

指 第 号
昭和63年8月 日

長 殿

厚生省健康政策局指導課長

アスベスト廃棄物の適正処理について

アスベスト対策については、昭和63年2月1日付指第6号をもって通知したところでありますが、今般、厚生省が昨年8月（社）日本廃棄物対策協会に対し依頼して検討を進めてきた「建築、解体工事に伴うアスベスト廃棄物処理に関する技術指針・同解説」が別添のとおり取りまとめられました。

本指針について、厚生省生活衛生局水道環境部産業廃棄物対策室長から各都道府県、政令市担当部（局）長宛送付し、アスベスト廃棄物の適正処理について工事業者、産業廃棄物処理業者等に対し周知徹底を図った旨連絡があったので、貴職所管の病院においても、本指針を踏まえ関係機関と連絡調整のうえ、アスベスト廃棄物の適正処理が図られますよう御指導お願いいたします。

建設・解体工事に伴うアスベスト廃棄物
処理に関する技術指針・同解説

昭和63年7月

社団法人 日本廃棄物対策協会

まえがき

アスベストは耐熱性、耐火性、吸音性等優れた特性を有するために、有史以前から用いられ、特に近代に至り量産が可能となるのに伴って使用量が増大し、建築物のほか種々の目的に使用されてきた。しかし、近年アスベストを取り扱う労働者が飛散したアスベスト繊維を吸入することにより生じる健康障害が知られるようになったことから、特に労働衛生分野において研究が進められ、その成果を踏まえて労働環境における規制が進められてきた。

最近では、非労働環境内における低濃度アスベストによる健康影響に関して社会的関心が高まり、主として建築物内の吹付けアスベストの除去が行われるようになった。低濃度アスベストの人体への影響については、未だ確たる証拠が得られているとは言い難いが、排出者、処理者は建築物の除去・解体工事に伴って排出される、アスベストを含む廃棄物処理に当たって、大気中にアスベスト繊維を飛散させないよう可能な努力をする責務があるといえる。このため、今日ますます重要性が増しているアスベストを含む建設系廃棄物の処理に当たっての適切な処理方法を、具体的な指針として示す必要が生じてきた。

こうした状況を踏まえて、厚生省において昭和62年8月（社）日本廃棄物対策協会に建設系産業廃棄物の処理方法に関するガイドライン策定のための検討を依頼した。これを受けて同協会では、「建設・解体工事廃棄物処理研究会」を同年9月に発足させ、「アスベスト小委員会」をその傘下に位置付けた。研究会全体の設置期間は2か年の予定であるが、同委員会については問題の緊急性にかんがみ、1年程度を目途に一応の結論を得るべく努力してきた。委員会では主として文献調査にあたるとともに、同年11月には米国及びヨーロッパにそれぞれ2名の委員から成る調査団を派遣するなど鋭意検討を続けてきた。

この報告書は、アスベストを含む廃棄物を取り扱う際の留意すべき点を項目別に記載、解説を付したものを報告書として取りまとめたものである。

短期間の検討のため、例えば中間処理の在り方等、今後の技術開発や実証実験に待つところも少なくないが、現段階においてはおおよその合意の得られる指針を示したものと考える。

本報告書がアスベストを含む廃棄物を排出、処理する方々の手引きとなり、かつ円滑な行政の推進に役立つことを願うものである。

昭和63年7月

（社）日本廃棄物対策協会
理事長 五十嵐 義 明

建設・解体工事に伴うアスベスト廃棄物処理に関する技術指針・同解説

目 次

1. 総則	1
1.1 目的	1
1.2 定義	1
1.3 適用範囲	2
2. 処理計画	3
2.1 処理計画書	3
2.2 処理経路	3
2.3 処理計画書の内容	5
3. 処理委託	7
3.1 委託契約	7
3.2 委託の実施	9
4. 発生現場における保管	10
4.1 飛散防止	10
4.2 保管	11
4.3 表示	11
5. 収集・運搬	12
5.1 分別収集・運搬	12
5.2 飛散防止	12
5.3 運搬車両	13
6. 中間処理	14
6.1 コンクリート等固化	14
6.2 その他の中間処理	15
7. 最終処分	16
7.1 最終処分	16
7.2 最終処分場	16
7.3 最終処分場の管理	17
7.4 埋立方法	18

付属資料

1. 建設・解体工事廃棄物処理研究会委員名簿	1
2. 「アスベスト(石綿)廃棄物の処理について(通知)」環水企第317号 衛産第34号 昭和62年10月26日	3
3. 「建築物の解体または改修の工事における労働者の石綿粉じんのばく露防止 について」労働省基安発第34号 昭和61年9月6日	5
4. アスベストの現況と生体影響	7

1. 総則

1.1 目的

本指針は、工作物の建設・解体工事（改修工事を含む）に伴って発生する飛散性アスベストを含む廃棄物について、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に沿って、適正な処理を行うための具体的な手順について規定することを目的としたガイドラインである。

(解説)

本指針は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下「廃棄物処理法」という。）に沿って、生活環境の保全のために現在実行しうる最も適当な保管、収集・運搬、処分の手順を示すことを目的とする。

1.2 定義

本指針で用いる用語の定義は、次の通りである。

飛散性アスベスト廃棄物：吹付けアスベスト、アスベスト保温材等、容易に一般大気に飛散するおそれのあるアスベストを含む廃棄物をいう。

非飛散性アスベスト廃棄物：アスベストを含む廃棄物のうち、飛散性アスベスト廃棄物以外のものをいう。

(解説)

(1) アスベストを含む廃棄物は、廃棄物処理法上の分類では、建設廃材、ガラスくず及び陶磁器くず、廃プラスチック類等又はそれらの混合物に該当する。

表-1 建設・解体工事（改修工事を含む）に伴う飛散性アスベスト廃棄物の具体例

種 類	具 体 例
建 設 廃 材	○ 工作物の吹付けアスベスト除去物
ガラスくず及び陶磁器くず	○ 保温材，断熱材
廃プラスチック類	○ 仮設養生プラスチックシート ○ HEPAフィルター ○ プラスチック系特殊作業服，靴カバー ○ 室内掃除用スポンジ
[注1] HEPAフィルター；High Efficiency Particulate Air Filter(超高性能微粒子フィルター)の略称	
[注2] ダクト，配管をアスベスト保温材付きで廃棄する場合には，金属くずとガラスくず及び陶磁器くずの混合物となる。	

- (2) 飛散性アスベストは、軽く接触したり、気流があたったりするだけで材料に含まれているアスベストが空気中に飛散するおそれのあるもので、感覚的には、手で容易にもみほぐすことができるものをいう。飛散性アスベストには、吹付けアスベスト除去物（6.1に示す措置を講じたものを含む）、保温材等がある。
- (3) 非飛散性アスベストには、石綿スレート、石綿管、パルプセメント板、ビニールタイル等がある。
- (4) 吹付けアスベスト除去等の工事において用いられたプラスチックシート、作業衣等の作業関連用具は、多量のアスベストが付着しているおそれがあるので、飛散性アスベスト廃棄物とみなす。

1.3 適用範囲

本指針はアスベストを含む廃棄物のうち、飛散性アスベスト廃棄物（以下「アスベスト廃棄物」という。）の処理について適用する。

（解説）

- (1) アスベストを含む廃棄物のうち最も問題となるのは飛散性アスベスト廃棄物の処理である。本指針は主として吹付けアスベスト除去等の工事により発生したアスベスト廃棄物の処理について記述されているが、その他の飛散性アスベストについてもこの指針を適用するものとする。
- (2) 非飛散性アスベスト廃棄物とみなすことのできるアスベスト成型品については、それらが破断、粉碎されている場合にはアスベストが飛散することが考えられるものもあるので取扱いに注意を要する。
なお、今後非飛散性アスベスト廃棄物について必要な調査を行い適正処理の指針を示すこととしている。

2. 処理計画

2.1 処理計画書

排出事業者は除去等の工事によって発生したアスベスト廃棄物の処理に先立ち、作業員に対するアスベスト粉じんのばく露を防止し、周辺環境に対する汚染を防止するために適切な処理計画書を作成しなければならない。

(解説)

- (1) 排出事業者とは、除去等の工事における元請業者であり、廃棄物処理法上、工事から発生する廃棄物の適正な処理の責任を負っている。
- (2) 発注者は工事着工前にアスベスト廃棄物の処理計画書を元請業者より提出させる。また、工事終了後、処理伝票等の写しを添付した廃棄物処理報告書を提出させ、適正処理を確認する。
- (3) 排出事業者は契約条件、設計図、仕様書、質疑応答事項、事前調査資料等の除去等の工事条件を十分理解して処理計画書を作成する。
- (4) 処理計画書の作成にあたっては、この指針に基づく他、国、地方公共団体の関係通知、指針等に留意するとともに、除去工事業者等と作業手順・工程等について事前に綿密な打合せを実施する。

2.2 処理経路

処理計画書の作成にあたっては、処理経路を明確にして、保管、収集・運搬、中間処理及び最終処分の各々について計画する。

(解説)

- (1) 一般的な処理経路は次の2通りである。なお、中間処理としては、コンクリート等固化の他に熱処理してガラス化する方法（熔融）及び薬品で無害化する方法（化学処理）等があるが、現在、開発中である。

