

환경성 석면노출의 건강영향

강동묵[†]

양산부산대학교 산업의학과, 부산대학교 석면중피종연구센터
(2009. 3. 10. 접수/2009. 3. 23. 수정/2009. 4. 10. 채택)

Health Effects of Environmental Asbestos Exposure

Dongmug Kang[†]

Pusan National University Yangsan Hospital, Department of Occupational & Environmental Medicine
Pusan National University, Research Center for Asbestos Related Diseases
(Received March 10, 2009/Revised March 23, 2009/Accepted April 10, 2009)

ABSTRACT

In Korea, asbestos related diseases (ARDs) associated with occupational and environmental asbestos exposures have been reported, and commercial products contaminated with asbestos have gathered huge public attentions recently. Review of previous studies was conducted. Whereas asbestos consumptions among developed countries have decreased, those of Asian countries have increased, which showed typical international transfer of hazardous industries. In Korea residents around former asbestos mines had ARDs, which were reported in many countries such as South Africa, Canada and Australia. ARDs among residents around asbestos factories were found in many countries such as United Kingdom, United States and Italia, and increased relative risks were reported among residents around asbestos textile factories in Korea. Increased air asbestos concentrations by environmental asbestos leakages from factories were correlated with higher malignant mesothelioma incidence rates. When air dispersion model applied, excess incidence rate as far as 2.5 km from a factory were observed. As mesothelioma incidence rate, a representative index of ARD, in Korea has not reported systemically, mandatory reporting system by health personnel who diagnose the disease needs to be introduced. It is hard to conclude that commercials with contaminated asbestos do not have adverse health effects, and further studies are needed to solve these public questions.

Keywords: asbestos, environmental exposure, health effect, mine, factory

1. 서 론

석면은 불연성, 내마모성, 내산성, 내알칼리성, 절연성이 뛰어난 뿐만 아니라 값이 싸기 때문에 슬레이트, 천정재, 벽면재, 보온단열재 등 건축용 자재의 원료와 브레이크라이닝, 클러치페이싱 등 자동차 부품에도 쓰이며, 석면방직제품은 실이나 테이프 또는 직포의 형태로 기관이나 배관의 보온단열재로 주로 사용되었다.¹⁾ 석면 소비에 대한 세계적인 추세는 1940년대부터 소비량이 급격히 증가하여, 1980년대 세계적인 소비량이 최고에

달했다.²⁾ 우리나라에서도 1984년까지 석면광산에서 석면을 채굴한 바 있고, 2009년 석면과 석면함유제품의 사용·제조·유통·수입이 전면금지되기 전까지 약 200만톤의 석면관련물질이 수입되어 사용된 바 있다.^{3,4)}

석면은 유용성이 매우 큰 물질이지만, 서구에서는 이미 오래전에 석면폐와 폐암, 중피종 등의 건강유해성이 보고된 바 있고,^{5,6)} 우리나라에서도 1993년에 석면방직 공장 근무자에게서 악성 중피종이 산업재해로 인정받은 후,⁷⁾ 건설업이나 조선업 근로자 등에서 석면관련 질병이 계속해서 보고되고 있다.^{8,9)}

우리나라에서는 최근 직업성 노출 뿐 만 아니라 환경성 노출에 의한 피해가 발생하고 있고, 활석에 불순물로 섞인 석면이 일반인들이 사용하는 여러 제품에 사용된 것이 밝혀져 사회적으로 큰 문제를 일으킨 바 있다. 우리나라에서도 과거 상당량의 석면을 사용한 바 있어, 잠복기를 고려할 때 직업성·환경성 노출에 의

[†]Corresponding author : Pusan National University Yangsan Hospital, Department of Occupational & Environmental Medicine
Pusan National University, Research Center for Asbestos Related Diseases
Tel: 82-55-360-1281, Fax: 82-55-360-1284
E-mail : kangdm@pusan.ac.kr

한 건강영향이 지속적으로 증가할 것으로 예상되는 상황에서 석면과 관련한 제반 연구를 살펴보는 것은 의미가 있다. 직업성 석면노출에 대해서는 이미 국내·외에서 많은 연구가 이뤄져 있으나, 국내에서 환경성 석면노출과 관련한 연구는 흔하지 않은 실정이다. 환경성 석면노출과 관련하여 매우 많은 노출경로가 존재하나, 국내·외에서 주로 문제가 된 것은 석면광산과 석면취급사업장 주위의 노출이었다. 따라서 본 논문에서는 석면광산과 석면취급사업장으로부터의 환경성 석면노출에 따른 건강피해를 중심으로 국내·외 연구를 살펴보고 쟁점이 되고 있는 화장품, 의약품 등의 석면 문제에 대해 고찰하여, 현재와 미래의 우리나라 환경성 석면문제를 파악하고 대처하는 데 도움을 주고자 한다.

