

한국 남해동부연안 해저퇴적물중의 중금속 함량에 관한 연구

이 동 수 · 한 상 준

한국해양개발연구소

THE CONTENTS OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS FROM THE SOUTHEASTERN COASTAL AREA OF KOREA

Dong Soo Lee · Sang Joon Han

Korea Ocean Research & Development Institute

Abstract

The contents of heavy metals were studied on sediments collected from the southeastern coastal area of Korea.

Concentrations of the elements showed Cu 14~48ppm (av. 18ppm), Pb 14~49ppm (av. 28ppm), Zn 79~187 ppm (av. 111ppm), Co 11~15ppm, (av. 13ppm), Ni 22~32ppm (av. 29ppm), Fe 3.1~5.3% (av. 4.3%) and Mn 333~1010ppm (av. 499ppm). When these values are compared with those of the unpolluted near-shore sediments from other countries, there seems to be little environmental contamination of heavy metals in the sediments of the study area.

However, from the fact that the nearer to harbor the stations are, the higher the contents of copper, lead and zinc are in the sea off Pusan Bay, it is suggested that heavy metals in the sediments are starting to show some contamination from man's activities.

서 론

최근에 와서 유류오염과 더불어 중금속에 의한 해양오염, 특히 연안오염은 공공 관심의 대상이 되고 있다.

어떤 해역의 오염정도는 그 해역의 해수 및 그 해역에 서식하는 유기체(Organisms)와 더불어 그 해역 퇴적물의 오염물질함량으로부터 파악할 수 있다.

진해만과 부산해역은 공업단지와 대도시가 인접해 있고 또 선박의 출입이 잦기 때문에 중금속에 의해 오염될 가능성이 많다. 그러나 이 해역에 대한 중금속의 오염조사현황을 보면 수질에 대한 조사는 수차(Kwak *et al.*, 1974, 국립수산진흥원, 1975, 1977)에 걸쳐 행하여 졌으나 퇴적물에 대해서는 진해만에 대한 2회의 조사(Lee *et al.*, 1974, Hyun, 1974)가 있었을 뿐이다.

본 조사에서는 진해만과 부산해역 퇴적물의 중금속 오염실태를 알아보기 위해 이들 해역의 퇴적물을 채취하고 퇴적물중 구리, 납, 아연, 니켈, 코발트, 철, 망간등 7가지 중금속의 함량을 측정하였다.

시료의 채취 및 분석

진해만에서 부산해역에 이르는 한국 남해동부연안 해역에 32개의 조사정점(Fig. 1)을 설정하고, 각 조사정점에서 1976년 1월부터 8월사이에 60cm Gravity Corer를 사용하여 퇴적물을 채취하였다. 채취한 퇴적물 중 상부 5cm 깊이의 퇴적물을 본 분석시료로 하였는데, 상하층간의 농도변화를 알아보기 위해 조사정점 6, 24, 31에서는 하부 5cm 높이의 퇴적물도 함께 취하여, 50ml Polyethylene Bottle에 담고 운반할때까지 냉동기속에 보관하였다. 시료의 운반은 Ice Box를 이용하였고, 분석할때까지 다시 냉동기속에

