

表 3.3 外壁取り外し作業場 (2)

| 測定点 | 総繊維数濃度 (f /cm ³) | | アモサイト濃度 (f /cm ³) | |
|------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|
| | 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 | 3.0 | 4.3 | 0.8 | 0.29 以下 |
| 2 | 12.9 | 15.2 | 3.2 | 4.3 |
| 3 | 10.0 | 16.3 | 2.0 | 4.3 |
| 4 | 8.8 | 8.7 | 2.0 | 2.2 |
| 5 | 15.6 | 15.2 | 2.4 | 5.4 |
| 6 | 8.7 | 19.5 | 1.7 | 10.9 |
| 幾何平均 | 8.8 | 11.8 | 1.9 | 3.0 |
| B測定 | 1.5 | 132.4 | 0.4 | 27.14 |



写真 3.3 作業の概要



写真 3.4 作業の概要



写真 3.5 作業の概要



写真 3.6 作業の概要

4. 水練り保温材の除去作業時の現場調査結果

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。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。写真 4.1～4.3 に水練り石綿保温材が使用されている弁を示した。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、試験施工を実施し石綿濃度測定を行った。

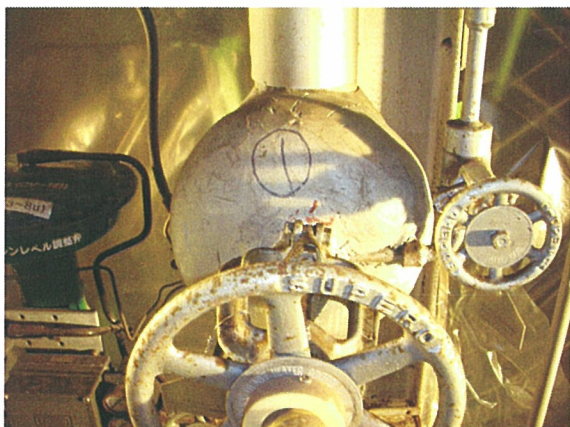


写真 4.1 水練り保温材が使用されている弁



写真 4.2 水練り保温材が使用されている弁

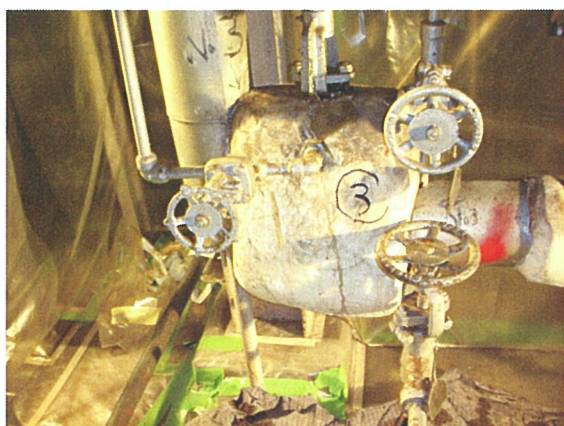


写真 4.3 水練り保温材が使用されている弁の例

4.1 サンプルング方法

図 4.1 に作業場の概要を示した。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 4.4）、散水しながら保温材の除去作業を実施することとした。（写真 4.5、写真 4.7）また、排気装置の配管を除去作業位置付近に近づけながら作業をすることとした。（写真 4.8、写真 4.10、写真 4.11）

サンプルングは、作業前の養生の中 1 ヶ所と養生の外 2 ヶ所、作業中は、養生の中 1 ヶ所と養生の外 2 ヶ所に個人ばく露濃度測定を実施した。

4.2 総繊維数濃度、石綿繊維数濃度のサンプルング

φ 25mm、ポアサイズ 0.8μ m 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、毎分 1L の吸引速度で作業前と作業中の定点測定は 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。

4.3 分析方法

4.3.1 総繊維数濃度、石綿繊維数濃度の分析

総繊維数濃度、石綿繊維数濃度の分析は、次の方法により実施した。

(1) 総繊維数濃度

総繊維数濃度の分析は、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。

分析条件は、ろ紙の有効径は直径 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

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。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 4.1 に示した。

表 1 より石綿の種類は、アモサイトで、石綿含有率は、9.25%であった。

表 4.1 石綿含有建築材料の石綿含有率

| 建材の名称 | アモサイト含有率 (%) |
|--------|--------------|
| 水練り保温材 | 9.25 |

次に石綿繊維数濃度の分析は、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(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。

