

第2章 無害化処理技術の実証試験

2.1 実証試験の目的

本実証試験は、セメントキルンのテストプラントにおいて石綿含有建材の加熱処理実験を行い、処理後物、排ガス等を調査・分析し、無害化処理の状況を確認することを目的とした。

2.2 実証試験の内容

実証試験の内容は、以下に示すとおりである。

2.2.1 設備の概要と実験内容

(1) 設備の位置

今回の処理実験に供するテストプラントの設備名称及び位置は以下のとおりである。テストプラントの敷地図は図 2.2-1 に、対象敷地位置は図 2.2-2 に示すとおりである。

- ・ 設備名称：太平洋セメント（株）小野田工場 5号テストキルン
- ・ 位 置：山口県山陽小野田市大字小野田 6276 番地

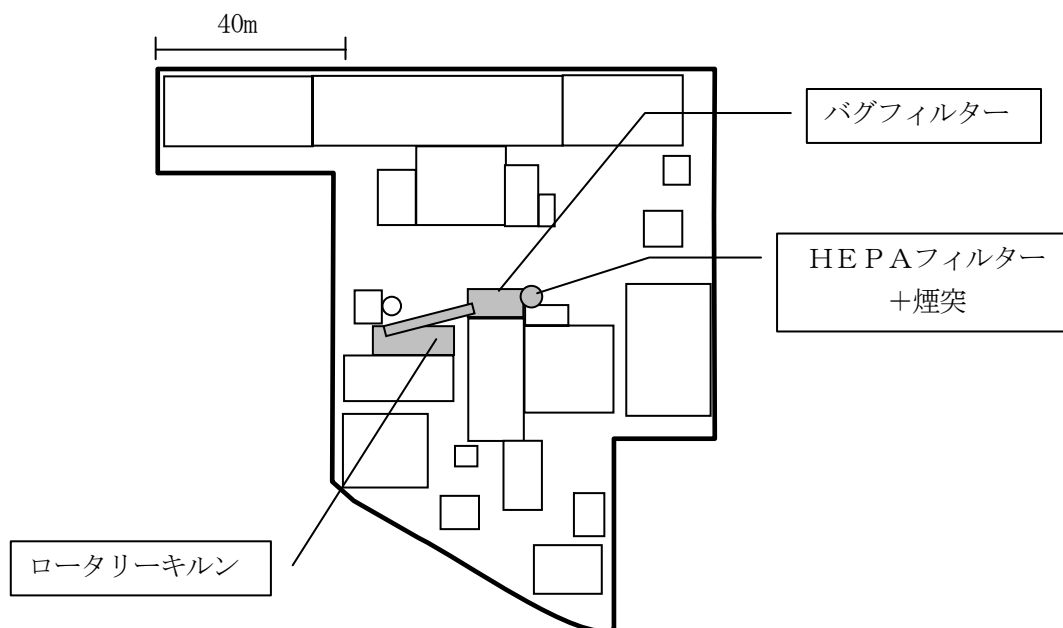


図 2.2-1 テストプラントの敷地図

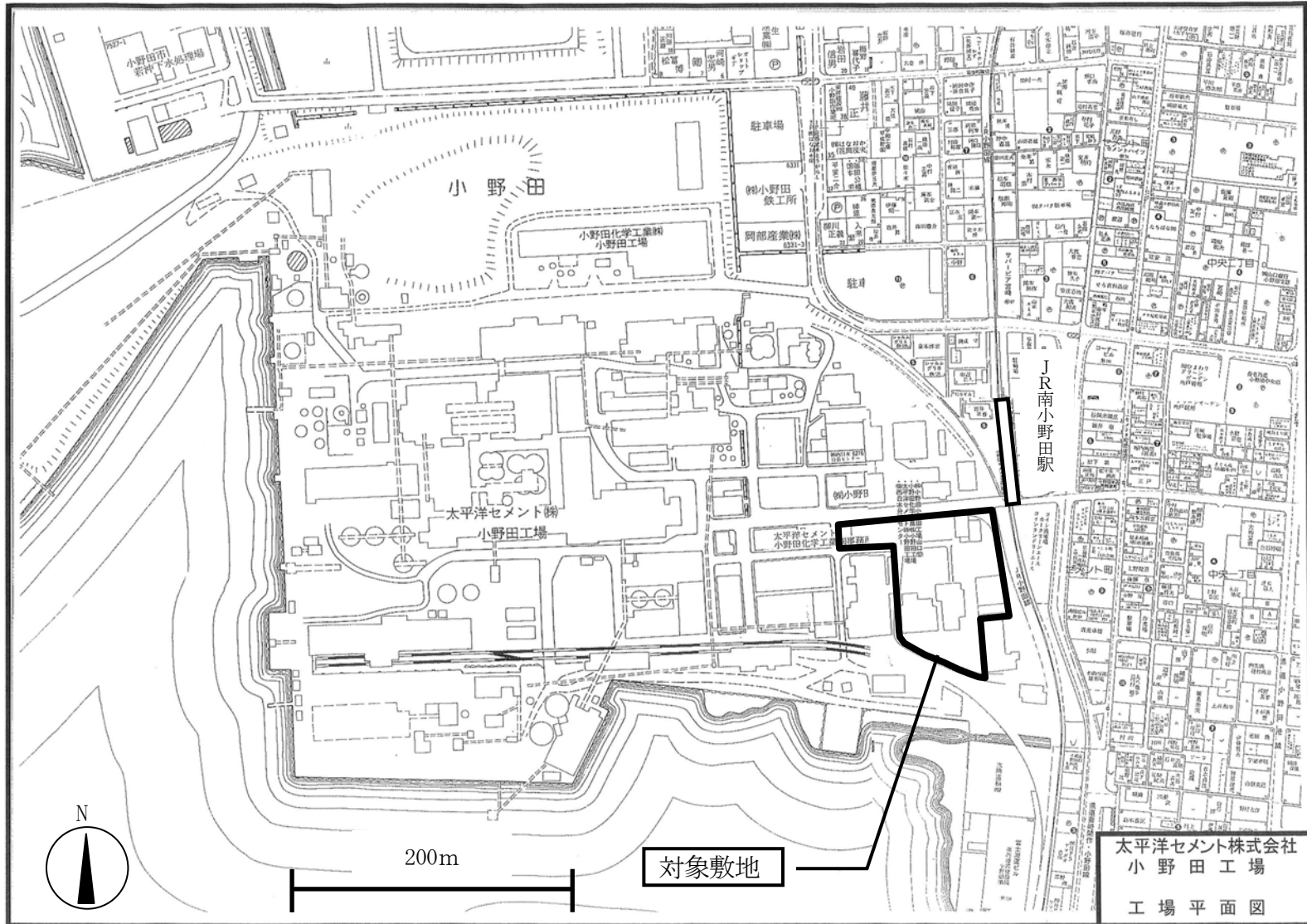


図 2.2-2 対象敷地位置

(2) テストプラントの設備の概要

本処理実験に用いたテストプラントは、サスペンションプレヒーター部分*が省略されたロータリーキルンと、焼成によって発生する未反応ガスを処理するための反応塔から構成され、セメントクリンカーの焼成工程を模した構造となっている。

本処理実験では、重量割合で約8%の石綿を含む板状建材の廃材をボールミル粉砕することで、まず石綿含有建材の微粉碎物を作製し、この粉末15重量%と再生B重油85重量%の混合物からなるスラリー状燃料を調製した。そして、スラリー状燃料をポンプで圧送することで、テストプラントの窯前よりバーナーから噴霧し高温で燃焼させ、含有する石綿を熱処理する。

テストプラントの設備の概要については、表2.2-1に示すとおりである。

※サスペンションプレヒーター部分は、セメント原料粉末を流動させながら予備焼成する機構が備えられている。

市販のポルトランドセメントは、サスペンションプレヒーター付きロータリーキルンで製造されている。サスペンションプレヒーター部分で予備焼成されたセメント原料粉末は、ロータリーキルン部分で焼成されクリンカーとなり焼結する。焼結したセメントクリンカーは、石膏とともに微粉碎され、ポルトランドセメントとしての機能を発揮する。

表 2.2-1 テストプラントの設備の概要

設備名称	小野田工場 5号テストキルン (太平洋セメント株式会社)
所在地	〒756-0817 山口県山陽小野田市大字小野田 6276 番地
加熱炉形式	ロータリーキルン式加熱炉+反応塔 (2次燃焼炉)
ロータリーキルン形状	耐火物内径×外径×長さ 35cm×61cm×320cm
反応塔形状	耐火物内径×外径×長さ 28cm×56cm×760cm
排ガス処理設備 (排ガス量 定常運転 10m ³ /min 最大運転 20m ³ /min)	粉塵捕集バグフィルター 処理能力 80m ³ /min ろ過面積 55m ² ろ過速度 1.45m/min 吸込風圧 300mmAq 吐出風圧 30mmAq 昇圧 330mmAq 回転数 1900rpm 温度条件 60℃換算
	HEPA フィルター 処理能力 27m ³ /min 面速度 1.33m/sec 素材 ガラス繊維 捕集率 99.97% (0.3μm: 常温時) 常用温度 200℃ 最高温度 250℃ 形状 縦 61cm×横 61cm×厚 15cm

