

## 여름철 한국 연안해수중의 중금속 함량

이광우 · 박희상 · 이수형 · 이동수

한국해양개발연구소

### HEAVY METALS IN THE KOREAN COASTAL WATERS DURING SUMMER OF 1977

*Kwang Woo Lee, Hi-Sang Kwak, Soo Hyung Lee and Dong Soo Lee*

Korea Ocean Research and Development Institute, KIST

#### ABSTRACT

In order to investigate water quality of coastal waters, samples were collected from the six coastal areas of Korean Peninsula during summer of 1977, and analyzed for Cd, Cu, Fe, Pb and Zn by atomic absorption spectrophotometry.

The results showed no significant heavy metal pollution in most parts of the studied areas in comparison with results of other countries in literature. However, strong possibility of some specific heavy metal pollution is shown in the specific areas, such as Cu and Pb in the Sea off Gunsan, Pb in Kwangyang Bay, and Cd and Pb in Ulsan Bay.

#### 서 론

#### 조사해역 및 분석방법

최근에 들어 우리나라는 공업의 급속한 발달과 도시로의 인구집중 및 농약의 남용등으로 하천 및 연안오염이 크게 우려되고 있다. 특히 중금속은 지속성이 커서 일단 자연에 버려지면 바다로 들어가고, 또한 먹이사슬을 통해 「생물농축(Bioaccumulation)」되어 결국에는 인간에게 돌아오기 때문에 연안의 중금속 오염현황조사와 오염방지대책수립은 시급한 업무라 하겠다.

따라서 본 연구실에서는 우리나라의 연안오염 현황과약과 앞으로의 보다 조직적이고 체계적인 조사계획수립을 위해, 1977년 여름철에 주요연안인 목호·삼척, 울산, 여수·광양, 목포, 군산, 인천해역 해수의 일반수질지수, 영양염류 그리고 중금속(Cd, Cu, Fe, Pb, Zn)의 농도를 조사하였다. 이중에 일반수질지수와 영양염류의 농도조사결과는 전보(이광우외, 1978)에 발표하였고, 본보에는 중금속의 조사결과를 보고한다.

조사해역 : 조사해역 및 조사점은 전보(이광우외, 1978)와 동일하나 마산·진해해역은 본연구에서 제외되었다.

시료채취 및 보관 : 5리터 Van Dorn채수기로 채수된 시료 1리터 미리 산으로 세척된 폴리에틸렌 병에 넣은 후 진한질산 5ml를 가하고 실험실로 운반하여 분석하였다.

분석방법 : 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency)의 방법(EPA, 1974)에 따라 추출금속(Extractable Metal)을 분석하였는데 한 시료에 대해 3회 분석한후 평균값을 취하였다.

각 금속의 농도는 APDC-MIBK용매추출법(Brooks et al., 1967)으로 농축한 후 원자흡수분광기(IL Model 251)를 사용하여 측정하였는데, Cu, Fe, Pb, Zn는 공기-아세틸렌 불꽃방법으로 Cd는 Delves Cup방법으로 측정하였다.

**결과 및 고찰**

중금속의 분석결과는 Table 1에 표시하였는데 편의상 전보(이광우외 : 1978)와 같은 방법으로 내만과 외만으로 구별하여 표시하였으며 내·외만의 구별에서 담수에 해당되는 결과는 포함시키지 않았다.

그리고 Table 1에는 외국연안해수에 대한 결

과를 비교 표시하였는데, 외국연안해수의 결과와 본 결과를 비교하는데 있어서 외국결과는 용존 금속(Dissolved Metal)의 농도이고 본 결과는 총 금속(Total Metal)의 농도와 비슷한 추출금속(Extractable Metal)의 농도이기 때문에 직접적인 비교는 할 수 없고 간접적인 비교만이 가능한 점에 유의해야 한다.

