

特定廃棄物セメント固型化における破碎・改質処理施設の運用 -特定廃棄物セメント固型化処理業務-

Operation of Crushing and Modification Facilities in the Cement Solidification Management System for Specified Waste Contaminated by Radioactive Cesium

間島 昂彌*1	安達 忍*1	三溝 達也*1
Koya Majima	Shinobu Adachi	Tatsuya Mitsumizo
前田 真吾*1	富田 悠貴*1	永塚 典幸*2
Shingo Maeda	Yuki Tomida	Noriyuki Nagatsuka

要旨

東京電力福島第一原子力発電所の事故で大量に発生した、放射性物質に汚染された特定廃棄物は今なお福島県内各地に保管されている。福島復興・再生のためにはそれらの迅速な処理が最優先課題のひとつである。本業務ではこの特定廃棄物の内、放射性セシウムの溶出量が多いと想定される 10 万 Bq/kg 以下の焼却または溶融飛灰や、焼却飛灰と主灰の混合灰に対して、特定廃棄物埋立処分施設に安全に埋立処分ができるように、放射性物質汚染対処特措法に基づきセメント固型化処理を行っている。セメント固型化処理する処理対象物（飛灰・混合灰）の中には、強く硬化して現設備で破碎が困難なものや高含水で粘着性を帯びたものがあり、前処理設備に付着し、設備の破損が多発した。そこで、セメント固型化処理施設への搬入前の処理施設として、破碎改質処理施設を設計・建設して運用することで、問題となる処理対象物を支障なくセメント固型化処理可能な性状に改質させた。また、処理対象物には鉄くず等も多く混入し、処理の支障となっていたため、それらを除去する設備も組み合わせた。破碎改質処理施設により、セメント固型化処理の安定稼働に加え、日処理量増加に繋げることが可能となった。

キーワード：特定廃棄物 放射性物質 セメント固型化処理 破碎改質処理

1. はじめに

本業務¹⁾²⁾では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波により東京電力の福島第一原子力発電所でおきた原子力事故により大量に発生した、事故由来放射性物質に汚染された特定廃棄物（対策地域内廃棄物、福島県内の指定廃棄物）および、双葉郡8市町村の住民帰還後の生活ごみのうち、放射性セシウムの溶出量が多いと想定される 10 万 Bq/kg 以下の焼却または溶融飛灰や、焼却飛灰と主灰の混合灰（以降：処理対象物）を安全に埋立処分するために、放射性物質汚染対処特措法に基づきセメント固型化処理を行っている。

処理対象物の中には、長期間仮置き場で保管され、コンクリートのように強く硬化した状態のものや、雨水等により高含水となり粘着性を帯びた状態のものがあり、セメント固型化処理施設（以下、固型化処理施設）の設備の故障などを引き起こした。そこで、固型化処理施設での処理の前段階に問題となる処理対象物の破碎・改質を行い、性状の安定化を図った。

2. 処理対象物の性状

処理対象物には飛灰や、飛灰と主灰の混合灰がある。飛



写真1 強く硬化した処理対象物（硬化灰）



写真2 高含水状態の処理対象物

*1 東北支店 土木部 *2 環境エンジニアリング本部 環境技術部

灰については焼却施設の集塵装置で集めたばいじんであり、粒子が細かく比較的処理がしやすいと想定していたが、長期保管により水分を吸収したものと、重金属不溶化処理等の影響によりフレキシブルコンテナバック内で強く硬化したものがあつた。

高含水状態の処理対象物は焼却施設等の敷地内を掘削し、遮水シート上に処理対象物を直接埋立保管していたため、長期保管により雨水等が浸透し、水分を多く含んだ性状となったものである。加えて、混合灰には焼却残さ（鉄くず等）が多く混入しており、固型化処理施設の自動打設装置の配管を閉塞させる要因ともなっていた。

3. 処理設備への障害

強く硬化した処理対象物（硬化灰、写真1）はコンクリートのように硬く大きな塊の状態であり、このままでは固型化処理施設の破砕機（ダブルロール式）に投入することができないため（投入サイズ 40mm 以下）、別途小さく破砕する必要性が生じた。試験施工としてコンクリート圧砕機を使用して破砕試験を実施したが、所定の大きさに圧砕するためには時間を要し、1 日当たりの処理量に大きく影響する結果であつた。そこで、硬化灰は別途保管施設で一時保管し、対策を検討することとなった。

