

201425004A

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

がれきの処理作業など短期間作業にも対応可能なアスベスト
の簡易測定方法の開発

平成26年度 総括研究~~年度終了~~報告書

研究代表者 鈴木 治彦

平成27(2015)年 4月

目 次

I. 総括研究報告書

がれきの処理作業など短期間作業にも対応可能なアスベストの簡易測定方法の開発のための調査研究	-----	1
A. 研究目的	-----	2
B. 研究内容又は研究項目	-----	3
C. まとめ	-----	24
D. 健康危険情報	-----	25
E. 研究発表	-----	25
F. 知的財産権の出願・登録状況	-----	25

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

がれきの処理作業など短期間作業にも対応可能なアスベストの簡易測定方法の開発
のための調査研究

研究代表者 鈴木 治彦 公益社団法人 日本作業環境測定協会
事業推進部 部長代理

研究要旨：解体現場等や被災地におけるがれき処理作業に伴い二次的に飛散したアスベスト繊維を吸引する危険性があり、がれき処理労働者の健康影響を考慮すれば、作業時のアスベスト濃度を正確に把握する必要がある。作業時の石綿濃度測定用機器としてリアルタイムファイバーモニター(以下「リアルタイムモニター」という)があるが、がれき処理で飛散する可能性がある繊維状粒子の種類は、当該現場で使用されていたアスベストとアスベスト以外の繊維状粒子として「①有機質繊維（植物繊維や保護衣を着たり脱いだりした時の作業服等の衣服から飛散する繊維）」と「②無機質繊維（人造鉱物繊維：ロックウール等）」が考えられ、リアルタイムモニターの計測値はこれらの繊維状粒子の全てを含んだ総繊維数濃度として表示される。そこでリアルタイムモニターの検出器に取り込まれる前に①及び②の繊維状粒子を除去する前処理を行い、これらを除去した状態でリアルタイムモニター内に取込むことが可能になれば、リアルタイムモニターの計測値はアスベスト繊維の値と考えられる。

そこで、リアルタイムモニターで計測値が「アスベスト繊維」にほぼ等しくなるために、アスベスト繊維以外の「①有機質繊維」と「②無機質繊維」を除去する手法の検討を行った。

平成 24 年度に「①有機質繊維」を除去する方法の検討を行い、最適条件を検討することができたため、平成 25 年度は、「②無機質繊維」の除去装置の設計・開発を中心に実験・検討を行った。

平成 26 年度は平成 24 年度に検討した「①有機質繊維」を除去する方法と平成 25 年度に検討した「②無機質繊維」を除去する方法を組み合わせることで「①有機質繊維」と「②無機質繊維」を除去する前処理装置について検討した。

小西 淑人：(株)エフアンドエー
テクノロジー研究所
代表取締役社長

藪田 十司：北里大学 医療衛生学部
衛生管理学教室 専任講師

寺田 和申：公益社団法人
日本作業環境測定協会
精度管理センター 技術係長

A. 研究目的

平成 17 年 2 月に制定された石綿障害予防規則に基づき現在、アスベスト含有建材や工作物等の事前調査や解体・改修等作業が実施されている。

解体・改修等作業実施にあたっては、「建築物の解体等工事における石綿粉じんのばく露防止マニュアル」(建設業労働災害防止協会)や「公共建築物改修工事標準仕様書(建築工事編)」「建築改修工事監理指針」(国土交通省大臣官房官庁営繕部)、「建築物の解体等に係る飛散防止対策マニュアル 2011」(環境省水・大気環境局大気環境課)、平成 24 年 5 月 9 日付け基発 0509 第 10 号で「建築物等の解体等の作業での労働者の石綿ばく露防止に関する技術指針の制定について」(厚生労働省)が示されている。また、分析技術の進歩によりアスベストを特定して計数する分散染色法等も確立されてはいるものの、基本的な考え方は、ろ過捕集方法で現場の試料空気を捕集し、位相差顕微鏡等によって総繊維数を計数し、総繊維数濃度を求めることとなっている。しかしながら、これらの測定法では、捕集から分析結果がでるまでに数日程度の時間を要することとなる。

平成 23 年 3 月に東日本大震災が起き、広範囲にわたる地域で甚大な被害が発生し、多くの建築物が損壊するとともに莫大な量の災害廃棄物が発生したところである。これらの廃棄物中にはアスベストの含有が疑われる建材等も含まれている可能性があることから、がれき処理現場や集積場付近におけるアスベストの飛散状況を把握することは周辺住民への不安解消や、そこで作業する作業者のアスベストばく露を防止する

観点においても重要である。

そこで厚生労働省と環境省は「東日本大震災アスベスト対策合同会議」を設置した。この委員会の中では、被災のあった県から要請のあった測定地点について定期的に総繊維数濃度等の測定を行い、アスベストの飛散状況を把握しているところである。これらの調査を実施していく中で、アスベストの飛散が認められた現場がいくつか報告されている。

報告のあった現場の地点分類は主にがれき集積場よりも、その殆どはアスベスト含有建材が使用されている建築物等の解体・改修等の作業現場でのアスベストの漏洩・飛散である。

解体・改修等作業実施中のアスベストの飛散状況に関する現行の調査方法では、前述の通り現場でのサンプリングから分析結果を入手するまでに数日程度時間がかかるため、現状では解体工事中の設備の不備やアスベストの飛散状況の把握や対策を講じることが困難となっており、法令を遵守した適切な工事を実施するためにはリアルタイムでの測定結果の把握が求められている。

「東日本大震災アスベスト対策合同会議」においても厚生労働省・環境省ともにいくつかの解体現場においてリアルタイムモニターを設置し、アスベストの飛散が認められるか否かの判断材料として活用されている。

また、建築物解体作業時における施工業者の自主管理方法の一つとしても現在データを収集し、現場での検証を実施しているところである。

リアルタイムモニターは、セキュリティゾーン前の出入り口付近と集じん・排気

装置の排気口の出口付近に設置し、試料空気環境を計測、管理することが望ましいとされている。

また、被災地におけるがれき処理作業では、がれきにアスベストが含まれている可能性があり、がれき処理作業者のばく露状況を判断する測定器として重要であると考ええる。

しかし、現状のリアルタイムモニターを東日本大震災の被災地におけるがれき処理作業場で使用した場合、アスベスト繊維の他に、有機質繊維である「木片」や「衣類・布団等の寝具の繊維」等の「動植物由来の繊維」や「人造繊維」、ロックウールに代表される無機質繊維としての「人造鉱物繊維」、が混在することが考えられる。

リアルタイムモニターはこれら全てを繊維状粒子として計測してしまうことが予想される。このため、リアルタイムモニターに表示される数値をそのまま取り扱うと過大評価となってしまうことから、費用等の面からもアスベストのみをリアルタイムで測定できる計測器が求められている。しかしながら、市販されている計測器ではアスベストのみをリアルタイムで計測できるものはない。