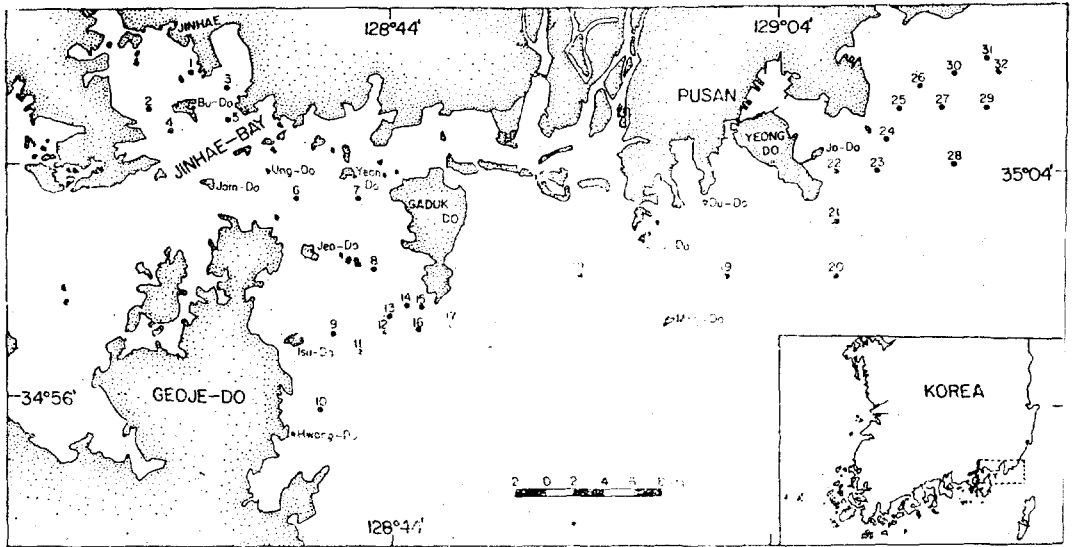


Fig. 1. Sediment sampling locations in the southeastern coastal area of Korea.

보관하였다.

시료의 전처리에는 왕수(HCl:HNO₃=3:1)로 하였는데, 전처리하기 전에 시료를 60°C 건조기 속에서 24시간동안 건조시킨후 조개껍질, 자갈, 나무토막등을 제거하고 Mortar에 넣어 곱게 파쇄한 다음 100 mesh 비금속성(Nylon) 채로 친것을 전처리 하였다. 즉 시료 1g을 30ml Pyrex 시험관에 넣고 왕수 10ml를 가한후 85~90°C Water Bath에서 30분동안 전처리 하였다(Johansson: 1975). 다시 각 시험관에 증류수 10ml를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 하룻밤 방치하고 다음날 상층액을 취하여 원자흡수분광기(IL Model 251)로 각 원소의 농도를 측정하였다.

구리, 납, 코발트, 니켈의 농도는 위의 용액을 희석 또는 농축하지 않고 바로 공기-아세틸렌 불꽃에 분무하여 각각 흡수파장 324.7nm, 283.3 nm, 240.7nm, 232.0nm에서 측정하였고, 아연, 망간은 증류수로 10배 절은 150배로 희석한 후 각각 흡수파장 213.9nm 403.1nm, 271.9nm에서 측정하였다.

결과 및 고찰

구리, 납, 아연, 코발트, 니켈, 철, 망간등 7 가지 원소에 대한 퇴적물 분석결과를 Table 1에

표시하였으며, Table 2에는 조사해역을 진해내만, 가덕도해역, 부산해역으로 세분하여 각 해역에서의 평균농도 및 농도범위를 표시하였다.

본 조사에서 농도분포의 형태가 비슷하고 서로 상관성이 밀접한 원소들끼리 Group지어, 그 특징을 기술하면 다음과 같다.

구리, 납, 아연

전 조사해역을 통해 구리의 농도는 10~48ppm(평균 18ppm), 납은 14~49ppm(평균 28ppm), 그리고 아연은 79~187ppm(평균 111ppm) 사이에서 변동하였다.

각 해역별 농도분포를 보면, 부산해역에서 구리가 22±9ppm, 납이 30±7ppm 그리고 아연이 122±22ppm으로 세 원소 공히 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 진해내만으로 구리, 납, 아연 각각 17±4ppm, 29±3ppm, 116±12ppm이었고, 가덕도해역이 가장 낮은 14±2ppm, 25±4ppm, 99±10ppm이었다.

상하층간의 농도변화를 보면, 가덕도해역의 조사정점 6에서는 세 원소 공히 상하층간 농도의 차이가 없었으나 부산해역의 조사정점 24와 31에서는 상층이 하층보다 현저히 높게 나타났다. 또 가덕도해역에서는 각 조사정점간의 농도변화가 심하지 않는데 반해 부산해역에서는 조사정점간의 농도변화가 심하며 특히 조사정점이 항구에

Table 1. Analytical results of heavy metals in sediments from the southeastern coastal area of Korea. (in ppm, except for Fe which is in wt %)

