

해수욕장 수질 조사

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

1. 조사개요

- 조사근거 : 「해수욕장의 이용 및 관리에 관한 법률」 제30조(수질관리)
- 조사기간 : 2015년 5 ~ 9월에 걸쳐 총 11회 조사
 - 개장 전(5월), 폐장 후(9월) 각 1회, 개장기(6 ~ 9월) 11회 조사
- 조사지점 : 총 7개 해수욕장 27개 지점
 - 5개 지점 : 해운대, 송정, 광안리해수욕장, 3개 지점 : 다대포, 송도, 일광, 임랑해수욕장
- 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 실시하였음

2. 조사방법

- 분석방법
 - 장구균과 대장균은 해수욕장 수질기준 운용지침 별표1 해수욕장 수질 모니터링 및 분석방법에 의하여 실시하였으며,
 - 이화학항목은 해양환경공정시험기준에 따라 분석하였음
- 시료채취 방법
 - 백사장 길이 1km 이상 : 5개 지점
백사장의 길이 방향으로 해수면을 4등분하고 각 구획의 끝단에서 각각 2개씩 시료를 채취
 - 백사장 길이 1km 미만 : 3개 지점
백사장의 길이 방향으로 해수면을 2등분하고 각 구획의 끝단에서 각각 2개씩 시료를 채취
 - 수심이 1미터인 지점의 수면에서 아래쪽으로 수직 30센티미터인 지점에서 채취
- 수질기준 : 장구균 100 MPN/100 mL 이하, 대장균 500 MPN/100 mL 이하
- 수질평가
 - 백사장 길이 1km 이상 : 5지점 10개의 시료 중 6개 이상의 시료가 기준에 적합
 - 백사장 길이 1km 미만 : 3지점 6개의 시료 중 4개 이상의 시료가 기준에 적합
 - 상기 기준을 만족하면 해수욕장 수질로서 적절한 것으로 판단

- 해수욕장 수질로 부적절한 경우 조치사항
 - 개장 전에는 수질 재검사 후 개장여부 결정
 - 개장 중에는 수질조사를 주 1회 이상으로 강화하고, 오염원 파악 및 해수욕장 이용객에게 표지(시)판, 입욕금지 방송 등으로 오염 현황을 공개
 - 개장 후에는 오염원 파악 및 오염 현황을 공개

3. 조사결과

- 해수욕장 수질평가 및 조사결과
 - 2015년도 해수욕장 수질평가 결과 총 11회 조사에서 4개 해수욕장이 부적절한 수질을 보였음
 - 개장전 조사에서 임랑이 좌광천의 전년도 수해복구공사로 인하여 오락수가 해수욕장으로 유입되어 부적절한 수질을 보였으며,
 - 개장기에는 9회 조사결과 태풍의 영향으로 인한 기상상태 악화 및 기장군 일원에서 전년도 수해복구공사에 따른 하천을 통한 오락수 유입 등의 영향으로 일광 2회, 송정과 다대포가 1회 해수욕장 수질로 부적절하게 나타났음

표 1. 해수욕장별 수질평가 결과

조사대상	조사횟수 (부적절 횟수)	기준초과 시료수	장구균(MPN/100 mL)	대장균(MPN/100 mL)
다대포	8회(1회)	장구균 1개, 대장균 3개	<1 ~ 170	<1 ~ 2800
송도	11회	장구균 2개	<1 ~ 600	<1 ~ 480
광안리	9회	-	<1 ~ 32	<1 ~ 310
해운대	11회	-	<1 ~ 26	<1 ~ 280
송정	11회(1회)	대장균 7개	<1 ~ 32	<1 ~ 1400
일광	8회(2회)	장구균 5개, 대장균 8개	<1 ~ 430	10 ~ 1800
임랑	8회(1회)	장구균 5개, 대장균 3개	<1 ~ 420	<1 ~ 2400

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

표 2. 이화학항목 수질조사 결과(2015년 항목별 최고, 최저, 평균)

