

석면에 대한 개요

산업안전보건연구원 장재길 PhD, CIH

1. 서론

최근 들어 석면(石綿)으로 인한 건강장해 문제가 사회적 이슈의 하나로 떠오르고 있다. 특히 서울지하철에서의 석면검출은 국내외적으로 언론의 관심사가 된 바 있다. 선진국에서는 이미 수십년 전에 사회 이슈화된 부분이므로 다소 늦은 감이 없지는 않으나 근로자의 건강보호 차원에서 간과될 수 없는 문제이다.

석면은 국제발암학회 (International Agency for Research on Cancer : IARC) 등에 의해 인간에 대한 발암성이 인정된 물질 군에 속해 있다. 미국, 영국 및 호주의 경우 석면에 의한 사망가능자 수가 연간 수백~수천명에 이를 것으로 예측되고 있으며 우리나라의 경우에도 향후 석면에 의한 사망자가 증가할 수 있다고 경고되고 있다.

2. 석면의 특성

석면(asbestos)은 산소 및 규소와 철, 마그네슘, 나트륨, 칼슘 등의 금속 성분을 함유한 규산염 광물(silicate mineral)의 일종으로 섬유상 구조(fibrous structure)를 가지고 있는 것이 특징이다. 국제적으로는 1종류(Chrysotile/백석면)의 사문석(蛇紋石: Serpentine)과 5종류(Crocidolite/청석면, Amosite/갈석면, Anthophyllite/안쏘필라이트, Tremolite/트레모라이트, Actinolite/악티노라이트)의 각섬석(角閃石: Amphibole) 등 6종으로 구분되고 있다([표 1] 참조).

[표 1] 석면의 종류 및 조성

번호	이름	암석 종류	조성	카스번호
1	Chrysotile	사문석(蛇紋石) Serpentine	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	12001-29-5
2	Crocidolite	각섬석(角閃石) Amphibole	$Na_2(Fe^{+2},Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	12001-28-4
3	Amosite		$(Fe^{+2})_2(Fe^{+2},Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	12172-73-5
4	Anthophyllite		$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$	17068-78-9
5	Tremolite		$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	14567-73-8
6	Actinolite		$Ca_2(Mg,Fe^{+2})_5Si_8O_{22}(OH)_2$	12172-67-7

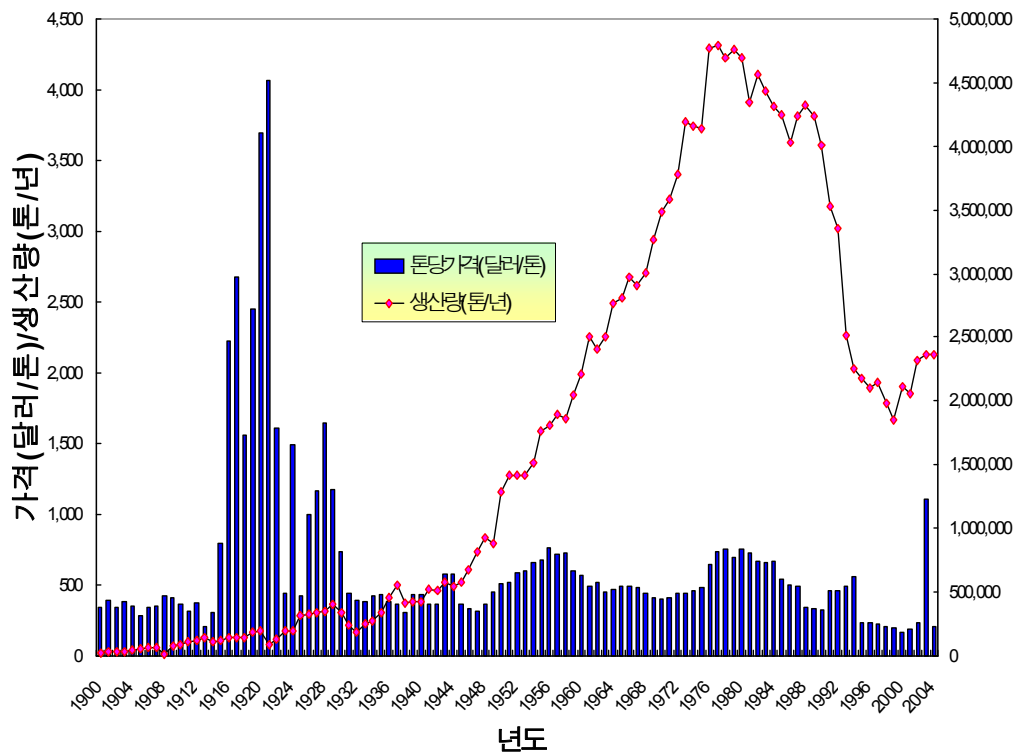
석면에 대한 언급은 아리스토텔레스의 제자 중 한명인 테오프라스트스(Theophrastus)가 기원전 300년경에 그리스어로 쓰여진 “암석에 대하여(On Stone)”에서 기름과 함께 태워도 타지 않는 썩은 나무와 같은 미지의 물질에 대해 언급한 것이 최초로 알려져 있다. 석면은 [표 2]에서 요약된 바와 같이 내열성, 내마모성, 내전기성, 내산/알칼리성이 강한 것이 특징이며 다른 광물과 달리 부드러운 섬유상으로 되어 있어 단독 및 다른 물질과 섞어서 가공하는 것이 비교적 용이하다.

3. 석면의 생산과 소비

1900년대 초부터 본격적이 생산이 시작된 이후 전 세계 석면의 생산과 사용량은 1977년의 약 480만톤을 정점으로 점차 줄어들어 2000년대에는 약 230만톤을 기록하고 있다. 20세기 말에 200만톤 이하로 떨어진 적도 있으나 근래 들어 사용량이 약간 증가하고 있다 ([그림 1]참조). 주요 생산국은 [표 3]과 [그림2]에서 나타낸 바와 같이 러시아/카자흐스탄, 캐나다, 남아프리카, 짐바브웨 및 브라질이다.

