〈研究発表〉

# 過給式流動炉の実証運転

山本 隆文<sup>1)</sup>, 岡本 誠一郎<sup>2)</sup>, 小関 多賀美<sup>3)</sup>, 村上 高広<sup>4)</sup>

月島機械(株) 研究開発部 (〒104-0051 東京都中央区佃 2-17-15, E-mail: t\_yamamoto@tsk-g.co.jp)<sup>1)</sup> (独) 土木研究所 材料地盤研究グループ (〒305-8516 つくば市南原 1-6, E-mail: s-okamoto@pwri.go.jp)<sup>2)</sup> 三機工業(株) 技術開発本部 (〒242-0001 大和市下鶴間 1742-7, E-mail: takami\_koseki@eng.sanki.co.jp)<sup>3)</sup> (独) 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門

(〒305-8569 つくば市小野川 16-1, E-mail: takahiro\_murakami@aist.go.jp)4)

#### 概要

下水汚泥燃焼システムのブラッシュアップシステムとして、圧力下で下水汚泥を燃焼し、その燃焼排ガスで過給機を駆動させ、過給機で発生した圧縮空気を燃焼空気とするプロセスを実用化させた。今回は実証運転結果について報告する。過給式流動炉と過給機を組み合わせたシステムは問題なく稼働し、ブロワ類は不要となる。また、従来気泡流動炉よりも、N2O排出量が削減でき、幅広い低負荷運転に適用できることが分かった。

キーワード:流動床、過給機、下水汚泥、電力削減

# 1. はじめに

下水道の普及拡充に伴い発生する汚泥は年々増加 し、その多くが脱水後焼却処理されている。脱水汚泥の 焼却炉としては流動床式焼却炉が主流であり、全国で 稼働している約280基の焼却炉の内、80%を流動床式 焼却炉が占めている。

流動床式焼却炉(以下、過給式流動炉と区別するため気泡流動炉とする)は、高温砂が炉内に多量に存在しているため、脱水汚泥等の高含水廃棄物を焼却処分する焼却炉として非常に優れている。しかし、多量の砂を流動させるために多くの電力を必要とし、また脱水汚泥の含水率が高いが故に多くの補助燃料を必要とするなどデメリットもある。

そこで、我々は加圧式の気泡流動炉と過給機を組み 合わせた脱水汚泥からのエネルギー回収システムFig.1 を提案し<sup>1-3</sup>、脱水汚泥の燃焼特性や過給機の運転特 性について研究開発を行ってきた。本稿では、実用化 に向けた実証設備の運転結果について報告する。



#### Fig.1: Flow chart of Fluidized Bed Incinerator with the turbocharger

# 2. 開発システムの特徴とメリット

#### 2.1 特徴

本システムは従来の焼却設備と比べて 2 つの大きな 特徴がある。

①過給機出口圧力を概ね 0.10MPa・G 以上、最大で も 0.3MPa・G 程度とし、通常の運転では過給式流動炉 内を 0.10~0.20MPa・G 程度に保ちながら燃焼を行う。

②燃焼排ガスの持つ圧力エネルギーで過給機を駆動することで圧縮空気が生み出され、それを燃焼空気として利用する。

#### 2.2 メリット

気泡流動炉に比べて以下のメリットがある。

①加圧下で燃焼するため、誘引ファンが不要

②燃焼排ガスで過給機タービンを駆動して、燃焼空 気を圧縮するため流動ブロワが不要

→①, ②により消費電力が半減

③脱水汚泥中の水分により、燃焼排ガス量が多くなるため、炉で必要な燃焼空気(流動空気)以外に利用可能な余剰空気が発生

④加圧下で燃焼を行うため、燃焼速度が速くなり、高 密度燃焼が可能

⑤加圧下での燃焼であるため、燃焼ガス密度が大き くなり、炉および集塵機の内容積が1/3~1/2になる

以上のメリットから、下水汚泥のような高含水廃棄物 の焼却に最適であるという気泡流動炉の良さは残したま ま、省エネルギー・創エネルギーシステムが実現でき、 地球温暖化防止に貢献できる。