そこで、「有機質繊維」並びに「無機質繊維」を除去する方法を開発することにより、計測された繊維状粒子が、アスベストのみの数値となることが可能となる。

本研究では、アスベストのみを計測するためのリアルタイムモニターの前処理方法等を検討することを目的に実施することにする。

B. 研究内容又は研究項目

I. 研究の推移

1. 平成 24 年度

有機質繊維を除去する方法について検討し、加熱炉の使用により良好な結果が得られた。

2. 平成 25 年度

無機質繊維を除去する方法について検討し、超音波ネブライザーによるギ酸ミストの発生装置を試作し、被検空気中の無機質繊維を除去することが可能となった。

3. 平成 26 年度

平成 26 年度は、平成 24 年度及び平成 25 年度に開発した有機質繊維除去方法、無機質繊維除去方法の両者を連結し、前処理装置としての可能性について検討を行った。

II. 前処理装置検討のための予備試験

1. 平成 25 年度に実施した無機質繊維除去方法に関する追加試験

前処理装置としての検討に先立って、平成 25 年度に開発した無機質繊維除去方法に関する追加実験を実施した。

平成 25 年度に開発した無機質繊維除去装置の外観を写真 1 に示した。

また、ギ酸ミスト発生部分の外観を写真 2 に示した。

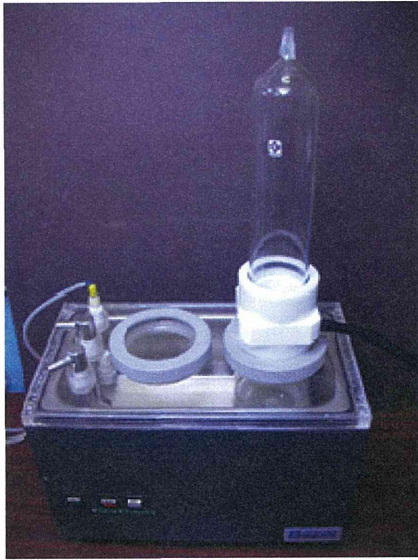


写真1 無機質繊維除去装置の外観

2L/min の移動空気相は写真2の導入部からガラス容器の上部に向かって流れる機構とした。

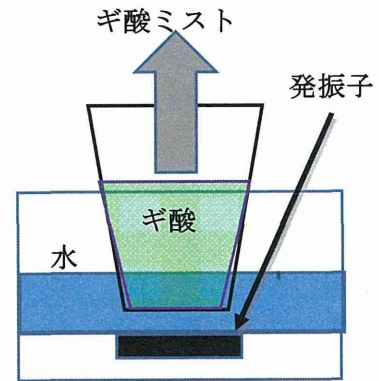


図1 ギ酸ミスト発生方法の概要



写真2 ミストの発生部分の外観

移動空気相の導入部の機構を写真3に示した。写真3に示すように、容器の中に入る移動空気相は、やや斜め上にむかって容器の壁に沿って上部に向かって流れ、図2に示すような「うず流効果」を発生させ、ギ酸ミストと繊維状粒子が含まれる移動空気相が接触することで、無機質繊維（ロックウール）を溶解させることにした。

ギ酸ミストを発生させる発振子の振動数は1.7MHを使用し、図1に示すように水を使用してギ酸が入っている容器に振動を伝えて、ギ酸溶液をミスト化する機構とした。

リアルタイムモニターの吸引流量は2L/minであることから、ギ酸ミストをこの流量を利用して吸引することとした。

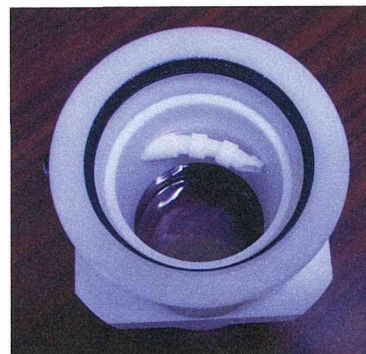


写真3 吸引流量の導入部の機構

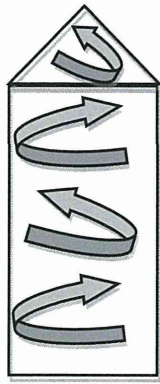


図2 ギ酸ミスト混合部分の空気の流れ

次にこの無機質繊維除去装置の性能評価試験を実施した。この装置を通過した移動空気相は水分が含まれていることから、この移動空気相を乾燥させる必要がある。

そこで、平成 24 年度に有機質繊維除去処理装置として検討した改造型管状電気炉を接続して水分を蒸発させることとした。

改造型管状電気炉の条件は、平成 24 年度に有機質繊維が最も効率良く除去できた移動空気相 660℃（電気炉の設定温度 850℃）に設定して実験を実施した。

図 3 にサンプリング系統図を示した。また写真 4 から写真 8 に各装置と全体の装置の外観を示した。

これらの装置を接続してアスベストはクリソタイル、無機質繊維はロックウールを発生させ、ギ酸ミスト発生装置の最適条件を検討した結果、通常の AC 電源の電圧より、少し低い実測値 97V でギ酸ミストを発生させることでクリソタイルの残存率が平均 97.5%、ロックウールの除去率が平均 87.7%となる条件を最適条件とした。

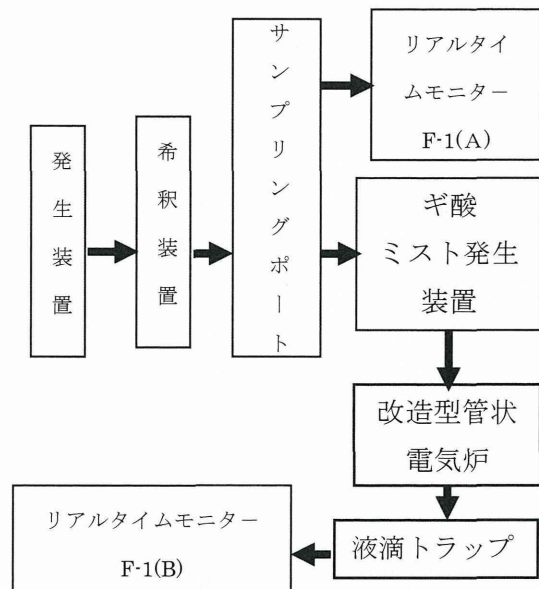


図 3 サンプリング系統図

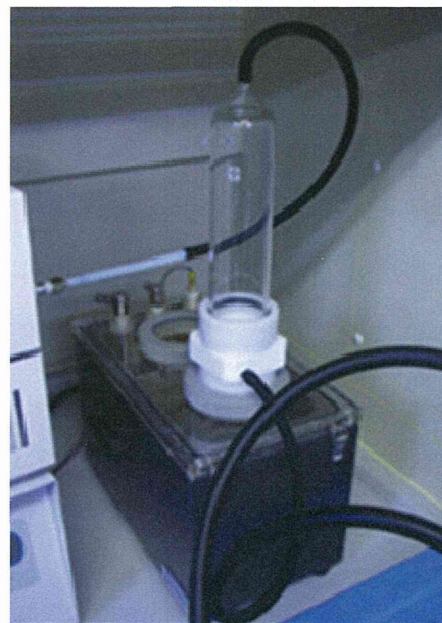


写真 4 サンプリング系統図
(無機質繊維除去処理装置)

