

200635012A

別添2

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18年度 総括研究報告書

社団法人 日本作業環境測定協会

平成19(2007)年 3月

目 次

I. 総括研究報告

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
1. 分散染色法での精度向上のための検討	6
2. 現場で短時間で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	9
3. 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調査結果	15
4. 水練り保温材の除去作業時の現場調査結果	21
5. 石綿除去作業中の作業環境測定におけるサンプリング上の問題点	28
6. 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	30
7. 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	31

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
総括研究報告書

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 調査研究部部長

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生させ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生させ、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濃度等の測定手法を検討するとともに、計測されたデータによる評価手法についても検討をする。これまでに、石綿含有建築材料を使用した建築物の解体・改修工事の作業現場を選定し、石綿含有建築材料中の石綿の種類を調査・分析を行い、同時に石綿飛散濃度、石綿ばく露濃度の測定用の試料をサンプリングし、総繊維数と石綿含有建築材料中から飛散したと考えられる石綿繊維数を分けて計数する手法を確立した。

名古屋俊士：早稲田大学 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

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、これまでに従来の石綿濃度測定方法の改善、即ち、環境空气中に存在する繊維状粒子のうち、石綿繊維のみを選別して測定できる方法について、実用可能な手法を確立した。本方法により石綿含有建築材料を使用した建築物の解体・改修工事を行っている作業現場で測定を実施するとともに、現場で短時間にアスベスト濃度の測定が可能なサンプリング装置、リアルタイムに繊維状粒子を計数する自動計測器についても検討を行った。

## B. 研究方法

### (1) 分散染色法での精度向上のための検討

従来の分散染色法では、フィルターの灰化処理方法により明確な分散色を示さない場合があり、そのため、アスベスト濃度を低く評価する可能性が考えられる。そこで、精度を向上させるために、フィルターの前処理方法と形態観察および計数方法の検討を行った。

### (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、養生漏れ等の確認のため短時間に結果を出す必要があるため、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。

### (3) 解体・改修工事現場の測定

#### 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測定

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濃度に違いについて検討を行った。

#### ②水練り保温材の除去作業時の現場測定

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が設置された状態で作業を実施し、排気装置の効果について検討した。

(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

#### (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

リアルタイムに繊維状粒子を計数する自動計測器を2機種使用し、通常のPCM法と予備的な比較検討を行った。

##### ①FAM-7400

##### ②ARM-II

#### (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のための検討

従来の分散染色法では、フィルターの灰

化処理方法により明確な分散色を示さない場合があり、そのため、アスベスト濃度を低く評価する可能性が考えられる。そこで、精度を向上させるために、フィルターの前処理方法と形態観察および計数方法の検討を行った。

#### ①フィルターの前処理方法の検討

従来の前処理方法は、フィルターのサンプリング面を下にしてスライドグラスに固定して灰化処理を行っていたが、サンプリングしたフィルター上の繊維状粒子を2枚のフィルターで挟むように固定処理する方法に変えることで精度を上げる効果が確認できた。

#### 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ーに40倍の位相差対物と40倍の分散対物を装着し、交互に使用することにより精度を上げる効果が確認できた。

### (2) 現場で短時間で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、養生漏れ等の確認のため短時間に結果を出す必要があるため、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

空気中のアスベストを、直接カバーグラスに捕集し、トリアセチンないしは分散染色用浸液でスライドグラスに固定する方法である。フィルター捕集による繊維数濃度に対して、高い相関を示したが、繊維数濃度が高くなるに従い、低下する傾向が見られた。これは、衝突式捕集により試料が中

心に集まるため、繊維の絡まりが増加し、計数除外が増えるためと考えられる。現場の濃度に応じた適当なサンプリング時間が今後の課題となる。

#### ②静電捕集式アスベストサンプラーの検討

アスベスト等を放電電極で発生させたイオンで帯電させ、帯電したアスベスト等を放電電極と集じん電極間の電位差を用いてスライドガラス上に捕集する装置である。フィルター捕集による繊維数濃度に対して、一定の相関関係が確認されたが、実用性に向けてサンプラーの大きさ、材質等が今後の課題となる。

