

유아교육시설의 표면 및 공기 중 납 농도 평가

윤충식[†] · 백도현*

대구가톨릭대학교 산업보건학과, *서남대학교 보건환경학과

Evaluation of Airborne and Surface Lead Concentrations in Preschool Classroom

Yoon Chungsik[†] · Paik Dohyeon*

Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Kyongsan 712-702, Korea

*Department of Environmental Health, Seonam University, Namwon 590-711, Korea

(Received October 6, 2005/Accepted January 4, 2006)

ABSTRACT

This study was performed to investigate airborne lead concentration and surface lead contents in preschool facilities. Arithmetic mean of indoor lead concentration in urban area was 44.7 ng/m³ (Geometric mean 32.1 ng/m³) whereas outdoor concentration was 39.5 ng/m³ (GM 22.8 ng/m³). In rural area, airborne lead concentrations were 14.2 ng/m³ (GM 7.9 ng/m³), 12.6 ng/m³ (GM 5.6 ng/m³), respectively. There is statistical significance of the lead concentrations among the locations of preschool facilities. About 37% of qualitative lead check samples was positive and mainly was found in lead based paint. Though lead concentrations on the floor and window sill were well below the US EPA and HUD standard (floor 40 µg/ft² (4.3 µg/100 cm²), window sill 250 µg/ft² (26.9 µg/100 cm²), respectively), there were much samples which exceed the standard, i.e., 29% of surface wall, 20% of the desk and chair, 100% of painted wood box of tested samples. In view of our study and hazard of lead to children, we recommended that the contents of lead in preschool facilities should be lowered as possible.

Keywords: lead, wipe sample, paint, preschool, classroom, indoor air quality(IAQ)

I. 서 론

20세기 초반에의 납의 건강영향에 대한 관심은 주로 직업적인 노출에 의한 건강상의 영향에 초점을 맞추었으나 1970년대부터는 일반 환경중에서 저농도 수준의 납에 노출된 사람들의 건강영향에 관심을 많이 두고 있다.¹⁾

납은 특히 성인에게 영향을 줄 뿐 아니라 태반통과물질로 알려져 있으며 특히 어린이에게 저농도로 노출되어도 여러 가지 영향을 미치는 독성물질로 잘 알려져 있다. 중추신경계, 말초신경계, 적혈세포, 신장, 심장혈관계 그리고 생식기관 등에 독성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다.^{2,3)} 특히 태아 및 유아의 뇌에 큰 독성을 갖는데, 저농도 수준(10 µg/dl) 이하의 혈 중 납 농도에

노출되어도 지능손실, 집중력 감소, 활동장애 등이 야기될 수 있다고 보고되었다.^{4,5)} 그리고 국제암연구센터(The International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 납을 동물 발암성 물질로 규정하였으며, 사람에게 대해서는 발암 가능성 물질(Group 2B)로 분류하고 있다.⁶⁾ 이는 주로 고농도의 납 노출에 대한 연구를 통해서 밝혀졌다.⁷⁾ 미국 EPA는 1992년에 거주공간 사용 페인트중 납 위험 감소법을 통과시켜 어린이를 주거공간의 납으로부터 보호하려고 하였고, 1997년에 어린이의 납에 의한 건강손실을 최소화하도록 하기 위해 대통령 특별명령으로 납에 의한 노출 확인 및 평가 그리고 개선을 위한 task force team을 조직하여 대대적이고 전략적인 어린이 납중독 제거 프로그램을 운영하고 있다.⁸⁾ 이는 방대한 과학적 근거에 의거하여 어린이들이 납에 의해 성장저하, 지능저하 등 심각한 건강영향을 받고 있음을 인식하고 납 노출을 줄이기 위한 전략이다. 이러한 측면에서 보면 선진국에서는 어린이의 납 노출에 대한 연구가 전 국가적으로 실시되고 있으

[†]Corresponding author : Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu
Tel: 82-53-850-3738, Fax: 82-53-850-3736
E-mail : csyoon@cu.ac.kr

며 환경중 납 농도의 평가를 기초로 하여 아동들이 위협에 처해 있음을 경고하고 예방 전략에 초점을 두고 있다.

