

해수욕장 수질 및 백사장 토양오염 조사

○ 부산지역 해수욕장 이용객들의 쾌적하고 안전한 친수활동 지원 및 해수욕장 관리와 운영에 기여하기 위한 수질 및 백사장 모래 조사

1. 조사개요

○ 조사기간 : 2023년 5월 ~ 9월 (개장 전, 개장 중, 폐장 후)

※ 해수욕장 개장기간 중 조사 강화

법령상 조사	
수 질	· 개장 전 1회 이상 · 개장기 1회/2주 이상 · 폐장 후 1회 이상
백사장 모래	· 개장 전 1회



우리원 조사	
	· 개장 전 1회 · 개장기 1회/2주(성수기 주 1회 조사) · 폐장 후 1회
	· 개장 전 1회 · 개장기 2회(추가)

○ 조사대상 : 부산지역 7개 해수욕장(다대포, 송도, 광안리, 해운대, 송정, 일광, 임랑해수욕장)

구 분	해운대, 송정	다대포, 송도, 광안리, 일광, 임랑	비 고
개장기간	2023. 6. 1. ~ 8. 31.	2023. 7. 1. ~ 8. 31.	해운대, 송정 부분 개장(6. 1. ~ 6. 30.)



그림 1. 부산광역시 7개 해수욕장 위치도

○ 조사항목

- ▷ 수질 : 장구균, 대장균, 이화학 항목(염분, COD, SS, T-P, NH₄⁺-N)
- ▷ 백사장 모래 : 카드뮴(Cd), 비소(As), 납(Pb), 수은(Hg), 6가크롬(Cr⁶⁺)

담당부서 : 친수환경팀(☎051-309-2780)

팀장 : 이서이, 담당자 : 김민경

2. 조사방법

○ 시료채취

구 분	수 질	백사장 모래
백사장 길이 1 km 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 1 km 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

○ 시험방법

- ▷ 수질 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 및 해양환경·수질오염공정시험기준
- ▷ 백사장 모래 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 및 토양오염공정시험기준

○ 평가기준

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

비고 1. 수질 기준 : 「해수욕장의 이용 및 관리에 관한 법률 시행령」 별표1(해수욕장의 시설 및 환경기준)

2. 모래 기준 : 「환경보전법 시행규칙」 별표2(어린이 활동공간의 바닥에 사용된 모래 등 토양에 대한 환경안전관리기준)

○ 평가방법

- ▷ 수질 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 제7조(수질기준), 10조(수질평가)에 따름
 - 백사장의 길이가 1 km 미만 : 해당 구역에서 채취한 시료 6개 중 4개 이상 시료가 수질기준에 모두 적합하면 해수욕장 수질로서 적합한 것으로 판단
 - 백사장의 길이가 1 km 이상 : 해당 구역에서 채취한 시료 10개 중 6개 이상 시료가 수질기준에 모두 적합하면 해수욕장 수질로서 적합한 것으로 판단
- ▷ 모래 : 해수욕장의 환경관리에 관한 지침 제13조(백사장 토양관리 기준)에 따라 환경안전관리기준에 적합하여야 함

3. 조사결과

3.1 해수욕장 수질

○ 환경기준 항목(장구균, 대장균)

- 장구균(*Enterococcus*) 0 ~ 15,830 MPN/100mL, 대장균(*E. Coli*) 0 ~ 39,575 MPN/100mL
- 장구균, 대장균 최대값은 다대포해수욕장(7월 19일)에서 나타남
- 총 75회 조사 중 부적합 21회(해운대, 송정, 임랑 각 1회, 다대포, 송도 각 3회, 광안리, 일광 각 6회)
- 수질기준 초과 시료 수는 광안리해수욕장(장구균 45개, 대장균 53개)이 가장 많았음
- 성수기 강수량이 전년과 최근 10년 평균 대비 많아 수질 부적합 횟수 증가
 - ↳ 589.6 mm ↳ 107.7 mm ↳ 255.9 mm
- 강수량이 증가하면서 육상 유입 오염물질 부하량 증가로 부적합률 증가

