

일부 학교 건축물의 석면함유 건축자재(ACM) 특성과 위해등급에 관한 연구

정준식^{1,2}, 박형규², 송혜숙³, 이원정¹, 김윤신¹, 전형진^{4*}

¹한양대학교 보건학과, ²국립환경과학원, ³광주여자대학교 보건행정학과, ⁴한국환경정책평가연구원

A study of asbestos containing material characteristics and grade of risk assessment in schools, Korea

Joon-sig Jung^{1,2}, Hyung-kyu Park², Hyea-suk Song³, Won-jeong Lee¹,
Yoon-shin Kim¹, Hyung-jin Jeon^{4*}

¹Department of Public Health, Hanyang University

²National Institute of Environmental Research

³Health administration, Kwangju Women's University

⁴Korea Environment Institute

요 약 본 연구의 목적인 우리나라 일부 학교의 석면함유 건축자재를 조사하고 EPA AHERA rule과 ASTM rule을 적용하여 위해성평가를 실시하였다. 총 100개 학교를 2010년 1월부터 12월까지 조사하였다.

건축년도에 따른 ACM 검출율은 1980년대 이전 건축물은 100%, 1990년대 이전은 94.1%, 2000년대 이전은 100%, 2000년 이후는 62.5%로 나타났다. 학교별 ACM 검출율은 유치원과 고등학교는 100%, 초등학교는 97.1%, 중학교는 92.9%, 특수학교는 80%로 나타났다. 천장 텍스는 2~8 %의 백석면과 갈석면, 밤라이트 보드는 6~11 %의 백석면이 검출되었다. 또한 개스킷과 슬레이트 지붕은 각각 16~17 %, 10~13 %의 백석면이 검출되었다.

EPA AHERA rule을 이용하여 ACM의 위해성 평가를 실시한 결과, 모든 건축자재는 “Pool” 등급이 나왔으며, ASTM rule 평가에서는 모든 ACM이 “Q&M program”이 필요한 것으로 나타났다.

Abstract The objective of this study is to investigate the distribution of asbestos containing materials and to evaluate risk assessment method in some schools, Korea. For the survey on ACM risk assessment, we used both EPA AHERA rule and ASTM rule. We investigated 100 schools between January and December in 2010. Detection rate of the ACM according to construction year showed that before 1980's, 1990's, 2000's, after 2000's buildings were 100%, 94.1%, 100% and 62.5%, respectively. Compared with school types, detection rate of the ACM in Kindergarten, Elementary, Middle, High, Special Education schools were 100%, 97.1%, 92.9%, 100%, 80%, respectively. Ceiling textiles contained chrysolite/mixed amosite(2~8 %) and wall cement flat boards contained chrysolite(6~11 %). Also, gasket contained chrysolite(16~17 %), slate roof contained chrysolite(10~13 %).

In this study, risk assessment EPA AHERA rule of ACM showed that all materials were “Pool” grade. And, ASTM rule risk assessment showed that all materials were “Q&M program” grade.

Keywords : Asbestos containing materials, EPA AHERA, ASTM, Risk assessment, School

본 논문은 경기도교육청 연구비 지원에 의한 일부 결과이며, 본 연구 목적에 맞게 추가 분석하여 나타낸 결과임.

*Corresponding Author : Hyungjin Jeon(Korea Environment Institute)

Tel: +82-44-415-7747 email: hjeon@kei.re.kr

Received April 6, 2015

Revised (1st June 12, 2015, 2nd June 22, 2015)

Accepted July 16, 2015

Published July 31, 2015

1. 서론

석면(Asbestos)은 자연계에서 산출되는 섬유상 규산 광물의 총칭으로 단열성, 인장력, 불연성, 내마모성이 뛰어나고 가격이 저렴하여 내화재, 건축자재, 마찰재 등에 폭 넓게 사용되어 왔다. 우리나라의 석면함유 건축자재의 주요 사용 현황을 살펴보면 1970년대는 약 96%가 지붕 슬레이트로 사용되었으며, 1990년대는 슬레이트와 보온 단열재 등으로 약 82%, 석면 마찰제인 브레이크 라이닝 패드는 약 10%, 방직제품이 약 5.5%가 사용되었다.[1] 그러나 석면함유 자재의 노후화, 유지보수 작업, 진동, 부식의 영향으로 공기 중 석면 섬유입자로 비산될 가능성이 높으며, 호흡기를 통하여 흡입할 경우 10~40년의 잠복기를 거쳐 석면폐(Asbestosis)와 폐암(Lung cancer), 악성중피종(Mesothelioma)을 유발시키는 물질로 알려져 있다.[2,3]

