

『石綿ばく露労働者に発生した疾病の認定基準に関する検討会』
報告書

平成15年8月26日

石綿ばく露労働者に発生した疾病の認定基準に関する検討会

石綿ばく露労働者に発生した疾病の認定基準に関する検討会
参集者名簿（五十音順）

氏名	所属等
審良 正則	国立療養所近畿中央病院放射線科医長
井内 康輝	広島大学大学院医歯薬学総合研究科病理学教授 広島大学医学部長
岸本 卓巳	労働福祉事業団岡山労災病院内科部長
神山 宣彦	(独法)産業医学総合研究所作業環境計測研究部長
三浦溥太郎	国家公務員共済組合連合会横須賀共済病院内科部長
◎ 森永 謙二	大阪府立成人病センター参事

◎：座長

目 次

I	はじめに	1
1	背景	1
2	検討状況	1
II	胸膜及び腹膜以外の中皮腫についての検討	2
1	胸膜及び腹膜以外の中皮腫	2
2	心膜中皮腫と石綿ばく露との関連について	3
3	精巣鞘膜の中皮腫と石綿ばく露との関連について	4
4	病理診断の重要性	6
5	小括	8
III	中皮腫と職業性石綿ばく露に関する検討	12
1	過去3年間の認定事例の検討	12
2	職業性ばく露事例の検討	14
3	ドイツにおける職業性石綿ばく露による中皮腫事例	17
4	北欧諸国における中皮腫の職業病登録状況	19
5	小括	23
IV	石綿肺、肺がん、中皮腫以外の石綿による疾病等についての検討	27
1	胸膜プラーク（胸膜肥厚斑）	27
2	良性石綿胸水	28
3	びまん性胸膜肥厚	30
4	小括	32
V	石綿ばく露の医学的所見	38
1	石綿肺	38
2	胸膜プラーク	38
3	石綿小体（石綿繊維）	40
4	小括	41
VI	総括	45
1	胸膜、腹膜以外の中皮腫の取扱いについて	45
2	中皮腫に係る石綿ばく露期間について	45
3	石綿ばく露による良性石綿胸水及びびまん性胸膜肥厚について	45
4	石綿ばく露の医学的所見について	46
VII	まとめ	47

別添参考資料

- 1 「肺癌取扱い規約」の一部改定（案）について（出典：日本肺癌学会肺癌取扱い規約委員会組織分類学会（2003）「肺癌取扱い規約」の一部改訂（案）について、肺癌 43:203-18）
- 2 ドイツにおける石綿利用/ばく露状況とその職業（仮訳）（出典：BK-Report 1/97）
- 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）
- 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）

I はじめに

1 背景

石綿ばく露作業従事労働者に発症する疾病については、昭和 53 年 3 月の労働基準法施行規則改正時において、「石綿にさらされる業務による肺がん又は中皮腫」が例示された。さらに、迅速・適正な認定を図るため、同年 10 月に、石綿ばく露作業従事者に発生した疾病に関する認定基準（昭和 53 年 10 月 23 日付け基発第 584 号「石綿ばく露作業従事労働者に発生した疾病の業務上外の認定について」（以下「認定基準」という））が策定された。なお、「石綿肺」は同規則が策定された昭和 22 年から「粉じんを飛散する場所における業務に因るじん肺症及びこれに伴う肺結核」として業務上疾病に規定され、労災補償の対象とされていた。

認定基準においては、石綿ばく露との関連が明らかにされている主な疾病として、「石綿肺」、「肺がん」及び「胸膜又は腹膜の中皮腫」が例示され、それぞれの認定要件が示された。なお、当時は、石綿ばく露による中皮腫の労災請求事案そのものが少なく、昭和 53 年度に 1 件の労災認定あったが、その後 5 年間労災認定事案はなかった。

ところで、中皮腫等石綿による疾病にかかる医学的知見の進歩に加えて、近年、中皮腫に係る労災認定件数が、平成 11 年度 25 件、平成 12 年度 35 件、平成 13 年度 33 件と増加傾向にあり、また、胸膜及び腹膜以外（心膜及び精巣鞘膜）の中皮腫の労災認定事例も認められた。

石綿による中皮腫の労災請求件数は、今後さらに増加することも予想されることから、このような事態への的確な対応及び迅速・適正な労災認定のために、昭和 53 年に策定された認定基準を、最新の医学的知見により見直すこととしたものである。

2 検討状況

検討に当たっては、過去 3 年間の労災認定事例及び最近の医学論文等を資料として検討を行った。特に、①認定要件を示している中皮腫の発生部位及び石綿ばく露状況、②認定基準において例示されていない疾病として良性石綿胸水及びびまん性胸膜肥厚を中心に検討を行った。

「石綿ばく露労働者に発生した疾病の認定基準に関する検討会」（以下「検討会」という）は、平成 14 年 10 月から合計 7 回開催され、検討を行った。また、検討会は原則公開にて行ったが、中皮腫等に係る個別症例の検討に当たっては非公開で行った。

検討会開催状況は以下のとおり。

- 第 1 回 平成 14 年 10 月 29 日（公開）
- 第 2 回 平成 14 年 12 月 24 日（個別症例検討のため非公開）
- 第 3 回 平成 15 年 2 月 14 日（個別症例検討のため非公開）
- 第 4 回 平成 15 年 5 月 19 日（個別症例検討のため非公開）
- 第 5 回 平成 15 年 6 月 4 日（公開）
- 第 6 回 平成 15 年 7 月 23 日（公開）
- 第 7 回 平成 15 年 8 月 8 日（公開）

以下の通り、意見をとりまとめたので、ここに報告する。

II 胸膜及び腹膜以外の中皮腫についての検討

1 胸膜及び腹膜以外の中皮腫

胸膜及び腹膜以外の中皮腫が発生する部位としては心膜及び精巣鞘膜がある。

心膜は心臓及び大血管の起始部を覆い、臓側心膜と壁側心膜の2層からなる。

男の生殖腺を精巣(睾丸)といい、精巣及び精巣上体を被う鞘膜を精巣鞘膜と呼び、心膜と同様、2層からなる。

心膜原発の中皮腫は『疾病、傷害などの死因統計分類提要 ICD-10 準拠』では『C45.2 心膜中皮腫』に分類され、精巣鞘膜原発の中皮腫は後腹膜や縦隔原発の中皮腫とともに『C45.7 その他の部位の中皮腫』に分類される。1995年から2001年までの7年間の死亡数はそれぞれ37例、103例であり、同期間の胸膜中皮腫2,739例、腹膜中皮腫369例に比べても少ないことがわかる(表1)。

表1 厚生労働省人口動態統計による中皮腫の部位別死亡数(平成7～13年)

部 位	(ICD-10)	男	女	計
胸膜中皮腫	(C45.0)	2,148	591	2,739
腹膜中皮腫	(C45.1)	220	149	369
心膜中皮腫	(C45.2)	25	12	37
その他の部位の中皮腫	(C45.7)	76	27	103
中皮腫、部位不明	(C45.9)	787	337	1,124
中皮腫、全部位	(C45)	3,256	1,116	4,372

Hillerdal(1983)は欧米の医学雑誌に1982年までに報告された4,710例をレビューしているが、それによると、中皮腫の発生部位は、胸膜4,181例(88.8%)、腹膜454例(9.6%)、胸腹膜30例(0.6%)、心膜33例(0.7%)、精巣鞘膜9例(0.2%)、不明3例(0.1%)であったと述べている。

Murai(2001)は1956年から1996年までの日本病理剖検輯報に報告された中皮腫の発生部位は、胸膜1,213例(68.0%)、腹膜431例(24.1%)、心膜108例(6.0%)、精巣鞘膜6例(0.3%)、その他28例(1.6%)であったと報告している。

佐々木ら(1999)は1981年から1995年まで大阪中皮腫パネルで中皮腫と診断された117例の発生部位は、胸膜96例(82.1%)、腹膜15例(12.8%)、胸腹膜1例(0.9%)、心膜4例(3.4%)、精巣鞘膜1例(0.9%)であったと報告している。

Yatesら(1997)はイギリスの南東海岸地区における1987年中皮腫の死亡272例(98%が剖検されている)のうち、257例(94.5%)が胸膜、14例(5.1%)が腹膜で、心膜は1例(0.4%)のみであり、精巣鞘膜はなかった、と報告している。

Iscovichら(1999)は1961年から1992年までの間にイスラエルのがん登録に登録された279例を再調査し、診断精度の確かな223例の中皮腫のうち、心膜は2例

(0.9%)、精巣鞘膜は 3 例(1.3%)であったと報告している。

Neumann ら(2001)は 1987 年から 1999 年までの間にドイツのがん登録に登録された 1,605 例の中皮腫のうち、胸膜は 1,548 例(96.4%)、腹膜は 53 例(3.3%)、心膜は 4 例(0.2%)であったと報告している。

Kjargaard ら(2001)は 1943 年から 1993 年までにデンマークのがん登録に登録された中皮腫、男性 1,341 例中、胸膜 1,200 例(89.5%)、腹膜 123 例(9.2%)、心膜 18 例(1.3%)であり、女性 571 例中、胸膜 407 例(71.3%)、腹膜 154 例(27.0%)、心膜 10 例(1.8%)であったと報告している。

以上のことから、心膜や精巣鞘膜原発の中皮腫の発生頻度は胸膜原発の中皮腫に比べて、はるかに少なく、非常にまれな疾患であるといえる。

2 心膜中皮腫と石綿ばく露との関連について

石綿ばく露によって心膜中皮腫が発症したとの報告はさほど多くないが、主として海外の文献で幾つか報告されている(表 2)。

表 2. 石綿ばく露歴のある心膜中皮腫症例

報告者(年)	国	性	年齢	石綿ばく露歴
Eckら(1978)	ドイツ	男	45	鉄屑回収
Churgら(1978)	カナダ	男	61	心膜癒着術(石綿、ガラス繊維使用)
Kahnら(1980)	アメリカ	男	62	第 2 次大戦中、造船所勤務
Beckら(1982)	東ドイツ	男	77	石綿紙の取り替え
		男	63	断熱材の取り壊し、修繕
		男	48	タルク(石綿含有)使用
Kishimotoら(1989)	日本	女	79	海軍工廠、肺内石綿小体(+)
Kheitov(1989)	ソ連	男	50	石綿工場勤務
Loireら(1993)	フランス	男	58	化学工場
		男	67	自動車解体
		男	81	自動車機械工
		女	67	暖房産業
Kaulら(1994)	アメリカ	男	46	27年前に石綿ばく露歴あり

Beck ら(1982)は東ドイツで 1970 年から 1978 年までの間に登録された心膜中皮腫の 3 例(すべて剖検例)には石綿ばく露が証明された、と述べている。第 1 例は化学工場で働く 77 歳(男性)の元技師で、1923 年から 1950 年までアルカリ塩素の電解隔膜に使用していた石綿コードの取替え作業に従事していた。なお、胸膜プラークは認められなかった。第 2 例は 63 歳(男性)で 1939 年から 1947 年まで実質的には 72 ヶ月、褐炭から練炭を製造する工場にエンジン操作士として勤務しており、修理及びメンテナンスや古いプラントの解体のために石炭の乾燥工程及びプレス工程に従事していた。乾燥工程では石綿コードが使われており、乾燥工程で使用する機械の改修や

プラントの解体等の際には短期間ではあるが高濃度の石綿ばく露があった。第3例は48歳(男性)で1958年から1967年までウール織物工場で働いていた。それ以前は鉱山で12年間働き、珪肺症に罹患していた。この労働者は梳綿工程で機械が円滑に動くようにタルク粉を手で振りかけていた。この作業後の清掃作業の際に、タルク粉じんの高濃度ばく露があった。種々のタルク粉を分析した結果では、石綿が2~5%、幾つかの例ではさらに高濃度の石綿が含まれていた。Kishimotoら(1989)は呉共済病院での10年間に経験した18例の中皮腫のうち1例が心膜中皮腫で、海軍工廠に10年働き、40年後に発症した例を報告している。肺組織内に石綿小体が確認されている。Kheitova(1989)は1978年から1987年までの10年間に剖検された7,184例のうち、中皮腫は11例(0.15%)であり、胸膜8例、腹膜1例、心膜1例、胸膜・腹膜・心膜のすべてが侵されていた1例あり、心膜中皮腫例は石綿工場労働者に発症していた。Loireら(1993)は1970年から1992年末までに経験した10例の心膜中皮腫のうち、職歴の検討から4人が石綿ばく露が確認され、また2例については疑われた、と報告している。Kaulら(1994)は27年前に石綿ばく露歴のある心膜中皮腫例を報告している。Neumannら(2001)は1987年から1999年までの間にドイツのがん登録に登録された4例の心膜中皮腫のうち1例は胸膜プラークが、別の1例は石綿肺(1型)の所見があった、と報告している。

Mirabella(1993)は1982年以降に発表された心膜中皮腫109例を文献レビューし、①まれな疾患であるにもかかわらず、日本(25例)とソ連(21例)でより頻発する、②心膜中皮腫は概してより若年の患者に発症する傾向がある、③石綿が心膜に悪影響をもたらすことを立証する症例が増加した、ことを指摘している。特に石綿との関連について、確かにばく露歴のある患者は10人で、その平均年齢は57.3歳であったと述べている。Hoch-Ligetiら(1986)はヒトに対してもマウスやラットに対しても石綿によって心膜中皮腫が発症することは立証されている、と述べている。Warren(2000)も「心膜中皮腫は長年石綿ばく露とは関連がないと思われてきた。多くの例で石綿ばく露を同定できなかった。多くの例は、石綿ばく露があったとしてもごく僅かである子供に発症している。しかし、動物実験やヒトの事例で、少なくとも幾つかの例は石綿ばく露が心膜原発の中皮腫の発症の有意なリスク要因であると考えられるべきである」と述べている。

ところで、Wadlerら(1986)は剖検で胸膜中皮腫と診断された19例のうち14例(74%)に心膜への半分以上の浸潤が認められ、心筋への浸潤も1/4以上に認められた、と述べている。Ozerら(2000)も42例の胸膜中皮腫のうち19例(45.2%)に心膜への浸潤を認めたと報告しており、中皮腫の原発部位が胸膜であるか心膜であるかを同定するのに困難な例があることが推測される。

3 精巣鞘膜の中皮腫と石綿ばく露との関連について

精巣鞘膜原発の中皮腫を初めて報告したのは1955年のBaileyらである。その後、Carpら(1990)が発表された文献を調べた結果、世界で36例しか報告例がなかったと述べているように、精巣鞘膜中皮腫自体が珍しい疾患であり、石綿ばく露によって精巣鞘膜原発の中皮腫が発症したとの報告も心膜中皮腫同様、非常にまれであると言っ

て良い (表 3)。

表 3 石綿ばく露歴のある精巣鞘膜中皮腫症例

報告者(年)	国	年齢	石綿ばく露歴
Fligiel ら (1976)	アメリカ	68	40 年間配管工
Japko ら (1982)	アメリカ	30	精油所で 8 年間配管工 (石綿断熱)
Antman ら (1984)	アメリカ	63 73 58 43	配管工 海軍造船所 (5 年)、鉛管工 (20 年) 機械工 (20 年石綿ばく露) 石綿ばく露 16 年
Karunharan ら (1986)	サウジアラビア	40	化学工場でメンテナンス作業 20 年
Prescott ら (1988)	スコットランド	61	剖検で胸膜プラーク所見有り
Grove ら (1989)	デンマーク	66	大工 (10 年石綿ばく露)
Tyagi ら (1989)	アメリカ	79	造船所で断熱作業、両側胸膜プラーク
Eden ら (1995)	イギリス	76	化学者 (10 年石綿ばく露)
Huncharek ら (1995)	アメリカ	45	発電所勤務
Kanazawa ら (1999)	日本	68	工場の空調設備のメンテナンス 20 年
Poggi ら (2000)	イタリア	47	職業性石綿ばく露あり
Attanoos ら (2000)	イギリス	71	造船所でクレーン運転
Schneider ら (2001)	ドイツ	70 62	建設業 (外装工事) で石綿セメント板の切断 配管工、溶接時石綿版使用

Fligiel ら (1976) は配管工として 40 年間働き、石綿に定期的なばく露を受けてきた 68 歳の症例を報告し、石綿ばく露と関連がある、と述べている。Japko ら (1982) は入院する 2 年前までの 8 年間に精油所で配管工として働いていた 30 歳の症例を報告している。Antman ら (1984) は 6 例の精巣鞘膜中皮腫を報告し、うち 4 例に職業性石綿ばく露歴を認めたと述べている。Karunharan (1986) は 1950 年代から 1960 年代にかけておよそ 20 年間、フェノールホルムアルデヒド工場でメンテナンス作業に従事していた 40 歳の症例を報告している。Prescott ら (1988) は 61 歳の石綿ばく露歴のない精巣鞘膜中皮腫例で、剖検により胸膜プラークを多数見つけた症例を報告している。Tyagi ら (1989) も 79 歳の精巣鞘膜中皮腫例で、胸部エックス線写真で両側胸膜プラーク所見を認めたので、詳しい症例調査をした結果、造船所で働き石綿を使用していたことが判明した、と報告している。

Grove ら (1989) も 3 例の精巣鞘膜中皮腫例のうち 1 例に 10 年間の石綿ばく露歴を認めたと報告している。また、Eden ら (1995) も 2 例の精巣鞘膜中皮腫のうち、76 歳の 1 例は化学分析に従事し、10 年間石綿ばく露を受けていたと報告している。Kanazawa ら (1999) は工場での空調のメンテナンスに 20 年間従事し、定期的に石綿ばく露を受けていたとする 68 歳の症例を報告している。

Poggi ら(2000)も職業性石綿ばく露歴のある47歳の精巣鞘膜中皮腫例を報告しているが、詳細な石綿ばく露歴については述べていない。Attanoos ら(2000)は1968年から1992年までのイギリスの衛生安全庁(HSE)の中皮腫登録で集められた腹膜中皮腫883例のうち、死亡診断書から10例の“精巣鞘膜”又は“陰嚢”中皮腫と3例の“卵巣”中皮腫を見つけた。10例の精巣鞘膜及び陰嚢の中皮腫例のうち2例については生検又は剖検での組織標本が得られ、さらに通常の外科症例から1例の生検例を集めた。また前述の3例の卵巣中皮腫のうち、2例については組織標本が検索され、さらに剖検標本から2例の卵巣中皮腫(この2例ははじめは腹膜中皮腫と報告されていたが、卵巣以外への病巣の拡がり認められなかった)を認め、合計7例の生殖腺中皮腫例を報告し、うち71歳の男性の精巣鞘膜中皮腫例と61歳及び66歳の女性の卵巣中皮腫例に石綿ばく露歴を認めたと報告している。

Plas ら(1998)は過去30年間に学術雑誌に報告された73例の精巣鞘膜中皮腫をレビューし、その多くの患者は55～75歳であるが、10%は25歳以下の若年層にも発症していること、石綿ばく露歴を有するものが34.2%いたことから、過去の石綿ばく露はリスク要因である、と述べている。Grove ら(1989)、Carp ら(1990)、Amin (1995)は精巣鞘膜中皮腫のリスク要因に、石綿ばく露と外傷をあげている。

4 病理診断の重要性

(1) 発生部位について

中皮腫はヒトにおいて正常に漿膜が存在する部位、すなわち胸膜、腹膜、心膜又は精巣鞘膜から発生する。今日の腫瘍学の立場からは、腫瘍の命名は腫瘍細胞の分化像、すなわち、その腫瘍細胞が正常組織のいずれの細胞に類似が求められるかで行われる。上皮性腫瘍の場合は、腺上皮、扁平上皮などへの類似のもとに、腺がん、扁平上皮がん、未分化がんなどと診断される。非上皮性腫瘍の場合は、その分化像はほぼ発生母組織に存在する細胞のいずれかの特徴を示すので、発生母細胞に基づいた命名、すなわち骨肉腫、軟骨肉腫、横紋筋肉腫、平滑筋肉腫などの名称が用いられる。発生母組織には認められない細胞への分化像を示す場合は、脱分化あるいは“先祖がえり”とされ、まれにしか起らない現象として扱われている。こうした腫瘍の名称の立場からは、中皮腫は腫瘍の発生母細胞に基づいた命名であり、中皮細胞が存在する組織以外からは生じないと考えられる。

胸膜、腹膜、心膜及び精巣鞘膜以外では卵巣又は精巣原発の中皮腫の報告がまれにある。このうち卵巣については、卵巣表面の被覆上皮(表層上皮細胞と呼ばれる)は発生学的に元来、体腔上皮であることから、卵巣から中皮腫が発生すると考えることも可能であるが、卵巣の腫瘍分類の立場からは表層上皮性腫瘍と扱うことができる。すなわち、卵巣に生じた中皮腫様の腫瘍を、中皮腫と呼ぶか、表層上皮性腫瘍と呼ぶかは、発生母細胞をどう解釈するかの問題である。また、この表層上皮は実質内へしばしば陥入嚢胞をつくるので、この嚢胞から腫瘍が発生した場合、実質から中皮腫が発生したとみえる例もあるかもしれない。

一方、精巣については精巣鞘膜との連続性を欠く例ではその存在は極めて疑わしい。中皮腫は初期段階、すなわち周囲への進展の少ない段階で診断されることはま

れであり、多くの場合、広い範囲へ進展している状態で原発巣を推測する必要がある。臓側胸膜に発生した場合は早晚、肺内への進展を示すことから、肺原発の中皮腫とされることがあるかもしれないが、肺内に生じる中皮腫は理論上ありえない。従前、肺内腫瘍をつくとされた限局型の良性中皮腫は、現在では、アデノマトイド腫瘍 (adenomatoid tumor) と呼ばれ、中皮腫ではないことが明らかとなっている (別添参考資料 1)。壁側胸膜に発生した場合は、縦隔側へ進展して腫瘍をつくと縦隔中皮腫と呼ばれることがあるが、これも初期像は胸膜発生であることはまず間違いない。

