

# 脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、 燃料化技術実証研究

## 最終報告

月島機械（株）・サンエコサーマル（株）・日本下水道事業団・  
鹿沼市・（公財）鹿沼市農業公社共同研究体

1. 実証研究の概要
2. 自主研究
3. 普及展開
4. 火災事故について
5. ガイドライン変更案

# 1. 実証研究の概要

◇研究名称	脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化技術実証研究
◇実施期間	平成29年度（H29.8.22～H30.3.30）
◇実施者	月島機械（株）・サンエコサーマル（株）・日本下水道事業団・鹿沼市・ （公財）鹿沼市農業公社共同研究体
◇実証場所	栃木県鹿沼市黒川終末処理場
◇実証技術	<ul style="list-style-type: none"><li>○本技術は機内二液調質型遠心脱水機と産業・食品分野等で利用されている乾燥機（円環式気流乾燥機）を組合せた脱水乾燥システムである。</li><li>○脱水機から排出される汚泥性状（低付着性及び細粒状）に着目することで、加熱面における汚泥の付着対策を必要とする従来乾燥方式から脱却し、<u>構造及びシステムの簡素化により大幅な建設費、維持管理費の縮減を可能とした。</u></li><li>○また、同システムが有する乾燥汚泥含水率の調整機能により、<u>単一の設備において多様な有効利用の用途を確保することで持続可能な地域循環型社会の構築を実現する。</u></li></ul>
◇検証項目	脱水乾燥システムの <u>長期的な性能、維持管理性を評価する</u> 。また、発生する乾燥汚泥の肥料利用や燃料利用について、実際のエンドユーザーの視点から評価を行い、下水処理場から有効利用までのプロセスを実証する。

# 1. 実証事業の概要（実証フィールドの施設概要・処理フロー）

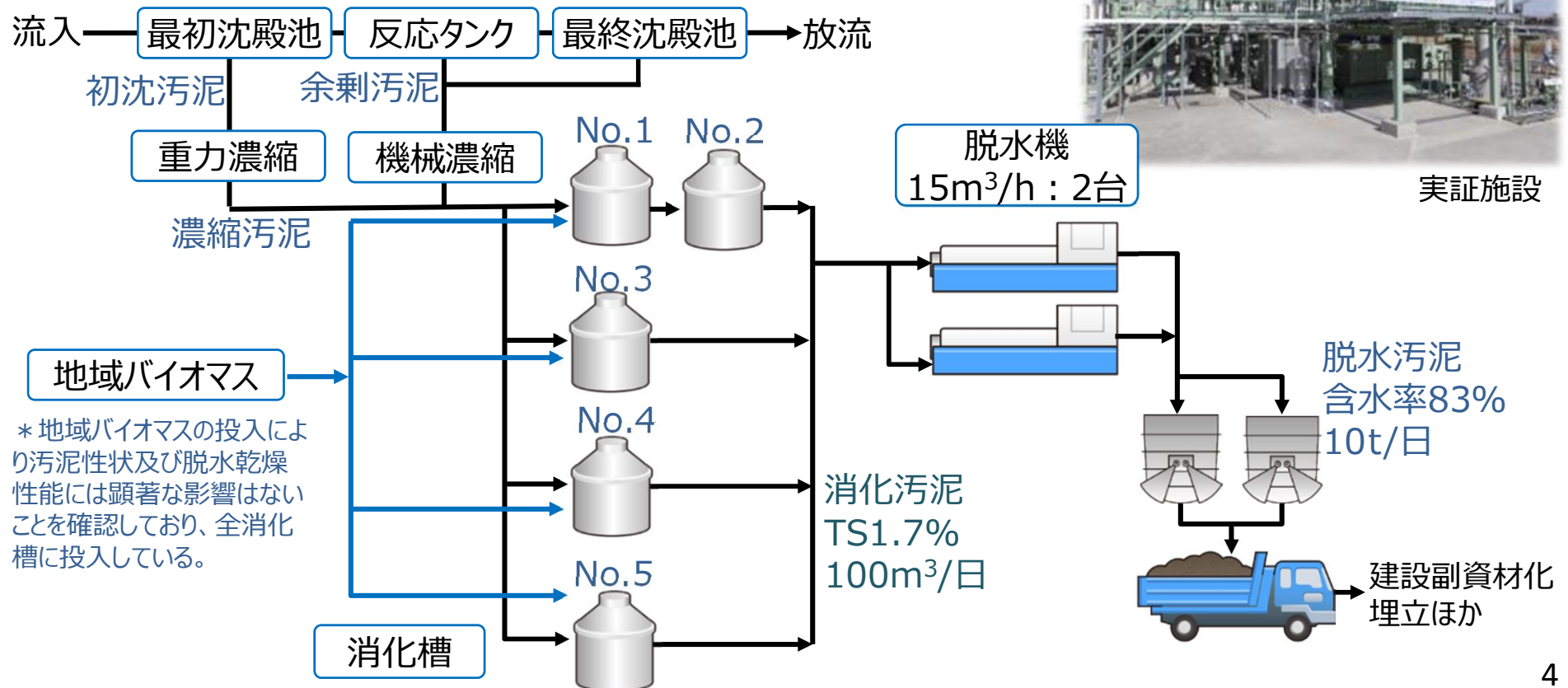
項目	内容
処理場名	鹿沼市黒川終末処理場
供用開始	昭和51年6月1日
現有水処理能力	34,000m <sup>3</sup> /日（日最大）
流入水量実績	29,260m <sup>3</sup> /日（日平均）（H28.3末現在）
水処理方式	標準活性汚泥法
汚泥処理方式	分離濃縮→消化→脱水→外部委託処分



