

해수욕장 수질 및 백사장 토양오염 조사

- 해수욕장 이용객들의 쾌적하고 안전한 친수활동 및 해수욕장의 효율적 관리, 운영, 평가를 위한 수질 및 백사장 토양오염 조사 결과임

1. 조사개요

- 조사대상 및 지점 : 7개 해수욕장 27개 지점
 - 백사장 길이 1 km 이상 : 각 5지점 (해운대, 송정, 광안리)
 - 백사장 길이 1 km 미만 : 각 3지점 (송도, 다대포, 일광, 임랑)
- 조사기간 : 2024년 5 ~ 9월

구 분	해운대, 송정해수욕장	다대포, 송도, 광안리, 일광, 임랑해수욕장
개장기간	6/1 ~ 8/31	7/1 ~ 8/31

※ 6/1~6/30 : 부분 개장 (해운대, 송정해수욕장)

- 조사주기
 - 수질 : 개장 전 1회, 개장기간 중 1회/2주 이상, 폐장 후 1회
 - 모래 : 개장 전 1회 ※ 추가(개장기간 중 1회, 폐장 후 1회)
- 조사항목
 - 수질 : 법정(미생물 2개 항목) - 장구균, 대장균
참고(이화학 5개 항목) - 염분, 화학적산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총인(T-P), 암모니아성질소(NH4+-N)
 - ※ 수질 이화학항목(염분, COD, SS, T-P, NH4+-N) : 개장 전, 개장기간 중, 폐장 후 총 3회 분석
 - 모래 : 카드뮴(Cd), 비소(As), 납(Pb), 수은(Hg), 6가크롬(Cr⁶⁺)
- 조사 및 시험방법
 - 수질 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 및 해양환경공정시험기준
 - 모래 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 및 토양오염공정시험기준

구 분	수 질	백사장 토양오염
백사장 길이 1km 미만	백사장의 길이 방향으로 해수면을 2등분하고 각 구획의 끝단에서 각각 2개씩 시료를 채취	백사장의 길이 방향으로 2등분하고 각 구획의 끝단에서 각각 1개씩 시료(모두 3개의 시료)를 혼합
백사장 길이 1km 이상	백사장의 길이 방향으로 해수면을 4등분하고 각 구획의 끝단에서 각각 2개씩 시료를 채취	백사장의 길이 방향으로 4등분하고 각 구획의 끝단에서 각각 1개씩 시료(모두 5개의 시료)를 혼합

- 평가방법
 - 수질 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 제7조(수질기준), 10조(수질평가)
 - ▷ 백사장 길이 1 km 이상 : 시료 10개 중 6개 이상 수질기준 만족 시 적합
 - ▷ 백사장 길이 1 km 미만 : 시료 6개 중 4개 이상 수질기준 만족 시 적합
 - 모래 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 제13조(백사장 토양관리 기준)

구 분	수질 (MPN/100mL)		백사장 모래 (mg/kg)				
	장구균	대장균	카드뮴(Cd)	비소(As)	납(Pb)	수은(Hg)	6가크롬(Cr ⁶⁺)
기 준	100 이하	500 이하	4 이하	25 이하	200 이하	4 이하	5 이하

※ 수질 기준 : 「해수욕장의 이용 및 관리에 관한 법률 시행령」 별표1(해수욕장의 시설 및 환경기준)
 ※ 모래 기준 : 「환경보건법 시행령」별표2(어린이활동공간에 대한 환경안전관리기준) 제4호가목

2. 조사결과

□ 해수욕장 수질조사

○ 환경기준 항목(장구균, 대장균)

