

論文

# 하수종말 처리장 방류구 주변해역에서의 해양환경 특성에 관한 연구

조천래\* · 조현서\* · 이대인\*\* · 박정채\*

\*전남대학교 수산해양대학 해양기술학부, \*\*전남대학교 수산과학연구소

## Characteristics of Ocean Environment around Outfall Discharged from Treatment Plant.

Chon Rae CHO, Hyeon Seo CHO, Dae in LEE, Jeong Chae PARK

\*, \*\*Faculty of Marine Technology, College of Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University,  
Yeosu, 550-749, Korea

**요 약** : 여수 하수처리장 하수처리 방류구가 배출구 인근해역에 미칠 수 있는 영향정도를 파악하기 위하여 해양수질 및 저질 환경을 조사하였다. 조사는 총 30개 지점에서 수질과 저질의 일반항목과 영양염류에 대하여 실시하였다. 조사시기는 2005년 9월 3일(하계), 2005년 11월 20일(추계), 2006년 2월 13일(동계), 2006년 5월 28일(춘계)에 4계절에 걸쳐 밀물시와 썰물시에 현장 조사를 실시하였다. 배출구는 해양수질환경의 특성을 통해 추정된 결과 직접영향권은 0.5km, 간접 영향권은 반경 약 2km까지로 추정되었다. 저질의 결과를 보면 산 휘발성 황화물의 농도가 많은 해역에서 저질의 오염기준을 초과하는 등 오염된 저질의 특성을 보였으며, 산 휘발성 황화물과 화학적 산소요구량의 분포는 니질 퇴적상이 두드러지게 나타나는 배출구 동측과 돌산도 남동쪽, 돌산도 서측과 대경도 동측사이에 위치한 해역에서는 대체적으로 높은 값들을 보이고 있으며, 조립질 퇴적상이 주로 분포하고 있는 배출구와 국동항사이의 수로에서는 대체적으로 낮은 분포를 나타내었다.

**핵심용어** : 하수처리장, 방류구, 해양수질환경, 해양저질환경

**KEY WORDS** : Treatment Plant, Outfall, Seawater quality, Sediment environment

### 1. 서 론

해양은 예로부터 육상에서 발생하는 각종 오염물질의 처분장으로 인식되어 각종 오염물질을 투기하는 장소로 사용되어 왔으며, 생태계의 정화장치로서의 역할을 수행해 왔다. 근래 이러한 이점 때문에 전 세계에서 연안지역에 대한 관심과 이용도가 증대되면서 임해도시와 산업지역이 연안에 밀집되고 있다. 이로 인해 발생하는 방대한 양의 오폐수 발생으로 인해 육상의 소하천은 물론이고 연안의 해양환경이 심각한 수준에 다다르게 되었다. 이러한 이유로 육상에서 발생하는 오폐수의 처리에 관심을 갖게 되었으며, 주요 연안의 도시를 중심으로 하수종말처리장을 건설하여 가동중에 있다. 여수지역도 이러한 지역적 요구를 수용하여 11년만의 공사 끝에 2004년 12월에 완공하여 2005년 1월 1일부터 하수종말처리장의 운영을 시작하였다. 38km에 달하는 차집관로를 통해 유입된 오폐수를 하수종말처리장에서 처리 후 여수해만과 가막만을 연결하는 협수로의 동측에 방류된다. 조간대지역에 설치된 방류구를 통해 이루어지며 바다로 즉시 유입되어 혼합이 이루어진다.

처리하수의 방류로 인해 인근 해역의 환경에 어떠한 영향을 주는지를 파악하기 위하여 해양수질과 저질을 채취하여 그 특성을 규명하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 조사시기 및 조사 정점

Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 여수시 하수처리장 처리수가 방류되는 부근 해역의 30개 정점에서 2005년 9월 3일(하계), 2005년 11월 20일(추계), 2006년 2월 13일(동계), 2006년 5월 28일(춘계)에 4계절에 걸쳐 밀물시와 썰물시에 현장 조사를 실시하였다. 수질시료의 경우 표층수는 바켓스, 저층수는 Van Dorn 채수기를 이용하여 폴리에틸렌(PE)제병에 채수하였으며 채수 후 실험실로 운반하여 즉시 분석하였다. 저질시료의 경우, 중력식 core 채니기를 이용하여 경질유리병에 채집하여 아이스박스에 넣어 실험실로 운반 후 실험시까지 영하 20℃에서 냉동 보관하였다.