각 원소별 농도분포의 특징을 보면 다음과 같

**Table 1. Analytical Results**

unit:  $\mu\text{g}/\text{l}$

Study Area		Cd		Cu		Fe		Pb		Zn	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Mugho-Bugpyeong-Samcheog	Whole Area	0.1-2.4	0.37	0.8-7.1	2.3	38-694	128	3-22	8.0	2.6-53.5	14.2
	Inner Bay	0.1-0.7	0.59	1.6-7.1	2.7	43-312	149	3-16	6.7	7.5-48.2	16.8
	Outer Bay	0.1-2.4	0.41	0.8-3.5	2.1	38-185	95	4-22	8.8	2.6-53.5	13.6
Ulsan	Whole Area	0.05-4.8	0.76	0.8-14.1	3.3	41-2,930	251	2-40	11.1	4.2-115	39.9
	Inner Bay	0.1-2.4	0.59	0.8-6.5	3.0	41-2,220	245	2-22	10.3	4.2-98.8	34.3
	Outer Bay	0.05-4.8	1.02	1.4-14.1	3.9	45-2,930	260	4-40	12.5	11.2-115	48.0
Yeosu	Whole Area	0.1-1.7	0.51	1.6-43.5	3.9	51-3,100	361	2-47	9.3	4.5-67.6	16.4
	Inner Bay	0.2-1.5	0.62	1.6-13.8	3.4	137-1,610	431	4-47	13.6	4.7-58.8	17.0
	Outer Bay	0.1-1.7	0.44	1.0-43.5	4.1	51-310	320	2-18	6.8	4.5-67.6	16.1
Mogpo	Whole Area	<0.05-1.7	0.18	0.4-7.0	2.0	118-1,800	433	3-12	5.2	2.7-31.8	9.9
	Inner Bay	<0.05-1.7	0.21	0.4-6.4	1.9	118-1,370	458	3-12	5.2	2.7-22.3	7.9
	Outer Bay	<0.05-0.7	0.16	0.7-4.9	1.9	176-730	329	3-11	5.2	4.6-31.8	12.0
Gunsan	Whole Area	<0.05-1.1	0.24	3.5-30.1	10.3	120-7,900	1,412	2-36	10.7	7.6-58.8	29.0
	Inner Bay	<0.05-0.5	0.20	7.2-30.1	15.3	690-7,900	2,590	9-36	15.2	15.3-52.9	31.4
	Outer Bay	<0.05-1.1	0.28	3.5-13.2	6.6	120-1,500	544	2-15	7.4	7.6-58.8	27.3
Incheon	Whole Area	0.1-0.9	0.33	1.2-15.6	4.3	170-13800	2,331	3-17	7.4	5.6-155	44.0
	Inner Bay	0.1-0.5	0.30	1.2-6.9	3.4	170-4,320	1,326	3-11	6.4	8.8-155	54.3
	Outer Bay	0.1-0.5	0.29	1.7-5.4	3.2	440-3,410	1,311	4-12	7.8	5.6-29.4	18.1
Whole Area	Whole Area	<0.05-4.8	0.46	0.4-43.5	4.1	41-13,800	403	2-47	9.0	2.6-155	25.5

**Table 2. Heavy Metal Concentration of Korean Coastal Waters Compared with Those of Other Regions in the World.**

unit:  $\mu\text{g}/\text{l}$

Area	Type of metal	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
Present Work	Acid Soluble	0.46	4.1	403	9.0	25.5
Open Sea <sup>a</sup>	Soluble	0.1	0.5	2	0.03	4.9
Eastern Irish Sea <sup>b</sup>	Soluble	0.46	1.7	11.8	1.3	6.3
Bristol Channel <sup>c</sup>	Soluble	1.66	1.87	2.51	1.51	9.30
Liverpool Bay <sup>d</sup>	Soluble	0.27	1.45	—	1.74	11.8
Northern Israeli <sup>d</sup> Coast	Soluble	0.94	3.7	—	6.4	38.3
Particulate fraction(%) <sup>b</sup>		18	83	99	64	44

