

울산시 초등학교 운동장의 토양오염실태에 관한 연구

차 성 응¹

¹울산과학대학 사회체육과

A Study on Soil Pollution of Elementary School Grounds in Ulsan City

Seong Woong Cha ¹

¹*Department of Social Physical Education, Ulsan college*

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to investigate the heavy metal pollution of playgrounds of elementary schools in the Ulsan Metropolitan City. Soil pollution is one of the most dangerous problems of the utmost concern to both children and teachers. The result of this study would be an educational datum for improving children's health and establishing educational policy.

Methods: For the analysis, fifteen representative schools were selected from five sample areas such as Dong-gu, Nam-gu, Jung-gu, Buk-gu and Ulju-gun of the Ulsan city. And from each school playground, soil was extracted from five spots and mingled into one sample. These fifteen samples were pretreated by the microwave extraction method, and the extracted heavy metals(As, Cd, Cu, Pb, Cr⁶⁺, Zn and Hg) were quantified by the ICP(Inductively Coupled Plasma) system.

Results: The results of the analysis shows that the level of heavy metal pollution of elementary school playgrounds in Ulsan city did not exceed the permitted limit of each heavy metal. This means that the soil pollution of playgrounds in the Ulsan Metropolitan City is not so serious as it is expected. But it should be added that the soil is not too safe to be ignored.

Key words: soil pollution, heavy metal, ICP(inductively coupled plasma)

(2008년 12월 3일 접수, 12월 10일 채택)

Corresponding author : Seong Woong Cha, Department of Social Physical Education, Ulsan College, Bongsuro 101 Donggu Ulsan 682-715 Korea
Tel : 82-52-230-0764 Fax : 82-52-230-0761 E-mail : swcha@mail.uc.ac.kr
This research was supported by grants from Foundation of Ulsan College

1. 서 론

1. 연구의 필요성

학교운동장의 오염유무는 학교보건과 성장기 아동의 발육발달적 차원에서 매우 중요한 문제이다. 최근 울산의 N 초등학교에서 운동장 토양에서 비소가 기준치 이상으로 발견되어 논란이 된 적이 있는데(국립독성과학원, 2004), 이것은 성장기 아동들의 건강을 담보하고 있는 학교보건당국으로서 해결하지 않으면 안 될 아주 중요한 문제이다.

학교주변의 미세먼지나 운동장 토양은 성장기 학생들에게 쉽게 노출되어 있기 때문에 호흡기나 음식물 또는 직접접촉 등을 통하여 인체 내에 유입되어 체내에 축적되므로(Felicia et al., 1999; Miguel et al., 2006; 변희옥 등 2004) 성장기 학생 건강에 악영향을 끼칠 가능성이 매우 높다(김용환 등 2006; 하동윤 등, 2004; Ljung et al., 2007).

특히 학생들은 하루 중 학교에서 보내는 시간이 가정에서 보내는 시간보다 많고, 그런 시간 중에서 초등학교의 운동장은 음악, 미술, 체육 등 예체능 시간과 클럽활동 및 특별활동뿐만 아니라 운동장 자체가 초등학교들의 놀이터로서 개인 및 공동생활의 터가 되는 곳이다. 이러한 의미에서 학교환경은 항상 쾌적하고 건강에 유익한 환경을 조성하여야 할 책임이 있다고 해도 과언이 아닐 것으로 생각된다.

토양 오염을 일으키는 중금속으로는 비소(As), 수은(Hg), 카드뮴(Cd), 구리(Gu), 티타늄(Ti), 납(Pb), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 아연(Zn) 등이 있다. 중금속은 광산이나 제련소, 염색 공장 및 도자기 공장 등을 통해 토양에 유입된다. 건진지를 버리거나 살충제를 살포하는 과정에서도 중금속 오염이 일어난다. 특히, 광산, 발전소, 제련소, 쓰레기 처리장, 공업단지 등의 주변 토양의 국지적으로 심각하게 오염이 진행되고 있다(Lee et al., 1998).

