

온천천·수영강 적조 조사

- 온천천·수영강 적조현상 및 수환경 특성 파악을 위한 자료 활용
- 시민 및 하천 관리기관에 자료 제공을 통한 문의 대처

1. 조사개요

- 조사근거 : 「2022년 온천천 수영강 적조 조사 계획」(물환경생태팀-187(2022. 2. 9.))
- 조사목적 : 수계 내 적조 변동 추세 파악 및 출현 현황 조사
- 조사주기 : 12월 ~ 4월(월 2회), 그 외 월 1회 조사
- 조사지점 : 온천천·수영강 수계 7개 지점
 - 온천천(연안교, 연산교, 안락교, 수영강합류부), 수영강(세월교, 원동교, 과정교)
- 조사항목
 - 조류 : 적조생물(갈색편모조류), 규조류, 남조류, 녹조류
 - 수질 : 수온, pH, DO, 전기전도도, 염분, COD, T-N, T-P, DTN, DTP, NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N, PO₄-P, 클로로필-a
 - 적조생물 색소 : Phycoerythrin



그림 1. 적조 조사지점

2. 조사결과

- 기후 특성
 - 강우량 및 강우일수
 - 동절기(1~2월) 미강우로 강수량 역대 가장 적었음(하위 1위)
 - 강우일수 71일(평년대비 -28일)(하위 3위)

