

난지도 주변 지역 토양 중금속 오염 특성에 관한 연구

오현정¹ · 김민영¹ · 이재영^{2*}

¹서울시보건환경연구원 · ²서울시립대학교

A study on Heavy metal of Soil in the Vicinity of Nanjido

Hyun-Jung Oh¹ · Min-Young Kim¹ · Jai-Young Lee^{2*}

¹Seoul Metropolitan Goverment Public Health & Environment research Institute,

²University of Seoul

ABSTRACT

This research was carried out from 2001. 4 until 2001. 5 in order to examine the level of soil contamination in the vicinity of Nanjido. The sampling was done at near the Nanjido soil. At the each sampling site we did the sampling at different depth- surface(0~15cm deep), 1m deep, 2m deep, 3m deep. The contamination of Cd, Cu, Pb, As, Cr⁺⁶, and Hg were tested and analysed by spectra AA. The examination showed that the average concentration level of the entire sampled soil was Cd : 0.229mg/kg, Cu : 8.349mg/kg, Pb : 11.083mg/kg, As : 0.298mg/kg, Cr⁺⁶ : 0.124mg/kg, and Hg : 0.134mg/kg. The concentration level of at the depth of 0-15cm, came out to be Cd : 0.305mg/kg, Cu : 8.464mg/kg, Pb : 11.383mg/kg, As : 0.128mg/kg, Cr⁺⁶ : 0.153mg/kg, and Hg : 0.092mg/kg. It shows that in the cases of Cd and Cr⁺⁶ the average concentration level of the whole sampled soil was about 80% of that of 0-15cm depth. And as for Hg and As, the average concentration level of the entire sampled soil came out to be approximately twice as high as the sample soil from the depth surface. As for Cu and Pb, there was not much difference between the entire samples average concentration level and the concentration level of surface. It was

* Corresponding author : leejy@uos.ac.kr

원고접수일 : 2002. 8. 2 게재승인일 : 2002. 8. 16

hard to find much relationship between the depth of each site where sampling was done and the level of concentration, the concentration level of Pb and Cu at the sampling site C and E was quite high, which suggests that it has been affected by the polluted the hyang-dong stream and fill random up waste.

Key Words : Soil contamination, heavy metal, Nanjido, Soil Preservation Act

요약문

본 연구는 비교적 인위적 오염의 개연성이 있다고 판단되는 난지도 주변 지역 토양을 대상으로 2001년 4월부터 5월까지 표토에서 깊이 3m까지 표토, 표토 1m깊이, 표토 2m깊이, 표토 3m깊이로 하여 중금속 오염농도를 조사 분석하였다. 조사대상 중금속은 Cd, Cu, Pb, As, Cr⁺⁶, Hg의 6개 항목 이였으며 농도 정량은 원자흡광광도 방법을 사용하였다. 결과로는 난지도 주변지역에서 중금속 평균도가 Cd 0.229mg/kg, Cu는 8.349mg/kg., Pb 11.083mg/kg, As 0.298mg/kg, Cr⁺⁶ 0.124mg/kg, Hg 0.134mg로 나타났다. 표토 평균농도는 Cd 0.305mg/kg, Cu 8.464mg/kg, Pb 11.383mg/kg, As 0.128mg/kg, Cr⁺⁶ 60.153mg/kg, and Hg 0.092mg/kg로 나타났다. 이는 Cd 과 Cr⁺⁶가 조사대상 전체 평균농도의 80%수준으로 나타났다. Hg과 As는 전체 평균농도와 비슷한 수준으로 나타났다. 조사대상을 중심으로 살펴본 난지도 주변 지역의 중금속 농도조사에서 깊이별 변화 추이의 일관성을 찾을 수 없었으나 C지점과 D지점에서의 금속 수준은 오염된 항동천의 영향과 매립된 폐기물에 영향을 받은 것으로 생각되었다.

