

## 第6章 アスベストのサンプリング及び分析方法

### 6.1 サンプリング方法

#### 6.1.1 項目毎のサンプリング方法

廃棄物処理施設に係るサンプリング及び分析方法に公定法はないが、公定法を適用できる項目（敷地境界におけるサンプリング及び分析方法：環境庁告示第93号、他）についてはそれに準拠して実施する。

実証試験における各項目毎のサンプリング方法は、表6.1-1に示すとおりである。

表6.1-1 サンプリング方法

項目	対象施設	サンプリング方法等	
敷地境界	全施設共通	採取量	10L/minの流量で4時間通気
		採取方法	環境庁告示第93号（平成元年12月27日）に準拠
		採取場所	風上、風下
		採取回数	各ポイント毎に1（1ケースあたり）
発じん状況調査	全施設共通	採取量	フィルター面4.0～5.0cm/sの流速で定量下限0.015f/cm <sup>3</sup> を確保できる量を通気やむを得ず、採じん量が多くなる場合は、状況によりフィルターを交換
		採取方法	作業環境測定基準 労働省告示第46号（昭和51年4月）及び作業環境測定ガイドブック1（厚生労働省安全衛生部環境改善室編）を参考
		採取場所	溶融施設 : 投入口周辺 焼却施設 : 投入口周辺 破碎施設 ・一廃施設 : 投入口周辺、破碎機周辺、可燃物貯留槽、鉄貯留ホッパ周辺 ・産廃施設 : 投入室、排出室 パッカー車 : 積込口周辺
		採取回数	各部屋毎に1〔パッカー車のみ2〕（1ケースあたり）
燃焼排ガス	溶融施設 焼却施設	採取量	等速吸引流量で4時間採取（敷地境界のサンプリング時間と合わせて実施） BF入口について ・原則としてBF出口と同時間程度のサンプリングを実施 ・なお、フィルターへのダメージが危惧される（圧損の増大等）場合は、その時点でサンプリングを終了 ・やむを得ず採じん量が多くなる場合は、状況によりフィルターを交換
		採取方法	6-3頁「燃焼排ガス装置概念図」参照
		採取場所	BF入口、BF出口、（HEPAがあればHEPA出口）
		採取回数	各1（1ケースあたり）
破碎ガス	破碎施設	採取量	燃焼排ガスと同様
		採取方法	JIS Z 8808 円形ろ紙法
		採取場所	BF入口、BF出口、（HEPAがあればHEPA出口）
		採取回数	各1（1ケースあたり）
処理後物	全施設共通	採取量	1回あたり数百g
		採取方法	1回あたり数百gを複数回採取し、混合して1検体
スラグ水砕水	溶融施設	採取量	1回あたり数百mL
焼却灰冷却水	焼却施設	採取方法	1回あたり数百mLを複数回採取し、混合して1検体

アスベスト処理時、通常処理時の各ケース毎にサンプリングを実施

### 6.1.2 サンプルング時の留意事項

各項目毎のサンプルング時の留意事項は、表 6.1-2 に示すとおりである。

表 6 . 1 - 2 サンプルング時の留意事項 ( 1 )

敷地境界 ( 環境庁告示第93号の一部抜粋 )
1 試料の捕集のための装置及び器具
(1) 捕集用ろ紙 直径が47mm、平均孔径が0.8 μmの円形のセルロースエステル製のろ紙
(2) 捕集用ろ紙ホルダー 直径47mmの円形ろ紙用のホルダーで有効ろ過面の直径が35mmとなるオープンフェイス型のもの
(3) 吸引ポンプ及び流量計 捕集用ろ紙をホルダーに装着した状態での規定の流量が得られる電動式吸引ポンプ及び流量計
(4) 捕集用ろ紙ホルダー収納容器 捕集用ろ紙を密閉して収納することができるもの
2 試料の捕集 ホルダーに捕集用ろ紙を装着し、原則として10L/minの流量で4時間通気して、ろ紙上に試料を捕集する。試料の捕集後、ろ紙をホルダーから外し、直ちに収納容器に収納する。

表 6 . 1 - 2 サンプルング時の留意事項 ( 2 )

発じん状況調査 ( 作業環境測定ガイドブック1の一部抜粋 )
1 試料の捕集のための装置及び器具
(1) 捕集用ろ紙 直径が47mm、平均孔径が0.8 μmの円形のセルロースエステル製のろ紙
(2) 捕集用ろ紙ホルダー 直径47mmの円形ろ紙用のホルダーで有効ろ過面の直径が35mmとなるオープンフェイス型のもの
(3) 吸引ポンプ及び流量計 捕集用ろ紙をホルダーに装着した状態で規定の流量が得られる電動式吸引ポンプ及び流量計
(4) 捕集用ろ紙の収納容器 捕集用ろ紙を密閉して収納することができるもの
2 試料の捕集
(1) 捕集空気量の調整 0.3mg/cm <sup>2</sup> 以上の粉じんを捕集することのないよう試料空気の吸引量 ( 吸引流速 × 採取時間 ) を調整する。 〔 本試験では採取時間よりも定量下限0.015f/cm <sup>3</sup> を確保することを優先する。 やむを得ず粉じん量が多くなる場合は、状況によりフィルターを交換する。 〕
(2) 採取口の高さ 採じん面から床面に対して垂直になるように固定して、床面から50～150cmの高さで試料を採取する。
(3) 吸引流速 フィルター面における試料空気の流速は4.0～5.0cm/sとなるようにする。

表 6 . 1 - 2 サンプリング時の留意事項 ( 3 )

燃焼排ガス

1 装置及び器具

- (1) 採取管、インピンジャー、ジョイント管等を事前に無じん水で洗浄し、気中のアスベストによるコンタミネーションを防止する。
- (2) 前段のインピンジャーには無じん水 ( 0.45 μm のメンブランフィルターでろ過 ) を注入する。
- (3) 無じん水については、事前にアスベスト濃度を測定する。

