

別添 1

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

石綿含有建材の解体工事現場で作業する労働者の

石綿ばく露状況の評価に関する研究

平成 17 年度～平成 19 年度 総合研究報告書

社団法人 日本作業環境測定協会

平成 20 (2008) 年 3 月

目 次

I. 総合研究報告

石綿含有建材の解体工事現場で作業する労働者の

石綿ばく露状況の評価に関する研究 1

A. 研究目的 2

B. 研究方法 2

C. 研究結果 14

D. 考察 22

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

総合研究報告書

石綿含有建材の解体工事現場で作業する労働者の
石綿ばく露状況の評価に関する研究

主任研究者 小西 淑人 社団法人 日本作業環境測定協会 調査研究部部长

研究要旨：石綿は、不燃・耐熱性、絶縁性、耐薬品性等に優れた性質を持ち、しかも経済性に飛んでいるため、様々な製品に使用されている。国内における石綿の使用量の約80%は石綿スレート、石綿セメント板等の石綿含有建築材料として使用されている。これらの石綿含有建築材料は、そのままでは石綿粉じんを発散することはほとんどないが、施工にあたっての電動工具を用いた切断や、石綿含有建築材料が使用されている建築物の解体・改修等の作業においては石綿粉じんを発散し、これらの作業に従事する労働者の健康障害を引き起こすおそれがある。以前は、吹き付け石綿を使用している建築物の解体等の作業（特定粉じん排出等作業）については規制されていたが、石綿含有建築材料を使用した建築物の解体等に伴う石綿の飛散等については未規制であった。そこで、厚生労働省では「石綿障害予防規則」を制定し、平成17年7月より施行された。この中には、石綿含有建築材料を使用した建築物の解体・改修工事に係る事項についても盛り込まれている。本研究では、石綿含有建築材料を使用した建築物の解体・改修工事に伴う労働者について石綿ばく露状況の評価のための計測方法の改善・開発を実施するとともに、現状の問題点と今後のあり方について検討した。

名古屋俊士：早稲田大学 理工学術院 創造
理工学部 環境資源工学科、
教授

富田 雅行：ニチアス株式会社 技術本部
環境管理室、室長

鈴木 治彦：社団法人 日本作業環境測定
協会 精度管理センター、係長

米山 玲児：社団法人日本作業環境測定
協会 調査研究部、係長

伊藤千賀子：社団法人 日本作業環境測定
協会 調査研究部

A. 研究目的

石綿粉じんによる健康障害の防止については、特定化学物質等障害予防規則（以下「特化則」という。）に定める措置、および昭和 51 年 5 月 22 日付け基発第 408 号「石綿粉じんによる健康障害予防対策の推進について」等の通達により、その推進が図られてきた。わが国で産業用に使用されてきた主な石綿の種類は、蛇紋石系石綿（クリソタイル）と角せん石系石綿（クロシドライト、アモサイト）であるが、そのほとんどは輸入されており、輸入量の 95% はクリソタイルが占めている。国内における石綿の使用量の約 80% は石綿スレート、石綿セメント板等の石綿含有建築材料として使用されているため、建設業においても、建築物の解体または改修の工事における労働者等の石綿粉じんへのばく露による健康障害の防止のための対策が講じられてきた。石綿含有建築材料は、そのままでは石綿粉じんを発散することはほとんどないが、施工にあたっての電動工具を用いた切断や、石

綿含有建築材料が使用されている建築物の解体・改修等の作業においては石綿粉じんを発散し、これらの作業に従事する労働者の健康障害を引き起こすおそれがある。以前は、吹き付け石綿を使用している建築物の解体等の作業（特定粉じん排出等作業）については規制されていたが、石綿を含有する建築材料を使用した建築物の解体等に伴う石綿の飛散等については未規制であった。そこで、厚生労働省では平成 17 年 2 月に「石綿障害予防規則」を制定し、同年 7 月 1 日より施行した。この中には、石綿含有建築材料を使用した建築物の解体・改修工事に伴う労働者についての対策等が盛り込まれており、当該労働者に対する健康障害防止に関わる措置等が強化されている。

そこで、本研究では、アスベスト取り扱い作業に従事する労働者のばく露状況の評価のための計測方法の改善・開発を実施するとともに、現状の問題点と今後の評価のあり方について検討した。

B. 研究方法

1. 分散染色法での精度向上に係る検討

環境空気中のアスベスト濃度測定手法として使用されている位相差顕微鏡を用いた計数分析法（PCM法）は捕集された繊維状物質の形態観察により計数対象繊維（アスベスト繊維）を特定しているため、計数された繊維状物質がアスベストであるか否かの判定は困難である。そこで、アスベスト繊維だけを特定して計数できる分散染色法による計数分析方法を開発した。これまでの分散染色法では、サンプリング後のフィルターを低温灰化装置により灰化する必要があるが、灰化处理条件によってはアス

ベスト濃度を低く評価する可能性があることが判明した。そこで、分散染色法による計数分析精度を向上させるために、フィルターの灰化条件等の前処理方法と計数分析時の形態観察方法の検討を行った。

(1) 分散染色法におけるフィルターの前処理手順についての検討

《通常の前処理手順》

測定対象の繊維状粒子の種類に応じてフィルターをカットし、各フィルターのサンプリング面を下にしてスライドガラスにのせてアセトン蒸気で固定、低温灰化装置（プラズマリアクターあるいはプラズマアッシャー）で灰化处理をする方法である。

