

어린이 제품에 함유된 유해 물질 관리 방안에 관한 연구 -학용품을 중심으로-

곽순진* · 김광수*
*한국교통대학교 산업경영공학과

A Study on the Control of Harmful materials in Children's Goods -centering on school supplies-

Soon-Jin Kwak* · Kwang-Soo Kim*

*Department of Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation

Abstract

This study analyzed that the standard of school supplies affects the satisfaction of certification. Safety requirements of school supplies in the Republic of Korea is enforced by court duty certification. Therefore, a test was conducted to compare the safety requirements of the United States and Europe and the survey was conducted to know how much manufacturers and importers are satisfied with the certification. To prepare management measures for harmful substances contained in children's product, XRF(X-ray Fluorescence Spectrometry) is utilized to analyze lead(Pb) and cadmium(Cd) in PA(paint), SP(sheet) and PVC(Poly Vinyl Chloride). The results of comparative analysis of ICP(inductively coupled plasma) is analyzed statistically with measured values.

Keywords : Product Safety Certification, Consumer Products, KC Mark System

1. 서론

안전취약계층인 어린이의 건강보호를 위하여 국내외적으로 안전관리가 강화되고 있으며, 우리나라의 경우 2015.6.4 어린이제품안전특별법(이하 “어린이법”이라 한다.) 시행에 따라 만13세 이하 어린이가 사용하거나 어린이를 위하여 사용되는 물품 또는 그 부분품이나 부속품에 공통으로 적용하는 유해물질을 어린이 제품 공통 안전기준으로 규정하고 있다.

본 연구에서는 소비자의 위해도에 따라 안전인증, 안전확인, 공급자적합성확인으로 구분되어 있는 “어린이법” 중 업체의 자율적인 안전관리가 가능한 제품으로서 제조 또는 수입자가 공인기관의 시험·검사에 대한

성적서를 첨부하여 신고기관에 신고토록 하고 업체가 스스로 안전관리를 하는 안전확인제도의 대상 품목 중 학용품을 연구 대상으로하였으며 학용품에 주요 재질을 안전기준에 따라 측정하여 학용품의 제조·수입업체에 문제점과 개선 방안을 제언하려한다. 어린이법 제 22조에서는 안전확인대상 어린이제품의 제조업자 또는 수입업자가 출고 또는 통관 전에 어린이제품의 모델별로 지정된 시험·검사기관으로부터 안전성에 대한 시험·검사를 받아 어린이제품의 안전기준에 적합한 것임을 확인한 후 이를 안전인증기관에 신고하는 제도로 규정하고 있으며 동법 제 2조 제 11호에서는 대상제품을 규정하고 있다.

† ‘2017년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음’

† Corresponding Author : Kwang Soo Kim, Industrial & Management Engineering, Korea National University of Transportation, 50 Daehak-ro, Chungju-si, Chungbuk,

Received January 14, 2017; Revision Received February 18, 2017; Accepted March 3, 2017.

학용품은 “품질경영 및 공산품안전관리법” (이하 “품공법” 이라 한다)의 자율안전대상공산품으로 규정하고 있었으나 “어린이법” 시행 이후 이관되어 폐지되었으며 “어린이법”에서는 “품공법”에서 규정하고 있지 않았던 포장 및 용기를 추가하여 시행하였다. 본 연구에서는 학용품 포장 및 용기의 주요 재질로 사용되는 PA(Paint), SP(시트지)와 PVC(Poly Vinyl Chloride)의 재질을 주요 대상으로 하였으며, 안전요구 사항 중 유해물질인 유해원소 함유량(총 납(Pb), 총 카드뮴(Cd))을 대상으로 하였다. 시험분석을 위하여 “어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선연구”에서 제시한 비교 분석 값을 시험 분석한 결과를 인용하여 통계적으로 분석함으로써 관리방안에 대한 대안 및 개선 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 국내 안전관리제도 현황

“어린이법” 학용품에서는 크레용-크레파스, 연필류 연필심, 샤프연필샤프연필심, 지우개, 파스텔, 그림물감, 분필, 마킹펜류, 연필깎이, 필통, 색종이, 공책, 스케치북, 문구용풀, 악기류 등을 규정하고 있으며, 크레용-크레파스란 초등학교 이하의 연령이 사용하는 미술 도구의 일종을 말하며 크레용-크레파스 깎이, 깍지(손잡이), 긁개를 포함하며 연필이란 흑연가루를 찰흙에 섞어 높은 열로 구워서 심을 만들어 곁을 나무·종이·플라스틱 등으로 싼 필기도구를 말한다. 또한 심이 검정이 아닌 다른 여러 가지 색으로 된 색연필(형광색 연필 및 고체형광펜 등)을 포함한다.