2 設置

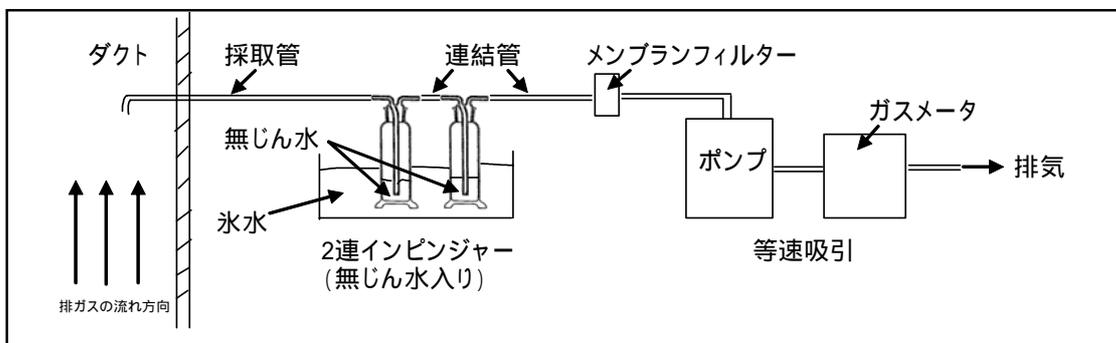
- (1) 無じん水をスルーするアスベストを捕集するためにメンブランフィルターを設置する。

3 サンプリング

- (1) 等速吸引流量で4時間採取 ( 敷地境界のサンプリング時間と合わせて実施 ) する。なお、採取管については、フィルターへの負荷を軽減させるため、極力少ない流量で等速吸引できるもの ( 4 mm 等 ) を使用する。
- (2) BF入口についても原則として4時間のサンプリングを実施するが、フィルターへのダメージが危惧される ( 圧損の増大等 ) 場合は、その時点でサンプリングを終了する。
- (3) やむを得ず採じん量が多くなる場合は、状況によりフィルターを交換する。なお、フィルターが2枚以上のときは、1枚のみ分析し他は保管する。
- (4) サンプリング中は1時間毎にガス流量をチェックし、必要に応じて吸引流量を調整する。
- (5) インピンジャーのドレンの溜まり具合を常時監視し、必要に応じてインピンジャーの交換を行う。

4 分析対象試料等

- (1) メンブランフィルター以外の採取管を含め無じん水で全て洗浄し、インピンジャーの無じん水と合わせて分析試料とする。
- (2) 分析対象試料はメンブランフィルターとインピンジャー無じん水等とする。



燃焼排ガス採取装置概念図

表 6 . 1 - 2 サンプリング時の留意事項 ( 4 )

収集車

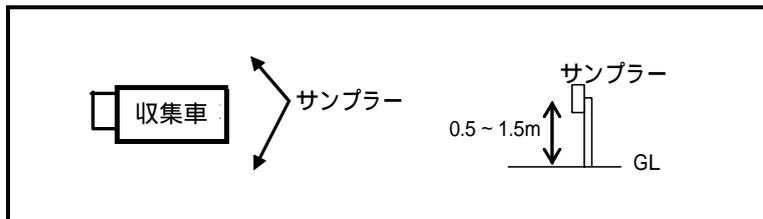
パッカー車及びプレスパッカー車に粗大ごみ・不燃ごみとアスベスト含有シートパッキンを混合させた廃棄物を積み込む際、圧縮されて粉じんが車外に漏れ出ることが想定される。この漏れ出る粉じんを以下の方法によりサンプリングを実施した。

サンプリング場所：焼却施設プラットホーム

採取装置：パッカー車の両サイドに設置（採取口はGLから0.5～1.5m）

採取量：フィルター面4.0～5.0cm/sの流速で定量下限0.015f/cm<sup>3</sup>を確保できる量を通気 [ 作業環境測定基準 労働省告示第46号（昭和51年4月）を参考 ]

収集車への投入作業をしていないときのサンプリング（ブランクとして）も実施



収集車でのサンプリング概念図

## 6.2 分析方法

### 6.2.1 分析方法の検討

#### 1) 検討の背景

フィルター上に捕集したアスベストを光学顕微鏡で容易に計数できるようにするため、捕集粉じん量を 3mg 未満 [0.3mg/cm<sup>2</sup> 未満 (作業環境測定ガイドブック 1 参照)] になるようにサンプリングを行った。しかし、表 6.2-1 に示すように試料の中には 3mg 未満であっても光学顕微鏡で計数しにくい試料がみられた。さらに、3mg 以上の試料については粒子の妨害 (重なり等) により明らかに計数できない試料もあった。

このような背景から、捕集粉じん量に影響を受けない分析前処理方法の検討が必要となり、その結果は以下のとおりである。

表 6.2-1 捕集粉じん量に対する観察視野の状況

実験項目	捕集粉じん量 (mg)	観察視野の状況		
		計数法 (前処理なし)	水分散法	溶媒分散法
敷地境界	<0.2		-	
発じん状況調査	0.9		-	
	0.4			
	7.3	×		
破碎ガス	PF入口	2.0		-
		3.4	×	-
		10.8	×	-
	PF出口	4.2	×	-
		(1.1)		
		(1.3)		
	BF入口	(5.5)	×	
		0.4		
		0.9		
		1.0		
BF出口	0.1		-	
	0.1		-	
	0.4		-	

フィルターによる直接捕集したサンプルの観察視野の状況を記載。  
 表中の記号  
 : 視野良好  
 : 粒子がやや多く観察し難い  
 × : 粒子が多く観察し難い (計測不能)  
 - : 実験実施せず  
 ( ): 参考値

#### 2) 各種分析方法の特徴

##### (1) 計数法 (前処理なし)

捕集採じん量が多いと粒子の妨害 (重なり等) により計数ができない場合がある。捕集粉じんの性状によっては、採じん量が少なくても計数できない場合がある。

## (2) 水分散法

捕集粉じん量が多い場合に適用可能である。

溶媒分散法ほどではないが、繊維束または複雑に絡み合った繊維（アスベスト繊維として計数しない状態の繊維）をほぐしてしまい、アスベスト繊維として計数するため、過大評価の可能性はある。

## (3) 溶媒分散法

捕集粉じん量が多い場合に適用可能である。

アスベストの一部を溶解する可能性がある。

繊維束または複雑に絡み合った繊維（アスベスト繊維として計数しない状態の繊維）をほぐしてしまい、アスベスト繊維として計数するため、過大評価の可能性はある。

## 3) 分析前処理方法の確認実験

### (1) 実験のケース

実験は、以下の2ケースについて実施した。

ケース1： 捕集粉じんの性状（敷地境界、発じん状況調査、破碎ガス）及び量の多少により、各分析法の計数値がどのような結果になるのかを確認する。

ケース2： 破碎ガスに焦点を絞り、各分析法の計数値がどのような結果になるのかを確認するとともに、サンプリング方法（フィルター捕集、インピンジャー+フィルター捕集）による計数値の変動の有無についても確認する。

