

해수욕장 수질 조사

- 부산지역 소재 해수욕장의 정기적인 수질조사를 통한 적절한 관리로 해수욕장을 찾아오는 국민의 건강보호 및 해양관광 활성화에 기여하고자 함

1. 조사개요

- 조사근거 : 해수욕장 수질기준 운용지침[해양수산부 훈령 제2013-47호(2013. 5. 9)]
- 조사기간 : 2014년 5 ~ 9월에 걸쳐 총 13회 조사
 - 개장 전(5월), 폐장 후(9월) 각 1회, 개장기(6 ~ 9월) 11회 조사
- 조사지점
 - 공설 해수욕장(6개소) : 해운대, 송정, 광안리, 송도, 다대포, 일광 해수욕장
 - 비공설해수욕장(1개소) : 임랑 해수욕장
 - 총 7개 해수욕장 27개 지점
- 조사항목
 - 장구균(Enterococci), 대장균(E.coli)
 - COD, SS, T-P, NH₄-N 등 이화학항목은 변경된 수질기준에는 삭제되었으나 보다 나은 수질관리를 위하여 자체적으로 개장전, 폐장후 및 개장중 월1회 실시

2. 조사방법

- 분석방법
 - 장구균과 대장균은 해수욕장 수질기준 운용지침 별표1 해수욕장 수질 모니터링 및 분석방법에 의하여 실시
 - 이화학항목은 해양환경공정시험기준에 따라 분석
- 조사위치
 - 해수욕장 길이 1km 이상 : 균등하게 5개 지점으로 구분
 - 해수욕장 길이 1km 미만 : 양쪽 가장자리 및 중앙 각 1개 지점씩 총 3개 지점
 - 5개 지점 : 해운대, 송정, 광안리해수욕장, 3개 지점 : 다대포, 송도, 일광, 임랑해수욕장
- 시료채수 방법
 - 수심은 0.7±0.2m로 하며, 수심 1m를 기준으로 수표면으로부터 0.3m 아래에서 채수
- 수질평가
 - 수질기준 : 장구균 100MPN/100mL, 대장균 500MPN/100mL
 - ※ MPN (most probable number) : 최적확수법
 - 조치사항

5지점 10개(3지점 6개)의 시료중 5개(3개) 이상의 시료가 기준을 초과한 경우 수질조사를 주 2회로 강화하고 이용객에게 오염현황 공개

3. 조사결과

○ 해수욕장 수질평가 및 수질결과

- 2014년도 해수욕장 수질평가 결과 8월말 집중호우에 따른 낙동강의 육상기인 오염원 유입으로 8월 27일 모든 시료(6개)가 기준을 초과하여 이용기준에 부적합 수질을 보인 다대포를 제외한 모든 해수욕장이 적합한 수질을 보였음.
- 2014년도 해수욕장별 수질평가 결과는 표 1에 나타냈음.

표 1. 해수욕장 수질평가 결과

조사대상	조사 횟수	기준초과 시료 수	장구균(MPN/100mL)			대장균(MPN/100mL)		
			최대값	최소값	중간값	최대값	최소값	중간값
다대포	9회	11개	1300	<1	10	24000	<1	110
송도	13회	2개	37	<1	9	820	<1	26
광안리	13회	4개	94	<1	15	840	<1	77
해운대	13회	-	21	<1	8	260	<1	32
송정	13회	-	24	<1	12	130	<1	16
일광	7회	-	85	<1	19	470	<1	78
임랑	8회	1개	86	<1	21	520	<1	41

- 보다 나은 수질관리를 위하여 추가로 조사한 이화학항목의 해수욕장별 최고, 최저, 평균농도는 표 2에 나타냈음.

표 2. 이화학항목 수질조사 결과(2014년 항목별 최고, 최저, 평균)

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
		COD (mg/L)	최고	7.1	2.1	8.5	2.4	3.1
	최저	1.7	0.9	1.3	0.4	0.4	1.1	0.6
	평균	3.1	1.4	2.5	1.3	1.2	4.6	1.3
SS (mg/L)	최고	92.7	13.7	30.1	18.7	23.3	15.9	84.3
	최저	4.2	3.3	5.3	4.0	3.9	6.3	7.1
	평균	25.7	6.4	17.1	8.4	9.5	11.0	24.2
T-P (mg/L)	최고	0.162	0.036	0.068	0.051	0.030	0.022	0.031
	최저	0.008	0.001	0.008	0.003	0.004	0.009	0.000
	평균	0.049	0.017	0.028	0.019	0.014	0.015	0.011
암모니아 질소 (mg/L)	최고	0.280	0.242	0.296	0.249	0.317	0.024	0.234
	최저	0.006	0.004	0.010	0.006	0.003	0.012	0.004
	평균	0.104	0.066	0.125	0.064	0.059	0.018	0.061