栃木県における  
鹿沼市の位置



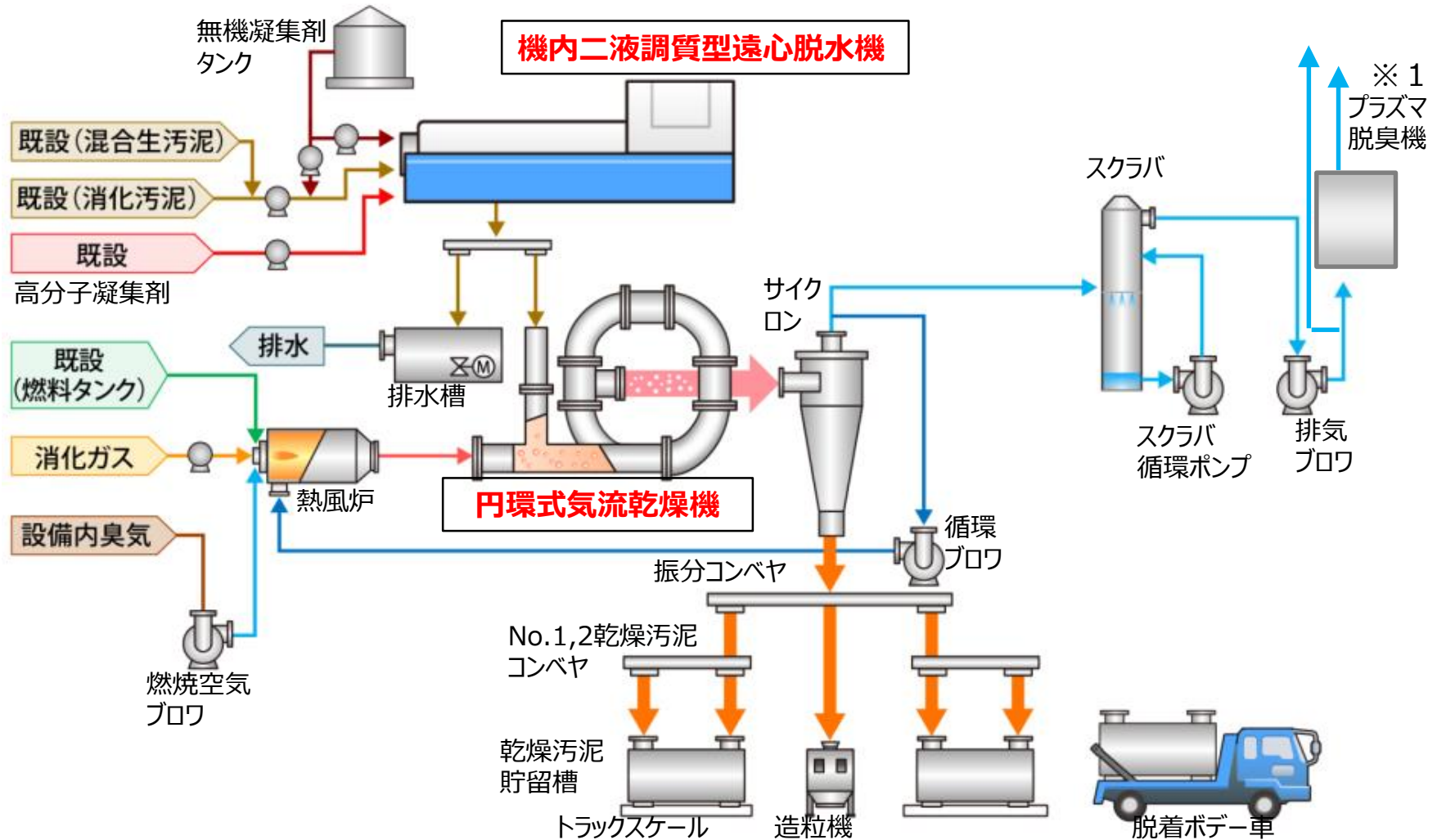
実証施設



# 1. 実証事業の概要（実証設備フロー）

◇実証設備フロー

特徴：熱風温度を変えるだけで乾燥汚泥含水率を10～50%に調整でき、汚泥の有効利用の四季変動需要への対応が可能。



※ 1：消化汚泥を対象とした場合、脱臭は必要ないことを確認しているが、混合生活污水の場合を想定し、脱臭設備を経由して大気開放するラインを設置する

※ 2：24時間稼働により、黒川終末処理場から発生する日平均汚泥量の全量进行处理することが可能

# 1. 実証事業の概要（革新的技術の特徴）

		従来技術 (脱水)	従来技術 (脱水+乾燥)	革新的技術 (脱水乾燥システム)
概要		水処理設備から発生する汚泥を脱水機にて脱水処理し、含水率80%程度の脱水汚泥として外部委託処理する。	水処理設備から発生する汚泥を脱水機にて脱水処理したうえで、乾燥機にて乾燥処理し、含水率20%程度の乾燥汚泥として有効利用する。	水処理設備から発生する汚泥を脱水乾燥システムにて乾燥処理し、含水率20%程度の乾燥汚泥として有効利用する。
プロセス		<p>水処理 → 汚泥 → 脱水機 → 脱水汚泥 含水率80% → 外部委託処理</p>	<p>水処理 → 汚泥 → 脱水機 → 脱水汚泥 含水率80% → 乾燥機 → 乾燥汚泥 含水率20% → 有効利用</p>	<p>水処理 → 汚泥 → 脱水乾燥システム → 乾燥汚泥 含水率20% → 有効利用</p>
コスト比較	建設	○ 脱水機のみであり、最も低い。	△ 脱水機及び乾燥機が必要。乾燥機には破碎機や汚泥貯留槽など機器点数も多いため、高い。	○ 脱水機および乾燥機が必要。乾燥機へコンベアから直接投入するなど機器点数が少ないため低い。
	維持管理	○ 脱水機のみであり、最も低い。	× 脱水機、乾燥機両方の維持管理費用が必要であり、高い。	○ 脱水機と乾燥機が一体式で機器点数が少ないため低い。
	汚泥処理	× 発生する脱水汚泥は全量外部委託処理であり、高い。	○ 汚泥が減容化でき、かつ有効利用可能であるため、低い。	◎ 汚泥が減容化でき、かつ有効利用可能であるため、低い。
汚泥有効利用		× 脱水汚泥では有効利用は困難	○ 乾燥汚泥含水率は採用する乾燥機により限定され、有効利用方法も限定される。	◎ 乾燥汚泥含水率が調整でき、多様な有効利用に対応できる。

