

## 特別報文

# アスベスト処理工事に向けた技術開発と実施例

塚原 裕一・中村 寛・左成 信之

近年のアスベスト処理工事では廃石綿廃棄物の最終処分場寿命への懸念や工事中的アスベスト粉じんの漏えいなどが社会問題となっている。そこで廃棄物処理技術の一環として、廃石綿の最終処分量を削減するための「アスベスト減容化装置」、「廃石綿セメント固型化工法（東京都中央防波堤外側埋立処分場向け処理技術）」を開発、現場での実証工事において実用性を確認した。さらに、これまでの大気中アスベスト濃度測定のための公的な測定法（公定法）に加え、補助計測としてリアルタイムでアスベスト等の飛散の有無を確認できる携帯型測定器「ファイバースーパーバイメータ FS-1」を開発・実用化した。

キーワード：アスベスト、処分費用削減、減容処理、セメント固型化、中央防波堤、リアルタイム計測

## 1. はじめに

アスベスト対応技術の取組は長く、昭和60年代にさかのぼる。アスベスト飛散防止技術「ASP工法（除去工法）」を開発し、日本建築センターから技術審査証明を取得し、本工法の普及を進めてきた（図-1）。平成17年のアスベスト問題の顕在化・拡大化を受け、顧客や社会の新たなアスベスト諸問題への要請に応えるべく、三つのアスベスト対応技術を開発実用化した。本報では実証工事での実績を踏まえ開発技術を紹介する。



図-1 アスベスト除去工事

## 2. アスベスト減容化装置

### (1) 開発目的

アスベスト除去工事の急増に伴ない、アスベスト廃棄物量の処分量が急増し、処分場寿命への懸念が生じ

ている。さらに、廃棄物の大量発生により（図-2）、大型のトラックによる長距離運搬量も増加し、地球温暖化ガス（以下、CO<sub>2</sub>）発生量も膨大なものとなっている。この問題を解決するために、除去工事現場で発生したアスベスト廃棄物を簡便に量を減らすことにより、処分場の負担軽減、トラック台数の削減によるCO<sub>2</sub>発生量の抑制を開発のねらいとした。



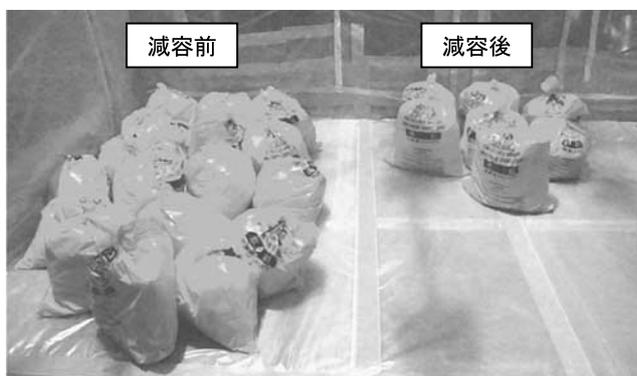
図-2 アスベスト廃棄物

### (2) 減容化装置

廃棄物の体積を減らす（以下、減容）方法には廃棄物を袋に梱包し、内部の空気を抜く方法や、外部から圧力を加えて減容する方法などが考えられる。前者の方法では減容効果が小さいことから、外圧を加えて減容する方法を選択した（図-3）。一般的なアスベストの種類は「白石綿（クリソタイル）」、「茶石綿（アモサイト）」、「青石綿（クロシドライト）」の3種類である。この3種類はそれぞれ物理的特性が異なる。そ



図—3 アスベスト減容化装置



図—4 減容化処理された廃石綿等廃棄物

のため、それぞれのアスベストごとの減容特性（荷重と減容率の関係）を把握するための試験を実施し、基本的なデータを取得するとともに、減容化装置の基本仕様を下記に示すように設定した。

- ①減容率：50%以上（基本試験で設定）
- ②圧縮荷重：約8t
- ③構造：分割搬入・搬出が可能なこと
- ④重量：分割した際に手で持ち運べること

その他の特徴として、①制御盤や動力ユニットなどは隔離シート内に持ち込まず作業可能なこと、②メンテナンス性能の向上のため、全て材質をステンレスとしたことなどがあげられる。