II. 본 론

1. 석면의 생산과 사용

석면은 약 4,500년 전부터 사용되었지만, 현대 석면 산업은 이탈리아에서 직물과 실의 제조를 위해 방직산업이 세워진 1,800년대 초부터 시작되었다. 그 이후 각국에서 석면 제품에 대한 수출·입이 활발히 이루어졌으나, 세계 1차 대전과 대공황이 있었던 1930년대에는 그 수요가 줄어들었다. 하지만 두 사건이 끝난 직후 석면제품에 대한 수요가 급격히 늘어났다. 1920년부터 2003년까지 석면소비량을 보면, 미국의 경우 1950년, 세계적으로 가장 많은 소비량을 나타낸 것은 1980년이었고, 우리나라는 1995년에 석면의 소비량이 가장 많은 것으로 나타났다. 주요 선진국들에서는 1985년을 전후하여 석면의 소비량은 급격하게 감소하게 된다.²⁾

우리나라에서도 석면을 원석에서 채굴하여 가공하는 석면광산이 존재하였다. 우리나라의 석면생산은 1930년 중반부터 시작하여 1944년에 4,815톤을 생산하였고, 해방당시 전국의 석면광산은 총 28개로 남한에는 충남 홍성과 충북 제천, 충주 등에서 16개의 광산이 있었으며, 1984년 폐광될 때까지 총 생산량이 145,000톤으로 대부분 백석면이었다.³⁾ 그러나 우리나라의 광물을 직접 채취하는 장소인 광산과 달리 지질학적 특성을 표현해주는 광상의 특성을 고려하면, 석면광산으로부터 생산된 석면 뿐 아니라, 지질에 섞여 있는 각섬석계 석면이 다른 광물을 채취하면서 토사에 노출되어 지속적으로 문제를 일으킬 수 있음을 주의하여야 한다. 우리나라에서 생산되는 사문석, 활석, 토면, 석유평, 질석과 비석에는 백석면, 토면, 청석면 등이 섞여 있는 것으로 보고된 바 있다.¹⁰⁾

우리나라의 석면원재료수입은 1995년 8만 8천 톤까

지 약 20년간 꾸준히 증가 하였으나 석면으로 인한 피해사태가 늘면서 노동부에서 석면의 유해성을 이유로 1997년부터 청석면과 갈석면의 수입사용을 금지한 이후 지속적으로 감소하여 2005년 약 6천 5백 톤을 수입하였다. 공식적으로 집계된 석면 원재료 수입총량은 1,698,188톤이며, 석면유통업자의 증언을 토대로 누락된 1970년대초의 석면수입량을 고려하면 약 200~220만 톤 정도로 추정된다. 석면합유제품수입은 1991년 약 8천 톤을 수입하고 2005년 약 4만 7천 톤을 수입하여 최근까지 증가하였으나 2009년부터 모든 석면과 관련된 사용·제조·유통·수입을 전면금지한 상태이다.⁴⁾

세계적으로 석면의 사용추세는 선진국과 일부 아시아 지역에서는 석면관련제품 생산 및 사용에 대한 전면적인 사용금지를 하는 등 사용이 급격하게 줄어들고 있는 반면, 아시아와 개발도상국에서는 석면의 사용이 늘어나는 양상을 보여주고 있다. 2003년의 아시아 지역 18개국의 석면 소비 추정량은 965,642톤으로 전세계 소비 추정량인 2,108,942톤의 45.8%로 거의 절반을 차지한다.¹¹⁾ 일부 아시아 국가들의 경우를 살펴보면, 중국은 2004년 약 400,000톤, 2005년 약 330,000톤, 2006년 약 350,000톤, 2007년 약 400,000톤이고, 이란은 2004년 수입량이 68,000톤, 2005년은 39,000톤, 2006년에는 55,000톤으로 전세계 석면소비량의 상당부분을 차지하면서 감소경향을 보이지 않고 있다.^{12,13)} 따라서 전 세계적으로 석면의 유해성이 알려져 있다고 하더라도 세계적인 수준에서 석면의 생산·사용·유통이 줄어드는 것이 아니라, 선진국의 산업이 후진국으로 이전하는 전형적인 공해산업의 국가 간 이동의 양상을 보여주고 있다. 이러한 양상을 석면방직업을 사례로 하여 살펴보면, 1971년 일본 '니치아스(주)'에서 한국의 '제일화학(주)'과 합작하여 '제일아스베스토스'라는 석면방직공장을 설립하고 '니치아스'의 자회사인 '다츠타공업'에서 사용하던 석면방직 기계를 수출하였다. 또한, 1984년 독일 석면기업인 '렉스'사는 '제일화학'과 합작회사 '제일렉스'를 세워 석면기술과 자본을 투자하였다. 이렇게 한국에 수입된 석면방직산업은 1990년에 제일화학이 인도네시아 시비농시에 '피티 제일 파자르'라는 인도네시아 현지회사와 합작하여 석면방직기계를 포함한 방직공장을 수출하였다.¹⁴⁾ 따라서 석면에 관련된 문제는 한 국가만의 문제가 아니라 아시아 더 나아가 세계적인 문제로 나타나고 있다. 석면노출이 상당한 기간의 잠복기를 가지고 건강의 문제를 일으킨다고 할 때 앞으로 석면피해자는 아시아를 중심으로 발생할 것이며, 세계적인 석면건강문제를 해결하기 위해서는 아시아가 주도적으로 노력해야 할 것이다.¹⁵⁾

