

# 府公定法（石綿濃度の測定方法）の改正に係る 検討結果について

2026年6月26日  
環境研究部 大気・水質グループ



地方独立行政法人  
大阪府立環境農林水産総合研究所  
Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries,  
Osaka Prefecture

# 1. はじめに

## ○大阪府の石綿濃度の測定方法の改正の背景と検討内容 背景

- ・従来の府公定法と環境省マニュアルの測定方法に違いがあった。

	従来の大阪府公定法 平成29年大阪府公告第19号 「石綿の濃度の測定法」	環境省 アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版) (令和4年3月)
測定方法	位相差/生物顕微鏡法	位相差顕微鏡法 電子顕微鏡法
繊維濃度の算出	石綿繊維	総繊維 (総繊維数濃度が1本/Lを超過した場合に、 電子顕微鏡法でアスベストを同定)

- ・近年、分析走査電子顕微鏡がアスベスト分析機関に普及してきた。

(大阪府内で約40%(R5年度大阪府調べ))

## 検討内容

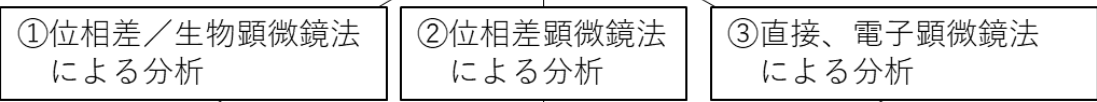
- ・府公定法への分析走査電子顕微鏡法(A-SEM法)の追加検討の依頼を受け、位相差/生物顕微鏡法とA-SEM法による石綿濃度測定を実施し、測定結果の差異の確認及び検証を行った。

