

令和4年2月

B-DASHプロジェクト自主研究報告(最終)

[H25採択]

下水道バイオマスからの 電力創造システム

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. まとめ

1. 研究概要
2. 自主研究
3. 実証施設の性能比較
4. まとめ

1. 研究概要

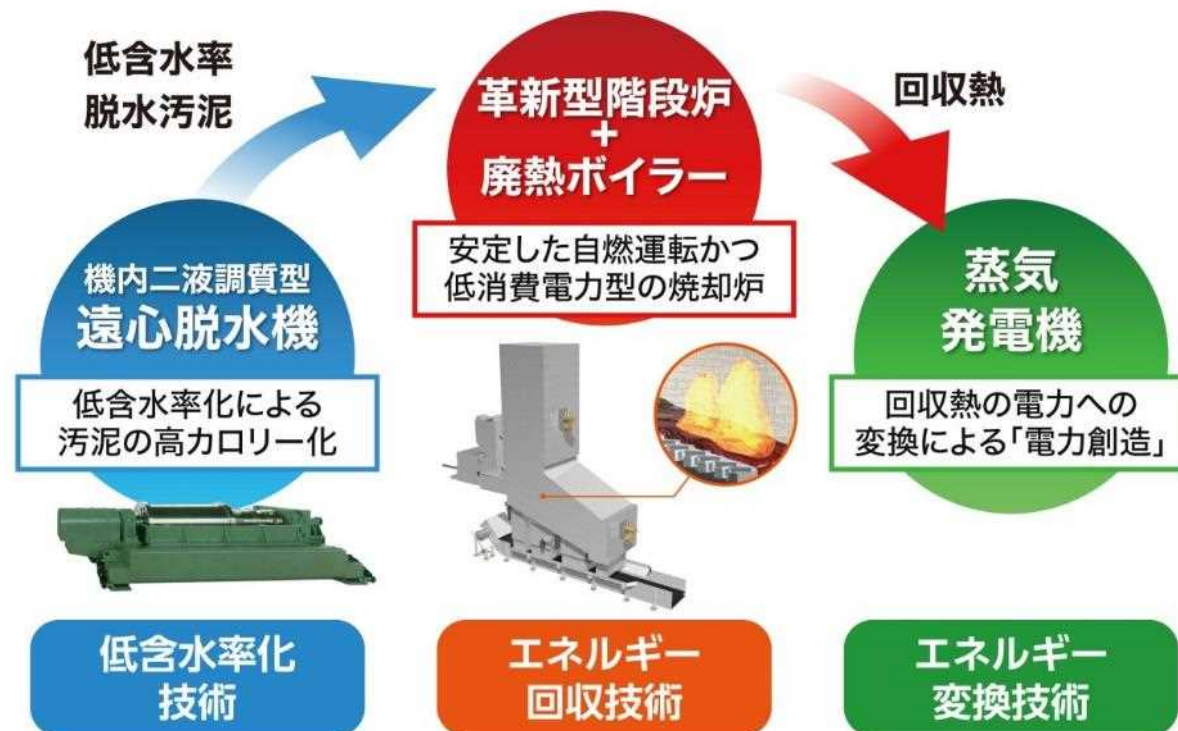
◇技術名称	下水道バイオマスからの電力創造システム
◇実施期間	委託研究:平成25年6月～平成27年3月 自主研究:平成27年4月～令和4年3月 ガイドライン発刊:平成27年8月
◇実施者 (委託研究時)	和歌山市・日本下水道事業団・京都大学 (株)西原環境・(株)タクマ 共同研究体
◇実証フィールド	和歌山県和歌山市中央終末処理場 80,400m ³ /日(現有能力:処理人口105,600人)
◇実証施設規模	35t-wet/日 (汚泥焼却量)
◇実証技術	【特徴】 低含水率化技術、エネルギー回収技術、エネルギー変換技術の組み合わせにより、焼却廃熱を利用し発電を行う 【効果】 建設費縮減、消費電力削減と発電(広範な施設規模での電力自立)、補助燃料使用量削減、温室効果ガス排出量削減