#### 2.2 분석항목 및 방법

\*대표저자 : 정희원, hscho@chonnam.ac.kr, 061)659-3146

수질 분석은 pH, 용존산소(DO), 총부유물질(SS), 화학적 산소요구량(COD)과 영양염류인 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), 아질산성 질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N), 질산성 질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), 인산염 인(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P), 규산 규소(Si(OH)<sub>4</sub>-Si), 총인(TP) 및 총질소(TN)를 분석하였다. 분석방법은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005) 및 해양관측지침(日本氣象協會編, 1985)에 준하여 분석하였다. 저질 분석은 함수율(%), 강열감량(IL), 화학적 산소요구량(COD), 산취발성황화물(AVS)을 분석하였으며 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2005)과 新編水質汚濁調査指針(日本水産資源保護協會編, 1980)에 준하여 분석하였다.

수질의 분석항목별 분석방법은 pH는 pH Meter(IQ150), 염분은 전도도 측정기(YSI-3200)를 사용하여 현장에서 측정하였으며, 총부유물질(SS)는 유리섬유 여과지로 여과하여 중량법으로 측정하였다. 화학적산소요구량(COD)는 알칼리성 과망간산 칼륨법으로 측정하였다. 용존산소(DO)는 윙클러-아지드화 나트륨 적정법을 이용하여 측정하였으며, 현장에서 고정 후 실험실로 옮겨 즉시 측정하였다. 영양염류의 분석은 채수한 해수를 Pore Size: 약 1 μm인 유리섬유 여과지(GF/C)를 이용하여 여과 시킨 후 여액을 시료로 제공하여 암모니아성 질소(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)는 인도페놀법, 아질산성 질소(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)는 디아조화법, 질산성 질소(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)는 카드뮴-구리 칼럼 환원법, 인산 인(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) 및 규산 규소(Si(OH)<sub>4</sub>-Si)는 몰리브덴 청법으로 분석하였다. 총질소(TN)과 총인(TP)는 비여과수를 이용한 알칼리성 과망간산칼륨 산화에 의한 동시분석법을 통해 분석하였다. 저질의 분석항목별 분석방법은 함수율은 해저퇴적물의 건조 전 무게와 건조 후 무게 차이를 측정하였고, 퇴적물 중의 유기물을 측정하는 방법 중 하나인 강열감량(IL)은 건조후, 고온도 회화법을 이용하여 화학저울로 중량을 측정하여 감량에 대한 백분율로 나타내었다. 퇴적물내의 간접적으로 유기물의 양을 추정할 수 있는 화학적 산소요구량(COD)은 알칼리성 과망간산칼륨법으로 측정하였다. 산취발성황화수소(AVS)는 황산 산성 하에서 황화수소를 추출시켜 검지관법으로 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 최종방류구 주변해역의 수질환경

하수처리수 방류구 주변해역의 수질환경조사 결과를 Table 1과 2에 나타내었다.

전 조사기간에 걸친 조사해역의 수소이온농도(pH)의 범위를 보면, 7.55~8.55의 분포범위를 보였다. 조사기간 동안 대부분의 조사 해역에서 해역 수질기준(해양수산부, 2003) 등급 I의 수질(참돔, 방어 및 미역 등 수산생물의 서식양식 및 해수욕에 적합한 수질)을 보였으며, 일부 해역에서는 등급 1의 수질(해양에서의 관광 및 여가선용과 송어 및 김 등 등급 I의 해역에서 서식양식에 적합한 수산생물외의 수산