### (2) 実験対象施設

実験対象施設は産業廃棄物破碎施設テストプラントとし、処理条件等は表6.2-2に示すとおりである。

処理対象物は各ケースともにアスベスト含有建材（スレート）であるが、処理量はケース1が160kg/h、ケース2が130kg/hであり、ケース1はケース2より20%強多くなっている。

集じん装置は、ケース1がPF（プレフィルター+チャコールフィルター）+HEPA、ケース2がバグフィルタ+HEPAであり、ケース2の方が集じん効率の高い装置を使用している。

表6.2-2 処理条件等

	試料	処理量	処理フロー	PF・BFの ろ過速度
ケース1	アスベスト含有スレート 含有率：15.4%	800kg (160kg/h×5h)	二軸破碎機 PF HEPA 大気放出	約30m/min
			ハンマーミル PF HEPA 大気放出	約30m/min
ケース2		585kg (130kg/h×4.5h)	二軸破碎機 BF HEPA 大気放出	約3m/min 約1m/min
			ハンマーミル BF HEPA 大気放出	約3m/min

(3) 前処理フロー

計数法	直接計数（前処理なし）
水分散法	「試料」「無じん水による超音波分散」「抽出液分取」「無じん水添加」「振とう」「吸引る過」「ろ紙」「低温灰化（必要に応じて）」計数法へ
溶媒分散法	「試料」「無じん水による超音波分散」「抽出液分取」「溶媒（ギ酸）添加」「振とう」「吸引る過」「ろ紙」「低温灰化（必要に応じて）」計数法へ

(4) 実験対象試料

各ケースにおける実験対象試料は、表 6.2-3、表 6.2-4 に示すとおりである。

ケース 1

表 6.2-3 実験対象試料（ケース 1）

破碎機種	実験項目	試料番号	サンプリングポイント	サンプリング方法	分析方法		
					計	水	溶
ハンマーミル	敷地境界		風下	フィルター		-	
二軸破碎機	発じん状況調査		投入室	フィルター			
ハンマーミル			投入室	フィルター			
二軸破碎機	破碎ガス		No.1PF出口	フィルター			
			No.2PF出口	フィルター			
ハンマーミル			No.1PF出口	フィルター			

計：計数法（前処理なし）、水：水分散法、溶：溶媒分散法、：実施、-：実施なし

ケース 2

表 6.2-4 実験対象試料（ケース 2）

破碎機種	BFのろ過速度	試料番号	サンプリングポイント	サンプリング方法	分析方法		
					計	水	溶
二軸破碎機	約3m/min		BF入口	フィルター			
				インピンジャー+フィルター	-		
		BF出口	フィルター			-	
			インピンジャー+フィルター	-		-	
	約1m/min		BF入口	フィルター			
				インピンジャー+フィルター	-		
		BF出口	フィルター			-	
			インピンジャー+フィルター	-		-	
ハンマーミル	約3m/min		BF入口	フィルター			
				インピンジャー+フィルター	-		
		BF出口	フィルター			-	
			インピンジャー+フィルター	-		-	

計：計数法（前処理なし）、水：水分散法、溶：溶媒分散法、：実施、-：実施なし

#### 4) 実験結果

##### (1) ケース 1

ケース 1 の分析結果は、表 6.2-5、図 6.2-1 に示すとおりである。

##### 環境粉じん（敷地境界）

敷地境界におけるアスベスト濃度は、計数法と溶媒分散法でほぼ近い値であった。

##### アスベスト含有スレート粉じん（発じん状況調査・破碎ガス）

発じん状況調査におけるアスベスト濃度は、前処理方法により大きな差を生じ、計数法、水分散法、溶媒分散法の順に高くなっている。破碎ガス中のアスベスト濃度は水分散法と溶媒分散法では大きな差はないが、計数法の値を大きく上回った。これは、水分散法、溶媒分散法により、アスベストの繊維束または複雑に絡み合った繊維（アスベスト繊維として計数しない状態の繊維）をほぐしてしまったためと推測される。

表 6 . 2 - 5 実験結果（ケース 1）

破碎機種	実験項目	試料番号	サンプリングポイント及び方法		粉じん量 (mg)	分析結果 (f/L)		
						計数法	水分散法	溶媒分散
ハンマー	敷地境界		風下	フィルター	<0.2	0.94	-	0.85
二軸	発じん状況		投入室	フィルター	0.4	94	1,000	2,300
ハンマー			投入室	フィルター	7.3	粒子多く観察し難い	79,000	250,000
二軸	破碎ガス		No.1PF出口	フィルター	(1.1)	0.4	140	200
			No.2PF出口	フィルター	(1.3)	2.9	93	110
ハンマー			No.1PF出口	フィルター	(5.5)	粒子多く観察し難い	3,600	3,600

( ) : 参考値

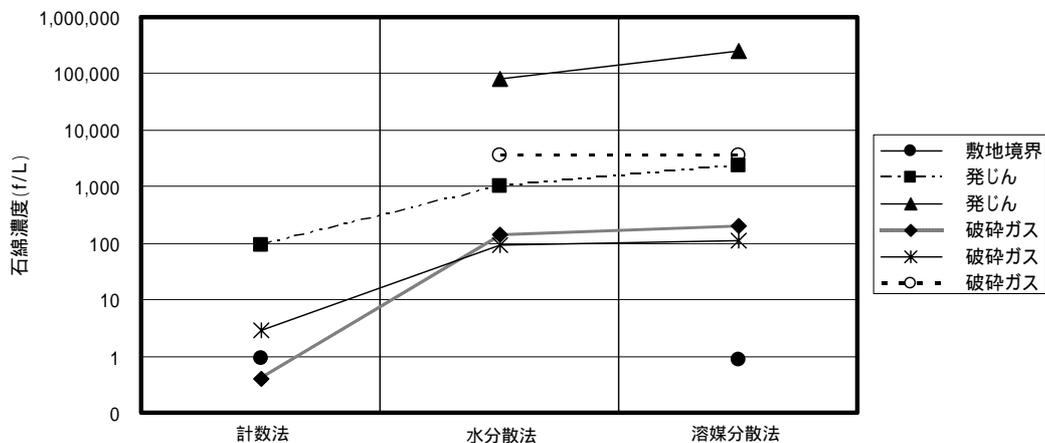


図 6 . 2 - 1 分析項目別の計数値の比較（ケース 1）

(2) ケース 2

バグフィルタ入口

「フィルター捕集」において、水分散法及び溶媒分散法ともに計数法の値を大きく上回った。また、水分散法と溶媒分散法を比較した場合、水分散法の方が低い値であった。

「インピンジャー+フィルター捕集」において、水分散法と溶媒分散法では後者の方が高めであるが、1検体（ ）のみ逆転している。

バグフィルタ出口

「フィルター捕集」において、計数法及び水分散法ともに定量下限値未満であった。

「インピンジャー+フィルター捕集」において、フィルター捕集とサンプリングを実施した時刻は異なるが、「インピンジャー+フィルター捕集」した水分散法の値は、いずれも定量下限値未満（ 、 、 ）であった。