○ 항목별 조사결과

－ 장구균, 대장균

- 우리나라 해수욕장 수질 기준은 이화학항목 중 SS, COD, 암모니아 질소, T-P을 점수화하여 산정하였으나 2014년도부터는 해수욕장 이용객이 보다 안전하고 쾌적한 환경에서 해수욕을 즐길 수 있도록 수질 기준을 장염발생률과 직접적 관련이 있는 장구균과 대장균으로 항목을 변경하였음.
- 장구균과 대장균은 강우 등으로 인해 주변 분변오염원들이 수계로 유입되어 쉽게 증가하므로 분변오염의 정도를 신속하게 알 수 있으며, 해외 사례를 통해 살펴보면 물놀이 용수에서 지표미생물과 질병과의 상관성을 분석한 결과 해수에서 총대장균군과 분변성 대장균군은 각각 0.19과 -0.08, 대장균과 장구균은 0.52와 0.75로 확인되어(EPA, USA, 1986) 총대장균군과 분변성대장균군보다 장구균과 대장균이 질병과의 높은 상관성을 가지고 있었음.

표 3. 조사지점별 장구균, 대장균 조사결과

조사지점	대장균(MPN/100mL)			장구균(MPN/100mL)		
	최대값	최소값	중앙값	최대값	최소값	중앙값
다대포 1	20000	<1	180	1200	<1	10
다대포 2	24000	10	110	1000	5	5
다대포 3	24000	31	120	1300	5	17
송 도1	820	4	38	37	<1	6
송 도2	640	<1	21	26	<1	6
송 도3	170	<1	21	28	<1	10
광안리 1	490	<1	73	94	<1	15
광안리 2	530	5	63	71	<1	20
광안리 3	810	<1	63	67	<1	10
광안리 4	840	10	63	87	<1	16
광안리 5	560	5	88	65	<1	13
해운대 1	260	5	26	21	<1	5
해운대 2	220	5	26	30	<1	5
해운대 3	290	<1	30	22	<1	6
해운대 4	360	<1	42	13	<1	2
해운대 5	240	<1	49	23	<1	10
송 정 1	95	<1	16	24	<1	10
송 정 2	61	<1	16	47	<1	5
송 정 3	78	<1	16	16	<1	8
송 정 4	95	<1	10	15	<1	5
송 정 5	130	<1	10	35	<1	6
일 광 1	240	<1	42	85	<1	13
일 광 2	260	10	110	45	<1	5
일 광 3	470	<1	6	73	<1	15
임 량 1	200	<1	47	38	<1	10
임 량 2	240	<1	31	79	<1	21
임 량 3	520	<1	23	86	<1	13

- 장구균과 대장균을 27개 지점에서 조사한 결과 8월 27일 시료에서 대장균은 다대포 1, 2, 3, 송도 1, 2, 광안리 2, 3, 4, 5지점, 장구균은 다대포 1, 2, 3 지점, 임랑 3지점에서 기준을 초과하였으나 다른 모든 지점은 개장전, 개장중, 폐장후 모두 기준 이내로 양호한 검출수준을 나타냈으며 조사지점별 결과는 표 3과 같음.
- 항목별 개체수 분포를 보면 장구균이 <1 ~ 1300 MPN/100mL, 대장균이 <1 ~ 24000 MPN/100mL으로 개체수 범위가 매우 크게 나타났으며 최고값은 다대포에서 대장균 24000 MPN/100mL, 장구균 1300 MPN/100mL으로 매우 높게 검출되었는데 이는 8월 25일 집중호우(115mm)로 인한 낙동강 하구언 수문 개방으로 본류의 육상기인 오염원이 유입된 것에 기인한 것으로 사료되는바 강우시에는 수질관리에 만전을 기해야 될 것으로 판단됨.

