

## バーミキュライト(蛭石、ひる石)に関する Q&A

バーミキュライト(蛭石)に関する情報は、日本では十分収集されておらず、これ1冊という詳細な日本語の書籍はありません。各種の個別論文が散在している状態で、以下の内容は国立国会図書館、JICST 検索等によりバーミキュライトに関する中心的な論文・資料を収集し、石綿除去・分析・バーミキュライト施工等の関係者の聞き取りをあわせ、2009年11月2日時点で記述したものです。今後の調査及び資料の追加等により今回記述している内容の更新や変更が、今後何度かあるであろう、限定された内容であることをご承知おきください(中皮腫・じん肺・アスベストセンターHP、2009.11.02)。

### <1> バーミキュライト(蛭石、ひる石)とは何ですか？

バーミキュライト(ひる石)は層状の含水ケイ酸塩鉱物の一種で、雲母(「きらら」とか「千枚めくり」とも呼ばれます)が熱水的作用や風化によって変化し生成するといわれています。アメリカで蛭石が文献にでるのは1824年のことで、蛭石(ひるいし、vermiculite)という呼び名はラテン語のvermiculari(蛭、ひる)に由来し、岩石を約1000度以上に加熱すると結晶水の蒸発によって板状の各層がアコーディオン状に剥離・膨張する様子が蛭の蠕動(Vermicular motion)に似ていることから科学者Thomas.H.Webbが蛭石(Vermiculite)と名づけたそうです。日本では花崗岩が長い年月の間に風化した加水黒雲母類も含めて蛭石、バーミキュライトと呼んでいます(文献1)。

### <2> バーミキュライトは世界のどの国で採掘され、どこで焼成され流通するのでしょうか？

世界のバーミキュライト、蛭石の主な産地は、アメリカと南アフリカで、世界の生産量の大部分を占めたとされます(文献1)。世界の蛭石生産量は1974年では、アメリカ341,000トン、南アフリカ201,000トン、その他12トン、合計554,000トンとされています(文献2)。その他に、ブラジル、ケニア、中国、インド、日本、ジンバブエ、オーストラリア等が知られています。蛭石は通常露天掘りのあと、篩分け、粉碎等を行い8mm以上のプレミアムから、2mmから4mmのメデイウム、0.5mm以下のミクロンまで6種類に分類された後、岩石の状態で輸送、輸出されます。産出国や輸入国の消費地の近くの焼成工場に運ばれた蛭石は、650度から1,000度前後で焼成されると、トウモロコシの種がポップコーンになるように膨張します(文献1)。日本国産の蛭石は、福島県小野新町(須賀川・小野町)が最も有名で花崗岩が風化してできた表面の砂質部に10~20%の蛭石を含み、採掘後篩分け水洗により風化した土砂を除去して焼成工場へ出荷している、とされています(文献3)。焼成工場から消費地近くの建材製造業、その他製造業等の工場に出荷され、他の成分と混合加工された上で、商品として流通してきたと考えられます。1960-1980年代の吹き付けバーミキュライトには、建材会社の工場で石綿を追加された場合と、追加されなかった場合の2種類があったと考えられています。

### <3> どの国のバーミキュライト(蛭石)に角閃石系の石綿が含有している場合がありますか？

バーミキュライトの全てに石綿繊維が含有されている訳ではありません。バーミキュライトと石綿の鉱脈が近かった鉱山の場合、バーミキュライトに石綿が含有される訳で、アメリカのモンタナ州のリビー鉱山、アメリカのサウス・カロライナ州の鉱山のバーミキュライトに角閃石系のトレモライト・アクチノライト系の石綿が含有しているとされるのが典型例です（文献 4）。その後リビー産の角閃石繊維は、1997 年に改定された国際鉱物協会(IMA)の命名法（文献 5）に従えばトレモライトは 6%しか含有しておらず、国際的に新しい石綿繊維の定義に追加される可能性が高い角閃石系繊維のウィンチャイトが 84%、リヒテライトが 11%とされています（文献 6）。なおこの HP では、米国の環境有害物質・特定疾病対策庁（ATSDR=Agency for Toxic Substances and Disease Registry）の 2008 年の表記、モンタナ州リビー産の石綿含有バーミキュライト（Asbestos-Containing Vermiculite from Libby, Montana）に従い、ウィンチャイト、リヒテライトが主な場合も石綿含有バーミキュライトと記載しています。リビー鉱山の操業は 1920 年代に始まり 1990 年で操業が中止されました。モンタナ州リビーの災害については、立命館大学政策科学部の森裕之准教授の論文「モンタナ州リビーにおけるアスベスト災害、政策科学、2008 年 3 月」（文献 7）が最も詳しいと思われます。森裕之先生のご許可を頂きまして、当 HP から論文を PDF でダウンロードできます。是非ご参照ください。

