증식가능한 환경조건이었던 것으로 해석된다.

2023년의 낙동강 녹조현상은 전년도 대비 평균 유해남조류 세포수도 줄어들고 전체 조류경보 발령 일수도 약 54% 줄어들었다. 원인은 전년도에 비해 1.5배 이상 증가한 강수량 및 장마로 인한 체류시간 감소 영향인 것으로 보인다.

표 2-2-4 낙동강수계 보 구간 강수량(1년 누계)

(단위 : mm)

강우량	상주보	낙단보	구미보	칠곡보	강정고령보	달성보	합천창녕보	창녕함안보
예년	990	968.8	962.4	972.8	970.9	969.3	969.2	1,010
전년(2022년)	837.4	786.3	783.8	767.3	758	732.1	730.2	740.5
2023년	1,693	1,644	1,637	1,625	1,621	1,574	1,582	1,625

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

○ 조류경보제 지점 조류발생 상황

낙동강 본류 해평 지점의 경우 8월 이후 유해남조류 세포수가 1,000셀을 초과하는 경우가 발생하였으나, 집중강우, 태풍 등 기상 상황으로 유해남조류 세포수가 등락을 반복함에 따라 조류경보가 발령되지는 않았다.

강정고령보 지점은 전년과 비슷하게 최초('22.6.16→'23.6.22) 발령(우점종: 마이크로시스티스)되었다. 이후 6월 19일 남조류 세포수 최고치인 31,109세포/mL를 기록하였으나, 장마로 인한 체류시간 감소 등으로 유해남조류 세포수가 감소하여 7월 13일 '관심' 단계가 해제되었다. (6.22~7.12, 21일간) 이후 기온의 증가로 8월 10일 '관심' 단계가 재발령하였으나, 8월말부터 지속된 강우로 9월 7일 '관심' 단계 해제(8.10~9.7, 28일)되었다.

낙동강 하류 칠서 지점과 물금·매리 지점은 조류경보 발령 일수가 전년 대비 2/3수준으로 감소하였다. 칠서 지점은 6월 8일 조류경보 '관심' 단계(우점종: 마이크로시스티스)가 발령(6.8~6.21, 14일간) 되었다. 이후 남조류 세포수가 증가하여 6월 22일 조류경보 '경계' 단계가 발령(6.22~7.5, 14일간) 되었다. 6월 22일에는 남조류 세포수 최고치인 41,604세포/mL를 기록하였다. 이후 장마로 인한 체류시간 감소 등으로 남조류 세포수가 점차 감소하여 조류경보 '관심' 단계(7.6~7.26, 21일간)가 발령되었다. 이후에도 남조류 세포수가 증감을 반복하며 10월 12일 조류경보 '관심' 단계(10.12~11.15, 35일간)가 발령, 11월 30일에도 조류경보 '관심' 단계가 발령(11.30~12.27, 28일간)되었다. 칠서 지점 총 발령일수는 112일로 '22년대비 77일이 감소하였다.

'21년 5월부터 정식 운영된 물금매리 지점은 5월말부터 남조류가 증가하기 시작하여 6월 12일 164,455세포/mL를 기록하며 6월 15일 조류경보 '관심' 단계(우점종: 마이크로시스티스)가 최초 발령되었고, 7월 26일까지 '관심' 단계(6.15~7.26, 42일간)가 지속되었다. 이후 강수량의 영향으로 남조류세포수가 점차 감소하였다가, 수온의 영향으로 남조류세포수가 증가하면서 8월 31일 조류경보 '관심' 단계가 발령되어 9월 26일까지 지속(8.31~9.26, 27일간)되었고, 이후에도 남조류 세포수가 증감을 반복하여 10월 12일 조류경보 '관심' 단계가 발령되었고 12월 27일까지 지속(10.12~12.27, 77일간)되었다. '23년은 '21년 이후 처음으로 조류경보 '경계' 단계가 미발령되었다. 물금매리 지점 총 발령일수는 146일로 '22년대비 50일이 감소하였다.

표 2-2-5 2023년 조류경보제 지점 유해남조류 세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(보)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
해평	평균	0	11	8	0	36	327	466	2,174	2,859	262	33	11
	최고	0	22	88	0	88	827	674	7,756	7,171	710	96	43
	최저	0	0	0	0	0	16	55	445	675	90	0	0
강정고령	평균	0	0	16	0	236	8,467	397	1,181	3,318	514	578	214
	최고	0	0	79	0	824	31,109	602	2,875	9,927	765	813	533
	최저	0	0	0	0	0	166	273	228	350	300	249	0
칠서	평균	9	0	47	119	1,032	19,229	1,075	1,806	437	2,880	1,422	948
	최고	36	0	74	378	3,694	41,604	2,297	6,091	997	4,132	2,873	2,071
	최저	0	0	27	0	0	1,871	238	418	170	1,628	981	53
물금매리	평균	57	57	13	0	1,821	45,475	1,266	3,266	1,179	1,896	1,361	1,342
	최고	122	101	54	0	6,338	164,455	2,608	10,452	2,507	2,120	2,531	3,158
	최저	0	0	0	0	0	128	220	878	460	1,722	634	90

○ 조류관찰지점 조류발생 현황

수질예보 지점으로 운영되던 8개보 대표지점은 조류관찰지점으로 명칭이 변경되고, 별도의 경보 발령은 하지 않았다. 조류관찰지점은 상층, 중층, 하층 채수를 해서 혼합시료를 분석하는 조류경보 지점과 달리 표층 채수를 해서 분석하고 있으며, 2023년의 조류발생 상황을 상류로부터 순서대로 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

상주보는 6월부터 유해남조류 세포수가 증감을 반복하다 9월에 최고치인 16,340세포/mL(9.11)를 기록하였고, 이는 전년도 최고치인 16,959세포/mL와 비슷한 수치이다.

낙단보는 작년보다 늦은 7월말부터 유해남조류 세포수가 증가하여 8월에 최고치 15,702세포/mL(8.7)를 기록하여, 전년도 최고치 61,780 세포/mL보다 감소하였다.

구미보는 6월 들어 수온이 올라감에 따라 유해남조류 세포수가 일시적으로 증가하였으나, 7월 들어 다시 감소세를 보였다. 이후 8월부터 다시 증가하여 8월에 최고치인 5,511세포/mL(8.28)를 기록하였으나, 전년도 최고치인 132,470세포/mL 보다 감소하였다.

칠곡보는 6월부터 유해남조류 세포수가 증가하기 시작하였으나, 7월 강우의 영향으로 일시적으로 감소세를 나타내었다. 7월말부터 다시 유해남조류가 증식하여 8월 7일에 최대치인 22,114 세포/mL를 기록하였다. 이후 증감을 반복하다 10월 이후 안정화되었다.

강정고령보는 5월 15일 첫 유해남조류가 관측된 후, 수온의 상승함에 따라 6월까지 유해남조류가 급격히 증가하였다. 7월 강우로 일시적 소강세를 보이다 8월 7일 최대치인 42,606세포/mL를 기록하였다. 이후 태풍 등 기상 영향으로 증감을 반복하다가 10월부터 안정화되었다.

달성보는 6월 7일부터 유해남조류 세포수가 급증(14,779세포/mL)하여 6월 12일에 최대치인 62,952세포/mL를 나타내었다. 이후 점차 감소세를 보이며 증감을 반복하다가 11월부터 '관심' 기준 이하(1,000세포/mL 미만)로 감소되었다.

합천창녕보는 유해남조류세포수가 2018년에 역대 최고치인 1,264,052세포/mL이 측정된 바 있으며, 2023년 최고치는 전년대비 감소한 102,214세포/mL로 나타났다. 7월에는 장마로 인한 방류량 증가로 진입이 불가하여 채수를 하지 못하였다.

창녕함안보는 낙동강 8개 조류관찰지점 중 최하류에 위치한 지점으로 2023년 최고치는 168,823 세포/mL로 나타났으며, 7월에는 장마로 인한 방류량 증가로 진입이 불가하여 채수를 하지 못하였다.

표 2-2-6 2023년 월별 낙동강 8개 보 조류관찰지점 유해남조류 세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(보)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
상주	평균	결빙	결빙	6	12	16	767	757	1,515	6,084	281	15	0
	최고	결빙	결빙	29	46	35	2,305	1,245	2,520	16,340	645	73	0
	최저	결빙	결빙	0	0	0	115	268	391	385	0	0	0
낙단	평균	결빙	결빙	0	24	62	412	219	4,413	2,294	358	144	22
	최고	결빙	결빙	0	56	211	1,075	273	15,702	3,187	520	456	67
	최저	결빙	결빙	0	0	0	178	165	741	982	147	0	0
구미	평균	결빙	8	0	6	28	778	305	2,570	3,131	261	178	16
	최고	결빙	15	0	25	44	1,483	391	5,511	4,069	375	522	46
	최저	결빙	0	0	0	0	36	218	407	2,124	105	42	0
칠곡	평균	0	0	0	10	112	5,557	520	7,618	5,275	263	160	32
	최고	0	0	0	38	366	13,676	920	22,114	14,113	446	309	72
	최저	0	0	0	0	0	88	120	2,146	185	45	0	0
강정고령	평균	0	0	0	0	654	10,931	776	10,282	6,022	714	823	489
	최고	0	0	0	0	2,332	25,926	850	42,606	20,701	815	1,441	1,319
	최저	0	0	0	0	0	887	701	564	100	581	133	0
달성	평균	65	0	18	61	241	31,259	1,353	2,614	3,001	1,373	1,984	511
	최고	261	0	38	192	798	62,952	1,908	3,350	8,460	2,260	7,103	1,045
	최저	0	0	0	0	0	479	797	1,878	191	716	75	12
합천창녕	평균	9	0	0	0	52	45,057	진입불가	1,663	7,882	2,097	1,426	484
	최고	37	0	0	0	207	102,214	진입불가	5,260	22,472	2,863	2,664	1,257
	최저	0	0	0	0	0	401	진입불가	288	342	1,064	372	21
창녕함안	평균	87	6	140	35	950	50,703	진입불가	20,206	1,696	2,512	1,702	1,226
	최고	254	24	245	114	2,200	168,823	진입불가	59,007	2,696	3,806	2,435	3,191
	최저	0	0	0	0	0	372	진입불가	698	872	1,151	971	124

다. 주요 상수원 호소

● 영천호 조류경보 '관심' 단계 발령

대구 공산지와 경북 진전지는 1년 내내 안정화 상태를 유지하면서 조류경보가 발령되지 않았다.

대구지방환경청 조류경보 발령 대상 호소 중 영천호는 8월 17일부터 31일까지 14일간 조류경보 '관심' 단계가 발령되었다. 9월 11일 일시적으로 16,550세포/mL를 기록하여 '경계' 단계 기준을 1회 초과하였으나, 다시 1천세포/mL 미만으로 하락하였다. 안계호, 운문호, 덕동호 모두 조류경보가 발령되지 않았다. 안계호는 9월 11일 1,168세포/mL를 기록하여 '관심' 단계 기준을 초과하였으나, 증감을 반복하며 조류경보가 발령되지는 않았다. 운문호는 9월 4일에 '관심' 단계 기준을 1회 초과하였으나 즉시 감소하여 안정세를 유지하였다. 덕동호는 연중 1천세포/mL 미만을 유지하였다.

표 2-2-7 2023년 안계호, 영천호, 덕동호, 운문호 유해남조류 세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(호)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
안계	평균	28	0	83	0	0	192	253	189	629	874	739	134
	최고	66	0	198	0	0	728	449	541	1,168	2,482	1,940	231
	최저	0	0	0	0	0	0	86	0	105	0	0	0
영천	평균	38	0	0	0	0	5	112	1,153	4,507	99	370	383
	최고	73	0	0	0	0	26	191	1,999	16,550	297	1,472	990
	최저	0	0	0	0	0	0	0	343	317	0	0	0
덕동	평균	0	0	0	0	0	4	11	425	523	101	16	3
	최고	0	0	0	0	0	19	19	505	952	131	30	11
	최저	0	0	0	0	0	0	0	344	217	45	0	0
운문 (댐앞)	평균	0	0	0	0	0	0	0	78	653	35	0	0
	최고	0	0	0	0	0	0	0	218	2,237	139	0	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
운문 (취수탑)	평균	0	0	0	0	0	24	0	87	325	0	222	33
	최고	0	0	0	0	0	122	0	178	1,036	0	112	132
	최저	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

낙동강유역환경청 조류경보 발령 대상 호소인 진양호, 사연호, 회야호 모두 조류경보가 발령되지 않았다. 이는 전년대비 강우량이 증가한 영향으로 추정된다.

진양호는 6월말 일시적으로 4,060세포/mL를 기록하여 ‘관심’ 단계 기준을 1회 초과하였으나, 이후 점차 하락하여 안정세를 유지하였다. 유해남조류세포수 최고치는 내동 지점에서 1,515세포/mL, 판문 지점에서 4,060세포/mL로 측정되었다.

사연호는 6월중순 일시적으로 1,550세포/mL를 기록하여 ‘관심’ 단계 기준을 1회 초과하였으나, 이후 점차 하락하여 안정세를 유지하였다. 유해남조류세포수 최고치는 반연리 지점에서 1,155세포/mL, 취수탑 지점에서 1,550세포/mL로 측정되었다.

표 2-2-8 2023년도 진양호, 사연호, 회야호 유해남조류 세포수 발생현황

(단위 : 세포수/mL)

지점명(호)		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
진양 (내동)	평균	0	17	0	0	0	431	169	186	116	0	45	0
	최고	0	66	0	0	0	1,515	395	535	355	0	180	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
진양 (판문)	평균	23	0	0	0	0	1,006	249	158	51	69	0	0
	최고	90	0	0	0	0	4,060	805	315	205	275	0	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
사연 (취수탑)	평균	10	0	0	0	0	320	141	460	193	0	73	0
	최고	40	0	0	0	0	1,550	200	810	625	0	290	0
	최저	0	0	0	0	0	0	0	290	0	0	0	0
사연 (반연리)	평균	0	0	0	0	85	432	81	323	74	138	40	0
	최고	0	0	0	0	340	1,155	210	485	165	225	160	0
	최저	0	0	0	0	0	125	0	55	0	0	0	0
회야 (여수로)	평균	0	0	0	0	0	249	264	610	449	185	66	0
	최고	0	0	0	0	0	948	675	767	690	310	270	0
	최저	0	0	0	0	0	0	40	417	188	0	0	0
회야 (취수탑)	평균	0	0	0	0	0	243	275	614	545	117	42	0
	최고	0	0	0	0	0	589	745	859	846	210	130	0
	최저	0	0	0	0	0	0	70	327	242	35	0	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	2021년	56일	8.4~9.29(56일)	-	-
	2022년	-	-	-	-
	2023년	-	-	-	-
영천호	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)	-
	2022년	-	-	-	-
	2023년	14일	8.17~8.31	-	-
덕동호	2021년	28일	10.14~11.10(28일)	-	-
	2022년	-	-	-	-
	2023년	-	-	-	-
안계호	2019년~2020년	-	-	-	-
	2021년	42일	7.8~8.18(42일)	-	-
	2022년	-	-	-	-
	2023년	-	-	-	-
운문호	2018년	42일	8.8~9.18(42일)	-	-
	2019년~2022년	-	-	-	-
	2023년	-	-	-	-

구 분	년도	발령일수	발령단계		
			관심(구 주의보)	경계(구 경보)	대발생
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)	-	-
	2022년	63일	(내동) 8.4~9.21(49일) (판문) 7.21~9.21(63일)	-	-
	2023년	-	-	-	-
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)	-	-
	2022년	21일	(반연리) 8.25~9.14(21일)	-	-
	2023년	-	-	-	-

3. 조류발생 영향인자 분석

가. 기상 조건

낙동강 8개 보 인근에 위치한 5개 기상대 및 관측소(상주, 구미, 대구, 합천, 밀양)의 기온, 강수량, 일조시간 측정 자료에 대한 과거 10년(2013~2022년) 월평균 값과 2023년 월평균 값을 비교·분석하였다.

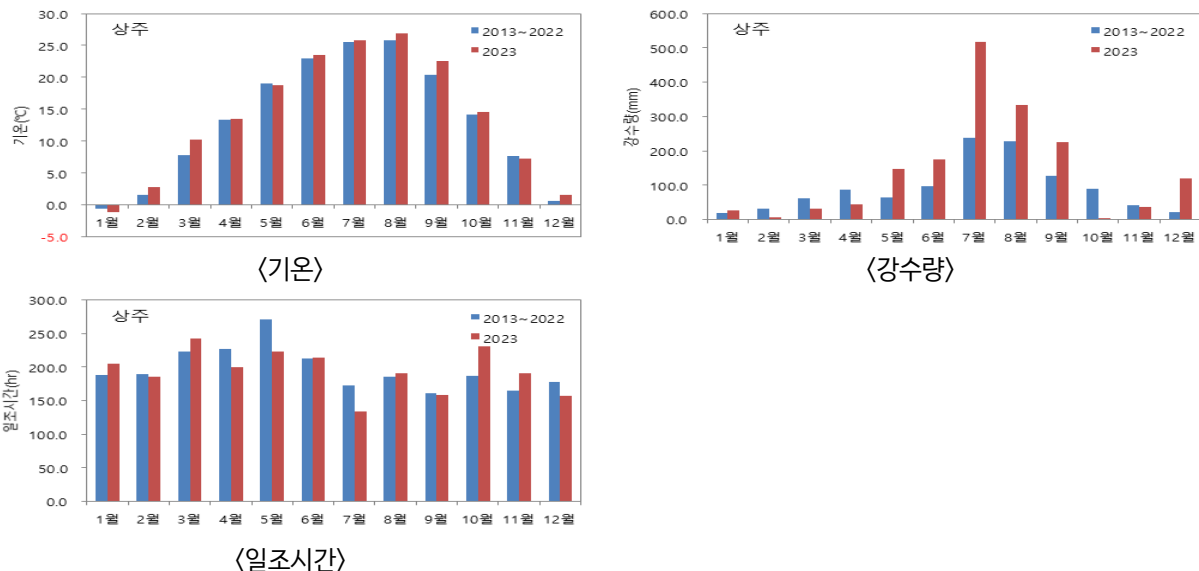
○ 상주 기상관측소: 평균기온 및 강수량 증가, 일조시간 감소

상주보와 낙단보 영향권에 있는 상주 기상대의 기상자료를 분석한 결과, 2023년 연평균 기온은 13.9℃로 과거 10년 평균기온보다 0.7℃ 증가하였다. 강수량도 1,670.6mm로 과거 10년 평균보다 558.2mm 증가하였으며, 특히 5월과 7월, 12월의 강수량이 지난 10년 대비 크게 증가하였다. 반면, 일조시간은 과거 10년 평균 일조시간보다 30.2시간 감소하였다.

표 2-2-10 상주 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2013~2022	13.2	1,112.4	2,361.2
2023	13.9	1,670.6	2,331.0
증감	0.7 (↑)	558.2 (↑)	30.2 (↓)

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



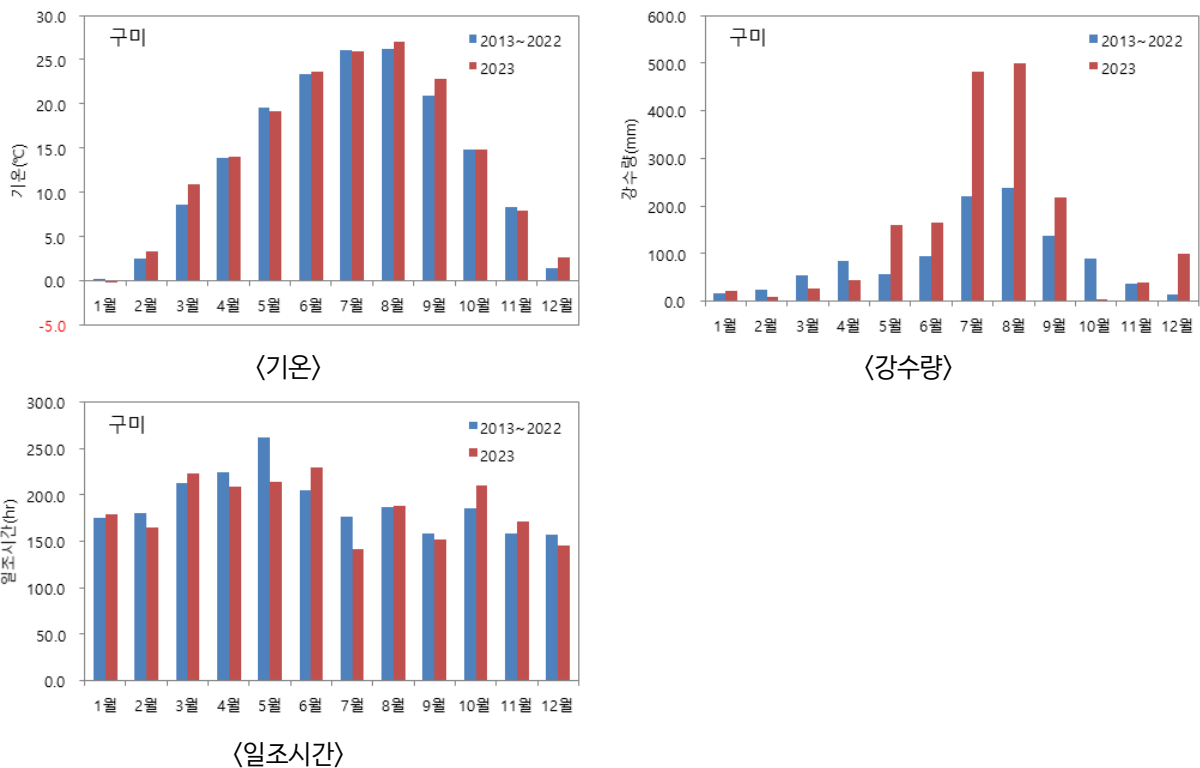
● 구미 기상관측소: 평균기온 및 강수량 증가, 일조시간 감소

구미보와 칠곡보 유역에 영향을 미치는 구미 기상대의 각 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2023년 연평균 기온은 14.4℃로 과거 10년간 평균기온보다 0.6℃ 증가하였다. 강수량은 1,772.6mm로 과거 10년 평균보다 702.9mm 증가하였으며, 특히 5월과 7~8월, 12월의 강수량이 지난 10년 월평균 강수량 대비 크게 증가하였다. 반면, 2023년 일조시간은 2,229.7시간으로 과거 10년 일조시간보다 51.7시간 감소하였다.

표 2-2-11 구미 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2013~2022	13.8	1,069.7	2,281.4
2023	14.4	1,772.6	2,229.7
증감	0.6 (↑)	702.9(↑)	51.7 (↓)

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



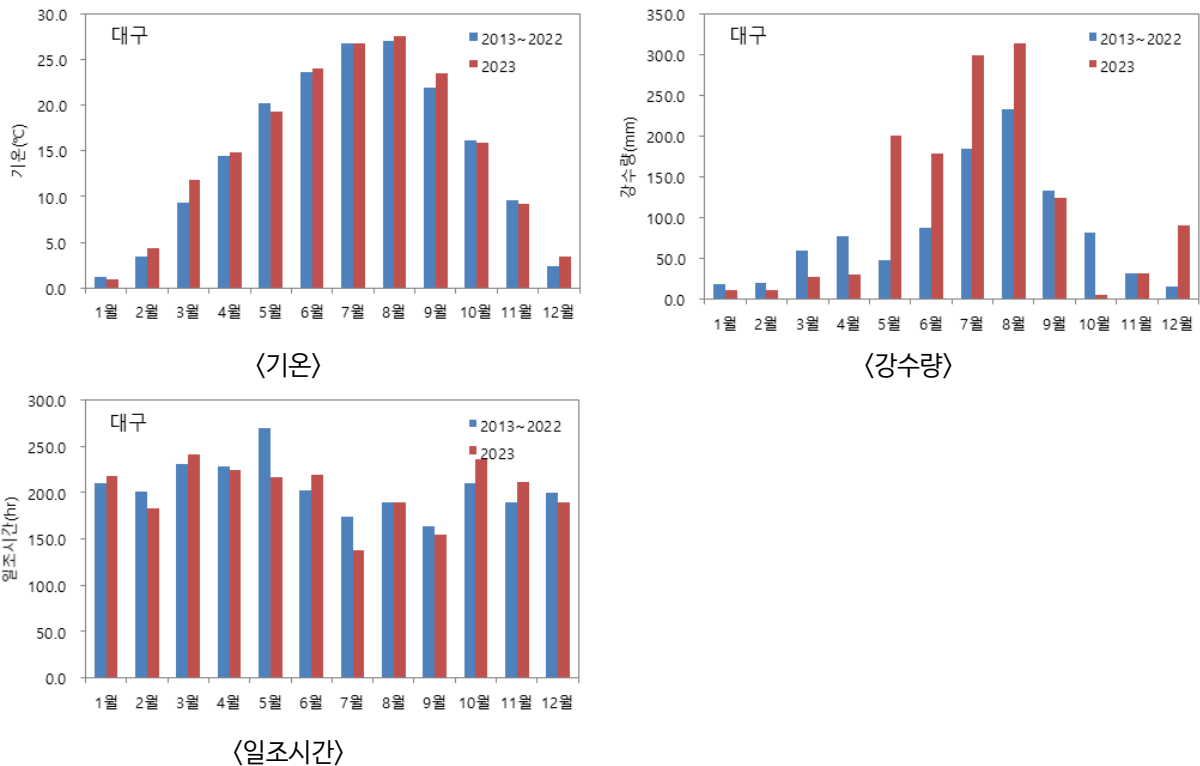
● 대구 기상관측소: 평균기온 및 강수량 증가, 일조시간 감소

강정고령보와 달성보 유역에 영향을 미치는 대구 기상관측소의 각 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2023년 연평균 기온은 15.1℃로 과거 10년 평균보다 0.5℃ 증가하였다. 강수량은 1,321.8mm로 과거 10년 평균보다 332.1mm 증가하였으며, 특히 5~6월과 12월의 강수량이 지난 10년 월평균 강수량 대비 크게 증가하였다. 반면, 2023년 연중 일조시간은 2,424.1시간으로 과거 10년 평균 일조시간보다 47.0시간 감소하였다.

표 2-2-12 대구 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2013~2022	14.6	989.7	2,471.1
2023	15.1	1,321.8	2,424.1
증감	0.5 (↑)	332.1 (↑)	47.0 (↓)

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



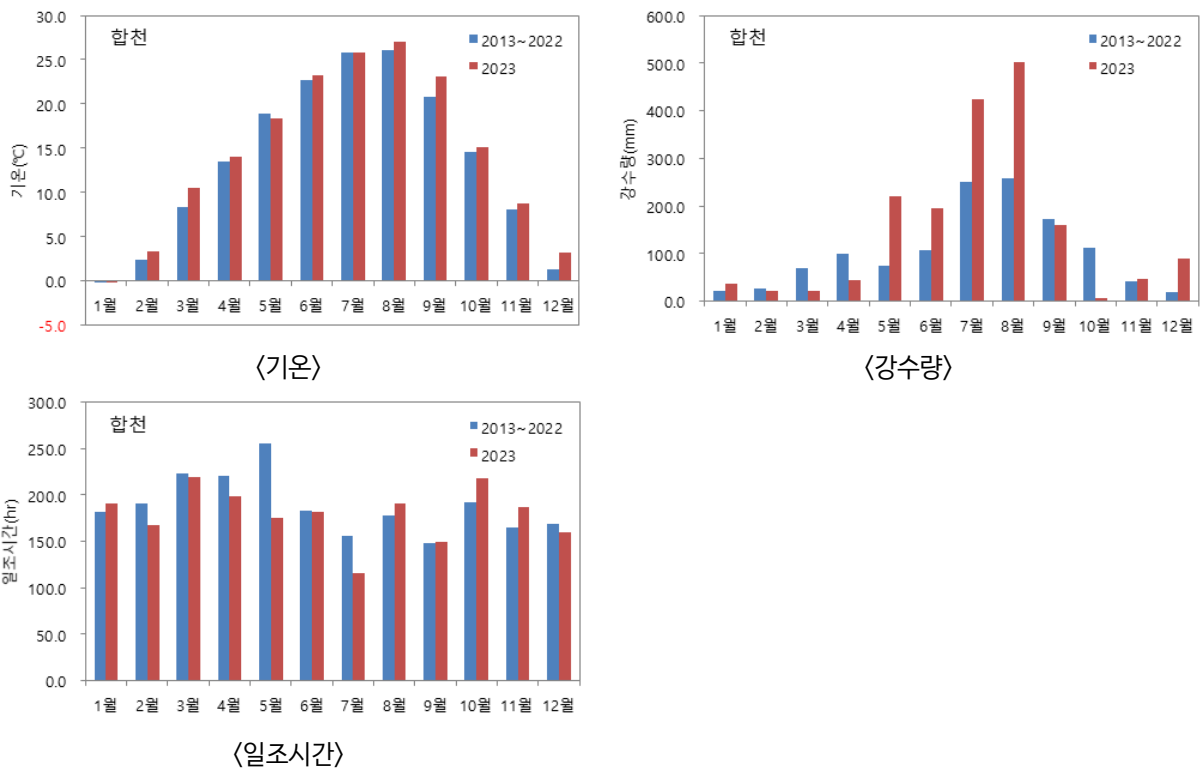
○ 합천 기상관측소: 평균기온 및 강수량 증가, 일조시간 감소

합천창녕보 유역에 영향을 미치는 합천 기상관측소의 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2023년 연평균 기온은 14.4℃로 과거 10년 평균보다 0.9℃ 증가하였다. 강수량은 1,771.4mm로 과거 10년 평균보다 522.3mm 증가하였으며, 특히 5월과 12월의 강수량이 지난 10년 월평균 강수량 대비 크게 증가하였다. 반면, 2023년 일조시간은 2,153.4시간으로 과거 10년 평균 일조시간보다 109.7시간 감소하였다.

표 2-2-13 합천 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2013~2022	13.5	1,249.1	2,263.1
2023	14.4	1,771.4	2,153.4
증감	0.9 (↑)	522.3 (↑)	109.7 (↓)

그림 2-2-4 합천 기상관측소(합천창녕보) 기상 요소별 월평균 값



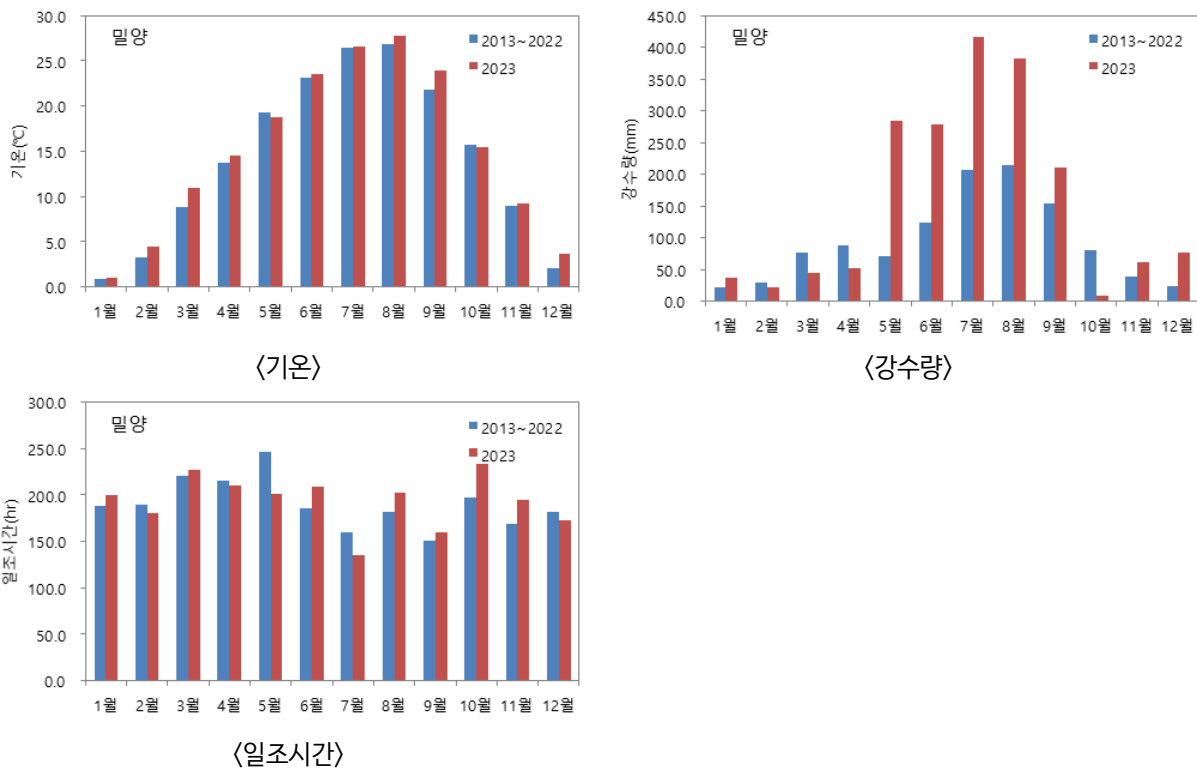
○ 밀양 기상관측소: 평균기온 및 강수량 증가, 일조시간 감소

창녕함안보 유역과 인접한 밀양 기상관측소의 기상 요소별 측정값 분석 결과, 2023년 연평균 기온은 15.0℃로 과거 10년간 평균기온보다 0.8℃ 증가하였다. 강수량은 1,874.0mm로 10년 평균보다 745.1mm 증가하였으며, 특히 5~7월과 12월의 강수량이 지난 10년 월평균 강수량 대비 크게 증가하였다. 반면, 2023년 일조시간은 2,327.7시간으로 과거 10년간 평균 일조시간보다 38.4시간 감소하였다.

표 2-2-14 밀양 기상관측소 기상 요소별 현황(1~12월)

기간	평균기온(°C)	강수량(mm)	일조시간(hr)
2013~2022	14.2	1,128.9	2,289.3
2023	15.0	1,874.0	2,327.7
증감	0.8 (↑)	745.1 (↑)	38.4 (↓)

그림 2-2-5 밀양 기상관측소(창녕함안보) 기상 요소별 월평균 값



나. 체류시간 분석

○ 전년대비 체류시간 감소

2023년 8개 보의 평균 체류시간은 7.3일로 전년도 8.2일보다 0.9일 감소하였다. 시기별로는 살펴보면, 1월부터 4월까지의 전년대비 체류시간이 오히려 증가하였으나, 5월부터 12월까지의 전년대비 체류시간이 감소하는 양상을 보였다. 특히 하절기(6~8월)의 월별 체류시간이 전년 대비 많은 강수량으로 인하여 평균 1일 내외로 짧게 유지되는 특징을 보였다. 구간별로 살펴보면, 상주보의 평균 체류시간이 8개 보 중 가장 짧았으며(2022년 5.2일 → 2023년 4.9일), 강정고령보의 평균 체류시간이 8개 보 중 가장 길었다(2022년 12.5일 → 2023년 10.8일).

2023년 보별 체류시간 변화를 전년도와 비교하여 살펴보면, 상주보는 2023년 평균 체류시간이 4.9일로 전년 대비 0.3일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다. 낙단보는 2023년 평균 체류시간이 5.5일로 전년 대비 1.2일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다. 구미보는 2023년 평균 체류시간이 7.9일로 전년도 8.0일과 유사하였다. 칠곡보는 2023년 평균 체류시간이 9.4일로 전년 대비 1.7일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다. 강정고령보는 2023년 평균 체류시간이 10.8일로 전년 대비 1.7일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다. 달성보는 2023년 평균 체류시간이 5.7일로 전년 대비 1.0일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다. 합천창녕보는 2023년 평균 체류시간이 5.9일로 전년 대비 0.4일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다. 창녕함안보는 2023년 평균 체류시간이 8.1일로 전년 대비 1.3일 감소하였으며, 월별 변화율은 7월이 0.1배로 가장 크게 감소하였다.

표 2-2-15 낙동강 수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2022년 vs 2023년)

(단위 : 일)

구분	상주보			낙단보			구미보			칠곡보		
	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)
1월	7.0	8.6	1.2	8.2	12.2	1.5	6.3	7.2	1.2	14.1	12.4	0.9
2월	7.5	8.4	1.1	9.0	9.4	1.0	16.4	17.0	1.0	21.9	19.6	0.9
3월	5.1	9.0	1.8	5.5	9.4	1.7	8.1	18.7	2.3	10.9	20.0	1.8
4월	5.2	9.8	1.9	5.8	10.2	1.8	9.7	20.3	2.1	12.6	20.3	1.6
5월	5.4	4.2	0.8	6.2	4.3	0.7	11.6	6.2	0.5	14.2	7.4	0.5
6월	4.8	2.8	0.6	5.6	3.1	0.5	8.4	3.9	0.5	10.5	5.0	0.5
7월	3.7	0.3	0.1	4.9	0.3	0.1	7.0	0.5	0.1	8.3	0.6	0.1
8월	1.9	1.0	0.5	2.1	1.0	0.5	2.5	1.3	0.5	3.6	1.5	0.4
9월	2.2	0.9	0.4	2.4	0.9	0.4	2.8	1.2	0.4	3.2	1.5	0.5
10월	5.5	3.1	0.6	6.9	4.1	0.6	8.8	4.4	0.5	11.5	6.8	0.6
11월	6.2	6.6	1.1	9.9	8.1	0.8	7.8	10.5	1.3	10.3	12.2	1.2
12월	8.2	3.8	0.5	13.3	3.4	0.3	6.4	3.9	0.6	12.6	5.8	0.5

구분	강정고령보			달성보			합천창녕보			창녕함안보		
	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)	2022 (A)	2023 (B)	비율 (B/A)
1월	16.3	18.4	1.1	6.6	6.7	1.0	4.6	3.9	0.9	15.1	15.7	1.0
2월	25.9	25.5	1.0	11.2	11.6	1.0	16.1	18.5	1.1	26.5	23.1	0.9
3월	10.5	24.5	2.3	7.1	13.6	1.9	6.7	14.5	2.2	10.0	20.5	2.0
4월	12.6	23.6	1.9	7.3	13.2	1.8	6.9	13.3	1.9	9.3	14.2	1.5
5월	15.7	6.9	0.4	9.4	4.2	0.4	9.1	3.2	0.3	13.0	3.1	0.2
6월	10.7	4.4	0.4	6.4	2.9	0.4	5.9	2.3	0.4	6.5	2.8	0.4
7월	8.4	0.6	0.1	5.0	0.4	0.1	4.5	0.3	0.1	5.1	0.5	0.1
8월	3.2	1.3	0.4	2.5	0.8	0.3	2.0	0.7	0.3	1.9	0.9	0.5
9월	3.2	1.4	0.4	2.1	0.9	0.4	1.6	0.7	0.4	1.5	1.0	0.7
10월	12.2	5.7	0.5	7.2	4.2	0.6	7.3	3.5	0.5	3.6	4.9	1.3
11월	13.0	13.0	1.0	7.5	6.8	0.9	7.5	7.2	1.0	7.4	7.9	1.1
12월	18.1	4.2	0.2	7.6	3.0	0.4	3.6	2.8	0.8	12.9	3.3	0.3

다. 수질인자 분석

보 설치 이후 기상 및 수리·수문 조건에 따른 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자, 낙동강 수계 8개 보 대표지점에서 측정된 수질인자들을 기준으로 최근 10년간(2013~2022년) 월평균 값과 2023년 월평균 값을 비교·분석하였다.

○ 상주보(1월 결빙): 수온, 총질소 및 총인 농도 증가, 클로로필-*a* 감소

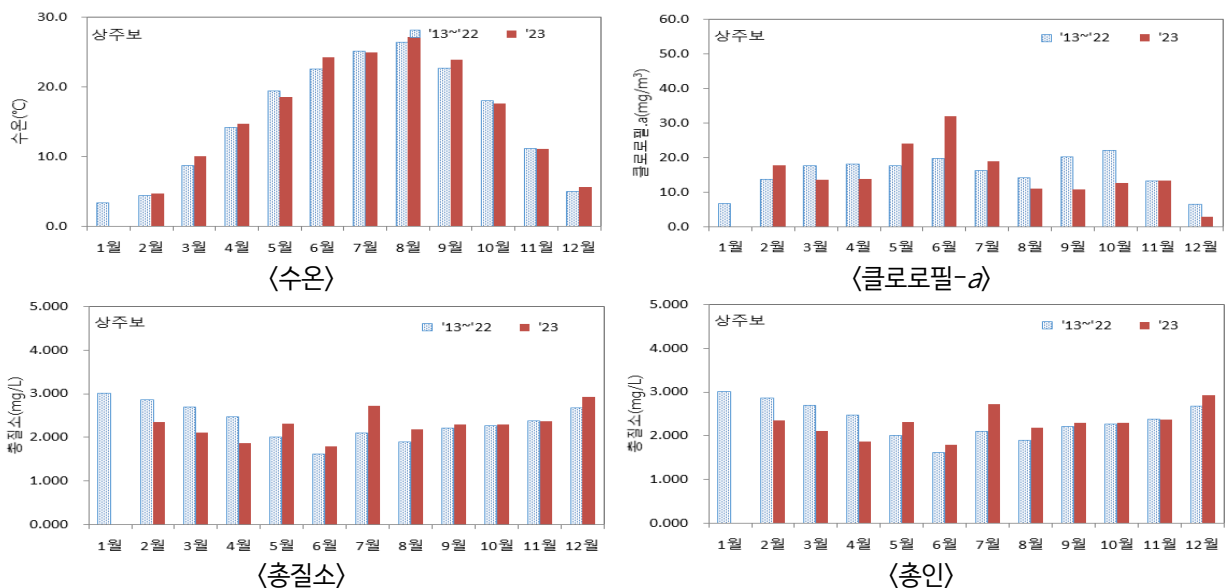
2023년 평균 수온은 16.6°C로 최근 10년간 평균 수온보다 0.4°C 증가하였으며, 월별로는 6월과 9월에 지난 10년 월별 평균보다 1.0°C 이상 증가하였다. 2023년 평균 클로로필-*a* 농도는 15.5mg/m³로 최근 10년간 평균보다 0.8mg/m³ 감소하였다. 2023년 평균 총질소와 총인은 각각 2.297mg/L와 0.049mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교할 때 두 항목 모두 증가하였다.

표 2-2-16 상주보 수질인자 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.2	16.3	2.288	0.034
2023	16.6	15.5	2.297	0.049
증감	0.4 (↑)	0.8 (↓)	0.009(↑)	0.015 (↑)

※ 2023년 1월 결측(결빙)으로 인하여, 기간 평균값에서 1월 결과 제외

그림 2-2-6 낙동강 상주보 지점 수온 및 수질 농도 변화



● 낙단보(1월 결빙): 클로로필-*a* 감소, 총질소 및 총인 농도 증가

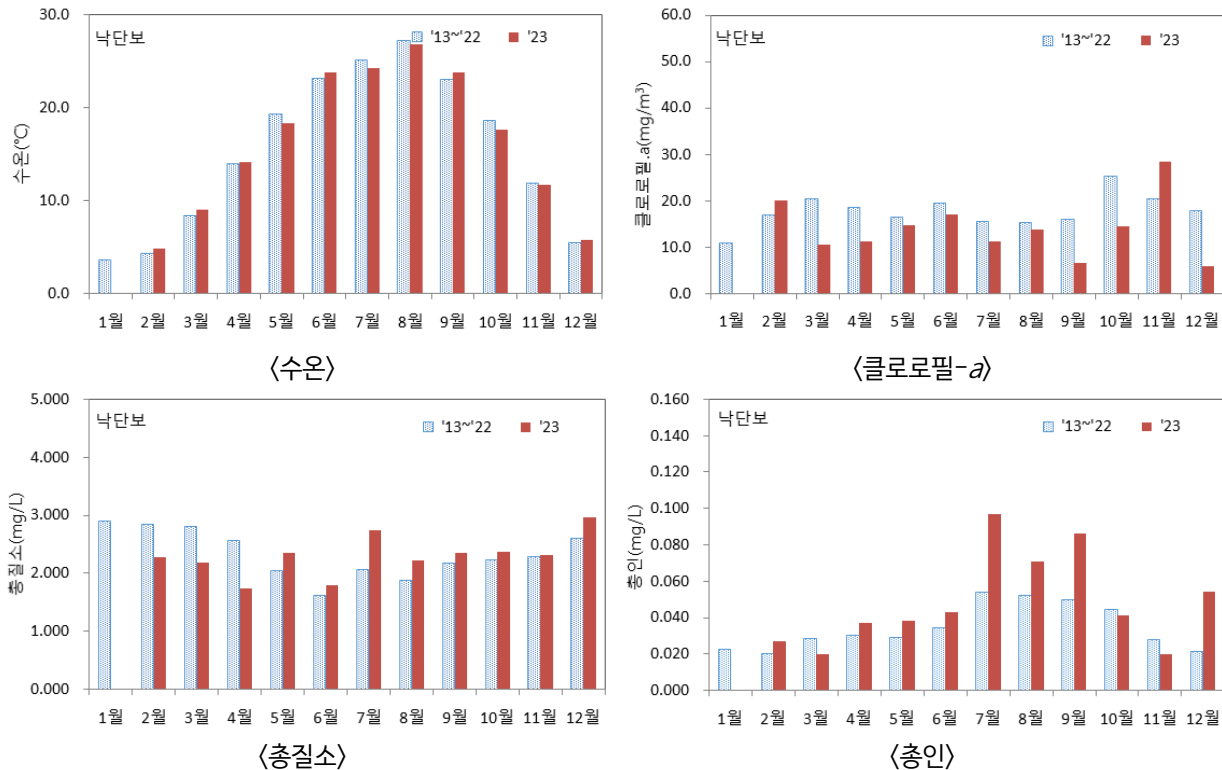
2023년 평균 수온은 16.4℃로 최근 10년의 평균 수온과 동일하였다. 2023년 평균 클로로필-*a* 농도는 14.0mg/m³로 최근 10년간 평균보다 4.4mg/m³ 감소하였으며, 특히 9~10월과 12월의 클로로필-*a* 농도가 크게 감소하였다. 2023년 평균 총질소와 총인은 각각 2.299mg/L와 0.049 mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교할 때 두 항목 모두 증가하였다. 특히 월별 총인 농도는 12월에 최근 10년 평균값보다 크게 증가하였다.

표 2-2-17 낙단보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.4	18.4	2.280	0.036
2023	16.4	14.0	2.299	0.049
증감	-	4.4 (↓)	0.019 (↑)	0.013 (↑)

※ 2023년 1월 결빙(결빙)으로 인하여, 기간 평균값에서 1월 결과 제외

그림 2-2-7 낙동강 낙단보 지점 수온 및 수질 농도 변화



● 구미보(1월 결빙): 수온 및 클로로필-*a* 감소, 총질소 및 총인 농도 증가

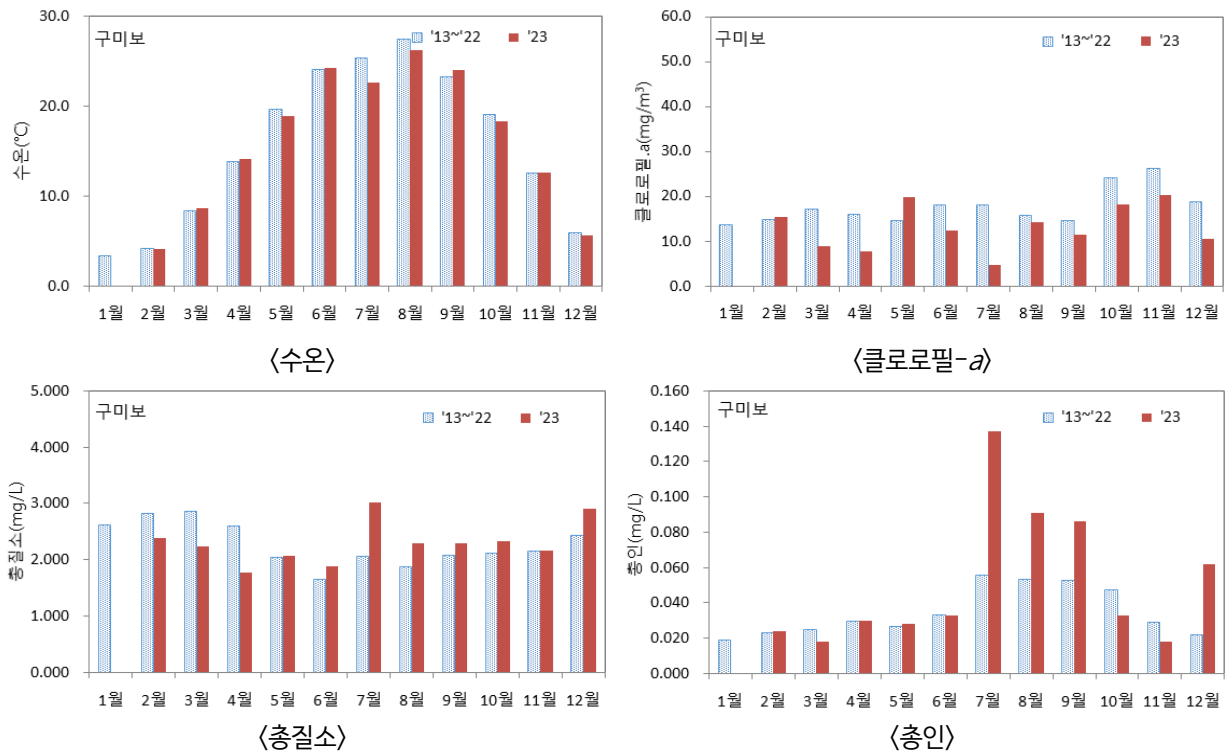
2023년 평균 수온은 16.3°C로 최근 10년의 평균 수온보다 0.4°C 감소하였다. 2023년 평균 클로로필-*a* 농도는 13.0mg/m³로 최근 10년간 평균보다 5.0mg/m³ 감소하였으며, 월별로는 7월의 클로로필-*a* 농도가 13.2mg/m³로 가장 큰 감소폭을 보였다. 2023년 평균 총질소와 총인은 각각 2.305mg/L와 0.051mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교할 때 두 항목 모두 증가하였으며, 특히 월별 총인 농도가 2023년 7월과 12월에 증가폭이 가장 컸다.