(3) テストプラントのフロー

テストプラントは、ロータリーキルン、反応塔（二次燃焼炉付き）、冷却塔、サイクロン、バグフィルター、HEPA フィルター及び煙突から構成されている。

テストプラントの配置図及びフロー図を図 2.2-3、図 2.2-4 及び写真 2.2-1 に示す。

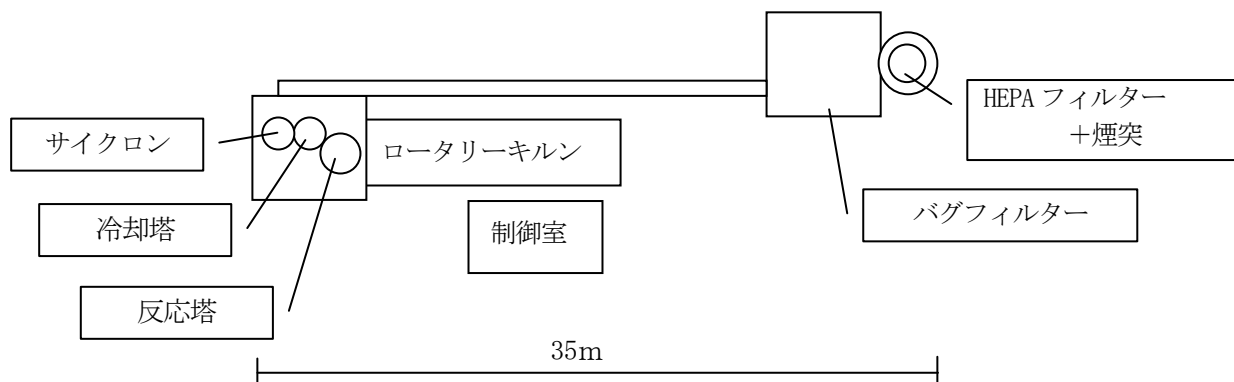
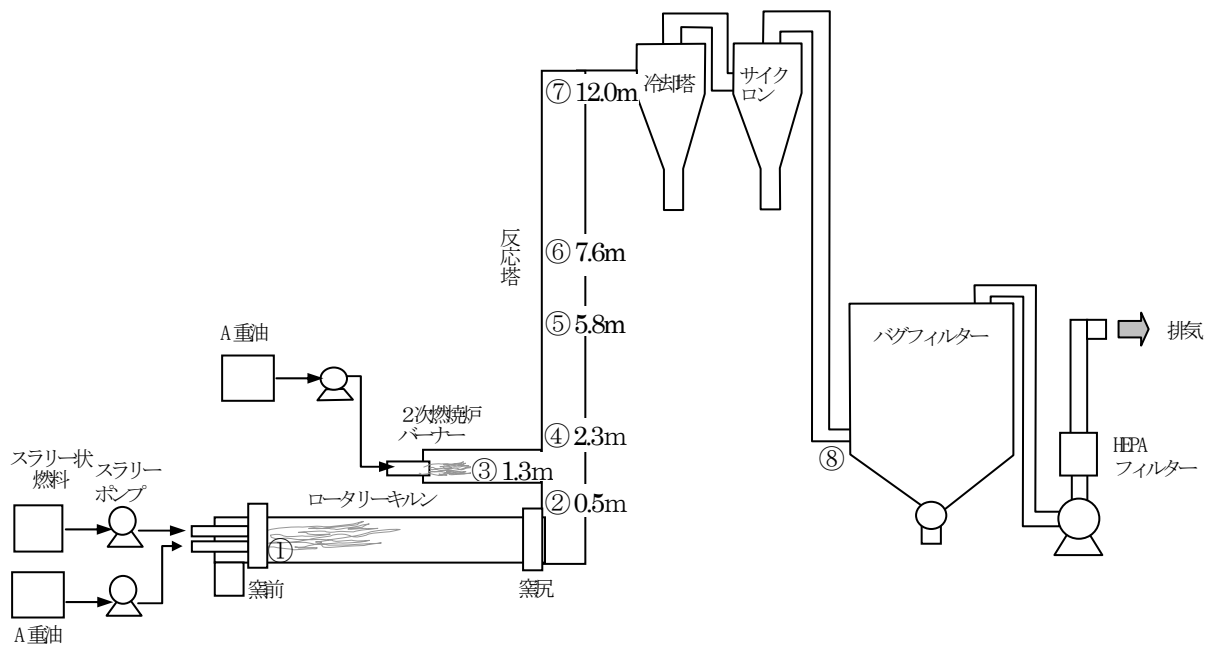


図 2.2-3 配置図（上面図）



※1 図中での丸付き数字はガス量 (②、⑥)・温度 (①～⑧) の測定箇所を示す。

※2 ②～⑦高さは、ロータリーキルンの窯尻側中心部を基準点とした高さである。

※3 テストプラント各部の名称と概要

- | | |
|-------------|--|
| ① 焼点 | 窯前側で、バーナー先端から約30cm 窯尻方向の地点。放射温度計による温度測定部にあたる。 |
| ② 窯尻 | 窯前から見て反対側方向。ロータリーキルンと反応塔の連結部であり、燃焼ガス計算からガス滞留時間が求められる。
側温部位はロータリーキルンの窯尻中心部より0.5m高さに位置する。 |
| ③ 2次燃焼炉 | 反応塔を加熱するための燃焼炉。ロータリーキルンで発生した未反応ガスを処理するために備えられている。測温部位は、反応塔中心部から水平方向で1.4mの位置である。 |
| ④ 反応塔下 | ロータリーキルンの窯尻中心部より2.3mの高さに位置し、直管構造となっている。熱電対により測温され、温度管理されている。 |
| ⑤ 反応塔中 | ロータリーキルンの窯尻中心部より5.8mの高さに位置し、直管構造となっている。熱電対により測温され、温度管理されている。 |
| ⑥ 反応塔上 | ロータリーキルンの窯尻中心部より7.6mの高さに位置し、直管構造となっている。ピトー管を用いてガス流速を測定するため、ガスサンプリング孔が設置されている。熱電対により測温され、温度管理されている。 |
| ⑦ 反応塔最上部 | ロータリーキルンの窯尻中心部より12.0mの高さに位置し、キルン内の飛散物を捕集するためのサンプリング孔が設置されている。 |
| ⑧ バグフィルター入口 | ロータリーキルン及び反応塔で発生したガスが集合しバグフィルターへ導入される部分。 |

図 2.2-4 テストプラントのフロー図

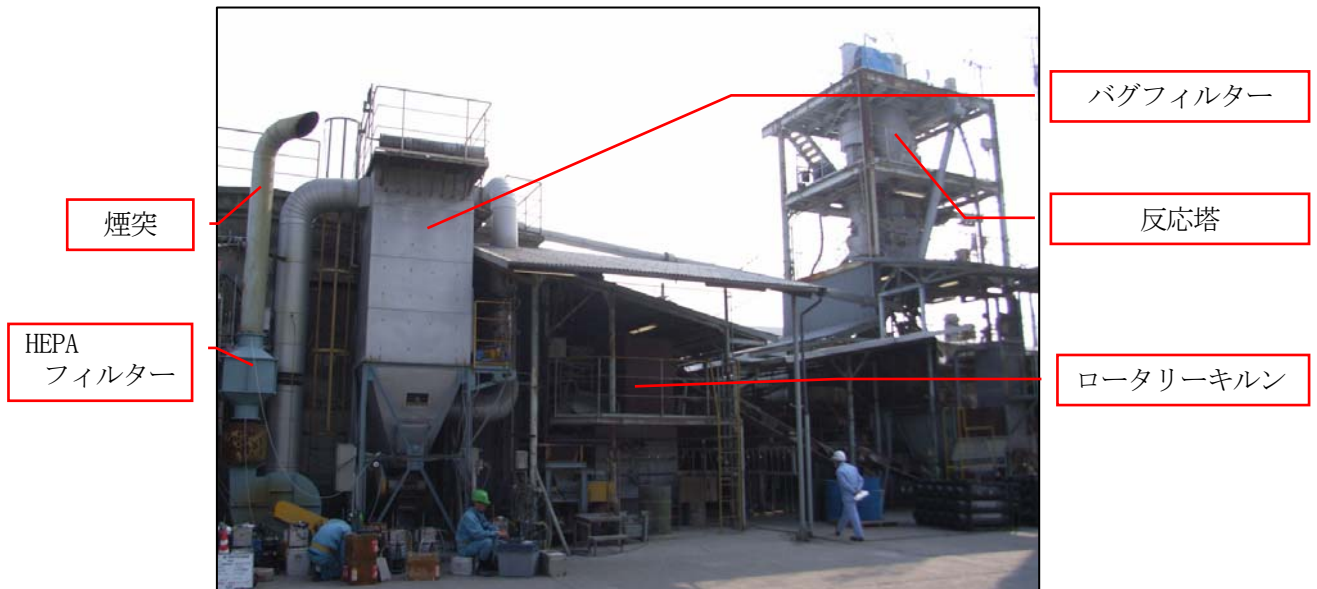


写真 2. 2-1 テストプラントのバグフィルターと煙突

(4) 実験内容

実験内容の概要は表 2. 2-2 に示すとおりである。

実験に用いる試料の投入方法は p10 に、試料の作成方法、炉内温度、炉内滞留時間、排ガスの実験条件等の測定結果は、章末の参考資料に示すとおりである。

表 2. 2-2 実験内容

テストプラントを用いた石綿含有建材の処理実験		
炉内温度	窯尻温度 (1, 108~1, 139℃)	
炉内滞留時間	1, 050℃以上 約 1. 8 秒間 (ロータリーキルン式加熱炉+反応塔下) 反応塔下とは反応塔の基準点より 2. 3m までの部分	
投入試料 (スラリー状燃料)	通常運転時 (未処理時)	
	石綿処理時	
	マーカー材と再生 B 重油 (S 分 0. 23 重量%) の混合物 (スラリー状燃料) ・ マーカー材 アナターゼ型酸化チタン 石綿含有スレート板と再生 B 重油 (S 分 0. 23 重量%) の混合物 (スラリー状燃料) ・ 石綿含有スレート板中の石綿割合 クリソタイル含有量 6 重量% クロシドライト含有量 2 重量% ・ スラリー状燃料中の石綿含有スレート板粒度 80% 通過径 80. 7 μm ・ スラリー状燃料の割合 石綿含有スレート板 : 再生 B 重油 = 15 : 85 (重量割合) ・ スラリー状燃料の投入量 7. 9L/hr ・ 石綿の投入量 93g/hr	
試料の投入方法	ロータリーキルンのメインバーナー側 (窯前) から噴霧	
ロータリーキルンのメインバーナーの燃料	A 重油 (S 分 : 0. 5~0. 8 重量%) 9. 3L/hr	
加熱処理時間	4 時間	
排ガスの実験条件	(1) ガス量、(2) 温度	
(1) ガス量測定	測定場所	① 窯尻 (ロータリーキルンのバーナー側の反対側) ⑥ 反応塔上部 (反応塔の基準点から 7. 6m の位置)
	測定方法	① 窯尻の酸素濃度等と燃料の使用量から算出 ⑥ ピトー管による流速測定から算出
(2) 温度測定	測定場所	① 焼点、② 窯尻、③ 反応塔下、④ 2 次燃焼炉、⑤ 反応塔中、⑥ 反応塔上、⑦ 冷却塔入口、⑧ バグフィルター入口
	測定方法	① 放射温度計 ②~⑧ JIS C1602 K 熱電対 PC 自動記録 (1 分毎自動記録)