어린이의 납 노출을 규제하기 위한 다양한 시도와 함께 마루바닥이나 창틀위의 단위면적당 기준도 설정되었는데 그 이유는 어린이의 주된 납 노출원이 납이 함유된 페인트로 인해 섭취의 가능성 또는 공기중 비산 가능성 때문이다. 현재 미국에서는 거주시설의 마루바닥에서는 $40 \mu\text{g}/\text{ft}^2$ ($4.3 \mu\text{g}/100 \text{cm}^2$), 내부창문틈 먼지중에는 $250 \mu\text{g}/\text{ft}^2$ ($26.9 \mu\text{g}/100 \text{cm}^2$)로 정하였고, 어린이 놀이지역의 토양은 400 ppm, 나머지 토양에서는 1200 ppm이 허용기준으로 설정되었다.⁹⁾

미국질병통제센터(US Center of Disease Control; CDC)에 따르면 납이 함유된 페인트가 취학 전 어린이들의 가장 위험한 그리고 가장 일반적인 고농도 납 노출원에 해당된다고 하였다. 또한 어린이들의 납중독은 오늘날 미국에서 가장 흔한 건강문제의 하나로 보고 있으며 아이들에게서 납의 독성이 $10 \mu\text{g}/\text{d}$ 에서도 있을 수 있으며 그 이하에서 일어날 수 있는 가능성이 있다고 결론을 내렸으며 이 농도 이상이면 혈중 납농도가 증가한 것이라고 판단하였다. 이 수준은 CDC가 1970년도에 혈중 납농도의 상승 수준을 $30 \mu\text{g}/\text{d}$ 로 설정한 것 보다 3배가 낮은 농도로 설정한 것이며 1985년도에 설정한 $25 \mu\text{g}/\text{d}$ 보다도 몇 년 사이에 대폭 낮춰 설정한 것이다.³⁾

아이들은 많은 경로를 통해서 납에 노출될 수 있다. 납은 우리 가까이의 주변 환경 어디에서나 발견될 수 있다. 페인트, 가솔린, 납땀, 식품, 물, 먼지, 토양 등은 모두 납을 함유하고 있다. CDC(1991)³⁾에 따르면 납이 함유된 페인트가 취학전 아동들의 가장 위험한, 그리고 가장 일반적인 고농도 납 노출원에 해당되고, 어린이의 경우 손을 통해 입으로 들어가는 경로가 주된 노출경로가 되고 있어 공기중 농도뿐만 아니라 바닥이나 벽면의 납이 문제가 된다.

우리나라는 어린이 납 노출에 대한 기준이나 연구가 많이 되지 않았다. 우리나라는 2004년 다중이용시설 등에 대한 실내공기질 관리법을 제정하면서 몇몇 건강유해물질에 대한 실내공기질 유지기준과 권고기준을 설정하였다.¹⁰⁾ 그러나 납에 대한 공기중 기준이나 바닥면의 기준은 제정되지 않았다. 현재 공기중 기준으로는 일반 대기환경기준으로 연평균 $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 설정되어 있으며 토양중 기준도 토양 오염에 대한 우려기준과 대책기준으로 설정되어 토양오염 우려기준으로 농경지는 $100 \text{mg}/\text{kg}$, 공장 산업지역 $400 \text{mg}/\text{kg}$ 이 설정되었으며 토양오염대책기준으로는 농경지 $300 \text{mg}/\text{kg}$, 공장·산

업지역 $1,000 \text{mg}/\text{kg}$ 으로 설정되었으며 어린이 관련시설에 대한 기준은 없다.

본 연구는 취학전 어린이가 많은 시간을 보내는 유치원 및 어린이집에서의 교실내외에서 공기중 납농도와 각 벽면, 마루바닥에서의 납에 대한 정성 및 정량 평가를 하는데 있다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

우리나라 전역에서 12개 유치원 및 어린이집을 선정하여 45개 교실과 교실외부의 실외 환경에서 시료를 채취하였다. 공기중 시료는 각 교실당 1개의 지역시료와 유아교육시설당 1개의 실외시료를 채취하였다. 모든 시료는 지역시료로 채취하였으며 실내인 경우 책상높이 위치에서 시료를 채취하였고, 실외지역도 같은 높이에서 채취하였다. 표면시료채취는 육안으로 보아 납 함유가 의심되는 표면에 대하여 정성평가를 하였으며 납의 함유가 의심되면 정량평가를 위한 표면시료채취를 하였다. 일부시료는 유치원에서 사용되는 찰흙등도 채취하였다. 유치원시설의 위치에 따라 행정구역상 군단위 이상을 도시지역으로 분류하였는데 9곳이 해당되었고, 면단위 이하를 시골지역으로 구분하였는데 해당되는 곳이 3곳이었다. 따라서 공기중 납 시료는 도시 지역 실내 33개, 실외 9개, 시골 실내 12개, 실외 3개를 채취하였다. 표면시료인 경우 마루바닥에서 32개, 벽면에서 21개, 책상 및 의자 표면 20개, 나무상자 4개, 창가틀 4개, 기타(찰흙, 모형물) 4개였다.

