

(47) 装身具製作者(金細工師)

過去にははんだ付け下敷として石綿板材が使われた。これらの下敷は用事の済んだあと機械的に掃除され平らにされた。さらに石綿を含有する軟塊が固定用に使われた。

(48) 溶接工

一部は石綿で被覆されたあるいは断熱された原材料の処理に; 被覆された溶接棒による溶接作業、溶接継目の冷却を遅らせるための石綿製カバー布及び石綿を含有する軟塊の使用

(49) 採石工

ドイツ連邦共和国における採掘の際に遭遇する鉱脈では、特定の岩石種において、温石綿、透角閃石、造岩角閃石などの石綿鉱物が産出し、また直閃石もわずかに併産される。なかでも基本的な Magmatite に関係するものが多い。潜在的に石綿を含むものとしては特につぎの岩石種があげられる:

- 過塩基鉱/橄欖石(例えば Harzburgit)
- 基本的ないし中間的な噴出岩(例えば玄武岩、響岩)又は貫入火成岩(例えば斑レイ岩、輝緑岩、閃緑岩)
- 変性岩及び交代作用による変性でできた岩石(例えば蛇紋岩、凍石、粘板岩(スレート) - 角閃石)

商品名又は地方独特の名前が必ずしも正しい岩石タイプを反映するものではないことに注意すべきである; 大切なのは岩石学的な特質表現である。塵埃全体のなかの遊離して肺に達するような石綿繊維の含有量は、採石場の配電所区域で測定したところ、いくつかの例外をのぞいて 1 重量%以下であった。処理された岩石に対する平均的な石綿含有量の結果を出すことは実際問題として不可能である。従って、粗鉱物原料中の遊離石綿の割合を求めるためには簡便法によるほかはない。処理された岩石中の石綿を決定するという、採石場で従来行われてきた測定法によれば、石綿繊維濃度として  $0.4 \text{ F/cm}^3$  が得られた(90%-値、Schicht 平均値)。その上記の限界値はこれまで岩石精錬(破碎機による強い破碎又は粉碎)区域内の作業場のみで行われた測定値の枠内で得られたもので、採石場の諸作業(採掘、移送、輸送、積込み)で得られたものではない。

(50) 道路建設作業、アスファルト混合設備運転者

1979 年から 1985 年まで、アスファルトコンクリート(アスファルト舗装(黒色被覆))を硬化させるために混合物に対しおよそ 5 ないし 8 重量%相当の石綿が添加された(材料全体に対しては 1 ないし 2 重量%)。この種の混合は主として、高い制動力が発揮されなければならないような、道路、交差点及び飛行場滑走路の上で行われなくてはならない。

石綿ばく露はまず第一に被覆層を常温回転切削の繰り返しによって撤去する際に起り得るし、また起ってきた。混合設備においては、手作業によって石綿が袋又は漏斗形紙袋から混合設備に仕込まれる際に、石綿ばく露が起った。ばく露測定値は存在しない。

道路建設における石綿ばく露のもうひとつの可能性は石綿含有岩石の組込みによって生ずる。これまでにこの作業場において行われてきた測定から  $0.1 \text{ F/cm}^3$  (90%-値、

仕事値)までの石綿繊維濃度値が報告された。

(51) 化粧しっくい専門職人(左官 Gipser、壁大工 Putzer、左官 Verputzer)

壁塗りに使う、石綿含有軟塊、石膏、パテ軟塊のかき混ぜ、使用、取壊し、乾燥設備の防火板材

(52) 繊維作業員

石綿含有繊維の製品及び以後の処理、特に石綿繊維の紡績、糸の巻取り及び撚糸、機織、縫製、裁断

(53) 乾燥装置-、音響装置-及び防火装置の組立工

非支持型のスタンド式隔壁、支持構造として木材-又は金属板プロフィールでできた吊り天井、形作り又は空間形成部材として石膏ボード、木板又は金属パネルなどの組立。

粗建築は、防火の理由から、石綿ひもを多用して行われた → 騒音防止壁の設置及び火災-又は熱に敏感な移動式構造物の軽量石綿板材による上張り。石綿含有板材撤去の際にかなりの石綿繊維が放出される。作業はほとんど例外なく閉めきった空間内で行われた。