表 6 . 2 - 6 実験結果 ( ケース 2 )

破碎機種種	BFのろ過速度	試料番号	サンプリングポイント及び方法		粉じん量 ( mg )	分析結果 ( f/L )		
						計数法	水分散法	溶媒分散
二軸	約3m/min		BF入口	フィルター	0.9	12	94	140
				インピンジャー+フィルター	0.5	-	60	67
			BF出口	フィルター	0.4	<1.1	<1.8	-
				インピンジャー+フィルター	0.3	-	<1.1	-
	約1m/min		BF入口	フィルター	0.4	17	190	460
				インピンジャー+フィルター	0.5	-	410	1,900
			BF出口	フィルター	0.1	<1.1	<1.7	-
				インピンジャー+フィルター	0.6	-	<1.0	-
ハンマー	約3m/min		BF入口	フィルター	1.0	330	2,100	6,000
				インピンジャー+フィルター	0.5	-	780	280
			BF出口	フィルター	0.1	<1.1	<1.7	-
				インピンジャー+フィルター	0.2	-	<1.1	-

フィルター捕集とインピンジャー+フィルター捕集ではサンプリングを実施した時刻が異なる。

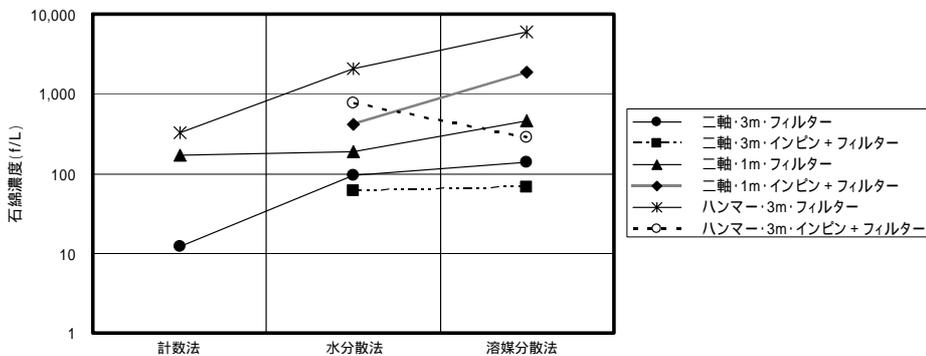


図 6 . 2 - 2 分析項目別の計数値の比較 ( ケース 2 ・ BF 入口 )

## 5) まとめ

### (1) 分析前処理方法によるアスベスト濃度の変動

発じん状況調査、バグフィルタ入口破砕ガス及びPF出口破砕ガスのように、バグフィルタ出口と比較すると捕集粉じん量が多くかつ粉じん粒径が比較的大きいと考えられるサンプルにおいて、アスベスト濃度は分析前処理方法である水分散法または溶媒分散法の実施の有無で大きな差を生じた。これは、分析前処理を行うことにより、アスベストの繊維束または複雑に絡み合った繊維（アスベスト繊維として計数しない状態の繊維）をほぐしてしまったためと推測される。

それに対して、環境粉じん（敷地境界）バグフィルタ出口破砕ガスのように捕集粉じん量が少ないサンプルでは、計数法、水分散法、溶媒分散法ともに、アスベスト濃度に大きな差はない。

したがって、本実験結果から、粉じんの性状等によっては分析前処理を行うことにより、分析結果に大きな影響を生じる場合があるといえる。しかし、通常の環境条件下では雨天が含まれ、雨天による影響が水による分散に相当すると考えられるため、より安全サイドに立った観点から、光学顕微鏡による前処理として水分散法を採用する考え方もある。

いずれにせよ、本実験では検体数が不足しており、今後も引き続きデータを収集し、前処理方法の検討が必要である。

### (2) サンプリング方法によるアスベスト濃度の変動

バグフィルタ入口破砕ガスにおけるサンプリング方法（フィルター捕集、インピンジャー＋フィルター捕集）別のアスベスト濃度は、サンプルにより大きく異なった。また、バグフィルタ出口ではフィルター捕集、インピンジャー＋フィルター捕集ともに定量下限値未満であった。

本実験結果からは、インピンジャー内の無じん水のバブリングにより、アスベストの繊維束または複雑に絡み合った繊維をほぐしてしまう可能性は確認されなかったが、分析前処理方法と同様、今後も引き続き検討を重ねることが必要である。

## 6.2.2 分析方法

### 1) 分析前処理方法

#### (1) 敷地境界・発じん状況調査（収集車含む）

##### 計数法のための前処理（標本作製）

標本作製方法

フィルター

乾燥（風乾）

供試試料

標本（分析試料）

#### (2) 焼却排ガス・破砕ガス

##### 計数法及び電子顕微鏡のための前処理（標本作製）

標本作製方法

##### ア) 直接計数が可能なサンプル

・破砕ガス

フィルター

乾燥（風乾）

供試試料

標本（分析試料）

・燃焼排ガス

試料

フィルター

乾燥（風乾）

供試試料

標本（分析試料）

吸収液等

フィルターで吸引る過

乾燥（風乾）[フィルター]

