

平成 17 年度 日本技術士会東北支部 応用理学部会
第一回研修会 プログラム

日時:平成 17 年 12 月 9 日(金) 13:30~17:00(13:00開場)

場所:戦災復興記念館(仙台市青葉区)

テーマ:“アスベスト”被害から学ぶ

13:30~13:35 開会の挨拶

13:35~14:00 アスベストの産状と性質について

三浦 隆氏 (技術士)

14:00~15:00 アスベスト被害と危機管理

宮城県環境生活部環境対策課課長 安齋文雄氏

15:00~15:10 休憩

15:10~16:00 アスベスト被害対策の事例

エヌエス環境(株)仙台支店長 浅野幸雄氏 (技術士)

16:00~17:00 科学技術の光と影—アセベスト災害とナノテク/ハジ

石巻専修大学 大学開放センター長教授 亀山 紘氏

研修の主旨: アスベストは、大部分が絹糸状光沢と繊維が長く白色を呈する鉱物のクリソタイルで、本邦では 1966 年まで、北海道の神居古潭帯などで採掘されていたものです。そして、耐火性のある有用な鉱物資源でもありました。

その後、肺がんの原因物質であるということで、使用禁止になっていましたが、昨今、さまざまな形でのアスベスト被害が顕在化して、マスメディアの話題となっております。

技術者は技術を提供する場合、自然環境に良いこと、利便性が高いこと、人の健康に良いこととが矛盾することがありますが、それぞれを調整することによって最適点を見つける必要があります。そのためにも、それらの影響を定量的に評価されなければなりません。しかし、それは極めて小さな影響や、未来に起きるかもしれない影響も含んでいるために、その影響を確率で評価しようとする考え方が、リスクといわれています。今回のアスベスト被害には、多くの問題点が内包しているように思われ、少なくともリスク評価という観点から見れば、実証的な側面を示しているように感じられます。そして、それが一面だけからの罪人探しにとどまらないで学習効果による不確実性との付き合い方、安全性証明の道具としてのリスク評価に指針を与えるものであって欲しいと思っています。

講演者紹介

三浦 隆 (みうら たかし)

(株)パスコ 東北事業部 専門部長

資格：技術士（応用理学部門，建設部門）

地すべり防止工事士，1級土木施工管理技士，RCCM（道路）

昭和23年 秋田県に生まれる

昭和47年 3月 東北大学工学部資源工学科 卒業

昭和47年 4月 三洋水路測量株式会社

昭和55年 9月 株式会社長谷地質調査事務所

平成元年 6月 アジア航測株式会社

平成12年 10月 株式会社秋田エイテック

平成16年 4月 株式会社パスコ

安齋文雄 (あんざい ふみお)

宮城県 環境生活部 環境対策課 課長

昭和24年 福島県に生まれる

昭和49年 4月 宮城県職員となり

主に公害、廃棄物関係を担当

平成17年 4月から現職

浅野幸雄 (あさの ゆきお)

エヌエス環境(株) 東北支社仙台支店長

資格：技術士（建設部門，環境部門，総合技術監理部門）

環境計量士

昭和53年 3月 宇都宮大学工学部環境科学科卒業

昭和53年 4月 東邦医薬研究所

昭和55年 3月 エヌエス環境株式会社

亀山 紘 (かめやま ひろし)

石巻専修大学理工学部教授

工学博士（東北大学）

生年月日：昭和17（1942）年10月26日生

出身地：石巻市

経歴：

昭和41年 3月 神奈川大学工学部応用化学科卒業

昭和41年 4月 宮城県立塩釜高等学校教諭

昭和 62 年 8 月東北大学工学部講師

平成元年 3 月石巻専修大学助教授

平成 5 年 5 月石巻専修大学教授

平成 9 年 4 月石巻専修大学・大学開放センター長

専 門：環境科学、触媒化学

趣 味：ゴルフ（体力づくり）、園芸（野菜づくり）、
旅行（リフレッシュづくり）

座右銘：人生意気に感ず、功名またたれか論ぜん

【学会活動】触媒学会光触媒研究会世話人、石油学会東北支部幹事、日本表面科学会東北支部企画幹事、文部科学省・(財)日本科学技術振興財団・科学技術館主催「青少年のための科学の祭典石巻大会」実行委員長

【社会活動】石巻市環境審議会会長、石巻市廃棄物対策審議会会長、石巻市リサイクルエネルギー導入調査委員会委員長、石巻地域産学官グループ交流会副座長、石巻商工会議所参与、石巻コミュニティ放送（株）番組審議会委員長、NPO 法人石巻インターネット放送理事長、宮城県石巻高等学校評議員、宮城県石巻工業高等学校評議員、石巻市立石巻中学校評議員、(財)宮城県石巻高等学校教育振興会理事など

アスベストの産状と性質



日本技術士会
東北支部 応用理学部会
三浦 隆

講演内容

1. アスベストの生成 どのようにしてできたのか
2. アスベストの形状 どのような物質なのか
3. アスベストの産出 どこで採掘されているのか
4. アスベストの性質 どのような特徴を持つのか
5. アスベストの利用 どのように使われたのか
6. アスベストの今後 どうなるのか

はじめに

アスベスト(石綿)とは？

- * asbest(オランダ語)
- = asbestos(英語)
- = a(…(し)ない) +bestos(消化できる)(ギリシア語)
- * もともとは 鉱物
- 鉱物(mineral): 自然の物質、物理的・化学的にほぼ均質、一定の性質、無機質の固体物質
- ミイラを包む布(古代エジプト)
- 火鼠の皮衣(竹取物語)、火浣布(平賀源内)

1. アスベストの生成

~ どのようにしてできたのか ~

ほとんどのアスベスト鉱床

- * 古い地質時代の岩石
 - * 超塩基性岩地帯
 - * 変成岩地帯
- 鉱床: 特定の鉱物が濃密に集まる部分

1. アスベストの生成

* 古い地質時代

代	絶対年代 (×100万年)		紀	世	地質形成、造山運動	
	0.01	2			水河時代	造山運動
新生代	0.01	2	第四紀	更新世	沖積平野、丘陵、段丘、火山	フォッサマグナ、中央構造線形成
	25	65	第三紀	新第三紀	グリーンタフ造山運動、石油	百鬼山運動
	65	143	古第三紀	白亜紀	花崗岩、流紋岩、生成	石炭生成
中生代	143	212	白垩紀	白垩紀	造山性堆積岩の形成	本州造山運動
	212	247	ジュラ紀	三畳紀		
	247	289	三畳紀	二畳紀		
	289	367	二畳紀	石炭紀	動力変成岩の形成	
古生代	367	415	石炭紀	デボン紀	海底火山の活動	
	415	446	石炭紀	シルリア紀	地角斜堆積岩の沈降	
	446	500	石炭紀	オルドビス紀		
先カンブリア代	500	575	カンブリア紀	カンブリア代		
	575	3500	前寒武紀	前寒武紀	(地層大層の発達)	
	3500	4500	前寒武紀	前寒武紀	(地層大層の出現)	

1. アスベストの生成

* 超塩基性岩地帯



1. アスベストの生成

* 変成岩地帯

変成岩



* アスベストは古い地質時代のシリカの少ない既存の岩石が変成作用を受け鉱物に変化してできた

2. アスベストの形状

~どのような物質なのか~

アスベストの定義(ILO)

蛇紋石および角閃石グループに属する繊維状の無機珪酸塩鉱物

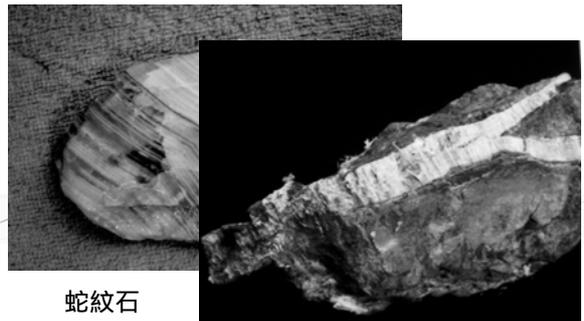
蛇紋石 = フィロ珪酸塩鉱物 (SiO₄四面体が面状に結合している層状型珪酸塩鉱物)
 角閃石 = イノ珪酸塩鉱物 (SiO₄四面体が直線状に結合している繊維状型珪酸塩鉱物)

2. アスベストの形状

* アスベストの種類

グループ	鉱物名	化学組成	アスベスト種		
蛇紋石族	Chrysotile	クリソタイル	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	クリソタイル	白石綿・蓮石綿
角閃石族	Anthophyllite	官閃石	(Mg, Fe ²⁺) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH, F) ₂		官閃石綿
	Cummingtonite - Grunerite series	カムニングトン石・グラーニート石系	(Mg, Fe ²⁺) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	アモサイト	鉄石綿
	Tremolite - Actinolite series	透閃石・アクチノ石系	Ca ₂ (Mg, Fe ²⁺) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH, F) ₂		透閃石綿 陽起石綿
	Riebeckite	リーベック閃石	Na ₂ Fe ²⁺ ₃ Fe ³⁺ ₂ Si ₈ O ₂₂ (OH, F) ₂	クロシドライト	青石綿

2. アスベストの形状



蛇紋石

白石綿(クリソタイル):北海道産

2. アスベストの形状



白石綿(クリソタイル):北海道産

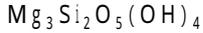
2. アスベストの形状



青石綿(クロシドライト):南アフリカ共和国産

2. アスベストの形状

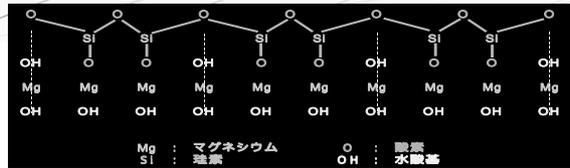
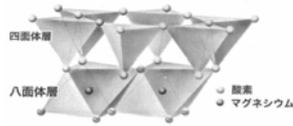
* アスベストの結晶構造(クリソタイルの例)



2層構造

Si: 4面体(4個の

Mg: 8面体(6個のO)



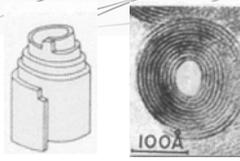
2. アスベストの形状

* アスベストの結晶構造(クリソタイルの例)

2つの層にはサイズの
不調和



四面体層を内側に屈曲
してチューブを形成



(オンゲストローム)

= 10^{-10} m

= 0.1nm(ナノメートル)

