

火災現場及び調査現場に浮遊する 粉じん中のアスベスト検出手法の検証

黒田 裕司*, 鳥谷 淳*

概要

火災建物において、アスベストが建築材料として使用されているかの判断は、関係者や建築時期等の情報により行われている。

このため火災現場や調査現場に飛散する粉じん中のアスベストの有無を現場で迅速に判断する手法を確立する一環として、各種文献調査によりアスベストの分析手法を整理するとともに、新しい分析手法について調査した。また、アスベストが使用されている都内の建築物についても文献調査し、使用実態を把握した。

1 はじめに

アスベスト（石綿）は、1970年代後半から1980年代にかけて大量に輸入され、その多くは建材として建築物に使用されており、住宅の屋根瓦や工場、ビルの機械室等で特に断熱が必要とされる部位等に使用されている。建物の寿命を考えるとアスベストを使用した建物の解体のピークは2010年代以降となる。

このような状況の中、建築物において、一度火災となれば、消火活動の煙中あるいは調査現場における粉じん中にアスベストが含まれる可能性がある。アスベストによる被害の恐ろしさは、化学災害のように視覚、嗅覚、刺激的な症状を感じる事がなく、活動時に吸引、ばく露の自覚が伴わないことにあり、本来はNBC災害と同様に強い活動統制が必要となる。このことから、アスベストの存在を知った上での災害活動が必要となる。

現在、アスベストの飛散が予測される環境下での消防活動現場については、防じんマスク等の着用により対応している。このような対応を行う上で消防職団員はアスベストの吸引、ばく露等による過酷な環境下で活動を強いられていることを認識しアスベストの特性、危険性を把握する必要がある。

本検証では、アスベストについての情報を整理するとともに、アスベストの同定手法を確認し、消防活動に特有の火災現場及び火災調査現場において迅速にアスベストの同定と計測が実施できる手法について調査することを目的とした。

2 アスベストについて

(1) アスベストの物性等¹⁾

アスベストにはいくつかの種類があるが、国内では、労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令及び石綿障害予防規則等の一部を改正する省令の施行等について（平成18年8月11日基発第0811002号厚生労働省労働基準局長通達）により、「石綿とは繊維状を呈しているアクチノライト、アモサイト、アンソフィライト、クリソタイル、クロシドライト及びトレモライトをいうこと。」とされている。

また、ILO（国際労働機関）では、石綿とは岩石を形成する鉱物の蛇紋岩及び角閃石グループに属する繊維状の無機けい酸塩と定義され、国内と同様に6種類に分類されている。表1にアスベストの種類を示す。

表1 アスベストの種類

	石綿名	鉱物名	理想構造式	
アスベスト (石綿)	蛇紋石族	クリソタイル (温石綿・白石綿)	クリソタイル $Mg_3SiO_5(OH)_4$	
	角閃石族	クロシドライト (青石綿)	リーベック閃石 (曹閃石)	$Na_2(Fe^{2+}>Mg)_3Fe_2^{3+}Si_8O_{22}(OH)_2$
		アモサイト (茶石綿)	グリユネ閃石	$(Mg<Fe^{2+})_7Si_8O_{22}(OH)_2$
		アンソフィライト	アンソフィライト (直閃石)	$(Mg>Fe^{2+})_7Si_8O_{22}(OH)_2$
		トレモライト	トレモライト (透閃石)	$Ca_2(Mg>Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$
		アクチノライト	アクチノライト (陽起石)	$Ca_2(Mg>Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$

*危険物質検証課

鉱物学上の分類ではアスベストという名称は使われていないが、本報告書では、法令・通知等での表記（解説等含む）において「石綿」とされているものを除き「アスベスト」と表記する。

アスベストの特性としてあげられるのは、①繊維状で紡織性を有すること、②耐熱性に優れていること、③曲げや引張りに強いこと、④耐薬品性に優れていること、⑤熱絶縁性を有していること等である。

(2) アスベストの健康影響¹⁾

アスベストばく露との関連が確認されている疾患などの健康影響としては、石綿（アスベスト）肺、肺癌及び悪性中皮腫等が挙げられる。

ア 石綿（アスベスト）肺

アスベストの健康影響として最も早くから注目されている疾患で、職業上比較的高濃度あるいは長期にわたってアスベストを吸入した労働者に起こるじん肺（肺線維症）の一種である。

