

호소환경 수질 조사

문효빈 · 김숙찬 · 정태권 · 이수미 · 황보윤지 · 정지수 · 윤인주

수계조사과

- 관련근거 『물환경 보전법 제28조』
- 호소의 수질 및 수생태계 보전을 위한 정기적 조사 · 측정
- 호소수질 개선정책을 위한 기초자료 제공

1. 조사개요

- 조사기간 : 2025년 1월 ~ 12월(1회/분기)
- 조사지역 : 포항, 경주 등 6개 시 · 군(8개 호소)
- 조사대상 : 호소 내 상류 및 하류
- 조사항목 : 수온, pH 등 10개 항목

표 1. 호소현황

지 역	호소명	주 소	만수면적 (만㎡)	저수량 (천톤)	준공 연도	주요 용도
포항시	오어지	포항시 오천읍 향사리	52.0	4119.0	1964.12.31	농업용
경주시	하곡지	경주시 안강읍 하곡리	78.4	4783.8	1932.12.30	"
	심곡지	경주시 서면 심곡리	52.0	3124.0	1931.12.30	"
상주시	상판지	상주시 모동면 상판리	72.0	5679.2	1979.12.31	"
	지평지	상주시 공검면 지평리	55.0	2664.0	1949. 5.31	"
경산시	문천지	경산시 진량읍 문천리	130.4	2533.2	1959. 1. 1	"
영덕군	묘곡지	영덕군 영해면 묘곡리	63.5	5528.0	1963. 1. 1	"
성주군	성주댐	성주군 가천면 중산리	205.0	28150.0	1997.12.31	"

II. 조사사업

2. 조사방법

○ pH, 수온, EC, DO : YSI Professional Plus 현장측정

표 2. 분석방법

Item	Method	Instrument
SS	중량법	Drying oven & Analytical Balance
T-N	연속흐름법	Futura Plus/Alliance
T-P	연속흐름법	Futura Plus/Alliance
Chlorophyll-a	흡광광도법	Cary300/Agilent
TOC	고온연소산화법	NC3100/Analytik Jena

3. 조사결과

○ 호소 유형분류

호소 유형을 분류하기 위해 저수지 형상을 나타내는 ST/WS(유효저수량/만수면적)비와 부영양화지표 중 하나인 Chl-*a* 농도를 이용하였으며, Chl-*a* 농도는 조사 기간 동안의 평균을 기준으로 하였다.

호수 유형 분류기준은 ST/WS비가 5m 이하, Chl-*a* 농도가 25 mg/L 이상에 해당할 경우 I형(종합정비형)으로 부영양화가 진행되고 녹조현상이 발생한 저수지를 말한다. II형 저수지(호내정비형)의 경우 ST/WS비가 5 m 이하, Chl-*a* 농도가 25 mg/L 이하로서 구조상 부영양화에 취약한 구조이므로 수질이 악화될 가능성이 높다. III형(유역정비형)의 경우 ST/WS비가 5 m 이상, Chl-*a* 농도가 25 mg/L 이상으로 II형 저수지들에 비해 오염 부하량의 영향을 많이 받는 구조이다. IV형(관리형)은 ST/WS비가 5 m 이상, Chl-*a* 농도가 25 mg/L 이하인 저수지로 구조 면에서도 안전하고 수질도 양호한 저수지를 말한다.

8개 호소를 대상으로 저수지를 분류했을 때 그림 1에서 나타난 바와 같이 문천지의 경우는 II형(호내정비형)으로 나타났으며 수질 악화의 가능성이 있다. 심곡지의 경우 2024년에는 III형(유역정비형)으로 나타났으나 2025년에는 오여지, 하곡지, 상판지, 지평지, 묘곡지, 성주댐과 같이 IV형(관리형)으로 구조 면에서도 안전하고 수질도 양호한 호소로 나타났다. 이는 2024년에 비해 Chl-*a* 농도가 낮아졌기 때문이라고 사료된다.