<sup>a</sup>Goldberg (1975),

<sup>b</sup>Johnston (1976),

<sup>c</sup>Abdullah (1774),

<sup>d</sup>Roth (1977)

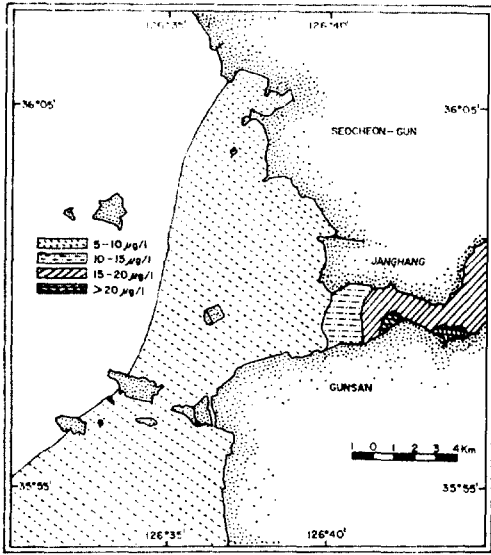


Fig. 1. Distribution of copper in the Gunsan coastal area.

구리(Cu): 조사해역중 Cu의 농도가 가장 높은 해역은 군산해역으로 평균  $10.3\mu\text{g}/\text{l}$ 이었고, 가장 낮은 해역은 목포해역으로 평균  $1.9\mu\text{g}/\text{l}$ 이었다. 특히 군산해역에서 Cu의 평균농도는 기타해역에 비해 월등히 높고, 또 다른 해역에서는 볼수없는 내·외만의 농도차가 뚜렷하게 나타났는데(Fig. 1), 이와같은 사실로 미루어 이 해역의 높은 Cu의 농도는 인위적인 영향으로 볼 수 있다.

이 외에 주목할 사항은 인천해역에서 한강하류에 위치한 조사점 1, 2, 3, 4에서 타조사점에 비해 월등히 높게(평균  $11.5\mu\text{g}/\text{l}$ ) 나타난 점과 울산해역의 조사점 12는 비교적 외해임에도 불구하고 이 해역중 가장 높은 분포( $14.1\mu\text{g}/\text{l}$ )를 보인 점이다.

본 결과를 외국연안의 Cu농도와 비교해 볼때 군산해역의 Cu농도는 Eastern Irish Sea (Johnston; 1976)나 Bristol Channel (Abdullah, 1974) 보다 훨씬 높은 값이나 기타 해역들은 이들과 비슷한 분포를 보였다.

납(Pb): 각 해역별로 Pb의 농도분포를 비교하여 보면, 울산해역이 평균  $11.1\mu\text{g}/\text{l}$ 로 가장 높고, 군산 및 여수해역이 각각  $10.7\mu\text{g}/\text{l}$ ,  $9.3\mu\text{g}/\text{l}$ 로 그다음으로 높으며, 목포해역은  $5.2\mu\text{g}/\text{l}$ 로 조사해역중 가장 낮게 나타났다.

울산, 군산, 여수해역의 Pb의 분포를 각각 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4에 도시하였는데, 그림에서 보는 바와 같이 울산해역은 각 조사점간의 농도차가 심하지 않고 일률적으로 높았으나 군산 및 여수해역은 각 조사점간의 농도차가 심하게 나타났다. 군산해역 Pb의 농도분포는 Cu의 것과 비슷하여 금강하구에는  $20\mu\text{g}/\text{l}$ 이상의 높은 분포를 보였고 외해로 갈수록 점점 적게 분포되었다. 여수해역의 남양만도 공업단지를 중심으로 높게 분포되었는데 이와같은 결과로 보아 군산해역과 광양만의 높은 Pb의 농도는 인위적 활동

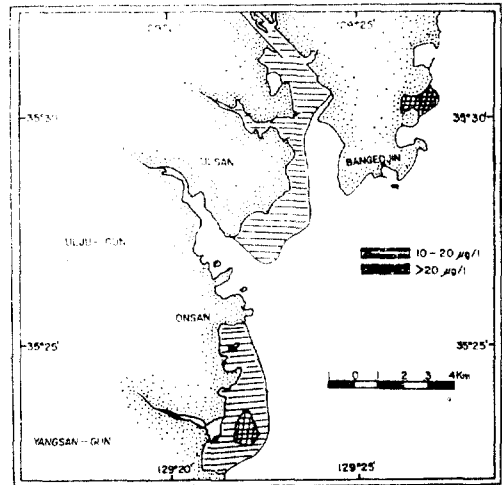


Fig. 2. Distribution of lead in the Ulsan coastal area.

