

大阪北東地域・兵庫地域 溶融プロセス効率化に関する 基礎調査

1. はじめに

日本下水道事業団では、下水汚泥を長期的・広域的な観点から処理・処分方式を検討し、近畿圏の4エースセンターで下水汚泥広域処理事業（エースプラン）を開始している。

このうち大阪北東及び兵庫西エースセンターでは、溶融方式としてコークスベッド方式溶融プロセスが採用されている。

供用開始後の運転経過は順調で、処理性能も安定しているが、溶融の熱源であるコークスは用役費の約45%を占めており、費用項目の中で最大の比率を占めている。

このため、コークスベッド方式の特徴を活かしつつ、かつ用役費の低減を図る方法について検討した結果、炉投入汚泥を極力乾燥させて、汚泥の保有熱量を活用するのが有効であると考えられた。

そのため、平成4年、5年度の2ケ年で、溶融炉内で汚泥の発熱量を直接に活用する方式（粉末汚泥羽口吹き込み方式）に炉を改造し、実証実験により運転の安定性、コークス使用量の減少に伴う経済性の向上について調査を行った。

2. 調査概要

2.1 平成4年度調査

平成4年度は、基礎調査として試験炉（2t-DS/日）において、大阪北東エースセンター汚泥を用い、本プロセス（粉末汚泥羽口吹き込み方式溶融プロセス）の、①コークス比¹⁾の把握、②スケールアップ因子の把握などの調査を行った。

この結果、従来型コークスベッド方式溶融プロセスに比べ性能向上が図られ、かつコークス消費量を削減できる可能性を確認することができた。

コークス比¹⁾=乾燥汚泥1 tonの処理に必要なコークス量 (kg)

2.2 平成5年度調査

平成5年度は、前年度データを基に、大阪北東エースセンター溶融設備（10t-DS/日）を用いて、

- ① 経済性
- ② 排ガス量
- ③ 飛散ダスト濃度
- ④ 物質・熱収支
- ⑤ 安定運転性
- ⑥ 過乾燥汚泥のハンドリング性
- ⑦ 環境影響項目

について確認するための実証実験を実施した。

また、これらの実証実験結果を基に、大阪北東エースセンターに本プロセスを採用した場合のシステム設計及び経済性評価の検討を行った。

3. 実証実験概要

3.1 粉末汚泥羽口吹き込み方式溶融プロセスの原理

粉末汚泥羽口吹き込み（コークスベッド内吹き込み）方式は、コークスベッド方式溶融プロセスの特徴である溶融処理安定性を活かし、更に汚泥の持つ発熱量を積極的に溶融に活用するため、高炉の微粉炭吹き込み技術を応用し、開発されたものである。

汚泥水分5%、粒度1mm以下80%以上の乾燥汚泥は、搬送空気とともに図3.1に示すコークスベッド中間部に設けた燃焼空間に吹き込まれる。

吹き込まれた汚泥中の可燃分は、コークスベッド部の輻射熱により安定燃焼し、汚泥中の灰分は溶融スラグ化する。

溶融スラグはコークスベッド層下部でさらに加熱され、炉外に円滑に排出される。

コークスベッド層上部でダストを捕集された後の燃焼排ガスは、炉上部の2次燃焼ゾーンで完全燃焼される。

3.2 粉末汚泥羽口吹き込み方式溶融プロセスの特徴

- (1) コークスベッド内に汚泥を吹き込むため、汚泥の発熱量を溶融に有効に利用できる。
- (2) ほぼ絶乾状態の汚泥を吹き込むため、水の影響を無視できる。
- (3) 汚泥の定量供給ができ、炉内圧力変動が少なくなる。
- (4) 高温のコークスベッド層を通過するために、燃焼（ガス化）、溶融（スラグ化）が確実に行われる。
- (5) 既設設備を改造する場合は、コークス削減分の排ガス量だけ汚泥の消費量を増やすことが可能である。

3.3 実証実験フロー

実証実験フローとしては、図3.2に示す既設設備に新たに汚泥を更に乾燥、貯留及び供給する設備（実証実験設備）を付加するとともに、既設炉のコークスベッド部を吹き込み方式炉に取り替えたものである。

