

해수욕장 수질조사

환경조사과 : 손정원

과 장 : 조정구

부산시 소재 해수욕장의 수질조사를 실시, 해수욕장 수질현황과 문제점을 파악하여 수질보전 등 환경보전정책의 기초자료를 확보하고자 함

□ 조사개요

- 조사근거 : 해수욕장 수질기준운용지침[해양수산부 훈령 제322호(2004.5.25)]
- 조사기간
2004년 1~12월에 걸쳐 총 11회에 걸쳐 조사하였으며, 비개장기(2월 및 11월)에 2회, 개장준비기(6월)에 2회, 개장기(7~8월)에 7회 조사를 실시하였다.
- 조사지점
2004년 2월 조사 시에는 관내 7개 해수욕장 11개 지점을 조사하였으며, 2004년 5월에 해수욕장 수질기준 운용지침이 제정됨에 따라 이후부터는 6개 해수욕장 18개 지점을 조사하였다.(표 1) 송도해수욕장은 송도해안개발공사로 2004년도에 개장하지 않아 2004년 5월 이후에는 조사대상에서 제외하였다.

표 1. 조사지점 및 채수위치

| 내용 | 변경전(2004.1~5) | 변경후(2004.5~12) |
|------|------------------------------------|--|
| 조사지점 | - 7개 해수욕장 11지점 : 해수욕장에 따라 1~2지점 | - 6개 해수욕장 18지점 : 가장자리 2지점 및 중앙 1지점 (해수욕장 당 3지점 선정) |
| 채수위치 | - 1.5~2.0m 깊이의 표면수 | - 1m 깊이의 수면 하 15cm지점 |

○ 조사항목

수온 등 총 8개 항목에 대해 조사하였으며, 2004. 5. 25. 해수욕장 수질기준 운용지침이 제정됨에 따라 이후부터는 일부조사항목을 동 지침에 따라 변경하였다.(표 2)

표 2. 조사항목

| 조사기간 | 조사횟수 | 조 사 항 목 |
|----------------|------|--|
| 2004년 1~5월 | 1회 | 총 8개 항목 (수온, pH, COD, DO, 대장균군수, 용매추출유분, 총질소, 총인) |
| 2004년 5~12월 | 10회 | 총 8개 항목 (수온, pH, COD, DO, SS, 총인, 암모니아성질소, 대장균군) |

○ 분석방법

전 항목 해양환경공정시험방법(해양수산부)에 의하여 실시하였으며, 수온, pH, DO는 현장 측정, 기타항목은 시료 채취 후, 즉시 실험실 운반, 시험·분석을 실시하였다.

□ 조사결과

○ 총 설

2004년 해수욕장 수질의 항목별 조사값을 표3,4에 나타내었으며 해수욕장 수질기준(해양수산부훈령 제322호)에 의한 해수욕장 수질평가 결과를 표5에 나타내었다. 다대포 해수욕장을 제외한 5개 해수욕장에서 대체적으로 해수욕장 수질기준의 「적합」 수준의 양호한 수질을 나타내었다.

▷ 2004년 2월 조사결과

2004년 2월, 7개 해수욕장 11개 지점을 1회 조사한 결과는 아래와 같다.

표 3. 2004년 2월 조사결과

| 항목 지점 | 수온 | pH | DO | COD | T-N | T-P | 용매추출유분 | 대장균군수 |
|----------|----|-----|-----|-----|-------|-------|--------|-------|
| 해운대 | 11 | 8.1 | 8.5 | 0.8 | 0.141 | 0.014 | 0.000 | 13 |
| 송정 | 12 | 8.1 | 8.4 | 0.8 | 0.028 | 0.000 | 0.000 | 7 |
| 광안리 | 11 | 8.0 | 7.9 | 0.9 | 0.087 | 0.001 | 0.000 | 3 |
| 송도 | 10 | 8.1 | 8.6 | 0.9 | 0.062 | 0.000 | 0.000 | 27 |
| 다대포 | 7 | 7.8 | 9.9 | 1.4 | 0.670 | 0.012 | 0.000 | 165 |
| 일광 | 11 | 8.0 | 8.5 | 1.0 | 0.113 | 0.000 | 0.000 | 13 |
| 임랑 | 12 | 8.1 | 8.4 | 0.9 | 0.016 | 0.000 | 0.000 | 4 |

▷ 2004년 5월~12월 조사결과

2004년 5~12월 6개 해수욕장 18개 지점에 대해 총 10회 조사한 결과는 아래와 같다.

