

飛灰処理物における「コンベヤ付着対策」と「六価クロム溶出抑制の強化」について

壁谷将範*¹ 下間裕泰*¹ 松井孝誌*¹
Masanori KABEYA Hiroyasu SHIMOTSUMA Takashi MATSUI
富田裕也*² 浅野禎彰*² 山谷良紀*²
Yuya TOMITA Yoshiaki ASANO Yoshinori YAMATANI

1. はじめに

豊橋市資源化センター〔以降、当センター〕は、1980年3月、ごみの分別により廃棄物を有効利用し都市と農村における物質循環を実現する豊橋市都市農村環境結合計画（ユーレックス計画）の中核を担う施設として建設された¹⁾。焼却施設では現在、キルン式ガス化溶融炉2基（各200 t/日）〔以降、ガス化溶融炉〕及びストーカ式焼却炉1基（150 t/日）〔以降、ストーカ炉〕により市全域（約36万人）の家庭ごみ及び事業系一般廃棄物を焼却処理（約10万 t/年）している。なお、施設運営は直営（市職員）である。

焼却施設の運転について、排ガス・飛灰処理は様々な変遷を経ており、特に近年の取組により各規制項目への効果的な対策と費用削減が実現した。その一方、飛灰搬送コンベヤのスナブプーリーとリターンアイドラへ同心円状に付着・積層する飛灰処理物〔以降、付着物〕の影響により運転管理に支障をきたす一面も生じた。また、ガス化溶融炉の飛灰は耐火物由来の六価クロム〔以降、Cr⁶⁺〕溶出が確認されており、これまで複数の対策を講じてきた。本件に関連して、一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令〔以降、基準省令〕が改正（令和8年4月1日施行）され、最終処分場から排出される放流水に係るCr⁶⁺の基準値が引き下げられた。飛灰処理物の埋立処分に係るCr⁶⁺溶出量の基準は1.5mg/Lであるが、今後の最終処分場の状況によっては、埋立基準よりも低濃度の管理を求められる可能性がある。

*¹ 豊橋市
*² 菱光石灰工業㈱

このような状況の中、今回新たに生じた課題として「コンベヤ付着対策」、今後想定される課題として「六価クロム溶出抑制の強化」に取り組んだ。本稿では、これらの課題解決事例^{2) 3)} について紹介する。

2. 課題1「コンベヤ付着対策」

2.1 背景

表1に炉の稼働と付着物発生状況について示す。近年、運転パターン①、②及び③の場合に限り、飛灰搬送コンベヤへの付着物の肥大化によりコンベヤの緊急停止の頻度が増加した。他方、④、⑤、⑥及び⑦の場合は、付着物の影響は小さく、ガス化溶融炉単独運転のみの現象であることを把握していた。

表1 炉の稼働と付着物発生状況について

炉形式	炉番	運転日数	運転状況【○：稼働 -：休炉】							
ガス化溶融炉	1号炉	約240日	○	-	○	○	-	○	-	
ガス化溶融炉	2号炉	約240日	-	○	○	-	○	○	-	
ストーカ炉	3号炉	約180日	-	-	-	○	○	○	○	
稼働炉数			1炉	1炉	2炉	2炉	2炉	3炉	1炉	
運転パターン			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
稼働割合			10%	10%	30%	20%	20%	5%	5%	
			100%							
付着物発生状況			多量・強固				少量・脆弱			

2.2 設備概要と付着物の発生状況

図1に搬送コンベヤの概要を示す。飛灰処理物はコンベヤで搬送後ベルトクリーナにより除去され、飛灰ヤードへ落下する。除去できなかった飛灰処理物がリターンアイドラに付着・積層し、肥大化する現象が散見されるようになった（写真1）。付着物の性状は強固であり下部設備を破損させるおそれがあるため、計画外の除去作業が必要となった。

