

3. 15 隔離空間全体からの漏洩監視のための石綿濃度の測定等

3.15.1 隔離空間全体からの漏洩監視のための石綿濃度の測定

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 セキュリティーゾーンの入口及び作業場直近の外周（除去作業中）
- ② 集じん・排気装置排出口（装置の稼動時）
- ③ 作業場内（特に隔離シート撤去前）

②については、3.14.4 集じん・排気装置の排気口での漏洩監視により実施する。また、周辺環境への配慮かの観点から、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「空气中的繊維状粒子測定方法」、アスベストモニタリングマニュアル（4.0 版、平成 22 年 6 月）、建築改修工事管理指針（国土交通省大臣官房官庁営繕部監修、下巻 25 年版）等を参照されたい。

漏洩が生じたときは、直ちに漏洩箇所周辺を立ち入り禁止にする等、関係労働者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。

参考として表 3. 20 に建築改修工事監理指針（平成 25 年版下巻）による測定の区分を示した。

表 3. 20 処理作業におけるアスベスト粉じん濃度測定の区分

測定時期	重要度	測定場所	測定点数 (各処理作業室ごと)	備考
処理作業前	△	処理作業室内	2 又は 3 点	
	△	施工区画周辺又は敷地境界	2 点	
処理作業中	△	処理作業室内	2 点	
	◎	セキュリティーゾーン入口	1 点	空気の流れを確認
	◎	集じん・排気装置の排出口 (処理作業室外の場合)	1 点	集じん・排気装置の性能確認
	○	施工区画周辺又は敷地境界	4 方向各 1 点	
処理作業後 (隔離シート撤去前)	◎	処理作業室内	2 点	
	△	施工区画周辺又は敷地境界	4 方向各 1 点	

注(1) 重要度の記号は、◎は必須、○は条件により必須、△は望ましいという意味である。

- (2) 施工区画とは、処理作業室、セキュリティーゾーン、廃棄物置場、資材置場を含む範囲で、セキュリティーゾーン、集じん・排気装置の排出口が施工区画周辺に設置されている場合の測定点は 2 点となる。
- (3) 処理作業室の面積が 50m² 以下の場合は 2 点、300m² までは 3 点とする。300m² を超えるような場合は、監督職員と協議する。
- (4) セキュリティーゾーン入口におけるアスベスト粉じん濃度測定の場合は、セキュリティーゾーン内の空気の流れ（処理作業室内に空気が流れている）を、また集じん・排気装置の排出口におけるアスベスト粉じん濃度測定の場合は、集じん・排気装置の性能確認を行うこと。
- (5) 条例によりアスベスト粉じん濃度測定が義務付けられる場合がある。

(出所) 建築改修工事監理指針（平成 25 年版）

3.15.2 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

(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から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、一般大気環境周辺への石綿の飛散を防止する。

(2) 測定箇所

環境省アスベストモニタリングマニュアル（第4.0版）（以下「モニタリングマニュアル」という。）に定め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見なして測定する。

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こと。

(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。

(4) 試料採取条件

- 測定箇所： 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
- フィルタ径： φ47mm
- 吸引速度： 10L/分
- 吸引空気量： 1200L
- 検出下限値： 0.11本/L（有効径φ35mm、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φ25mmとし、吸引速度を5L/分で120分の試料採取としてもよい。

(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（位相差／偏光顕微鏡法，蛍光顕微鏡法）の使用も考えられる。

(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、漏洩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。

3.15.3 隔離シート撤去前の作業場内の測定方法

作業終了後、隔離作業場内に浮遊している石綿等の粉じんを十分に処理することが必要である。浮遊粉じんの処理は、粉じん飛散抑制剤等の空中散布により粉じんの沈降を促進させること、及び集じん・排気装置の稼働により粉じんを吸引し過することにより行う。集じん・排気装置による粉じん処理の際、サーキュレーターを併用することにより、粉じん処理の効率を高めることができる。

これらの措置を講じた後、隔離作業場内の総繊維数濃度の測定を行い、外部の一般環境と同程度の総繊維数濃度になっていることを確認したうえで、隔離を解除することが基本となる。

この場合の総繊維数濃度測定は、原則として位相差顕微鏡法（PCM法）に従って実施するが、繊維状粒子自動計測器（**図 3.131** 参照）を活用することも考えられる。この場合は、浮遊している粉じん飛散抑制剤が測定結果又は測定機器に悪影響を及ぼさないように、粉じん飛散抑制剤等が十分沈降した後で測定することが必要となる。

