

令和3年3月

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H25採択]

# 脱水・燃焼・発電を全体最適化した 革新的下水汚泥エネルギー転換システム

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. まとめ

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. まとめ

# 1. 研究概要

◇技術名称	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム
◇実施期間	委託研究：平成25年7月～平成27年3月 自主研究：平成27年4月～令和3年3月 ガイドライン発刊：平成27年9月
◇実施者 (委託研究時)	メタウォーター・池田市共同研究体
◇実証フィールド	大阪府池田市下水処理場 計画汚水量 51,660m <sup>3</sup> /日(処理人口約7万人)
◇実証施設規模	25t-wet/日
◇実証技術	本システムは、汚泥処理における脱水・燃焼・発電の各工程をそれぞれ高機能化・高効率化した低含水脱水設備、低空気比省エネルギー燃焼設備、高効率排熱発電設備から構成されており、コスト(建設費、維持管理費)、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量等の低減が可能である。さらに、各設備間で連携して運転することで、システム全体でのこれら導入効果を最大化することを特徴とする。

# 1. 研究概要

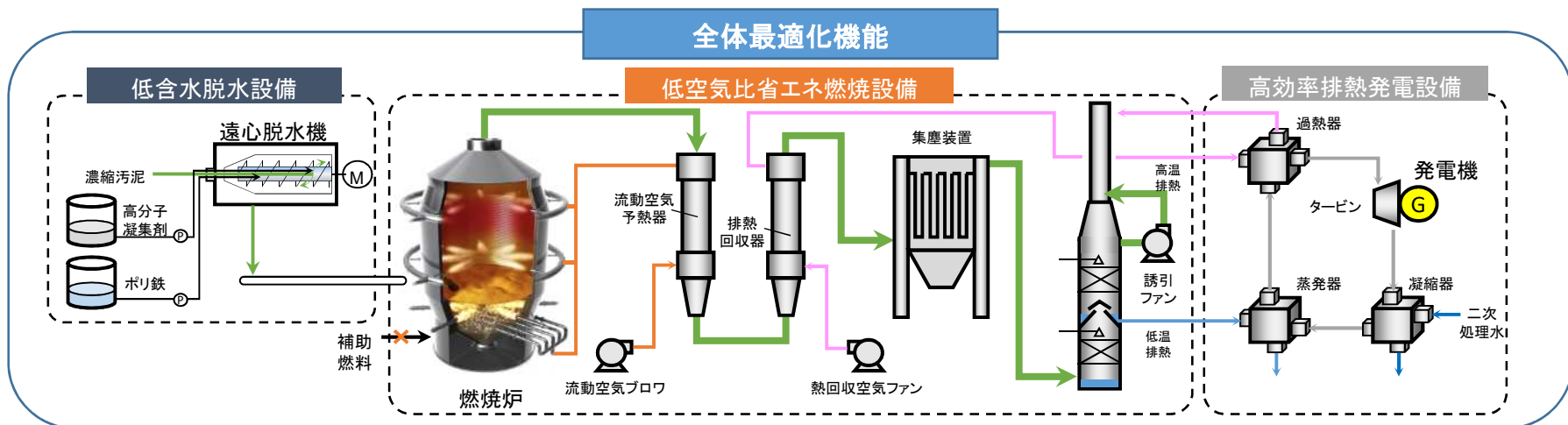
## コンセプト

### ■ 脱水・燃焼・発電のそれぞれの高機能化／高効率化

- 1) 低含水脱水設備…………… 遠心力、薬注率等の運転条件を自律的に決定し、所定の含水率を得るように制御を高機能化（機内二液調質+含水率コントロール）
- 2) 低空気比省エネ燃焼設備… 低燃費・低 $N_2O$ を実現した「多層燃焼技術」に、より低い空気比で安定燃焼を実現するための機能を追加し高効率化（ブロワ動力低減／自燃）
- 3) 高効率排熱発電設備…………… 燃焼設備の排ガス熱に加え、排水熱も利用する2熱源バイナリーサイクルで発電することにより高効率化

