



석면과 환경성질환

강 동 목^{1,3} · 김 영 기^{1,3*} · 김 중 은^{1,3} | 양산부산대학교병원 ¹산업의학과, ²석면환경보건센터, ³의생명융합연구소

Asbestos and environmental diseases

Dong-Mug Kang, MD^{1,3} · Young-Ki Kim, MD^{1,3*} · Jong-Eun Kim, MD^{1,3}

¹Department of Occupational & Environmental Medicine, ²Environmental Health Center for Asbestos, and ³Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

*Corresponding author: Young-Ki Kim, E-mail: mungis@chol.com

Received December 19, 2011 · Accepted December 29, 2011

Asbestos causes several asbestos related diseases (ARDs). Not only occupational asbestos exposure but also environmental asbestos exposure can cause ARDs. In Korea compensation for workers with ARDs has been provided by workers' compensation. Because the asbestos damage relief act (ADRA) was enacted in 2011, ARDs by environmental exposure can now be compensated. Korea is the sixth country in the world to compensate environmental asbestos victims. In the ADRA, the list of compensable diseases eligible for relief consists of lung cancer, malignant mesothelioma, and asbestosis. Because the back ground and criteria of each ARD for relief is different, physicians need to be familiar with all of them in order to deal with ARD patients. In this paper, the properties of asbestos, history of ARDs, and contents of the ADRA are discussed. Although the relationships between occupational asbestos exposure and ARDs have been well established, those for environmental exposure have not. More specifically, the relationship between lung cancer and environmental asbestos exposure is still not clear because of strong confounders. The first wave of asbestos problems arose from occupational exposure directly involving asbestos production, the second wave arose from usage of asbestos products, and the third wave would be related to asbestos ubiquitous in the environment. In Korea the second wave is just beginning to swell. Physicians must to prepare for these waves to crest in the near future.

Keywords: Asbestos; Asbestos related diseases; Environmental exposure; Asbestos damage relief act

서 론

석면(asbestos)은 그 자체의 고유한 특성과 값이 저렴하다는 장점 때문에 역사적으로 여러 가지 용도로 사용되었다. 석면은 광물로부터 추출된 천연섬유로서 불연성, 내마모성, 내산성, 내알칼리성, 절연성 등 많은 장점을 가지고

있다. 석면이 가진 섬유성의 성격으로 인해 석면을 실로 꼬아서 실이나 천(석면포)을 만들어 열이 많이 나는 기관이나 배관을 둘러싸는 보온단열재로 주로 사용되었다. 또한 화재를 막기 위한 용도로 석면가루를 시멘트 등에 섞어서 철골건물 등에 뿔칠로 뿌리기도 했고 슬레이트, 천정재, 벽면재, 보온단열재 등 건축자재의 원료로 사용되었으며, 마찰이 많이

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

생기는 브레이크라이닝, 클리치페이싱 등 자동차 부품에도 쓰였다. 이렇듯 다양한 용도 때문에 많은 곳에 사용되었으며, 우리 주변의 다양한 장소에서 발견되는데, 특히 새마을운동 때의 지붕개량을 통해 초가지붕을 슬레이트지붕으로 바꿈으로써 전국의 많은 지붕들에 석면재질의 슬레이트가 사용되었다.

근로자들과 일반 국민들은 여러 가지 경로를 통해 석면에 노출되게 된다. 근로자들이 노출되는 경로를 보면 다음과 같다. 우선 석면 원료를 생산하는 과정이다. 석면은 다른 광물과 마찬가지로 채광을 통해 원료를 얻게 되는데 우리나라에는 충청도와 경북을 중심으로 해서 석면광산이 존재하였다. 따라서 석면광산에서 석면원석을 채굴하는 과정과 이 채굴된 석면원석을 가공하는 과정에 관련된 광부와 광석가공에 종사한 근로자들이 일차적으로 노출된다. 또한 캐나다 등 외국에서 채굴된 원료를 이용하여 제품을 만드는 과정에서 근로자들이 석면에 노출된다. 이렇게 석면을 직접 취급하는 과정에서 광부와 생산직 근로자들이 노출된다면, 만들어진 석면제품을 사용·장착하는 과정에서 여러 부류의 근로자들이 노출된다. 특히 건설업 또는 조선업의 근로자들은 석면포를 이용하여 보일러와 엔진 등 열이 나는 곳을 감기도 하며, 석면함유 건축자재를 지붕, 천장, 벽면 등에 부착하는 작업을 통해 석면에 노출된다. 이렇게 근로자들의 노출도 문제가 되지만, 석면이 함유된 제품을 사용하거나 석면이 사용된 장소에서 생활하는 일반인의 경우도 석면에 노출되는 일이 발생한다. 집안 식구 중 누군가가 석면을 취급하는 일을 하는 경우 작업복에 묻어온 석면에 노출되기도 하며, 본인의 거주지가 석면광산이나 석면공장 인근인 경우 이로부터 공기 중으로 날아온 석면에 노출되기도 한다. 또한 석면재질 건축자재로 된 건물에 거주하거나 일하는 경우에 노출되며, 석면이 함유된 건물을 철거하는 경우에도 문제가 된다. 석면노출로 인한 석면 관련 질환의 발생은 크게 보아 세 번의 고조기를 맞게 되는데[1], 첫 번째 고조기는 석면산업과 관련된 노출로부터 발생하고, 두 번째 고조기는 석면관련 제품의 2차적 사용으로 부터의 노출과 관련이 있으며, 세 번째 고조기는 사회 도처에 있는(ubiquitous) 석면으로부터 기인한다. 우리나라와 같이 공업화가 급격하며 매우 빨리