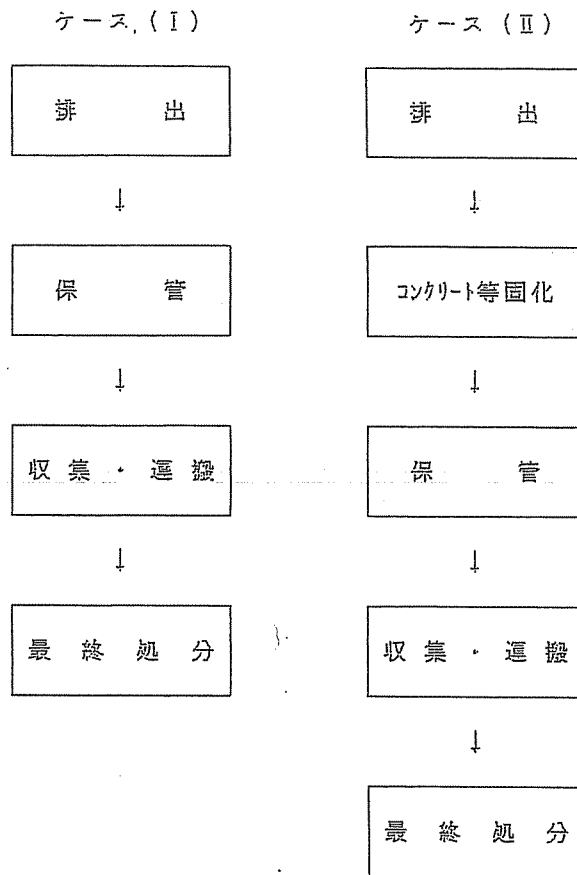


図-1 アスベスト廃棄物の処理経路

(2) 処理経路ごとの留意事項は次のとおりである。

- 1) 排出にあたっては、湿潤化するなどの飛散防止措置を講じなければならない。
- 2) アスベストの飛散を防止するために、コンクリート等により固化する場合もあるが、それによる飛散の低減について十分な知見がないので、現段階ではコンクリート等固化したものを非飛散性アスベスト廃棄物として取り扱うことができず、最終処分に至るまで飛散性廃棄物として取り扱わなければならない。
- 3) アスベスト廃棄物の運搬は他の廃棄物との混載を避け、専用車とする。その際、パレット積み、又はコンテナに保管することにより、収集の際に飛散を防止することができる。
- 4) アスベスト廃棄物は、保管・積換え施設を経由することなく、最終処分場へ直送する。
- 5) アスベスト廃棄物の最終処分にあたっては、計画時に、最終処分場の受入れ基準、処分料金等を調査する。

2.3 処理計画書の内容

処理計画書は、除去等の工事からの排出状況を十分考慮した処理工程表及び現場内の保管方法、収集・運搬方法、最終処分方法、中間処理方法について各々具体的に記述する。

(解説)

- (1) 処理計画書においては、アスベスト廃棄物の性状、量、飛散防止措置、収集トラック荷台等への積み込み方法、運搬時の安全対策、異常時の対策、最終処分業者との搬入についての事前調整、作業員教育等について明確にする。
- (2) 処理計画書は、2.2に示す処理経路ごとに各々の計画内容を記述する。なお、処理計画・作業手順等については、除去等の工事業者及び処理業者と協議する。
- (3) 処理計画書には次の事項を記載する。
 - 1) 工事概要
 - ア. 工事名称、工事場所
 - イ. アスベスト廃棄物の種類・性状・発生量
 - ウ. 処理体制(図-2参照)
 - エ. 緊急連絡体制
 - オ. 処理伝票の管理方法等
 - カ. その他
 - 2) 保管
 - ア. プラスチック袋等の保管方法及び保管場所
 - イ. アスベスト廃棄物飛散防止措置の方法
 - ウ. アスベスト廃棄物の保管場所であることを表示する立札等の取付方法
 - エ. その他
 - 3) 収集・運搬
 - ア. 搬出予定日時
 - イ. アスベスト廃棄物の形状、量
 - ウ. 運搬経路
 - エ. 積み込み方法
 - オ. 運搬車輛荷台の覆い方法
 - カ. プラスチック袋等の破損時等の対応策
 - キ. その他
 - 4) 最終処分
 - ア. 最終処分場
 - イ. 荷降し方法
 - ウ. 埋立場所
 - エ. 埋立方法
 - オ. その他
 - 5) コンクリート等固化
 - ア. 作業手順

- イ. 飛散防止措置の方法
 - ウ. 使用機材
 - エ. 配合計画
 - オ. その他
- 6) 添付書類
- ア. 産業廃棄物処理委託契約書
 - イ. 委託処理業者の許可証（写）
 - ウ. 最終処分場現地確認写真

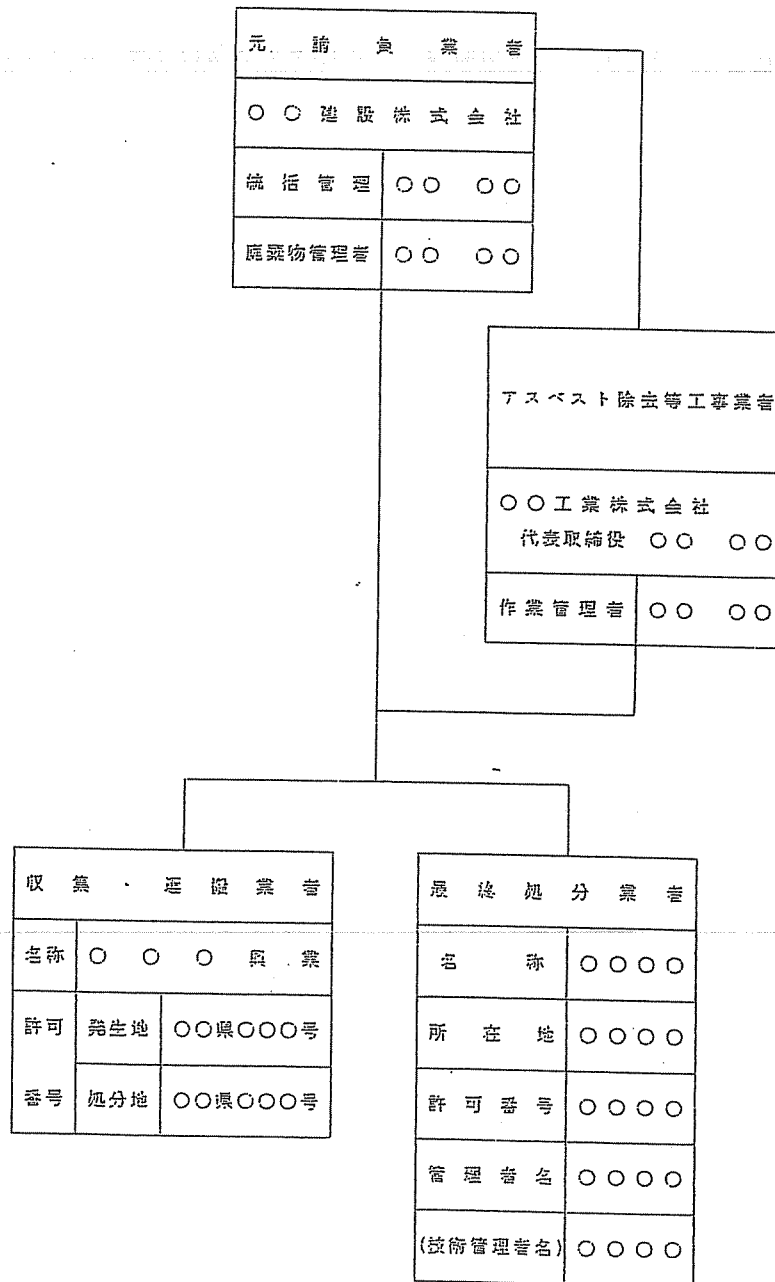


図-2 廃棄物処理体制組織図（例）

3. 処理委託

3.1 委託契約

- (1) アスベスト廃棄物の処理を排出事業者が自ら行わず、他人に委託する場合は、廃棄物処理法に定める委託基準に基づき事前に委託契約を締結する。
- (2) アスベスト廃棄物の運搬については、再委託を行ってはならない。

(解説)

(1) 委託契約は排出事業者が、収集・運搬業者及び最終処分業者（又は中間処理業者）とそれぞれに直接の契約をする（最終処分業者（又は中間処理業者）を以下「最終処分業者等」とする。）。

契約形態には次のようなものがあるが、2者契約の形態が望ましい。

- 1) 2者契約：排出事業者と収集・運搬業者及び排出事業者と最終処分業者等の契約。
- 2) 3者契約：排出事業者と収集・運搬業者及び最終処分業者等の契約。
- 3) 4者契約：上記の3者契約者と更に除去等の工事を直接施工する下請け業者を加えた契約。

なお、工事下請業者（除去等工事業者）は、アスベストの除去工事を行うものであり、その廃棄物処理を委託されたものではない。したがって、工事下請業者がアスベスト廃棄物の収集・運搬を行う場合には廃棄物処理法による許可が必要である。

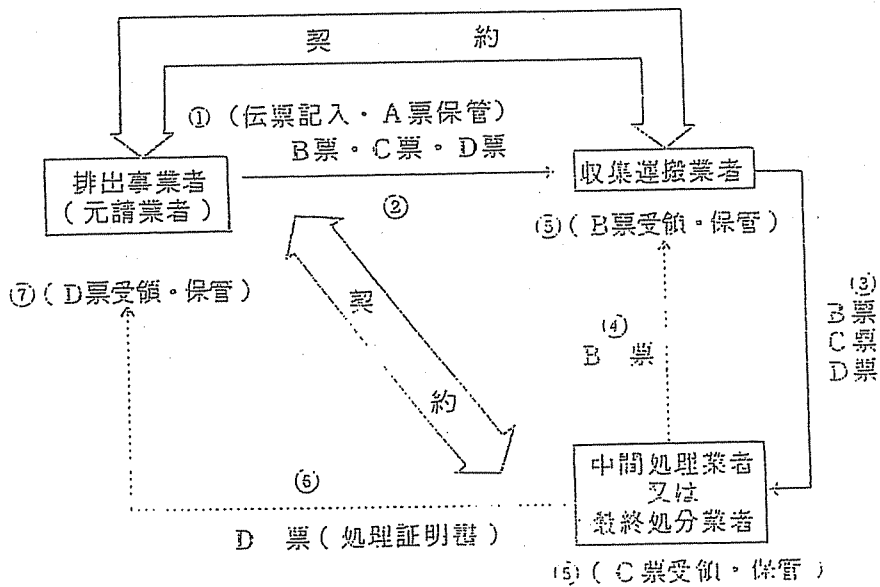


図-3 産業廃棄物処理伝票の流れと処理の契約

(2) 委託契約に際しては、事前に処理業者から許可証の写しを受け取り、次の項目について確認するとともに、事前に現場調査や写真撮影などによって最終処分場の状況を確認する。

