

## 〈研究発表〉

## 流動焼却炉煙道閉塞の未然防止について

佐々木 健 斗<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 東京都下水道サービス(株) 施設部東部第一センター東部スラッジ事業所  
 (〒136-0075 江東区新砂3-8-1 E-mail: kento-sasaki@tgs-sw.co.jp)

## 概 要

東京都の水処理施設では、東京湾の富栄養化の要因となる窒素、リンのさらなる除去を目指す高度処理の導入が進み、汚泥中のリン濃度が増加している。その結果、流動焼却炉の空気予熱器にリンの影響による灰が付着し、煙道閉塞が問題となっている。

そこで、運転監視の計測値から煙道閉塞の予兆を把握できないか検証したところ、空気予熱器の差圧から閉塞予兆値を求めることができた。このことから、煙道閉塞を未然に防止することが可能となり、流動焼却炉の安定運転につながったため、その検証結果を報告する。

キーワード：煙道閉塞、焼却灰、汚泥処理

原稿受付 2020.6.22

EICA: 25(2・3) 95-98

## 1. はじめに

東京都下水道局では、地球温暖化防止計画「アースプラン2017」に則り、汚泥焼却炉から発生する温室効果ガスの削減に努めてきた。具体的には、汚泥焼却炉温度を通常830℃程度であったものを850℃以上に上昇させ、二酸化炭素の298倍の温室効果を持つ一酸化二窒素排出量を削減する高温焼却するとともに、補助燃料や使用電力を削減する運転方法を見出し、運用している。

一方、水処理工程においては東京湾の富栄養化の要因となる窒素、リンのさらなる除去を目指す高度処理や準高度処理の導入を進めていることから、汚泥に含まれるリン濃度は増加してきている。

東京都の汚泥処理工程は、濃縮→脱水→焼却が主流であり、現在課題となっている煙道等の閉塞は焼却工程で発生している。東部スラッジプラントの焼却工程における排ガス処理フロー図をFig.1に示す。焼却工程は脱水した汚泥を焼却し、発生した排ガス中の灰をバグフィルタで捕捉する。さらに排ガスは排煙処理塔で酸性の有害物質を中和洗浄し、無害化したあと大

気へ放出している。その過程には外気を焼却炉排ガスで燃焼用空気に熱交換し、焼却炉に送り込む空気予熱器がある。通常時、汚泥中のリンは金属化合物と結合している。しかし、リンに対して金属化合物が少ないと、結合できなかったリンが焼却炉内温度より融点が高い化合物を生成し、灰は白色化する。その結果、煙道や空気予熱器入口でリン化合物が析出し煙道閉塞が発生する。さらに焼却炉停止から復旧までの間、汚泥処理能力は低下し、東部スラッジプラントで汚泥を受け入れている他の水再生センターまで悪影響を与える等、維持管理上の大きな課題となっている。

本調査では、空気予熱器 No.1 入口と No.2 出口の圧力差（絶対値）から閉塞の予兆を読み取り、流動焼却炉煙道閉塞を未然に防止することを目的とした。

## 2. 調査内容および調査方法

## 2.1 閉塞しやすい時期の調査

2016～2018年度の空気予熱器の差圧を算出する。その後、全体差圧値の大きい上位10%は閉塞が著しい異常値と仮定し、異常値の多い月を調査する。

2.2 空気予熱器差圧における閉塞予兆値調査<sup>\*1</sup>

差圧値を100 Paごとに区分けする。正常差圧は差圧日数の中央値とする。正常差圧以上の値を異常差圧とし、過去の実績と照らし合わせ閉塞を示す予兆値として適切か調査する。併せて炉本体出口付近の閉塞とその兆候の把握も行った。

