

ごあいさつ

日本学術会議の所属機関として、2003年に第1回バイオ・ナノ・インターフェイス国際会議（ICBN 2003 TOKYO）を創設・主催されまた、2006年9月には『アスベスト問題における理・工学と医学の接点』をテーマに日本学術会議にて界面シンポジウムを開催された界面科学技術機構の年会誌が10周年を迎えられました。こころよりお祝い申し上げます。

また、【INTERFACE】2007年度号に引き続き、2010年度特別号に寄稿ご依頼頂きましたことに界面科学技術機構 代表 村瀬先生に厚くお礼申し上げます。

掲載させて頂いた論文は、2010年11月に日本労働衛生工学会（厚生労働省 後援）50周年記念に於いて研究発表した内容をすべて網羅しております。ページ数の制約から当日のプロジェクターでの発表に置きかえさせて頂いた内容も含めすべて掲載させて頂きました。

発表内容の評価は高く、《 JIS A1481—2008 年度版を更に精度を追及した分析方法 》として各会の諸先生方から認めて頂きここに改めて

[8種類の繊維状物質を対象としたアスベスト判定方法]として発表させていただきます。

弊社では、今後の国際情勢を踏まえ2008年4月から今回の論文については取り組んで参りました。

厚生労働省をはじめ、経済産業省・国土交通省など各行政の今後のアスベスト調査・分析・対策の一助になれば幸いです。

日本水処理工業株式会社
品質管理者 アスベスト分析精度対策担当
取締役本部長 脇谷 壮太郎



8種類の繊維状物質を対象としたアスベスト判定方法

日本水処理工業株式会社 脇谷 壮太郎, 吉本 雅哉, 中嶋 正旨, 山形 聡志

JIS A 1481:2008「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」等による 繊維状ウィンチャイト/リヒテライトの分析の有効性についての検証

1. 序論

厚生労働省から2009年12月28日付けで公布された基案化発1228第1号『パーミキュライトが吹き付けられた建築物等の解体等の作業に当たっての留意事項について』（以下、「通達」という。）において、ウィンチャイトやリヒテライト（以下、「繊維状ウィンチャイト等」という。）を含有する建材についてはアスベストを含有する建材の場合と同様に、石綿障害予防規則に準じたばく露防止対策を講じなければならない旨が記されていたことは、記憶に新しいところである。

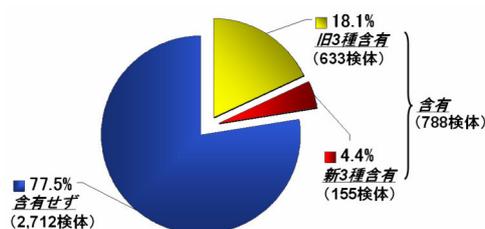
同通達において繊維状ウィンチャイト等に係る問題が記されているが、この問題はいわゆる「吹付けパーミキュライト」に限られるものではなく、建材全般に波及する可能性が考えられる。故に、JIS A 1481:2008「建材製品中のアスベスト含有率測定方法」（以下、「JIS法」という。）に準じた、繊維状ウィンチャイト等の分析の有効性について十二分に検証を重ねておく必要がある。

その根拠となるのが、当社で保有している統計データである。これは当社の分析データを3,500検体分過去に遡って集計¹⁾したものであるが、吹付けパーミキュライト以外の建材についてもアスベストを含有するパーミキュライトが含まれるケースがあることを示唆するものである：

- 3,500検体中、「アスベスト-含有」と判定された試料は788検体（全体に占める構成比22.5%）。
- うち、新3種について「含有」と判定された試料は155検体（同構成比4.4%）。同試料群のうち、154検体にパーミキュライトの含有を確認（吹付けパーミキュライト以外に、湿式吹付け材等も含む）。加えて、2検体に繊維状ウィンチャイト等の含有も確認。

吹付け材 3,500 検体の分析結果についての統計データ

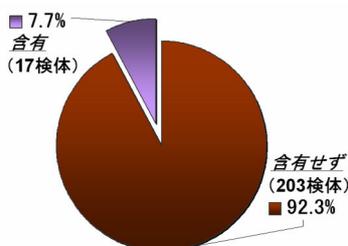
「アスベスト-含有」と判定されたものは788検体であるが、うち新3種についてのものは155検体を占めていた。



- 「吹付けバーミキュライト」として分析の依頼を受けた 220 検体中、「アスベスト-含有」と判定されたものは 17 検体(吹付けバーミキュライト全体に占める構成比 7.7%)。

吹付けバーミキュライト 220 検体の分析結果についての統計データ

「アスベスト-含有」と判定されたものは 17 検体(構成比 7.7%)であった。



本論文においては、その有効性についての当社の研究結果について述べ、もって当該分析方法の有効範囲が繊維状ウィンチャイト等にまで及ぶことを示すことを目的とする。

2. 本論

最初に、以下に展開する議論の流れを簡単にまとめておきたい。本研究の目的が JIS 法によって繊維状ウィンチャイト等が「トレモライト」と判定可能であることを示すことにあるから、まずは当該の判定条件について厳密に定義する必要がある。そうでなければ判定可能か否かについて、結論を得ることはできない。

次いで当社で実施した JIS 法等による試験の結果をまとめる。しかる後に当該の結果を用いて、JIS 法等が当該の定義を充たすか否かを検証して結論を導く、というのが以下のおおまかな流れである。ではこれから早速、本題に入っていくことにしよう。

2.1. 繊維状ウィンチャイト等が「トレモライト」として判定可能、と結論するための必要十分条件

「繊維状ウィンチャイト等がトレモライトとして判定可能」の概念は、次の条件、の連言として定義できる。

条件 繊維状ウィンチャイト等を含有する試料については、「トレモライト-含有」と判定可能である。

条件 「トレモライト-含有せず」と判定可能な試料については、繊維状ウィンチャイト等についても「含有せず」と判定可能である。

したがって、JIS 法がこれらの条件をとともに充たすことを検証できれば、当該分析方法によって繊維状ウィンチャイト等が「トレモライト」として判定可能、と結論することができる。

さらに、繊維状ウィンチャイト等のトレモライトとの判別まで視野に入れた場合には、次の条件を充たすことも必要となる。

条件 分散染色法等により繊維状物質が確認された場合には、当該物質がウィンチャイト等であるか否かが判定可能である。

定義 判定(または、判別)のための具体的な分析方法が存在するとき、「判定(または、判別)可

能」というものとする。

2.2. 本研究の結論

本研究の結果から、次の結論が成り立つことが示唆された:²⁾

- 1) JIS 法による分析は、条件 $n_D^{25} = 1.620$ を満たす。すなわち、繊維状ウィンチャイト等は JIS 法によって「トレモライト」として判定可能である。
- 2) 走査型電子顕微鏡による EDX 分析(以下、「EDX 分析」という。)は、条件 $n_D^{25} = 1.620$ を満たす。したがって、繊維状ウィンチャイト等は EDX 分析によってトレモライトと判別可能である。

2.3. 上記結論の根拠

以下において、まずは当社において実施した JIS 法に準じた分析方法についての検証結果をまとめ [2.3.1]。しかる後、当該結果をもとに推論を構築する [2.3.2]。

2.3.1. 当社の JIS 法に準じた分析方法に係る試験結果

試料として、繊維状ウィンチャイト等を含む天然鉱物³⁾を用いた。これは X 線回折装置の ICDD 上のデータとの照合の結果、繊維状ウィンチャイト等の含有が実際に確認されたものである。

試験の対象とした分析方法としては、JIS 法で一般的に行なわれている位相差顕微鏡による分散染色法(以下、「分散染色法」という。)や X 線回折分析に加え、精度向上の観点から当社で行なっている EDX 分析がある。⁴⁾

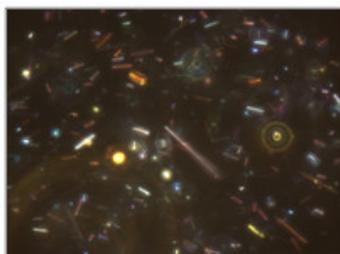
2.3.1.1. 分散染色法についての試験結果

繊維状ウィンチャイトの試料を浸液の屈折率 $n_D^{25} = 1.620$ (すなわち、トレモライトが鋭敏色を示す屈折率)における分散染色法で分析した結果、橙乃至赤褐色の分散色が観察された。また、繊維状リヒテライトの試料については、同屈折率において青紫色の分散色が観察された。

