

해양환경 조사(퇴적물 포함)

○ 부산지역 연안해역의 해양환경 상태와 오염원의 정기적인 조사를 통한 해양수질 환경의 종합적인 파악으로 보다 체계적인 해양환경관리 및 보전정책 수립에 필요한 기초자료를 제공하고자 함

1. 조사개요

- 조사기간 : 2016. 1 ~ 2016. 12 (2, 5, 8, 11월)
 - 조사정점 : 해역의 이용목적별로 4개 측정망 30개 정점 운영 (해수 30, 퇴적물 6)
 - 연근해환경측정망* : 일반 연안 및 근해역 조사, 고리 등 3개소
 - 환경관리해역환경측정망 : 환경보전해역과 특별관리해역 조사, 해운대해수욕장 등 13개소
 - 항만환경측정망 : 주요항만 및 어항 조사, 5부두 등 9개소
 - 하구역환경측정망* : 낙동강 하구역 조사, 장림 등 5개소
 - 조사항목
 - 해수 : 20항목
 - 생활환경기준(2) : pH, 총대장균군
 - 생태기반기준(5) : 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP), 클로로필-a, 투명도, 저층산소포화도(DO, %)
 - 생태계보호기준*(5) : Cu, Pb, Zn, As, Cd, Ni
 - 기타항목(7) : 화학적산소요구량(COD), 용존산소량(DO), 수온, 전기전도도, 염분, 총질소(T-N), 총인(T-P)
 - 해저퇴적물** : 10항목
 - 유기물항목(3) : 함수율, 강열감량, 화학적산소요구량(COD)
 - 중금속항목(7) : Cu, Pb, Zn, As, Cd, Cr, Hg
- *: 반기 1회 조사, **: 연 1회 조사

2. 조사방법

- 시료채취 및 분석방법 : 선박이용 표층수 및 퇴적물 채취, 해양환경공정시험기준
- 해수수질기준
 - 생활환경 기준

항목	수소이온농도(pH)	총대장균군(총대장균군수/100mL)
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)

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

※ 대한해협의 항목별 기준값

점수	용존무기질소 (µg/L)	용존무기인 (µg/L)	클로로필 (µg/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 : µg/L)

중금속류	구리	납	아연	비소	카드뮴	니켈
단기기준*	3.0	7.6	34	9.4	19	11
장기기준**	1.2	1.6	11	3.4	2.2	1.8

* : 단기기준 : 1회성 관측값과 비교 적용

** : 연간평균값 (최소 사계절 조사 자료)과 비교 적용

○ 해저퇴적물 기준

(단위 : mg/kg)

해양환경기준	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
주의기준	14.5	0.75	116	20.6	0.11	44.0	68.4
관리기준	75.5	2.72	181	64.4	0.62	119	157

(1) 주의기준(Threshold Effects Level, TEL) : 부정적인 생태영향이 거의 없을 것으로 예측되는 농도

- (2) 관리기준(Probable Effects Level, PEL) : 부정적인 생태영향이 발현될 개연성이 매우 높은 농도
- (3) 적용방법 : 금속농도가 입자 크기에 따라 변화하므로 입자 크기의 변화를 나타낼 수 있는 금속(Li)을 사용하여 보정된 금속 농도를 사용
 - As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb는 시료와 각 기준 농도를 직접 비교
 - Cu, Zn은 시료의 Li으로 측정농도를 입도 보정하여 기준농도와 비교

$$\text{입도보정한 Cu 농도} = \left(\left(\frac{\text{시료의 Cu 농도} - 4.10}{\text{시료의 Li 농도} - 33.1} \right) \times 11.9 \right) + 4.10$$

$$\text{입도보정한 Zn 농도} = \left(\left(\frac{\text{시료의 Zn 농도} - 30.4}{\text{시료의 Li 농도} - 33.1} \right) \times 11.9 \right) + 30.4$$

만일 시료의 Li이 33.1 ppm 이하이거나 입도보정 농도가 음의 값을 보일 경우 별도의 입도보정 없이 주의기준과 관리기준에 직접 비교

3. 조사결과

□ 연안의 환경현황

○ 가장연안

- 부산의 동편연안으로 개방형 해안선을 유지하며 수심이 비교적 깊고 해안으로 죽성천, 일광천, 동백천, 좌광천, 장안천 등이 직접 유입되고 있으며 조류의 흐름은 해안을 따라 북동방향으로 형성되어 흐름이 비교적 빠르게 나타났고 조사정점은 대부분 해안선에서 1 km 이상 떨어진 외해에 위치하고 있음

