

[단 보]

어린이놀이터 바닥재의 유해물질 노출실태

김연희 · 김종민 · 송형명 · 김승호 · 안병용 · 강영주 · 김은선 · 김동수[†]

광주광역시 보건환경연구원

A Study on Exposure Status of Harmful Substances from Flooring Material of Children's Playground in the Gwangju Area

Yunhee Kim, Jongmin Kim, Hyungmyung Song, Seungho Kim, Byeungyong Ahn,
Yeongju Kang, Eunsun Kim, and Dongsoo Kim[†]

Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 502-837, Korea

Received February 20, 2013/Revised June 18, 2013/Accepted June 21

This study was performed to perceive environmental pollution in children's playground in Gwangju metropolitan city. Two types of sand and synthetic rubber as flooring material were used in children's playground. The sampling was collected from 20 sites in sand flooring material and 21 sites in synthetic rubber flooring material. They are measured to evaluate pH, heavy metals, and parasite eggs in sites of sand flooring material and also to heavy metals in sites of synthetic rubber floor material. In site of sand flooring material, pH range was from 5.8 to 8.8. The average concentration of Pb, As, Hg, Cd, and Cr⁶⁺ was 16.318, 0.343, 0.048, 0.258, and 0.000 in unit mg/kg, respectively. In site of synthetic rubber flooring material. The average value of the total sum concentration of heavy metals such as Pb, As, Hg, Cd, and Cr⁶⁺ was 70.427 mg/kg. This total concentration of heavy metals was even much lower than that of criteria (1,000 mg/kg). The parasite eggs were not found in sites of sand flooring material. Therefore, it showed that all sites in children's playground was safe environmentally.

Key words: Flooring material, Heavy metal, Children's playground

1. 서 론

어린이들이 어린이놀이터에서 모래나 합성고무 바닥재에 신체 접촉의 기회가 많아 위생적인 측면과 환경유해 인자 노출 측면에서 관심이 증대되고 있다. 유해물질에 노출되면, 성인에 비해 더 큰 피해를 받을 수 있으며, 성인이 되어서도 그 영향을 미친다. 어린이놀이터 시설물에 대한 유해화학물질이 증가됨에 따라 어린이 건강에 악영향을 미칠 가능성이 높아 이들 화학물질 등을 파악하고 검사하여 어린이의 건강을 보호하여야 한다. 해외연구사례에서 고무바닥재 재료로 사용되는 타이어에서 아연, 철, 카드뮴, 크롬, 납 등 15종 중금속과 벤젠, PAHs 등 39종의 VOCs가 확인되었다. 납, 수은, 카

드뎀 등의 중금속은 일단 우리 몸에 한번 들어오면 좀처럼 배출되지 않고 몸에 축적되어 심각한 독성을 유발하며 폐암, 빈혈 등 각종 질병을 초래한다. 카드뮴은 이따이-이따이병과 관련된 뼈의 심한 통증 및 신장결석 등의 증상이 나타나고, 구리는 과잉 축적되면 산화성 스트레스가 증가하고 우울증, 심혈관계 위험도가 증가한다. 비소의 중독에 의한 피해는 경구독성인 경우 위장장애, 탈모, 피부 창백 등이 있다. 납에 오염되면 뇌와 신장에 영향을 주고, 수은은 시력상실, 뇌기능손상, 전신마비, 신경마비 등의 증상을 나타낸다. 6가크롬은 다량의 단시간 중독되는 경우 피부의 궤양 및 위장, 신장, 간에 심각한 영향을 미칠 수 있다.¹⁾

사람의 개회충 감염증은 유충이 소장을 뚫고 간, 신장,

[†]To whom correspondence should be addressed.

폐, 뇌, 근육 등 여러 기관으로 이행하여 영양분을 탈취할 뿐만 아니라 병에 대한 저항력을 약화시켜 각종 급성, 만성질환을 유발하고, 간의 손상이나 폐렴 등 심각한 손상을 주며, 뇌로 이행될 경우 간질과 같은 증상을 일으킬 수도 있다.^{2,5)}

그리고 애완동물이나 야생동물의 분변으로 인해 국내 놀이터에서 놀던 어린이가 개회충에 감염되어 실명에 이르는 사례도 발생하였다. 또 개회충은 유충장기이행증과 빈혈 또는 알레르기성 육아종을 일으키기도 한다.⁶⁾

어린이들이 바닥재에 일정시간 접촉할 경우 중금속들이 어린이들의 피부를 통해 체내로 흡수된다는 것이다. ‘한국인인체치수조사’를 기준으로 평균 몸무게 24.09 kg 인 6~7세 아동의 손바닥 등 피부가 놀이터 바닥재 1kg에 30분간 접촉할 경우 아연 0.0013~0.0529 mg, 납 0.0001~0.0008 mg, 구리 0.0067~0.0229 mg, 바륨 0.0073~0.0255 mg이 체내에 흡수되는 것으로 나타났다.

