

서울남산의 토양환경특성 평가

김익수^{1*} · 이재영² · 김교봉¹ · 엄석원²

¹서울시보건환경연구원 수질부, ²서울시립대학교 환경공학부

Soil Environmental Characteristics Assessment of the Namsan Park in Seoul

Ik-soo Kim^{1*} · Jai-young Lee² · Gyeo-bung Kim¹ · Seok-won Eom¹

¹Dept. of Water Quality, Seoul Metro Institute of Health and Environment

²Dept. of Environmental Engineering, The University of Seoul

ABSTRACT

To understand environmental characteristics and contamination assessment of the Namsan Park soil in Seoul, we divided the Namsan map into 33 sectors and sampled mixed soil in depth 0~15 cm, in 5~10 points at the sites. We analyzed soil samples collected at 21 sectors twice on May and September. The results were as follows. The hue color ranges of the Namsan soil were 2.5YR~10YR, the value ranges were 1~4, the water rates were 3.1~22.3 and the Ignition losses were 3.4~10.4%. The average concentration of Cu and Pb were determined 3.374 and 15.000 mg/kg, Cd and As showed very low level. The mean concentrations of Zn and Ni were showed 103.290 and 11.649 mg/kg and this amount is not different from the nationwide mean in 2005. The mean pH showed 5.41. The Zn, Ni and Cd in the soil of the circular road of Namsan showed 1.33, 1.48, 1.46 times higher than the other sector of the Namsan soil. The correlation coefficient between water rate and ignition loss were 0.720 and the correlation coefficient between Cu and Pb, Cu and Zn showed 0.827, 0.694 respectively. There was weak correlation between pH and Zn. The Uniformity coefficient (Uc) of all the survey sites was determined below 5 in the range of 1.5~4.4.

Key words : Soil contamination assessment, Heavy metal, Physi-chemical factor, Namsan circular road and forest

요 약 문

서울남산의 토양환경특성과 오염도를 파악하기 위하여 남산을 지도상에서 격자상으로 구획을 정하여 21개 지점에서 5월과 9월에 채취한 토양시료를 Munsell Soil Color Charts를 이용하여 색상을 결정하고 물리화학적시험 실시하였다. 남산의 토양은 색상은 2.5YR~10YR, 명도는 2.5~4, 채도는 1~4의 범위를 나타냈고 함수비는 3.1~22.3%, 강열감량에 의한 유기물함량은 3.4~10.4%로 나타났다. Zn과 Ni는 103.290, 11.649 mg/kg으로 전국평균치와 별다른 차이가 없는 것으로 나타났고, pH는 5.41로 나타났다. 함수비는 강열감량과 0.720, Cu는 Pb, Zn과 0.827, 0.694, Pb는 Zn과 0.447로 양의 상관성을 보였고, pH는 Zn과 약한 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 아연과 니켈, 카드뮴은 순환도로 주변토양에서 1.33, 1.48, 1.46배 높은 것으로 나타났다. Cu는 남사면이 동사면에 비하여 1.3배, Pb는 서사면이 동사면보다 1.4배 높은 것으로 나타났으며, Zn은 서사면이 동사면보다 1.5배, Ni은 서사면이 동사면보다 1.6배 높게 나타났으며 Cu의 분포는 사양토가 식양토보다 1.4배, Pb는 사양토가 식양토나 혼효립보다 높은 것으로 나타났고, Zn은 사양토가 식양토나 혼효립보다 높았고, pH는 사양토가 다소 높게 나타났다. 균등계수 Uc 값이 1.5~4.4의 범위를 나타내 모두 5이하로 나타났다.

주제어 : 토양오염평가, 중금속, 물리화학적인자, 남산순환도로

*Corresponding author : kistro@naver.com

원고접수일 : 2007. 12. 28 심사일 : 2008. 1. 20 게재승인일 : 2008. 7. 14

질의 및 토의 : 2008. 10. 31 까지

1. 서 론

경제 발달에 따라 소득수준이 높아지고 삶의 질에 대한 욕구가 높아지면서 자연생태계에 대한 관심이 증대하고 있다. 서울에 거주하는 대부분의 시민은 거의 일상적으로 남산을 대하면서 서울의 상징인 남산이 좀더 깨끗한 모습으로 항상 우리 곁에 있어 주기를 바라고 있다. 그러나 고도성장과 서울의 개발에 따라 남산 순환도로가 개통되고 터널이 뚫리면서 자동차 gas로 남산은 신음하고 있으며 난방연료의 사용증가로 자연정화 능력을 넘어서고 있다. 서울 남산은 서울의 중심부에 위치한 자연공원으로 면적은 2,970,664 m²에 이르며 동국여지승람에서 전국 11개 명산 중 남산을 꼽을 만큼 산세가 부드럽고 계곡이 깊으며 성안과 한강을 한눈에 바라볼 수 있는 경관적 입지조건을 갖추고 있다는 기록이 있다. 조선조에는 수림이 울창하고 수계가 발달하여 청계천으로 흘러드는 큰 개울만도 10개소가 될 정도였다. 이후 일제시대에 남산파괴가 본격화되면서 산림식생이 훼손되고 주변개발이 계속되면서 섬처럼 고립화되었으나 남산은 그 존재만으로도 서울 시민에게 제공되는 환경적 쾌적성은 값을 헤아리기 어렵다 할 것이다. 남산에 관한 논문은 행정적 목적에 따라 공원으로서 이용효율 극대화에 초점이 맞추어져 있었다(조덕현, 2005; 김정배, 2004; 서울특별시, 2005). 남산화강암의 풍화대는 약 1 m 깊이까지 형성되었고 점토광물

