

# 車載式高効率汚泥乾燥設備 の実用化研究

## 1. はじめに

中・小規模下水処理場における単独の汚泥処理は、施設の稼働率や維持管理費を考慮すると、特に初期段階では経済的でないことが多い。また、石川県七尾市鹿島地区では、維持管理費に占める汚泥処分費の割合が年々高くなる傾向にあることから脱水ケーキの効率的な処理・処分が急務となっている。

本技術は、図-1に示すように下水処理の脱水ケーキをガスタービン発電機の廃熱を利用し、乾燥、成形し、脱水ケーキの減容化、乾燥汚泥の多目的利用を図るものである。

また、本技術は、従来の乾燥炉のように熱風発生炉を使うことなく、かつ、外部からの電源を必要としない独立型の乾燥システムであり、本乾燥設備をトラックに搭載することにより複数の小規模下水処理場を巡回して乾燥処理が可能となり、効率的な運用が図れる。

## 2. 研究内容

### 2.1 研究項目

本実用化研究は、平成9年度～平成11年度の3年にわたって実施するものであり、全体の研究項目は、以下の通りである。

- ① 発電機排ガス利用による乾燥効率、集塵機での乾燥排ガスの脱臭効果
- ② 設備のコンパクト化
- ③ 乾燥汚泥の活性炭添加による脱臭効果
- ④ 総合エネルギー効率の確認
- ⑤ 乾燥汚泥の品質と有効利用用途の検討

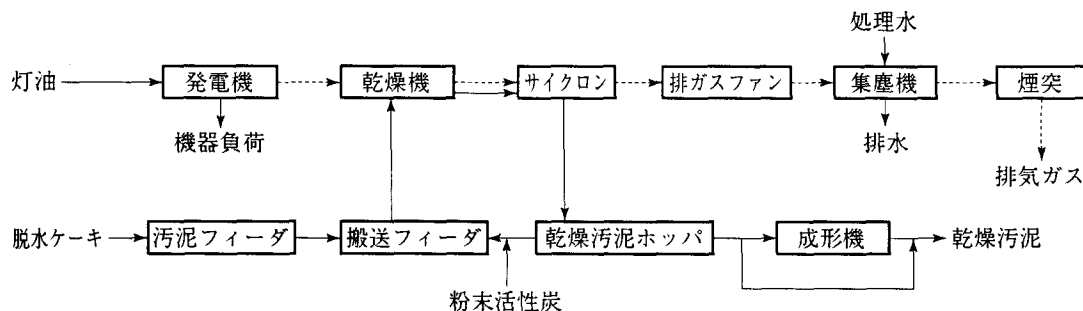


図-1 対象技術のフロー

## 2.2 研究工程

本実用化研究の全体研究工程を表-1以下に示す。

表-1 全体研究工程

項目	平成9年度	平成10年度	平成11年度
各プロセス評価	—		
プラント設計	—		
プラント製作		—	
実証実験			—
性能評価			—
評価検討			—
報告書作成			—

## 3. 研究結果

本年度は、現地（七尾市西部水質管理センター）で小規模実験機（50kg/h）を使用し、各プロセスの検討、評価を行うため、また実汚泥での実現可能な見通しを得るために確認実験を行った。

### 3.1 研究工程及び内容

- ・表-2に本年度の実施した研究経緯を示す。
- ・実験は、現地で小規模実験機を使用し10~11月に実汚泥により行った。
- ・調査内容は、以下の基礎データを得ることを中心に実施し、これらの結果をふまえ実証実験機の設計諸元を設定した。
  - ① 実汚泥での物熱収支を測定し、エネルギー効率の検討をする。
  - ② 乾燥排ガス性状を調査し、排ガス中の有害物と公害対策、臭気に関する検討をする。
  - ③ 乾燥汚泥性状を調査し、肥料や固形化燃料のための基礎データを得る。
  - ④ 乾燥汚泥循環量、解砕機回転数等の運転操作上の最適化のためのデータを得る。
  - ⑤ 今回の実験結果をもとに、想定ランニングコストを試算する。

表-2 本年度研究工程

項目	平成9年												平成10年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
小規模実験機調査計画															
現地実験 成形実験															
まとめ															

