

중금속을 이용한 서남해역의 오염도 평가

김도희*, 유한홍*, 정종성*, 조현서**

Monitoring of the marine environment by the trace matter in the Westsouthern coastal of Korea

Do-Hee Kim*, Han-Hong Yu, Jong-Sung Chong(Mokpo Maritime University) and Hyeon-Seo Cho(Yosu University)

1. 서론

현재와 같은 해역환경기준치로 정해져 있는 수질 항목들은 현재의 오염도를 평가하는 데에는 도움이 되겠지만, 이러한 수질인자들은 시·공간적으로 쉽게 변동하기 때문에 과거와 현재 미래의 해역오염도를 비교 평가하는 데에는 한계점이 있다. 그러나 해역에서의 여러 가지 오염물질 중 중금속은 쉽게 소멸 분해되지 않는 지속성이 강하기 때문에 오염물질의 추적자로 이용되고 있으며, 저질 또한 시공간적으로 쉽게 변하지 않기 때문에 과거, 현재의 해역오염도를 나타내는 좋은 지표로 이용될 수 있다.

해역에서의 오염물질 중 중금속은 인간과 생물체의 구성과 대사과정에 극 미량으로 필요하나 저 농도 또는 과량으로 노출될 때에는 생태계에 치명적인 해를 입힌다. 특히, 이들 물질은 환경 중에 유입되면 쉽게 소멸 분해되지 않고 생물농축(bioaccumulation) 과정을 통해 자연수에서 보다 수십에서 수 백만 배까지 농축되어 결국에는 인간에게 해를 끼친다. 그 예로서는 일본의 구마모토현과 가고시마현에서 수은중독으로 938명이 사망하였고 2266명의 환자가 발생했으며, 도야마현에서는 카드뮴오염으로 100명이 사망하는 사건이 있었다. 그 외에도 납, 크롬, 비소, 망간 등에 의한 중금속 오염 사건이 세계 곳곳에서 발생하고 있다.

우리 나라도 지난 수 십년간 비약적인 경공업과 중공업의 발전과 함께 임해공단의 건설에 따라 연안해역의 오염이 심각한 상태에 있으며, 광양만과 목포 해역 및 망경간 하구와 같은 해역에서는 해양이용과 연안개발이 활발히 이루어지고 있어 유해물질로 인한 해양오염사고의 예방과 연안 오염의 관리를 위해서는 중금속과 같은 유해물질의 조사는 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 광양만과 목포해역 및 새만금 간척 사업이 이루어지고 있는 망경간 하구의 해수 및 퇴적물 중의 중금속의 오염도를 조사해서 장소와 시간에 따른 해역의 오염도를 평가하고자 하였다.

* 목포해양대학교

** 여수대학교

2. 연구내용 및 방법

광양만내에 해수 및 퇴적물 22개 지점을 선정해서 1997년 8월부터 1999년 1월까지 계절별로 조사하였다. 목포해역에서는 1988년 7월부터 2000년 10월까지 8개 지점에서 조사되었고 새만금호 만경강 하구에서는 3개의 지점에서 해수 및 저층 퇴적물을 채취하였다. 측정항목은 Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn을 분석하였다.

해수중 중금속 분석은 Standard method(APHA·AWWA·WPCF, 1980)에 따라 분석하였고, 퇴적물중의 중금속은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 1998)에 근거하여 분석하였다. 채수된 해수는 질산 5ml/L을 주입하여 APDC-MBKC추출법에 따라 분석하였으며, 퇴적물은 코아 채니기로 채취된 상층부 5cm를 시험관에 옮겨 1N 질산을 가하여 진탕, 원심분리 한 후, 추출된 용액을 자동샘플러가 부착된 원자흡광광도계(Shimadzu AA-680)를 이용하여 분석하였다.

해수 중 각 중금속 분석의 검출한계는 Cu: 0.001 $\mu\text{g}/\ell$, Cd: 0.007 $\mu\text{g}/\ell$, Cr: 0.460 $\mu\text{g}/\ell$, Pb: 0.017 $\mu\text{g}/\ell$, Zn: 0.011 $\mu\text{g}/\ell$, Fe: 0.090 $\mu\text{g}/\ell$ 이었다. 퇴적물 중 각 중금속 분석의 검출한계는 Cu: 0.004 mg/kg dry, Cd: 0.003 mg/kg dry, Cr: 0.014 mg/kg dry, Pb: 0.580 mg/kg dry, Zn: 0.001 mg/kg dry, Fe: 0.008 mg/kg dry였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 광양만의 해수 및 퇴적물에서의 중금속 농도분포