- ア. 営業の種別
- イ. 産業廃棄物の種類
- ウ. 処理能力
- エ. 許可の条件及び期限

産業廃棄物処理業許可証		第000号
<p style="text-align: center;">住所 ○ ○ ○ ○ 氏名 株式会社 ○ ○ ○ ○ 代表取締役 ○ ○ ○</p> <p>産業物の処理及び輸送に関する法律第14条第1項の規定により、 下記のとおり許可する。</p> <p style="text-align: center;">昭和63年 2月 1日</p> <p style="text-align: center;">△△知事 ◇ ◇ ◇ ◇ 監</p> <p style="text-align: center;">記</p> <p>1. 許可年月日及び許可番号 昭和63年 2月 1日 産業第 09876号 [注2]</p> <p>2. 発給許可年月日 昭和=年=月=日</p> <p>3. 許可の期限 [注3] 昭和66年 1月31日</p> <p>4. 処理の種類 [注4] (1) 業の区分 吸着・選別(保管・積換えを除く)</p>	<p>(2) 産業廃棄物の種類 [注5] 木くず、屑プラスチック類、ガラスくず及び陶磁器くず、金属くず、 コンクリートの破片等(政令第1条第9号該当物)、以上5種を 屑プラスチック類、金属くずにあつては、PCBを含まないもの に限る。</p> <p>5. 処理施設の形質及び処理能力 [注6] =====</p> <p>6. 処理施設の所在地等 [注7] =====</p> <p>7. 許可の条件 [注8] =====</p>	
13-000-09876	この許可に不明があるときは、この許可証を受け取った日の翌日から起算して 60日以内に厚生大臣に対して、審査請求することができます。	△ △

- [注1] 営業可能な区域を示す。
- [注6] 業の区分が、中間処理、最終処分に該当する場合に、それぞれの処理施設の種別及びその能力を示す。
- [注2] △△の許可番号(許可は都道府県又は++、××などの政令市単位で出されます。)
- [注7] 処理施設の所在地等を示す。
- [注3] 許可の期限を示す。
- [注8] 許可に条件が付された場合に、その条件を示す。
- [注4] 業の区分には、吸着・選別、中間処理、最終処分3区分がある。
- [注5] 取り扱うことが認められた産業廃棄物の種類を示す。

図-4 産業廃棄物許可証の例

(3) 廃棄物処理法においては廃棄物の処理委託の際、運搬の再委託は一度だけ認めている。しかし、アスベスト廃棄物の運搬において再委託を行ってはならないこととしたのは、処分までの過程における積換え等の作業に伴う再飛散の危険等を極力防止するためである。

3.2 委託の実施

排出事業者は、アスベスト廃棄物の処理を委託したときは、処理計画書に基づき適正に処理されていることを確認する。

(解説)

- (1) 排出事業者は、収集・運搬の委託に際しては、処理計画書通りに運搬経路、積込方法、緊急時の対応策について運搬業者に指示する。
- (2) 排出事業者は、最終処分業者等から処理伝票を受け取り処分の確認を行うとともに記録し保存する。
- (3) 排出事業者は、最終処分の状況を現地立会いにより確認し、写真を記録に残すことが望ましい。

4. 発生現場における保管

4.1 飛散防止

排出事業者は、アスベスト廃棄物が運搬されるまでの間、アスベストの飛散を防止するため当該物を湿潤化させる等の措置を講じた後、原則として次のいずれかの方法により、アスベストの飛散防止を図る。

- 1) 十分な強度を有するプラスチック袋に二重にこん包する。
- 2) 堅牢な容器に密封する。

なお、必要に応じ、これらの措置とあわせて発じん防止剤を散布し、又はコンクリート等により固化することも差し支えない。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物を湿潤化させる方法としては、散水、発じん防止剤散布等がある。
- (2) アスベスト廃棄物を入れるプラスチック袋又は容器は、工事現場における取扱い、積込・荷降しの作業条件を十分に考慮して、容易に破損等の恐れのないものを使用する必要がある。
- (3) プラスチック袋は、厚さが0.15mm以上のものが望ましい。二重にこん包としたのは、袋の破損防止を図ることと、袋の外側に付着したアスベストの飛散防止のため、もう一つ袋を被せることとしたものである。

二重にこん包する手順は次のとおりである。

- 1) 除去等作業場所において、発じん防止剤等により湿潤化させたアスベスト廃棄物をプラスチック袋の中に入れ、密封する。
なお、この際袋中の空気をよく抜いておくことが大切である。これは、収集・運搬、処分の時に袋が圧力を受けて破損しアスベストが飛散することを防ぐためである。
- 2) 前室で高性能真空掃除機等により、プラスチック袋に付着している粉じんを除去する。
- 3) 保護衣等着脱室で、更にプラスチック袋をかぶせ密封する。

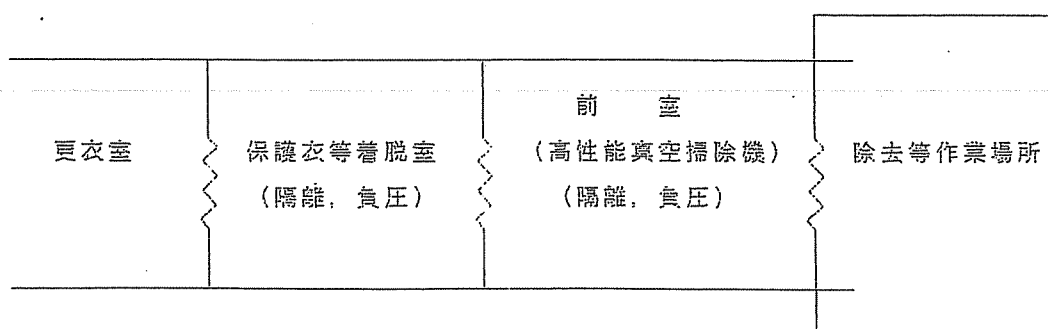


図-5 隔離区域の代表的構成

- (4) 堅牢な容器とは、ドラムから等の密閉容器をいう。
- (5) コンクリート等により固化する場合は6.1による。

4.2 保管

- (1) アスベスト廃棄物は、できるだけ速やかに運搬・処分する。やむを得ず保管する場合は一定の場所を定め、シートで覆う等の養生を行う。
- (2) アスベスト廃棄物の保管にあたっては、他の廃棄物と分別しなければならない。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物を保管する場合は、4.1に示す飛散防止措置を講じた後行う。
ただし、アスベスト除去現場からバキュームポンプ等を利用し、密閉できる保管容器に直接入れるような場合は、この限りではない。なお、バキュームポンプを利用する場合は、HEPAフィルター付きの集塵装置を備える。
- (2) 保管場所、保管方法の検討にあたっては、積込の際のアスベスト飛散にも配慮する。
なお、保管方法として、コンテナを利用することは、積込の際の飛散を防止する上で有効な手段である。

4.3 表示

アスベスト廃棄物を収納するプラスチック袋又は容器には、個々にアスベスト廃棄物である旨を表示する。

また、アスベスト廃棄物の保管場所には、作業員の見やすい箇所にアスベスト廃棄物の保管場所であることを表示する立札等を設ける。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物であることの表示は、その処理過程における不適正な取扱いを防止するための措置である。
- (2) プラスチック袋等には下記事項を記入する。
 - ア. アスベスト廃棄物であること
 - イ. 取扱いの注意事項
 - ウ. その他
- (3) 保管場所の立札等には下記事項を表示する。
 - ア. アスベスト廃棄物の保管場所であること
 - イ. 取扱いの注意事項
 - エ. その他

5. 収集・運搬

5.1 分別収集・運搬

アスベスト廃棄物の収集・運搬にあたっては、他の廃棄物と混載してはならない。
また、保管・積換え施設を経由せず最終処分場へ直送しなければならない。

(解説)

- (1) 収集・運搬を行う者は、アスベスト廃棄物の収集・運搬にあたり、次の点に留意すること。
 - 1) アスベスト廃棄物は、他の廃棄物と同一の車輛に混載してはならない。混載した場合には他の廃棄物もアスベスト廃棄物として扱うこと。
 - 2) アスベスト廃棄物を最終処分場へ直送することとしたのは、先に記述したように再飛散の危険を極力少なくしようとするための措置であり、異なる工事現場からアスベスト廃棄物を収集することを妨げるものではない。
- (2) 排出事業者は、除去等の工事現場よりアスベスト廃棄物を搬出するにあたり、他の廃棄物と混載していないことを確認する。

5.2 飛散防止

アスベスト廃棄物の収集・運搬にあたっては、アスベスト廃棄物をこん包したプラスチック袋の破損等によりアスベストを飛散させないように慎重に取扱う。

なお、プラスチック袋の破損等により、アスベストの飛散のおそれが生じた場合には、速やかに散水し又は覆いをかける等の措置を講じた後、適切に処理する。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物の収集・運搬を行う者は、積込・運搬の各過程でアスベストを飛散させないように慎重に取扱わねばならない。プラスチック袋等の積込みは、原則として人力で慎重に行なう。また、重機を利用する場合には、パレット等を利用し、重機が直接プラスチック袋等に触れないようにする。
- (2) 万一、プラスチック袋等の破損が生じた場合には、速やかに散水等により、飛散防止措置を行い、新たに二重のプラスチック袋でこん包する。

5.3 運搬車輛

収集・運搬を行うものは、アスベスト廃棄物の運搬にあたり、運搬車輛の荷台に覆いをかけなければならない。

(解説)

- (1) プラスチック袋等の場合には、破損のないシート等でプラスチック袋を包み込むように覆いをかける。コンクリート等固化物をプラスチック袋に入れたものは、運搬途中の移動、転倒により袋が破損しないようクッション材等の措置を講ずる。
- (2) 容器の場合には、運搬の際に荷台での転倒、移動を防ぐための措置を講ずる。
- (3) 運搬時にプラスチック袋等の破損が生じた車輛のシート等は、アスベスト廃棄物として処理する。又、荷降し後、荷台等の清掃を確実に行う。



図-6 運搬車輛の覆いの方法

6. 中間処理

6.1 コンクリート等固化

アスベストの飛散防止措置として、コンクリート等により固化する方法がある。これらの措置を行う際には、アスベストが飛散することのないよう十分留意する。

(解説)