은 3.5 m까지 형성되어 있으며 남산화강암은 대체로 조립질 입상 조직으로 소량의 흑운모가 함유되어 있고 신선한 암석에서는 석영, 정장석, 사장석 및 흑운모가 타원형의 불규칙한 접촉선을 보이면서 결합되어 있으며(김수진 등, 1994), 서울부근의 화강암을 대상으로 암석역학적인 실험을 통하여 그 안에 발달하고 있는 절리군의 생성원인을 규명하고자 하였다(소칠섭·최병렬, 1975). 또한 서울 북동부의 서울화강암에 대한 불연속면의 특성을 수락산과 불암산 지역으로 구분하여 비교분석 하였다(정상원·정상용, 2002). 위에서 살펴본 바와 같이 간헐적으로 서울지역 또는 남산의 지질에 관한 논문은 발표되지만 남산의 토양환경과 토양오염에 관한 논문은 매우 드문 실정이다. 본 연구는 서울시민에 환경적 쾌적성을 제공하고 서울 한복판에서 공기정화기역할을 하는 남산에 대한 토양환경특성과 남산을 둘러싼 순환도로에서의 자동차 운행이 토양오염에 미치는 영향을 평가하여 남산토양환경 관리를 위한 자료로 제공하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 지형적 고찰

대상지역인 남산은 남동 방향과 북서 방향의 능선을 장축으로 한 타원형상으로 2봉 5지맥으로 장충동 한남동방향의 2지맥과 남대문 필동 용산방향의 3지맥이 형성되어

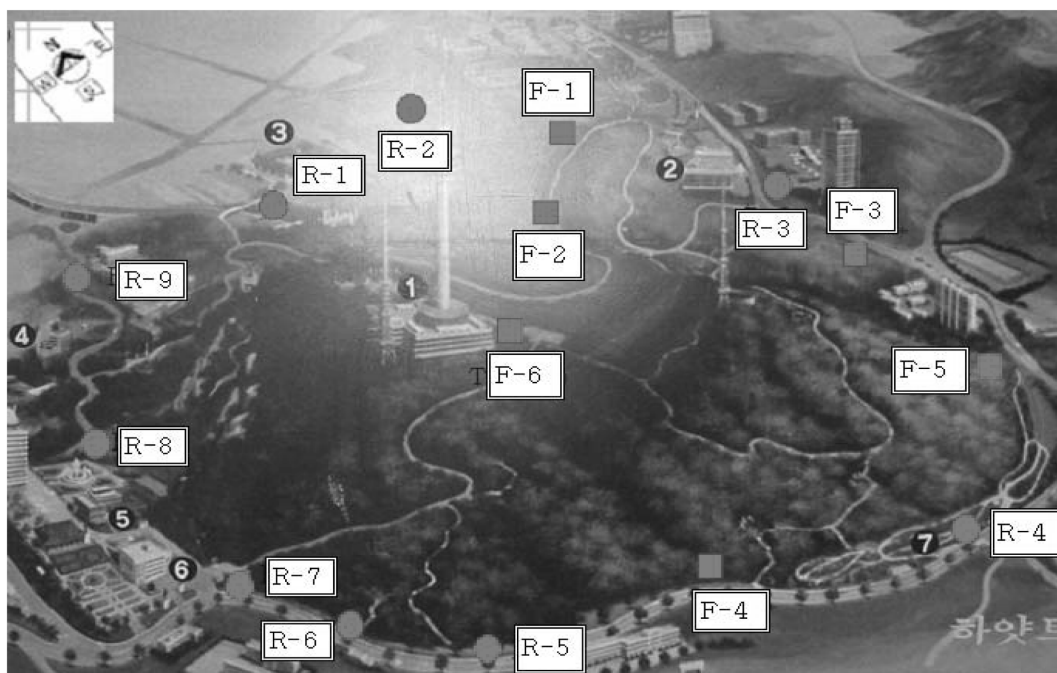


Fig. 1. Sampling site for Namsan soil survey.

Table 1. The coordinates of sampling site for Namsan soil assessment

Sample site	Coordinates		Sample site	Coordinates		Sample site	Coordinates	
	X	Y		X	Y		X	Y
F-1	450512.35	199631.54	F-6	449914.15	198873.77	R-5	449311.13	198859.73
F-2	449976.29	199651.19	R-1	450607.77	198955.16	R-6	449544.08	198567.85
F-3	449516.01	200035.69	R-2	450778.97	199233.01	R-7	449934.19	198407.88
F-4	449006.02	199033.01	R-3	450363.60	200324.76	R-8	450285.01	198351.75
F-5	448946.28	200074.98	R-4	448826.82	199566.64	R-9	450456.22	198660.47

있고 서울타워가 있는 서봉(265 m)과 미통신대가 있는 동봉(243 m)이 최고봉을 이루며 남동쪽과 북서쪽으로 약간 치우쳐 있고 북사면과 서사면이 경사가 가파르고 노출된 암반이 있으며 남사면과 동사면은 굴곡이 없고 완만하다.