변화하는 사회에서는 전술한 고조기가 시간을 두고서 순차적으로 오기보다는, 고조기 사이의 시간적 간격이 매우 짧거나 동시에 여러 고조기가 함께 올 수도 있다. 우리나라의 석면 관련 질환은 계속 증가하고 있으며 향후 급격한 증가가 예상된다[2]. 우리나라에서는 오래전부터 근로자에서 생긴 석면관련질환은 산업재해보상보험법을 통해 보상을 해 주고 있으며, 2011년 올해부터 근로자가 아닌 환경성 석면 질환에 대해서도 석면피해구제법에 의거해서 구제해 주고 있다. 향후 석면 관련질환자의 수가 늘어나고, 석면피해구제법에 의해 구제대상이 되는지에 대한 판단이 점점 더 중요해지기 때문에, 환자를 일선에서 진료하는 의료인들이 석면 질환에 대해 잘 이해할 필요가 있다. 따라서 이 논문에서는 환경성 석면질환에 대한 전반적인 고찰을 통하여 석면 관련 질환에 대한 의료인들의 이해를 높이고자 한다.

석면에 대한 이해와 환경성 석면노출의 경로

석면은 뛰어난 인장력, 유연성을 지니고, 열, 화학물질, 전기 등에 저항성이 강한 자연 섬유상 광물질을 총칭하는 그룹 이름으로서, 산소 및 규소와 철, 마그네슘, 나트륨, 칼슘 등의 금속성분을 함유한 규산염 광물(silicate mineral)의 일종으로 섬유상 구조를 가지고 있는 것이 특징이다. 석면은 일반인들이 추측하듯이 단일한 성분을 가진 물질이 아니라, 자연에서 생겨난 사문석계(serpentine)와 각섬석계(amphibole) 두 가지 계통의 6가지 상업적 물질을 일컫는 말이다. 사문석계에는 백석면(또는 온석면, chrysotile, white asbestos) 한 가지 종류이며, 각섬석계는 청석면(crocidolite, blue asbestos), 갈석면(amosite, brown asbestos), 트레모라이트(또는 투각섬석, tremolite), 안토피라이트(anthophyllite)와 악티놀라이트(actinolite) 등 5가지 종류가 있다[3]. 이를 요약해보면 Table 1과 같다. 이들 6가지 석면 중 백석면, 청석면, 갈석면은 상업적으로 사용되었고, 나머지는 상업적인 용도로 사용은 제한적이며, 내산성과 내알카리성 등은 각섬석계가 사문석계보다 크다. 따라서 일반적인 단일 용도로는 백석면이 사용되었지만, 화학약품 배관의 가스켓 등 특수목적을 위해서는 청석면이나 갈석면이 사용

Table 1. Classification of asbestos

Class	Common name	Synonym	Chemical formula	CAS no.	Commercial use	Length-diameter ratio	Durability
Serpentine	Chrysotile	White asbestos	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	12001-29-5	Yes	Thin, short	Low
Amphibole	Crocidolite	Blue asbestos	$Na_2(Fe+2,Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	12001-28-4	Yes	Thin, long	High
	Amosite	Brown asbestos	$(Fe+2)_2(Fe+2,Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	12172-73-5	Yes	Thicker than croc, long	High
	Anthophyllite		$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$	17068-78-9	No	Thickest, long	High
	Tremolite		$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	14567-73-8	No	Same as tremolite	Same as tremolite
	Actinolite		$Ca_2(Mg,Fe+2)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	12172-67-7	No	Thick, long	Middle

CAS, Chemical Abstract Service.



Figure 1. Asbestos factories and mines in Korea (From Asbestos mine/factory information [Internet]. Yangsan: Korea Research Center for Asbestos-Related Disease; 2012) [7].

되었다.

모든 종류의 석면은 발암성을 가지지만 각섬석계 석면이 사문석계 보다 더 독성과 발암성이 강하며, 각섬석계 중에서도 청석면의 독성이 가장 강하여[4], 임상자들은 석면에 노출된 것이 의심되는 환자를 진료할 때는 석면의 종류에 대해 물어야 한다.

