

オンサイト式アスベスト溶融・無害化処理システムの開発

山田 真一*¹ 別森 敬一*¹ 岡山 栄*² 山本 勝也*²

1. はじめに

アスベストによる健康被害が顕在化している中、今後、アスベストを含む建材等が解体・更新に伴い毎年100万トン程度の排出が見込まれている。昭和50年代以前に建設された火力・原子力発電所を始め製鉄所や石油・化学プラント等では、高温部に飛散性のアスベスト含有保温材が用いられており、今後、老朽プラントの廃止やリプレースに伴う解体で大量のアスベスト廃棄物の発生が予想されている。しかし、アスベスト含有保温材等の廃棄処理は埋立処分に殆ど依存しているのが現状で、最終処分場の残余容量が年々減少しつつある情勢下において、無害化処理技術の早期確立は喫緊の課題である。

一方、環境省は、無害化処理を推進すべく廃棄物処理法の改正を行い、平成18年に高度なアスベスト無害化処理技術に関する環境大臣認定制度を施行している。

その中、当社では、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託事業（平成18～21年度）として、アスベスト含有保温材を対象としたオンサイト式アスベスト溶融・無害化処理システムの研究開発を進めてきており、これまでの研究開発の経緯および成果について以下に報告する。

2. アスベスト処理技術

(1) アスベスト処理の現状

アスベストは、不燃・耐熱性や耐摩耗性、耐腐食性など多くの優れた特性を有するため、過去多くの工業製品に用いられてきた経緯があるが、その優れた特徴がアスベストの無害化処理を困難にしている。

そのため、アスベスト廃棄物の処理は、2重梱

包して特別管理産業廃棄物の最終処分場に埋め立てる場合を除き、許可を受けた1,500℃以上の溶融施設で溶融処理する方法に限定されていた。1,500℃以上での溶融処理となると、都市ごみ焼却灰の溶融に利用されているプラズマ溶融等の技術があげられるが、これらの処理施設はエネルギー投入量が大きく設備も重厚となってしまうため、建設には膨大な設備投資が必要である。実際にアスベストを溶融処理している施設は僅かで、アスベスト発生量に占める溶融処理の比率は数%程度に止まっているのが現状である。

このような背景のもと、最終処分場の負荷を軽減し、アスベスト廃棄物の無害化処理を促進・誘導するため、平成18年に施行された改正廃棄物処理法において、高度技術による無害化処理が証明できれば1,500℃未満の処理技術であっても環境大臣が認定することにより処理が可能となった。

(2) 処理技術の概要

本開発において目標としたアスベスト処理技術のコンセプトは、アスベスト含有保温材を解体したタイミングで現場に出向き、短期間で無害化処理を完了するオンサイト式の処理システムの構築である。オンサイト式とすることで危険度の高い飛散性アスベスト廃棄物の移動も無くなり、周辺住民の理解が比較的得られやすくなることから、溶融・無害化処理技術の一刻も早い実用化が図れるものと考えている。

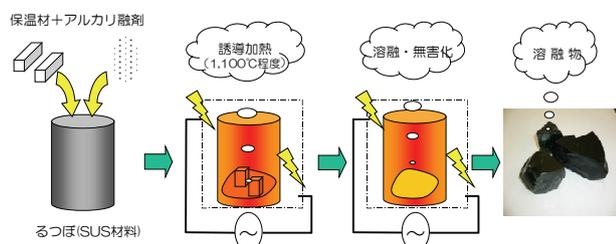
このコンセプトを実現するためには、コンパクトかつ効率的な溶融処理装置が必要なことから、核となる溶融・無害化部分は誘導加熱装置を用いることとした。

処理技術の概要を第1図に示すが、鉍物の溶融や無機分析の前処理方法として広く知られているアルカリ融解の手法を応用し、アスベスト含有保温材に融点を降下させるアルカリ融剤を添加

*1 技術開発研究所 環境技術チーム

*2 富士電機サーモシステムズ株式会社

して誘導加熱することにより、従来の技術より低温で処理が可能となった。それに伴い、誘導加熱装置の金属性の被加熱体（以下、「金属るつぼ」という）の材料として市販のSUSが使用可能となり、装置のコストダウンも図ることができる。