2. 연구 방법

1) 공기 중 납의 채취 및 분석

교실내와 해당 시설외기의 공기중 납을 측정하기 위하여 국제표준화기구(International Organization for Standardization; ISO) 시험법인 IS 15202의 방법 및 NIOSH 7300/NIOSH 7105방법을 준용하였다.¹¹⁻¹³⁾ 공기중 시료는 개인시료채취 펌프(미국 Gillian 사 모델 HFS, 미국 SKC 모델 224-PCXR7)를 이용하여 약 2.5 l/분의 유량으로 셀룰로스 에스테르 막 여과지(37 mm, $0.8 \mu\text{m}$ pore size, millipore, USA)를 이용하여 6시간 이상을 채취하였고 펌프의 유량에 따른 오차를 보정하기 위하여 시료채취전후로 보정하였다. 납을 분석하기 위하여 시료채취한 여과지를 마이크로웨이브오븐(MARS, Microwave Accelerated Reaction System, CEM, USA) 용기(teflon vessel)에 넣고 4 ml 질산(redistilled 99.999%, Aldrich, USA)과 1 ml 과염소산

을 넣고 압력을 걸면서 180°C에서 25분동안 가열하였다(1200W power, ramp 10 min, Temp 180°C, Hold time 15 min). 시료 전처리가 끝나면 최종 용량을 10 ml로 하여 원자흡광분석기(Spectraa 880, Varian, Australia)-흑연로 방법(GTA-100, Varian, Australia)을 이용하여 분석하였다.¹¹⁻¹³⁾

2) 표면중 납의 채취 및 분석

교실내의 마루바닥이나 책상 위, 또는 창문들의 먼지 또는 페인트 중 납이 있는지 조사하기 위하여 두 가지 방법을 사용하였다. 첫째 NIOSH 7700 방법을 사용하여 정성적인 평가를 하는 것으로 납의 함유가 의심되는 페인트 표면에서 납의 검출유무는 lead check kit(SKC 225-2404, SKC, USA)를 이용하여 검사하였다.^{14,15)} 이 방법은 sodium rhodizinate가 들어 있는 반응시약을 해당표면에 문지르면 납이 있는 경우 노란색에서 오렌지색으로 변하게 되는 착색반응을 이용한 것으로 검출한계는 시료 당 2 µg이다.

두 번째는 각종 표면 또는 먼지중의 납을 정량적으로 평가하기 위한 방법으로 미국 HUD(The Department of Housing and Urban Development)에서 제시하는 가이드라인(Guidelines for the Evaluation and Control of Lead-Based Paint Hazard)과 NIOSH 공정시험법인 NIOSH 9100 방법을 이용하여 납의 함유가 의심되는 표면에서 15×15 cm²의 격자를 놓고 S자형으로 납이 함유되지 않는 wet tissue(SKC 225-2401, SKC, USA)를 사용하여 채취하였다.¹⁵⁾ ISO 15202의 방법에 따라 전처리 하여 분석은 공기중 시료와 동일한 조건으로 원자흡광분석기-흑연로 방법으로 분석하였다. 단 농도가 너무 높으면 희석하여 분석을 실시하였다.

페인트 칩과 먼지, 찰흙중의 납도 일부 채취하였다. 이 시료는 분석 하루 전에 105°C에서 하룻동안 건조시켜서 이용하였다. 이는 시료 중의 수분을 제거하기 위함인데, 최종 농도는 건조무게(dry-weight)를 반영해서 계산하기 때문이다. 전처리 방법 및 분석방법은 표면시료 채취한 것과 동일하게 하였다.¹⁵⁾

