

# 移動式汚泥脱水乾燥設備に関する 実用化評価研究 [上宝村]

## 1. 研究目的

農村山間地域においては小規模な下水処理場が点在しており、各処理場からの発生汚泥量も少ない。その多くは汚泥処理設備を持たず、大半が発生汚泥を廃棄物として業者委託処分しており、大都市域と比較すると汚泥有効利用割合も低い。しかし処分地確保の問題や処分費の年々の上昇、加えて平成8年の下水道法改正による汚泥の適切処理と減容化が求められて以来、大都市域における手法とは異なった、それぞれの地域特性に合わせた効率的な汚泥処理手法が強く求められているのが現状である。

岐阜県上宝村においては農業集落排水処理区を含め7箇所の処理場が計画されており、そのうち3箇所が稼働中である。しかし濃縮汚泥処分費の上昇傾向や処分地確保の問題から、効率的な汚泥処理が急務となっており、岐阜県吉城郡6町村からなる広域汚泥処理（焼却処理による建設資材化）が計画されている。

本研究はこうした背景を踏まえ、岐阜県上宝村の実状に合わせた汚泥処理方法として移動式汚泥脱水乾燥設備を取り上げ、その実用化研究を行ったものである。本設備は、巡回処理による乾燥汚泥生成システムであり、広域処理場までの輸送コストの削減や、今後のさらなる有効利用の可能性を広げるものである。

本研究の目的は、当システムによる本地域での設備性能、維持管理性等を評価し、実用化を目指すものである。移動式であることを踏まえた上で、所定の脱水・乾燥性能が安定した状態で確保でき、かつ周辺環境にも配慮した上での経済的な設備であることが性能目標である。

## 2. 研究内容

### 2.1 技術の概要

本設備の基本フローシートを図-1に示す。本プロセスの特徴は遠心薄膜乾燥機であり、これは立型円筒状の伝熱面に遠心力で汚泥を薄膜状に分散させ加熱蒸気を用いて乾燥させるものである。恒率乾燥域において約1, 2分で乾燥工程を終了させるため、本体がコンパクトになり、かつ起動停止時間も短時間で済み、車輛搭載および移動処理に有利である。

一方、遠心脱水機は乾燥機の前処理装置として位置付けられ、濃縮汚泥をほぼ液性限界内での脱水汚泥とし、後段の乾燥工程の効率化を図るものである。

本技術はこれらを組み合わせて一連の独立型システムとして6ton車輛（4WD）に搭載し、効率的な移動汚泥処理を可能にしたものである。なお乾燥用熱源として蒸気ボイラを搭載し、乾燥排ガス中の臭気成分はボイラにて熱分解させ、周辺環境への配慮を行っている。