第1図 アスベスト含有保温材の熔融・無害化処理の概要

3. これまでの研究成果

(1) 誘導加熱装置の研究開発(第1ステップ:平成18年度)

研究開発の第1ステップとして、誘導加熱装置を順次スケールアップしながら基礎試験を行い、アスベスト含有保温材を確実に熔融・無害化処理できる実用規模の誘導加熱装置を開発した。以下に主な研究内容と成果を示す。

a. アスベスト熔融条件の選定

アスベストの熔融温度を降下させるアルカリ融剤を選定するため、当社の過去の研究成果や文献データ等を基にアルカリ金属、アルカリ土類金属の炭酸塩やホウ酸塩等について、融点、融解エンタルピー、安全性、入手の容易性及び経済性に視点を置きスクリーニングを行った後、3kW 誘導加熱装置を用いて候補となった複数のアルカリ融剤で最適熔融条件を見極める基礎試験を行った。

その結果、共融点を導くルシャトリエ・シユレーダーの式から求めた比率で2成分を混合したアルカリ融剤を一定量添加することにより、1,500°C以上でないと熔融・無害化できなかったアスベスト含有保温材が、1,050°C以上の温度で熔融・無害化できることをJIS A1481に定める位相差顕微鏡とX線回折装置で確認した。

b. 誘導加熱方式の決定

アスベスト含有保温材を効率的に加熱・熔融させるため、20kW 誘導加熱装置を用いて誘導加熱方式（金属るつぼを外部または内部から加熱）を見極める基礎試験を行った。その結果、外部加熱方式で金属るつぼ内部を攪拌する方がハンドリング性、総合熱効率の面から優位であることを確認⁽¹⁾した。

c. 実用規模の誘導加熱装置の開発

実用規模の誘導加熱装置を設計するため、60kW 誘導加熱装置を用いて最適熔融条件のもと外部加熱方式で熔融・無害化試験を行った。その試験データを基に磁界解析を行い、金属るつぼ温度分布の均温化が図れる誘導加熱炉のコイル配置と金属るつぼ形状を決定⁽¹⁾し、第2図に示すトレーラへの搭載が可能な150kW 誘導加熱装置を開発した。



第2図 150kW 誘導加熱装置の外観写真

d. 150kW 誘導加熱装置による実証試験

当社火力発電所から排出されたアスベスト含有保温材を用い、開発した150kW 誘導加熱装置で熔融・無害化実証試験を行った結果、JIS A1481に定める公定分析法で処理後の熔融物からアスベストが検出されないことを確認した。また、処理後の熔融物については、有害金属成分の産廃溶出基準および道路路盤材の強度基準等をクリアし、有効利用が可能であることを確認した。

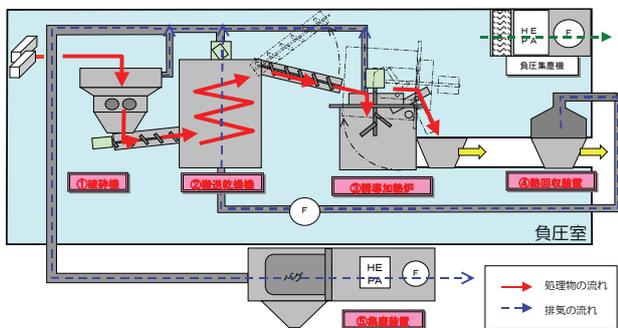
(2) アスベスト熔融・無害化処理システムの開発(第2ステップ:平成19年度)