供試試料

標本（分析試料）

採取管、ジョイント管、空のインピンジャーは無じん水で洗浄し、吸収液と混合し、一定量とする。

イ) 直接計数が困難なサンプル

- ・ 破碎ガス
- 水分散による標本の作製

フィルター

無じん水による超音波分散

抽出液分取

無じん水添加

振とう

フィルターで吸引る過

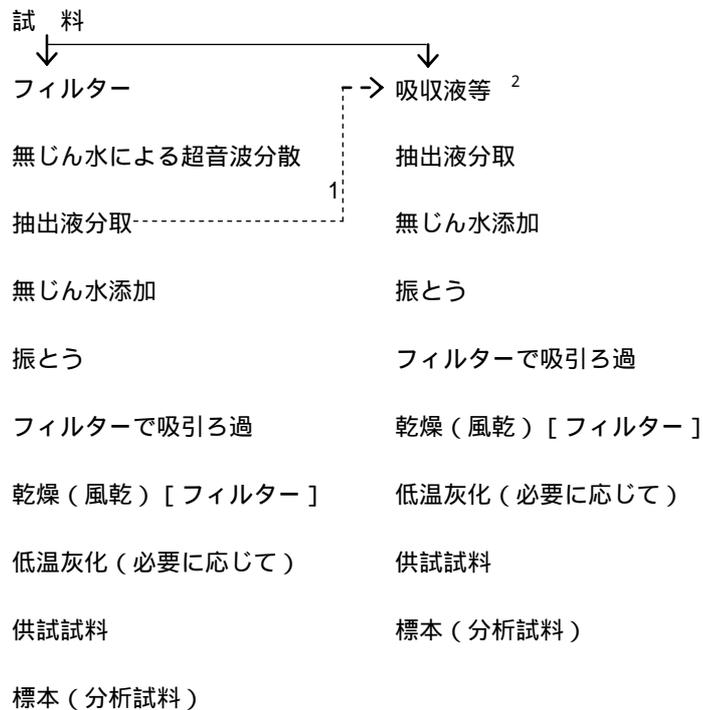
乾燥（風乾）[フィルター]

低温灰化（必要に応じて）

供試試料

標本（分析試料）

- ・ 燃烧排ガス
- 水分散による標本の作製



1：分析可能であれば混合。なお、その際には抽出後のフィルターのブランクを確認。

2：採取管、ジョイント管、空のインピンジャーは無じん水で洗浄し、吸収液と混合し、一定量とする。

### (3) 固体

#### 分散染色分析法及び電子顕微鏡のための前処理（標本作製）

##### 標本作製方法

##### ア) 無機系 試料

乾燥（風乾）

420～500  $\mu\text{m}$ の篩を用い、全量篩下になるよう粉碎と篩い分け（供試試料）

供試試料10～20mg + 無じん水40mL添加

供栓試験管（50mL）

激しく振とう

コニカルビーカー（50mL）

マグネチックスターラーで攪拌

マイクロピペッター使用

3枚のライドグラスに10～20  $\mu\text{L}$ 滴下 3種類の浸液3～4滴滴下

ピンセットの尖端で浸液と十分混合・分散

標本（分析試料）（3枚のライドグラスを1標本）

同様の操作を3回繰り返す（1分析試料について3標本作製）

##### イ) 有機系 試料

450  $\pm$  10 の電気炉または低温灰化

425～500  $\mu\text{m}$ の篩を用い、全量篩下になるよう粉碎と篩い分け（供試試料）

以下、無機系試料と同様

#### X線回折（定量）のための前処理（標本作製）

##### 標本作製方法

##### 試料

##### 秤量

分散液（ギ酸）、超音波洗浄器、懸濁

フィルターで吸引ろ過

乾燥（風乾）[フィルター]

