

## 일본의 석면피해 및 처리현황 (1)

### 이 선 우

환경관리공단 지구환경처  
해외협력팀장 / 공학박사

### 이 상 택

환경관리공단  
환경분석연구센터 분석팀장

### 차 승 환

환경관리공단 전무이사

2005년 6월 여름 일본은 석면쇼크로 전국이 술렁이고 있었다. 마이니찌 신문(2005. 6. 29)은 1995년까지 40여 년간 수도관이나 건설자재를 생산한 대기업 구보타의 근로자 및 공장 주변에 거주하는 지역민이 석면에 기인한 것으로 보이는 중피종이라는 암으로 51명이 사망하였다고 보도하였다. 일본 문부성은 그 해 11월 전국 유치원, 초등학교 등 교육시설과 보육시설 등 6,000여 곳 이상이 석면피해에 노출되어 있다는 조사를 발표했다. 또한 일본 환경성은 2010년까지 석면으로 인한 사망자가 2만5천명이 넘을 것으로 전망하였다. 일본 정부는 그 해 12월까지 5차례의 관계장관 회의를 개최하였고 석면문제에 대한 대응과 석면문제 종합대책을 결정하였다. 일본 국민은 석면 공포로 2005년을 보내야만 했다.

북구 유럽국가는 1980년대부터 석면의 사용·제조를 금지하고 1999년 유럽연합 국가 13개국은 석면의 전면 금지를 시행하였으며, 미국은 1989년 단계적 금지 규제를 공포하는 등 석면피해를 인지하고 대책을 시행하고 있었다. 일본은 이미 석면피해에 대한 보도(2000년 2월 마이니찌 신문은 1995년부터 석면으로 2,243명 사망, 향후 연간 1200~1800명 사망 전망) 등 각종 보고가 있었음에도 구보타 쇼크로 석면 문제가 사회문제로 대두될 때까지 서구 유럽보다 20여년이나 늦게 석면피해에 대한 적극

적인 대응책 마련에 나서게 된 것이다.

구보타 사건이 일본 전역을 석면쇼크로 뒤흔들게 된 이유는 당시까지는 석면피해가 석면제품을 직접 다루는 근로자에게 발생할 수 있다고 알려져 왔으나, 구보타 사건을 계기로 석면을 다루는 근로자뿐만 아니라 공장 주변 지역의 거주민과 이 지역에 직장을 가지고 있는 다른 근로자들, 그리고 더 나아가 석면을 사용하는 각종 제품 및 시설에 접하는 모든 사람이 석면피해의 대상이 될 수 있다는 가능성을 보여 주었기 때문이다. 이는 바로 일본 국민에게 자신도 석면으로 인한 피해자가 될 수 있다는 점을 각성시키는 계기가 되었다.

본 기고에서는 석면의 위험성에 대한 인식제고와 보다 효율적인 대응방향이 무엇인지를 일본의 석면피해 처리사례를 통하여 살펴보고자 한다. 본 내용은 주로 일본 환경재생보전기구와 환경관리공단 연례회의 발표자료를 기초로 작성하였다.

### ▣ 석면의 종류

석면(石綿, Asbestos)은 돌솜이라고도 하며 화산활동으로 생성된 화성암의 일종인 천연 섬유성 칼륨산의 총칭으로 사문석류(蛇紋石類)와 각섬석류(角閃石類)로 구분된다. 석면의 종류는 다양하여 30여 가지가 넘는 것으로 알려지고 있으나, 표 1에

보이는 바와 같이 사문석 계통인 백석면과 각섬석 계통인 갈석면과 청석면이(그림 1) 상업적으로 널리 사용되어 오고 있으며, 특히 백석면이 사용량의 대부분을 차지하고 있다. 천연의 사문암이나 각섬석으로부터 추출한 석면은 직경 0.02~0.03 $\mu\text{m}$  정도의 길고 가늘고 강한 섬유로서 백색·녹색 또는 백록색을 가진다. 상업적으로 캐나다가 세계 생산량의 50% 이상을 차지하고 있으며 러시아·남아프리카·미국·스위스 등에도 대규모 광상이 있다. 석면은 1877년 캐나다의 제베크 지방에서 대광맥이 발견되어 대규모의 채굴이 시작되었다.