この前処理手順について以下の検討を行った。

① サンプルングしたフィルターのアセトン蒸気による固定方法についての検討

フィルターはφ25mmのセルロースエステル・メンブランフィルター（AAWP02500）を使用し、次の3通りの方法でアセトン蒸気により固定した。

- a. サンプルング面を下にしてスライドガラスにのせてアセトン蒸気で固定
- b. サンプルング面を上にしてスライドガラスにのせてアセトン蒸気で固定し、その上に新しいフィルターをのせ、さらにアセトン蒸気で固定
- c. スライドガラスに新しいフィルターをのせてアセトン蒸気で固定し、その上にサンプリング面を下にしてフィルターをのせ、さらにアセトン蒸気で固定

② 低温灰化装置による灰化処理の諸条件についての検討

処理時間の差は、灰化温度によるものと

考えられ、灰化温度が測定可能であれば、その問題は解決できると考えられる。しかし、現在のところ、メーカーにおいても灰化温度を測定するのは難しく、非接触式の赤外線輻射温度計を用いて測定した灰化温度が参考値として出ている程度である。メーカーの参考値によると、酸素流量が40～100mL/min程度の場合には、出力が150～200Wの間では灰化温度が160～180℃程度になるとされている。酸素流量を150mL/minと多くすれば、灰化温度はもっと高くなり、参考値によると200℃を超えるとされている。この条件では処理時間は短くなると考えられるが、場合によっては低温灰化装置の本来の目的をはずれ、高温処理になってしまう。

そこで、異なるメーカーの2機種（表1）について、同様の条件下で処理を行い、出力、酸素流量、処理時間等の最適な条件を求める。スライドガラスにフィルターをのせてアセトン蒸気で固定し、その上にフィルターをのせ、さらにアセトン蒸気で固定したものを使用して、次の場合の処理時間を比較した。

- a. 出力を100、150、200、250Wと変化させ、酸素流量を出力の1/3程度にした場合の処理時間
- b. 出力を150Wと一定にして、酸素流量を30、50、80、150mL/minと変化させた場合の処理時間

表 1. 実験に使用した 2 機種 of 低温灰化装置の仕様

機種		A	B
チャンパー部	チャンパーの大きさ	内径 64mm、長さ 160mm	内径 153mm、長さ 250mm
	チャンパーの材質	パイレックスガラス	パイレックスガラス
	チャンパーの数	3 個	1 個
	1 度に処理できる検体数 (試料棚の構造)	4 検体×3=12 検体 (1 列×2 段×2=4 検体)	24 検体 (3 列×4 段×2=24 検体)
	真空計	ブルドン管真空計	ピラニー真空計
制御部	発振周波数	13.56MHz	13.56MHz
	出力	0~300W	30~300W
	出カインピーダンス	50Ω	50Ω
真空ポンプの排気量		160L/min	150L/min 以上

(2) 形態観察および計数方法の検討

倍率 40 倍の分散対物レンズ付きの位相差顕微鏡により観察・計数する方法について検討した。

2. 現場で短時間にアスベスト濃度測定が可能なサンプリング装置についての検討

解体・改修現場でのアスベスト濃度測定では、当該作業者が使用している保護具のグレード確認や負圧除じん装置の状態確認、養生漏れ等の確認のために常時アスベスト濃度を監視することが求められる。しかし、現行のアスベスト濃度測定手法では分析に時間がかかるため困難である。そこで、短時間の測定で、フィルターを使用せず、分散染色法によるアスベスト濃度が測定可能な新しいアスベストサンプリング装置について検討を行った。

(1) ガラス板捕集式サンプラーの検討

《ガラス板捕集式サンプラー (写真 1) の原理および構造 (図 1)》

ガラス板捕集式サンプラーの原理は、空気

中の石綿をメンブランフィルターに捕集するのではなく、直接カバーガラスに捕集して、トリアセチンやアスベストの種類に対応した浸液でスライドガラスに固定する方法である。ガラス板捕集式サンプラーは、試料を捕集するカバーガラス (MATSUNAMI 製φ25mm 厚さ 0.12~0.17mm) をホルダー内に固定し、先端に設けられた吸引口からの衝突により試料を捕集する。試料空気は吸引ポンプを使用して 2L/min で捕集する。