석면에 노출되는 경로는 직업적 노출, 부직업적(가정 내) 노출, 사고성 노출, 거주지 노출, 일반적 환경의 노출로 나눌

수 있다[5]. 직업적 노출은 본인이 직접 직장에서 일하면서 일어난다. 부직업적(가정 내) 노출은 본인이 아닌 다른 사람의 직업적 노출에 따라 부가적으로 발생하는데, 직장에서 다른 근로자가 석면을 취급할 때 간접적으로 일어나거나 근로자가 작업복을 집에 입고 가서 가족들이 이로부터 노출된다. 사고성 노출은 취미 등을 통해 석면이 많은 곳을 방문함으로써 일어나며, 거주지 노출은 석면광산이나 공장 주변에 거주함으로써 발생한다. 일반적 환경의 노출은 특정한 노출원을 모르는 채 일어나기도 한다. 이러한 노출 경로 중 가정 내 노출과 거주지노출을 보다 자세히 보면 다음 Table 2와 같다[6]. 가정 내 노출 중 확률이 높은 것은 석면관련 일을 하는 가족이 작업복을 집으로 가져오는 것과 집 마당 등에서 석면 시멘트(슬레이트 등)를 분쇄하는 것, 그리고 집수리를 위해 석면함유물질을 사용하는 것 등이다. 거주지 노출 중 확률이 높은 것은 석면광산, 석면시멘트공장, 석면방직공장, 브레이크와 클러치 라이닝공장, 조선소 등이 집으로부터 2,000 m 이내에 존재하는 것이다. 이러한 노출가능성은 석면 노출원으로부터 멀어질수록 노출강도가 떨어지게 된다.

우리나라의 석면광산과 석면관련 산업의 분포는 다소 불충분하지만 데이터베이스로 구축되어 graphical interface service로 제공되고 있어[7], 이를 이용하면 거주지 노출을 추정해볼 수 있다. 이를 보면 석면공장은 부산을 중심으로 한 영남권과 인천을 중심으로 한 경인권에 집중되어있고, 석면광산은 충청남도를 중심으로 일부 경상북도와 강원도에 걸쳐져 있음을 알 수 있다(Figure 1). 의료인들은 석면관련

Table 2. Definition of categories of probability and intensity for domestic and environmental exposure to asbestos

	Category	Description
Domestic exposure		
Probability	High (certain)	Relative employed in asbestos industry, working clothes brought home. Crushed asbestos cement in the garden/courtyard. Use of asbestos materials for work and maintenance at home.
	Middle (probable)	Presence of weathered asbestos material, or susceptible to damage and release of fibres with use (i.e. insulation material, gloves, ironing board)
	Low (possible)	Presence of asbestos material, unlikely to damaged or to disperse fibres (e.g. in electric heating or hairdryer, asbestos roof)
	No exposure	Absence of asbestos material at home
	Unknown	Lack of information to determine presence or absence of asbestos material at home
Intensity	High	Subject handling asbestos at home or clearing clothes of asbestos-exposed workers
	Middle	Passive exposure: asbestos material handled or asbestos contaminated clothes cleaned at home by cohabitants but not by the subject
	Low	Presence of asbestos material at home, not handles
	No exposure	Absence of asbestos material at home
	Unknow	Lack of information to determine presence or absence of asbestos material at home
Environmental exposure		
Probability	High (certain)	Asbestos mines or industries distant from home less than 2,000 m (mines, asbestos cement, asbestos textiles, brakes and clutches lining, shipyards)
	Low (probable)	Asbestos mines or industries located between 2,000 and 5,000 m from home Industries using asbestos less than 500 m from home (steel foundries, power plants, major chemical or petrochemical plants, major yards).
	No. background level	All other circumstances or conditions
	Unknown	Lack of information to determine environmental asbestos exposure
Intensity	High	Asbestos mines or industries less than 500 m from home
	Middle	Asbestos mines or industries within 500-2,000 m from home
	Low	Asbestos mines or asbestos industries within 2,000-5,000 m from home Industries using asbestos less than 500 m from home
	No. background level	All other circumstances or conditions
	Unknown	Lack of information to determine environmental asbestos exposure

From Magnani C, et al. Br J Cancer 2000;83:104-111, with permission from Nature Publishing Group [6].

의심질환자를 진료할 때 어떤 직업을 가졌는가와 함께 거주지에서의 석면노출가능성을 유심히 살펴야 할 것이다.