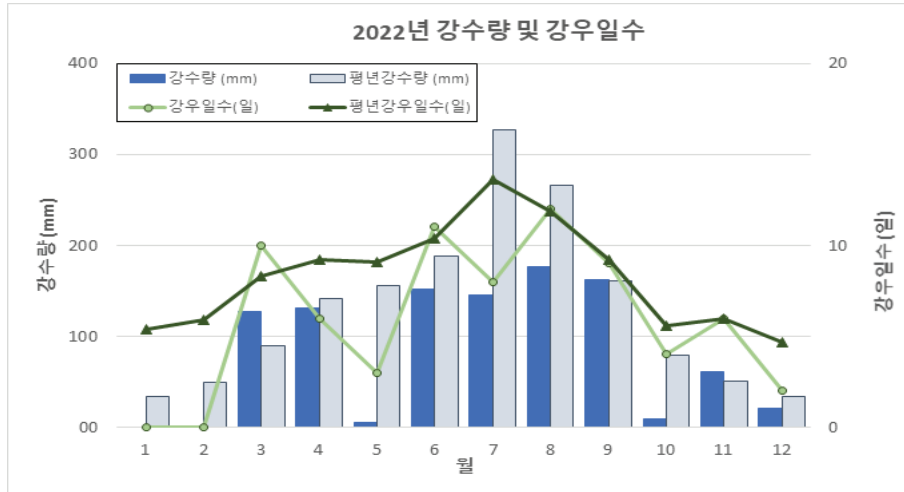


그림 2. 월별 강수량 및 강우일수

○ 기온 및 일조시간

- 동절기(1~2월) 평균기온 3.8 °C(평년대비 -0.7 °C)로 평년과 비슷
- 강우 감소 따른 맑은 날 지속으로 일조시간 높았음

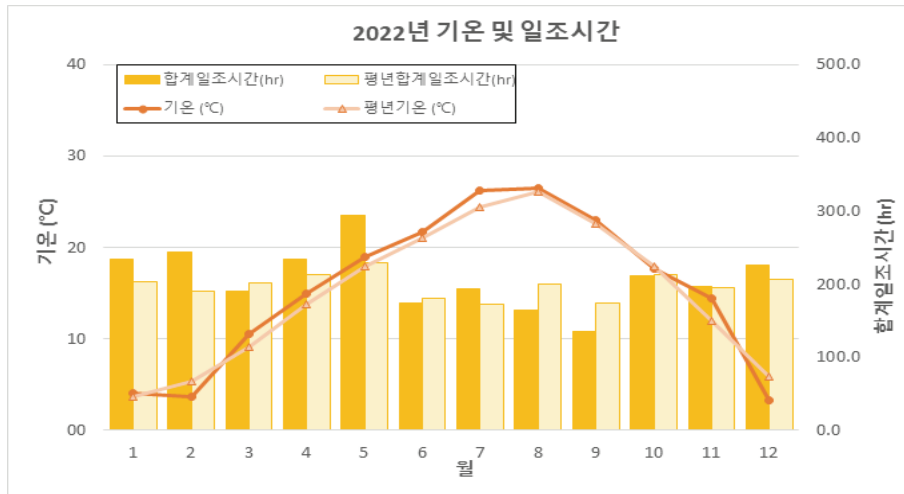


그림 3. 월별 기온 및 합계일조시간

□ 수질 특성

- 영양염류(질소, 인) : 연평균 T-N 3.874 mg/L (2.337~5.788 mg/L), 연평균 T-P 0.219 mg/L (0.104~0.372 mg/L)
 - 하천 생활환경기준(T-P) : 약간나쁨(IV)
 - 적조 번성시기(2~4월) T-P 증가(평균 0.348 mg/L) 후 감소
- 유기물 : 연평균 BOD 6.9 mg/L(1.6~20.0 mg/L), 연평균 COD 7.0 mg/L(3.0~13.7 mg/L)
 - 적조 번성시기(2~4월) 일시적 증가 후 감소
- 클로로필-a : 연평균 Chl-a 63.0 mg/L(6.0~217.9 mg/L)
 - 적조 번성시기(2~4월) 최대 217.9 mg/L, 적조생물량과 비례