高含水状態の処理対象物（写真2）は、水分が高くなることで粘着性を帯びるようになり、破砕機（ダブルロール式）の破砕歯に付着し（写真3）、負荷がかかり設備停止の頻発につながつた。さらに、異物選別用振動フルイ上で塊状となり（写真4）、フルイ目を通過せずに異物として排出され、次工程への移送が不能となった。

また、粒度調整が終わつた処理対象物を一時保管する灰貯留槽内では、送出し用スクリーコンベアに付着し（写真5）、スクリーが回転することでさらに圧着固結し、負荷が増大してスクリーが破断する事象（写真6）が相

次いで発生し、固型化処理量の確保に大きく影響した。

このような事象により、問題となる処理対象物の固型化処理施設搬入前での破砕・改質処理が早急に必要となった。

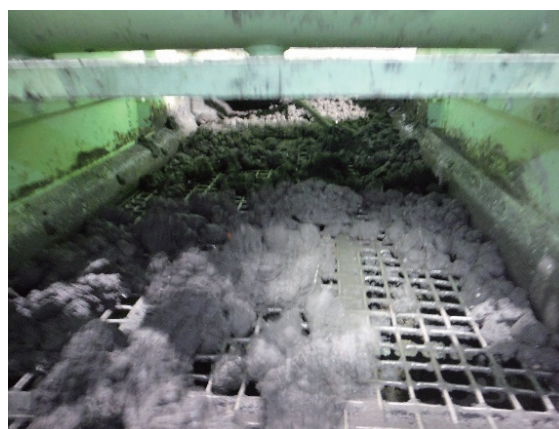


写真4 振動フルイ状況（塊状の処理対象物）



写真5 スクリューコンベアへの処理対象物付着状況



写真6 スクリューコンベアの破断状況



写真3 破砕機への処理対象物付着状況

4. 破砕・改質処理施設の概要

セメント固型化処理施設は敷地面積を最大限活用して設置したため、新たに破砕・改質処理施設を建設するための

用地確保が課題となった。そこでセメント固型化処理施設に隣接し、業務期間が終わり解体撤去された環境省榎葉町仮設焼却施設の用地（写真7）を利用することとした。固型化処理能力確保のためには破碎・改質処理施設は早急に整備する必要があり、令和2年9月に着手し、同年12月に完成。その後試運転を経て、1月18日には処理を開始した。

破碎・改質施設の概要を表1に、破碎・改質処理のフローを図1に、施設の配置図を図2に示す。



写真7 榎葉町仮設焼却施設跡地

表1 処理対象物の種類

処理の種類	平均日処理量	施設の概要
破碎	約8 t/日	仮設テント内での粗破碎・細破碎、異物除去篩い選別（粒径40mm以下）収納容器詰め
改質	約50 t/日	仮設テント内での破碎・混合（均質化）、生石灰添加・混合、養生、収納容器詰め処理能力は最大80t/日の処理を見込む

5. 破碎・改質処理の流れ

破碎・改質処理施設で扱う処理対象物は放射性物質およびダイオキシン類を含むため、固型化処理施設と同様に密閉を確保し、風量1,200m³/minの大型集塵機を2台使用して負圧状態とした建屋内で処理を実施することにした。

また、固型化処理施設では油圧ショベル、輸送用フォークリフトは無人で操作をしているが、破碎・改質処理施設では、多様な性状の処理対象物に対応するため、油圧ショベルや破碎機など全ての機械は有人操作とした。

処理対象物は、フォークリフトにより2重シャッターを介して処理施設内に搬入する。搬入時には、2枚のシートシャッターをインターロックにより同時に開かないように制御し、処理施設内の粉じんの漏洩を防止する。大型集塵機に加えて、特に粉塵が発生する改質灰展開・集積ヤードと手選別ラインには囲いと局所集塵機を設置し、作業環境の改善、視認性および施工性の向上を図った。