석면 관련 질환의 역사

석면폐증으로 기록된 최초의 환례는 영국 런던의 방직공장 근로자로서 1907년 Murray [8]에 의해 보고되었다. 이 보고 전후에 프랑스와 이탈리아에서도 석면방직공장과 석면취

급 근로자들 중에 많은 호흡기질환이 발견되었고, 1930년대에 수행된 역학연구에 의해 석면관련성이 확인된다[9]. 미국에서 석면폐증은 1911년에 과거 남아프리카 석면광산에서 일한 경력이 있는 근로자의 환례가 보고되었다[10]. 우리나라에서 학술지에 보고된 석면폐증은 1978년에 Yoon [11]에 의한 종설이 최초이나 이때에도 확진된 석면폐증은 없다고 하며 외국의 사례를 볼 때 향후 우리나라에서 석면폐증이 다발할 것임을 예측하고 있고, 그 이듬해인 1979년에 Moon



[12]에 의해 광산근로자와 지역주민의 석면폐 유병실태가 조사되었는데, 근로자들의 X-선 상 폐기능의 저하와 1명에서 늑막비후가 발견되어 우리나라에서 최초로 보고된 석면 관련 질환으로 판단되지만, 이때에도 석면폐증은 없는 것으로 보고되었다. 이후 다양한 석면 관련 산업장의 석면농도에 관한 연구들과 석면소체 등에 대한 여러 연구들이 보고되었고 석면관련 늑막질환은 보고되었으나, 석면폐증에 대한 보고는 없다가 1994년에 최초의 보고가 이루어졌다[13]. 이 환례는 석면과 구조도 및 생식회를 배합하는 직업에 11년간 근무한 후 발생한 석면폐증과 흉수 및 폐암이 동반된 경우로, 우리나라에서 악성중피종 외에 최초로 석면으로 인한 직업성 질환으로 인정받은 경우이다[14].

석면과 관련된 폐암은 영국과 미국에서 1935년에 동시에 석면폐증과 동반된 폐암에 대한 보고가 최초이다[15,16]. 그 이후 석면과 폐암의 관련성은 석면방직공장 근로자를 대상으로 한 Doll [17]의 코호트 연구를 통해 입증된다. 우리나라에서 석면과 관련된 폐암의 최초 환례는 전술하였던 1994년의 석면폐증과 동반된 폐암의 경우이다[13]. 그러나 1955년 Doll [17]의 논문이 국제적으로 알려졌고, Yoon [18]이 외국문헌을 소개한 1976년 논문으로 보아 우리나라에서도 이 당시부터 석면과 폐암과의 관련성이 의료진들에게 알려졌을 가능성이 높다. 폐암은 흡연이 주요한 원인이며 그 외 많은 위험요인이 있다고 할 때, 보상의 관점에서 보면 직업적 석면노출과 폐암과의 관련성에 대해서는 국제적으로도 많은 논란이 있었다. 이러한 국제적 논란에 대해 전문가들이 헬싱키에 모여 의견을 내게 되는 데 이를 Helsinki criteria라고 부르며[19] 여러 나라에서 석면노출에 대한 직업성 질환의 보상기준으로 사용하게 된다. 의료진들이 이 기준(criteria)을 아는 것은 중요하며, 이는 우리나라에서 직업적 노출에 대한 관련성 평가뿐 아니라 석면피해구제법을 통한 환경성 노출에 대해서도 준용되었기 때문에 소개하고자 한다. 이 중 폐암과 관련된 부분 중 핵심을 보면 다음과 같다. 1년간의 높은 농도의 석면노출(예: 석면제품제조, 석면 뽑질, 석면절연작업, 오래된 건물의 해체) 또는 5-10년간의 중간정도 농도의 석면노출(예: 건설, 선박건조)은 폐암을 2배 증가시키며, 매우 높은 농도는 1년 미만이라도 가능하

다. 누적노출량으로 보면 25 fiber/yr의 노출은 폐암을 2배 증가시킨다. 5 μ m 보다 긴 각섬석 농도가 건조 폐 1g 당 2백만 개 이상이 발견되거나, 1 μ m 보다 긴 각섬석 농도가 건조 폐 1g 당 5백만 개 이상이 발견되면 폐암 발생률을 2배 증가시킨다. 이러한 폐 내 석면농도는 건조 폐 내의 5,000-15,000개의 석면소체 또는 기관지 세척액 1mL 내의 5-15개의 석면소체와 같은 노출 정도이다. 건조 폐 1g 내의 석면소체의 농도가 10,000개 미만일 경우에는 전자현미경 분석이 추천된다. 백석면은 폐 내에 잘 남아있지 않기 때문에 직업력을 물어 누적노출량을 보는 것이 폐 내 석면농도 분석보다 좋은 방법이다. 확률론에 근거해서 누적노출은 폐암에 대한 석면의 기여 위험요인 중 주요한 기준으로 여겨져야 한다. 영상의학적으로 석면폐증이 없는 상태에서도 석면의 높은 노출은 폐암의 위험을 높이기 위해 충분하다. 석면폐증은 석면에 대한 높은 노출의 척도이다. 늑막반(pleural plaque)은 석면에 대한 노출의 척도이지만, 늑막반은 석면에 대한 낮은 노출에서도 나타날 수 있으므로 직업력이나 폐 내 석면농도측정의 보완이 필요하다. 양측성의 늑막비후는 중간 정도 또는 높은 석면노출과 관련이 있을 수 있다. 석면노출로부터 폐암이 발생하기 위해서는 최소한 10년의 잠재기가 필요하다. 석면과 폐암의 관련성을 위해서는 모든 조건이 만족될 필요가 없으며, 다음 내용을 고려할 수 있다. 1) 폐내 석면농도가 낮지만 상당한 직업적 노출이 있는 경우 및 2) 직업력이 불확실하지만 폐 또는 기관지 세포액의 높은 농도인 경우. 이상 둘 중 어느 하나라도 만족하면 폐암은 석면관련성이 있는 것으로 고려할 수 있다. 흡연이 폐암에 영향을 미침에도 불구하고, 흡연여부와 관련없이 석면은 폐암의 위험을 증가시키며, 흡연과 석면노출이 동시에 있으면 위험성은 상승하게 된다.