## 3.2 小規模実験機の概要

小規模実験機は、図-2の基本フローに示すように、実証実験機（400kg/h）の1/8程度の50kg/hの処理規模とし、排ガス処理はバグフィルターとスクラバー方式の性能比較ができるよう並列に組み込んだ設備である。

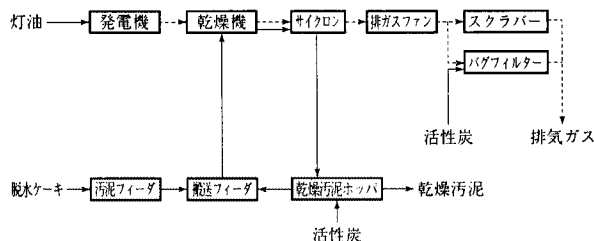


図-2 小規模実験機基本フロー

### 3.3 研究結果

#### (1) 物熱収支とエネルギー効率

50kg/h運転時の物熱収支を図-3に示す。乾燥機へ投入されるケーキ含水率は、乾燥汚泥循環量が多いため、処理脱水ケーキ（含水率87%）は大量の乾燥汚泥と混合され20%以下となり、最終の乾燥汚泥ケーキ含水率は15%となった。

また、最終乾燥ケーキ含水率は、水分が高いと乾燥機や搬送フィーダでのケーシング等への付着が起るため、20%以下とする必要があった。

エネルギー効率は、図-4に示すように実証実験機で想定されるエネルギー収支と比較すると、実証実験機の想定効率を上回る結果であり、実証実験機での熱収支に問題がないことを確認した。

乾燥機の熱容量係数は、乾燥汚泥の循環量の増大効果により約8,000kcal/m³h℃と大きく、実証実験機のコンパクト化につながると考えられる。

#### (2) 乾燥排ガス中の有害物と公害対策

実証実験機の灯油使用量は、40 l/hであるため大気汚染防止法の規制対象外であるが、同法の規制対象物であるダスト、SOx、NOxについて湿式のスクラバーと乾式のバグフィルター方式での処理効果を調査した結果を表-3に示す。