○ 부산연안

- 부산의 남쪽 다대포항에서 동편 해운대까지 이어져 있으며 해안선은 북항과 남항 등이 일부 반폐쇄적 특성을 보이거나 감천항과 다대포항을 제외한 대부분의 연안이 개방형 해안선을 유지하며 비교적 완만한 수심의 지형적인 특성을 보이고 부산항으로 보수천, 초량천, 부산천 등 지방하천과 동천이 유입되고 수영만으로는 춘천, 우동천 등 지방하천과 비교적 넓은 유역면적을 가지고 있는 수영강이 해안으로 직접 유입되어 수질에 영향을 주고 있음
- 조류의 흐름은 부산항 내에서는 남항에서 북항 쪽으로 북동방향의 잔차류가 형성되었고 감천항과 다대항은 외해에서 내만쪽으로 흐름이 이루어졌으며 수영만은 이기대에서 광안리 해안을 따라 시계방향으로 형성되어 북쪽으로 흐르며 외해로 나갈수록 비교적 빠른 흐름을 보였음
- 조사정점은 대부분 해안선에서 0.2~0.8 km로 근해에 위치하고 있음

○ 낙동강하구

- 부산의 서쪽 남해안으로 낙동강하구에 위치하여 해안선은 대부분 개방적 특성을 보이거나 낙동강에서 유입된 퇴적토로 인하여 사주가 형성되어 매우 낮은 수심을 보이며 서낙동강 하구에는 굴과 김양식장이 분포되어 있고 조류의 흐름은 다대포에서 낙동강하구 해안을 따라 가덕대교 방향으로 비교적 느린 속도로 흐름이 이루어지고 있으며 지방하천인 괴정천과 국가하천인 낙동강 본류와 서낙동강이 직접 유입되고 있음
- 조사정점은 대부분 해안선에서 0.2 km 이내로 아주 근접해 있음

○ **신항연안**

- 부산의 가장 서쪽에 위치한 항만으로 폐쇄적 내만의 특성을 나타내며 항내만은 비교적 낮은 수심을 유지하고 있고 조류의 흐름은 외해에서 내만으로 비교적 느린 속도로 흐름이 이루어지고 있으며 직접 유입되는 하천은 없으며 조사정점은 신항이 해안선에서 0.3 km, 신외항이 0.8 km에 위치하고 있음

□ **측정망 운영결과**

○ **연근해환경측정망**

- 일반 연안 및 근해역 조사를 목적으로 기장연안에 위치한 3개 정점에 대하여 2월과 8월 2회 조사한 결과 생활환경기준 항목인 pH와 총대장균군은 모든 정점이 기준 이내로 나타났으며, 생태기반 해수수질기준 등급도 3개소 모두 계절에 관계없이 I등급으로 아주 양호한 수질을 보였는데 이는 수심이 깊고 해안선이 개방되어 외해와 해수의 교환이 잘 이루어지는 물리적인 특성에 기인한 것으로 판단됨.
- 해양생태계보호기준 항목인 구리는 연평균 1.9 ~ 2.3 $\mu\text{g/L}$ 로 모든 정점에서 장기기준(1.2 $\mu\text{g/L}$)을 초과하였고 아연도 고리가 11.9 $\mu\text{g/L}$ 로 장기기준(11 $\mu\text{g/L}$)을 초과하였으나 다른 항목은 대부분의 정점에서 0.5 $\mu\text{g/L}$ 미만으로 아주 낮게 나타났음
- 기타 유기물의 오염정도를 나타내는 COD는 연평균 0.16 ~ 0.24 mg/L로 모든 정점이 구. 해역수질기준 I등급(1 mg/L 이하)을 유지하며 아주 양호한 수질상태를 보였으며 기타 용존산소, 수온, 염분도 정점별 큰 변동 없이 비슷한 수준을 보였음

표 1. 연근해환경측정망 2016년 평균

조사항목	조사정점	고리	일광	대변
	생활환경 기준	pH	8.22	8.22
총대장균군(MPN/100mL)		20	76	18
생태기반 해수수질기준	등급	I	I	I
	용존무기질소 ($\mu\text{g/L}$)	134.4	123.7	109.1
	용존무기인 ($\mu\text{g/L}$)	11.2	10.0	11.7
	클로로필 ($\mu\text{g/L}$)	0.54	0.34	0.43
	저층용존산소포화도(%)	99.5	100.7	102.1
	투명도 (m)	3.7	3.7	3.0
해양생태계 보호기준	Cu ($\mu\text{g/L}$)	1.9	1.9	2.3
	Pb ($\mu\text{g/L}$)	0.3	0.3	0.3
	Zn ($\mu\text{g/L}$)	11.9	5.8	4.1
	As ($\mu\text{g/L}$)	0.1	0.4	0.3
	Cd ($\mu\text{g/L}$)	0.1	0.1	0.1
	Ni ($\mu\text{g/L}$)	0.7	0.4	0.3