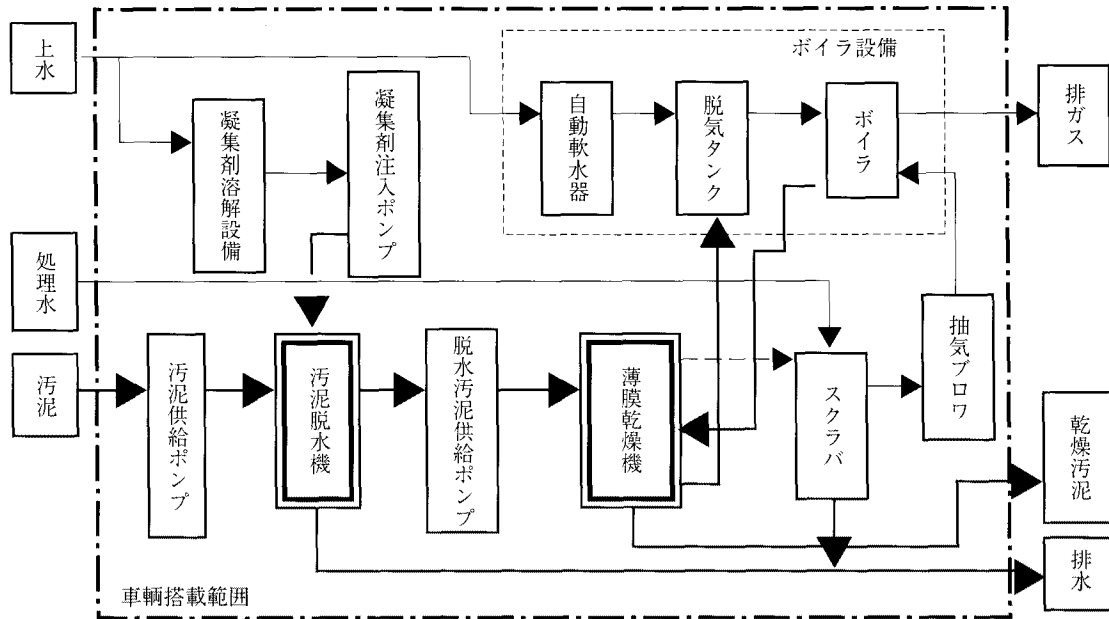


図-1 移動式汚泥脱水乾燥設備基本フロー

## 2.2 本技術の特徴

移動式汚泥脱水乾燥設備の特徴をまとめると以下の通りである。

- (1) 遠心脱水機+遠心薄膜乾燥機の組み合わせにより、発生汚泥を少量の凝集剤添加にて含水率約50%程度までに脱水・乾燥し、減容化できる。
- (2) 脱水乾燥設備一式をトラックにコンパクトに積載しており、複数の小規模下水処理場を1台の移動式脱水乾燥設備で巡回処理できるため、個別処理方式に比べ設備費を削減できる。また乾燥装置を搭載しているため、移動脱水車に比較し、より汚泥の減容化が可能であり、処理汚泥搬送費の低減化が図れる。
- (3) 脱水・乾燥系統が全て密閉されており、臭気はボイラによる燃焼脱臭を行うため、脱臭装置の搭載が不要である。
- (4) 機器駆動動力等はトラック搭載の発電機から供給するため、外部電力は不要である。

## 2.3 性能目標

### 2.3.1 乾燥性能・運転性能

- (1) 乾燥能力  
乾燥汚泥含水率50%（変動幅45～55%）を満足すること。
- (2) 運転の安定性（平成13年度検討項目）  
連続運転時の乾燥汚泥含水率の変動を把握し、連続運転時の安定性を評価する。含水率変動率は

は±10%以内とする。

- (3) 周辺環境への影響  
乾燥排ガスはボイラの燃焼空気として使用しており、この出口排ガス分析データが、法基準値以下であること。
- (4) 乾燥汚泥性状確認と有効利用の可能性調査  
含水率、重金属類、成分等の確認を行い、有効利用の可能性の評価を行う。
- (5) エネルギー効率  
物熱収支から本設備のエネルギー効率を評価する。エネルギー効率70%以上とし、乾燥機熱源である灯油消費量が8ℓ/h以下であること。

### 2.3.2 維持管理性

- (1) 運転操作性  
運転操作性は巡回式処理に支障のないこと。  
（起動停止時間が短いこと、また、操作因子が少ないこと等）
- (2) 保守管理性  
保守管理性は巡回式処理に支障のないこと。  
（点検項目、管理項目が少ないこと。あるいは容易であること）

### 2.3.3 経済性評価

移動式脱水設備に比較して総合的に経済的であること。また凝集剤消費量、燃料消費量、使用水量等を測定し、運転費用を試算すること。

### 3. 研究結果

#### 3.1 既往研究成果の調査

第608号民間開発技術審査証明報告書 遠心薄膜乾燥装置（平成7年4月）[日本下水道事業団] および平成9年度新技術活用モデル事業「下水汚泥濃縮乾燥技術の実用化研究」を踏まえ、ブレード材質等を改善した。

#### 3.2 福地浄化センター調査結果

##### 3.2.1 凝集剤添加率と脱水汚泥含水率

凝集剤添加率0.2～0.8%において脱水汚泥含水率は約90%であった（図-2参照）。一方、分離液状況から判断すると0.4%以上の添加率が望ましいとの結果を得た。本結果から、凝集剤添加率の多少の変動に対して脱水汚泥含水率は、大きく変化することなく、後段の乾燥機への負荷変動が少ないことが確認された。したがって、頻繁な添加率調整を行うことなく設備の安定運転が可能であると判断した。