中国では、河北省石家荘靈寿県、同炎寿県、江南省魯山県、ウイグル自治区上慰梨新疆で産出し 1970 年代以降日本にも輸入されていますが、石綿含有を確認した論文はないように思います。関係者の話によると、中国の鉱山は農民が農閑期に素手で掘って集める場合もあり、品質管理が十分でない場合があった疑いはあります。既に十分検査済みならば良いのですが、過去から現在の中国産の蛭石の石綿非含有の確認が今後必要になる場合もあるかもしれません。

南アフリカではパラボラ鉱山産が有名で、南アフリカ産の焼成品には繊維状でないアンソフライトが含有とする論文がありますが（文献 4）、鉱山で石綿に関する品質管理を厳密に行っていると伺いますし、トレモライト、角閃石系繊維のウィンチャイト、リヒテライトは検出されたとの論文がその後報告されていないように思います。日本の福島県小野町産に関する石綿含有を確認した論文はないようですので詳細は不明ですが、ひる石の生成過程が風化であることから石綿非含有と推定されてきたと考えられます。

日本の石綿の定義は、1975 年時点では 5 重量%を超える製品とされていましたが、1995 年以降は 1 重量%含有を越える製品と強化され、更に 2006 年 9 月以降は 0.1 重量%を越える製品と強化されました。バーミキュライト吹付け中に含まれていた石綿の重量は数%–0.数%とされていますから、1995 年以降該当するものが現れ始め、2006 年 9 月以降該当するものが増えてきたという事になります。日本の分析方法の変更もこの間何度かあり、石綿繊維を注意深く見るようになると実は含有だった場合が増えてきたと同時に、間違っただけで含有としてきた場合も生じ始めているのです。バーミキュライトの分析に関する詳細は、東京安全衛生センターHP <http://www.metoshc.org/> をご参照ください。

#### ＜4＞ 日本には、いつからどの位の量が、どういう形で輸入されたのでしょうか？

バーミキュライトの通関統計は、その他の鉱物（品目番号 25、32-390）中に含まれていたため、バーミキュライト自体の輸入量は 1988 年以前では判明しません。他の鉱物も含めた内数がわかるので、多くても何トンという統計になります。1988 年から品目が独立し輸入統計量にも CRUDE VERMICULITE という名称がでてきますが、こちらも真珠岩や緑泥岩を含めた内数となります。バーミキュライトは関税が無税でした（文献 1）。

原石では、国産が 24 年経過し 1972 年度実績が 8,000 トンで合計量が 150,000 トン。南アフリカ産が 10 年経過し昨年度実績が 10,000 トンで合計量が 60,000 トン。米国産が 25 年経過し 1972 年度実績が 2,500 トンで合計量が 30,000 トン。その他輸入が 3 年経過で、1972 年度実績が 500 トンで合計量が 1,500 トンとされています（石綿 No325、1973 年 1 月）。1975 年の焼成原石量は、国産 12,000 トン、南アフリカ産 11,500 トン、アメリカ産 5,000 トン、東アフリカ産 3,000 トン、中国・韓国産 500 トンである。南アフリカ産原石が範囲も広く量も多いところからして業界では基準的なものになっている（石綿 382、1977 年 10 月）。1988 年蛭石類（原石）輸入量では、南アフリカ 17,344 トン、中国 12,500 トン、アメリカ 82 トン、その他 487 トンで、合計 30,403 トンでした。1990 年では、南アフリカ 19,669 トン、中国 16,727 トン、アメリカ 260 トン、インド 300 トン、その他 18 トンで、合計 36,9743 トンでした（文献 1）。問題になっているアメリカのバーミキュライトの輸入は、1950 年前後から 1980 年代を主にしているようですが 1990 年以降もゼロではなく、詳細な輸入データの分析はこれからの調査課題として残されています。

