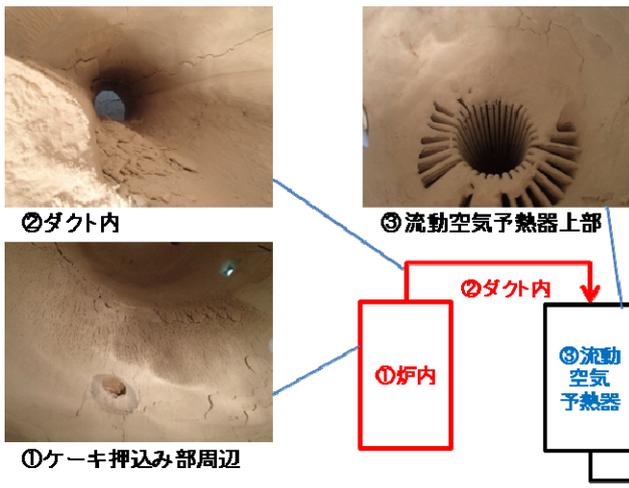


下水汚泥焼却炉の焼却炉閉塞防止技術

● 背景

近年、下水汚泥焼却炉（流動炉）において、汚泥の燃焼過程で焼却灰が煙道に融着し、煙道が閉塞する事象が複数報告されています。本技術は、この事象の原因および対策、対策技術の制御・管理方法を示すものです。



● 閉塞物の外観

・閉塞物は『白色』で層状
・硬いがもろく崩れやすい
⇒経時的に付着し閉塞

・通常の焼却灰は茶色
⇒Pに対し相対的にFe不足



● 焼却炉の閉塞のメカニズム

投入汚泥のりんと金属類の存在量のバランスによっては、焼却温度よりも低融点の物質が生成されるため、焼却灰が煙道に融着し閉塞の原因となります。

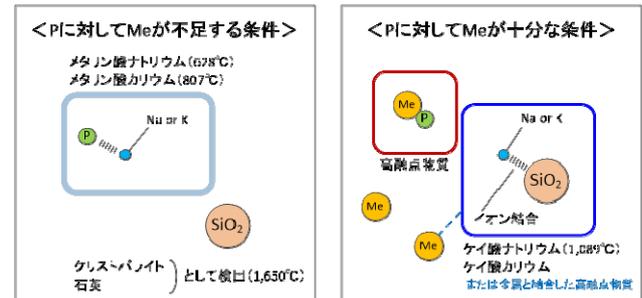
● 関連する下水道の各種施策

- ・高度処理の普及⇒りん含有率の増加
- ・分流式下水道の普及⇒流入水起因の金属が少ない
- ・高温焼却（850℃以上）の推進⇒温暖化ガス（N₂O）発生抑制

● 原因物質の推定

・汚泥のNa、K含有率が高く、Pに対して金属が不足した条件では焼却温度（850℃）より低融点の物質が生成し灰付着が生じる

- ・メタリン酸カリウム ⇒ 融点 807℃
- ・メタリン酸ナトリウム ⇒ 融点 628℃



● 焼却炉の閉塞危険性の判定

焼却灰のAl、Fe、Ca、Mg、Pのmol数を求め、Pに対して金属が過剰に存在すれば、“閉塞の可能性は低い”、少なければ“閉塞の危険性あり”と判定できます。

閉塞抑制指数値 $X < 1.0$ ⇒ 閉塞危険性あり と判定

$$X = \frac{\left(\frac{Fe_2O_3}{M_{(Fe_2O_3)}} \cdot 2 + \frac{Al_2O_3}{M_{(Al_2O_3)}} \cdot 2 + \frac{CaO}{M_{(CaO)}} \cdot \frac{2}{3} + \frac{MgO}{M_{(MgO)}} \cdot \frac{2}{3} \right)}{\left(\frac{P_2O_5}{M_{(P_2O_5)}} \cdot 2 \right)}$$

X : 閉塞抑制指標値 [-]

Fe₂O₃ : 焼却灰の酸化鉄(Ⅲ)分析値 [%]

Al₂O₃ : 焼却灰の酸化アルミニウム分析値 [%]

CaO : 焼却灰の酸化カルシウム分析値 [%]

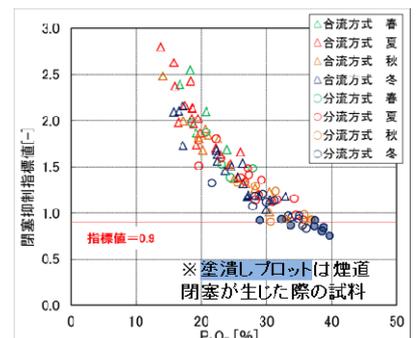
MgO : 焼却灰の酸化マグネシウム分析値 [%]

P₂O₅ : 焼却灰の五酸化二りん分析値 [%]

M(i) : 化合物 i の分子量 [g/mol]