미국 산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)과 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)는 석면을 발암물질 1 Group으로 규정하고 있다. 우리나라 환경부와 미국 환경보건청(Environment Protection Agency, EPA)에서는 실내 공기 중 석면농도를 0.01 f/cc로 규정하고 있다.[4,5]

학생 집단은 신체와 정신의 성장 및 발육이 가장 활발한 시기이며 질병이나 외부자극에 대한 저항력이 성인보다 아직 미성숙한 상태이므로 보건학적으로 중요한 집단이다. 그리고 학교는 학생들이 하루 중 대부분의 시간을 보내는 장소이므로 건강한 학교시설을 만드는 것은 매우 중요하다. 5세 영/유아와 30세 어른이 같은 양의 석면에 노출되었을 때, 80세까지 악성중피종에 걸릴 확률은 영/유아가 3.5배 높다고 보고하였다.[6,7] 이러한 인체 위해성(Adverse health effect)과 관련하여 석면안전관리법에서는 모든 학교 건축물은 면적에 관계없이 의무적으로 2014년 4월 28일까지 건축물 석면조사를 실시하도록 하였다.[8]

석면의 긴 잠복기를 고려할 때 학교시설에 석면함유 건축자재가 존재할 경우, 노출에 따른 건강 위해성 문제는 앞으로 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 또한 학교 건축물 및 시설의 석면함유 건축자재의 사용실태 및 위치/면적/훼손정도/비산여부 등의 조사가 1차적으로 필요하며, 2차적으로 적절한 관리방안 및 조치가 필요하

다. 따라서 본 연구에서는 전국 100개 학교의 석면함유 건축자재의 사용 특성을 조사하고 위해등급에 따른 자재를 평가하여 효율적인 관리방안의 기초자료로 사용하고 자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 조사방법

2010년 1월부터 12월까지 전국에 위치한 유치원 및 초·중·고·특수학교 100개소를 선정하였으며, 지역의 구분은 서울지역 16개, 경기지역 20개, 대전지역 16개, 충청북지역 16개, 강원지역 16개이다. 학급별 구분은 고등학교 29개, 중학교 28개, 초등학교 33개, 유치원 및 특수학교는 각 5개로 구분하였으며, 건축연도는 1980년대 이전 63개, 1990년대 이전 17개, 2000년대 이전 12개, 2000년대 이후 학교는 8개로 구분하여 조사하였다.

학교의 건축자재 석면조사는 EPA AHERA(Asbestos hazard Emergency and Response Act) Rule 기준을 준용하여 실시하였다. 석면함유의심자재(Presumed Asbestos Containing Material, PACM)를 형태와 색상, 질감 등이 비슷한 균질부분(Homogeneous area)으로 구분하여 시료를 채취하였다. 고품시료(Bulk sample)의 시료채취는 표면재(Surfacing Material, S)와 단열재(Thermal System Insulation, TSI), 기타물질(Miscellaneous Material, M)로 구분하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Survey of ACM at schools

2.2 시료분석

고형시료의 분석은 고효율 필터가 부착된 후드 (Captair Chem, France) 내에서 입체현미경(Stereo Microscope, SMZ645, Nikon, Japan)을 이용하여 전처리 후 편광현미경(Polarized Light Microscopy, ECLIPSE, Nikon, Japan)으로 US-EPA 고형석면 분석방법인 EPA AHERA 600/R-93/116에 의해 분석하였다. 분석은 시료의 광학적인 특성을 확인하였으며, 분석한 결과가 함유율이 1% 이상인 경우에 석면이 함유된 물질(Asbestos containing material, ACM)을 본 연구에서는 석면으로 규정하였다.