표 2-2-18 구미보 수질인자 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.7	18.0	2.247	0.036
2023	16.3	13.0	2.305	0.051
증감	0.4 (↓)	5.0 (↓)	0.058 (↑)	0.015 (↑)

※ 2023년 1월 결측(결빙)으로 인하여, 기간 평균값에서 1월 결과 제외

그림 2-2-8 낙동강 구미보 지점 수온 및 수질 농도 변화



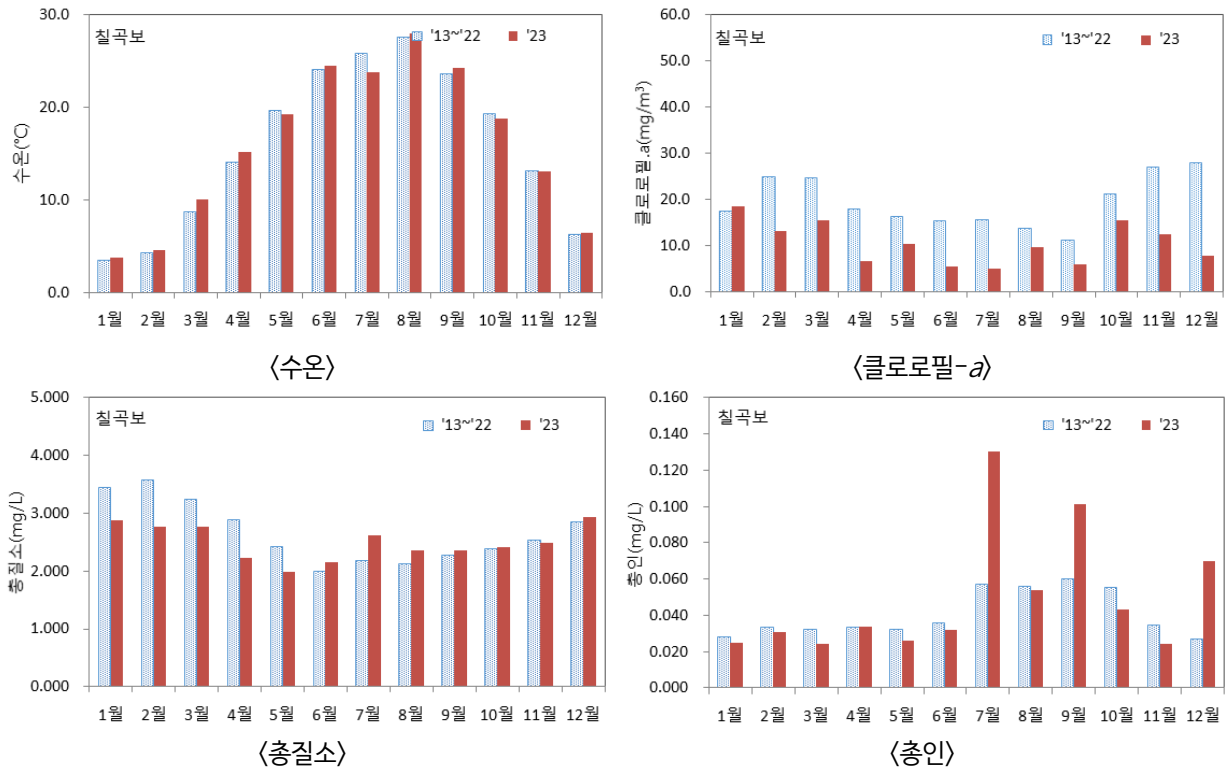
○ 칠곡보: 수온 및 총인 농도 증가, 클로로필-*a* 및 총질소 농도 감소

2023년 평균 수온은 15.9℃로 최근 10년의 평균 수온보다 0.1℃ 증가하였다. 2023년 평균 클로로필-*a* 농도는 10.5mg/m³로 최근 10년간 평균보다 8.9mg/m³ 감소하였으며, 월별로는 12월의 클로로필-*a* 농도가 20.0mg/m³로 가장 큰 감소폭을 보였다. 2023년 평균 총질소는 2.495mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 감소하였으나, 평균 총인 농도는 0.050mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 증가하였다. 특히 월별 총인 농도는 2023년 7월과 12월에 증가폭이 가장 컸다.

표 2-2-19 칠곡보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	15.8	19.4	2.661	0.040
2023	15.9	10.5	2.495	0.050
증감	0.1 (↑)	8.9 (↓)	0.166 (↓)	0.010 (↑)

그림 2-2-9 낙동강 칠곡보 지점 수온 및 수질 농도 변화



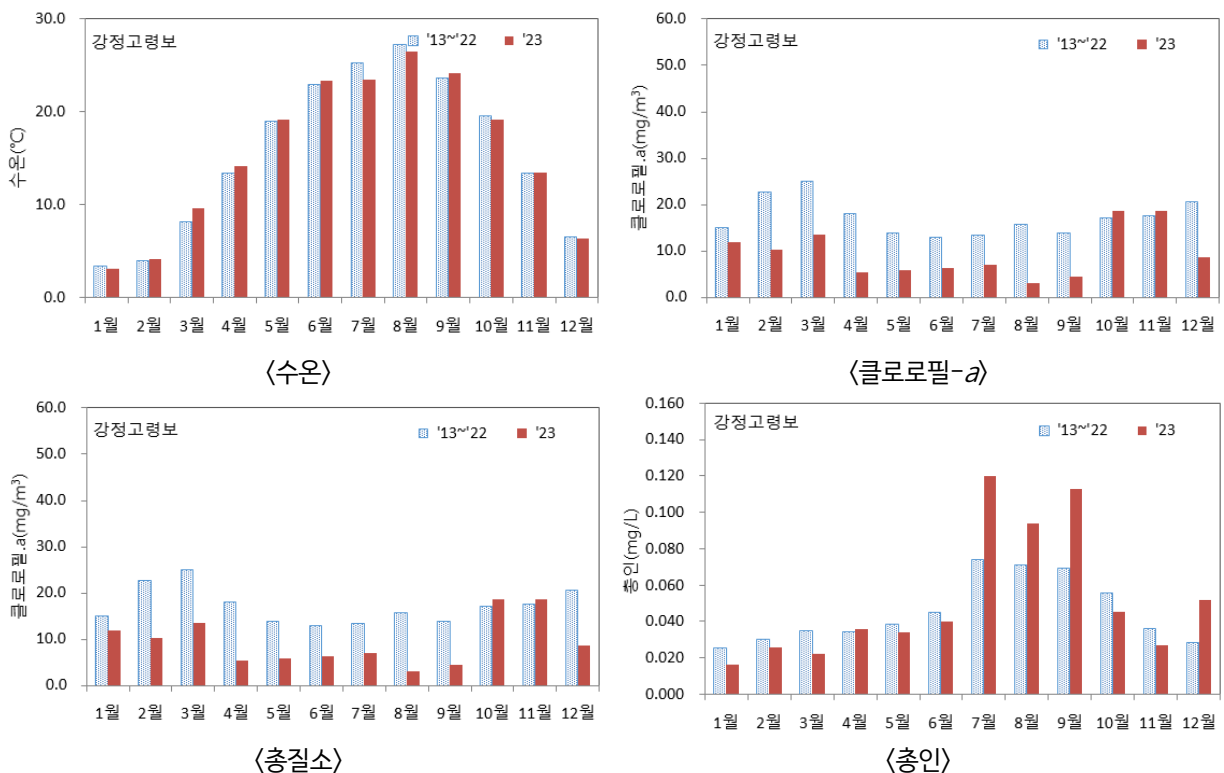
● **강정고령보: 수온, 총인 농도 증가, 클로로필-a 및 총질소 농도 감소**

2023년 평균 수온은 15.6℃로 최근 10년의 평균 수온보다 0.1℃ 증가하였다. 2023년 평균 클로로필-a 농도는 9.4mg/m³로 최근 10년간 평균보다 7.7mg/m³ 감소하였다. 2023년 평균 총질소는 2.386mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 감소하였으며, 월별로는 1월~4월의 감소폭이 가장 뚜렷하였다. 2023년 평균 총인 농도는 0.052mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 0.007mg/L 증가하였다.

표 2-2-20 강정고령보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	15.5	17.1	2.518	0.045
2023	15.6	9.4	2.386	0.052
증감	0.1 (↑)	7.7 (↓)	0.132 (↓)	0.007 (↑)

그림 2-2-10 낙동강 강정고령보 지점 수온 및 수질 농도 변화



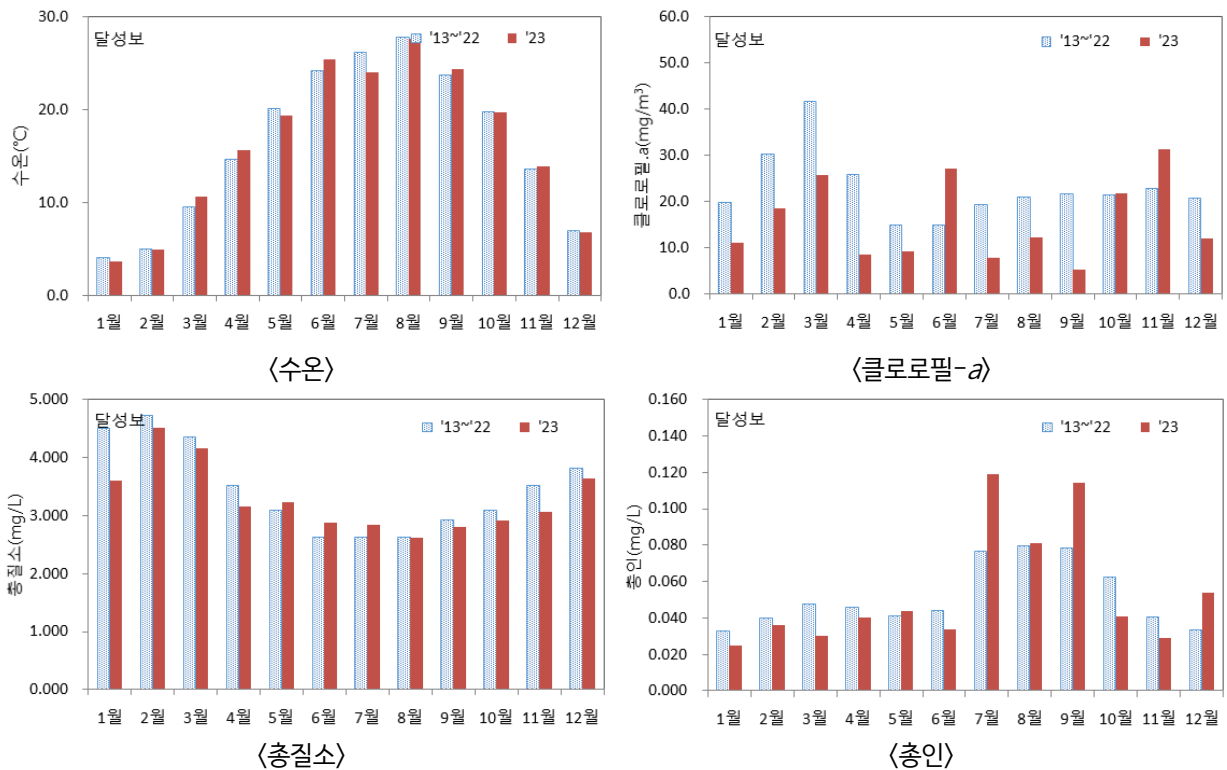
○ 달성보: 클로로필-*a* 및 총질소 농도 감소, 총인 농도 증가

2023년 평균 수온은 16.3°C로 최근 10년의 평균 수온과 동일하였으나, 월별로는 7월 평균 수온이 2.1°C로 비교적 크게 감소하였다. 2023년 평균 클로로필-*a* 농도는 15.9mg/m³로 최근 10년간 평균보다 6.9mg/m³ 감소하였다. 2023년 평균 총질소는 3.285mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 감소하였으며, 월별로는 2023년 1월의 평균값이 가장 크게 감소하였다. 2023년 평균 총인 농도는 0.054mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 0.002mg/L 증가하였다.

표 2-2-21 달성보 수질인자 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.3	22.8	3.450	0.052
2023	16.3	15.9	3.285	0.054
증감	-	6.9 (↓)	0.165 (↓)	0.002 (↑)

그림 2-2-11 낙동강 달성보 지점 수온 및 수질 농도 변화



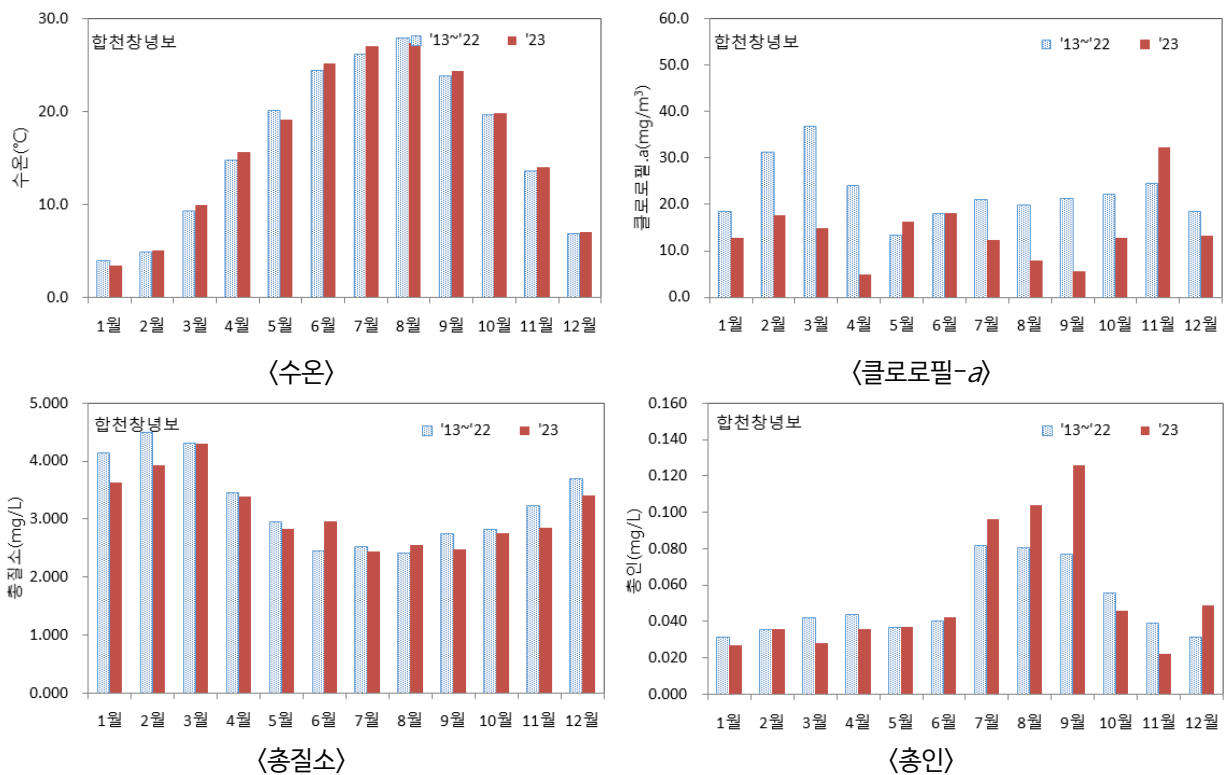
○ 합천창녕보: 수온 및 총인 농도 증가, 클로로필-*a* 및 총질소 농도 감소

2023년 평균 수온은 16.5℃로 최근 10년의 평균 수온보다 0.2℃ 증가하였다. 2023년 평균 클로로필-*a* 농도는 14.1mg/m³로 최근 10년간 평균보다 8.3mg/m³ 감소하였으며, 월별로는 2~4월과 8월~9월의 클로로필-*a* 농도 감소폭이 가장 뚜렷하였다. 2023년 평균 총질소는 3.125mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 감소하였으나, 평균 총인 농도는 0.054mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 증가하였다.

표 2-2-22 합천창녕보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.3	22.4	3.270	0.050
2023	16.5	14.1	3.125	0.054
증감	0.2 (↑)	8.3 (↓)	0.145 (↓)	0.004 (↑)

그림 2-2-12 낙동강 합천창녕보 지점 수온 및 수질 농도 변화



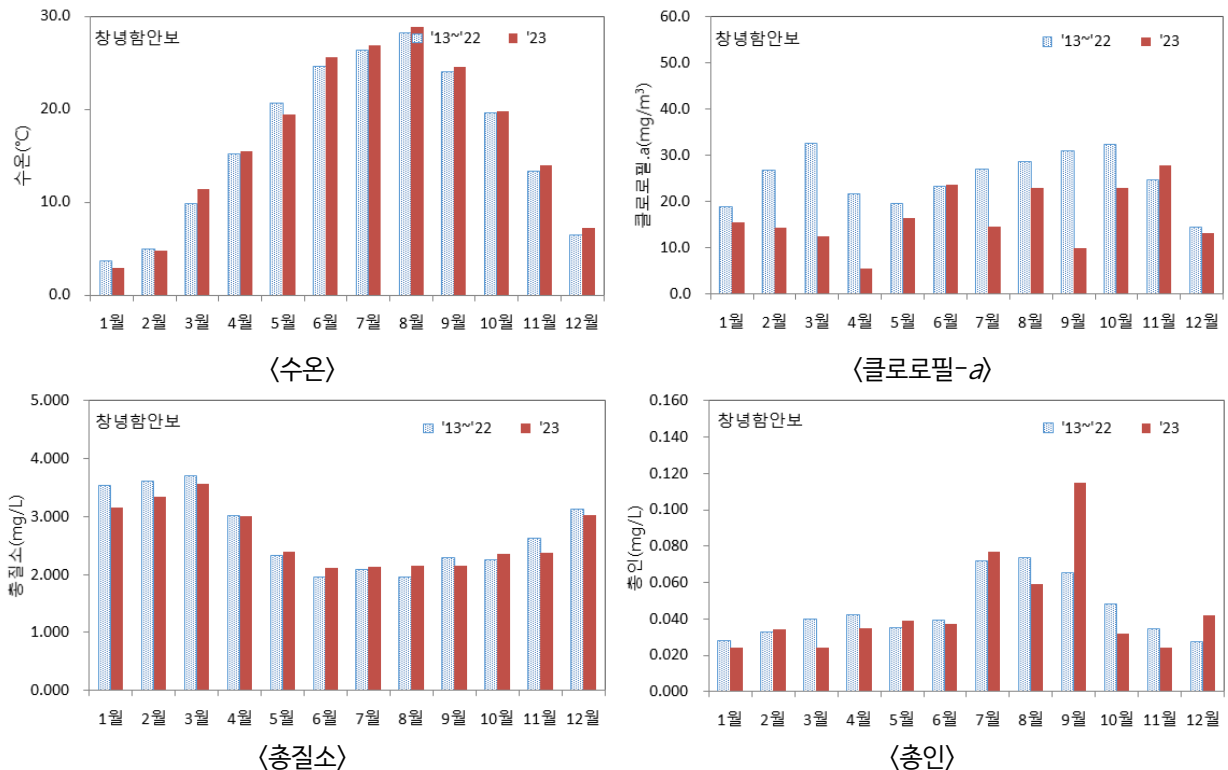
○ **창녕함안보: 수온 증가, 클로로필-a 및 총질소 농도 감소**

2023년 평균 수온은 16.7℃로 최근 10년의 평균 수온보다 0.3℃ 증가하였다. 2023년 평균 클로로필-a 농도는 16.6mg/m³로 최근 10년간 평균보다 8.4mg/m³ 감소하였으며, 월별로는 3~4월과 9월의 클로로필-a 농도 감소폭이 가장 뚜렷하였다. 2023년 평균 총질소는 2.648mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 비교하여 감소하였으나, 평균 총인 농도는 0.045mg/L로 지난 10년간 평균 농도와 동일하였다.

표 2-2-23 창녕함안보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.4	25.0	2.709	0.045
2023	16.7	16.6	2.648	0.045
증감	0.3 (↑)	8.4 (↓)	0.061 (↓)	-

그림 2-2-13 낙동강 창녕함안보 지점 수온 및 수질 농도 변화



참 고 일정별 주요사항

일 자	주요사항	세부내용
5.10.	낙동강 하류 조류대응 상황실 운영	조류발생에 대비 조류모니터링, 신속한 상황전파 등을 위한 조류관리 상황실 운영
5.24.	상반기 낙동강 중상류 조류대책위원회 개최	2023년 조류대응 추진정책 논의 및 자문 등
5.31.	낙동강 중상류 조류대응 상황실 운영	조류발생에 대비 조류모니터링, 신속한 상황전파 등을 위한 조류관리 상황실 운영
5.31.	2023년도 조류경보제 시행계획 수립	2023년 조류경보제 시행계획 수립(낙동강청)
6.2.	2023년도 조류경보제 시행계획 수립	2023년 조류경보제 시행계획 수립(대구청)
6.8.	철서 조류경보 '관심'단계 발령	철서 조류경보 '관심'단계(6.8~6.21, 14일)
6.15.	물금매리 조류경보 '관심'단계 발령	물금매리 조류경보 '관심'단계(6.15~7.26, 42일)
6.22.	강정고령 조류경보 '관심'단계 발령	강정고령 조류경보제 '관심' 단계(6.22~7.13, 21일)
6.22.	철서 조류경보 '경계'단계 발령	철서 조류경보 '경계'단계(6.22~7.5, 14일)
6.27.	낙동강 하류 수질관리협의회 개최	조류발생 현황, 기관별 대응대책 등
7.6.	철서 조류경보 '관심'단계 발령	철서 조류경보 '관심'단계(7.6~7.26, 21일)
8.10.	강정고령 조류경보 '관심'단계 발령	강정고령 조류경보제 '관심' 단계(8.10~9.7, 28일)
8.17.	영천호 조류경보 '관심'단계 발령	영천호 조류경보제 '관심' 단계(8.17~8.31, 14일)
8.31.	물금매리 조류경보 '관심'단계 발령	물금매리 조류경보 '관심'단계(8.31~9.26, 27일)
9.26.	하반기 낙동강 중상류 조류대책위원회 개최	2023년 조류대응 추진정책 평가 및 자문 등
10.12.	철서 조류경보 '관심'단계 발령 물금매리 조류경보 '관심'단계 발령	철서 조류경보 '관심'단계(10.12~11.15, 35일) 물금매리 조류경보 '관심'단계(10.12~12.27, 77일)
11.30.	철서 조류경보 '관심'단계 발령	철서 조류경보 '관심'단계(11.30~12.27, 28일)
11.15	물금매리 조류경보 '관심' 단계 발령	물금매리 조류경보제 '관심' 단계(11.15~12.14, 30일)

참고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
1.18	경남신문	낙동강 녹조 민관 합동조사단 구성 놓고 ‘하세월’
2.9	경남신문	낙동강 녹조 ‘감시 시스템’만 늘고 ‘관리방안’은 그대로
2.22	대구MBC	경찰 대구MBC 수돗물 보도, 명백한 무혐의로 각하
3.7	연합뉴스	“장기화하는 낙동강 녹조, 환경대응용수 확보 시스템 구축해야”
3.13	중앙일보	환경연합 “낙동강·영산강 일부 썰에서 녹조 남세균 독소 검출”
3.14	대경일보	환경단체 낙동강변 일부 썰에서 독소 검출
3.31	매일신문	낙동강 녹조 규탄 회견
	영남일보	낙동강 보 개방해 녹조 해결을
4.12	경북연합일보	대구환경청, 하폐수 처리시설 점검
4.17	영남일보	영주댐 상류 제방 방치로 수질 악화
4.19	영남일보	악취, 폐기물로 몸살 ‘담수질 악화는 인재’
4.21	경상매일신문	영주댐 상류 물고기 떼죽음... ‘수자공 관리 부실’ 지적
	연합뉴스	환경부, 녹조예방 위해 낙동강 인근 야적 퇴비 퇴출
5.16	YTN	“낙동강 녹조 줄여라”... 하천·제방 옆 퇴비 관리 강화
	데일리안	환경부, 낙동강 녹조 줄이려 하천 주변 퇴비 수거 나선다
5.24	대경일보	문정부, 4대강 보 개방 후 수질 최대 30~40% 악화
5.25	경남도민일보	창녕함안·합천창녕 보에서 녹조 띠 발견
	뉴스1	경남 합천창녕보 상류서 녹조 관측...환경단체 “평년보다 빠르다” 우려
5.26	대구MBC	낙동강 녹조 첫 관측...2022년보다 한 달 앞서
5.29	KBS뉴스	낙동강 녹조 지난해보다 한 달 일찍 관측
	매일신문	강정고령보·안동댐에 ‘에코로봇’ 첫 투입
	영남일보	낙동강 조류와 대구 수돗물
6.2	대경일보	낙동강 녹조라떼 주범 ‘퇴비’ 유입 막는다
	대구일보	장마 틈탄 암채행태 오·폐수 무단방출 등 특별감시·단속 실시
	경북신문	대구환경청, 하절기 환경오염행위 특별단속
6.5	매일신문	주1회~매일 검사 AI 급배수망 초고도 정수 시스템 적용
	부산일보	낙동강 칠서 지점 조류경보 ‘관심’ 발령... 지난해보다 1주 늦어
6.8	뉴스경남	낙동강 칠서지점 조류경보 ‘관심’ 단계 첫 발령
	뉴스시스	낙동강 칠서지점, 조류경보 ‘관심’ 단계 올해 첫 발령
6.13	매일신문	낙동강 녹조 심화, 강정고령보 수문 개방
6.15	오마이뉴스	낙동강 녹조 창궐... 칠서 이어 물금-매리 지점도 ‘관심’ 발령
	CNB뉴스	낙동강청, 물금·매리 지점 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
6.16	경북연합일보	대구환경청, 낙동강변 야적퇴비 합동조사 실시
	뉴스시스	대구환경청, 낙동강변 녹조 원인 야적퇴비 수거 나서
6.19	경북신문	대구환경 위협천만 낙동강레포츠밸리 달아야

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
6.20	매일신문	낙동강변 퇴비 야적 안됩니다.
	경북매일	무더위에 녹조 기승
	경상매일신문	6월인데 벌써 녹조 가득한 낙동강
	대경일보	녹조라떼 된 낙동강
	대구MBC	심상치 않은 2023년 녹조... 최악의 상황 오나?
	포항MBC	올해 녹조 심상치 않아... 최악의 상황 오나?
6.21	경향신문	한 달 일찍 다가온 낙동강 녹조...무더위 속 올 여름 녹조대란 예고
6.22	뉴스1	낙동강에 올해 첫 녹조 '경계'경보 발령...제거 로봇 선박 투입
	연합뉴스	낙동강에 올해 첫 녹조 경계경보...야적퇴비 수거는 '아직'(종합)
6.23	오마이뉴스	낙동강, 조류경보 '경계' 발령에 환경단체 '보 수문 개방' 촉구
	경북신문	대구환경청, 낙동강 강정고령 지점 조류경보 '관심' 발령
	경상매일신문	낙동강 강정고령 올해 첫 조류경보 발령
	매일신문	짙은 녹색빛 낙동강
	경북연합일보	낙동강 강정고령 지점 조류경보 '관심' 발령
6.26	경향신문	'낙동강 녹조' 12개 기관 뭉쳐 대응...27일 수질관리협의회 열고 협업 강화
	뉴스핌	낙동강청, 27일 녹조 대응 수질관리협의회...“오염배출원점검”
	대구MBC	낙동강 16곳 중 10곳 사실상 조류 경보
6.27	연합뉴스	낙동강 녹조 대응 빨라진다...저감 용수 확보 결정 8일→3일
6.28	매일신문	낙동강 조류경보 '관심' 대구시 비상대응 돌입
	영남일보	낙동강 강정고령보 지점 조류경보...대구 상수도본부 취수원 비상 대응
	경북신문	대구상수도본부, 녹조 증가로 '비상대응체계'...안심 수도물 공급 '온 힘'
	경북연합일보	녹조 확산 대비 비상대응체계 돌입
	경상매일신문	낙동강 조류경보 발령 대구상수도본부 '비상' 수도물 생산 공급 온힘
	대경일보	낙동강 녹조 확산...市, 비상대응체계 돌입
7.1	YTN	장마철 녹조 유발...낙동강 야적 퇴비 41% 수거
7.5	KBS뉴스	환경부, 낙동강 녹조 유발 퇴비 640개 확인·41% 수거
7.6	오마이뉴스	낙동강 칠서 지점, 2주만에 조류경보 경계→관심
	뉴스1	경남 함안 낙동강 칠서지점 조류경보 '관심' 단계로 하향
	CNB뉴스	낙동강청, 칠서 지점 조류경보 '관심' 단계로 하향
7.11	대구일보	대구환경청, 낙동강 수계 공유지 보관 퇴비 강력 조치
7.14	경북연합일보	대구환경청, 강정고령보 조류경보 해제 조치
7.17	대경일보	낙동강 강정고령 지점 조류경보 해제
	경북신문	대구환경청, 낙동강 강정고령 발령 3주만 '조류경보 해제'
7.27	뉴스경남	낙동강청, 낙동강 칠서·물금·매리 지점 조류경보 해제
	뉴스1	낙동강 칠서·물금·매리 지점 조류경보 해제
	CNB뉴스	낙동강청, 칠서·물금·매리 지점 조류경보 '해제'
8.11	경북매일	대구환경청, 강정고령 지점 조류경보 '관심' 발령
	경북연합일보	낙동강 강정고령 지점 조류경보 '관심' 발령
	대경일보	환경단체 “정부 녹조 대응 수도권 편향... 경북은 2등 시민”
	대구MBC	낙동강 강정고령 지점 조류경보 '관심' 발령

보도일자	보도매체명	보도제목·주요내용
8.18	경북일보	영천호 조류경보 ‘관심’ 단계 발령...영천시 “정수처리 강화”
	TBC	영천호, 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
	대구MBC	영천호 지점 조류경보 ‘관심’ 단계 내려져
8.21	매일신문	인공지능 에코로봇 총동원 낙동강 ‘녹조 범벅’ 막는다
8.23	경북매일	안동호 역대 최악 녹조... 낙동강 수질 초비상
	경북매일	초록색 물감 풀어놓은 듯...
	대경일보	낙동강 전구간 녹조실태 지역 환경단체 현장조사
8.25	영남일보	지역 환경단체 직접 ‘녹조라테 낙동강’ 수질조사
8.28	경북도민일보	안동시·수자원공사·정치권, 안동댐 녹조 저감 총력
8.29	대경일보	녹조·가뭄 없는 치수혁명
	대구신문	안동댐 녹조 저감 근본 대책 마련한다
	평화뉴스	준공 승인한 날에도 ‘녹조 동동’...1조 영주댐 ‘기능상실’ 논란
	문화일보	안동댐 전역 사상 첫 녹조... 수자원공사, 제거선 등 긴급 투입
8.31	오마이뉴스	다시 녹조가...낙동강 물금·매리 지점 조류경보 ‘관심’ 발령
	연합뉴스	낙동강 물금·매리 지점 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
9.1	뉴스원	경북 영천호 조류경보 2주 만에 해제... 유해남조류 감소
9.8	대구신문	강정고령보 지점 조류경보 4주 만에 해제
9.12	영남일보	안동댐 녹조 심각...2개소에 350m 차단막, 제거 선박 2척 투입
9.13	매일신문	퇴치밭 조성, 차단막 설치...안동호 녹조 없앤다
9.21	매일신문	조류차단, 물순환가동...낙동강 녹조 전쟁 끝낸다
9.27	CNB뉴스	낙동강 물금·매리 지점 조류경보 27일 만에 ‘해제’
	연합뉴스	낙동강 물금·매리 지점 조류경보 27일 만에 해제
	뉴스경남	낙동강유역환경청, 낙동강 물금·매리 지점 조류경보 해제
	뉴스경남	낙동강환경청, 녹조발생 취약시기 환경오염 배출사업장 25개소 적발
	뉴시스	낙동강청, 녹조발생 취약시기 환경오염 배출사업장 25개소 적발
10.12	연합뉴스	맑은 날 늘어 일조 증가...낙동강 칠서, 물금·매리 지점 조류경보
	오마이뉴스	가을인데 녹조가...낙동강 칠서, 물금·매리 조류경보 ‘관심’ 발령
	뉴스1	낙동강 칠서, 물금·매리 지점 조류경보 ‘관심’ 단계 발령
10.31	대구MBC	낙동강 일부 구간 가을철 녹조 현상 ‘여전’
11.15	오마이뉴스	낙동강 칠서지점, 조류경보 ‘관심’단계 35일만에 해제
11.22	YTN	환경부 “낙동강 인근 공기 분석 결과, 조류 독소 검출 안돼”
11.30	오마이뉴스	“겨울에 녹조”...낙동강 칠서지점, 조류경보 ‘관심’ 발령
12.12	뉴스1	녹조 일수, 작년보다 36% 줄어... 낙동강 유역은 60% 감소
	경남신문	올해 녹조 줄었다...조류경보일수 전년 대비 36% 감소
12.28	연합뉴스	낙동강 칠서·물금 매리 지점 조류 경보 해제...겨울 수온 하강
	오마이뉴스	영하권 날씨 계속되고서야...낙동강 녹조 완전 해제

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 운영지점

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

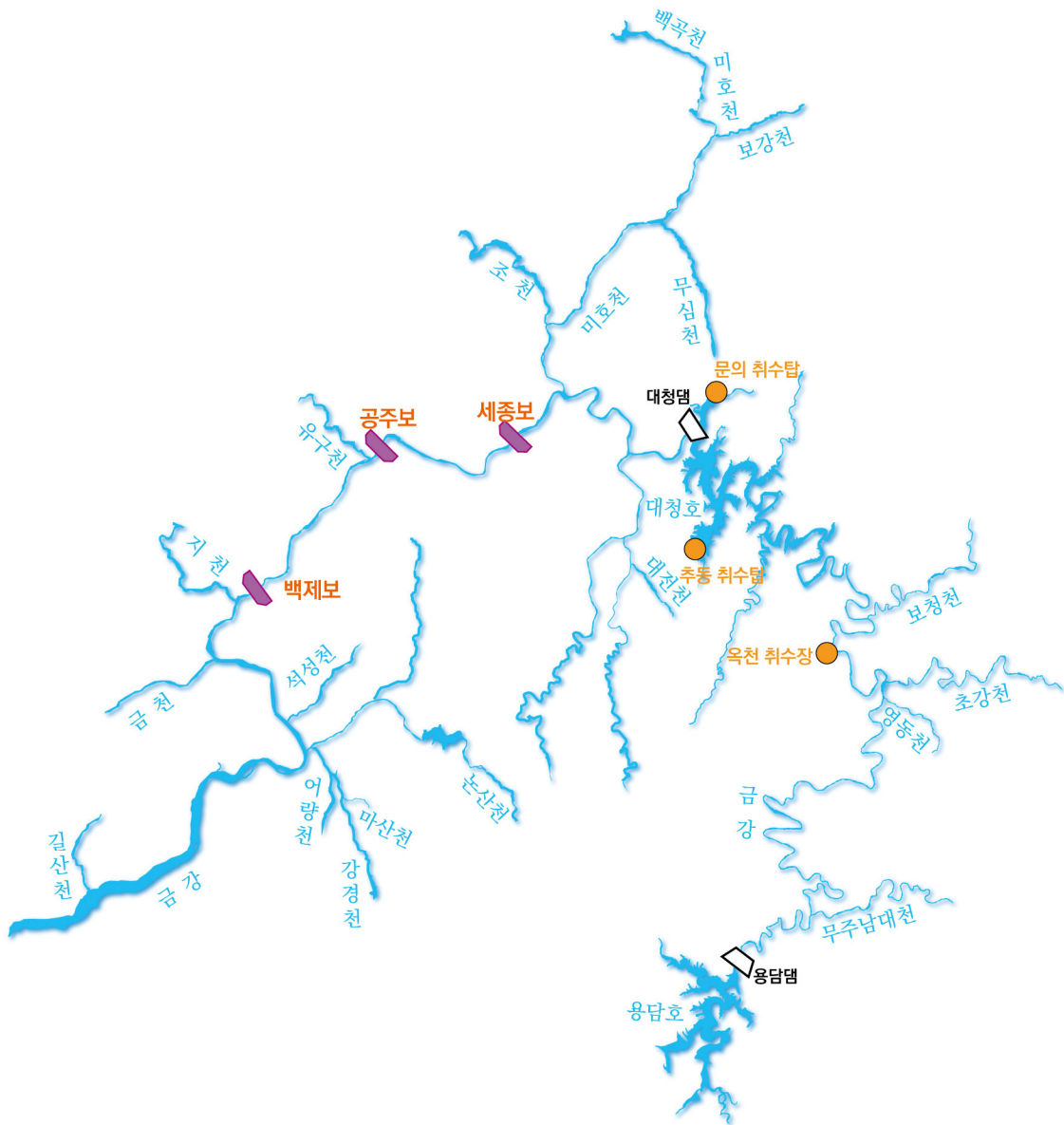
4대강 보 조류 발생을 사전에 예측하기 위하여 2012년부터 2019년까지 4대강 보 구간에 대하여 수질예보제를 운영하였으며, 2020년부터는 조류경보제 관찰지점으로 편입 하였다. 금강 수계는 세종보, 공주보, 백제보 등 3개 보를 조류경보제 관찰지점으로 운영하고 있다.

표 2-3-2 금강수계 조류경보제 관찰 지점

지 점	대표 채수 위치	관리기관
세종보	세종보 상류 1,100m 지점	금강유역환경청
공주보	공주보 상류 500m 지점	금강유역환경청
백제보	백제보 상류 500m 지점	금강유역환경청



금강 유역 현황도



2. 2023년 조류발생 현황

가. 총평

2023년 금강 수계의 조류발생 현황을 전체적으로 살펴보면, 대표적인 상수원인 대청호의 조류경보제 3개 운영지점 중 회남 지점은 56일간, 추동 지점은 98일간, 문의 지점은 112일간 조류경보가 발령되었으며, 용담호는 69일간 조류경보가 발령되었다.

대청호의 경우 2022년과 비교시 15일 일찍 경보가 발령되고 48일 늦게 해제되어 전년 대비 발령기간은 증가하였고, 지난 5여년간(‘18~’22) 평균 경보 발령일수(81일) 대비 31일 증가를 기록했다.<표 2-3-3 참조> 여름철 고수온기(7~9월)의 대청호 유해남조류 세포수는 최대 93,240 세포/mL(문의, 9.4.), 평균 15,858세포/mL(추동 11,086세포/mL, 문의 27,667세포/mL, 회남 4,696 세포/mL)로 대청호 남조류세포수 최대값과 평균값 모두 전년 대비 높았다.<표 2-3-14 참조>

용담호의 경우 지난 13년동안 조류경보 발령이 없었으나 2023년 장마기간 집중호우(6~7월, 848mm)로 다량의 영양물질(질소, 인 등)이 호내로 유입이후 폭염에 따른 수온상승(표층 31℃), 일조량 증가로 조류가 성장하기에 적합한 환경이 조성됨에 따라 조류 번식이 급증한 것으로 분석되었다. 2023년 조류경보 “관심”단계 발생일수는 58일, “경계”단계 발령은 11일로 조류경보 발령 일수는 총 69일이며, <표 2-3-4 참조> 여름철(7~9월)의 용담호 유해남조류 세포수는 최대 19,024세포/mL, 평균 10,995세포/mL이다.<표 2-3-7 참조>

조류경보제를 운영 중인 보령호는 조류경보가 발령되지 않았다.

표 2-3-3 2023년 금강수계 조류경보 발령 현황

지점		조류경보제		
		관심	경계	대발생
대청호 (112일)	회남(56일)	8.17.~10.12.(56일)	-	-
	추동(98일)	8.10.~9.13.(35일) 9.26.~11.16.(51일)	9.14.~9.25.(12일)	-
	문의(112일)	8.10.~8.23.(14일) 9.27.~11.30.(64일)	8.24.~9.26.(34일)	-
보령호		미발령		
용담호		8.10.~9.6.(28일) 9.18.~10.17.(30일)	9.7.~9.17.(11일)	

나. 주요 상수원 호소

○ 대청호 112일간 조류경보 발령

대청호는 길고 구불구불한 사행천과 만입부 형태를 가지고 있어 구조적으로 조류발생에 취약하다(평균 체류시간 199일). 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. 2023년의 경우에는 대청호 조류경보 운영지점 중 문의 지점과 추동 지점에서 8월 10일 ‘관심’ 단계가 처음 발령되었고, 8월 17일 회남 지점에서 추가로 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후, 8월 24일 문의 지점 조류경보 ‘경계’, 9월 14일 추동 지점 조류경보 ‘경계’ 단계로 격상되었다가 9월 25일 추동 지점, 10월 12일 회남 지점, 11월 30일 문의 지점순으로 조류경보가 해제되어 총 112일동안 조류경보가 발령(8.10.~11.30.)되었다.

2023년의 녹조 발생경향을 살펴보면 7월 집중강우, 8월 폭염 등의 영향으로 대청호 상류에 위치한 서화천 유역을 중심으로 녹조가 우선 증식하였고, 이후 강우 및 대청댐 방류에 의한 영향으로 대청호 하류에 위치한 경보제 지점으로 녹조가 이동·증식하였다.

7월 집중강우와 댐 방류로 유입된 오염원이 대청호 조류경보지점 3개 지점으로 이동 후 문의 지점과 추동 지점을 시작으로 회남 지점까지 조류경보 ‘관심’ 단계 발령, 대청호 조류경보 쉰 수역에 경보가 발령(문의 8.10, 추동 8.10, 회남 8.17)되었다. 8~9월 지속적인 폭염으로 인한 수온 증가로 문의 지점과 추동 지점은 조류경보 ‘경계’ 단계까지 격상(문의 8.24, 추동 9.14)되었으며, 이후 계절적인 기온변화로 조류경보 해제(회남 10.12, 추동 11.16, 문의 11.30)되었다.

○ 용담호 69일간 조류경보 발령

용담호는 홍수예방, 용수공급, 수력발전 등을 목적으로 2001년 완공된 다목적댐이며, 저수 용량 8억 1500만톤 규모로 전주, 익산, 군산, 김제 등에 농업용수, 공업용수, 생활용수를 공급한다. 용담호의 조류경보제는 2003년에 최초로 운영하였고, 현재 댐 앞과 취수탑 두 곳에 조류경보제를 운영하고 있다.

용담호 조류경보 발령은 2005년, 2006년, 2010년 발령 되었으며, 2023년은 13년만에 용담호 유역에 조류경보가 발령되었다. ‘23년의 경우에는 용담호 조류경보 운영지점에서 8월 10일 ‘관심’ 단계가 처음 발령되었고, 9월 7일에 ‘경계’ 단계로 격상 발령되었으며. 이후, ‘경계’ 단계에서 9월 18일에 ‘관심’ 단계로 하향되었으며, 10월 18일에 조류경보가 해제되어 총 69일동안 조류경보가 발령(8.10.~10.17.)되었다.

2023년의 녹조 발생경향을 살펴보면 장마기간 집중호우(6.25~7.25, 848mm)로 인한 다량의 영양물질이 용담호 내로 유입 이후 폭염에 따른 수온상승(표층 31℃), 일조량 증가로 인해 조류가 성장하기에 적합한 환경이 조성되었다.

또한 용담호 유역 3개 지자체(무주 진안 장수)는 농업지역이 많아 7월에 집중강우로 용담호 내로 유입된 오염원(가축분뇨 및 부유쓰레기)과 8월 폭염으로 인해 조류 번식이 폭발적으로 상승하여 8월10일 조류경보제 ‘관심’ 단계가 발령하였으며, 폭염이 지속됨에 따라 수온 증가로 9월 7일 조류경보 ‘경계’ 단계까지 격상 발령 이후, 계절적인 기온변화로 10월 18일 조류경보 해제 발령하였다.

표 2-3-4 연도별 대청호 조류발생 현황

(단위 :일)

연도	전체 발령기간 (중복제외)	회남		추동		문의	
		관심(주의보)	경계(경보)	관심(주의보)	경계(경보)	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	-
2022	49	42	-	21	-	14	-
2023	112	56	-	86	12	80	34

표 2-3-5 2023년도 대청호 월별(최대치) 조류발생 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
유해남조류 세포수 (세포/mL)	0	770 (문의)	760 (회남)	73,584 (문의)	94,208 (문의)	6,872 (문의)	4,498 (문의)	360 (문의)



2023년 8월초 대청호 문의 수역



2023년 8월초 대청호 추동 수역

○ 용담호 조류경보 13년만에 발령

용담호는 2003년 조류경보제가 도입된 이후, 2005년, 2006년, 2010년에 조류경보가 발령되었으며, 2022년까지 조류경보가 발령되지 않다가 2023년에 조류경보가 발령되었다.

표 2-3-6 연도별 용담호 조류발생 현황

(단위 : 일)

구분	2003~2004	2005	2006	2007~2009	2010	2011~2022	2023
발령일수	미발령	80	38	미발령	20	미발령	69

표 2-3-7 2023년도 용담호 월별(최대치) 조류발생 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
유해남조류 세포수 (세포/mL)	0	144	3,662	19,074	10,248	2,012	172	0



2023년 8월 용담호(담앞)



2023년 8월 용담호(취수탑)

○ 보령호 조류경보 미발령

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

표 2-3-8 연도별 보령호 조류발생 현황

(단위 : 일)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
발령일수	미발령	미발령	미발령	미발령	42	미발령	미발령	미발령	미발령	미발령	미발령

표 2-3-9 2023년도 보령호 월별(최대치) 조류발생 현황

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
유해남조류 세포수 (세포/mL)	0	286	340	664	216	328	298	0

다. 본류 3개 보 구간(조류경보제 관찰지점)

○ 작년 대비 유해남조류 세포수 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.

2023년 세종보(9.11, 9,150세포/mL), 공주보(9.11, 9,175세포/mL), 백제보(9.11, 14,280 세포/mL)는 9월에 연중 최대 유해남조류 세포수가 확인되었으며, 전년(2022년)도와 비교시 여름철 평균 유해남조류 세포수는 높게 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 2-3-10 2022~2023년 금강보 구간 여름철 녹조 발생 현황

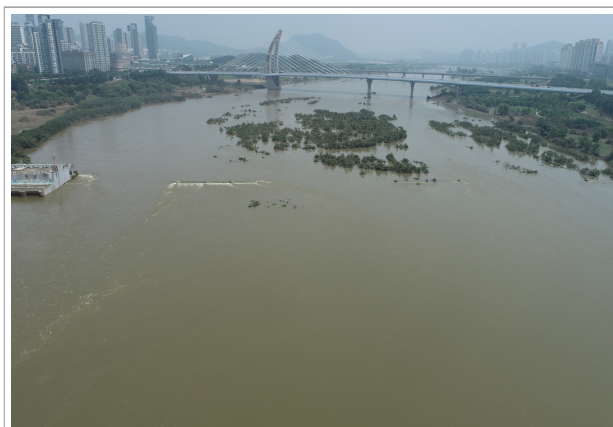
(단위 : 세포/mL)

구 분	2022년 여름철(7~9월)		2023년 여름철(7~9월)	
	평균 유해남조류 세포수	최대치	평균 유해남조류 세포수	최대치
세중보	1,002	3,770	1,430	9,150
공주보	1,688	4,600	2,549	9,175
백제보	2,487	7,380	3,012	14,280

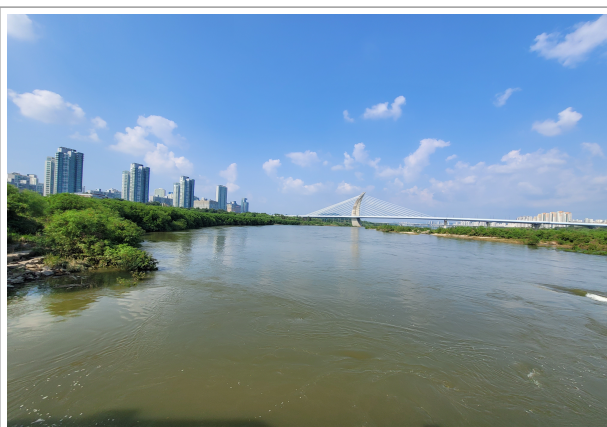
표 2-3-11 금강수계 보의 3~10월 주요 조류발생 현황

일자	세중보		공주보		백제보	
	클로로필-a (mg/m ³)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	클로로필-a (mg/m ³)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	클로로필-a (mg/m ³)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23/02/27	13.2	295	9.3	300	27.5	0
23/03/06	17.3	90	19.4	0	41.3	0
23/03/13	23.3	0	50.5	0	47.2	0
23/03/20	23.0	0	46.6	0	129.9	0
23/03/27	71.9	0	201.3	0	76.3	0
23/04/03	43.8	0	105.5	0	48.3	0
23/04/10	42.9	0	105.3	0	95.8	0
23/04/17	49.5	0	87.9	0	94.2	0
23/04/24	69.8	0	112.3	0	81.2	0
23/05/02	33.5	0	82.8	0	62.2	0
23/05/08	21.8	0	34.1	0	14.9	0
23/05/15	32.1	0	58.5	0	57.3	0
23/05/22	26.9	0	54.4	0	96.7	0
23/05/30	38.5	0	53.1	0	30.4	0
23/06/05	33.7	0	75.3	0	114.5	0
23/06/12	72.9	0	117.7	0	88.4	0
23/06/19	62.0	0	92.0	0	44.2	0
23/06/26	85.7	0	139.1	0	115.3	0
23/07/03	19.4	0	24.5	0	25.6	0
23/07/13	9.6	0	-	-	-	-

일자	세종보		공주보		백제보	
	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23/07/17	-	-	-	-	-	-
23/07/24	7.2	0	7.1	0	-	-
23/07/31	27.1	0	47.7	0	86.7	0
23/08/07	73.0	0	83.8	0	35.1	6,070
23/08/14	4.8	300	6.1	585	10.2	1,030
23/08/21	49.3	0	34.1	290	53.9	730
23/08/28	14.4	2,450	21.2	4,600	40.0	915
23/09/04	28.9	3,015	48.3	8,608	87.9	4,217
23/09/11	75.5	9,150	103.0	9,175	86.3	14,280
23/09/18	6.4	0	4.0	1,980	5.4	0
23/09/25	4.0	2,240	5.1	2,803	5.4	2,882
23/10/05	4.6	810	5.5	1,055	7.7	385
23/10/10	9.0	1,045	8.9	1,530	11.7	1010
23/10/16	24.9	20	44.6	160	61.9	3,330
23/10/23	10.1	0	32.3	660	43.3	2,625



세종보 전경(2023.7.20.)



세종보 전경(2023.8.14.)



공주보 전경(2023.7.19.)



공주보 전경(2023.8.14.)



백제보 전경(2023.7.20.)



백제보 전경(2023.8.14.)

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) 사행천 모양의 긴 형태를 가진다. 대청호 상류에서 흘러드는 강우유입수에는 오염물질이 많이 포함되어있는데 여름철 호내에 장기간 체류하면서 조류 발생 요인으로 작용한다.

2023년 대청호 유역의 총강우량은 1,710mm로 2013~2022년 연평균 강우량(1,089mm)의 157%로 매우 많은 강우량을 보였다(한국수자원공사). 2023년 연간 강우량 변화를 보면 1~6월 누적 강우량은 460mm로 매우 많았으며, 이후 하절기에도 강우가 집중되었고(7~9월, 1,072mm) 2022년에 비해(579mm) 매우 많았다. 수온 상승과 더불어 조류 성장에 필요한 영양염류(질소, 인)가 강우와 함께 유입되었고 유해남조류 발생이 증가하여 8월 초부터(8.10~8.23) 조류경보제 '관심' 단계가 발령되었고, 8월 중순부터 9월 말까지(8.24~9.27)는 '경계' 단계로 상향되었다. '경계' 단계가 해제가 된 후 11월 말까지(8.24~11.30) '관심' 단계가 유지되었다. 2023년 대청호 저수율은 5월 28일 최저(46.1%), 9월 22일 최고(85.5%)를 기록하였다.

