

第1章 石綿に関する基礎知識

1. 石綿の物性等

(1) 石綿の定義と種類

ア 鉱物学上の定義

石綿(アスベスト)とは、天然に産する鉱物群のうちで、高い抗張力と柔軟性を持つ絹糸状光沢の特異な繊維状集合(これを Asbestiform と呼ぶ)をなすものの俗称である。従って鉱物学上の分類にはアスベストという名称は使われていない。

Asbestiform を呈する鉱物としては、

フィロ珪酸塩鉱物に属する蛇紋石(Serpentine)系石綿のクリソタイル(白石綿)

イノ珪酸塩鉱物に属する角閃石(Amphibole)系石綿で、これはアモサイト(茶石綿)、クロソライト(青石綿)等さらにいくつかの種類に分かれる。

これらの鉱物のうち肉眼的に Asbestiform をなさないものも多く、これらは通常石綿(アスベスト)と呼ばないが、単一格子の物理的・化学的性質は同一であり、顕微鏡下では、微細な繊維の不規則な集合をしていることも多い。

イ 工業上の定義

石綿は種類により異なるが、一般に他の繊維状鉱物と比し、著しく高い抗張力と柔軟性を持ち、耐熱性、電気絶縁性、紡織性、耐薬品性を有している。そのため大量に産する地域において、工業原料として採掘されている。

工業的に石綿と呼ぶときは、肉眼的に Asbestiform をなした鉱物を採掘、加工して得た工業原料のみをいうことが多い。現在、工業的に使用されているのはクリソタイルのみである。

ウ 環境大気中の定義

図表 1 - 1 に掲げた鉱物は、いずれもその単一繊維が極めて細く(クリソタイルでは太さ約 0.02 ~ 0.03 μm)、また Asbestiform をなすものは 1 ~ 2 μm の細さ程度までの繊維束に容易に解綿でき、そのため微小な繊維又は繊維束の状態に容易に大気中に浮遊する。したがって、環境大気中の石綿とは、微小な繊維又は繊維束の状態に浮遊する図表 1 - 1 の鉱物と定義できる。

図表 1 - 1 石綿の種類とその関連鉱物

原鉱物の種類		工業上の石綿の一般名	
名称	化学式	英名	日本名
Serpentine Group (蛇紋石族)			
Chrysotile (クリソタイル)	$Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$	Chrysotile asbestos	クリソタイル、温石綿、白石綿
Amphibole Group (角閃石族)			
Anthophyllite (直閃石)	$(Mg, Fe^{2+})_7$ $Si_8O_{22}(OH, F)_2$	Anthophyllite asbestos	アンソファイト、直閃石綿
Cumingtonite-grunerite Series (カミングトン閃石-グリユネ閃石系)	$(Mg, Fe^{2+})_7$ $Si_8O_{22}(OH)_2$	Amosite	アモサイト、茶石綿
Tremolite-actinolite Series (透角閃石-透緑閃石系)	$Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5$ $Si_8O_{22}(OH, F)_2$	Tremolite asbestos Actinolite asbestos	トレモライト、透角閃石綿 アクチノライト、陽起石綿
Riebeckite (リーベック閃石)	$Na_2Fe_3^{2+}Fe^{3+}$ $Si_8O_{22}(OH, F)_2$	Crocidolite	クロシドライト、青石綿

(出典:大気中発ガン物質のレビュー - 石綿 - (昭和 55 年 3 月))

(2) 石綿の化学成分と産状

ア クリソタイル

一般的な化学式は $Mg_6 \cdot Si_4 \cdot O_{10} \cdot (OH)_8$ で表される含水珪酸マグネシウムである。Fe、Alを不純物として少量含むことが多い。

クリソタイルは蛇紋石グループに属し、蛇紋岩を構成する主要鉱物の一つである。蛇紋岩は超塩基性火成岩(稀には苦灰岩)が蛇紋石化作用を受けてできたものであり、クリソタイルは蛇紋岩中に網状をなしている。

イ 各種角閃石

一般的な化学式は図表 1 - 1 で示した通りである。カミングトン閃石とグリユネ閃石は同構造の鉱物であり、カミングトン閃石は Mg^{2+} に富み Fe^{2+} に乏しく、グリユネ閃石は Fe^{2+} に富み Mg^{2+} に乏しく、 Mg^{2+} と Fe^{2+} の比の変化は連続的であるので一つの鉱物系とみなせる。トレモライトとアクチノライトも同様の関係である。

角閃石は、重要な造岩鉱物であるが Asbestiform をなす、いわゆる角閃石石綿は変成岩中に産することが多い。

ウ 随伴鉱物

石綿の鉱石は、タルク(滑石 $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)、ブルーサイト($Mg(OH)_2$)等の随伴鉱物をしばしば伴う。

タルクは工業原材料として採掘されるが、商品としてのタルクには、しばしばクリソタイル、トレモライト等の微小な繊維を含んでいる。

(3) 石綿の化学的・物理的特性

石綿の特性として挙げられるのは、繊維状で紡織性を有すること、耐熱性に優れていること、曲

げや引張りに強いこと、耐薬品性に優れていること、熱絶縁性を有していること等である。

これらの特性の程度は、石綿の種類により異なってくるが、概括すれば以下のとおりであり、各種石綿の化学的・物理的特性を図表 1 - 2 にまとめた。

ア 繊維構造

石綿は、非常に細かい繊維に解綿しても、なお電子顕微鏡で見ると、多数の微細繊維の集合体となっている。最も細いクリソタイルでは、この微細繊維を構成する単繊維は、太さが約 0.02 ~ 0.03 μm で中空管状をなしているといわれ、その断面は主に円形をなしている。通常の解綿操作で得られる最も細い繊維束の太さはだいたい 1 ~ 2 μm である。このように繊維が細いため、その表面積は非常に大きく、20 ~ 30 m^2/g の値を示している。