この結果、バグフィルター方式はスクラバー方式よりダスト濃度が低いが、SOx、NOxは大差なかった。また、両方式とも処理後の各成分濃度は規制値以下であった。

#### (3) 臭気に関する検討

スクラバー方式とバグフィルター方式の処理後の排ガス臭気成分及び臭気濃度を表-4に示す。

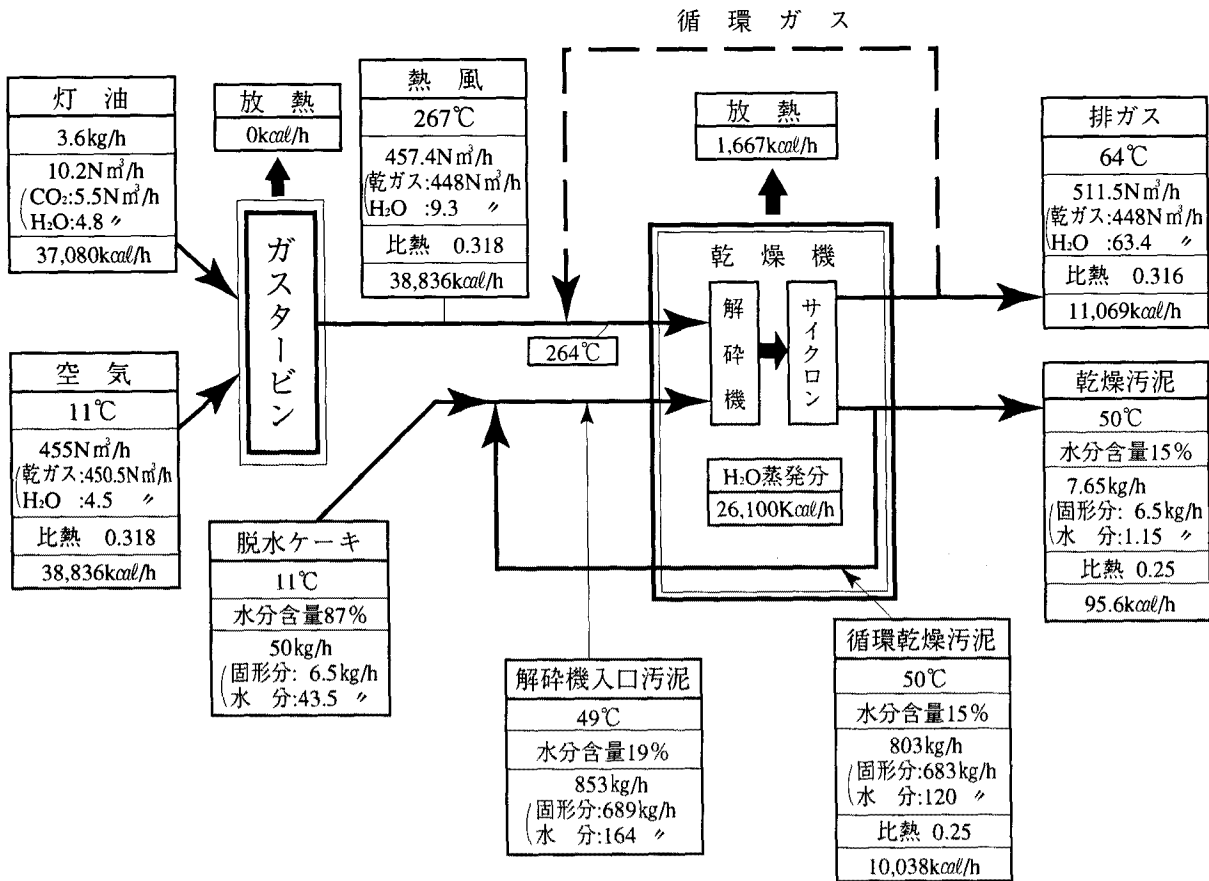


図-3 小規模実験機 (50kg/h) における物熱収支

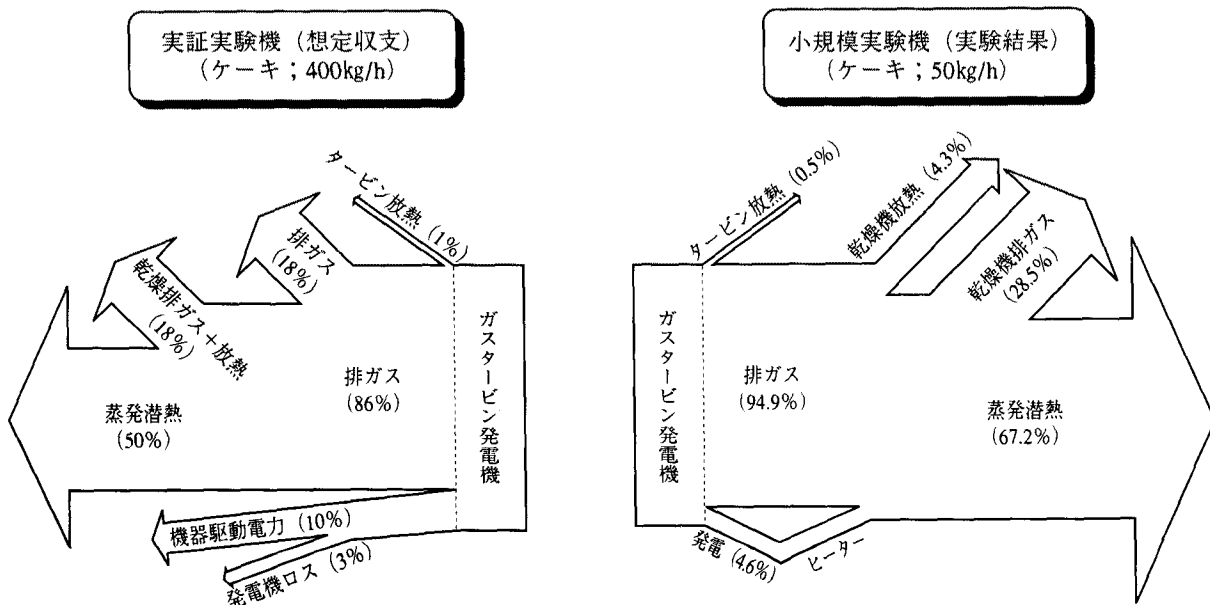


図-4 実証実験機と小規模実験機のエネルギー収支図

表-3 排ガス処理後の有害成分濃度

成分濃度		ダスト濃度 (g/m <sup>3</sup> N)	SO <sub>x</sub> 濃度 (ppm)	SO <sub>x</sub> 排出量 (m <sup>3</sup> N/h)	NO <sub>x</sub> 濃度 (ppm)	O <sub>3</sub> 濃度 (%)
法規制値		0.5		0.67 (K=17.5)	250	
スクラバー方式による	活性炭無添加 (L/G=20)	0.131	1.4	0.0002	432	20
	活性炭添加 (L/G=20)	0.358	1.4	0.0002	425	19.9
	活性炭添加 (L/G=10)	0.116	1.5	0.0004	549	19.8
バグフィルター方式 活性炭添加 (ろ過速度1m/分)		0.004	1.5	0.0004	722	19.6

(注記) ・スクラバー方式の活性炭添加率は、固形物当たり5%である。  
 ・バグフィルター活性炭添加率は、1.0kg/m<sup>2</sup> (フィルターろ過面積) である。

この結果、スクラバー方式では、洗浄水量 (L/G) を多くすることにより脱臭効果が向上し、臭気濃度200以下が期待できることがわかった。