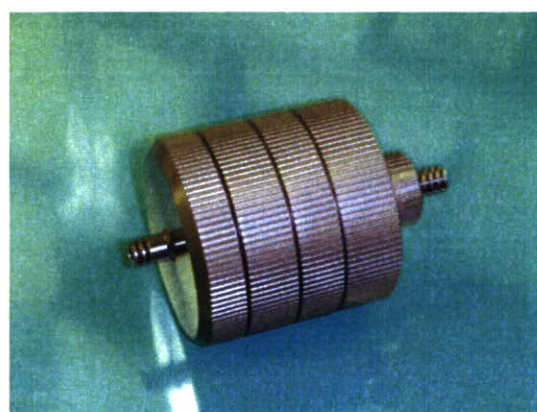


写真 1. ガラス板捕集式サンプラー

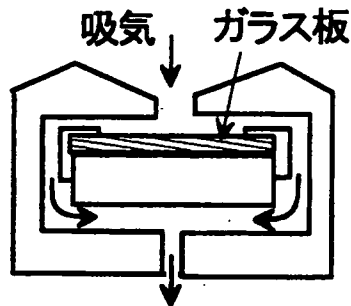


図1. 捕集構造の概略図

《実験方法》

ダストチャンバー内に石綿標準試料（クリソタイル：JAWE121、アモサイト：JAWE221、クロシドライト：JAWE321）をそれぞれ別々に発生させて、PCM法によるメンブランフィルター（ミリポア社製φ25mm ポアサイズ0.8μm）の捕集とガラス板捕集式サンプラーによる捕集を併行して行った。サンプリング流量はいずれも2L/minで10分間の測定を行い、繊維数濃度の計数は、作業環境測定ガイドブック1による計数分析方法を用いた。ガラス板捕集式サンプラーの計数は、位相差顕微鏡に試料をセットし、カバーガラスの中心を通るX軸に沿って左右均等に計数した。

(2) 静電捕集式アスベストサンプラーの検討

《静電捕集式アスベストサンプラー（図2）の原理》

石綿等を放電電極で発生させたイオンで帯電させ、帯電した石綿等を放電電極と集じん電極間の電位差を用いて導電処理のスライドガラス上に捕集するものである。静電捕集式アスベストサンプラーで石綿を含む環境空気を捕集することにより、メンブ

ランフィルターで捕集した場合の前処理を行うことなく計数分析をすることが可能である。

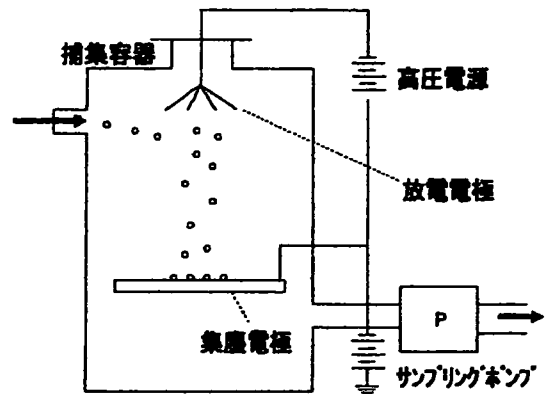


図2. 静電捕集式アスベストサンプラーの概要

この方法を用いたときの濃度の算出は、次式(1)を使用して求められる。

$$C_F = \frac{A \cdot N \cdot E}{a \cdot n \cdot Q} \quad (1)$$

- C_F : 繊維数濃度(f/L)
- A : 採じんだ面積(メンブランフィルターの有効ろ過面積)(mm²)
- N : 計数繊維の総数(f)
- E : サンプリング定数(クリソタイル1.6, アモサイト1.3を使用)
- a : 顕微鏡で計数した1視野の面積(mm²)
- n : 計数した視野の数
- Q : 採気量(l.)

《実験方法》

試験チャンバー内に石綿標準試料（クリソタイル：JAWE121、アモサイト：JAWE221）を別々に発生させて、PCM法によるメンブランフィルター（ミリポア社製φ25mm ポアサイズ0.8μm）への捕集と静電捕集式アスベストサンプラーには、導電コーティングを施したスライドガラスを装填し、捕集

を併行して行った。サンプリング流量はいずれも 1L/min で 10 分間の測定を行った。メンブランフィルターにより捕集した試料はスライドガラス上に捕集面が下向きになるようにのせ、アセトン蒸気で固定した後、低温灰化処理装置でメンブランフィルターを灰化処理した。その後、スライドガラス上に残った標準試料に分散染色用浸液（クリソタイルは $n_D=1.550$ 、アモサイト $n_D=1.680$ ）を滴下し、カバーガラスをかぶせて位相差顕微鏡で計数した。静電捕集式アスベストサンプラーは、サンプラーからスライドガラスを取り出し、試料が捕集されている部分（スライドガラスのセンター）に分散染色用浸液を滴下し、カバーガラスをかぶせ位相差顕微鏡で計数した。各々の繊維数濃度は式(1)または作業環境測定ガイドブック 1 による計数分析方法を用いた。

3. 解体・改修工事現場での検討

(1) 天井に石綿含有吹付け材のある建物の外壁の取り外し作業時の現場での測定手法の検討（図 3）

サンプリングポンプを使用した場合と、ハンドポンプを使用した場合の試料採取空気量の違いによる総繊維数濃度とアスベスト繊維数濃度の違いについて検討をおこなった。

《作業概要（写真 2）》

天井に吹付け材が吹付けてある建物の壁を撤去する作業で、作業者は足場の組んだ体の上に上り天井から下側に外壁を取り壊していく作業であった。作業は同時に 2 箇所で開催しており 1 箇所あたりの作業者は 2 名で、撤去作業中は石綿の飛散を防止するために水を霧状に噴霧していた。