3) 공기중 농도의 평가

공기중 농도는 ng/m³으로 표시하였으며, 산술평균과 표준편차, 기하평균과 기하표준편차를 구하였다. 현재 실내 공기질에 대한 납의 기준은 없으므로 편의상 대기환경기준인 0.5 µg/m³과 비교하였다. 지역간 또는 교실내와 실외의 농도에 차이가 있는지 보기 위하여 일원분산분석을 실시하였다. 공기중 노출자료는 대개 기하정규분포를 한다고 알려져 있으나 실제로 측정된 자료가 정규분포를 하는지 기하정규분포를 하는지를 결정하기 위하여 유의수준 5%에서 Shapiro and Wilk Test(일명 W-test)를 실시하였다.¹⁶⁾

III. 결과 및 고찰

유치원 및 어린이집 교실의 공기중 납 농도는 Table 1과 같이 교실내가 평균 36.56 ng/m³이고, 실외가 32.74 ng/m³으로, 국내 대기 환경기준 0.5 µg/m³(=500 ng/m³)보다 현저히 낮은 수준이었으며 총 57개의 시료 중 대기환경기준을 초과한 시료는 한건도 없었다. 공기중 납 농도를 교실내와 교실외로 구분하였을 때도 실내 실외간 유의한 차이도 없었다(p=0.69). 그러나 지역별로 구분하면 도시 실내(평균 44.70 ng/m³)가 가장 높은 수준이고, 그 다음 도시 실외(39.45 ng/m³) 지역, 시골실내(14.17 ng/m³) 지역, 시골실외(12.58 ng/m³)순이었으며 유의한 차이가 났다(p=0.01). 납 농도의 도시와 시골 지역간 차이는 납의 전반적 대기중 농도가 도시 지역이 시골지역보다 높다는 것을 의미한다. 납의 발생원은 실내뿐 아니라 실외에서도 존재하는데(매연, 주위 공장) 본 조사에서도 도시가 시골에 비해 유의하게 높아 도시지역이 납 농도가 높으며 또한 실내농도가 실외농도보다 높아 납의 발생원이 실내뿐 아니라 실외에 있어 실외지역의 공기가 실내로 유입되면서 납의 농도도 다소 높아진 것을 해석할 수 있다. WHO(2000)¹⁷⁾에 의하면 실내에서의 납 농도의 주된 발생원은 실내 자체보다는 자동차나 산업체에서 발생하는 외부발생원이

Table 1. Airborne lead concentration in preschool facilities

		No. of samples	Airborne lead concentration, ng/m ³			P-value
			Arithmetic Mean ± SD	Geometric Mean ± GSD	Range	
			Urban	Indoor	33	
Outdoor	9	39.5 ± 29.7	22.8 ± 4.8	0.5-94.1		
Rural	Indoor	12	14.2 ± 11.6	7.9 ± 4.0	0.5-32.4	0.005
Outdoor	3	12.6 ± 10.5	5.6 ± 8.0	0.5-18.8		

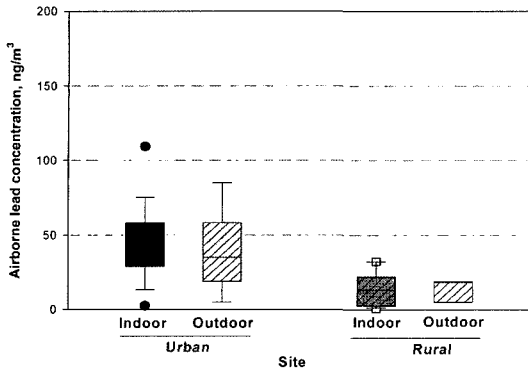


Fig. 1. Airborne lead concentration by sampling site.

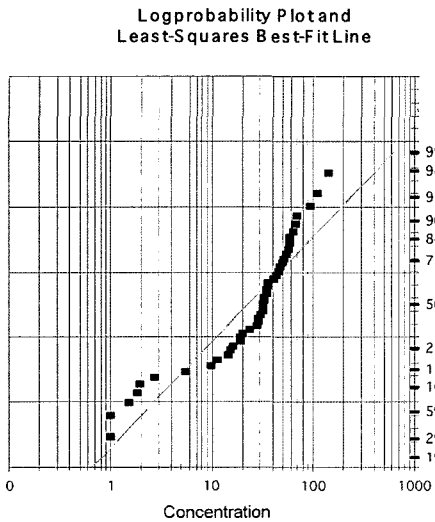
중요하다고 하였는데 이런 측면에서 도시지역의 농도가 높다고 할 수 있다. 그러나 유치원이나 어린이집 같은 경우 내부의 페인트도 주요한 노출원이라고 할 수 있다. 도시 지역과 시골지역 소재 유아교육시설의 실내와 실외농도를 Fig. 1에 표시하였다.

