

금강 다기능보 상하류 저질토의 중금속 함량 조사

최시영*, 임수빈*, 이훈석**, 이남주**

*경성대학교 환경공학과

**경성대학교 토목공학과

e-mail:lee04811@naver.com

Monitoring on the heavy metal contents in river-bed soils around the Geum River multi-functional weirs

Soo-Bin Yim*, Si-Young Choi*, Hoon-Seok Lee**, NamJoo Lee**

*Dept. of Environmental Engineering, Kyungsung University

**Dept. of Civil Engineering, Kyungsung University

요약

하천퇴적물은 물이 순환되는 과정에서 유역으로부터 유입되는 물질과 입자의 크기에 따라 조성이 변한다. 특히 입자가 작은 토양과 유기성 물질들은 물이 순환되는 과정에서 이동성이 크게 나타나며, 인간에 의해 개발된 지역은 자연상태보다 이동되는 물질이 많이 나타난다[1]. 본 연구에서는 하천에 건설된 보에 대한 퇴적물 조사를 함으로써 향후 수질 및 토양 관리에 필요한 기초 자료를 수집하고자 하였다. 본 논문에서는 금강에 건설된 보의 주요지점에 대한 저질토의 중금속 함유량 조사를 시행하고 평가하였다. 조사는 홍수기가 지나간 10월에 실시하였으며 물리적 분석인 입도분석과 화학적 항목에 대하여 분석하였다. 입도분석 결과 3개 보 지점의 퇴적물 조성은 Sand Soil과 Sandy Loam으로 평가되었다. 완전연소가능량은 0.50~9.95로 전 지점에서 하천-호소 퇴적물 오염평가 기준의 유기물 함량기준 13%보다 높지 않은 것으로 나타났다. 화학적 성상 분석 결과 모든 항목에서 환경부 예규인 하천 호소퇴적물 오염평가 기준보다 낮게 평가되었다.

1. 서론

기술의 발달과 더불어 발생하는 산업폐수 및 생활하수는 많은 오염물질을 하천으로 배출시켰으며 이러한 오염물질들은 인체에 축적되며 부작용을 일으키고 있다[2]. 이들 중 중금속은 자연에 버려지면 먹이 사슬을 통하여 생물체에 농축되어 결국은 인체에 들어와 많은 문제점을 발생시킬 뿐만 아니라 생태계의 변화를 발생시킨다[3]. 본 연구의 대상 지역인 금강은 2013년 3개의 보가 건설되었으며 건설된 보의 주요지점에 대한 저질토의 중금속 함유량을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 시료 채취 및 분석 방법

다기능보(세종보, 공주보, 백제보) 지역의 상·하류 및 좌안, 우안, 중앙 지점에 대해 저질토 시료를 수집하였다. 시료채취는 수심이 얇은 지점은 스테인리스강 모종삽을 이용하였으며 수심이 깊거나 도보로 접근하기 어려운 지역에서는 소형 고무보트를 이용하여 포나 그랩(ponar grab)으로 상부 3 cm에 해당하는 표층 저질토를 채취하였으며 좌안, 우안, 중앙의 채

취지점을 최대한 같은 단면이 되게 하였다. 진입로가 확보되지 않은 곳은 최대한 근접하게 채취를 하였으며 채취 조사지점은 아래의 표 1과 그림 1, 2, 3과 같다. 채취된 퇴적물은 실험실에서 분석항목에 따라 분리한 후 해당 항목에 따라 분석에 필요한 처리를 추가하였다.

저질토의 입도(grain size) 분석을 위해 2 mm 체를 이용하여 체 걸음을 실시한 후 입도 분석에 이용하였고, 중금속 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg), 납(Pb) 함량 분석을 위해 200 mesh체를 이용하여 분말화하여 분석에 이용하였다.

입도 분석은 퇴적물에 포함된 유기물을 제거하기 위하여 과산화수소(H_2O_2 , 6%)를 이용하여 전처리 과정을 거친 후 체분석기를 이용하여 자갈(gravel), 모래(sand), 실트(silt) 성분으로 구분하였다.