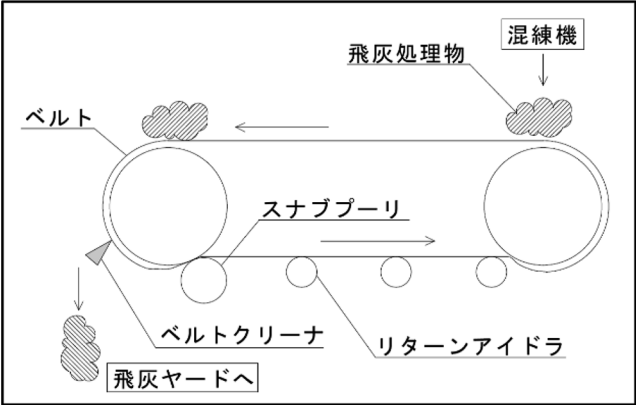


図1 搬送コンベヤの概要



写真1 肥大化した付着物

2.3 付着物の肥大化発生原因の調査・検討

2.3.1 飛灰処理の変遷

表2に飛灰処理の変遷をまとめた。ガス化溶融炉稼働当初の飛灰処理は、薬剤処理とセメント固化を併用していたが、作業負荷軽減のため薬剤処理のみへと変更した。その後、規制項目への対応、費用削減などを目的とし順次薬剤の組み合わせ及び処理工程を変更していった。図2に飛灰処理工程を示す。合流処理とは、ストーカ炉の飛灰をガス化溶融炉の飛灰と混合し、ガス化溶融炉側の混練機で処理することを指す。2013年度から2019年度までは、ガス化溶融炉の耐火物増強により生じた飛灰中のCr⁶⁺への対応のため、ストーカ炉側に飛灰処理設備を増設し、炉形式毎に飛灰を処理していた。2020年度からは薬剤の組み合わせの波及効果により合流処理を再開させることができた。

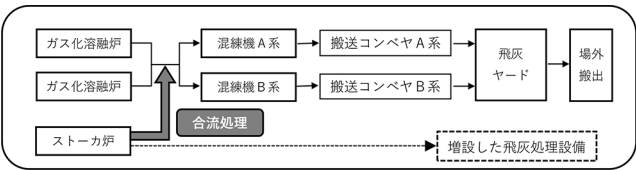


図2 飛灰処理工程

表2 飛灰処理の変遷

年度	処理の方法	処理系統	ガス化溶融炉(2002.4)	ストーカ炉(1991.3)
			上段：飛灰処理剤 下段：脱塩剤	
2002~	薬剤処理とセメント固化の併用	合流処理	セメント・液体キレート剤	
			高反応性消石灰（助剤含む）	高反応性消石灰 特殊反応助剤
			液体キレート剤	
			高反応性消石灰（助剤含む）	高反応性消石灰 特殊反応助剤
2013~	炉形式毎	薬剤処理	還元剤含有リン酸系化合物	液体キレート剤
			高反応性消石灰（助剤含む）	高反応性消石灰 特殊反応助剤
2020	合流処理	薬剤処理	硫酸第一鉄液	
			3種混合消石灰(配合1)	3種混合消石灰(配合2)
2021~	合流処理	薬剤処理	塩化第一鉄液	
			3種混合消石灰(配合1)	3種混合消石灰(配合2)

2.3.2 付着物の肥大化発生原因の推定

集塵システムについて、ガス化溶融炉は2段式バグフィルタを採用しており、前段で除塵バグフィルタ灰、後段で脱塩バグフィルタ灰を捕集している。なお、除塵バグフィルタ灰とは、脱塩処理前の飛灰、脱塩バグフィルタ灰は、脱塩処理後の高反応性消石灰〔以降、消石灰〕の反応物等である。

前述の情報を収集・整理し、付着物の肥大化発生に影響する要因として次の事象を抽出した。

- ①ガス化溶融炉単独運転の期間且つ高温多湿時において、運転継続日数は脱塩剤変更前の30日から2日程度となった。
- ②合流処理の期間において、運転継続日数は30日以上となった。
- ③ガス化溶融炉側の従前の脱塩剤には、成分としてシリカ系化合物が少量配合されていた。
- ④ガス化溶融炉の除塵バグフィルタ灰には塩化ナトリウム・塩化カリウム等が含まれていた。
- ⑤ガス化溶融炉側の脱塩バグフィルタ灰は、脱塩剤変更の前後とも、未反応の消石灰が少なかった。

これらの事象より、高温多湿時において、ガス化溶融炉の飛灰処理物が工場内の湿気により泥状へ変化し、ベルトからリターンアイドラに付着したと考えられた。また、脱塩剤については変更前後とも酸性ガスと効率的に反応していたが、以前はシリカ系化合物の水分調整の作用により泥状への変化を一定程度防止していたと推察された。このことから、付着物の肥大化の原因は、ガス化溶融炉単独運転の期間における排ガス中の塩化水素、消石灰の反応生成物である塩化カルシウム及び焼却物に由来する塩類の潮解（固体が空気中の水

分を吸収して次第に溶解していく現象）と結論付けた。

一方、合流処理の期間における飛灰処理物は、ストーカ炉飛灰中の未反応の消石灰、微小な灰分、すすなどが潮解時の水分を吸収し、付着を抑制していたと推察された。

2.4 合流処理の日数増加の検討

合流処理の期間は付着が抑制されることから、焼却炉の運転計画を調整し、合流処理の日数増加の検討を行った。当センターでは、ガス化溶融炉が主力であり、定期点検の期間を補完する形でストーカ炉を稼働させている。焼却炉の定期点検の時期や運転期間について、様々なシミュレーションを行った結果、ピット容量の超過や不足が生じたため、合流処理の日数増加を優先する運転計画の策定は困難と判断し、別の対策を再検討することになった。

2.5 「コンベヤ付着対策」に関する実証試験の検討・実施

施設運営の予算内で実施可能な対策を検討した結果、搬送機構の機械的改良、付着物の性状改質及び運転方法の工夫により対処できると考え、それぞれ具体的な対策を次のとおり実施した。なお、運転継続日数は、脱塩剤変更前の30日を目標とした。