ところで、中皮腫のなかでも心膜原発と診断することが難しい場合がある。胸膜中皮腫は末期になれば心膜へ進展するので、胸膜に全く病変がないか、あるいは心膜での進展に比べて胸膜の腫瘍の範囲が狭いことがその根拠となる。臨床経過上、早期から心嚢水の貯留がみられ心不全を呈するなどの症状もある程度参考となる。心膜か胸膜かいずれとも決め難い例は胸膜原発の可能性が高いと考えるべきである。

腹膜でも胸膜と同様、ある部分に中皮腫が限局している場合、その臓器・組織名を診断名につけることがある。例えば、腸間膜中皮腫、大網中皮腫、回腸中皮腫、骨盤中皮腫などであるが、これらはいずれも腹膜中皮腫であることに変わりはない。卵巣については前述したように、腫瘍細胞が明らかに表層上皮細胞より中皮細胞の特徴を示す場合は、卵巣に限局する腹膜中皮腫と診断すべきと考える。

精巣鞘膜原発の中皮腫の診断については、心膜原発の中皮腫とする際の問題点がある。そのまま当てはまる。陰嚢の腫大で精巣とその周囲組織が手術的に摘除され、腹腔内には腫瘍がないとされた場合は、精巣鞘膜原発とするのは容易である。しかし、腹腔内と精巣鞘膜は連続性があることから、両者に中皮腫を認めた場合は、原発巣をいずれかに決めることは難しくなる。腹腔内の中皮腫がごく少量で限局性であるなどの場合を除いて、腹膜原発である可能性が高いと考えるべきである。

(2) 組織診断について

中皮腫の診断には、腫瘍の発生部位とその進展様式の確認が重要である。発生部位としては、前述したように胸膜、腹膜、心膜又は精巣鞘膜のいずれかに発生したことを確認又は推測できることが必要である。進展様式としては漿膜の拡がりに沿って、すなわち、胸腔、腹腔、心嚢腔で臓器への浸潤よりもむしろその表面に沿って臓器を囲繞するように進展することが特徴である。限局性の場合、局所での浸潤傾向が強い場合もあるがまれである。

組織型には、上皮型、肉腫型、二相型があり、その比率はおよそ6:1:3である。上皮型は中皮細胞の特徴を保ち、上皮様に配列して腺腔をつくるか、あるいは、乳頭状に増生し、その像からは腺がんと鑑別が必要となる。この場合、粘液染色を行うと、中皮腫では酸性粘液多糖類の産生がみられ、腫瘍細胞の細胞質内とともに、表面を被うように粘液が存在することが特徴的である。さらに免疫組織化学的染色によって、中皮腫ではカルレチニン、低分子ケラチン、EMAなどが陽性であり、腺がんではCEA、TTF-1などが陽性であることが鑑別点となる。こうした免疫組織化学的染色の結果は多くの抗体を組み合わせることで総合的に判断することが求められる。

る。また、電子顕微鏡的観察で細くて長い微絨毛をみる事が参考になる場合もある。

肉腫型では、軟部組織に原発する肉腫との鑑別が難しい例がある。特に、紡錘形細胞からなる肉腫として線維肉腫、線維性組織球腫、平滑筋肉腫、Gastrointestinal stromal tumor (GIST) などとの鑑別には、それぞれの肉腫細胞に特異的に陽性所見を示す抗体による免疫組織化学的染色を用いるとともに、中皮腫では、低分子ケラチンが陽性となる事が最も良い指標となる。また、線維形成型 (desmoplastic type) の肉腫型は、陳旧性肥厚性胸膜炎との鑑別が必要となるが、この場合も低分子ケラチンが陽性となる紡錘形細胞が存在する事が診断には重要である。

二相型を示す中皮腫は、腺がん様組織像と肉腫様組織像の混在からなる腫瘍との鑑別が必要となる。滑膜肉腫、がん肉腫、多形細胞がん、肉腫様がんなどがあげられるが、いずれも発生部位やその組織像に特徴があり、免疫組織化学的染色などを駆使して慎重に鑑別する必要がある。

中皮腫はまれな腫瘍であり、病理診断をつける病理医が頻りに遭遇する腫瘍ではない。したがって、その診断に際しては、中皮腫である可能性を念頭において、肉眼的及び組織学的な精査に加えて粘液染色や免疫組織化学的染色などを用いて総合的に判断する必要がある。

5 小括

今回の検討会における文献調査によって、石綿ばく露歴のある心膜中皮腫は少なくとも我が国での報告例も含めて十数例報告されていることが判明した。また、ラットやマウスの動物実験でも石綿ばく露により心膜中皮腫を発症することが認められていることから、今後においては、業務上の石綿ばく露歴の明らかな心膜中皮腫についても、認定基準に例示することが妥当である。

また、精巣鞘膜中皮腫についても、今回の検討会における文献調査によって、石綿ばく露歴のある精巣鞘膜中皮腫は、我が国での報告例も含めて十数例報告されていること等から、心膜中皮腫と同様に認定基準に例示する疾病に含めることが妥当である。

中皮腫の発生部位は、体腔において漿膜のある部位、すなわち胸膜、腹膜、心膜、精巣鞘膜であるが、実際の発生例の多くは胸膜、腹膜であり、心膜に発生した中皮腫は全体の数%にすぎず、精巣鞘膜はごくまれとされている。同じ漿膜の存在する部位でありながら中皮腫の発生頻度に差異が生じる理由は、石綿の体内への侵入から移動して臓器・組織へ沈着する経路や解剖学的に胸膜・腹膜、心膜、精巣鞘膜の順に漿膜の面積が小さくなることに関連すると思われるが、確定的な知見はない。

従来から、心膜及び精巣鞘膜に発生する例は本省りん伺とされてきたが、現在の認定基準を検討した当時の検討会の頃には、これらの部位に中皮腫の発生する頻度が少なかったこと、また、石綿ばく露歴のある症例報告がほとんどなかったためと思われる。

中皮腫の診断については、病理組織学的検査の裏付けが必須である。従来の中皮腫の診断は、発生部位とその肉眼所見を重視し、病理組織所見と粘液組織化学的所見を加えて総合的に判断されてきた。現在においても、これらの肉眼的所見と病理組織所見は重要である。しかし、近年、中皮腫に特異性の高い抗体が開発され、免疫組織化学的所見

が診断の中でより重要な位置を占める状態にある。したがって、中皮腫の病理診断では、幾つかの重要な抗体を用いた免疫組織化学的染色の結果を含めて総合的に判断することが望ましい。

なお、確定診断が難しい事例については中皮腫パネル^{*1}による検討が望まれる。

参考資料

1. 日本肺癌学会肺癌取扱い規約委員会組織分類委員会 (2003) 「肺癌取扱い規約」の一部改訂(案)について. 肺癌 43:203-18
2. 三浦溥太郎 (2002) 中皮腫—臨床. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患—基礎知識と労災補償—(森永謙二編)、pp133-61、三信図書、東京
3. 井内康輝 (2002) 中皮腫—病理. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患—基礎知識と労災補償—(森永謙二編)、pp163-83、三信図書、東京
4. Neumann V, Gunthe S, Muller KM, Fischer M (2001) Malignant mesothelioma - German mesothelioma register 1987-1999. Int Arch Occup Environ Health 74:383-95
5. Murai Y (2001) Malignant mesothelioma in Japan: analysis of registered autopsy cases. Arch Environ Health 56:84-8
6. Schneider J, Weitowitz HJ (2001) Asbestverursachtes malignes Mesotheliom der Tunica vaginalis testis. Zentralbl Chir 126:229-32
7. Warren WH (2000) Malignancies involving the pericardium. Seminars Thoracic Cardiovasc Surg 12:119-29
8. Ozer N, Shehu V, Aytemir K, Ovunc K, Emre S, Kes S (2000) Echocardiographic findings of pericardial involvement in patients with malignant pleural mesothelioma with a history of environmental exposure to asbestos and erionite. Respiriology 5:333-6
9. Poggi A, Longo F, Mansueto G, Scirocchi R, Petris LD, Gemma D, Borgomastro A, Marchel P (2000) A case of mesothelioma of the tunica vaginalis testis, with involvement of the pleura and peritoneum. Tumori 86:256-7
10. Attanoos RL, Gibbs AR (2000) Primary malignant gonadal mesotheliomas and asbestos. Histopathology 37:150-9
11. 佐々木正道、北川正信、森永謙二 (1999) びまん性悪性中皮腫の病理—大阪中皮腫パネル 117 例の検討—. 病理と臨床 17:1111-6
12. Kanazawa S, Nagae T, Fujiwara T, Fujiki R, Mukai N, Sugihara Y, Yamaguchi N, Ohtani H, Higami Y, Ikeda T, Tsunoda T (1999) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis: report of a case. Surg Today 29:1106-10
13. Iscovich J, Fishbein A, Witt-Kushner J, Ginsberg G, Richter E, Tulchinsky T (1999) Malignant mesothelioma in Isurael, 1961-1992. Int J Occup Environ Health 5:157-63
14. Plas E, Riedi C, Pflüger H (1998) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis. Cancer 83:2437-46

*1 (複数の病理医を中心に実施する症例検討による診断の蓋然性を決める審査会：欧米各国で存在するが、我が国では全国規模のパネルはない)

15. Yates DH, Corrin B, Stidolph PN, Browne K (1997) Malignant mesothelioma in south east England: clinicopathological experience of 272 cases. *Thorax* 52:507-12
16. Eden CG, Bettocchi C, Coker CB, Yates-Bell AJ, Pryor JP (1995) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis. *J Urol* 153:1053-4
17. Huncharek M, Klassen M, Christiani D (1995) Mesothelioma of the tunica vaginalis testis with possible occupational asbestos exposure. *Br J Urol* 75:679-80
18. Amin R (1995) Case report: Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis-an indolent course. *Br J Radiol* 68:1025-7
19. Kaul TK, Fields BL, Kahn DR (1994) Primary malignant pericardial mesothelioma: A case report and review. *J Cardiovasc Surg* 35:261-7
20. Loire R, Tabib A (1993) Malignant mesothelioma of the pericardium: A clinico-pathological study of 10 cases. *Arch Mal Cœur* 87:255-62
21. Mirabella F (1993) Pericardial mesothelioma: epidemiological updating on the last decade. *Pathologica* 86:377-86
22. 厚生省大臣官房統計情報部編 (1993) 疾病、傷害などの死因統計分類提要 ICD-10 準拠. 第2巻、pp101、財団法人厚生統計協会、東京
23. Carp NZ, Petersen RO, Kusiak JF, Greenberg RE (1990) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis. *J Urol* 144:1475-8
24. Grove A, Jensen ML, Donna A (1989) Mesotheliomas of the tunica vaginalis testis and hernial sacs. *Virchows Arch A Pathol Anat Histopathol* 415:283-92
25. Tyagi G, Munn CS, Kiser LC, Wetzner SM, Tarabulcy E (1989) Malignant mesothelioma of tunica vaginalis testis. *Urology* 34:102-4
26. Kishimoto T, Sato T, Ono T, Okada K, Masuda Y, Ito H (1989) Malignant mesotheliomas in Kure City, Japan: the relationship of asbestos exposure. *Cancer Invest* 7:407-10
27. Kheitov LK (1989) Once again about mesothelioma. *Arkh Patol* 51(8):62-5
28. Prescott S, Taylor RE, Sclare G, Busuttill A (1988) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis: a case report. *J Urol* 140:623-4
29. 森永謙二、瀬良好澄 (1988) 石綿による職業癌. 現代労働衛生ハンドブック、pp 924-7、労働科学研究所出版部、川崎
30. 森永謙二 (1987) 中皮腫. 石綿・ゼオライトのすべて、pp260-95、日本環境衛生センター、川崎
31. Hoch-Ligeti C, Restrepo C, Stewart HL (1986) Comparative pathology of cardiac neoplasms in humans and in laboratory rodents: a review. *J Natl Cancer Inst* 76:127-42
32. Karunaharan T (1986) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis in an asbestos worker. *J Royal Coll Surg Endib* 31:253-4
33. Wadler S, Chahinian P, Slater W, Goldman M, Mendelson D, Holland JF (1986) Cardiac abnormalities in patients with diffuse malignant pleural mesothelioma. *Cancer* 58:2744-50
34. Antman K, Cohen S, Dimitrov NV, Green M, Muggia F (1984) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis. *J Clin Oncol* 2:447-51
35. Hillerdal G (1983) Malignant mesothelioma 1982: review of 4710 published cases. *Br J Dis*

Chest 77:321-43

36. Beck B, Konetzke G, Ludwig V, Röthig W, Strum W (1982) Malignant pericardial mesotheliomas and asbestos exposure: a case report. *Am J Ind Med* 3:149-59
37. Japko L, Horta A, Schreiber K, Mitsudo S, Karwa GL, Singh G, Koss LG (1982) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis testis. *Cancer* 49:119-27
38. Kahn EI, Rohl A, Barrett EW, Suzuki Y (1980) Primary pericardial mesothelioma following exposure to asbestos. *Environ Res* 23:270-81
39. Eck H, Berg-Schlosser V (1978) Beitrag zur Ätiologie der malignen Perikard mesotheliome. *Dtsch Med Wochenschr* 103:1751-3
40. Churg A, Warnock ML, Bendch KG (1978) Malignant mesothelioma arising after direct application of asbestos and fiber glass to the pericardium. *Am Rev Respir Dis* 118:419-24
41. Fligiel Z, Kaneko M (1976) Malignant mesothelioma of the tunica vaginalis propria testis in a patient with asbestos exposure. A case report. *Cancer* 37:1478-84

Ⅲ 中皮腫と職業性石綿ばく露に関する検討

1 過去3年間の認定事例の検討

本検討会では、平成11年度から平成13年度までの過去3年間において、石綿による中皮腫として労災認定された93件について検討した。部位別件数は、胸膜70件、腹膜23件（胸腹膜、精巣鞘膜の各1件を含む）で、全例男性であった（表4）。

表4 石綿による中皮腫の認定事例に係るばく露期間、年齢、潜伏期間

部位	調査項目	症例数	最小	最大	中央	平均	標準偏差
胸膜 (男性)	ばく露期間(年)		2.3	42.7	17.4	19.8	11.3
	症状確認時年齢	70	30	95	60	60	11.0
	潜伏期間(年) ^(注)		11.5	54.2	38.6	36.9	9.8
腹膜 (男性)	ばく露期間(年)		4.3	47.0	20.3	21.3	11.2
	症状確認時年齢	23	49	76	63	63	6.0
	潜伏期間(年)		27.3	52.2	42.0	41.1	6.0
中皮腫	ばく露期間・年		2.3	47.0	18.3	20.2	11.3
合計	症状確認時年齢	93	30	95	61	61	10.1
(男性)	潜伏期間(年)		11.5	54.2	39.5	38.0	9.2

注) ばく露開始から症状確認日までの期間

胸膜中皮腫についてみると、ばく露期間の平均は19.8年、中央値は17.4年、最大42.7年、最小2.3年であった。症状確認時の年齢は平均値、中央値ともに60歳、最大95歳、最小30歳であった。石綿ばく露開始から中皮腫発症の症状確認日までの潜伏期間は、平均36.9年、中央値は38.6年、最大54.2年、最小11.5年であった。

腹膜中皮腫についてみると、ばく露期間の平均は21.3年、中央値は20.3年、最大47.0年、最小4.3年であった。症状確認時の年齢は平均値、中央値ともに63歳、最大76歳、最小49歳であった。石綿ばく露開始から中皮腫発症の症状確認日までの潜伏期間は、平均41.1年、中央値は42.0年、最大52.2年、最小27.3年であった。

両部位を合わせてみると、ばく露期間の平均は20.2年、中央値は18.3年であり、このうち、5年未満は7例であった。症状確認時の年齢は平均値、中央値ともに61歳、石綿ばく露開始から中皮腫発症の症状確認日までの潜伏期間は、平均38.0年、中央値は39.5年であった。

労災保険加入業種別に調べた結果では、胸膜及び腹膜の93件のうち、「船舶製造及び修理業」が最も多く18件(19.4%)、次いで「その他の各種事業」が17件(18.3%)、「建築事業(既設建築物設備工事業を除く)」12件(12.9%)、「その他の窯業又は土石製品製造業」11件(11.8%)、「輸送用機械器具製造業(船舶製造又は修理業を除く)」7件

(7.5%)、「金属製品製造業又は金属加工業(洋食器、刃物手工具又は一般金物製造業及びメッキ業を除く)」5件(5.4%)の順であった(表5)。

表5 石綿による中皮腫の認定事例に係る業種別件数

事業の種類	胸膜	腹膜	計	%
建築事業(既設建築物設備工事業を除く)	10	2	12	12.9
既設建築物設備工事業	1	0	1	1.1
機械装置の組立て又は据付けの事業	2	0	2	2.2
その他の建設事業	1	1	2	2.2
食料品製造業(たばこ等製造業を除く)	1	0	1	1.1
繊維工業又は繊維製品製造業	1	0	1	1.1
化学工業	0	1	1	1.1
ガラス又はセメント製造業	0	2	2	2.2
その他の窯業又は土石製品製造業	3	8	11	11.8
金属精錬業(非鉄金属精錬業を除く)	3	0	3	3.2
金属材料品製造業(鋳物業を除く)	1	0	1	1.1
金属製品製造業又は金属加工業(洋食器、刃物手工具又は一般金物製造業及びメッキ業を除く)	5	0	5	5.4
機械器具製造業(電気機械器具製造業、輸送用機械器具製造業、船舶製造又は修理業及び計量器、光学機械、時計等製造業を除く)	1	0	1	1.1
輸送用機械器具製造業(船舶製造又は修理業を除く)	7	0	7	7.5
船舶製造又は修理業	17	1	18	19.4
その他の製造業	3	1	4	4.3
交通運輸事業	1	0	1	1.1
貨物取扱事業(港湾貨物取扱事業及び港湾荷役業を除く)	1	0	1	1.1
電気、ガス、水道又は熱供給の事業	1	0	1	1.1
倉庫業、警備業、消毒又は害虫駆除の事業又はゴルフ場の事業	1	0	1	1.1
その他の各種事業	10	7	17	18.3
合計	70	23	93	100

職種別にみると、最も多かったのは、「船舶の製造及び修理作業」27件、ついで「石綿パイプ製造作業」12件、「断熱・保温作業」9件、「鉄道、車両製造作業」8件、「石綿吹き付け作業」6件、「配管・板金作業」5件の順であった。また、吹付け石綿された空間で電気工事やエレベーター・変圧器の設置作業でのばく露が4件、倉庫内で石綿製品の保管や運搬2件、石綿含有建材の加工作業2件、溶接の際に養生のために石綿布を切断する作業2件、各種機器のメンテナンス時における石綿製品の取り扱い2

件であった。

2 職業性ばく露事例の検討

職業性石綿ばく露の機会は直接のばく露もあれば間接のばく露もある。直接の職業ばく露とは、石綿鉱山、石綿紡績・紡織工場、石綿セメント工場、石綿断熱材製造工場、断熱作業などで直接石綿や石綿を含有する製品を製造・取り扱うことによるばく露である。しかし、中皮腫を発症せしめる石綿のばく露形態は、過去3年間の中皮腫認定事例の検討結果から分かるように、多種多様である。

間接的な職業ばく露とは、直接石綿を取り扱うことはないが、石綿を取り扱う現場で作業をすることによって石綿ばく露を受けることをいう。造船業における各種作業がそれに該当する。

職業ばく露以外には、傍職業性家庭内ばく露として、石綿工場に働く夫の作業衣を洗濯することによりばく露を受ける妻や、空になった石綿袋を家に持ち帰り、子供がそれで遊んだりすることによるばく露がある。傍職業性ばく露とは家で石綿含有シートを切断したり、石綿入りのパウダーを壁に塗ったりする作業を自宅などで行うことによる、DIY(Do it yourself)によるばく露を言う。

胸部エックス線で石綿肺所見を有しない職業性ばく露でも中皮腫が発症することは、良く知られている。以下、主な業種別に、中皮腫が発症しうる職業性石綿ばく露の機会を、我が国での経験例も含めて記述する。

(1) 石綿鉱山の採石・粉砕作業、石綿原料等の運搬・倉庫内作業

港湾労働者が石綿原料等を運搬する際に石綿粉じんのばく露を受け、石綿肺を生じた例も知られている。船内や倉庫内という密閉された中で、過去には麻や紙袋入りの石綿原料等を手づかみ、肩荷役する作業において、袋の破損による石綿原料の漏れとその粉じんへのばく露が、石綿肺の原因となったと考えられる。石綿原料の主な取り扱い港は東京・横浜・清水・新潟・名古屋・四日市・大阪・神戸・門司港であった。

石綿工場に石綿原料を運搬していたトラック運転手に、石綿入り袋からの飛散などにより、中皮腫が発生した事例もある。

(2) 石綿製品製造・加工業

石綿製品は多岐にわたるが、当然石綿製品を製造する工程に従事していれば、石綿ばく露を受ける。石綿製品の主なものとしては、石綿紡織品(石綿糸、石綿布、石綿パッキン、石綿ひも、石綿リボンなど)、ジョイントシート、石綿紙、石綿板、摩擦材(ブレーキライニング、クラッチフェーシングなど)、保温材、吹付け材、石綿スレート、各種石綿セメント製品(石綿管、パルプセメント板など)などがある。特に、石綿入りの袋を開けて投入する作業や、石綿製品の切断工程は高濃度のばく露を受ける。