### ■ 設備間のトレードオフの解消（全体最適）

個別の省コスト・省エネルギー ≠ 全体の最適解



# 1. 研究概要(委託研究成果まとめ)

国土技術政策総合研究所からの委託でH25・H26年度に実証研究を実施  
実証研究の成果から、平成27年9月に国土技術政策総合研究所が導入ガイドラインを策定

## ◆実証設備の定格能力

設備	定格能力	備考
低含水脱水設備	20m <sup>3</sup> /h	13~20m <sup>3</sup> /hで運転可
低空気比省エネ燃焼設備	25t-wet/d	含水率76%時
高効率排熱発電設備	25kw	届出出力37kw

## ◆脱水污泥処理量100t/d規模(含水率76%)、3設備一括導入時の導入効果試算例



# 1. 研究概要(稼働状況)

## 概要

H25,26年度の委託研究(実証研究)の後、H27年度からR02年度まで自主研究を実施。  
この自主研究の間、池田市下水処理場の汚泥発生状況に合わせ処理運転を行ってきた。



脱水設備

燃焼設備

発電設備

施設全景



炉内燃焼状況



監視制御

1. 研究概要
- 2. 自主研究**
3. 実証施設の性能評価
4. ガイドラインについて
5. 今後の予定
6. まとめ



## 2. 自主研究

### 概要

池田市下水処理場の汚泥発生状況(実態)に合った適切な運転方法の確認・検証

年度	実施年度毎の自主研究概要(検証項目など)
H27年度	池田市下水処理場の実態に合った以下項目の確認 ・負荷変動における制御性 ・本システム導入による維持管理費低減効果(旧設備との比較)
H28年度	汚泥発生量低減(定格の70%)時における設備運転方法の検討 ・「月～金:定格運転、土日:保温運転」と「低負荷連続運転」の比較
H29年度	汚泥発生量が定格より低い場合の流動焼却炉の運転検証 ・低空気比、自燃運転の検証 ・消費電力、N <sub>2</sub> O排出量の検証
H30年度	脱水設備(遠心脱水機)の自律運転に関わる検証 ・目標含水率への追従性 ・手動運転と自律運転の比較
R01年度	流動焼却炉の砂層高さの運転検証 ・安定した自燃運転が可能な砂層高さの検証
R02年度	旧施設と新施設(B-DASH施設)の汚泥処理コストを比較検証

## 2. 自主研究(H27年度結果)

### 概要(H27年度)

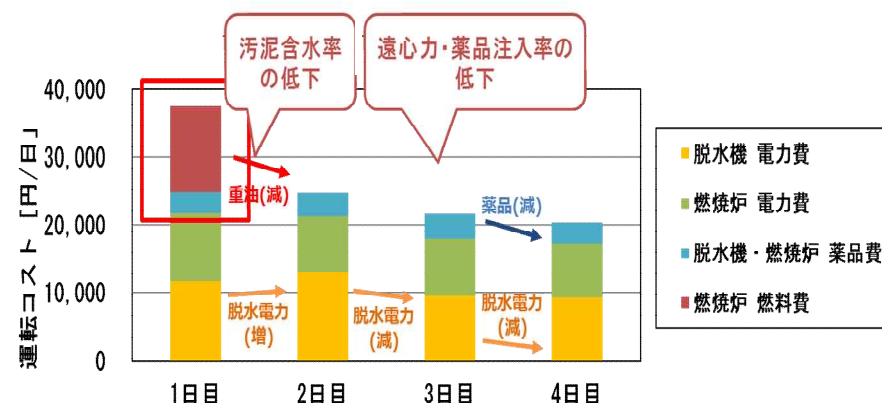
- ①負荷変動※がある条件下においても制御・連携・最適化が機能
- ②本システム導入前と比較し、維持管理費約40%削減

※委託研究時は性能評価を行うため汚泥処理負荷率100%で実施。  
自主研究では池田市の汚泥発生量に合わせ75%程度を想定して実施。

### ①負荷変動がある条件下においても制御・連携・最適化が機能

・脱水設備負荷75%⇒100%に変わった場合でも、指令通りの含水率をもつ脱水汚泥を調製した。  
(含水制御精度±2%程度)

