

本編

第1章 総則

- 目的
- ガイドラインの適用範囲
- ガイドラインの構成
- 用語の定義

- ◆下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、革新的技術の「廃熱利用型低コスト下水汚泥固形燃料化技術」について、実証研究の成果を踏まえて、技術的事項を明らかにし、導入を促進する。
- ◆地方公共団体などの下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要と評価(第2章)、導入検討(第3章)、計画・設計(第4章)、維持管理(第5章)などに関する技術的事項についてとりまとめたもの。

技術の概要・特徴の把握

第2章 技術の概要と評価

- 技術の概要
- 適用条件
- 実証研究に基づく技術の評価



【技術の概要・特徴】( § 6~9)

- 250~350℃以下の**低温廃熱**を利用して下水汚泥を**乾燥→汚泥固形燃料**製造
- ・成型後の表面固化乾燥により、**高品質**で**操作性**に優れた汚泥固形燃料を製造
- ・廃熱の有効利用によって汚泥固形燃料製造を**低コスト・省エネルギー**化
- ・大規模な工事を必要とせず、処理場内の廃熱利用が可能
- ・メンテナンス性が高く、長時間安定した運転を維持

【技術の適用条件】( § 10)

本技術は、処理場内(又は近隣)から安定的に利用可能な廃熱が存在している下水処理場において適用される技術であり、また処理場内(又は近隣)に汚泥燃料を継続的に利用する施設が存在することを基本とする。

基本適用条件	
安定的に利用可能な <b>廃熱</b> の存在 ・処理場内の既設焼却炉からの白煙防止空気 ・近隣施設からの250℃以上の廃熱	汚泥燃料を継続的に <b>利用する施設</b> の存在 ・処理場内の既設焼却炉(補助燃料として利用) ・処理場外の火力発電所(石炭代替として利用)など

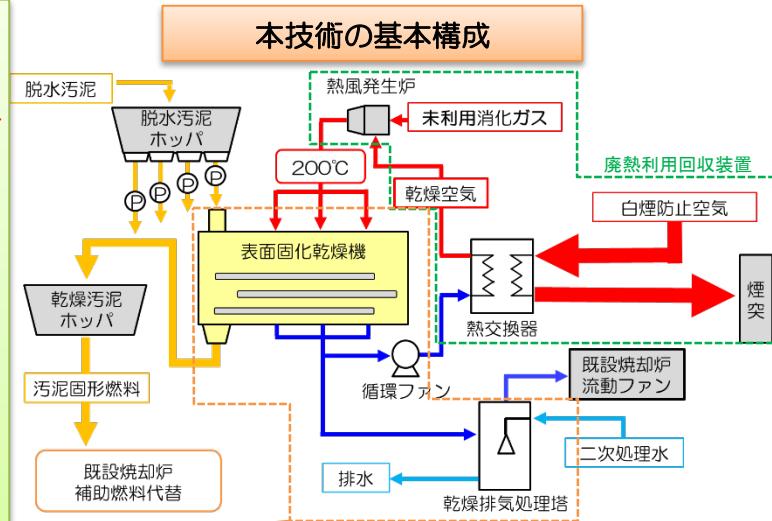
《本技術の構成》

①下水汚泥表面固化乾燥装置

- ・脱水汚泥を**成型**して、**表面積拡大**、**乾燥効率向上**。
- ・汚泥はバンドコンベヤ1段目で**表面から乾燥**され、バンドへの**張付き防止効果**、**ハンドリング性向上**。
- ・循環空気の一部を抽気し、蒸発した水分を系外へ排出。