# 2. 検討対象とした測定方法

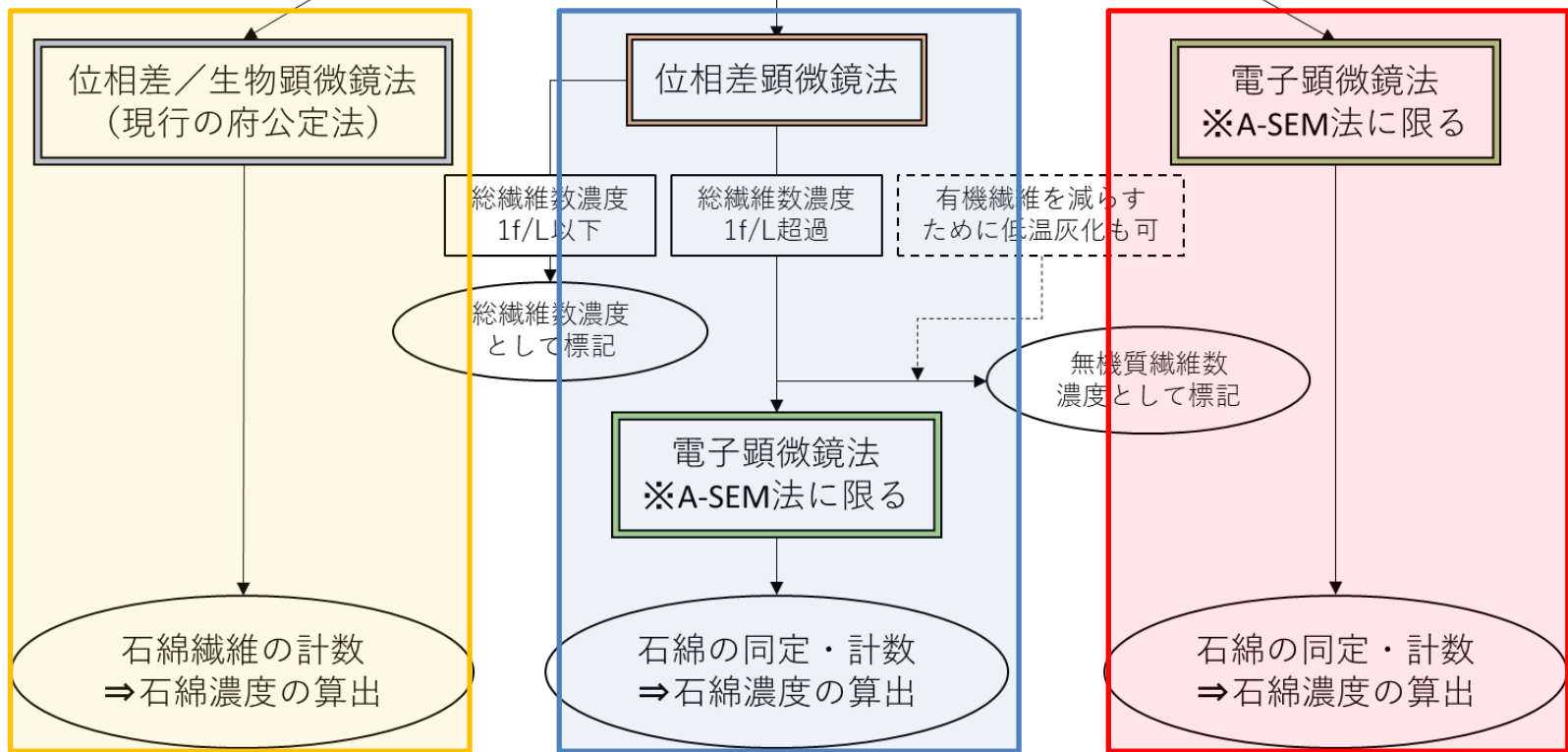
## ○改正後の分析フロー

※②及び③を追加

工事施工境界で捕集した試料



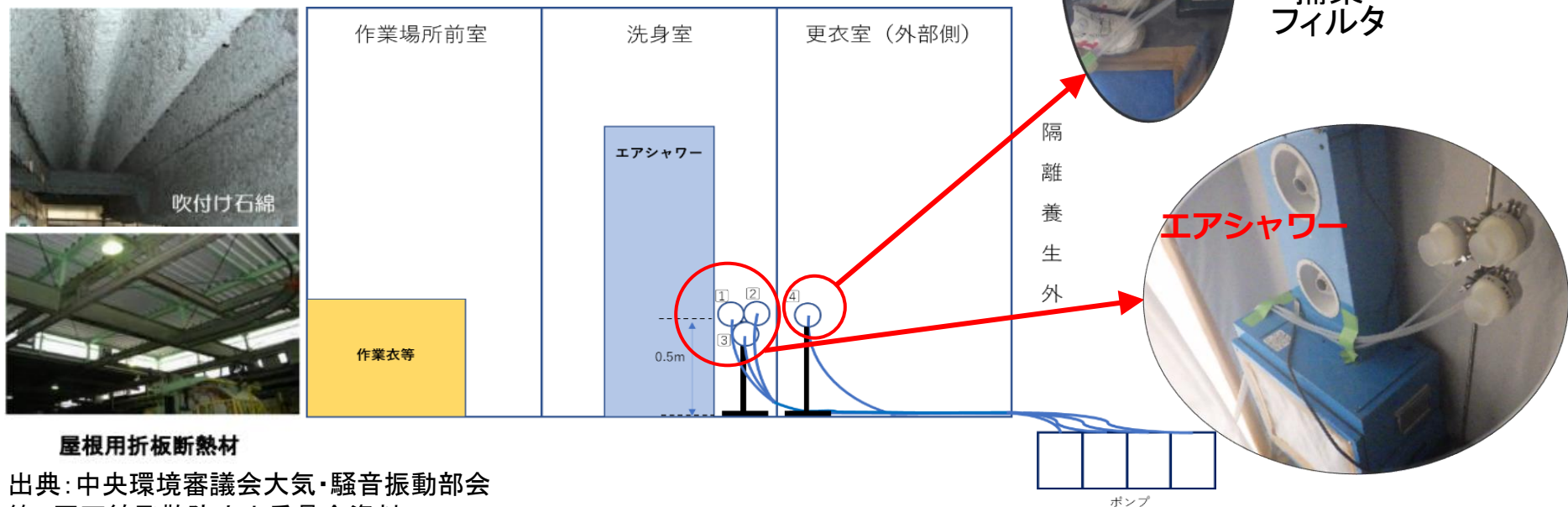
### ①位相差/生物顕微鏡法    ②位相差顕微鏡法+A-SEM法    ③A-SEM法



# 3. 試料の捕集方法

- ・試料捕集場所：解体等工事現場のセキュリティルーム内
- ・オープンフェイス型フィルタホルダー（有効ろ過面直径35 mm）を使用
- ・吸引ポンプの吸引流量：10 L/min
- ・捕集時間：120 分または60 分
- ・捕集空気量：1200 Lまたは600 L

## セキュリティルーム



出典：中央環境審議会大気・騒音振動部会  
第1回石綿飛散防止小委員会資料

## 4. ①位相差/生物顕微鏡法

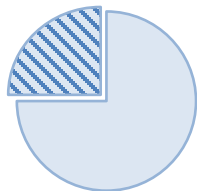
### 試料の捕集

解体等工事現場のセキュリティルーム内で捕集

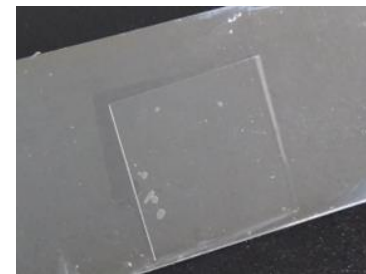
- ・47mmφ、平均孔径0.8μmのセルロースエステル製メンブランフィルタ

### 前処理 (標本の作製)

0.5時間



- ・フィルタ4分の1
- ・捕集面を下にしてスライドガラスに乗せる



- ・アセトン蒸気を当てフィルタを透明化
- ・トリアセチンを2~3滴滴下

⇒位相差/生物顕微鏡を用いて総繊維と石綿繊維を計数

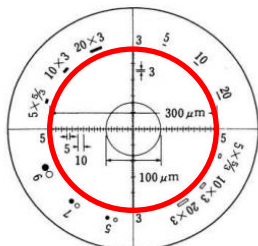
# 4. ①位相差/生物顕微鏡法

## 繊維の計数

0.5~2時間



位相差顕微鏡



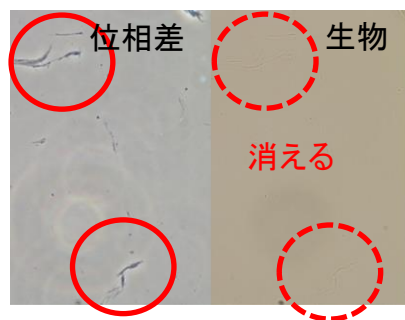
出典：公益社団法人 日本作業環境測定協会  
「作業環境測定ガイドブック1 鉱物性粉じん・石棉」

アイピースグレイティクル  
(大円 直径300 μm)

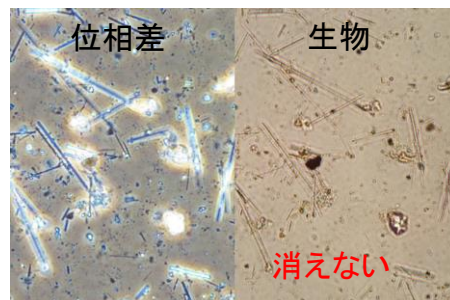
### 計数対象

長さ5 μm以上、  
幅3 μm未満、  
アスペクト比3以上  
(長さ/幅 ≥ 3)

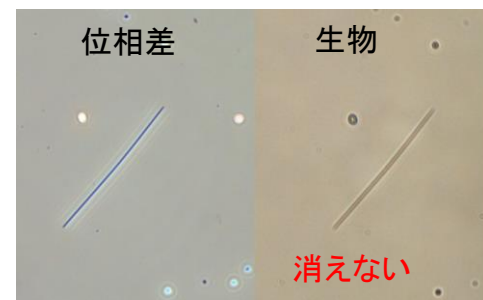
- ・無色透明な試料に光を照射した際に生じる回折光と直接光の位相の差を、光の干渉によって明暗の差に変えることで、無色透明な物体を可視化して観察を行う。
- ・同一顕微鏡において装置構成を変更することにより、位相差顕微鏡と生物顕微鏡を切り替える。左は位相差顕微鏡、右は生物顕微鏡での観察画像。



