

# 循環式流動汚泥焼却炉に関する研究

## 1. 研究の目的

濃縮脱水後の汚泥処理には、効率的な減容化手段として焼却処理が多く用いられており、その多くの焼却炉には流動焼却炉（以下「気泡式流動炉」という。）が採用されている。しかしながら、近年、汚泥の集約処理工程における汚泥性状の変化に追従する燃焼性の向上、し渣と沈砂の混合焼却時の混合率向上、省エネルギーおよび省スペースのさらなる向上等の要望が多く、また、汚泥の高カロリー化対応の必要性も、高くなってきている。このような状況から、気泡式流動炉をさらに進化させた次世代型焼却炉として、循環式流動汚泥焼却炉（以下「循環式流動炉」という。）による新技術の研究が必要となってきた。本研究では、これらを受けて、循環式流動炉に関する検討項目、検討手段、設計時の留意事項等について研究し、循環型流動炉の導入に関する基本的方針を示した技術資料の作成を目的とする。

## 2. 研究体制

本研究は、財団法人下水道新技術推進機構と、(株)荏原製作所、川崎重工業(株)、(株)クボタ、(株)神戸製鋼所、三機工業(株)、日本鋼管(株)、住友重機械工業(株)、(株)タクマ、中外炉工業(株)、月島機械(株)、日本ガイシ(株)、三菱重工業(株)、計12社との共同で実施した。

## 3. 研究内容

循環式流動炉の導入実績は、まだ数基程度と多くなく、またその稼働時間も1～2年程度である。しかし、ここ数年来、パイロットプラント等での実験データは、多く発表されてきている。そこで、これまでに得られているデータを整理し、設計諸元の根拠を明確化するとともに、運転性能、維持管理性、耐久性等について設計基準化し、実装置の計画・設計のための「技術資料」を作成する。研究フローを図-1に示す。

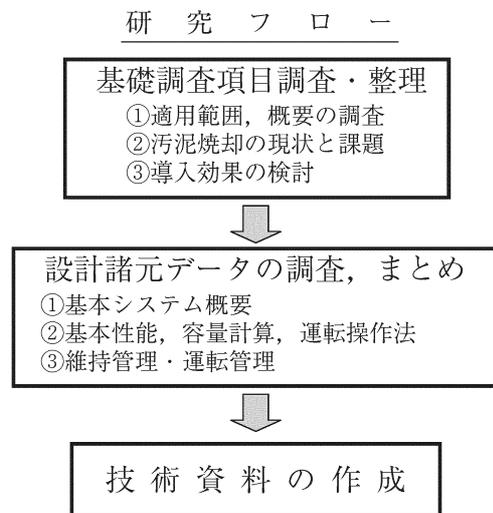


図-1 研究フロー

## 4. 技術概要

循環式流動炉は、空塔速度を気泡式に比べ数倍に高め、流動媒体を循環させることにより、気固接触特性が優れ高い燃焼効率が得られる。

したがって、長所として、炉内温度分布が均一であり燃焼安定性に優れる、設備がコンパクトである、動力が小さい等の点が挙げられるが、流動媒体の循環や未燃焼ガスの逆流防止のための機構（ループシール等）が複雑になる等の課題がある。

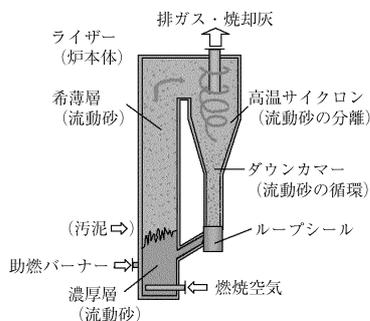


図-2 循環式流動炉の構造

## 5. 研究報告

### 5.1 汚泥処理・処分の状況

図-3 に下水汚泥の処理状況の変遷、図-4 に発生する下水汚泥の最終処理性状の変遷を示す。平成8年度と平成12年度を比較すると、汚泥の処分形態は埋立処分から有効利用へ移り、平成12年度の内訳では有効利用60%、埋立処分37%となっている。また最終処理性状としては、焼却灰の割合が増加し平成12年度では発生汚泥量の79%を占めており、汚泥焼却が汚泥の減量化・安定化を行う方法として最も有効な処理方法として採用され、焼却灰は建設資材利用等に有効利用されていると言える。