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。

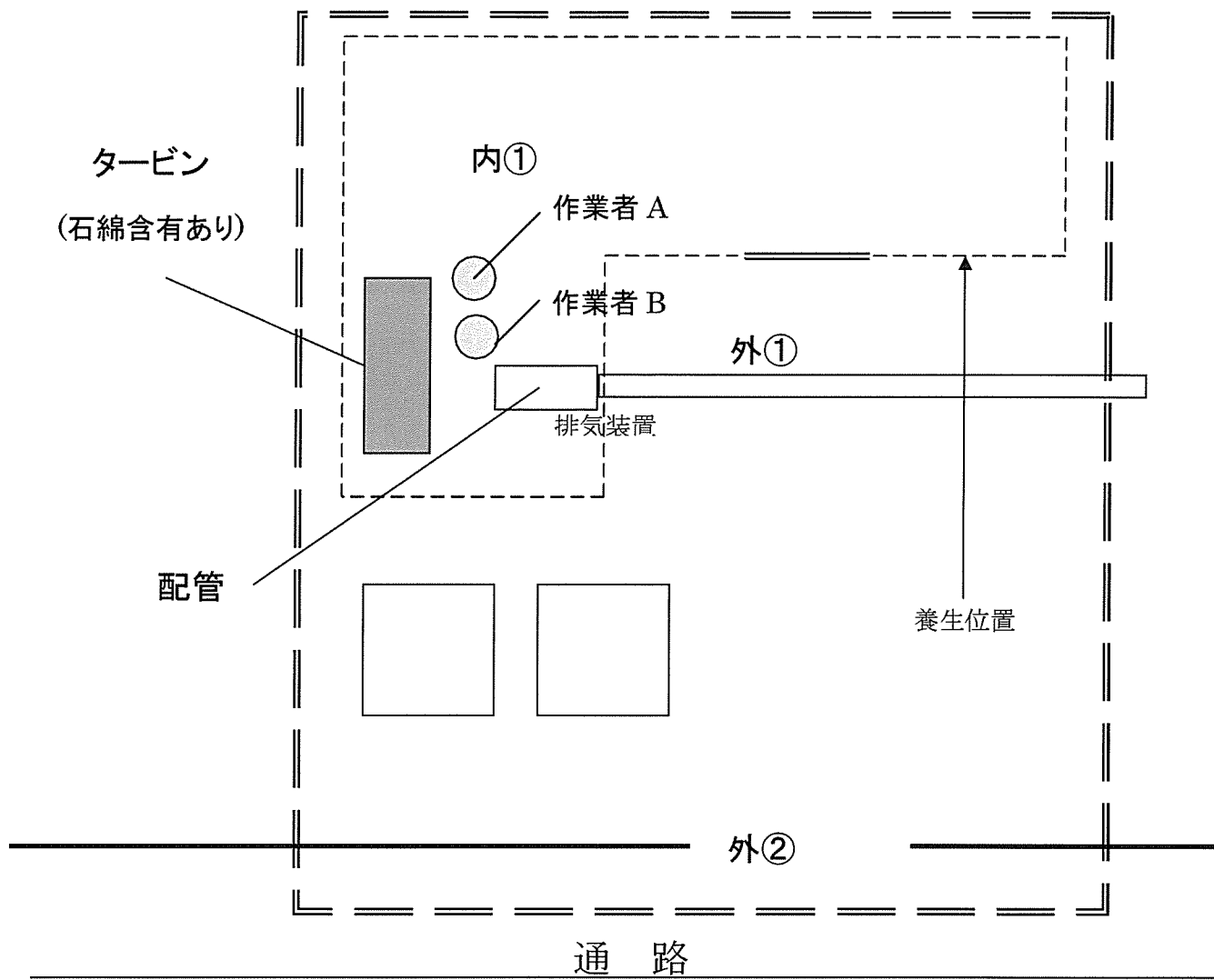


図 4.1 測定位置の概要



写真 4.4 水練り保温材使用の弁



写真 4.5 排気装置



写真 4.6 作業概要



写真 4.7 作業概要



写真 4.8 作業概要



写真 4.9 作業概要



写真 4.10 作業概要



写真 4.11 作業概要

4.4 分析結果

作業前の総繊維数濃度とアモサイト繊維数濃度の分析結果を表 4.2 に、石綿除去作業中の総繊維数濃度とアモサイト繊維数濃度の分析結果を表 4.3 に示した。

表 4.2 より作業前の総繊維数濃度は、養生の外側の 1 点で養生の中より高い値を示していたが、アモサイト繊維数濃度は全て定量下限値以下であった。

表 4.3 より石綿除去作業中の養生内の定点のアモサイト繊維数濃度は、3.3 (f/L) で、個人ばく露濃度測定のアモサイト繊維数濃度は 10.3 (f/L) であった。これは、作業位置付近に排気装置のノズルを近づけていて作業を実施していたが、必ずしも十分に吸引できなかったと考えられる。写真 4.5 に示すように排気装置からのノズルが固定されているために 3ヶ所の水塗り保温材の作業位置付近に配管を近づけることが困難であったためと思われる。今回のように排気装置からのノズルが固定されている場合は、保温材に対して反対側の位置から排気装置のノズルを設置して吸引することや、固定されていない小型の排気装置でノズルを自由に動かせるものを使用する等の工夫をすることによって石綿を飛散防止することが可能であると考えられるため、排気のやり方について検討が必要である。

表 4.2 作業前の測定結果

| | 総繊維数濃度 (f/L) | アモサイト繊維数濃度 (f/L) |
|--------------|-----------------|---------------------|
| 養生の中 | 17.9 | 9.5 以下 |
| 養生の外① (出口付近) | 43.0 | 9.5 以下 |
| 養生の外② (通路付近) | 9.5 以下 | 9.5 以下 |

定量下限値 : 9.5 以下 (f/L)

表 4.3 作業中の測定結果