작업장에서의 석면노출과 폐암과의 관련성이 비교적 명확한데 반해, 환경성 석면노출과 폐암과의 관련성은 아직 연구할 부분이 많다. New Caledonia 지역에서 자연적으로 존재하는 투각섬석(tremolite)노출과 여성에서의 폐암과의 관련성에 대해 보고되었다[20]. 또한 남아프리카의 북부지역에서 청석면과 갈석면 광산지역에서의 노출과 폐암관련 환자-대조군 연구도 유의한 연관성을 보여준다[21]. 그러나

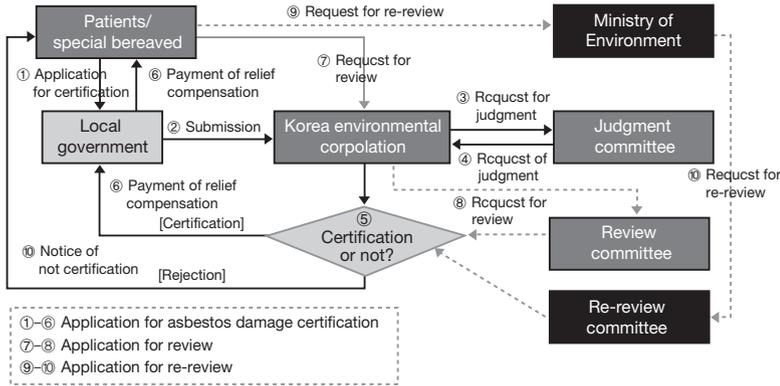


Figure 2. Structure for procedure of application and certification by asbestos damage relief act.

캐나다 퀘벡 지역의 두 백석면 광산 주변 여성의 폐암 사망률과 캐나다의 60개 다른 지역의 사망률은 차이가 없었던 보고가 있는데[22], 폐암의 원인에는 흡연이 가장 중요한 원인이며 기타 다른 요인들도 관련이 있어 환경성 석면노출과 폐암과의 관련성에 대해서는 잘 설계된 면밀한 역학연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

석면과 관련된 가장 잘 알려진 암은 악성중피종이다. 석면노출과 악성중피종과의 관련성은 남아프리카 청석면 광산 지역의 중피종 급격한 증가를 관찰한 Wagner 등[23]에 의해 1960년에 보고되었다. 이후 Wagner [24]는 1962년에 실험동물에 석면을 투여하여 중피종의 발생을 입증하였고, 1963년에 국제산업보건학회에서 120건의 중피종을 발표하는데 이 중 절반 이하가 직접적으로 석면을 취급한 근로자의 경우이었고 그 외는 주거지로부터 환경적으로 노출된 경우였다. 이 당시의 쟁점은 남아프리카의 경우가 단지 지역적인 문제인지 아니면 국제적으로 벌어질 대규모 발생의 전조인지에 대한 것이었다. 이 의문은 1964년 뉴욕에서 열린 석면의 생리학적 작용에 대한 국제회의에서 해결이 된다[25]. 이 회의에서 런던의 Newhouse와 Thomson, 아일랜드의 Elmes와 Wade, 독일의 Jacob과 Anspach, 미국의 Selikoff 등 및 이탈리아의 Viliani 등이 환경성 석면노출로 인한 악성중피종의 발생이 세계적인임을 확인하게 된다[25]. 이렇듯 세계적으로 악성중피종과 석면과의 관련성은 일찍부터 알려져 있었지만 한국에서 악성중피종의 첫 환례가 1966년에 보

고되었음에도 불구하고[26], 악성중피종과 석면노출의 관련성이 확립된 것은 1995년에 와서 이루어지게 된다[27]. 이 환례는 1993년에 우리나라 최초로 직업성 암으로 보상받은 경우이다[14].

그 외에도 양성질환으로 흉막반, 흉막비후, 흉막삼출 등은 석면노출과 관련이 있다. 암 중에서 후두암과 난소암은 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer)에서 석면관련성이 확실한 group 1에 속하며, 인두암, 식도암, 위암, 대장직장암 등도 관련성을 의심하고 있다[27].