샤프연필이란 가느다란 대롱 속에 심을 넣어서 밀어 내어 쓰게 만든 필기도구로 작동방식에 따라 노크식, 회전식 등으로 구분, 지우개는 연필, 잉크 등으로 쓴 것을 지우는 데 사용하는 학용품이며, 파스텔이란 빛깔이 있는 가루 원료를 분필 모양으로 굳힌 그림도구를 말한다. 수채그림물감이란 안료에 수용성 전색제(글리세린, 아라비아고무, 아교 등)를 혼합반죽하여 그림 그리는 데 쓰는 물감을 말하며, 투명·불투명(포스터칼라) 수채그림물감을 포함한다.

아크릴물감은 아크릴 에스테르 수지를 재료로 만들어진 물감으로 물을 보조제로 사용하므로 유화물감에 비해 사용이 간편하고 내구성이 강하며 빨리 말라 여러 번 겹쳐서 그릴 수 있는 물감, 분필이란 탄산칼슘이나 소석고 가루를 물에 개여 손가락만큼씩 하게 굳혀 만든 제품으로 칠판에 글씨를 쓰는 필기도구를 말한다.

이외 칠판에 글씨를 쓰는 필기도구는 마킹펜류를 적용한다. 마킹펜이란 플라스틱, 유리 또는 금속재질로 된 용기 안에 잉크를 넣거나, 잉크를 주입시킨 흡수체를 넣고 여기에 섬유 또는 플라스틱 재질의 펜촉을 부착한 필기도구를 의미한다. 연필깎이란 칼 대신 연필을 깎는 데 쓰는 기구를 말하며, 주로 구멍에 연필을 끼워 돌리던 원뿔꼴로 깎인다. 충전식 및 건전지를 사용하는 연필깎이도 적용대상에 포함한다.

필통이란 연필, 지우개 등을 넣어 가지고 다니는 주로 작은 상자 모양의 학용품이며, 색종이란 주로 어린이가 종이접기 놀이 등에 사용하는 색을 물들인 종이를 말한다.

스케치북이란 주로 그림을 그리는데 사용하는 흰 종으로 묶은 책이며, 점도란 어린이가 공작을 할 때에 사용하는 차진 흙(점토 등)이나 고무재질로 만든 것을 말한다.

종이죽(종이, 밀가루와 물을 섞어 만든 것)과 지점토(종이, 펄프, 점토, 석회, 돌가루, 유연제, 접착제 등을 섞어 만든 것)도 포함한다. 점토의 종류는 천연점토, 합성수지재, 고무재, 녹말, 종이죽, 지점토 등으로 구분된다.

문구용 풀이란 종이를 붙이는 데 사용하는 제품을 말하며 반짝이 풀은 완구에 포함되어 제외한다. 풀의 종류는 형상에 따라 녹말풀, 액상풀, 고형풀로 구분된다. “어린이법” 시행 후 추가된 악기는 수업 중 소리를 내어 음악을 이루는 요소로 사용되는 기구를 말하며, 리코더, 실로폰, 트라이앵글, 캐스터네츠, 멜로디언 등으로 구분된다. 또한 포장 및 용기는 학용품의 일부로서 기능을 갖거나 제품을 사용하는 과정에서 어린이의 사용이 명확히 의도된 포장 및 용기를 말한다. <Table 1>은 학용품 안전기준에서 규정하고 있는 유해원소 함유량(납, 카드뮴) 기준치이다.

<Table 1> Total Content Requirement of Safety Confirmation for school supplies

| Item | | Limit |
|---------------|-------------|-----------------|
| | | School supplies |
| Total content | lead(Pb) 1) | ≤ 300 mg/kg |
| | cadmium(Cd) | ≤ 75 mg/kg |

Note 1. Limit of paint and surface coating is ≤ 90 mg/kg except for electronic functional parts like electric elements.

2.2 국외의 안전관리제도 현황

최근 화학제품들의 종류가 다양화되고 있어 취약계층인 어린이의 경우 유해물질 관리의 필요성은 지속적으로 증가하는 추세에 있으며 해외의 경우 어린이제품의 관리 강화를 위하여 관리대상물질은 지속적으로 증가하고 있다. 유럽의 경우 Directive 2009/48/EC Regulation(EC) No 1272/2008에서 규정하는 물질 및 알려지 유발 물질을 사용 금지하고 있으며 Directive 91/338/EEC에서 카드뮴(Cd) 함량을 규제하고 있다. 또한 REACH(Regulation 1907/2006)에서는 비닐 클로라이드 고분자 혹은 공중합체(copolymer)로 만든 완제품을 규정하고 있으며 포함되는 경우용도 및 목적에 관계없이 중량 퍼센트가 0.01 미만으로 규정하고 있다. 또한 합성수지계 재료의 경우 중량 0.1% 보다 높은 경우에는 시장에 출시하지 못하도록 규정하고 있다. 미국의 경우 CPSC(Consumer Product Safety Commission)에서 소비자제품 안전 개선법(Consumer Product Safety Improvement Act) [4]에서 완구나 어린이제품을 대상으로 납(Pb)과 프탈레이트 등의 규제물질 및 기준을 제한하고 있다. 또한 ASTM F 2923-11에서는 미국 CPSC에서 규정하고 있는 카드뮴(Cd) 함유량과 시험방법을 규정하고 있으며 기질에 포함된 납(Pb)은 100 ppm을 초과하지 말 것과 총 카드뮴(Cd)은 300 ppm 이하로 규정하고 있다.