2.3 석면함유 건축자재 위해성평가

건축물 석면함유 건축자재 위해성 평가 방법 및 기준은 “EPA AHERA-40 CFR rule(이하 EPA rule)”과 “ASTM rule”을 참고하여 실시하였다(Table 1). EPA rule은 물리적 평가, 손상정도 평가, 노출가능성 평가로 나누어 평가하며, 물리적 평가는 손으로 눌렀을 경우 부서지면 “비산성(Friable)”, 그렇지 않으면 “비비산성(Non Friable)”로 평가한다. 손상정도 평가는 손상정도에 따라 “심각한 손상(Significantly Damaged)”, “보통손

상(Damaged)”, “좋음(Good)”으로 나뉘며, 세부 평가방법은 전체 손상의 경우 10% 이상(심각한 손상)과 10% 이하(보통손상), 손상상태 없음(좋음)으로 구분하여 평가한다. 노출가능성 평가는 접촉 가능성, 진동영향, 공기부식 중 한 항목이라도 높음이 나오면 전체가 높음으로 평가된다.

ASTM Rule은 현재 상태(Current condition)와 건축자재에 손상을 줄 수 있는 잠재적 손상 가능성평가(Potential disturbance)으로 평가한다. 현재 상태 평가는 손상이 없는 경우는 “좋음”, 경미한 손상인 경우는 “보통(손상부위가 전체 10% 이하, 부분 25% 이하)”, 중요 손상인 경우는 “나쁨(손상부위가 전체 10% 이상, 부분 25% 이상)”으로 구분한다. 잠재적 손상 가능성평가는 물리적 요인(인간의 접근성과 활동성), 환경적 요인(공기부식, 부식성, 침수 상태)을 Pool(1, 2, 3), Fail(4, 5, 6, 7), Good(8, 9, 10) 등급으로 구분하여 평가한다. 현재 조건상태 평가점수를 X축, 잠재적 손상가능성 평가점수를 Y축 그래프를 적용한 A Line(Operating & Management Program)과 B Line(Abatement)중 유지관리에 중점을 맞춘 A Line을 이용하여 평가하였다.

Table 1. Comparison of ACM assessment method(EPA & ASTM) and survey guideline

EPA Rule		ASTM Rule	
Rank	Damaged area	Rank	Damaged area
Good	Micro damaged and 0% damaged	Good (8,9,10)	Micro damaged and 0% damaged
			
Damaged	Total damaged extent 10% ≥	Pool (4,5,6,7)	10% ≥ (Part damaged 25% ≥)
			
Significantly Damaged	Total damaged extent 10% ≤	Fail (1,2,3)	10% ≤ (Part damaged 25% ≤)
			

3. 연구결과 및 고찰

3.1 일반적 석면함유 건축자재 사용 특성

Table 2와 Fig. 2-3은 지역별, 건축 연도별, 학교 등급별 석면함유 건축자재의 특성을 나타낸 것이다. 전국 6개 지역으로 구분하여 조사한 결과, 학교시설에서 지역별 석면함유 건축자재 사용율은 93.8~100%로 나타났으며, 전체적으로 94%(94개) 학교에서 석면함유 자재를 사용한 것으로 나타났다. 건축연도별 석면함유 자재 사용여부를 조사한 결과, 1980년대 이전 학교시설은 100%, 1990년대 이전은 94.1%, 2000년대 이전은 100%, 2000년 이후 학교시설은 62.5%로 나타났다. 학교 등급별 석면함유 건축자재 사용 조사결과, 유치원과 고등학교는 각각 100%, 초등학교는 97.1%, 중학교는 92.9%, 특수학교는 80%로 나타났다.

본 연구에서는 학교시설에서 석면함유 건축자재 사용 조사결과, 지역별과 학교등급 구분에 따른 차이는 없는 것으로 나타났으나, 건축연도별에 따른 차이는 있는 것으로 나타났다. 선행적으로 수행되었던 교육부 연구에 의하면 전국 100개 학교 중 88개(88%)에서 석면함유 건축자재가 검출되었으며[9], 충북 일부 학교 건축물의 석면함유 건축자재 검출율은 77.5%, 공공건물은 86.6%, 주택건물은 82.1%, 상업용 건물은 72.2%로 보고하였다.[10] 이처럼 선행연구와 비교하여 석면 검출율이 높은 사유는 학교 건축물 표본 선정 시 무작위(Random) 추출이 아니라 선택적 표본학교를 추출한 것에 1차 적으로 기인하는 것으로 사료되며, 또한 모든 조사 학교가 공적인 지원을 받는 학교로 동일한 건축자재를 사용한 것에 일부 기인한 것으로 사료된다.