### (3) 減容化装置の導入効果

実際のアスベスト除去作業現場に本装置を適用した結果を下記に示す。

- ①廃石綿及び保護衣、隔離シート等の廃石綿等の廃棄物を処理
- ②減容率は全ての廃棄物で50%以上を達成（図—4）

### ③作業員2名で1日約30m<sup>3</sup>を処理することが可能

これらの試験成果から、実際の運搬・処分量を半分以下に削減し、トラック台数削減によるCO<sub>2</sub>発生量の抑制及び最終処分場延命にも貢献することができた。

## 3. 廃石綿セメント固型化工法

### (1) 開発目的

東京都内のアスベスト除去工事で発生する廃石綿廃棄物の最終処分のほとんどは他県に頼っているのが現状である。近年、急増するアスベスト除去工事では処分費用が高騰し、処分量の増加に伴ない処分施設寿命も問題となっている。一方、東京都では平成18年2月より中央防波堤（図—5）において、セメントにより固型化された廃石綿等廃棄物の受入れを開始した。当該処分基準<sup>1)</sup>をクリアするためには従来からの方法では固型化処理に手間が掛かり、他県処分と比べても割高な状況にあり、当該処分場を活用する上での障害となっていた。今回開発した工法では、最適配合による高密度／高強度の固型化処理が簡便に行うことが可能で、他県処分と同等のコストで処分できることを確認した。



図—5 東京都中央防波堤外側埋立処分場

### (2) 東京都の受入基準

東京都中央防波堤外側処分場（以下、中防）に処分するための条件として表—1に示すように条件が示されている。

アスベスト除去現場からは石綿以外にも作業員が着用する保護衣やフィルタ、隔離エリアを構成するプラスチックシート等多種・多様な廃棄物が発生する。他県で処分する場合には、これらの廃棄物をプラスチック袋二重梱包で運搬・処分することが可能であるが、中防の場合にはさらに、セメントによる固型化が義務づけられ、セメント固型化物の圧縮基準強度や重量、

表一 東京都の受入基準（抜粋）

固型化対象	石綿，シート，保護衣，マスクフィルター等
処分形態	固型化及びプラスチック袋二重梱包
圧縮強度	1 N/mm <sup>2</sup> 以上
圧縮強度確認	5 × 10 cm テストピース，3 本の平均
重量	概ね 10 kg/個
セメント配合量	150 kg/m <sup>3</sup> 以上
形状	30 cm 以下
固型化方法	ミキサー混練

形状にも細かい仕様がある。

そのため，これらを固型化するにはミキサー等を用いた練混ぜ作業や，石綿以外の廃棄物では細断等の事前の前処理作業が必要となる上，固型化廃棄物の品質管理も必要となる。通常のアスベスト除去工事では，ミキサーを用いた混練作業や細断等の作業は発生しない。また，除去するアスベストの種類・形態も現場により異なるため一概に配合等を設定することも困難である。

これらの課題に対して，固型化試験を行い，普通ポルトランドセメントと薬剤を用い，種々の条件下でも固型化できる配合を見出した。また，作業方法に関しても特殊な設備を用いず固型化が可能で，かつ品質管理も簡単にできる方法とした。

### (3) 固型化作業

アスベストの固型化作業は除去作業開始後，一定量廃棄物を貯めてから行う。固型化作業には専用の管理エリアを設置する（通常除去作業と同様の隔離エリアを設置し，セキュリティゾーン，除じん装置などを配置）。

図一六に示すように廃棄物の練混には，二軸ミキサーを用いて練混ぜを行い，練混ぜられたアスベスト廃



図一六 固型化作業（混練）



図一七 固型化された廃石綿等廃棄物

棄物は図一七に示すように専用の型枠で一定期間養生成型する。また，シートや保護衣などの汚染物は工業用の小型細断装置（シュレツダ）を用いて細断し，セメントと共に練混ぜを行う。一日に製造可能な固型化廃棄物は1t以上，廃棄物の含有量は種類により10～50%程度（重量比）である。また，固型化作業中の環境中の石綿濃度に関しては，除去作業と大きく異なることはなく，適切な作業環境であることも確認できた。