〈石綿処理時における試料の投入方法（スラリー状燃料の供給とテストキルンへの噴霧）〉

持ち込んだスラリー状燃料は、スクリュウ輸送式のモノポンプ（写真2.2-2）を用いてスラリー状燃料用バーナー（写真2.2-3）へ定量供給した。モノポンプへ供給するにあたり、スラリー状燃料は、予めハンドミキサーで攪拌したのち（写真2.2-4）、約2mm程度の篩いにかかけ（写真2.2-5）、粗大混雑物によるモノポンプとバーナーの閉塞を防止した。

スラリー状燃料の噴霧燃焼において、テストプラントの窯前（写真2.2-6）には、メインバーナーとスラリー状燃料用バーナーが差し込まれており、これら2本のバーナーから燃料を噴霧燃焼した（写真2.2-7）。スラリー状燃料用バーナーからは約7.9L/hrのスラリー状燃料を、メインバーナーからは約9.3L/hrのA重油を供給した。



写真2.2-2 モノポンプ



写真2.2-3 スラリー状燃料用バーナー



写真2.2-4 ハンドミキサー攪拌



写真2.2-5 混雑物の除去



写真 2.2-6 テストプラント窯前



写真 2.2-7 噴霧燃焼状況

上部：スラリー状燃料用バーナー
下部：メインバーナー（A重油）

(5) 実験の工程

実験の工程は、表 2.2-3 に示すとおりである。

表 2.2-3 実験の工程

平成19年3月22日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
通常運転時 (未処理時)	火入れ・高温化運転								打ち合わせ		準備		マーカーク吹き込み		環境測定		X線回折法による判定		保温運転						
											測定準備		排ガス、集塵物、焼成物、敷地境界のサンプリング												
平成19年3月23日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
石綿処理時	保温運転				高温化運転				打ち合わせ		準備		石綿建材混入燃料の燃焼試験				空運転		運転停止						
											測定準備		キルン内飛散物、排ガス、集塵物、焼成物、敷地境界のサンプリング												

2.2.2 処理状況の確認調査

上記の加熱処理実験における石綿含有建材の処理状況を確認するために、キルン内飛散物、集塵物、焼成物、敷地境界、排ガス中の石綿濃度の調査・分析を行った。調査は石綿処理時及び通常運転時（未処理時）の2回実施し、排ガス中については同時にばいじん濃度も測定した。

煙突高さが約5mと低く排ガスの拡散範囲は狭いと考えられる。そのため、排ガスによる周辺環境への影響調査については、敷地境界（当該設備と周辺設備の境界）における調査により代表させることとした。

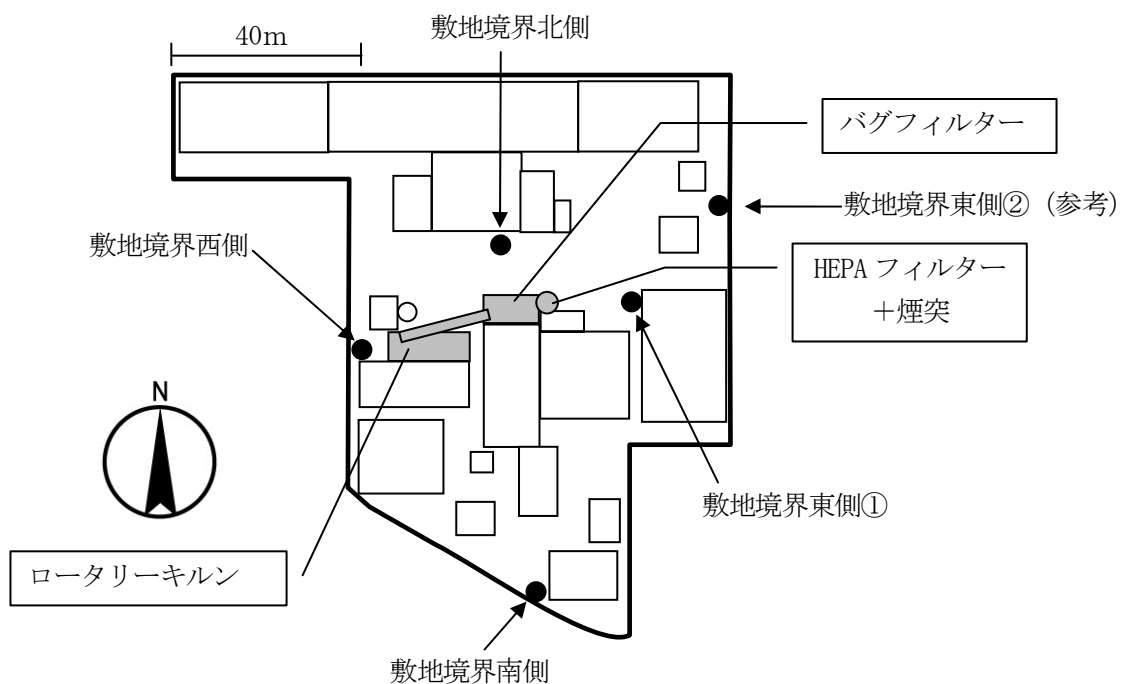
また、敷地境界における粉じん調査は、本来風上、風下で行うものであるが、調査地点においては風向が一定しないため、東西南北の4方向で調査を行い、同時に風向・風速を測定することとした。

(1) 採取箇所と検体数

採取箇所と検体数は表2.2-4、図2.2-5(1)～(2)、写真2.2-8(1)～(2)に示すとおりである。

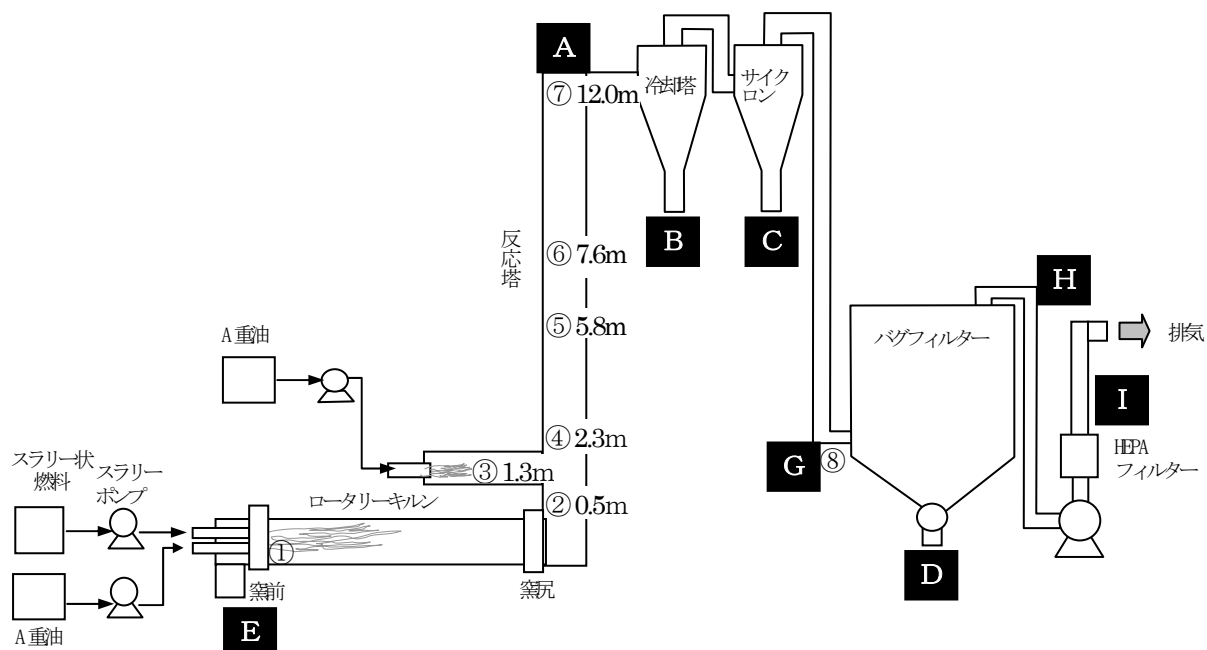
表 2.2-4 採取箇所と検体数

調査項目		採取箇所	検体数	備考
①	キルン内飛散物	A. 反応塔最上部	1	ガス中と固形物の石綿採取 石綿処理時のみ測定
②	集塵物	B. 冷却塔集塵部	2	石綿処理時及び通常運転時（未処理時） の2回測定
		C. サイクロン集塵部	2	
		D. バグフィルター集塵部	2	
③	焼成物	E. クーラー出口	2	石綿処理時及び通常運転時（未処理時） の2回測定
④	敷地境界	F. 敷地境界 （東西南北各1ヶ所 +参考：東側奥1ヶ所）	10	煙突高（約5m：横向き）を考慮 大気中石綿濃度を石綿処理時及び通常運 転時（未処理時）の2回測定
⑤	排ガス中	G. バグフィルター入口	2	石綿濃度とばいじん濃度を 石綿処理時及び通常運転時（未処理時） の2回測定
		H. バグフィルター出口	2	
		I. HEPA フィルター出口	2	
合 計			25	



- ※1) 敷地境界北側については、発生源である煙突の高さ（横煙道）が5m程度と低く、かつ、敷地境界のすぐ近くまで建物があり、建物の影響を受けると考えられるため、建物の南側に地点を設定した。
- 2) 敷地境界東側については、参考として東側倉庫の裏側においても粉じん調査を実施した。
- 3) 煙突から敷地境界北側までの距離は12.6m、煙突から敷地境界東側①までの距離は18.6m。

図 2.2-5(1) 採取箇所（敷地境界）



※) 図中での英字は採取箇所、数字はガス量 (②、⑥)・温度 (①～⑧) の測定箇所を示す。

図 2.2-5(2) 採取箇所（設備関連）



写真 2.2-8(1) 採取箇所



写真 2. 2-8(2) 採取箇所

(2) 調査工程

調査工程は、以下に示すとおりである。

3月21日（水）（測定準備） 気象状況：曇り				
対象	採取箇所	午前	午後	備考
	準備		14:00 ←→ 18:00	

3月22日（木）（通常運転（未処理時）） 気象状況：晴れ				
対象	採取箇所	午前	午後	備考
	準備、片付け	8:00 ←→ 11:05 測定準備	15:05 ←→ 17:00 機材片付け	
集塵物	B. 冷却塔集塵部	←→ 11:05	←→ 15:05	4時間分を全量採取
	C. サイコン集塵部	←→ 11:05	←→ 15:05	4時間分を全量採取
	D. バグフィルター集塵部	←→ 11:05	←→ 15:05	4時間分を全量採取
焼成物	E. クーラー出口	←→ 11:05	←→ 15:05	4時間分を全量採取
敷地境界	F. 敷地境界（5地点）	←→ 11:05	←→ 15:05	東①、東②、西、南、北の計5地点 各地点フィルター1枚交換
排ガス	H. バグフィルター入口	←→ 11:05	←→ 15:05	フィルター5枚交換
	I. バグフィルター出口	←→ 11:05	←→ 15:05	フィルター交換なし
	J. HEPAフィルター出口	←→ 11:05	←→ 15:05	フィルター交換なし

