

建築物の解体等現場における大気中の
石綿測定方法及び評価方法について

平成25年10月

アスベスト大気濃度調査検討会

目次

I はじめに

II 建築物の解体等現場における大気中の石綿測定方法及び評価方法について

III 検討結果

I はじめに

1 経緯

平成24年4月、環境大臣より中央環境審議会に対して、「石綿の飛散防止対策の更なる強化について」諮問があり、それを受けて中央環境審議会は、大気環境部会に石綿の飛散防止に関する専門の事項を調査することを目的とした「石綿飛散防止専門委員会」を設置した。同専門委員会は、建築物等の解体工事等に係る石綿の飛散防止対策の更なる強化について審議し、大気汚染防止法（以下「大防法」という。）の改正が必要な事項を含めた取り組むべき事項について中間報告を取りまとめ、平成25年2月、中央環境審議会は、この報告を「石綿の飛散防止対策の更なる強化について（中間答申）」として答申した。この答申において、建築物の解体等に伴う特定粉じん排出等作業の規制には、大気濃度測定の義務付け等が必要であるとされた。そのため、アスベスト大気濃度調査検討会（座長：神山 宣彦 東洋大学大学院経済学研究科 客員教授）は3回にわたり検討会を開催し、測定方法、測定結果の評価方法等に関する技術的な検討を行い、その結果をとりまとめた。

2 「アスベスト大気濃度調査検討会」委員名簿

（五十音順、敬称略、○：座長）

（委員）

貴田 晶子	愛媛大学農学部 客員教授
○神山 宣彦	東洋大学大学院経済学研究科 客員教授
小坂 浩	元兵庫県立健康環境科学研究所 センター大気環境部 研究員
小西 淑人	一般社団法人日本繊維状物質研究協会 専務理事
平野 耕一郎	公益社団法人日本環境技術協会 理事
山崎 淳司	早稲田大学理工学術院 教授

（専門委員）

青島 等	一般社団法人日本建設業連合会
出野 政雄	公益社団法人全国解体工事業団体連合会 専務理事
島田 啓三	建設廃棄物協同組合 理事長
藤田 周治	川崎市環境局環境対策部環境対策課 課長補佐
森永 謙二	独立行政法人環境再生保全機構石綿健康被害救済部 顧問医師

3 検討会開催状況

第1回 平成25年8月30日（金）

- ・建築物の解体等現場における大気中の石綿測定方法及び評価方法について
- ・検討スケジュール

第2回 平成25年9月20日（金）

- ・建築物の解体等現場における大気中の石綿測定方法及び評価方法（案）について

第3回 平成25年10月2日（水）

・報告書案について

4 基本的方針

検討会では、「石綿の飛散防止対策の更なる強化について（中間答申）」のⅢ各論「4. 大気濃度調査の義務付け」及び「5. 大気濃度測定に係る評価基準及び測定方法」に基づいて、現状の測定技術、建築物の解体等現場での実行可能性、有効性等を考慮し検討した。

Ⅱ 建築物の解体等現場における大気中の石綿測定方法及び評価方法について

建築物の解体等に伴う特定粉じん排出等作業については、大防法に基づき、石綿の除去作業場（以下「作業場」という。）の隔離、前室の設置、負圧の保持、集じん・排気装置の使用等を内容とする作業基準を定め、石綿飛散防止措置がなされている。

しかし、近年、環境省や一部の自治体が実施した特定工事における大気中の石綿濃度のモニタリングにおいて、集じん・排気装置の排気口やセキュリティゾーンの出入口等で、石綿の飛散事例が確認されていることから、特定粉じん排出等作業の作業基準に大気濃度測定を義務付けて、隔離養生した作業場からの石綿の漏洩を監視することが求められている。

なお、東京都、大阪府、川崎市等一部の自治体の条例では、敷地境界等における濃度測定が義務付けられており、石綿の飛散防止対策が効果的に実行されるといった点が報告されている。

本検討会においては、意図しない石綿飛散が発生していないことを施工業者が確認するため、一般大気環境への影響を確認する場所（敷地境界又は建築物の解体等業務に従事している者以外の者の立入りを禁止した区画（施工区画）境界（以下「敷地境界等」という。））における具体的な測定方法等について検討を行った。さらに、発生源となりやすい集じん・排気装置等の不具合は、一般大気環境への石綿飛散に直結するおそれがあることから、併せて検討を行った。

なお、検討過程において、次のような考え方が示されている。

- 現在散見される石綿の飛散事故を防止するには、発生源となりやすい集じん・排気装置排気口及びセキュリティゾーンの出入口の漏洩監視等の対策に加え、工事の施工者の技術力強化を図ることで対策は十分であり、敷地境界等の大気濃度測定は不要ではないか。
- 本来、発生源における濃度測定が望ましいが、大防法は一般大気環境の保全を図ることを目的としている。現状、排出源の規制基準を設定することは困難であり、考えられる測定箇所は施工区画境界である。敷地境界等における測定は、自治体が作業場からの石綿の漏洩がないことを確認するため、また、周辺住民に説明するために行うことが考えられる。