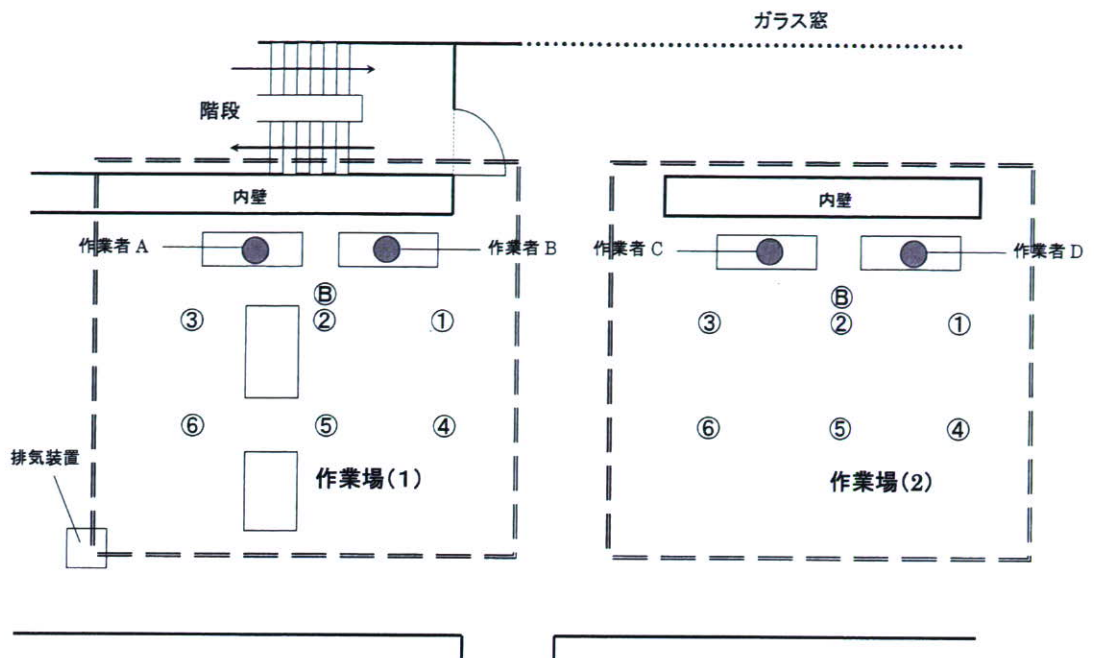


図 3. 作業場所の概要



写真 2. 作業の概要

《サンプリング方法》

サンプリングは、作業環境測定基準に従って実施した。2か所を別々の単位作業場所として、1単位作業場所あたり測定点は6点とした。φ25mmの白色メンブランフィルター（ミリポア社製）をろ過材としてカウル付オープンフェイスホルダーに装填し、毎分0.1Lの吸引速度で連続した10分間測定した。また、サンプリングポンプ（写真3）と同様の測定位置で、φ25mmの白色メンブランフィルター（ミリポア社製）をろ過材としてカウル付オープンフェイスホルダーにハンドポンプ（株ガステック（写真4））を装着して1回あたり100mLを吸引した。



写真3. 使用したサンプリングポンプ



写真4. 使用したハンドポンプ

《分析方法》

サンプリング終了後のφ25mm白色メンブランフィルターは、フィルターカッターで4等分した。

① 総繊維数濃度

総繊維数濃度の分析は、φ25mmの白色メンブランフィルターをスライドガラスにのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。その後、トリアセチンで固定して40倍の対物レンズを装着した位相差顕微鏡を使用して総合倍率400倍で計数分析を実施した。

② 石綿繊維数濃度

石綿繊維数濃度の分析は、まず未使用のφ25mmの白色メンブランフィルターをスライドガラスにのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。次に透明化したフィルターの上にサンプリングしたフィルターの採じん面を裏面にしてのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。透明化処理後のスライドガラスは、プラズマリアクターPR-31を使用して、低温灰化処理を行った。低温灰化処理が終了した試料については、クリソタイルは $n_D=1.550$ 、アモサイトは $n_D=1.680$ の浸液を滴下して40倍の分散対物レンズを装着した位相差顕微鏡を使用して総合倍率400倍で計数分析を実施した。

(2) 水練り保温材の除去作業時の排気装置の検討

養生内の負圧除じん装置のほかに、作業近傍に局所排気装置を設置し、局所排気装置の効果について検討した。

ボイラー等の配管の弁には、水練り保温材として石綿が使用されている。(写真5) 配管は、通常屋外や屋内の両方に設置されていて、弁の設置位置も多岐におよぶ。これらの水練り石綿保温材を除去する場合の工法として弁の付近を隔離養生する方法やグローブバックを使用する方法がある。グローブバックを使用すれば隔離養生をしなくても除去することができるが、弁の設置位置、大きさによってはこれらの工法では困難な場合がある。そこで、これらの水練り保温材の石綿除去工法として除去作業位置近傍の空気を集じん装置や、HEPAフィルター付真空掃除機等によって吸引すれば養生やグローブバックを使用しなくても石綿を飛散することなく除去することが可能ではないかと考え、試験施行を実施し石綿濃度測定を行った。

《作業概要》

建物の中の一部を養生した作業場には、3箇所の水練り保温材が使用されている弁があり(写真6)、散水しながら保温材の除去作業を実施した。また、排気装置(写真7)の配管を除去作業位置付近に設置して作業をすることとした。(写真8、9)