표 4. 2004년 5~12월 조사결과

| 지점 | 항목 | 수온 (°C) | pH | DO (mg/L) | COD (mg/L) | SS (mg/L) | T-P (mg/L) | 암모니아성 질소(mg/L) | 대장균군 (MPN/100mL) |
|-----|----|------------|-----|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 해운대 | 최대 | 29 | 8.3 | 9.0 | 1.9 | 15.8 | 0.045 | 0.125 | 1,300 |
| | 평균 | 22 | 8.2 | 8.0 | 1.2 | 8.3 | 0.025 | 0.057 | 242 |
| | 최소 | 19 | 8.0 | 6.8 | 0.8 | 4.4 | 0.001 | 0.004 | 8 |
| 송 정 | 최대 | 28 | 8.3 | 9.0 | 2.0 | 13.4 | 0.044 | 0.140 | 800 |
| | 평균 | 23 | 8.2 | 8.1 | 1.3 | 8.7 | 0.020 | 0.058 | 207 |
| | 최소 | 19 | 8.0 | 6.7 | 0.9 | 4.3 | 0.000 | 0.000 | 4 |
| 광안리 | 최대 | 29 | 8.3 | 9.5 | 2.4 | 16.2 | 0.132 | 0.590 | 1,700 |
| | 평균 | 23 | 8.1 | 7.6 | 1.6 | 10.2 | 0.056 | 0.213 | 761 |
| | 최소 | 19 | 7.9 | 6.7 | 1.1 | 4.3 | 0.016 | 0.041 | 130 |
| 다대포 | 최대 | 29 | 8.2 | 9.5 | 5.2 | 71.9 | 0.167 | 0.981 | 5,000 |
| | 평균 | 24 | 7.8 | 7.8 | 2.9 | 21.1 | 0.066 | 0.442 | 1,474 |
| | 최소 | 17 | 7.3 | 6.5 | 1.1 | 4.4 | 0.018 | 0.055 | 220 |
| 일 광 | 최대 | 29 | 8.2 | 9.0 | 2.5 | 19.3 | 0.047 | 0.168 | 3,000 |
| | 평균 | 23 | 8.1 | 7.7 | 1.7 | 9.1 | 0.026 | 0.099 | 696 |
| | 최소 | 17 | 7.8 | 6.5 | 1.0 | 4.6 | 0.003 | 0.000 | 23 |
| 임 랑 | 최대 | 28 | 8.2 | 9.0 | 2.2 | 23.1 | 0.040 | 0.124 | 2,400 |
| | 평균 | 23 | 8.1 | 7.9 | 1.4 | 10.5 | 0.020 | 0.062 | 668 |
| | 최소 | 18 | 8.0 | 6.5 | 0.8 | 4.6 | 0.002 | 0.000 | 23 |

▷ 해수욕장 수질평가

해수욕장수질기준(해양수산부훈령 제322호)에 의하여 수질항목 별 점수합계에 의한 적합, 관리요망, 부적합의 3등급으로 평가한 결과는 아래와 같다.(표 5)

표 5. 해수욕장 수질 평가결과

| 지점 \ 항목 | 개장준비기 | | 개장기 | | 비개장기 | |
|---------|-------|-----|-----|-----|------|----|
| | 점수 | 등급 | 점수 | 등급 | 점수 | 등급 |
| 해운대 | 4 | 적합 | 5 | 적합 | 4 | 적합 |
| 송 정 | 4 | 적합 | 5 | 적합 | 5 | 적합 |
| 광안리 | 8 | 적합 | 8 | 적합 | 7 | 적합 |
| 다대포 | 13 | 부적합 | 12 | 부적합 | 8 | 적합 |
| 일 광 | 6 | 적합 | 5 | 적합 | 6 | 적합 |
| 임 랑 | 6 | 적합 | 6 | 적합 | 5 | 적합 |

