

# 下水道革新的技術実証研究（B-DASHプロジェクト） 技術導入のためのガイドライン説明会



## 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



メタウォーター・池田市共同研究体

# 第1章 第3節 §3 ガイドラインの構成

## 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

## 第2章 技術の概要と評価

- ・目的, 概要, 特徴, 適用条件, 導入シナリオ例
- ・技術の評価項目, 評価結果

## 第3章 導入検討

- ・導入検討手順, 基礎調査, 導入効果の検討, 導入判断
- ・導入効果の検討例

## 第4章 計画・設計

- ・導入計画
- ・施設設計

## 第5章 維持管理

- ・運転管理
- ・保守点検
- ・緊急時の対応

## 資料 編

- ・実証試験, 簡易算定式, ケーススタディ等

本編を導く  
根拠資料



## 第2章 技術の概要と評価

第1節 §5～§10 技術の概要と特徴

第2節 §11～§12 技術の適用条件

第3節 §13～§14 実証研究に基づく評価の概要

# ▲ 第2章 第1節 §5 システム全体の目的

現 状

廃棄物としての下水汚泥

- ・「汚泥処理」の視点の従来型焼却システム

到 達 点

都市資源としての下水汚泥

- ・エネルギー多消費型の汚泥処理からの脱却
- ・エネルギー創出プラントへの転換

技術的・コスト的ハードルがあった

HOW TO

従来技術の高度化，高効率化

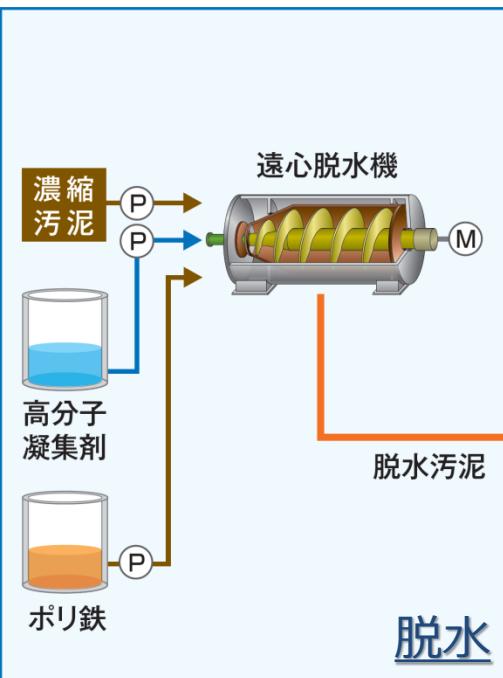
+

連携して運転することで導入効果を最大化

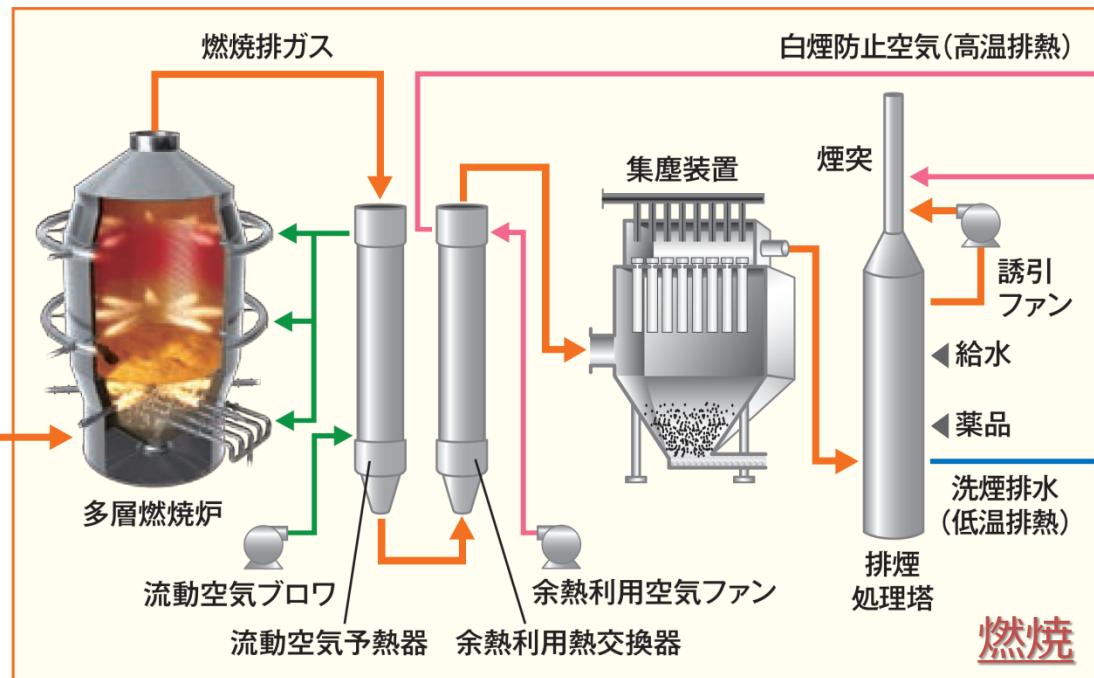
# ▲ 第2章 第1節 §6 システム全体の概要と特徴

## 3つの個別技術 + 1つの制御機能のトータルシステム

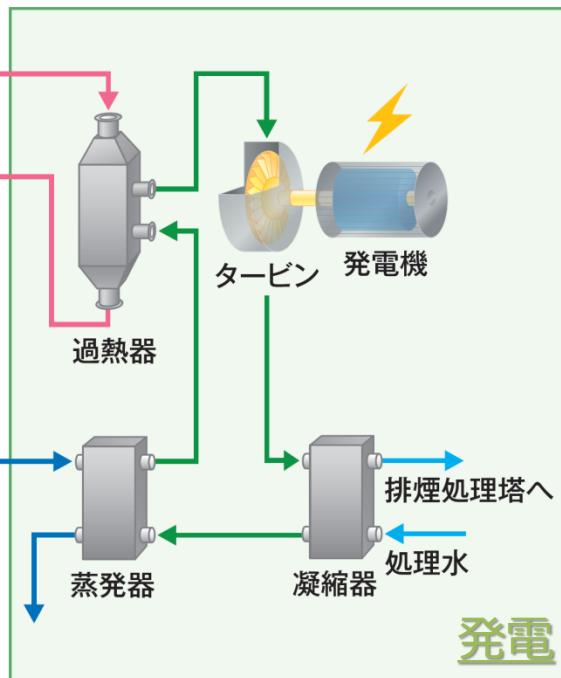
### 【低含水脱水技術】



### 【低空気比省エネ燃焼技術】



### 【高効率排熱発電技術】



導入効果

【連携機能・最適化機能】

①建設費

②維持管理費

③エネルギー消費量

④温室効果ガス排出量

これらの低減が期待できるシステムである

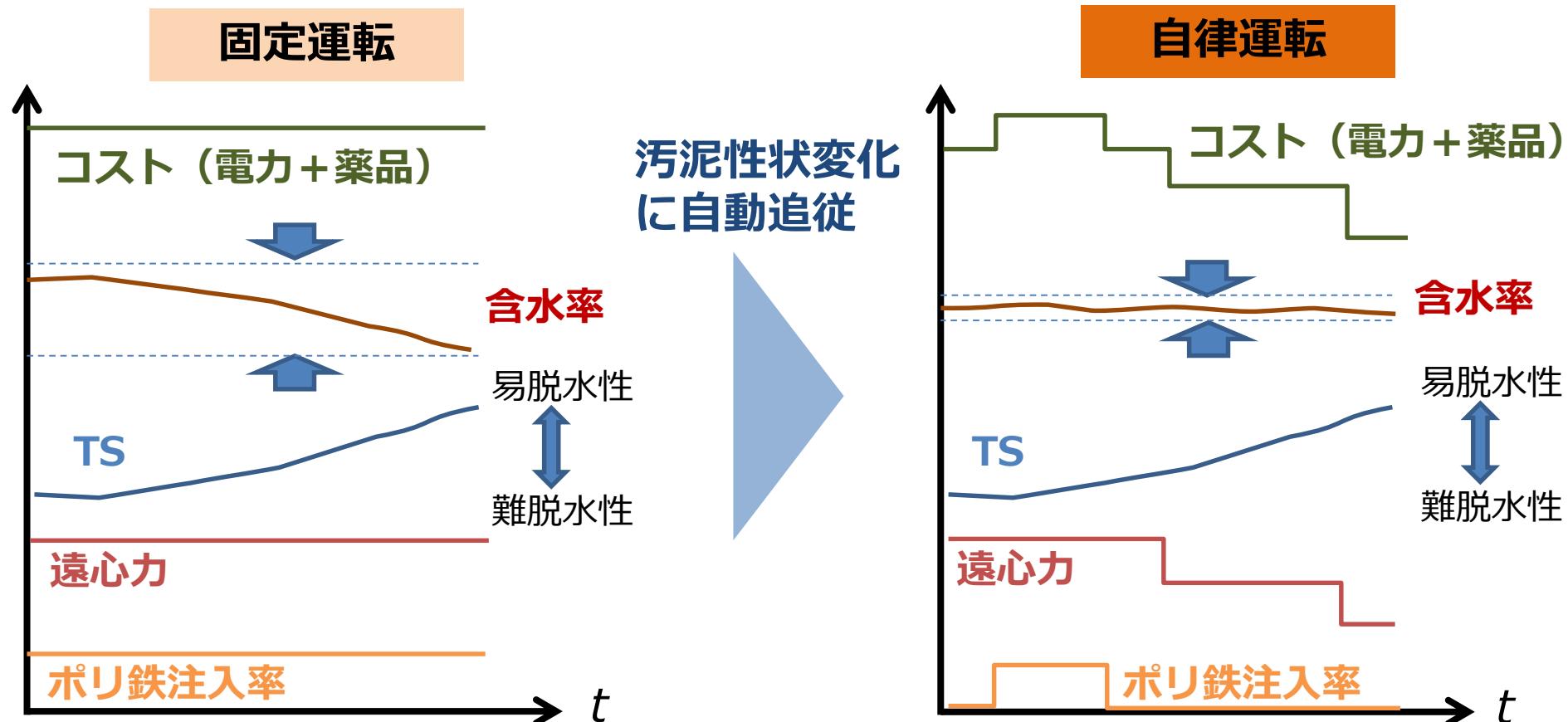
# ▲ 第2章 第1節 §7 低含水脱水技術の概要と特徴

## 低動力型高効率遠心脱水機（機内二液調質）

+

### 遠心力・ポリ鉄注入率の【自律運転機能】

低含水化



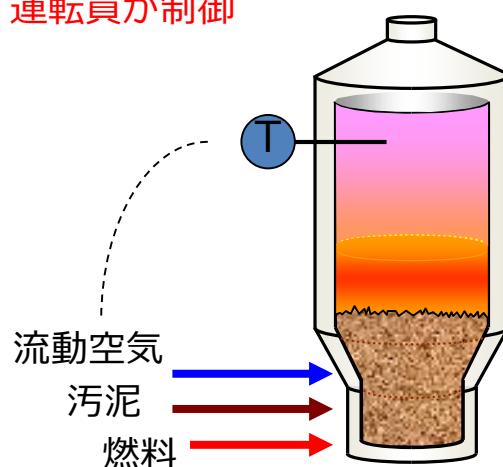
含水率をコントロールし無駄な電力と薬品の消費を抑制

# ▲ 第2章 第1節 §8 低空気比省エネ燃焼技術 の概要と特徴

## 【多層燃焼技術】 + 【低空気比制御】

従来気泡炉

余裕をみて  
運転員が制御



多層燃焼技術

モデル  
予測制御

流動空気  
汚泥  
燃料

空気比 1.3-1.4

空気比 1.4-1.5

空気比 1.3-1.4

多層 + 低空気比

排ガスO<sub>2</sub>濃度  
を追加

モデル  
予測制御

流動空気  
汚泥  
燃料(不要)

