



# 浮遊粉じんおよび建材中の石綿測定の実験

石綿による健康被害が大きな社会問題となっており、安全対策の一環としてその使用状況調査が全国的に行われている。また、石綿製品を使用した設備の改修や解体などが行われており、その際の安全対策として石綿製品の確認や作業環境測定も実施されている。

最近では急激に測定件数が増加したため石綿測定の経験が少ない分析者が対応する機会が増えてきている。特に室内大気や環境大気中の石綿は位相差顕微鏡による方法では正確に判別できない場合もあり、また、ガラス繊維やロックウールなどに見間違えるケースも見受けられる。

当社では十分な測定経験を有する分析者により、測定対象毎に厚生労働省あるいは環境省で規定された分析方法に従って石綿の分析を実施している。以下、浮遊粉じん、および建材中の石綿分析技術について概説する。

## 石綿の種類

石綿には第1表に示す6種類<sup>1)</sup>があり、これらを重量の1%以上含むものは石綿障害予防規則により“石綿含有製品”と規定されている。

日本国内で多く使用されているのはクリソタイル、クロシドライトおよびアモサイトといわれている。

第1表 石綿の種類<sup>1)</sup>

| 族   | 種類       | 和名      | 含有元素              |
|-----|----------|---------|-------------------|
| 蛇紋石 | クリソタイル   | 混石綿、白石綿 | Mg, Si, O         |
| 角閃石 | クロシドライト  | 青石綿     | Mn, Fe, Mg, Si, O |
|     | アモサイト    | 茶石綿     | Fe, Mg, Si, O     |
|     | アンソフィライト | 直閃石     | Mg, Fe, Si, O     |
|     | トレモライト   | 透角閃石    | Ca, Mg, Fe, Si, O |
|     | アクチノライト  | 陽起石     |                   |

1) 環境庁大気保全局企画課監修、「大気汚染物質レビュー石綿・セオライトのすべて」(財)日本環境センター発行1987年

## 石綿の測定

石綿の測定では、「大気中の浮遊粉じん濃度測定」と「建材等製品中の石綿含有率測定」が実施されている。それぞれの測定方法の概要を述べる。

### 大気中の浮遊石綿粉じん濃度測定

測定場所に依じて「作業環境測定」<sup>2)</sup>、「室内環境測定」<sup>3)</sup>、「敷地境界測定」<sup>4)</sup>、「一般環境測定」<sup>5)</sup>の4種類の測定方法が知られており、ともに位相差顕微鏡を使用した計数測定法である。これらの違いを第2表に示す。

位相差顕微鏡による繊維状粒子の判定はJIS K-3850「空気中の繊維状粒子の計測方法」<sup>6)</sup>に従って実施する。

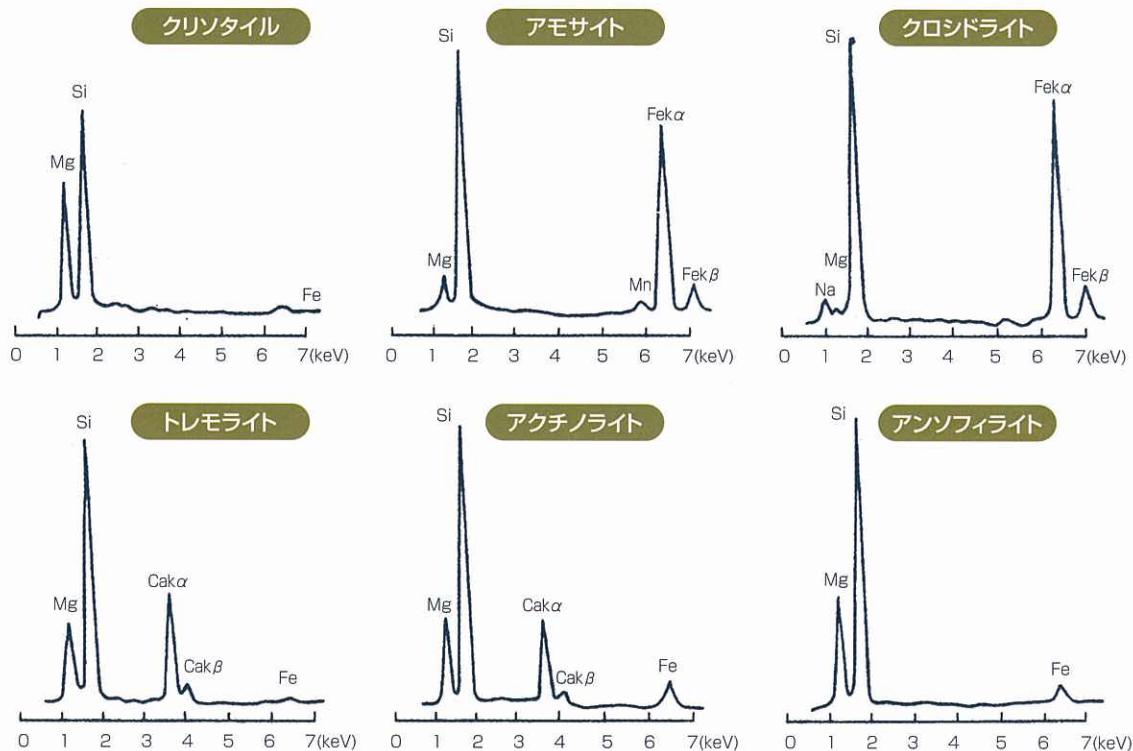
位相差顕微鏡では繊維の見え方で石綿かその他の繊維であるかを判断する<sup>7)</sup>。

