

# 特別管理産業廃棄物に於ける石綿含有分析の諸問題

日本水処理工業株式会社  
吉本 雅哉 中嶋 正旨 大爺 和実

## 要旨

アスベスト含有廃棄物は現状では最終処分場への埋立て処分が主体となっているが、産廃最終処分場の残余容量が逼迫している上に、建築物の解体増加に伴う非飛散性アスベスト廃棄物の排出量増加が見込まれるなどの問題点が挙げられる。

また、石綿を含有している可能性のある廃棄物に関しては、特別管理産業廃棄物と見なして処理されている傾向にある。

石綿含有分析において、特異的な物性や特殊な物質中の石綿を検出する研究を行うことは、廃棄物を適正に区分する上で重要であり、分析方法を確立する必要性が大きくなってきている。

本研究は、これらの問題を、エレベータロープに付着した石綿の分析とバーミキュライト中に低濃度で含有している石綿の分析に関連付けて、それらを検証し有効性を明らかにした。

## 1 エレベータロープ中の石綿分析に関する検討

### 1. 1 はじめに

エレベータシャフト内部には防火性を高めるため、多くの場合壁面に吹き付け材が使用されている。エレベータシャフト内部の吹き付け材は昇降時、その飛散性が問題視されており、実際にアスベスト濃度がシャフト内部において高まっている事が指摘されている。エレベータ周りの吹き付け材について分析調査したところ、石綿含有吹き付け材を使用している例は多く、未だに解決されていない身近なアスベスト問題として捉える必要がある。また、エレベータロープには油分が塗布されている為、エレベータ解体時に、エレベータロープへの石綿の付着が考えられる。これが新たな別種類の問題を生んでいる。エレベータロープに石綿が付着しているのであれば、エレベータロープを特別管理産業廃棄物として処理する必要がある、エレベータロープ付着物に対して石綿含有分析を行う必要がある。そこで、以下に走査型電子顕微鏡を用いた実際の石綿含有分析の例を紹介する。

エレベータロープ付着物の石綿の有無を調べるためには、ロープから付着物を取り除き分取する必要がある。又、付着物に石綿が確認された場合、付着物を全てロープから取り除く必要がある。なぜなら、エレベータロープと付着物全てを特別管理産業廃棄物として処理するための受け入れ先が現実的には無く、エレベータロープ本体は産業廃棄物として処理する必要にせまられる為である。

### 1. 2 方法

#### 1. 2. 1 試料

- (1) ロープはシャフト内に石綿含有ロックウール吹き付けがあるエレベータのもの。
- (2) クリソタイルは、J AWE111 クリソタイル標準試料を用いた。

#### 1. 2. 2 実験方法及び概要

##### 1. 2. 2. 1 付着物について

- (1) メスシリンダーにエレベーターロープを入れ、ヘキサンを 30ml 加え密栓し、メスシリンダーを寝かせた状態で軽く振とう、抽出を行う
- (2) メスシリンダー中のヘキサン抽出液を蒸発皿に移し入れ、再度ヘキサンをメスシリンダーに加え、抽出洗浄を行い蒸発皿に加える。
- (3) (2) を 2 回繰り返す。(場合によっては 2 回以上)
- (4) 蒸発皿を 60～80℃に加熱し、ヘキサンを蒸発させる。
- (5) 蒸発皿を緩やかに加熱していき、400℃で蒸発乾固させる。
- (6) 蒸発皿をデシケーターで放冷後、残った固形物を軽くかき混ぜる。(粉碎)
- (7) 試料を少量の水に分散、それを走査型電子顕微鏡試料台に数滴のせ、80℃で乾燥後、走査型電子顕微鏡により分析を行う。