直径: 0.02 ~ 0.03 μ

長さ: 数 μ ~ 数十 μ

3. アスベストの産出

~ どこで採掘されているのか ~

アスベストの産出状態(日本)

クリソタイル: 蛇紋岩と密接な関係

北海道中央脊梁山脈

北上山地、阿武隈山地

秩父山地

静岡 ~ 九州中部の中央構造線沿い

国内のアスベスト鉱山: 1営業所 2 ~ 5千t / 年

3. アスベストの産出

アスベストの産出状態(外国)

現在はクリソタイルのみ

北米(カナダ、アメリカ)

南米(ブラジル)

ユーラシア(ロシア、中国)

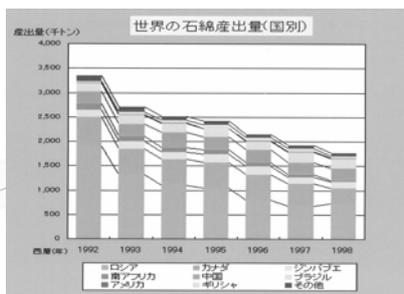
アフリカ(ジンバブエ、南アフリカ共和国)

クロシドライト

南アフリカ共和国の最後のブルーアスベスト
鉱山が閉山(1990年代) “ケープブルー”

3. アスベストの産出

アスベストの産出量



多い国

ロシア

カナダ

中国

ブラジル

ジンバブエ

1970年代: 500 ~ 600万トン

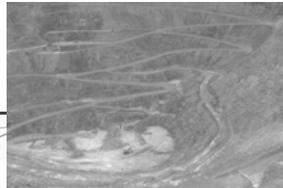
3. アスベストの産出



3. アスベストの産出

アスベストの採掘

露天掘り:アスベスト鉱脈(品質1~3%)



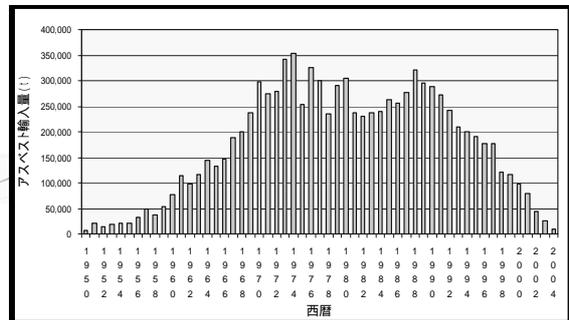
国内旧採掘場

カナダ採掘場

採掘 選鉱 乾燥 破碎 分級 篩分 真空吸引

3. アスベストの産出

アスベストの輸入量



4. アスベストの性質

~どのような特徴を持つのか~

アスベストの長所

- * 紡織繊維性
- * 耐熱性
- * 抗張性
- * 耐薬品性
- * 絶縁性、耐磨耗性、防音性

奇跡の鉱物

4. アスベストの性質

紡織繊維性

解綿できる最細繊維束1~2ミクロン

耐熱性

●クリソタイルでも500°Cまで安定

抗張性

ピアノ線よりも強い引っ張り抵抗力

耐薬品性

クロシドライト、アモサイト、クリソタイルの順

絶縁性、耐磨耗性、防音性

優れた熱絶縁性、低い吸湿・吸水性

4. アスベストの性質

アスベストの物理化学的特性

項目	クリソタイル	アモサイト	クロシドライト
硬度	2.5~4.0	5.5~6.0	4
比重	2.4~2.6	3.1~3.25	3.2~3.3
比熱	0.266	0.193	0.201
抗張力(kg/m ²)	30,000	25,000	35,000
溶解点(°C)	1,521	1,399	1,193
紡糸性	良好	良	良
柔軟性	大	良	良
耐熱性	良好	良好	良好
耐酸性	弱い	中	強い
耐アルカリ性	きわめて強い	強い	強い
分解温度(°C)	450~700	600~800	400~600

4. アスベストの性質

通常的环境条件下で

● 半永久的に分解・変質しない

地表に沈降しても、簡単に再発塵する

極めて長期間一般環境中に滞留

5. アスベストの利用

～どのように使われたのか～

有害性が知られる前のアスベスト

● 安価で優れた工業材料

多方面でさまざまな用途

建材関連：使用量の9割

耐火性、断熱性、防音性などの効果

建材関連以外：使用量の1割

耐火性、耐摩耗性、防音性などの効果

5. アスベストの利用

建材関連の用途

セメント材料への配合：

- 石綿セメント円筒(煙突)
- セメント壁板(窯業サイディング材など)
- 防音しっくい
- 繊維強化セメント板(工場等建屋の屋根・外壁材、外装・内装、特殊ボード)
- 防火扉
- アスベスト管(水道、ケーブル保護管)
- 住宅屋根用化粧スレート(住宅用屋根薄板)

5. アスベストの利用

建材関連の用途

吹き付け材

- 吹き付けアスベスト
- アスベスト含有吹き付けロックウール など
- プラスチック材料への配合
- ビニール・シート床材 など

陶磁器類への配合

- 床タイル、天井タイル など
- その他
- ボイラー、スチーム暖房用パイプの被覆 など

5. アスベストの利用

建材関連以外の用途

化学プラント設備・施設などのシール材

- ジョイントシート、パッキン、ガスケット
- 自動車用部品(摩擦材)
- クラッチフェーシング
- クラッチライニング
- ブレーキパット
- ブレーキライニング
- ブレーキシュー(ディスクブレーキ)

5. アスベストの利用

建材関連以外の用途

家庭用製品

- ヒーター取り付け部の保護材
(ドライヤー、ストーブ、オープン、電気こたつ、トースター、温風機、給湯機、ファンヒーター)
- 魚焼き網(1985年以前のもの)
- その他
- 石油ストーブの芯
- アスベスト金網(理科実験用)
- 紡織品(耐火カーテンなど) など

6. アスベストの今後

～どうなるのか～

アスベストの有害性

= 肺に吸い込むと、20～50年後ガンになる恐れ

● その後のアスベスト評価

奇跡の鉱物、天然の贈り物

悪魔の鉱物

“静かな時限爆弾”の異名

6. アスベストの今後

アスベストに関する規制(日本)

1995年: 茶石綿、青石綿の製造・
使用禁止

2004年: 一部を除く白石綿も原則
全面禁止

例外: 代替品がない配管、電気の絶縁板、
化学プラントのシール材、工業用の
ひも・布など

2008年: 全面禁止の方針

専門家会議(06年~)

6. アスベストの今後

考えられる大きな流れ

● 代替品の開発による全面使用禁止
● 類似物質使用の場合の安全性確認が問題

飛散・拡散防止技術の開発

採掘 - 選鉱 - 運搬 - 貯蔵 - 加工 - 使用の
全プロセスで可能か問題

おわりに

アスベスト問題

● 利便性のみ追求することへの警告

ナノテクノロジーは大丈夫か

長い潜伏期間後の発症のメカニズム
が解明されなければ……?!

参考文献類

- 図書 早わかりアスベスト(勝田 悟, 中央経済社)
静かな時限爆弾 アスベスト災害(広瀬 弘忠, 新曜社)
新版 地学辞典(地学団体研究会, 平凡社) 他
H.P. 地質標本館(産業技術総合研究所)
ウィキペディア フリー百科事典(ウィキメディア財団)
アスベストに関する基礎知識(東京都環境局)
ノギボタニカル健康情報(乃木生薬研究所)
アスベストについて考えるH.P.(考える会)
日本石綿協会H.P. 他

ご清聴ありがとうございました

アスベスト被害と危機管理

宮城県環境生活部
環境対策課 安齋文雄

今回のアスベスト問題の発端
読売(6月30日)

石綿原因 79人死亡

クボタ工場
1987年、大阪府浪速区に本社を置くクボタ重工業(株)の大阪工場(現クボタ大阪工場)で、アスベストを材料とするパイプや住宅建材の製造工場に勤務していた社員や退職者、請負会社従業員の間で、がんの一種「中皮腫(ちゅうひしゅ)」など石綿が原因とみられる疾病の患者が多数発生し、1978～2004年に計79人が死亡、現在療養中の退職者も18人いる、と発表した。また、工場周辺に住んでいて中皮腫を発症した一般住民3人に対して見舞金を支払うことを決めた。

大阪府浪速区に本社を置くクボタ重工業(株)の大阪工場(現クボタ大阪工場)で、アスベストを材料とするパイプや住宅建材の製造工場に勤務していた社員や退職者、請負会社従業員の間で、がんの一種「中皮腫(ちゅうひしゅ)」など石綿が原因とみられる疾病の患者が多数発生し、1978～2004年に計79人が死亡、現在療養中の退職者も18人いる、と発表した。また、工場周辺に住んでいて中皮腫を発症した一般住民3人に対して見舞金を支払うことを決めた。

アスベスト? がんなどで79人死亡 クボタ工場勤務の社員など 78年以降で

大手機械メーカー「クボタ」(本社・大阪市浪速区)は29日、石綿(アスベスト)を材料とするパイプや住宅建材の製造工場に勤務していた社員や退職者、請負会社従業員の間で、がんの一種「中皮腫(ちゅうひしゅ)」など石綿が原因とみられる疾病の患者が多数発生し、1978～2004年に計79人が死亡、現在療養中の退職者も18人いる、と発表した。また、工場周辺に住んでいて中皮腫を発症した一般住民3人に対して見舞金を支払うことを決めた。

(中略)

同社は、発がん性などのかかりから規制が強化された75年に青石綿の使用を停止、その後、白石綿を使っていたが、これも2001年に停止している。

(2005年6月30日 読売新聞)

18年前の学校パニック

1987年(昭和62年) 学校や公営住宅など、各地で吹き付けアスベストが問題となる。

この頃、吹き付けアスベスト問題をはじめ、アスベスト関連の報道が相次ぎ、国会でも議論されるなど、全国的に大問題となる。

テレビや新聞報道の例:「アスベスト問題特集」「天井から石綿が」「ベビーパウダーにもアスベストが」「学校の石綿対策 - 悩む自治体」「危険な状態で撤去強行」

文部省、石綿除去などの対策のため補助金を出すことを決め、予算増額。

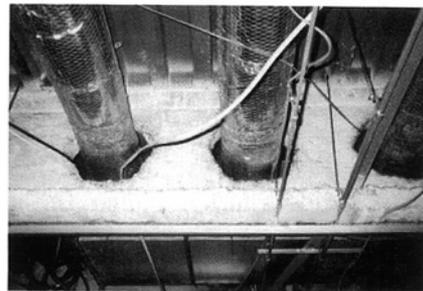
「アスベストについて考えるホームページ」から

吹き付けアスベストの例(1) 環境省資料から



吹き付けアスベストの例(2)

