

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

石綿含有建材を使用した建築物等の解体・改修工事における  
石綿飛散状況のチェックのためのリアルタイム計測機器導入  
のための調査研究

平成 20 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 21 (2009) 年 3 月

目 次

I. 総括研究報告

石綿含有建材を使用した建築物の解体・改修工事における石綿飛散状況のチェックの ためのリアルタイム計測機器導入のための調査研究	1
A. 研究目的	2
B. 研究方法	2
C. 研究結果	24
D. 考察	73
付録 付表(実験データ)	75

石綿含有建材を使用した建築物等の解体・改修工事における石綿飛散状況のチェック  
のためのリアルタイム計測機器導入のための調査研究

研究代表者 小西 淑人 社団法人 日本作業環境測定協会 調査研究部長

研究要旨： 解体・改修等の作業現場での石綿濃度測定の問題点を解決するための測定手法として、石綿濃度測定用のリアルタイム計測機器に求められる性能要件等および当該機器の精度管理方法に関する調査研究を行い、公定法として認知するために必要な取りまとめを行う。

検討項目としては、

- ①リアルタイム計測機器導入のために必要なスペック等の性能要件等
- ②当該機種の精度管理手法

とし、実験室において①の性能要件を満たしていると考えられる機種を対象として、メンブランフィルターを使用したろ過捕集方法一位相差顕微鏡による計数分析方法（以下PCM法と略）による濃度と各実験対象機器の測定濃度との比較検討及び器差についての検討を行なう。

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  
神山 宣彦：東洋大学 経済学部  
自然科学研究室、教授  
本橋 健司：独立行政法人建築研究所  
材料研究グループ長  
建築生産研究グループ長  
富田 雅行：社団法人日本石綿協会  
環境安全衛生委員会委員長

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

平成17年2月に制定された石綿障害予防規則に基づき石綿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、当該作業場が備えるべき設備や作業者が使用しなければならない保護具や保護衣等については厳しく規定されているが、当該作業に係わる石綿の飛散状況に関する調査方法に関しては、「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)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)等に示されているが、調査内容が異なっている。

いずれの方法においても、解体・改修等作業実施中の石綿の飛散状況に関する調査では、現場でのサンプリングから分析結果を入手するまでに時間がかかるため、設備の不備や石綿の飛散状況の把握や対策が遅れてしまうことが懸念されており、法令を遵守した適切な工事を実施するためには迅速なデータ収集が不可欠となっている。

平成3年度～4年度にかけて、当時の環境庁ではこれらの問題を解決するために石綿粉じん濃度をリアルタイムで計測可能な機器の導入について検討会を設置し、当時世界で唯一の機種として、米国製のファイバーエアロゾルモニターFM7400型(米国EPAおよびNIOSHとMIE社の共同開発、現在は市販されていない)について実験・検討を行い性能等について満足できるという結論に達したが、石綿問題の沈静化に伴い、導入に至らなかった経緯がある。

平成17年7月のクボタ問題以降、石綿濃度測定用のリアルタイム計測機器として、我が国で国産製や外国製の機器が販売されているが、それらの機器の精度は不明確であり、公定法として取り扱うためには当該機器を使用するための一定の基準を設けるとともに、具体的な手法と精度管理手法の開発が必要であると考えられる。

そこで、解体・改修等の作業現場での石綿濃度測定の問題点を解決するための手法として、石綿濃度測定用のリアルタイム計測機器に求められる作業現場での具体的な使用に必要な性能要件や、当該機器の精度管理方法に関する調査研究を行い、公定法として認知するために必要な取りまとめを行う。

## B. 研究方法

### 1. リアルタイム計測機器の情報収集

#### (1) リアルタイム計測機器の原理

わが国において入手可能なリアルタイム計測機器は以下の6機種である。

・国産製

- ① ファイバーモニター F-1  
(柴田科学㈱)
- ② ファイバーサーベイメーター FS-1  
(柴田科学㈱)
- ③ ファイバーネットワークモニター モバイルエディション FNM-ME (㈱ハットリ工業製)
- ④ 繊維状粒子リアルタイム測定機  
DAECOM-S (アエモテック㈱)

・外国製

- ⑤ ファイバーモニター MODEL  
FM-7400AD (FM-7400 型の後続  
機種、MSP社製)
  
- ⑥ Fibrecheck FC-3  
(SMH/Harley Scientific 社製)

## (2) 対象機種の原理

### ① ファイバーモニター F-1の原理

ファイバーモニターは、大気中に浮遊する粒子状物質の中からアスベスト等の繊維状粒子のみを選別し、繊維数濃度を相対的に算出することができる測定器である。ファイバーモニターの外観を写真1、ブロック図を図1に示す。

試料空気は吸引ポンプで採気口から内部に導入される。検出部内を通過してサンプリングホルダー、流量センサを通り筐体外部に排気される。検出器には4つの電極からなる高圧部があり、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、PCM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繊維数濃度が算出される。