研究開発の第2ステップとして、150kW 誘導加熱装置と一体化した前処理装置や集塵装置を備えたコンパクトな処理システムの開発を行った。以下に主な開発内容を示す。

a. アスベスト溶融・無害化処理システム

システムの核である 150 kW 誘導加熱装置の溶融処理効率の向上および粉塵飛散防止を目的に、第3図に示すアスベスト溶融・無害化処理システムを開発した。

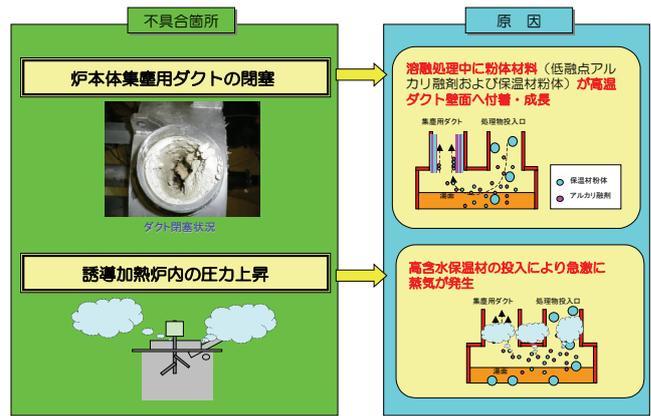
同システムは、処理物の流れに沿って投入側から、①溶融処理の効率向上のため保温材を粗破碎する「破碎機」、②水分を多く含んだ保温材を下部から上部に搬送しつつ回収した廃熱で予備乾燥する「搬送乾燥機」、③破碎・乾燥した保温材を効率良く処理できる攪拌機を設置した「誘導加熱炉」、④排出した溶融物の廃熱を予備乾燥用の熱空気として回収する「熱回収装置」、⑤システムからのアスベスト粉塵飛散を防止する「集塵装置」の5つの周辺装置で構成されている。



第3図 アスベスト溶融・無害化処理システム構成図

b. システム開発時の問題点と対策

システムの性能確認のため当社の火力発電所建屋内に装置を設置し、アスベストを使用していない模擬の保温材を用いて溶融試験を行った結果、第4図に示す不具合が生じたため、それぞれ対策を講じ解決を図った。



第4図 高含水保温材溶融試験時の不具合箇所と原因

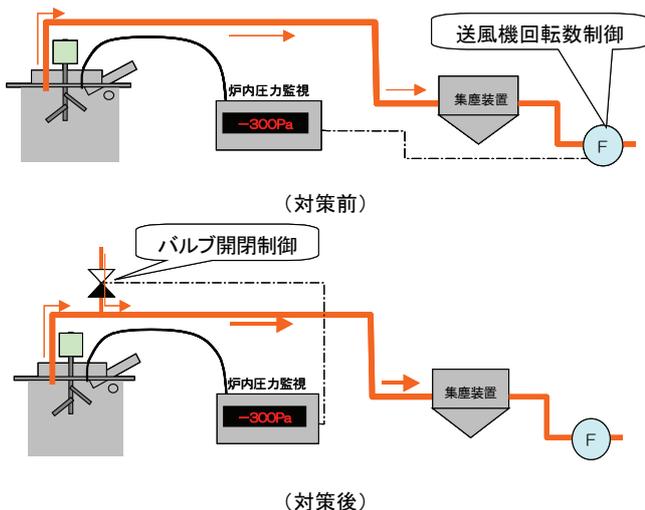
(a) ダクトの閉塞防止対策

アスベスト飛散抑制を目的に誘導加熱炉上部に設置した集塵用ダクトの閉塞を防止するため、投入した粉体がガラス状に溶融した液（以下、「溶湯」という）の中に落下せず、ショートカットしてダクトから吸引されないよう仕切り板を設けた。また、ダクト入口部に押し出し式のスクレーパを設置し、定期的に残存する付着物を除去することにより、長時間運転した場合でもダクト閉塞を防止することが可能となった。

(b) 炉内圧力制御の安定化対策

システム設計時の誘導加熱炉内の圧力制御は、第5図に示すように炉内圧力変動を集塵装置の送風機回転数で制御させる方式としていたが、誘導加熱炉に予想を上回る高含水率の保温材が投入された際、保温材からの水蒸気の大量発生による急激な炉内圧力上昇に追従できないことが判明した。

そのため、炉内圧力上昇に瞬時に応答できるシステムとして、新たに炉内吸引ラインに大気導入回路を複数設置し、炉圧上昇を検知すると大気導入回路を瞬時に閉止させていく方式を採用した。これに伴い、急激な炉圧上昇時にも、炉内を負圧に維持できるようになった。