[표 2] 석면섬유의 물리화학적 특징

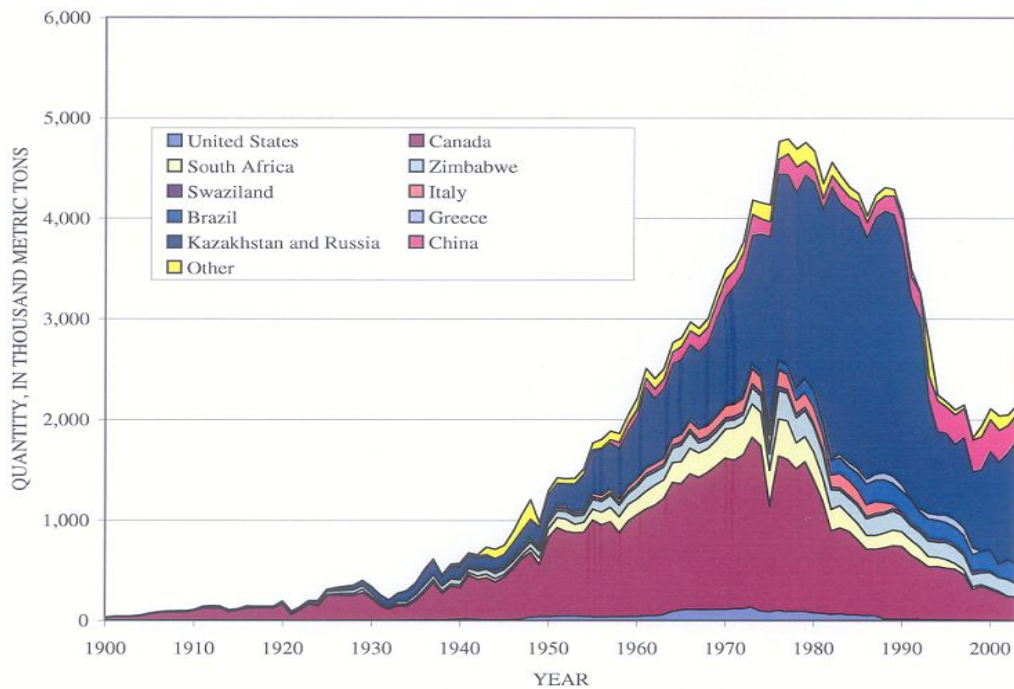
Property	Actinolite asbestos	Amosite	Anthophyllite asbestos	Chrysotile	Crocidolite	Tremolite asbestos
Structure	Reticulated long prismatic crystals and fibers	Lamellar or coarse to fine fibrous and asbestiform	Lamellar or fibrous asbestiform	Usually highly fibrous fibers, fine and easily separable	Fibrous in iron-stones	Long or prismatic and fibrous aggregates
Veining	Slip or mass fiber	Cross fiber	Slip or mass fiber	Cross and slip fibers	Cross fiber	Slip or mass fiber
Essential composition	Ca, Mg, Fe silicate with some water	Fe, Mg silicate with some water	Mg silicate with some iron	Mg silicate with some water	Na, Fe silicate with some water	Ca, Mg silicate with some water
Crystal system	Monoclinic	Monoclinic	Orthorhombic	Monoclinic	Monoclinic	Monoclinic
Color	Greenish	Ash gray or brown	Grayish white, also brown-gray or green	White, gray, green	Lavender blue, metallic blue	Gray-white, greenish, yellowish, bluish
Luster	Silky	Vitreous to pearly	Vitreous to pearly	Silky	Silky to dull	Silky
Hardness	6±	5.5-6.0	5.5-6.0	2.5-4.0	4	5.5
Specific gravity	3.0-3.2	3.1-3.25	2.85-3.1	2.4-2.6	3.2-3.3	2.9-3.2
Optical properties	Biaxial negative extinction inclined	Biaxial positive, extinction parallel	Biaxial positive, extinction parallel	Biaxial positive extinction parallel	Biaxial positive, negative, extinction parallel	Biaxial negative, extinction inclined
Refractive index	1.63± weakly pleochroic	1.64±	1.61±	1.51-1.55	1.7 pleochroic	1.61±
Length	Short to long	2 to 11 inches, varies	Short	Short to long	Short to long	Short to long
Texture	Harsh	Coarse but somewhat pliable	Harsh	Soft to harsh, also silky	Soft to harsh	Generally harsh, sometimes soft
Specific heat, Joules per kilogram per Kelvin	505	449	488	619	468	493
Tensile strength, thousand pascals	6,895 and less	110,316 to 620,528	27,579 and less	551,581 to 689,476	689,476 to 2,068,427	6,895 to 55,158
Temperature at maximum ignition loss	NA	871° to 982° C	982° C	982° C	648° C	982° C
Filtration properties	Medium	Fast	Medium	Slow	Fast	Medium
Electric charge	Negative	Negative	Negative	Positive	Negative	Negative
Fusion point	1,393° C	1,399° C	1,468° C	1,521° C	1,229° C	1,316° C
Spinnability	Poor	Fair	Poor	Very good	Fair	Poor
Resistance to acids and alkalis	Fair	Good	Very good	Poor	Good	Good
Mineral impurities	Lime and iron	Iron	Iron	Iron, chrome, nickel, and lime	Iron	Lime
Flexibility	Poor	Good	Poor	High	Good	Poor
Resistance to heat	NA	Good, brittle at high temperature	Very good	Good, brittle at high temperature	Poor, fuses	Fair to good



