

5 隔離空間全体からの漏えい確認のための石綿濃度の測定等

5.1 隔離空間全体からの漏えい確認のための石綿濃度の測定

空気中の石綿濃度の測定は、施工事業者の自主的な取組として、石綿飛散防止対策の効果を自ら点検し、その改善を図っていくという意味で有意義である。

測定を行う場合には、作業場の隔離状況、集じん・排気装置の性能等を点検するとともに、施工区画内の石綿飛散状況を把握するため、以下のような場所、及び時期において実施することが有効である。

- ① セキュリティゾーンの入口及び施工区画の外周（除去作業中）
- ② 作業場内（特に隔離シート撤去前）

また、周辺環境への配慮の観点から、隣地との境界付近における環境濃度を測定することが望ましい。なお、測定方法については、作業環境測定基準（昭和 51 年労働省告示第 46 号）、JISK3850-1「空気中の繊維状粒子測定方法」、環境省のアスベストモニタリングマニュアル（第 4.1 版）（平成 29 年 7 月 環境省 水・大気環境局 大気環境課）等を参照されたい。

漏えい監視のほか、漏えいが生じたときは、直ちに漏えい箇所周辺を立ち入り禁止にする等、関係作業員及び第三者が石綿にばく露することを回避するため必要な緊急措置を講じる必要がある。

このため、作業計画には漏えい時の必要な措置として、上記漏えい監視の手順のほか、緊急措置の内容を明記し、あらかじめ作業員に周知しておくこと。

参考として表 5.1.1 に関係省庁や民間団体が示している石綿濃度の測定方法を示した。

表5.1.1 関係省庁や民間団体が示している石綿濃度の測定方法

種 類	環境省		厚生労働省	(一財)日本建築センター	JIS K 3850-1:2006
		アスベストモニタリングマニュアル（第 4.1 版）	平成元年 12 月 27 日 告示第 93 号	作業環境測定法	既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018
対 象	環境大気中の測定 ・発生源の周辺地域 ・バックグラウンド地域	大気汚染防止法に基づく測定 ・アスベスト取扱い事業場の敷地境界	労働安全衛生法に基づく測定 ・アスベスト取扱い作業場	室内環境等低濃度レベルにおける測定	空気中に浮遊している繊維状粒子を測定
測定高さ、位置	地上 1.5～2.0m 風向を考慮し 2～4 点	敷地境界線の東西南北及び最大発生源と思われる場所の近傍	単位作業場所内の高さ 50～150cm の位置（A 測定、B 測定）	建築物内の高さ 50～150cm の位置	目的に応じて設定する
フィルタ直径	47mm		47mm、25mm		
吸引速度・採取時間	10L/分×240 分 連続 3 日間	10L/分×240 分	1 L/分×15 分	5 L/分×120 分	1 L/分×5 分 5 L/分×120 分 10L/分×240 分
計数対象繊維	長さ 5 μm 以上、幅(直径) 3 μm 未満で長さ幅の比（アスペクト比）が 3 : 1 以上				
顕 微 鏡	位相差顕微鏡、電子顕微鏡	位相差顕微鏡、生物顕微鏡（クリソタイルを対象）	位相差顕微鏡		位相差顕微鏡、走査電子顕微鏡
基 準	—	10 本/L (石綿(クリソタイル)繊維数濃度)	管理濃度 0.15 本/cm ³ (150 本/L) (総繊維数濃度)	周辺一般環境大気との比較	—

5.2 敷地境界（施工区画境界）等における大気濃度測定方法の例

5.2.1 目的

建築物の解体等現場において、予期せぬ箇所から石綿の飛散が確認された事例もあることから、建築物の解体等作業による敷地境界等での石綿の飛散状況を確認し、その結果、石綿の飛散が確認された場合には、その原因を迅速に特定し、対策を講じることにより、一般大気環境への石綿の飛散を防止する。

5.2.2 測定箇所

測定は環境省のアスベストモニタリングマニュアル（第4.1版）（以下「モニタリングマニュアル」という。）に定められた方法により実施する。モニタリングマニュアルでは、作業場から一般大気環境への石綿飛散の影響を確認する場合の測定は、作業場が含まれる敷地の境界とすることが基本となるが、敷地が広く、作業場の直近で多数の人の通行がある場合等については、敷地境界の内側の施工区画境界を敷地境界とみなして測定する。

測定箇所は、敷地境界等における石綿濃度の実態を適切に把握するため、作業が実施される施設（排出源）からできる限り等距離で、排出源から遮る障害物の少ない箇所を選定することを原則とする。測定箇所数は、排出源をはさんで主風向の風上・風下の2箇所と主風向に垂直な2箇所の計4箇所とする。

