

경기도 내 어린이놀이터 환경유해인자 오염실태 연구

원종무[†] · 변주형 · 김웅수 · 김은아 · 김문정 · 한송희 · 최윤호 · 조의호 · 김종수
경기도보건환경연구원

A Study on the Environmental Hazard Factors within Children's Play Facilities in Gyeonggi-do Province

Jong-Moo Won[†], Joo-Hyeong Byun, Woong-Soo Kim, Eun-Ah Kim,
Mun-Jeong Kim, Yun-Ho Choi, Ui-Ho Jo, and Jong-Su Kim
Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

ABSTRACT

Objectives: This study was performed to determine environmental hazard factors and provide more eco-friendly child activity spaces within children's playgrounds installed in Gyeonggi-do Province.

Methods: Basic (XRF) and precise (ICP, UV) inspections were conducted. The test items examined were heavy metals and parasite eggs. As a sampling point, painted finish materials (180), synthetic rubber (50), and sand (50) were selected.

Results: The total excess rate of heavy metals in the XRF was found to be 7.4% (17/230 points). In a comparison between the basic and precise inspections with 17 excess points, the concentration deviation between the two tests was found to be from 0.01 to 7.7 times, resulting in a large difference. Furthermore, all the excess samples were dual samples. However, the contribution rates of Pb and Cr⁶⁺ to combined concentration were found to be 85.1 and 14.9% for basic inspection and 91.9 and 8.1% for precise inspections, so there is a similar tendency between the two tests. The excess rate of parasite eggs in sand was expressed at 6%. The excess rate of heavy metals in synthetic rubber was found to be 0%.

Conclusion: The reliability of the XRF is low. However, considering the contribution rate of Pb and Cr⁶⁺ between the two tests, it is likely to be applicable for screening. Dual samples provided high concentrations and excess samples and care should be taken when managing them.

Keywords: XRF, Environmental hazard factors, Children's Playground, Painted finish materials

I. 서 론

민감계층인 어린이는 환경오염이나 유해물질에 쉽게 노출되어 있다. 어린이는 단위 체중당 먹고, 마시고, 숨쉬는 대사량이 성인 보다 50% 이상 큰 반면 신경, 생식, 호흡기관 발달이 불완전 하며 손에 잡히는 것을 입으로 가져가는 행동특성 때문에 건강

피해가 우려되고 있으며 이로 인해 어린이활동공간 내 환경유해인자에 대한 관심이 고조되고 있다.¹⁾

어린이 활동공간은 크게 실내와 실외 공간으로 구분되며 본 연구의 대상인 실외 어린이놀이시설은 마감재와 바닥재로 구분 된다. 마감재는 놀이기구나 벤치 등에 칠해진 페인트를 말하는데 대부분이 환경보건법상 확인검사제도 시행(2014년) 이전 시료로서

[†]Corresponding author: Gyeonggi-do Institute of Health and Environment

Tel: +82-31-250-2632, E-mail: jongmoow@gg.go.kr

Received: 13 July 2018, Revised: 30 July 2018, Accepted: 08 August 2018

노후화 되거나 이중으로 덧 칠 해서 법에 저촉될 여지가 많이 남아 있다. 바닥재는 완충작용을 위해 바닥에 깔린 합성고무나 모래 등을 말하는데 중금속과 기생충(란)에 노출되기 쉽다.

마감재와 바닥재내에서 환경유해인자 검사는 기본검사와 정밀검사로 구별 된다. 기본검사는 XRF (X-ray Fluorescence) 기기를 이용한 중금속간이측정 검사방법으로 측정시간이 짧고 분석이 편리한 반면 결과의 신뢰성이 문제화 된다. 따라서 ICP 등 기기분석인 정밀검사와 비교하여 현재 사용 중인 XRF의 신뢰도를 평가하여 사용상 적절한지를 살펴 볼 필요가 있다. 다음으로 어린이놀이터 유해인자 검사시 주의해야 할 부분이 이중시료 (•이중시료=바탕시료+표면시료 '이하 이중시료라 한다.' •단일시료=덧 칠하지 않은 시료 '이하 단일시료라 한다.')이다. 이중시료는 고농도로 측정되고 바탕시료 영향을 받는 특징이 있는데 그 원인과 대책을 조사해 볼 필요가 있다. 다음으로 마감재와 바닥재에서 Pb, Cr⁶⁺, Cd, Hg 등 중금속 중 주요 검출항목과 각 항목별 농도분포를 분석하여 관리상 주의해야 할 부분을 살펴 볼 필요가 있다. 마지막으로 바닥재 중 모래와 합성고무에서 중금속과 기생충(란)의 검출율과 농도분포 조사를 수행하였다.