<sup>\*1</sup> 閉塞予兆値：東部スラッジプラント焼却炉の空気予熱器で閉塞が始まった値

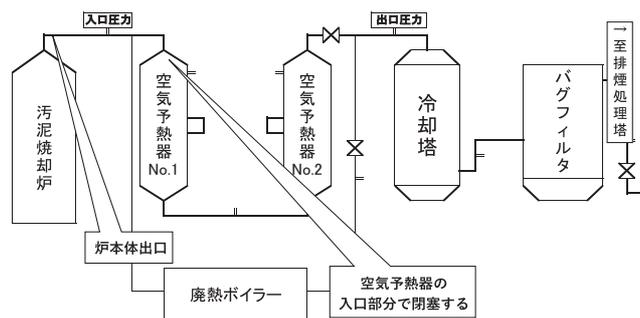


Fig.1 東部スラッジプラント 排ガス処理フロー

### 3. 調査結果

#### 3.1 閉塞しやすい時期

2016～2018年度の差圧の高い日（1か年度の上位10%）を並べたグラフを Fig. 2 に示す。1, 3号炉は11～3月の間で顕著に高差圧日が集中している。3号炉で4, 5月も差圧が高いのは2017年3月の閉塞の影響である。

2号炉は夏季にも高差圧日が観測されたが、1～3月は特に高差圧日が多く、1, 3号炉と同じ傾向を示した。

各炉ともに11～3月の乾季が閉塞しやすいことが分かった。

#### 3.2 空気予熱器差圧における閉塞予兆値調査

2016～2018年度の空気予熱器差圧を差圧範囲ごとに分類し、日数合計の中央値を正常差圧とした（Table 1）。800 Pa 以下の日は焼却炉停止中と判断し除いた。

結果、各炉の正常差圧は1号炉 1,100 Pa 以下、2号炉 1,400 Pa 以下、3号炉 1,100 Pa 以下となった。炉ごとに差があるのは機器の仕様の違いによるためである。

