

## 광양만으로 유입하는 하천하구에서의 이화학적 특성

- 우수기 직후 유입하천에 따른 영향 -

김은영·정홍호·정호승·조환익\*·황주찬·최상원

여수대학교 화학공학과 · \*여수환경운동연합

(2004년 2월 2일 접수; 2004년 8월 9일 채택)

## Physicochemical Characteristics of Kwangyang Bay

- effect of inputting rivers after rainy season in summer -

Eun-Young Kim, Hung-Ho Chung, Ho-Seong Jeong,

Hwan-Ik Cho\*, Ju-Chan Hwang and Sang-Won Choi

Department of Chemical Engineering, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

\*Korean Federation for Environmental Movement-Yeosu, Yeosu 555-802, Korea

(Manuscript received 2 February, 2004; accepted 9 August, 2004)

Physicochemical characteristics of Kwangyang Bay, have been investigated on the effects of inputting rivers just after rainy season in summer 2003. The results ranged from 4.96~8.01 mg/L for DO, 1.16~3.09 mg/L for COD, 7.21~67.71  $\mu\text{M}$  for DIN and 0.12~121.84  $\mu\text{M}$  for phosphate. The COD of Yeosu Area was 1.19~3.09 mg/L, Kwangyang Area was 1.23~2.76 mg/L. The COD of Wallae cheon in Yeosu Area was 3.09 mg/L and Donghoan in Kwangyang Area was 2.76 mg/L. The reason of high COD might be industrial sewage of organic chemical plants and iron foundry. DIN of Yeosu Area and Kwangyang Area were 7.21~63.43  $\mu\text{M}$  and 8.43~67.71  $\mu\text{M}$  respectively. The average phosphate of Yeosu Area was 23.65  $\mu\text{M}$ . The source of phosphate might be industrial sewages of fertilizer plant and phosphate gypsum stocked with high amounts. The metal concentrations were measured in the range of 1.01~175.10  $\mu\text{g/L}$  for Cu, 0.13~1.78  $\mu\text{g/L}$  for Cd, 1.13~5.21  $\mu\text{g/L}$  for Pb, 1.58~13.57  $\mu\text{g/L}$  for Cr and 1.07~20.68  $\mu\text{g/L}$  for As. The average Cu concentration was 78.99  $\mu\text{g/L}$  in Kwangyang Area. The source of Cu might be industrial sewage of iron foundry. The average Cr concentration of Yeosu Area was 9.07  $\mu\text{g/L}$ . That is 2 times higher than Kwangyang Bay 5.74  $\mu\text{g/L}$ , because of sewage of chemical plants.

Key Words : Physicochemical characteristics, Kwangyang Bay, DIN, Phosphate, Cu, Cr

### 1. 서론

광양만 연안 해역은 자연환경이 수려한 내만으로 만 주변의 대소 하천으로부터 풍부한 영양물질이 만내로 유입되어 1차 생산력이 높아 각종 어류의 산란장과 치어의 좋은 서식지가 되어 만 내의 연안 해역은 수산업에 좋은 환경 조건을 갖춘 어장으로 이용되어 왔다<sup>1,2)</sup>. 또한 광양만은 남쪽에서는 쿠로시오

의 지류인 대만 난류의 영향을 받은 외해수가 유입되고 북쪽에서는 섬진강 담수가 연간 25억 8 천만 톤이 유입되는 해역이다<sup>3,4)</sup>. 그러나 1960년대 중반 정부의 국가경제 활성화와 정책에 의해 호남정유(현 LG-Caltex 정유)를 시작으로 석유화학관련 공장 약 100여 곳이 광양만 유역의 여수 산단에 조성되었고<sup>5,6)</sup>, 1980년대 광양제철소를 비롯한 울촌 공단 및 광양 컨테이너항과 하동화력발전소가 건설되었다. 도시화로 인한 인구 증가 및 생활양식의 변화, 주변 산업시설 등으로부터의 하·폐수 및 자가 오염물질 등의 유입증대로 인하여 광양만 해역의 환경은 어장환경의 악화 등 많은 문제가 발생하고 있다. 특히

Corresponding Author : Eun-Young Kim, Department of Chemical Engineering, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea

Phone : +82-61-659-3291

E-mail : key812@yosu.ac.kr

생활 하수와 폐수의 유입으로 인하여 최근 연안해역 환경에 심각한 문제가 되고 있는 적조의 원인 물질로 알려진 질소·인과 같은 영양염의 과도한 유입으로 인한 부영양화가 진행되기 때문에 바다의 부영양화 현상은 수질관리에 있어서 큰 관심의 대상이 되고 있다<sup>7,8)</sup>.

영양염류가 다량 수계로 유입되어 수중의 생산력이 증가하면 과도한 조류의 성장이 발생하며, 사후 생물분해시 용존산소의 결핍과 같은 악영향이 나타난다<sup>7)</sup>. 이러한 영양염을 검토함으로써 부영양화 기작 또는 적조발생 기구 해명은 물론 효과적인 수질관리 기술을 개발하는데 있어 중요한 정보를 얻을 수 있다.

광양만의 수질을 연구한 바에 의하면 질소와 인의 유입원으로는 광양만 유입 하천으로부터의 담수 및 생활하수 유입과 광양만 유역에 자리잡은 비료, 석유 및 제철단지의 폐수가 유입되는 것으로 추측하였고<sup>9)</sup>, 다른 연구자는 질산염의 농도가 광양항이 인접한 곳에서 현저하게 높게 나타나고 있음을 보고<sup>1)</sup>하고 있다. 그러나 남해안 및 광양만의 해양 화학 환경 특성 등을 연구한 바는 해역자체<sup>10)</sup>이거나, 퇴적층에 관한 연구<sup>11)</sup>가 주로 보고되고 있을 뿐 하천에 대한 영향을 연구한 보고는 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 광양만 해역의 오염 실태와 원인을 파악하기 위한 조사의 일환으로 우수기 직후 광양만 해역에 직접 유입되는 하천의 하구 해수를 조사하여, 광양만에 미치는 오염특성을 파악하였다.

## 2. 재료 및 방법

광양만 해역에 미치는 영향을 조사하고자 하천으로부터 유입량이 가장 많은 우수기 직후 광양만 유역 유입 하천을 중심으로 20 개 지점으로 나누어 분석하였다. 또한 상대적인 오염정도를 판단하기 위한 청정해역으로 알려진 전남 보성 득량만 예당수문 지류를 대조구로 선정하여 조사하였다. 조사한 기간은 우수기가 끝난 2003년 9월 25일부터 일주일간에 걸쳐 실시하였다. 시료 채취 시간은 하천이 해역에 유입되는 시간인 썰물 때를 이용하였다. (Table 1, Fig. 1). 광양만 유역의 지역 구분은 행정 구역상 광양, 하동, 남해, 여수, 순천, 그리고 대조구로 정한 우리나라 청정해역으로 알려진 보성 득량만이다.