활석은 도료, 종이, 내화·보온재, 화장품, 의약품 등을 만들 때 사용되며, 94% 정도는 공업용으로 사용되며 6% 정도가 화장품 등 소비자가 직접 사용하는 상품으로 사용되는데, 소비자가 직접사용하는 활석 중 약 71%가 어린이 등이 사용하는 연성파우더, 18%가 화장품으로 사용하는 경성파우더, 의약품에 5%, 껌이나 식품첨가제로 3%, 발한제로 3% 정도가 사용된다고 한다.¹⁶⁾ 문제는 활석에 불순물로 석면이 섞여 있는 경우가 많다는 것과, 활석 중 일부가 석면이 아니라도 결정구조가 석면과 유사한 석면형(asbestiform)의 형태로 존재할 경우 건강장해를 일으킨다는 점이다. 선행연구에서 우리나라에 중국 등으로부터 수입되는 활석, 석유피, 규회석에도 석면이 섞여 있는 것이 1998년에 이미 보고된 바 있어,¹⁰⁾ 최근에 문제가 되는 활석에 함유되어있던 석면문제가 예견되었다고도 볼 수 있다. 화장품과 의약품의 경우는 식약청에 의해 조사된 바 있으나, 기타 껌이나 종이 등 다른 용도로 사용된 경우에 대한 지속적인 조사가 필요할 것이다.

2. 환경성 석면의 노출수준

가족 구성원이 석면과 관련한 직업을 가질 경우, 직장에서 입던 작업복을 그대로 집으로 입고 오는 가족에 의해 다른 가족들도 석면에 노출될 수 있다. 1940년에 이미 독일에서는 “석면 가공 공장의 분진으로 인한 건강 장애 예방을 위한 가이드라인”에서 작업복과 평상복을 분리할 것을 지적하고 있다.¹⁷⁾ 근로자의 가정오염과 관련된 NIOSH 보고서에 따르면 석면에 노출된 근로자의 가족들은 석면관련 질환의 위험도가 높다고 한다.¹⁸⁾ 가족들의 석면노출의 수준이 얼마나 높은지 잘 알려져 있지 않으나, 남아프리카의 경우 광부의 집에서의 석면의 농도는 2~11 f/L¹⁹⁾로 보고된 바 있다.

광산주변 거주민에 대한 환경성 노출과 관련된 외국의 사례를 살펴보면, 이탈리아와 프랑스의 백석면 광산 주변의 농도는 각각 2.5 f/L, 1~17 f/L로 나타났으며, 캐나다의 광산지역의 경우 1974년에는 46 f/L, 1984년에는 10 f/L로 나타났다.²⁰⁻²²⁾ 이 보고들 중 세계최대의 백석면 광산인 캐나다 퀘벡주 Thetford 광산지역을 보면, 1891~1980년 사이에 석면분진의 비산농도가 점차 낮아지는 것이 관찰되었다. 광산인근의 3개 마을의 석면농도를 추정하였는데, 마을은 광산에서 10 km 이내였고 주민 중 80%가 4 km 이내에 거주하였다. 추정된 석면의 농도는 1905년부터 1954년까지 최고였으며, 이 당시의 연평균은 매우 높아 1 f/cc 전후로 보고되었다.²²⁾

공장주변 석면농도에 대한 연구를 보면, 미국의 경우 석면 시멘트 공장 주변의 석면의 농도는 0.6~2.2 f/L,

캐나다의 경우 7.8 f/L로 나타났다.^{22,23)} 독일의 석면 시멘트 공장 주변에서 길이 5 μm를 초과하고 직경 0.2~3 μm인 석면에 대해 풍향과 거리에 따른 오염수준을 살펴보면, 바람부는 방향으로 300 m, 700 m, 1,000 m 지점에서의 농도는 각각 2.0 f/L, 0.8 f/L, 0.6 f/L로 나타났다.^{24,25)}

기타 환경성 노출로는 건축자재에 포함되어 있는 석면이 공기 중으로 빠져나와 노출이 되는 것으로 주로 많은 영향을 줄 수 있는 곳은 학교와 사무실이다. 미국과 영국에서의 학교석면농도는 각각 1~40 f/L, 0.5 f/L로 나타났다.²⁶⁾ 사무실과 공장건물의 경우 오스트리아에서는 22 f/L를 초과하는 것으로 나타났으며, 건물의 경우 캐나다에서는 0.42 f/L의 농도를 나타내었다.^{27,28)}