그림 2-3-1 2023년 대청호의 강우, 저수율 변화와 조류경보제 발령 시기

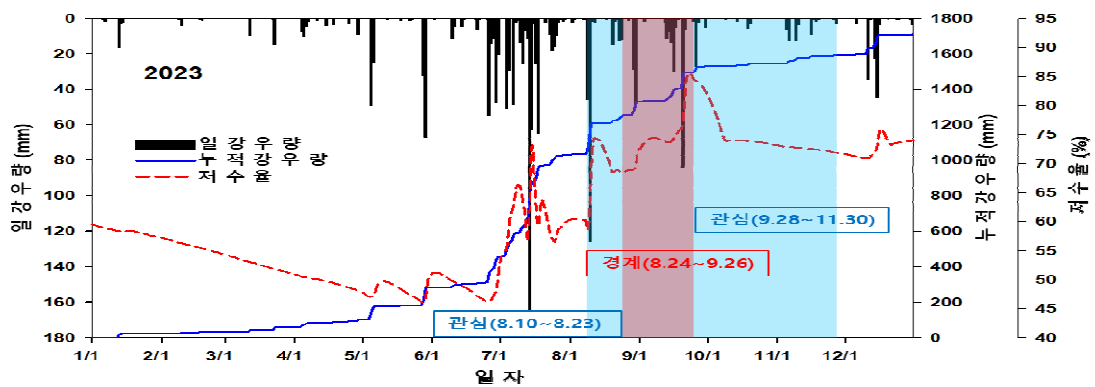
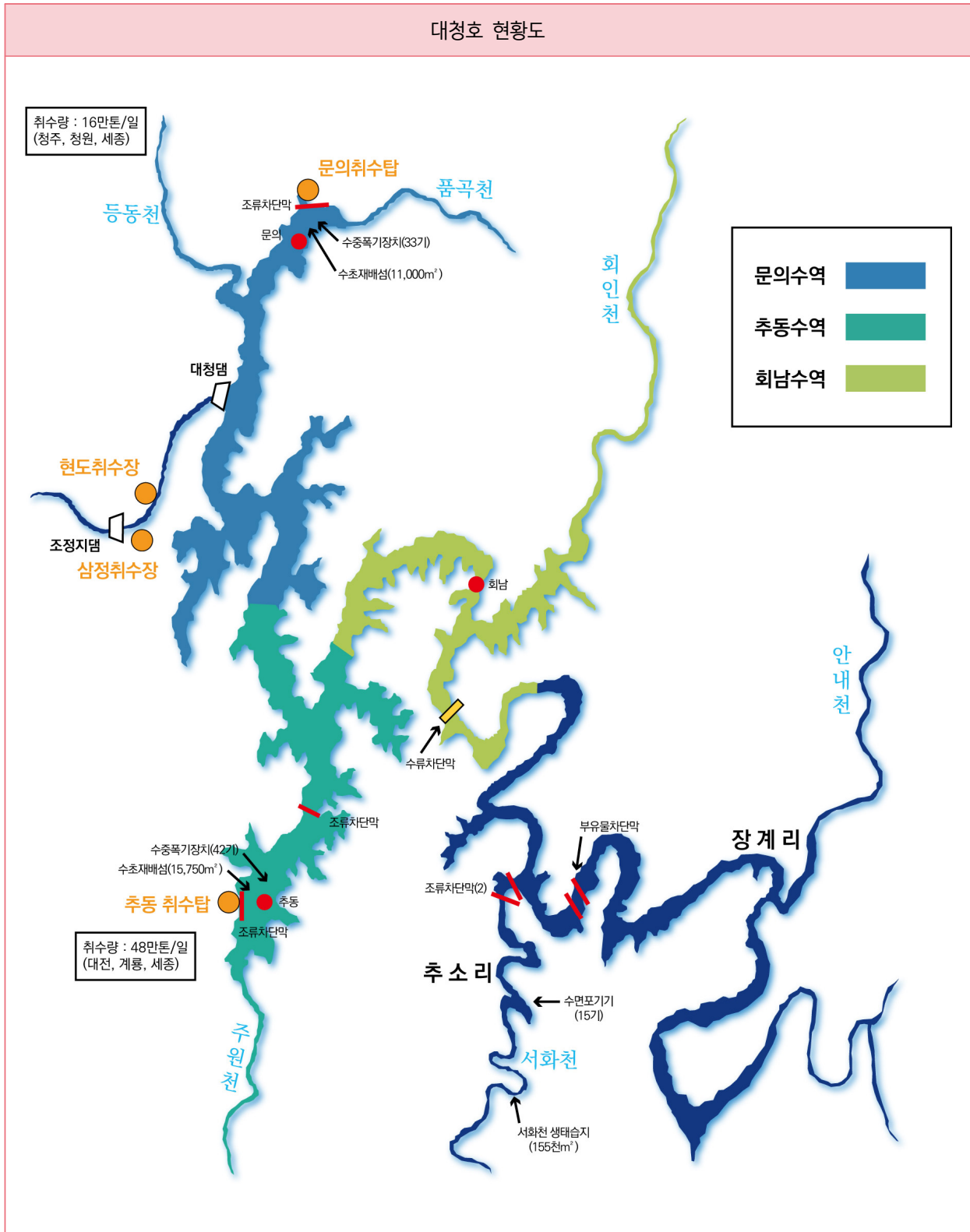


표 2-3-12 대청호 유역 평균 강우량

구분	2013~2022(A)	2023(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1,089	1,710	1.57

※ 출처 : 국가수자원관리종합정보시스템



● 수온 증가, 총인 농도 감소

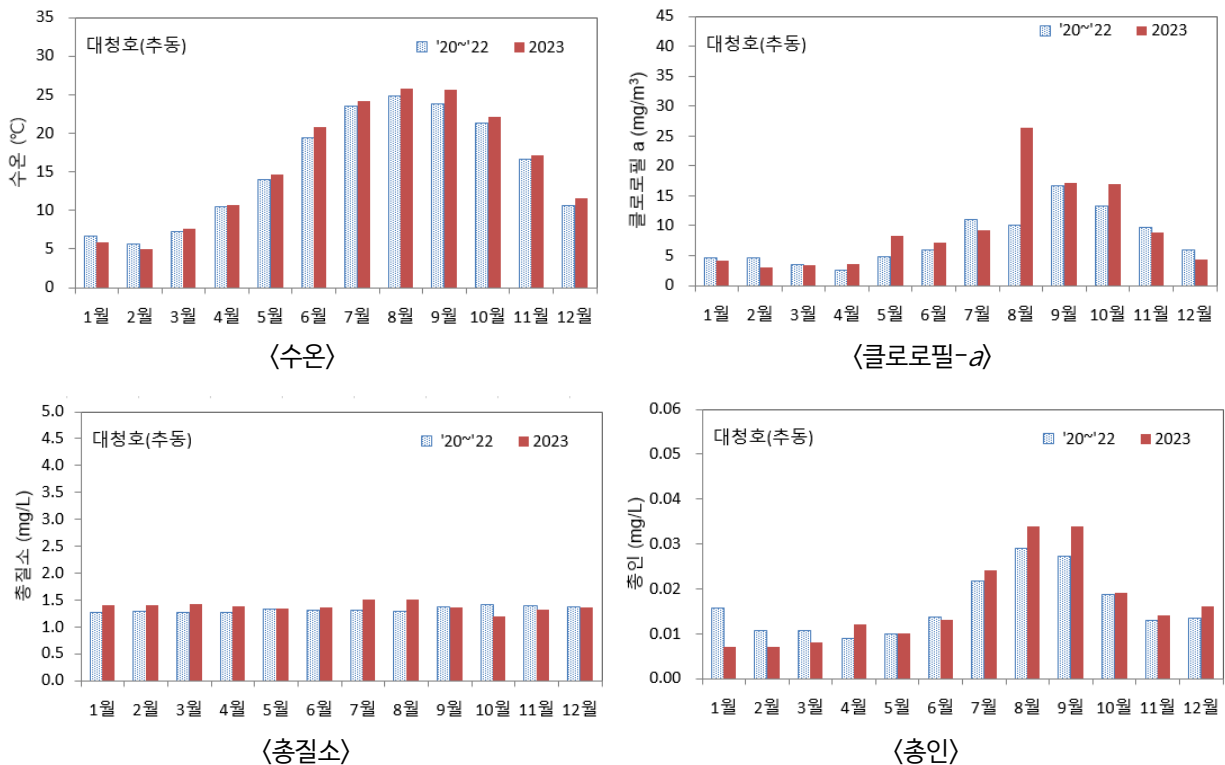
기상 및 수리·수문 조건에 따른 수질 변화 경향을 알아보기 위하여 대청호 조류경보제 3개 조사지점의 2020~2022년과 2023년 수질을 비교하였다. 대청호 추동 지점의 2023년 평균 수온은 2020~2022년보다 0.5℃ 증가하였다. 2023년 추동 지점의 클로로필-*a* 농도는 2020~2022년보다 1.7mg/m³ 증가하였고, 연평균 총질소 농도도 2020~2022년 평균보다 0.057mg/L 증가, 총인 농도 또한 2020~2022년에 비해 0.001mg/L 증가하였다.

표 2-3-13 대청호 추동지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	15.4	7.7	1.321	0.016
2023	15.9	9.4	1.378	0.017
증감	0.5(↑)	1.7(↑)	0.057(↑)	0.001(↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제(상중하 혼합 시료), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(표층 시료)

그림 2-3-2 대청호 추동지점 수온 및 수질 농도 변화



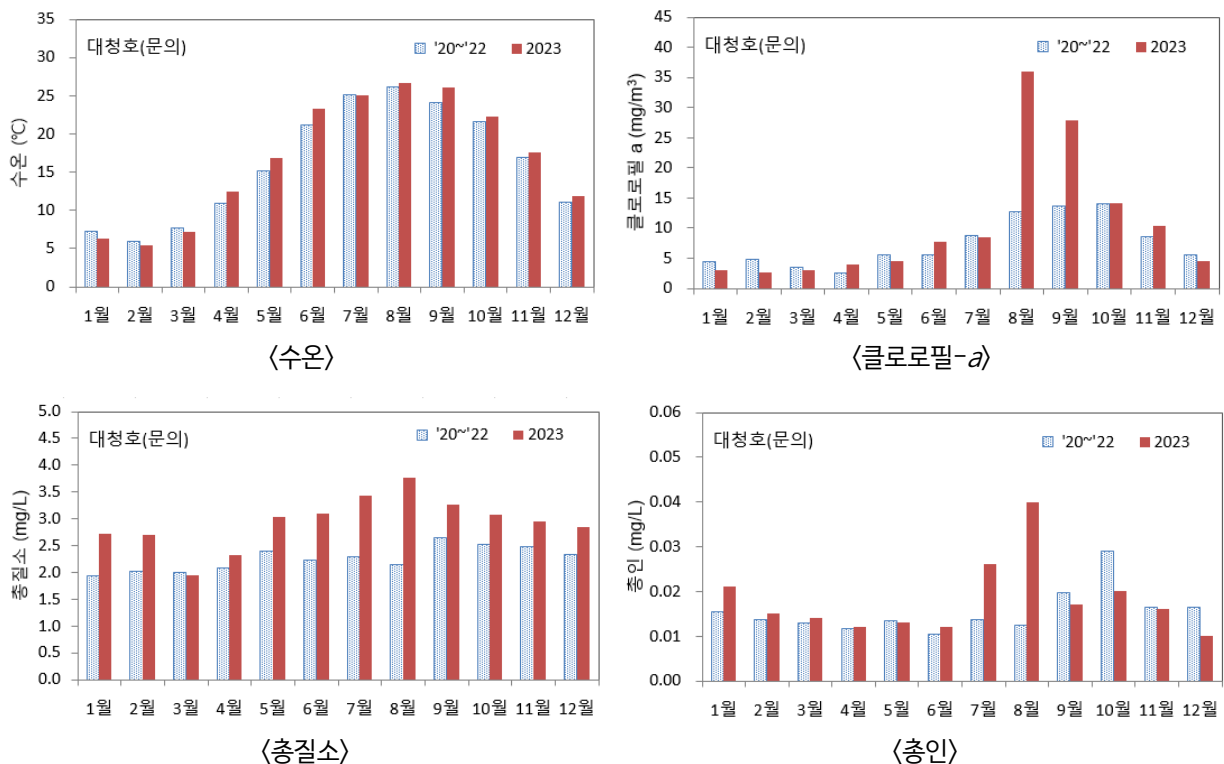
대청호 문의 지점의 2023년 평균 수온은 2020~2022년보다 0.6℃ 증가하였다. 2023년 문의 지점의 클로로필-*a* 농도는 2020~2022년보다 3.0mg/m³ 증가하였고, 연평균 총질소 농도도 2020~2022년 평균보다 0.671mg/L 증가, 총인 농도 또한 2020~2022년에 비해 0.003mg/L 증가하였다.

표 2-3-14 대청호 문의지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	16.1	7.5	2.256	0.015
2023	16.7	10.5	2.927	0.018
증감	0.6(↑)	3.0(↑)	0.671(↑)	0.003(↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제(상중하 혼합 시료), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(표층 시료)

그림 2-3-3 대청호 문의지점 수온 및 수질 농도 변화



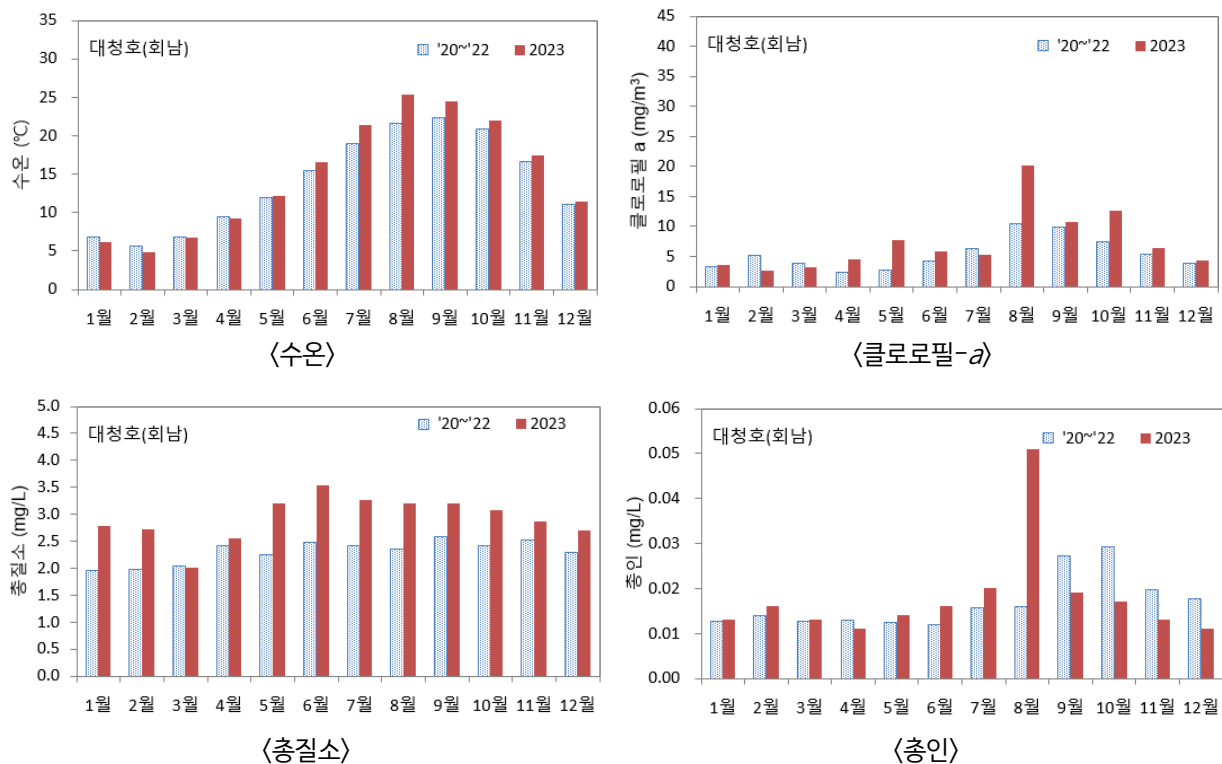
대청호 회남 지점의 2023년 평균 수온은 2020~2022년보다 0.9℃ 증가하였다. 2023년 회남 지점의 클로로필-*a* 농도는 2020~2022년보다 1.9mg/m³ 증가하였고, 연평균 총질소 또한 2020~2022년 평균보다 0.617mg/L 증가, 총인도 2020~2022년에 비해 0.001mg/L 증가하였다.

표 2-3-15 대청호 회남지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	13.9	5.4	2.310	0.017
2023	14.8	7.3	2.927	0.018
증감	0.9(↑)	1.9(↑)	0.617(↑)	0.001(↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제(상중하 혼합 시료), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(표층 시료)

그림 2-3-4 대청호 회남지점 수온 및 수질 농도 변화



대청호의 조류 발생은 대체로 하절기 수온 상승과 더불어 집중강우에 포함되어 호내로 유입되는 조류 성장에 필요한 영양염류(질소, 인)의 농도, 이동 및 정체되는 시기에 따라 조류가 발생하는 수역과 발생 정도가 결정된다. 2023년 대청호 유역의 총 강우량은 1,710mm로 최근 10년 평균

강우량(1,089mm)보다 많았고, 오랜 기간(5~9월) 지속되는 특징을 보였다 (5~9월, 1,428mm). 대청호 조류경보제 운영지점(문의, 회남, 추동)에서 유해남조류 세포수가 경보 기준(관심, 1천 세포/mL) 이상으로 출현한 경우는 지점별로 8~21회이며, 클로로필-*a* 농도가 15mg/m³를 초과하는 경우는 지점별로 8~14회로 조사되었다. 2023년 대청호에는 총 112일간 조류경보가 발령되었고, ‘관심’ 단계가 총 78일, ‘경계’ 단계가 총 34일 발령되었다. 지점별로는 3지점 중 하류에 위치한 추동과 문의지점에서 ‘관심’ 단계가 8월 10일 발령되었고, 이후 회남지점에서 8월 17일 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후 문의지점에서 8월 24일 ‘경계’ 단계로 상향되었고, 추동지점에서 9월 14일 ‘경계’ 단계로 상향되었다.

발령된 조류경보 ‘경계’ 단계는 9월 26일 추동지점에서 먼저 해제되었고 문의지점에서 9월 27일에 해제되었다. 이후 ‘관심’ 단계로 하향하여 지속되다가 ‘관심’ 단계는 10월 12일 회남지점에서 먼저 해제되었고, 추동지점은 11월 16일, 추동지점은 11월 30일에 해제되었다. 2023년 대청호의 조류경보제 발령은 문의지점에서 가장 길게 유지되었으며(8.10~11.30, 112일간), 유해남조류 세포수도 다른 지점에 비해 많았다(최대 94,208 세포/mL). 2023년 대청호의 강우량과 저수율 변화 그래프를 보면<그림 2-3-1> 5월부터 강우가 시작하였고 6~9월까지 강우량이 매우 많았으며, 10월 이후에는 강우가 적게 형성되었다. 2023년 대청호의 수위 변동은 6월 초까지 대체로 감소 추세를 보였고 5월 28일 연중 최저(46.7%)를 기록하였다. 7월 초에 발생한 집중강우에 따라 7월 중순까지 대청호의 수위가 급격히 상승하였고 이후 7월 말까지 감소하다가, 8월 초 이후에는 9월 말까지 다시 수위가 급격히 상승하다가 9월 23일에 연중 최대(85.5%)를 기록한 후 연말까지 서서히 하락하였다. 2023년 하반기 대청호의 총방류량 변화를 보면 7월 7일 이후 방류량이 급증하였고, 10월 10일 이후 방류량이 급감하였다(수자원공사 자료). 이에 따라 2023년에는 집중강우 시기에 매우 많은 강우량 및 방류량, 매우 긴 강우 기간에 의해 유입된 오염물질 때문에 발생한 유해남조류로 인해 대청호 하류에 위치한 추동과 문의 수역에서 오랜 기간 조류경보가 발령되었던 요인으로 작용한 것으로 판단 된다. 7월 초 이후에 강우 및 댐 방류량 증가에 맞물려 8월 초 이후 대청호 전 지점에서 유해남조류 발생이 증가하였는데, 예년에 비해 많은 강우량에 따라 유입된 영양염류(질소, 인 성분) 농도가 높아 예년에 비해 유해남조류의 발생량이 많았고 지속 기간도 매우 길었다. 2023년 9월 4일 94,208세포/mL로 유해남조류 개체수가 가장 높았던 문의지점의 우점종은 *Microcystis*로(93,240세포/mL), 그 외에 종은 소량 출현하였다(*Oscillatoria* 968 세포/mL). 시기별로 유해남조류 발생 현황을 보면, 6월 중순 이후에 모든 지점에서 *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*이 소량 출현하면서 유해남조류 발생이 시작되었다.

추동과 문의지점에는 7월 31일부터 ‘관심’ 기준(1천세포/mL) 이상의 유해남조류가 관찰되었고 (추동 4,106세포/mL, 문의 4,898세포/mL) 8월 7일 조사 결과(추동 4,676세포/mL, 문의 7,324 세포/mL) 2회 연속으로 ‘관심’ 기준 이상의 유해남조류가 출현함에 따라 8월 10일 추동과 문의지점에 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 회남지점에서는 8월 7일 조사 결과(4,580세포/mL) ‘관심’ 기준 이상의 유해남조류가 관찰되었고 8월 14일(6,372세포/mL) 2회 연속으로 ‘관심’ 기준 이상의 유해 남조류가 출현하여, 8월 17일 회남지점도 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후 문의지점에서 8월 14일(16,068세포/mL), 8월 21일(29,712세포/mL) 2회 연속으로 ‘경계’ 기준(1만 세포/mL) 이상의 유해남조류가 관찰되어 8월 24일 ‘경계’ 단계로 상향되었다. 추동지점에서는 9월 4일(38,812 세포/mL), 9월 11일(35,504세포/mL)에 2회 연속으로 ‘경계’ 기준 이상의 유해남조류가 관찰되어 9월 14일 ‘경계’ 단계로 상향되었다. 이후 추동 지점에서 9월 18일과 9월 21일에 2회 연속으로 유해남조류가 ‘경계’ 기준 이하로 관찰되어 9월 26일 추동지점에 발령된 ‘경계’ 단계가 ‘관심’ 단계로 하향되었다. 문의지점은 9월 21일과 9월 25일에 2회 연속으로 유해남조류가 ‘경계’ 기준 이하로 관찰되어 9월 27일 문의지점에 발령된 ‘경계’ 단계가 ‘관심’ 단계로 하향되었다. 이후 회남지점에서 10월 4일과 10월 10일에 2회 연속 유해남조류 세포수가 ‘관심’ 기준 이하로 분석됨에 따라 10월 12일 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 추동 지점은 11월 6일, 11월 13일 2회 연속 유해남조류 세포수가 ‘관심’ 기준 이하로 분석됨에 따라 11월 16일 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 문의지점은 11월 20일과 11월 27일에 2회 연속 유해남조류 세포수가 ‘관심’ 기준 이하로 분석됨에 따라 11월 30일 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 2023년 대청호 조류경보제 운영지점인 회남, 추동, 문의, 3지점에는 조류경보제 관리 대상 유해남조류 4속(*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*)이 모두 출현하였다.

표 2-3-16 대청호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

채수위치	최초 관심 기준 초과 세포수(일자)				최대 세포수				여름철(7~8월) 평균 세포수				
	2020년	2021년	2022년	2023년	2020년	2021년	2022년	2023년	2020년	2021년	2022년	2023년	
대청호	추동	2,376 (8.24)	2,348 (8.30)	3,944 (9.13)	4,106 (7.31)	9,138 (9.28)	3,124 (9.23)	4,062 (9.19)	38,812 (9.4)	856	673	434	4,268
	문의	2,392 (8.04)	3,714 (8.02)	4,060 (9.5)	4,898 (7.31)	31,780 (10.07)	7,866 (8.09)	4,360 (9.13)	94,208 (9.4)	3,506	2,353	193	18,116
	회남	3,134 (7.27)	1,940 (9.23)	3,412 (8.16)	4,580 (8.7)	8,934 (8.04)	1,940 (9.23)	139,682 (8.22)	12,408 (8.28)	2,701	411	16,757	4,261

나. 용담호

● 여름철 강우 이후 용담호 ‘관심’ 단계 발령

용담호는 2001년에 조성된 인공호수로 금강 본류의 대청호 상류에 위치하고 있으며 유역면적은 930km²에 달한다. 최근 기상이변에 따른 강우패턴의 변화로 여름철 집중 폭우가 증가하며 용담호 상류에서 다량의 오염물질 유입되어 조류 발생 요인으로 작용하고 있다.

2023년 용담호 유역의 총강우량은 2,029mm로 최근 10년간(2013~2022년) 연평균 강우량(1,289mm)의 157%로 큰 폭의 증가를 나타냈다.(한국수자원공사). 2023년 연간 강우량 변화를 보면 1~6월 누적 강우량은 611mm로 예년대비(438mm) 소폭 증가하였고, 이후 하절기 강우가 보다 집중되며(7~9월, 1,153mm) 2022년에 비해(474mm) 급격한 증가를 보였다. 7월부터 수온 상승과 더불어 조류 성장에 필요한 영양염류(질소, 인)가 강우와 함께 유입되었고 유해남조류 발생이 증가하여 8월부터 69일간 조류경보제 ‘관심(8.10~10.17)’ 및 ‘경계(9.7~9.17)’ 단계가 발령되었다. 2023년 용담호 저수율은 5월 4일 최저(31.2%), 7월 18일 최고(84.2%)를 기록하였다.

그림 2-3-5 2023년 용담호의 강우, 저수율 변화와 조류경보제 발령 시기

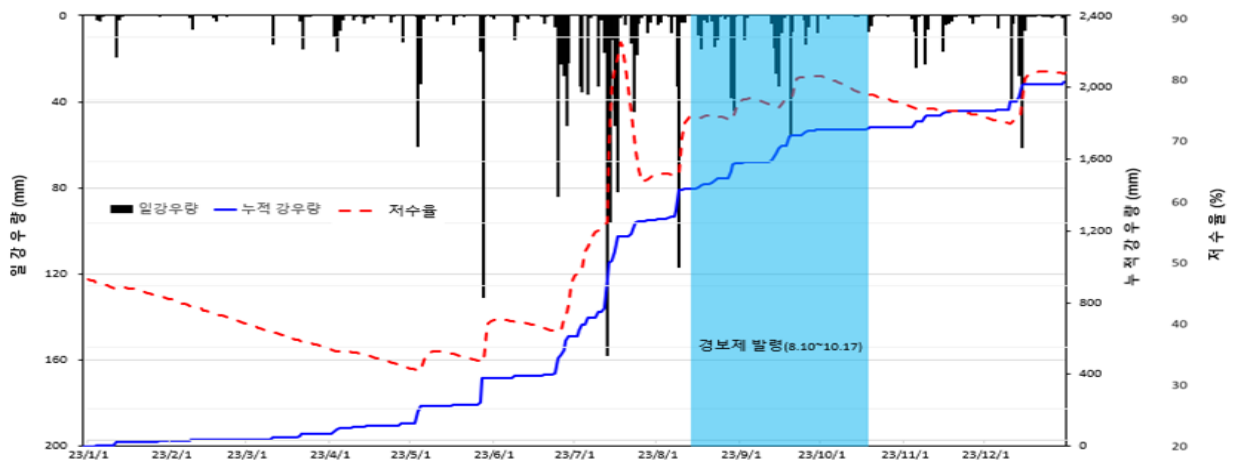


표 2-3-17 용담댐 유역 평균 강우량

구분	2013~2022(A)	2023(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1,289	2,029	1.57

※ 출처 : 국가수자원관리종합정보시스템

용담호 현황도



○ 수온 증가, 총인 농도 감소

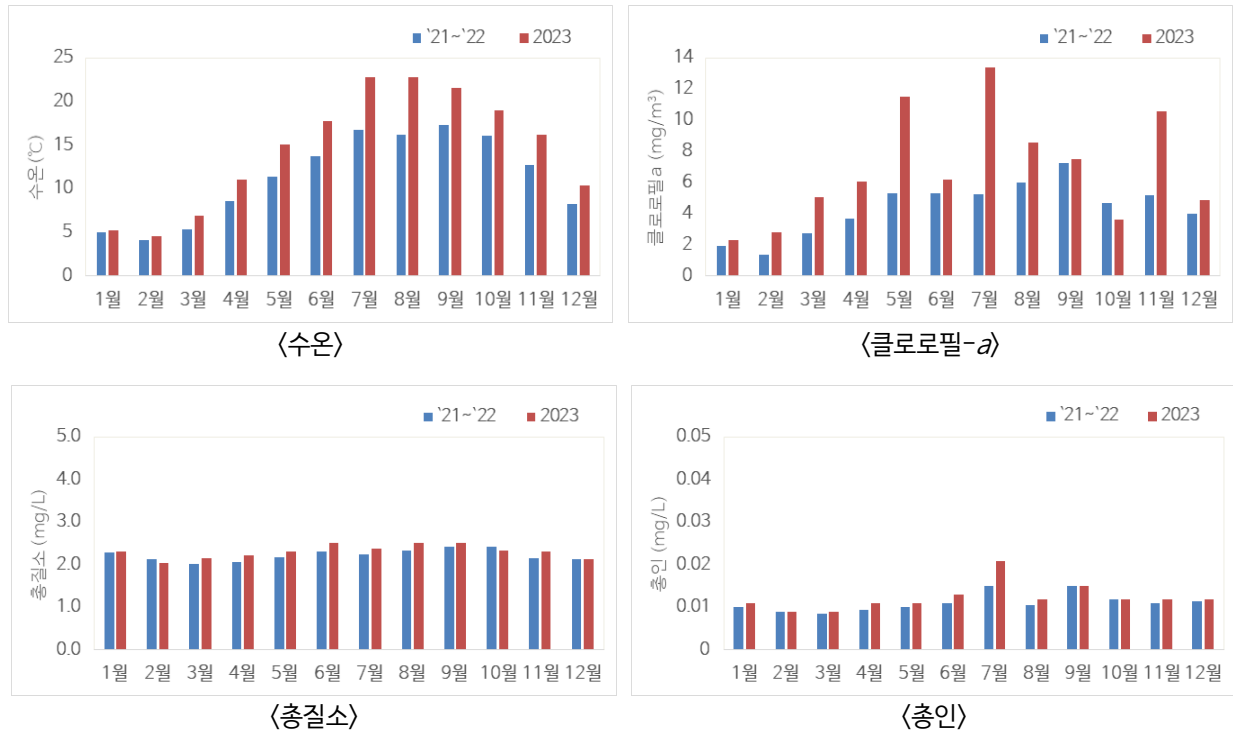
기상 및 수리·수문 조건에 따른 수질 변화 경향을 알아보기 위하여 용담호 조류경보제 2개 조사지점의 2021~2022년과 2023년 수질을 비교하였다. 용담호 취수탑 지점의 2023년 평균 수온은 2021~2022년 평균치 대비 3.2℃나 상승하였으며 하절기(7~9월) 수온 또한 2021~2022년 평균에 비해 높았다(2023년 22.8℃, 2021~2022년 16.7℃). 2023년 취수탑 지점의 클로로필-*a* 농도는 2021~2022년 보다 2.5mg/m³ 감소하였고, 연평균 총질소는 2021~2022년 평균보다 0.085mg/L 증가, 총인은 2021~2022년에 비해 0.001mg/L 증가하였다.

표 2-3-18 용담호 취수탑 지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2021~2022	11.3	6.9	2.228	0.011
2023	14.5	4.4	2.314	0.012
증감	3.2(↑)	2.5(↓)	0.085(↑)	0.001(↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제(상중하 혼합 시료), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(표층 시료)

그림 2-3-6 용담호 취수탑 지점 수온 및 수질 농도 변화



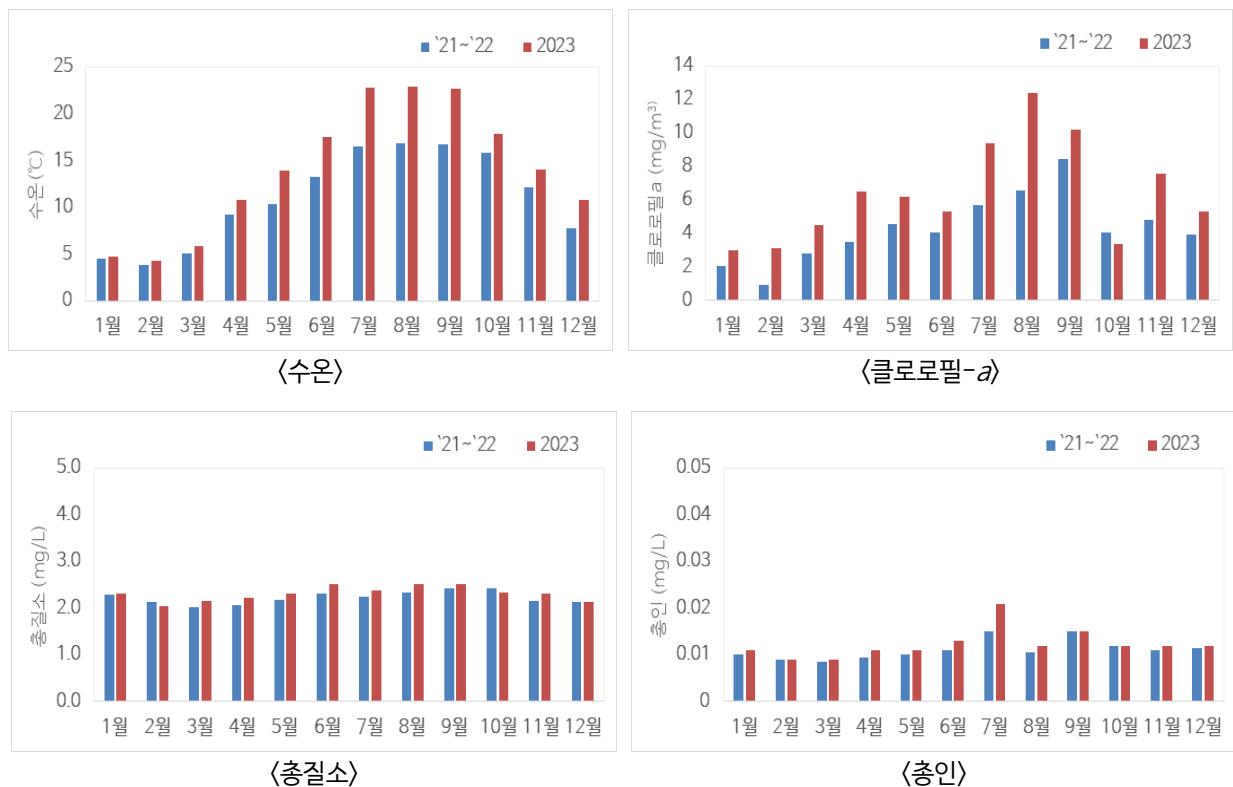
용담호 댐앞 지점의 2023년 평균 수온은 2021~2022년 보다 3.0℃ 높았고, 하절기(7~9월) 수온도 2021~2022년 평균에 5.6℃나 높게 형성되었다. 댐앞 지점의 2023년 연평균 클로로필-a 농도는 2021~2022년 평균보다 2.1mg/m³ 높았고, 총질소 농도는 2021~2022년 평균보다 0.085mg/L 증가, 총인 농도는 0.001mg/L 증가한 것으로 분석되었다.

표 2-3-19 용담호 댐앞 지점 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2021~2022	11.1	4.3	2.228	0.011
2023	14.1	6.4	2.314	0.012
증감	3.0(↑)	2.1(↑)	0.085(↑)	0.001(↑)

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

그림 2-3-7 용담호 댐앞 지점 수온 및 수질 농도 변화



용담호는 그간 TOC 기준으로 매우좋음 등급(Ia)의 안정적 수질상태를 유지하며 조류가 발생하지 않았으나 2023년 이례적 집중강우로 인해 조류 성장에 필요한 영양염류(질소, 인)가 호내로 다량 유입되고 하절기 수온이 급격히 상승하며 조류 발생 환경이 조성되었다. 2023년 용담호 유역의 총 강우량은 2,029mm로 최근 10년 평균 강우량(1,289mm)보다 크게 증가하였고, 하절기에 강우가 집중되는 특징과 함께(7~9월, 1,153mm) 하절기 외 기간에도 예년에 비해 강우량이 증가하는 양상을 나타냈다. 용담호 조류경보제 운영지점(취수탑, 댐앞)에서 유해남조류 세포수가 경보 기준(관심, 1천 세포/mL) 이상으로 출현한 경우는 지점별로 12회이며, 클로로필-*a* 농도가 15mg/m³를 초과하는 경우는 지점별로 각 4회로 조사되었다. 2023년 용담호에는 총 69일간 조류경보 “관심” 및 ‘경계’ 단계가 발령되었다. ‘관심’ 단계는 8월 10일에 최초 발령되어 9월 6일까지 지속되다가 ‘경계’ 단계로 조정 발령(9.7~9.17) 이후 9월 18일부터 다시 ‘관심’ 단계가 발령되며 10월 17일 해제시 까지 총 58일간 발령되었다. ‘경계’ 단계는 9월 7일부터 9월 17일까지 11일간 발령되었다. 2023년 용담호의 지점별 유해남조류 세포수는 유사한 발생정도를 나타내었으며 최대발생은 취수탑 지점으로 댐앞 지점보다 많았다.(취수탑 최대 19,074세포/mL, 댐앞 최대 14,434 세포/mL) 2023년 용담호의 강우량은 예년대비 크게 증가하였다. 저수율 변화 그래프를 보면<그림 2-3-1> 7월 이전까지 강우량이 예년보다 많았고, 7~9월에는 더욱 큰 폭으로 강우량이 증가하였으며, 10월 이후에도 예년대비 강우량이 증가하였다. 2023년 용담호의 수위 변동은 5월 초까지 대체로 감소 추세를 보였고 5월 4일 연중 최저(31.2%)를 기록하였다. 5월부터 발생한 강우에 따라 용담호의 수위가 상승하기 시작하였고 이후 6월 말까지 등락을 반복하다 7월 초부터 급격히 상승하여 7월 18일에 연중 최대(84.2%)를 기록한 후 연말까지 고 수위를 유지하였다(12.31, 79.3%). 2023년 하반기 용담호의 총방류량 변화를 보면 7월 14일 이후 방류량이 급증하였고, 7월 28일 이후 방류량이 급감하였다(수자원공사 자료). 이에 따라 집중강우 시기에 유입된 오염물질이 댐 방류 기간과 맞물려 용담호 내로 집중 유입되어 댐앞 지점 및 취수탑 지점의 동시 다발적인 조류 발생 요인으로 작용한 것으로 판단된다.

2023년 8월 30일 19,074세포/mL로 유해남조류개체수가 가장 높았던 취수탑 지점의 우점종은 *Microcystis*로(17,366세포/mL), 그 외 종은 소량 출현하였다(*Anabaena* 1,476세포/mL, *Aphanizomenon* 212 세포/mL, *Oscillatoria* 20 세포/mL). 시기별로 유해남조류 발생 현황을 보면, 6월초부터 댐앞 및 취수탑 지점에서 동시에 *Aphanizomenon*이 소량 출현하면서 유해남조류 발생이 시작되었다.

댐앞 지점은 7월말부터 ‘관심’ 단계 기준 이상의 유해남조류가 관찰되었고(7.31, 3,662세포/mL) 8월 9일 조사 결과(1,842세포/mL) 2회 연속으로 ‘관심’ 단계 기준 이상의 유해남조류가 출현함에 따라 8월 10일 댐앞 지점에 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후 댐앞 지점에는 10월 10일, 10월 16일 2회 연속으로 유해남조류가 ‘관심’ 기준(1천 세포/mL) 이하로 관찰되어 10월 18일 댐앞 지점에 발령된 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 취수탑 지점은 8월 2일(2,166세포/mL)에 최초 ‘관심’ 기준 이상의 유해남조류가 관찰되었고, 8월 9일(3,308세포/mL)에 2회 연속으로 ‘관심’ 기준을 초과함에 따라 8월 10일 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 8월 30일부터는 1만 세포/mL 이상의 유해남조류가 2회 연속 출현하며(8월28일, 19,074/9월4일, 10,248) ‘경계’ 단계가 발령되었고 이후 10월 10일, 10월 16일 2회 연속으로 유해남조류 세포수가 ‘관심’ 기준 이하로 분석됨에 따라 10월 18일 취수탑 지점 ‘관심’ 단계가 해제되었다. 2023년 용담호 조류경보제 운영지점인 댐앞, 취수탑 2 지점에는 조류경보제 관리 대상 유해남조류 4속(*Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*)이 모두 출현하였다.

표 2-3-20 용담호 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

채수위치		최초 관심 기준 초과 세포수(일자)			최대 세포수			여름철(7~8월) 평균 세포수		
		2021년	2022년	2023년	2021년	2022년	2023년	2021년	2022년	2023년
용담호	댐앞	-	-	3,662 (8.2)	752 (8.11)	932 (8.10)	14,434 (8.28)	254	231	3,621
	취수탑	-	-	2,166 (8.16)	666 (8.11)	250 (9.28)	19,074 (8.28)	216	102	4,807

다. 본류 3개 보 구간

● 평균기온 및 강수량 증가, 일사합 및 일조시간은 감소

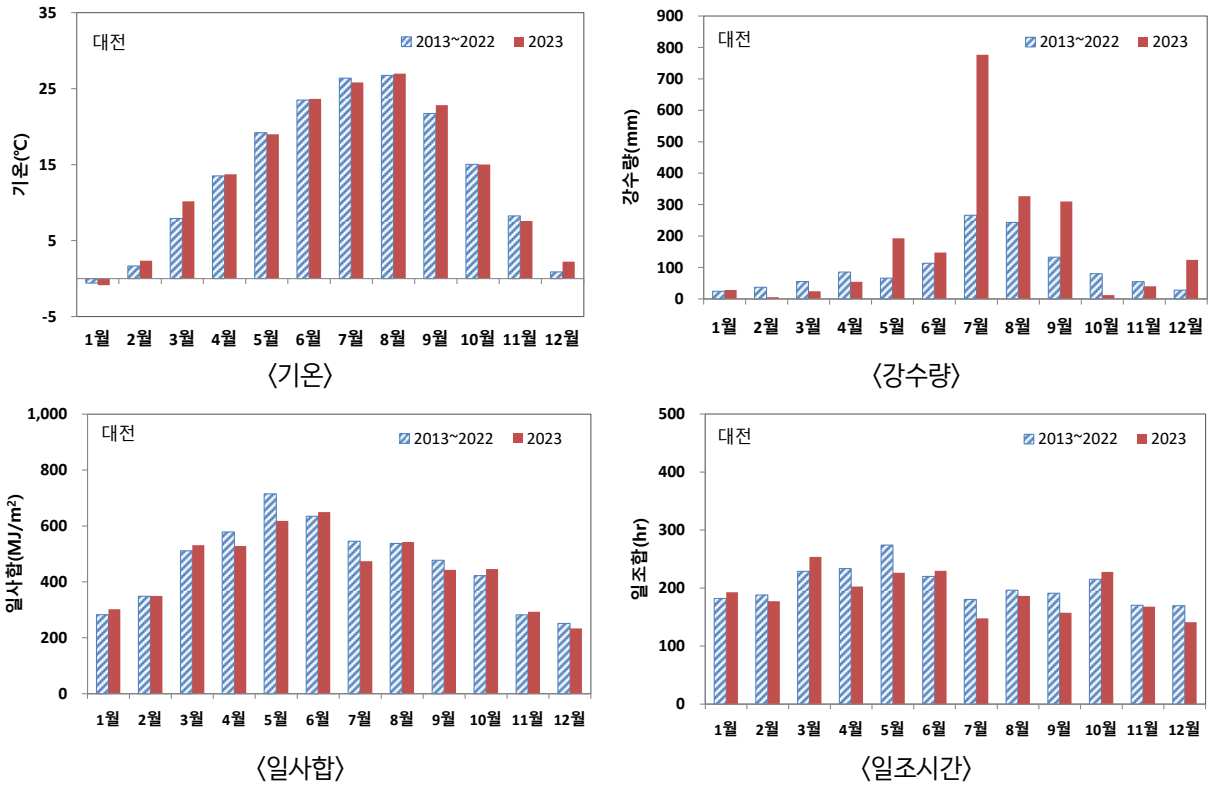
금강 본류의 보 구간 조류 발생 경향은 대청댐 방류량과 본류로 유입되는 주요 지천인 갑천과 미호천의 유량 및 수질 변화에 큰 영향을 받는다. 3개 보 지점 중 가장 상류에 위치한 세종보의 클로로필-*a* 농도는 갑천과 미호천의 수질과 높은 상관관계를 보이며, 대청조정지댐 방류량(발전 방류량과 수문방류량의 합)은 보 수역의 클로로필-*a* 농도 변화에 영향을 미친다. 또한 금강 본류의 조류 발생양상은 봄철 클로로필-*a* 농도가 증가되고, 여름철(7~9월)에는 남조류가 증가하는 반면 가을철에는 규조류가 다시 증가하는 특징을 보여주고 있다.

금강 본류의 조류 발생에 영향을 미치는 기상, 수리·수문, 수질 등에 관한 조사는 금강 수계의 기상 특성을 반영하는 대전지방기상청의 자료를 이용하였다. 기상 요소는 기온, 강수량, 일사합 및 일조시간을 통해 2013~2022년의 과거 10년 평균과 2023년의 값을 비교하여 <표 2-3-15> 및 <그림 2-3-5>에 제시하였다. 각 기상 요소별 분석 결과, 과거 10년 대비 평균 기온은 약 0.4℃ 증가하였으며 월 평균 기온은 과거 10년 월평균 대비 비슷한 양상을 보였다. 연강수량은 2023년에 2,042.5mm로 과거 10년(1,186.9mm) 대비 크게 증가하였고, 7월에 776.3mm로 예년 동월 대비 3배 증가하였다. 일사합과 일조시간의 경우는 과거 대비 다소 감소하였고, 일사합의 연간 합계는 과거 10년간 대비 174.8MJ/m², 일조시간은 연간 139.1시간 감소하였다.

표 2-3-21 대전지방기상청 기상 요소별 현황

기간	평균기온(℃)	강수량(mm)	일사합(MJ/m ²)	일조시간(hr)
2013~2022	13.7	1,186.9	5,584.8	2,449.0
2023	14.1	2,042.5	5,410.0	2,309.9
증감	0.4 (↑)	855.6 (↑)	174.8 (↓)	139.1 (↓)

그림 2-3-8 대전지방기상청 기상 요소별 월평균 값



○ 강수량과 방류량 변동에 따른 체류시간 변화

강수량은 7월 집중강우로 인하여 과거 10년 대비 855.6mm 증가한 2,042.5mm를 기록하였고, 또한 대청조정지댐 월평균 방류량도(발전방류량과 수문방류량의 합) 7월부터 8월까지 전년대비 크게 증가하여 백제보의 7월 체류시간이 크게 감소하였다.

세종보, 공주보, 백제보의 연평균 체류시간은 각각 0.2일, 0.9일, 2.7일로 전년(0.2, 0.6, 2.6일) 대비 비슷하거나 소폭 증가하였다.