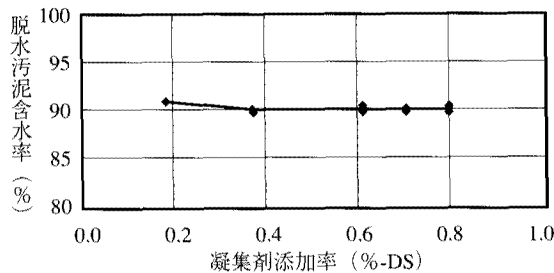


図-2 凝集剤添加率と脱水汚泥含水率

##### 3.2.2 汚泥供給量と脱水汚泥含水率

定格供給量の±20%の変動に対して、脱水汚泥含水率の変化は少なく、ほぼ一定の含水率が得られている（図-3参照）。したがって汚泥供給量の多少の変動に対して、安定した負荷を後段にかけることが可能である。なお、脱水機は複雑な差速制御等を行っておらず、3.2.1項の凝集剤添加率変動と考

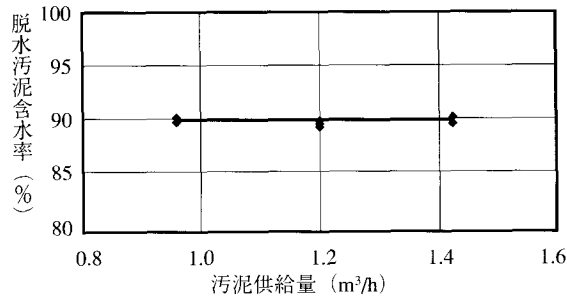


図-3 汚泥供給量と脱水汚泥含水率

え合わせると、操作し易い特性と言える。

##### 3.2.3 脱水汚泥供給量と乾燥汚泥含水率

汚泥供給量の増加に伴って、乾燥汚泥含水率は上昇し、その関係はほぼ直線的である。また、性能目標値である含水率50%は試験機処理能力の95kg/hで得られており、性能を満足する結果が得られている。一方これは、脱水汚泥供給量を可変することにより、乾燥汚泥含水率の制御も可能であることを意味している。

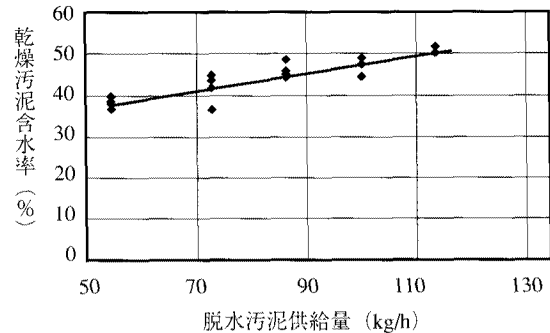


図-4 脱水汚泥供給量と乾燥汚泥含水率

##### 3.2.4 汚泥分析

原汚泥と乾燥汚泥の分析結果を表-1に示す。原汚泥含水率98.8%の汚泥が含水率51.1%の乾燥汚泥となり、約1/40に減容化される。

乾燥汚泥の成分分析では、肥料取締法におけるカドミウム、ヒ素、水銀は基準値以下であるが、銅、亜鉛はそれぞれ約200mg/kg、300mg/kgとやや高い値を示しており、施用に当たっては注意を要するものと考えられた。なお、土壤汚染に係る環境基準においては銅、亜鉛それぞれ125mg/kg、120mg/kgである。

本結果から、上記に留意した上での乾燥汚泥の緑農地還元は可能であると判断した。

##### 3.2.5 排ガス性状の分析結果

本設備のボイラ排ガスの分析結果を表-2に示す。いずれも悪臭防止法および大気汚染防止法の基準値以下であり、周辺環境に対して悪影響はないものとする。

##### 3.2.6 返流水の水質分析結果

本設備からの排水はスクラバ排水と脱水機分離液であり、その大半は脱水機より排出される分離液である。それぞれ以下のように試算し、現状の水処理負荷と比較した。

福地現状流入負荷

$$=452\text{m}^3/\text{日} \times \text{BOD}68\text{mg}/\ell \rightarrow 30.736\text{kg}/\text{日}$$

計画流入負荷

$$=323\text{m}^3/\text{日} \times 280\text{mg}/\ell \rightarrow 90.440\text{kg}/\text{日}$$

