

リフラクトリー・セラミックファイバー（RCF）の測定手法検討結果報告書

平成 23 年 3 月 7 日

測定手法検討分科会

1. はじめに

(1)石綿繊維の代替品としてガラス繊維及びロックウールの測定分析法については、基発第1号（平成5年1月7日付）の指針第5で、当面計数法又は重量法の何れの方法によるものでも差支えないものとしている。しかし、リフラクトリーセラミックファイバー（RCF）については、触れられていない。

セラミックファイバー工業会が平成7年3月に出しているアルミナ・シリカゲル系セラミックファイバー（RCF）の取扱いに関する労働衛生マニュアルでは、（1）粉じん則第26条に基づく作業環境測定はガイドブックによるもの、（2）将来の参考とするため、少なくとも年1回はRCF繊維の繊維濃度による測定を「人造鉱物繊維（MMMMF）線維数濃度測定マニュアル」（硝子繊維協会、セラミックファイバー工業会、ロックウール工業会、平成4年8月）により行うとしている。ただし、この時点では粉じん則が対象としている管理対象は、吸入性粉じんとなっていたので、当面は吸入性粉じんとし、それ以外にも総粉じん、吸入性RCF繊維での管理が必要となる場合があるので、対象とする粉じんを何にするかは各社で十分検討することとしている。

(2)「人造鉱物繊維（MMMMF）線維数濃度測定マニュアル」の解説において、MMMMFの管理について以下のことが示されている。

①管理上必要な指標：ILO 専門家会議報告書で、「ある種の鉱物繊維および合成繊維は、限られた割合の吸入性繊維だけを含んでいるに過ぎず、空気中の吸入性繊維濃度は低い。したがって、もしばく露限界が吸入性繊維のみについて定められておれば、総粉じん濃度は高くなり、呼吸器、目、あるいは皮膚の刺激のような有害な影響を生じる。一方、総粉じんのばく露限界だけでは、吸入性繊維のばく露を抑制するには不十分である。したがって、NMMFを取扱う作業場においては、吸入性繊維の繊維数濃度および総粉じん濃度の両方について管理を行う必要がある。

②総粉じん濃度の管理：労働省石綿委員会の調査研究などにおいて、繊維数濃度と総粉じん濃度との間には、比較的良好な相関が認められている。したがって、ガラス繊維、セラミックファイバー、ロックウールの製造または取扱いでは、各事業場ごとに繊維数濃度と総粉じん濃度との関係が把握されており、かつ低い濃度レベルに維持されていれば、総粉じん濃度測定のみで日常的な作業環境管理を行うことが可能であると考えられる。また、石綿代替委員会では検討されなかったが、β線粉じん計（FAM）を用いた場合においても良い相関があることが見出されており、この方法による管理も可能だと考えられる。

また、マニュアル作成の基本的な考え方について、以下のことが示されている。

③平成5年制定予定のJIS「空気中の繊維状粒子測定方法」との整合性に留意した。

④NMMFの測定に最も適した方法・条件を可能な限り具体的に指定し、不慣れた測定者でも確実に測定が行えるようにした。

⑤諸外国において、作業環境のNMMFについての測定法が特に定められている例があるので、これらの内容も出来るだけ参考にした。

⑥対象と考える作業場では、今までの実験結果等から、測定できないような微細な繊維はほとんど存在しないので、走査型電子顕微鏡や透過型電子顕微鏡を使用しなくても、十分光学顕微鏡で対応することが可能と考えた。また、取扱う物質も明らかなので、エネルギー分散型X線分析（EDS）などを使用する必要がないと考えた。

⑦NMMFの作業環境管理を行う測定方法としては、重量法、計数法、簡易測定法があり、それぞれの作業場の状況によって、これらの測定方法を使用することが合理的であると考えるが、このような手段のすべてを示すことは困難である。したがって、NMMFについては最も重要な指標と考えられる繊維数濃度について基本的方法であるメンブランフィルター・位相差顕微鏡法のみを取り上げて検討することとした。