### (4) 処分状況

固型化された廃石綿等廃棄物は，プラスチック袋で二重梱包し，トラックに積載して運搬・処分を実施した（図一八）。

処分量は固型化を実施した3現場で100tを超え，固型化作業費用を含めても他県処分の運搬・処分費用と同等であることを確認した。トラック輸送に伴ない発生するCO<sub>2</sub>の量は，トラック台数が半減されることで，運搬距離も大幅に削減（運搬距離：数百km/他県処分，数十km/中防）されるため，CO<sub>2</sub>抑制効果が極めて高いことも確認できた。



図一八 中央防波堤処分場への処分状況

## 4. アスベスト等の粉じんリアルタイム計測装置<sup>2,3)</sup>

### (1) 開発目的

建築物等のアスベスト除去工事での作業員へのばく露のみならず、工事現場等の周辺に飛散したアスベストによる健康影響を防止するため、大気環境への飛散防止対策が強化されている。建築物等のアスベスト除去工事では、工事現場周辺にアスベストが飛散しないように防止対策を行い、慎重に工事を進めているが、その効果を継続的に確認する必要がある。大気中のアスベスト濃度測定は、フィルターに捕集した繊維状粒子の数を位相差顕微鏡で計数し、採取空気量から総繊維濃度を求めている（以下 PCM 法）。しかし、この方法では空気中に含まれる繊維以外の粒子状物質による計数影響、計数者の熟練度や個人差による測定値のばらつき等の誤差要因があり、測定結果の確認に時間がかかるため、アスベスト粉じんの漏えいなどの突発的な検出が出来ない。

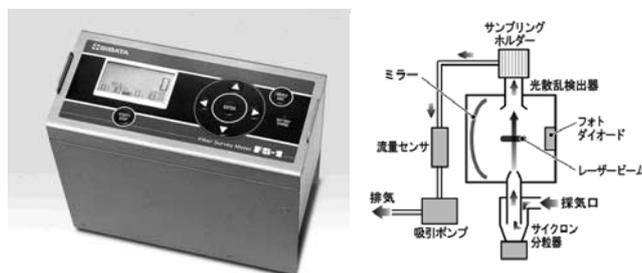
アスベスト除去工事が増加するなか、PCM 法と同等な測定がリアルタイムに可能な測定器の必要性が高まっている。この要求に応えるべく、大気中に飛散したアスベスト等の繊維状粒子濃度がリアルタイムに測定でき、しかも小型・軽量である繊維状粒子自動測定器「ファイバーサーベイメータ FS-1（以下 FS-1）」を開発した。FS-1 のフィールド試験では、400 を超える評価試験データの取得を行った。PCM 法との比較を行い、実際の工事現場での測定に使用可能であることを確認した。

### (2) ファイバーサーベイメータ FS-1 の主な仕様

FS-1 の仕様を表—2、外観、ブロック図を図—9 に示す。繊維状粒子の測定範囲は 0～150 f/L、バックライト付のグラフィック LCD を表示器として搭載し、カウント数・濃度換算値の測定結果、タイマの設定

表—2 ファイバーサーベイメータ FS-1 仕様

項目	仕様
測定範囲	0～150 f/L
光源	半導体レーザー
吸引流量	0.5 L/min
表示内容	繊維状粒子濃度換算値 (f/L)、設定測定時間など
電源	AC100 V/バッテリー 併用
電池寿命	連続動作で約 8 時間
使用環境	0～40℃、5～90% rh（結露の無いこと）
寸法	W：210 × D：100 × H：180 mm
質量	約 2.6 kg