1. 研究概要

【目的】 下水汚泥・・・集約型・都市型バイオマスで有効利用に適する資源として位置づけエネルギー利用を推進

【課題】 汚泥の焼却処理・・・一般的にエネルギー消費型の処理方式

【対策】 汚泥の含水率を下げ(低含水率化)、自燃させて焼却廃熱を蒸気で回収し(エネルギー回収)、発電機で電力を生み出す(エネルギー変換)技術の適用

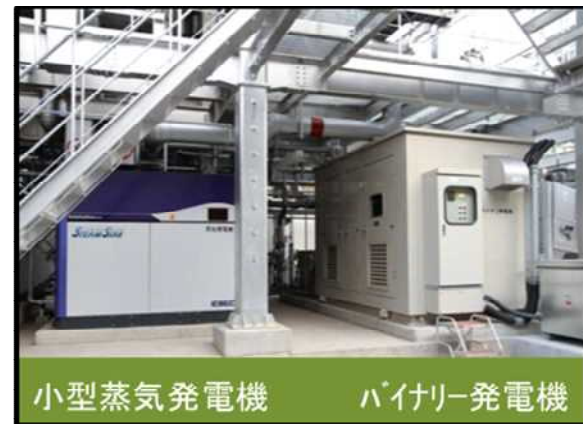
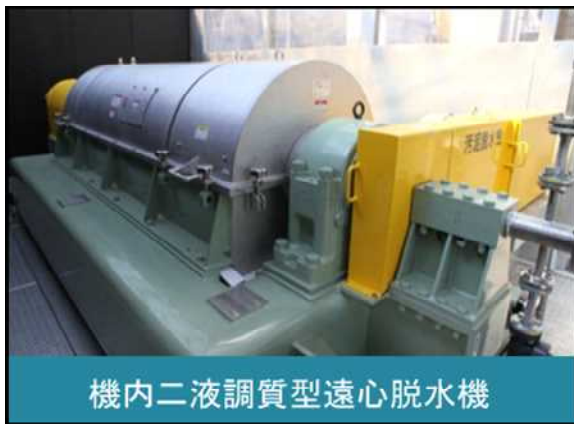
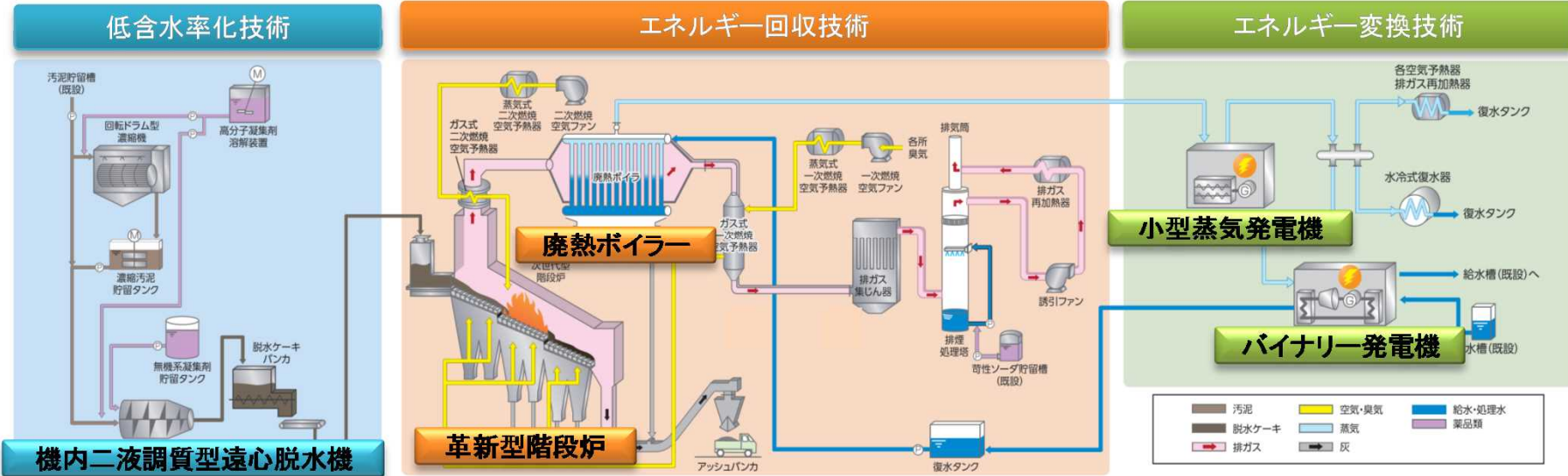


1. 研究概要 | 実証施設フロー

◆ 処理対象：混合生汚泥

◆ 焼却量：35t-wet/日

◆ 発電量：100kW以上



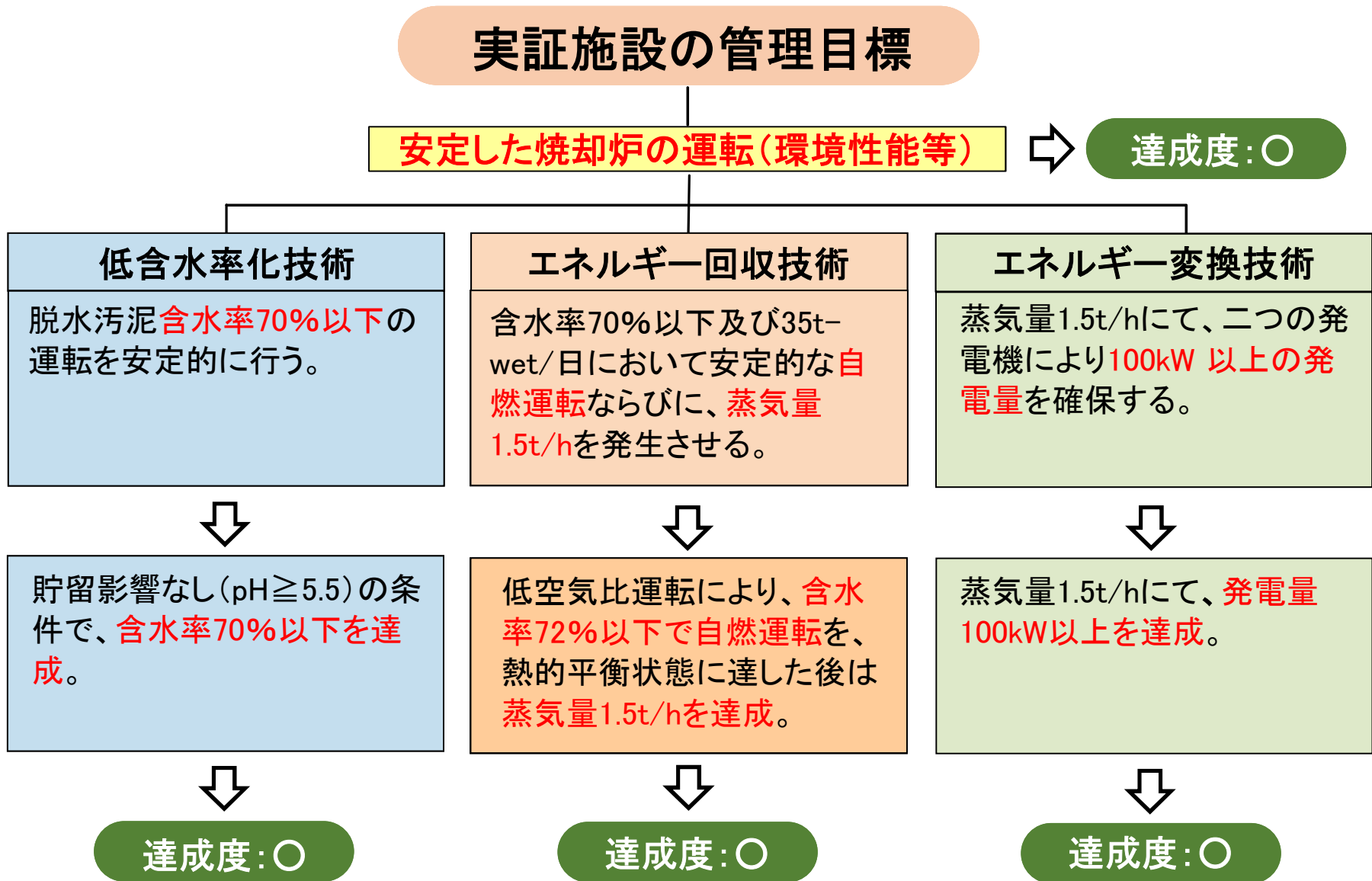
1. 研究概要 | 自主研究概要まとめ

実機としての運用を見据えて、本システムの安定性、適用範囲の拡大、維持管理の最適化に関する自主研究を実施。

- ・システムの安定性： 委託研究時と同様の性能および公害規制値を経年的に満足できることを確認
- ・適用範囲の拡大： 他処理場の汚泥やし渣の混焼においても同等の性能を維持できることを確認
- ・維持管理の最適化： 機器の適切な保全・保管により、長期停止後においても速やかに再稼働できることを確認