- (1) 現在、アスベスト廃棄物のコンクリート等による固化については、どの程度の飛散防止効果があるか確実なデータは少ない。しかし、収集・運搬作業、埋立作業、埋立跡地の再掘削等によるアスベスト再飛散の可能性を考慮すると、より安全・確実な処理方法である。
- (2) コンクリート等による固化作業は、一般大気へのアスベスト飛散及び作業員の健康保護のため、除去等の工事に準じて隔離区域内で行う。（「既存建物の吹付アスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説」日本建築センター発行 参照）
- (3) コンクリート等による固化作業は、原則としてアスベスト廃棄物の排出現場で行う。元請業者以外のものがこの作業を行うときは、中間処理業の許可が必要である。
- (4) コンクリート固化については、以下の要領による。
 - 1) コンクリート固化作業に際し、使用するミキサーの種類、配置、作業手順、養生方法等について事前に計画をたてる。
 - 2) 配合比（アスベスト：セメント：水）は、アスベストの種類、状態等により異なるので各現場で試験練を行い事前に決定しておく。
 - 3) 除去したアスベスト廃棄物と水硬性セメント等との混練に際しては、コンクリート固化物の表面に塊状のアスベストが露出すること等ないように十分に混合させる。
このためには、ローラーミキサー、スクリュウミキサー等のある程度破碎・粉碎能力のある混練機を使用することが望ましい。
 - 4) 混練されたまだ硬化しないアスベストとセメントの混合物はプラスチック袋に密封して養生する。養生中の現場での保管は、4.1～4.3による。
 - 5) 現場からコンクリート固化物を排出する手順は、4.1解説(3)による。なお、コンクリート固化したものは、建設廃材とガラスくず及び陶磁器くずの混合物に該当する。
 - 6) 作業に使用した機械・器具等は、使用後、湿ったスポンジ、ワイパー等にて確実に清掃を行う。また、使用したスポンジ、ワイパー等はアスベスト廃棄物として処理する。

6.2 その他の中間処理

アスベスト廃棄物の処理にあたり、コンクリート等による固化以外の方法により、飛散、流出防止のための中間処理を行う場合には、事前に地方公共団体の産業廃棄物担当部局と協議する。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物の中間処理技術として、薬品固型化、ガラス熔融固化、プラスチック熔融固化、真空薬剤処理等も考えられるが、その飛散防止効果、実用性、当該中間処理における環境影響等において不明な点が多い。

7. 最終処分

7.1 最終処分

アスベスト廃棄物の最終処分は、埋立処分により行うこととし、都道府県知事等に届出がなされた最終処分場で行う。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物の最終処分は、埋立処分により行うこととし、原則として海洋投入処分を行ってはならない。
- (2) アスベスト廃棄物の埋立については、原則として廃棄物処理法第15条第1項の届出がなされた処分場で行うこととする。この措置は、埋立場所を届出がされた処分場に限定することにより、アスベスト廃棄物の埋立作業、埋立跡地の再掘削による再飛散を防止し、埋立記録の保存等を容易にするためである。
- (3) アスベスト廃棄物を受入れることのできる最終処分場は、1.2解説(1)表-1に示す種類の廃棄物について許可を受けていることが必要である。

7.2 最終処分場

アスベスト廃棄物を処分する最終処分場は、廃棄物処理法に定める廃棄物の最終処分場の構造・維持管理の技術上の基準に適合したものでなければならない。

(解説)

最終処分場の構造・維持管理の技術上の基準は、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」(昭和52年3月14日、総理府令、厚生省令第1号)による。

7.3 最終処分場の管理

アスベスト廃棄物を受入れる最終処分業者は、処分場の適正な管理を行うため次のような措置を講ずる。

- (1) 受入要領をあらかじめ定め、アスベスト廃棄物の受入れ契約時に排出業者に提示する。
- (2) 受入れに際しアスベスト廃棄物の量、積載状況等について確認する。
- (3) 従業員に対して、アスベスト廃棄物の適正な取扱いについて教育を行い、十分に理解させる。
- (4) アスベスト廃棄物の埋立量、埋立場所等について記録し、永年保存する。

(解説)

- (1) 最終処分業者は、アスベスト廃棄物を受入れるにあたり、事前に次の事項について受入れ要領を定めておく。
 - ア. 埋立場所
 - イ. 荷降しの方法
 - ウ. 人員・機材の配置
 - エ. その他
- (2) 受入れ契約時には、次の事項について関係者間で十分打ち合わせる。
 - ア. 受入れ予定日時、アスベスト廃棄物の形状・量
 - イ. 2.3解説(3) 4)による事項
- (3) 最終処分業者は、アスベスト廃棄物を受入れるにあたり、車輛ごとに処理伝票確認と現物目視により、他の廃棄物と混載していないことを確認しなければならない。混載されている場合は、混載されているすべての廃棄物をアスベスト廃棄物として処理し、その旨排出業者に届出なければならない。
- (4) 最終処分業者は、閉鎖後の跡地管理のため、記録をとり保存することとするが、その記録には次の事項を記載しておく。
 - ア. 排出事業者
 - イ. 埋立時期
 - ウ. 埋立方法
 - エ. 埋立量
 - オ. 埋立場所を示す平面配置図・断面図
 - カ. 最終処分場の管理者（技術管理者名）
 - キ. その他
- (5) 最終処分の記録は永久に保存する必要があるため、処分場の閉鎖後において土地の権利移動の際には、新たな権利者へアスベスト廃棄物の管理記録を引き継がなければならない。

7.4 埋立方法

- (1) アスベスト廃棄物は、最終処分場内の一定の場所を定めて埋立てる。
- (2) アスベスト廃棄物の埋立ては次の方法により行う。
 - 1) 場内にあらかじめ溝又は穴を掘り、その中に埋立てる。
 - 2) 埋立ては、袋又は容器に入れたまま行う。
 - 3) プラスチック袋は、破損しないようにし、できるだけ人力で埋立てる。
 - 4) 1日の作業終了後、埋立面の上面に厚さ15cm以上の覆土をする。
 - 5) アスベスト廃棄物の埋立場所において転圧等のため重機等を使用する場合には、必要な厚さの覆土等を行い、プラスチック袋等の破損によるアスベストの飛散を防止する。
 - 6) 覆土材は、アスベストを含むものであってはならない。またプラスチック袋を容易に破損させない形状のものとする。
- (3) アスベスト廃棄物の埋立完了後は、その上部全面に目印となるシートで覆うなどの措置を行った後、2m以上の厚さで覆土する。

(解説)

- (1) アスベスト廃棄物の最終処分場における取扱いで最も重要な点はアスベストの一般大気への飛散防止である。
- (2) アスベスト廃棄物を埋立てる場所の選定にあたっては、搬入路の確保、風向き、跡地管理等を考慮する。
- (3) 溝又は穴に埋立てることとしたのは、作業用重機等によるプラスチック袋等の破損を防止するためである。
- (4) 溝又は穴の容量は、搬入予定量によるほか、巾は狭く深さは可能な限り深くした方が破損防止には効果的である。なお、掘削作業に際しては、労働安全衛生法による規定を遵守する。
- (5) 埋立ては、溝又は穴に埋立てることを原則とするが、これと同程度の破損防止効果がある埋立工法を採用してもよい。例えば、埋立場所に十分な覆土が仮設養生材等を施工することにより、プラスチック袋等の破損を防止することもできる。
- (6) プラスチック袋又は容器に入ったまま埋立てるのは、アスベスト飛散量を最小限におさえるため、人力投入はプラスチック袋等の破損を防止するための措置である。
- (7) 作業終了後の覆土までの応急飛散防止措置として、投入前に袋・容器等が破損しているときには十分に水でぬらしてから埋立てる。
また投入時、袋・容器が破損しアスベストが露出している部分には散水し乾かないようにするか、一時的な覆土を行う。
- (8) 1日の作業終了時に行う覆土は、風雨により消失しないようにするため厚さ15cm以上行うものとする。
- (9) 埋立跡地の再掘削によるアスベストの飛散を防止するため、万一再掘削された場合でもアスベスト廃棄物の埋立場所が確認できるように埋立場所全面にシートで覆う等、目印を設ける。
- (10) 荷降しの完了後は、運搬車輛の荷台にアスベスト廃棄物が残っていないことを確認する。

付 属 資 料

1. 建設・解体工事廃棄物処理研究会委員名簿.....	1
2. 「アスベスト(石綿)廃棄物の処理について(通知)」環水企第317号 衛産第34号 昭和62年10月26日	3
3. 「建築物の解体または改修の工事における労働者の石綿粉じんのばく露 防止について」労働省基安発第34号 昭和61年9月6日	5
4. アスベストの現況と生体影響.....	7

方
波
守
あ
る
さ
る
う
行
も
を
る。

建設・解体工事廃棄物処理研究会委員名簿

(団体名の五十音順)

委員氏名	所属建設団体名
庄 野 勝	(社) 建築業協会
多 田 公 人	(社) 全国建設業協会
小 野 金 彌	(社) 全国中小建設業協会
松 村 慶 文	(社) 日本建設業経営協会
川 野 博 司	(社) 日本建設業団体連合会
竊 哲 司	(社) 日本鉄道建設業協会
川 野 博 司	(社) 日本道路建設業協会
吉 川 泰	(社) 日本土木工業協会
三本木 徹	厚生省生活衛生局水道環境部

建設・解体工事塵棄物処理研究会

アスベスト小委員会委員名簿

(五十音順)

区分	氏名	所属(役職)
委員長	入江 建久	国立公衆衛生院建築衛生学部建築物衛生室長
委員	是澤 裕二	厚生省水道環境部産業塵棄物対策室技官
委員	佐藤 光寿	鶴竹中工務店労務安全部安全課長
委員	宍戸 真司	鶴結核予防会結核研究所研修部医学科長
委員	篠木 武彦	鶴大林組建築本部工務部工務課長
委員	鳥田 啓三	建設省建設経済局建設業課課長補佐
委員	白井 俊夫	大成建設(株)安全部環境保全室係長
委員	鈴木 繁樹	鹿島建設(株)環境開発部副主査
委員	古市 徹	国立公衆衛生院衛生工学部塵棄物処理室主任研究官
委員	藤井 清	鶴全国建設業協会業務部長
委員	松原 了	厚生省水道環境部計画課課長補佐
委員	三上 辰雄	建設業労働災害防止協会労働衛生対策室長
旧委員	末濤 達憲	厚生省水道環境部計画課課長補佐