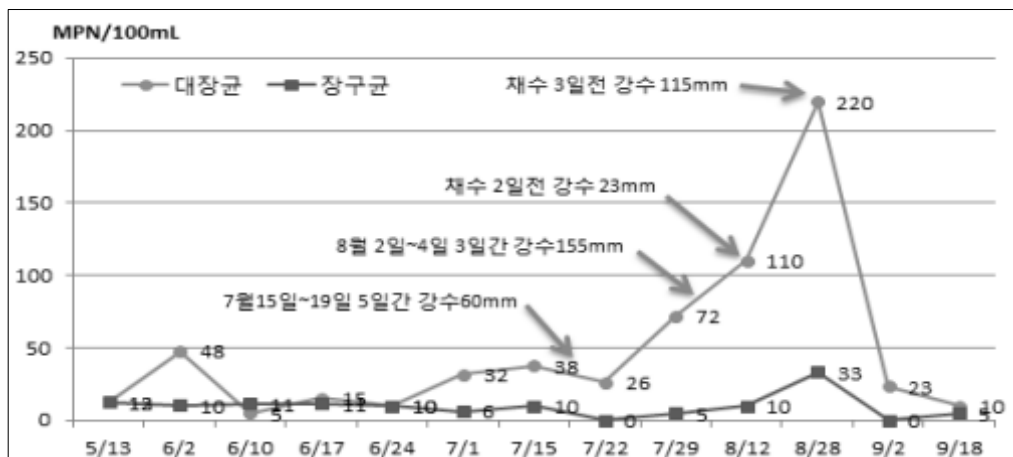


그림 1. 채수일자별 장구균, 대장균 개체수(중앙값) 변화

- 채수일자별 장구균, 대장균 개체수 변화를 보면 그림 1에서 나타나는바와 같이 대장균은 강수량에 따라 그 개체수가 급격히 증가하였으나 장구균은 민감하게 반응하지 않았음. 대장균의 강우에 대한 영향은 대체적으로 작은 량의 지속적인 강우보다 집중호우가 내렸을 때 개체수가 매우 높게 나타났는데 보다 정확한 강우에 대한 영향은 2015년도 연구사업(부산지역 주요 해수욕장의 강우에 따른 세균학적 수질변화 연구)을 통하여 심도 있는 연구를 계획 중임.
- 해수욕장의 생물학적 수질 상태가 강우에 따른 영향이 큰 것으로 나타나는바 강우시 물놀이 이용객들의 건강보호를 위하여 신속한 조사를 통하여 입욕금지 등 적절한 조치가 이루어져야 될 것으로 판단됨.

— 화학적산소요구량(COD)

- COD는 육지로부터의 오염물질 유입, 조류(藻類) 번식 등에 의해 많은 영향을 받음.
- 2014년도 조사결과 값을 보면 표 4와 같이 평균 농도 범위가 1.2 ~ 4.6 mg/L로 조사

되었으며 해수욕장별 농도 수준을 보면 평균농도는 일광> 다대포> 광안리> 송도> 해운대, 임랑> 송정 순으로 나타났고 최고값은 일광해수욕장에서 13.2 mg/L로 매우 높은 농도 수준을 보였다

- 해수욕장의 유기물의 오염정도는 주변 하천수에 의한 육상기인 오염원의 유입량에 따라 대부분 결정 되는바 유입되는 하천의 적절한 관리가 필요 할 것으로 생각됨.

표 4. 2014년도 해수욕장 별 COD 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
	COD (mg/L)	최고	7.1	2.1	8.5	2.4	3.1	13.2
최저		1.7	0.9	1.3	0.4	0.4	1.1	0.6
평균		3.1	1.4	2.5	1.3	1.2	4.6	1.3

- 연도별 추이 변화양상을 그림 2에서 살펴보면 대부분의 해수욕장이 전체적으로 COD가 거의 유사하게 소폭 증감을 반복하는 경향을 보였으나 일광과 다대포, 광안리해수욕장은 전년도 대비 매우 높게 나타났는데 이는 전년대비 개장중 강우량의 증가(275 mm → 811 mm)에 따른 영향으로 판단됨.