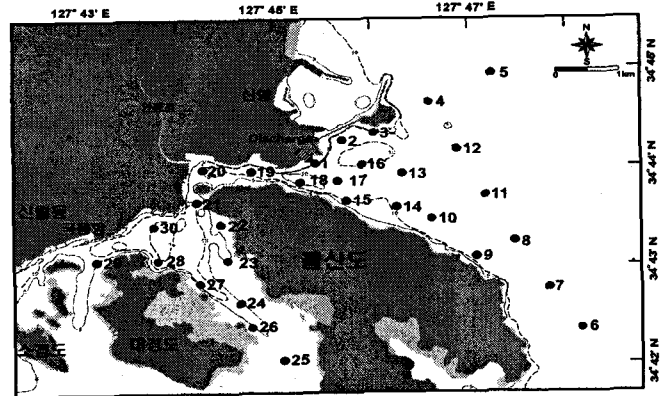


Fig. 1. Map showing water sampling stations. 생물의 서식양식에 적합한 수질)을 보였다. 방류구 주변 해역에서는 배출수의 영향으로 다소 낮은 값을 나타내었다.

용존산소(DO)의 전 조사기간 동안 4.96~11.47 mg/L의 범위로 나타났다. 용존산소 농도는 조사 시기 중 동계에 평균 10 mg/L 이상의 높은 값을 보였으며, 하계와 추계 일부 해역에서 해역수질등급 등급 I~II의 수질을 보였으며 그 외의 조사에서는 대부분의 해역에서 등급 I의 양호한 수질을 나타내었다. 이들 값은 Joh(1986)가 제안한 저서생물에 대한 용존산소 기준인 4.3 mg/L보다 높게 나타나 용존산소에 의한 수산생물의 서식에 대한 영향은 미미한 것으로 나타났다. 부유물질(SS)은 전 조사기간동안 2.43~91.00 mg/L의 농도분포를 보였다. 연구 기간 동안 대부분의 해역에서 평균 14~35 mg/L의 값을 보였으며, 춘계에 밀물시 저층에서 평균 34.48 mg/L로 가장 높게 나타났으며, 추계에 썰물시 저층에서 평균 13.54 mg/L로 가장 낮은 평균값을 보였다. 화학적 산소요구량(COD)은 전 조사기간동안 0.05~5.41 mg/L의 분포를 보였다. COD 조사 결과 해역에서는 조사기간 동안 해역 수질기준 등급 I~III의 수질을 보였으며, 조사 시기에 따라 다소 차이는 있지만 하계와 춘계 표층 조사에서 하수종말처리장 방류구 주변의 일부 해역과 대경도 주변 해역에서 다소 높은 값을 보여 배출수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

용존 무기질소(DIN)는 전 조사기간동안 0.02~175.13 μg-at./L의 농도로 나타났다. 조사 시기동안 다른 계절에 비해 추계에 다소 높은 값을 보였으며, 추계의 경우 썰물시 표층의 일부 지점을 제외하고는 대부분 해역에서 5 μg-at./L 이상의 값으로 나타났다. 추계를 제외한 다른 계절 조사에서는 대부분의 해역에서 5 μg-at./L 미만의 낮은 값을 보였다. 영양염의 분포를 일본의 수산용수기준(사단법인 일본수산자원보호협회, 2000)의 김 양식에 필요한 최저 용존 무기질소(DIN) 농도 0.07~0.1 mg/L의 기준과 비교하여보면, 전체 해역의 표층 용존 무기질소는 추계 이외의 조사결과에서 김 양식에 필요한 영양 농도보다 대부분 낮은 분포를 보여 다소 부족한 영양 상태를 나타낸다.

용존 무기인(DIP)은 전 조사기간동안 0.01~17.95 μg-at./L의 값을 보였다. 일부 지점을 제외하고는 대부분의 해역에서

하수종말 처리장 방류구 주변해역에서의 해양환경 특성에 관한 연구

0.3  $\mu\text{g-at./L}$  이상의 값을 보였으며, 추계에 밀물시 표층에서 다소 높게 나타났으며, 하계 썰물시 표층과 춘계 썰물시 저층에서 다른 시기에 비해 다소 낮은 값들을 보였다. 영양염의 분포를 일본의 수산용수기준(사단법인 일본수산자원보

호협회, 2000)의 김 양식에 필요한 최저 용존 무기인(DIP) 농도 0.007~0.014 mg/L의 기준과 비교하여보면, 전체 해역의 표층 용존 무기인은 조사 시기 중 일부 지점들을 제외하고는 대부분 계절에서 풍부한 영양 상태를 나타내고 있었다.