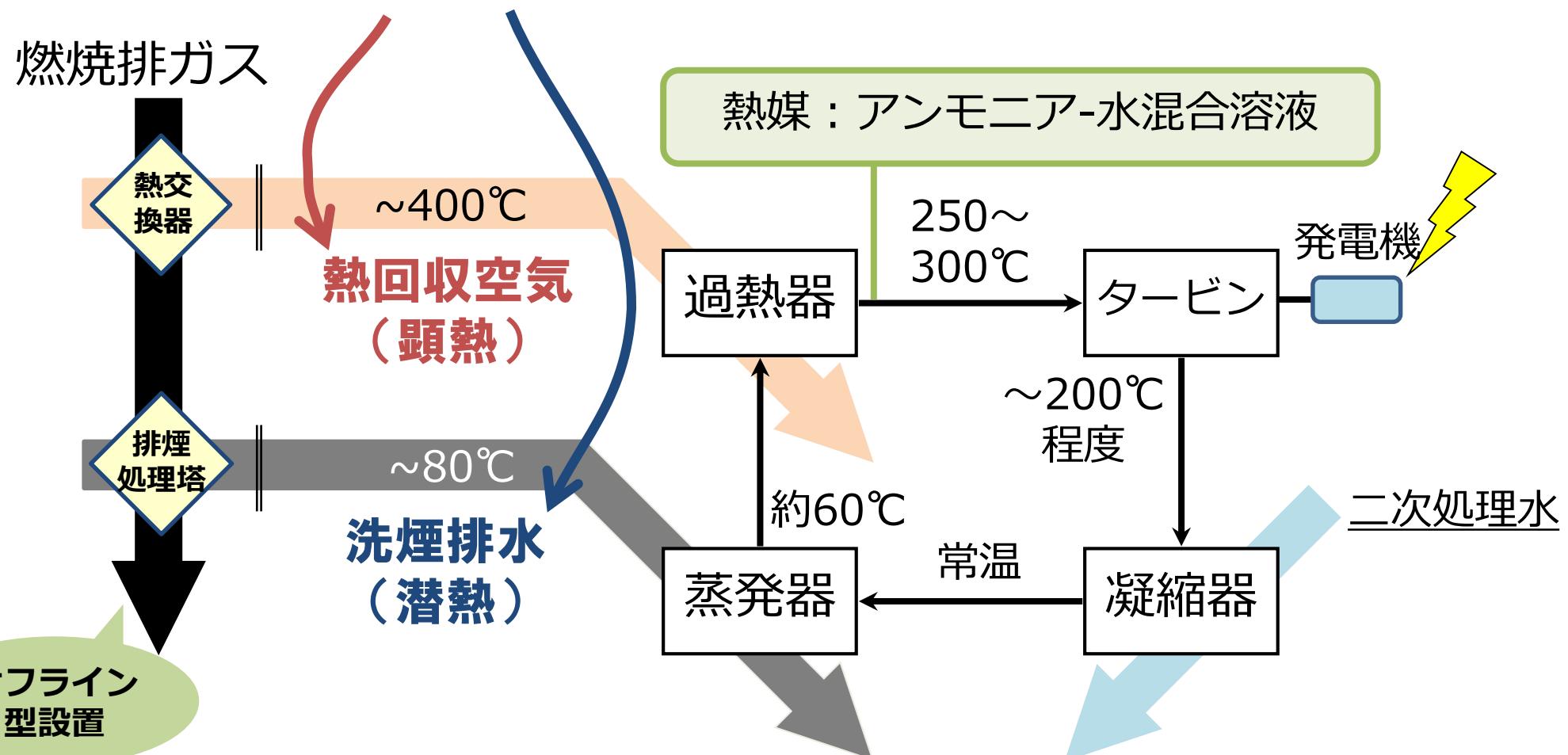
空気比 1.3以下

- ①ファン・ブロワ電力の低減
- ②自燃汚泥性状範囲の拡張
- ③コンパクト化による建設費低減

これらの効果が期待できる

# 第2章 第1節 §9 高効率排熱発電技術の概要と特徴

## 「2熱源」バイナリーサイクル発電



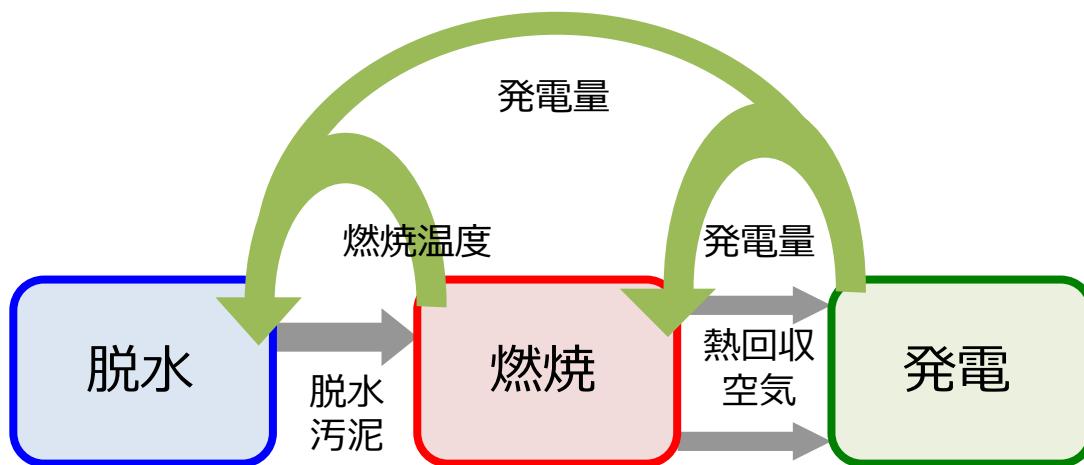
- 既設炉にも後付け可能
- 汚泥処理に影響を与えない

燃焼設備からの排ガスに加え、  
従来捨てられることの多い排水の熱も利用する

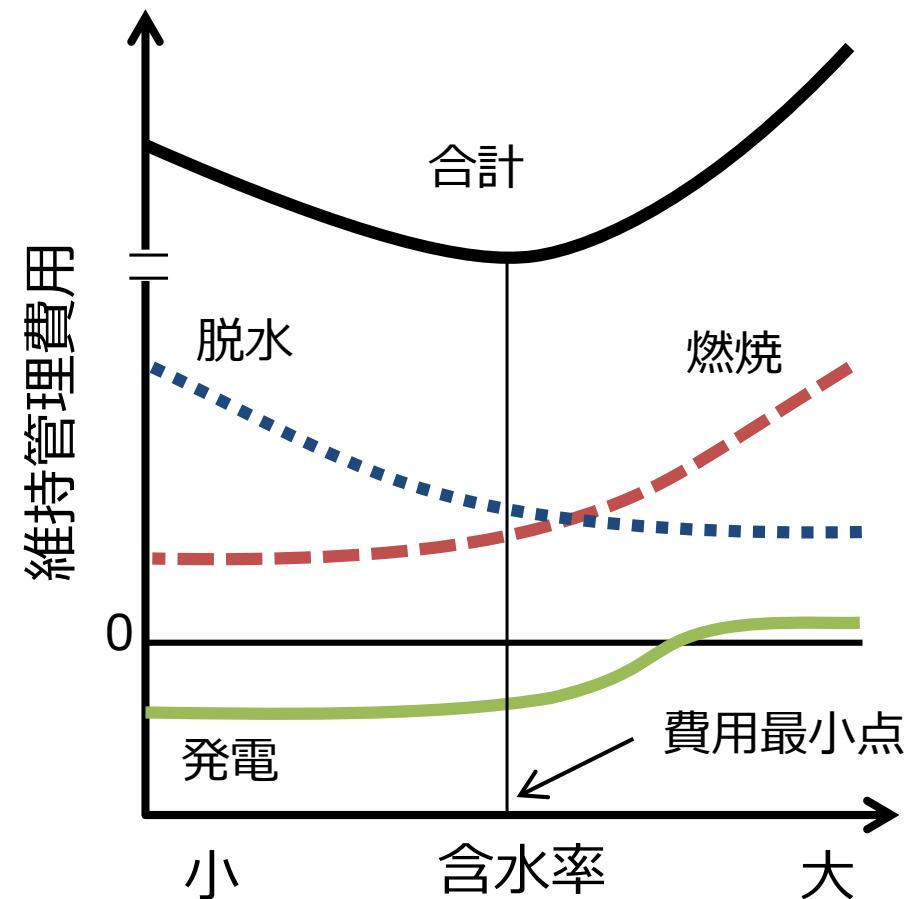
# ▲ 第2章 第1節 §10 連携・最適化機能 の概要と特徴

## 設備間の関連づけ（連携）+ コスト最小化（最適化）

情報のやり取りを追加して、  
3設備を1つのシステムに



← : 連携機能で追加される  
新たな情報のやり取り



設備間のトレードオフの解消・自動的に最適点に漸近させる

## 第2章 技術の概要と評価

第1節 §5～§10 技術の概要と特徴

第2節 §11～§12 技術の適用条件

第3節 §13～§14 実証研究に基づく評価の概要

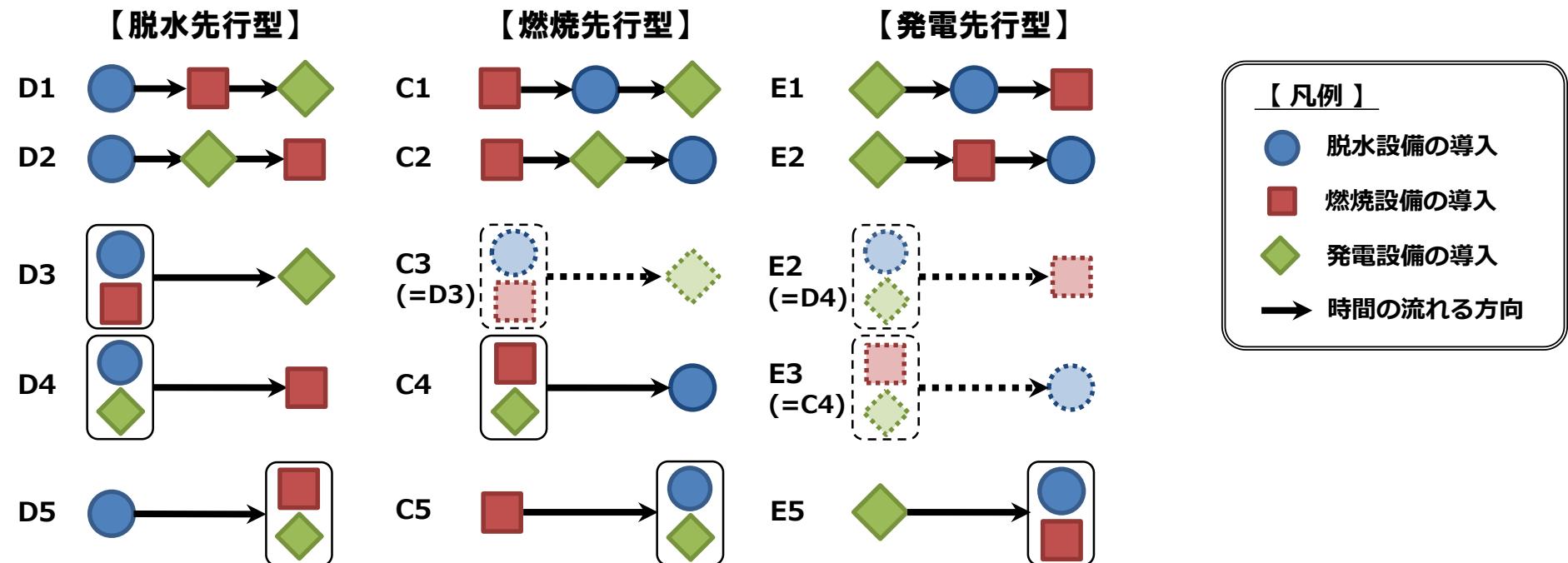
# ▲ 第2章 第2節 §11 適用条件および推奨条件

	適用条件（導入に不可欠な条件）	推奨条件（高い効果が期待できる条件）
システム全体	—	・混合生汚泥を対象
低含水脱水設備	・粗大なきょう雜物が除去または破碎 ・十分な電力供給の確保	・脱水汚泥搬送設備の消費電力、補修費等が大きいこと