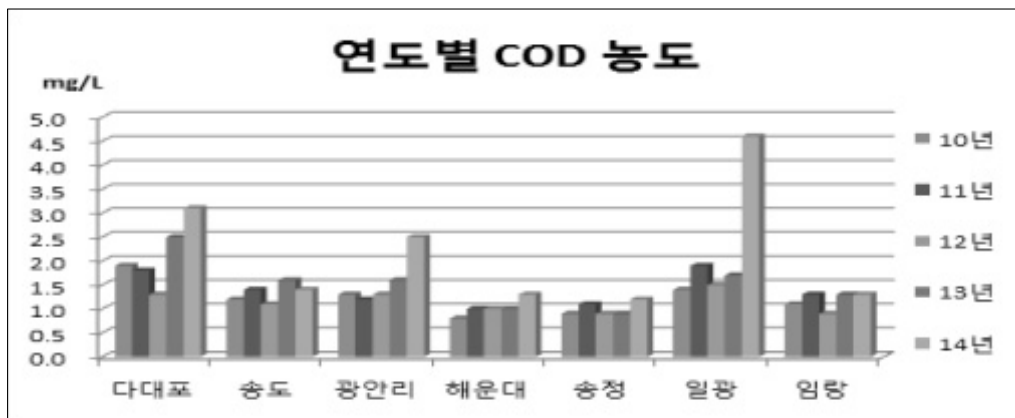


그림 2. 최근 5개년 간 해수욕장 COD변화

- 부유물질(SS)

- 부유물질은 강우 시 인근 하천으로부터 유입되는 토사, 각종 부유물질의 유입 등에 의해 높아지는 경향을 보임.
- 2014년도 조사결과 값은 표 7과 같이 평균농도 범위가 6.7 mg/L ~ 25.7 mg/L로 조사되었으며, 해수욕장별 농도 수준을 보면 평균농도가 다대포> 임랑> 광안리> 일광> 송정> 해운대> 송도 순으로 나타났으며 최고값이 다대포에서 92.7 mg/L로 매우 높게 나타났다.

표 5. 2013년도 해수욕장 별 부유물질 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
	부유물질 (mg/L)	최고	92.7	13.7	30.1	18.7	23.3	15.9
최저		4.2	3.3	5.3	4.0	3.9	6.3	7.1
평균		25.7	6.4	17.1	8.4	9.5	11.0	24.2

- 연도별 농도 변화를 보면 그림 3 와 같이 송도를 제외한 대부분의 해수욕장이 전년도 대비 농도가 증가 되었는데 특히 다대포, 임랑, 광안리는 증가폭이 매우 큰바 하계 집중호우에 따른 적절한 조치가 필요한 것으로 판단됨.

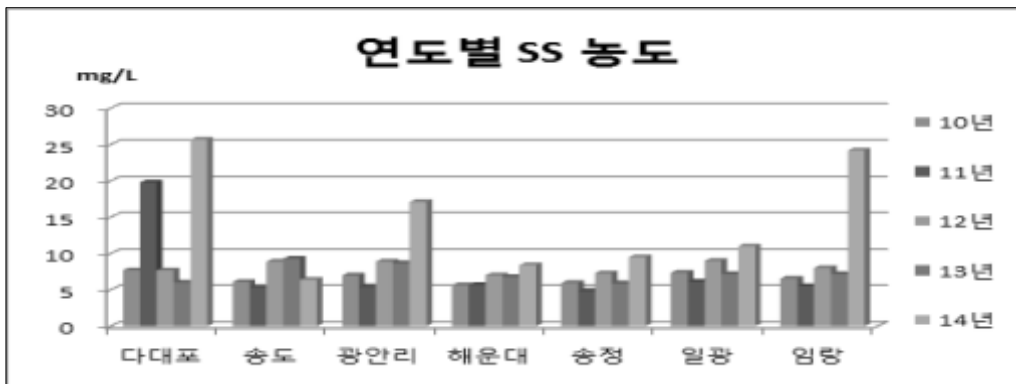


그림 3. 최근 5개년 간 해수욕장 SS변화

- 총인(T-P)

- 총인은 수역에서 적조부영양화를 유발, 수질을 악화시키는 영양염류 물질의 하나로 육지에서 기인한 오염원의 유입에 의해 크게 영향을 받음.
- 2014년 조사결과 해수욕장의 총인은 평균농도 범위가 0.011 mg/L ~ 0.049 mg/L 정도로 다대포를 제외한 대부분의 해수욕장이 전반적으로 양호한 수준으로 조사됨.

표 6. 2014년도 해수욕장 별 총인 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
	T-P (mg/L)	최고	0.162	0.036	0.068	0.051	0.030	0.022
최저		0.008	0.001	0.008	0.003	0.004	0.009	0.000
평균		0.049	0.017	0.028	0.019	0.014	0.015	0.011

- 연도별 변화양상을 보면(그림 4) 대부분의 해수욕장에서 총인의 농도가 소폭 감소하는 경향을 보였는데 이는 부산지역 하수 처리율의 증가에 따른 결과로 판단됨.