그림 1. 석면 사진(백석면, 갈석면, 청석면)



표 1. 석면의 종류

구분	종류	화학식	특성
사문석계 Serpentine	백석면 Chrysotile	$3\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-가늘고 부드러운 섬유로 힘 및 인장강도가 커서 가장 많이 사용 -노동안전위생법에 건축재료 제조 및 수입 금지
	갈석면 Amosite	$(\text{FeMg})\text{SiO}_3$	-취성 및 고내열성 섬유 -노동안전위생법에 제조 및 수입 금지
각섬석계 Amphibole	청석면 Crocidolite	$\text{Na}_2\text{Fe}(\text{SiO}_3)_2\text{FeSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-석면광물 중 가장 강함, 취성 -노동안전위생법에 제조 및 수입 금지
	안소필라이트 Anthrophyllite	$(\text{MgFe})_3\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	-다른 석면광상에 불순물물 함유됨
	트레몰라이트 Tremolite	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{H}_2\text{O})_2$	-일본 내에서 거의 사용치 않음 -노동안전위생법에 건축재료 제조 및 수입 금지
	악티노라이트 Actinolite	$\text{CaO}_3(\text{MgFe})\text{O}_3\text{SiO}_2$	

### ▣ 석면의 용도

석면은 흡음, 단열, 내부식성, 내약품성, 기계적 강도 등이 뛰어나 슬레이트, 석면보드 등 건축 재료로부터 석면압축판이나 석면시멘트판 등 보온단열재, 자동차의 브레이크 및 각종 화학공장 및 기계설비에까지 대단히 폭 넓게 사용되고 있다. 주로 90% 이상이 백석면이며 청석면과 갈석면은 소량 사용되고 있다. 로마, 그리스에서는

램프의 심지로, 이집트에서는 미이라를 싸는 포대로도 사용되었다.

그림 2. 건축재로서 석면의 사용처

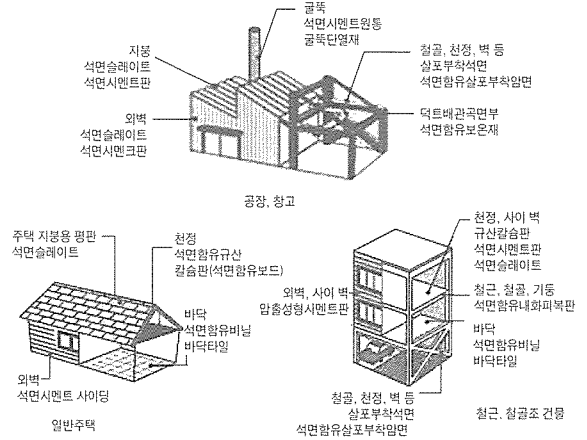


표 2는 일본에서 용도별 석면사용 현황을 나타내고 있다, 주로 건축자재에 대부분 사용되고 있으며, 브레이크 라이닝 등 자동차에도 상당량 사용되고 있음을 알 수 있다. 우리나라도 표 3과 4에서 보이는 바와 같이 다양한 건축자재로 사용되어 오고 있다.

표 2. 일본의 석면제품 사용현황(출처 : 일본환경재생보전기구)