주제어 : 토양 오염, 난지도, 토양중금속, 환경보전법

1. 서 론

근대화 이후 도시는 인구집중으로 교통, 쓰레기, 공해 등 많은 환경 문제를 놓고 있다. 특히 쓰레기 처리를 위한 매립은 주위 환경에 토양오염 등과 같은 부작용을 나타내고 있다. 매립부지로 잘 알려진 난지도 일대는 이와 같은 이유로 일반 다른 토양에 비하여 비교적 오염 개연성이 있다고 판단된다¹⁾. 난지도 주변지역의 지질은 한강 둔치의 충적 퇴적층과 수리 지질학적으로 서로 연결된 하성 퇴적층으로 경기 편마암 복합체에 해당한다²⁾. 때문에 지질이 변성 작용과 변형작용을 수 차례 받아 노두의 발달 상태가 불량하고 풍화작용을 많이 받은 것으로 나타났다. 특히 난지도 주변 지역 총괄적인 지질계통을 살펴보면 대부분이 편마암류로 주로 흑운모 호상 편마암(Biotite banded gneiss)이나 부분적으로는 화강 편마암(Granite

gneiss), 안구상 편마암(Augen gneiss), 규암(Quartzite)과 석영편암(Quartz schist)등이 편마암류 내에 협재 되어있다³⁾. 이러한 지질대에 매립이 이루어져 침출수의 차단기능 약하였고 주위 한강변이나 하천으로의 침출수 유출과 함께 매립가스가 방출되어 이 역에 오염인자로 작용하였다^{4), 5)}. 1993년 매립이 종결된 후 실시된 환경영향평가^{6), 7), 8), 9)}는 단순 종료 매립지로 분류되어져 1998년부터 주변의 환경개선 사업과 동시에 안정화 사업이 진행되어¹⁰⁾ 현재는 거의 완결시점에 이르고 있다. 난지도 주변 지역 토양 중금속 오염도 조사는 1994년과 1996을 필두로 1998년부터 분기별로 이루어지고는 있으나, 표토를 중심으로 이루어진 것이고, 깊이별 변화를 준 자료는 부족하였다. 특히나 2000년부터는 주변 오염된 토양을 대상으로 대대적인 복토 작업을 하였고, 복토는 주로 표토로 부터 심토 깊이 4~5m 깊이까지 이루어졌다. 본 연구는 주

로 복토가 이루어지고 있는 동안에 복토 작업이 이루어지지 않은 지역을 중심으로 깊이에 따른 카드뮴, 구리, 납, 비소, 육가크롬, 수은등 6개 항목에 대한 중금속 농도 조사를 하였다. 대상 지역 토양에 대한 깊이의 변화는 표토에서 심토까지 각각 깊이별로 평균 농도를 측정하고, 측정된 자료를 비교, 분석함으로서 중금속 수직 분포 특성에 대한 자료를 제공하고자 하였다. 또한 지표 평균 농도와 깊이별 평균 농도를 비교, 고찰하고 전체 평균 중금속 농도를 중심으로 오염 농도를 평가함으로써, 난지도 주변 지역 토양오염도 전반에 대한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

2. 본 론

2-1 시료채취

토양시료는 2001년도 4월부터 5월까지 채취하였고, 채취방법은 토양환경보전법¹⁰⁾의 공정시험법에 따라 주변 4방위의 5-10m거리에 있는 1개 지점씩 5개 지점을 선정하여 대표성을 나타낼 수 있도록 하였으며, 표토의 경우는 유기물이 혼입되지 않도록 하였다. 깊이별 시료는 Geoprobe(540M, USA)를 이용하여 표토(0-15cm), 심토 1m(80-110cm), 심토2m(180-210cm), 심토 3m(280-310cm)순으로 채취하였다.

시료채취지점은 1매립지 남단 쪽 한강 둔치 지점

(A-1, A-2), 2매립지 남단 한강둔치 지점(B), 조립식 주택단지 어린이 놀이터 지점(E), 국방대학원 신진운수2개지점(C-1, C-2), 구세군 어린이 놀이터 지점(D)을 대상으로 하였다.

