

## 職場における石綿曝露の形態

森永謙二

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、そのすぐれた特性が広く工業原料として活用されてきた。このため石綿曝露を受ける機会は様々な業種・業界に働く労働者ばかりでなく、その家族や工場、鉱山の近隣の居住者にも広がっており、必ずしも職業曝露だけではない。

職業性石綿曝露の種類としては、1) 石綿鉱山又はその附属施設において行う石綿を含有する鉱石又は岩石の採掘、搬出又は粉碎その他石綿の生産に関連する作業、2) 倉庫内、船積み・荷下ろしにおける石綿原料の袋詰めや石綿製品の梱包、運搬作業、3) 石綿製品の製造工程における作業、4) 石綿の吹付け作業、5) 耐熱性の石綿製品を用いて行う断熱もしくは保温のための被覆又はその補修作業、6) 石綿製品の切断等の加工作業、7) 石綿製品が被覆材又は建材として用いられている建物、その附属施設等の補修又は解体作業、8) 石綿製品が用いられている船舶又は車両の補修又は解体作業、9) 石綿を不純物として含有する鉱物（タルク、パーミキュライト、繊維状ブルサイト等）の取扱い作業、10) 石綿製品を直接取り扱う作業、などがある。

### 1 石綿鉱山又はその附属施設において行う石綿を含有する鉱石又は岩石の採掘、搬出又は粉碎その他石綿の精製に関連する作業

戦時中に石綿の輸入が途絶えた時期があり、資源を獲得するために全国各地で石綿が採掘された。1950年代に行われた石綿鉱山労働者の調査では石綿肺の報告がある。戦後の国内の石綿産出量は1970年の2.1万トンを最高にその後急激に減少し、1999年では2,000トン程度（種類はクリソタイル）であった。

海外ではイタリア及びカナダ・ケベック州のクリソタイル鉱山、南アフリカおよびオーストラリアのクロシドライト鉱山、フィンランドのアンソフィライト鉱山に係る労働者に石綿関連疾患の報告がある。

### 2 倉庫内、船積み・荷下ろしにおける石綿原料の袋詰めや石綿製品の梱包、運搬作業

日本の石綿原料の主要な取り扱い港は、東京・横浜・清水・名古屋・四日市・新潟・大阪・神戸・門司の各港であった。港湾労働者が石綿原料を運搬する際に石綿粉じんの曝露を受け、石綿肺を生じた例が報告されている。船内や倉庫内の密閉された空間で、過去には麻・紙袋入りの石綿原料を手づかみ、肩荷役する作業が行われたため、袋（ソ連産の石綿袋は紙製であった）の破損による石綿原料の漏れによる粉じん曝露が、石綿肺の原因となった。最近ではフォークリフトによる機械化が進んでいるため、荷役作業に従事した年代と、どのような鉱物を

扱っていたかが問題となる。

石綿製品製造工場に石綿原料を運搬していたトラック運転手に胸膜ブランクの所見を認めた例、中皮腫を発症した例がある。

### 3 石綿製品の製造工程における作業

石綿製品の種類は多岐にわたっており、石綿製品を製造する工程に従事していれば、石綿曝露を受ける。主な石綿製品として、石綿紡織品（石綿糸、石綿布、石綿パッキンひも、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、石綿製品の切断工程は高濃度曝露を受ける。

石綿紡織は乾式作業であり、他の石綿セメント製品製造や摩擦材製造に比べて、はるかに高濃度の曝露を受けていたものと思われる。このためコホート調査では肺がんよりも石綿肺で死亡する者が多かったことがわかる。

以下の(ア)から(カ)までに掲げる石綿製品の製造工程では、直接石綿や石綿製品を取り扱う労働者や、現場監督のみならず、現場にしばしば出入りする事務職員にも石綿曝露の機会があったと考えるべきである。