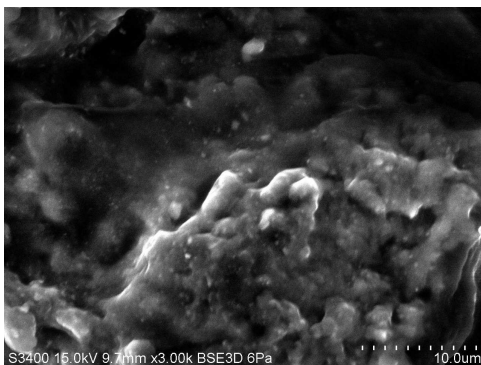
#### 1. 2. 2 エレベーターロープ本体について

走査型電子顕微鏡によりエレベーターロープ本体の観察を行う。

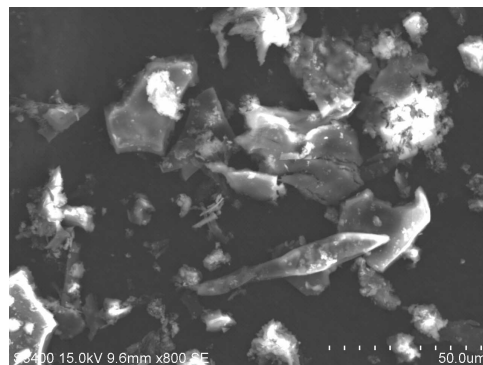
#### 1. 3 結果

##### (1) 付着物について

走査型電子顕微鏡による観察ではエレベーターロープ付着物に繊維状物質は確認されたが、石綿は検出されなかった。ロックウールも非検出であり、吹き付け材が飛散してエレベーターロープの油分に混入している確証は得られなかった。エレベーターロープ付着物の主成分は油分を除いても、有機物の固まりであった。(写真 1, 2)

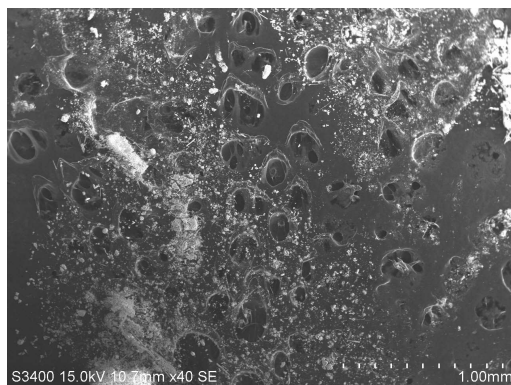


写真－1 付着物中の油分状物質



写真－2 付着物中の繊維状物質

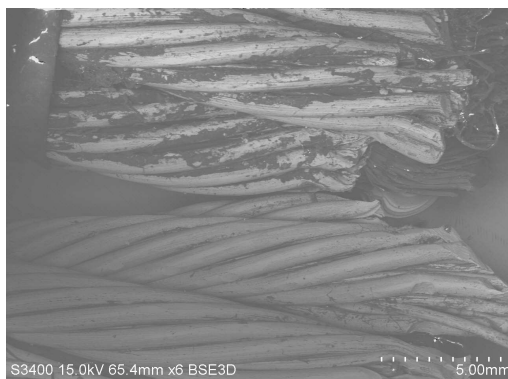
試験方法自体に誤りがないかの確認を行う必要がある。すなわち石綿が油状物質に取り囲まれた為、観察できていない可能性がある。そこで、エレベーターロープ付着物中にクリソタイルが 1 %程度になるよう添加したものに対して、先と同様の前処理及び走査型電子顕微鏡観察を行った。その結果、クリソタイルは走査型電子顕微鏡により容易に繊維状物質として観察された。このことにより、本試験方法で石綿を観察可能と言える。(写真 3)



写真－3 付着物中にクリソタイル添加

## (2) エレベーターロープ本体について

付着物が除去できている部分はエレベーターロープの材質が確認されているが、付着物が残っている部分に関しては有機物が黒っぽい画像として捉えられた。石綿やロックウールなどは確認されていないが、エレベーターロープ付着物が残存しているかいないかの確認に関しては有効であったと言える。(写真4)