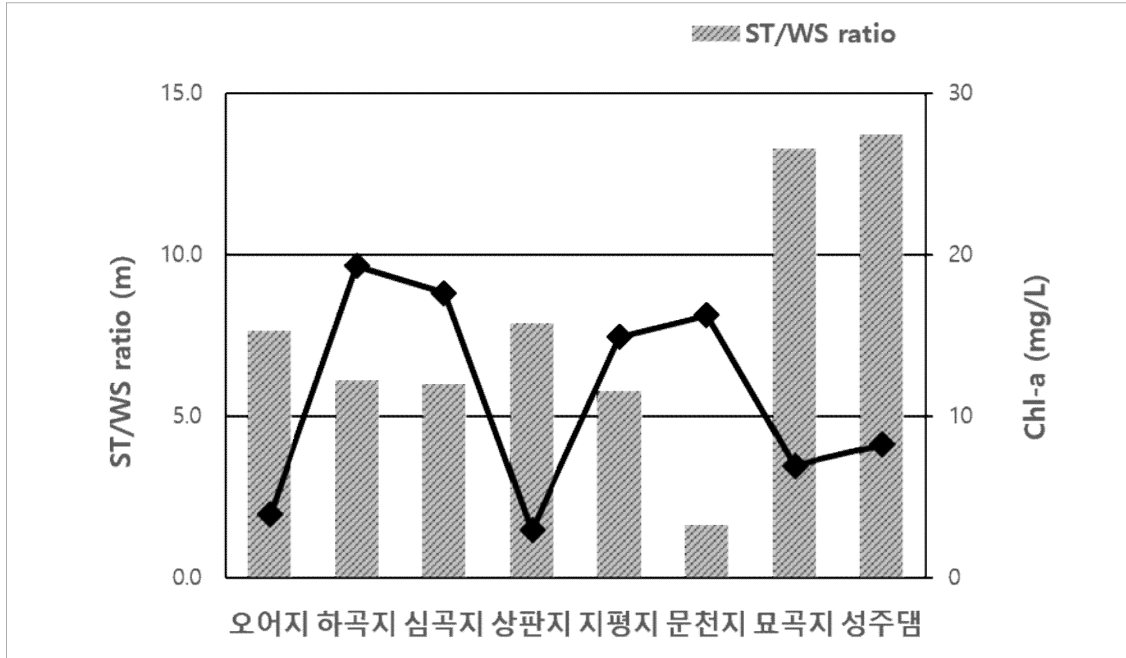


그림 1. ST/WS ratio 및 클로로필-a 농도

○ 분기별 생물량 조사

8개 호소를 대상으로 생물량 조사 결과를 살펴보면 1분기의 경우 지평지, 문천지를 제외한 모든 호소에서 규조류 발생량이 가장 많은 것으로 나타났으며 2분기의 경우 1분기에 비해 규조류가 감소하는 경향을 보였다. 3분기에는 묘곡지, 성주댐을 제외한 모든 호소에서 남조류가 급증함을 알 수 있었다. 하곡지의 경우 총생물량이 다른 호소에 비해 많았으며 규조류 발생량 또한 다른 호소에 비해 높게 나타남을 알 수 있다.

분기별로 살펴보면 1분기와 비교했을 때 2분기에 조류가 감소하는 호소가 나타났으며 심곡지, 문천지, 성주댐을 제외한 호소의 경우 2024년도에 비해 총생물량이 증가했음을 알 수 있다. 표 4에 나타난 남조류 발생량을 살펴보면 오어지, 하곡지, 상판지, 지평지의 경우 3분기에 급증함을 알 수 있다.