吸入したアスベストが細気管支や細胞に刺激を与えて炎症を起こし、次第に終末肺気管支周辺や肺胞間質の繊維化をきたし、肺機能障害を起こすことになる。肺の繊維化を起こすものとしてはアスベストのほか、粉じん、薬品等多くの原因が挙げられるが、アスベストのばく露によって起きた肺線維症を特に石綿（アスベスト）肺と呼んでいる。ばく露から日が経っていない段階で石綿（アスベスト）肺が検出されることはほとんどなく、初期段階の石綿（アスベスト）肺の場合でも、最初のばく露から10年以上経ていることが多い。アスベストにばく露することがなくなっても進行するようであるが、初期段階の症状ではさらにばく露し続けなければならず、X線撮影の結果は何年もほとんど変化しない。

アスベストの種類によって石綿（アスベスト）肺の発生率や重症度を左右するという確証はないが、紡織工場でのリスクが鉱山、採石場及び摩擦材の製造工場よりも高いようである。石綿（アスベスト）肺による肺線維症が進展すると、呼吸不全で死亡する場合もある。死亡率は、ばく露年数とばく露の程度によって影響されるが、年齢との相関はなく、喫煙者の死亡率が高くなるといわれている。

イ 肺癌

アスベストが肺癌を起こすメカニズムはまだ十分に解明されていないが、肺細胞に取り込まれたアスベスト繊維の主に物理的刺激により肺癌が発生するとされている。また、喫煙と深い関係にあることも知られている。

アスベストばく露から肺癌発症までに15～40年の潜伏期間があり、ばく露量が多いほど肺癌の発生率が高いことが知られている。治療法には、外科治療、抗がん剤治療及び放射線治療等がある。

ウ 悪性中皮腫

肺を取り囲む胸膜、肝臓や胃などの臓器を囲む腹膜、

心臓及び大血管の起始部を覆う心膜等にできる悪性の腫瘍である。極めて予後不良である。

アスベストばく露から20～50年の潜伏期間があるといわれている。若い時期にアスベストを吸入した場合悪性中皮腫になりやすいことが知られている。治療法には、外科治療、抗がん剤治療及び放射線治療等がある。

(3) アスベストに係る法規制^{1) 2) 3)}

アスベスト関連の法令等については、労働安全衛生対策として、労働安全衛生法及び石綿障害予防規則によりアスベストに関連する作業における労働者のばく露防止健康保護が規定され、環境への飛散防止等の観点から大気汚染防止法や廃棄物処理法等が整備された。本報告では、法規制の経緯等については省略する。

(4) アスベストに対する防護措置^{2) 4)}

アスベストによる環境汚染・健康被害をなくすための防護措置は、石綿障害予防規則等により規定されている。石綿障害予防規則第10条第2項では、「事業者は、その労働者を臨時に就業させる建築物の壁、柱、天井等（第4項に規定するものを除く）に吹き付けられた石綿等が損傷、劣化等によりその粉じんを発散させ、及び労働者がその粉じんにばく露するおそれがあるときは、労働者に呼吸用保護具及び作業衣または保護衣を使用させなければならない。」とされており、第14条では、「事業者は、石綿等の切断等の作業に労働者を従事させるときは、当該労働者に呼吸用保護具を使用させなければならない。」とされている。また、第44条では、「事業者は、石綿等を取り扱い、又は試験研究のため製造する作業場には、当該石綿等の粉じんを吸入することによる労働者の健康障害を予防するため必要な呼吸用保護具を備えなければならない。」とされている。

石綿障害予防規則等の一部を改正する省令等の施行等について（平成21年2月18日基発第0218001号厚生労働省労働基準局長通達）において、隔離された作業場所において、吹き付けられた石綿等の除去の作業に労働者を従事させる場合に使用させる呼吸用保護具を、電動ファン付き呼吸用保護具又はこれと同等以上の性能を有する空気呼吸器、酸素呼吸器若しくは送気マスクに限ることとされた。ここでいう電動ファン付き呼吸用保護具とは、日本工業規格T8157に定める規格に適合するもののうち、防護率が99.9%以上のものであって、フィルターの捕集効率が99.9%以上のものをいう。また、空気呼吸器とは日本工業規格T8155に定める規格に適合する空気呼吸器又はこれと同等以上の性能を有する空気呼吸器をいい、酸素呼吸器とは日本工業規格M7601若しくは日本工業規格T8156に定める規格に適合する酸素呼吸器又はこれらと同等以上の性能を有する酸素呼吸器、送気マスクとは日本工業規格T8153に定める規格に適合する送気マスク又はこれと同等以上の性能を有する送気マスクをいい、これらのうち、電動ファン付き呼吸用保護具と同等以上の性能を有するものとして、例え