各都道府県知事

殿

各政令市長

環境庁水質保全局長

厚生省生活衛生局水道環境部長

アスベスト（石綿）廃棄物の処理について（通知）

吹付けアスベストの除去工事に伴って発生する廃棄物等事業活動に伴って生じたアスベストを含む廃棄物（以下「アスベスト廃棄物」という。）の処理については、当面、下記の事項に留意の上、関係部局間の連絡調整を積極的に行いつつ、関係者に対し適切な指導を行われたい。

なお、アスベスト廃棄物の処理に関する基準について、今後、必要な調査検討を行うこととしている。

記

1. アスベスト廃棄物は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律第2条第3項に規定する産業廃棄物に該当するので、その処理を他人に委託しようとする排出事業者は、当該産業廃棄物の処理業の許可を受けた者に、アスベスト廃棄物であることを明示して委託するとともに、その処理が適正に行われたことを確認すること。
2. アスベスト廃棄物は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令第6条の規定の趣旨を踏まえ、当面、次により収集、運搬及び処分を行うものとする。
 - (1) 排出事業者は、アスベスト廃棄物が運搬されるまでの間、アスベストの飛散を防止するため、当該物を潤滑化させる等の措置を講じた後、十分な強度を有するプラスチック袋で二重にこん包し、又は堅ろうな容器に密封して保管すること。なお、プラスチック袋等には、取扱いの適正を期するため、内容物がアスベスト廃棄物である旨の表示をすること。
ただし、アスベストの飛散するおそれのないアスベスト廃棄物はこの限りではない。
 - (2) アスベストの飛散防止措置には、発じん防止剤を散布し又は水硬性セメント等により固化する方法もあるので、(1)の措置とあわせて、必要に応じこれらの措置を講じることも差し支えないこと。
ただし、これらの処理を行う際には、アスベストが飛散することのないよう十分留意すること。
 - (3) アスベスト廃棄物の運搬及び処分に当たっては、アスベスト廃棄物をこん包したプラスチック袋等の破損又はアスベスト廃棄物の破砕等によりアスベストを飛散させないよう慎重に取扱うこと。

なお、プラスチック袋等の破損等により、アスベストの飛散のおそれが生じた場合には、

遠やかに散水し又は覆いをかける等の措置を講じた後、適切に処理すること。

- (4) アスベスト廃棄物の運搬に当たっては、運搬車両の荷台に覆いをかけること。
- (5) アスベスト廃棄物を埋め立てる場合は、作業用重機等によるプラスチック袋等の破損等のないように、あらかじめ最終処分場内に溝を作り、その溝に投入すること。投入後は、遠やかに土砂又はアスベスト廃棄物以外の廃棄物で覆うこと。なお、アスベスト廃棄物ができる限り最終処分場内の一定の場所に処分するよう努めること。

アスベスト廃棄物を埋め立てた場所は、最終処分場の埋立てが完了した際に、当該最終処分場の表面から深さが2メートル以上になるようにすること。

- (6) 最終処分場の管理者は、アスベスト廃棄物を埋め立てた場合、その数量及び位置を帳簿に記載し、その帳簿を保存すること。
3. 都道府県知事及び政令市長（以下「都道府県知事等」という。）は、アスベスト廃棄物の処理を行う排出事業者及び処理業者等に対し、アスベスト廃棄物の処理方法等の周知徹底を図ること。
 4. 都道府県知事等は、必要に応じ、アスベスト廃棄物の排出事業場、最終処分場等の立入検査及び関係者からの報告徴収を行い、今後のアスベスト廃棄物の排出見通しの把握に努めるとともに、アスベスト廃棄物の飛散防止等について指導監督すること。

昭和61年9月6日

建設業労働災害防止協会会長
財団法人建設業協会会長
財団法人建物解体業協会会長
財団法人建設業団体連合会会長 殿
財団法人土木工業協会会長
財団法人建築業協会会長

労働省労働基準局
安全衛生部長

建築物の解体又は改修の工事における労働者の
石綿粉じんへのばく露防止等について

建設業における労働災害防止につきましては、平素から裕段の御理解、御協力を頂きお礼申し上げます。

さて、昭和30年代以降に建設されたビル等の建築物は次第に老朽化しつつあり、今後これらの建築物の解体又は改修の工事（以下「解体等の工事」という。）が増加するものと予想されますが、これらの建築物には断熱材、吸音材等として石綿が多量に使用されているものが多く、このため、当該工事において生ずる石綿粉じんが作業環境を著しく汚染し、労働者の健康に重大な影響を及ぼすことが懸念されるところであります。

つきましては、ビル等の建築物の解体等の工事に伴う労働者の石綿粉じんへのばく露による健康障害を予防するため、石綿及び石綿を含有する建材（以下「石綿等」という。）の湿潤化、呼吸用保護具の着用、特殊健康診断の実施等特定化学物質等障害予防規則の関係規定の周知を図るとともに、特に下記の点に留意して法令に規定する措置を適切に講ずるよう、貴会会員各位に対し徹底を図られたくお願いいたします。

記

1. 建築物の解体等の工事の元方事業者は、当該工事の対象となる建築物について、石綿等が使用されている箇所及び使用の状況を事前に把握すること。
2. 元方事業者は、石綿等が使用されている箇所等を関係請負人に知らせるとともに、石綿等の破砕、解体等に関する適切な作業方法等について指導すること。
3. 石綿等の破砕、解体等を行う場合には、当該箇所及びその周囲の湿潤化のために十分な散水ができるように必要な水圧の水源、適切なノズルを備えた散水のための設備を設け、適切に散水を行うこと。
4. 破砕、解体等により生ずる石綿等の塵棄物については、石綿が乾燥しないよう散水を行って湿潤な状態に保つこと、発じん防止用の薬液を使用すること、できるだけ速く丈夫な容器又は袋に入れること等により、2次的な発じんの防止に努めること。

5. 解体等を行う場所については、必要に応じ、ビニールシート等を用いて石綿粉じんの他の場所への飛散を防止すること。
6. 石綿等の取扱い作業者には、防じんマスク（国家検定品）を使用させること。
この場合において、当該防じんマスクの選定に当たっては、顔面への密着性が良好なものを
選ぶこと。
なお、粉じんの発散が著しい場合には、送気マスクを使用させることが望ましいこと。
7. 作業衣等は、石綿が付着しにくく、かつ、付着した石綿を容易に除去できるものを選定し、
又は、保護衣を使用することが望ましいこと。
8. 石綿等を使用した建築物の解体等の工事の増加に備え、特定化学物質等作業主任者の有資格者の養成に努めること。

4. アスベストの現況と生体影響

4-1 アスベストとは

石綿（アスベスト）は、蛇紋石族（Serpentine group）と角閃石族（Amphibole group）とに分類され、前者はクリソタイル、後者はアモサイト、クロシドライト、トレモライト・アクチノライト系およびアンソフィライトからなっている。各々のアスベストのおおよその化学組成を表1に示した。

表1 アスベストの化学組成

	クリソタイル	クロシドライト	アモサイト	アンソフィライト	トレモライト	アクチノライト
SiO ₂	40.75	52.00	49.70	57.20	55.10	53.80
Al ₂ O ₃	3.37	—	0.40	—	1.14	1.20
Fe ₂ O ₃	0.44	16.05	0.03	0.13	0.32	1.90
FeO	0.28	17.65	39.70	10.12	2.00	25.30
MnO	0.03	trace	0.22	—	0.10	0.40
MgO	41.28	4.28	6.44	29.21	25.65	4.30
CaO	0.35	1.20	1.04	1.02	11.45	10.20
Na ₂ O	0.07	6.21	0.09	—	0.14	0.10
K ₂ O	0.04	0.06	0.63	—	0.29	0.40
H ₂ O*	12.86	2.43	1.83	2.18	3.52	2.60
H ₂ O ⁻	0.78	0.26	0.09	0.28	0.16	Nil
Total (%)	100.69	100.14	100.17	100.14	99.87	100.20

これらのアスベストの中で産業・商業利用として実際にはクリソタイルが90%以上、残りをアモサイト、クロシドライトが利用されておりその他のアスベストの利用はごく僅かのみである。よって實際上、職業性暴露、環境汚染として問題になるのはクリソタイル、アモサイト、クロシドライトの3種類のアスベストである。クリソタイルは直径0.02~0.06 μmで長さは1 μm以下から数百 μm、数cmあるいはそれ以上に達するものまであり非常に細かい中空（致10 Å）を有す繊維である。図1にクリソタイルの透過電子顕微鏡像と走査電子顕微鏡像およびそのエネルギー分散X線分析器による元素分析所見を示した。図2と図3にそれぞれアモサイトとクロシドライトの走査電子顕微鏡像とその元素分析所見を示した。