또한 건축연도가 오래 될수록 석면함유 건축자재 사용율이 높은 사유는 우리나라 석면의 제조/사용 금지 법안과 사용 경향을 반영한 것으로 판단된다. 노동부에서 청석면(Crocidolite)과 갈석면(Amosite)은 1997년부터 수입사용이 금지되었으며, 2009년 1월부터는 0.1% 이상 함유된 모든 석면함유 제품의 제조/수입/사용이 금지되었다. Oh et al.(2014)의 연구에서는 1980년 이전과 1981-2000년 학교 건축물은 석면이 검출되었으나, 2000년 이후의 학교 건축물에서는 석면이 검출되지 않았다고 하였다.[11]

3.2 석면함유 건축자재의 종류 및 검출율

고형시료의 자재별로 석면 검출율은 Table 3에 나타내었다. 본 연구에서는 표면재와 단열재는 모든 고형시료에서 석면이 검출되지 않았으며, 기타물질은 769개 시료에서 함유량이 1% 이상인 석면이 검출되었다. 세부적으로 분석한 결과, 천장 텍스(Textile)는 805개 시료 중 638개(79.2%)의 시료에서 석면이 검출되었으며, 바닥재(Floor tile/carpet)는 64개 시료 모두에서 석면이 검출되지 않았다. 벽면재(Cement flat board)는 112개의 시료 중 110개(99.0%), 개스킷(Gasket)의 경우는 5개의 시료 중 2개(40.0%), 슬레이트(slate roof)는 18개 시료 모두에서 석면이 검출되었다.

Table 2. Asbestos containing schools by construction year

Construction Year	School	
	Detection No. (Total No.)	Detection rate(%)
1980 ≥	63(63)	100.0
1981 ~ 1990	16(17)	94.1
1991 ~ 2000	12(12)	100.0
2001 ~	5(8)	62.5
Total	96(100)	96.0

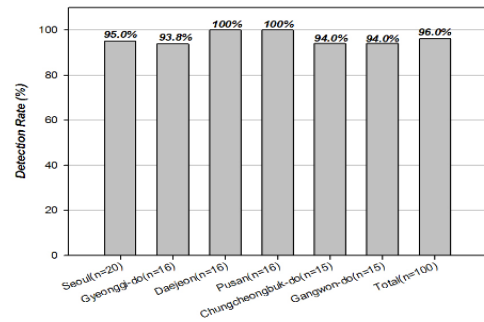


Fig. 2. Asbestos containing schools by region

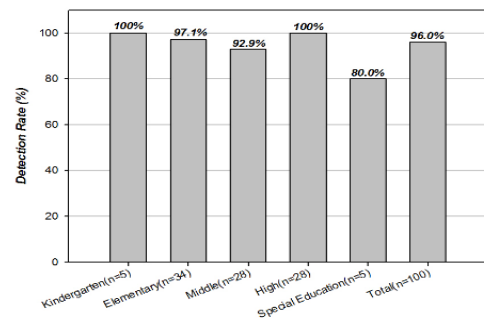


Fig. 3. Asbestos containing schools by type

본 연구에서는 학교시설의 석면함유 건축자재는 대부분 천장 텍스와 발라이트 보드로 나타났다. 이러한 사유는 학교 건축물의 경우는 학생들이 학업에 전념하여 대부분의 시간을 보내는 건축물로 외관상 청결한 상태를 유지하기 위하여 유지/보수가 상대적으로 쉬운 마감재를 많이 사용하였기 때문이다. 그러나 슬레이트 같은 건축자재는 외부 부속건물인 자재 및 체육창고 등에 사용하는 것으로 나타났다.

