

연안해수 수질 조사

- 부산지역 연안해수의 특성 파악 및 수질관리를 위한 모니터링
- 해양 수질환경 개선 및 친환경 연안개발을 위한 기초자료로 활용

1. 조사개요

- 조사기간

2009년도 부산지역 연안해수 수질 조사 기간은 1월부터 12월까지이며, 매분기(2, 5, 8, 11월) 마다 연안해수를 채수하여 조사하였다.

2. 조사방법

- 조사지점

조사지점으로는 기장군 고리, 칠암, 일광, 대변, 시랑, 송정, 청사포, 해운대, 수영만, 남천만, 오륙도, 암남공원, 다대포, 장림, 신호, 녹산, 가덕도 등 총 17개 지점이며 시료채취 및 조사 지점은 그림 1에 나타내었다.

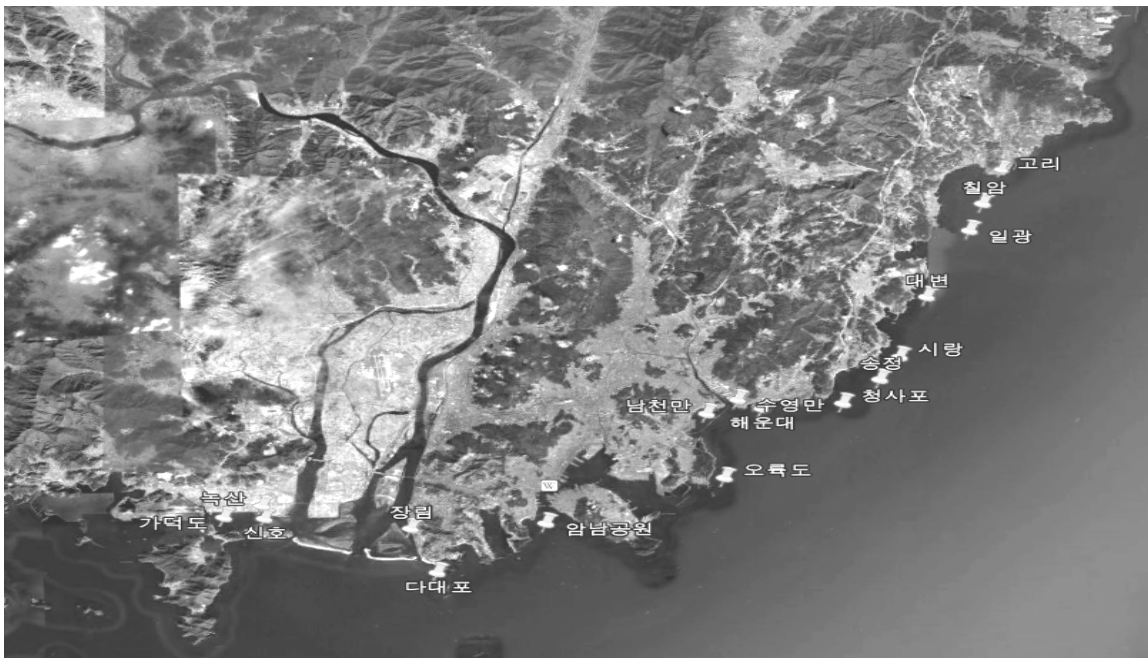


그림 1. 연안해수 조사지점 위치도

○ 조사항목

연안해수 수질 조사항목은 수온, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 총대장균군 등 총 9개 항목이며 해양환경기준 항목 위주로 조사항목을 선정하였다.

○ 조사방법

조사지점은 위성좌표(GPS 동경 좌표계)로 비교적 정확한 지점을 선정하였으며, 관공선을 이용하여 해당 지점 부근으로 이동 후 표층수를 채취하였다. 수온, pH, DO 항목은 현장측정기를 사용하여 조사지점에서 조사를 실시하였고, 그 외 항목은 해양환경공정시험법에 따라 실험실에서 분석하였다. 그러나 조사 당일 날씨의 영향 및 채수지점이 다소 많은 관계로 조사지점마다 채수일자를 달리하여 시료를 채수하였으며, 시료채취 일시가 상이한 관계로 같은 분기에 채수하였음에도 불구하고 수온 및 DO의 차이가 다소 발생하였다.