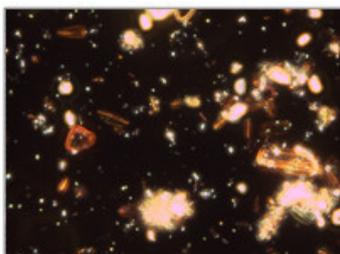
分散染色法によるトレモライト標準試料、繊維状ウィンチャイト等の試料の観察

トレモライト標準試料の分散色は単一でなく、色調に幅があることがわかる。当該色調には、繊維状ウィンチャイト等の分散色の色調と近似したものが含まれている。

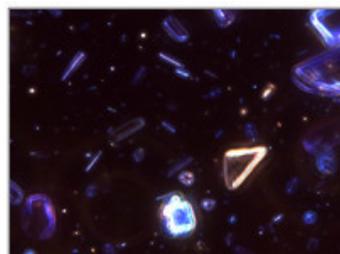
$n_D^{25} = 1.620$ の場合、これらの鉱物の分散色の色調は似かよったものになる。



—トレモライト—

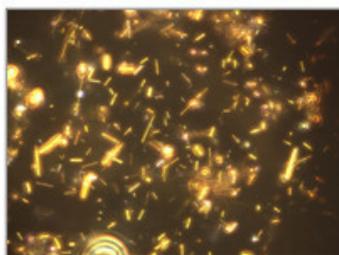


—ウィンチャイト—

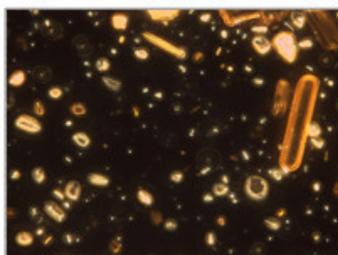


—リヒテライト—

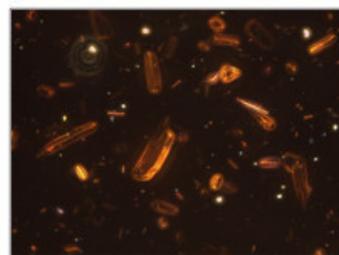
$n_0^{25} = 1.605$ の場合も同様に、これらの鉱物の分散色の色調は似かよったものになる。



—トレモライト—

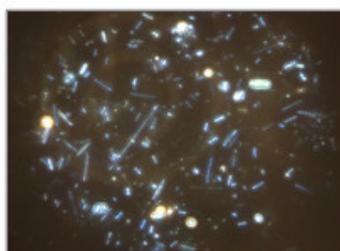


—ウィンチャイト—



—リビテライト—

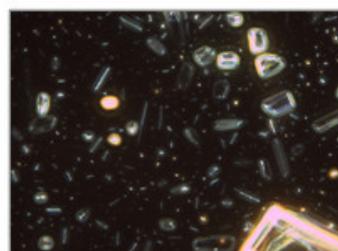
$n_0^{25} = 1.640$ の場合も同様に、これらの鉱物の分散色の色調は似かよったものになる。



—トレモライト—



—ウィンチャイト—



—リビテライト—

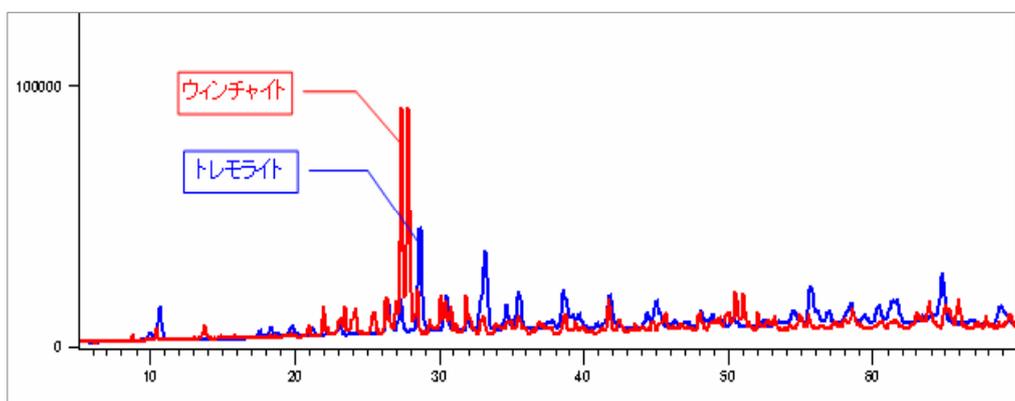
2.3.1.2. X線回折分析についての試験結果

繊維状ウィンチャイト等の試料について X 線回折分析を行なった結果、トレモライト標準試料に近似の回折スペクトルが観察された。具体的には、トレモライト標準試料との回折スペクトル上のピーク的一致率として繊維状ウィンチャイトの場合 15/39、繊維状リビテライトの場合 30/39 という試験データを得ている。

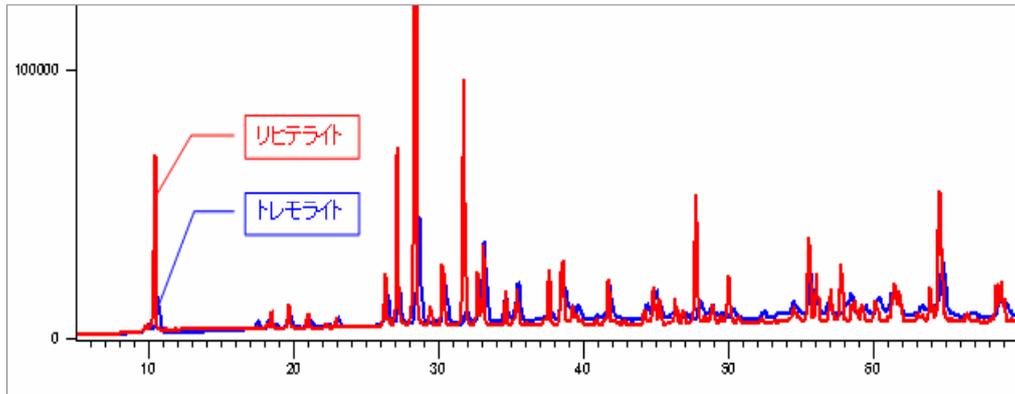
なお、トレモライトの X 線回折分析では 10.5-11.0°及び 28.5-29.0°に特徴的な回折ピークがみられるが、繊維状ウィンチャイト等の試料についても同様の回折ピークが確認されている。

X線回折分析によるトレモライト標準試料、繊維状ウィンチャイト等の試料の分析結果の比較

繊維状ウィンチャイト、トレモライト標準試料の場合：



繊維状リヒテライト, トレモライト標準試料の場合:

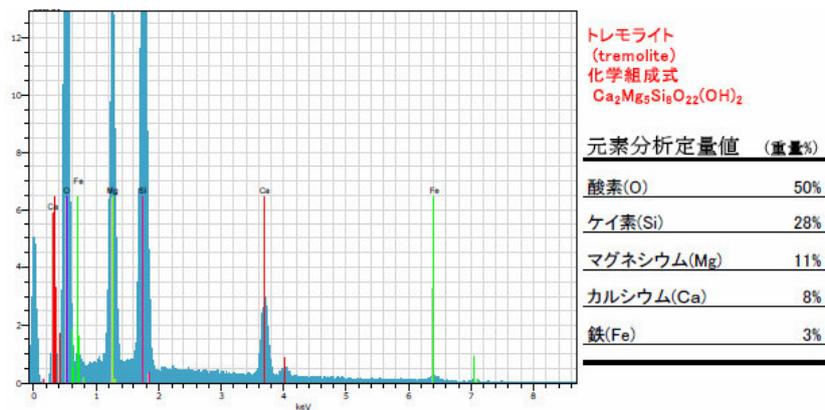


2・3・1・3. EDX 分析についての試験結果

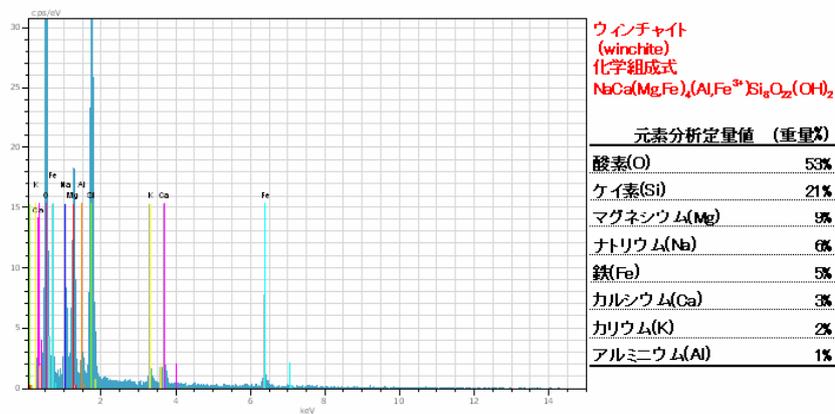
繊維状ウィンチャイト等の試料等の EDX 分析の結果, 元素構成等の確認から繊維状ウィンチャイト等の同定(トレモライトとの判別も含む)が可能であることが示唆された.