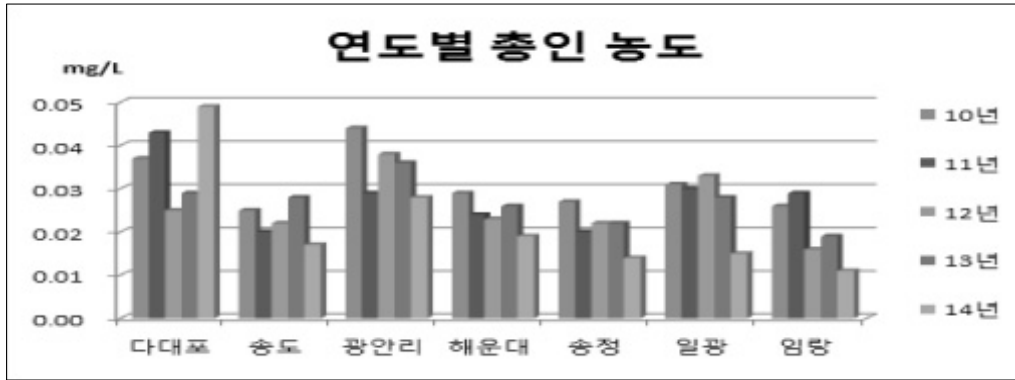


그림 4. 최근 5개년 간 해수욕장 총인 변화 추이

- 암모니아 질소

- 2014년 암모니아 질소 조사결과는 표 7과 같이 평균농도 범위가 0.018 mg/L ~ 0.125 mg/L로 대부분의 해수욕장이 양호한 수준을 보였으나 광안리와 다대포가 다른 해수욕장보다 다소 높은 농도 수준을 보였음.

표 7. 2014년도 해수욕장 별 암모니아성질소 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
암모니아 질소 (mg/L)	최고	0.280	0.242	0.296	0.249	0.317	0.024	0.234
	최저	0.006	0.004	0.010	0.006	0.003	0.012	0.004
	평균	0.104	0.066	0.125	0.064	0.059	0.018	0.061

- 연도별 추이 변화양상은 그림 4와 같이 다대포와 일광은 매년 다소 감소하는 경향을 보였으나 다른 해수욕장은 전체적으로 거의 유사하게 소폭 증감을 반복하였음.

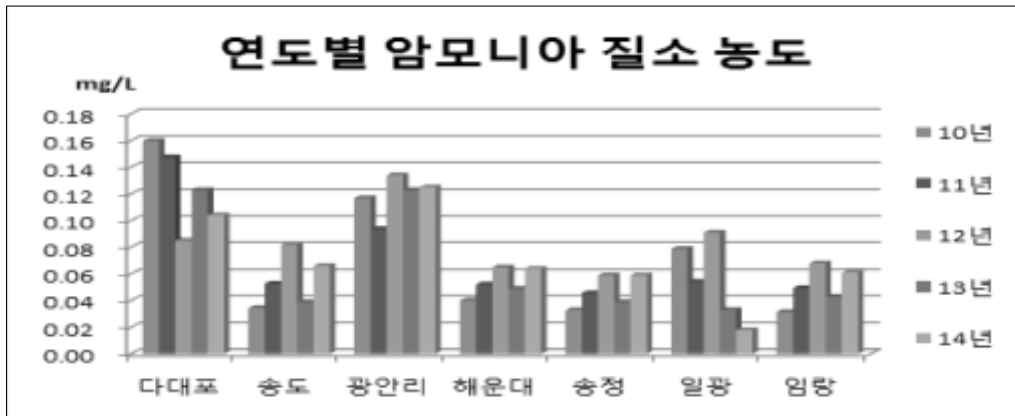


그림 4. 최근 5개년 간 해수욕장 암모니아 질소 변화 추이

○ 해수욕장별 환경 특성 및 수질보전대책

- 다대포해수욕장

- 다대포해수욕장은 낙동강 본류 하구에 위치하여 낙동강 수질에 많은 영향을 받는데 특히 강우가 잦은 7, 8월에는 하구언 수문 개방으로 낙동강 본류의 육상기인 오염원이 직접 유입되어 수질이 악화되는 경향이 있음.