やむを得ない事情により隔離の解除の前に総繊維数濃度測定を実施できない場合には、全ての除去作業終了後、作業場内を清掃し、粉じん飛散抑制剤の空中散布を行い、その後集じん・排気装置を1時間半以上稼働させ、作業場内の空気を一般大気と同程度にした後に、停止させる必要がある。

ただし、石綿の種類、吹付け材の状況、除去作業の方法等により作業場内の石綿粉じん飛散の状況が異なるため、石綿粉じん処理に必要な集じん・排気装置の稼働時間も異なってくる^{※1}。

※1 除去対象の石綿がアモサイト・クロシドライト等の角閃石族石綿の場合にはクリソタイルよりも沈降速度が遅いため、稼働時間を長くする必要がある。

3.15.4 総繊維数濃度及び石綿繊維数濃度測定の概要

石綿粉じん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。漏洩監視の観点から、これらの測定法の概要を記載する。

(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に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を**表3.21**に示す。

関係省庁により位相差顕微鏡法（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位相差顕微鏡法（PCM法）によって測定された濃度で同じ濃度のことである。

- ・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
- ・国土交通省営繕部監修の建築改修工事監理指針……アスベスト粉じん濃度
- ・JISK3850-1……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、位相差顕微鏡法（PCM法）以外の方法、例えば偏光顕微鏡法、蛍光顕微鏡法、レーザーラマン顕微鏡法、位相差/分散顕微鏡法、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。

表3.21 関係省庁が定めているアスベストの測定方法

種類	環境省		厚生労働省	(一財)日本建築センター	国土交通省	JISK3850-1: 2006	
	対象	一般環境 (バックグラウンド地域)	解体現場	大気汚染防止法に基づく測定・石綿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	国土省の解体・改修工事に伴う測定 (アスベスト処理工事)
測定位置	地上 1.5 ~ 2.0m 風向を考慮し、2点	地上 1.5 ~ 2.0m 風向を考慮し、4点	敷地境界線の東西南北及び最大発じん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	表3.20	目的に応じて設定する
フィルター直径	Φ47mm		Φ47mm, Φ25mm				
吸引流量・時間	10L / 分 × 240分 連続 3 日間	10L / 分 × 240 分 1 日間	1L / 分 × 15 分	5 L / 分 × 120 分	1 L / 分 × 5 分 5 L / 分 × 120 分 10 L / 分 × 240 分		
計数対象繊維	長さ 5μm 以上、幅 (直径) 3 μm 未満で長さとの比 (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	管理濃度 0.15 本 / cm ³ , (150 本 / L)	周辺一般環境 大気との比較	(10 本 / L)	—	

(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測でアスベスト繊維と非アスベスト繊維に識別しアスベスト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・改修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。

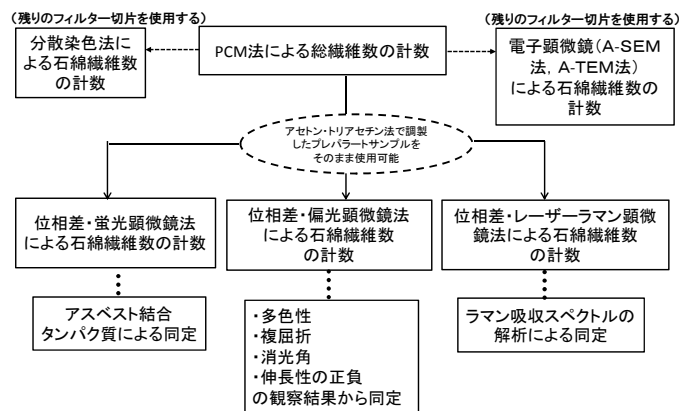


図 3.132 メンブランフィルタで採取した試料の測定方法

(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、位相差顕微鏡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。

ロックウ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の同定は困難である。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、位相差顕微鏡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計数が必要である。

(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) 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、OH 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、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。

(6) 位相差・分散顕微鏡法

位相差・分散顕微鏡法は、位相差顕微鏡に分散対物レンズとアナライザーを組み込み、対象試料中の繊維状粒子の形状及び屈折率による分散色の変化を観察し、アスベストの有無及びアスベストの種類を同定する方法である。

分析には位相差顕微鏡法で使用した残りのフィルタを使用するが、事前調査結果が入手可能な建築物等の解体・改修等の場合には、浸液の屈折率を特定した分析が可能であるが、一般環境大気の場合には 6 種類の浸液を使用するため、フィルタを 6 等分しておく必要がある。