[그림 1] 전 세계 석면의 생산 및 가격 동향

[표 3] 주요 국가별 최근 석면 생산량 추이

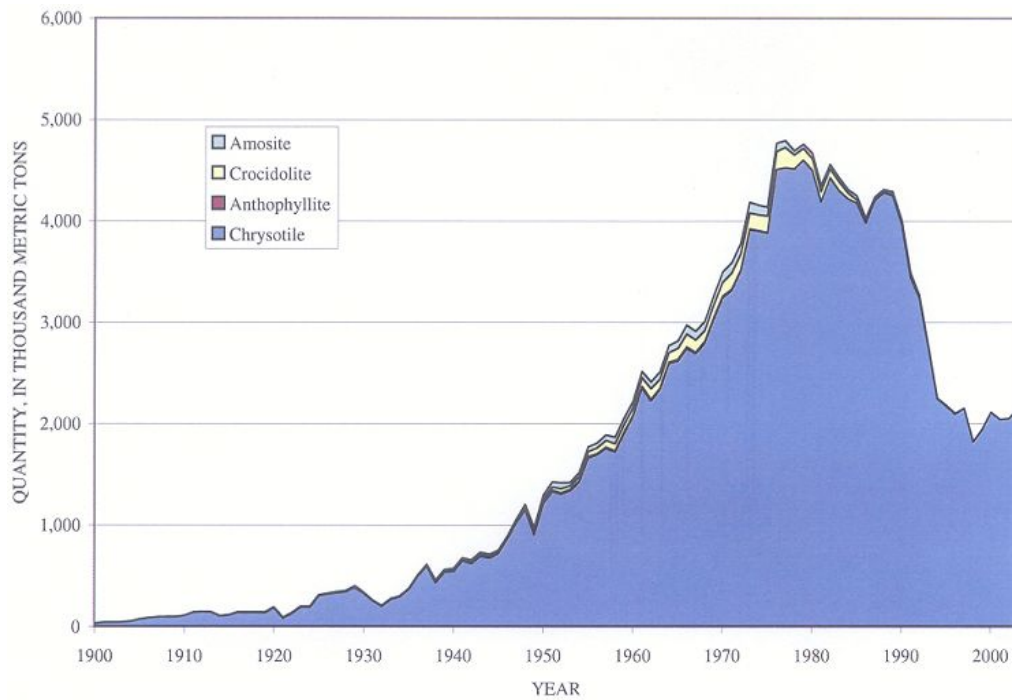
Year	United States	Australia	Brazil	Canada	China	Kazakhstan and Russia	Greece	Italy	South Africa	Swaziland	Zimbabwe	Other	World production¹
1988	18,233	-	227,653	710,357	150,000	2,600,000	71,114	94,549	145,678	22,804	186,581	84,020	4,310,989
1989	17,427	-	206,195	732,192	181,000	2,600,000	73,300	44,348	156,594	27,291	187,006	65,011	4,290,364
1990	W	-	205,000	725,000	221,000	2,400,000	66,000	3,860	146,000	35,900	161,000	50,495	4,014,255
1991	20,061	-	237,000	639,000	200,000	2,000,000	4,730	15,000	148,525	13,900	142,000	67,735	3,487,951
1992	15,573	-	170,000	590,641	240,000	1,900,000	30,000	-	133,268	32,301	150,158	9,549	3,271,490
1993	13,704	-	185,000	522,967	240,000	1,130,000	56,945	-	103,994	33,860	156,881	331,844	2,775,195
1994	10,100	-	192,050	531,000	303,000	830,000	55,502	-	92,130	26,720	151,905	57,593	2,250,000
1995	9,000	-	170,000	515,587	263,000	808,400	76,003	-	88,642	28,570	169,256	51,542	2,180,000
1996	9,550	-	170,000	506,000	293,000	743,700	80,213	-	57,120	26,014	165,494	48,909	2,100,000
1997	6,890	-	170,000	455,000	288,000	892,000	63,294	-	49,986	25,888	144,959	37,277	2,150,000
1998	5,760	-	198,332	309,000	314,000	755,400	50,000	-	27,195	27,693	123,295	149,325	1,820,000
1999	7,190	-	188,386	337,366	229,000	814,300	-	-	18,836	22,912	115,000	107,010	1,940,000
2000	5,260	-	209,332	307,000	315,000	983,200	-	-	18,782	12,690	152,000	108,426	2,110,000
2001	5,260	-	132,695	277,000	310,000	1,021,300	-	-	13,393	-	136,327	144,025	2,040,000
2002	2,720	-	194,732	241,000	270,000	1,066,100	-	-	-	-	168,000	107,448	2,050,000
2003	-	-	195,000	241,000	260,000	1,231,000	-	-	-	-	130,000	93,000	2,150,000
Total	3,290,000	751,000	5,146,794	61,203,777	8,569,684	69,174,901	881,000	3,860,000	9,932,589	1,796,224	9,135,235	6,549,533	174,000,000



[그림 2] 전 세계 석면의 국가별 생산량 추이

1900년부터 2003년까지 생산된 약 1억8천백만톤의 석면 종류를 기준으로 살펴보면 [그림 3]에서 나타낸 바와 같이 백석면(Chrysotile)이 96.0%, 청석면(Crocidolite)이 2.2%, 갈석면(Amosite)이 1.5%, 그리고 Anthophyllite가 0.3%를 차지하여 거의 대부분이 백석면임을 알 수 있다. 유해성이 보다 강한 것으로 알려진 청석면의 1980년대 중반 이후 생산이 감소한 것을 알 수 있다.

석면의 사용 용도를 살펴보면 80%이상이 건축자재(construction materials)로 사용되었으며 약 10%가 마찰제(friction products), 나머지 약 10%가 기타 제품임을 알 수 있다 ([표 4]참조). 국가별로 사용 용도가 상이하며 미국의 경우에는 전체의 약 1/4정도가 석면시멘트의 제조에 사용되었다.