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
COD (mg/L)	최고	4.1	2.5	8.1	3.2	4.2	3.2	2.3
	최저	1.3	0.9	1.0	0.6	0.7	0.4	1.2
	평균	2.5	1.8	3.1	1.6	1.4	1.7	1.6
SS (mg/L)	최고	25.1	16.4	17.5	14.3	15.1	14.6	18.3
	최저	6.8	4.5	7.5	4.5	4.3	2.0	5.9
	평균	13.4	8.4	11.2	8.8	8.8	10.1	10.3
T-P (mg/L)	최고	0.067	0.044	0.140	0.099	0.090	0.047	0.039
	최저	0.012	0.013	0.011	0.013	0.008	0.004	0.005
	평균	0.035	0.025	0.040	0.027	0.024	0.019	0.020
암모니아 질소 (mg/L)	최고	0.149	0.081	0.137	0.079	0.093	0.075	0.066
	최저	0.017	0.003	0.003	0.001	0.002	0.003	0.006
	평균	0.061	0.026	0.051	0.019	0.030	0.032	0.030

○ 항목별 조사결과

- 장구균, 대장균

- 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 0.80와 0.74로 확인되어(EPA, USA, 1986) 총대장균군과 분변성대장균군보다 장구균과 대장균이 질병과의 높은 상관성을 가지고 있었음
- 27개 지점에서 장구균을 조사한 결과 개장전 임랑 1, 2, 3, 7월 16일 일광 1, 2, 3, 8월 4일 일광 3, 임랑 2, 8월 11일 다대포 2, 송도 3, 9월 3일 송도 1, 9월 21일 일광 2, 폐장후 임랑 2지점 등 9지점 13개 시료에서 대장균은 개장전 임랑 1, 2, 3, 7월 16일 송정 1, 2, 3, 4, 5, 일광 1, 2, 8월 11일 다대포 1, 2, 3, 일광 1, 2, 3, 8월 18일 송정 1, 3, 일광 1, 폐장후 일광 2지점 등 14지점 21개 시료에서 수질기준을 초과하였으며 조사지점별 결과는 표 3과 같았음
- 장구균, 대장균의 개체수 분포를 보면 표 3에서 나타나는바와 같이 대장균이 <1 ~ 2800 MPN/100 mL으로 장구균 <1 ~ 600 MPN/100 mL 보다 개체수 범위가 크고 지점별로도 개체 수가 높게 나타났으며
- 항목별 기준 초과내역을 보면 그림 1에서 나타나는바와 같이 장구균은 9지점 13개 시료, 대장균은 14지점 21개 시료로 전년도(장구균 3지점 5개 시료, 대장균 10지점 13개 시료)보다 지점과 시료 수 모두에서 증가되어 수질이 다소 나빠졌음

- 전년도는 다대포, 광안리, 송도 등이 잦은 강우에 의한 육상기인 오염원의 유입에 기인 되었다면 올해는 송정, 일광, 임랑 등 초과지점 대부분이 기장군 일원에 위치하여 인근에 유입되는 하천이 모두 전년도 수해복구공사로 인하여 조금의 강우에도 오탁수가 유입되어 다수의 지점에서 수질기준 초과가 나타나 전년도와는 오염원인에 있어 차이를 보였음

표 3. 조사지점별 장구균, 대장균 조사결과

조사지점	장구균(MPN/100 mL)			대장균(MPN/100 mL)		
	최대값	최소값	중앙값	최대값	최소값	중앙값
다대포 1	61	<1	11	1100	10	86
다대포 2	170	<1	10	2300	20	68
다대포 3	88	<1	13	2800	<1	131
송 도1	160	<1	<1	480	<1	10
송 도2	54	<1	5	350	<1	20
송 도3	600	<1	<1	350	<1	31
광안리 1	10	<1	5	160	<1	52
광안리 2	16	<1	<1	310	<1	75
광안리 3	15	<1	<1	160	<1	52
광안리 4	21	<1	5	160	<1	10
광안리 5	32	<1	5	140	<1	63
해운대 1	16	<1	<1	160	<1	31
해운대 2	21	<1	5	230	<1	41
해운대 3	10	<1	<1	180	<1	20
해운대 4	26	<1	5	200	<1	20
해운대 5	21	<1	<1	280	<1	20
송 정 1	32	<1	<1	980	<1	100
송 정 2	15	<1	<1	920	<1	25
송 정 3	5	<1	<1	1400	<1	42
송 정 4	15	<1	<1	1100	<1	57
송 정 5	10	<1	<1	840	<1	69
일 광 1	160	<1	21	1200	10	230
일 광 2	430	<1	16	1800	10	420
일 광 3	230	<1	5	1300	10	280
임 랑 1	420	<1	10	2300	10	75
임 랑 2	380	5	16	2400	<1	75
임 랑 3	120	<1	21	780	<1	41