バーミキュライトの輸入は、1952 年アメリカのゾノライト社が米軍施設の工事を請負、バミクライト・ジャパン社が東京に工場を建設しアメリカ産原石を持ち込んだのを最初としました（石綿 No382、1977 年 10 月）。1960 年にアフリカ産の白色蛭石が国際蛭石から輸入されました。蛭石の原石（金色蛭石）は国内でも大量に産出しているが、アフリカ産の白色蛭石が国際蛭石（株）により大量に輸入され、この白色蛭石は内地産に比べて白色度は強く超軽量が特色で着色が自由なため、天井、壁等の吹き付け塗装に最適とされているものでした（石綿 No171、1960 年 3 月）。その後南アフリカ産原石を商社（日商岩井）が輸入して焼成業者に提供するという方法で発展してきました（石綿 No382）。南アフリカの輸入後に韓国産原石が輸送距離も取引ルートも近くある程度進出してきたが、品質に難点があり昨今輸入はほとんど行われていないとされています（石綿 No382）。1970 年代東アフリカの原石を日本の商社が開発して持ってくるようになったそうです。日中復交後に中国産原石の実績が 1,000 トンになった（石綿 No382）そうで、その後中国からの輸入は増加し、1988 年には 12,500 トンになっています（文献 1）。

#### ＜5＞ 日本でのバーミキュライトの用途と流通は、どうなっていたのか教えてください？

日本での用途ですが、バーミキュライトは軽量で、断熱性があり、保温や耐火性に優れていて、次の場合が知られています。（1）軽量材 重量が砂の約 7 分の 1 と軽いため、軽

量コンクリート、プラスター、モルタルとして使用する。(2) 耐熱材 防火板、防火モルタル等に使用する。(3) 保温材・防音・吸音材、(4) 建築材 吹付け材では、吹付け工法や電着工法により学校や団地、工場等の天井の仕上げ材に使用する。また温室や浴室、紡績工場などの結露防止にも効果がある。(5) 製鉄・鋳造用除滓材、(6) 農園芸用土壌改良材、(7) 肥料添加用、(8) ボーリング用汚泥防止剤、(9) その他で利用されています(文献1)。1960～1970年代の用途ですと、バーミキュライトをモルタルとして左官職等による壁等での使用、公共的な建物のコンクリート天井の仕上げとして吹き付けとして使用されてきました。関係者の話によると、かさ比重の高い国産等のバーミキュライトは土壌改良剤で使用される場合が多かったとされています。

流通については一部しか判明していません。関係者の話を総合すると、バーミキュライトは国産や南アフリカ産を含め、全国に20以上あった工場で焼成されていたと考えられますが、アメリカ・リビー産を日本で焼成した工場の所在地は現在不明であり、今後の調査と米国産に関連した焼成工場労働者・退職者等の健康調査が必要になります。

#### **<6>石綿は一定の温度で結晶構造が変化すると聞きましたが、バーミキュライトの焼成過程で採掘時点では含有されていた石綿繊維が減少することはないのでしょうか？**

蛭石は焼成過程で1000度前後の熱を加える場合があるとされ、石綿(アスベスト)繊維の結晶がなくなることがあります。1986年の論文のためリビー産アクチノライトと表記していますが、リビー産の繊維の焼成前と焼成後のマグネシウムと鉄の比率を比較した研究では焼成前後共に10本と記載しており線維の減少は見られていません。トレモライトの脱構造水温度は950～1040度とされています(文献8)石綿繊維は一定程度減少する場合がありますがリビー産を含め焼成後も残存しています。残存している理由を考えますと、熱が加えられる時間が短い、もしくは実際は文献より加熱温度が低いようです。関係者の話によると、日本の焼成工場では原石に800度以下の熱にしている場合が多いとされます。

#### **<7>日本で実施されてきた、バーミキュライトの天井への工法を教えてください。**

初期のバーミキュライト工法の関連企業が、撤退や倒産され工法が判明していないこと、ゾノライト・グレース社関係企業等の情報公開が不十分と思われること、等から工法の詳細は不十分にしか判明していません。詳しい内容や資料をご存知の方は、アスベストセンターまでご一報ください。天井のバーミキュライトの工法として、吹付け工法と電着工法等が知られています(文献1)。