(ア) 石綿糸、石綿布等の石綿紡織製品

(イ) 石綿セメント又はこれを原料として製造される石綿スレート、石綿高圧管、石綿円筒等のセメント製品

石綿セメント板は平板、フレキシブル板、軟質板に分類され、それぞれ、外壁・間仕切り・スクリーン、内外装・天井・浴室・台所等の内装、軒裏・天井・台所・便所・納戸、などに使われていた。波形石綿スレートやフレキシブル波形石綿スレートは、屋根瓦・外壁・天井等に、石綿セメント円筒は主に煙突に使用されていた。

石綿高圧管には最も発がん性の強いクロシドライトが使われており、埼玉県、兵庫県、香川県、佐賀県で製造されていた。1985年頃までには製造は中止されている。

(ウ) ボイラーの被覆、船舶用隔壁のライニング、内燃機関のジョイントシーリング、ガスケット(パッキング)等に用いられる耐熱性石綿製品

(エ) 自動車、捲揚機等のブレーキライニング等の耐摩耗性石綿製品

(オ) 電気絶縁性、保温性、耐酸性等の性質を有する石綿紙、石綿フェルト等の石綿製品(電綿(石綿?), 電気?)絶縁紙、保温材、耐酸建材等に用いられている)又は電解隔膜、タイル、プラスター等の充填剤、塗料等の石綿を含有する製品

石綿紙は石綿(ほとんどがクリソタイルで、アモサイト、アンソフィライト、クロシドライトが使われたこと

もある)に結合材(有機質,無機質,粉末状,合成樹脂エマルジョン,水性糊料など)を主体に,必要に応じて充填材などを加えて作られる。用途としてクッションフロアー(塩化ビニル加工長尺床材)の裏打ち材が代表的である。国内では大手5社で生産量の大半を占めていた。その他壁紙用,埋設パイプラインの腐食防止に被覆させるパイプラッピング材の原紙としても用いられていた。石綿フェルトは鋼板などに貼合して工場や体育館などの屋根材にも使われた。

#### 4 石綿の吹付け作業

石綿吹付け作業は概ね昭和30(1955)年頃より開始されたが,昭和39年に防音用として航空基地周辺の建築物に使われ始めたのを契機として一般に使用されるようになった。昭和42年頃より建築物の超高層ビル化,鉄骨構造化に伴い,鉄骨建築物の軽量耐火被覆材として大量に使用され,昭和45~48年の高度経済成長期が最需要期であった(昭和46年19,196トン,昭和47年20,987トン,昭和48年12,131トン,昭和49年9,617トン,日本石綿協会調べ)。吸音用として利用される場合は,厚さ10~20mm程度に吹付けるが,断熱用として利用される場合には条件によっても異なるが100mm近くも吹付ける場合があった。

昭和50(1975)年に原則禁止となった石綿吹付け作業は高濃度曝露事例であり,従事期間が例え1年未満であっても石綿肺を含むあらゆる石綿関連疾患を発症せしめる可能性があると考えて良い。吹付け石綿には主にクロシドライト,アモサイトが使われ,アモサイトを使用したものは淡褐色,クロシドライトを使用したものは淡暗青色となる。このため,更に表面に薄く水性ペイントを吹付けるか,クリソタイルを仕上用として数mmの厚さに吹付けることもあった。

特化則では石綿含有率5%未満では規制対象とならなかつたために,1975年以降もロックウール吹付けの際に5%未満の石綿を使用していた。このようなことは1980年頃まで行われていたと考えて良い。なお,仕様書には吹付け石綿使用の記載がなくても,実際には使用されていたことがしばしばあり,注意を要する。

石綿吹付けが施された空間内で,エレベーターや冷房機器などを据え付ける際に,吹付けられた石綿を一部削ったり,穴あけする作業で,石綿曝露を受けることもある。

#### 5 耐熱性の石綿製品を用いて行う断熱若しくは保温のための被覆又はその補修作業

発電所,工場,船舶,ボイラーなどの配管及び補助設備などの保温用として,またガラス工場,鑄造場,製鉄工場,化学工場などの防熱,防火用などに各種各等級の石綿布が使用されてきた。

