

2-4-6 ターボ型流動焼却炉導入における

温室効果ガス削減効果の検証

東部第二下水道事務所 葛西水再生センター 小川 誠

1. はじめに

東京都下水道局では、下水道事業初のエネルギー基本計画「スマートプラン 2014」を策定し、エネルギー削減に向けた様々な取り組みを推進している。

葛西水再生センターにおいても、省エネ機器の導入を積極的に進めており、平成 26 年度から「ターボ型流動焼却炉（以下、「ターボ炉」という）」と近接設置された低含水率型脱水機を組み合わせた第二代型焼却システムが運用を開始した。

ターボ炉は従来の流動焼却炉に必要な、電力を大量に消費する送風設備の一部が不要となり、消費電力が大幅に削減されるとともに、加圧高温下にて焼却処理することで N_2O （温室効果ガスの一種）排出量の削減効果が期待できる。

本報告では、平成 26 年 10 月～平成 27 年 2 月のターボ炉と当センターの従来型の焼却炉（以下、「従来炉」という）との運転データの比較を行い、エネルギー削減および温室効果ガスの削減効果について検証を行ったので報告する。

2. 設備概要

当センターで導入したターボ炉は、図 1 に示すように流動焼却炉と過給機を組み合わせた焼却設備である。

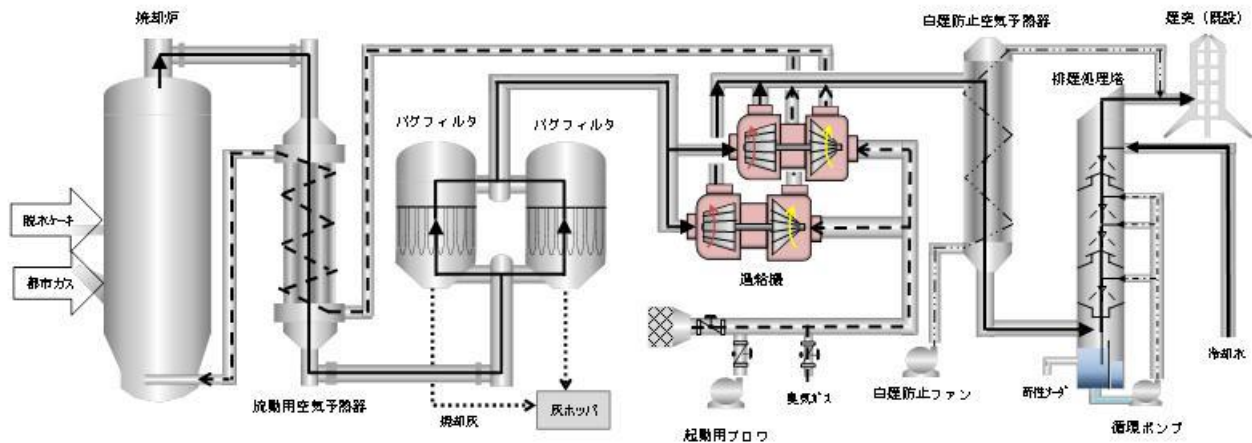


図 1 ターボ型流動焼却炉の概略フロー

ターボ炉では、焼却炉内で脱水ケーキを燃焼して発生した燃焼排ガスを過給機内に送り込み過給機のタービンを駆動し、タービンに直結されたコンプレッサーにより



図 2 過給機

空気を取り込んで圧縮空気を燃焼空気として炉に供給することができる（図 2）。

一方、従来の焼却設備では、図 3 のとおり焼却炉への給気と煙突からの排気をそれぞれ、流動ブロワおよび誘引ファンと呼ばれる大型の送風機で行っており、大量の電力が必要となっている。