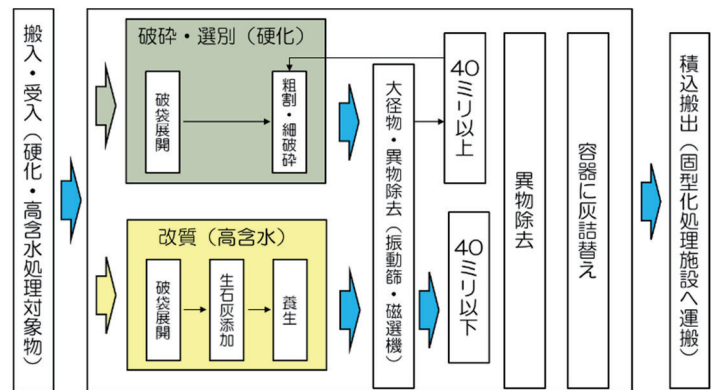


図1 破碎・改質処理フロー

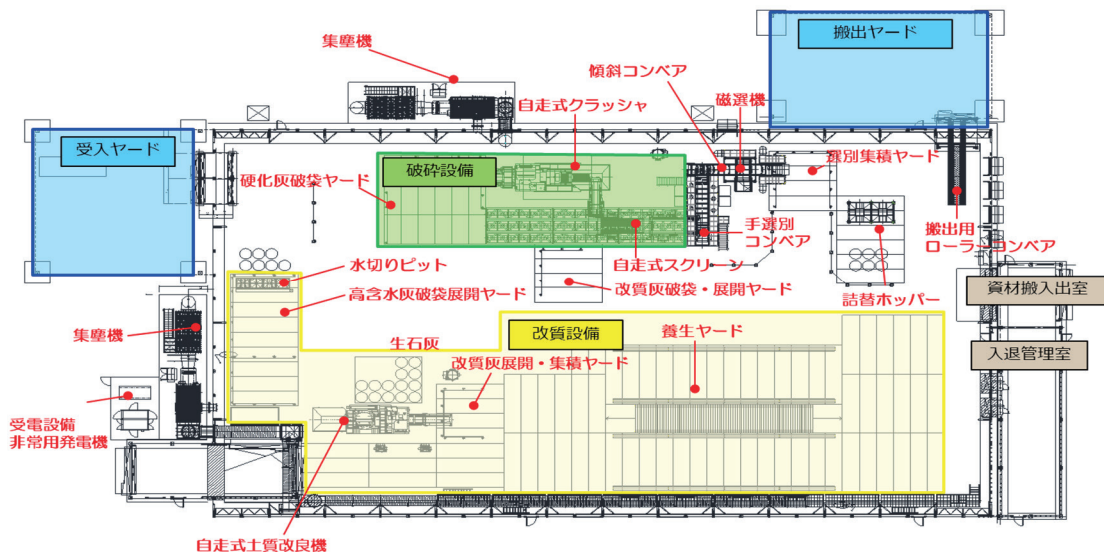


図2 施設配置図

また、放射性物質を取り扱うため、破碎・改質処理施設内は管理区域とし、放射線管理担当者による放射線量の確認も常時実施している。

5.1 破碎処理

破碎設備については、自走式振動スクリーン（日立建機製：VR512）および自走式破碎機（日立建機製：ZR950JC）を主軸として、手選別ベルトコンベアを加えて破碎処理工程をライン化した。

硬化灰は破碎設備に投入する前に小割機を装着した油圧ショベルにて粗破碎・選別を行う（写真8）。次に、自走式振動スクリーンに投入してフルイ目 40mm にて選別する。40mm 以下の灰については、手選別ラインにて異物の除去を行う（写真9）。40mm 以上の灰については、自走式振動スクリーンのミドル排出コンベアにて自走式破碎機に移送し40mm 以下に破碎する。混合灰に多く混入している金属類は、磁選機により除去している。



写真8 硬化灰の破碎設備



写真9 手選別ラインにおける異物除去状況

5.2 改質処理

高含水状態の処理対象物については、自走式土質改良機（写真10）にて生石灰を添加・混合して改質を行う。生石灰の添加量は、実際の処理対象物の性状により、適宜調節する。土質改良機により生石灰と混合した処理対象物（写

真11）は、養生ヤードに一時集積して養生を行うことで改質効果を確保する。養生ヤードは2箇所あり、処理日ごとに使い分けることで、1日の養生期間を確保している。養生時には油圧ショベルで適宜天地返しを行い、生石灰の発熱反応による乾燥を促進させている（写真12）。

