

## わが国の一般大気中アスベスト濃度測定の経緯と今後

神山 宣彦\*

### Circumstances and future of the measurement of asbestos concentration in the general atmosphere of Japan

Norihiko Kohyama\*

#### Abstract

The health hazard of asbestos will occur continuously hereafter in Japan and many other countries as well. In order to prevent the occurrence as much as possible, and also in order to verify the actual condition of asbestos exposure, the asbestos measuring methods having excellent ability are very important. The asbestos measuring methods are categorized as follows : (1) Airborne asbestos measurement in a working environment and the general atmosphere, (2) The asbestos measurement in bulk samples such as building materials, natural mineral products, soil, etc., (3) The asbestos measurement in various liquids including drinking water, and (4) The asbestos determination in the lung tissue and bronchial alveolar lavage fluid from patient for verifying his/her past asbestos exposure. In addition, the measurement of an asbestos quantity, i.e. the number of fibers, is a center, but asbestos size (length and width of a fiber) is also measured according to circumstances. This paper summarized the circumstances and future of the measuring methods for airborne asbestos in the general atmosphere currently carrying out by Ministry of Environment of Japan, and introduced the airborne asbestos measuring methods set up by Japanese Industrial Standards (JIS) and International Standard Organization (ISO) as for reference.

**Key words** : Asbestos, Airborne asbestos, Measuring method, Phase Contrast Optical Microscope, Analytical Transmission Electron Microscope, Analytical Scanning Electron Microscope, Ministry of Environment, JIS, ISO

---

\*東洋大学自然科学研究室 〒112-8606 東京都文京区白山5-28-20  
Natural Science Laboratory, Toyo University, 28-20 Hakusan 5, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8606,  
JAPAN

## 1. はじめに

図1は米国、日本、中国の20世紀におけるアスベスト使用量の推移を表したもので、アスベストが一国の工業化に必須の原材料であることを如実に示している（神山、2006）。英国、フランスなど欧州先進国のアスベスト使用動向も米国とほぼ同様である。日本はこれら欧米先進国に約20年遅れて大量使用時代に入ったことが分かる。ということは日本の工業化が欧米にそれだけ遅れて進んだと見ることもできる。中国は日本にさらに約25年遅れて工業化が進行しており、アスベストに関してもこれから大量使用時代に入って行く様子が伺える。

アスベストの人への発がん性は、1960年に南ア共和国のクロシドライト鉱山の労働者および周辺住民に多数の中皮腫（胸膜や腹膜の悪性腫瘍）が発生していることを英国のワグナー博士が報告したことをきっかけに、アスベスト曝露と疾病に関する幾つかの大規模疫学調査が欧米ではじまり、1970年頃までにはほぼ確定的となった。この1960年から1970年という時期は、図1から欧米ではアスベスト大量使用時代に入ってから20～30年が過ぎ、中皮腫や肺がんなどのアスベスト関連疾患が長い潜伏期間を経て労働者の間に多数発症し始めた時期に当たることがわかる。日本はその1970年頃から20年間毎年25～30万トンを使用し続け、さらに中国が現在使用を伸ばしていることは、経済学的には説明できても、アスベスト製品の使用先での安全性が担保できないまま危険な使い方をしてしまった日本やそうした先例があるにもかかわらず依然として危険なまま使っている中国には今後も労働者や一般人に多数の疾病患者が出ることは必至で、憂慮に堪えない事態である。

今後もアスベストの健康被害の発生は日本はじめ多くの国で予想されている。その発生をできるだけ防ぐために、またアスベスト曝露の実態を検証するためにも、優れたアスベスト測定法の開発は極めて重要である。アスベストの測定法は、測定対象によって

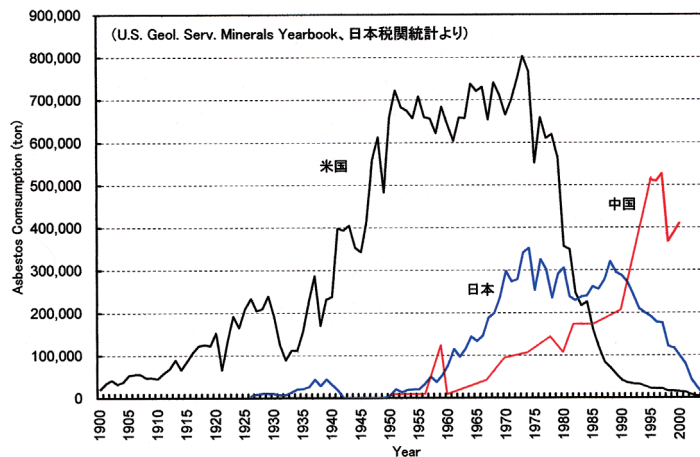


図1 20世紀における米国、日本、中国のアスベスト消費量の推移

(1) 作業環境や一般大気中の浮遊アスベスト測定、(2) 建材や天然鉱物製品、土壌などの中のアスベスト測定、(3) 種々の飲料水中のアスベスト測定、それに (4) 過去のアスベスト曝露を検証するための肺組織や肺胞洗浄液中のアスベスト測定、などに分けられる。なお、測定はアスベストの量（繊維数）の測定が中心であるが、場合によってはアスベストのサイズ（繊維の長さと同幅）の測定も行われる。