II. 조사사업

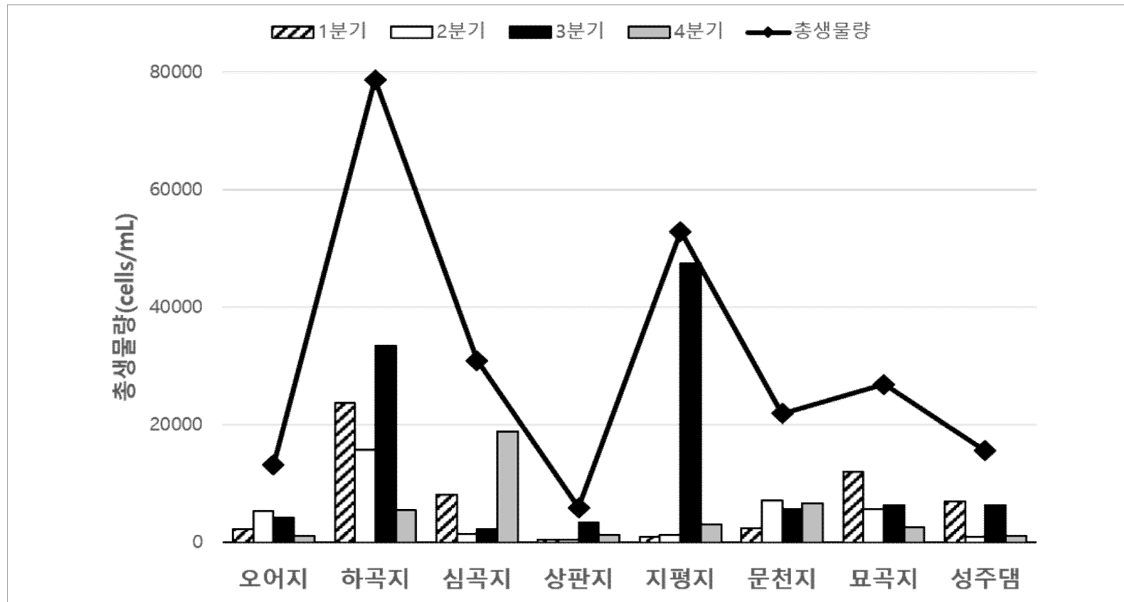


그림 2. 호소 및 분기별 생물량

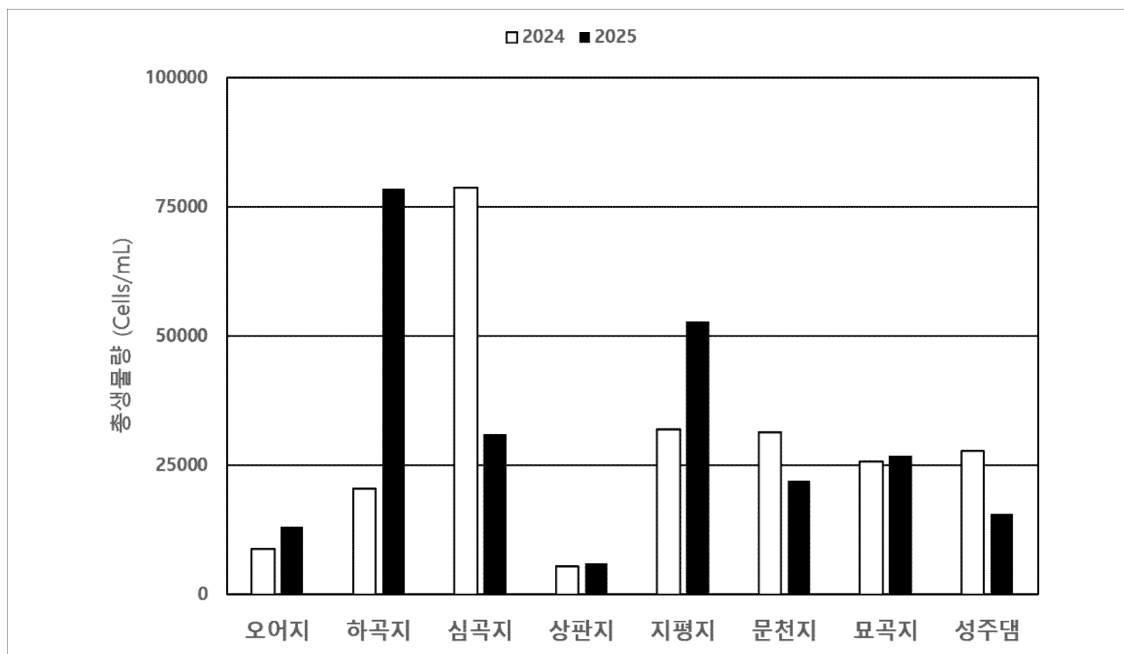


그림 3. 총생물량 비교

표 3. 규조류 및 녹조류 발생량 조사표

지역	호소명	규조류 (cells/mL)				녹조류 (cells/mL)			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
포항시	오어지	1,710	2,528	2,860	276	620	108	150	212
경주시	하곡지	21,740	13,480	5,400	4,432	520	2,220	1,560	576
	심곡지	6,350	708	284	16,780	650	524	276	400
상주시	상판지	310	144	2,508	1,308	140	312	352	40
	지평지	230	448	240	1,968	630	852	320	156
경산시	문천지	910	308	656	1,848	940	848	1,920	2,984
영덕군	묘곡지	10,350	2,684	450	1,164	850	432	5,920	136
성주시	성주댐	6,490	548	2,920	828	560	176	3,340	288

