

회동저수지 부근 하상퇴적물의 중금속 오염특성 고찰

박성원¹⁾ · 조호영²⁾ · 이평구¹⁾ · 연규훈¹⁾ · 신성천¹⁾

1. 서 론

부산시민의 주 음용수원지인 회동저수지 상류에는 동래·양산 일대에 널리 분포하는 납석 광화대가 분포하며, 수영강 상류의 용천광산 및 동래광산, 임기광산이 하부로 분포하며 이들의 풍화작용 및 산성광산배수 배출에 의해 하상퇴적물 내 중금속 오염이 우려되고 있다(박맹언, 1996; 박맹언 등, 2000; 염승준 등, 2002). 지표수와는 달리 하상퇴적물 내 중금속은 pH 등 물리화학적 환경 조건 변화에 따라 용출되어 주변 환경에 영향을 끼칠 수 있다. 이 연구의 목적은 회동저수지로 유입되는 수영강 및 철마천과 회동저수지 하부 석대천에서의 하상퇴적물 내 중금속 오염특성을 규명하여 회동저수지 수질관리의 기초 자료로 활용함에 있다.

2. 연구방법

(1) 연구지역

연구대상지역은 부산광역시와 양산시에 걸쳐 있는 회동저수지로 직접 유입되는 하천인 수영강, 이와 함께 회동저수지로 유입되는 철마천, 회동저수지 남동부의 매립지 하부를 지나 는 석대천을 포함하는 지역이며, 수영강의 11개 지류와 철마천의 5개 지류도 대상지역에 포함하였다.

(2) 시료채취 및 분석

시료채취는 2004년 4월과 7월에 수영강과 철마천을 중심으로 이뤄졌으며, 이들 자료와 비교 검토를 위해 남동측의 석대천과 회동저수지 직하부의 수영강 하상퇴적물 시료도 채취 하였다. 수영강 상류의 시발점인 용천광산을 기점으로 하부로 동래광산, 임기광산 등 산성광 산배수가 우려되는 폐광산 주변과, 수영강 및 철마천 본류와 각 지류에서도 시료의 고른 분 포를 고려하여 채취하였으며, 또한 석대 매립지에서 침출수 유출에 의해 오염확산이 우려되 는 석대천에서의 하상퇴적물 시료도 채취되었다. 총 40개의 시료가 채취 되었다.

시료채취는 스테인레스 모종삽을 사용하였으며, 한 지점에서 최소 5군데 이상의 퇴적물 을 모아 한 개의 복합시료로 하였다. 토양공정시험법에 따른 분석용 시료는 2mm 체(sieve) 로, 총함량 분석용 시료는 0.14mm체로 각각 체질하여 통과한 시료를 선택하였다.

주요어 : 하상퇴적물, 중금속, 오염

1) 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 (spark@kigam.re.kr)

2) 고려대학교 지구환경과학과 (hyjo@korea.ac.kr)

수영천 상류, 중류, 하류 및 용천광산, 동래광산 주변에서 채취된 하상퇴적물을 대상으로 습식체분석을 실시하여 퇴적물의 입도를 분석하였다. 습식체분석결과 대부분의 퇴적물이 5% 미만의 점토를 포함하고 있으므로 비중계분석은 실시하지 않았다. 하상퇴적물시료의 전처리는 토양공정시험 방법과 총합량 분석 방법 모두에 의해 실시되었다. 토양공정시험 방법은 토양환경보존법의 기준에 따른 오염 특성을 평가하기 위해 그리고 총합량 분석은 퇴적물에 함유되어 있는 총 중금속 함량을 측정하기 위해 실시되었다. AAS(Atomic Absorption Spectrometry)를 이용해 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 크롬(Cr), 아연(Zn), 납(Pb), 및 니켈(Ni)의 함량을 분석하였다.

3. 본 론

(1) 하상퇴적물의 입도분석 결과

수영천 하상퇴적물은 채취된 위치에 상관없이 95%이상의 모래와 자갈 약 5% 정도 실트와 점토로 구성되어 있다. 즉 입도에 의해 퇴적물을 분류하면 점착력이 없는 비점성토로 구성된 조립토인 모래이다. 입도분석의 결과로부터 계산된 퇴적물의 균등계수가 6보다 작고 곡률계수가 1과 3사이의 값을 보이므로 퇴적물은 거의 균일한 크기의 입자들로 구성되어 있음을 알 수 있다(Das, 1997).

(2) 토양오염공정시험법의 전처리를 이용한 분석결과

철마천 상류의 하상퇴적물 시료에서 납(590.4 ppm), 아연(1680 ppm), 비소(26.24 p[pm])가 모두 대책기준을 1.7-2.4배 초과하고 있어 40개 시료채취 지점 중 가장 오염이 심한 지역으로 나타났으며, 이는 현장 조사결과 시료채취 지점 상부의 2-3개 음식점 등에서의 생활하수와 버섯재배를 위해 톱밥배지를 사용하는 업체를 확인할 수 있었으며, 톱밥배지 관련 자료에 의하면 집중 전에 비해 수화후의 톱밥배지에 PO_4^{3-} , Na, SO_4^{2-} , Fe, Zn 등의 함량이 매우 높아진다고 한다. 따라서 높은 중금속 함량은 버섯재배용 톱밥배지에 기인하는 것으로 추정된다.