		設計値 (B-DASH達成値)	乾燥汚泥混焼
平均含水率	[%]	70	67.0
焼却量	[t/h]	1.60	1.58
炉出口排ガス温度	[°C]	800以上	887
補助燃料使用量	[L/h]	0	0
発生蒸気量	[kg/h]	1,500	1,500
性能目標：排気筒NO _x 濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	250以下	6.9
排気筒CO濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	100以下	11.7
排気筒SO _x 濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	165以下	2.2
N ₂ O排出係数	[kg-N ₂ O/t-wet]	0.1程度	0.10

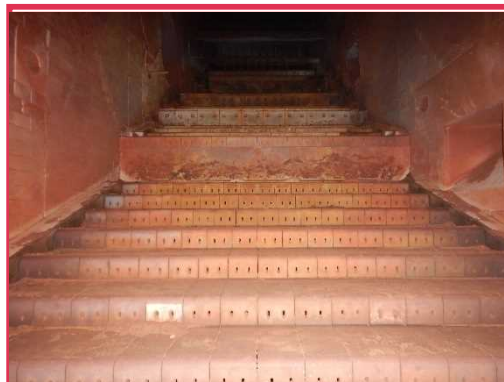
1. 研究概要 | 委託研究成果まとめ



1. 研究概要 | 稼働状況

概要

- ・B-DASH終了後も自主研究の中で、定期的に試験運転を実施
- ・自主研究では本システムの適用範囲の拡大や維持管理・点検補修状況の確認を実施

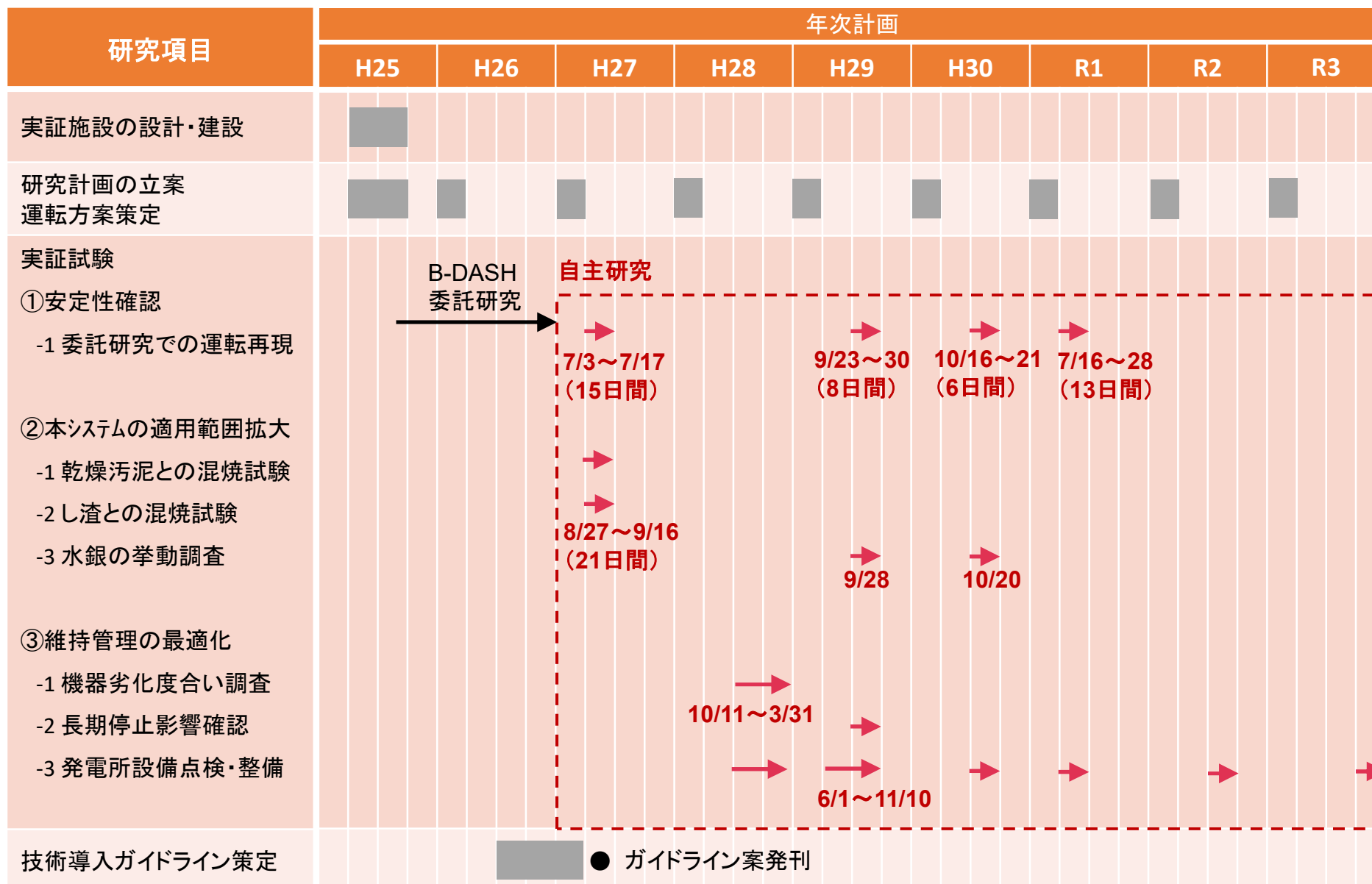


平成25年12月撮影(実証試験開始時)