시료는 니스킨 채수기(Niskin water sampler)를 이용하여 표층에서 채취하였으며, 채수된 해수 중 영양염류 분석을 위한 시료는 채수 후 멤브레인 여과지(membrane filter paper)(공경 0.45 μm)로 여과한 다음 묽은 산(10% HCl)과 함께 초순수로 세척 처리된 HDPE 시료병에 넣은 후 -20℃ 이하에서 보

Table 1. Sample points of Kwangyang Bay

Sample number	Sample point
1	Kwangyang area - Dong cheon
2	" - Seo cheon
3	" - Chonam plants
4	" - Sueo cheon
5	" - Donghoan estuary
6	" - Donghoan
7	" - Inner Donghoan
8	" - Taeindo
9	" - Galsaman estuary
10	Hadong area - Hadong power plant
11	Namhae area - Phoungsan Dukwall
12	" - Junghyun
13	Yeosu area - Right side from Moedo wharf
14	" - Moedo wharf
15	" - Sangam cheon
16	" - Wallae cheon
17	" - Namsu cheon
18	" - Jungbang cheon
19	" - Shinpoong
20	Sunchen area - Shinseongpo
21	Comparing point - Boseong

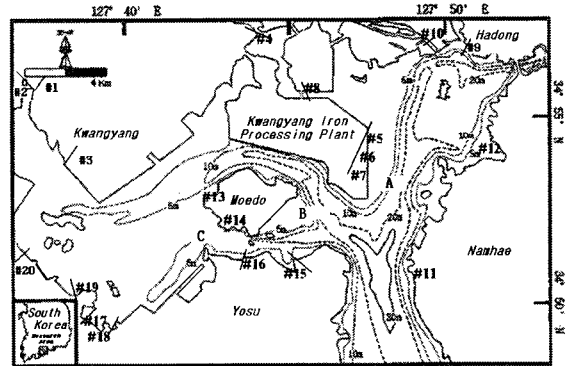


Fig. 1. Map of the sampling points of the mouth of river at Kwangyang Bay.

관하여 실험실에 옮겨 분석하였다. 수온, 염분, 수소이온 농도(pH) 및 용존 산소(DO)는 현장에서 수질 연속 측정기(YSI 600XL)를 연속으로 내려 직접 측정하였다. 화학적 산소 요구량(COD)은 알칼리성 과망간산 칼리법으로 측정하였다. 영양염류는 해양환경 공정시험방법에 의해 측정하였다<sup>12)</sup>. 중금속 전처리에는 APDC-MIBK 추출법을 이용 ICP로 분석하였다. 검량용 중금속 표준액은 Kanto Chemical Co. Inc.(Tokyo, Japan)의 화학 분석용 시약을 사용하였다. 각각의 시료는 5개 중 최상·하의 데이터를 제외한 3개 시료의 농도를 평균하였다. 중금속 측정값

광양만으로 유입하는 하천하구에서의 이화학적 특성 - 우수기 직후 유입하천에 따른 영향 -

단위는  $\mu\text{g/L}$ 로 분석하여 나타내었다.

2001년 9월부터 2004년 1월 까지 광양만 해수를 분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 조사 지점은 광양만 수질의 대표 지점이라 할 수 있는 광양제철 유역(A), 묘도 근처(B) 그리고 여수 산단 유역(C) 해수를 10m의 동일한 수심에서 채취하였다.

수온은 계절의 영향을 잘 나타내었고, 염분농도

역시 갈수기인 12, 1월에 33.8 psu로 가장 높게 나타났고, 우수기인 7월에 29.6 psu로 가장 낮게 나타났다. COD는 우수기인 7, 9월에 1.20~2.26 mg/L로 갈수기인 12, 1월인 0.33~1.88 mg/L에 비해 높게 나타났다. DIN,  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  역시 우수기인 7, 9, 10월에 높게 나타나는 것을 확인할 수가 있었다. 이러한 하천으로부터 유입량이 가장 많은 우수기 직후 광양