2.5.1 対策1：搬送機構の機械的改良

付着が顕著なりターンアイドラを飛灰処理物の付着防止効果のある製品に取り替えるテストを実施した。新しいリターンアイドラは、表面が柔らかいゴムで被覆されており、その表面がベルトの圧力で変形することにより付着物を落とす構造である。さらに、リターンアイドラの変形を促進させるため、新たなローラを設置し、ベルトを蛇行させることによる付着物の除去性能の向上を図った（図3）。

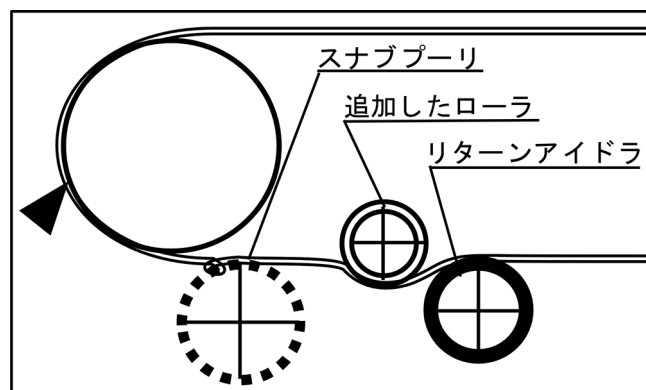


図3 ローラの追加

2.5.2 対策2：付着物の性状改質

飛灰処理物の潮解を制御できればリターンアイドラへの付着物の肥大化を抑制できると考えた。そこで、脱塩剤について表3の従来の3種混合消石灰から、これに調湿性を有する天然ゼオライトを配合した4種混合消石灰に変更し、付着状況の変化を観察した。表4に今回使用した天然ゼオライトの仕様について示す。

表3 脱塩剤の成分比較

成分	3種混合消石灰	4種混合消石灰
1	高反応性消石灰	同左
2	水酸化アルミニウム	同左
3	活性炭	同左
4	-	天然ゼオライト

表4 天然ゼオライトの仕様

種類	平均粒径	成分
クリノプチロライト系	10 μ m	SiO ₂ Al ₂ O ₃ K ₂ O Na ₂ O他

2.5.3 対策3：運転方法の工夫

付着物は、ベルトクリーナで除去できなかった泥状の飛灰処理物がリターンアイドラに巻き取られることで発生している。そのため、搬送コンベヤの速度を落とし、リターンアイドラの総回転数を減少させることにより肥大化を抑制できると考えた。混練機のラインはA系及びB系の2系統で構成されている。そこで、搬送コンベヤB系の制御盤にインバータを組み込み、速度調整ができるように改造した（図4）。その後、コンベヤの運転状況と付着量（厚み）を観察し、コンベヤの速度変化と付着物の肥大化の関係を調査した。

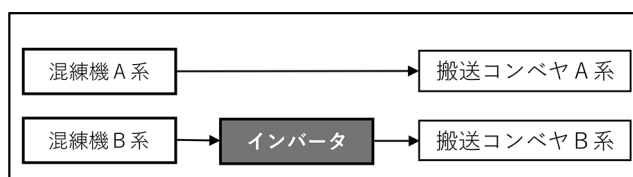


図4 インバータの導入

2.6 「コンベヤ付着対策」に関する実証試験結果

2.6.1 対策1：搬送機構の機械的改良の結果

変更したリターンアイドラを写真2、新たに追加したローラを写真3に示す。運転継続日数は、2日から10日へ増加した(写真4)。また、リターンアイドラに付着物が発生した時には、ベルトの張りの再調整により付着物が脱落することを確認した。



写真2 変更したリターンアイドラ



写真3 追加したローラ



写真4 10日後のリターンアイドラ

2.6.2 対策2：付着物の性状改質の結果

4種混合消石灰への変更により、運転継続日数は、2日から30日へ増加した(写真5)。4種混合消石灰中に含まれる天然ゼオライトが潮解により生じた水分を吸収し、リターンアイドラ、スナプブーリとの剥離が促進したためと推測している。



写真5 30日後のリターンアイドラ

2.6.3 対策3：運転方法の工夫の結果

搬送コンベヤにおいて、従来の速度のA系に対し1/3の速度のB系は、運転継続日数が2日から10日に増加した。当初、ベルト上の飛灰処理物の移動速度が1/3となったことによりリターンアイドラの総回転数も比例して1/3となり、2日から6日程度に増加すると予測していたが、付着物の肥大化は緩やかであった(図5)。これは、搬送コンベヤの速度を落としたことで、飛灰処理物とベルト表面の乾燥が促進され肥大化が抑制されたと推測している。