석면피해구제법의 대상과 구제기준

우리나라에서는 2011년부터 기존의 직업적 노출에 대한 산업재해보상보험에 의한 보상 외에도 환경성 석면 노출로 인한 질환 등에 대해 구제하는 제도가 시행되었다. 석면피해구제를 신청하는 절차는 다음과 같다(Figure 2). 석면에 의한 질환이 의심되는 환자나 유족의 경우에, 신청자는 주거지 구(군)청에 신청을 하게 되며, 판정위원회의 심사를 거쳐 구제여부가 결정된다. 만약 이에 불복할 경우 심사위원회에 신청하게 되고, 이에도 불복하는 경우는 재심사위원회에 신청하는 3심제를 가지고 있다.

이 법에서는 원발성 악성중피종, 원발성 폐암과 석면폐증을 구제하게 되는데, 구체적인 내용은 다음과 같다(Table 3). 원발성 악성중피종은 진단이 된 경우에 석면관련성을 따지지 않고 구제를 하게 된다. 그 이유는 악성중피종의 원인 중 80-90%는 석면으로 인한 것이라는 근거에 있다[28]. 이 경우 진단의 적합성이 주요한 판단의 쟁점이 된다. 조직학적 검사를 통한 면역화학적 염색에 의해 확진이 된 경우는 판단에 문제가 없으나, 그렇지 않은 경우는 영상의학적 진단과 임상적 진단을 참조하게 된다. 폐암의 경우는 석면 관련성이 판단의 중점이 된다. 우선 조직학적으로 진단이 되면(그렇지 않은 경우는 악성중피종과 마찬가지로 영상의학과 임



Table 3. Criteria for acceptance of each asbestos related disease in asbestos damage relief act

Disease	Contents	Criteria for acceptance
Malignant mesothelioma	A. A biopsy and microscopic examination B. Clinical & radiological evaluation (in case of not availability of biopsy and microscopic examination)	A or B
Lung cancer	A. In any of the following events 1) A biopsy and microscopic examination 2) Clinical & radiological evaluation (in case of not availability of biopsy and microscopic examination) B. If medical decision falls within any of sections 1-3 1) Asbestosis 2) Pleural plaque 3) Asbestos bodies or fibers in dry lung or broncho-lavage fluid	① & ② ① A & B ② Latency & substantial exposure
Asbestosis	A. Profusion by high resolution computed tomography B. pulmonary function test 1) Forced vital capacity 2) Forced expiratory volume for 1 second 3) Diffusing capacity of lung carbon monoxide	① & ② ① A & B ② Latency & substantial exposure

Table 4. Current status of asbestos damage relief judgment and acceptance

Disease	Sort	Total n	Accepted		Rejected		Holded		Not applicable n
			n	%	n	%	n	%	
Malignant mesothelioma	Patient	92	79	85.9	2	2.2	1	1.1	10
	Bereaved	116	101	87.1	4	3.4	4	3.4	7
	Total	208	180	86.5	6	2.9	5	2.4	17
Lung cancer	Patient	31	10	32.3	16	51.6	2	6.5	3
	Bereaved	23	8	34.8	14	60.9	0	0.0	1
	Total	54	18	33.3	30	55.6	2	3.7	4
Asbestosis	Patient	255	151	59.2	92	36.1	2	0.8	10
	Bereaved	8	3	37.5	3	37.5	0	0.0	2
	Total	263	154	58.6	95	36.1	2	0.8	12
Total	Patient	378	240	63.5	110	29.1	5	1.3	23
	Bereaved	147	112	76.2	21	14.3	4	2.7	10
	Total	525	352	67.0	131	25.0	9	1.7	33

체가 발견되거나, 영상의학적으로 흉막반이나 석면폐증이 발견되는 경우에 석면 관련성을 인정하게 된다. 마지막으로 석면폐증은 석면폐증과 특발성 폐섬유화증 등의 감별이 어려운 점에서 우선 폐 섬유화의 여부를 고해상도 computed tomography (CT) 소견을 통해서 판단하게 된다. 석면폐증 유무를 판단하기 위한 고해상도 CT 촬영은 양와위와 복와위 모두를 특정한 촬영 조건에 의해 촬영해야 한다. 이 CT와 더불어 폐기능검사와 일산화탄소 확산능 결과를 종합하여, 구제여부를 판단하며 등급을 매기게 된다. 석면폐증의 등급은 1, 2, 3등급으로 되며, 등급에 따라 구제금액이 차이가 나게 된다.

상적 진단을 참조한다.), 석면 관련성을 따지게 된다. 석면 관련성은 우선 석면에 노출된 것이 인정되어야 한다. 석면 관련성은 직업환경의학적 판단에 근거한다. 그 이후 폐 조직 또는 기관지 세척액 내에서 기준 이상의 석면이나 석면소

라 구제금액이 차이가 나게 된다.
2011년 1월부터 11월 말 까지 석면피해판정위원회는 12회 개최되었으며, 질병별로 구제된 현황은 다음과 같다 (Table 4).