石綿紡織での乾式作業は、他の石綿セメント製品製造や摩擦材製造に比べて、はるかに高濃度のばく露があった。

(3) 造船業・修理・解体業、車両製造・修理・解体業

造船業従事者に石綿ばく露による肺がんや中皮腫が発症していることは我が国を含む世界各地から報告されている。

造船業での石綿ばく露の中には、直接石綿を取り扱うことによるばく露のほか、直接石綿を取り扱わない作業員、例えば塗装工や電気技師が石綿ばく露を受け、肺がんや中皮腫に罹患する例がある。

車両への石綿の吹付けは 1955 年以降、当時の国鉄車両の不燃化として行われるようになった。造船業と同様、直接石綿を取り扱わなくても、吹付け後の電気機装作業でばく露し、中皮腫に罹患した例は我が国でもある。1978 年頃までは、車両に使われていた石綿含有断熱材等の補修による石綿ばく露はあったと推測される。

(4) 断熱・保温材取扱い作業及びその補修作業

石綿製品を用いて炉などの種々の施設への断熱・保温材取扱い作業や配管、その補修作業で石綿ばく露を受け、数十年後に胸膜プラークや肺がん、中皮腫が発症することも知られている。しかし、その具体的なばく露形態は様々である。

石綿織布リボン厚さ 1mm 以上のものは細い蒸気管の保温用に使われたり、ガスケット・テーブルとして高温高压の箇所に使われてきた。厚さ 1mm 以下の薄いものは、発電機などの電気機器絶縁用に使われてきた。遠心ポンプ、水圧、油圧機及びパルプなど流体を扱う機械に必ず使用されているグランドパッキングやガスケットにも石綿は使用されてきた。このような石綿使用機器の補修・メンテナンス作業で石綿にばく露した事例がある。

また、化学工場や製油精製工場での配管被覆、貯蔵タンク及びオートクレーブの保温用のラッキングに石綿材が使用されており、ラッキングの脱落補修作業での石綿ばく露がある。なかには、分配管の液漏れ点検作業のために、破損を修繕する際に断熱用の石綿布団をめくることによりばく露を受けることもある。

石綿作業服や石綿手袋は、製鉄、金属、ガラス工場、化学工場などの高温作業時に常用されていた。これらのものを長期間使用していれば、劣化が起これば、石綿ばく露を受ける。

我が国でのボイラー技士会員を対象とした調査では、石綿を扱ったり触れたりしたことがあると答えたものが約 67 %、そのうちの大半は断熱配管被覆材の修理であったとする報告があり、中皮腫例もある。

パルプや製紙工場において、このような保温・断熱材の補修作業を行い、石綿ばく露を受けることによって中皮腫が発症することが明らかになっている。

ビスケット工場やパン焼き工場従業員の中皮腫例がイタリアから報告されている。1980 年代以前に製造されたオープンには石綿含有の種々の断熱材が使用されており、これらの補修の際の石綿ばく露があった。我が国でも中学時代にアルバイトで菓子製造工場に働き、断熱材の補修に従事し、胸膜中皮腫に罹患した例がある。

清酒工場ではフィルタープレス型やリーフフィルター型の各種ろ過機が使用されているが、この中には石綿フィルターが使われていたものがある。この石綿フィル

ター製造場で働いていた従業員が石綿肺を発症しており、また清酒工場で働いていた者に胸膜プラーク例があったとする報告もある。石綿フィルターが使用される以前は、石綿を直に酒で溶いて液状にし、ろ過器のろ過膜に貼り付けて使用していたこともある。

石綿フィルターは 1976 年頃国税庁の指導もあり、1985 年の日本酒造組合中央会は全面不使用の通知を出したことから、清酒用のろ過材としてはほとんど使われなくなった。石綿フィルターは苛性ソーダ、塩素、水素、酸素などを製造する際の電解槽の隔膜としても使用されてきており、これらの交換、補修の際にばく露を受ける。

(5) 石綿吹付け作業、石綿吹付け場所での作業

我が国では吹付け石綿は 1956 年頃より使用され始め、1964 年頃からは防音用として航空基地周辺の学校や施設に、さらに 1967 年頃からは超高層ビル化、鉄骨構造化に伴い、軽量耐火材として数多くのビル・建物に使用されてきた。この石綿吹き付け作業は短期間であっても高濃度ばく露であり、1975 年に石綿吹付けの原則禁止措置がとられた。しかしながら、1980 年頃までは吹付けロックウールの一部（含有率 5%以下）として石綿が使用されていた。

石綿が吹付けられてきた場所で電気配線やエレベーター・変圧器などを設置する際に、吹付け石綿を削ったり、穴空け作業をしたりすることにより石綿ばく露を受け、中皮腫に罹患した例も我が国で経験されている。一般に、これらの作業は換気の悪い、閉じこめられた空間での作業が多いだけに、短期間・間歇的作業であれ、高濃度の石綿ばく露と推測される。

(6) 建設業・解体業、石綿廃棄物取り扱い

石綿含有建材の裁断、穿孔、面取り、ヤスリかけなどの加工作業でも石綿ばく露を受ける。これらのことから建設労働者のなかには石綿ばく露による胸膜プラークや中皮腫の発症例が報告されている。

石綿が吹付けられてきた建物を解体するハツリ作業では短期間であれ高濃度の石綿ばく露がある。これら作業により発生した石綿廃棄物のずさんな取り扱いでもばく露を受ける。

(7) 溶接・鋳物の際の石綿ばく露

火力発電所、焼却場、浄水場などのプラント設備の建設や補修作業や、製缶作業での溶接時に、火気養生として石綿布や石綿布団を使用してきた。このようなばく露で肺がんや胸膜中皮腫が発症することが知られている。

また、鋳物作業で鋳型に押湯枠を差し込む際、隙間ができるために、その隙間にシート状の石綿を詰め込む作業（シート状の石綿を鋳型の周長にあわせて切断を行い、隙間の程度にあわせて折り畳んで厚みをだし、ハンマー等で埋め込む）による石綿ばく露もある。

(8) 石綿を不純物として含有する粉じんへのばく露

石綿を不純物として含む天然鉱物のうち、比較的利用されているのはタルク（滑石）、パーミキュライト（蛭石）、繊維状ブルサイト（水滑石）がある。なかでも 1980 年代後半までは、タルクはクリソタイル、トレモライトやアクチノライトを不純物として含むものがあつた。我が国では、このアクチノライトを不純物として含有するタルクをタイヤの仕上げ工程の際の塗布作業や、ケガキ作業で石綿にばく露し、肺がんや胸膜中皮腫が発症した事例がある。

(9) その他

基材となる石綿にレジンなどの結合材で結合された摩擦材は電車・モノレール・自動車のブレーキライニング、クラッチフェーシングとして使用されてきた。

自動車整備工はバスやトラックなどの大型車の石綿含有のブレーキライニング、クラッチフェーシングの清掃、補修、交換等の作業で石綿粉じんばく露を受け、軽度の石綿肺や胸膜プラークが発生していることが我が国でも報告されている。自動車工場でも艀装作業中、近傍でのエンジンカバーの石綿張り作業による石綿ばく露を受け、胸膜中皮腫が発症した事例がある。

歯科精密鑄造における緩衝材としても石綿リボンや石綿布は使われてきた。ばく露量は他の石綿製品使用と比べて多いとは言えないが、中皮腫による死亡例は本邦でも経験されている。

3 ドイツにおける職業性石綿ばく露による中皮腫事例

旧西ドイツでは石綿による中皮腫(BK4105)は 1977 年 1 月 1 日から、労災補償の対象疾患になっている。全職業がんにおける石綿関連中皮腫の占める割合は 26 ~ 57% である。1978 年から 1994 年までの 17 年間の認定件数は 3,138 件で、平均従事期間は 18.3 年、平均潜伏期間は 35.2 年、発症時平均年齢は 63.2 歳、発症から死亡までの期間は平均 1.8 年である。認定件数は増加の一途を辿っている。観察期間を 1997 年までの 20 年間とした成績では、認定件数は 4,972 件（胸膜 4,772、腹膜 198、心膜 2）で、平均従事期間は 18.3 年、平均潜伏期間は 35.6 年、発症時平均年齢は 63.3 歳、発症から死亡までの期間は平均 1.7 年である。2000 年までの観察では、認定件数は 6,860 件で、平均従事期間は 18.6 年、平均潜伏期間は 36.4 年、発症時平均年齢は 65.0 歳、発症から死亡までの期間は平均 1.8 年である。

産業分類別に認定件数を見ると、どの年代でも鉄鋼・金属産業が最も多く、約 1/3 を上回っている（表 6）。次いで化学産業、建設業でこの 3 業種で全体の 80% 近くを占める。繊維・皮革、土石に含まれる石綿製品製造業での認定件数は全体の約 7% 前後である。

表6 ドイツにおける石綿による中皮腫の産業分類別件数(1978～2000)

産業分類	1978-94	1978-97	1978-2000
鉄鋼・金属	1,107 (35.3%)	1,759 (35.4%)	2,328 (33.9%)
化学	608 (19.4%)	850 (17.1%)	1,095 (16.0%)
精密機械・電気	419 (13.4%)	800 (16.1%)	1,148 (16.7%)
建設	360 (11.5%)	583 (11.7%)	821 (12.0%)
商業・管理	165 (5.3%)	217 (4.4%)	340 (5.0%)
繊維・皮革	140 (4.5%)	201 (4.0%)	271 (4.0%)
土石	61 (1.9%)	132 (2.7%)	188 (2.7%)
鉱業	82 (2.6%)	133 (2.7%)	206 (3.0%)
運輸	39 (1.2%)	102 (2.1%)	156 (2.3%)
木材	NC	NC	112 (1.6%)
食料・飲食	NC	NC	59 (0.9%)
ガス・熱供給・水道	NC	NC	56 (0.8%)
製紙・印刷	NC	NC	53 (0.8%)
保健	NC	NC	27 (0.4%)
その他	157 (5.0%)	195 (3.9%)	NC
計	3,138 (100%)	4,972 (100%)	6,860 (100%)

NC:分類なし

主な職種別に認定件数を見ると、機械修理が最も多く、全件数の約15%を占める(表7)。次いで化学労働者が7～8%を占めている。煉瓦積工・コンクリート工事工、板金工・据付工、大工・屋根職人・足場組工、家具師・型職人、建築材料組立工、塗装工などの建築関係者は、1978年から1994年までは18.7%、1978年から1997年までは22.5%、1978年から2000年までは24.3%と多く、しかも増加傾向にある。また、金属接合(溶接)工や、金属製造・圧延工などの断熱が必要な工程での従事者、倉庫管理者・運輸労働者、電気工にも石綿ばく露による中皮腫の発症があることが分かる。機械係や機械製造工にも見られる(別添資料2参照)。

表7 ドイツにおける石綿による中皮腫の主な職種別件数(1978～2000)

職種	1978-94	1978-97	1978-2000
機械修理	535 (17.0%)	789 (15.9%)	1,092 (15.9%)
化学労働者	265 (8.4%)	379 (7.6%)	517 (7.5%)
板金工・据付工	194 (6.2%)	285 (5.7%)	381 (5.6%)
電気工	174 (5.5%)	272 (5.5%)	393 (5.7%)
建築工事現場監督者	152 (4.8%)	267 (5.4%)	346 (5.0%)
煉瓦積工・コンクリート工事工	127 (4.0%)	194 (3.9%)	271 (4.0%)
倉庫管理者・運輸労働者	117 (3.7%)	138 (2.8%)	184 (2.7%)
機械係	115 (3.7%)	205 (4.1%)	343 (5.0%)
家具師・型職人	113 (3.6%)	181 (3.6%)	253 (3.7%)
金属接合(溶接)工	NC	154 (3.1%)	220 (3.2%)
大工・屋根職人・足場組工*	NC	192 (3.9%)	192 (2.8%)
技術者	NC	NC	160 (2.3%)
機械製造工	NC	NC	135 (2.0%)
建築材料組立工	NC	NC	125 (1.8%)
紡績工	NC	NC	111 (1.6%)
補助職工	NC	NC	110 (1.6%)
技師	NC	NC	109 (1.6%)
塗装職人	NC	NC	101 (1.5%)
金属製造・圧延工	NC	NC	100 (1.5%)
その他	1,346 (42.0%)	1,916 (38.5%)	1,717 (25.0%)
計	3,138 (100%)	4,972 (100%)	6,860 (100%)

NC: 分類なし、* 1978-2000年の分類では足場組工は除外

4 北欧諸国における中皮腫の職業病登録状況

国レベルでのがん登録制度が整備されている北欧諸国では、中皮腫の罹患状況が把握されているが、職業病登録される中皮腫件数とのギャップが指摘されている。

(1) ノルウェー

ノルウェーでは1960年から1979年までの20年間に190例(男155、女35)の中皮腫がノルウェーがん登録に登録されているが、1979年12月末現在、21人(すべて男性)しか国民保険協会(National Insurance Institution(NII))に届出されていないことをMoweら(1984)が述べている(表8)。

表 8 1979 年末までに NII に告知された 21 例の中皮腫(ノルウェー)

	平均±標準偏差	範囲
ばく露開始年齢	27.1±10.3	16~46
死亡年齢	62.0±9.6	43~77
ばく露期間(年)	21.4±11.7	4~45
ばく露開始から死亡までの潜伏期間(年)	35.4±10.8	18~53
ばく露終了から死亡までの潜伏期間(年)	14.1±12.9	0~40
発症から死亡までの(生存)期間(月)	21.1±19.1	4~76
肺内石綿繊維濃度(10 ⁶ 本/g)* 算術平均	104±140	0.5~490
幾何平均	30±7	

NII: National Insurance Institution (国民保険協会)

* 11 例

21 人の職業は、断熱作業者が 4 人、石綿セメント製造労働者 6 人、化学工場労働者 6 人(保温作業 4 人、塗装作業 1 人、管理保守作業 1 人)、大工 2 人、漁師 1 人、電子工学労働者 1 人、造船労働者 1 人で、このうち、管理保守作業の 1 人は、家庭でのばく露があったことから労災補償の対象外とされたが、残りの 20 人はすべて職業病として労災認定されている。21 人の石綿のばく露開始年齢は、平均 27 歳、死亡時平均年齢は 62 歳、ばく露期間は平均 21 年、ばく露から死亡までの潜伏期間は平均 35 年、発症から死亡までの期間は平均 21 月、11 例の肺内石綿繊維濃度(SEM¹による)は算術平均 104x10⁶ 本/g、幾何平均 30x10⁶ 本/gであった。

1960 年から 1969 年までの間にがん登録に登録された中皮腫のうち僅か 3 例、1970 年から 1979 年までの間では 12 例だけが職業病と認定されていた(7.9%)にすぎず、さらに 6 例はがん登録に登録されず、NII に届出されていた。

死亡前に届出されていたのは 11 例で、10 例は死亡後に届出されていた。不完全な届出や届出の遅れは、おそらく確定診断の困難性、職業歴が完璧に把握できないこと、届出に関する種々の知識と関心の欠如にあると、著者は述べている。

(2) スウェーデン

スウェーデンでは 1940 年代から 1970 年代中頃まで大量の石綿が使用されていたが、1976 年に石綿の使用は禁止され、石綿の危険性に関する認知はスウェーデンでは高いことから、多くの胸膜中皮腫は職業がんとして報告されているものと思われる。スウェーデンでは職業がんが疑われた場合、地域社会保険事務所(Regional Social Insurance Offices)に報告され、職業との関連が調査され、職業がんの認定が

*1 Scanning Electron Microscope 走査型電子顕微鏡

決定され、スウェーデン職業病登録(Swedish Register of Reported Occupational Diseases (SRROD))に登録される。

Anderson ら(1995)はスウェーデンの西部に位置する4地域(1980年代の人口は約140万人、胸膜中皮腫の罹患率は男2.5/10万、女0.4/10万)を対象に以下の調査を行った。

1980年から1989年までの10年間に214例の胸膜中皮腫ががん登録に登録されていた。1992年の調査現在、6例の生存が確認され、うち4例は良性中皮腫と思われたので対象から除外した。

210例(男177、女33)のうち75例(36%、全例男性で42%)がSRRODに登録されていた。登録された例の平均年齢は62歳(31-85)で、登録されなかった例の70歳(37-93)に比べて、有意に若かった(表9)。

表9 中皮腫210例の性・年齢分布別の件数とSRRODの登録件数(率)(スウェーデン)

年齢	男	女	計	SRRODに登録された件数(%)	
≤50	19	3	22	14	(64%)
51-65	48	7	55	25	(45%)
66-74	56	10	66	26	(39%)
≥75	54	13	67	10	(15%)
計	177	33	210	75	(36%)

SRROD: Swedish Register of Reported Occupational Diseases (職業病登録)

SRRODに登録された割合について、年代別にみると、1980年から1984年までは42%であったのに対し、1985年から1989年までは29%と低下していた。何故報告率が低いのかについて、著者らは、一つの理由として、石綿ばく露歴がないことをあげている。職業がんの報告率をあげるためには、医師に対して、すべての患者に対する石綿ばく露歴の聞き取りを行う必要があることを知らせなければならない、と述べている。

(3) デンマーク

デンマークの医師は、既知の、あるいは疑われる職業がんはすべて労働監察事業(Danish Labour Inspection Service(DLIS))に報告義務がある。これら報告された例は産業災害局(National Board of Industrial Injuries(NBII))に廻され、そこで労災補償の対象となるかどうか決定される。

1968年から1976年までに356例の中皮腫ががん登録に登録されているが、僅か8例しかDLISに届出されておらず、そのうちの7例が職業病として認定されていた。

1983年から1987年までにがん登録に登録された胸膜中皮腫は234例(男178、女56)であるが、そのうちの81例(34.6%)がDLISに報告されていた。男女別にみる

と、男性では 178 例中 78 例(43.8%)、女性では 56 例中 3 例(5.4%)であった。年齢分布別の報告率をみると 20 歳から 39 歳では 22%、40 歳から 64 歳では 50%、65 歳以上では 25%であった。

1983 年から 1987 年までの 5 年間の 81 例のうち、51 例(男 31、女 20)は DLIS/NBII に報告されていなかった。内訳は、診断時に患者が生存しており、石綿ばく露歴が無しとされたもの 10 例(男 8、女 2)、ばく露歴の質が乏しいもの 4 例(男 1、女 3)、死亡後に診断さればく露歴が無いもの 18 例(男 9、女 9)、ばく露歴が否定されるもの 8 例(男 4、女 4)、で、医療記録を調べた結果、石綿ばく露歴が判明しているにもかかわらず報告されていなかったケースが 3 例(全例男性)あった(表 10)。

表 10 1983 年から 1987 年までの間に胸膜中皮腫と診断され DLIS/NBII に報告された件数(率)と労災認定状況(デンマーク)

	男	女	計
がん登録件数	178	56	234
DLIS/NBII への報告数(率)	78 (43.8)	3 (5.4)	81 (34.6)
認定例	65	0	65
ばく露無しの判定	4	2	6
1 人親方	2	0	2
保留	7	1	8

DLIS: Danish Labour Inspection Service (労働観察事業)

NBII: National Board of Industrial Injuries (産業災害局)

1988 年から 1990 年までの報告率は 53%と上昇していることを Dano ら(1996)が報告しているものの、依然として underreporting であると結論している。

(4) フィンランド

フィンランドでは 1975 年から 1990 年までの間に中皮腫の罹患率は増加しているが、1990 年以降は増加傾向は観察されていない。1984 年から 1995 年までのフィンランドがん登録に登録された中皮腫件数とフィンランドの職業病登録(Finnish Register of Occupational Diseases(FROD))に報告された割合(%)を年代別にみると、男性では 1984 年から 1986 年までの 3 年間では 79 例の胸膜中皮腫に対し 9 例(11.4%)しか FROD に報告されていなかったのが、1987 年から 1989 年には 55%、1990 年から 1992 年には 45%が FROD に報告されるようになっており、1993 年から 1995 年までには 90%に達している(表 11)。

フィンランドでは 1987 年から 1992 年までの石綿プログラムで石綿関連疾患の診断の改善に向けての全国規模のキャンペーンが行われた。

表 11 がん登録の中皮腫件数と FROD の中皮腫件数のその割合(フィンランド)

	男						女					
	胸膜			腹膜			胸膜			腹膜		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1984-86年	79	9	11%	13	-	-	29	1	3%	11	-	-
1987-89年	81	45	55%	11	-	-	43	2	5%	12	-	-
1990-92年	98	44	45%	7	2	29%	36	4	11%	16	1	6%
1993-95年	89	80	90%	12	6	50%	25	4	16%	9	-	-

FROD: Finnish Register of Occupational Diseases (職業病登録)

A: がん登録件数、B: FROD 報告件数、C: B/A x100

5 小括

我が国における中皮腫の3年間の労災認定事例では、石綿ばく露開始から発症までの潜伏期間は平均38年(最短11.5年)、発症年齢は平均61歳であった。石綿ばく露を受ける職種の従事期間は平均20.2年(最短2.3年)であったが、石綿ばく露の形態は、石綿製品製造業などの定常的なばく露を受ける形態のみならず、保温・断熱材の補修・メンテナンスなどの非定常的なばく露によるものも多く、直接石綿ばく露作業以外の作業に従事していた者にも発症していた。また、ドイツでも同様の報告があった。