표 1. 2023년 해수욕장 수질(장구군, 대장군) 조사결과 및 수질평가 결과

해수욕장	조사결과 (MPN/100mL)								수질평가	
	장구군				대장군				조사횟수(회)	부적합 횟수(회)
	최소값	최대값	중앙값	기준초과 /총시료수	최소값	최대값	중앙값	기준초과 /총시료수		
다대포	0	15,830	26	19/63	0	39,575	31	14/63	11	3
송도	0	657	16	12/57	0	17,329	185	20/57	10	3
광안리	0	13,172	68	45/105	0	29,690	624	53/105	11	6
해운대	0	224	5	4/95	0	908	10	3/95	11	1
송정	0	467	5	10/95	0	1,860	10	10/95	11	1
일광	0	5,600	77	27/69	0	6,867	318	30/69	12	6
임랑	0	1,426	10	6/51	0	882	0	6/51	9	1
합계									75	21

- 비고 1. 조사횟수는 해수욕장별 개장기간, 부적합 여부 등에 따라 상이함
- 시료채취일
 - 개장 전 : 5/12(해운대, 송정), 6/7(다대포, 송도, 광안리, 일광, 임랑)
 - 개장기간 중 : 6/7(1차), 6/20(2차), 7/4(3차), 7/10(재검), 7/19(4차), 7/27(5차), 8/1(6차), 8/8(7차), 8/16(8차), 8/22(재검), 8/23(재검), 8/28(9차)
 - 폐장 후 : 9/5(재검), 9/6(재검), 9/12(폐장후), 10/6(재검)
 - 부적합 : 다대포(7/19, 8/16, 8/28), 송도(7/19, 8/16, 8/23), 광안리(7/4, 7/19, 7/27, 8/1, 8/16, 8/23), 해운대(7/19), 송정(7/19), 일광(7/19, 7/27, 8/1, 8/16, 8/28, 9/12), 임랑(7/19)
 - 세균 항목은 특이값(극단적인 값)이 많아 평균(mean)보다 중앙값(median)이 대표성을 가짐

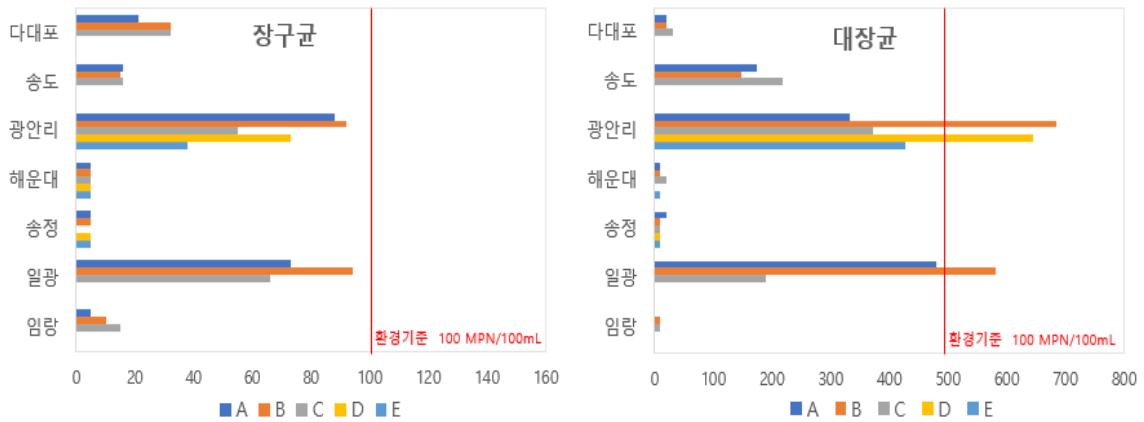
표 2. 최근 10년간(2014~2023년) 해수욕장 수질 부적합 현황

연도	부적합 횟수(회)								강수량(mm)	
	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑	소계	5~9월	성수기
소계	10	5	8	4	2	13	4	46	1140.4 (평균)	255.9 (평균)
2023	3	3	6	1	1	6	1	21	1768.9	589.6
2022	-	1	1	1	-	-	1	4	641.5	107.7
2021	2	-	1	-	-	3	-	6	1417.3	76.8
2020	1	-	-	2	-	1	-	4	1843.8	784.3
2019	2	1	-	-	-	-	-	3	1194.6	399.4
2018	-	-	-	-	-	-	-	0	1032.7	39.9
2017	-	-	-	-	-	-	-	0	678.6	64.5
2016	-	-	-	-	-	1	1	2	962.2	70.4
2015	1	-	-	-	1	2	1	5	733.4	85.1
2014	1	-	-	-	-	-	-	1	1130.6	341.7