중금속 함량 분석은 분말화된 시료를 질산(HNO_3), 과염소산($HClO_4$), 불산(HF)을 순서대로 첨가하여 퇴적물과 산이 완전히 분해될 때까지 가열하였다. 퇴적물이 완전히 분해되면 약 20 mL의 질산용액(2%)를 가하여 휘발시켜 불산을 제거한 후 다시 질산용액(2%)을 가하여 용존시켰다. 이와 같은 전처리 과정을 거친 후 ICP-OES (Perkinelmer, US/Optima 8300 ICP-OES, UDA/FPP RF)를 이용하여 퇴적물 내에 Cd(cadmium), As(Arsenic), Hg(Hydrargyrum),

Pb(lead) 4종류를 분석하였다.

본 연구에 이용된 저질토 채취 방법과 분석방법은 국립환경과학원의 ‘수질오염공정시험기준(ES 04160.2)’에 의거하여 실시하였다[4].

[표 47] 저질토 채취 조사지점

구분	위치	위도	경도	비고	
세종보	상류	좌안	36°28'37.416"	127°16'20.129"	금남교 좌안
		중앙	36°28'43.042"	127°16'12.633"	금남교 중앙
		우안	36°28'47.170"	127°16'14.789"	금남교 우안
하류	좌안	36°26'23.135"	127°13'36.306"	불티교 좌안	
	우안	36°26'13.731"	127°13'20.636"	불티교 우안 200 m	
공주보	상류	좌안	36°28'05.538"	127°06'11.434"	공주보 770 m
		중앙	36°28'05.173"	127°06'07.553"	공주보 660 m
		우안	36°28'02.462"	127°06'01.376"	공주보 650 m
	하류	좌안	36°27'18.352"	127°05'42.691"	공주보 870 m
		중앙	36°27'17.171"	127°05'31.476"	공주보 1,070 m
		우안	36°27'17.976"	127°05'30.702"	공주보 960 m
백제보	상류	좌안	36°19'21.718"	126°57'06.236"	백제보 1,200 m
		중앙	36°19'31.824"	126°57'02.629"	백제보 1,255 m
		우안	36°19'33.068"	126°57'00.784"	백제보 1,250 m
	하류	좌안	36°18'11.770"	126°55'24.046"	백제보 2,250 m
		우안	36°18'00.000"	126°55'06.325"	백제보 2,850 m



[그림 6] 백제보 저질토 채취 지점

2.2 저질토의 중금속 함량

저질토의 입도분포는 표 2와 같으며 전체적으로 금강의 하상재로는 균질한 모래로 이루어진 부분과 쌍봉분포를 가진 자갈 하천의 특징을 함께 갖는다. 저질토의 중금속 함량은 표 3에서 보는 바와 같으며 Cd는 세종보 상·하류와 백제보 상류에서 검출되었으며 Hg는 세종보 하류와 백제보 하류에서만 검출이 되었다.

2.2.1 저질토의 Cd 함량

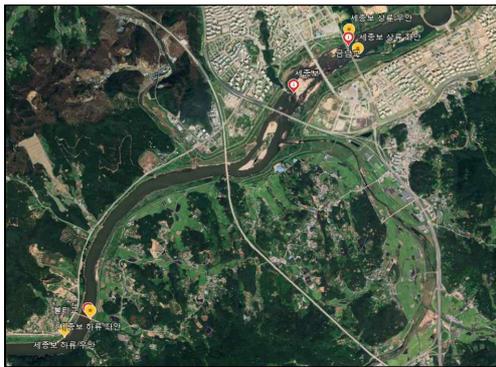
저질토에 농축된 Cd는 수계 내에 있는 어류에 축적이 되며 인체에 농축되는 원인이 된다[5]. Cd는 세종보 상류와 하류, 백제보 상류에서 검출이 되었다. 세종보 상류는 1.81 mg/kg로 가장 큰 값을 나타내었고 바로 아래인 세종보 하류에서는 0.81 mg/kg의 값을 나타냈다. 백제보 상류 또한 1.55 mg/kg의 큰 값을 나타내었지만, 백제보 하류에서는 검출이 되지 않았다. Cd의 경우 다목적 보를 통과함으로써 감소가 되는 양상을 보인다.

