

대전지역 주요하천 하상퇴적물의 물리화학적 특성 및 중금속 분포

Physicochemical Properties and Distribution of Heavy Metals in Stream Sediments of the Daejeon Area

정 찬 호(Chan Ho Jeong)^{1,*} · 이 상 구(Sang Gu Lee)²

¹대전대학교 지반설계정보공학과
(Department of Geotechnical Design Engineering, Daejeon University)

²대전대학교 교육대학원 과학교육학과
(Department of Science Education, Graduate School of Science, Daejeon University)

요약 : 이 논문에서는 대전광역시 도심하천인 유등천 및 유등천이 합류된 갑천 하류 하상퇴적물의 물리화학적 특성을 분석하고 중금속에 의한 오염 정도를 평가하였다. 유등천 하천퇴적물은 약산성내지 약알칼리이며, 퇴적물 대부분은 모래가 약 80% 이상인 사질토로 양이온 보유능력과 수분보유 능력이 낮아 식물이 자라기에 부적합한 퇴적물임을 지시한다. 따라서 유등천변 소유역 퇴적물이 토양의 기능 중 하나인 자정능력을 갖추기 위해서는 점토를 많이 객토하여 식생과 자정능력을 가지는 소유역 토양으로 전환해야 할 것으로 판단한다. 조사 지점별 중금속 성분의 함량변화 특성을 보면 유등천은 도심을 통과하면서 토사내 중금속(Pb, Cr, Cd)의 농도가 증가되는 경향을 보인다. 이러한 하천유역 토사내 중금속 농도의 증가는 하천수의 수질과 관련이 있는 것으로 보인다. 하상퇴적물 깊이별 중금속의 농도는 일부지점에서 심도증가와 함께 증가하는 경향을 보인다. 하천수의 수질오염은 하천 퇴적물의 오염으로 이어지고 이는 궁극적으로 하천생태환경에 영향을 미치게 되므로 하천수의 수질에 대한 지속적인 감시와 오염된 하상퇴적물에 대한 정화작업이 필요하다.

주요어 : 양이온교환능, 하상퇴적물, 오염, 중금속

ABSTRACT : This work carried out to analyze the physicochemical properties and investigate the assessment of heavy metal contamination of stream sediments of the Yudeung and the Gab streams in the Daejeon area. The pH of stream sediments of the Yudeung stream shows the range of weak acid and weak alkaline. Most of stream sediments contain about 80% sand grain and have low water and cation retention capacity. Hence the stream sediments are not suitable for various plants to grow up. The analysis of heavy metals in the stream sediments shows that the concentration of Pb, Cr and Cd increases from upstream to down stream. It is likely that the trend has a relationship with the water. Contamination of stream water. The authors recommend that clay materials be replenished in the stream sediments to increase the self-purification capacity and to make the suitable condition for growing up of various plants, and that water quality of the stream which can influence into the contamination of stream sediments be monitored.

*교신저자: chjeong@dju.ac.kr

Key words : cation exchange capacity, stream sediments, contaminant, heavy metals

서 론

도시를 통과하는 하천의 경우 하천의 근원지와 상류에서는 지질오염원과 같은 자연적 오염원이나 특별한 오염시설이 없는 한 수질오염 가능성은 매우 낮다. 그러나 도심 지역을 통과하면서 산업시설과 가정 등에서 배출하는 하수에 포함된 다양한 형태의 오염물질 일부가 하천으로 유입되어 하천을 오염시킬 뿐만 아니라 하상 퇴적물 및 인접한 고수부지 등의 하도퇴적물을 오염시킬 수 있다.

하상퇴적물은 상류에서는 모래와 자갈 등으로 구성되지만 하류로 향할수록 점토, 실트, 모래 등 세립질의 입자가 증가하게 된다. 특히 점토와 실트질은 중금속을 포함한 오염물질의 흡착성이 뛰어나 하천수가 오염된다면 하상퇴적물의 오염가능성이 높다(추창오외, 1998; 정찬호와 김수진, 2000; 2003).