비소(As)는 장기간 축적시 목, 코, 눈 등의 점막염증과 근육약화, 식욕감퇴 등을 초래하며, 수은(Hg)은 미나마타병과 같이 신경계 장애를 일으켜 보행장애, 청각장애, 신경질환, 뇌기능손상 등을 일으킨다. 카드뮴(Cd)은 인체 내에 들어간 후 간장, 신장, 골격 등 기관과 조직 속에 축적되어 만성중독증상에 시달리게 된다. 또한 납(Pb)과 구리(Gu)는

소화관, 신경계 빈혈, 신장, 면역계, 뼈의 발달 등에 영향을 주는 물질이며, 크롬(Cr)은 그 자체가 발암물질이며 폐암과 궤양을 일으키며, 아연(Zn)에 노출되면 손가락과 손목에 궤양처럼 피부병 형태의 질환을 야기시킬 수 있다(일반화학교재연구회, 2002).

최근에는 생산과 소비가 증가하고 과학 기술의 발달로 말미암아 배출되는 유해 물질의 양이 크게 증가하였을 뿐만 아니라, 새로운 종류의 유해 물질이 추가되기 때문에 토양 오염이 날로 심화되고 있다. 토양에 혼입된 오염 물질은 제거하기 어려울 뿐만 아니라, 오랫동안 잔류하기 때문에 토양 오염이 일어나지 않도록 예방하는 일이 중요하다. 더군다나 울산시는 우리나라 최대의 산업도시로서 중공업, 자동차, 조선, 화학등의 공장이 많아 항상 대기오염으로부터 예외 주시되고 있는 도시로서(최봉욱 등, 2006) 지난 1962년 공업특정지구로 지정된 후 급격한 산업발달로 공해도시로 낙인 찍혔으나 울산시는 기업체들의 청정 연료전환 등 민·관의 지속적인 대기개선 노력으로 오염이 극심했던 울산의 대기가 날로 좋아져 크게 개선된 것으로 분석하고 있으나(이상권, 1996; 한겨레, 2007) 최근 3년간 대기 오염이 다시 악화되고 있는 것으로 나타나 특단의 개선책이 요구되고 있다(오마이뉴스, 2008). 이렇듯이 본 연구는 토양자체의 오염도도 중요하지만 대기오염을 통한 유해물질이 용해될 수도 있다는 관점과 초등학교 운동장을 메우고 있는 마사 모래는 대부분 외부에서 들어와 복토하는 경우가 많으므로 오염이 되지 않는지, 이러한 의문점을 해결하기 위하여 울산시내 초등학교 운동장의 토양오염도를 실태조사 하고자 하였으며, 이러한 중요한 환경문제에 있어 기존의 토양 중금속 오염연구는 매우 적으며 그마저도 대부분 일반지역에 한정되어 있고 학교 운동장에 대한 중금속의 분석 연구는 거의 없는 실정에 있다.

2. 연구의 목적

본 연구는 울산시 전지역 동구, 남구, 중구, 북구, 울주군에서 각각 3개교씩 샘플링하여 초등학교 운동장 15곳을 대상으로 학교보건에 절대적인 영향을 미치는 운동장 토양의 중금속 오염실태를 분석하여 학생들의 건강증진과 학교보건 정책 입안에 참고자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

II. 연구내용 및 방법

1. 조사대상

본 연구는 울산시 전역의 동구, 남구, 중구, 북구, 울주군에 소재하고 있는 초등학교 3개교씩 비확률표집법의 편의추출법으로 15개교 운동장 토양의 샘플을 무선 표집하였으며 조사 대상 초등학교 시료채취 지점은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 울산지역 초등학교 시료채취 지점

2. 시료채취 방법

토양의 중금속 오염도 실태조사를 위하여 15개교 당 5군데씩 아침 10시에서 12시경에 7일간에 걸쳐 채취하였다. 이때 채취방법은 우리나라 환경부(2007)가 제시한 국내 토양오염 공정시험방법에 따라 조사대상지역의 중심이 되는 1개 지점과 그 주위 4개 방위의 5~10m 위치에 1개 지점씩을 선정하여 1개 학교 운동장 마다 5개 지점에 토양을 채취하여 서로 뒤섞어 분석을 하였으며, 토양오염도 검사의 오차를 줄이기 위해 표토 상층부의 흙을 10cm 정도 제거한 후 시료를 채취하였다(이태관, 2005).