| | 総繊維数濃度 (f/L) | アモサイト繊維数濃度 (f/L) |
|--------------|-----------------|---------------------|
| 養生の中 | 110.8 | 3.3 |
| 養生の外① (出口付近) | 45.6 | 8.6 以下 |
| 養生の外② (通路付近) | 52.1 | 8.6 以下 |
| 個人ばく露濃度 | 74.5 | 10.3 |

定量下限値 : 8.6 以下 (f/L)

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

石綿除去作業中で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実施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は、位相差顕微鏡の計数分析に妨害をもたらすので注意する必要がある。

特に天井に吹付けてある吹付け材の除去作業の場合は、石綿飛散防止剤を空中に散布しながら除去作業する場合があります、この石綿飛散防止剤がメンブランフィルター付着してしめる恐れがある。石綿飛散防止剤を噴霧した状況の中でサンプリングした時のカウル付きオープンフェイス形捕集器具と新品のカウル付きオープンフェイス形捕集器具の比較を写真 5.1 に示した。下が石綿飛散防止剤を散布した時に測定を実施したものであるが、捕集器具にも防止剤が付着しているのがわかる。

空気中の繊維状粒子の測定方法（JISK3850-1）にはフィルターホルダーとしては、カウル付きオープンフェイス形とオープンフェイス形フィルターホルダーが示されているが、写真 1 のようにフィルターホルダーに直接付着しているケースも見られることからオープンフェイス形フィルターホルダーでは、ろ紙に直接に噴霧されてしまうことも考えられるため、少しでもこの影響を緩和するためには、カウル付きオープンフェイス形捕集器具を使用すべきであると考えられる。

写真 5.2 に顕微鏡写真を示す。飛散防止剤がフィルター一面に付着しており、その中に繊維状粒子が見られる。位相差顕微鏡で計数する場合のルールとして粒子が付着している場合で粒子の幅が $3 \mu\text{m}$ を超えるものは計数しないとしているため、計数不能扱いになる。