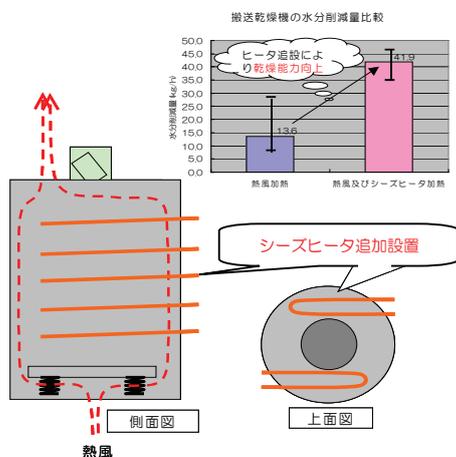


第5図 炉内圧力制御の安定化対策

(c) 搬送乾燥機の乾燥能力向上対策

実際に解体されたアスベスト含有保温材の中には高含水率のものが存在し、それを誘導加熱炉へ投入すると、前述した炉内圧力上昇や発生した水蒸気の潜熱がエネルギーロスとなることに加え、保温材表面から噴出した水蒸気が溶湯中のアルカリ融剤との接触を妨げるため、溶融効率が低下する。

以上の問題点を克服し高含水率の保温材等への適応拡大を図るため、第6図に示すとおり溶融物から回収した廃熱による予備乾燥に加え、遠赤外線シーズヒータを搬送乾燥機の搬送スロープの上部と下部を挟み込むように設置し、乾燥能力の向上を図った。



第6図 搬送乾燥機の改良

その結果、搬送乾燥機での乾燥能力は遠

赤外線シーズヒータ設置以前に比べ水分削減量で約3倍増加し、後段の誘導加熱炉への負荷を大幅に軽減することができた。

c. アスベスト含有保温材での実証試験

不具合箇所の対策効果を確認した後、当社火力発電所から排出されたアスベスト含有保温材を用いてシステムの実証試験を行った。なお、実証試験にあたっては、地元自治体や関係箇所に試験内容を事前説明するとともに実施計画書を提出して実施した。

アスベスト含有保温材の溶融と溶融物の抜き出し（以下、「出湯」という）を繰り返す方法で連続処理運転を行った結果、処理後の溶融物(JIS A1481)および溶融処理中の装置周辺大気の公定分析法（環境庁告示第93号）でアスベストは検出されず、無害化処理の確実性とシステム運転中の安全性を確認した。

また、目標としている5t/日の処理能力の見通しを得ることができた。

(3) オンサイト式アスベスト溶融・無害化処理システムの開発(第3ステップ：平成20～21年度)

研究開発の第3ステップとして、移動処理を実現するため、アスベスト溶融・無害化処理システムをトレーラに搭載したオンサイト式アスベスト溶融・無害化処理システム（以下、「オンサイト式トレーラ」という）の開発を行った。

a. オンサイト式トレーラの設計・製作

オンサイト式トレーラは一般公道を走行するため、車両総重量、寸法、車両転倒角等の道路運送車両法に定める車両保安基準を満足させる必要がある。そのため、設計に当たっては、車両保安基準を満足させつつ、限られた空間で最適な処理フローとなるよう搭載機器のレイアウトを工夫した。

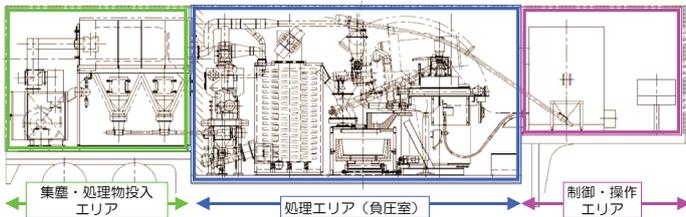
オンサイト式トレーラの搭載設計図を第7図に、外観を第8図に示す。主要機器を高さ制限内で設置するため、トレーラ台車には中