これらの考え方も踏まえ、検討会で検討した結果を、以下のとおり報告する。

1 敷地境界等における大気濃度測定方法

(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) 対象工事

作業場が他の場所から隔離され、集じん・排気装置が使用される特定工事を対象とする。

(3) 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。）に定めた方法が適切と考える。

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こととしている。

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している。この場合の測定箇所数は、多いほど石綿の飛散実態を的確に把握することが可能だが、現実的に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箇所としている。この場合、風上にあたる測定箇所をバックグラウンドとし、その他の測定箇所の測定結果を評価することが可能と考えられる。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が適当と考えられる。

(4) 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が適当と考える。

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る。その監視のため、定期的な測定を義務付ける必要があるかどうか、今後さらに検討する必要がある。

試料採取条件は、これまでモニタリングマニュアルにおいて、連続4時間としてきたところであるが、試料採取の目的が、作業場が他の場所から隔離され、作業場からの石綿の漏洩がないことの確認であるため、作業開始直後から2時間の採取で十分と考えられる。

<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： 47mm
- 吸引速度： 10L/分
- 吸引空気量： 1200L
- 検出下限値： 0.11本/L

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 分の試料採取とすることも可能と考えられる。

(5) 分析方法

モニタリングマニュアルでは、位相差顕微鏡法で計数した総繊維数が 1 本/L を超えた場合、電子顕微鏡法で計測する手法を採用している。しかし、この手法では結果が判明するまでに要する期間が一般的に数日かかること、また費用面でも高額であることから、解体等現場における分析方法として一律に義務付けることについて、課題があるものとする。

特に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、総繊維数が 1 本/L を超えることは十分考えられ、総繊維数が 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義務付けることは厳しいとの指摘がある。この課題を解決する分析手法として、次の方法が考えられる。

- ① 位相差顕微鏡法により総繊維数濃度を求める。
- ② 総繊維数濃度が 1 本/L を超えた場合には、位相差/偏光顕微鏡法により石綿繊維数濃度（石綿の可能性のある繊維を含む）を求める。
- ③ 石綿繊維数濃度（石綿の可能性のある繊維を含む）が 1 本/L を超えた場合には、電子顕微鏡法により石綿繊維数濃度を求める。

なお、以下の方法で実施することも可とする。

- ・①で総繊維数濃度が 1 本/L を超えた時点で、③による分析を実施すること。
- ・①の分析を省略して②の分析を行い、石綿繊維数濃度（石綿の可能性のある繊維を含む）が 1 本/L を超えた場合には③による分析を実施すること。

ただし、JIS に規定されていない位相差/偏光顕微鏡法を公定法として採用することの妥当性について検証する必要がある（モニタリングマニュアルでは、紹介という形で取り上げられている。）。また、作業基準適合性を判断できる結果となり得るものか等、当該測定結果の位置付けを明確にする必要がある。

(6) 評価方法

現時点において、科学的根拠をもって管理基準を設定することは困難であるが、目安としての管理基準は、敷地境界等における石綿繊維数濃度 1 本/L が適

当と考える。

当該基準設定の考え方は、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以下であるというものである。したがって、石綿繊維数濃度が1本/Lを超過する場合は、明らかに石綿の飛散が想定されることから、1本/Lを管理基準として設定するものである。この基準の妥当性については、引き続き検討していく必要がある。

(7) 課題

① 解体等現場からの飛散の確実性（立証）について

大気濃度測定を作業基準に義務付けた場合、都道府県知事等は基準を遵守していないと認めるときは、大防法に基づき作業の一時停止等を命ずることができることから、一定の合理的判断基準をもって測定箇所を選定した場合においても、検出された石綿が対象の作業場から飛散したものであることが明らかとなるような箇所で測定していることが必要となる。

これについて、解体等現場は、①高層建築物、②広大な敷地内にある建築物等、③当該工事関係者や建築物等を使用する者以外の者の通行場所がある場合、④煙突、⑤近隣で解体工事が行われている場合、⑥近隣で同様な特定工事が行われている場合等、様々な現場、立地条件等が想定され、それら全てについて、作業場からの石綿の飛散を的確に測定できる具体的な測定箇所を検討し、その具体的事例を提示して、合理的かつ実効性のある測定であることを示す必要がある。

また、現在の分析方法では、

- ・採取した試料に石綿が含まれているかどうかの判定に数日を要する（位相差顕微鏡法＋電子顕微鏡法で計測する手法の場合）
- ・分析費用が高価である
- ・位相差／偏光顕微鏡及び電子顕微鏡を保有する測定機関が普及していないといった課題がある。一方、大気濃度測定を義務付けることによってこれらが普及し、改善するという意見もあるが、法に基づく義務とするには、今後の技術的改善や普及が求められる。

さらに、解体等現場では様々な作業が実施されており、総繊維数濃度1本/Lという結果だけで、作業場からの漏洩があると判断できないこともあり、これまで引用されてきた総繊維数濃度10本/Lをスクリーニングの目安としてはどうかとの指摘もある。また、内装材の撤去等により、特定粉じん排出等作業を実施する前のバックグラウンドの総繊維数濃度が1本/Lを超過している現場もあり、今後このような現場における対応策を具体的に検討する必要がある。