石綿製品を用いて炉などの種々の施設に対して,断熱作業や配管,その補修作業を行い石綿曝露を受けた結果,数十年後に胸膜ブランクや肺がん,中皮腫が発症するこ

とも知られている。しかし,その曝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,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以下の薄いリボンは,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,油圧機およ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・ガスケットにも石綿は使用されてきた。

石綿布団(石綿布の内部にアモサイトやロックウールなどの繊維を充填し,金線入り石綿糸で縫い合わせたもの)は,船舶などの高温管,機関車のボイラー,発電所の保温などの用途に幅広く使われていた。

化学工場や石油精製工場での配管被覆,貯蔵タンク,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曝露がある。なかには,分配管の液漏れ点検作業のために,断熱用の石綿布団をめくることによる破損を修繕する際の曝露で胸膜ブランクの所見がでることもある。ガラス製造工場では各種石綿製品(リボン,布,石綿手袋,石綿作業服)が使用されており,長期間使用後の劣化に伴い,石綿曝露を受ける。石綿作業衣として,厚さ1mmの石綿布にアルミ箔を蒸着したアルミクロスがあり,消防服の他,高温作業衣または耐熱服として製鉄,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。

本邦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,中皮腫を発症した事例もある。

欧米ではパルプ・紙製造工場でこのような保温・断熱材の補修作業を行い,石綿曝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。パン焼き工場・ビスケット工場従業員の中皮腫例が国内外で報告されている。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曝露が疑われている。我が国でも中学時代にアルバイトで菓子製造工場で働き,断熱材の補修に従事した結果,胸膜中皮腫に罹患した例がある。

#### 6 石綿製品の切断等の加工作業

石綿が建築材料に利用されてきた最大の理由は,不燃耐火性があり,強度の大きな材料を作ることができることである。石綿含有建材成型品には,波形石綿スレート,石綿セメント板,住宅屋根用石綿スレート,石綿セメントサイディング,石綿けい酸カルシウム板(ケイカル板),パルプセメント板,耐火被覆材,押出成形セメント板がある。なおケイカル板にはアモサイトが使われていた。これらは工場,倉庫,家庭用住宅の屋根,外壁,内外装,床,天井,軒天井,間仕切りに使用されている。このような石綿含有建材を裁断,穿孔,面取り,ヤスリかけなどの方法で加工する際に石綿粉じんが飛散する。特に電動丸鋸による作業では一時的に高濃度曝露を受ける。

その他,溶接時に火気養生として使用する石綿布を切

断することで生じる石綿曝露もある。また、鋼線のメッキの際に、錆止め液を絞るために石綿紐を切断して棒に巻き付けたり、製品に鉛炉の鉛が付着するのを防止するために鉄板の上に石綿を二重三重に巻き付け、古くなる度に取り替える作業で、胸膜ブランクを伴う胸膜中皮腫を発症した事例がある。

### 7 石綿製品が被覆材又は建材として用いられている建物、その附属施設等の補修又は解体作業

石綿製品が被覆材又は建材として用いられている建物でも、特に吹付けクロシドライトが劣化した環境下であり、密閉化された狭い空間で行われる作業では、短期間であれ高濃度曝露があったものと推測される。また解体作業、ことに石綿吹付けが施工されていた建築物の解体は、一般には高濃度曝露の可能性を否定できない。実際に建設労働者に石綿の曝露による胸膜ブランクや中皮腫の発症例が報告されている。

### 8 石綿製品が用いられている船舶又は車両の補修又は解体作業

船舶や鋼製車両には石綿が吹付けられていた。船舶の配管には各種類の石綿布、石綿保温板、石綿保温筒（クリソタイル、アモサイト）も用いられていた。

造船や車両製造での石綿曝露は、直接石綿を取り扱わない作業者が石綿曝露を受け、肺がんや中皮腫に罹患する例があることである。塗装工や電気技師の中皮腫例は海外のみならずわが国でも報告されている。