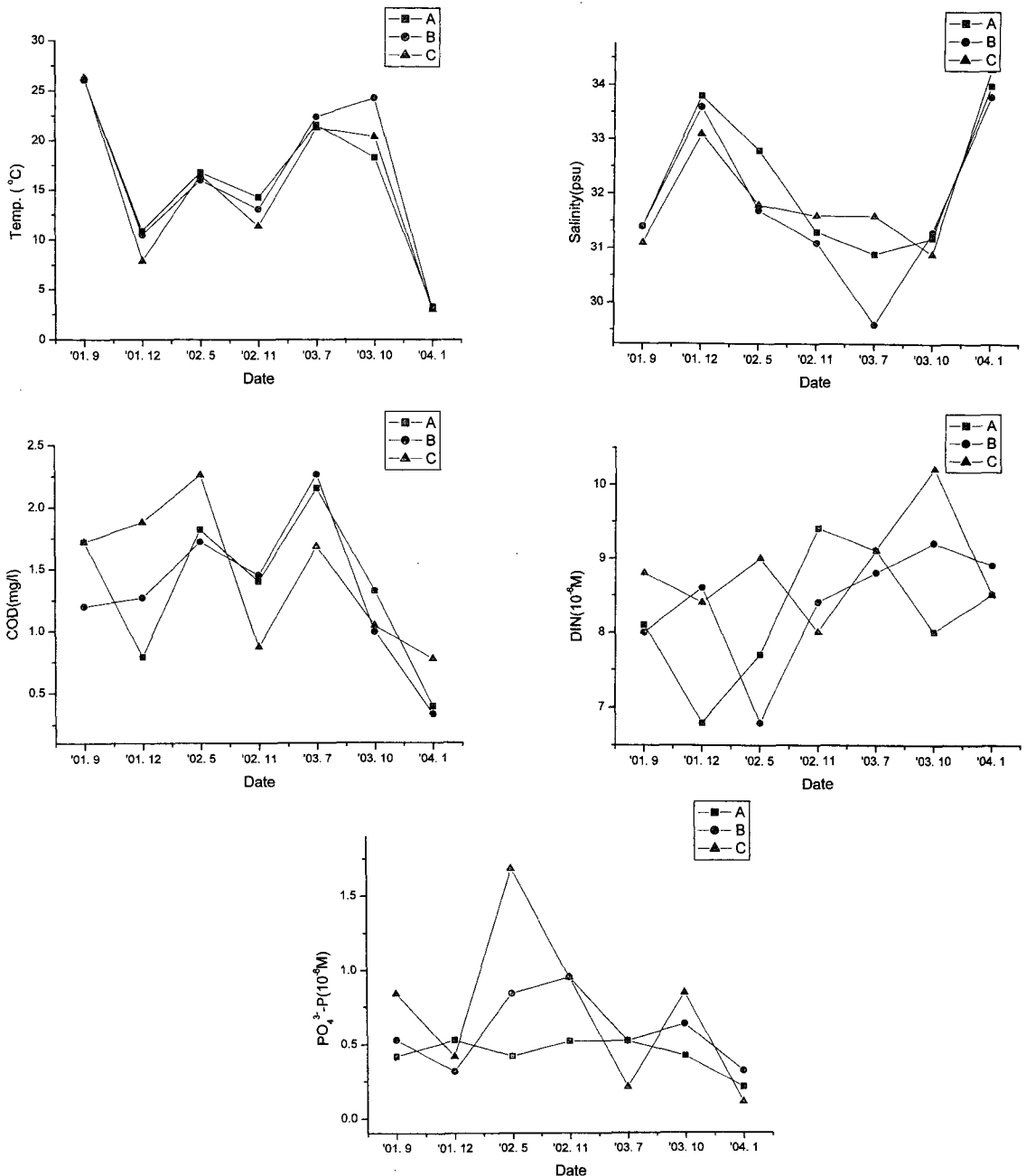


Fig. 2. The results of water analysis at Kwangyang Bay.

만 수질의 변화가 많은 결과를 바탕으로 하여, 광양만 유역의 유입 하천을 중심으로 수질에 미치는 영향을 조사하였다.

광양 지역인 동천(# 1), 서천(# 2)은 백운산에서 초남공단으로 유입되는 하천이고, 초남공단(# 3)은 동천과 서천이 초남공단을 경유해서 나오는 하천 유역이고, 수어천(# 4)는 광양의 외곽지역을 통과해서 나오는 하천이다. 동호안 안쪽(# 7), 동호안(# 6), 동호안 갯벌(# 5)은 광양제철의 배출수가 나오는 곳이고, 태인도(# 8)은 섬진강과 광양 사이의 광양제철의 해수가 통과하는 위치이다. 갈사만(# 9)은 태인도 옆에서 나오는 하천이고, 하동화력(# 10)은 발전소 배수로이다. 남해 지역인 평산덕월(# 11), 중현(# 12)는 하천이 없는 관계로 해역에서의 시료를 채취하였다.

여수 지역의 묘도 선착장 오른쪽(# 13)은 광양제철의 해수와 남해화학 유역의 해수가 조석간만에 따라 교차하는 위치이고, 묘도 선착장(# 14)은 배들의 유입이 있는 곳이다. 상암천(# 15)는 위쪽으로 농촌 마을이, 하천 부근에 인산 비료 공장 및 중소 화학공장들이 위치하고 있다. 월래천(# 16)은 인근에

화학공장들 뿐 아니라 오폐수 처리장이 있다. 남수천(# 17), 중방천(# 18) 인근에는 석유화학 공장들이 위치한다. 신흥(# 19)은 근처에 소규모 농촌 마을이 위치해 있다. 순천의 신성포(# 20) 인근에는 중소 기계 공장이 위치해 있다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 일반수질(온도, 염분, pH, 용존산소, COD 분포)

각 시료 채취지점에서의 온도, 염분, pH, 용존산소, COD를 측정하여 Table 2, Fig. 3에 나타내었다. 채취 지점 중 서천(# 2), 평산덕월(# 11), 갈사만 갯벌(# 9), 중현(# 12)의 수온이 각각 21.0, 20.9, 20.5, 20.3℃로 낮게 측정되었고, 하동화력(# 10)은 발전소 냉각수 유입으로 인해 25.3℃로 높게 나타났다. 월래천(# 16)이 가장 높은 31.0℃로 나타났는데, 이는 여수 산단 오수처리 과정에서의 승온 때문인 것으로 사료되었다. 동호안 안쪽(# 7)의 경우 광양제철 공업용수가 공장에서 바로 방류되는 곳이기 때문에 수온이 24.5℃로 높다가 동호안(# 6)에서 21.4℃로 감소하는 것으로 측정되었다.

인근 가막만(2001년 9월 27일)과 광양만(하계)

Table 2. Salinity and nutrient concentration at Kwangyang Bay

Station	Temp.	Salinity	pH	DO	COD	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	DIN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P
	(°C)	(psu)			(mg/L)					(µM)
1	24.6	0	7.41	7.05	1.54	1.71	2.93	3.86	8.50	0.38
2	21.0	0	7.29	7.08	1.38	2.71	3.00	4.43	10.14	0.12
3	23.7	16.3	8.85	7.08	2.76	2.29	3.21	4.14	9.64	0.54
4	24.2	25.5	8.31	6.80	1.23	1.50	3.86	3.71	9.07	0.88
5	22.7	13.4	8.21	4.96	1.76	1.71	4.50	6.14	12.36	2.95
6	21.4	7.6	9.61	7.50	2.76	11.36	3.43	16.71	31.50	0.36
7	24.5	2.8	8.35	5.10	-	14.50	13.00	40.21	67.71	2.02
8	22.6	20.5	8.44	5.02	2.72	2.50	2.29	3.64	8.43	0.58
9	20.5	12.8	8.25	5.10	1.84	2.86	1.64	5.57	10.07	0.36
10	25.3	29.1	8.20	3.65	1.16	1.29	3.71	4.43	9.43	0.23
11	20.9	23.2	8.46	8.01	1.78	2.29	2.21	3.07	7.57	0.52
12	20.3	27.9	8.32	5.05	2.01	1.29	2.79	4.00	8.07	0.99
13	26.2	25.2	8.60	5.25	2.18	1.93	2.21	3.14	7.29	0.32
14	24.6	25.1	8.52	6.25	1.90	2.00	2.29	2.93	7.21	0.76
15	25.3	19.4	7.16	5.00	2.81	3.64	5.50	25.00	34.14	121.84
16	31.0	6.3	8.14	6.07	3.09	16.43	5.21	41.79	63.43	32.74
17	25.9	5.8	8.51	6.00	2.32	3.50	4.00	6.71	14.21	3.48
18	27.8	3.1	8.30	5.22	1.97	3.21	2.86	6.79	12.86	4.80
19	26.5	22.6	8.35	5.05	1.19	2.93	2.29	2.71	7.93	0.85
20	23.4	19.3	7.90	5.03	1.47	2.50	2.50	3.14	8.14	0.74
21	21.3	18.7	8.00	8.4	0.98	1.71	2.50	2.14	6.36	0.53
Min	20.3	0	7.16	4.96	1.16	1.29	1.64	2.71	7.21	0.12
Max	31.0	29.1	9.1	8.01	3.09	21.43	13.00	41.79	67.71	121.84
Avg.	24.1	15.3	8.26	5.81	1.99	4.11	3.67	9.61	17.38	8.75

해수 표면의 평균온도는 23.8, 23.1°C로 각각 보고된 바 있다<sup>14,15)</sup>. 이는 광양만 일대의 평균온도가 24.3°C로 나타나 해수의 일교차가 0.2~2°C 정도인 것을 감안하였을 때 유사한 값으로 사료되었다.