어린이놀이터의 목재시설 주변 표면 방부제와 철재 시설 주변 페인트내의 중금속이 모래와 고무바닥재에 떨어져 오염되기도 한다. 또한, 애완동물의 수가 증가하고 있어 이에 따른 애완동물의 기생충에 사람이 감염될 가능성이 높아지고 있다.

어린이들은 토양을 일종의 놀이도구로 생각하는 경향이 있다. 그로 인하여 토양을 직접 손으로 만지고, 그 손을 입에 접촉하는 경우가 많기 때문에 토양 내 오염물질에 직접적으로 노출되어 있다. 실제로 어린이들이 어린이놀이터와 공원 등에서 의도적 또는 비의도적으로 섭취 또는 흡입하는 양을 살펴보면, Table 1과 같이 평균 40~200 mg으로 토양에 가장 많이 접촉하고 있으며, 청결에 대한 개념이 미흡하기 때문에 토양오염물질에 대한 노출위험이 가장 크다.⁷⁾ 어린이놀이터에 애완견의 출입을 통제하거나 어린이들이 집으로 돌아와서 손을 깨끗이 씻게 하는 등 철저하게 위생관리에 신경을 써야 한다. 2009년 환경보건법이 시행됨에 따라 어린이놀이터의 중금속 등 유해물질 노출에 대한 어린이 건강영향문제에 관심이 증대되면서 어린이 활동공간의 환경안전관리 기준이 규정되었다. 어린이들이 이용하는 놀이시설의 토양이 중금속으로 오염되었을 경우에는 중금속 성분이 피

부에 흡수되거나 구강을 통해 인체에 직접적으로 악영향을 줄 수 있다. 그러나 유해화학물질에 대한 저항력이 약한 어린이들이 중금속의 위험에 무방비 상태로 노출되어 있는 상황이다.⁸⁾ 토양은 일반적으로 지구의 겉 표면을 둘러싸고 있는 층으로 정의되며, 환경적, 사회적, 경제적으로 인류에게 없어서는 안 될 중요한 자원이다.⁹⁾ 어린이놀이시설의 효율적인 안전관리 체계를 구축함으로써 어린이놀이시설 이용에 따른 어린이 안전사고를 미연에 방지함을 목적으로 환경보건법을 제정하여 환경오염과 유해화학물질 등이 국민건강에 미치는 영향 및 피해를 조사규명 및 감시하여 생태계의 건전성을 보호유지 할 수 있도록 함을 목적으로 시행되고 있다.¹⁰⁾

기존의 시설들은 거의 모래 바닥재였으며, 모래바닥재의 경우 기생충 등의 위생적인 문제로 고무바닥재로 대체하는 경향도 나타났다. 모래는 정서적으로 안정되며, 자연친화적이고 화학물질로부터 노출될 위험은 적고, 고무바닥재는 충격을 흡수하고 위생적인 장점이 있으나 환경유해물질에 노출될 확률이 높다. 공원과 아파트의 어린이놀이터에서 모래바닥재와 고무바닥재의 환경유해인자의 노출 가능성을 분석하기 위해 시료를 채취하여 환경오염물질 농도를 조사하고 어린이들의 건강 및 대책 마련 등에 활용하고자 한다.

2. 실험방법

시료채취는 광주지역의 공원 및 아파트의 어린이놀이터에서 모래 바닥재 20개소와 고무바닥재 21개소 총 41개소에 대한 중금속 등을 조사하였다. 시료채취는 모래 500 g, 합성고무의 경우 상층의 안료가 섞인 부분만 5g 이상을 채취한다.