환경보건법상 어린이놀이터 환경유해인자 검사는 XRF에 의한 결과의 신뢰성문제, 마감재내 이중시료의 고농도 등 여러 문제점이 내포되어 있는 현실을 감안 본 연구에서 그 원인을 분석하여 개선 할 수 있는 방법을 모색해 보고자 한다.

II. 연구방법

1. 조사 대상

시료채취상의 편리함과 접근성을 고려 실외에 있는 주택단지 및 도시공원 내 어린이놀이시설을 대상으로 하였다. 검사방법은 기본검사(XRF)와 정밀검사(ICP, AAs, UV)를 병행하였으며, 기본검사는 총 230 (마감재 180, 합성고무 50) 지점을 대상으로 중금속에 대한 초과율과 항목별 검출빈도를 조사 하였다. 정밀검사는 기본검사에서 초과된 마감재(페인트로만 마감 처리된 놀이기구 등) 17개 지점과, 초과되지 않은 대조군 시료 5개 지점 등 총 22개 지점

Table 1. Comparison of inspection methods

Material	No. of inspection		Item
	Basic	Precision	
Paint	180	22	Heavy metal
Rubber	50	5	Heavy metal
Sand	-	50	Parasite eggs Heavy metal

에서, 합성고무바닥재는 5개 지점에서 기본검사와 비교 분석 하였다. 모래바닥재는 50개 지점을 선정 하였다. 마감재와 합성고무바닥재는 Cd, Pb, Hg, Cr⁶⁺ 등 중금속 항목을 모래바닥재는 중금속과 기생충(란)을 분석 하였다. 각 재료별 대상지점과 검사항목은 Table 1과 같다.

2. 분석방법

기본검사 중금속 간이측정은 비파괴 X선 방출법인 XRF (Oxford, X-MET 7500) 기기를 사용 하였다. 정밀검사는 환경유해인자공정시험기준에 의거 Microwave 질산분해 후 항목별로 Pb, Cd, As는 ICP (Agilent Technologies. 5100)로 Hg는 냉증기 원자흡수분광광도법을 이용한 AAs (PerkinElmer, PinAAcle 900F)로 분석하였고, Cr⁶⁺은 수산화소듐 알칼리분해 후 UV (Backman Courter, DU730)로 분석하였다. 모래바닥재 내 기생충(란)은 황산아연 포화용액에 전처리 후 광학현미경(Pascal Bio, EVOS)으로 분석 하였다. 결과는 단일시료와 이중시료, 기본검사(XRF)와 정밀검사(ICP 등)를 농도비교 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 기본검사(XRF)

XRF를 이용한 기본검사는 X선을 이용한 비파괴 검사방법으로 분석 소요시간이 짧고 전처리가 불필요하며 측정비용이 저렴해 경제적, 시간적 실익이 커서 정밀분석 전 스크리닝 목적으로 이용하는 방법이다.^{2,6,8,9)} 하지만 정밀분석에 비해 측정결과의 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다. 아래에서는 XRF 중금속 간이측정에 대한 초과율, 항목별 검출빈도를 토대로 기본검사에서의 이중시료 문제점을 순차적으로 조사해 보고자 한다.