#### (3) 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調査結果

サンプリングポンプを使用した場合(0.1L/min、10min)と、ハンドポンプを使用した場合(0.1L)の試料採取空気量の違いにより、総繊維数濃度とアモサイト濃度に違いが見られ、ハンドポンプを使用した場合(0.1L)の方が高い値を示した。これは、試料採取空気量が多くなると繊維が重なったり、共存する粉じんの濃度が高くなり、計数の対象外となる繊維が増加することが考えられる。そのため、高濃度が予想される現場では、サンプリングポンプの流量を変えたり、ハンドポンプを使用する等の測定を実施し、計数結果に差が見られるかを調査する必要がある。また、現場で使用されている石綿飛散防止剤がサンプリング用フィルターに同時に吸引され、計数分析実施の際の障害となっている。

#### (4) 水練り保温材の除去作業時の現場調査結果

除去作業前のアモサイト繊維数濃度は全て定量下限値以下であった。また、除去作

業中の養生内のアモサイト繊維数濃度は3.3f/L、個人ばく露濃度測定によるアモサイト繊維数濃度は10.3f/Lであった。本現場では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が設置された状態で作業を実施したが、排気装置のノズルが固定されているため、3ヶ所の作業位置に近づけることが困難であったため、十分に吸引できていなかったと考えられるが、排気装置のノズルを自由に動かせるものを使用する等によりさらに効果が上がるのではないかと考えられる。

#### (5) 石綿除去作業中の作業環境測定におけるサンプリング上の問題点

石綿除去作業中に石綿の飛散を防止する方法として、「散水」や「石綿飛散防止剤」を噴霧しながら作業をすることが有効な方法であるが、石綿飛散防止剤が噴霧されている現場でメンブランフィルターに捕集する場合について他の計測機関からも聞き取り調査を行ったが、位相差顕微鏡での計数分析に妨害をもたらすことが多く、今後の計測のあり方について検討が必要であると考える。

#### (6) 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

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

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」(財)建設業労働災害防止協会、③「特に指定なし」

の3通りがあり、実際の現場では①が大部分を占めている。この方法は1985年頃米国EPAの方法に準じている。②は労働

安全衛生法による作業環境測定に準じた方法であるが作業の内容等から困難な場合が多く、また測定点多いためほとんど実施されていない。このため、石綿の除去工事実施者が測定機関に測定を依頼することが多い事も考慮して、統一した手法とする必要がある。

#### (7) 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

現在行われているPCM法は、試料の前処理等が必要なため、迅速な計数分析結果の提示は困難であるが、現場においてはその場で計数結果が要求される場合がある。そこで、リアルタイムに繊維状粒子を計数する自動計測器を2機種（FAM-7400、ARM-II）使用し、通常のPCM法と予備的な比較検討を行った。

##### ①ARM-II

PCM法との繊維数濃度関係は、平均値の値で比較するとARM-IIの数値の方が1.5倍高めに示す傾向があった。

##### ②FAM-7400

PCM法と比較すると0.94となり、ほぼ一致した値が得られた。

#### D. 考察

これまでの研究の結果、石綿測定法として作業環境測定基準で定めている、ろ過捕集法—計数分析法によって得られる総繊維数濃度測定値に対して、前処理方法を一部変更し、分散染色法により計数分析を追加して行うことにより、同一サンプルで総繊維数濃度（従来法）、無機質総繊維数濃度、石綿繊維数濃度を測定する方法を確立し、平成18年10月20日に改正されたJIS K 3850-1に反映された。

本研究で検討した、『現場で短時間でアスベスト濃度測定が可能なサンプリング装置』、『リアルタイムに繊維状粒子を計数する自動計測器』に関しても、いくつかの課題はあるものの、現場調査を重ねることにより、アスベスト測定の有効な方法として活用することができると思われる。

## 1. 分散染色法での精度向上のための検討

従来の分散染色法では、フィルターの灰化処理方法により明確な分散色を示さない場合があり、そのためアスベスト濃度を低く評価する可能性が考えられる。そこで、精度を向上させるために、フィルターの前処理方法と形態観察および計数方法の検討を行った。