イ 耐熱性

耐熱性は石綿の工業的利用価値を高めている重要な性質の一つであって、他の有機繊維のおよばないところである。

クリソタイルにおいては、だいたい 500 までは安定であり、それ以上の高温になると結晶水を放出しはじめ、800 付近でだいたい完了し、13 ~ 16% の強熱減量を示す。また、角閃石石綿は一般にクリソタイルより高温で安定である。なお、繊維は結晶水の放出によってもろくなり、石綿としての特質を失う。

ウ 引っ張り強さ、可撓性

石綿の引っ張り強さの大きいことも、石綿の工業的利用価値を高めた重要な性質の一つである。

石綿の可撓性は、主として繊維の細かさと結晶水の多少によって左右される。

石綿繊維中で最も細く、しかも結晶水の多いクリソタイルが最もすぐれた可撓性を示す。

エ 耐薬品性

クリソタイルは、一般に耐酸性はよくないが、耐アルカリ性には優れている。

クリソタイルはおよそ 25% の苛性ソーダ中 100 ~ 105 で 5 時間煮沸しても減量はわずか 2% である。また、各種石綿についてみれば、耐酸性及び耐アルカリ性はアンソフィライトが最も優れており、クリソタイルが劣り、他はこれらの中に位置する。

なお、酸・アルカリ以外の薬品に対しても比較的抵抗性が強い。

オ 熱絶縁性

石綿は一般的に熱絶縁性に優れている。

熱絶縁性は耐熱性と相まって保温材料として使用する場合の重要な性質であるが、これは構成材料と組成状態によって左右される。

カ 吸湿性

吸湿・吸水性は、保温材として使用する場合に考慮しなければならない性質である。石綿は有機繊維に比べ吸湿・吸水性は小さく、石綿の中で最も大きい吸湿率を示すクリソタイルでも、吸湿性は有機繊維の数分の一である。他の石綿に比べクリソタイルの吸湿・吸水性が大きい理由は、その繊維が他の石綿と比べて細く、かつ中空であるため大きな表面積を有することに起因すると考えられる。

キ 安定性および環境蓄積性

環境中においては、石綿の安定性及び環境蓄積性が問題となる。すなわち、通常的环境条件下では、半永久的に分解・変質せず、また、地表に沈降したのもも再発じんすることがあるため、その Life Time は極めて長いことが指摘されている。

図表 1 - 2 各種石綿の化学的・物理的特性

	クリソタイル	アンソファイト	アモサイト	トモライト	アクチノライト	クロソライト
硬 度	2.5-4.0	5.5-6.0	5.5-6.0	5.5	約 6	4
比 重	2.4-2.6	2.85-3.1	3.1-3.25	2.9-3.2	3.0-3.2	3.2-3.3
比 熱	0.266	0.210	0.193	0.212	0.217	0.201
抗張力(kg/cm ²)	30,000	2,800	25,000	70-560	70	35,000
最大重量減温度 ()	982	982	871-982	982	N.A. ^(注1)	649
ろ過性能	遅い	中間速	速い	中間速	中間速	速い
電 荷	陽	陰	陰	陰	陰	陰
融点()	1521	1468	1399	1316	1393	1193
紡 糸 性	良好	不良	良	不良	不良	良
柔 軟 性	大	不良	良	不良	不良	良
	良好		良好			不良
耐 熱 性	高温で もろくなる	優秀	高温で もろくなる	良好	N.A.	高温で 溶融する
耐 酸 性	弱い	中	中	きわめて 強い	きわめて 強い	強い
耐アルカリ性	きわめて 強い	強い	強い	きわめて 強い	強い	強い
分解温度() ^(注2)	450 ~ 700	620 ~ 960	600 ~ 800	600 ~ 850	950 ~ 1040	400 ~ 600

(注 1) N.A.:測定値なし

(注 2) 結晶構造が崩壊して脱水和物または脱水素をきたし、強度を失う温度をいう。

(出典:「大気中発がん物質のレビュー—石綿—」(昭和 55 年 3 月)及び「アスベスト発生源対策検討会検討結果」(昭和 55 年 6 月))

2. 石綿の生産・使用

(1) 生産・輸入状況

工業原料としての石綿は、鉱物学上で定義した石綿を含む鉱石を採掘し、選鉱の後、粉碎して得られる。採掘は露天堀が多く、粗鉱中の石綿含有率は2～20%程度まで様々であるが、一般的には4～9%が多い。

世界における工業原料としての石綿の国別生産量の推移は数十年前は500万トン前後で推移していたが、図表1-3に示すように、ここ10年は世界全体で200万トン～250万トン程度で、減少傾向にある。

国別生産量で最も多いのは、ロシアの約87.5万トン(平成16年)で、全体の4割近くを占めている。その他では中国、カザフスタン、カナダ、ブラジル、ジンバブエ等が主な生産国になっている。

我が国では鉱物標本的な量の各種石綿が全国各地にあり、ごく小規模な採掘も戦前は行われていた。戦後以降は、採掘に伴って排出されたボタ山廃材の再利用により、年間約0.5万トン程度が生産されていたが、現在はその生産も中止されている。

図表1-3 世界の石綿生産量の推移

(単位千 t)