(54) 車両製作者

旅客用大型自動車及び市街電車では、過去においては防火上の理由から、石綿吹付け断熱及び石綿板材が組込まれた。吹付け断熱作業員及び待機者に対するばく露値；別の要員が断熱工事を行っているあいだの待機者(例えば機械工、指物師、電気工)

(55) 歯科技工士

石綿紙を裁断しその小片を鑄込みマッフルに入れ、鑄造が終ったら鑄込んだ中身を叩き出し、必要のばく露は石綿の残りをこそげ取る。

(56) 大工(一部、家具職人及び指物師も)

小屋組みで、階段室内で、コンクリート型枠、騒音防止壁、新築-ドアのパネルはめ込み(防火)、切断、フライス加工、鋸ひき、石綿含有取付け板の研磨、特に造船、車両の製作及び修理；工事場における待機者のばく露、石綿セメント波板及び大型石綿セメント外壁板の設置

出典：Bauer HD, Blome H, Blome O, Gelsdorf H, Heidermanns G, Jordan R, Karsten H, Kempf E, Kisser D, Mattenkloft M, Pfeiffer W, Schmidt I, Schneider J, Schürmann J, Schwalb J, Sohnle F, Sonnenschein G, Stüchkrath M (1996).  
BK-Report 1/97 „Faserjaher“. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.  
Sankt Augustin

別添参考資料3 肺試料等を用いた石綿小体（石綿繊維）の測定法（『職業性石綿ばく露と石綿関連疾患』（三信図書）より一部引用）

1 肺組織中の石綿小体の計数方法

<試料>

対象試料：石綿ばく露評価に用いられる対象試料は、肺組織を中心とした生体組織である。肺実質が最も好都合な対象試料である。その他、胸膜肥厚部、腫瘍部、あるいは肝臓、脾臓等も用いられる。これらの生体組織試料は、中性ホルマリン固定した状態が適当である。ただし、パラフィン包埋したものでも使用可能である。剖検例であれば肺組織は、左右の各葉の壁側に近い部分を各1点、計5点採取するのが良い。しかし、都合で1点しか採取できない場合は、上葉から下葉に行くにしたがって肺内石綿量が増加するというデータが多いので、なるべく下葉部の試料を採取するのがよい。

<方法>

肺組織処理方法：位相差顕微鏡で石綿小体を計数するのに必要な肺組織処理方法はいくつかあるが、比較的普及している Smith の方法を、筆者らは次の様に改良した。

- (1) ホルマリン固定された肺組織、腫瘍部、ブランク部、横隔膜等の組織試料約1～2gを取り、数mm角に細切する。パラフィンブロックも使用可能である。パラフィンブロックの場合は、キシレンで脱パラフィン処理し、エタノールでよく洗浄してから、細切する。
- (2) 細切した試料の湿重量を秤量した後、110℃の乾燥機に数時間入れ乾燥させ、乾燥重量を精秤して、これらのデータを記録しておく。
- (3) 乾燥試料を50mlポリ製遠沈管に入れ、組織消化液（クリーン99 K-200R：20%次亜塩素酸ソーダ＋5% KOH＋表面活性剤、クリーンケミカル(株)）を30ml加え、60℃の乾燥機中に数時間放置して組織を消化する。
- (4) 消化処理後、消化液の入った遠沈管を遠心分離機に架け、3000rpmで30分間遠沈する。残留物が多い場合は、(3)の処理をもう一度行う。
- (5) 遠沈後、上澄を棄却し、蒸留水を30ml加え良く攪拌し（攪拌には超音波洗浄機を用いる）、再び遠沈（3000rpm30分間）する。この操作を3回繰返す。
- (6) 3回目の洗浄後、50mlガラス試料瓶に試料懸濁液を入れ、蒸留水で50mlに定容化する。
- (7) 50ml試料懸濁液から精密ピペットで1～5ml程度を50mlコニカルビーカーに分取する。
- (8) 蒸留水で20～50mlに希釈して、セルロースエステル・メンブランフィルターを用いて吸引ろ過して、フィルター上に残留物を捕集する。
- (9) 残留物を吸引捕集したメンブランフィルターを半切し、その半分のフィルターを試料面をガラス面に向けてスライドグラスに載せ、アセトン蒸気を当てて固定する。その上にトリアセチンを2～3滴滴下し、カバーグラスを載せ観察標本とする。