3. 환경성 석면노출과 건강문제

석면노출과 관련된 건강영향이 입증된 질환들을 시간순으로 살펴보면, 1930년대에 석면폐증, 1950년대에 석면에 의한 폐암, 1960년대에는 악성 중피종 등이 석면에 의하여 발생한다는 것이 밝혀졌다.²⁹⁾ 특히, 흉막과 복막의 악성 중피종은 석면에 의해서 발생하는 “signal tumor”로 알려져 있다.³⁰⁾ 직업과 관련된 외국의 피해를 살펴보면, 영국의 경우 석면관련질환인 석면폐증(1906년), 폐암(1935년), 중피종(1935년)의 최초 보고가 이루어졌고, 미국의 경우 석면폐증(1918년), 폐암(1935년), 중피종(1960년)의 최초 보고가 이루어졌다. 일본의 경우 석면폐증(1929년), 폐암(1960년), 중피종(1973년)의 최초 보고가 이루어졌다.³¹⁾ 따라서 세계적으로 이미 오래전에 석면이 건강에 문제를 일으킴이 널리 알려져 있었다. 세계보건기구에 따르면 2004년 현재 세계적으로 약 1억 2천 5백만명이 석면에 노출되고 있으며, 매년 적어도 90,000명이 직업적 노출로 인한 폐암, 중피종 및 석면폐증으로 사망하며, 추가로 적어도 수천명이 그 외 다른 종류의 암과 비직업적 노출로 사망한다고 한다.³²⁾

국내의 석면과 관련된 직업병 사례를 살펴보면, 우리나라에서 1993년 공식적으로 처음 산업계제로 인정받은 석면관련 악성질환은 석면 방직공장에서 18년간 근무하던 55세의 비흡연자인 여성에게 발생한 악성 중피종이었으며, 그 후 같은 석면방직공장에서 중피종 5건, 석면폐증 7건이 발생했다. 또한, 1993년부터 2007년 6월까지 60명이 석면에 의한 직업성 암으로 업무상질병으로 승인받았는데 그 중 중피종이 19명, 폐암이 41명이었다. 진단일 기준으로 1993년부터 1999년까지 10명(중피종 5명, 폐암 5명), 2000년부터 2006년까지 40명, 2007년도 21명, 2008년 21명으로 2000년 이후 크게

증가하고 있다.^{33,34)} 하지만, 업무상질병 인정건수나 중피종 감시체계 또는 건강보험자료 등에서 발견된 중피종 환자수가 우리나라 전체 중피종 발생을 대표하지 못하고 있다는 한계점이 있다. 악성 중피종의 발생률은 석면에 의한 건강문제를 대표하는 지표로서 세계 여러 나라에서 사용되며, 국가 간의 비교에도 활용된다. 따라서 악성 중피종의 발생을 제대로 파악하기 위해서는, 법정전염병과 같이 악성 중피종을 진단한 의료기관이 의무적으로 국가에 보고하게 하는 중피종 감시체계의 구축이 필요하다.

환경성 석면노출에 의한 건강문제 중 대표적인 사례를 소개하면 다음과 같다. 먼저 석면취급 근로자의 가족에서 생긴 건강문제를 보면, Newhouse와 Thompson은 1965년에 영국 런던에서 76건의 악성 중피종 중 36건(47%)이 석면을 취급하는 근로자의 가족들에서 발생한다고 보고하였고, 이탈리아의 석면시멘트 공장 근로자의 배우자에서 표준화사망비가 폐암은 200%(95% CI 96-369)이고, 악성 중피종으로 추정되는 늑막암은 792%이었다.^{35,36)} 석면광산 인근 주민들에게 발생한 건강문제의 전형적인 연구는 Wagner 등이 실시한 남아프리카공화국의 청석면광산 주변에 대한 연구인데, 1956~1959년에 발생한 67건의 악성 중피종 중 29건이 청석면에 대한 비직업적 환경적 노출에 의한 것으로 보고하였다.³⁷⁾ 광산주변 주민피해의 다른 예는 청석면광산이 있는 호주 서부의 Wittenoon에서 비직업성, 비가족성이면서 환경성 노출에 의한 악성 중피종 발생에 대한 보고이다.³⁸⁾ 석면공장주변 주민에게 문제가 된 경우는 미국 New Jersey주 Somerset 지역의 Manville시에 1912~1980년까지 가동되었던 북아메리카에서 가장 큰 석면 시멘트제조공장인 Johns-Manville 시멘트 공장의 사례가 있다. 1979~1990년 사이에 New Jersey주에서 중피종이 1,358명이 발생하였으며, 이 중 Somerset county에 143명의 중피종환자가 있고 그 중 55명이 공장과의 거리가 3 km 이내에 있는 Manville에 거주한 것으로 나타났다.³⁹⁾ 석면공장으로부터 악성 중피종의 집단적 발병이 발견되는 경우는 앞서의 Johns-Manville 외에도 매우 많은 연구가 있었다. 대표적인 경우를 소개하면 일찍이 1965년에 Newhouse와 Thomson이 런던의 석면공장 주변 0.5 마일 내에 놀랄만한 악성 중피종의 집락이 있음을 보고한 바 있고, 이탈리아 석면 시멘트 공장 반경 10 km까지 발생률이 증가함을, 일본의 Kubota 석면 시멘트 회사 주위로 주풍방향에 따라 2.5 km까지 발생률이 증가함이 보고되었다.^{35,40,41)} 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer: IARC)에 따르면 가족에 의한 노출로 인해 발