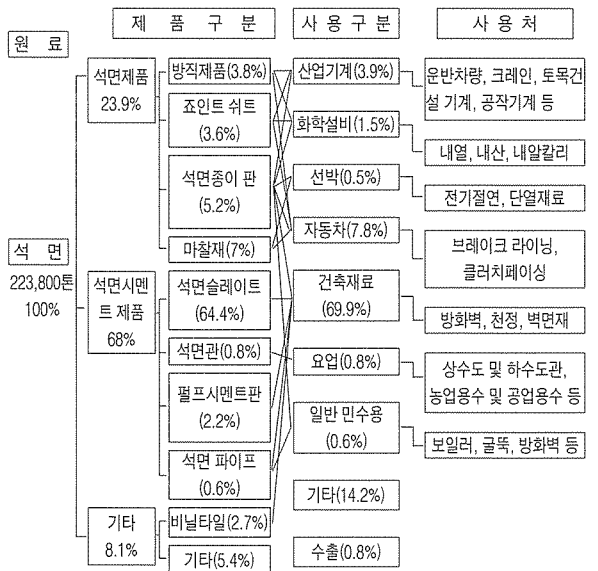
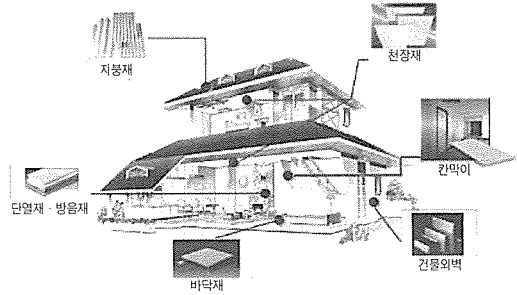


표 3. 한국공업규격에 수록되어 있는 석면함유물질

규격번호	제품명	석면함유량(무게비)
KSL 5114	골석면슬레이트	20%
5115	석면시멘트판	15 ~ 35%
5116	석면시멘트판	14%
5123	미장석면 규회판	-
5202	석면포	80 ~ 99% 이상
5203	석면편조패킹	80 ~ 99% 이상
5209	석면규회판	20%
5212	산업기계용 석면 브레이크라이닝	-
5213	물전해용 석면격막	-
5215	석면단열시멘트	-
5301	석면사	80 ~ 99% 이상
5302	석면시멘트질 압력판	-
5304	석면패킹끈	80 ~ 99% 이상
5311	석면판	50% 이상
5314	석면시멘트질 하수관(무압력)	-
5406	압축석면판	65% 이상

표 4. 국내 생산 건축자재 중 석면함유량

구분	제품	석면함유량(%)	조합물(Binder)	비산여부
벽, 천장	스프레이외장	1~95	포틀랜드 시멘트, 실리카 나트륨 고착제	비산가능
	미장재	1~95	포틀랜드 시멘트, 실리카 나트륨	비산가능
	석면-시멘트 시트	20~50	포틀랜드 시멘트	비산불가
	Spackle	3~5	석회풀, 카세인, 인공수지	비산가능
	이음 접합재	3~5	아스팔트	비산가능
	하드보드 판지	80~85	풀, 석회, 진흙	비산가능
	비닐 벽지	6~8		비산불가
바닥	단열, 절연판	30	규산	비산가능
	비닐-석면 타일	21	폴리염화비닐	비산불가
	아스팔트-석면 타일	26~33	아스팔트	비산불가
	바닥용 탄성수지	30	드라이 오일	비산불가
지붕 및 외벽	매스틱 접착제	5~25	아스팔트	비산가능
	지붕 펠트	10~15	아스팔트	비산불가
	펠트 싱글	1	아스팔트	비산가능
	지붕 싱글	20~32	포틀랜드 시멘트	비산가능
	지붕 타일	20~30	포틀랜드 시멘트	비산가능
	외벽 싱글	12~14	포틀랜드 시멘트	비산가능
	물막이 판자	12~15	포틀랜드 시멘트	비산가능
파이프 및 보일러	시멘트 파이프	20~90	포틀랜드 시멘트	비산불가
	블록 단열재	6~15	탄산 마그네슘, 실리카 칼슘	비산가능
	전성 파이프 덮개	50	탄산 마그네슘, 실리카 칼슘	비산가능
	슬레이트	90	실리카 칼슘	비산가능
	종이 테이프	80	폴리머수지, 풀	비산가능
	연마제	20~100	진흙	비산가능



(출처 : 산업안전관리공단)

석면의 용도는 3,000여 가지에 이를 만큼 생활의 모든 분야에 다양하게 사용되고 있다.