② 迅速な測定方法について

位相差／偏光顕微鏡法は、石綿の測定方法として、現時点で従来の方法と比較し、必ずしも十分な知見が確立されていない部分があるとされているが、セキュリティゾーンの出入口付近や集じん・排気装置排気口において、石綿

濃度を現場で分析（オンサイト分析）し、短時間で石綿の飛散の有無を判定することは、石綿飛散防止対策に有効な手法となる。本測定法には、偏光顕微鏡による観測のための基礎知識と分析のためのトレーニングの強化や分析に携わる人材育成が必要であるが、今後の普及が見込まれる測定方法と考えられ、将来的には解体等現場の管理に適した測定方法となることが想定される。ただし、JIS に規定されていない位相差／偏光顕微鏡法を公定法として採用することの妥当性について検証する必要がある（モニタリングマニュアルでは、紹介という形で取り上げられている。）。また、作業基準適合性を判断できる結果となり得るものか等、当該測定結果の位置付けを明確にする必要がある。さらに、解体等現場においては測定を行うことができる場所が確保できない場合等、様々な状況が想定されるため、実際の測定に関しては、現場の状況を勘案する必要がある。なお、位相差／蛍光顕微鏡法についてもオンサイト分析が可能な測定方法であり、今後の技術の進歩、普及が望まれる。

③ 義務付けの対象について

現在、大気濃度測定に要する期間は一般的に数日程度と考えられることから、規模の小さいあるいは工期の短い特定工事についても、一律に義務付け対象とすることは適切ではなく、規模要件を設定することが必要との指摘がある。なお、義務付け対象とならなかった場合においても、後の「2 発生源となりやすい箇所（集じん・排気装置排気口）からの影響を確認する方法」の項の方法により確認することで、効果的に石綿の漏洩を防止することができると考えられる。

一方、面積等の規模要件の設定は、基本的にすべきではないとの指摘もあり、義務付け対象については、さらに検討する必要がある。

2 発生源となりやすい箇所（集じん・排気装置排気口）からの影響を確認する方法

(1) 目的

作業場内に設置する集じん・排気装置に関しては、作業基準において日本工業規格 Z8122 に定める HEPA フィルタを付けたものを使用することとしているが、HEPA フィルタの設置不備等により石綿の飛散が確認された事例もある。このような集じん・排気装置の不具合は、石綿の飛散につながることから、石綿除去作業開始の前及び直後に集じん・排気装置の不具合の有無を確認させることが必要である。また、これにより集じん・排気装置の不具合が確認されれば迅速に点検及び修繕を行うことができ、集じん・排気装置を適切に稼働させ、周辺への石綿の飛散を防止することができる。

(2) 対象工事

集じん・排気装置が使用されている特定工事については、HEPA フィルタの装着が不適切な場合、石綿の飛散に直結することとなるため、全ての特定工事を対象とする。

(3) 測定方法

粉じん等を迅速に測定可能な機器（デジタル粉じん計、パーティクルカウンター、繊維状粒子自動測定器等）を用いることにより、集じん・排気装置の不具合の有無を速やかに確認できる。

(4) 測定箇所

外部の粉じん等の影響を受けない集じん・排気装置の排出口に設置する排気ダクト内又排気ダクトの直近で測定することが適当である。なお、高層部での石綿除去作業等で測定が困難な場合は、排気ダクトにバイパスを設置して、排気を引き出す方法等により、測定することが考えられる。

(5) 測定時期

集じん・排気装置を稼働させ、石綿除去作業開始の前及び直後に測定する。また、1次、2次フィルタの交換時や集じん・排気装置の設置場所の変更時等、作業中定期的に測定することが望ましい。さらに、これらの機器を用いて連続的に監視することも望まれる。

(6) 評価方法

作業開始前後の測定結果を比較し、集じん・排気装置に不具合がなく正常に作動し、漏洩がないことを確認する。また、測定結果を記録することにより、使用した集じん・排気装置の維持管理につながるとともに、自治体が立入検査により、集じん・排気装置の適切な使用状況を確認することができる。なお、今後もこれらの機器を用いた測定データの集積を図っていくべきである。

3 発生源となりやすい箇所（セキュリティゾーンの出入口）からの影響を確認する方法

セキュリティゾーンの出入口からの石綿の漏洩は、作業員の退出時や廃棄物の搬出時、負圧が適切に維持されなかった場合等に発生することが見られており、対策としては、施工業者が負圧管理を徹底すること等により、石綿の飛散を防止できるものとする。作業場内の負圧を管理する方法としては、例えば、当該出入口から作業場内に空気が吸い込まれていることをスモークテスター（気流検査器）で確認したり、マイクロマンメーター（精密微差圧計）等により判断する方法があり、一部の作業現場では既に使われている。

なお、2（3）で述べた粉じん等を迅速に測定可能な機器により連続的に粉じん等の濃度の増減を監視することも石綿の漏洩防止対策に有効に作用するものと考えられるが、セキュリティゾーンの出入口は、集じん・排気装置の排気ダクト内と異なり、当該出入口周辺に粉じん等が存在しやすい場合が多いため、石綿を測定できる方法でなければ、石綿の漏洩を判断できない。