생하는 늑막 악성 중피종의 비교 위험도는 4.0-23.7 정도로 요약한 위험도는 8.1(95% CI: 3.5-38.2)이며, 주거지 노출로 인한 위험도는 5.1-9.3이며 요약한 위험도는 7.0(95% CI: 4.7-11)이었다.⁴²⁾ 이 연구들은 광산 또는 공장으로 부터의 환경성 석면노출양상이 다른데, 제품을 도로에 포장하거나 정원 등에 가져다가 사용하여 생기는 경우도 있고 공기 중의 배출로 인한 노출도 있어 해석에 주의를 요하지만, 일본에서 공기확산모델을 수행한 예를 볼 때 배출된 공기 중의 석면에 의한 노출로 인한 경우에도 2.5 km 정도에는 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.⁴¹⁾

환경성 석면문제와 관련하여 우리나라에서는 석면방직공장 주변 주민, 석면광산 주변 주민, 재개발과 재건축 주변의 주민과 지하철 역사 내 석면노출 등이 주요하게 문제로 부각되고 있다. 석면방직공장은 석면관련 직업병과 환경성 노출로 인한 인근 거주민의 악성 중피종이 세계 최초로 보고된 곳이며, 산업 중 석면분진이 가장 많이 발생하며 건강위험도가 큰 산업이다.^{35,43)} 국내에 존재한 것으로 확인되는 총 14개의 석면방직공장 중 9개의 공장이 부산시내에 있었는데, 부산지역에 거주한 경험이 있는 악성 중피종 환자에 대해 10년간의 자료를 대상으로 직업적으로 석면에 노출된 경우를 제외하고 분석한 결과, 비교적 규모가 큰 세 곳의 석면방직공장 인근에 거주한 경험이 있는 경우 비례위험비가 6.5(95% CI: 3.0~14.2)이었고, 그 중 우리나라에서 가장 큰 규모의 한 공장 인근만을 분석하였을 경우에는 비례위험비가 10.3(95% CI: 4.5~23.2)으로 높은 비례 위험비를 보였다.⁴⁴⁾ 이 지역의 경우 과거 공장 위치로부터 반경 500 m 이내 현 거주자들에 대해, 청석면이 사용되었던 1971-1978년 동안 거주하였던 경험이 있는 거주민을 대상으로 조사가 진행되고 있다. 우리나라의 석면광산과 관련한 조사로는, 충남지역의 석면폐광산 주위 거주자 215명에 대해 흉부 X-선 촬영을 하였을 때, 110명(51.2%)이 석면관련 질환이 의심되었고, 이들을 대상으로 흉부 CT를 촬영하였을 때 촬영자 33명 중 25명(75.8%)에서 석면폐증이 의심되었고, 30명(90.9%)이 흉막반 등 흉막이상을 보였다. 이 중 석면폐증의 유병률은 광산에서 일한 경험이 있는 경우 78.3%, 직업력이 없는 경우는 30.4%를 보였고, 흉막이상 유병률은 광산종사력이 있는 경우 95.7%, 직업력이 없는 경우 80.8%가 있음이 보고된 바 있다.⁴⁵⁾ 이들 조사를 볼 때 우리나라에서도 환경적 노출에 의한 석면관련 질환이 이미 발생하였음을 추정할 수 있으며, 앞서의 연구들이 자발적 참여자를 대상으로 한 연구방법상의 한계를 가지고 있다는 점에서 보다 잘 설계된 연

구가 필요하며, 충청도 석면광산 인근 거주자 약 10,000명을 대상으로 현재 역학조사가 실시되고 있다.

화장품과 의약품 등 일반인이 사용하는 상업용 제품 속에 함유된 석면에 대한 연구는 흔하지 않다. 우리나라에서 최근 쟁점이 되는 경우는 활석에 불순물로 포함된 석면 또는 석면형 활석의 건강영향 가능성에 대한 것이다. 약품에 첨가되는 활석은 코팅 또는 형태를 유지하기 위한 부형제로 사용되는데, 석면이 함유된 활석을 사용한 약품을 경구로 섭취했을 때 나타나는 건강영향에 대한 연구는 거의 없다. 의료용으로 활석을 사용하는 다른 경우는 내시경을 원활하게 하거나 장기의 유착을 떼어내기 위한 목적으로 사용되는데, 복강경 또는 흉강경을 통해 활석을 사용한 경우 난소암 또는 폐암을 증가시킨다는 의견이 있었으나 석면이 함유되지 않은 활석의 사용이 난소암 또는 폐암을 증가시키지는 않는 것으로 판단된다.^{46,47)} 다만 의료용으로 사용되는 활석에 석면이 불순물로 섞여있거나 석면형으로 존재할 경우에는 석면과 유사한 건강상의 문제를 일으킬 가능성을 배제할 수 없으며, 의약품 또는 화장품 등 일반인이 흔히 사용하는 상품에는 석면이 함유되지 않도록 조치하는 것이 옳을 것이다. 이 경우에도 석면과 석면형 활석의 독성이 차이가 있으므로, 보다 정교한 분석을 통해 두 물질을 구분하여야 할 것이다.⁴⁸⁾ 다음으로 화장품의 활석 내에 함유된 석면이 피부흡수가 될 수 있는가에 대한 쟁점이 있다. 석면이 길이가 길다고 하더라도 직경은 0.05 μm 정도이어서 나노입자의 성격을 가지고 있어 피부흡수가 원활할 것으로 예상할 수 있으나, 은나노입자를 의료용으로 사용한 경우나 ZnO 나노입자의 인체와 동물의 피부흡수를 본 결과, 이들 나노입자들이 피부의 표층까지는 침투하나 심층을 통과하지 않는 것으로 나타나 현재까지 연구 결과 나노입자의 피부흡수 가능성은 높지 않다고 생각된다.^{49,50)} 그러나 아직까지 나노물질이 상처난 피부나 특정피부 부위에 대해 투과성이 높은지에 대한 연구가 부족하고, 기존의 나노물질의 피부침투에 대한 연구가 석면에 대한 직접적인 연구가 아니어서, 석면이 피부로 흡수가 되지 않는다고 결론내리기에는 성급한 면이 있다. 이렇듯 일반인이 사용하는 상품 속에 불순물로 함유된 석면이 건강문제를 일으키는 가에 대해서는 단정적으로 결론을 내리기 힘들다, 종이를 만드는 공장의 여성근로자에게서 난소암 증가에 대한 가능성이나 직업적으로 활석이 섞인 연필을 사용하여 원호절단(arc cutter)작업을 한 근로자에게서 발생한 악성 중피종 등을 볼 때,⁵¹⁾ 상업용제품속의 소량의 석면이 안전하다고 결론을 내릴 수는 없으며 향후 더 많은 연구가 필요하다.