### 1.1 フィルターの前処理方法の検討

#### 1.1.1 分散染色法におけるフィルターの前処理

環境空気中のアスベストを分散染色法により分析する場合、サンプリングしたフィルターを前処理してから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、計数して環境空気中の濃度を算出する。この場合、フィルターの前処理の手順は次のとおりである。

- ①測定対象の繊維状粒子の種類数に応じてフィルターをカットする。
- ②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載せてアセトン蒸気で固定する。
- ③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ュャー）で灰化処理をする。そこで、分散染色法の精度向上のため、フィルターの前処理方法について検討した。

#### 1.1.2 実験方法

##### ①サンプリングしたフィルターのアセトン蒸気による固定について

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、MILLIPORE）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
- b. サンプリ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

違うメーカーの2機種について、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。表1.1に機種A、Bの仕様を示す。

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 1.1 実験に使用した 2 機種 of 低温灰化装置の仕様

機種		A	B
チャンバー部	チャンバーの大きさ	内径 64mm 長さ 160mm	内径 153mm 長さ 250mm
	チャンバーの材質	パイレックスガラス	パイレックスガラス
	チャンバーの数	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
	出力インピーダンス	50Ω	50Ω
真空ポンプの排気量		160L/min	150L/min 以上

### 1.1.3 実験結果

#### ① サプリングしたフィルターのアセトン蒸気による固定について

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

今回実験に使用した 2 機種 of 低温灰化装置の仕様は、表 1 に示すようにチャンバーの大きさと数以外にはほとんど差はないものであった。a. については、出力が大きくなるほど処理時間は短く、また、b. については、酸素流量が多くなるほど処理時間は短くなり、どちらも灰化温度が高くなっていると考えられる。機種による差としては、機種 A は、チャンバーが 3 つあり、コンタミの懸念は少ないが、各チャンバーにより処理時間が異なり、また、チャンバーの手前と奥でも処理時間に差が見られた。機種 B は、一度に多くの検体を処理することができるが、コンタミの懸念が多少あり、機種 A と同様にチャンバー内の検体を処理する位置により、処理時間に差が見られた。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。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℃程度になると測定されている。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℃を超えると測定されている。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てしまう恐れがある。

#### 1.1.4 まとめ

今回の検討結果から、フィルターの前処理方法として、①アセトン蒸気による固定については、スライドグ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する方法が最適であることがわかった。②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、酸素流量は出力の値の 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。

## 1.2 携帯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ーに 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、交互に使用することにより精度を上げる効果が確認できた。

## 2. 現場で短時間で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

### 2.1 ガラス板捕集式サンプラーの検討

#### 2.1.1 ガラス板捕集式サンプラーの原理

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の構造を図 2.1、写真 2.1 に示した。試料を捕集するカバーガラス(MATSUNAMI 製φ25mm厚さ0.12~0.17mm)を図 2.1 のように固定し、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方法である。試料空気は吸引ポンプを使用して2L/minで捕集する方法である。

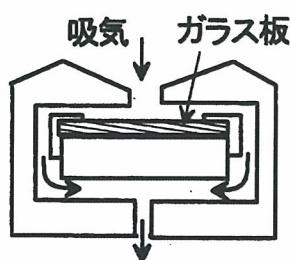


図 2.1 捕集構造の概略図

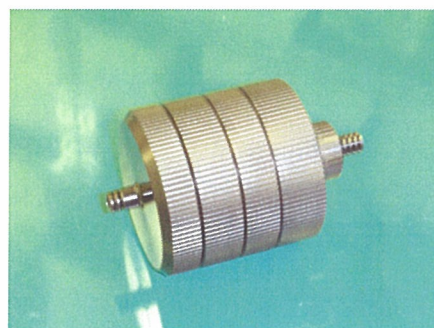


写真 2.1 ガラス板捕集式サンプラー

#### 2.1.2 試験方法

試験チャンバー内に石綿標準試料(クリソタイル:JAWE131、アモサイト:JAWE231、クロシドライト:JAWE331)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)への捕集とガラス板捕集式サンプラーによる捕集を並行して行った。サンプリング流量はいずれも2L/minで10分間の測定を行った。