Table 2와 같이 환경보건법에 의한 모래바닥재의 경우 중금속은 토양오염공정시험기준에 의하여 실험하였으며, 고무바닥재의 중금속은 환경부 고시 제2012-95호 어린이활동공간의 환경유해인자 시험방법에 의하여 실험하였다.¹¹⁾ 고시 제2012-94호 기생충(란)은 어린이 활동공간 바닥에 사용된 모래 등 토양에서의 기생충(란) 시험방법에 의하여 실험하였다. 어린이활동공간에 대한 환경안전관리기준은 Table 3과 같다. 모래바닥재의 경우 기준은 환경보건법 시행규칙 별표2(어린이활동공간의 바닥에 사용된 모래 등 토양에 대한 환경안전관리기준)에 따르며, 고무바닥재의 경우 환경보건법 시행령 별표2(어린이활동공간에 대한 환경안전관리기준)에 의한다. Table 4와 같이 안전행정부 어린이놀이시설 안전관리법의 어린

Table 1. Human's average ingestion amount (mg/day)⁷⁾

Section	Ingestion amount
Adult	About 40
Child(Age >5)	About 40
Child(Age 1~5)	200
Geophagia child	20,000

Table 2. The analysis method of children's playground

Standard and Relationla Law	Flooring Material	Analysis Items	Analysis Method
The Environment safety supervision standard for children activity space (Environmental Conservation Act)	Sand	Pb, Cd, Hg, Cr ⁶⁺ , As Parasite eggs	Soil Pollution Process Test Standard (Sand etc used in flooring of children activity space) parasite eggs test method
	Synthetic Rubber	Pb, Cd, Hg, Cr ⁶⁺	Environment harmful factor test of children activity space
Standard of an institution and Technical Regulation of child play facilities (Child play facilities safety supervision law)	Sand and Others	Pb, Cd, Hg, As, Sb, Ba, Se, Cr	Safety certification standard subsidiary office 36 of safety certification subject of industrial products by Quality management and safety control of industrial products Act

Table 3. The environmental safety management standards of Children's activity space (Unit: mg/kg)

	Pb	Cd	Hg	Cr ⁶⁺	As
Sand Flooring	200	4	4	5	25
Rubber Flooring	Sum (Pb, Cd, Hg, Cr ⁶⁺) of mass fraction 0.1%				-

Table 4. The criterion of heavy metals of Flooring material in facilities standard and technical standard of Children's playground equipments

	Sb	As	Ba	Cd)	Cr)	Pb	Hg	Se)
Criteria (mg/kg)	60	25	1,000	75	60	90	60	500
Correction Factor (%)	60	60	30	30	30	30	50	60

이놀이시설의 시설기준 및 기술기준(품질경영 및 공산품 안전관리법에 따른 안전인증대상공산품의 안전인증기준 부속서 36)에 따른 중금속 8항목의 기준이다.

래바닥재 20개소와 고무바닥재 21개소에 대한 중금속 등을 분석하였다. Fig 1, 2와 같이 시료채취 지점을 나타냈고, 어린이 놀이시설 합성고무 바닥재에서 Fig 3과 같

3. 결과 및 고찰

광주지역의 공원 및 아파트에서 어린이놀이시설의 모

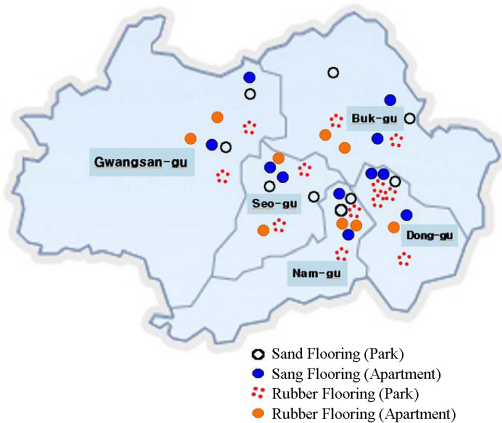


Fig. 1. The sample map of Children's playground (Sand Flooring, Rubber Flooring) in Gwangju Area.



Fig. 2. The Photo of Children's playground (Sand Flooring, Rubber Flooring).

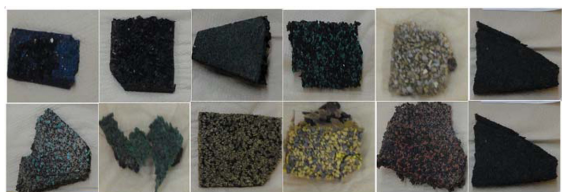
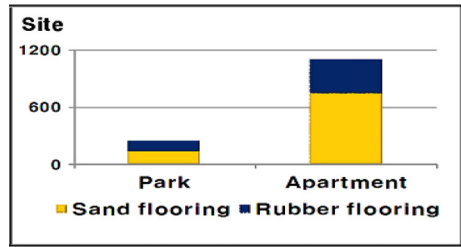


Fig. 3. The sampling of Children's playground in Rubber Flooring.