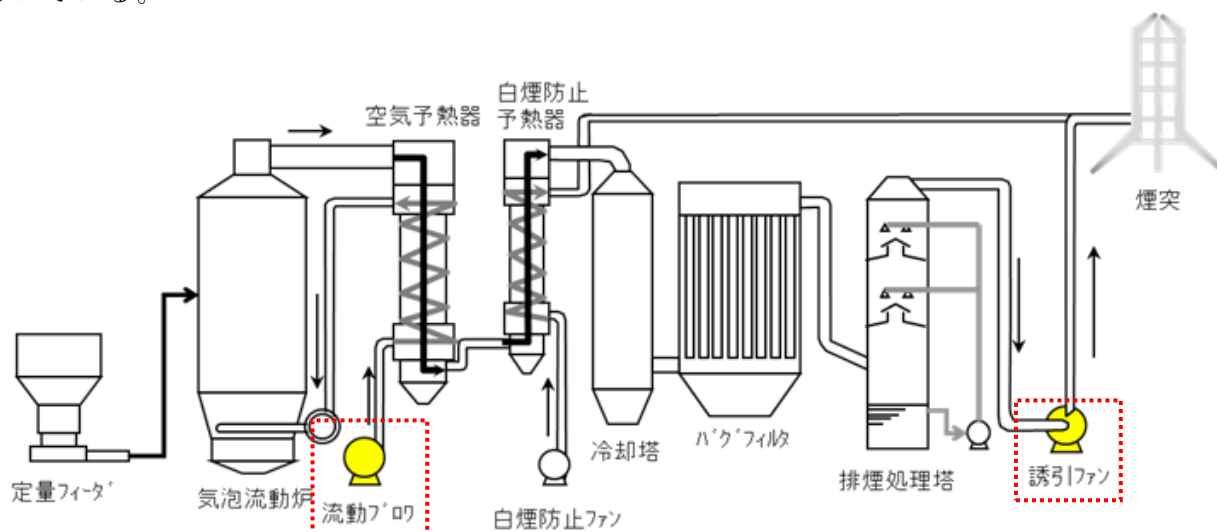


図 3 従来型の流動焼却炉の概略フロー

また、表 1 のとおり、ターボ炉の内径は従来炉と比較して 65%程度と小さく、断面積は約 40%程度となる。ターボ炉は、過給機により大気圧（101.3kPa）の約 2 倍に加圧された状態で焼却するため、焼却炉内部の燃焼ガスの容積が小さくなり、焼却炉から過給機（ダクト含む）までが従来炉と比べてコンパクトにできるといった特徴がある。

表 1 焼却炉仕様の比較

		ターボ炉 (1号炉)	従来炉 (5号炉)
処理能力	t/日	300	300
内径	mm	φ 5,400	φ 8,200
外径	mm	φ 6,100	φ 8,900
常用時	炉内圧力 (絶対圧力)	120～130 kPa・G (220～230 kPa)	-0.5 kPa・G (100 kPa)
	炉内最高温度	℃	870～890

葛西水再生センターでは、平成 22 年度～25 年度に既設焼却炉の跡地へターボ炉の建設が行われた。ターボ炉の導入に当たっては、稼働当初に排ガス中の焼却灰を集塵するセラミック製のバグフィルタが熱膨張により折損したり、吸排気管内の圧力損失の増大による過給機の能力不足といった初期不具合が発生したが、それぞれ対策品への交換や調整を行い、平成 26 年 10 月から本格的な運用を開始した。

3. エネルギー削減効果

3.1 消費電力削減

前述のとおり、従来炉には焼却炉に必要な燃焼空気を供給するための流動ブロワと焼却炉で発生する燃焼排ガスを大気に放出するための誘引ファンが必要となる。これらの送風機の電力は、従来炉で使用する電力の約50%を占めている（図4）。