3. 분석시료 조제

채취한 시료는 유도결합 플라즈마(ICP: inductively coupled plasma) 분광분석기로 전처리하였으며, 시

료 Cd, Cu, Pb, As, Cr⁶⁺의 오염도는 먼저 시료를 건조(풍건)하여 표준체로 걸러(10mesh) 10g을 취하고 염산용액(0.1N) HCl 50ml를 향한 수평 진탕기를 이용하여 30℃에 1시간 100회/분으로 5일 동안 필터링 후 측정하였으며, Cr⁶⁺은 필터 여액을 공침법을 거친 후 측정하였고, As는 위 전처리와 동일하나 염산용액(1N) HCl를 진탕하였다. Zn은 시료건조하여 표준체로 걸러 1~3g을 취하여 왕수처리한 다음 2시간 정체시켜 환류조건에서 다시 2시간동안 열을 가하여 100ml 용량에 5B 여과지를 사용 매스업(massup)하고, 최종 전처리액 양을 100ml로 Blank 측정 후 보정하였다. Hg 원소는 direct 방법으로 분석하였다(환경부, 2007).

이를 다음의 공식에 의하여 오염량을 계산하였다.

$$\text{오염량} = \text{기기측정농도(ppm)} \times \text{회석배수(f)} \times \frac{50\text{ml}}{\text{시료 취한 양(g)}}$$

4. 중금속성분의 오염도 평가기준

중금속 성분의 오염정도를 평가하기 위해 우리나라 환경부가 제시한 토양오염기준(환경부, 2007)을 적용하였다. 이때 중금속의 토양오염우려기준(A)은 As가 6mg/kg, Cd이 1.5mg/kg, Cu가 50mg/kg, Cr⁶⁺은 4mg/kg, Pb이 100mg/kg, Zn이 300mg/kg, Hg이 4mg/kg 이었고, 토양오염대책기준(B)은 Cd 이 4mg/kg, Cu가 mg/kg, Cr⁶⁺이 10mg/kg, Pb이 300mg/kg, Zn이 700mg/kg, Hg이 10mg/kg 이었다.

5. 자료처리 방법

평가항목은 비소(As), 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 6가 크롬(Cr⁶⁺), 수은(Hg), 등 토양 중금속 7개 항목을 설정하고 지역별, 샘플(초등학교)별 평균과 표준편차를 산출하였다.

본 연구에서는 토양오염원인 중금속이긴 하지만 인체에 무해한 니켈(Ni)의 분석은 제외하였다

III. 연구결과

조사 대상의 시료를 분석한 결과는 <표 1>과 같다. <표 1>에서 보는 바와 같이 동구 내 초등학교 샘플 3곳 모두, As(비소)가 0.478±0.128 mg/kg, Cd(카드뮴)이 0.023±0.003 mg/kg, Cu(구리)가 0.813±0.286 mg/kg, Pb(납)이 1.143±0.151 mg/kg, Zn(아연)이 65.025±28.690 mg/kg, Hg(수은)이 0.001±0.000 mg/kg, Cr⁶⁺(크롬)은 검출되지 않는 등 중금속 분

석결과 토양오염 우려기준보다 훨씬 낮게 나타났다. 이러한 결과는 남구에서도 As(비소)가 0.372±0.176 mg/kg, Cd(카드뮴)이 0.033±0.011 mg/kg, Cu(구리)가 0.748±0.264 mg/kg, Pb(납)이 1.279±0.522 mg/kg, Zn(아연)이 34.901±19.982 mg/kg, Hg(수은)이 0.016±0.001 mg/kg로 검출되었으며 Cr⁶⁺(크롬)은 검출되지 않았다. 중구에서도 As(비소)가 0.415±0.142 mg/kg, Cd(카드뮴)이 0.009±0.005 mg/kg, Cu(구리)가 0.302±0.116 mg/kg, Pb(납)이

