

연안해수 수질조사

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

1. 조사개요

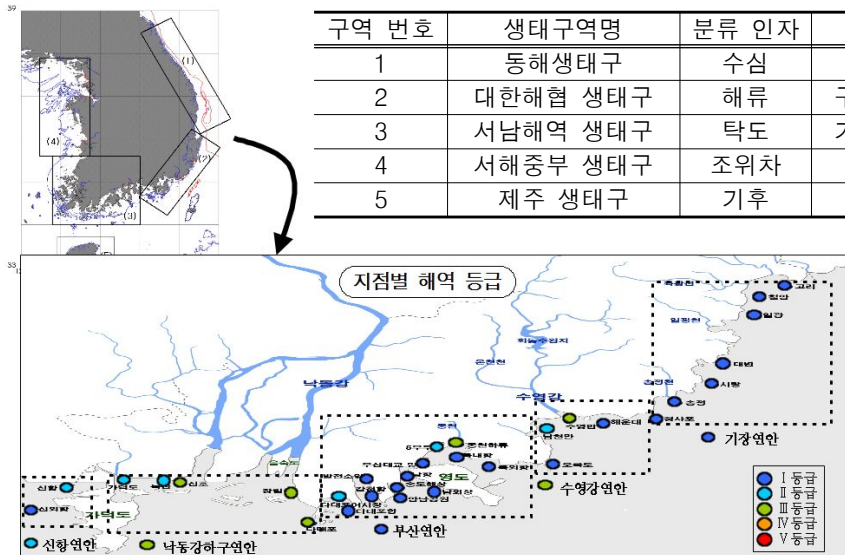
- 조사기간 : 2013. 1. ~ 2013. 12.(분기 1회)
- 조사지점 : 총 31개 지점
 기장연안 : 고리, 칠암 등 7개, 수영강연안 : 해운대 등 4개, 부산연안 : 동천하류 등 13개, 낙동강하구연안 : 다대포 등 5개, 신항연안 : 신항, 신외항 2개 지점
- 조사항목 : 총 14개 항목
 - 생활환경기준(2) : pH, 총대장균군
 - 생태기반기준(5) : 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 클로로필, 투명도, 저층산소포화도(DO, %)
 - 생태계보호기준(2) : 납(Pb), 카드뮴(Cd)
 - 기타항목(5) : 화학적산소요구량(COD), 용존산소량(DO), 수온, 전기전도도, 염분

2. 조사방법

- 시료채취 및 분석방법 : 선박이용 표층수 채수, 해양환경공정시험기준
- 조사위치도 :

□ 생태구역 구분

구역 번호	생태구역명	분류 인자	해당해역명
1	동해생태구	수심	거진 ~ 영일
2	대한해협 생태구	해류	구룡포 ~ 여수
3	서남해역 생태구	탁도	가막 ~ 전주포
4	서해중부 생태구	조위차	군산 ~ 인천
5	제주 생태구	기후	제주 ~ 한림



○ 해수수질기준

- 생활환경 기준

항목	수소이온농도(pH)	총대장균군(총대장균군수/100 mL)
기준	6.5 ~ 8.5	1,000 이하

- 생태기반 해수수질 기준(대한해협)

등급	수질평가 지수값(Water Quality Index)
I (매우 좋음)	23 이하
II (좋음)	24 ~ 33
III (보통)	34 ~ 46
IV (나쁨)	47 ~ 59
V (아주 나쁨)	60 이상

- 수질평가지수(수질평가지수 항목별 점수를 이용하여 계산)

수질평가지수(WQI, Water Quality Index)

$$= 10 \times [\text{저층산소포화도(DO)}] + 6 \times [(\text{식물플랑크톤 농도(Chl-a)} + \text{투명도(SD)})/2] + 4 \times [(\text{용존무기질소 농도(DIN)} + \text{용존무기인 농도(DIP)})/2]$$

※ 대한해협 항목별 기준값

점수	용존무기질소 ($\mu\text{g/L}$)	용존무기인 ($\mu\text{g/L}$)	클로로필 ($\mu\text{g/L}$)	저층용존산소 포화도(%)	투명도(m)
1	≤ 220	≤ 35	≤ 6.3	≥ 90	≥ 2.5
2	< 242	< 38.5	< 6.93	> 81	> 2.25
3	< 275	< 43.75	< 7.88	> 67.5	> 1.88
4	< 330	< 52.5	< 9.45	> 45	> 1.25
5	≥ 330	≥ 52.5	≥ 9.45	≤ 45	≤ 1.25

- 해양생태계 보호 기준

(단위 : $\mu\text{g/L}$)