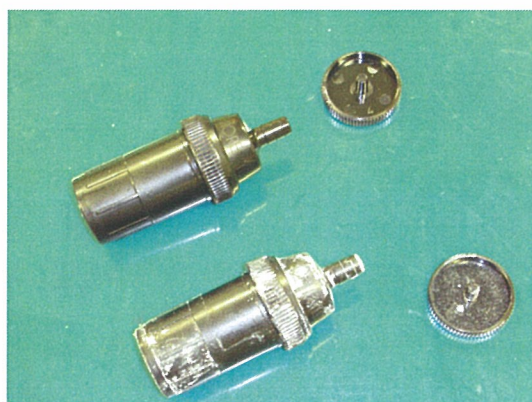


写真 5.1 カウル付きオープンフェイス形捕集器具

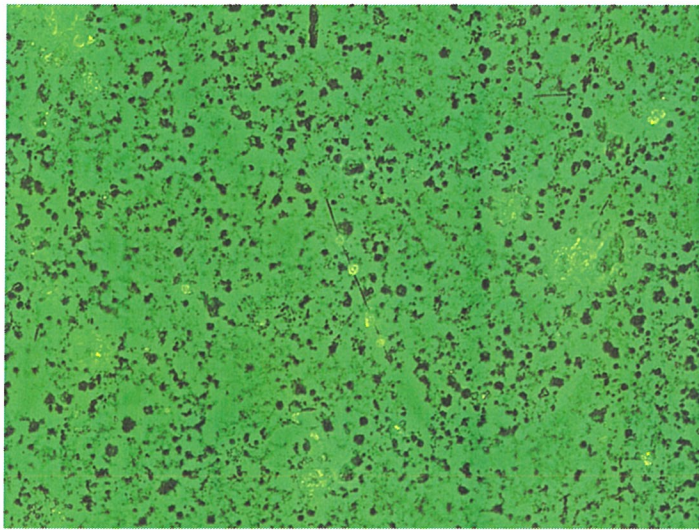


写真 5.2 石綿飛散防止剤が付着したフィルターの顕微鏡写真
(総合倍率 400 倍)

石綿飛散防止剤を使用している現場の測定においては、防止剤の固化時間を考慮した上で測定することと、石綿飛散防止剤を適切に使用する使用方法を明確に示し現場の作業員その方法に従って噴霧することが必要であると考えられる。

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大きく分けると

- 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「特に指定無し」

の場合の3通りがあり、分析機関は、依頼者側の工事仕様書に従って測定を実施するが、依頼者側が①又は②による測定方法を理解した上で、測定を依頼しているのかが疑問である。また、工事を請け負う会社で既に工事の請負金額が決まっており、本来、測定機関の作業環境測定士等が測定場所を見てから測定点等を決定するべきであるが、測定点を工事施工者側で一方的に決めて仕様書に記載して依頼するケースが多く見受けられる。

③の場合は、依頼者側と測定機関の作業環境測定士が協議して測定方法を決定するため最も良い方法であると考えられる。

このため、石綿の除去工事においては、調査を依頼する側においては、目的を把握した上で測定機関等に依頼することが必要である。そこで依頼者側に対して講習会等を実施し、測定の趣旨を理解してもらうことや測定点を勝手に決めてしまうことが正しく結果を出すためには有効ではないことを周知させることが必要であると考えられる。

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肉眼計数(PCM)方法であるが、

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無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（リアルタイムレーザーファイバーモニター）は、FAM-7400（写真 7.1）、ARM-II（写真 7.2、7.3）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 7.1 FAM-7400 の概観

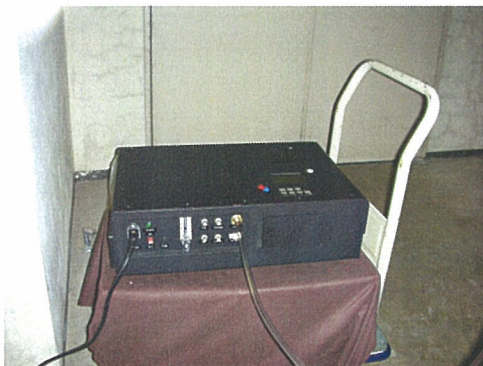


写真 7.2 ARM-II の概観

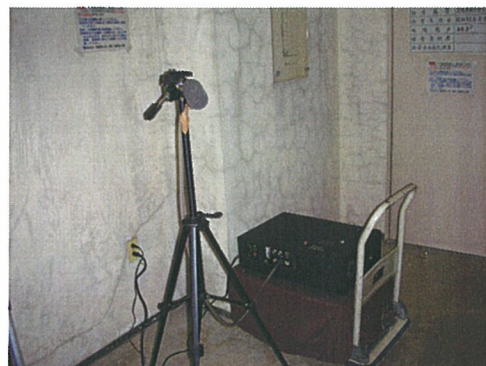


写真 7.3 ARM-II の概観

7.1 測定原理と構造

繊維状粒子自動計測器の測定原理と構造について FAM-7400 の構造図を示した。ARM-II についてもほぼ同様の測定原理であるため FAM-7400 の測定原理と構造を図 7.1 に示した。