[그림 3] 전 세계의 석면 종류별 생산량 추이

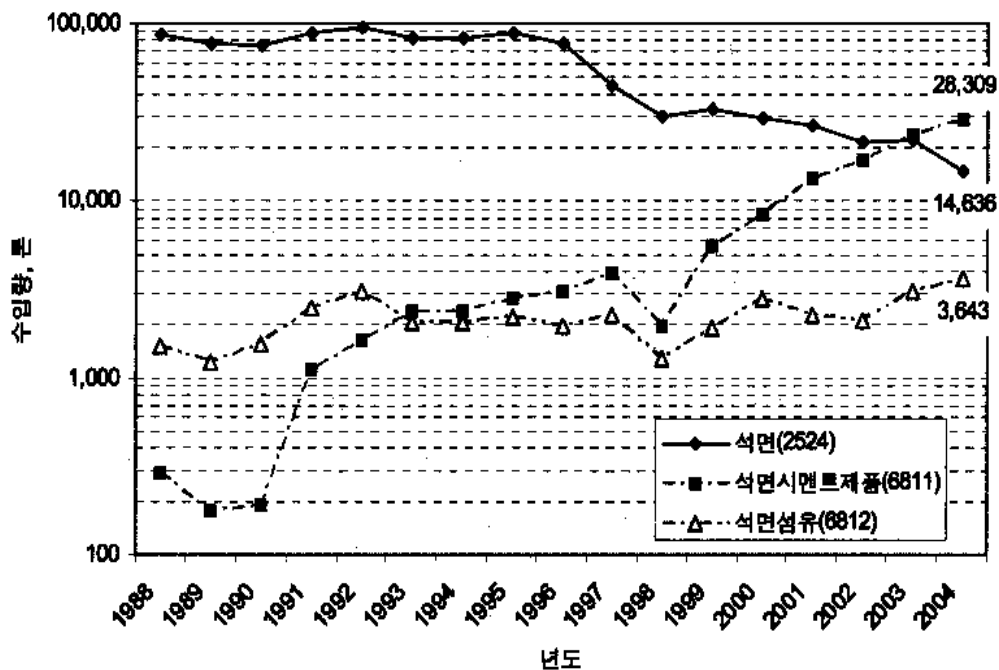
[표 4] 1974년과 1988년의 전 세계 석면의 용도별 사용처

Region	Construc- tion		Friction products		Other		Total	
	1974	1988	1974	1988	1974	1988	1974	1988
North America	820	90	105	20	225	10	1,150	120
Central and South America	150	190	20	35	20	25	190	250
Western Europe	830	450	60	10	100	20	990	480
Eastern Europe	870	2,100	30	50	150	200	1,050	2,350
Africa	30	40	15	18	5	3	50	61
Asia	680	850	70	18	50	75	800	943
Oceania	170	110	10	1	10	5	190	116
Total	3,550	3,830	310	152	560	338	4,420	4,320

4. 한국의 석면 생산과 소비

한국에는 해방 전까지 약 28개의 석면 광산이 있었던 것으로 보고되고 있으며, 충남 홍성군 덕정마을 소재 광산이 1930년대에 일제에 의해 개발되어 한때(1940년대 추정) 1,000여명이 종사하며 단위 광산 당 아시아 최고 석면생산량(백석면으로 약 5,000톤/년 추정)을 기록하기도 하였으나 해방 후에는 생산이 부진하다가 1983년에 폐광되었다.

국내 석면의 수입량은 [그림 4]에서 도시된 바와 같이 1992년의 약9만5천톤을 정점으로 점차 감소하고 있으며 2005년도에는 6,477톤을 기록하였다. 반면에 석면시멘트제품과 석면섬유 등 석면함유제품의 수입은 꾸준히 증가하고 있다.



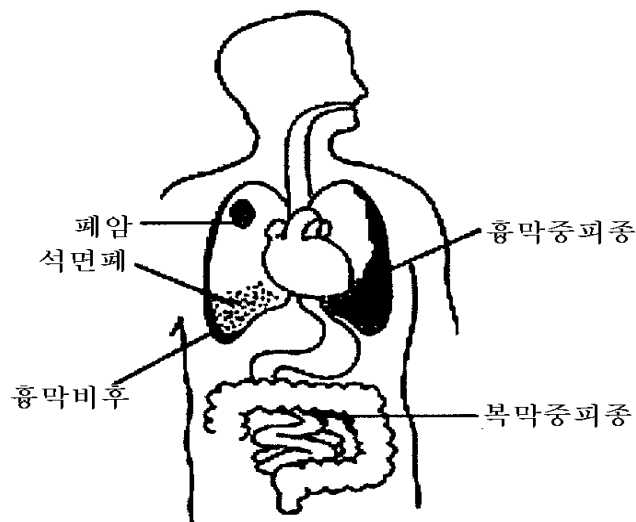
[그림 4] 국내 석면의 수입과 사용량 추이

국내에 수입된 석면은 건축자재(82%), 자동차부품(11%), 석면섬유제품(5%) 및 기타(2%)에 사용되었으며 대부분이 국내에서 소비된 것으로 추정

된다. 한국산업안전공단 연구원이 학계에 의뢰하여 실시한 최근의 연구에 따르면 국내에는 약 640만개의 건축물이 존재하나 얼마만한 수의 건물이 석면을 함유하고 있는 지에 대해서는 현재로서는 예측이 불가능한 상태이다.

5. 석면의 유해성 및 질환

석면에 의한 인체 영향은 석면폐, 폐암, 중피종, 흉막비후 및 양성석면흉수 등으로 크게 5가지 정도로 분류되고 있으나 석면폐(Asbestosis), 석면암(Asbestos cancer) 및 중피종(Mesothelioma)가 가장 널리 알려져 있다([그림 5] 참조). 석면폐란 용어는 영국의 의사인 W. E. Cooke가 1924년에 최초로 사용하였으나 유사한 유해 증상이 발견된 것은 19세기말로 알려져 있다. 석면폐는 1920년대에, 석면에 의한 중피종은 1940년대부터 보고되었다.



[그림 5] 석면에 의한 대표적인 질환의 발생부위

석면은 한국노동부, 국제발암학회(IARC), 미국환경청(US-EPA), 미국독성프로그램(US-NTP), 미국산업안전보건연구소(US-NIOSH), 미국산업안전보건청(US-OSHA), 미국산업위생전문가협회(ACGIH) 등 국제적으로 알려진 모든 기관에서 인간에 대한 발암성을 인정한 물질이다 ([표 5] 참조). 발암위해도

에 대해서는 많은 연구가 있지만 국제적으로는 [표 6]에서와 같이 흡연과의 석면암의 시너지효과를 정리한 Hammond와 Selikoff(1979)의 보고가 널리 인용되어 지고 있다.