III 検討結果

建築物の解体等現場における大気中の石綿測定方法及び評価方法について、現状の測定技術、現場での実行可能性、有効性等から、以下のとおりとすることが適当と考える。

- 敷地境界等における大気濃度測定については、意図しない石綿飛散が発生していないことを確認するための効果が見込まれ、一般大気環境への影響の確認の必要性を踏まえるとこれを基本とすべきものと考えられる。
しかし、現時点においては、測定箇所を選定、分析方法等の課題を引き続き検討し、技術的課題を克服して有効な手法を確立する必要がある。
- IIの2の方法を用い、集じん・排気装置が使用されている全ての特定工事を対象として、集じん・排気装置からの粉じん等の漏洩を迅速に測定可能な機器により測定することを義務付け、集じん・排気装置の不具合の有無を確認することが有効であり、これにより、一般大気環境への石綿の飛散をより効果的に防止できる。
- 先ずは、集じん・排気装置の排気口等からの漏洩監視を徹底させることが重要であり、敷地境界等における大気濃度測定については、現場での調査、測定等の実績を積み、今回の制度改正の施行状況も踏まえ検討を進める。
- 敷地境界等における測定は、石綿の飛散防止対策の効果の確認や周辺環境への配慮の観点から、事業者が行うことが望ましい。さらに、自治体が石綿の飛散がないことを確認するために行うことも考えられる。この場合、漏洩監視の観点からの目安は、現状においては、一般大気環境中の総繊維数濃度の状況を参考に、石綿繊維数濃度1本/Lとする。

- 参考資料 1 「石綿の飛散防止対策の更なる強化について（中間答申）」（抜粋）
- 参考資料 2 大気中の総繊維数濃度の調査結果（環境省）
- 参考資料 3 総繊維又は石綿繊維の主要な分析法（例）
- 参考資料 4 解体等現場管理のための主要な繊維等測定法（例）

石綿の飛散防止対策の更なる強化について

<中間答申（抜粋）>

I 検討の経緯

II 総論

1. 石綿のリスク等に関する普及啓発
2. 発注者責任の明確化

III 各論

1. 事前調査の義務付け
2. 特定粉じん排出等作業の実施の届出の主体の変更
3. 立入権限の強化
4. 大気濃度測定の義務付け
5. 大気濃度測定に係る評価基準及び測定方法
6. 特定建築材料以外の石綿含有建材を除去するに当たっての石綿飛散防止対策
7. その他

3. 立入権限の強化

(2) 立入検査の実施方法等に関する技術的検討事項

特に近年、都道府県等において予算的・人力的制約が多くなり、一部では公害規制に対する取組の弱体化がみられるようになった。このため、今回の制度改正においては、立入検査対象を拡大する場合、検査に入る物件数が相当増えることも想定されるので、実務を担当する都道府県等が効率的に立入検査を実施するための環境も整備する必要がある。

具体的には、建築年代や建築物の構造など、特定建築材料の使用のおそれが高い建築物等の情報を取り入れた、立入検査マニュアルを整備する等の対応が考えられる。

また、特定建築材料使用の有無について、例えば、アスベスト診断マニュアルの作成や技術講習会の開催などにより、国や関係機関が連携して、立入検査の現場で速やかに判断可能な技能を有する人材を育成する方法を検討することが必要である。

一方、石綿の飛散状況について、立入検査の現場で速やかに判断可能な方法の検討が必要である。測定精度に課題があるとの見解があるものの、浮遊粒子数や総繊維数濃度等による迅速な測定方法の活用も検討すべきである。

(3) 特定粉じん排出等作業の一時停止

現在、特定工事の現場に立入検査を実施した場合に、石綿の飛散の有無を確認するため、都道府県等において大気濃度の測定を行っている場合があるが、結果が判明する前に特定工事が終了している場合もある。また、後の「4. 大気濃度測定の義務付け」で述べるように施工業者が大気濃度を測定する場合において、その過程で一定以上の総繊維数濃度を確認した場合には、石綿の正確な分析結果が判明するまでは特定粉じん排出等作業を一時停止する必要性も考えられる。

このため、測定・分析の過程において総繊維数で一定以上の濃度が確認されるなど、高度の蓋然性をもって石綿が基準を超過して飛散しているおそれがあると判断される場合で、測定に時間を要する場合については、最終的な結果が判明するまでの間、特定粉じん排出等作業の一時停止の措置を検討することも考えられる。

4. 大気濃度測定の義務付け

特定粉じん排出等作業については、大防法に基づき、作業基準を定め石綿飛散防止措置がなされているが、近年、特定工事において集じん・排気装置の排気口

やセキュリティゾーンの出入口等で、石綿の飛散事例が確認されている。

現行の大防法では、特定粉じん発生施設（石綿含有製品製造施設）を設置する事業者に対しては、敷地境界基準を規定し、大気濃度測定を義務付け、測定結果をもって監督することと定められている。