ば、プレッシャダイヤモンド形や一定流量形のエアラインマスク等がある。

表2 レベルの区分及び呼吸用保護具の種類

	レベル1	レベル2	レベル3
対応アスベスト含有材	【アスベスト含有吹付け材】 ①吹付けアスベスト ②アスベスト含有吹付けロックウール（乾式） ③湿式アスベスト吹付け材（アスベスト含有吹付けロックウール（湿式）） ④アスベスト含有吹付けパーミキュライト ⑤アスベスト含有吹付けパーライト	【アスベスト含有耐火被覆材】 ①耐火被覆材 ②ケイ酸カルシウム板第二種 【アスベスト含有断熱材】 ①屋根用折版被覆アスベスト断熱材 ②煙突用アスベスト断熱材 【アスベスト含有保温材】 ①アスベスト保温材 ②珪藻土保温材 ③パーライト保温材 ④アスベスト含有ケイ酸カルシウム保温材 ⑤不定形保温材（水練り保温材）	【その他アスベスト含有成形材】 ①アスベストスレート ②ケイ酸カルシウム板第一種 ③住宅屋根用化粧スレート ④押出成形セメント板 ⑤窯業系サイディング ⑥バルブセメント板 ⑦スラグ石膏板 ⑧フロー材 ⑨ロックウール吸音天井材 ⑩石膏板（ボード） ⑪アスベスト円筒 ⑫ビニル床板 ⑬その他アスベスト含有成形板
発じん性	著しく高い	高い	比較的低い
呼吸用保護具※1	エアラインマスク 電動ファン付きマスク 全面形の取替え式防じんマスク (フィルター区分3)	全面形の取替え式防じんマスク (フィルター区分3)	半面形の取替え式防じんマスク (フィルター区分3又は2) ※2

※1:斜体・アンダーラインは、通知・マニュアル等での指導事項
 ※2:フィルター区分2は発じん性の小さい場合のみ使用可能

建築物等の解体等の作業については、アスベスト粉じんの発じん性を考慮して、表2に示す3つのレベルに分類し、そのレベルにおける作業内容に応じた適切な対策を講ずる必要がある。これらのレベルに応じて呼吸用保護具を選定するが、レベル1の作業については、隔離を行った作業場所でアスベストが吹き付けられた建築物の解体等の作業を行う場合でアスベストを除去する作業のみ、呼吸用保護具としては電動ファン付き呼吸保護具又はエアラインマスクの着用が法令上の義務付けがされている。それ以外の作業における呼吸用保護具の種類については、通知及びマニュアル等での指導事項となっている。また、防じんマスクを使用する場合は、すべて取替え式のものであって使い捨て式のもの使用禁止である。

(5) アスベストの使用実態

アスベストの消費量の約9割は建材製品に係るものである。鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造及びコンクリートブロック造の構造のものには、相当量のアスベストが用いられている。アスベストは吹付けアスベストとして直接壁、天井、柱及び梁等に吹き付けられたほか、波形アスベストスレートやアスベストセメント板として床材、壁材、天井材、軒天材及び防火壁材等に用いられた。吹付けアスベストとしては、主としてクロシドライト又はアモサイトが使用され、結合材と混合の上、吹付け機を用いて吹き付けられた。

吹付けアスベストの使用は、昭和30年頃から始められ、昭和39年に防音用として航空基地付近の建築物に使われたことをきっかけとして一般に使用されるようになった。昭和42年頃から建築物の超高層ビル、鉄骨構造化に伴い、鉄骨造建築物の軽量耐火被覆材として注目を浴びて大量に使われ始め、設備投資が盛んに行われた昭和46～47年の高度成長期が最必要期であった。

ア 各省庁による使用実態調査^{5) 6) 7) 8)}

平成17年7月29日の「アスベスト問題に関する関係閣僚による会合」において決定した「アスベスト問題への当面の対応」に基づき、各省庁が公共建築物におけるアスベストの使用実態調査及びアスベストによる大気汚染の現状把握を実施している。