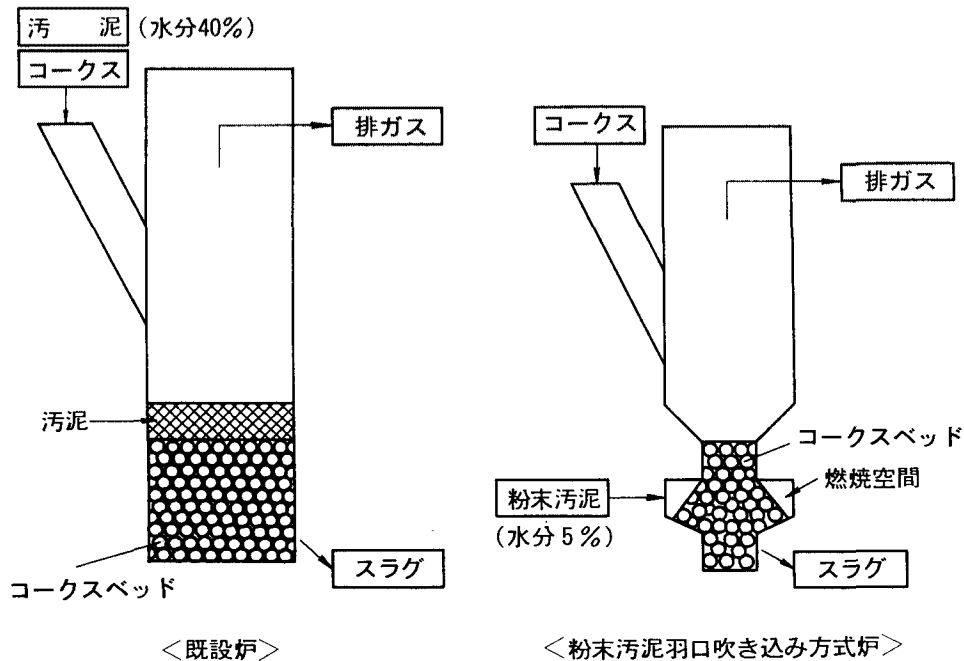


図3.1 溶融炉概念図

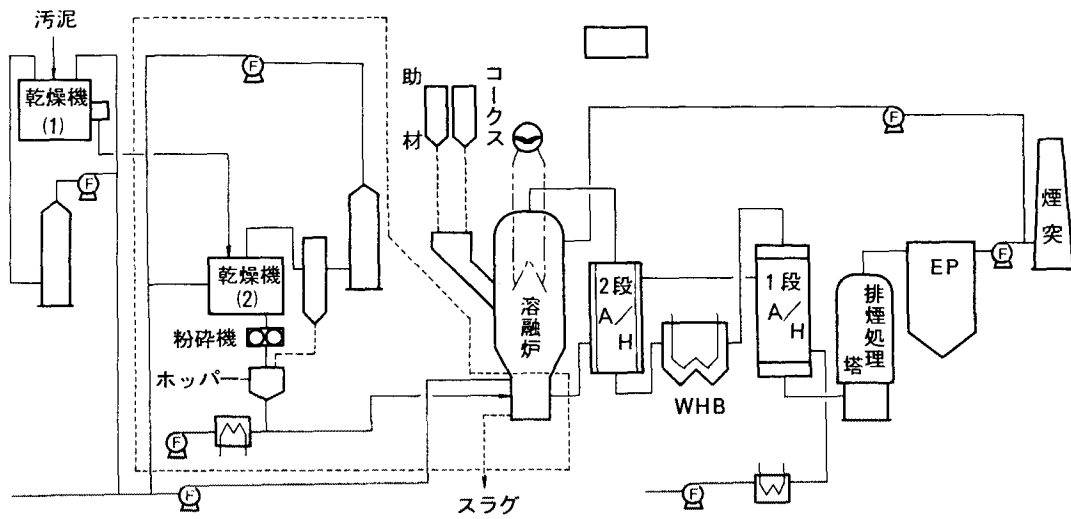


図3.2 実証実験フロー

4. 実証実験結果

4.1 供試汚泥

供試汚泥としては、石灰系、高分子系の混合汚泥及び高分子系汚泥を使用した。

4.2 実証実験炉の付帯設備の性能把握

実証炉の前処理設備としての乾燥装置、粉碎装置、貯留ホッパー、定量供給装置について性能把握を行い、計画値通りの性能を確認することができた。

4.3 実証実験結果

4.3.1 経済性

(1) コークス比

実証実験の結果、コークス比は平成4年度の試験炉で得た結果と同様に、汚泥量を増加させることにより減少する相関関係を得た。

図4.1に汚泥量とコークス比との関係を示す。

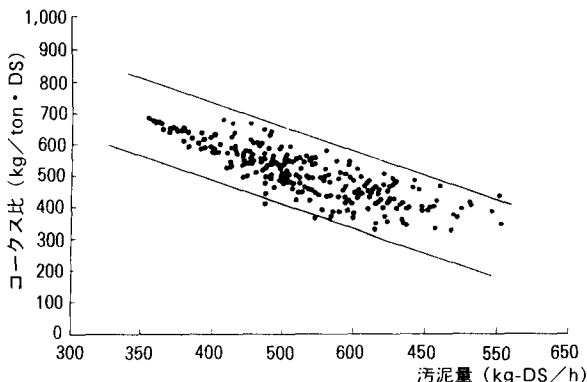


図4.1 汚泥量とコークス比との関係

実証試験で処理した汚泥量は、約500kg-D S/h (12ton-DS/日)と既存プラント能力に比べ最大で1.2倍の処理ができる結果を得た。

また、コークス比については既設炉の実績値に対して約5～35%削減できる可能性が確認できた。

表4.1に、実証実験炉と既設炉とのコークス比の比較結果を示す。

表4.1 実証実験炉と既設炉とのコークス比の比較

(kg/DS ton)

	既設炉 実績コークス比	実証実験炉 コークス比
混合汚泥	494	15～35%削減
高分子汚泥		5～20%削減

既設炉実績コークス比は、平成4年度の実績値である。

(2) 設備全体の用役費

表4.2に実証実験炉と既設炉とのユーティリティー費の比較結果を示す。

使用電力量は、既設炉実績値とはほぼ同程度であった。

表4.2 実証実験炉と既設炉とのユーティリティーの比較

	既設炉	実証炉		実証炉	