## 2. 実証研究結果 H29 (②各種汚泥に対する性能評価)

消化汚泥

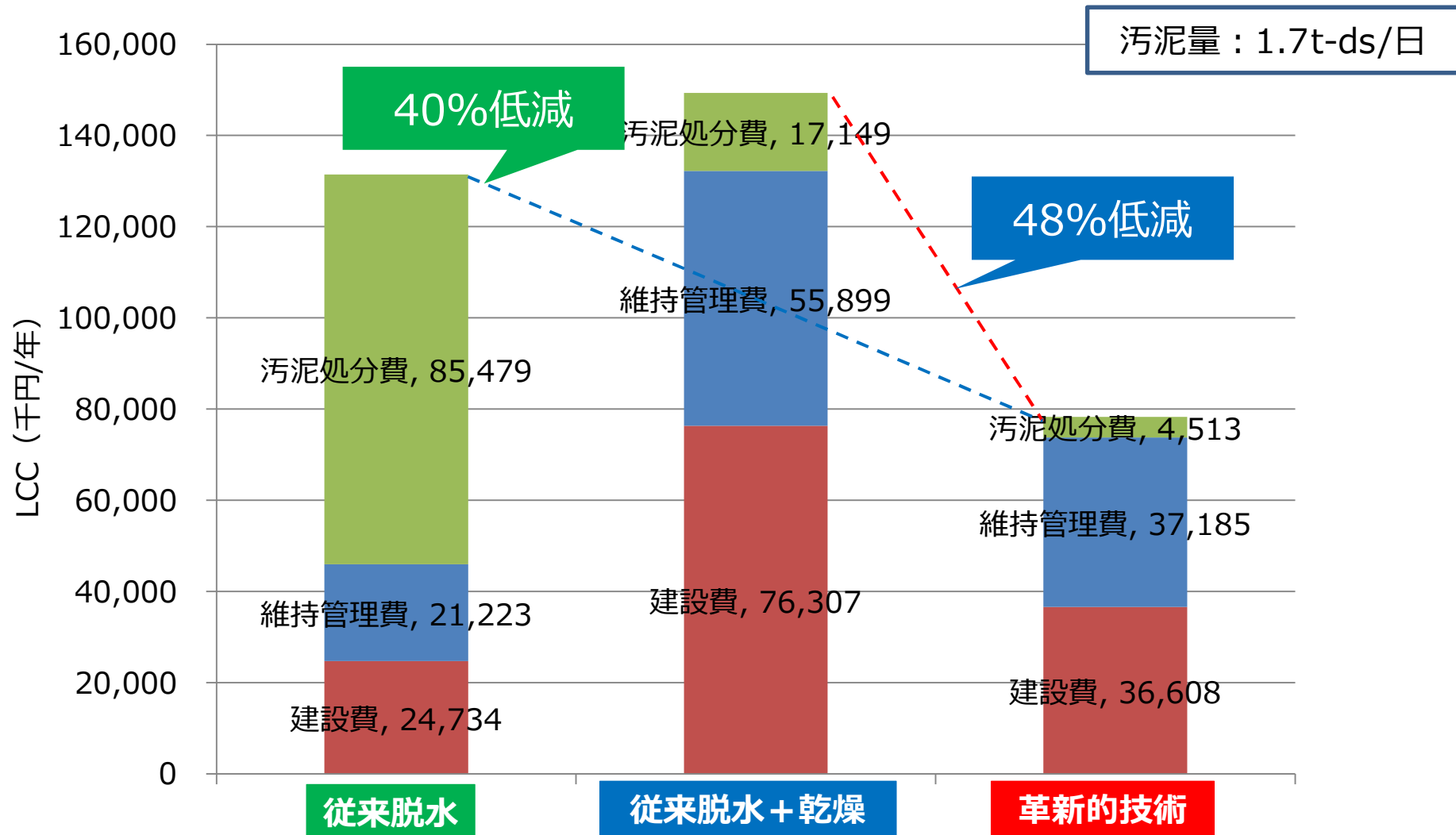
燃料に消化ガスを用いた調査結果 (消化汚泥)

設備、性能項目	含水率 10%	含水率 30%	含水率 50%
汚泥処理量	4.2m <sup>3</sup> /h	4.2m <sup>3</sup> /h	4.2m <sup>3</sup> /h
	1.37%	1.37%	1.37%
無機凝集剤注入率	15%	15%	15%
高分子凝集剤注入率	1.9%	1.9%	1.9%
脱水汚泥含水率	79.0%	79.0%	79.0%
SS回収率	95%以上	95%以上	95%以上
消化ガス使用量 (原単位Nm <sup>3</sup> /t-ds)	874	534	325
電力使用量 (原単位kWh/t-ds)	635	635	635
<b>乾燥汚泥含水率</b>	10%	30%	50%

1) 重油換算では、10% 517L/t-ds、30% 316L/t-ds、50% 192L/t-ds (消化ガス 高位発熱量 23MJ/m<sup>3</sup>)。