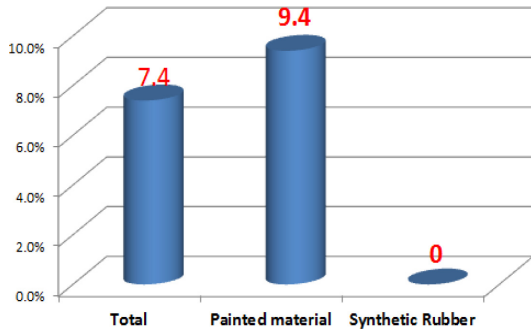


Fig. 1. Excess rate per material.

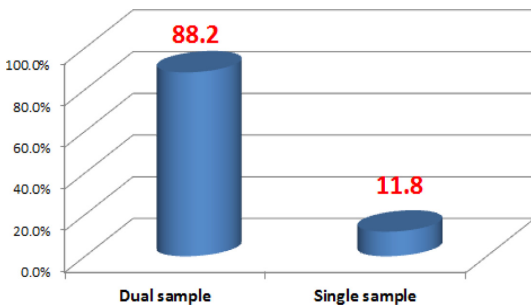


Fig. 2. Excess rate in dual & single sample.

1.1. 기본검사(XRF) 초과율

마감재(180)와 합성고무바닥재(50) 230 지점 중 17 지점이 환경안전관리기준(1,000 mg/kg: 초과율 산정의 척도로서 4개의 중금속 “Pb, Cr⁶⁺, Cd, Hg” 합산량을 의미한다.)을 초과해 7.4%의 초과율을 보였다. 재질별로는 마감재와 합성고무바닥재가 각각 9.4% (17/180)와 0% (0/50)의 초과율을 보였다(Fig. 1). 마감재 원료인 페인트가 바닥재인 합성고무보다 중금속 함량이 높았음을 보여준 것으로 이는 정밀검사에서도 마감재가 높게 나타남을 알 수 있었다.

Fig. 2와 같이 마감재 내에서 초과된 17개 지점 중 이중시료와 단일시료 초과율은 각각 88.2% (15/17 지점) 와 11.8% (2/17지점)로 이중시료 초과율이 월등히 높았다. XRF에 의한 X선 투과력은 0.3 mm~3 cm 깊이까지 투과되는 것으로 알려져 있어²⁾ 바탕시료가 영향을 준 것으로 분석 된다. 이중시료의 농도가 높게 검출되는 점과 기본검사 시 채취지점 선정에 특별한 규정이 마련되어 있지 않은 현행 규정을³⁾ 고려 할 때 이중시료는 기본검사 시 반드시 검



Fig. 3. Example of dual sample.

사지점으로 체크되어야 할 필요성이 있다고 볼 수 있는 부분이다.

합성고무바닥재의 경우 50회 검사 중 초과된 지점은 없어 마감재에 비해 합성고무바닥재의 중금속 함량은 낮은 수준임을 알 수 있었다. 다만, 합성고무바닥재 위에 페인트로 그림이 그려진 경우 초과될 우려가 있는 것으로 보고되고 있다.^{4,7,10,11)}

1.2. 중금속 항목별 검출 빈도

중금속 항목별 검출횟수를 살펴본 결과 마감재에서는 180지점 중 Pb (75지점), Cr (69지점), Hg (22지점), Cd (14지점) 순으로 검출빈도를 보여 Pb가 가장 많이 검출되는 항목이었다. 합성고무바닥재는 총 50지점 중 Pb (16지점)가 최고의 검출빈도 항목이었으며 나머지 항목은 검출되지 않았거나 검출빈도가 낮았다.

특히, 마감재의 경우 Pb와 Cr의 검출빈도가 높았는데 정밀검사에서도 두 항목의 농도가 높게 검출되는 점에 비추어 볼 때 특별한 관리가 필요한 항목으로 조사 되었다.

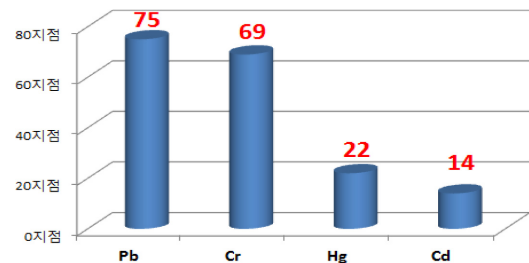


Fig. 4. Number of detection in paint.