전체면적의 86.0%가 해발 200 m 이하이고 15% 이하의 완경사가 25.5%, 50% 이상의 급경사가 23.7%이며 동서의 주능선에 의해 남사면과 북사면으로 수계가 형성되어 있으나 평상시에는 계곡에 물이 없으며 남사면은 일조량이 많아 건조한 것이 특징이다. 남산은 전체면적이 2,970,664 m²이며 서울시 중구와 용산구의 경계에 위치하고 중구에는 7개동, 용산구에는 4개동이 포함되어 2개구 11개동에 걸쳐 있는 산이다.

2.2. 시험방법

서울 남산지역을 6 × 7 격자상으로 나누어 남산 순환도로변으로부터 이격거리 10 m 이내의 시료채취지점(Road)을 R-1 ~ 9, 차량의 통행이 드물고 순환도로변으로부터 10 m를 벗어나는 지점(Forest)을 선정한 바 F-1 ~ 6로 Fig. 1과 Table 1의 지점에서 시료채취를 하였다.

시료채취는 5월과 9월에 2회에 걸쳐 Fig. 1의 지점에서 하였으며, 남산토양의 물리적 특성을 알아보기 위하여 색상분석(Munsell soil color charts method), 함수율(110°C에서 4시간 건조), 유기물 함량(800°C에서 8시간 가열), 입도 분석을 하였으며(방윤경 등, 2005) 토양오염도를 평가하기 위하여 중금속(ICP-AES, Spectro Ciros, Accustandard solution, multi 1000 mg/l)과 수소이온농도(환경부, 토양오염공정시험법, Expandable ionanalyzer EA940)를 분석하였다. 통계자료는 한글 SPSS(version 14.0)와 Excel 2003으로 처리하였다.

3. 결과 및 고찰

남산토양은 대부분 사양토 식양토 사토로 구성되어 있고 식양토가 많은 북사면의 예장동지역과 장충동 지역과

Table 2. Color analysis, Water content (%) and Ignition loss in Namsan soil

Site	Hue	Value	Chroma	Water content (%)	Ignition loss (%)
F-1-9	5YR	2.5	2	10.3	4.5
F-2-9	2.5YR	3.0	2	3.1	4.1
F-3-9	2.5YR	3.0	2	10.2	4.0
F-4-9	2.5YR	3.0	2	9.0	4.3
F-5-9	10YR	3.0	4	20.6	10.0
F-6-9	5YR	2.5	2	22.3	10.4
R-1-9	2.5YR	4.0	3	13.8	4.9
R-3-9	2.5YR	3.0	3	13.1	5.3
R-4-9	2.5YR	4.0	3	7.3	4.4
R-5-9	2.5YR	2.5	1	12.6	6.9
R-6-9	2.5YR	2.5	1	3.1	3.6
R-7-9	10YR	3.0	1	9.5	5.5
R-8-9	10YR	3.0	4	12.0	3.4
R-9-9	10YR	3.0	3	11.4	6.3

동봉과 서봉의 정상부는 토심이 얇다. Table 2는 조사지점 토양의 색상분석, 함수율과 강열감량을 나타낸 것이다. 토양의 색상은 토양생성환경과 지역이나 심도에 따라 변화하며 또는 수분의 함량을 지시하기도 하는데 건조한 토양은 습윤한 토양에 비하여 높은 명도를 나타낸다. 토양의 색상은 Munsell Color Chart(Munsell color charts, 2000)를 이용하여 결정하는데 색의 3요소인 색상, 명도, 채도를 세분화하여 결정한다. 즉 Hue는 10R(zero YR)~10YR(zero Y)의 색상으로 구분하고 Value는 0~10까지의 크기로 밝기를 나타내며 Chroma는 같은 밝기의 자연색으로부터의 강도는 0~20 범위로 증가하면서 밝아진다. 남산의 토양은 색상 2.5YR~10YR, 명도 2.5~4, 채도 1~4의 범위로 나타났고 함수율은 3.1~22.3%, 강열감량에 의한 유기물함량은 3.4~10.4%로 나타났다. 함수율이 가장 높은 지점은 남산타워 부근으로 22.3%로 가장 낮은 R-7-9 지점 3.1%에 비하여 약 7배의 차이를 보였다. 강열감량에 의한 유기물량은 1992년에 2.13%, 2001년에

2.23%(김경배, 2004)보다 모든 지점에서 그보다 높게 나타났다.

Fig. 2는 남산공원일대의 토양분석도(김경배, 2004)로서 북부지역은 식양토와 혼효립토, 남부지역은 사양토와 알은 토심을 보이며 남산도서관 주변지역이 활엽수지역으로 양호한 토양지역이며 나머지 지역은 토양유실이 심하거나 건조하고 척박한 것으로 보고되었다.