광양만 해수 중 Cu 농도는 0.68~6.50(평균 2.64) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 해양환경기준치인 20 $\mu\text{g}/\ell$ 보다 낮았고 계절별로 약간의 농도차이를 보였다(Table 1). 퇴적물 중 구리의 함량을 보면 2.70~11.11(평균 5.31) mg/kg · dry으로 나타 났다. 해수 중 Cr의 농도는 해양환경기준치인 50 $\mu\text{g}/\ell$ 보다 낮은 ND~1.50(평균 0.44) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 계절별 약간의 농도 차이를 보였으나, 퇴적물에서는 ND~0.02 mg/kg · dry로 계절별 농도를 보였다. Pb는 0.21~27.4(평균 10.1) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 99년 1월에 높은 값을 보였으며, 퇴적물의 경우는 ND~45.8(평균 14.3) mg/kg · dry 으로 나타나 해수 및 퇴적물 모두에서 조사기간에 따라 농도차이를 보였으며 모두 해양환경기준치인 100 $\mu\text{g}/\ell$ 보다 낮은 농도를 보였다. 해수 중 Zn의 농도는 환경기준치인 100 $\mu\text{g}/\ell$ 이하인 ND~34.2(평균 11.3) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 검출되어 큰 농도차이를 보였으며, 퇴적물에서는 3.34~31.2(평균 16.1) mg/kg · dry의 농도분포를 보였다. 해수 중 Fe농도는 22.8~314(평균 128) $\mu\text{g}/\ell$, 퇴적물에서는 484~1860(평균 1123) mg/kg · dry으로 나타나 해수 및 퇴적물에서 큰 농도 차이가 보였다. 광양만내 각 중금속 농도 분포는 모두 해양환경기준치보다 낮았고 광양만 안쪽 및 하동 쪽의 해수와 퇴적물에서

외해 쪽의 여수해역 보다 낮게 나타나는 뚜렷한 농도분포를 보였다.

3.2 목포해역의 해수 및 퇴적물에서의 중금속 농도분포

목포해역의 해수 중 Cu의 농도는 0.89~16.2(평균 8.21) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 2000년 8월에 높은 농도를 보인 반면, 1998년 7월에 낮은 농도를 보여 조사기간에 따라 약간의 농도 차이를 나타냈다. 퇴적물의 농도는 0.41~7.28(평균 3.60) $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 으로 나타났다(Table 1). 해수 중 Cd 농도는 0.17~3.72(평균 1.42) $\mu\text{g}/\ell$, 퇴적물에서는 0.00~3.59(평균 1.65) $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 으로 나타나 조사기간 별 큰 농도 차이는 나타나지 않았다. Cr의 경우에는 2001년 1월에 해수 및 퇴적물에서 각각 4.58, 7.54 $\mu\text{g}/\ell$ 의 농도로 나타났을 뿐 다른 조사 기간에는 검출되지 않았다. Pb의 해수 중 농도는 0.55~54.5(평균 18.0) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 검출되어 조사기간 별 농도 차이가 크게 나타났으며, 퇴적물에서는 2001년 1월에만 71.5 $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 으로 검출되었을 뿐 다른 조사기간에는 검출되지 않았다. 해수 중 Zn의 농도는 2001년 1월에만 0.17 $\mu\text{g}/\ell$ 으로 나타났을 뿐 다른 조사시기에는 검출되지 않았으며, 퇴적물 중 함량은 12.7~13.8(평균 13.2) $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 으로 조사기간 별 비슷한 농도 범위를 보였다. Fe의 해수 중 농도는 0.00~284(평균 108) $\mu\text{g}/\ell$ 으로 나타나 조사기간 별 큰 농도차이를 보였다. 퇴적물의 경우에는 928~1899(평균 1443) $\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 의 농도 값을 보였다.

Table 1. Concentrations of heavy metals in seawater of Kwangyang Bay, Mokpo harbour and Mankyong estuary

Sampling Site	Sampling Time	Fe $\mu\text{g}/\ell$	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn
Kwangyang Bay	Aug. 97	314	2.53	0.12	1.13	0.21	34.2
	Jan. 98	120	2.43	0.20	ND	1.01	4.24
	Jan. 99	52.9	1.67	1.09	ND	27.4	ND
	Nov. 00	176	6.50	4.48	1.50	2.03	6.39
	Feb. 01	84.1	2.04	0.06	ND	15.3	22.4
	Apr. 01	22.8	0.68	0.86	ND	16.5	0.25
	Mean	128	2.64	1.14	0.44	10.1	11.3
Mokpo harbour	Nov. 98	284	2.49	1.85	ND	41.3	ND
	Jul. 98	74.9	0.89	2.15	ND	54.5	ND
	Apr. 00	215	14.0	3.74	ND	5.52	ND
	Aug. 00	ND	16.2	0.31	ND	4.31	ND
	Dec. 00	ND	6.66	0.32	ND	1.48	ND
	Jan. 01	75.7	9.07	0.12	4.58	0.55	0.17
Mean	108	8.24	1.42	0.76	18.0	0.03	
Mankyong Estuary	Sep. 01	72.7	87.7	ND	ND	ND	0.51

* Mean values of 22 stations in Kwangyang Bay, 6 stations in Mokpo harbour and 3 stations in Mankyong estuary.