Table. 2. Seasonal range and mean values of analytical parameters in seawater around outfall(EBB)

Parameters		2005				2006			
		Summer		Fall		Winter		Spring	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Temp (°C)	S	25.5~27.5	26.3	13.0~15.0	14.1	5.0~6.9	6.0	15.9~17.9	16.8
	B	24.3~26.3	25.3	12.1~15.2	14.2	4.2~7.0	5.7	15.2~17.7	16.2
Sal (psu)	S	24.4~31.4	30.4	30.3~32.4	31.60	24.3~34.4	33.7	27.4~32.4	31.9
	B	30.1~31.4	30.8	30.0~32.4	31.5	34.0~34.3	34.2	31.7~33.1	32.4
pH	S	7.79~8.40	8.23	8.08~8.33	8.27	7.55~8.49	8.42	8.31~8.44	8.49
	B	8.08~8.29	8.22	8.19~8.38	8.33	8.41~8.52	8.47	8.42~8.55	8.49
SS	S	5.57~68.86	22.96	2.92~63.51	27.16	5.71~65.00	24.39	19.29~44.11	32.57
	B	4.00~47.14	24.86	2.43~44.29	13.54	8.29~46.43	27.81	19.08~52.77	33.59
DO (mg/L)	S	6.11~9.03	7.83	7.00~9.61	8.16	7.69~11.47	10.54	7.01~8.42	7.76
	B	4.96~8.35	6.58	5.41~7.80	6.14	10.25~11.46	10.68	7.14~8.48	7.64
COD (mg/L)	S	0.05~3.12	0.99	0.40~1.29	0.77	0.41~5.41	0.92	0.35~2.76	1.03
	B	0.68~3.92	1.84	0.13~1.81	0.55	0.41~1.29	0.83	0.31~1.39	0.75
DIN ( $\mu\text{g-at./L}$ )	S	0.18~94.88	6.02	3.16~44.56	7.60	0.02~38.23	3.81	-	-
	B	1.00~4.30	2.35	3.79~11.27	7.85	0.02~2.34	0.81	-	-
DIP ( $\mu\text{g-at./L}$ )	S	0.01~9.85	0.48	0.61~1.75	0.95	0.19~15.89	0.87	0.05~9.57	0.46
	B	0.09~0.51	0.34	0.54~1.27	0.93	0.18~1.28	0.51	0.10~0.34	0.22
Si(OH) <sub>4</sub> -Si ( $\mu\text{g-at./L}$ )	S	4.33~56.47	13.17	10.96~19.43	14.83	2.89~54.66	7.61	10.88~40.69	15.08
	B	9.25~37.02	19.00	9.52~18.58	15.32	1.36~6.25	3.54	10.29~16.14	13.42
TN (mg/L)	S	0.475~2.400	0.715	0.144~6.369	0.450	0.194~0.631	0.250	-	-
	B	0.415~0.912	0.649	0.176~0.656	0.407	0.177~0.236	0.196	-	-
TP (mg/L)	S	0.014~0.310	0.036	0.025~0.134	0.043	0.023~0.590	0.050	-	-
	B	0.015~0.046	0.028	0.023~0.041	0.033	0.028~0.084	0.045	-	-

Table. 3. Seasonal range and mean values of analytical parameters in seawater around outfall(FLOOD)