低空気比省エネ燃焼設備	・気泡式流動炉であること (改造の場合)	・既設焼却設備の実測の空気比が1.4以上 ・負荷率は定格に近く、稼働率も高く保つことができる
高効率排熱発電設備	・二次処理水の年間平均水温が概ね25°C以下 ・汚泥処理量1 t/dあたり概ね1 m <sup>3</sup> /h以上の二次処理水が利用可能 ・白煙防止空気およそ300°C以上、排煙処理水70°C以上の熱源が利用可能	・中規模（概ね100～150 t/d）以上の燃焼炉に付設 ・排煙処理塔の前段に、セラミックフィルタ等の集塵率の高い排ガス処理系統を有する ・改造の場合、白煙防止空気の熱回収において、白防熱交換器出口排ガス温度が概ね250°Cまで熱回収されている
連携・最適化機能	・低空気比省エネ燃焼技術に加えて、低含水脱水設備、あるいは、高効率排熱発電設備が導入済	・燃焼設備に供給される脱水汚泥含水率が定常的に自燃水準（概ね74～76%以下）であること ・汚泥性状の短期的な変動が大きいこと

# △ 第2章 第2節 §12 効率的な導入シナリオ

## 各設備を段階的に導入することが可能

- ・段階的導入：3技術を順次導入し、最終的に全技術を揃える



一括導入シナリオだけでなく、燃焼設備を軸にしたシナリオは追加的費用の発生が少なく効率的となる

具体例は資料編に記載

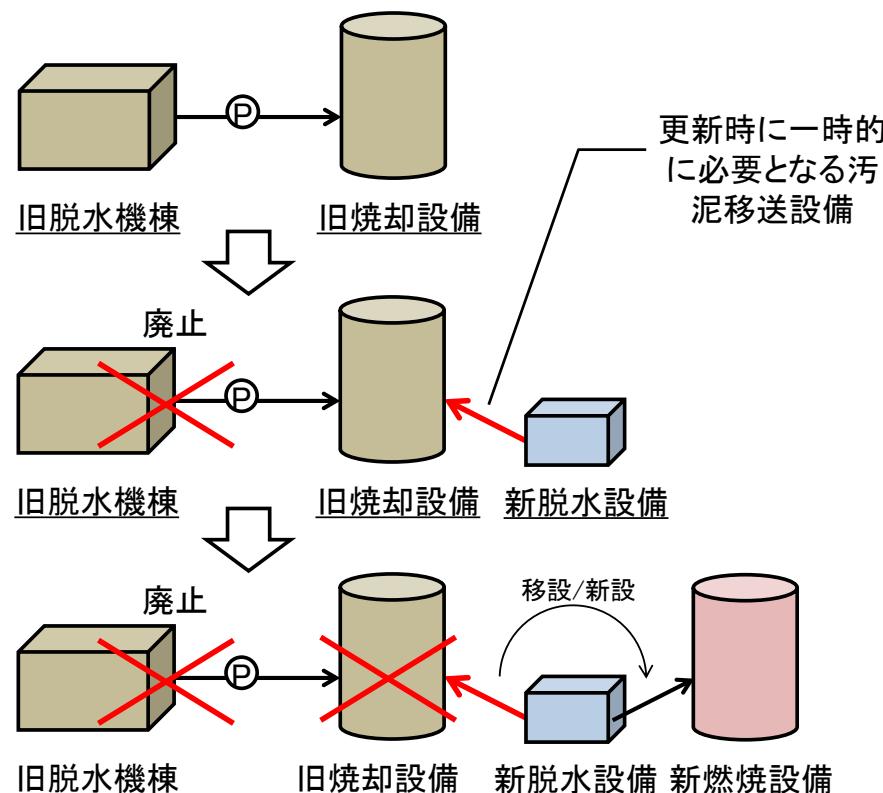
# △ 第2章 第2節 §12 効率的な導入シナリオ

参考) 資料編 II. 簡易算定式 (段階的導入時の追加的費用)

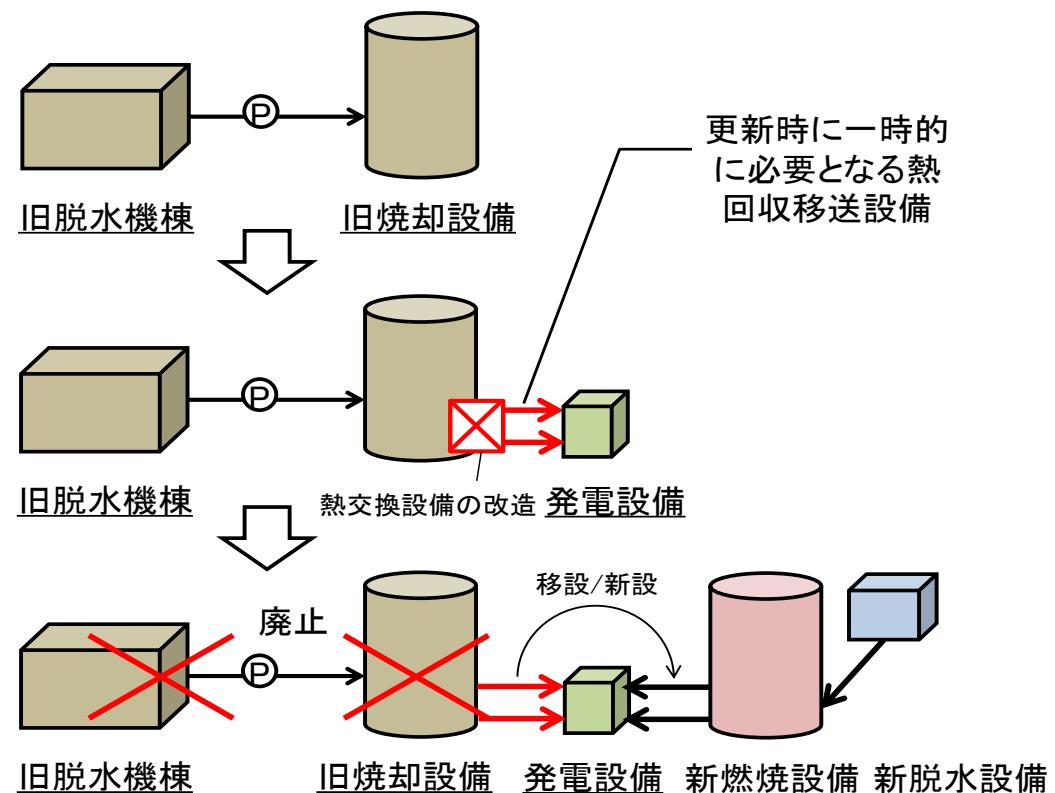
追加的費用が少なくなるよう燃焼を軸としたシナリオにすると良い

(追加的費用の発生例)