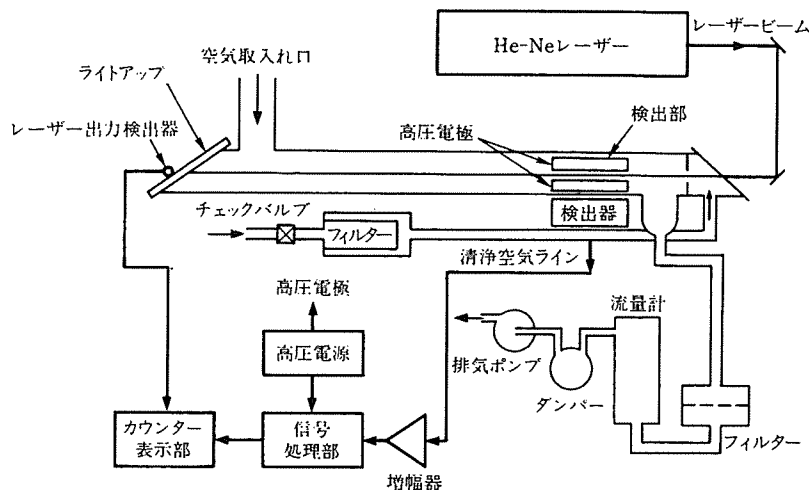


図 7.1 FAM-7400 の測定原理と構造

ダイヤフラム排気ポンプによって 2L/min の流量で空気取入れ口から吸引され、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。さらには、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いく。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同面積の比を電氣的に計算して、繊維のアスペクト比（長さと同幅の比）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。

7.2 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、通常石綿測定の計測で実施する PCM 法と FAM-7400、ARM-II を並行測定した。サンプリング流量と時間は全て 2 L/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。

7.3 検討結果

表 7.1 に PCM 法と ARM-II および FAM-7400 の測定結果の比較を示した。表 7.1 より測定結果は 4 回繰り返し行い平均値も表に示した。ARM-II と PCM 法の繊維数濃度関係は、平均値の値で比較すると ARM-II の数値のほうが 1.5 倍高めに示す傾向があった。なお、表中にバックアップフィルターの繊維数濃度結果も示したが、本来ならば ARM-II の繊維数濃度とバックアップフィルターの繊維数濃度は、ほぼ同じ値になるはずであるが、約 3 割程度しか捕集されていなかった。このためバックアップフィルターまでの間に漏れがあったと考えられる。

次に PCM 法と FAM-7400 の繊維数濃度の関係は、FM-7400 と PCM 法との割合が 0.94 になり、ほぼ一致した値が得られたと考えられる。

表 7.1 PCM 法と ARM-II および FAM-7400 の測定結果の比較

| | No. | PCM | ARM-II | | | | FM-7400 | |
|------|------|--------|--------|--------------------|------------|---------|---------|------------|
| | | f/L | f/L | バックアップフィルター f/L | バックアップ/ARM | ARM/PCM | f/L | FM7400/PCM |
| 測定回数 | 1 | 279.06 | 487.5 | 107.56 | 0.22 | 1.75 | 230.0 | 0.82 |
| | 2 | 267.44 | 547.5 | 118.31 | 0.22 | 2.05 | 260.0 | 0.97 |
| | 3 | 308.13 | 451.5 | 134.44 | 0.30 | 1.47 | 350.0 | 1.14 |
| | 4 | 331.39 | 324.0 | 112.93 | 0.35 | 0.98 | 280.0 | 0.84 |
| | 幾何平均 | 295.46 | 444.5 | 117.90 | 0.27 | 1.51 | 276.7 | 0.94 |

7.3 今後の課題

繊維状粒子自動計測器は、その場で数値が示されるために高濃度の数値が表示された場合は、現場で迅速に対応が可能であることから有効な計測手法である。しかし、繊維状粒子自動計測器は、石綿のみを選択して数値を表示する計測器ではないため、使用する側は表示された数値が全て石綿の繊維ではないということを理解した上で使用することが必要になる。

また、操作ボタンを押すだけで計測が可能のために、定期的なメンテナンスや較正が必要不可欠であると考えられる。