石綿小体・繊維計数方法：ろ過フィルターを載せた観察標本に存在している石綿小体と繊維（繊維は主に石綿とグラスウールやロックウール）は、位相差顕微鏡を用いて計数する。

- (1) 位相差顕微鏡(400X)を用いて観察標本中の石綿小体を200本に達するまでフィルター内を連続的系統的に計数し、その時の視野数を計数する。計数した石綿小体が少ない場合は、フィルター試料面全面を計数し、その時計数した総石綿小体数を記録する。
- (2) 石綿小体の計数と同時に、位相差顕微鏡で観察される繊維も計数する。位相差顕微鏡で見える繊維は、比較的大きな繊維であるが、ばく露判定の補助的データとなる。位相差顕微鏡では、繊維の種類は判定できないが、石綿らしき繊維は慣れてくると分かる。また、明らかにそういった石綿繊維らしき繊維とは異なる繊維を発見した場合、それらを石綿らしき繊維と区別して記録する。このような繊維の多くは、グラスウールやロックウールあるいはセラミック繊維のことが多い。なお、「繊維」として計数対象とするのは、長さ5 $\mu$ m以上、長さとの幅の比が3以上で繊維の側面が平行なものである。
- (3) 乾燥試料量、分取率、観察視野数といったデータを用いて、1g乾燥試料重量当たりの石綿小体濃度を計算する。また、繊維、グラス繊維なども同様にして濃度を計算する。計算式は、下記のとおりである。

$$CAB = NAB / F \times WL$$

ここで、CAB：石綿小体(AB)濃度(AB/g乾燥肺)

NAB：計数した石綿小体(AB)数

F：分取率(定容化した試料液からフィルターにどれだけ分取したかの率)

WL：肺試料量(乾燥重量；g)

- (4) 最後に、各計数における検出下限値(DL)を計算しておく。DL値は、その計数において仮に1本の石綿小体あるいは繊維が検出された場合の濃度を示す。

#### <計測結果の例>

位相差顕微鏡で計数した種々の石綿小体濃度の例を次に示す。

- (1) 職歴から明らかに高濃度ばく露を受けたことが分かっている集団として、北米(主に米国とカナダ)断熱保温作業者の肺内石綿小体濃度を計測した。ほとんどの作業者が1gの乾燥肺当り10万本以上の石綿小体濃度[10<sup>5</sup> AB/g(dry lung)]レベルを示していた。
- (2) 石綿取扱い職歴があつて肺がんで亡くなったため、石綿肺がんとして労災補償を受けた労働者の肺内石綿小体濃度を測定した。ほとんどの症例において1000AB/g(dry lung)以上の値を示していた。
- (3) 一般人の場合(入院時に特に職歴を聞いていない)で、肺がんで亡くなった症例について同様に石綿小体濃度を調べた。109例の測定例中、肺内石綿小体が1000 AB/g(dry lung)以上は28%、3000 AB/g(dry lung)以上は14%、5000 AB/g(dry lung)以上は4.6%であった。5000本以上のケースは、職歴は不明だが職業ばく露であったと推定される。

- (4) 中皮腫例についても調べた。大阪中皮腫研究会のパネルで検討し中皮腫と判定された13症例では、検出下限値の20AB/g(dry lung)以下から $3 \times 10^5$ AB/g(dry lung)にわたる広い濃度範囲にあった。このうち1000AB/g(dry lung)以下の例は、5例で38%であった。癌研究所(東京)の10例では、約100 AB/g(dry lung)の定量下限値以下から5000 AB/g(dry lung)の範囲にあり、1000AB/g(dry lung)以下は6例(60%)であった。
- (5) この他の肺内石綿小体濃度の測定例として、熊本県下の旧石綿鉦山付近の住民とそこから遠く離れた農村地域の住民の肺がん例を比較して調べたものがある。その結果は、農村地域の住民の多くは1000AB/g(dry lung)以下であったが、旧石綿鉦山付近の住民の肺内石綿小体濃度はその住居が旧鉦山に近づくに従って高くなって行き、石綿環境ばく露があったことが判明した。