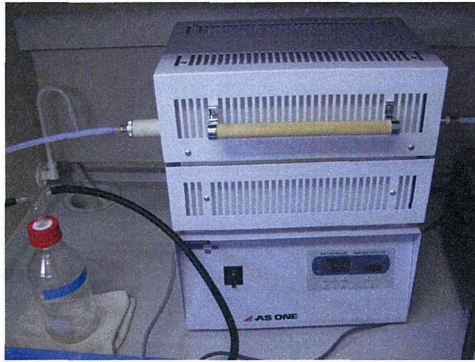


写真5 サンプルング系統図
(加熱装置：改造型管状電気炉)



写真6 サンプルング系統図
(冷却部分：液滴トラップ)

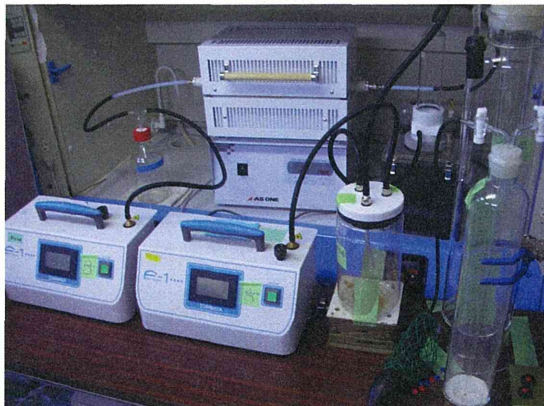


写真7 サンプルング系統図 (全体写真)



写真8 サンプルング系統図 (全体写真)

そこで平成 26 年度は、平成 25 年度に実施した図 3 に示したサンプルング系統図に基づき、角閃石系のアスベストとしてアモサイト、有機物質繊維としてパルプを発生させて、アモサイトの残存率とパルプの除去率の追加実験を行った。

(1) アモサイトの評価実験

①. 実験方法

実験方法は、図 3 に示したサンプルング系統図に基づいて実施することとした。

実験に使用した角閃石系のアスベストは、南アフリカのトランスバール州産のアモサイトを使用した。アモサイトを発生装置に入れて発生させ、アモサイトの残存率を確認した。

移動空気相の温度を約 660℃ (改造型管状電気炉の設定温度 850℃) とし、測定時間は 11 分とした。1 分間経過後の値および 11 分間値を計測し、11 分間値から 1 分間を差し引いた 10 分間値を求めた。これは、サンプルングポートからギ酸ミスト混合部分を経てリアルタイムモニターに達して計測、表示するまでの時間とサンプルングポ

ートから直接リアルタイムモニターに繊維が移動し計測するまでのサンプリングポートからリアルタイムモニターまでの移動時間を考慮して、10分間値を求め、両者の割合を比較した。

(2) 有機質繊維の評価試験

① 実験方法

有機質繊維は「パルプ」を使用し、パルプを発生装置に入れて発生させ、(1)と同様のサンプリング系統図で実験を行ない、パルプの除去率を確認した。

(3) 実験結果

① アモサイトの評価実験結果

表1にアモサイトの残存率を示した。繰り返し回数5回の残存率の平均は96.2%であり、角閃石系のアスベストであっても、平成25年度に検討した実験条件で90%以上の残存率が確保できることがわかった。

表1 アモサイトの残存率

アモサイト	表示値(カウント)		残存率 (B/A) × 100 割合%
	F-1:A	F-1:B	
1回目	180	145	80.6
2回目	281	261	92.9
3回目	367	324	88.3
4回目	177	182	102.8
5回目	139	162	116.5
平均			96.2
標準偏差			13.9
変動係数(%)			14.5

② 有機質繊維の評価実験結果

表2に有機質繊維であるパルプ繊維を使用した時の除去率を示した。繰り返し回数5回のパルプの除去率の平均は96.0%であった。

この装置は無機質繊維であるロックウ

ールを溶解するための除去装置として開発したが、平成24年度に検討した有機質繊維を除去する設定条件における電気炉を組合せていることから有機質繊維に対しても95%以上を除去することができることが判明した。

表2 パルプの除去率

パルプ	表示値(カウント)		除去率 [1-(B/A)] × 100割合%
	F-1:A	F-1:B	
1回目	21	0	100.0
2回目	41	0	100.0
3回目	31	2	93.5
4回目	40	2	95.0
5回目	59	5	91.5
平均			96.0
標準偏差			3.9
変動係数(%)			4.0

III. 有機質繊維除去と無機質繊維除去の両者の組み合わせによる前処理装置の開発

平成24年度の有機質繊維を除去する方法と平成25年度は無機質繊維を除去する方法及び今年度の追加実験結果を踏まえて、各装置を連結し、前処理装置としての可能性について検討を行った。

図4に有機質繊維除去装置、無機質繊維除去装置の各装置の構成を示した。

移動空気層に熱をかける電気炉の設定温度条件は同じではあるが、それぞれの繊維を除去する装置として考えた場合、有機質・無機質繊維除去前処理装置としての装置の構成は、図5に示す場合が最も効果的な構成である。