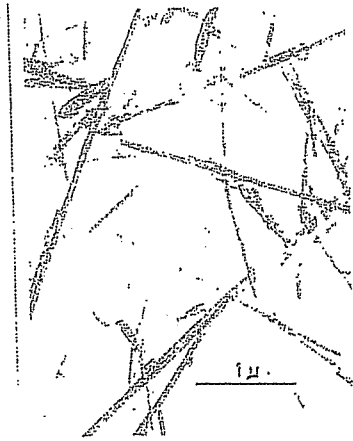


図1 a クリソタイル繊維の透過電子顕微鏡像

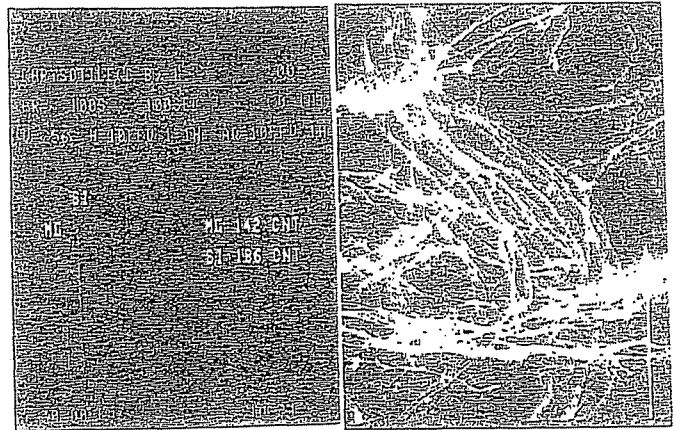


図1 b クリソタイル繊維の走査電子顕微鏡像とそのエネルギー分散X線分析所見

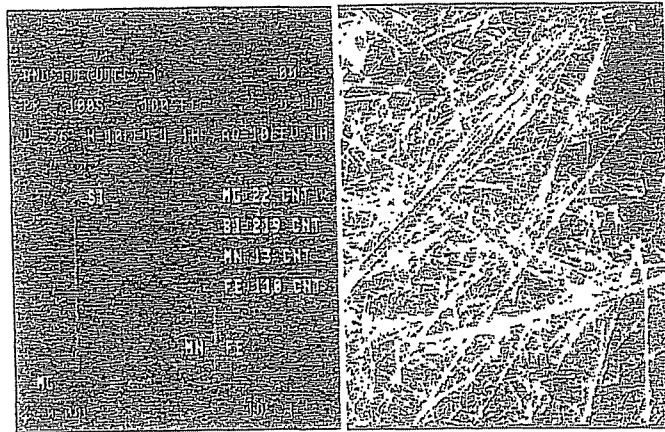


図2 アモサイト繊維の走査電子顕微鏡像とそのエネルギー分散X線分析所見

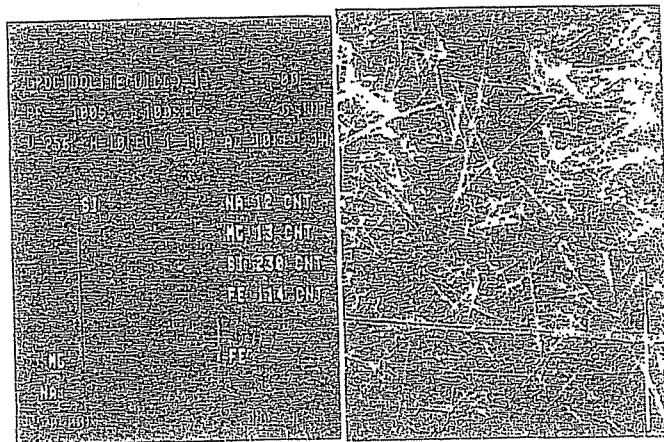


図3 クロソドライト繊維の走査電子顕微鏡像とそのエネルギー分散X線分析所見

これらのアスベストは耐熱性、保温性、耐摩擦性、耐圧性、抗張性、柔軟性、電気絶縁性、防錆性、化学安定性など多様な性質を有し、かつ比較的安価なために、建設（電気絶縁、断熱材、ビルまたは一般家庭の壁、塗装、タイル、パイプ等）、ブレーキなどの自動車部品、造船、織物、その他の種々のアスベスト製品として広く利用され、その数約 3,000種以上ともいわれている。これらの多種多様な用途に使用されているアスベストの中で今回建設・解体工事廃棄物処理の主体となっている吹き付けアスベストの我が国の使用量（昭和46～49年）を表2に示した。昭和49年以後の使用量は激減している。

表2 建築物の吹き付けに消費された吹付アスベスト量（日本石綿協会調）

年	耐火被覆材用 (t)	吸音・断熱用 (t)	合計
46	11,423	7,773	19,196
47	13,406	7,583	20,987
48	10,426	6,705	12,131
49	4,450	5,167	9,617

文献1)より引用

4-Ⅱ アスベストの生体影響

Ⅱ-1 アスベストの人体影響

Ⅱ-1-1 石綿肺

石綿肺とは、アスベスト粉塵吸入により、肺に種々な程度の線維化を生じ、次第に肺が縮み且つ硬くなりその結果肺の機能を失い呼吸困難を生じる疾患である。この石綿肺は、不可逆的で通常進行性であるが、アスベストを繰り返し吸入する職業性暴露者に生じる疾患であり、少量の短期曝露あるいは環境曝露が問題になることは殆どない。

Ⅱ-1-2 肺がん

1955年イギリスにおいて Doll²⁾ が20年以上務めた石綿労働者から一般住民に比べてはるかに高い肺がん発生がみられたことを疫学的観点から指摘し、以来石綿曝露者に肺がん発生率が多いという疫学的事実が多数報告されている^{3)~10)}。この石綿曝露に喫煙が加わると肺がん発生率はさらに高まることも実証されている^{11)~13)}。アスベスト曝露と喫煙とが肺がん発症に与える影響を知る目的でアスベスト労働者と関係ない一般住民で非喫煙者群、アスベスト労働者で非喫煙者群、一般住民で喫煙者群、アスベスト労働者で喫煙者群に分けて、10万人当りの肺がん死亡率をみた報告¹¹⁾が

あるが、これを分かり易く修正するとおおよそ表3の如くなりアスベスト曝露と喫煙は互いに相乗作用を示す。

表3 アスベスト曝露と喫煙が肺がん発生に与える影響

	一般住民	アスベスト労働者
非喫煙者	1とする	5倍
喫煙者	10倍	50倍

アスベスト曝露から肺がん発生までの期間は約20年以上かかることが多く、曝露量が多くなる程肺がん発生率は高くなる。一方、アスベスト繊維の中では、クロシドライト曝露者に最も肺がんが多くみられ、ついでアモサイトとなり、クリソタイルは吸入する繊維の大多数が5μm以下と短いこと、生体内で溶解し易い等の理由より前二者と比較すると肺がん発生率は低い傾向がみられている。

II-1-3 胸膜および腹膜中皮腫

胸膜中皮腫、腹膜中皮腫とは胸膜あるいは腹膜に生じる悪性腫瘍（胸膜のがん、腹膜のがん）であるが、1960年 Wagnerら¹⁹⁾が、南アフリカにおいて32例の中皮腫患者のうち32例にアスベスト曝露歴を有することを報告した。これ以後、アスベスト曝露は中皮腫発生率を有意に高めるという疫学的報告が相次いでみられている^{19)~27)}。アスベスト曝露歴と関連のない中皮腫もあるが、曝露と関係のない中皮腫発生に対して、アスベストと中皮腫発生の相対危険度は4倍前後と推定されている²⁶⁾。

アスベスト曝露と肺がん発生との関連とアスベスト曝露と中皮腫との関連と比較した場合次の①~④の点においてやや異なっている。①曝露から肺がん発生までは通常20年以上かかるが中皮腫はそれよりも長く30年以上かかる傾向にある。②喫煙との関係は殆どみられない。③非職業性の低濃度曝露者にも発症している。④クリソタイル繊維による肺がん発生の危険性はクロシドライト、アモサイトに比べてより低くなるがクリソタイルによる中皮腫発生の危険性はさらに低くなる。

II-1-4 肺がん、中皮腫以外の悪性腫瘍

喉頭がん、食道がん、胃がんおよび全消化器がん、子宮がんなどもアスベスト曝露との関連性があるという報告もみられるが、腹膜中皮腫を消化器がんと見誤ったり、症例の分析に問題点があったり等々で今後の疫学的研究の蓄積を必要とする。少なくとも肺がんおよび中皮腫とアスベスト曝露との因果関係にせられるような明らかな相関はないと考えられている。

Ⅱ-1-5 一般住民肺のアスベスト汚染

アスベスト繊維が人の肺に入ると、繊維の周囲は鉄蛋白で覆われアスベスト小体となり種々な形態を呈する(図4)。

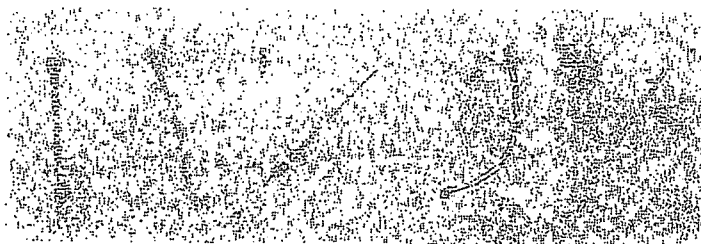


図4 人肺内にみられた含鉄小体
(アスベスト小体)

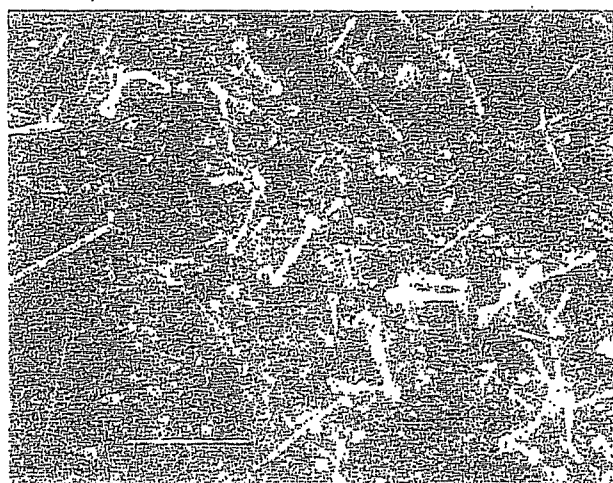


図5 石綿肺患者の肺内にみられたアスベスト小体

このアスベスト小体形成は繊維の害を少なくするための生体の一種の防禦反応と考えられている。(通常 $5\mu\text{m}$ 以下の繊維では小体を形成し難く $10\mu\text{m}$ 以上になると形成し易くなる。また、クロシドライト、アモサイトに比べてクリソタイルは小体を形成し難い。)このアスベスト小体は人の切除肺、剖検肺を溶解することにより、また多量の曝露歴のある人の喀痰などから顕微鏡にて観察することができる。図5はアスベスト職業曝露歴のある人のごく一部から得られたアスベスト小体を示しているが、微小量の肺から驚くほどの小体を得られている。このアスベスト小体を一般住民肺から検出することにより、一般住民へのアスベスト繊維汚染率を知る多くの研究が成されている。しかしながら、このアスベスト小体と類似のものはアスベスト小体以外の繊維でも形成されるため、小体の中心が判明しない時点ではアスベスト小体と呼べず含鉄小体と呼ばれているが大多数はその中心繊維はアスベスト繊維であることが証明されている³³⁾。欧米では一般住民の切除肺、剖検肺の湿重量 5g からの含鉄小体検出率は $90\sim 100\%$ であり^{29)~31)}、我が国でも全国症例にて 54.6% ³²⁾、大阪にて 79.2% ³³⁾、千葉にて 85.4% ³⁴⁾、東京にて 81% ³⁵⁾と高率に見出されている。さらにこの含鉄小体検出率は我が国において昭和12年から昭和56年にかけてアスベストの輸入量が増えるに従って高くなっており³³⁾(図6)、欧米でも近年になるに従ってその