- 수질조사 결과
 - ▷ 장구균 0~322, 대장균 0~2,603 MPN/100mL 분포를 나타냄
 - ▷ 장구균 최대값은 일광에서, 대장균 최대값은 광안리에서 나타남
 - ▷ 중앙값 기준으로는 다대포해수욕장에서 장구균 및 대장균의 오염도가 가장 높았음
- 수질평가 결과
 - ▷ 총 54회 조사 중 부적합 4회(다대포 2, 송도 1, 광안리 1회)
 - ▷ 전년 대비 적은 강수량(1191.3 mm, 5~9월) 영향으로 부적합 횟수 감소
 - ※ 2023년 강수량 1768.9 mm (5~9월), 부적합 21회
 - ▷ 수질 기준초과 시료수는 광안리해수욕장(장구균10, 대장균10)이 가장 많았음
 - ▷ 중앙값 기준으로는 7개 해수욕장 모두 환경기준 이내의 수질을 나타냄
- 해수욕장별 결과 분석
 - ▷ 다대포해수욕장은 주로 낙동강을 통해 오염물질이 유입되며, 부적합 발생일(7/4, 7/22) 전 강우의 영향으로 육상오염물질 유입 추정
 - ▷ 송도해수욕장(7/29)은 7월 집중호우 영향으로 주변에 위치한 우수관을 통해 비점오염물질이 유입된 것으로 판단됨
 - ▷ 광안리해수욕장(7/2)은 반폐쇄성 지형 특성으로 시료채취 당일 강우 후 유입된 오염물질이 정체되면서 수질이 악화된 것으로 보임

표 1. 2024년 해수욕장 수질(장구균, 대장균) 조사결과 및 수질평가 결과

해수욕장	조사결과 (MPN/100mL)								수질평가	
	장구균				대장균				조사 횟수 (회)	부적합 횟수 (회)
	최소값	최대값	중앙값	기준초과 시료수	최소값	최대값	중앙값	기준초과 시료수		
다대포	0	269	48	7	0	663	115	3	8	2
송도	0	253	3	2	0	908	10	8	7	1
광안리	0	297	5	10	0	2,603	15	10	7	1
해운대	0	73	0	-	0	122	0	-	9	-
송정	0	252	0	2	0	379	0	-	9	-
일광	0	322	8	1	0	754	10	2	7	-
임랑	0	49	0	-	0	63	0	-	7	-
합계									54	4

- ※ 비고 1. 조사횟수는 해수욕장별 개장기간, 부적합 여부 등에 따라 상이함
 2. 시료채취일
 · 개장 전 : 5/3, 6/3, 6/4, 6/5, 6/7
 · 개장기간 중 : 6/17, 6/26, 7/2, 7/3, 7/4, 7/8, 7/9, 7/15, 7/18, 7/22, 7/23, 7/29, 7/31, 8/5, 8/6, 8/9, 8/14, 8/19, 8/20, 8/27
 · 폐장 후 : 9/2, 9/5, 9/6, 9/20
 3. 부적합 : 다대포(7/4, 7/22), 송도(7/29), 광안리(7/2)
 4. 세균 항목은 특이값(극단적인 값)이 많아 평균(mean)보다 중앙값(median)이 대표성을 가짐

- 최근 3년간 수질 변화

- ▶ 전년 대비 강수량(1768.9 mm → 1191.3 mm) 및 강수일수(63일 → 52일)감소의 영향으로 강우 후 충분한 수질 회복 기간을 거치면서 올해 부적합 횟수가 감소된 것으로 판단됨
- ▶ 장구균 : 광안리, 일광해수욕장은 전년 대비 올해 오염도가 개선되었으나 다대포해수욕장의 오염도는 해마다 증가 추세
- ▶ 대장균 : 광안리, 일광, 송도해수욕장은 오염도가 전년 대비 많이 개선되었으나 다대포해수욕장은 전년 대비 3.7배로 증가

표 2. 최근 3년간(2022~2024년) 해수욕장 수질 부적합 현황

연 도	부적합 횟수(회)								5~9월 강수현황	
	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑	소계	강수량 (mm) (평균)	강수일수 (일) (평균)
합 계	5	5	8	2	1	6	2	29	1200.6	52.7
2024	2	1	1	-	-	-	-	4	1191.3	52
2023	3	3	6	1	1	6	1	21	1768.9	63
2022	-	1	1	1	-	-	1	4	641.5	43

