

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：82405

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510053

研究課題名（和文） 建設廃棄物破碎残渣からのアスベスト濃縮手法の構築

研究課題名（英文） Investigation of Concentration Method for Asbestos in Recycle Residue of Construction Waste

研究代表者

川崎 幹生（KAWASAKI MIKIO）

埼玉県環境科学国際センター・研究員

研究者番号：20415384

研究成果の概要（和文）：アスベストの混入が考えられる建設廃棄物処理残渣の前処理方法の検討を行った。建設廃棄物処理残渣中の粉塵を飛散し、微粒子を捕捉する装置の改良及び性能評価を行い、建設廃棄物処理残渣中に混入し、飛散する可能性のあるアスベストを濃縮する手法を構築した。

また、試料調製方法の検討から、現場での石綿飛散防止のためには、散水等により含水率を 10%以上に保つことが必要であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：This study developed the pre-treatment equipment for detecting asbestos by X-ray diffraction in recycle residue of construction waste. The equipment to be scattered, and to collected fine dust in the residue was improved and evaluated. As a result, a method to collect the flyable asbestos from the residue effectively was established.

In addition, it was necessary for prevention of re-flying asbestos from the residue to keep water content which was higher than 10% by water sprinkling.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：安心・安全

## 1. 研究開始当初の背景

(1)今なお、アスベストは建築物内に 4000 万トン以上残っており、その約 90%はアスベスト含有成形板である。また、今後建築物の改築や更新のため、アスベスト廃棄物は増加することが予想されている。

(2)アスベスト含有建材に対する解体作業員の認識が低く、分別が徹底されていない。そのため、再生採石中にアスベスト含有建材が混入する問題が明るみに出た。

(3)アスベスト含有建材中のアスベスト分析

法は JISA1481 に規定されているが、建材中のアスベストを分析するための手法であり、雑多な建材を含む建築混合廃棄物処理残渣中のアスベストを分析するにはマトリックスが多すぎる。

(4)アスベストの分析手法については、透過型電子顕微鏡法、半導体アレー検出器付き X 線回折法、レーザーラマン分光法等、様々な機器分析手法が研究されているが、前処理法の研究、特にアスベストの濃縮についての研究はほとんど無い。

## 2. 研究の目的

建設廃棄物処理残渣からアスベストを濃縮し、JIS法で規定されているX線回折法で分析するための前処理方法を確立し、建設廃棄物処理残渣の安全性を評価する手法を検討することが目的である。

- (1) 簡易かつ迅速に建設廃棄物処理残渣から、アスベストを含む可能性のある微粒子を分取するための粉塵発生・粉塵捕集装置を改良する。
- (2) 粉塵発生・粉塵捕集装置の性能評価
  - ① 一般環境を想定した粉塵発生装置内の風速評価を評価する。
  - ② 飛散粉塵分粒性能評価  
人体の気管支系に到達できる微粒子径(10 $\mu\text{m}$ 以下)の分離能について検討する。
  - ③ 建設廃棄物処理残渣中の化学成分の挙動について調査し、化学的見地からの前処理法の有効性について検討する。
- (3) 様々な素材を含む建設廃棄物処理残渣を粉塵分取装置で処理するための試料調整方法を検討し、調製法を確立する。
- (4) アスベスト添加建設廃棄物処理残渣及び未添加残渣を用いて処理を行い。前処理法の有効性及び安全性の評価方法について検討する。

## 3. 研究の方法

- (1) 粉塵発生・粉塵捕集装置の改良  
これまでのロケット型の粉塵捕集器から、一般的な標準サイクロン型粉塵捕集器に替えることにより、経路の短縮化及び効率的な極微小粉塵の分離を行う。
- (2) 粉塵発生・粉塵捕集装置の性能評価
  - ① ミルの印加電圧を制御することによる粉塵発生塔内の風速変化を各段毎に測定し、一般環境における平均風速との比較から評価する。
  - ② 粉塵捕集器内部及びメンブランフィルター上に蓄積した粉塵の粒径分布をレーザー回折粒度分布計で測定し、極微粒子の分離能について評価する。
  - ③ 粉塵捕集器内部、メンブランフィルター上、粉塵発生塔内壁及びミル中に残る残渣の化学組成を蛍光X線分析装置で測定し、化学成分の分離挙動から前処理法について評価する。
- (3) 試料調整方法の検討  
建設廃棄物処理残渣は各社の手選別方法や破碎選別機の仕様が異なる。また、組成の日変動も考えられるため、ある程度の前処理が必要である。そこで、篩を用いた粒度調製及び試料中の含水率の