石綿は、耐熱性・抗張性・化学的安定性に富むうえ、断熱性・電気絶縁性が高く、その優れた特性が広く工業製品の原料として活用されてきたことから、石綿ばく露を受ける機会は様々な業種・業界で働く労働者に及んでいることが分かる。

Bianchi ら(2001)は造船業を主とする石綿ばく露歴を有する胸膜中皮腫例で、石綿ばく露従事年数が明らかな男性325例のうち323例(99.4%)は1年以上のばく露期間が認められた、と述べている。

これらのことから、概ね1年以上の職業による石綿ばく露期間は、中皮腫発症の重要な要因の一つといえる。

なお、我が国では全国規模の中皮腫登録もないことから、真に労災補償の対象とすべき中皮腫の件数が把握できない状況にある。昭和53年度の検討会報告書でイギリスの中皮腫登録が紹介されているが、石綿ばく露によって発症する中皮腫をはじめとする石綿関連疾患に実際に遭遇する臨床医に対して周知徹底を図るとともに、今後は、全国規模での中皮腫登録の必要性も検討されるべきである。

参考文献

1. Koskinen K, Pukkala E, Reijula K, Karjalainen A (2003) Incidence of cancer among the participants of the Finnish Asbestos Screening Campaign. Scand J Work Environ Health 29:64-70
2. 星野圭司 (2002) 用途と日本での使用状況. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患—基礎知

- 識と労災補償－(森永謙二編)、pp17-34、三信図書、東京
3. 森永謙二 (2002) 職業性ばく露の機会. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患－基礎知識と労災補償－(森永謙二編)、pp35-46、三信図書、東京
 4. Butz M (2002) Beruflich verursachte Krebserkrankungen. Eine Darstellung der Zeitraum 1978 bis 2000 anerkannten Berufskrankheiten. HVBG, Sankt Augustin
 5. Morinaga K, Kishimoto T, Sakatani M, Akira M, Yokoyama K, Sera Y (2001) Asbestos-related lung cancer and mesothelioma in Japan. *Ind Health* 39:65-74
 6. Bianchi C, Brollo A, Ramani L, Bianchi T, Giarelli L (2001) Asbestos exposure in malignant mesothelioma of the pleura: a survey of 557 cases. *Ind Health* 39:161-7
 7. Band PR, Le ND, Fang R, Astrakianakis G, Bert J, Keefe A, Krewski D (2001) Cohort cancer incidence among pulp and paper mill workers in British Columbia. *Scand J Work Environ Health* 27:113-9
 8. Ascoli V, Calisti R, Carnovale-Scalzo C, Nardi F (2001) Malignant pleural mesothelioma in bakers and pastry cooks. *Am J Ind Med* 40:371-3
 9. Yeung P, Rogers A (2001) An occupation-industry matrix analysis of mesothelioma cases in Australia 1980-1985. *Appl Occup Environ Hyg* 16:40-4
 10. Gennaro V, Finkelstein MM, Ceppi M, Fontana V, Montanaro F, Perrotta A, Puntoni R, Silvano S (2000) Mesothelioma and lung tumors attributable to asbestos among petroleum workers. *Am J Ind Med* 37:275-82
 11. Gerosa A, Ietri E, Belli S, Grignoli M, Comba P (2000) High risk of pleural mesothelioma among the state railroad carriages repair workers. *Epidemiol Prev* 24:117-9
 12. Langseth H, Andersen A (2000) Cancer incidence among male pulp and paper workers in Norway. *Scand J Work Environ Health* 26:99-105
 13. 海老原勇、藤井正寛、川見正機 (1999) 建設労働者の石綿による健康障害. *労働科学* 75:87-114
 14. Kurumatani N, Natori Y, Mizutani R, Kumagai S, Haruta M, Miura H, Yonemasu K (1999) A historical cohort mortality study of workers exposed to asbestos in a refitting shipyard. *Ind Health* 37:9-17
 15. Butz M (1999) Beruflich verursachte Krebserkrankungen. Eine Darstellung der Zeitraum 1978 bis 1997 anerkannten Berufskrankheiten. HVBG, Sankt Augustin
 16. Yeung P, Rogers A, Johnson A (1999) Distribution of mesothelioma cases in different occupational groups and industries in Australia, 1979-1995. *Appl Occup Environ Hyg* 14:759-67
 17. Battista G, Belli S, Comba P, Fiumalbi C, Grignoli M, Loi F, Orsi D, Paredes I (1999) Mortality due to asbestos-related causes among railway carriage construction and repair workers. *Occup Med(Lond)* 49:536-9
 18. Karjalainen A, Pukkala E, Mattson K, Tammilehto L, Vainio H (1997) Trends in mesothelioma incidence and occupational mesotheliomas in Finland in 1960-1995. *Scand J Work Environ Health* 23:266-70
 19. Butz M (1997) Beruflich verursachte Krebserkrankungen. Eine Darstellung der Zeitraum 1978 bis 1994 anerkannten Berufskrankheiten. HVBG, Sankt Augustin

20. Dano H, Skov T, Lyng E (1996) Underreporting of occupational cancers in Denmark. *Scand J Work Environ Health* 22:55-7
21. Baure HD, Blome H, Blome O, Gelsdorf H, Heidermanns G, Jordan R, Karsten H, Kempf E, Kieser D, Mattenklott M, Pfeiffer W, Schmidt I, Schneider J, Schürmann J, Schwalb J, Sohnle F, Sonnenschein G, Stüchkrath M (1996) BK-Report 1/97 „Faserjahre“. HVBG, Sankt Augustin
22. Andersson E, Toren K (1995) Pleural mesotheliomas are underreported as occupational cancer in Sweden. *Am J Ind Med* 27:577-80
23. Anonymous (1993) アスベストで労災認定－自動車工場では初めて. *労働安全衛生広報* No.586
24. 熊谷信二、大成功一、片岡明彦、車谷典男 (1993) タルク取扱い労働者とアスベスト関連疾患. *労働の科学* 48:308-11
25. 森永謙二、大塚順子、松村智子、坂戸純也、花井彩、藤本伊三郎、原一郎、横山邦彦、瀬良好澄 (1991) 石綿取扱い労働者の検診受診者を対象としたコホート調査. *日本公衛誌* 38:267-71
26. Anonymous (1991) 石綿を含むタルクの大量吸引が原因で業務上. *労働基準広報* 91.8.21
27. Reid AS, Causton BE, Jones JS, Ellis IO (1991) Malignant mesothelioma after exposure to asbestos in dental practice. *Lancet* 338:696
28. 森永謙二、安井一清、原一郎、横山邦彦、山本暁、坂谷光則、瀬良好澄 (1990) 石綿肺患者の予後に関する研究. *日災医学会誌* 38:647-52
29. 森永謙二、原一郎、安井一清、横山邦彦、瀬良好澄 (1990) 一石綿工場従業員の20年間の追跡調査. *産業医学* 32:265-8
30. Skov T, Mikkelsen S, Svane O, Lyng E (1990) Reporting of occupational cancer in Denmark. *Scand J Work Environ Health* 16:401-5
31. 日本石綿処理工業協会 (1989) 吹付けアスベスト処理施工マニュアル、pp1-7、日本石綿処理工業協会、東京
32. 森永謙二 (1989) わが国における石綿関連疾患の疫学的知見. *病理と臨床* 7:684-6
33. 増田千枝子、森永謙二、藤本伊三郎、三浦武夫、後藤稠、横山邦彦、瀬良好澄 (1988) ボイラー技術者の健康調査. *産業医学* 30:219-20
34. Järholm B, Malmer H, Malmer B, Ericsson J, Sällsten G (1988) Pleural mesotheliomas and asbestos exposure in the pulp and paper industries: a new risk group identified by linkage of official registries. *Am J Ind Med* 13:561-7
35. 神山宣彦、森永謙二 (1987) ベビーパウダー中のアスベスト. *医学のあゆみ* 142:47-8
36. 神山宣彦 (1987) 石綿の鉱物学的特性と産業利用. *石綿・ゼオライトのすべて*、pp3-82、日本環境衛生センター、川崎
37. 森永謙二 (1987) 職業曝露による影響. *石綿・ゼオライトのすべて*、pp311-55、日本環境衛生センター、川崎
38. Mowe G, Gylseth B (1984) Medico-legal aspects of malignant mesothelioma. *Scand J Soc Med* 12:15-23
39. 東納嘉治、江馬正和、浜田史秀、田口聖治 (1982) 各種ノンアスベストリボンの歯科技工的物性について. *歯科技工* 10:553-61

40. Samimi BS, Williams AM (1981) Occupational exposure to asbestos fibers resulting from use of asbestos gloves. *Am Ind Hyg Assoc J* 42:870-5
41. Brune D, Beltesbrekke H (1981) Levels of methylmethacrylate, formaldehyde, and asbestos in dental workroom air. *Scand J Dent Res.* 89:113-6
42. 吉田明義 (1980) 自動車整備工におけるじん肺. *日放会誌* 40(6):1-10
43. Zielhuis RL, Versteeg JP, Planteijdt HT (1980) Pleura mesothelioma and exposure to asbestos. A retrospective case-control study in the Netherlands. *Int Arch Occup Environ Health* 36:1-18
44. McDonald AD, McDonald JC (1980) Malignant mesothelioma in North America. *Cancer* 46:1650-6
45. Tagnon I, Blot WJ, Stroube RB, Day NE, Morris LE, Peace BB, Fraumeni JFJ (1980) Mesothelioma associated with the shipbuilding industry in coastal Virginia. *Cancer Res*:40 3875-9
46. Hartung VM (1980) Pleuramesotheliom nach beruflichem Umgang mit asbesthaltiger Hitzeschutzkleidung. *Arbeitsmed.Sozialmed.Präventivmed* 7:153-4
47. Bignon J, Sébastien P, Di Menza L, Nebut M, Payan H (1979) Registre Français des mésothéliomes 1965-1978. *Rev Fr Mal Resp* 7:223-42
48. McDonald AD (1979) Mesothelioma registries in identifying asbestos hazards. *Ann N Y Acad Sci* 330:441-54
49. Moster C, Meintjes R (1979) Asbestosis and mesothelioma on the Rhodesia railways. *Cent Afr J Med* 25:72-4
50. 労働省労働基準局補償課編 (1978) 石綿による健康障害の評価—職業病認定のための労働省専門家会議検討結果報告、労働法令実務センター、東京
51. Cochrane JC, Webster I (1978) Mesothelioma in relation to asbestos fibre exposure. A survey of 70 serial cases. *S Afr Med J* 54:279-81
52. McDonald AD, McDonald JC (1978) Mesothelioma after crocidolite exposure during gas mask manufacture. *Environ Res* 17:340-6
53. Reports of Concils and Bureaus (1976) Hazards of asbestos in dentistry. *J Am Dental Assoc* 92: 777-8
54. British Thoracic and Tuberculosis Association and the Medical Research Council Pneumoconiosis Unit (1972) A survey of pleural thickening, its relation to asbestos exposure and previous pleural disease. *Environ Res* 5:142-51

IV 石綿肺、肺がん、中皮腫以外の石綿による疾病等についての検討

石綿を吸入することによって生じる疾患としては、石綿肺、肺がん、中皮腫以外に良性石綿胸水（石綿胸膜炎）、びまん性胸膜肥厚と、疾患ではないが過去の石綿ばく露の良い指標となる胸膜プラークが重要である。

1 胸膜プラーク（胸膜肥厚斑）

胸膜プラークとは、主として壁側胸膜の中皮下に生じる両側性の不規則な白板状の肥厚である。組織学的には中皮で覆われた膠原線維束がバスケットの網目状に配列されたもので細胞成分をほとんど含まない。すなわち、石綿ばく露によって壁側胸膜に発生した胸膜の線維性の盛り上がり状態を意味し、胸膜プラークそれ自身では肺機能障害を伴わず、胸膜の疾患を意味するものではない。

(1) 石綿ばく露との関係

我が国では、胸膜プラークは石綿ばく露によってのみ発生すると考えて良い。石綿ばく露開始からの経過年数と関連しており、ばく露開始から10年未満では発生しないが、15～30年を経て出現する。そして、20年を経過すると一部が石灰化する可能性がある。そのため、過去の石綿ばく露の指標として重要である。例えば、石綿ばく露によって発生する中皮腫の18～86%に胸膜プラークが合併していると報告されている。また、石綿ばく露者に合併した原発性肺がん症例のうち、胸膜プラークを有する症例は所見のない場合の2.4倍であったと報告されている。Hillerdalら(1980)は原発性肺がん症例のうち、石綿ばく露のある症例では60～70%に胸膜プラークが見られるが、ない例では1～2%のみであり、胸膜プラークが石綿ばく露の良い指標となることを明らかにしている。

石綿ばく露量が多いほど胸膜プラークの発生率が高いことが報告されている。また、胸部エックス線で石綿肺所見を有しない石綿ばく露によっても胸膜プラークが発生することも報告されている。例えば、エレベーター据付け作業員においては、石綿肺所見を呈した症例は91例中皆無であったが、91例中20例(22%)に胸膜プラークが認められたとBresnitzら(1993)は報告している。

平岡ら(1996, 1998)によれば、熊本の旧アンソフィライト鉱山及び工場付近の住民9,832名中、938名(9.5%)に胸膜プラークが認められ、多くの場合が石綿近隣ばく露か環境ばく露であったと報告している。胸膜プラークの所見を認めた場合、職業性石綿ばく露によることはもちろんのこと、副次的職業性、近隣性、家族性等何らかの石綿ばく露を想定すべきであり、詳細な問診が必要である。胸膜プラークは、石綿ばく露によって発生する胸膜病変の中で最も頻度が高い。

喫煙との関係については、石綿ばく露者で喫煙者の方が非喫煙者に比べて胸膜プラークの有所見率が高かったとするWeissら(1981)の報告もあれば、断熱材を取扱う労働者でそのような関係はなかったとするLilisら(1986)の報告もある。

(2) 自覚症状、肺機能障害と予後

胸膜プラークは、最近胸痛と相関するとする報告があるものの、一般的には自覚

症状等はない。胸部エックス線で認められる胸膜プラーク陰影は経過とともに徐々に石灰化し、その濃度を増すとともに、広がってくるが、肺機能に及ぼす影響はほとんどないか、あっても著しい肺機能障害をもたらすことはない。胸膜プラーク自体が他の良性石綿胸膜疾患（胸膜炎、びまん性胸膜肥厚、円形無気肺）を引き起こすことはなく、また、中皮腫に転化することもない。しかし、胸膜プラーク有所見者は無所見者に比べて石綿の累積ばく露量が多いと考えられており、したがって、中皮腫のリスクは無所見者よりも高い、と推測されている。Hillerdal(1994)は 1596 人の胸膜プラーク有所見者（全員男性）を平均 10.2 年観察した結果、9 人の中皮腫患者の発生を認め、リスクは 11 倍であったと報告している。肺がんのリスクは、喫煙の影響、対象集団の石綿ばく露濃度や観察期間等の相違もある様々な結果が得られており、評価は現時点では困難である。胸膜プラーク有所見者に他の良性石綿胸膜疾患（胸膜炎、びまん性胸膜肥厚、円形無気肺）が将来発生する可能性を否定できない。McMillan ら(1982)は海軍造船労働者 175 人のうち 143 人に胸膜プラークを認め、うち 33 人(23.1%)に 10 年間の観察でびまん性胸膜肥厚所見を認めたと報告している。

2 良性石綿胸水

良性石綿胸水とは、以下の 4 項目を満たす疾患をいう。すなわち、①石綿ばく露歴があること、②胸部レントゲン写真あるいは胸水穿刺で胸水の存在が確認されること、③石綿ばく露以外に胸水の原因がないこと、④胸水確認後 3 年以内に悪性腫瘍を認めないこと、を満たす場合である。本疾患の良性とは、悪性腫瘍ではないということで臨床経過が必ずしも良性であるということではない。また、胸膜中皮腫の前段階病変ではない。

本疾患の診断は原因として悪性腫瘍や結核を除外することが必要である。3 年間の経過観察が必要であることから確定診断を下すことは難しい。

(1) 石綿ばく露との関係

Martensson ら(1987)は、3 年間の観察でもなおかつ原因不明の胸水貯留所見を認めた男性 64 人と年齢を合わせた地域住民 103 人の症例対照研究を行った結果、原因不明の胸水貯留所見者の職業石綿ばく露歴は 42 人(65.6%)に認めたのに対し、対照群では 45 人(43.7%)で有意の差を認めたと報告している。原因不明の胸水貯留所見者で職業性石綿ばく露歴がなかった 27 人のうち、1 人は胸部エックス線で、4 人に胸腔鏡で胸膜プラークを認めている。

Epler ら(1982)は、2 つの造船所及び 4 つの石綿製品製造工場で職業性石綿ばく露を受けた 1135 人のうち 35 人(3.1%)に良性石綿胸水を認めている。石綿ばく露濃度別では高濃度ばく露群で 7.0%、間接ばく露群で 3.7%、低濃度ばく露群で 0.3% の発症率であったと報告している。

一般的に発症率は石綿ばく露量が多いほど高く、特に、中・高濃度者では 10 年以内に良性石綿胸水が発症すると言われている。田村ら(1994)は、良性石綿胸水 7 例の石綿ばく露期間は 3 ～ 33 年(平均 20.6 年)であり、全例が高濃度ばく露者であったとしている。岸本ら(1998)は胸水貯留が認められる者 17 例中石綿ばく露期

間 21 年以上が 14 例あり、石綿ばく露期間は平均 27 年であったが、石綿肺を伴う症例の頻度は少なく、むしろ胸膜プラークを認める症例の方が多かったと報告している。

石綿ばく露開始時期から発症までの間（潜伏期間）は他の石綿関連疾患より短く、ばく露から 20 年までに出現することが多いと言われていたが、Hillerdal ら(1987)は平均 30 年(1-58 年)、田村ら(1994)は平均 28.7 年(22-34 年)、岸本ら(1998)は、21 年以上の症例が 17 例中 16 例(94.1%)で平均 34.5 年と長い潜伏期間を持って発症する場合があると報告しており、職業歴の詳細な聴取が必要である。

(2) 症状と診断

半数近くが自覚症状が無く、健康診断で発見されることもある。症状がある場合には、胸痛、発熱、咳嗽、呼吸困難の頻度が高い。岸本ら(1998)は、17 例中 15 例で胸痛あるいは呼吸困難の自覚症状で発症し、無症状であったのは 2 例のみであったと報告している。田村ら(1994)も 7 例中発熱、胸痛、呼吸困難など自覚症状のある症例が 6 例で、自覚症状がなかった症例は 1 例のみであると報告している。田村ら(1993)は、国内外の 128 例中 45 例(35.2%)に胸痛、32 例(25.0%)に呼吸困難、7 例に発熱(5.5%)が見られ、無症状が 60 例(46.9%)であったと報告している。Epler ら(1982)は、良性石綿胸水 35 例中 23 例(65.7%)が無症状であったと報告しており、これらは、検診で発見された。

良性石綿胸水の場合の胸水の性状は滲出液で、半数が血性である。約 4 分の 1 に好酸球性胸水が見られる。胸水の持続期間は平均 3 ヶ月(1~10 ヶ月)であり、無治療で軽快するケースが多いが、胸水が被包化されて残存することもある。特別な治療方法は無いが、副腎皮質ステロイド剤が奏効することもある。一方、再発率も 25~40%あり、4 年間で 3 回胸水を発症した症例報告もある。通常、胸水消失後に片側あるいは両側に肋骨横隔膜角の鈍化あるいは円形無気肺を残す。また、胸水が完全に消失せず遷延する場合もあり、注意深い臨床経過の観察が必要な症例も存在する。

本疾患の診断は、原因として悪性腫瘍、結核、ウィルス起因性等を除外することが必要である。特に胸水確認後 3 年以内に悪性腫瘍を認めないという除外診断のためと、石綿ばく露に関する知識が不十分なためか確定診断に至る例は、我が国ではさほど多くは報告されていない。

石綿ばく露歴が明白で、原因不明の胸水が存在し、臨床的に良性石綿胸水あるいは中皮腫が疑われる症例には、胸腔鏡下胸膜生検による鑑別を行うことが勧められる。Wilsher ら(1998)は、原因不明の胸水を呈した 51 例中胸腔鏡下生検を行い、19 例が胸膜中皮腫、7 例が良性石綿胸水であったと報告している。

(3) 肺機能障害と予後

良性石綿胸水は、胸水が消失した後に約半数の症例でびまん性胸膜肥厚を残す。田村ら(1994)は、7 例中 6 例がびまん性胸膜肥厚を来し、1 例がびまん性胸膜線維症から慢性呼吸不全で死亡したと報告している。さらに症例を追加して 12 例を経過観察したところ、5 例が死亡し、死亡までの平均は 5.0 ± 3.1 年と短く、死因は 2 例が肺炎、2 例がびまん性胸膜肥厚で、1 例が肺がんであったと報告している。

Epler ら(1982)も良性石綿胸水 34 例を追跡調査し、19 例(55.9%)にびまん性胸膜肥厚を来したと報告している。McLoud ら(1985)は、石綿ばく露者 1373 例中 185 例(13.5%)にびまん性胸膜肥厚を認め、そのうち 58 例(31.4%)に良性石綿胸水を認めたことを報告している。岸本ら(1998)も良性石綿胸水 17 例中 6 例にびまん性胸膜肥厚を来し、1 例では慢性呼吸不全を来したと報告している。

良性石綿胸水の予後不良の要因はびまん性胸膜肥厚と胸膜中皮腫の併発である。岸本ら(1998)は 17 例中 1 例では胸膜中皮腫を併発したと報告している。最近では胸水貯留後、原発性肺がんと中皮腫を併発した症例報告もある。また、胸水消失後、胸膜中皮腫を発症した症例が 70 例中 10 例(14.3%)見られたとする報告もある。しかし、良性石綿胸水における胸膜中皮腫の発症リスクに関する疫学的知見はこれまでのところ得られていない。