②廃熱利用回収装置

- ・余剰の白煙防止空気やその他周辺施設の**廃熱**を回収し、汚泥乾燥空気の熱源として利用



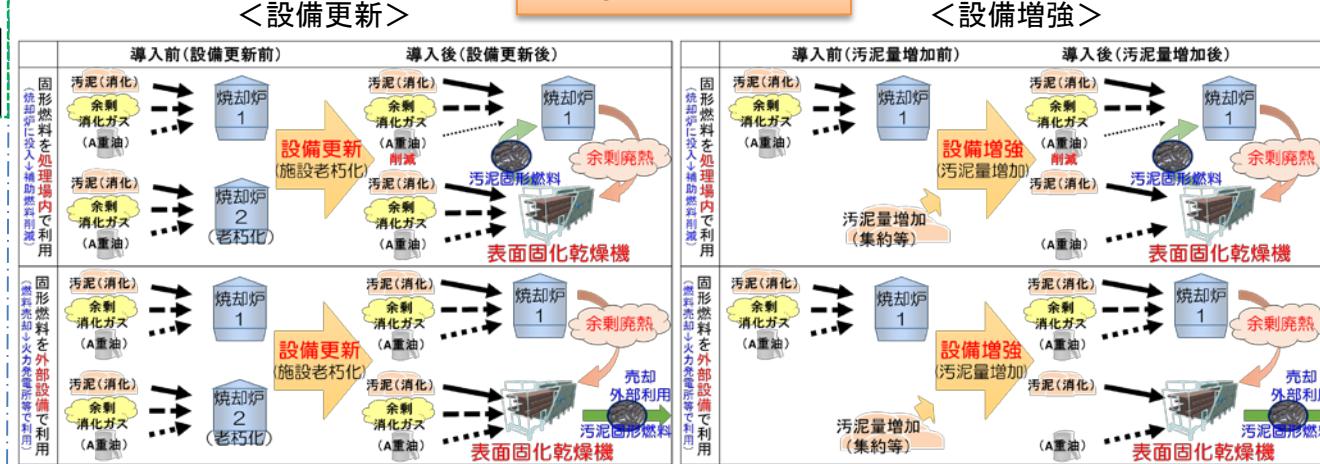
下水汚泥表面固化乾燥装置のフロー



【導入シナリオ例】( § 11)

本技術の導入が想定される状況として、焼却炉老朽化による**設備更新**、汚泥量増加に対応するための**設備増強**の2通りがある。さらに製造した汚泥燃料の使用方法について**場内利用**と**場外利用**の2通りが想定される。よって、以下の4通りの導入シナリオが基本形となる。

導入シナリオ例



【技術の評価結果】( § 12~13)

- ・汚泥固形燃料の湿ベースの総発熱量は目標値(8MJ/kg-湿(BSF)、JIS原案想定)を満たしており、燃料価値を確認。
- ・安全性については急激な発熱が確認されているため、貯留時の温度管理や酸素遮断等の対策を講ずる必要性を確認。
- ・表面固化乾燥により形状が保持でき、粉塵発生を抑制。

項目	評価	備考
燃焼性	燃料としての実用性確認	灰分: 18.3~25.6%-wet 総発熱量: 15.6~18.2MJ/kg-湿
安全性	自然発火性: 発熱性有り	対策: ホッパ温度管理、窒素置換、散水装置設置
	可燃性ガス発生: 可燃限界以下	—
	粉塵爆発性: 爆発性低	—
ハンドリング性	粉塵発生しにくい	粒径1mm以上が95%-w, HGI: 31
臭気	従来の汚泥固形燃料並み	臭気強度: 35~39

# 導入効果の把握

## 第3章 導入検討

### 【導入検討手順】( § 14~20)

導入の目的を明確にした後、検討に必要な情報の収集、導入効果の概略試算、導入範囲及び事業形態を含めた導入判断を行う。

#### ○基礎調査( § 15)

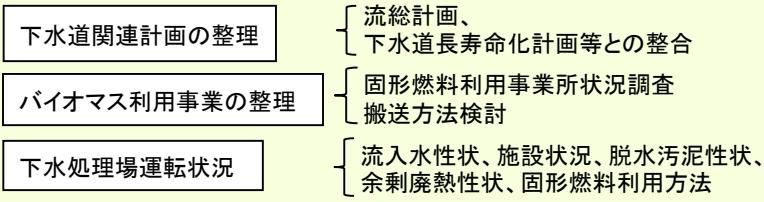
詳細な計画策定に先立ち、下水道施設や地域のバイオマス利用の現況、関連計画、既存施設の各種情報を把握

