

## アスベスト迅速測定法に係る追加試験結果

アスベストモニタリングマニュアル改訂検討会（第2回）において、アスベスト迅速測定法に係る検討結果（第2回検討会：資料1-2 可搬型顕微鏡に係る測定比較試験結果、資料1-4 フィルターサイズ及びサンプリング流量の検討）について、委員から追加試験が必要との指摘があり、今回追加の試験を行った。

### 1. 可搬型蛍光顕微鏡に係る測定比較試験 追加試験

#### (1) 目的

第2回検討会において、可搬型蛍光顕微鏡（iPad型蛍光顕微鏡）の検鏡について、複数名で実施が望ましいとのご意見を踏まえ、検鏡者を追加し、検鏡を実施した。

#### (2) 試験に使用した機種

試験対象とした機種

- ・可搬型蛍光顕微鏡（iPad型蛍光顕微鏡）

比較基準とした機種

- ・蛍光顕微鏡

#### (3) 試験方法

試験用スライド作成は、第2回検討会資料1-2に記載した方法と同様とした。フィルターサンプルは、表1-1に示したリロケータブルスライドを使用して、透明化処理を行わない方法で改めて作成した。

可搬型蛍光顕微鏡（iPad型蛍光顕微鏡）の計数は、蛍光顕微鏡で蛍光発色を呈した繊維と同一の繊維について計数を行った。蛍光顕微鏡の検鏡に当たっては、蛍光発色を呈した繊維に対し、蛍光繊維の判定について教育を受けた者が、アスベスト繊維か非アスベスト繊維かの判断を行った。

表 1-1 試験用スライド一覧

NO.	総繊維数濃度 (本/L)	アスベスト繊維 数濃度 (本/L)	アスベスト種類
①	53	6.3	クリソタイル
②	6.4	0.55	クリソタイル
③	2.4	1.5	クリソタイル (50%)、アモサイト (50%)
④	70	54	クリソタイル (41.5%)、アモサイト (58.5%)
⑤	4.0	2.5	クリソタイル (42.4%)、アモサイト (57.6%)

(4) 試験結果

比較基準とした蛍光顕微鏡にて計数したリロケータブルスライド 50 視野の計数繊維数 (本) と試験対象機種にて計数したリロケータブルスライド 50 視野の計数繊維数 (本) を表 1-2 に示す。

表 1-2 可搬型蛍光顕微鏡 (iPad 型蛍光顕微鏡) 計数比較結果 (分析者 B が計数)

		蛍光顕微鏡 でアスベ スト繊維と判 定した本数 (本)	iPad 蛍光 顕微鏡と同 一の繊維を 計数した本 数 (本)	蛍光顕微鏡 で計数した1 視野あたり の平均本数 (本/視野)	可搬型蛍光 顕微鏡で計 数した1視野 あたりの平 均本数 (本/視野)	繊維の確認 が一致した 割合 (%)
iPad 型 蛍 光 顕 微 鏡	スライド①	31	24.5	0.62	0.49	79%
	スライド②	14	11	0.28	0.22	79%
	スライド③	23	15	0.46	0.3	65%
	スライド④	174	129	3.48	2.58	74%
	スライド⑤	22	17	0.44	0.34	77%

透明化処理を行わないスライドを検鏡し、蛍光顕微鏡でアスベスト繊維と判定した繊維に対し、「iPad 型蛍光顕微鏡」で同一の繊維を確認できた繊維数は、蛍光顕微鏡で計数した繊維数の 65%~79% であった。

(5) まとめ

第 2 回検討会資料 1-2 より、透明化処理を行わないスライドを検鏡した結果を表 1-3 に示す。第 2 回検討会で報告した透明化処理を行わないスライドを検鏡し、蛍光顕微鏡でアスベスト繊維と判定した繊維に対し、可搬型蛍光顕微鏡「iPad 型蛍光顕微鏡」で同一の繊維を確認できた繊維数は、蛍光顕微鏡で計数した繊維数の 64%~82% であった。

表 1-3 可搬型蛍光顕微鏡 (iPad 型蛍光顕微鏡) 計数比較結果  
(第 2 回検討会資料 1-2 : 分析者 A が計数)