写真－4 エレベーターロープ付着物  
上段：除去前 下段：除去後

## 1. 4 考察

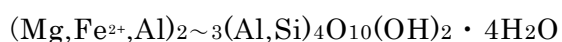
走査型電子顕微鏡を用いてエレベーターロープ中付着物の石綿を分析する方法は有効であるが、本試験において実サンプルから石綿が検出されることはなかった。しかしながら石綿が検出された場合、付着物とエレベーターロープの2つに分ける必要があり、エレベーターロープに付着物が残存していないかどうかの確認は必要となる。そういった観点からも走査型電子顕微鏡による観察は有効であったと言える。

## 2 吹付け材バーミキュライト中の石綿分析に関する検討

### 2. 1 はじめに

バーミキュライト (Vermiculite : 蛭石) の主成分は、マグネシウム・アルミニウム・鉄の含水けい酸等である。

一般化学組成は次のように表せられる。



加熱することにより薄い無数の層が数十倍に膨張する。この膨張したものをバーミキュライトと呼び、その急膨張する様が河原に生息する「ひる」の動きに似ていることから「ひ

る石」とも呼ばれている。粒の大きさは 5mm 以下で軽く、断熱性、吸音性に優れる。金色又は銀色を帯びて美しい外見から、吹き付け材や内装用仕上げ塗装などに大量に使用されている。

また、バーミキュライトは、その産地によりクリソタイルなどの石綿を含有することがある。建材製品の石綿含有分析方法として、粉末試料を用いた X 線回折分析法により石綿固有の X 線回折ピークの有無を確認し、位相差顕微鏡による分散染色法を用いて石綿特有の分散色及び繊維状形態から判定が行われている。しかし、粉末試料を用いた X 線回折分析法では、バーミキュライトの約 12.4° の X 線回折ピークがクリソタイルの 12.1° の回折線と重なり合う。また、位相差顕微鏡による分散染色法では、バーミキュライトの分散色とクリソタイルの分散色が同様であることから、石綿の含有を誤認又は過剰量に評価される傾向にある。

石綿含有分析方法として、一般的手法である JIS A 1481（建材製品中のアスベスト分析方法）がある。また、一方で天然鉱物の原料中に含有する石綿の分析方法として、基安化発第 0828001 号（天然鉱物中の石綿分析方法）がある。

本研究では、両分析方法を併用した分析を行い、いくつかの分析方法によりバーミキュライト中のクリソタイルの含有判定を X 線回折分析法及び位相差顕微鏡による分散染色法を用いて行い、これらの結果について検討する。

## 2. 2 方法

### 2. 2. 1 試料

- (1) バーミキュライトは、南アフリカ共和国トランスバール地方パラボラ鉱山産を用いた。（篩い下 500  $\mu$  m 以下）
- (2) クリソタイルは、J AWE 111 クリソタイル標準試料を用いた。（篩い下 500  $\mu$  m 以下）

### 2. 2. 2 試料調整

バーミキュライトとクリソタイルを混合して、クリソタイルの重量%が 0.1%になるように試料調整し、これを石綿含有バーミキュライトとする。

### 2. 2. 3 実験方法及び概要

- (1) 基安化発第 0828001 号（天然鉱物中の石綿分析方法 加熱処理法）＋位相差顕微鏡による分散染色法 （以下、A 法）
- (2) JIS A 1481（建材製品中のアスベスト分析方法） （以下、B 法）
- (3) JIS A 1481（建材製品中のアスベスト分析方法）＋電気炉加熱法 （以下、C 法）
- (4) 基安化発第 0828001 号（天然鉱物中の石綿分析方法 カリウム溶液処理法）＋位相差顕微鏡による分散染色法 （以下、D 法）
- (5) 基安化発第 0828001 号（天然鉱物中の石綿分析方法 カリウム溶液処理法）＋位相差顕微鏡による分散染色法＋ギ酸処理法 （以下、E 法）