검출된 석면은 751개(97.6%) 텍스에서 백석면(Chrysolite)이 2~8% 검출되었고, 갈석면은 천장 텍스에서 18개 고형시료가 백석면과 함께 검출되었다. 선행 연구에서도 우리나라 석면함유 건축자재는 대부분은 백석면으로 보고하였으며,[12-14] 또한 Shin et al. (2008)의 연구에서도 초등학교 건축물 부재인 천장 텍스와 발라이트 보드에서 백석면이 각각 8~10%, 5~7% 함유된 것으로 보고하였다.[15]

4개 학교를 제외한 96개 학교시설에서 석면이 함유된 건축자재를 사용한 것으로 나타났으며, 96개 학교 시설 모두 50 m² 이상의 석면함유 자재를 사용하고 있는 것으로 나타났다. “석면안전관리법 시행령 제33조”, “시행규칙 28조”에 따라 건축물 석면함유 건축자재 면적의 합이 50 m² 이상인 경우는 건축물 석면안전 관리인을 지정하여 6개월 마다 석면함유 건축자재의 위해성 평가를 실시해야 한다.

3.3 석면함유 건축자재 사용면적

Table 4는 전국 100개 학교의 석면 물질량(면적)을 나타낸 것이다. 평균 석면 물질량은 467,175m²로 조사되었으며, 천장 텍스가 155,908m²(97.6%)로 산정되었으며,

벽면재는 8,865.8m²(1.9%), 가스킷은 382.5m²(0.1%), 슬레이트는 901.3m²(0.2%), 그리고 기타물질은 1,117.1m²(0.2%)로 나타났다.

학교 건축물의 경우 본 연구에서 조사한 결과 천장 텍스의 사용 비율이 높았는데, 이는 마감재로 사용하는 면적이 여타 자재보다 상대적으로 많은 것에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 학교 건축물의 석면함유 건축자재는 천장 텍스(97.6%)로 가장 높은 비율을 차지하고 있으므로 향후 해체/철거 및 유지 관리 시 우선적으로 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.

3.4 석면함유 건축자재 위해성평가

Table 5는 석면이 검출된 96개 학교 769개의 고형시료를 EPA Rule과 ASTM Rule으로 위해도 평가 결과를 나타낸 것이다.

EPA Rule을 이용하여 물리적 평가 결과, 769개 고형시료 모두 비비산성(Non-Friable)으로 나타났다. 본 연구에서는 천장텍스 638개를 중점적으로 조사한 결과, 외부 코팅과 손상된 부위의 보수로 인하여 손으로 쉽게 부서지는 자재는 없는 것으로 나타났다. 1차 육안검사를 통하여 손상정도를 평가한 결과, 96개 학교의 모든 고형시료 손상정도는 양호한 것으로 나타났다. 이러한 사유는 학교 건축물의 특성상 부분적으로 손상된 건축자재(천장 텍스)는 많았으나, 손상된 건축자재의 교환 또는 마감재를 이용하여 보수작업이 완료되었기 때문이다. 학교 건축물 석면의심물질 선행 연구에서는 일부 자재의 손상이 있는 것으로 보고하였으나,[9] 이는 석면의 검출 유/무에 상관없이 단순한 육안조사를 실시한 결과로 과대평가된 경향이 있었으며, 정확한 기준(EPA Rule)을

Table 3. Detection rate and content of asbestos containing materials school facilities

Type	Material	Sampling No.	ACM detection		Asbestos Content (%) & Type
			No.	rate (%)	
Surfacing Material (S)	Spray Coat	2	0	-	-
	Thermal system Insulation (TSI)	3	0	-	-
	Ceiling textile	805	638	79.3	2~8 (Chrysolite/Amosite)
	Floor tile & carpet	64	-	-	-
Miscellaneous Material (M)	Wall cement flat board	112	110	98.2	6~11 (Chrysolite)
	Gasket	5	2	40	16~17 (Chrysolite)
	Slate roof	18	18	100.0	10~13 (Chrysolite)
	Others	2	1	50.0	15 (Chrysolite)
	Total	1,008	769	78.3	-

적용하지 않고 평가하였기 때문에 사료된다. 1개 학교의 석면함유 건축자재가 심한 훼손으로 나타났으나, 이는 개/보수 작업 시 조사를 실시하였기 때문에 평가 결과에 산정하여 적용하기는 다소의 무리가 있는 것으로 사료되어 배제하였다. 잠재적 비산 가능성 평가 결과, 96개 학교 769개 고형시료 모두 “높음”으로 나타났다. 이러한 사유는 연구방법에서 진술하였듯이 EPA 평가방법의 특징으로, 접근성, 진동, 공기 항목 중 1개 항목이라도 높으면 최종 결과가 높게 산출되기 때문이다.