2-2 전처리 및 실험 방법

대상시료는 토양오염공정시험법¹⁰⁾에 따라 풍진 시켰으며, As는 1N HCl(비소분석용 특급, Wako)을, Cd, Pb, Cu, 6가 크롬은 0.1N HCl(중금속 분석용, 특급, Wako)이용, 100ml 삼각플라스크에 각각의 염산용액 50ml와 토양 10g(dry wt)을 넣어 진탕(SK-706C, As는 30℃에서 0.5hr, Cd, Pb, Cu 6가 크롬은 30℃에서 1hr) 용출 후 여과(5B, 110mm)하여 분석시료로 하였다. 6가 크롬은 여과 후 다시 공침법으로 총 크롬을 6가 크롬으로 환원시켜 분석시료로 하였으며, 전처리한 시료는 원자흡광광도법을 이용(varian Spectra AA 880)하여 flame Method로 정량 분석 하였다. Hg은 mercury analyzer NIC MA-1S를 이용하여 환원 기화 법으로 정량 분석 하였다.

3. 결과 및 고찰

본 조사에서 검출된 난지도 주변 지역 토양 중금속 농도는 표1에 나타내었다.

표토 평균 농도는 Cd 0.305mg/kg, Cu 8.464mg/kg, Pb 11.962mg/kg, As 0.128mg/kg, Cr⁺⁶ 0.153mg/kg, Hg 0.092mg/kg으로 나타났다.

1m깊이의 평균 농도는 Cd 0.075~0.495mg/kg, Cu 3.973~26.495mg/kg, Pb 4.340~33.061mg/kg, As 0.073~0.817mg/kg, Cr⁺⁶ 0~0.045mg/kg, Hg 0.022~0.130mg/kg으로 나타났다. 표토 평균 농도와 비교했을 때 1m깊이의 평균농도는 비소와 카드뮴이 2배정도 높게 나타났고, 육가크롬은 1/6수준으로 낮게 나타났다. 반면 나머지 항목은 표토 평균과 거의 비슷하거나 조금 낮은 수준 이었다. 지점별로는 C지점의 납과 비소가 다른 지점에 비해 비교적 높은 농도 수준을 나타냈다.

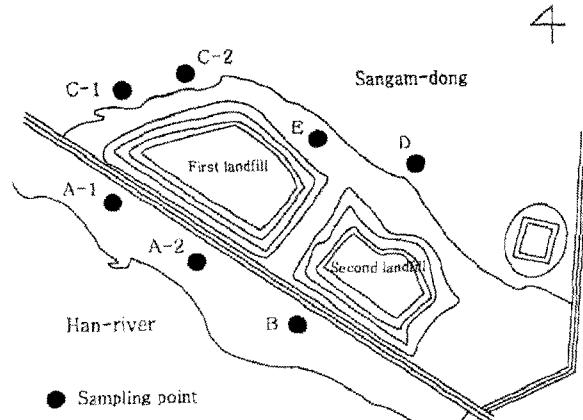


Fig. 1 The map of sampling site in the vicinity of Nanjido

Table. 1. The concentration of heavy metals in the vicinity of NanjiDo's soil by depth (unit : mg/kg) (n=4)