令和元年8月撮影

1. 研究概要
- 2. 自主研究**
3. 実証施設の性能評価
4. まとめ

2. 自主研究 | 全体工程



2. 自主研究 | 研究成果概要

項目	成果
①安定性確認	①-1 実負荷運転を行い、委託研究と同等の性能が発揮されることを確認 焼却灰性状、排ガス性状について、法令で定められている規制値を満足していることを確認
②本システムの適用範囲拡大	②-1 ・乾燥汚泥との混焼により、炉出口ガス温度が想定温度まで上昇し、安定的な運転を確立 ・外部から一液脱水汚泥を受入れ、蒸気間接加熱型乾燥機で低含水率化して混焼する場合においても、運転コスト面で従来技術より優位性があることを確認 ②-2 し渣との混焼により、焼却灰中に未燃分を残すことなく処理でき、安定的な運転を確立 ②-3 水銀の排出基準値(50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)を満足していることを確認
③維持管理の最適化	③-1 機器劣化度合いの調査結果から、今後の運転における機器の状態を予測し、維持・管理コストの削減を図る対策を策定 ③-2 ボイラーおよび蒸気発電機について負荷試験を実施し、長期間停止(約二年間)した場合でも各機器の健全性が維持されていることを確認 ③-3 発電所設備として点検整備、定期事業者検査を実施し、特に問題となるような不適合及び不具合は認められないことを確認

2. 自主研究 | ① 安定性確認

【性能目標】

項目	性能目標
含水率	脱水污泥含水率70%程度
蒸気発生量	定格蒸気量(1,500kg/h)
NO _x 、CO	NO _x :250ppm以下, CO:100ppm以下

【結果】

令和元年7月17日		設計・目標値	13時	14時	15時
含水率	[%]	70	71.8	71.5	72.8
焼却量	[t/h]	1.60	1.56	1.60	1.62
炉出口ガス温度	[°C]	800以上	850	852	859
補助燃料使用量	[L/h]	0	0	0	0
発生蒸気量	[kg/h]	1,500	1,550	1,600	1,630
排気筒NO _x 濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	250以下	7	7	28
排気筒CO濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	100以下	21	3	3

性能目標を達成

2. 自主研究 | ②-1、2 乾燥汚泥・し渣との混焼試験

【試験条件】

	乾燥汚泥混焼 (Run-1)	乾燥汚泥混焼 (Run-2)	し渣混焼 (Run-3)
低含水率脱水汚泥	1,410 kg-wet/h (含水率約70%)	1,370 kg-wet/h (含水率約70%)	1,440 kg-wet/h (含水率約70%)
乾燥汚泥	190 kg-wet/h (含水率約40%)	230 kg-wet/h (含水率約40%)	-
し渣	-	-	160 kg-wet/h (含水率約75%)
混焼率	12%	14%	10%

【性能目標】

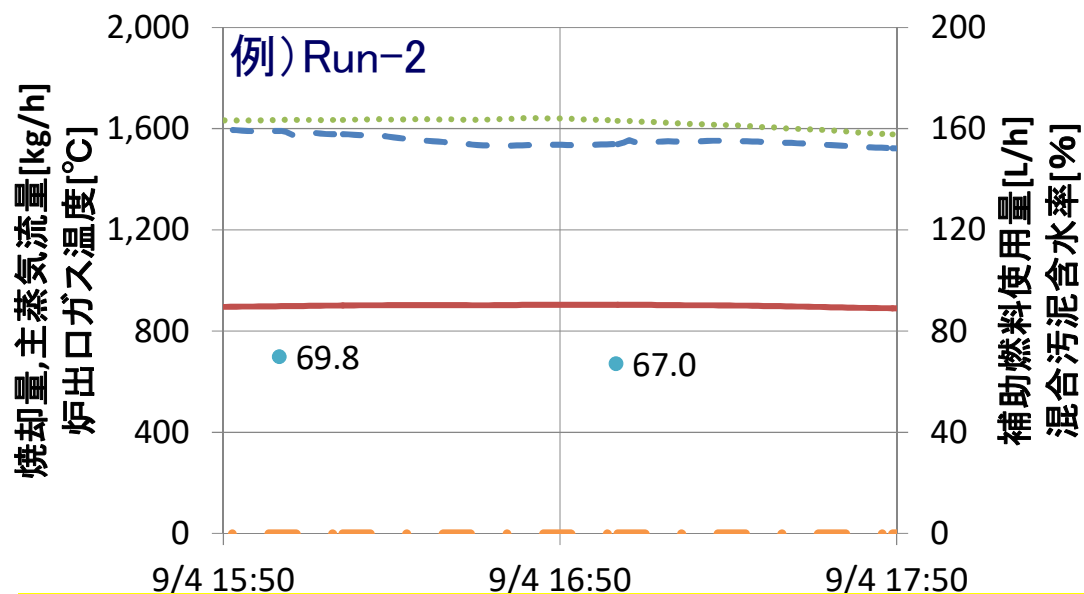
項目	性能目標
蒸気発生量	定格蒸気量(1,500kg/h)以上
NO _x 、CO SO _x 、DXNs	NO _x :250ppm以下, CO:100ppm以下 SO _x :165ppm以下, DXNs:5ng-TEQ/m ³ _N 以下
N ₂ O排出係数	排ガス温度850°C以上において0.1kg-N ₂ O/t-wet程度

2. 自主研究 | ②-1 乾燥汚泥混焼試験

		設計値	Run-1	Run-2
平均含水率	[%]	70	69.1	67.0
焼却量	[t/h]	1.60	1.60	1.58
炉出口排ガス温度	[°C]	800以上	886	887
補助燃料使用量	[L/h]	0	0	0
発生蒸気量	[kg/h]	1,500	1,520	1,500

