

K대학교 실험실의 실내공기질 실태 및 관리방안

Indoor Air Quality of Laboratories in K- University and the Management Strategy

이동현*, 정효식**
EHS 기술연구소*, 국민은행**

Dong-Hyun Lee(shinbiro74@nate.com)*, Hyo-Sik Jeong(goodjhs@kbstar.co.kr)**

요약

본 연구는 안전보건 관리에 있어 관심이 미약하였던 대학 실험실에서의 유해화학물질 발생 수준과 그로 인한 위험성을 알아보기 위하여 2010년 5월 26일부터 6일간 서울시에 소재한 K대학교를 대상으로 학과별 실내 오염인자를 측정, 분석하였다. 그 결과 MSDS 비치 여부와 노출저감시설 설치 유무, 보호구 지급 현황은 기초과학실험실인 화학과, 물리학과, 의학과 등에서의 관리가 비교적 양호하였으며, 치의학과, 미술학과에서는 유해화학물질 관리를 위한 활동이 미흡한 것으로 조사되었다. 또한 실험실 내의 폼알데하이드와 총휘발성유기화합물 농도는 미술학과가 다른 실험실에 비하여 현저히 높게 검출되었고 유사학과별로 집단화 한 그룹의 폼알데하이드 농도는 미술학과, 생활과학과가 포함된 기타학과에서 높게 나타나 유의한 차이를 보였다. 이상의 결과로 볼 때 전반적으로 화학물질 노출로 인한 건강영향에 대한 인식이 저조하고 그에 대한 관리가 미흡한 학과의 실험실에서 높은 수준의 위험성에 노출되고 있는 것으로 판단되었다.

■ 중심어 : | 폼알데하이드 | 실험실내 건강과 안전 | 대학교 실험실 | 총휘발성유기화합물 |

Abstract

The purpose of this study was to examine the occurrence level of harmful chemical substance and the riskiness caused by it at university laboratory, which had been faintly interested in safe health management. It measured and analyzed indoor pollutants by academic department targeting K university where is located in Seoul Metropolis for 6 days starting from May 26, 2010. As a result, the appearance of being furnished with MSDS, the appearance of installing the exposure-reduction facilities, and the present status of supplying protective equipment in order to grasp the present status of managing harmful chemical substance at university laboratory were relatively good in management at the Dept. of Chemistry, the Dept. of Physics, and the Dept. of Medical Science, which are basic science laboratories. The activity for managing harmful chemical substance in the Dept. of Dental Medicine and the Dept. of Fine Arts was surveyed to be insufficient. Also, the concentration of formaldehyde and TVOCs(total volatile organic compounds) inside laboratory was detected noticeably highly in the Dept. of Fine Arts compared to other laboratories. The concentration of formaldehyde in a group, which was collectivized by similar academic department, was indicated to be higher in other academic departments including the Dept. of Fine Arts and the Dept. of Life Science, thereby having shown significant difference. The concentration of formaldehyde and TVOCs showed significant difference at the laboratory without installation compared to the laboratory with installation of fume hood. Seeing the above results, it could be known that a whole drop in recognition on influence of chemical upon health leads to being able to increase occurrence level of hazardous factor due to being insufficient in activity of protecting exposure to chemical substance.

■ keyword : | Formaldehyde | Health and Safety in Laboratories | Laboratories of University | Total Volatile Organic Compounds |

1. 서론

국민 교육수준의 향상과 과학기술의 발전은 국가 전반적인 교육의 질 수준을 향상시키고 다양한 연구개발의 실행을 가능하게 하였다. 국가 산업으로서의 연구개발을 통한 과학과 경제발전의 중요성이 인식되면서 대학, 민간, 정부기관 등에 실험실, 연구실 설립과 연구활동이 지원되고 다양한 연구와 가치를 만들어낼 수 있도록 하는 국가적인 개발 정책이 이루어졌으며 이러한 노력은 국가 연구개발의 수준을 지속적으로 향상시키고 있다. 반면 이러한 연구개발의 증가와 더불어 실험실에서의 안전사고 발생 인식이 높아지고 있으며, 2005년에는 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률(이하 연안법)」이 제정되었고 「산업안전보건법(이하 산안법)」을 기초로 한 산업안전보건 제도에서도 주로 기업에서의 실험실 안전보건 관리가 시급함을 인식하게 되었다.