Heavy metals	Depth	Han river side area						Hyang-Dong-River Side Area				gusegun		gyoripsick		average	max	min					
		A-1		A-2		B		C-1		C-2		D		E									
		mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD								
Cd	0	0.095	0.0054	0.075	0.0052	0.114	0.0043	0.678	0.0114	0.959	0.0050	0.165	0.0066	0.050	0.0026	0.305	0.959	0.050					
	1	0.095	0.0039	0.145	0.0051	0.020	0.0026	0.140	0.0022	0.299	0.0071	0.075	0.0036	0.495	0.0062	0.181	0.299	0.020					
	2	0.125	0.0079	0.060	0.0075	0.070	0.0033	0.105	0.0084	0.209	0.0075	0.105	0.0054	0.170	0.0039	0.121	0.209	0.060					
	3	0.055	0.0036	0.040	0.0040	0.032	0.0050	0.270	0.0084	1.287	0.0195	0.130	0.0108	0.584	0.0172	0.308	1.287	0.032					
	average	0.092	0.0052	0.08	0.0055	0.059	0.0038	0.298	0.0076	0.689	0.0098	0.119	0.0066	0.325	0.0075	0.229	1.287	0.020					
Cu	0	6.274	0.2998	5.286	0.3417	6.526	0.4208	8.078	0.0706	22.060	0.0676	5.675	0.1016	5.351	0.0906	8.464	22.060	5.286					
	1	5.537	0.145	11.170	0.1346	9.606	0.1431	4.662	0.2919	26.593	1.0385	3.973	0.0914	6.644	0.2496	9.741	26.593	4.662					
	2	6.466	0.065	5.008	0.100	4.203	0.065	2.835	0.061	8.860	0.126	3.452	0.402	25.679	0.498	8.072	25.679	2.835					
	3	2.540	0.1479	3.780	0.1739	0.731	0.0739	11.930	0.5645	2.310	0.1091	3.992	0.0978	24.235	0.6016	7.074	24.235	0.731					
	average	5.204	0.1644	6.311	0.1876	5.267	0.1757	6.876	0.2470	14.956	0.3353	4.273	0.1732	15.477	0.3600	8.337	26.593	0.731					
Pb	0	8.143	0.8046	6.931	1.0008	7.062	0.7149	20.583	0.9910	22.283	0.8253	7.894	1.3745	10.841	0.8621	11.962	22.283	6.931					
	1	4.340	0.1347	6.535	0.1684	5.836	0.0029	22.836	0.0126	33.061	0.0079	4.786	0.0069	16.385	0.0219	13.397	33.061	4.340					
	2	9.879	0.0089	7.981	0.0041	3.216	0.0088	27.748	0.0098	25.428	0.0123	8.343	0.0049	7.134	0.0137	12.818	27.748	3.216					
	3	4.532	0.0089	7.080	0.0041	1.919	0.0088	20.275	0.0098	13.780	0.0123	14.220	0.0049	2.148	0.0137	9.136	14.220	1.919					
	average	6.724	0.2393	7.132	0.2944	4.508	0.1839	22.861	0.2558	23.638	0.2145	8.811	0.3478	9.127	0.2279	11.828	33.061	1.919					
As	0	0.451	0.0412	0.073	0.0088	0.107	0.0061	0.037	0.0022	0.014	0.0024	0.140	0.0028	0.073	0.0026	0.128	0.451	0.014					
	1	0.677	0.0335	0.817	0.0136	0.145	0.0050	0.136	0.0101	0.488	0.0133	0.073	0.0056	0.112	0.0114	0.350	0.677	0.073					
	2	0.686	0.0122	0.113	0.0078	0.120	0.0085	0.098	0.0112	0.097	0.0102	0.071	0.0079	1.505	0.0516	0.384	1.505	0.071					
	3	0.092	0.0090	0.091	0.0099	0.086	0.0067	0.448	0.0109	1.476	0.0233	0.049	0.0052	0.070	0.0043	0.330	1.476	0.049					
	average	0.477	0.0240	0.274	0.0100	0.115	0.0066	0.180	0.0086	0.519	0.0123	0.083	0.0054	1.76	0.0175	0.298	1.505	0.014					
Cr	0	0.030	0.0039	0.539	0.0384	0.324	0.0372	0.035	0.0042	0.010	0.0038	0.135	0.0074	불검출	0.0000	0.153	0.539	불검출					
	1	0.045	0.0070	0.045	0.0047	불검출	0.0000	0.070	0.0126	0.010	0.0079	불검출	0.0000	불검출	0.0000	0.024	0.070	불검출					
	2	0.904	0.0634	0.439	0.0268	불검출	0.0000	불검출	0.0000	불검출	0.0000	0.040	0.0039	0.105	0.0137	0.213	0.904	불검출					
	3	불검출	0.0000	불검출	0.0000	불검출	0.0000	불검출	0.0000	0.050	0.0083	0.065	0.0121	0.169	0.0559	0.105	0.169	불검출					
	average	0.245	0.0186	0.256	0.0175	0.081	0.0093	0.053	0.0042	0.018	0.0029	0.06	0.0059	0.069	0.0174	0.124	0.539	불검출					
Hg	0	0.035	0.0049	0.255	0.0261	0.045	0.0061	0.140	0.0071	0.038	0.0033	0.009	0.0022	0.125	0.0038	0.092	0.255	0.009					
	1	0.051	0.0039	0.130	0.0077	0.024	0.0047	0.072	0.0068	0.090	0.0072	0.022	0.0033	0.037	0.0046	0.061	0.130	0.022					
	2	0.056	0.0070	0.031	0.0037	0.015	0.0040	0.087	0.0098	0.075	0.0056	0.027	0.0036	0.142	0.0085	0.062	0.087	0.015					
	3	0.014	0.0032	0.020	0.0039	0.004	0.0026	0.125	0.0069	1.601	0.0400	0.021	0.0046	0.470	0.0527	0.322	1.601	0.004					
	average	0.039	0.0048	0.109	0.0104	0.022	0.0044	0.106	0.0077	0.451	0.0140	0.020	0.0034	0.194	0.0174	0.134	1.601	0.004					