염분은 하천인 동천(# 1)과 서천(# 2)의 경우 염분이 없었고, 하동 화력(# 10)의 경우 바다와 접한 위치이어서 염분농도가 바다와 유사한 29.1 psu로 나타났다. 그 외의 위치에서는 인근 하천 또는 공업·생활용수의 유입으로 인해 염분농도가 매우 다

르게 나타났다.

가막만(2001. 9. 27)의 염분은 31.6 psu<sup>14)</sup>, 동해정해역(1998. 9. 4) 29.6 psu임에 비하여 광양만 해역인, 하동화력, 중현, 묘도 1, 2의 평균 염분 농도가 26.8 psu로 약간 낮게 나타났다. 이는 광양만의 특성인 점진강, 생활용수 그리고 공업용수의 유입 때문인 것으로 사료되었다.

해수의 pH는 대개 7.5~8.4의 범위이고 평균값은 7.8<sup>15)</sup>이고, 2001년 광양만 해수의 측정값은 7.2~

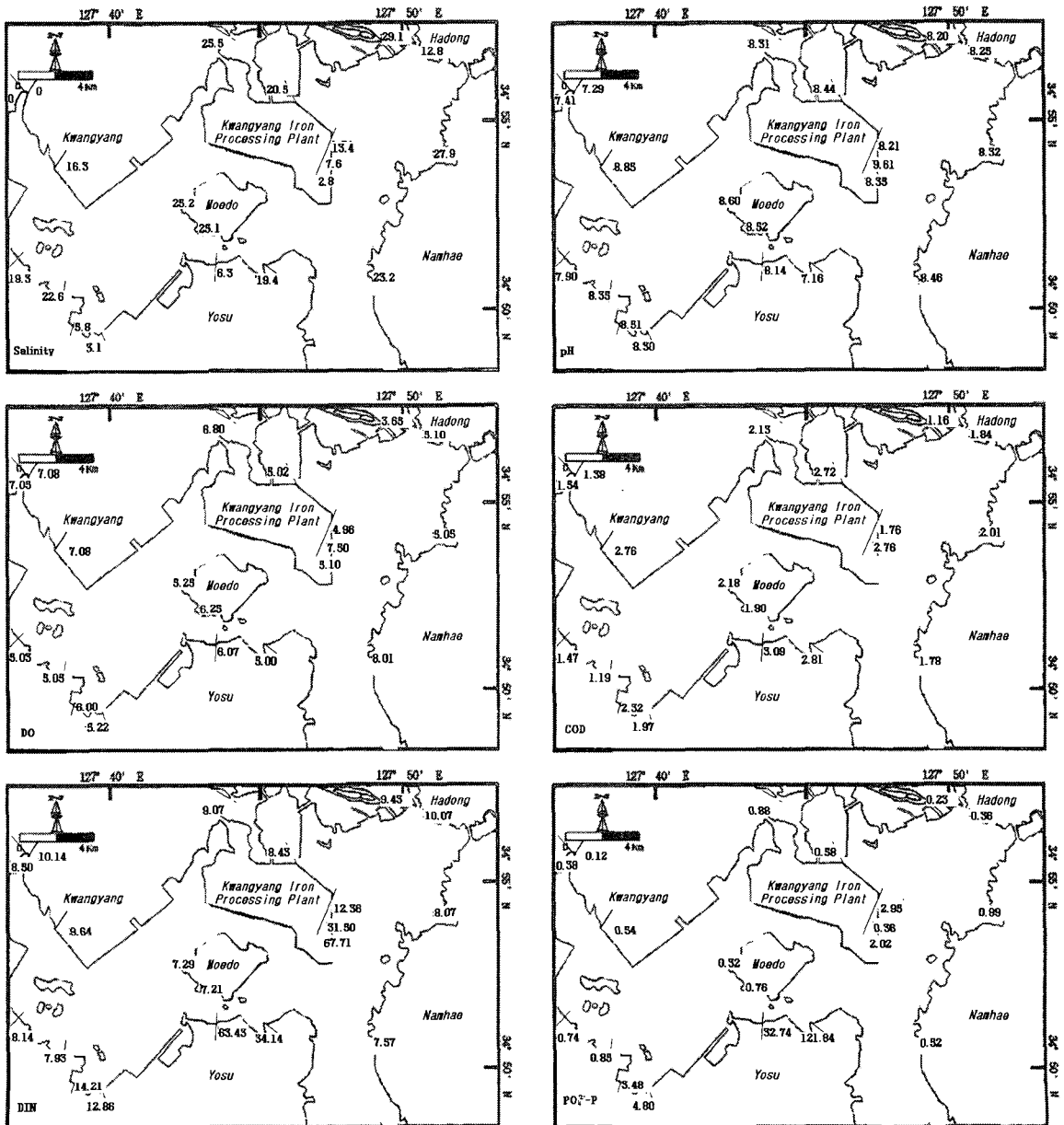


Fig. 3. Distribution of salinity(psu), pH, DO(mg/L), COD (mg/L), DIN(mg/L), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P(mg/L).

8.3<sup>16)</sup>, 2003년 광양만 해수를 조사한 연구에 의하면 8.1~8.4 인 것으로 보고<sup>1)</sup>하고 있다. 본 조사에서는 하천 및 하천과 만나는 곳의 해수를 조사한 것이어서 pH의 값이 7.16~9.61 로 측정 범위가 넓게 나타났다.

초남 공단(# 3)과 동호안(# 6), 묘도(# 13, 14) 남수천(# 17)의 pH가 8.5 이상으로 나타났고, 상암천(# 15)의 pH가 7.14 로 가장 낮게 나타났다. 동호안 안쪽(# 7)의 경우 pH가 8.35 이나 동호안(# 6)은 9.61 로 매우 높게 나타나고 있다. 이는 동호안 안쪽의 암모늄이온이 동호안으로 내려오면서 물속에서 암모니아로 되면서 pH가 염기성으로 나타난 것으로 사료되었다.