「建設副産物リサイクル広報推進会議」資料から

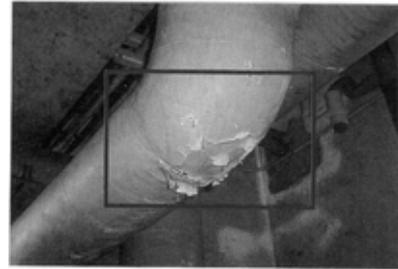


吹付アスベスト・石綿含有吹付ロックウール (S造の耐火被覆)

吹き付けアスベストの例(3) 環境省資料から



「吹き付けアスベスト」に準ずる例
建設副産物リサイクル広報推進会議、資料から



石棉含有保温材（配管曲がり部）

当時の宮城県の対応

アスベスト対策基本方針

昭和63年 2月15日
宮 城 県

天然の鉱物性繊維であるアスベストは、微細な粉じんとして空气中に浮遊した状態にあると、人間が吸入した場合、肺がん等の原因となりうる有害な物質であるため、労働衛生等の分野で古くから問題とされてきたものであるが、昨年初めより、建築物において吸音・断熱用等に使用されている吹き付けアスベストの危険性が大きな社会問題となった。

このため本県においては、本問題に全庁的に取組むこととし、県所有の建築物について吹き付けアスベストの使用実態調査を実施した。その結果に基づき、当面次のとおり対策を講じるものとする。

当時の調査結果(1)

表1 吹き付けアスベストの使用施設数

部 局 等	全施設数	吹き付けアスベスト使用施設数
総務部	42	5
企画部	0	0
生活福祉部	26	4
保健環境部	42	0
商工労働部	23	1
農政部	29	1
水産林業部	18	0
土木部	111	5
出納局	0	0
議会事務局	1	0
企業局	38	2

当時の調査結果(2)

表2 吹き付けアスベスト使用施設

部 局 等	施設名	使用室名	使用箇所名
総務部	仙台南県税事務所	車庫	天井
	大河原合同庁舎	車庫、倉庫等	天井、梁
	吉川合同庁舎	車庫等	天井
	迫合同庁舎	車庫、機械室等	天井、梁、壁等
生活福祉部	消防学校	体験実習室	天井、壁
	保育専門学校	第2教室	天井
	中央児童部	ポンプ発電室等	天井、梁、壁
商工労働部	拓秩医療療育センター	ボイラー室等	天井
	総合福祉センター	ボイラー室	壁
農政部	塩釜高等技術専門学校	機械室	天井、壁
	農業センター	機械室、倉庫等	天井、梁、壁
土木部	樽水ダム管理事務所	車庫、倉庫等	天井
	道川総合開発建設事務所	事務室等	天井
企業局	県営新坂住宅	エレベーター機械室	天井、壁
	県営新坂住宅	エレベーター機械室	天井、壁

飛散防止措置

(2) 今後の対策

イ 吹き付けアスベストからのアスベスト繊維の遊離を防止する措置としては、

- 1 特殊な塗料を塗ること等による「封じ込め」
- 2 シートや板等でおお「囲い込み」
- 3 「撤去（除去）」

の3つの方法があり、状況に応じた適切な方法を講じる必要がある。

本県としては、吹き付けアスベストの使用が確認された施設については、その施設の利用目的、利用頻度、吹き付けの面積、損傷・劣化の程度等を総合的に勘案しながら、昭和63年度から3か年を目途として計画的に対策を講じるものとする。



県有施設再調査

関係省庁関連施設調査依頼

- ◆文部科学省
学校、社会教育施設、文化施設等
- ◆国土交通省
公営住宅、民間施設等
- ◆厚生労働省
病院、社会福祉施設等
- ◆総務省
地方自治体所有施設

県施設調査結果(中間)

8月5日から県有施設について、アスベストを含む可能性のある吹き付け材等の使用実態調査を実施。

- ・調査建物数 5,210棟 (929施設)
- ・吹き付け材等使用建物 562棟 (244施設)

アスベストを含む可能性のある吹き付け材等の使用が確認された施設について、民間分析機関に委託して、アスベスト含有の有無を分析中。

新アスベスト対策基本方針
暫定措置方針 (暫日 12月1日)

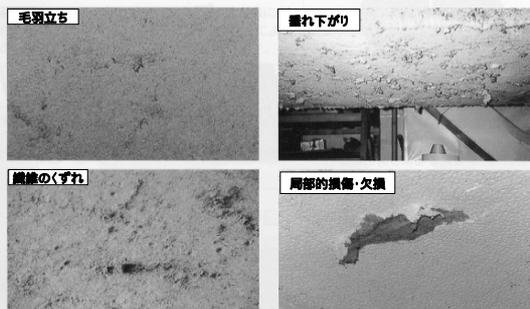
県施設石綿
ランク付け暫定対策
利用頻度など考慮

県基本方針

アスベストの飛散を懸念する「封じ込め」などの
対策の恐れのある県有施設 恒久的対策を講ずる。
の安全対策について、県 県が8、9月に県有施設
は30日、関係各部による 吹き付け材等目視調査
連絡会議を開き、アスベ した結果、アスベスト使
スト対策の基本方針を確 用の可能性を指摘された
認した。アスベスト飛散 施設は562棟、12月末
の可能性などに比べて、 には、この県内のアス
ンク付け、塵埃の採取、 ベストの有無の調査結果
や補修、定期点検などの が判明する。
暫定措置をとった後、施 調査結果には、吹付け材
設の利用頻度などに応じ、 アスベストの存在がわ
かっていた場合、空室中の アスベスト濃度を調べ、飛
散の恐れが大きい使用頻
度の高い施設を、状態
が安定し使用頻度も低い
施設を4など4種類の
分類、レベルに応じて暫
定措置をとる。

吹付け材を調査し、アス
ベストが使われている施
設は実数には、吹付け材
とみている。来年度以降
には暫定措置に着手でき
るかどうかについて、

吹き付け材の状態 (「建築物からの石綿粉じん対策」厚労省)



石綿含有吹き付け材の管理方法

- ◆除去
吹き付け石綿等を全て取り除いて、非石綿建材に代替すること。
- ◆封じ込め
吹き付け石綿等の表面に固化剤を吹き付けるなどして飛散を防止する。
- ◆囲い込み
石綿が吹き付けられている天井、壁などを非石綿建材で覆って飛散を防止する。

情報提供(環境対策課HP)

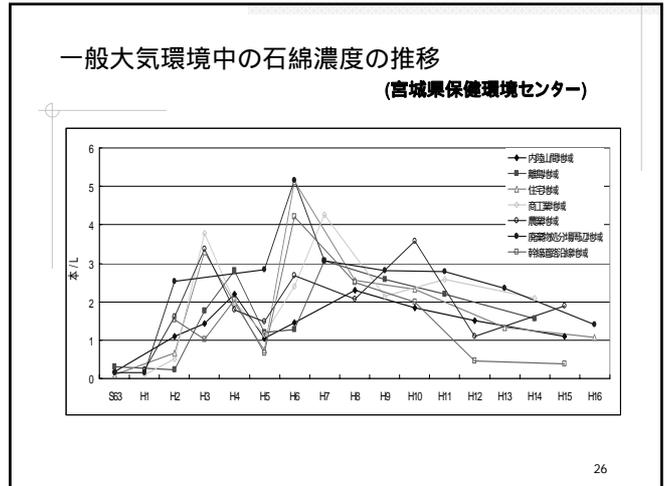
宮城県のアスベスト対策

アスベストに関する情報や宮城県でのアスベスト対策について広く皆様にお知らせします。

- アスベスト問題の経緯 (R2007#)
- アスベストに関する各種相談窓口
- アスベストQ&A
- アスベスト対策庁内連絡会議
- アスベストに関する法規制
- 宮城県内のアスベストの分析機関
- アスベストモニタリング結果(宮城県公害資料(大気編))
- アスベスト関係リンク

▲ページのトップへ戻る

アスベスト対策庁内連絡会議事務局
環境生活部環境対策課アスベスト班
電話: 022-211-2889 / E-mail: kaasast@pref.miyagi.jp



飲料水や河川水中の石綿濃度

滝澤行雄 資源環境対策 Vol.41, No12, p34

各県の飲料水や河川水中のアスベスト濃度(繊維数/L)

試 料		アスベストの濃度(繊維数/L)
ビール	カナダ(1)	4.9
	カナダ(2)	6.8
	米	2.0
シェリー	カナダ	4.1
	スペイン	2.0
南アフリカ	2.8	
ボートワイン	カナダ	2.1
ペルモット	フランス	1.9
	イタリ	13.7
清涼飲料水	ジンジャーエール	12.2
	薬社類	1.7
	オレンジジュース	2.5
川の表面水	オタワ川(渾水地オタワ)	2.0
	オンタリオ湖(トロン)	4.4
	セントローレンス川(モントリオール)	2.4
	オタワ川(バル)	9.5
	セントローレンス川(ビューポート)	8.1
	セントフランソワ川(クワモントビル)	2.9
	ニコル川(アスベスト)	6.9
(セトフォード鉱山近)	172.7	
管井水	オタワ川(西側2-8回検)	35.5
河川水	オタワ川(オタワ)	9.5

1 石綿とは

石綿(いしわた)は、天然に産する繊維状の鉱物で、「せきめん」、「アスベスト」とも呼ばれています。

天然の石綿鉱物(クリンタイト)

石綿鉱物から石綿繊維をほくす過程

クロソライト

石綿(アスベスト)の基礎知識 (中央労働災害防止協会)から

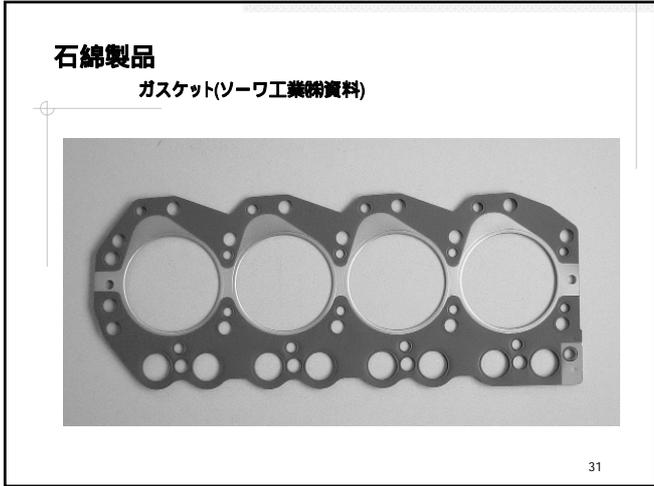


石綿の使用状況(石綿製品の用途)