検出率が高くなっている^{39)・40)}。

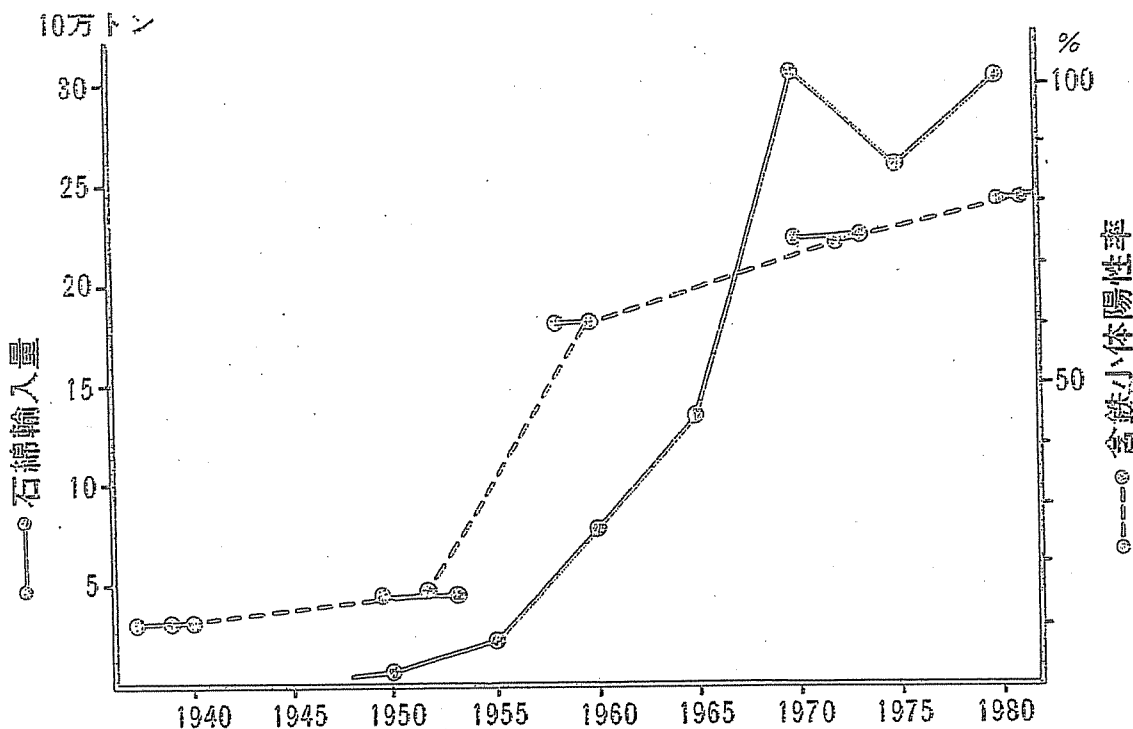


図6 石綿年次輸入量と含鉄小体陽性率

一方、電子顕微鏡による観察、電子線回折、エネルギー分散X線分析等を併用して小体を形成しない裸の繊維、特に $5\mu\text{m}$ 以下の短いクリソタイルが一般住民肺に大量に沈着していることが報告されており³⁷⁾、我が国でも一般住民肺に $5\mu\text{m}$ 以下のクリソタイルが大量に沈着している可能性が推察されている³⁸⁾。

II-2 動物実験および試験管内実験

アスベストの動物への吸入実験の結果、肺にいろいろな炎症反応を生じたり、肺の線維化(石綿肺)を来たすことは周知の事実であり、アスベスト繊維の中でクリソタイルが最も線維化を生じさせ易い傾向にあり、 $5\mu\text{m}$ より短い繊維よりも長い繊維の方が肺の線維原性(fibrogenicity)が強い。

発癌性(carcinogenicity)に関してはアスベストの動物への曝露方法により明らかな違いがみられ胸腔内あるいは腹腔内への各種アスベストの注入曝露により胸膜中皮腫^{39)・40)}・腹膜中皮腫^{41)・42)}発生が高率にみられている。吸入実験では胸膜・腹膜への浸入曝露に比べて発がん性は^{43)・44)}低い傾向にあるが、ある一定の濃度を長期間吸入曝露することにより肺がん発生が証明⁴⁵⁾されている。アスベストを水に混ぜて飲ませたりする経口曝露による消化器系の発がんは殆ど否定^{46)・47)}されている。これらの曝露方法別の差のほかに、発がんにはある一定の曝露量が必要なこと(量一

反応関係), クリソタイルはクロシドライト, アモサイトに比べて発がん性が低い傾向にあることが分っている。一方, アスベストに限らず, 殆んど全ての繊維性鉱物は発がん性を有し, 繊維の直径と長さおよび恒常性が最も発がん性と関連しており, 直径 $0.25\mu\text{m}$ 以下, 長さ $8\mu\text{m}$ 以上で生体内で溶解したり等しない恒常性をより保つ繊維が最も危険であるというStantonらの説⁴⁹⁾があり, 現在多くの学者により支持されつつある。アスベスト単独で発がん性があることは上記の如く明らかであるが, 他の諸種発がん物質^{50)~56)}やタバコ⁵⁷⁾と併用すると発がん性はさらに高くなることも実証されている。

アスベストが培養細胞に与える影響をはる試験管内実験では, いずれのアスベスト繊維も細胞障害性, 細胞毒性がみられるが, その程度はクリスタイルが最も強い。生体内での発がん性は逆にクリソタイルはクロシドライトやアモサイトに比べて弱いことは前述したが, これはクリソタイルが生体内に入った場合は, クリソタイルの主成分であるマグネシウムが溶解したりあるいは繊維そのものが溶解するというこのため, クロシドライト, アモサイトは溶解しがたく生体内で恒常性を保つという性質によると考えられている。尚, アスベスト繊維は弱いながらも変異原性を生じることが判明している。

4-III 熱処理と酸処理によるアスベスト繊維への影響

クリソタイル繊維に熱処理を行った場合の細胞毒性をみた動物実験の結果, $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ の範囲でクリソタイルの生物活性が強くなり細胞毒性が増すという報告⁵⁸⁾がある。このアスベスト繊維への加熱処理による細胞毒性は 800°C を越えると減少し始めると考えられてはいるが, 850°C まで熱したクリソタイルでも弱いながらも発がん性がみられている⁴¹⁾。

一方, クリソタイルに酸処理を行うとクリソタイルの主成分のマグネシウムが溶解する。このマグネシウムの溶解が強い程, 発がん性は減弱するが, クロシドライトに酸処理を行っても殆ど溶解せず発がん性の低下はみられない⁵⁹⁾。これは角閃石系のクロシドライトとアモサイトは酸に強いが, 蛇紋石族のクリソタイルは酸に対して溶け易いという鉱物学的性質による結果のためである。

4-IV 総括

アスベストはその有用性が高く産業・商業利用として多種多方面に使用されている反面, アスベスト吸入曝露者に胸膜炎, 石綿肺, 胸膜肥厚, 胸膜の石炭化, 肺がん, 胸膜および腹膜のがん(胸膜中皮腫・腹膜中皮腫)の発生率が高いことが疫学的に証明されており, このことは動物実験, 試験管内実験にて広く実証されている。

アスベスト粉塵吸入曝露による人体影響には量・反応関係があり, 吸入量が多くなる程悪影響を及ぼし, 一般にはアスベストを直接あるいは副次的に扱う労働者にみられるものであり, 特殊な環境状態にない限り一般環境汚染の有害性は現在のところそれほど問題とはならない。しかしながらアスベスト曝露と喫煙は肺がん発生に相乗作用を示す

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿

こと、諸種の発がん物質や大気浮遊中のベンツピレンとアスベスト曝露が重なると発がん性が高まること、中皮腫はアスベストの低濃度曝露者にも有意に高く発生していることなどを考慮すると、アスベスト曝露の安全閾値はないと考えられ、アスベストの少量曝露が安全であるという保障はなく曝露量を極力少なくするにこしたことはない。アスベストの有害性が、我が国で今日程問題になっていなかった過去において既に相当程度肺内に吸入されていることが推定される。実際、アスベスト労働者の肺からは極めて多量のアスベスト粉塵が見出されるが、アスベストの職業的曝露と関係のない一般住民肺からも高率にアスベストの沈着がみられている。石棉肺は不可逆性で進行性であること、肺がんや中皮腫が一度発症すれば内科的完治は極めて困難であることより、今後これ以上アスベスト吸入曝露を生じないように特に飛散性アスベストに対する飛散防止措置をとることは大変重要なことである。

- 1) 環境中の保健当局大気規制課：アスベスト排出規制マニュアル。ぎょうせい。昭
和。1985
- 2) Doll, R.: Mortality from lung cancer in asbestos workers. Brit. J. industr.
Med. 12:81, 1955.
- 3) Jacob, G., Anspach, M.: Pulmonary neoplasia among Dresden Asbestos workers.
Ann. N.Y. Acad. Scie. 132:536, 1965.
- 4) Selikoff, I.J., Churg, J., Hammond, E.C.: Asbestos exposure and neoplasia.
JAMA 188:142, 1964.
- 5) McDonald, J.C., McDonald, A.D., Gibbs, G.W. et al.: Mortality in the
chrysotile asbestos mines and mills of Quebec. Arch. Environ. Health
22:677, 1971.
- 6) Enterline, P.E., Henderson, V.: Type of asbestos and respiratory cancer in
the asbestos industry. Arch. Environ. Health 27:312, 1973.
- 7) Whitwell, F., Newhouse, M.L., Bennett, D.R.: A study of the histological
cell type of lung cancer in workers suffering from asbestosis in the United
Kingdon. British. J. Indust. Med. 3:298, 1974.
- 8) Martishnig, K.M., Newell, D.J., Barnsley, W.C. et al.: Unsuspected exposure
to asbestos and bronchogenic carcinoma. Brit. Med. J. 1:746, 1977.
- 9) Selikoff, I.J.: Mortality experience of insulation workers in the United
States and Canada, 1943-1976. Ann. N.Y. Acad. Sci. 330-91, 1979.
- 10) Finkelstein, M.M.: Mortality among employees of an Ontario asbestos-cement
factory. Amer. Rev. Resp. Dis. 129:754, 1984.
- 11) Selikoff, I.J., Hammond, E.C.: Asbestos and smoking. JAMA 242:458, 1979.
- 12) Wagner, J.C., Sleggs, C.A., Marchand, P.: Diffuse pleural mesothelioma and
asbestos exposure in the north western Cape Province. Brit. J. indust. Med.
17:260, 1960.