バーミキュライトの電着工法に関する論文は、現在までの検索では見つかりません。関係者のお話を総合しますと、静電気を利用した電着塗装の一種の工法と思われます。茶褐色、黄金色、あるいはキラキラ光る雲母が見えているのがバーミキュライト電着工法です。左官工が、コンクリート下地にモルタル金コテ仕上げした上に有機系の糊を塗布し、その真下で袋から取り出したバーミキュライトを皿に載せ電極を通すと天井に吸着するというものです。1960年代以降から住宅公団、その他の共同団地等で施工されていた事が多い工法です。過去の電着工法では、人が天井を擦過するところすったあとが残り(生活擦過痕)、

部屋の床に落下してきます。電着工法には石綿を意図的に添加することはなかったようで、1980年代では石綿非含有と考えて落下対策を考えてきたようですが、石綿含有が判明した場合は石綿則に従い、安全を考えた対策が必要となります。

日本の吹き付け仕上げ工法は、1952年にアメリカのゾノライト社により始まったとされています。吹き付け蛭石には、無機系蛭石吹きつけと、有機系蛭石吹き付けがある（岡村高明、石綿 No391、1978年8月）とされており、以下の記載でも明らかなように複数の工法があったと推定されますが、現在その詳細は不明です。

1956年の石綿誌は、友利工業（神田佐久間町3-5）は、ひる石にセメントをくわえたものを壁に吹き付ける工事を始めた。これは米国では広く普及しているもので、新生熱研工業でも研究を重ねている。問題は噴出機で、今まで適当な国産品がなかったが今完成したものの。蛭石吹き付け壁の効果は、防音、耐火、結露防止等で、他の吹きつけ壁に比べて蛭石特有の美しさを評価する向きもある、としています（石綿 No126、1956年7月）。阪大原子炉に蛭石壁、米国原子戦に備えるか？（日本産の金色）蛭石に米国から大量の引き合い、X線の診療所に続々蛭石壁とされてきました（石綿 No127、1957年8月）。新生石綿では蛭石の吹きつけをやり始め、鎌倉学園の講堂兼体育館に施行、蛭石吹きつけは普通左官のもつものでできるので簡単でハクリしない（石綿 No143、1957年11月）としています。蛭石吹きつけは施行簡易と単価の安い点、特に普通左官のもつりシンガンで施行されるので最近急速に伸びてきた。施行法は特殊バインダーで焼成蛭石をそのまま吹きつける方法と、セメント・プラスター等と混合水練りとして吹きつけるのと二つあるがわが国は地震も多く又湿度の関係から後者の方法が強度的に優れている。公会堂・音楽室・地下鉄等の天井壁に多く使用されている。騒音防止に蛭石ふきつけ地下鉄東京駅の写真（石綿 No148、1958年4月）。新生熱研工業は、ドロマイドプラスターの左官工法については、翌日小亀裂が無数に入ることが多々あります。配合ドロマイドプラスター0.7 セメント 0.3 ひるいし 0.5-2.0 としました（石綿誌、1960年2月）。

1965年に吹き付けバーミキュライトでは後発であったABC商会在、ミクライトの製造を始めます。ABC商会の製品は1970年代初頭にかけてシェアを伸ばし、吹き付けバーミキュライトの中で公官庁施設（集合住宅）を主に市場のかなりの比率を占め、民間施設や個人住宅にはあまり使用されてこなかったとされます。経済産業省の建材データベースによると、ABC商会のミクライトは1965～1966年で24.4%の石綿含有率、1966～1971年で17.5%の石綿含有率、1971～1977年で12.8%の石綿含有率、1977～1988年で4.6%の石綿含有率、ABC商会のウォールコートM折板用では1971～1989年で39%の石綿含有率とされています。4.6%以上の石綿含有率の場合、今までの日本の分析方法で石綿として検出されてきたと考えられます。

1980年段階の論文を見ますと、「直天井ひる石吹付仕上げとは、ひる石を粒状にしたものを主原料として、結合材（バインダー）を加えて、色の処理をし、天井コンクリートスラブ面に吹き付ける。目的は、比較的簡単に、吸音性のある天井仕上げをする事である。この材料は施工さえ十分ならば、落ちてくる事はないが、子供でもあばれて天井がこすら