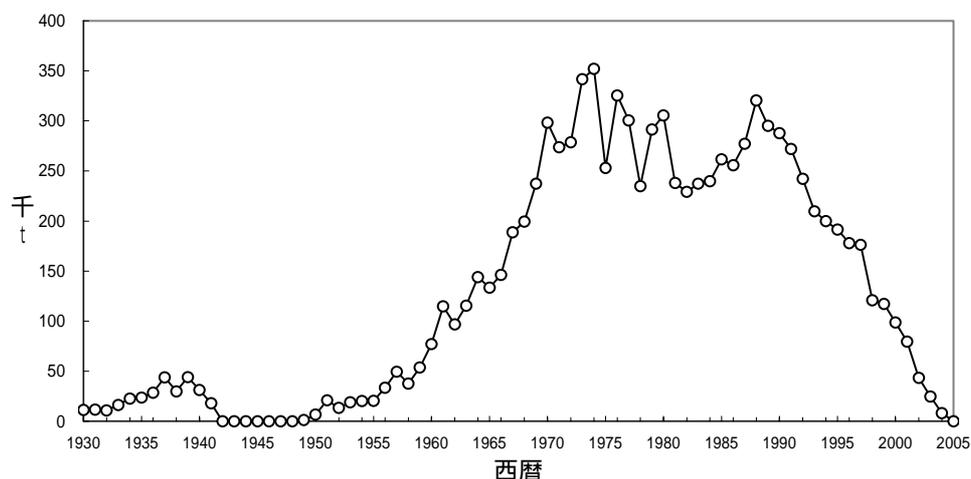
	ロシア	カナダ	中国	ブラジル	ジンバブエ	カザフスタン	南アフリカ	アメリカ	その他	合計
平成6年	800	518	240	175	150	300	95	10	122	2,410
平成7年	800	511	240	190	150	250	95	9	155	2,400
平成8年	720	521	250	170	165	225	90	10	139	2,290
平成9年	700	447	245	170	160	125	60	7	156	2,070
平成10年	650	330	250	170	140	125	20	6	149	1,840
平成11年	700	337	300	170	135	125	20	7	136	1,930
平成12年	750	340	260	170	110	125	19	5	121	1,900
平成13年	750	340	360	170	120	235	16	5	54	2,050
平成14年	750	272	360	209	130	291		3	120	2,130
平成15年	878	241	260	195	130	353			93	2,150
平成16年	875	200	355	195	150	347			110	2,230
平成17年 予測	875	240	360	195	100	350			80	2,200

その他：ギリシア、スワジランド、インド、コロンビア、ルーマニア、ユーゴスラビア

(出典：U.S.Geological Survey, Mineral Commodity Summaries)

わが国の石綿輸入実績の推移は図表1-4の通りで、輸入量は、戦後漸増し、昭和36年には10万トンとなり、昭和49年が最大の35万トンで、それ以後平成元年頃までは20～30万トンで推移したが、その後暫時減少し、平成16年10月の労働安全衛生法による石綿含有建材、石綿含有摩擦材、石綿含有接着剤の輸入、製造、使用の禁止に伴い、平成17年には約110トン(11月までの累計)と大幅に減少した。

国別輸入実績は図表1-5の通りである。ここ10年間で輸入先はカナダが最も多く、南アフリカ、ジンバブエ、ロシアがこれに次いでおり、上位2ヶ国で総輸入量の多くを占めている。



図表1-4 石綿の輸入量の推移
(出典：財務省貿易統計)

図表1-5 国別輸入量

(単位:t)

	カナダ	南 アフリカ	ジンバ ブエ	スワジ ランド	ロシア	米国	ブラジル	ギリシャ	中国	カザフ スタン	その他	合計
平成3年	99,536	75,518	32,993	1,358	37,258	14,462		4,198			6,765	272,088
平成4年	99,218	64,312	27,960	2,914	23,245	10,977	10,160	3,180	228		85	242,279
平成5年	86,675	56,897	29,632	1,578	14,717	10,486	9,861				0	209,846
平成6年	91,006	48,694	27,979	1,251	10,771	9,070	10,880	182			3	199,836
平成7年	85,890	42,181	29,489	976	11,952	9,716	10,462	554	162		93	191,475
平成8年	81,838	35,035	27,783	1,660	10,589	10,118	10,184	466	142		54	177,869
平成9年	88,266	22,355	32,137	2,162	11,593	7,150	12,048	256			54	176,021
平成10年	57,954	16,822	24,919	1,580	7,730	5,687	5,200	776	128		17	120,813
平成11年	59,146	13,302	24,392	1,586	4,674	6,835	6,359	482			367	117,143
平成12年	51,618	7,648	20,780	1,010	5,483	5,256	6,560	220	20		0	98,595
平成13年	44,203	6,960	14,684	526	2,883	5,127	5,080				0	79,463
平成14年	24,430	784	11,265		1,738	2,154	2,974			20	25	43,390
平成15年	13,332	490	6,915		20	837	3,059				0	24,653
平成16年	5,380	288	886				1,595		37		0	8,186
平成17年	13	0	77				20				0	110

(出典：財務省貿易統計)