표 4. 남조류 및 기타 조류 발생량 조사표

지역	호소명	남조류 (cells/mL)				기타 (cells/mL)			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
포항시	오어지	0	0	1,160	552	50	2,804	30	140
경주시	하곡지	1,000	40	26,040	584	500	0	560	0
	심곡지	0	228	1,728	1,780	1,180	52	4	0
상주시	상판지	0	128	640	16	10	4	12	0
	지평지	0	56	46,800	944	130	0	20	60
경산시	문천지	280	5,596	3,100	1,800	320	376	0	36
영덕군	묘곡지	730	604	0	1,300	150	2,016	0	84
성주시	성주댐	0	0	0	16	10	312	90	0

II. 조사사업

○ 수질등급평가

표 5. 수질등급평가(TOC 기준)

지역	호소명	TOC(mg/L)				SS (mg/L)			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
포항시	오어지	2.6	4.0	4.0	1.9	2.2	12.8	3.9	2.8
경주시	하곡지	8.5	8.9	12.6	4.8	49.4	36.4	39.0	15.3
	심곡지	7.1	8.6	10.2	6.0	29.6	10.9	4.7	12.9
상주시	상판지	3.2	3.8	5.1	2.9	1.8	1.6	3.2	7.7
	지평지	5.4	6.6	13.1	3.5	1.6	4.1	21.3	4.3
경산시	문천지	10.4	12.8	14.7	8.6	2.2	2.9	23.5	35.2
영덕군	묘곡지	5.0	6.3	7.2	4.6	3.6	8.4	4.4	2.5
성주시	성주댐	3.0	3.4	8.6	2.5	1.0	1.5	14.4	2.4

※ 호소등급(TOC)기준 : 매우 좋음(Ia) 2 이하, 좋음(Ib) 3 이하, 약간 좋음(II) 4 이하, 보통(III) 5 이하, 약간 나쁨(IV) 6 이하, 나쁨(V) 8 이하, 매우 나쁨(VI) 8 초과

TOC는 호소의 오염 정도를 가장 정확하고 빠르게 알려주는 지표이다. 모든 호소의 TOC 농도가 3분기에 급증했으며 오어지의 경우 모든 분기에서 매우 좋음(Ia)등급~약간 좋음(II)등급을 나타냄을 알 수 있었다. SS의 경우 대부분의 호소에서 강수량이 많은 2~3분기에 증가하는 경향을 보이고 있다.

표 6. 수질등급평가(T-N, T-P 기준)

지역	호소명	T-N (mg/L)				T-P (mg/L)			
		1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
포항시	오어지	0.61	0.50	0.30	0.70	0.007	0.015	0.016	0.016
경주시	하곡지	0.93	0.63	0.75	1.16	0.014	0.033	0.046	0.013
	심곡지	1.33	0.68	0.83	1.14	0.018	0.034	0.041	0.019
상주시	상판지	1.26	1.08	0.72	1.31	0.009	0.010	0.021	0.011
	지평지	2.09	1.64	0.98	2.90	0.012	0.016	0.063	0.018
경산시	문천지	1.03	0.58	0.68	0.92	0.015	0.033	0.033	0.031
영덕군	묘곡지	0.94	1.14	0.62	1.52	0.007	0.019	0.016	0.014
성주시	성주댐	1.66	1.51	0.64	1.63	0.006	0.017	0.024	0.009

※ 호소등급(T-N)기준 : 매우 좋음(Ia) 0.2 이하, 좋음(Ib) 0.3 이하, 약간 좋음(II) 0.4 이하, 보통(III) 0.6 이하, 약간 나쁨(IV) 1.0 이하, 나쁨(V) 1.5 이하, 매우 나쁨(VI) 1.5 초과

※ 호소등급(T-P)기준 : 매우 좋음(Ia) 0.01 이하, 좋음(Ib) 0.02 이하, 약간 좋음(II) 0.03 이하, 보통(III) 0.05 이하, 약간 나쁨(IV) 0.10 이하, 나쁨(V) 0.15 이하, 매우 나쁨(VI) 0.15 초과

T-N, T-P의 경우 부영양화의 주 원인물질인 조류의 생장에 제한요인으로 작용하고 있기 때문에 이를 관리하는 것은 중요하다. 2024년과 비교하였을 때 T-N 평균 농도가 상판지, 묘곡지, 성주댐을 제외한 호소에서는 감소하는 경향이 나타났으며 하곡지와 심곡지의 경우 나쁨(V) 등급에서 약간 나쁨(IV) 등급으로 개선됨을 알 수 있다. 반면에 T-P 평균 농도는 모든 호소에서 증가함을 확인했다.