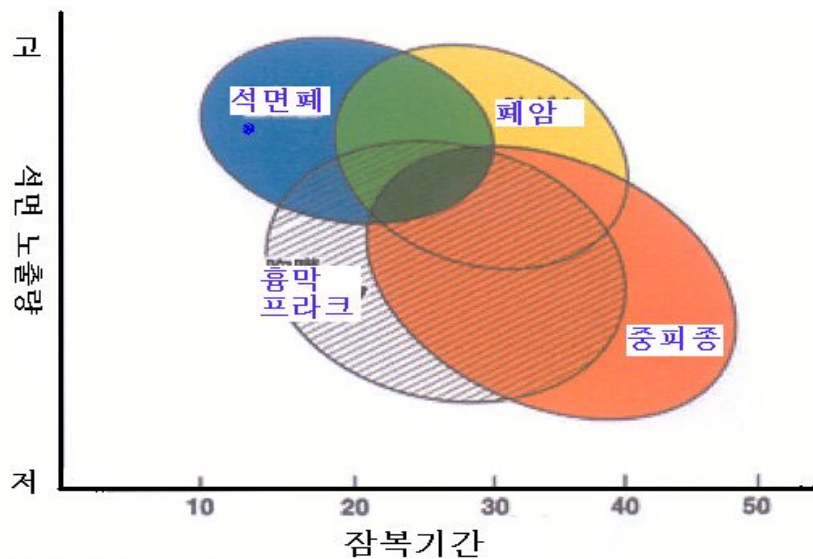
[표 5] 석면에 대한 국제적 발암성 인정실태

기관명	발암기호	발암성	비고
한국 노동부	A1	발암성물질로 확인된 물질	
IARC	A	Carcinogenic to Human	
US-EPA	A	Human Carcinogen	
US-NTP	K	Known to be a Human Carcinogen	
US-OSHA	Ca	Carcinogen defined with no further categorization	
US-NIOSH	Ca	Potential Occupational Carcinogen	
ACGIH	Y	Confirmed Human Carcinogen	

[표 6] 석면에 의한 발암위해도의 예

구 분	석면 노출	
	없음	있음
비흡연자	1.0	5.17
흡연자	10.85	53.24

석면에 의한 질환과 잠복기에 대해서도 각 질환 마다 여러 가지 설이 있으나 1975년에 Bohlig가 정리한 그림이 널리 사용되고 있다.



[그림 6] Bihlig의 석면노출과 석면질환의 잠복기 비교

전 세계적으로 석면에 의한 질환자의 발생은 정확한 통계는 없으나 국제노동기구(ILO)의 추정에 따르면 매년 200만명의 노동재해 사망자중 약 10만명이 석면에 의한 질환으로 사망하는 것으로 추정하고 있으며, 유럽연합(EU)은 2030년까지 약 50만명이 석면에 의한 질환으로 사망할 것으로 추정하고 있다.

일본에서 노재보험(한국의 “산업재해보상보험”에 해당)을 수령한 석면질환자의 수는 [표 7]에서 나타낸 바와 같이 그 수가 기하급수적으로 증가하고 있으며 향후 40년 내에 석면에 의한 직업병자수가 10만여명에 이를 것으로 추계하는 학자도 있다.

[표 7] 일본의 년도별 석면직업병 노재보험 인정건수

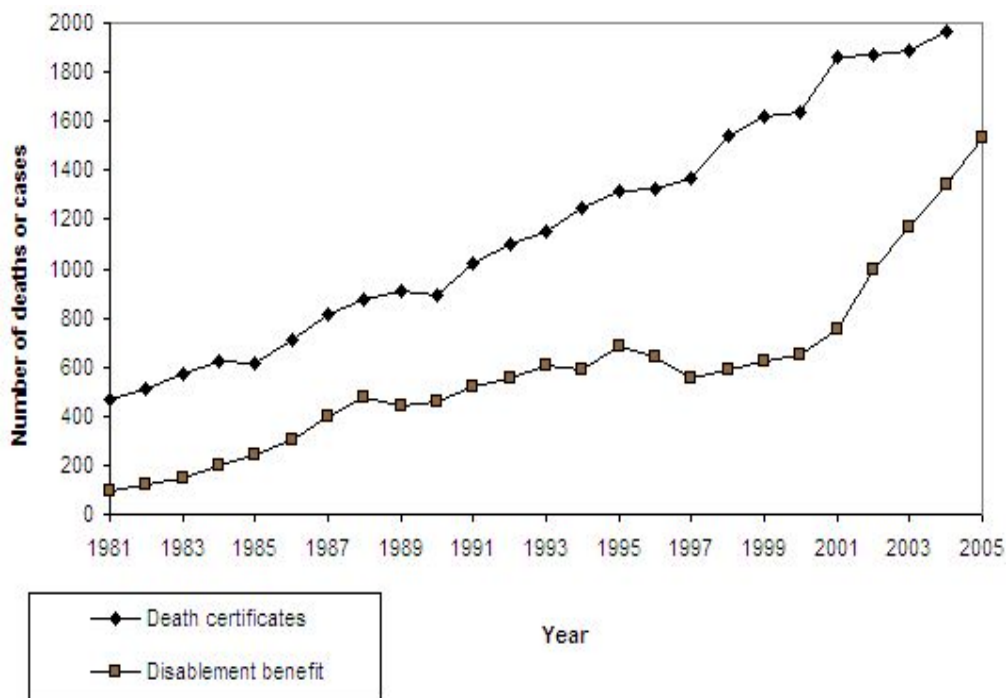
년도	'79 전	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
합 계	19	1	2	7	4	7	11	14	10	10	19	16	18	23
석면 폐암	18	1	2	7	4	3	7	5	8	7	9	10	10	9
중피종	1	0	0	0	0	4	4	9	2	3	10	6	8	14
년도	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
합 계	21	21	23	27	22	42	42	55	55	78	123	186	722	1,796
석면 폐암	11	9	10	15	12	23	17	18	21	22	28	58	219	790
중피종	10	12	13	12	10	19	25	37	34	56	85	128	503	1,006

최근 일본의 후생노동성이 발표한 통계자료에 의한 전 국민 중피종 사망자수는 최근에는 줄어 들기는 했으나 [표 8]에서 나타낸 바와 같이 노재 인정건수의 수십배에 이르고 있어 직업적 노출 이외에도 국민 다수가 석면에 노출되었음을 시사하고 있으며 노재인정도 상대적으로 충분하지 못했음을 보여주고 있다.