クリソタイル



アモサイト



クロシドライト

- ✓ 位相差顕微鏡と生物顕微鏡の計数繊維数の差を石綿繊維として計数
- ✓ 生物顕微鏡で消えなかった繊維のうち、石綿標準試料等と形状を比較して石綿と判断されるものは石綿繊維として計数

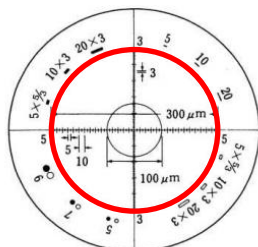
# 4. ②位相差顕微鏡法＋A-SEM法

## 繊維の計数

0.5～2時間




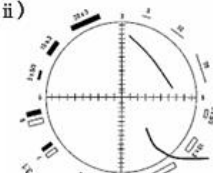
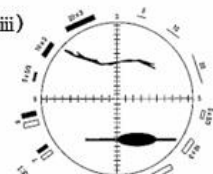
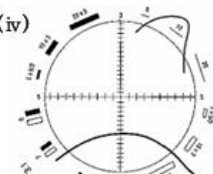
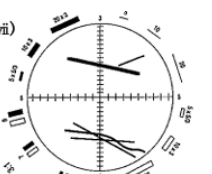

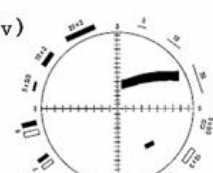

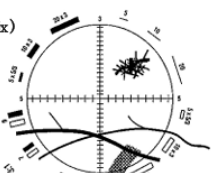

位相差顕微鏡



出典：公益社団法人 日本作業環境測定協会  
「作業環境測定ガイドブック1 鉱物性粉じん・石棉」

アイピースグレイティクル  
(大円 直径300 μm)

・無色透明な試料に光を照射した際に生じる回折光と直接光の位相の差を、光の干渉によって明暗の差に変えることで、無色透明な物体を可視化して観察を行う。

<p>(i)</p>  <p>1本： 長さ、幅、アスペクト比の基準を満たす</p> <p>1本： 幅は平均となる場所をはかる</p>	<p>(ii)</p>  <p>1本： 全体が計数範囲内</p> <p>1/2本： 片方の端だけ計数範囲内</p>	<p><b>計数対象</b> 長さ5 μm以上、幅3 μm未満、アスペクト比3以上(長さ/幅 ≥ 3)</p>
<p>(iii)</p>  <p>1本</p> <p>1本： 幅を見る場合は付着した粒子や膨らみは無視する</p>	<p>(iv)</p>  <p>1本： 両端が計数範囲内</p> <p>0本： 両端が計数範囲外</p>	<p>(vii)</p>  <p>2本</p> <p>3本</p> <p>(viii)</p>  <p>1本</p> <p>1/2本</p>
<p>(v)</p>  <p>0本：幅が大きすぎる</p> <p>0本： アスペクト比が3未満</p>	<p>(vi)</p>  <p>1本：枝分かれ</p> <p>1/2本： 枝分かれた片方だけ計数範囲内</p>	<p>(ix)</p>  <p>0本</p> <p>0本</p> <p>(x)</p>  <p>2本</p> <p>1本</p>

繊維数の判定<sup>1)</sup>

✓ 計数対象の全ての繊維を計数(総繊維数)

→総繊維数濃度が1本/Lを超過した場合、A-SEM法で石綿繊維を同定・計数

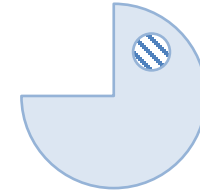
1) 環境省, アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版), 令和4年3月

# 4. ③電子顕微鏡法 (A-SEM法)

前処理  
(標本の作製)

1.5時間

メンブランフィルタ/カーボンペースト含浸法



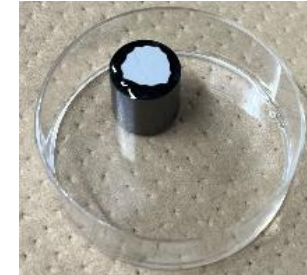
フィルタ  
8mm $\phi$



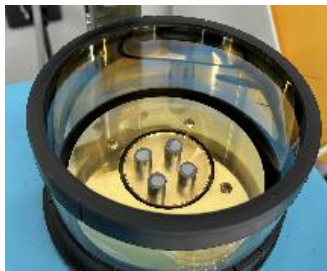
フィルタの切断



試料台にカーボンペーストで  
フィルタを接着



フィルタの乾燥  
(30分以上)



フィルタ表面の導電性を確保するために金等で蒸着する  
例: マグネトロンスパッタ装置

⇒分析走査電子顕微鏡を用いて総繊維と石綿繊維を同定・計数

# 4. ③電子顕微鏡法 (A-SEM法)

## 繊維の同定・計数

1~3日



### 分析走査電子顕微鏡

#### 計数対象

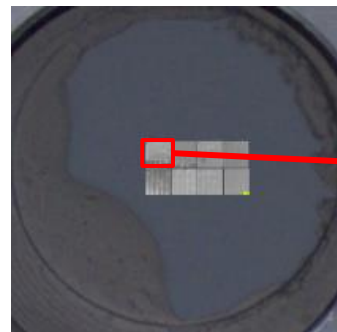
長さ5 μm以上、  
幅0.2 μm以上3 μm未満、  
アスペクト比3以上  
(長さ/幅 ≥ 3)