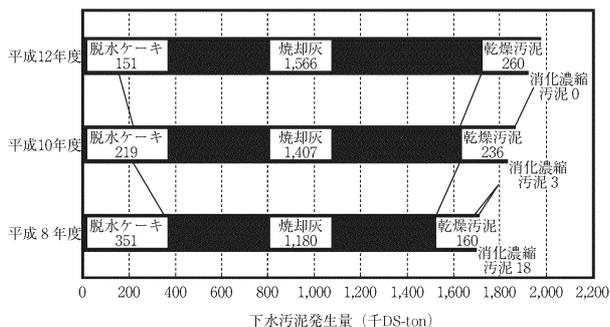


図-3 下水汚泥の処理状況

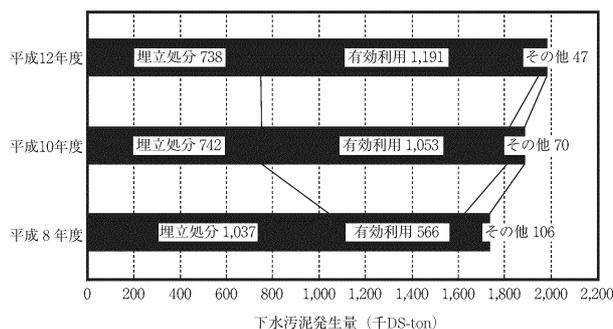


図-4 下水汚泥の最終処理性状

### 5.2 気泡式流動炉の現状調査

平成11年度現在、焼却炉の設置状況は、流動焼却炉（気泡式流動炉）が72%を占めている。今回焼却処理の現状を把握するため、気泡式流動炉を保有する自治体112処理場（複数保有あり）を対象として、気泡式流動炉の能力別、運転開始年別、およびし渣混焼率等についてアンケート調査を行った。

#### (1) 気泡式流動炉の能力別集計

図-5 に全国の気泡式流動炉の処理能力別集計結果を示す。

30~50t/日および50~100t/日規模の炉が最も多く、両者を合わせると約60%弱となる。一方、大都市では汚泥の集約処理が進んできており、200~300t/日の大型炉の設置が目立ってきている。

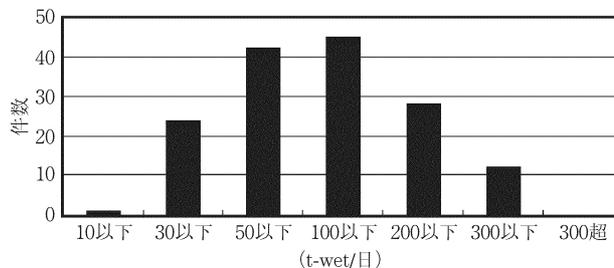


図-5 気泡式流動炉処理能力別集計

#### (2) 気泡式流動炉の運転開始年別集計

現在稼働中の気泡式流動炉のうち、設置後既に10年以上経過している炉が多い。図-6 に気泡式流動汚泥焼却炉の運転開始年別集計結果を示す。全体の約40%弱が1990年以前に設置されたものであり、運転開始後10年以上が経過している炉である。これらの炉の更新を視野に入れた老朽化対策が今後必要となるものと考えられる。

#### (3) し渣および沈砂混焼について

図-7 にし渣・沈砂混焼実施状況、図-8 に混焼割合を示す。これらのグラフから、し渣・沈砂の混

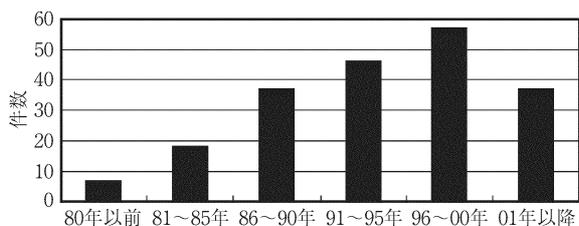


図-6 気泡式流動炉運転開始年別集計

焼を行っている炉は全体の約1/3で、混焼比率は5%以下のケースがほとんどであることがわかる。

混焼割合がこのような低く留まっている一因として、負荷変動により燃焼が不安定になることや、運転管理上煩雑となることがあると思われる。

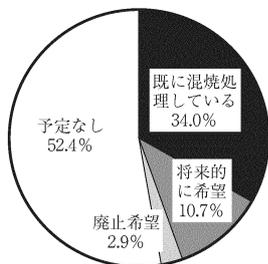


図-7 し渣・沈砂混焼実施状況

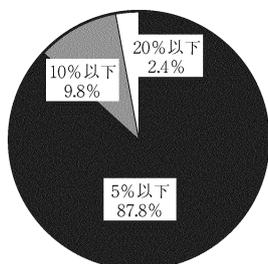


図-8 し渣・沈砂混焼割合

(4) 汚泥含水率および汚泥有機物比の変動について

図-9に汚泥含水率の変動幅を、図-10に汚泥有機物比の集計結果を示す。焼却対象汚泥の含水率変動幅が±2%を超えるケースが76.1%、有機物比変動幅が±5%を超えるケースが65.9%と高い結果となった。このように変動幅の大きい汚泥を、安定して焼却処理することが現在の焼却炉に求められている。