3 びまん性胸膜肥厚

胸膜プラークが壁側胸膜の病変で、臓側胸膜(肺側胸膜)との癒着を伴わないのに対して、びまん性胸膜肥厚は、臓側胸膜の病変で、壁側胸膜との癒着を伴う。

(1) 石綿ばく露との関係

高濃度石綿ばく露者におけるびまん性胸膜肥厚の頻度は、決して低くないと考えられている。20 年以上の石綿ばく露期間を有するボイラー製造・据付・修理作業者の胸部エックス線写真に胸膜プラークが 8%、びまん性胸膜肥厚が 9%見られたと、Hessel ら(1998)は報告している。Finkelstein ら(1984)は、石綿セメント労働者で石綿肺有所見ほどではないが、石綿ばく露量が多いほどびまん性胸膜肥厚の発症率は高いことを報告している。別の石綿セメント労働者を対象とした調査では、びまん性胸膜肥厚の有所見率は石綿ばく露期間が長くなるにつれて高くなったが、推定累積ばく露量とは相関しなかった、と Jones ら(1987)は報告している。Shepherd ら(1997)は、アモサイトばく露労働者では、びまん性胸膜肥厚の有所見率は、ばく露濃度とばく露開始からの経過年数に相関していた、と報告している。一般的に石綿長期ばく露者、最初のばく露から長年経た者の有所見率は高くなる。家族ばく露によるものもあり Sider ら(1987)は、絶縁材を取扱う労働者の妻(40 歳以上)の 5.5%にびまん性胸膜肥厚が見られたと報告している。

石綿ばく露によるびまん性胸膜肥厚の成因は単一ではない。肺実質病変である石綿肺が進行し、臓側胸膜及び壁側胸膜に波及したと考えられるものは、約 10%と少ない。一方、明らかに良性石綿胸水が関与したと考えられるものが 1/3 ~ 2/3 以上を占める。そして、石綿肺所見のないびまん性胸膜肥厚症例も少なくない。

びまん性胸膜肥厚と石綿ばく露の関係は、胸膜プラークとの関係に比べて、特異度が低く、びまん性胸膜肥厚は必ずしも石綿によるとは限らない。結核性胸膜炎の後遺症や、リウマチ性疾患、全身性エリテマトーデス(SLE)、強直性脊椎炎(AS)などの筋骨格・結合組織疾患、薬剤起因性胸膜疾患との鑑別が必要なこともある。しかし、これらの疾患との鑑別は、経過を詳細に検討すること等により可能なことが多い。

喫煙の影響については胸膜プラークの場合と同様、喫煙者に頻度が高いと McMillan ら (1980)、Schwartz ら (1990) は報告しているのに対し、Rosenstock ら (1991) はそうではなかったと報告している。

(2) 症状と診断

初期の頃は、無症状か軽度の労作時呼吸困難にとどまることが多い。しかし進行すると、とくに両側に病変が及ぶ例では、Hugh-Jones の分類のIV～V度の呼吸困難を呈することもある。肺機能検査では拘束性障害を呈する。性、年齢、喫煙、石綿肺の程度等が同じ集団では、びまん性胸膜肥厚群で有意に%肺活量、%努力肺活量、%1秒量の低下が見られる。また同時に DLco(拡散能)も低下する。なお、石綿肺所見の乏しい場合には、%DLco の低下よりも%TVG (%TLC) の低下の方が大きい。ため、%DLco/VA は大きくなることもある。これらの肺機能低下は進行例ほど強く、著しい肺機能の低下を来す症例も見られる。特に両側のびまん性胸膜肥厚例で、自覚症状と同様にその傾向が強い。

びまん性胸膜肥厚は、胸部エックス線写真上、側胸壁内側の比較的滑らかな厚みのある濃度上昇としてとらえられる。通常、胸膜肥厚を記載するには「厚さ」と「広がり」の2つの指標が用いられる。厚さは mm で表され、最大の厚みが 5 mm 以上かどうかで分けられることが多い。広がり は cm で表されることもあるが、側胸壁の長さの 1/2 とか、1/4 等と表現されることのほうが多い。

びまん性胸膜肥厚は胸膜癒着を伴うので、大多数において肋横角の鈍化が見られる。画像上、鑑別すべきものとしては、胸膜外脂肪、融合した胸膜プラーク、胸膜中皮腫等があげられる。これらを通常胸部エックス線写真で見分けることは難しい。特に、肋横角の鈍化が見られない場合には、胸部 CT が有用である。なお、びまん性胸膜肥厚の陰影の中に石灰化した胸膜プラークが取り込まれていることも多い。

胸部 CT では、側胸壁のみならず後胸壁から傍脊柱に至る肥厚像がとらえられることも多い。HRCT は通常の CT に比べて、局所における構造解析にすぐれた能力を発揮する。前述の胸膜外脂肪層や裂間脂肪の鑑別には欠かせない。また、胸膜から肺内側に向かう肺実質内帯状像や、小さな円形無気肺に伴う crow's feet 等、臓側胸膜病変を反映した肺実質病変の描出にも優れており、癒着を伴わない融合した胸膜プラークとの鑑別にも有用である。胸膜下の浮腫との鑑別は難しいとされるが、浮腫に伴う他の所見と総合することにより、ある程度鑑別が可能である。

(3) 予後

石綿肺の所見がないびまん性胸膜肥厚有所見者の場合、肺拡散能は正常であるが、肺活量、全肺気量と静肺コンプライアンスが低下する。そのため、程度の差はあるものの少なからぬ肺機能障害(拘束性肺機能障害)を来すことが明らかにされている。びまん性胸膜肥厚が進展し、肺機能障害が著しく慢性呼吸不全状態になれば、在宅酸素療法の適応になり、継続的治療が必要になる。

石綿肺の所見がないびまん性胸膜肥厚有所見者は、石綿肺有所見者ほどではない

が、中皮腫のリスクが高い。Karjalainen ら(1999)は石綿肺 1,287 人、良性石綿胸膜疾患 4,708 人を対象に追跡した結果、石綿肺では肺がんのリスクは 6.7 倍(95%CI:5.6-7.9)、中皮腫のリスクは 31.6 倍(95%CI:14.4-60.0)で、良性石綿胸膜疾患では肺がんのリスクは 1.3 倍(95%CI:1.0-1.8)、中皮腫のリスクは 5.5 倍(95%CI:1.5-14.1)であったと報告している。

(4) 事例検討の結果

本検討会においては、胸部エックス線写真上、少なくとも一か所で厚さが 5 mm 以上、広がりが一側の場合 1/2 以上、両側の場合各 1/4 以上を有する 15 のびまん性胸膜肥厚症例について検討した。

対象者は 56～81 歳の男性で、職種は造船業が 8 名、建設業が 3 名、断熱・保温業が 2 名、その他 2 名であった。石綿のばく露期間は 3～45 年、%肺活量(%VC)は 20.0%～96.7%、平均 57.7%であった。いわゆる「著しい肺機能障害」に該当する症例が複数例存在し、両側又は肺尖部に病変を有する症例に肺機能低下の傾向が見られた。なお、15 例中 14 例に胸部エックス線で、1 例に胸部 CT で胸膜プラークを認めた。

表 12 石綿によるびまん性胸膜肥厚 15 例のばく露年数、肺機能検査成績

調査項目	平均値	中央値	最小値	最大値
調査対象年齢(歳)	68.8	69.0	56.0	81.0
ばく露年数(年)	25.2	28.0	3.0	45.0
FEV _{1.0}	1.33	1.25	0.60	2.00
FEV _{1.0} %	76.8	74.6	58.3	100.0
VC	1.83	1.91	0.73	3.01
%VC	57.7	61.5	20.0	96.7
V ₂₅ /Ht	0.38	0.26	0.06	1.06

4. 小括

胸膜プラークは、主として、壁側胸膜の中皮下に発生する臓側(肺側)胸膜との癒着を伴わない限局性の肥厚である。経年的に進行するが、肺機能の低下はほとんど無いか、あっても極めて軽微である。胸膜プラークは、疾患としての意味合いはないが、我が国では石綿ばく露によってのみ発生すると考えられ、石綿ばく露量が多いほど発生率が高いが、胸部エックス線で石綿肺所見を有しないばく露量によっても発生し、石綿ばく露の指標として重要である。

良性石綿胸水の約半数は胸痛、呼吸困難等の自覚症状がある。一方、自覚症状がなく健康診断等による胸水で発見される場合においても、胸膜中皮腫を鑑別するため精密検査が必要となる。胸水が消失せず遷延する場合、また胸水が自然消退した後でも、びまん性胸膜肥厚を残し、種々の程度の肺機能障害をもたらす。

また、石綿によるびまん性胸膜肥厚は、臓側胸膜の病変で、壁側胸膜との癒着を伴

う。なかには、著しい肺機能障害を呈するものが存在する。本検討会で検討した石綿肺所見を伴わないびまん性胸膜肥厚症例のうちで著しい肺機能障害を呈する症例が複数例あった。

したがって、石綿への職業ばく露により生じた良性石綿胸水及びびまん性胸膜肥厚で、著しい肺機能障害等に対して適切な療養が必要な事例については、労災補償の対象として考慮すべきである。

参考文献

1. 岸本卓巳 (2003) 3重癌(胃癌・肺癌・悪性胸膜中皮腫)を発生した石綿曝露歴のある1例. 日呼吸会誌 41:304-9.
2. Chapman SJ, Cookson WO, Musk AW, Lee YC (2003) Benign asbestos pleural diseases. *Curr Opin Pulm Med* 9: 266-71
3. 森永謙二、横山邦彦 (2002) 石綿の健康障害の歴史. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患－基礎知識と労災補償－(森永謙二編)、pp73-98、三信図書、東京
4. 岸本卓巳 (2002) 胸膜疾患. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患－基礎知識と労災補償－(森永謙二編)、pp185-211、三信図書、東京
5. Copley SJ, Wells AU, Rubens MB, Chabat F, Sheehan RE, Musk AW, Hansell DM (2001) Functional consequences of pleural disease evaluated with chest radiography and CT. *Radiology* 220: 237-43.
6. Peacock C, Copley SJ, Hansell DM (2000) Asbestos-related benign pleural disease. *Clin-Radiol.* 55:422-32
7. Mukherjee S, de Klerk N, Palmer LJ, Olsen NJ, Pang SC, Musk AW (2000) Chest pain in asbestos-exposed individuals with benign pleural and parenchymal disease. *Am J Respir Crit Care Med* 162:1807-11
8. Singh B, Eastwood PR, Finucane KE, Panizza JA, Musk AW (1999) Effect of asbestos-related pleural fibrosis on excursion of the lower chest wall and diaphragm. *Am J Respir Crit Care Med* 160:1507-15
9. Karjalainen A, Pukkala E, Kauppinen T, Partanen T (1999) Incidence of cancer among Finnish patients with asbestos-related pulmonary or pleural fibrosis. *Cancer Cause Control* 10:51-7
10. 岸本卓巳、岡原正幸、近森研一、小崎晋司、青江啓介、大家政志、藤岡英樹、木村和陽、米井敏郎 (1998) 良性石綿胸水の臨床的検討. 日呼吸会誌 36:18-22
11. 岸本卓巳、岡原正幸、小崎晋司、藤岡英樹、木村和陽、大家政志 (1998) 4年間に3回再発を繰り返した良性石綿胸水の若年例. 日災害会誌 46:491-5
12. Hiraoka T, Ohkura M, Morinaga K, Kohyama N, Shimazu K, Ando M (1998) Anthophyllite exposure and endemic pleural plaques in Kumamoto, Japan. *Scand J Work Environ Health* 24:392-7
13. Gevenois PA, de Maertelaer V, Madani A, Winant C, Sergent G, De Vuyst P (1998) Asbestosis, pleural plaques and diffuse pleural thickening: three distinct benign responses to asbestos exposure. *Eur Respir J* 11:1021-7
14. Hessel PA, Melenka LS, Michaelchuk D, Herbert FA, Cowie RL (1998) Lung health among

- boilermakers in Edmonton, Alberta. *Am J Ind Med* 34:381-6
15. Wilsher ML, Veale AG (1998) Medical thoracoscopy in the diagnosis of unexplained pleural effusion. *Respirology* 3:77-80
 16. 田村猛夏、岡本行功、徳山猛、浜田薫、春日宏友、米田尚弘、宮崎隆治、成田亘啓 (1997) 石綿胸膜炎症例の予後について. *日胸疾会誌* 35:1047-53
 17. Shepherd JR, Hillerdal G, McLarty J (1997) Progression of pleural and parenchymal disease on chest radiographs of workers exposed to amosite asbestos. *Occup Environ Med* 54:410-5
 18. 平岡武典、安藤正幸、志摩清 (1996) 熊本県松橋地区における胸膜肥厚斑の疫学調査. *日胸疾会誌* 34:385-91
 19. Industrial Injuries Advisory Council (1996) Asbestos Related Diseases. Social Security Administration Act 1992, The Stationary Office, London
 20. Miller A (1996) Asbestos-related bilateral diffuse pleural thickening: natural history of radiographic and lung function abnormalities. *Am J Respir Crit Care Med* 154:1919-20
 21. Kee ST, Gamsu G, Blanc P (1996) Causes of pulmonary impairment in asbestos-exposed individuals with diffuse pleural thickening. *Am J Respir Crit Care Med* 154:789-93
 22. Yates DH, Browne K, Stidolph PN, Neville E (1996) Asbestos-related bilateral diffuse pleural thickening: natural history of radiographic and lung function abnormalities. *Am J Respir Crit Care Med* 153:301-6
 23. Ferrer JS, Munoz XG, Orriols RM, Light RW, Morell FB (1996) Evolution of idiopathic pleural effusion: a prospective, long-term follow-up study. *Chest* 109:1508-13.
 24. 田村猛夏、成田亘啓 (1994) 胸膜石灰沈着—石綿曝露関連を中心として—. *日本臨床別冊 領域別症候群* 3:792-4
 25. 田村猛夏、成田亘啓 (1994) 石綿胸膜炎. *日本臨床別冊 領域別症候群* 3:746-8
 26. Karjalainen A (1994) Occupational asbestos exposure, pulmonary fiber burden and lung cancer in the Finnish population, pp1-66, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki
 27. Karjalainen A, Karhunen PJ, Lalu K, Penttila A, Kyyronen P, Tossavainen A (1994) Pleural plaques and exposure to mineral fibres in a male urban necropy population. *Occup Environ Med* 51:456-60
 28. Hillerdal G (1994) Pleural plaques and risk for bronchial carcinoma and mesothelioma. A prospective study. *Chest* 105:144-50
 29. Schwartz DA, Davis CS, Merchant JA, Bunn WB, Galvin JR, Fossen SV, Dayton CS, Hunninghake CW (1994) Longitudinal changes in lung function among asbestos-exposed workers. *Am J Respir Crit Care Med* 150:1243-9
 30. Shih JF, Wilson JS, Broderick A, Watt JL, Galvin JR, Merchnat JA, Schwartz DA (1994) Asbestos-induced pleural fibrosis and impaired exercise physiology. *Chest* 105:1370-6
 31. 田村猛夏、春日宏友、壺田均、成田亘啓、宮崎隆治、三上理一郎 (1993) 石綿胸膜炎の臨床的検討ならびに文献的考察. *日胸疾会誌* 28:1182-94.
 32. Miller A (1993) Pulmonary function in asbestos and asbestos-related pleural diseases. *Environ Res* 61:1-18
 33. Miller A, Miller JA (1993) Diffuse thickening superimposed on circumscribed pleural

- thickening related to asbestos exposure. *Am J Ind Med* 23:859-71
34. Dujic Z, Eterovic D, Tocilj J (1993) Association between asbestos-related pleural plaques and resting hyperventilation. *Scand J Work Environ Health* 19:346-51
 35. Bresnitz ID, Gilman MJ, Gracely EJ, Airoidi J, Vogel E, Gefter W (1993) Asbestos-related radiographic abnormalities in elevator construction workers. *Am Rev Respir Dis* 147:1341-4
 36. 三浦溥太郎、木村雄二 (1992) 肺病変を伴わない胸水—アスベスト—シス(良性石綿胸水). *medicina* 29:1456-67
 37. Broderick AL, Fuortes LJ, Merchant JA, Galvin JR, Schwartz DA (1992) Pleural determinants of restrictive lung function and respiratory symptoms in an asbestos-exposed population. *Chest* 101:684-91
 38. Schwartz DA (1991) The clinical relevance of asbestos-induced pleural fibrosis. *Ann N Y Acad Sci* 643: 169- 77
 39. Kouris SP, Parker DL, Bender AP, Williams AN (1991) Effects of asbestos-related pleural disease on pulmonary function. *Scand J Work Environ Health* 17:179-83
 40. Kilburn KH, Warshaw RH (1991) Abnormal lung function associated with asbestos disease of the pleura, the lung, and both: a comparative analysis. *Thorax* 46:33-8
 41. Solomon A (1991) Radiological features of asbestos-related visceral pleural changes. *Am J Ind Med* 19:339-55
 42. al Jarad N, Poulakis NN, Pearson MC, Rubens MB, Rudd RM (1991) Assessment of asbestos-induced pleural disease by computed tomography--correlation with chest radiograph and lung function. *Respir Med* 85:203-8
 43. Rosenstock L (1991) Roentgenographic manifestations and pulmonary function effects of asbestos-induced pleural thickening. *Toxicol Ind Health* 7:81-7
 44. Kilburn KH, Warshaw R (1990) Pulmonary functional impairment associated with pleural asbestos disease. Circumscribed and diffuse thickening. *Chest* 98:965-72
 45. Merchant JA (1990) Human epidemiology: a review of fiber type and characteristics in the development of malignant and nonmalignant disease. *Environ Health Perspect* 88:287-93
 46. Leung AN, Muller NL, Miller RR (1990) CT in differential diagnosis of diffuse pleural disease, *AJR Am J Roentgenol* 154:487-92
 47. Schwartz DA, Fuortes LJ, Galvin JR, Burmeister LF, Schmidt LE, Leistikow BN, LaMerte FP, Merchant (1990) Asbestos-induced pleural fibrosis and impaired lung function. *Am Rev Respir Dis* 141:321-6
 48. Bourbeau J, Ernst P, Chrome J, Armstrong B, Becklake MR (1990) The relationship between respiratory impairment and asbestos-related pleural abnormality in an active work force. *Am Rev Respir Dis* 142:837-42
 49. 森永謙二 (1989) 我が国における石綿関連疾患の疫学的知見. *病理と臨床* 7:686-94
 50. Britton MG, Apps MC, Maxwell DL, Hughes DT, Hanson A (1989) The value of ear lobe oximetry in the assessment of disability in asbestos-related disease. *Respir Med* 83:43-9
 51. Lynch DA, Gamsu G, Aberle DR (1989) Conventional and high resolution computed tomography in the diagnosis of asbestos-related diseases. *Radiographics* 9:523-51

52. Jones RN, McLoud T, Rockoff SD (1988) The radiographic pleural abnormalities in asbestos exposure: relationship to physiologic abnormalities *J Thorac Imag* 3:57-66
53. Oliver LC, Eisen EA, Greene R, Sprince NL (1988) Asbestos-related pleural plaques and lung function *Am J Ind Med* 14:649-56
54. Lilis R, Lerman Y, Selikoff IJ (1988) Symptomatic benign pleural effusions among asbestos insulation workers: residual radiographic abnormalities. *Br J Ind Med* 45:443-9
55. Lynch DA, Gamsu G, Ray CS, Aberle DR (1988) Asbestos-related focal lung masses: manifestations on conventional and high-resolution CT scans. *Radiology* 169:603-7
56. 横山邦彦(1987) 胸膜病変. 石綿・ゼオライトのすべて、pp210-49、日本環境衛生センター、川崎
57. Hillerdal G, Ozesmi M (1987) Benign asbestos pleural effusion: 73 exudates in 60 patients. *Eur J Respir Dis* 71:113-21
58. Martensson G, Hagberg S, Pettersson K, Thiringer G (1987) Asbestos pleural effusion: a clinical entity. *Thorax* 42:646-51
59. Jones RN, Diem JE, Huges JM, Hammad YY, Glindmeyer HW, Weill H (1989) Progression of asbestos effects: a prospective longitudinal study of chest radiographs and lung function. *Br J Ind Med* 46:97-105
60. Sider L, Holland EA, Davis TM Jr, Cugell DW (1987) Changes on radiographs of wives of workers exposed to asbestos. *Radiology* 164:723-6
61. Stephens M, Gibbs AR, Pooley FD, Wagner JC (1987) Asbestos induced diffuse pleural fibrosis: pathology and mineralogy. *Thorax* 42:583-8
62. Bohlig H, Calavrezos A (1987) Development, radiological zone patterns, and importance of diffuse pleural thickening in relation to occupational exposure to asbestos. *Br J Ind Med* 44:673-81
63. Nemeth L, Tolnai, K, Hovanyi E, Egervary M, Vincze E, Gyori S (1986) Frequency, sensitivity and specificity of roentgenographic features of slight and moderate asbestos-related respiratory diseases. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed* 144: 9-16
64. Lilis R, Selikoff IJ, Lerman Y, Seidman H, Gelb SK (1986) Asbestosis: interstitial pulmonary fibrosis and pleural fibrosis in a cohort of asbestos insulation workers: influence of cigarette smoking. *Am J Ind Med* 10:459-70
65. Herbet A (1986) Pathogenesis of pleurisy, pleural fibrosis, and mesothelial proliferation. *Thorax* 41:176-89
66. Cookson WO, De Klerk NH, Musk AW, Glancy JJ, Armstrong BK, Hobbs MS (1985) Benign and malignant pleural effusions in former Wittenoom crocidolite millers and miners. *Aust N Z J Med* 15:731-7
67. McLoud TC, Woods BO, Carrington CB, Epler GR, Gaensler EA (1985) Diffuse pleural thickening in an asbestos-exposed population: Prevalence and causes. *AJR Am J Rentgenol* 144:9-18
68. Finkelstein MM, Vingilis JJ (1984) Radiographic abnormalities among asbestos-cement workers. An exposure-response study. *Am Rev Respir Dis* 129:17-22