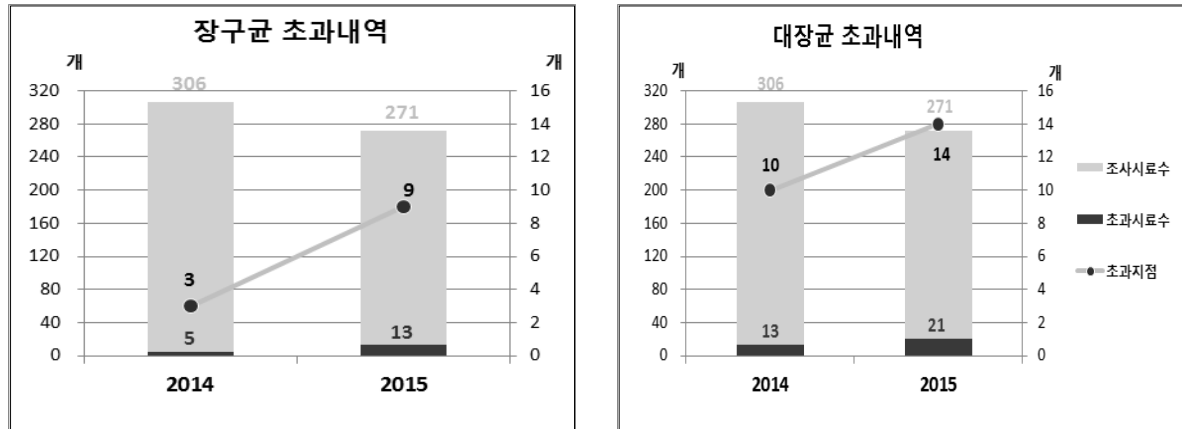


그림 1. 전년도 대비 항목별 초과내역 비교

- 부산지역 해수욕장은 지리적인 특성상 송도를 제외한 대부분의 해수욕장으로 하천이 직·간접적으로 유입되고 있어 해수욕장의 생물학적 수질 상태가 하천에서 유입되는 오염원에 따라 수질에 많은 영향을 미치는 것으로 나타나는바 특히 강우시 하천으로 유입되는 오염 부하량을 줄이는 등 적절한 관리가 이루어져야 될 것으로 판단됨

– 화학적산소요구량(COD)

- COD는 육지로부터의 오염물질 유입, 조류(藻類) 번식 등에 의해 많은 영향을 받음
- 2015년도 조사결과 값을 보면 표 4와 같이 평균 농도 범위가 1.4 ~ 3.1 mg/L로 조사되었으며 해수욕장별 농도 수준을 보면 평균농도는 광안리 > 다대포 > 송도 > 해운대, 임랑 > 일광 > 송정 순으로 나타났고 최고값은 광안리해수욕장에서 8.1 mg/L로 매우 높은 농도 수준을 보였음
- 해수욕장의 유기물 오염정도는 주변 하천수에 의한 육상기인 오염원의 유입량에 따라 대부분 결정 되는바 유입되는 하천의 적절한 관리가 필요 할 것으로 생각됨

표 4. 2015년도 해수욕장별 COD 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
	COD (mg/L)	최고	4.1	2.5	8.1	3.2	4.2	3.2
최저		1.3	0.9	1.0	0.6	0.7	0.4	1.2
평균		2.5	1.8	3.1	1.6	1.4	1.7	1.6

- 연도별 변화양상을 그림 2에서 살펴보면 대부분의 해수욕장이 연평균농도가 2 mg/L 이하에서 소폭 증·감을 반복하는 경향을 보였으나 다대포와 일광이 전년도에 강우의 영향으로 다소 증가되었다가 올해는 평년 수준으로 회복되어 다른 해수욕장과 유사하게 나타났으나 광안리는 2013년 이후 매년 증가하는 경향을 보이는데 오염원 파악 등 관리청의 적절한 조치가 필요할 것으로 판단됨