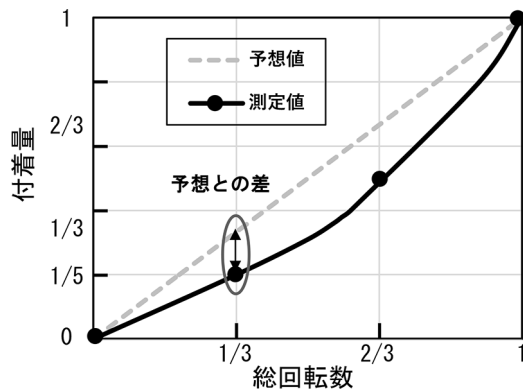


図5 総回転数と付着量の関係

2.6.4 「コンベヤ付着対策」のまとめ

各対策と評価を表5にまとめた。搬送機構の機械的改良〔以降、対策1〕による対処だけでは、恒久的な解決策にはならなかった。次に、脱塩剤の配合変更による付着物の性状改質〔以降、対策2〕の結果は良好であったが、費用増加のため採用を見送った。更に運転方法の工夫〔以降、対策3〕について検討を進めた結果、適したコンベヤの速度調整を見だし、有効な解決策の一つになった。そこで、対策1・対策3を併用した結果、運転継続日数は目標の30日を実現した(写真6)。なお、費用は対策前と同程度であった。

表5 飛灰処理物のコンベヤ付着対策のまとめ

対策	運転継続日数	コメント	総合評価
処置なし	約2日	除去作業が高頻度	×
合流処理	30日以上	最も効果的だが運転計画に依存	—
1 搬送機構の機械的改良	約10日	費用は従前と同程度	○
2 飛灰付着物の性状改質	約30日	脱塩剤の変更により約25%費用増加	△
3 運転方法の工夫	約10日	インバータは別設備の中古在庫を転用、市職員により作業を実施	○
1と3の併用	約30日	採用	◎

◎：非常に効果的 ○：効果的 △：改善の余地あり ×：改善すべき —：対象外



写真6 搬送機構の機械的改良及び運転方法の工夫後の比較

2.7 付着物の性状改質（その2）

実証試験結果を踏まえ、しばらくの間、対策1・対策3の併用を継続していたが、運転継続日数の減少傾向が認められた。通常は2年毎にベルトとリターンアイドラを交換している。1年6か月経過後、ベルトとリターンアイドラの状態を点検したところ、ベルトは表面の荒れ、リターンアイドラはゴムの硬化及び除去作業時に付いたキズを確認した。そこで、現状の性能を把握するために対策1及び対策1・対策3の併用時における付着状況を観察した。その結果、特定のリターンアイドラへ顕著な付着が認められ、対策1のみににおける運転継続日数は10日から3日程度に減少、対策1・対策3の併用時では30日から10日程度に減少していた。このため、付着物の除去性能はベルトとリターンアイドラ交換後より徐々に低下していくと考えられた。一方、対策2については改善の余地が残っていたため、天然ゼオライトを添加する新たな方法について検討した。なお、今回の運転継続日数の目標は60日とした。

2.7.1 天然ゼオライトの添加方法について

当センターでは、表2のとおり稼働初期において液体系の薬剤処理とセメント固化を併用していた。しかし、処理後の固化物の除去作業の負荷が高かったことから、セメント固化は中止し、液体系の薬剤処理のみに切り替え、セメントサイロは遊休設備となった。今回の検討に当たり、休止中のセメントサイロの付帯設備を直営で再整備し、天然ゼオライトを混練工程直前で添加できるように転用した(図6)。4種混合消石灰に配合していた天然ゼオライトをバグフィルタに吹込んでいた方法に対し、この添加方法を“後添加法”と命名し、セメントサイロに天然ゼオライトを貯蔵、混練機へ供給する対応策を方式①として実証試験を立案・実施した。図7に後添加法のイメージを示す。なお、セメントサイロ切出し装置の供給能力を天然ゼオライトで計測し、既設のまま想定供給量を添加できることを確認した。また、対策2と同様にリターンアイドラへの付着状況の変化について観察した。

