

(560-2.21 \\  
72227  
59-1

# アスベスト発生源

# 対策検討会報告書

昭和 59 年 12 月

# 目 次

はじめに	1
1. アスベストの物性等	4
(1) アスベストの定義と種類	4
(2) アスベストの化学成分と産状	5
(3) アスベストの化学的・物理的特性	6
2. アスベストの生産・使用	9
(1) 生産・輸入状況	9
(2) 用途・製品	12
(3) アスベスト製品製造事業場	14
(4) 建築物におけるアスベストの使用	19
3. アスベストの測定法とその問題点	23
(1) 光学顕微鏡法	23
(2) 電子顕微鏡法 (SEM 及び TEM)	28
(3) X線回折法	30
(4) 各測定法間の比較	34
4. アスベストの排出	36
(1) アスベスト製品製造工程からの排出実態	37
(2) 自動車からの排出	41
5. アスベストの環境濃度	53
(1) 調査目的及び調査方法概要	53
(2) 調査方法及び調査項目	54
(3) 光学顕微鏡法による環境濃度	58
ア. 計数方法	58
イ. 計数値の誤差及び定量下限界	60
ウ. 測定結果の概要	63
エ. アスベスト濃度の特性	68
オ. 自動車通行のアスベスト濃度に及ぼす影響	74

カ. 特殊な立地条件におけるアスベスト濃度	88
キ. 蛇紋岩地帯におけるアスベスト濃度	96
ク. バックグラウンド濃度について	106
(4) 電子顕微鏡法 (TEM) による環境濃度	109
ア. 計数方法	109
イ. 計数値の誤差及び定量下限界	110
ウ. 測定結果	114
6. 各測定法間の測定結果の相関	122
(1) 環境濃度における電子顕微鏡法 (TEM) と光学顕微鏡法の相関	122
(2) 自動車ブレーキ用摩擦材の摩耗試験における電子顕微鏡法 (TEM 及び SEM) と 光学顕微鏡法の測定結果の関連	126
7. 防止技術の概要	130
(1) 除じん装置	131
(2) 建築物対策	143
(3) 廃棄物対策	144
8. アスベスト代替品の現状と展望	145
(1) アスベスト代替品の現状	145
(2) 新素材繊維	150
(3) アスベスト代替品の展望	151
9. アスベストに係る規制等の現状と動向	153
(1) 我が国における規制状況	153
(2) アメリカにおける規制状況	154
(3) その他の諸外国における規制状況	156
(4) 国際機関等の動向	162
10. 総括	165
(1) 調査結果のまとめ	165
(2) 今後の方向と課題	173

表4-1を見易くするため書き直したものである。

紡織関係、屑処理等の作業を除き、同じ作業内容であっても排出口濃度は事業場により、4~5桁にも及ぶ著しい変動を示している。

これは測定時における工程の稼動状況等の相異のため処理前の気中濃度に著しい変動があること、処理装置の性能及び保守管理状況にも大きな差があること等によるものと考えられる。

紡織関係は一般に濃度が低く、一方屑処理等の作業場からの排気中の濃度は著しく高い値を示している。

しかし、紡織、屑処理等とも濃度変動は比較的小さい。

図4-1をみるとLのように排出口濃度、敷地境界濃度に大きな差がないもの、Jのように両者の間におよそ100倍以上もの違いのあるものがあることがわかる。

各事業場の敷地内にはいくつかの排出口があり、また、排出口から敷地境界までの距離はそれぞれ異なるから排出口濃度と敷地境界濃度とは必ずしも対応するものではないが図4-1をみると排出口濃度が高いほど排出口濃度と敷地境界濃度との比は大きくなるようにみえる。