Table 3에서 함수율은 3.1~26.8%로 다양하게 나타나고 있고 유기물량은 평균값이 5.35%로 1992년 2.13, 2001년 2.23%보다는 다소 높은 값을 나타내고 있다. 이는 남산 제모습가꾸기 운동과 남산공원 생태계복원을 위한 노력으로 등산객의 산림훼손에 대한 인식제고, 등산로를 따른 등산객 이동, 차량의 엄격한 통제등으로 유기물량이 높아진 것으로 사료된다. 또한 Cu는 평균값이 3.734 mg/kg으로 2001년의 남측도로변 42.09 mg/kg과 비교하면 매우 낮은 값으로 나타났고, Pb는 평균값이 15.000 mg/kg으로 토양오염우려기준 100 mg/kg보다는 매우 낮은 값으로 나타났으나, 2005년도 토양오염측정결과와 비교하면 금속제

련소 주변지역 19.052 mg/kg이나 금속광산지역 15.698 mg/kg보다는 낮게 나타났지만 서울지역의 교통관련지역 6.354 mg/kg, 어린이 놀이터지역 4.314 mg/kg, 공장 및 공업지역 6.623 mg/kg 보다 높게 나타났다. Cd와 As는 2005년도 토양오염측정결과와 비교하면 매우 낮은 수준으로 나타났다. Zn은 103.290 mg/kg으로 금속제련소 주변지역이나 원광석·고철야적지역의 208.46, 143.78 mg/kg보다는 낮은 수준이지만 금속광산지역이나 교통관련시설지역과는 비슷한 농도로 나타났고 토지개발지역이나 어린이 놀이터지역보다는 높게 나타났다. Ni는 11.649 mg/kg으로 전국평균치와 별다른 차이가 없는 것으로 나타났고, pH는 5.41로 2001년 4.21~4.51 보다 높게 나타났고 전국평균치 6.6보다는 낮았지만 자연토양기준 5.7과는 비슷한 수준으로 나타났다.

Fig. 3은 각 지점별 중금속 농도를 나타내었는데, Cu는 R-10-5에서 10.698 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, Pb는 R-10-5와 R-6-9에서 각각 37.591, 38.325 mg/kg으로 다른 지점에 비하여 높게 나타났다. As는 F-2에서 0.780 mg/kg으로 가장 높게 나타났으며 이 지점은 인쇄소와 소형공장등이 주위에 산재하고 있어 오염원이 있는 것으로

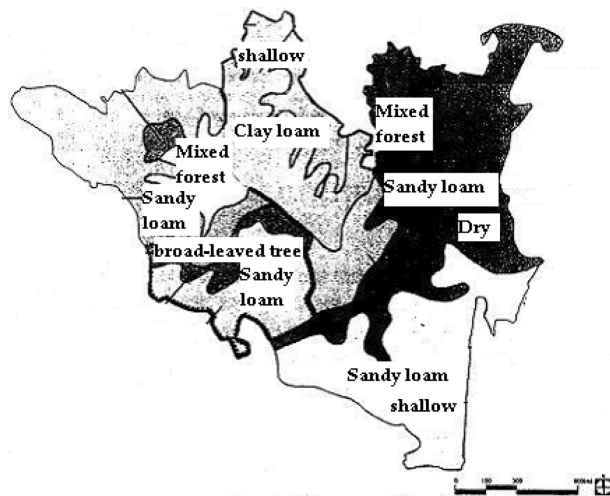


Fig. 2. Soil analysis map of Namsan park.

Table 3. The physi-chemical statistics of Namsan soil

Item(Unit)	Statistics			
	Min	Max	Mean	Std dev
Water rate (%)	3.100	26.800	12.100	5.880
Ignition loss (%)	2.600	10.400	5.348	2.039
Cu	1.304	10.698	3.734	2.382
Pb	3.149	38.325	15.000	9.699
Cd	0.000	0.065	0.010	0.021
As	0.000	0.780	0.243	0.279
Zn	14.652	241.320	103.290	48.137
Ni	3.479	31.302	11.649	5.903
pH	4.380	7.250	5.411	0.927

*note) unit : mg/kg except for water rate, ignition loss and pH.

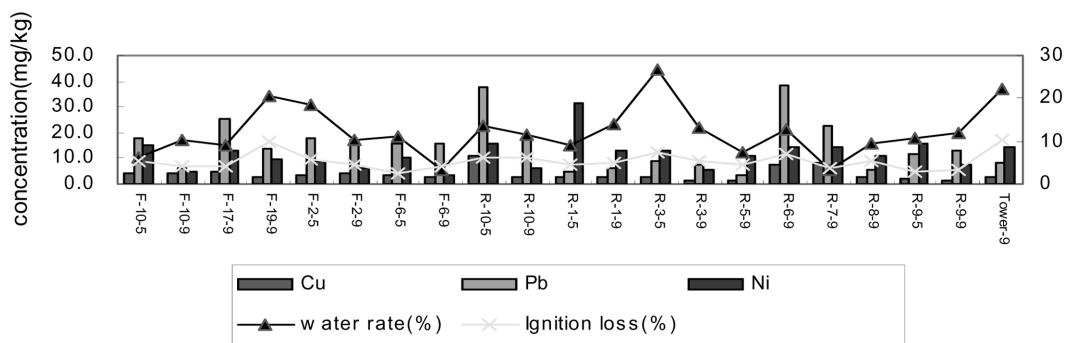
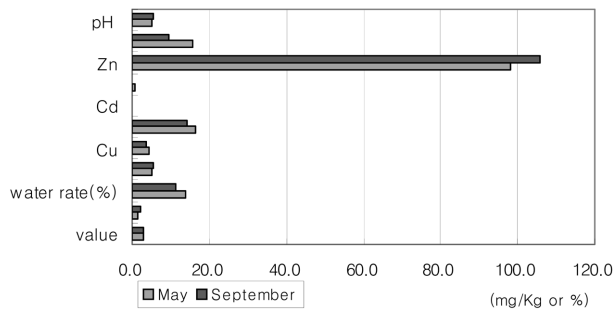