○ 해수욕장별 수질조사 결과 및 요인 분석

- ▷ **다대포해수욕장** (부적합 3회: 개장 중 7/19, 8/16, 8/28)
 - 주로 낙동강을 통해 오염물질이 유입되므로, 낙동강 상류 유량 증가에 따른 낙동강 하굿둑 개방을 주의하여 수질 관리가 필요할 것으로 판단됨
- ▷ **송도해수욕장** (부적합 3회: 개장 중 7/19, 8/16, 8/23)
 - 송도오션파크 주변 지점의 대장균 오염도가 타 지점보다 소폭 높게 나타나 주변 우수관을 통한 비점오염 물질 유입 관리가 필요할 것으로 판단됨
- ▷ **광안리해수욕장** (부적합 6회: 개장 중 7/4, 7/19, 7/27, 8/1, 8/16, 8/23)
 - 수영장을 통한 오염물질 유입, 이용객 및 요트 출항 증가, 반폐쇄성 지형 특성으로 수질오염도가 증가한 것으로 분석되며, 수질개선 대책이 필요할 것으로 판단됨

- ▷ **해운대, 송정해수욕장** (부적합 1회: 개장 중 7/19)
 - 지점별 장구균(중양값), 대장균(중양값)은 기준 대비 5% 이내로 수질 매우 양호함
- ▷ **일광해수욕장** (부적합 6회: 개장 중 7/19, 7/27, 8/1, 8/16, 8/28, 폐장 후 9/12)
 - 강우 직후 육상오염물질 영향을 보다 지속적으로 받으면서 부적합 횟수가 증가한 것으로 보이며 수질개선 수립 및 이행이 필요한 것으로 판단됨
- ▷ **임랑해수욕장**(부적합 1회: 개장 중 7/19)
 - 지점별 장구균(중양값)은 기준 대비 5~15%, 대장균(중양값)은 2% 이내로 수질 양호



* A~E지점: 백사장에서 수역을 바라보고 좌측에서 우측방향으로 위치함

그림 2. 해수욕장 지점별 장구균, 대장균 조사결과(중양값, 단위:MPN/100mL)

○ 수질 이화학 항목(염분, COD, SS, T-P, NH₄⁺-N)

- ▷ 항목별 농도 분포
 - 염분(21.60~34.71 psu), COD(0.1~4.2 mg/L), SS(1.1~16.4 mg/L), T-P(0.013~0.095 mg/L), NH₄⁺-N(0.006~0.336 mg/L)
 - 염분은 외해와 물질교환이 원활한 해운대에서 상대적으로 높았고, COD와 SS는 다대포해수욕장에서 가장 높았음
 - 광안리해수욕장은 지형적 요인으로 인해 영양염류(T-P, NH₄⁺-N)가 높은 농도를 나타내었음
- ▷ 최근 3년간 수질 변화
 - COD는 전년 대비 다대포, 광안리, 일광, 임랑에서 증가하였음
 - T-P는 전년 대비 대부분 증가하였고, 광안리해수욕장은 T-P 뿐만 아니라 NH₄⁺-N도 3년간 다소 높은 농도로 나타나고 있으며, 이는 적절한 수온과 흐름의 정체 발생 시 적조 발생 가능성이 있으므로, 오염원 상세 조사 및 관리가 필요할 것으로 판단됨

표 3. 2023년 해수욕장 수질(이화학 항목) 조사결과(평균값)

해수욕장	염분(Psu)	COD(mg/L)	SS(mg/L)	T-P(mg/L)	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)
다대포	26.42	3.0	8.0	0.042	0.022
송도	32.30	0.9	5.4	0.041	0.033
광안리	30.53	2.4	4.9	0.061	0.201
해운대	32.93	0.9	4.4	0.040	0.051
송정	32.26	1.2	5.1	0.046	0.118
일광	29.01	2.5	7.1	0.035	0.047
임랑	30.89	2.5	3.4	0.054	0.018