2m깊이에서의 중금속 평균 농도는 Cd 0.060~0.209mg/kg(평균 0.121mg/kg), Cu가 2.835~25.979mg/kg(8.072mg/kg), Pb 3.216~27.748mg/kg(12.818mg/kg), As 0.071~1.505mg/kg(0.384mg/kg), Cr⁺⁶ 0~0.904mg/kg(0.213mg/kg), Hg 0.015~0.142mg/kg(0.062mg/kg)으로 나타났다. 표토 평균농도와 비교하였을 때 2m깊이 평균농도는 Cd 1/3수준으로 낮았고, 비소농도가 3배정도 높게 나타났으며, 그 밖의 중금속은 비슷한 수준으로 나타났다. 지점별로는 A-1지점의 비소와 C지점의 Pb 그리고 E지점의 Cu의 농도가 높게 나타나서 표토에서 2m까지의 A-1지점의 비소와 C지점의 Pb은 비교적 농도가 높은 것으로 조사되었다.

지점별로는 A-1지점의 비소와 C지점의 Pb 그리고 E지점의 Cu의 농도가 높게 나타나서 표토에서 2m까지의 A-1지점의 비소와 C지점의 Pb은 비교적 농도가 높은 것으로 조사되었다.

3m깊이에서의 평균 농도는 Cd 0.308mg/kg, Cu 7.117mg/kg, Pb 7.189mg/kg, As 0.330mg/kg, Cr⁺⁶과 Hg이 각각 0.105mg/kg와 0.322mg/kg로 나타났다. 표토 평균 농도와 비교했을 때 3m지점 평균농도는 비소와 수은이 약 3~4배정도 보다 높게 나타났고, 나머지는 비슷한 농도 수준을 나타내었다

조사대상 표토평균 농도는 전체평균 Cd 0.229mg/kg, Cu 8.338mg/kg, Pb 11.828mg/kg, As 0.298mg/kg, Cr⁺⁶ 60.124mg/kg, Hg 0.134mg/kg과 비교하였을 때, Cd과 Cr⁺⁶은 표토 농도의 80% 수준으로 나타났고, As와 Hg은 표토 농도의 약 200% 수준으로 높게 나타났다. 심토 평균은 Cd 0.203mg/kg, Cu 8.296mg/kg, Pb 11.784mg/kg, As 0.355mg/kg, Cr⁺⁶ 60.114mg/kg, Hg 0.148mg/kg로 조사되어, 전체 평균과 비교하였을 때 심토 평균은 Cd과 Cr⁺⁶이 전체 평균 농도의 90%수준으로 나타났으며, As와 Hg은 전체 평균농도의 110%수준으로 심토 농도가 약간 높게 나타났다. Cu와 Pb은 대체로 비슷한 수준으로 나타났다.