一方、建築物の解体等に伴う特定粉じんの排出等作業の規制においては、特定工事における周辺環境への石綿飛散防止対策について、特定工事を施工する者に特定粉じん排出等作業に係る作業基準を遵守させることにより、石綿の飛散防止措置が講じられてきており、短期間で終了する作業の特性も考慮し、大気濃度測定は義務付けられていない。

特定粉じん排出等作業における周辺環境への石綿飛散については、引き続き作業基準の遵守を義務付けることにより石綿飛散防止を図ることが必要と考えられる。また、集じん・排気装置等の性能を確保することについて、作業基準での規定や技術指針の作成を検討する必要がある。

外見上は作業基準を遵守しているように見えても、予期せぬ箇所から石綿の飛散が確認された事例もある。このため、作業基準の一環として、意図しない石綿飛散が発生していないことを施工業者が確認するため、作業期間中に敷地境界等における大気濃度の測定を行わせる必要がある。

なお、平成17年の大防法施行令の改正により、規制の対象となる建築物の規模要件が撤廃され、小規模な建築物の解体現場等（改造、補修を含む）における特定工事も大防法の対象となっているが、現在、大気濃度測定に要する期間は一般的に数日程度と考えられることから、規模の小さいあるいは工期の短い解体現場等についても、一律に大気濃度測定を義務付けるか否かについては、慎重に検討すべきである。

さらに、都道府県等が施工業者による大気濃度測定の履行状況を確認するとともに、必要に応じて監督を行うため、大気濃度測定結果の記録を行わせることが必要である。また、その保存や報告を求めることについても引き続き検討する必要がある。

5. 大気濃度測定に係る評価基準及び測定方法

(1) 大気濃度測定結果の評価方法

一般に有害大気汚染物質の大気濃度の評価基準については、健康リスクの観点から設定することが基本的な考え方になっており、長期的な健康リスクの観点からの基準が設定されている。

海外でのリスク評価の例も参考に、健康リスクの観点から基準を決定すべき

との意見もあるが、特定粉じん発生施設と異なり、解体現場等における石綿の排出は、石綿の除去等作業を行う一定期間に限られるものが大部分であり、解体工事等毎に作業期間が異なること及び建築物等に使用される石綿の種類毎に毒性が異なること等から、有害大気汚染物質と同様に、大気中における石綿濃度の基準を設定するには、さらに検討が必要と考えられる。

このため、敷地境界等の基準は、健康リスクの観点からの評価を考慮しつつ、解体作業等に伴う周辺環境への石綿の飛散を防止するための管理基準として設定することが適当である。敷地境界等において、石綿の飛散の有無を確認することにより、周辺環境への影響について確認することができる。

なお、石綿濃度の基準設定に当たっては、これまで特定粉じん発生施設（石綿含有製品製造施設）に係る敷地境界基準（一般大気環境中の石綿濃度が10本/L）が、解体現場等における周辺環境への石綿飛散の有無を評価する基準としても引用されてきた。当該基準は、石綿の中でも毒性の比較的弱いクリソタイルを対象としたものであり、これより毒性の強い石綿も使用されている特定工事の現場では緩すぎるとの指摘がある。このことを踏まえると、一般大気環境濃度の状況も参考に、引き続き検討が必要である。

（2）大気濃度の測定方法、測定対象物質

特定工事の現場における大気環境中における石綿濃度の測定結果から石綿の飛散が確認された場合は、速やかに当該解体現場に情報を伝え、適切な対応を講ずる必要がある。また、敷地境界等における大気濃度基準の超過の有無について、的確に判断・指導するためには、石綿繊維数の正確な分析が必要である。

特定工事の現場において、現状でも条例等に基づき都道府県等が大気濃度測定を実施している場合や、施工業者が自主的に当該測定を実施している場合がある。しかしながら、標準的な測定方法及び測定結果の評価方法が統一されていないため、石綿飛散に係る判断が必ずしも一致しない状況にある。

また、石綿を含む建築物等の解体に関連する規制を行っている環境省、国土交通省、厚生労働省でそれぞれの所管法令の目的に応じ、測定場所、試料採取時間等を規定していることから、施工業者や測定機関がどの方法を採用するかが問題となっている。

このため、大気濃度の測定には、総繊維数や石綿繊維数について速やかに精度の高い結果が得られる方法が求められ、公定法を定めることについて関係各省とも連携して検討すべきである。

なお、測定場所は、周辺環境への影響の確認の必要性を踏まえ、敷地境界とす

ることを基本とするが、敷地内であっても当該工事関係者や建築物等を使用する者以外の者が通行する場所の有無や、高層部で作業を実施する場合等を考慮して設定する必要があり、また近隣で同様な特定工事が行われている場合もあると考えられることから、さらに具体的に検討する必要がある。また、集じん・排気装置の排気口やセキュリティゾーンの出入口での測定結果を活用することも検討する必要がある。

特定工事施工の間、集じん・排気装置の排気口やセキュリティゾーンの出入口等で繊維数濃度等を迅速に数値化できる機器を用いて、繊維状粒子や粉じん等の飛散の状況を定期又は連続で測定・記録することにより、意図しない石綿飛散が発生していないことを確認する方法も有効と考えられるので、普及に向けて取り組むべきである。