### 9 石綿を不純物として含有する鉱物（タルク、パーミキュライト、繊維状ブルサイト等）の取扱い作業

天然鉱物でタルク（滑石）、パーミキュライト（蛭石）、繊維状ブルサイト（水滑石）にクリソタイルやトレモライト/アクチノライトが不純物として混入していることがある。タルクでは、国内産や中国産の一部には、トレモライト/アクチノライトを含有していたことがある。タルクはゴム・タイヤ製造での打粉剤や、農薬の増量材など幅広く使用されてきた。1980年代後半以降に製造されたタルクには、石綿が不純物として混入する可能性は少ない。

本邦では、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、塗布する作業で石綿に曝露し、肺がんを発症した事例や”けがき”作業に用いたタルク（石筆）で胸膜中皮腫や心膜中皮腫が発症した事例がある。国内産のタルクは1980年までは様々な分野で使用されてきた。

アメリカではパーミキュライト鉱山労働者に石綿関連疾患が発症しており、我が国にもこのパーミキュライトが輸入されていた。

### 10 石綿製品を直接取り扱う作業

石綿紙はクッションフロアー（塩化ビニル加工長尺床

材）の裏打ち材（タイルバックカー）として、壁紙用として、屋根や屋上の防水工事に用いられるルーフィング材や埋設パイプラインの腐食防止に被覆させるパイプラッピング材の原紙として、工場や体育館などの屋根材（鋼板などに貼合した結露防止石綿フェルト）などに使われてきたが、大部分はクッションフロアー裏打ち材として使用されてきた。また、電気絶縁用として、発電機、電動機、トランスなど重電機器の各種絶縁に多く用いられてきた。そのままテープ状にしたり、打ち抜いて用いることもあるが、多くは樹脂含浸を行ったテープとするなど樹脂加工を行うことが多い。また石綿紙をガラスクロスやマイカペーパーと貼り合わせて用いることも行われていた。また、石綿板はガラス工場で加熱されたものを運ぶコンベヤベルトの保護用に使用されたり、インゴットケースのパッキング、反応釜のパッキングにも使われていた。電気の絶縁物として、スイッチボックス、電気ゴタツ、特殊電球等に使用されていた。従って、電気機器製造やガラス製造業に従事し、これら石綿製品を取り扱った者には、石綿曝露の機会があった可能性がある。

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濾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に石綿肺が発生しており、また清酒工場で働いていた者に胸膜ブランクの例や中皮腫の発症事例がある。石綿フィルターは日本では国税庁の指導もあって1980年頃までには清酒用の濾過材としては使われなくなっている。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に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、補修の際には曝露を受ける。

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。このような曝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。

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し、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）による石綿曝露もある。

### 11 その他

レジンなどの結合材、金属などに石綿を加えて作られた摩擦材は電車・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で使用された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曝露を受け、軽度の石綿肺や胸膜ブランクが発生していることが日本でも報告されている。ただし、欧米の疫学調査のレビューでは、リスクはさほど高くないようである。自動車工場でも艤装作業中に、近傍でのエンジンカバーの石綿張り作業による石綿曝露を受け、胸膜中皮腫が発生した事

例がある。鉄道車両にも石綿摩擦材は過去に使用されており、これらの整備の際には石綿曝露があった。

歯科精密鑄造における緩衝材として、石綿リボン・石綿布が使われてきた。曝露量は他の石綿製品使用事例と比べて多くはないが、欧米及び我が国で中皮腫による死

亡例がある。

石綿原料の輸送に使用された麻袋が再生利用され、ソファーなどの家具の裏打ち材に使用した際に、石綿曝露を受けて中皮腫を発症した事例もある。