중금속류	카드뮴	납
단기기준*	19	7.6
장기기준**	2.2	1.6

* : 단기기준 : 1회성 관측값과 비교 적용

** : 연간평균값(최소 사계절 조사 자료)과 비교 적용

3. 조사결과

□ 지점별 결과(2013년 평균)

○ 해수생활환경기준

- pH : 전 지점 기준내
- 총대장균군 : 수영장에 영향을 받는 수영만(2,012 MPN/100 mL), 동천에 영향을 받는 동천하류(3,612 MPN/100 mL), 낙동강 본류에 영향을 받는 장림(1,600 MPN/100 mL) 지점이 기준 1,000 MPN/100 mL 초과
- 전지점 평균 : pH 8.1, 총대장균군 399 MPN/100 mL 로 적합

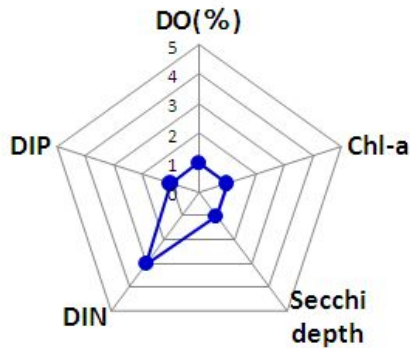
○ 해수생태기반기준

- I 등급(매우 좋음) : 비교적 육지 멀리 떨어져 있으며 주변에 양식장 및 오염원이 없는 청사포 등 20개 지점이 매우 좋음으로 조사
- II 등급(좋음) : 비교적 육지와 가까운 지점으로 육지의 비점오염원에 영향을 받는 남천만 등 6개 지점은 좋음
- III 등급(보통) : 수영강 하천수가 유입되는 수영만, 동천이 유입되는 동천하류, 낙동강 본류가 유입되는 장림과 다대포, 서낙동강 하천수가 유입되는 신호 지점이 보통으로 조사
- IV 등급(나쁨), V 등급(매우나쁨) : 없음

〈지점별 등급현황〉

구분	I 등급	II 등급	III 등급	IV·V 등급
지점수(%)	20(65)	6(19)	5(16)	0

- 전지점 평균 등급 : II 등급으로 좋음을 유지



양호 : 저층산소포화도, 클로로필, 투명도, 용존무기인
 주의 : 용존무기질소
 경고 : 없음

〈연안해수 평균 등급〉

○ 해수생태계보호기준

- 전 지점 기준내(납, 카드뮴 불검출)

□ 항목별 결과(2013년 평균)

○ 생활환경기준 항목

항목	수소이온농도(pH)	총대장균군(총대장균군수/100 mL)
최저	7.7	7
최대	8.2	3,612
평균	8.1	399
기준	6.5 ~ 8.5	1,000 이하

- pH는 7.7 ~ 8.2, 평균 8.1로 기준 이내로 대체로 양호한 편이면,
- 총대장균군의 경우 7 ~ 3,612 MPN/100 mL, 평균 399 MPN/100 mL로 기준 1,000 MPN/100 mL 이하로 양호한 수질을 유지하고 있음.

○ 생태기반기준 항목

항목	DIN(ug/L)	DIP(ug/L)	클로로필(ug/L)	투명도(m)	저층산소포화도(%)
최저	109.2	9.0	0.7	1.3	92.3
최고	1,854.7	127.3	3.9	5.0	113.8
평균	306.2	26.4	2.0	3.4	103.2
기준(1점)	≤220	≤35	≤6.3	≥2.5	≥90