표 8. 2014년도 다대포해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
다대포	최고	1300	24000	7.1	92.7	0.162	0.280
	최저	<1	<1	1.7	4.2	0.008	0.006
	평균(중앙값)	(10)	(110)	3.1	25.7	0.049	0.104

- 올해도 8월 집중호우로 인하여 8월 27일 대장균과 장구균이 모든 지점에서 기준을 초과한바 주변 공단에서 유입되는 소하천의 수질관리와 비점오염원의 저감 대책이 필요하며, 해수욕장 개장 중 강우 시에는 물놀이 이용객들의 건강보호를 위하여 수질 검사에 만전을 기해야 될 것으로 판단됨.

- 송도해수욕장

- 송도 해수욕장은 우리나라 최초 공설 해수욕장으로 직접적으로 유입되는 하천이 없고 2006년 상반기 부산환경공단 중앙사업소 하수처리장 완공에 따른 생활하수의 적정하 처리로 해수욕장 수질이 수년전부터 계속적으로 개선되어지고 있음.
- 다른 해수욕장과 비교하여 양호한 수질을 보였으나, 8월 집중호우에 따른 영향으로 2개 지점에서 대장균이 기준을 초과한바 주변 비점오염원에 대한 관리가 지속적으로 이루어져야 될 것으로 판단됨.

표 9. 2014년도 송도해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
송도	최고	37	820	2.1	13.7	0.036	0.242
	최저	<1	<1	0.9	3.3	0.001	0.004
	평균(중앙값)	(9)	(26)	1.4	6.4	0.017	0.066

- 광안리해수욕장

- 광안리해수욕장은 오염원인 하수의 대부분이 부산환경공단 남부사업소 하수처리장에서 처리되고 있지만 합류식 하수관거로 인해 집중호우 시 미처리된 월류수가 남천을 통하여 인근 해안으로 유입 될 뿐만 아니라 하수 증계펌프장이 해수욕장의 양쪽 가장자리에

위치하여 펌프처리 능력을 초과한 우수가 유입 시 수문을 개방하여 해수욕장으로 직접 방류하여 수질이 악화 경향이 있음.

- 올해도 표 10의 수질 현황에서 나타나듯이 대부분의 항목이 다른 해수욕장과 비교하여 높은 농도 수준을 보이는바 중계펌프장의 펌프처리 능력 및 하수처리율 확충을 통해 해수욕장으로 유입되는 오염원을 줄여나가는 지속적인 노력이 필요하다고 생각됨.

표 10. 2014년도 광안리해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
광안리	최고	94	840	8.5	30.1	0.068	0.296
	최저	<1	<1	1.3	5.3	0.008	0.010
	평균(중앙값)	(15)	(77)	2.5	17.1	0.028	0.125

– 해운대해수욕장

- 해운대 해수욕장은 하계 이용객이 가장 많은 부산의 대표적인 해수욕장으로 비교적 수심이 깊고 해안선이 개방되어 외해와의 교환이 잘 이루어지고 있어 표 11에서 나타난 것처럼 비교적 양호한 수질을 나타내고 있음.
- 그러나 표 3에 나타난 바와 같이 해수욕장의 양쪽 가장자리 지점에서 대장균의 개체수가 높게 나타나는 것으로 보아 지방하천인 춘천을 통한 육상기인 오염원의 수영만 유입 및 미포에 분포되어 있는 횡집촌의 오염원이 해수욕장 수질에 일부 영향을 미치는 것으로 판단되는 바 수질개선을 위해서 해수욕장 주변의 생활하수 및 비점오염원의 근원적인 유입 차단 등을 위한 지속적인 관리가 무엇보다도 요구됨.

표 11. 2014년도 해운대 해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
해운대	최고	21	260	2.4	18.7	0.051	0.249
	최저	<1	<1	0.4	4.0	0.003	0.006
	평균(중앙값)	(8)	(32)	1.3	8.4	0.019	0.064

– 송정해수욕장

- 송정해수욕장도 해운대와 마찬가지로 양호한 수질을 나타내고 있으며, 수질오염원은 강우시 송정천과 주변 시가지로부터 배출되는 육상기인 오염원으로 해수욕장의 양호한 수질을 유지하기 위해서는 주변의 오염원 관리에 만전을 기해야 할 것으로 생각됨.