비고 : 조사결과는 개장 전(5/12, 6/7), 개장 중(8/16), 폐장 후(9/12) 총 3회 조사의 평균값임

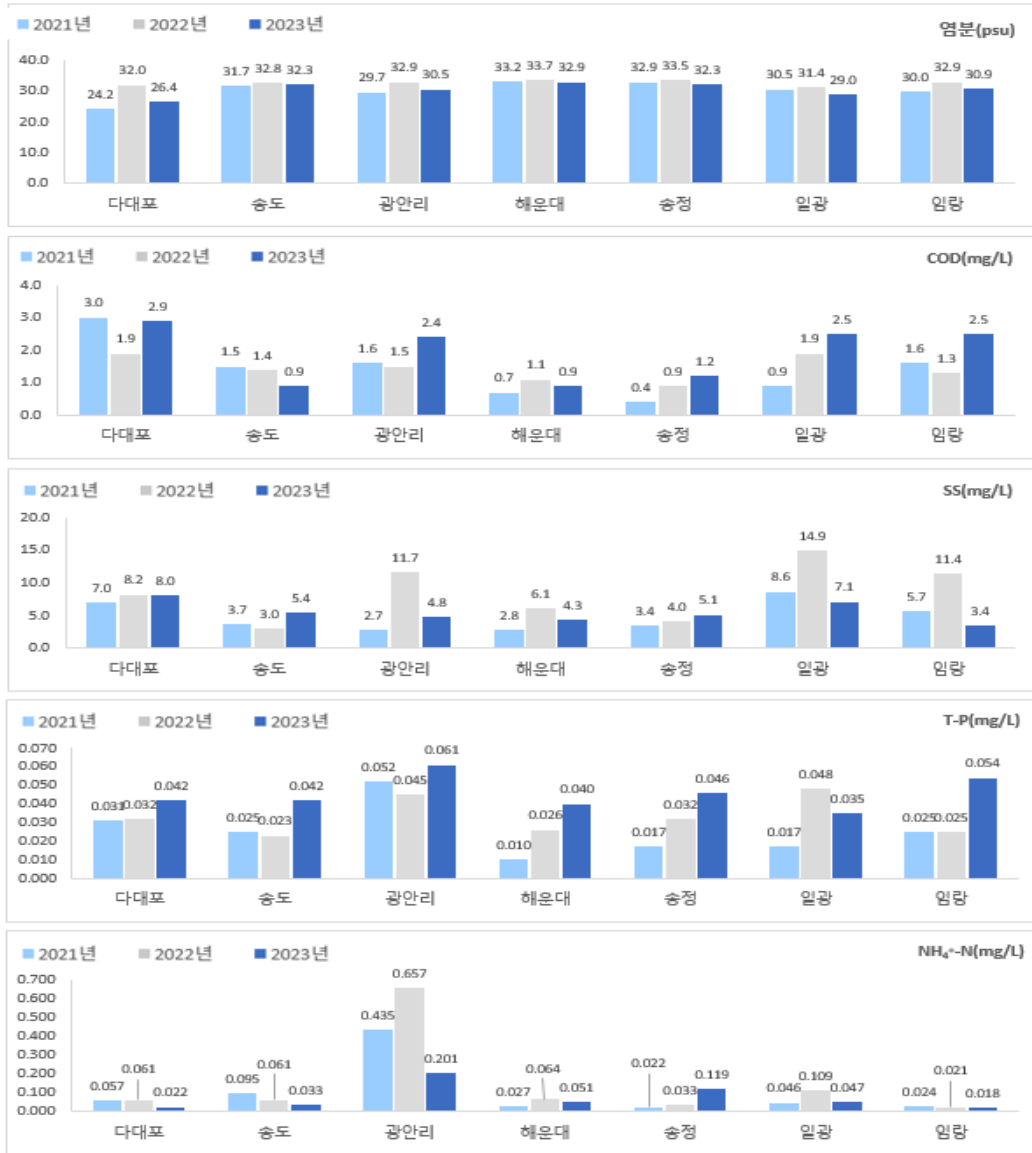


그림 3. 최근 3년간(2021~2023년) 이화학 항목 조사결과(평균값) 비교

3.2 백사장 모래

○ 개장 전

▷ 7개 해수욕장 모두 환경안전관리기준 이내로 적합

- Cd 0.21~0.79 mg/kg, As 2.97~6.09 mg/kg, Pb 4.1~8.3 mg/kg, Hg, Cr⁶⁺ 불검출
- 대체로 다대포, 일광, 임랑의 오염도가 다소 높고, 해운대, 송도가 낮았음