	(平成4年度実績値)	(混合汚泥性能時)		(高分子汚泥性能時)	
	原単位	使用量	原単位	使用量	原単位
ケーキ処理量	—	2.497t/h	石灰 0.780t/h 高分子 1.717t/h	2.259t/h	高分子 2.259t/h
コークス	494kg/ton-DS	172kg/h	351kg/ton-DS	178kg/h	373kg/ton-DS
石灰石	70kg/ton-DS	66kg/h	135kg/ton-DS	76kg/h	159kg/ton-DS
砕石	51kg/ton-DS	38kg/h	78kg/ton-DS	20kg/h	42kg/ton-DS
電力	701kwh/ton-DS	346kwh	707kwh/ton-DS	351kwh	736kwh/ton-DS

4.3.2 排ガス量

表4.3に実証実験炉と既設炉との排ガス量の比較結果を示す。

実証実験時の汚泥量当たりの排ガス量を既設炉実績値と比較すると、約80～85%に低減できることが確認できた。

表4.3 実証実験炉と既設炉との排ガス量の比較
(Nm³/kgDS)

	既設炉排ガス量	実証炉排ガス量
混合汚泥	11.2	9.3

4.3.3 飛散ダスト濃度

飛散ダスト濃度は、既設炉実績値と同程度の結果を得た。

4.3.4 物質・熱収支

今回新たに設置した乾燥機の消費蒸気熱量としては、全プロセス発生蒸気熱量の10%以下であり、既設プロセスで有効に活用されていなかった余剰蒸気熱量を利用して汚泥の乾燥が可能であった。

4.3.5 安定運転性

連続運転日数は既設炉と同程度であった。

4.3.6 過乾燥汚泥のハンドリング性

粉末汚泥羽口吹き込み方式においては、汚泥を水分5%とほぼ絶乾状態まで乾燥させる必要があるため、特に乾燥系で発火の危険性が懸念される。

これに対し、乾燥系に酸素濃度の低いガス（リサイクル排ガスO₂濃度6～8%）を導入して、乾燥循環ガス中の酸素濃度を常に15%以下にすることにより、安全性を確保することができた。