トレモライト標準試料, 繊維状ウィンチャイト等の試料の EDX 分析結果

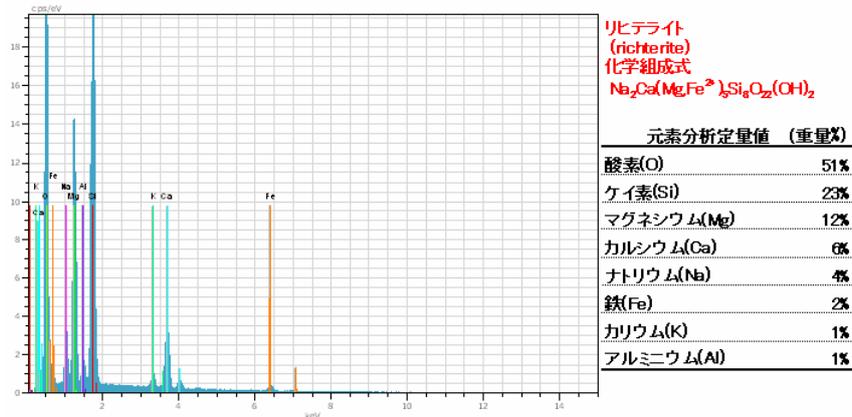
トレモライト標準試料の場合:



繊維状ウィンチャイトの場合:



繊維状リヒテライトの場合：



2.3.2. 上記試験結果による条件 - についての検証

以下に、JIS 法に準じた分析方法が条件 - を満たすか否かについての検証を行なう。

2.3.2.1. 条件 についての検証

JIS 法による試料の分析の結果、「トレモライト-含有」と判定された場合を考える。このとき、次の1)、2)が成り立つであろう。

- 1) $n_D^{25} = 1.620$ における分散染色法の結果、赤紫色等の分散色が観察される。⁵⁾
- 2) X線回折分析の結果、トレモライト標準試料と近似の回折スペクトルが観察される。特に、回折スペクトル上の $10.5-11.0^\circ$ 及び $28.5-29.0^\circ$ に特徴的な回折ピークが検出される。

したがって、これから順にこれらについて検証を進めていくことにしよう。

2.3.2.1.1. 上記 1) についての検証

繊維状ウィンチャイト、繊維状リヒテライトのそれぞれの場合について、順に考える。

まずは繊維状ウィンチャイトであるが、試料を $n_D^{25} = 1.620$ において分散染色法で分析した場合、橙乃至赤褐色の分散色が観察されている[上記 2.3.1.1]。この分散色は同様の条件下でトレモライト標準試料を分析した場合にも鋭敏色に混じって観察されるものであるから、繊維状ウィンチャイトは「トレモライト」として判定可能と考えられる。

次に繊維状リヒテライトであるが、試料を $n_D^{25} = 1.620$ において分散染色法で分析した場合、青紫色の分散色が観察されている[上記 2.3.1.1]。この分散色もまた、同様の条件下でトレモライト標準試料を分析した場合に鋭敏色に混じって観察されるものである。したがって、繊維状リヒテライトについても「トレモライト」として判定可能と考えられる。

2.3.2.1.2. 上記 2) についての検証

繊維状ウィンチャイト等の試料を X 線回折分析で分析した場合、トレモライト標準試料に近似の回折スペクトルが観察され、かつトレモライトに特徴的な $10.5-11.0^\circ$ 及び $28.5-29.0^\circ$ についても回折ピークも検出されることがわかっている[上記 2.3.1.2]。したがって、繊維状ウィンチャイト等はこの分析方法によって「トレモライト」と判定可能と考えられる。これで、条件 - についての検証が終わった。

2.3.2.2. 条件 についての検証

JIS 法による分析の結果、「トレモライト-含有せず」と判定された場合を考える。このとき、次の1)、2)が共に成り立つであろう。

- 1) 分散染色法の結果、いずれの屈折率においても、トレモライトに特有の分散色が観察されていない。
- 2) X 線回折分析の結果、回折スペクトル上にトレモライトと考えられる回折ピークが検出されていない。

その場合に、繊維状ウインチャイト等についても「含有せず」と判定可能であることがいえれば、条件 の成り立つことが立証できる。そこで以下、1)～3)を仮定し、それぞれについて検証する。

2.3.2.2.1. 上記 1)の検証

$n_D^{25} = 1.620$ において試料を観察した場合を考える。仮定から、繊維状ウインチャイト等の分散色は確認されないことが導かれる[上記 2.3.1.1]。したがって、繊維状ウインチャイト等についても「含有せず」と判定可能と考えられる。

JIS法の分析手順によれば、 $n_D^{25} = 1.620$ で分散色が確認されない場合、鋭敏色以外の残りの屈折率、すなわち $n_D^{25} = 1.605$ 乃至 1.640 で試料を観察する。したがって、これらの場合についても検証を行なう必要があるが、 $n_D^{25} = 1.620$ の場合と同様の議論が成り立つことは明らかであろう[上記 2.3.1.1]。

2.3.2.2.2. 上記 2)の検証

この場合、仮定からX線回折チャート上にトレモライトと考えられるピークが検出されないことがいえる。繊維状ウインチャイト等の回折スペクトルはトレモライトに近似していること[上記 2.3.1.2]から、同チャート上に繊維状ウインチャイト等と考えられる回折ピークも検出されない、と推論される。したがって、繊維状ウインチャイト等についても「含有せず」と判定可能と考えられる。

これで、条件 の検証も終わった。

2.3.2.3. 条件 についての検証

EDX 分析により、元素構成等から繊維状ウインチャイト等の同定が可能なが示唆されていることから、この条件も成り立つものと考えられる[上記 2.3.1.3]。これで、条件 の検証も終わった。以上の議論から、結論[上記 2.2]の成り立つことが示された。

3. 参考: 繊維状ウインチャイト等の分析事例

これは、某オフィスビルの湿式吹付け材についての分析事例で、繊維状ウインチャイト等がトレモライト/アクチノライト⁵⁾として判定された当社の最初のものとなっている。分析の結果を要約すると、次のようになる:

JIS法によって、「トレモライト/アクチノライト-含有」と判定された。加えて、分散染色法の際に確認された繊維状物質について走査型電子顕微鏡によるEDX分析を実施したところ、トレモライト/アクチノライトには構成元素として一般的に含まれていないNa, Alが検出された。⁶⁾したがって、JIS法

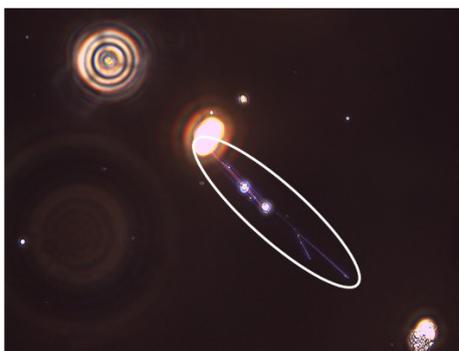
によって「トレモライト/アクチノライト」と判定された物質は繊維状ウィンチャイト等であると推定された。