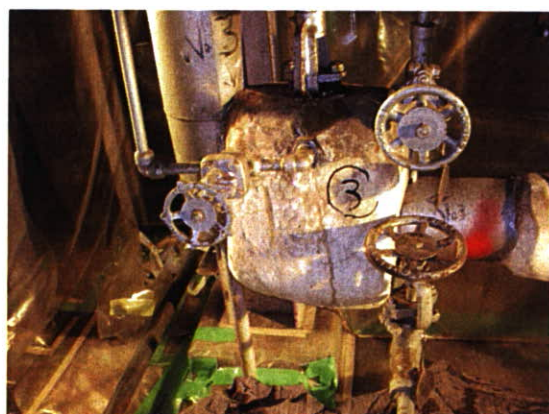
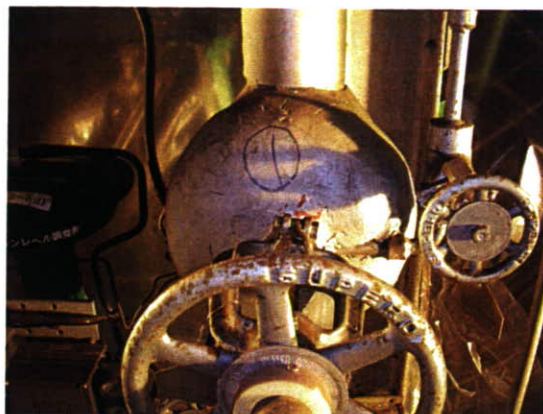