특히 국가기관, 기업의 실험실과는 달리, 학교실험실의 경우 다양한 유해·위험성 인자를 취급함에도 불구하고 사용되는 양이 적고 비정형화된 이유로 관리가 이루어지지 않는 경우가 많다[1][2].

선진외국에서는 연구실험실 보건문제와 관리의 필요성을 인식하고 있어 관련 법률을 마련하고 있고, 연구기관에서도 전담부서와 인력을 갖추고 체계적인 보건관리업무를 수행하고 있다[3].

특히 미국의 경우 직업안전보건법(Occupational Safety and Health Act, OSHA)에 유해화학물질을 취급하는 실험실 작업에 관한 별도의 규정(OSHA CFR 1910.1450 Occupational Exposure to Hazardous chemicals in Laboratories)을 정하여 대학 내 연구실험실의 유해화학물질에 대한 관리를 철저히 하고 있다(OSHA, 1990). 일본도 연구실안전관련 법령에 화학물질을 취급하는 대학 실험실은 노동안전위생법을 적용받도록 하고 있으며 다양한 연구실험실 안전대책을 정부차원에서 마련하여 추진하고 있다[4].

우리나라 경우 또한 대학 내 실험 및 실습실에서 사용되고 있는 다양한 화학물질 노출에 의해 보건문제가 발생될 가능성은 충분히 있다고 보여진다.

2007년부터 2009년까지 국내에서 일어난 대학 실험

실의 사고사례 분석에 따르면, 전체 사고의 49%는 “충돌, 접촉” 사고였으며[5], “유해물질 노출접촉”이 21%에 이르고 있어, 화학물질 노출로 인한 만성적 건강영향의 잠재위험성에 대한 우려를 불러일으킨다.

김명신과 백남원(1998)은 일부 대학의 화학실험실을 대상으로 공기중 유기화합물을 측정하였으며, n-Hexane, Chloroform을 비롯한 유해화학물질의 농도가 높고 일부의 경우 허용기준을 초과한 것으로 보고하였다[6]. 신용철 등(2007)은 정부출연 연구기관과 대학 실험실에 대한 실내환경 조사에서 높은 이산화탄소 농도를 보고하였으며 n-Hexane, Xylene 등의 휘발성유기화합물 역시 높은 농도를 보였다[7][8]. 또한 실험자의 60% 가량이 실험 중 “머리가 무겁고 둔한 느낌을 느낀 적이 있다”, “코 또는 인후의 자극을 느낀다”고 응답하였다. 하지만 이러한 화학적 유해인자에 대하여 대학의 실험자들을 대상으로 한 생물학적 모니터링실시율은 11.3%(공공연구기관 51.9%, 기업체 52.2%)에 불과하여[1] 이들에 대한 종합적인 현황 파악과 관리대책이 요구되어진다.

또한 대학 실험실을 대상으로 한 공기 중 유해인자 측정·분석은 화학·의학 등 기초과학 분야의 실험실에 집중되어 왔으며, 이는 실제로 이러한 기초과학 실험실에서의 사고 보고 사례가 높은 비율을 차지하였던 것에 기인한다고 할 수 있다.

반면 미술학과의 경우, 유기용제 성분의 물감, 도료, 판화 및 조각 재료 등이 사용되고 있으며 이러한 재료들에서는 톨루엔, 벤젠, 메틸셀로솔브 아세테이트 등이 발생되고[9] 목재류의 경우에는 목재를 잘게 부수어 펴고 접착제를 뿌려 높은 온도와 압력으로 압착시켜 제작되는 과정에서 접착제에서 폼알데하이드가 방출되어 학교내의 학생들에게 노출되고 있음에도 불구하고 화학물질을 직접 다루고 있지 않는다는 이유로 노출위험성에 대한 관리대책에 대한 연구가 활발히 이루어지지 않고 있는 실정이다[10].

따라서 본 연구에서는 기존에 연구가 미흡하였던 미술학과와 기초과학 실험실에 대한 평가를 수행하고 이를 비교해 보고자 하였다. 이는 단순한 일부 화학물질의 농도 측정과 비교 뿐 아니라 기존 연구에서 소외되

있던 분야의 실험실에 대한 정확한 실태 파악과 향후 이러한 실험실에 대한 안전보건 시스템의 도입 필요성에 대한 검토로 이어져야 하며, 장기적으로는 대학 실험실에서의 안전보건 및 환경에 대한 인식 강화를 위한 것이다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구기간 및 연구 대상

본 연구에서는 실내환경 측정이 필요한 실험실을 선정하기 위하여 서울시에 소재한 K 대학교를 대상으로 2010년 5월 26일부터 약 6일간에 걸쳐 시행하였으며, 각 학과별 실험실에서 사용하는 화학물질과 사용량, 사용빈도 등을 파악하여 목록화 하였다. 그 중 소량을 간헐적으로 사용하는 실험실을 제외하고 균일한 수준의 화학물질을 연속적으로 사용하는 실험실을 선정하였다. 이러한 방식으로 선정된 실험실의 목록과 주요 취급 화학물질의 [표 1]과 같다.