影響について、粒径及び含水率を調製した建設廃棄物処理残渣を用いて検討する。

- (4) 粉碎したアスベスト成形板を添加した建設廃棄物処理残渣及び未添加処理残渣について処理を行い。得られた粉塵についてJIS法によるギ酸処理、X線回折分析及び走査型電子顕微鏡による分析を行い、本装置を用いた前処理法の有効性を検討するとともに、アスベスト濃度及び積算流量を用いた評価法を提案する。

## 4. 研究成果

- (1) 粉塵発生装置・粉塵捕集装置の改良

図1a及び図1bに、初期型装置及び最終型装置の写真を示した。

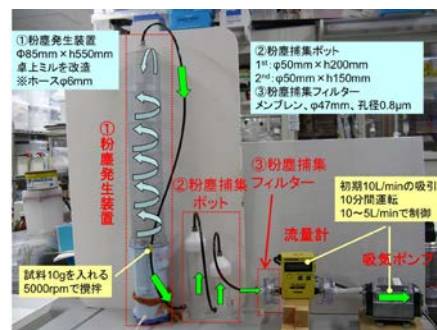


図1a 初期型の装置

### メンブランフィルター (0.8 $\mu\text{m}$ , $\phi$ 47mm)

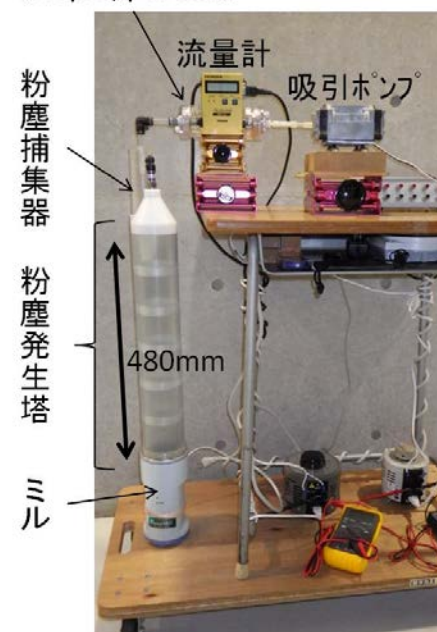


図1b 最終型装置

粉塵捕集器での粉塵回収方法（10 $\mu\text{m}$  より大きい粒子）について、粉塵捕集器内部への水充填型、網管挿入型等を検討したが、操作性の低下以上の極微小粉塵の分離効果を上げることができなかった。そこで、一般的な標準サイクロン型粉塵捕集器に変更した。この結果、装置の縮小、経路の短縮（170cm から 32cm へ）及び操作性を向上することができた。

同種の装置として、土壌からのアスベスト飛散量を測定する目的でダスト発生装置（図 1c）が開発されている（EPA Method540/R97/028）。

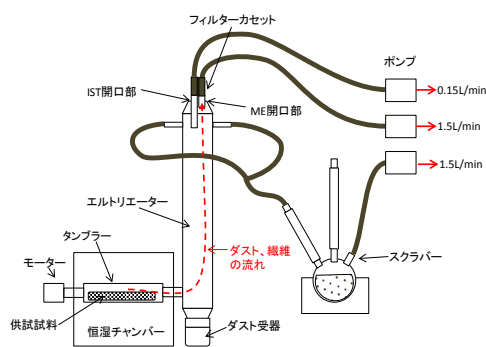


図 1c EPA 法ダスト発生装置の模式図

EPA 法では粉塵発生にタンブラー（長さ 13 cm）を使用し、微小粒子の分離にエルトリエーター（高さ 56 cm）を用いている点が変わっているが、粉塵を飛散し極微小粒子を捕集するという発想は同様である。しかし、運転条件であるタンブラーの回転数（10～150rpm）やポンプの吸引量（0.1～1.5L/min）を見るとある程度緩和な条件下での飛散を調べるための装置であると考えられる。一方、本研究で作成した装置は、ミル内のプロペラを 2000～5000rpm の回転速度で粉塵を強制的に巻き上げ、10～20 L/min で吸引するため、短時間で粉塵を回収することが可能であり、かつ、衝突等による粒子の粉砕等も考えられるため、安全面からのリスク評価を行うことができる。