○ 환경관리해역환경측정망

- 특별관리해역 조사를 목적으로 해운대해수욕장 등 수영강 하구에 위치한 7개 정점과 부산항내에 위치한 6개 정점에 대하여 연간 조사한 결과 생활환경기준 항목인 총대장균군이 수영강의 직접적인 영향을 받은 수영만이 연간 모두 기준을 초과하였을 뿐만 아니라 인접한 민락동이 2, 4분기, 남부하수처리장의 방류수가 유입되는 이기대가 2, 3분기, 동천하류가 2분기에 기준을 초과하였으나 pH는 연평균 7.89 ~ 8.18로 모든 정점이 기준 이내로 양호하게 나타났음
- 생태기반해수수질기준은 수영강 하구에 위치한 수영만, 민락동, 해운대, 남천만, 이기대 5개 정점과 동천하류가 III등급으로 보통의 수질을 유지하였으나 다른 정점은 모두 II등급 이상 양호한 수질을 보였으며 항목별 농도 수준을 보면 영양염류인 용존무기질소와 용존무기인이 수영만에서 연평균 1958.3 $\mu\text{g/L}$ 과 159.3 $\mu\text{g/L}$ 로 가장 높게 나타났고 저층산소포화도와 투명도는 동천하류가 연평균 86.8%, 1.8 m로 가장 나쁘게 나타났다.

표 2. 환경관리해역환경측정망 2016년 평균

조사항목	조사정점	해운대	해운대	수영만	민락동	광안리해수욕장	남천만	이기대	동천하류	북외항	부산대교	자갈치시장	송도해수욕장	남외항
		해운대해수욕장	해운대	수영만	민락동	광안리해수욕장	남천만	이기대	동천하류	북외항	부산대교	자갈치시장	송도해수욕장	남외항
생활환경기준	pH	8.15	8.18	7.89	8.05	8.13	8.13	8.12	8.15	8.14	8.13	8.13	8.18	8.15
	총대장균군(MPN/100mL)	130	210	2800	1200	100	150	1600	910	14	190	430	67	10
생태기반해수수질기준	등급	I	III	III	III	I	III	III	III	II	I	I	II	I
	용존무기질소($\mu\text{g/L}$)	227.0	725.5	1958.3	871.5	183.4	263.2	378.1	217.1	97.5	111.8	1123	116.4	108.2
	용존무기인($\mu\text{g/L}$)	14.9	46.0	159.3	76.4	10.9	12.4	15.8	34.3	5.4	11.9	7.9	6.5	4.9
	클로로필($\mu\text{g/L}$)	1.08	1.04	2.52	2.09	1.41	1.35	0.98	3.35	3.61	1.75	1.47	0.74	0.79
	저층용존산소포화도(%)	96.7	95.6	91.4	90.8	96.0	89.5	92.2	86.8	95.2	93.8	92.9	89.6	95.8
	투명도(m)	3.1	3.2	2.6	2.6	2.7	2.5	2.0	1.8	2.1	2.9	3.4	4.3	4.1
해양생태계보호기준	Cu ($\mu\text{g/L}$)	0.6	1.2	0.8	0.6	0.3	0.4	0.3	1.4	1.0	1.0	1.0	0.6	0.2
	Pb ($\mu\text{g/L}$)	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	<0.1	0.1
	Zn ($\mu\text{g/L}$)	8.6	14.2	7.8	8.8	1.2	2.3	4.7	3.3	4.2	3.3	2.3	1.6	0.7
	As ($\mu\text{g/L}$)	0.3	0.1	0.4	0.2	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1
	Cd ($\mu\text{g/L}$)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1
	Ni ($\mu\text{g/L}$)	0.2	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2

- 해양생태계보호기준 항목은 구리가 동천하류에서 연평균 1.4 $\mu\text{g/L}$, 아연이 해운대에서 연평균 14.2 $\mu\text{g/L}$ 로 장기기준을 초과하였으나 다른 항목은 모두 0.5 $\mu\text{g/L}$ 이하로 아주 미량 검출되었고 기타 COD는 연평균 0.83 ~ 2.69 mg/L의 농도 범위를 보이며 이기대, 남천만, 광안리해수욕장, 해운대해수욕장이 구.해역수질기준 I등급(1 mg/L 이하)을 유지하였고 총질소와 총인은 비교적 외해에 위치한 남외항(T-N 172.1 $\mu\text{g/L}$, T-P 15.8 $\mu\text{g/L}$)이 가장 낮게 나타났으며 DO는 수영만이 연평균 6.7 mg/L로 하천수의 유입으로 유기물 분해과정에서 용존산소 소비 등으로 다른 정점과 비교하여 다소 낮게 나타났음.
- 환경관리해역환경측정망 13개 정점의 분기별 수질변화를 보면 그림 1과 같이 해운대, 이기대를 제외한 모든 정점이 동절기인 2월(1분기)에 가장 양호한 수질등급을 보였고 하천수의 유입에 따른 영향을 직접적으로 받는 수영만, 민락동, 동천하류 등은 강우량이 많은 하절기로 갈수록 수질이 나빠졌다가 수온이 하강하는 동절기에 회복되는 경향을 보였으나 이와는 다르게 해운대해수욕장, 광안리해수욕장, 부산대교, 자갈치시장, 남외항 등은 4분기에 저층 산소포화도 및 투명도가 나빠져 수질이 악화되어 다소 다른 패턴을 보였음