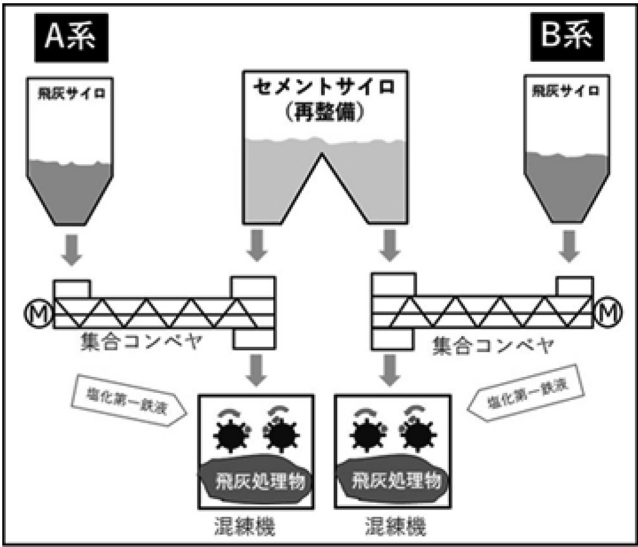


図6 混練工程直前での天然ゼオライト添加

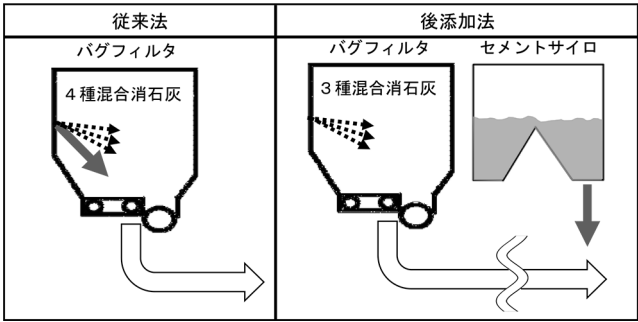


図7 後添加法のイメージ

2.7.2 方式①：付着物の性状改質（その2）の結果

天然ゼオライトを飛灰量に対して1.0～3.0%添加した条件における30日後のリターンアイドラの状況を写真7に示す。対策1・方式①において、天然ゼオライトの供給量を変化させて付着状況を観察した結果、添加率1.0%以上により付着物の肥大化が大幅に抑制された。対策3の併用により運転継続日数60日程度は可能と推定した。天然ゼオライトが潮解により生じた水分を吸収したことで、リターンアイドラからの剥離が促進したと推測している。このことから、方式①は付着物の生成に対して迅速に対応できる有効な手法であると評価した。懸念されていた費用面については、対策2で生じた増加分の1／2程度であった（表6）。



写真7 天然ゼオライト添加30日後

表6 効果・費用比較

対応策	運転継続 日数	費用
対策 1	3 日（実績）	-
対策 1 ・ 対策 3	10日（実績）	-
対策 1 ・ 方式①	30日（実績）	対策 2 の 1/2程度
対策 1 ・ 対策 3 ・ 方式①	60日（推定）	

3. 課題2「六価クロム溶出抑制の強化」

3.1 六価クロム溶出の背景と発生原因

ガス化溶融炉において、稼働当初より溶融スラグによる炉壁の損耗が顕著であったため、耐火物をスラグ耐食性に優れた酸化クロム高含有製品へ段階的に更新していった。その結果、耐火物の長寿命化は実現したが、飛灰処理物のCr⁶溶出が顕在化した。飛灰処理剤の変更や処理系統の分離により解決を図ったものの、維持管理の費用や手間が増加した。著者らは、既報⁴⁾
⁵⁾⁶⁾において、排ガス中の水銀規制対策を契機に懸案だったCr⁶⁺溶出抑制を図るため、複数の処理方法を検証・評価した。

3.2 「六価クロム溶出抑制の強化」に関する実証試験の検討・実施

3.2.1 現在の運用

当センターでは、飛灰中のCr⁶⁺溶出対策として、混練機へ塩化第一鉄〔以降、FeCl₂〕（液）を添加している。

3.2.2 粉末硫酸第一鉄の添加方法について

既報では、硫酸第一鉄[以降、 FeSO_4] (粉末) を混合した4種混合消石灰のテストにおいて、飛灰中の Cr^{6+} について効果的な溶出抑制が認められた。このことから、課題1で再整備したセメントサイロから FeSO_4 (粉末) を混練工程直前で飛灰に添加できれば、新たな Cr^{6+} 溶出抑制の方法が確立できると考えた。 FeSO_4 (粉末) は FeCl_2 (液) と比較すると、酸としては弱い。そのため設備の金属部分への腐食性が低く、第一鉄の濃度が高いため還元性も優れており、現状よりも低濃度の Cr^{6+} 溶出抑制が期待できる。また、 FeSO_4 (粉末) と FeCl_2 (液) を併用すれば更なる溶出抑制も期待できる。そこで、セメントサイロに FeSO_4 (粉末) を貯蔵、混練機へ供給する後添加法の可否を検討した。切出し装置の供給能力、運転計画、薬剤調達などを精査した結果、後添加法のテストは可能と判断した。この対応策を方式②として実証試験を立案・実施した。混練機投入前の飛灰と FeCl_2 (液) 添加後の飛灰処理物を採用し、環境庁告示13号法における Cr^{6+} 溶出量について調査した。なお、当センターでは、鉛[以降、Pb]溶出量と溶出液pHも継続して監視しているため、併せて調査した。