返流負荷

$$=1\text{m}^3/\text{h} \times 7\text{h}/\text{日} \times 560\text{mg}/\ell + 1.5\text{m}^3/\text{h} \times 7\text{h}/\text{日}$$

$$\times 7.8\text{mg}/\ell$$

$$\rightarrow 4,002\text{g}/\text{日}$$

$$\rightarrow 4\text{kg}/\text{日}$$

以上より返流負荷分が増加しても計画負荷値以下であり、水処理側への影響は小さいと考える。

### 3.2.7 物質収支・熱収支

本調査における物熱収支を図-5に示す。灯油消費量に対する乾燥機のエネルギー効率は84%であった。また灯油消費量は6.8ℓであり、性能目標値を満足することができた。なお、凝集剤の添加率は0.8%の設定であったが、運転中の濃度変動により、結果的に1.06%の添加率となった。

表-1 汚泥分析結果

項目	単位	原汚泥	乾燥汚泥	基準値
有機物	%	84.5	87.7	—
炭素-窒素比 (C/N比)	—		5.73	—
窒素全量	%		7.5	—
リン酸全量	%		1.6	—
カリ全量	%		0.29	—
アルカリ分	%		5.3	—
水分	%	98.8	51.1	—
pH	—	6.4	6.5	—
ひ素	mg/kg	9.1	9.4	50
カドミウム	mg/kg	<2	1.1	5
水銀	mg/kg	0.64	0.45	2
銅	mg/kg	200	220	(125※)
亜鉛	mg/kg	300	330	(120※)
硫化物イオン	mg/kg	1,700		—

※土壌の汚染に係わる環境基準

表-2 乾燥排ガス分析結果

	NH <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> N)	H <sub>2</sub> S (ppm)	ばいじん (g/m <sup>3</sup> N)	SO <sub>x</sub> (Nm <sup>3</sup> /h)	NO <sub>x</sub> (ppm)	臭気濃度 (—)
乾燥機出口	1,300	4.3				
スクラバ出口	16	4.0				
ボイラ出口	0.4	0.02未満	<0.009	2.4×10 <sup>-4</sup>	106	310
基準値	1~5以下	0.02~0.2以下	0.25	0.104	250	500

表-3 返流水水質分析結果

項目	単位	脱水機分離液	スクラバ排水
BOD	mg/ℓ	560	7.8
SS	mg/ℓ	210	7.8
アンモニア性窒素	mg/ℓ	87	3.2
排水量	m <sup>3</sup> /h	1	1.5

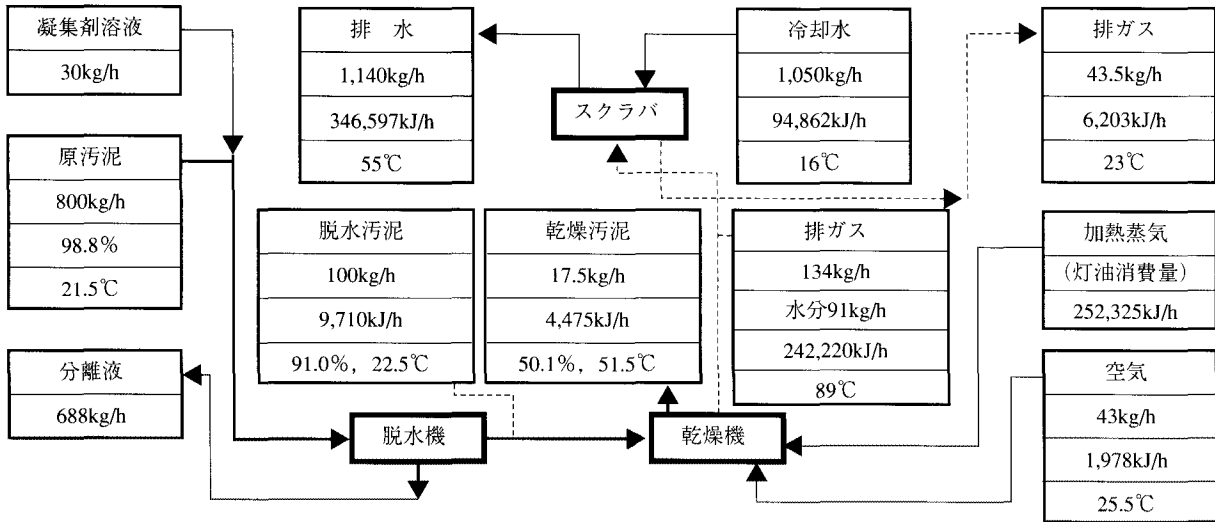


図-5 物熱収支図 (熱量は0°C基準)