DO는 3.65~8.01 mg/L 범위였고, 동호안 안쪽(# 7)과 갯벌 해수(# 5)의 DO 측정값이 5.10, 4.96 mg/L 으로 나타났다. 그러나 동호안(# 6)에서는 DO의 양이 7.50 mg/L으로 높게 나타났다.

COD는 여수 산단의 경우 1.19~3.09 mg/L으로 Fig. 4에 나타낸바와 같이 평균 값은 2.20 mg/L으로 매우 높게 나타났다. 산단을 통과하는 하천인 월래천(# 16)과 상암천(# 15)의 COD가 3.09, 2.81 mg/L 을 나타내고 있는데, 이는 여수 산단의 산단 특성인 석유화학공단임에 따라 유기물을 많이 함유하는 공장하수의 유입으로 인한 유기물의 증가 때문인 것으로 사료되었다.

대체로 수중의 유기물 특히 탄소질 유기물은 산화되기 쉽다. 또한 아질산염, 철(II)염, 황화물등의 무기물도 산화가 되기 쉬운 것으로 알려져 있다. 광양 지역 COD는 1.23-2.76 mg/L으로 평균은 2.02 mg/L으로 나타났다. 이 역시 광양제철소에서 유입

되는 배출수 때문으로 사료되었는데, 동호안 갯벌 해수(# 5)의 COD는 1.76 mg/L, 동호안(# 6)의 COD가 2.67 mg/L으로 매우 높게 측정되었다. 이 중 동호안 안쪽(# 7)은 광양제철의 배출수가 직접 유입되어 1 차 처리가 되는 곳이어서 철의 함유가 매우 높다. 따라서 유기물을 산화시켜서 측정하는 방법으로는 측정범위를 넘어선 값이 나타났다. 배출수가 직접 유입되는 위치인 # 7에서 # 5으로 지나감에 따라 처리되어 존재하는 철염이나 아질산 염의 농도가 점점 감소하였기 때문에 COD의 값도 점차 감소하는 것으로 판단되었다. 광양만 해역의 2003년 해양환경을 조사한 결과에 의하면 광양항에서 가까운 조사 정점에서 철 농도가 매우 높게 나타나고 있음을 보고하고 있다<sup>1)</sup>. 초남 공단 하수가 유입되는 초남 공단(# 3)의 경우에도 2.76 mg/L으로 높게 나타났다.

### 3.2. 영양염류 분포

여수 산단의 DIN 7.21~63.43 μM는 광양지역은 8.43~67.71 μM 으로 나타났다. Fig. 5에 나타낸바와 같이 여수 산단과 광양의 평균 DIN은 각각 21.01, 21.25 μM으로 비교군인 청정 해역으로 알려진 보성특량만의 6.36 μM에 비하여 약 3배 이상 높게 나타났다. 이 중 여수 산단의 상암천과 월래천의 경우 DIN의 양이 34.14, 63.43 μM로 평균 17.38 μM에 비하여 매우 높게 나타났다. 월래천은 인근의 정유회사와 화학공장들이 밀집되어있을 뿐만 아니라 오수처리장이 있는 곳의 하천이고, 상암천 역시 인근의 비료제조 공장의 하수 유입 때문인 것으로 사료되었다. 암모니아 질소는 여수 산단과 광양의 평균이 각각

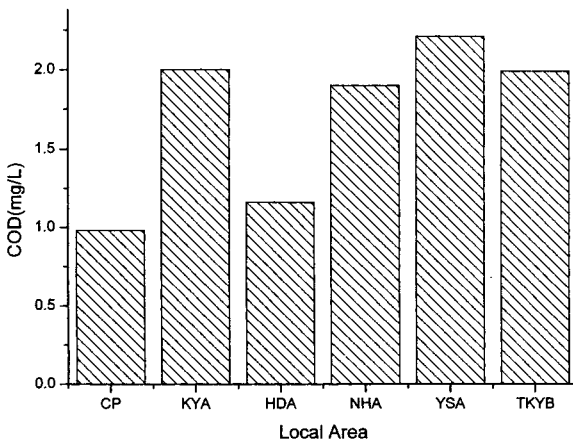


Fig. 4. Mean COD concentrations of local area at Kwangyang Bay.

(CP : Comparing Point, KYA : Kwangyang Area, HDA : Hadong Area, NHA : Namhae Area, YSA : Yeosu Area, TKYB : Total Kwangyang Bay)

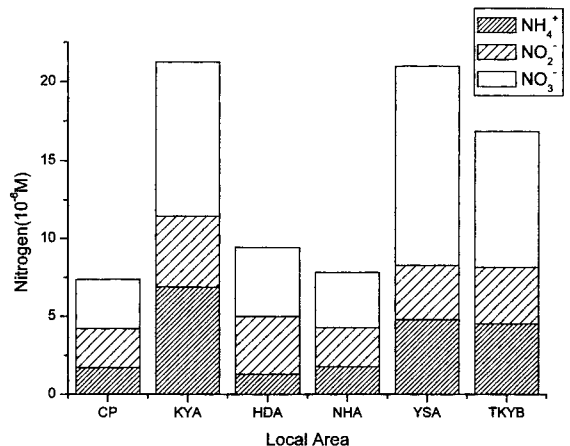
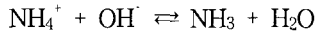


Fig. 5. Mean nitrogens concentrations of local area at Kwangyang Bay.

(CP : Comparing Point, KYA : Kwangyang Area, HDA : Hadong Area, NHA : Namhae Area, YSA : Yeosu Area, TKYB : Total Kwangyang Bay)

4.81, 6.87  $\mu\text{M}$ 로 청정 해역인 보성 득량만의 1.71 $\mu\text{M}$ 에 비하여 약 3~4배 이상으로 측정되었다. 이 중 광양의 동호안은 안쪽(# 7)에서 바깥쪽에 있는 갯벌(# 5)로 이동함에 따라 14.50, 11.36, 1.71  $\mu\text{M}$ 로 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 이 곳의 pH는 8.35, 9.61, 8.21로 측정되었다.

암모니아 질소는 pH에 따라 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 용존성 암모니아가스( $\text{NH}_3(\text{g})$ )로 존재한다.



이 반응은 pH 9.3을 기준으로 pH가 충분히 높을 때는 오른쪽으로 이동하여 용존성 암모니아 가스가 우세하게 되며, pH가 충분히 낮을 때는 평형은 왼쪽으로 이동하게 된다<sup>17)</sup>. 그러나 pH가 높아지면 용존성 암모니아 가스에 의해 미생물이 저해를 받는데 암모늄이온 보다 매우 낮은 농도에서 독성을 미친다.