また、高層部で作業を実施する現場や隣地で解体等が行われ、その影響を受ける可能性がある現場等では、現場の状況に応じて測定箇所を選定する。

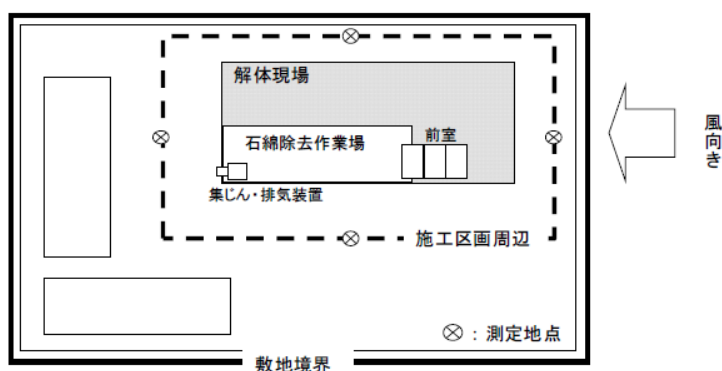


図5.2.1 施工区画周辺の測定箇所イメージ図

5.2.3 試料採取時期

石綿の飛散を防止するため隔離された作業場内において、石綿の除去作業を開始した直後の作業中に試料採取を行うこと。なお、この場合においても、石綿の除去作業が長期に及ぶ場合は、作業の進行や時間の経過、外気の影響等により隔離に不具合が生じることが考えられ、その監視のため、定期的な測定を行うことが望ましい。

5.2.4 試料採取条件

- 測定箇所：敷地境界又は施工区画境界
- 試料採取時期：作業開始直後
- 試料採取時間：120分
- フィルタ直径：47mm
- 吸引空気量（吸引速度×時間）：1200L（10L/分×120分）
- 検出下限値：0.11本/L（有効径35mm、100視野計測の場合）

※なお、フィルタ径については、室内環境の測定に用いられる25mmとし、吸引速度を5L/分で120分の試料採取としてもよい。

5.2.5 分析方法

位相差顕微鏡法で計数した総繊維数濃度が1本/Lを超えた場合、電子顕微鏡法で計測し、石綿繊維数濃度を求める。しかし、解体等現場においては、様々な作業が実施されていることから、総繊維数濃度で1本/Lを超えることは十分考えられ、総繊維数濃度が1本/Lを超えた全てのケースにおいて、電子顕微鏡での計測を実施することが困難な場合もあり、その場合は、モニタリングマニュアルに掲載されている解体現場等における迅速な測定法（分析走査電子顕微鏡法、位相差／偏光顕微鏡法、蛍光顕微鏡法）の使用も考えられる。

5.2.6 評価方法

環境省の近年のモニタリング結果から、一般大気環境中の総繊維数濃度は概ね1本/L以下であることから、石綿繊維数濃度も1本/L以下である。このため、漏えい監視の観点からの目安は、石綿繊維数濃度1本/Lとすることが適当である。

5.3 総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度測定の概要

石綿繊維濃度を測定する方法には、形態観察から特定の繊維状粒子を計測し総繊維数濃度として測定する位相差顕微鏡法と、石綿繊維だけを特定し石綿繊維数濃度を求める位相差/偏光顕微鏡法、蛍光顕微鏡法、位相差/蛍光顕微鏡法、位相差/ラマン顕微鏡法、電子顕微鏡法等が開発されている。漏えい監視の観点から、これらの測定法の概要を記載する。

5.3.1 位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の測定

位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の測定は、ろ過材として白色メンブランフィルタを使用して対象空気を吸引し、サンプリング後のフィルタを透明化処理して、位相差顕微鏡により長さ5 μm以上、幅3 μm未満、アスペクト比3以上の繊維状粒子数を計数する方法（PCM法）で行われる。

PCM法による総繊維数濃度測定方法は、目的に応じて測定点の選定や使用するろ過材（フィルタ）のサイズや吸引流量、測定時間が異なっている。関係省庁が定めているアスベストの測定方法は表5.1.1を参照すること。

関係省庁によりPCM法によって測定された濃度の表現が異なっているので、注意が必要である。以下に示す濃度は、いずれもPCM法によって測定された総繊維数濃度のことである。ただし、これらの測定方法は定量下限を示している場合と検出下限を示している場合があり、算出方法が異なるので注意が必要である。