Fig. 3. The relationship between the heavy metal and water rate and ignition loss as the sampling site.

Table 4. The correlation coefficient among soil factors of Namsan park

Item	Month	Water rate (%)	Ignition loss (%)	Cu	Pb	Cd	As	Zn	Ni	pH
Month	1.000									
Water rate(%)	-0.195	1.000								
Ignition loss(%)	0.139	0.720**	1.000							
Cu	-0.148	-0.161	0.026	1.000						
Pb	-0.100	-0.107	0.057	0.827**	1.000					
Cd	-0.739**	0.390	0.068	0.364	0.226	1.000				
As	-0.791	-0.019	-0.263	0.121	0.070	0.598**	1.000			
Zn	0.078	-0.205	0.051	0.694**	0.447*	0.037	-0.169	1.000		
Ni	-0.502*	0.005	0.043	0.205	0.014	0.337	0.137	0.365	1.000	
pH	0.140	-0.164	-0.123	0.105	-0.209	-0.059	-0.236	0.508	0.177	1.000

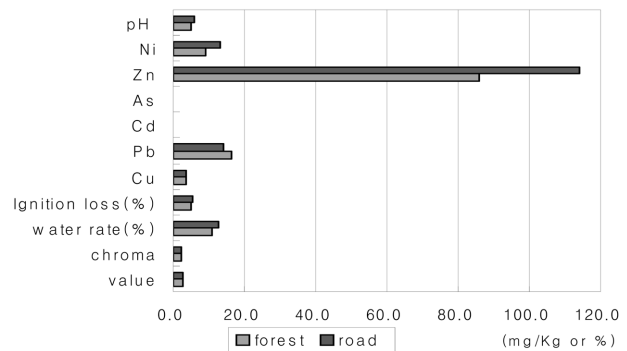
note) **: 0.01 significance level *: 0.05 significance level

**Fig. 4.** The comparison of heavy metals, pH, water rate and value between May and September at Namsan soil.

나타났고 Ni는 R-1-5에서 31.302 mg/kg으로 가장 높게 나타났다. 이렇게 전반적으로 도로변에서 중금속의 농도가 높은 것으로 나타난 것은 자동차와 사람의 통행량이 많아 지속적으로 오염원이 토양에 유입되고 있는 것으로 사료된다.

Table 4은 sampling 시기와 함수비 등 측정항목들과의 상관성을 나타낸 것으로, Cd와 As, Ni는 계절과 음의 상관성이 있는 것으로 나타났고, 함수비는 강열감량과 0.720으로 강한 상관성을 보여 유기물 함량이 높아지면 함수율이 높아지는 것으로 나타났고, Cu는 Pb, Zn과 0.827, 0.694의 상관계수값을 보여 강한 양의 상관성이 높은 것으로 나타났다. Pb는 Zn과 0.447로 약한 양의 상관성을 보였고, Cd는 As와 약한 양의 상관성을 보였고 pH는 Zn과 약한 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다.

시료채취 시기에 따라서 농도를 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. 전반적인 5월에 Ni, Pb, Cu가 9월에 비하여 높은 반면, 아연은 낮은 것으로 나타났다. 함수비는 5월에 높게 나타났고 강열감량과 토양색상 채도와 명도는 5월에 더 낮은 것으로 나타났다.

**Fig. 5.** The comparison on of the mean concentration between forest and circular road.

차량의 매연과 지속적으로 접촉되는 남산순환도로변의 토양과 숲속지역이나 주택가를 구분하여 농도비교를 한 결과 Fig. 5와 같이 나타났다. Fig. 5에서 순환도로 주변 토양이 pH, Ni, Zn, 강열감량과 함수비가 기타지역에 비하여 높게 나타났다. 특히 아연과 니켈, 카드뮴은 순환도로 주변토양에서 1.33, 1.48, 1.46배 높은 것으로 나타났다. 반면에 납, 비소는 순환도로 주변이 기타지역에 비하여 낮게 나타나 지속적으로 무연차량이 운행되면서 자동차에 의한 영향은 없는 것으로 사료된다.