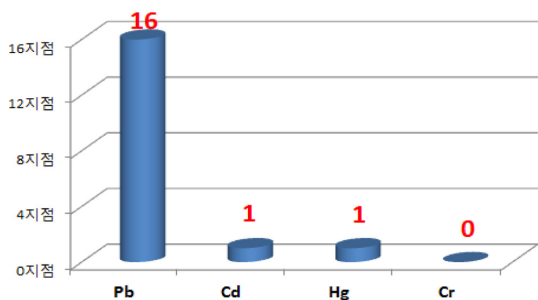


Fig. 5. Number of detection in rubber.

2. 정밀검사(ICP, AAs, UV)

환경보건법상 마감재와 합성고무바닥재의 경우 XRF에 의한 기본검사 결과값이 기준치의 70% 이상이 되면 정밀검사의 대상이 된다.³⁾ 따라서 기본검사와 정밀검사를 비교한 결과값의 일치정도에 따라 현 XRF가 기본검사 용으로 사용상 적절한지에 대한 판단의 근거인 동시에 측정결과의 신뢰도 문제와 관련되어 있다. 아래에서는 마감재 중 XRF 검사에서 초과된 17개 지점(이중시료 15지점, 단일시료 2지점)을 정밀검사 결과와 비교하여 XRF에 대한 신뢰도를 평가하고, 대조용으로 초과되지 않은 마감재 5개 지점과 합성고무바닥재 5개 지점을 선정한 후 양 검사간 결과의 일치 여부를 살펴보고, 마감재 내에서 이중시료 문제, 모래바닥재 내 중금속과 기생충(란) 검출현황을 순차적으로 조사해 보고자 한다.

2.1. 기본검사와 정밀검사 비교

기본검사와 정밀검사 결과를 비교한 Table 2에서 마감재의 경우 기본검사에서 기준을 초과한 17개 지점 중 13개 지점 (Sam.No. 1~13)이 정밀검사에서도 기준을 초과하였으며, 초과된 13개 지점은 모두 이중시료였다. 기본검사에서 초과하였던 이중시료 2지점(Sam.No. 14~15)과 단일시료 2지점(Sam.No. 16~17)은 정밀검사에서는 모두 기준이내로 조사되었다. 기본검사의 중금속 합산농도는 약 1,000~100,000 mg/kg의 농도범위를 보였으며 정밀검사는 40~120,000 mg/kg의 농도 범위를 보여 정밀검사의 고농도 범위가 높았다. 정밀검사 고농도 범위는 2016년 지역선 등이 조사한 정밀검사 중금속 농도범위 20,000~120,000 mg/kg과 유사한 것으로 조사 되었다.⁷⁾

정밀검사 대비 기본검사 농도비율은 0.01~7.7배로

채취지점에 따라 기본검사가 높게 나타난 시료 (Sam.No. 12~17)도 있고 정밀검사가 높게 나타난 시료(Sam.No. 1~11)도 있었다. 문제는 양 검사간 농도 편차가 큰 차이를 보여 XRF에 의한 기본검사 결과의 신뢰성은 떨어진다고 보여 진다. 다만 XRF로 검사하여 기준을 초과한 17개 지점 중 13개 지점이 정밀검사에서도 초과한다는 점과 기본검사에서 초과되지 않은 대조군 5개 지점은 정밀검사에서도 농도가 낮은 점에 비추어 기본검사(XRF)에서 중금속의 합이 1,000 mg/kg 이상인 고농도 지점은 정밀검사에서도 고농도로 검출되는 경향성은 있어 보인다.

본 조사에서 이중시료 대부분은 확인검사 시행 (2014년)전 노후화된 시설로서 아직도 어린이놀이시설에 많이 산재해 있다. 뿐만아니라 표면시료보다 훨씬 이전에 칠해진 고농도의 바탕시료가 시료채취시 혼입 될 가능성이 있다. 따라서 환경친화적 페인트 사용 의무화와 덧 칠 작업시 바탕시료를 완전히 제거 후 보수작업이 이루어 질 수 있도록 제도적 보완장치가 필요하다고 판단 된다.