- 燃料に消化ガスを用いた場合でも乾燥汚泥含水率を10～50%に調整できることを確認した。
- 各乾燥汚泥含水率における消化ガス使用量の原単位を確認した。

## 2. 実証研究結果 H29 (⑤事業性評価 FS結果：消化汚泥 20,000m<sup>3</sup>/日)



従来の脱水技術に対して40%、従来の脱水 + 乾燥技術に対して48%の低減効果が確認された。



1. 実証研究の概要
2. 自主研究
3. 普及展開
4. 火災事故について
5. ガイドライン変更案

## 2. 自主研究

自主研究期間：2018年(H30)4月～2023年 (R5)3月

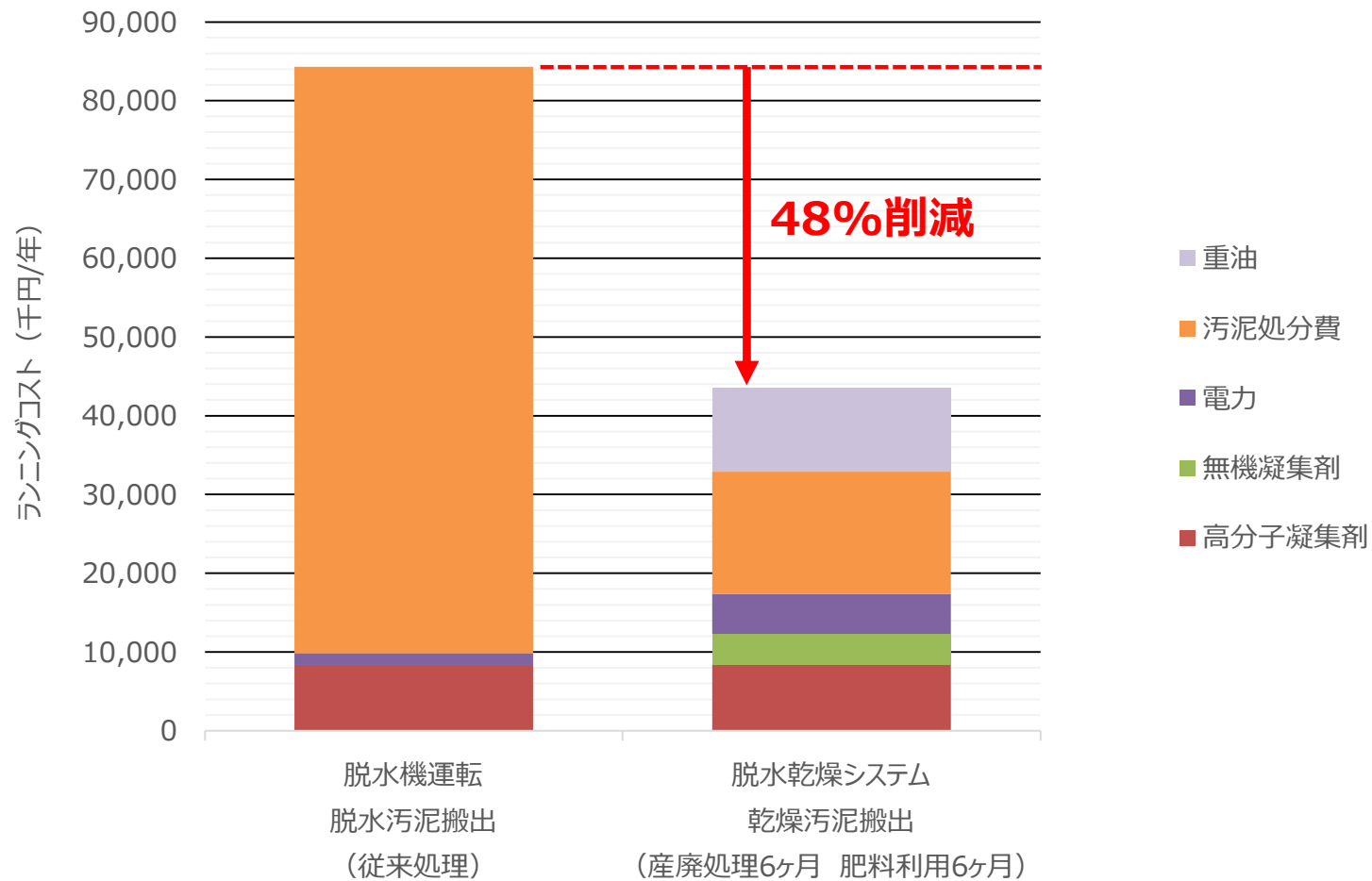
- 実施内容
- ・年単位の長期運転調査
  - ・長期の肥料利用検証

年	2018年度 (H30)	2019年度 (H31-R1)	2020年度 (R2)	2021年度 (R3)	2022年度 (R4)	2023年度 (R5)
可動日数	-	292日	281日	203日	265日	集計中
B-DASH 汚泥処理量	30,150m <sup>3</sup>	31,027m <sup>3</sup>	28,155m <sup>3</sup>	19,900m <sup>3</sup>	22,821m <sup>3</sup>	11,400m <sup>3</sup> ※10月まで
肥料利用 (有効利用)	-	-	47t	71t	113t	集計中
燃料利用 (産廃処理)	544t	396t	253t	211t	247t	集計中