(3) 測定の信頼性の確保

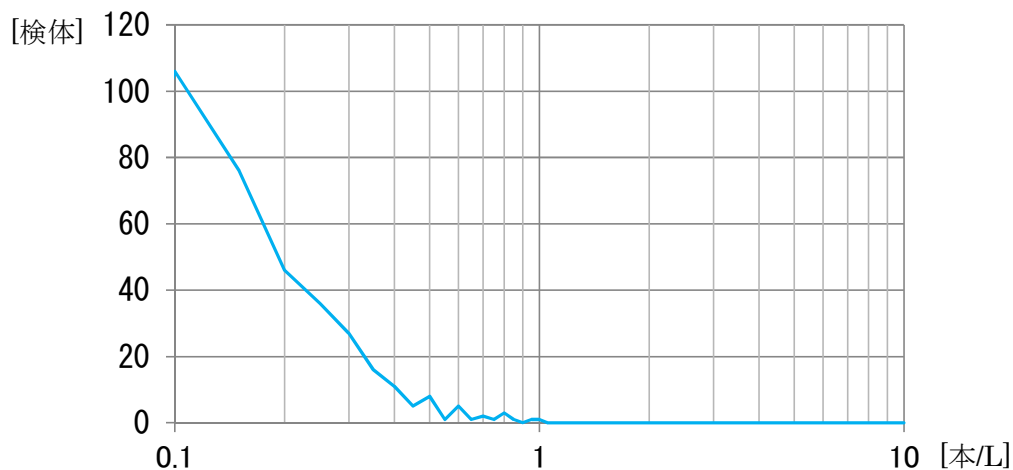
十分な知識・技術を有しない測定機関が試料採取を行った場合、排気口の気流を考慮せず採取地点を決定したり、機器の操作ミスによる不適切な試料採取等の可能性がある。また、十分な技術を有しない分析機関が試料の分析を行った場合、石綿繊維の見落とし等の不正確な計測が行われる可能性がある。

このため、「1. (2) 事前調査の信頼性の確保」で述べた登録制度のように、精度の高い測定・分析技術を有する機関の登録制度を設け、登録機関に測定を委託するよう勧奨するような制度を設けることが考えられ、その必要性について、引き続き検討する必要がある。

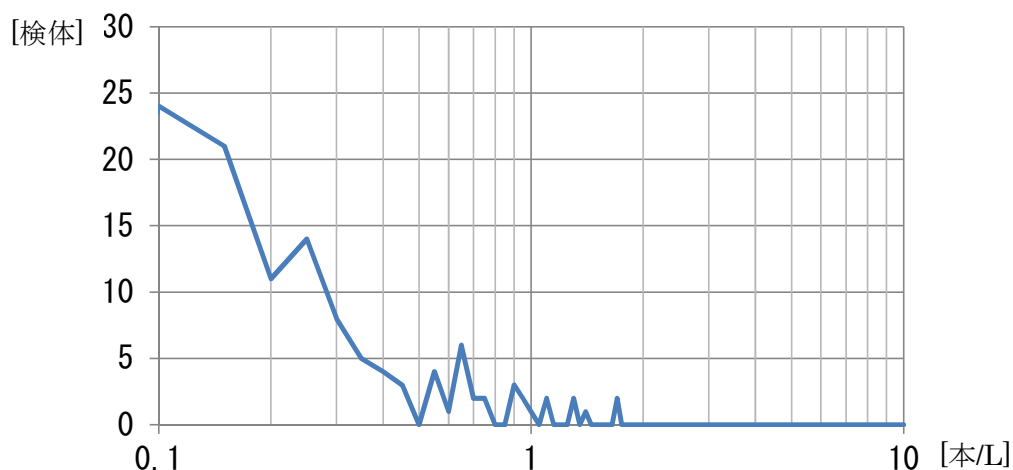
なお、施工業者自らが測定を実施する場合には、前述の事前調査の場合と同様に、利益相反行為が生じる可能性についての指摘を踏まえ、適正な測定・分析を行う知識・技能を有する人材等の育成等に加えて、適正な測定の実施を確保する方法の必要性を検討することが考えられる。