写真5. 水練り保温材が使用されている弁

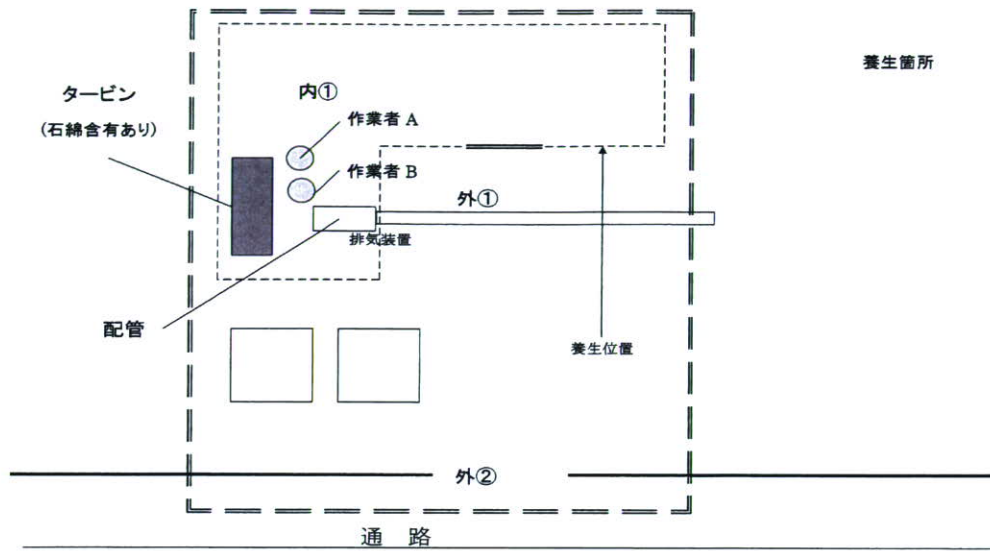


図 4. 測定位置の概要

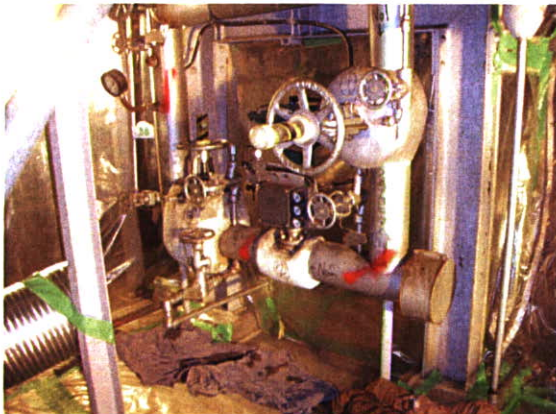


写真 6. 水練り保温材使用の弁



写真 8. 作業概要

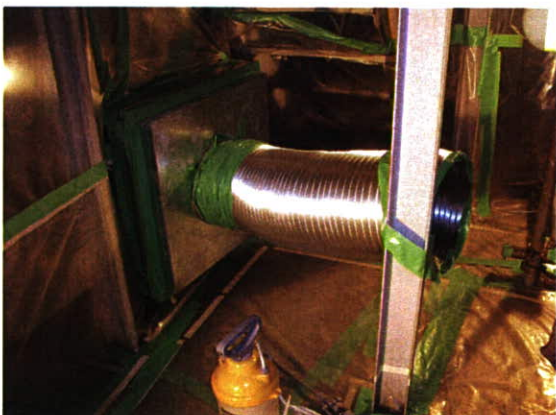


写真 7. 排気装置

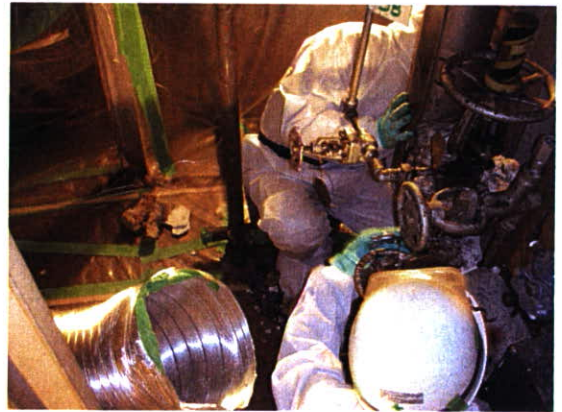


写真9. 作業概要

《石綿繊維数濃度》

水練り保温材の石綿の種類と石綿含有率を分析するために、水練り保温材を採取して分析を行った結果、石綿の種類はアモサイトで、石綿含有率は、9.25%であった。石綿繊維数濃度の分析は、まず未使用のφ25mmの白色メンブランフィルターをスライドガラスにのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。次に透明化したフィルターの上にサンプリングしたフィルターの採じん面を裏面にしてのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。透明化処理後のスライドガラスは、プラズマリアクターPR-31を使用して、低温灰化処理を行った。

《サンプリング方法》

サンプリングは、作業前の養生の中1箇所と養生の外2箇所、作業中の養生の中1箇所と養生の外2箇所に個人ばく露濃度測定を実施した。(図4) 総繊維数濃度、石綿繊維数濃度のサンプリングにはφ25mm、ポアサイズ0.8μmの白色メンブランフィルター(ミリポア社製)をろ過材としてカウル付オープンフェイスホルダーに装填し、毎分1Lの吸引速度で作業前と作業中に、定点測定は30分または33分間、作業中の個人ばく露濃度測定は52分間測定を実施した。

《分析方法》

① 総繊維数濃度

総繊維数濃度の分析は、φ25mmの白色メンブランフィルターの採じん面を上にして、スライドガラスにのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。その後、トリアセチンで固定して40倍の対物

レンズを装着した位相差顕微鏡(オリンパスBX51)を使用して総合倍率400倍で計数分析を実施した。

② 石綿繊維数濃度

石綿繊維数濃度の分析は、まず未使用のφ25mmの白色メンブランフィルターをスライドガラスにのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。次に透明化したフィルターの上にサンプリングしたフィルターの採じん面を裏面にしてのせ、アセトン蒸気発生装置によりアセトン蒸気で透明化した。透明化処理後のスライドガラスは、プラズマリアクターPR-31を使用して、低温灰化処理を行った。低温灰化処理が終了した試料については、アモサイトは $n_D=1.680$ の浸液を滴下して40倍の分散対物レンズを装着した位相差顕微鏡(オリンパスBX51)を使用して総合倍率400倍で計数分析を実施した。

4. 石綿除去工事における石綿測定を依頼する場合の依頼者側の問題点についての聞き取り調査

石綿の除去工事の測定を分析機関に依頼する場合の測定方法として大きく分けると次の3通りがある。

①「建築改修工事管理指針」

(財) 建築保全センター

②「建築物の解体等工事における石綿粉じんへのばく露防止マニュアル」

建設業労働災害防止協会

③「特に指定なし」

5. 繊維状粒子自動計測器による石綿濃度測定の予備的な検討

現在、空気中の石綿の測定は吸引ポンプ

を使用してメンブランフィルターに捕集し、アセトン蒸気による透明化処理を行い位相差顕微鏡で計数するPCM法であるが、この方法は試料の前処理を行うために迅速な計数分析結果の提出が困難である。建物の解体作業においては、迅速な計数結果が要求されるケースが多いため、仮に高濃度の分析結果が出た場合に対応が遅れてしまう。現場担当者としては、もしそのような場合には、すぐに対応したいとの意見があり、何らかの対応ができるように他の方法がないのかという意見があるため、リアルタイムに繊維状粒子を計測する自動計測器を数機種使用して、通常のメンブランフィルターに捕集して位相差顕微鏡による計数分析を行うPCM法と繊維状粒子自動計測器による繊維数濃度の関係について現場調査を行い検討した。今回調査に使用した繊維状粒子自動計測器は、FAM-7400(写真10)、ARM-II(写真11)の2機種で、浮遊粒子の中から繊維状エアロゾル(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開発されたものである。



写真10. FAM-7400の概観



写真11. ARM-IIの概観

《FAM-7400型の測定原理と構造(図5)》

ダイヤフラム排気ポンプによって2L/minの流量で空気入り口から吸引され、FAM内部に導入された空気は、ダクト内をレーザー光源に向かって流れる。さらに、ダクトの途中には光電子増倍管検出器と、その前面に直流高電圧と400Hzの交流電圧が重ねて加えられた4つの電極からなる電場(四重極電場)が設定されている。繊維状粒子は、その電場を通過する際に、高電圧の直流電場によって垂直に伸長するように整えられ、さらに交流電圧による正弦波電場でワイパーのように左右に振動させられ、流れの方向に進んで行く。このように振動する繊維状粒子は、ダクトの中心部を流れの方向に平行に走っているHe-Neレーザービームを散乱する。散乱光は、繊維の振動によって散乱強度がパルス状に変化する。パルス状に変化した散乱光は、側面に設置された光電子増倍管で検出される。検出される散乱光は繊維が長いほどパルスのピーク高さが高くなる。また、パルスのピーク面積は、繊維の長さが長く、繊維径が太いほど大きくなる。そこで、パルスのピーク高さとの面積の比を電氣的に計算して、繊維の