2.2.2 저질토의 As 함량

저질토의 As 함량은 백제보 상류에서 가장 높은 값인 19.14 mg/kg로 나타났으며 공주보 하류에서 가장 낮은 값인 6.04 mg/kg로 나타났다. 공주보 하류와 백제보 사이의 거리는 22km로 세종보와 공주보와는 다르게 상당히 멀리 떨어져 있다. 또한, 백제보는 세종보와 공주보와 비교하면 상당히 높은 As 함량을 나타내는데 이는 백제보 상류에 있는 축사에서 나오는 축산폐수의 유입으로 인한 영향으로 생각된다.

2.2.3 저질토의 Hg 함량

Hg는 인체에 흡수가 되면 해로운 물질이며 주로 액체 상태로 존재하기 때문에 체내에서의 흡수가 빠르다. 또한, Hg는 체외로 잘 배출되지 않고 쌓이며 신경세포에 막대한 영향을 끼친다. Hg가 검출된 곳은 세종보 하류와 백제보 하류로 나타나며 함유량은 각각 0.075 mg/kg, 0.032 mg/kg로 나타났다.



[그림 4] 세종보 저질토 채취 지점



[그림 5] 공주보 저질토 채취 지점

[표 48] 보 상·하류 단면의 입도분석 결과 (단위: mm)

시료 명		입도 계수		입도 분포(%)			
		Cu*	Cg**	자갈	모래	실트	
세종보	상류	좌안	4.17	0.64	16.31	83.41	0.28
		중앙	4.10	0.40	0.00	99.82	0.18
		우안	18.06	0.67	24.18	75.46	0.36
	하류	좌안	75.71	2.18	24.48	64.62	10.90
		우안	2.30	1.21	1.08	98.68	0.24
공주보	상류	좌안	1.44	0.93	0.02	99.31	0.69
		중앙	1.59	0.94	1.91	97.79	0.08
		우안	4.71	0.90	4.07	94.04	1.89
	하류	좌안	17.44	6.28	22.43	77.41	0.16
		중앙	1.89	0.87	0.00	100.0	0.00
		우안	6.25	0.47	11.65	88.21	0.14
백제보	상류	좌안	2.67	1.13	1.07	92.97	5.96
		중앙	1.54	0.92	0.00	99.92	0.08
		우안	61.11	0.37	8.85	83.08	8.07
	하류	좌안	3.85	1.21	4.37	93.42	2.21
		우안	5.29	0.71	4.37	93.42	2.21

*Cu : 균등계수, Cg : 곡률계수

[표 49] 저질토 시료 분석 결과 (단위: mg/kg)

시료	세종보		공주보		백제보		
	상류	하류	상류	하류	상류	하류	
항목	중앙	좌안	중앙	좌안	중앙	좌안	
Cd	1.81	0.81	불검출	불검출	1.55	불검출	
As	7.91	11.57	7.26	6.04	19.14	11.90	
Hg	불검출	0.075	불검출	불검출	불검출	0.032	
Pb	19.5	31.0	25.6	20.3	20.8	22.7	
유효인산	59.69	131.55	44.45	37.36	50.01	91.80	
유기물(%)	0.74	9.95	0.63	0.50	0.65	4.68	
토성 분석	토성	사토	사양토	사토	사토	사토	
	점토(%)	1.7	1.6	1.3	1.4	1.4	1.2
	모래(%)	97.4	60.6	96.2	96.7	96.2	88.2
	미사(%)	1.0	37.7	2.6	1.9	2.4	10.6

2.2.4 저질토의 Pb 함량

저질토의 Pb 함량은 세종보 하류에서 가장 큰 값(31.0mg/kg)이 검출되었으며 세종보 상류에서 가장 낮은 값(19.5 mg/kg)이 검출되었다. Pb는 As와 같이 모든 보에서 검출이 되었으며 대체로 상류보다는 하류에서 높게 나타나는 결과를 보여주었다.