2. 조사결과

○ pH

일반적으로 자연수의 pH는 물에 포함되어 있는 각종 염류, 유리탄산, 광산 및 유기산 등의 영향을 받으며, 해수의 pH는 약알카리성인 7.5 ~ 8.4로 알려져 있는데, 해수의 pH를 조절하는 가장 대표적인 것은 이산화탄소(CO₂)로서 해수와 반응하여 중탄산염(HCO₃⁻)의 형태로 가장 많이 존재한다. 참고로 해수중에 유기물의 함량이 증가하는 경우에 pH가 낮아진다고 알려져 있다.

표 1. 2009년도 연안해수 조사지점별 pH 농도

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
최대	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.3	8.2	8.3	8.0	7.8	8.0	8.1	8.0
평균	8.1	8.1	8.1	8.0	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.2	8.0	7.6	8.0	8.0	8.0
최소	8.0	8.0	8.0	7.8	7.9	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.8	8.1	7.9	7.4	7.9	7.9	7.9
해양등급	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	I	I	I
등급별 기준	해양 I 등급 7.8~8.3																

2009년도 연안해수의 pH는 표 1과 같이 평균값이 7.6 ~ 8.1로 사하구 장림지점을 제외한 모든 지점에서 해양환경기준 I 등급에 적합한 것으로 나타났다. 대부분의 지점에서 pH는 8.0~8.1로 조사되었고, 암남지점에서 pH가 다소 높은 8.2로 나타났으며, 장림지점에서 pH가 낮은 원인으로서는 인근 하수처리장 방류수 및 낙동강 본류의 유입으로 유기물 함량의 증가 및 담수의 영향으로 판단된다. 그리고 그림 2에서 보는 바와 같이 2009년도 평균 pH가 예년에 비하여 낮은 원인은 하절기 강우량의

증가 때문인 것으로 판단되며, 가장군 고리 등 동해안 지점에 비하여 녹산, 신호 등 남해안 지점의 pH 농도가 다소 낮은 이유도 서낙동강 등의 담수 유입으로 판단된다.

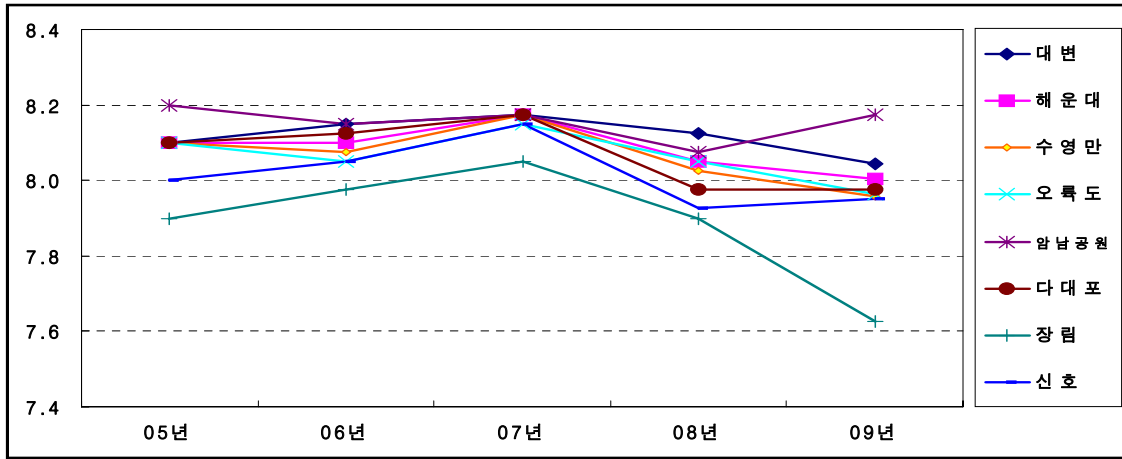


그림 2. 연도별 연안해수 pH 농도 변화

○ DO

DO(용존산소)는 물속에 녹아있는 산소의 양을 나타내는 것으로 어패류의 생존에 필요한 최소 수중 농도는 5 mg/L 이상으로 알려져 있다.

2009년도 연안해수 조사지점별 DO 조사결과 대부분의 지점에서 해역환경기준 I 등급인 7.5 mg/L 이상으로 나타났으며, 가덕도 조사지점에서는 7.2 mg/L로서 II 등급으로 조사되었고 오륙도 지점에서는 8.4 mg/L로 DO 농도가 다른 조사지점에 비하여 다소 높은 것으로 나타났다. 그러나 모든 지점에서 어패류의 생존에 필요한 최소농도인 5 mg/L 이상으로 조사되었으며, 가덕도 지점에서 DO 농도가 다소 낮은 원인은 조사지점 주변에 산재한 해조류 등의 양식장으로 추정된다.