5年間で1,882tの乾燥汚泥を生産  
2020年に肥料利用を開始し251tを肥料利用

## 2. 自主研究

### 運転による実証フィールドへの効果試算結果 運転実績値より試算（建設費は含まず）



脱水乾燥システムの運転でランニングコストを48%削減できることを確認

※P.8のグラフはH29における試算値であり、本データはB-DASH設備運転の実績値。

1. 実証研究の概要
2. 自主研究
3. 普及展開
4. 火災事故について
5. ガイドラインの変更案

### 3. 普及展開

契約先	納入場所	処理量	数量	納入年月
国土交通省	鹿沼市黒川終末処理場	10t/d	1	平成29年3月
市原市	松ヶ島終末処理場	30t/d	2	令和5年3月
国土交通省	室蘭市蘭東下水処理場	10t/d	1	令和3年10月
石川県	翠ヶ丘浄化センター	7t/d	1	令和4年3月
綾瀬市	綾瀬終末処理場	11.7t/d	1	令和6年3月
いわき市	中部浄化センター	27.4t/d	2	令和6年3月
小山エナジーサイクル（株）	小山市水処理センター	14.6t/d	1	令和6年3月
日本下水道事業団	山鹿市山鹿浄水センター	10.3t/d	1	令和6年2月

計8ヶ所へ導入し、普及展開を推進

1. 実証研究の概要
2. 自主研究
3. 普及展開
4. 火災事故について
5. ガイドラインの変更案

## 4. 火災事故について

### 発生経緯

#### (事故前に確認されていた状態)

9月中旬	循環ブロワ吐出配管部での乾燥排ガス漏れを確認 <sup>注1)</sup>
10月2日	乾燥排ガス温度異常高が発報。 乾燥機廻りで焦げ臭を確認
10月4日	循環ブロワ軸封部及び吐出配管部での乾燥排ガス漏れを確認 <sup>注2)</sup>
10月5日	乾排ガス温度異常高が発報