Station #	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Fe	Mn
1	22	34	136	13	29	4.6	423
2	20	28	120	13	31	4.5	512
3	13	28	104	13	30	4.7	681
4	14	26	106	13	30	4.7	516
5	18	28	112	14	31	5.3	529
6	14	27	107	13	27	4.7	600
6*	15	25	106	13	31	5.1	460
7	17	29	107	12	28	4.7	1010
8	13	26	95	13	24	4.2	507
9	11	22	84	11	22	3.6	432
10	15	26	110	14	33	4.7	485
11	16	29	111	13	32	4.8	573
12	15	28	109	13	28	4.3	508
13	14	26	104	12	26	4.5	569
14	12	22	86	11	23	4.2	417
15	16	27	96	12	26	5.2	603
16	10	14	79	11	31	3.1	333
17	15	27	105	12	26	4.1	370
18	23	39	120	12	27	5.1	437
19	16	25	112	13	32	4.4	497
20	14	25	97	15	32	4.0	342
21	17	26	111	14	32	4.4	598
22	30	40	121	13	29	3.6	417
23	48	32	115	13	28	4.2	432
24	23	35	141	14	29	4.3	455
24*	12	18	92	14	31	4.3	393
25	28	49	187	12	24	3.8	429
26	19	25	120	13	28	3.9	549
27	15	24	105	13	32	4.1	380
28	16	24	107	14	30	3.9	404
29	17	29	115	13	31	4.2	381
30	17	26	113	13	29	4.2	494
31	19	28	117	13	31	4.2	629
31*	12	18	88	13	30	3.8	361
32	16	26	111	13	29	3.8	347
Range	10~48	14~49	79~187	11~15	22~32	3.1~5.3	333~1010
Average	18	28	111	13	29	4.3	499

* sediments from depth of 55-60cm.

가까울수록 세 원소의 농도가 점차 증가하고 있다.

위의 사실들로 미루어 부산해역은 인간활동의 영향을 상당히 받는 것으로 간주되며 부산내항에는 이들 세 원소가 더욱 높게 분포되었을 것

으로 추정된다. 이와 반면 가덕도해역은 아직까지 인간활동의 영향이 거의 없는 것으로 사료된다.

구리, 납, 아연 서로간의 상관관계를 보면 Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4에 표시한 바와같이 매우 밀접

Table 2. The contents of heavy metals in sediments from the Southeastern Coastal Area of Korea. (in ppm, except Fe which is in wt %)

Elements	Jinhae Bay (5 species)		Near Gadukdo(12 species)		Sea off Pusan Bay (12 species)	
	range	average	range	average	range	average
Cu	13~22	17±4	10~17	14±2	15~48	22±9
Pb	26~34	29±3	14~29	25±4	24~49	30±7
Zn	104~136	116±12	79~111	99±10	105~187	122±22
Co	13~14	13±1	11~14	12±1	12~14	13±1
Ni	29~31	30±1	22~33	27±3	24~32	29±2
Fe	4.5~5.3	4.7±0.3	3.1~5.2	4.4±0.6	3.6~4.3	4.1±0.2
Mn	423~681	552±73	370~1010	534±167	347~629	460±86

한 정의 직선관계 :

$$[Cu]=0.79 [Pb]+ 5.05 \quad (r=0.89)$$

$$[Zn]=3.53 [Cu]+51.48 \quad (r=0.84)$$

$$[Zn]=2.59 [Pb]+39.28 \quad (r=0.87)$$

가 존재하였으나 기타 다른 어떤 원소와는 아무런 상관성이 존재하지 않았다.

구리, 납, 아연의 경우와는 달리, 퇴적물중 코발트 및 니켈의 농도는 아직까지 인간활동의 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

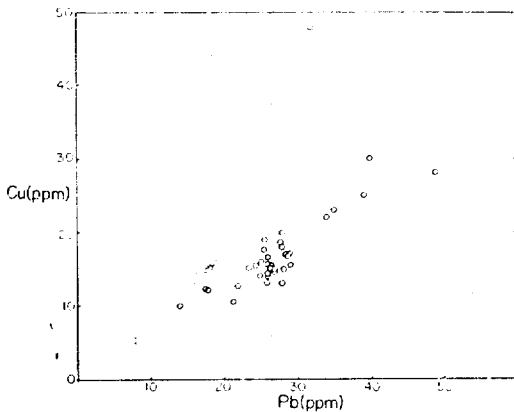


Fig. 2. The Relationship between Copper and Lead in Sediments from the southeastern coastal area of Korea.

코발트 및 니켈 : 전 조사해역을 통해 코발트 및 니켈의 평균농도는 각각 13ppm, 29ppm이고, 농도범위는 각각 11~15ppm, 22~32pp이다.