写真1 F-1外観写真

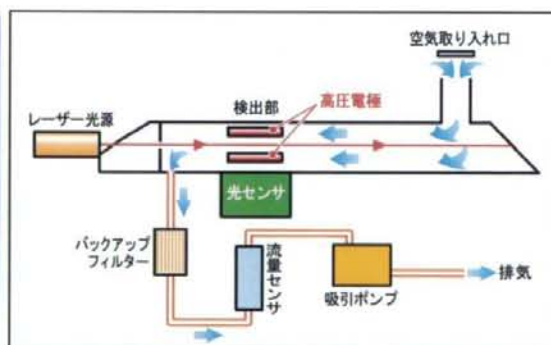


図1 ブロックダイアグラム



## ② ファイバーサーベイメーターFS-1の原理

ファイバーサーベイメーターFS-1（以下FS-1）の外観を写真2、ブロック図を図2に示した。FS-1の原理は、大気中に浮遊する粒子が吸引ポンプで採気口からサイクロン分粒器に導入され、アスベスト等の繊維状粒子の測定を妨げとなるような粗大粒子がカットされる。サイクロンを通過した粒子は光散乱検出器に導入され、サンプリングホルダー（バックアップフィルター）、流量センサを通り、ポンプ排気口から筐体内部に排気し、筐体内の汚染を防いでいる。

粒子が光散乱検出器を通過すると検出部に照射された半導体レーザーのレーザー光により光散乱が発生する。散乱光をミラーで集光して、フォトダイオードで検出し、検出信号を電気回路部で増幅、演算処理し、繊維状粒子数をリアルタイムにカウント値として表示する。

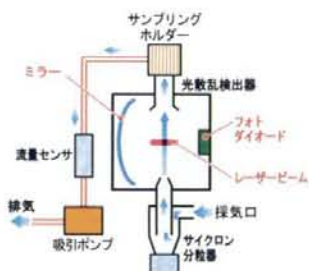


図2 FS-1 ブロック図



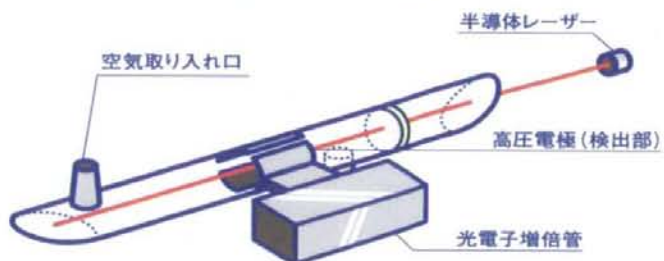
写真2 FS-1 外観写真

③ ファイバーネットワークモニター モバイルエディション FNM-MEの原理



写真3 FNM-ME 外観写真

浮遊アスベストファイバーを、電場の働きで振動させることによってファイバーを整列させながら、半導体レーザーを当て、散乱した光をビームに直角方向に配置された光電子増倍管で検知します。



- ① 空気取り入れ口より毎分2リッター空気を吸い込み、レーザーを照射して、散乱光を光電子増倍管で検出して、繊維を判別します。

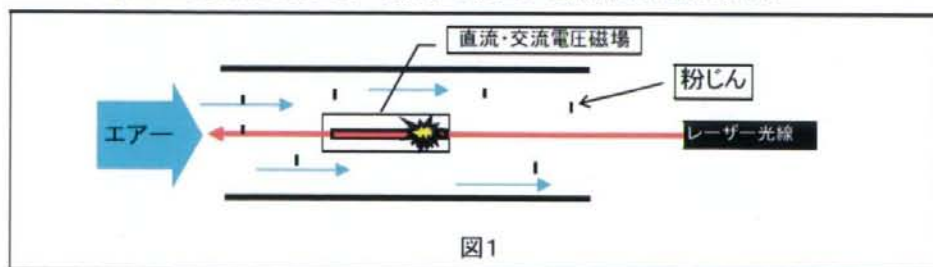
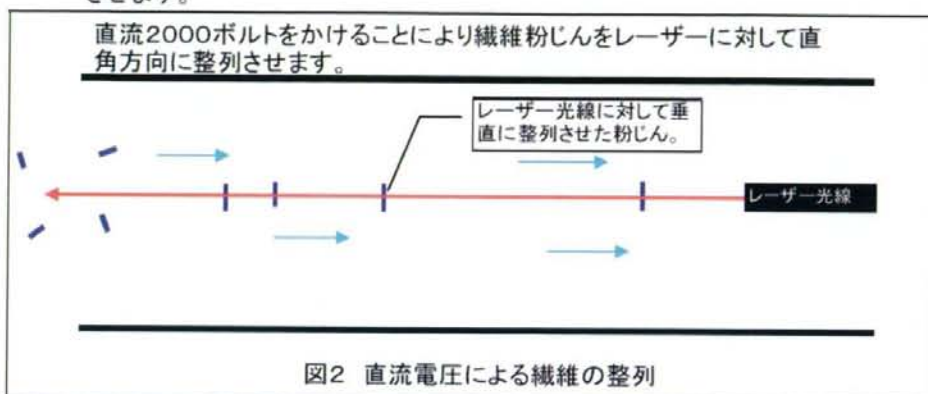