크게 석면공업제품과 건축재로 구분할 수 있으며, 건축재가 80% 이상을 차지하고 있다. 일본에서 석면을 사용한 건축재는 1955년경부터 사용되기 시작하여 건물의 고층화 및 철골구조화에 따라 철골조건축물의 경량내화피복재로 1960년대 고도성장기에 많이 사용되었다. 석면사용 예를 들면 다음과 같다.

■ 석면의 살포부착

석면은 살포·부착에 의해 내화, 방음, 단열재로 많이 사용하여 왔다.

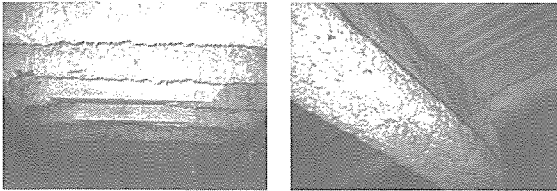
석면섬유를 철골이나 벽면에 결합재(시멘트)와 물을 혼합하여 살포기계로 직접 부착시켜 시공면에 석면섬유층을 형성시키는 공법으로 주로 사용되었다.

단열, 흡음, 결로방지의 용도로 사용된 경우는 통상 보이는 장소이며(그림 3), 내화피복용 등으로 철골 등의 구조체에 직접 살포·부착되는 경우는 그 위에 커버 등으로 장식되어 통상 보이지 않는다.

일본에서는 1956년경부터 1975년경까지 사용되었다. 처음에는 방음용으로서 항공시설 부근의 학교나 시설에 이후, 초고층 빌딩이나 철골 구조상의 건물에 사용된 석면은 건물의 노화에 따른 손상이 진행되어 거기에 거주하는 사람들은 살포부착된 석면층에서 비산(飛散)하여 떠다니는 석면 속에서 생활하고 있다. 이러한 환경에서의 석면의 농도는 석면제조공정이나 살포부착공정 현장의 농

도에 비교하여 아주 낮은 수준이지만 건물 내에서 생활하는 사람들은 장기간동안 공기 중에 부유(浮遊)하는 석면의 분진(粉塵)을 흡입하게 되어 석면장해를 입을 수 있다.

그림 3. 건물 천정의 살포부착석면



■ 살포부착암면(rock wool)

일본은 1975년 석면의 살포부착작업을 금지함에 따라 석면의 살포부착암면 공법으로 대체되고 있었으나 여전히 상당 기간 동안 석면이 사용되어 왔다. 살포부착암면에 석면을 혼합하여 사용한 기간은 1968년부터 1980년경까지로, 일부 습식공법에서는 1988년경까지도 사용되었다. 현재 사용되고 있는 살포부착암면에는 석면이 사용되지 않고 있다.

암면은 석면을 대신하는 대용품으로 개발된 것으로서, 안산암·현무암 등의 암석이나 니켈·망간의 광재(鑛滓: 슬래그) 등의 혼합물에 석회석을 섞은 것을 원료로 하고, 전기로에서 1,500~1,600℃의 고열로 용융하여 노(爐) 하부의 노즐에서 흘러나온 것을 압축공기로 세게 불어서 만든 섬유이다.

섬유의 길이 10~100mm, 굵기 2~20μm가 표준이다. 암면 역시 인체에 무해하다는 근거는 없으며 많이 노출될 경우 피부염, 호흡기 질환을 일으킬 수 있어 선진국에서는 다른 대용품을 개발하고 연구 중에 있다.

■ 석면보온재(석면함유보온재, 내화피복판 등)

석면보온재는 보온재와 피복판 등이 있다. 판상 보온재와 원통형 보온재는 각종 공장설비 외벽과 배관과 같이 모양이 일정한 부분에 볼트나 철사로 고정시켜 사용되며 끈 모양의 보온재는 설비의 곡면부와 시공하기 어려운 부

분에 사용된다. 천 형태의 보온재는 각종 펌프, 밸브, 플랜지 등 보온이 필요한 곳에 철사로 감아서 사용한다.