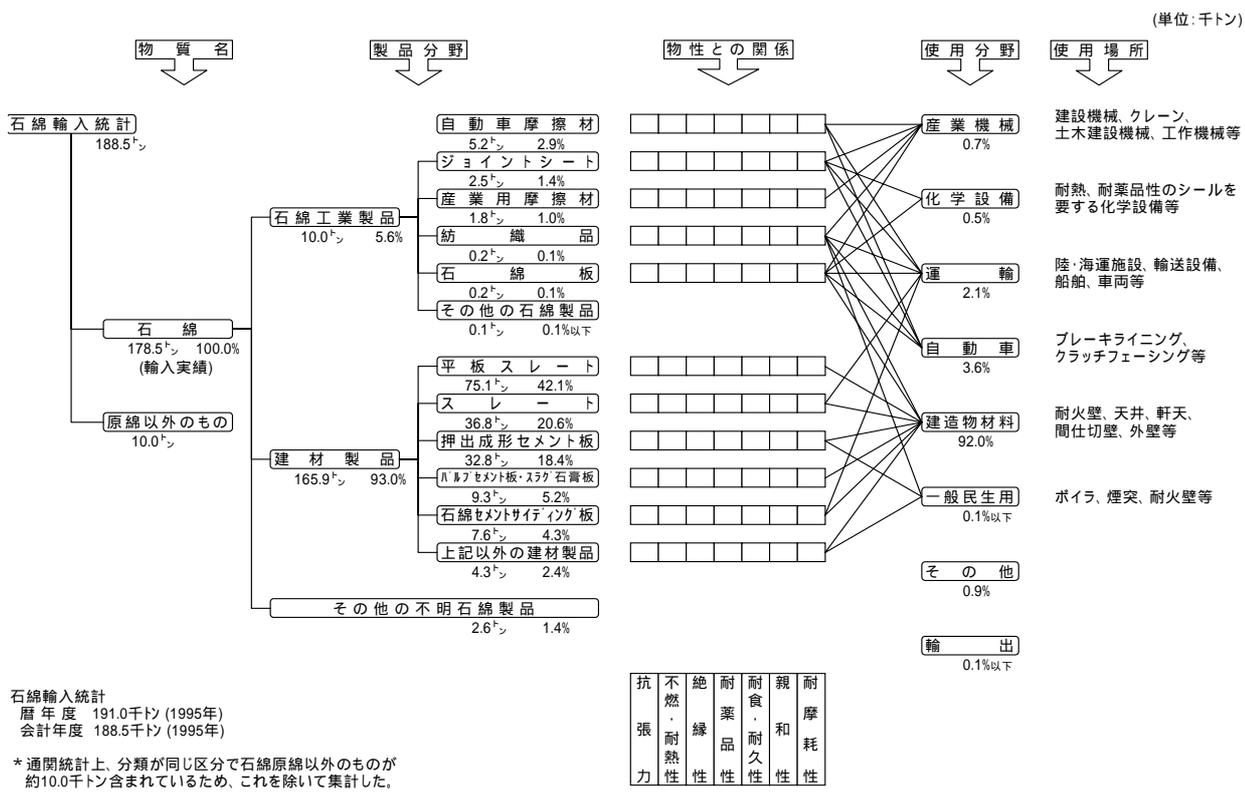
(2) 用途・製品

石綿は、前述のように紡織性、耐熱性等の多くのすぐれた特性を有しており、それらの特性を巧みに生かして工業原料として広範多岐に使用され、その製品は生活領域のすみずみにまで及んでいるといつて過言ではない。

製品の種類は少なくとも 3,000 以上あったといわれており、JIS 規格も相当数にわたって定められている。

石綿製品は、石綿工業製品と建材製品に大きく分けられる。図表 1 - 6 のとおり、わが国の石綿消費量のうち、約 93%を建材製品が占めている(平成 7 年度)。また、使用分野では、建造物材料が約 9 割を占めており、自動車部品への使用は全体の 4%程度となっている。新車に対して、自動車部品への石綿の利用は、国内の自動車メーカーの自主規制により順次代替が進み、平成 6 年度末において、乗用車、小型商用車、軽四輪車については完全に代替が完了し、トラック・バス、二輪車についても概ね代替が完了している。

なお、平成 16 年 10 月 1 日から労働安全衛生法により石綿含有建材、石綿含有摩擦材、石綿含有接着剤の輸入、製造、使用が禁止になっており、現在使用できる石綿含有製品は石綿工業製品(石綿紡織品、シール材)の一部となっている。



図表 1 - 6 わが国における石綿製品等の使用状況(1996 年)
 出典:(社)日本石綿協会

(3) 建築物における石綿の使用

石綿の消費量の約 9 割は前掲の図表 1 - 6 の通り、建材製品に係わるものである。

鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造、コンクリートブロック造の構造のものには、相当量の石綿が用いられている。石綿は吹付け石綿として直接壁、天井、柱、梁等に吹付けられたほか、波形石綿スレートや石綿セメント板として床材、壁材、天井材、軒天材、防火壁材等に用いられた。

吹付け石綿としては、主としてクロシドライト又はアモサイトが使用され、結合材と混合の上、吹付機を用いて吹付けられた。

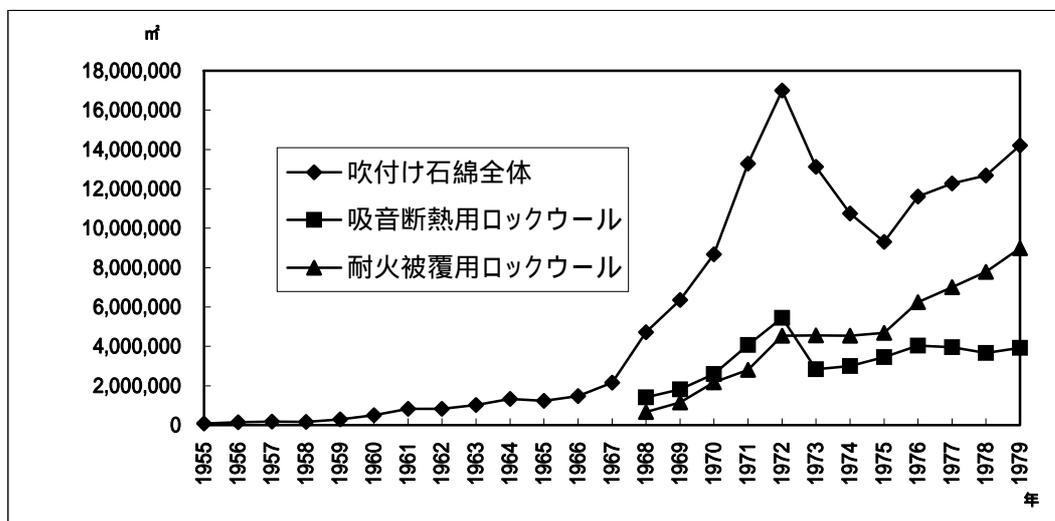
吹付け石綿の使用は、昭和 30 年頃から始められ、昭和 39 年に防音用として航空基地付近の建築物に使われたことをきっかけとして一般に使用されるようになった。