石綿の使用量のうち9割以上が建材に使用されており、その他、化学プラント設備用のシール材、摩擦材等の工業製品等に使用されている。

(なお、平成16年10月1日より建材、摩擦材、接着剤の製造等は禁止されている。)

製品の種類	主な用途
押し成形セメント板	建築物の非耐力外壁及び間仕切壁
住宅屋根用化粧スレート	住宅用屋根
繊維強化セメント板(平板)	建築物の外装及び内装
繊維強化セメント板(波板)	建築物の屋根及び外壁
窯業系サイディング	建築物の外装
石綿セメント円筒	煙突
断熱材用接着剤	高温下で使用される工業用断熱材同士の隙間を埋める接着剤
耐熱、電気絶縁板	配電盤等
ジョイントシート	配管又は機器のガスケット
シール材	機器等の接続部分からの流体の漏洩防止用の詰物
その他の石綿製品	工業製品材料(石綿布等)、ブレーキ(摩擦材)



2 石綿の種類

石綿は、蛇紋石族と角閃石族に大別され、主なものとしては蛇紋石族のクリソタイル(白石綿)、角閃石族のアモサイト(茶石綿)、クロシドライト(青石綿)があります。

石綿の種類に応じた発がん性の強さは次のようになります。

発がん性が弱い ← → 発がん性が強い

クリソタイル(白石綿) < アモサイト(茶石綿) < クロシドライト(青石綿)

3

石綿(アスベスト)の基礎知識 (中央労働災害防止協会)から

33

家族にも被害

アスベスト(石綿)は、繊維状の物質で、空気中に舞い上がり、呼吸器や皮膚に付着して健康被害を引き起こす。特に、アスベストの含有物を含む建材や土壌からの曝露が問題となっている。家族にも被害が及ぶ可能性がある。

家族にも被害

34

突出する被害

アスベスト被害

尼崎クボタ周辺「突出」

中蔵 徹底調査求める声

(朝日8月10日)

35

青石綿が主原因

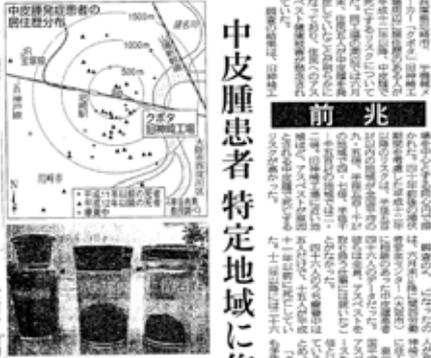
クボタ旧神崎工場での石綿関連疾患の状況

入社時期	青石綿使用前				青石綿使用后				合計
	青石綿と白石綿を併用	白石綿のみ使用	石綿業務なし	石綿業務なし	白石綿のみ使用	石綿業務なし	石綿業務なし	石綿業務なし	
就業した職場	10年未満	10年以上	10年未満	10年以上	10年未満	10年以上	10年未満	10年以上	
症例1年以上の社員合計	278	348	12	28	25	232	74	1015	
石綿関連疾患になった人(死者含む)	124 (44.6%)	21 (5.9%)	1 (2.3%)	0	3 (12.0%)	3 (1.3%)	0	152 (15.0%)	
石綿関連疾患で死亡した人	63 (22.7%)	10 (2.9%)	1 (2.3%)	0	0	0	0	74 (7.3%)	

(クボタの資料から作成)

(朝日8月10日)

36

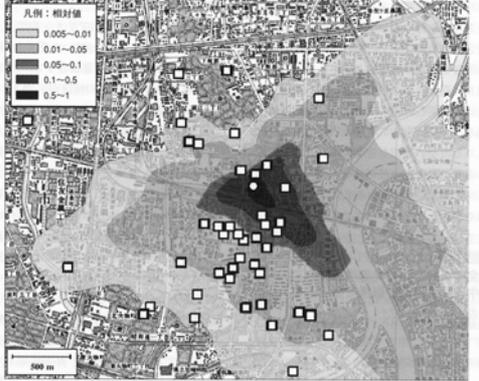


中皮腫患者 特定地域に集中
前兆

（産経9月1日）

37

工場からのアスベストの拡散
吉田喜久雄、山口治子 科学 Vol.75, No.12 p.1347-1350



38

女性のリスク大

クボタの工場 アスベスト

中皮腫リスク女性は18倍

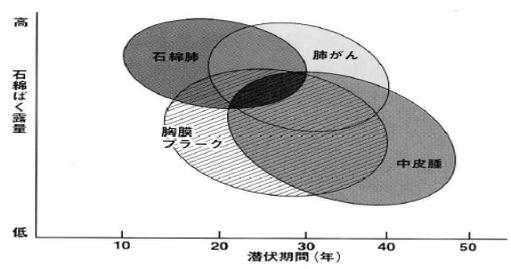
環境被害浮き彫りに



39

健康障害の種類

石綿粉じんのばく露量と潜伏期間 (Bohling 1975を一部修正)



石綿(アスベスト)の基礎知識 (中央労働災害防止協会)から

40

石綿による健康障害

発生のメカニズム

空気中に飛散した石綿は、極めて細く、微小なため、気がつかないうちに吸い込んでしまうことがあります。吸い込んだ石綿の一部は異物として痰の中に混ざり、体外へ排出されます。しかし、肺の中に入ると、変化しにくい性質のため、肺の組織内で長く滞留することになります。この体内に滞留した石綿が要因となって、がんの一種の「中皮腫」や「肺癌」など様々な疾病を引き起こすことがあります²⁾。

石綿繊維は細く長いものほど有害性が高くなるといわれています。石綿を吸い込んだ量と中皮腫や肺癌などの発病との間には相関関係が認められていますが、どの程度以上の石綿を、どのくらいの期間吸い込めば、中皮腫になるかということは明らかではありません。

〔注〕石綿の発がんについて
体内に滞留した石綿を大食細胞(マクロファージ)が排除しようしますが、繊維が長いこと、粒子に毒性があることから、マクロファージが破壊されます。そのためコラーゲン繊維などを分解する酵素が放出されることなどにより、細胞の抵抗力が固められてDNAが損傷されやすくなり、それが悪性に変化して、中皮腫などの疾病の原因になると考えられます。

石綿(アスベスト)の基礎知識 (中央労働災害防止協会)から

41

誰でもがんになる可能性はある・・・?
(別冊NHKきょうの健康「がん情報」から)

私達が毎日、食事、活動、睡眠…と生活している間、体は休むことなくはたき続けています。それは私達人間を構成している約60兆個の細胞のレベルでも同じ事です。特に細胞は「新陳代謝」といって、古くなった細胞は死に、また新しい細胞が生れる…といった作業をのべつなしに行っています。

しかし、紫外線や放射線、電磁波、一部の化学物質などによって一つの細胞の遺伝子が異常を起こし、異常な遺伝子をもった細胞 ⇒ 分裂していくと、突然変異のがん細胞が生まれます。

人間の一生をもし、80年と仮定して、細胞が「がん化」する回数は…なんと
少ない人で 約1億回(約30秒に1回)
多い人は 約10億回(約3秒に1回)

これは例外なく殆ど全ての人に当てはまることです。

42

全ての人のがんにならないのは何故・・・？

(別冊NHKきょうの健康「がん情報」から)

呼吸をしているだけでも、身体のどこかで細胞ががん化しているのに、
全ての人のがんにならないのは何故なのでしょう？

それは、人間の身体には、自己免疫力があるからです！！

例えば、1つの細胞ががん化した時、

免疫に働く血液細胞、

マクロファージ

リンパ球

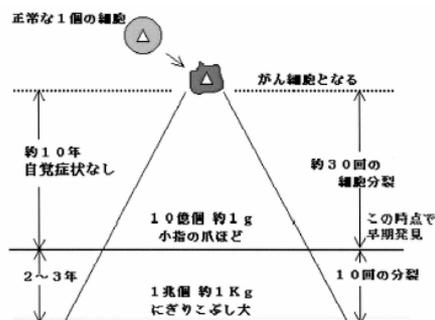
キラー細胞

NK(ナチュラルキラー)細胞

などが、がん細胞を攻撃してやっつけてくれるのです。

がんの潜伏期とは

(別冊NHKきょうの健康「がん情報」から)



石綿規制の流れ

「環境ビジネスレポートVol.11, No.11, p4」から

1989年	大気汚染防止法改正・・・アスベストが「特定粉じん」とされ、工場などにおける規制基準が設けられる。
1991年	廃棄物処理法改正・・・吹き付けアスベスト等を「塵石綿」として特別管理産業廃棄物に指定。アスベストを含む、あるいは付着しているおそれのある廃棄物は中間処理の後、耐水性の材料で二重に梱包、またはセメントなどで固化して管理処分場に埋立処分。
1995年	・労働安全衛生法施行令改正・・・アモサイトおよびクロソライトの製造、輸入、譲渡、提供または使用の禁止。 ・労働安全衛生規則改正・・・耐火建築物などにおけるアスベスト除去作業に関する計画の届出を義務付け。 ・特定化学物質等除去予防規制改正・・・作業の安全性向上、解体工事におけるアスベストの使用状況の調査、吹き付けアスベスト除去作業での作業場所の隔離などの規定追加。
2004年	労働安全衛生法施行規則改正・・・建材、摩擦材などのアスベスト含有製品の製造、輸入、譲渡、提供または使用の禁止。

石綿使用建築物等解体等業務特別教育課程

「環境ビジネスレポートVol.11, No.11, p4」から

- 1 石綿等の有害性<0.5時間>
石綿の性状、石綿による疾病の病理及び症状
- 2 石綿等の使用状況<1時間>
石綿を含有する製品の種類及び用途、事前調査の方法
- 3 石綿等の粉じんの発散を抑制するための措置<1時間>
建築物又は工作物の解体等の作業の方法、湿潤化の方法、作業場所の隔離の方法、その他石綿等の粉じんの発散を抑制するための措置について必要な事項
- 4 保護具の使用<0.5時間>
保護具の種類、性能、使用方法及び管理
- 5 その他石綿等の暴露の防止に関し必要な事項<1時間>
労働安全衛生法などの法規における関連事項、石綿等による健康障害を防止するための当該業務について必要な事項