※ 개장기 다대포해수욕장은 12점으로 「관리요망」 등급이나 대장균균수가 1,000 MPN/100mL를초과하여 「부적합」 등급 판정

표 6. 점수별 해수욕장 수질등급

| 수질등급 | 적합 | 관리요망 | 부적합 |
|------|-----|------|-------|
| 총점 | 4~8 | 9~12 | 13~16 |

※ 단, 대장균균수가 1,000 MPN/100mL 이상 시, 타 수질 항목과 상관 없이 부적합

○ 세부항목별 조사결과

해수욕장 수질기준 운용지침 제정 이후의 10회 조사자료에 대해 아래와 같이 세부 항목 별로 검토하였다.

▷ 수소이온 농도(pH)

해수욕장의 pH는 담수 유입량, 조류(藻類) 번식, 오염물 유입 등에 따라 변화한다. 2004년 조사 결과 대부분의 해수욕장에서 대체적으로 평균 8.1~8.3의 값을 나타내었지만 하천수의 영향을 크게 받는 다대포 지점은 담수의 영향으로 평균 7.8 정도로 낮은 pH값을 나타내었다.(표 7)

표 7. 2004년도 해수욕장 별 pH 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | pH (mg/L) | 최대 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.2 | 8.2 |
| 평균 | | 8.2 | 8.2 | 8.1 | 7.8 | 8.1 | 8.1 |
| 최소 | | 8.0 | 8.0 | 7.9 | 7.3 | 7.8 | 8.0 |

연도별 변화양상을 그림 1에 나타내었는데 대체적으로 과년도와 비슷한 pH를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

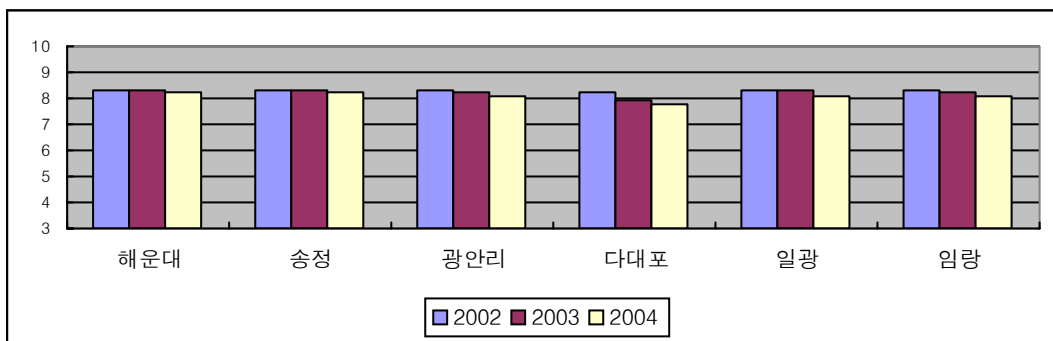


그림 1. 최근 3개년간 해수욕장 pH변화 추이

▷ 용존산소(DO)

해수욕장의 DO는 수온, 파랑의 정도, 조류(藻類) 번식, 오염물 유입 등에 의해 변화하는데, 2004년도에는 대체적으로 7.6~8.1 mg/L의 DO분포를 나타내었다. 광안리와 일광지점에서 7.6~7.7 mg/L의 다소 낮은 pH값을 나타내었는데, 이는 이들 지점이 지형적으로 해수가 채류되기 쉬운 지역이며, 따라서 파도가 약해 대기 중으로부터 포기되는 공기량이 다소 작았기 때문으로 생각되어진다.(표 8)

표 8. 2004년도 해수욕장 별 DO 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | DO (mg/L) | 최대 | 9.0 | 9.0 | 9.5 | 9.5 | 9.0 |
| 평균 | | 8.0 | 8.1 | 7.6 | 7.8 | 7.7 | 7.9 |
| 최소 | | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.5 | 6.5 | 6.5 |

연도별 변화양상을 그림 2에 나타내었는데, DO 역시 2004년도에도 대체적으로 과년도와 비슷한 값을 나타내었다.