IV. 결 론

이 논문에서 현재까지의 국내·외의 연구와 조사를 고찰하여 제시하고자 하였으나, 고찰이 체계적인 방법에 따라 제반 연구와 책자를 섭렵하지 못하여 이 논문에서 다루고자 하였던 범위 내의 중요한 모든 연구와 조사를 다루지 못한 한계가 있고, 환경성 석면노출과 관련된 중요한 주제를 놓쳤을 가능성이 있다. 그러나 이 논문에서 다루고자 하였던 주제에 대해 기존의 연구 중 중요한 결과와 논점들을 밝히고 요약하는 점에서 의미가 있으며, 우리나라의 연구자들이 향후 환경성 석면문제에 대해 연구하는데 기초로 삼을 수 있을 것이다. 고찰을 통해 드러난 주요한 사실들은 다음과 같다.

우리나라에서는 최근 직업성 노출뿐만 아니라 환경성 노출에 의한 피해가 발생하고 있고, 일반인들이 사용하는 여러 제품에 불순물로 포함된 석면이 사회적으로 큰 문제를 일으킨 바 있다. 우리나라 석면문제의 해결을 위해 환경성 석면노출에 따른 건강피해를 중심으로 국내외의 연구들을 고찰한 결과는 다음과 같다.

석면의 유해성이 잘 알려져 있음에도 불구하고 세계적인 수준에서 석면의 생산·사용·유통이 줄어드는 것이 아니라, 선진국의 석면사용량이 급격히 줄어든 반면 아시아의 석면사용량은 급격히 늘었고 전형적인 공해산업의 국가 간 이동의 양상을 보여주고 있다.

석면광산 인근 주민의 피해는 남아프리카, 케냐, 호주 등 세계 여러 곳에서 확인되며, 우리나라에서도 광산에 직업적으로 근무한 경력이 없는 경우에도 석면관련 질환이 확인되었다. 석면공장 인근 주민의 피해는 영국, 이탈리아, 미국 등의 석면방직공장과 석면 시멘트 공장 등에서 발생하였고, 우리나라에서도 석면방직 공장 인근 주민들에서 악성 중피종의 비례위험도가 증가함이 확인되었다. 외국의 여러 연구에서 석면공장으로부터 외부환경으로 석면이 배출되어 주변 환경으로 퍼져나감을 확인하였으며, 공기확산모델을 적용할 경우 석면농도의 증가와 중피종 발생 위험도의 증가가 일치함이 관찰되며 주풍에 따라 2.5 km까지 석면중피종 환자의 발병율이 증가함이 확인된다.

석면에 의한 건강문제를 대표하는 지표로서 국가 간의 비교에 활용되는 악성 중피종 발생률은 우리나라의 경우 자료가 부정확함하여, 이의 개선을 위해 진단한 의료기관이 의무적으로 국가에 보고하는 중피종 감시 체계의 구축이 필요하다.

일반인이 사용하는 상품 속에 불순물로 함유된 석면의 건강문제발생 가능성에 대해 안전하다고 결론을

내리기에는 무리가 있으며 향후 더 많은 연구가 필요하다.