アスベスト含有建材等を含む解体現場ではそれぞれの繊維が単独で存在していることは考えにくいいため、現場における繊維

の飛散状況を考慮して、各段階で処理することが有効である。まず有機質繊維は入口側の電気炉を通過することで、繊維形態を変質又は消失させる。

無機質繊維のロックウールは、耐熱性のために電気炉を通過しても繊維形態を変質や消失させることはできない。

ここを通過したロックウールはギ酸ミスト発生装置を通過することでギ酸により繊維を溶解・消失させ、出口側の電気炉で移動空気層を乾燥する。

一方、アスベストはこれらの装置の影響を受けずに各装置を通過し、リアルタイムモニターに到達すると考えられる。

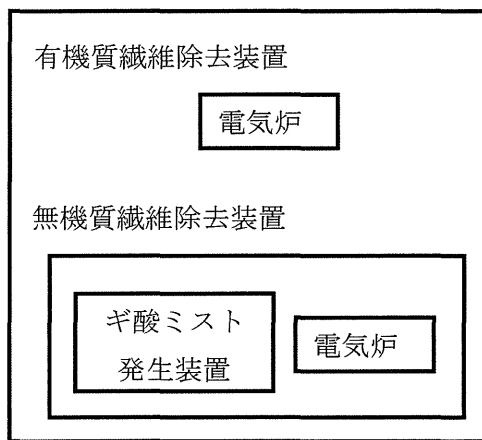


図4 除去処理装置の構成

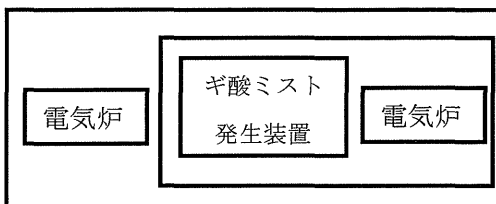


図5 有機質・無機質繊維除去処理装置の構成

(1) 有機質繊維除去装置・無機質繊維除去装置の連結に関する評価実験

①実験方法

有機質繊維除去装置・無機質繊維除去装置の連結に関する評価のための実験として、図6に示すサンプリング系統図で実験を実施した。

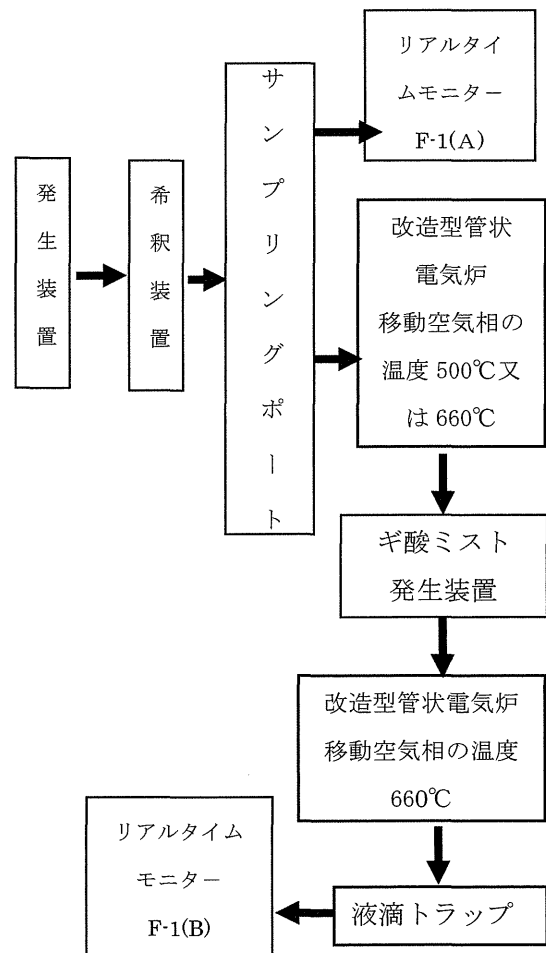


図6 サンプリング系統図

また、各装置の概要を写真9から写真13に示した。



写真9 発生装置からサンプリングポートまでの概要



写真11 有機質繊維除去処理装置の概要（電気炉部分）

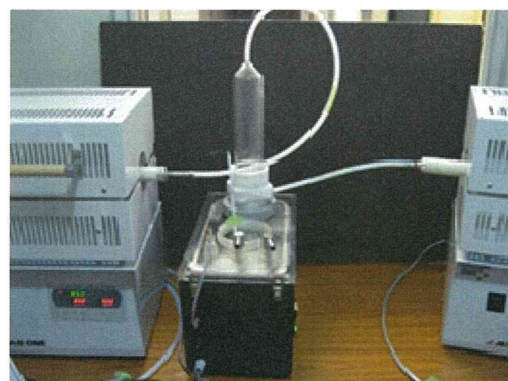


写真12 無機質除去処理装置の概要（ギ酸ミスト発生装置）



写真10 有機質・無機質除去処理装置の概要（全景）

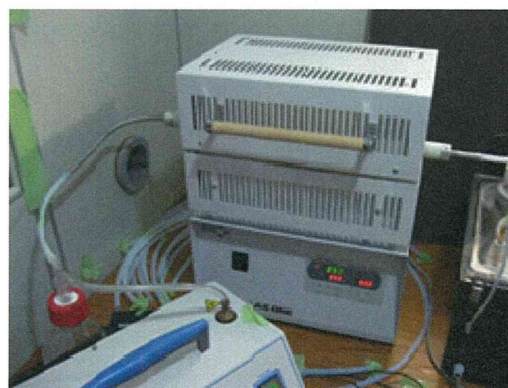


写真13 無機質除去処理装置の概要（電気炉部分）

平成 24 年度、25 年度は各装置を単独で実験したため、ギ酸ミスト発生装置の前に改造型管状電気炉を接続した場合の実験は実施していない。前処理装置として連結した場合、移動空気層が 600℃を超える場所が 2 か所になることから、熱の影響を受けやすいクリソタイルを発生させて残存率を確認することにした。

無機質除去処理装置の条件は平成 25 年度の実験条件を変更せずにギ酸ミスト発生装置の発生状況は AC 電源の電圧を 10% 低下させた実測値 97V とし、10% のギ酸を使用してミストを発生させた。移動空気層の温度は約 660℃（改造型管状電気炉の設定温度 850℃）とした。

入口側の有機質除去処理装置としての電気炉の設定温度は、平成 24 年度の検討では、700℃（移動空気相の温度 500℃）、850℃（移動空気相の温度 650℃）について検討を行い、移動空気相の温度 650℃が最適条件であると結論つけたが、ネブライザーへの温度の影響を考慮して、クリソタイルの残存率がほぼ同じであった 700℃（移動空気相の温度 500℃）を含めた設定温度条件で実験し、改めて最適条件を検討することにした。

測定時間は 11 分とし、1 分間経過後の値、11 分間値を計測し、11 分間値から 1 分間を差し引いた 10 分間値を求めた。これは、サンプリングポートからギ酸ミスト混合部分を経てリアルタイムモニターに達して計測、表示するまでの時間とサンプリングポートから直接リアルタイムモニターに繊維が移動し計測するまでのサンプリングポートからリアルタイムモニターまでの移動時間を考慮して、10 分間値を求め、両者の割

合を比較した。

なお、図 7 にサンプリングポートからの系統図を示した。サンプリングポートからの出口を A、B とした場合、B からの配管は、リアルタイムモニター（F-1（A））に接続するだけであるが、A からの配管がリアルタイムモニターまでに達するまでの間に 4 か所の装置を通過することになる。そこで、これらの装置が接続されることで負荷がかかり、通常リアルタイムモニター（F-1（B））が吸引している 2L/min の吸引流量が確保できているかの確認を行った。また図 7 のサンプリングポートの A と B に接続するリアルタイムモニター（F-1(A) と F-1(B)）を入れ替えて接続してそれぞれの吸引流量及び流速を測定した。