低床式（中央部の床高さが地上から 60cm）を採用した。

また、トレーラはアルミパネルで囲った 3 室構造とし、トレーラ進行方向から制御・操作エリア、処理エリア、集塵・処理物投入エリアと機能毎に分割してある。

特に、誘導加熱炉を始め処理装置が搭載されている処理エリアは、アスベスト飛散防止対策として装置全体を密閉式にして内部で発生した粉塵を集塵することに加え、別置きの集塵機で室内を負圧状態とすることで、トレーラ外部へのアスベスト飛散防止対策の二重化を実現している。

長さ：13m,幅:2.5m以下,高さ:3.8m以下,車両総重量:28t以下



第7図 オンサイト式トレーラ機器搭載設計図



第8図 オンサイト式トレーラ外観

b. 緊急時対応システムの構築

研究開発の最終段階として、オンサイト式トレーラの実用化に不可欠な機能として、地震・停電発生時等の緊急時でもアスベストを室外へ飛散させず各処理装置を安全に停止できる緊急時対応システムを構築した。

c. 発電所での実証試験

オンサイト式トレーラを2箇所の火力発電所へ順次移動させて実証試験を行い、以下のとおり連続運転試験による装置の健全性、無害化の確実性及び安全性について確認を行い、オンサイト式トレーラが実用レベルにあることを検証した。

(a) 連続運転試験による装置の健全性

実運用を念頭に第9図に示すとおり火力発電所構内の屋外スペースで6日間の連続運転（うち2日間はアスベスト含有保温材溶融試験）を行い、オンサイト式トレーラの移動および連続処理に伴う各装置の機能に問題はないことを確認した。



第9図 発電所での連続運転試験状況

(b) 無害化の確実性

アスベスト含有保温材の溶融処理を行い、溶融物が確実に無害化されていることを公定分析法(JIS A1481)および透過型電子顕微鏡法(TEM法)により確認した。

(c) 安全性

無害化処理中のオンサイト式トレーラ周辺大気のアスベスト濃度を測定し、すべて定量下限値未満で環境への影響が無いことを公定分析法(環境庁告示第93号)により確認した。

さらに、地震・停電を模擬した緊急時対応システムの作動確認試験において、集塵装置の運転を継続しつつ他の装置を安全に

停止できることを確認した。

参考文献

- (1) 山田ほか：火力原子力発電技術協会、平成 20 年度火力原子力大会論文集 p222-227

4. 今後の取り組み

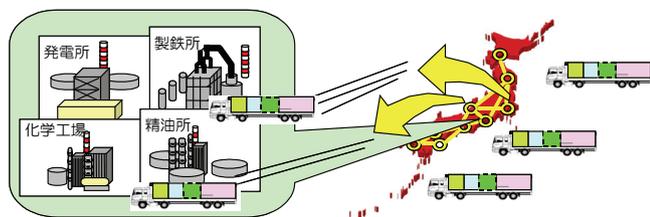
本技術は 1,500℃を大幅に下回る低温熔融処理技術であることから、実用化には先に述べた廃棄物処理法上の無害化処理認定制度の活用が不可欠である。平成 21 年度中に環境大臣認定の申請を行い、早期の認定取得を目指すとともに、認定取得後は自社の火力発電所でアスベスト含有保温材の処理を行い、システムの信頼度と作業効率の更なる向上を図っていくこととしている。

5. 技術普及に向けた展望

アスベスト含有保温材は、火力・原子力発電所の他、高熱を取り扱う他業種の大規模工場でも同様に保有しているものと考えられる。

飛散性が高いアスベスト含有保温材を最終処分場に埋立て、負の遺産として後世に先送りしないためには、オンサイト処理のメリットを活かして、全国に点在する大規模工場をオンサイト式トレーラで移動しつつ、アスベスト含有保温材を迅速かつ効率的に無害化処理することが望まれる。

そのためには、将来的に第 10 図に示すとおり複数台のオンサイト式トレーラを拠点毎に配置するとともに、ピーク時に相互応援が可能となるような国内ネットワークが構築できれば、本技術開発の価値が一層高まるものと考えている。



第 10 図 オンサイト式無害化処理システムのネットワーク化のイメージ