#### ○導入効果の検討( § 16~19)

コスト削減効果、温室効果ガス排出量削減効果、エネルギー消費量削減効果等を、他の技術と比較して算定

### 導入検討フロー

#### 基礎調査( § 15)



導入効果の検討 ( § 16~19)

- コスト
- 温室効果ガス排出量
- エネルギー消費量

#### 導入判断( § 20)

### 導入効果の検討結果(試算例)

### ○導入判断( § 20)

- ・コスト、温室効果ガス排出量及びエネルギー消費量等の検討後、従来技術との比較を行い、本技術の導入判断を行う。
- ・導入効果が見込めないと判断された場合は、導入シナリオを見直したうえで、再検討を行う。

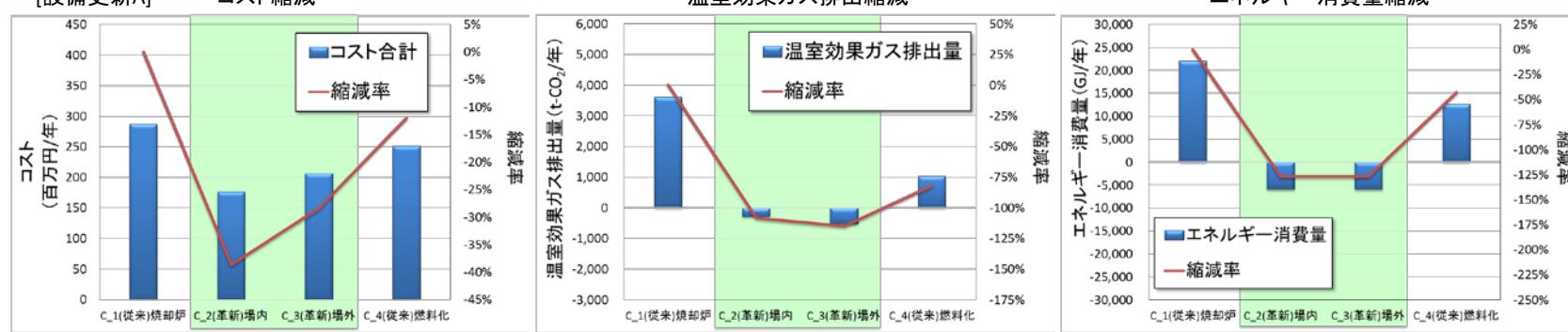
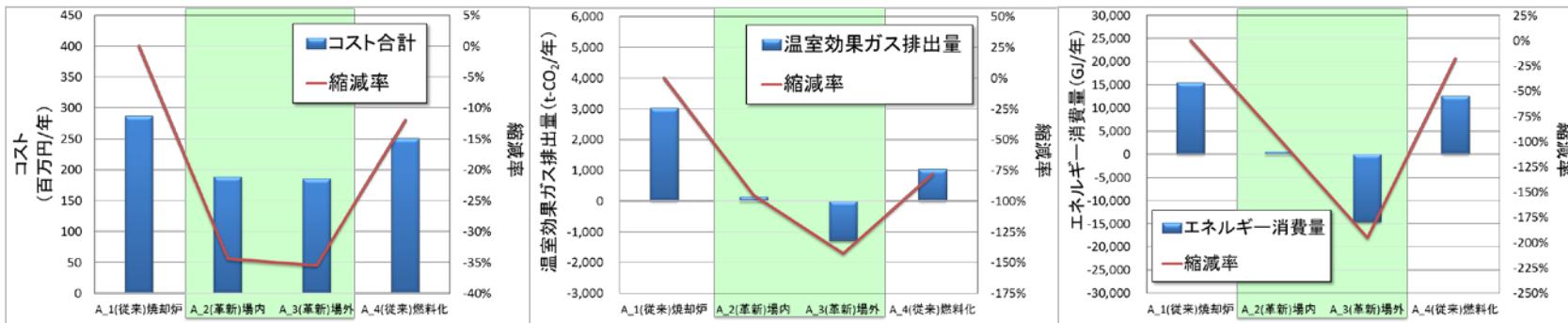
### 【導入効果の検討例】( § 21~23)