- 용존무기질소(DIN)는 아질산성질소($\text{NO}_2\text{-N}$), 질산성질소($\text{NO}_3\text{-N}$), 암모니아성질소($\text{NH}_4\text{-N}$)를 합한 것으로 부영양화를 일으키는 원인항목으로 109.2 ~ 1,854.7 ug/L, 평균 306.2 ug/L으로 나타났으며, 수영강 하천수 및 주변 비점오염원의 유입으로 수영만(1,855 ug/L)이 가장 높게 조사되었으며, 낙동강 본류 및 인근 하천수의 영향으로 인한 장림(1,282 ug/L)과 다대포(551 ug/L), 동천의 영향을 받는 동천하류(957 ug/L) 지점이 비교적 높게 조사되었으며 전체적으로 다른 항목에 비해 비교적 높게 조사되었음.
- 용존무기인(DIP)는 인산염 인($\text{PO}_4\text{-P}$)의 농도로 DIN과 같이 부영양화를 일으키는 원인항목으로 9.0 ~ 127.3 ug/L, 평균 26.4 ug/L으로 비교적 수질이 양호한 것으로 조사되었으며, 수영강 하천수 및 주변 비점오염원의 영향으로 수영만(127.0 ug/L)이 DIN 농도와 같이 최고 농도로 조사되었으며, 동천의 영향을 받는 동천하류(89 ug/L), 낙동강 본류 및 괴정천 등 주변 하천수의 유입으로 다른 지점에 비해 높게 나타났음.
- 클로로필은 원인항목에 의해 부영양화로 될 경우 식물플랑크톤의 증가여부를 판단 할 수 있는 일차반응항목으로 0.7 ~ 3.9 ug/L, 평균 2.0 ug/L으로 조사되었으며, 장림(3.9 ug/L)에서 최고 농도로 조사되었으며, 신호(3.1 ug/L), 남천만(3.4 ug/L), 해운대(2.9 ug/L)지점이 비교적 높게 조사되었지만 전반적으로 낮은 농도를 유지하고 있음. 클로로필 농도는 용존무기질소, 용존무기인 농도가 높은 지점에서 비교적 높게 나타났으며 이는 부영양화에 의해 식물플랑크톤이 증가 한 것으로 판단됨.

- 투명도도 클로로필과 같이 원인항목에 의해 부영양화로 될 경우 식물프랑크톤의 증가여부를 판단 할 수 있는 일차반응항목으로 1.3 ~ 5.0 m, 평균 3.4 m이며, 일반적으로 하천하류에 위치하고 있는 장림(1.9 m), 신호(1.3 m), 녹산(1.8 m), 가덕도(1.7 m)지점들이 다소 투명도가 낮게 조사되었는데 이는 하천수에 포함되어 있는 부유물질들의 유입 및 해수 수심이 낮은 지역의 경우 파도가 심할 경우 저질의 상승으로 인한 것으로 판단 되며, 하천수가 유입되는 지점 및 해수 수심이 낮은 지점의 측정값은 정확한 생태기반기준의 등급을 판정하는 데는 부정확한 판단을 할 수 있을 것으로 생각됨.
- 저층산소포화도(DO, %)는 일차반응항목 클로로필(식물프랑크톤)에 의해 이차반응항목이며 식물프랑크톤의 사멸로 인한 저층 이동시 미생물에 의해 분해 시 소비되는 산소량을 간접적으로 측정하는 항목으로 92.3.0 % ~ 113.8 %, 평균 103.2 %로 전체적으로는 양호한 것으로 조사되었으며, 동천하류(92.3 %), 오류도(93.0 %)가 비교적 낮게 측정, 산소포화도의 경우 일차반응 식물프랑크톤에 의해서 영향을 받기 보다는 주변 오염원에 의해서 영향을 받는 것으로 판단됨.

○ 생태계보호기준

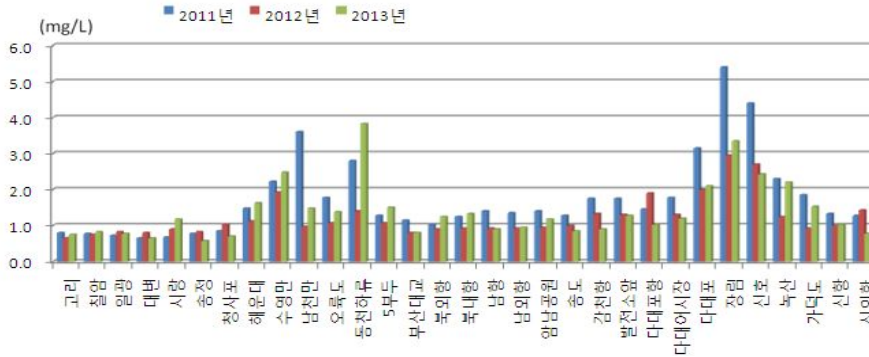
- 낚, 카드뮴 전 지점 불검출로 적합

○ 기타 항목

항목	수온(°C)	전기전도도(mS/cm)	염분(psu)	COD(mg/L)	DO(mg/L)
최저	15.0	36.5	23.0	0.6	4.9
최고	17.5	53.3	33.9	3.8	9.2
평균	16.3	49.6	32.3	1.4	8.5