표 1. 화학물질 취급 실험실과 주요 화학물질

학부 및 학과	주로 사용하는 화학물질	주요 발생원
화학과, 물리학과	Acids, VOCs,	시약류
의학, 약학과	Formaldehyde, Acids, Gases	시약류, 가스
치의학과	Pb, Formaldehyde, Acids	보존액, 시약
미술학, 생활과학과	VOCs(Toluene, Acetate류)	용제류

각 실험실의 주요 화학물질 취급 실태에 대한 조사 결과, 학과별로 차이가 있기는 하지만 전반적으로 폼알데하이드와 총 휘발성유기화합물이 대표적인 화학물질인 것으로 조사되었으며 본 연구에서도 이 두 물질에 대한 측정 및 평가를 실시하였다. 폼알데하이드와 휘발성유기화합물은 대표적인 실내환경에서의 오염물질로서 화학물질의 취급 뿐 아니라 건축자재, 가구 등에도 발생되는 물질이다.

서울시내에 위치한 K 대학은 화학과를 비롯한 다양한 학과를 갖추고 있으며 각 건물의 건축년도 및 환경

이 유사하여 실내오염에 의한 측정결과의 과대평가가 비교적 적어 다양한 학과에서의 환경측정 결과 비교가 용이한 것으로 판단되었다.

K 대학의 각 학과 실험실 및 사무실의 측정 개요는 다음의 표 2와 같다. 각 학과의 실험특성과 유해인자의 발생원 특성에 따라 실험이 실제로 이루어지는 실험대 혹은 작업대에서 측정을 실시하였으며 연구실 전반적인 유해인자의 발생정도를 평가하기 위하여 연구실에서의 농도를 측정하였다. 또한 실험실과 행정사무실이 명확한 구분 없이 오픈된 실험실은 실험실과 행정사무실 모두에서 측정, 분석을 수행하였다.

2. 연구방법

총 휘발성 유기화합물과 폼알데하이드의 측정 및 분석방법은 우리나라 환경부의 2009년에 고시한 실내공기질 공정시험기준에[11] 의하여 측정 및 분석하였으며, 실내공기질 측정 시 영향을 미치는 것으로 알려진 온도를 함께 측정하여 분석결과에 보정하였다. 측정지점은 중앙부 벽으로부터 최소 1m 이상 떨어진 위치에서 바닥면으로부터 1.2~1.5m 높이에서 실시하는 것을 원칙으로 하였다. 총 휘발성유기화합물의 분석은 흡착제(Tenax TA)가 충전된 흡착관에 시료를 열 탈착하고, 다시 저온농축관에서 재 농축한 후 기체크로마토그래피(Gas Chromatograph: FID)를 이용 n-헥산에서 n-헥사데칸까지의 범위에서 검출되는 휘발성 유기화합물을 대상으로 하여 톨루엔으로 환산하였다. 폼알데하이드의 분석은 2,4-DNPH 카트리지에 흡착된 시료를 Acetonitrile 5mL로 탈착시켜 고성능 액체크로마토그래피(High performance liquid chromatography)로 분석하였다.

연구의 정도관리(quality control, QC) 실험은 물질별 검량선의 직선성(linearity) 평가와 분석 정밀성(analysis precision test) 평가를 실시하였다.

직선성 평가 결과 총 휘발성유기화합물의 결정계수(r^2)는 0.997, 폼알데하이드는 0.999로 양호한 직선성을 보였고 재현성 평가는 동일한 농도의 표준물질을 7회 반복 실험하여 상대표준편차(RSD%)로 재현성을 평가하였고 RSD 값이 두 물질 모두 5% 이하였다.