<표 1> 울산시 구군별 초등학교 운동장 시료분석결과

구군별 시료번호	중금속	분석원소(mg/kg)						
		As(비소)	Cd(카드뮴)	Cu(구리)	Pb(납)	Zn(아연)	Hg(수은)	Cr ⁶⁺ (크롬)
동구	1	0.670	0.027	1.241	1.328	55.611	0.002	N.D.
	2	0.389	0.019	0.594	1.185	31.404	0.001	N.D.
	3	0.374	0.024	0.603	0.917	108.061	0.001	N.D.
	M	0.478	0.023	0.813	1.143	65.025	0.001	.
	SD	0.128	0.003	0.286	0.151	28.690	0.000	.
남구	4	0.267	0.022	0.515	0.926	32.448	N.D.	N.D.
	5	0.543	0.060	1.299	2.076	47.099	0.024	N.D.
	6	0.307	0.018	0.429	0.836	25.157	0.008	N.D.
	M	0.372	0.033	0.748	1.279	34.901	0.016	.
	SD	0.176	0.011	0.264	0.522	19.982	0.001	.
중구	7	0.252	0.014	0.435	0.334	33.869	N.D.	N.D.
	8	0.507	0.008	0.253	0.467	23.523	N.D.	N.D.
	9	0.486	0.005	0.219	0.526	21.753	N.D.	N.D.
	M	0.415	0.009	0.302	0.442	26.382	.	.
	SD	0.142	0.005	0.116	0.098	6.544	.	.
북구	10	0.594	0.028	0.705	1.060	29.508	0.003	N.D.
	11	0.357	0.038	2.384	3.215	103.45	0.007	N.D.
	12	0.694	0.069	1.569	2.698	29.357	0.008	N.D.
	M	0.548	0.045	1.553	2.324	54.105	0.006	.
	SD	0.173	0.021	0.840	1.125	42.734	0.003	.
울주군	13	0.566	0.053	0.433	3.564	88.975	N.D.	N.D.
	14	0.378	0.038	0.350	0.893	23.844	0.001	N.D.
	15	0.492	0.017	0.781	0.445	76.259	N.D.	N.D.
	M	0.479	0.036	0.521	1.634	63.026	0.001	.
	SD	0.095	0.018	0.229	1.686	34.523	.	.
M	0.458	0.029	0.787	1.365	48.688	0.006	.	
SD	0.140	0.019	0.595	1.035	30.485	0.007	.	
기준 (우려 mg/kg /대책mg/kg)		6/15	1.5/4	50/125	100/300	300/700	4/10	4/10

M : mean, SD : standard devaion, ND : none detection

0.442±0.098 mg/kg, Zn(아연)이 26.382±6.544 mg/kg, Hg(수은)과 Cr⁶⁺(크롬)은 검출되지 않았다. 북구에서도 As(비소)가 0.548±0.173 mg/kg, Cd(카드뮴)이 0.045±0.021 mg/kg, Cu(구리)가 1.553±0.840 mg/kg, Pb(납)이 2.324±1.125 mg/kg, Zn(아연)이 54.105±42.734 mg/kg, Hg(수은)이 0.006±0.003 mg/kg, Cr⁶⁺(크롬)은 검출되지 않았다. 마지막으로 울주군에서도 As(비소)가 0.479±0.095 mg/kg, Cd(카드뮴)이 0.036±0.018 mg/kg, Cu(구리)가 0.512±0.229 mg/kg, Pb(납)이 1.634±1.686 mg/kg, Zn(아연)이 63.026±34.523 mg/kg, Hg(수은)이 0.001±0.000 mg/kg, Cr⁶⁺(크롬)은 검출되지 않았다.

IV. 고 찰

이상과 같이 울산시 초등학교 운동장 토양오염도를 조사 분석한 결과, 전 지역의 샘플에서 중금속 함량은 토양오염 우려기준인 As가 6mg/kg, Cd가 1.5mg/kg, Cu가 50mg/kg, Pb가 100mg/kg, Zn이 300mg/kg, Hg가 4mg/kg, Cr⁶⁺가 4mg/kg 과 토양오염 대책기준인 As 15mg/kg, Cd 4mg/kg, Cu 125mg/kg, Pb 300mg/kg, Zn 700mg/kg, Hg 10mg/kg, Cr⁶⁺ 10 mg/kg 보다 훨씬 적은 오염도를 나타내었다. 특히 Hg는 남구에서 1개교, 중구 3개교, 울주군 2개교 운동장에서 아예 검출이 되지 않았으며 Cr⁶⁺의 경우 전 샘플에서 검출되지 않았다.