그림 2-3-9 대청조정지댐 월평균 방류량(2014년~2023년)

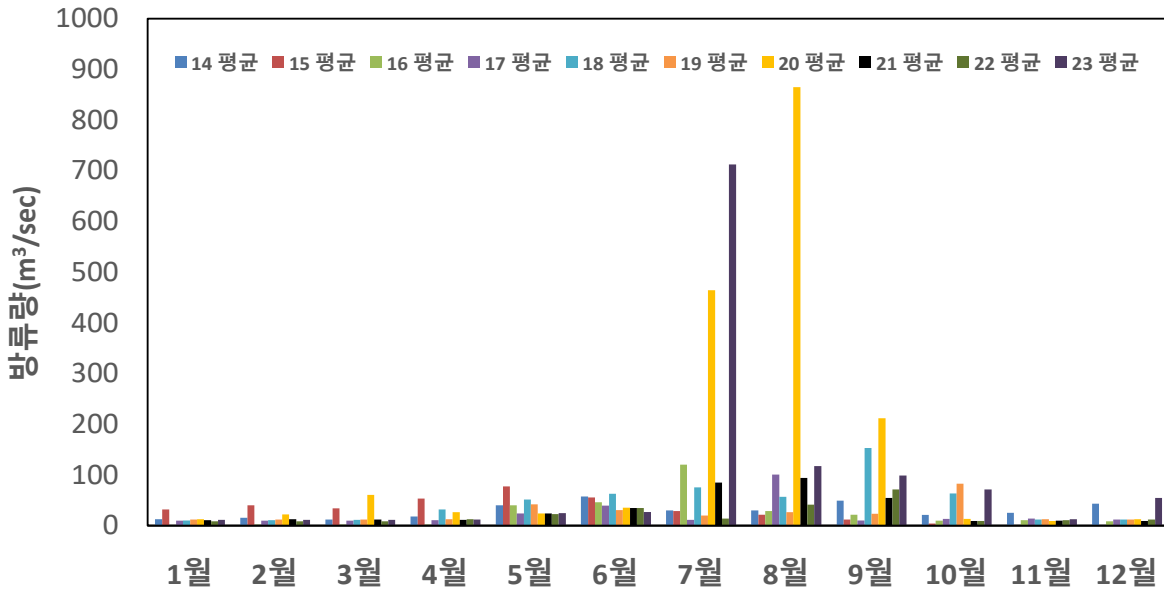


표 2-3-22 금강수계 보 구간 월평균 체류시간 비교(2016~2023년)

(단위 : 일)

보원	세종보							공주보							백제보									
	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
1	2.9	2.0	0.5	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	5.9	4.5	3.5	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	9.4	6.3	6.2	7.1	4.8	4.3	3.5	3.8
2	2.5	1.3	0.5	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	5.2	3.9	2.0	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	7.9	4.9	6.6	6.7	5.2	4.4	2.4	4.4
3	2.2	1.5	0.3	0.4	0.1	0.2	0.2	0.3	4.8	4.9	0.4	0.8	0.3	0.5	0.6	0.6	7.6	6.7	3.3	7.0	2.8	3.6	1.9	4.9
4	1.3	1.8	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	2.6	4.2	0.4	0.7	0.5	0.4	0.6	0.6	3.3	5.6	2.7	6.5	5.7	3.0	3.4	4.3
5	0.8	1.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.9	3.8	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	2.5	5.2	2.4	4.2	5.0	2.0	1.7	2.4
6	0.8	1.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.1	3.0	0.5	0.5	0.3	0.4	0.9	0.4	2.9	3.7	2.8	4.4	2.5	1.2	2.6	2.4
7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.5	0.5	0.5	0.4	0.1	0.3	0.4	0.1	0.7	0.8	3.0	3.1	0.4	0.7	2.2	0.4
8	1.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.6	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	3.4	0.8	4.1	1.7	0.3	0.8	1.1	1.0
9	1.0	0.9	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	2.5	2.3	1.1	0.8	0.2	0.5	0.6	0.5	3.2	2.8	1.5	1.0	0.7	0.7	1.7	1.1
10	1.2	1.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2.8	3.8	0.3	0.5	0.4	0.8	0.9	1.8	3.8	4.9	1.4	2.5	2.6	1.2	2.7	2.0
11	1.1	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	3.8	4.2	0.6	0.6	0.4	0.6	0.5	3.3	5.5	3.6	9.7	5.3	3.7	1.4	3.7	3.0
12	1.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	3.6	4.2	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	1.1	4.6	3.4	5.3	6.2	4.2	2.3	3.8	2.3

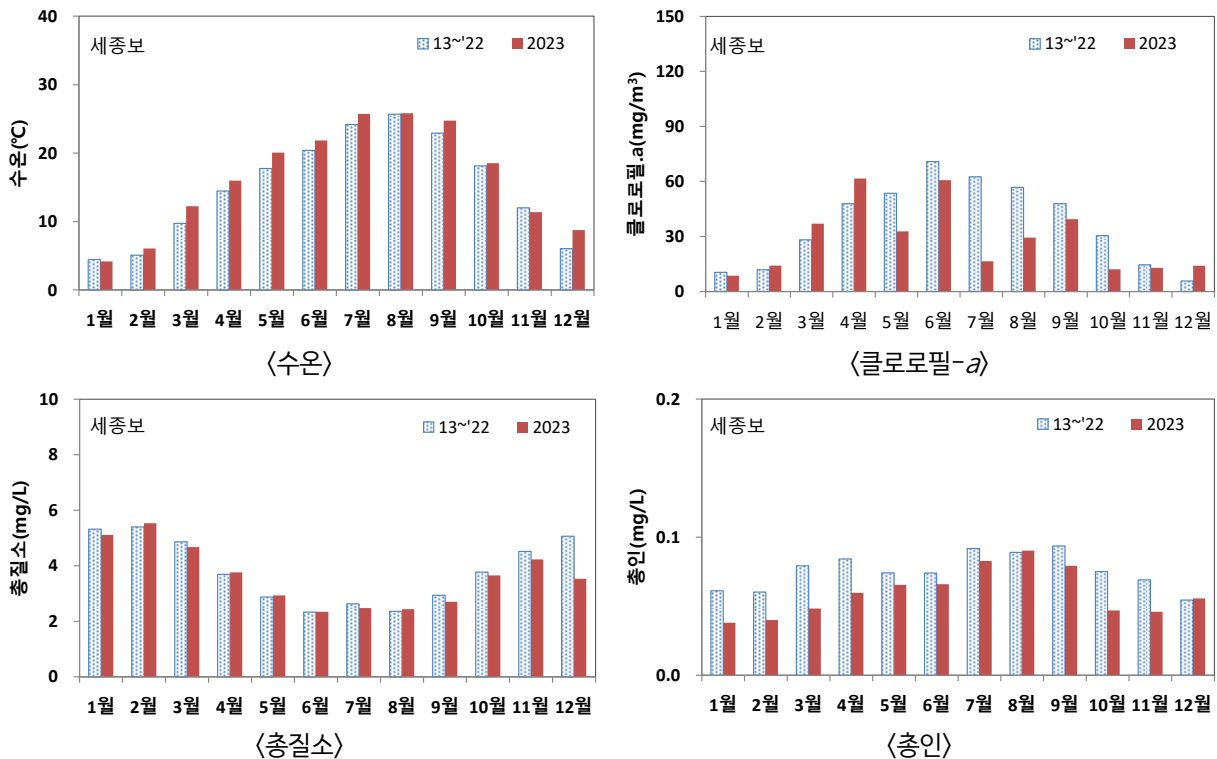
○ 세종보: 평균 수온 증가, 클로로필-*a*와 총질소 및 총인 농도는 감소

기상 및 수리·수문 조건에 따른 수질 변화 경향을 분석하고자 예년(2013~2022년)과 2023년의 값을 비교하였다. 세종보의 수온은 예년 대비 1.3℃ 증가하였다. 클로로필-*a*의 연평균 농도는 예년 대비 9.6mg/m³ 감소하였고 전반적으로 예년과 유사한 경향을 보였지만, 여름철에 집중강우로 인해 감소된 양상을 보였다. 총질소는 전형적인 계절변화 경향을 나타내며 월별 증감 양상을 보였으나, 예년 대비 대체로 감소하였다. 총인의 경우도 예년대비 전반적으로 감소된 양상을 보였고, 그 결과 연평균 농도도 감소하였다.

표 2-3-23 세종보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	15.3	37.9	3.791	0.079
2023	16.6	28.4	3.612	0.060
증감	1.3 (↑)	9.6 (↓)	0.179 (↓)	0.016 (↓)

그림 2-3-10 금강 세종보 지점 수온 및 수질 농도 변화



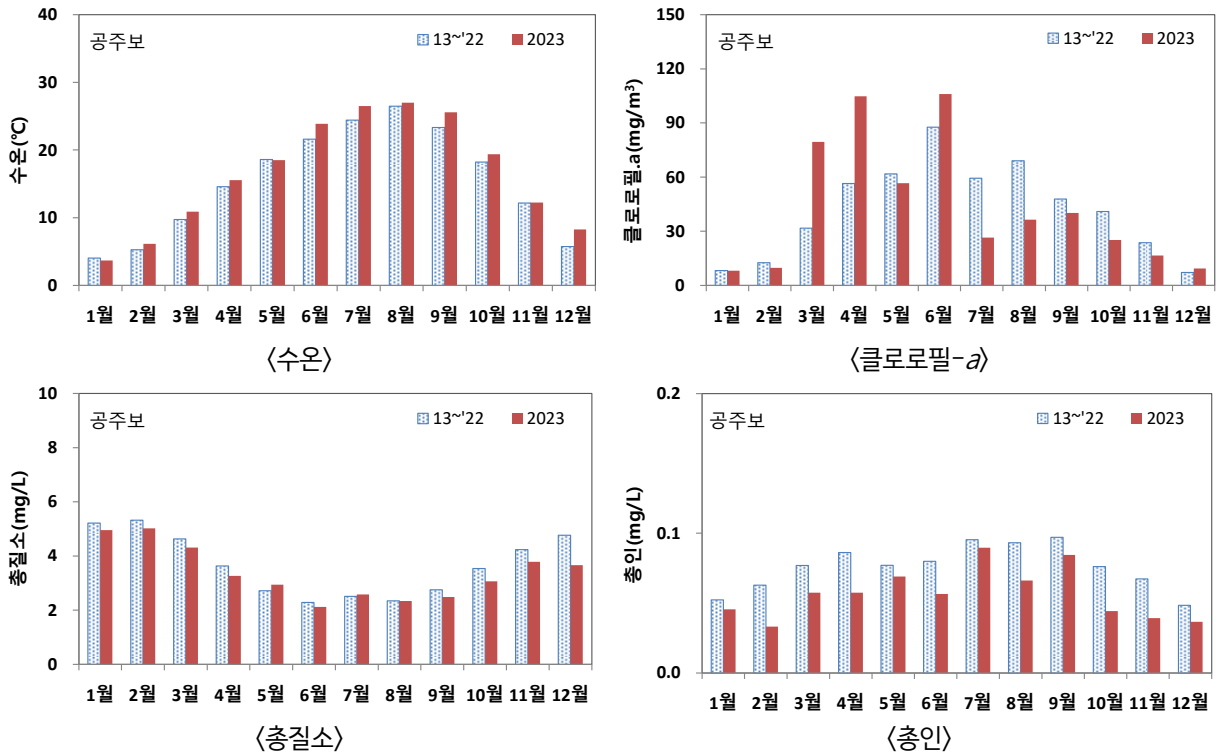
● 공주보 : 평균 수온, 클로로필-*a* 농도 증가, 총질소·총인 농도 감소

공주보의 연평균 수온은 예년(2013~2022년) 대비 0.8℃ 증가하였다. 월별 클로로필-*a*의 농도는 봄철(3~4월)에 증가 폭이 큰 것으로 나타났으며, 여름철(7~8월)에 집중강우로 인해 크게 감소하였고, 연평균 클로로필-*a* 농도도 44.2mg/m³로 예년 대비 다소 증가하였다. 총질소 농도는 0.230mg/L 감소하였고, 총인 농도 또한 예년 대비 0.021mg/L 감소하였다.

표 2-3-24 공주보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	15.7	43.7	3.601	0.077
2023	16.5	44.2	3.372	0.056
증감	0.8 (↑)	0.4 (↑)	0.230 (↓)	0.021 (↓)

그림 2-3-11 금강 공주보 지점 수온 및 수질 농도 변화



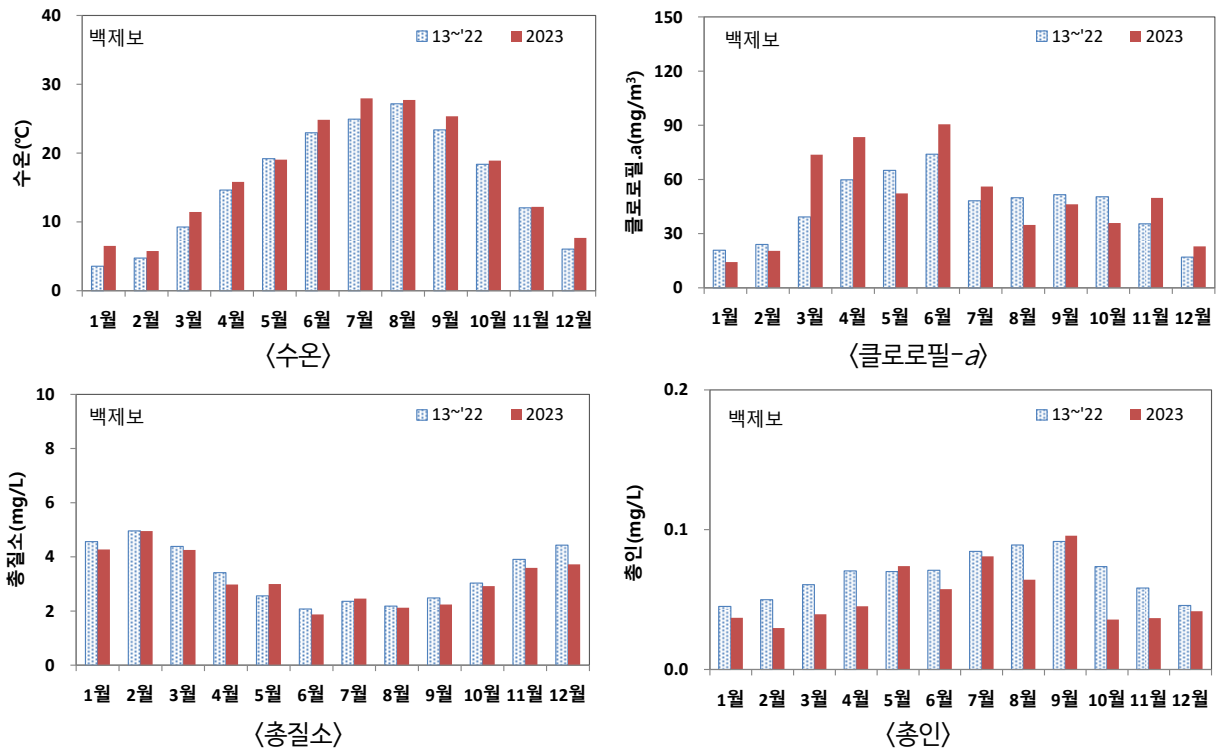
○ 백제보: 평균 수온, 클로로필-*a* 농도는 증가, 총질소와 총인 농도는 감소

백제보의 연평균 수온은 17.4℃로 예년 대비 1.0℃ 증가하였고, 클로로필-*a* 농도도 연평균 50.7mg/m³로 예년 47.0mg/m³ 대비 3.7mg/m³ 증가하였다. 2023년도의 평균 총질소는 3.136mg/L, 총인은 0.053mg/L로 예년 대비 농도와 비교할 때 두 항목 모두 감소하였다.

표 2-3-25 백제보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2013~2022	16.4	47.0	3.256	0.070
2023	17.4	50.7	3.136	0.053
증감	1.0 (↑)	3.7 (↑)	0.120 (↓)	0.016 (↓)

그림 2-3-12 금강 백제보 지점 수온 및 수질 농도 변화



○ 조류농도 및 유해남조류 발생 증가

여름철 강우 영향에 따라 보 구간의 조류 농도 및 유해남조류 발생이 변화되는 양상을 보였다. 유해남조류 세포수는 세종보에서 1,730세포/mL(1.16)로 겨울철 강우로 인한 일시적인 출현이 확인되었고, 여름철(9월)에 일시적인 증가 현상을 보였다. 이는 미호천과 대청호 수역의 조류 발생 등 외부 요인의 영향과 한시적 강우증가(7~8월)에 따른 영향으로 판단된다. 세종보는 9,150 세포/mL, 공주보는 9,175세포/mL, 백제보는 14,280세포/mL로 모두 9월 11일에 최대 세포수가 확인되었고, 확인된 이후 지속적인 감소 양상을 보였다.

표 2-3-26 금강수계 3개 보 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

지점	최초 초과 세포수(발생일자)※								최대 세포수(발생일자)							
	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
세종보	-	-	17,185 (8.6)	-	-	-	-	-	3,540 (8.22)	6,360 (8.7)	17,185 (8.6)	310 (9.2)	3,160 (9.14)	2,250 (9.13)	5,000 (3.14)	9,150 (9.11)
공주보	10,574 (8.11)	13,070 (8.7)	11,275 (7.30)	-	-	-	-	-	23,350 (8.16)	13,070 (8.7)	14,130 (8.8)	4,490 (8.19)	4,930 (9.28)	6,390 (7.26)	4,600 (7.18)	9,175 (9.11)
백제보	12,884 (8.1)	13,035 (7.24)	27,650 (7.26)	-	10,140 (9.14)	10,600 (7.26)	-	14,280 (9.11)	145,198 (8.18)	23,054 (8.7)	398,820 (8.6)	3,475 (8.19)	10,140 (9.14)	10,600 (7.26)	7,380 (7.18)	14,280 (9.11)

※ 1만 세포/mL 이상

참 고

일정별 주요사항

일 자	주요사항	세부내용
4.18	2023년 퇴비나눔센터 운영계획 수립	서화천 유역 방치축분 제로화를 위한 축분 전량 수거 및 퇴비화 위한 전담기구 운영계획 수립
4.20	녹조 바로알기 소통교실 운영계획 수립	녹조현상에 대한 부정적 인식개선과 수돗물 안전성에 대한 불안감 해소를 위해 대청호 및 정수장 등 견학 실시
4.27	금강수계 녹조대응 및 관리대책 수립	관계기관별 녹조 대응 대책 실행계획 반영 등
5.25	2023년도 조류경보제 시행계획 수립	대청호, 보령호 조류경보 시행 계획 수립
5.26	2023년 조류경보제 시행계획 및 녹조대응·관리대책 알림	조류경보제 시행계획 및 녹조대응·관리대책 관계기관 통보
5.31	2023년도 조류경보제 시행계획 수립	용담호 조류경보 시행 계획 수립
6.1.	2023년 조류경보제 시행계획 및 녹조대응·관리대책 알림	조류경보제 시행계획 및 녹조대응·관리대책 관계기관 통보
6.22	제1회 대청호 조류대책위원회 개최	‘23년 녹조대책, 기관별 녹조 대응계획 발표 및 논의
6.28	관계기관 합동 대청호 녹조방제 훈련실시	녹조 발생상황(①예측→②“관심” 발령→③“경계” 발령→④해제)을 가정하여, 조류경보제에 따른 상황별 기관 대응상황 점검
8.6	용담호 녹조 대응 관기기관 대책회의	용담호 녹조대응 대책회의 관계기관 논의 결과 알림
8.10	용담호 조류경보 “관심”단계 발령	용담호 조류경보 ‘관심’단계 발령 및 관계기관 전파
8.10	대청호 ‘문의·추동수역’ 조류경보 발령	문의·추동수역 조류경보 ‘관심’단계 발령 및 관계기관 전파
8.11	제2회 대청호 조류대책위원회 개최	녹조발생 현황, 여름철 녹조대응 추진계획 등 논의
8.17	대청호 ‘회남수역’ 조류경보 발령	회남수역 조류경보 ‘관심’단계 발령 및 관계기관 전파
8.24	대청호 ‘문의수역’ 조류경보 격상	문의수역 조류경보 ‘경계’단계 격상 및 관계기관 전파
9.6	용담호 조류대책위원회 개최	23년 녹조대책, 기관별 녹조 대응계획 발표 및 논의
9.7	용담호 조류경보 “경계”단계 발령	용담호 조류경보 ‘경계’단계 격상 및 관계기관 전파

일 자	주요사항	세부내용
9.14	대청호 '추동수역' 조류경보 격상	추동수역 조류경보 '경계'단계 격상 및 관계기관 전파
9.26	대청호 '추동수역' 조류경보 하향	추동수역 조류경보 '관심'단계 하향 및 관계기관 전파
9.26	용담호 조류경보 "관심"단계로 하향	용담호 조류경보 '관심'단계 하향 및 관계기관 전파
9.27	대청호 '문의수역' 조류경보 하향	문의수역 조류경보 '관심'단계 하향 및 관계기관 전파
10.12	대청호 '회남수역' 조류경보 발령해제	회남수역 조류경보 '관심'발령 해제 및 관계기관 전파
10.18	용담호 조류경보 발령 해제	용담호 조류경보 '관심'발령 해제 및 관계기관 전파
11.16	대청호 '추동수역' 조류경보 발령해제	추동수역 조류경보 '관심'발령 해제 및 관계기관 전파
11.30	대청호 '문의수역' 조류경보 발령해제	문의수역 조류경보 '관심'발령 해제 및 관계기관 전파

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목
6.22	충청일보	금강청-관계기관, 조류대책위원회 개최... 녹조대응 사전 점검
6.27	뉴시스	금강청, 28일 대청호서 녹조 대응 관계기관 합동 훈련
7.13	전국매일신문	금강유역환경청, 지역주민 대상 '녹조 바로알기 소통교실' 개최
8.10	뉴시스	금강청, 대청호 문의·추동 수역에 조류경보 '관심' 단계 발령
8.10	전북일보	용담호 유역 조류경보 '관심' 단계 발령
8.17	충청일보	금강청, 대청호 회남 수역에 조류경보 '관심' 단계 발령
9.7	전라일보	용담호 유역 조류경보 '경계' 단계 상향 발령
9.18	전주일보	용담호 유역 조류경보 '관심' 단계로 하향 발령
10.12	중도일보	대청호 회남수역 조류경보 해제... 추동·문의수역은 관심 그대로
10.18	전북일보	용담호 유역 조류경보 발령 해제
11.16	중도일보	대청호 추동 수역 조류경보 해제... 문의 수역은 유지
12.1	충청일보	금강환경청, 대청호 전 수역 조류경보 모두 해제

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 부영양화로 인한 조류 성장조건이 이미 충족된 상태라 볼 수 있고, 이로 인해 매년 여름철은 녹조현상이 주기적으로 반복되고 있는 실정이다.

나. 조류경보제(운영지점, 관찰지점) 적용 구간

● 조류경보제 운영지점

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

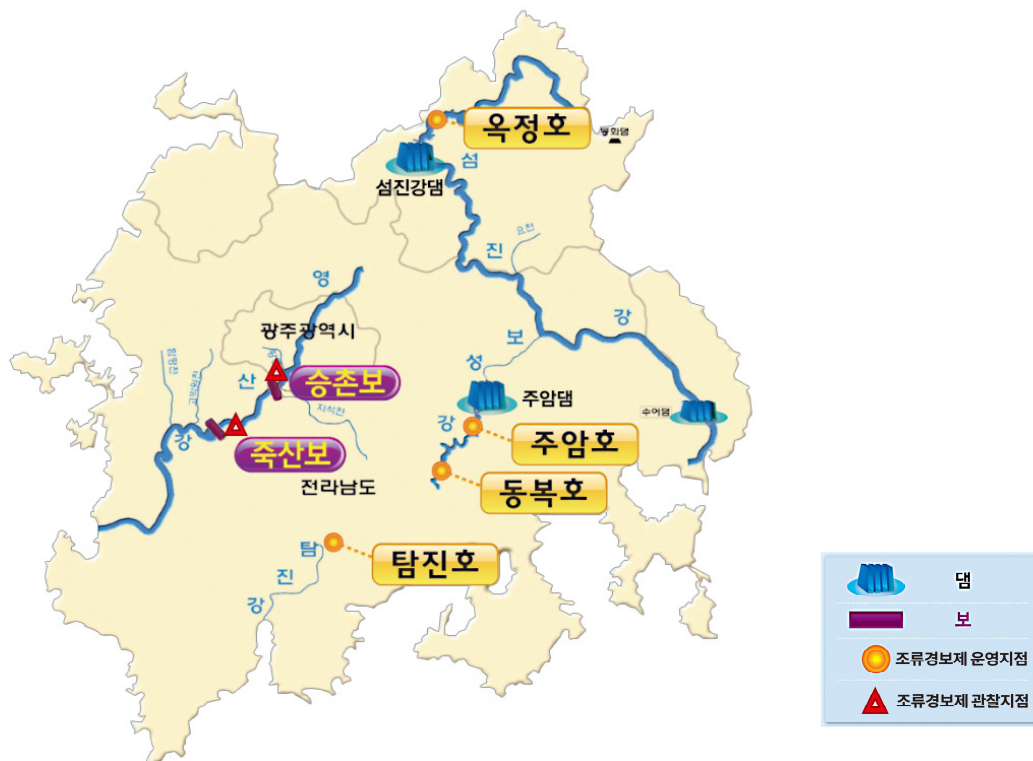
호소명	대표 측정 지점	운영기관
주암호	주암호(댐앞), 주암호(신평교)	영산강유역환경청
동북호	동북호(취수탑), 동북호(중류)	영산강유역환경청
옥정호	칠보취수구	전북지방환경청
탐진호	탐진호(댐앞), 탐진호(유지천 합류)	영산강유역환경청

○ 조류경보제 관찰지점

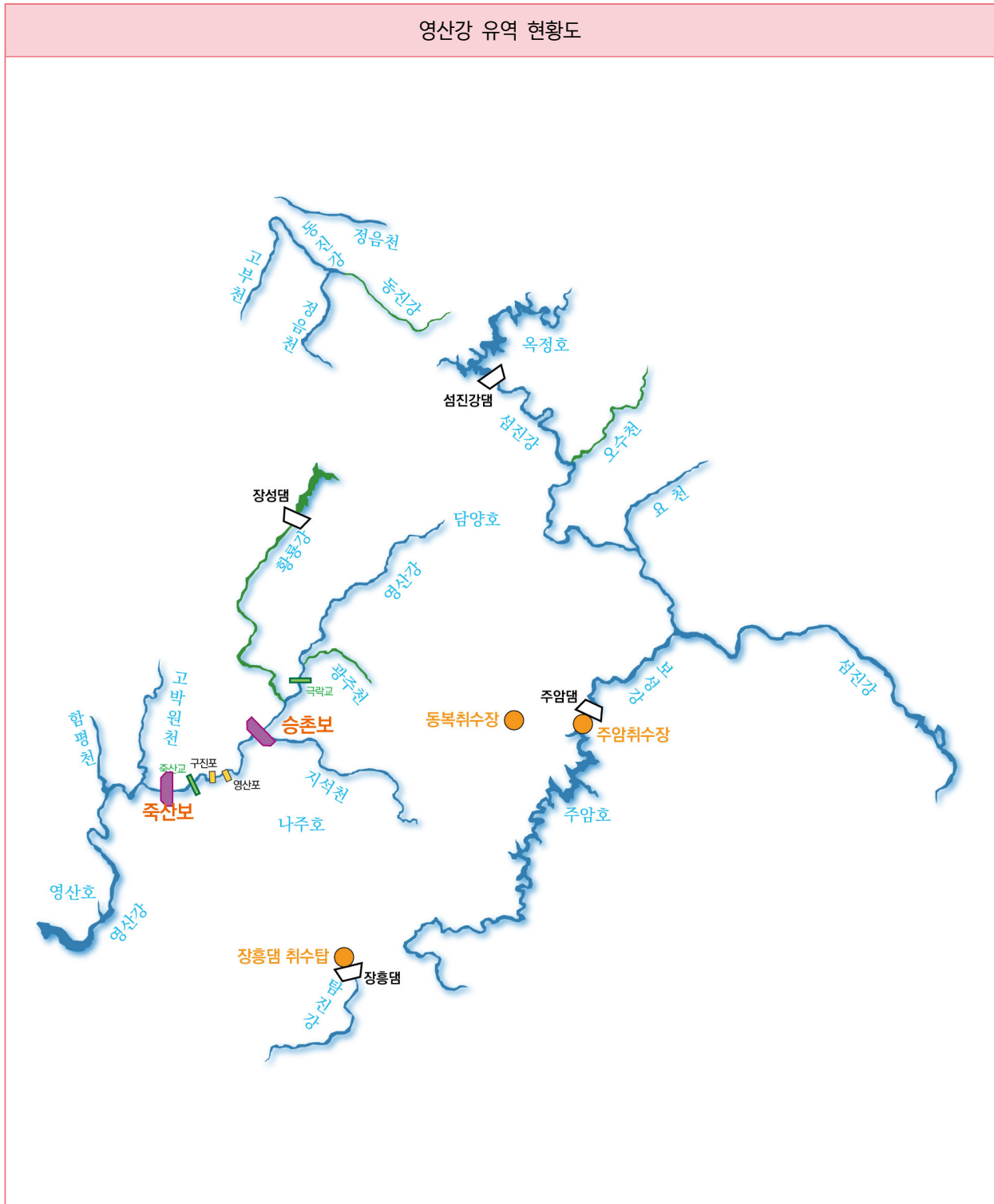
4대강 보 구간에 대하여 조류 발생을 사전에 예측하기 위해 2012년부터 2019년까지 수질예보제를 운영하였고, 2020년 조류경보제 통합 운영에 따라 영산강수계에서는 2개 보를 관찰지점으로 운영하고 있다(승촌보, 죽산보).

표 2-4-2 영산강수계 조류경보제 관찰 지점

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



영산강 유역 현황도



2. 2023년 조류발생 현황

가. 총평

2023년 강수량 증가에 따른 오염원 유입 등으로 영산강 수계 내 주요 상수원 호소에서 전년 대비 유해남조류 세포 수가 소폭 증가하였으나 발생량이 적어 조류경보를 발령하지 않았다. 보 구간 유해남조류 세포 수는 전년 대비 승촌보는 소폭 증가, 죽산보는 다소 감소하였으며 우려할 수준으로 발생하지는 않았다.

표 2-4-3 영산강수계 2023년 조류경보 발령 현황

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

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

나. 본류 2개 보 구간

○ 1~2월 규조류 발생, 3~4월 기타조류 증식·우점

2023년 영산강 2개 보 구간 중 승촌보의 평균 유해남조류 세포수는 347세포/mL이었으며, 죽산보는 1,462세포/mL로 상류인 승촌보보다 하류인 죽산보에서 더 많은 세포 수가 나타났다.

승촌보, 죽산보는 매년 겨울철~봄철 사이에 저온성 규조류(*Stephanodiscus*)가 증식·우점하는 양상을 보이나, 전년 대비 '23.2월부터 수온이 상승하면서 2~3월에 기타 조류(*Cryptomonas*)가 증식·우점하는 양상을 보였다.

표 2-4-4 죽산보 동절기(1~3월) 조류발생 주요현황

측정항목	채수일자											
	1.9	1.16	1.30	2.6	2.13	2.20	2.27	3.6	3.13	3.20	3.27	4.3
수온(°C)	4.6	6.8	3.2	4.3	6.3	6.9	7.4	9.1	11.1	12.2	13.2	16.0
클로로필-a (mg/m ³)	38.1	43.8	82.9	36.1	19.8	15.3	11.3	15.1	34.9	123.2	34.7	119.9
유해남조류 세포수 (세포/mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
규조류 세포수 (세포/mL)	7,550	6,100	27,850	15,900	3,000	170	730	160	480	650	100	150
기타조류 세포수 (세포/mL)	200	225	200	150	1,600	365	400	555	1,880	6,000	2,400	11,250

○ 여름철 남조류 발생

여름철 기온상승으로 수온이 최고 33.7℃까지 상승하면서 남조류인 *Microcystis*가 주요 종으로 출현하였으며, 7~10월경 승촌보는 남조류가 최대 10,765세포/mL(10.16), 죽산보는 최고 25,850 세포/mL(9.4)까지 발생하여 2022년(승촌보 최대 2,650세포/mL, 죽산보 최대 24,650세포/mL)에 비해 다소 증가하였다. 특히 늦은 더위로 남조류는 11월중순까지 일부 출현하였지만 이후 수온 하강으로 소멸하였다.

표 2-4-5 영산강수계 승촌보의 여름철 조류발생 주요현황

구간명	측정항목	채수일자											
		7.3	7.10	7.20	7.26	8.2	8.16	8.21	9.4	9.11	9.18	9.25	10.4
승촌보	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	3.6	2.5	6.4	2.8	59.0	59.9	30.1	7.3	12.4	0.8	5.6	9.2
	유해남조류 세포수 (세포/mL)	0	0	25	0	57	123	254	1,649	1,665	323	47	1,156

표 2-4-6 영산강수계 죽산보의 여름철 조류발생 주요현황

구간명	측정항목	채수일자											
		7.3	7.10	7.20	7.26	8.2	8.16	8.21	9.4	9.11	9.18	9.25	10.4
죽산보	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	7.9	4.7	2.5	3.9	19.8	26.2	27.3	42.9	11.6	2.0	8.2	17.2
	유해남조류 세포수 (세포/mL)	644	0	0	527	923	1,860	6,650	25,850	11,000	110	0	0

나. 주요 상수원 호소

○ 4개 상수원 호소는 조류경보 미발령

2023년도 광역 상수원 4개 호소(주암호, 동북호, 탐진호, 옥정호)의 조류경보제 운영 결과, 4개 호소 모두 조류경보 발령이 없었다. 주암호는 6월 초반부터 유해남조류 세포수가 6세포/mL 출현하였으며, 8월말 주암호1(담얏) 지점에서 유해남조류 세포수가 3,100세포/mL까지 증가하였으나 2회 연속 발령기준을 초과하지 않아 조류경보는 발령되지 않았다.

동북호는 조류경보가 2009년 발령(당시 조류주의보 41일)된 것을 마지막으로 이후 조류경보가 발령되지 않고 안정적 수질을 유지하고 있다. 다만, 2023년에는 1월부터 4월까지 낮은 수온에도 불구하고 가뭄에 따른 낮은 저수율 등으로 유해남조류가 900세포/mL까지 출현하였다. 5월 이후 강수량이 증가하면서 8월 최대치인 965세포/mL까지 발생한 후 전년도와 유사한 경향을 보였다.

탐진호는 2008년부터 조류경보제 대상 호소로 지정된 이후 조류경보제가 발령되지 않는 등 안정적인 수질을 유지하고 있다. 유해남조류 발생 현황은 탐진호(유치천 합류부) 지점에서 16세포/mL(6.7)로 처음 출현하였으며, 탐진호(유치천 합류부)는 671세포/mL(6.26)로 최대치로 발생했다. 2023년에는 9월 초부터 11월 초까지 유해남조류가 21~453세포/mL 출현하였으나, 11월 이후 유해남조류는 소강상태를 보였다.

옥정호는 조류경보제가 발령되지 않았으나, 2022년부터 점차 유해남조류 세포수가 증가하는 추세이며 2023년 유해남조류 발생현황은 칠보취수구지점에서 8세포/mL(5월)로 처음 출현하였으며, 9월 유해남조류 최대치 814세포/mL로 발생했다. 10월 이후 유해남조류는 점차 소강상태를 보였다.

표 2-4-7 2023년도 영산강수계 상수원 호소 유해남조류 세포수 월별 최대치 발생현황

(단위 : 세포/mL)

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
주암호	-	36	241	3,100	386	194	-	-
동북호	850	350	750	965	860	635	610	-
탐진호	-	671	471	112	381	453	-	-
옥정호	8	41	28	300	814	57	109	43

3. 조류발생 영향인자 분석

가. 본류 2개 보 구간

○ 겨울철 규조류 발생, 2022년에 비해 다소 감소

영산강 수계 본류 구간 2개 보 지점의 조류는 1월부터 2월까지 규조류가 대부분 우점하였다가 3월부터 4월까지 봄철에는 기타조류가 우점하였다. 그 후 가을인 9월까지는 규조류와 녹조류가 우점 하였으며, 11월부터 규조류가 다시 우점하는 계절적인 천이 패턴을 보였다. 특히 1월부터 3월까지 *Stephanodiscus*의 최대 세포수는 각각 승촌보에서 22,550세포/mL, 죽산보에서 27,750 세포/mL로 2022년 승촌보(36,200세포/mL), 죽산보(35,700세포/mL)에 비해 다소 감소하였으나 여전히 높은 우점율로 조사되었다. 남조류는 여름인 5월 초부터 늦은 가을인 11월까지 나타났으나 대발생 현상은 없었다. 5월 초 승촌보에서 *Microcystis*, 죽산보에서 *Aphanizomenon*가 최초 발생하였으며, 이후 *Microcystis*가 우점하는 현상이 11월 초까지 지속되었다.

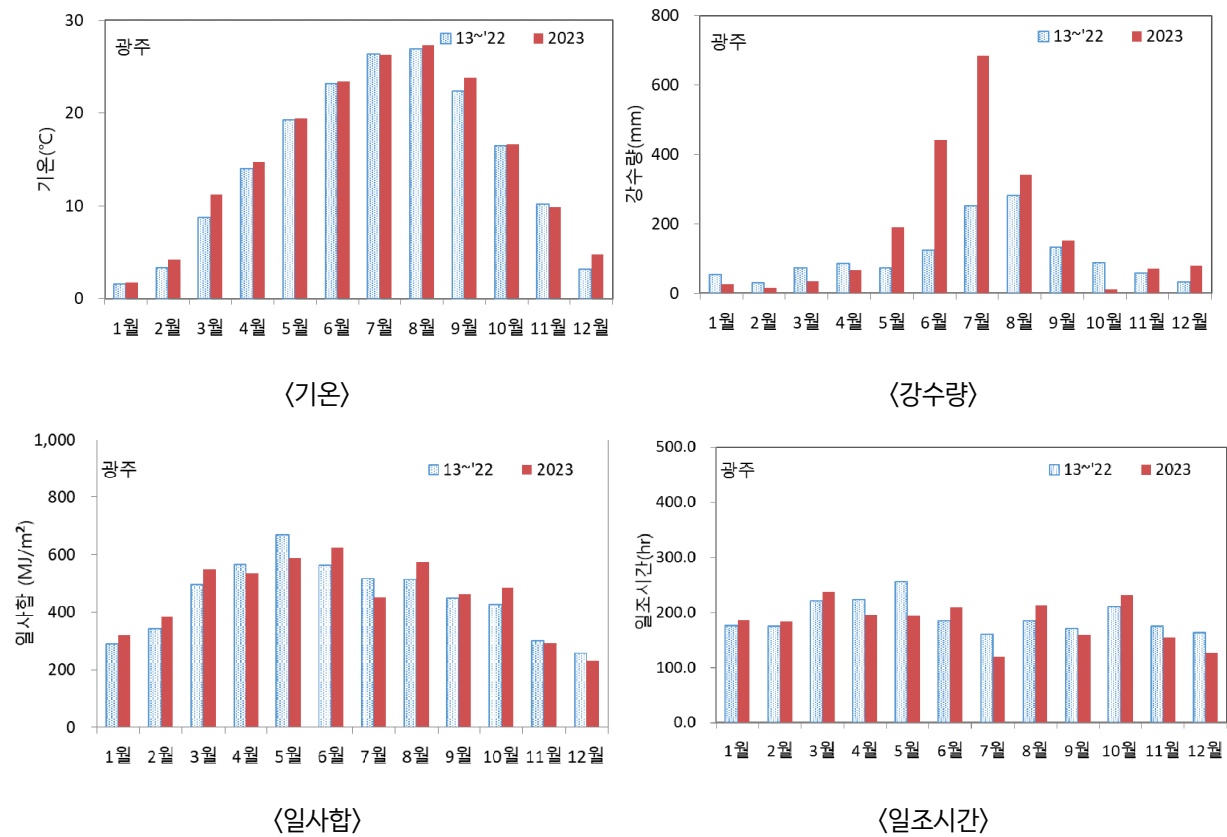
○ 평균기온, 강수량, 일사량 증가, 일조시간 감소

조류 발생에 영향을 미치는 기상, 수리·수문, 수질 등에 관하여 2013년부터 2023년까지 자료를 조사하였다. 영산강 수계의 전체적인 기상 특성을 반영하는 광주지방기상청의 자료를 이용하였다. 기상 요소는 기온, 강수량, 일사량 및 일조시간에 대하여 2013~2022년의 과거 10년 평균과 2023년의 값을 비교하여 <표 2-4-10> 및 <그림 2-4-1>에 제시하였다. 2023년 평균 기온은 과거 10년 평균보다 0.7℃ 증가하였다. 2023년도 강수량은 2,116.1mm로 과거 10년보다 829.9mm 증가하였다. 특히 2023년 7월부터 8월기간 동안 강수량은 1,025.8mm로 과거 10년 평균 강수량인 534.3mm보다 491.5mm 증가하였고, 2022년 275.4mm보다 750.4mm 증가하였다. 일사량의 연간 합계는 5,500.4 MJ/m²로 과거 10년 평균인 5,386.0 MJ/m²보다 114.4MJ/m² 증가하였다. 일조시간은 과거 10년 평균에 비해 93.8시간 감소하였다.

표 2-4-8 광주지방기상청 기상 요소별 현황

기간	평균기온(°C)	강수량(mm)	일사합(MJ/m ²)	일조시간(hr)
2013~2022	14.6	1286.2	5386.0	2305.3
2023	15.3	2116.1	5500.4	2211.5
증감	0.7 (↑)	829.9 (↑)	114.4 (↑)	93.8 (↓)

그림 2-4-1 광주지방기상청 기상 요소별 월평균 값



○ 보 구간 체류시간은 과거 4년보다 증가

2개 보 월평균 체류시간을 비교한 결과, 2023년 승촌보의 평균 체류시간은 4.2일로 최근 4년 평균체류시간(2022년 5.9일, 2021년 3.9일, 2020년 3.9일, 2019년 5.0일)과 비교한 결과, 다소 감소하였다. 죽산보의 평균 체류시간은 7.4일로 최근 4년(2022년 9.9일, 2021년 6.2일, 2020년 6.0일, 2019년 6.2일)와 비교한 결과 증가하였다. 2개 보 평균 체류시간은 5.8일로 과거 3년(2022년 7.9일, 2021년 5.1일, 2020년 5.0일)에 비해 소폭 긴 체류시간을 보였다.

표 2-4-9 영산강 수계 보 구간 월평균 체류시간 비교

(단위 : 일)

월	승촌보					죽산보				
	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
1	11.3	4.4	5.6	7.4	5.9	2.9	6.2	10.3	13.7	12.2
2	9.2	5.4	5.7	8.1	7.4	3.0	7.9	10.6	15.4	17.9
3	7.5	6.0	3.0	4.0	11.3	6.2	9.3	4.6	6.2	21.3
4	2.1	5.9	4.0	5.9	6.8	10.4	9.4	7.3	8.6	9.7
5	4.5	3.6	2.8	6.9	2.1	7.3	5.7	5.1	10.2	3.0
6	2.9	1.7	2.4	2.9	0.8	3.4	2.4	4.2	4.6	1.2
7	1.6	0.4	0.9	3.2	0.2	2.3	0.6	1.3	4.8	0.3
8	1.9	0.2	1.1	3.3	1.1	3.9	0.4	1.7	5.2	1.5
9	1.5	0.8	2.2	3.1	1.2	2.1	1.2	3.4	4.6	1.8
10	1.2	4.9	4.9	6.3	4.8	1.6	7.5	7.9	10.6	6.9
11	9.6	7.9	7.9	12.9	6.2	16.8	10.0	9.6	17.4	7.9
12	7.3	6.0	5.7	7.3	3.0	14.3	11.9	9.1	17.0	5.0
연평균	5.1	3.9	3.9	5.9	4.2	6.2	6.0	6.2	9.9	7.4

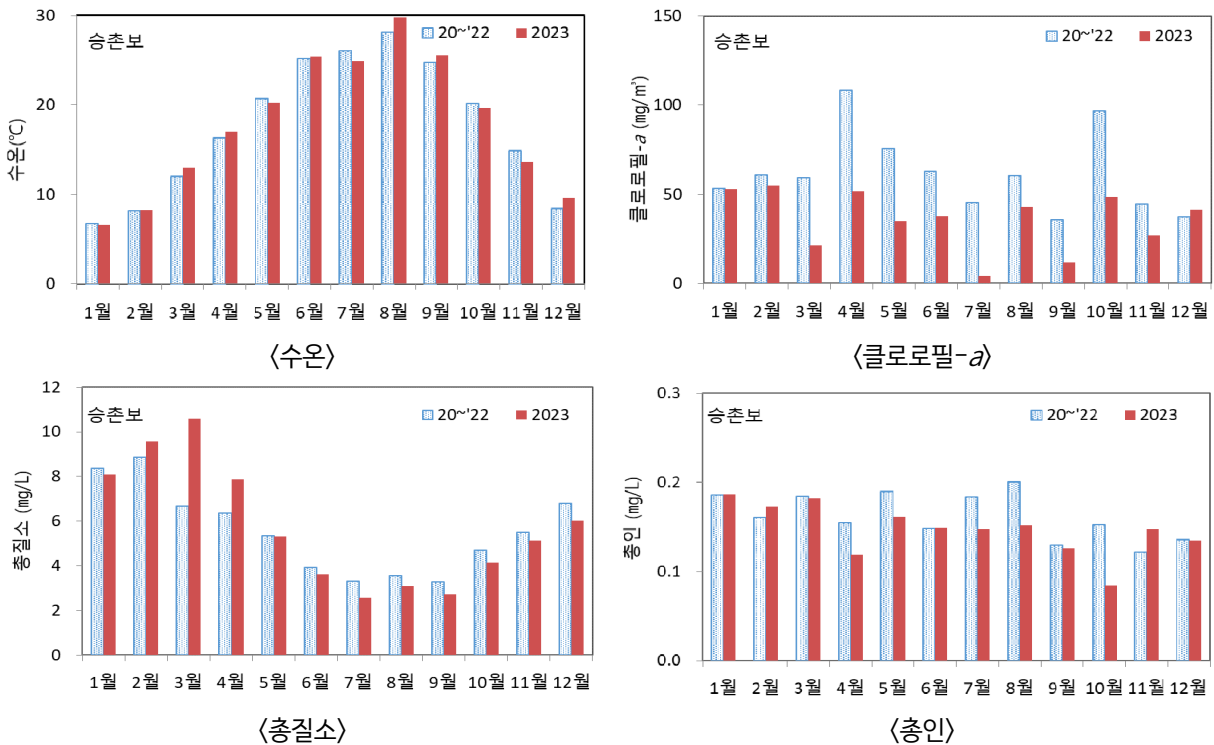
● 승촌보: 평균 수온, 총질소 농도 증가, 클로로필-*a*, 총인 농도는 감소

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자 승촌보에서 2020~2022년과 2023년 값을 비교하여 <표 2-4-10>과 <그림 2-4-2>에 제시하였다. 수온은 3년 연평균보다 0.2℃ 증가하였으며, 클로로필-*a* 농도는 25.9mg/m³ 만큼 감소하였다. 영양염류인 총질소 농도는 0.171mg/L만큼 증가하였으며, 총인은 0.016mg/L 감소하였다. 승촌보의 수질인자 중 수온, 총질소 농도가 증가한 가운데 클로로필-*a*와 총인 농도는 감소하였다.

표 2-4-10 승촌보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	17.6	61.6	5.553	0.162
2023	17.8	35.7	5.724	0.147
증감	0.2 (↑)	25.9 (↓)	0.171 (↑)	0.016 (↓)

그림 2-4-2 영산강 승촌보 지점 수온 및 수질 농도 변화



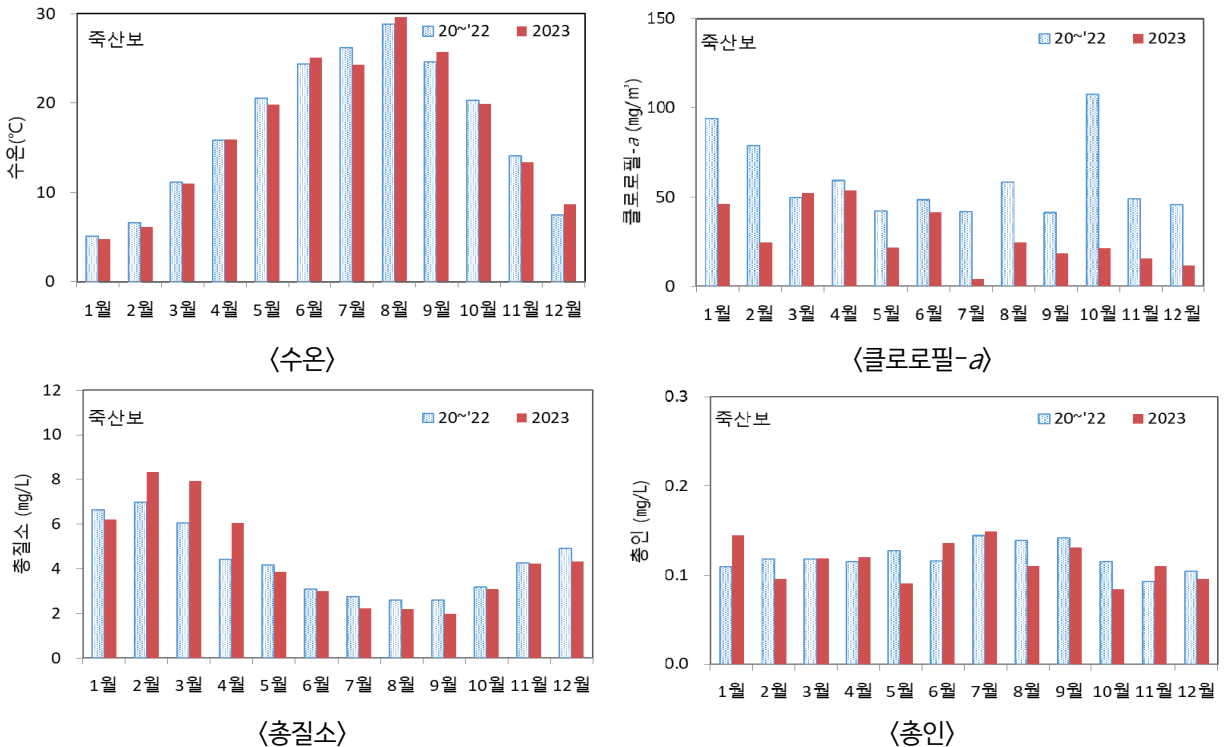
● **죽산보: 총질소 농도 증가, 평균 수온, 총인 농도, 클로로필-a 농도는 감소**

기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질 인자의 변화 경향을 분석하고자 죽산보에서 2020~2022년과 2023년 값을 비교하여 <표 2-4-11>과 <그림 2-4-3>에 제시하였다. 수온은 3년 연평균보다 0.1℃ 감소하였다. 클로로필-a 농도는 31.7mg/m³ 만큼 감소하였다. 영양염류인 총질소는 0.143mg/L만큼 증가하였으며, 총인의 농도는 0.005mg/L만큼 감소하였다. 죽산보의 수질인자 중 총질소 농도는 증가하였으며 수온, 클로로필-a, 총인 농도는 감소하였다.

표 2-4-11 죽산보 수질인자 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	17.1	59.6	4.307	0.120
2023	17.0	28.0	4.450	0.115
증감	0.1(↓)	31.7 (↓)	0.143 (↑)	0.005 (↓)

그림 2-4-3 영산강 죽산보 지점 수온 및 수질 농도 변화



〈표 2-4-12〉에서 나타낸 바와 같이 영산강 수계의 연도별 유해남조류 세포수 최대치는 승촌보 27,380세포/mL(2016.8.16.), 죽산보 357,600세포/mL(2017.08.03.)로 조사되었다. 2023년 조사 지점별 유해남조류 최대 세포수를 조사한 결과, 두 지점 모두 승촌보(10,765 세포/mL), 죽산보 (25,850세포/mL)로 2022년에 비해 다소 증가하였다.

표 2-4-12 영산강수계 유해남조류 출현 시기 및 최대 세포수

(단위 : 세포/mL)

구 분	승촌보		죽산보	
	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)
2022년	-	2,650 (9.26)	10,325 (5.23)	24,650 (7. 4)
2023년	10,765 (10.16)	10,765 (10.16)	17,810 (6.19)	25,850 (9. 4)

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

나. 주암호

● 강수량은 과거 10년 평균대비 크게 증가

주암호 조류경보제 운영지점은 2개 지점으로, 댐앞과 신평교 지점이 있다. 주암댐의 2023년 댐유역 평균 강수량은 2,087mm로 2013~2022년 10년간 댐유역 평균 강수량인 1,386mm의 약 151%에 해당하는 강수량을 보인 것으로 나타났다.