汚泥の性状や過負荷運転により差圧が高くなることもあるため、閉塞予兆値を正常差圧+200 Pa と仮定し、過去の実績に照らし合わせた。

Fig. 3 に2018年度3号炉空気予熱器差圧を示す。

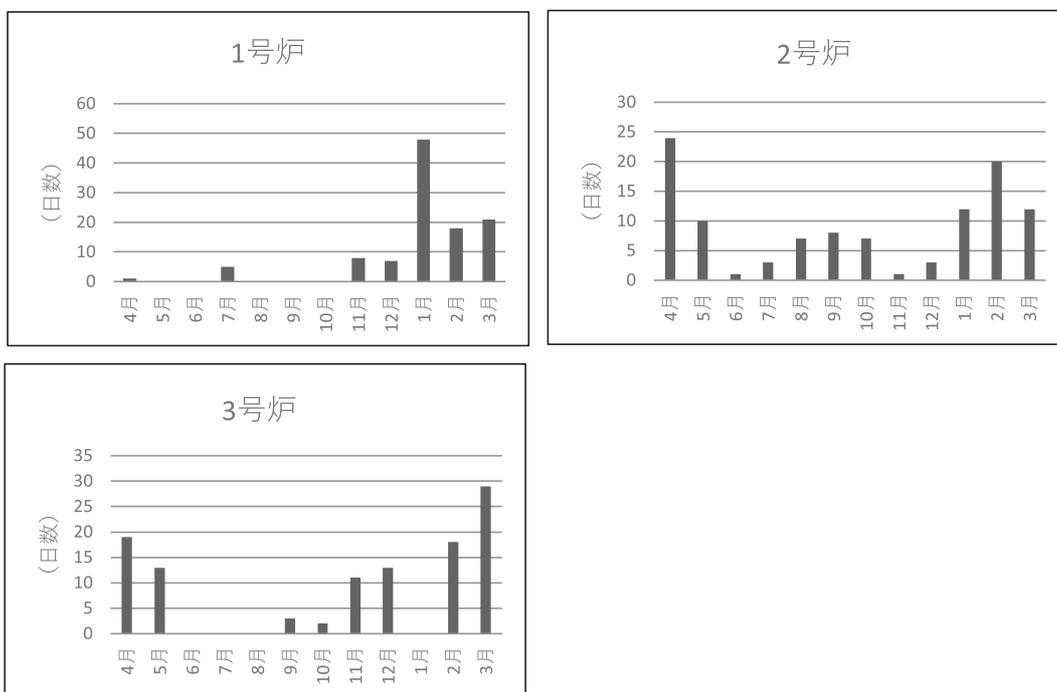


Fig. 2 2016～2018年度の高差圧日

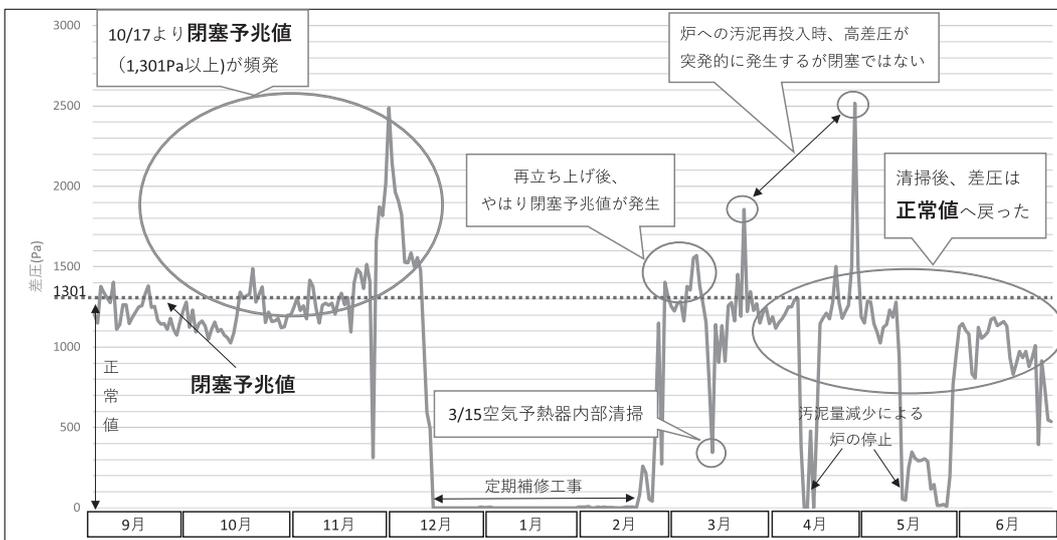


Fig. 3 2018年度3号炉の空気予熱器差圧

**Table 1** 差圧範囲分類表 (2016年度～2018年度)

差圧 (Pa)	日 数		
	1号炉	2号炉	3号炉
801～900	64	9	119
901～1000	120	7	144
1001～1100	198	11	118
1101～1200	136	67	75
1201～1300	87	185	54
1301～1400	36	239	25
1401～1500	20	152	19
1501～1600	5	95	14
1601～1700	4	61	10
1701～1800	1	30	0
1801～1900	1	23	9
1901～2000	2	10	5
2000以上	6	6	30

※日数合計の中央値 (正常差圧)→[網掛け](#)

2018年度の3号炉実績では10月17日を境に閉塞予兆値となる1,301 Paを超える日が連続かつ高頻度で発生した。その後も異常差圧が続いたため、3号炉を停止し、3月15日に空気予熱器内部を清掃し閉塞物の除去を行った。その結果、異常差圧は解消した(炉は12月中旬から2月末まで工事により停止)。このように差圧変化から閉塞状況を推測し、清掃すれば炉の短期間停止で復旧できる。

1号炉、2号炉についても閉塞予兆値を設定し過去の実績と照らし合わせたところ、異常差圧が顕著に現れた。また、3号炉が過去2回閉塞した際も閉塞予兆値を超える異常差圧日が頻発していたことから、異常差圧を監視することで煙道閉塞の予知が可能である。

### 3.3 炉本体出口付近の閉塞と兆候

2019年12月に前例のない炉本体出口付近の閉塞が

発生した (**Fig. 1** 参照)。2019年11月～2020年1月の空気予熱器差圧を調査した結果、空気予熱器の差圧は正常差圧を示していたが、空気予熱器の入口圧力が平常時より2～3倍大きかった。従来の空気予熱器での閉塞との違いは入口圧力が大きくなったことである。空気予熱器入口圧力と出口圧力、差圧を表したグラフを **Fig. 4** に示す。差圧は一定の値を示すのに対し、入口圧力は急激に上昇している。これは、炉本体出口付近の閉塞物が大きくなるほど空気予熱器入口圧力も大きくなると考えられる。