		蛍光顕微鏡 でアスベ スト繊維と判 定した本数 (本)	iPad 蛍光顕 微鏡で蛍光 顕微鏡と同 一の繊維を 計数した本 数 (本)	蛍光顕微鏡 で計数した 1 視野あたり の平均本数 (本/視野)	可搬型蛍光 顕微鏡で計 数した 1 視野 あたりの平 均本数 (本/視野)	繊維の確認 が一致した 割合 (%)
iPad 型 蛍 光 顕 微 鏡	スライド①	49.5	33	0.99	0.66	67%
	スライド②	6	4	0.12	0.08	67%
	スライド③	34	28	0.68	0.56	82%
	スライド④	249.5	159.5	4.99	3.19	64%
	スライド⑤	25	17	0.5	0.34	68%

表 1-3 に示した第 2 回検討会報告の結果と表 1-2 に示した追加試験の結果を比較すると、第 2 回検討会で報告した繊維の一致割合は 64%~82% に対し、追加試験でも繊維の一致割合は 65%~79% と、ほぼ同程度の結果であった。

表 1-3 の第 2 回検討会報告及び、表 1-2 の追加試験の結果は異なる分析者による計数結果であるがいずれも繊維の一致率が 6 割~8 割であった。繊維の判定方法の教育を受けたものが検鏡すれば、異なる分析者が可搬型蛍光顕微鏡 (iPad 型蛍光顕微鏡) にて計数した場合でも、蛍光顕微鏡と同一の繊維が 6 割~8 割の割合で確認できており、蛍光顕微鏡より、繊維の確認精度は劣るものの、蛍光色を呈したアスベスト繊維の確認は可能であることから、定性的な評価や一定程度の精度での定量評価が可能であるためスクリーニング法としての可搬型蛍光顕微鏡の使用は可能であると考えられる。

## 2. フィルターサイズ及びサンプリング流量の検討 追加試験結果

### (1) 試験目的

第2回検討会での委員意見を踏まえ、より迅速に、かつ検出下限値1本/Lを担保した総繊維数濃度が得られるサンプリング条件について、追加の検討を行った。フィルターサイズは、第2回検討会資料1-4の検討結果から、φ47mmフィルターとφ25mmフィルターに絞り追加試験を行った。

### (2) 試験条件

#### ① フィルターサイズ及びサンプリング流量

迅速に結果を出すために、計測視野数が50視野でも検出下限値1本/Lを担保できるサンプリング量を算出した結果、φ47mmフィルターでは300L、φ25mmフィルターでは150Lが最小サンプリング量であった。

今回の追加試験でのサンプリング量をφ47mmフィルターは300L、φ25mmフィルターは150Lとし、サンプリング流量と採取時間を変更した場合に同量の大气を捕集したろ紙を確認する事で、総繊維数濃度のばらつきを確認した。追加試験におけるフィルターサイズ及びサンプリング流量の試験条件を表2-1に示す。

表2-1 フィルターサイズ及びサンプリング流量別 試験条件

	φ47mm フィルター			φ25mm フィルター		
実験で使用了フィルターホルダーのメーカー名/型式	SKC/225-8497			SKC/225-321		
実験で使用了フィルターのメーカー名/型式	ADVANTEC/A280X047A			SKC/225-321		
サンプリング条件	①	②	③	④	⑤	⑥
有効直径(mm)	35	35	35	22	22	22
サンプリング流量(L/min)	10	15	20	5	10	15
サンプリング時間(min)	30	20	15	30	15	10
サンプリング量(L)	300	300	300	150	150	150
面速(cm/min): サンプリング流量÷サンブラー有効採取面積(半径*半径*3.14)	17	26	35	22	44	66

検出下限値(本/L): φ47: サンプリング量300Lで計算、φ25: サンプリング量150Lで計算

100視野計数	0.45	0.35
50視野計数	0.90	0.71

## ②試験概要図



図 2-1 試験チャンバー内



図 2-2 試料噴霧状況

噴霧試料は、建築物から採取したアスベストを含む吹付けロックウール（クリソタイル0.4%、アモサイト0.1%、トレモライト/アクチノライト1.5%のアスベストを含有）を粉砕し、使用した。

追加試験は、委員からの意見を踏まえ、図 2-1 に示した内容積約 10 m<sup>3</sup>のチャンバーを使用し、実施した。

試料の噴霧は、図 2-2 に示した噴霧器を 10 m<sup>3</sup>チャンバー内に差し込み、10 回噴霧器を振った後に噴霧器内部の吹付けロックウールを圧縮空気に乗せてチャンバー内に 5～8 秒噴霧した。噴霧後にサーキュレーターを 2～3 分稼働させチャンバー内の大気を攪拌し、その後サーキュレーターを停止させ、リアルタイムファイバーモニターにて、浮遊している繊維状粒子のカウント数を確認し数値が安定した時点からフィルターでのサンプリングを開始した。サンプリング位置は地上から約 1.5メートルの高さに設置し、フィルターサイズ毎にサンプリング条件 3 条件を同時に行った。同一条件でのサンプリングは繰り返し 3 回行った（n = 3）。