アスベスト問題への当面の対応

(アスベスト問題関係閣僚会合)

今後の被害を拡大しないための対応

- ・建築物等の解体時の飛散予防の徹底
建設リサイクル法、労働安全衛生法、大気汚染防止法、
- ・解体後の廃棄物等の適正処理
廃棄物処理法

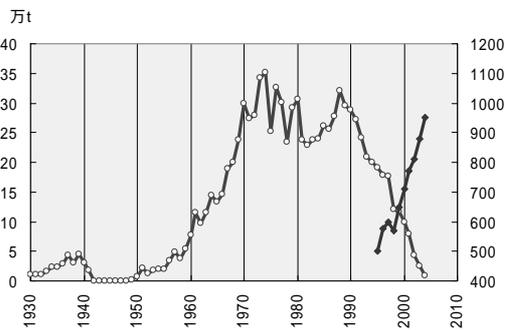
過去の被害に対する対応

- ・関連事業場で働いていた人への対応
- ・労災補償を受けずに死亡した労働者、家族及び周辺住民の被害への対応

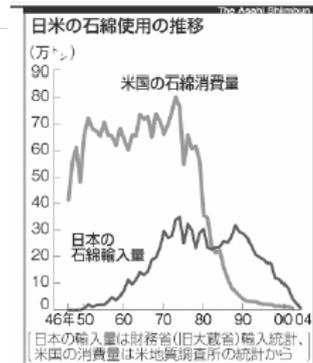
これからどうなるか



日本の輸入量の推移と死亡数(中皮腫)の推移



日米のアスベスト使用の推移 (asahi.com)



米国のアスベスト訴訟と企業破綻 (河北 7月21日)

仏のアスベスト死者、今後最大10万人に... 仏上院委

【パリ＝島崎雅夫】フランス上院のアスベスト(石綿)被害調査委員会は26日、アスベスト被害による死者が今後20～25年間に最大10万人に達すると予測するとともに、「問題への対応が不適切だった」と、仏政府のこれまでの対応の遅れを批判した報告書を公表した。

報告書は1965年から95年までの30年間に3万5000人がアスベストが原因で死亡したと見られることを指摘。このまま推移すれば、死者が6万人から10万人に及ぶとした。

報告書は、被害拡大の背景として、退職した男性の27.6%が在職中、アスベスト被害の危険性にさらされたことを挙げている。このため、仏国内で毎年発症する肺がん患者約2万5000人のうち、約1割はアスベスト被害に起因するものになるとも予測。被害者への賠償金は今後270億～370億ユーロ(約3兆7530億～5兆1430億円)に上ると見積もった。

報告書はまた、欧州議会が78年にアスベストの発がん性を警告したにもかかわらず、仏政府が97年までアスベストの製造・使用を禁止しなかったことを指摘。「アスベストの危険性を周知させず、労働環境の整備も怠った」として仏政府の対応を批判した。

(2005年10月27日19時42分 読売新聞)

フランスの石綿輸入量の推移

Future trends in mortality of French men from mesothelioma
Occup. Environ. Med. 2000;57:488-494

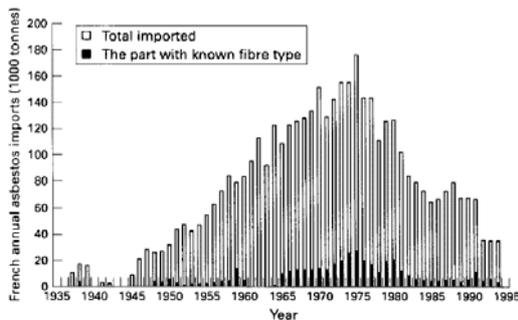


Figure 1 Past French asbestos imports.

フランスの中皮種による死亡数の推移

Future trends in mortality of French men from mesothelioma
Occup. Environ. Med. 2000;57:488-494

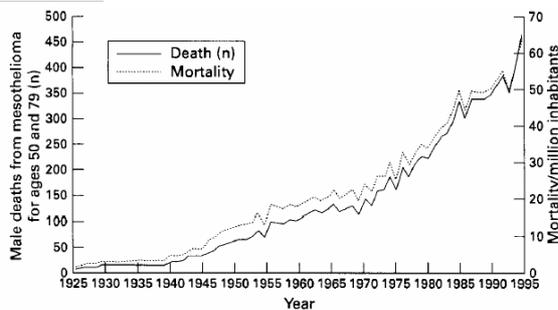
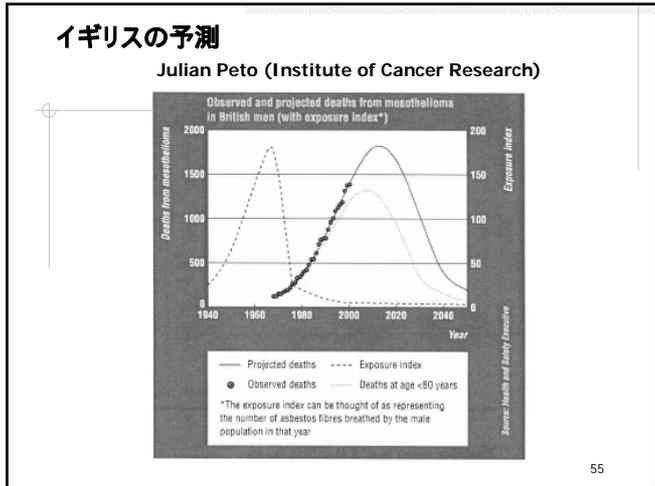


Figure 2 Trends in past incidence and mortality of mesothelioma among men in France.



「安心」欲しいけど

石綿上回るたばこ被害

リスクと生息

新科論

明日11月16日

56

- ### 身の回りの発がん物質の例
- (国際がん研究機関:IARC)
- Group 1: Carcinogenic to humans (95)
- Agents and groups of agents
 - Asbestos [1332-21-4] (Vol. 14, Suppl. 7; 1987)
 - Benzene [71-43-2] (Vol. 29, Suppl. 7; 1987)
 - Cadmium [7440-43-9] and cadmium compounds (Vol. 58; 1993)
 - Formaldehyde [50-00-0] (Vol. 88; in preparation)
 - Helicobacter pylori (infection with) (Vol. 61; 1994)
 - Solar radiation (Vol. 55; 1992)
 - 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-para-dioxin [1746-01-6] (Vol.69; 1997)
 - Mixtures
 - Alcoholic beverages (Vol. 44; 1988)
 - Salted fish (Chinese-style) (Vol. 56; 1993)
 - Exposure circumstances
 - Tobacco smoking (Vol. 38, Suppl. 7, Vol. 83; 2004)
- (<http://www.cie.iarc.fr/monoeval/crthall.html>)
- 57

損失余命 (日) で表したリスク

喫煙 (全死因)	>1000	推定されたリスクの大きさは、10万
喫煙 (肺がん)	370	以上の開きがある。
受動喫煙 (虚性心疾患)	120	
ディーゼル粒子 (上限値)	58	有機塩素系の殺虫剤は小さなリスク
ディーゼル粒子	14	である。
受動喫煙 (肺がん)	12	
ラドン	9.9	
ホルムアルデヒド	4.1	重金属のリスクは比較的大きい。
ダイオキシン類	1.3	
カドミウム	0.87	非発がんのリスクは、発がんのリス
ヒ素	0.62	クに対して無視できるほど小さいわ
トルエン	0.31	けではない。
クロルビリフォス (処理)	0.29	
ベンゼン	0.16	喫煙は、環境汚染物質に比べて圧
メチル水銀	0.12	倒的に大きなリスク因子である。
キシレン	0.075	
DDT類	0.016	
クロルデン	0.009	

23

新たな法的措置

石綿被害救済700億円

来年度分まで公費

07~10年度、企業負担

新法、来年提出へ

明日11月17日

59

アスベスト救済新法

周辺住民遺族に280万円

明日11月30日

60

1

アスベスト被害の調査と対応

エヌエス環境株式会社
浅野幸雄

2

アスベスト(石綿)とは
健康被害の概要
アスベストの基準と規制
アスベスト問題の調査と対応

- 1.建物診断
- 2.アスベスト含有分析
- 3.試料採取
- 4.分散染色法による定性試験
- 5.X線回折による定性定量試験
- 6.アスベスト浮遊粉じん測定

対策工事
使用機材
除去作業
無害化処理技術

3

-1.アスベスト(石綿)とは

1.石綿等の定義 (石綿障害予防規則第二条)

以下の物質を1%を超えて含有する物

クリソタイル(白石綿)
アモサイト(茶石綿)
クロシドライト(青石綿)
アクチノライト
アンソフィライト
トレモライト

国内で商業的に使用されたものは、～の3物質

4

-2.鉱物繊維の種類

鉱物繊維

- 人造鉱物繊維
 - ロックウール(岩綿)
 - グラスウール ガラス繊維
 - セラミックファイバー
- 天然鉱物繊維
 - アスベスト(石綿)
 - その他天然鉱物繊維

ロックウール(岩綿)

珪酸質岩石、玄武岩、石灰石、スラブ等をキュポラで溶解(1500)し、遠心力、圧縮空気、蒸気等で繊維化したもの

5

-3.アスベストの化学組成と外観

アスベスト	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	K ₂ O	単位%
クリソタイル(白石綿)	40.75	3.37	0.44	0.28	41.28	0.04	
クロシドライト(青石綿)	52.00	-	16.05	17.65	4.28	0.06	
アモサイト(茶石綿)	49.70	0.40	0.03	39.70	6.44	0.63	

出典 アスベスト問題と今後の課題(工業技術会報)

