

PG10) 전국 초등학교 교실내 실내 유해 환경에 관한 연구 A Study on the Indoor Air Pollution in the of Primary Schools in Korea

신동천 · 이철수 · 김호현 · 양지연 · 이건우 · 손종렬¹⁾ · 임영욱
연세대학교 환경공해연구소, ¹⁾고려대학교 보건과학대학

1. 서 론

실내공기질에 영향을 미치는 건강상의 유해영향 물질로는 휘발성유기화합물(VOCs: Volatile Organic Compounds), 포름알데히드, 석면, 중금속 등의 다양한 화학물질이 제시되고 있다(Li Y, 2007). 이런 실내공기질 오염 물질 중 하나인 휘발성유기화합물질은 물질의 구조, 노출 농도와 기간, 다른 휘발성유기화합물질과의 복합노출, 개인의 감수성, 표적장기의 분포 등에 따라 다르게 나타난다(US EPA, 2004).

교육인적자원부는 2006년 1월 학교실내공기질에 대한 학교보건법을 시행하여, 2006년을 기준으로 3년 이내 신축, 개축, 증축한 학교에 대해서 포름알데히드와 총휘발성유기화합물을 연 1회 측정하도록 하고 있고 있으며(학교보건법, 2006), 2005년 11월 14일에 유해물질에 대한 학교보건법 시행규칙을 마련하여 2006년부터 시행하고 있으나 아직 실태조사가 매우 부족한 실정이다. 학교의 실내공간에서 방출되는 오염물질은 그 종류가 매우 다양하지만, 본 연구에서는 오염물질에 대한 감수성이 높고 보호가 필요한 민감한 취약 집단인 어린이가 많은 시간을 보내는 초등학교를 대상으로 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(Formaldehyde), 미세먼지(PM₁₀)에 대한 교사 내 농도를 조사하여 합리적인 초등학교의 환경 관리방안을 수립하기 위한 기초자료 제공에 그 목적이 있다.

2. 연구 방법

본 연구는 대상 학교 선정을 위해 가장 먼저 전국 초등학교 6,279개교 중 소재지에 따라 광역도시-중소도시-군·면·읍 지역 비율에 따라 random 샘플링을 하였다. 이후 학교규모가 최소 100명 이상인(즉, 3개 학급 이상인)곳과 대부분 국·공립학교이므로 사립학교를 포함하여, 전국 주요 공단근처 초등학교를 적어도 10개교 이상 포함하고, 학교 설립연도의 비율을 고려하여 전국의 81개의 초등학교를 대상으로 유해공기오염물질로 알려진 휘발성유기화합물(VOCs), 포름알데히드(Formaldehyde), 미세먼지(PM₁₀)의 실내·외 노출 특성 조사하였다. 측정된 모든 결과는 평균, 표준편차를 제시하였고, 모든 자료의 통계분석은 SPSS 12.0(Statistical package for the social science) 통계 package를 사용하였고, ANOVA 분석을 사용하여 통계적 유의성을 보았다.

3. 결과 및 고찰

대표적인 휘발성유기화합물류인, Toluene, Ethylbenzene, Xylene등은 학교보건법상 개별물질의 기준안이 마련되어 있지 않아, 기준치 비교는 어려우나 전체적으로 높지 않은 수준이었으며, 환경부의 미적용 다중이용시설 및 소규모 다중이용시설 참고치(건강보호관리 목표치)를 적용하면, Benzene(30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)과 Toluene(260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Xylene(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)은 대상학교에서 약 10~20% 정도가 참고치를 초과하는 것으로 조사되었다. 포름알데히드의 경우 교실 내 평균 농도가 22.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고, 전체적으로 낮은 오염도로 조사되었고, 미세먼지의 경우 학교보건법상 실내환경 기준(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 27.2% 초과하였다. 전체적으로 대도시 및 공단지역에 위치한 초등학교가 농촌지역에 보다 높았으며, 최근(2006년도) 공사를 진행한 초등학교에서 높은 경향이 나타났다. VOCs의 노출 특성을 보면 장소별 오염도 순은 교실 내>복도>실외의 농도 순으로 나타났고, 전체적으로 대도시 및 공단지역에 위치한 초등학교가 농촌지역보다 높은 것으로 조사되었다. 실내/실외 농도비(I/O ratio)를 통해 실내 오염 발생원에 존재를 살펴보면(Ilgen E et al., 2001), 대부분의 물질의 실내/실외 농도비가 1보다 크게 나타나 이는 실내 오염 발생원이 틀림없이