조사대상 토양을 중금속 농도를 중심으로 깊이의 변화를 주어 분석 고찰해 본 결과 깊이에 따른 농도의 감소나 증가에 대한 변화 추이의 일관성을 찾을 수 없었다. 다만 향동천 둔치 지역인 C지점과 조립식 주택 단지의 E지점, 한강둔치 지점인 A-1지점에서 구리와 납과 비소가 다소 높은 농도 수준을 보였다. 조^[13]에 의하면 난지도 주변 지역의 하수와 매립부지의 사면 침출수가 향동천으로 유입되는 것으로 보고되어졌다. 또한 서^[14]에 의하면 난지천 하상 저층의 납과 구리가 높은 농도로 검출되는 원인이 난지천의 오염에서 비롯된 것이라 한다. 두 가지 경우를 살펴 볼 때 오염된 향

Table 2. The concentration of heavy metals average of soil in the vicinity of Nanjido (unit : mg/kg)

heavy metals	standard of "ga" area	2001년 in whole country	1998-2001 a: average	survey area	survey area	survey area	survey area
				2002 0-15cm	2002 0-3m	1-3m	2-3m
Cd	1.5	0.376	a0.189 (0.129~0.237)	0.305 (0.050~0.959)	0.229 (0.020~1.287)	0.203 (1.287~0.020)	0.121 (1.287~0.032)
Cu	50	10.302	6.181 (3.871~7.668)	8.464 (5.286~22.060)	8.338 (0.731~26.593)	8.296 (26.593~0.731)	7.537 (25.679~0.731)
Pb	100	15.044	11.083 (8.471~14.362)	11.383 (6.931~20.583)	11.828 (1.919~33.061)	11.784 (13.397~1.919)	10.977 (12.818~1.919)
As	6	0.392	0.007 (0.052~0.092)	0.128 (0.014~0.451)	0.298 (0.014~0.451)	0.355 (0.384~0.049)	0.357 (1.505~0.049)
Cr ⁺⁶	4	불검출	0.120 (0.02~0.279)	0.153 (불검출~0.539)	0.124 (불검출~0.539)	0.114 (0.904~0.000)	0.159 (0.904~0)
Hg	4	0.042	0.042 (0.032~0.058)	0.092 (0.009~0.255)	0.134 (0.009~0.539)	0.148 (1.601~0.004)	0.192 (1.601~0.004)

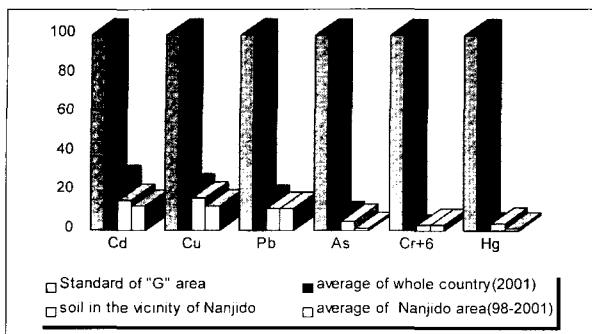


Fig. 2. Comparing criterion with concentration of heavy metal in soil

동천이 주변 토양인 C지점의 Pb과 Cu의 중금속 수준을 높인 것으로 판단되었다. 또한 E지점에서는 시료채취 당시 2m와 3m시료에서 쓰레기와 비닐 연탄재가 검은색의 흙과 함께 섞여 나왔다. 난지도 주변 지역 토양 중금속 오염도는 조사대상 지역의 중금속 농도가 2001년 이전 난지도 주변 지역 평균농도^{15), 16), 17)} 표 2와 비교해 보았을 때 그 농도가 대체적으로 높게 나타났다. 이는 본 연구가 복토가 이루어지지 않은 지역을 중심으로 깊이별 변화를 주여 조사를 하였기 때문으로 생각된다. 조사 결과 나타난 난지도 주변 지역 토양 중금속 농도는 Fig 2.에서 볼 수 있듯이 토양환경보전법 우려기준 “가”지역 기준과 비교하여 보면 매우 낮은 수준임을 알 수 있다. 따라서 본 조사대상 난지도 주변 지역 토양은 아직은 중금속 농도 면에서 그리 우려할 만한 수준은 아닌 것으로 나타났고, 복토가 이루어진 2002년 현재 시점은 표토에서 4m 깊이 정도의 토양은 오히려 다른 오염되지 않은 일반토양 수준일 것으로 판단된다.