ケース条件	新設設備及び処理条件 更新前の既設焼却炉の規模	従来技術 (汚泥焼却炉) 汚泥は焼却処分	革新的技術 (固形燃料化)		従来技術 (固形燃料化) 固形燃料を外部利用
			固形燃料を場内利用	固形燃料を外部利用	
設備更新	30(t-wet/日) × 2基	A.1	A.2	A.3	A.4
設備増強	90(t-wet/日) × 1基	C.1	C.2	C.3	C.4

- ◇建設・維持管理コストの削減
- ◇汚泥処理時のGHG、エネルギー消費量の削減
- ◇固形燃料の利用による効果
  - ・内部利用: 焼却炉の補助燃料削減
  - ・外部利用: 利用先での化石燃料代替効果

コスト・温室効果ガス排出量・エネルギー消費量を比較

※詳細な計算はガイドライン参照



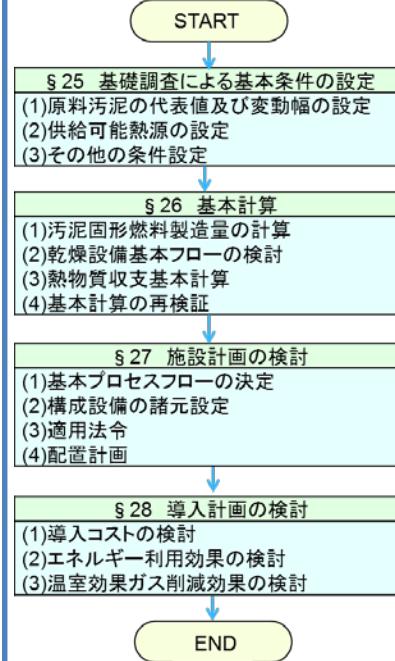
固形燃料利用時の効果について、内部利用は導入前の補助燃料以上の削減効果は未考慮、外部利用は固形燃料全量の削減効果を考慮しているため、外部利用のほうがGHG排出量、エネルギー消費量の削減効果が大きくなった。

導入可能性を判断のうえ、導入に向けた具体的な検討に進む

## 第4章 計画・設計

### 【導入計画】

以下の手順で導入計画を策定。



《導入効果の検証》  
導入検討時に評価した導入効果について、基本計画の策定段階でより詳細な情報に基づいて再検討を行い、目的とする導入効果が得られるか検証する。

### 導入効果把握後

### 【施設設計】

#### ○表面固化乾燥技術の設計

- (1)脱水汚泥設計条件の設定
- (2)乾燥機の設計
- (3)乾燥汚泥移送・貯留・供給系の設計
- (4)乾燥空気系の設計

#### ○廃熱回収利用技術の設計

- (1)乾燥熱交換器の設計
- (2)熱風発生炉の設計

#### ○安全対策及び臭気対策

- 汚泥燃料化施設の安全対策および臭気対策について検討する。
- (1)安全対策
  - (2)臭気対策

## 第5章 維持管理

### 【導入システムの運転管理項目】

(1)~(7)の管理項目の基準を例示

- (1) 脱水汚泥原料
- (2) 表面固化乾燥装置
- (3) 熱風発生炉
- (4) 乾燥空気抽気処理装置
- (5) 乾燥汚泥燃料
- (6) 乾燥汚泥燃料貯留装置
- (7) 乾燥熱交換器