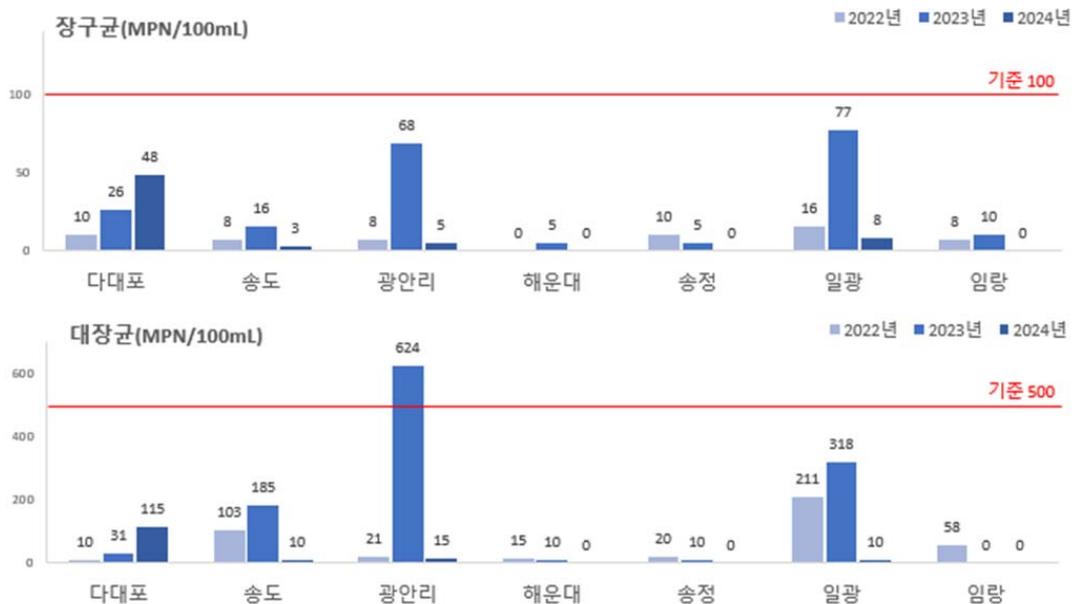


그림 1. 최근 3년간(2022~2024년) 장구균, 대장균 조사결과(중앙값)

○ 이화학항목(염분, COD, SS, T-P, NH₄⁺-N)

- 항목별 농도 분포

- ▶ 전반적으로 낙동강의 영향을 받는 다대포해수욕장에서 염분농도가 낮고, 화학적산소요구량과 총인 농도가 다소 높았으며, 이용객 증가 추세이며 반폐쇄성 해역 형태인 광안리해수욕장에서 암모니아성질소 농도가 높게 나타났음
- ▶ 염분 : 20.43 psu (다대포 개장중) ~ 34.80 psu (해운대 개장전)
'24년 염분 평균농도는 낙동강의 영향을 받고 있는 다대포해수욕장이 가장 낮고 외해와 물질교환이 원활한 해운대해수욕장이 상대적으로 높았음
- ▶ 화학적산소요구량(COD) : 0.2 mg/L (일광 개장전) ~ 5.5 mg/L (송도 개장중)
다대포, 송도해수욕장에서 COD 평균농도가 가장 높았고, 해운대에서 낮았음
- ▶ 부유물질(SS) : 1.3 mg/L (일광 개장전) ~ 7.3 mg/L (일광 폐장후)
일광해수욕장은 개장전에는 SS 농도가 가장 낮았으나 개장 이후부터 폐장 후까지 이용객 증가 및 주변 하천에서 유입된 오수의 영향으로 농도가 높아졌음
- ▶ 총인(T-P) : 0.016 mg/L (송정 개장전) ~ 0.062 mg/L (송도 개장중)
다대포해수욕장에서 T-P 평균농도가 가장 높았고, 일광에서 가장 낮았음
- ▶ 암모니아성질소(NH₄⁺-N) : 0.004 mg/L(송정 개장중) ~ 0.093 mg/L(광안리 폐장후)
광안리해수욕장에서 NH₄⁺-N 평균농도가 가장 높았고, 임랑에서 가장 낮았음

표 3. 2024년 해수욕장 수질(이화학항목) 조사결과(평균값)

해수욕장 \ 항목(단위)	염분(psu)	COD(mg/L)	SS(mg/L)	T-P(mg/L)	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)
다대포	24.25	2.4	2.5	0.037	0.046
송도	29.69	2.4	3.0	0.034	0.060
광안리	31.58	1.2	3.8	0.032	0.070
해운대	32.80	0.6	3.8	0.026	0.023
송정	32.72	0.9	2.8	0.023	0.014
일광	32.12	0.8	5.3	0.022	0.028
임랑	29.38	2.0	3.6	0.028	0.013

※ 비고 1. 조사결과는 개장 전, 개장기간 중, 폐장 후 총 3회 조사의 평균값임
 2. psu(practical salinity unit, 실용염분단위) : 액체의 전기전도도를 측정할 단위로 전기전도도와 염분 사이의 일정한 관계를 이용하여 염분을 나타낼 때 사용하는 단위