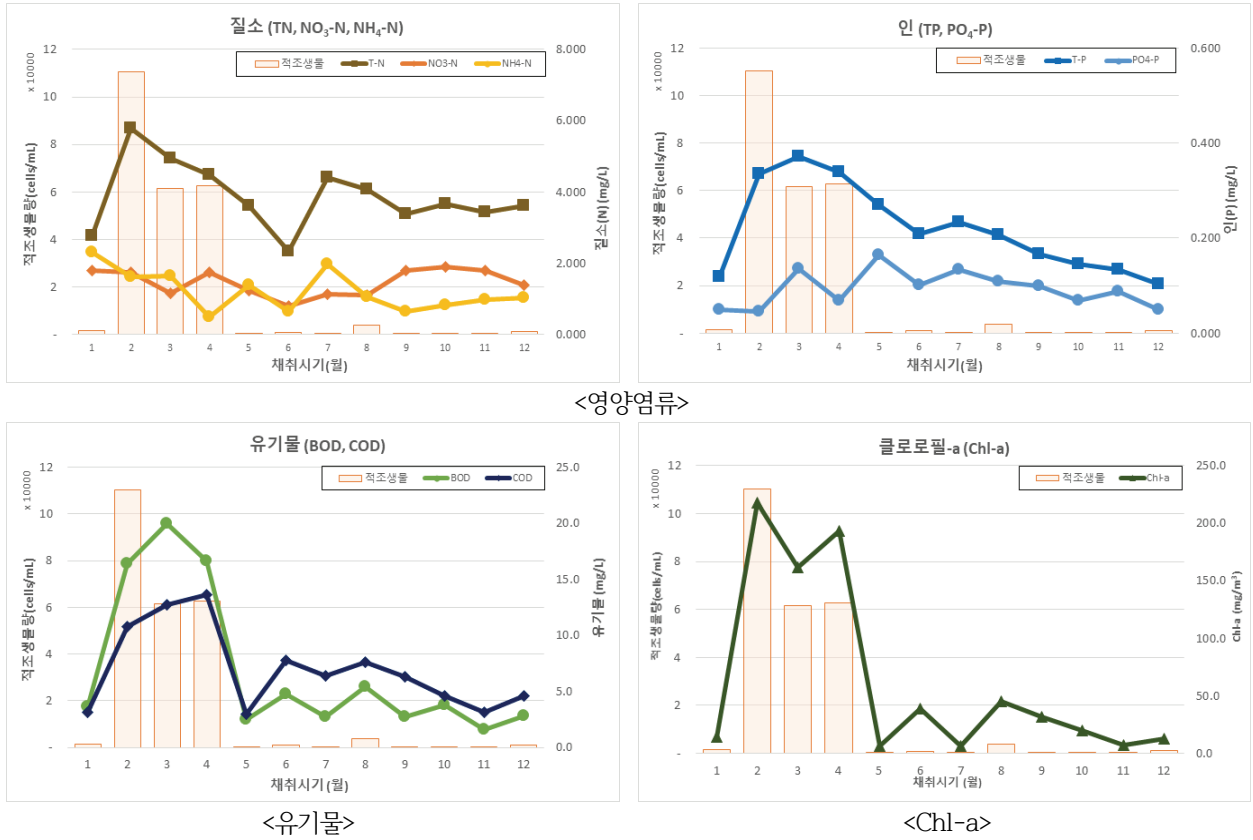


그림 4. 월별 수질 항목 결과

- 한국형 부영양화 지수(TSI_{KO}) : 연평균 66 (부영양상태)
 - 적조 번성 시기(2~4월) 과영양(85~88)
 - 지표항목 중 Chl-a(조류 밀도 지표) 영향 큼

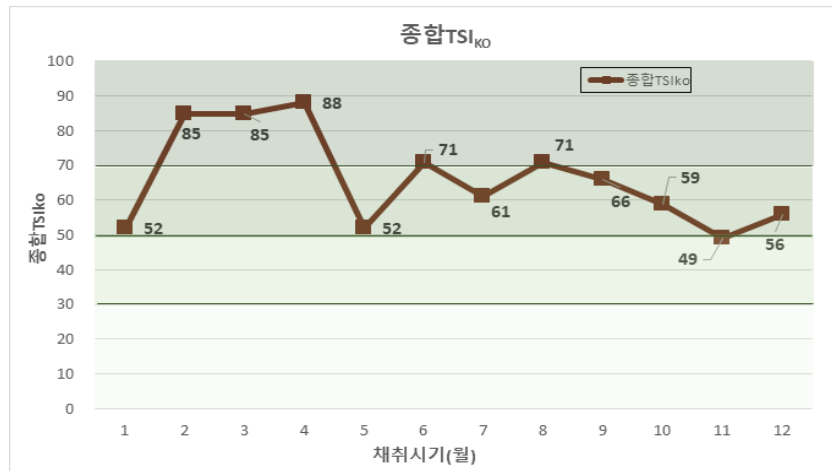


그림 5. 월별 부영양화 지수

□ 조류 분류군별 현황

○ 적조생물(Cryptomonads(크립토모나드), 갈색편모조류)

- 시기별 출현 현황 : 20~152,100 cells/mL
- 동월 개체수 변동폭 큼(± 6,553 ~ 41,665 cells/mL)
- 적조생물은 번성과 소멸 반복, 온천천·수영강 하구에 항상 존재
- 적조 발생규모 : 전년대비 약 6배 증가(22년 20,259 > 21년 3,189)
- 지점별 출현 현황
 - 수영강합류부 > 안락교 > 연안교 > 원동교 > 연산교 > 과정교 > 세월교
 - 하천 체류 심한 합류부 구간 적조생물 주로 분포