(2) 粉塵発生・粉塵捕集装置の性能評価

① 粉塵発生塔内部における風速

ミルの操作電圧と粉塵巻き上げファンの回転速度及び粉塵発生塔内部での風速の変化を図 2a に示した。

操作電圧を制御することにより、粉塵発生塔底部で粉塵を巻き上げながら、上部では埼玉県内の平均風速（2.5～3m/sec）と同程度の風速を再現できる。

この結果から、本装置を用いて処

理及び評価を行うことによって、通常時（強風時ではない）におけるリスク評価に有用であると考えられることができる。

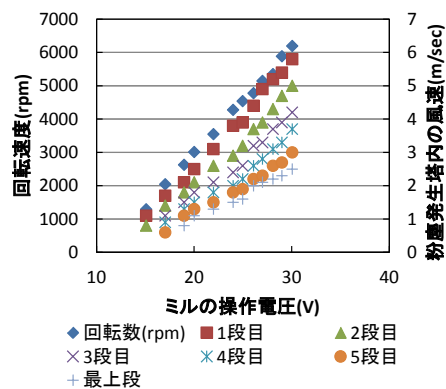


図 2a 粉塵発生塔内部での風速

② 捕集した粉塵の粒径分布

粒度を調整した石英粒及び建設廃棄物処理残渣を処理し、メンブランフィルター、粉塵捕集器及び粉塵発生塔内壁に蓄積した粉塵の粒径調査を行った。

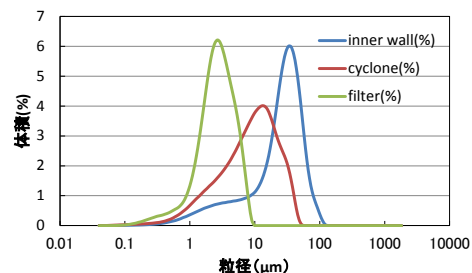


図 2b 粒径分布(2mm 以下処理残渣)

どのような試料を用いても、メンブランフィルター上に蓄積する微粒子径は 10 $\mu\text{m}$  以下であり、当初の目的である人体の気管支系に到達できる粒子径の微粒子が選択的に飛散捕集されていることが確認できたが、一方、これらの粒径の微粒子は粉塵捕集器や粉塵発生塔内壁にも存在するため、定量的な評価は難しいことがわかった。

③ 粉塵等の化学組成からの評価

がれき処理残渣を処理した後に各部に捕集・蓄積した粉塵等試料の蛍光 X 線簡易定量分析を行った。主成分元素の結果を表 1 に示した。がれき処理残渣を使用したため、通常の建設廃棄物処理残渣と比べ、カルシウム分及び硫黄分の含有率が低

めではあるが、ほぼ同様な化学組成である。

表 1 各粉塵等の化学組成

化学成分	未処理	フィルター	サイクロン	塔内壁	残り
SiO <sub>2</sub>	61.8	45.7	50.6	52.2	59.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.9	14.9	15.7	15.9	15.4
CaO	8.95	17.5	15.1	14.6	10.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.18	8.57	8.13	7.63	5.90
K <sub>2</sub> O	2.07	1.82	1.84	1.83	2.12
Na <sub>2</sub> O	1.98	1.01	1.25	1.44	1.84
MgO	1.83	2.08	2.18	2.13	1.94
SO <sub>3</sub>	1.09	6.06	3.09	2.50	1.47

※単位:wt%

この結果から、前処理を行うことによって、フィルター上に蓄積する微粒子成分中の二酸化ケイ素の含有率が減少することがわかった。二酸化ケイ素はJIS法で規定されているギ酸処理では溶解せず、また、X線回折分析においても妨害成分となる。このように、二酸化ケイ素含有量の低減化が図れる本前処理方法は、JIS法を用いた分析において、非常に有効だと考えられる。

(3) 試料調整法の検討

目視による組成の判定、装置内部の保守、篩別効率、粉塵発生等の点を検討した結果、2mmメッシュの篩を用いて篩別を行うこととした。次に、試料の含水率の影響について調べた。結果を図3に示した。

乾燥した場合、操作開始直後から、

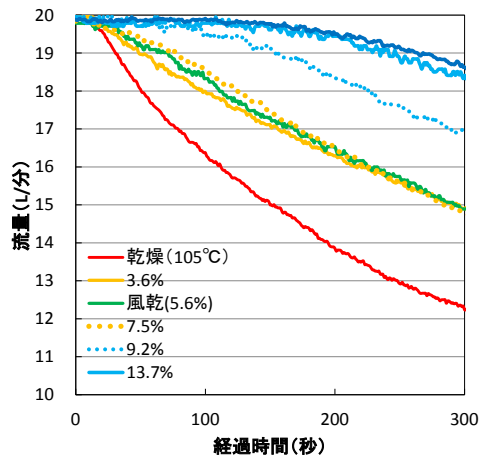


図 3 前処理における含水率の影響

流量の低下、すなわちメンブランフィルターの目詰まりがみられる。

一方、未処理試料(含水率:13.7%)の場合、開始後120秒間は流量の低下が観察されない。すなわち、流量を妨げるほどの粉塵が発生していないことがわかる。本装置では、粉塵発生塔最下部に吸

気孔があり、排出される分だけ空気を取り入れるため、試料が徐々に乾燥し、徐々に粉塵が発生する。このように、試料の含水率は粉塵発生量に影響することから、適切な評価を行うためには、乾燥した試料を用いるべきであることがわかった。