昭和 42 年頃から建築物の超高層ビル化、鉄骨構造化に伴い、鉄骨造建築物の軽量耐火被覆材として注目を浴びて大量に使われ始め、設備投資が盛んに行われた昭和 46・47 年の高度成長期が最需期であった。

石綿を吹付ける作業は、作業に従事する労働者の健康障害を防止する観点から、昭和 50 年、特定化学物質等障害予防規則により石綿を 5 重量%を超えて含有する吹付けが原則禁止になり、平成 7 年には 1 重量%を超えて含有する吹付けが原則禁止に、更に平成 17 年石綿障害予防規則の制定に伴い、1 重量%を超えて含有する吹付けが完全に禁止となった。

この間、石綿含有率 5 重量%以下の吹付けロックウールが平成元年ごろまで使用されているが、ロックウールを含まない原材料での吹付け材(石綿含有率 5 重量%以下)については、石綿使用中止時期が明確ではない。

吹付け石綿及び石綿含有吹付けロックウールに使われた石綿の量は、図表 1 - 7 のとおりである。なお、平成 7 年の労働安全衛生法施行令で、石綿のうち、アモサイト、クロシドライトの輸入、製造等が禁止になった。



(注) 生産量(トン)のデータを基に、吹付け石綿は、密度 0.3、厚み 10 mm、吸音断熱用ロックウールは、密度 0.3、厚み 45 mm、耐火被覆用ロックウールは、密度 0.3、厚み 15 mm と仮定して、面積を求めた。また、吹付け石綿全体については、昭和 43 年から昭和 49 年までは、吹付け石綿と石綿含有ロックウールの合計であり、昭和 50 年以降は、石綿含有ロックウール(吸音断熱用および耐火被覆用)である。

図表 1 - 7 吹付け石綿、石綿含有吹付けロックウール生産量の推移

(出典:平成 17 年 11 月建築物の解体等における石綿飛散防止検討会報告書)

3. 環境中の石綿濃度

(1) 環境中の石綿濃度

図表 1 - 8 に示すように、石綿の一般大気環境濃度のモニタリング結果の幾何平均値をみると、住宅地域については 1.2f/L が 0.23f/L に、商業地域でも 1.2f/L が 0.19f/L と、昭和 60 年度に比べ平成 7 年度の濃度はかなり低くなってきている。また、幹線道路周辺地域では、昭和 60 年度に 1.0f/L であったのが、平成 7 年度には 0.41f/L に減少している。

図表 1 - 8 石綿の一般大気環境濃度レベル (単位 f/L)

年度	昭和 60 年度			平成 3 年度			平成 5 年度			平成 7 年度		
	検体数	検出範囲	幾何平均	検体数	検出範囲	幾何平均	検体数	検出範囲	幾何平均	検体数	検出範囲	幾何平均
商工業地域	84	0.30 ~ 6.1	1.2	38	0.2 ~ 1.9	0.67	60	ND ~ 1.3	0.17	60	0.04 ~ 1.28	0.19
幹線道路	110	0.26 ~ 6.2	1.2	30	0.09 ~ 2.9	0.34	59	ND ~ 1.2	0.14	78	ND ~ 1.76	0.23
周辺地域	140	ND ~ 10	1.0	38	0.2 ~ 2.3	0.61	60	ND ~ 3.7	0.43	60	ND ~ 1.96	0.41

(出典: 環境省資料)

(2) 建築物の解体現場周辺の石綿濃度

建築物の解体現場における石綿粉じん飛散に関する文献は少ない。しかし、これらの文献では、石綿含有建築材料の施工部位(屋内か屋外か)、解体方法(手ばらしか機械破砕か、湿潤化の有無、負圧除じん装置の設置有無、薬剤の使用有無等)などが不明確なものが多いため、可能な限り施工部位、解体方法が明確な文献に絞って、整理し、まとめたものが図表 1 - 9(散水あり)、図表 1 - 10(散水なし)である。

なお、図表 1 - 9, 1 - 10 で、JAWE 法(日本作業環境測定協会法)は、位相差顕微鏡による繊維形態観察での総繊維数濃度であり、分散染色法は、位相差・分散顕微鏡による繊維形態と石綿と特定した上での石綿濃度である。