- ・厚生労働省の作業環境測定基準及び作業環境評価基準……石綿濃度
- ・環境省アスベストモニタリングマニュアル……総繊維数濃度
- ・JIS K3850-1……総繊維数濃度

アスベストの種類を特定した濃度として表現する場合には、PCM法以外の方法、例えば位相差/偏光顕微鏡法、蛍光顕微鏡法、位相差/蛍光顕微鏡法、位相差/ラマン顕微鏡法、分析電子顕微鏡法（走査型、透過型）によってアスベスト繊維を特定した上でその濃度が表現される。具体的な名称として、例えばクリソタイル濃度やクリソタイル繊維数濃度と表現される。

5.3.2 位相差/偏光顕微鏡法

位相差/偏光顕微鏡法は、位相差顕微鏡によって計数された繊維状粒子について偏光顕微鏡による観察でアスベスト繊維と非アスベスト繊維に識別し、石綿繊維数濃度を測定する手法である。

分析には位相差顕微鏡用コンデンサを装着した偏光顕微鏡を使う。同顕微鏡のレボルバに位相差用と偏光用の対物レンズを装着すると、ターレットと対物レンズの切り替えだけで視野を変えることなく位相差観察と偏光観察（多色性、複屈折、消光角、伸長性の正負）を行うことができる。

分析に必要な前提条件として、サンプリングされる可能性のあるアスベストの種類が事前に判明していることが必要であり、適切に実施された事前調査結果が入手可能な建築物等の解体等の場合に限定された手法である。

位相差顕微鏡法による総繊維の計測と同じプレパラートの使用が可能であり、同一視野内の繊維を同定することが可能である。

5.3.3 蛍光顕微鏡法

蛍光顕微鏡法は、蛍光物質で修飾したアスベスト結合タンパク質を用いて、微細なアスベスト繊維を検出する方法である。その感度は電子顕微鏡法と同程度であり、PCM法では確認できない約30nmという非常に細い幅の繊維が確認できる。

ロックワールなどの非アスベスト繊維と識別して、クリソタイル及び角閃石系のアスベストを同定することが可能であるが、角閃石族アスベストの種類と同定は困難である。また、アスベスト以外の繊維（炭化ケイ素ウィスカー）にも蛍光タンパク質が結合し、角閃石アスベストとの識別が難しい場合がある。

試料捕集にはメンブランフィルタを使用するため、PCM法と共通のフィルタを利用でき、灰化処理の必要はない。そのため、解体現場等でサンプリングしたサンプルが、アスベストか否かが迅速に確認できる。

蛍光顕微鏡観察の際、蛍光の退色がおこるため短時間での計数が必要である。

5.3.4 位相差/蛍光顕微鏡法

位相差/蛍光顕微鏡法は、位相差顕微鏡モードによって計数した繊維状粒子計測視野を、蛍光顕微鏡法モードに切り替え当該繊維の蛍光の有無を確認することによりアスベストの同定を行う手法である。位相差顕微鏡モードで確認できた繊維のうち、蛍光を持つ繊維をアスベストとして計数できる。

自ら発光する蛍光色であるため、極めて細い繊維の計数も可能であり、特に有機繊維とクリソタイルの判断が容易である。

自家蛍光をもつ物質（細い有機繊維等）は偽陽性となるが、UV 励起を使用することで、判別可能な場合もある。

5.3.5 位相差/ラマン顕微鏡法

位相差/ラマン顕微鏡法は、レーザーラマン分光法を位相差顕微鏡に応用した手法で、サブミクロンオーダーまでの対象繊維を分析することができる。ラマン分光法をアスベストの識別に応用すると、ヒドロキシ基に帰属されるピークの波数位置や形状から個々の繊維の種類を識別することが可能である。

分析に必要な前提条件として、ラマン顕微鏡による測定対象の6種類のアスベストのラマンスペクトルデータ（ライブラリー）を確認しておく必要があり、PCM 法による総繊維の計測と同じプレパラートの使用が可能で、同一視野内の繊維のラマンスペクトル測定結果とライブラリーを比較してアスベスト繊維を同定することが可能である。

事前にサンプリングされる可能性のあるアスベストの種類を確認する必要はないが、アモサイトとクロシドライト、トレモライトとアクチノライトのラマンスペクトルが類似しているため、区別ができない。

5.3.6 電子顕微鏡法

通常の光学顕微鏡は観察したい対象に可視光線をあてて拡大するのに対し、電子顕微鏡は、電子線をあてて拡大する顕微鏡のことで、広く利用されている。

電子顕微鏡は、電子線の持つ波長が可視光線のものよりずっと短いため、理論的には分解能は0.1nm程度にもなる（透過型電子顕微鏡：TEMの場合）。光学顕微鏡では見ることで見えない微細な対象を観察（観測）できるのが利点である。