토양오염 기준치는 토양오염 우려기준과 토양오염 대책기준으로 구분된다. 토양오염 우려기준은 사람의 건강, 재산이나 동식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있는 토양오염의 기준이며, 토양오염 대책기준은 우려기준을 초과하여 사람의 건강, 재산과 동식물의 생육에 지장을 주어 토양오염에 대책을 필요로 하는 기준을 말한다. 이미 논란이 되었던 울산의 N 초등학교의 운동장에서 비소가 기준치 이상으로 발견된 것은 학교부지가 인근의 폐광에서 흘러나온 폐수에 의한 문제로 밝혀진(동아일보, 2004) 것처럼 본 연구 조사대상의 초등학교 운동장은 그와 같은 특수한 장소는 아닌듯하며 전 샘플에서 중금속 오염도가 토양오염 우려기준과 대책기준 이하로 나타났다.

중금속의 토양오염 발생원으로는 토양자체의 오

염도도 중요하지만 공장, 광산 등으로부터 배출되는 폐수가 토양에 유입될 경우와 분진 및 매연 등에 의한 대기오염 물질들의 강하에 의한 경우, 그리고 폐기물의 부적절한 처리 처분으로 사업장폐기물 매립지 부근의 토양오염을 들 수 있다. 더욱이 공장이 밀집되어 있는공단부근의 경우 사업장에서 배출되는 오염물질이 타 지역에 비해 많기 때문에(이상권, 1996; 이화운 등, 2002; Gulson et al., 1995) 인근 토양이 중금속에 노출될 기회가 많아 실제로 제련소, 공단지역 토양에서 중금속 함량이 높게 검출되고 있다(문지용 등, 2001; 이병규와 고일하, 2003).

한편, 토양오염은 수질, 대기오염과는 달리 그 오염정도가 매우 서서히 간접적으로 나타나기 때문에 사전에 오염원인을 철저히 조사하여 오염발생을 차단하는 일이 우선적이다. 우리나라는 1995년에 토양환경보전법을 제정, 시행하면서 본격적인 토양오염 지역조사 및 토양오염 정화사업을 추진할 수 있는 종합적인 토양환경관리의 기본 틀을 마련하였으나, 토양오염 우려기준을 초과한 지역의 토양에 대한 정확한 조사와 복구대책 마련 등이 미흡하여 오염지역의 발견이 어려우며, 오염된 토양이 그대로 방치되고 있는 실정이다(박용하 등, 2003).

토양이나 분진 오염은 여러 가지 중금속들의 복합적인 현상이므로 Pb, Cu, Zn 및 Cd 네가지 중금속 원소들을 결합시켜 복합된 오염 양상을 설명할 수 있는 방법은 오염지수(Pollution index ; PI)를 산출하는 방법이다(김용환 등, 2006).

$$PI = \frac{(Pb \text{ 함량}/100 + Cu \text{ 함량}/100 + Zn \text{ 함량}/300 + Cd \text{ 함량}/3)}{4}$$

그러나 본 연구 계획단계에서는 이를 산출해보고자 하였으나 샘플 모두에서 중금속 함량이 우려기준 이하로써 적합판정으로 판명되어 이의 계산은 무의미하다고 사료되어 본 연구에서는 오염지수를 산출하지 않았다. 이러한 결과는 서울지역 중학교의 모든 학교가 중금속에 의해 오염되었다는 연구(변희옥 등, 1996)와는 정반대의 결과가 나왔다. 이 연구에서 서울시의 영등포구와 구로구에 소재한 중학교 운동장의 토양 중금속 오염은 Cd를 제외한 Pb, Cu, Zn의 중금속원소의 함량이 높다고 보고하고 있으며, 오염지수도 1이상의 값을 나타내었다. 이러한 결과

는 본 연구와 상반된 결과로써 서울지역의 학교운동장의 중금속 오염실태는 상당히 심각할 것으로 추정된다. 또한 학교지역은 아니지만 이태관(2005)은 울산지역 중금속오염실태는 전국평균 오염도 보다 높았으며, 인체에 유해한 중금속 As의 함량이 214.180 mg/kg 으로 토양오염 우려기준치보다 10.7배, 토양오염 대책기준보다 4배 이상 높았다고 보고하고 있는 것과는 달리 의외의 결과로서 매우 고무적이라 아니할 수 없다.