■ 석면성형판(슬레이트, 펄프시멘트, 석면시멘트사이딩 등)

석면성형판에는 평판 또는 물결모양의 파형굴곡을 가지는 판상이 있으며(그림 4) 가장 대표적인 것이 석면슬레이트이다. 방화, 내열성이 우수하여 건물의 외벽 및 지붕에 처음으로 사용되기 시작하여 경량화, 채색 등 다양한 응용제품이 광범위하게 사용되고 있다.

그림 4. 석면슬레이트 제품

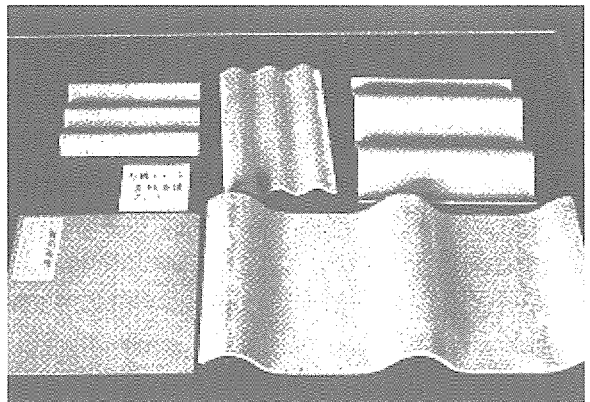


표 5. 국내 생산 석면함유 건축자재의 석면 분석결과 (분석기관 : 한국산업안전공단 산업안전보건연구원)

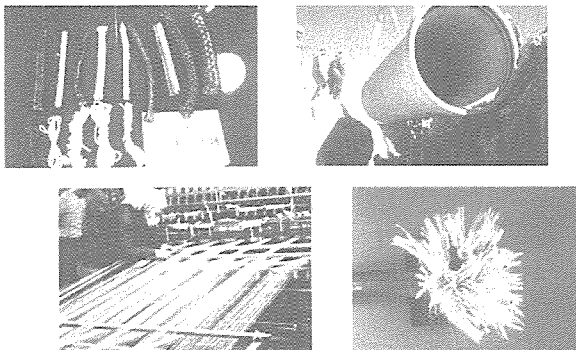
구분	제품 종류	제품명	석면 함유량 (%)	성분 (%)	크기 (μm)	제품형태	분석사진
지붕재	섬유 강화 시멘트	슬레이트1 (대굴)	10±3	Mg: 52.6 ± 2.83 Si: 42.7 ± 2.45 Fe: 4.7 ± 1.00	Diameter: 0.04 ± 0.01 Length: 7.5 ± 2.34		
		슬레이트1 (소굴)	10±3	Mg: 51.2 ± 1.48 Si: 44.0 ± 0.71 Fe: 4.8 ± 1.27	Diameter: 0.04 ± 0.01 Length: 14.3 ± 8.51		
		슬레이트2	10±3	Mg: 53.9 ± 2.22 Si: 42.8 ± 2.37 Fe: 3.3 ± 1.22	Diameter: 0.05 ± 0.02 Length: 11.7 ± 6.45		

구분	제품 종류	제품명	석면 함유량 (%)	성분 (%)	크기 (μm)	제품형태	분석사진
천장재	섬유 강화 시멘트판	아스칼	5±1	Mg: 51.9 ± 2.5 Si: 44.1 ± 2.49 Fe: 4.0 ± 0.82	Diameter: 0.04 ± 0.01 Length: 8.0 ± 3.56		
		빔라이트1	8±2	Mg: 53.8 ± 2.32 Si: 42.7 ± 2.53 Fe: 3.5 ± 0.54	Diameter: 0.04 ± 0.01 Length: 7.9 ± 2.61		
칸막이	섬유 강화 시멘트판	빔라이트2	8±2	Mg: 54.6 ± 1.83 Si: 42.2 ± 2.05 Fe: 3.2 ± 0.79	Diameter: 0.04 ± 0.02 Length: 9.9 ± 5.45		
		치장용 석면 시멘트판	니무라이트	8±2	Mg: 55.9 ± 2.45 Si: 41.3 ± 2.60 Fe: 2.8 ± 0.87	Diameter: 0.03 ± 0.01 Length: 9.7 ± 2.69	
외벽재	압출성형 콘크리트 패널	베이스패널	10±2	Mg: 53.0 ± 2.11 Si: 44.3 ± 2.01 Fe: 2.7 ± 0.48	Diameter: 0.04 ± 0.01 Length: 11.5 ± 6.53		