69. McGavin CR, Sheers G (1984) Diffuse pleural thickening in asbestos workers: disability and lung function abnormalities. *Thorax* 39:604-7
70. Gefter WB, Epstein DM, Miller WT (1984) Radiographic evaluation of asbestos-related chest disorders. *Crit Rev Diagn Imaging* 21:133-81
71. Mollo F, Andrion A, Pira E, Barocelli MP (1983) Indicators of asbestos exposure in autopsy routine. Pleural plaques and occupation. *Med Lavb* 74:137-42
72. Miller A, Tierstein AS, Selikoff IJ (1983) Ventilatory failure due to asbestos pleurisy. *Am J Med* 75:911-9
73. Epler GR, McLoud TC, Gaensler EA (1982) Prevalence and incidence of benign asbestos pleural effusion in a working population. *JAMA* 247:617-22.
74. Craighead JE, Abraham JL, Churg A, Green FH, Kleinerman J, Pratt PC, Seemayer TA, Vallyathan V, Weill H (1982) The pathology of asbestos-associated diseases of the lungs and pleural cavities: diagnostic criteria and proposed grading schema. Report of the Pneumoconiosis Committee of the College of American Pathologists and the National Institute for Occupational Safety and Health. *Arch Pathol Lab Med* 106:544-96
75. McMillan GH, Rossiter CE (1982) Development of radiological and clinical evidence of parenchymal fibrosis in men with non-malignant asbestos-related pleural lesions. *Br J Ind Med* 39:54-9
76. Industrial Injuries Advisory Council (1982) Social Security Act 1975, Asbestos-Related Diseases without Asbestosis, Department of Health and Social Security, Her Majesty's Stationary Office, London
77. Hillerdal G (1981) Non-malignant asbestos pleural disease. *Thorax* 13:669-75
78. Weiss W, Levin R, Goodman L (1981) Pleural plaques and cigarette smoking in asbestos workers. *J Occup Med* 23:427-30
79. Robinson BW, Musk AW (1981) Benign asbestos pleural effusion: diagnosis and course. *Thorax* 36:869-900
80. Hillerdal G (1981) Non-malignant asbestos pleural disease. *Thorax* 36:669-75
81. Hillerdal G (1980) Pleural plaques and risk for cancer in the County of Uppsala. *Eur J Respir Dis suppl* 107:111-7
82. Hillerdal G (1980) Pleural Plaques. Occurrence, exposure to asbestos, and clinical importance, pp 1-227, *Acta Universitatis Upsaliensis*, Upsala
83. McMillan GH, Pethybridge RJ, Sheers G (1980) Effect of smoking on attack rates of pulmonary and pleural lesions related to exposure to asbestos dust. *Br J Ind Med* 37:268-72
84. Wright PH, Hanson A, Kreef L, Capel LH (1980) Respiratory function changes after asbestos pleurisy. *Thorax* 35:31-6
85. Pleger L (1978) Organ involvement in asbestos-related disease. *Asbestos-Related Disease* (Preger L, ed.), pp29-226, Grune & Statton. New York
86. Lumley KP (1975) Physiological changes in asbestos pleural disease. *Inhaled Particles 4, Part 2* (Ealton WH, ed.), pp781-8, Pergamon Press, Oxford

V 石綿ばく露の医学的所見

1 石綿肺

石綿肺とは、①胸部エックス線所見で、両側下肺野の線状影を主とする異常陰影（じん肺法による胸部エックス線の像の型の区分が1型以上）を呈し、しばしば両側性の胸膜プラークや、びまん性胸膜肥厚を伴う、②石綿への職業ばく露の証拠、③持続性の両側肺底部の吸気性捻髪音、④拘束型換気障害を主とする肺機能異常、⑤他の類似疾患や石綿以外の原因物質による疾患を除外する、この5つの要件のうち①、②、⑤は必須である。

明らかな石綿の職業ばく露歴のない、石綿肺様の胸部エックス線所見（下肺野の線状影を主とする異常陰影）に遭遇した場合には、石綿肺以外の疾患を疑うべきである。じん肺症の中でもアルミニウム肺、mixed dust pneumoconiosis は石綿肺に似たエックス線像を呈するが、職業歴の詳細な聴取により鑑別は可能である。一方、非特異的要因として、吸気不十分な条件や多量喫煙者の場合にはじん肺エックス線像の型の区分が1型程度の不整形陰影を呈することがあることにも留意する必要がある。胸部HRCTの所見としては、①小葉内間質肥厚像及び小葉間隔壁肥厚像、②胸膜下曲線様陰影、③肺実質内帯状像、④胸膜下楔状像、⑤スリガラス状陰影、があげられる。また、石綿によって生じる胸膜プラークも容易に検出できる。

石綿肺は高濃度の石綿ばく露によって発生する疾患であり、最近では honeycombing（蜂巢状）を呈するような進行した石綿肺を見る機会はそれほどあるとは思われない。軽度（早期）の石綿肺の診断に際しては胸部HRCTの上述の所見が参考になるものの、決め手とはならない。むしろ、石綿以外の間質性肺線維症との鑑別には、胸部CT検査での胸膜プラーク所見の方が重要である。

2 胸膜プラーク

胸膜プラークそのものだけでは肺機能障害を示さないものの、過去の石綿ばく露の指標として重要であることは既に述べた。したがって、肺がんや中皮腫患者に特徴的な胸膜プラーク所見を胸部エックス線や胸部CTで認めた場合、あるいは胸腔鏡や手術/剖検時に肉眼で認めた場合には、職業性、副次的職業性、近隣性、家族性等何らかの石綿ばく露があつたことを想定し、石綿ばく露歴が不明であった場合には、改めて詳細な職業歴や居住歴を聞き取り、石綿ばく露歴を把握すべきである。

好発部位は、胸壁背外側第7～10肋骨レベル、外側第6～9肋骨レベル、前胸壁第4肋骨レベル、傍脊椎領域、横隔膜ドームであり、肺尖部や肋骨横隔膜角には通常みられない。進行例では心嚢にも見られることがある。肉眼的には表面に光沢のある白色を呈し、平板状の凹凸を有する隆起として認められる。刷毛で掃いたような薄いものから10mm以上の厚さを有するものまで存在する。石灰化すると硬くなり、厚いものでは胸腔穿刺時等に針が通らないこともある。胸壁では肋骨の走行に沿い、進行と共にそれらが融合してくる。原則として、非対称性に両側の胸膜に認められるが、癒着を伴う先行性の病変があるときや胸膜プラークの初期段階には、一側性にしか見られないこともある。

上述のような肉眼所見は、手術時や胸腔鏡検査時、あるいは剖検時に認められる。問診で石綿ばく露に注意が払われていなかったり、無いと考えられていた症例にこのような所見が認められたので、詳細に再聴取した結果、石綿ばく露歴が判明したということもまれではない。手術時や検査時に胸膜プラークの有無を記載する習慣が大切である。

胸膜プラークは、胸部エックス線上、face-on（正面）か in-profile（接線方向）で見られる。胸膜プラークを face-on でみた場合、結節状、数珠球状、線状、索状、菱形、地図状、分葉状、ひいらぎの葉状などと形容される多様な形状を示す。横隔膜ドームに沿って見られる石灰化胸膜プラークも様々なパターンを示すが、特徴的であり、一側であっても診断は比較的容易である。

in-profile に見られる非石灰化胸膜プラークは、胸部エックス線上、前鋸筋と外斜胸壁筋が重複して生じる陰影、胸膜外脂肪組織や、肋骨随伴陰影（肋間筋、脂肪組織）と混同され易いので注意が必要である。肥満者にみられる脂肪による胸郭内に投影された陰影は、通常対称性であり、しばしば鋸歯状に見える。結核などの炎症後の胸膜変化との鑑別は、同側の肋横角が消失していることや、びまん性に肥厚陰影が見られることにより、多くの場合容易である。筋肉による陰影は、どの場合にも三角形、ダイヤモンド型、V字型、逆V字型のいずれかの似通った形をしていること、陰影の中央の境界は明瞭であること、通常第4肋骨から下の肋骨付近に見られる。これに対し、胸膜プラークの陰影は、形は様々で陰影の中央部は境界やや不明瞭であり、通常第6～9肋骨付近に認めることが多い。厚さ1～10mm程度の陰影で、側胸壁の内面に平行に認められる。斜位方向撮影の併用は、背腹方向単独に比べて胸膜肥厚の検出率を約50%向上させたとの報告がある。他方、斜位撮影の併用は石綿胸膜病変の検出率を高める反面、個々の症例について読影者間の不一致率を有意に増大させ、判定の信頼度をかえって低下させるとの報告もある。最近では、CTが普及していることから、胸部エックス線で胸膜プラークを疑わせる所見を認めた場合には、胸部CT検査を実施して確認するのが良い。

胸部CTでは限局性、平板状で平滑あるいは結節状の胸膜肥厚としてみられる。石灰化を伴わなくてもCT値¹⁾はやや高く、筋層ないしそれ以上である。胸膜下脂肪層とはCT値により、胸壁の筋肉とは解剖学的位置により区別される。

胸部CTは胸部エックス線より胸膜プラークの検出に優れている。これまでの諸家の報告から、胸部CTの胸膜プラーク検出率は、胸部エックス線の場合の概ね2倍であると言える。

胸部CTは胸壁軟部陰影や肋骨随伴陰影との鑑別も容易である。胸部CT上、傍脊椎領域で肋間静脈が胸膜プラークと似た像を呈するが、石灰化を伴わず3mmを超えることはなく、多スライスにわたることもない。また、肺内に突出することもない。

HRCT画像の画質は機種によって異なるが、同じ機種を用いても撮影条件によって

*1 CT画像を構成する最小単位（画素）とスライス厚の積をとった最小単位体積（ボクセル）の平均のX線減弱係数を表し、水のX線減弱係数を基準とした相対値で示したものの。

大きく左右される。電圧 140kV、170mA、撮影時間 1 秒、FOV^{*1} 34.5cm、15mm ~ 20mm 間隔、1 ~ 2mm 厚でヘリカルではなく通常のモードの撮影が基準である。撮影後、左右別々に FOV を 20cm 前後にて高周波数強調関数を用いて画像再構成を行って HRCT 像を作成する。画像表示は window レベル 700H 前後、window 幅 1200 ~ 1500H の肺野条件と window レベル 0H 前後 window 幅 300H 前後の縦隔条件の 2 条件で表示する。

剖検肺で確認された胸膜プラークの胸部エックス線での検出率は極めて低い。これまでの報告から見て、胸部エックス線の胸膜プラークの検出率は 8 ~ 40 % 程度である。Hillerdal ら(1980)は、胸膜プラークについて剖検肺と胸部エックス線を検討し、厳密な診断基準を用いると胸膜プラークの 12.5 % しか胸部エックス線では診断できなかったと述べている。Hourihane ら(1966)は、381 例の剖検肺の 4.1 % に胸膜プラークを認めたが、そのうちの 13.7 % しか胸部エックス線で検出されなかったと報告している。また、胸壁軟部組織や肋骨随伴陰影などの正常の陰影を胸膜プラークとみなされる率は 20 % 以上といわれる。中皮腫が疑われ、胸膜プラーク所見が画像(胸部エックス線、胸部 CT)で認められない場合、中皮腫の確定診断及び胸膜プラーク所見の確認のためには病理解剖所見に頼らざるを得ないこともある。

3 石綿小体(石綿繊維)

(1) 肺組織切片標本中の石綿小体の検出

石綿ばく露で肺内に吸入された比較的長い石綿繊維は、マクロファージ等の貪食によるクリアランス機能が働かず、そのまま長期間肺内に滞留している。そのうちの一部は、多数のマクロファージの作用で亜鈴(あれい)のような形をしたいわゆる石綿小体(Asbestos Body)を形成する。石綿繊維の表面に鉄質蛋白(フェリチンやヘモシデリンなど)が付着して亜鈴状になったものである。肺内に石綿小体があれば石綿小体を形成していない通常の石綿繊維も何倍か存在している。石綿小体は、位相差顕微鏡でも見やすいので石綿ばく露の良い指標として扱われている。

一般に臨床検査や病理診断において、石綿ばく露の有無の判定には、肺組織標本(染色切片)中の石綿小体を光学顕微鏡によって計数する方法がとられている。しかし、厚さ数 μm の染色切片中に幅 1 ~ 2 μm で長さが 5 ~ 20 μm の石綿小体が存在する確率は極めて低く、光学顕微鏡で観察される石綿小体はまれである。ヘルシンキ・クライテリア(1997)によれば、高濃度の職業ばく露を受けたと推定される石綿肺では、経験的に 1cm^2 の組織切片中に 2 本以上の石綿小体が観察されるとしている。一般に、組織切片標本の 1cm^2 あたり 1 本以上の石綿小体が検出されれば、職業的ばく露の指標とされる。石綿肺が認められるような、比較的高濃度の石綿ばく露を受けたケースにおいては、石綿小体を病理切片標本中に確認できることが多いが、それより低濃度の石綿ばく露レベルの正確な評価を組織切片標本中の石綿小体の検出・計数によって行うのは困難である。

*1 (Field of View) : 撮影領域 (関心領域)

(2) 位相差顕微鏡による石綿ばく露レベルの評価

これまでのわが国での症例検討から、明らかに石綿取扱い職歴を有する人の肺内石綿小体 (AB) レベルは、少なくとも 1g の乾燥肺あたり 1000 本の石綿小体 [1000 AB/g (dry lung)] 以上であった。一方、職歴不明の肺がんで亡くなった症例 (一般住民がその大部分と考えられるケース) では、100 AB/g (dry lung) 付近の定量下限値以下から 1000 AB/g (dry lung) 程度までの場合が多かった。しかし、1000 AB/g (dry lung) 以上、まれに 5000 AB/g (dry lung) 以上の人もいた。これらの人は、どこかで石綿を取扱ったか仕事に高濃度のばく露を受けた可能性が高いと考えられる。

中皮腫は、一般にほとんどが石綿ばく露によって発症するといわれているが、10000 AB/g (dry lung) 以上の高濃度レベルから 1000 AB/g (dry lung) 以下の低濃度レベルまで幅広いばく露レベルであるのも特徴である。

これらを総合的に考慮して、肺内石綿小体濃度と石綿ばく露レベルの関係を表 13 にまとめた。

表 13 肺組織中の石綿小体濃度による石綿ばく露レベルの評価

肺組織中の石綿小体濃度 [石綿小体数 AB/g (dry lung)]	石綿ばく露レベル
< 1000	一般住民レベル (職業ばく露の可能性は低い)
1000 ~ 5000	職業ばく露の可能性が強く疑われるレベル
> 5000	職業ばく露があったと推定できるレベル

石綿小体の多くは角閃石系石綿 (アモサイト、クロシドライト) を核とすることが確認されているので、ここに述べた石綿小体の計数による石綿ばく露評価方法は、クリソタイルばく露の評価には必ずしも当てはまらないことがあることに留意しなければならない。また、経験のある測定者とそうでない者との測定結果には、かなりの測定誤差が生じうることに留意すべきであり、あくまでも目安として利用すべきものである。

その他、一般的ではないが、分析透過電子顕微鏡を用いて石綿小体と石綿繊維の両方を検出・定量する方法がある。また、剖検肺、切除肺以外にも、経気管支肺生検 (TBLB)、喀痰、肺洗浄液 (BALF) を用いた検出法もある (別添参考資料 3)。

4 小括

石綿肺は、石綿による間質性肺炎・線維症である。単なる不整形陰影を呈する「じん肺」ではなく、診断には明確な石綿ばく露歴が要求される。つまり、石綿肺の臨床診断には高濃度の石綿吸入歴を疑わせるだけの職業歴が必要である。後述する胸膜プラークとは異なり、石綿の職業ばく露歴のない者に係る石綿肺様の胸部エックス線所見 (下肺野の線状影を主とする異常陰影) に遭遇した場合には、石綿肺以外の疾患等

を疑うべきである。

胸膜プラークは、胸部エックス線で石綿肺所見を有しないばく露によっても発生することが知られている。胸膜プラークそのものだけでは、肺機能障害をもたらさないか、あってもごく軽度であるが、過去の石綿ばく露歴の標識として重要である。この胸膜プラークは、ある程度の広がりがある場合には、胸部エックス線写真等での画像所見により証明される。また、手術時、胸腔鏡検査時、剖検時には、肉眼的所見として得られる。しかし、小さい、あるいは薄い胸膜プラークについては組織学的検査が必要である。

胸部 CT (胸部 HRCT を含む)、胸部腫瘍の確定診断等のための胸腔鏡検査など、近年の医学・医療技術の発展により、胸膜プラークの所見を画像や肉眼で観察する機会が増えてきたと推測される。しかし、従来、胸膜プラーク所見を認めたからといって、石綿との関連を疑い、職業歴を聞き取りにより、石綿ばく露歴を調べるようなことが頻繁に行われてきたとは言い難い。いずれにしても手術時や検査時に胸膜プラークの有無を記載する習慣が大切である。画像所見として胸部 CT とくに胸部 HRCT の診断価値は高い。

中皮腫の患者については、胸部 HRCT は、積極的に行っておくべき検査の一つといえる。胸膜プラークが、石綿ばく露の重要な指標の一つであることを周知徹底する必要がある。ただ、石綿ばく露者すべてに胸膜プラークが石綿ばく露から 15 ~ 40 年後に出現するかという点、必ずしもそうではない。胸膜プラークの発生機序については、いまだ十分には解明されておらず、胸膜プラークの所見を認めなかったことのみをもって、石綿の職業ばく露を否定する根拠とはなり得ない。

このような場合に、職業ばく露の手がかりを与えてくれるのが、生検肺、手術肺、剖検肺等の試料からの石綿小体の検出である。石綿小体は、肺内に比較的容易に光学顕微鏡や位相差顕微鏡で検出できる医学的所見であり、組織切片標本内に多数存在する場合の観察は容易である。組織切片標本 1cm² あたり 1 個以上の石綿小体が検出されれば、職業ばく露の指標とされる。しかしながら、少数の場合には標本の隅から隅まで探さなければならず、慣れないと見過ごされ易い。また、石綿小体は角閃石族の石綿を核として形成されることが多く、蛇紋石族のクリソタイルでは、石綿小体を形成することが少ない。さらに、クリソタイルはホルマリンが中性でない場合には溶解しやすい傾向がある。

このような理由から、石綿の職業ばく露の機会が明らかであるのに、石綿小体が検出されない場合には、分析透過型電子顕微鏡による石綿繊維の検索が必要になる。石綿繊維の定量は、一部の先進国の研究機関や大学等で行われているが、今までのところ、国際比較に耐えうるような標準手法等は確立されておらず、また、計測に用いる試料の種類や採取部位、処理方法等で計測される数値はかなり異なることは容易に理解される。したがって、定量された数値を諸外国の報告と比較することには慎重でなければならない。

このように、石綿肺、胸膜プラークの所見が認められない場合であっても、石綿小体や石綿繊維の定量値が得られている場合には、これにより、職業ばく露の機会の有無を推定することができる。

以上、中皮腫の労災認定に際しては、職業上の石綿ばく露歴の確認が重要なことはいうまでもないが、石綿肺、胸膜プラーク、石綿小体の三つが、医療機関において、比較的容易に得られ、かつ重要な石綿ばく露の医学的所見である。

参考文献

1. 神山宣彦 (2002) 石綿ばく露の医学的所見. 職業性石綿曝露と石綿関連疾患－基礎知識と労災補償－(森永謙二編)、pp47-69、三信図書、東京
2. 審良正則 (2002) 石綿肺. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患－基礎知識と労災補償－(森永謙二編)、pp99-119、三信図書、東京
3. 岸本卓巳 (2002) 胸膜疾患. 職業性石綿ばく露と石綿関連疾患－基礎知識と労災補償－(森永謙二編)、pp185-211、三信図書、東京
4. Novak D (2001) Environmental Lung Disorders Secondary to Inhalation of Toxic Gases, Fumes, and Aerosols, Radiologic Diagnosis of Chest Disease (Sperber M, ed), Second edition, pp409-23, Springer, London
5. Lee YC, Runnion CK, Pang SC, de Klerk NH, Musk AW (2001) Increased body mass index is related to apparent circumscribed pleural thickening on plain chest radiographs. *Am J Ind Med* 39: 112-6
6. De Vuyst P, Karjalainen A, Dumortier P, Pairon JC, Monso E, Brochard P, Teschler H, Tossavainen A, Gibbs A (1998) Guidelines for mineral fibre analyses in biological samples: report of the ERS Working Group. *Eur Respir J* 11:1416-26
7. 神山宣彦 (1997) 顕微鏡によるアスベストのトータル定量法. *金属* 67:32-8
8. Tossavainen A, Huuskonen M, Rantanen J (1997) Proceedings of an International Expert Meeting on Asbestos, Asbestosis and Cancer. People and work · Research reports 14, Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki
9. Consensus report (1997) Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution, *Scand J Work Environ Health* 23:311-6
10. Kohyama N, Kurimori S (1996) A total sample preparation method for the measurement of airborne asbestos and other fibers by optical and electron microscopy. *Ind Health* 34:185-203
11. Morgan WKC, Gee JBL (1995) Asbestos-Related Diseases. Occupational Lung Diseases (Morgan WKC, Seaton A, eds.) Third edition, pp308-73, WB Saunders, Philadelphia
12. Browne K (1994) Asbestos-related disorders. Occupational Lung Disorders (Parkes WR, ed) Third edition, pp411-504, Butterworth, Oxford
13. Parkes WR (1994) An approach to the differential diagnosis of asbestosis and non-occupational diffuse interstitial pulmonary fibrosis. Occupational Lung Disorders (Parkes WR, ed) Third edition, pp505-35, Butterworth, Oxford
14. 芦澤和人 (1993) びまん性胸膜病変のCT像－特に胸膜及び胸膜外脂肪の変化について－. *日本医放会誌* 53:283-96
15. Kohyama N, Suzuki Y (1991) Analysis of asbestos fibers in lung parenchyma, pleural plaques, and mesothelioma tissues of North American insulation workers. *Ann N Y Acad Sci* 643:27-52
16. Kohyama N, Kyono H, Yokoyama K, Sera Y (1993) Evaluation of low-level asbestos exposure

by transbronchial lung biopsy with analytical electron microscopy. J Elect Microsc(Tokyo) 42: 315-27