표 12. 2014년도 송정해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
송 정	최고	24	130	3.1	23.3	0.030	0.317
	최저	<1	<1	0.4	3.9	0.004	0.003
	평균(중앙값)	(12)	(16)	1.2	9.5	0.014	0.059

- 일광해수욕장

- 일광해수욕장은 내만에 위치하여 반폐쇄성 해안으로 외해와의 교환이 활발하지 못하며 강우시 일광천에서 유입되는 오탁수와 상류 농경지로부터의 유출수가 해수욕장 수질에 영향을 미쳐 표 13에 나타나는 바와 같이 COD와 대장균이 높은 농도수준을 보였음.
- 일광해수욕장의 수질개선을 위해서는 강우시 일광천으로 건초쓰레기와 오물이 유입되지 않도록 적절한 관리가 필요 할 것으로 판단됨.

표 13. 2014년도 일광해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
일 광	최고	85	470	13.2	15.9	0.022	0.024
	최저	<1	<1	1.1	6.3	0.009	0.012
	평균(중앙값)	(19)	(78)	4.6	11.0	0.015	0.018

- 임랑해수욕장

- 임랑해수욕장은 평상시에는 전반적으로 양호한 수질을 보이거나 강우시에는 좌광천에서 오탁수가 유입되어 수질이 악화되는 경향을 보이는데 표 14에 나타나는 바와 같이 8월중 태풍과 집중 호우의 영향으로 좌광천에서 유입된 오탁수와 건초쓰레기로 인하여 부유물질이 84.3 mg/L, 암모니아질소가 0.234 mg/L로 매우 높게 나타났으며 대장균은 1개 지점이 520 mg/L로 기준을 초과하였음.
- 따라서 강우시 상부 농경지 등에서 유입되는 비점오염원의 차단을 위하여 적절한 대책이 필요할 것으로 판단됨.

표 14. 2014년도 임랑해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
임 랑	최고	86	520	2.0	84.3	0.031	0.234
	최저	<1	<1	0.6	7.1	불검출	0.004
	평균(중앙값)	(21)	(41)	1.3	24.2	0.011	0.061

4. 결 론

- 해수욕장 수질기준이 2013년까지 이화학항목을 점수화하여 산정하던 방식에서 해수욕장 이용자의 건강보호를 위하여 장염발생률과 직접적 관련이 있는 장구균과 대장균으로 2014년부터 수질기준이 변경되었음.
- 2014년도 해수욕장 수질평가 결과 8월말 집중호우에 따른 낙동강의 육상기인 오염원 유입으로 8월 27일 다대포의 모든 시료(6개)가 기준을 초과하여 이용기준에 부적합 수질을 보였으나 그 외 모든 해수욕장은 적합한 수질을 보였음.
- 항목별 개체수 분포를 보면 장구균이 <1 ~ 1300 MPN/100mL, 대장균이 <1 ~ 24000 MPN/100mL으로 개체수 범위가 매우 크게 나타났으며 수질기준을 초과한 지점은 다대포(장구균 3개소, 대장균 3개소), 송도(대장균 2개소), 광안리(대장균 4개소), 임랑(대장균 1개소)으로 나타났는데 장구균과 대장균은 강우 등으로 인해 주변 분변오염원들이 수계로 유입되어 쉽게 증가하므로 이에 대한 대책이 필요할 것으로 판단됨.
- 보다 나은 수질관리를 위하여 이화학항목을 조사하였는데 그 결과를 보면 해수욕장 평균농도가 COD(1.6 mg/L → 2.2 mg/L)와 부유물질(7.3 mg/L → 14.6 mg/L), 암모니아 질소(0.064 mg/L → 0.071 mg/L)는 전년도 보다 다소 높게 나타났으나 총인(0.027 mg/L → 0.022 mg/L)은 다소 감소되는 경향을 보였음.
- 해수욕장별 수질특성을 보면 해운대와 송정, 송도를 제외한 대부분의 해수욕장이 강우 시 하천수의 유입에 따른 영향으로 수질이 악화되는 경향을 보이는바 다대포는 하구연 수문 개방시 수질오염 여부 확인을 위한 신속한 검사가 요구되며, 광안리는 중계펌프장의 처리 능력 확충으로 월류수의 해안 방류 최소화 및 수영장으로 부터 오락수의 유입에 대한 대책 등이 필요하며 임랑과 일광은 상류 농경지의 유출수 및 건초쓰레기 유입 차단을 위한 대책이 강구되어야 할 것으로 판단됨.