一方、ターボ炉は過給機で燃焼空気を加圧し、焼却炉で発生した燃焼排ガスは自らの圧力で煙突まで流れて排気することができ、大量の電気を消費する送風機が不要となる。

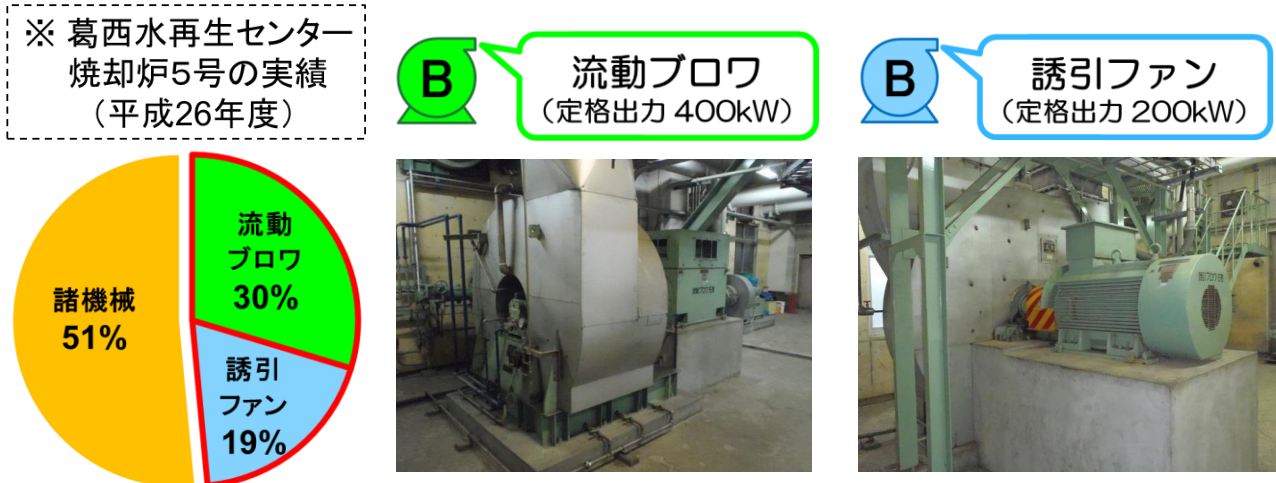


図4 従来炉の流動ブロワと誘引ファンの消費電力

検証期間における脱水ケーキ処理量と焼却炉使用電力量の関係は図5のとおりとなった。ここで、焼却炉使用電力量は、脱水ケーキ供給設備、焼却設備、排ガス処理設備およびユーティリティ設備等の使用電力量の合計である。

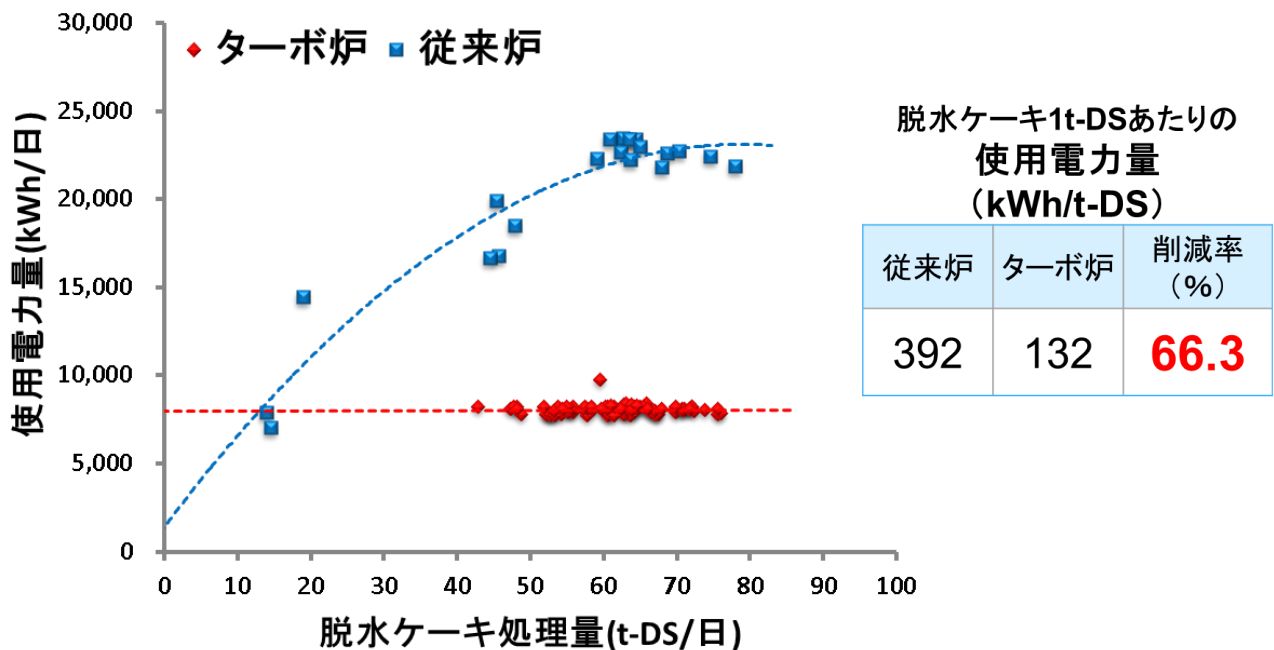


図5 脱水ケーキ処理量当たりの焼却炉使用電力量

従来炉では、脱水ケーキ処理量が多くなるにつれて電力量が増えるのに対して、ターボ炉はほぼ一定に推移していることがわかる。これは、ケーキ処理量が増えるにつれて、燃焼に必要な空気を焼却炉へ送る必要があり、従来炉ではブロワの風量を上げる分電力が増えるが、過給機を使用しているターボ炉は送風電力が必要ないため変わらないことがわかる。

平均値を比較すると、従来炉は脱水ケーキ 1t-DS 当たり 392kWh に対して、ターボ炉は送風機が不要となるため消費電力は 132kWh となった。ターボ炉における消費電力の削減率は約 66%（当センター比）である。