本稿は、わが国で実施してきた一般大気中のアスベスト測定法について、その経緯と今後について概観し、さらに日本工業規格（JIS）と世界標準規格（ISO）にも浮遊アスベスト測定方法が策定されているので参考のためそれらの特徴を要約して紹介する。

## 2. 一般大気アスベストモニタリング実施の経緯

1970年代にはアスベストの発がん性が明確となり、欧米では「1本のアスベストが人を殺す」という極端な恐怖感も広がった。アスベストの労働環境対策とともに一般環境中のアスベストにも注意が向けられ、欧米で一般大気中のアスベスト濃度の測定結果が幾つか報告された。わが国でも狭い国で大量のアスベストを消費していることから、欧米より高い濃度のアスベストが一般大気に浮遊しているのではないかという懸念があり（神山、1981）、国会の環境委員会でも取り上げられた（衆議院会議録情報、1981）。

環境庁は1981年に一般大気中のアスベスト濃度の実態調査を開始し、1984年に最初の調査結果を発表した（環境庁、1985）。その測定方法は、メンブランフィルターに捕集した繊維状粒子（長さ $5\mu\text{m}$ 以上、長さと同幅の比3以上）を位相差顕微鏡で計数するもので、その中にはアスベスト以外の繊維も含まれている可能性はあるが、ほとんどの地域の繊維数濃度は $0.5\sim 3$ 本/ℓの範囲にあった（図2）。

一方、メンブランフィルターの残部を用いて透過型分析電子顕微鏡によるアスベストの定量計数も行われた。その結果、当時の大気中の浮遊アスベストはほとんどがクリソタイルで、それらの平均繊維数濃度は10本/ℓ程度、質量濃度に変換すると $1\text{ng}/\text{m}^3$ 程度となり、欧米の一般大気とほぼ同様なレベルであることも分った（図2）（Kohyama, 1989）。

アスベストの濃度は、今ではほとんど繊維数濃度で表現されるが、当時はまだ質量濃度で表わすことが多かった。そのため、この透過型分析電子顕微鏡の計数においては質量濃度にも換算できるように、長さ $0.3\mu\text{m}$ 以上、幅 $0.05\mu\text{m}$ 以上の細かいアスベストも含めて計測したものである。平均繊維数濃度10本/ℓというのは、これら細かいアスベストを含む全アスベストの濃度である。それらのうち、位相差顕微鏡で観察できる繊維を幅 $0.3\mu\text{m}$ 以上で長さを $5\mu\text{m}$ 以上のアスベストは、2%以下になり（環境庁、1995）、位相差顕微鏡で観察されるサイズのアスベスト濃度は、 $0.2$ 本/ℓ程度と計算された。

このような透過型分析電子顕微鏡によるウバックアップ計測により、一般大気アスベスト濃度のモニタリングは位相差顕微鏡でもほぼ良い値が得られることが確認された。また、アスベストのリスクそのものが労働環境において位相差顕微鏡で測定したアスベスト濃度を曝露量とする量-反応関係から求められていることから、位相差顕微鏡による一般大気アスベスト濃度モニタリング方法はアスベスト以外の繊維を含むことはあるがリスクの最大を知る意味はあるとして採用された。

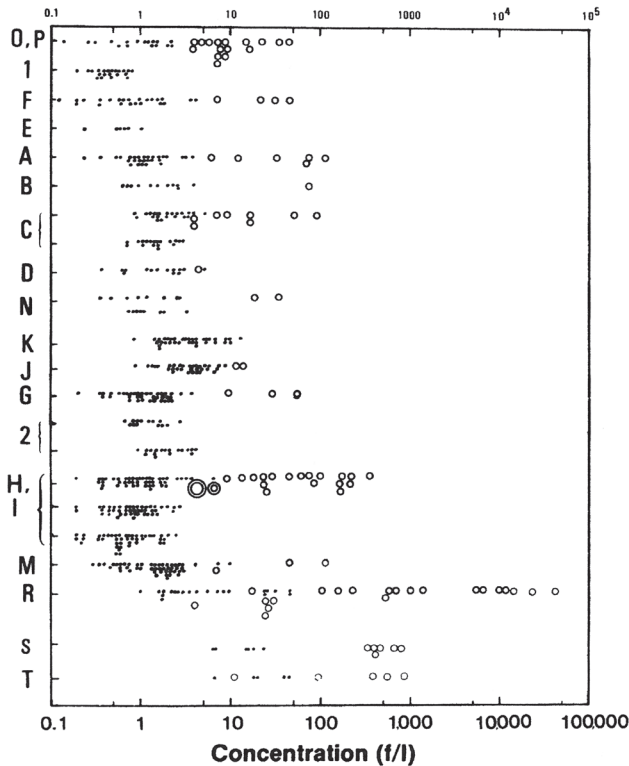


図2 立地特特別アスベスト濃度 (1981、1982年)<sup>4)</sup>

黒丸：位相差顕微鏡による測定値、白丸：透過型分析電子顕微鏡による測定値、◎小：白丸5以上、◎大：白丸10以上、O, P：離島・洋上、1：内陸山間地、F：農村地域、E：港湾地域、A：住宅地域、B：商業地域、C：内陸工業地域・アスベスト製品製造工場散在地域、D：臨界工業地域、N：建築物室内・室外、K, J：解体ビル周辺・廃棄物処分場、G：その他の施設周辺、2：交差点・<30mと>50m、H, I：高速道路・幹線道路、M：料金所周辺、R, S, T：蛇紋岩採石場（無人地域）