Table 5. The site of flooring material of Children's Playgrounds (Unit: site)

	Park	Apartment
Sand flooring	140	744
Rubber flooring	110	351
Total	250	1,095



이 시료를 채취하였다.

Table 5와 같이 광주지역의 공원은 모래바닥재 56%, 고무바닥재 44%이며, 비슷한 수준을 나타냈고, 아파트는 모래바닥재 68%, 고무바닥재 32%이며, 모래바닥재가 더 많았다.

모래의 산도를 측정한 결과 pH 5.8~8.8이고, 중성에서 약알칼리성 범위를 나타냈으며 대부분 중성이었다. 기생충란 검사결과 모두 검출되지 않았다.

환경보건법에 의한 모래바닥재와 고무바닥재의 분석 방법은 함유시험법이고 어린이놀이터시설 안전관리법의 분석 방법은 용출시험방법이다.

환경보건법에 의한 어린이놀이터시설 공원과 아파트에서 모래바닥재와 고무바닥재의 중금속농도를 살펴보면, Fig. 4와 같이 모래바닥재(공원, 아파트)의 경우 납 평균 16.318 mg/kg, 비소는 0.343 mg/kg, 수은은 0.048 mg/

kg, 카드뮴은 0.258 mg/kg이었고, 6가크롬은 모두 불검출이었다. 각 중금속 평균농도는 기준보다 훨씬 낮은 농도를 나타냈다.

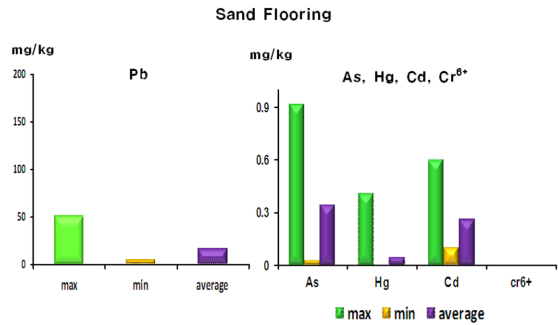


Fig. 4. The concentration of heavy metal of Sand Flooring (Park, APT) in Children's playground.

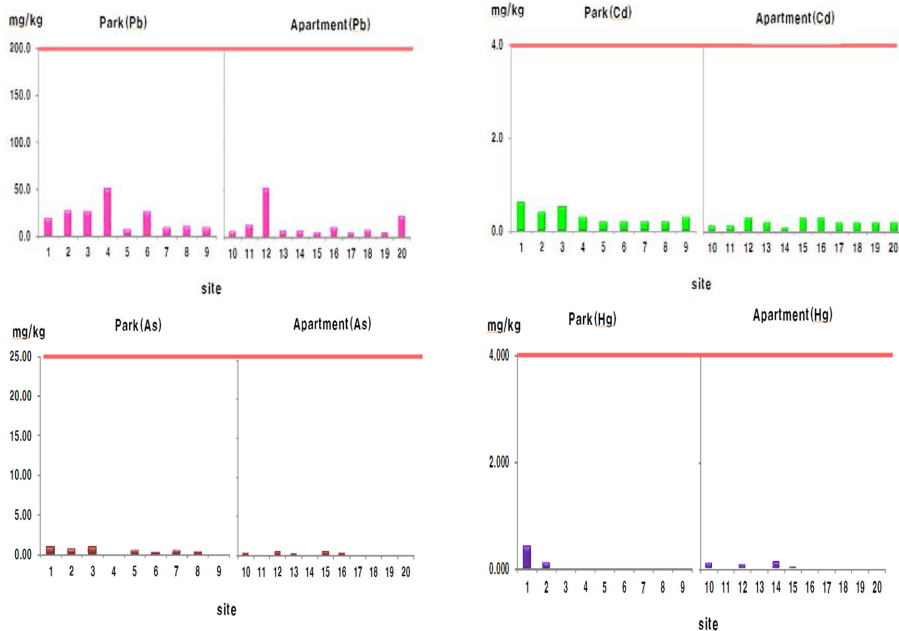


Fig. 5. The concentration of heavy metal of Sand Flooring in Children's playground.