농도를 지역별로 비교하면 토양색상중 chroma가 동사면 지역이 서사면에 비하여 1.2배 높게 나타났고 함수비는 북사면이 남사면에 비하여 약 1.4배 높게 나타났으며 강열감량에 의한 유기물량은 지역별로 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 그리고 Cu는 남사면이 동사면에 비하여 1.3배, 서사면이 동사면에 비하여 1.4배 높은 것으로 나타났고, Pb는 남사면이 동사면 보다 1.3배, 서사면이 동사면 보다 1.4배 높은 것으로 나타났으며, Cd는 동사면이 서사면에 비하여 1.4배, 북사면이 동사면에 비해 1.6배, 북사면

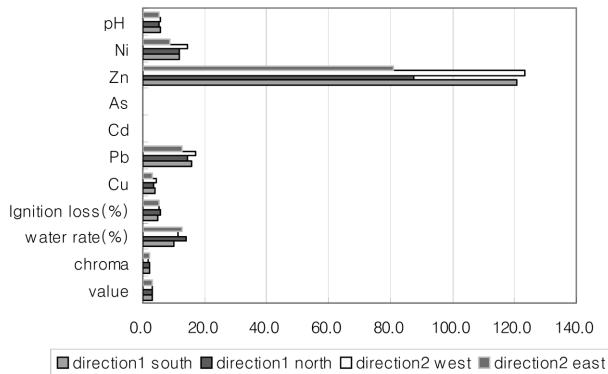


Fig. 6. The mean concentration comparison as the area.

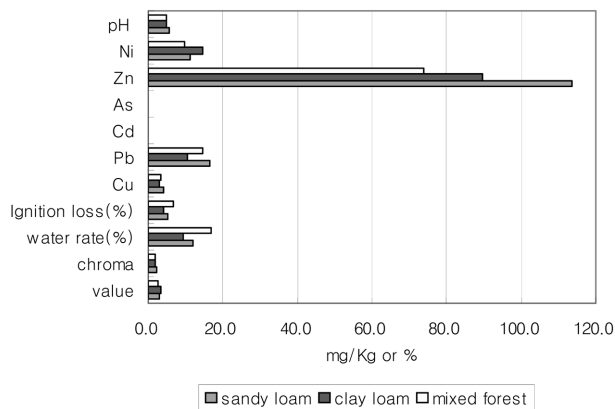


Fig. 7. The mean coparison as the soil texture.

이 서사면에 비해 2.3배, 북사면이 남사면에 비해 39.1배, 동사면이 남사면에 비해 25배, 서사면이 남사면에 비해 17.3배로 지역별로 큰 차이를 보이고 있으나 토양오염우려기준보다는 매우 낮은 수준으로 농도배수의 차이는 별 의미는 없는 것으로 사료된다. As는 토양오염우려기준 6.0 mg/kg과 비교하여 매우 낮은 0.5 mg/kg 이하로 나타났으나, 비교해보면 동사면이 서사면에 비해 2.8배, 북사면이 서사면보다 2.6배, 북사면이 남사면에 비해 2.4배, 동사면이 남사면에 비해 2.6배 높은 것으로 나타났다. Zn은 남사면이 북사면보다 1.4배, 동사면보다 1.5배, 서사면이 동사면보다 1.5배, 북사면보다 1.4배 높은 분포를 보였으며, Ni는 서사면이 동사면보다 1.6배, 북사면과 남사면이 동사면에 비해 1.3배 높은 것으로 나타났으며, pH는 지역구분 별 차이는 없는 것으로 나타났다.

토성에 따른 농도비교는 Fig. 7과 같이 나타났다. Fig. 7에서 사양토와 식양토가 혼효림보다는 명도가 높았고, 채도는 사양토가 식양토나 혼효림에 비하여 다소 높았으나 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 함수비는 사양토가 식양토에 비해 높았고, 혼효림이 식양토나 사양토에 비하여

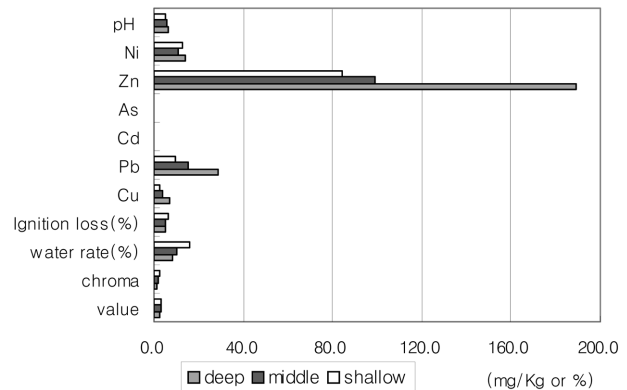


Fig. 8. The mean concentration comparison as the soil depth.

1.8, 1.4배 높은 것으로 나타났으며, 강열감량은 혼효림 지역이 식양토와 사양토에 비하여 1.7, 1.3배 높았고, Cu의 분포는 사양토가 식양토보다 1.4배, 혼효림이 식양토보다 1.2배 높은 것으로 나타났고, Pb는 사양토가 식양토나 혼효림보다 높은 것으로 나타났다. 그리고, Zn은 사양토가 식양토나 혼효림보다 높았고, 식양토는 혼효림보다 높은 분포를 보였으며, pH는 사양토가 다소 높게 나타났다.