✓ 繊維形状と構成成分から石綿繊維を判定  
⇒ 石綿繊維を計数

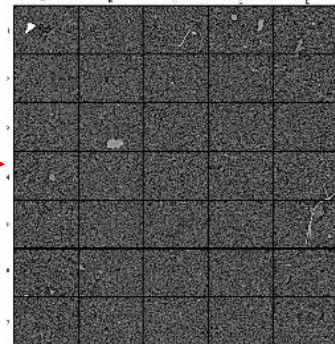
#### 【今回の検討での手順】

- ① 試料を装置にセットする
- ② 自動撮影を行う
- ③ 繊維を計数する
- ④ 計数した繊維の形状と構成成分を確認し、石綿繊維の判定を行う。

②

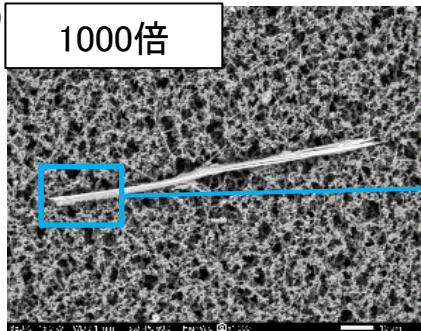


②



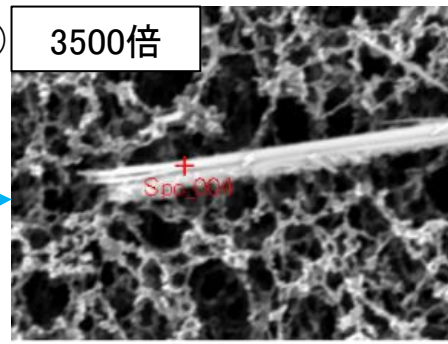
③

1000倍



④

3500倍

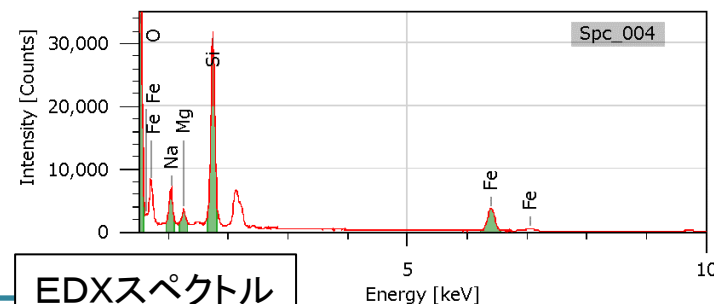


形状

クロイドライト  
 $\text{Na}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

構成成分

5 μm



EDXスペクトル

# 5. 測定方法の比較

	①位相差/生物顕微鏡法	②・③A-SEM法	
		環境省マニュアル	今回の検討での測定条件 (日本電子製 JSM-IT200A)
計数対象繊維	長さ: 5 μm以上 幅: 3 μm未満 アスペクト比: 3以上 (長さ/幅 ≥ 3)	長さ: 5 μm以上 幅: 0.2 μm以上3 μm未満 アスペクト比: 3以上(長さ/幅 ≥ 3)	
石綿繊維の判定	・繊維形状 ・生物顕微鏡での見え方	・繊維形状 ・構成成分(エネルギー分散型X線分析装置(EDX))	
倍率	400倍	幅0.2 μmの繊維が計数可能な倍率	1000倍
1視野の範囲	アイピースグレイティクルの大円(直径300 μm) 0.071 mm <sup>2</sup>	モニター画面を利用して設定(装置によって異なる) 例: 0.011 mm <sup>2</sup>	0.012 mm <sup>2</sup>
視野数	100視野(繊維数200本)	例: 300視野(又は繊維数が40本以上になるまで)	280視野
検出下限値 (捕集空気量 1200 Lの場合)	0.11 本/L	例: 0.25 本/L	0.23 本/L

# 6. 測定結果 ①と②の比較

試料採取地点	試料名	石綿種 (建築材料)	流量 (L)	測定結果(本/L)			
				総繊維数濃度		石綿の濃度	
				①位相差/生物顕微鏡法	②位相差顕微鏡法	①位相差/生物顕微鏡法	②A-SEM法
A	A-1	クリソタイル、 クロシドライト、トレモライト (吹付けバーミキュライト)	1200	1.2	1.2	0.90	<0.23
	A-2		1200	1.5	1.5	1.2	0.23
B	B-1	クロシドライト (吹付け石綿)	1200	15	15	13(11~22)	20
	B-2		600	14	14	8.3(11~18)	21
C	C-1	アモサイト (吹付け石綿)	1200	4.9	4.9	2.9	1.6
	C-2		600	3.4	3.4	2.0	1.3
D	D-1	クリソタイル (吹付けバーミキュライト)	1200	0.56	0.56	0.22	測定不要(<0.23)
	D-2		1200	<0.11	<0.11	<0.11	測定不要(<0.23)
E	E-1	クリソタイル (吹付け石綿)	1200	0.45	0.45	0.22	測定不要(<0.23)
	E-2		600	1.3	1.3	0.45	0.46
F	F-1	クリソタイル (吹付け石綿)	1200	24	24	2.7	2.3
	F-2		600	23	23	6.8	8.3

※検出下限値は次のとおり。位相差/生物顕微鏡法及び位相差顕微鏡法:0.11本/L(流量1200L)、0.22本/L(流量600L)、A-SEM法:0.23本/L(流量1200L)、0.46本/L(流量600L)

※Bについては( )内に追加の繰り返し測定結果を示す。

# 6. 測定結果 ①と③の比較

試料採取地点	試料名	石綿種 (建築材料)	流量 (L)	測定結果(本/L)			
				総繊維数濃度		石綿の濃度	
				①位相差/生物顕微鏡法	③A-SEM法	①位相差/生物顕微鏡法	③A-SEM法
A	A-1	クリソタイル、 クロシドライト、トレモライト (吹付けバーミキュライト)	1200	1.2	1.1	0.90	<0.23
	A-2		1200	1.5	0.93	1.2	0.23
B	B-1	クロシドライト (吹付け石綿)	1200	15	23	13(11~22)	20
	B-2		600	14	32	8.3(11~18)	21
C	C-1	アモサイト (吹付け石綿)	1200	4.9	4.1	2.9	1.6
	C-2		600	3.4	4.1	2.0	1.3
D	D-1	クリソタイル (吹付けバーミキュライト)	1200	0.56	0.23	0.22	<0.23
	D-2		1200	<0.11	<0.23	<0.11	<0.23
E	E-1	クリソタイル (吹付け石綿)	1200	0.45	2.5	0.22	<0.23
	E-2		600	1.3	1.3	0.45	0.46
F	F-1	クリソタイル (吹付け石綿)	1200	24	23	2.7	2.3
	F-2		600	23	48	6.8	8.3