- 최근 3년간 수질 변화

- ▶ 화학적산소요구량은 송도해수욕장만 전년 대비 증가하였고 나머지 6개 해수욕장은 농도가 감소하였음
- ▶ 부유물질 농도는 대부분 해마다 감소하거나 비슷한 수준이었으며, 총인 농도는 전 지점에서 전년 대비 감소하였음
- ▶ 암모니아성질소 농도는 다대포, 송도해수욕장만 전년 대비 증가하였고 나머지 지점은 해마다 감소하거나 비슷한 추세였음

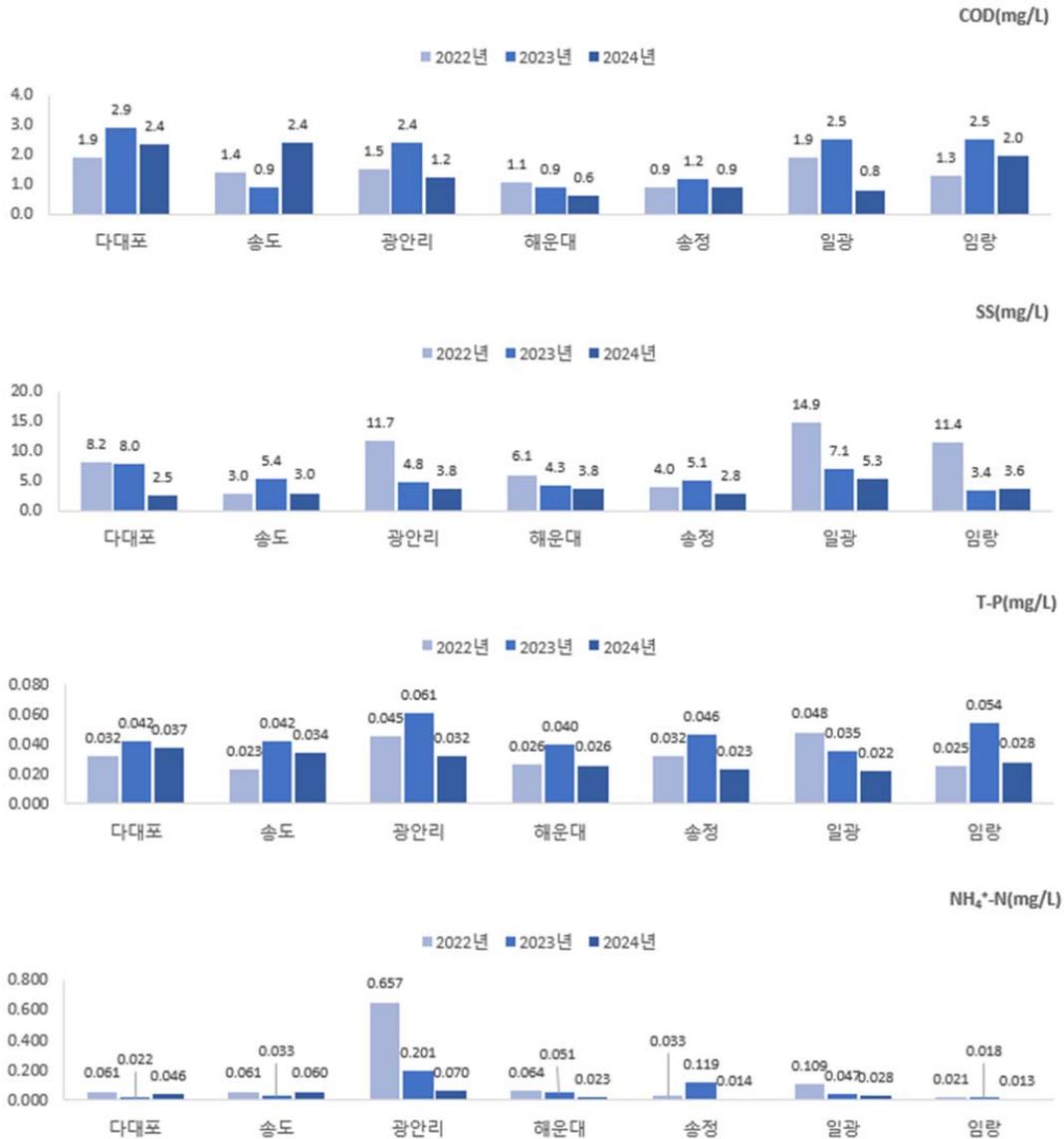


그림 2. 최근 3년간(2022~2024년) 이화학항목 조사결과(평균값)