또한 실험실 안전보건관리를 위한 실험실의 구체적인 활동을 평가하기 위하여 MSDS(Material Safety Data Sheet-물질안전보건자료)에 대한 인식과 비치 현황, 흡후드의 설치, 개인보호구의 지급 및 착용 등의 현황과약을 실시하였다. 각 실험실을 대상으로 실시한 안전보건 현황 조사 내용은 다음의 [표 2]과 같다.

표 2. 실험실 안전보건 활동 현황 조사내용

구분	조사내용
MSDS (물질안전보건자료)	MSDS에 대한 인식 여부
	MSDS 비치 여부
보호구 및 보호장비	개인보호구의 지급
	흡 후드의 설치

3. 자료분석

각 실험실에 대한 현황 파악과 측정결과의 분석을 위한 통계적인 방법으로서 Student's *t*-test와 ANOVA test를 실시하였다. 통계 프로그램으로는 SPSS(ver.12.0)을 사용하였다.

III. 연구결과

3.1 실험실 측정 개요

화학과, 물리학과, 의학과, 약학과, 치의학과, 미술학과, 생활과학과의 학과 내 실험실 공기 중 유해물질 농도 측정의 개요와 화학물질관리의 기초적인 지표를 조사한 결과는 [표 3]와 같다.

표 3. 실험실 및 사무실 측정개요

학부 및 학과	MSDS 비치여부	노출저감시설 (후드 등)	보호구 지급
화학과	비치됨	설치됨	지급됨
물리학과	비치됨	설치됨	지급안됨
의학과	비치안됨	설치됨	지급됨
약학과	비치안됨	설치됨	지급안됨
치의학과	비치안됨	미설치됨	지급안됨
미술학과	비치안됨	미설치됨	지급안됨
생활과학과	비치안됨	미설치됨	지급됨

화학과 외 6개학과에 대하여 휘발성유기화합물과 폼알데하이드를 측정·분석하였고 그 중 MSDS(물질안전보건자료)에 비치된 실험실은 2개소, 노출저감시설이 설치된 실험실이 4개소, 개인보호구를 지급한 실험실이 3개소로 조사되었다.

3.2 총 휘발성유기화합물

실험실에서의 휘발성유기화합물은 벤젠, 톨루엔, 에틸-벤젠, 자일렌, 스티렌을 대상으로 하였으며 각각의 물질들에 대한 농도는 실험실에서의 특성에 따라 다를 수 있으므로 전반적인 수준에 대한 비교는 총휘발성유기화합물(TVOC)로 하였다.

폼알데하이드와 마찬가지로 학교보건법에서 규정하고 있는 기준총휘발성유기화합물 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 대비하였을 때, 일부의 시료에서 기준을 초과하였으며 미술학과 의 경우 모든 시료에서 기준을 초과하였다.

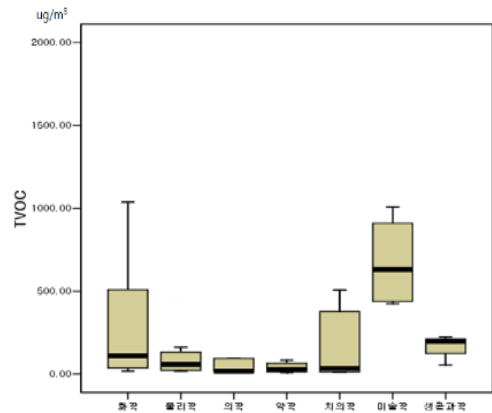


그림 1. 각 학과 실험실에서의 총 휘발성유기화합물 농도

발생수준 분포 비교에서, 폼알데하이드와 마찬가지로 미술학과에서의 총휘발성유기화합물 농도가 가장 높았으며, 생활과학 실험실에서의 평균농도 또한 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있었다[그림 1][표 4].

반면 화학, 물리학, 의학 실험실에서는 평균치에 비하여 월등히 높은 이상값(Outliers)이 존재하였으나, 전반적인 수준을 비교하는데 있어 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

표 4. 각 실험실의 총 휘발성유기화합물 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	n	Mean \pm SD	Range	IQR
화학과	14	370.86 \pm 535.33	17.30 ~1870.0	36.55 ~584.90
물리학과	10	106.84 \pm 130.30	15.50 ~449.60	22.43 ~139.75
의학과	6	76.52 \pm 117.95	7.80 ~308.10	12.45 ~147.75
약학과	7	39.19 \pm 30.66	8.90 ~82.50	12.20 ~65.10
치 의학과	6	162.67 \pm 220.51	10.60 ~506.10	12.33 ~409.43
미술학과	4	674.43 \pm 283.96	425.80 ~1009.10	432.35 ~959.53
생활과학	4	168.1 \pm 76.36	55.40 ~224.70	89.88 ~218.28

* Interquartile Range

연구대상이 되는 학과들을 계열별로 분류하였다. 기초과학 계열로서 화학과 물리학 실험실을, 보건학 계열로는 의학, 약학, 치의학, 그리고 미술학, 생활과학과로 분류하였다. 이는 학과의 성격과 동일 단과대학 및 실험 내용과 취급 물질의 유사성으로 분류한 것이다.