各省庁が公表している結果のうち、東京都内について整理したものは表3のとおりである。なお、処理済みとは、アスベストの使用が確認された箇所からアスベストが発散、飛散しないよう防止処理（封じ込め、囲い込み等）を講じているものである。ここで、封じ込め状態とは、吹付けアスベスト等をそのまま残し、薬剤等によりアスベスト等の表層等を固着化して粉じんが飛散しない状態であり、囲い込み状態とは、吹付けアスベスト等が使用空間に露出しないように壁、天井等で完全に覆い、粉じんが飛散しない状態をいう。

表3 アスベストの使用実態調査（東京都内）

調査実施省庁	処理済み	未処理	調査中	備考	
総務省 ※1	99	76	96	平成22年3月31日現在	
国土交通省 ※2	—	14	9	平成23年3月31日現在	
文部科学省	公立学校 ※3	136	47	58	平成22年10月1日現在 注:未処理については、飛散によるばく露の恐れが無いものである。
	私立学校 ※3	515	29	9	
	専修学校 各種学校	31	15	2	
	公立社会教育施設	16	9	15	
	公立社会体育施設	4	2	8	
公立文化施設	3	1	4		

※1:地方公共団体所有の建築物のうち平成8年度以前に竣工した建築物
 ※2:国有財産(行政財産)に該当する建築物
 ※3:幼稚園、小学校、中学校、高等学校、中等教育学校及び特別支援学校

この結果から、アスベストが全部除去されていない施設が東京都全体で997施設あることがわかる。そのうち804施設は処理済みであるが、施設にはアスベストが存在している。また、201施設についてはアスベストの存在を調査中であり、アスベストが存在する施設が増加する可能性がある。

このため、火災や倒壊等の各種災害発生時には封じ込め等の対策済みであっても、アスベストが飛散等する恐れがあることがわかる。

また、アスベストによる大気汚染の現状把握として、廃棄物処分場等及び建築物の解体工事等の作業現場等の全国50地点142箇所におけるアスベスト大気濃度調査（平成21年度）を環境省が実施した。その結果のうち東京都内の3地点10箇所における調査では、特に高い濃度の地点は見られず、また、過去の調査結果と比較しても、アスベスト濃度は低いレベルで推移しているとのことである。

イ 東京都による使用実態調査⁹⁾

東京都は平成17年度から、都府施設におけるアスベスト含有吹付け材の使用実態や対策状況等を把握するための調査を実施している。平成22年度末の時点で全都有施設の調査が終了したことに伴い公表された結果については、以下のとおりである。

全都有施設についてアスベストフォロー調査及びトレモライト等の再点検が終了し、平成22年度末時点で397施設においてアスベストの使用が確認された(表4)。このうち、対策優先度がランクⅠに該当し速やかに除去等の措置が必要とされた31施設全てにおいて、必要な対策は講じられた。平成23年度以降は、対策優先度がランクⅡ及びランクⅢの施設の対策状況を引き続き確認している。

表4 全都有施設におけるアスベスト使用状況

対策優先度 ※1	施設数 ※2	未対策施設数
Ⅰランク	31	0
Ⅱランク	237	6
Ⅲランク	166	44
Ⅰ～Ⅲランク	397	50

※1: Ⅰランク(最も優先して除去等(封じ込め、囲い込みを含む。)の飛散防止対策を実施)
 Ⅱランク(施設の状況に応じて、なるべく早い時期に飛散防止対策を実施)
 Ⅲランク(当面は現状を維持するが、今後、定期的に点検を行い、安定が続く場合は、直近の改修工事等の機会を捉えて対策を実施)
 ※2: 同一施設内でも優先度が異なる箇所がある場合はそれぞれ計上しているため、各ランクの施設数の合計と総施設数が異なる。

この結果から、アスベストの存在が確認された397施設は都市整備局等が所管する住宅や都立病院等であり、都民の生活と密接であり、火災や倒壊等の各種災害発生時には封じ込め等の対策済みであっても、アスベストが飛散等する恐れがあることがわかる。

3 アスベストの分析方法

(1) 建材中のアスベスト含有率の分析方法¹⁰⁾

建材中のアスベスト含有率の分析方法については、建材中の石綿含有率の分析方法について(平成18年8月21日基発第0821002号厚生労働省労働基準局長通達)により示されている。その測定フローについては、図1のとおりである。