표 2. 2009년도 조사지점별 연안해수 DO 농도

(단위 : mg/L)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
최대	9.6	9.6	9.5	9.5	9.6	9.5	9.7	9.8	9.8	9.8	9.8	9.3	8.2	10.6	13.0	9.6	8.0
평균	8.0	8.0	8.1	8.0	8.1	8.1	8.3	8.2	8.1	8.3	8.4	8.2	7.9	8.3	8.8	8.1	7.2
최소	6.9	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.2	7.2	7.0	7.4	7.6	7.4	7.5	6.4	5.6	6.4	5.4
해역 등급	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II
등급별 기준	해역 I 등급 7.5이상, II등급 5이상, III등급 2이상																

수중의 용존산소는 수온이 낮으면 농도가 증가하고 수온이 높으면 감소하는데 분기별 DO 변화 추

이를 보면 그림 3에서 보는 바와 같이 동절기인 1분기에는 대부분의 조사지점에서 10 mg/L 정도로 DO가 증가하고 하절기인 3분기에는 오륙도 조사지점을 제외한 모든 지점에서 해역환경기준 I 등급인 7.5 mg/L 이하로 나타났다. 분기별 DO 변화 추이에서 그림 3에서 보는 바와 같이 1분기 및 3분기에는 조사지점별 DO 농도의 차이가 많이 발생하고 2분기 및 4분기에는 지점별 DO농도가 비슷한 경향을 나타내었다.

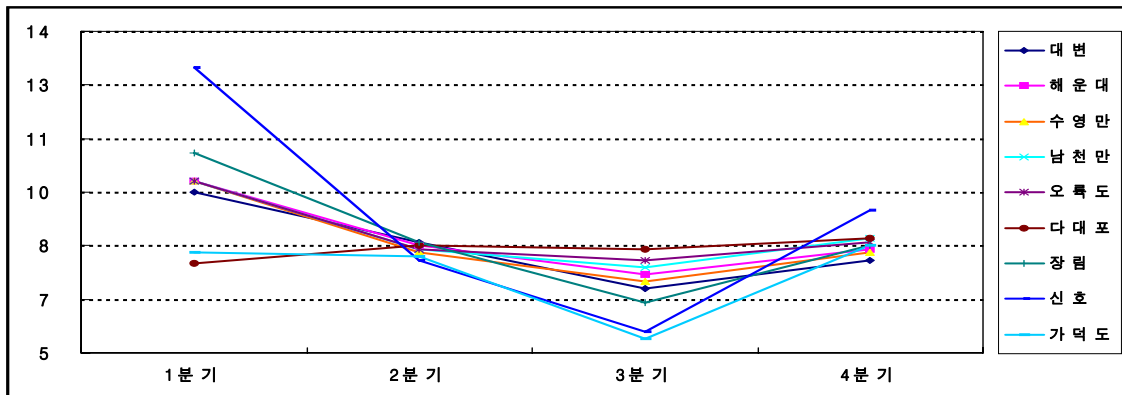


그림 3. 분기별 연안해수 DO 농도 변화

○ COD

과망간산칼륨 등 강산화제를 이용하여 수중의 유기물질량을 측정하는 COD는 수질상태를 파악하는데 주로 이용되는 간접지표이다. 연안해수 COD는 표 3과 같이 2009년도에는 장림지점에서 최고 4.8 mg/L, 일광지점에서 최저 0.2 mg/L로 나타났으며 평균 1.3 mg/L로 전년도 COD 평균농도 1.4 mg/L와 비슷한 수준으로 조사되었다. 고리 등 동해안 조사지점 7개소는 해역환경기준 I 등급으로 조사되었고 해운대 등 7개 지점은 II등급으로 나타났다. 그리고 수영만, 장림, 신호 등 3개 조사지점에서는 III등급으로 조사되었다.