Parameters		2005				2006			
		Summer		Fall		Winter		Spring	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Temp (°C)	S	25.0~27.0	25.8	13.0~14.3	13.8	4.9~7.0	5.7	16.0~18.0	16.9
	B	24.8~26.0	25.1	12.5~14.2	13.7	4.2~6.9	5.6	15.4~16.9	16.1
Sal (psu)	S	22.0~30.9	30.4	29.0~32.1	31.7	31.1~34.4	34.0	22.6~32.8	31.8
	B	30.3~31.2	30.8	30.7~32.2	31.8	33.3~34.4	34.2	32.0~32.9	32.6
pH	S	7.96~8.34	8.22	8.26~8.37	8.31	8.31~8.54	8.48	8.16~8.51	8.44
	B	8.10~8.22	8.17	8.15~8.35	8.31	8.45~8.50	8.48	8.42~8.51	8.48
SS	S	6.86~91.00	32.88	5.71~89.00	18.80	26.43~45.14	31.50	7.71~67.14	33.70
	B	9.29~65.57	24.87	4.29~37.00	14.20	24.57~40.14	29.72	10.29~42.86	34.48
DO (mg/L)	S	6.09~7.80	6.67	7.43~8.24	7.98	10.15~11.22	10.84	6.97~8.85	7.80
	B	4.96~8.35	6.58	7.77~8.14	7.96	9.57~11.33	10.74	7.42~8.13	7.72
COD (mg/L)	S	1.48~3.24	2.42	0.56~1.40	0.96	0.34~1.66	0.95	0.08~1.72	0.47
	B	0.15~1.27	0.64	0.28~1.32	0.74	0.18~1.58	0.84	0.24~0.87	0.48
DIN ( $\mu\text{g-at./L}$ )	S	1.65~175.13	11.99	6.81~58.74	13.29	0.22~19.20	3.66	-	-
	B	1.83~5.16	3.69	6.01~10.60	7.80	0.04~1.95	1.17	-	-
DIP ( $\mu\text{g-at./L}$ )	S	0.06~4.37	0.51	0.75~2.88	1.03	0.14~3.86	0.55	0.13~17.95	1.39
	B	0.19~0.71	0.40	0.72~1.34	0.96	0.24~0.65	0.48	0.10~0.70	0.28
Si(OH) <sub>4</sub> -Si ( $\mu\text{g-at./L}$ )	S	8.92~73.30	18.48	13.20~29.09	15.73	1.11~19.67	3.55	11.62~68.26	17.60
	B	9.28~15.19	12.97	12.41~17.49	15.11	1.14~2.49	1.75	11.33~18.22	14.25
TN (mg/L)	S	0.633~3.991	0.892	0.207~6.681	0.773	0.229~0.501	0.279	-	-
	B	0.662~1.144	0.807	0.295~0.831	0.711	0.170~0.239	0.203	-	-
TP (mg/L)	S	0.019~0.388	0.047	0.023~0.091	0.038	0.047~0.127	0.057	-	-
	B	0.017~0.039	0.029	0.024~0.053	0.037	0.042~0.075	0.058	-	-

Table 3. Seasonal ranges and mean values of analytical parameters in sediment around outfall

Parameters	2005				2006			
	Summer		Fall		Winter		Spring	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
IL(%)	4.82 ~ 12.43	8.85	7.21 ~ 13.54	9.15	6.05 ~ 20.53	10.00	7.31 ~ 21.90	10.58
AVS(mgS/g-dry)	0.06 ~ 11.48	1.56	0.03 ~ 5.35	1.78	0.00 ~ 12.82	1.62	0.05 ~ 4.17	1.07
COD(mgO/g-dry)	9.11 ~ 27.10	17.57	0.79 ~ 20.50	12.65	0.63 ~ 23.81	15.80	3.73 ~ 31.10	16.17

총 질소(T-N)의 전 조사기간에 걸친 농도는 0.144 ~ 6.681 mg/L의 범위로 조사되었다. 하계와 춘계에서는 수질기준 II ~ III등급의 수질을 보이며, 일부해역에서는 등외의 수질을 보였다. 특히, 춘계 썰물과 밀물시 하수종말처리장 방류구 부근의 표층에서는 6 mg/L 이상의 높은 값을 보였으며, 조사 시기에 따라 다소 차이는 있지만 대부분 방류구 주변 해역의 표층에서 높은 값들을 보여 배출수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 총 인(T-P)은 전 조사기간에 걸쳐 0.014 ~ 0.590 mg/L로 나타났다.