합성고무바닥재는 기본검사, 정밀검사 모두 합산 기준 1,000 mg/kg 이하로 나타났다(Table 3). 주요 검출항목은 Pb로 100 mg/kg 내외로 조사 되었으며, 나머지 항목은 미량 검출되어 우려 할 수준은 아닌 것으로 보여 진다.

Fig. 6은 마감재 중 초과된 17개 지점에 대해 중금속 합산농도에 각 항목별 기여율 정도를 통계처리한 자료이다. 기본검사에서는 Pb와 Cr의 기여율은 각각 85.1%와 14.9% 순으로 나타났으며 정밀검사에서도 Pb, Cr⁶⁺의 기여율이 각각 91.9%와 8.1%로 다른 항목에 비해 두 항목의 기여율이 높게 나타나는

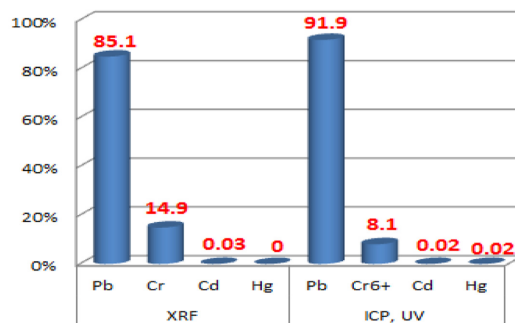


Fig. 6. The degree of heavy metal contained in each test.

Table 2. Comparison of Basic and Precise inspection in painted finish materials (mg/kg)

Painted Sample	Sam. No.	Dual/Single	Pre./Basic	Basic Inspection					Precision Inspection				
				Total	Pb	Cd	Hg	Cr	Total	Pb	Cd	Hg	Cr ⁶⁺
Excess sample	1	Dual	5.5	1,090	1,090	-	-	-	6,049	6,049	0.0	0.00	0.0
	2	Dual	3.7	10,545	5,835	-	-	4,710	39,264	34,415	0.0	0.04	4,849
	3	Dual	6.7	10,114	10,114	-	-	-	67,531	62,217	0.0	0.00	5,314
	4	Dual	1.2	88,571	60,086	-	-	28,485	109,199	107,487	0.5	0.00	1,711
	5	Dual	1.2	65,569	45,996	-	-	20,572	77,836	70,528	0.0	0.00	7,308
	6	Dual	7.7	5,431	5,431	-	-	-	41,760	548.4	1.4	0.03	41,210
	7	Dual	1.6	74,735	43,074	-	-	31,661	120,206	111,861	0.0	0.02	8,345
	8	Dual	3.0	8,444	4,867	-	-	3,577	25,266	25,168	0.4	0.09	97.6
	9	Dual	1.4	45,329	30,307	-	-	15,022	65,319	65,312	-	-	7.4
	10	Dual	7.6	4,352	2,594	-	-	1,758	33,115	32,979	-	0.04	135.6
	11	Dual	1.1	3,129	1,106	-	-	2,023	3,489	3,483	0.9	0.03	5.2
	12	Dual	0.6	84,379	7,1859	-	-	12,520	46,593	46,576	0.5	0.01	16.4
	13	Dual	0.8	96,347	86,598	-	-	9,749	75,204	75,161	0.2	0.01	42.8
	14	Dual	0.1	5,478	5,478	-	-	-	470	470	-	0.01	0.4
	15	Dual	0.1	7,278	7,278	-	-	-	567	567	-	0.01	0.1
	16	Single	0.01	4,395	-	53	-	4,342	43	36.0	0.3	0.00	6.7
	17	Single	0.04	3,694	3,694	-	-	-	138	137.9	0.0	0.00	0.0
Check sample	1	Single	1.9	186	186	-	-	-	355	341.1	1.4	0.12	12.1
	2	Single	8.2	36	36	-	-	-	296	278.6	0.0	0.04	16.9
	3	Single	0.6	703	645	-	-	58	418	407.1	0.7	0.00	9.9
	4	Single	0.01	510	-	-	-	510	3	0.0	0.0	0.00	3.2
	5	Single	0.1	872	-	-	-	872	130	18.6	0.0	0.01	111.1