다른 선행연구에서, 전북 고창지역의 초, 중, 고 학교운동장 먼지 시료(김용환 등, 2006)와 밀양시 지역의 토양오염도 조사(김영식 등, 2007)에서 토양오염도가 기준치보다 낮게 조사되었는데 이는 본 연구와 유사한 결과이다. 또 이병규와 고일하(2003)의 울산지역 토양 중의 중금속 오염도 분석연구에서는 비철금속공단지역, 기계 및 조선공단, 석유화학공단, 교통밀집지역, 녹지, 주거지의 순으로 나타났다고 보고하고 주거지의 경우 중금속 오염도가 토양오염 우려기준보다 낮게 나타났다고 하였다. 중금속 오염도를 이렇게 지역별로 분석한 보고와 비교해보면, 주거지의 오염도가 가장 적었다는 것과 본 연구 대상의 초등학교 운동장은 대부분이 녹지와 주거지에 입지해 있는 관점으로 보아 본 연구결과가 일치한다고 볼 수 있다. 이를 다른 시각으로 본다면, 울산의 초등학교지역은 중금속오염이 토양오염 우려기준보다 아주 적게 검출되었지만 이를 지속적으로 관리하기 위해서는 주변지역의 오염도가 그리 안심할 상황이 아니므로 오염 통로가 예상되는 지역별로 사전에 차단하는 방법과 중금속 이동 억제제를 위한 연구와 대책이 절실히 요구된다고 하겠다.

왜냐하면 앞서 언급되었듯이 울산의 각 지역 공단에서 유해한 중금속 오염물질이 공기 중으로 배출되어 바람이나 기류 등에 의하여 근처의 토양으로 침적될 우려가 있으며, 또 이러한 작업장 인근에 침적된 중금속 물질들이 지표수의 범람이나 이동 등으로 근처의 토양에 침적되기 때문이다(이병규와 고일하, 2003).

외국의 경우에도 본 주제와 같은 논문보고서는 아주 빈약한데, 스페인의 마드리드시 학교 운동장의 중금속 노출에 대한 기초 평가라는 논문에서 As, Pb, Cr, Al(알루미늄) 및 Mn(망간) 등에서 중금속

오염지수가 모두 기준치 1이하로 나타났다고 하고 도시 환경 내에 오염물질과 노출통로에 대한 우려를 보고하였다(Miguel et al., 2007). 그리고 네덜란드의 오를레앙 근교의 거주지와 공립 초등학교 운동장의 토양오염 특성비교에서 Pb 오염이 인근 거주지보다 학교가 유의미하게 낮게 나타났다고 보고하고 있는(Felicia et al., 1999) 정도에 불과하다.

이상의 고찰에서 보는 바와 같이, 울산시내 초등학교 운동장의 중금속 오염도 분석 결과 15개교 초등학교 운동장 토양샘플 모두가 중금속 오염이 매우 낮게 나타나 운동장이 잘 관리되고 있는 것으로 판단된다. 그러나 토양 오염도가 기준치 이상으로 검출되지 않았다고 해서, 울산시 공단지역의 영향과 갈수록 악화되어가는 환경오염의 문제로 인하여 언제까지 토양오염에 노출될 가능성이 있으므로 각종 오염통로를 차단하는 대책 등 학교보건당국의 지속적인 관리 및 예방이 요구된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 울산시내 초등학교 운동장 토양 중 각 군구 즉 동구, 남구, 중구, 북구, 울주군의 3개교씩 모두 15개 지점을 비확률 표집방법인 편의추출법으로 무선표집하여 학교보건으로서 초등학교생들의 건강에 절대적인 영향을 미치는 운동장 토양의 중금속 오염실태를 분석하여 학교보건 정책과 건강증진에 참고자료로 활용하고자 하는 목적으로 조사연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

즉, 울산시내 초등학교 운동장 토양은 15개교 샘플 모두에서 토양오염 우려기준치보다 중금속 오염수준이 낮게 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 울산시내 초등학교 운동장은 아직 오염이 되지 않은 양호한 상태를 암시하는 것으로써 지속적인 관리와 예방이 필요하리라 사료되며, 이후 중·고등학교까지 확대하여 조사연구할 것을 제언하는 바이다.

참고문헌

국립독성과학원홈페이지, (2004). 초등학교 운동장 중금속오염[Online], Available : <http://kris.nitr>.