分析対象の建材等から適切な量の試料を採取し、当該建材の形状や共存物質によって研削、粉碎、加熱等の処理を行った後、分析用試料(一次分析試料)を調整する。

次に、分析用試料にアスベストが含有しているか否かについて、X線回折分析法による定性分析及び位相差顕微鏡を使用して分散染色分析法による定性分析を実施し、判定基準に基づいてアスベスト含有の有無を判断する。アスベスト含有と判定された試料はぎ酸で処理して定量分析用の試料(二次分析試料)を調整し、基底標準吸収補正法によるX線回折分析法により定量分析を行い、アスベスト含有量を求め、アスベスト含有率を算出する。

ぎ酸処理で残さ率が大きい試料は一次分析試料又は二次分析試料から三次分析試料を調整し、改めて基底標準吸収補正法によるX線回折分析法により定量分析を行い、アスベスト含有量を求め、アスベスト含有率を算出する。

なお、分析用試料にアスベストが含有しているか否かのX線回折分析法による定性分析の結果、パーミキュラ

イトの回折ピークが認められる吹付け材のアスベスト含有率測定方法については、図2のとおり別途実施する。

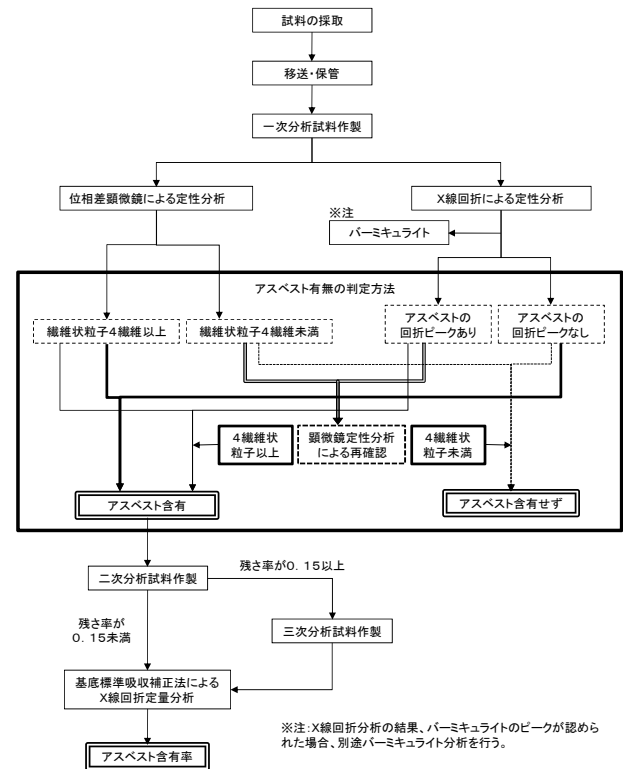


図1 アスベスト含有判定及び含有率測定フロー

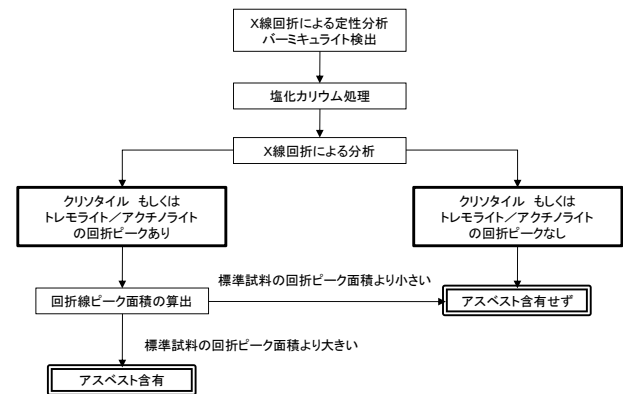


図2 吹付けパーミキュライトの分析フロー

パーミキュライトは、その産地によりトレモライトやクリソタイルのアスベストを含有することがある。また、パーミキュライトはその構造層間に水和したマグネシウム層を持つが、一般にパーミキュライトとされる鉱産物の多くは、構造層間にカリウムを比較的多く持ついわゆるハイドロパイオタイトを含むことが多い。また、酸処理法や低温灰化法などの方法では、パーミキュライトやハイドロオクタイトは分解しにくく、濃縮・定量は容易ではない。これらの理由から、原鉱を単に粉末X線回折測定した場合は、アスベストの含有を誤認したり、あるいは過剰量に評価したりする可能性がある。