3月23日（金）（石綿処理時） 気象状況：晴れ				
対象	採取箇所	午前	午後	備考
	準備、片付け	8:00 ←→ 11:00 測定準備	15:00 ←→ 17:30 機材片付け	
キルン内飛散物	A. 反応塔上部	←→ 11:00	←→ 15:00	フィルター交換なし
集塵物	B. 冷却塔集塵部	←→ 11:00	←→ 15:00	4時間分を全量採取
	C. サイコン集塵部	←→ 11:00	←→ 15:00	4時間分を全量採取
	D. バグフィルター集塵部	←→ 11:00	←→ 15:00	4時間分を全量採取
焼成物	E. クーラー出口	←→ 11:00	←→ 15:00	4時間分を全量採取
敷地境界	F. 敷地境界	←→ 11:00	←→ 15:00	東①、東②、西、南、北の計5地点 各地点フィルター1枚交換
排ガス中	H. バグフィルター入口	←→ 11:00	←→ 15:00	フィルター6枚交換
	I. バグフィルター出口	←→ 11:00	←→ 15:00	フィルター交換なし
	J. HEPAフィルター出口	←→ 11:00	←→ 15:00	フィルター交換なし

- キルン内飛散物、敷地境界、排ガス
 - ・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した。
 - ・キルン内飛散物及び排ガスについて、等速吸引流量（約10L/m）で4時間採取（敷地境界と合わせて実施）した。なお、キルン内飛散物及びバグフィルター入口に関してはフィルターのつまりが危惧されるため、吸引流量を低くして4時間採取した。
- 敷地境界
 - ・サンプリング時間中は4地点で風向・風速・温湿度の連続計測を実施した。
- 集塵物、焼成物
 - ・集塵物、焼成物は太平洋セメント株式会社のもと、サンプリングを行った。

(3) サンプルング方法及び分析方法

サンプルング方法及び分析方法は表 2.2-5 に示すとおりである。

表 2.2-5 サンプルング方法及び分析方法一覧

調査項目		採取箇所	サンプルング方法	分析方法
イ	キルン内飛散物	A. 反応塔最上部	インピンジャー+フィルター法 (円筒ろ紙による採取) 図 2.2-6(1) 参照。	<ガス> ①水分散 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維) ②水分散 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維-生物顕微鏡) ③水分散 SEM-EDS 法 <固形物> ④JIS A1481 定性分析: 分散染色法、X 線回折法* ⑤JIS A1481 定量分析: X 線回折法*
ロ	集塵物	B. 冷却塔集塵部 C. サイクロン集塵部 D. バグフィルター集塵部	手作業 (ハンドスcoop)	①JIS A1481 定性分析: 分散染色法、X 線回折法 ②JIS A1481 定量分析: X 線回折法 ③水分散 SEM-EDS 法 ④水分散 TEM 法
ハ	焼成物	E. クーラー出口	手作業 (ハンドスcoop)	①JIS A1481 定性分析: 分散染色法、X 線回折法 ②JIS A1481 定量分析: X 線回折法 ③水分散 SEM-EDS 法 ④水分散 TEM 法
ニ	敷地境界	F. 敷地境界 (東西南北各 1 ヲ所 +参考: 東側奥 1 ヲ所)	手作業 (ハンドスcoop)	①アセトン・トリアセトン処理 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維) ②アセトン・トリアセトン処理 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維-生物顕微鏡) ③JIS K3850 SEM-EDS 法
ホ	排ガス中	G. バグフィルター入口 H. バグフィルター出口 I. HEPA フィルター出口	インピンジャー+フィルター法 図 2.2-6(2) 参照。	①水分散 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維) ②溶媒分散 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維) ③水分散 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維-生物顕微鏡) ④溶媒分散 位相差顕微鏡による計数法 (総繊維-生物顕微鏡) ⑤水分散 SEM-EDS 法 ⑥水分散 TEM 法

※キルン内飛散物については、「インピンジャー+フィルター法」と合わせて円筒ろ紙による採取を行った。

円筒ろ紙により採取した検体は、X線回折法により分析を行った。

① キルン内飛散物（ガス）及び排ガス

a. サンプルング方法

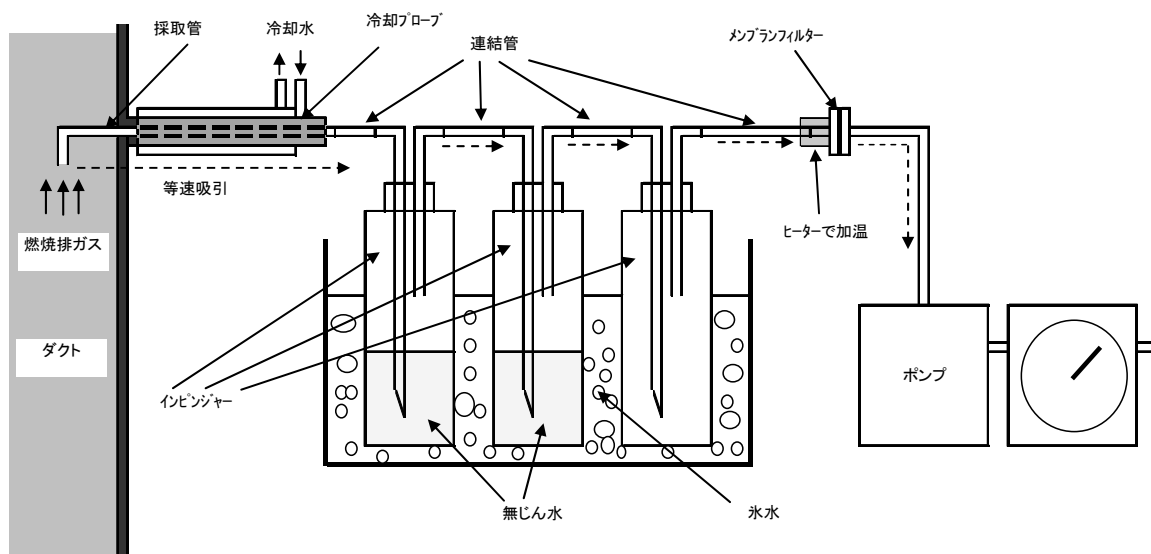


図 2.2-6(1) キルン内飛散物（ガス）採取イメージ図

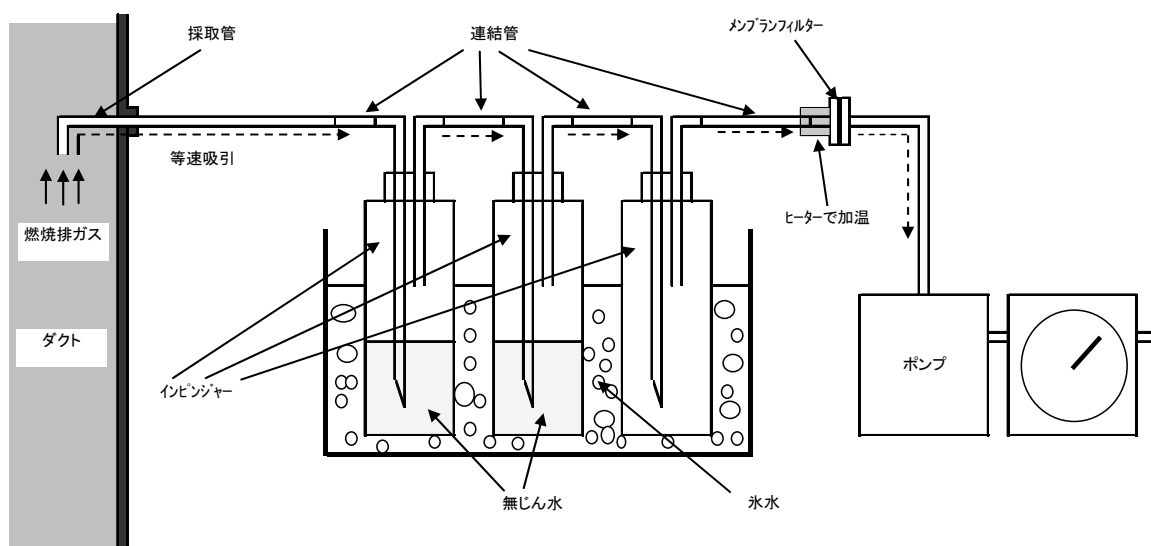
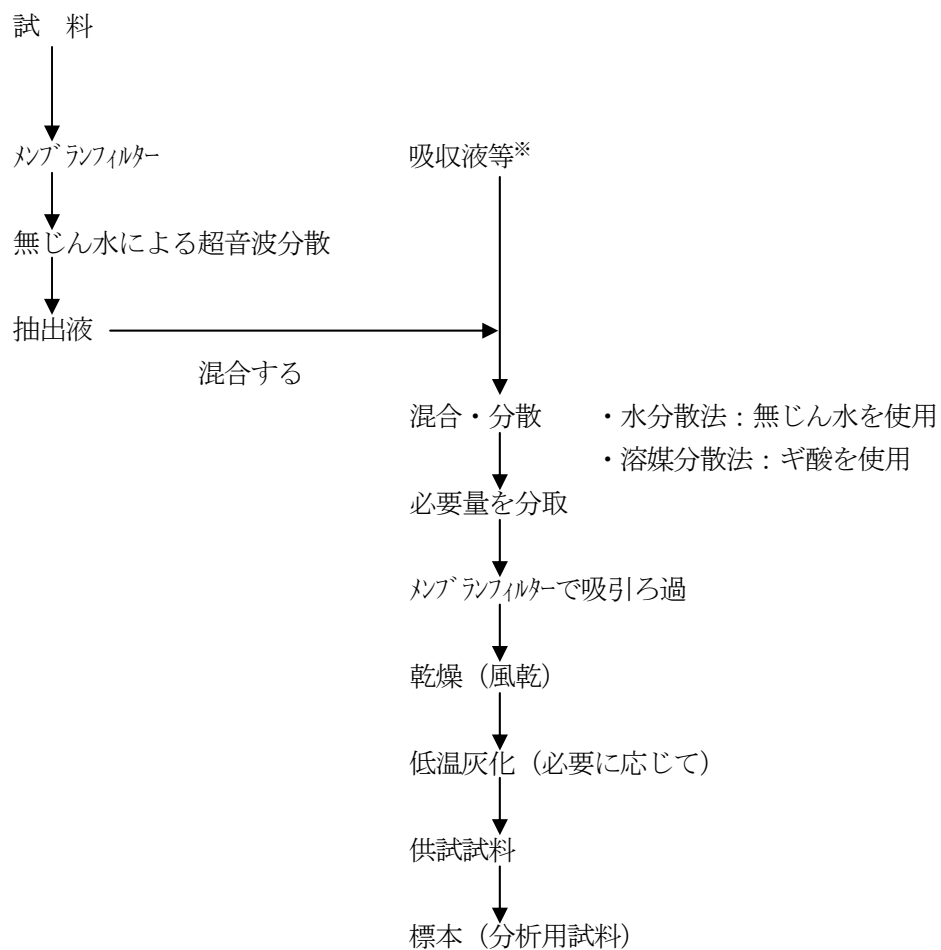