※含水率以外は一時間平均値

- 混合汚泥含水率
- 焼却量
- 炉出口ガス温度
- - - 主蒸気流量
- - - 補助燃料使用量



火炎の勢いが強くなったことを確認

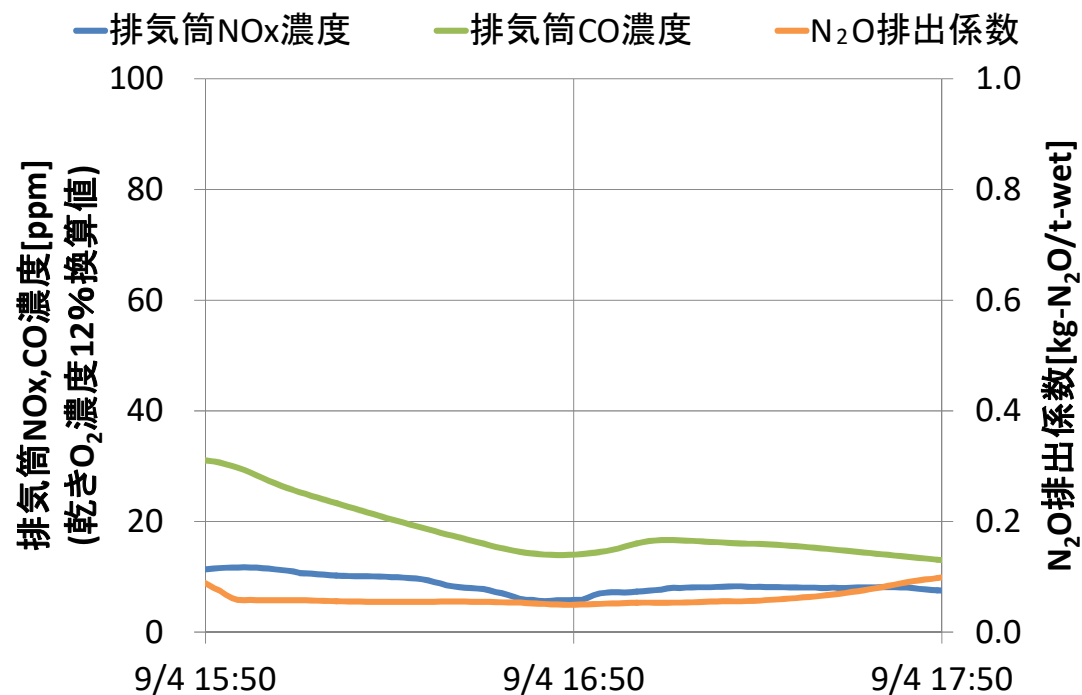
自燃運転(補助燃料使用量ゼロ)、定格蒸気量(1,500kg/h)を達成

2. 自主研究 | ②-1 乾燥污泥混焼試験

		性能目標値	Run-1	Run-2
排気筒NOx濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	250以下	51.4	6.9
排気筒CO濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	100以下	6.9	11.7
排気筒SOx濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	165以下	3.6	2.2
N ₂ O排出係数	[kg-N ₂ O/t-wet]	0.1程度	0.06	0.10

※1時間平均値

例) Run-2



性能目標値を達成

2. 自主研究 | ②-2 し渣との混焼試験

自燃運転ができず、発生蒸気量も満足できなかった

※含水率以外は一時間平均値

		設計値	Run-3
平均含水率	[%]	70	72.7
焼却量	[t/h]	1.60	1.55
炉出口ガス温度	[°C]	800以上	817
補助燃料使用量	[L/h]	0	26
発生蒸気量	[kg/h]	1,500	1,320

脱水汚泥の発熱量が年平均より低い



炉出口排ガス温度800°Cを確保できない



バーナにより、800°C以上を確保



混焼中の方が火炎の勢いが弱くなったことを確認

2. 自主研究 | ②-2 し渣との混焼試験

N₂O排出係数以外、目標値未満の排ガス性状となることを確認した
※一時間平均値

		性能目標値	Run-3
排気筒NO _x 濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	250以下	1.0
排気筒CO濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	100以下	8.6
排気筒SO _x 濃度	[ppm(O ₂ -12%)]	165以下	0.8
N ₂ O排出係数	[kg-N ₂ O/t-wet]	0.1程度	0.63

し渣には通常の下水汚泥と異なり、プラスチック類などClを含む物質の混入が予想されたが、汚泥専焼時と同程度であることを確認した

※分析結果

		汚泥専焼時	Run-3
炉出口HCl	[ppm(O ₂ -12%)]	25~57	53
排気筒DXNs	[ng-TEQ/m ³ _N (O ₂ -12%)]	0.000044~ 0.0091	0.00021

2. 自主研究 | ②-3 水銀の挙動調査

排気筒排ガス中の水銀濃度は、排出基準値(50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3\text{-dryO}_2\text{12\%換算}$)以下の17 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3\text{-dryO}_2\text{12\%換算}$

表の値は分析値

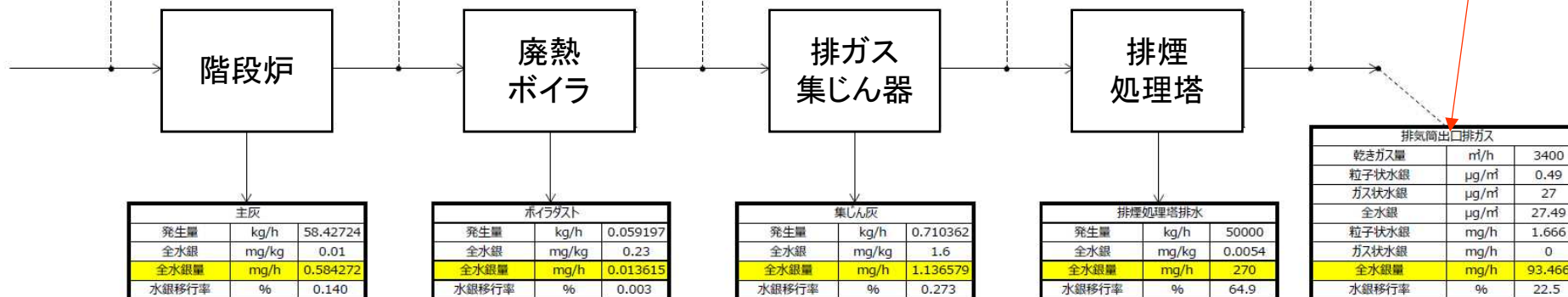
脱水汚泥		
投入量	kg/h	416
全水銀	mg/kg	1
全水銀量	mg/h	416
水銀移行率	%	100

炉出口排ガス		
乾きガス量	m ³ /h	3200
粒子状水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.037
ガス状水銀(水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	15
ガス状水銀(非水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	49
全水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	64.037
粒子状水銀	mg/h	0.1184
ガス状水銀(非水溶性)	mg/h	48
ガス状水銀(水溶性)	mg/h	156.8
全水銀量	mg/h	204.9184
水銀移行率	%	49.3