そこで、事業場の事業内容別に排出口濃度及び敷地境界濃度を集計すると表4-2のようになる。

このうちGについては排出口濃度が2桁も異なる排出口があるので、排出口別に集計してある。

C、F、B及びDでは敷地境界濃度は測定されていない。

排出口濃度Hに対し、排出口濃度に対する敷地境界濃度の比H/Kをプロットしたものが図4-3であり、この関係は、

$$H/K = 0.713 \times H^{0.731}$$

となり、これを排出口濃度と敷地境界濃度の関係に直すと

$$K = 1.403 H^{0.269}$$

となる。

この関係をプロットしたものが図4-4である。

図4-4から排出口濃度が4桁変化しても敷地境界濃度はおよそ1桁の変動巾の中に入っていることがわかる。

## (2) 自動車からの排出

### ア 自動車用摩擦材へのアスベスト使用状況

アスベストの使われている自動車用部品には、自動車用摩擦材としてブレーキライニング、ディスクパッド及びクラッチフェーシングがあり、その他のものとしてガスケット、ヒートインシュレータなどがある。このうちアスベストの発生源となる可能性があるのはブレーキライニング、ディスクパッド、クラッチフェーシングである。しかし、クラッチフェーシングはブレーキ用摩擦材に比べ、1台当りの摩擦材使用量が $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{6}$ 程度であり、更に構造上ハウジング内に取付けられているため、摩耗によるアスベストの気中への放出は非常に少ないものと考えられる。また、

ガスケット、ヒートインシュレータ等は摩擦、摩耗の生じない部分で使用されているため、アスベストの大気中への放出の可能性はないものと考えられる。従って、大気環境汚染の観点から考慮しなければならないのは、自動車用摩擦材のうち主としてブレーキ用摩擦材からのアスベストの放出である。現在、最も一般的に使用されている自動車用摩擦材の配合組成の範囲を表4-3に示す。使用されているアスベストは全てクリソタイルであって、その物理的、化学的特性を生かし、摩擦材の基材として用いられており、アスベスト含有率（重量%）はブレーキライニングで40～60%、ディスクパッドで20～40%である。

#### イ 摩擦材からのアスベスト排出量の把握と問題点

制動操作によるブレーキ用摩擦材の摩耗とアスベストの排出に関するこれまでの実験的研究の多くは、摩擦材試験機やブレーキダイナモメータによる実走行を想定した模擬実験であり、実走行車両を用いた研究も一部あるものの系統的な研究は見当たらない。

従来行われた模擬実験の試験方法や相互間の結果を比較検討し、更にその結果と実走行車両からのアスベスト排出とを関連づけるためには以下に挙げるようないくつかの問題点がある。

- 各模擬実験での試験条件やアスベストの測定方法（捕集法、計数法）が異なるために、結果の単純な比較ができず、摩擦材の摩耗とアスベスト排出の定量的な関係が明確でない。
- 摩擦材の摩耗時の熱負荷や機械的作用とアスベストの物性変化との関係が解明されておらず、また各模擬実験ごとの摩耗物中のアスベスト量の割合を推定した結果に差が見られる。
- 模擬実験と実走行車両ではブレーキの使用条件（接触時間、接触圧力、接触温度）や、走行速度などが異なる。

表4-3 自動車用摩擦材（有機系）の配合組成の範囲

原材料	摩擦材	ブレーキライニング	ディスクパッド	クラッチフェーシング
基材	アスベスト (クリソタイル)	40～60%	20～40	40～60
摩擦 摩耗 調整 剤	有機質系 (ゴム、カシュー、ポリマー等)	10～30	5～10	5～10
	無機質系 (パラिता、炭カル等)	10～30	15～20	5～10
	金属質系 (銅、黄銅、アルミ、亜鉛等)	2～10	5～20	3～5
	酸化物系 (アルミナ、シリカ等)	1～5	1～5	1～5
結合剤	フェノール変成樹脂等	15～20	6～12	15～20

(注) 各配合割合は重量%を示す。

資料：自動車工学全書12、タイヤ、ブレーキ。

f ま と め

幹線道路について、その路肩でのアスベスト濃度の幾何平均 ( $1.33f/l$ ) は、料金徴収所周辺の幾何平均 ( $1.40f/l$ ) 及び交差点周辺25m以内の幾何平均 ( $1.30f/l$ ) に近いものであり、都市環境中の幹線道路の路肩のアスベスト濃度は、比較的均一な値を示すものといえる。また、交通量とアスベスト濃度との関係について必ずしも相関が認められていなかったこと、道路供用開始前後の道路のアスベスト濃度に差が認められなかったこと等から、自動車通行のアスベスト濃度に及ぼす影響を正確に評価することは、困難であると考えられる。