図—9 ファイバーサーベイメータ FS-1（左：外観、右：ブロック図）

定・残時間、バッテリー容量等の表示を行う。測定モードは、①一定時間測定によるタイマ測定と②手動で測定開始・停止を行うマニュアル測定の 2 種類がある。出力は濃度換算値の電圧出力と、繊維状粒子のカウントごとにアラーム音で知らせる機能がある。測定器本体は筐体内部への粉じんの進入を防ぐ防じん構造とした。電源は AC100 V とニッケル水素蓄電池の併用が可能で、ニッケル水素蓄電池での連続動作時間は約 8 時間である。寸法・質量は 210(W) × 100(D) × 180(H) mm ・約 2.6 kg である。

### (3) ファイバーサーベイメータ FS-1 の原理

大気中に浮遊する粒子は吸引ポンプで空気取り入れ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に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、バックアップフィルタ、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内に照射された半導体レーザーのレーザー光により散乱光が発生する。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 (Count) として表示する。

さらに、予め PCM 法との比較測定（併行測定）で求めた換算係数によってカウント値から繊維状粒子濃度換算値 (f/L) を表示する。試料空気の吸引流量は流量センサで検出され、一定流量に保持されるため、流量変動によるサイクロンの分級性能や光散乱検出器に導入される粒子の通過速度などの変動を抑えている。

### (4) ファイバーサーベイメータ FS-1 使用例

FS-1 の測定方法は容易で、電源を投入し、測定開始キーを押すのみである。測定開始キーを押すと繊維状粒子のカウントを開始し、粒子をカウントするごとにアラーム音を鳴らし、1 分ごとに繊維状粒子濃度を

表示する。予め、測定現場でPCM法との比較測定を行い、換算係数を設定することで、より精度の高い繊維状粒子濃度の測定が可能である。また、測定時間を設定することで、タイマ運転も可能である。FS-1の測定は、図-10に示すように三脚に固定する方法や、携行しながらの測定も可能である。また、測定ポイントは図-11に示すように、隔離シート内（撤去前を含む）、セキュリティゾーン出入口、隔離シート周囲、



図-10 測定状況（左：携行，右：据置）

#### サンプリングポイントにおけるFS-1使用例

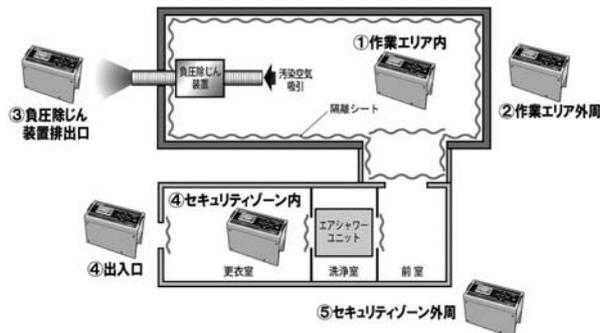


図-11 FS-1による測定ポイント

負圧除じん装置排気口等である。

## 5. あとがき

本稿では今回開発した技術の一部の報告を行ったが、報告した技術のみならず、施工の省力化など多様な技術開発を推進しており、アスベスト対応工事に関わる、必要と考えられる技術の標準化と体制の整備も進めている。今後も、アスベスト問題に対して必要な技術開発を実施し、更なる安全・安心な対応技術確立したいと考えている。

JICMA

#### 【参考文献】

- 1) 飛散性アスベスト廃棄物の処理の手引き（飛散性アスベスト廃棄物のセメント固化の方法），東京都環境局（改正）（2005.12）
- 2) 齊藤恒生・左成信之・小山博巳・塚原裕一：アスベスト除去工事のモニタリングについて，第28回作業環境測定研究発表会 BN02（2007）
- 3) 中村憲司・小山博巳・名古屋俊士：繊維状粒子モニターを用いた環境中の繊維状粒子測定装置の検証，第28回作業環境測定研究発表会 BK03（2007）

#### 【筆者紹介】

塚原 裕一（つかはら ゆういち）  
清水建設株式会社  
生産技術本部  
機械技術部 開発グループ 課長



中村 寛（なかむら かん）  
清水建設株式会社  
生産技術本部  
機械技術部 開発グループ



左成 信之（さなり のぶゆき）  
柴田科学株式会社  
研究開発部 課長代理