## 2 ヒト組織試料中の石綿繊維測定法

石綿小体は重要な石綿ばく露指標である。しかし、石綿小体だけでは石綿のばく露を正確に評価できない場合もあることが分かってきた。光学顕微鏡では石綿繊維がほとんど見えないので、石綿小体を作りにくいクリソタイルのばく露は石綿小体の観察だけでは確認できない場合が多い。そこで、分析透過電子顕微鏡(ATEM)を用いて石綿小体と石綿繊維の両方を検出・定量して石綿ばく露と疾病との因果関係(量-反応関係)を調べる検索が必要になる。

現在、ATEMで観察可能な剖検肺、切除肺、経気管支肺生検(TBLB)、喀痰、肺洗浄液(BALF)などについて分析法をまとめて示した(表1)。

表1 分析電子顕微鏡による石綿ばく露評価のための試料処理方法と特徴

被検試料のタイプ	試料状態	処理方法	特徴
剖検・ 切除肺試料	ホルマリン固定 組織ブロック(0.2 - 2cm <sup>3</sup> )	NaOCl, NaOH, KOH, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 酵素、灰化	検出率・定量性よい、組織との反応や組織中の石綿小体・繊維等の存在位置の精度は劣る
	切片 (1 - 2cm <sup>2</sup> x 5 - 20 μm)	灰化	検出率・定量性中ぐらい、組織との反応や組織中の石綿小体・繊維等の存在位置は一部正確にわかる
	超薄切片 (1 - 2 cm <sup>2</sup> x 0.1 μm)	マイクローム	検出率・定量性劣る、組織との反応や組織中の石綿小体・繊維等の観察に好適
生検肺試料 (TBLB, etc)	切片 (0.5 - 2 cm <sup>2</sup> x 3 - 5 μm)	灰化 マイクローム	検出率・定量性やや劣る、生存者のばく露評価が可能
肺胞洗浄液 (BALF) かく痰 胸水	液体 (0.1 - 100 ml)	NaOCl 灰化	検出率・定量性ややよい、生存者のばく露評価が可能

### <生体試料処理方法>

塊状(バルク)の場合：剖検や手術で採取しホルマリン固定あるいはパラフィン包埋された剖検肺や切除肺は、肺組織を消去して石綿などの粉じんをフィルターにろ過捕集するために、まず組織消化処理をする。消化液には、様々な溶液が提案されているが、筆者の考案した次亜塩素酸ナトリウム(20%)と水酸化カリウム(5%)及び表面活性剤の混合溶液(K-200)に数時間以上浸漬して組織を消化し、遠沈・ろ過して残渣を抽出する方法が効率的である。この他、水酸化カリウムのみで組織を消化する方法や組織を直接低温灰化する方法なども行われている。遠沈・ろ過した残渣を溶液に分散させ一定量に定容化した後、適量を分取してフィルターに吸引ろ過捕集する。フィルター試料はスライドグラスにアセトン蒸気で接着し低温灰化処理後にカーボン抽出法で分析透過電子顕微鏡(ATEM)標本に変換する。

バルク組織試料から作製した超薄切片の場合：ウルトラミクロトームを用いて定法により電子染色した電子顕微鏡用病理標本試料である。

バルク組織試料の厚切切片の場合：スライドグラス上に載せた10～20 μmの厚さの組織切片をプラズマ灰化装置で低温灰化して、残渣粒子をポリビニールアルコール(PVA)を用いたカーボン抽出法でATEM標本を作製したもの。これらは、組織中に存在していた石綿の分布状態を直接観察することが可能である。