環境省が平成 22 年度～24 年度に実施した大気中の総繊維数濃度の調査結果のうち、一般大気環境等における総繊維数濃度と検体数の関係を表 1～3 に示す。

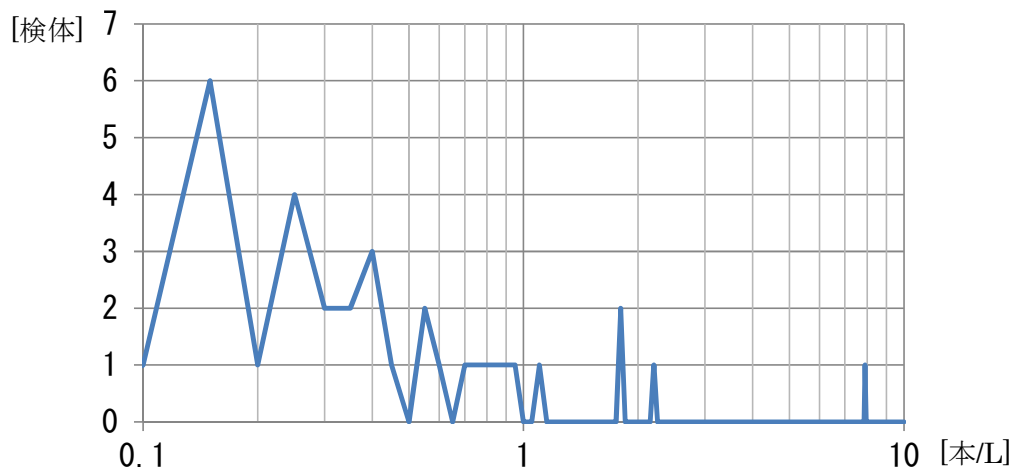
○一般大気環境（総繊維数濃度）



○建築物の解体等現場（敷地境界、施工区画等、総繊維数濃度）



○建築物の解体等現場（集じん・排気装置排気口、総繊維数濃度）



総繊維又は石綿繊維の主要な分析法(例)

		位相差顕微鏡法	位相差/偏光顕微鏡法
測定可能物質	総繊維	○	○
	クリソタイル	×	○
	クロシドライト	×	○
	アモサイト	×	△※1
	トレモライト	×	△※1
	アクチノライト	×	△※1
	アンソフィライト	×	△※1
原理	<ul style="list-style-type: none"> ・屈折率及び厚さの違いを明暗の差に変え、肉眼で識別できるようにした顕微鏡である。 ・アセトン・トリアセチン法により透明化処理をしたフィルターの繊維状粒子数を計数する。 ・接眼レンズの倍率10倍以上、対物レンズの開口数0.65以上及び倍率40倍で、アイピースグレイティクル(大円:300μm)を装着したものを用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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と非アスベストに分別し環境大気中アスベスト濃度を測定する手法である。 ・サンプリングされる可能性のあるアスベストの種類が判明していることが必要であり、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した手法である。 ・繊維の多色性、複屈折、消光角、伸長性の正負の観測及び繊維の形態観察から総合的にアスベスト・非アスベストに判別する。 	
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・従来からの総繊維数濃度の計数法の基準である。 ・実施可能分析機関数が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ターゲットと対物レンズの切り替え簡単に位相差法と偏光法を同時に行える。 ・位相差顕微鏡法による総繊維の計測と同じ繊維を同定することが可能である。 ・クリソタイル、クロシドライト及び他の角閃石系のアスベストを同定することが可能である。 	
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維状粒子の種類を同定できない。 ・計数に際し、長さの物さしとしてアイピースグレイティクルを利用して円の直径と線の長さを肉眼的に比較する場合には、錯視の関係で誤差を生ずることがあるので、注意する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・偏光顕微鏡は日本では普及していないため、今後、測定担当者の訓練が必要である。 ・位相差・偏光顕微鏡の場合は回転ステージを使用するため、視野の移動等が煩雑である。 ・技術の熟練度合いによる同定の不確実性を無視できない。 ・クロシドライト以外の角閃石系アスベスト(アモサイト、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライト)の区別が困難である。 ・位相差顕微鏡で確認できる繊維が、偏光モードでは確認できない場合がある。 	
問題点の解決方法	<ul style="list-style-type: none"> ・アスベストの同定については、他の同定方法を併用する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・視野の移動等は、片手でXY移動が出来る機構のものを使用する。 ・通常のアナライザーでは繊維の光学特性が確認し難い細い繊維に対してはブレースケラーコンペンセーターで改善出来る可能性がある。 	

※1 アモサイト、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライトの分類はできない。

※2 クロシドライト、アモサイト、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライトの分類はできない。