# 3. 実証設備

実証設備は北海道・長万部終末処理場内に建設し、 実用化に向けた検証運転を行っている。実証設備の外 観を Fig.2 にフローを Fig.3 に示す。実証設備は、過給 式流動炉、空気予熱器、集塵機、過給機から構成され る。この他、燃料供給装置、汚泥供給用の一軸ねじ式 ポンプ、オイルガン等の付属品がある。



Fig.2: Photo and location of the pilot plant at Osyamanbe, Hokkaido, Japan



Fig.3: Flow chart of the pilot plant

過給式流動炉において、加圧下で脱水汚泥を燃焼させる。加圧効果により酸素分圧が高くなり、燃焼速度は 速くなる。また、ガス密度が大きくなるため、従来の気泡 流動炉に比べて排ガス容積が 1/3 程度(炉内圧力を 0.2MPa・G で運転する場合)となることから炉本体を小型 化することができる。

# 4. 実験概要

#### 4.1 目的

過給式流動炉と過給機を組み合わせたシステムが成 立することを実証し、燃焼特性および低負荷運転への 適応性について検証を行う。

# 4.2 運転方法

実証設備の立ち上げは、従来同様に起動用ブロワを 運転し、始動用バーナにより砂層上部から加熱し昇温 する。砂層温度が 550℃以上に達してから、オイルガン を着火し所定の温度まで炉内を昇温する。尚、始動用 バーナは徐々に燃料を減らして消火する。炉内の圧力 が上昇したら、起動用ブロワを停止して昇温が完了する。 この時点で、過給機は自立運転状態となる。自立運転 確立後に、汚泥供給ポンプにより脱水汚泥を供給す る。

### 4.3 運転条件

脱水汚泥を定格の180kg-wet/hで供給し、加圧下に おける燃焼運転を行った。脱水汚泥の性状を Table.1 に示す。

		0 0
水分	86.1	%
強熱減量	87.2	dry%
高位発熱量	20.3	MJ/kg-dry
低位発熱量	18.8	MJ/kg-dry
С	44.9	dry%
Н	6.7	dry%
Ο	26.4	dry%
Ν	8.2	dry%
S	1.05	dry%

Table.1: Characteristics of Sewage Sludge

# 5. 結果と考察 4-6)

#### 5.1 システムの実証と基礎的な燃焼特性の検証

連続運転時の炉内温度、圧力および汚泥、重油供給量変化をFig.4 に、その時の排ガス性状変化をFig.5 に示す。



Fig.4: Temperature, pressure, feed rate and oil rate of pilot plant

砂層温度は 750℃程度で安定しており、フリーボード 温度(FB 温度)も 850℃に達して安定している。また、炉 出口の排ガス温度(800~850℃)および圧力(80~ 95kPa・G)共に非常に安定している。燃焼空気量の変動 もなく、過給式流動炉と過給機を組み合わせたシステム において送風動力、吸気動力無しで安定運転できるこ とが確認できた。

実証設備では使用している小型過給機の特性上、圧

力が制限されること、また炉本体、空気予熱器および集 塵機等の放熱量が大きく、運転圧力は 100kPa・G 程度 となっている。実機では過給機が大型化し、集塵機の 断熱能力アップやダクトの短縮化によって容易に放熱 量を低減することができるため、圧力を 200kPa・ G(0.2MPa・G)とすることが可能である。



Fig.5: NOx, N<sub>2</sub>O and CO of pilot plant

排ガス性状については、炉出口温度が 800℃を下回 るときに CO 濃度が若干高くなっているが、800℃以上 では 50ppm 以下で推移している。また、N<sub>2</sub>O 濃度は NOx 濃度とトレードオフの関係が見られ、CO 濃度と正 の相関があることが分かる。経過時間 600min 以降で、 炉内温度(砂層温度(3)=砂層直上部温度)が少し上昇 したときに N<sub>2</sub>O 濃度が急激に減少していることから炉内 温度に依存していることも確認された。