표 3. 2009년도 연안해수 조사지점별 COD 농도

(단위 : mg/L)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
최대	0.8	0.7	0.8	1.2	0.8	1.2	1.2	1.6	2.6	1.6	1.6	1.8	2.8	4.8	2.8	2.8	1.6
평균	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.9	1.0	1.2	2.3	1.1	1.2	1.5	1.8	4.0	2.2	1.4	1.2
최소	0.4	0.4	0.2	0.4	0.3	0.8	0.4	0.4	2.0	0.4	0.2	1.0	1.2	2.8	1.1	0.4	1.0
해역 등급	I	I	I	I	I	I	I	II	III	II	II	II	II	III	III	II	II
등급별 기준	해역 I 등급 1이하, II등급 2이하, III등급 4이하																

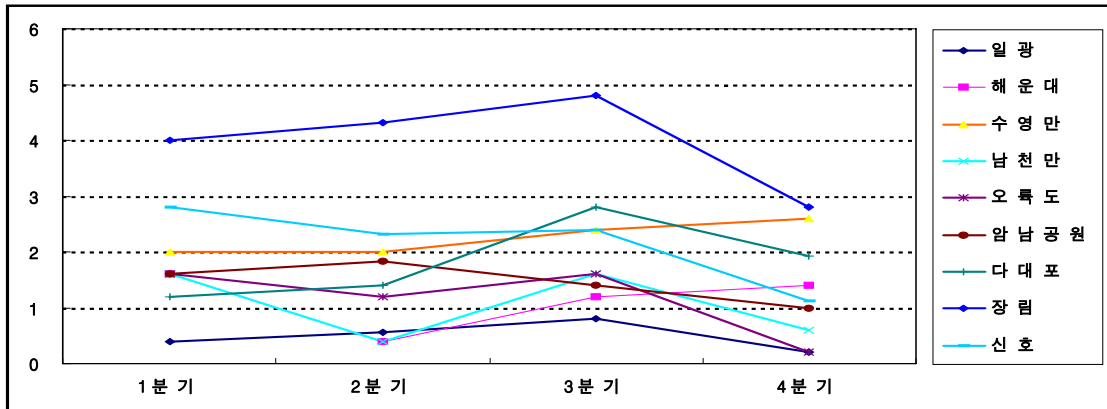


그림 4. 2009년도 분기별 COD 농도 변화

표 4. 연도별 COD 농도 현황

(단위 : mg/L)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
'05	1.1	1.1	1.2	1.1	0.7	1.0	1.3	1.6	1.3	1.2	1.6	1.7	1.5	2.9	2.0	2.5	1.7
'06	0.7	0.7	0.6	0.9	0.6	0.7	1.0	1.1	1.5	1.5	0.9	1.5	2.2	3.7	1.9	1.9	2.8
'07	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	1.4	2.0	1.8	1.9	1.3	1.5	1.9	3.1	2.1	1.7	1.8
'08	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	1.3	1.6	2.0	1.4	1.1	1.3	1.6	3.1	2.4	1.8	1.5
'09	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.9	1.6	1.2	2.3	1.1	1.2	1.5	1.8	4.0	2.2	1.4	1.2

분기별로는 4분기에 COD 농도가 가장 낮아 양호한 수질상태를 나타내었고, 하절기인 3분기에 높은 것으로 조사되었다. 수영만, 신호지점에서 COD 농도가 2.2~2.3 mg/L로 높은 원인으로는 수영강 및 서낙동강의 유입에 의한 것으로 판단되며, 장림지점의 COD가 높게 나타나는 원인으로는 낙동강 본류 및 주변 하수처리장 방류수의 유입으로 판단된다. 연도별 COD 변화 추이를 살펴보면 그림 5와 같이 다수의 조사지점에서 2007년도를 기점으로 COD 농도가 감소하는 추세에 있으며, 오륙도에서 다대포까지의 조사지점은 최근 5년간 비슷한 수질상태를 나타내고 있다. 그러나 수영만 및 신호지점은 COD 농도가 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 장림지점은 금년도에 뚜렷하게 증가하였다.