れでもすると、割とポロポロと落ちる。一般に同じ材料でコテ塗りした上に、3mm厚さで吹き付けて仕上げる。商品例：ミクライト、AP ABC 商会、ウォールコート M ABC 商会、ゾノライト吸音ブラスター 西武ポリマー」とされています（文献10）。

ゾノライト社はアメリカでグレース社に継承され、日本にはグレース・ジャパンという会社があります。HP は以下をご参照ください（最終閲覧日 2009.10.23）。  
<http://www.grace.com/About/LocationResult.aspx?CountriesFromMap=JAPAN>

#### **<8>天井のパーミキュライト以外で建物内で注意するパーミキュライト製品はありますか？**

1970年代以降、ロックウール吹きつけの増量剤で添加されたパーミキュライトに、アメリカ産の石綿含有のある場合があるのかどうか、最も懸念されます。石綿則レベル2作業のパーミキュライト保温材等が次に問題になります。飛散性のないゾノライトプラスターの壁での使用の問題性は低いと思われます。パーミキュライト製品の石綿含有について、現存している会社から情報提供されている資料として、国土交通省・経済産業省建材データベース<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/07/070331.html> を御参考下さい。パーミキュライトについては、倒産や撤退した会社も多く情報が限定されている点にご注意ください。

#### **<9> 天井に吹き付けられたパーミキュライトですが、肉眼で石綿繊維の含有の有無が区別できるでしょうか？ 米国産と国産等のパーミキュライトの違いは肉眼でわかるでしょうか？**

石綿調査の専門、石綿除去専門の方でも肉眼では含有の有無の判断はできません。パーミキュライトに含有している角閃石系石綿（ウィンチャイト、リヒテライト、トレモライト）の比率は、0.0数%から数%程度だからです。パーミキュライトの中に、石綿繊維がわずかに潜んでいる形になります。パーミキュライトは膨張しているので押すと凹み性質がありますので、天井にある一定の粒が押すとへこむことでパーミキュライト含有の推定まではできるでしょう。しかし石綿含有率が低いので、肉眼では繊維の有無等は判別できません。

国産と米国産のパーミキュライトの肉眼的にサイズ等の違いはあるようですが、専門家でも違いはわからない場合が殆どです。分析を行わないと難しいようです。リビー鉱山のあったアメリカでこれまで実施され経験を積んできた分析方法による必要があります。パーミキュライトの分析に関する詳細は、東京安全衛生センターHP <http://www.metoshc.org/> をご参照ください。

#### **<10>アメリカ、モンタナ州のリビーの健康被害とはどのようなものですか？**

米国の環境有害物質・特定疾病対策庁（ATSDR）によると、リビーはアメリカ西北部モンタナ州の西北の Kootenai 川沿いの谷にある Lincoln 郡の街で、谷の人口が全体で 7,000～

8,000人でリビーの人口は2,500~3,000人とされています(文献11)。リビー鉱山の操業は1923年で、バーミキュライトの生産量は1940年に2万トン、1950年に15万トン、1970年に20万トンで1990年までとされています(文献11)。リビー鉱山の石綿濃度は、1975年以前の採掘で9~23f/mlでその他の仕事は2/ml以下との論文もありますが、掃除の際に182f/mlとの論文があります(文献6)。米国NIOSHの研究者の論文によると、リビー鉱山の関係(鉱山、採掘、選鉱、鉄道、焼成工場、リビーの事務所)で1935年から1981年まで1年以下の勤務も含めた1572名の白人男性労働者1,572名の疫学調査によると、2001年段階で死亡者は757人、死因は肺癌99人、中皮腫15人、石綿肺40名でした。肺癌の標準化死亡率は1.7で、中皮腫は15.1、石綿肺は165.8でした(文献6)。平均累積曝露量(繊維/ml・年数)は、肺癌28.2、中皮腫145.1、石綿肺228.4と極めて高い内容でした(文献6)。リビー鉱山でも他の石綿鉱山や工場と同様に、家族曝露や住民曝露が多発しました(文献11)。米国環境有害物質・特定疾病対策庁とEPAが、1990年以前に6ヶ月以上リビーに居住した人7307名の曝露経路を詳細に調査した論文によると、全部で29の曝露経路がありました(複数回答可能)。職業が17経路で、グレース退職者370名、グレース社下請465名、グレース社以外の粉塵業務2396名、グレース社以外のバーミキュライト作業1103名、建築関連業務2899名、石綿曝露851名でした。グレース社の家族曝露1418名、バーミキュライト保温材使用3017名、園芸でのバーミキュライト使用3635名、自宅近くでバーミキュライト使用638名、鉱山と街の間の道路でリクリエーション4898名、焼成工場近くでボール遊び4722名、バーミキュライト積み場が遊び場2442名、発泡したバーミキュライト2797名でした。複合した曝露ですがそれぞれの曝露形態で14.4~51.0%の胸膜肥厚斑や、0~3.8%の石綿肺所見が認められました(文献12)。1978年にリビーのバーミキュライトを用いたオハイオ州の工場従業員に12名の胸水が認められ(文献11)、問題はバーミキュライト製品製造業を含めたものとされています。2008年米国環境有害物質・特定疾病対策庁は米国各地に1936年から1993年まであった28の焼成工場(ゾノライトグレース社が15社、その他13社)等の使用製品、濃度、除去工事等の調査を報告しています(文献13)。