대전광역시에는 갑천, 유등천, 대전천 3개 하천이 도시를 통과하고 있으며, 이들 3개 하천은 갑천하류에서 합류하여 금강으로 유입된다. 3대 도심 하천중 유등천의 경우 도심통과이전 하천 유역 인근에는 특별한 오염원이 거의 없지만 도심권에서는 축산농가, 일반 농경지, 산업지역과 도심주거지역을 통과하게 되므로 하천수의 오염과 그에 따른 하상퇴적물 오염의 가능성을 배제할 수 없다. 그러나 현재까지 대전지역 하상퇴적물의 오염 현황에 대한 연구는 진행된바 없다. 특히 유등천과 갑천이 합류한 갑천 하류에는 하수종말처리장에서 방류하는 방류수로 인하여 하천수의 수질이 나빠지기 때문에 하상퇴적물의 오염 가능성이 매우 높다(문병진외, 2002).

본 연구에서는 대전광역시 도시를 흐르는 유등천 및 이와합류된 갑천 하류의 하상퇴적물에 대한 물리화학적 특성을 분석하고 중금속에 의한 오염의 특성을 평가하고자 하였다.

연구방법

유등천의 상류에서 금강입구까지 총 12개 지점에서 하상퇴적물 시료 23점을 채취하였다(그

림 1). 특히 일부 지점의 하상퇴적물 시료는 심도별 오염현황을 알아보기 위하여 표면에서 5 cm, 10 cm, 15 cm 깊이로 퇴적물 시료를 채취하였다. 채취된 퇴적물 시료에 대해서 pH, 전기전도도, 양이온교환용량(CEC)을 측정하였고, Pb, Cr, Cd과 같은 중금속의 함량을 측정하였다.

pH와 전기전도도 측정을 위한 전처리로 퇴적물 시료를 105°C 온도하에서 24시간 건조한 후 토양시료 5 g과 증류수를 25 mL 비율로 혼합하였다. 측정은 Orion 520 모델의 pH 측정기와 Beckman사의 전기전도도 측정기로 수행하였다. 채취된 각각의 토양시료에 대한 양이온교환용량은 Ammonium Acetate법으로 측정하였다.

토양 내 중금속 추출을 위하여 0.1 N HCl 용액 25 mL에 퇴적물 5 g을 혼합하여 2시간 동안 교반시킨 후 원심분리와 0.45 µm 여과지를 이용하여 퇴적물과 용액상을 분리하였다. 분리된 용액은 pH 2 이하가 되게 산처리한 후, 중금속의 농도를 유도결합 쌍프라즈마-원자방출분광분석기(Shinadzu 모델ICPS-1000, ICP-AES)로 분석하였다.

결과 및 토의

물리화학적 특성

채취한 퇴적물 시료에 대한 pH, 전기전도도 및 양이온교환능력에 대한 측정결과는 표 1에서 정리하였다. 토양의 pH는 8.18~6.02의 범위를 보인다. 상류지점에서 하류지점으로 향할수록 pH 값은 증가와 하락을 반복하면서 전반적인 낮아지는 경향을 보인다(그림 2).

퇴적물내 수용성으로 존재하는 이온의 농도를 간접적으로 추정할 수 있는 전기전도도는 35.4~273.4 µS/cm의 범위를 보여주었다. 특히 전기전도도는 도심권에 위치하는 하천 퇴적물인 Y6에서 최대 값을 보이다가 점차적으로 낮아지는 경향을 보인다. 전반적으로 100 µS/cm 내외의 낮은 전기전도도 값을 보인다(그림 3).