수평분포를 보면 하계와 춘계에는 어항단지 부근과 돌산도 북동측해역의 일부를 제외하고 대부분 해역 수질기준 I ~ II 등급의 수질을 보였으며, 동계에는 썰물시 표층의(I ~ II등급) 수질을 제외하고 II ~ III등급의 수질을 보였으며, 일부 지점에서는 등외 수질을 보였다. 하계 조사에서는 대부분의 해역에서 0.03 mg/L 전후의 분포를 보여 해역 수질기준 등급 I ~ II의 수질을 나타내었다. 춘계 조사에서는 양조석 표층에서 배출수 방류구 앞 해역에서 0.05 mg/L 이상의 높은 분포를 보이며 저층 조사에서는 전 해역에서 0.03 mg/L 전후의 낮은 분포를 나타내었다. 동계 조사에서는 대부분의 조사해역에서 0.03 ~ 0.05 mg/L 전후의 분포를 보여 해역 수질기준 등급 II ~ III의 수질을 나타내었다. 규산성 규소(Si(OH)<sub>4</sub>-Si)의 전조사기간동안 농도분포를 보면 1.11 ~ 73.30  $\mu\text{g-at./L}$ 로 조사되었다. 조사 시기 중 하계에 썰물시 저층에서 평균 19.00  $\mu\text{g-at./L}$ 로 가장 높았으며, 다른 계절에 비해 동계에 밀물시 표층과 저층에서 다소 낮은 분포를 보였다.

### 3.2. 저질 환경

강열감량(IL)의 전 조사기간동안 분포범위는 4.82 ~ 21.90%의 범위로 나타났다. 조사 시기 중 춘계에 가장 높은 평균 함량을 나타내었으며, 조사 시기에 따라 일부 정점간에 다소 차이는 있지만 대부분의 해역에서 거의 유사한 수준의 유기물 함량을 보였다. 산 휘발성 황화물(AVS)은 전 조사기간동안 0.00 ~ 12.82 mg/g-dry의 범위로 나타났다. 산 휘발성 황화물의 수평분포를 나타내었다. 수평분포를 보면 조사시기 동안 전반적으로 유사한 분포 특성을 보였으며, 국지적으로는 연등천 앞 해역에서 다른 해역에 비해 매우 높은 값을 보였으며, 그 외 하수종말처리장 방류구 주변을 비롯한 대경도,

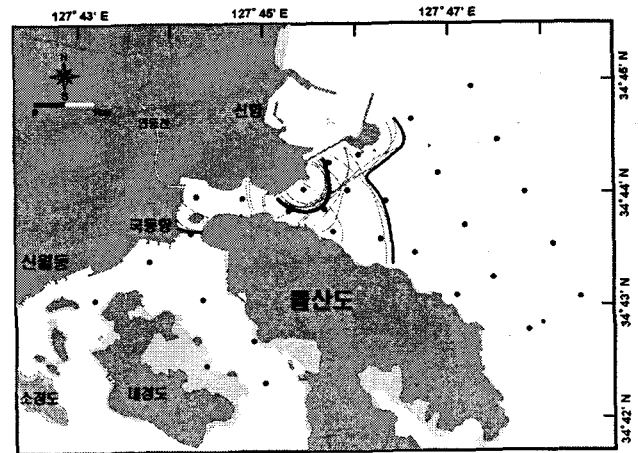


Fig. 2. Influenced area Divided by Water Environmental factors.

돌산도 북쪽 연안 주변해역에서 높게 나타났다. 조사 시기 동안 조사 해역의 일부 지점을 제외하고는 대부분 해역이 1 mg/g-dry 이상의 값으로 수산 생물에 영향을 미친다는 0.2 mg/g-dry 이상(日本水産資源保護協會, 1980)의 값을 보였으며, 저질의 오염기준치인 1 mg/g 이상(日本水産資源保護協會, 1980)보다 보도 기준을 상회하는 높은 분포를 보였다. 0.2 mg/g-dry 이하의 낮은 농도는 동계와 춘계에 조사해역의 동쪽 바깥 외해역 일부 지점에서 분포하였다.

화학적 산소요구량(COD)은 전 조사기간동안 0.63 ~ 31.10 mg/g-dry의 농도 분포를 보였다. 조사기간 중 동계에 연등천 앞 해역에서 30 mg/g-dry 이상의 가장 높은 값을 나타내었으며, 국지적으로 하수처리장 방류구 주변과 연등천 입구역 및 대경도 주변 해역에서 저질의 부영양화를 나타내는 저질 기준치인 20 mg/g(日本水産資源保護協會, 1980)을 상회하는 높은 분포를 보였다.