Table 3. Comparison of Basic and Precise Inspection in Synthetic rubbers (mg/kg)

Sample	Sam. No.	Pre./Basic	Basic Inspection					Precision Inspection				
			Total	Pb	Cd	Hg	Cr	Total	Pb	Cd	Hg	Cr ⁶⁺
Synth. rubber	1	2.1	58	58	-	-	-	123	119.4	1.8	1.8	0.3
	2	0.0	0.0	-	-	-	-	216	214.6	0.4	0.2	0.5
	3	4.1	28	28	-	-	-	116	112.5	1.4	1.0	1.0
	4	0.6	35	35	-	-	-	21	19.3	1.2	1.1	0.0
	5	1.3	16	16	-	-	-	20	18.9	0.3	0.3	0.5

특징을 보여 두 검사간 경향성 존재를 다시 한 번 확인 할 수 있는 부분이다. 이는 페인트에 색깔을 내기 위해 첨가되는 안료속에 “크롬산염”이란 물질 때문에 두 항목이 높게 나타나는 것으로 알려져 있으며,^{2,5,11)} 2016년 환경부에서 조사한 소규모어린이 활동공간 중 도료마감재 조사에서도 초과시설 중 97%가 Pb라는⁹⁾ 점에서 유사한 결과라고 평가된다.

환경보건법상 Pb는 중금속 합산기준(1,000 mg/kg)

뿐만 아니라 개별기준(600 mg/kg)을 만들어 별도로 관리 하고 있다는 점과 본 조사에서도 검출농도가 가장 높은 항목임에 비추어 특별한 관리가 필요한 항목으로 판단 된다. Cr⁶⁺의 경우 XRF 측정결과는 총크롬으로 측정되기 때문에 Cr⁶⁺만 규제하고 있는 현 제도상 주의가 요망 되며 정밀검사가 병행되어야 할 항목으로 사료 된다.

살펴보았듯이 기본검사에 대한 XRF의 신뢰성은

떨어진다고 평가 된다. 하지만 기본검사서에서 농도가 높으면 정밀검사서에서도 결과값이 높게 나타 난다는 점, 양 검사간 항목별 기여율의 경향성이 있다는 점, 현재 기본검사용으로 XRF 검사 외에 특별한 대안이 없다는 현실을 고려했을 때 정밀검사 실시 전에 Screen 하는 수단으로 활용 될 수 있다고 보여진다. XRF의 신뢰성 평가를 구체화 하기 위해 환경인증마크를 받아 시판중인 페인트에 대해 재질별로 비교, 검증 결과를 제시하지 못한점은 본 연구의 한계이며 앞으로 비교연구가 필요하다고 보여 진다.

이중시료에 대한 문제점과 대책은 2.2에서 상세히 논의한다.

2.2. 마감재와 이중시료 문제

마감재에서 이중시료 문제는 단일시료에 비해 고농도로 검출된다는 점과 공기 중 비산문제 및 정밀검사용 시료채취상 바탕시료의 혼입가능성 문제 등이 있을 수 있다.

Table 2에서 정밀검사 분석결과 단일시료 농도범위는 3~355 mg/kg인 반면에 이중시료는 약 500~120,000 mg/kg 범위로 이중시료의 농도가 압도적으로 높았고, 정밀검사서에서 초과된 13개 시료 모두 이중시료였다는 점에서 염두해 뒤야 할 문제다. 이중시료의 대부분은 환경보건법상 확인검사 제정(2014년)이전의 10~20년 경과된 노후화시설로서 법적 규제가 마련되지 않아 친환경적이지 않은 고농도 페인트 사용 때문으로 분석 된다. 반면 단일시료는 환경보건법 시행 이후의 최근시설이 대부분이고 법적 제재 등의 사유로 친환경 페인트를 사용했기 때문으로 판단 된다.