북남미 지역의 경우 UL인증은 일부 품목에서 법정의 무인증으로 시행되고 있으며, 전기, 전자제품의 전자파에 대한 FCC(Federal Communications Commission), 의약품 및 의료기기, 식품류에 대한 FDA(Food and Drug Administration) 제도를 운영하고 있다.

최근 어린이용품을 중심으로 제3자적합성확인, 제조물 이력표시 등을 운영하고 있으며, 소비자제품안전위원회(CPSC, Consumer Product Safety Commission)와 산업안전보건청(OSHA)에서 소비자제품에 대한 안전관리업무를 담당하고 있는데, 이 안전기준은 행정규칙이며 법적 구속력을 가지고 있다. <Table 2>는 CPSIA에서 규정하고 있는 유해원소 함유량의 기준치이다.

<Table 2> Total Content Requirement in CPSIA

| Item | Product | Limit (mg/kg) |
|--------------------|---|---------------|
| lead (Pb) | Children's product such as toys, textiles, etc. | ≤ 100 |
| lead in paint (Pb) | Children's product such as furniture. | ≤ 90 |

3. 연구목적 및 연구모형

본 연구의 수행을 위하여 국내 “어린이법” 시행 이전의 제품 중 학용품 안전기준에 추가된 포장 및 용기제품에 대하여 “어린이법” 안전기준에서 규정하고 있는 유해물질 함유량(납(Pb), 카드뮴(Cd))에 대하여 시험 평가하였다.

주요 재질로 사용되는 PA(Paint), SP(시트지)와 PVC(Poly Vinyl Chloride)의 재질을 주요 대상으로 하였으며, “어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선연구”에서 제시한 비교 분석 값 중 안전요구사항인 유해물질인 유해원소 함유량(납(Pb), 카드뮴(Cd))을 시험결과로 활용하였다.

학용품의 유해원소 함유량의 분석은 산업통상자원부 고시 제2016-0110호(2015.6.4)에 따라 분석하도록 규정되어 있으며 유해원소 함유량은 어린이제품의 기질재료가 금속인 경우 시료는 염산 또는 질산과 같은 산을 이용하여 분해시킨 다음, 이 용액을 AAS, ICP-OES, ICP-MS 등을 이용하여 납(Pb), 카드뮴(Cd)을 정량한다. 고분자 기질의 재료인 경우에는 원자 흡수 분광법(AAS), 유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광 분석법(ICP-OES), 유도 결합 플라즈마 질량 분석법(ICP-MS) 중 가장 적절한 분석방법을 선택하여 정량하도록 규정되어 있다. 본 연구에서는 유도 결합 플라즈마 원자 방출 분광 분석법(ICP-OES)을 이용하였다. [Figure 1]은 ICP-OES의 사진이다.



[Figure 1] Test analysis equipment (ICP-OES)

간이측정을 위하여서 국내 유통 중인 간이측정장비중 ED-XRF 장비와 HD-XRF 2종의 장비를 이용하였으며, X-ray Power 및 Detector, Resolution은 동일한 장비로 4W 200uA, SDD(25 mm), <150ev를 이용하였다.

ED-XRF는 일체형 Display, HD-XRF는 분리형으로 차이가 있으며 HD-XRF(High Definition X-Ray Fluorescence)는 Tube에서 발생한 X-Ray를 1μm 모세관

같은 Polycapillary를 통하여 통과시킨 후 DCC에서 엑스레이를 capture 하고 이를 제품의 표면에 강하게 집중함으로써 측정 농도를 향상시켜 Sample에서 발생하는 각 원소별 energy의 측정 농도를 분석하는 분석 기술이다. ED-XRF 보다는 S/N비가 우수하여 background를 완전 제거하여 ppm단위까지 정확한 측정이 가능하다는 장점이 있다.