## 【脱水先行型】



## 【発電先行型】



## 第2章 技術の概要と評価

第1節 §5～§10 技術の概要と特徴

第2節 §11～§12 技術の適用条件

第3節 §13～§14 実証研究に基づく評価の概要

## ▲第2章 第3節 §13 評価項目

- (1) コスト : 建設、維持管理、解体・廃棄
- (2) 温室効果ガス排出量 :  $\text{CO}_2$   $\text{N}_2\text{O}$
- (3) エネルギー消費量 : 電力 補助燃料
- (4) エネルギー創出量 : 発電電力
- (5) 環境性能 : 排ガス、臭気、灰性状等

### 【評価規模】

含水率  
76%

処理汚泥量	t-ws/d	100	200	300
固形物量	t-ds/d	24	48	72

### 【シナリオ】

- ・3技術の一括導入シナリオ

# ▲ 第2章 第3節 §13 評価項目

## 【評価条件】

評価条件	設定値
濃縮汚泥濃度 (TS)	3.30% ※1
濃縮汚泥有機分率 (VTS)	84% ※1
汚泥発熱量【高位】	19.7 MJ/kg-ds ※2
汚泥組成	C 50.1%-VTS ※2 H 7.37%-VTS ※2 N 6.57%-VTS ※2 O 35.0%-VTS ※2 S 0.94%-VTS ※2
脱水設備稼働率	80% (292日稼働)
燃焼設備稼働率	80% (292日稼働) 定期補修：30日×1回 小点検：2日×2回 汚泥量調整：3日×13回
発電設備稼働率	79.3%(289.4日稼働) ※3
燃焼設備負荷率	100%
年間平均二次処理水温度	21.6°C ※4

耐用年数・利子率	
燃焼設備の機械設備	10年
その他の機械・電気設備	15年
土木構造物	50年
利子率	2.3%

※1 下水道統計（H23年度）を基に設定

※2 バイオマス発電のB-DASH実証フィールド  
2か所の組成の平均値を基に設定

※3 発電設備の稼働率と燃焼設備稼働率の  
関係は実証試験結果に基づき設定

※4 全国15自治体の維持管理年報を基に設定

## ▲ 第2章 第3節 §14 評価結果

評価条件における各規模での試算を実施した

含水率  
76%換算

評価項目	単位	100 t/d	200 t/d	300 t/d
コスト（建設費）	百万円/年	427	571	715
コスト（維持管理費）	百万円/年	240	351	461
コスト（解体・廃棄費）	百万円/年	42.7	57.1	71.5
ライフサイクルコスト	百万円/年	710	979	1,248
温室効果ガス排出量	t-CO <sub>2</sub> /年	3,544	6,813	10,082
エネルギー消費量	GJ/年	21,869	42,043	62,217
エネルギー創出量	GJ/年	9,756	22,121	34,486

## 第3章 導入検討

### 第1節 §15～§18 導入検討手法

#### 第2節

#### 導入効果の検討例

# ▲ 第3章 第1節 §15 導入検討手順

## 導入検討は以下の手順で行う

### §16 基礎調査

- (1) 改築更新計画等の関係計画
- (2) 薬品・エネルギー等利用状況
- (3) 既存設備の運転状況
- (4) 適用シナリオの検討

- ・導入効果の検討を行うために必要な基礎情報を収集する
- ・適用シナリオの抽出

### §17 導入効果の検討

- (1) コストの試算
- (2) 温室効果ガス排出量の試算
- (3) エネルギー創出量の試算
- (4) エネルギー消費量の試算

- ・**簡易算定式**を用いて評価項目の試算を行う

導入効果  
不十分

### §18 導入判断

- ・効果不十分の場合はシナリオ見直し

### 第4章 計画・設計

# ▲ 第3章 第1節 §17 導入効果の検討

## 簡易算定式：コスト・GHG排出量の算出等に用いる

### 建設費

$y_n$  : 建設費[百万円]  $x$  : 検討規模[t-ws/d] (含水率76%換算、 $100 \leq x \leq 300$ )

脱水設備	機械設備 : $y_1 = 3.365x + 444.3$
燃焼設備	土木設備 : $y_2 = 0.438x + 117$ 機械設備 : $y_3 = 9.000x + 1533$ 電気設備 : $y_4 = 1.000x + 600$
発電設備	機械設備 : $y_5 = 0.772x + 282$

### 発電量

$y_n$  : 発電量[MWh/y]  $x$  : 検討規模[t-ws/d] (含水率76%換算、 $100 \leq x \leq 300$ )

発電設備	$y_{14} = 13.04x - 275.1$
------	---------------------------

実証試験結果に基づく設定、具体的算出法は資料編に記載

# ▲ 第3章 第1節 §17 導入効果の検討

## 簡易算定式：コスト・GHG排出量の算出等に用いる

1-ティリティ

$y_n$  : 消費量・発生量  $x$  : 検討規模[t-ws/d] (含水率76%換算、 $100 \leq x \leq 300$ )

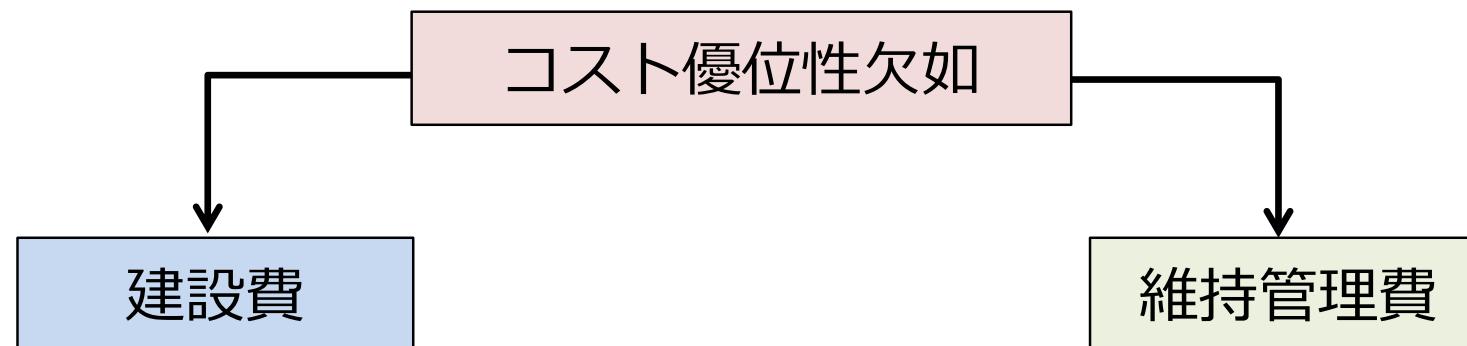
		設定単価	
脱水設備	電力 MWh/y : $y_6 = 4.654 x$ 高分子凝集剤 t/y : $y_7 = 0.516 x$ ポリ硫酸第二鉄 t/y : $y_8 = 3.688 x$	15円/kWh 50万円/t 2万円/t	注入率0.7%-TS 注入率5%-TS
燃焼設備	電力MWh/y : $y_9 = 15.26 x + 115.3$ 燃料kL/y : $y_{10} = 0.252 x + 1.439$ 苛性ソーダt/y : $y_{11} = 4.050 x$ 焼却灰t/y : $y_{12} = 17.101 x$	15円/kWh 90円/L 4万円/t 0.8万円/t	
発電設備	電力MWh/y : $y_{13} = 0.320 x + 57.44$	15円/kWh	

実証試験結果に基づく設定、具体的算出法は資料編に記載

# ▲ 第3章 第1節 §18 導入判断

## 定量的な導入効果から総合的に判断する

### ○ 導入効果（コスト）が不十分な場合の対策例



- ・汚泥処理量の見直し
  - > 規模の効果の享受
- ・段階的導入の前倒し
  - > 追加的費用の低減
  - > 連携効果の早期発現
- ・汚泥処理量の見直し
  - > 負荷率・稼働率の見直し
- ・段階的導入の前倒し
  - > 連携効果の早期発現