이중시료의 또 다른 문제점은 Fig. 7에서와 같이 단일시료에 비해 들 떠 있는 부분이 많다는 점이다. 들 뜬 부분이 햇빛에 장기간 노출되면 미세먼지화되어 공기중에 섞여 호흡기로 침투 할 가능성이 있는 것으로 알려져 있다. ^{1,2,7)} 때문에 조합놀이대 발판이나 벤치 등 사용상 쉽게 벗겨지는 부분은 날리지 않도록 기존의 바탕시료를 완전 제거 후 철 보수 작업을 할 필요성이 있다.

마지막으로 이중시료는 정밀검사용 시료채취 과정상 표면시료만 분리해야 하는 난해함으로 바탕시료와 결과에 영향을 줄 수 있다. 본 연구과정에서도 표면시료와 바탕시료의 분리가 쉽지 않았던 바 시료채취



Fig. 7. Fined dust by Piled paint.

과정에서 바탕시료의 혼입이나 간섭이 있을 수 있어 표면만 정량화해야 하는 현행법상 주의가 요망 된다.

2.3. 모래바닥재

한때 어린이놀이시설 바닥재의 경우 위생적이고 외관상 깔끔한 미적 측면 때문에 합성고무바닥재가 유행 했었다. 하지만 친환경적이고 창의력 발달 일환으로 현재는 모래바닥재로 다시 회귀되고 있는 실정이다.⁷⁾ 모래에 함유된 중금속 함유량을 조사한 Table 4와 같이 Pb를 비롯한 5개 중금속 모두 환경안전관리기준치 이하로 소량만 검출 되었다. 모래가 중금속 농도 측면에서는 합성고무에 비해 유리하지만 기생충(란)의 문제가 발생된다. 모래바닥재 50개 시료 중 3개 지점에서 기생충(란)이 검출되어 6.0%의 검출률을 보였다. 창의력 차원에서는 모래바닥재가 합성고무바닥재보다 고무적이라고 보고되고 있지만¹⁾ 뒹굴고, 던지는 어린이들의 특성을 고려해 볼 때 철저한 소독등 주의가 요망 된다.

Table 4. Heavy metal concentrations in sand ground (unit: mg/kg)

Site	Pb	Cd	Hg	Cr ⁶⁺	As
Criteria	200	4	4	5	25
A	4.3	0.04	0.0027	0.0	2.85
B	6.3	0.06	0.0108	0.0	3.19
C	5.3	0.05	0.0019	0.0	2.54
D	7.0	0.03	0.0021	0.1	2.71
E	3.3	0.02	0.0002	0.0	2.33
F	4.3	0.04	0.0008	0.0	2.45
G	4.0	0.05	0.0006	0.1	3.42
H	4.0	0.06	0.0017	0.2	3.60
I	8.0	0.01	0.0008	0.3	2.67

IV. 결 론

본 연구는 기본검사로서 중금속 간이측정방법인 XRF를 사용하여 마감재와 합성고무바닥재 230개 지점에 대해 환경안전관리기준(1,000 mg/kg: 4개 중금속 “Pb, Cr⁶⁺, Cd, Hg” 합산)초과율과 4개 중금속 항목별 검출횟수를 조사하였다. 정밀검사는 기본검사에서 초과된 17개 시료를 ICP, AAs, UV 등 기기 분석 결과와 비교하여 1차 검사로서의 XRF의 신뢰성을 살펴보고, 이중으로 더 철한 시료의 문제점과 개선책에 주안점을 두어 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기본검사(XRF)에서 마감재는 9.4%, 합성고무바닥재는 0%의 초과율을 보였으며 주요 검출 항목은 Pb와 Cr으로 조사 되었다.