注1) この時点では漏洩ガス量も少なく、大事には至っていないと判断。

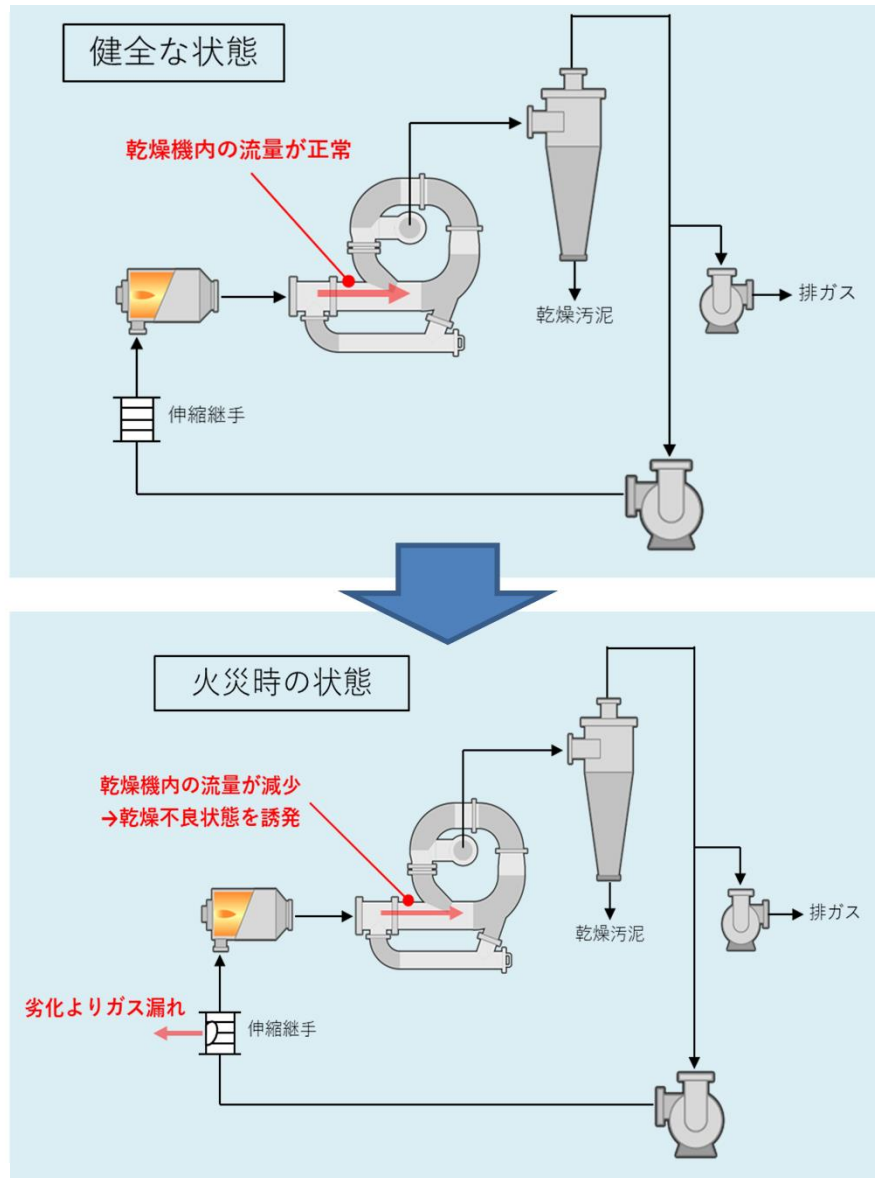
注2) この時点では週末の設備停止時(10月7日)に補修の必要性があると判断

#### (火災当日10月6日)

00:44	乾燥排ガス温度高が発報
01:01	熱風炉温度異常高により停止、手動にて排気ブロワ類、循環ブロワをマニュアル運転
02:14	現場確認の結果、循環ブロワ軸封部、吐出配管より出火確認 消防署殿へ通報
02:24	消防署殿到着。
02:31	放水活動開始。
04:00	循環ブロワ軸封部、吐出配管の消火完了
05:00	サイクロン後段の排気ライン配管にて配管の赤熱を確認し、水冷作業開始
06:30	消火確認
09:00	現場検証

# 4. 火災事故について

## 発生原因



## 火災発生のメカニズム

- 伸縮継手の劣化から循環ガスの漏洩が発生
- 循環ガスが減少
- 乾燥機へ吹き込む循環ガスが減少
- 汚泥の乾燥が出来なくなり乾燥機内に汚泥が蓄積
- 蓄積した汚泥に熱風が当たり続け汚泥が燃焼
- 燃焼中の汚泥の粉が循環ガス経路内を循環
- 炎が噴出しているところを発見
- 消防へ通報し、消火を実施

現場検証より上記を確認



## 4. 火災事故について

### 現場検証結果

#### (1) 循環ブロワ軸封部での煤付着

下に循環ブロワ軸封部の写真を示す。軸封部は事故前より排ガスの漏れが確認されており、以前より煤が付着した状態であった。今回同箇所から火炎が認められたことから、未燃状態であった循環ガスが外気と接触することで発火し、火炎が確認されたと考えられる。





## 4. 火災事故について

### 現場検証結果

#### (3) 循環ブロウ吐出配管

下に出火箇所であった循環ブロウ吐出配管の保温を外した箇所の写真を示す。同箇所に設置されていたフレキは既に焼失していることが確認された。また、フレキは耐熱キャンパス仕様（使用温度150℃、最高使用温度250℃程度）が採用していた。



1. 実証研究の概要
2. 自主研究
3. 普及展開
4. 火災事故について