표 2-4-13 주암댐 유역 평균 강수량

구 분	2013~2022(A)	2023(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1386	2087	1.51

※ 출처 : 국가수자원관리종합정보시스템

● 평균 수온, 총질소 및 총인 증가, 클로로필-*a* 감소

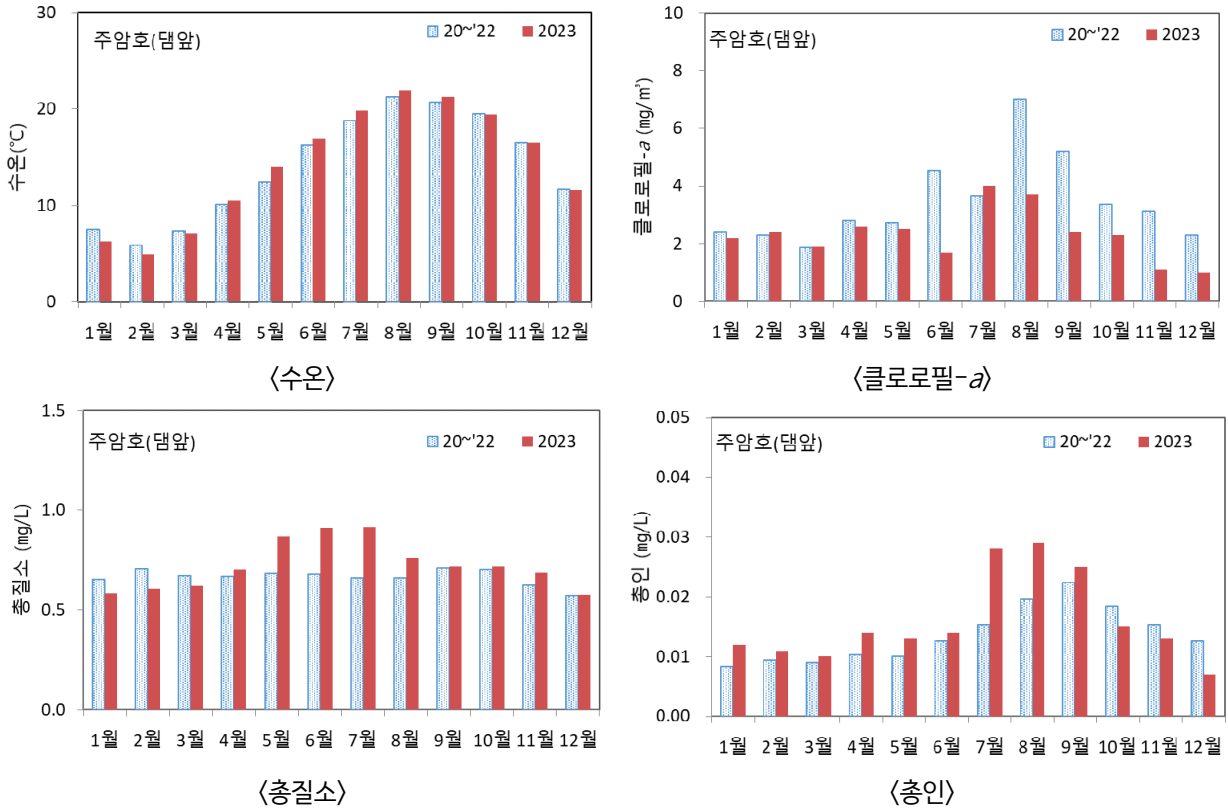
기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질의 변화 경향을 분석하고자 주암호 조류경보제 운영지점 2개(댐앞, 신평교)의 2020~2022년 평균과 2023년을 비교하였다. 2023년 주암댐 앞의 평균 수온은 2020~2022년 평균수온 보다 0.2℃ 증가하고, 클로로필-*a* 농도는 1.1mg/m³ 감소한 것으로 나타났다. 총질소는 0.056mg/L 만큼 증가하였고, 총인은 0.002mg/L만큼 증가하였다.

표 2-4-14 주암호 댐앞 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	14.0	3.4	0.667	0.014
2023	14.2	2.3	0.722	0.016
증감	0.2 (↑)	1.1 (↓)	0.056 (↑)	0.002 (↑)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료(2019.1~2022.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(표층)

그림 2-4-4 주암호 댐앞 지점 수온 및 수질 농도 변화



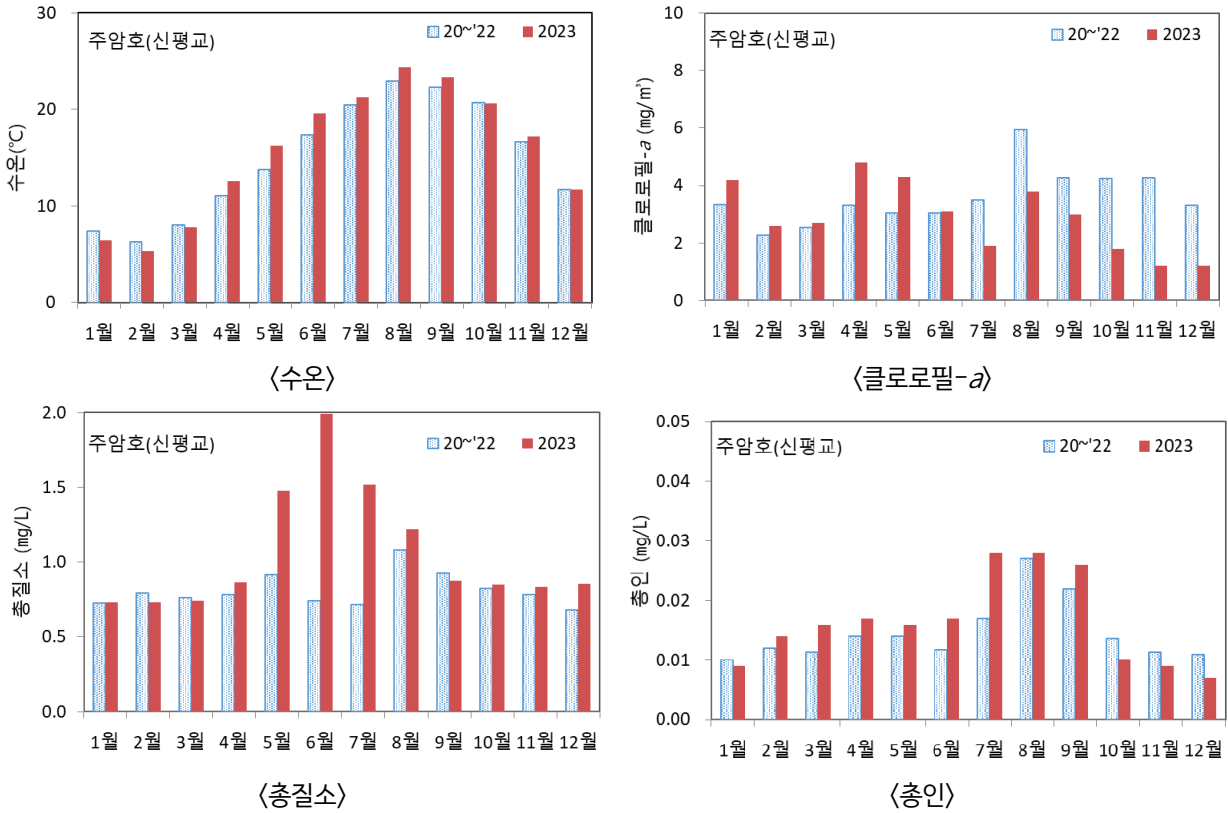
2023년 주암호 신평교의 평균 수온은 2020~2022년 평균 수온보다 0.6℃ 증가하였으며, 클로로필-a 농도는 0.7mg/m³ 감소하였다. 총질소와 총인은 2020~2022년 평균보다 각각 0.247 mg/L, 0.001mg/L 증가하였다. 주암호 2개 지점의 수질 변화패턴은 같았다. 두 지점 모두 평균 수온은 증가하였으며, 클로로필-a는 감소, 총질소 및 총인 농도는 증가하였다.

표 2-4-15 주암호 신평교 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필-a(mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	14.9	3.6	0.810	0.015
2023	15.5	2.9	1.057	0.016
증감	0.6 (↑)	0.7 (↓)	0.247 (↑)	0.001 (↑)

※ 수온·클로로필-a : 조류경보제 자료('20.1~'23.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(주암호2)

그림 2-4-5 주암호 신평교 지점 수온 및 수질 농도 변화



2023년에는 주암호1(담얏) 지점에서 8월 21일 3,100세포/mL로 관심 기준(1천 세포/mL)를 넘었으나, 2번 연속 기준수치를 초과하지않아 미발령되었다. 주암호2(신평교) 지점에는 관심기준 이하로 조사되었다. 유해남조류 최대 세포수 출현시기는 두 지점 모두 8월 말이며, 각각 *Microcystis*, *Aphanizomenon*이 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)	
	2022년	2023년	2022년	2023년
주암호1(담얏)	-	660 (8.16)	223 (5.31)	3,100 (8.21)
주암호2(신평교)	882 (9.28)	636 (8.1)	882 (9.28)	955 (8.21)

다. 탐진호

○ 강수량은 과거 10년에 비해 크게 증가

탐진호 조류경보제 채수위치는 2개로, 댐앞 및 탐진강과 유치천 합류지점이다. 2023년 탐진호의 댐유역 평균 강수량은 2049.0mm로 2013~2022년 10년간 댐유역 평균 강수량인 1,412.2mm에 비해 크게 증가하였다.

표 2-4-17 탐진호 유역 평균 강수량

구 분	2013~2022(A)	2023(B)	비율(B/A)
강수량(mm)	1412.2	2049.0	1.45

※ 출처: 국가수자원관리종합정보시스템

○ 평균 수온 및 클로로필-*a* 증감패턴 동일

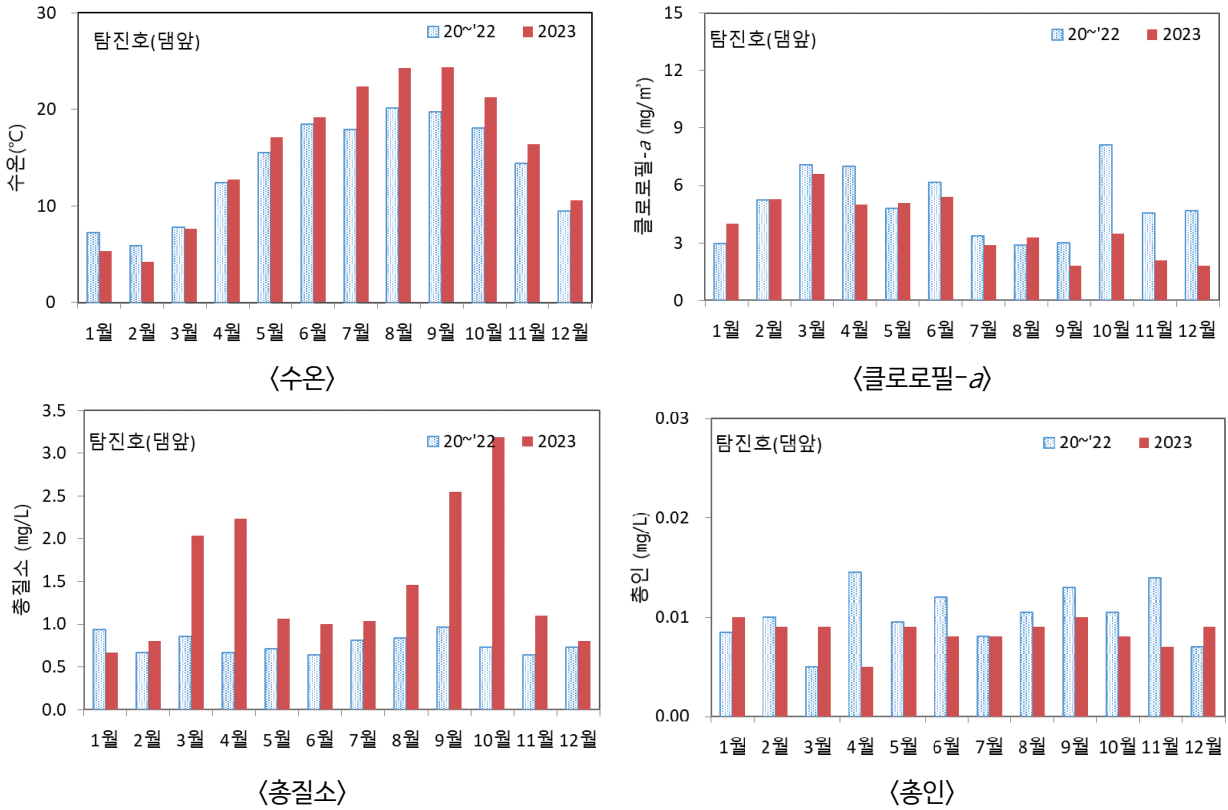
기상 및 수리·수문조건에 따른 수온 및 수질의 변화 경향을 분석하고자 탐진호 조류경보제 2개 채수위치(댐앞, 유치천 합류부)의 2020~2022년 평균과 2023년을 비교하였다. 2023년 댐앞 평균 수온은 2020~2022년 평균 수온보다 1.6℃ 증가하였으며, 클로로필-*a* 농도는 1.1mg/m³ 감소한 것으로 나타났다. 2023년 댐앞 총질소는 2020~2022년 평균 총질소보다 0.728mg/L 증가하였으며, 총인 농도는 0.002mg/L 감소하였다.

표 2-4-18 탐진호 댐앞 수질 변화 비교

기간	수온(℃)	클로로필- <i>a</i> (mg/m ³)	총질소(mg/L)	총인(mg/L)
2020~2022	13.9	5.0	0.767	0.010
2023	15.5	3.9	1.495	0.008
증감	1.6 (↑)	1.1 (↓)	0.728 (↑)	0.002 (↓)

※ 수온·클로로필-*a* : 조류경보제 자료('20.1~'23.12), 총질소·총인 : 수질측정망 자료(탐진댐 인근, 장흥댐2)

그림 2-4-6 탐진호 댐앞 수온 및 수질 농도 변화



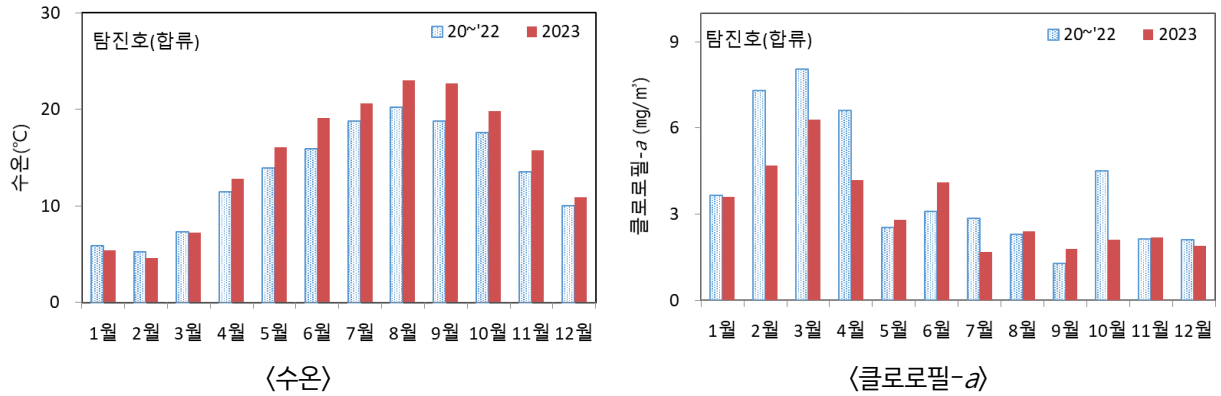
탐진호의 유치천 합류부는 2023년 평균 수온은 2020~2022년 평균 수온보다 1.6°C 증가하였으며, 클로로필-a 농도는 2020~2022년 평균 클로로필-a 농도보다 0.7mg/m³ 감소하였다.

표 2-4-19 탐진호 유치천 합류부 수질 변화 비교

기간	수온(°C)	클로로필-a(mg/m ³)
2020~2022	13.2	3.9
2023	14.8	3.2
증감	1.6 (↑)	0.7 (↓)

※ 수온·클로로필-a : 조류경보제 자료('20.1~'23.12)

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



2023년 탐진호 2개의 지점의 유해남조류 최대 세포수 출현시기는 댐앞지점과 유치천 합류지점 모두 6월 말이었으며, *Anabaena*가 우점하였다. 2개 지점 모두 ‘관심’ 기준(1천 세포/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)	
	2022년	2023년	2022년	2023년
탐진호1(댐앞)	-	671(6.26)	102(9.26)	671(6.26)
탐진호2(합류)	-	522(6.26)	276(9.26)	522(6.26)

참고 일정별 주요사항

일자	주요사항	세부내용
2.21	옥정호 상생협의체 운영계획(1차)	옥정호 가뭄대책 녹조원인조사 수립
5.24	2023년 조류경보제 시행	섬진강 수계 광역상수원 3개(주암·동북·탐진호), 영산강 수계 보구간(승촌보·죽산보) 대상 조류경보제 시행계획 수립·통보
5.31	2023년도 조류경보제 시행계획 수립	옥정호, 조류경보 시행 계획 수립
6.1	영산강섬진강 수계 수질관리협의회 개최	녹조 발생이 본격화되는 하절기 대비하여 실무회의 개최, 유관기관 대책 사전 협의
7.6	옥정호 상생협의체 운영계획(2차)	옥정호 녹조 원인조사 용역 추진
8.9	조류 분석기관-정수장 업무협약	조류 발생 대비 안전한 먹는물 공급을 위한 업무협약 체결
8.28	조류경보제 상류(주암호) 오염원 지도점검	주암호 조류 발생 등으로 관계기관 오염원 지도·점검 실시
9.6	영산강·섬진강 수계 조류 대응 수질관리협의회 2차 실무회의 개최	주암호 조류 발생으로 오염원 점검 등 관계기관 녹조 관리 협력방안 논의
9.26	옥정호 상생협의체 운영계획(3차)	조류경보제 운영지점 호소 내로 변경
5월말 ~10월	조류대응 상황실 운영	수질분석 결과, 조류발생 추이, 피해경감대책 추진상황 등 보고·전파
12.22	옥정호 상생협의체 운영계획(4차)	옥정호 조류경보제 운영지점 변경

참 고 주요 언론보도

보도일자	보도매체명	보도제목
3.14	광주MBC	영산강·낙동강 쌀에서 녹조 독소 검출
3.20	전북포스트	옥정호 상생협의회 녹조 등 대책 논의
3.22	광주일보	영산강환경청, 독소 검출 의심 하류 녹조 ‘나몰라라’
4.12	내일신문	4대강 보 수문 닫으면 대규모 녹조 창궐
5.10	연합뉴스	옥정호 녹조 대응 T/F팀 구축
6.26	전북도민일보	‘옥정호’ 녹조 발생 원인 찾고 해결방안 모색
7.10	투데이안	안전한 식수 공급을 위해 옥정호 현장 점검
7.28	광남일보	영산강청, 여름철 녹조 발생 대응 총력
8.16	프레시안	정읍시의회 옥정호 녹조 대책 마련 및 부유물 신속 제거 당부
8.17	KBS	오락가락 국가 물관리 정책...녹조 문제 불가
8.25	광남일보	영산강청 안전한 물공급 박차 수자원공사·상수도 본부 등 맞손
8.29	전북도민일보	옥정호 등 녹조발생 선제 대응
8.30	전남일보	수자원공사 영·섬유역본부, 녹조 총력 대응

2023년 조류(녹조)발생과 대응

연차보고서



제 3 부

녹조발생 예방 및 대응정책

제1절 조류발생 모니터링 정책	132
제2절 녹조대응 정책	149
제3절 오염물질 감시·관리 강화	152

제1절 조류발생 모니터링 정책

1. 조류경보제

○ 안전한 수돗물 공급을 목적으로 시행

조류경보제는 상수원 호소 등 주요 호소에서 조류 대량 발생시 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 하천과 호소(친수활동 구간 포함)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
	충 주 호	댐앞, 청풍교	원 주 청
	주 암 호	댐앞, 신평교	영산강청
'99	운 문 호	댐앞, 취수탑2	대 구 청
'03	용 담 호	댐앞, 취수탑	전 북 청
'04	동 복 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 암 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 상수원 구간과 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 1,000,000세포/mL 이상인 경우
	해제	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000세포/mL 미만인 경우
친수 활동 구간	관심	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 20,000세포/mL 이상 100,000세포/mL 미만인 경우
	경계	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 100,000세포/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, ‘경계’ 이상의 발령단계에서는 대중매체 등을 통해 관련사항을 신속히 홍보하여야 한다. 아울러 관계기관은 아래의 경보단계별 조치사항에 따라 신속하게 대응하여야 한다.

2) 유해남조류 세포수는 마이크로시스티스(*Microcystis*), 아나베나(*Anabaena*), 아파니조메논(*Aphanizomenon*) 및 오실라토리아(*Oscillatoria*) 속(屬) 세포수의 합을 말한다. 유해남조류는 부영양화된 수역에서 많이 발생되며 독성 물질(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	취수구와 조류가 심한 지역에 대한 차단막 설치 등 조류 제거 조치 실시
	취수장·정수장 관리자	1) 조류증식 수심 이하로 취수구 이동 2) 정수처리 강화(활성탄처리, 오존처리) 3) 정수의 독소분석 실시
	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 동
		〈추 가〉	- 1개 호소(의암호 추가) - 4개 보(이천·해평·강정고령·칠서)
	친수	〈신 설〉	- 환경부장관이 정하여 고시하는 하천·호소
경보지표		- 클로로필- <i>a</i> 농도 + 유해남조류 세포수	- 유해남조류 세포수
단계별 발령 기준	관심	- 클로로필- <i>a</i> 15mg/m ³ + 유해남조류 세포수 500세포/mL	- 유해남조류 세포수 1,000세포/mL
	경계	- 클로로필- <i>a</i> 25mg/m ³ + 유해남조류 세포수 5,000세포/mL	- 유해남조류 세포수 10,000세포/mL
	대발생	- 클로로필- <i>a</i> 100mg/m ³ + 유해남조류 세포수 100만 세포/mL	- 유해남조류 세포수 1,000,000세포/mL
친수용 발령 기준	관심	〈신 설〉	- 유해남조류 세포수 20,000세포/mL
	경계		- 유해남조류 세포수 100,000세포/mL
발령용어		조류주의보 → 조류경보 → 조류대발생	관심 → 경계 → 조류대발생
친수활동 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

운영지점	구분 (지점수)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)	'22 (29)	'23 (29)	
합계	계	372	608	404	643	552	492	459	754	778	530	
	주의보/관심	300	485	373	465	464	417	424	714	572	471	
	경보/경계	72	123	31	178	88	75	35	40	206	59	
	대발생	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
한 강	충주호	주의보/관심	-	-	-	-	<13일> 10.4~10.16	-	-	-	<14일> 담양: 9.22~10.5	-
	이 천	주의보/관심	X	X	-	-	-	-	-	-	-	
	횡성호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	춘천호	주의보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	의암호	주의보/관심	X	X	-	-	-	-	-	-	<28일> 8.30~9.26	
	팔당호	주의보/관심	<23일> 8.5~8.27	<43일> 담양: 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	-	<28일> 8.26~9.22	-	-	<77일> 8.21~11.5	<97일> 8.21~11.25	-	-	-	-
	한 강 (강동~잠실 /잠실~행주) *잠실~행주 '16년부터 친수활동 구간	주의보/관심	<24일> 강동~잠실: 8.5~28 (24일) 잠실~행주: 8.12~28 (17일)	<31일> (65일 경보와 중복) 강동~잠실: 7.7~7.30, 8.18~8.27, 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)	<15일> 미사~잠실 : 8.24~9.7 (15일)	-

운영지점	구분 (지점수)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)	'22 (29)	'23 (29)
한강	경보/경계	-	<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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<58일> 담양, 취수탑 8.10~9.6 (28일) 9.18~10.17 (30일)
금강	경보/경계	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<11일> 담양, 취수탑 9.7~9.17
	주요보/관심	-	<54일> 회남: 7.29~8.11 (14일) 추동: 10.2~11.10 (40일) 문의: 10.28~11.10 (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)	<49일> 회남: 8.25~10.5 (42일) 추동: 9.22~10.12 (21일) 문의: 9.15~9.28 (14일)	<78일> (34일 경계와 중복) 회남: 8.17~10.11 (56일) 추동: 8.10~9.13 (35일) 9.26~11.15 (51일) 문의: 8.10~8.23 (14일) 9.27~11.29 (64일)
	대청호	-	-	-	<35일> 회남: 8.9~9.12	<9일> 회남: 9.12~9.20	-	<11일> 문의: 10.5~10.15	-	-	<34일> 추동: 9.14~9.25 (12일) 문의: 8.24~9.26 (34일)
	보령호	주요보/관심	-	-	-	<42일> 5.17~6.27	-	-	-	-	-

운영지점	구분 (지점수)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)	'22 (29)	'23 (29)
해평	주요보/관심	<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	<79일> 6.16~7.20, 8.16~9.7, 9.22~10.12	-
	경보/경계	-	-	-	-	-	-	-	-	<26일> 7.21~8.15	-
강정 고령	주요보/관심	<36일> 8.5~8.19, 9.16~10.6	<77일> 6.30~7.13, 9.1~10.19, 12.8~12.21	<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, 7.30~7.31, 8.20~9.11	<84일> 6.27~8.21, 9.4~10.1	<88일> 4.16~5.12, 9.3~10.6, 11.19~12.15	<84일> 6.17~9.8	<84일> 6.16~6.22, 7.28~8.10, 8.18~9.7, 9.22~10.5, 11.10~12.7	<49일> 6.22~7.12 (21일) 8.10~9.6 (28일)
	경보/경계	-	-	-	<33일> 6.14~7.16	<19일> 8.1~8.19	<13일> 8.22~9.3	-	-	<42일> 6.23~7.27, 8.11~8.17	-
철서	주요보/관심	<78일> 6.3~6.17, 8.22~8.28, 9.16~11.10	<161일> 6.2~7.6, 7.28~11.9, 11.24~12.14	<81일> 5.31~6.21, 7.6~7.11, 8.2~8.22, 9.9~9.26, 12.6~19	<114일> 6.14~7.4, 8.7~10.24, 11.29~12.12	<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, 10.15~11.25	<93일> 7.15~7.21, 8.5~9.8, 9.28~11.17	<133일> 6.16~6.29, 8.25~12.21	<98일> 6.8~6.21 (14일) 7.6~7.26 (21일) 10.12~11.15 (35일) 11.30~12.27 (28일)
	경보/경계	<65일> 6.18~8.21	<10일> 7.7~16	<31일> 6.22~7.5, 8.23~9.8	<68일> 7.5~8.6, 10.25~11.28	<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	<56일> 6.30~8.24	<14일> 6.22~7.5
물금 매리	주요보/관심	X	X	X	X	X	X	<34일> 6.18~7.21	<104일> 6.10~8.11, 10.15~11.24	<114일> 6.2~6.22, 8.25~10.26, 11.15~12.14	<146일> 6.15~7.26 (42일) 8.31~9.26 (27일) 10.12~12.27 (77일)
	경보/경계	X	X	X	X	X	X	-	<26일> 8.12~9.6	<82일> 6.23~8.24, 10.27~11.14	-
영천호	주요보/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	-	<14일> 8.17~8.30
	경보/경계	-	-	-	-	-	-	<12일> 9.3~9.14	<7일> 8.5~8.11	-	-
공산지	주요보/관심	<111일> 취수탑 : 6.12~6.26, 8.7~11.10	<56일> 취수탑 : 7.14~7.27 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: 6.5~6.11	<35일> 취수탑 : 7.28~8.31	-	-	-	-	-	-	-	-
안계호	주요보/관심	-	<15일> 9.13~27	-	-	<40일> 8.8~8.28, 9.12~9.30	-	-	<42일> 7.8~8.18	-	-
진전지	주요보/관심	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

강 애 과

운영지점	구분 (지점수)	'14 (25)	'15 (25)	'16 (28)	'17 (28)	'18 (28)	'19 (28)	'20 (29)	'21 (29)	'22 (29)	'23 (29)	
낙 애 강	운문호	주의보/관심	-	-	-	-	<42일> 담양: 8.8~9.18 (42일) 취수탑2: 8.8~9.18 (42일)	-	-	-	-	
	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)	<83일> 반연리: 8.25~9.14 (21일)	-
	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, 11.16~11.29, 12.14~12.27 (126일) 내동: 8.3~11.1, 12.14~12.31 (120일)	<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: 10.15~11.18 (35일)	<105일> 판문: 1.7~1.27, 8.12~11.3 (105일) 내동: 1.7~1.27, 8.12~11.3 (105일)	<63일> 판문: 7.21~9.21 (63일) 내동: 8.4~9.21 (49일)	-
	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
- ※ 발령일자에 해제일은 포함하지 않음

2. 조류예측과 수질관리협의회 운영

● 조류발생 상황을 미리 예측하여 관련기관 및 대국민 정보 제공

2020년 수질예보제와 조류경보제가 통합되면서 조류예측 기능을 조류경보제 상수원 지점을 대상으로 실시하고 있다. 단기 조류 발생량에 대한 예측정보를 제공하여 선제적인 대응 기능을 강화하기 위해 ‘조류예측 및 수질관리협의회에 관한 규정’ (환경부훈령 제1456호, 2020.5.1.)에서 조류예측에 대하여 규정하고 시행하고 있다. 조류예측이란 수치모델링을 이용하여 기상 및 오염원의 변화에 따른 장래의 조류 발생 및 변화를 예측하고 발표하는 것으로, HSPF와 EFDC-NIER 모델을 연계하여 아래와 같이 예측한 정보를 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)을 통해 공개하고 있다. 2020년 총 6개 지점(한강 이천, 낙동강 해평, 강정고령, 칠서, 물금매리, 금강 대청호) 운영을 시작으로 2023년 총 11개지점(팔당호, 진양호 추가)에 대하여 유해남조류 세포수 농도(구간 범위) 및 수온에 대한 향후 7일간의 예측정보를 제공중이다.

- (기간) 5월~10월
- (항목) 수온, 유해남조류 세포수, 기타 필요한 사항
- (주기) 주 2회(월요일과 목요일) 17시
 - * 단, 예측결과 유해남조류 세포수가 10,000 세포/mL를 하루라도 초과할 경우에는 매 근무일마다 발표한다
- (지점) 11개(한강 5지점(이천, 미사대교, 광진교, 한강대교(친수), 팔당호), 낙동강 5지점(해평, 강정고령, 칠서, 물금매리, 진양호), 금강 1지점(대청호))

표 3-1-7 조류예측 단계

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

3) 남조류 세포수는 유해남조류인 *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Oscillatoria* 속 세포수의 합으로 한다.

○ 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 3-1-8>과 같이 협의회는 구성되어 있으며, 수질관리협의회 의장은 유역환경청장으로 한다. 유역환경청장은 조류예측 3단계 또는 4단계에 해당하는 조류 예측 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
한강수계	<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
낙동강수계	<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
금강수계	<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 · 섬진강수계	<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 입체 모니터링

한국환경공단은 녹조 발생의 수질특성과 시간적·공간적 분포를 연속적으로 파악하여 녹조 대응에 활용하고자 자동입체모니터링시스템을 달성보에 설치하여 운영하고 있다. 2023년에는 달성보 2km 상류와 4km 상류 지점에서 측정을 수행하여 조류발생에 유리한 환경조건 및 입체적 수질변동을 파악하였다.

자동입체모니터링은 부이형 수질자동측정시스템으로 1일 6회 수심 1m~6m까지 자동으로 수질 자료를 실시간으로 전송하는 시스템으로 5~11월간 운영하며, 주 1회 이상 선박을 이용해 센서와 시설 점검을 수행하고 있다. 또한 자동입체측정시스템의 측정 정확도를 확보하기 위하여 정도관리를 수행하였는데, 표준물질 시험의 현장측정 항목은 정확도 및 정밀도 10% 이내로 좋음 이상으로 평가되었다. 수분석과 비교한 클로로필-*a*의 상대오차율은 전반적으로 경향은 유사했으나 수분석 값이 조금 높게 나타났고, 이는 자동측정장비보다 다양한 파장에서 유해조류를 측정하는 수분석 측정방법과의 차이에 의한 것으로 판단된다.

그림 3-1-1 강정고령보의 자동입체측정시스템 및 모니터링 지점



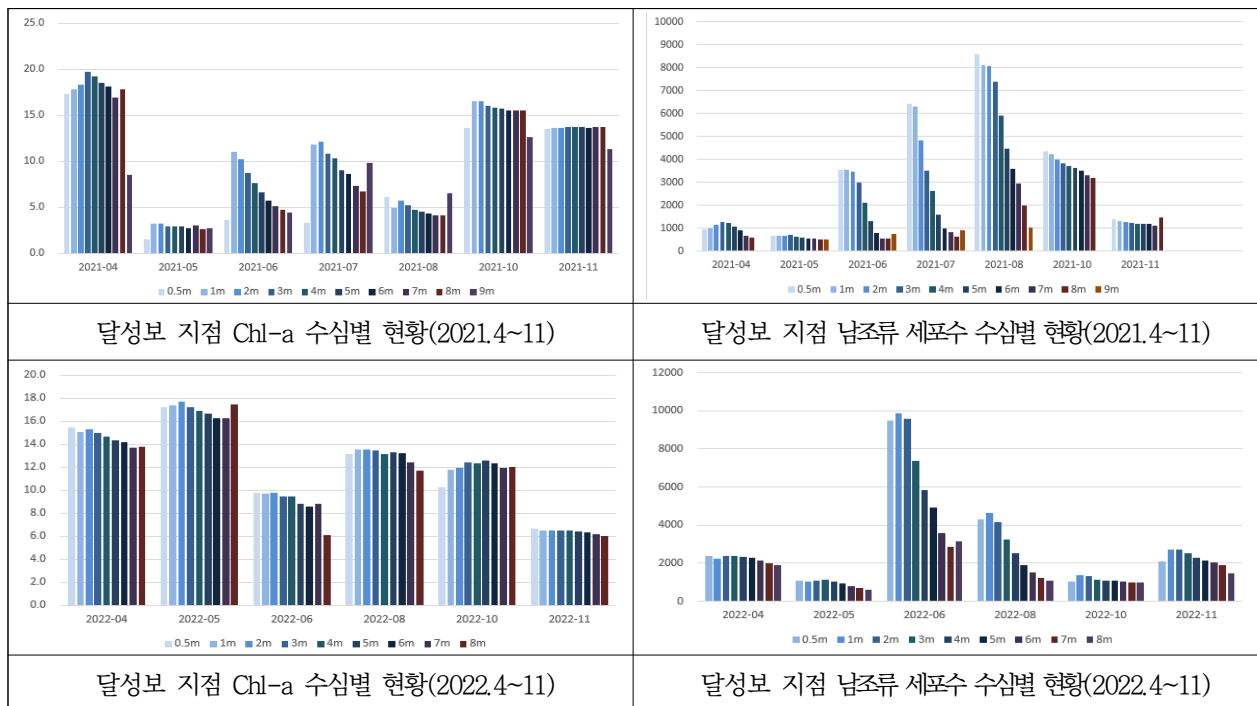
조류 발생의 주요 영향인자는 수온, 강우 및 영양염류로 자동입체모니터링 운영결과, 조류 영향인자와 기타 수질항목에 따른 클로로필-*a*, 남조류세포수의 시계열별 및 수심별 변화추이를 파악할 수 있었다.

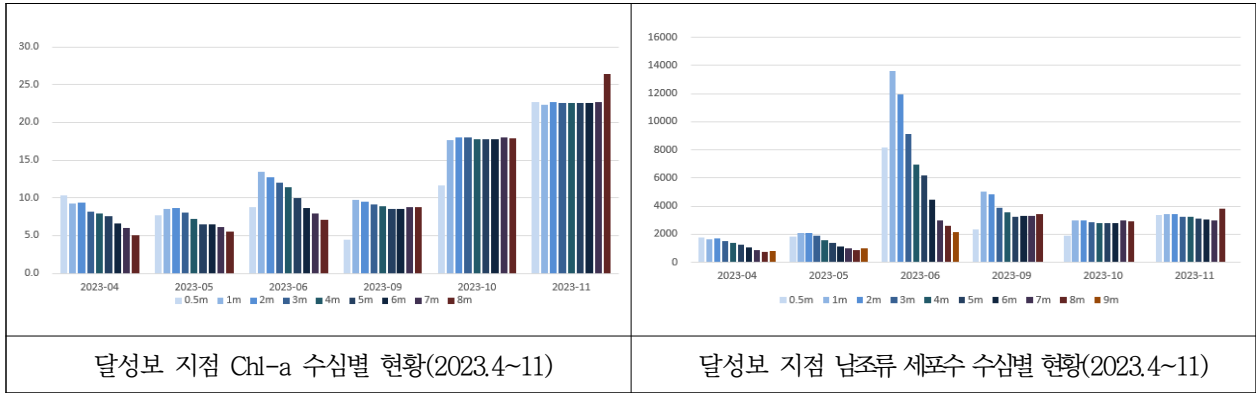
운영기간 동안 7~8월에는 태풍의 영향으로 다량의 집중호우가 발생하여 측정이 불가하였으나 수온은 일조시간의 증가로 4~6월간 꾸준히 상승폭을 보이다가 10~11월에는 하락하는 경향을 보였다. 용존산소와 탁도는 운영기간동안 측정데이터가 꾸준히 상승하는 경향을 보였으며 pH는 월별로 측정값에 큰 차이는 없었으나 표층에서 조류가 급격히 발생하는 시점에는 조류의 광합성과 호흡으로 주간에 값이 상승하고 야간에 하락하는 현상이 반복되었다.

클로로필-a와 남조류세포수의 시간적 운영결과는 여름철에 일조량 증가 및 강우 이후 비점 오염원으로 유입되는 영양염류로 인해 측정값이 상승하는 경향을 보이거나, 7~8월 다량의 강우시 희석 및 수세효과로 인해 측정값이 감소하는 경향을 보이기도 하였다. 공간적 운영결과는 표층에서 심층으로 갈수록 클로로필-a와 남조류 세포수가 감소하는 경향을 보이고 있는데, 주요 원인으로는 심층으로 갈수록 적절한 일조량 및 산소공급이 어려워 개체수가 감소한 것으로 추정된다.

클로로필-a와 남조류세포수의 자동측정값을 비교한 결과 두 항목의 증감 추이는 대체적으로 비슷한 경향을 띠고 있으나, 남조류세포수는 클로로필의 증가 경향이 선행한 후에 시간 간격을 두고 증가하는 패턴을 보였으며 남조류세포수, 클로로필-a 두 항목의 자동측정값과 수분석을 비교하면 남조류세포수 항목의 경우 데이터활용성이 다소 미흡하나, 클로로필-a 항목은 데이터 활용성이 상대적으로 양호하였다.

그림 3-1-2 달성보 지점 chl-a, 남조류세포수 수심별 현황(2021~2023)



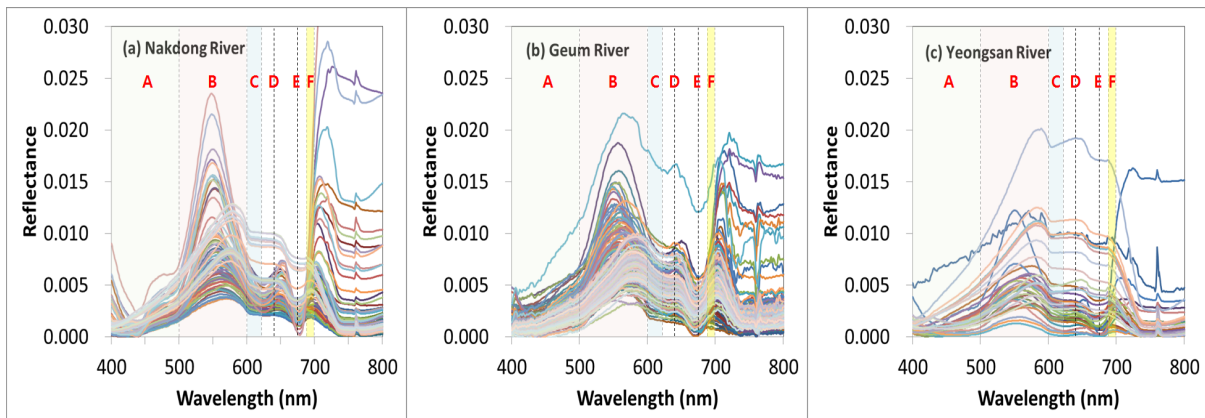


최근 3년간 운영을 통한 달성보 수질측정결과 클로로필-*a*와 남조류세포수의 자동 측정값은 측정장비의 일시적 헌팅으로 측정값 증가를 제외한 연평균 측정값은 비교적 일정하게 나타나, 달성보 상류 수질은 비교적 안정적인 것으로 판단되며, '24년부터 녹조저감을 위한 나노버블발생장치 시범사업의 효과분석을 위해 지점을 이동하여 감시할 계획이다.

● 분광 특성을 이용한 조류 원격 모니터링

국립환경과학원에서는 4대강 광역수체의 녹조모니터링과 신속한 대응을 위해 2014년부터 면(面) 단위 원격모니터링 체계를 구축·운영하고 있다. 기존의 국가수질측정망 지점에서 측정한 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

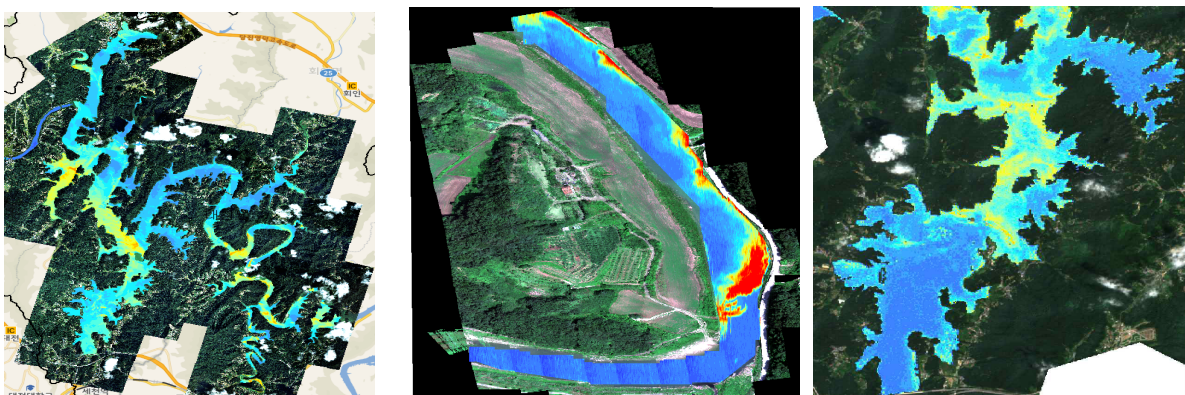


초분광 항공촬영은 낙동강수계(구미보~창녕함안보), 금강수계(대청호~백제보), 북한강수계(의암호~팔당호), 영산강수계(승촌보~영산강하구언)를 대상으로 녹조가 많이 발생하는 6월과 10월 사이에 매년 총 12회 이상 수행하였다. 항공촬영과 병행하여 현장에서 센서 방향으로 복사되는 수표면 반사율을 측정하였으며, 동일한 지점에서 채취된 시료를 대상으로 실내 실험을 통해 조류의 농도와 유색 용존물질, 입자성물질 등의 흡수특성을 분석하였다.

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 흡수 특성을 추정하는 고유분광특성 역변환 모형(Inherent Optical Properties Inversion Model), 남조류 함유색소인 피코시아닌 분석의 최적 파장대를 찾기 위한 유전자 알고리즘-부분 최소제곱회귀모형(Ganetic 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 도출하였다. 2023년에는 초소형 초분광센서를 이용한 실시간 녹조 원격시스템에 대한 적용성을 평가하였고, 2024년에는 실시간으로 관측된 데이터의 활용 방안을 도출할 계획이다.

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



(a) 초분광 항공기 영상

(b) 초분광 드론 영상

(c) 다분광 위성(Sentinel-2) 영상

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. 수질관리협의회는 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 한국수자원공사, 한국환경공단 등 전문기관에서 자문역할을 수행하고 있다.

● 취·정수장 녹조 대비

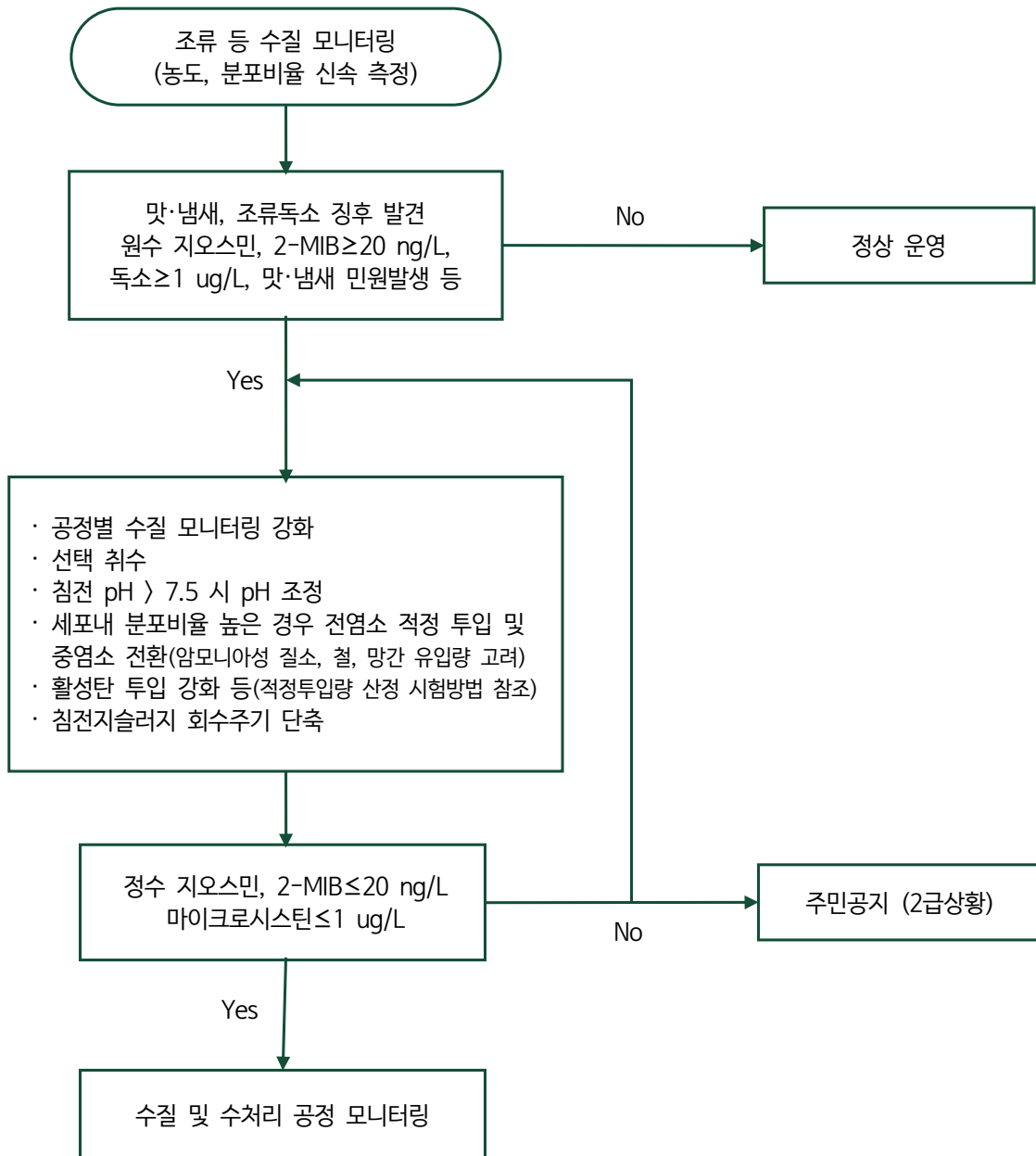
녹조상황에도 안전한 수돗물 공급을 위해 주요 정수장에 고도정수처리시설이 도입되어 운영되고 있다. 고도정수처리시설은 조류가 발생시키는 맛·냄새 원인물질의 제거효율을 높이기 위해 오존, 입상활성탄 등을 활용하는 시설이다. 2017년까지 한강 수계에는 18개 정수장에, 낙동강 수계에는 상류를 제외한 18개 모든 정수장에 고도정수처리시설이 도입·운영되고 있다. 대청호를 이용하는 금강 수계 정수장은 심층 취수방식을 이용하고 있어 녹조에도 상대적으로 안정적인 급수가 가능하며, 3개 정수장에 고도정수처리시설이 도입되어 있고 앞으로 더욱 확대 도입될 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 6종을 먹는물 수질감시항목으로 지정하고 조류경보가 발령하는 때에 수돗물의 농도를 측정하고 있으며, 2017년 10월부터 그 검사결과는 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr, 한국수자원공사 운영)에 대국민 공개하고 있다.

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 수질오염사고 유발시설 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.

2023년 갈수기 기간 중에 폐수배출업소, 폐수처리업소, 폐기물처리업소, 환경기초시설 등을 대상으로 한강수계 790건, 낙동강수계 1,022건, 금강수계 1,287건, 영산강수계 541건 등 총 3,640건을 점검하여 887건에 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	3,640	762	887	244	18	5	2	152	121	345
폐수배출업소	639	224	282	34	7	5	0	109	4	123
폐수처리업소	17	16	25	5	3	0	0	8	0	9
유독물취급업소	1888	316	392	108	1	0	0	14	101	168
폐기물처리업소	378	55	66	3	7	0	1	9	16	30
환경기초시설	667	138	110	88	0	0	0	11	0	11
기타	51	13	12	6	0	0	1	1	0	4

○ 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. 2023년에는 4대강 수계 115개 시설이 참여하여 66개 시설이 저감목표를 달성하였으며, 기준년도인 2015년 대비 총인 약 300톤을 저감하였다.

표 3-3-2 2023년 총인처리 강화운영 실적

수 계	대상시설	기준년도('15년) 배출량(톤)	'23년도 배출량(톤)	저감량(톤)
한 강	10	380	82	298
금 강	21	0.6	0.3	0.3
낙동강	81	26	25	2
영산강	3	0.6	0.2	0.4
합 계	115	596	183	300

○ 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. 2023년 총 2,503개소를 점검하여 총 258건의 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	733	1,233	136	30	26	86	19	36
하반기	1,538	1,270	122	36	15	69	17	36
합 계	2,271	2,503	258	66	41	155	36	72

2. 입체적 하천감시

● 하천순찰 등 감시·정화활동

2023년에는 5대강 환경지킴이(전국 359명)를 통해 본류·지류 등 총 5,618km에서 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.

2023년 추진실적은 총 건으로 하천변 쓰레기 투기·소각 단속 및 퇴비 부적정 보관 현장 계도 등 하천 주변 오염원 사전 예방활동 20,618건, 하천변 정화활동 및 교육·홍보활동 20,920건이다.

표 3-3-4 2019~2023년 환경지킴이 하천순찰활동 실적(건수)

구 분	계도활동(건)			정화활동(건)	교육/홍보활동(건)		
	불법어로 (낙시)	쓰레기투기 (소각)	기타		체험활동	주민교육	생태탐사
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
2022	5,363	4,769	11,262	19,875	323	2,302	545
2023	6,479	5,571	8,568	15,333	1,729	2,692	1,166

○ 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. 2023년 4대강 수계 총 운항횟수는 2,937회이다.