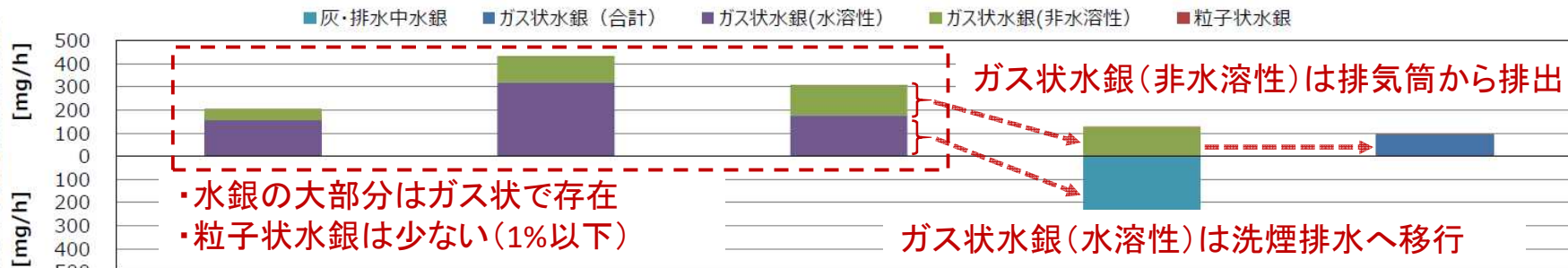
廃熱ボイラ出口排ガス		
乾きガス量	m ³ /h	3200
粒子状水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.1
ガス状水銀(水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	35
ガス状水銀(非水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
全水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	135.1
粒子状水銀	mg/h	0.32
ガス状水銀(非水溶性)	mg/h	112
ガス状水銀(水溶性)	mg/h	320
全水銀量	mg/h	432.32
水銀移行率	%	103.9

集じん器出口排ガス		
乾きガス量	m ³ /h	2900
粒子状水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.004
ガス状水銀(水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	45
ガス状水銀(非水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	61
全水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	106.004
粒子状水銀	mg/h	0.0116
ガス状水銀(非水溶性)	mg/h	130.5
ガス状水銀(水溶性)	mg/h	176.9
全水銀量	mg/h	307.4116
水銀移行率	%	73.9

排煙処理塔出口排ガス		
乾きガス量	m ³ /h	3300
粒子状水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.48
ガス状水銀(水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	38
ガス状水銀(非水溶性)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.4
全水銀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	38.88
粒子状水銀	mg/h	1.584
ガス状水銀(非水溶性)	mg/h	125.4
ガス状水銀(水溶性)	mg/h	1.32
全水銀量	mg/h	128.304
水銀移行率	%	30.8



灰・排水中水銀量 排ガス中水銀量 [mg/h]



・水銀の大部分はガス状で存在
・粒子状水銀は少ない(1%以下)

ガス状水銀(非水溶性)は排気筒から排出

ガス状水銀(水溶性)は洗煙排水へ移行

	炉出口排ガス	廃熱ボイラ出口排ガス	集じん器出口排ガス	排煙処理塔出口排ガス	排気筒出口排ガス
■ 粒子状水銀	0.12	0.32	0.01	1.58	1.67
■ ガス状水銀(非水溶性)	48.00	112.00	130.50	125.40	91.80
■ ガス状水銀(水溶性)	156.80	320.00	176.90	1.32	
■ 灰・排水中水銀	0.58 (主灰)	0.01 (ボイラダスト)	1.14 (集じん灰)	270 (排煙処理塔排水)	
全水銀	205.50	432.33	308.55	398.30	93.47

2. 自主研究 | ③維持管理の最適化

③-1 機器劣化度合い調査

主要機器の内部調査、肉厚調査、性能調査等を実施し、
機器の延命化を図る運転、適切な停止保管方法を検討、策定

③-2 長期停止影響確認

長期停止においても適切な維持によって機器の健全性を維持し、
速やかに再稼働して性能発揮できることを確認

③-3 発電所設備点検・整備

発電事業者として定期事業者検査(法定点検)を受検し、問題となる不適合および不具合がないことを確認



脱水機 主軸受保全状況



<平成30年10月11日撮影>



<令和元年7月7日撮影>

廃熱ボイラ 長期保管状況

(上ドラム 乾燥保缶)

2. 自主研究 | ③維持管理の最適化

コンベヤ類: レールの摩耗

焼却炉: 供給プッシャおよびストーカのシューの摩耗

⇒ 運転期間中の汚泥処理しない間は機器を停止する対策を実施することにより、摩耗・減肉を低減し、機器の延命化

ボイラ: スケールの付着、腐食や浸食は無し

⇒ 長期停止期間中に乾燥材保管等の適切な保管養生する対策を実施することにより、劣化を防ぎ機器の延命化

蒸気発電機: 配管内面の結露・発錆は無し

⇒ 長期的に性能を維持するよう長期停止前には防錆剤による保管養生で保全する対策を実施することにより、劣化を防ぎ機器の延命化

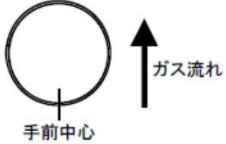
脱水機: 回転ろ過機内部に発錆、損傷は無し

⇒ 長期間運転を行わない場合、主軸受の腐食(発錆等)や回転体の偏心などのおそれがあるため、長期間遠心分離機の停止が想定される場合は、以下の内容を重点項目として保管

- ・ たわみ防止のため、1ヶ月毎に潤滑油ポンプ運転後、遠心分離機を10～20分程度空運転する

2. 自主研究 | ③維持管理の最適化

廃熱ボイラー本体水管肉厚測定記録



【設計値】 本体水管 3.5mm(外形 60.3mm)
公差 : 3.5mm × 1.18(+公差18%) = +4.13mm(-公差0%)