[표 8] 년도별 일본의 중피종 사망자수

년도	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
국민의 중피종 사망자수	500	576	797	570	647	710	772	810	878	953	-	-
중피종 노재인정 건수	13	12	10	19	25	37	34	56	85	128	503	1,006
국민 사망자의 노재인정 배수	38.4	48.0	79.7	30.0	25.9	19.2	22.7	14.5	10.3	7.4	-	-

영국의 경우에는 1964년부터 보건안전위원회(HSE)에서 중피종에 대한 보고시스템을 가동하고 있으며 1985년부터 2004/5년도까지의 전국민 중피종 사망자수는 [그림 7]에서 나타낸 바와 같다. 일본의 경우와는 다르게 산재보상을 받은 비율이 1/3에서 절반 이상에 이르고 있어 직업적 보상시스템이 비교적 양호함을 알 수 있다. [그림 8]에서는 영국에서의 석면사용량을 기준으로 한 향후 중피종 사망자수의 추계를 도시하였다. 1770년대 초에 석면 사용량이 정점을 이루고 중피종 사망자는 210년 중반대에 약 1800여명에 이를 것으로 나타나고 있다. 석면에 의한 직업성 암환자의 발생은 [표 9]에 최근의 동향을 요약하였다.



[그림 7] 영국에서의 석면중피종 사망자수 추이

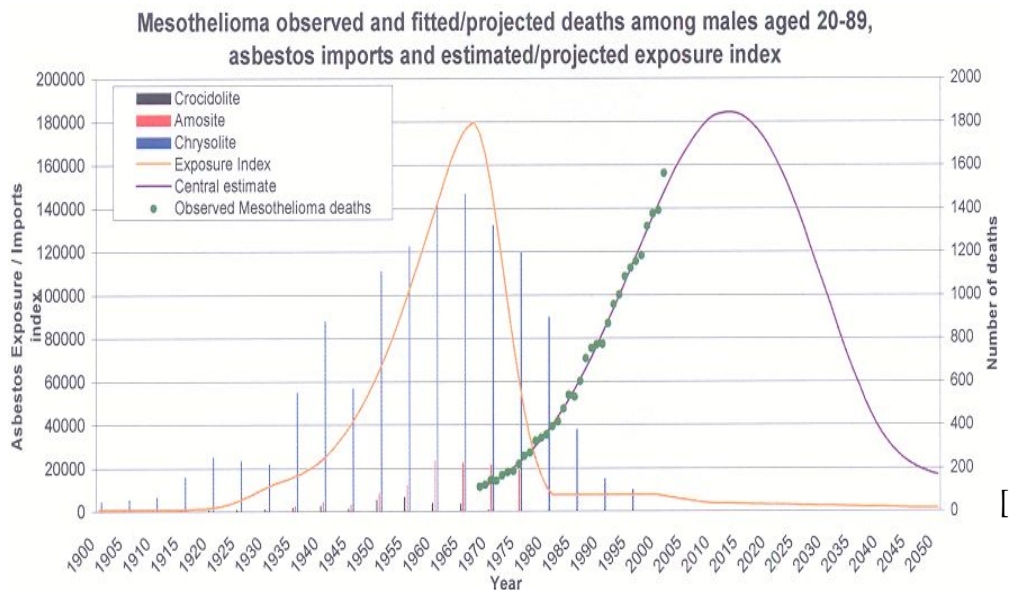
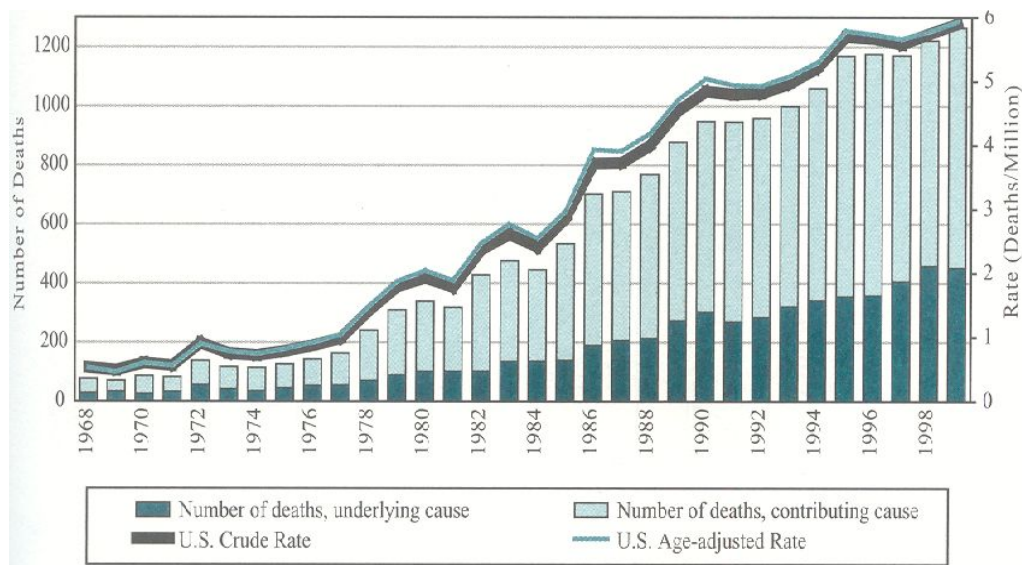


그림 8] 영국에서의 향후 석면중피종 사망자수 추계

[표 9] 영국에서의 직업성 석면폐 직업병자 발생현황

년도	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
직업성 폐질환자	1790	2105	3790	4975	2585	2395	4660	5385	3435	2605	2670	3810	4020	4235	4040
석면암	55	55	70	75	55	50	25	40	40	40	55	55	70	75	80

미국의 경우 석면폐에 의한 15세 이상 사망자수는 1999년을 기준으로 1,265명에 이르고 있으며 ([그림 9] 참조), 역시 1999년의 15세 이상 중피종 사망자 수는 2,485명이나 직업성에 의한 사망자수는 자료로 밝혀져 있지 않다. 석면암에 의한 사망자수도 영국이나 일본과 달리 통계에 잡히지 않고 있으며 이는 미국의 특성상 단일 통계의 생산이 쉽지 않은 것에 기인하고 있다.