### 【導入システムの保守点検】

#### 日常点検

腐食、破損、変形、漏洩、閉塞、振動(異音)、過熱、油量

#### 定期点検

乾燥機(24hr、1ヶ月、3ヶ月、1年)、その他機器(1年)

### 【緊急時の対応と対策】

#### 熱風発生炉緊急停止

地震発生時、停電時 ⇒ 燃料緊急遮断 弁閉止

#### 脱水汚泥の乾燥装置内流下の防止

乾燥機緊急停止時  
⇒ 汚泥流下による汚泥堆積、閉塞防止のため脱水汚泥投入部 汚泥遮断弁閉止

#### 表面固化乾燥装置緊急冷却

乾燥機緊急停止時  
⇒ 汚泥過熱による発火防止のため外気導入ダクト開で冷却

#### 窒素置換による発火防止

乾燥汚泥貯留ホップ内汚泥酸化による発熱防止  
⇒ 窒素置換のための専用の窒素発生装置

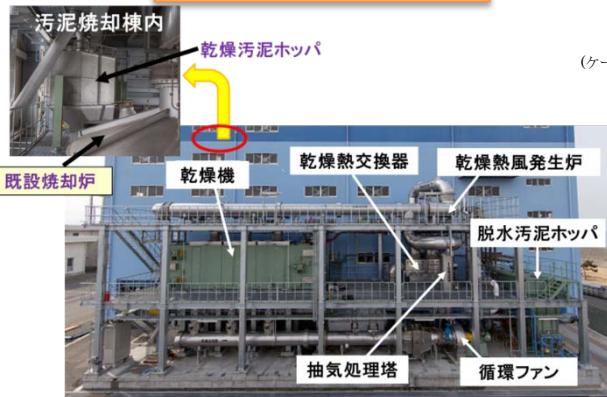
【実証試験の概要】

- ◆研究名称: 廃熱利用型低コスト下水汚泥固形燃料化技術実証研究
- ◆実施者: JFEエンジニアリング株式会社
- ◆実施期間: 平成24年7月～平成26年3月
- ◆実施場所: 松山市西部浄化センター
- ◆実施目的: 廃熱を利用した乾燥方式によって、低コスト、省エネルギーで汚泥固形燃料を製造し、これを活用することにより、コスト縮減効果や省エネルギー効果等に関する実証研究を実施。