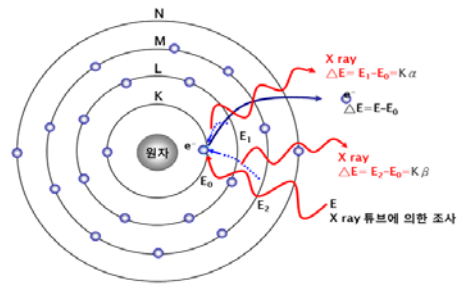
XRF(X-Ray Fluorescence)는 C(원자번호 4)부터 U(원자번호 92)까지 전 원소를 수십 %에서 미량까지 신속하게 분석할 수 있어 1950년대 후반부터 널리 보급되기 시작한 측정 장치이다. 무기원소들을 분석하는 대표적인 기기들인 AAs나 ICP는 시료를 수용액으로 만들기 위해 완전히 분해하여야 하는데 이러한 전 처리 과정은 불순물의 오염이나 관심성분의 손실을 초래하여 분석의 정확도를 떨어뜨리는 요인이 되고 있다.

또한 시료를 분해할 때 분해정도로 인하여 예상하지 못한 간섭이 발생할 수도 있는 등 불확실성은 항상 시료 전 처리 및 전처리된 시료의 분석과정에 상존하고 있다. X-선 형광분석법은 빠르고 여러 가지 원소를 동시에 분석할 수 있으며 감도의 향상으로 미량분석이 가능하고 비파괴 분석이기 때문에 여러 종류의 시료에 대한 적용이 가능하여 활용빈도가 큰 분석방법으로 ED XRF를 이용하여 AAS에 의한 정량분석 결과간의 상관성을 분석하여 두 분석 방법간 상관계수가 높다고 평가된 자료와[5] 작업자의 혈액중의 납, 구리, 아연 등 미량원소의 정량에 ED XRF를 활용한 경우도 있다.

XRF(X-Ray Fluorescence)의 원리는 X선 발생장치에서 발생한 강력한 X선 (1차 X선)을 물질 조사하면 X선과 물질 간에 여러 가지 상호작용이 생기는데, 그 중 한가지로 형광 X선이라고 부르는 2차 X선이 발생된다. 이 형광 X선은 1차 X선에 의하여 원소의 내부전자가 외부 껍질로 나간 다음보다 더 높은 에너지를 갖는 전자가 남아있는 전자껍질로 전이할 때 발생하는 특성 X선 혹은 고유 X선이라 불리는 이 형광 X선은 각 원소에 따라 고유의 파장을 갖는다. 형광 X선 분석법은 이 특성 X선의 파장 및 에너지 세기를 측정하여 기체를 제외한 물질 중의 원소를 정성 및 정량 분석하는 방법이라고 설명하였다.

X선 형광분석은 액체, 고체, 분말, 슬러리 등 기체를 제외한 모든 형태의 시료에 대하여 매우 신속하게(보통 100-400초) 원소를 분석할 수 있는 기술로서, 주기율표상의 11 Na 부터 92 U까지 (82원소), 여러 가지 원소를 동시에 분석할 수 있다. 즉, 주기율표상의 대부분의 원소에 대한 정성 및 정량 분석하는 기기로서 시료에 X-ray를 조사하여 시료 내의 원자가 들뜬 상태의 이온으로 변하고 다시 바닥상태로 돌아오면서 방출되는 형광 X-선을 이용하여 각 원소의 고유한 파장으로부터 시료중의 원소를 분석한다.

원래 정밀도가 높은 이 분석법은 대부분의 시료에 대하여 전 처리가 거의 필요 없는 비파괴 분석법으로써 분석 중에 생성되는 폐기물은 없다. 또한 버튼만 누르면 되는 간단한 조작은 분석에 대한 전문지식 없이도 누구나 쉽게 작동할 수 있으므로 별도의 노동력이 필요 없다. 물론 X선 형광분석법이 일반적으로 다른 여러 가지 광학적 방법에 비해 감도는 다소 떨어져 ppm에서 100% 농도범위에서만 측정가능하며, 가벼운 원소의 검출이나 측정이 어려운 것이 단점으로 지적된다. [Figure 2]는 원리를 도시화하였다.

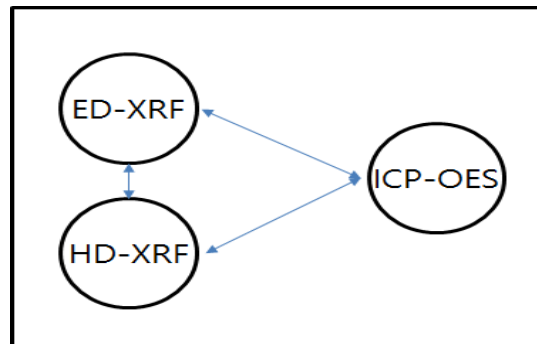


X선 튜브에서 X선을 발생시켜 시료에 조사하면 특정X선이 검출기를 통해 특정 원소의 파장과 에너지 세기를 측정하여 정량 및 정성 분석

[Figure 2] The principle of heavy metals simplicity equipment

본 연구의 연구모형은 다음과 같다.