Fig. 6은 광양만 동호안의 경우 광양제철 배출수의 이동경로에 따른 질소 함량을 나타내고 있다. 배출가 직접 유입되는 안쪽(# 7)의 경우 DIN의 양이 67.71  $\mu\text{M}$ , 동호안의 경우(# 6)가 31.50  $\mu\text{M}$ , 동호안 갯벌 해수(# 5)의 경우 9.07  $\mu\text{M}$ 를 나타내고 있다. 광양제철 배출수는 동호안 안쪽으로 직접 유입되어 1차 폐수 처리 된 후 동호안에서 재차 폐수 처리가 되어 진 후 갯벌의 해수쪽으로 나가게 된다. 배출수가 폐수 처리 됨에 따라 DIN의 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 아질산의 경우 동호안 안쪽에서 갯벌 해수로 이동함에 따라 13.00, 3.43, 4.50  $\mu\text{M}$ 로 나타났다. 동호안 안쪽은 광양제철의 배출수가 직접 유입되는 곳이어서 암모니아 질소의 산화 반응이 일어나 생성된 아질산 질소의 양이 13.00  $\mu\text{M}$ 이지만, pH가 높아 용존 암모니아가 많은 곳인 동호안

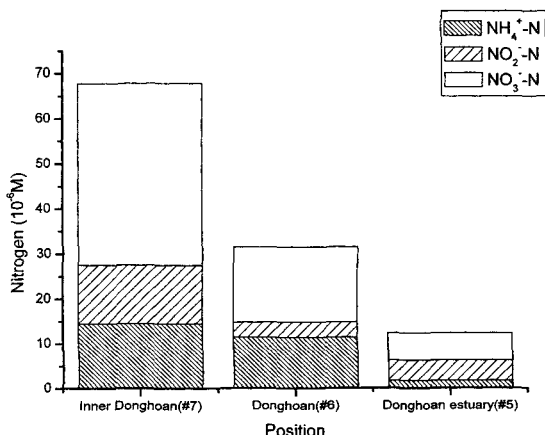


Fig. 6. Nitrogen concentrations of local area at Kwangyang area.

은 아질산 질소의 생성량이 3.43  $\mu\text{M}$ 로 줄어들고 이후 동호안 갯벌 해수에서 다시 아질산 질소의 양이 4.50  $\mu\text{M}$ 로 증가하는 것으로 판단할 수 있었다.

Fig. 7은 각 지역에 따른 인산 인의 평균을 나타낸 것이다. 비교대상인 득량만, 광양, 하동, 남해, 여수, 광양만 평균이 각각 0.53, 0.91, 0.23, 0.76, 23.65, 8.75  $\mu\text{M}$ 로 나타났다. 이 중 여수 산단의 상암천과 월래천에서 121.84, 32.74  $\mu\text{M}$ 으로 매우 높게 나타났는데, 이는 하천과 인접하고 있는 비료제조 공장과의 인산 석고를 원료로 하여 제품을 생산<sup>9)</sup>하는 공장에서 유출되는 공장하수의 유입 때문인 것으로 사료되었다.

### 3.3 중금속류 분포

해수의 성분 중 중금속류는 크게 2가지 요인에 의하여 그 함량이 결정되는바 하나는 자연적인 것으로 그 지역의 지구 해양학적 요인 즉, 연안이나 해저의 지질 해수 유동 그리고 유입되는 하천의 성분 등에 의한 것이고 또 다른 하나는 인위적인 것으로 공장이나 도시의 하·폐수 또는 중금속을 방출하는 공단의 폐수나 도시하수 그리고 토목공사에 의한 토사의 유입 등에 의한 것이다<sup>18)</sup>. 따라서 다음과 같이 대표적인 중금속에 대한 해수중의 함량을 분석, 조사하여 그 오염현황의 지표로 제시하고자 분석된 중금속 5 개 항목의 측정값을 Table 3, Fig. 8에 나타내었다.

구리는 원래 불용성이나 부식에 의해  $\text{Cu}^{2+}$ 가 용출 되는데 광금공장, 전선공장, 전기도금 등의 공장 폐수와 광산배수에서 배출되며 구리는 납과 달리 생체에 축적이 되지 않으므로 만성중독의 염려가

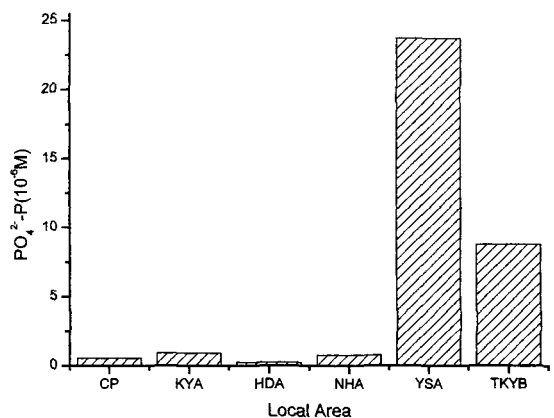


Fig. 7. Mean phosphorus concentrations of local area at Kwangyang Bay.

(CP : Comparing Point, KYA : Kwangyang Area, HDA : Hadong Area, NHA : Namhae Area, YSA : Yeosu Area, TKYB : Total Kwangyang Bay)

적다. 해역의 수질기준은 등급에 관계없이 20  $\mu\text{g/L}$  이하이다.

Fig. 9에 각 지역의 구리의 평균 농도를 나타내었다. 청정해역인 득량만에서는 구리가 측정되지 않았다. 그러나 광양, 하동, 남해, 여수 그리고 광양만 평균값이 78.99, 59.61, 47.38, 23.24, 44.33  $\mu\text{g/L}$ 로 나타나 수질 기준보다 높게 나타났다. 특히 광양의 경우 78.99  $\mu\text{g/L}$ 로 매우 높게 측정되었는데 이 중 동호안

에서 매우 높게 나타났다. 동호안 갯벌 해수에서 108.40  $\mu\text{g/L}$ , 동호안에서 111.60  $\mu\text{g/L}$ , 동호안 안쪽에서 175.10  $\mu\text{g/L}$ 를 나타내 기준인 20  $\mu\text{g/L}$ 보다 5~9 배정도 높게 나타났다. 이는 제철공장에서 유입되는 하수 때문인 것으로 사료되었다. 하동 및 남해 경우 40.09~59.61  $\mu\text{g/L}$ 로 높게 나타나고 있는데, 광양제철의 해수가 통과하는 지점이다.