3.2 補助燃料使用量削減

ターボ炉は、前述の通り従来炉の約 2 倍の圧力下で焼却を行うことでガス容積が小さくなるため、焼却炉内の燃焼排ガスの空塔速度（上昇する速度）を従来炉と変えず、炉径を細くできる（図 6）。

このためターボ炉では、焼却炉の表面積が小さくなり放熱量が従来炉に比べて小さくなるため、補助燃料使用量が削減される。

検証期間における脱水ケーキ処理量と補助燃料使用量の関係は図 7 のとおりとなった。補助燃料使用量は、脱水ケーキの含水率により大きく変化することから、脱水ケーキ処理量との関係性は見られなかったが、平均すると、従来炉 63.7Nm³/t-DS、ターボ炉 48.7Nm³/t-DS となった。したがって、ターボ炉における都市ガス使用量の削減率は約 24%（当センター比）である。

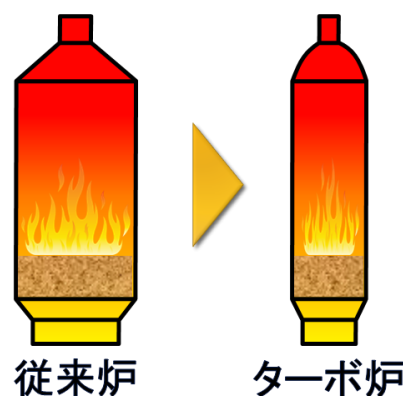
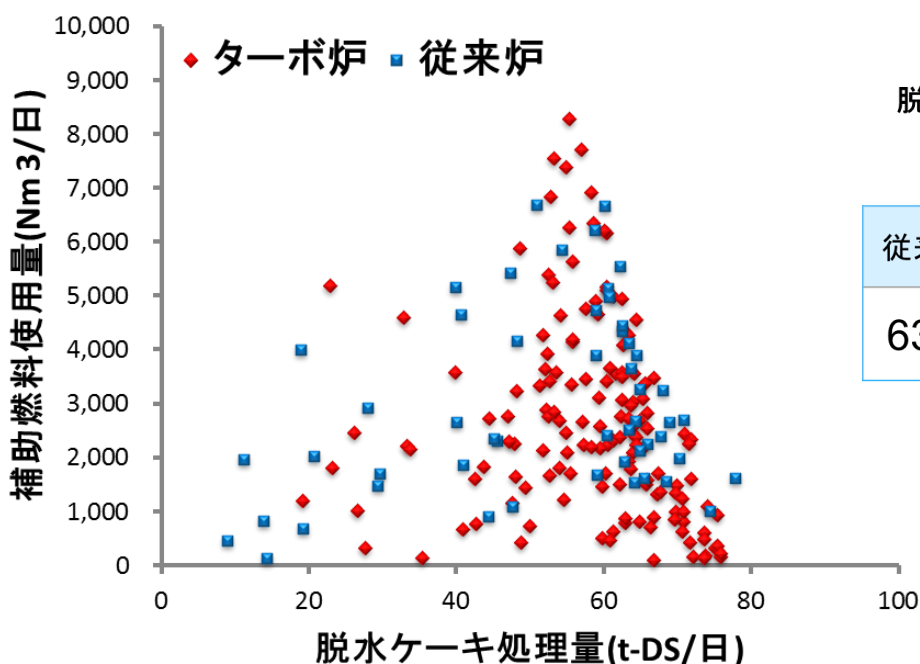


図 6 炉径の比較



脱水ケーキ1t-DSあたりの
都市ガス使用量
(Nm³/t-DS)

従来炉	ターボ炉	削減率 (%)
63.7	48.7	23.6

図 7 脱水ケーキ処理量当たりの補助燃料電力量

4. 温室効果ガス削減効果

4.1 消費電力由来

消費電力由来のCO₂排出量は、エネルギー削減効果にて算出した脱水ケーキ1t-DS当たりの使用電力量より、電力のCO₂排出係数0.382kg-CO₂/kWhを用いて算出することができる。消費電力由来の温室効果ガス排出量は、従来炉の150kg-CO₂/t-DSに対してターボ炉は50kg-CO₂/t-DSとなった。

4.2 補助燃料由来

補助燃料由来のCO₂排出量は、エネルギー削減効果にて算出した脱水ケーキ1t-DS当たりの補助燃料使用量より、都市ガスのCO₂排出係数2.277kg-CO₂/Nm³を用いて算出することができる。補助燃料由来の温室効果ガス排出量は、従来炉の145kg-CO₂/t-DSに対してターボ炉は111kg-CO₂/t-DSとなった。