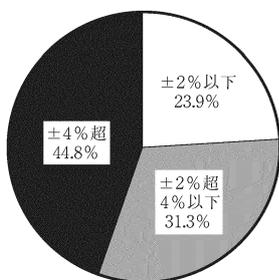


図-9 汚泥含水率の変動幅

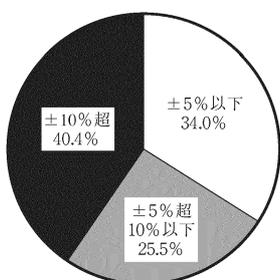


図-10 汚泥有機物比

### 5.3 循環式流動汚泥焼却炉の導入効果

5.2 気泡式流動汚泥焼却炉の現状調査結果を踏まえ、循環式流動汚泥焼却炉の導入効果についてケーススタディ等を実施し整理した。

(1) 運転操作面の導入効果

(負荷や性状の変動に強く、混焼比率が高い)

・循環式流動炉は炉に投入される脱水汚泥の入熱変動に対し、十分な熱量を持った流動媒体が炉内全体を循環するため、図-11に示す均一な温度分布が得られる。このため処理対象物に負荷、性状変動があってもその影響を受けにくく、温度制御が容易である。

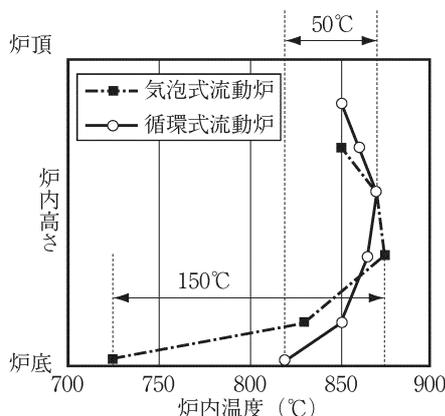


図-11 炉内高さ方向の温度分布の一例

・し渣は脱水汚泥とは燃焼特性が異なり一般に性状が不均一で発熱量が高く、低比重のため浮遊燃焼を引き起こしやすいなどの特性があり、かつ定量供給も難しい。このようなし渣を脱水汚泥と混焼すると、投入物の性状を不安定にし安定燃焼を損ねるため、混合比率に制限がある。運転実績からは気泡式流動炉でのし渣混焼率は5%以下がほとんどであるが、循環式流動炉では、し渣混焼による投入物の燃焼特性に変動があっても、炉内温度差がつきにくく、安定した排ガス性状も得られるため、混焼比率を30%程度まで高くとることができる。

表-1にし渣混焼率に関する運転実績を示す。

表-1 し渣混焼率に関する運転実績

形式	処理規模	し渣混焼率 (実績)
気泡式流動炉	30t/日~300t/日	5%以下がほとんど
循環式流動炉	B処理場 (10t/日)	約30%以下
	D処理場 (36t/日)	約20%以下
	F処理場 (70t/日)	約30%以下
	G処理場 (90t/日)	約10%以下

(2) プラント性能面の導入効果

(排ガス性状の安定とブロー動力の低減)

- ・気泡式流動炉では、脱水汚泥の投入開始時やし渣混焼時に起こりがちな燃焼の追従性の欠如により、炉内温度が変動し排出される有害ガス濃度に変動、悪化する場合がある。循環式流動炉では、運転制御性に優れ炉内全体を高温に維持しやすいため、このような炉況変化に対しても安定した排ガス性状が得られる。図-12に燃焼の安定性の比較(し渣混焼時)を示す。

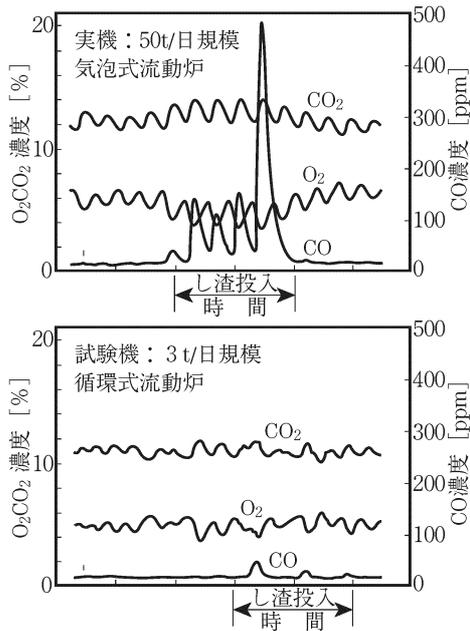


図-12 燃焼の安定性の比較

- ・循環式流動炉では、気泡式流動炉に比較し、炉内での流動媒体量が少なく、循環に必要な圧力損失が小さくできるため、流動ブローの動力低減が可能である。また、流動ブローを1次空気ブローと2次空気ブローに分割することで、2次空気は、炉側壁から吹き込めるため、さらに2次空気ブローの圧力損失は小さくすみ動力低減効果を大きく出来る。この結果、ブロー単体では約30%の動力削減が可能となり、設備全体では所要動力を約10%削減できる。