・焼却設備負荷75%程度で連携運転を実施した4日間の運転コストは右図の通りとなり、連携機能が効果を発現し、設備運転コストが自動的に低下することを確認した。



燃焼設備負荷約75%、脱水-燃焼の2設備での連携

### ②池田市における維持管理費低減効果

・旧施設と本施設(B-DASH)における汚泥処理設備の維持管理費(同様運転時の代表値)を比較し、約40%の削減効果を確認した。

## 2. 自主研究(H28年度結果)

### 概要(H28年度)

汚泥処理負荷※が設備定格容量の70%程度となった場合、  
**(a)「稼働率を下げる土日保温運転」と比較し、  
 (b)「負荷率を下げた低負荷連続運転」の方が、運転コスト低減**

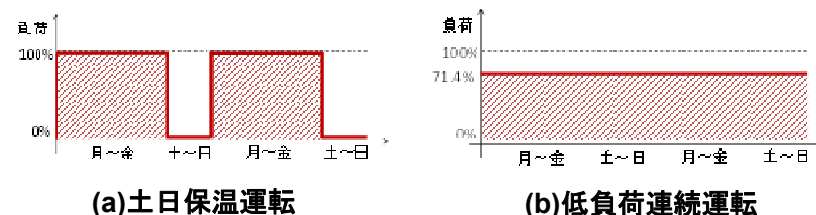
※委託研究時は性能評価を行うため汚泥処理負荷率100%で運転。

自主研究では池田市の汚泥発生量に合わせ、間欠運転(平日運転/土日保温)と連続運転を比較。(負荷:間欠100%、連続70%程度)

#### ①机上検討

・汚泥発生量が定格の70%程度となった場合を想定し、右図(a)、(b)の運転方法の運転コストを比較した。

・各運転方法での1週間単位の運転コストを試算した。



1週間単位の運転コスト(机上計算)

運転方法	運転コスト (千円/週)		
	燃料費	電力費	合計
(a) 土日保温運転	78	336	414
(b) 低負荷連続運転	0	335	335

#### ②実証結果

・(a)稼働率を下げる土日保温運転より、  
 (b)負荷率を下げた低負荷連続運転の方が、  
 右表の通り運転コストが低減した。

1週間単位の運転コスト(実証結果)

運転方法	汚泥処理量 (t-WS/週)	運転コスト (千円/週)		
		燃料費	電力費	合計
(a) 土日保温運転	119.2 (68%)	88	349	437
(b) 低負荷連続運転	135.2 (77%)	3	323	326

## 2. 自主研究(H29年度結果)

### 概要(H29年度)

- ① 汚泥処理負荷率※が減少した場合の焼却設備の運転安定性を確認
- ② 汚泥処理負荷率※の減少に伴ってN<sub>2</sub>O排出量も減少することを確認
- ③ 汚泥処理負荷率※の減少に伴って焼却設備の消費電力減少を確認

※委託研究時は性能評価を行うため汚泥処理負荷率100%で運転した。  
自主研究では池田市の汚泥発生量を鑑み、汚泥負荷率を変化させて確認した。

### ① 汚泥処理負荷率と焼却設備の運転安定性

・汚泥負荷率が減少した場合も、焼却設備の安定性を砂層温度、フリーボード温度推移から確認した。

### ② 汚泥処理負荷率とN<sub>2</sub>O排出量

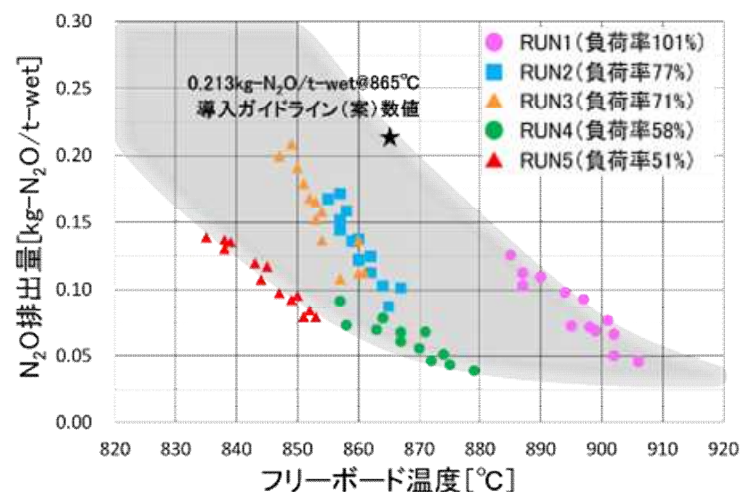
・炉内フリーボード温度の概ね同じ温度帯で比較した場合、負荷率が下がるほど、N<sub>2</sub>O排出量は減少する傾向にあった。