Table 4. Contain extent of asbestos materials at school facilities

Type	Material	Extent (m ²)	Rate (%)
Surfacing Material (S)	Spray Coat	-	-
Thermal system Insulation (TSI) (Chrysolite)		-	-
Miscellaneous Material (M)	Ceiling textile	455,908.6	97.6
	Floor tile & carpet	-	-
	Wall cement flat board	8,865.8	1.9
	Gasket	382.5	0.1
	Slate roof	901.3	0.2
	Others	1,117.1	0.2
Total		467,175.5	100.0

ASTM Rule을 이용하여 평가한 결과, 모든 석면함유 건축자재는 O&M Program이 필요한 것으로 나타났다. 현재 손상상태(Current Condition)를 평가한 결과에서는 모두 양호로 나왔으며, 잠재적 손상평가(Potential for Distribution)에서는 접근성과 활동성이 일부 높게 나왔으나, 그 외 항목인 공기, 부식상태, 물에 의한 영향은 낮은 것으로 평가되었다.

Table 5. Comparison of risk assessment using EPA AHERA rule and ASTM rule

Classification (School)	EPA AHERA Rule								ASTM Rule A-Line	
	Friable Test		Current Condition		Potential exposure				Abatement	Operating & Management
	Friable	Non Friable	Significantly Damaged	Damaged	Good	Pool	Fair	Good		
Kindergarten	-	9	-	-	9	9	-	-	-	9
Elementary	-	206	-	-	206	206	-	-	-	206
Middle	-	193	-	-	193	193	-	-	-	193
High	-	341	-	-	341	341	-	-	-	341
Special Education	-	20	-	-	20	20	-	-	-	20
Total	-	769	-	-	769	769	-	-	-	769

석면함유 건축자재의 위해 등급 평가방법은 대표적으로 EPA Rule, ASTM Rule, 영국의 HES Method가 있으며,[16-18] 우리나라는 “환경부 고시 제2012-81호 석면건축물의 위해성 평가 방법”가 사용되고 있다.[8] 일부 다중이용시설에서 ASTM Rule과 석면안전관리법을 이용하여 평가한 결과, A-Line 적용시 “제거” 단계는 없는 것으로 나타났으며, B-Line 적용시는 70개 고형시료가 “제거”로 나타났다. 또한 석면안전관리법을 이용하여 평가한 결과, 22개 고형시료는 “중간”, 390개 시료는 “낮음”으로 나타났다.[19] 유치원 시설에서 석면안전관리법 위해등급 평가 결과에서는 텍스, 밤라이트 보드는 모두 “낮음” 등급으로 나타났다.[20] 또한 Oh et al.(2014)의 연구에서는 학교의 ACM을 EPA Rule, ASTM Rule, HSE 방법을 이용하여 위해성 평가를 실시한 결과, 대부분의 자재가 “Good” 등급을 받은 것으로 나타났다.[11] 2008년 환경부에서는 ASTM Rule 평가 단계를 4단계로 구분하여 실시한 결과, “매우 높음”은 2개(4.3%) 시설, “높음”과 “보통”은 12개(25.5%) 시설, “낮음”은 21개(44.7%) 시설로 나타났다.[21]

석면 함유 건축자재는 시간이 경과함에 따라 비산성이 증가 한다고 하였으며,[13] EPA에서는 교체, 제거, 손상을 저감 시키는 조치를 권고하고 있다.[16] 또한 건축물 내에 ACM이 있는 경우는 추가적인 손상이 없도록 보존하여야 하며, 만약 손상이 생겼다면 적절한 조치인 제거, 밀폐 등을 권고하고 있다.[22] 적절한 조치를 취하지 않고 석면함유 건축자재의 파손 및 노후화 등으로 인하여 공기중으로 석면섭취가 노출이 되면 건강위험 가능성을 유발할 수 있다고 하였다.[23]

4. 결론

학교 건축물을 6개 지역으로 구분하여 조사한 결과, 석면함유 건축자재 사용율은 93.8~100%로 나타났으나, 지역별 차이는 없는 것으로 조사되었다. 건축 연도와 학교 형태에 따른 석면 검출율을 조사한 결과, 1980년대 이전 학교시설은 100%, 1990년대 이전은 94.1%, 2000년대 이전은 100%, 2000년 이후 학교는 62.5%로 나타났으며, 유치원과 고등학교는 각각 100%, 초등학교는 97.1%, 중학교는 92.9%, 특수학교는 80%로 나타났다.