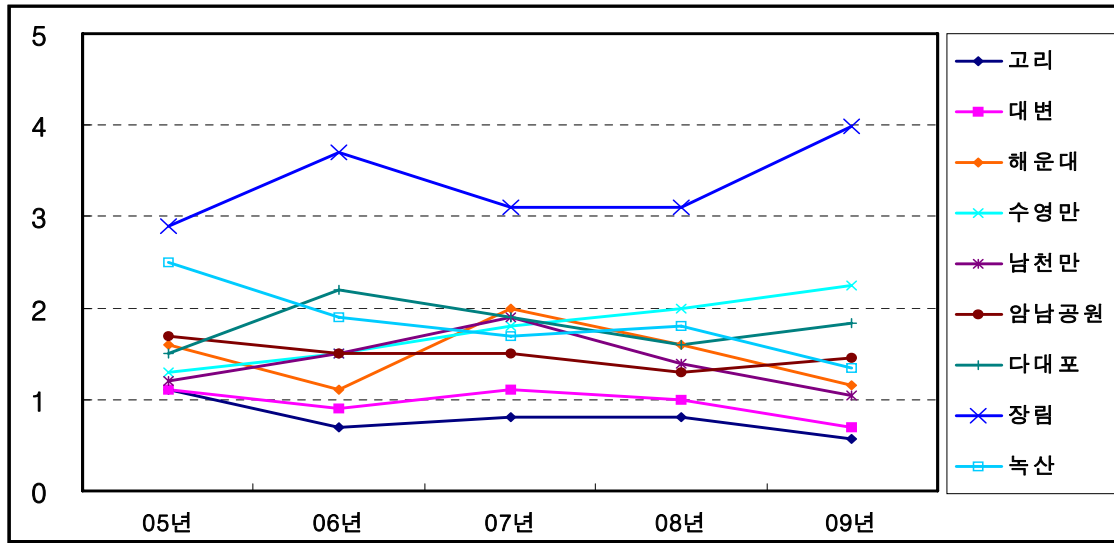


그림 5. 최근 5년간 COD 농도 변화

○ T-N

T-N은 암모니아성질소, 아질산성 질소 및 질산성 질소의 총칭으로 수질오염의 위생학적 안정성을 확인하는 중요한 지표이며, 생활하수, 분뇨처리수 및 산업폐수 등이 주발생원으로 알려져 있다.

표 5. 2009년도 연안해수 조사지점별 T-N 조사결과

(단위 : mg/L)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
최대	0.175	0.169	0.184	0.175	0.201	0.207	0.246	0.484	1.757	0.296	0.249	0.183	0.875	4.398	0.884	0.588	0.390
평균	0.139	0.127	0.146	0.146	0.166	0.157	0.216	0.306	0.991	0.240	0.191	0.151	0.551	3.188	0.497	0.350	0.339
최소	0.103	0.101	0.106	0.101	0.104	0.096	0.146	0.221	0.686	0.206	0.151	0.095	0.261	1.566	0.205	0.169	0.223
해역 등급	I	I	I	I	I	I	I	II	III	I	I	I	II	III 초과	II	II	II
등급별 기준	해역 I 등급 0.3이하, II등급 0.6이하, III등급 1.0이하																

2009년도 T-N 조사결과 오륙도 등 대부분의 조사지점에서 해역환경기준 I 등급인 0.3 mg/L 이내로 조사되었다. 동해안에 위치한 송정지점에서 0.096 mg/L로 연중 최저치를 나타내었으며, 장림지점에서 4.398 mg/L로 가장 높게 조사되었다.

고리 등 I 등급으로 조사된 대부분의 지점들은 0.2 mg/L 이하로 조사되었으나, 남천만 및 청사포 조사지점 등은 동해안 지점들에 비하여 다소 높은 농도인 0.2 mg/L 이상으로 나타났다. 수영강의 유입으로 인하여 수영만 조사지점의 T-N은 0.991 mg/L로 III등급을 나타내었고 해운대 0.306 mg/L,

청사포 0.216 mg/L 등으로 나타났다. 오륙도 및 암남공원 지점은 동해안 조사지점보다는 다소 높지만 약 0.2 mg/L 정도로 조사되었으며, 다대포 지점은 낙동강 본류의 영향으로 0.551 mg/L로 II등급으로 조사되었다. 장림지점은 3.188 mg/L로 III등급을 초과한 것으로 나타났는데 그 원인으로는 주변 하수처리장의 방류수 유입으로 판단된다. 그리고 신호, 녹산, 가덕도 등 남해안 지점이 0.3~0.5 mg/L 정도의 II등급으로 조사되었는데 이는 서낙동강의 유입 및 하수처리장 방류수, 주변 양식장 등의 영향으로 추정된다.