以下に、本事例の分析結果を付す。

- $n_D^{25} = 1.620$ における分散染色法の結果、赤紫色ないし桃色の分散色が観察された。

分散染色法による現場試料の観察

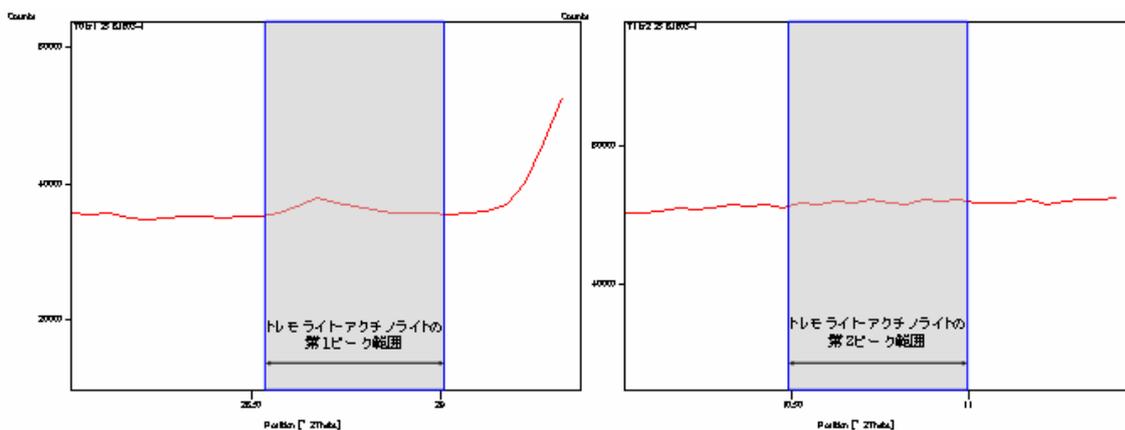
$n_D^{25} = 1.620$ において、トレモライト様の分散色が観察された(楕円部分の繊維状物質)。



- X線回折分析の結果、トレモライト/アクチノライトのものと考えられる目立った回折ピークは観察されなかった。しかし分散染色法の結果、特有の分散色が確認されたので、「トレモライト/アクチノライト-含有」と判定した。

X線回折分析による現場試料(硝酸処理後)の観察

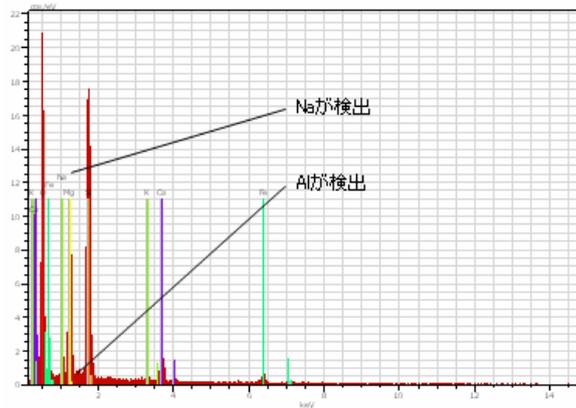
トレモライト/アクチノライトについては $28.5\text{-}30.0^\circ$ の範囲内に僅かなピークが見受けられるのみである。



- 試料中の繊維状物質についてのEDX分析の結果、EDXスペクトルはトレモライトやアクチノライトに近似した元素組成を示した。しかしNaの検出もみられたことから、当該物質は繊維状ウィンチャイト等であることが推定された。

現場試料の EDX 分析

O, Si, Mg, Ca, Fe に加え, Na の検出も確認された.



注 釈

- 1) 集計の期間であるが, 2010年8月31日から6ヶ月以上の期間にわたって遡ったものである.
- 2) ここで「示唆された」という表現をおいているが, これは結論についての拡大解釈を防ぐためである. 本研究においては試料として, ある特定の産地のものを用いている. 換言すれば, ある限られた条件での試験となっている. したがって本研究における結論が, すべての現場試料についても同様に成り立つ, と推論すれば論理の飛躍が生じるのである.
- 3) ウィンチャイトはインド産, リヒテライトはカナダ産のものを用いている.
- 4) 当社では走査型電子顕微鏡によるEDX分析に際して倍率を2,000倍, 視野数を400視野としている. この決定に際しては, 文献[2]を参考にした. なお, この分析方法は通達の記の3の「JIS法以外の分析方法」に該当するものである.
- 5) 両者はひとつの項目として分析している.
- 6) 化学組成式はそれぞれ, トレモライト: $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, アクチノライト: $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, ウィンチャイト: $\text{NaCa}(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe}^{3+})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, リヒテライト: $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{Mg,Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ である.

パーミキュライト含有建材中のアスベスト判定方法

1.序論

JIS A 1481:2008『建材製品中のアスベスト含有率測定方法』(以下、「JIS 法」という.)によるアスベスト分析(以下、「分析」という.)においては X 線回折分析に際して、試料中にパーミキュライトのものと考えられる回折ピークが認められた場合には、試料に塩化カリウム処理を施し、再度 X 線回折分析を行なう。

この塩化カリウム処理によってパーミキュライトやハイドロパイオタイト(以下、「パーミキュライト等」という.)の回折ピークの出現位置をシフトさせ、クリソタイルやトレモライト/アクチノライト(以下、「クリソタイル等」という.)のそれと重ならないようにして、両者の混同を防ぐのである。

しかしながら、この方法は吹付けパーミキュライト中のアスベストの有無を判定するための必要条件とはいえ、十分条件とは明確にはいい難い。

というのはアンチゴライトやリザルダイト、クロライト、カオリナイト、ハロイサイト、フロゴパイト等のクリソタイル等と同様な回折ピークが生じる鉱物が試料中に含まれている場合、この方法だけでは分析対象物質がクリソタイル等であるか否かの判定が困難な場合があるためである。

本論文においては、吹付けパーミキュライト含有建材を対象とした分析において JIS 法に加え、さらに精度を向上させるために当社で実施している位相差顕微鏡による分散染色法(以下、「分散染色法」という.)や走査型電子顕微鏡による形態観察、EDX 分析¹⁾を併用した分析事例について述べ、もって当該分析方法の有効性を示すことを目的とする。

2.本論

2・1.結論

JIS 法によるパーミキュライト含有建材のアスベスト分析において、分散染色法や走査型電子顕微鏡による形態観察、EDX 分析を併用し、それらの結果を総合的に評価することは、判定の精度を上げるうえで有効である。

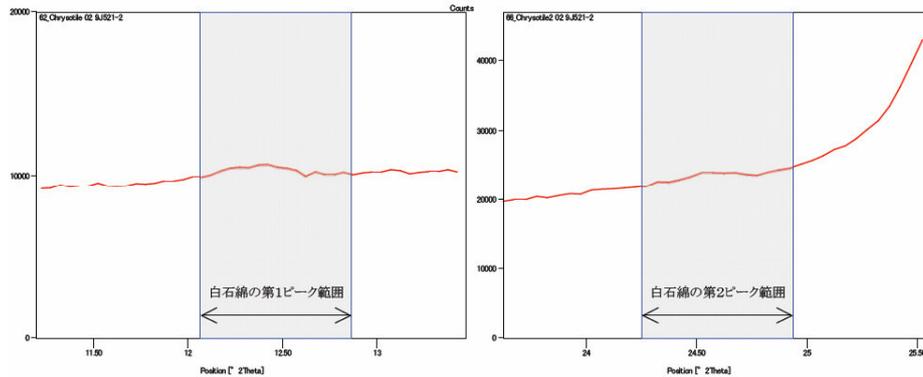
2・2.上記結論の根拠

根拠として、X 線回折分析においてクリソタイルのピークが確認されたが、分散染色法や走査型電子顕微鏡による形態観察、EDX 分析の結果を総合的に評価した結果、「アスベスト-含有せず」と判定された現場試料の分析事例をあげたい。