카드뮴은 자연수 중에 포함되는 것은 드물고 카

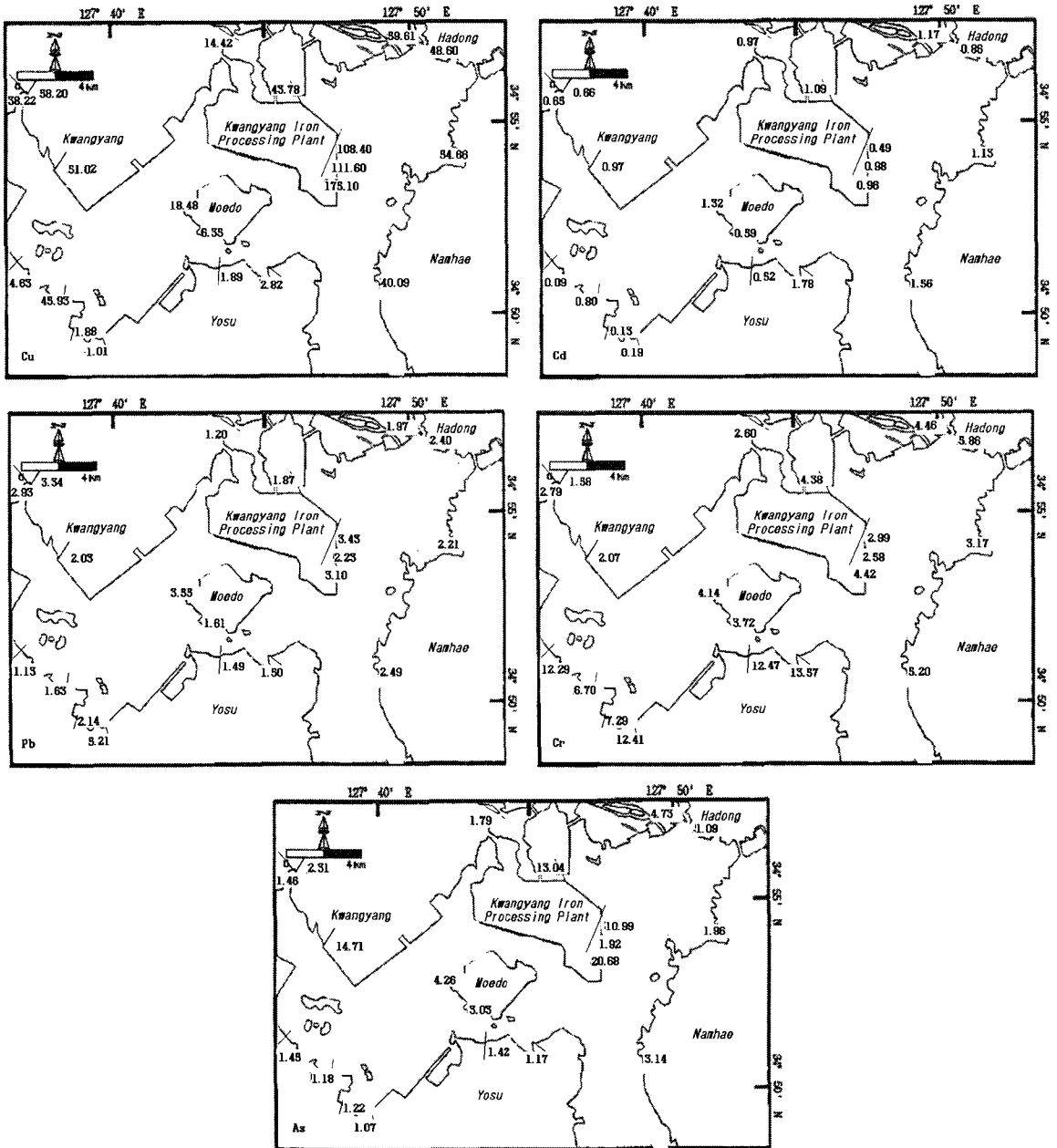


Fig. 8. Distribution of heavy metals Cu, Cd, Pb, Cr, As( $\mu\text{g/L}$ ).



Table 3. Heavy metal concentration at Kwangyang Bay

Station	Cu	Cd	Pb	Cr	As
	μg/L				
1	38.22	0.65	2.93	2.79	1.46
2	58.20	0.66	3.34	1.58	2.31
3	51.02	0.97	2.03	2.07	14.71
4	14.42	0.97	1.20	2.60	1.79
5	108.40	0.49	3.43	2.99	10.99
6	111.60	0.98	2.23	2.58	1.92
7	175.10	0.96	3.10	4.42	20.68
8	43.78	1.09	1.87	4.38	13.04
9	48.60	0.86	2.40	5.86	1.09
10	59.61	1.17	1.97	4.46	4.73
11	40.09	1.56	2.49	5.20	3.14
12	54.66	1.13	2.21	3.17	1.96
13	18.48	1.32	3.55	4.14	4.26
14	6.35	0.59	1.61	3.72	3.03
15	2.82	1.78	1.50	13.57	1.17
16	1.89	0.52	1.49	12.47	1.42
17	1.88	0.13	2.14	7.29	1.22
18	1.01	0.19	5.21	12.41	1.07
19	45.93	0.80	1.63	6.70	1.18
20	4.63	0.09	1.13	12.29	1.45
21	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14
Min.	1.01	0.13	1.13	1.58	1.07
Max.	175.10	1.78	5.21	13.57	20.68
Avg.	44.33	0.85	2.37	5.74	4.63

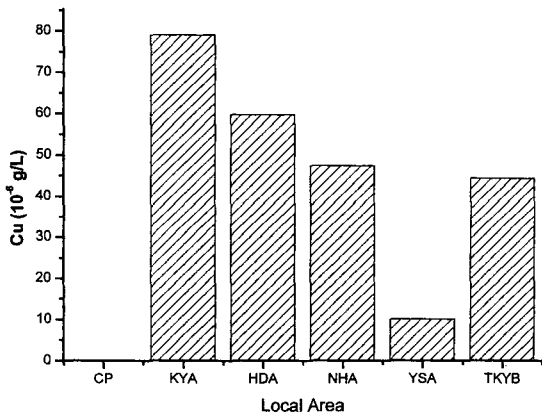


Fig. 9. Mean copper concentrations of local area at Kwangyang Bay.

(CP: Comparing Point, KYA: Kwangyang Area, HDA: Hadong Area, NHA: Namhae Area, YSA: Yeosu Area, TKYB: Total Kwangyang Bay)

드름 도금공장, 아연공장 및 아연 제련소, 카드뮴 화합물 사용공업 등에서 배출된다. 여수 산단은 0.13~1.78 μg/L, 광양은 0.49-1.09 μg/L, 하동은 1.13, 1.56 μg/L, 남해는 1.17 μg/L로 나타났다. 여수 산단

의 상암천, 광양 제철, 광양, 하동, 남해에 이르는 지역에서 농도가 높게 나타났다. 수질 환경 기준의 농도는 10 μg/L이다.