○ 개장 중 (모래놀이 및 파라솔 밀집구역) 추가 조사

▷ 7개 해수욕장 모두 환경안전관리기준 이내로 적합

- 개장 전 백사장 토양오염도 조사결과 대비 카드뮴, 납은 다소 높고, 비소는 유사한 수준
- 카드뮴은 전국 백사장 평균, 토양(자연) 배경농도 대비 다소 높은 수준, 비소는 낮은 수준, 납은 전국 백사장 평균 대비 다소 높고, 토양(자연) 배경농도 대비 낮았음

표 4. 2023년 백사장 개장전, 개장중(모래놀이, 파라솔) 토양오염도 조사결과 (단위: mg/kg)

항목	해수욕장		다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑	평균	백사장 전국 평균 (개장전)	토양 (자연) 배경	토양 (자연) 배경 (부산)	기준
	개장전	개장중												
카드뮴	개장전		0.79	0.29	0.32	0.21	0.31	0.48	0.50	0.41	0.16	0.09	0.23	4
	개장중	모래놀이	1.46	0.48	0.72	0.39	0.74	0.85	1.48	0.87				
	개장중	파라솔	1.64	0.54	0.81	0.47	0.87	0.73	1.33	0.91				
비소	개장전		3.84	2.97	3.25	3.15	5.70	6.09	5.67	4.38	4.40	6.05	5.36	25
	개장중	모래놀이	3.19	2.58	3.99	2.55	4.91	5.35	6.44	4.14				
	개장중	파라솔	3.62	2.82	4.40	2.70	4.76	2.72	6.79	3.97				
납	개장전		7.8	4.1	7.6	5.5	8.0	6.6	8.3	6.8	7.19	19.2	24.7	200
	개장중	모래놀이	13.9	5.9	11.7	5.1	11.7	11.4	16.3	10.9				
	개장중	파라솔	15.1	6.5	12.0	7.1	14.2	10.2	16.9	11.7				

비고.: 수은, 6가크롬 모두 불검출

3.3. 결론

○ 해수욕장 수질

- ▷ 2023년 부산 7개 해수욕장 수질 조사결과, 총 75회 조사 중 부적합 21회(해운대·송정·임랑 각 1회, 다대포·송도 각 3회, 광안리·일광 각 6회)로 나타났으며, 성수기 강수량 증가로 전년 대비 부적합 횟수 증가
- ▷ 수질 이화학 항목 조사결과, 다대포에서 염분농도가 낮고, 화학적산소요구량, 부유물질 농도가 다소 높았으며, 광안리해수욕장에서 영양염류(총인, 암모니아성질소) 농도가 높게 나타나, 적당한 수온과 흐름의 정체 발생시 적조 발생할 수 있으므로, 조치가 필요한 것으로 판단됨
- ▷ 강우 직후에 수질 오염도가 높아지므로 안내판, 방송 등으로 이용객들의 입욕을 자제해야 하며, 해수욕장 환경 개선을 위해 오염물질 유입 관리(하수관거 및 토구 정비, 유입 하천의 수질 관리 등)가 필요함

○ 백사장 모래

- ▷ 2023년 백사장 토양오염 중금속 조사결과, 7개 해수욕장 모두 환경안전관리기준 이내로 적합하였음

4. 활용방안

- 조사 결과의 신속한 공개로 시민들에게 안전하고 쾌적한 해수욕장 이용을 지원

5. 기대효과

- 해수욕장의 정기적인 조사 결과를 관리청(구·군)에 제공하여 수질관리 및 환경개선을 위한 근거 마련 및 운영에 기여