존재한다고 볼 수 있다. EPA의 노출평가 보고에서도 실내의 VOCs 농도가 실외보다 2~5배 높다고 보고되었고, 이는 실내에 존재하는 건물 내벽 페인트, 접착제, 물감, 각종 학습우드제품, 마감재료 등으로부터 VOCs가 배출되기 때문에 실내 오염원 관리가 매우 중요하다(Wolkoff P and Nielsen GD, 2001). 최근 2년간 공사를 진행한 초등학교에서도 VOCs의 농도가 높게 나타났고, Benzene은 실내 및 복도에서만 최근 2년간 공사 유무에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 미세먼지의 경우 기준치를 초과하는 경우가 27.2%였고, 이는 교실에서 학생들의 움직임, 분필가루 및 학생들의 등교 시 외부로부터의 교실내로의 유입 등으로 발생할 수 있다. 미세먼지의 경우 연제라도 기준치를 초과할 가능성이 매우 높기 때문에 적절한 환기시스템 구축 및 교실 내 실내 환경 관리가 적극적으로 이루어져야 된다. 폼알데히드의 경우 건축 완공 이후 경과연도가 1년 미만의 교실에서 가장 높은 농도를 나타냈으며 건축 완공 이후의 연도가 증가할수록 즉 건물이 노후화 될수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 신축학교 건설에 사용된 건축자재 및 새 가구 등에서 방출되는 것으로 간주할 수 있다. 또한 초등학교의 학교 규모와 학급 수에 따른 노출특성을 살펴 본 결과 큰 차이를 나타내지는 않았다.

실내 환경은 건물의 용도, 거주자의 행동 특성, 건축자재 및 생활용품, 건물의 위치 등 다양한 환경에 의해 영향을 받고 있는 것으로 알려져 있으며(Daisey et al., 2003), 다양한 실내 환경에서 조사되는 휘발성유기화합물(VOCs)의 경우 새집증후군 및 복합화학민감증을 유발하는 오염물질로 알려져 있다. 또한 거주자들의 건강상 큰 악영향을 줄 수 있는 물질로 알려져 있다(US EPA, 2004). 학교 실내공기질의 중요성은 선진 외국에서 이미 많은 연구가 수행되고 있으며(Daisey et al., 2003), 그 중 Meininhaus(2003) 등은 프랑스 학교 교실에서 VOCs, 암모니아, 이산화황을 측정하여 실내공기오염물질이 학생들에게 감각 기능에 영향이 있음을 보고하였다.

본 연구에서는 VOCs 중 톨루엔(Toluene), 에틸벤젠(Ethylbenzene), 자일렌(Xylene) 등은 아직 기준 본 연구와 같이 단번의 측정결과로 모든 것을 해석하는 것에는 많은 제한점이 있으므로, 환경오염물질에 대한 면역이 약한 초등학교생들의 경우 장시간 생활하는 초등학교에 대한 정밀조사 및 관리방안 확립 등 적절한 조치가 시급히 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

- 학교보건법(법률 제7396호, 2005. 3. 24 공포, 2006. 1. 1 시행).
- Daisey, J.M., W.J. Angell, and M.G. Apte (2003) Indoor air quality, ventilation and health symptoms in school: an analysis of existing information, *Indoor Air*, 13, 53-64.
- Ilgen, E., N. Karfich, K. Levsen, J. Angerer, P. Schneider, J. Heinrich, H. Wichmann, L. Dunemann, and J. Begerow (2001) Aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment: part I. Indoor versus outdoor sources, the influence of traffic, *Atmospheric environment*, 35, 1235-1252.
- Li, Y. (2007) Indoor Air and infection, *J. Indoor Air*, 17(5), 335-336.
- Meininghaus, R., A. Kouniali, C. Mandin, and A. Cicolella (2003) Risk assessment of sensory irritants in indoor air—a case study in a French school, *Environment International*, 28, 553-557.
- US EPA (2004) Sources of Indoor Air Pollution—Organic gases Volatile Organic Compounds—VOCs.
- US General Accounting Office (1995) School Facilities—Condition of America’s Schools, US General Accounting Office, Washington, D.C., GAO/HEHS-95-61.
- WHO (2002) Europe. Exposure assessment in studies on the chronic effects of long-term exposure to air pollution.
- Wolkoff, P. and G.D. Nielsen (2001) Organic compounds in indoor air—their relevance for perceived indoor air quality, *Atmos. Environ*, 35, 4407-4417.