■ 기타 석면제품

석면시멘트관은 굴뚝, 배기관의 저압관과 상하수도용 고압관으로 사용된다. 또한 탱크와 파이프라인을 접속할 때 액체의 누출을 방지하기 위한 실링재로서 팩킹 또는 가스켓 용도로 사용된다(그림 5). 이외 브레이크 라이닝과 클러치페이싱이라 불리는 마찰재로서도 사용되고 있다.

그림 5. 상하수관, 패키징용 석면제품



▣ 석면에 의한 질환

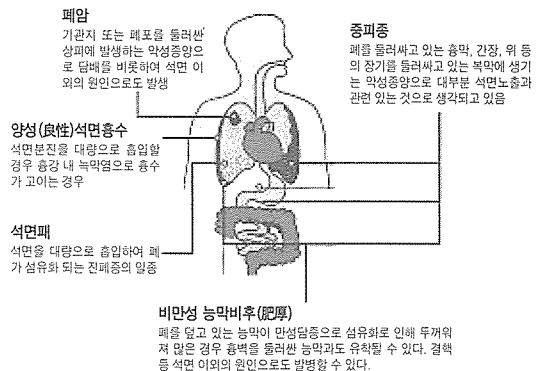
석면은 약 40μm인 사람의 머리카락보다 가늘어(백석면의 직경은 약 0.02~0.04μm, 각섬석계 석면은 약 0.1~0.2 μm) 육안으로 볼 수 없는 미세한 섬유로 되어 있다. 이 때문에 공기 중에 떠다니다 흡입되어 폐에 달라붙는 특징을 가지고 있다. 흡입된 석면의 일부는 가래 등에 섞여 몸 밖으로 배출되기도 한다. 그러나 석면은 섬유형태를 가지고 있어 잘 이동하기 어려운 특성을 가지고 있어 폐의 조직에 오랫동안 체류하게 된다.

석면섬유에 장기간 노출되면 이와 같이 체내에 체류한 석면으로 가래가 생기고 폐의 조직 손상이 지속되어 섬유화된다. 또한 활성산소에 의해 DNA가 손상되어 유전자 이상을 일으킴으로써 세포가 암으로 발전할 가능성이 있다.

궁극적으로 폐의 섬유화와 암의 일종인 폐암, 악성 중피종(中皮腫), 그 밖에 석면폐, 양성석면흉수, 비만성흉막 비후 등의 건강피해를 야기할 수 있다(그림 6).

또한 암(癌) 발병률은 석면 종류에 따라 다르며 각섬석계의 청석면과 갈석면이 백석면보다 암을 유발할 가능성이 더 높다. 석면을 흡입한 양과 중피종 또는 폐암의 발병률간의 상관관계는 인정되고 있으나, 얼마나 오랫동안 석면에 노출되어야 중피종이 발생하는지는 명확하지 않다.

그림 6. 석면으로 인한 건강피해



♣ 폐포 : 보통 허파파리라고 부르며 기도(airway)의 맨 끝부분에 있는 포도송이 모양의 작은 공기주머니를 말한다.

♣ 흉수 : 흉막강 내에 끼는 액체. 정상인도 약 10ml 정도 되는 소량의 흉수가 있어, 폐의 호흡운동 때 벽측 흉막(늑막)과 장측 흉막 사이의 윤활유 역할을 한다. 각종 질병에 의하여 증가하는데, 이 증가한 액체의 성상에 따라서 누출액(漏出液)과 삼출액(滲出液)으로 대별된다.