각 해역별 분포를 보면 코발트 및 니켈의 평균농도가 부산해역에서 각각 13±1ppm, 29±2ppm, 가덕도해역에서 12±1ppm, 27±3ppm 그리고 진해내만에서 13±1ppm, 30±1ppm으로 각 해역간의 농도변화가 거의 없으며, 각 조사정점별 농도변화와 상하층간의 농도변화도 거의 없는 것으로 나타났는데, 이와같은 결과로 미루어

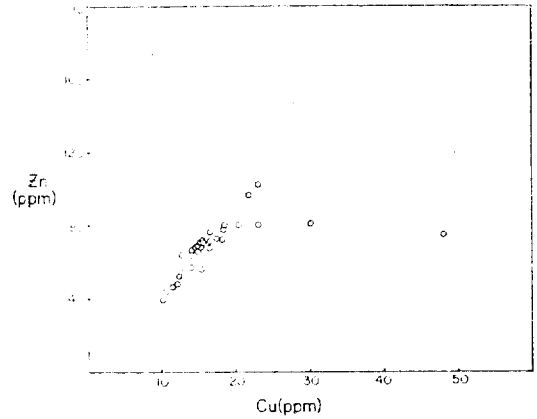


Fig. 3. The relationship between copper and zinc in sediments from the southeastern coastal area of Korea

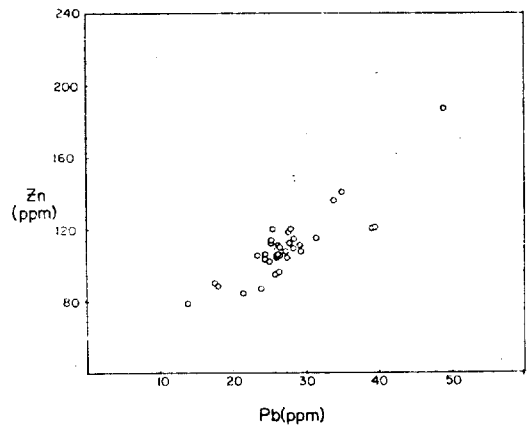


Fig. 4. The relationship between zinc and lead in sediments from the southeastern coastal area of Korea.

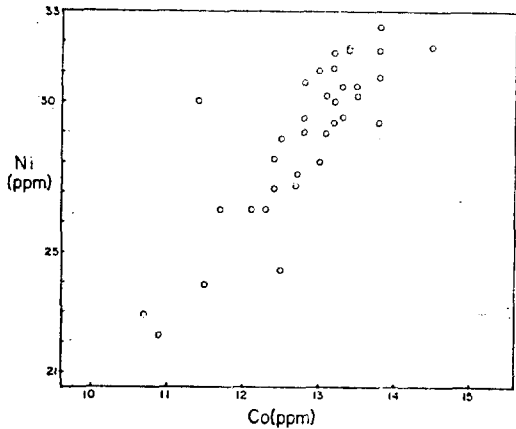


Fig. 5. The relationship between nickel and cobalt in sediments from southeastern coastal area of Korea.

코발트와 니켈간에는 Fig. 5에 나타난 바와같이 정의 직선관계 :

$$[Ni]=2.55 [Co]-3.75 (r=0.81)''$$

가 존재하였으나 기타 다른 원소와는 코발트와 니켈중 어느것도 상관성이 없었다.

철 및 망간 : 전 조사해역을 통하여 철의 농도는 3.1~5.3% 사이에서 변동하였고 평균농도는 4.3%이며, 망간의 농도는 333~1010ppm 사이에서 변동하였고 평균농도는 499ppm이었다.

각 해역별 농도분포를 보면 구리, 납, 아연의 경우만큼 변화폭이 크지는 않지만 부산해역에서 철과 망간이 각각 $4.1 \pm 0.2\%$, $460 \pm 86\text{ppm}$ 으로 가장 낮고, 그 다음이 가덕도해역으로 각각 4.4

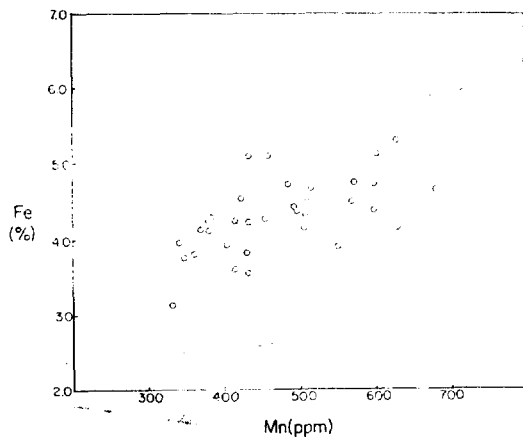


Fig. 6. The relationships feweem iron and manganese in Sediments from the southeastern coastal area of Korea.