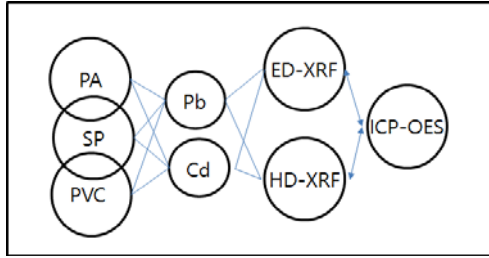
H1 : 유해원소 함유량(납(Pb)와 카드뮴(Cd))을 측정하여 XRF(X-ray Fluorescence Spectrometer)와 정밀분석장비(ICP-OES)의 상관관계를 확인한다. 상관관계의 확인은 PA(Paint), SP(시트지)와 PVC(Poly Vinyl Chloride) 3종에 대한 주요 재질을 이용하였다. [Figure 3]은 H1의 연구모형을 도시화하였다.



[Figure 3] Research Model (ICP-OES and XRF) (H1)

H2 : PA(Paint), SP(시트지)와 PVC(Poly Vinyl Chloride) 3종에 대하여 유해원소 함유량의 납(Pb)과 카드뮴(Cd)을 XRF(X-ray Fluorescence Spectrometer)와 정밀분석장비(ICP-OES)를 이용하

여 측정하고 제품종류별 ICP-OES와 ED-XRF, HD-XRF와의 차이를 알아본다. [Figure 4]는 연구모형을 도시화하였다.



[Figure 4] Research Model (ICP-OES and XRF) (H2)

4. 실증분석의 결과

<Table 3>은 ED, HD-XRF 및 ICP-OES의 시험 결과이다.

<Table 3> Test results

| Material | ED-XRF | | HD-XRF | | ICP-OES | |
|------------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
| | Pb | Cd | Pb | Cd | Pb | Cd |
| PA (Paint) | 418 | 0 | 709 | 661 | 982 | 509 |
| | 501 | 0 | 751 | 0 | 1,098 | 108 |
| | 528 | 58 | 704 | 106 | 1,017 | 0 |
| | 510 | 0 | 689 | 0 | 997 | 0 |
| | 2,480 | 697 | 2,817 | 210 | 6,091 | 0 |
| | 2,187 | 108 | 3,041 | 508 | 4,088 | 207 |
| | 908 | 0 | 1,058 | 68 | 1,084 | 0 |
| | 1,247 | 0 | 2,197 | 0 | 2,007 | 0 |
| | 1,078 | 24 | 2,007 | 0 | 3,209 | 0 |
| | 3,048 | 0 | 2,218 | 0 | 0 | 0 |
| | 1,274 | 0 | 1,624 | 0 | 0 | 0 |
| | 748 | 668 | 1,018 | 548 | 1,401 | 208 |
| | 818 | 0 | 1,141 | 0 | 1,639 | 0 |
| | 497 | 0 | 518 | 0 | 1,026 | 0 |
| | 428 | 0 | 589 | 0 | 791 | 0 |
| | 751 | 0 | 874 | 0 | 1,236 | 0 |
| | 928 | 0 | 997 | 0 | 1,759 | 0 |
| | 809 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1,517 | 401 | 2,207 | 508 | 1,629 | 0 |
| | 3,058 | 1,147 | 4,628 | 869 | 6,328 | 1,507 |
| | 801 | 511 | 1,124 | 600 | 1,829 | 306 |
| | 2,638 | 0 | 3,507 | 0 | 5,581 | 0 |
| | 662 | 57 | 964 | 36 | 1,518 | 0 |
| | 554 | 0 | 780 | 0 | 1,048 | 0 |
| | 3,698 | 206 | 5,223 | 107 | 7,914 | 0 |
| | 3,046 | 507 | 4,207 | 883 | 6,237 | 0 |
| | 489 | 54 | 781 | 198 | 996 | 0 |
| | 2,114 | 39 | 1,075 | 3,087 | 1,558 | 2,688 |