[그림 9] 미국의 석면폐에 의한 년도별 사망자수 추이

우리나라의 석면에 의한 직업병 발생건수는 [표 10]에서 요약된 바와 같이 일본에 비해 아직까지는 그 수가 매우 미미하며 중피종 사망에 대한 국가적 통계도 정확히 잡히지 않고 있다. 통계청이 발간한 2007년도에 발간한 “2005년도 사망원인별 자료”에 따르면 ILO 10차 사망분류기호에서 중피종에 해당하는 C45를 검색한 결과 가슴막중피종(C45.0)이 19명, 복막중피종(C45.1)이 2건, 기타부위의중피종(C45.7)이 2건, 그리고 상세불명의 중피종(C45.9)이 22건으로 총 45건이 보고되었다.

이러한 우리나라의 석면 관련 질환 통계의 부족은 인식의 전환과 의학기술의 발달로 인해 향후 차츰 개선될 것으로 보이며 따라서 석면질환자 수도 선진국 수준은 아니나 꾸준히 증가할 것으로 보인다. 우리나라의 석면 사용량을 기준으로 한 경우 일본 1,000만여톤의 약 1/5정도이므로 연간 수백명 정도의 중피종환자가 발생할 가능성도 배제할 수 없다.

[표 10] 한일의 석면관련 직업병질환자의 발생실태

구분	계	00전	01	02	03	04	05	06	비고
산재 보상	60	18	2	3	14	4	9	10	노동부
직업병 감시	194	75	11	18	13	30	21	26	공단연구원
일본 중피종	2,011	199	34	56	85	128	503	1,006	노재인정

6. 석면의 관리

석면의 본격적인 생산은 이미 100년 이상의 기록을 가지고 있고 1950년대에는 담배의 필터로까지 이용될 정도로 다양하게 사용되었으며 유해성이 알려져서 규제가 시작된 것은 불과 30여년정도의 역사만을 가지고 있다. 전 세계적으로 사용된 석면의 누적량이 2003년도를 기준으로 1억7천만톤에 이르고 있고 자연계에서의 분해가 거의 없는 실정을 감안 한다면 비중을 1로 가정하는 경우 지름 2Km 높이 약 170m의 원뿔형 산 하나에 해당하는 크기이다.

따라서 석면의 관리는 완전한 제거와 고형화 등 인간과의 격리에 수백년의 세월이 걸릴 수도 있다. 중국 등 후진국에서는 경제 개발을 위해 유해성이 이미 알려진 석면을 마구잡이로 늘려서 생산하고 있으며 연간 200만톤이 꾸준히 생산되고 있는 것을 감안하지 않은 수치이다.

2006년 5월 현재 석면제품의 국내 제조와 사용을 금지한 국가는 [표 10]에서와 같이 총 40개 국가인 것으로 국제사회보장협회(ISSA)가 정리하고 있다. 우리나라의 경우 산안법상 석면 관리의 역사를 정리하면 다음과 같다.

[표 10] 전 세계적으로 석면을 금지한 국가

번호	국가명	번호	국가명	번호	국가명
1	Argentina	15	Greece	29	Poland
2	Australia	16	Honduras	30	Portugal
3	Austria	17	Hungary	31	Saudi Arabia
4	Belgium	18	Iceland	33	Seychelles
5	Chile	19	Ireland	33	Slovakia
6	Croatia	20	Italy	34	Slowenia
7	Cyprus	21	Japan	35	South Africa
8	Czech Rep.	22	Kuwait	36	Spain
9	Denmark	23	Latvia	37	Sweden
10	Estonia	24	Lithuania	38	Switzerland
11	Finland	25	Luxembourg	39	UK
12	France	26	Malta	40	Uruguay
13	Gabon	27	Netherlands		-
14	Germany	28	Norway		-

- 1990. 7월 산업안전보건법 산업보건기준에 관한 규칙의 제정 시 석면을 특정화학물질1류(특화물1류)로 분류 (일본의 특화측을 인용)
 - 특화물1류인 석면은 제조 및 사용 허가 대상물질
- 1999. 6월부터 청석면과 갈석면의 제조·수입·양도·제공 또는 사용을 금지
 - 실험·연구목적의 사용은 노동부장관의 허가를 득하여 가능

- 2003. 6월부터 청석면, 갈석면과 함께 actinolite, tremolite, anthophyllite를 추가로 금지
- 2003. 6월부터 보건규칙의 전면개정 시 석면을 ‘제12장, 허가대상유해물질에 의한 건강장해의 예방’에 포함시켜 엄격히 관리하도록 함
 - 석면을 함유한 설비 또는 건축물의 해체·제거작업에 대한 기준을 신설함.

※ 2003. 7월 보건규칙 전면 개정에서 산안법상 관리대상 화학물질에 대해 특화물이나 유기용제 등의 일본식 물질 구분을 없애고 유기화합물, 금속류, 산·알카리류, 가스상물질류 등의 구분을 사용하기 시작함. 석면은 제조·사용 금지 및 허가 대상으로 보다 엄격히 관리되므로 관리대상유해물질에서 제외됨.

- 2007. 1월부터 1월부터 백석면을 사용한 건축용 석면시멘트제품, 자동차용 석면마찰제품 제조·수입·양도·제공 또는 사용을 추가로 금지 (법 제정은 2006. 9. 13일)
- 2007. 2월부터 보건규칙 ‘제12장, 허가대상유해물질에 의한 건강장해의 예방’에서 「석면 제조·사용작업 및 해체제거작업의 조치기준」을 보건규칙 내에서 별도의 절로 분리하여 강화

※ 2007. 4월 ILO의 『석면사용 시 안전에 관한 협약(제162호)』 비준 완료

- 2008. 1월부터 1월부터 백석면을 사용한 압출성형시멘트판, 석면방직제품, 석면 전기·전자제품, △석면 접착제품 및 기타 석면함유 제품(타일 접착재, 금속·콘크리트 접착재, 목재접착재 등)의 제조·수입·양도·제공 또는 사용을 금지 예정

석면에 대한 대체물질 개발은 1980년대 경부터 시작되어 점차 석면의 사용을 줄여 가는데 작은 역할나마 담당을 하고 있다. 아직까지는 사용상의

이점뿐만 아니라 기술적으로나 가격면에서 많은 한계를 가지고 있음을 부인할 수는 없으며 완전한 대체물질의 개발까지는 많은 시간과 노력이 요구될 것으로 추측된다. 보건학적 측면에서 대체제로서의 유리섬유와 같은 섬유상 물질은 섬유상의 성상으로 인해 석면과 유사한 독성이 있을 수 있는 것으로 간주되고 있어 새로운 논란 거리가 되고 있다. [표 11]에는 석면 대체제의 종류와 사용을 요약하였다.