以下に順次、分析の過程について述べてゆくこととしよう。

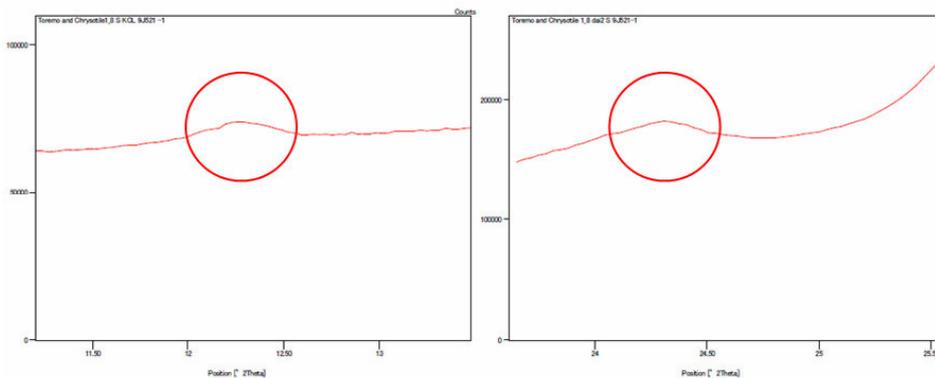
1) 塩化カリウム処理を施していない試料についての X 線回折分析の結果

クリソタイルのものと考えられる回折ピークの出現が確認された。



2) 塩化カリウム処理を施した試料についての X 線回折分析結果

クリソタイルのものと考えられる回折ピークの出現が確認された(丸で囲った部分)。



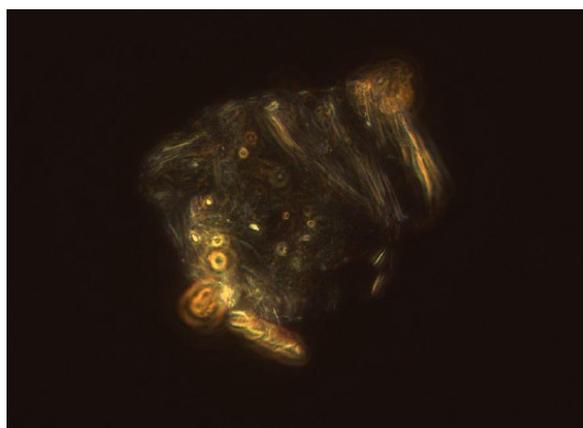
JIS 法においては、以上 1) , 2) からアスベストの含有の有無を判定するため、「アスベスト-含有」と判定される傾向にある。これは、当該分析方法だけでは判定が困難な場合、安全サイドから評価することによるものである。

分析機関はそのことを認識した上で精度を可及的に向上させ、アスベスト含有の有無を明確にする責任があると考えられるが、分散染色法や走査型電子顕微鏡による形態観察、EDX 分析の併用は、その目的を果たすために有効である。

本事例はそれを示すものであるが、続いて、以下にその過程を示そう。

3) 分散染色法の結果

浸液の屈折率 $n_D^{25} = 1.550$ (すなわち、クリソタイルが鋭敏色を示す屈折率) における分散染色法の結果、クリソタイルの分散色は見受けられなかった。その他のアスベストについても同様の結果であった。



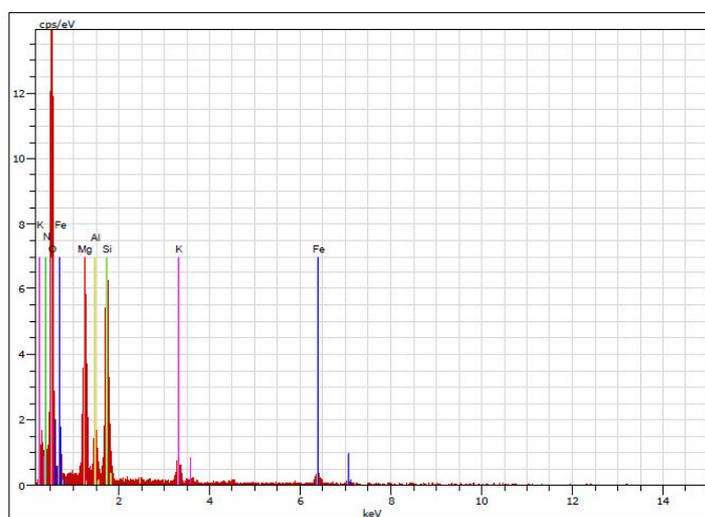
4) 走査型電子顕微鏡による形態観察の結果²⁾

繊維状物質は見受けられなかった。



5) 走査型電子顕微鏡による EDX 分析の結果

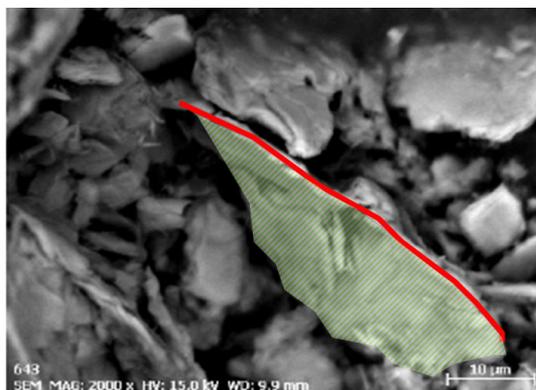
上記 4) の照準部 (+ 印) の EDX 分析の結果, アスベストの EDX チャートに一致しなかった。



以上, 1)-5)の結果から総合的に判断した結果,「アスベスト-含有せず」と判定するに至った.

注 釈

- 7) 当社では走査型電子顕微鏡によるEDX分析に際して倍率を2,000倍,視野数を400視野としている.この決定に際しては,文献[2]を参考にした.なお,この分析方法は通達厚生労働省から2009年12月28日付けで公布された基案化発1228第1号『パーミキュライトが吹き付けられた建築物等の解体等の作業に当たっての留意事項について』の記の3の「JIS法以外の分析方法」に該当するものである.
- 8) 走査型電子顕微鏡による形態観察に際して,試料中にパーミキュライトが含まれている場合,葉片上のパーミキュライト結晶の縁付近があたかも繊維状物質のようにみえる現象が生じることがある.これを,「エッジ効果」という(写真の太線部分).



この現象が起こり得ることを想定した上で結晶構造を注意深く観察することで,誤判断を防ぐことが可能である.

セピオライト含有建材中のアスベスト判定方法

1.序論

セピオライトを含有する試料を対象に JIS A 1481:2008『建材製品中のアスベスト含有率測定方法』(以下、「JIS 法」という.)によるアスベスト分析(以下、「分析」という.)を行なった場合、セピオライトが「クリソタイル」と判定されることが、一般的な傾向としてみられる。

このことは、分析に際して試料中の分析対象物がアスベストであるか否かの判定が困難な場合、安全サイドから評価して「アスベスト-含有」とすることによる。したがって、判定の精度を向上させることがその課題の解決につながる。

当社においては精度向上の観点から、JIS 法による分析に加えて学術的な知見から得られた分析方法を併用した結果、上記の課題の解決にも至っている。

本論文においては、精度向上の観点から当社で実施している分析方法の事例について述べ、もって当該の分析方法がセピオライト含有建材の分析に有効であることを示すことを目的とする。

2.本論

2.1.結論

セピオライト含有建材の分析において JIS 法に走査型電子顕微鏡による EDX 分析を併用した場合、セピオライトとクリソタイルは判別可能であることが示唆された。換言すれば、当該の分析方法はセピオライト含有建材の分析に際して有効と考えられる。

2.2.上記結論の根拠

根拠として、アスベストを含有しないが、セピオライトは含有している現場試料の分析事例をあげたい。以下に順次、分析の過程について述べてゆくこととしよう。

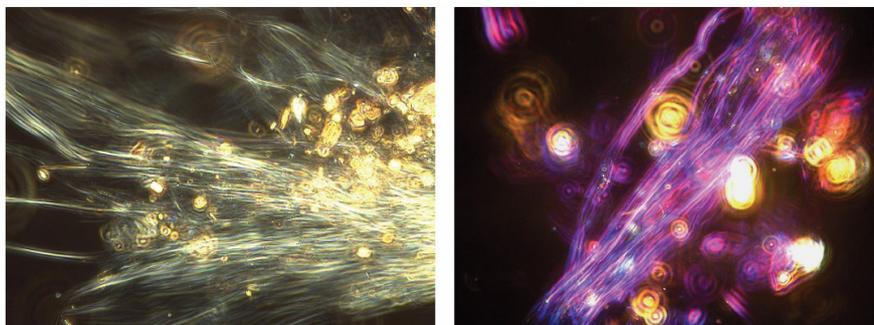
- 1) セピオライト標準試料(以下、「セピオライト標準」という.)とクリソタイル標準試料(以下、「クリソタイル標準」という.)を対象に、位相差顕微鏡による分散染色法(以下、「分散染色法」という.)、及び X 線回折分析を実施

この試験は、夾雑物が共存しない条件下でのセピオライト、クリソタイルの分散色や回折スペクトルを確認し、現場試料と比較するための判断基準を得ることを目的とした。

試験の結果、分散染色法ではセピオライト標準について白乃至黄金色、クリソタイル標準については青乃至赤紫色の分散色が確認された。

分散染色法(浸液屈折率 $n_D^{25} = 1.550$)によるセピオライト標準,クリソタイル標準の分析

両鉱物の形態は似かよっているが,分散色は明らかに異なる.