電子顕微鏡には走査電子顕微鏡（SEM）と透過電子顕微鏡（TEM）があり、形状観察のほか、EDX 分析装置を装着した分析電子顕微鏡（A-SEM、A-TEM）を使用することにより元素分析も可能となり、アスベストの同定分析に使用される。通常は、長さ0.1～1μm程度のアスベスト繊維まで検出できる。通常は、あらかじめ金又はカーボン蒸着したポリカーボネートフィルタを濾過材としてサンプリングを行うが、位相差顕微鏡法の繊維の同定を目的として実施する場合は、位相差顕微鏡法で使用した残りのメンブランフィルタを使用して金又はカーボン蒸着を行い、観察標本を調整する。

モニタリングマニュアルには、A-SEM 法の前処理方法は3種類が提示されているが、低温灰化処理装置を保有していない場合には、メンブランフィルタと並行でポリカーボネートフィルタを用いてサンプリングすると前処理も容易で像も見やすい。

※使用フィルタ及び吸引空気量による定量下限の目安

試料の採取条件は、測定の実施目的に応じて定量限界を設定してから、吸引時間、吸引流量を設定する

表5.3.1 使用フィルタ及び吸引空気量による定量下限の目安

	直径 25mm のフィルタの 定量下限	直径 47mm のフィルタの 定量下限
吸引空気量 300 L	0.95 本/L	2.4 本/L
600 L	0.47 本/L	1.2 本/L
1,200 L	0.24 本/L	0.6 本/L
2,400 L	0.12 本/L	0.3 本/L

(注) 1. 顕微鏡視野数を 50 視野とした場合

2. 吸引空気量が多くなると、他の粉じんが多くなり計数できない場合がある。

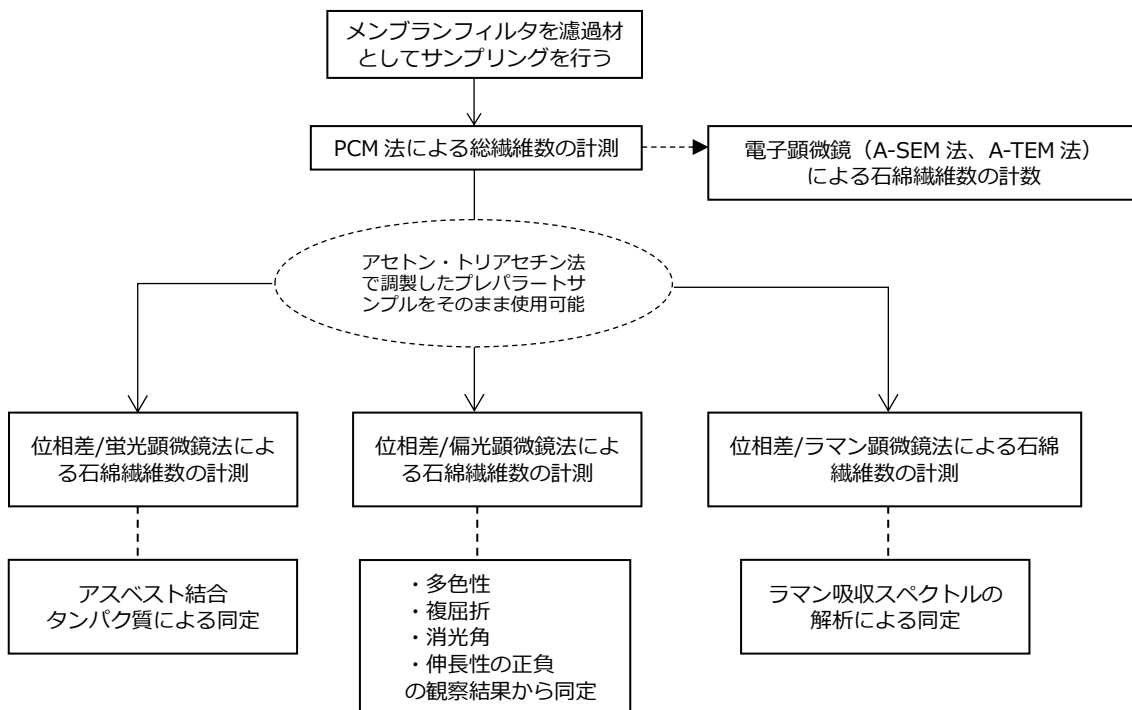


図5.3.1 メンブランフィルタで採取した試料の測定方法