図 2.2-6(2) 排ガス採取イメージ図（バグフィルター入口、バグフィルター出口、HEPA フィルター出口）

b. 前処理方法（計数法及び電子顕微鏡法）

計数法及び電子顕微鏡法で分析するにあたり、以下に示す標本作製方法により前処理を行った。



※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。

c. 計数方法

(a) 位相差顕微鏡による計数法

環境庁告示第93号（平成元年12月27日）に準拠して実施した。

1. 石綿の計数

- ・位相差顕微鏡により、長さが $5\mu\text{m}$ 以上かつ長さとの幅の比が3対1以上の繊維状物質の計数を行った。
(倍率400倍)
- ・計数の対象となる繊維が認められた視野については、位相差顕微鏡に切り換え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）を求めた。
- ・計数は240視野（但し、告示93号では50視野で規定）について行った。

2. 石綿濃度の算出

次式により石綿濃度を求めた。

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

F：石綿濃度(f/L)

A：捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積(mm²)

N：計数繊維数の合計(f)

a：顕微鏡の視野の面積(mm²)

n：計数を行った視野数

V：採気量(L)

※本調査においては計数繊維数とあわせて総繊維数も計数し、その濃度を報告した。

(b) 電子顕微鏡による分析

JIS K3850-1、2、3 に準拠して実施した。

1. 石綿繊維の計数

(1) SEM-EDS 法

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した。

(2) 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か否かを判断し、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、石綿か否か、石綿の種類を判定しながら計数した。

2. 観察条件

(1) SEM-EDS 法

加速電圧 15～25 kV、倍率 2,000～3,000 倍で行った。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 桁上げて行った。

(2) TEM 法

加速電圧 80～200 kV、倍率 2,000～3,000 倍で行った。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 桁上げて行った。

3. 計数視野及び計数繊維数

(1) SEM-EDS 法

画面を 1 視野として、その 1 視野が観察試料面で何 mm² に相当したか、倍率校正試料等を用いて決定した。計数視野数は、式(A)で決定した。

(2) 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 μm×100 μm、同様に 100 メッシュは約 225 μm×225 μm であった。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したか、または計数繊維総数を何本にしたかを試料捕集フィルターの面積や吸引ガス量、必要とした定量下限値等を考慮して決定した。一般的には計数視野数は、式(A)で決定される。

$$n = \frac{A}{a} \times Q \times S \dots\dots\dots \text{式(A)}$$

n : 必要な計数網目数(または計数画面数)

A : フィルターの有効面積またはろ過面積(mm²)

a : 1 網目の面積の面積又は 1 画面の観察試料上での面積(mm²)

Q : 総採気量(L)

S : 必要な定量下限値(f/L)

4. 石綿繊維数濃度の算出

次式により石綿繊維数濃度を求めた。

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

C_F : 石綿繊維数濃度 (f/L)

A : 捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積 (mm²)

N : 計数繊維数の合計 (f)

N_b : ブランクの計数繊維数の合計 (f)

a : 顕微鏡の視野の面積 (mm²)

n : 計数を行った視野数

Q : 採気量 (L)

※本調査においては、SEM-EDS 法により石綿繊維の有無をスクリーニングした後、繊維の計数は TEM 法にて実施した。

② キルン内飛散物（固形物）・集塵物・焼成物

a. JIS A1481による石綿含有量分析（定性分析、定量分析）

JIS A1481 に準拠して実施した。

JIS A1481 では3回の繰り返し分析が規定されているが、採取できた重量が少ない試料については1回の分析で対応した。

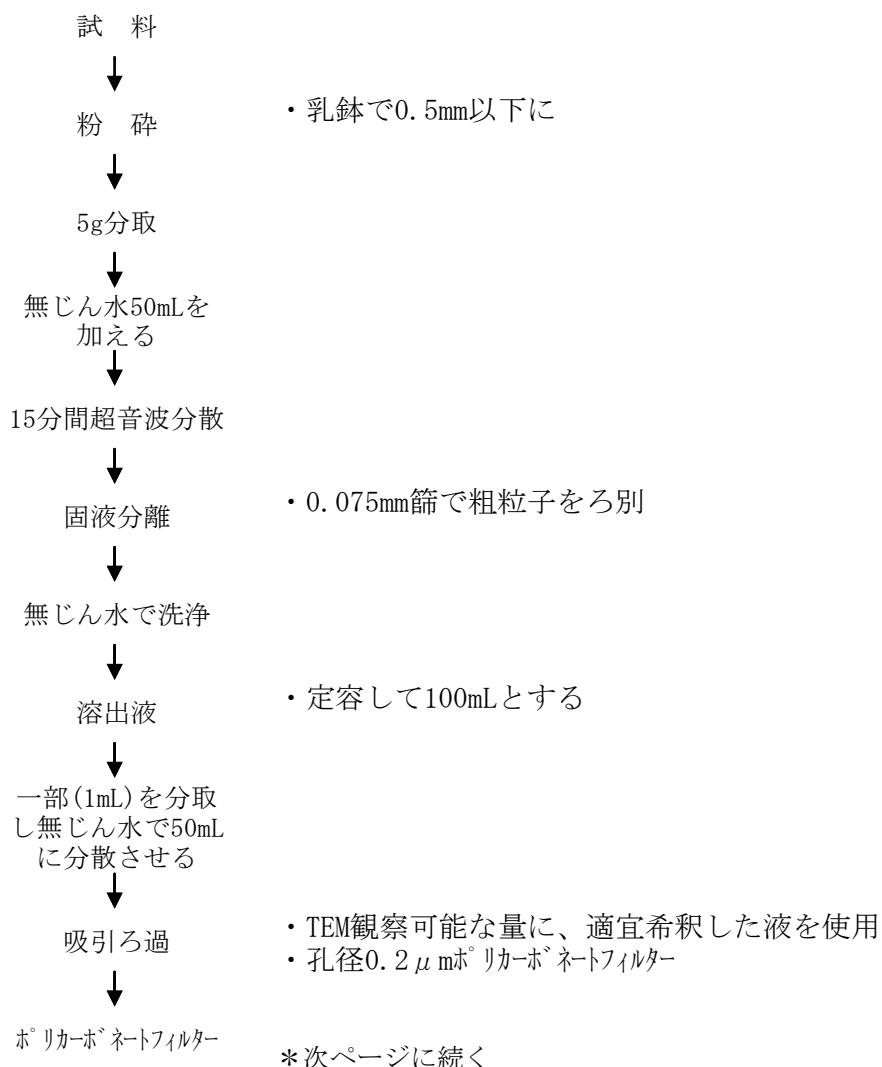
また、定量分析用の二次試料作製の際に、残渣率 0.15 を超える試料については、分取量を変更し（100mg→20mg）、ろ紙上の残渣量を減らした上で JIS A1481 に準拠して定量分析を実施した。

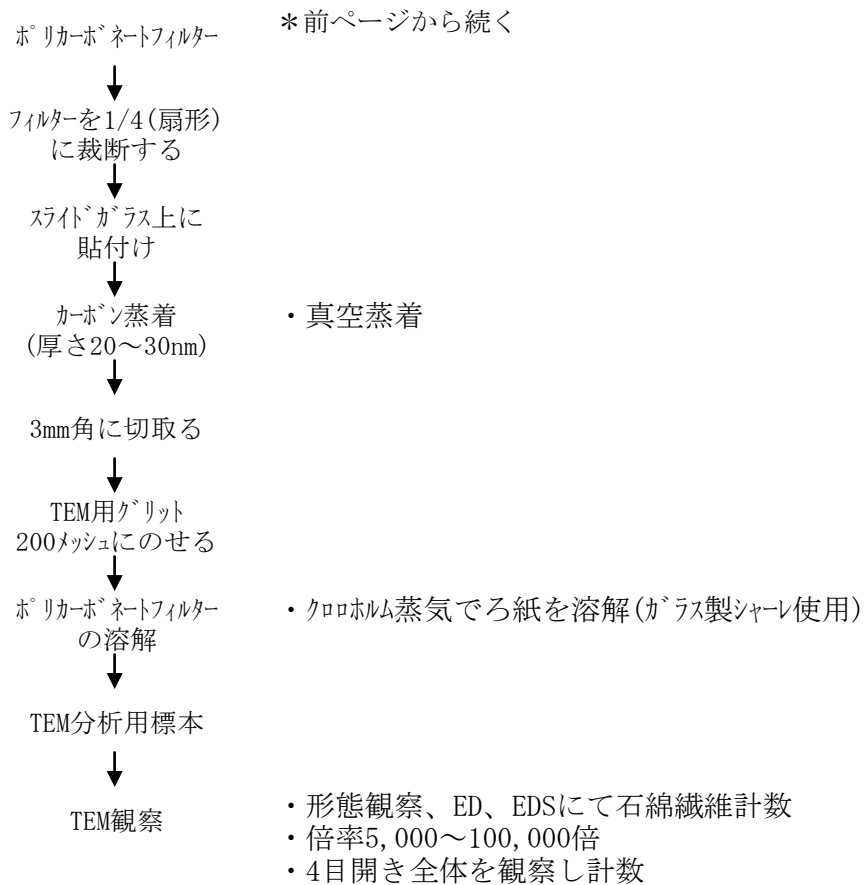
本来、JIS A1481 に規定されている定量下限値は 0.1%だが、分取量を減らして定量分析を実施した試料については、定量下限値を 0.5%と変更した。