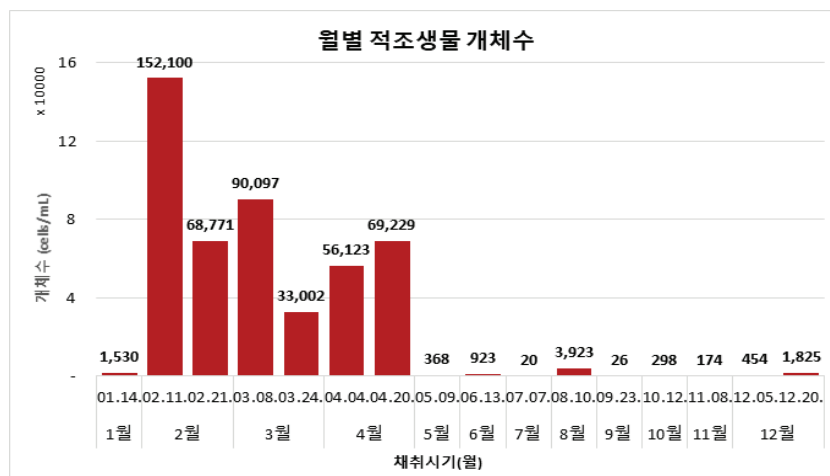


그림 6. 월별 적조생물 개체수

표 1. 연도별 평균 적조생물 개체수 및 연강수량

항목 \ 연도	2020년	2021년	2022년
적조생물 개체수 (cells/mL)	14,261	3,189	20,259
강수량 (mm/년)	2281.6	1807.8	991.6

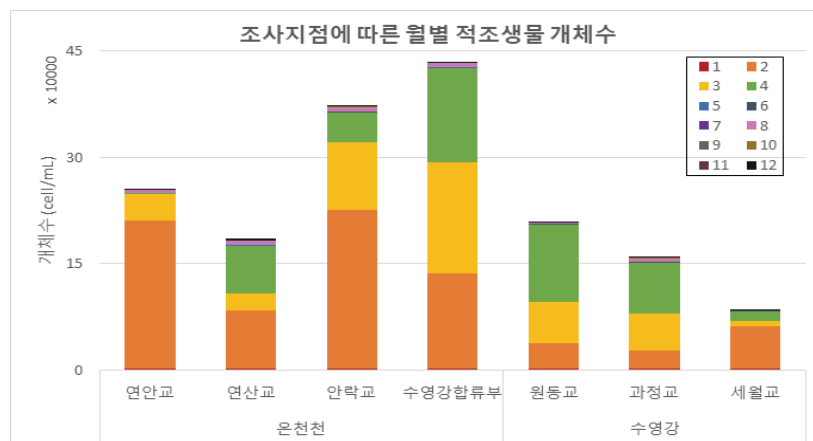


그림 7. 지점별 적조생물 개체수

○ 조류 분류군별 출현 현황

- 연중 적조생물 점유율 : 0.2~99.7%
- 겨울철(2~4월) 적조 집중 번성(최대 110,436 cells/mL)
- 적조생물 6회(1~4월, 8월, 12월), 규조류 6회(5~7월, 9~11월) 우점
- 20~21년 적조 번성 시기(2~4월) 유사

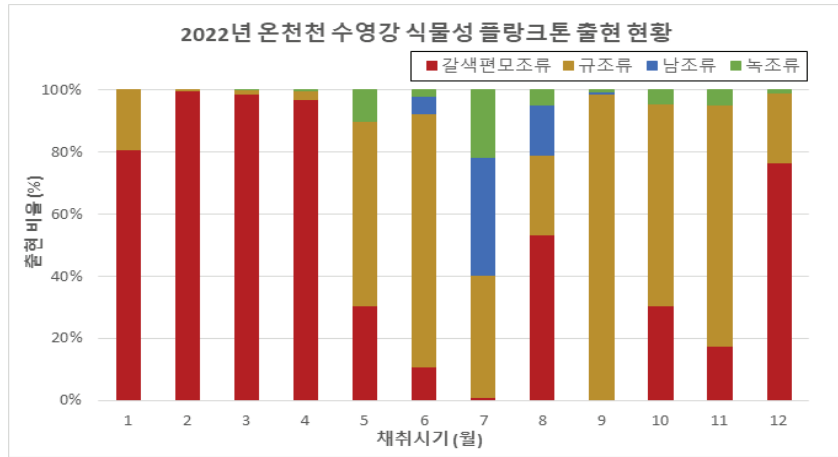


그림 8. 시기별 식물성 플랑크톤 출현 비율

표 2. 연도별 온천천·수영강 하구 식물성 플랑크톤 출현 현황(cells/mL)