| Material | ED-XRF | | HD-XRF | | ICP-OES | |
|--------------------------|--------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | Pb | Cd | Pb | Cd | Pb | Cd |
| SP (Sheet) | 1,520 | 24 | 3,017 | 0 | 3,679 | 786 |
| | 525 | 86 | 834 | 392 | 1,168 | 501 |
| | 527 | 47 | 887 | 128 | 1,308 | 208 |
| | 590 | 57 | 748 | 27 | 1,118 | 69 |
| | 420 | 118 | 847 | 306 | 2,107 | 207 |
| | 1,608 | 85 | 1,507 | 200 | 2,101 | 507 |
| | 508 | 0 | 774 | 28 | 1,107 | 104 |
| | 500 | 236 | 708 | 600 | 1,068 | 518 |
| | 2,308 | 0 | 2,209 | 309 | 3,562 | 0 |
| | 2,114 | 39 | 3,087 | 0 | 2,688 | 0 |
| PVC (Polyvinyl chloride) | 607 | 405 | 803 | 402 | 1,046 | 309 |
| | 487 | 0 | 705 | 0 | 985 | 0 |
| | 529 | 24 | 714 | 108 | 1,107 | 332 |
| | 698 | 16 | 978 | 108 | 1,509 | 208 |
| | 609 | 0 | 860 | 0 | 1,348 | 0 |
| | 638 | 104 | 967 | 398 | 1,497 | 0 |

첫째, 제품종류별 정밀분석장비(ICP-OES)와 ED-XRF, HD-XRF와의 관계는 단순상관 관계분석(Pearson's Correlation Analysis)으로 분석하였다. <Table 4>는 재질별 납(Pb), <Table 5>는 재질별 카드뮴(Cd)에 대한 분석결과이다.

<Table 4> Correlations of variables (Pb)

| | | Pb | ED-XRF | HD-XRF | ICP-OES |
|--------------------------|---------|-------|--------|--------|---------|
| PA (Paint) | ED-XRF | | 1 | | |
| | HD-XRF | .909* | | 1 | |
| | ICP-OES | .775* | .902* | | 1 |
| PVC (Polyvinyl chloride) | ED-XRF | | 1 | | |
| | HD-XRF | .937* | | 1 | |
| | ICP-OES | .842* | .942* | | 1 |
| SP (Sheet) | ED-XRF | | 1 | | |
| | HD-XRF | .864* | | 1 | |
| | ICP-OES | .830* | .837* | | 1 |

*p<.01

유해원소 함유량 중 납(Pb)에 대하여 정밀분석장비(ICP-OES) 측정 후 간이측정기기인 ED-XRF, HD-XRF의 측정값을 단순상관관계분석으로 확인해본 결과 측정값이 p<.01에서 유의한 결과를 확인할 수 있었으며 이는 측정기간에 상관관계가 있음을 의미한다.

<Table 5> Correlations of variables (Cd)

| Cd | | ED-XRF | HD-XRF | ICP-OES |
|-----------------------------|---------|--------|--------|---------|
| PA (Paint) | ED-XRF | 1 | | |
| | HD-XRF | .277 | 1 | |
| | ICP-OES | .282 | .911* | 1 |
| PVC (Polyvinyl chloride) | ED-XRF | 1 | | |
| | HD-XRF | .788 | 1 | |
| | ICP-OES | .462 | .261 | 1 |
| SP (Sheet) | ED-XRF | 1 | | |
| | HD-XRF | .777* | 1 | |
| | ICP-OES | .380 | .258 | 1 |

*p<.01

유해원소 함유량 중 카드뮴(Cd)에 대하여 정밀분석장비(ICP-OES) 측정 후 간이측정기기인 ED-XRF, HD-XRF의 측정값을 단순상관관계분석으로 확인해본 결과 측정값이 p<.01에서 재질별로 차이가 있었으며 PA(Paint)의 경우 정밀분석장비(ICP-OES)와 HD-XRF, SP(시트지)의 경우 간이측정기기는 ED-XRF와 HD-XRF 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다.

정밀분석장비(ICP-OES)와 ED-XRF, HD-XRF와의 단순상관관계 분석결과를 종합해보면 PA(Paint)가 SP(시트지)와 PVC(Poly Vinyl Chloride)보다 유의한 상관관계가 있음을 확인할 수 있었으며, 납(Pb), 카드뮴(Cd)간의 상관관계 확인 결과 상관계수 0.01 수준(양쪽)에서 유의한 것을 확인할 수 있었다.

또한 납(Pb)과 카드뮴(Cd)간의 상관관계 분석에서는 납(Pb)이 카드뮴(Cd)보다 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다. 또한 정밀분석 결과와 ED-XRF, HD-XRF와의 납(Pb)에 대한 상관관계 분석 결과는 전체 항목에서 유의한 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 제품종류별 정밀분석장비(ICP-OES)와 ED-XRF, HD-XRF와의 차이를 알아보기 위해 대응표본 t-test를 실시하였다. <Table 6>은 분석 재질별 납(Pb)과 카드뮴(Cd)에 대한 분석 결과이다.