図表 1-10 石綿含有建材解体時特定じん等環境濃度測定結果（散水無し）

一般名	製品名	部位	内外区分	石綿の種類	石綿含有率	作業環境測定				敷地境界(作業場周辺)				敷地境界(敷地外周等)				備考		
						JAWE法(f/L)		分散染色法(f/L)		JAWE法(f/L)		分散染色法(f/L)		JAWE法(f/L)		分散染色法(f/L)			分散染色法(f/L)	
						範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均		範囲	平均
石綿含有保温材塗り材	配管	内	白	90~				4.9	4.9	1.2	1.2	3.9~9.2	6.6	ND~1.7	1.1	手ばらし 天井、壁部解体後に解体				
石綿含有保温材塗り材	配管	内	白	90~			10.4	10.4	1.3	1.3	4.3~5.5	5.0	0.7~0.9	0.8	手ばらし					
石綿含有断熱材	屋根用折版裏石綿断熱材	屋根	白	90~	23.3~31.6	27.4	1.0~2.3	1.8	6.8~16.3	8.3	ND~1.4	0.9	9.3~15.4	10.8	ND	手ばらし 前日に薬剤により固定化				
石綿含有断熱材	屋根用折版裏石綿断熱材	屋根	白	90~	23.8~202.8	95.0	2.4~26.2	15.0	3.9~7.5	4.8	ND~1.8	1.1	2.3~6.1	4.2	ND	手ばらし 前日に薬剤により固定化				
石綿含有断熱材	屋根用折版裏石綿断熱材	屋根	白	90~	20.6~96.1	42.8	1.9~30.2	10.2	2.0~13.9	6.8	ND	ND	1.8~8.8	5.0	ND	手ばらし				
石綿含有断熱材	屋根用折版裏石綿断熱材	屋根	白	90~	15.8~283.9	104.6	1.7~79.7	29.9	2.3~12.2	6.5	ND~0.7	0.6	2.5~6.1	4.8	ND	手ばらし				
石綿含有成形板	石綿含有住宅屋根用化粧スレート	屋根	外	10~15	18.4~36.8	29.2			2.9~19.1	10.2			2.2~5.4	3.6		手ばらし				
石綿含有成形板	石綿含有スレート波板	屋根	外	10~15	12.1~19.5	17.0	1.8~4.0	2.7	8.3~38.8	22.7	ND~5.1	2.3	13.4~20.3	17.0	ND~1.8	1.0	手ばらし			
石綿含有成形板	石綿含有スレート波板	外壁	外	10~15	5.8~8.2	6.7	1.4~2.9	2.2	7.0~37.4	18.5	ND~2.3	0.9	8.2~25.7	15.2	ND~1.2	0.8	手ばらし			
石綿含有成形板	石綿含有スレート波板	屋根	外	10~15	44.4	44.4	ND	ND					5.8~47.9	23.1	ND	手ばらし				
石綿含有成形板	石綿含有スレート波板	屋根	外	10~15	184.0	184.0	ND	ND	10.1~14.3	11.4	ND~1.5	1.7				手ばらし				
石綿含有成形板	石綿含有スレートボード	天井	内	10~15	2756.0	2756.0	78.0	78.0	75.1~1056.2	337.7	ND	ND				ケレン棒破砕 掃除(ちりとり、ホウキ)				
石綿含有成形板	石綿含有スレートボード	天井	内	10~15	3840.0	3840.0										ケレン棒破砕				
石綿含有成形板	石綿含有スレートボード	内壁	内	10~15	234.0~256.0	245.7			4.6~5.2	4.9						手ばらし窓開放状態				
石綿含有成形板	石綿含有セメントけい酸カルシウム板	内壁	内	10~15	275.0~441.0	374.0			2.6~2.9	2.8						手ばらし窓開放状態				
石綿含有成形板	石綿含有フロア材	床	内	9	178.1	178.1	22.3	22.3	5.4~10.7	8.6	1.0~2.7	1.9				(電動)ケレン				

(出典:環境省 建築物の解体等における石綿飛散防止検討会報告書)

(3) 阪神・淡路大震災に伴う大気環境中の石綿濃度

平成7年1月の阪神・淡路大震災において被害を受けた建築物の解体等に伴う石綿飛散問題を受けて、環境省は、兵庫県及び神戸市の協力を得て、大気環境モニタリングを実施している。

当時の石綿の一般環境濃度は、2月、3月時において、一部の地域で高い地点がみられたものの、4月以降においては改善の傾向に向かい、夏期には図表1-8と同程度の数値となっている(図表1-11)。

また、解体現場周辺の環境調査結果(敷地境界濃度)は、3月～6月においては高い地点がみられたが、7月以降には、解体等において石綿の飛散防止対策が浸透したものと推察される(図表1-12)。

図表1-11 追跡継続調査結果(継続17地点) (単位:本/リットル)

調査年月日	最大値	最小値	中央値	幾何平均値
H7.2.6～2.12	4.9	0.2	1.0	1.0
3.9～3.16	6.0	0.3	1.0	1.2
4.24～4.28	2.1	0.2	1.0	0.9
5.29～6.2	1.4	0.5	0.8	0.8
6.26～6.30	1.7	0.3	0.7	0.8
7.24～7.28	1.2	0.3	0.7	0.7
8.28～9.1	0.8	0.3	0.5	0.5
9.25～9.29	0.8	0.3	0.6	0.6
10.23～10.27	0.7	0.2	0.5	0.4

図表1-12 建築物解体現場周辺調査結果 (単位:本/リットル)

調査年月日	検体数	最大値	最小値	中央値	幾何平均値
H7.3.9～3.16	20	7.7	0.8	2.6	3.0
4.24～4.28	16	9.5	0.9	5.4	3.8
5.29～6.7	18	19.9	0.9	4.5	4.5
6.26～7.18	20	9.5	0.3	2.3	2.0
7.25～8.8	22	9.9	0.2	0.9	1.3
8.22～9.21	10	4.5	0.2	0.5	0.7
9.29～10.23	16	8.6	0.1	0.4	0.7

4. 石綿の健康影響

現在、石綿曝露との関連が確認されている疾患などの健康影響としては、石綿肺、肺がん、中皮腫等があげられる。

世界保健機関(WHO)が昭和 61 年に発表した「Environment Health Criteria 53 Asbestos and Other Natural Mineral Fibers」の中では、それぞれの疾患などに対する影響度を述べている。以下に WHO 資料等を基に石綿の人体に与える影響について示す。