표 3-3-5 2023년 항공(드론)감시 실적(건수)

수계명	운항횟수	점검실적		
		물색깔 변화	수질오염사고	기 타
계	2,937	800	0	1,030
한강 상류(원주청)	170	26	0	0
한강 하류(한강청)	192	1	0	47
낙동강 상류(대구청)	1,140	341	0	279
낙동강 하류(낙동강청)	855	395	0	627
금강수계(금강청)	186	31	0	67
영산강수계(영산강청)	394	6	0	10



제 4 부

참 고 자 료

제1절 수질·조류 모니터링 자료	158
제2절 녹조 원경 모니터링 사진자료	196
제3절 해외 녹조현상 사진자료	203
제4절 주요정책자료	225

제1절 수질·조류 모니터링 자료

1. 주요 상수원 하천·호소 측정자료(운영지점)

○ 팔당호

조사일시	팔당호(담양)		팔당호(부용사앞)		팔당호(삼봉)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.09	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.16	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.06	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.13	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.20	결빙	결빙	결빙	결빙	3.0	0
23.02.27	4.0	0	결빙	결빙	4.6	0
23.03.06	5.4	0	7.8	0	5.7	0
23.03.13	7.2	0	8.5	0	6.7	0
23.03.20	8.3	0	10.3	0	7.6	0
23.03.27	10.0	0	12.4	0	10.3	0
23.04.03	15.5	0	14.9	0	12.0	0
23.04.10	12.9	0	14.8	0	11.8	0
23.04.17	13.3	0	14.0	0	12.9	0
23.04.24	14.9	0	16.3	0	13.9	0
23.05.02	16.8	0	17.5	0	14.3	0
23.05.08	15.5	0	15.5	0	14.6	0
23.05.15	17.6	0	19.6	0	16.4	0
23.05.22	19.8	0	22.6	0	19.6	0
23.05.30	21.7	0	21.3	0	19.5	0
23.06.05	22.0	0	23.3	0	21.2	0

조사일시	팔당호(담양)		팔당호(부용사앞)		팔당호(삼봉)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.06.12	22.6	0	24.4	0	20.3	0
23.06.19	24.5	0	25.9	0	23.7	0
23.06.26	24.6	79	23.6	0	23.6	0
23.07.03	23.9	0	23.4	0	23.7	0
23.07.10	22.0	0	23.5	0	21.5	0
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	23.1	0	24.8	0	21.3	0
23.07.31	27.6	0	29.4	0	27.2	53
23.08.07	29.9	483	31.0	460	28.3	0
23.08.14	25.1	174	26.0	75	25.3	69
23.08.21	27.9	895	30.2	724	28.8	282
23.08.28	24.7	132	24.5	0	24.5	60
23.09.04	24.1	227	23.5	0	24.2	130
23.09.11	26.1	680	27.4	627	25.2	525
23.09.18	24.4	378	24.2	23	24.4	91
23.09.25	21.3	199	22.2	0	21.9	263
23.10.04	21.4	125	20.7	71	20.6	0
23.10.10	20.1	46	20.3	0	19.4	0
23.10.16	18.8	0	19.3	0	18.4	0
23.10.23	16.7	411	16.9	0	16.3	0
23.10.30	15.9	0	16.9	0	15.8	0
23.11.07	14.9	0	16.1	0	14.7	0
23.11.13	12.0	0	11.6	0	11.7	0
23.11.20	9.3	0	9.0	0	9.2	0
23.11.27	7.8	0	7.0	0	7.6	0
23.12.04	5.5	0	5.5	0	5.3	0
23.12.11	6.4	0	6.2	0	6.8	0
23.12.18	3.6	0	4.1	0	4.7	0
23.12.26	2.2	0	결빙	결빙	2.6	0

○ 의암호, 한강(이천), 광교지, 황성호

조사일시	의암호(신연교)		한강(이천)		광교지(취수탑)		황성호(취수탑)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	5.1	0	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.09	6.3	0	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.16	5.5	0	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	4.0	0	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.06	3.3	0	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.13	5.2	0	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.20	5.0	0	5.2	0	4.7	0	결빙	결빙
23.02.27	5.4	0	5.8	0	5.1	0	결빙	결빙
23.03.06	7.3	0	6.6	0	6.6	0	결빙	결빙
23.03.13	8.4	0	7.8	0	7.9	0	5.1	0
23.03.20	7.9	0	8.2	0	8.4	0	6.8	0
23.03.27	10.1	0	11.4	0	11.7	0	7.7	0
23.04.03	12.8	0	12.3	0	14.0	0	9.0	0
23.04.10	12.0	0	9.9	0	13.4	0	7.9	0
23.04.17	12.3	0	10.4	0	14.2	0	8.6	0
23.04.24	13.5	0	12.5	0	16.6	0	10.4	0
23.05.02	14.4	0	14.4	0	17.2	0	9.4	0
23.05.08	13.5	0	-	채수불가	17.3	0	11.3	0
23.05.15	16.0	0	15.5	0	20.6	0	12.0	0
23.05.22	18.7	0	15.6	0	22.8	0	10.9	0
23.05.30	16.8	0	16.6	0	25.2	0	13.4	0
23.06.05	17.9	0	18.0	0	23.6	0	13.4	0
23.06.12	20.0	0	18.3	0	22.8	33	14.9	0
23.06.19	22.0	0	19.9	0	24.0	58	15.5	0
23.06.26	23.1	0	-	채수불가	22.6	90	14.8	0
23.07.03	23.0	0	-	채수불가	22.0	830	15.8	0

조사일시	의암호(신연교)		한강(이천)		광고지(취수탑)		횡성호(취수탑)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	23.3	0	-	채수불가	23.9	640	-	채수불가
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	23.0	0	16.5	258
23.07.24	21.8	0	-	채수불가	24.0	150	16.5	0
23.07.31	25.0	154	-	채수불가	26.2	210	19.0	0
23.08.07	27.8	534	26.7	0	27.8	87	22.6	327
23.08.14	24.5	430	-	채수불가	25.6	0	17.4	336
23.08.21	26.1	1,429	25.9	0	27.7	890	18.6	192
23.08.28	24.0	2,517	-	채수불가	26.1	193	18.9	0
23.09.04	23.1	882	-	채수불가	25.3	0	18.4	258
23.09.11	24.5	2,092	25.0	0	24.8	3,275	17.8	545
23.09.18	23.0	584	-	채수불가	24.9	924	16.8	138
23.09.25	20.5	478	-	채수불가	23.2	906	16.8	782
23.10.04	19.3	88	18.5	0	22.0	848	15.9	0
23.10.10	18.0	479	-	채수불가	20.6	693	-	채수불가
23.10.16	16.7	74	18.6	0	19.5	732	14.2	0
23.10.23	15.7	158	16.7	0	17.8	350	14.4	205
23.10.30	15.4	0	16.8	0	17.3	442	13.4	0
23.11.07	14.8	0	-	채수불가	17.0	390	12.5	0
23.11.13	12.0	0	9.7	0	13.1	289	13.6	0
23.11.20	9.5	0	7.4	0	11.5	0	12.2	0
23.11.27	8.7	0	-	채수불가	9.9	0	10.9	0
23.12.04	6.6	0	4.7	0	8.0	0	9.1	0
23.12.11	9.7	0	9.0	0	8.9	0	-	채수불가
23.12.18	6.0	0	-	채수불가	5.5	0	-	채수불가
23.12.26	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	-	채수불가

○ 운문호, 영천호

조사일시	운문호(담양)		운문호(취수탑2)		영천호(취수탑)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	5.8	0	5.8	0	2.5	73
23.01.09	4.8	0	5.3	0	2.7	40
23.01.16	4.9	0	5.2	0	2.2	0
23.01.25	4.0	0	4.0	0	결빙	결빙
23.01.30	3.8	0	3.8	0	결빙	결빙
23.02.06	3.6	0	3.7	0	결빙	결빙
23.02.13	3.9	0	3.9	0	결빙	결빙
23.02.20	3.9	0	4.1	0	3.7	0
23.02.27	4.2	0	4.6	0	4.8	0
23.03.06	6.5	0	6.0	0	6.3	0
23.03.13	5.7	0	5.6	0	7.2	0
23.03.20	7.2	0	8.1	0	8.8	0
23.03.27	8.6	0	9.0	0	9.6	0
23.04.03	9.5	0	9.6	0	12.2	0
23.04.10	9.0	0	9.3	0	11.1	0
23.04.17	10.5	0	11.3	0	12.3	0
23.04.24	10.6	0	11.9	0	14.9	0
23.05.02	12.0	0	13.3	0	13.5	0
23.05.08	11.7	0	13.1	0	16.2	0
23.05.15	13.5	0	15.1	0	16.8	0
23.05.22	13.4	0	15.5	0	15.0	0
23.05.30	14.7	0	15.8	0	17.4	0
23.06.05	15.7	0	17.6	112	18.1	0
23.06.12	15.2	0	17.9	0	19.4	0
23.06.19	16.2	0	16.7	0	23.6	0
23.06.26	16.1	0	19.3	0	20.7	26
23.07.03	18.1	0	20.5	0	19.3	0

조사일시	운문호(담양)		운문호(취수탑2)		영천호(취수탑)	
	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	17.8	0	21.7	0	23.0	191
23.07.17	18.6	0	21.4	0	23.4	165
23.07.24	20.5	0	21.3	0	20.5	86
23.07.31	21.0	0	21.7	0	25.8	911
23.08.07	20.9	0	24.8	0	24.1	1,999
23.08.14	21.5	119	23.0	158	22.1	1,972
23.08.21	20.7	218	23.7	178	22.6	542
23.08.28	20.2	53	23.8	99	22.0	343
23.09.04	24.3	2,237	20.8	1,036	22.2	733
23.09.11	20.6	0	23.9	66	22.7	16,550
23.09.18	19.1	0	22.4	0	19.9	317
23.09.25	18.7	376	21.6	198	21.3	429
23.10.04	18.4	139	21.2	0	21.4	0
23.10.10	17.7	0	19.4	0	20.6	297
23.10.16	16.6	0	19.9	0	19.8	99
23.10.23	16.0	0	19.0	0	19.3	0
23.10.30	15.4	0	18.1	112	18.2	1,472
23.11.07	16.5	0	18.4	0	11.7	53
23.11.13	13.4	0	15.4	0	15.1	224
23.11.20	11.8	0	13.6	0	13.4	0
23.11.27	11.4	0	12.4	0	11.5	99
23.12.04	10.2	0	11.1	132	9.5	178
23.12.11	10.1	0	10.4	0	9.3	0
23.12.18	9.1	0	9.3	0	7.8	363
23.12.26	8.4	0	8.5	0	6.0	990

○ 대청호

조사일시	대청댐(추동)		대청댐(문의)		대청댐(회남)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	7.1	56	7.6	64	7.3	0
23.01.09	6.5	0	7.0	0	6.7	0
23.01.16	6.6	0	7.0	0	6.3	0
23.01.25	5.1	0	5.2	0	5.5	0
23.01.30	3.9	0	4.6	0	4.8	0
23.02.06	4.4	0	5.3	0	4.9	0
23.02.13	4.8	0	5.2	0	4.7	0
23.02.20	5.2	0	5.4	0	4.8	0
23.02.27	5.6	0	5.6	0	5.4	0
23.03.06	6.3	0	6.0	0	5.8	0
23.03.13	7.0	0	7.1	0	6.6	0
23.03.20	8.2	0	7.0	0	7.2	0
23.03.27	9.0	0	8.6	0	7.4	0
23.04.03	9.3	0	11.8	0	8.3	0
23.04.10	9.7	0	11.6	0	8.9	0
23.04.17	11.1	0	11.6	0	15.4	0
23.04.24	12.6	0	14.4	0	10.2	0
23.05.02	12.3	0	15.3	0	10.9	0
23.05.08	12.8	0	15.5	0	11.0	0
23.05.15	14.8	0	17.2	0	12.6	0
23.05.22	16.8	0	17.3	0	12.4	0
23.05.30	16.2	0	18.5	0	14.0	0
23.06.05	18.8	0	21.2	0	14.6	0
23.06.12	20.0	0	22.3	770	16.7	334
23.06.19	21.9	0	23.9	496	16.5	176
23.06.26	22.6	72	25.9	230	18.0	0
23.07.03	24.2	32	25.4	240	18.6	760
23.07.10	24.7	164	25.4	82	19.5	0

조사일시	대청댐(추동)		대청댐(문의)		대청댐(회남)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.07.17	23.0	176	23.7	232	22.4	26
23.07.24	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.31	24.8	4,106	26.0	4,898	25.2	740
23.08.07	25.8	4,676	27.0	7,324	25.7	4,580
23.08.14	25.7	6,852	26.7	16,068	24.6	6,372
23.08.21	26.4	9,092	27.4	29,712	25.9	9,204
23.08.24	-	-	26.4	30,068	-	-
23.08.28	25.4	9,042	26.2	73,584	24.9	12,408
23.08.31	-	-	25.9	18,948	-	-
23.09.04	26.2	38,812	26.9	94,208	25.0	8,220
23.09.07	-	-	26.2	51,248	-	-
23.09.11	25.9	35,504	26.3	56,024	24.8	6,548
23.09.14	25.6	27,184	25.8	30,012	-	-
23.09.18	25.8	7,752	26.3	42,000	24.3	4,604
23.09.21	25.2	5,942	25.3	8,148	-	-
23.09.25	24.8	5,864	25.1	7,542	23.9	2,888
23.10.04	23.8	3,906	24.1	6,872	23.3	598
23.10.10	23.1	2,084	23.1	5,344	22.8	630
23.10.16	22.3	3,838	22.3	6,592	22.0	206
23.10.23	20.9	1,730	21.2	3,370	21.3	640
23.10.30	20.4	2,154	20.7	4,498	20.4	260
23.11.07	20.2	520	20.3	3,040	19.9	0
23.11.13	17.6	760	18.0	3,360	18.3	42
23.11.20	16.0	528	16.5	914	16.5	126
23.11.27	14.7	634	15.2	896	15.0	260
23.12.04	12.9	296	13.3	360	13.3	186
23.12.11	12.6	240	13.2	0	12.2	52
23.12.18	11.3	180	11.5	0	10.9	108
23.12.26	9.1	0	9.7	160	9.2	0

○ 낙동강

조사일시	낙동강(해평)		낙동강(강정고령)		낙동강(철서)		낙동강(물금매리)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	결빙	결빙	결빙	결빙	2.8	0	2.9	0
23.01.09	결빙	결빙	결빙	결빙	3.5	0	3.5	50
23.01.16	2.5	0	2.9	0	3.9	36	4.6	122
23.01.25	결빙	결빙	1.9	0	2.2	0	결빙	결빙
23.01.30	결빙	결빙	결빙	결빙	2.2	0	2.4	101
23.02.06	결빙	결빙	결빙	결빙	3.6	0	결빙	결빙
23.02.13	4.3	0	3.7	0	4.8	0	4.7	0
23.02.20	4.4	22	4.6	0	5.6	0	5.6	71
23.02.27	5.5	0	5.6	0	7.4	29	7.0	54
23.03.06	7.0	0	7.8	0	9.4	74	8.2	12
23.03.13	7.5	0	8.5	0	9.4	33	9.7	0
23.03.20	10.7	0	10.9	0	11.9	27	12.0	0
23.03.27	11.3	38	12.3	79	13.6	70	13.5	0
23.04.03	13.8	0	15.2	0	16.4	378	15.1	0
23.04.10	14.1	0	14.6	0	16.1	0	15.2	0
23.04.17	15.1	0	15.3	0	16.7	73	15.8	0
23.04.24	16.2	0	17.1	0	18.1	26	16.6	0
23.05.02	16.9	0	17.9	0	18.9	0	18.4	0
23.05.08	17.6	0	17.7	0	17.0	61	17.2	666
23.05.15	19.2	55	21.3	121	21.1	3,694	20.7	278
23.05.22	19.9	88	21.6	824	22.0	374	22.2	6,338
23.05.30	21.6	16	21.6	519	22.3	2,602	22.0	128
23.06.05	23.6	55	23.4	166	24.3	1,871	22.6	1,154
23.06.12	25.0	439	25.8	5,851	26.1	33,499	26.2	164,455
23.06.19	26.9	827	27.6	31,109	28.0	15,220	27.2	8,610
23.06.22	-	-	-	-	27.0	41,604	-	-
23.06.26	25.1	297	26.6	4,688	26.4	33,907	26.4	53,030

조사일시	낙동강(해평)		낙동강(강정고령)		낙동강(칠서)		낙동강(물금매리)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.06.29	-	-	-	-	25.5	5,900	-	-
23.07.03	23.7	55	25.0	315	25.8	2,297	26.1	2,608
23.07.10	22.5	668	23.4	602	24.1	689	23.9	969
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	23.3	674	24.7	273	24.6	238	24.0	220
23.07.31	26.3	445	27.3	1,255	27.4	418	28.6	878
23.08.07	30.5	7,756	31.3	1,233	31.0	6,091	31.0	10,452
23.08.14	25.4	568	25.2	312	25.7	988	26.0	981
23.08.21	27.8	1,147	28.9	2,875	28.9	985	29.4	1,717
23.08.28	26.4	955	28.2	228	27.9	550	28.0	2,300
23.09.04	24.8	2,600	25.0	526	25.3	315	25.5	958
23.09.11	26.6	988	27.3	9,927	27.9	997	26.6	2,507
23.09.18	24.6	675	26.1	350	25.4	170	24.8	792
23.09.25	22.2	7,171	22.1	2,467	22.5	267	22.5	460
23.10.04	20.1	710	21.2	620	22.5	1,628	22.7	1,835
23.10.10	18.7	140	20.2	765	20.8	2,108	21.1	1,722
23.10.16	18.6	107	19.8	300	20.9	3,653	20.5	2,120
23.10.23	17.2	90	18.2	372	18.8	4,132	19.2	1,905
23.10.30	17.0	0	17.8	509	19.3	1,183	18.1	1,152
23.11.07	15.4	59	18.3	522	19.0	987	18.6	634
23.11.13	12.4	0	13.8	249	14.2	981	14.4	1,515
23.11.20	10.8	11	11.5	796	12.1	1,085	12.4	972
23.11.27	9.3	96	9.7	813	10.7	2,873	11.1	2,531
23.12.04	6.4	0	7.8	533	9.1	1,570	8.8	1,970
23.12.11	7.4	0	8.3	255	9.1	2,071	9.4	3,158
23.12.18	7.0	43	5.8	0	6.9	53	7.6	151
23.12.26	2.9	0	3.9	67	4.9	96	4.4	90

※ (-) 조류경보제 발령단계 및 운영기준에 따른 채수일이 아님

○ 총주호, 춘천호

조사일시	총주호(담양)		총주호(청풍교)		춘천호(용산취수장)		춘천호(춘성교 교각)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	7.7	0	7.3	0	-	-	3.6	0
23.01.03	-	-	-	-	2.7	0	-	-
23.01.09	6.8	0	7.1	0	4.6	0	3.0	0
23.01.16	5.8	0	6.5	0	3.9	0	3.0	0
23.01.25	3.9	0	결빙	결빙	2.7	0	결빙	결빙
23.01.30	4.9	0	5.2	0	3.2	0	결빙	결빙
23.02.06	4.8	0	4.9	0	3.9	0	결빙	결빙
23.02.13	4.9	0	5.1	0	4.7	0	3.5	0
23.02.20	4.6	0	4.6	0	4.5	0	3.8	0
23.02.27	5.6	0	5.3	0	4.9	0	-	-
23.02.28	-	-	-	-	-	-	4.8	0
23.03.06	5.9	0	6.0	0	5.5	0	5.2	0
23.03.13	3.8	0	6.7	0	4.8	0	6.2	0
23.03.20	5.5	0	7.3	0	6.1	0	6.2	0
23.03.27	6.6	0	7.8	0	7.2	0	9.8	0
23.04.03	7.7	0	9.5	0	8.5	0	9.5	0
23.04.10	7.1	0	10.0	0	8.8	0	8.8	0
23.04.17	8.1	0	10.6	0	8.8	0	12.1	0
23.04.24	9.3	0	11.2	0	10.8	0	14.6	0
23.05.02	13.2	0	12.7	0	10.4	0	13.9	0
23.05.08	10.2	0	12.9	0	10.9	0	14.7	0
23.05.15	10.6	0	15.3	0	11.6	0	17.4	0
23.05.22	10.3	0	16.2	0	12.4	0	18.7	0
23.05.30	13.0	0	17.4	0	13.1	0	19.7	0
23.06.05	12.5	0	18.2	0	13.6	0	18.6	0
23.06.12	16.5	0	22.0	0	14.5	0	20.0	0
23.06.19	14.2	0	20.9	0	15.8	0	22.9	0
23.06.26	16.3	0	24.6	0	17.0	0	21.7	280
23.07.03	16.5	0	24.7	0	22.3	0	22.2	659
23.07.10	21.9	0	24.0	0	19.1	0	23.4	106
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	21.2	9	20.8	9

조사일시	충주호(담양)		충주호(청풍교)		춘천호(용산취수장)		춘천호(춘성교 교각)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.24	21.4	0	22.3	0	-	-	23.4	170
23.07.25	-	-	-	-	21.7	0	-	-
23.07.31	22.8	0	24.6	76	23.5	4	25.4	873
23.08.07	24.0	216	25.0	0	24.2	14	26.2	877
23.08.14	21.3	0	25.7	0	23.3	38	25.5	1,073
23.08.21	22.8	0	26.9	0	22.5	106	27.6	3,078
23.08.28	21.8	578	25.1	0	21.1	171	26.1	922
23.09.04	22.4	55	24.3	0	20.8	288	24.0	921
23.09.11	21.7	95	24.2	0	23.1	289	24.6	415
23.09.18	22.7	812	23.9	481	-	-	23.6	296
23.09.19	-	-	-	-	20.9	72	-	-
23.09.25	21.1	472	22.1	0	20.9	121	23.6	642
23.10.04	20.1	342	21.9	39	18.9	119	21.4	0
23.10.10	19.8	280	21.2	466	17.8	157	20.2	958
23.10.16	18.5	0	21.0	0	-	-	19.2	158
23.10.17	-	-	-	-	16.0	0	-	-
23.10.23	18.2	0	19.9	0	15.9	0	17.9	0
23.10.30	17.9	62	19.1	0	14.9	0	17.0	63
23.11.06	-	-	-	-	19.3	0	-	-
23.11.07	14.4	0	18.0	0	-	-	16.8	0
23.11.13	15.6	0	16.9	0	-	-	14.0	0
23.11.14	-	-	-	-	15.2	0	-	-
23.11.20	14.2	0	15.4	0	-	-	11.7	0
23.11.21	-	-	-	-	17.2	0	-	-
23.11.27	13.7	0	14.1	0	-	-	10.0	0
23.11.28	-	-	-	-	11.9	0	-	-
23.12.04	11.9	0	12.6	0	-	-	8.2	0
23.12.05	-	-	-	-	7.0	0	-	-
23.12.11	11.5	0	12.6	0	15.1	0	10.5	0
23.12.18	8.8	0	10.1	0	5.3	0	6.1	0
23.12.26	8.2	0	9.1	0	3.9	0	7.4	0

○ 용담호, 보령호

조사일시	용담호(취수탑)		용담호(댐앞)		보령호(취수탑)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	6.1	14	5.8	20	5.5	0
23.01.09	5.1	0	5.5	0	5.3	0
23.01.16	4.7	0	5.3	0	4.6	0
23.01.25	3.4	0	4.4	0	-	채수불가
23.01.30	4.2	0	4.4	0	3.2	0
23.02.06	4.3	0	5.1	0	3.4	0
23.02.13	4.5	0	4.6	0	3.9	0
23.02.20	4.1	0	4.4	0	4.1	0
23.02.27	5.6	0	4.9	0	4.3	0
23.03.06	3.9	0	6.5	0	6.6	0
23.03.13	4.1	0	6.7	0	6.9	0
23.03.20	7.6	0	8.0	0	7.7	0
23.03.27	8.2	0	8.4	0	9.1	0
23.04.03	9.6	0	9.7	0	12.0	0
23.04.10	10.9	0	11.2	0	10.9	0
23.04.17	11.1	0	11.5	0	11.7	0
23.04.24	11.6	0	11.9	0	12.4	0
23.05.02	12.1	0	12.6	0	12.4	0
23.05.08	14.7	0	15.1	0	13.9	0
23.05.15	14.1	0	16.2	0	14.9	0
23.05.22	15.2	0	16.5	0	15.9	0
23.05.30	11.5	0	9.3	0	17.0	0
23.06.05	17.3	22	18.0	32	17.2	0
23.06.12	19.8	44	20.1	106	18.4	0
23.06.19	21.0	30	22.1	68	20.4	0
23.06.26	18.6	38	19.5	144	19.6	286
23.07.03	19.9	58	22.4	66	22.9	340

조사일시	용담호(취수탑)		용담호(댐앞)		보령호(취수탑)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.07.10	23.1	164	23.4	86	22.6	130
23.07.17	21.1	602	21.3	658	-	채수불가
23.07.24	26.9	498	23.9	808	-	채수불가
23.07.31	20.0	2,166	21.7	3,662	21.8	104
23.08.07	22.4	3,308	23.4	1,842	24.5	274
23.08.14	24.5	7,760	23.1	4,950	22.8	34
23.08.21	24.7	9,636	23.4	6,082	24.8	664
23.08.28	23.0		22.5	14,434	25.0	548
23.09.04	23.4	10,248	21.0	9,894	22.9	14
23.09.08	22.5	10,556	22.8	9,414	-	-
23.09.11	22.5	9,130	21.2	7,926	23.5	216
23.09.14	22.6	6,992	20.1	4,678	-	-
23.09.18	22.3	4,654	21.1	3,876	22.9	94
23.09.25	22.8	4,490	23.2	2,384	21.2	0
23.10.04	18.3	2,012	19.4	1,994	21.6	0
23.10.10	17.8	870	20.1	802	20.6	328
23.10.16	17.4	704	18.1	566	20.4	148
23.10.23	18.0	160	18.2	266	19.5	74
23.10.30	18.0	236	19.0	360	19.1	266
23.11.07	16.2	52	18.0	106	18.7	86
23.11.13	13.1	88	16.0	172	15.7	156
23.11.20	12.7	84	15.3	124	14.0	298
23.11.27	10.5	0	12.8	0	13.2	48
23.12.04	11.7	0	10.3	0	11.4	0
23.12.11	11.8	0	11.7	0	11.7	0
23.12.18	10.5	0	10.3	0	9.7	0
23.12.26	9.5	0	9.4	0	8.1	0

○ 안계호, 덕동호, 공산지

조사일시	안계호(취수탑)		덕동호(담양)		공산지(취수탑)		공산지(중앙부)	
	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온(°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	3.5	46	6.6	0	4.3	0	4.4	0
23.01.09	3.4	66	6.3	0	3.2	0	3.2	0
23.01.16	3.4	0	4.9	0	3.7	0	3.7	0
23.01.25	1.4	0	-	채수불가	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	1.6	0	4.1	0	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.06	2.6	0	4.5	0	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.13	4.2	0	4.1	0	3.9	0	3.8	0
23.02.20	4.4	0	-	-	4.4	0	4.7	0
23.02.23	-	-	5.5	0	-	-	-	-
23.02.27	5.3	132	10.1	0	5.8	0	5.6	0
23.03.06	7.1	0	8.9	0	6.5	0	6.7	0
23.03.13	8.2	198	-	-	7.6	0	8.2	0
23.03.14	-	-	7.6	0	-	-	-	-
23.03.20	9.9	0	-	-	9.3	0	9.5	0
23.03.22	-	-	11.0	0	-	-	-	-
23.03.27	11.1	86	10.5	0	9.7	0	11.5	0
23.04.03	13.0	0	8.7	0	11.5	0	13.0	0
23.04.10	13.0	0	-	채수불가	12.8	0	14.6	0
23.04.17	14.8	0	-	-	13.8	0	13.7	0
23.04.19	-	-	15.6	0	-	-	-	-
23.04.24	15.7	0	15.2	0	15.5	0	16.3	0
23.05.01	-	-	16.8	0	-	-	-	-
23.05.02	16.9	0	-	-	16.7	0	16.9	0
23.05.08	17.7	0	-	-	15.8	0	15.8	0
23.05.09	-	-	18.4	0	-	-	-	-
23.05.15	19.2	0	-	-	17.6	0	17.9	0
23.05.17	-	-	24.1	0	-	-	-	-
23.05.22	19.3	0	20.4	0	18.4	0	-	채수불가
23.05.30	21.0	0	9.9	0	19.6	0	18.6	0
23.06.05	22.5	145	-	-	20.3	0	20.5	0
23.06.07	-	-	18.6	0	-	-	-	-
23.06.12	23.1	0	-	-	21.8	0	22.7	0
23.06.14	-	-	17.3	0	-	-	-	-
23.06.19	24.9	85	19.2	0	23.1	0	23.4	0
23.06.26	25.1	728	-	-	23.5	30	-	채수불가
23.06.27	-	-	21.9	19	-	-	-	-

조사일시	안계호(취수탑)		덕동호(담양)		공산지(취수탑)		공산지(중앙부)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.03	26.0	86	-	-	23.5	0	24.1	680
23.07.04	-	-	17.9	0	-	-	-	-
23.07.10	26.7	317	-	-	23.7	0	24.2	955
23.07.12	-	-	20.7	19	-	-	-	-
23.07.17	27.0	158	19.3	16	22.2	250	24.2	0
23.07.24	27.2	449	20.2	8	22.5	0	22.7	0
23.07.31	29.7	0	-	채수불가	23.8	0	25.0	500
23.08.07	29.1	99	-	-	25.6	0	26.8	400
23.08.09	-	-	-	채수불가	-	-	-	-
23.08.14	27.2	198	-	채수불가	23.5	0	23.5	0
23.08.21	27.9	541	23.6	344	24.8	0	25.2	0
23.08.28	26.8	106	-	-	24.7	0	24.8	0
23.08.29	-	-	20.2	505	-	-	-	-
23.09.04	27.4	812	-	-	23.7	0	23.8	0
23.09.07	-	-	23.1	401	-	-	-	-
23.09.11	26.6	1,168	24.2	952	23.9	0	23.9	0
23.09.18	25.8	429	23.8	217	24.4	0	24.7	0
23.09.25	23.4	105	-	채수불가	21.9	0	22.1	0
23.10.04	23.1	2,482	21.5	122	21.1	0	21.4	0
23.10.10	22.2	112	19.7	107	20.5	0	20.9	0
23.10.16	21.1	903	20.9	131	19.5	0	20.0	250
23.10.23	19.5	0	-	-	18.7	0	18.7	0
23.10.24	-	-	19.9	45	-	-	-	-
23.10.30	18.5	1,940	15.8	30	18.1	0	17.9	0
23.11.06	-	-	-	채수불가	-	-	-	-
23.11.07	19.0	838	-	-	17.8	0	17.9	0
23.11.13	15.4	804	14.9	22	14.8	0	14.8	0
23.11.20	13.6	0	-	-	13.4	0	13.4	0
23.11.21	-	-	14.7	0	-	-	-	-
23.11.27	12.2	112	-	-	11.7	0	11.9	0
23.11.29	-	-	11.5	13	-	-	-	-
23.12.04	10.2	0	10.2	11	10.2	0	10.3	0
23.12.11	10.5	99	-	-	10.0	0	10.0	0
23.12.12	-	-	10.0	0	-	-	-	-
23.12.18	8.3	231	-	-	7.3	0	7.5	0
23.12.19	-	-	8.3	0	-	-	-	-
23.12.26	5.8	205	-	-	5.6	0	5.7	0
23.12.27	-	-	7.5	0	-	-	-	-

○ 주암호, 탐진호

조사일시	주암호(담양)		주암호(신평교)		탐진호(담양)		탐진호(유지천합류)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	6.9	0	6.9	0	5.7	16	5.5	0
23.01.09	6.2	0	6.2	0	5.2	0	5.4	0
23.01.16	5.7	11	6.1	0	4.9	0	5.3	0
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	4.8	0	4.9	0	4.0	0	4.4	0
23.02.06	5.1	0	5.2	0	3.5	0	4.3	0
23.02.13	5.2	0	5.5	0	4.4	0	4.8	0
23.02.20	4.3	0	5.7	0	4.7	0	4.7	0
23.02.27	5.6	0	6.8	0	5.1	0	5.6	0
23.03.06	6.7	0	7.1	0	6.4	0	6.1	0
23.03.13	6.8	0	8.5	0	7.5	0	6.7	0
23.03.20	8.5	0	6.6	0	9.2	0	8.5	0
23.03.27	8.1	0	10.2	0	10.0	0	9.3	0
23.04.03	10.1	0	11.7	0	11.0	0	11.1	0
23.04.11	10.1	0	11.7	0	-	-	-	-
23.04.12	-	-	-	-	12.5	0	12.2	0
23.04.18	10.0	0	12.2	0	-	-	-	-
23.04.19	-	-	-	-	13.5	0	13.6	0
23.04.24	11.0	0	13.5	0	13.9	0	14.1	0
23.05.02	-	-	-	-	15.6	0	15.0	0
23.05.08	12.1	0	14.4	0	-	-	-	-
23.05.09					16.6	0	15.7	0
23.05.15	14.8	0	17.5	0	16.5	0	16.4	0
23.05.22	16.0	0	17.8	0	19.6	0	17.3	0
23.05.30	15.9	0	18.6	0	16.5	0	18.6	0
23.06.05	-	-	-	-	18.4	0	17.1	16
23.06.07	16.5	0	19.3	0	-	-	-	-
23.06.12	17.0	6	19.7	0	19.8	204	20.8	229
23.06.19	17.6	6	20.3	18	22.2	77	20.4	139
23.06.26	17.4	36	20.3	0	19.2	671	18.4	522

조사일시	주암호(담양)		주암호(신평교)		탐진호(담양)		탐진호(유지천합류)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.03	18.8	241	20.5	106	22.2	387	20.5	471
23.07.11	21.4	0	22.1	0	22.1	5	20.5	4
23.07.17	-	-	-	-	23.5	0	20.8	0
23.07.24	19.0	0	21.1	0	-	-	-	-
23.07.25	19.8	231	21.4	210	21.8	49	20.6	0
23.07.31	21.9	185	24.5	636	23.3	57	22.9	0
23.08.07	22.3	217	24.3	162	24.4	0	23.1	94
23.08.14	-	-	-	-	24.8	0	22.6	21
23.08.16	21.7	660	24.0	464	-	-	-	-
23.08.21	22.1	3,100	25.6	955	-	-	-	-
23.08.22	-	-	-	-	23.8	112	22.7	51
23.08.28	21.5	940	23.5	735	25.0	27	23.5	9
23.09.04	21.7	386	24.6	170	24.4	49	22.8	28
23.09.11	22.2	44	23.6	234	25.3	381	23.2	134
23.09.18	21.0	44	23.3	114	24.3	21	21.9	0
23.09.25	20.4	74	21.6	0	23.4	0	22.8	0
23.10.04	20.2	0	21.6	0	-	-	-	-
23.10.05	-	-	-	-	22.7	453	21.1	188
23.10.10	19.9	194	21.2	16	21.3	332	20.3	153
23.10.16	19.0	29	20.3	104	21.0	72	19.5	62
23.10.23	18.3	0	19.4	0	20.2	43	18.3	0
23.10.30	18.2	0	20.1	0	19.5	0	18.1	0
23.11.06	17.7	0	18.7	0	18.7	0	17.9	0
23.11.13	16.6	0	17.3	0	16.2	0	15.1	0
23.11.20	15.8	0	15.7	0	14.6	0	14.6	0
23.11.27	14.3	0	14.3	0	13.1	0	13.2	0
23.12.05	13.0	0	13.1	0	11.6	0	11.8	0
23.12.11	12.3	0	12.6	0	11.6	0	12.1	0
23.12.18	11.0	0	11.3	0	9.7	0	10.5	0
23.12.26	10.1	0	9.7	0	9.4	0	9.2	0

※ 주암호(담양, 신평교)의 조사일시는 1일 추가

○ 동북호, 옥정호

조사일시	동북호(취수탑)		동북호(중류)		옥정호(칠보취수구)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	4.5	650	3.8	300	8.1	6
23.01.09	4.0	600	3.4	450	8.0	8
23.01.16	4.1	400	4.5	150	9.0	0
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	7.2	0
23.01.30	2.8	450	2.9	500	7.8	0
23.02.06	2.7	800	2.9	400	7.9	18
23.02.13	4.2	400	4.5	100	8.2	10
23.02.20	4.1	600	4.8	550	6.5	32
23.02.27	4.5	750	5.0	450	6.7	0
23.03.06	6.2	700	6.1	650	7.7	16
23.03.13	7.0	100	6.8	550	7.9	123
23.03.20	9.0	100	8.9	700	9.1	0
23.03.27	9.6	800	9.3	900	9.6	24
23.04.03	11.3	250	11.8	400	10.2	32
23.04.10	11.9	850	13.1	700	9.8	36
23.04.17	12.0	850	12.6	950	9.5	28
23.04.24	12.9	700	14.6	700	11.2	20
23.05.02	13.4	850	14.9	550	11.5	0
23.05.08	14.7	0	15.2	400	10.7	0
23.05.15	15.9	0	17.2	0	11.8	32
23.05.22	16.7	100	18.1	350	12.3	0
23.05.30	18.0	100	18.2	350	12.5	0
23.06.05	18.1	150	19.8	250	14.3	38
23.06.12	20.1	0	21.7	350	15.3	52
23.06.19	21.2	150	22.7	350	15.9	102
23.06.26	20.9	100	23.4	250	14.6	12
23.07.03	22.3	0	22.5	0	14.1	82
23.07.10	21.5	0	23.0	150	14.2	28

조사일시	동북호(취수탑)		동북호(중류)		옥정호(칠보취수구)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.07.17	21.7	600	22.9	0	14.3	0
23.07.24	22.0	709	23.2	750	14.9	0
23.07.31	23.5	955	24.1	965	14.4	0
23.08.07	24.5	675	24.6	800	14.7	0
23.08.14	23.3	400	24.3	875	15.6	400
23.08.21	23.3	325	25.4	575	15.7	134
23.08.28	23.9	115	24.5	650	15.6	
23.09.04	23.9	195	24.6	185	15.6	862
23.09.11	24.5	860	24.9	195	15.7	578
23.09.18	24.1	765	24.9	445	15.7	908
23.09.25	23.2	200	23.9	100	15.6	906
23.10.04	22.2	170	23.1	285	13.8	216
23.10.10	22.0	115	22.0	80	13.9	0
23.10.16	21.6	310	21.6	250	14.9	0
23.10.23	20.4	285	20.3	525	14.9	12
23.10.30	19.6	470	19.6	635	13.7	28
23.11.06	19.1	300	19.4	305	12.5	452
23.11.13	17.0	610	17.2	280	12.2	64
23.11.20	14.8	290	15.5	240	10.2	0
23.11.27	13.5	350	13.6	300	10.2	0
23.12.04	10.8	0	11.6	0	8.6	24
23.12.11	12.0	0	12.2	0	10.5	68
23.12.18	10.1	0	10.0	0	6.9	78
23.12.26	8.2	0	8.8	0	7.7	0

○ 진양호, 사연호

조사일시	진양호(판문)		진양호(내동)		사연호(취수탑)		사연호(반연리)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	4.1	90	3.6	0	4.2	0	3.9	0
23.01.09	3.9	0	3.9	0	3.5	40	3.5	0
23.01.16	4.7	0	5.1	0	4.4	0	4.6	0
23.01.25	3.7	0	3.1	0	3.2	0	2.9	0
23.01.30	3.1	0	3.0	0	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.06	3.8	0	3.9	66	3.2	0	3.4	0
23.02.13	4.3	0	5.1	0	3.9	0	4.3	0
23.02.20	5.5	0	5.7	0	4.5	0	4.8	0
23.02.27	6.4	0	6.5	0	5.2	0	5.5	0
23.03.06	7.6	0	7.7	0	5.8	0	6.5	0
23.03.13	9.4	0	10.2	0	7.5	0	9.1	0
23.03.20	10.8	0	11.3	0	8.1	0	10.8	0
23.03.27	11.9	0	12.1	0	8.7	0	11.8	0
23.04.03	12.8	0	13.8	0	9.9	0	13.3	0
23.04.10	14.0	0	14.3	0	9.7	0	13.4	0
23.04.17	14.8	0	15.6	0	9.6	0	12.8	0
23.04.24	15.0	0	15.9	0	10.2	0	14.9	0
23.05.02	16.8	0	17.3	0	10.9	0	16.2	0
23.05.08	17.1	0	15.8	0	11.2	0	15.1	0
23.05.15	16.5	0	16.9	0	11.8	0	16.6	0
23.05.22	17.8	0	17.5	0	12.6	0	17.5	340
23.05.30	18.7	0	18.9	0	12.7	0	18.8	455
23.06.05	21.1	220	20.5	85	13.7	0	20.1	275
23.06.12	21.3	375	21.4	0	14.0	1,550	21.0	1,155
23.06.19	21.8	375	25.6	555	14.6	50	21.9	150
23.06.26	24.7	4,060	23.0	1,515	16.0	0	21.8	125
23.07.03	21.9	805	22.1	395	18.0	165	23.7	0

조사일시	진양호(판문)		진양호(내동)		사연호(취수탑)		사연호(반연리)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	22.2	190	21.6	280	18.0	200	22.9	115
23.07.17	21.0	0	21.4	0	17.4	200	22.6	210
23.07.24	22.9	0	21.8	0	18.1	0	22.8	0
23.07.31	25.0	305	25.0	395	19.4	350	25.0	275
23.08.07	26.4	315	26.2	535	23.2	810	25.5	485
23.08.14	24.0	60	24.0	0	24.3	405	25.0	55
23.08.21	25.1	110	24.8	0	24.7	445	25.3	445
23.08.28	25.4	0	25.2	0	24.7	290	26.0	355
23.09.04	23.3	205	23.4	0	25.0	625	25.2	165
23.09.11	24.3	0	24.3	110	25.0	145	25.6	0
23.09.18	24.3	0	24.5	0	24.4	0	24.9	130
23.09.25	22.9	0	23.0	355	23.7	0	24.2	0
23.10.04	22.6	0	22.7	0	23.1	0	23.4	0
23.10.10	21.3	275	21.3	0	22.2	0	22.2	150
23.10.16	20.7	0	20.7	0	21.3	0	21.4	175
23.10.23	19.3	0	19.1	0	19.6	0	19.7	225
23.10.30	18.5	0	18.3	180	18.6	0	18.6	0
23.11.06	18.4	0	18.0	0	18.1	290	18.1	160
23.11.13	16.3	0	15.9	0	16.2	0	16.1	0
23.11.20	13.6	0	13.3	0	13.3	0	13.7	0
23.11.27	11.9	0	11.7	0	11.6	0	12.0	0
23.12.04	10.0	0	9.7	0	9.7	0	9.9	0
23.12.11	9.6	0	9.7	0	9.7	0	10.1	0
23.12.18	8.4	0	8.5	0	9.1	0	8.9	0
23.12.26	6.5	0	6.4	0	6.0	0	6.1	0

○ 회야호, 진전지

조사일시	회야호(취수탑)		회야호(여수로)		진전지(상류)		진전지(하류)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	5.1	0	5.0	0	2.7	0	3.5	0
23.01.09	5.0	0	5.9	0	3.0	0	2.6	0
23.01.16	6.2	0	6.5	0	4.2	0	4.0	0
23.01.25	3.3	0	4.2	0	1.3	0	2.8	0
23.01.30	3.9	0	3.8	0	3.2	0	2.4	0
23.02.06	4.2	0	4.7	0	3.5	0	2.8	0
23.02.13	5.8	0	5.6	0	5.8	0	3.3	0
23.02.20	6.8	0	6.9	0	5.3	0	4.1	0
23.02.27	8.2	0	8.5	0	4.8	0	5.1	0
23.03.06	9.5	0	9.8	0	6.1	0	6.3	0
23.03.13	10.8	0	10.6	0	6.3	0	6.7	0
23.03.20	12.5	0	12.8	0	9.0	0	7.7	0
23.03.27	13.4	0	13.5	0	9.7	0	8.5	0
23.04.03	15.8	0	15.6	0	10.9	0	8.6	0
23.04.10	16.2	0	16.3	0	11.0	0	9.0	0
23.04.17	16.1	0	16.0	0	8.0	0	7.0	0
23.04.24	16.0	0	16.1	0	13.6	0	11.3	0
23.05.01	17.6	0	17.6	0	13.7	0	12.8	0
23.05.08	17.5	0	17.6	0	13.0	0	13.0	0
23.05.15	19.7	0	19.3	0	13.0	0	15.0	0
23.05.22	20.1	0	20.0	0	-	-	-	-
23.05.23	-	-	-	-	18.1	0	16.3	0
23.05.30	20.6	0	20.5	0	16.0	0	17.0	0
23.06.05	22.1	0	22.1	0	17.6	0	21.0	0
23.06.12	22.9	250	22.9	297	19.0	0	22.0	0
23.06.19	24.9	377	24.9	0	19.0	0	23.0	0
23.06.26	23.1	589	23.0	948	20.0	0	22.0	0
23.07.03	24.9	745	24.8	675	20.0	0	21.0	0

조사일시	회야호(취수탑)		회야호(여수로)		진전지(상류)		진전지(하류)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	23.2	70	23.3	40	21.7	0	24.1	0
23.07.17	24.0	190	23.6	130	21.2	0	23.8	0
23.07.24	23.1	95	23.0	210	24.4	0	24.5	0
23.07.31	25.5	327	25.4	474	25.7	0	26.7	0
23.08.07	26.6	374	26.5	417	24.4	0	21.2	0
23.08.14	25.7	783	25.7	637	20.6	0	21.1	0
23.08.21	25.8	859	26.2	767	23.6	0	23.6	0
23.08.28	25.5	729	25.5	756	25.0	0	25.0	0
23.09.04	25.4	510	25.5	488	22.1	0	22.8	0
23.09.11	25.8	581	25.6	431	22.6	0	23.8	0
23.09.18	24.8	846	24.8	690	22.0	0	21.0	0
23.09.25	23.0	242	23.0	188	19.7	0	21.8	0
23.10.04	23.3	210	23.3	280	21.0	0	19.0	0
23.10.10	22.1	142	22.0	150	21.0	0	19.0	0
23.10.16	21.8	35	22.1	310	17.8	0	20.3	0
23.10.23	21.2	80	21.0	0	15.7	0	18.8	0
23.10.30	21.5	80	21.5	270	14.9	0	18.5	0
23.11.06	20.5	130	20.5	60	18.8	0	24.0	0
23.11.13	16.6	0	16.6	0	10.0	0	14.0	0
23.11.20	14.9	0	14.8	0	8.6	0	12.2	0
23.11.27	12.9	0	12.9	0	8.2	0	13.0	0
23.12.04	11.1	0	10.9	0	7.5	0	10.7	0
23.12.11	11.5	0	11.3	0	7.0	0	10.5	0
23.12.18	9.4	0	9.6	0	4.5	0	7.3	0
23.12.26	8.0	0	8.0	0	3.0	0	6.0	0

○ 한강(상수원 구간)

조사일시	한강(미사대교)		한강(강동대교)		한강(광진교)		한강(잠실철교)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02		미운영		미운영		미운영		미운영
23.01.09		미운영		미운영		미운영		미운영
23.01.16		미운영		미운영		미운영		미운영
23.01.25		미운영		미운영		미운영		미운영
23.01.30		미운영		미운영		미운영		미운영
23.02.06		미운영		미운영		미운영		미운영
23.02.13		미운영		미운영		미운영		미운영
23.02.20		미운영		미운영		미운영		미운영
23.02.27		미운영		미운영		미운영		미운영
23.03.06		미운영		미운영		미운영		미운영
23.03.13		미운영		미운영		미운영		미운영
23.03.20	8.6	0	9.2	0	8.6	0	8.5	0
23.03.27	10.7	0	10.8	0	10.8	0	11.1	0
23.04.03	12.9	15	13.0	17	13.8	27	13.9	30
23.04.10	13.0	0	13.0	0	13.2	20	13.3	10
23.04.17	13.6	0	13.5	0	13.9	25	13.8	33
23.04.24	15.1	9	14.9	13	15.4	22	15.3	35
23.05.02	15.9	0	15.7	0	16.1	0	16.4	0
23.05.08	15.7	0	15.3	0	15.7	0	15.7	0
23.05.15	17.0	55	17.3	22	17.8	27	17.6	43
23.05.22	19.1	0	19.2	0	19.9	0	19.8	0
23.05.30	21.2	0	21.2	0	21.7	0	21.6	0
23.06.05	21.2	30	20.8	18	21.4	49	21.4	103
23.06.12	22.4	66	22.6	18	22.7	179	23.0	58
23.06.19	24.2	30	23.8	0	25.3	0	24.7	11
23.06.26	23.8	44	24.1	0	24.3	0	24.4	0
23.07.03	22.2	37	22.0	80	22.2	54	22.3	138

조사일시	한강(미사대교)		한강(강동대교)		한강(광진교)		한강(잠실철교)	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	22.2	95	22.4	103	22.8	111	22.9	38
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	23.3	0	23.3	0	23.2	42	23.1	0
23.07.31	26.8	52	26.6	17	26.8	0	26.3	0
23.08.07	28.6	395	28.4	38	28.7	359	28.5	257
23.08.14	24.6	84	24.6	10	24.9	53	24.8	42
23.08.21	27.2	180	27.0	625	27.6	378	27.8	215
23.08.28	24.5	57	24.5	351	24.5	103	24.3	105
23.09.04	23.7	336	23.8	393	23.5	7	23.6	87
23.09.11	25.3	123	25.2	77	25.5	241	25.5	395
23.09.18	23.6	225	23.5	584	23.9	163	24.0	384
23.09.25	21.4	72	21.2	116	21.2	97	21.3	528
23.10.04	20.9	83	20.7	101	20.8	46	20.8	111
23.10.10	19.1	124	19.3	115	19.3	132	19.4	164
23.10.16	19.0	0	18.8	0	18.4	0	18.4	0
23.10.23	16.9	93	16.8	29	16.7	33	16.6	0
23.10.30	16.1	0	15.8	0	16.3	0	16.3	0
23.11.06	15.7	20	14.9	64	14.8	0	14.8	0
23.11.13	10.3	0	10.8	0	10.8	0	11.1	0
23.11.20	9.2	0	9.4	34	9.2	0	9.3	0
23.11.27	7.7	0	7.6	0	7.4	0	7.8	0
23.12.04	5.1	0	5.1	0	5.1	0	5.1	0
23.12.11	6.4	0	6.2	0	6.4	0	6.7	0
23.12.18		미운영		미운영		미운영		미운영
23.12.26		미운영		미운영		미운영		미운영

2. 친수활동 구간 조류경보제 측정자료

○ 한강(친수활동 구간)

조사일시	한강(성수대교)	한강(한남대교)	한강(한강대교)	한강(마포대교)	한강(성산대교)
	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.04.03	0	40	0	99	38
23.04.10	0	0	0	0	28
23.04.17	0	0	0	0	0
23.04.24	0	27	15	18	20
23.05.02	0	0	0	0	13
23.05.08	0	0	0	0	0
23.05.15	0	21	0	0	0
23.05.22	0	32	0	0	0
23.05.30	0	0	0	0	0
23.06.05	0	0	0	0	0
23.06.12	61	34	46	0	0
23.06.19	43	85	96	56	126
23.06.26	0	0	0	0	0
23.07.03	0	0	0	65	48
23.07.10	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
23.07.17	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가	채수불가
23.07.24	0	0	0	25	0
23.07.31	712	329	601	33	0
23.08.07	581	774	870	1,492	479
23.08.14	409	0	190	26	76
23.08.21	935	278	555	428	980
23.08.28	53	479	78	268	0
23.09.04	137	408	45	0	0
23.09.11	513	1,119	1,284	595	454
23.09.18	404	497	832	289	189
23.09.25	146	173	52	118	473

조사일시	한강(성수대교)	한강(한남대교)	한강(한강대교)	한강(마포대교)	한강(성산대교)
	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.10.04	121	286	176	147	192
23.10.10	25	388	112	500	0
23.10.16	0	257	631	183	0
23.10.23	421	76	0	0	241
23.10.30	0	0	0	0	0
23.11.06	0	0	0	0	0
23.11.13	0	0	0	0	0
23.11.20	0	0	0	0	0
23.11.27	0	0	0	0	0

※ 친구활동 구간은 동절기(12월~3월) 조류경보제 미운영

3. 4대강 보 대표지점 측정자료(관찰지점)