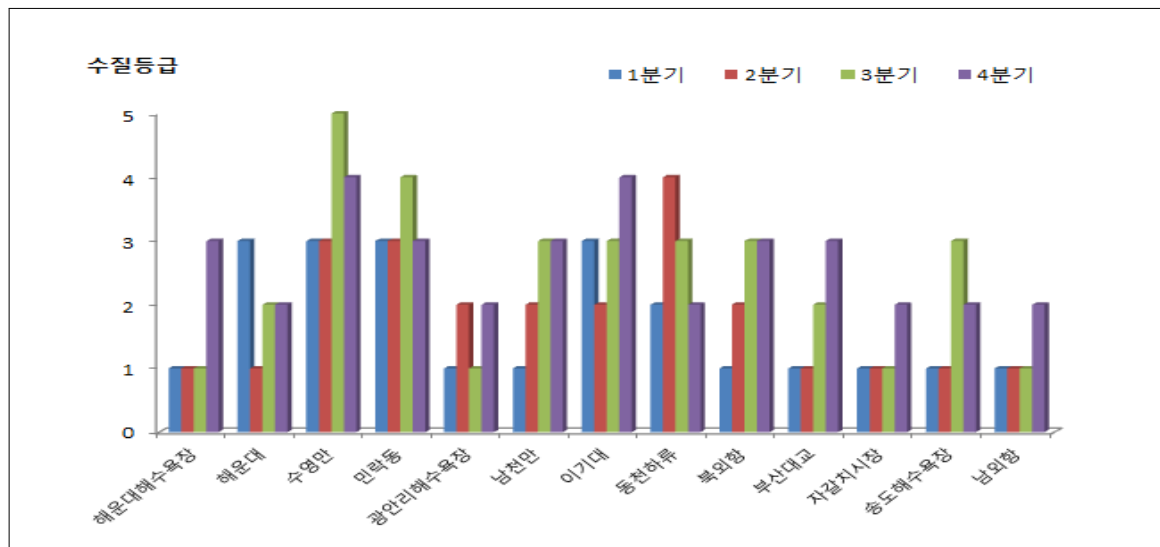


그림 1. 환경관리해역환경측정망의 정점별 수질등급 변화(2016년도)

○ 항만환경측정망

- 주요항만 및 어항 조사를 목적으로 부산항내 7개 정점과 신항내 2개 정점에 대하여 연간 조사한 결과 생활환경기준 항목인 총대장균군이 발전소와 다대포어시장에서 수온이 상승한 2, 3분기에 기준을 초과하였으나 다른 정점은 연평균 개체수가 5 ~ 350 MPN/100mL로 양호한 수준을 보였고 pH도 연평균 8.00 ~ 8.15로 모든 정점이 기준 이내로 양호하게 나타났음

표 3. 항만환경측정망 2016년 평균

조사항목		조사정점								
		5부두	북내항	남항	감천항	발전소 앞	다대포 항	다대포 어시장	신항	신외항
생활환경 기준	pH	8.00	8.14	8.13	8.13	8.10	8.15	8.05	8.06	8.10
	총대장균군 (MPN/100mL)	130	43	350	110	810	190	1100	19	5
생태기반 해수수질기준	등급	III	I	I	III	II	II	III	IV	IV
	용존무기질소 (µg/L)	162.9	109.9	111.1	122.0	141.1	119.8	217.1	79.5	107.0
	용존무기인 (µg/L)	20.3	5.9	9.9	7.5	12.3	9.9	21.1	18.1	6.3
	클로로필 (µg/L)	5.96	2.75	0.95	4.15	5.27	2.21	2.38	5.48	5.84
	저층용존산소 포화도(%)	87.5	92.0	95.7	83.4	94.4	81.4	85.7	78.6	78.4
	투명도 (m)	2.3	2.7	3.8	2.2	2.2	2.5	1.3	1.3	1.7
해양생태계 보호기준	Cu (µg/L)	2.7	1.3	0.6	1.5	2.3	1.2	4.0	0.4	0.2
	Pb (µg/L)	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	Zn (µg/L)	19.0	2.6	1.4	4.9	7.8	0.9	7.4	0.6	0.4
	As (µg/L)	0.3	0.2	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
	Cd (µg/L)	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1
	Ni (µg/L)	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3

- 항만은 폐쇄성 해안으로 내만의 경우 해수의 유동이 원활하지 않아 외해와 해수교환이 어려워 조금의 오염원에도 수질이 악화되는 특성이 있어 항내만에 위치한 5부두, 다대포 어시장이 생태기반해수수질 III등급을 나타냈으며 신항과 신외항은 3분기 저층용존산소포화도와 투명도가 나빠져 IV등급을 보였으나 비교적 해수의 유동이 원활한 북내항 및 남항 등은 I등급으로 아주 양호한 수질을 보였음
- 해양생태계보호기준 항목은 구리가 연평균 0.2 ~ 4.0 µg/L, 아연이 연평균 0.4 ~ 19.0 µg/L로 4개 측정망 중 가장 높은 농도수준을 보였는데 특히 구리는 남항, 다대포항, 신항, 신외항을 제외한 모든 정점에서 장기기준(1.2 µg/L)을 초과하였고 아연은 5부두에서 최고치를 보이며 장기기준(11 µg/L)을 초과하였으나 다른 항목은 모든 정점에서 0.5 µg/L 미만으로 아주 낮게 나타났음