A 法は、工業的に利用されている天然鉱物及びそれを原料としてできた製品を対象とした分析方法になり、バーミキュライトの分析については、加熱処理法とカリウム溶液処理法の 2 通りの方法が規定され、A 法では加熱処理法を用いて行う。

試料を電気炉にて 350℃で 1 時間以上加熱し、得られた試料に対して X 線回折分析を行う方法になる。また、位相差顕微鏡による分散染色法を取り入れて行う。

B 法は、一般的な建材製品を対象とした分析方法になる。試料をギ酸溶液中に溶解させる

ことで不純物を取り除き、その溶液をろ過して得た試料に対してX線回折分析及び位相差顕微鏡による分散染色法により行う。

C法は、B法でろ過して得た試料をろ紙とともに電気炉にて 350℃で1時間以上加熱し、得られた試料に対してX線回折分析及び位相差顕微鏡による分散染色法により行う。

D法は、カリウム溶液処理による方法になり、試料にKC1（塩化カリウム）水溶液を加え、70～80℃中で1時間反応させた後、遠心分離を行い、沈殿物を1時間乾燥させて得た試料に対してX線回折分析を行う方法になる。また、A法と同様に、位相差顕微鏡による分散染色法を取り入れて行う。

E法は、D法による処理を行った後、ギ酸溶液を加えることで不純物を少なくさせ、その溶液をろ過した試料に対してX線回折分析と位相差顕微鏡による分散染色法により行う。

## 2. 3 結果

### (1) X線回折分析法によるX線回折ピークについて

A法からE法のそれぞれの方法について、X線回折ピークからクリソタイル固有のピークを検出することはできなかった。

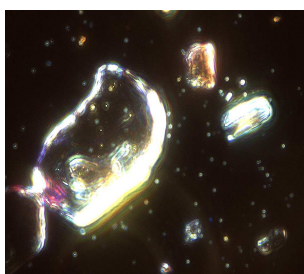
これは、共存するバーミキュライトやギ酸の残渣物などのマトリックス成分による影響により、クリソタイル固有のピークと重なるため同定確認が困難であったと考えられる。また、バーミキュライトは酸処理または加熱処理の際の残渣率が高いため、試料によるX線吸収の影響が大きく、クリソタイル0.1%のX線回折ピークが検出できなかったためと考えられる。

### (2) 位相差顕微鏡による分散染色法について

A法、B法、D法、E法による分析では、バーミキュライトはクリソタイルと同様の分散色である赤紫色から青色に呈しているため、クリソタイルの確認が困難であった。（写真1）

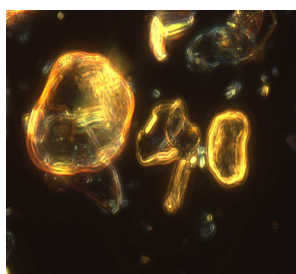
C法に関しては、他の分析方法（A法、B法、D法、E法）と異なりバーミキュライトの分散色を呈しておらず、橙色に呈していた。（写真2）

これは、酸処理及び加熱処理によりバーミキュライトの分散曲線が変化したためである。分散染色法では、浸液の分散曲線と試料の分散曲線が交差した点から浸液の屈折率と適合波長を読み取ることで、分散色が特定できる。バーミキュライトの分散色が赤紫色から橙色に変化したことから、適合波長が540nmから485nmにシフトしたことがわかった。