사용된 석면에 대한 관리는 건축물에 포함된 석면제품을 포함하여 다음에서 열거된 방법 중 하나 또는 그 이상을 사용하여 이루어진다.

- 1) 제거(removal)
- 2) 가두기(enclosure)
- 3) 캡슐화(encapsulation)
- 4) 보수(repair)
- 5) 유지 및 관리 프로그램(operation & maintenance program)

일반적으로는 제거가 가장 바람직한 방법이지만 비용이 매우 많이 들고 제거 근로자가 작업중에 노출될 수 있으며 새로운 비산문제를 일으킬 수 있으므로 반드시 좋은 방법이라고 할 수는 없다. 미국 등 선진국에서는 한때 제거가 유행하기도 하였으나 현재는 적절한 가두기와 캡슐화 및 유지관리를 통해서도 사람에 대한 노출을 최소화하는 석면관리가 충분히 이루어 질수 있음을 증명하였다. 다만 건축물 등에 대하여 석면지도 등의 작성을 통해 어디에 석면이 존재하는가에 대해 파악해 두는 것은 필수적이라고 할 수 있다.

[표 11] 석면의 대체품 현황

Asbestos category	Types of use	Substitute methods/materials
I. Raw asbestos in bulk	wadding, sprayed insulation, heat-and soundproofing	- mineral wools (glass, rock, slag) and ceramic fibres (never in sprayed insulation) - coatings, plaster lagging with vermiculite, mica, etc. as additive - panels, lagging using various silicates - cellulose
II. Asbestos in powders, mineral products (except asbestos cement)	coatings, fa? de coatings, fire resistant plaster coatings, mortars, adhesives, fire resistant mortars, refractory mortars, grinding powders	- various non-fibrous mineral products: - carbonates, silicates, perlite, vermiculite, mica, etc.
III. Asbestos in liquids or pastes	adhesives, coatings, putties, foams, sealant pastes, paints	- limestone or clay additives - cellulose - mica
IV. Asbestos sheet or board	- partitions, false ceilings, sheet, felts, filters, papers - card, lagging, panels, board	- MMMF (panels, underlays) - clay and silicate foams, vermiculite aggregates - above-mentioned materials plus
V. Woven or braided asbestos	tape, cushions, rope, blankets, mattresses, stuffing boxes, curtains, ribbon, textiles, packings, fire-resistant clothing	- PE, PP, PA, PTFE plastics (for low temperatures) - carbon, aramide and steel fibres - glass fibres - rock fibres - RCF
VI. Asbestos in a resin or plastic matrix	- clutch assemblies, brake linings, electrical insulators, gaskets - plastics - wall coverings, floor coverings as tiles or rolls	- MMMF, aramides, carbon fibres, PTFE, steel, copper, non-fibrous materials - Idem II or III - alternative technologies
VII. Asbestos cement	containers, weather-boarding, pipes, partitions, roofing and sheathing materials, boards, roof boards, windowsills, ducts, claddings	- cellulose, PP, polyvinyl alcohol fibres - aramides - glass fibres (rare) - sometimes cotton, sisal, jute in some countries
VIII. Asbestos in black products?(asphalt and bitumen)	weatherboarding with a bitumen finish, bitumen, bitumen adhesives, anti-corrosion coatings, sealant coatings, roof sealants, putties, road surfacings	- limestone additives - glass and rock fibres and wools except in road surfacings

Abbreviations used in the table:

MMMF: man-made mineral fibres; PE: polyethylene fibres; PP: polypropylene fibres; PA: polyamide fibres;

PTFE: polytetrafluoroethylene fibres; RCF: refractory ceramic fibres.

7. 결론

지하철의 석면검출 등 국내의 석면문제는 앞으로 어느 방향으로 진행되어 나갈지 예측하기가 쉽지 않다. 다만 외국의 예에 비추어 볼 때 단기간 내에 문제가 해결되거나 종료되기는 어려울 것으로 판단된다. 노동부와 환경부가 최근에 마련한 향후 대책을 보면 정부는 “2010년의 석면 안전 관리체계 구축”을 목표로 약 600억원을 투자할 계획을 가지고 있다.

석면 문제를 포함한 산업안전보건 분야의 모든 업무가 그렇듯이 노사정의 꾸준하고 지속적으로 노력이 있어야만 해결의 실마리에 이를 수 있다. 또한 문제의 해결을 위해 전문가가 상호 협조를 통해 대안을 마련하는 한편 우리보다 앞선 선진국의 동태와 기술도 예의 주시하여 필요한 정보를 적기에 얻어 적용할 필요가 있다.

8. 주요 참고문헌

1. 노동부; 산업안전보건법, 2007.
2. 노동부; 근로자 건강장해 예방을 위한 석면관리대책, 2007.
3. 환경부 등; 석면관리 종합대책 ('07년 석면 안전관리 원년 선언), 2007.6.
4. 김현욱 등, 석면에 의한 건강장애예방 (I), 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2006.
5. 최상준 등, 석면에 의한 건강장애예방 (II), 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2006.
6. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원; 지속가능한 석면관리대책 및 향후 정책방향, 2007.
7. Robert L. Virta: Mineral Commodity Profiles-Asbestos, US Department of Interior, US Geological Survey, 2005.
8. R. F. Dodson and S. P. Hannar; Asbestos, Risk Assessment, Epidemiology, and Health Effects, CRC Press, 2006.
9. US-DHHS; Work-related Lung Disease Surveillance Report 2002, US-CDC, 2003.

- 10 UK-HSE; Mesothelioma Mortality in Great Britain 1968-2004: Updated mesothelioma register, incorporating analysis by geographical area 1985-2004, US-HSE.
11. 최정근, 백도명, 백남원: 우리나라에서의 석면생산과 사용 및 근로자수와 노출농도의 변화, 한국산업위생학회지, Vol. 8(2), 1998.
12. 일본 독립행정법인 환경재생보전기구; 석면 건강장해 (구제급부의 개요), 2004.
13. International Social Security Association; Asbestos towards a worldwide ban ISSA/ILO, 2006.