b. 電子顕微鏡による石綿含有量分析

(a) 前処理方法

電子顕微鏡法で分析するにあたり、以下に示す標本作製方法により前処理を行った。



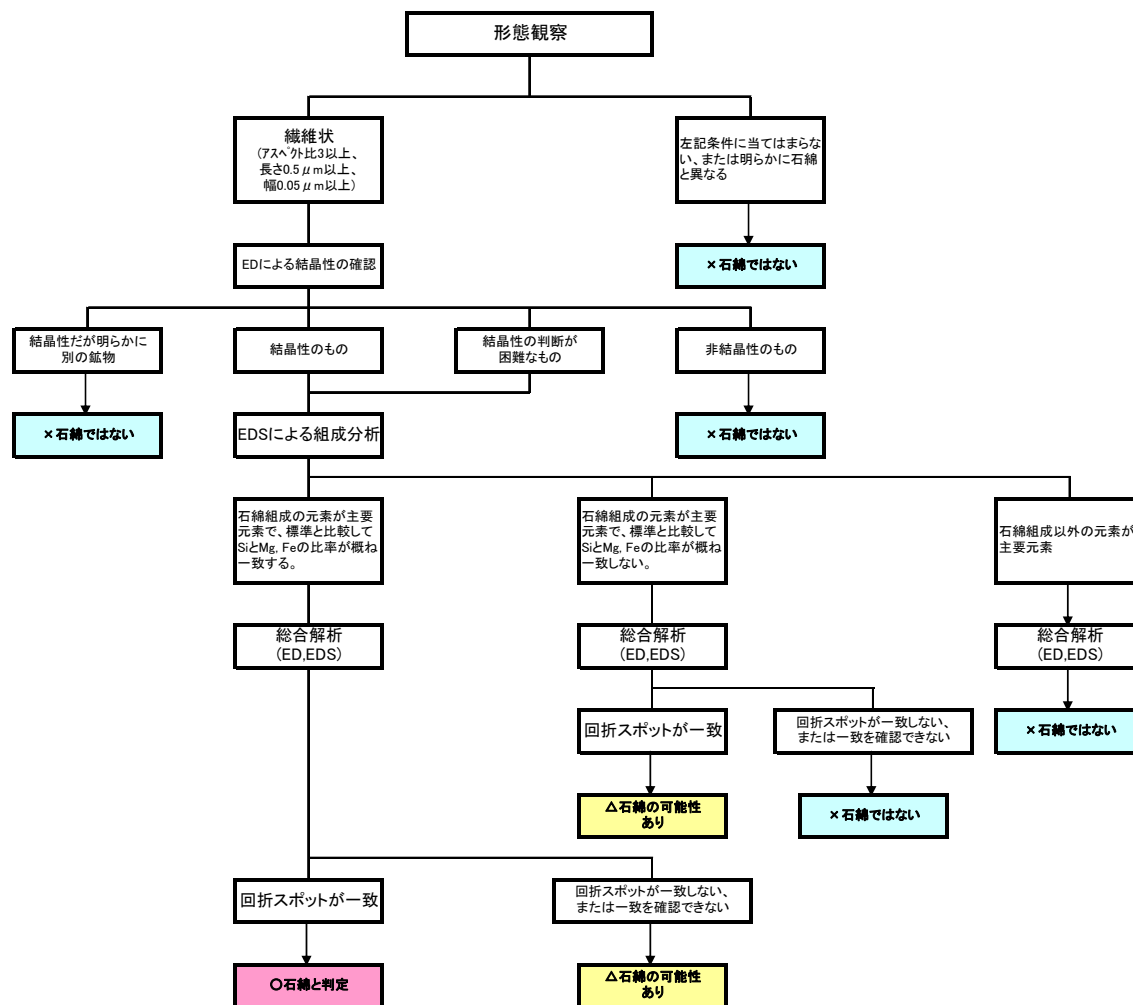


$$S = A_f \div (A_g \times w \times k) / 10^6$$

A_f : フィルターの有効面積 (mm^2)
 A_g : 目開きの面積 (mm^2)
 w : スラグ重量 (g)
 k : 観察した目開の数
 S : 検出下限 : (Mf/g)

(b) 石綿の判定・計数方法

石綿の判定・計数方法を以下に示す。



○を石綿として計数する

石綿繊維数濃度の算出

次式により石綿繊維数濃度を求める

$$C_F = \frac{A \times (N - N_b)}{a \times n \times Q \times 10^6}$$

C_F : 石綿繊維数濃度 (Mf/g)

A : 捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積 (mm²)

N : 計数繊維数の合計 (f)

N_b : ブランクの計数繊維数の合計 (f)

a : 顕微鏡の視野の面積 (mm²)

n : 計数を行った視野数

Q : 採取量 (g)

※本調査においては、SEM-EDS 法により石綿繊維の有無をスクリーニングした後、繊維の計数は TEM 法にて実施した。

③ 敷地境界

a. 位相差顕微鏡による計数法

環境庁告示第93号（平成元年12月27日）に準拠して実施した。

1. 石綿の計数

- ・位相差顕微鏡により、長さが $5\mu\text{m}$ 以上かつ長さとの比が3対1以上の繊維状物質の計数を行った。
(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、位相差顕微鏡に切り換え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）を求めた。
- ・計数は240視野（ただし、告示93号では50視野で規定）について行った。

2. 石綿濃度の算出

次式により石綿濃度を求めた。

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

F：石綿濃度(f/L)

A：捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積(mm²)

N：計数繊維数の合計(f)

a：顕微鏡の視野の面積(mm²)

n：計数を行った視野数

V：採気量(L)

※本調査においては計数繊維数とあわせて総繊維数も計数し、その濃度を報告した。

b. 電子顕微鏡による分析

JIS K3850-1 に準拠して実施した。

1. 石綿繊維の計数

(1) SEM-EDS 法

画面上に見られた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した。

2. 観察条件

(1) SEM-EDS 法

加速電圧 15~25 kV、倍率 2,000~3,000 倍で行った。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 桁上げて行った。

3. 計数視野及び計数繊維数

(1) SEM-EDS 法

画面を 1 視野として、その 1 視野が観察試料面で何 mm² に相当したか、倍率校正試料等を用いて決定した。計数視野数は、式(A) で決定した。

$$n = \frac{A}{a} \times Q \times S \dots\dots\dots \text{式(A)}$$

n : 必要な計数網目数(または計数画面数)

A : フィルターの有効面積またはろ過面積(mm²)

a : 1 網目の面積の面積又は 1 画面の観察試料上での面積(mm²)

Q : 総採気量(L)

S : 必要な定量下限値(f/L)

4. 石綿繊維数濃度の算出

次式により石綿繊維数濃度を求めた。

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

C_F : 石綿繊維数濃度(f/L)

A : 捕集用ろ紙の有効ろ過面の面積(mm²)

N : 計数繊維数の合計(f)

N_b : ブランクの計数繊維数の合計(f)

a : 顕微鏡の視野の面積(mm²)

n : 計数を行った視野数

Q : 採気量(L)

※敷地境界については SEM-EDS 法により繊維の計数を実施した。

2.3 実証試験の分析結果

実証試験の分析結果は、以下に示すとおりである。

(1) キルン内飛散物（ガス）及び排ガス

キルン内飛散物（ガス）及び排ガス分析結果は表 2.3-1、表 2.3-2 に示すとおりである。

通常運転時（未処理時）においては、すべての試料において定量下限値未満であり、石綿は検出されなかった。

石綿処理時においては、位相差顕微鏡の計数では、キルン内飛散物（ガス）及び排ガスの「バグフィルター入口」については、石綿は検出されなかったが、排ガスの「バグフィルター出口」及び「HEPA フィルター出口」において、石綿様の繊維が観察された。しかし、これらを電子顕微鏡法（SEM-EDS 法、TEM 法）で確認したところ石綿繊維は観察されなかった。また、キルン内飛散物（ガス）及び排ガスの「バグフィルター入口」についても、電子顕微鏡法（SEM-EDS 法または TEM 法）による確認で石綿繊維は観察されなかったことから、排ガスの「バグフィルター出口」及び「HEPA フィルター出口」において、位相差顕微鏡で観察された石綿様の繊維は、クリソタイル（石綿）と類似した光学的性質を有する繊維状物質であると推測された。

なお、調査対象のガス試料はばいじん量が多く、試料採取時に十分なガスの吸引量が確保できず、定量下限値が高くなっている。

表 2.3-1 キルン内飛散物（ガス）及び排ガス分析結果

区分	調査項目	採取箇所	捕集時間 (min)	吸引ガス量 (L)	ばいじん濃度 (g/m ³ (N))	分散方法	位相差顕微鏡による計数法								SEM-EDS法	TEM法 石棉濃度 (f/L)	
							位相差顕微鏡				生物顕微鏡	石棉繊維数	石棉濃度	定量下限値			分取率
							総繊維数A (f)	総繊維濃度A (f/L)	総繊維数B (f)	総繊維濃度B (f/L)	計数値C(f)	[B-C] (f)	(f/L)	(f/L)			
通常運転時 (未処理時) (3/22)	㊸ 排ガス中	G. バグフィルター入口	240	734	0.31	水分分散法	129	14,000	0	<310	0	0	<310	310	1/1,500	石棉繊維なし	<2,300
						溶媒分散法	750	100,000	0	<380	0	0	<380	380	1/919		
		H. バグフィルター出口	240	2762	0.002	水分分散法	529	55	0	<0.28	0	0	<0.28	0.28	1/4	石棉繊維なし	<130
						溶媒分散法	873	140	0	<1.1	0	0	<1.1	1.1	1/4		
		I. HEPAフィルター出口	240	2274	0.003	水分分散法	268	26	0	<0.27	0	0	<0.27	0.27	1/4	石棉繊維なし	<150
						溶媒分散法	94	37	0	<1.1	0	0	<1.1	1.1	1/8		
石棉 処理時 (3/23)	㊸ 排ガス中	㊹ キルン内飛散物	A. 反応塔最上部	240	407	0.21	水分分散法	42	390	0	<25	0	<25	25	3/200	石棉繊維なし	-
							水分分散法	84	117	1	<3.8	1	0	<3.8	3.8		
		G. バグフィルター入口	240	810	0.10	水分分散法	835	42	14	0.70	3	11	0.55	0.14	1	石棉繊維なし	<160
						溶媒分散法	1,030	3,000	0	<7.9	0	0	<7.9	7.9	1/21		
		H. バグフィルター出口	240	2238	0.005	水分分散法	866	170	0	<1.1	0	0	<1.1	1.1	1/4	石棉繊維なし	<150
						溶媒分散法	246	23	2	<0.26	0	2	<0.26	0.26	1/4		
		I. HEPAフィルター出口	240	2353	0.003	水分分散法	158	60	3	1.1	0	3	1.1	1.1	1/8	石棉繊維なし	<150
						溶媒分散法	158	60	3	1.1	0	3	1.1	1.1	1/8		