4. 결 론

난지도 주변 지역을 대상으로 깊이별 변화를 주어 조사한 토양 중금속 오염도에 대한 결과는 다음과 같다.

- 조사대상 표토의 중금속 평균 농도는 Cd 0.305 mg/kg, Cu 8.464mg/kg, Pb 11.383mg/kg, As 0.128mg/kg, Cr⁺⁶ 0.153mg/kg, Hg 0.092mg/kg

으로 나타났다. 전체 평균값 Cd 0.229mg/kg, Cu 8.338mg/kg, Pb 11.828mg/kg, As 0.298mg/kg, Cr⁺⁶ 0.124mg/kg, Hg 0.134mg/kg으로 나타났다. 카드뮴과 육가크롬은 약 1.3배 정도로 전체 평균값에 비해 표토 평균 농도가 높고, 수은과 비소는 전체 평균농도의 1/2수준으로 표토 평균 농도가 낮게 나타났다. 구리와 납은 비슷한 농도로 나타났다.

- 심토 평균 농도는 Cd 0.203mg/kg, Cu 8.296mg/kg, Pb 11.784mg/kg, As 0.355mg/kg, Cr⁺⁶ 0.114mg/kg, Hg 0.148mg/kg로 나타났다. 전체 평균 농도는 심토 평균 농도와 비교하였을 때 Cd과 Cr⁺⁶는 전체 평균농도의 90%수준으로 심토 평균 농도가 낮게 나타났고, As와 Hg은 심토 평균 농도가 전체 평균농도의 110% 수준으로 대체적으로 전체 평균과 비슷한 수준을 나타냈다.
- 난지도 주변 지역의 깊이별 토양에서 심도별 변화에 따른 중금속 농도의 감소나 증가에 의한 변화 추이의 일관성은 찾을 수 없었다.

참 고 문 헌

- 김갑수, “난지도지역 환경성검토 및 친환경적 정비방안 : 지하수 및 침출수관리”. 시정연 2000-R-10-4
- 권병두 외 3인 “난지도 매립지 및 그 주변의 지질환경 연구 : 중력 및 자력탐사”. Econ. Environ. Geol. Vol.28, No.5 p. 469-480(1995).
- 권병두 외 3인 “난지도에 인접한 한강변에서의 쌍극자 · 쌍극자 전기탐사”. Econ. Environ. Geol. Vol.29, No.3 p. 335-343(1996).
- 김갑수외 5 “난지도지역환경성검토및친환경적정비방안 : 지하수및침출수관리”. 시정연 2000-R-10-4
- 조용모 “난지도 지역 환경성 검토 및 친환경적 정비방안: 지하수 및 침출수 관리”. 시정연 2000-R-10-3

6. 서울특별시 “난지도 매립지 안정화 공사, 지반 설계 보고서” (1994).
7. 서울특별시 “난지도 매립지 안정화 공사 시설설계 보고서” 9월호(1996).
8. 서울특별시 “난지도 매립지 안정화 공사 기본설계 보고서” 11월호(1994).
9. 대우(주) “난지도 매립지 안정화 공사 실시 설계 보고서- 환경질 유해성 평가”. 389(1996).
10. 김갑수 외 5인 “난지도 지역 환경성 검토 및 친환경적 정비방안”. 시정연 2000-R-10(2000).
11. 환경부 “환경부 토양환경보전법”. pp. 31~35 (1999).
12. 환경부 “토양오염공정시험방법”. pp. 125~153 (1999).
13. 조용모 “난지도 지역 환경성 검토 및 친환경적 정비방안: 지하수 및 침출수 관리”. pp. 5~14, 시정연 2000-R-10-3
14. 서미연 외 5인 “도시하천 퇴적물 중의 오염물질 분포양상 규명에 관한 연구”, Report of SIHE, 35:380~387(1999).
15. 서울시 보건환경연구원 “난지도 주변 토양 중금속 농도보고”. 98~2001년.
16. 환경부 “전국토양측정망 결과보고”. (2001).
17. 서울시 “난지도 토양 중금속 농도보고”. (2001).