3.3 「六価クロム溶出抑制の強化」に関する実証試験結果

混練機投入前の飛灰、混練機で FeCl_2 (液) を添加した飛灰処理物それぞれの FeSO_4 (粉末) 添加率と Cr^{6+} 溶出量の関係を図8に示す。

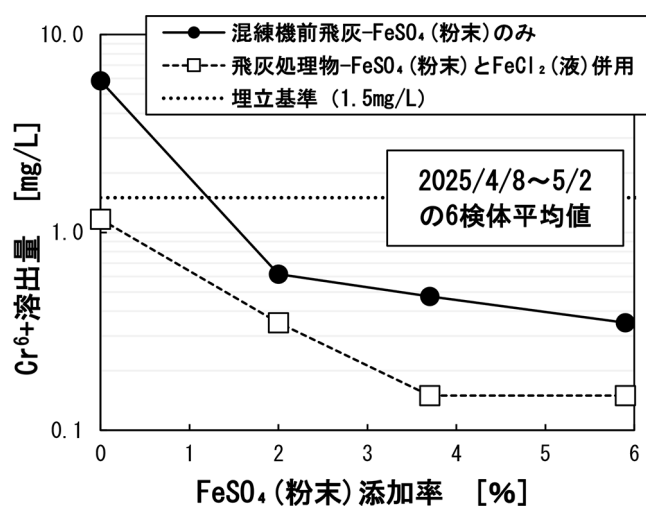


図8 FeSO_4 (粉末) 添加率と Cr^{6+} 溶出量 (飛灰・処理物)

図8より混練機投入前の飛灰は FeSO_4 (粉末) の添加により Cr^{6+} 溶出抑制が認められ、添加率2.0%以上

で埋立基準を満たした。 FeSO_4 (粉末) は FeCl_2 (液) よりも第一鉄含有量が多く、一部は含有される硫酸イオンにより生成したセメント水和物への取り込みにより高い溶出抑制効果が発揮されたと推測している。また、混練機で FeCl_2 (液) を併用し添加した飛灰処理物においては、更に Cr^{6+} 溶出量が減少した。したがって、両薬剤を併用した場合、現在より Cr^{6+} 溶出抑制の強化が可能と推察される。

加えて、混練機投入前の飛灰における FeSO_4 (粉末) 添加率と溶出液pHの関係を図9、同様にPb溶出量を図10に示す。図9及び図10より FeSO_4 (粉末) の増加に伴い溶出液pHは僅かに低下し、Pb溶出量はほぼ定量下限値となった。そのため、 FeSO_4 (粉末) の添加による鉛溶出量への悪影響は無いと推察される。以上の結果より、方式②は飛灰中 Cr^{6+} 溶出抑制における有効な手法であると評価した。

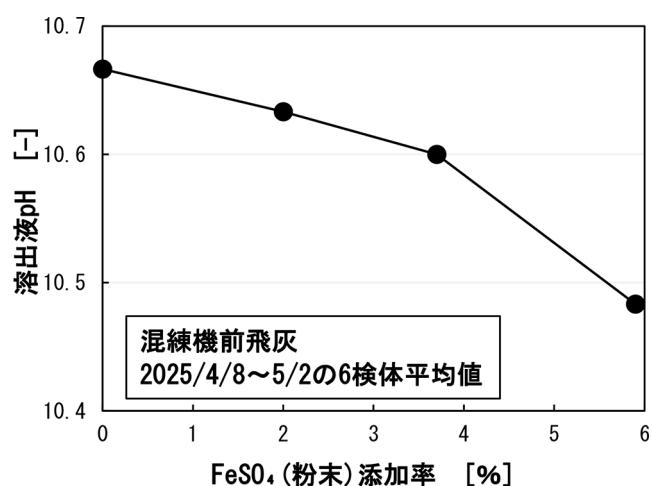


図9 FeSO_4 (粉末) 添加率と溶出液pH (飛灰)

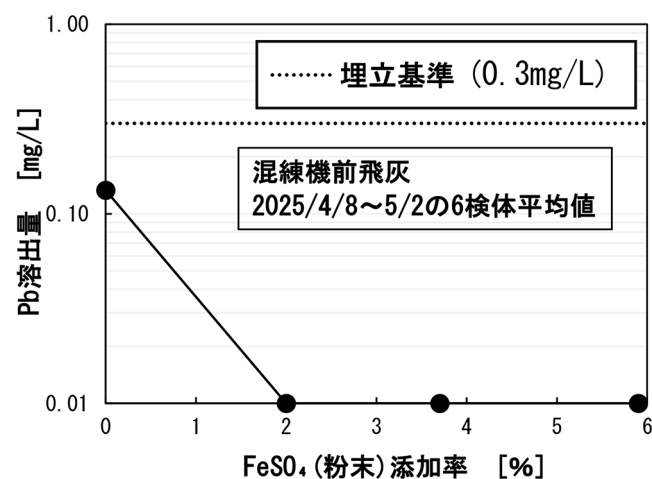


図10 FeSO_4 (粉末) 添加率とPb溶出量 (飛灰)

4. 課題3「コンベヤ付着対策」と「六価クロム溶出抑制の強化」の両立

4.1 両立の可能性について

「コンベヤ付着対策」と「六価クロム溶出抑制の強化」のどちらかを選択する必要があった。優先順位は、「コンベヤ付着対策」であったが、「六価クロム溶出抑制の強化」の両立についての可能性を模索した。