経気管支肺生検(TBLB)の場合：入院中の患者に対してより確実な診断を行うために経気管支肺生検(TBLB)がよく行われる。その時採取された小さな組織を用いて石綿ばく露の確定を行う方法も開発されている。数 mm<sup>3</sup>程度の小さな組織試料をパラフィン包埋して病理診断用切片標本を作る際、無染色の連続切片を準備し、上記の厚切切片と同様の処理方法でATEM標本を作製する。この方法で得た情報を基に主治医が患者に詳しく問診を行うことで、患者も忘れていたかあるいは知らなかった石綿ばく露の様子が確認できる。

喀痰、肺洗浄液(BALF)などの液状試料の場合：患者の確定診断に使われるこれらの液状試料中の石綿小体と石綿繊維は、上記 K-200 溶液を用いて液状試料中の生体物質を消化して、残渣をフィルターにろ過捕集して、そのフィルターをアセトン蒸気でスライドグラスに接着し、低温灰化処理してカーボン抽出法でATEM標本を作製する。この方法も TBLB の場合と同様患者への詳細な再問診ができるので、より精度の高いばく露の様子を知ることが可能である。

一定量のバルク組織を処理する方法は、仮に石綿が肺内で不均一に分布していたとしても、処理中に均一になり、かつその分散液を濃縮したり希釈したりできるので、定量精度に優れており計数もしやすい。現在では世界的にこの方法でデータの相互比較がされるようになってきた。一方、切片試料(超薄切片、厚切切片、TBLB)を用いた場合に観察される石綿は、組織内に分布していた状態そのものであり(その場観察)、局在しているところを観察する確率も高いので一般に検出感度に優れている。喀痰や肺洗浄液を用いる患者に対しての診断方法は、TBLB よりも患者への負担が少ないので近年盛んになっている。いずれの方法も一長一短があり、目的に応じた方法の選択が大切である。

別添参考資料 4 石綿ばく露歴チェック表 (『職業性石綿ばく露と石綿関連疾患』  
(三信図書)より転載)

Study No.:                      Informant's name:                      Address:                      Phone:  
Relationship:.

I. 次の産業に従事したことがありますか。

- |  |                                     |                                   |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 鉱業 (                      ) | <input type="checkbox"/> 家具・木材製品製造業 | <input type="checkbox"/> クロム酸塩製造業 |
| <input type="checkbox"/> 造船業                         | <input type="checkbox"/> ガス業        | <input type="checkbox"/> ゴム産業     |
| <input type="checkbox"/> セメント業                       | <input type="checkbox"/> 建築業        | <input type="checkbox"/> 印刷業      |
| <input type="checkbox"/> 精錬業                         | <input type="checkbox"/> 化学物質製造業    | <input type="checkbox"/> 鉄鋼業      |
| <input type="checkbox"/> 金属研ま業                       | <input type="checkbox"/> 断熱業        | <input type="checkbox"/> 紙・パルプ製造業 |
| <input type="checkbox"/> プラスチック産業                    | <input type="checkbox"/> 精製業        |                                   |
| <input type="checkbox"/> 靴製造・修繕業                     | <input type="checkbox"/> 紡造業        |                                   |

II. 学校を卒業してから、現在に至るまでの職業

(在学中のアルバイト、戦時中の仕事など短期間の仕事もできる限り聞きとること)

会社名	会社の所在地	会社の事業内容	本人の仕事内容	仕事で取り扱った材料・設備	仕事に従事した期間 (年月～年月)