また、汚泥の搬送についても、空気の温度を150℃以下に管理することにより、安全性を確保するこ

とができた。

また、汚泥の搬送についても、空気の温度を150℃以下に管理することにより、安全性を確保することができた。

4.3.7 環境影響項目

(1) 大気

ダスト、NO_x、SO_x、HC₁濃度は、既設炉と同程度であった。

(2) 水質

① 混合汚泥性能試験時

BOD、SS、Hg、Znなどは、既設炉と同程度であった。

② 高分子汚泥性能試験時

BOD、Hg、Znなどは、既設炉と同程度であった。

③ スラッグ溶出試験

分析の結果、混合汚泥（石灰汚泥と高分子汚泥）性能試験時、高分子汚泥単独性能試験時とも全ての項目について検出限界以下であり、無害化が確認できた。

5. システム設計

平成4年度試験炉での調査結果及び平成5年度実証実験で得られた結果を使用し、実設備を想定したシステム設計を行った。

5.1 システム設計の前提条件

5.1.1 設計諸元

システム設計を行うための能力、汚泥性状等を次のように設定した。

汚泥処理能力 : 15ton-DS/日×1基
処理汚泥性状 : 高分子脱水ケーキ

脱水ケーキ性状：表5.1に示す。
 コークス比 : 400kg/ton-DS
 コークス使用量 : 250kg/h
 コークス発熱量 : 7000kcal/kg-DS
 コークス灰分 : 10.5wt%

表5.1 脱水ケーキ性状

含水率		82.7%
固形分		17.3%
固形分中の可燃分		79.9%
固形分中の灰分		20.1%
高位発熱量		4,250Kcal/kgDS
灰分組成	CaO	7.9%
	SiO ₂	31.1%

5.2 乾燥方式の提案

実証実験では、既設の乾燥機（ディスク型）で水分約40%に乾燥した汚泥を実証用に追加設置した乾燥機（ディスク型）で水分約5%に乾燥した後、破砕する乾燥方式を用いた。

システム設計を行うにあたり、採用可能な乾燥方式を比較検討し、今回の前提条件下で最も適してい

るとされる同じ蒸気による間接加熱型の流動乾燥方式を提案した。

流動乾燥方式を用いたシステム設計の基本フローを図5.1に示す。

5.3 用役費

システム設計計算結果より従来方式（40%水分汚泥溶融方式）と本システム（5%水分粉末汚泥吹き込み溶融方式）との用役費の比較を15t-DS/日規模で行った結果、本システムは従来方式より約6%程度減少する試算を得た。

6. まとめ

平成4年度までの試験炉（2t-DS/日）でのデータを基に、コークス消費量の削減の可能性と処理の安定性等を実証炉（10t-DS/日）で調査した。

その結果、試験炉で得られたコークス消費量50%削減と比較して既設炉の実績値に対して、5%~35%削減できる可能性がある。

他の処理の安定性等については既設炉と同程度の値が確認された。

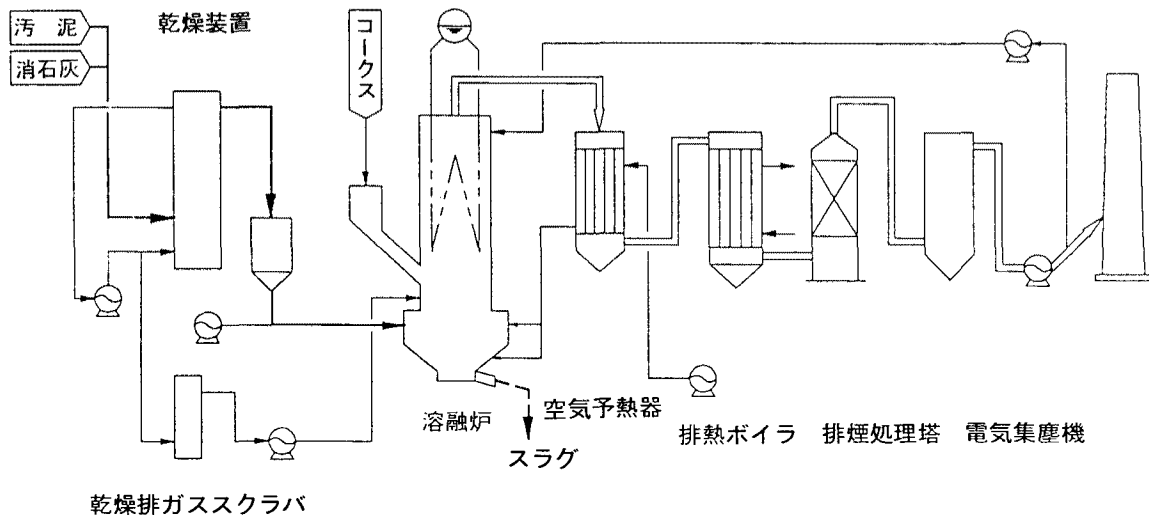


図5.1 システム設計の基本フロー

● この研究に関する問い合わせは 技術部長 村上 忠弘
 研究第二部主任研究員 赤石 進
 研究第二部研究員 浦川 与作