Fig. 5와 같이 모래바닥재(공원)의 경우 납은 6.900~50.400 mg/kg, 비소는 0.060~0.910 mg/kg, 수은은 0~0.410 mg/kg, 카드뮴은 0.200~0.600 mg/kg이었고, 6가 크롬은 모두 불검출이었고, 모래바닥재(아파트)의 경우 납은 4.500~50.900 mg/kg, 비소는 0.027~0.460 mg/kg, 수은은 0~0.130 mg/kg, 카드뮴 0.100~0.300 mg/kg이었으며, 6가크롬은 모두 불검출이었다. Fig. 6와 같이 고무바닥재(공원, 아파트)의 경우 평균농도를 살펴보면, 납은 65.333 mg/kg, 카드뮴은 0.651 mg/kg, 수은 0.195 mg/kg, 6가크롬은 4.248 mg/kg, 납, 카드뮴, 수은, 6가크롬의 총농도 합에 대한 평균은 70.427 mg/kg이었다.

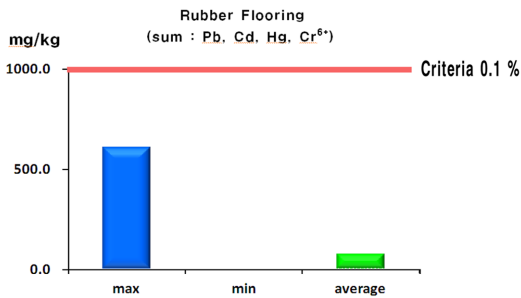


Fig. 6. The sum concentration of heavy metals of Rubber Flooring (Park, APT) in Children's playground.

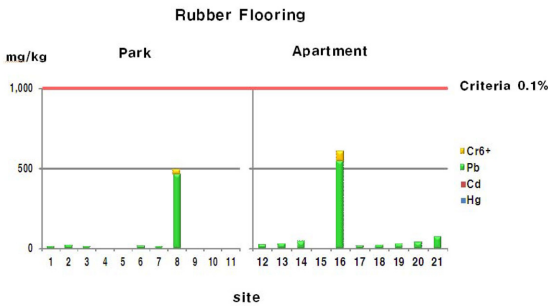


Fig. 7. The sum concentration of heavy metals of Rubber Flooring in Children's playground.

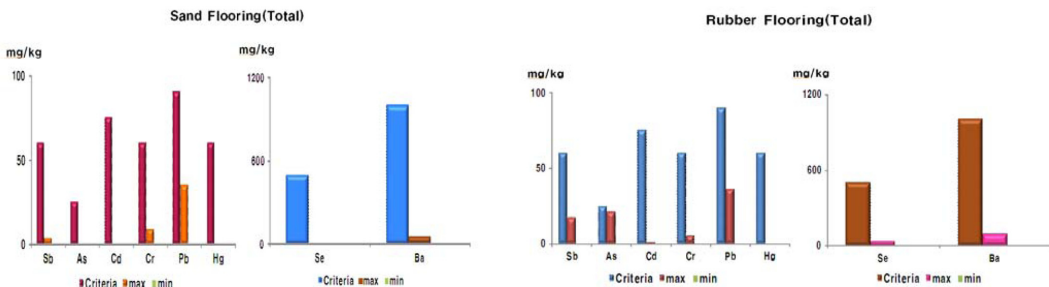


Fig. 8. The concentration of heavy metals (8items) of Flooring material in Children's playground.

Fig. 7과 같이 고무바닥재(공원)의 경우 납은 0~460.333 mg/kg, 카드뮴은 0~1.833 mg/kg, 수은은 0~0.561 mg/kg, 6가크롬은 0~28.600 mg/kg이었으며, 납, 카드뮴, 수은, 6가크롬 총합의 농도는 0~489.132 mg/kg이었고, 4항목 총합의 최고농도는 489.132 mg/kg으로 기준(1,000 mg/kg)의 48.9% 수준이며, 기준보다 낮게 나타났다.

고무바닥재(아파트)의 경우 납은 0~544.333 mg/kg, 카드뮴은 0~1.333 mg/kg, 수은은 0~0.334 mg/kg, 6가크롬은 0~60.600 mg/kg이며, 납, 카드뮴, 수은, 6가크롬 4항목 총합의 농도는 0~605.918 mg/kg이었다. 4항목의 합에 대한 최대 값은 605.918 mg/kg이며, 기준인 1,000 mg/kg (4항목 합의 질량분율 0.1% 이하)의 60.6% 수준으로 기준보다 낮게 나타났다. 환경보건법에 의한 모래바닥재와 고무바닥재의 공원과 아파트에 대한 어린이놀이터의 중금속분석결과 모두 어린이 활동공간 환경안전관리기준 이내로 양호하였다.