또한 회동저수지 직하부로 도시고속국도와 14번 국도가 교차하는 도심지역인 석대동 동천교 주변에서 채취한 시료에서 구리(64.24 ppm), 아연(2480 ppm), 카드뮴(6.8 ppm)이 우려기준 및 대책기준을 초과하는 높은 중금속 함량을 나타내고 있다. 상기 성분 중 특히 자동차 통행과 깊은 관련성을 갖는 아연과 구리 함량이 높은 결과로 볼 때, 석대동 동천교 주변 하상퇴적물은 도심지 자동차 통행에 의한 오염물질의 유입에 의해 영향을 받은 것으로 생각된다.

석대천에서 채취된 시료는 대부분 높은 중금속 함량을 갖는다. 이는 석대천 상류에 위치한 폐자원 관련 업체 및 석대천 북서쪽에 위치한 석대매립지에 의한 영향 등이 복합된 요인인 것으로 생각된다.

수영강으로 유입되는 주요 오염원인 폐광산에 의한 오염은, 용천광산 주변의 하상퇴적물에서는 뚜렷한 중금속 원소의 농집이 없으며, 주로 동래납석광산 및 임기광산에서의 비소와 소량의 납과 아연인 것으로 판단된다. 이는 납석광산이 금속광산에 비해 황화광물의 결핍 때문인 것으로 판단된다.

그러나 40개 지점의 하상퇴적물에 대한 구리 등 7개 성분의 중금속 분석결과 철마천 상

류, 석대동 동천교, 석대천에서 채취된 하상퇴적물에서만 일부 중금속 원소의 토양오염 대책 기준 및 우려기준을 초과할 뿐 나머지 지역에서 채취된 시료들은 대체로 우려/대책기준을 하회하는 낮은 함량을 보이고 있다.

(3) 중금속 총합량 분석결과

중금속 총합량 분석결과는 토양공정시험법에 의한 결과와 유사한 경향을 보인다. 회동저수지 직하부 의 동천교 주변에서 채취한 시료에서 아연(3398.0ppm), 구리(201.0ppm), 납(233.0ppm), 니켈(66.5ppm), 크롬(259.5ppm), 카드뮴(8.0ppm) 등 수영강 일대에서 조사된 하상퇴적물 중 가장 다양한 중금속의 함량이 많았으며, 이는 하상퇴적물 시료채취 지점이 도시고속국도와 14번 국도가 교차하는 지역으로 아연, 구리 등과 같은 차량통행과 깊은 연관성을 갖는 중금속의 높은 함량과 더불어 도시, 산업적 특성을 동시에 보여주는 복합적 오염원이 작용한 결과로 해석된다.

철마천 상류의 하상퇴적물 시료에서 납(160.5ppm), 아연(728.0ppm), 비소(19.5ppm)가 토양오염공정시험법에 의해 분석된 결과에서와 같이 다른 지점에서의 하상퇴적물 시료에 비해 함량이 높게 나타나고 있으나, 이는 현지 조사 결과 시료채취 지점 상부에서 버섯재배를 위해 사용중인 톱밥배지에 기인하는 것으로 판단된다.

또한, 석대천에 위치하는 하상퇴적물 시료 들은 대부분 다른 시료들에 비해 상대적으로 높은 중금속 함량을 보이고 있으며 이는 석대천 상류에 위치한 폐자원 관련 업체 및 석대천 북서쪽에 위치한 석대매립지에 의한 영향 등이 복합적으로 작용한 결과로 판단된다.

4. 결 론

철마천 상류의 하상퇴적물에 대한 토양공정시험법에 의한 분석 결과, 납, 아연, 비소가 모두 대책기준을 1.7-2.4배 초과하고 있으며, 회동저수지 직하부에 위치하는 동천교 주변에서 채취한 시료에서 구리, 아연, 카드뮴이 우려기준 및 대책기준을 초과하고 있고 그 외에 일부에서만 우려기준을 초과할 뿐 나머지 시료들은 대체로 우려/대책기준을 하회하는 낮은 함량이 검출되고 있다. 총합량 분석 결과는 토양공정시험법에 의한 결과와 유사한 경향을 보인다.

철마천 상류의 하상퇴적물 시료에서 높은 중금속함량은 버섯재배를 위한 톱밥배지에 의한 영향으로, 석대천 일대의 높은 중금속함량은 상류에 위치하는 폐자원업체 및 석대천 북서부의 석대매립지에 의한 영향으로, 동천교 주변에서의 중금속 검출은 도시화/산업화에 의한 영향으로 판단된다.

수영강으로 유입되는 주요 오염원인 폐광산에 의한 오염은, 용천광산 주변의 하상퇴적물에서는 뚜렷한 중금속 원소의 농집이 없으며, 주로 동래납석광산 및 임기광산에서의 비소와 소량의 납과 아연인 것으로 판단된다. 이는 납석광산이 금속광산에 비해 황화광물의 결핍 때문인 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

박맹언, 1996, 납석광산에서 발생하는 토양 및 수질오염 실태: 부산광역시 회동수원지 상류지역, 한국

- 토양환경학회부산·경남지부 결성 및 토양환경 세미나, p. 10-117.
- 박맹언, 성규열, 고용권, 2000, 비금속광상의 황화광염대에 수반되는 산성광산배수의 형성과 지질환경의 오염: 동래납석광산 산성광산배수의 형성에 관한 반응경로 모델링, 자원환경지질, 33, 5, p. 405-415.
- 염승준, 윤성택, 김주환, 박맹언, 2002, 동래 납석광산 산성 광산배수의 중화실험: 중금속의 거동 특성 규명, 한국지하수토양환경학회지, 7, 4, p. 68-76.
- Das, M. B., 1997, Principles of Geotechnical Engineering, PWS publishing, company, Boston, USA.