## 第3章 導入検討

### 第1節 §15～§18 導入検討手法

#### 第2節

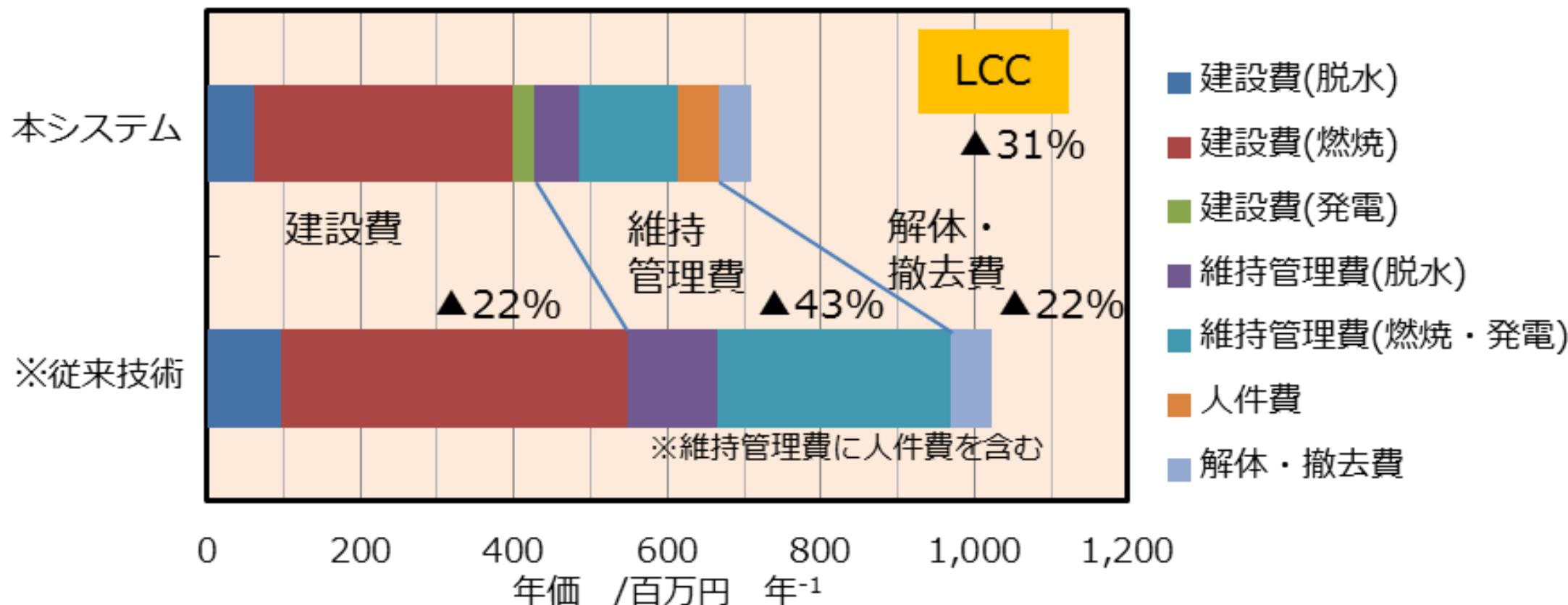
#### 導入効果の検討例

# ▲第3章 第2節 導入効果の検討例

CASE-1

3技術一括導入ケース (100 t/d)

※従来技術：一液調質型脱水機+流動炉、脱水汚泥含水率76%



建設費：22%減、維持管理費：43%減

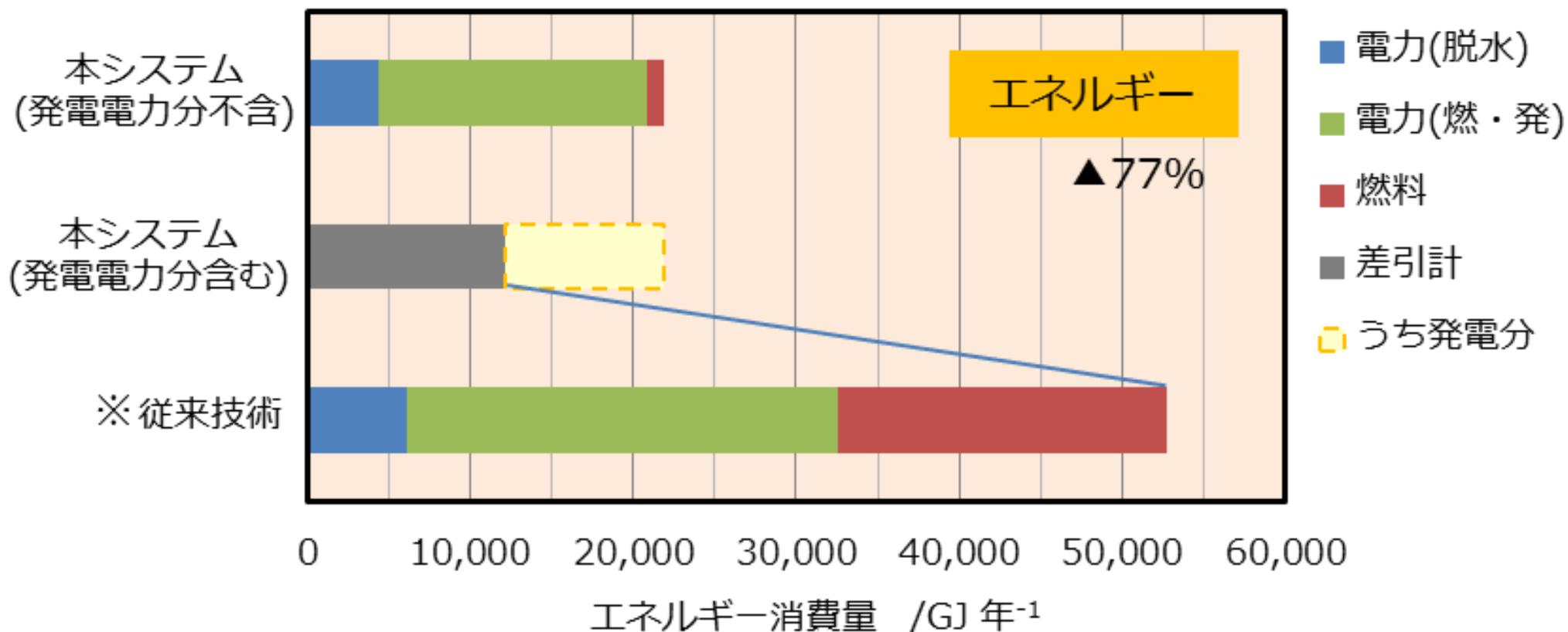
ライフサイクルコスト：31%減

# ▲第3章 第2節 導入効果の検討例

CASE-1

## 3技術一括導入ケース (100 t/d)

※従来技術：一液調質型脱水機+流動炉、脱水汚泥含水率76%



エネルギー消費量：59%減

発電量差引エネルギー消費量：77%減

# 第3章 第2節 導入効果の検討例

## ガイドライン収録ケース一覧

(CASE-1) 一括導入ケース 100 t/d

(CASE-2) 段階的導入ケース 200 t/d  
・・・脱水・燃焼先行導入

(CASE-3) 段階的導入ケース 200 t/d  
・・・燃焼・発電先行導入

(CASE-4) 既設焼却炉改造ケース 100 t/d  
・・・長寿命化と同時に改造するケース

(CASE-5) 消化汚泥ケース 45 t/d

(発電設備単体での導入検討例)

本編 第3章収録

資料編収録

## 第4章 計画・設計

第1節 導入計画 (§19~§24)

第2節 設備設計 (§25~§28)

# ▲ 第4章 第1節 §19 導入計画手順

## §20 詳細調査

§17 基礎調査の内容に加えて、より詳細な設計量や変動範囲、フローや配置方針、適用法令等の与条件、制約条件を把握し、§22 基本計算の設定条件を整える。



## §21 基本計算

§20 詳細調査を受けて、各設備に関して基本的な物質収支計算および熱収支・エネルギー収支計算（化学工学計算）を行う。



## §22 施設計画の検討

§21 基本計算の検討結果を受けて、各設備の機器類の容量の選定および仕様を決定する。また、選定した機器を基にした配置計画の検討を行う。



## §23 導入効果の検証

ここまで検討結果に基づいて、第2章と同等の観点（コスト、エネルギー消費量等）で導入効果の検証を行い、十分に導入効果が得られることを確認する。



## §24 導入計画の策定

基本施設計画、導入効果、計画上の留意点を含む導入計画書を取りまとめる。

# ▲第4章 第1節 §20 詳細調査

- (1) 設計濃縮汚泥量・性状
- (2) 設計脱水汚泥量・性状
- (3) 二次処理水温度およびその変動  
二次処理水利用可能量
- (4) 基本設備フローおよび配置方針
- (5) 適用法令の確認