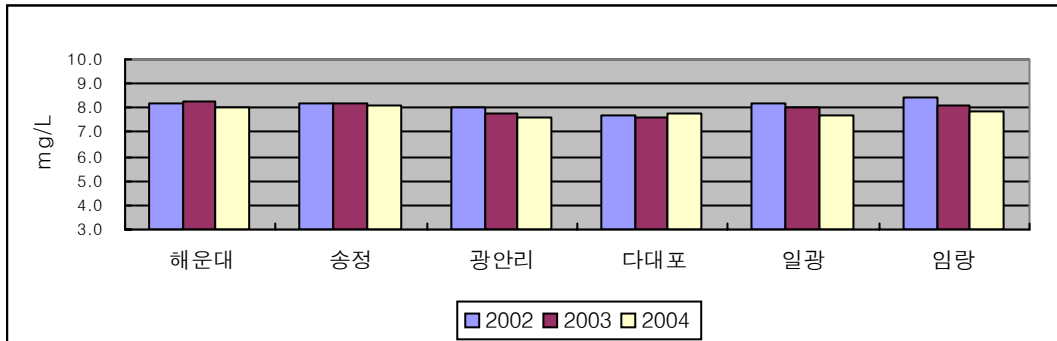


그림 2. 최근 3개년간 해수욕장 DO변화 추이

▷ 화학적산소요구량(COD)

해수욕장의 COD는 육지로부터의 오염물 유입, 조류(藻類) 번식 등에 의해 많은 영향을 받는다. 2004년도 조사 결과(표 9) 대부분의 지점에서 COD 2 mg/L이내의 양호한 수질을 나타내고 있으나, 다대포 지점에서는 2.9 mg/L의 비교적 높은 COD 값을 나타내었는데 이는 지형적으로 낙동강 하구에 위치하여 낙동강 하천수가 해수욕장으로 지속적으로 유입되기 때문이다.(표 9)

표 9. 2004년도 해수욕장 별 COD 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | COD (mg/L) | 최대 | 1.9 | 2.0 | 2.4 | 5.2 | 2.5 |
| 평균 | | 1.2 | 1.3 | 1.6 | 2.9 | 1.7 | 1.4 |
| 최소 | | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 0.8 |

연도별 변화양상을 그림 3에 나타내었다. 대체적으로 2004년도에는 COD값이 증가한 것으로 나타났는데, 이것은 2004년도부터 해수욕장 수질기준 운용지침에 따라 채수위치 및 채수방법 등을 변경했기 때문인 것으로 생각된다.

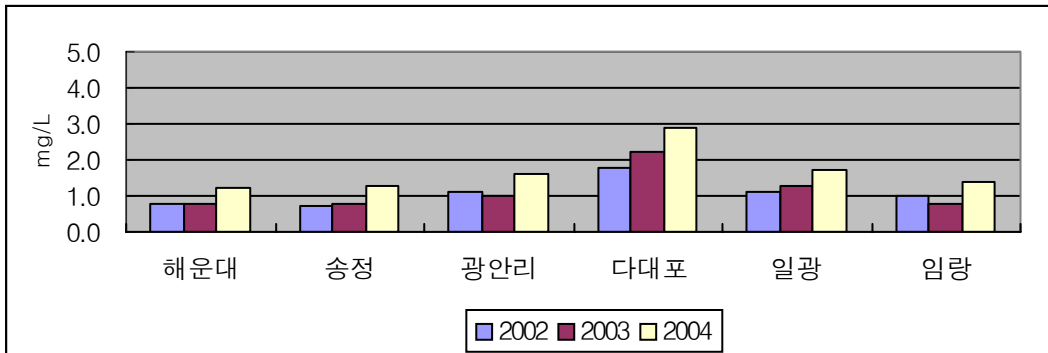


그림 3. 최근 3개년간 해수욕장 COD변화 추이

▷ 부유물질(SS)