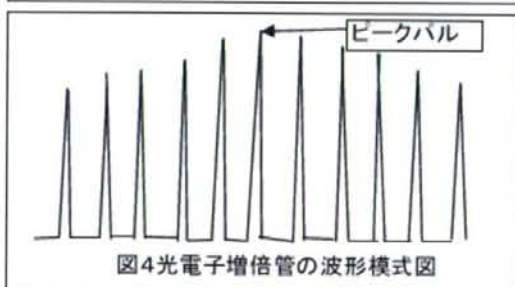
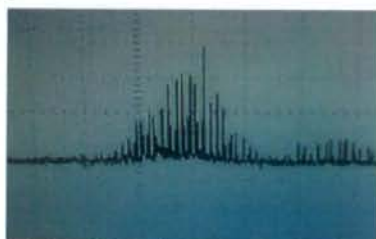
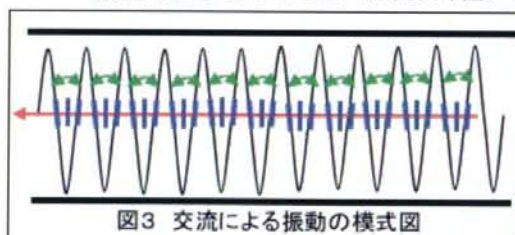
図1



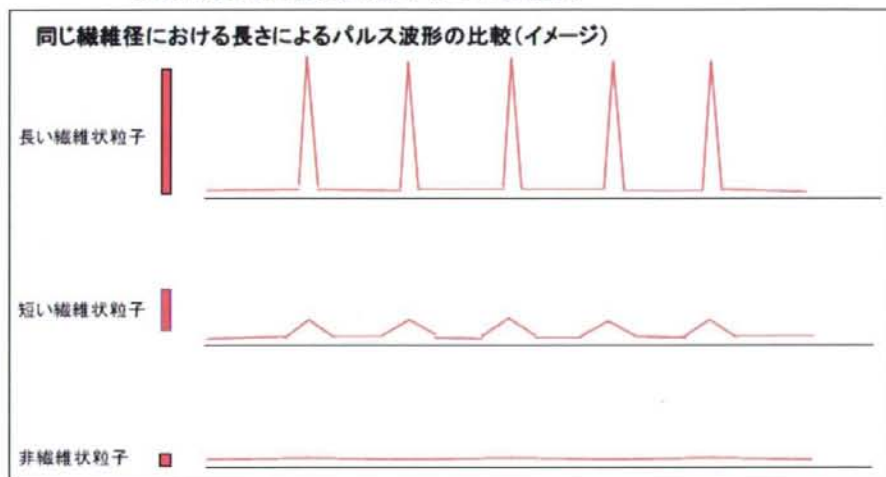
- ② 繊維と非繊維を区別するため、直流電圧と交流電圧をかけた筒のなかを通過させます。



- ③ 同時に400Hzの交流をかけてワイパーのように左右に振動させます。図3  
これによりレーザーに対して、垂直の時だけ鋭く光り、それ以外ではほとんど光らないという現象から、結果として、400Hzの周期に合わせてパルス状の波形が、光電子増倍管を通して観測されます。繊維状以外の粉塵は、このような散乱を起こすことなく、通過するため、このパルス波形を捉えることにより、繊維物質と特定することが出来ます。図4・図5



- ④ 次にパルス状として測定された波形の解析であるが、この散乱光パルスは繊維状粒子の繊維が長く太いほどピーク(図4参照)が高く、パルス面積は繊維の長さが長いほど大きくなる。これにより、散乱光パルスのピークと面積の比により、繊維のアスペクト比(長さ/幅)と長さを設定することが出来る。



※一方非繊維状粒子は、検出部内を通過しても、散乱はするものの、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。

(カタログの抜粋による)

#### ④ 繊維状粒子リアルタイム測定機 DAECOM-Sの原理



写真4 DAECOM-Sの外観写真

DAECOM-Sの外観写真を写真4、光学系構造図を図3に示す。

毎分2リッターの流量で空気を装置に取込み、電界を加えた上下2つの電極間を通すことにより、空気中の繊維状粒子が垂直には以降させた状態で流れるようになっている。

その繊維状粒子に、直線偏光した10mWのHe-Ne（ヘリウム・ネオン）レーザー光を照射することにより、特徴的な偏光の変化を生じる散乱光を2つの光電子増倍管で、垂直偏光成分と平行偏光成分と分けて計測する。これにより、繊維状粒子か球状粒子かの分別測定を行い、同時に散乱光強度から繊維状粒子の大きさも計測する。