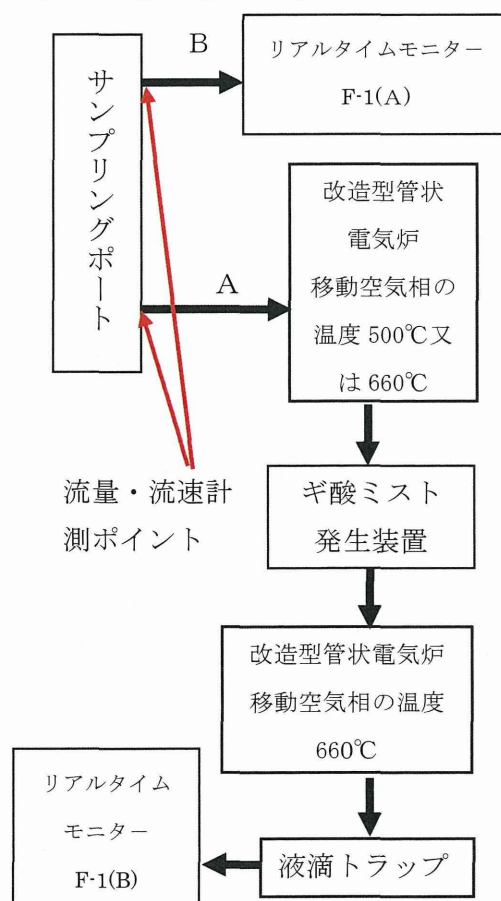


図 7 サンプリング系統図

図7に示したポイントで計測した流量と流速の結果と、リアルタイムモニターの表示画面により表示されたそれぞれのF-1の流量の表示値を表3、表4に示した。

2か所のポートからの入口側における流量と流速には大きな差は認められなかった。

また、図7の計測ポイントの流量の実測値とリアルタイムモニターの表示値の関係についても、実測値の小数第2位を四捨五入するとほぼF-1が表示した流量と同じであることから、特に流量補正は実施せずに実験を行うこととした。

表3 装置の接続による流量の確保状況

ポートの入り口	機器	風速 (m/s)	流量		装置の接続状況
			実測値 (L/min)	F-1表示値 (L/min)	
A	F-1(B)	0.38	2014	2.0	除去処理装置とF-1
B	F-1(A)	0.43	2025	2.0	F-1のみ

表4 装置の接続による流量の確保状況

ポートの入り口	機器	風速 (m/s)	流量		装置の接続状況
			実測値 (L/min)	F-1表示値 (L/min)	
A	F-1(A)	0.45	1.970	2.0	除去処理装置とF-1
B	F-1(B)	0.41	2.046	2.0	F-1のみ

③ 実験結果

表5に移動空気相 660℃（電気炉の設定温度を 850℃）にした場合、表6に移動空気相 500℃（電気炉の設定温度を 700℃）にした場合のクリソタイルの残存率（繰り

返し回数 5 回）の結果を示した。

表5、表6より移動空気相 500℃（電気炉の設定温度 700℃）の場合に比べて移動空気相 660℃（電気炉の設定温度 850℃）の場合はクリソタイルの残存率が著しく低い値を示した。

これは、移動空気相の温度が 660℃になる部分を2か所通過することにより、クリソタイルの結晶水が減少し、繊維形態が変化して、リアルタイムモニターとしての計数対象繊維から除外されてしまったものと思われる。

この結果から、移動空気層の温度が約 500℃（電気炉の設定温度 700℃）の方が前処理装置として最適の条件であると判断した。

表5 移動空気相 660℃
（電気炉の設定温度 850℃）の結果

クリソタイル	表示値(カウント)		残存率 (B/A) × 100 割合%
	F-1K:A	F-1K:B	
1回目	141	80	56.7
2回目	167	81	48.5
3回目	300	216	72.0
4回目	149	76	51.0
5回目	178	90	50.6
平均			55.8
標準偏差			9.6
変動係数(%)			17.2

表6 移動空気相 500℃
（電気炉の設定温度 700℃）の結果

クリソタイル	表示値(カウント)		残存率 (B/A) × 100 割合%
	F-1K:A	F-1K:B	
1回目	208	166	79.8
2回目	303	254	83.8
3回目	207	189	91.3
4回目	160	181	113.1
5回目	123	143	116.3
平均			96.9
標準偏差			16.8
変動係数(%)			17.4

(2) 前処理装置の構成状況に係る評価

実験

①実験方法

(1) のクリソタイルを発生させた実験の結果、入口側の電気炉の移動空気相の温度が 660℃よりも 500℃の方が残存率は高いことがわかったことから、前処理装置としての入口側の移動空気相の温度を 500℃（電気炉の設定温度 700℃）として、他の繊維についても除去率や残存率を確認することとした。

実験には

①無機質繊維（ロックウール）

②有機質繊維（パルプ）

を使用した。

また、アスベスト、有機質繊維、無機質繊維を混合させ、実際の現場において考えられる組み合わせに近い繊維を発生させて実験を行うことにした。

クリソタイル、アモサイト、ロックウール、パルプの 4 種類の繊維を以下の通り 3 種類混合した。

混合繊維の組合せは

③『クリソタイル』と『ロックウール』と『パルプ』

④『アモサイト』と『ロックウール』と『パルプ』

として実験を行った。

測定時間は 11 分とし、1 分間経過後の値、11 分間値を計測し、11 分間値から 1 分間を差し引いた 10 分間値を求めた。これは、サンプリングポートからギ酸ミスト混合部分を経てリアルタイムモニターに達して計測、表示するまでの時間とサンプリングポートから直接リアルタイムモニターに繊維

が移動し計測するまでのサンプリングポートからリアルタイムモニターまでの移動時間を考慮して、10 分間値を求め、両者の割合を比較した。

また、③および④の混合繊維の分析は、リアルタイムモニターによる測定以外に 2 台リアルタイムモニターのバックアップフィルターを位相差顕微鏡と電子顕微鏡で分析し、有機質・無機質前処理装置の効果を確認することにした。

②実験結果

表 7 に①無機質繊維（ロックウール）を発生させた時の除去率、表 8 に②有機質繊維（パルプ）を発生させた時の除去率を示した。ロックウール、パルプともに 5 回繰り返して実施した。ロックウールの 5 回の除去率の平均値は 98.9%、パルプの 5 回の除去率の平均値は 98.7%であり、この装置を通過することで、ほぼ 100%の近くの有機質繊維のパルプや無機質繊維のロックウールが除去できることがわかった。