一方、バグフィルター方式は、スクラバー方式に比べて、水溶性物質のアンモニアが除去されにくいいため、スクラバー方式より脱臭効果が劣ると考えられる。

また、この場合の処理ガス臭気濃度は、悪臭防止法の規制値 (臭気濃度=690) を満足する値である。

表-4 臭気成分及び臭気濃度

	規制値 臭気濃度 2.5	原臭	スクラバー方式		バグフィルター方式	
			(L/G=10) 活性炭添加 DS比5%	(L/G=20) 活性炭無添加	活性炭 0.5kg/m <sup>2</sup>	活性炭 1.0kg/m <sup>2</sup>
臭気濃度		1,700	980	174	720	410
臭気指数		32	30	22	29	26
アンモニア	1.0		24.6	0.18	83.9	
メチルメルカプタン	0.002		0.0023	0.0022	0.0021	
硫化水素	0.02		0.012	ND	0.098	
硫化メチル	0.01		0.06	0.051	0.051	
プロピオン酸	0.03		0.42	0.0016	0.071	
n-酪酸	0.001		0.069	0.0009	0.015	
アセトアルデヒド	0.05		ND	ND	ND	

(4) 乾燥汚泥の性状

【成形機試験】

ディスクダイ式の成形機 (孔径5mm) を使用した、汚泥含水率と処理能力、圧壊強度、落下強度の関係を図-5に示す。

成形物の強度は、乾燥汚泥含水率10~20%で最も優れ軸方向の圧壊強度40~60kg/cm<sup>2</sup>を示した。処理能力は、含水率10~30%の範囲で安定した。

なお、含水率30%以上の成形物では1週間保存でカビが発生した。

【脱臭剤の比較】

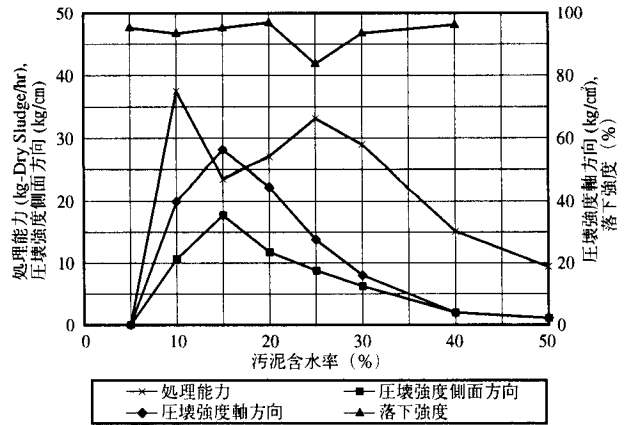


図-5 汚泥含水率と処理能力、圧壊強度、落下強度

乾燥汚泥に脱臭 (活性炭) 剤を添加し、活性炭種類ごとの臭気濃度を測定した結果を図-6に示す。安価な中国炭が良い脱臭効果が得られ、約2%添加以上であり変わらない結果となった。