[표 50] 하천퇴적물 항목별 오염평가 기준 (2015년 11월 기준)

항 목	등 급	I				II				III				IV			
유기물 및 영양염류	완전연소 가능량(%)													13 초과			
	총질소(mg/kg)													5,600 초과			
	총인(mg/kg)													1,600 초과			
금속류	구리(mg/kg)	60 이하				228 이하				1,890 이하				1,890 초과			
	납(mg/kg)	65 이하				154 이하				459 이하				459 초과			
	니켈(mg/kg)	53 이하				87.5 이하				330 이하				330 초과			
	비스(mg/kg)	29 이하				44.7 이하				92.1 이하				92.1 초과			
	수은(mg/kg)	0.1 이하				0.67 이하				2.14 이하				2.14 초과			
	아연(mg/kg)	363 이하				1,170 이하				13,000 이하				13,000 초과			
	카드뮴(mg/kg)	0.6 이하				1.87 이하				6.09 이하				6.09 초과			
	크롬(mg/kg)	112 이하				224 이하				991 이하				991 초과			

3. 결론

본 조사는 금강수계에 있는 다목적보인 세종보, 공주보, 백제보 상·하류의 저질토를 분석하였다. 기존 채취지점은 세종보, 공주보, 백제보 중앙지역으로 했으나 세종보 하류 중앙, 백제보 하류 중앙은 시료채취 시 접근이 어려워 좌안으로 대체하였다.

표 3에서 보듯이 3개 보 주변 지역의 유기 및 영양염류 항목인 완전연소가능량(유기물 %)은 세종보, 공주보, 백제보 중앙 지점들은 대부분 0.50~0.75 %의 범위로 차이 없이 나타내고 있지만, 좌안의 경우 세종보 하류 좌안이 9.95 %, 백제보 하류 좌안이 4.68 % 정도이며 표 4의 오염평가 기준에 맞춰 등급을 평가하면 IV등급 이내로 나타난다.

중금속 Cd는 0~2 mg/kg 범위의 농도를 나타내며, As는 6~20 mg/kg 범위의 농도, Hg는 0~0.075 mg/kg 범위의 농도, Pb는 19.5~31.0 mg/kg 농도로 나타났으며 세종보, 공주보, 백제보 전 지점은 오염평가 기준 IV등급 이내로 나타난다. 중앙 지점들은 전부 비슷한 값을 보였지만, 좌안의 경우 측정값들이 조금씩 높은 값을 나타내며 이러한 이유는 하천 좌·우안에 있는 축사에서 배출되는 폐수로 인한 영향으로 생각된다. 토성분석 결과 세종보 상류 중앙, 공주보 상·하류 중앙, 백제보 상·하류 중앙 지점들의 토성은 사토로 나타났으며 세종보 하류 좌안 지점은 사양토로 나타난다. 본 연구에서는 하천에 건설된 보에 대한 퇴적물 조사를 함으로써 향후 수질 및 토양 관리에 필요한 기초 자료로 활용할 수 있다고 생각된다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 수생태계 건강성 확보 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (2020003050002).

참고문헌

- [1] 이요상, 이승윤, 이혜숙, 정선아. “하천 퇴적물 물성 및 수질영향 평가”, 한국수자원학회 학술발표회, 481-481, 2016년.
- [2] Meredith, P.A., Moore, M.R. and Goldberg, A., “The effect of calcium on lead absorption in rats”, Biochem. f. 166 :531-537, 1977 year.
- [3] Sobel, A.E., Yuska, H. Peters, D.D and Kramer, B., “The biochemical behavior of Pb”, Biol Chem. 132: 239-265, 1940 year.
- [4] 환경부, 하천·호소 퇴적물 오염평가 기준, 2015년
- [5] MacLean, A.J. & A.J. Dekker, “Availability of zinc, copper and nickel to plants grown in sewage-treated soil”, Can. J. Soil Sci. , 58(3) : 381-389, 1978 year.