写真－1

B法による位相差顕微鏡写真



写真－2

C法による位相差顕微鏡写真

### (3) 各分析方法に於ける残渣率について

残渣率を下げることで、X線回折分析法及び位相差顕微鏡による分散染色法の精度を向上させることができる。

$$\text{残渣率} = (M2 / M1) \quad M1 : \text{分析前の秤量値} \quad M2 : \text{前処理後の秤量値}$$

最も、残渣率が下がったのは、C法であった。

酸処理及び加熱処理を行うことでより効果的に残渣率を下げられることがわかった。

表1に各分析方法に於ける残渣率を示した。

表－1 各分析方法に於ける残渣率

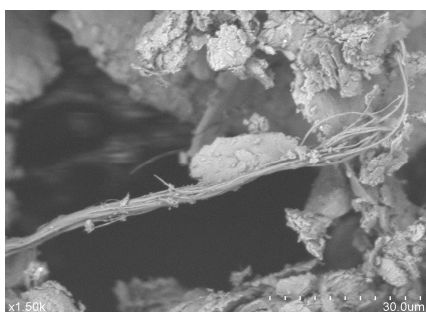
|              | A法   | B法   | C法   | D法   | E法   |
|--------------|------|------|------|------|------|
| 石綿含有バーミキュライト | 0.98 | 0.83 | 0.81 | 0.97 | 0.83 |

## 2. 4 考察

これらの結果を検証するため、C法により作製した試料について、走査型電子顕微鏡及びエネルギー分散型X線による定性分析を用い、繊維状物質の同定確認を行ったところ、位相差顕微鏡による分散染色法の検証結果と一致した。(写真3、図1)

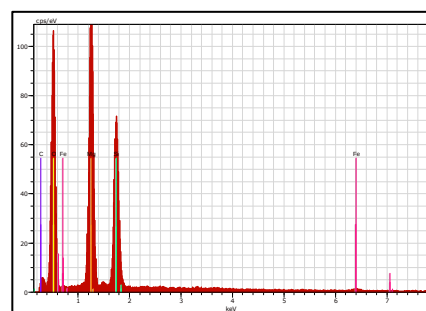
今回の検討結果から、JIS法により定められている処理法(B法)に加え、加熱処理処理法(C法)を行うことで、さらに夾雑物などの不純物を除去することができ、残渣率を下げられることがわかった。これにより、位相差顕微鏡による分散染色法に於いて石綿の同定確認の精度が向上し、分析を行う上で有効な手段であったと考えられる。

今後の課題としては、X線回折分析法によるバーミキュライト中の石綿回折ピークの検出に伴う検討が必要であると考えられる。



写真－3

C法による走査型電子顕微鏡写真(倍率1500倍)



図－1

エネルギー分散型X線による分析チャート

## まとめ

特別管理産業廃棄物の量は非常に多く、安全サイドにとる傾向に考えると一般産業廃棄物と特別管理産業廃棄物と分取できるにもかかわらず、特別管理産業廃棄物となっているケースがある。現処理場の許容量などを考えると好ましい状況ではなく、今後も分取できるものは分取して、なるべく特別管理産業廃棄物の量を減らす必要がある。一方でバーミキュライトの様に比較的高濃度の石綿があっても、現分析法では検出されずに一般産業廃棄物となっているケースも考えられる。今後はより精度の高い分析方法、分取方法をケースごとに開発していく必要があり、その普及が待たれる。

## 2. 5 参考文献

- ・ ASBESTOS IDENTIFICATION 1988 年, McCRONE RESEARCH INSTITUTE
- ・ JIS A 1481:2006 建材製品中のアスベスト含有率測定方法
- ・ 基安化発第 0828001 号 天然鉱物中の石綿含有率の分析方法について

国立情報学研究所 学協会情報発信サービス <http://wwwsoc.nii.ac.jp/>

## Abstracts

Waste containing asbestos is currently dumped almost into the final disposal sites. It is categorized into either the waste of scatter-proof or non scatter-proof asbestos, and both are dumped into those sites. Especially, the non scatter-proof type of waste must be treated according to the strict rule for their disposal. The amount of disposal waste to be treated, however, have overflowed their capacity. Nevertheless, it is forecasted that the amount of scatter-proof asbestos waste is still going to increase in proportion as a number of buildings are demolished.

There has been much more demand for establishing a method to investigate their physical properties and detect a trace of asbestos in the specific materials, which is useful to separate and dispose them safely and appropriately.

In this study, two different analyzing methods of instance 1) the analysis of asbestos accumulated to elevator wires, and 2) the analysis of those containing a small quantity in vermiculite verified their validity.