クリソタイル



クロシドライト



アモサイト



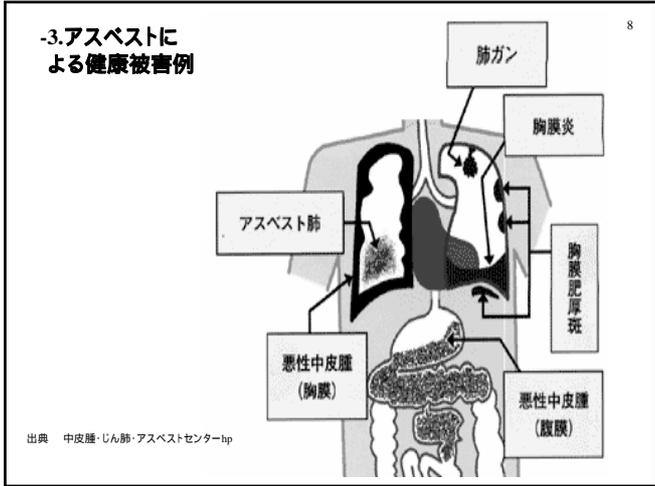
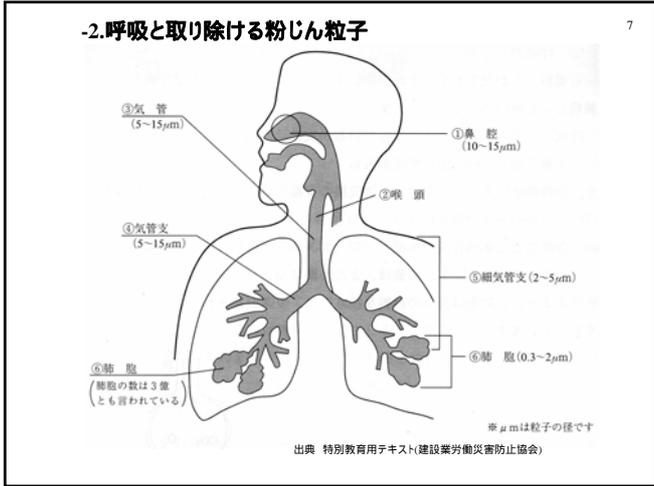
6

-1.健康被害の特徴

有害物質	暴露形態	毒性	主な被害要因
アスベスト	固体(結晶)繊維	遅効性	工場・建物他様々
青酸カリ	固体(結晶)、液体、気体	即効性	人為的・事故
砒素	固体(結晶)、液体、気体	即効性	人為的・事故
DXN類	固体(結晶)、液体、気体	即効性	食物、廃棄物施設

アスベストは、結晶繊維を呼吸で摂取することで、中皮腫等の呼吸系疾患が15～20年後に発病するのが特徴。

他の有害物質は、主に液体や結晶を経口摂取することで、急性毒性がある。



-4.主なアスベスト被害症状

被害種類	症状等
石綿肺	長期間、多量に石綿粉じんを吸入することで生じるアスベスト肺とも言う。肺が線維化し、せき等の症状、重症化すると呼吸機能低下
石綿肺がん	石綿粉じんの吸入量が増えるにつれ、肺がんになる危険が増加。喫煙者は危険性が増す。
中皮腫	肺や心臓を覆っている膜に発生する悪性腫瘍。非常に珍しい。クロシドライト(青石綿)が特に関与する。

-5.健康被害の発生機構

- 石綿繊維内及び表面に発癌性の重金属を含む
- 石綿は吸着性が良く、ベンゾピレン等発癌物質を吸着
- 石綿が発癌促進物質として煙草等に作用する
- 針状等の物理的特徴が肺に作用する
- 石綿が細胞毒として作用する

肺がん発生率表

	一般住民	石綿労働者
非喫煙者	1	5
喫煙者	10	50

出典 アスベスト対策ハンドブック (社団法人福岡県建設業協会)

.アスベストの基準と規制

大気汚染防止法
 石綿製品製造工場の敷地境界基準 10(f/L)
 長さ5µm以上かつ幅の比が3:1以上の繊維状物質

作業環境基準
 作業環境中の石綿の管理濃度 0.15f/cm³
 150(f/L)
 長さ5µm以上、幅が3µm未満アスペクト比3以上のもの
 f:本数

石綿障害予防規則
 飛散の可能性がある場合、アスベスト処理(除去、封じ込め、囲い込み)(規則第10条)。
 建築物の解体工事を行なう際、工事の発注者は工事請負人に対して、アスベスト使用状況を通知(規則第8条)。

.アスベスト問題の調査と対応

1.建物診断

竣工図、竣工図書、施行図等及び現地踏査

- アスベスト材料の有無と面積
- 劣化の状況
- アスベスト含有試験実施計画
- 対策工事等計画の立案

建物診断時の注意事項

- 3階建て以上の鉄骨構造建築物のはり、柱等
- 床面積200m²以上の鉄骨構造建築物のはり、柱等
- ビルの機械室、ボイラー室の天井、壁
- ビル以外の建造物の天井、壁
- 吹きつけ石綿 昭和49年以前に施工中止
- 石綿含有吹付けロックウール 昭和55年以前に施工中止
- その他の石綿含有吹付け材 昭和63年以前に施工中止

13

-2.アスベスト含有分析

吹付け材
建築物の耐火等吹付け材の石棉含有率の判定方法について
 (基発第188号 平成8年3月29日 労働基準局)

建材及び吹付け材
建材中の石棉含有率の分析方法について
 (基安化発第0622001号 平成17年6月22日
 労働基準局安全衛生部化学物質対策課長)

試験方法一覧

分析方法	定性試験	定量試験
基発第188号	分散染色法	X線回折法
基安化発第0622001号	分散染色法及びX線回折法	X線回折法

定性試験でアスベストが検出された場合定量試験を実施

14

-3.試料採取

10cm³を3箇所から採取して1試料
 100cm²を3箇所から採取して1試料

15

-4.分散染色法による定性試験

試料粉碎 **ふるい**

16

秤量 **硝酸処理**

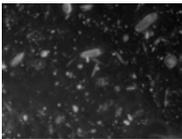
17

ろ過 **プレパラート作成**

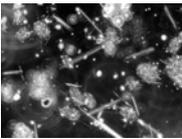
18

位相差顕微鏡 **顕微鏡観察 100倍～400倍**

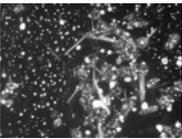
19



標準物質
クリソタイル
($nD^{25} = 1.550$)



標準物質
アモサイト
($nD^{25} = 1.680$)



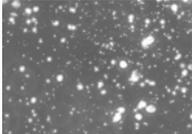
標準物質
クロシドライト
($nD^{25} = 1.680$)

石棉の種類	濃液の屈折率 (nD^{25})	分散色
クリソタイル	1.550	赤紫～青色
	1.680	桃色
アモサイト	1.700	青色
	1.680	橙色
クロシドライト	1.680	橙色
	1.700	青色

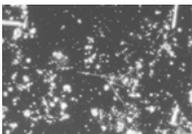
定性判定(分散染色法)

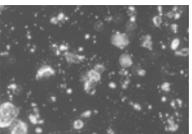
実試料の顕微鏡観察結果 100倍

不検出 クリソタイル検出

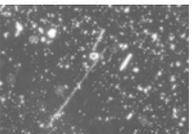


アモサイト検出





クロシドライト検出

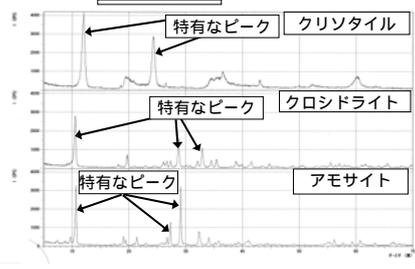


-5.X線回折による定性定量試験

X線回折装置 装置内部




22



石棉種類	X線ピーク角度(2θ)							
	高 ←				→ 低			
クリソタイル	12.0	24.3	36.6	60.3	19.5	35.9	34.4	43.2
クロシドライト	10.6	28.7	32.9	19.7	32.0	34.4	35.4	26.0
アモサイト	10.7	29.1	27.4	32.4	19.2	34.1	10.5	9.8

定性判定(X線回折)

-6.アスベスト浮遊粉じん測定

23



アセトン蒸散



トリアセチン滴下



顕微鏡観察
空気中の石棉粉じん濃度測定(試料作成)

24



先端が角ばっているので石棉ではない
(ロックウール)



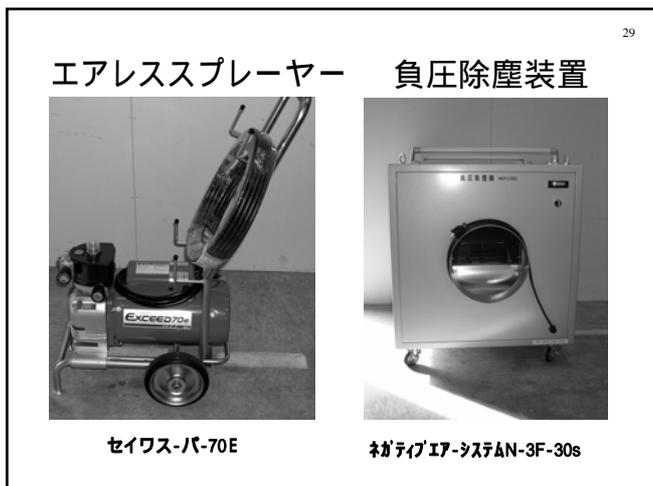
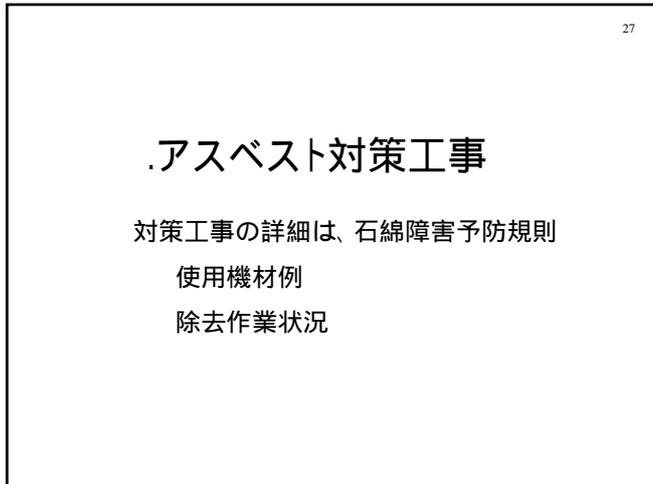
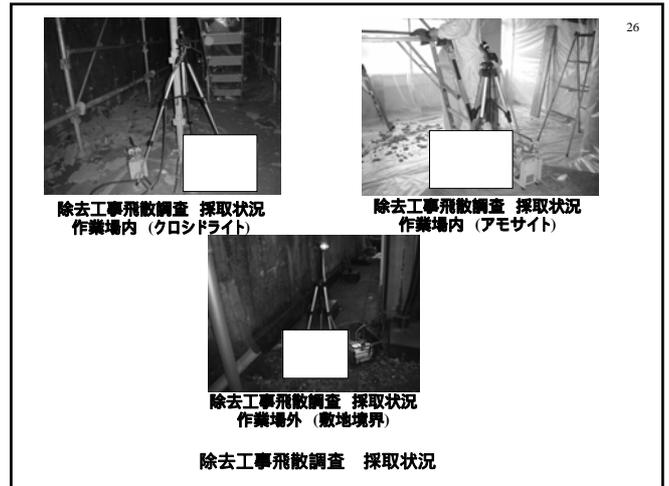
先端が針状に尖っているので石棉