부유물질은 피서객들의 해수욕 활동에 의한 바닥입자의 부상, 강우 시 인근하천으로 부터 유입되는 토사 등에 의해 높아지는 경향을 보인다. 해수욕장의 부유물질은 2004년에 처음으로 조사를 실시하고 있으며, 조사 결과 대체적으로 평균 8.0~11.0 mg/L의 양호한 값을 나타내고 있었으나, 다대포해수욕장은 강우 이후 낙동강에서 유입되는 많은 토사에 의한 영향으로 평균 21.1 mg/L의 높은 농도를 나타내고 있다.(표 10)

표 10. 2004년도 해수욕장 별 부유물질 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|----------------|-----|------|------|------|------|------|
| | 부유물질 (mg/L) | 최대 | 15.8 | 13.4 | 16.2 | 71.9 | 19.3 |
| 평균 | | 8.3 | 8.7 | 10.2 | 21.1 | 9.1 | 10.5 |
| 최소 | | 4.4 | 4.3 | 4.3 | 4.4 | 4.6 | 4.6 |

▷ 총인(T-P)

총인은 수역에서 적조·부영양화를 유발, 수질을 악화시키는 미량물질의 하나로 육지로부터의 오염물 유입에 의해 증가한다. 2004년도 조사결과 해수욕장의 총인은 평균 0.02~0.07 mg/L 정도의 농도를 나타내었다. 특히 다대포와 광안리 지점의 총인 농도가 비교적 높았는데, 이는 두 지점 모두 큰 하천, 즉 각각 낙동강과 수영강이 인근에 위치하고 있어 육지의 점오염원 및 비점오염원의 영향을 많이 받기 때문이다.(표 11)

표 11. 2004년도 해수욕장 별 총인 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 총인 (mg/L) | 최대 | 0.045 | 0.044 | 0.132 | 0.167 | 0.047 |
| | 평균 | 0.025 | 0.020 | 0.056 | 0.066 | 0.026 | 0.020 |
| | 최소 | 0.001 | 0.000 | 0.016 | 0.018 | 0.003 | 0.002 |

연도별 변화양상을 그림 4에 나타내었다. 2002년도와 2003년도에는 분기별로 각 1회씩, 총 4회 총인농도를 측정하였으나 2004년도에는 하절기에 9회 가을과 겨울에 각각 1회, 총 11회에 걸쳐 총인농도를 측정하였다. 2004년도에는 강우량이 많은 하절기에 집중적으로 총인 농도를 측정한 결과 일부지점에서 총인 평균값이 다소 상승하는 경향을 나타내었다. 특히 광안리와 다대포에서 총인 농도가 약간 상승하였는데 이는 근처에 수영장과 낙동강의 큰 강이 있어 하절기 강우의 영향을 타 해수욕장에 비해 장기간 받기 때문이다.

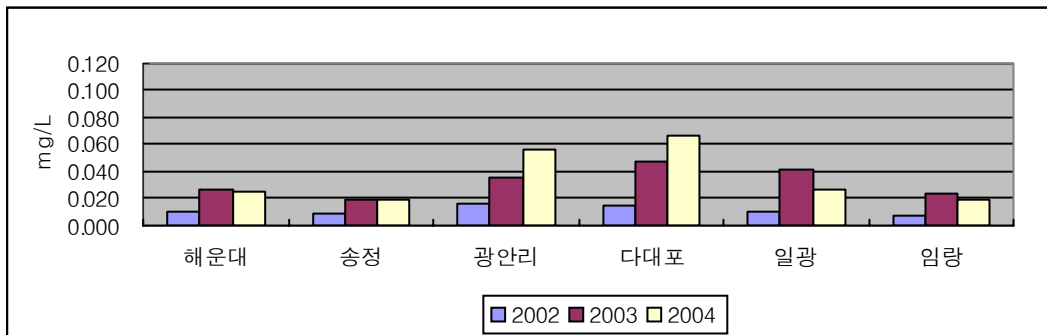


그림 4. 최근 3개년간 해수욕장 총인 변화 추이

▷ 암모니아성 질소(NH₃-N)