각 계열 그룹의 총 휘발성유기화합물 농도 비교 결과, 95% 신뢰수준 하에서의 통계적 유의성을 확인하지는 못하였으나 미술학, 생활과학계열, 기초계열, 의학 계열의 순서대로 총휘발성유기화합물의 농도가 높은 것을 알 수 있었다.

표 5. 관련계열별 총 휘발성유기화합물 농도 비교($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	n	Mean \pm SD	p-value*
화학, 물리학 (기초계열)	24	260.85 \pm 431.62	0.058
의학, 약학, 치의학 (보건학계열)	19	89.97 \pm 143.21	
미술학, 생활과학	8	421.26 \pm 332.12	

* ANOVA

3.3 폼 알데하이드

폼알데하이드는 전체 측정지점에서 검출되었으며, 학교보건법에서 규정하고 있는 기준(폼알데하이드 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 대비하였을 때, 일부의 시료에서 기준을 초과하였으며 미술학과와 생활과학과의 경우 모든 시료에서 기준을 초과한 것으로 나타났다.

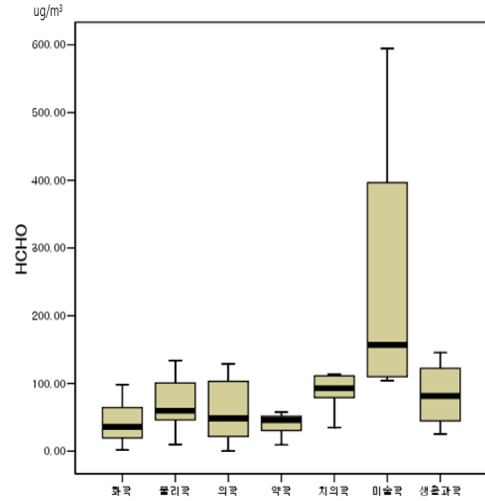


그림 2. 각 학과 실험실에서의 폼알데하이드 농도

[그림 2]와 [표 6]에서 보는 바와 같이, 각 실험실별로 폼알데하이드 농도에 다소 차이가 있었으며, 다른 실험실에 비하여 미술학과의 폼알데하이드 농도가 현저히 높은 것을 확인할 수 있다.

표 6. 각 실험실의 폼알데하이드 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	n	Mean \pm SD	Range	IQR
화학과	14	41.20 \pm 29.28	1.66 ~98.48	16.44 ~64.52
물리학과	10	69.14 \pm 39.33	10.03 ~133.96	44.71 ~107.28
의학과	6	58.31 \pm 49.60	0.07 ~128.59	16.29 ~109.49
약학과	7	39.54 \pm 17.32	9.20 ~57.42	24.82 ~53.07
치 의학과	6	87.41 \pm 28.81	35.15 ~113.40	68.15 ~111.81
미술학과	4	253.27 \pm 231.38	104.15 ~594.58	107.08 ~495.56
생활과학	4	83.52 \pm 51.07	25.50 ~145.35	35.10 ~133.85

* Interquartile Range

각 계열 그룹의 폼알데하이드 농도 비교 결과, 각 계열별로 농도에 차이가 있는 것을 확인하였으며 미술학과와 생활과학계열의 농도가 현저히 높은 것을 확인하였다.