### 3. 一般大気アスベストの発生源

一般大気中のアスベストの発生源は、環境庁の1981～1982年の調査で幾つか特定された。一つは自動車ブレーキ作動による微細アスベストの飛散である。これは位相差顕微鏡では捉えられなかった微細なクリソタイルであったが、透過型分析電子顕微鏡の計測によって明らかにされた。この発生源は自動車ブレーキのアスベスト代替化が進んだ2000年頃までにはなくなった。

その他、アスベスト製品製造工場周辺で高い濃度がかたおり計測され、時には工場敷地境界で100本/ℓの値も計測された(1987年)。こうした高い濃度を飛散させた工場では、排気装置の不調や工場の窓を開けたままの作業など管理上の原因があり、それらを改善すると5本/ℓ以下に下がることも分かった。2005年に兵庫県尼崎市の旧アスベスト製品製造工場の周辺住民に中皮腫が広範囲で発生していることが明らかとなったが、その原因は1960年代の同工場からのアスベスト飛散と見られる。その後の2006年～2008年の環

境省の調査で、1960年～1970年代の工場からの一般環境へのアスベスト飛散が原因と見られる中皮腫の発生は、他の地域の旧アスベスト工場の周辺住民にも多数認められることが判明した。このことは、工場の作業環境管理の良否が如何に一般環境汚染にも大きな影響を与えるかを証明している。

環境庁は1990年に大気汚染防止法を改正して、アスベスト製品製造工場周辺のアスベスト測定を義務付けた。その際、敷地境界濃度の基準を10本/ℓとした。当時、工場で使用していたアスベストはほぼクリソタイルであることに加えて、ロックウールやウォラストナイトのような代替繊維も広く使われていることから、敷地境界濃度の測定には特にクリソタイルのみを識別計数することが求められた。そこで、測定マニュアルには、クリソタイルの屈折率と透明化されたメンブランフィルターの屈折率が近いことを利用して、位相差顕微鏡で計数したフィルター標本を、生物顕微鏡で同様に計数して、両者の計数値の差、つまり生物顕微鏡で見えなくなった繊維をクリソタイルとして測定する方法を採用した（環境庁、1993）。

その後、環境庁（現環境省）は1981年に設定した立地特性格別の測定点において継続的に一般大気アスベスト濃度調査をつづけてきた（図3）。この結果は、上記のようにアスベスト以外の繊維も含まれている可能性はあるものの、その濃度はやや下がっている様子が見られ、1990年頃からわが国のアスベスト消費量が減少したことが反映されているとも考えられる。