- 2013년 연안해수 지점별 COD 평균 농도는 0.6 mg/L ~ 3.8 mg/L, 전체 평균 농도는 1.4 mg/L로 전반적으로 양호한 수질을 유지하고 있으며, 강우시 하수관거의 월류수가 유입되는 동천에 영향을 받는 동천하류(3.8 mg/L)로 가장 높게 조사되었으며, 낙동강 본류 및 주변 하천수가 유입되는 장림(3.4 mg/L), 수영강이 유입되는 수영만(2.5 mg/L), 서낙동강 하천수 및 주변 양식장의 영향을 받는 신호(2.4 mg/L), 녹산(2.2 mg/L)지점이 대체로 다른 지점에 비해 높게 조사되었으며,
- 최근 3년간 COD 평균 농도를 살펴보면 전년도 1.2 mg/L에서 1.4 mg/L로 수질오염도가 다소 증가하였으며, 주변 오염원이 없는 기장연안, 부산연안, 신항연안 지점들은 비교적 일정한 값을 유지하는 반면 주변 하천수의 영향을 받는 수영만, 동천하류, 다대포, 장림, 신호지점들이 비교적 다른 지점에 비해 높게 나타났으며, 특히 이들 지점이 전년도 대비 COD 농도가 다소 높게 조사되었으며 이는 분석시기인 2월, 5월, 8월, 11월 강우량이 전년 252.9 mm에서 453.7 mm로 증가했기 때문인 것으로 판단됨.

연도별 COD 농도



<지점별 COD 농도 변화>

- 용존산소량(DO)은 4.9 mg/L ~ 9.2 mg/L, 평균 8.5 mg/L로 비교적 양호한 수질을 유지하고 있으며, 전년 동 분기 9.2 mg/L에 대비 다소 증가한 것으로 나타났음.
- 해수의 경우 전기전도도와 염분의 측정은 하천수의 유입을 간접적으로 알 수 있는 항목으로 전기전도도는 36.5 ~ 53.3 mS/cm, 평균 49.6 mS/cm, 염분은 23.0 ~ 33.9 psu, 평균 32.3 psu로 조사되었으며, 낙동강 본류의 유입으로 장림이 23.0 psu, 서낙동강이 유입되는 신호가 26.5 psu, 수영강이 유입되는 수영만이 29.2 psu로 일반적인 부산연안의 염분 농도 30 ~ 34 psu에 비해 다소 낮게 측정됨.

□ 연안별 조사결과(2013년 평균)

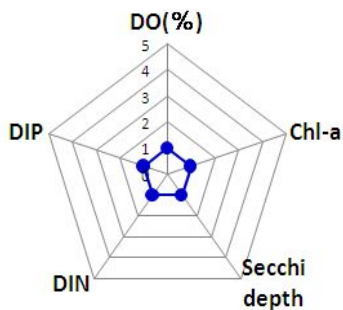
연안해수 지점을 주요 오염원 중심으로 5개 연안 기장연안, 수영강연안, 부산연안, 낙동강 하구연안, 신항연안으로 구분하여 수질을 조사하여 보았다.

○ 생활환경기준

- pH는 8.0 ~ 8.1, 총대장균군 57 ~ 697 MPN/100 mL로 전 연안 적합

○ 생태기반기준

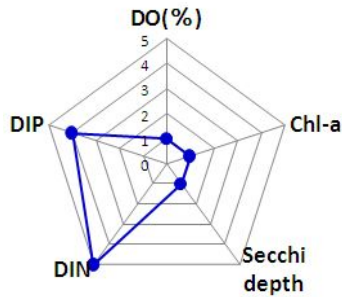
- 기장연안
 - 생태기반기준 : I 등급
 - DIN(1점) : 128.9 mg/L, DIP(1점) : 10.8 mg/L, 클로로필(1점) : 2.1 ug/L, 투명도(1점) : 4.3 m, 저층산소포화도(1점) : 106.4 %
 - 오염원이 없어 비교적 양호한 수질 상태 유지



양호 : 저층산소포화도, 클로로필, 투명도, 용존무기인, 용존무기질소
 주의 : 없음
 경고 : 없음

- 수영강연안

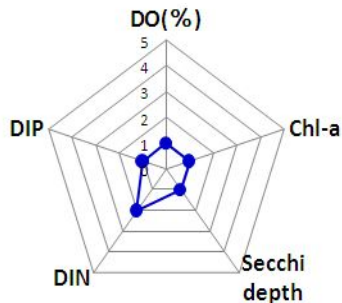
- 생태기반기준 : III 등급
- DIN(5점) : 608.1 mg/L, DIP(4점) : 50.0 mg/L, 클로로필(1점) : 2.5 ug/L, 투명도(1점) : 3.5 m 저층산소포화도(1) : 102.7 %
- 수영강의 영향으로 용존무기인 주의, 용존무기질소가 경고로 조사되었음.