○ 클로로필-a 수질조사결과

그림 4의 Chl-a 농도를 살펴본 결과 3분기의 심곡지, 지평지 그리고 4분기의 문천지가 25 mg/L 이상의 농도가 나왔음을 확인할 수 있었다. 문천지를 제외한 모든 호소에서 3분기에 농도가 급격히 상승하는 것으로 나타났다. 하곡지의 경우 Chl-a 평균 농도가 19.3 mg/L로 가장 높았으며, 총생물량 또한 78,652 cells/mL로 가장 높은 값을 나타내었다. 2024년과 비교하였을 때 지평지를 제외한 모든 호소에서 Chl-a 평균 농도가 감소하였으며, 심곡지의 경우 37.8 mg/L에서 17.6 mg/L로 큰 폭 감소하였다.

II. 조사사업

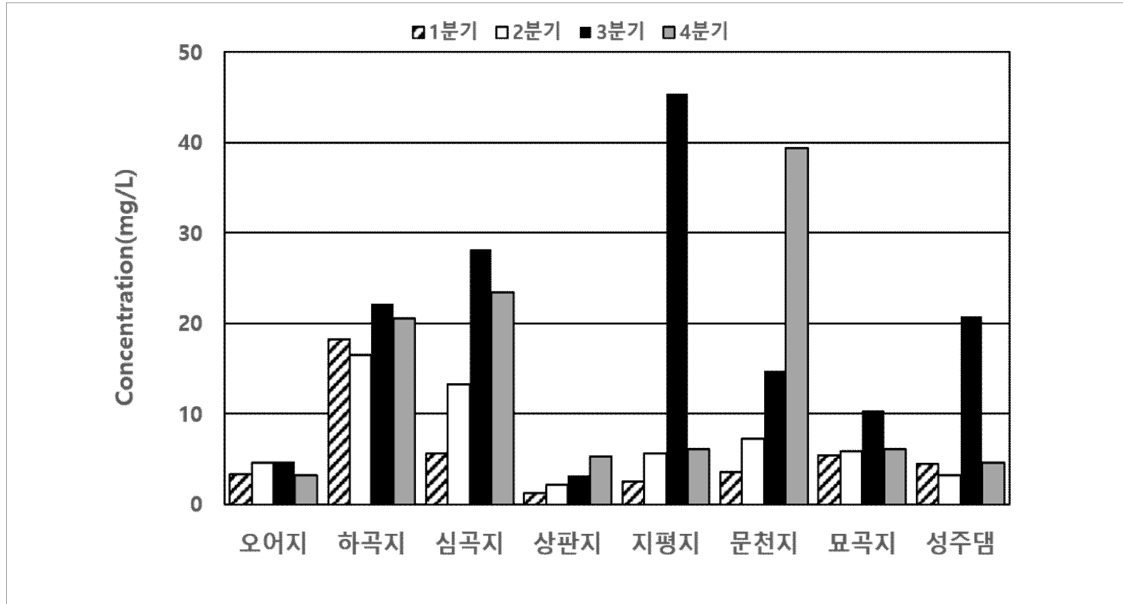


그림 4. 2025년 클로로필-a 농도 변화

4. 결과요약 및 활용방안

- ST/WS비로 저수지를 분류한 결과 II형(호내 장비형)인 문천지를 제외한 모든 호소가 IV형(관리형)으로 나타났다.
- 분기별 생물량 조사 결과 하곡지의 경우 전체적인 규조류 발생량이 많은 것으로 나타났으며 남조류의 경우 하곡지, 지평지, 문천지가 다른 호소에 비해 생물량이 많은 것으로 나타났다.
- 경상북도 내 8개 호소(만수위면적 0.5km² 이상)에 대한 수질을 분기별로 채수하여 TOC 농도를 조사한 결과 1분기의 경우 오여지와 성주댐은 좋음(Ib)으로 나타났으며 2, 3분기의 경우 약간 좋음(II) 이하를 나타냈으나 4분기에 오여지, 상판지, 지평지, 성주댐 매우 좋음(1a)~약간 좋음(II) 등급을 보이는 것으로 나타났다.
- 8개 호소의 수질개선 및 수생태계 보전을 위하여 조사항목별 변화 추이 및 정기적 측정 결과를 호소수질 개선정책을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.