米国ではゾノライトを建物の保温材として大量に使用し、今後の健康影響として注意喚起をされているのは、鉱山居住地関係者、焼成工場労働者、建築労働者、自宅の保温材等の補修作業等が中心となっています(文献11)。天井吹きつけ材としての使用は日本と比べると少なかったようで、明確な記載が乏しい様に思われます。健康影響について、日本は日本の実情に応じた調査が今後必要になると思います。

モンタナ州リビーの災害については、立命館大学政策科学部の森裕之准教授の論文「モンタナ州リビーにおけるアスベスト災害、政策科学、2008年3月」(文献7)が最も詳しいと思われます。森裕之先生のご許可を頂きまして、当HPから論文をPDFでダウンロードできます。是非ご参照ください。

## <11> 今後日本で一番懸念される健康影響はどのようなものでしょうか？

焼成工場の労働者、加工製品工場の労働者、運搬に関連した労働者、保温関連の労働者、等への健康影響が最も懸念されます。考えられる疾患は、石綿肺、石綿肺がん、中皮腫、胸膜肥厚斑等です。焼成工場周囲の近隣曝露も、健康影響が懸念されます。吹きつけひる

石の天井のある建物に長年居住、滞在したため胸膜肥厚斑、中皮腫等の石綿関連疾患が生じることも次いで懸念されます。吹き付け石綿があっても室内の濃度が上昇しない場合もあるので全ての建物とはいえませんが、施工不良、天井への接触、経年劣化による事例では、石綿濃度の上昇が想定されるからです。園芸での使用では0.数f/mlの濃度測定結果もありますが、屋外であり拡散し濃度減衰しやすいこと、健康被害の報告事例が現在まで少ないこと等から、園芸での使用での被害はきわめて稀かと思われます。国産でなく米国産のバーミキュライトで農業等での長時間使用された方がございましたら是非ご教示いただければ幸いです。園芸製品に関する情報は東京安全衛生センター<http://www.metoshc.org/>をご参照ください。

健康影響について、石綿則に照らした日本の実情に応じた調査、退職者の健康管理や疫学調査が今後必要になると思います。なお前述した通り、日本産及び南アフリカ産のバーミキュライトを使用した場合の製品では、石綿の含有はないとされています。米国産を中心にした、バーミキュライトの一部の製品に石綿含有が問題である事に留意して頂き、適切な対応をお願い致します。

#### **<12>吹き付けバーミキュライトのある団地に住んでいます。調査は今後どうすればよいでしょうか？**

再調査が一番必要な建物は、未対策のバーミキュライトのある天井で現在暮らしている方が多い団地等です。団地では一つの棟を一つの業者が同じバーミキュライトで吹いた場合が多く、同時期に完成した数棟がある団地の場合、分析は1棟毎に1住宅以上のサンプルで実施することをお勧めします。