しかし、幹線道路及び高速道路について、ともに路肩からの距離に応じた濃度減衰が若干観察されること、高速道路料金徴収所周辺でアスベスト濃度が高いこと等から定量的な評価まではできないが、自動車のブレーキ使用等による影響が示唆された。

カ 特定の立地条件におけるアスベスト濃度

(ア) 解体ビル周辺等

ビルや工場といった建築物には石綿ストレートが大量に用いられており、建築・解体時には局地的にアスベスト濃度が高くなることが懸念される。

そのため今回の調査では、東京都におけるビル解体工事現場周辺でアスベスト濃度の測定を行った。

対象としたビルは、中央区銀座の地上5階地下2階の映画館であり、延べ面積は  $5100\text{m}^2$  で、昭和30年に竣工したものである。なお、年代からみて、アスベスト吹付は行われていないものと思われる。

測点は①解体作業敷地内、②風下40mの8階建ビルの屋上及び③風下100mの7階建ビルの屋上の3点で、このうち、②③においては解体工事前の濃度も測定した。

解体ビルとその周辺の位置及び測点を図5-15に示す。

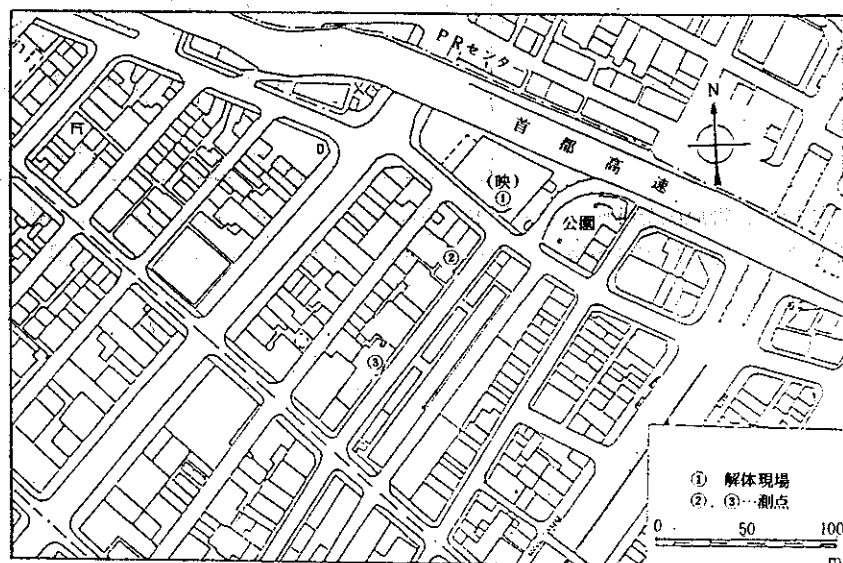


図5-15 解体現場周辺図

提案を行う予定である旨発表している。

(d) その他の諸外国においても、主として労働者の健康保護の観点からの規制をしている国が多いが、ここ数年の間に、規制の強化や、そのための検討を開始した国がかなりある。

(e) 経済協力開発機構 (OECD) では、大気中の有害物質としてアスベストを選定し知見の整理・評価作業を行っており、国際労働機構 (ILO) では、1974年に「がん原性物質及びがん原性因子による職業性障害の防止及び管理に関する条約」の対象物質にアスベストを加えたところであるが、その後一般環境についても各種の検討を行い、1983年には世界保健機構 (WHO) 国連環境計画 (UNEP) と共同で「アスベスト及び天然鉱物繊維に関する環境保健基準 (案)」を示すに至っている。しかし、この案は現在の知見と課題をとりまとめたもので環境濃度の評価、削減目標等についての積極的な指針を示したものではない。

また、欧州共同体 (EC) では1983年に閣僚会議を開き、労働者及び消費者の保護のためクロシドライトの原則使用禁止、石綿製品の表示、作業環境でのばく露限界設定等を取り決めた。