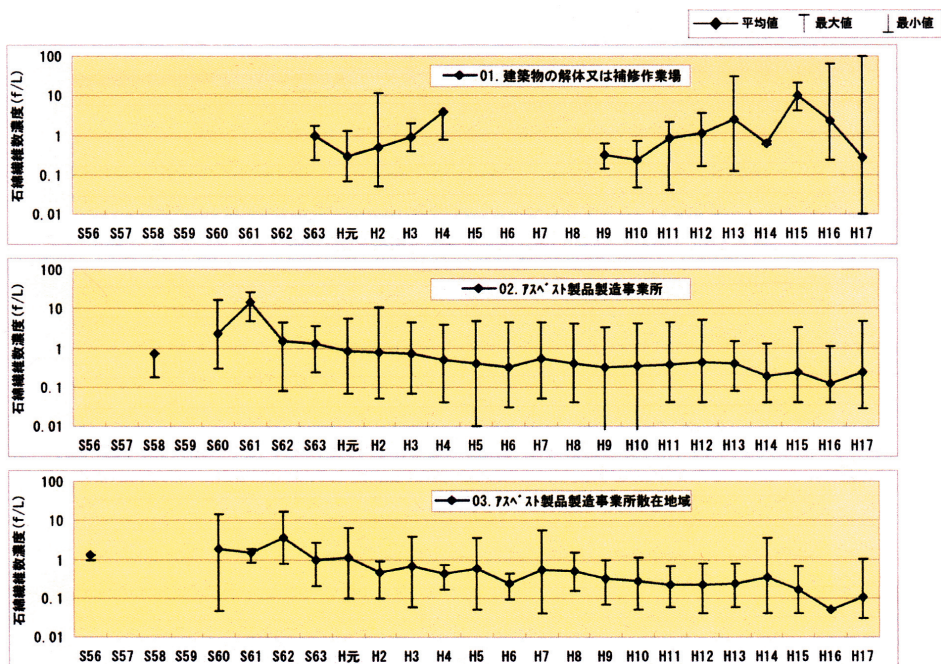


図3-1 1981年頃～2005年のわが国の立地特性格別の大気中アスベスト濃度の推移  
（環境省アスベスト緊急大気濃度調査検討会資料、2006年）

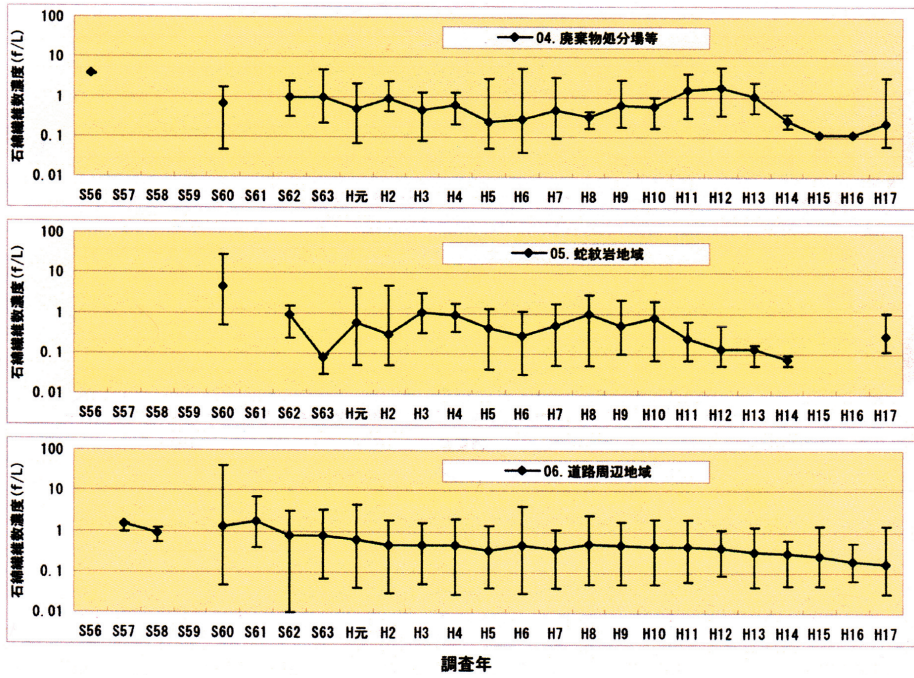


図 3-2 (つづき)

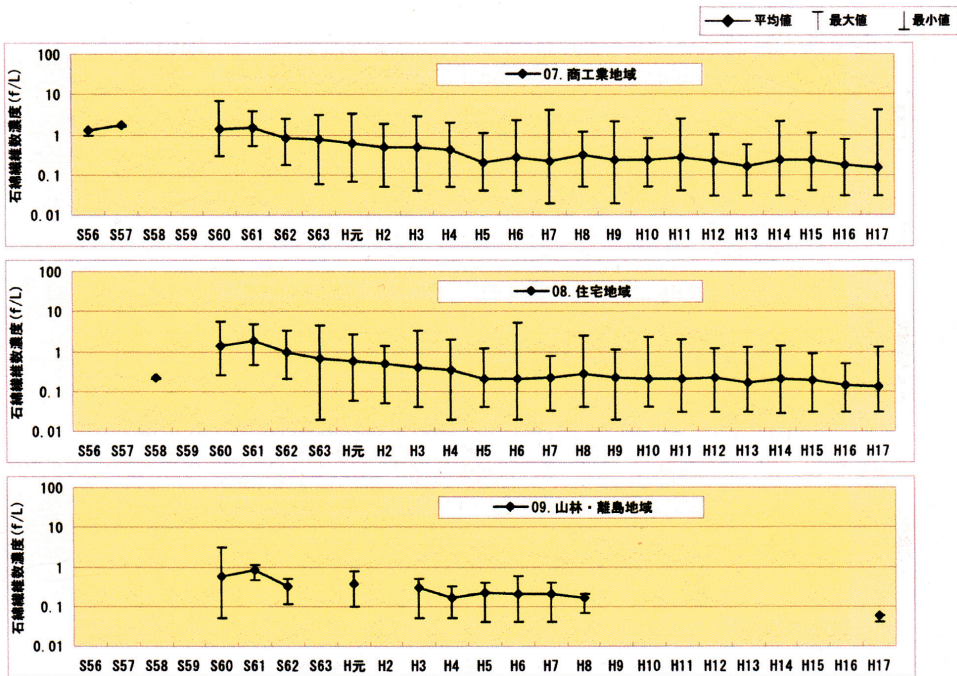


図 3-3 (つづき)

#### 4. これからの一般大気アスベストの発生源

2008年には、最後まで残っていたジョイントシートやシール材の製造も代替化が達成され、わが国のアスベスト製品製造工場は事実上なくなった。そのため、アスベスト製品製造工場の敷地境界アスベストの計測は不要となった。一方、現在、アスベスをを使用した建築物の解体・改修工事は増加の一途で、今世紀半ばまで続くと予想される。廃棄される総量は吹付けアスベストが100万トン、アスベスト含有板類が4000万トンと見込まれている。2005年に施行された石綿障害予防規則等に準拠して嚴重に曝露防止対策を施して解体・改修工事を行えば、そう大きな飛散は防げるはずであるが、不十分な対策での作業による一般大気へのアスベスト飛散は依然として懸念されている。その懸念を解消するためにも工事の監視はもちろんであるが、一般大気中アスベスト濃度のモニタリング、中でもその場ですぐにアスベストの飛散が分かるリアルタイム計測が重要である。