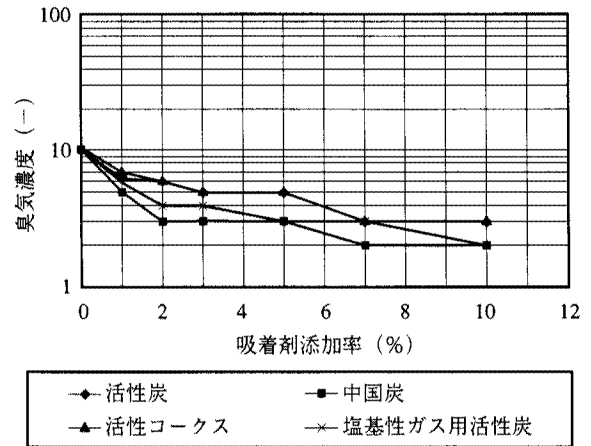


図-6 脱臭剤添加率と臭気濃度

【生成物の性状】

活性炭無添加の乾燥汚泥の成分分析結果を表-5に示す。

下水汚泥肥料としての推奨項目は、ほとんど満たしており十分に施肥効果が期待できる。また、有害物質については、含有量、溶出試験とも基準値以内であった。

表-5 3mmφ成形物の性状 (活性炭無添加)

項目	基準値#	測定値
有機物 (乾物当り)	35%以上	79.9%
炭素-窒素化 (C/N化)	10以下	6.2
窒素全量 (乾物当り)	2%以上	5.09%
リン酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 全量 (乾物当り)	2%以上	4.17%
アルカリ分 (乾物当り)	25%以上	3.44%
水分 (乾物当り)	30%以上	17.8%
pH (-)	-	6.3
カリ (K <sub>2</sub> O) 全量 (乾物1kg当り)	-	3,620mg
高位発熱量	-	3,813kcal/kg

# [有機質肥料等品質保全研究会報告書] より下水汚泥肥料品質概要

【乾燥汚泥の粒度分布】

乾燥汚泥の粒度分布は、図-7に示すとおりであり、平均粒径としては750 $\mu$ mであった。

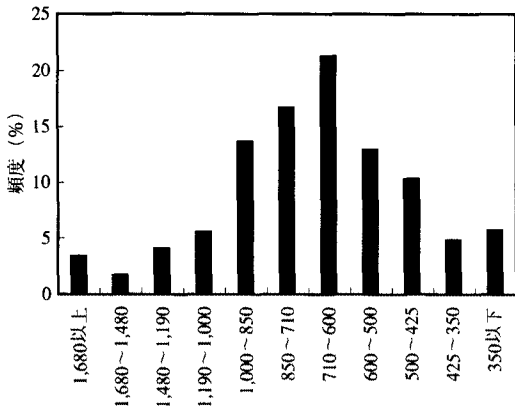


図-7 乾燥汚泥粒度分布 (μm)

(5) 運転操作上の最適化

【乾燥汚泥循環量】

図-8に示すように、乾燥汚泥循環量が増えると乾燥汚泥含水率が減少し、平均粒度も小さくなる傾向にある。

一方、循環量が大きくなると機器容量、駆動動力が過大となることから循環量は供給脱水ケーキ乾物比で100倍程度が適正と考えられる。

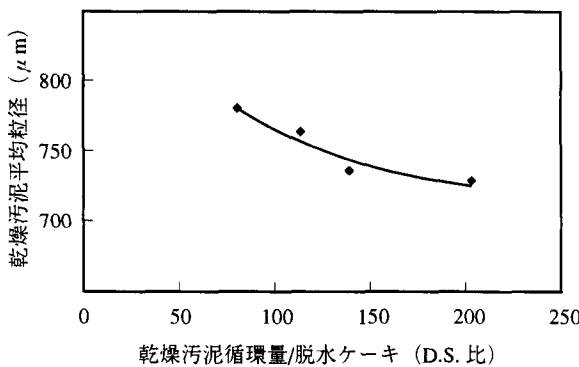
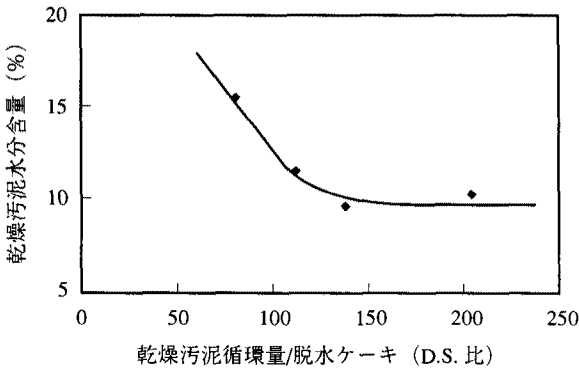