4.3 N₂O由来

N₂O排出量は排ガス測定による結果から算出した数値を用いて比較を行った。高温焼却を行っている従来炉は脱水ケーキ1t-DS当たり2.3kg-N₂Oであったのに対して、ターボ炉は0.82kg-N₂Oとなった。ターボ炉におけるN₂O排出量の削減率は約64%（当センター比）である。また、N₂Oの地球温暖化係数はCO₂の310倍であることから、それぞれのN₂O排出量をCO₂排出量に換算すると、従来炉が713kg-CO₂/t-DSとなるのに対し、ターボ炉は254kg-CO₂/t-DSとなる。

4.4 全体の温室効果ガス削減効果

温室効果ガス排出量の比較を表2にまとめた。消費電力、補助燃料およびN₂O由来の温室効果ガス排出量合計は、従来炉が1,008kg-CO₂/t-DSとなるのに対し、ターボ炉は415kg-CO₂/t-DSであり、ターボ炉における消費電力、補助燃料およびN₂O由来の温室効果ガス排出量合計の削減率は約59%となった。

表2 温室効果ガス排出量の比較

	温室効果ガス排出量 (kg-CO ₂ /t-DS)		削減率 (%)	温室効果 ガス排出量 削減目標値
	従来炉	ターボ炉		
電力由来	150	50	66.3	40%
補助燃料由来	145	111	23.6	10%
N ₂ O由来	713	254	64.4	50%
合計	1,008	415	58.8	—

ここで、表2の温室効果ガス排出量削減目標値とは、平成21、22年度に当局が実施した

共同研究におけるターボ炉の温室効果ガス排出量の削減率目標値である。消費電力および補助燃料使用量の削減率は、共同研究の目標値である 40%以上および 10%以上を大幅に上回り、エネルギー由来の温室効果ガス排出量削減効果に優れていることが分かる。また、N₂O 排出量削減率は、共同研究の目標値である 50%以上に対して 64%となり、エネルギー由来同様、大幅な削減効果が得られた。

また、年間温室効果ガス排出量推定値の比較を表 3 および図 8 に示す。日処理量 300t/日、年間稼働日数 292 日/年とすると、年間温室効果ガス排出量はそれぞれ従来炉が約 19,426t-CO₂/年に対して、ターボ炉は約 7,998t-CO₂/年となり、年間 11,428t の温室効果ガス排出量を削減することができる。

表 3 年間温室効果ガス排出量の比較（推定）

	温室効果ガス 排出量 (t-CO ₂ /年)	
	従来炉	ターボ炉
電力由来	2,891	964
補助燃料由来	2,794	2,139
N ₂ O 由来	13,741	4,895
合計	19,426	7,998

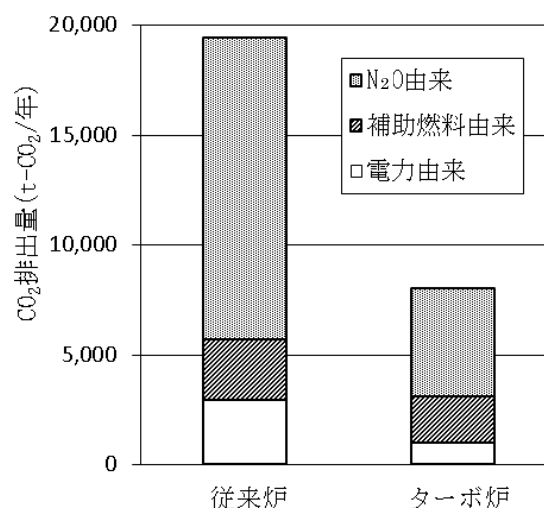


図 8 年間温室効果ガス排出量比較

5. 結論

平成 26 年度から運用を開始したターボ炉と従来炉の比較を行ったところ、本報告の調査期間において、ターボ炉は従来炉と比べエネルギー及び温室効果ガスの削減効果が非常に高いという結果が得られた。しかしながら、導入効果の検証にあたっては、通年を通じたデータ比較や運用上の不具合を踏まえた総合的な検証を行っていく必要がある。今後は、維持管理を通して運用データの収集を行い、より効率的な運用方法を確立することで汚泥焼却におけるエネルギー及び温室効果ガスのさらなる削減に努めていきたい。

参考文献

- 1) 清水大輔、山本隆文、折戸敢：過給式流動炉の長期連続運転、第 47 回下水道研究発表会講演集、p852～854(2010)