キャリブレーションにより、PCM法と数値の相関が取れるように調製している。

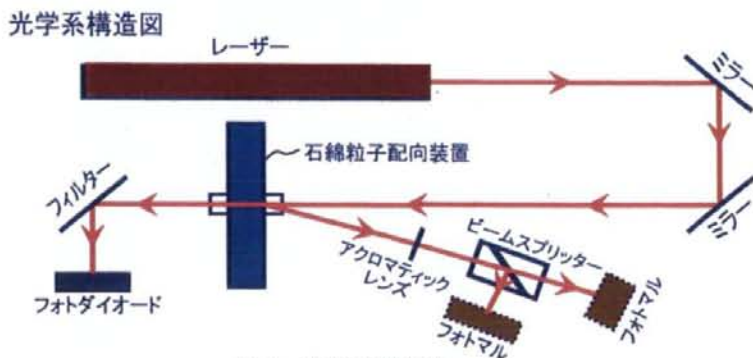


図3 光学系構造図

### ⑤ ファイバーモニター FM-7400ADの原理

平成3～4年度にかけて、当時の環境庁では石綿粉じん濃度をリアルタイムで計測可能な機器の導入について検討会を設置し、当時世界で唯一の機種として、米国製のファイバーエアロゾルモニターFM7400型(米国EPAおよびNIOSHとMIE社の共同開発、現在は市販されていない)について実験・検討を行い、性能等について満足できるという結論に達した機種の後続が写真5、6に示すFM-7400ADである。



写真5 バッテリーパックが取り付けられた状態



写真6 電源が接続された状態

FM-7400ADは、光散乱方式を使用しファイバーを一列に並べさらに振幅させる動作の組み合わせを誘発させる電場に基づいております。それにより、大部分に粒子が存在する場合であってもその中から単独に個々のファイバーを検出することができます。

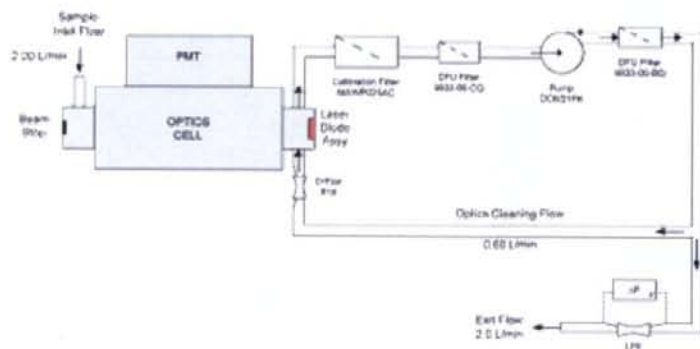


図4 FM-7400ADのフローチャート

図4にFM-7400ADのフローチャート、図5に繊維検出原理図を示す。吸入された空気の流れは以下の通りである。吸入空気は一定に毎分2.0Lの流量で本体に入る。吸入された空気は光学デバイスを通り、リアルタイムにカウントされる。そして光学セルを通過し計数測定用フィルターを通り、更に別のフィルターカートリッジと続き、ポンプを通る。ポンプを通過した後、流れは2手に分かれる。少量(約25%)の流れは機器内を循環し直すルートを取り、レーザーダイオード組立部を通過する(ファイバー粒子が照射部に堆積するのを防ぐため)。もう一方のメインの流れ(約75%)は圧力降下が測定されポンプスピードをコントロールする層流となる。

フロー制御サーキットボードはポンプに供給される電圧のパルス幅の調整をする。これらにより、測定中は常に一定の流量を保ち、ファイバー濃度の算出は正確になる。偏光レーザーダイオード(40mW、波長656nm)が光学セル部管内の中心に照明ビームを発生します。レーザーダイオードは光学セルの一方の端に直接取り付けられていて、セル部管内の軸に平行になるように調整されている。

特殊なAC/DC高電圧回路ボードにより、電場四極子はファイバーを整列させ且つ、振動させることができる。高感度光電子増倍管(PMT)がレーザービームを通過する整列されたファイバーの早い振動により得た光散パルスの属性を感知する。ファイバーは周波数、位相およびパルス形状の波に一致しないものを除き、上級のデジタル信号プロセス回路ボードにより感知されカウントされる。通常の空気中または汚れた空気中に含まれるノンファイバー状粒子から作られる信号は電気信号処理によりカウントされない。

FM7400ADは工場出荷時にPCM分析のNIOSH7400方法により校正されている。

他のファイバー状粒子の測定も可能である。(ガラス、カーボン等)