유치원 및 어린이집의 납 농도가 매우 낮게 유지되는

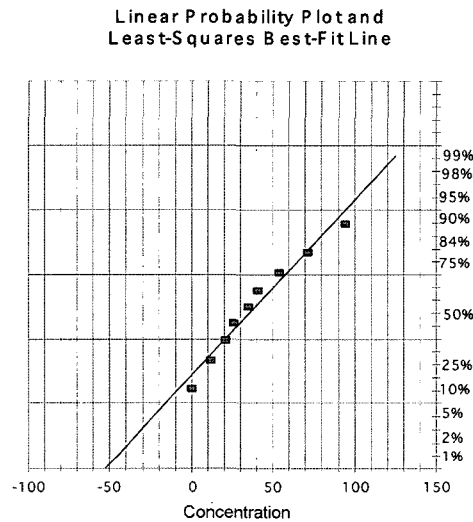
것은 해당시설에서 매일 진공청소기와 물청소를 하기 때문이라고 추측된다. 즉, 공기중 입자상 물질은 이런 청소방법에 의해 쉽게 관리할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 청소 및 관리상태는 인터뷰 조사시 확인하였다.

W-test로 기하분포검정을 하여본 결과 Fig. 2와 같이 도시실내는 기하정규분포, 도시실외는 정규분포를 하였고 시골실내는 기하정규분포, 실외는 정규분포를 하였다. 이러한 분포의 차이의 이유는 명확하지 않으며 실외지역의 경우 시료수가 적기 때문에 특성을 규정짓기도 어렵다.

어린이는 공기중 납뿐 아니라 각종 바닥이나 벽면, 놀이기구의 표면의 납에 노출될 수 있다. 이런 가능성을 염두에 두고 유아교육시설의 건축자재(벽면, 마루면, 천정) 및 기구(놀이기구), 가구(책상, 의자, 보관함)의 표면에서 납의 함유 여부를 'lead check kit'로 정성적으로 조사한 결과는 Table 2와 같다. 총 129개 시료중 48개의 시료(약 37%)에서 납이 함유되어 있었는데 주로 검출되는 곳은 건물의 표면중 페인트였다. Table 2와 같이 벽면이나 벽의 테두리, 바닥의 페인트 같은 건



(a) Indoor air in urban(log-normal)



(b) Outdoor air in rural(normal)

Fig. 2. Log-normal distribution(indoor) and normal distribution(outdoor) of airborne lead concentration.

Table 2. Results of quantitative lead test on construction materials and furniture in preschool facilities

Sampling site	Example	No. of samples	Lead positive	
			No	%
Surface of construction material	Wall, floor	65	28	43.1
Furniture, education materials	Desk, chair, wood block	64	20	31.3
Total		129	48	37.2

측시설자체에 칠해져 있는 페인트는 조사 시료의 약 43%에 납이 포함되어 있고, 책상, 사물보관함, 놀이기구 같은 기구 및 가구에서는 조사 시료의 약 31%에서 납이 검출되었다. 어린이가 주로 생활하는 즉, 유아교육시설에 사용되는 페인트에서 납 노출 가능성이 상당히 많음을 알 수 있다. 유치원 및 어린이 집은 벽면이나 바닥에 선명한 색을 사용하고 어린이의 장난 등으로 인하여 매년 페인트칠을 한다고 조사되었다. 조사당시 원장이나 선생님과 인터뷰에 의하면 납의 함유나 유해성에 대해 지식이 없어서 시공업체에게 그냥 맡기는 경우가 대부분이었다. 위 공기중 농도와 표면에서의 납 농도결과를 고찰하여 보면 유아교육시설에서 공기중 납의 농도는 낮지만 유아교육시설의 건축자재나 여러 가구, 기구의 표면에서 납이 함유된 페인트를 사용하고 있었다. 즉, 벽면이나 바닥에 납이 함유된 페인트가 칠해져 있어도 공기중 비산가능성은 낮다고 할 수 있다. 그러나 미국 환경보호청에서는 어린이의 주된 노출 경로는 공기중 납 농도뿐 아니라 바닥이나 벽면 장난감 토양 등 표면의 납이 주된 노출원이므로 이에 대한 관리가 필요하다고 강조하고 있다.¹⁸⁾