○ 한강(강천보, 여주보, 이포보)

조사일시	강천보		여주보		이포보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.09	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.16	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.06	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.13	결빙	결빙	결빙	결빙	3.9	0
23.02.20	5.2	0	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.27	5.3	0	6.1	0	6.4	0
23.03.06	6.7	0	7.5	0	7.6	0
23.03.13	7.8	0	8.4	0	8.4	0
23.03.20	8.3	0	8.8	0	10.1	0
23.03.27	11.2	0	11.4	0	12.7	0
23.04.03	12.1	0	12.6	0	14.3	0
23.04.10	10.1	0	11.4	0	12.6	0
23.04.17	10.3	0	12.6	0	12.6	0
23.04.24	12.7	0	13.7	0	15.4	0
23.05.02	13.5	0	13.3	0	15.5	0
23.05.08	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.05.15	15.8	0	17.5	0	18.1	0
23.05.22	15.4	0	17.4	0	18.9	0
23.05.30	16.2	0	17.8	0	16.2	0
23.06.05	18.0	0	19.6	0	20.1	0
23.06.12	18.1	0	18.8	0	20.8	0
23.06.19	19.0	0	20.7	0	22.6	0
23.06.26	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가

조사일시	강천보		여주보		이포보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.07.03	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.10	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.31	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.08.07	26.6	0	27.7	0	28.2	0
23.08.14	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.08.21	26	0	26.2	0	27.0	0
23.08.28	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.09.04	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.09.11	24.9	0	25.8	0	25.2	0
23.09.18	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.09.25	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.10.04	18.7	0	19.8	0	19.3	0
23.10.10	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.10.16	18.8	0	18.7	0	18.5	0
23.10.23	16.7	0	16.3	0	15.8	0
23.10.30	16.9	0	16.9	0	16.4	0
23.11.06	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.11.13	9.9	0	10.7	0	10.9	0
23.11.20	7.4	0	8.4	0	8.1	0
23.11.27	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.12.04	4.7	0	4.4	0	4.9	0
23.12.11	9.1	0		채수불가		채수불가
23.12.18	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.12.26	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙

○ 낙동강(상주보, 낙단보, 구미보, 칠곡보)

조사일시	상주보		낙단보		구미보		칠곡보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.09	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.16	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	3.8	0
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.06	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.02.13	결빙	결빙	결빙	결빙	4.0	15	4.2	0
23.02.20	결빙	결빙	결빙	결빙	4.0	0	결빙	결빙
23.02.27	6.2	0	6.2	0	5.3	0	5.4	0
23.03.06	8.5	0	7.9	0	8.0	0	8.5	0
23.03.13	11.4	29	9.4	0	8.6	0	9.1	0
23.03.20	11.9	0	11.7	0	12.1	0	11.7	0
23.03.27	14.0	0	13.3	0	13.0	0	13.3	0
23.04.03	16.1	0	15.2	0	15.7	0	15.6	0
23.04.10	14.9	0	16.2	56	15.4	25	15.3	38
23.04.17	15.7	46	15.8	14	16.0	0	15.5	0
23.04.24	17.2	0	17.3	27	16.7	0	17.0	0
23.05.02	19.5	35	19.0	0	17.7	0	17.8	0
23.05.08	15.4	0	19.7	38	19.2	36	17.2	0
23.05.15	22.5	30	23.6	221	23.1	32	21.7	82
23.05.22	22.8	0	22.8	0	22.2	44	22.5	366
23.05.30	23.0	446	23.1	360	23.8	229	21.9	88
23.06.05	24.1	213	24.9	178	24.2	36	25.9	1,758
23.06.12	26.8	2,305	27.7	1,075	27.4	748	25.3	7,222
23.06.19	27.9	115	28.9	235	28.5	1,395	28.4	13,676
23.06.26	24.6	758	26.1	210	26.2	1,483	25.9	5,039
23.07.03	24.9	268	26.5	273	27.8	218	25.1	120

조사일시	상주보		낙단보		구미보		칠곡보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	23.2	1,245	24.1	165	22.5	391	22.8	920
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.31	31.4	2,520	32.7	2,840	-	채수불가	28.5	3,159
23.08.07	33.4	2,279	34.1	15,702	-	채수불가	31.5	22,114
23.08.14	26.7	391	28.4	741	27.7	407	-	채수불가
23.08.21	30.2	828	30.5	1,074	30.5	1,792	29.9	3,053
23.08.28	27.5	1,555	27.5	1,709	27.5	5,511	28.7	2,146
23.09.04	25.8	1,037	26.8	982	27.1	2,124	25.2	1,406
23.09.11	27.8	16,340	28.9	2,388	29.8	2,885	27.6	14,113
23.09.18	24.5	385	25.9	2,620	26.6	3,445	26.0	185
23.09.25	22.4	6,574	22.8	3,187	23.1	4,069	23.6	5,396
23.10.04	18.9	215	20.4	147	22.6	259	21.2	414
23.10.10	18.7	0	20.1	299	19.9	375	19.9	45
23.10.16	19.1	645	19.2	520	19.0	304	19.2	446
23.10.23	17.0	265	18.8	464	18.8	105	18.6	148
23.10.30	16.5	0	16.5	456	18.7	522	17.6	0
23.11.06	16.6	0	16.3	0	16.7	42	17.5	309
23.11.13	11.7	0	13.4	53	13.5	51	14.0	41
23.11.20	8.5	0	10.5	170	11.8	85	11.0	291
23.11.27	8.1	73	7.7	42	9.2	188	9.7	161
23.12.04	5.6	0	6.8	0	7.3	46	7.8	57
23.12.11	7.7	0	5.8	0	6.6	0	8.7	72
23.12.18	4.2	0	6.3	67	7.5	0	6.9	0
23.12.26	결빙	결빙	결빙	결빙	2.1	18	3.4	0

○ 낙동강(강정고령보, 달성보, 합천창녕보, 창녕함안보)

조사일시	강정고령보		달성보		합천창녕보		창녕함안보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.01.02	3.0	0	4.7	261	4.6	37	3.2	254
23.01.09	3.1	0	3.5	0	2.9	0	결빙	결빙
23.01.16	3.3	0	4.9	0	4.3	0	3.8	6
23.01.25	결빙	결빙	3.0	0	2.4	0	2.5	0
23.01.30	결빙	결빙	2.7	0	결빙	결빙	2.1	0
23.02.06	2.8	0	3.2	0	결빙	결빙	2.6	0
23.02.13	3.9	0	4.6	0	4.4	0	4.4	24
23.02.20	4.8	0	-	채수불가	5.5	0	5.8	0
23.02.27	5.6	0	7.7	0	6.4	0	6.8	89
23.03.06	7.2	0	9.0	30	8.4	0	-	채수불가
23.03.14	8.6	0	10.6	23	10.6	0	10.3	245
23.03.20	12.0	0	12.3	0	12.4	0	11.8	227
23.03.27	12.6	0	13.9	38	13.0	0	13.6	0
23.04.03	13.0	0	15.7	192	16.0	0	14.9	25
23.04.10	14.4	0	15.3	50	15.9	0	15.4	0
23.04.17	15.4	0	15.7	0	16.0	0	15.7	0
23.04.24	15.5	0	17.3	0	17.8	0	17.1	114
23.05.02	17.5	0	18.1	0	18.4	0	18.2	0
23.05.08	17.4	0	17.5	0	17.7	0	16.9	49
23.05.15	21.7	282	21.1	165	21.7	0	20.5	2,200
23.05.22	22.7	2,332	22.6	798	22.6	207	22.5	1,550
23.05.30	21.6	887	22.3	479	21.9	401	22.0	372
23.06.05	24.8	4,763	26.0	14,779	25.1	7,456	25.3	9,106
23.06.12	26.2	3,092	29.0	62,952	28.1	102,214	26.8	48,560
23.06.19	26.7	19,986	28.9	50,630	29.2	82,568	28.3	168,823
23.06.26	26.7	25,926	26.8	27,454	26.8	32,646	26.6	26,655
23.07.03	25.3	850	26.8	1,908	-	채수불가	-	채수불가

조사일시	강정고령보		달성보		합천창녕보		창녕함안보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수(세포/mL)
23.07.10	23.1	701	24.3	797	-	채수불가	-	채수불가
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.31	28.7	2,907	-	채수불가	28.2	1,514	28.0	913
23.08.07	31.4	42,606	-	채수불가	32.3	5,260	32.5	59,007
23.08.14	25.9	564	-	채수불가	26.1	346	-	채수불가
23.08.21	28.9	4,392	30.1	1,878	29.0	905	28.1	698
23.08.28	28.3	940	28.2	3,350	28.7	288	-	채수불가
23.09.04	25.3	1,253	-	채수불가	26.1	832	25.3	872
23.09.11	26.6	20,701	28.7	8,460	28.1	22,472	27.2	2,696
23.09.18	25.9	100	26.5	197	-	채수불가	-	채수불가
23.09.25	22.2	2,035	22.5	315	21.9	342	22.1	1,520
23.10.04	21.2	782	22.1	716	22.4	2,275	22.1	3,806
23.10.10	20.6	677	21.4	1,241	21.0	1,064	20.8	2,754
23.10.16	20.2	815	21.1	1,276	20.5	2,186	20.3	2,338
23.10.23	18.3	581	20.1	2,260	19.2	2,863	18.5	1,151
23.10.30	17.3	510	19.2	7,103	18.6	1,981	17.8	2,288
23.11.06	17.7	133	18.5	1,654	19.2	2,664	19.0	2,435
23.11.13	14.7	654	14.9	604	14.8	1,108	14.9	1,053
23.11.20	11.7	1,376	12.1	75	12.5	1,004	12.0	1,761
23.11.27	10.0	1,441	10.7	486	10.4	372	10.3	971
23.12.04	7.9	1,319	8.7	1,045	8.8	627	8.6	1,385
23.12.11	7.9	637	8.8	893	8.9	1257	9.0	3,191
23.12.18	6.1	0	6.3	12	6.7	21	7.5	124
23.12.26	3.7	0	4.4	95	4.1	30	4.2	205

○ 금강(세종보, 공주보, 백제보)

조사일시	세종보		공주보		백제보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	3.4	0	2.8	0	결빙	결빙
23.01.09	5.0	0	4.9	0	결빙	결빙
23.01.16	4.6	1,730	5.3	170	6.5	0
23.01.25	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙	결빙
23.01.30	3.1	0	1.7	0	결빙	결빙
23.02.06	4.8	280	4.7	0	4.1	0
23.02.13	6.4	0	6.0	0	5.4	0
23.02.20	6.7	0	6.7	0	6.9	0
23.02.27	7.1	295	7.2	300	7.0	0
23.03.06	9.2	90	8.9	0	8.3	0
23.03.13	8.8	0	10.2	0	12.1	0
23.03.20	11.6	0	11.5	0	11.6	0
23.03.27	12.4	0	12.9	0	15.1	0
23.04.03	15.0	0	15.9	0	15.2	0
23.04.10	13.6	0	13.7	0	14.7	0
23.04.17	14.8	0	14.5	0	16.1	0
23.04.24	17.2	0	18.1	0	19.1	0
23.05.02	15.2	0	17.5	0	18.3	0
23.05.08	15.3	0	15.3	0	16.0	0
23.05.15	17.9	0	19.5	0	21.3	0
23.05.22	17.7	0	19.8	0	20.8	0
23.05.30	20.0	0	20.4	0	20.7	0
23.06.05	19.9	0	22.4	0	25.0	0
23.06.12	21.3	0	23.6	0	25.3	0
23.06.19	22.1	0	24.6	0	26.2	0
23.06.26	22.3	0	24.9	0	24.8	0
23.07.03	27.5	0	27.8	0	28.0	0

조사일시	세종보		공주보		백제보	
	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (°C)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.07.10	22.9	0	-	채수불가	-	채수불가
23.07.17	-	채수불가	-	채수불가	-	채수불가
23.07.24	22.8	0	23.4	0	-	채수불가
23.07.31	28.0	0	28.3	0	29.4	0
23.08.07	29.9	0	30.7	0	32.1	6,070
23.08.14	24.5	300	24.5	585	25.5	1,030
23.08.21	27.3	0	25.9	290	26.5	730
23.08.28	26.3	2,450	26.9	4,600	27.4	915
23.09.04	28.3	3,015	28.0	8,608	26.7	4,217
23.09.11	26.2	9,150	26.9	9,175	27.2	14,280
23.09.18	25.1	0	24.8	1,980	24.1	0
23.09.25	22.0	2,240	22.6	2,803	22.1	2,882
23.10.04	20.1	810	21.4	1,055	20.5	385
23.10.10	20.3	1,045	21.3	1,530	21.3	1,010
23.10.16	18.5	20	19.8	160	19.7	3,330
23.10.23	16.4	0	17.2	660	17.1	2,625
23.10.30	17.2	1,545	18.3	1,885	17.5	2,445
23.11.06	19.1	440	19.1	20	18.7	5,830
23.11.13	9.8	315	12.2	820	11.7	380
23.11.20	10.0	462	9.4	100	9.6	20
23.11.27	9.4	323	8.5	135	9.0	0
23.12.04	7.1	65	6.5	0	6.7	0
23.12.11	12.9	80	11.3	0	9.6	0
23.12.18	6.5	0	7.1	0	6.8	0
23.12.26	5.4	0	4.6	0	3.1	0

○ 영산강(승촌보, 죽산보)

조사일시	승촌보		죽산보	
	수온 (℃)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (℃)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.01.02	-	채수불가	-	채수불가
23.01.09	7.4	0	4.5	0
23.01.16	7.7	0	6.8	0
23.01.25	-	채수불가	-	채수불가
23.01.30	5.2	0	3.2	0
23.02.06	6.7	0	4.3	0
23.02.13	8.5	0	6.3	0
23.02.20	9.0	0	6.9	0
23.02.27	9.3	0	7.4	0
23.03.06	10.9	0	9.1	0
23.03.13	13.4	0	11.1	0
23.03.20	13.6	0	12.2	0
23.03.27	14.9	0	13.2	0
23.04.03	16.7	0	16.0	0
23.04.10	15.3	0	15.3	0
23.04.17	16.8	0	16.0	0
23.04.24	19.9	0	18.6	0
23.05.02	19.7	253	18.9	6,325
23.05.08	16.2	56	17.0	42
23.05.15	22.2	0	20.8	0
23.05.22	23.6	0	22.3	254
23.05.30	21.8	0	22.9	0
23.06.05	24.5	0	24.0	0
23.06.12	26.6	0	26.9	5,361
23.06.19	28.0	52	26.6	17,810
23.06.26	23.8	133	25.3	2,686
23.07.03	25.9	0	25.0	644

조사일시	승촌보		죽산보	
	수온 (℃)	유해남조류 세포수 (세포/mL)	수온 (℃)	유해남조류 세포수 (세포/mL)
23.07.10	25.3	0	24.8	0
23.07.20	-	채수불가	23.7	0
23.07.26	24.0	0	24.4	527
23.08.02	30.4	57	31.6	923
23.08.07	32.1	0	33.7	5,360
23.08.16	31.3	123	31.5	1,860
23.08.21	30.2	254	30.5	6,650
23.08.29	-	채수불가	-	채수불가
23.09.04	27.3	1,649	27.1	25,850
23.09.11	28.2	1,665	28.6	11,000
23.09.18	25.0	323	25.0	110
23.09.25	23.1	47	23.7	0
23.10.04	21.4	1,156	22.3	0
23.10.10	20.7	2,038	20.6	2,775
23.10.16	20.4	10,765	20.2	15,125
23.10.23	17.6	1,062	18.5	7,350
23.10.30	19.0	316	18.1	0
23.11.06	20.6	0	19.2	1,369
23.11.13	12.1	0	14.1	48
23.11.27	10.7	-	9.8	-
23.12.04	9.4	0	7.9	0
23.12.11	13.0	0	9.9	0
23.12.18	6.6	0	8.6	0
23.12.26	-	채수불가	-	채수불가

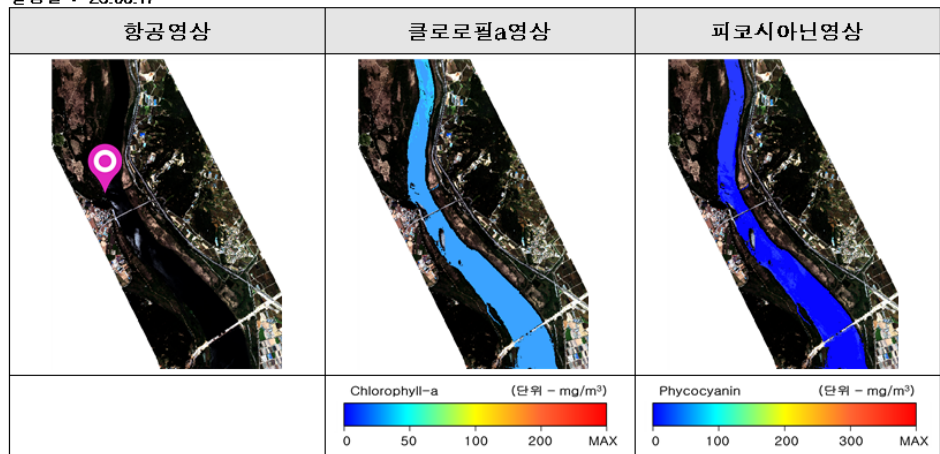
제2절 녹조 원격 모니터링 사진자료

○ 낙동강

□ 낙동강(해평)(경보제지점)

상주보
낙안보
구미보(조류 관찰지점)
낙동강(해평)(경보제지점)
칠곡보 경포천(중점관리지역)
칠곡보(조류 관찰지점)
낙동강(강정교)(경보제지점)
강정고령보 박천(관심우심지역)
강정고령보 신천(관심우심지역)
강정고령보(조류 관찰지점)
달성보 사문진교(중점관리지역)
달성보 용소천(관심우심지역)
달성보(조류 관찰지점)
한천장녕보 드물나무터(관심우심지역)
한천장녕보 낙동강리포도밭(중점관리지역)
한천장녕보 우곡교(관심우심지역)
한천장녕보 읍지교(관심우심지역)
한천장녕보(조류 관찰지점)
장영함안보 박진교(중점관리지역)
낙동강(철서)(경보제지점)
장영함안보 철서취수장(관심우심지역)
장영함안보(조류 관찰지점)

촬영일 : '23.06.17



※ 수표면 및 반사가 발생하여 일부 미처리 구간 발생

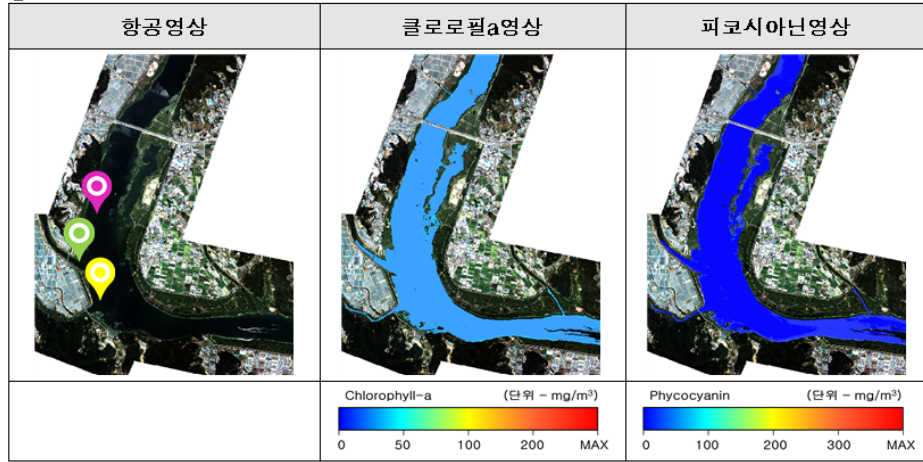
경보제지점 실측자료

조사일	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 개체수 (cells/mL)	우점종	발령현황
'23.06.12	25.0	8.0	439	<i>Anabaena</i>	-
'23.06.05	23.6	20.3	55	<i>Oscillatoria</i>	-
'23.05.30	21.6	34.5	16	<i>Aphanizomenon</i>	-

□ 낙동강(강정고령)(경보제지점), 강정고령보 백천(관심우심지역), 강정고령보 신천(관심우심지역)

상주보
낙단보
구미보(조류 관찰지점)
낙동강(해령)(경보제지점)
철곡보 경포천(중점관리지역)
철곡보(조류 관찰지점)
낙동강(강정고령)(경보제지점)
강정고령보 백천(관심우심지역)
강정고령보 신천(관심우심지역)
강정고령보(조류 관찰지점)
달성보 사문진교(중점관리지역)
달성보 용소천(관심우심지역)
달성보(조류 관찰지점)
한천장령보 도동나무터(관심우심지역)
한천장령보 낙동강리포츨리(중점관리지역)
한천장령보 우곡교(관심우심지역)
한천장령보 읍지교(관심우심지역)
한천장령보(조류 관찰지점)
장영합안보 박진교(중점관리지역)
낙동강(철서)(경보제지점)
장영합안보 철서취수장(관심우심지역)
장영합안보(조류 관찰지점)

촬영일 : '23.06.17



※ 수표면 및 반사가 발생하여 일부 미처리 구간 발생

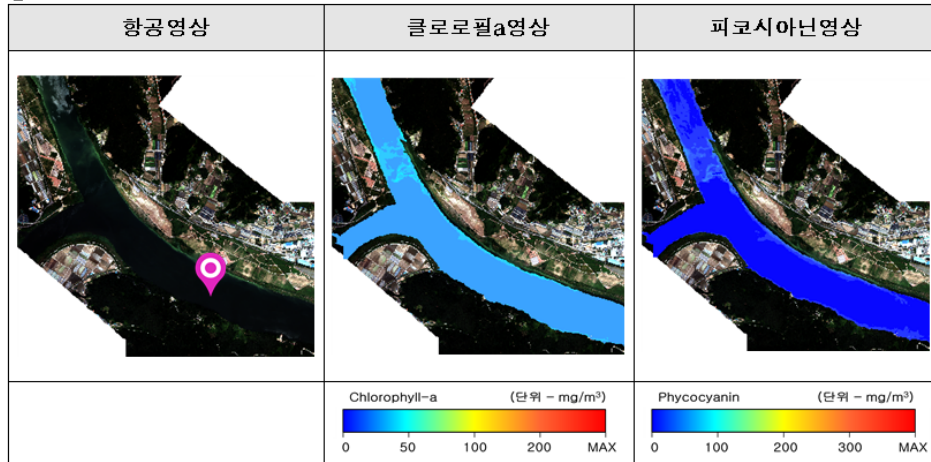
경보제지점 실측자료

조사일	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 개체수 (cells/mL)	우점종	발령현황
'23.06.12	25.8	12.1	5,851	<i>Microcystis</i>	-
'23.06.05	23.4	31.3	166	<i>Aphanizomenon</i>	-
'23.05.30	21.6	9.1	519	<i>Aphanizomenon</i>	-

□ 낙동강(철서)(경보제지점)

상주보
낙단보
구미보(조류 관찰지점)
낙동강(해령)(경보제지점)
철곡보 경포천(중점관리지역)
철곡보(조류 관찰지점)
낙동강(강정고령)(경보제지점)
강정고령보 백천(관심우심지역)
강정고령보 신천(관심우심지역)
강정고령보(조류 관찰지점)
달성보 사문진교(중점관리지역)
달성보 용소천(관심우심지역)
달성보(조류 관찰지점)
한천장령보 도동나무터(관심우심지역)
한천장령보 낙동강리포츨리(중점관리지역)
한천장령보 우곡교(관심우심지역)
한천장령보 읍지교(관심우심지역)
한천장령보(조류 관찰지점)
장영합안보 박진교(중점관리지역)
낙동강(철서)(경보제지점)
장영합안보 철서취수장(관심우심지역)
장영합안보(조류 관찰지점)

촬영일 : '23.06.17



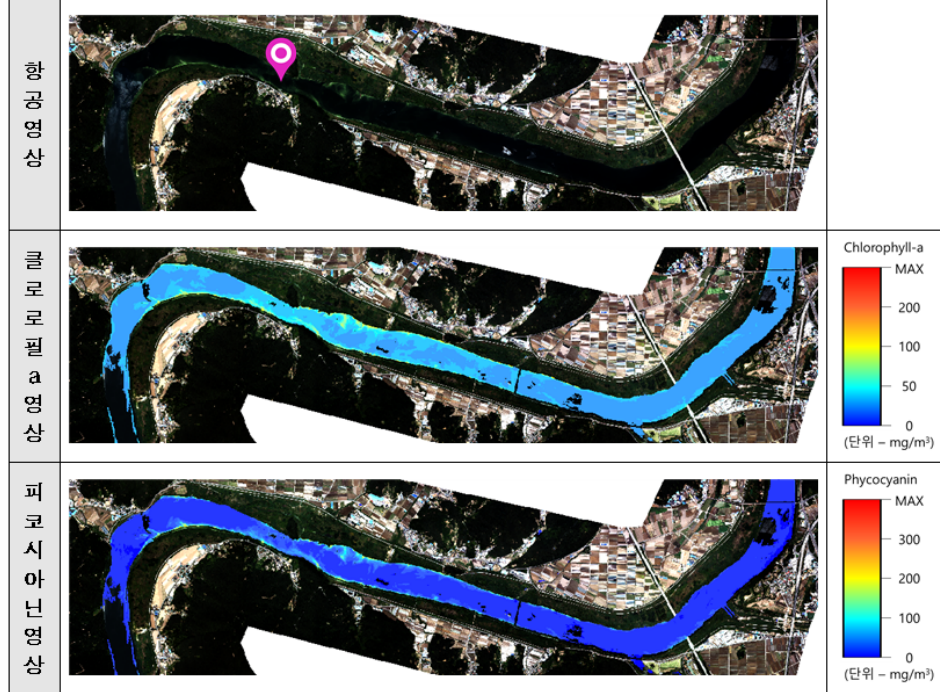
경보제지점 실측자료

조사일	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 개체수 (cells/mL)	우점종	발령현황
'23.06.12	26.1	44.3	33,499	<i>Microcystis</i>	관심
'23.06.05	24.3	34.7	1,871	<i>Anabaena</i>	관심
'23.05.30	22.3	13.8	2,602	<i>Aphanizomenon</i>	-

합천창녕보 도동나루터(관심우심지역)

촬영일 : '23.06.17

- 상주보
- 낙단보
- 구미보(조류 관찰지점)
- 낙동강(해평)(경보제지점)
- 칠곡보 경보전(중점관리지역)
- 칠곡보(조류 관찰지점)
- 낙동강(강정고령)(경보제지점)
- 강정고령보 백천(관심우심지역)
- 강정고령보 신천(관심우심지역)
- 강정고령보(조류 관찰지점)
- 달성보 사문진교(중점관리지역)
- 달성보 용수전(관심우심지역)
- 달성보(조류 관찰지점)
- 합천창녕보 도동나루터(관심우심지역)**
- 합천창녕보 낙동강리포수발전(중점관리지역)
- 합천창녕보 우곡교(관심우심지역)
- 합천창녕보 읍지교(관심우심지역)
- 합천창녕보(조류 관찰지점)
- 창녕함안보 박진교(중점관리지역)
- 낙동강(합서)(경보제지점)
- 창녕함안보 칠서취수장(관심우심지역)
- 창녕함안보(조류 관찰지점)

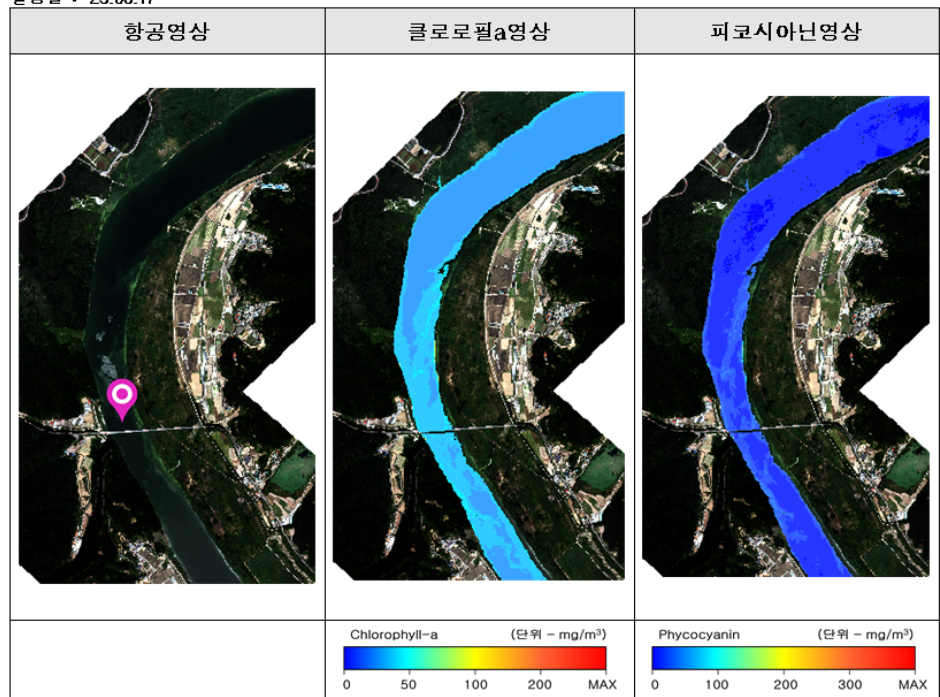


* 수표면 및 반사가 발생하여 일부 미처리 구간 발생

창녕함안보 박진교(중점관리지역)

촬영일 : '23.06.17

- 상주보
- 낙단보
- 구미보(조류 관찰지점)
- 낙동강(해평)(경보제지점)
- 칠곡보 경보전(중점관리지역)
- 칠곡보(조류 관찰지점)
- 낙동강(강정고령)(경보제지점)
- 강정고령보 백천(관심우심지역)
- 강정고령보 신천(관심우심지역)
- 강정고령보(조류 관찰지점)
- 달성보 사문진교(중점관리지역)
- 달성보 용수전(관심우심지역)
- 달성보(조류 관찰지점)
- 합천창녕보 도동나루터(관심우심지역)
- 합천창녕보 낙동강리포수발전(중점관리지역)
- 합천창녕보 우곡교(관심우심지역)
- 합천창녕보 읍지교(관심우심지역)
- 합천창녕보(조류 관찰지점)
- 창녕함안보 박진교(중점관리지역)**
- 낙동강(합서)(경보제지점)
- 창녕함안보 칠서취수장(관심우심지역)
- 창녕함안보(조류 관찰지점)

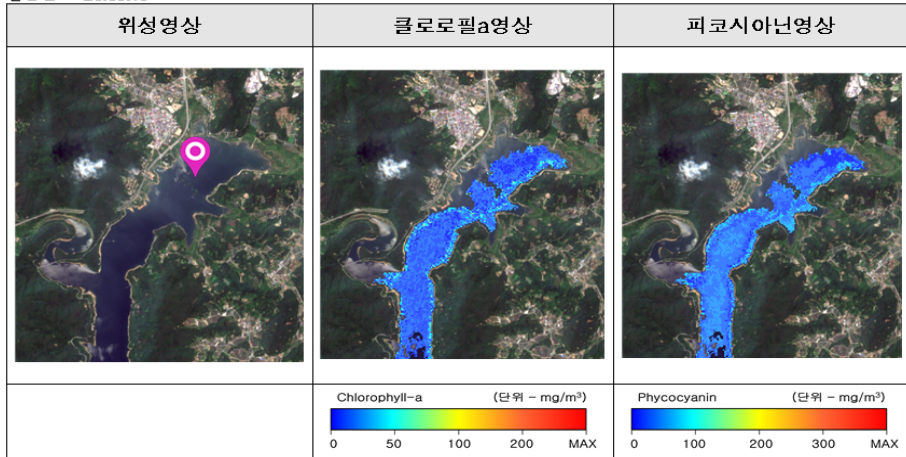


○ 금강

□ 대청호(문의) (경보제지점)

- 서화천 지오리 인근(중점관리지역)
- 대청호(회남)(경보제지점)
- 대청호(후동)(경보제지점)
- 대청호(문의)(경보제지점)**
- 마리나(4km)(관심우심지역)
- 세종보(조류 관찰지점)
- 쌍신공원(관심우심지역)
- 수상공연장(관심우심지역)
- 공주보(조류 관찰지점)
- 왕진대교(관심우심지역)
- 백제보 선착장(관심우심지역)
- 소정이전(관심우심지역)
- 백제보(조류 관찰지점)
- 용포대교(중점관리지역)
- 금강하구연(중점관리지역)

촬영일 : '23.06.16



* 수표면 및 반사가 발생하여 일부 미처리 구간 발생

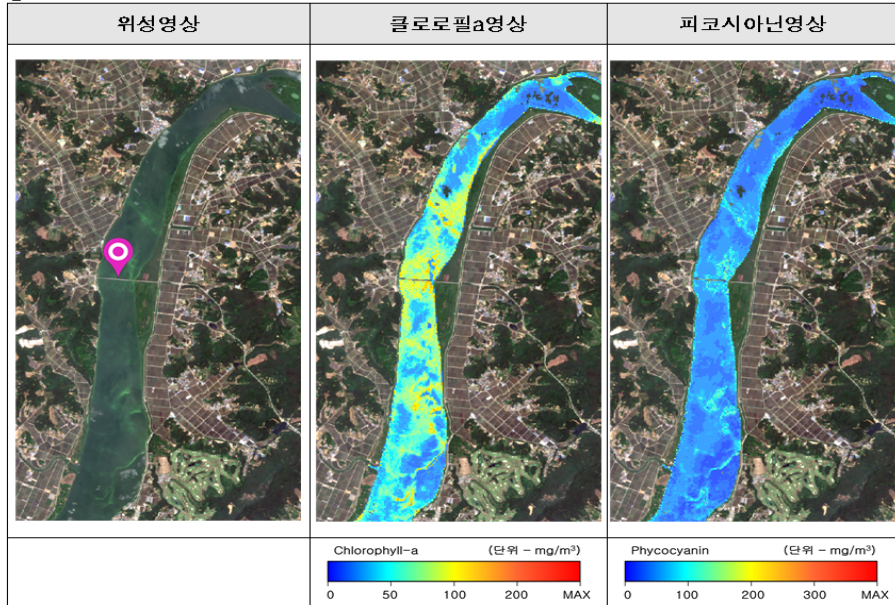
경보제지점 실측자료

조사일	수온 (°C)	Chl-a (mg/m³)	유해남조류 개체수 (cells/mL)	우점종	발령현황
'23.06.12	26.4	3.8	770	Anabaena	미발령
'23.06.05	24.4	3.7	0	-	미발령
'23.05.30	23.1	3.8	0	-	미발령

□ 용포대교 (중점관리지역)

- 서화천 지오리 인근(중점관리지역)
- 대청호(회남)(경보제지점)
- 대청호(후동)(경보제지점)
- 대청호(문의)(경보제지점)
- 마리나(4km)(관심우심지역)
- 용포대교(중점관리지역)**
- 금강하구연(중점관리지역)

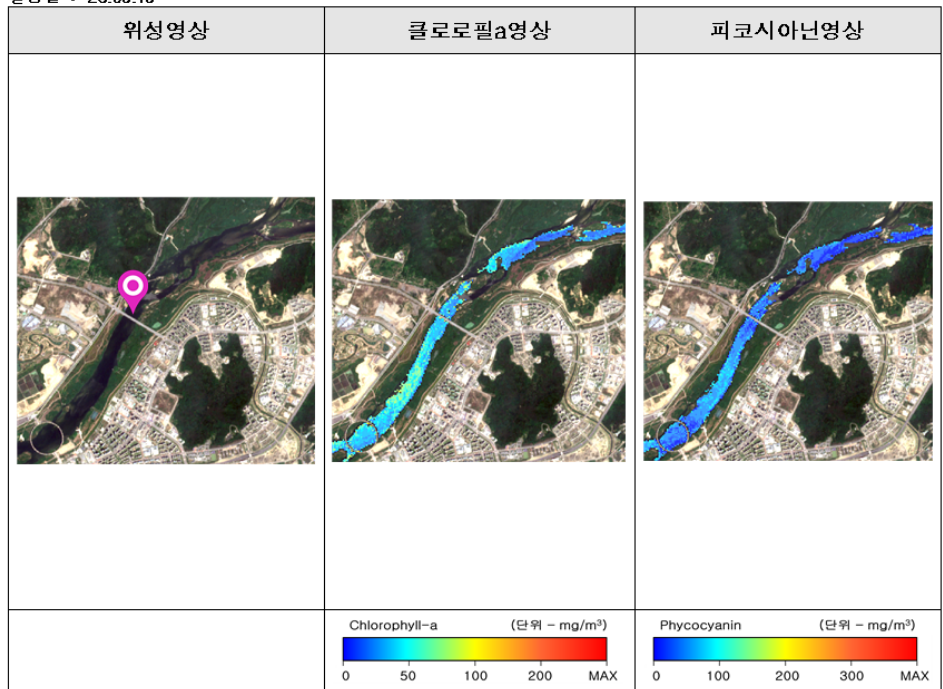
촬영일 : '23.06.16



□ 마리나(보상류 약 4km) (관심우심지역)

촬영일 : '23.06.16

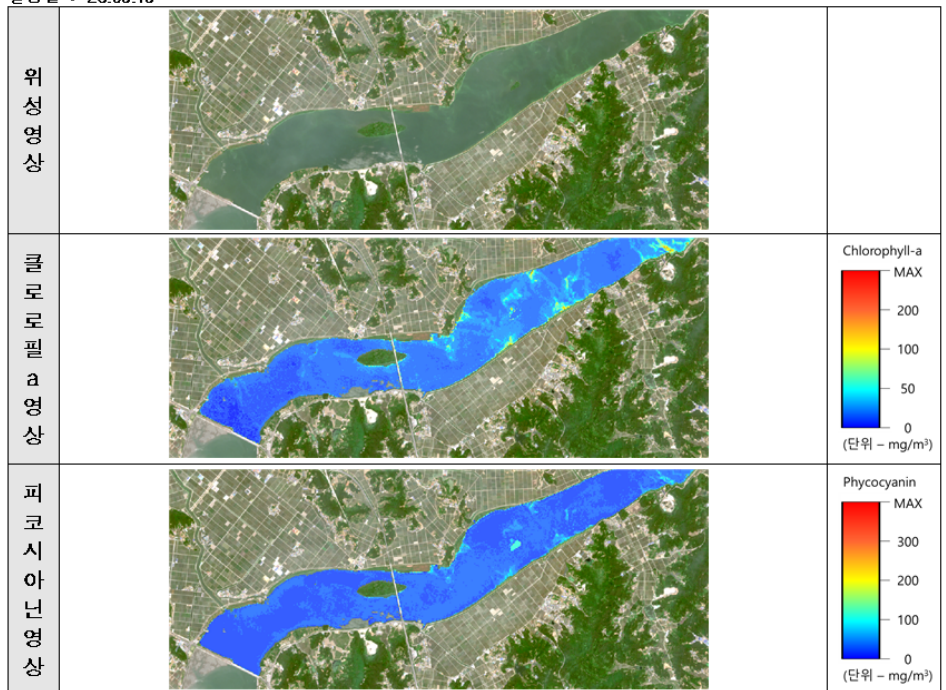
서화천 지오리 인근(중점관리지역)
대청호(회남)(경보제지점)
대청호(추동)(경보제지점)
대청호(문의)(경보제지점)
마리나(4km)(관심우심지역)
세종보(조류 관찰지점)
쌍신공원(관심우심지역)
수상공연장(관심우심지역)
공주보(조류 관찰지점)
왕진대교(관심우심지역)
백제보 선착장(관심우심지역)
소쟁이천(관심우심지역)
백제보(조류 관찰지점)
용포대교(중점관리지역)
금강하구연(중점관리지역)



□ 금강하구연 (중점관리지역)

촬영일 : '23.06.16

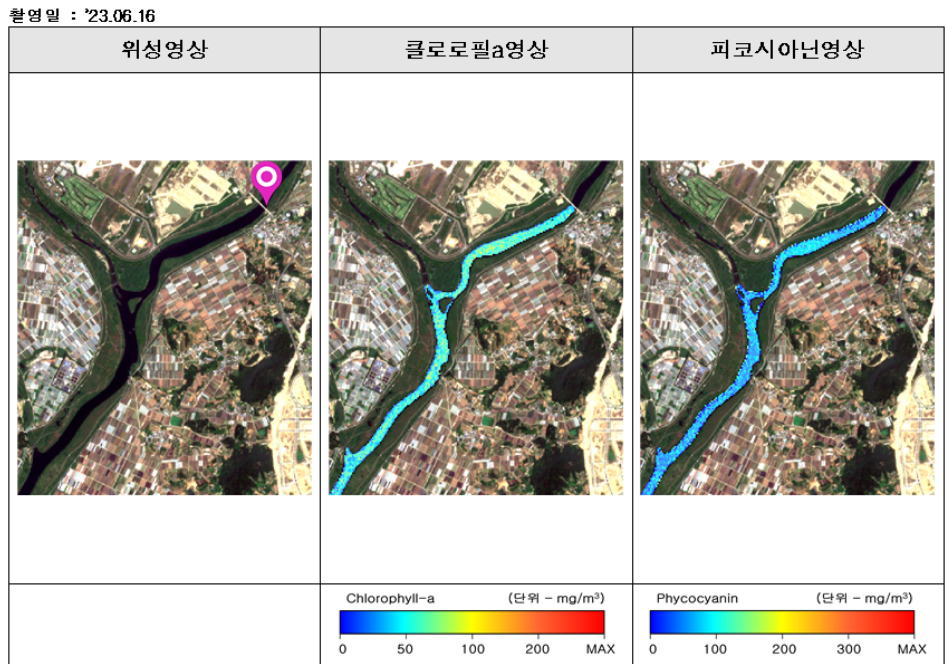
서화천 지오리 인근(중점관리지역)
대청호(회남)(경보제지점)
대청호(추동)(경보제지점)
대청호(문의)(경보제지점)
마리나(4km)(관심우심지역)
세종보(조류 관찰지점)
쌍신공원(관심우심지역)
수상공연장(관심우심지역)
공주보(조류 관찰지점)
왕진대교(관심우심지역)
백제보 선착장(관심우심지역)
소쟁이천(관심우심지역)
백제보(조류 관찰지점)
용포대교(중점관리지역)
금강하구연(중점관리지역)



○ 영산강

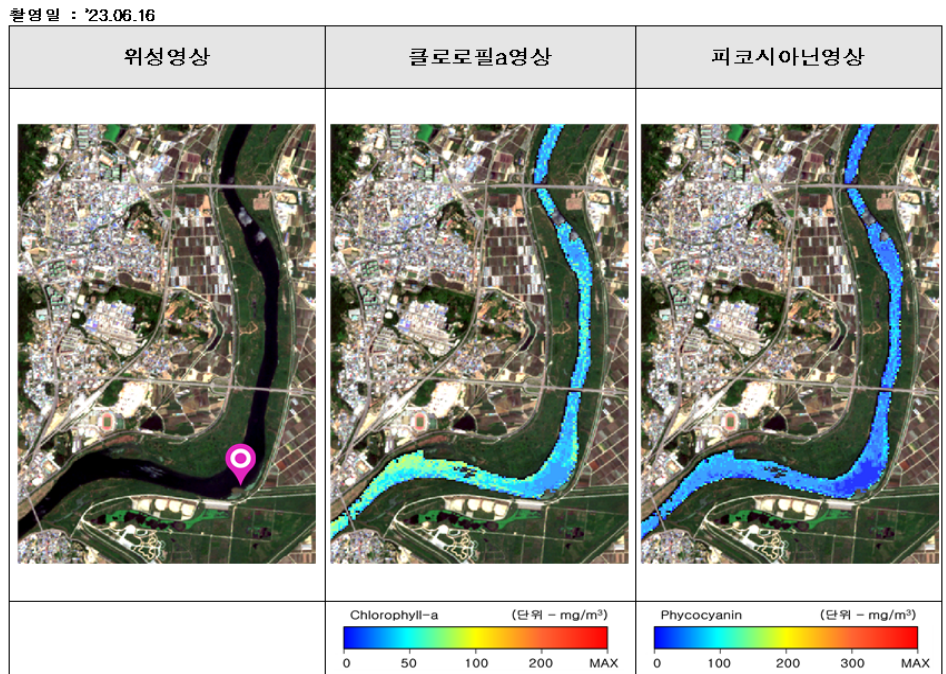
□ 서창교 (관심우심지역)

● 서창교 (관심우심지역)
■ 승촌보 (중점관리지역)
 영산천 (관심우심지역)
 봉황천 (관심우심지역)
 영산포 (관심우심지역)
 만봉천 (관심우심지역)
 구진포 (관심우심지역)
 산광천 (관심우심지역)
 문평천 (관심우심지역)
■ 죽산보 (중점관리지역)
 동탄대교 (녹조발생지역)
 영산강하굿둑(중점관리지역)



□ 영산천 (관심우심지역)

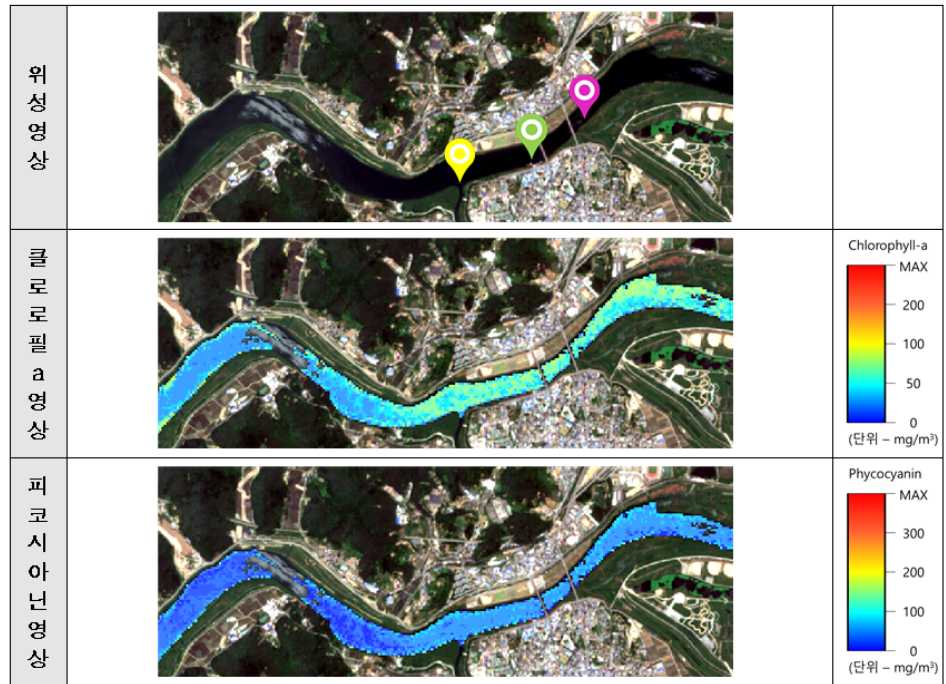
서창교 (관심우심지역)
■ 승촌보 (중점관리지역)
● 영산천 (관심우심지역)
 봉황천 (관심우심지역)
 영산포 (관심우심지역)
 만봉천 (관심우심지역)
 구진포 (관심우심지역)
 산광천 (관심우심지역)
 문평천 (관심우심지역)
■ 죽산보 (중점관리지역)
 동탄대교 (녹조발생지역)
 영산강하굿둑(중점관리지역)



□ 봉황천, 영산포, 만봉천 (관심우심지역)

- 서창교 (관심우심지역)
- 승촌보 (중점관리지역)
- 영산천 (관심우심지역)
- 봉황천 (관심우심지역)**
- 영산포 (관심우심지역)
- 만봉천 (관심우심지역)
- 구진포 (관심우심지역)
- 산광천 (관심우심지역)
- 문평천 (관심우심지역)
- 죽산보 (중점관리지역)
- 동탄대교 (녹조발생지역)
- 영산강하굿둑(중점관리지역)

촬영일 : '23.06.16

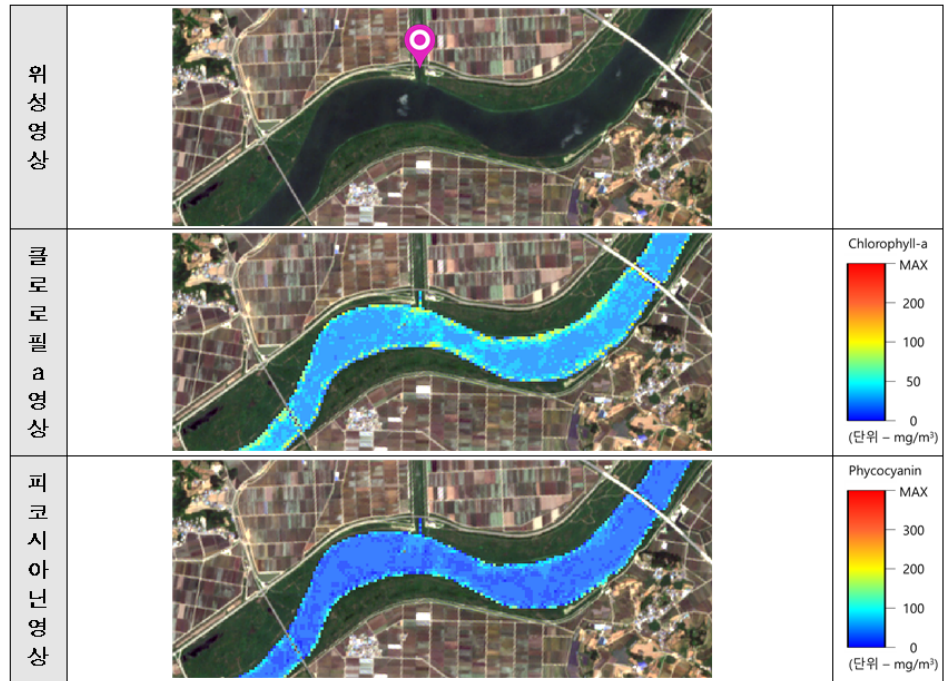


※ 수표면 및 반사가 발생하여 일부 미처리 구간 발생

□ 문평천 (관심우심지역)

- 서창교 (관심우심지역)
- 승촌보 (중점관리지역)
- 영산천 (관심우심지역)
- 봉황천 (관심우심지역)
- 영산포 (관심우심지역)
- 만봉천 (관심우심지역)
- 구진포 (관심우심지역)
- 산광천 (관심우심지역)
- 문평천 (관심우심지역)**
- 죽산보 (중점관리지역)
- 동탄대교 (녹조발생지역)
- 영산강하굿둑(중점관리지역)

촬영일 : '23.06.16



제3절 해외 녹조현상 사진자료

● 호주



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



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



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

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

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)



〈 호주 Lake Gipps, 2022¹¹⁾ 〉

○ 베네수엘라



〈 베네수엘라 Lake Valencia, 2022¹²⁾ 〉

11) 출처 : TM,FM news(2022.4.14.)
12) 출처 : Plant Snapshots(2022.8.12.)