11개월 동안 전체적으로 525건이 신청되었으며, 이 중 352건이 인정되어, 67.0%가 인정되었다. 이 중 악성중피종은 208건이 신청되어 전체 중에서 39.6%를 차지하였고, 신청 건 중 86.5%가 인정되었다. 폐암은 54건이 신청되어 전체 중에서 10.3%를 차지하였고, 신청 건 중 33.3%가 인정되었다. 석면폐증은 263건이 신청되어 전체 중에서 50.1%를 차지하였고, 신청 건 중 58.6%가 인정되었다. 따라서 인정되는 비율은 악성중피종, 석면폐증, 폐암의 순이었다. 이는 구제로 인정되는 기준의 엄격함에 따른 것으로 해석할 수 있다. 그러나, 폐암의 경우 실제 석면으로 인해 발생할 것으로 예상되는 것 보다는 적을 것으로 판단되는데, World Health Organization [29]에서 석면 관련 질환 중 악성중피종과 폐암의 비율이 1:2라고 보는데 비해 우리나라의 경우 그 비율이 폐암이 중피종의 1/4 정도에 그치고 있어 폐암의 신청건수와 인정건수가 모두 WHO에서 제시하는 비율에 비해 작은 편으로 생각된다.

2011년에 시작된 석면피해구제법은 세계에서 6번째로 환경성 석면피해를 인정한 것이라는 긍정적인 면을 가지고 있으나, 피해구제 대상 질환이 적고 피해구제 금액이 적은 등 보완해야 할 과제를 안고 있다.

결 론

석면은 다양한 석면 관련 질환을 일으킨다. 비단 직업적 노출뿐 아니라 환경적 노출에 의해서도 석면 관련 질환은 발생할 수 있다. 우리나라에서는 석면에 노출된 근로자의 석면 관련 질환은 산업재해보상보험에 의해 보상해오고 있었으나, 2011년에 석면피해구제법이 시행됨에 따라 세계에서 6번째로 환경성 석면노출에 의한 건강피해를 구제해주고 있다. 석면피해구제법에서는 악성중피종과 폐암 및 석면폐증을 구제해주고 있는데, 이러한 질병들의 구제기준과 발생배경이 달라 의료진들은 이에 대해 잘 알 필요가 있다. 이 논문에서는 석면의 특성과 석면 관련 질환의 역사 및 석면피해구제법의 내용에 대해 다루었다. 직업성 석면노출과 질병발생간의 관련성에 대해서는 잘 알려져 있으나, 환경성 석면노출과 질병간의 관련성은 아직 연구되어야 할 분야가 많다. 그

중에서도 폐암과 환경성 석면노출과의 관련성은 지속적인 연구가 필요하다. 석면문제의 첫 번째 파고가 직접적으로 석면을 생산하는 근로자의 문제이고, 두 번째 파고는 석면제품의 사용과 관련이 있으며, 세 번째 파고는 도처에 있는 석면으로부터의 노출로부터 있다고 할 때 우리나라는 두 번째 파고의 초입에 있다. 의료진들은 향후 발생할 석면문제에 대해 대비할 필요가 있다.

핵심용어: 석면; 석면관련질환; 환경성 노출; 석면피해구제법

REFERENCES

- Weiner R, Rees D, Lunga FJ, Felix MA. Third wave of asbestos-related disease from secondary use of asbestos. A case report from industry. *S Afr Med J* 1994;84:158-160.
- Ahn YS. The prevalence of asbestos-related pleural thickness and the estimation of asbestos-related mesothelioma in Korea. Incheon: Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency; 2007.
- International Agency for Research on Cancer. Some inorganic and organometallic compounds. IARC monographs. Vol. 2. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1973.
- U. S. Environmental Protection Agency. Asbestos (CASRN 1332-21-4) [Internet]. Washington, DC: U. S. Environmental Protection Agency; 1993 [cited 2012 Feb 3]. Available from: <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0371.htm>.
- Howel D, Arblaster L, Swinburne L, Schweiger M, Renvoize E, Hatton P. Routes of asbestos exposure and the development of mesothelioma in an English region. *Occup Environ Med* 1997;54:403-409.
- Magnani C, Agudo A, Gonzalez CA, Andron A, Calleja A, Chellini E, Dalmasso P, Escolar A, Hernandez S, Ivaldi C, Mirabelli D, Ramirez J, Turuguet D, Usel M, Terracini B. Multicentric study on malignant pleural mesothelioma and non-occupational exposure to asbestos. *Br J Cancer* 2000;83:104-111.
- Korea Research Center for Asbestos-Related Disease. Asbestos mine/factory information [Internet]. Yangsan: Korea Research Center for Asbestos-Related Disease; 2012 [cited 2012 Feb 3]. Available from: http://www.krcard.org/information/asbestos5.php?menu=3&menu_sub=3.
- Murray HM. Statement before the committee in the minutes of evidence. In: Department Committee on Compensation for Industrial Disease. Report of the Department Committee on Compensation for Industrial Disease. London: Health Management Stationery Office; 1907. p. 127-128
- Lemen R. Epidemiology of asbestos related diseases and the knowledge that led to what is known today. In: Dodson RF,