2. 検討内容と結果

今回はRCFについて分散染色法による判別の確認を行った。

- ・模擬試料は日本繊維状物質研究協議会の標準繊維状試料（RCF）を使用した。
- ・模擬試料を溶液に分散させて、フィルターに吸引ろ過し、乾燥後、フィルターをアセトンで固定し、それを低温灰化处理したものを分散染色するべきであるが、今回の確認では前述の工程を省略し、模擬試料の分散液を直接スライドグラスに滴下し乾燥させ、それに浸液を滴下して分散色を確認した。
- ・RCFは屈折率1.550で分散色である「青色」を示すことを確認した（写真）。
- ・類似の形態であるロックウールは屈折率1.640で分散色である「青色」を示すことから、RCFとは分別できることを確認した。
- ・RCFの分散色はクリソタイル以外の石綿の分散色とは異なり、クリソタイルについては1.550で同色の青色を示すが、クリソタイルは複屈折性（偏光特性）をもっているため、偏光板（アナライザ）を加えて、試料を回転させることにより分散色の変化が認められる。クリソタイルの鋭敏色は赤紫から青に変化する。一方、複屈折を持たないRCFの分散色は偏光板による変化はなく、青色で一定であることからクリソタイルと分別できる。
- ・RCFを分散染色法で分析することは、低温灰化により狭雑物を払拭し、分散染色による同定は可能であるが、これらの作業が煩雑であることや、分散染色の完全性に問題があること（標本作成に熟練性を要する、微細な繊維の計数は困難）、昨年改正された環境省の公定法から分散染色法が外れたことなどを勘案すると、本法が測定点の多い作業環境測定に汎用的であり、有用であるかどうかを慎重に判断すべきであると考ええる。

[参考]

NIOSH (ASBESTOS and OTHER FIBERS by PCM)
METHOD ; 7400, Issue 2

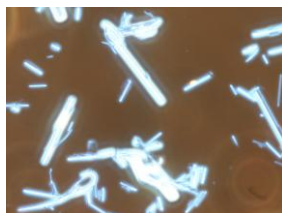
本法は日本の作業環境測定で行われている位相差顕微鏡法（PCM法）と同様である。

写真 リフラクトリーセラミックファイバー（RCF）の分散色

屈折率：1.550 青



屈折率：1.552



屈折率：1.566



屈折率：1.605



屈折率：1.618



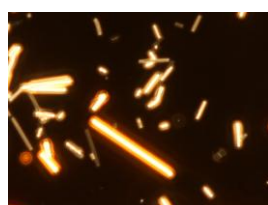
屈折率：1.620



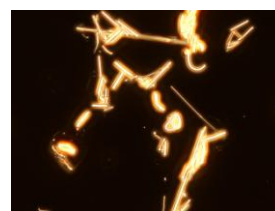
屈折率：1.626



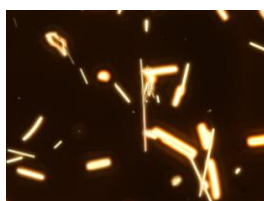
屈折率：1.628



屈折率：1.630



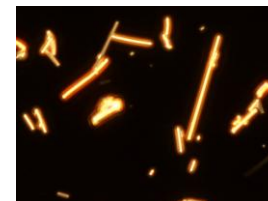
屈折率：1.640



屈折率：1.680



屈折率：1.690



屈折率：1.700



- ・日本繊維状物質研究協議会のJFM標準繊維状試料を使用した。
- ・無じん水 40ml に試料 10mg を入れて攪拌し、スライドガラス上に試料液を 20 μ l を滴下し、乾燥後に浸液を滴下して標本作製した（低温灰化処理を行ったものではない）。
- ・分散色は 25℃ の環境下で観察した。



ロックウール

屈折率：1.640

アスベストの種類に応じた分散色

アスベストの種類	浸液の屈折率 $n_D^{25^\circ C}$	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
アンソフィライト	1.605	橙色
アクチノライト	1.640	青色
トレモライト	1.605	橙色
	1.640	青色

3. 参考情報

①空気中アスベストモニタリングマニュアル第 4.0 版（環境省平成 22 年 6 月）から、分散染色法は微細なアスベスト繊維を精度良く計測しにくいことがわかったとして、参考法に変更となった。