<Table 6> Verification of differences between precision and ED-XRF and HD-XRF

| 구분 | | N | M | SD | t | p | |
|-----|---------|---------|--------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| PA | Pb | ICP-OES | 28 | 2252.2 5 | 2177.0 7 | 3.110 | .004 * |
| | | ED XRF | 28 | 1347.6 8 | 998.08 | | |
| | Pb | ICP-OES | 28 | 2252.2 5 | 2177.0 7 | 2.630 | .014 * |
| | | HD XRF | 28 | 1694.5 7 | 1349.7 9 | | |
| | Cd | ICP-OES | 28 | 197.61 | 572.63 | .354 | .726 |
| | | ED XRF | 28 | 159.89 | 290.37 | | |
| Cd | ICP-OES | 28 | 197.61 | 572.63 | -211 9 | .043 * | |
| | HD XRF | 28 | 299.61 | 616.93 | | | |
| PVC | Pb | ICP-OES | 6 | 1248.6 7 | 232.37 | 9.242 | .000 * |
| | | ED XRF | 6 | 594.67 | 75.92 | | |
| | Pb | ICP-OES | 6 | 1248.6 7 | 232.37 | 7.946 | .001 * |
| | | HD XRF | 6 | 837.83 | 119.18 | | |
| | Cd | ICP-OES | 6 | 141.50 | 160.52 | .741 | .492 |
| | | ED XRF | 6 | 91.50 | 158.39 | | |
| Cd | ICP-OES | 6 | 141.50 | 160.52 | -32 3 | .760 | |
| | HD XRF | 6 | 169.33 | 185.09 | | | |
| SP | Pb | ICP-OES | 10 | 1990.6 0 | 1020.4 4 | 5.075 | .001 * |
| | | ED XRF | 10 | 1062.0 0 | 745.31 | | |
| | Pb | ICP-OES | 10 | 1990.6 0 | 1020.2 4 | 3.353 | .008 * |
| | | HD XRF | 10 | 1461.8 0 | 958.79 | | |
| | Cd | ICP-OES | 10 | 290.04 | 269.83 | 2.775 | .022 * |
| | | ED XRF | 10 | 69.15 | 69.89 | | |
| Cd | ICP-OES | 10 | 290.04 | 269.83 | .986 | .350 | |
| | HD XRF | 10 | 199.00 | 201.29 | | | |

(PA : Paint, PVC : Polyvinyl chloride, SP : Sheet) *p<.005

제품종류별 정밀측정(ICP-OES)와 ED-XRF, HD-XRF와의 차이를 알아보기 위해 대응표본 t-test를 실

시한 결과 납(Pb)과 및 카드뮴(Cd) 중 일부 재질은 p -value < 0.05로 나타나 유의한 것으로 확인되어 정밀분석과 XRF 측정과의 측정값에는 차이가 없는 것으로 확인되었으나 카드뮴(Cd)의 경우 ED-XRF의 경우 3종의 재질에서 p -value > 0.05 으로 측정되어 정밀 분석과 측정값에 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다.

5. 요약 및 결론

유럽, 미국 등 선진국을 포함한 대부분의 국가에서는 국민의 안전을 확보하기 위하여 수입되고 있는 제품에 대한 안전관리를 강화하는 추세에 있으며, 특히 사회적 약자로 분류되는 어린이 및 노약자 등 안전 취약계층이 사용하는 제품에 대해서는 높은 수준의 안전을 요구하고 있다. Steven E. Mayer(2003)는 취약계층을 자급자족(self-sufficiency)이 어려운 계층으로 정의하고 있으며 벽(barrier)을 갖고 있는 계층으로 국가차원의 보호가 필요한 계층이라고 정의하였다.

학용품은 학교 등에서 학습을 도와줄 목적으로 사용되는 필수품으로 유럽 등의 고가 제품과 국내 및 동남아의 저가제품이 국내에 유통되면서 수입제품 및 관련 업체가 증가하고 있는 추세이다. 특히 필기구 제품 등 사출 제품의 경우 소품종 대량생산이라는 특성이 있어 품질문제 발생 시 기업의 치명적인 결과로 이어지는 사례가 많으며, 국내의 경우 제품안전성조사 계획 발표 시 중점관리대상품목으로 선정하여 부적합 제품에 대한 행정처분을 강화하고 있다.

본 연구에서는 학용품에 주로 사용되는 재질인 PA(Paint), SP(시트지)와 PVC(Polyvinyl Chloride)를 주요 대상으로 하였으며, 안전요구사항 중 유해물질인 유해원소 함유량(총 납(Pb), 총 카드뮴(Cd))을 대상으로 하였다. 시험분석을 위하여 "어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선연구"에서 제시한 비교 분석 값을 시험 분석한 결과를 인용하여 통계적으로 분석함으로써 관리방안의 제시를 목적으로 하고 있다.