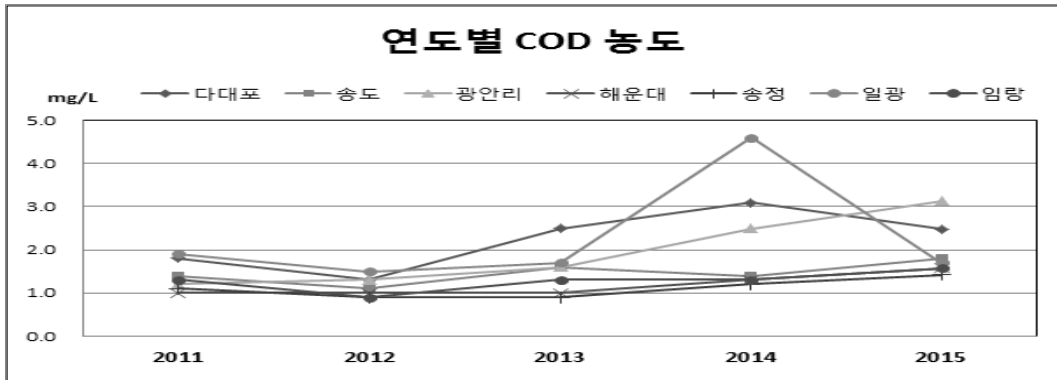


그림 2. 최근 5년간 해수욕장 COD 농도 변화

– 부유물질(SS)

- 부유물질은 강우 시 인근 하천으로부터 유입되는 토사, 각종 부유물질의 유입 등에 의해 높아지는 경향을 보임
- 2015년도 조사결과 값은 표 7과 같이 평균농도 범위가 8.4 ~ 13.4 mg/L로 조사되었으며, 해수욕장별 농도 수준을 보면 평균농도가 다대포> 광안리> 임랑> 일광> 송정, 해운대> 송도 순으로 전년도와 유사하게 나타났으며 최고값이 다대포에서 25.1 mg/L로 매우 높게 나타났음

표 5. 2015년도 해수욕장 별 부유물질 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
	부유물질 (mg/L)	최고	25.1	16.4	17.5	14.3	15.1	14.6
최저		6.8	4.5	7.5	4.5	4.3	2.0	5.9
평균		13.4	8.4	11.2	8.8	8.8	10.1	10.3

- 연도별 농도 변화를 보면 그림 3과 같이 대부분의 해수욕장이 전년도 대비 농도가 감소되는 경향을 보였음

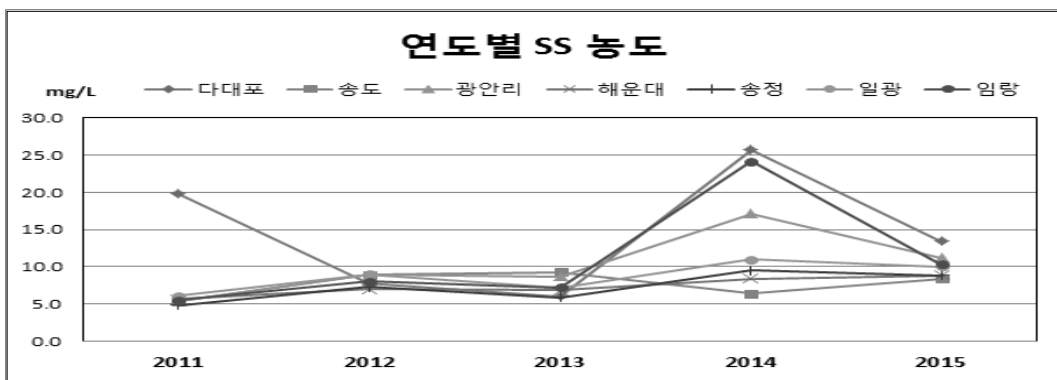


그림 3. 최근 5년간 해수욕장 SS 농도 변화

– 총인(T-P)