解体・改修工事およびアスベスト廃棄物処理に伴って飛散する可能性のあるアスベストは、クリソタイルのみならずクロシドライトやアモサイトなどの角閃石アスベストもある。最近の環境省のアスベスト濃度調査で解体現場からのクロシドライトの漏えいが実際に発見されている。現在、一般大気への角閃石アスベストの飛散は、以前より高まっていると見なくてはならない。

#### 5. 一般大気アスベストモニタリング方法の今後

こうした状況を踏まえて、環境省のアスベスト・モニタリング・マニュアルは平成21年度に改訂が予定されている。現在、その検討会で議論されていることをまとめると、次のようになる。

##### (1) 光学顕微鏡法の見直し

まず、光学顕微鏡法を見直す。位相差顕微鏡と生物顕微鏡を使用する現行法を位相差顕微鏡だけにして総繊維数濃度を求めることも考えられている。これで、クリソタイルのみならず角閃石アスベストも計測される。しかし、同時に一般大気中の種々の有機質繊維（カビ、花粉、植物繊維など）を計数してしまう可能性がある。そうしたバイアスを除くために、大気捕集メンブランフィルターをプラズマ灰化装置で前処理して有機繊維を消去する方法が考えられる。また、ロックウールや天然鉱物繊維などのアスベスト以外の無機繊維が共存していても、経験を積めば顕微鏡下でその多くはアスベストと鑑別できるようになることもあるので、アスベスト類似繊維の写真集などのデータベースを作成して計測者の鑑別能力向上を促すことも進める必要がある。

##### (2) 電子顕微鏡法の本法化

従来は参考法であった走査型分析電子顕微鏡法と透過型分析電子顕微鏡法を本法に設定して、位相差顕微鏡法か電子顕微鏡法（走査型か透過型）かを適宜選択して使用できるよ

うにする。また、位相差顕微鏡で測定して、やや濃度が高い試料を電子顕微鏡測定に回すことも必要となるだろう。現在、電子顕微鏡法はあまり普及していないが、本法にすることでその普及が期待できる。

### (3) リアルタイム測定法の開発と採用

建築物の解体・改修工事現場ではアスベストの漏えいや飛散があった場合、直ぐに工事を停止して漏えい原因を確かめ対策する必要がある。今回の改定では、一般大気とは別にこの解体・改修工事現場周辺での大気アスベストのリアルタイム測定を可能にして、漏えいを早期に発見し、必要な場合は工事の停止を命じることができるように、幾つかのリアルタイム測定方法の採用を予定している。

### (4) リアルタイム測定法の候補

現在、市販の幾つかのリアルタイム測定装置は、装置に導入した空気中の浮遊繊維が空気流に従って移動する間にレーザー光を照射して粒子からの散乱光の強度と変動から繊維か否かの判定とあるサイズ以上の繊維状粒子を選別でき、位相差顕微鏡と同等の繊維の濃度を瞬時に表示できるようになっている。これらのリアルタイム測定装置の検出能力と信頼性を調べて、信頼性の高い装置による建物の解体・改修工事に伴う漏洩のチェックを義務付けるなどの検討を行う。現在の装置は、繊維状粒子の濃度測定であるが、これにも定性能力が備わればアスベストかロックウールか、ウオラストナイトか石膏繊維かといった種類ごとの計測ができるのだが、まだそれは達成されていない。現時点で繊維状粒子のなかにアスベストを特定するには、バックアップフィルターが準備されているので、そのフィルターを顕微鏡で観察してアスベストの確認を行うことが考えられる。

さらに、光学顕微鏡類でも対象粒子の定性分析に優れた方式のものが幾つかあるので、それらによる解体・改修工事現場でのリアルタイム測定の可否を検討している。アスベストは、その繊維状態が重要な特徴で、加えて特定の光学特性や化学組成を持っている。繊維状態とこうした特性を検出できる光学顕微鏡や電子顕微鏡を現場へ持ち込みができて、数時間内に定性分析結果が得られれば、リアルタイム顕微鏡となりうる。現時点で考えられるリアルタイム顕微鏡としては、(1) 位相差顕微鏡と偏光顕微鏡の組み合わせ、(2) 蛍光顕微鏡、(3) 可搬小型走査電子顕微鏡などが候補になっている。現在は、それらの実効性や検出下限界等の確認とともに、少なくとも現場で1~3時間内にアスベストの測定ができるかを確認している。

鉱物学などで長い歴史を持っている偏光顕微鏡は、物質の定性分析に適している。しかし、偏光顕微鏡の得意な倍率は数十倍から100倍程度であり、仮に400倍の偏光顕微鏡で観察したとしても400倍の位相差顕微鏡で検出できる最小アスベスト(幅 $0.3\mu\text{m}$ 程度)の検出と識別ができるのかまだ確証がない。また偏光顕微鏡は鑑別の際に試料ステージを回転させて試料粒子の光学特性を調べることになるので、視野中心に対象粒子持つてくる必要がある。そのため、粒子の計数に手間取るなどの弱点があるが、フィルター試料は透明化処理のみで低温灰化などの特別な装置と時間を要さないので、現場で直ぐに観察標本を作製できる。その長所を生かしたマニュアルを作成することで、リアルタイム測定は可