## （3）分析方法

### ①計数方法

1. 計数前に採じんが均一にできているか確認する。（顕微鏡倍率 100 倍で観察）
2. 位相差顕微鏡で計数を行う。
3. 迅速測定において、視野数を変更した場合の計数時間を確認するために、50 視野計数時と 100 視野計数時の計数時間を記録する。

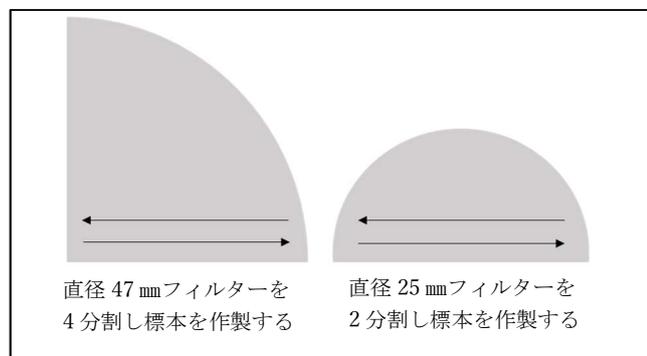


図 2-3 観察視野の動き方

②標本観察

A ランク認定技術者（日本作業環境測定協会）2名で分析を行った。

(4) 結果

φ47 mmフィルターの追加試験結果を以下に示す。

表 2-2 φ47 mmフィルター追加試験結果

繰り返し試験(n)	1回			2回			3回			平均		
フィルターサイズ	47	47	47	47	47	47	47	47	47			
採取流量(L/min)	10	15	20	10	15	20	10	15	20			
採取時間(min)	30	20	16.5	30	20	15	30	20	15			
吸引流量(L)	300.6	300.4	329.67	300.6	300.4	299.7	300.6	300.4	299.7			
計 数 者 A	50視野計数繊維合計(本)	19	17.5	41	51	61	96	115	150	150.5		
	50視野の総繊維数濃度(本/L)	17.2	15.9	33.9	46.2	55.3	87.2	104.1	135.9	136.7		
	50視野総繊維数濃度CV値(%)	44.9%			34.3%			14.8%			31.3%	
	100視野計数繊維合計(本)	42	45	66.5	101	122.5	165.5	244	275	295		
	100視野の総繊維数濃度(本/L)	19.0	20.4	27.5	45.7	55.5	75.2	110.5	124.6	134.0		
	100視野総繊維数濃度CV値(%)	20.3%			25.5%			9.6%			18.5%	
	50視野計数時間(分)	9	10	11	6	10	10	11	10	12	10.2	
	100視野計数時間(分)	17	20	20	14	19	21	20	20	23	20.4	
	計 数 者 B	50視野計数繊維合計(本)	25.5	35	56	51	59	83.5	102.5	159.5	165	
		50視野の総繊維数濃度(本/L)	23.1	31.7	46.2	46.2	53.5	75.8	92.8	144.5	149.9	
50視野総繊維数濃度CV値(%)		34.7%			26.4%			24.4%			28.5%	
100視野計数繊維合計(本)		52.5	65	92	98	114.5	137.5	217	291.5	329.5		
100視野の総繊維数濃度(本/L)		23.8	29.5	38.0	44.4	51.9	62.4	98.3	132.1	149.6		
100視野総繊維数濃度CV値(%)		23.5%			17.2%			20.6%			20.4%	
50視野計数時間(分)		20	15	20	25	25	25	40	40	45	28.3	
100視野計数時間(分)		40	35	40	50	45	50	70	75	85	55.0	

φ47 mmフィルターの追加試験の結果、計数者Aの50視野計数総繊維数濃度（本/L）の繰り返し試験1回～3回のCV値\*（%）は、14.8～44.9%、繰り返し試験の平均は31.3%、100視野計数総繊維数濃度（本/L）の繰り返し試験1回～3回のCV値（%）は9.6～25.5%、平均18.5%であった。

計数者Bの50視野計数総繊維数濃度（本/L）の繰り返し試験1回～3回のCV値（%）は、24.4～34.7%、繰り返し試験の平均は28.5%、100視野計数総繊維数濃度（本/L）の繰り返し試験1回～3回のCV値（%）は17.2～23.5%、平均は20.4%であった。