(f) 米国産業衛生専門官会議 (ACGIH) では、毎年作業環境における各種物質のばく露限界の勧告値を発表しており、多くの国で労働衛生行政上の指標として生かされているが、1983-1984年版ではアモサイト  $0.5 f/ml$ 、クリソタイル  $2 f/ml$ 、クロシドライト  $0.2 f/ml$ 、その他のアスベスト  $2 f/ml$  とし、更に、アスベストを「A1a」(人体に発がんが認められたか、または発がんの危険性が予測される物質でばく露限界の設定ができるもの) として位置付けている。

また、国際がん研究機関 (IARC) 及び米国国立アカデミー (NAS) ではそれぞれアスベストについてその評価をとりまとめているが、いずれも一般環境大気中におけるアスベストばく露が一般市民の健康に影響を与えていることは見出されていないとしている。

(g) 国際石綿協会 (AIA) は各国の石綿関係の業界団体等からなる国際的な組織であるが、協会では、個々のアスベスト関連作業におけるアスベストばく露の制御方法を「管理方法の勧告」として取りまとめている。

## (2) 今後の方向と課題

アスベストによる環境汚染の問題が国際的にも注目されるに至っており、本検討会では環境濃度の把握を中心として各種の調査を行い(1)のまとめにみられるような結果を得た。この調査結果を踏まえ、本検討会としてアスベスト問題に係る今後の方向と課題を列挙すれば以下の通りである。

ア アスベストは有用な物質であるが、その有害性も無視できない。有害性が明らかになって以降アスベストを取扱う労働者の健康保護のための管理技術がさまざまにとられており、これらの管理技術の相当のものが環境中への放出を抑制することにつながっている。

しかし、過去から現在にかけてアスベストが微量ではあれ環境中に放出され、いまでは一般環境大気中に普遍的に存在するようになってきている。

現在の一般環境大気中の濃度については、従来必ずしも明らかでなかったが、今回の調査検討で相当程度明らかにされた。現在の作業環境濃度は昔のそれに比べ著しく低くなっているが、一般環境大気中の濃度は現在の作業環境濃度よりも一般にはるかに低い濃度にある。かつてのアスベスト取扱い作業従事者に比べ、現在の作業従事者の安全上のリスクははるかに小さく、一般国民にとってのリスクはもしあるとしても現在の作業従事者にくらべ著しく小さいといえよう。しかし、いわゆる発がん物質の長期低濃度ばく露については「はじめに」で述べたごとく、なお不明の点が多く、今後この濃度レベルで国民の健康にどのような影響を与えるかについて長期的・持続的な調査研究が必要とされよう。

- イ 現在の一般環境大気中のアスベスト濃度は、作業環境でのばく露限界のおおむね $10^{-2}$ ～ $10^{-4}$ 程度のレベルであるが、過去に相当量環境中に放出され、また、建築物等としても蓄積されている。いったん放出されたアスベスト繊維は通常的环境条件下では、ほとんど分解・変質することがなく、地表に沈降したのも容易に再発じんすることを考えると環境蓄積性が高い汚染物質といえる。建築物等として蓄積しているものも、耐用年数が来れば解体・廃棄され、その際或る程度は環境中に放出されることになる。従って年間20万～30万トンという現在の使用状況のまま推移すれば、環境大気中のアスベスト濃度は長期的には無視できなくなるほど増大していくことも懸念される。
- ウ 本検討会としては、発がん物質にばく露される量が、少ないほど発がんのリスクは少なくなるという国際的にも確立された考え方を踏まえ、未然予防の観点から、行政機関、研究者、業界の協力体制を確立し、アスベストを今後従来以上に十分に管理し、環境中への放出も本報告書で述べたようにさまざまな手法を用いてできるだけ抑制することが望ましいと考える。
- また、アスベストは限りある貴重な天然資源であることを考えると、その浪費を抑制するという観点からも、安全かつ効果的な代替品の研究、開発、使用を促進すべきであり、代替品の開発・使用がなお困難な分野にあっても、その製品中への含有率をできるだけ低下させることが望ましいと考える。
- しかし、測定法の精度上の問題や、排出量の定量化の困難さ、更に、代替品の技術評価に係るデータが乏しいこと等を考えると、現時点では環境濃度目標や削減量目標、代替品使用目標等を定量的・具体的に明示することは困難である。
- エ 今後ともアスベストの環境中への放出は、建築物の解体一つをとってみてもなお長期的に続くことが予測され、毎年経年的に、アスベストの環境濃度の推移をみることは極めて重要である。測定法上多々の制約があり、信頼すべき過去のデータが存せず、過去との比較はできないが、今回明らかにされた環境濃度をベースにして今後長期的に環境濃度のモニタリングを行っていく必要がある。
- オ 今後の課題としては、防止技術・代替品に係る一層の研究・開発と測定法の改良が、「はじめに」で述べたような生物学的、疫学的な研究と併せて望まれる。とりわけ、測定法との関連から