납은 안료 제조, 인쇄 도료제조, 요업, 축전지 제조, 연채광, 연제련등의 각 공장 폐수나 광산폐수에서 배출된다. 광양 제철 배출수 위치인 #7, #5과 묘도 선착장 오른쪽(#13)에서 3.10, 3.43 2.55 μg/L으로 광양만 평균인 2.37 μg/L에 비하여 높게 나타났다. 묘도 오른쪽 위치 역시 광양제철의 해수가 통과하는 지점이다.

크롬은 광금 공업, 피혁제조업, 염색공업, 석유정제공업, 석유화학공업에서 배출된다. 석유 정제 및 화학공업단지인 여수 산단의 경우 크롬의 농도가 광양만 평균에 비하여 높게 나타난 것을 확인할 수가 있었다. 석유화학 공장이 위치하고 있는 하천인 중방천(#18) 월래천(#16)의 경우 12.41, 12.47 μg/L으로 나타났다, 순천의 신성포(#20) 역시 석유화학 공업단지가 위치한 하천으로 12.29 μg/L으로 광양만 평균인 5.74 μg/L보다 2배 이상 높게 나타났다.

비소는 자연계의 철, 납, 니켈등의 광물과 공존하여 자연수에 용출되는데, 농약제조, 광산제련공업, 의약품 및 농약공장, 염료공장, 피혁제조업, 석유 plant 공업에서 주로 배출된다. 광양제철 배출수 1차 처리지인 동호안 안쪽(#5)의 농도가 20.68 μg/L으로 매우 높게 나타났다. 초남공단(#3)의 경우도 14.71 μg/L으로 광양만 평균인 4.63 μg/L에 비해 높은 농도를 나타내었다.

#### 4. 결 론

광양만 유역과 광양만으로의 유입하천을 동시에 조사하여, 각 하천에서의 광양만으로의 오염의 특성을 확인하여 이에 대한 결과로부터 광양만 유역의 오염 실태와 원인을 파악하고자 하였다.

COD의 경우 여수 산단은 1.19~3.09 mg/L, 광양은 1.23~2.76 mg/L으로 나타났다. 여수 산단내의 월래천의 COD는 3.09 mg/L, 광양 지역의 동호안 안쪽은 2.74 mg/L으로 매우 높게 나타났다. 이는 유기물을 취급하는 공장과 광양 제철의 하수가 유입되었기 때문으로 사료되었다. 여수 산단과 광양의 DIN의 량은 각각 7.21~63.43, 8.43~67.71 μM으로 나타났다. DIN의 유입원은 여수 산단의 경우 석유화학공장과 비료제조공장의 하수 유입과, 광양의 경우 광양 제철의 배출수가 유입이 원인인 것으로 파악되었다. 인산 인은 여수 산단의 경우 인근의 비료 제조 공장과 인산 석고를 원료로 하여 제품을 생산하는 공장에서 유출되는 공장하수의 유입 때문에 평균 측정값이 23.65 μM이 측정되었다. 중금속은 광양 지역의 평균 양이 78.99 μg/L로 배출기준인 20 μg/L

을 넘어선 농도로 측정되었는데 이는 제철공단이 위치하고 있는 특성 때문인 것으로 판단되었다. 크롬은 석유 정제 및 화학공업단지인 여수 산단의 경우 크롬의 평균 농도가 9.07  $\mu\text{g/L}$ 으로 광양만 평균인 5.74  $\mu\text{g/L}$ 에 비하여 2배 이상 높게 나타났다. 광양만의 오염인자가 되는 생활하수, 여수 산단의 유기 및 무기 하수, 광양 제철의 공업용수의 배출을 조절한다면 양질의 수질환경을 갖추리라 판단되었다.

### 감사의 글

본 연구는 여수환경운동연합의 지원에 의하여 수행되었기에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- 1) 정우건, 조상만, 김용술, 김무찬, 2003, 광양만 저수온기 해양화학환경 특성, 해양산업연구소논문집, 16, 193-199.
- 2) Koo, J. K., Y. R. Kim, H. B. Min and W. B. Lee, 1993, The Estimation of unit COD Discharge Rate from Non-point Source by the BOX Model in Kwangyang Bay Basin, J. KSWQ, 9(2), 122-130.
- 3) 김광식, 1968, 10대강 유역의 물수지, 한국기상학회지, 4, 1-7.
- 4) 이종섭, 이문옥, 박일흠, 이삼노, 1997, 광양만권 개발에 따른 해양환경의 변화, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 473-476pp.
- 5) 김성우, 김윤신, 전준민, 2001, 여천공단지 실내·외 미세분진 중의 화학원소 농도 및 발생원 추정에 관한 연구, 대한환경공학회지, 23(2), 305-317.
- 6) 조현서, 유영석, 이규형, 1994, 가막만 수질 및 저질 환경의 계절별 변동 특성, 여수수산대학교 수산과학연구소 연구논문, 3, 21-33.
- 7) 조성렬, 김충래, 박순달, 김학성, 1997, 총질소 분석방법의 비료, 한국수질보전학회지, 13(1), 43-49.
- 8) Thomann, R. V. and A. M. John, 1994, Principle of Surface Water Quality Modeling and Control, Harper and Row, New York, 385-494pp.
- 9) 김성수, 고우진, 조영조, 이필용, 전경암, 1998, 1996년 여름철 남해 표층수의 이상 저염수 현상과 영양염류의 분포 특성, 한국해양학회지, 3(3) 165-169.
- 10) 이영식, 이재성, 정래홍, 김성수, 고우진, 김귀영, 박중수, 2001, 광양만에서 식물플랑크톤증식의 제한 영양염, 한국해양학회지, 6(3), 201-210.
- 11) 조영길, 이창복, 고철환, 2000, 광양만 표층퇴적물의 중금속 함량 및 분포, 한국해양학회지, 5(2) 131-140.
- 12) 해양수산부, 2002, 해양환경공정시험방법, 43-63pp.
- 13) 환경부, 1992, 수질오염공정 시험방법, 동화기술, 62-63pp.
- 14) 전남지역환경기술개발센터, 2001, 가막만 연안해역 해양생태계조사 및 보존대책수립 최종보고서, 여수대학교, 53-61pp.
- 15) 전남지역환경기술개발센터, 2001, 광양만의 해양 생태계 모니터링 최종보고서, 여수대학교, 55-62pp.
- 16) 박용안, 1998, 바다의 과학, 서울대학교 출판부, 95pp.
- 17) Anthonisen, A. C., R. C. T. Loehr, B. S. Prakasam and E. G. Srinath, 1976, Inhibition of Nitrification by Ammonia and Nitrous acid, J. WPCF, 48(5), 835-85.
- 18) 이종화, 2000, 해양오염, 신광문화사, 193-285pp.