3.3 만경강 하구의 해수 및 퇴적물에서의 중금속 농도분포

만경강 하구에서의 해수중의 Fe 농도는 $72.7 \mu\text{g}/\ell$ 로서 광양만과 목포해역에서보다 낮았다. Cu는 $87.73 \mu\text{g}/\ell$ 로 나타나 해역환경기준치인 $20 \mu\text{g}/\ell$ 보다 4배 이상 높은 농도로 나타났고 다른 두 해역에 비해서도 80배 이상의 오염된 농도를 보였다. $0.51 \mu\text{g}/\ell$ 로 나타난 Zn은 $0.51 \mu\text{g}/\ell$ 로 나타나 해역환경기준치인 $100 \mu\text{g}/\ell$ 보다 낮았고 광양만에서보다는 낮았고 목포해역에 비해서는 높은 농도로 나타났다.

만경강 표층퇴적물을 대상으로 중금속을 분석한 결과, Fe는 $845 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 로 광양만과 목포해역에 비해 낮았고 Cu는 $8.58 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 로서 광양만과 목포해역에 비해 낮게 나타났다. Zn은 $20.4 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 로 다른 두 해역에 비해 높게 검출되었다.

3.4 해역별 비교

광양만과 목포 해역의 해역별 농도 차이는 비교해 보면, 해수 중 Cu의 경우에 각각 $2.64, 8.21 \mu\text{g}/\ell$ 으로 목포 해역이 3배 이상 높게 나타났으며 만경강하구에서 가장 높게 나타났다. 퇴적물의 경우 광양만에서 $5.31 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$, 목포 해역 $3.60 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 로 약간 낮게 나타났으며 퇴적물에서도 만경강 하구에서 가장 높게 나타났다. Cd, Cr 및 Fe의 경우에는 광양만 및 목포 해역의 해수와 퇴적물에서 비슷한 농도가 검출되었다. Pb의 경우 해수 중에 광양만에서 $10.1 \mu\text{g}/\ell$, 목포 해역에서 $18.0 \mu\text{g}/\ell$ 이며, 퇴적물은 광양만에서 $14.3 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$, 목포 해역에서 $23.8 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 으로 해수 및 퇴적물 모두에서 목포 해역이 높게 나타났다. 해수 중 Zn을 보면, 광양만에서 $11.2 \mu\text{g}/\ell$, 목포 해역에서 $0.03 \mu\text{g}/\ell$ 으로 광양만이 목포 해역에서 보다 높게 나타났고, 퇴적물에서도 광양만에서 $16.1 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$, 목포 해역에서 $13.2 \text{mg}/\text{kg} \cdot \text{dry}$ 으로 광양만에서 약간 높은 농도를 보였다. 측정된 목포 해역 퇴적물 중 각 중금속 함량은 오염이 심한 진해만 퇴적물(Lee & Lee) 및 영산강 하구 퇴적물(조 & 박 1998)에서 보다 약간 낮게 나타났다. 관측된 중금속 항목의 모두가 해역의 수질환경 환경기준치 이하로 나타났으나 오염되지 않은 보통 해역보다는 다소 높게 나타났다.

Table 2. Concentrations of heavy metals in sediment of Kwangyang Bay, Mokpo harbour and Mankyong estuary.

Sampling site	Sampling Time	Fe	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn
		mg/kg · dry					
Kwangyang Bay	Aug. 97	572	2.70	2.63	0.02	11.0	22.9
	Jan. 98	484	2.87	0.03	ND	8.24	31.2
	Nov. 00	1860	6.93	1.33	ND	6.33	8.67
	Feb. 01	1108	2.93	0.43	ND	ND	3.34
	Apr. 01	1589	11.1	2.47	ND	45.8	14.5
	Mean	1123	5.31	1.38	0.01	14.3	16.1
Mokpo harbour	Apr. 99	1501	0.41	1.37	ND	ND	12.7
	Dec. 00	1899	7.28	ND	ND	ND	12.9
	Jan. 01	928	3.09	3.59	7.54	71.5	13.8
	Mean	1443	3.60	1.65	2.51	23.8	13.1
Mankyong Estuary	Sep. 01	845	8.58	-	ND	ND	20.4

* Mean values of 22 stations in Kwangyang Bay, 6 stations in Mokpo harbour and 3 stations in Mankyong estuary.

참고 문헌

- APHA·AWWA·WPCF, 1980, Standard Method for the examination of Water and Wast Water, 15th ed., Am. er. Public Health Ass., Washington D. C., 370-373.
- Lee, S. H. and K. W. Lee, 1983, Heavy metals in sediments from Jinhae Bay, Korea, J. Oceanol. Soc. Korea, 18, 49-54.
- 조영길·박경량, 1988, 영산강하구 표층퇴적물의 중금속 함량 및 분포, 한국환경과학회지, 7권
- 해양수산부, 1990, 해양환경공정시험방법, 173-201pp.