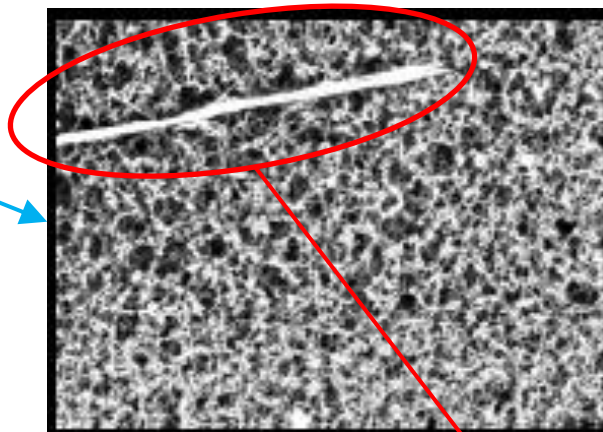
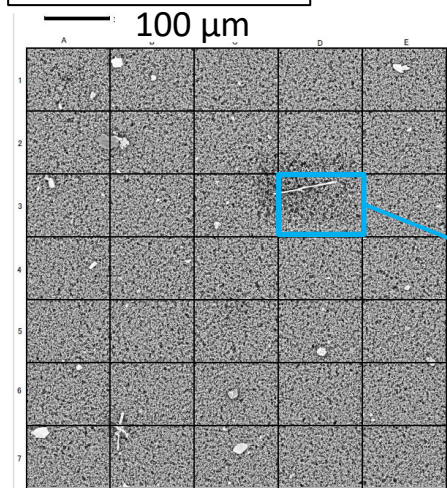
※検出下限値は次のとおり。位相差/生物顕微鏡法及び位相差顕微鏡法:0.11本/L(流量1200L)、0.22本/L(流量600L)、A-SEM法:0.23本/L(流量1200L)、0.46本/L(流量600L)

※Bについては( )内に追加の繰り返し測定結果を示す。

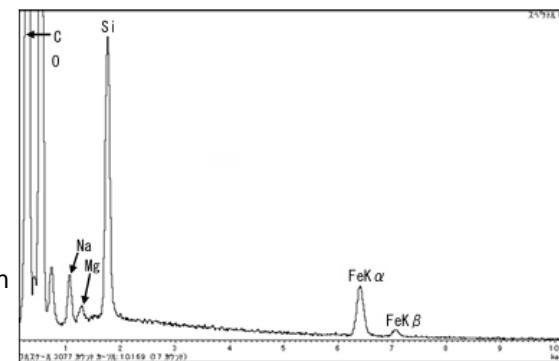
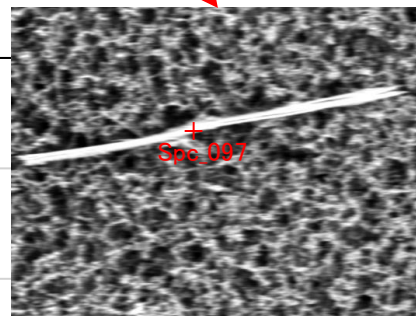
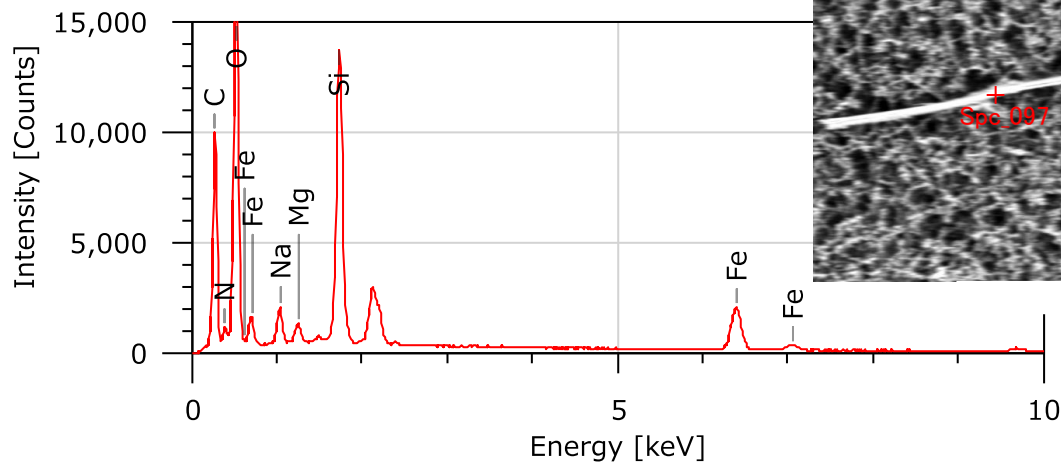
# 7. 分析事例 試料B-1 クロシドライト

A-SEM画像

1視野(倍率1000倍)



EDXスペクトル



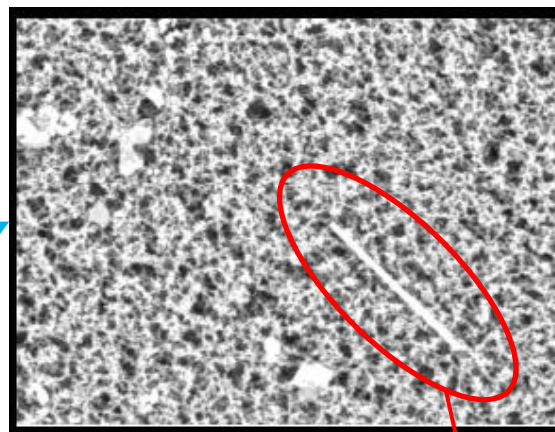
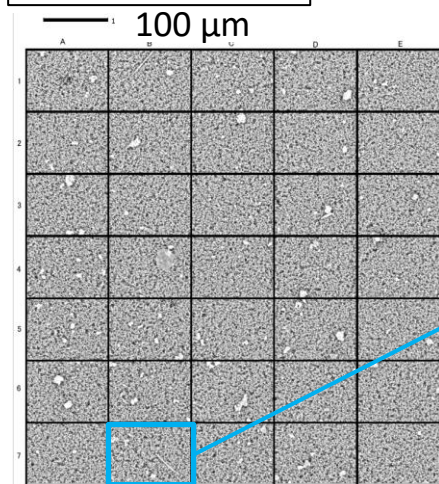
クロシドライト標準試料<sup>1)</sup>