そのため、簡易な試料前処理を施した試料についてX線回折分析を行い、その結果からアスベスト含有を判定するものである。方法は、まず検出限界付近のアスベストを含有する標準試料に所定の前処理を施し、その前処理を施した標準試料中のトレモライトとクリソタイルの回折線を確実に検出できるように装置の較正を行い、かつ最適な測定条件を選定する。次に、被検試料にも同じ前処理を施し、その試料の当該回折線強度を標準試料と同一測定条件で求め、被検試料の示す回折線の強度を標準試料のアスベストの回折線の強度と比較して、それ以下であることを確認する。

(2) 環境空気中のアスベスト測定

「アスベストモニタリングマニュアル(第4.0版)」¹¹⁾によると、基本的なアスベスト繊維数濃度の測定には、解体現場等が我が国におけるアスベスト繊維の主要な発生源であることに鑑み、解体現場等以外の測定地域(以下「一般環境」という)と解体現場等でそれぞれ異なる方法が策定されている。

一般環境のアスベスト濃度は、近年、濃度レベルが低下してきており、総繊維でも概ね0.5 f/L以下(f:繊維数[本]、以下同じ)のレベルで推移している。しかし、今後はクリソタイルのみならずアモサイトやクロシドライトなどのアスベストが使用されている可能性のある解体現場等が主な発生源となることから、一般環境でもクリソタイルを含めた全てのアスベストを測定対象とするために、従来の生物顕微鏡法で計数し、位相差顕微鏡法による計数値との差を求める方法に替えて、まず、位相差顕微鏡法で総繊維を計測し、やや高い値(目安としては1 f/L超とする)が計測されたサンプルについては、分析走査電子顕微鏡等によりアスベストを同定して計数することとし、場合によっては最初から電子顕微鏡で位相差顕微鏡法と同等のサイズのアスベストを計数することも推奨することとされた。

また、解体現場等においては、一般環境における測定方法に加え、迅速な測定が求められることから、アスベストの同定と計数が現場で出来る方法が紹介されている。

一般環境及び解体現場等で捕集した試料の測定手順は図3に示すとおりである。なお、電子顕微鏡法は分析透過電子顕微鏡法、分析走査電子顕微鏡法のいずれでも良い。

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を超過し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により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。また、位相差顕微鏡で計数した総繊維数が1 f/Lを超過した場合、低温灰化を行い、有機繊維を除去してもよい。

なお、試料の捕集時間について、吸引流量10L/分で連続4時間空気を捕集(2400L)することが原則となっ

ている。

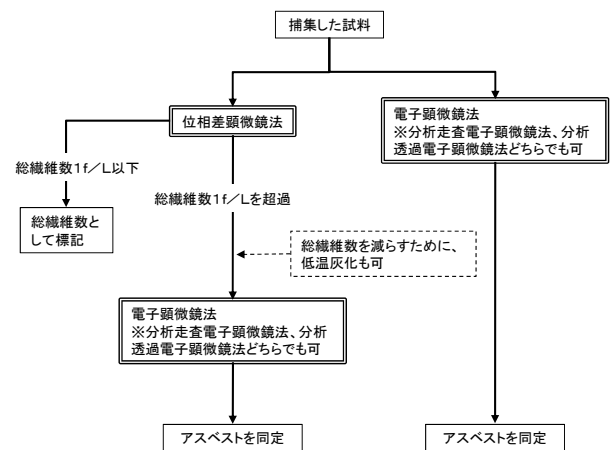


図3 捕集した試料の測定フロー

4 消防活動におけるアスベスト対策

アスベストに係る東京消防庁の対策としては、平成17年に新聞報道等でアスベストの健康被害等が取り上げられた段階で、関係各部より通知が発出された。

消防活動現場における粉塵に係る対策について(平成17年7月28日17警警第317号警防部長通知)によると、火災現場における破壊作業又は倒壊現場における救助活動等でアスベスト等の粉じんが発生すると考えられる場合は、空気呼吸器または防じんマスクの装着に配慮することとなっている。災害現場において、アスベストが使用されているか否かを特定することは困難であるとした上で、参考資料として建築物におけるアスベストの主な使用実態及びアスベストの吸引及び付着の恐れがある災害現場について示されている。また、消防活動現場に存在する粉塵等に対する対応について(平成21年8月18日21警警第388号警防部長通知)によると、アスベスト対策については関係者からの積極的な情報収集を行い、アスベスト使用場所であるとの情報を入手した場合、又は、アスベストの使用が認められる場合は、活動隊員を統制し空気呼吸器使用の徹底を図ることとなっている。