(1) 石綿肺

石綿肺は、石綿の健康影響として最も早くから注目されている疾患で、職業上比較的高濃度あるいは長期にわたって石綿を吸入した労働者に起こるじん肺の一種である。

吸入した石綿が細気管支や細胞に刺激を与えて炎症を起こし、次第に終末肺気管支周辺や肺胞間質の線維化をきたし、肺機能障害を起こすことになる。曝露から日が経っていない段階で石綿肺が検出されることはほとんどなく、初期段階の石綿肺の場合でも、最初の曝露から 10 年以上経ていることが多い。症例の大多数において、石綿肺は石綿に曝露することがなくなってからも進行するようであるが、初期段階の症例ではさらに曝露し続けない限り、X 線撮影の結果は何年もほとんど変化しない。

石綿肺は、石綿の種類によって石綿肺の発生率や重症度を左右するという確証はないが、紡織工場でのリスクが鉱山、採石場、摩擦材の製造工場よりも高いようである。石綿肺による肺線維症が進展すると、呼吸不全で死亡する場合もある。死亡率は、曝露年数と曝露の程度によって影響されるが、年齢との相関はなく、喫煙者の死亡率が高くなるといわれている。

また、石綿肺を有する患者および石綿に曝露した動物実験において、免疫学的検査項目の数値が変化した例が観察されている。しかし、石綿肺の発症に、これらの変化がどの程度影響を与えたかについては、明らかではない。

(2) 肺がん

昭和 10 年に Lynch と Smith によって、石綿肺に合併する肺がんの症例が最初に報告された。その後、昭和 30 年に Doll がイギリスの紡織工場で働く労働者を対象にした疫学調査で、この紡織工場で 20 年以上働く労働者の肺がん死亡率が、一般の住民に比べて 13.7 倍も高いことを検証し、石綿と肺がんの因果関係を疫学的に証明した。

石綿の曝露から肺がんの発症までには、一般に 15～40 年の潜伏期間があり、曝露量が多いほど肺がんの発生率が高いことも確認されている。

石綿の発がん性について図表 1 - 13 を、石綿と喫煙の関係については図表 1 - 14 を掲載した。

(3) 中皮腫

胸膜、心膜、腹膜などのしょう膜腔を覆う中皮表面およびその下層の組織から発生する、きわめて予後不良な悪性腫瘍(がん)である。これは、石綿曝露から 20～50 年の潜伏期間の後に発症する場合があるため、近年になり、図表 1 - 15 に示すように増加傾向にある。

中皮腫発生の 8 割程度は、石綿に起因するといわれているが、石綿の種類によって差があることも知られており、クロシドライトの危険性が最も高く、アモサイトがこれに次ぎ、クリソタイルはクロシドライト、アモサイトよりも危険性が低いといわれている。

しかし、中皮腫の発症と石綿の曝露量の反応関係に関する信頼のおけるデータはない。

図表 1 - 13 石綿の発がん性

繊維	疫学	実験(**)		判定(WHO *)
		試験管内	動物	
アスベスト				
クリソタイル	+	±	++	確実
アモサイト	++	±	++	確実
クロソライト	++	±	++	確実
その他				
ウォラストナイト	-	±	±	不確実
アタパルジャイト	-	±	±	不確実
セピオライト	-	±	-	不確実
エリオナイト	++	±	++	確実

* : World Health Organization 編 Environmental Health Criteria 53 巻、77 巻より

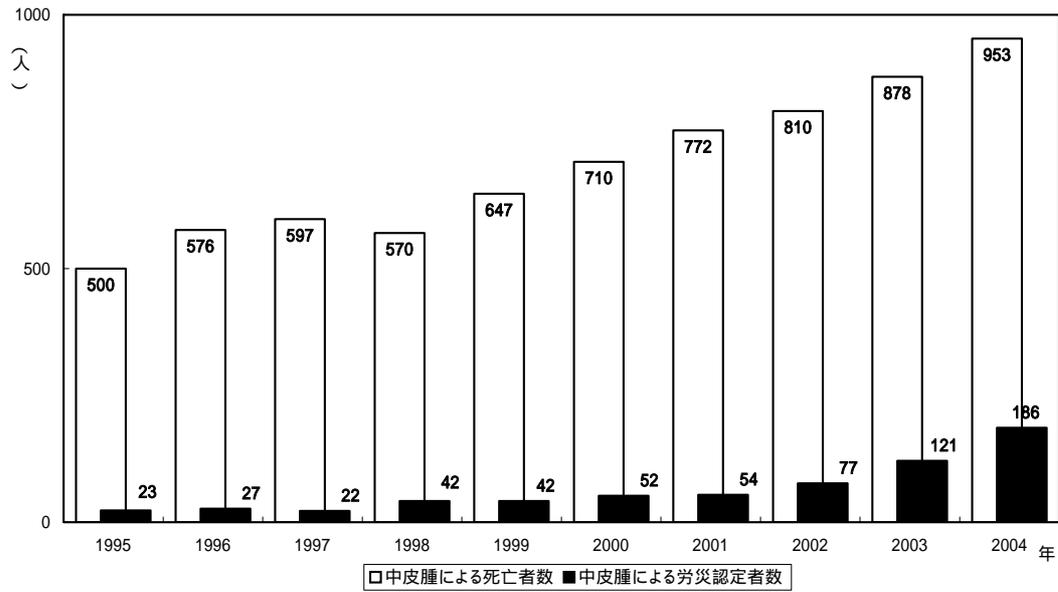
** : 平成 2 年 11 月、大気汚染学会(竹本、安達)資料より

(出典:アスベストの基礎知識と指導マニュアル(平成 8 年 3 月))

図表 1 - 14 石綿曝露と喫煙が肺がん死亡の相対危険比に及ぼす影響

Hammond 1979	石綿曝露		McDonald 1980	石綿曝露		
	なし	あり		なし	中等度	高度
非喫煙者	1.0	5.17	非喫煙者	1.0	2.0	6.9
喫煙者	10.85	53.24	中等度喫煙者	6.3	7.5	12.8
			高度喫煙者	11.8	13.3	25.0