표면재와 단열재는 모든 고형시료에서 석면이 검출되지 않았으며, 기타물질은 769개 시료에서 함유량이 1% 이상인 석면이 검출되었다. 석면 물질량은 467,175m³로 나타났으며, 천장 텍스가 155,908m³으로 가장 높은 비율인 97.6%로 나타났다.

EPA Rule을 이용하여 물리적 평가 결과, 769개 고형시료 모두 “비비산성”으로 나타났으며, 손상정도를 평가한 결과에서는 96개 학교의 모든 고형시료의 손상정도는 양호한 것으로 나타났다. 또한 잠재적 비산 가능성 평가 결과, 96개 학교의 769개 고형시료 모두가 “높음”으로 나타났다. ASTM Rule 평가 결과, 학교 건축물에 사용한 모든 석면함유 건축자재는 O&M Program이 필요한 것으로 나타났다. 석면함유 건축자재는 시간이 지남에 따라 부식, 노후화, 학생들의 활동에 의한 외부적 충격 등의 영향으로 실내 환경으로 비산될 개연성이 존재한다. 따라서 추가적으로 석면함유 건축자재의 확인 및 유지/보수, 제거, 접근금지 등의 적극적인이고 현실적인 조치가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 조사 대상이 전국 일부 100개 학교의 석면조사를 실시한 결과로 우리나라 모든 학교의 석면함유 건축자재 특성 및 위해등급 수준을 대표하여 설명하지 못하는 제한점이 존재한다. 그러나 학교건축물을 연도별, 형태별, 지역별 특성을 고려하여 조사한 결과이므로, 학교 건축물 석면함유 건축자재의 효율적인 관리방안과 학생들의 건강과 관련된 노출 가능성 기초자료로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] J.K. Choi, D.M. Paek, N.W. Paik, “The Production, the Use, the Number of Workers and Exposure Level of

Asbestos in Korea,” Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, Vol.8, No.2, pp.242-253, 1998.

- [2] J.C. Wagner, C.A. Sleggs, P. Marchand, “Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape province,” British Journal of Industrial Medicine, Vol.17, No.4, pp.260-271, 1960.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.17.4.260>
- [3] R. Doll, “Mortality from lung cancer in asbestos workers 1955,” British Journal of Industrial Medicine, Vol.50, No.6, pp.485-490, 1993.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.50.6.485>
- [4] EPA(Environmental Protection Agency). Asbestos NESHAP adequately wet guidance. 1990.
- [5] ME(Ministry of Environment). Standard methods for indoor air quality, 2004.
- [6] MoHW(Ministry of Health and Welfare). “Asbestos Survey on Child Care Center and Development of Asbestos Management Standard Model,” pp.1, 2012.
- [7] W.M. Park, B.H. Son, “A Survey on Asbestos Exposure Possibility in Indoor and Outdoor Environments of Childcare Centers,” Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, Vol.24, No.2, pp.122-129, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15269/JKSOEH.2014.24.2.122>
- [8] ME(Ministry of Environment). 2011. URL: <http://asbestos.me.go.kr>
- [9] Ministry of Education. 2007. URL: <http://www.moe.go.kr>
- [10] C.H. Jeung, “An investigation of asbestos distribution on bulk samples according to building types in chungbuk area,” Journal of Korean Society for Indoor Environment, Vol.9, No.3, pp.299-313, 2012.
- [11] H.J. Oh et al., “Distribution of asbestos and comparative analysis for rating scales of risk assessment methods in school buildings, Seoul,” Journal of Odor and Indoor Environment, Vol.13, No.2, pp.124-131, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15250/joie.2014.13.2.124>
- [12] D.I. Kim, S.H. Sim, “A Study of asbestos dismantlement & removal companies awareness and attitude towards low observance,” Journal of Korean Society for Indoor Environment, Vol.6, No.3, pp.200-211. 2009.
- [13] J.Y. Kim et al., “A Study on the factors affecting asbestos exposure level from asbestos abatement in building demolition sites,” Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, Vol.19, No.1, pp.8-15, 2009.
- [14] H.C. Choi et al., “A Study on Types and Contents of