1) 環境省, アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版), 令和4年3月

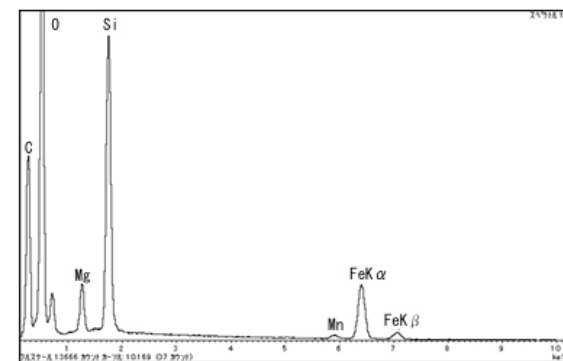
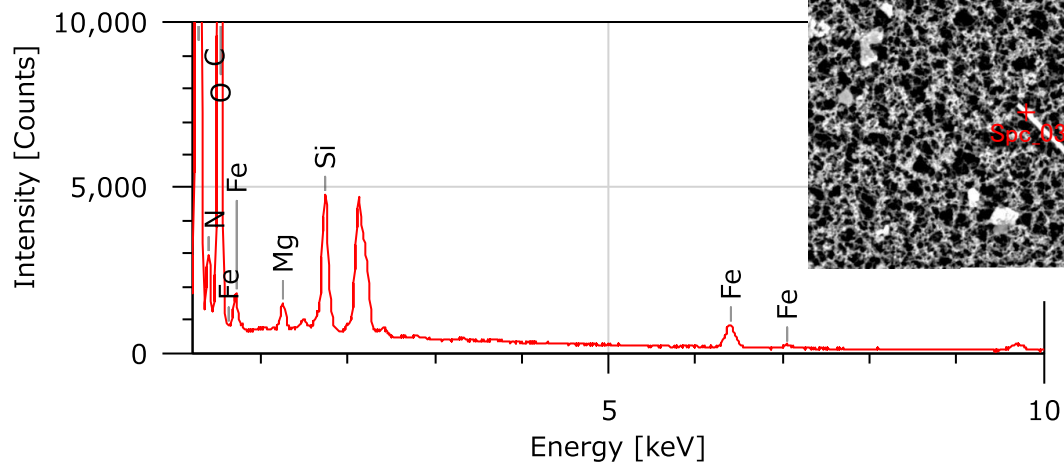
# 7. 分析事例 試料C-1 アモサイト

A-SEM画像

1視野(倍率1000倍)



EDXスペクトル

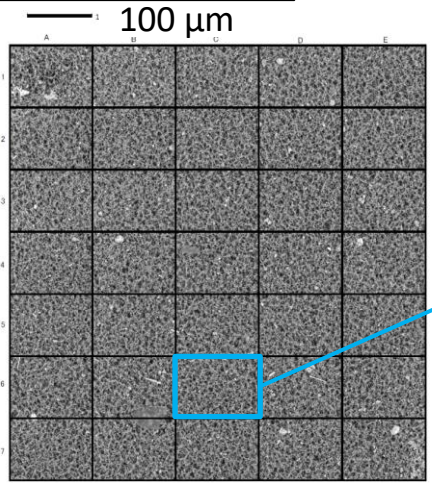


アモサイト標準試料<sup>1)</sup>

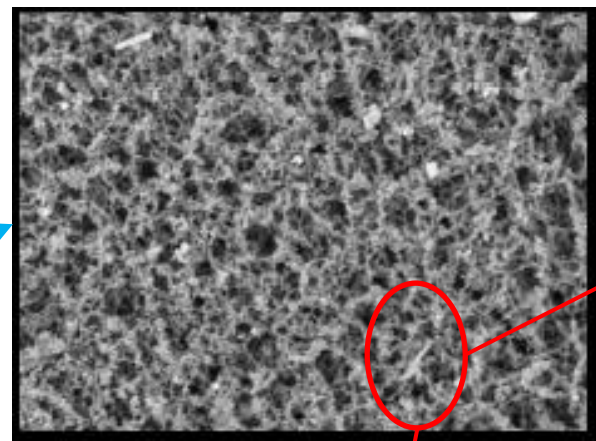
1) 環境省, アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版), 令和4年3月