表 7 ①無機質繊維（ロックウール）を発生させた結果

ロックウール	表示値(カウント)		除去率 [1-(B/A)]×100割合%
	F-1K:A	F-1K:B	
1回目	137	2	98.5
2回目	617	11	98.2
3回目	390	5	98.7
4回目	245	1	99.6
5回目	140	1	99.3
平均			98.9
標準偏差			0.6
変動係数(%)			0.6

表 8 ②有機質繊維（パルプ）を発生させた結果

パルプ	表示値(カウント)		除去率 {1-(B/A)}×100割合%
	F-1K:A	F-1K:B	
1回目	99	2	98.0
2回目	58	2	96.6
3回目	244	2	99.2
4回目	184	0	100.0
5回目	93	0	100.0
平均			98.7
標準偏差			1.5
変動係数(%)			1.5

次に表 9 に混合繊維③（クリソタイルとロックウールとパルプ）と表 10 に混合繊維④（アモサイトとロックウールとパルプ）を混合させて発生させた結果を示した。

表 9 の混合繊維③の結果から繰り返し回数 5 回の残存率は、24.6%であり、表 10 の混合繊維④の繰り返し回数 5 回の残存率は 66.3%であった。混合繊維に関しては、3種類の繊維を均一に発生させることが難しいため、各繊維の割合は表示値の残存率からは判断することはできない。このため繊維状の形状を判断するために、リアルタイムモニターのバックアップろ紙をアセトン蒸気で透明化处理してトリアセチンで固定したプレパラートを作製して、位相差顕微鏡で形態を観察した。写真 14 から写真 29 に混合繊維③位相差顕微鏡写真（総合倍率 100 倍並びに 400 倍）、写真 30 から写真 45 に混合繊維④位相差顕微鏡写真（総合倍率 100 倍並びに 400 倍）、写真を示した。

表 9 混合繊維③の結果
(クリソタイルとロックウールとパルプ)

(混合) クリソタイル パルプ ロックウール	表示値(カウント)		残存率
	F-1K:A	F-1K:B	
1回目	348	55	15.8
2回目	341	74	21.7
3回目	553	119	21.5
4回目	358	151	42.2
5回目	424	92	21.7
平均			24.6
標準偏差			10.2
変動係数(%)			41.3

表 10 混合繊維④の結果
(アモサイトとロックウールとパルプ)

(混合) アモサイト パルプ ロックウール	表示値(カウント)		残存率
	F-1K:A	F-1K:B	
1回目	619	384	62.0
2回目	469	323	68.9
3回目	423	246	58.2
4回目	46	37	80.4
5回目	503	312	62.0
平均			66.3
標準偏差			8.8
変動係数(%)			13.3

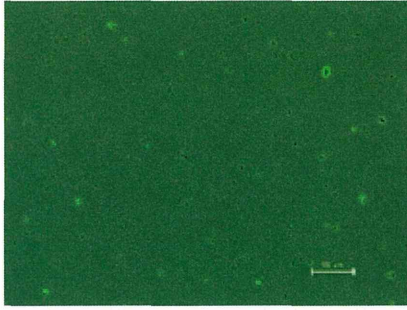


写真 14 ポートの入り口 (1)
(総合倍率 100 倍)

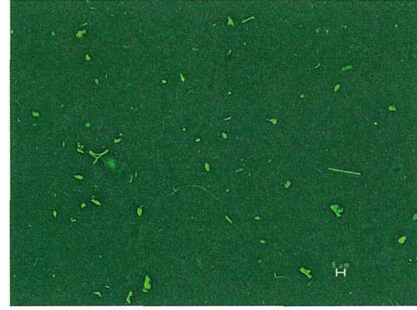


写真 15 ポートの入り口 (1)
(総合倍率 400 倍)



写真 16 除去装置通過後 (1)
(総合倍率 100 倍)

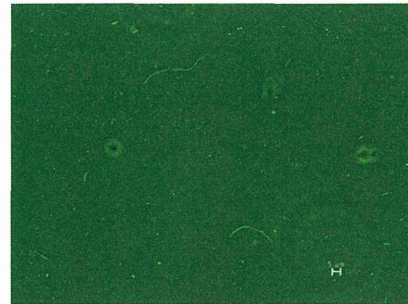


写真 17 除去装置通過後 (1)
(総合倍率 400 倍)

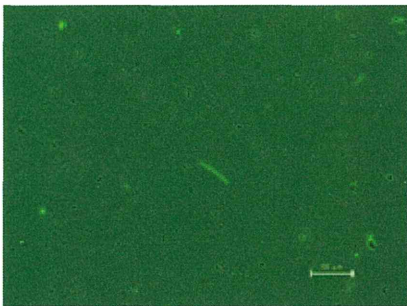


写真 18 ポートの入り口 (2)
(総合倍率 100 倍)



写真 19 ポートの入り口 (2)
(総合倍率 400 倍)

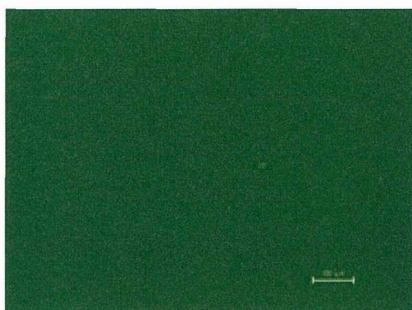


写真 20 除去装置通過後 (2)
(総合倍率 100 倍)



写真 21 除去装置通過後 (2)
(総合倍率 400 倍)

クリソタイル

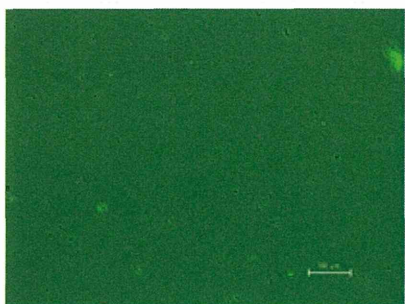


写真 22 ポートの入り口 (3)
(総合倍率 100 倍)



写真 23 ポートの入り口 (3)
(総合倍率 400 倍)

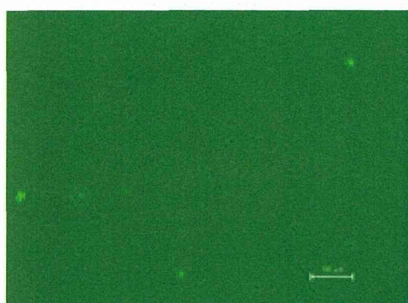


写真 24 除去装置通過後 (3)
(総合倍率 100 倍)