$\pm 0.6\%$, $534 \pm 167\text{ppm}$, 그리고 진해내만에서 각각 $4.7 \pm 0.3\%$, $552 \pm 73\text{ppm}$ 으로 세 해역중 가장 높은 것으로 나타났다.

그리고 상하층간의 농도분포를 보면 조사정점 24와 31의 하층시료에서 철의 농도가 각각 4.3%, 3.8%로 표층시료의 농도와 큰 차이는 없었고 망간의 농도 각각 393ppm, 361ppm으로 표층시료의 것보다 다소 낮게 나타났다.

철과 망간간에는 Fig. 6에 나타난 바와같이 비교적 밀접한 정의 직선관계 :

$$[Fe(\%)] = 0.0796 [Mn (\text{ppm})] + 0.0023$$

$$(r = 0.52)$$

가 존재하였으나 기타 원소와는 상관성이 존재하지 않았다.

요 약

1. 1976년 1월부터 8월 사이에 한국남해동부연안 32개의 조사정점에서 Gravity Corer를 사용하여 퇴적물 시료를 채취하고, 원자흡수분광기로 퇴적물중 구리, 납, 아연, 코발트, 니켈, 철, 망간의 농도를 측정하였다.

2. 조사해역 퇴적물중 구리, 납, 아연의 농도는 각각 10~48ppm, 14~49ppm, 79~187ppm사이에서 변동하였고 평균농도는 각각 18ppm, 28ppm, 111ppm이었다.

조사해역을 진해내만, 가덕도해역, 부산해역 등 3개해역으로 나누어 각 해역별 농도분포와 각 조사정점간의 농도변화 그리고 상하층간의 농도변화등으로 미루어 부산해역은 인간활동의 영향을 받는 것으로 추정되며 가덕도해역은 아직까지 인간활동의 영향이 없는 것으로 사료된다.

3. 코발트와 니켈의 농도는 각각 11~15ppm, 22~32ppm 사이에서 변동하였고 평균농도는 각각 13ppm, 29ppm이었다.

두 원소의 농도는 구리, 납, 아연의 경우와는 반대로 각 조사정점 및 해역간의 농도변화와 상하층간의 농도변화가 거의 없는데 이로 미루어 이 두 원소는 아직까지 인간활동의 영향이 없는 것으로 사료된다.

4. 철과 망간의 농도는 각각 3.1~5.3%, 333~1010ppm 사이에서 변동하였고 평균농도는 각

각 4.3%, 499ppm이었다.

두 원소에 대한 각 조사정점 및 해역간의 농도변화와 상하층간의 농도변화가 코발트 및 니켈의 경우보다는 더욱 크지만 구리, 납, 아연의 경우처럼 어떤 형태가 나타나지는 않았다.

참 고 문 헌

- Choe, S. 1971. Studies on marine sediments of the Korean Seas. Jour Oceanol. Soc. Korea, 6 : 1~15
- Hyun, K.S. 1974. The distribution of Copper, Iron and Zinc in shallow marine sediments, Jinhae Area. M.S. Thesis, Seoul National University, Korea.
- Johansson, C.G. 1975. Manual of Methods in Aquatic Environment Research, FAO Technical Paper No. 137.
- Kawk, H.S. & Lee, J. W. 1975. Heavy Metals in the Sea off Jinhae and Masan during winter Period. Jour. oceanol. Soc. Korea, 10 : 7~6
- 국립수산진흥원. 1975. 사업보고 제30호. 한국연안 수질오염조사.
- 국립수산진흥원. 1977. 사업보고 제34호. 한국연안 수질오염조사.
- Lee, J.W., Han, S.J. & Youn, O.K. 1974. Concentrations of heavy metals in sediments from the Sea off Jinhae and Masan, Korea. Jour. oceanol. Soc. Korea, 9 : 31~38