調査と分析方法ですが、2008年のJIS A 1481以前に実施されたものは、トレモライトの検出自体が不十分ですので再分析が必要です。2008年以前の石綿非含有の結果は、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライトへの注意が少なく、特にバーミキュライトの分析方法自体が不十分だからです。更に2008年のJIS A 1481の結果で非含有の場合でも、0.1～0.5%のトレモライト等（ウインチャイト、リヒテライト）の石綿は検出できないので、今後再分析が必要となります。公的建物の階段室や天井のバーミキュライト系の吹き付け石綿の石綿非含有の結果の根拠が揺らいでいるといえます。現在の建材分析のJIS法ではバーミキュライトの分析は不十分であり、世界で標準的に使用される、実体顕微鏡、偏光顕微鏡、電子顕微鏡の併用が必要な時代になったと思われます。日本ではまだ数少ない実体顕微鏡、偏光顕微鏡、電子顕微鏡の分析の経験のある分析機関での分析依頼が必要です。

再調査不要な場合としては、2007年以前の建物調査による分析で、数10～数%以上のクリソタイル等の石綿含有とされた場合は意図的添加なのでその結果にしたがって再分析はしなくてもよいということになります。バーミキュライトの分析に関する詳細は、東京安全衛生センターHP <http://www.metoshc.org/> をご参照ください。

#### **<13>吹き付けバーミキュライトのある建物に住んでいますが、石綿含有とされました。今後の管理はどうしたらよいでしょうか？**

居室、寝室、台所、事務所等、人が1日8時間以上の長時間滞在する部屋の天井に、石綿含有パーミキュライトがあることは、石綿飛散が常時ではないにせよ、様々な機会（生活上での擦過、地震）での石綿曝露が懸念されます。管理の原則としては、人が長時間滞在する部屋の吹きつけ石綿は除去工法の選択が適切です。既に囲いこみ工法と同等の工法（膜天井工法等）が実施されており、管理が十分されている部屋の場合は、囲い込みと同等の状態であると推定できるので、経年的に経過をみる選択も考えられると思います。

#### **<14>膜天井工法(システム)とその問題点を教えてください。**

膜天井工法は、1988年フランスより技術導入され、同年旧公営住宅用に採用され、1992年旧公団住宅のひる石（パーミキュライト）天井改修工事に採用された工法です。次のHPを参照して下さい。<http://www.refojoule.co.jp/products/makuten/education.html>

膜天井は、団地等で蛭石吹きつけがしばしば落下することがあるために、内装工事のひとつとして利用されてきました。団地の2DKの間取りで食事の際に落ちると困るので、キッチンや居間の天井にだけ施工されている場合と、全室に施工されている場合があります。膜天井を施工した部屋は、膜をゆすると膜の上に落下しているパーミキュライトが移動する音が聞こえます。吹きつけ石綿の管理の一つである「囲い込み工法」と同等の状態になっているわけで、天井のパーミキュライトが石綿含有の場合でも、その部屋の石綿飛散は防げていると推定されます。

問題は膜天井の施工時です。石綿の含有のない団地の棟では問題がないのですが、石綿含有の棟の場合は天井からの石綿飛散が懸念されます。天井に極力ふれないように工事をするよう努力するにしても、工事の際の振動で不注意の飛散はありえる状態です。安全を優先すれば、石綿則の作業とする必要が生じます。

建物解体時には除去をせざるを得ないので、膜天井で囲い込み類似の対策をとり最終的に除去をするのではトータルコストは膜天井工法が高いという問題もあります。石綿の検出された棟や部屋は除去を原則として管理することが必要です。過去の内装対策の時代から、現在の石綿管理対策へ転換させていく時代になったと考えられます。

#### **<15>日本のパーミキュライトメーカーと、産業団体を教えてください。**

日本産及び南アフリカ産のパーミキュライトを使用した場合の製品では、石綿の含有はないとされています。過去の米国産のパーミキュライトの一部の製品に石綿含有が問題となりつつある事に留意して頂き、適切な対応をお願い致します。

1955（昭和30）年の蛭石焼成加工会社名（但し \*印は採掘のみ）として、日本蛭石工業（株）、\*吉田四郎、東洋蛭石工業（株）、東邦蛭石工業（株）、玉置産業（株）、西

田防火建材社、日本絶縁工業（株）、朝日蛭石工業（株）、新生熱研工業（株）、ヒル石産業（株）、日本助燃剤工業（株）、バーミキュライト・オブ・ジャパン・リミテッド、1955（昭和30）年の産業団体は日本蛭石協会とされています（文献3）。