### ③ 汚泥処理負荷率と消費電力

・負荷率を低減した場合でも、多層燃焼炉と制御の特徴と活かし、負荷率に合わせ消費電力量も安定して減少していくことが分かった。

汚泥処理負荷率と運転安定性

	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN5
平均汚泥投入負荷率 (%)	101	77	71	58	51
平均空気比 (-)	1.24	1.29	1.30	1.27	1.34
補助燃料使用量 (L/h)	0	0	0	0	0
平均砂層温度(°C)	808	764	792	801	792
平均フリーボード温度(°C)	896	859	853	868	844



フリーボード温度とN<sub>2</sub>O排出量の関係

## 2. 自主研究(H30年度結果)

### 概要(H30年度)

- ①脱水機の目標含水率への追従性※が良好であることを確認
- ②脱水機の手動運転※と自律運転※の比較を実施

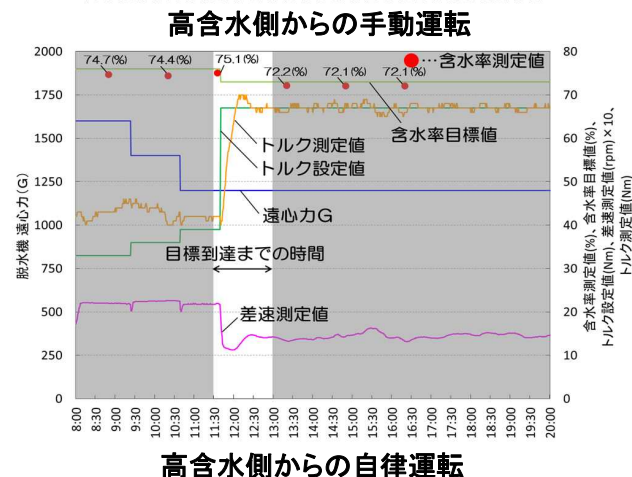
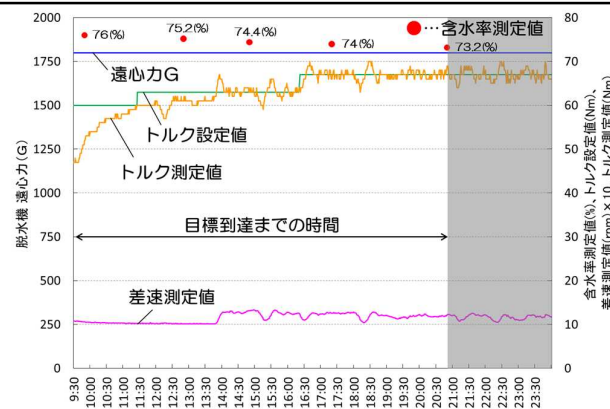
※委託研究時は性能評価を行うため、目標含水率への追従性確認を自律運転で実施。  
自主研究では追従性を再確認すると共に、手動運転を追加試験し自律運転との比較を実施。

#### ①脱水機の目標含水率への追従性

- ・含水率目標値を低含水化(75%⇒71%)した場合と、高含水化(71%⇒75%)した場合の脱水機自律運転を行った。
- ・両ケースとも目標含水率への追従は短時間に良好であった。

#### ②脱水機の手動運転と自律運転の比較

- ・高含水側から目標含水率(73%)にする場合の手動運転と自律運転を行った。
- ・手動運転の場合は、朝から運転しても目標含水率に到達するのは約12時間後になった。これに対し、自律運転の場合は即座に脱水機が自律的にパラメータ変更を行い、約1.5時間後に目標含水率に到達した。
- ・これらより、自律運転は手動運転に比べ、運転調整や含水率測定等の人的負担を軽減できることを確認した。