참고문헌

- Park, J. I., Yoon, C. S. and Paik, N. W. : A study on exposure among asbestos textile workers and estimation of their historical exposures. *Korean Industrial Hygiene Association Journal*, **5**(1), 16-39, 1995.
- Virta, R. L. : Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003. U.S. Department of the interior, U.S. Geological survey, Circular 1298, 2006.
- Choi, J. K., Paek, D. M. and Paik, N. W. : The production, the use, the number of workers and exposure level of asbestos in Korea. *Korean Industrial Hygiene Association Journal*, **8**(2), 242-253, 1998.
- Ki, Y. H., Kim, J. M., Roh, Y. M., Chung, L., Kim, Y. S. and Sim, S. H. : A survey for some asbestos containing products in Korea. *Korean Journal of Environmental Health*, **8**(2), 242-253, 1998.
- Doll, R. : Mortality from lung cancer in asbestos workers. *Occupational and Environment Medicine*, **12**, 81-86, 1995.
- Wangner, J. C., Sleggs, C. A. and Marchand, P. : Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western cape province. *Occupational and Environment Medicine*, **17**, 260-271, 1960.
- Park, M. I., Choi, J. S., Choi, H. M., Jang, T. I., Moon, I. H., Kim, J. H., Jang, T. W., Lee, D. H., Jung, M. H. and Kang, S. K. : A case of diffuse malignant pleural mesothelioma with occupational asbestos exposure. *Korean Internal Medicine Association Journal*, **48**(4), 526-530, 1995.
- Kang, D. M., Kim, J. W., Son, B. C., Kim, J. I., Woo, J. C. and Lee, J. T. : A case of malignant pleural mesothelioma combined with asbestosis in a boilermaker and plumber. *The Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **10**(4), 610-617, 1998.
- Ye, B. J., Kim, J. I., Lee, H. J., Kim, K. N., Lee, K. N., Jung, K. Y., Kim, J. Y. and Yun, S. H. : The prevalence of asbestos exposure-induced pleural thickening on chest radiograph in repairing shipyard workers. *The Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, **20**(1), 9-14, 2008.
- Paek, D. M., Choi, J. K., Paik, N. W., Hisanaga, N. and Sakai, K. : A study on several minerals contaminated with asbestiform fibers in Korea. *Korean Industrial Hygiene Association Journal*, **8**(2), 254-263, 1998.
- Furuya, S. : Time bomb in Asia - Asbestos. International Symposium on removal and transfer of asbestos in asia. Ban Asbestos Network Korea, Seoul, 519-523, 2008.
- Wang, X. : Country report (China). International Symposium on removal and transfer of asbestos in asia. Ban Asbestos Network Korea, Seoul, 476-482, 2008.
- Mehrdad, R. : Country report (Iran). International Symposium on removal and transfer of asbestos in asia. Ban Asbestos Network Korea, Seoul, 445-460, 2008.
- Choi, Y. : Export for asbestos industry - Asian case report. International Symposium on removal and transfer of asbestos in asia. Ban Asbestos Network Korea, Seoul, 541-551, 2008.
- Takahashi, K. : Asbestos-related diseases: time for technology sharing. *Occupational Medicine*, **58**, 384-385, 2008.
- Zazenski, R., Ashton, W. H., Briggs, D., Chudkowsk, M., Kelse, J. W., MacEachern, L., McCarthy, E. F., Nordhauser, M. A., Roddy, M. T., Teetsel, N. M., Wells, A. B. and Gettings, S. D. Talc: Occurrence, characterization, and consumer applications. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **21**, 218-229, 1995.
- Guidelines for the prevention of health hazards from dust in asbestos manufacturing plants, 1940.
- NIOSH : report to congress on workers' home contamination study conducted under the workers' family protection act (29 U.S.C. 671a). National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, Ohio, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Center for Disease Control and Prevention, 1995.
- WHO : International Program for Chemical Safety. Asbestos and other natural mineral fibres, (Environmental Health Criteria No. 53), Geneva, 1996.
- Chiappino, G., Sebastien, P. and Todaro, A. : L'inquinamento atmosferico da amianto nell'ambiente urbano. *Medicina del Lavoro*, **82**, 424-438, 1991.
- INSERM : Institut National de la Santé et la Recherche Médicale. Effets sur la Santé des principaux Types d'Exposition à l'Amiante. Paris, 1997.
- Camus, M., Siemiatycki, J. and Meek, B. : Nonoccupational exposure to chrysotile asbestos and the risk of lung cancer. *New England Journal of Medicine*, **338**, 1565-1571, 1998.
- Bignon, J., Peto, J. and Saracci, R. : Non-occupational exposure to mineral fibers. *International Agency for Research on Cancer*, 3-29, 1989.
- Marfels, H., Spurny, K., Boose, C., Schoermann, J., Opiela, H., Althaus, W. and Weiss, G. : Measurements of fibrous dusts in ambient air of the Federal Republic of Germany. I. Measurements in the vicinity of an industrial source. *Staub-Reinhalt.Luft*, **44**, 259-263, 1984.
- Marfels, H., Spurny, K., Boose, C., Schoermann, J., Opiela, H., Althaus, W. and Weiss, G. : Measurements of fibrous dusts in ambient air of Federal Republic of Germany. II. Measurements on a busy crossing of a large town. *Staub-Reinhalt.Luft*, **44**, 410-414, 1984.
- Burdett, G. J. and Jaffrey, S. A. : Airborne asbestos