- 총인은 수역에서 적조·부영양화를 유발, 수질을 악화시키는 영양염류 물질의 하나로 육지에서 기인한 오염원의 유입에 의해 크게 영향을 받는데
- 2015년 조사결과 해수욕장의 총인은 평균농도 범위가 0.019 ~ 0.040 mg/L로 광안리와 다대포를 제외한 대부분의 해수욕장이 0.03 mg/L(구.해역별기준 I 등급) 이하로 양호한 수준을 나타냈음

표 6. 2015년도 해수욕장 별 총인 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑
		T-P (mg/L)	최고	0.067	0.044	0.140	0.099	0.090
	최저	0.012	0.013	0.011	0.013	0.008	0.004	0.005
	평균	0.035	0.025	0.040	0.027	0.024	0.019	0.020

- 연도별 변화양상을 보면 2011년 이후 부산지역 하수 처리율의 증가로 대부분의 해수욕장이 매년 감소하는 경향을 보였으나 COD와 같이 2013년 이후 낙동강 본류와 수영강의 영향을 받은 다대포와 광안리가 매년 증가하는 경향을 보였음

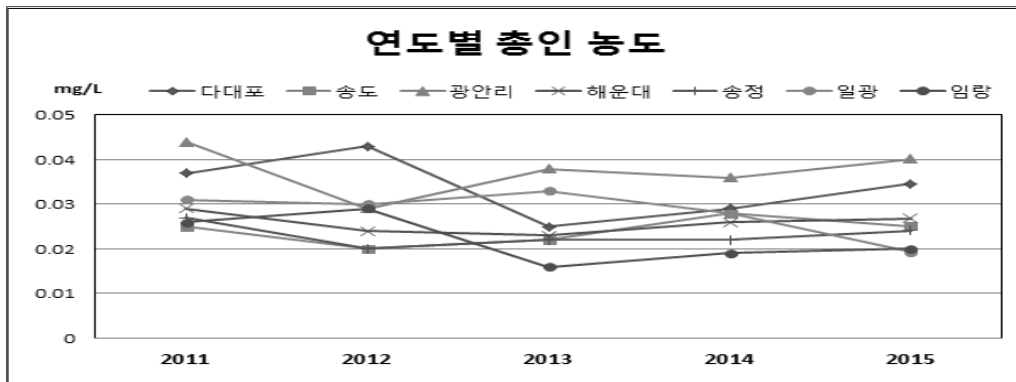


그림 4. 최근 5년간 해수욕장 총인 농도 변화 추이

– 암모니아 질소

- 2015년 암모니아 질소 조사결과는 표 7과 같이 평균농도 범위가 0.019 ~ 0.061 mg/L로 대부분의 해수욕장이 양호한 수준을 보였으나 광안리와 다대포가 다른 해수욕장보다 다소 높은 농도 수준을 보였음

표 7. 2015년도 해수욕장별 암모니아질소 현황

항목	지점	다대포	송도	광안리	해운대	송정	일광	임랑	
		암모니아 질소 (mg/L)	최고	0.149	0.081	0.137	0.079	0.093	0.075
		최저	0.017	0.003	0.003	0.001	0.002	0.003	0.006
		평균	0.061	0.026	0.051	0.019	0.030	0.032	0.030

- 연도별 추이 변화양상은 그림 5와 같이 다대포와 광안리가 매년 다른 해수욕장과 비교하여 높은 농도 수준을 나타내며 증감을 계속하는 경향을 보였음