- 기타 COD는 0.92 ~ 2.05 mg/L의 농도수준으로 5부두에서 최고치를 보이며 구.해역수질 기준 III등급(4 mg/L 이하)을 보였을뿐 다른 모든 정점은 II등급 이상으로 나타났으며 영양염류인 총질소와 총인산은 대부분의 정점이 구.해역수질기준 I등급(T-N 0.3 mg/L 이하, T-P 0.03 mg/L 이하)을 유지하였으나 항내만에 위치하여 토구 등을 통한 육상 오염원의 유입 개연성이 높은 5부두, 발전소앞, 다대포어시장 등에서 연평균이 구.해역수질기준 II등급(T-N 0.6 mg/L 이하, T-P 0.05 mg/L 이하)으로 나타났으며 DO도 5부두와 다대포어시장을 제외한 모든 정점이 I등급(7.5mg/L 이상)으로 양호하게 나타났음.
- 항만환경측정망 9개 정점의 분기별 수질변화를 보면 그림 2와 같이 다른 정점에 비하여 해수 유동이 원활한 북내항과 남항은 투명도와 저층산소포화도가 나빠져 III등급을 보인 4분기를 제외한 모든 분기에 I등급(7.5mg/L 이상)을 유지하였고 다대포어시장은 2분기를 제외한 모든 분기에 IV등급을 보여 감천항 등 대부분의 정점이 하절기로 갈수록 수질이 나빠졌다가 수온이 하강하는 동절기에 회복되는 패턴과는 다른 경향을 보였음.

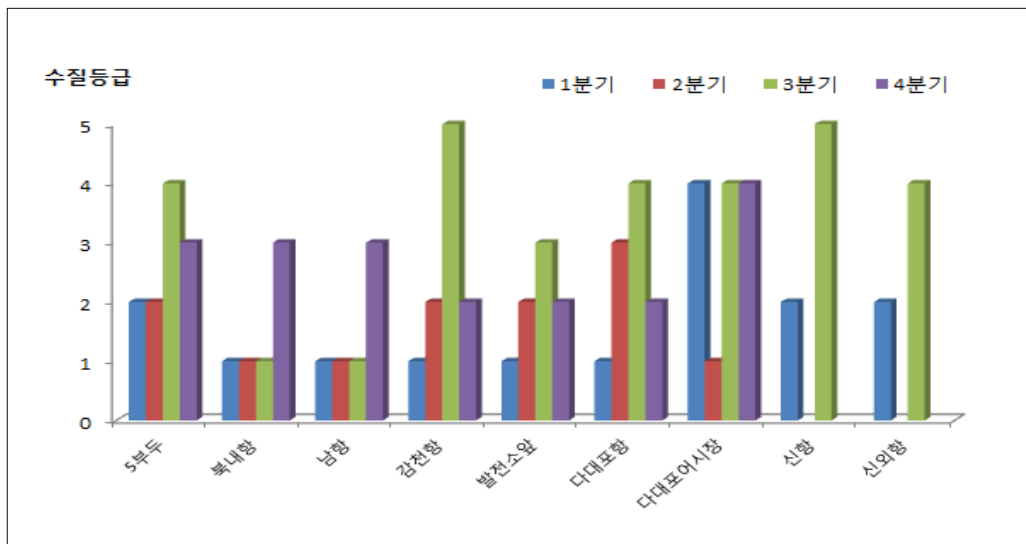


그림 2. 항만환경측정망의 정점별 수질등급 변화(2016년도)

○ 하구역환경측정망

- 낙동강 하구역의 조사를 목적으로 낙동강 하구에 위치한 5개 정점에 대하여 2월과 8월 2회 조사한 결과 생활환경기준 항목인 총대장균군이 낙동강 본류의 직접적인 영향을 받은 장림과 다대포해수욕장에서 기준을 초과하였으며 신호도 연평균 개체수가 870 MPN/100mL으로 다소 높게 나타났으나 녹산, 가덕대교는 양호한 수준을 보였음
- 생태기반해수수질기준은 II등급을 유지한 녹산 외에는 모든 정점이 III등급(보통) 이하로 나타났는데 이는 장림, 신호 등이 배후에 유기물의 발생부하량이 높은 공단이 위치하고 낙동강이 직접적으로 유입되어 영양염류인 용존무기질소와 용존무기인의 농도가 높고 수심이 낮아 파랑의 들쭉임에 따른 투명도가 저하되고 하절기 수온 상승에 따른 조류 번식으로 클로로필-a의 농도 상승에 기인된 것으로 판단됨

