

부산 수영강 하상퇴적물 및 수질의 중금속 오염

김미화^{1)*} · 박성원¹⁾ · 김통권¹⁾ · 이평구¹⁾ · 김철운¹⁾

1. 서 론

부산광역시의 상수원 중 하나인 회동저수지로 유입되는 수영강에는 동래와 양산 지역에 분포하는 남석광화대가 위치하며, 상부로부터 용천광산 및 동래광산, 임기광산이 나타나고 있다. 이들 지역의 풍화작용 및 산성광산배수 배출에 의해 하상퇴적물과 하천수의 중금속 오염이 우려되고 있다(박맹언, 1996; 박맹언 등, 2000; 염승준 등, 2002). 하상퇴적물 내의 중금속은 pH 등의 물리화학적 환경 조건 변화에 따라 용출되어 주변 환경에 영향을 끼칠 수 있으며 하천수는 그에 따라 영향을 받을 가능성이 있다. 또한 수중에 용해된 중금속은 그대로 회동저수지로 유입되어 상수원수의 수질에 영향을 미친다. 본 연구의 목적은 회동저수지로 유입되는 수영강 및 철마천과 회동저수지 하부 석대천의 하상퇴적물과 하천수 내 중금속 오염 특성을 규명하여 수영강과 회동저수지의 효율적인 수질관리를 위한 기초자료로 활용함에 있다.

2. 연구방법

(1) 연구지역

연구대상지역은 회동저수지로 유입되는 두 하천인 수영강과 철마천 그리고 회동저수지 남동부의 석대동 매립지 하부를 지나는 석대천을 포함하는 지역이다.

(2) 시료채취 및 분석방법

시료채취는 2004년 4월과 7월에 수영강과 철마천에서 이루어졌으며, 이들 자료와의 비교 검토를 위해 회동저수지 직하부의 수영강과 석대천의 하상퇴적물과 하천수를 채취하였다. 하상퇴적물의 시료채취는 스테인레스 모종삽을 사용하였으며, 한 지점에서 최소 5군데 이상의 퇴적물을 모아 한 개의 복합시료로 하였다. 총합량분석을 위해 시료는 0.14mm 체로 각각 체질하여 통과한 시료를 선택하였다. 하천수는 현장에서 pH, EC를 측정하고 원소분석을 위한 시료는 부유물질을 0.45 μ m 필터에 여과시켜 제거한 다음, 농질산(65%)으로 산처리하여 보관하였으며 음이온 분석을 위한 시료는 여과 직후 PE병에 담아 냉장보관하였다.

하상퇴적물의 총합량분석은 퇴적물에 함유되어 있는 총 중금속 함량을 측정하기 위해 AAS(Atomic Absorption Spectrometry)를 이용하였다. 하천수의 양이온(Na^+ , Ca^{2+})은 ICP-AES로 정량 분석하고 음이온은 IC로 분석하였다. 중금속은 Ultrasonic nebulizer가 부착된 ICP로 분석하였다. 하상퇴적물과 하천수의 중금속은 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 비소(As)를 측정하였다.

3. 결론

하상퇴적물과 하천수에 대한 중금속 분석 결과 중에서 수영강과 철마천, 석대천에서 주요 지점의 결과를 Table. 1과 Fig. 1, 2에 나타내었다. 구리(Cu)의 경우 하상퇴적물에서는 수영강 하류 동천교 부근(68번 시료)에서 가장 높게 나타나고 석대천 시료에서 높게 나타난다.

주요어 : 하상퇴적물, 하천수, 중금속, 오염

1) 한국지질자원연구원 (gsavor@lycos.co.kr)