分析の前処理としての低温灰化装置によりフィルタと有機質の繊維を除去する必要があるため、前処理時間が必要である。

処理後のサンプルはそのまま位相差顕微鏡法で総繊維数の計数が可能であり、計数後同定対象のアスベストに合致した屈折率の浸液を滴下して対象繊維の分散色を確認する。位相差・分散顕微鏡は事前調査の分析に使用されているため、所有する分析機関数が比較的多く、比較的信頼性が高いが、鉱物性の粉じんが多量に共存していたり、極めて細い繊維に対しての判別が困難な場合がある。

(7) 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のでき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 0.1～1 μm 程度のアスベスト繊維まで検出できる。通常は、予め金また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またはカーボン蒸着を行い観察標本を調整する。

環境省の『アスベストモニタリングマニュアル [第 4.0 版]』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。

3. 16 関係法令の遵守

(1) 関連法令

建築物・工作物（以下建築物等）の解体等に係る石綿飛散防止対策に関連する法律としては、大気汚染防止法以外に労働安全衛生法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律、建築基準法等がある。このうち労働安全衛生法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律に石綿の飛散防止に関連する作業基準等が定められており、工事施工者はこれらの関係法令に基づき適正に作業を行う必要がある。

なお、建築基準法では、建築物の解体に関しては「除去届」の提出が定められているが、石綿含有建材を使用している建物の解体・改修そのものを対象にした届出に関する規定はない。

1) 労働安全衛生法における規定

建築物の解体等の工事に際して生じる石綿粉じんが作業環境を著しく汚染し、労働者の健康に重大な影響を及ぼすことを防止する観点から作業場内での作業基準が定められている。

参照：労働安全衛生法施行令（昭和47年政令第318号）

労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）

石綿障害予防規則（平成17年厚生労働省令第21号）

2) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律における規定

建築物の解体等から排出される石綿含有産業廃棄物及び特別管理産業廃棄物に指定された廃石綿等について、その分別、保管、収集、運搬、処分等を適正に行うため必要な処理基準等が定められている。

参照：廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令（昭和46年政令第300号）

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則（昭和46年厚生省令第35号）

また、特定粉じん排出等作業に係るマニュアルとしては、次のようなものがある。

- ・ 石綿粉じんへのばく露防止マニュアル（平成17年8月建設業労働災害防止協会）
- ・ 既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理に関する技術指針・同解説2006（平成18年9月（一財）日本建築センター）
- ・ 石綿含有廃棄物等処理マニュアル（平成23年3月一部改正環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部）

3) 建設工事に係る資源の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）における規定

現在、石綿含有建築材料は再資源化率の目標の対象になっていない。しかし、他の建設廃棄物の再資源化を妨げないように、石綿含有建築材料の廃棄物は、原則として他の建築材料に先がけて解体等を行い、分別しておく必要がある。

4) 建築基準法における規定

建築基準法の改正により、吹付け石綿、石綿含有吹付けロックウール（以下「吹付け石綿等」という。）の建築物及び建築基準法に定める工作物への使用が禁止された。それに伴い、吹付け石綿等が使用されている建物は既存不適格となり、以下のことが義務付けられることとなった。

- ① 床面積の 1/2 超の増改築を行う場合当該部分のみならず全ての吹付け石綿等の除去が義務付け（既に「封じ込め」、「囲い込み」している部分の含め）。
- ② 床面積の 1/2 以下の増改築、大規模な修繕・模様替えを行う場合除去が基本。ただし、当該部分以外は「封じ込め」、「囲い込み」も許容される。
- ③ 定期報告に吹付け石綿等の記載が義務付けられ、必要に応じて立ち入り検査の実施及び勧告・命令ができることとなる。

また、「封じ込め」、「囲い込み」の基準が告示で明確にされた。

〈封じ込め・囲い込みの基準〉

① 封じ込め・囲い込みの対象（対象建築材料）

人が活動することが想定される空間に露出している吹付け石綿等

（既に「封じ込め」又は「囲い込み」されているものは露出していないものとみなす。）

② 封じ込めの方法（抜粋）

* 建築基準法第 37 条第 2 項に基づく認定を受けた石綿飛散防止剤を均等に吹付け又は含浸させること

* 対象建築材料に石綿飛散防止剤を含浸させることによって当該対象建築材料の撤去を困難にしないこと

・その他

③ 囲い込みの方法（抜粋）

* 石綿を透過させず、通常の状態での衝撃・劣化に耐えられる板状のもので囲い込むこと

* 囲い込みに用いる材料相互、当該材料と建築物の接する部分から石綿が飛散しないよう密着されていること

・その他

（平成 18 年 10 月 1 日施行）

【参考】建築物解体等において発生するアスベスト廃棄物の処理フロー