- 13) Newhouse, M.L., Thompson, H.: Epidemiology of mesothelial tumors in the London area. *Ann. New York Acad. Sci.* 132:579, 1965.
- 14) Elmes, P.C., Wade, O.L.: Relationship between exposure to asbestos and pleural malignancy in Belfast. *Ann. New York Aca. Sci.* 132:549, 1965.
- 15) Hägerstrand, I., Meurman, L., Ödlund, B.: Asbestos bodies in the lungs and mesothelioma. *Acta. Path. Microbiol. Scan.* 72:177, 1968.
- 16) McEwen, J., Finlayson, A., Mair, A. et al.: Mesothelioma in Scotland. *Br. Med. J.* 4:575, 1970.
- 17) Rubino, G.F., Scansetti, G., Donna, A. et al.: Epidemiology of pleural mesothelioma in North-western Italy (Piedmont). *Brit. J. Ind. Med.* 29:436, 1972.
- 18) Ashcroft, T.: Epidemiological and quantitative relationships between mesothelioma and asbestos on Tyneside. *J. Clin. Path.* 26:832, 1973.
- 19) McDonald, A.D., Magner, D., Eyssen, G.: Primary malignant mesothelial tumors in Canada, 1960-1968. *Cancer* 31:869, 1973.
- 20) Hain, E., Dalquen, P., Bohlig, H. et al.: Katamnestiche Untersuchungen zur Genese des Mesothelioms: Bericht über 150 Fälle aus dem Hamburger Raum. *Int. Arch. Arbeitsmed.* 33:15, 1974.
- 21) Zielhuis, R.L., Versteeg, P.J.: Pleura mesothelioma and exposure to asbestos. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 36:1, 1975.
- 22) Vianna, N.J., Polan, A.K.: Non-occupational exposure to asbestos and malignant mesothelioma in females. *Lancet* 1:1061, 1978.
- 23) Thériault, G.P.: Mesothelioma and asbestos in the province of Quebec, 1969-1972. *Arch. Environ. health* 33:15, 1978.
- 24) Cochrane, J.C. and Webster, I.: Mesothelioma in relation to asbestos fibre exposure. *S.A. Med. J.* 54:279, 1978.

- 25) Thériault, G. and Grand-Bois, L.: Mesothelioma and asbestos in the Province of Quebec, 1969-1972. Arch. Environ. Health 3:15, 1978.
- 26) McDonald, A.D. and McDonald, J.C.: Malignant mesothelioma in North America. Cancer 45:1650, 1980.
- 27) Browne, K.: Asbestos-related mesothelioma: Epidemiological evidence for asbestos as a promoter. Arch. Environ. Health 38:261, 1983.
- 28) McDonald, A.D.: Mesothelioma registries in identifying asbestos hazard. Ann. New York Acad. Sci. 330:441, 1979.
- 29) Bhagavan, B.S. and Koss, L.G.: Secular trends in prevalence and concentration of pulmonary asbestos bodies -- 1940 to 1972. Arch. Pathol. Lab. Med. 100:539, 1976.
- 30) Bignon, J., Goni, J., Bonnaud, G. et al.: Incidence of pulmonary ferruginous bodies in France. Environ. Res. 3:430, 1970.
- 31) Breedin, P.H. and Buss, D.H.: Ferruginous (asbestos) bodies in the lungs of rural dwellers, urban dwellers, and patients with pulmonary neoplasms. South Med. J. 69:401, 1976.
- 32) 瀨良好澄, 小西池篠一: 我が国におけるアスベスト汚染に関する疫学的研究. 第2報: 切除肺(一部剖検肺)ならびに pleural plaque からのアスベスト小体検出について. 医療 32: 196, 1978.
- 33) 松田 実: アスベスト小体に関する研究. 第1報: 剖検肺からのアスベスト小体の検出. 日胸疾会誌. 13: 40, 1975.
- 34) 君塚五郎, 林 豊: 都市および農村住民における含鉄小体——小体の比率と相違について——大気汚染誌. 18: 127, 1983.
- 35) 宍戸真司: 一般住民肺の石綿汚染に関する研究. 第1報: 45年間における含鉄小体検出率の推移. 奈医誌. 37: 214, 1986.

- 36) Chang-Hyun, Um: Study of the secular trend in asbestos bodies in lungs in London 1936-66. *Brit. Med. J.* 2:248, 1971.
- 37) Churg, A. and Warnock, M.L.: Asbestos fibers in the general population. *Am. Rev. Respir. Dis.* 122:669, 1980.
- 38) 宍戸真司: 一般住民肺の石綿汚染に関する研究. 第2報: 含鉄小体の中心線維および微小線維の絨物学的検討. *奈医誌.* 37: 224, 1986.
- 39) Davis, J.M.G.: The histopathology and ultrastructure of pleural mesotheliomas produced in the rat by injections of crocidolite asbestos. *Br. J. exp. Pathol.* 60:642, 1979.
- 40) Lafuma, J., Morin, M., Poncy, J.L. et al.: Mesothelioma induced by intrapleural injection of different types of fibres in rats: synergistic effect of other carcinogens. *IARC SCI PUBL* 1:311, 1980
- 41) Bolton, R.E., Davis, J.M.G., Donaldson, K. et al.: Variations in the carcinogenicity of mineral fibres. *Ann. Occup. Hyg.* 26:569, 1982.
- 42) Maltoni, C., Minardi, F. and Morisi, L.: The relevance of the experimental approach in the assessment of the oncogenic risks from fibrous and non-fibrous particles. The ongoing project of the Bologna Institute of Oncology. *Med. Laboro* 4:394, 1982.
- 43) Davis, J.M.G., Beckett, S.T., Bolton, R.E.: The effects of intermittent high asbestos exposure (Peak Dose Levels) on the lungs of rats. *Br. J. exp. Pathol.* 61:272, 1980.
- 44) Wehner, A.P., Dagle, G.E., Cannon, W.C. et al.: Asbestos cement dust inhalation by hamsters. *Environmental Research* 17:367, 1978.
- 45) Bozelka, B.E., Sestini, P., Gaumer, H.R. et al.: A murine model of asbestosis. *Am J Pathol* 112:326, 1983.
- 46) Hilding, A.C., Hilding, D.A., Larson, D.M. et al.: Biological effects of ingested amosite asbestos, taconite tailings, diatomaceous earth and Lake Superior water in rats. *Archives of Environmental Health* 36:298, 1981.

- 47) Bolton, R.E., Davis, J.M.G. and Lamb, D.: The pathological effects of prolonged asbestos ingestion in rats. *Environmental Research* 29:134, 1982.
- 48) Smith, W.E., Hubert, D.D., Sobel, H.J. et al.: Health of experimental animals drinking water with and without amosite asbestos and other mineral particles. *J. Environ. Pathol. Toxicol.* 3:277, 1980.
- 49) Stanton, M.F., Layard, M., Tegeris, A. et al.: Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestos and other fibrous minerals. *JNCI* 67:965, 1981.
- 50) Kawai, T.: Histopathological studies on experimentally induced pulmonary, pleural and peritoneal neoplasms in mice by intraperitoneal injection of chrysotile asbestos and N-Methyl-N-Nitrosourethane. *Acta Path. Jap.* 29:421 1979.
- 51) Kanazawa, K., Yamamoto, T. and Yuasa, Y.: Enhancement by asbestos of oncogenesis by moloney murine sarcoma virus in CBA mice. *Int. J. Cancer* 23:866 1979.
- 52) Lakowicz, J.R. and Bevan, D.R.: Benzo(a)pyrene uptake into rat liver microsomes: Effects of adsorption of benzo(a)pyrene to asbestos and non-fibrous mineral particulates. *Chem.-Biol. Interactions* 29:129, 1980.
- 53) Bignon, J., Monchaux, G., Chameaud, J. et al.: Incidence of various types of thoracic malignancy induced in rats by intrapleural injection of 2 mg of various mineral dusts after inhalation of ²²²Ra. *Carcinogenesis* 4:621, 1983.
- 54) Kung-Vösamäe, A., and Vinkmann, F.: Combined carcinogenic action of chrysotile asbestos dust and n-Nitrosodiethylamine on the respiratory tract of Syrian golden hamsters. *IARC SCI PUBL* 1:305, 1980.
- 55) Warren, S., Brown, C.E., Chute, R.N. et al.: Mesothelioma relative to asbestos, radiation, and methylcholanthrene. *Arch Pathol Lab Med* 105:305, 1981.
- 56) Topping, D.C. and Nettesheim, P.: Two-stage carcinogenesis studies with asbestos in Fischer 344 rats. *JNCI* 65:627, 1980.

- 57) Humphrey, E. W., Ewing, S.L., Wrigley, J.V. et al.: The production of malignant tumors of the lung and pleura in dogs from intratracheal asbestos instillation and cigarette smoking. *Cancer* 47:1994, 1981.
- 58) Koshi, K., Hayashi, H., Sakase H.: Biological and mineralogical studies on serpentine minerals in heat treated state. *Ind. Health*,, 7:66, 1969.
- 59) Monchaux, G., Bignon, J., Jaurand, M.C, et al.: Mesotheliomas in rats following inoculation with acid-leached chrysotile asbestos and other mineral fibres. *Carcinogenesis* 2:229, 1981.