○ 중국



〈 중국 강소성 태호 조류제거시설¹³⁾ 〉



〈 중국 강소성 태호 녹조현상, 2014년¹⁴⁾ 〉

13) 출처 : 중국환경과학원 수생태연구소 제공

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



〈 중국 강소성 태호 녹조현상, 2019년¹⁵⁾ 〉

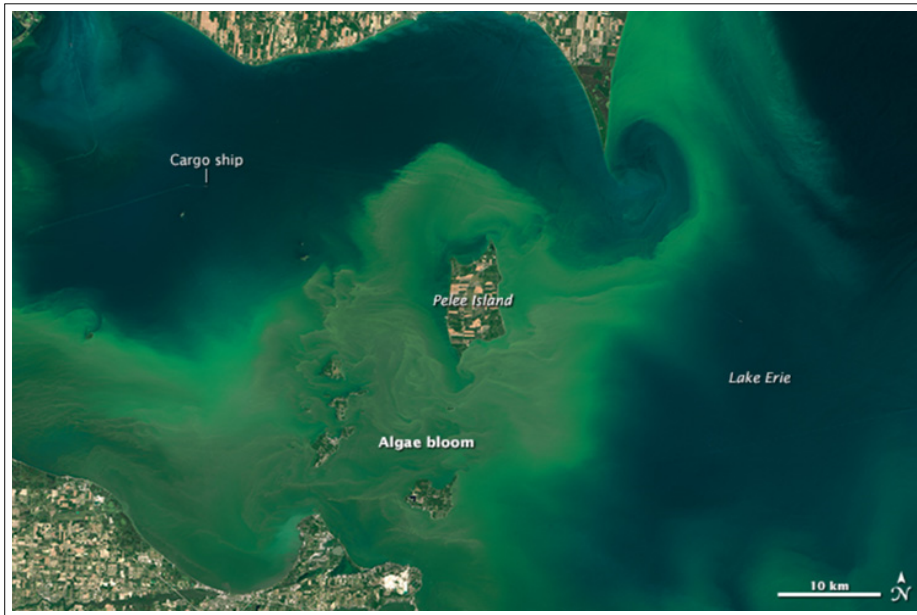


〈 중국 Liangxi River 녹조현상, 2019년¹⁶⁾ 〉

15) 출처 : CGTN (2019.09.19)

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

○ 미국



〈 미국 Lake Erie 호수 녹조현상, 2015년¹⁷⁾ 〉



〈 미국 Lake Erie 급수중단사태 발생시 녹조현상, 2014년¹⁸⁾ 〉

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

18) 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

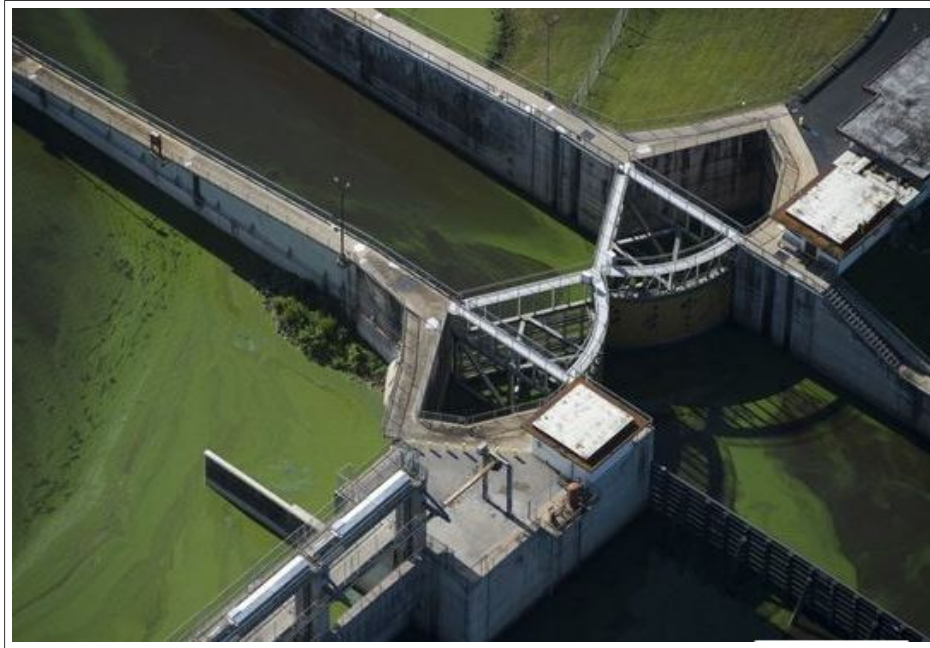
< 미국 플로리다 앞바다 녹조현상, 2016년¹⁹⁾ >



< 미국 Lake Utah 녹조현상, 2016년²⁰⁾ >

19) 출처 : 뉴스시스(2016.7.5.)

20) 출처 : Fox news(2016.7.25.)



〈 미국 St. Lucie River 녹조현상, 2018년²¹⁾ 〉



〈 미국 Lake Okeechobee 녹조현상, 2018년²²⁾ 〉

21) 출처 : Treasure Coast Newspapers(2018.6.29.)

22) 출처 : Pacific Standard(2018.7.25.)



〈 미국 Erie's Lake 녹조현상, 2019년²³⁾ 〉



〈 미국 South Jersey's 주변 호수 녹조현상, 2019년²⁴⁾ 〉

23) 출처 : Erie Reader Newspapers(2019.8.28.)

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



〈 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.)



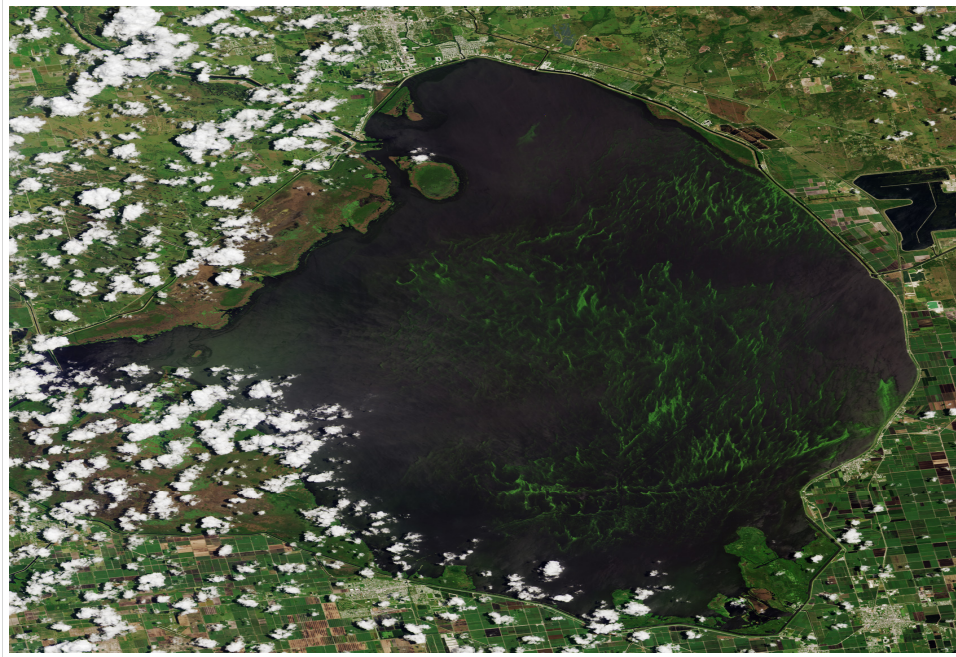
〈 미국 플로리다 Cape coral 수로 내 녹조발생 경고표시, 2022년²⁹⁾ 〉



〈 미국 Lake Erie 녹조발생, 2022년³⁰⁾ 〉

29) 출처 : ABC7 SWFL news(2022.5.19.)

30) 출처 : WTOL news(2022.7.23.)



〈 미국 오키초비호 녹조 발생, 2023년³¹⁾ 〉



〈 미국 유타주의 녹조발생, 2023년³²⁾ 〉

31) 출처 : NASA earth observatory(2023.6.12)

32) 출처 : High Contrynews (2022.11.9.)

○ 캐나다



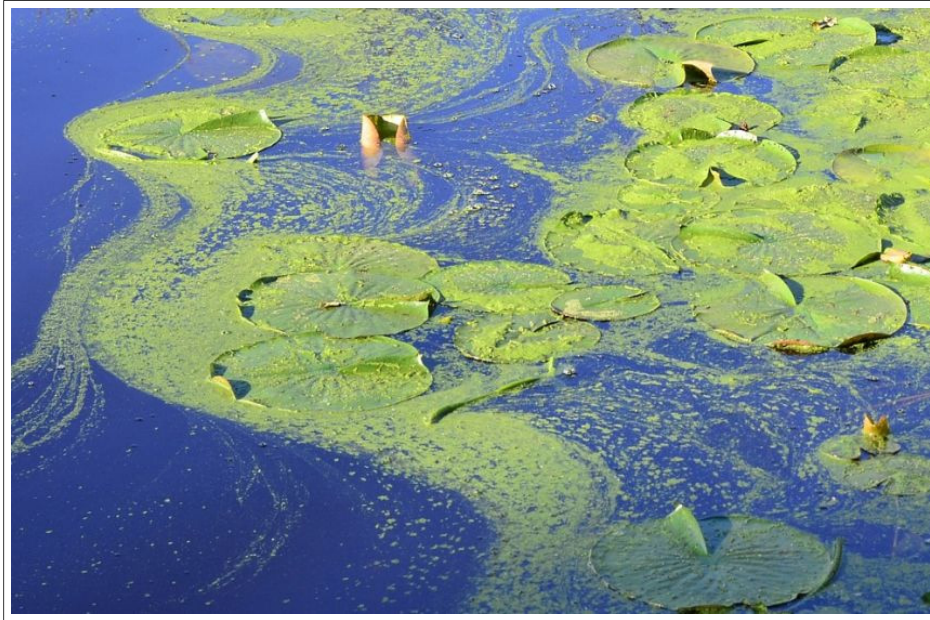
〈 캐나다 Lake Morinville 녹조현상, 2018년³³⁾ 〉



〈 캐나다 Lake Micmac 녹조현상, 2018년³⁴⁾ 〉

33) 출처 : Edmonton journal(2018.7.27.)

34) 출처 : CBC NEWS(2018.8.2.)



〈 캐나다 Lake Nipissing 녹조현상, 2019년³⁵⁾ 〉



〈 캐나다 Lake Oathill 녹조현상, 2019년³⁶⁾ 〉

35) 출처 : MYNORTHBAYNOW NEWS(2019.7.10.)

36) 출처 : CBC NEWS(2019.7.30.)



〈 캐나다 Saskatchewan 주변 녹조현상, 2020년³⁷⁾ 〉



〈 캐나다 Ramsey Lake 녹조현상, 2020년³⁸⁾ 〉

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

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



〈 캐나다 Elk and Beaver Lakes 녹조현상, 2021년³⁹⁾ 〉



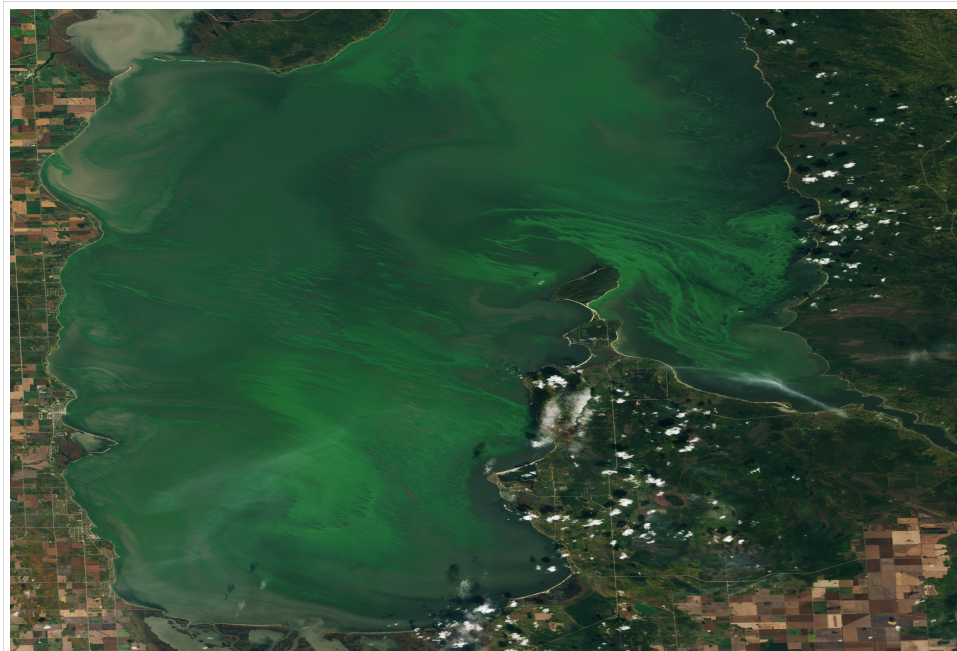
〈 캐나다 Darlings Lake 녹조현상, 2021년⁴⁰⁾ 〉

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

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



〈 캐나다 Champlain Lake 호수 녹조현상, 2023년⁴¹⁾ 〉



〈 캐나다 Winnipeg 녹조현상, 2023년⁴²⁾ 〉

41) 출처 : NASA earth observatory (2023.9.25.)

42) 출처 : NASA earth observatory (2023.9.1.)

○ 영국



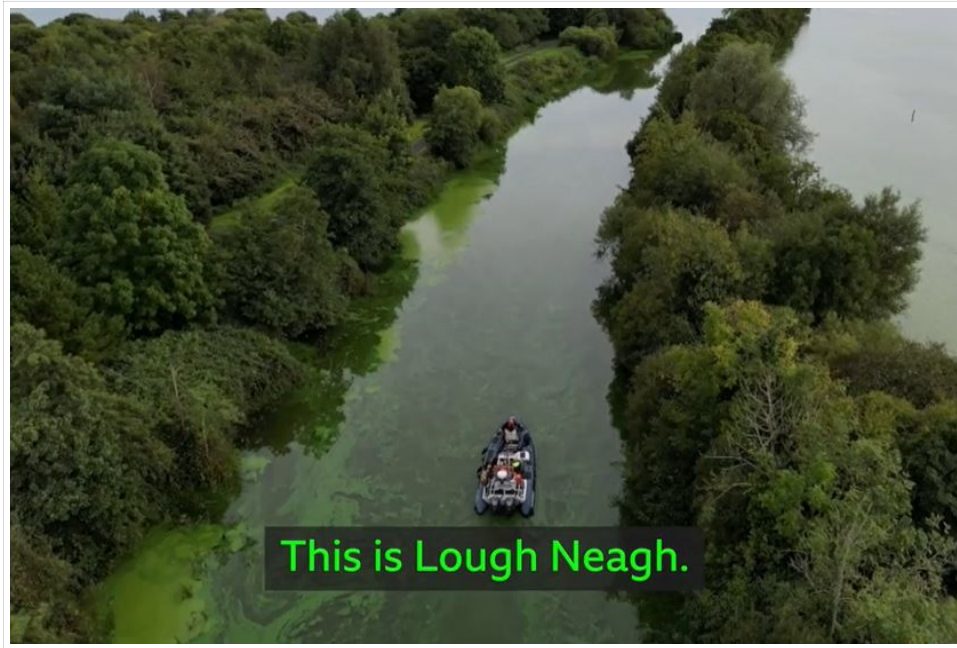
〈 영국 Lake Windermere 녹조현상, 2022년⁴³⁾ 〉



〈 영국 Lake Windermere 녹조현상, 2022년⁴⁴⁾ 〉

43) 출처 : BBC news (2022.6.23.)

44) 출처 : BBC news (2022.8.17.)



〈 영국 Lough Neagh Lake 녹조현상, 2023년⁴⁵⁾ 〉

○ 칠레



〈 칠레 Villarrica Lake 녹조현상, 2023년⁴⁶⁾ 〉

45) 출처 : BBC news (2023.1.2.)

46) 출처 : NASA earth obserbatory (2023.5.2.)

제4절 주요정책자료

1. 2023년 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 추진 경위

- '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(남조류 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
- '21. 5~ : 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	관심	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000 세포/mL 이상 10,000 세포/mL 미만인 경우
	경계	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 10,000 세포/mL 이상 1,000,000 세포/mL 미만인 경우
	조류대발생	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000,000 세포/mL 이상인 경우
	해제	2회 연속 채취 시 남조류 세포수가 1,000 세포/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

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

- 조사기관은 조류피해 사전 대응을 위해 측정자료를 관리기관에 신속히 통보
 - ※ 조사기관 - 관리기관 - 취·정수장 간 비상연락망 구축
- 경보가 발령되면 관리기관 및 수면관리자는 오염원 점검을 강화하고, 친수활동 자제를 권고하며, 정수처리를 강화하여 대응

○ 조류경보제 운영체계

- 대상 : 하천·호소 29개소(환경부 23, 시·도 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 시·도
- 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 관찰·조사 기록부 작성
 - * 특이사항 발견 시 조사기관에서 관리기관에 보고

○ 조류 관찰지점 운영

- 목적 : 수질예보 지점(조류경보제 중복 4개 보 포함)을 경보제에 편입시키고 ‘관찰지점’으로 분류하여 운영(’20년), 관찰지점은 경보 미발령
- 지점 : 16개 보 구간 대표지점
- 방법
 - * 측정주기 : 주 1회 이상
 - * 채수방법 : 횡방향 좌·중·우 표층(수표면부터 수심 0.5m 혼합) 혼합시료
 - * 측정항목 : 조류관찰지점 운영을 위해 반드시 입력해야 하는 필수 항목과 조류발생 상황을 파악하기 위한 권고항목을 입력

구 분	측정 항목
필수항목 (8개)	수온, pH, DO, 투명도, 탁도, 클로로필- <i>a</i> , 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

○ 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(환경부훈령 제1456호)
- 주기 : 주 2회(월요일, 목요일), 5월부터 10월까지
 ※ 예측 결과 유해남조류 세포수가 1만 세포/mL를 하루라도 초과할 경우 매 근무일마다 발표
- 지점 : 11개(한강 5지점(이천, 미사대교, 광진교, 한강대교(친수), 팔당호), 낙동강 5지점(해평, 강정고령, 칠서, 물금매리, 진양호), 금강 1지점(대청호))
- 기관 : 국립환경과학원(진양호, 대청호 지점은 한국수자원공사 위탁)
- 항목 : 수온, 유해남조류 세포수 농도(구간 범위)

(단위 : 세포/mL)

단 계	0단계	1단계	2단계	3단계	4단계
상수원	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
친 수	20,000 미만	20,000 이상 100,000 미만	100,000 이상	-	-

○ 기관별 조치사항

- 기관별(관리기관) '22년도 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 관련 절차를 정하여 추진

- 조류경보제 측정결과 입력·보고
 - * 유해남조류 세포수, 측정일, 측정시간, 필수·권고항목 및 특이사항 등
 - * 환경부 전산망(물환경정보시스템 조류정보방)을 통해 전산입력 후 문서 보고
 - ※ 수신처 : 해당 관리기관, 환경부 수질수생태과, 국립환경과학원 물환경평가연구과

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

- 붙임 : 1. 2023년 조류경보제 시행대상 하천·호소
 2. 채수방법
 3. 수질관찰·검사 기록부
 4. 조류경보의 종류별·경보단계별 조치사항
 5. 조류경보 발령(해제) 통보 서식부

【붙임 1】

2023년 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
충 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	한국수자원공사
동 북 호	취수탑, 증류	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)	-	한 강 청	한강물환경연구소
낙동강(해평)	-	대 구 청	낙동강물환경연구소
낙동강(강정·고령)	-	대 구 청	낙동강물환경연구소
낙동강(철서)	-	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 구간 (하천)	
<p>〈평상시〉</p> <p>☆ 채수위치</p>	<p>〈“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>수표면 포함 수심 50cm 이내</p> <p>전체 수심의 1/2 지점</p> <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	세포/mL		
	클로로필- <i>a</i>	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-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

단계	관계 기관	조치사항
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
	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 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. 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- <i>a</i> , 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- <i>a</i> , 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 기관란의 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

2. 조류경보제 개선 주요내용

○ 그간 추진 경과

- '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
 - ☞ 대상지역 4대강 본류 전체 확대(민간단체), 호소 주의보 기준 추가조정(1천 → 2천 세포/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 1µg/L)을, 클로로필-*a* 농도는 정수처리 능력을 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(5천 세포/mL→1만 세포/mL)
 - * 남조류 세포수는 발령기준을 초과하였으나 클로로필-*a* 농도가 기준 이내이어서 주의보가 발령되지 않은 사례 발생('14년 낙동강 3개보 기준 12회)

< 현행 및 개선안의 발령 기준 비교 >

구 분	클로로필- <i>a</i> (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

참고1 조류경보제 개선 총괄표

항 목		'15년 이전	'16년 이후
대상 지역	상수	- 22개 주요 호소 (팔당호, 대청호, 주암호, 충주호 등)	- 좌 동
		〈추 가〉	- 1개 호소(의암호 추가, '16년) - 4개 보(이천·해평·강정고령·칠서 추가, '16년) * '20년 지점명 변경(강천 → 이천, 칠곡 → 해평, 창녕함안→칠서)
	친수	〈신 설〉	- 환경부장관이 정하여 고시하는 하천·호소
경보지표		- 클로로필- <i>a</i> 농도 + 유해남조류 세포수	- 유해남조류 세포수
단계별 발령기준	관심	- 클로로필- <i>a</i> 15mg/m ³ + 유해남조류 세포수 500 세포/mL	- 유해남조류 세포수 1,000 세포/mL
	경계	- 클로로필- <i>a</i> 25mg/m ³ + 유해남조류 세포수 5,000 세포/mL	- 유해남조류 세포수 10,000 세포/mL
	대발생	- 클로로필- <i>a</i> 100mg/m ³ + 유해남조류 세포수 100만 세포/mL	- 유해남조류 세포수 100만 세포/mL
친수용 발령기준	관심	〈신 설〉	- 유해남조류 세포수 20,000 세포/mL
	경계		- 유해남조류 세포수 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

참고2 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 압 호	강원도 춘천시	원주지방환경청
충 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.

조류경보제 대상 호소 하천·지정 고시 제·개정 경과

- 2015.12 제정(제2015-246호): 하천·호소 28개소
- 2018.01 일부개정(제2018-6호): 남강호 → 진양호 조사지점명 변경
- 2020.05 일부개정(제2020-98호): 하천·호소 29개소
- * 물금·매리 지점: 시범운영('20.5.~) 및 정식운영('21.5~), 관찰지점: 보 16개 지점

3. 수질·녹조 대비 댐-보-저수지 최적 연계운영

○ 개요

- (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)
- (대상시설) 「댐과 보 등의 연계운영규정」 제3조에 따른 댐, 보, 독높임 농업용저수지 등 [별표 1]의 연계운영 대상시설 총 202개 중 수질녹조 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	34	7	16	129		16
한 강	4	6	3	13		5
안성천	-	-	-	5		1
낙동강	12	-	8	34		3
형산강	1	-	-	2	생활	-
태화강	4	-	-	-	5천톤/일	-
낙동강 남해권	2	-	-	-	공업	-
금 강	3	-	3	38	1천톤/일	-
삽교천	-	-	-	5	농업	1
영산강	1	-	2	14	8천톤/일	2
섬진강	5	1	-	10	이상	4
탐진강	1	-	-	-	취수시설	-
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, 의암댐, 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, 유탕, 입석
섬진강	주암댐	보성강댐	-	-

○ 주요내용

- 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 연계운명을 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(연계운명을 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· 저수지	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
적용 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

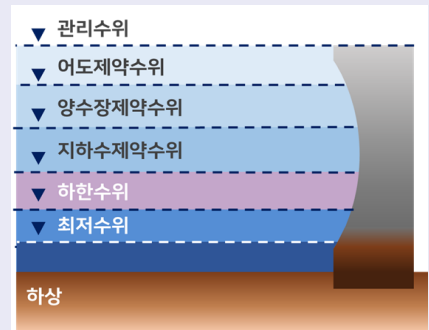
- 저수지에서 방류한 하천유지용수가 하천을 통해 보 구간으로 직접 유입되는 독높임 저수지 46개소에 하천유지용수 방류방식을 변경하여 추가수량 확보
- 기존에는 시기별 방류량 조정방식을 적용하여 갈수시에는 평갈수량, 평상시에는 기준갈수량으로 방류하고 그 외 수량은 비축하여 필요시에 활용
- 2017년부터는 신규 산정된 기준갈수량을 상시 방류하고 나머지 수량은 비축하는 부족분 공급방식으로 개선

보

- 녹조와 수질개선을 위해 보 수위의 활용범위를 관리수위에서 '16년 어도제약·양수제약 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 제약수위 : 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· 취수장	36.5 (골암)	31.8 (대신)	25.6 (능서1)	10.8 (양화)	8.5 (원봉外)	3.5 (이인)	6.0 (서창外)	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· 취수장	45.0 (회상外)	39.0 (삼덕)	31.5 (구봉外)	25.0 (해평)	18.80 (칠곡)	11.4 (화원)	7.5 (자모)	4.4 (유어外)
	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(펄스, 플러싱 등) 및 방류량, 보 담수방안 등을 결정

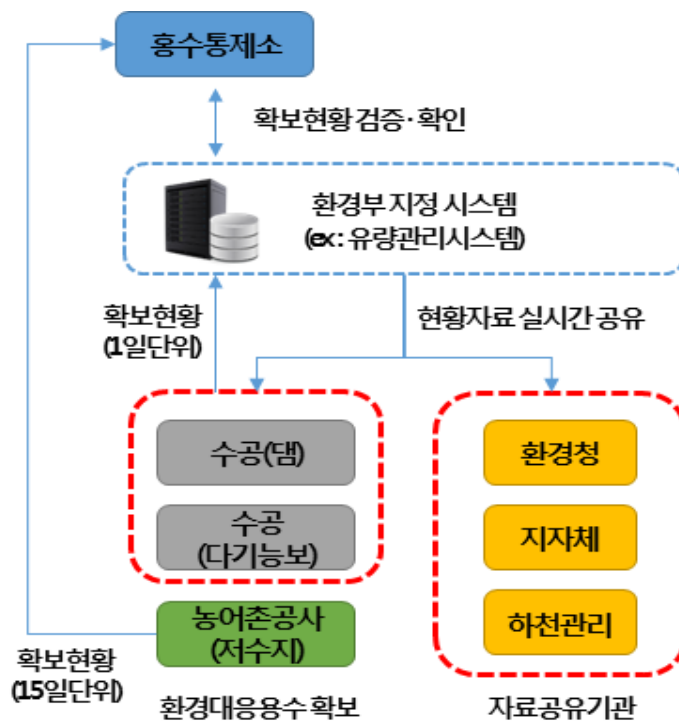
- 제한사항

- * 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 → 생활·공업용수
- * 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

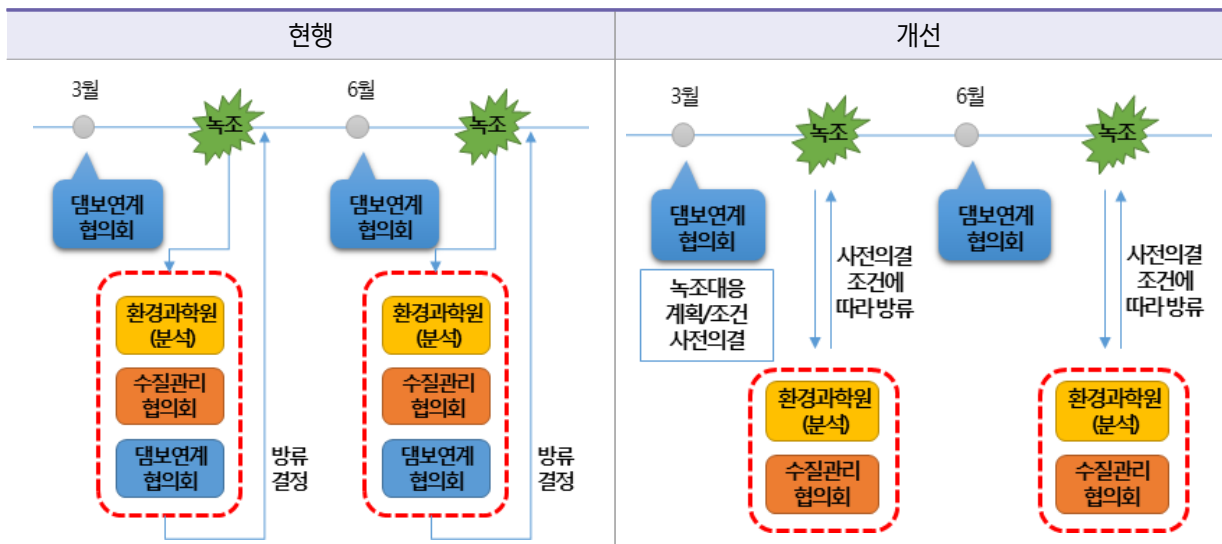
〈자료공유 절차 간소화 개념도〉



○ 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 연계운영협의회의 이원화된 운영체제로 인해 수질관리 협의회 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 연계운영협의회의 심의(홍수통제소, 3일) → 댐·보 등 방류 전 주민 통보 필요(한국수자원공사, 1일) → 댐·보 등 방류 → 수질모니터링(환경청 등)
- 분기별 댐·보 연계운영협의회의 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 연계운영 계획 등을 사전에 의결하고 녹조발생시기에 수질관리협의회 요청 시 방류
- * 수질관리협의회의 요청 시 사전에 의결된 계획에 따라 홍수통제소 주관으로 댐·보의 방류 등을 시행, 국립환경과학원은 수질개선 방안, 개선효과 등의 분석결과를 제공

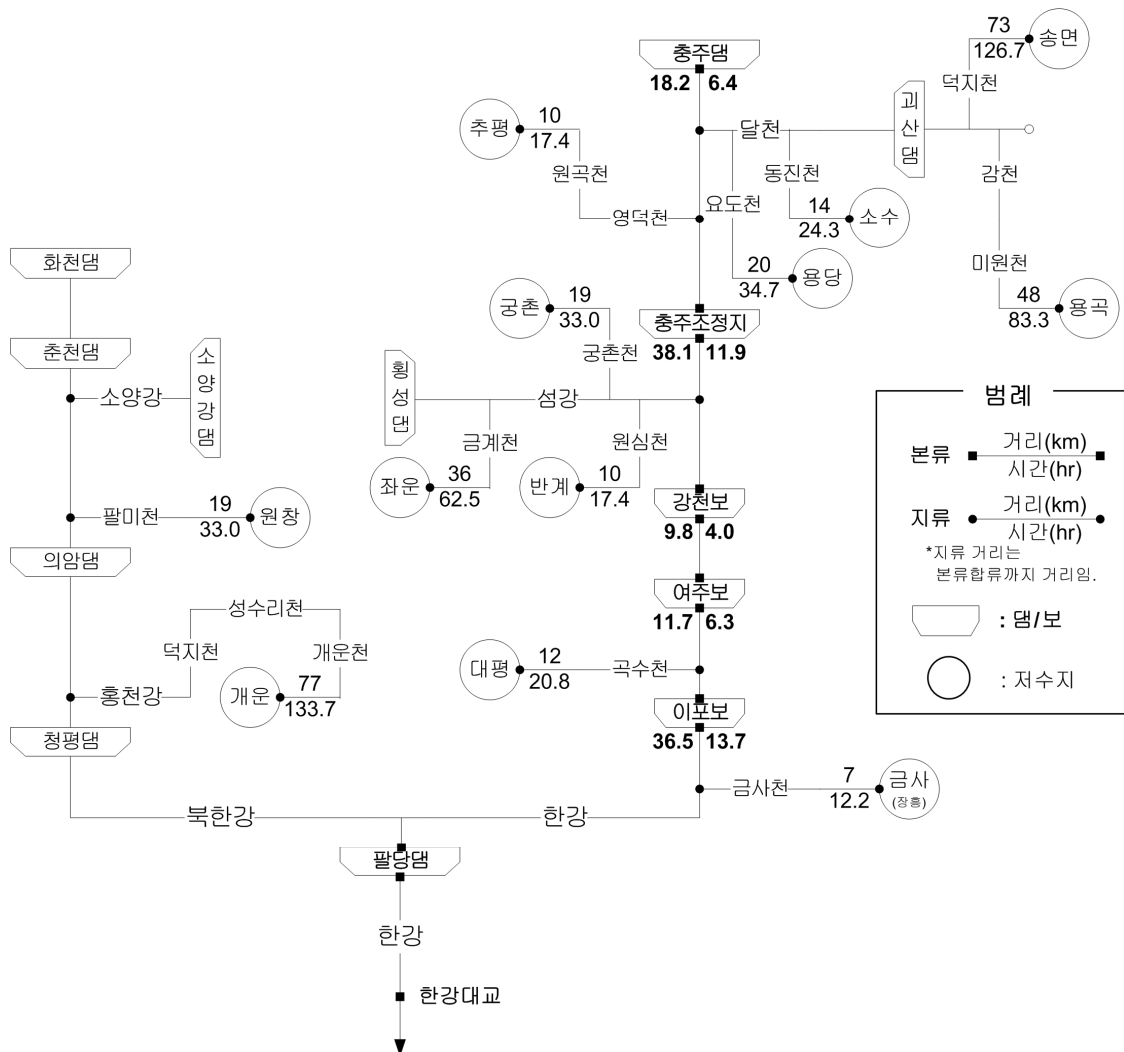
〈댐·보 연계운영 절차 간소화 개념도〉



참고1 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 유형별 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]

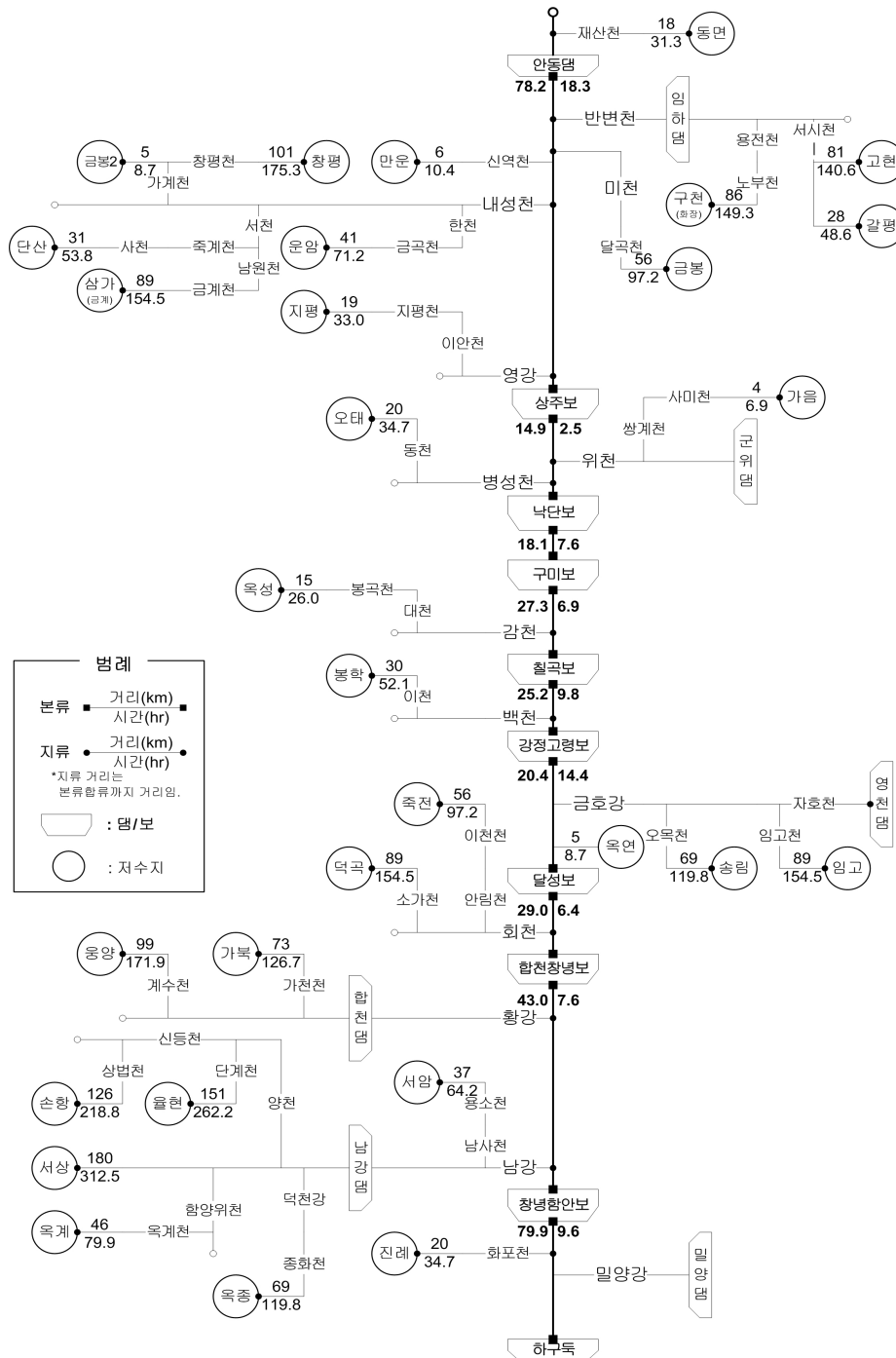
〈한강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리[km]		방류량[m ³ /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
	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
충주댐	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
	한강대교	36.3	150.6	-	-	-	-	25.5	23.1	21.7	19.6	18.5	17.7
화천댐	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
	한강대교	36.3	158.1	-	-	-	-	24.0	21.1	19.4	17.2	15.8	14.8
소양강댐	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 독농임 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	궁촌	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]

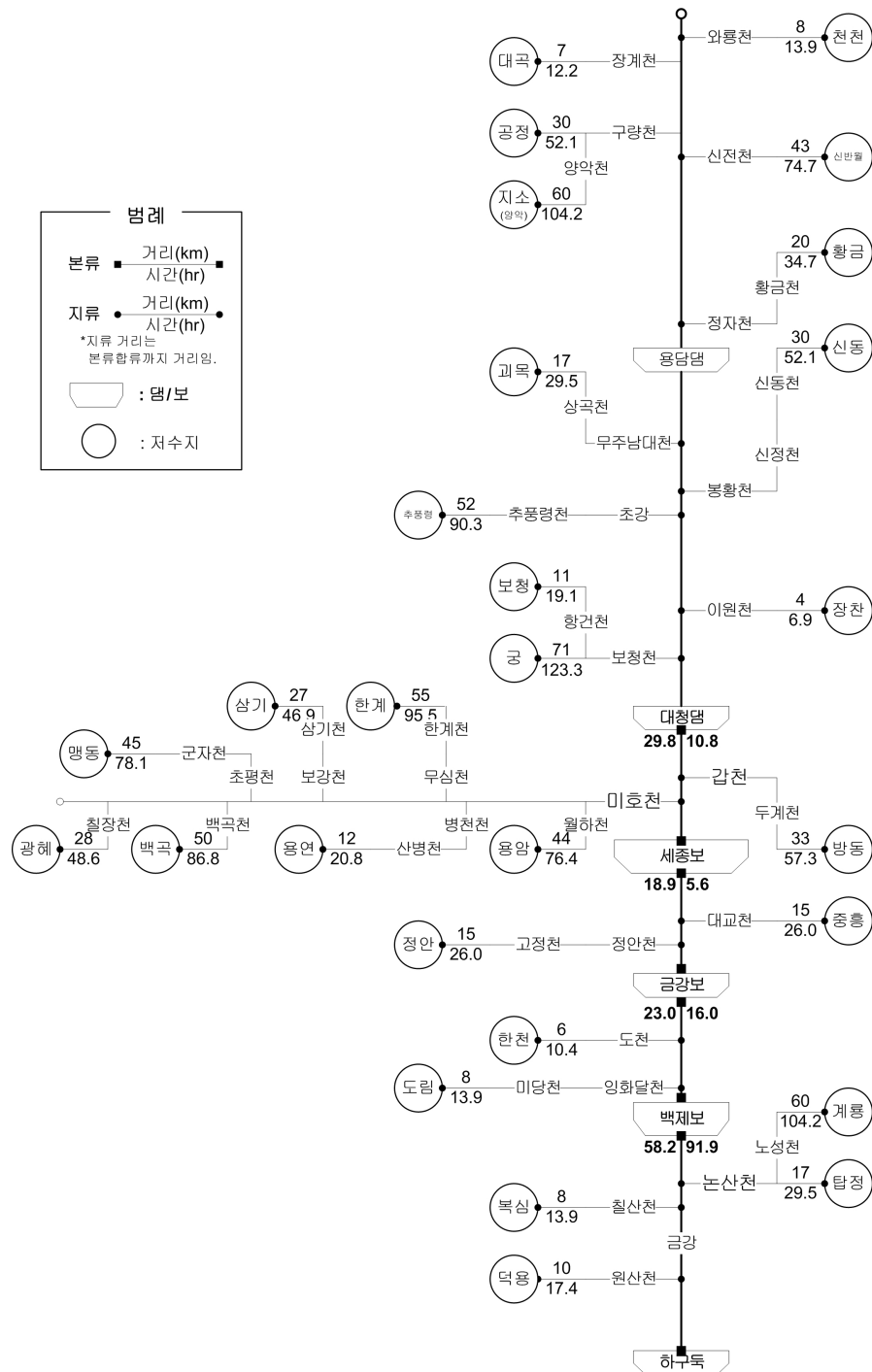
〈낙동강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리 [km]		안동댐 방류량/금호강 유입량 [m³/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
	칠곡보	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 도달시간 모식도]

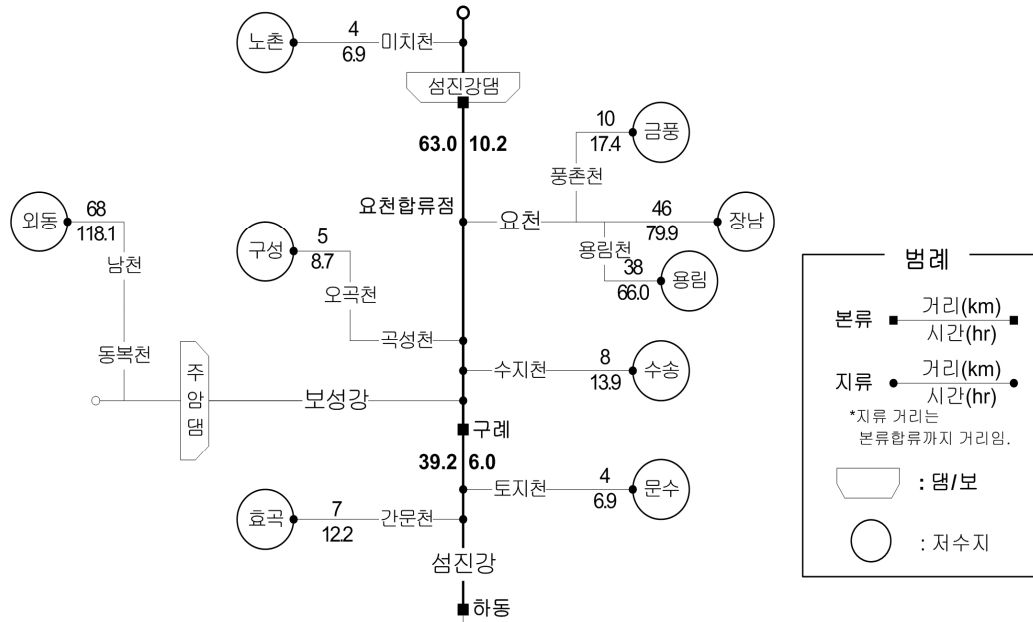
〈금강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

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 독농임 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 도달시간 모식도]

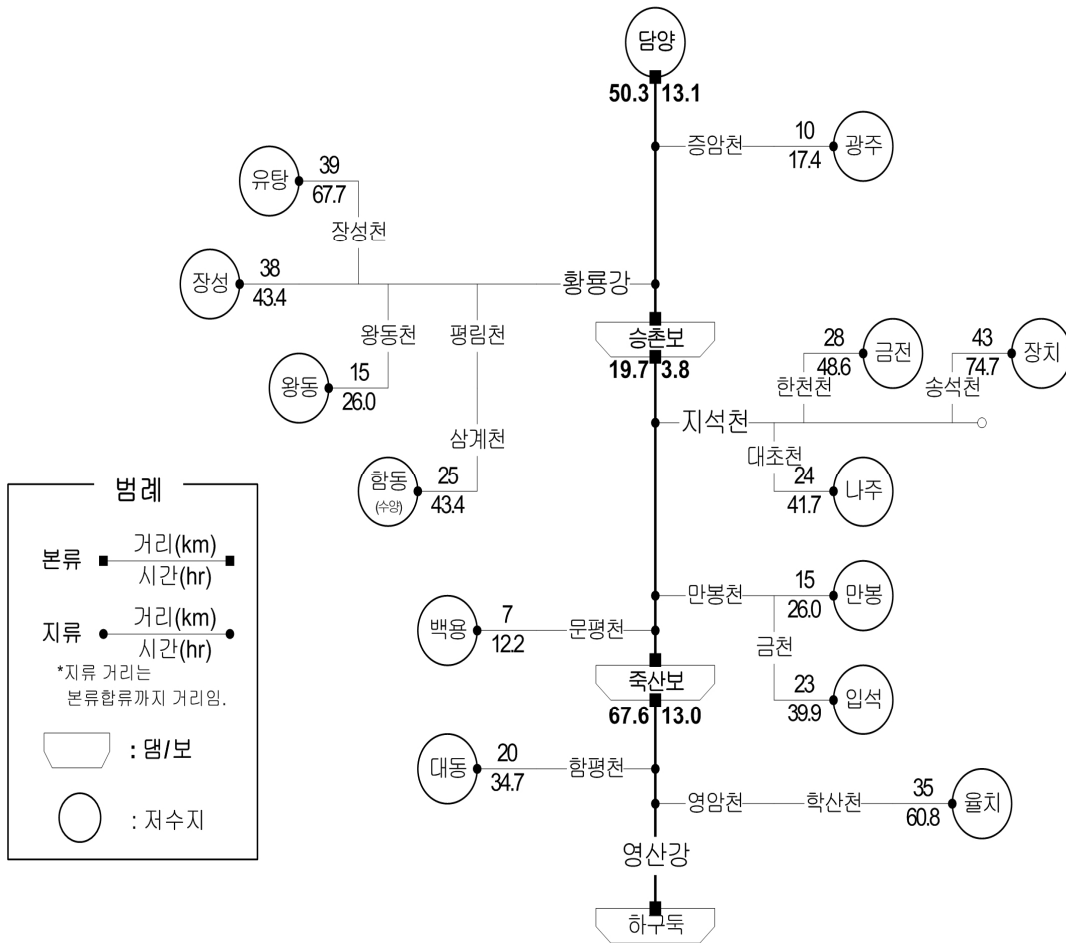
〈섬진강수계 주요댐 방류량에 따른 지점별 도달시간〉

구간	주요지점	거리[km]		방류량[m ³ /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 독농임 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[m ³ /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
	마륵	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 독높임 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

참고2 보 수위별 활용가능 수량

수계	다기능보	관리수위		어도제약수위 ¹⁾		양수장제약수위 ²⁾		지하수제약수위 ³⁾		하한수위 ⁴⁾	
		수위 (EL.m)	저수량 (백만㎥)	수위 (EL.m)	저수량 (백만㎥)	수위 (EL.m)	저수량 (백만㎥)	수위 (EL.m)	저수량 (백만㎥)	수위 (EL.m)	저수량 (백만㎥)
	총계	-	626.3	-	62.8	-	133.3	상한 하한	195.4 233.0	-	401.6
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 하한	131.6 164.6	-	323.7
	상주보	47.00	27.4	46.60	2.1	45.00	9.6	44.9 44.2	10.0 12.8	43.60	15.0
	낙단보	40.00	34.7	39.50	3.0	39.00	5.9	38.8 38.4	6.9 8.8	37.40	13.7
	구미보	32.50	52.7	31.70	6.1	31.50	7.6	31.3 30.9	9.0 11.7	22.60	50.1
	칠곡보	25.50	75.3	25.10	5.9	25.00	7.4	24.5 24.5	13.3 13.3	24.50	13.3
	강정고령보	19.50	92.3	19.00	12.4	18.00	24.1	16.4 15.4	41.9 52.3	14.90	57.2
	달성보	14.00	58.6	13.70	3.2	11.40	24.4	11.6 10.8	22.8 29.0	6.60	52.0
	합천창녕보	10.50	70.0	9.90	8.2	9.50	12.0	9.2 8.7	15.2 19.6	2.30	64.1
	창녕함안보	5.00	100.9	4.40	13.0	4.80	4.3	4.4 4.2	12.5 17.1	1.50	58.3
	소계	-	45.4	-	1.4	-	8.9	상한 하한	30.3 33.3	-	37.2
	세종보	11.80	5.7	11.50	0.9	10.80	2.7	9.2 8.3	4.6 4.8	8.20	4.8
	공주보	8.80	15.5	8.70	0.2	8.50	1.1	6.8 6.2	8.7 10.0	2.60	13.9
백제보	4.20	24.2	4.00	0.3	3.50	5.1	1.3 1.0	17.0 18.5	1.00	18.5	
영산강	소계	-	34.7	-	3.5	-	9.5	상한 하한	10.8 12.4	-	18.0
	승촌보	7.50	9.0	7.20	0.3	6.00	2.1	6.0 5.5	2.1 2.9	2.50	8.5
	죽산보	3.50	25.7	2.90	3.2	2.00	7.4	1.7 1.5	8.7 9.5	1.50	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 물환경정책과	과장	이상진
환경부 물환경정책과	사무관	김민중
환경부 물환경정책과	사무관	이광현
환경부 물환경정책과	주무관	김진희
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구관	김홍태
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구관	신유나
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구관	이혁
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구사	안기홍
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구사	안정민
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구사	이보미
국립환경과학원 물환경평가연구과	연구원	박상숙
한국수자원공사	과장	양관주

▶ 한강수계

국립환경과학원 한강물환경연구소	연구사	변정환
한강유역환경청 수생태관리과	주무관	원영심
원주지방환경청 수질총량관리과	주무관	임준호

▶ 낙동강수계

국립환경과학원 낙동강물연구소	연구관	박혜경
낙동강유역환경청 수생태관리과	주무관	박효정
대구지방환경청 수질관리과	주무관	이상우

▶ 금강수계

국립환경과학원 금강물환경연구소	연구사	길지훈
금강유역환경청 수생태관리과	주무관	유정수
전북지방환경청 새만금유역관리단	주무관	이대영

▶ 영산강수계

국립환경과학원 영산강물환경연구소	연구사	황성윤
영산강유역환경청 수생태관리과	주무관	조경숙

2023년 조류(녹조)발생과 대응 연차보고서

- ▶ 발행일: 2024년 6월
- ▶ 발행인: 환경부 한화진
- ▶ 발행처: (우)30103 세종특별자치시 도움6로 11 정부세종청사

* 이 책의 무단 전재와 무단 복제를 금합니다.

MINISTRY OF ENVIRONMENT

2023
조류(녹조)발생과 대응
연차보고서