해수욕장의 암모니아성질소도 육지로부터의 오염물 유입 등에 의해 증가하는데 다대포와 광안리해수욕장을 제외한 4개 해수욕장에서는 평균 0.1 mg/L이하의 아주 낮은 값을 나타내었으나, 다대포와 광안리해수욕장에서는 각각 평균 0.442 mg/L, 0.213 mg/L의 다소 높은 값을 나타내고 있다. 총인 농도와 마찬가지로 인근 낙동강 및 수영강 하천수 영향이 큰 것으로 생각된다. 암모니아성질소 항목도 해수욕장 수질기준 운용지침에 따라 2004년에 처음으로 측정하였다.(표 12)

표 12. 2004년도 해수욕장 별 암모니아성질소 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 암모니아성 질소(mg/L) | 최대 | 0.125 | 0.140 | 0.590 | 0.981 | 0.168 |
| 평균 | | 0.057 | 0.058 | 0.213 | 0.442 | 0.099 | 0.062 |
| 최소 | | 0.004 | 0.000 | 0.041 | 0.055 | 0.000 | 0.000 |

▷ 대장균군수(Colifoms)

대장균군이란 그람음성·무아포성의 간균으로서 유당을 분해하여 가스 또는 산을 발생하는 모든 호기성 또는 통성혐기성균을 말하며 분변오염의 지표미생물로서 검출의미가 있다. 2004년 조사결과 대체적으로 1,000 MPN/100mL이하의 양호한 수질을 보이고 있으나 다대포 해수욕장에서는 낙동강 하천수의 영향으로 평균 1,474 MPN/100mL의 높은 값을 나타내었다.(표 13)

표 13. 2004년도 해수욕장 별 대장균군수 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|------------------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|
| | 대장균군 (MPN/100mL) | 최대 | 1,300 | 800 | 1,700 | 5,000 | 3,000 |
| 평균 | | 242 | 207 | 761 | 1474 | 696 | 668 |
| 최소 | | 8 | 4 | 130 | 220 | 23 | 23 |

연도별 변화양상을 그림 5에 나타내었다. 대체적으로 과년도와 유사한 경향을 나타내는 것으로 생각된다.

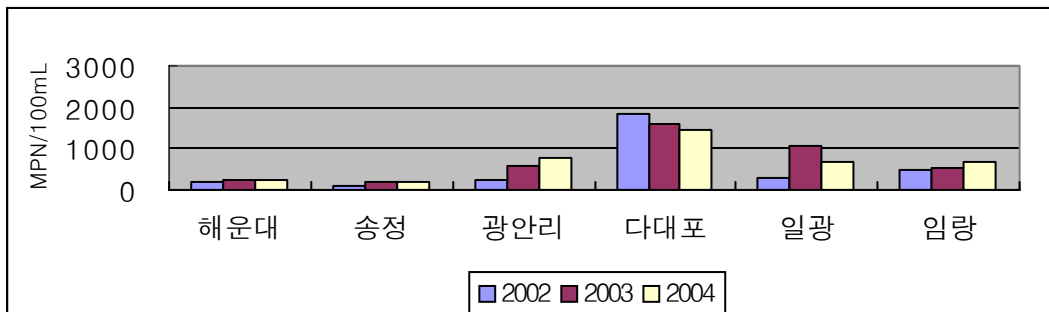


그림 5. 최근 3개년간 해수욕장 대장균군 변화 추이

▷ 염분(Salinity)