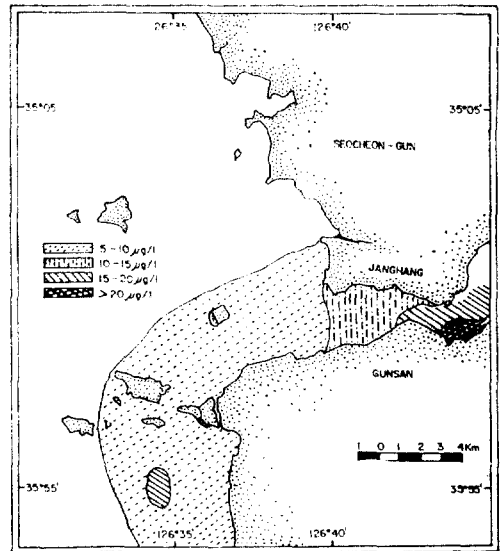


Fig. 3. Distribution of lead in the Gunsan coastal area.

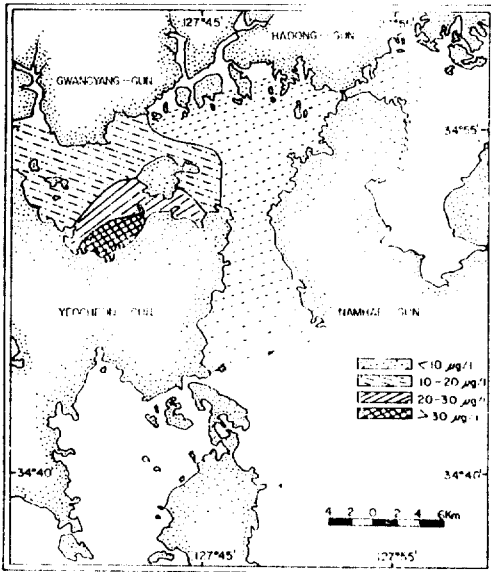


Fig. 4. Distribution of lead in the Yeosu Gwangyang coastal area.

의 영향으로 간주된다.

각 조사별로는 울산해역 조사점 12에서 상·중·하의 평균 Pb농도가  $23\mu\text{g/l}$ 로 이 해역에서 가장 높았으며, 인천해역의 조사점, 1, 2, 3, 4의 평균농도도  $12.5\mu\text{g/l}$ 로 비교적 높게 나타났다. 울산해역, 광양만 및 군산내만의 농도는 Eastern Irish Sea (Johnston, 1976)나 Bristol Channel (Abdullah, 1974)보다 2-3배 높고 Northern Israeli Coast (Roth, et. al., 1978)와 거의 비슷한 분포였다.

**철(Fe):** 조사해역중 Fe의 농도가 가장 높은 해역은 인천해역으로 평균  $2331\mu\text{g/l}$ 이고 가장 낮은 해역은 목호·북평·삼척해역으로 평균  $128\mu\text{g/l}$ 이다. 대체적으로 Fe농도는 동해, 남해, 서해로 갈수록 급격히 증가하는데 이것은 간만의 차와 일치하는 것으로 특히 서해안의 높은 Fe농도는 간만의 차가 심한 조석현상으로 인한 부유물질의 증가에 기인된 것으로 본다.

그리고 본 조사결과와 외국연안의 것을 비교하여 보면 본조사의 Fe농도가 100여배 이상으로 높는데 이것은 해수중 용존상의 Fe는 총Fe의 1% 미만임을 고려할때 결코 높은 값으로 볼 수 없다.