メンブランフィルター法の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で行った。また、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軸に左右均等に計数した。試料の計数は、メンブランフィルター法に準じて行った。

#### 2.1.3 試験結果

図 2.2 にクリソタイル、アモサイト、クロシドライトを捕集した場合のメンブランフィルター法の繊維数濃度とガラス板捕集式サンプラーによる繊維数濃度の関係を示した。

また、図 2.3 にフィルター捕集による繊維数濃度に対するガラス板捕集比率を示した。

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、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。これは写真 2.2 および写真 2.3 を見て分かるようにガラス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、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。計数除外を少なくするためには、サンプリ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の捕集状況に注意し、サンプリングを行うことが必要になる。

#### 2.1.4 今後の課題

ガラス板捕集式サンプラーを使用する場合は、衝突式捕集により試料が中心に集まることを十分に理解することと、現場の濃度により捕集時間を適切に選択する必要がある。

また、今回は石綿の標準試料を発生させたチャンバーで実験を実施したが、石綿の除去作業には粉じんがかなり飛散するため、相対濃度計等を使用して現場の粉じん濃度を把握した上で、測定時間を決定することが重要不可欠である。このためさらに現場で実際に測定を行い石綿以外の粉じん等が計数分析に及ぼす影響を検討することと、適切なサンプリング時間の目安を確認する必要があると考えられる。

今回の検討では総繊維数濃度を計数分析したが、この方法を応用し、分散染色法用の浸液を滴下すれば石綿の種類別による計数分析が可能になると考えられる。

ガラス板捕集式サンプラーを使用する方法であればフィルターの透明化処理が不要なため、現場に位相差顕微鏡を持ち込めば短時間で計数分析結果を報告できるので有効な方法であると考えられる。