- go.kr/KRIS/FsSafety/Fs_Safety_Detail_View__myz.jsp?safetyid=9&MatCode=18 [2008.5.25].
- 오마이뉴스 홈페이지, 울산 또 공해공포? 최근 3년간 대기 악화[Online]. http://www.ohmynews.com/NWS_Web/view/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0001011737[2008.11.13].
- 김용환, 정덕호, 조규성(2006). 전북 고창지역 학교 실내외 환경의 중금속 오염특성. *한국지구과학회*, 27(1), 73-82.
- 동아일보(2004.05.21). 울산 농소초등 '중금속 운동장'. [신문기사].
- 문지용, 김영복, 이지영, 정기호(2001). 울산 대기 중 중금속 분포특성. *Analytical Science & Technology*, 14(5), 443-449.
- 박용하, 윤서성, 송재우, 장지수, 이양희(2003). 토양 오염지역의 관리 및 복원방안 II. *한국환경정책평가연구원*, RE-13, 188.
- 변희옥, 김규한, 진효택(1996). 서울시 영등포구와 구로구에 소재한 중학교 운동장의 토양과 옥외 분진의 중금속 오염. *한국지구과학회*, 17(2), 192-204.
- 이병규, 고일하(2003). 울산지역 토양 중의 중금속 오염도 분석연구. *대한환경공학회지*, 25(11), 1436-1447.
- 이상권(1996). 국내 석유화학 공업단지의 대기오염. *J. Basic Sci., HUFs*(5), 217-229.
- 이준복, 김교봉, 정권, 김민영(2006). 서울시내 어린이 놀이터 토양오염도 평가. *한국환경보건학회지*, 32(4), 249-253.
- 이태관(2005). 대구 울산지역의 토양 중금속 오염도 평가. *한국환경과학회지*, 14(6), 605-611.
- 이화운, 원경미, 정우식, 오은주, 김민선, 도우곤(2002). 해륙풍을 고려한 울산지역 대기오염물질 농도의 수치모의. *한국환경과학회지* 11(7), 993-943.
- 일반화학교재연구회(2002). *생활속의 화학*(2판), 98-104. 서울 : 자유아카데미.
- 최봉욱, 정중현, 최원준, 손병현, 오광중(2006). 오염 원 및 기상 조건에 따른 울산지역의 고농도 대기 오염분포특성. *한국환경보건학회지* 32(4), 325.
- 하동윤, 문수호, 이영주(2004). 납, 수은 및 카드뮴의 토양내 흡착에 대한 pH, 휴믹산, 중금속농도의 영향. *한국폐기물학회지*, 21(6), 534-544.
- 한겨레(2007.2.1). '울산 대기오염도시 오명 벗다'[신문기사].
- 환경부(2007). 토양오염 공정시험법. 서울 : 동화기술, 708-740.
- Aydenizoz Ozkayhan, M.(2006). Soil contamination with ascarid eggs in playgrounds in Kirikkale, Turkey. *Journal of helminthology* , 80(1), 15-18.
- Gulson, B. L., Davis, J. J., Mizon, K. J. & Bawden -Smith, J.(1995). Sources of lead in soil and dust and the use of dust fallout as a sampling medium. *The Science of the total Environment*, 166, 245-246.
- Lee Chang-Seok, Kim Jin Young & You Young -Han(1998). Amelioration o soil acidified by air pollutant around the industrial complexes, *Korean J. Ecol.*, 21(4), pp.313-320.
- Felicia, J. H., Howanrd W. M., & Michelle, B.(1997) .Soil lead at elementary public schools: Comparison between school properties and frsidential, neighbourhoods of new orleans : *Environmenteal Geochemistry and Health* 21, 27-36.
- Ljung, K., Oomen, A., Duits, M., Selinus, O., & Berglund, M.(2007). Bioaccessibility of metals in urban playground soils. *Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering*, 42(9), 1241-1250.
- Miguel, E. De, Iribarren, I., Chacon, E., Ordonez, A., Charlesworth, S.(2006). Risk-based valuation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid(Spain), 66(3), 505-513.
- Kim Young Sik, Kim Gi Sun, Song Mi Ra(2007). A study on SPI in city land. *Kor. J. Env. Hlth.*, 33(6), 50-505.