어린이놀이시설 안전관리법에 의한 모래와 고무바닥재의 중금속 8항목(Pb, Cd, Hg, As, Sb, Ba, Se, Cr)을 분석한 결과는 Fig 8과 같다. 어린이놀이시설 시설기준 및 기술기준에 의한 분석결과, 모래바닥재(공원, 아파트)의 경우 Fig. 8과 같이 납의 최고농도 34.519 mg/kg였으며, 기준인 90 mg/kg의 38.4%을 나타냈고, 크롬의 최고농도 8.750 mg/kg이었으며, 기준인 60 mg/kg의 14.6% 수준이며, 그 외의 중금속은 기준보다 훨씬 낮은 농도를 나타냈다. 고무바닥재(공원, 아파트)의 경우 안티몬은 0~17.325 mg/kg, 비소는 0~21.007 mg/kg이었고, 비소의 최고농도는 21.007 mg/kg으로 기준인 25 mg/kg의 84.0%로 높게 나타났으나 기준 이내였다. 바륨은 0.550~88.875 mg/kg, 크롬은 0~5.775 mg/kg, 셀레늄은 6.375~33.775 mg/kg, 수은은 0~0.006 mg/kg, 납은 0~35.831 mg/kg으로 나타났다.

Fig. 9와 같이 모래바닥재(공원)의 경우 납은 0~34.519 mg/kg, 안티몬은 0~3.325 mg/kg, 크롬은 0~

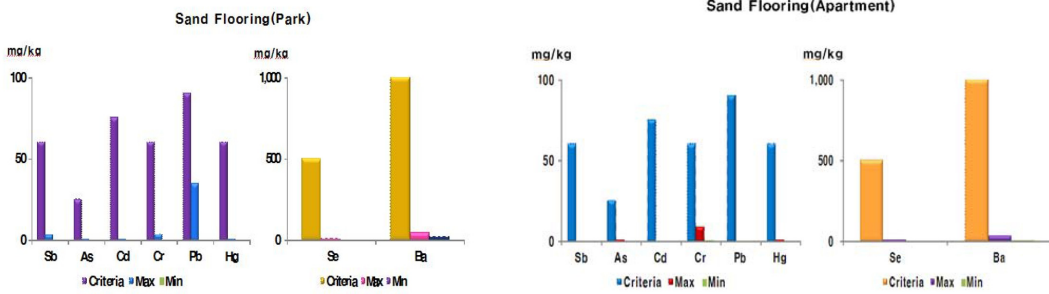


Fig. 9. The concentration of heavy metals (8 items) of Sand Flooring in Children's playground.

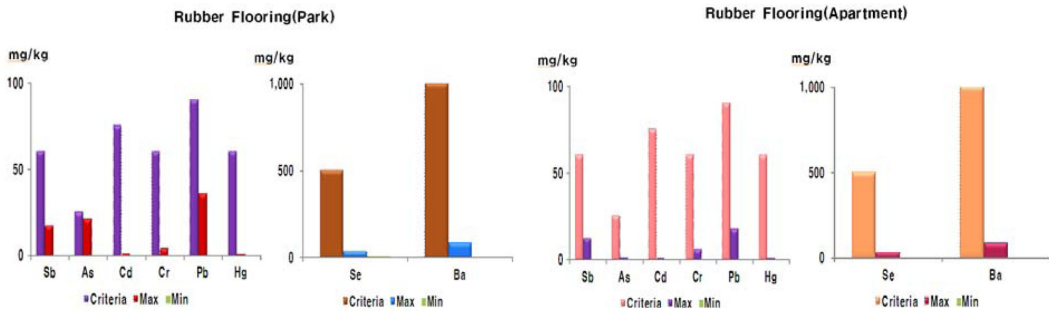


Fig. 10. The concentration of heavy metals (8 items) of Rubber Flooring in Children's playground.