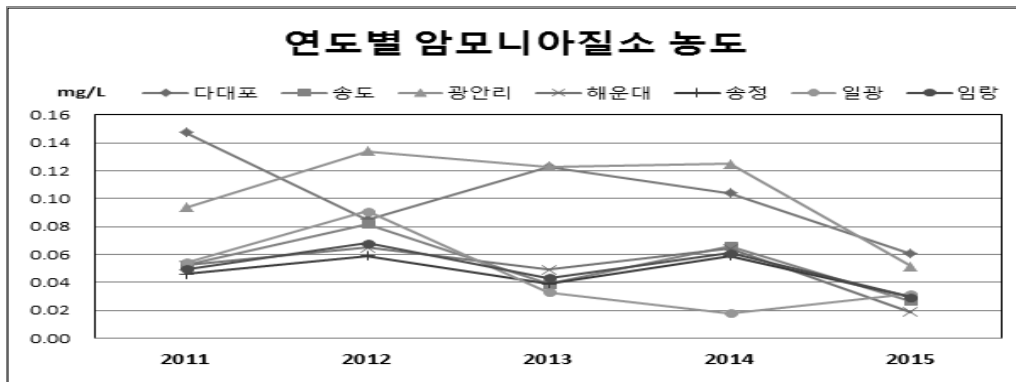


그림 5. 최근 5개년 간 해수욕장 암모니아 질소 변화 추이

○ 해수욕장별 환경 특성 및 수질 조사결과

– 다대포해수욕장

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

표 8. 2015년도 다대포해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
		다대포	최고	170	2800	4.1	25.1
	최저	<1	<1	1.3	6.8	0.012	0.017
	평균(중앙값)	(10)	(73)	2.5	13.4	0.035	0.061

- 올해도 대장균과 장구균이 8월 11일 수질기준을 초과하여 해수욕장 수질로 부적절하게 나타났으나 대장균 개체수가 전년도와 비교하여 중앙값이 110 MPN/100 mL에서 73 MPN/100 mL로 감소하였을 뿐만 아니라 COD 등 유기물 유입에 따른 오염정도를

나타내는 이화학항목도 모두 전년도 보다 낮게 나타나 수질이 다소 좋아졌으나 낙동강의 영향으로 다른 해수욕장보다는 높은 농도 수준을 보여 지속적인 관리와 저감대책이 필요할 것으로 판단됨

- 송도해수욕장

- 송도 해수욕장은 우리나라 최초 공설 해수욕장으로 직접적으로 유입되는 하천이 없고 2006년 상반기 부산환경공단 중앙사업소 하수처리장 완공에 따른 생활하수의 적절한 처리로 해수욕장 수질이 수년전부터 계속적으로 개선되어지고 있으며
- 다른 해수욕장과 비교하여 양호한 수질을 보였으나, 1, 3지점에서 장구균이 수질기준을 초과한바 해수욕장 주변 토구로 부터 오염원의 유입여부를 상시 예찰하고 유입시 이에 대한 적절한 대책이 마련되어야 될 것으로 판단됨

표 9. 2015년도 송도해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
	송도	최고	600	480	2.5	16.4	0.044
최저		<1	<1	0.9	4.5	0.013	0.003
평균(중앙값)		((1)	(20)	1.8	8.4	0.025	0.026

- 광안리해수욕장

- 광안리해수욕장은 오염원인 하수의 대부분이 부산환경공단 남부사업소 하수처리장에서 처리되고 있지만 집중호우 시 하수 중계펌프장이 해수욕장의 양쪽 가장자리에 위치하여 펌프 처리능력을 초과한 우수가 유입 시 수문을 개방하여 해수욕장으로 직접 방류하여 수질이 악화 될 뿐 아니라 유역면적이 비교적 넓은 수영장에서 조류의 흐름에 따라 오염원이 해수욕장으로 유입되어 수질에 영향을 미치고 있음
- 올해는 장구균과 대장균이 수질기준을 초과한 지점이 없이 전년도와 비교하여 개체수도 감소하며 다소 좋아졌으나 표 2. 이화학항목 수질조사 결과에서 나타나듯이 대부분의 항목이 다른 해수욕장과 비교하여 높은 농도 수준을 보이는데 이를 개선하기 위해서는 중계펌프장의 펌프처리 능력 확충을 통해 강우시 해수욕장으로 유입되는 오염원을 줄여 나가는 노력이 필요하다고 판단됨

표 10. 2015년도 광안리해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
	광안리	최고	32	310	8.1	17.5	0.140
최저		<1	<1	1.0	7.5	0.011	0.003
평균(중앙값)		(5)	(52)	3.1	11.2	0.040	0.051

－ 해운대해수욕장

- 해운대 해수욕장은 하계 이용객이 가장 많은 부산의 대표적인 해수욕장으로 비교적 수심이 깊고 해안선이 개방되어 외해와의 교환이 잘 이루어지고 있어 표 1, 표 2에 나타난 것처럼 다른 해수욕장과 비교하여 대부분의 항목에서 낮은 농도수준을 보이며 양호한 수질을 유지하였음