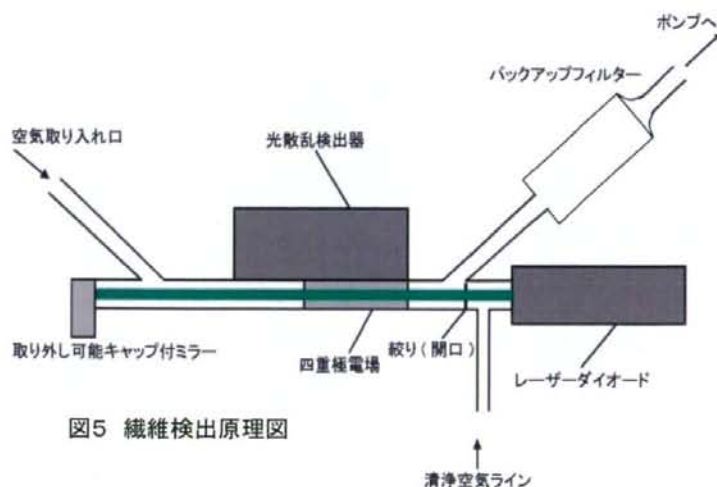


図5 繊維検出原理図



## ⑥ Fibrecheck FC-3の原理

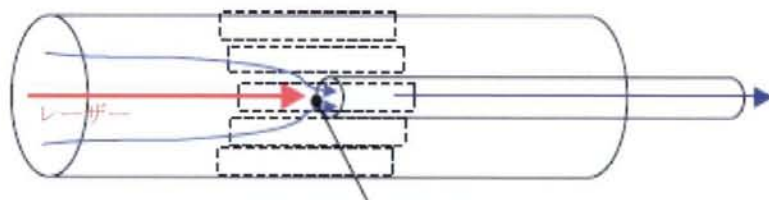


写真7 FC-3の概観写真

### 「Tumbling」技術を採用

円形の計測部にて気流を作り、繊維状粒子を回転させながら、ディテクター部を通過させる。半導体レーザーによって照射された粒子の散乱光は、円筒の周りにはあるフォトダイオード(10枚)にて検出され、散乱光の傾向によって球形の粒子と繊維にカウントを分ける。

つまり、球形の粒子の場合は10枚のフォトダイオードからの信号は均一であり、繊維状粒子の場合は特有の信号が発生し、球形の粒子と区別することができる。



ここで照射された粒子の散乱光は、フォトダイオードで検知され  
散乱光のパターンによって繊維と粒子を区別しカウントする。



繊維状粒子を含んだ空気の流れ



円筒の周りのフォトダイオード(計10枚)

図6 FC-3の原理図



(3) 実験対象機種を選択のための共通項目の情報収集

わが国において入手可能なリアルタイム計測機器6機種の情報をカタログ記載項目を入手したが、カタログに記載されている内容は、各製造メーカーで異なり統一されていないことから、共通性能要件等について検討会で審議し、次の項目を決定した。

- ①「原理」
- ②「長所」
- ③「欠点」
- ④「検出最小長さ」
- ⑤「最小測定濃度」
  - ・ 捕集時間 10 分
  - ・ 捕集時間 30 分
  - ・ 捕集時間 60 分
  - ・ 捕集時間 120 分
  - ・ 捕集時間 240 分
  - ・ 捕集時間 480 分
- ⑥「最大繊維数濃度」
- ⑦「捕集流量」
- ⑧「検知可能な最小流量」
- ⑨「設定可能な運転時間」
- ⑩「記録可能な運転時間」
- ⑪「設定時間内での記録項目」
- ⑫「測定中の繊維数濃度の表示」
- ⑬「データの出力方法」
- ⑭「分析可能なバックアップフィルターの有無」
- ⑮「データ記録の間隔」
- ⑯「設定可能なアラーム範囲」
- ⑰「アラーム音の大きさ」
- ⑱「ディスプレイスクリーン」

- ⑲「コンピューター」
- ⑳「データ記憶容量」
- ㉑「USBポート」
- ㉒「較正方法」

これらの以上の共通の情報を入手するために共通性能要件項目記入用一覧表を作成し、メーカー及び販売者に依頼し、比較表を作成した。

表 1 に 6 機種の共通性能要件一覧表を示した。

表1 共通性能要件一覧表(その1)