炉内温度分布を見ると、砂層の直上部の温度(砂層 温度(3))が最も高温となっており、従来の気泡流動炉と 比較して燃焼速度が速いことも確認された。

#### 5.2 低負荷運転への適用性

実際の焼却設備において、稼働直後は定格処理量 に満たない量の脱水汚泥を焼却することがあるため、汚 泥の供給量を絞って低負荷試験を行った。

負荷量を 180kg-wet/h から 110kg-wet/h まで下げた ときの炉内温度、圧力変化を Fig.6 に、その時の排ガス 性状変化を Fig.7 に示す。



Fig.6: Temperature, pressure, feed rate and oil rate of pilot
plant during low feeding

Fig.6 に示すように経過時間 80min~150min の間、汚

泥供給量を定格量の180kg-wet/hから110kg-wet/h(負 荷率 61%)に絞って運転を行った。負荷低下に追随して 排ガス量および燃焼空気量も低下した。過給機におけ る駆動エネルギー減少により、圧縮空気(燃焼空気)の 圧力も降下したが、Fig.7 に示す排ガス中の CO 濃度か らも分かるように不完全燃焼は見られない。

従来の気泡流動炉で低負荷運転を行う際、その負荷 に見合う燃焼空気量に流量調整しようとしても、すなわ ち流量を絞ろうとしても、砂層部の砂を流動させるため に必要な空気量が決まっているために、ある一定流量 以下には燃焼空気量を下げられない。したがって、ある 負荷率以下で砂を流動させながら運転を行う場合は、 空気過剰となって、その結果砂層部の温度低下→熱量 を補うために補助燃料使用量を増やすという非常に効 率の悪い運転を強いられていた。開発したシステムでは、 負荷が下がっても、運転圧力を調整することで炉に供 給される燃焼空気流量を適正な量に調整することがで きる。圧力調整によって、炉内のガス流速を常に一定に 保つことができるので空気過剰になることもなく、低負荷 運転時にも定格運転時と同じ燃焼効率で運転すること が可能となる。



Fig.7: NOx, N<sub>2</sub>O and CO of pilot plant during low feeding

# 6. まとめ

炉内温度および系内圧力は非常に安定しており、送 風動力(流動ブロワ)および吸気動力(誘引ファン)のない システムが問題なく運転できることを確認した。また、排 ガス性状も従来の気泡流動炉と同等であり、N<sub>2</sub>O 排出 量については、従来の気泡流動炉よりも低減されること が確認できた。

実証設備の運転圧力程度でも過給機が自立し、流動ブロワと誘引ファンが不要であることから、消費電力は従来の気泡流動炉の半分程度となる。

今回の実証試験により、本システムが脱水汚泥焼却 に十分適用可能であることが確認できた。今後は、さら にシステムの信頼性向上を図るべく、最適な制御方法 の確立を目指し、本システムの普及を図りたい。

### [参考文献]

- 長沢英和ら:下水汚泥を想定した加圧燃焼に於ける運転特性, 第42回下水道研究発表会,pp.1065-1067 (2005)
- 長沢英和ら:下水汚泥の加圧状態における燃焼特性,第43
   回下水道研究発表会, pp.965-967 (2006)
- 長沢英和ら:加圧流動燃焼設備の実証運転,第44回下水道研究発表会, pp.841-843 (2007)
- 4)長沢英和ら:加圧流動層による下水汚泥焼却炉の開発,第12
   回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム,pp.247-252
   (2006)
- 5) 長沢英和ら:加圧流動層による下水汚泥焼却炉の開発(第 2 報),第 13 回流動化・粒子プロセッシングシンポジウム, pp.281-286 (2007)
- 6) 山本隆文ら:加圧流動汚泥燃焼設備の実証運転,土木技術, Vol.62, No.11, pp.38-44 (2007)