また、迅速測定においてはサンプリング時間と合わせて、顕微鏡観察にかかる時間も考慮する必要があり、視野数を変更した際にかかる計数時間を確認するため、50視野と100視野の観察における計数時間を確認したところ、位相差顕微鏡による50視野の計数時間は、平均10分～28分、100視野の計数時間は平均20分～55分であった。

次に、φ25 mmフィルターの追加試験結果を以下に示す。

表2-3 φ25 mmフィルター追加試験結果

繰り返し試験(n)	1回			2回			3回			平均		
フィルターサイズ	25	25	25	25	25	25	25	25	25			
採取流量(L/min)	5	10	15	5	10	15	5	10	15			
採取時間(min)	30	15	10	30	15	10	30	15	10			
吸引流量(L)	150.6	150.6	150.2	150.6	150.6	150.2	150.6	150.6	150.2			
計数者A	50視野計数総繊維合計(本)	83.5	141	150.5	132	158.5	204	175	222.5	279.5		
	50視野の総繊維数濃度(本/L)	59.6	100.7	107.8	94.3	113.2	146.1	125.0	158.9	200.1		
	50視野総繊維数濃度CV値(%)	29.1%			22.2%			23.3%			24.9%	
	100視野計数総繊維合計(本)	164	252	317	266.5	310.5	388	349	458	550.5		
	100視野の総繊維数濃度(本/L)	58.6	90.0	113.5	95.2	110.9	138.9	124.6	163.5	197.1		
	100視野総繊維数濃度CV値(%)	31.6%			19.3%			22.4%			24.4%	
	50視野計数時間(分)	27	20	17	25	16	15	17	12	10	17.7	
	100視野計数時間(分)	47	38	36	45	32	30	32	24	22	34.0	
	計数者B	50視野計数総繊維合計(本)	94	130	154.5	132.5	168.5	205.5	148.5	200.5	249.5	
		50視野の総繊維数濃度(本/L)	66.8	92.5	110.6	94.6	120.3	147.2	106.1	143.2	178.7	
50視野総繊維数濃度CV値(%)		24.5%			21.8%			25.5%			23.9%	
100視野計数総繊維合計(本)		185.5	249.5	298.5	275	332	415	282.5	383	470.5		
100視野の総繊維数濃度(本/L)		66.2	89.1	106.9	98.2	118.6	148.6	100.9	136.8	168.5		
100視野総繊維数濃度CV値(%)		23.3%			20.8%			25.0%			23.0%	
50視野計数時間(分)		25	30	35	25	30	30	35	30	30	30.0	
100視野計数時間(分)		55	65	65	55	60	60	65	60	65	61.1	

φ25 mmフィルターの追加試験の結果では、計数者Aの50視野計数総繊維数濃度（本/L）の繰り返し試験1回～3回のCV値（%）は22.2～29.1%で、繰り返し試験の平均

は 24.9%、100 視野計数総繊維数濃度 (本/L) の繰り返し試験 1 回～3 回の CV 値 (%) は 19.3～31.6%、平均は 24.4%であった。また、位相差顕微鏡による 50 視野の計数時間は平均 18 分、100 視野の計数時間は平均 34 分であった。

計数者 B の 50 視野計数総繊維数濃度 (本/L) の繰り返し試験 1 回～3 回の CV 値 (%) は 21.8～25.5%で、繰り返し試験の平均は 23.9%、100 視野計数総繊維数濃度 (本/L) の繰り返し試験 1 回～3 回の CV 値 (%) は 20.8～25.0%、平均 23.0%であった。また、位相差顕微鏡による 50 視野の計数時間は平均 30 分、100 視野の計数時間は平均 61 分であった。

計数者 A、B 共に、φ47mm フィルターでの 50 視野計数の CV 値がそれぞれ、平均 31.3%、28.3%、100 視野の CV 値がそれぞれ平均 18.5%、20.4%と 100 視野の方がばらつきは少なかった。また、φ25 mm フィルターでは、計数者 A、B の 50 視野計数の CV 値は、それぞれ平均 23.3%、23.9%、100 視野の CV 値がそれぞれ平均 22.4%、23.0%と、計数者 A、B 共に 50 視野と 100 視野でばらつきに大きな差はみられなかった。

※CV 値：変動係数=標準偏差/平均値。格差 (データのばらつき) を表す係数。格差が拡大すると変動係数が上昇し、格差が縮まると変動係数は下降する。この数値より大きければ格差が大きいといったものはなく、2 つの変動係数の比較により、格差が大きい・小さいを判断する。また、CV 値は、同じサンプルを同一条件で繰り返し測定した場合の比較にも有効であり、この場合の CV 値は、実験の精密度 (実験者の手技の安定度) を示す