製造	柴田科学機	柴田科学機	株式会社ハットリ工業	アエモテック機	
販売(代理店)	柴田科学機	柴田科学機	大塚刷毛製造株式会社	アエモテック機	
型式	F-1	FS-1	FNM-ME (商品名:ファイバネットワークモニターモニタリング)	DAECOM-S	
原理	高電場での粒子振動による繊維状粒子の散乱光検出	分粒子通過粒子の散乱光波形処理による繊維状粒子検出	FAM-1の基本原理を使用、ファイバを高電圧で振動させ、レーザーの散乱光波形を解析	He-Neレーザービーム内を通過する粒子の170度後方散乱光を捉え、偏光角度の変化の差で繊維と粒子を識別	
長所	繊維状粒子のみを選別して測定可能	小型・軽量、携行して測定可能	繊維状粒子のみを選別して測定可能	繊維状粒子のみを選別して測定可能 総粉じん個数濃度表示可能	
欠点	取り込み試料の一部を検出、流量比で濃度を算出	高濃度長時間連続測定による検出器の感度変動	高温多湿、水厳禁(雨天時屋外等)	精度の高い光学系を使用しているため重量が重い	
検出最小長さ	5μm	5μm	5μm(長さ)以上	0.1μm(直径)×1μm(長さ)	
最少測定濃度	捕集時間 10分	3.9本/L	1本/L	10本/L	1.50本/L
	捕集時間 30分	1.3本/L	1本/L	3.3本/L	0.50本/L
	捕集時間 60分	0.7本/L	1本/L	1.7本/L	0.25本/L
	捕集時間 120分	0.3本/L	1本/L	0.8本/L	—
	捕集時間 240分	0.2本/L	1本/L	0.4本/L	—
	捕集時間 480分	0.1本/L	1本/L	0.2本/L	—
最大繊維数濃度	1000本/L	150本/L	1000f/L(9999カウント)	10000本/L	
捕集流量	2L/min	0.5L/min	2L/min	2L/min	
検知可能な最小流量	0.1L/min	0.01L/min		2L/minに固定	
設定可能な運転時間	9999時間	9時間59分	分単位で連続まで自由に設定可能	積分時間1~90分で設定可能、連続測定回数1~500回	
記録可能な運転時間	9999時間	9時間59分	1件につき40時間 99件まで記録可能	プリンター出力の場合 同上 コンピュータ出力の場合 無制限	
設定時間内での記録項目	カウント数、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	カウント数、繊維状粒子濃度換算値(f/L)、設定測定時間 測定残時間、バッテリー容量	年・月・日・時・分、測定開始時間測定経過時間	測定開始時刻、設定測定時間、測定回数、繊維状粒子計測数、全粒子計測数、繊維状粒子濃度換算値(本/L)、全粒子濃度換算値(本/L)	
測定中の繊維数濃度の表示	カウント数 繊維状粒子濃度換算値(f/L)	カウント数、繊維状粒子濃度換算値(f/L)	10分毎の繊維数及び濃度、直近100分単位の平均濃度、総繊維数 総平均濃度(実稼働時間中)	現在値を2回/秒の更新で液晶に表示	
データの出力方法	USB、PS-232C、プリンタ、754M	電圧出力(0~1V)	USBポート、RS-232C、プリンタ付き	プリンターに印字またはRS232C接続でコンピュータに記録 ※別途専用ソフトウェアが必要	
バックアップフィルター	φ25mmインプレフィター	標準仕様には無し	φ25mmインプレフィター	φ25mmインプレフィター	
電源	AC100V	AC100V	100-240VAC、50-60Hz	AC100V	
バッテリー	ニッケル水素蓄電池(約4時間)	ニッケル水素蓄電池(約8時間)	DC12V(約10時間稼働)	無し	
寸法	W38cm×D23cm×H24cm	W21cm×D10cm×H18cm	W446mm×D250mm×H222.8mm	W55cm×D41cm×H18.5cm	
重量	約5.2kg	約2.6kg	8.0kg(ハードケース6.5kg/W512mm×D318mm×H331mm)	約13kg	
設定可能な平均値の間隔	1分または積算時間	1分または積算時間	設定不可		
データ記録の間隔	1~999分	記録機能なし	1分から自由に設定可	1~90分 1分単位	
アラーム設定有無	無	有	有	無	
設定可能なアラーム範囲	0.1~999.9 f/L(コンピュータ出力)	1カウントごと(アラーム音)	自由に設定可	無し	
アラーム音の大きさ設定	設定不可	0(アラーム音なし)から10段設定	内蔵ブザーは変更不可 外部出力端子有り	設定不可	
ディスプレイスクリーン	タッチパネル式液晶ディスプレイ(バックライト)	液晶ディスプレイ(バックライト付)	タッチパネル式 TFT5型カラー液晶ディスプレイ	液晶	
コンピューター	通信機能あり	通信機能なし	USB及びRS232により外部接続 内部専用ソフト	オプション(ソフト込み)	
データ記憶容量	データ数5450	データ記録機能なし	1MB	測定結果500件	
USBポート	有	無	有	無し(RS232Cから変換可能)	
較正方法	PCM法で値付けした基準器との比較較正	PCM法で値付けした基準器との比較較正	PCM法で値付けした基準器との比較較正	PCM法で値付けした基準器との比較較正	

表 1 共通性能要件一覧表 (その2)