III. 以下の場所で働いたり、仕事に従事したことがありますか。

1.  石綿を扱う工場                       石綿製品の倉庫
2.  建築業
  - ビルの解体作業
    - 塗装・吹付け工事                       防音工事
    - 断熱・耐火・保温工事                       プレハブ (石綿板) 工事
    - 天井・床材の切断                       ラス張りの仕事
    - 電気・ガス・スチームの配管工事
3.  造船業
  - 船舶の分解修理・解体
    - パイプ波覆・断熱作業                       クレーン・自動車の運転                       塗装
    - 電気配線工事                       事務員                       大工・建具
    - 溶接                       ボイラー製造・設備                       作業員
    - 板金                       整備 (パイプ・ボイラー等)                       その他
4.  断熱工事                       保温工事
5.  ボイラーの製造・取り付け・修繕                       パーナーの製造・取り付け・修繕
  - 溶鉱炉の製造・取り付け・修繕                       スチーム・パイプの製造・取り付け・修繕
6.  ボイラーの操作                       溶接作業
  - 板金作業                       耐熱 (耐火) 服や耐火手袋を身につけての仕事
7.  自動車修理工場                       ガソリンスタンド
  - ブレーキ・ライニング・クラッチ板の製造
8.  電気製品 (コンデンサー・電池・蓄電池・絶縁テープ) の製造
9.  塗装工場                       石けん工場
  - オイル・化学物質の精製工場

10.  ランドリー・クリーニング屋  埃りっぽい作業服の取り扱い
11.  埃りっぽいものの運搬  
 商船の船員  トラックの運転手  鉄道員  
 はしけの船員  港湾作業員  クレーンの操作員
12.  下水汚物・廃棄物の回収・処理・運搬
13.  蒸気機関車の修理、解体
14.  ガスマスクの製造
15.  宝石・貴金属の細工仕事
16.  消防隊員
17.  歯科技工士

IV. 以下の石綿製品を取り扱う仕事をしたことがありますか。

- |                                    |                                   |                                       |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 石綿繊維      | <input type="checkbox"/> 石綿断熱フェルト | <input type="checkbox"/> 石綿カーテン       |
| <input type="checkbox"/> 石綿パイプ     | <input type="checkbox"/> ボール紙・断熱板 | <input type="checkbox"/> 石綿紙          |
| <input type="checkbox"/> 石綿チューブ    | <input type="checkbox"/> 石綿パイプ被覆  | <input type="checkbox"/> 石綿パイプラインフェルト |
| <input type="checkbox"/> 石綿セメント板・管 | <input type="checkbox"/> 石綿織物・布   | <input type="checkbox"/> 断熱パッド（詰め物）   |
| <input type="checkbox"/> 石綿巻き紙     | <input type="checkbox"/> 石綿ロープ    | <input type="checkbox"/> その他          |
| <input type="checkbox"/> 石綿ガasket  | <input type="checkbox"/> 石綿封蝕料    |                                       |
| <input type="checkbox"/> 石綿テープ     | <input type="checkbox"/> 石綿パッキング  |                                       |

V. あなた（（注）調査対象者）のそばで次のような仕事が行われていませんか。

1.  断熱パッド（詰め物）の取り付け・取りはずし
2.  石綿パイプの取り付け・取りはずし
3.  溶接
4.  保温材料で包まれたパイプの取り付け・取りはずし
5.  プレカットされたアスベストブロックの取り付け・取りはずし
6.  石綿壁板やアスベストボール紙の取り付け・取りはずし
7.  支柱・隔壁・ガード（garder）に耐火塗装をおこなったり、はがしたりする。
8.  バルブ・パッキングの取り付け・取りはずし
9.  ボイラーやボイラーのポンプに保温材をまいたり、はがしたりする。
10.  スチーム管に断熱材をまいたり、はがしたりする。
11.  石綿のチューブ・パイプ・板・ボール紙・断熱材を切断したり、取り付けたりする。

VI.

1.  家庭で（絶縁物・暖房炉セメント・断熱材・カルシミン\*・石綿製品）の修理・修繕をしたことがありますか。  
\*天井・壁などに塗る水性塗料
2.  タルク・パウダーを使ったことがありますか。（ボディークルク・顔用タルク）
3.  石綿製品を家庭で使ったことがありますか。（アイロン板のカバー・耐熱手袋）
4.  石綿工場の近くに住んでいたことがありますか。  
 造船所の近くに住んでいたことがありますか  
 建材物の置場の近くに住んでいたことがありますか  
 プレーキ修理工場の近くに住んでいたことがありますか

Interviewer's Remarks

Date

Interviewer  
大阪中皮肺研究会