8개 조사항목 외, 별도로 염분 농도를 조사하여 해수욕장으로의 담수유입량 등을 조사하였다.(표 14) 해수욕장의 염분은 대체적으로 평균 2.67~2.88 % 범위였으나, 다대포해수욕장은 평균 1.44 %로 매우 낮아 다대포해수욕장으로 많은 양의 하천수가 유입된다는 사실을 잘 나타내 주었다. 또한 광안리해수욕장도 평균이 2.67 %, 최소값이 1.75 %로 비교적 낮은 염분 농도를 나타내었는데, 이는 인근의 수영강으로부터 많은 양의 담수가 강우 시에 유입되기 때문이다. 그리고 일광과 임랑 해수욕장의 경우, 특히 염분농도 최소값이 각각 1.25%, 1.99%로 매우 낮았는데 이것은 해수욕장의 가장자리에 각각 일광천, 좌광천 하천수가 유입되고 있어 국지적으로 염분농도가 낮아지기 때문이다.

표 14. 2004년도 해수욕장 별 염분 현황

| 항목 | 지점 | 해운대 | 송정 | 광안리 | 다대포 | 일광 | 임랑 |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|
| | 염분(%) | 최대 | 3.15 | 3.15 | 3.14 | 2.88 | 3.18 |
| 평균 | | 2.87 | 2.88 | 2.67 | 1.44 | 2.71 | 2.72 |
| 최소 | | 2.50 | 2.64 | 1.75 | 0.01 | 1.25 | 1.99 |

□ 결 론

2003년도 관내 6개 해수욕장에 대한 수질조사 결과는 다음과 같다.

- 다대포해수욕장을 제외한 5개 해수욕장이 해수욕장 수질등급의 「적합」 등급을 나타내어 해수욕 및 해양레저활동에 알맞은 수질로 나타났다.
- 다대포해수욕장의 경우 낙동강 하천수의 영향으로 강우량이 많은 개장준비기(6월) 및 개장기(7~8월)에는 「부적합」 등급의 수질을 나타내어 해수욕에 부적합한 것으로 나타났다. 그러나 강우량이 감소한 비개장기(11월)에는 다시 수질이 좋아져 「적합」 등급의 수질을 나타내었다. 다대포 해수욕장의 수질을 개선하기 위해서는 낙동강 하천수의 수질 개선이 전제되어야 한다.
- 도심지에 있는 광안리해수욕장도 비교적 양호한 수질을 나타내고 있으나, 반폐쇄성 지형으로 인해 외해와 해수교류가 제한되고, 또한 수영강 하천수의 영향을 받고 있

어 해수욕장 수질관리에 많은 문제점을 안고 있는 실정이다. 특히 높은 영양염류 농도와 반폐쇄성 지형의 영향으로 조류(algae)의 번성이 수질에 악영향을 끼칠 수도 있으므로 영양염류 제거를 위한 남부하수처리장이나 수영하수처리장의 고도처리시설을 확충하여야 할 필요성이 있다

- 해수욕장 수질보전을 위해서는 무엇보다 육상오염원의 연안해수 유입을 방지하여야 하며, 따라서 충분한 하수처리시설을 완비하여야 한다. 부산의 경우 해운대, 송정 해수욕장 등 주요 해수욕장의 인근 시가지들의 하수처리율이 낮은 형편이므로 이에 대한 대책을 조속히 강구하는 것이 필요하다.

□ 향후 계획

관내 7개 해수욕장 21개 지점에 대해 해수욕장 수질기준 항목을 중심으로 총 8개 항목에 대해 다음과 같이 실시하고자 한다.

- 조사기간
 - ▷ 비개장기(2,11월) : 2회 조사 실시
 - ▷ 개장준비기(5,6월) : 2회 조사 실시
 - ▷ 개장기(7,8월) : 8회(주 1회) 조사 실시
- 조사대상
 - ▷ 관내 7개 해수욕장 21개 지점(해운대, 송정, 광안리, 송도, 다대포, 일광, 임랑)
 - ▷ 송도해수욕장 미개장 시 조사대상에서 제외
- 조사항목
 - ▷ 8개 항목(수온, pH, COD, DO, SS, 총인, 암모니아성질소, 대장균군)