# 7. 分析事例 試料F-1 クリソタイル

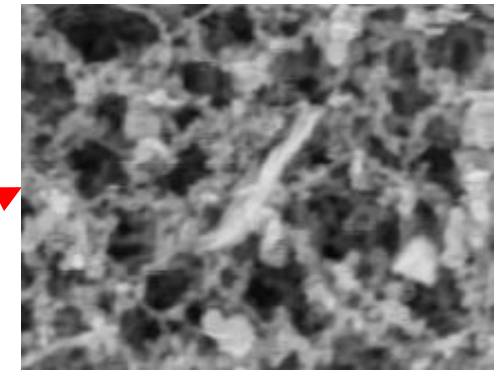
A-SEM画像



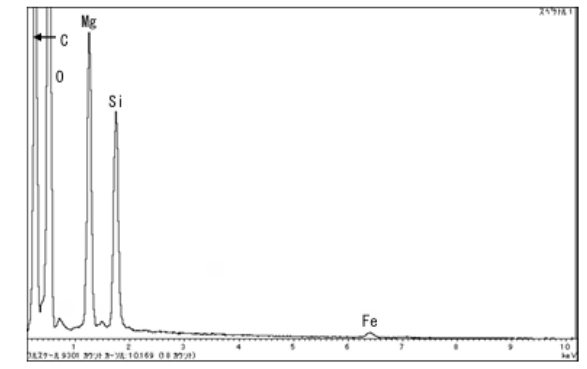
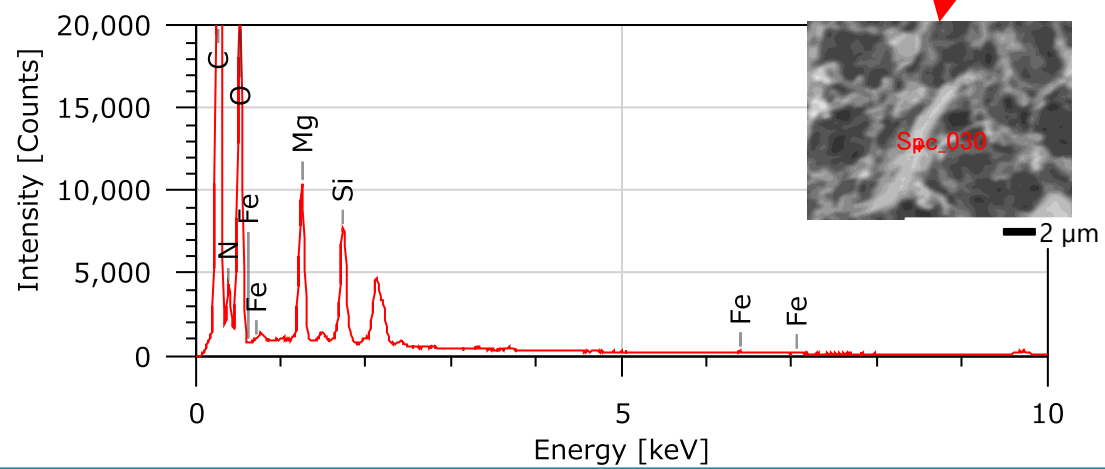
1視野(倍率1000倍)



拡大図



EDXスペクトル

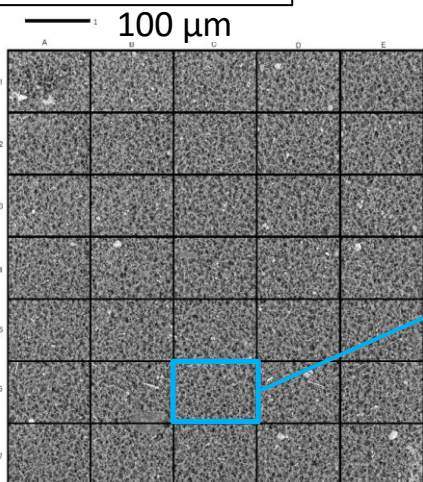


クリソタイル標準試料<sup>1)</sup>

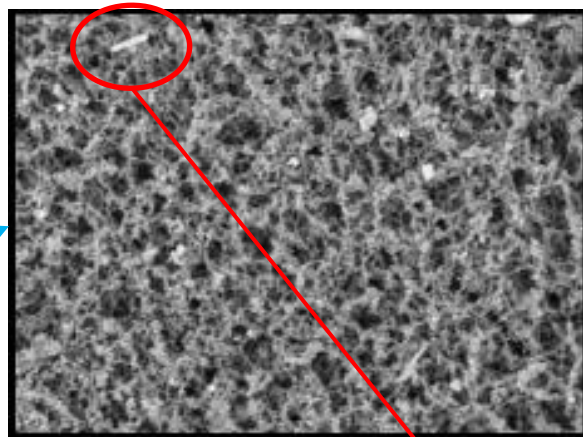
1) 環境省, アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版), 令和4年3月

# 7. 分析事例 試料F-1 ロックウール

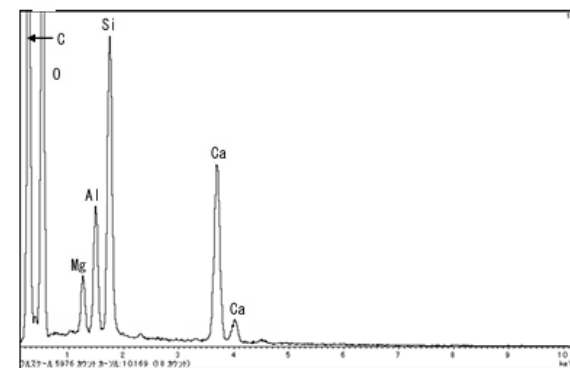
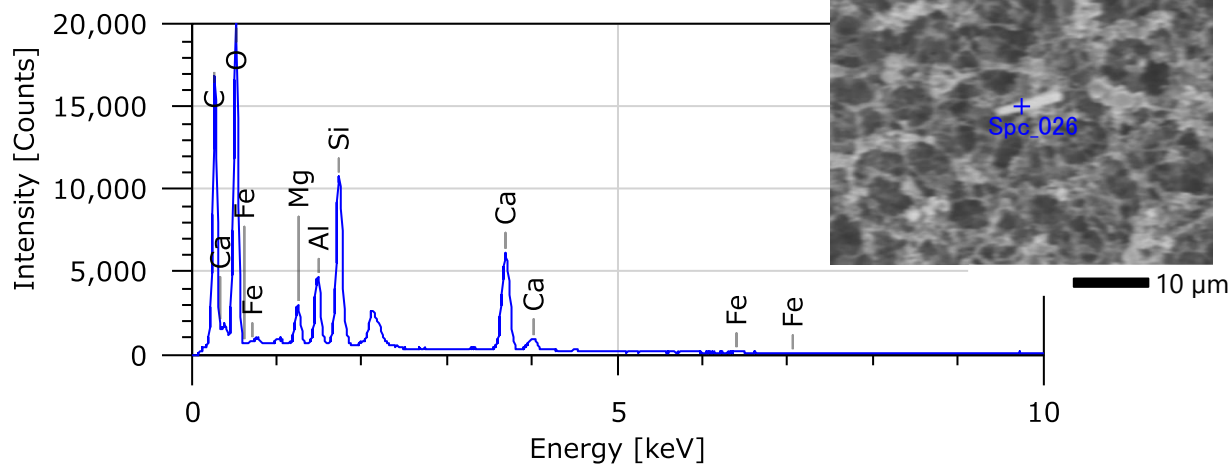
A-SEM画像