能と判断している。そのために定性分析の精度管理として観察者の技術トレーニングが不可欠である。

蛍光顕微鏡法は、クリソタイルと角閃石アスベストにそれぞれ特異的に吸着するタンパク質に蛍光を発するタンパク質を吸着させ蛍光顕微鏡下でその蛍光を検出するもので、最近開発された方法である (Kuroda, et al., 2008)。この方法は、観察標本の作製も簡単に現場で作製可能であり、現場へ持ち込める可搬型の蛍光顕微鏡も開発されており、かなり細かい繊維まで検出できて測定の自動化の可能性も高いので、リアルタイム測定として有望である。しかし実用化には実サンプルでの有効性を検証する必要がある、現在進行中である。

一方、最近、小型で現場へ持ち運べる走査電子顕微鏡が日本のメーカーで開発されている。その小型走査電子顕微鏡は EDX 分析装置も内蔵可能で、現場で採取したフィルター上の粒子の形態と化学組成を同時に調べることができるので、アスベストとその他の繊維状粒子との鑑別も確かであり、リアルタイム測定の一つとして有望視されている。現在、この小型走査分析電子顕微鏡の実効性も調査中である。

## 6. 分析電子顕微鏡による大気中のアスベスト測定法の JIS と ISO

浮遊アスベストを厳密に定性分析して計数する方法としては、上記のように透過型分析電子顕微鏡が最適である。しかし、透過型分析電子顕微鏡は高価な装置で現在もあまり普及していない。それよりやや廉価で観察試料の作製や操作方法が比較的容易な電子顕微鏡として走査型分析電子顕微鏡がある。それらの装置を使った浮遊アスベストの測定方法は、JIS および ISO にあるので参考までに次に示す (なお、位相差顕微鏡法の場合は、浮遊無機繊維の測定となる)。

- ・ ISO 8672 : 2008 Air quality – Determination of the number concentration of airborne inorganic fibres by phase contrast microscopy – Membrane filter method

この ISO 8672 の 2008 年版は、1993 年版の位相差顕微鏡法による浮遊無機繊維測定法を改訂したもので、フィルターの透明化にアセトントリアセチンを用いる点は 1993 年版と同じであるが、この標本は保存がきかないために 2008 年版では永久標本の作製方法としてジメチルホルムアミド (DMF) / Euparal による方法を Annex K に追加している。DMF/Euparal で作製した標本の屈折率はアセトントリアセチンによるものとはほぼ同じであることから、欧米ではこの方法が既に広く普及しているようである。

- ・ JIS K 3850 : 1995 空気中の繊維状粒子測定方法、日本規格協会

この規格は、位相差顕微鏡法、走査型分析電子顕微鏡法、透過型分析電子顕微鏡法による空気中のアスベスト濃度 (位相差顕微鏡の場合は浮遊繊維状粒子) を測定するはじめての規格で、ISO ではまだ電子顕微鏡法が策定されていないときのものであった。その後、

ISO で電子顕微鏡法がつつぎに策定されてゆき、整合化の号令のもとに 2000 年に下記の ISO に塗り替えられた。下記の JIS K 3850-1~4 は、第 1 部を除いていずれも電子顕微鏡法に関する ISO の翻訳 JIS である。

- ・ JIS K 3850-1 : 2000 空気中の繊維状粒子測定方法—第 1 部 : 位相差顕微鏡法及び走査電子顕微鏡法、日本規格協会
- ・ JIS K 3850-2 : 2000 空気中の繊維状粒子測定方法—第 2 部 : 直接変換—透過電子顕微鏡法、日本規格協会 (ISO 10312 : 1995 の翻訳 JIS)
- ・ JIS K 3850-3 : 2000 空気中の繊維状粒子測定方法—第 3 部 : 間接変換—透過電子顕微鏡法、日本規格協会 (ISO/DIS 13794 : 1996 の翻訳 JIS)
- ・ JIS K 3850-4 : 2000 空気中の繊維状粒子測定方法—第 4 部 : 固定発生源—プラントからのアスベスト飛散—繊維数計測法、日本規格協会 (ISO 10397 : 1993 の翻訳 JIS)
- ・ JIS K 3850-1~4 空気中の繊維状粒子測定方法 解説、日本規格協会、2000

JIS K 3850-1 : 2000 の位相差顕微鏡法は、当時すでに作業環境測定法や大気中アスベスト測定マニュアル等に広く普及していた位相差顕微鏡法と JIS K 3850 : 1995 に策定されていた走査電子顕微鏡法を合わせて作成されたもので、厳密には翻訳 JIS ではない。位相差顕微鏡法は英国で 1960 年代に開発され、現在では広く世界中で行われている方法であり翻訳の必要がないからだ。一方、透過型分析電子顕微鏡法の翻訳 JIS である JIS K 3850-2 と -3 は、アスベストの計数ルールが詳細を極めており、実際の計数にあたり大変難しい決まりが多い。