日本蛭石協会臨時総会 理事東京特殊化工、日宝蛭石、新生熱研、バーミキュライト、幹事 日本蛭石企業 三和化工（石綿誌昭和35年4月）、日本蛭石協会臨時総会 組織強化なる 日本蛭石協会では二日永楽クラブで臨時総会を開催、協会の強化対策の審議および役員の変更を行った。同日は会長栗山寛氏ほか会員16社の大部分および建設省、通産省、建材協会からも関係者出席、協会を社団法人に組織変更、重要議題を審議した。会長＝栗山寛東北大学工学部教授、理事＝東京特殊化工、日宝蛭石、新生熱研、バーミキュライト、幹事＝日本蛭石企業、三和化工（石綿No172、1960年4月）。

1972年夏、建築向けバーミキュライトのJISが發布された。1973年、日本バーミキュライト工業会の会員は8社で、株式会社ABC商会、三和バーミックス株式会社、昭和バーミキュライト株式会社、新生熱研工業株式会社、日本蛭石株式会社、日本蛭石企業株式会社、バーミキュライト・オブ・ジャパン・リミテッド、V・S科工株式会社である（石綿No325、1973年1月）。「日本バーミキュライト工業会 関東8社 バーミキュライト・オブ・ジャパン（東京品川区）、日本蛭石（株）、関西2社」（石綿誌昭和44年9月）（岡村高明、石綿391、1978年8月）1992年のバーミキュライトの製造メーカーとして、旭工業（株）、エービーシー化工（株）、釧路石炭乾留（株）、昭和バーミキュライト（株）、新生熱研（株）、東洋バーミキュライト（株）、日東蛭石（株）、日本耐火（株）、日本蛭石（株）、ハットリ（株）、ヒルイシ化学（株）、ブイ・エス科工（株）、福島バーミ（株）、美和化工（株）の14社とされています（文献1）。

日本バーミキュライト工業会は、1970年代-1980年代は、新生熱研工業に事務局がおかれていましたが（文献5）、1992年では団体として日本蛭石工業会が昭和バーミキュライト（株）（現在ベルミテック）内にあるとされています（文献1）。

## 文献

- 1) 吉田國夫、鉱産物の知識と取引—工業用鉱物編—、588—598、通商産業調査会、東京、1992
- 2) F. E. Childs, Vermiculite, Mining Magazine, Mining Annual Review, 126, 1976
- 3) 吉田国夫、鉱産物の知識と取引、144-149、通商産業調査会、東京、1955
- 4) Farhad Moatamed, et al, Fiber Contamination of Vermiculites :A Potential Occupational and Environmental Hazard, 41(207-218), Environmental Research, 1986
- 5) Leake et al, Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of International Mineralogical association, Commission on New Minerals and Mineral Names. Can. Mineral. 35 (219-246), 1997
- 6) Patricia A Sullivan, Vermiculite, Respiratory Diseases, and Asbestos Exposure in Libby, Montana: Update of a Cohort Mortality Study 115(579-585), Apr 2007
- 7) 森裕之、モンタナ州リビーにおけるアスベスト災害、政策科学、2008年3月、
- 8) 森永謙二編、職業性石綿ばく露と石綿関連疾患、p14、三信図書、東京、2002

- 9) 石綿 (1946. 5～1977. 9) 、せきめん (1977. 10～2005. 3・4) 、日本石綿協会、各号
- 10) 若林英彦、天井材各論(その 4) 12 直天井ひる石吹付仕上げ、建築士と実務 (9) 、76-77、1980
- 11) Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Mortality in Libby, Montana, 1979 to 1998, 2. Aug. 2008 (<http://www.atsdr.cdc.gov/>) (最終閲覧日 2009. 10. 31)
- 12) Lucy. A. Peipins et. al, Radiographic Abnormalities and Exposure to Asbestos-Contaminated Vermiculite in the Community of Libby, Montana, USA, Env. Health. Pers, 111(4):1753-1759
- 13) Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Summary Report Exposure to Asbestos-Containing Vermiculite from Libby, Montana, at 28 Processing Sites in the United States, 29. Oct. 2008 (<http://www.atsdr.cdc.gov/>) (最終閲覧日 2009. 10. 31)