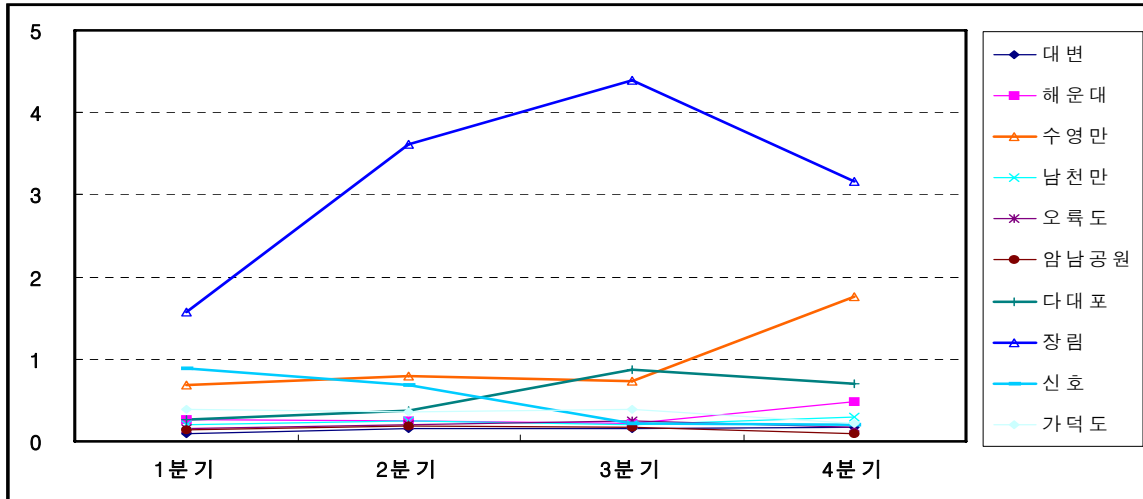


그림 6. 2009년도 분기별 T-N 농도 변화

분기별 변화 추이를 살펴보면 그림 6과 같이 장림지점은 3분기까지 T-N의 농도가 증가하다가 4분기에 낮아지는 추세를 보였으며, 다대포 지점의 경우도 유사한 경향을 보였다. 그러나 수영만 지점의 경우에는 4분기에 증가하는 것으로 나타났고, 그 외 지점들은 분기별로 비슷한 경향을 보였다.

표 6. 연도별 연안해수 T-N 농도

(단위 : mg/L)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
'05	0.177	0.123	0.130	0.107	0.152	0.319	0.288	0.257	0.223	0.262	0.223	0.212	0.611	1.133	0.576	0.521	0.536
'06	0.294	0.241	0.181	0.217	0.221	0.202	0.269	0.379	0.715	0.420	0.238	0.237	0.286	1.860	0.872	0.560	0.547
'07	0.194	0.169	0.176	0.190	0.189	0.194	0.194	0.495	0.467	0.315	0.260	0.178	0.353	1.451	0.644	0.596	0.414
'08	0.153	0.142	0.151	0.146	0.153	0.146	0.167	0.292	0.701	0.240	0.210	0.171	0.386	1.901	0.695	0.580	0.325
'09	0.139	0.127	0.146	0.146	0.166	0.157	0.216	0.306	0.991	0.240	0.191	0.151	0.551	3.188	0.497	0.350	0.339

최근 5년간 T-N 변화 추세를 살펴보면 동해안 지점들은 2006년부터 감소 추세에 있으며, 수영만 지점은 지속적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 장림지점은 올해 다소 증가한 경향을 보이고, 신호, 녹산 등 남해안 지점들은 T-N 농도가 감소 추세에 있는 것으로 나타났다.

○ T-P

T-N과 함께 부영양화를 유발하여 적조발생의 원인이 되는 영양염류인 T-P는 2009년도에 장림 지점에서 최대 0.300 mg/L, 청사포 지점에서 최소 0.017 mg/L, 평균 0.045 mg/L를 나타내었다.

표 7. 2009년도 연안해수 조사지점별 T-P 농도

(단위 : mg/L)

구분	고리	철암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
최대	0.031	0.028	0.031	0.032	0.029	0.028	0.033	0.038	0.094	0.043	0.040	0.035	0.042	0.300	0.068	0.210	0.088
평균	0.027	0.024	0.024	0.026	0.025	0.026	0.027	0.031	0.067	0.035	0.027	0.023	0.037	0.149	0.060	0.098	0.056
최소	0.022	0.021	0.020	0.022	0.020	0.023	0.017	0.027	0.046	0.024	0.014	0.014	0.026	0.081	0.052	0.036	0.026
해역 등급	I	I	I	I	I	I	I	II	III	II	I	I	II	III 초과	III	III 초과	III
등급 기준	해역 I 등급 0.03이하, II등급 0.05이하, III등급 0.09이하																