토양시료의 양이온교환용량(CEC)은 9.67~1.20 meq/100 g의 낮은 범위를 보인다. 일반적으로 양이온교환능은 퇴적물 내 점토함량 또는

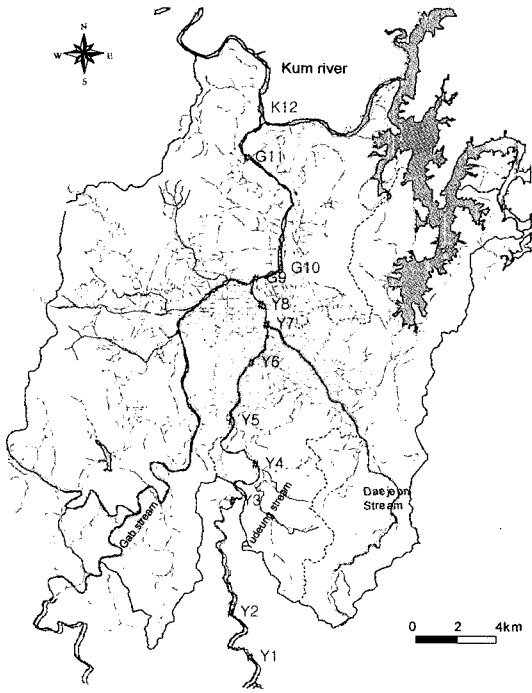


Fig. 1. Location map of stream sediments samples collected from the major streams in the Daejeon area.

유기물함량과 비례관계를 보이는데 조사지점은 일부를 제외하고는 대부분 퇴적물 내 모래 함량이 80% 이상으로 양이온교환능력이 매우 낮은 특성을 보인다. 이는 하천 퇴적물 내에 중금속과 같은 오염물질의 유입 시 토양퇴적물의 중금속 정화능이 낮아 하천유역 퇴적물 의한 오염물질 정화기능은 기대하기 어려울 것으로 판단된다.

심도별 토양시료의 전기전도도 값의 변화를 보면 Y3, G10 시료는 심도가 깊어질수록 약간 낮아지는 경향을 보이고 Y5 시료는 거의 변화를 보이지 않는다. 그러나 Y8시료의 전기전도도는 심도가 증가할수록 상당히 증가하는 경향을 보인다. 반면 Y6시료는 큰 감소를 보인다(그림 4). 이 지역의 퇴적물이 다른 지역과는 달리 점토 함량이 높은 점토질모래로 이루어져 잠재적 용존이온 함량이 높은 것으로 보인다.

퇴적물의 중금속 함량 특성

주요하천의 퇴적물에서 채취한 시료 내 존재

Table 1. pH, electrical conductivity and cation exchange capacity (CEC) of stream sediments samples collected from the major streams in the Daejeon area

Sample No. (depth)	pH	EC (μS/cm)	CEC (meq/100 g)
Y1	7.75	135	6.67
Y2	8.31	88.3	2.20
Y3	6.81	39.6	4.10
Y3.1 (5 cm)	6.48	85.5	4.33
Y3.2 (10 cm)	6.65	35.4	4.56
Y3.3 (15 cm)	6.75	40.6	6.68
Y4	7.04	93.4	2.71
Y5	7.92	96.0	3.10
Y5.1 (10 cm)	8.16	95.0	2.72
Y5.2 (15 cm)	8.18	85.9	3.20
Y6 (5 cm)	6.84	391	9.67
Y6.1 (10 cm)	6.67	90.4	3.30
Y7	6.57	273	4.23
Y7.1 (10 cm)	6.29	174	1.69
Y8 (5 cm)	7.82	155	1.20
Y8.1 (10 cm)	7.62	226	2.10
Y8.2 (15 cm)	7.25	274	2.67
G9	7.25	86.4	1.29
G10	6.49	114	2.67
G10.1 (10 cm)	6.11	68.8	2.41
G10.2 (15 cm)	6.09	70.7	2.50
G11	6.02	60	2.53
K12	6.89	50.9	1.31

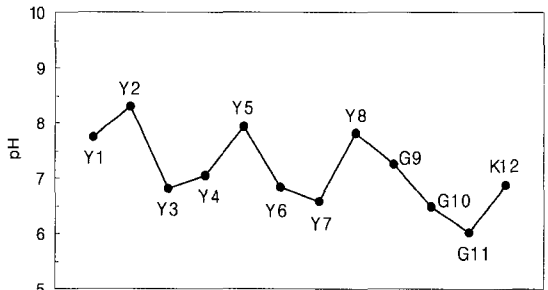


Fig. 2. pH variation of stream sediments according to sampling points.