1視野(倍率1000倍)



EDXスペクトル

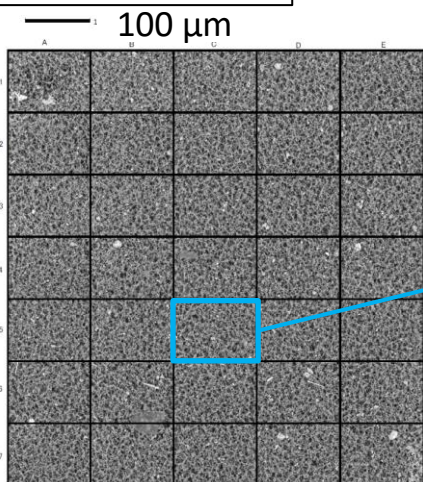


ロックウール標準試料<sup>1)</sup>

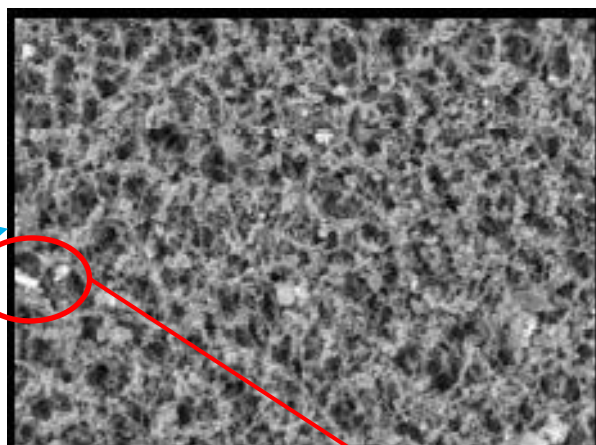
1) 環境省, アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版), 令和4年3月

# 7. 分析事例 試料F-1 グラスウール

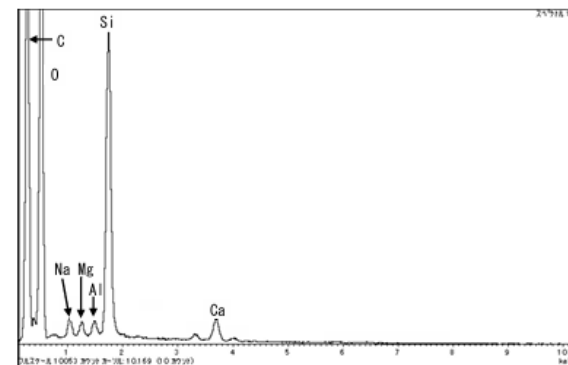
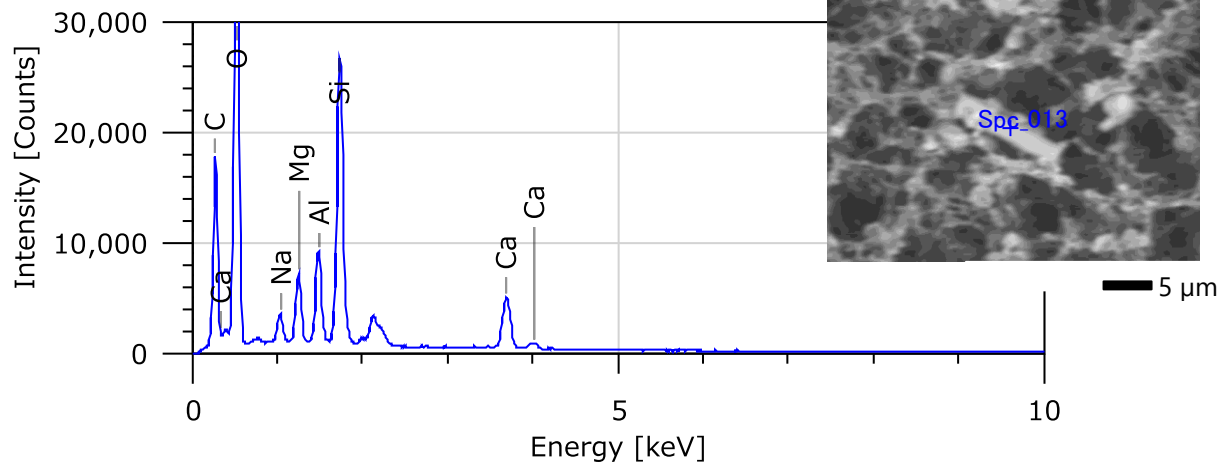
A-SEM画像



1視野(倍率1000倍)



EDXスペクトル



グラスウール標準試料<sup>1)</sup>

1) 環境省, アスベストモニタリングマニュアル(第4.2版), 令和4年3月

## 8. まとめ

・6か所の解体等工事現場のセキュリティルーム内で捕集した12試料について、①位相差/生物顕微鏡法と②位相差顕微鏡法+A-SEM法、①位相差/生物顕微鏡法と③A-SEM法による石綿の濃度測定結果を比較した。

・石綿濃度の差が概ね位相差顕微鏡法における測定誤差範囲<sup>2)</sup>内に収まっており、A-SEM法による測定結果は位相差/生物顕微鏡法の測定結果と違いはないと考えられた。

・A-SEM法は、位相差/生物顕微鏡法と比較して分析に時間を要するが、石綿繊維の構成成分情報が得られ、判定データ(計数繊維の画像とEDXスペクトル)の記録が容易であることが大きな利点である。

⇒大阪府の石綿濃度の測定方法の改正(令和8年4月1日)

①位相差/生物顕微鏡法に、②位相差顕微鏡法+A-SEM法及び③A-SEM法が追加された。

本調査は、大阪府環境農林水産部環境管理室事業所指導課からの依頼により実施しました。