월	갈색편모조류 (Cryptomonads)			규조류			남조류			녹조류		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
1	1,565	13,303	1,530 (80.9%)	181	433	361 (19.1%)					18	
2	70,254	4,782	110,436 (99.7%)	515	198	298 (0.3%)					2	
3	22,893	2,700	61,550 (98.7%)	249	600	789 (1.3%)				3		13 (0.0%)
4	50,217	9,141	62,676 (96.8%)	214	473	1,892 (2.9%)				8	42	164 (0.3%)
5	6	249	368 (30.3%)	169	258	723 (59.6%)				29	222	123 (10.1%)
6	11,787	4,920	923 (10.6%)	43,192	519	7,133 (81.9%)		25	469 (5.4%)	50	90	183 (2.1%)
7	7,561	710	20 (0.9%)	13,482	1,848	835 (39.2%)		254	809 (38.0%)	1	392	464 (21.8%)
8	2	45	3,923 (53.3%)	346	149	1,887 (25.6%)		1,716	1,192 (16.2%)	199	261	364 (4.9%)
9	0	164	26 (0.2%)	42	1,960	15,948 (98.7%)	777		105 (0.6%)	76	286	81 (0.5%)
10	321	378	298 (30.3%)	977	742	639 (65.1%)	172			187	56	45 (4.6%)
11	2,872	739	174 (17.4%)	436	552	778 (77.7%)	197			36	37	48 (4.8%)
12	3,653	1,131	1,140 (76.6%)	506	1,270	335 (22.5%)	12			5	16	14 (0.9%)