通常、空気予熱器入口圧力は-600～-800 Paで推移することが多い。今回の事例では、11月20日に空気予熱器入口圧力が-900 Paを超え、制御不能と判断された12月7日には-2,970 Paまで達した。

以上から炉本体出口付近の閉塞は、空気予熱器入口圧力を監視し閉塞の兆候として予知できると考える。

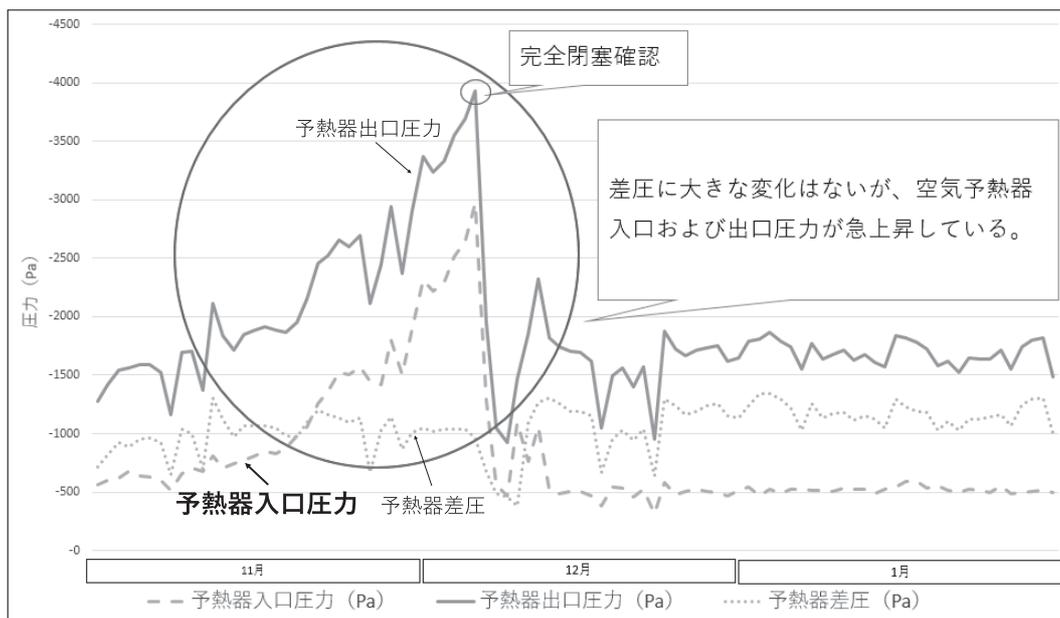
## 4. 考察およびまとめ

### 4.1 閉塞しやすい時期

閉塞は11～3月の乾季に発生しやすいことが分かった。

降雨は地表に付着した金属類を下水へ流すが、乾季は降雨量が少なく汚泥中の金属化合物が減少する。下水処理の高度処理化によるリン絶対量増加と降雨減少が重なることで、相対的にリン含有比が高くなり閉塞しやすい状況になると思われる。

乾季は特に差圧を注視し、異常値となれば閉塞を疑い、対処することが可能となった。



**Fig. 4** 炉本体出口閉塞時の圧力

## 4.2 閉塞予兆値について

閉塞予兆値を正常差圧+200 Pa と設定し空気予熱器の差圧を管理することで、煙道閉塞の兆候をつかむことが可能となった。

各炉の正常差圧が1号炉は1,100 Pa 以下、2号炉1,400 Pa 以下、3号炉1,100 Pa 以下であることから、閉塞の兆候を示す空気予熱器差圧（閉塞予兆値）を1号炉は1,301 Pa 以上、2号炉は1,601 Pa 以上、3号炉は1,301 Pa 以上と求めることができ、差圧の異常値を監視することで煙道や空気予熱器の閉塞を予知する

ことができる。

閉塞の予兆が把握できれば、完全閉塞前に空気予熱器内部を清掃できるため、汚泥処理状況を見ながら計画的に維持管理が可能である。

## 4.3 炉本体出口付近の閉塞兆候

炉本体出口付近の閉塞は、空気予熱器入口圧力が通常の数倍大きくなるため、空気予熱器入口圧力を監視することで予知が可能である。