- Hammar SP, editors. Asbestos: risk assessment, epidemiology, and health effects. Boca Raton: Taylor & Francis; 2006. p. 201-308.
10. Mills RG. Pulmonary asbestosis: report of a case. *Minn Med J* 1930;13:495.
 11. Yoon IJ. Environmental pollution and carcinogenic material. *J Korean Med Assoc* 1978;21:372-375.
 12. Moon YH. Epidemiological survey of asbestosis in asbestos miners and the inhabitants. *Korean Cent J Med* 1979;37:169-178.
 13. Jung JY, Ahn HS, Kim JW, Kim KA, Yun IG, Kim HW, Choi YM, Song JS. A case of asbestosis, pleural effusion and lung cancer caused by long-term occupational asbestos exposure. *Tuberc Respir Dis* 1994;41:651-657.
 14. Kang SK, Kim EA. Occupational diseases in Korea. *J Korean Med Sci* 2010;25(Suppl):S4-S12.
 15. Gloyne SR. Two cases of squamous carcinoma of the lung occurring in asbestosis. *Tubercle* 1935;17:5-10.
 16. Lynch KM, Smith WA. Pulmonary asbestosis III: carcinoma of the lung in asbetos silicosis. *Am J Cancer* 1935;24:56-64.
 17. Doll R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. *Br J Ind Med* 1955;12:81-86.
 18. Yoon IJ. A study of the histological cell types of lung cancer in workers suffering from asbestosis in the United Kingdom. *Tuberc Respir Dis* 1976;23:125-128.
 19. Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution. *Scand J Work Environ Health* 1997; 23:311-316.
 20. Luce D, Bugel I, Goldberg P, Goldberg M, Salomon C, Billon-Galland MA, Nicolau J, Quenel P, Fevotte J, Brochard P. Environmental exposure to tremolite and respiratory cancer in New Caledonia: a case-control study. *Am J Epidemiol* 2000; 151:259-265.
 21. Mzileni O, Sitas F, Steyn K, Carrara H, Bekker P. Lung cancer, tobacco, and environmental factors in the African population of the Northern Province, South Africa. *Tob Control* 1999;8: 398-401.
 22. Camus M, Siemiatycki J, Meek B. Nonoccupational exposure to chrysotile asbestos and the risk of lung cancer. *N Engl J Med* 1998;338:1565-1571.
 23. Wagner JC, Sleggs CA, Marchand P. Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape Province. *Br J Ind Med* 1960;17:260-271.
 24. Wagner JC. Experimental production of mesothelial tumours of the pleura by implantation of dusts in laboratory animals. *Nature* 1962;196:180-181.
 25. Selikoff IJ, Churg J; New York Academy of Sciences. Biological effects of asbestos. New York: New York Academy of Sciences; 1965.
 26. Bai JS, Ko JK, Chi JK. Malignant peritoneal mesothelioma report of one case with review of literature. *J Korean Surg Soc* 1966;8:303-309.
 27. Park MI, Choi JS, Choi HM, Jang TI, Moon IH, Kim JH, Jang TW, Lee DH, Jung MH, Kang SK. A case of diffuse malignant pleural mesothelioma with occupational asbestos exposure. *Korean J Med* 1995;48:526-531.
 28. International Agency for Research on Cancer. Asbestos: chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite [Internet]. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2011 [cited 2012 Feb 3]. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-11.pdf>.
 29. World Health Organization. Asbestos: elimination of asbestos-related diseases [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2010 [cited 2012 Feb 3]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs343/en/index.html>.



Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 석면의 종류와 특성, 그리고 석면관련 질환의 역사 및 석면피해구제법의 내용에 대해 다양한 문헌 고찰 등을 통해 상세히 다루고 있다. 특히 기존에 잘 알려진 직업성 노출과 질환과의 관련성 외에 환경성 석면 노출로 인해서도 악성 중피종이나 폐암, 석면폐증, 흉막반 등의 질환이 발생할 수 있음을 기술함으로써 환경적 석면 노출의 위험성에 대한 의료인의 경각심을 촉구하고 있다. 또한 저자는 석면피해구제제도의 적용대상 질병 및 구제 절차, 병리학적, 영상의학적 인정기준 소개와 함께 현행 환경성 석면피해 질환 판정의 한계에 대한 지적과 더불어 환경성 석면노출의 질환 관련성을 규명할 잘 설계된 역학 연구의 필요성을 제시하고 있다.

[정리:편집위원회]