近接配置

## 適用法令

※1 安衛則：労働安全衛生規則、※2 廃掃法：廃棄物の処理及び清掃に関する法律

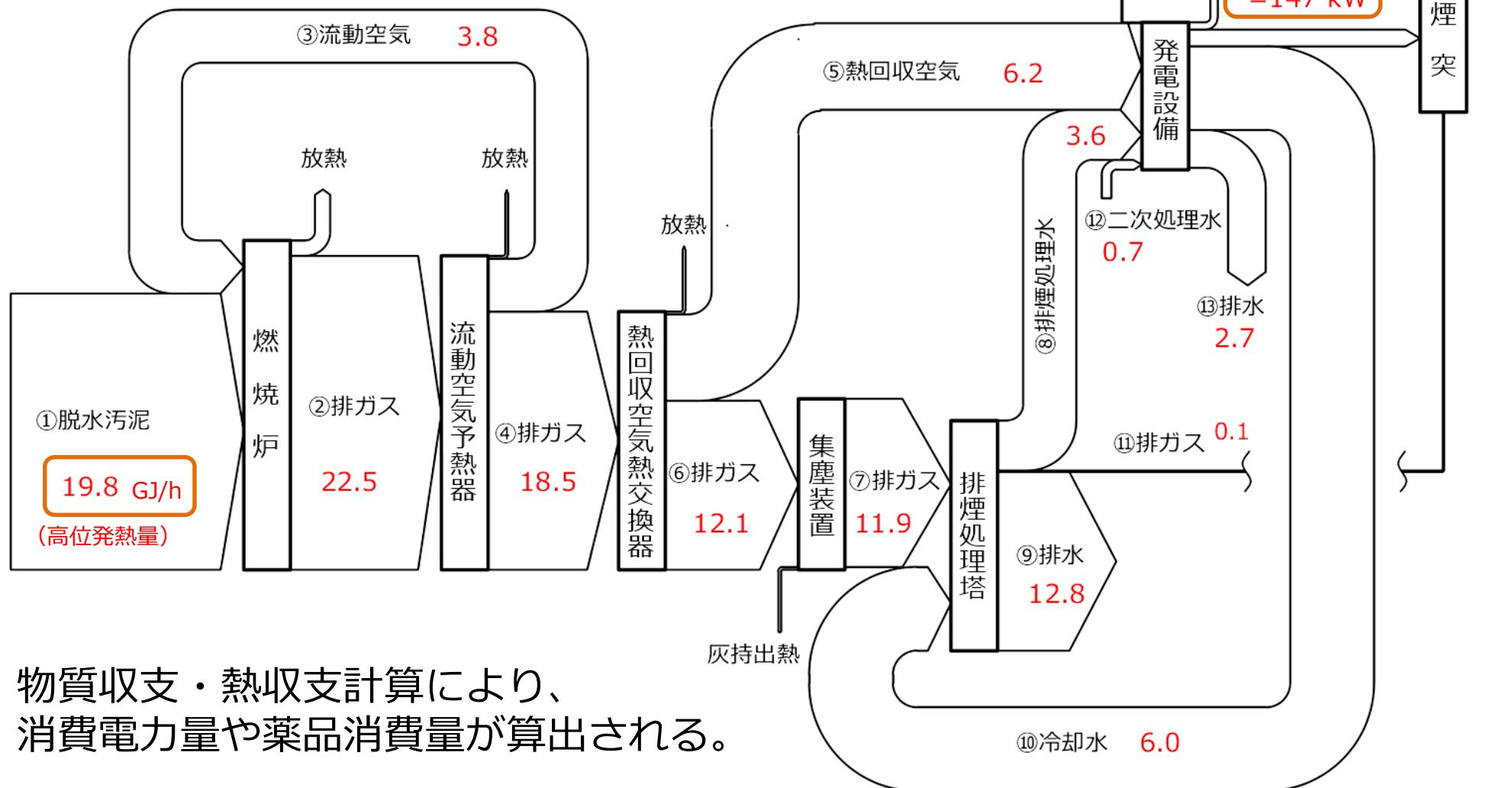
※3 DXN類特措法：ダイオキシン類対策特別措置法、※4 特化則：特定化学物質障害予防規則

設備	関係法令	内容
低含水脱水設備	労働安全衛生法・安衛則※1	定期自主検査義務
低空気比省エネ燃焼設備	廃掃法※2 大気汚染防止法 DXN類特措法※3	方法・構造要件、作業環境測定 設置届出、ばいじん等の定期測定 DXN類濃度測定
高効率排熱発電設備	電気事業法  消防法・消防活動阻害物質 労働安全衛生法・特化則※4	電気主任技術者、ボイラー・タービン主任技術者の選任、保安規程の作成届出、工事計画書提出、溶接検査、使用前検査、定期事業者検査  貯蔵届出（アンモニア200kg以上） 特定化学設備の設置届け出

# ▲第4章 第1節 §21 基本計算

## 熱収支計算

100 t/dの例

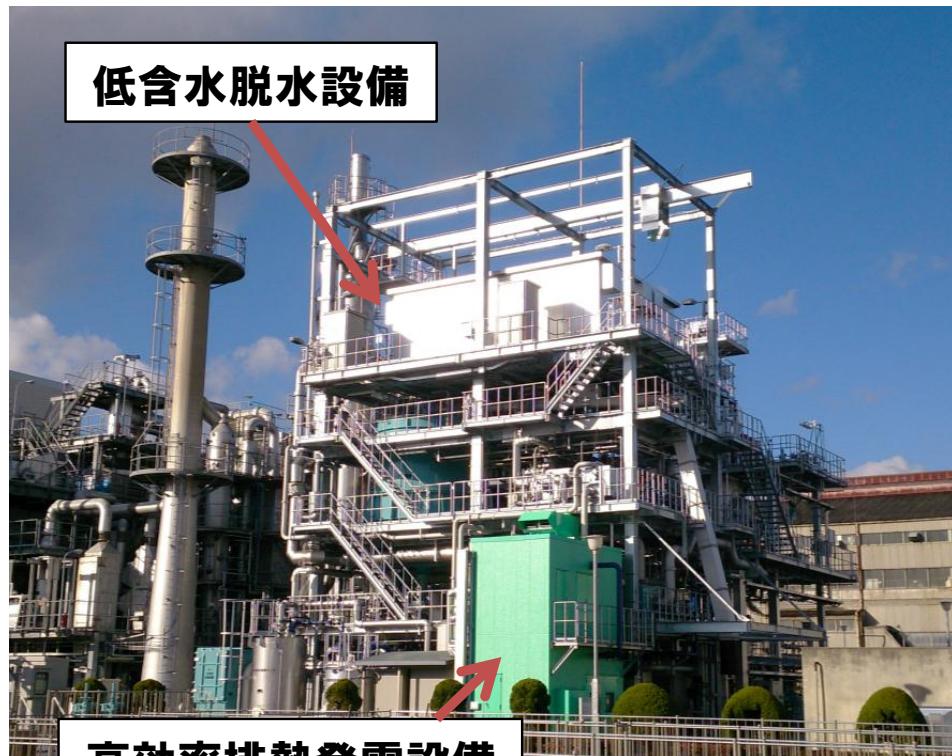


# ▲第4章 第1節 §22 施設計画の検討

脱水、設備、発電設備をコンパクトかつ一体的に設置することが特徴

- 1) 脱水汚泥搬送の最短化：臭気対策および搬送系の建設費低減のため
- 2) 熱回収系の最短化：放熱および保温費用低減のため

近接設置



所要面積

従来の燃焼設備分でOK

【標準的な設置所要面積の例】

規模	幅 /m	奥行 /m
50 t/d	40.0	18.0
100 t/d	45.0	18.5
200 t/d	55.0	19.5
300 t/d	65.0	22.0

※上記所要面積に加えて、消防法上の保有空地を確保する必要がある

※周辺状況やフローの違い、設計思想等によって増減することがある。

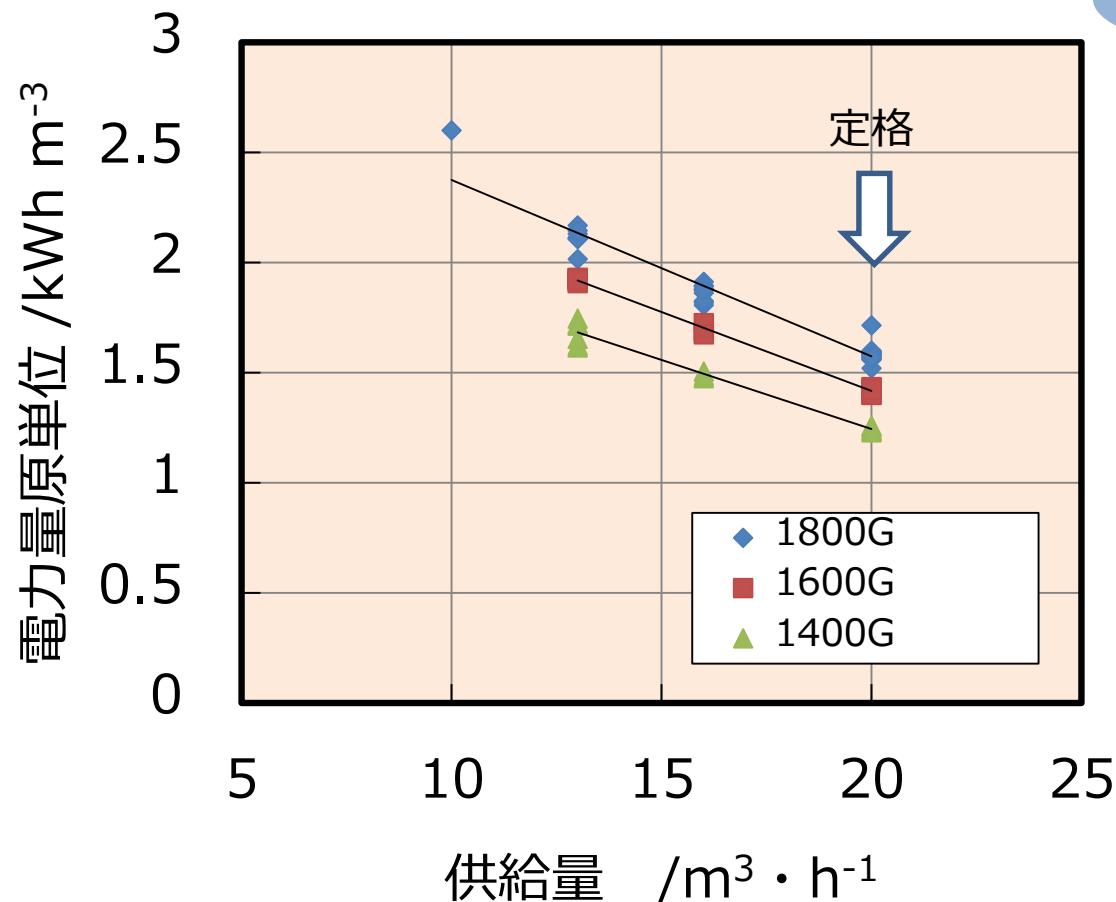
## 第4章 計画・設計

第1節 導入計画 (§19~§24)

第2節 設備設計 (§25~§28)