○ 월별 phycoerythrin 분포현황

- 2월 온천천 수계, 3~4월 합류부 특히 번성
- 조석에 따른 군집 이동으로 지점별 개체수 변동 큼
- 시기별 최대 적조 번성지점 확대 이동

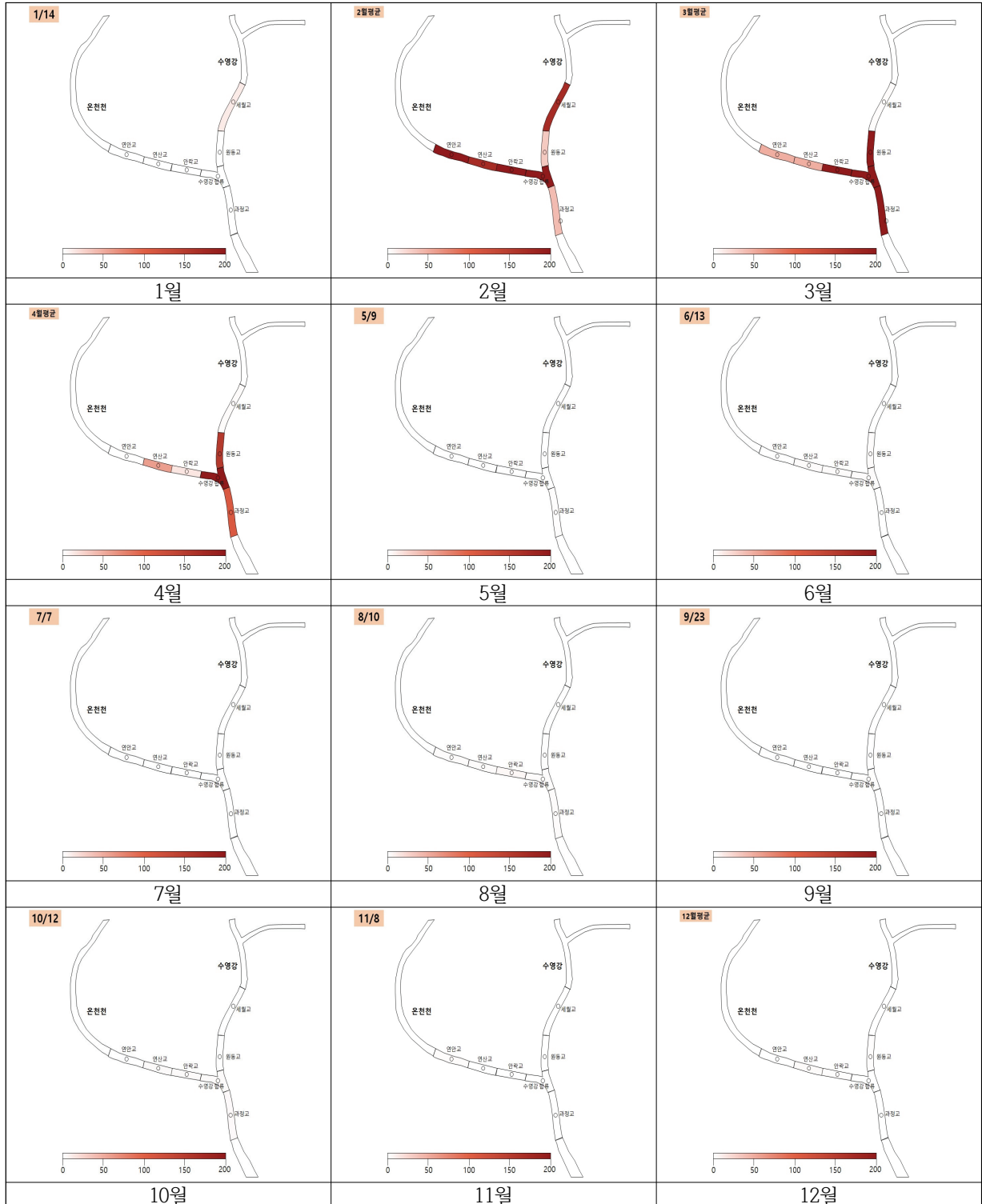


그림 9. 월별 적조생물 색소 분포현황

- 적조생물과 수질인자 간 상관성
 - DO, pH, BOD, COD, 클로로필-a 와의 높은 상관성
 - 조류의 광합성 및 조류로 인한 자생 유기물질 증가
 - TN, TP, DTN, DTP와의 상관성
 - 온천천·수영강 수계는 항상 부영양 상태이므로 조류 발생의 제한인자로 판단하기 어려움
 - 적조 발생요인은 수질인자 외 강수량, 체류시간, 일사량 등과 복합적 평가 필요

표 3. 2022년 온천천·수영강 하구 적조생물과 수질인자 간 상관분석

	수온	염분	DO	pH	BOD	COD	클로로필-a
적조생물 개체수	-.396	.510*	.781**	.790**	.844**	.784**	.940**
	TN	NO3-N	NH4-N	DTN	TP	PO4-P	DTP
적조생물 개체수	.736**	.134	.190	.510*	.725**	-.167	.547*

* 유의확률 p<0.05, **유의확률 p<0.01

3. 요약 및 결론

- 2022년 강우량 및 강우일수 감소, 일조시간 증가로 갈수기 적조 번성에 최적 조건 충족
- 수계 내 항상 부영양화 상태 유지(종합 TSI_{KO} 연평균 66)
- 전년대비 적조 발생규모 약 6배 증가(22년 20,259 cells/mL > 21년 3,189 cells/mL)
- 하천 체류 심한 합류부 구간 적조생물 주로 분포
 - 수영강합류부 > 안락교 > 연안교 > 원동교 > 연산교 > 과정교 > 세월교
- 적조생물 6회(1~4월, 8월, 12월) 우점 (20~21년 번성시기와 유사)
 - 겨울철(2~4월) 집중 번성(최대 110,436 cells/mL)
- 조석에 따른 군집 이동으로 지점별, 시기별 개체수 변동 큼
- 적조개체수는 영양염류, 유기물, Chl-a 농도와 높은 상관성
- 온천천·수영강 수계는 조류의 광합성 및 자생유기물질 영향 큼
- 적조 발생요인은 수질인자 외 강수량, 체류시간, 일사량 등과 복합적 평가 필요

4. 활용방안

- 시 하천관리과 및 관할구청 적조발생 안내자료 배포
 - 관할구청 현수막 게시 등 민원 홍보
- 수질자동측정망 전광판 적조발생 안내문 표출 및 하천 관리기관 SMS 문자 발송
- 하천 관리기관에 자료 제공으로 민원 해소 및 현장순찰 유도
- 기수역 부영양화에 대한 해석, 원인진단, 저감대책 및 정책제안