□ 백사장 토양오염 조사 : 개장전

- 7개 해수욕장 모두 백사장 토양관리 기준 이내로 적합
 - 카드뮴(Cd) 0.81 ~ 2.83 mg/kg, 비소(As) 5.78 ~ 9.11 mg/kg, 납(Pb) 11.1 ~ 23.5 mg/kg, 수은(Hg)와 6가크롬(Cr⁶⁺)은 불검출
- 다대포에서 카드뮴 농도가 가장 높았고, 송도에서 가장 낮았음. 비소는 송정이 가장 높고, 해운대가 가장 낮았으며, 납은 광안리가 가장 높고, 송도가 가장 낮았음
- 대체로 다대포, 송정, 임랑의 토양오염도가 다소 높고, 해운대, 송도가 낮았음. 최근 3년간 해수욕장별로 카드뮴, 비소, 납 농도는 증감을 보였으나 유의미한 수준은 아닌 것으로 판단되며 수은과 6가크롬은 모두 불검출이었음

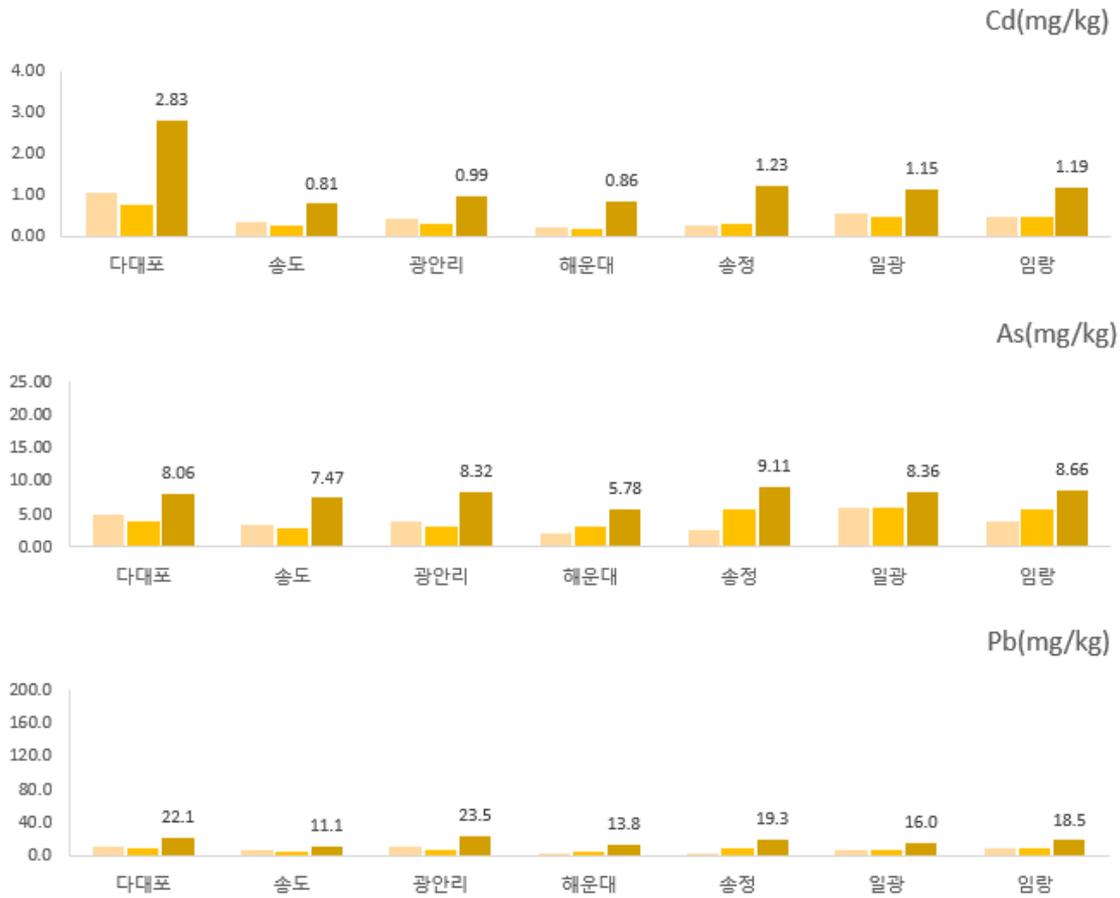


그림 3. 최근 3년간(2022~2024년) 백사장 토양오염 조사결과(개장전)