製造		MSP 社	SMH/Harley Scientific
販売 (代理店)		株式会社アゼラス	東京イレック㈱
型式		FM-7400AD	Fibrecheck FC-3
原理		光散乱方式を使用しファイバーを一系列に並べさらに振幅させる動作の組み合わせを誘発させる電場を発生させ、粒子の中から単独に個々のファイバーを検出する。	円形の計測部にて気流を作り、繊維状粒子を回転させながら、ディテクターを通過させる。半導体レーザー光を使用
長所		繊維状粒子のみを選別して測定可能 キャリブレーションがクリソタイ	リアルタイムに 0.2μm 以上の浮遊繊維の個数濃度レベルをモニタリング
欠点			基準値以上の場合などにアラーム機能なし
検出最小長さ		2μm	0.2μm (直径) × 5μm (長さ) 以上
最少測定濃度	捕集時間 10 分	5 本/L	0.001 本/mL
	捕集時間 30 分	1.7 本/L	0.001 本/mL
	捕集時間 60 分	0.8 本/L	0.001 本/mL
	捕集時間 120 分	0.4 本/L	0.001 本/mL
	捕集時間 240 分	0.2 本/L	0.001 本/mL
	捕集時間 480 分	0.1 本/L	0.001 本/mL
最大繊維数濃度		5000 本/L	10 <sup>6</sup> 個
捕集流量		2.0L/min	2L/min
検知可能な最小流量		0.02L/min	2L/min
設定可能な運転時間		1 分～24 時間または連続	1 分～8 時間 59 分
記録可能な運転時間		1 分～24 時間	1 分
設定時間内での記録項目		年・月・日・時・分、最新繊維数濃度、総繊維数 (運転開始から)、平均繊維数濃度 (運転開始から)、捕集経過時間、最高繊維数濃度 (選択された捕集間隔内の)、繊維濃度又は繊維数のグラフは時間間数として表示	時間 (1 分単位)、ファイバー濃度 (本・mL) 粒子個数/2L (積算値)
測定中の繊維数濃度の表示		直近の繊維数濃度	F/m l
データの出力方法		USB (テキストファイル形式)	付属プリンタによる印刷、ハイパーターミナル ソフトによる PC ダウンロード (オプション)
バックアップフィルター		φ25mm メンブレンフィルター	標準仕様には無し
電源		100-240VAC、50-60Hz	充電式バッテリー
バッテリー		持続性 4 時間 (以上) 充電式バッテリー 5~10Ah NiMH	Lead acid 12V 7AH (約 10 時間稼働可能)
寸法		W36.5cm × D28.2cm × H22.4cm	W16cm × D34cm × H25cm
重量		7.5kg (バッテリー含まず)	7.5kg
設定可能な平均値の間隔		1~60 分	ファイバー粒子: 1 分、10 分、1 時間
データ記録の間隔		1~60 分	1 分毎
アラーム設定の有無		有	無
設定可能なアラーム範囲		TWAPEL (8 時間中) 及び STEL (0.5 時間中)	アラーム機能無
アラーム音の大きさ		90db (機器から 1m 離れた距離からの測定)	アラーム機能無
ディスプレイスクリーン		16.3cm TFTLCD、カラータッチスクリーン NEMA4/IP65 規格	
コンピューター		WindowsXP 内蔵、500MHz のプロセッサ付き工業用 PC	オプション品
データ記憶容量		2GB (コンパクトフラッシュ)	
USBポート		USB2.0 (×2ヶ所)	USBポートなし (RS232ポート有) 有り
較正方法		PCM 法で値付けした基準器との比較較正	メーカーにて実施



#### (4) 実験対象機種を選定要件

1 (3) の共通性能要件一覧表を参考にして、実験対象機種を選定するための選定要件を以下の通り定めた。

- ① 計数対象粒子として、PCM法と同等の「長さ5  $\mu$ m以上」、「長さと同幅(直径)の比が3:1以上で幅が3  $\mu$ m未満」の繊維状粒子を計測して表示できること。
- ② 計測できる濃度範囲が解体・改修作業現場に対応できるとともに、測定対象濃度と計測時間が明確になっていること。
- ③ PCM法やSEM, TEM等の分析可能なバックアップフィルターが付属されていること。
- ④ 同一機器間の器差が較正繊維数濃度の範囲内であること。
- ⑤ 機器の較正方法が確立されていること。

#### (5) 実験対象機種の設定

1(3)の選定要件を基に以下のとおり機種を選定した。

国産製、外国製の6機種のうち、バックアップフィルターの有無及び測定可能な濃度範囲から、ファイバースーパーベイメーター FS-1、Fibrecheck FC-3の2機種を除く以下の4機種について実験を進めることとした。

- ① ファイバーモニター F-1
- ② ファイバーネットワークモニター モバイルエディション FNM-ME
- ③ 繊維状粒子リアルタイム測定機 DAECOM-S
- ④ ファイバーモニター MODEL FM-7400AD