- concentrations in buildings. *Annals Occupational Hygiene*, **30**, 185-199, 1986.
27. Aintree-Williams, S. and Preston, J. S. : Asbestos and other fiber levels in buildings. *Annals Occupational Hygiene*, **29**, 357-363, 1985.
 28. Pinchin, D. J. : Asbestos in buildings (Study No8). Ontario Ministry of Government Services, 1982.
 29. Becklake, M. R. : Asbestos related disease of the lung and other organs : Their epidemiology and implications for clinical practice. The American review of respiratory disease, 114-187, 1976.
 30. Rugo, H. S. and Fischman, M. L. : Occupational cancer. In Ladou J. Occupational and environmental medicine. Stamford, Connecticut. Appleton and Lange, 254-257, 1997.
 31. Furuya, S. : Country report (Japan). International Symposium on removal and transfer of asbestos in asia. Ban Asbestos Network Korea, Seoul, 487-506, 2008.
 32. WHO. Elimination of asbestos-related disease WHO/SDE/OEH/06.3 available at http://hwqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_OEM_06.0_eng.pdf
 33. Ahn, Y. : Future asbestos related occupational diseases incidence by investigation of pleural thickening among asbestos workers. Korea Occupational Safety and Health Agency, 2006.
 34. 2008 Statistics of Occupational Injury and Illness, available at http://oshri.kosha.or.kr/information/info_total/info_total
 35. Newhouse, M. L. and Thompson, H. : Mesothelioma of pleura and peritoneum following exposure to asbestos in the London are. *British Journal Industrial Medicine*, **22**, 261, 1965.
 36. Magnani, C., Terracini, B. and Ivaldi, C. : A cohort study on mortality among wives of workers in the asbestos cement industry in Casale Monferrato, Italy. *British Journal of Industrial Medicine*, **50**, 779-784, 1993.
 37. Wagner, J. C. : The discovery of the association between blue asbestos and mesothelioma and the aftermath. *British Journal Industrial Medicine*, **48**, 399-403, 1991.
 38. Hansen, J., de Klerk, N. H., Musk, A. W. and Hobbs, M. S. T. : Environmental exposure to crocidolite and mesothelioma. *American Journal Respiratory Critical Care Medicine*, **157**, 69-75, 1998.
 39. Berry, M. : Mesothelioma incidence and community asbestos exposure. *Environmental Research*, **76**, 34-40, 1997.
 40. Maule, M. M., Magnani, C., Dalmasso, P., Mirabelli, D., Merletti, F. and Biggeri, A. : Modeling mesothelioma risk associated with environmental asbestos exposure. *Environmental Health Perspectives*, **115**(7), 1066-1071, 2007.
 41. Kurumatani, N. and Kumagai, S. : Mapping the risk of mesothelioma due to neighborhood asbestos exposure. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine*, **178**(6), 624-629, 2008.
 42. Bourdes, V., Boffetta, P. and Pisani, P. : Environmental exposure to asbestos and risk of pleural mesothelioma: review and meta-analysis. *European Journal Epidemiology*, **16**(5), 411-417, 2000.
 43. Merewether, E. R. : The occurrence of pulmonary fibrosis and other pulmonary affections in asbestos workers. *Journal Industrial Hygiene*, **12**, 198-222, 1930.
 44. Kang, D. M. : The relationship between environmental asbestos exposure and malignant mesothelioma in Busan, Korea. International Asbestos Conference, Yokohama, 237-254, 2007.
 45. Kim, H. R. : Current situation of asbestos hazard and it's human impact. Condition and measure for former asbestos mines. The 30th Environmental Health Forum. Seoul, 15-37, 2009.
 46. Muscat, J. E. and Huncharek, M. S. : Perineal talc use and ovarian cancer: a critical review. *European Journal Cancer Prevention*, **17**(2), 139-146, 2008.
 47. Wild, P. : Lung cancer risk and talc not containing asbestiform fibers: a review of the epidemiological evidence. *Occupational Environmental Medicine*, **63**, 4-9, 2006.
 48. Enrico Favero-Longo, S., Turci, F., Tomatis, M., Compagnoni, R., Piervittori, R. and Fubini, B. : The effect of weathering on ecopersistence, reactivity, and potential toxicity of naturally occurring asbestos and asbestiform minerals. *Journal Toxicology Environmental Health*, **72**(5), 305-314, 2009.
 49. Lu, S., Gao, W. and Gu, H. Y. : Construction, application and biosafety of silver nanocrystalline chitosan wound dressing. *Burns*, **34**, 623-628, 2008.
 50. Zvyagin, A. and Zhao, X. : Imaging of zinc oxide nanoparticle penetration in human skin in vitro and in vivo. *Journal Biomedical Optics*, **13**(6), 1-9, 2008.
 51. Langseth, H. and Kjaerheim, K. : Ovarian cancer and occupational exposure among pulp and paper employees in Norway. *Scandinavian Journal Work Environment Health*, **30**(5), 356-361, 2004.
 51. Fujimara, H., Kamimori, T., Morinaga, K., Takeda, Y., Kohyama, N., Miki, Y., Inai, K. and Yamamoto, S. : An autopsy case of primary pericardial mesothelioma in arc cutter exposed to asbestos through talc pencils. *Industrial Health*, **43**, 346-350, 2005.