図-8 乾燥汚泥循環量の乾燥効率への影響

【解砕機回転数】

解砕機回転数は、乾燥汚泥循環量と同様、乾燥効率に寄与し、図-9に示すように回転数が高いと乾燥汚泥水分が減少する傾向にあり、300rpmが適正と考えられる。

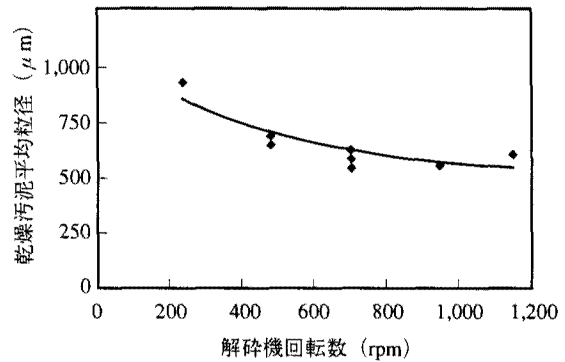
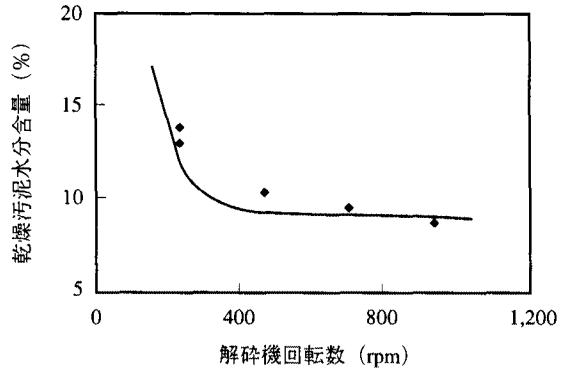


図-9 解砕機回転数の乾燥効率への影響

(6) 想定ランニングコスト (ユーティリティ費用) の試算

今回の小規模実験機からのデータでは、ランニングコストを正確に推定することができないが、乾燥汚泥の粉末活性炭による脱臭効果や、粉末活性炭のコスト低下傾向から判断して、当初計画ランニングコスト (脱水ケーキトン当たり約7,000円) を達成できる見通しである。

計算条件	処理脱水ケーキ量	400kg/h
	脱水ケーキ含水率	85%
	乾燥汚泥含水率	20%
	ガスタービン発電機灯油消費量	38kg/h
	活性炭添加率 (DS当たり)	10%
	灯油単価	40円/kg
	活性炭 (中国炭) 単価	80円/kg
コスト条件	(灯油代) 40円/kg × 38kg/h ÷ 400kg/h × 1,000 = 3,800円/ton	
	(活性炭費) 80円/kg × (1-0.85) × 0.1 × 1,000 = 1,200円/ton	
	合計	5,000円/ton

## (7) 実証実験機の設計条件

小規模実験機による試験結果から、実証実験機は以下のような設計条件とする。

汚泥処理量	400kg/h (ケーキ水分85%)
汚泥含水率	85% (83~87%)
乾燥汚泥含水率	15~25%
乾燥排ガス温度	約80℃
乾燥汚泥温度	70℃以下 (通常50~60℃)
乾燥用熱風温度	300℃以下
スクラバー排ガス温度	約50℃
発電機燃料	灯油
車台	トラック形式 (積載重量12ton, 車両重量20ton) 全巾2.5m×全長10m×全高3.8m

## 4. 今後の予定

今後の予定としては、前述した平成9年度の小規模実験機による調査結果に基づき、平成10年度に実証実験機(400kg/h)を制作して平成10年度、11年度で実証試験を行い、平成11年度末には一連の実験結果を報告書としてまとめる予定である。

---

●この研究に関する問い合わせは

研究第一部長	山根 昭
研究第一部主任研究員	横川 佳重
研究第一部研究員	木町 元康
研究第一部研究員	平野 裕司