하는 중금속 성분중 납(Pb), 크롬(Cr), 카드뮴(Cd)의 함량을 분석하였다. 분석결과는 표 2에 제시되어 있다. 분석결과와 같이 조사된 퇴적물 시료 모두에서 Pb, Cr, Cd이 검출되었다.

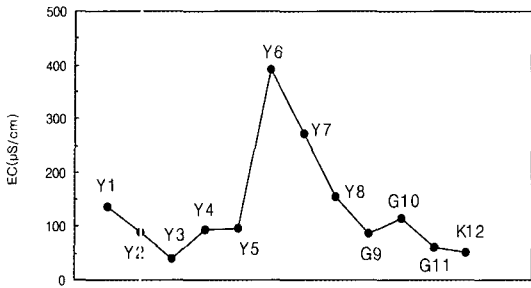


Fig. 3. Variation of electrical conductivity of stream sediments according to sampling locations.

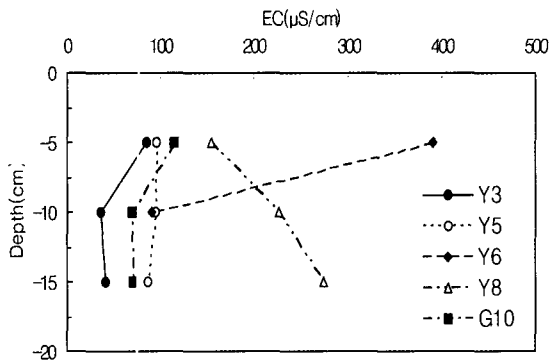


Fig. 4. Variation of electrical conductivity of sediments according to the depth of sampling point.

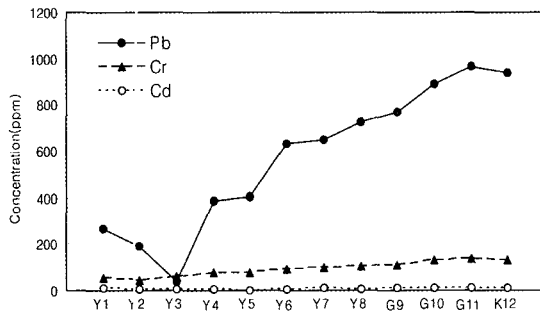


Fig. 5. Variation of heavy metal content in stream deposits of major streams.

Pb의 함량은 967~36.4 ppm의 농도범위로 가장 높은 함량을 보이고, Cr은 137.9~45.6 ppm의 농도범위를 보인다. 그리고 Cd성분은 13.3~2.1 ppm의 가장 낮은 함량을 보인다. 퇴적물 시료 내 중금속의 농도는 Pb>Cr>Cd의 순서를 보인다.

Table 2. The content of heavy metals in stream sediments of major streams in Daejeon area

Sample No.	Pb (ppm)	Cr (ppm)	Cd (ppm)
Y1	268	53.4	8.2
Y2	192	45.6	3.7
Y3	36.4	61.9	6.1
Y3.1 (5 cm)	212	51.6	9.0
Y3.2 (10 cm)	251	58.6	2.8
Y3.3 (15 cm)	409	71.9	7.2
Y4	389	75.0	6.7
Y5	404	74.1	2.1
Y5.1 (10 cm)	447	76.3	6.6
Y5.2 (15 cm)	504	79.8	5.0
Y6 (5 cm)	631	93.4	6.1
Y6.1 (10 cm)	744	96.4	8.9
Y7	648	96.0	12.2
Y7.1 (10 cm)	698	109	4.7
Y8 (5 cm)	728	102	6.9
Y8.1 (10 cm)	734	105	8.2
Y8.2 (15 cm)	731	111	8.8
G9	770	110	11.6
G10	888	133	12.5
G10.1 (10 cm)	865	126	12.8
G10.2 (15 cm)	943	132	11.7
G11	967	138	13.3
K12	936	129	13.3