● りんと指標値の関係

- ・P₂O₅が高いほど指標値は低い
- ・指標値 ≤ 0.9 となるときP₂O₅濃度は約30%
- ・合流式ではP₂O₅が低く指標値が高い



閉塞抑制対策

焼却前の汚泥にポリ硫酸第二鉄（ポリ鉄）などの金属含有薬剤を添加することで、付着の原因である低融点化合物を生成するりん酸を鉄と反応させ、高融点で付着性の低いりん酸鉄化合物にすることができます。

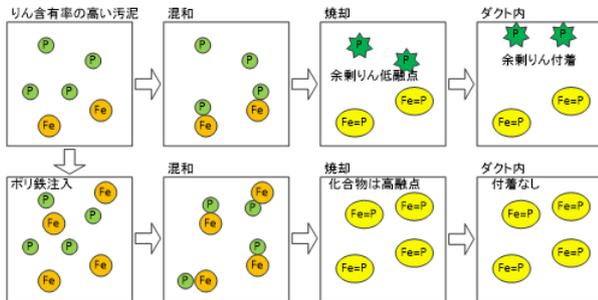


図1. ポリ鉄添加による閉塞予防の原理（模式図）

●ポリ鉄の脱水前添加における物質収支

- ・Feは汚泥側に、Sはろ液側に移行する
- ・脱水後添加と比べて硫酸腐食を低減可能

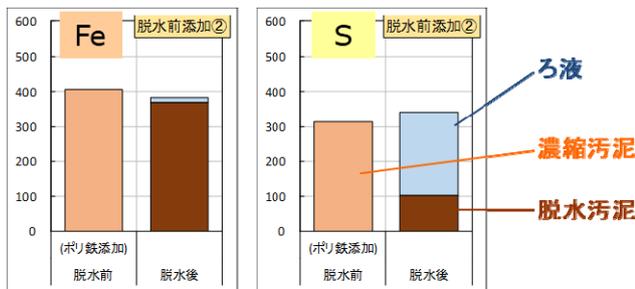


図2. ポリ鉄の脱水前添加を想定した脱水実験結果

●焼却灰の色による判定・対策

焼却灰の色と閉塞抑制指標値の間に相関があり、指標値が低いほど（りんに対する金属のmol比が低いほど）白色を帯びることが分かっています。

	12月	3月	1月	2月
焼却灰の色				
Fe ₂ O ₃	12.7 [%]	12.1 [%]	11.9 [%]	11.4 [%]
指標値	1.24 [-]	1.12 [-]	0.97 [-]	0.94 [-]

指標値 ≥ 1
→閉塞リスク低

指標値 < 1
→閉塞リスクあり

図3. 清瀬再生センターの焼却灰 H25.12～H26.3
(左から指標値が高い順)

●今後の検討課題

画像センサーを用いて焼却灰の色を数値化し、指標値を推定したうえで、必要なポリ鉄添加量を演出することで、閉塞を抑制しつつ、薬剤コストの縮減、硫酸腐食の軽減を目指します。

現在、東京都下水道局、東京都下水道サービス㈱とともに、共同研究を進めているところです。

●研究名称

画像センサーを用いた焼却炉「閉塞抑制技術の開発に関する共同研究」

●主要な検討項目

- (1) 画像センサーによる焼却灰の色判定
- (2) 焼却灰の成分分析
- (3) 色と閉塞抑制指標値等の相関式に係る解析
- (4) ポリ鉄必要添加量の算定式の検討
- (5) 焼却炉の運用状況に関するヒアリング
- (6) ポリ鉄添加に係る収支調査
- (7) 低融点物質の特定
- (8) ポリ鉄以外の閉塞抑制薬剤の検討
- (9) 分析方法による指標値の算定精度に関する検討
- (10) 水平展開方法のとりまとめ

●本技術に関連する成果

●黒住ら：下水汚泥焼却炉の閉塞危険性評価方法及び閉塞防止方法、下水道協会誌（2016）

●野本ら：画像センサーを用いた焼却炉煙道の閉塞抑制技術の開発、第28回環境システム計測制御学会（EICA）研究発表会（2016）

●中田：下水汚泥焼却炉の閉塞危険性評価方法及び閉塞防止方法、東京都下水道局技術調査年報（2016）

●中田ら：下水汚泥焼却炉の閉塞危険性評価方法及び閉塞防止方法、第53回下水道研究発表会（2016）

●冠城ら：高度処理の推進と地球温暖化対策の両立に向けた課題と対応、第51回下水道研究発表会（2014）

本技術は以下の特許を利用しています。

- ・「焼却炉閉塞危険性評価方法及び焼却炉閉塞防止方法」
- ・登録番号：特許第5881260号
- ・「焼却炉閉塞防止方法」
- ・登録番号：特許第5974335号
- ・東京都、東京都下水道サービス㈱との共同出願