4.2 両立に関する実証試験の検討・実施

セメントサイロの運用について、季節ごとに貯蔵物を変更することを検討したが、サイロの残量管理が困難と結論付けた。そこで、セメントサイロに天然ゼオライトと FeSO_4 （粉末）を配合した混合品〔以降、混合品〕を貯蔵、混練機へ供給する後添加法の可否を検討した。切出し装置の供給能力、運転計画、薬剤の配合比などを精査した結果、後添加法のテストは可能と判断した。この対応策を方式③として実証試験を立案・実施した。前述と同様、混練機投入前の飛灰と FeCl_2 （液）添加後の飛灰処理物を採取し、環境庁告示13号法における Cr^{6+} 溶出量、 Pb 溶出量及び溶出液pHを調査した。

4.2.1 「コンベヤ付着対策」に関する実証試験結果

混合品の供給量を変化させて付着状況を観察した結果、添加率2.0%以上により付着物の肥大化が大幅に抑制され、対策1の条件下で運転継続日数は30日を確保できた（写真8）。課題1と同様に、対策3の併用により運転継続日数60日程度は可能と推定した。



写真8 混合品添加30日後

4.2.2 「六価クロム溶出抑制の強化」に関する実証試験結果

混練機投入前の飛灰、混練機で FeCl_2 （液）を添加した飛灰処理物それぞれの混合品添加率と Cr^{6+} 溶出量の関係を図11に示す。

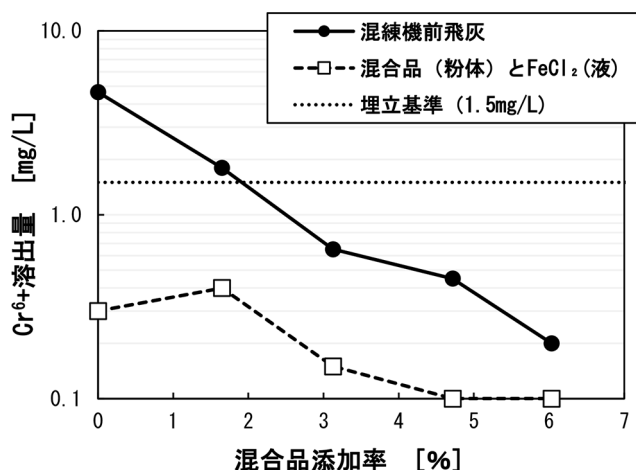


図11 混合品添加率と Cr^{6+} 溶出量（飛灰・処理物）

図11より混練機投入前の飛灰は混合品の添加により Cr^{6+} 溶出抑制が認められ、添加率3.1%以上で埋立基準を満たした。また、混練機で FeCl_2 （液）を併用し添加した飛灰処理物においては、更に Cr^{6+} 溶出量が減少した。したがって、課題2と同様に両薬剤を併用した場合、現在より Cr^{6+} 溶出抑制の強化が可能と推察される。

加えて、混練機投入前の飛灰における混合品添加率と溶出液pHの関係を図12、同様に Pb 溶出量を図13に示す。図12及び図13より混合品の増加に伴い溶出液pHは低下し Pb 溶出量は、定量下限値であった。そのため混合品の添加による Pb 溶出量への悪影響は無いと推察される。以上の結果より、方式③についても飛灰中 Cr^{6+} 溶出抑制における有効な手法であると評価した。