先端が先割れしているので石棉

顕微鏡観察結果

空気中の石棉粉じん濃度測定(計数)



31

呼吸用保護具類



200J-P100
区分:RL3



アドバンテージ1000J-HR
区分:RL3

粉じん除去率 99.9%

32

標準作業工程フロー

- 届出 **労働基準監督署、管轄保健所 2週間前**
- (事前準備) 工事計画・要領書準備、必要機器・資材の準備・調達
- 処理工事実施の表示、作業員休憩場所の確保
- (準備作業) 搬入路の養生(ポリエチレンシート上にブルーシート重ね)
- 床面・壁面・照明器具類の養生
- クリーンルームの組立設置、機器類の設置
- 粉塵飛散抑制剤吹き付け機械の設置 ← **立ち入り検査**
- (石綿除去処理) 粉塵飛散抑制剤吹き付け
- 吹付けアスベストの除去・ケレン
- 除去面への下地処理剤吹き付け

労働基準監督署
管轄保健所

33

標準作業工程フロー

- (アスベスト処理・処分) 撤去したアスベストの密封処理・一時保管
- 廃石綿の搬出運搬、最終処分
- (検査・確認) 目視検査
- (後片付け) 養生シート面へ粉塵飛散抑制剤吹き付け
- 壁面等養生シートの撤去・足場の解体
- 床面養生シートの撤去・廃棄物搬出
- (清掃・後片付け) 清掃・後片付け
- (報告書・記録) 施工記録・作業者の作業記録
- **保管30年 廃棄物マニフェスト**

34

工事着手前の状況



作業員の特別安全教育



35

仮設足場の組立作業



ローリングタワー組立例

床面養生作業



0.15mm厚ポリエチレンシート
(二重目)

36

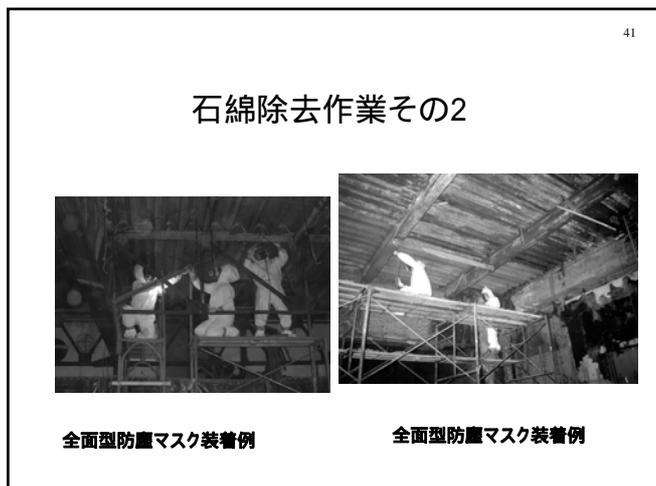
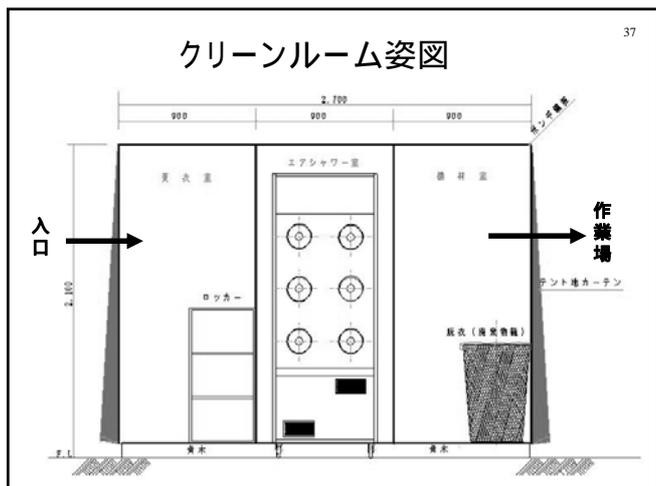
壁面養生作業



隔離用壁養生
(垂木骨組み)

クリーンルーム設置





43

廃石綿ポリ袋詰め作業 (一重目)




厚さ0.15mmのポリエチレン袋に廃石綿を詰め込む

44

廃石綿ポリ袋詰め作業 (二重目)




更にダークティールーム内で厚さ0.15mmのポリエチレン袋に入れて二重密封とする。

45

石綿除去前後の状況




石綿除去前
石綿除去後

46

無害化処理技術

石綿無害化処理技術は、石綿を含有する製品を熱処理する方法がほとんどである。

形状や分子構造の異なる物質へ変質・分解

800～900 の下	$2\text{Mg}_3\text{SiO}_5(\text{OH})_4$	$3\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{SiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
蛇紋岩石		かんらん石 石英
1000～1200 の下	$3\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{SiO}_2$	$\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$
かんらん石 石英		エンスタタイト

47

-2.石綿処理関連国内特許の例

石綿処理国内特許の概要一覧表

タイトル	要約	出願人
水硬性粉体組成物	石綿セメント製品の加熱処理品	エアンドマテリアル
廃スレート材利用焼成体の製造方法	粉碎粉末に粘土質、フリット、長石、珪砂、水等を加え、焼結反応。	エアンドマテリアル
陶板及びその製造方法	バインダー、非可塑性原料を加え、成型、焼成。	茨城県 アスク
アスベスト廃棄物の溶融処理方法	CaF ₂ を加え、ガラス質に変え、溶解を容易にする。	日鉄溶接工業
アスベストの溶融処理法	CaOの多い水処理汚泥を加え、高温炉床で加熱融解。	大阪瓦斯
アスベストの溶融処理法	水処汚泥の脱水ケーキを加え、高温炉床で加熱融解。	大阪瓦斯

出典 石綿含有産業系建築廃材の石綿無害化及び健康影響に係る安全性の調査研究 (日本石綿協会)

平成17年度 (社)日本技術士会東北支部 応用理学部会研修会

科学技術の光と影 ～ アスベスト災害とナノテクノロジー ～

20世紀 科学技術が社会に大きな影響を及ぼした時代
アンモニア合成 原子核分裂 電解苛性ソーダー

21世紀の産業革命
生命科学 高度情報通信技術 ナノテクノロジー

石巻専修大学理工学部

亀山 紘

アンモニア合成

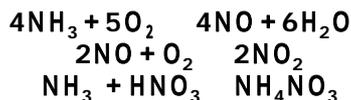


ルシャトリエ:熱力学の法則によるアンモニア合成条件

ハーバー・ネルンスト:高圧実験による反応の基礎

ハーバー・ボッシュ:高圧循環法による合成特許(1908年)
600、175気圧で NH_3 90g/h合成(1909年)

ボッシュ・ミタッシュ:工業化のための触媒探索、 $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$ 二重促進
鉄触媒の発見 1913年9月日産10t生産の工場建設



空中窒素の固定は、当時の食料問題を解決し、それ以後の肥料、
農業の開発により人口の増加を支えてきた。

原子核分裂

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}$$

$${}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{37}^{89}\text{Rb} + {}_{55}^{144}\text{Cs} + 3{}_0^1\text{n} + \text{energy}$$

$${}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_{36}^{92}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n} + \text{energy}$$

核分裂の連鎖反応

Enrico Fermi (Italian), Otto Hahn (German)
 Enrico Fermi, Albert Einstein, Franklin D. Roosevelt

核開発の重要性を進言

< Manhattan Project > December 2, 1942 核連鎖反応実験の成功
 July, 1945 90% 濃縮ウラン ${}_{92}^{235}\text{U}$ の製造に成功
 July 16, 1945 原子爆弾投下実験 (New Mexico)

天然ウランと原子燃料

・ 天然ウラン

発電電力量 (2003年)

- LNG 28%
- 原子力 26%
- 石炭 24%
- 水力 10%
- 石油 10%

ウラン238	99.3%
ウラン235	0.7%
(2002年約65,000tU)	

濃縮 →

ウラン238	96~98%
ウラン235	2~4%

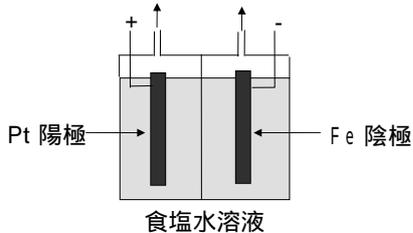
生産可能なウラン資源量
約393万tU

2013年以降供給不足
の可能性が指摘されている。

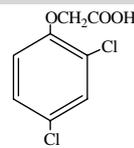
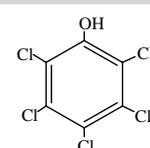
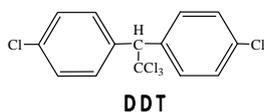
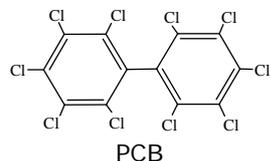
1979年 米国スリーマイルアイランド原子力発電所2号機冷却水流出事故
 1986年 旧ソ連チェルノブイル原子力発電所4号機 炉心損傷事故
 1990年~ 欧州の脱原子力運動
 1999年11月 パーセベック原子力発電所1号機 永久閉鎖 (スウェーデン)
 2001年1月 原子力発電所を段階的に廃止 (ドイツ)
 米国 運転管理技術の向上、定期検査期間の短縮等により年間設備利用率90%超
 地球温暖化防止の観点から原子力発電を見直す動きも出ている。

食塩の電気分解

・ 隔膜法食塩電解



塩素は食塩から水酸化ナトリウムをつくる時、一方に必然的に生じてくるものである。したがって、基本化学工業品として絶対的に必要な水酸化ナトリウムを大量につくる過程で塩素の化学が進展した。



(Dichlorophenoxyacetic acid)
代表的な合成オーキシソ、
除草剤、果実の早期落下防
止剤などとして大規模に使用
されている。

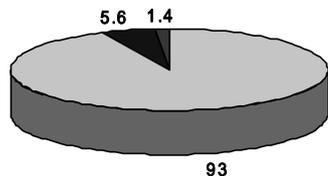
Asbestors

Amosite $1.5\text{MgO} \cdot 5.5\text{FeO} \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (茶石綿) - 主に建材製品に使用