- ③ 道路表面にアスベストを使用することを禁止すること
  - ④ アスベストの特殊製品を使用することを制限すること
- を提案している。

イ. NIOSH

上記の1980年のOSHAの規定は米国労働安全衛生研究所(NIOSH)の勧告(1976年)に基づくものであるが、NIOSHの勧告の考え方は次のとおりである。

- ① 現在、アスベストの閾値が存在するという証拠はない。
- ② 従って、作業環境基準は現行の分析法で検出できる最低のレベルに設定すべきである。
- ③ 現時点では一般的で現実的な分析法は位相差光学顕微鏡による方法だけであり、サンプリング時間を15分とした場合、現行の分析法で検出できる最低のレベルは、 $0.1 f/m\ell$ となる。

ウ. EPA

アメリカ環境保護庁(EPA)は、1975年10月から、アスベストの環境中への各種の排出形態に対して表9-1に示すとおり種々の規制を行っている。

さらに、EPAは、1983年10月、数か月以内にアスベストを建築材料等に使用することを全面的又は段階的に禁止するという正式提案を行う予定である旨を発表している。

なお、環境濃度としては、コネティカット州で30日平均値 $30ng/m^3$ ( $30f/\ell$ )という基準がある。

表9-1 アメリカにおけるアスベストの排出に関する規制

規制対象施設等	規制内容
1. アスベスト粉碎施設	<u>肉眼的に認知される程度の排出(Visible emission)をしてはならない。</u>
2. 車道	アスベスト残渣又はアスベスト含有廃棄物を用いた舗装をしてはならない。
3. 製造 (1) 糸、布、管、織物等の製造 (2) セメント製品の製造 (3) 耐火物及び絶縁材料の製造 (4) 摩擦材の製造 (5) 紙、原紙及びフェルトの製造 (6) 床タイル製造 (7) 塗料、被覆物、充てん剤、接着剤、シール剤等  (8) プラスチック及びゴム製品の製造 (9) 塩素の製造 (10) 散弾銃薬きよの製造	<u>肉眼的に認知される程度の排出をしてはならない。</u>

規制対象施設等	規制内容
<p>(11) アスファルト材の製造</p> <p>4. 解体及び修理</p> <p>5. 吹付け (乾燥時に1%以上のアスベストを含有するもの)</p> <p>6. 加工、取扱い等 (1) セメント建築製品の加工取扱い等 (2) 摩擦材の加工取扱い等(自動車へのアスベスト摩擦材の組み付け作業を除く。) (3) 炉、配電盤、実験室用設備に用いる換気フード、海中建造物のしゃ断壁、隔壁、シーリング材、鋳物業における流路制御装置系に用いるセメント製品又は硅酸塩板の加工取扱い等</p> <p>7. 鋳造における熱絶縁材</p> <p>8. 製造、加工、解体、修理及び吹き付け作業に伴う廃棄物の処理</p>	<p>適正は施工方法についての届出をしなければならない。局所排気装置及び集じん装置を用いた場合を除き、湿潤な状態で作業を行い、肉眼的に認知される程度の排出をしてはならない。</p> <p>肉眼的に認知される程度の排出をしてはならない。適正な施工方法等についての届出をしなければならない。</p> <p><u>肉眼的に認知される程度の排出をしてはならない。</u></p> <p>絶縁材料としてアスベストを含有するものを使用してはならない。</p> <p>肉眼的に認知される程度の排出をしてはならない。廃棄物は定められた廃棄物処理場にて行うこと。</p>

(3) その他の諸外国における規制状況

その他の諸外国における規制状況の概要は、それぞれ表9-2に示すとおりである。