**아연(Zn):** 전 조사해역 Zn의 평균농도는

$25.5\mu\text{g/l}$ 이고, 해역별로는 인천해역이 평균  $44\mu\text{g/l}$ 로 가장 높고 울산해역이 평균  $39.9\mu\text{g/l}$ , 군산해역이 평균  $29.0\mu\text{g/l}$ 로 비교적 높은 편이며 가장 낮은 해역은 목포해역으로 평균  $9.9\mu\text{g/l}$ 이었다.

인천, 울산, 군산해역의 Zn농도는 Northern Israeli Coast (Roth, 1978)보다는 다소간 낮은 값이나 Eastern Irish Sea (Johnston, 1976)나 Bristol Channel (Abdullah, 1974)보다는 다소 높은 값이다. 그러나 기타 해역에서는 이들 해역과 비슷한 분포였다.

**카드뮴(Cd):** 조사해역중 Cd의 농도가 가장 높은 해역은 울산해역으로 평균  $0.76\mu\text{g/l}$ 이고, 여수해역의 광양만도 평균  $0.62\mu\text{g/l}$ 로 비교적 높고, 가장 낮은 해역은 다른 금속의 경우와 마찬가지로 목포해역인데, 평균  $0.18\mu\text{g/l}$ 이었다.

울산해역 및 광양만의 Cd농도는 Cd이 오염된 것으로 알려진 Bristol Channel (Abdullah, 1974)의  $1.66\mu\text{g/l}$ 보다는 낮은 값이나 Eastern Irish Sea (Johnston, 1976)나 Liverpool Bay (Roth, 1977)보다는 높은 값이다.

## 결 론

본 조사결과 중금속 오염 가능성은 각 금속원소에 따라 다르나 일반적으로 군산해역이 가장 높고, 그 다음이 여수해역의 광양만과 울산해역이며, 목포해역은 조사해역중 가장 깨끗한 것으로 나타났다.

특히 군산해역의 Cu 및 Pb의 농도는 다른 해역에 비해 월등히 높고, 또 외해에서 금강하구로 갈수록 급격히 높게 분포되었는데, 이와같은 사실은 금강하구에 이들 금속의 오염원이 있음을 의미한다.

그리고 광양만의 Pb농도는 공업단지를 중심으로 높게 분포되어 있는데 이것은 공업단지의 영향일 가능성이 크며, 울산 해역은 Pb 및 Cd의 평균농도는 높으나 군산해역의 Cu 및 Pb나 광양만의 Pb와 같은 어떤 일정한 분포형태를 찾을 수는 없고, 조사점 12에서 Cu와 Pb가 공히 높게 나타난 것은 주위에 이들 오염원이 있음을 의미한다.

참 고 문 헌

- Abdullah, M.I and L.G. Royle. 1974. A study of the dissolved and particulate trace elements in the Bristol Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 54 (3), 581.
- Brooks, R.P., B.J. Presley and I.R. Kaplan. 1967. APDC-MIBK Extraction System for the Determination of Trace Elements in Saline Water by Atomic Absorption Spectrophotometry: *Talanta*, 14(7) 809-816.
- EPA Manual. 1974. Manual of methods for chemical analysis of water and wastes. U.S. Environmental Protection Agency, 83.
- Goldberg, E.D., 1975. *Chemical Oceanography* (edited by Riley, J.P. and G. Skirrow), Academic Press, New York.
- Johnston, R. 1976. *Marine Pollution*, Academic Press, 186-302.
- 이광우 ·곽희상 ·이수형 ·이동수 ·1978. 여름철 한국 연안해수중의 영양염 함량. *한국해양학회지*, 13, 17-25.
- Roth, I, and H. Hornung. 1977. Heavy Metal Concentrations in water, Sediments and Fish from Mediterranean Coastal Area, Israel. *Envir. Sci. & Tech.* 11, 265-269.