□ 백사장 토양오염 추가 조사 : 개장중, 폐장후

- 2023년 행정사무감사 건의사항(이준호 의원)으로 백사장 토양 중 시기별 유해성분 변화를 확인하기 위해 백사장 토양오염도 조사를 2회(8/16, 9/6) 추가로 실시함
- 조사기간 모두 백사장 토양관리 기준 이내로 카드뮴은 0.43 ~ 2.83 mg/kg, 비소는 5.07 ~ 12.82 mg/kg, 납은 9.4 ~ 23.5 mg/kg, 수은은 불검출이거나 정량한계 수준인 0.01 mg/kg, 6가크롬은 불검출되었음
- 카드뮴은 일부 해수욕장에서 개장전과 개장중 농도가 6.1 ~ 49.6 % 증가했고, 개장중과 폐장후 10.1 ~ 48.9 % 감소하였음
- 비소는 일부 해수욕장에서 개장전과 개장중 농도가 4.5 ~ 48.0 % 증가했고, 개장중과 폐장후 7.4 ~ 29.2 % 감소하였음
- 개장기간 최고치는 백사장 토양관리 기준의 9.6 ~ 51.3 % 수준으로 납, 수은, 6가크롬은 개장전·중·후 거의 농도변화가 없었음
- 과거 10년간 조사한 결과에 따르면 토양환경의 특성상 농도 변동 폭(0 ~ ±620 %)이 컸으며, 피서철 늘어난 이용객들의 레저활동에 의한 농도 증감으로 판단됨

표 4. 2024년 개장전, 개장중, 폐장후 백사장 토양오염 조사결과(단위: mg/kg)

해수욕장		다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑	관리기준
카드뮴	개장전	2.83	0.81	0.99	0.86	1.23	1.15	1.19	4
	개장중	1.88	1.02	1.05	0.57	0.99	1.33	1.78	
	폐장후	1.69	0.56	0.65	0.43	0.67	0.68	1.1	
비소	개장전	8.06	7.47	8.32	5.78	9.11	8.36	8.66	25
	개장중	8.42	6.99	6.76	6.91	10.47	11.29	12.82	
	폐장후	7.74	5.07	7.07	5.59	8.83	7.99	11.87	
납	개장전	22.1	11.1	23.5	13.8	19.3	16	18.5	200
	개장중	14.9	11.0	16.6	9.4	15.8	15.8	19.2	
	폐장후	22.1	11.2	19.0	11.3	15.9	15.8	18.8	

3. 결론

□ 해수욕장 수질

- 2024년 7개 해수욕장 수질조사 결과, 총 54회 조사 중 부적합 4회 (다대포 2, 송도 1, 광안리 1회)로, 전년 대비 강수량 및 강수일수 감소 영향으로 부적합 횟수(21회 → 4회) 감소
- 해수욕장 수질은 강우 후 해역 근처의 육상기인 오염물질 유입의 영향을 크게 받으므로 주변 하천의 오염도 저감, 비점오염물질 유입 관리, 하수관거 및 토구 정비 등의 대책이 필요함
- 수질 이화학항목 조사 결과, 낙동강의 영향을 받는 다대포해수욕장에서 염분농도가 낮고, COD와 T-P 농도가 다소 높았으며, 이용객 증가 추세이며 반폐쇄성 해역 형태인 광안리해수욕장에서 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도가 높게 나타났음

□ 백사장 토양오염

- 2024년 백사장 토양오염 조사 결과 모두 관리기준 이내
- 운영 시기별 유해성분 변화 확인을 위한 추가 조사 결과 조사기간 모두 관리기준 이내였으며, 일부 해수욕장에서 카드뮴과 비소 농도가 개장중 증가하고 폐장후 감소하는 경향을 보였음. 이는 변동폭이 큰 토양환경 특성 및 피서철 늘어난 이용객들의 레저활동 증가에 의한 농도 증감으로 판단됨