以上の 3 方法（作業環境測定法、NMMF 繊維数濃度測定マニュアル、アスベストモニタリングマニュアル）を表に示した。

②また、同条件を満たす繊維粒子自動測定器が市販されていることから、これらを用いた測定も有効であると考えられる（環境省アスベストモニタリングマニュアル第 4.0 版においても参考測定法となっている。）

4. 検討機関

中央労働災害防止協会・労働衛生調査分析センター

●石綿繊維または人造鉱物繊維のサンプリングおよび計数方法について

作業環境測定法		人造鉱物繊維(MMMF)繊維数濃度測定マニュアル		アスベストモニタリングマニュアル
厚労省		絹子繊維協会 セラミックファイバー工業会 ロックウール工業会		環境省
サンプリング	メンブラフィルター 孔径0.8μm、φ25mm (φ47mmを使用する場合は定置下限に注意すること) オーブンフーズ型ホルダー 最大で50/分	メンブラフィルター 孔径0.8または1.2μm、φ25mm オーブンフーズ型ホルダー 2～50/分で10分以上	セルロースエステル型メンブラフィルター 孔径0.8または1.2μm、φ47mm、格子なしのもの オーブンフーズ型ホルダー(有効ろ紙直径が35mmになるもの) 10L/min で連続4時間(24002)	0.3mg/cm ³ 以上の粉じんを捕集することがないように捕集時間を調整する 位相差顕微鏡 アセト・トリアセチン処理 位相差顕微鏡法で総繊維数を計数し、原則として総繊維数が1/f/Lを超えたものについては電子顕微鏡法により確認を行うこととし、場合によっては最初から電子顕微鏡で位相差顕微鏡法で計測できるものと同等サイズの繊維を計数することもできる 長さ5μm以上、直径3μm未満で、アスベクト比(長さ/直径)3以上の繊維状物質を計数 アスピレーション・フィルター・直径300μmの領域に存在する繊維状物質を計数する 計数視野数が100視野になるまで、あるいは繊維数が200本以上になるまで行う 繊維数が200本に達した場合、その視野は最後まで計数する
計数	位相差顕微鏡 アセト・トリアセチン処理 長さ5μm以上、直径3μm未満で、アスベクト比(長さ/直径)3以上の繊維状粒子を石綿とみなして計数する アスピレーション・フィルター・直径300μmの領域に存在する石綿繊維を繊維数が200本以上あるいは検索視野が50視野になるまで計数する 1視野中の繊維数が多い場合はアスピレーション・フィルター・直径100μmの領域に存在する石綿繊維を計数する この場合は繊維数が200本以上あるいは検索視野が100視野になるまで計数する	位相差顕微鏡 アセト・トリアセチン処理 長さ5μm以上、直径3μm未満で、アスベクト比(長さ/直径)3以上のMMMF繊維を計数 アスピレーション・フィルター・直径300または200μmの領域に存在するMMMF繊維を計数する 計数視野数は繊維が100本以上に達するまで 100本未満の場合は50視野とする	位相差顕微鏡 アセト・トリアセチン処理 長さ5μm以上、直径3μm未満で、アスベクト比(長さ/直径)3以上のMMMF繊維を計数 アスピレーション・フィルター・直径300μmの領域に存在する繊維状物質を計数する 計数視野数が100視野になるまで、あるいは繊維数が200本以上になるまで行う 繊維数が200本に達した場合、その視野は最後まで計数する	
濃度算定	繊維数濃度(f/cm ³)= 採じん面積(mm ²)×(計数繊維の総数(①-②)×採面積(f)) 顕微鏡1視野の面積(mm ²)×計数視野数×採気量(L)×10 ³	MMMF濃度(f/cm ³)= フィルター有効面積(mm ²)×(計数MMMF繊維総数(①-②)×採面積(f)) 顕微鏡視野の面積(mm ²)×計数視野数×吸引空気量(cm ³)	総繊維数濃度(f/L)= フィルター有効面積(mm ²)×(計数繊維総数(①-②)×採面積(f)) 視野範囲の面積(mm ²)×計数視野数×吸引空気量(L)	(参考法) 電子顕微鏡法(A-SEMまたはA-TEM)で同定する ・位相差/偏光顕微鏡法 ・蛍光顕微鏡法
その他				