Chrysotile $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (白石綿) - 各種製品に使用

Crocidolite $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (青石綿) - 石綿管に使用
(耐熱性、耐磨耗性、耐薬品性に優れ、3,000種以上の製品に利用)

平成6年 約20万トン



- 建材製品
- 石綿工業製品
- その他

建材製品	石綿工業製品
耐火壁	自動車
天井	ブレーキライニング
軒天	クラッチフェーシング
間仕切り壁	
外壁	

アスベスト強化材

ポリオレフィン系の強化材に古くから適用されて数多くの実例がある強化材である。アスベスト繊維の直径は 0.1μ 以下で、ガラス繊維に比べ表面積が著しく大きい。

化学総説、「複合材料」、日本化学会(1975)

Chemistry and our Changing World
 A. Sherman et al., Prentice Hall Ins., (1992)

Hazardous Air Pollution

アスベスト、ベリリウム、水銀

差し迫った脅威を有する危険な物質であり、長期間体内に蓄積し、少量でも危険な有害大気汚染物質である。(米環境保護局)

アスベスト: 極端に小さい、繊維状の物質で、肺に深く入り込み中皮腫などの悪性腫瘍にかかる危険性が高まる。

“safe” level が不明で、安全基準を決定することは不可能である。建物の解体による一般環境汚染が懸念される。

河内俊英 著「生き物の科学と環境の科学」、共立出版(2003)

水道管のさび止めとしてアスベストの入った塗料が塗られた時期があり、これが塩素で溶け出す問題もある。

表1 アスベストに関する基準

	法律等	基準値 (f /)	備考
一般環境	WHO	0	安全基準決定不可能
＼	環境庁 (アスベスト取扱施設その境界線)	10	
＼	アメリカAHERA (アスベスト緊急対策法)	10	
労働環境	日本産業衛生学会許容濃度	2	
＼	アメリカOSHA (労働安全衛生局)	2	

表2 わが国の事務室内における測定例

測定場所	アスベスト粉塵濃度(本 /)	備考
事務室(1)	ND~0.50	アスベストを含んだ建材を使用
事務室(2)	2.08~5.00	空調機室の壁面にアスベストを吹付け
事務室(3)	ND~0.10	アスベストを含んだ建材を使用せず
電算室	0.31~0.58	床面にアスベストを含んだタイルを使用
学校教室	0.34~	アスベストを含んだ建材を使用
空調機室(1)	1.40~1.70	壁面にアスベストを使用
空調機室(2)	3.34~22.99	壁面にアスベストを使用・工事後

木村菊二、労働の科学、42(12)、4-13(1987)

表3 アスベストの暴露と喫煙の関係
(日本環境衛生センター1987)

	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

池田耕一著「室内空気汚染の原因と対策」、p126、日刊工業新聞社(1998)

表4 吹付けアスベストのある室内での測定例

	検体数	測定値(本/)	平均値
事務室	20	0.15 ~ 2.96	0.89
空調機械室	20	ND ~ 4.89	1.04
外気	20	0.19 ~ 2.83	0.63

佐藤泰仁、関比呂信、加藤発子、日本公衆衛生学会総会抄録集、p493(1988)

表5 アスベスト除去の効果に関する調査

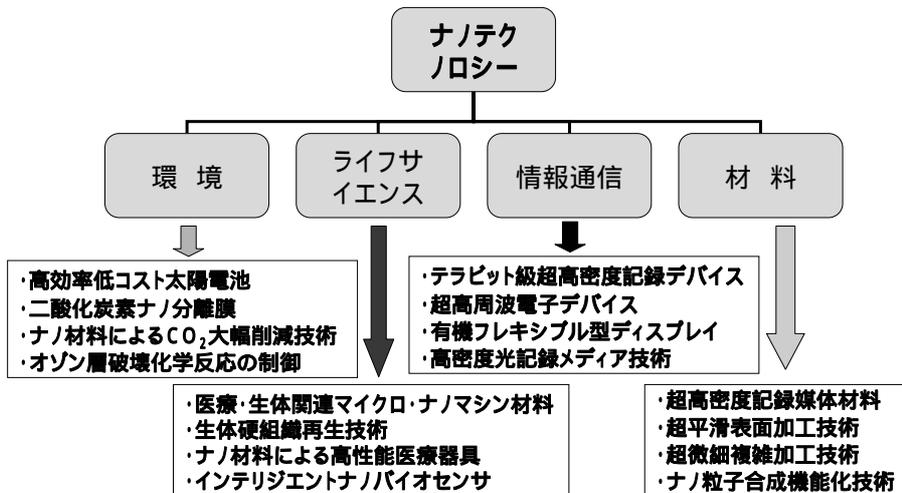
	測定場所	結果(本/)
除去前	外気	0.5
	作業時(窓密閉)	4.9 ~ 9.4
	作業時(窓開放)	1.2 ~ 2.2
	非使用時(窓密閉)	1.1 ~ 2.2
除去後(6週以内)	外気	0.4
	作業時(窓開放率20 ~ 80%)	1.3 ~ 4.2
除去後(10ヶ月)	外気	0.5
	作業時(窓密閉)	7.2 ~ 8.8

除去作業後アスベスト浮遊量は減少したか？
飛散アスベストの防止策を考えることが必要

入江建久、いんだすと、4(3)、7-12(1989)

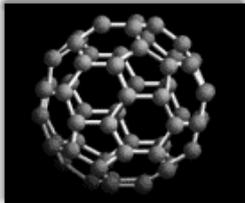
ナノテクノロジーとは

ナノメートル(10億分の1メートル)のスケールで原子、分子を操作・制御したり、物質の構造や配列を制御すること等により、ナノサイズ特有の物質特性等を利用して新しい機能、優れた特性を発現させる技術の総称である。

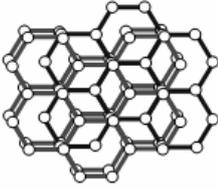


ナノテクノロジーの世界

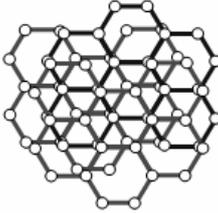
フラーレン



C₆₀



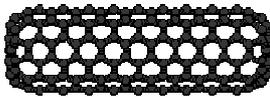
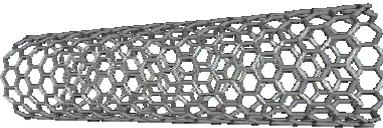
α 黒鉛

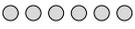


β 黒鉛

※赤青赤...と重積している順に各黒鉛層を色分けした

カーボンナノチューブ

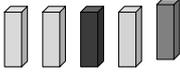





ナノ粒子

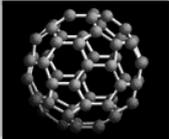
}

TiO₂
SiO₂
etc.



ナノ結晶

ナノテクノロジーの環境リスク



C₆₀

比表面積 1200m²/g

表面に電荷をもち、高い酸化活性を有する。

オオクチバスにおける脳内ストレス研究



E.Oberdorster, Environ. Health Perspect, 112, 1058(2004)

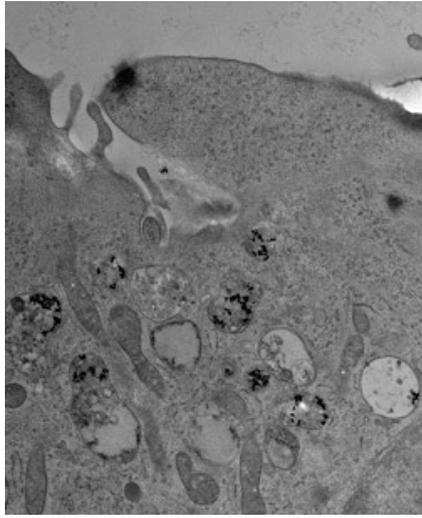
0.5mg/ C₆₀

48h暴露

エラのグルタチオン量が減少

酸化活性をもつC₆₀がエラに接触し、抗酸化酵素が誘導されてグルタチオンが消費される。

グルタチオンは、アミノ酸の一種(グルタミン酸、システイン、グリシンから成るトリペプチド)で人間を含む動植物や微生物の組織内に含まれている物質です。グルタチオンには細胞の老化やガン化を招くと考えられている過酸化脂質の生成を抑制したりすでに生成された過酸化脂質から体を防御したりする働きもあります。



Nanoparticle agglomeration restricts uptake into living cells

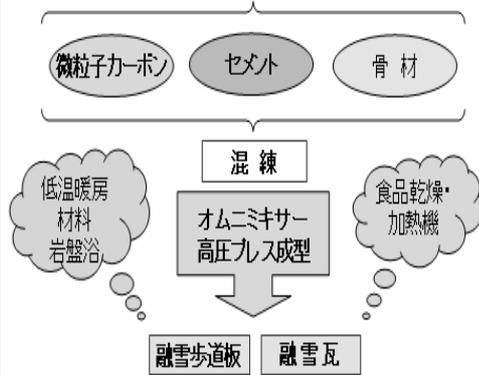
ナノテクノロジーが社会に及ぼす影響は人間活動のあらゆる分野に広がるものと考えられるが、これまで、ナノ粒子の暴露による毒性や環境への影響はほとんど研究されていなかった。

しかし、最近、欧米ではこの新規物質による新たなリスク(毒性)について盛んに議論が行われている。

ナノ物質の化学的安定性(環境残留性)を考慮すると、使用・廃棄後再び生物体内に取り込まれるナノ物質の挙動について十分な知見の蓄積及び環境汚染の予防と監視が重要になる。

Wendelin Stark, ETH Zürich,
Science News October 12, 2005

**ナノカーボンセメント
混成複合材料の開発とその応用
遠赤外線面状発熱体の開発**



雪が積もらない *T.R.T*
歩道板
ナノカーボンセメント
新素材発熱体で ※国内特許申請中：特願2003-433365
※国際特許申請中：特願JP2004/019439
積雪・凍結をなくし、快適な冬を!!
 2元安心! **雪が溶ける!**
遠赤外線発熱体で雪を溶かす!!
 積雪25cm
メントに導電性の高い極微量のカーボン(炭素)を均一に混合させた遠赤外線面状発熱板1をリサイクル素材で作った歩道板に組み込み、電することにより遠赤外線を発生、凍結、積雪を防ぎます。
 石巻産学官共同開発第2号