- 해양생태계보호기준 항목인 중금속은 각종 도금의 첨가물로 사용되는 니켈이 공단 주변에 위치한 장림, 다대포해수욕장에서 연평균농도가 장기기준(1.8 $\mu\text{g/L}$)을 초과하여 다른 측정망의 정점들보다 매우 높게 나타났으나 구리와 아연 등은 비교적 낮은 농도 수준을 보였음
- COD는 1.42 ~ 4.64 mg/L로 다른 측정망과 비교하여 매우 높은 농도수준을 보였는데 특히 장림, 다대포해수욕장, 신호는 COD 뿐만 아니라 총질소도 구.해역수질기준 III등급 기준인 1.0 mg/L을 초과하였으며 염분도 17.2 ~ 24.1psu로 낮게 나타나 하천수의 영향이 다른 어느 정점보다 크게 나타났음

표 4. 하구역환경측정망 2016년 평균

조사항목	조사정점	다대포 해수욕장	장림	신호	녹산	가덕대교
생활환경 기준	pH	8.06	8.06	8.09	8.09	8.06
	총대장균군 (MPN/100mL)	1310	1850	870	77	41
생태기반 해수수질기준	등급	III	IV	III	II	III
	용존무기질소 ($\mu\text{g/L}$)	1027.8	1455.5	806.4	127.2	137.1
	용존무기인 ($\mu\text{g/L}$)	13.2	53.5	24.6	2.8	9.4
	클로로필 ($\mu\text{g/L}$)	2.73	5.64	4.30	3.28	3.18
	저층용존산소 포화도 (%)	106.0	89.2	95.2	97.8	87.3
	투명도 (m)	1.4	1.6	0.8	1.1	1.1
해양생태계 보호기준	Cu ($\mu\text{g/L}$)	0.5	0.9	0.4	0.5	0.3
	Pb ($\mu\text{g/L}$)	0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1
	Zn ($\mu\text{g/L}$)	5.0	10.7	2.0	1.7	0.6
	As ($\mu\text{g/L}$)	0.1	0.2	0.3	0.1	<0.1
	Cd ($\mu\text{g/L}$)	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1
	Ni ($\mu\text{g/L}$)	2.6	4.0	0.8	1.7	0.4

□ 해저퇴적물 조사결과

○ 일반항목

- 퇴적물은 유기 또는 무기물로 이루어진 고화되지 않은 입자로 암석의 풍화, 침식작용, 생물체의 활동, 화산폭발, 해수 내에서의 화학적인 과정에 의하여 쌓인다고 알려졌는데 부산항내 해저퇴적물은 대부분 점토질로 하천 등을 통하여 운반된 육상기원퇴적물로 판단됨
- 퇴적물내 유기물 오염 및 건강도를 평가하기 위하여 COD와 강열감량을 조사하였는데 COD의

농도범위는 5.78 ~ 51.66 mg/g.dry로 박 등(1995)이 조사한 부산항 측정값 5.05 ~ 43.67 mg/g.dry과 유사한 농도범위를 보였으며 6개소 중 동천하류가 가장 높게 나타났고 최근 해양오염퇴적물정화복원사업이 완료(2014.12)된 남항이 최소값을 보여 다른 정점과 비교하여 매우 낮게 나타났음

- 부산항내 퇴적물의 오염정도를 파악하기 위하여 현재 우리나라의 해양환경기준 중 퇴적물 내 COD에 대한 기준이 없어 일본의 퇴적물 기준인 20 mg/g.dry(수산생물의 보호를 위하여 생물에 영향을 주는 기준농도)를 적용하면 동천하류는 2배 이상 초과하여 오염상태가 심각하였으나 그 외 모든 정점은 기준이하로 양호하였음
- 강열감량의 농도범위는 2.69 ~ 13.66 %로 하천으로부터 유기물이 지속적으로 운반되어 쌓인 동천하류가 가장 높고 남항이 최소값을 보여 COD와 유사한 농도분포를 보였음

표 5. 정점별 퇴적물 오염도 조사결과

조사항목	조사정점	동천하류	5부두	북내항	남항	발전소앞	다대포 여시장
	일반항목	함수율(%)	54.34	53.28	52.35	27.20	43.81
강열감량(%)		13.66	9.06	9.22	2.69	9.46	6.88
COD(mg/g.dry)		51.66	17.15	17.33	5.78	18.63	16.63
중금속항목	Cu(mg/kg)	182.52	113.78	52.62	133.33	278.18	408.52
	Pb(mg/kg)	62.68	27.00	29.13	40.55	43.35	32.34
	Zn(mg/kg)	420.48	127.32	89.94	268.97	263.37	187.78
	As(mg/kg)	13.04	9.11	7.48	8.38	13.01	11.32
	Cd(mg/kg)	1.31	0.48	0.71	0.73	1.56	0.76
	Cr(mg/kg)	68.23	54.19	55.87	53.23	74.75	55.33
	Hg(mg/kg)	0.404	0.234	0.137	0.035	0.192	0.075