設計値	200mmH		500mmH		800mmH		1100mmH		1400mmH		上部	
	6/26	10/30	6/26	10/30	6/26	10/30	6/26	10/30	6/26	10/30	6/26	10/30
	4.07	4.3	3.85	4.2	3.90	4.3	3.88	4.5	—	4.5	3.95 【汽水胴-300】 3.90 【汽水胴-100】	4.4 【 - 】 4.4 【 - 】
	4.03	4.4	4.00	4.4	4.05	4.5	4.19	4.6	—	4.7	4.27 【汽水胴-100】	4.7 【 - 】
	3.90	4.2	3.85	4.2	3.96	4.2	4.01	4.3	—	4.6	4.13 【汽水胴-100】	4.3 【 - 】
	4.18	4.3	4.15	4.0	4.07	4.3	4.15	4.5	—	4.6	4.20 【汽水胴-100】	4.2 【 - 】
3.5	3.90	3.9	3.93	3.9	3.93	4.2	4.05	4.4	4.15	4.4	—	4.0 【汽水胴-100】
公差加味 (+4.13)	3.97	3.8	3.80	3.8	4.18	4.2	3.86	4.2	4.07	4.4	—	—
	3.95	3.7	3.85	3.8	3.84	4.1	4.00	4.2	4.03	4.4	—	—
	4.23	4.1	3.96	3.8	4.00	4.1	3.96	4.3	3.97	4.3	—	—
	3.85	4.1	3.93	3.7	3.88	4.2	3.94	4.2	4.13	4.3	—	—

公称厚み3.5mmに対し、すべてプラスとなっており、減肉は認められなかった。

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

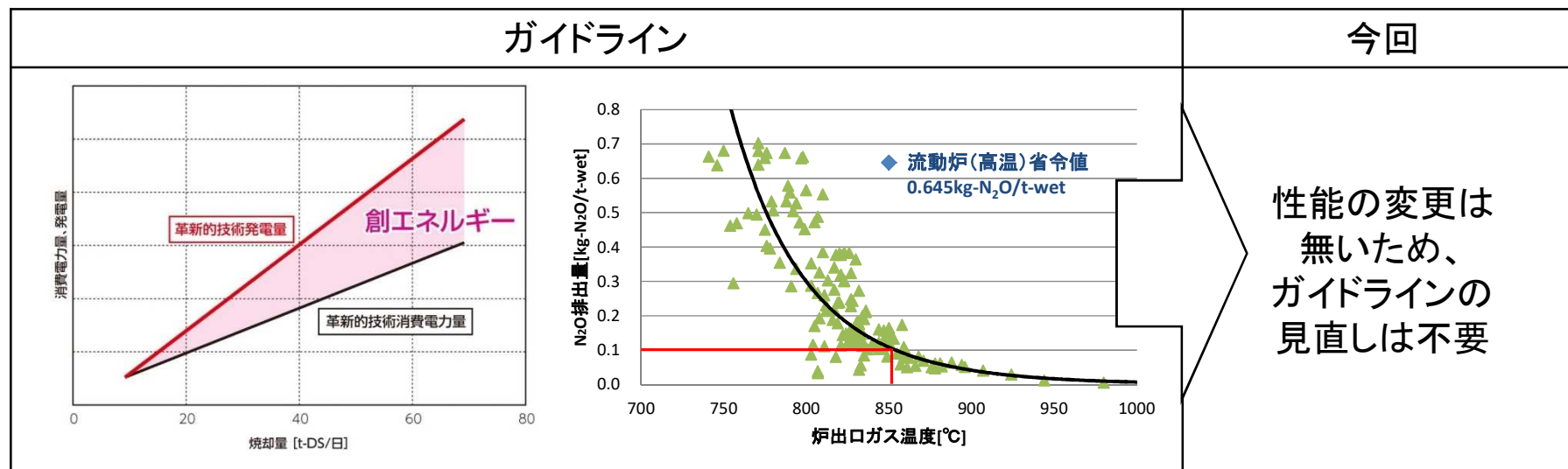
3. 実証施設の性能比較

概要

実運転を想定した自主研究においても、委託研究で達成した性能(ガイドラインに記載)が維持発揮できることを確認

		設計・目標値	委託研究	自主研究
含水率	[%]	70	69.1~70.2	71.5~72.8
炉出口ガス温度	[°C]	800以上	855~907	850~859
補助燃料使用量	[L/h]	0	0	0
発生蒸気量	[kg/h]	1,500	1,170~1,540	1,550~1,630
N ₂ O 排出係数	[kg-N ₂ O/t-wet]	0.1程度	0.05~0.091	0.1~0.2

※委託研究時の結果はガイドライン案P136 表資1-7、1-8より



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

4. まとめ

【B-DASH委託研究成果】

- ・汚泥の含水率を下げ(二液調質型遠心脱水機)、自燃させて焼却廃熱を蒸気で回収し(革新型階段炉+廃熱ボイラー)、発電を行う(蒸気発電機)ことにより、電力自立を達成した。

【自主研究成果】

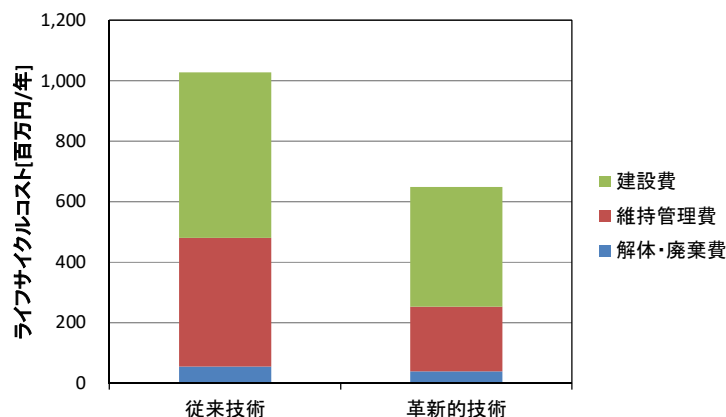
- ・定期的に試験運転を行い、委託研究にて達成した性能が継続して維持できることを確認
- ・乾燥汚泥の混焼では性能目標を達成
- ・し渣の混焼においては、平均含水率が高くなり自燃運転ができず、発生蒸気量の目標値に達しなかったが、排ガス性状については基準を満足していることを確認
- ・機器の適切な保全・保管により、長期停止後においても速やかに再稼働できることを確認
 - ⇒ 実運転を見据えた自主研究成果により、今後もB-DASH技術の普及展開を目指す