## 2. 自主研究(R01年度結果)

### 概要(R01年度)

- ①流動焼却炉砂層高さを変えた場合の運転安定性を確認
- ②砂層高さを変えた場合の流動空気ブロウ消費電力を確認

※委託研究時は性能評価を行うため、汚泥処理負荷率100%で砂層高さ一定で運転。

自主研究では池田市の汚泥発生量変動も鑑み、汚泥負荷率と砂層高さを変化させ運転の安定性等を確認。

#### ①運転の安定性

・砂層高さが1.2m以下では、補助燃料が必要なケースがあった。安定した燃焼と自燃が確保できるケースは、砂層高さが約1.25m以上であり、この高さ以上で運転管理<sup>注)</sup>することが重要。

注)砂層高さは、中長期の運転により汚泥中の砂分の影響で、増減することがあるので管理を行う。

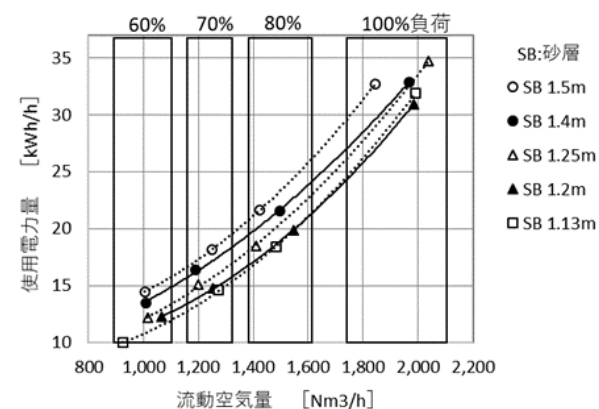
#### ②流動ブロウ消費電力

・汚泥処理負荷率が低くなれば燃焼空気量も低下するため消費電力が低下。

・砂層高さが低い場合は、砂層での圧力損失が下がり、消費電力も低くなる傾向。

砂層高さと燃焼形態の関係

負荷率	100%	80%	70%	60%
砂層高 約1.50m	自燃	自燃	自燃	自燃
砂層高 約1.40m	自燃	自燃	自燃	自燃
砂層高 約1.25m	自燃	自燃	自燃	自燃
砂層高 約1.20m	自燃	自燃/補燃	補燃	自燃
砂層高 約1.13m	補燃	補燃	補燃	補燃



流動空気量と使用電力量の関係

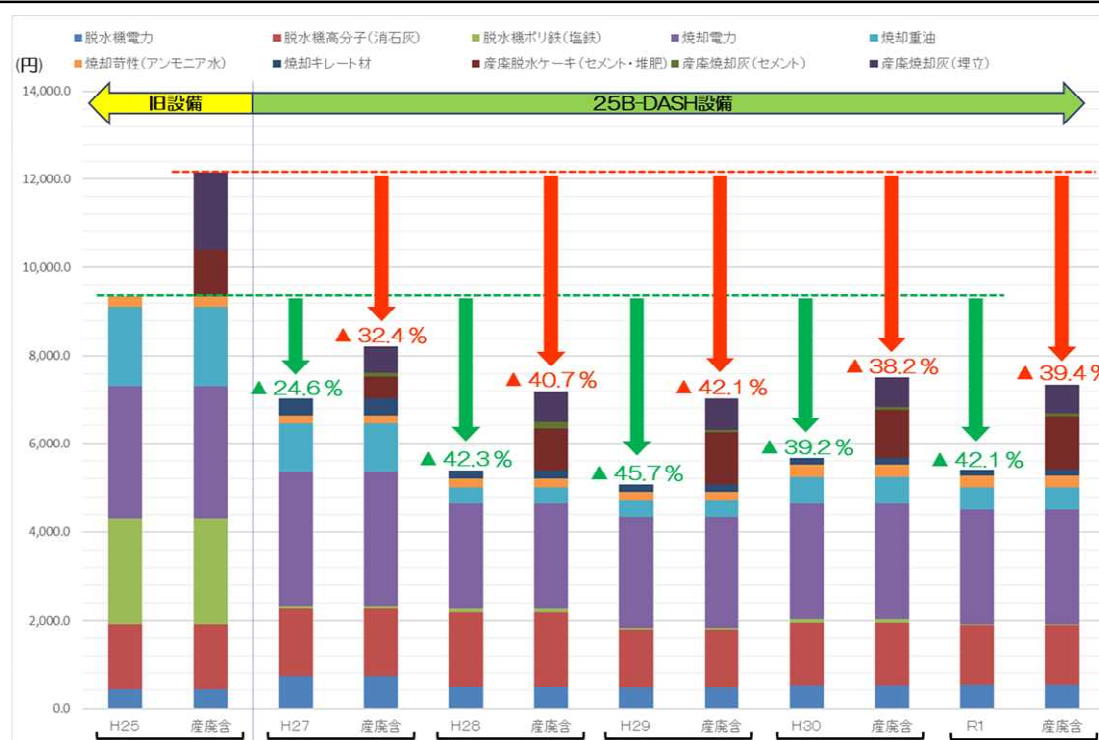
## 2. 自主研究(R02年度結果)