表-4 ランニングコスト試算

	使用量	単価 (円)	金額 (円/h)
凝集剤	0.0984kg/h	1,500/kg	147.6
灯油	6.8 ℓ/h	40/ℓ	272
軽油	6.0 ℓ/h	80/ℓ	480
上水	1.05m <sup>3</sup> /h	70/m <sup>3</sup>	73.5
清缶剤	0.012kg/h	1,450/kg	17.6
合計			991

1m<sup>3</sup>当たりに試算すると991円/h/0.8m<sup>3</sup>/h=1,239円/m<sup>3</sup>

### 3.2.8 維持管理費

人件費を除く維持管理費の試算結果を表-4に示す。灯油、軽油、上水の各単価は上室村における単価であり、単位処理量当たりの処理費用は1,239円/m<sup>3</sup>との試算結果であった。

### 3.3 平湯浄化センター調査結果

平湯浄化センターにおいては実験開始時の汚泥含水率が92.14%と高いため、脱水機を使用せず、乾燥機に直接、汚泥を投入してデータを採取した。

#### 3.3.1 汚泥分析結果

乾燥汚泥分析の結果、ヒ素、カドミウムがそれぞれ、120mg/kg、5.7mg/kgと高く、基準値を上回っており、緑農地還元には不適であるとの結果を得た。また銅、亜鉛も高い値を示した。

#### 3.3.2 排ガス性状分析結果

分析結果は、表-2に示す福地浄化センターとはほぼ同様の排ガス性状(分析結果)であり、大気汚染

防止法および悪臭防止法の基準値以下である。

### 3.4 実設備への反映点

以上の調査結果等により、実設備への反映点を以下とした。

#### 3.4.1 冬期対応・凍結対策・結露対策

急勾配かつ狭小な道路状況および積雪時運用を配慮して、車両は4WD車とし、要所にはテープヒータによる凍結防止を図ることとした。なお、結露が懸念される箇所は防露施工とした。また、車輛軌跡図を描いて必要道路幅を確認すると共に、実車走行試験にて支障のないことを確認した。

なお、実設備の処理量は、1m<sup>3</sup>/h(10kg-DS/h)であり、6ton車(4WD)に一式が搭載される。

#### 3.4.2 運転操作性・保守管理性

汚泥処理設備が移動式の場合、設備起動停止時間の長短は、実稼働時間を制限するが、本試験にて確認した結果、それぞれ15分程度であり、設備運用計

画における制約にはならなかった。

また、日常点検項目は、機器電流値、聴音、触診等であり、高度な管理項目がなく、巡回処理に支障はないものと判断した。

### 3.4.3 補機仕様

高分子凝集剤の供給装置は使用頻度が少ないため、清掃作業の容易な簡易フィーダーを用いた手動溶解とし、構造の複雑な自動溶解装置の採用を控えた。

また、処理対象汚泥の濃度が高い場合には、乾燥機に直接、汚泥を投入して経済的な設備運用ができるよう汚泥投入シュートを設けた。また、乾燥汚泥袋詰め時の作業性を良好に保つべく、乾燥機の乾燥汚泥出口にはチョークバルブを設けた。

### 3.4.4 経済性評価

脱水処理まで行う移動式脱水設備との経済比較[建設費および維持管理費(平成16年)]においては、それぞれ概算金額にて移動式脱水設備が25.0百万円、脱水乾燥設備が24.6百万円と試算され、経済的であると判断した。

## 4. まとめと今後の予定

当移動式汚泥脱水乾燥設備から生成される乾燥汚泥は、約35～50km離れた焼却設備で処理され焼却灰の形でアスファルト用資材として利用される計画である。濃縮汚泥からの大幅な減容化は輸送コストを低減するばかりでなく、含水率約50%の乾燥汚泥は、今後の緑農地利用の可能性をも有している。(福地浄化センター汚泥)

当設備は、その容易な運転操作性および安定した脱水・乾燥性能から、濃縮設備までしか有しない複数の小規模処理場を巡回処理し、経済的な汚泥処理・有効利用を図るに適したシステムであると考えられる。

なお、平成13年度には実設備の稼働が予定されており、引続き乾燥性能、維持管理性等を調査し性能評価研究を行う予定である。

#### ●この研究を行ったのは

研究第一部長	江藤 隆
研究第一部主任研究員	鈴木 文雄
研究第一部研究員	川崎 貴義

#### ●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長	江藤 隆
研究第一部主任研究員	小野塚敏彦
研究第一部主任研究員	二階堂悦生