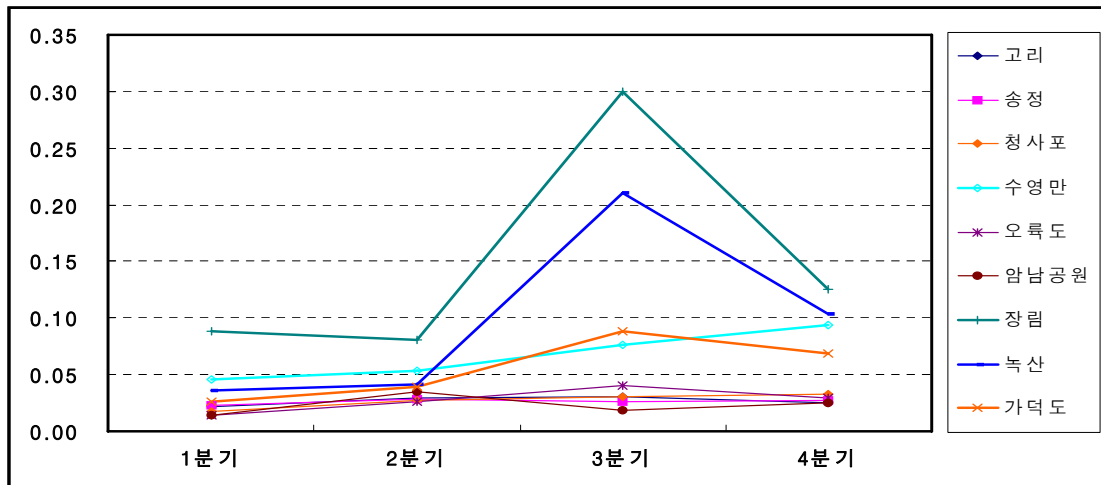


그림 7. 2009년도 분기별 T-P 농도 변화

조사지점별로는 기장군 일광지점 등 동해안 7개 지점과 오륙도 및 암남공원 지점 등 총 9개 지점에서 T-P 농도가 해역환경기준 I등급인 0.03 mg/L 이하로 조사되었고, 해운대, 남천만, 다대포 3개 지점은 0.05 mg/L 이하로서 II등급으로 나타났다. 그리고 수영만 및 신호 가덕도 지점은 III등급으로 나타났는데 그 원인으로서 수영장 등 담수의 유입과 주변 양식장의 운영으로 판단되며 장림 및 녹산 지점은 III등급을 초과한 0.09 mg/L 이상으로 나타났다. 분기별 변화 추이를 살펴보면 기장군 고리 등 I등급 지점들은 분기 변동폭이 거의 없으나 3분기에 약간 증가한 것으로 나타났으며, 수영만

지점은 지속적으로 증가하는 추세를 보였다. Ⅲ등급 이상을 나타내고 있는 장림, 가덕도, 녹산 지점들은 2분기까지 변화가 없다가 3분기에 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 올해 들어 하절기 강우량의 증가로 육상 오염물질의 유입에 의한 농도 증가로 판단된다.

표 8. 연도별 연안해수 T-P 농도

(단위 : mg/L)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
'05	0.015	0.013	0.014	0.014	0.014	0.021	0.027	0.022	0.025	0.023	0.017	0.028	0.056	0.095	0.060	0.048	0.033
'06	0.028	0.031	0.030	0.029	0.023	0.022	0.030	0.039	0.067	0.043	0.026	0.032	0.031	0.089	0.053	0.051	0.039
'07	0.034	0.034	0.033	0.035	0.032	0.029	0.033	0.049	0.048	0.040	0.033	0.026	0.037	0.069	0.039	0.038	0.035
'08	0.023	0.024	0.025	0.023	0.020	0.023	0.027	0.031	0.050	0.033	0.029	0.027	0.033	0.073	0.058	0.045	0.036
'09	0.027	0.024	0.024	0.026	0.025	0.026	0.027	0.031	0.067	0.035	0.027	0.023	0.037	0.149	0.060	0.098	0.056

년도별 변화 추이를 살펴보면 동해안 지점들은 2007년도 이후로 Ⅱ등급에서 Ⅰ등급으로 T-P 농도가 감소하는 경향을 보이고 있으며, 수영만 지점은 2007년도 이후로 지속적인 증가 추세를 나타내었다. 암남공원, 다대포 지점은 연간 변화 추세가 뚜렷하지 않고 하수처리장 방류수가 유입되는 장림지점은 증가하는 경향을 나타내었다. 신호, 녹산 등 남해안 지점들은 2007년도 이후로 지속적으로 증가 추세에 있는 것으로 조사되었다.