## 4. 결 론

### 4.1. 수질 환경의 특성

하수처리수 방류수가 주변 해역의 규소 농도에 미치는 영향은 하계 양 조석 표층수, 춘계 밀물시 표층수, 동계 썰물시 표층수, 춘계 양 조석 표층수 조사에서 뚜렷하게 나타난다. 하계 표층수 조사에서는 방류구와 오동도 사이 해역(1,2,3번 지점), 춘계 밀물시 표층 조사에서는 방류구 앞 해역(1번 지

점), 동계 썰물 표층에서는 방류구 주변해역(1, 21번 지점), 춘계 표층수 조사에서는 방류구와 돌산도 사이 해역에서 주변해역과 뚜렷한 농도차를 보여 배출수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며 수질조사항목의 종합적 판단으로는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 직접적인 영양범위는 방류구의 반경 0.5km로 나타나며, 간접 영향권은 방류구로부터 약 2km의 반경으로 나타난다.

#### 4.2. 저질 환경의 특성

산 휘발성 황화물의 농도가 많은 해역에서 저질의 오염 기준을 초과하는 등 오염된 저질의 특성을 보였으며, 산 휘발성 황화물과 화학적 산소요구량의 분포는 니질 퇴적상이 두드러지게 나타나는 배출구 동측과 돌산도 남동쪽, 돌산도 서측과 대경도 동측 사이에 위치한 해역에서는 대체적으로 높은 값들을 보이고 있으며, 함력니사질 퇴적상의 조립질 퇴적상이 주로 분포하고 있는 배출구와 국동항 사이의 수로에서는 대체적으로 낮은 분포를 나타내었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김귀영(2002), 가막만의 이화학적 환경특성과 퇴적물에서의 물질 거동 연구. 영남대학교 이학박사학위논문, pp 133.
- [2] 김도희(2002), 영양염 용출 측정에 관한 고찰, 한국환경과학회지, Vol. 11, pp. 1333-1337.
- [3] 박해식(1999), 수영 하수처리장 방류수의 해중 방류법과 3차 처리시설 설치시 비용 비교 분석, 한국환경과학회지 제8권(제1호), pp. 115 ~ 123.
- [4] 여수시(1995), 여수여천시 통합하수종말처리장 설치와 관련처리수의 해역배출에 따른 시뮬레이션 연구 및 개선방안, pp. 366
- [5] 이대인(1999), 가막만에서의 기초생산력 향상방안에 관한 생태계 모델링. 한국환경과학회지, 8(5), 575-586.
- [6] 이규형(1993), 가막만의 양식물의 생산에 관한 수산해양학적 연구. 박사학위논문, pp 180.
- [7] NOAA, Sediment Quality Guidelines Developed for the nation
- [8] 조현서(1994), 가막만 수질 및 저질 환경의 계절별 변동특성, 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고, 3, pp 21-34.
- [9] 여수시(2006), 하수처리시설 방류구 주변 시뮬레이션 연구용역 보고서, pp. 60 ~ 128.
- [10] 해양수산부(1998), 해양환경기준개선 연구용역(I) 최종보고서.
- [11] 해양수산부(2005), 해양환경공정시험방법.
- [12] APHA-AWWA-WEF(1998), Standard Methods.
- [13] NOAA(1999), Sediment Quality Guidelines
- Developed for the National Status and Trends Program.
- [14] Hecky, R. E. (1988), Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments: A review of recent evidence on the effects of enrichment, Limnol. Oceanogr, Vol. 33, 796-822.
- [15] 日本氣象協會編(1985), 海洋觀測指針. 日本海洋學會, 東京, pp. 428.
- [16] 日本水産資源保護協會(1972), 水産環境水質基準. pp. 87.
- [17] 日本水産資源保護協會(1980), 新編水質汚濁調査指針. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 552.
- [18] 日本分析學會(北海道地府編)(1981), 水の分析.