供試試料

標本（分析試料）

## 計数法のための前処理（標本作製）

標本作製方法

水分散法による標本の作製

試料

無じん水による超音波分散

抽出液分取

無じん水添加

振とう

フィルターで吸引る過

乾燥（風乾）〔フィルター〕

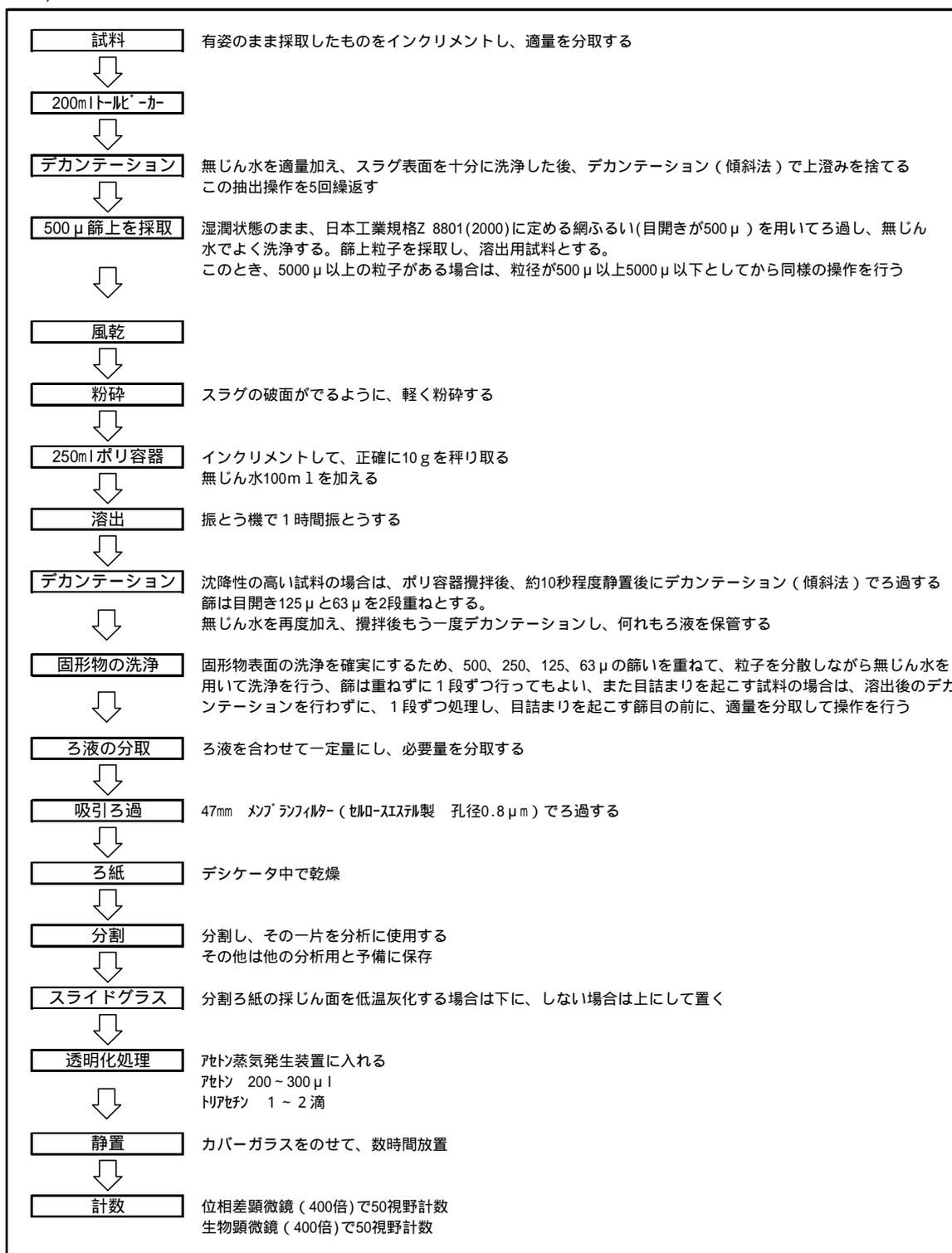
低温灰化（必要に応じて）

供試試料

標本（分析試料）

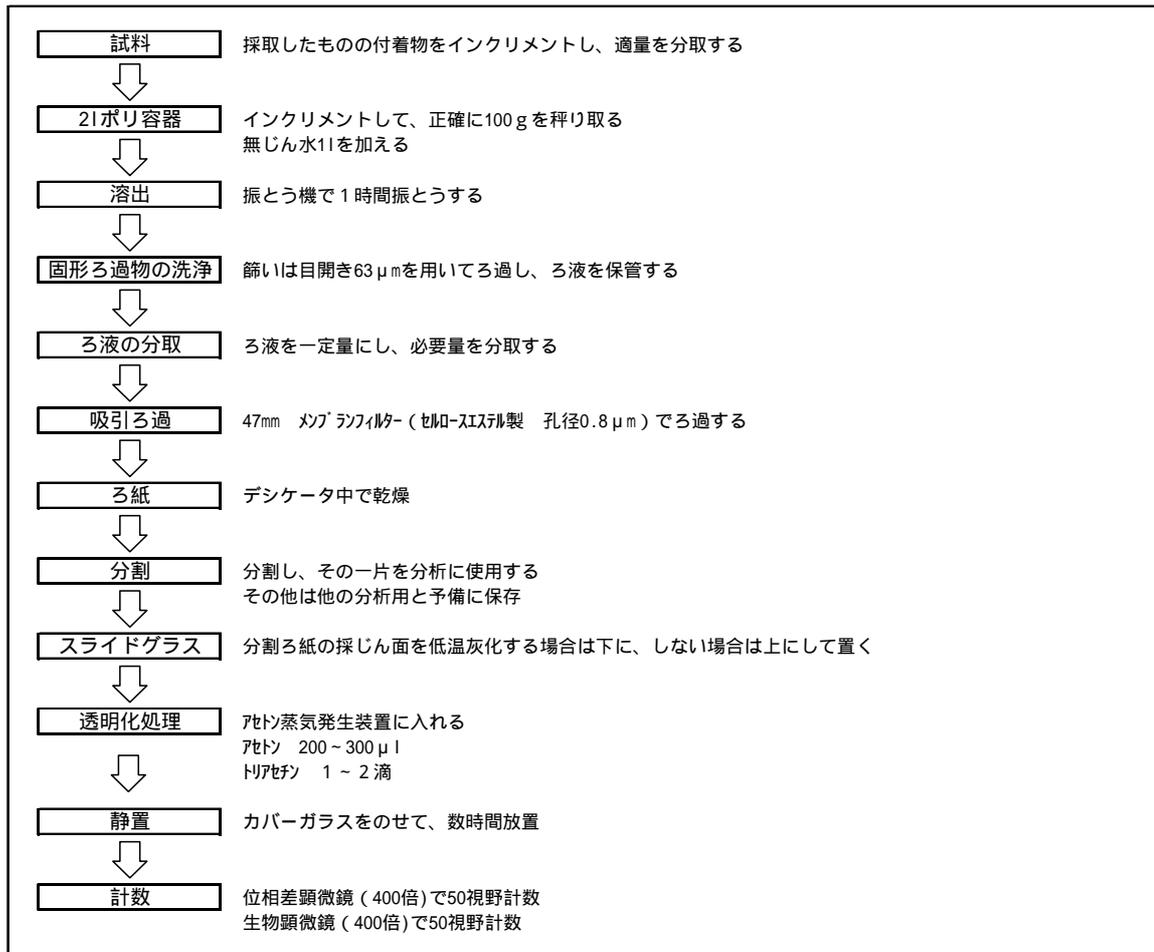
## 溶出法による標本の作製

### ア) スラグ



現実的に考えられる最悪のケース（スラグが砕けた場合の飛散）を想定した分析前処理法。

## 1) 磁性物



#### (4) 液体

##### 計数法及び電子顕微鏡のための前処理（標本作製）

標本作製方法

試料

無じん水で希釈し、一定量にする

抽出液分取

無じん水添加

振とう



(必要に応じて)

フィルターで吸引る過

乾燥（風乾）[フィルター]

低温灰化（必要に応じて）

供試試料

標本（分析試料）

## 2) 各種分析方法

### (1) 計数法

敷地境界・ガス

- ・分析方法：環境庁告示第93号（平成元年12月27日）に準拠する。

<環境庁告示第93号の一部抜粋>

石綿の計数

- ・位相差顕微鏡により、長さが5 $\mu$ m以上かつ長さの比が3対1以上の繊維状物質の計数を行う（倍率400倍）。
- ・計数の対象とする繊維が認められた視野については、位相差顕微鏡を生物顕微鏡としたのち再度計数を行い、それぞれの計数値の差（以下「計数繊維数」という）を求める。
- ・計数は、50視野について又は計数繊維数の合計が200本以上になるまで行う。

石綿濃度の算出

- ・次式により石綿濃度を求める。

$$F = \frac{A \times N}{a \times n \times V}$$

F：石綿濃度（本/L）

A：捕集用紙の有効ろ過面の面積（cm<sup>2</sup>）

N：計数繊維数の合計（本）

a：顕微鏡の視野の面積（cm<sup>2</sup>）

n：計数を行った視野の数

V：採気量（L）

発じん状況調査

- ・分析方法：作業環境測定ガイドブック1に準拠する。

<作業環境測定ガイドブック1の一部抜粋>

石綿の計数

- ・位相差顕微鏡により、長さが5 μm以上かつ長さとの幅の比が3対1以上の繊維状物質を石綿繊維とみなして計数する（倍率400倍）。
- ・計数は、50視野について又は計数繊維数の合計が200本以上になるまで行う。