- Asbestos in Bulk Samples,” Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, Vol.21 No.4, pp.201-208, 2011.
- [15] Y.C. Shin, B.H. Son, W.H. Hong, “The investigation on the actual conditions of asbestos use in primary school building materials,” Architectural Institute of Korea, Vol.24, No.12, pp.287-294, 2008.
- [16] EPA(Environmental Protection Agency). Part 763-Asbestos; subpart E-Asbestos-Containing Materials in Schools. 1987.
- [17] ASTM(American Society for Testing and materials). E2308-05 Standard guide for limited asbestos screens of buildings, 2007. <http://www.astm.org>
- [18] HSE(Health and Safety Executive). Standard practice for comprehensive building asbestos surveys. pp.1112-1147, 2004.
- [19] M.J. Lee, J.S. Jung, Y.S. Kim, “A study on the status of ACM use and characteristics in some public facilities in Korea,” Journal of Odor and Indoor Environment, Vol.4, No.1, pp.1-8, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15250/joie.2015.14.1.22>
- [20] J.S. Jung et al., “A study of the distribution of asbestos containing materials in some kindergarten facilities, Korea,” Journal of Odor and Indoor Environment, Vol.13, No.2, pp.124-131, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15250/joie.2014.13.3.175>
- [21] NIER(National Institute of Environmental Research), “Survey on asbestos containing material and indoor air preparing management guideline in public building,” NIER Report, 2008.
- [22] R.G. Morse, “Operating and maintenance practices recommended by regulatory agencies,” Applied Occupational and Environmental Hygiene, Vol.9, No.11, pp.793-798, 1994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/1047322X.1994.10388414>
- [23] B.T. Mossman et al., “Asbestos Scientific Developments and Implications for Public Policy,” Science, Vol.247, pp.294-301, 1990.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.2153315>

정 준 식(Joon-Sig Jung)

[정회원]



- 2009년 2월 : 인제대학교 일반대학원 보건안전공학과 (환경 및 산업 보건학 석사)
- 2014년 2월 : 한양대학교 일반대학원 보건학과 (보건학 박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과 Post. Doc Researcher

<관심분야>

환경보건, 산업보건, 실내환경, 인체 노출평가

박 형 규(Hyung-kyu Park)

[정회원]



- 2007년 8월 : 한양대학교 공학대학원 환경공학과 (공학 석사)
- 2004년 1월 ~ 현재 : 국립환경과학원 생활환경연구과 연구원

<관심분야>

소음진동, 환경보건, 환경영향평가

송 혜 숙(Hyea-Suk Song)

[정회원]



- 2005년 2월 : 연세대학교 보건대학원 보건정책 및 관리학과 (보건학 석사)
- 2014년 2월 : 한양대학교 일반대학원 보건학과 (보건학 박사)
- 2013년 9월 ~ 2015년 2월 : 서영대학교 보건행정과 조교수
- 2015년 3월 ~ 현재 : 광주여자대학교 보건행정과 조교수

<관심분야>

건강보험, 아동보육, 생활안전보건

이 원 정(Won-jeong Lee)

[준회원]



- 2012년 2월 ~ 현재 : 한양대학교 일반대학원 보건학과 재학중 (석박 통합과정)
- 2012년 2월~2013년 2월: 한양대학교 환경 및 산업의학연구소 연구원
- 2014년 8월 ~ 현재 : 송호대학교 치위생과 외래교수

<관심분야>

치위생학, 구강보건, 환경보건

김 윤 신(Yoon-shin Kim)

[정회원]



- 1978년 9월 : 일본 동경대학교 보건학 박사
- 1985년 8월 : 미국 텍사스주립대 환경학 박사
- 2000년 3월 ~ 2014년 8월 : 한양대학교 보건학과 주임교수
- 1986년 3월 ~ 2015년 2월 : 한양대학교 의과대학 교수

<관심분야>

환경보건, 실내오염, 고령사회문제

전 형 진(Hyung-Jin Jeon)

[정회원]



- 2005년 8월 : 한양대학교 공학대학원(대기공학 석사)
- 2011년 2월 : 한양대학교 일반대학원 보건학과(보건학 박사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한국환경정책·평가연구원 초빙연구원

<관심분야>

실내환경, 환경보건, 건강영향평가