アスペクト比（長さとの幅の比）と繊維長が求められる。なお、非繊維粒子は四重極電場で振動させられても散乱光強度が変化しないので繊維粒子と区別され、計数されない。

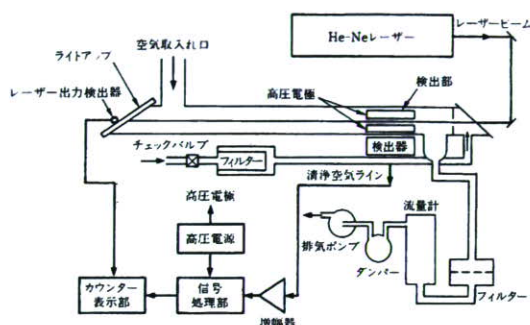


図 5. FM-7400 の測定原理と構造

《検討方法》

石綿含有建築材料の解体作業を実施している現場において、通常石綿測定の際に実施するPCM法とFM-7400、ARM-IIを併行測定した。サンプリング流量と時間は全て2L/minで10分間とした。PCM法によるメンブランフィルターは、ミリポア社製φ25mm、ポアサイズ0.8μmを使用した。なお、ARM-IIにはバックアップフィルターを装着することができるため、検出器を通過した繊維数濃度の関係も合わせて測定した。

6. 繊維状粒子自動計測器による石綿濃度測定の見直し

平成18年度は、FAM-7400、ARM-IIの2機種種の繊維状粒子自動計測器と通常のメンブランフィルターに捕集して位相差顕微鏡を行うPCM法による繊維数濃度の関係

について現場調査を行い検討したが、今回調査に使用した繊維状粒子自動計測器（リアルタイムレーザーファイバーモニター）は、F-1（写真12）、FS-1（写真13）の2機種種で、浮遊粒子の中から繊維状エアロゾル（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開発されたものを使用して現場調査を行い繊維数濃度の関係を検討した。



写真 12. F-1 の概観



写真 13. FS-1 の概観

《仕様および構造》

表2にF-1、FS-1の2機種種の繊維状粒子自動計測器の主な仕様を示した。また、図6、図7に構造外略図を示した。

図6より試料空気は吸引ポンプで空気取り入れ口から内部に導入され、検出部

内を通過してバックアップフィルターを経て外部に排気される。検出部は4つの電極からなる高圧管があり、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。繊維状粒子の振動により、検出部内に照射された半導体レーザー光は散乱する。散乱光は光電子増倍管で検出され、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、パルス面積は繊維が長いほど大きくなることから散乱光パルスのピークと面積の比により、繊維状粒子濃度を測定することができる。

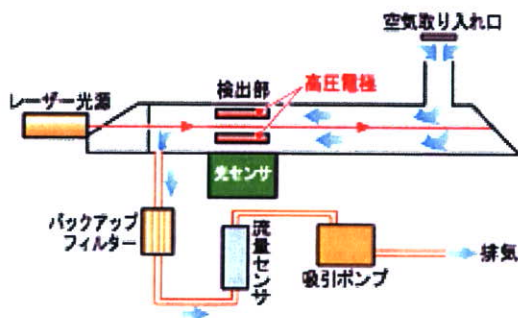


図 6 F-1 の構造外略図

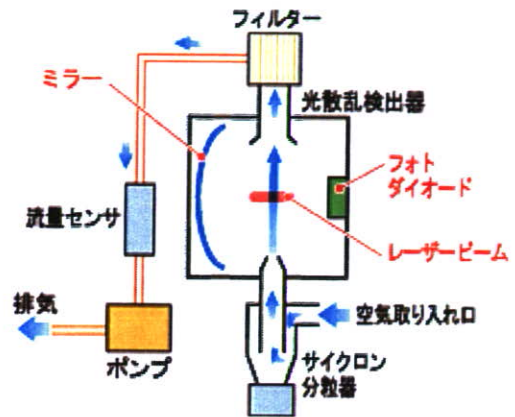


図 7 FS-1 の構造外略図

《検討方法》

石綿含有建築材料の解体作業を実施している 2 現場において、通常石綿測定の前測で実施する F-1 と FS-1 を並行測定した。A 現場 (写真 14) サンプル流量と時間は 5 L/min で 120 分間、B 現場 (写真 15) は、1 L/min で 60 分間とした。PCM 法によるメンブランフィルターは、ミリポア社製 φ 25mm ポアサイズ 0.8 μ m を使用した。

表 2 F-1 と FS-1 の主な仕様

型 式	F-1	FS-1
光 源	半導体レーザー	
測 定 範 囲	0.0~1000 f/L	0~150 f/L
吸 引 流 量	2L/min	0.5L/min
表 示 器	LCD (タッチパネル)	グラフィックLCD
表 示 内 容	<ul style="list-style-type: none"> ●カウント数 (Count) ●繊維状粒子濃度換算値 (f/L) ●時間 (現在時刻、設定・経過・残時間) ●吸引流量 ●各種異常表示 (レーザー出力、バッテリー等) 	<ul style="list-style-type: none"> ●カウント数 (Count) ●繊維状粒子濃度換算値 (f/L) ●設定測定時間 (0時間00分~9時間59分) ●測定残時間 (0時間00分~9時間59分) ●バッテリー容量
出 力	<ul style="list-style-type: none"> ●USB ●RS-232C ●プリンター ●パルス (オープンコレクター) 	<ul style="list-style-type: none"> ●電圧出力 (0~150f/L : 0~1V) ●アラーム (1カウントごとにブザー音を鳴らす)
測 定 モ ード	ダウンタイマー、マニュアル	
電 源	ロギング	—
充電池動作時間	AC100V (ACアダプター) とニッケル水素蓄電池の併用	
使用環境	約4時間 連続動作 (25℃)	
寸法(突起物を除く)	約380(W)×230(D)×240(H) mm	約8時間 連続動作 (25℃)
質 量	約5.2kg	約2.6kg
付 属 品	ACアダプター、ハードケース、ゼロエアフィルター、保管用透明袋 各1	ACアダプター、ハードケース、ゼロエアフィルター、シリコンチューブ(φ6×φ3mm、長さ200mm)、保管用透明袋、肩掛けベルト 各1