アスベスト粉塵に関する健康被害を踏まえた予防業務執行上の留意事項について(平成17年7月28日17予予第633号予防部長通知)によると、吹付けアスベストが使用されている恐れのある防火対象物に対し火災原因調査や立入検査等を実施する際には、あらかじめアスベスト粉じん等が発生している可能性の有無を確認するとともに、必要に応じて防じんマスクを携行し、粉じん等が発生している可能性があると考えられる場所に立入る必要がある場合は、防じんマスクを着装して業務執行することとされている。参考資料として吹付けアスベストの主な使用場所等が示されている。また、アスベスト粉塵に対する火災調査活動上の対応要領について(平成17年11月28日17予調第335号調査課長通知)によると、アスベストが使用されている建物が焼損した場合又は粉じん被害を踏

まえて必要な場合において、配布された調査活動上必要な資器材（防じんマスク、防護衣等）の着用基準が示されている。

5 アスベスト分析に関する新しい手法（消防活動現場への適用）

アスベストを分析するこれまでの方法は、試料の捕集時間が4時間であるうえに、採取した検体を持ち帰って分析する方法であり、結果が出るまでにはかなりの時間を要する。

そこで、迅速な測定方法の例としていくつかの方法がある。しかし、これらの方法は現時点で従来の方法と比較して、必ずしも十分な知見が確立されていない部分もあるが、消防活動現場において、活用することが可能と考える以下の方法を紹介する。

(1) 蛍光顕微鏡を活用したアスベストの特定

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手法として近年開発された方法である。アスベスト結合タンパク質は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すれば、色によってクリソタイルか、角閃石系のアスベストであるかある程度の識別がつく。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および角閃石アスベストを同定することが可能である。ただし、存在は少ないもののアスベスト以外の繊維（セラミック繊維、炭化ケイ素ウィスカー、酸化チタンウィスカー、ワラストナイト等）にも蛍光タンパクが結合し、角閃石アスベストとの識別が難しい場合があるので注意が必要である。

試料捕集にはメンブランフィルターを使用するため、位相差顕微鏡法と共通のフィルターを利用することができ、フィルターの灰化処理の必要はない。

この蛍光顕微鏡を用いたアスベストの同定にかかる時間は、試料をフィルターに捕集する時間に大部分が依存する。捕集したフィルターに蛍光染色試薬等を滴下してからアスベストの同定にかかる時間については10～20分程度と予測される。このため、試料の捕集から同定までの時間については、最短で30分程度と考えられる。



写真1 蛍光染色試薬



写真2 蛍光顕微鏡

(2) 繊維状粒子の測定器を活用した簡易測定

繊維状粒子自動測定器は浮遊粒子の中から繊維状粒子だけを識別して、それらの繊維数濃度を算出する計測器として、米国で1970年代後半に開発されたものである。この方法はフィルターなどに浮遊状粒子を捕集して計数する方法と異なり、現場の測定場所で簡単に浮遊繊維状粒子の繊維数濃度を知ることができ、建築物等の解体、改修、除去等の工事に伴うアスベスト飛散防止のためのリアルタイム計測や長時間連続監視計測などが可能である。



写真3 繊維状粒子自動測定器

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きくなる。散乱光パルスとピーク面積の比により、繊維のアスペクト比（長さ／幅）と長さを設定することで、位相差顕微鏡法による計数分析値と一致する繊維を選別して測定できる。

選別された繊維状粒子はリアルタイムに計測され、カウント数として表示される。また、同時にカウント数の積算値と吸引流量の積算流量から総繊維数濃度が算出される。

計測された濃度は位相差顕微鏡法により得られる繊維

数濃度と同様に総繊維数濃度であり、必ずしもアスベスト濃度とは一致しない。そのため、計測器にバックアップフィルターが内蔵されている装置であれば、必要に応じて他の分析方法による確認が可能となる。