#### (6) 実験対象機種のメーカーで実施している較正方法

##### ① F-1

1次較正用繊維としてアモサイト(JAWE231)を使用し、ダストチャンパーに発生させ、基準器とPCM法との併行測定を行なう。

濃度段階は400 f/L付近を目安に1点測定し、その前後2点ずつ計5点をPCM法と併行測定して比較する。そこで得られた表示濃度とPCM法によるアモサイト繊維数濃度の比較から回帰式を計算し、その傾きから係数を求めPCM法の濃度と1対1になるように補正した機器を基準器とする。

次に2次較正用繊維として人造鉱物繊維を発生させ、基準器と被検器を同時に併行測定し、そこで得られた基準器の表示濃度と被検器の表示濃度から回帰式を計算し、その傾きから係数を求め基準器の濃度と1対1になるように補正している。

PCM法の計数は、(社)日本作業環境

測定協会が実施している石綿分析クロスチェック事業の計数分析項目のBランク認定者が実施している。

## ② FNM-ME

1次校正用繊維としてアモサイト（測定機関から提供してもらった現場試料を使用している。アスベスト濃度は100%ではなく、他の繊維も混入している可能性あり。）を使用し、ダストチャンバーに発生させ、800f/L以下の濃度において30点～50点程度、PCM法と表示値の比較測定を行なう。そこで得られた表示濃度とPCM法によるアモサイト繊維数濃度の比較から回帰式を計算し、その傾きから係数を求めPCM法の濃度と1対1になるように補正した機器を基準器とする。

次に2次校正用繊維としてチタン酸カリウム（製品名：ティスモD）をチャンバーに発生させ、500f/L以下の濃度で5点基準器と被検器を同時に併行測定し、そこで得られた基準器の表示濃度と被検器の表示濃度から回帰式を計算し、その傾きから係数を求め基準器の濃度と1対1になるように補正している。

PCM法の計数は、（社）日本作業環境測定協会が実施している石綿分析クロスチェック事業の計数分析項目のAランク認定者が実施している。

## ③ DAECOM-S

1次校正用繊維としてクリソタイル（JAWE111）を使用し、チャンバーに発生させ、100f/L以下の濃度で2点測定し、PCM法と表示値の比較測定を行なう。そこで得られた表示濃度とPCM法によるアモサイト繊維数濃度の比較から回帰式を計

算し、その傾きから係数を求めPCM法の濃度と1対1になるように補正した機器を基準器とする。

次に2次校正用繊維としてグラスウールを使用し、グラスウールを発生させ、基準器と被検器を同時に測定し、基準器の表示値に被検器の表示値を合わせるように反射強度を調整する。最後に、チャンパー内にクリソタイル（JAWE111）、アモサイト（JAWE121）を別々に発生させて、基準器と被検器を同時に測定し、基準器の表示値に被検器の表示値が合うように反射強度を調整する。

## ④ FM-7400AD

本装置は、平成3～4年度にかけて当時の環境庁が導入を検討していた米国のMIE社から市販されていたFM-7400と同様に、クリソタイルとアモサイトの2系統の校正チャンネルを有している。

クリソタイルの1次校正には、当時の環境庁の検討会でダストチャンバーに発生させたクリソタイル繊維の長さや太さの分布や形態が、環境大気中に存在するアスベスト繊維に近似できるとして選定された、ジンバブエ共和国産のクリソタイルを粉碎処理したものを使用している。このクリソタイル繊維を内容積約400Lの専用ダストチャンパーに発生させ、0～5000f/Lの範囲で濃度の異なる35～50点の範囲でPCM法との併行測定を3～5回実施し、表示濃度とPCM法によるクリソタイル繊維数濃度の比較から回帰式を計算し、その傾きから係数を求めPCM法の濃度と1対1になるように補正した機器を基準器としている。2次校正も同様のクリソタイルを

使用して1次校正と同様に発生させ、基準器と被検器の併行測定を行い、被検器の表示濃度が基準器の表示濃度と一致するように補正している。

アモサイトの1次校正には南アフリカ共和国 Transvaal 州産のアモサイトを粉碎処理したものを使用して、クリソタイルと同様の方法で1次校正、2次校正を行っている。

基準器は日本で保有しており、米国での機器生産に当たっては、日本からの準器を使用して調整し、日本国内で基準器との1次、2次校正を行っている。

PCM法の計数は、(社)日本作業環境測定協会が実施している石綿分析クロスチェック事業の計数分析項目のAランク認定者が実施している。

#### (7) 実験に使用する標準繊維の決定

実験に使用する標準繊維を選定するため、検討委員会で過去に環境庁で実施されたデータ等を検討した結果、クリソタイルを基本とし、以下の標準繊維を選定した。

- ①クリソタイル（ジンバブエ共和国産）
- ②アモサイト（南アフリカ共和国  
Transvaal 州産）
- ③ロックウール（日東紡）
- ④クリソタイル含有10～15%の建材試料

①～④の試料はウイレー粉砕器で粉砕後、目開き0.5mmのフルイ下に調製したものを使用することとした。