※3 クロシドライト、アモサイトの分類はできない。

位相差/蛍光顕微鏡法	分析走査電子顕微鏡法(可搬型含む)	位相差/ラマン顕微鏡法
○	○	○
○	○	○
△※2	○	△※3
△※2	○	△※3
△※2	○	○
△※2	○	○
△※2	○	○
<ul style="list-style-type: none"> ・位相差顕微鏡によって計数された繊維状粒子について蛍光顕微鏡による観測でアスベストと非アスベストに分別し環境大気中アスベスト濃度を測定する手法である。 ・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手法である。 ・アスベスト種の識別が必要な場合、クリソタイルに特異的なタンパク質と角閃石系アスベストに広く結合するタンパク質の2種類を利用する。それぞれ蛍光色の違う蛍光物質で修飾し、色によってクリソタイルか、角閃石系アスベストかの判定をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・解体現場等でサンプリングしたサンプルを1～2時間内にアスベストの有無の判定可能な測定ができる可搬型等の分析走査電子顕微鏡(SEM)。 ・エネルギー分散型X線分析装置(EDX)を装着し、加速電圧15kV程度を満たし、1～2時間程度で位相差顕微鏡で確認ができる繊維と同程度の繊維(概ね長さ5μm以上、幅0.2μm以上3μm未満、アスペクト比3以上)の観察及び同定が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・対象繊維のラマンスペクトルを測定する。 ・ラマン顕微鏡による6種類のアスベストのスペクトルデータ(ライブラリー)を確認しておく必要がある。
<ul style="list-style-type: none"> ・光路の切り替えで簡単に位相差法と蛍光法を同時に行える。 ・位相差顕微鏡法による総繊維の計測と同じ繊維を同定することが可能である。 ・アスベスト繊維が蛍光を放つため、同定対象のアスベスト繊維が微細であっても判別できる。 ・クリソタイル及び他の角閃石系のアスベストを同定することが可能である。 ・自動計測も可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・EDXによりアスベストの種類を同定できる。 ・詳細な繊維形態が観察可能である。 ・微細な粒子も観察できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・位相差顕微鏡法のサンプルをそのまま使用することが可能である。
<ul style="list-style-type: none"> ・蛍光顕微鏡は日本では普及していないため、今後、測定担当者の訓練が必要である。 ・炭化ケイ素ウイスキーにも蛍光タンパクが結合し、角閃石系アスベストとの識別が難しい場合がある。 ・自家蛍光を持つ非アスベスト繊維の偽陽性がある。 ・本数が特に多い場合(1視野あたり20本以上)は、同一視野への励起光照射時間が長くなり、退色により蛍光が弱くなるため見えにくくなる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・装置が他の方法と比較して高額である。 ・光学顕微鏡と同じレベルの精度で計数を行うには、時間を要する可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では分析機器が高額である。 ・ラマン顕微鏡は日本では普及していないため、今後、測定担当者の訓練が必要である。 ・アモサイトとクロシドライトのスペクトルが類似しており判別に関して更なる検証が必要である。
<ul style="list-style-type: none"> ・自家蛍光を持つ物質は、紫外光励起を使用することでほぼ判別可能である。 ・本数が多い場合(1視野あたり20本以上)は、視野画像を撮影し保存することにより、計数後も確認できるようになる。 	—	—

解体等現場管理のための主要な繊維等測定法(例)

		繊維状粒子自動測定機による測定	パーティクルカウンター	粉じん計
測定対象物質	石綿繊維	×	×	×
	総繊維	○	×	×
	粒子	△	○	○
測定頻度		リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム
連続測定		○	○	○
原理	<ul style="list-style-type: none"> ・検出器には4つの電極からなる高圧部があり、高電圧の直流電圧と交流電圧を重ねて加えた電場の中を繊維状粒子が通過すると振動する。 ・繊維状粒子は、検出部内に照射された半導体レーザー光により散乱光を発生し、散乱光は光センサで検出される。繊維状粒子が振動しながら検出部内を通過すると、散乱光強度がパルス状に変化する。 ・一方、非繊維状粒子は検出部内を通過しても電場の振動による散乱光強度の変化はほとんど現れない。 ・散乱光のパルスは繊維状粒子の繊維が長く太いほどピークが高く、パルス面積は繊維の長さが長いほど大 	<ul style="list-style-type: none"> ・内蔵しているポンプによって試料空気を一定の流量で吸引し、細かい噴流とした後、レーザー光と交差させ、空気中に浮かんでいる粒子1個1個が光線を横切る際に散乱する光を光学系で集光させ、光電変換素子(フォトダイオードなど)によって電気信号に変換する。 ・散乱光量は粒子のサイズと一定の関係を持っていることを利用して、検出したパルス波高値から粒径を判定、また、パルス数(粒子1個1個に対応)と吸引した空気の体積から、単位面積当たりの粒子数を求める。 ・浮遊粒子1つずつを敏感に測定できるので、単位体積あたりに粒子が何個あるかの結果が出せる。ある粒子の直径別の個数を表示することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・粉じんに光をあてた時の散乱光は、同一粒子系であれば再現性が良く、なおかつその粉じん濃度が倍になれば散乱光量も倍になる。 ・この粉じん濃度と散乱光量が直線的に敏感に比例することを利用して、空気中に浮遊している粉じんの質量濃度を散乱光の強弱として測定する機器。 ・その散乱光量を電気信号に変換し、積算カウントすることで、質量濃度を相対濃度として表示する。 	
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・大気中の総繊維の濃度を簡単にリアルタイムで測定できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大気中の粒子の個数濃度や粒径の分布を簡単にリアルタイムで測定できる。 ・持ち運びが容易である。 ・比較的安価である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大気中の粒子の個数濃度を簡単にリアルタイムで測定できる。 ・持ち運びが容易である。 ・比較的安価である。 ・検出器に流入する粉じんをまとめて計測するため、浮遊粒子が比較的高濃度の現場でも測定が可能である。 	
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・他の測定方法との相関性。 	<ul style="list-style-type: none"> ・他の測定方法との相関性。 ・粒子状物質と繊維状粒子物質を区別できない。 ・大気中の粒子が高濃度になると個々の粒子を測定できなくなり、測定不能になる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・他の測定方法との相関性。 ・粒子状物質と繊維状粒子物質を区別できない。 	