# ▲ 第4章 第2節 §25 低含水脱水設備の設計

- ・下水道施設設計画・設計指針と解説
  - ・低動力型高効率遠心脱水機技術マニュアル
- 】 準拠する



## 留意点

機種選定にあたっては、

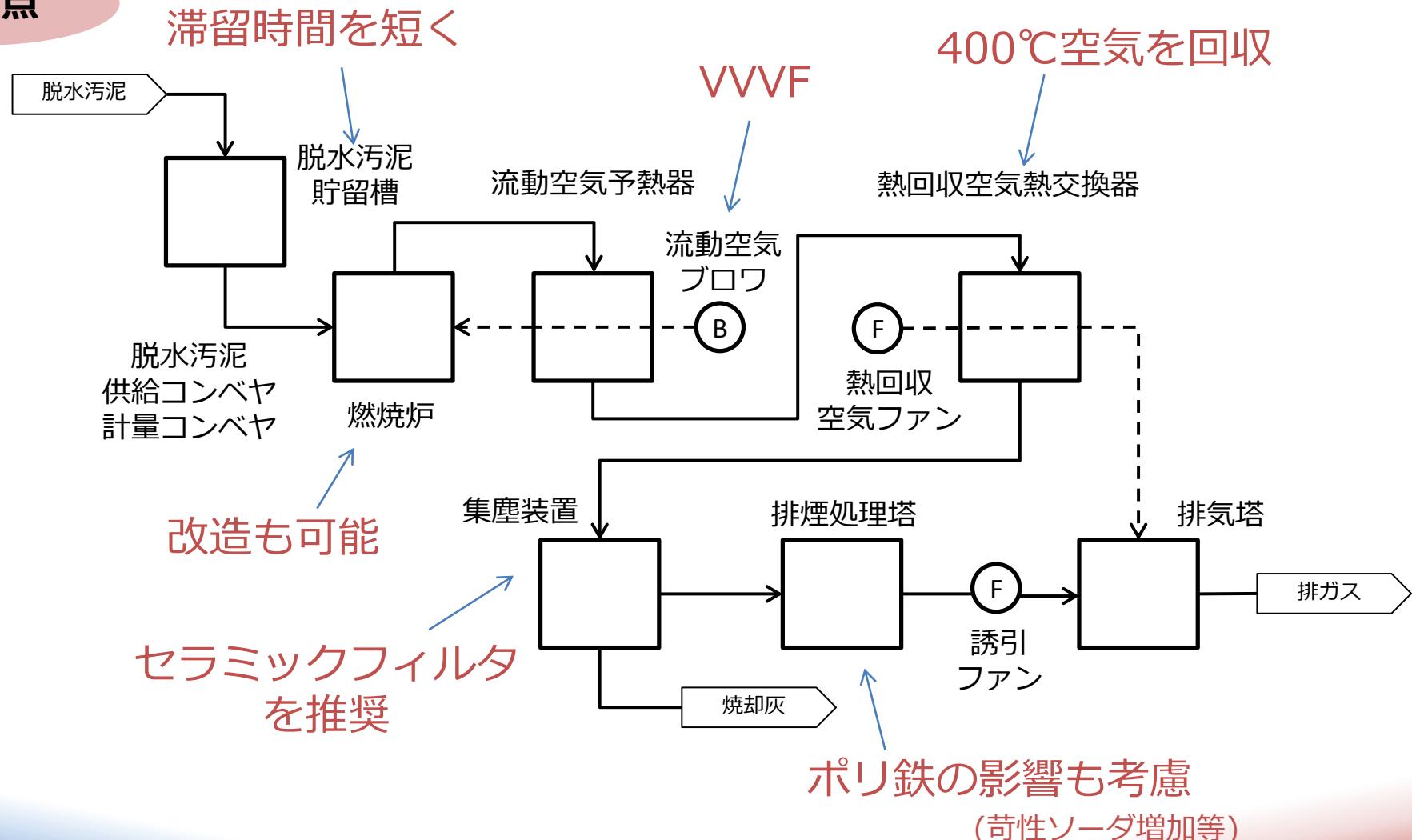
- ・定格付近 = 電力量原単位が低い
- ・定格以下 = 低含水率を得やすい

以上の得失を踏まえること

# ▲第4章 第2節 §26 低空気比 省エネ燃焼設備の設計

## 下水道施設計画・設計指針と解説に準拠

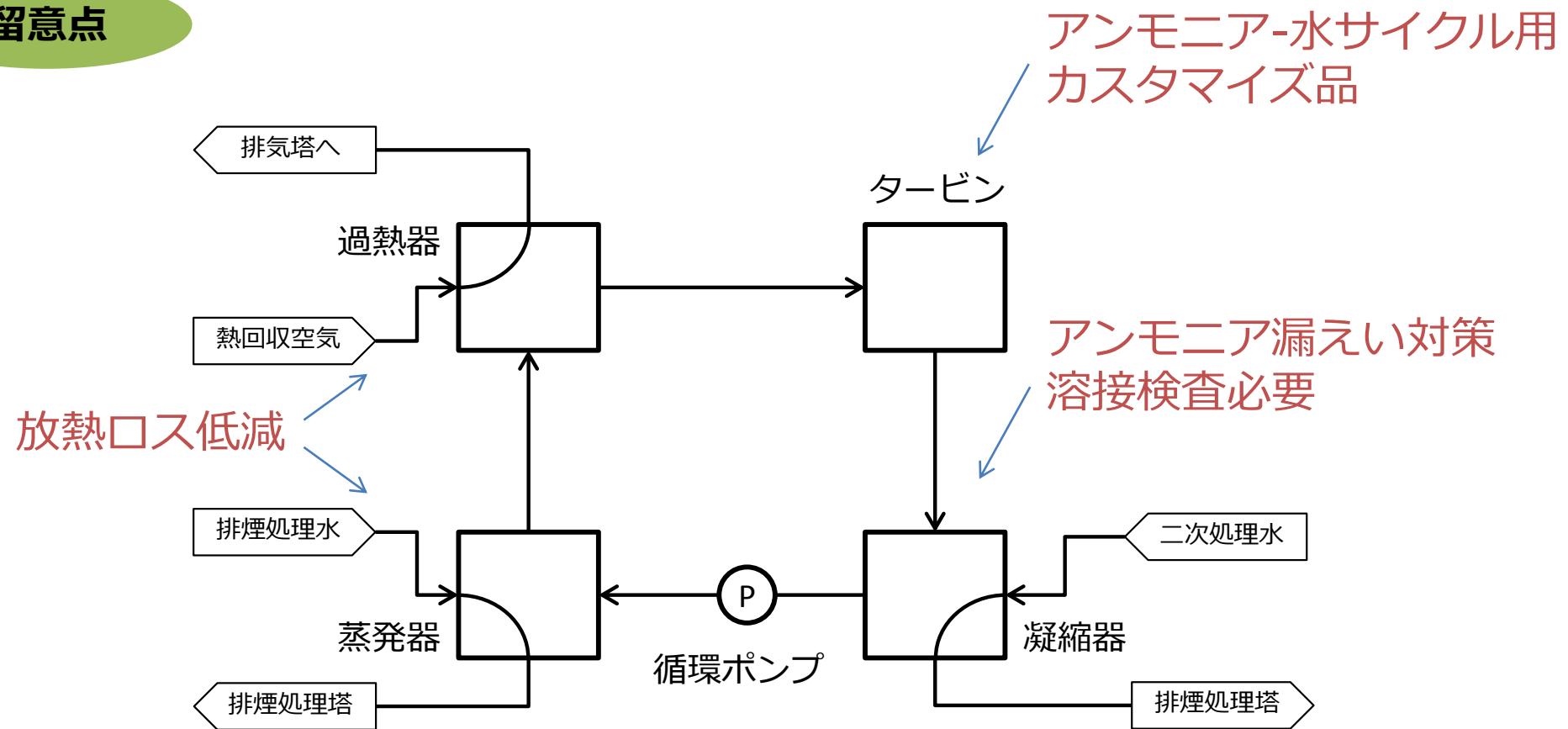
### 留意点



# ▲第4章 第2節 §27 高効率排熱発電設備の設計

## 電気事業法の制約があることに留意

### 留意点



アンモニア漏えい検知、除害設備

## 第5章 維持管理

### 第1節 運転管理 (§29~§30)

第2節 保守点検 (§31)

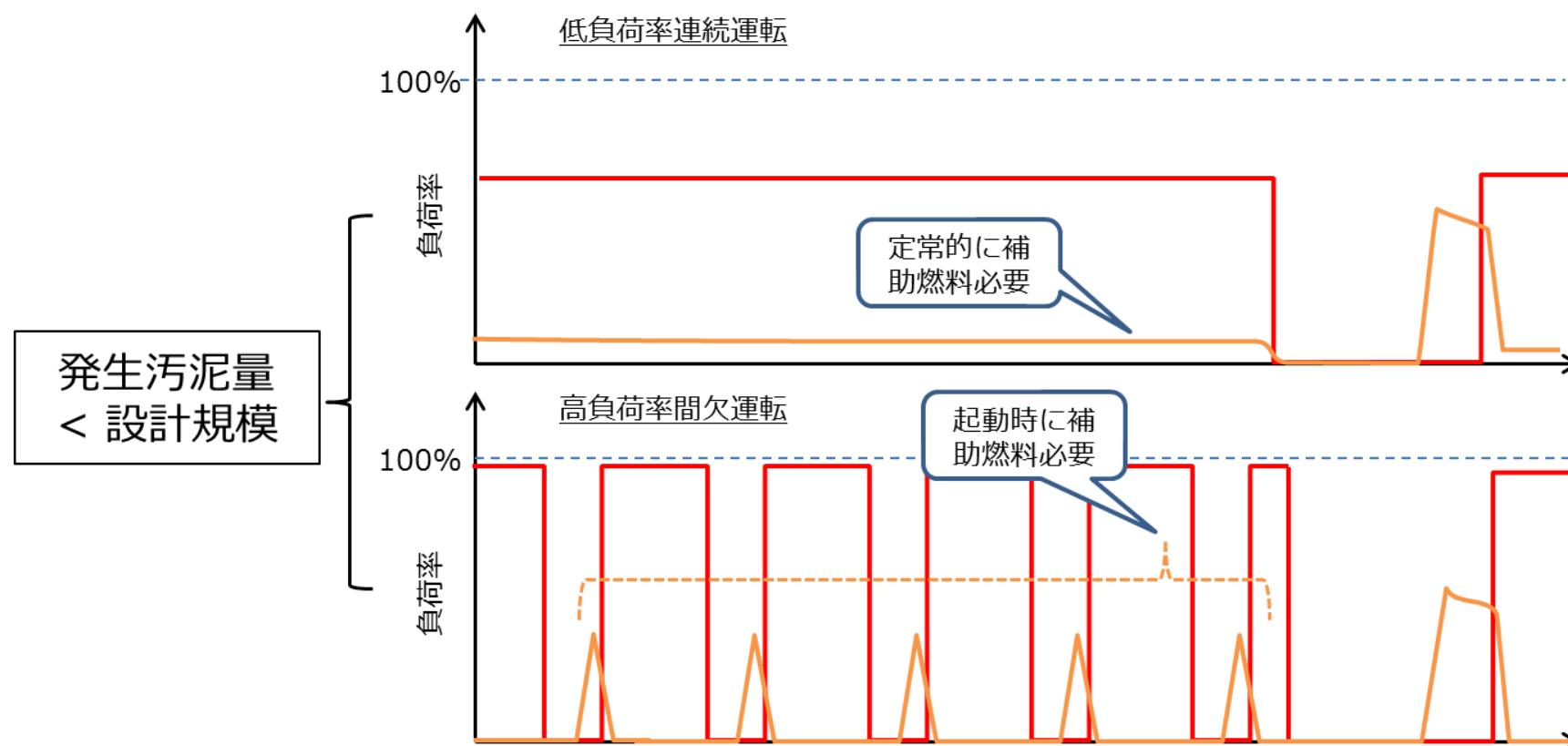
第3節 緊急時の対応 (§32)