표토의 측정값을 토심이 깊은 지역, 중간 지역, 얇은 지역으로 깊이에 따라 3개 층으로 지역구분하여 그 농도를 Fig. 8과 같이 비교하였다. 명도는 지역구분에 따른 차이는 보이지 않았고, 채도는 중간 층과 얇은 층 지역이 깊은 층지역보다 높게 나타났고, 함수비도 같은 양상을 나타냈다. Cu는 깊은 층 지역이 얇은 층 지역보다 2.5배 정도 높게 나타났고 깊은층 지역으로 갈수록 높게 나타나는 분포를 보였는데, Pb는 Cu와 같은 양상을 보이고 있었으며 깊은층 지역이 얇은층 지역보다 2.9배 높게 나타나 더욱 뚜렷한 양상을 보였다. Zn, Ni도 같은 양태로 나타났고, pH는 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 중금속의 농도가 얇은 층이 깊은 층보다 낮은 것은 자동차연료의 정제기술의 발달로 무연휘발유 등 좋은 연료가 사용되면서 토양환경이 개선되고 있는 것으로 사료된다.

연구지역 토양에 대한 입도분석을 KS F 2302에 따라서 실시하여 Fig. 9~11과 같은 입도분포곡선을 얻었다. 이 그래프로부터 통과중량백분율 10, 30, 60%에 대응하는 입경을 각각 D_{10} , D_{30} , D_{60} (mm)이라 하여 $U_c = D_{60}/D_{30}$, $U_c' = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ 과 같이 균등계수(U_c)와 곡률계수(U_c')를 구하여 각 지점의 입도분포를 비교하였다. 일반적으로 U_c 값이 10 이상이면 입도분포가 좋다고하며 4~5 이하이면 입도분포가 나쁘다고 하며 U_c 는 입도분포가 계단상일 경우에 적용하는 계수로서 그 값이 1~3이면 입도분포가 좋다(방윤경, 2005)고 하는데 Fig. 9~11을 이용하여

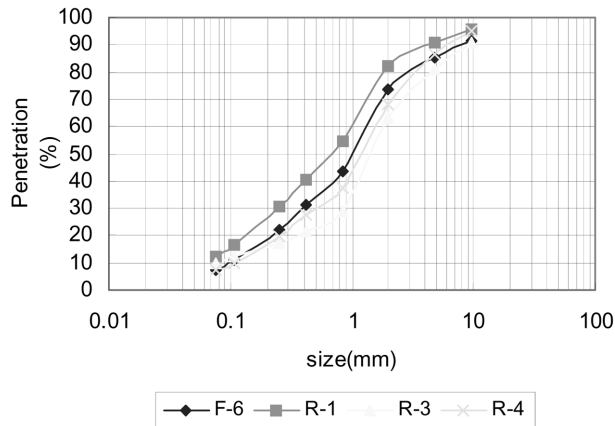


Fig. 9. The grain size accumulation curve according to site.

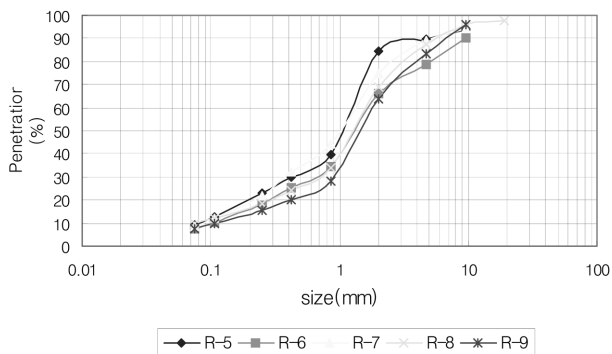


Fig. 10. The grain size accumulation curve according to site.

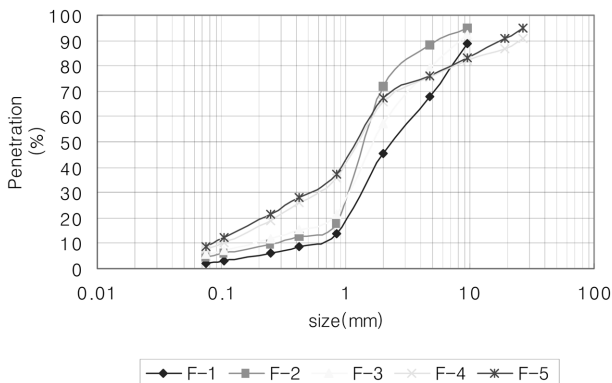


Fig. 11. The grain size accumulation curve according to site.

Uc값을 구하면 남산토양은 Uc 값이 1.5~4.4의 범위를 나타내 조사지점의 토양은 모두 5이하로 입도분포가 나쁘게 나타났다.