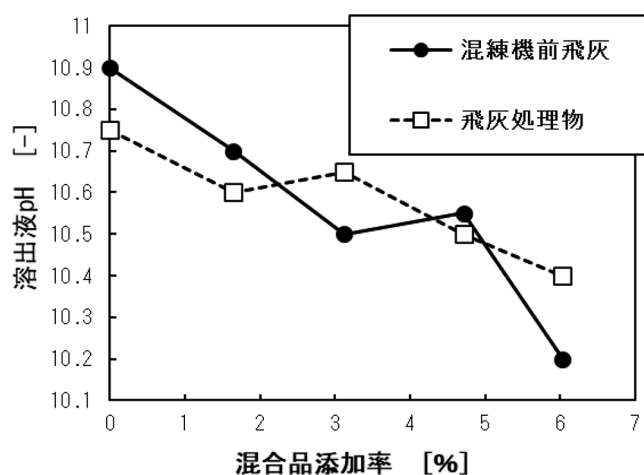


図12 混合品添加率と溶出液pH（飛灰）

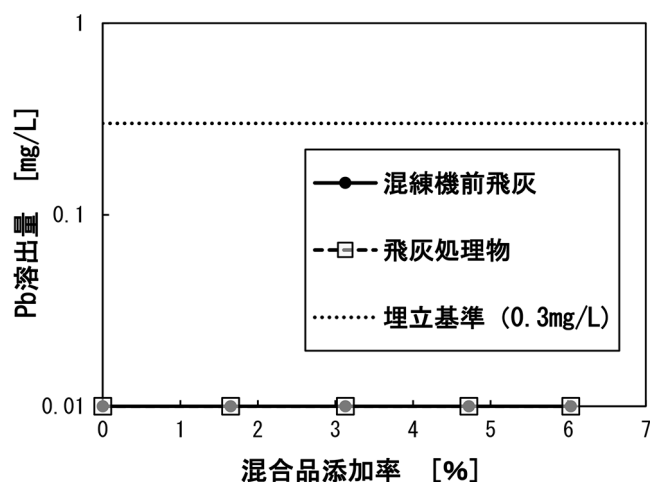


図13 混合品添加率とPb溶出量（飛灰）

5. セメントサイロを用いた後添加法のまとめ

表7に後添加法の各方式について整理した。「コンベヤ付着物対策」から天然ゼオライトの添加方法を検討した結果、遊休設備であったセメントサイロを再整備することとした。この取組の最中、基準省令の改正を契機に「六価クロム溶出抑制の強化」へ展開することができた。

表8に飛灰処理物における後添加法の実証試験結果をまとめた。

課題1の「コンベヤ付着対策」については、天然ゼオライトの後添加法である方式①により運転継続日数を確保することができた。課題2の「六価クロム溶出抑制の強化」については、 FeSO_4 （粉末）の後添加法である方式②と FeCl_2 （液）の併用により低濃度における Cr^{6+} 溶出抑制の管理手法が確立できた。課題3

の「二つの課題の両立」については、混合品の後添加法である方式③により解決を図ることができた。

4種混合消石灰と後添加法の費用比較については、4種混合消石灰に含まれる天然ゼオライト又は FeSO_4 （粉末）の重量を算出し、それぞれセメントサイロに貯蔵する条件で試算した。なお、混合品については、 FeSO_4 （粉末）の重量との比較で試算した。

合流処理については、付着物の肥大化抑制効果が示され、既報より Cr^{6+} の溶出抑制効果も認められている。また、付着物対策が必要な期間は、表1に示すガス化溶融炉の単独運転時かつ高温多湿時である。このことから合流処理の期間や低温乾燥時はセメントサイロからの添加量の低減が期待できる。今後は、焼却炉の運転状況に応じた後添加法の運用を検討し、効果と費用の最適化に努めていきたい。

表7 後添加法の各方式

方式	供給粉末	期待する効果	着想
①	天然ゼオライト	飛灰付着物の肥大化抑制	4種混合消石灰に混合していた天然ゼオライトを単独で後添加
②	硫酸第一鉄	飛灰処理物中の六価クロム溶出抑制	4種混合消石灰に混合していた硫酸第一鉄を単独で後添加
③	混合品	①と②の効果	天然ゼオライトと硫酸第一鉄の混合品を後添加

表8 後添加法の各方式の実証試験結果

方式	供給粉末	実証試験の結果	4種混合消石灰と後添加法の費用比較	総合評価
①	天然ゼオライト	・ 運転継続日数30日 (対策1と併用) ・ 運転継続日数推定60日 (対策1・対策3と併用)	天然ゼオライトを含む 4種混合消石灰と比べて 10%低減	効果的且つ効率的な飛灰付着物対策が実現
②	硫酸第一鉄	・ 六価クロム溶出抑制	硫酸第一鉄を含む 4種混合消石灰と比べて 23%増加	塩化第一鉄（液）との併用により低濃度における六価クロム溶出抑制の管理手法を確立
③	混合品	・ 運転継続日数30日 (対策1と併用) ・ 運転継続日数推定60日 (対策1・対策3と併用) ・ 六価クロム溶出抑制	硫酸第一鉄を含む 4種混合消石灰と比べて 24%増加	①②の両立が実現

以上、本稿が焼却施設における運転技術向上の一助となれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 鈴木俟，—新しい清掃行政をめざす—豊橋ユーレックスの資源化センター，都市清掃，p.76-83, No.119, 1980
- 2) 下間ら，飛灰処理物搬送コンベヤにおける付着物対策について，第46回全都清・講演論文集，p.201-203, 2025
- 3) 下間ら，飛灰処理物搬送コンベヤにおける付着物対策に

ついて（その2），第47回全都清・講演論文集，p.125-127, 2026

- 4) 戸茆ら，焼却施設における排ガス中の水銀対策と六価クロム含有ばいじん処理の最適化の検討，第43回全都清・講演論文集，p.201-203, 2022
- 5) 戸茆ら，焼却施設における排ガス中の水銀対策と六価クロム含有ばいじん処理の最適化の検討（その2），第44回全都清・講演論文集，p.246-248, 2023
- 6) 壁谷ら，排ガス中の水銀対策とばいじん中の重金属溶出抑制の最適化に関する検討，都市清掃，p.411-421, 2023（7月号）