표 7. 관련 계열별 폼알데하이드 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

구분	n	Mean \pm SD	p-value*
화학, 물리학 (기초계열)	24	52.85 \pm 35.89	0.002
의학, 약학, 치의학 (의학계열)	19	60.59 \pm 37.79	
미술학, 생활과학	8	168.40 \pm 179.71	

* ANOVA

IV. 고찰

대학 실험실에 종사하는 실험자들의 유해물질 접촉으로 인한 건강영향에 대해서는 많은 연구들에 의하여 증명되어 왔으며 그 위험성이 경고되었다. 기초과학 실험실에서는 유해화학물질, 방사선, 생물학적 인자 등이 복합적으로 존재하여 만성적인 건강영향을 일으키게 되며, 이는 실험자들의 암 발생이나 감염성질환, 여성 실험자의 경우 선천성 기형아 출산 등으로 이어지기도 한다[12-14]. 폼알데하이드의 경우, 의학과를 비롯한 대학 실험실에서 빈번히 사용되고 있으며 독성영향이 큰 화학물질인데 특히 해부학 실험실을 포함한 의학과에서는 실험자로 하여금 호흡기질환과 눈의 자극 등을 나타내며[15], 여성 실험자들에게 있어 유산 유발의 기여도가 높은 것으로 보고되고 있다[16].

미술학과의 경우 또한 작업 특성상 이러한 유해물질의 노출이 비정형적이고, 순간적인 고농도의 화학물질에 노출될 가능성이 많은 만큼 이에 대한 현황 파악과 관리대책의 수립이 필요하다[17][18]. 하지만 이러한 작업방식이 이미 미술학과 학생들에게 익숙해져 있고 이는 자연스럽게 후배들로 하여금 전달되고 있어 화학물질로 인한 건강영향의 유해성에 대하여 학생들과 선임 실험자들이 주지하도록 하고 노출저감 시설의 확충과 개인보호구의 착용이 습관화될 수 있도록 하는 것이 중요하다.

또한 미술학과를 비롯하여 대학 실험실 종사자들의 건강영향에 대한 안전보건 스크리닝이 필요하며 화학물질의 독성을 기초로 한 안전보건 가이드라인의 개발, 보급이 필요하다.

V. 결론

본 연구는 안전보건 관리에 있어 관심이 미약하였던 대학 실험실에서의 유해화학물질 발생 수준과 그로 인한 위험성을 알아보기 위하여 수행되었으며, 서울시 소재한 한 개 대학을 대상으로 학과별 실내 오염인자를 측정, 분석하였다. 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

- 1) 대학 실험실에서의 유해화학물질 관리 현황을 파악하기 위하여 MSDS 비치 여부와 노출저감시설 설치 유무, 보호구 지급 현황을 조사한 결과, 기초과학실험실인 화학과, 물리학과, 의학과 등에서의 관리가 비교적 양호하였으며, 치의학과, 미술학과에서는 유해화학물질 관리를 위한 활동이 미흡한 것으로 조사되었다.
- 2) 실험실 내의 폼알데하이드 농도를 분석한 결과, 미술학과의 농도가 다른 실험실에 비하여 현저히 높게 검출되었다. 유사학과별로 집단화 한 그룹의 폼알데하이드 농도 비교 결과 미술학과, 생활과학과가 포함된 기타학과에서의 유의한 차이를 보이며 높은 농도를 보였다.
- 3) 총휘발성유기화합물 농도를 분석한 결과 폼알데하이드와 마찬가지로, 미술학과에서 다른 실험실에 비하여 현저히 높은 것으로 나타났다.

분석 결과, 일부 시료에서 환경기준을 초과하는 수치가 검출되었으며, 특히 미술학과의 경우 다른 학과에서의 결과를 월등히 상회하는 높은 수준의 농도가 검출되었다. 미술학과는 MSDS의 비치, 노출저감 시설의 설치 등의 보호활동이 미흡한 것으로 평가되었는데, 이러한 화학물질 노출보호 활동이 미흡한 실험실에서 유해인자의 발생 수준이 높은 것으로 평가된 것은 전반적으로 화학물질 노출로 인한 건강에 악영향을 끼칠 수 있다는 인식의 차이라고 생각되어진다.

이는 기존에 일련의 사고 발생과 환경안전보건 평가에서 위험에 대한 우려가 제기된 기초과학 연구실에 비하여 상대적으로 안전보건 관리가 미흡하였던 미술학과 등에서도 관리대책을 세울 필요성이 제시되는 결과

로 보여졌다. 또한 실습 및 실험실에 대한 안전보건 관리에 취약한 국내 많은 대학에 실험실 통합 환경안전보건 관리 시스템 정착이 시급하다고 판단된다.