石綿濃度の算出

- ・次式により石綿濃度を算出する。

$$C_F = \frac{A \times (N - N_b)}{a \times n \times Q \times 10^3}$$

$C_F$ ：繊維数濃度（本/cm<sup>3</sup>）  
 $A$ ：捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積（mm<sup>2</sup>）  
 $N$ ：計数繊維の総数（本）  
 $N_b$ ：ブランクの値（本）  
 $a$ ：顕微鏡の視野の面積（mm<sup>2</sup>）  
 $Q$ ：採気量（L）  
 $n$ ：計数を行った視野の数

(2) 分散染色分析法

- ・分析方法：JIS A 1481（2005）に準拠する。

<JIS A 1481（2005）の一部抜粋>

石綿の計数

- ・位相差顕微鏡により、視野に存在するすべての粒子数と分散色を示したアスペクト比（長さ/幅）3以上の繊維数を計数する。
- ・合計粒子数が1000粒子になるまでランダムに視野を移動して計数し、分散色を示した繊維の種類と繊維数を記録する。（3標本作製）
- ・石綿の分散色

石綿の種類	浸液の屈折率（n <sup>25℃</sup> ）	分散色
クリソタイル	1.550	赤紫色～青色
アモサイト	1.680	桃色
	1.700	青色
クロシドライト	1.680	橙色
	1.700	青色

### (3) 電子顕微鏡による分析

・分析方法：JIS K 3850-1,2,3に準拠する。

- (1) 石綿繊維の計数  
SEM法 (SEM-2法)  
ブラウン管 (CRT) 画面上に見られる像から繊維形態を識別して、必要に応じて繊維の化学組成を表すEDXスペクトルを調べて、繊維の種類を同定しながら計数する。  
TEM法  
蛍光板上に投影された像を見て、繊維の形態から石綿が否かを判断し、必要に応じてEDX分析で繊維の化学組成を、電子回折で繊維の結晶構造を調べて、石綿が否か、石綿の種類を判定しながら計数する。
- (2) 計数繊維の決定  
位相差顕微鏡による繊維状粒子の計数と同等の大きさの繊維を計数することとする。
- (3) 観察条件  
SEM法  
加速電圧15～25kV、倍率2000～3000倍で行う。ただし、同定のためのEDX分析時は、必要に応じて倍率を適宜1桁程度上げて行う。  
TEM法  
加速電圧80～200kV、倍率1000～2000倍で行う。ただし、同定のためのEDX分析時は、必要に応じて倍率を適宜1桁程度上げて行う。
- (4) 計数視野及び計数繊維数  
SEM法  
CRT画面を1視野として、その1視野が観察試料面上で何 $\text{mm}^2$ に相当するか、倍率校正標準試料等を用いて実測しておく。計数視野数は、式 (A) で決定する。  
TEM法  
観察標本に用いた200メッシュの試料支持メッシュの1網目面積は、約 $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ 、同様に100メッシュは約 $225\ \mu\text{m} \times 225\ \mu\text{m}$ である。そのような面積を持つ網目を計数視野の単位として何網目計数するか、または計数繊維総数を何本にするかを試料捕集フィルターの面積や吸引空気量、必要とする定量下限値等を考慮して決定する。一般には計数視野数は、式 (A) で決定する。  
$$n = \frac{A}{a} \times Q \times S \quad \dots \dots \dots \text{式 (A)}$$
  
n：必要な計数網目数 (または計数CRT画面数)  
A：フィルター有効面積またはろ過面積 ( $\text{mm}^2$ )  
a：1網目の面積または1CRT画面の観察試料上での面積 ( $\text{mm}^2$ )  
Q：総吸引空気量 (L)  
S：必要な定量下限値 (本/Lまたは本/ $\text{cm}^3$ )  
スラグ：1検体につき代表繊維5本、150～200視野  
燃焼排ガス・破碎ガス：繊維数が多い場合については要検討
- (5) 石綿繊維の数の判定  
基本的には位相差顕微鏡と同様に行う。  
$$C_F = \frac{A \times (N - N_b)}{a \times n \times Q \times 10^3}$$
  
 $C_F$ ：繊維数濃度 (本/ $\text{cm}^3$ )  
A：捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積 ( $\text{mm}^2$ )  
N：計数繊維の総数 (本)  
 $N_b$ ：ブランクの値 (本)  
a：顕微鏡の視野の面積 ( $\text{mm}^2$ )  
Q：採気量 (L)  
n：計数を行った視野の数

3) 分析方法について

(1) 分析方法

各施設における各種試料の分析方法は、表 6.2-7 に示すとおりである。

表 6 . 2 - 7 分析方法

分析対象物		分析方法					
		分散染色分析法	計数法	水分散法 計数法	X線回折 (定量)	電子顕微鏡	
						SEM-EDX	TEM
気体	敷地境界						
	発じん状況調査 (収集車含む)						
	焼却排ガス・ 破砕ガス						
固体	無機系	BF集じん物			(産廃破砕) (産廃破砕以外)		
		BF灰					
		溶融飛灰					
		産業廃棄物 (飛灰・焼却灰)					
		焼却灰					
		磁性物			1		
	有機系	スラグ			2		
		破砕可燃残さ (可燃物)					
		ASR					
液体	スラグ水砕水						
	焼却灰冷却水						
	原水						

表中の記号

- : 実施
- : 「 」による分析が困難な場合のみ実施
- : 「 」(分散染色分析法)による分析の結果、4本/3000粒子以上orアスベスト繊維大or針状物等が認められたとき等に実施
- : 「 」(計数法)による分析の結果、4本/3000粒子以上orアスベスト繊維大or針状物等が認められたとき等に実施

分析方法

- ・分散染色分析法、X線回折分析法(定量)  
JIS A 1481に準拠
- ・計数法  
[敷地境界・ガス]環境庁告示第93号(平成元年12月27日)に準拠  
[発じん状況調査]作業環境測定ガイドブック1に準拠
- ・水分散法  
「試料」「無じん水による超音波分散」「抽出液分取」「無じん水添加」「振とう」「吸引ろ過」「ろ紙」  
「低温灰化(必要に応じて)」計数法へ
- ・溶出法  
[スラグ]「試料」「粉碎」「溶出」「溶出液分取」「吸引ろ過」「ろ紙」計数法へ  
[磁性物]「試料」「溶出」「溶出液分取」「吸引ろ過」「ろ紙」計数法へ
- ・電子顕微鏡  
走査式電子顕微鏡(SEM-EDX)・透過型電子顕微鏡(TEM)を使用[JIS K 3850-1,2,3に準拠]