ケーススタディによるブロー総合動力に関する比較を表-2に、設備全体での消費動力の比較を図-13に示す。

(3) 建設面の導入効果

(炉廻り設置面積の省スペース化、現場工期の短縮が図れる)

- ・循環式流動炉では、気泡式流動炉に比較し炉内の

表-2 ブロー総合動力に関する比較

規模	気泡式流動炉	循環式流動炉
30t/日	45kW	36kW
50t/日	75kW	53kW
150t/日	200kW	136kW

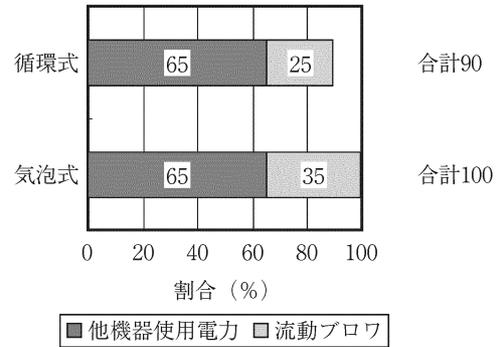


図-13 設備全体での消費動力の比較

ガス速度が速く、脱水汚泥の面積負荷が大きくとれ、炉本体の径(ライザー部)は約半分以下とコンパクトとなるため、炉廻りの省スペース化(炉廻り設置面積で約80%程度)が可能となる。ケーススタディにより表-3に省スペース化の比較(50t/日規模)を示す。

表-3 省スペース化の比較(50t/日規模)

項目	気泡式流動炉	循環式流動炉
炉の内径	3.5m	1.4m
高さ	14m	19m
総重量比(含流動砂)	100とする	85
炉廻り面積	80m <sup>2</sup>	60m <sup>2</sup>

- ・循環式流動炉では、気泡式流動炉に比較し炉径が半分程度ですみ据付重量が軽減できる。また、製缶および耐火物施工は現地ノックダウンが主体となる気泡式流動炉に比較し、循環式流動炉は車載可能な一定規模の場合、炉の各部分をユニット化し耐火物まで工場でプレハブ施工して現地搬入ができる。このため、現地はボルト組み立て作業の簡単なものとなり、現場据付工期を短縮でき品質も確保しやすい。したがって、現場工期を短縮する必要性のある焼却炉の更新工事などでは有利となる。

図-14に現場工期短縮の比較を示す。

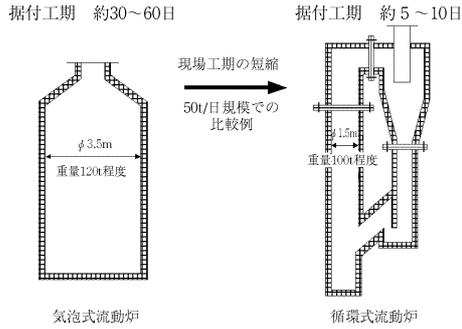


図-14 現場工期短縮の比較

## 6. 技術資料の構成

### 第1章 総則

- 第1節 基本事項
- 第2節 流動汚泥焼却炉の原理と構造
- 第3節 循環式流動汚泥焼却炉の特徴
- 第4節 用語の定義

### 第2章 汚泥焼却の概要

- 第1節 汚泥焼却処理の現状
- 第2節 気泡式流動汚泥焼却炉の現状と課題

### 第3章 循環式流動汚泥焼却炉の導入効果と留意点

- 第1節 循環式流動汚泥焼却炉の導入効果
- 第2節 循環式流動汚泥焼却炉導入における留意点

## 第4章 循環式流動汚泥焼却炉の設計上の基本事項

- 第1節 基本システムの概要
- 第2節 循環式流動汚泥焼却炉の設計諸元
- 第3節 容量計算
- 第4節 運転操作

## 第5章 維持管理

- 第1節 維持管理
- 第2節 関連法規

## 資料編

1. 汚泥焼却炉容量計算
2. ケーススタディ
3. 循環式流動汚泥焼却炉の導入例
4. 技術紹介
5. 資料の問い合わせ先

### ●この研究を行ったのは

研究第二部長  
 研究第二部主任研究員  
 研究第二部研究員  
 研究第二部研究員

高相 恒人  
 篠岡 賢進  
 馬上 英機  
 井上 毅

### ●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長  
 研究第二部主任研究員  
 研究第二部研究員  
 研究第二部研究員

高相 恒人  
 篠岡 賢進  
 渡邊 健治  
 井上 毅