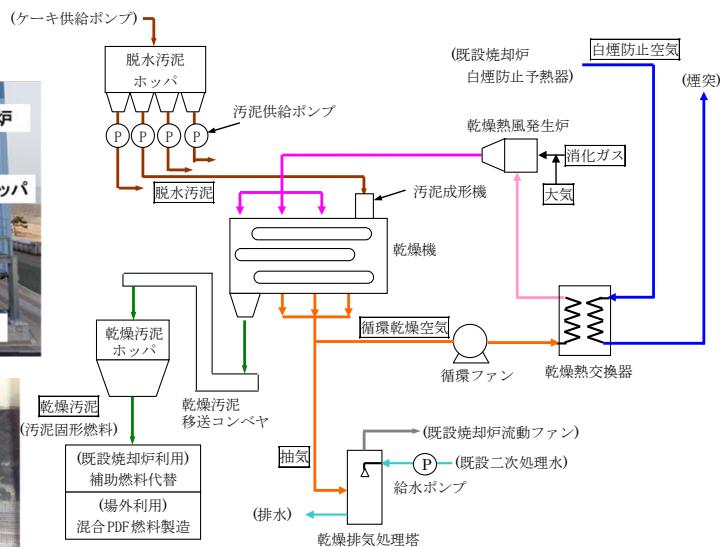
【実証施設概要】

- ◆処理対象: 嫌気性消化汚泥
- ◆最大処理汚泥量: 約15t-wet/日
- ◆実証プラント基本仕様(増設設備 最大出力計: 119.1kW)
  - ・脱水汚泥供給系…脱水汚泥ホッパ、汚泥供給ポンプ
  - ・乾燥機(表面固化方式、バンド搬送式)
  - ・乾燥汚泥移送・貯留・供給系…集合コンベア、乾燥汚泥移送コンベア等
  - ・乾燥空気系…循環ファン、乾燥熱交換器、乾燥熱風発生炉、乾燥排気処理塔等

実証試験プラント外観



実証試験プラントフロー



乾燥機内部

2段目以降の乾燥汚泥の移送状況

【実証試験の条件】

保温工事		運転条件	
前	RUN1	消化ガスを利用せず、白煙防止空気からの廃熱のみで汚泥固形燃料を製造	
	RUN2	RUN1の乾燥機負荷低減運転	
	RUN3	白煙防止空気からの廃熱、消化ガスを利用して定格運転	
	RUN4	RUN3の乾燥機負荷低減運転	
	RUN3'	保温工事前後の差異を把握するため、RUN3とほぼ同条件で運転	
	RUN5	最大処理量の把握	
	RUN6	汚泥固形燃料をペレット化(再成型して高密度化)	
	RUN7	RUN3との季節比較のため、同条件で試験	
後	RUN8	夏期における消化ガス未使用での最大処理量把握	