이상과 같이 서울 남산토양에 대한 물리적 특성과 토양 중 중금속 농도를 살펴 보았는데 순환도로변 토양과 산림 지역이나 주거지역의 중금속의 농도차는 크지 않은 것으로 나타났다. 남산도로변과 그 주변에서 가까운 토양은

pH는 5.41로 서울지역 산림토양중 남산 pH 4.41, 인왕산 pH 4.09, 북악산 pH 4.27, 수락산 pH 4.53(남이외, 2005)보다 높아 양호하게 나타나 가로수가꾸기 일환으로 가로수에 주는 비료의 영향이 있는 것으로 나타났다. 남산도로주변 토양의 중금속 농도는 Pb가 15.0 mg/kg으로 도심의 산림지역인 창덕궁 15.2, 종묘 20.6보다는 낮게 나타났다으나 도시 외곽지역인 서오릉 2.36, 동구릉 7.41 mg/kg 보다 높게 나타나 교통량과 도로접근정도에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 남산토양중 Cd는 0.01 mg/kg으로 창덕궁 ND, 종묘 0.10 mg/kg, 서오릉 ND, 동구릉 0.05 mg/kg로 고도가 높은 남산과 평지인 다른 지역과 차이가 나타나지 않았고, 남산의 Cu는 3.73 mg/kg으로 창덕궁 3.90 mg/kg, 종묘 9.40 mg/kg보다는 낮고 서오릉 2.23 mg/kg, 동구릉 3.28 mg/kg보다 높게 나타나 교통량의 영향이 있는 것으로 나타났다.

유기물 함량은 적정기준 5%보다 적게 나타난 지점이 있었지만 3.4~10.4%로 1992년과 2001년에 각각 2.13%, 2.23%보다 높아져 많은 좋아진 것으로 나타났다. KS F 2302 시험법에 의한 채분식 결과 모든 채취지점에서 50% 이상이 No.200체에 남아서 대부분 조립토(조태룡, 2005; Sam Helwany, 2007)로 나타났다. 서울의 상징인 남산은 남산 제모습 가꾸기와 지속적인 식목, 생태계 복원 노력 등으로 동식물 서식환경이 좋아지고 있으나, 남산순환도로로 인한 고립화로 인한 생태계 단절 문제의 해결과 자동차 배출가스로 인한 유해성 유기화합물의 토양흡착정도에 대한 연구등을 포함한 좀 더 종합적인 토양환경평가가 있어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

서울남산의 토양환경특성과 오염도를 파악하기 위하여 남산을 지도상에서 격자상으로 구획을 정하여 15개 지점에서 5월과 9월에 채취한 토양시료를 분석한 결과는 다음과 같다.

남산의 토양은 색상은 2.5YR~10YR, 명도는 2.5~4, 채도는 1~4의 범위를 나타냈고 함수비는 3.1~22.3%, 강열감량에 의한 유기물함량은 3.4~10.4%로 나타났다. 중금속 중 Cu, Pb는 평균값이 3.374, 15.000 mg/kg로 나타났고, Cd와 As 매우 낮은 준으로 나타났다. Zn과 Ni는 103.290, 11.649 mg/kg으로 전국평균치와 별다른 차이가 없는 것으로 나타났고, pH는 5.41로 나타났다. 토양함수율은 강열감량과 0.720, Cu는 Pb, Zn과 0.827, 0.694, Pb는 Zn과 0.447로 약한 양의 상관성을 보였고, pH는

Zn과 약한 양의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 아연과 니켈, 카드뮴은 순환도로 주변토양에서 1.33, 1.48, 1.46배 높은 것으로 나타났다. Cu는 남사면이 동사면에 비하여 1.3배, Pb는 서사면이 동사면보다 1.4배 높은 것으로 나타났다. Zn은 서사면이 동사면보다 1.5배, Ni은 서사면이 동사면보다 1.6배 높게 나타났으며, pH는 지역구분별 차이는 없는 것으로 나타났다. Cu의 분포는 사양토가 식양토보다 1.4배, Pb는 사양토가 식양토나 혼효립보다 높은 것으로 나타났다. Zn은 사양토가 식양토나 혼효립보다 높았고, pH는 사양토가 다소 높게 나타났다. 남산토양은 U_c 값이 1.5~4.4의 범위를 나타내 모두 5이하로 나타났다.

참 고 문 헌

- 조덕현, 2005, 남산공원과 월드컵공원의 비교연구.
- 김경배, 2004, 남산공원의 실태분석 및 개선방향 연구, 서울시정개발연구원.
- 서울특별시, 2005, 공원현황, 서울통계연보.
- 김광진, 2002, 서울남산 환경해설 프로그램 개발에 관한 연구, 석사논문.
- 김수진, 이인성, 김원사, 이수재, 1994, 서울지역의 자연환경 변화에 관한 연구: 남산 화강암의 풍화에 관한 환경 광물학적 연구, 지질학회지, **30**(3), 284-296.
- 소철섭, 최병열, 1975, 암석역학적으로 고찰한 서울화강암의 절리에 관한 연구, 지질학회지, **11**(4), 233-239.
- 정상원, 정상용, 2002, 서울시 북동부의 서울화강암에 대한 불연속면의 특성, 지질공학회지, **12**(2), 167-178.
- 방윤경, 이성민, 이윤규, 2005, 알기 쉬운 토질시험법, (주)동화기술.
- 환경부, 2002, 토양오염공정시험법.
- 남이, 이선, 배상원, 2005, 서울왕릉지역의 산림환경변화가 토양이·화학적 미치는 영향, 한국지하수토양환경학회지, **10**(3), 32-37.
- Munsell soil color charts, 2000, revised washable edition.
- 조태룡, 2005, 토질역학, 일진사, p. 72.
- Sam Helwany, 2007, Applied Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc. p. 15.