なぜそのようなものが JIS になっているのか？ それは、1990 年代に世界のグローバル化が急激に進み、その象徴として 1995 年に WTO (世界貿易機関) が設立されたことに因る。WTO は、各国の工業規格が貿易障壁になってはならないとして、それらの規格と ISO 規格との整合化を厳しく求めた。WTO に参加したわが国も当時の通産省の指導により、JIS を ISO に策定できない限り、ISO を JIS にして行く方針が指示されたのである。JIS K 3850 : 1995 の電子顕微鏡法には優れた点が多々あった。それを ISO 化できれば問題はないが、当時それは無理な相談だった。やむなく従来の JIS を捨てて (一部は JIS K 3850-1~4 の解説編に残されているが)、すべて ISO の翻訳としたのである。

これと似たような事態は他の種々の優れた JIS にもおきていたと聞く。JIS の ISO 化には大変な労力が要る。普段から頻りに ISO のワーキンググループ (WG) に専門家あるいは国の代表として参加して顔見知りとなり、彼 (彼女) の言うことなら聞こうという信頼をつくっておかなければ、いざという時にこちらの意図するように会議は動かせない。これは何も ISO に限ったことではない。どこの会議でも同様である。しかし、極東の日本から頻りに開かれる WG にいつも参加するのは、時間、費用、体力・知力等が揃っていないととても無理な話である。当時日本は、今もそうかもしれないが、企業からの参加は別として、参加のための公的な支援はほとんど無く、自弁で参加している専門家が多かった。そのため、JIS の中には日本の高い工業技術水準を示す工業規格が多々あったが、みすみすレベルの低いあるいは手段の異なる ISO に整合化せざるを得なかったものも多か

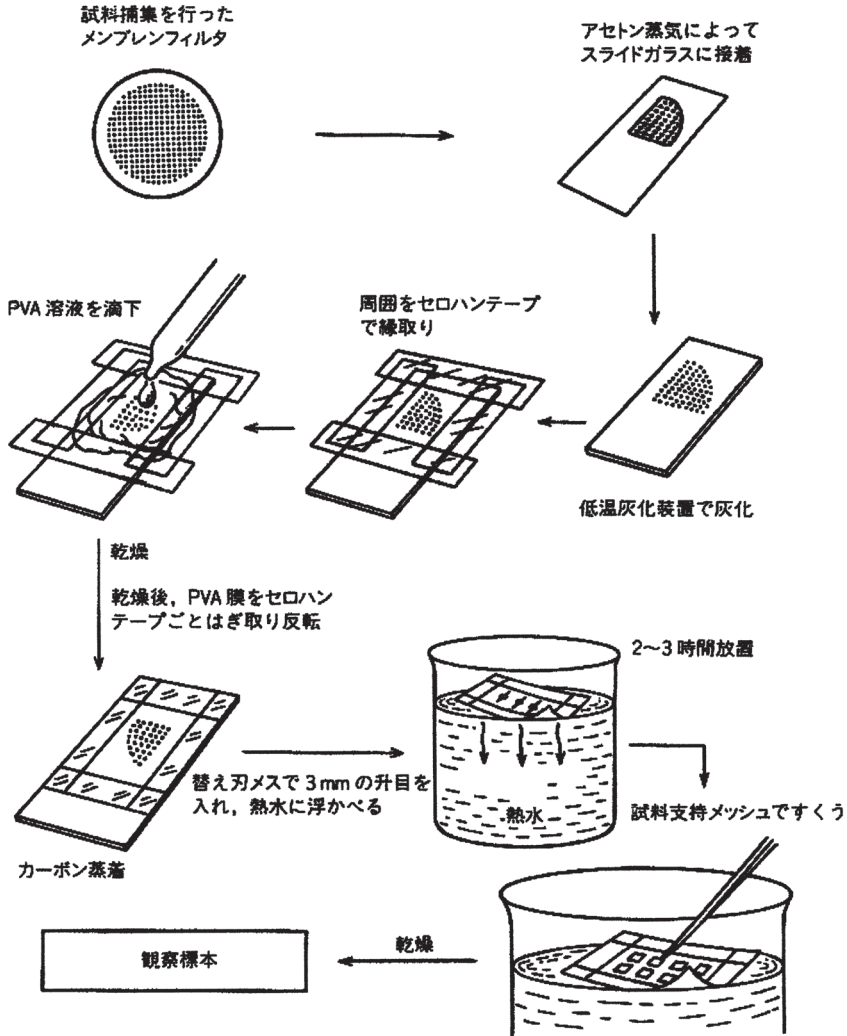


図4 カーボン抽出レプリカ法によるメンブランフィルターからTEM標本の作製方法

った様で、私はこの事態を明治以来の第2の黒船と呼んでいる。

余談が長くなってしまったが、図4にメンブランフィルターからTEMメッシュへの標本作製方法の1例として「カーボン抽出レプリカ法」を示す。この方法は、ISOのTEM法第2部：直接法、第3部：間接法のいずれにも掲載されていない。「カーボン抽出レプリカ法」は1970年代にニューヨークのマウントサイナイ医科大学環境科学研究所のW. Nicholsonが大気アスベスト測定のために開発した方法であり、著者がそれに若干の改良を加えて1980年代はじめのわが国の大気アスベスト測定に利用した方法の一つでもある。この標本作製ではクリアな背景のTEM標本が作製できるので、もっと広く行われると良いと思っている。さらに、筆者は1枚のメンブランフィルター試料から位相差顕微鏡