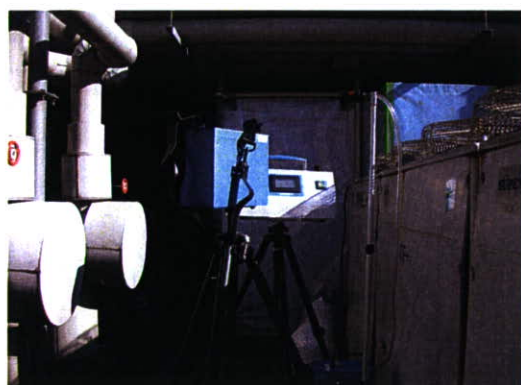


写真 14 A現場



写真 15 B現場

(倫理面への配慮)

実験室および作業現場における調査であり、人または動物を用いた研究は行わないため倫理面の問題はないと判断する。

C. 研究結果

1. 分散染色法での精度向上に係る検討

(1) 分散染色法におけるフィルターの前処理手順についての検討

① サンプルングしたフィルターのアセトン蒸気による固定方法についての検討

a. から c. のそれぞれの方法により固定したフィルターを、低温灰化装置により灰化処理し、測定対象の繊維状粒子に対応した屈折率の浸液を滴下し、カバーガラスをのせて40倍の対物レンズ付きの位相差顕微鏡により観察したところ、c. のスライドガラスに新しいフィルターをのせてアセトン蒸気で固定し、その上にサンプルング面を下にしてフィルターをのせ、さらにアセトン蒸気で固定した場合が最もきれいに分散色が確認された。

② 低温灰化装置による灰化処理の諸条件についての検討

低温灰化装置による灰化処理の諸条件については、出力は150～200W、酸素流量は出力の1/3程度、処理時間は4時間以上が適していると考えられる。しかし、それぞれの低温灰化装置の特徴を考慮し、最適な条件を求める必要があると考えられる。

(2) 形態観察および計数方法の検討

倍率40倍の分散対物レンズ付きの位相差顕微鏡により観察・計数する方法では、細い繊維を見逃す恐れがあるため、対物レンズ用レボルバに40倍の位相差対物レンズと40倍の分散対物レンズを装着し、レンズを交換しながら同一視野を交互に観察することにより精度を上げる効果が確認できた。

2. 現場で短時間にアスベスト濃度測定が可能なサンプルング装置についての検討

(1) ガラス板捕集式サンプラーの検討

ガラス板捕集による繊維数濃度は、フィルター捕集による繊維数濃度に対してかなり高い相関を示したが、(図8)ガラス板捕集率は繊維数濃度が高くなるに従って、低下する傾向が見られた。(図9)

ガラス板捕集式サンプラーでは衝突による捕集のため中心部に試料が集まり(写真16)、繊維数濃度が高くなると繊維のからまりが多くなり、計数除外が増えるためと考えられる。(写真17)

計数除外を少なくするためには、サンプルング量を考慮する必要がある。

ガラス板捕集式サンプラーではカバーガラス中心部捕集状況に注意し、サンプルングを行うことが必要になる。

(2) 静電捕集式アスベストサンプラーの検討

メンブランフィルター法による繊維数濃度は、クリソタイルが5.4～272.9(f/L)、アモサイトが53.5～289.0(f/L)であり、静電捕集式アスベストサンプラーの繊維数濃度は、クリソタイルが5.7～231.2(f/L)、アモサイトが55.7～278.3(f/L)であった。

クリソタイル標準試料でのメンブランフィルター法と静電捕集式アスベストサンプラーの繊維数濃度の回帰式は、 $y=0.91x$ であり、アモサイト標準試料での回帰式は、 $y=0.97x$ であった。



写真16. カバーガラス中心部の捕集状況

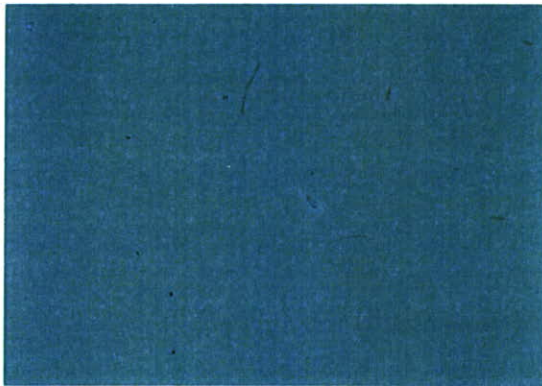


写真17. メンブランフィルターの捕集状況