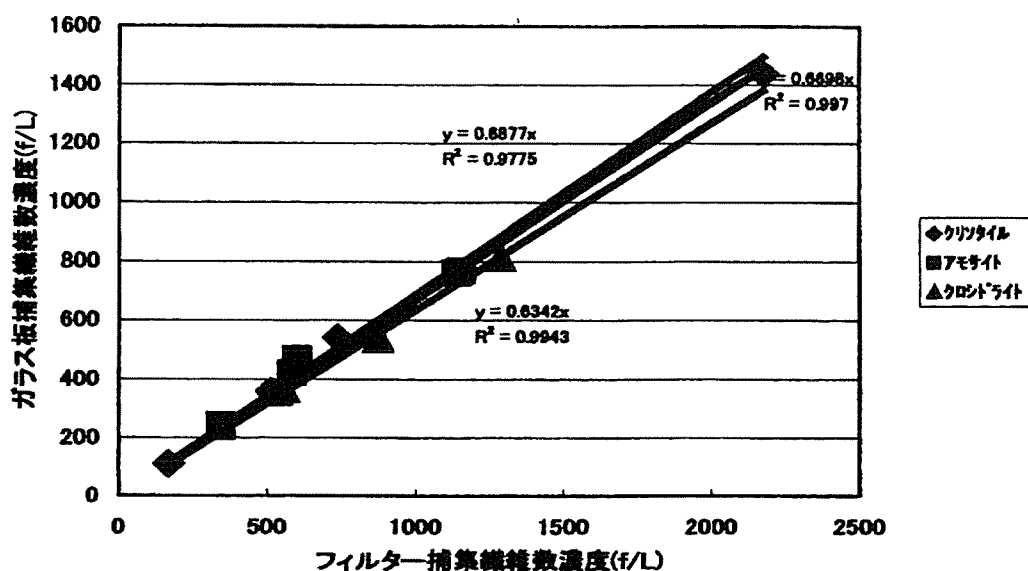


図 2.2 フィルター捕集に対するガラス板捕集の関係

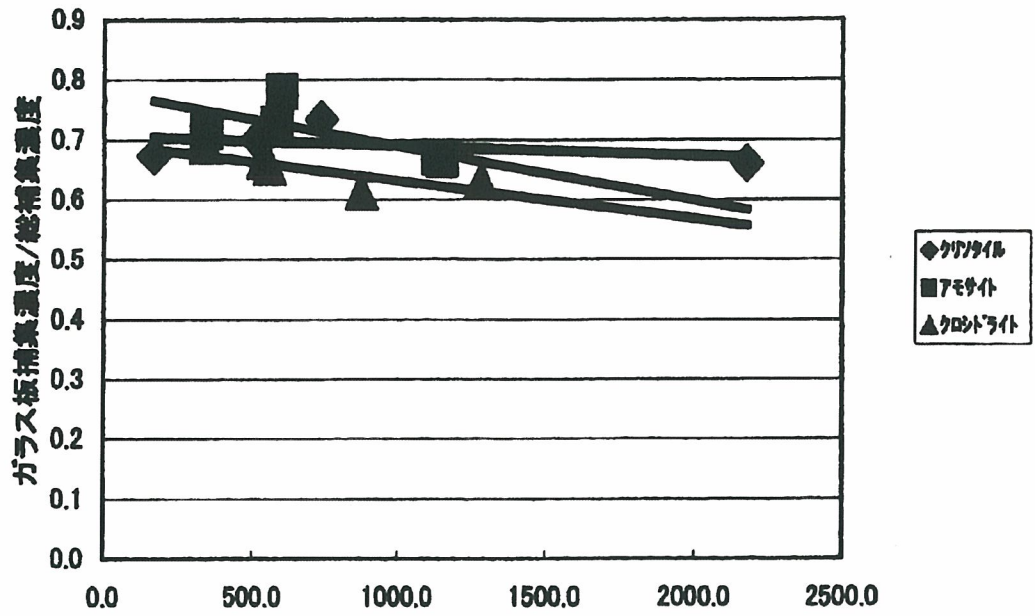


図 2.3 フィルター濃度に対するガラス捕集率



写真 2.2 カバーガラス中心部の捕集状況

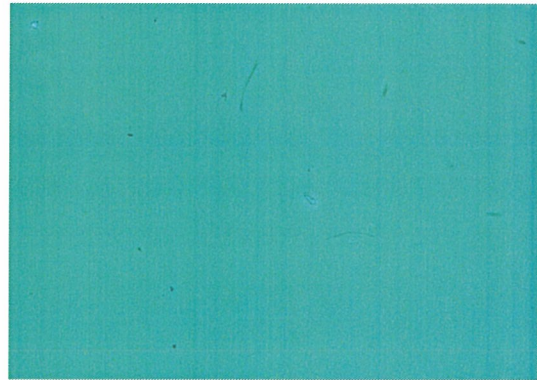


写真 2.3 メンブランフィルターの捕集状況

## 2.2 静電捕集式アスベストサンプラーの検討

### 2.2.1 静電捕集式アスベストサンプラーの原理

図 2.4 に静電捕集式アスベストサンプラーの概要を示した。本装置は、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スライドガラス上に捕集する装置である。本装置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することが可能である。この方法を用いた時の濃度の算出は、次式(1)を使用して求められる。

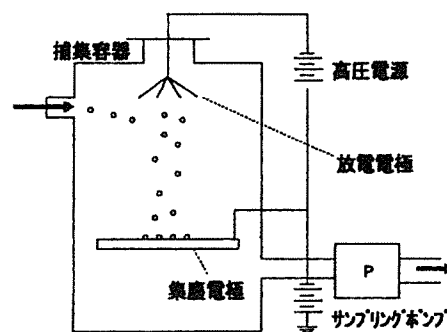


図 2.4 静電捕集式アスベストサンプラーの概要

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

$C_F$  : 繊維数濃度 (f/L)

$A$  : 採じんした面積 (メンブランフィルターの有効ろ過面積) ( $\text{mm}^2$ )

$N$  : 計数繊維の総数 (f)