石綿とガラス繊維・ロックウールおよびセラミック繊維は位相差での見え方が異なるが、十分な経験がなければこれらの区別は困難な場合が多い。特に石綿の繊維数が少ないなど、より正確に判定する必要がある場合には分散染色法あるいは電子顕微鏡法で確認することができる。

2) 労働省告示第46号「作業環境測定基準」、昭和51年4月22日  
3) (社)日本石綿協会編、「室内環境等における石綿粉じん濃度測定方法」昭和63年5月20日  
4) 環境省告示93号「石綿に係る特定粉じんの濃度の測定法」、平成11年12月27日  
5) 環境省「アスベストモニタリングマニュアル(改訂版)」、平成5年12月  
6) JIS K-3850「空気中の繊維状粒子の計測方法」、2000年  
7) (社)日本作業環境測定協会編、「繊維状物質測定マニュアル」、平成16年7月28日

第2表 大気中の浮遊石綿粉じん濃度測定の比較

| 項目\区分         | 作業環境測定 <sup>2)</sup>               | 室内環境測定 <sup>3)</sup>   | 敷地境界測定 <sup>4)</sup>   | 一般環境大気測定 <sup>5)</sup> |
|---------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| フィルターの種類      | セルロースエステル白色メンブランフィルター、孔径：0.8μm     |                        |                        |                        |
| フィルターの直径      | 25 or 47mm                         | 25mm                   | 47mm                   |                        |
| サンプリング流速      | 4.0－5.0 cm/sec                     | 5L/min                 | 10L/min                |                        |
| サンプリング時間      | 10分以上                              | 120分                   | 240分                   |                        |
| 1地点の試料数       | 1回                                 | 1回                     | 1回                     | 日を変えて3回                |
| フィルター<br>処理方法 | アセトン・<br>トリアセチン法                   | アセトン・トリアセチン法、シュウ酸ジエチル法 |                        |                        |
|               | 長さ：5μm以上、幅が3μm未満、長さとの比が3：1以上の繊維状粒子 |                        |                        |                        |
| 繊維の計数         | 総繊維数200本以上<br>50視野                 | 50視野                   | 50視野、または200繊維に達するまで    |                        |
| 基準値等          | 150本/L<br>作業環境評価基準                 | —                      | 10本/L[敷地境界]<br>大気汚染防止法 | —                      |



横軸：特性X線のエネルギー、縦軸：強度  
第1図 石綿のEDXスペクトル<sup>8)</sup>

この電子顕微鏡法には走査電子顕微鏡 (SEM) 法と透過電子顕微鏡法があるが、当社ではSEM法を採用している。

SEM法は、

- ①光学顕微鏡に比べて焦点深度が深い、
- ②影の部分の少ない像が得られる、
- ③半導体エックス(X)線検出器(EDX)による元素分析が可能で、石綿の種類を特定できる(第1図<sup>8)</sup>)などの特徴を生かして、粒子状態、立体像、フィルター表面状態を観察しながら、EDXによる元素分析で石綿かどうか確認しながら計数する。

## 建材中の石綿含有率測定

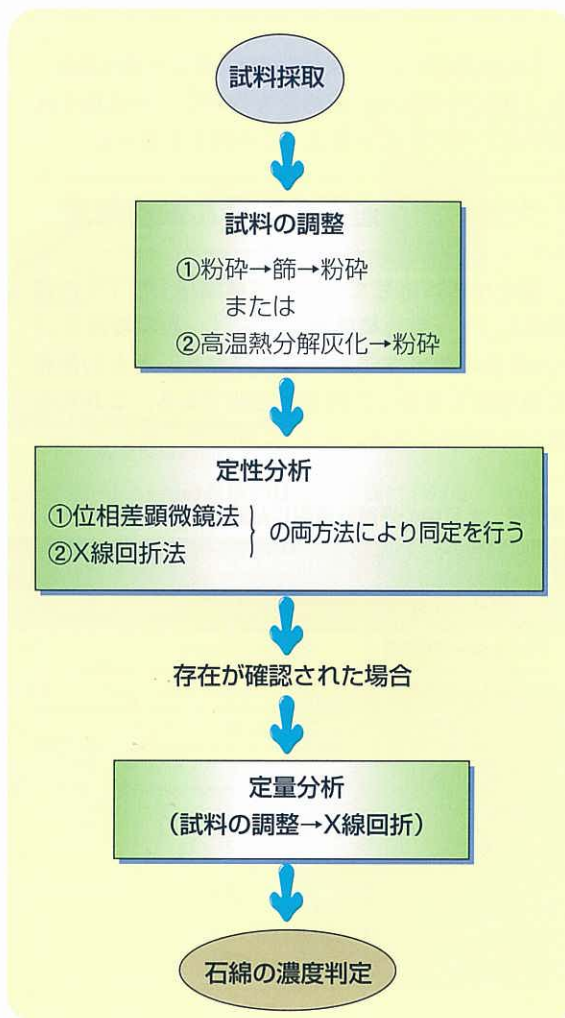
厚生労働省から複数の建材等製品中の石綿含有率測定方法<sup>8~11)</sup>が公表されている。当社で実施している分析フローを第2図<sup>8)</sup>に示す。