改質処理後の処理対象物に異物等が混入している場合は、破碎処理工程に送り、自走式振動スクリーンおよび手選別により除去している。



写真10 自走式土質改良機による改質処理



写真11 生石灰添加・混合直後の処理対象物

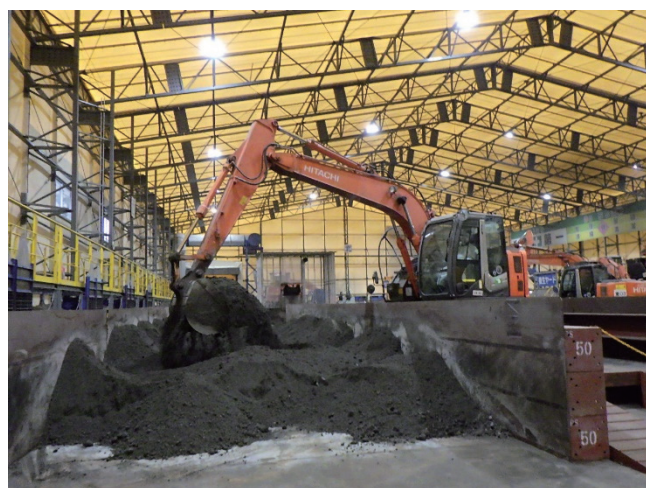


写真12 改質処理後の養生状況

5.3 詰替、搬出

破碎・改質処理および異物除去実施後の処理対象物は、固型化処理施設・保管施設へ移送するために再度フレキシブルコンテナバッグ（耐候性内袋付き大型土のう袋）に詰替えを行った（写真13）。その後、クローラークレーンにて搬出用ローラーコンベアに移動させ、搬入時と同様に二重シャッターを介し破碎・改質処理施設外へ搬出する。

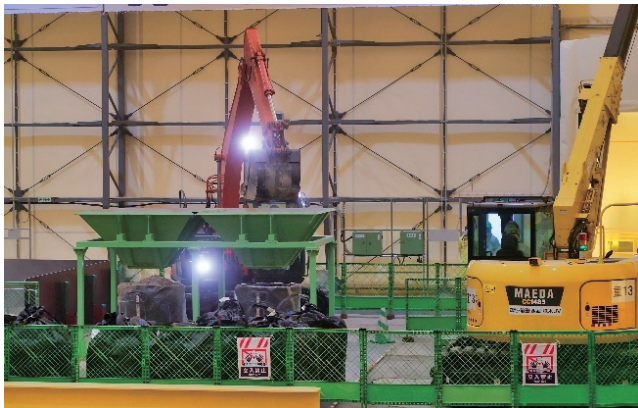


写真13 破碎・改質処理後の処理対象物の詰替え

5.4 廃フレキシブルコンテナバッグの搬出

処理対象物はフレキシブルコンテナバッグに封入された状態で持ち込まれるため、1日に約300枚にのぼる使用済みの廃フレキシブルコンテナバッグが発生し、それらは産業廃棄物として処分する必要がある。このため、全ての廃フレキシブルコンテナバッグについて、中身の処理対象物を取り除いたのち、汚染検査を実施し、表面汚染密度（表面に吸着もしくは付着した放射性物質による単位面積当りの放射線量）が基準（40Bq/cm²以下）を満足することを確認している。

廃フレキシブルコンテナバッグの搬出・処分にあたって



写真14 圧縮梱包機

は、運搬の効率化を図るため、圧縮梱包機（写真14）を2台使用して圧縮・減容化（写真15）を図った。これにより搬出車両1台当たりの積込量が増えて運搬の効率化が図られ、処分費用の削減にも効果があった。



写真15 圧縮梱包した廃フレキシブルコンテナバッグ

6. 破碎処理・改質処理による効果

2021年1月の破碎・改質処理施設運用開始後、2022年3月現在では、一日あたり平均で破碎が約15t、改質が約60tの処理を実施している。

破碎・改質処理施設の稼働により、40mmを超過する硬化灰については40mm以下に調製（写真16）され、高含水状態の処理対象物については生石灰改質により扱いやすい性状（写真17）となり、固型化処理施設側の粒度調整や混練物打設時の処理効率が向上した。

写真3に示した固型化処理施設において発生していた破碎機（ダブルロール式）の破碎歯への処理対象物の付着も



写真16 破碎処理後の処理対象物
（固型化処理施設での破袋時状況）



写真 17 改質処理後の処理対象物
(固型化処理施設での破袋時状況)