표면에서 납의 함유에 대한 정성적 검사뿐만 아니라 단위 표면적당 얼마나 많은 양이 묻어나올지를 검사하는 것도 중요하다. 납이 각종 표면(벽, 마루바닥, 책상위)에서 얼마나 묻어 나오는지 조사하는 방법을 표면검사(wipe sampling)법을 적용하여 분석한 결과가 Table 3에 제시되었다. 미국 환경보호청에서 제시하는 기준은 마루 바닥의 경우 40 µg/ft²(4.3 µg/100 cm²)이고, 창문틀에서는 250 µg/ft²(26.9 µg/100 cm²)를 넘지 않도록 규정하고 있다. Table 3에서 보듯이 마루 바닥과 창문틀은 기준을 초과하지 않았으나 벽면은 조사시료의 29%, 책상 및 의자는 20%, 가구위(보관함)는 100%, 기타 25%가 기준을 초과하였다. 벽면과 책상 및 의자 등은 마루바닥 기준인 40 µg/ft²을 적용하였다. 실외 놀이터의 페인트를 조사한 것도 페인트 중 납

의 함량(n=1)이 4.3%로 납함유량이 미국 납 함유 페인트 선별기준 0.6%를 초과하고 있었다. 이렇게 페인트에 있던 납은 아동의 손에 묻어 있다가 음식을 섭취할 때 같이 우리 몸속에 들어오기 쉽게 된다. 에어컨 여과지 중 먼지 채취가 가능하였던 7개 기관의 에어컨 먼지당 납 함유량은 평균 147.6 µg/g(표준편차 83.93 µg/g, 범위 40.65-246.86 µg/g)으로 0.015%였다. 홍콩 소재 유치원 및 어린이집 53개 시료중 실내 먼지중 납농도는 199.96 µg/g(표준편차 144.89 µg/g, 범위 3.11-783.33 µg/g)로 보고된 바 있다.¹⁹⁾ 호주 시드니의 가정집 82군데서 먼지중 납의 농도 평균 85.2 µg/g로 보고되었다.²⁰⁾ 그 외 찰흙(n=2), 과일모형(딸기)에서는 검출되지 않았다.

Adgate 등(1995)이 미국 가정에서 조사한 연구에서 마루바닥에서 2.1 µg/100 cm², 6.20 µg/100 cm²을 보고하였고, 카펫에서는 37 µg/100 cm²을 보고하였다.²¹⁾ Lanphear 등(1995)은 미국 뉴욕주의 가정에서 1.6 µg/100 cm²을 보고하였고,²²⁾ Sutton 등(1995)은 훨씬 적은 0.25 µg/100 cm²을 보고하였다.²³⁾ 남아프리카의 교실에서 측정된 연구에서는 도시지역에 따라 교실내 마루바닥의 납농도가 평균 3.16 µg/100 cm², 2.90 µg/100 cm², 2.81 µg/100 cm²역을 보고(범위 0.7-6.58)하여 본 연구와 비슷한 경향을 나타냈다.²⁴⁾

최근의 몇 개 연구결과에 의하면 어린이의 혈중 납농도는 먼지중 납농도보다 마루바닥의 납농도가 더 영향을 준다고 하고 있다.^{21,25,26)} 그만큼 바닥재의 납 포함여부는 어린이 납노출에 중요하다고 할 수 있다.

본 연구에 의하면 유치원이나 어린이집에서 공기중 납농도는 낮으나 마루나 벽면의 납 농도는 높으며 이는 페인트 중 납이 주 원인이다. 따라서 페인트 중 납의 함량규제가 필요할 것으로 판단된다. 외국의 페인트 중 납의 함량을 규제하고 있다. 호주의 경우 일반적으로 페인트 중 납의 함량이 1969년에 10,000 mg/kg에서 1997년 이후 1000 mg/kg으로 낮추고 있다. 미국은

Table 3. Surface lead concentrations in preschool facilities

Sampling site	No. of samples	Lead concentration, µg/100 cm ²		No. of Noncompliance Samples (%)
		Mean ± SD	Range	
Floor	32	0.88 ± 0.78	0.05-2.75	0(0)
Wall	21	2.93 ± 3.39	0.05-12.38	6(28.6)
Desk or/chair	20	1.87 ± 2.94	0.05-8.29	4(20.0)
Wood box	4	12.11 ± 9.08	6.18-25.62	4(100)
Window sills	3	7.76 ± 0.61	7.21-8.42	0(0)
Others	4	3.36 ± 3.62	0.05-8.40	1(25)