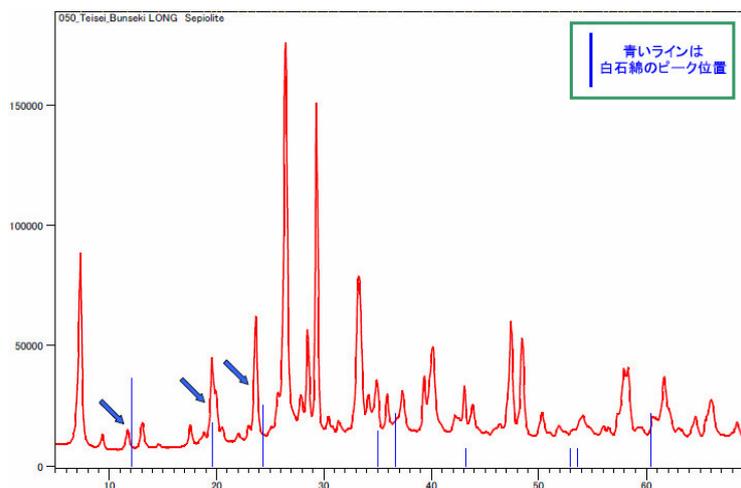
セピオライト

クリソタイル

一方, X 線回折法ではセピオライトとクリソタイルの回折ピークは同様の位置に出現することが確認された.

セピオライト標準の X 線回折分析結果

セピオライトとクリソタイルの回折ピーク位置は近似している.



以上から,セピオライトとクリソタイルは分散染色法では判別可能であるが,X線回折分析では判別が困難であることが示唆された.

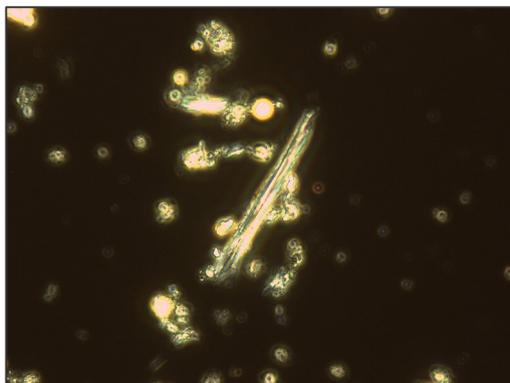
2) 現場試料を対象に,分散染色法を実施¹⁾

この試験においては上記 1)の結果との比較から,現場試料中の繊維状物質がセピオライト(またはクリソタイル)であるか否かを判定することを目的とした.

試験の結果,当該繊維状物質の分散色が白~黄金色であることが確認され,したがって「クリソタイル-含有せず」の判定となった.²⁾

分散染色法(浸液屈折率 $n_D^{25} = 1.550$)による現場試料の分析

現場試料の分散色は、セピオライト標準のものと同様のものであった。



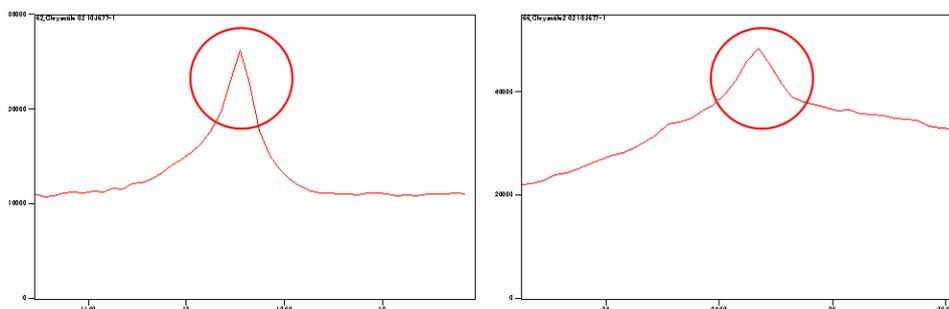
3) 現場試料を対象に X 線回折分析を実施

上記1)の結果から、この場合の分析結果はセピオライトとクリソタイルの判別につながるものでないことは明らかであったが、参考のためのデータを得るために試験を実施した。

その結果、両鉱物いずれかのものと考えられる出現位置にピークが確認されたが、これはいずれのものであるかの判定材料になるものではなかった。

現場試料の X 線回折分析結果

12°付近、及び 25°付近に回折ピークの出現が確認された。



4) セピオライトとクリソタイルの標準試料を対象に、走査型電子顕微鏡による EDX 分析(以下、「EDX 分析」という。)を実施

この試験はセピオライト、クリソタイルの標準試料の元素組成をそれぞれ確認し、現場試料と比較するための判定基準を得ることを目的として実施した。

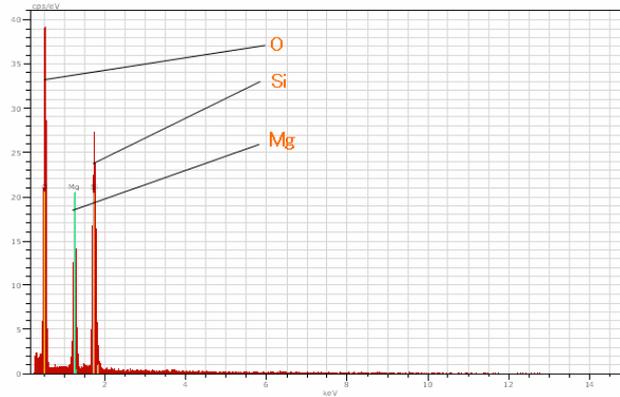
試験の結果、両鉱物ともに元素組成として O(酸素)、Mg(マグネシウム)、Si(ケイ素)を含んでいたが、EDX スペクトル上の Mg と Si のピークを比較すると次の相違点を確認された。

- Mg と Si のピークを比較すると、セピオライトは Si の方が高い。
- Mg と Si のピークを比較すると、クリソタイルは Mg の方が高い。

このことは、両鉱物を判別するための材料が得られたことを示唆するものである。

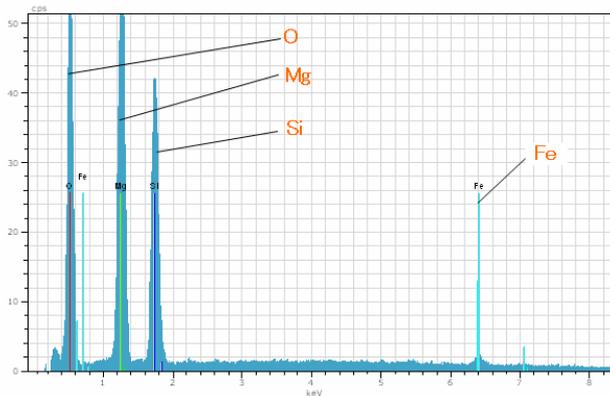
セピオライト標準の EDX 分析結果

O, Mg, Si が検出された。Mg と Si のピークを比較すると, Si の方が高い。



クリソタイル標準の EDX 分析結果

O, Mg, Si, Fe が検出された。Mg と Si のピークを比較すると, Mg の方が高い。



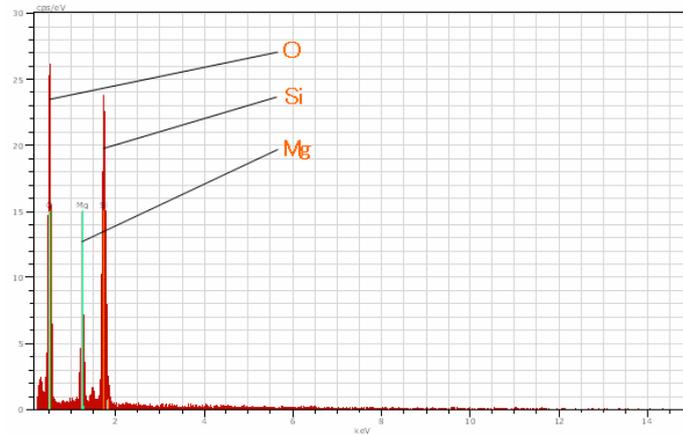
5) 現場試料を対象に, EDX 分析による元素組成の確認を実施

この試験においては現場試料の上記4)の結果との比較から,分散染色法において観察された繊維状物質がセピオライト(または,クリソタイル)であるか否かを最終的に判定することを目的とした。