$E$  : サンプル定数 (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 ( $\text{mm}^2$ )

$n$  : 計数した視野の数

$Q$  : 採気量 (L)

### 2.2.2 試験方法

試験チャンバー内に石綿標準試料（クリソタイル：JAWE131、アモサイト：JAWE231）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、透明コーティングを施したスライドガラスを装填し、捕集を並行して行った。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る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載せ、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）又は「作業環境測定ガイドブック1」による計数分析方法で行った。

### 2.2.3 試験結果

静電捕集式アスベストサンプラー使用した場合とメンブランフィルターに捕集した場合石綿（クリソタイル、アモサイト）の繊維数濃度の関係を図2.5に示した。サンプリングホルダーの繊維数濃度は、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、アスベストサンプラーの繊維数濃度はクリソタイル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とアスベストサンプラーの繊維数濃度の関係式は、 $y=0.91x$ であり、アモサイト標準試料での関係式は、 $y=0.97x$ であった。

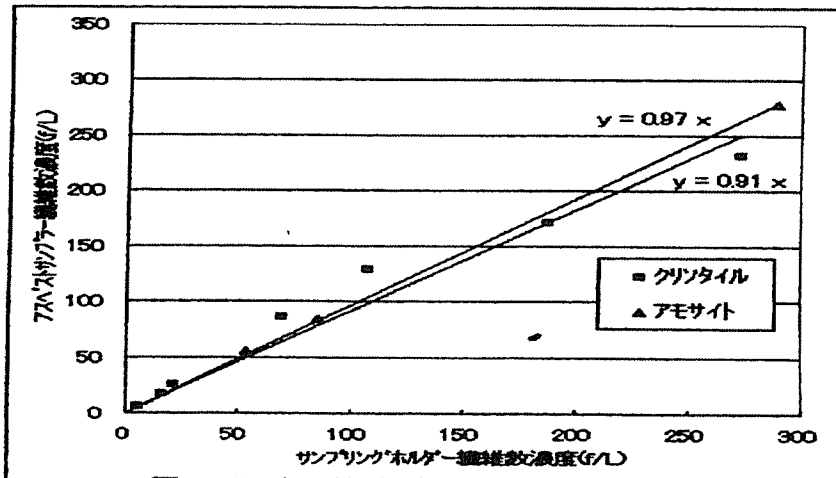


図 2.5 サンプルングホルダーとアスベストサンプラーの繊維数濃度の関係

#### 2.2.4 今後の課題

静電捕集式アスベストサンプラー使用した場合とメンブランフィルターに捕集した場合の繊維数濃度には一定の相関関係が確認された。ただし、今回の実験では石綿標準試料を用いて実施したため、実際の石綿除去作業の現場で測定を行い検証する必要があることと、実用性にむけてサンプラーの大きさや材質を検討し、小型化や軽量化して現場で取り扱いやすいようにすることが必要であると考えられる。また、集じん電極として使用するスライドガラスの厚みやコーティング材等についてさらに検討する必要があると考えられる。ガラス板捕集式サンプラーと同様に本装置もフィルターの透明化処理が不要なため、現場に位相差顕微鏡を持ち込めば短時間で計数分析結果を報告できるので有効な方法であると考えられる。



### 3. 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調査結果

#### 3.1 作業概要

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ある。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箇所あたり作業者は2名であった。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。作業場の概要を図3.1に示した。

#### 3.2 サンプルング方法

サンプルング方法は、作業環境測定基準に従って実施した。2ヶ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を6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充填し、Gilair 5（日本カノマックス㈱社製）（写真3.1）のポンプを使用して毎分0.1Lの吸引速度で連続した10分間測定した。またサンプルングポンプの同様の測定位置で、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（㈱ガステック）（写真3.2）を装着して100mlを吸引した。