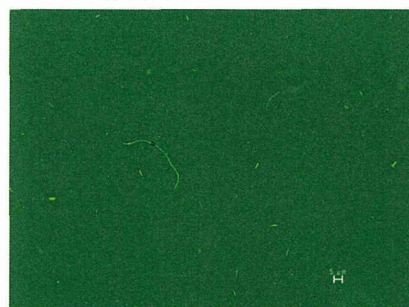


写真 25 除去装置通過後 (3)
(総合倍率 400 倍)

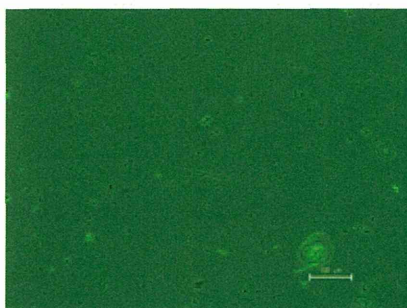


写真 26 ポートの入り口 (4)
(総合倍率 100 倍)

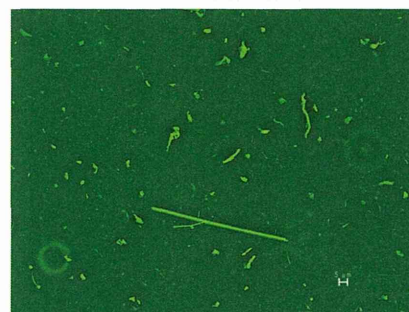


写真 27 ポートの入り口 (4)
(総合倍率 400 倍)



写真 28 除去装置通過後 (4)
(総合倍率 100 倍)

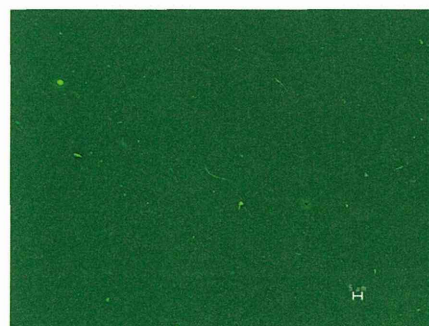


写真 29 除去装置通過後 (4)
(総合倍率 400 倍)

クリソタイル

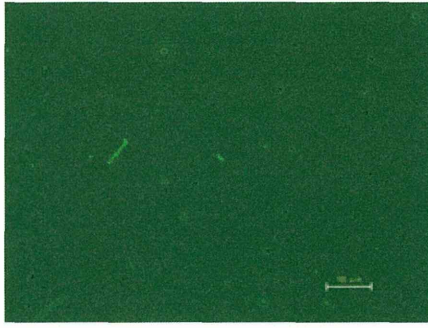


写真 30 ポートの入り口 (1)
(総合倍率 100 倍)

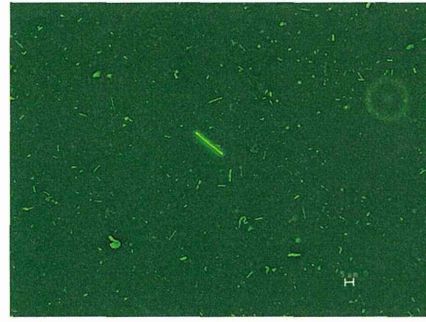


写真 31 ポートの入り口 (1)
(総合倍率 400 倍)

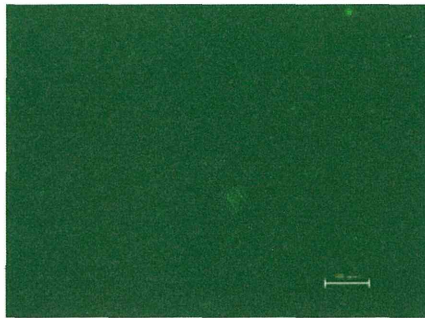


写真 32 除去装置通過後 (1)
(総合倍率 100 倍)



写真 33 除去装置通過後 (1)
(総合倍率 400 倍)

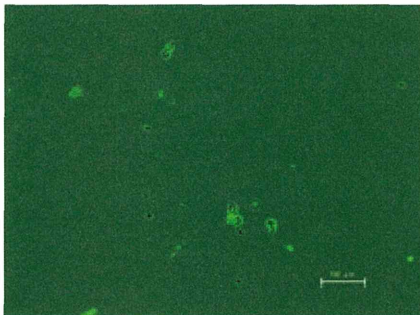


写真 34 ポートの入り口 (2)
(総合倍率 100 倍)

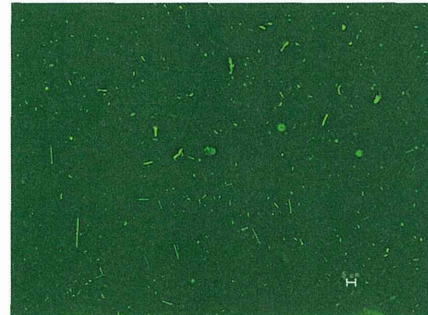


写真 35 ポートの入り口 (2)
(総合倍率 400 倍)

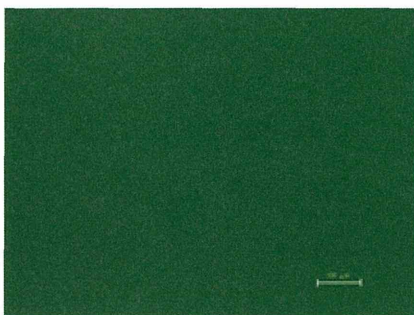


写真 36 除去装置通過後 (2)
(総合倍率 100 倍)



写真 37 除去装置通過後 (2)
(総合倍率 400 倍)

アモサイト

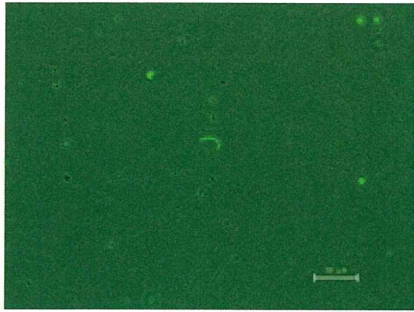


写真 38 ポートの入り口 (3)
(総合倍率 100 倍)

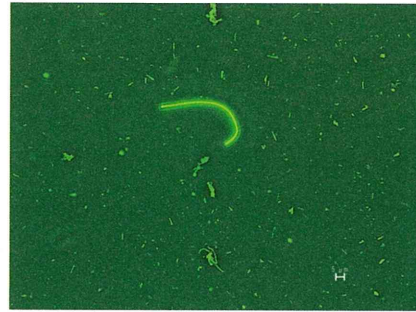


写真 39 ポートの入り口 (3)
(総合倍率 400 倍)