2. 정밀/기본검사 간 마감재 농도비율은 0.01~7.7 배 차이를 보여 기본검사 방법으로서의 XRF의 신뢰성은 떨어지는 것으로 조사되었다. 하지만 기본검사서서 기준 1,000 mg/kg을 초과하는 고농도 시료는 정밀검사에서도 고농도로 검출되었고, 합산농도에 대한 Pb, Cr⁶⁺의 기여율이 기본검사는 85.1%와 14.9% 이고 정밀검사는 91.9%와 8.1%로 조사되어 두 검사간 경향성은 있는 것으로 판단 된다.

3. 마감재의 경우 기본검사서서 초과된 17개 지점(이중시료 15, 단일시료 2)중 13개 지점이 정밀검사에서도 기준을 초과하였고, 모두 이중시료였다. 이중 시료의 경우 고농도 중금속이 검출되고 바탕시료의 간섭이 결과에 영향을 미치며, 공기중 비산문제를 유발 한다. 따라서, 친환경 페인트 사용 의무화 및 덧칠 등 보수작업 시 기존의 바탕재료를 완전히 제거 하는 등 법적 규제 마련이 필요하다고 판단 된다.

4. 모래바닥재의 기생충(란) 초과율은 6.0%로 조사 되었고, 합성고무바닥재는 초과된 중금속 항목이 없는 것으로 조사 되었다.

기본검사(XRF) 결과 값이 정밀검사 결과와 농도 차이가 있어 XRF의 신뢰성이 떨어지는 만큼 정밀검사가 반드시 병행 되어 하며, 이중시료의 특징인 고농도, 비산문제, 시료채취상 간섭문제에 대처하기 위해 친환경 페인트 사용 의무화와 보수작업 관련 지침서 등 기술적, 제도적 보완이 필요 하다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 시·도보건환경연구원 국고보조사업의 지원을 받아 수행되었습니다. (076-1900-1946-309-330).

References

1. National Institute of Environmental Human Resources Development, Environmental Inter-course, Child activity space risk assessment. 2016.
2. Ministry of Environment, A Study on the application of simple measurement method of heavy metals in children's activity spaces. 2010.
3. Ministry of Environment, Regulations for testing and inspection of activity spaces in children, Ministry of Environment Notice. 2017; 233.
4. Kim HJ et al, Measurement of heavy metals using portable XRF, Journal of the Korean environmental science society. 2013; 22(4): 471-479
5. Heo SH, Won JT, Analysis of hazardous heavy metal in colored materials of playground facility for children. 2015; 30(2): 14-20.
6. Ministry of Environment, Children' activity space environmental safety diagnosis. 2017.
7. Ji YS, The survey on environmental hazard factors of children's activity places in the park. 2014.
8. US CPSC, TEST METHOD; CPSC-CH-E1003-09.1 (Standard operating procedure for determining lead (Pb) in paint and other similar surface coating. 2011.
9. US CPSC, Standard operating procedure for determining lead in non-metal children's products. 2010.
10. US EPA METHOD 6200, Field Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry for the Determination of Elemental Concentration in Soil and Sediment. 2007.
11. US CPSC METHOD. Study on the Effectiveness Precision and Reliability of X-ray Fluorescence Spectrometry and other Alternative Method for Measuring Lead in Paint. 2009.
12. Jung DY, Yang WH, Yoon HJ, Kim TS, Exposure Factor Development of children's Hand and Analysis of Influential Factors, Korean journal of environmental health sciences, 2017; 43(5): 438-445.
13. Kim KS, Park HK, Choi GY, Lim WY, Shin KJ, Measurement of Hazardous Substances in chil-

- dren's Goods at Schools in Seoul, Korean journal of environmental health sciences, 2017; 43(3): 176-184.
15. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ, Heavy Metal Toxicity and Environment. *EXS*, 2012; 101: 133-164.
16. Kim WS, Song IS, Shin JH, Oh CH, Kim EA, Kim KT, Kim HJ, Kim JS, Choi YH, A Study on Soil Contamination of children's Parks within The Gyeonggi-do Province Area, Korean journal of environmental health sciences, 2017; 43(3): 233-239.
17. Sanders M, Stolz J, Chacon-Baker A. 2013, Testing for Lead in Toyes at Day Care Centers, *Work*, 2013; 44 Suppl 1: S529-538.