(出典:中館 石綿の健康影響、医学のあゆみ、147、527-529(1988))



図表 1 - 15 中皮腫死亡者数と労災認定

(出典:厚生労働省、人口動態調査、厚生労働省 HP より)

5 . 石綿に係る法規制の変遷

石綿に係る法規制は、石綿製造工場等における労働者の健康障害予防のために、昭和 35 年(1960)に制定された「じん肺法」から始まった。昭和 46 年(1971)に「特定化学物質等障害予防規則」(特化則)が制定されたことにより、その前後で石綿によるばく露の状況が大きく変化したと考えられている。また、石綿のがん原性等に着目した対策の強化として、昭和 50 年(1975)に特化則が改正され、さらに、建築物の解体等に伴う労働者の石綿ばく露防止措置を強化するため、石綿障害予防規則が平成 17 年(2005)に制定されている。

石綿の飛散による大気汚染を防止するため、平成元年(1989)に大気汚染防止法(以下「大防法」という。)の改正により、石綿製品製造工場に対する規制が導入され、敷地境界基準が設定された。また、平成 3 年(1991)の廃棄物処理法の改正に伴い、廃石綿等が特別管理産業廃棄物に指定された。さらに、平成 7 年(1995)の阪神・淡路大震災による倒壊ビルの解体等に伴う石綿飛散問題が契機となって、平成 8 年(1996)に大防法が改正され、吹付け石綿が使用されている建築物の解体等の作業に対する規制が開始された。平成 17 年 6 月末以降のアスベスト問題を受けて、同年 12 月の大防法施行令・施行規則の改正により、規制対象の建築物の規模要件等の撤廃と石綿含有断熱材等の規制対象への追加が実施され、平成 18 年 2 月には「石綿による健康等に係る被害の防止のための大気汚染防止法等の一部を改正する法律」が制定され、建築物に加えて石綿が使用されている工作物の解体等の作業に対する規制が導入されている。

これらの推移を図表 1 - 16 に示す。

図表 1 - 16 石綿関係法規の変遷

年号	法規、通達名	法規・通達の概要
昭 35 年 (1960)	「じん肺法」制定	じん肺健診についての規定（石綿も対象）
昭 46 年 (1971)	「労働基準法特定化学物質等障害 予防規則（特化則）」制定	製造工場が対象、局所排気装置の設置、測定義務付け（測定方法の 規定なし）
昭 47 年 (1972)	「労働安全衛生法」制定 「特化則」再制定	労働安全衛生法が新たに制定され、特化則は同法に基づく規定に
昭 50 年 (1975)	「労働安全衛生法施行令」の改正	名称等表示（石綿 5 % 超対象）
	「特化則」の大改正（昭 49ILO 職 業がん条約批准のため）	石綿 5 % 超対象、取扱い作業も対象、石綿等の吹付け作業の原則禁止、 特定化学物質等作業主任者の選任、作業の記録、特殊健診の実施、掲 示等
昭 63 年 (1988)	告示「作業環境評価基準」	法規に規定されている各種物質の管理濃度を規定（石綿も対 象:2f/cm ³ ）
平元年 (1989)	「大気汚染防止法（大防法）・同施 行令・同施行規則」の改正	石綿を特定粉じんとし、特定粉じん発生施設の届出、石綿製品製造/ 加工工場の敷地境界基準を 10 f/L と規定
平 3 年 (1991)	「廃棄物の処理及び清掃に関する 法律」（廃棄物処理法）の改正	特別管理産業廃棄物として「廃石綿等」を新たに制定。吹付け石綿、 石綿含有保温材等の石綿含有廃棄物が該当
平 7 年 (1995)	「労働安全衛生法施行令」の改正	アモサイト、青石綿の製造等禁止、
	「労働安全衛生規則」の改正	吹付け石綿除去作業の事前届出
	「特化則」の改正	石綿 1 % 超まで対象が拡大、吹付け石綿除去場所の隔離、呼吸用保護 具、保護衣の使用
平 8 年 (1996)	「大防法」の改正	特定建築材料（吹付け石綿）を使用する一定要件をみだす建築物の解 体・改造・補修する作業が「特定粉じん排出等作業」となり、事前届 出、作業基準の遵守義務を規定
平 9 年 (1997)	「大防法施行令・同施行規則」の 改正	
平 11 年 (1999)	「特定化学物質の環境への排出量 の把握等及び管理の改善の促進に 関する法律」制定	特定第一種指定化学物質として石綿が規定され、年間 500kg 以上使用 する場合に、環境への移動・排出量を国への報告義務付け
平 16 年 (2004)	「労働安全衛生法施行令」の改正	石綿含有建材、摩擦材、接着剤等 10 品目が製造等禁止
	告示「作業環境評価基準」	石綿の管理濃度を改正（施行期日 2005.4.1）
平 17 年 (2005)	「石綿障害予防規則」の制定（施 行期日 2005.7.1）	特定化学物質等障害予防規則から、石綿関連を分離し、単独の規則で ある石綿障害予防規則を制定。解体・改修での規制（届出、特別教育、 石綿作業主任者等）を追加
平 17 年 (2005)	「大防法施行令・同施行規則」の 改正（施行期日 2006.3.1）	吹付け石綿の規模要件等の撤廃と特定建築材料に石綿含有保温材、耐 火被覆材、断熱材が追加。掻き落とし、破碎などを行わない場合の作業 基準を規定
平 18 年 (2006)	「大防法」の改正（施行期日 2006.10 以内）	法対象の建築物に加え工作物も規制対象となる