參考資料

導入効果の検討例

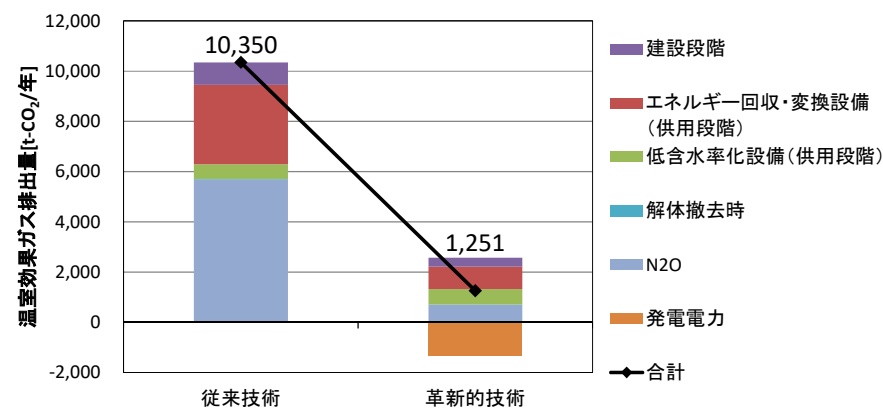
ライフサイクルコスト **削減率: 37%**

従来技術 1,028(百万円/年) 革新的技術 649(百万円/年)



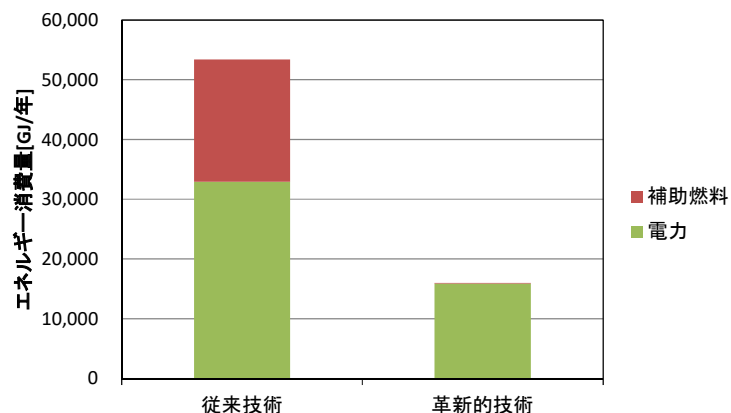
GHG排出量 **削減率: 88%**

従来技術 10,350(t-CO₂/年) 革新的技術 1,251(t-CO₂/年)



エネルギー消費量 **削減率: 70%**

従来技術 53,414(GJ/年) 革新的技術 15,975(GJ/年)



※ライフサイクルコストはシナリオA(一括導入)にて算出した。

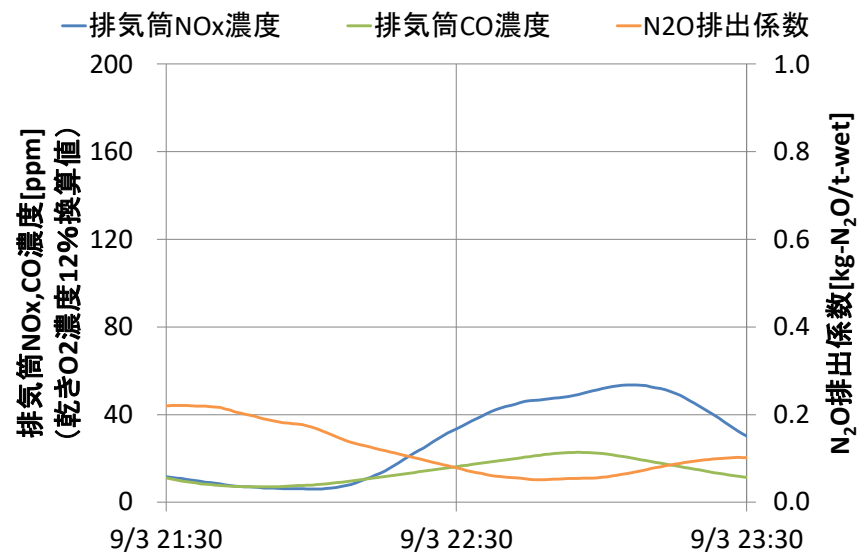
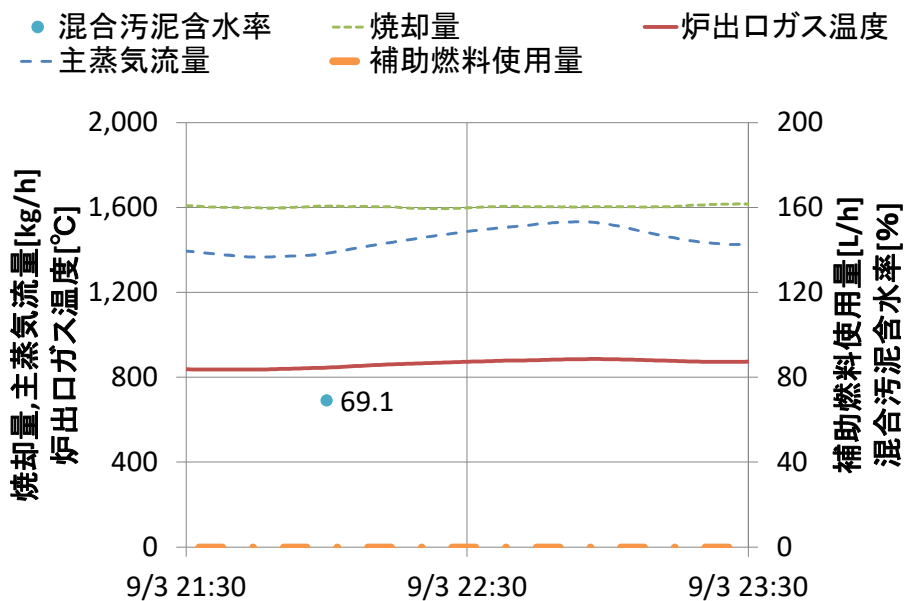
※従来技術は、「バイオソリッド利活用基本計画(下水汚泥処理総合計画)策定マニュアル(案)」(公益社団法人日本下水道協会)より、費用関数を用いて算出した。

※ライフサイクルコストは建設費(年価)、維持管理費、解体・廃棄費を合算して算出した。

耐用年数: 機械(脱水・発電)15年、機械(焼却)10年
電気15年、土木建築50年 利率: 2.3%

その他の運転結果 | ②-1 乾燥汚泥混焼試験

Run-1の結果



その他の運転結果 | ②-2 し渣との混焼試験

Run-3の結果

- 混合汚泥含水率
- 焼却量
- 炉出口ガス温度
- - 主蒸気流量
- 補助燃料使用量