4. 활용방안 및 기대효과

- 해수욕장의 정기적인 조사 결과를 관리청(구·군)에 제공하여 수질관리 및 환경개선을 위한 근거 마련 및 운영에 기여
- 조사 결과의 신속한 공개로 시민들에게 안전하고 쾌적한 해수욕장 이용을 지원

붙임 1 **2024년 해수욕장 수질 장구균, 대장균 분석 결과**

해수욕장	분석항목	장구균 (MPN/100mL)			대장균 (MPN/100mL)		
		최소값	최대값	중양값	최소값	최대값	중양값
다대포	A1	0	220	51	0	620	116
	A2	5	269	86	20	663	98
	B1	5	206	59	41	554	115
	B2	5	95	43	20	446	110
	C1	5	95	51	63	488	127
	C2	10	239	43	10	459	98
송도	A1	0	220	0	0	689	10
	A2	0	96	10	0	495	0
	B1	0	92	5	0	474	0
	B2	0	253	0	0	908	10
	C1	0	94	0	0	650	10
	C2	0	83	0	0	703	10
광안리	A1	0	230	5	0	1,187	10
	A2	0	237	5	0	2,014	20
	B1	0	297	5	0	2,603	10
	B2	0	61	5	0	565	86
	C1	5	218	5	0	1,500	10
	C2	0	26	5	0	161	10
	D1	0	204	10	0	1,291	20
	D2	0	141	5	0	480	31
	E2	0	292	5	0	1,918	10
해운대	A1	0	48	0	0	20	0
	A2	0	73	0	0	10	0
	B1	0	5	0	0	20	0
	B2	0	5	0	0	86	0
	C1	0	5	0	0	20	0
	C2	0	16	0	0	10	0
	D1	0	16	0	0	86	0
	D2	0	49	0	0	110	0
	E1	0	10	0	0	122	0
E2	0	10	0	0	108	0	
송정	A1	0	228	5	0	173	0
	A2	0	252	0	0	379	0
	B1	0	10	0	0	31	0
	B2	0	26	0	0	20	0
	C1	0	5	0	0	40	0
	C2	0	10	0	0	10	0
	D1	0	10	0	0	10	10
	D2	0	16	0	0	31	10
	E1	0	16	0	0	52	0
E2	0	16	0	0	31	0	
일광	A1	0	80	10	0	504	10
	A2	0	322	5	0	754	31
	B1	0	86	5	0	173	10
	B2	0	36	5	0	313	20
	C1	0	38	10	0	110	0
	C2	0	49	16	0	341	10
임랑	A1	0	49	0	0	63	0
	A2	0	21	0	0	52	0
	B1	0	43	0	0	52	0
	B2	0	16	0	0	31	10
	C1	0	37	5	0	41	0
	C2	0	21	5	0	41	10

붙임 2 **2024년 해수욕장 수질 이화학항목 분석 결과**

해수욕장	염분 (psu)			COD (mg/L)			SS (mg/L)			T-P (mg/L)			NH ₄ ⁺ -N (mg/L)		
	개장전	개장중	폐장후	개장전	개장중	폐장후	개장전	개장중	폐장후	개장전	개장중	폐장후	개장전	개장중	폐장후
다대포	25.18	20.43	27.13	1.5	3.2	2.4	3.2	1.9	2.5	0.032	0.042	0.037	0.064	0.068	0.005
송 도	32.85	26.76	29.47	0.3	5.5	1.4	2.4	5.0	1.7	0.022	0.062	0.019	0.025	0.091	0.064
광안리	33.34	31.49	29.92	0.4	2.0	1.4	2.3	5.0	4.1	0.020	0.055	0.021	0.041	0.077	0.093
해운대	34.80	33.95	29.65	0.4	0.4	1.1	1.5	7.2	2.8	0.027	0.033	0.018	0.046	0.005	0.018
송 정	34.14	33.87	30.15	0.5	1.0	1.2	1.4	4.6	2.5	0.016	0.034	0.019	0.024	0.004	0.013
일 광	34.24	31.92	30.21	0.2	1.1	1.2	1.3	7.3	7.3	0.020	0.025	0.020	0.006	0.046	0.033
임 량	34.25	22.86	31.02	0.5	4.3	1.2	2.4	4.3	4.3	0.036	0.022	0.027	0.007	0.019	0.013