3.675 mg/kg이며, 그 외의 중금속은 거의 미미한 수준으로 나타났다. 모래바닥재(아파트)에서는 크롬이 0.613~8.750 mg/kg이었고, 그 외의 중금속은 거의 검출되지 않거나 낮은 농도를 나타냈다. Fig. 10과 같이 고무바닥재(공원)의 경우 비소가 0~21.007 mg/kg이었고, 납 0~35.831 mg/kg, 안티몬 0~17.325 mg/kg이었고, 고무바닥재(아파트)는 비소 0.012~1.064 mg/kg, 납 0~17.456 mg/kg, 안티몬 0~12.125 mg/kg를 나타냈다. 고무바닥재와 모래바닥재의 공원과 아파트에서 모두 기술표준원 고시 어린이놀이시설 시설기준 및 기술기준이내로 양호하게 나타났다.

4. 결 론

환경오염에 노출된 어린이들이 환경성질환을 일으키는 등의 건강상 문제가 되어 광주지역의 공원과 아파트에 대한 어린이놀이터의 모래바닥재와 고무바닥재의 오염도를 조사하여 이에 대한 대책을 마련하고자 한다.

1. 환경보건법에 의해 실험한 결과, 모래바닥재의 경우 평균 농도를 살펴보면, 납은 16.318 mg/kg, 비소는 0.343 mg/kg, 수은은 0.048 mg/kg, 카드뮴은 0.258 mg/kg이었으며, 6가크롬은 모두 검출되지 않았고, 각 항목

별 중금속농도는 기준보다 낮은 농도를 나타냈으며, 20개소 모두 어린이활동공간 환경안전관리 기준 이내로 양호하였다.

토양산도는 5.8~8.8이고, 중성에서 약알칼리성을 나타냈고, 기생충란은 모두 검출되지 않았다.

2. 환경보건법에 의해 실험한 결과, 고무바닥재의 경우 평균 농도를 살펴보면, 납은 65.333 mg/kg, 카드뮴은 0.651 mg/kg, 수은 0.195 mg/kg, 6가크롬은 4.248 mg/kg이었고, 4항목의 총합에 대한 평균농도는 70.427 mg/kg(기준 1,000 mg/kg)이었다. 21개소 모두 어린이활동공간 환경안전관리기준 이내로 양호하였다.

3. 어린이놀이시설 안전관리법에 의한 분석 결과, 모래바닥재의 경우 납 최고농도가 34.519 mg/kg이며 기준인 90 mg/kg의 38.4% 수준으로 나타났고, 고무바닥재의 경우는 납과 비소의 최고농도가 각각 항목별 기준의 39.8%, 84.0% 수준으로 나타났다. 모두 어린이놀이시설 시설기준 및 기술기준 이내로 양호하였다.

4. 환경보건법에서 모래바닥재 검사항목에 비소항목이 있는데 고무바닥재에는 비소항목이 없어 비소항목을 추가하는 방안과 먹는물 검사항목은 중금속의 한 항목만 부적합이어도 전체 부적합으로 판정하고 있어 고무바닥재의 경우 중금속 합(납, 카드뮴, 수은, 6가크롬)을

기준(1000 mg/kg)으로 정했는데 이를 개별항목마다 기준을 정해주어 중금속 중 한 항목만 부적합이어도 전체 부적합으로 판정하는 방안을 제시한다.

5. 모래바닥재와 고무바닥재에 대한 환경보건법과 어린이놀이시설 안전관리법에 의한 시료채취를 단일화 하고 시험법도 모두 환경보건법을 적용하여 통일시키는 방안을 제시한다.

6. 모래의 경우 모래 뒤집기, 모래교체, 소독 등을 실시하고, 고무바닥재 등은 환경인증(환경마크, GR마크 등)제품 사용을 유도해야 한다.

7. 변경사항을 기록할 수 있는 어린이활동공간에 대한 필증을 교부하도록 하고, 법제화하는 것이다. 예를 들면, 어린이놀이시설의 놀이기구에 페인트를 칠했을 때, 마감재료를 리모델링했을 때 낱자를 기록하고, 친환경 자재를 사용한 근거자료를 보관하는 등 모든 어린이놀이시설의 변경사항을 기록하도록 하는 방안을 제시한다.

8. 2009년 3월 22일 이후 설치된 어린이활동공간에 대해서만 환경보건법을 적용받고, 이전의 시설에 대해서는 2016년 1월1일부터 적용되며, 어린이활동공간의 종류 규모 등을 고려하여 대통령령으로 정하는 어린이활동공간에 대해서는 2018년 1월1일부터 적용 받는다고 개정되었다. 그러나 2009년 이전과 이후의 구별 없이 모든 어린이활동공간에 대한 유해인자 검사를 실시하는 방안을 제시한다. 오히려 2009년 이전의 시설은 오래되고 친환경제품을 사용하지 않는 경우가 많아 기준을 초과할 가능성이 높기 때문에 검사를 강화하여야 한다. 기존의 어린이활동공간에서 어린이들이 유해환경인자에 노출될 확률이 높아 기존 어린이활동공간에 대한 검사가 우선적으로 이루어져야 한다.