※ — : 주의기준 초과, - : 관리기준 초과

○ 미량중금속항목

- 미량중금속의 항목별 농도 분포특성을 보면 지난해와 유사하게 비소, 크롬은 정점별로 큰 차이 없이 모든 정점에서 주의기준 이하로 나타나 비교적 양호한 수준을 보였으나 구리, 아연은 모든 정점에서 주의기준을 초과하였을 뿐만 아니라 구리는 북내항, 아연은 5부두와 북내항을 제외한 모든 정점에서 관리기준을 초과하여 오염도가 심각하였으며 독성이 비교적 강한 납, 카드뮴, 수은은 동천하류 등 일부 정점에서 주의기준을 초과하였을뿐 관리기준을 초과한 정점은 없었음
- 조사정점별 농도특성을 보면 비교적 오염부하량이 높은 도심 관류 하천이 유입되는 동천하류에서 납, 아연, 비소, 수은이 가장 높게 나타났으며 항내만에 위치한 다대포여시장에서

구리, 발전소앞에서 카드뮴이 최고값을 보였으며 해수의 유동이 비교적 원활한 북내항이 다른 정점과 비교하여 비교적 낮은 농도수준을 나타냈으나 해양오염퇴적물정화복원사업이 완료되어 전년도까지 대부분 항목에서 주의기준 이하를 보인 남항이 구리, 아연이 관리기준을 초과하며 빠르게 오염이 진행되고 있어 퇴적물의 준설만으로는 장기적인 개선이 어려운바 지속적인 오염원의 유입을 감소시키기 위한 대책과 관리가 필요한 것으로 판단됨

□ 연안수질의 장기변동

○ 2016년도 수질등급 분포현황

- 2016년도 부산연안해역의 수질 조사결과 정점별 생태기반 해수수질등급은 그림 3과 같이 I등급(매우 좋음)은 고리 등 10개소, II등급(좋음)은 북외항 등 5개소, III등급(보통)은 수영만 등 12개소, IV등급(나쁨)은 장림 등 3개소로 조사되어 II등급 이상 좋은 수질을 보인 정점의 비율이 50%로 나타났음.
- 측정망별로는 해안선이 개방되어 외해와의 해수교환이 원활한 기장연안에 위치한 연근해 환경측정망이 I등급으로 가장 좋았고 수영강과 동천의 영향으로 일부 정점의 수질이 악화 된 환경관리해역환경측정망이 II등급, 대부분의 정점이 폐쇄적인 항내만에 위치한 항만환경 측정망이 III등급을 보였으며 낙동강 하구에 위치하여 하천의 직접적인 영향을 받은 하구역 측정망이 IV등급으로 나쁨의 수질을 나타내었음.

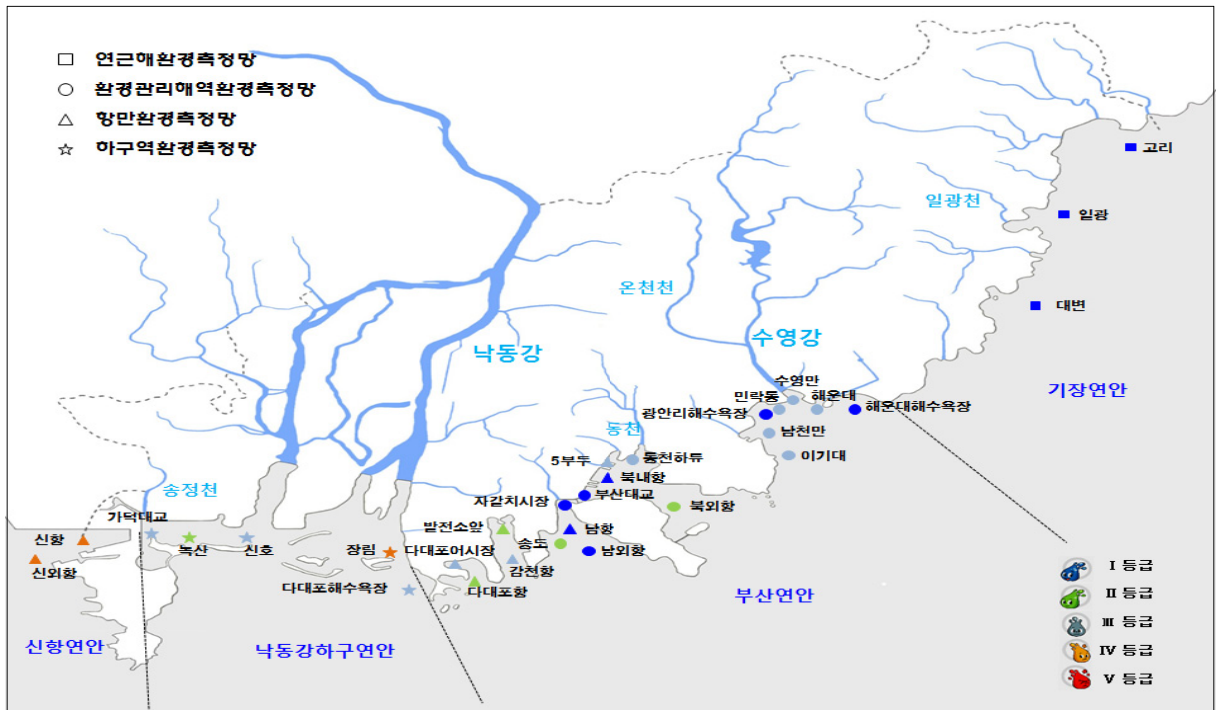


그림 3. 연안별 해수수질등급 현황도(2016년도)