17. 神山宣彦 (1989) 石綿の鉱物学と曝露の機会および肺内の石綿. 病理と臨床 7:676-85
18. 森永謙二、瀬良好澄 (1988) 石綿肺. 現代労働衛生ハンドブック、pp726-31、労働科学研究所出版部、川崎
19. 横山邦彦 (1987) 胸膜病変. 石綿・ゼオライトのすべて、pp210-49、日本環境衛生センター、川崎
20. 横山邦彦 (1987) 生体内石綿. 石綿・ゼオライトのすべて、pp374-420、日本環境衛生センター、川崎
21. 清水偉男、森永謙二、横山邦彦、原一郎、佐々木正道、藤本伊三郎、三浦武夫、瀬良好澄 (1983)アスベスト曝露による健康影響調査ー特に胸膜プラークについてー. 産業医ジャーナル 6(5):24-32
22. Hillerdal G, Lindgren A (1980) Pleural plaques: correlation of autopsy findings to radiographic findings and occupational history. Eur J Respir Dis 61:315-9
23. Hourihane DOB, Lessof L, Richardson PC (1966) Hyaline and calcified pleural plaques as an index of exposure to asbestos. A study of radiological and pathological features of 100 cases with a consideration of epidemiology. Br Med J 1:1069-74

VI 総括

1 胸膜、腹膜以外の中皮腫の取扱いについて

本検討会では、石綿による疾病の一つである中皮腫について、過去3年間の労災認定事例及び国内外の文献をもとに、胸膜又は腹膜以外の心膜や精巣鞘膜の中皮腫について、石綿ばく露との関連を詳細に検討した。

その結果、認定基準においては、心膜中皮腫、精巣鞘膜中皮腫についても、胸膜や腹膜の中皮腫と同様の取扱いとすべきであると判断した。

なお、胸膜、腹膜、心膜及び精巣鞘膜以外の部位の中皮腫は、極めてまれであることから、診断書において、「部位不明（記載無し）の中皮腫」や「肺中皮腫」等と記載されている場合には、診断精度そのものに疑義がある場合も想定される。中皮腫の診断に際しては、病理組織学的所見は必須であり、中皮腫の原発部位も明記されるべきである。

2 中皮腫に係る石綿ばく露期間について

本検討会では、過去3年間の労災認定事例及び国内外の文献による検討を行った結果、中皮腫の石綿ばく露開始から発症までの潜伏期間の平均は35～40年（最短11.5年）、発症年齢は60～65歳であった。石綿ばく露を受ける職種の従事期間の平均は15～20年（最短2.3年）であった。

また、石綿ばく露の形態は、石綿製品製造業等の定常的作業ばく露を受ける形態のみならず、保温・断熱材の補修・メンテナンスなどの非定常的作業ばく露や、短期間高濃度ばく露と思われる事例もあった。石綿ばく露歴を有する胸膜中皮腫例の99.6%が1年以上のばく露歴を有していた、との報告もある。

これらのことから、中皮腫の認定要件の一つである石綿ばく露作業従事期間については、1年以上とすることが望ましい。なお、ばく露状況等によっては、1年より短いばく露期間での中皮腫発症も否定しえないものと考ええる。

3 石綿ばく露による良性石綿胸水及びびまん性胸膜肥厚について

良性石綿胸水の約半数は胸痛、呼吸困難等の自覚症状がある。一方、自覚症状がなく、健康診断等により胸水が発見される場合もある。いずれの場合であっても、精密検査が必要となる。たとえ、胸水が自然消退した後でも、びまん性胸膜肥厚となり、対側あるいは同側に胸水貯留を繰り返すこともある。また、まれにはあるが、明らかな胸水貯留を呈さずに、徐々にびまん性胸膜肥厚が進展する場合がある。

進展したびまん性胸膜肥厚では、著しい肺機能障害を来す場合があること、また、良性石綿胸水でも、まれには胸水が被包化されて消退しない場合がある。このような場合、肺機能障害が改善しない。

以上のことから、石綿への職業ばく露により生じた良性石綿胸水及びびまん性胸膜肥厚で、著しい肺機能障害等に対して適切な療養が必要な事案については、労災補償の対象とすべきである。

なお、我が国では、過去に石綿ばく露による良性石綿胸水及びびまん性胸膜肥厚の

報告例が余り見られないこと、さらに、療養の範囲は、個々の事案ごとに判断する必要があること等から、専門家による判断に基づき、業務上外の判断を行うべきである。

4 石綿ばく露の医学的所見について

胸膜プラークは、過去（おおむね 15 ～ 40 年前）の石綿ばく露の指標として非常に重要である。胸膜プラークは、胸部エックス線写真よりも胸部 CT（胸部 HRCT を含む）の方がより検出率は高く、また、胸壁軟部陰影や肋骨随伴陰影との鑑別も容易である。また、胸部腫瘍の確定診断等のための胸腔鏡検査や開胸手術及び剖検時に肉眼で観察することもできる。このことから胸膜プラークは、認定基準において、過去の石綿の職業ばく露歴を判断する上での一つの重要な医学的所見である。

肺組織切片標本中に認められる石綿小体も石綿ばく露の指標として考慮しなければならない。石綿肺、胸膜プラークの認められない中皮腫事例については、肺組織切片標本とは別に、手術肺や剖検肺を用いて石綿小体を検索する方法が推奨される。この方法（別添参考資料3）は、いずれの医療機関等でも実施可能である。

また、石綿の職業ばく露の機会があっても、石綿小体が検出されない場合には、分析透過型電子顕微鏡による石綿繊維の検索が必要になる場合もあることに留意しなければならない。

以上、中皮腫の労災認定に際しては、職業上の石綿ばく露歴、石綿肺の所見とともに、胸膜プラークの有無及び石綿小体（石綿繊維）の同定が、認定要件として重要である。

Ⅶ まとめ

- 1 石綿ばく露との関連が明らかな疾病として掲げられている「胸膜又は腹膜の中皮腫」に、「心膜、精巣鞘膜の中皮腫」を追加すること。
- 2 石綿ばく露との関連が明らかな疾病として、「良性石綿胸水」及び「びまん性胸膜肥厚」を追加すること。
ただし、業務上外の判断は、個々に行うこと。
- 3 石綿ばく露指標として重要な「胸膜プラーク」を、認定要件として独立させること。
- 4 肺組織内の石綿小体（石綿繊維）も重要な石綿ばく露指標であることの周知徹底を図ること。
- 5 中皮腫について、認定要件の一つである石綿ばく露作業への従事期間を「5年以上」から「1年以上」にすること。
中皮腫は、肺がんに比べ、低濃度の石綿ばく露によっても発症するおそれがあることに注意しなければならない。
- 6 石綿ばく露作業の例示の見直し、整理を行うこと。
見直しにあたっては、石綿製品等を取扱うことによる直接ばく露の作業のみならず、間接ばく露の可能性のある作業についても留意しなければならないことを周知すべきである。
- 7 肺がんについては、石綿ばく露作業への従事期間を除き、中皮腫の認定要件見直しに合わせて、整理すること。
- 8 石綿関連疾患及びその労災補償上の取扱いについて、関係労使のみならず、中皮腫の診断・治療に携わるすべての医療機関及び医療関係者等への周知徹底を図ることが肝要である。

最後に、本検討会における検討結果に基づき、認定基準の改正がなされ、迅速・適正な労災認定が図られることを期待する。

1 略

2 悪性中皮腫

【定義】中皮細胞の悪性腫瘍で、種々の組織パターンを示す。

【解説】胸膜の中皮腫のほとんど全ては、びまん性の増殖パターンをとり、臓側及び壁側の胸膜表面を厚い外皮のように被う。びまん性中皮腫の初期病変は、多発性で、互いに離れた小結節あるいは斑状病変として認められる。限局性中皮腫はまれであるが、胸膜を基盤とする孤立性腫瘤として報告されている。組織学的な亜型は増殖形態によって分けられる。

(1) 上皮型中皮腫

【定義】異型的な上皮様の中皮細胞の腺管、腺房、乳頭状構造あるいはシートからなる。

(2) 肉腫型中皮腫

【定義】線維肉腫あるいは悪性線維性組織球腫に似た紡錘形肉腫の像のみからなる。

a) 線維形成型中皮腫

密な線維性間質が優位(50%以上)の肉腫型中皮腫で、軽度な異型を示す核をもつ細胞からなる裂隙様構造を散在性にみる。

(3) 二相型中皮腫

【定義】上皮型中皮腫と肉腫型中皮腫の混在からなり、それぞれが腫瘍の少なくとも10%を占める。

【解説】腫瘍の広い範囲を検索すれば、二相型の像をみる可能性は大きくなる。二相型中皮腫の肉腫部分と反応性の線維性間質を区別することが難しい場合がある。

(4) その他

【解説】頻度は低いが、多くの組織像を示す。例えば、異所性要素(軟骨様、骨芽細胞様、横紋筋芽細胞様、神経性肉腫様)、アデノマトノイド腫瘍様、リンパ組織球様、粘液性間質脱落膜様、多嚢胞性、淡明細胞性、小細胞性、低分化あるいは退形成性などである。破骨細胞様巨細胞をまじえる中皮腫もある。中皮腫の組織亜型分類は、生検材料の量に影響を受け、大きな材料では二相型を示す腫瘍が増える。

【解説】中皮細胞の反応性過形成に比べて上皮型中皮腫は、細胞密度の増加、複雑な組織像、細胞学的異型、間質浸潤を示す。中皮腫はまれに、拡がり方が *in situ pattern* を主とし、異型的な中皮細胞が胸膜表面を被う。こうした例では、悪性中皮腫の明確な診断は、浸潤の所見をみることによる。

上皮型中皮腫は腺癌と鑑別する必要があるが、その鑑別には、組織化学と免疫組織化学が役立つ。腺癌は、細胞質内に粘液(ジアスターゼ抵抗性 PAS 染色陽性)をもち、サイトケラチンや癌腫のエピトープすなわち CEA、B72.3、CD-15(Leu-M1)、BER-EP4のうち少なくとも2つが陽性となる傾向がある。上皮型中皮腫は、まれに粘液が陽性で、サイトケラチンに強陽性であるが、通常 CEA、B72.3、Leu-M1 は陰性である。上皮型中

皮腫ではしばしば、EMA と human milk fat globulin-2 が明瞭に膜に陽性である。上皮型中皮腫の電子顕微鏡像では、細長で密生した微絨毛（幅の 10 倍以上の長さをもつ）が特徴である。

肉腫型中皮腫は、真の肉腫や他の紡錘形細胞の増殖と区別しなければならない。後者は通常限局性腫瘤をつくるが、一方、中皮腫はびまん性に胸膜に拡がる。肉腫型中皮腫はしばしばケラチンが陽性であるが、胸壁の軟部組織肉腫がケラチン陽性となることはきわめてまれである。肉腫型中皮腫の線維形成型特殊型は慢性線維性胸膜炎と区別しなければならない。これら両者はともに、低分子量ケラチンは陽性であるので免疫組織化学的染色を鑑別に用いるには限界がある。しかし、浸潤を明らかにするためには低分子量ケラチンの免疫組織化学的染色は大変有用である。線維形成型中皮腫の特徴は、花むしろ(storiform)配列、梗塞様壊死、高細胞密度や高度異型を示す領域、異型核分裂像の数の増加、隣接構造とくに肺や胸壁への浸潤である。

中皮腫に類似する腫瘍には、偽中皮腫様腺癌、類上皮血管内皮腫、胸腺腫、線維形成性円形細胞腫瘍がある。

【中皮細胞腫瘍】

新学会分類	新 WHO 分類(1999)	旧学会分類(1999)
1 良性	3.1 Benign	
(1) アデノマトイド腫瘍	3.1.1 Adenomatoid tumour	
2 悪性中皮腫	3.2 Malignant mesothelioma	1 通常型悪性中皮腫
(1) 上皮型中皮腫	3.2.1 Epithelioid mesothelioma	a 上皮型
(2) 肉腫型中皮腫	3.2.2 Sarcomatoid mesothelioma	b 二相型
a) 線維形成型中皮腫	3.2.2.1 Desmoplastic mesothelioma	c 肉腫型
(3) 二相型中皮腫	3.2.3 Biphasic mesothelioma	2 特殊型悪性中皮腫
(4) その他	3.2.4 Others	a 腫瘍細胞の性状から 粘液細胞性 (含印環細胞型)
		b 間質成分の性状から 線維形成性 (板状)

組織分類委員会

委員長 井内 康輝

委員 今井 督、大林 千穂、岡村 明治、亀谷 徹、佐藤 昌明

居石 克夫、武島 幸男、土屋 永寿、野口 雅之、廣島 健三

本田 孝行

出典：日本肺癌学会肺癌取扱い規約委員会組織分類学会(2003)「肺癌取扱い規約」の一部改訂(案)について.肺癌 43:203-18

別添参考資料2 ドイツにおける石綿利用/ばく露状況とその職業（仮訳）

我が国での石綿利用状況とドイツの場合とでの相違については不明であるが、石綿が耐熱性、抗張性、化学的安定性に富む上、不燃性、断熱性、電気絶縁性、耐薬品性、耐久性・耐摩耗性が高く、他の物質との密着性に優れ、広く工業原料として利用されてきたことから、ドイツの報告(BK-Report 1/97)を以下に紹介する。

1 石綿利用/ばく露状況

石綿含有製品、利用、粉じん源として、(1)石綿織物、(2)石綿紙や填隙材、(3)石綿セメントや軽量防御平板、(4)石綿含有波板、(5)石綿含有摺動部被覆、(6)石綿絶縁体、(7)石綿含有合成樹脂/鑄造、(8)石綿濾過材、(9)石綿入りの瀝青含有製品、(10)石綿含有床材、(11)石綿含有滑石、(12)特別な石綿使用場所における石綿ばく露、などをあげている。

(1) 石綿織物

石綿織物の石綿綿含有量は80～90%であり、製品としては、糸、撚糸、帯、ひも、絹糸状石綿、管、布地、(特定用途のために加工された)布、耐熱防護服、耐酸性パッキングなどがあり、手袋、被服、前掛け、靴(ガラス工場、溶接工場、鑄物工場、化学工場、消防署)、消火布及び安全カーテン(劇場、航空機、船舶、消防署)、電動機、コンプレッサー、ポンプ、高温材料用ベルトコンベヤー(ガラス工場)、エスカレーター用ベルト、熱風圧搾ローラー円筒の被覆、配管、蒸気ボイラー、タービンの保温又は被覆(発電所、工業設備、ガラス工場、炉構造)、排気管及び電力ケーブルへの巻付け、石油ランプ及び加熱装置の芯、点検口用パッキング材料、熱風導管接続部、加熱室及び乾燥炉内の取外し可能な仕切り壁、鑄物を覆うためのマット、製紙装置用乾燥フェルト及び瀝青含有ルーフィングシート、圧搾機カバー用プレスクッション(木材産業用)、遮音等に利用されてきた。

(2) 石綿紙や填隙材

石綿含有率は50～90%である。製品としては、紙、シート、管、ケース、電気絶縁、防火及び断熱、板状パッキング、高圧パッキング板(生ゴム含有It板材)がある。

内燃機関用シリンダーヘッド及び排気装置のパッキング、電気抵抗器及びケーブル絶縁用の巻付け外皮(自動車及び電気工業)、暖房及び換気装置、炉構造、可動部分(パッキング箱及びピストンリングの密閉)及び固定部分(マンホールリング、容器の蓋の密閉)を密閉するため貯槽、化学設備及び機械装置の内部を生ゴム溶液で吹付け後、石綿ろ過剤、床上張り用生ゴム含有石綿紙、含浸被覆材料などに利用されていた。

(3) 石綿セメントや軽量防御平板

石綿含有率は5～20%で、製品としては、板、波板、人造スレート、外壁板、管、成型品がある。地上及び地下建築工事、外壁断熱、雨どい、屋根がわら、飲料水圧力配管、廃水配管、排水管、ケーブル保護管及び遠隔暖房用ジャケット管、気送郵便設備、換気用立坑、プランター、窓際のベンチなどに使用されていた。

(4) 石綿含有波板

石綿含有率は 5 ～ 50%で、製品としては、耐火板材、軽量建築用板材、Sokalit、防火用板材がある。地上及び地下建築工事、火災危険性のある室の内張り、一時防火間仕切り板、扉その他用建築部材、住居及び産業建物における間仕切壁、船舶構造ならびにプレハブ住宅における上張り及び間仕切壁、炉体内の入れ子、天井及び内壁の上張り、支柱及び梁の被覆、さらに防煙カーテン及び防火シャッターなどに使われていた。

(5) 石綿含有摺動部被覆

石綿含有率は 10 ～ 70%で、製品としては、ブレーキ被覆、クラッチ被覆がある。自動車産業、Kfz-作業所、床上運搬車、起重機、圧縮機、パワーショベル、巻上げ機などに使われていた。

(6) 石綿絶縁体

石綿含有率は 50%以上で、吹付け石綿、マット、パッキング、ひも、クッションなどの製品がある。古くは、例えば蒸気機関車における断熱、後にはより広く、発電所内のタービン車室及び配管の保温、鉄骨建築工事における防火、薄板製の、通風及び空気調和ダクトの保温(屋外)、石油化学プラントにおけるケーブルの引き回し、防火、保温及び保冷、CO₂貯槽の防火(消火設備)、断熱、壁構造と汽缶又は煙突の周囲との間隙への充填、トンネルがまの充填、可動式の閉切り面、例えば弁、ピストン桿、の気密保持に使われていた。

(7) 石綿含有合成樹脂/鑄造

石綿含有率は 7 ～ 70%で、製品としては、貯槽、蓄電池ケーシング、成型部品、電気絶縁部品、電動機端子、鍋等の把手がある。いわゆる絶縁薄膜から板材に至るデュロ-又は熱可塑性プラスチック製品、舟艇及び航空機の機体におけるいわゆる石綿強化加熱成型用合成樹脂、航空機におけるフォームラバー詰め物、電子絶縁部品(例えば差込み口、接続部品、スイッチキャップ、電動機端子、メーター類端子、等々)のような電子工学機械における成型部品に使われていた。

(8) 石綿濾過材

石綿含有率は 20 ～ 95%で、製品としては、飲み物・医薬品・化学薬品・硫酸中和用濾過助剤がある。飲料産業(ワイン、ビール、フルーツジュース)、精密-及び消毒(滅菌)濾過、塩素-アルカリ電解用ダイアフラム、ガスマスク用フィルター。1970 年頃(DDR では 1980 年頃)まで呼吸保護器具に石綿フィルターが使われていた。

(9) 石綿入りの瀝青含有製品

石綿含有率は 1 ～ 30%で、製品としては、瀝青、屋根用及びパッキング用の長尺シート、パッキング洩れ止め塗料、ガラス用パテ、接合剤、隙間塞ぎ及びグラウチング用充填剤、瀝青ラッカー、塗料、接着剤、下張り保護床、路面上張り、がある。腐食防止、建造物保護及び防火用の塗料、ラッカー及び接着剤、下張り床保護及び消音用塗料(自動車産業)、ルーフィングシート、道路建設における上層用の瀝青含有混合物として使用されていた。

(10) 石綿含有床材

石綿含有率は 15 ～ 20%で、製品としては、石綿下敷のついた床敷き材(クッショ

ンビニール、レリーフ床敷き材)、下敷のないビニール石綿タイル及び板材(柔軟タイル及び板材)がある。床被覆材に使われていた。

(11) 石綿含有滑石

充填剤及び滑剤として、ゴム-及びタイヤ工業において(ソリッドタイヤ、タイヤにまぶす)、化学及び製薬工業において(植物保護薬剤、染顔料、パテ、充填剤、織物平滑仕上げ剤、革なめし、パウダー、工業用散布剤)、製紙工業、飼料、アスファルト及び瀝青工業においてルーフィングシートへの散布に使われていた。

滑石パウダーにはクリソタイルや角閃石の石綿繊維が不純物として混入していることがある。旧東ドイツでは1970年から1980年末までの期間に利用されていた滑石には石綿の不純物の含有率はさらに高かったと思われ、中国からの輸入品では最高10%に達していたと思われる。