試料粉碎で注意すべきは、

- ①繊維を短くしないために粉碎時間は短くする、
- ②試料すべてを450~500 μm以下にする、
- ③有機物を含む試料は繊維形状を維持するために低温灰化处理あるいは450±10℃以下、30~60分以内の熱分解を事前に行うことである。

### ①位相差顕微鏡を使用した分散染色法

1試料について3標本を作製し、位相差・分散顕微鏡で指定の視野内の繊維状粒子数と分散色を示したアスペクト比(長さ/径)3以上の繊維粒子数を計数する。



第2図 石綿含有調査・分析フロー

8) 厚生労働省 基発第0622001号「建材中の石綿含有率の分析方法について」平成17年6月22日  
9) 厚生労働省 基発第188号「建築物の耐火等吹付け材の石綿含有率の判定方法について」平成8年3月29日  
10) 厚生省 薬審2号 1589号「ベビーパウダーに用いられるタルク中のアスベスト試験法(暫定法)」昭和62年11月6日  
11) 厚生労働省 基発第0702003号「蛇紋岩系左官用モルタル混和材による石綿暴露の防止について」平成16年7月2日

これを各浸液の標本について実施する。  
第3表<sup>7)</sup>に浸液の屈折率と石綿の分散色を示す。

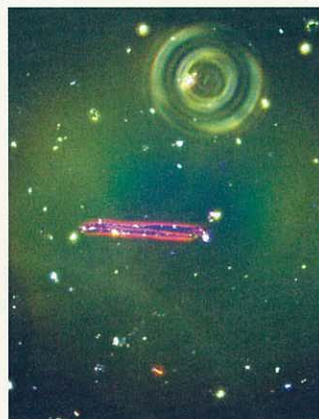
第3表 石綿の分散色

| 石綿の種類   | 浸液の屈折率<br>( $n_D^{25^\circ C}$ ) | 分散色    |
|---------|----------------------------------|--------|
| クリソタイル  | 1.550                            | 赤紫色～青色 |
| アモサイト   | 1.680                            | 桃 色    |
|         | 1.700                            | 青 色    |
| クロシドライト | 1.680                            | 橙 色    |
|         | 1.700                            | 青 色    |

1000粒子以上で10本の石綿繊維が確認できた標本が1つ以上あればこの製品は石綿含有と判定する。

この作業では浸液の屈折率を一定にするため、室温を $25 \pm 2^\circ C$ に維持して観察を行う。また、浸液の屈折率はロットごとに微妙に異なる場合があるので使用前に石綿標準で確認することが重要である。

建材中の石綿の位相差顕微鏡画像を写真1に示す。写真中央の赤紫色の繊維がクリソタイルである。



クリソタイル  
 $n=1.550$



アモサイト  
 $n=1.680$



クロシドライト  $n=1.680$



位相差顕微鏡

写真1 建材中の石綿の位相差顕微鏡による染色画像と位相差顕微鏡

## ② エックス(X)線回折分析法

粉碎した試料をX線回折分析装置で測定し、得られたX線回折パターンに石綿の回折線ピークが認められるか否かを確認する。

もし、分散染色法で検出されず、X線回折法で検出された場合は、浸液の屈折率を変更するなどしてタルクなどの非石綿物質であるか否かを分析する。もし、石綿以外の物質であることが確認されれば「石綿含有せず」と判定し、確認されなければ「石綿含有」と判定する。



写真2 X線回折装置

## ③ 定量分析法

石綿含有が認められた試料について基底標準吸収補正法によるX線回折分析法により定量分析を行い、石綿含有率を算出する。

精度良く分析するため、ギ酸水溶液で石膏などを溶解させてから分析する。

このときクリソタイルの溶解を防ぐためギ酸濃度、混合比、液温、分散時間、繰り返し回数が重要な要素である。

当社では位相差顕微鏡で判定しにくい場合には、公定法では規定されていないが走査電子顕微鏡で時間をかけて定性分析する機会も増加している。この石綿測定における安全対策として、分析者へのばく露を防止し、環境へ石綿を放出しないよう安全管理を厳格にすると共に制度の良い測定を実施すべく努力している。

[環境化学事業部 立花 茂雄]