## (5) まとめ

追加試験の結果より、視野数については、φ47mm フィルターと φ25 mm フィルターを比較すると、計数者 A、B 共に、φ47 mm フィルターでは、50 視野計数の平均 CV 値に比べ、100 視野の平均 CV 値が小さく、φ47 mm フィルターでは、50 視野と 100 視野でばらつきに差が見られた。φ25 mm フィルターでは、50 視野計数の CV 値と 100 視野の CV 値に大きな差は見られなかった。

また、φ47 mm フィルター及び φ25 mm フィルターともに、吸引流量を引き上げても計数視野を 100 視野とした場合は、チャンバー内の濃度の変動と計数誤差の変動を含んでいる総繊維数濃度の繰り返し試験の CV 値は、平均で 18.5%～24.4%であった。

気中アスベストの分析方法である PCM 法の測定全体に関する変動係数を確認したところ、米国の NIOSH の OCCUPATIONAL EXPOSURE SAMPLING STRATEGY MANUAL では、分析マニュアルのメソッド No. P & CAM239 (現在の 7400) において、フィルター捕集及び顕微鏡による計数で分析した場合の全変動係数 (%) は 24～38%であるとの記載があり、今回の追加試験における CV 値は、この変動係数 (%) と同等又は低い値である事から、吸引流量を増やして、捕集を行ったとしても、総繊維数濃度の測定結果は、この変動の範囲内であり、測定方法として可能であると考えられる。

迅速測定が必要とされる解体現場等における測定は、φ47 mm フィルターを使用し、10L/min で 2 時間の捕集が原則である。今回の追加試験の結果から、特に迅速な測定が

必要な場合に、φ47 mmフィルター又はφ25 mmフィルターの使用について、検出下限値を総繊維数濃度1本/Lとして、検出下限値を担保できるサンプリング条件における測定時間についての例を表2-4と表2-5にそれぞれ記載した。実際に迅速測定を行う場合には、表2-4又は、表2-5に記載のサンプリング条件より選択して使用することが考えられる。なお、分析時間は、計数時間に差があることを鑑み、時間に幅を持たせて記載した。

迅速測定法は、現場の状況、必要な検出下限値、使用するポンプの必要吸引圧等を鑑み、サンプリング条件を設定する必要がある。

表2-4 φ47 mmフィルターを使用した場合の検出下限値、測定時間の例

フィルター直径 mm	フィルターの有効面積 mm <sup>2</sup>	吸引流量 L/min	吸引時間 min	吸引空気量 L	計数する視野数 n	検出下限値 f/L	1検体あたりの測定時間(分) <sup>*</sup> (サンプリング時間+ 標本作製時間+分析時間)	
基準法	47	961.625	10	120	1200	100	0.11	160 ~ 235
迅速測定法として	47	961.625	10	30	300	100	0.45	70 ~ 145
	47	961.625	10	15	150	100	0.90	55 ~ 130
	47	961.625	15	20	300	100	0.45	60 ~ 135
	47	961.625	20	15	300	100	0.45	55 ~ 130

※分析時間は、[計数1視野:15秒~60秒]×視野数、標本作成時間は1スライド約15分(ホットプレート使用)として試算した。

表2-5 φ25 mmフィルターを使用した場合の検出下限値、測定時間の例

フィルター直径 mm	フィルターの有効面積 mm <sup>2</sup>	吸引流量 L/min	吸引時間 min	吸引空気量 L	計数する視野数 n	検出下限値 f/L	1検体あたりの測定時間(分) <sup>*</sup> (サンプリング時間+ 標本作製時間+分析時間)	
基準法	25	379.94	5	120	600	100	0.089	160 ~ 235
迅速測定法として	25	379.94	5	30	150	100	0.35	70 ~ 145
	25	379.94	5	15	75	100	0.71	55 ~ 130
	25	379.94	5	30	150	50	0.71	58 ~ 95
	25	379.94	10	15	150	100	0.35	55 ~ 130
	25	379.94	10	15	150	50	0.71	43 ~ 80
	25	379.94	15	10	150	100	0.35	50 ~ 125
	25	379.94	15	10	150	50	0.71	38 ~ 75

※分析時間は、[計数1視野:15秒~60秒]×視野数、標本作成時間は1スライド約15分(ホットプレート使用)として試算した。