표 11. 2015년도 해운대 해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
	해운대	최고	26	280	3.2	14.3	0.099
최저		<1	<1	0.6	4.5	0.013	0.001
평균(중앙값)		((1)	(20)	1.6	8.8	0.027	0.019

－ 송정해수욕장

- 송정해수욕장은 수심이 낮고 경사가 완만하여 비교적 파도가 잔잔하나 해수욕장 우측에는 송정천이 위치하고 있어 강우시에는 오염원이 유입되어 수질에 영향을 미치는 경향이 있는데
- 올해는 송정천에서 진행된 전년도 수해복구공사로 인하여 7월 16일 대장균이 5개 지점 모두에서 기준을 초과하며 부적절한 수질을 보였으며 8월 18일에도 송정 1, 3지점에서 수질기준을 초과하며 기준초과가 없었던 전년도와 비교하여 수질이 나빠졌음

표 12. 2015년도 송정해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
	송 정	최고	32	1400	4.2	15.1	0.090
최저		<1	<1	0.7	4.3	0.008	0.002
평균(중앙값)		((1)	(52)	1.4	8.8	0.024	0.030

－ 일광해수욕장

- 내만에 위치한 일광해수욕장은 반폐쇄성 해안으로 해수의 흐름이 활발하지 못하여 외해와의 교환이 원활하지 않아 주변으로부터 오염원이 유입 시 자정에 장기간이 소요되는 특성을 가지고 있어 강우시에는 일광천에서 유입된 오탁수와 해수욕장 중앙의 토구에서 흘러나온 월류수가 수질에 영향을 미치고 있음

표 13. 2015년도 일광해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
	일 광	최고	430	1800	3.2	14.6	0.047
최저		<1	10	0.4	2.0	0.004	0.003
평균(중앙값)		(16)	(280)	1.7	10.1	0.019	0.032

- 일광해수욕장도 일광천의 전년도 수해복구공사로 인하여 8회의 수질조사에서 5회에 걸쳐 장구균과 대장균이 기준을 초과하는 등 수질이 아주 나쁘게 나타났는데 이는 해안의 물리적인 특성상 다른 해수욕장보다 오염원 유입시 자정에 장시간이 소요되는 요인에 기인된 것으로 사료되어지는바 수질개선을 위해서는 강우시 일광천에서 유입된 해안의 쓰레기와 부유물의 신속한 제거 및 해수욕장 중앙 토구에서 흘러나오는 월류수의 유입을 차단하기 위한 대책이 수립되어져야 할 것으로 판단됨

- 임랑해수욕장

- 임랑해수욕장은 평상시에는 전반적으로 양호한 수질을 보이거나 강우 시에는 우측에 위치한 좌광천에서 오락수가 유입되어 수질이 악화되는 경향을 보이는데 좌광천도 전년도 수해복구 공사로 인하여 개장전 조사에서 장구균, 대장균이 모든 지점에서 기준을 초과하여 해수욕장 수질로 부적절하게 나타났으나 개장기에는 비교적 양호한 수질을 보였으나 2지점에서 장구균이 2회 기준을 초과한바 2지점 인근 토구에서 유입되는 오염원의 차단을 위한 대책이 필요할 것으로 판단됨

표 14. 2015년도 임랑해수욕장 수질 현황

지점	항목	장구균	대장균	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	암모니아질소 (mg/L)
	임 랑	최고	420	2400	2.3	18.3	0.039
최저		<1	<1	1.2	5.9	0.005	0.006
평균(중앙값)		(16)	(41)	1.6	10.3	0.020	0.030

4. 활용방안 및 기대효과

- 매년 해수욕장 개장전·후 및 개장기 주 2회 이상의 수질조사를 통한 신속한 수질평가로 해수욕장 별 오염원의 유입경로 및 특성 파악에 활용
- 강우 후 수질오염 정도와 정상 수질로 회복에 필요한 소요시간 규명 등을 통하여 시민의 건강보호를 위한 수질관리 및 이용제한에 대한 방향제시