法、偏光顕微鏡法、分散位相差顕微鏡法、走査型分析電子顕微鏡法、透過型分析電子顕微鏡法のいずれの方法へも必要に応じて観察標本の作製を可能とする「トータル試料作製法」を完成させた (Kohyama et al., 1996; 神山, 1997)。その方法は、実際に JIS にも取り入れられ、大気アスベスト測定のみならず肺組織中のアスベストの測定にも利用されている。ドイツのエアロゾル研究の大家である K. R. Spurny 博士は、彼の著書の中で 8 頁にわたって筆者の「トータル試料作製法」を紹介している (Spurny, 1999)。

・ JIS K 3850-1 : 2006 空気中の繊維状粒子測定方法 - 第 1 部 : 光学顕微鏡法及び走査電子顕微鏡法、日本規格協会

この JIS は、2000 年版を 2006 年に改訂して分散染色位相差顕微鏡法を追加して光学顕微鏡法に名称を変更したもので、走査電子顕微鏡法の方は ISO との整合化をまだとっていない。この頃になると、ISO と JIS の整合化の指導は 1990 年代後半に比べて少しゆるくなっていることもある。

## 7. 諸外国の公的機関が定める作業環境以外の浮遊アスベスト測定方法

外国の ISO 以外の公的機関で定めている作業環境以外の浮遊アスベスト測定方法としては、下記の 2 つが挙げられる。いずれも米国のもので、Method 7402 は米国職業安全衛生研究所 (NIOSH) が定めた透過電子顕微鏡による浮遊アスベスト測定方法で、主にアスベスト除去作業にともなうアスベスト飛散状況の把握を目的としている。EPA 600/4-85-049 も同様に米国環境保護庁 (EPA) によるアスベスト除去作業からのアスベスト飛散を制御・監視するための位相差顕微鏡と電子顕微鏡の両方法を示している。

NIOSH : Method 7402 : Asbestos Fibers (TEM) , 1987, 1989

EPA : EPA 600/4-85-049 : Measuring airborne asbestos following an abatement action

## 8. おわりに

これらの各方法を応用した大気中アスベスト測定法の構築が緊急の課題になっている。そして、一般大気測定と解体・改修工事現場周辺や廃棄物処分場周辺といった特定の対象とで測定方法を分けることも検討すべき状況になっている。解体・改修工事現場では早急な計測結果が必須であることから、リアルタイム計測の導入が考えられている。また、今後は分析電子顕微鏡でのアスベスト計測のニーズが上がると見られるので全国に何か所か分析センター的な機関を備えることも必要になるだろう。最終的にはアスベストか否かは分析電子顕微鏡で確認しなくてはならない状況であるからだ。

研究課題としては、光学顕微鏡のような手軽さで浮遊アスベストの種類と数を定性・定量できる測定方法の開発とアスベストの鑑別が可能なリアルタイム計測法の開発などがある。

## 参考文献

- 1) 神山宣彦：アスベスト問題の最近の動向と今後の対策、都市問題研究、第58巻、第10号、3-19、2006
- 2) 神山宣彦：アスベスト—人体への影響と環境汚染、現代化学、No.3、35、1981
- 3) 衆議院会議録情報：第094回国会 環境委員会 昭和56年5月15日、第8号、1981  
<http://kokkai.ndl.go.jp/SENTAKU/syugiin/094/0378/main.html>
- 4) 環境庁大気保全局大気規制課監修：アスベスト排出抑制マニュアル、ぎょうせい、1985
- 5) Kohyama, N : Airborne asbestos levels in non-occupational environments in Japan, In. Bignon J, Peto J and Saracci R (eds) : Non-Occupational Exposure to Mineral Fibres, 262-276, IARC Scientific Publications, No.90, WHO, Lyon, France, 1989
- 6) 環境庁大気保全局大気規制課：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、1993
- 7) 環境省水・大気局委託業務：平成18年度アスベスト大気濃度調査計画策定等調査報告書、平成19年3月、(財)上越環境科学センター
- 8) Kuroda A, Nishimura T, Ishida T, Hirota R, Nomura K : Detection of chrysotile asbestos by using a chrysotile-binding protein, Biotechnology and Bioengineering, 99, 285-289, 2008
- 9) Kohyama N., Kurimori S. : A total sample preparation method for the measurement of airborne asbestos and other fibers by optical and electron microscopy, Industrial Health 34, 185-203 (1996) .
- 10) 神山宣彦：顕微鏡によるアスベストのトータル定量法、金属 67、836-842 (1997)
- 11) Spurony, KR (Ed) : Analytical chemistry of Aerosols, Lewis Publishers, NY, pp. 486 (1999)