양호 : 저층산소포화도, 클로로필, 투명도
 주의 : 용존무기인
 경고 : 용존무기질소

- 부산연안

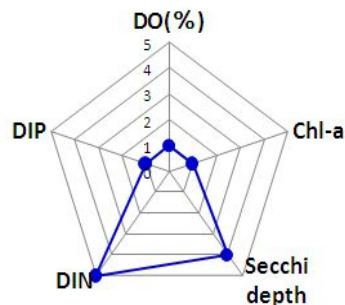
- 생태기반기준 : I 등급
- DIN(2점) : 236.3 mg/L, DIP(1점) : 25.7 mg/L, 클로로필(1점) : 1.7 ug/L, 투명도(1점) : 3.7 m, 저층산소포화도(1점) : 103.5 %
- 전반적으로 수질이 양호한 상태 유지



양호 : 저층산소포화도, 클로로필, 투명도, 용존무기질소, 용존무기인
 주의 : 없음
 경고 : 없음

- 낙동강하구연안

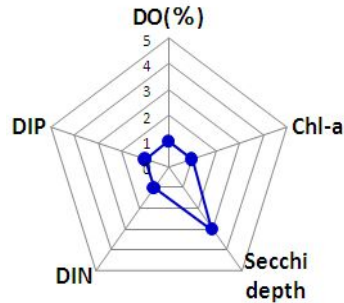
- 생태기반기준 : III 등급
- DIN(5점) : 559.7 mg/L, DIP(1점) : 31.7 mg/L, 클로로필(1점) : 2.2 ug/L, 투명도(4점) : 1.7 m, 저층산소포화도(1점) : 102.1 %
- 낙동강 본류와 서낙동강 하천수의 영향으로 투명도 주의, 용존무기질소(DIN) 경고로 조사



양호 : 저층산소포화도, 클로로필, 용존무기인
 주의 : 투명도
 경고 : 용존무기질소

- 신항연안

- 생태기반기준 : II 등급
- DIN(1점) : 143.5 mg/L, DIP(1점) : 24.8 mg/L, 클로로필(1점) : 1.6 ug/L, 투명도(3) : 2.1 m, 저층산소포화도(1) : 94.1 %
- 전반적으로 수질이 양호상태를 유지하고 있으나 잦은 선박 왕래에 의한 저질의 영향으로 투명도 주의로 조사



양호 : 저층산소포화도, 클로로필, 용존무기질소, 용존무기인
 주의 : 투명도
 경고 : 없음

○ 생태계보호기준

- 납, 카드뮴 전 연안 불검출로 적합

4. 결론

- 지점별 조사결과 생활환경기준은 수영만(2,012 MPN/100 mL), 장림(3,612 MPN/100 mL), 동천하류지점(2,530 MPN/100 mL)을 대장균군이 기준을 초과하여 부적합이며, 그 이외 모든 지점은 적합, 생태기반기준은 I 등급 20 지점, II 등급 6 지점, III 등급 5, IV·V 등급은 없음으로 조사되었으며, 생태계보호기준은 전 지점 불검출로 적합으로 조사되었음.
- 전 지점 각 항목별 평균으로는 생활환경기준 적합, 생태보호기준 적합, 생태기반기준은 II 등급으로 좋음으로 조사
- 각 항목별 평균 pH 8.1, 총대장균군 399 MPN/100 mL, DIN 평균 306.2 ug/L, DIP 26.4 ug/L, 투명도 3.4 m, 클로로필, 2.0 ug/L 저층산소포화도 103.2 %, 납, 카드뮴은 불검출로 나타났으며,
- COD의 평균 농도는 1.4 mg/L로 전년의 1.2 mg/L 대비 유사한 오염도를 나타냈으며, DO 평균은 8.5 mg/L로 전년 9.2 mg/L 대비 다소 감소
- 연안별로 생활환경기준, 생태계보호기준은 전 연안 적합이며, 생태기반기준 I 등급은 기장연안, 부산연안, II 등급은 신항, III 등급은 수영강, 낙동강하구 연안으로 조사되었음.
- 연안해수 수질오염도는 주변하천 또는 강수시 하수관거의 월류로 인해 유입되는 지점들이 비교적 다른 지점에 비해 높게 나타났으며, 특히 낙동강 본류 및 주변 괴정천 등에 영향을 받는 장림, 다대포, 그리고 수영강 하천수가 유입되는 수영만, 동천이 유입되는 동천 지점이 다른 지점에 비해 높게 조사

- 연안해수로 유입되는 오염 부하량은 줄이기 위해서는 분리형 하수관거 확충 및 비점 오염원 관리, 하수처리장의 고도처리를 확대하여 질소와 인의 유입을 감소시키는 대책이 필요한 것으로 사료됨.