1: 磁性物については、「溶出法」による標本の作製により分析を実施(水分散法は実施なし)。  
2: スラグについては、「溶出法」による標本の作製も水分散法と合わせて実施。

(2) 分析における留意事項

気体、固体、液体中アスベストの分析における留意事項は、以下に示すとおりである。

気体中のアスベスト分析方法

計数対象はアスベスト繊維（アモサイト・クロシドライトを含む）  
 絡まった形状等、計数対象でないアスベスト繊維を確認した場合、備考欄等に状況を記録  
 位相差及び生物顕微鏡のそれぞれの計数値を記録（発じん状況調査も含む）  
 計数対象繊維の形状別（「ひも状」と「針状・棒状」の2分別）に計数値を記録

分析項目	敷地境界		
分析方法	計数法 (f/L)	/	
提 案	実施		
備 考	環告93号（直接計数法）を優先		
分析項目	発じん状況調査		
分析方法	計数法 (f/L)	水分散法 計数法 (f/L)	/
提 案	実施	直接計数法で顕微鏡の観察が 困難である場合のみ実施	
備 考	作環ガイドブック1（直接計数法）を優先		
分析項目	燃焼排ガス、破砕ガス		
分析方法	計数法 (f/L)	水分散法 計数法 (f/L)	/
提 案	実施	直接計数法で顕微鏡の観察が 困難である場合のみ実施	
備 考	先ず環告第93号（直接計数法）を優先し、 観察が困難である場合のみ水分散法を実施		

固体中のアスベスト分析方法

計数対象はアスベスト繊維（アモサイト・クロシドライトを含む）  
 絡まった形状等、計数対象でないアスベスト繊維を確認した場合、備考欄等に状況を記録  
 水分散法（または溶出法）の計数では、計数対象繊維の形状別（「ひも状」と「針状・棒状」の2分別）に  
 計数値を記録  
 水分散法（または溶出法）の計数では、位相差及び生物顕微鏡のそれぞれの計数値を記録

分析項目	BF集じん物、BF灰、溶融飛灰、産業廃棄物（飛灰・焼却灰）、焼却灰、破砕可燃残さ、ASR		
分析方法	分散染色法 (f/3000粒子)	水分散法 計数法 (Mf/g)	X線回折分析法（定量） (%)
提 案	実施	実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>産廃破砕施設テストプラントのBF集じん物は実施</li> <li>それ以外は分散染色法の結果により実施の有無を決定</li> </ul>
備 考	<ul style="list-style-type: none"> <li>JIS A 1481（分散染色法）を採用するとともに、固体中のアスベスト繊維に細いもの（分散染色による観察が困難な繊維）も存在する可能性があることから、分散染色法と合わせて水分散法も（計数）も実施</li> <li>産廃破砕施設テストプラントの集じん物のみ、アスベスト含有率が1%以上であることが推定されることから、X線回折分析法（定量）の分析を実施。それ以外のサンプルについては、分散染色法による分析の結果、4本/3000粒子以上orアスベスト繊維大or針状物等が認められたとき等にX線回折分析法（定量）を実施。</li> </ul>		

分析項目	磁性物（A市一般廃棄物処理施設：破砕施設）		
分析方法	溶出法 分散染色法 （f/3000粒子）	溶出法 計数法 （Mf/g）	X線回折分析法（定量） （%）
提 案	実施	実施	分散染色法の結果により 実施の有無を決定
備 考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS A 1481（分散染色法）を採用するとともに、固体中のアスベスト繊維に細いもの（分散染色による観察が困難な繊維）も存在する可能性があることから、分散染色法と合わせて水分散法（計数）も実施</li> <li>・ 現実的に考えられる最悪のケース（スラグが砕けた場合の飛散）を想定した分析前処理法として、「溶出法」による標本の作製を実施</li> <li>・ 分散染色法による分析の結果、4本/3000粒子以上orアスベスト繊維大or針状物等が認められたとき等にX線回折分析法（定量）を実施。</li> </ul>		

分析項目	スラグ		
分析方法	分散染色法 （f/3000粒子）	水分散法及び溶出法 計数法 （Mf/g）	電顕（SEM-EDX及びTEM） （繊維の種類確認）
提 案	実施	実施	実施
備 考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS A 1481（分散染色法）を採用するとともに、固体中のアスベスト繊維に細いもの（分散染色による観察が困難な繊維）も存在する可能性があることから、分散染色法と合わせて水分散法（計数）も実施</li> <li>・ 現実的に考えられる最悪のケース（スラグが砕けた場合の飛散）を想定した分析前処理法として、「溶出法」による標本の作製も水分散法と合わせて実施</li> <li>・ 有効利用等の観点から、アスベストの有無を確認するため電顕（SEM-EDX及びTEM）も実施</li> </ul>		

#### 液体中のアスベスト分析方法

計数対象はアスベスト繊維（アモサイト・クロシドライトを含む）

絡まった形状等、計数対象でないアスベスト繊維を確認した場合、備考欄等に状況を記録

計数法では、位相差及び生物顕微鏡のそれぞれの計数値を記録（発じん状況調査も含む）

計数法では、計数対象繊維の形状別（「ひも状」と「針状・棒状」の2分別）に計数値を記録

計数法及び分散染色法では、「f/3000粒子」・「f/L」のそれぞれの単位で表示できるように分析を実施

分析項目	スラグ水砕水、焼却灰冷却水、原水		
分析方法	分散染色法 （Mf/L）	計数法 （Mf/L）	電顕（SEM-EDX） （繊維の種類確認）
提 案	実施	実施	計数法の結果により 実施の有無を決定
備 考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ JIS A 1481（分散染色法）を採用するとともに、水中のアスベスト繊維に細いもの（分散染色による観察が困難な繊維）も存在する可能性があることから、分散染色法と合わせて計数法も実施</li> <li>・ 計数法による分析の結果、4本/3000粒子以上orアスベスト繊維大or針状物等が認められたとき等に電顕（SEM-EDX）を実施</li> </ul>		