(12) 特別な石綿使用場所における石綿ばく露

造船では機関室内の作業、船舶修理では断熱材の除去作業、鋳物や溶接作業で石綿布や石綿板を使用する場合、金庫・防火シャッター・防火ドアの製作、炉への石綿含有耐火材の埋め込み・取り付け・修理・剥離や石綿をこねて継ぎ目を修理する、古い石綿ひもの除去と新しい石綿ひもの裁断や取り付け、モルタルへの石綿をこねて混ぜる作業や石綿パテを閉ざされた空間で使用する、ガラス製作過程でほぐした石綿ウールが充填された冷却箱を用いる作業、港湾荷役・鉄道貨物荷下ろし作業、石綿セメント材を使用した煙突の掃除・整備作業、機械装置・工場配管・貯蔵設備の据付け・撤去・修理の際の石綿接触などがあげられる。

2 ドイツにおける石綿ばく露の職業・仕事

(1) エレベーター組立工

石綿含有建築用防火塗料の塗布による建物内での待機者も含む。

(2) パワーショベル運転者

運転台と機関室の間が閉ざされていないような鋼索パワーショベルの運転者。

(3) 建設作業員(れんが積み職人)

外壁-、屋根-及び消音用板材、軽量建築用板材；ノンスリップ床コーティング用混合極微細鉍物粉末；パテ及び接着剤の Beschleifen； 吸気及び排気開口部を含む通風用石綿セメント管の切断。

(4) コンクリート作業員

コンクリート打設、基礎、壁、柱、床上張り、床下部構造、テラス張出し、石綿含有スパーサーホルダーの短縮、コンクリート化粧、等々を含む様々な種類の地上-及び地下建築工事。

(5) ボート建造工又は船舶艤装工

建造においては、修理及び維持補修の際に様々な絶縁材料の使用、塗料及びラッカー被膜(防火塗料)の塗装、塗装薄鋼板及び形鋼の処理、その他待機者に典型的なばく露)

* 造船(航海船)、keine Marineschiff(石綿製品は通常進水の後に作り付けられる)

— 機関室内の加工者及び待機者(吹付け石綿なし)、手仕事(例えば機械工、銅細工師、

電気工、絶縁工、塗装工、足場組み職人、溶接工、れんが職人、掃除工)

ー 同上(吹付け石綿あり)

ー 船内解体(又は改装)(主に狭いキャビン内かつ不十分な換気条件のなかで高速木材加工機を使って石綿含有板材を切断、手仕事(例えば指物師、塗装工、電気工、配管工、タイル工、掃除工、機械工、絶縁工)

* 船舶修理(航海船)、keine Marineschiff

ー 機関区画への立入りを含むか又は断熱保護部分に対する作業なし

ー 換気装置にスイッチを入れて断熱保護部分の取扱いを行う

ー 熱負荷のかかった断熱材の除去を伴う作業(吹付け石綿なし)

ー 吹付け石綿の除去を伴う上記の作業

ー 石綿含有板の非破壊的解体

ー 石綿含有板の撤去

(6) 防火巻込みシャッター-製作者

巻込みシャッター部品の間には石綿含有帯を挿入及び貼付け(切断)、巻込みシャッターの鋸留め(穴あけ、鋸留め)、原動機用防火ケーシング製作用の石綿軽量建築板材(5% クリソタイル、10% アモサイト)の鋸ひき/穴あけ。

(7) 防火ドア-製作者

石綿板材(ドア充填材 1% クリソタイル、10% アモサイト)の鋸ひき/穴あけ、ドアパネルへの石綿板材の挿入、ドア・デッキパネルの取付け、ドア・デッキパネルの固定(穴あけ/鋸留め、点溶接、ねじ止め)。

(8) 化学作業、化学工場運転作業

稼働設備及び機器の運転及び監視; 反応装置、大型サイロ、容器、貯槽、ガスホルダー、コンベヤー、配管、濾過装置において、また例えば塗料、ラッカー、肥料、パテの製造において使われる、耐酸-及び耐熱パッキング、充填物、フィルターのような多様な石綿含有製品; その他特に石綿含有混和剤の計量、混合機又は攪拌機付き貯槽への仕込み、ならびにかき混ぜ、練り、混和及び濃縮)。

(9) 屋根ふき工

平屋根の防水、屋根ふき、維持補修作業、その他。石綿セメント板材(エッジ切断)、bestreute Bitumen-Dachbahnen、パッキング用板材、アスファルト、パテ軟塊; 煙突のはめ込み、天窗の作り付け、外壁の化粧張り、石綿セメント板材(小型及び大型)張り及び撤去、ならびに波板)。

(10) 電気工、電気(設備)取付け職人(電信電話手作業)

高圧-及び低圧設備の設置; 配電変電所及び配電盤室(多くの場合吹付け石綿で絶縁されている)における作業、絶縁された配電盤及びスイッチング素子の修理; ボイラー及びケーブルの絶縁; 例えば変電所、エレベーター・サービスにおける古い絶縁の除去、一部は新規に絶縁、木材壁に好んで引かれるケーブルに対する石綿含有接合物質の応用; 電動機巻線用の石綿シート; スwitching素子の耐熱被覆; 特に企業の電気工の広範な担当分野について配慮する; 待機者-ばく露も含む。

(11) 電気機械の巻付け工

電気機械、電動機、機器及び変圧器用の巻枠及び巻線の製作及びサービス; 石綿含

有絶縁材料についての適合、切断、巻線作業；変圧器製作においては巻線を溶接による熱及び火花の飛び散りから保護するために石綿ペーストが塗布される；石綿含有ハードボードの利用）。

(12) 電気機械工

担当分野（計測-、制御-、調整技術、安全装置、熱-、冷熱-製造）に対応した石綿含有絶縁材の利用及び処理、軽量建築用板材及び配電盤エレメントの処理。

(13) エナメル塗布工

例えばボイラー、浴槽、洗面器、のような高温の未完成品（約 900 °C）にエナメル粉末を手又は機械によって付与する際に保護被覆が付着した（手袋、作業服）。

(14) たたき-又はテラゾー敷き工

なかんずく瀝青乳剤たたき、アスファルト舗装材、合成樹脂たたき；ノンスリップ床コーティング用の鉱物性瀝青含有粉末混合物；パテ軟塊及び接着剤の Beschleifen。

(15) 燃焼炉れんが積み工、燃焼炉建設助手

あらゆる種類の冶金用炉、とりべ、銑鉄ミキサー、ボイラー炉及び熱風炉の新規建造及び修理。石綿含有耐火材料の剥離及び埋め込みならびに新規取付け。

(16) タイル-、板材-、モザイク-及び床敷き工

薄手ベッド法及び厚手ベッド法による内壁の上張り、外壁、床敷き（ビニール石綿タイル、クッションビニール）、石綿含有板材の裁断及びひきはがし；パテ軟塊の混和及びかき混ぜ；パテ軟塊及び接着剤のひきはがし；古い絶縁被膜の除去。

(17) 据付業者（ガス、水、暖房、換気、空気調和）

配管敷設、特に暖房-及び換気設備における多様な絶縁材料、スリーブ、パッキンリング、石綿結合材、その他；待機者-ばく露、新設、造船、特に石綿セメント排気管（丸型）又は石綿セメント通風管（角型）の製作及び裁断。

(18) 金庫製作工

石綿板材の裁断及びドアの錠前周辺への挿入。

(19) 溶接工、鋳型工、製錬所特殊技能工

修理作業、特にすぐ近くで行われたジーマンスーマルチン炉の断熱工事による待機者-ばく露も含む。

鋳物工場

* 溶解操作における作業者)

— 溶解工

必要に応じて石綿耐熱防護服を着用；Zustellung の際、また電気炉、誘導炉、SM-炉、キュボラ（みぞ及び前炉）の異状の際に救援、石綿ひもでシールされた金型、石綿含有詰め物及び断熱軟塊（例えば Duesenstoecke、Blasformen）の取扱い、電極取付け部の石綿による絶縁、場合によっては石綿含有材料を使って鋳物みぞの改善

— 鋳造工

必要に応じて石綿耐熱防護服を着用、石綿ひもでシールされた金型

— 遠心鋳造工

石綿パッキング、密閉用の石綿ひも、石綿金型シールの取付け

* 鋳型工

必要に応じて石綿耐熱防護服を着用； 金型及び中子のシールの際石綿ひも（特に鋳鋼の際）； ハンドプレス空気式スタンプの石綿パッキングの交換； 振動造型機の石綿ひもの交換； 鋳鋼鋳型用の石綿含有昇水管
ホット-ボックス-及び Croning-プロセスによる中子の製作では石綿カバーが使われた。

* 鋳物掃除作業（前掃除）

鋳型（鋳鋼）からの中子外し、遠心鋳物の掃除（石綿パッキングの焼付き）

* 鋳物溶接工

工作物を石綿布及び石綿マットで覆う

* 高温操業中の機械修理工

動力線及び冷却管の断熱、石綿パッキングの交換

* 炉-及びとりべれんが積み工

壊して取り去り、持込み及び修理

* 起重機運転手

精錬-及び鋳造区域において運転台が開放されたいるか半ば開いているばあいの起重機運転手

(20) ガラス吹き工、ガラス工業

中空ガラス容器製作

* ガラス工

口で吹いて製作することによる最終成形段階を実行； その際石綿を巻付けたパイプの柄を手で持ち、石綿を巻付けた収集フォークでガラス細工品を運び、石綿敷き布の上に置く。石綿含有耐熱防護服を着用し、石綿含有断熱材料を取扱う

* 収穫者

ガラス細工品を石綿の付いたフォーク又はショベルでとり上げ、冷却炉まで運び、冷却炉内又は石綿を被せた冷却バンド上に下ろす

時には運搬車の修理（石綿ひも又はバンドを使って）あるいは高温区域で作業する（石綿でできた耐熱防護服）

* IS マシン運転者

自動式中空ガラス製造機の制御、監視及び整備； その際機械に付いて手近にある石綿断熱材ならびに石綿含有断熱材との接触による基底汚染を受ける

* ガラス吹き工/ガラス装置製作工

高温ガラス部品を石綿板上で、石綿ひもを巻付けたバーナーを使って工作する； 部品を石綿紙で包む； 部品に石綿紙を巻付ける； 石綿付き支持金具を備えたガラス旋盤を使って作業する。

高温のガラス部品運搬のために火ばさみ及びつかみに石綿ひもを巻付け； 板、紙及びひもの裁断。

石綿手袋及び指サックの着用、吊り下げ型石綿布及び板のかたちの耐熱ついたての利用ならびに石綿で保温した配管の身近な存在

部分的に、高温のガラス対象物を、中間的に、ほぐした石綿ウールを充填した冷却箱内に置く； 冷却箱にほぐした石綿ウールを新規に充填する； 内部に石綿ウールを張付け外部を石綿断熱材料で被覆したフード-及び箱形徐冷炉を置き空にしてお

く。

(21) 軌道敷設工

膨張詰め物(石綿セメント絡み合った木綿から成る)の利用、特に粉末の混合、攪拌、古いそれが詰込まれた箱にドリルで穴をうがう際にそれらの穴から粉塵発生

(22) ゴム作業、タイヤ製造工

計量、石綿含有添加剤及び充填材の計量、また混合機及びゴム・ニーダーを満たす際、例えば圧延機において粗生ゴムを添加剤及び充填材と混合するばあいの混合所の作業員; 粉末一般としてのタルクの利用。

(23) 港灣荷役工、沖仲仕、鉄道貨車からの荷おろし工

- 1976年まで積替え石綿はジュートの袋に入れられていた
- 1977年から1985年まで積替え石綿はプラスチックの袋に入れられていた
- 鉄道貨車貨物の積下ろし

袋洗浄者

(24) 火夫、機関室員

発電所、ごみ焼却施設、船舶、修理及び加工作業(船内機関室ではより高い石綿濃度が測定された)。

(25) ブランチ及び投入区域それぞれの見習工、倉庫-、運輸-及び荷おろし作業

* 電気分解による塩素製造の際の見習工、石綿マットによる覆い、これらは掃除され、周辺部の硬化は減少した; 強い粉塵ばく露

* 倉庫作業

粗石綿の積込み及び積下ろし、石綿ブレーキ被覆、石綿クラッチ被覆、石綿耐熱防護服、石綿ひも、石綿パッキング、等々の入庫、出庫。

(26) 絶縁工

化学工業、発電所、船舶及び建築工事、特に鉱山でのエレベーターの内張りにおける保温(断熱)、保冷、防音のための多様な作業; 絶縁工のすべてが石綿含有絶縁材に触れたわけではない; 石綿加工の規模は個々の例について報告されなくてはならない。保冷の分野では90%、防音の分野では70%、そして保温の分野(使用温度 < 300℃)では90%が石綿フリーになった。

様々な断熱材、例えば合成鉱物繊維(KMF)、パーライト、パーミキュライト、が用途を開発している。石綿含有物質は高い温度負荷がかかるところの、例えば発電所の蒸気配管又はタービン、に限定して使われるようになった(例外: 吹付け石綿によってコンクリート-又は鋼鉄構造の上に継目のない被覆を、防火-及び水蒸気調整被膜として、つくる)。

新しい断熱材料、例えば KMF、は作業場において石綿マットに縫い込まれ、輸送され、後に配管がこれによって保温された。石膏-又はパーライト・モルタルあるいは亜鉛めっきしたブリキでできた保温用外套がある。

(27) 煙突掃除夫

石綿セメント煙道(排気口)の掃除作業の際、石綿繊維が放出される; 屋根裏及び屋根の上; 繊維の放出は同様に石綿セメントでできた煙突のフラップ-板状保温材及び煙突かぶせ板からも放出される; 鏡又は硬質ゴム球のついた下げ振り使って煙突の通り

の良さを調節できる。

(28) 容器-及び貯槽建設者、暖房設備製作者

フランジ結合部及び蓋への石綿ひも及び石綿パッキング；石綿保温材との接触は修理又は撤去作業の際。

(29) Kfz-機械工

Reibbelaege の整備、維持補修、交換、ブレーキドラムへの空気吹付け、車体修理作業(石綿含有下張り床保護、消音用塗料)。

* PKW-分野

－ ブレーキ修理一般

(ドラム)ドラムを取外し、掃除

ブレーキシュー取外し、ブレーキ被覆の鋳を取外し、新規に鋳打ち、エッジをやすりでまるくする、手持ちのエメリーで研磨、取付け、クラッチ修理

－ 全般的なブレーキ修理(ディスク)

被膜を取外し、ブレーキサドルを掃除、新しい被膜を取付け

－ ブレーキシュー研磨

固定ブレーキシュー研磨機の上で研磨

－ 電気掃除機なし

－ 電気掃除機あり

－ クラッチの修理

* LKW-分野

－ ブレーキ修理一般

－ 手掃除を含む Ueberdrehen

－ 電気掃除機なし

－ 電気掃除機あり

－ 信頼できる装置及び電気掃除機による

(30) 防食作業者

石綿含有、耐熱性防食被覆を引っ掻いて、ピンでつついて、磨いて、strahlen して除去する。

(31) 車両運転手

石綿含有製品の積み込み及び積み下し運送。道路上を走行中の石綿による汚染は一般的な(汎存)環境汚染の枠内にあった。

(32) 石綿にさらされながら行う発電所、工業配管及び貯蔵庫の建設、組立及び修理の作業

焼きなまし作業員及び溶接工

－ 予熱された耐熱鋼の保温と溶接継目の放熱を遅くするために石綿布及び石綿を含む軟塊を使用(通常、下げ止るまで)

－ 蓄熱室の設置

溶接工 取付け工

－ パッキング及び保温材料の装着

－ 新規装着と熱負担を受けた絶縁(保温)材料の取外し

－ 高速回転工具を使った処理

蒸気ボイラー建設時の燃焼炉れんが積み工

－ 発電所蒸気ボイラーの新設及び検査

－ 伸縮目地に使われた石綿ひも

－ 検査及び取壊しにおける保温用石綿板

－ 熱負担を受けた材料の除去

見習工(「Rupp」の一団/ボイラー清掃工)

－ 熱負担を受けた石綿材料の前検査/撤去(一部取り除き、Strahlen、清掃)

新設及び検査の際には ー 期限の制約から ー 他の作業(例えば吹付け石綿による保温)に平行して投入されることも、別の要員グループがそのためにさらに必要になるばあいには、普通であった。

－ 電気工

－ 測定-及び制御技術者

－ 超音波-/X線検査技師ならびに

－ 監督者(例えば現場監督、職長、技師)

(33) 合成樹脂加工者

配電盤、工作機械等々に含まれる電気設備用の例えばデュロ-又は熱可塑性樹脂のような合成樹脂を製造するための、攪拌装置への仕込み、溶解、捏和、混和及び圧延の際、また床被覆材製造の際。一般的な作業としては以下の仕事を考慮する；作業場にあるプラスチック-、紙-、ジュート製袋のような空の包装材料の廃棄処理(体積を減らすために押潰し)ほうき又は圧縮空気吹付けによる作業場の掃除。

(34) 塗装工(Lackierer)

地上建築工事における、バルコニー、煙突、又は外壁の化粧張り、また住宅、企業オフィス、官公庁建物及び校舎における、ドア又は窓のパネル張り、ならびに化粧室内の間仕切部材及び/又は暖炉の防火板及び石綿セメント排水又は換気用の配管に対する塗装準備のために行われる研磨作業；屋内又は屋外で行われる個々の仕事及び使われる手段が重要である。

(35) 農業者

透角閃石を含む肥料用石灰の使用；瀝青軟塊を用いて自ら行うサイロ設備の保温。

(36) 塗装工(Maler)、塗装工(Anstreicher)

壁及び道路舗装面の小規模の欠陥に充填し平滑化するための石膏ベースの充填用及びパテ軟塊。

1960年から1981年までの時期に、材料の特性を改善するために2ないし7%の石綿粉を添加した限られた数の工場製品が存在した。それ故、使用された製品について具体的な調査を行うことが必要である。

混合工程及びそれに伴う研磨工程の仕事における石綿へのばく露が報告された例がある。

(37) (洗濯物を)マングル(圧搾ロール)にかける作業をする者、アイロン作業者

アイロン台、アイロン人台及び熱風圧縮ロールに石綿含有保護布を被せる。

(38) 機械製作技術者

造船、暖房-、換気-及び空調分野における、監督の仕事、機械監視作業。

(39) ゴミ処理場作業者

一部が粉塵を発生するおそれのあるごみをダンプカーなどから空ける作業、その際短時間だけ石綿塵埃の濃度が高まる; ごみの押出し、圧縮及び移動/ほこりを巻上げながらの圧縮。これには例えば圧縮機運転者が関係する。またごみ廃棄作業の過程で仕込み調整作業者が石綿へのばく露を受けることも計算に入れる必要がある。80年代の半ばから粉塵状石綿を含むごみの量が確実に増加したため、高い粉塵濃度がもはや発表されなくなった。

(40) 暖房工事人、熱気暖房装置施工者

保温用及びパテ軟塊のかき混ぜ、修理の際の古いパテ及び接合目地軟塊の掻き出し; 石綿糸及びパッキングによる炉のドア及び配管ならびに蓋の密閉; 防火指定範囲での防火板材の取付け。

(41) 配管網工事者

石綿管の切断、成型絶縁物(保温、保冷)のはめ込み、配管の保温。

(42) 袋洗浄者

石綿が包まれていた袋の洗浄。

(43) 耐酸材取付け工

耐酸性樹脂及びパテを陶磁器タイルの受け(下地)又は密閉用として使う。受けの構成要素として、また硬化剤とする意味で軟塊に純粹の石綿粉末(温石綿)を混入した。しかし工場製の軟塊の加工では石綿繊維の放出はまったく見られなかった。

(44) 皮革職人

石綿防火カバーを使ってある鉄道車両における座席及び寝台のクッションの裁断及びかぶせ作業; 機関車における間近でのボイラー検査による待機者のばく露。

(45) 船舶技術者(Shiffsingenieur)、機関長(Seemaschinist)

技術的設備の監督及び監視における様々な石綿含有保温材料、待機者のばく露。

(46) 機械工

とくに運転、工事及び船舶専門機械工、様々な断熱材料、なかんずく例えば反応炉のような高圧区画における断熱; エレベーターの修理; コンベヤーの整備; 鋼鉄製金庫の耐熱ドアの充填材; 空気調節装置の維持補修; 石綿含有塗装された金属の溶接作業。

床上運搬車

* 機械工

- 制動機修理一般
- 小型フォークリフト
- 大型フォークリフト、建設機械

起重機

* 機械工

- 起重機機械作業一般

(修理工場)

鉸取外し、鉸打ち、掃除、穴あけ、床材の貼付け

(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 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 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-又は金属板プロファイ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鋳込みマッフルに入れ、鋳造が終わったら鋳込んだ中身を叩き出し、必要のばあい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, Kissler 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 μ m以上、長さとの比が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[10⁵ 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 3×10^5 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、1000 AB/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スタ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 ³)	NaOCl, NaOH, KOH, H ₂ O ₂ 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 ² 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 ² x 0.1 μm)	マイクロトーム	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 ² x 3 - 5 μm)	灰化 マイクロトーム	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：ウルトラマイ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 mm³ 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、低温灰化处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する診断方法は、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"/> 鋳造業 | |

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
 - パイプ被覆・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 バーナーの製造・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 埃りっばい作業服の取り扱い
11. 埃りっばいものの運搬
 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"/> 石綿封塗料 | |
| <input type="checkbox"/> 石綿テープ | <input type="checkbox"/> 石綿バックギン | |

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でしたか。

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・バックギンの取り付け・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。（ボディータルク・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。
 ブ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:
 大阪中皮腫研究会