Table. 1. 수영강과 철마천, 석대천의 하상퇴적물과 하천수의 중금속 함량

	No.	Cu		Pb		Zn		Ni		Cr		As	
		S (ppm)	W (ppb)	S (ppm)	W (ppb)	S (ppm)	W (ppb)	S (ppm)	W (ppb)	S (ppm)	W (ppb)	S (ppm)	W (ppb)
수영강 (상류)	ps-14	18	2.8	40	2.3	119	3.3	14	6.1	13.5	2	8	9.7
	ps-6	25.5	47.6	59.5	38.6	93.5	327	17.5	93.4	18	2.3	44	0
	ps-10	15	3.3	33	2.3	133	18.5	13.5	14	10	1.5	5	9.1
	ps-71	21	1.7	71	0.4	248	4	24	2.8	21.5	1.5	9.5	8.9
	ps-5	31	2.6	65	0	199.5	4.3	20	9.7	16.5	0.9	11	9.2
	ps-3	27.5	2.8	49.5	4.4	220.5	9.2	31.5	11.7	54	2.9	17	9.4
수영강 (하류)	ps-62	15	2.7	39.5	2.5	132.5	3	15	10.6	17.5	2.1	5.5	9.4
	ps-68	201	3.7	233	0	3398	60.9	66.5	5.2	259.5	2	6	8.8
철마천	ps-34	33	2.1	160.5	1.4	728	40	21	15.4	20	1.9	19.5	13.1
	ps-38	29	2.4	40	0.5	134	9.4	24	7.8	27	1.9	17.5	9.2
	ps-20	20	2.8	32	2.7	96.5	4.3	21	6.7	20	2	8.5	9
석대천	ps-46	70	3.1	104	0.6	238	6.7	25	6.9	21.5	2	10.5	8.1
	ps-49	85	3.5	278.5	1.5	163	9.3	22	3.5	50	2	22	10
	ps-47	56	20.3	75	0.6	424.5	8.9	21.5	55.8	67.5	2.3	9	11
	ps-67	146.5	15.4	85.5	0.6	209	4.7	77	59.4	41	2.2	9.5	11.7

S : 하상퇴적물, W : 하천수

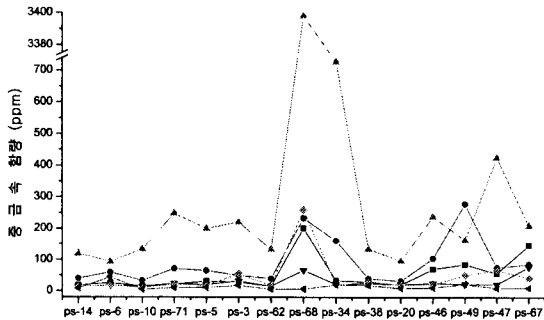


Fig. 1. 하상퇴적물의 중금속함량

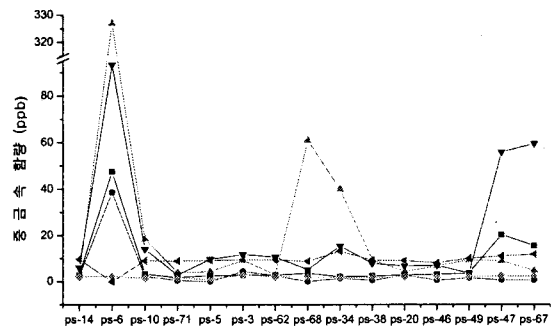


Fig. 2. 하천수의 중금속함량

■ : Cu ● : Pb ▲ : Zn ▼ : Ni ◆ : Cr ◀ : As

동래납석광산 하부의 6번 시료(47.6 ppb)가 가장 높은 함량을 나타내고 석대천(47번, 67번) 시료에서도 높게 나타난다.

납(Pb)은 석대천 상류의 하상퇴적물 시료(49)에서 가장 높게 나타나며 회동저수지 하부 수영강(68번)과 철마천 상부(34번), 석대천 전반에 걸쳐 높은 함량을 보인다(평균 64.1ppm). 하천수는 동래납석광산지역(6번-38.6ppb)을 제외하고는 평균 2.4ppb로 모두 낮게 나타난다.

아연(Zn)의 경우는 동천교 부근(68번) 시료에서 하상퇴적물(3398ppm)과 하천수(60.9ppb) 모두 매우 높게 나타난다. 임기광산(71번-248ppm)과 철마교(3번-220.5ppm), 철마천 상부(34번-728ppm)의 하상퇴적물과 동래납석광산(6번-93.4ppb)의 하천수에서도 높은 함량을 나타낸다. 석대천은 전반적으로 높은 함량을 보이고 있다. 평균은 하상퇴적물과 하천수에서 각각 261.4ppm과 18.7ppb로 나타난다.