試験の結果, Mg と Si の EDX スペクトル上のピークを比較すると Si の方が高いことから, 当該繊維状物質はクリソタイルではなく, セピオライトであると判定されるに至った。

現場試料の EDX 分析結果

Mg と Si のピークを比較すると, Si の方が高い.



注 釈

- 1) 当社では分析精度向上の観点から定性定量分析を分けずに実施し, 各試料について酸処理を行なっている. したがって, 夾雑物による妨害のリスクを低減した条件下での分析が可能となっている.
- 2) 但し, 現場試料中のセピオライトやクリソタイルは(上述の標準試料に比して)通常, 低濃度であるため, 必ずしも明確な形で分散色が確認されるわけではない点には注意しなければならない. したがって, 分散染色法だけではセピオライトとクリソタイルの判別が困難な場合もある. そのような場合において, 走査型電子顕微鏡による EDX 分析が特に有効である.

謝 辞

本研究を進めるにあたって、東洋大学 神山教授、早稲田大学 名古屋教授のご両名に学術的な見地から有益なご指導を頂きました。ここに感謝の意を表します。

文 献

1. (財)建材試験センター編(編集委員長 名古屋 俊士):改定 JIS 法によるアスベスト含有建材の最新動向と測定法(2008)
2. 浅田邦彦, 加島裕亮, 中村憲司, 名古屋俊士:走査型電子顕微鏡による繊維状粒子計数時の最適視野数と位相差顕微鏡との整合性について(2007)

Abstract :

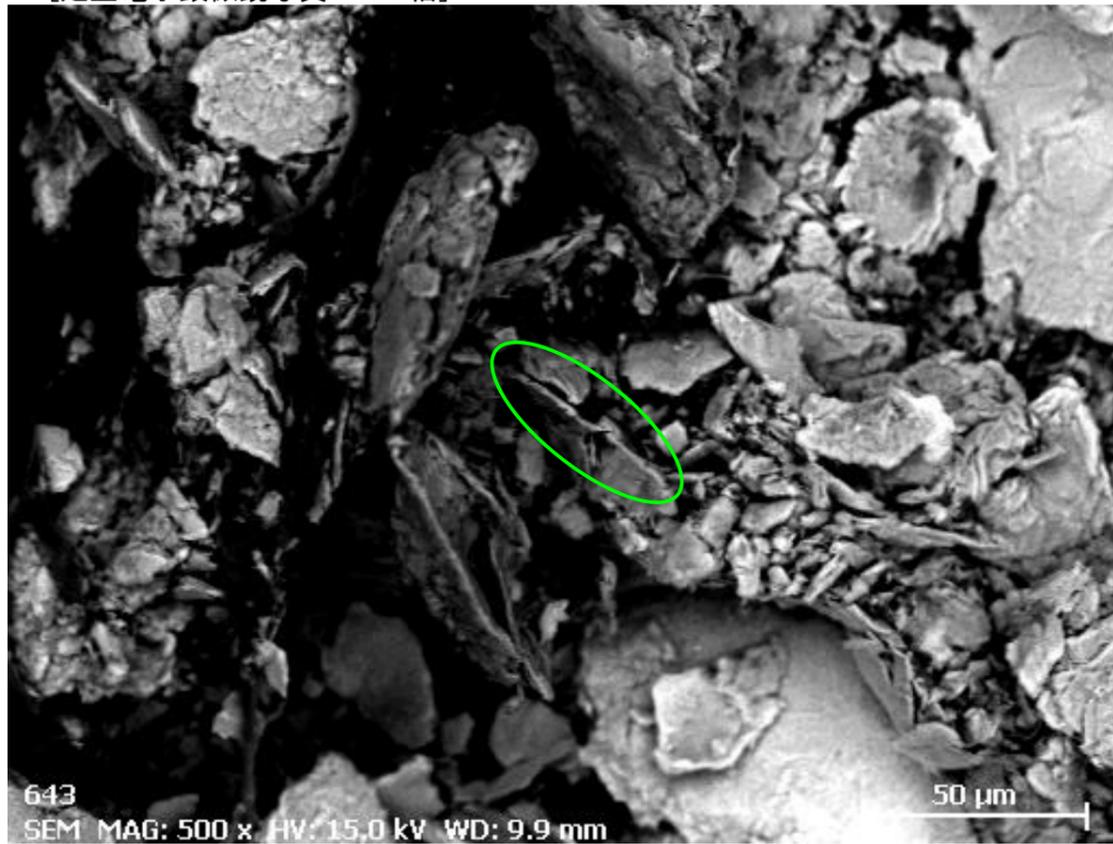
1) Vermiculite is a kind of minerals possibly containing winchite and richterite, hereinafter referred to as “fibrous winchite, etc.”, to which we need a measure for the prevention of workers from the exposure based on Ordinance on Prevention of Health Impairment due to Asbestos. From our studies, it was found out that in some cases vermiculite can be contained in building materials other than sprayed vermiculite.

2) As a result of this research, we suggest that it is possible to identify fibrous winchite, etc as tremolite by JIS methods.

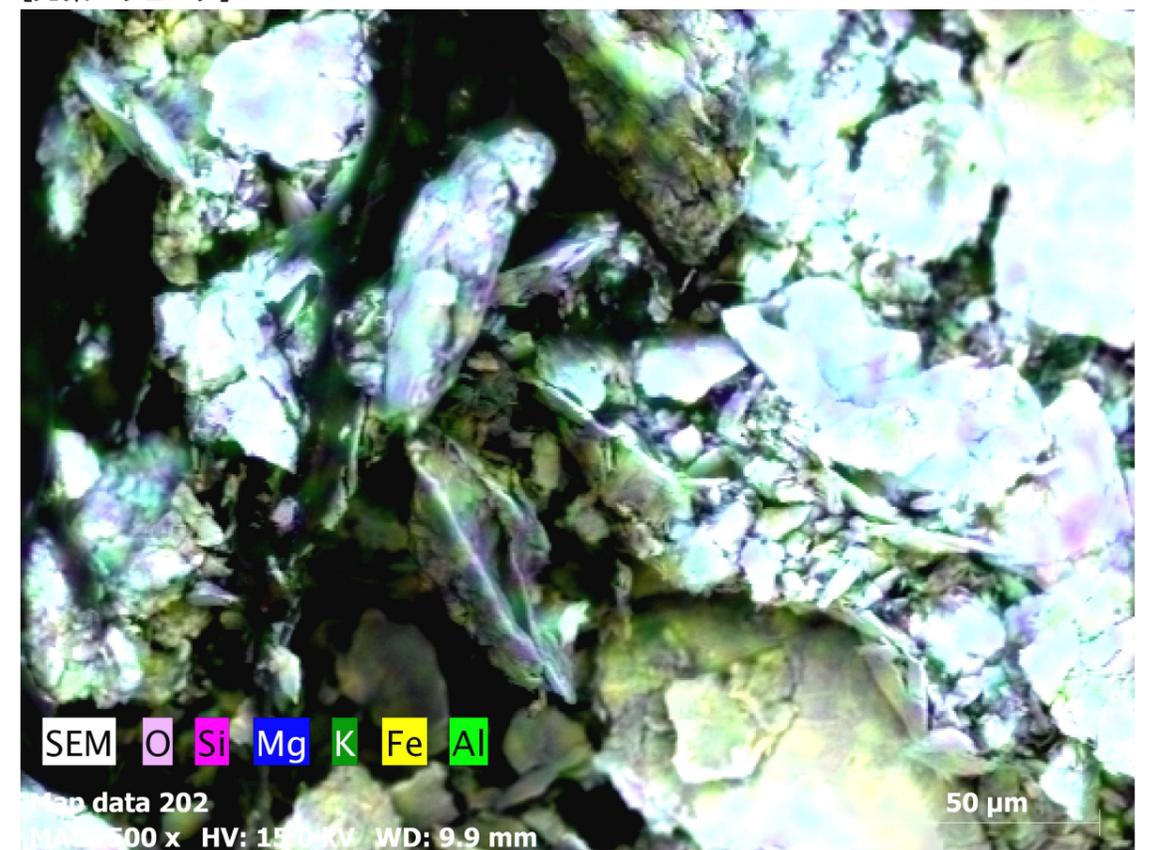
3) In terms of vermiculite analysis, using various approaches together: dispersion staining method using phase-contrast microscopes, energy dispersive X-ray spectrometry by scanning electron microscopes, and observation study of forms with these microscopes, as well as X-ray diffraction analysis enables us to maintain the accuracy when a sample contains minerals that are difficult to be distinguished from asbestos.