♣ 진폐 : 일반적으로는 유해한 분진을 장기간 흡입할 때 폐조직 내에 분진이 침착하여 만성적 섬유증식반응(섬유증)을 일으킨 상태

■ 석면폐 : 석면폐는 석면을 대량으로 흡입하여 폐가 섬유화한 진폐의 일종이다.

석면 이외 광물분진을 비롯하여 많은 원인이 있으나 석면에 의해 발병하는 석면폐와 구별하고 있다. 폐의 섬유화가 진행되면 산소와 탄소가스의 교환하는 기능이 손상을 입어 호흡곤란이 생긴다. 기침·가래 등이 자주 발견되며, 서서히 진행되어 폐기능이 현저히 저하된다. 폐의 섬유화를 일으키는 것으로서는 일반적으로 직업상 10년 이상 석면에 향시 노출된 근로자에게 일어나며 일반적 환경 하에서 석면노출에 의해 발병하는 예는 아직까지 보고된 바 없다.

■ 폐암 : 폐암은 기관지 또는 폐포를 덮고 있는 상피에 발생하는 악성 종양으로 중피종과는 다르며 흡연 등 석면 이외 많은 원인으로 발병할 수 있다.

임상적으로 기침, 가래, 혈담 증상을 보이거나, 증상이 없는 경우에도 흉부 X선 또는 CT촬영으로 발견되는 경우도 있다. 석면에 노출되어 폐암으로 발전하기까지는 대략 30-40년 정도의 장기간이 걸리며 석면에 많이 노출될수록 폐암으로 발전할 가능성이 높아진다.

석면노출농도와 노출기간을 곱한 값이 25개/ml·year

이 되면 폐암 발생확률은 2배 높아진다. 이는 일본의 환경기준인 0.01개/ml를 고려하면 환경기준 이하의 석면농도 하에서는 2000년 이상 석면에 노출되어야 폐암이 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 폐암 발생의 최대 요인은 흡연으로서 흡연자가 석면에 노출되면 폐암발생 위험성은 상대적으로 더 높아진다. 비흡연자를 1로 할 때 흡연자는 10배, 석면에 노출된 자는 5배이나 흡연자가 석면에 노출될 경우는 50배로 높아진다고 알려지고 있다.

■ 중피종 : 흉막, 복막, 심장 및 대혈관의 심막에 발생하는 악성종양으로 그 중 흉막에 발생하는 예가 가장 많다. 흉막중피종의 경우 호흡곤란, 가슴통증이 많이 발견되고 있으나 증상이 나타나지 않고 흉부 X선으로 흉수가 발견되는 경우도 있다. 이 밖에 기침, 발열, 전신 권태감, 체중 감소 등이 나타난다. 발병 잠복기간은 40년 전후로 대단히 길고 석면에 누적하여 노출될수록 발병확률이 높아진다. 중피종은 직업적으로 노출될 경우뿐만 아니라 가정 및 생활 주변환경에 의해 노출되어도 발병할 수 있으므로 주의할 필요가 있다.

■ 양성석면흉수 : 흉강 내 액체가 고이는 것으로 호흡곤란과 가슴통증 등 자각증상으로 알 수 있으며, 증상이 없는 경우에도 흉부 X선으로 흉수가 발견될 수도 있다. 다른 석면 질환에 비하여 잠복기간이 12-30년으로 짧은 편이다. 지금까지 일반환경 하에서 석면노출에 의해 발병된 예는 보고된 바 없다.

■ 비만성흉막비후 : 대체로 3년 이상 직업적으로 고농도의 석면 노출에 의해 발병할 수 있다. 기침, 가래, 호흡곤란, 가슴통증이 반복되고 호흡기 감염이 반복되는 등의 증상을 보인다.

석면폐 및 양성석면흉수의 후유증으로 많이 나타난다. 지금까지 일반환경 하에서 석면노출에 의해 발병된 예는 보고된 바 없다.

(다음호에 계속)