※ 総繊維数A：繊維状粒子の総数 総繊維数B：石棉様繊維状粒子の総数

表 2.3-2 排ガス基礎データ

区分	調査項目	採取箇所	排出ガス温度	流速	水分量	湿り排出ガス量	乾き排出ガス量	CO ₂	O ₂	CO	N ₂	空気比	ばいじん濃度	
			(°C)	(m/s)	(vol%)	(m ³ (N)/h)	(m ³ (N)/h)	(vol%)	(vol%)	(vol%)	(vol%)	-	(g/m ³ (N))	
通常運転時 (未処理時) (3/22)	㊸ 排ガス中	㊹ キルン内飛散物	A. 反応塔最上部	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			G. バグフィルター入口	158	6.5	9.0	1,240	1,130	4.0	14.4	<0.2	81.6	2.97	0.31
			H. バグフィルター出口	135	4.4	6.9	1,330	1,240	3.8	16.6	<0.2	79.6	4.63	0.002
			I. HEPAフィルター出口	105	5.4	6.6	1,360	1,270	3.0	18.0	<0.2	79.0	6.98	0.003
石棉 処理時 (3/23)	㊸ 排ガス中	㊹ キルン内飛散物	A. 反応塔最上部	790	8.3	21.3	480	378	9.0	10.0	<0.2	81.0	1.87	0.21
			G. バグフィルター入口	155	7.4	8.2	1,420	1,300	2.8	17.2	<0.2	80.0	5.22	0.10
			H. バグフィルター出口	139	4.7	7.0	1,400	1,300	3.2	17.6	<0.2	79.2	6.08	0.005
			I. HEPAフィルター出口	108	5.8	6.8	1,450	1,350	3.0	17.8	<0.2	79.2	6.45	0.003

(2) キルン内飛散物（固形物）、集塵物及び焼成物

キルン内飛散物（固形物）、集塵物及び焼成物分析結果は表 2.3-3 に示すとおりである。

通常運転時（未処理時）、石綿処理時ともに、キルン内飛散物（固形物）、集塵物及び焼成物の石綿分析結果は、いずれの試料も定性分析試験（JIS A1481 に準拠）では不検出、定量分析試験（JIS A1481 に準拠）では定量下限値未満であり、石綿は検出されなかった。

なお、定量分析試験においては、ほとんどの試料が、定量分析用の二次試料作製の際の残渣率が 0.15 を超過した。残渣率が 0.15 を超過した試料については、分取量を JIS の規定より減らして分析を実施したため(100mg→20mg)、定量下限値を 0.5%とした。

また、いずれの試料も電子顕微鏡法（SEM-EDS 法、TEM 法）で確認したところ石綿は検出されなかった。

表 2.3-3 キルン内飛散物（固形物）、集塵物及び焼成物分析結果

区分	調査項目	採取箇所	採取重量 (g)	定性分析（分散染色法）					定性分析（X線回折法）					SEM-EDS法		
				クリソタイル	クロソライト	アモサイト	アソフイライト	トモサイト・アケナライト	クリソタイル	クロソライト	アモサイト	アソフイライト	トモサイト・アケナライト			
通常運転時 (未処理時) (3/22)	㊦ 集塵物	B. 冷却塔集塵部	—	3.5	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
		C. サイクロン集塵部	—	0.2	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	—	—	—	—	—	—	石綿繊維なし
		D. バグフィルター集塵部	—	1,087	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
	㊧ 焼成物※2	E. クーラー出口	白色物	8.7	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
			茶・黒色物	0.5	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	—	—	—	—	—	—	石綿繊維なし
その他			0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
石綿 処理時 (3/23)	㊦ 集塵物	A. 反応塔最上部	—	—※1	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
		B. 冷却塔集塵部	—	1.8	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
		C. サイクロン集塵部	—	1.4	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
		D. バグフィルター集塵部	—	99	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
	㊧ 焼成物※2	E. クーラー出口	白色物	1.4	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし
茶・黒色物			0.2	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	—	—	—	—	—	—	石綿繊維なし	
その他			1.8	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	石綿繊維なし

区分	調査項目	採取箇所	定量分析（X線回折法）（%）					TEM法 石綿濃度 (Mf/g)	
			クリソタイル	クロソライト	アモサイト	アソフイライト	トモサイト・アケナライト		
通常運転時 (未処理時) (3/22)	㊦ 集塵物	B. 冷却塔集塵部	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<24
		C. サイクロン集塵部	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<28
		D. バグフィルター集塵部	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<29
	㊧ 焼成物※2	E. クーラー出口	白色物	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<22
茶・黒色物			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
その他			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
石綿 処理時 (3/23)	㊦ 集塵物	A. 反応塔最上部	—	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	—
		B. 冷却塔集塵部	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<29
		C. サイクロン集塵部	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<18
		D. バグフィルター集塵部	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<24
	㊧ 焼成物※2	E. クーラー出口	白色物	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<27
茶・黒色物			<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
その他			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		

※1 キルン内飛散物の採取重量は測定していない。

※2 焼成物のJIS A1481による分析は試料の色別を実施した。

(3) 敷地境界

敷地境界における分析結果は、表 2.3-4 に示したとおりである。

通常運転時（未処理時）、石綿処理時ともに、敷地境界の大気中石綿濃度は、いずれの地点でも定量下限値未満であり石綿は検出されなかった。

なお、敷地境界における風向・風速測定結果は表 2.3-5 に示すとおりである。測定時における平均風速は、通常運転時（未処理時）の南側を除いて 1.0m/s 未満と小さかった。また、風向は不安定な状況であった。

表 2.3-4 敷地境界分析結果

区分	調査項目	採取箇所	捕集時間	吸引ガス量	位相差顕微鏡		生物顕微鏡	石綿繊維数	石綿濃度	SEM-EDS法	定量下限値
			(min)	(L)	総繊維数A (f)	総繊維濃度A (f/L)	計数値B (f)	[A-B] (f)	(f/L)	(f/L)	(f/L)
通常運転時 (未処理時) (3/22)	⊖ 敷地境界	F.敷地境界東側①	180	1,800	13	7.4	13	0	<0.13	<0.13	0.13
			60	600	53		53	0			
		F.敷地境界東側②（参考）	180	1,800	14	4.0	14	0	<0.13	<0.13	0.13
			60	600	22		21	1			
		F.敷地境界西側	180	1,800	15	4.3	15	0	<0.13	<0.13	0.13
			60	600	23		22	1			
		F.敷地境界南側	180	1,800	28	4.7	28	0	<0.13	<0.13	0.13
			60	600	14		14	0			
		F.敷地境界北側	180	1,800	19	4.0	19	0	<0.13	<0.13	0.13
			60	600	17		15	2			
石綿 処理時 (3/23)	⊖ 敷地境界	F.敷地境界東側①	120	1,200	13	7.4	13	0	<0.13	<0.13	0.13
			120	1,200	53		53	0			
		F.敷地境界東側②（参考）	120	1,200	14	4.0	14	0	<0.13	<0.13	0.13
			120	1,200	22		21	1			
		F.敷地境界西側	120	1,200	15	4.3	15	0	<0.13	<0.13	0.13
			120	1,200	23		22	1			
		F.敷地境界南側	120	1,200	28	4.7	28	0	<0.13	<0.13	0.13
			120	1,200	14		14	0			
		F.敷地境界北側	120	1,200	19	4.0	19	0	<0.13	<0.13	0.13
			120	1,200	17		15	2			

※サンプリングに使用したフィルターが粉じんにより目詰まりする可能性があったため、捕集時間（240 分）中に 1 回交換を行った。そのため、1 地点あたりフィルター 2 枚を 1 試料として分析を行った。

表 2.3-5 風向・風速

区分	時間	東		西		南		北	
		風向	平均風速	風向	平均風速	風向	平均風速	風向	平均風速
			m/s		m/s		m/s		m/s
通常運転時 (未処理時) (3/22)	11:10	WSW	0.2	ESE	0.2	NW	0.7	WNW	0.5
	11:40	NNE	0.3	NNE	0.4	W	0.6	W	0.3
	12:10	N	0.4	NE	0.2	WSW	0.8	W	0.6
	12:40	WSW	0.2	ESE	0.1	SW	0.7	W	0.5
	13:10	NNE	0.8	NNE	0.4	NW	2.1	W	0.3
	13:40	NNW	0.8	NNE	0.7	NW	2.1	W	0.6
	14:10	N	0.7	N	0.3	WNW	1.7	W	0.8
	14:40	NNE	0.8	NNE	0.5	WNW	1.8	W	0.6
石綿 処理時 (3/23)	11:10	SE	0.1	E	0.1	E	0.4	WNW	0.4
	11:40	WNW	0.1	E	0.1	ESE	0.5	W	0.4
	12:10	N	0.3	N	0.7	WSW	0.5	-	0.0
	12:40	N	0.6	NNE	0.8	WNW	0.9	-	0.1
	13:10	N	0.2	N	0.4	SW	0.5	-	0.0
	13:40	NNW	0.1	SSE	0.3	W	0.6	-	0.0
	14:10	N	0.4	NE	0.2	NW	0.7	-	0.0
	14:40	WNW	0.3	ESE	0.2	WNW	0.7	-	0.0
15:10	-	0.0	SE	0.2	WSW	0.3	WNW	0.3	