Note) EPA Standard : Floor 4.3 µg/100 cm², Window sills : 26.9 µg/100 cm²

CPSC(Consumer Product Safety Commission. 소비자 제품 안전위원회)에서 소비자 제품 안전법(Consumer Product Safety Act)으로 1978년부터 0.06%를 초과하는 납을 함유한 페인트를 사용한 장난감과 놀이기구 등 어린이용 제품의 판매를 금지하고 있으며 HUD(Housing and Urban Development. 주택도시개발국)에서는 주거용 페인트의 납 함유량을 중량당 0.6% 이하로 규제하고 있다.¹⁸⁾ 일본은 저독성 페인트의 함량 기준을 0.05% 이하로 설정하여 완구 등에 적용하고 있다. 우리나라는 현행 페인트의 납성분 함유 기준으로는 『저독성 페인트의 안전검사 기준』(중기청 고시 제 91-22호; 저독성 페인트 품질검사기준)이 있으며 저독성 페인트의 경우 90 mg/kg(용출량)을 넘지 못하도록 하고 있고, 이런 저독성 페인트를 완구, 유모차, 보행기, 유아용 삼륜차, 침대, 의자, 아동용 이동침대, 쌀통 등에 칠하는 페인트에 사용하도록 하고 있으나 어린이 관련시설에 대한 함량기준은 없다. 일반 페인트의 경우 그런 기준이 없다. 향후 어린이 관련시설에 사용되는 페인트의 함량을 규제할 필요가 있다고 본다.

IV. 결 론

전국소재 12개 유아교육시설의 45개 교실 및 실외에서 공기중 납의 농도와 벽면 마루바닥, 창문등의 표면 중 납의 정성 및 정량평가를 하여 도시지역과 시골지역, 실내와 실외로 구분하여 평가하였다.

교실내의 공기중 납 농도는 실내가 평균 36.6 ng/m³ 이고, 실외가 32.7 ng/m³이었다. 지역별로 구분하면 도시 실내의 공기중 납 농도가 44.7 ng/m³으로 가장 높고 다음 도시 실외(39.5 ng/m³), 시골실내(14.2 ng/m³), 시골 실외(12.6 ng/m³) 수준이었다.

각종 교실내의 표면에서 납의 함유에 대한 정성평가를 한 결과 총 129개 시료중 48개의 시료(약 37%)에서 납이 검출되었으며 주로 페인트 중 납이었다.

납이 각종 표면(벽, 마루바닥, 책상위)에서 농도를 정량적으로 조사한 결과 마루 바닥과 창문들은 기준을 초과하지 않았으나 벽면은 조사시료의 29%, 책상 및 의자는 20%, 가구위(보관함)는 100%, 기타 25%가 미국에서 제시한 기준을 초과하고 있었다. 마루와 창문들은 평균 2.93 µg/100 cm², 7.76 µg/100 cm²으로 각각 미국의 기준인 4.3 µg/100 cm², 26.9 µg/100 cm²보다 낮았다. 유치원과 어린이집은 특성상 매년 페인트 칠을 하고 있으나 이곳에 사용되는 페인트의 납 함량규제는 없다. 본 연구결과 유치원 및 어린이 집 교실 중 페인트에 많은 납이 함유되어 있음이 밝혀졌다. 본 연구결과

납이 유치원 및 어린이 집에서 많이 검출되는 점과, 납이 어린이에게 미치는 영향을 고려하여 보면 어린이 관련시설에서 가능한 납의 사용을 제한하거나 그 발생을 억제할 다양한 시책이 필요하다.