この繊維状粒子自動測定器を用いたアスベストの検出にかかる時間は、解体現場等においては30分間の連続捕集が推奨されているが、繊維状粒子をリアルタイムで測定しているため、消防活動現場においてアスベストの存在を確認する手段としては任意に設定できる。そのため、各種消防活動現場において、アスベストの検出手法として最適と考えられる。

6 石綿（アスベスト）含有建材データベースについて

国土交通省と経済産業省が連携して、建設事業者、解体事業者や住宅・建築物所有者等が、解体工事に際し、使用されている建材のアスベスト含有状況に関する情報を簡便に把握できるようにすることを目的として、建材メーカーが過去に製造したアスベスト含有建材の種類、名称、製造時期、アスベストの種類・含有率等の情報及びその検索システムとして石綿（アスベスト）含有建材データベースが構築された。

データベースに登録されている建材情報は、官公庁、関係業界団体、建材メーカー等の公表データ、すでに公表されているデータ以外で今回のデータベースの構築に際して協力が得られた関係業界団体及び建材メーカーが所有するデータ等を対象として収集・整理を行い、これをもとに、当該建材メーカー等にアスベスト含有建材として把握し、情報を有している建材を再度確認してもらい、整備したものである。

データベースの整備に当たっては、可能な限り多くのデータ収集を行っているが、すでに廃業している建材メーカーの製品等については完全な情報整備には至っていない。その結果、実際に存在するアスベスト含有建材を検索できない場合もある。

また、データベースでは、建材の名称、メーカー等が明らかでない場合が多い戸建住宅においても、建築物の竣工年、使用部位等から建材の検索を行うことができる機能が導入されているが、検索結果の十分な絞り込みができない場合もある。

なお、石綿（アスベスト）含有建材データベース 2006年（平成18年）12月版については、2006年（平成18年）12月時点で収集したデータを基に作成されており、適宜データの充実が図られている。

また、データベースは、以下の場所に掲載されている。

国土交通省：http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/07/071213_.html

経済産業省：<http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/AsbDB/20061204AsbDB.html>

7 おわりに

- (1) アスベストに関する物性、健康影響及び法規制の変遷等について情報を整理した。
- (2) 建築物等におけるアスベストの使用についての調査結果を整理した結果、東京都内の建築物等には、封じ込めや囲い込み等の飛散防止対策等は行われているが、アスベストが除去されず建物内に存在している箇所があり、火災や倒壊等によりアスベストが飛散する可能性がある。
- (3) 従来のアスベストの同定手法は、専門の技術及び経験が必要であり、また、時間が必要となる。
- (4) 法令で規制されているアスベストに関する作業をする際に必要な呼吸用保護具については、法令上義務付けられているエアラインマスク及び電動ファン付きマスクの他に、作業区分に応じてフィルター区分3（発じん性の小さい場合のみフィルター区分2）の防じんマスクが示されているが、すべて取替え式のものであり使い捨て式のもの使用禁止である。
- (5) 火災現場及び火災調査現場において迅速にアスベストの同定と計測が実施できる手法としては、繊維状粒子自動測定器を活用して繊維状の粒子をリアルタイムで計測し、粒子濃度が増加傾向にある場合には繊維状粒子自動測定器のバックアップフィルターに蛍光染色試薬等を滴下して蛍光顕微鏡による識別を行う方法が適していると考えられる。

[参考文献]

- 1) 社団法人日本作業環境測定協会：建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル、平成18年
- 2) 厚生労働省ホームページ (<http://www.mhlw.go.jp/>)
- 3) 社団法人日本石綿協会ホームページ (<http://www.jaasc.or.jp/>)
- 4) 木村菊二：防じんマスク～適正な選び方、有効な使い方～、財団法人労働科学研究所出版部、平成19年
- 5) 総務省ホームページ (<http://www.soumu.go.jp/>)
- 6) 国土交通省ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/>)
- 7) 文部科学省ホームページ (<http://www.mext.go.jp/>)
- 8) 環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp/>)
- 9) 東京都環境局ホームページ (<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/>)
- 10) 社団法人日本作業環境測定協会精度管理センター：厚生労働省委託事業石綿含有建材の石綿含有率測定に係る講習会テキスト、平成22年
- 11) 環境省水・大気環境局大気環境課：アスベストモニタリングマニュアル（第4.0版）、平成22年