### 概要(R02年度)

- ・旧施設とB-DASH施設導入後の処理コスト推移を比較評価

#### ◆汚泥処理コスト比較評価

- ・脱水汚泥量1t当たりの汚泥処理コストは、B-DASH施設導入後減少し、直近数年間は約40%減。
- ・特に、脱水助剤と重油の減少が大きく寄与。



年度毎の脱水汚泥量1t当たりの処理コスト推移

注)年度毎の脱水汚泥量: 約5,100~5,200t/yで安定推移



1. 研究概要
2. 自主研究
- 3. 実証施設の性能比較**
4. 普及展開
5. まとめ



### 3. 実証施設の性能比較

#### 概要

H27年度以降の自主研究は、池田市の実態に合わせた低負荷での試験研究であり、設備定格容量25t-wet/日での新たな取得・改定データはございません。  
これより、既ガイドライン案(定格25t-wet/日実証データ ⇒ 100~300t-wet/日へのスケールアップ)に記載の図・表と性能に関し見直し(改定)に該当するものはございません。

ガイドライン	今回
(1) ライフサイクルコスト(建設費、維持管理費)	見直し 無
(2) エネルギー消費量	
(3) 温室効果ガス排出量	
(4) 維持管理	
(5) 実証研究目標 その他項目	
注) ガイドラインは、定格25t-wet/日実証データを100~300t-wet/日にスケールアップ	



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
- 4. 普及展開**
5. まとめ

## 4. 普及展開

### これまでの施設導入実績(令和3年3月時点)

実証技術	要素技術	導入先自治体	処理場名	規模(設備容量)	段階	導入(運開)年度
脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム	低空気比省エネ燃焼技術	埼玉県	荒川水循環センター	200t-ws/日	建設中	R03年度(予定)
		埼玉県	北部流域処理場	65t-ws/日	建設中	R05年度(予定)
	高効率排熱発電技術	埼玉県	荒川水循環センター	375kw	建設中	R03年度(予定)
		埼玉県	北部流域処理場	125kw	建設中	R05年度(予定)

### 今後の予定(普及展開策)

各要素技術の組み合わせは、交付金対象要件の性能指標(廃熱回収率40%以上かつ消費電力削減率が20%以上)をクリアしつつ、N<sub>2</sub>Oの排出抑制と高効率排熱発電が可能なシステムであることを継続的にPRしていく。

注) H26年(第51回)~R02年(57回)まで、毎年下水道研究発表会で普及展開のため研究成果を発表済。



1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. 普及展開
5. **まとめ**

## 5. まとめ

### ◆ 自主研究

- ・池田市下水処理場の汚泥発生状況(実態)にあった適切な運転方法について検証した。
- ・毎年度テーマを変えて実施し、設備機能や汚泥処理コストなどについて検証した。
- ・特に、汚泥負荷率が変動した条件下においても、運転安定性を確認すると共に、制御・連携が機能した。
- ・B-DASH施設導入によってH28年度以降、旧施設と比較し約4割の汚泥処理コスト低減に寄与した。

### ◆ 実証施設の性能比較とガイドライン

- ・H27年度以降の自主研究では、既ガイドライン案(定格25t-wet/日実証データ⇒100～300t-wet/日)に記載の図・表と性能に関し見直し(改訂)に該当するものはございません。

### ◆ 普及展開

- ・これまでの導入実績(令和3年3月時点)は、低空気比省エネ燃焼技術と高効率排熱発電技術で、各々2件。
- ・今後とも、交付金対象要件をクリアしつつ、N<sub>2</sub>O排出抑制と高効率排熱発電が可能なシステムであることを継続的にPRしていく。