본 연구가 일개 대학을 대상으로 실시되었고 일부 화학물질에 대한 실내 농도 수준으로써 모든 안전보건의 성과를 대표할 수는 없다. 또한 전체적인 관점에서의 위험성 평가가 아닌 실내환경 중 유해물질의 농도 측정, 평가만 이루어진 것은 본 연구의 제한점이라고 할 수 있으며, 각 실험실에서의 안전보건 항목으로 MSDS와 보호 장비, 보호구만을 고려한 것 역시 확대해석의 가능성을 배제할 수는 없다.

참 고 문 헌

- [1] 양혁승, 최재욱, 윤석준, "Terry Farr. Status of health and safety management in occupational hygiene laboratories in Korea", 한국산업위생학회지, 제17권, 제1호, pp.53-62, 2007.
- [2] A. K. Furr, "Handbook of Laboratory Safety, 4th ed," CRC Press. Boca Rato Florida, 1995.
- [3] 안광석, 강동묵, 신용철, 전용화, "미국 상위 30개 연구 중심 대학들의 실험실 환경보건안전 담당부서 - MIT 사례를 중심으로", 한국산업위생학회지, 제17권, 제3호, p.193, 2007.
- [4] 후생노동성, 노동안전위생법, 2010.
- [5] 교육시설재난공제회, "대학 화재사고 분석 및 실험·실습실 안전사고 사례집", 교육시설재난공제회 공제사업부 발간, 2010.
- [6] 김명신, 백남원, "일부 대학 화학실험실에서의 유기용매 노출에 관한 연구", 서울대학교 보건대학원 국민보건연구소, 제8권, 제1호, pp.33-46, 1998.
- [7] 신용철, 안광석, 강동묵, "연구실험실 보건관리 제도화 예비 타당성 연구", 과학기술부 2006년도 국가연구개발사업 연구보고서, 2007.
- [8] 성낙봉, "친환경 실내 디자인 소재 개발 활용 방안", 한국콘텐츠학회논문지, 제11권, 제10호, pp.209-216.
- [9] A. D. Lucas and S. A. Salisbury, "Industrial hygiene survey in a university art department," J of Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. Vol.11-1, pp.21-27, 1992.
- [10] 김형식, "초등미술교육에서 사용되는 미술 및 표현재료의 유해물질과 그 대안에 관한 연구", 한국디자인문화학회지, 제13권, 제3호, pp.94-107, 2007.
- [11] 환경부 실내공기질 공정시험방법, 2009-223, 2009.
- [12] 변혜정, 박정임, "실험실 근무자의 화학물질 노출과 건강 위험", 한국환경보건학회지, Vol.36-6, pp.441-455, 2010.
- [13] P. Rygh, "Orthodontic root resorption studied by electron microscopy," Angle Orthod, Vol.47, No.1, pp.1-16, 1997.
- [14] D. Veccino, A. J. Sascio, and C. I. Cann, "Occupational risk in health care and research," American Journal of Industrial Medicine, Vol.43, pp.369-397, 2003.
- [15] Reinhard Pabst, "Exposure to formaldehyde in anatomy: An occupational health hazard?," The Anatomical Record, Vol.219, pp.109-112, 1987.
- [16] G. Axelsson, C. Cultz, and R. Rylander, "Exposure to solvents and outcome of pregnancy in university laboratory employees," British Journal of Industrial Medicine, Vol.41, pp.305-312, 1984.
- [17] J. M. Harrington and H. S. Shannon, "Survey of safety and health care in British medical laboratories," British Medical Journal, Vol.1, pp.626-628, 1977.
- [18] J. A. Conti, K. Killpack, G. Gerritzen, L. Huang, M. Mircheva, M. Delmas, B. Herr Harthorn, R. P. Appelbaum, and Patricia A. Holden, "Health and safety practices in the nanomaterials workplace: Results from an international survey," Environmental Science Technology, Vol.42-9,

pp.3155-3162, 2008.

저 자 소 개

이 동 현(Dong-Hyun Lee)

정회원



- 2004년 8월 : 고려대학교 보건대학원 환경및산업보건학과(보건학석사)
- 2011년 2월 : 호서대학교 벤처전문대학원 환경보건학과(보건학박사)

▪ 2009년 7월 ~ 현재 : EHS기술연구소 대표이사

<관심분야> : 환경보건, 산업보건

정 효 식(Hyo-Sik Jeong)

정회원



- 2011년 8월 : 호서대학교 벤처전문대학원 환경보건학과(보건학석사)
- 2010년 2월 ~ 현재 : 국민은행 지점장

<관심분야> : 직업병, 환경보건, 산업보건