퇴적물 내 중금속 함량을 하천상류에서 하류로 변화특성을 알아보았다. 중금속의 농도는 상류(Y1시료)에서 하류(K12시료)에 이르기까지 Pb의 함량은 지속적으로 증가하여 갑천하류(G11)와 금강입구(K12)에서는 967 ppm, 935.5 ppm의 높은 함량을 보인다. Cd, Cr의 농도의 경우 상류에서 하류로 향할수록 완만한 증가를 보여 상류퇴적물에 비해 대략적으로 2~3배 정도의 농도증가를 보인다(그림 5). 대부분의 하상퇴적물 시료가 점토함량이 낮은 사질토인 경우를 고려할 때 중금속 농도의 증가는 유등천 상류에서 하류를 거쳐 금강입구까지 이르면서 인근 지천에서나 혹은 인위적인 활동으로 인해 중금속을 유입시킨 요인이 있는 것으로 보인다.

중금속 농도의 퇴적물깊이별 변화 특성을 보면 Y3 시료에서는 Pb의 경우 표면퇴적물에서 35.4 ppm 농도를 보이다가 심도별 점차 증가하

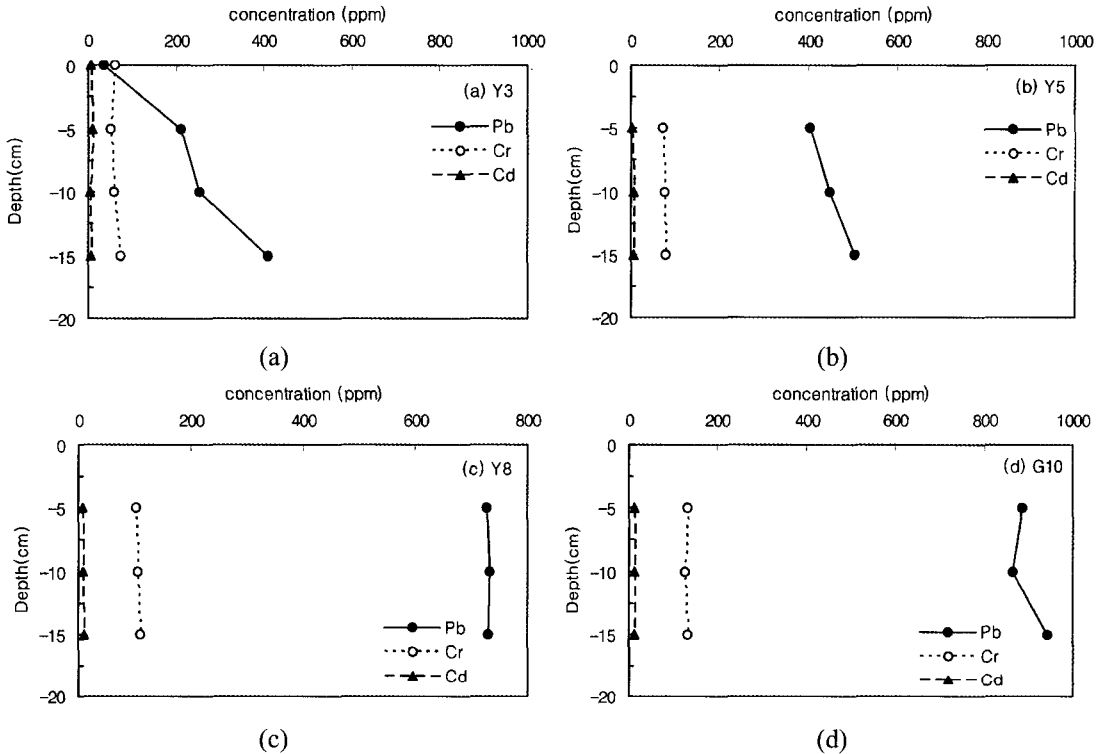


Fig. 6. Concentration variation of heavy metals according to the depth of stream sediments.