가설 1(H1)에서 주요 재질별 정밀분석과 ED-XRF, HD-XRF와의 상관관계를 확인하기 위하여 단순상관관계 분석을 실시한 결과 재질별 및 주요 유해원소별 상관관계에 차이가 있음을 확인할 수 있었으며 카드뮴(Cd)보다는 납(Pb)이 유의한 결과가 있음을 확인할 수 있었다.

가설 2(H2)에서 주요재질별 정밀측정과 ED-XRF, HD-XRF와의 차이를 알아보기 위해 대응표본 t-test를 실시한 결과 납(Pb)의 측정결과는 p -value<0.05로 정밀분석과 XRF와의 측정결과에 차이가 없다는 것을 확인할 수 있었으나, 카드뮴(Cd)의 경우 p -value>0.05로

측정되어 차이가 없다고 확인할 수 없었다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

정밀측정과 ED-XRF, HD-XRF간의 측정값에 대한 상관관계가 있음을 통계적으로 확인할 수 있었으나, 정량 값이 낮게 측정되는 카드뮴(Cd)과 같은 유해원소의 경우 상관관계 및 차이분석에서 차이가 없다고 확인할 수 있었으며 이는 향후 정량 값이 낮게 측정되는 경우 재질별 비교평가를 통하여 신뢰성의 향상이 요구된다 할 수 있다. 다만 간이 측정방법의 효과적인 활용은 제품의 유해원소 관리 및 제품의 안전성 강화에 도움을 줄 것이라고 기대한다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다.

첫째는 주요 재질에 대한 분석결과가 학용품에서 직접 채취된 표본이 아니기 때문에 학용품의 주요 재질과 실증분석시 일부 차이가 있을 수 있다.

둘째는 국내·외 유통되고 있는 학용품 사용재질의 다양성에 비하여 분석 data로 활용된 표본수는 "어린이활동공간 환경안전 진단방법 개선연구"에서 제시한 비교 분석 data만을 활용하여 재질의 표본수가 작고 분석한 유해원소가 납(Pb), 카드뮴(Cd)에 한정되어 있어 재질간 오차 및 연구의 범위에 한계가 있을 수 있다.

셋째는 간이측정장비의 유통제품이 다양하고 측정 정밀도에도 차이가 있어 측정 장비 및 측정자간 오차가 있을 수 있다.

이상과 같은 연구의 한계점을 바탕으로 앞으로의 연구를 위하여 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째는 학용품의 다품종 소량생산이라는 특성에 따라 동일 제조 로트에서 발생할 수 있는 재질별 특성에 대한 추가적인 연구조사가 필요할 것으로 생각된다.

둘째는 본 연구에서는 2종의 XRF 장비를 측정 장비로 활용하였으나, 국내외에 유통중인 측정 장비를 대상으로 하고 주요 측정항목에 대한 연구조사가 추가로 필요할 것으로 생각된다.

마지막으로 향후의 연구방향은 어린이와의 상호작용이 있는 어린이제품에 대한 주요 재질별, 유해원소에 대한 객관적 분석방법의 개발을 위하여 통계적으로 확인해보려 한다.

6. References

- [1] Soon Jin Kwak, Kwang Soo Kim(2015), "A Study for Effect of certification on Standard Products - focusing on the Children's Carrier", Journal of the Korea Safety Management & Science, 17(2):161

[2] National Institute of Environmental Research(2015), "Studies on Improvement of Environmental Safety Examination method for Children's Activity Space", 18-21, 56-61, 107

[3] Self-Regulatory Safety Confirmation Requirement Annex 11 School things(2015), 1-5

[4] Seunghyun Park, Jee Yeon Jeong, Jang Jin Ryoo, Naroo Lee, Il Je Yu, Kyung Seuk Song, Yong Hag Lee, Jeong Hee Han, Sung Jin Kim, Jung sun Park, Ho keun Chung(2001), "The Non-Destructive Determination of Heavy in Welding Fume by ED XRF", J Korea Soc Occup Environ Hyg, 11(3):234

[5] Hong NT, Ha HV(1996). "Application of EDXRF to the Determination of Lead and Other Trace Elements in the Body Fluides of Industrial Workers in Vietnam. X-ray Spectrometry" 25:3~14

[6] Steven E.Mayer(2003), "What is a Disadvantaged group?"

저 자 소 개

곽 순 진



국립충주대학교 학사 및 국립한국교
통대학교에서 석사를 취득하고 박사
과정에 재학 중
관심분야 : 품질인증분야, 제품안전
관리분야, 제조물책임법 관련분야 등

김 광 수



국립한국교통대학교 산업경영학과에
재직 중이며 동국대학교 학사, 석사,
박사 학위를 취득. 대한안전경영과학
회 이사와 한국품질경영학회에서 부
회장 및 충북지회장으로 활동 중.
관심분야 : 품질경영, 가치공학 등