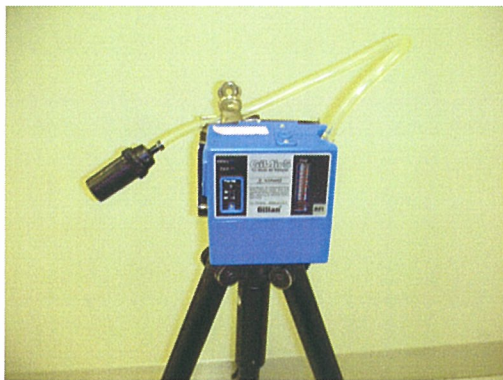


写真3.1 使用したサンプルングポンプ



写真3.2 使用したハンドポンプ

#### 3.3 分析方法

サンプルング後の試料の分析方法は、次のとおり実施した。

##### 3.3.1 石綿濃度の分析

サンプルング後のフィルターの前処理方法及び計数分析方法は、J AWE法<sup>※1</sup>により実施した。（※1 社団法人 日本作業環境測定協会が発行している作業環境測定ガイドブック 1 鉱物性粉じん関係に記載の方法）

サンプルング終了後のφ25mm白色メンブランフィルターは4等分した。

また、計数分析に使用した機器は、オリンパス BX51である。

### (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載せ、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。

分析条件は、ろ紙の有効径が直径22mm、計数視野の直径は0.3mm、計数した視野数は50である。

### (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載せ、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載せ、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。次に透明化したスライドガラスは、Plasma Reactor PR-31を使用して、低温灰化処理を行った。

(設定条件は、出力電力は200W、反射電力は8W以下、酸素流量を70mL/minとし、4時間以上とした。)

低温灰化処理が終了した試料については、アモサイトは、屈折率 $n_D=1.690$ 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。

分析条件は、ろ紙の有効径が直径22mm、計数視野の直径は0.3mm、計数した視野数は50である。

なお、石綿含有建築材料中の石綿含有率の分析はJISA1481「建材中のアスベスト含有率測定方法」に従って実施した。石綿含有建築材料の分析結果を表3.1に示した。

表 3.1 石綿含有建築材料の石綿含有率結果

建材の部位	クリソタイル含有率 (%)	アモサイト含有率 (%)	石綿含有率 (%)
柱鉄骨吹付け材	0.20	6.31	6.51
外壁 (部屋側)	0.39	1.57	1.96
外壁 (外側)	0.19	0.88	1.07