4) All methods mentioned in 3) except observation of forms are effective in case of analyzing materials containing sepiolite: a very confusing mineral with chrysotile.

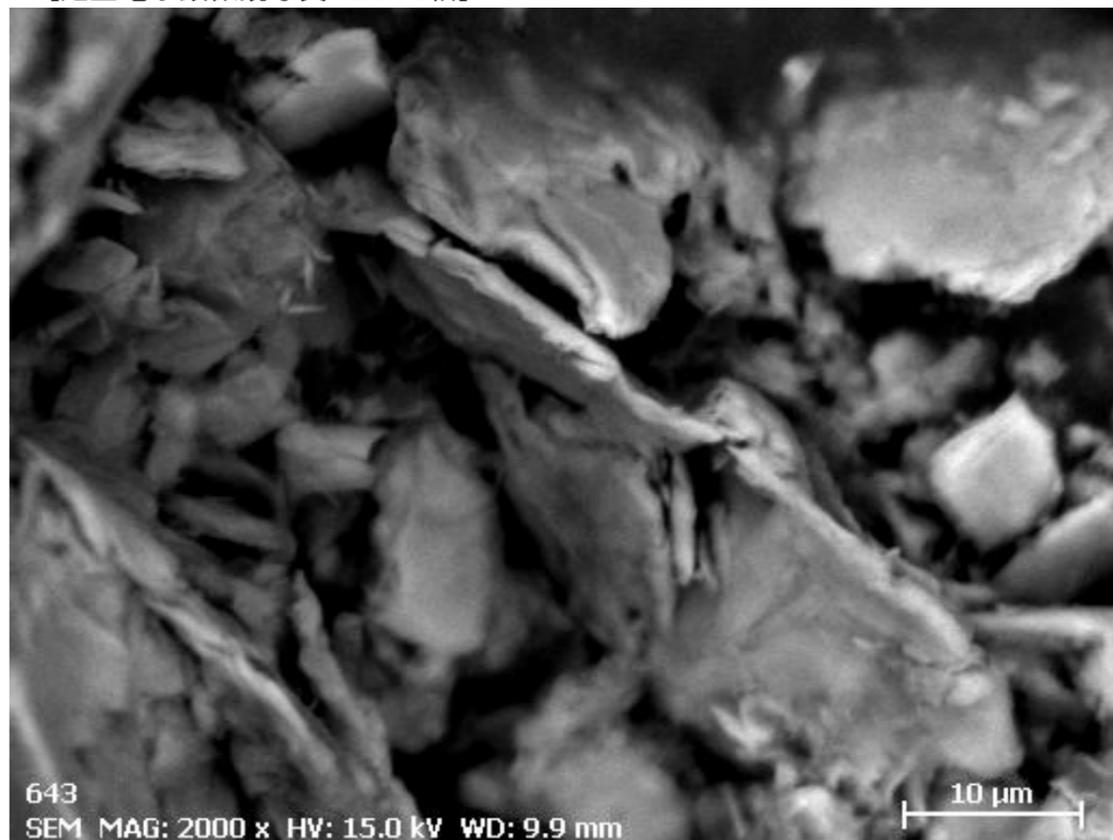
[走査電子顕微鏡写真 500倍]



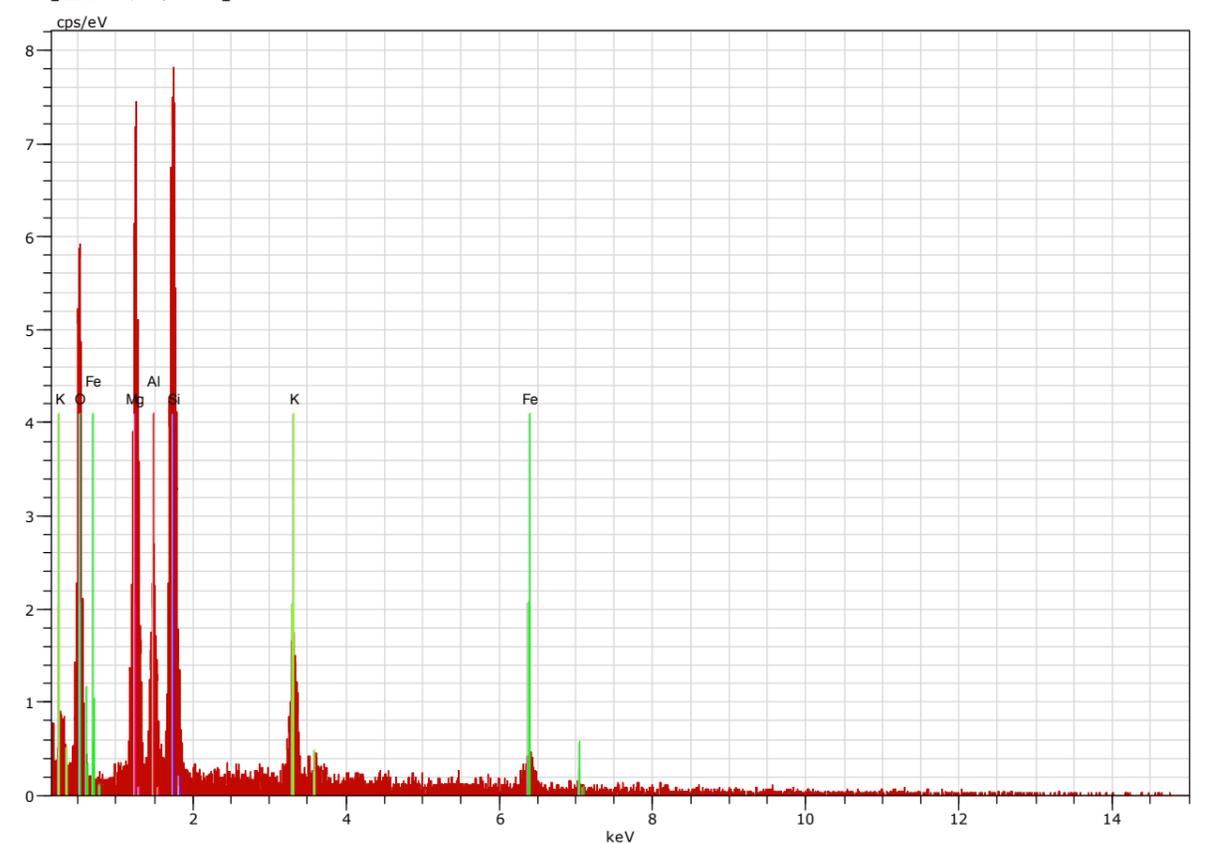
[元素マッピング]



[走査電子顕微鏡写真 2000倍]



[EDXチャート]



繊維状に見えるものでも、実は板状(層状)物質の縁部分ということがあります。

無断での複製・転載・転用はご遠慮ください

Nihonmizushori-Kogyo Co.,Ltd