○ 총대장균군

분변성 오염의 지표인 총대장균군은 2009년도에 하수처리장 방류수의 영향을 받고 있는 사하구 장림지점에서 최대 3,500 MPN/100 mL로 조사되었고, 최소 농도인 2 MPN/100 mL 미만이 기장군 대변 등 6개 지점으로 조사되었으며, 17개 조사지점 평균은 241 MPN/100 mL로 전년의 367 MPN/100 mL에 비하여 다소 감소하였다.

표 9. 2009년도 연안해수 조사지점별 총대장균군

(단위 : MPN/100 mL)

구분	고리	칠암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
최대	13	49	33	23	13	240	330	490	1700	79	49	79	540	3500	240	79	330
평균	7	14	10	8	6	82	108	273	803	35	17	41	273	2083	119	55	159
최소	<2	<2	<2	<2	<2	2	4	11	240	17	2	<2	33	230	17	11	4
해역 등급	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	-	I	I	I
등급 기준	해역 I 등급 1,000이하																

시랑 지점까지의 동해안 6개 조사지점에서는 대부분 10 MPN/100 mL 이하로 양호한 수질상태를 나타내었으며, 남천만, 암남공원 등 3개 지점은 동해안 조사지점보다 다소 높은 20~50 MPN/100 mL 으로 나타났다. 수영강의 영향으로 해운대 및 청사포 지점에서는 300 MPN/100 mL 이하로 조사되었고 수영만은 약 800으로 높게 나타났다. 신호 등 남해안 조사지점에서는 100 MPN/ 100mL 이상으로 조사되었으나 녹산지점은 50 MPN/100 mL 정도로 낮게 검출되었다. 장림지점은 해역환경기준 I 등급인 1000 이상을 초과한 2000 MPN/100 mL 정도로 조사되었으나 240 MPN/100 mL으로 양호하게 나타난 경우도 있었다. 분기별로는 하절기에 총대장균수가 증가하는 경향을 보였고 4분기에는 2 MPN/100 mL 미만으로 검출된 지점이 3개 지점이고, 장림 지점에서도 해역환경기준I 등급인 1000 이하로 나타나는 등 대부분의 지점에서 감소 추세를 보였다. 연도별 변화 추이를 살펴보면 표 10과 같이 대부분의 지점에서 2007년도 이후로 감소추세에 있으나, 수영만 지점은 증가하는 경향을 보이고 해운대 지점도 기타 지점에 비하여 다소 높아지는 경향을 보인다.

표 10. 연도별 총대장균군 농도 변화

(단위 : MPN/100 mL)

구분	고리	철암	일광	대변	시랑	송정	청사포	해운대	수영만	남천만	오륙도	암남 공원	다대포	장림	신호	녹산	가덕도
'06	22	67	6	58	7	54	100	400	705	163	143	104	67	8275	180	402	99
'07	90	64	121	125	63	95	41	553	295	242	287	242	1387	11800	393	319	295
'08	94	15	26	15	59	16	34	194	330	71	96	99	313	3975	474	257	169
'09	7	14	10	8	6	82	108	273	803	35	17	41	273	2083	119	55	159

○ 카드뮴, 납

사람의 건강보호를 위한 해역환경기준 항목인 카드뮴(Cd), 납(Pb)은 전 지점에서 매 분기마다 불검출로 조사되었다.

4. 결 론

- 전년도 대비 COD 및 총대장균군은 다소 감소하였고, T-N 및 T-P 항목은 증가하였으며 그 외 항목은 2008년도와 비교하여 유사한 농도로 조사되었다.
- 사람의 건강보호를 위한 해역환경기준 항목인 카드뮴(Cd), 및 납(Pb)은 모든 조사지점에서 불검출로 나타났다.
- 기장군 고리 및 청사포 등 동해안에 위치한 7개 조사지점에서 COD 평균값으로 해양환경 기준 I 등급의 양호한 수질을 나타내었으며, 전년도에 수질에 비하여 다소 개선된 것으로 조사되었다.
- 수영강 및 서낙동강 유입수의 영향을 받고 있는 수영만 및 신호 조사지점은 COD 기준으로 해역환경기준 III등급으로 조사되었고, 또한 장림 조사지점도 낙동강 분류 및 인근 하수처리장 방류수의 영향으로 인하여 전년도와 동일하게 III등급으로 조사되었다.