여 15 cm 깊이의 시료에서는 409 ppm까지 크게 증가함을 보인다. Cr은 지표면에서 61.9 ppm에서 약간 낮아지다가 15 cm 깊이에서는 71.9 ppm로 약간 증가하여 큰 변화는 보이지 않는다. Cd은 지표면 시료의 6.1 ppm에서 약간 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보인다 (그림 6a).

Y5 지점에서 Pb 성분은 깊이별로 약간 증가하는 경향을 보이는 반면 Cd, Cr 모두는 퇴적물의 깊이에 따른 큰 차이는 보이지 않는다 (그림 6b).

이와 같이 퇴적물 심도별 중금속의 농도변화는 지표면 퇴적물의 경우 서식하고 있는 역새풀 등에 중금속이 흡수되거나 혹은 하부로 용탈되어 상부에서는 낮은 농도를 보이다가 심도가 깊어질수록 중금속이 농축되는 것으로 보인다.

유등천과 대전천이 합류한 Y8지점 시료에서는 퇴적물의 깊이에 따른 납, 크롬, 카드뮴의 농도가 모두 유사한 분포를 보인다(그림 6C). 아울러 유등천-대전천 합류 지점을 지나서 유

등천과 갑천이 합류되는 지점인 G10지점 퇴적물에서도 깊이별 중금속 분포는 큰 변화를 보여주지 않는다(그림 6d).

결론

대전지역 도심하천인 유등천과 갑천 하류의 하상퇴적물의 pH는 약산성내지 약 알카리의 특성을 보이고, 퇴적물 대부분은 모래가 약 80% 이상인 사질토로 양이온교환능력(CEC)이 10 meq/100 g 이하로 낮은 뿐 아니라, 수분을 보유하는 능력이 낮아 식물이 자라기에 적합한 퇴적물이 아닌 것으로 보인다. 하천퇴적물의 기능 중 하나인 자정능력을 갖추고 식생들의 자리기 위해서는 점토를 많이 객토하여 소유역 토양으로 전환해야 할 것으로 판단된다.

유등천 상류에서 하류로 향할수록 하천퇴적물내 Pb, Cd, Cr과 같은 중금속 성분이 지속적으로 증가하는 경향을 보여준다. 이러한 하천 퇴적물 내 중금속 함량의 증가는 하천수의 수

질과 관련되어 있는 것으로 보인다. 하천퇴적물 심도별 중금속 분포에서도 일부 지점에서는 깊이가 깊어질수록 중금속의 함량이 높아지는 경향을 보인다.

하천수의 오염은 하천 퇴적물의 오염으로 이어지고 이는 궁극적으로 하천 생태환경에 영향을 미치게 되므로 지천에서 유입되는 하천수에 오염물질의 유입을 차단하고 오염된 하상퇴적물의 정화작업이 필요하다.

사 사

토양내 중금속 함량은 기초과학지원연구원의 ICP-AES로 분석하였다.

참 고 문 헌

- 추창오, 김수진, 정찬호, 김천수 일라이트 (1998) 할로사이트에 대한 중금속 원소의 흡착특성, 한국광물학회지, 11권 1호 20-31.
- 정찬호, 정기영 (2000) 벤토나이트의 중금속 흡착제거에 대한 pH와 지하수 음이온의 영향, 자원환경지질학회지, 33권 1호 31-40.
- 정찬호 김수진 (2003) 점토의 중금속 흡착에 대한 통계모델링, 지질공학회지, 13권 3호 239-256.
- 문병진, 정찬호, 이광식, 신형선 (2002) 대전지역 도심하천수의 수리화학 및 동위원소 특성, 지질공학회 학술발표회 논문집 p.82.

2006년 9월 18일 원고접수, 2006년 12월 18일 게재승인.