5. ガイドラインの変更案

## 5. ガイドラインの変更案

---

ガイドラインについては以下2点の変更を行う予定

- ・火災防止に関する重点点検項目の追加

発生した火災事故に対する対策

- ・建設費費用関数の修正

実績の建設費より修正

## 5. ガイドラインの変更案

### 火災事故防止の重点点検項目

点検対象	点検内容	定期		補修	判定基準/作業内容	備考
		日常	年度			
伸縮継手	継手のゆるみがない	○			<ul style="list-style-type: none"> <li>・判断基準 ボルトのゆるみがない</li> <li>・異常が確認された場合の作業内容 増し締めを行う</li> </ul>	
	劣化が起きていない	○		○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・判断基準 ガスが漏れていないことが温度や風圧で確認できる</li> <li>・異常が確認された場合の作業内容 装置を停止し、補修を行う</li> </ul>	
乾燥機	乾燥機の脱水汚泥投入 口温度が高温ではない	○		△	<ul style="list-style-type: none"> <li>・判断基準 100℃を超えていない</li> <li>・異常が確認された場合の作業内容 装置を停止し、点検・整備を行う</li> </ul>	インターロックにて自動で停止
	乾燥機の出口乾燥循環 ガス温度が高温ではない	○		△	<ul style="list-style-type: none"> <li>・判断基準 250℃を超えていない</li> <li>・異常が確認された場合の作業内容 装置を停止し、点検・整備を行う</li> </ul>	インターロックにて自動で停止
	乾燥機の入口乾燥循環 ガス圧力が適切である	○		△	<ul style="list-style-type: none"> <li>・判断基準 4kPaを下回っていない 9kPaを超えていない</li> <li>・異常が確認された場合の作業内容 装置を停止し、点検・整備を行う</li> </ul>	インターロックにて自動で停止