2.4 分析結果のまとめと評価

(1) 分析結果のまとめ

石綿処理時における分析結果を以下にまとめた。すべての分析結果をまとめた一覧は、表 2.4-1 に示すとおりである。

<キルン内飛散物（ガス）及び排ガス>

石綿処理時の排ガスの「バグフィルター出口」及び「HEPA フィルター出口」については、位相差顕微鏡による計数において、石綿様の繊維が観察された。しかし、これらを電子顕微鏡法（SEM-EDS 法、TEM 法）で確認したところ石綿繊維は観察されなかった。また、キルン内飛散物（ガス）及び排ガスの「バグフィルター入口」についても、電子顕微鏡法（SEM-EDS 法または TEM 法）による確認で石綿繊維は観察されなかったことから、位相差顕微鏡で観察された石綿様の繊維は、クリソタイル（石綿）と類似した光学的性質を有する繊維状物質であると推測された。

なお、ガス試料の一部はばいじん量が多く、試料採取時に十分なガスの吸引量が確保できず、定量下限値が高くなっている。

<キルン内飛散物（固形物）、集塵物、焼成物>

石綿の処理後物である焼成物については、定性分析試験（JIS A1481 に準拠）では不検出、定量分析試験（JIS A1481 に準拠）では定量下限値未満であり、石綿は検出されなかった。なお、定量分析試験（JIS A1481 に準拠）においては、定量分析用の二次試料作製の際の残渣率が 0.15 を超過した。残渣率が 0.15 を超過した試料については、分取量を JIS の規定より減らして（100mg→20mg）分析を実施したため、定量下限値が 0.5% となり、0.1% 未満を担保できなかった。しかし、電子顕微鏡法（SEM-EDS 法、TEM 法）で確認したところ石綿は検出されなかったことから、焼成物について石綿は含有されていないと判断できる。なお、焼成物の電子顕微鏡法（TEM 法）での定量下限値は 27 Mf/g であったが、これは一般土壌及び底質中の石綿濃度 39～730 Mf/g と比較しても低い値であった（表 2.4-2 参照）。

また、石綿が熱処理を受けた状態であるキルン内飛散物（固形物）及び集塵物についても、焼成物と同様に石綿は検出されなかった。なお、集塵物の定量分析試験（JIS A1481 に準拠）での定量下限値は焼成物と同様 0.5% であったが、電子顕微鏡法（TEM 法）での定量下限値は、18～29 Mf/g と、いずれの試料も一般土壌及び底質中の石綿濃度 39～730 Mf/g と比較して低い値であった。

<敷地境界>

敷地境界の大気中石綿濃度は、いずれの地点でも定量下限値（0.13 f/L）未満であった。なお、この定量下限値は、一般大気環境における石綿濃度と比較しても低い値であった（表 2.4-3 参照）。

(2) 評価

①無害化処理について

無害化処理の評価は、石綿の処理物である焼成物の分析結果によって評価した。

本調査において、焼成物については、定性分析試験（JIS A1481 に準拠）では不検出、定量分析試験（JIS A1481 に準拠）では 0.5%未満（定量下限値 0.1%を担保できず）であり、石綿は検出されなかった。また、電子顕微鏡法（TEM 法）での測定でも定量下限値未満であり、一般土壌及び底質中の石綿濃度と比較しても十分に低い値であった。

このことより、テストキルンにおいて実施した本調査の範囲においては石綿の処理ができたと評価した。しかし、採取量が数 g と少量の焼成物での評価であることや本調査がセメント原料を投入していない試験であることから、今後は実機による実証試験を行い、セメントキルンにおける無害化処理について検討を重ねることが望まれる。

②周辺環境への影響について

本調査による石綿飛散等の周辺環境への影響の評価は、排ガスの「HEPA フィルター出口」、集塵物及び敷地境界の分析結果によって評価した。

排ガスの「HEPA フィルター出口」では、電子顕微鏡法（SEM-EDS 法、TEM 法）で石綿繊維は検出されなかった。集塵物については石綿含有量は 0.5%未満（定量下限値 0.1%を担保できず）であったが、電子顕微鏡法（TEM 法）での測定において、いずれも定量下限値未満であり、一般土壌及び底質中の石綿濃度と比較しても十分に低い値であった。

敷地境界については、環告 93 号及び電子顕微鏡法（SEM-EDS 法）でいずれの地点でも定量下限値（0.13f/L）未満であった。敷地境界における規制基準（10f/L）と比較しても十分に低い数値であることから、本調査による石綿飛散等の周辺環境への影響は認められないと評価した。

表 2.4-1 分析結果一覧表

採取日	採取箇所	ばいじん濃度 g/m3 (N)	石綿濃度																	SEM-EDS法	TEM法		
			位相差 顕微鏡 (f/L)	環号93号 (f/L)	SEM-EDS法 (f/L)	JIS A 1481										定量化分析 (X線回折法) %							
						定性分析 (分散染色法)					定性分析 (X線回折法)					定量化分析 (X線回折法) %							
						クリスタル	アモイブ	アセキト	アンソライト	1491付 ・799/34付	クリスタル	アモイブ	アセキト	アンソライト	1491付 ・799/34付	クリスタル	アモイブ	アセキト	アンソライト			1491付 ・799/34付	
3/22 通常運転時 (未処理時)	㊟ 排ガス中	G. バグフィルター入口	0.31	<310 <380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	<2,300f/L	
		H. バグフィルター出口	0.002	<0.28 <1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	<130f/L
		I. HEPAフィルター出口	0.003	<0.27 <1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	<150f/L
		㊟ 集塵物	B. 冷却塔集塵部	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし
	C. フィロン集塵部		-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<28Mf/g
	㊟ 焼成物	D. バグフィルター集塵部	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<29Mf/g
		E. ナマ出口	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<22Mf/g
	㊟ 敷地境界	F. 敷地境界東側①	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		F. 敷地境界東側② (参考)	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		F. 敷地境界西側	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F. 敷地境界南側		-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3/23 石綿処理時	㊟ キルン内飛散物	A. 反応塔最上部	0.21	<25 <3.8 <7.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	-
		G. バグフィルター入口	0.10	<3.8 <7.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	<1,100f/L
		H. バグフィルター出口	0.005	0.55 <1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	<160f/L
		I. HEPAフィルター出口	0.003	<0.26 1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	石綿繊維なし	<150f/L
	㊟ 集塵物	B. 冷却塔集塵部	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<29Mf/g
		C. フィロン集塵部	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<18Mf/g
	㊟ 焼成物	D. バグフィルター集塵部	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<24Mf/g
		E. ナマ出口	-	-	-	-	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	石綿繊維なし	<27Mf/g
	㊟ 敷地境界	F. 敷地境界東側①	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		F. 敷地境界東側② (参考)	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F. 敷地境界西側		-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
F. 敷地境界南側		-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
㊟ 敷地境界	F. 敷地境界南側	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	F. 敷地境界北側	-	-	<0.13	<0.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

上段：水分散
下段：溶媒分散

表 2.4-2 一般土壌及び底質中の石綿濃度

	繊維数濃度 (Mf/g)	重量濃度 ($\mu\text{g/g}$)
California、河川底質	39~230	0.27~2.2
California、未舗装土壌	54~730	1.1~10
Los Angeles、下水汚泥	580~610	NR*

* Not reported

出典：アスベストによる環境汚染の防止対策と評価手法に関する研究、京都大学博士論文 2000年 寺園 淳

表 2.4-3 一般大気中の石綿濃度（平成 18 年度の調査結果）

地域分類		地域数	地点数	測定データ数	最小値 (本/L)	最大値 (本/L)	幾何平均値 (本/L)
飛散懸念地域	石綿製品製造事業場等	3	10	20	0.11	0.57	0.19
	廃棄物処分場等	10	20	40	0.11	2.03	0.38
	解体現場等（大防法届出対象）（周辺）※ ¹	14	56	56	<0.11	3.95	0.26
	解体現場等（大防法届出対象を除く）（周辺）※ ¹	1	4	4	0.11	0.68	0.25
	蛇紋岩地域	2	4	8	<0.12	0.77	0.28
	高速道路及び幹線道路沿線	6	12	24	0.15	1.30	0.39
一般環境	住宅地域	7	13	26	0.11	1.11	0.22
	商工業地域	4	8	16	<0.11	1.68	0.27
	農業地域	1	2	4	0.17	0.76	0.40
	内陸山間地域	4	7	14	<0.11	1.14	0.30
	離島地域	2	4	8	0.12	0.61	0.26
合計		54	140	220			

(参考) 排気口等における調査結果	地域数	地点数	測定データ数	最小値 (本/L)	最大値 (本/L)	幾何平均値 (本/L)
石綿製品製造事業場等（出入口付近）※ ²	(1)	1	2	0.16	0.44	0.27
解体現場等大防法届出対象）（前室付近）※ ¹	(14)	14	14	<0.12	3.76	0.67
解体現場等大防法届出対象）（排気口付近）※ ¹	(14)	14	14	0.11	4.56	0.46
合計	(15)	29	30			

※¹ 解体現場等は、建築物等の解体、改造または補修作業現場を意味している。

「大防法届出対象」とは、大気汚染防止法に規定する特定粉じん排出等作業の届出の対象となる作業現場、「大防法届出対象を除く」とは、特定粉じん排出等作業の届出の対象とならない石綿含有成形板等の除去作業現場を意味している。

また、「周辺」とは、解体現場等の直近で一般の人の通行等がある場所との境界、「前室付近」とは、作業員が出入りする際に石綿が直接外部に飛散しないように設けられた室の入口の外側、「排気口付近」とは、集じん・排気装置の外部への排気口付近を意味している。

※² 石綿製品製造事業場等（出入口付近）とは、特定粉じん発生施設の建物の出入口の外側を意味している。

注 1) 各地点の石綿濃度の評価に当たっては、平成元年 12 月 27 日付け環大企第 490 号通知「大気汚染防止法の一部を改正する」法律の施行に基づき、注 2 の場合を除き、各地点で 3 日間（4 時間×3 回）測定して得られた個々の測定値を地点ごとに幾何平均し、その値を当該地点の石綿濃度としている。

注 2) 解体現場等においては、解体等の工事には短期間で終了するものがあるため、各地点で 1 日間（4 時間×1 回）測定し、その測定値を当該地点における石綿濃度としている。

注 3) ND(不検出)の場合には「計数した視野（50 視野）で 1 本の繊維が計数された」と仮定して算出した値に未満を付けて記載している。

注 4) 表中の（ ）内の数値は地域数における内数である。

出典：環境省報道発表資料平成 18 年度アスベスト大気濃度調査結果について 平成 19 年 4 月 17 日 環境省ホームページ