9. 어린이활동공간에 설치된 시설의 관리자나 소유자가 오래되고 낡은 시설을 친환경제품으로 사용하여 개선하도록 유도하고, 안전행정부의 어린이놀이시설 안전관리법에서는 안전검사기관으로부터 2년에 1회 정기시설검사를 받도록 되어 있으나 검사주기를 3년에 1회로 정해서 모든 어린이활동공간의 시설에 대하여 검사할 수 있도록 하는 방안을 제시한다.

참고문헌

1. 채수천, 박수, 김윤정, 이미선, 한병구, 이광수, 유재웅, 조창우, 김현숙, 공동주택 어린이 놀이터 토양 오염도 조사·연구, 전라북도보건환경연구원보, 2007.
2. 김용희, 노재일, 강희규, 이성모, 최춘석, 어린이놀이터 모래교체시기에 관한 연구, 한국폐기물학회지 24(4), 323-329, 2007.
3. 이재구. 최신기생충학. 대한교과서주식회사, 105-264, 1987.
4. 강호조, 김봉환, 김선중 등 수의공중보건학. 문운당, 서울: 351-373, 1981.
5. Reotutar, R., Taking a close look at toxocarasis. JAVMA 196(7) 1009~1013, 1990.
6. Schantz, P.M., Glickman, L.T., Canine and human toxocarasis: The public health problem and the veterinarian's role in prevention. JAVMA 175(12), 1270-1273, 1979.
7. 환경부: 토지 이용 용도별 토양오염기준 및 복원기준 마련을 위한 연구. 환경부, 서울, p. 21, 2003.
8. 정민영: 아파트 단지내 어린이놀이터 환경조사 및 평가를 통한 개선방안, 서울여자대학교, 2008.
9. 이준복, 김익수, 김세정, 김은숙, 배일상, 김교봉, 김주형, 서울시내 어린이 놀이터 토양오염도 평가, 서울특별시보건환경연구원보, 2005.
10. 인치경 등 12명, 어린이 놀이터의 유해물질 노출실태 조사연구, 충청남도보건환경연구원보, 2009.
11. 환경부, www.me.go.kr
12. Bowie FRS and Thmton I: In environmental geochemistry and health D.Ridel Punishing Co., Dordrecht, p. 140, 1985.
13. 서인숙 등 10명, 어린이놀이터 바닥재 오염도 평가 연구, 경기도보건환경연구원, 2011.
14. 조미영 등 8명, 서울지역 어린이놀이터 모래에서 개선 종류 총란 조사, 한국수의공중보건학회지, 25(2), 83-88, 2001.
15. 정경태, 김홍태, 이강록, 어린이놀이터 및 공원지역의 건 회총란 오염실태 조사(III), 부산광역시보건환경연구원, 16(1), 66-68, 2006.
16. 김경태 등 5명, 체육활동공간의 인조바닥재에 대한 오염도 조사, 인천광역시보건환경연구원, 2010.
17. 환경부, 어린이놀이터 바닥재 환경유해인자 조사 및 개선방안 마련, 2008.
18. 이병규, 고일하, 울산지역 토양 중의 중금속 오염도 분석연구, 한국환경공학회지, 1436-1447, 2003.
19. 이준복, 김교봉, 정권, 김민영, 서울시내 어린이놀이터 토양오염도평가, 한국환경보건학회지, 32(4), 249-253, 2006.
20. 홍지숙, 아파트단지내 어린이놀이터의 실태조사를 통한 개선방안에 관한 연구, 전북대환경대학원, 2007.
21. 이충대, 이윤지, 조남영, I시 어린이 놀이터의 토양 중 중금속 오염에 관한 연구, 한국위생학회지, 27(30), 57-62, 2001.
22. 정민영, 아파트 단지내 어린이 놀이터 환경조사 및 평가를 통한 개선방안, 서울여자대학교, 2008.
23. 김동희 등 5명, 대전지역 공원 토양에 대한 중금속 오염실태 조사, 대전광역시보건환경연구원, 2010.
24. 김동희 등 4명, 대전시 어린이놀이터 토양오염도 조사연구, 대전광역시보건환경연구원, 2009.