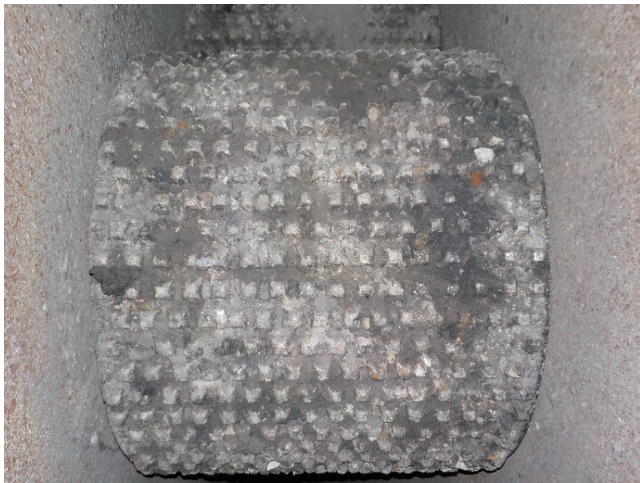


写真 18 改質処理した処理対象物通過後の破砕機状況

表 2 固型化処理施設における各月の処理対象物処理量

2020年				平均処理量 →134.16t/日
5月	6月	7月	8月	
132.474t	136.827t	123.154t	111.544t	
9月	10月	11月	12月	
126.341t	142.047t	154.618t	146.279t	
2021年				
1月	2月	3月	4月	平均処理量 →159.850t/日
151.605t	160.867t	161.692t	166.791t	
5月	6月	7月	8月	
167.290t	162.554t	148.290t	135.266t	
9月	10月	11月	12月	
169.629t	167.519t	162.750t	163.949t	

凡例

…破砕・改質処理施設稼働前の処理量

…破砕・改質処理施設稼働後の処理量

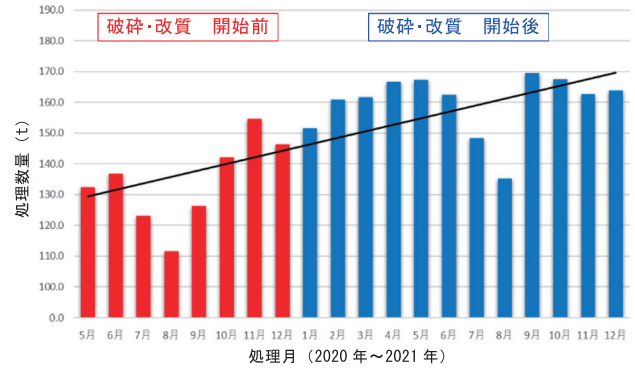


図 3 処理対象物処理量の推移

低減し、付着した処理対象物を人力で除去するメンテナンス作業の頻度が激減したため、作業員の身体的負担が低下し、安全性も向上した (写真 18)。

現在、固型化処理施設では A 系列と B 系列の 2 系列でセメント固型化処理を実施しているが、両系列稼働を開始した 2020 年 5 月から破砕・改質処理施設の稼働開始直前である 2020 年 12 月までの固型化処理量は 134t/日であったのに対し、2021 年 1 月以降の固型化処理量は 160t/日となり、処理量が約 26t/日向上する効果が得られている (表 2)。

7. まとめ

本報告では当社 JV がセメント固型化処理施設を運営するなかで、破砕・改質処理施設を新設するまでの経緯と、破砕・改質処理施設における処理対象物の処理方法およびその効果について紹介した。

当社 JV のセメント固型化処理予定量は当初より増えて約 12 万 t となっており、令和 4 年 3 月時点で約 7 万 t の処理が完了している。

今後も、破砕・改質施設における処理対象物の確実な前処理により、160t/日のセメント固型化処理能力を確保し、予定期間内での処理完了を目指していきたい。

参考文献

- 1) 環境省：セメント固型化処理施設について、特定廃棄物の埋立処分事業情報サイト、
http://shiteihaiki.env.go.jp/tokuteihaiki_umetat_e_fukushima/cement_solidification_plant/ (2022 年 5 月 16 日閲覧)
- 2) 中島卓夫、近藤秀樹、大山将、三溝達也、安達忍、楠佳男：放射性物質に汚染された特定廃棄物のセメント固型化処理技術の開発、鴻池組技術研究報告 2019、pp. 25-32、2019. 7