ガラス窓

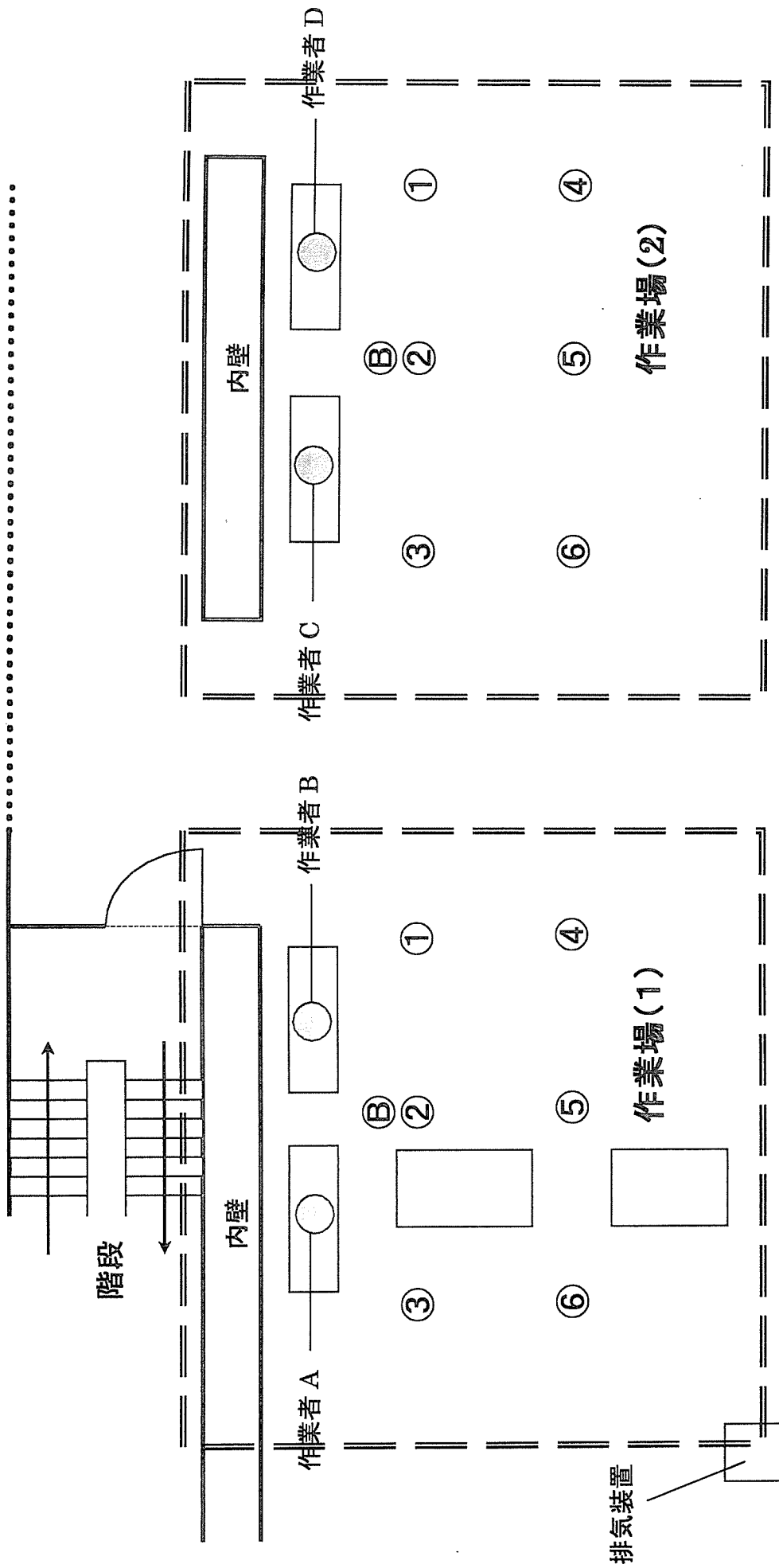


図 3.1 作業場所の概要

#### 4. 分析結果

表 3.2、表 3.3 に外壁取り外し作業における総繊維数濃度とアモサイト濃度を示した。作業場 (1)、(2)とも試料採取空気量の違いにより、総繊維数濃度、アモサイト濃度に違いが見られ、吸引空気量が 0.1L のほうが高い値を示した。これは、試料採取空気量が多くなると繊維が重なったり、粒子が付着する可能性が高くなり、計数対象外となってしまうことが考えられる。

今回サンプリングポンプを使用した時の吸引空気量は毎分 0.1L に設定して実施したが、作業環境測定基準に従って継続した 10 分間の測定を実施したため、空気量を多く採取しすぎてしまったことが考えられる。

また、今回の作業内容は外壁の撤去作業であったが、石綿吹付け材の撤去作業の場合にはかなりの高濃度が予想されるため、作業環境測定基準に従った方法では正確な繊維数濃度が計数できない場合が予想される。今後の課題としては、吹付け作業の石綿除去作業時にサンプリングポンプの流速をかえたり、ハンドポンプを使用する等の測定を実施し、計数結果に差異がみられるかを調査する必要があると考えられる。

表 3.2 外壁取り外し作業場 (1)

測定点	総繊維数濃度 (f/cm <sup>3</sup> )		アモサイト濃度 (f/cm <sup>3</sup> )	
	試料採取空気量 (L)		試料採取空気量 (L)	
	吸引ポンプ 1.0	ハンドポンプ 0.1	吸引ポンプ 1.0	ハンドポンプ 0.1
1	2.6	4.3	0.7	1.1
2	12.8	23.9	2.6	5.4
3	14.1	26.1	2.2	9.8
4	10.0	15.2	2.0	4.3
5	11.7	13.0	2.0	3.3
6	7.0	109	1.3	2.3
幾何平均	8.5	13.4	1.7	3.5
B測定	10.6	27.7	0.4	8.7