RUN1～4は冬期、RUN5～8は夏期の運転。冬期と夏期の間、乾燥機下部の保温工事を実施

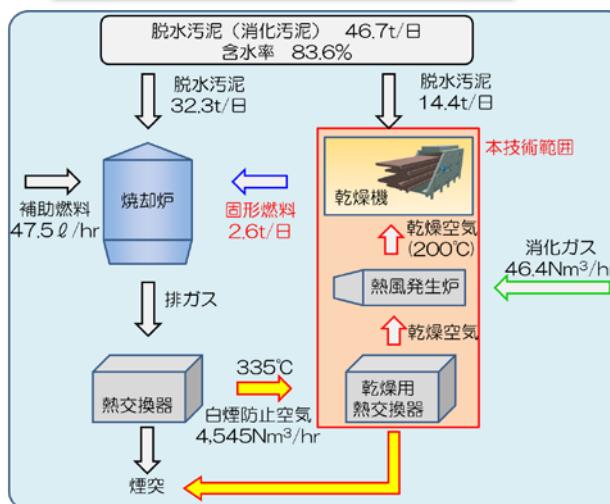
【実証試験の結果】

○汚泥固形燃料化設備の性能確認

排出係数 A重油: 2.71kg-CO<sub>2</sub>/L  
電力: 0.550kg-CO<sub>2</sub>/kWh

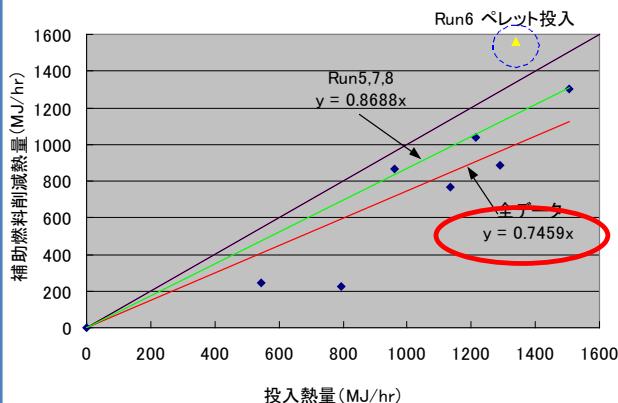
		RUN1	RUN2	RUN3	RUN4	RUN3'	RUN5	RUN6	RUN7	RUN8
運転時間	h	50	50	50	50	6	50	24	50	50
総処理汚泥量	t/日	44.62	47.33	45.96	46.49	49.51	46.68	46.06	47.38	47.30
脱水汚泥含水率	%	84.4	84.3	84.1	84.6	85.4	83.6	83.3	83.6	83.4
乾燥機処理汚泥量	t/日	7.03	4.97	11.26	10.08	11.45	14.42	11.62	11.52	9.14
乾燥汚泥含水率	%	14.7	7.7	6.2	6.4	10.3	9.9	13.8	7.3	13.5
蒸発水分量	t/日	5.746	4.123	9.348	8.422	9.585	11.799	9.366	9.482	7.389
燃料化設備導入前補助燃料使用量	ℓ/h	113.6	113.5	115.2	115.8	125.6	117.0	122.9	115.5	121.8
燃料化設備導入後補助燃料使用量	ℓ/h	90.0	95.3	64.4	71.1	81.2	47.5	52.0	60.9	76.1
補助燃料削減量	ℓ/h	23.6	18.2	50.8	44.7	44.4	69.5	70.9	54.6	45.7
電力使用量	kWh/h	72.3	72.1	79.0	75.8	79.5	77.6	73.7	77.2	71.6
CO <sub>2</sub> 排出量	t-CO <sub>2</sub> /年	-185.8	-74.2	-723.6	-610.2	-588.3	-1,118.7	-1,164.3	-810.3	-648.7

最大処理時の処理フロー (RUN 5)



廃熱・余剰消化ガスの使用により、**最大汚泥処理量14.4t/日**、汚泥固形燃料投入により**焼却炉補助燃料約59%削減**。

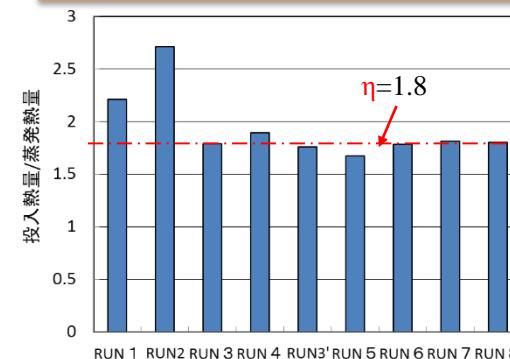
焼却炉での固形燃料投入熱量と補助燃料削減熱量の関係



投入固形燃料が保有する熱量の**約75%**が焼却炉補助燃料の削減に寄与した。

※仮に熱ロスがなく、投入固形燃料の保有熱量が、補助燃料の削減(汚泥焼却)に全て寄与した場合、投入熱量=補助燃料削減熱量となる。

乾燥機への投入熱量/蒸発熱量



実証運転 RUN No. (乾燥に必要な熱量の目安) 乾燥、除去させる水分の蒸発潜熱に対して、必要とする熱量は実証試験の運転実績から  $\eta=1.8$  倍となった。

[脱水汚泥] 処理汚泥量 含水率 } 蒸発熱量 × 1.8 } 乾燥に必要な投入熱量

汚泥固形燃料の性状及び臭気分析結果

冬季(RUN1～4)及び夏季(RUN7)連続運転時の脱水汚泥及び汚泥固形燃料の性状分析、安全性評価試験及び運転時の排ガス分析を実施

[固形燃料の発熱量分析]

Run No.	1	2	3	4	7					
試料No.	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	7	
総発熱量(乾ベース)	MJ/kg-dry	19.3	19.4	19.2	18.4	18.7	19.3	19.1	19.6	17.0
含水率	%	14.7	7.7	6.2	6.4	7.3				
総発熱量(湿ベース)	MJ/kg-wet	16.1	16.2	17.5	16.8	17.4	17.9	17.7	18.2	15.6

＜その他の分析項目＞ 工業分析、元素分析、重金属含有量、灰分組成、比重、HGI、粒度分布