5章 維持管理 に上記を追加し、火災防止対策とする



## 5. ガイドラインの変更案

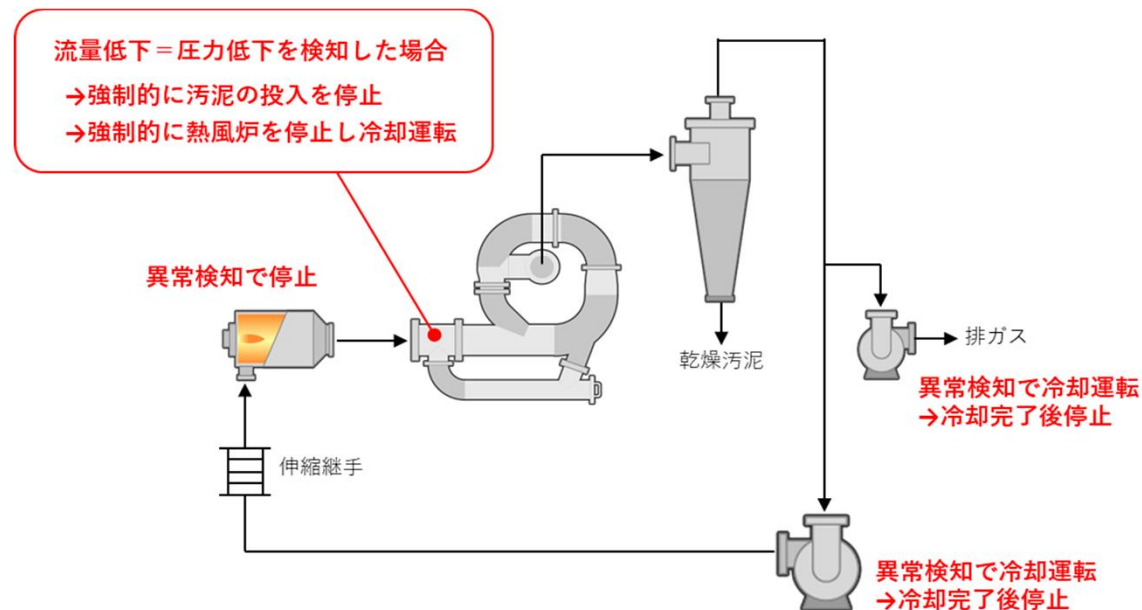
### 火災防止対策の概要

#### ・点検整備上の対策

『下水道維持管理指針』（公益社団法人日本下水道協会）に記載されている項目およびガイドラインで示した項目に追加して、「伸縮継手のガス漏洩確認」「接続部のガス漏洩確認」を重点的に実施し、ガス漏れや異常高温の異常が確認された場合は直ちに乾燥機を停止することとする。

#### ・運転制御上の対策

循環ガスが減少した場合に強制的に乾燥機を停止する制御の追加し、乾燥不良が発生し、乾燥機内に汚泥が蓄積する前に乾燥機を自動で停止することとする。イメージ図を下図に示す。



# 5. ガイドラインの変更案

## 建設費費用関数の修正

脱水乾燥システム 建設費算定式

(y : 建設費 (百万円) 、x : 汚泥処理量t-ds/日 (日最大) )

### 改定前

対象汚泥	消化汚泥	混合生汚泥	xの範囲
1 系列	$y = -3.8x^2 + 95.8x + 250.8$	$y = -4.8x^2 + 112.7x + 250.1$	$x < 6.4$
2 系列	$y = -0.54x^2 + 69.8x + 543.5$	$y = -0.54x^2 + 76.3x + 590.5$	$6.4 \leq x < 12.9$
3 系列	$y = 59.1x + 850$	$y = -0.48x^2 + 82.5x + 780$	$12.9 \leq x < 19.3$



### 改定後

対象汚泥	消化汚泥 or 混合生汚泥	xの範囲
1 系列	$y = 85.72x + 788.57$	$2 < x < 10$

導入実績を反映して以下の変更を実施予定

- ・1系列の処理量範囲を拡大
- ・複数系列とする場合は建設費に系列数を乗する
- ・消化汚泥と混合生汚泥の分類を撤廃