하상퇴적물에서 니켈(Ni)의 함량은 석대천 하류의 67번(66.5ppm)과 회동저수지 하부 동천교 부근의 68번(77ppm)에서 높게 나타난다(평균 22.0ppm). 하천수는 동래납석광산 하부시료(6번)에서 93.4ppb로 최고 함량을 보이고 석대천 하류 47번과 67번에서 각각 55.8, 59.4ppb를 나타낸다(평균 13.5ppb).

크롬(Cr)의 함량은 동천교의 68번 하상퇴적물 시료에서 259.5ppm으로 가장 높고 석대천 시료(49번, 47번)와 철마교 시료(3번)에서도 비교적 높은 함량을 보인다. 전체 시료에서 평균 함량은 29.5ppm이다. 하천수는 평균 2.6ppb로 모든 지역에서 낮게 나타난다.

비소(As)는 동래납석광산하부의 6번 하상퇴적물 시료(44ppm)에서 가장 높게 나타났다. 전체 하상퇴적물 시료에서는 평균 11.3ppm으로 나타났다. 하천수 분석에서는 평균 9.13ppb 로 모든 지점에서 낮게 나타난다.

하천수의 pH는 동래납석광산 부근(6번)에서 5.42로 산성을 보이거나 2차 수계로 합류한 지점(10번)에서는 7.42로 안정된 값을 나타낸다. 그 외의 나머지 시료에서는 대체로 알칼리성을 나타낸다(평균 8.1). 그러나 회동저수지 입구의 62번에서는 10.14이고 높은 중금속 함량을 보이는 동천교 부근(68번)과 철마천 하류(20번)에서도 각각 9와 9.14로 상수원수의 수질기준을 초과하는 알칼리성을 나타낸다. 이는 조류의 발달과 인위적인 오염에 기인하는 것으로 생각된다.

4. 결론

수영장과 철마천 석대천을 대상으로 이루어진 하상퇴적물의 총함량분석과 하천수의 중금속 함량 실험 결과 하상퇴적물의 경우 회동저수지 직하부 동천교 주변에서 채취한 시료(68번)에서 구리, 납, 아연, 니켈, 크롬의 함량이 모두 높게 나타나고 있으며, 하천수의 경우도 아연의 함량이 높게 나타난다. 이 지점은 도시고속국도와 14번 국도가 교차하는 지역으로 아연, 구리 등과 같은 차량 통행과 깊은 연관성을 갖는 중금속의 높은 함량과 더불어 도시, 산업적 특성을 동시에 보여주는 복합적 오염원이 작용한 결과로 해석된다.

석대천에서 채취한 시료에서는 다른 지역의 시료들에 비해 상대적으로 높은 중금속 함량을 보이고 있다. 이는 석대천 상류에 위치한 폐자원 관련 업체 및 석대천 북서쪽에 위치한 석대매립지에 의한 영향이 동시에 작용한 결과로 판단된다. 한편, 교통량에 의한 오염이 우려되는 철마교 부근의 하상퇴적물에서는 아연과 크롬의 함량이 높게 나타난다.

수영장으로 유입되는 오염원 중 하나인 폐광산에 의한 영향을 확인한 결과, 동래납석광산 하부(6번)에서 채취한 하상퇴적물에서는 비소가 높게 나타나고 있으며 하천수의 경우 구리, 납, 아연, 니켈과 함께 SO_4^{2+} (357.9ppm)도 높게 나타나고 있어 이는 낮은 pH(5.42)와 더불어 상부 폐광산으로부터 광미/폐광석의 유실에 의한 영향임을 반영하고 있다.

5. 참고문헌

- 박맹언, 1996, 납석광산에서 발생하는 토양 및 수질오염 실태 : 부산광역시 회동수원지 상류지역, 한국토양환경학회 부산·경남지부 결성 및 토양환경 세미나, pp. 10~117
- 박맹언, 성규열, 고용권, 2000, 비금속광산의 황화광염대에 수반되는 산성광산배수의 형성과 지질환경의 오염: 동래납석광산 산성광산배수의 형성에 관한 반응경로 모델링, 자원환경지질, 33, 5, pp. 405~415
- 염승준, 윤성택, 김주환, 박맹언, 2002, 동래 납석광산 산성 광산배수의 중화실험: 중금속의 거동 특성 규명, 한국지하수토양환경학회지, 7, 4, pp. 68~76