○ 최근 4년간 수질등급 변동

- 해양수질을 생태기반 해수수질 기준으로 등급을 산정한 2013년부터 4년간 부산연안해역의 등급별 정점수 분포현황을 보면 II등급(좋음) 이상을 차지한 비율이 50 ~ 84%를 보이며 V등급(아주나쁨) 정점이 없이 비교적 양호하게 나타났으나 매년 II등급 이상 정점이 감소하며 수질이 악화되는 것으로 판단됨.
- 특히 2016년의 경우 전년도 보다 II등급(좋음) 이상을 차지한 비율이 27% 감소하며 수질이 나빠졌는데 이는 항만환경측정망과 하구역환경측정망의 다수 정점이 하절기 저층산소포화도 감소 및 투명도 저하로 인하여 수질등급의 하락에 따른 것으로 판단됨.

표 6. 생태기반해수수질 등급별 정점수 분포현황

(단위 : 개소)

연도 \ 수질등급	2013년	2014년	2015년	2016년
I등급(매우 좋음)	20	10	17	10
II등급(좋음)	6	11	7	5
III등급(보통)	5	9	5	12
IV등급(나쁨)	0	1	2	3
V등급(아주나쁨)	0	0	0	0
II등급 이상(%)	84%	67%	78%	50%

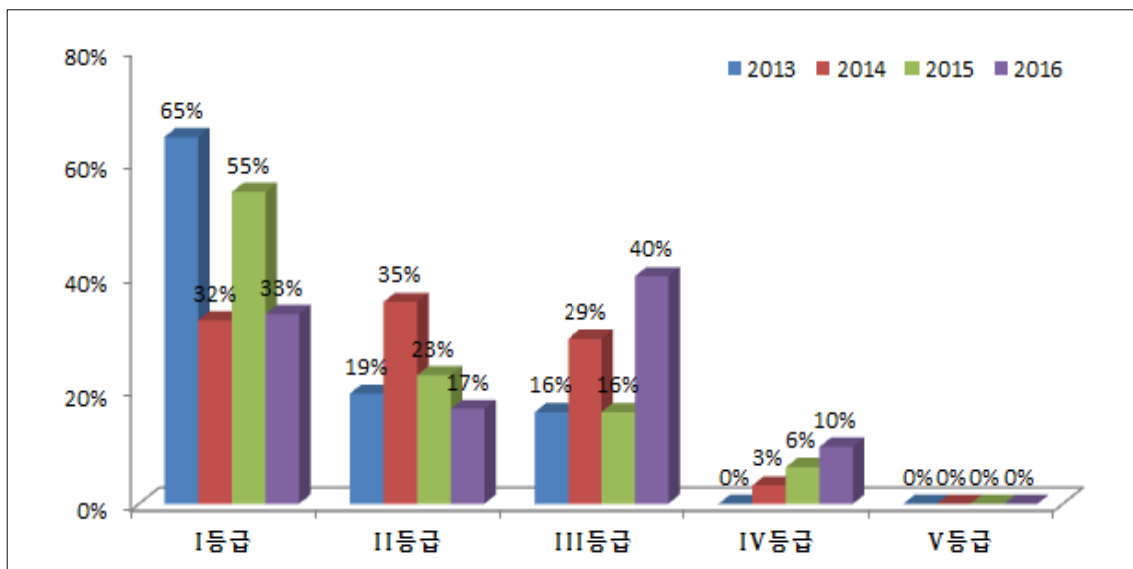


그림 4. 최근 4년간 수질등급별 정점 비율

4. 활용방안 및 기대효과

- 2016년도 부산연안해역의 측정망별 수질특성을 보면 해안선이 개방되어 외해와의 해수교환이 원활한 기장연안에 위치한 연근해환경측정망이 I등급으로 가장 좋았고 수영강과 동천의 영향으로 일부 정점의 수질이 악화된 환경관리해역환경측정망이 II등급, 대부분의 정점이 폐쇄적인 항내만에 위치한 항만환경측정망이 III등급을 보였으며 낙동강 하구에 위치하여 하천의 직접적인 영향을 받은 하구역환경측정망이 IV등급으로 나타남
- 매년 정기적인 수질오염도 조사를 통한 해역별 수심, 외해와의 개방정도, 조류의 흐름방향 등 물리적 환경에 따른 수질특성을 파악하여 연안별 수질개선 방안 마련 및 주요 항만의 오염퇴적물 정화사업의 대상 범위 선정 등에 필요한 기초자료를 제공