また、建設廃棄物やがれき処理残渣を取り扱う場合、含水率を10%に保つことにより、粉塵発生が抑制できるためアスベスト暴露機会の低減化を図れることがわかった。

(4) 建設廃棄物処理残渣への適用

① 建設廃棄物処理残渣

建設廃棄物中間処理施設から採取した処理残渣5検体について処理を行った。105°Cで一昼夜乾燥し、2mmメッシュ篩で調製した後、前処理を適用。回収した粉塵等についてJIS法による分析を実施した。ギ酸処理後の残渣率を表2に示した。試験残渣及び試験前(未処理試料)は粉砕処理を行っている。

表 2 各粉塵等のギ酸残処理後残渣率

	ろ紙	粉塵回収器	粉塵発生塔内壁	試験残渣	試験前
A社	32%	45%	50%	64%	59%
B社	29%	42%	43%	63%	56%
C社	23%	45%	50%	58%	57%
D社	22%	38%	44%	77%	72%
E社	21%	39%	43%	70%	67%

各試料とも、残渣率はJIS法で規定されている15%にはならなかった。しかし、ろ紙上に回収された粉塵のギ酸率は、未処理試料と比べ低減化が図られており、かつ、X線回折分析においても基底標準板である亜鉛のピークを明瞭に観察できるため、アスベストを定量できることがわかった。

② アスベスト添加処理残渣

粉砕したアスベスト含有成形板(含有率4.4%)を建設廃棄物処理残渣へ添加(0.44%及び0.044%)、アスベスト回収試験を実施した。結果を表3に示した。

表 3 アスベスト添加回収試験

	添加1 (0.44%)	添加2 (0.044%)
アスベスト含有率	5.2%	1.3%
アスベスト濃縮率	12倍	30倍

結果から、10倍~30倍の濃縮が可能であるが、添加量によって回収率が異なることからわかるように、

定量に関する再現性は良くない(粉塵捕集量の再現性は5%以内)。

#### (5) 建設廃棄物処理残渣の評価方法

検討結果から、建設廃棄物処理残渣からのアスベスト濃縮率は最大で30倍程度であり、建設混合廃棄物の処理を考慮すると十分な濃縮率とは言えない。そのため、アスベストに係る評価方法としては、飛散可能性のある粉塵中のアスベスト繊維濃度、“飛散可能アスベスト繊維濃度”として評価することが適していると考えられる。

飛散可能アスベスト繊維濃度は前処理中の積算流量、メンブランフィルター上に蓄積した微小粉塵、及びアスベスト大気モニタリングでのアスベスト測定手法を適用し、次式のように求める。

$$F_{as} = (W_t/W_s) \times A \times N_{as} / a \times n \times V$$

上式において

$F_{as}$  : アスベスト繊維数濃度 (f/L)

$W_t$  : メンブランフィルター上に蓄積した微小粉塵重量 (mg)

$W_s$  : 顕微鏡測定に使用する微小粉塵重量 (mg)

$A$  : 顕微鏡測定用に使用したメンブランフィルターの有効面積 (mm<sup>2</sup>)

$N_{as}$  : アスベストと判定された繊維本数 (本)

$a$  : 顕微鏡計数視野の面積 (mm<sup>2</sup>)

$n$  : 計数した視野数

$V$  : 前処理において吸引した積算流量 (L)

建設廃棄物処理残渣中のアスベストは多くのマトリックスによって希釈されているため、通常の分析では到底検出することは困難であるが、本研究で開発した前処理装置を用いることによって、飛散可能アスベスト繊維濃度を求めることが可能になるため、安全性の評価ができると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計4件)

- ① MIKIO KAWASAKI, YUGO ISOBE, KAZUTO ENDO, MASATO YAMADA, Approaches to promote appropriate disposal of non-friable asbestos containing construction materials, The 6<sup>th</sup> Asian-Pacific Landfill Symposium, 28<sup>th</sup>.Oct.2010, Seoul Palace Hotel, Korea.
- ② 川寄幹生、磯部友護、遠藤和人、山田正人、建築廃棄物破碎残渣中の石綿含有評価のための前処理法の検討、日本分析化学会第61年会、2012.9.19.金沢大学
- ③ MIKIO KAWASAKI, YUGO ISOBE, Concentration method of asbestos in recycle residue of construction waste, The 7<sup>th</sup> Asian-Pacific Landfill Symposium, 9<sup>th</sup>.Oct.2012、Sanur Beach

Hotel, Indonesia

- ④ 川寄幹生、リサイクルとアスベスト問題、(一社)廃棄物資源循環学会平成25年度第1回講演会－震災廃棄物のリサイクル－、2013.5.30、川崎市産業振興会館

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

川寄 幹生 (KAWASAKI MIKIO)

埼玉県環境科学国際センター・資源循環廃棄物担当・専門研究員

研究者番号：20415384