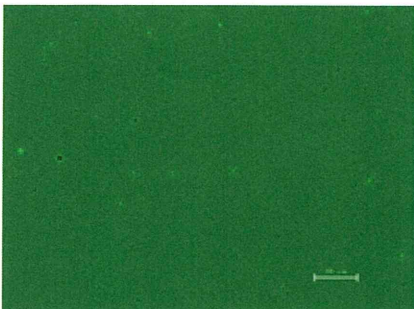


写真 40 除去装置通過後 (3)
(総合倍率 100 倍)

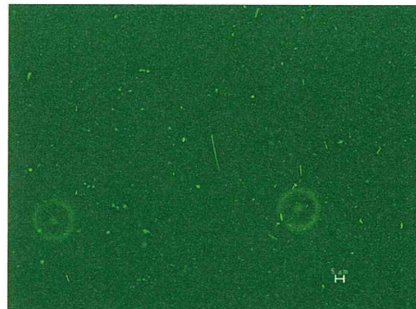


写真 41 除去装置通過後 (3)
(総合倍率 400 倍)

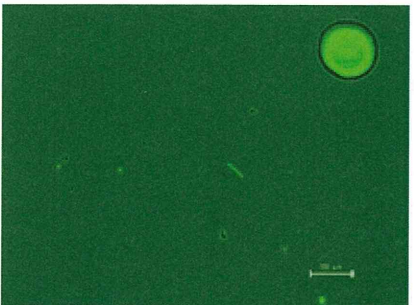


写真 42 ポートの入り口 (4)
(総合倍率 100 倍)

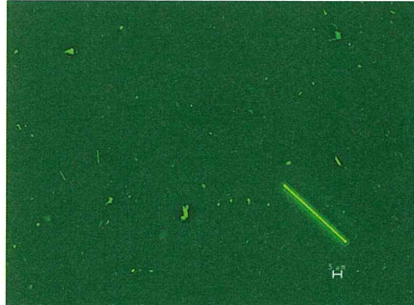


写真 43 ポートの入り口 (4)
(総合倍率 400 倍)

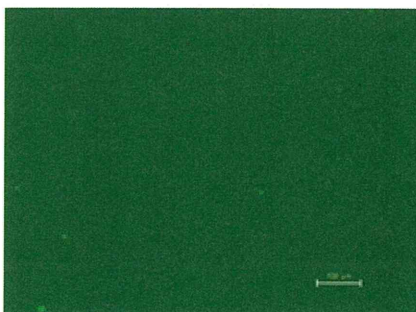


写真 44 除去装置通過後 (4)
(総合倍率 100 倍)

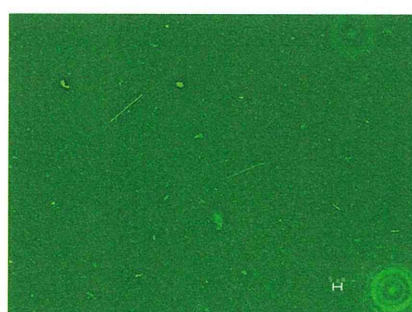


写真 45 除去装置通過後 (4)
(総合倍率 400 倍)

アモサイト

混合繊維③の写真 14 から写真 29 と混合繊維 (2) 写真 30 から写真 45 の総合倍率 400 倍の顕微鏡写真を比較すると前処理装置を通過した後の繊維が少なくなっていることがわかる。特にロックウールは、比較的長い繊維であるが、前処理装置を通過後の顕微鏡写真には繊維が見当たらない。

次にサンプリングしたろ紙の一部を電子顕微鏡による形態観察を行った。

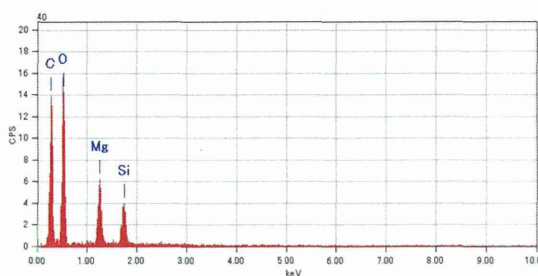
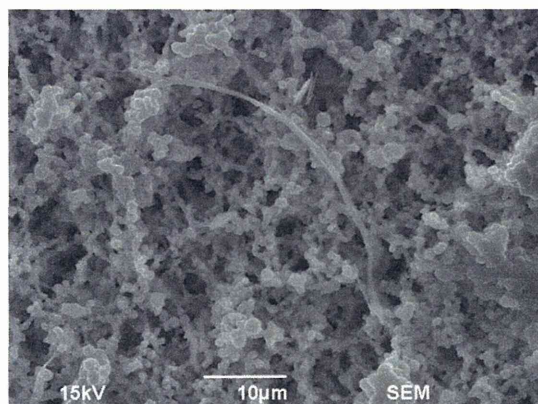
前処理方法は「環境省アスベストモニタリングマニュアル第 4.0 版」(平成 22 年 6 月)に基づき、メンブランフィルター/カーボンペースト含浸法に準じて行った。

電頭の実験条件は表 11 に従って実施した。

表 11 電子顕微鏡の分析条件

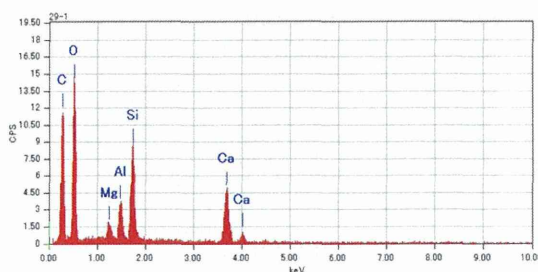
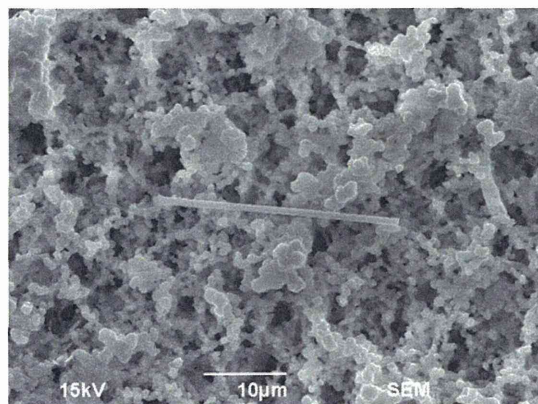
使用機器	日本電子 JSM-6390LA/JED-2300
元素検索領域	${}^5\text{B} \sim {}_{92}\text{U}$
分析条件	加速電圧：15Kv 観察倍率：×1900
撮影倍率	それぞれの写真に示す。
その他	カーボン蒸着

混合繊維 (1) と混合繊維 (2) についてポートの入口と処理装置通過後の電子顕微鏡の写真 46 から写真 53 に示した。



クリソタイル

写真 46 混合繊維 (1) ポートの入口
(クリソタイル)



ロックウール

写真 47 混合繊維 (1) ポートの入口
(ロックウール)