참고문헌

1. Pirkle, J. L., Kaufmann, R. B., Brody, D. J., Hickman, T., Gunter, E. W. and Paschal, D. C. : Exposure of the U.S. population to lead, 1991-1994. *Environmental Health Perspectives*, **106**, 745-750, 1998.
2. Landrigan, P. J., Boffetta, P. and Apostoli, P. : The reproductive toxicity and carcinogenicity of lead: A critical review. *American Journal of Industrial Medicine*, **38**, 231-243, 2000.
3. Todd, A. C., McNeill, F. E. and Fowler, B. A. : In vivo X-ray fluorescence of lead in bone. *Environmental Research*, **59**, 326-335, 1992.
4. CDC : Preventing lead poisoning in young children: a statement by the center for disease control. Centers for Disease Control, Atlanta, GA, 1991.
5. 유연아, 정문호 : 아동의 모발내 무기물 농도와 주의력 결핍 및 과잉행동장애와의 상호연관성에 관한 연구. *한국환경보건학회지*, **30**(1), 41-49, 2004.
6. International Agency for Research on Cancer(IARC) : IARC Monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans-Overall evaluations of carcinogenicity, supplement 7, IARC, 211-216, 1999.
7. 박동욱, 하권철 : 납 흡수에 영향을 미치는 요인 분석 : 납 크기 특성과 혈액중 납과의 관계. *한국환경보건학회지*, **31**(4), 316-321, 2005.
8. Schlecht, P. C., Groff, J. H., Feng, A. and Song, R. : Laboratory and analytical method performance of lead measurements in paint chips, soils, and dusts. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **57**, 1035-1043, 1996.
9. EPA : 40 CFR Part 745, Lead; Identification of Dangerous Levels of Lead; Final Rule, *Federal Register* / **66**(4), 1206-1240, 2001.
10. 환경부 : 다중이용시설 등에 관한 실내공기질 관리법. 시행령, 시행규칙, 환경부, 2004.
11. NIOSH : Element, Method No. 7300, NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd Ed., DHHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, OH, 1994.
12. NIOSH : Lead by HGAAS, Method No. 7105, NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd Ed., DHHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, OH, 1994.
13. International Organization for Standardization(ISO) (2001) : ISO 15202-2-2001, Work place air-Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry-part 2: sample preparation. Annex B: Sample dissolution method for soluble metal and metalloid compounds. Geneva, Switzerland.

- land: ISO(www.iso.ch)
14. NIOSH : Lead in air by chemical spot test, Method No. 7700, NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd Ed., DHHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, OH, 1996.
 15. NIOSH : Lead in surface wipe samples, Method No. 9100, NIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd Ed., DHHS(NIOSH) Publication No. 84-100, Cincinnati, OH, 1994.
 16. Mulhausen, J. R. and Damiano, J. : A strategy for assessing and managing occupational exposures(2nd ed.). AIHA Press, VA, USA. ISBN 0-932627-86-2, 241-250, 1998.
 17. WHO : Guideline for Air Quality, Geneva, 73, 2000.
 18. EPA : Residential Lead-Based Paint Hazard Reduction Act of 1992, Public Law 102-550, 1992.
 19. Tong, S. T. Y. and Lam, K. C. : Are nursery schools and kindergartens safe for our kids? The Hong Kong study. *The Science of the Total Environment*, **216**, 217-225, 1998.
 20. Chattopadhyay, G., Lin, K. C. P. and Feitz, A. J. : Household dust metal levels in the Sydney metropolitan area. *Environmental Research*, **93**(3), 301-307, 1999.
 21. Adgate, J. L., Weisel, C., Wang, Y., Rhoads, G. G. and Lioy, P. J. : Lead in house dust: relationships between exposure metrics. *Environmental Research*, **70**, 134-147, 1995.
 22. Lanphear, B. P., Emond, M., Jacobs, D. E., Weitzman, M., Tanner M., Winter N. L., Yakir, B. and Eberly, S. A. : Side-by-side comparison of dust collection methods for sampling lead-contaminated house dust. *Environmental Research*, **68**(2), 114-123, 1995.
 23. Sutton, P. M., Athanasoulis, M., Flessel, P., Guirguis, G., Haan, M., Schlag, R. and Goldman, L. R. : Lead levels in the household environment of children in three high-risk communities in California. *Environmental Research*, **68**, 45-57, 1995.
 24. Liggans, G. L. and Nriagu, J. O. : Lead poisoning of children in Africa, IV: Exposure to dust lead in primary schools in south-central Durban, South Africa. *The Science of the Total Environment*, **221**, 117-126, 1998.
 25. Edward, M., Lanphear, B., Watts, A. and Eberly, S. : Measurement error and its impacts on the estimated relationship between dust lead and children's blood lead. *Environmental Research*, **72**, 82-92, 1997.
 26. Lanphear, B. P. and Roghmann, K. J. : Pathways of lead exposure in urban children. *Environmental Research*, **74**, 67-73, 1997.