] 説明省略

# ▲ 第5章 第1節 §29 導入効果を高める運転管理の要点

## 負荷率・稼働率のトレードオフ

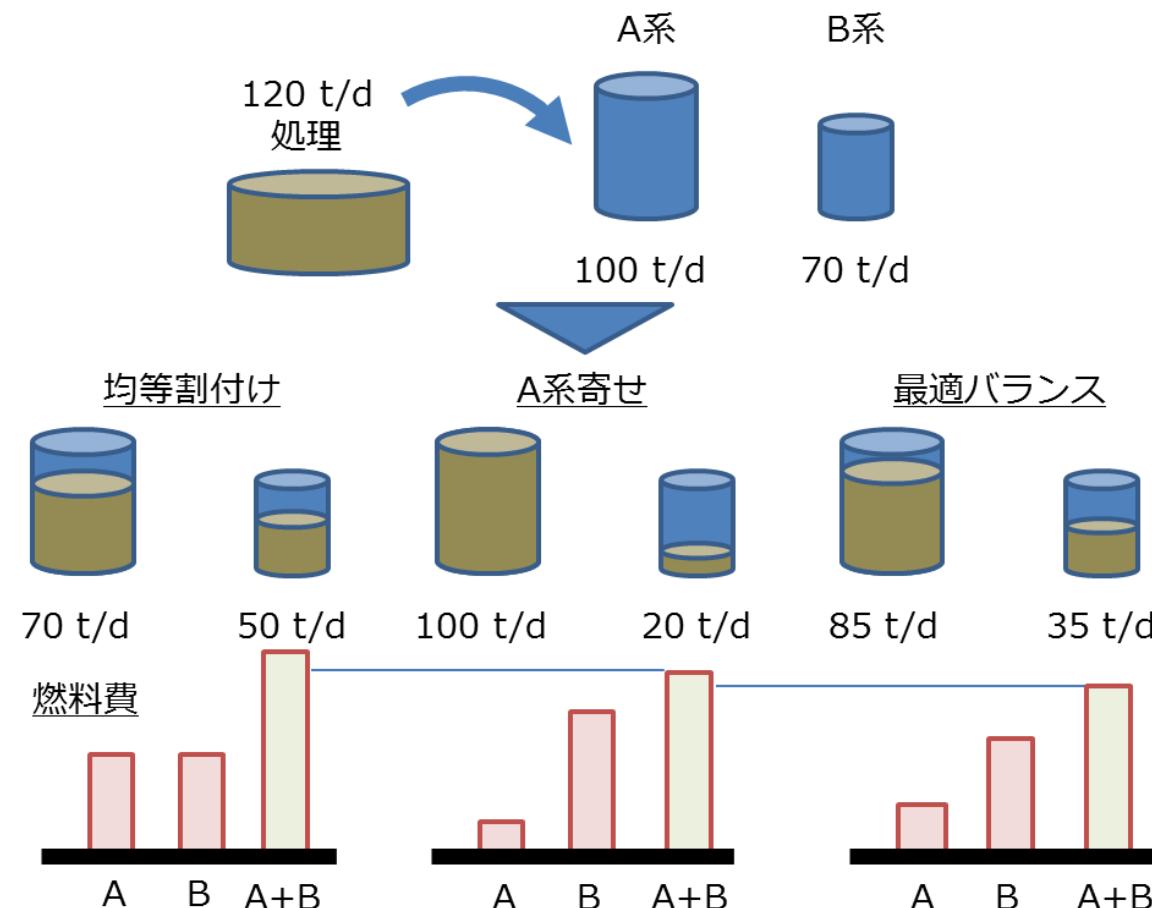
低負荷率運転では定常に少量の補助燃料が必要になる一方で、高負荷率運転では起動時に多量の補助燃料が頻繁に必要となる。



# ▲ 第5章 第1節 §29 導入効果を高める運転管理の要点

## 系列間の最適配分

複数系列を持つ場合は、  
全体での稼働率・負荷率の最適化が必要となる。



# 資料編

I. 実証試験

II. 簡易算定式

III. ケーススタディ

IV. 参考文献

V. 問い合わせ先

# I. 実証試験（概要）

<実証期間> H25年6月25日～H26年3月31日, H26年6月25日～H27年3月31日

<実証サイト> 池田市下水処理場（大阪府池田市ダイハツ町3-1）

<スケジュール>

	H26 01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	H27 01	02	03
・定格負荷試験					春季				夏季			秋季		冬季	
・変動負荷試験										①	②		③	④	
検討会 評価委員会															★

## ■ 定格負荷試験（質的変動）

- ・四季の定格負荷運転データを取得
- ・目標性能を満足することを確認する

## ■ 変動負荷試験（量的変動）

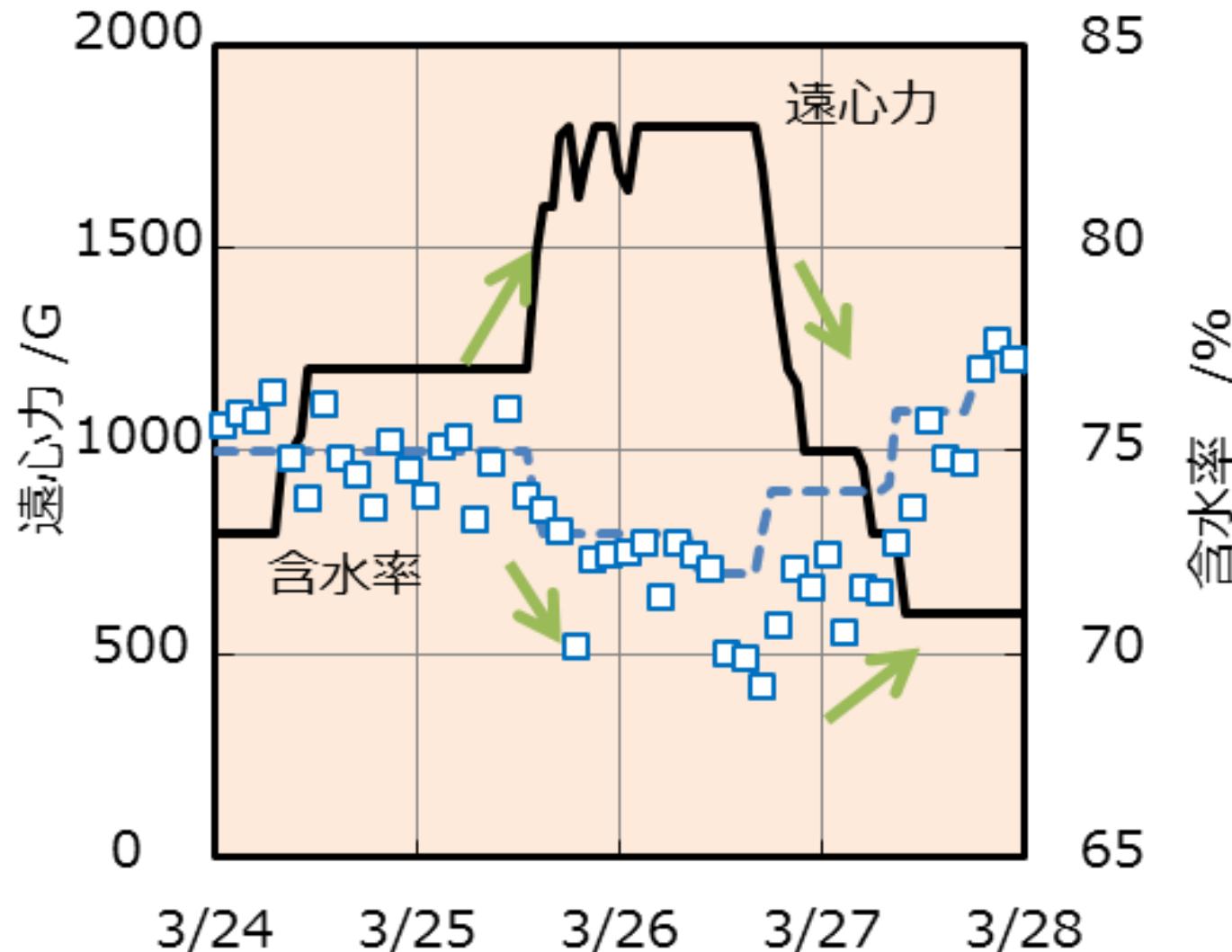
- ・負荷率変動時の運転データを取得（汚泥発生量に合わせた運転）
- ・目標性能を満足可能な運転範囲を確認/設計・試算用のパラメータとする



# I. 実証試験（基本性能確認結果）

## 脱水技術

### ・含水率のコントロール



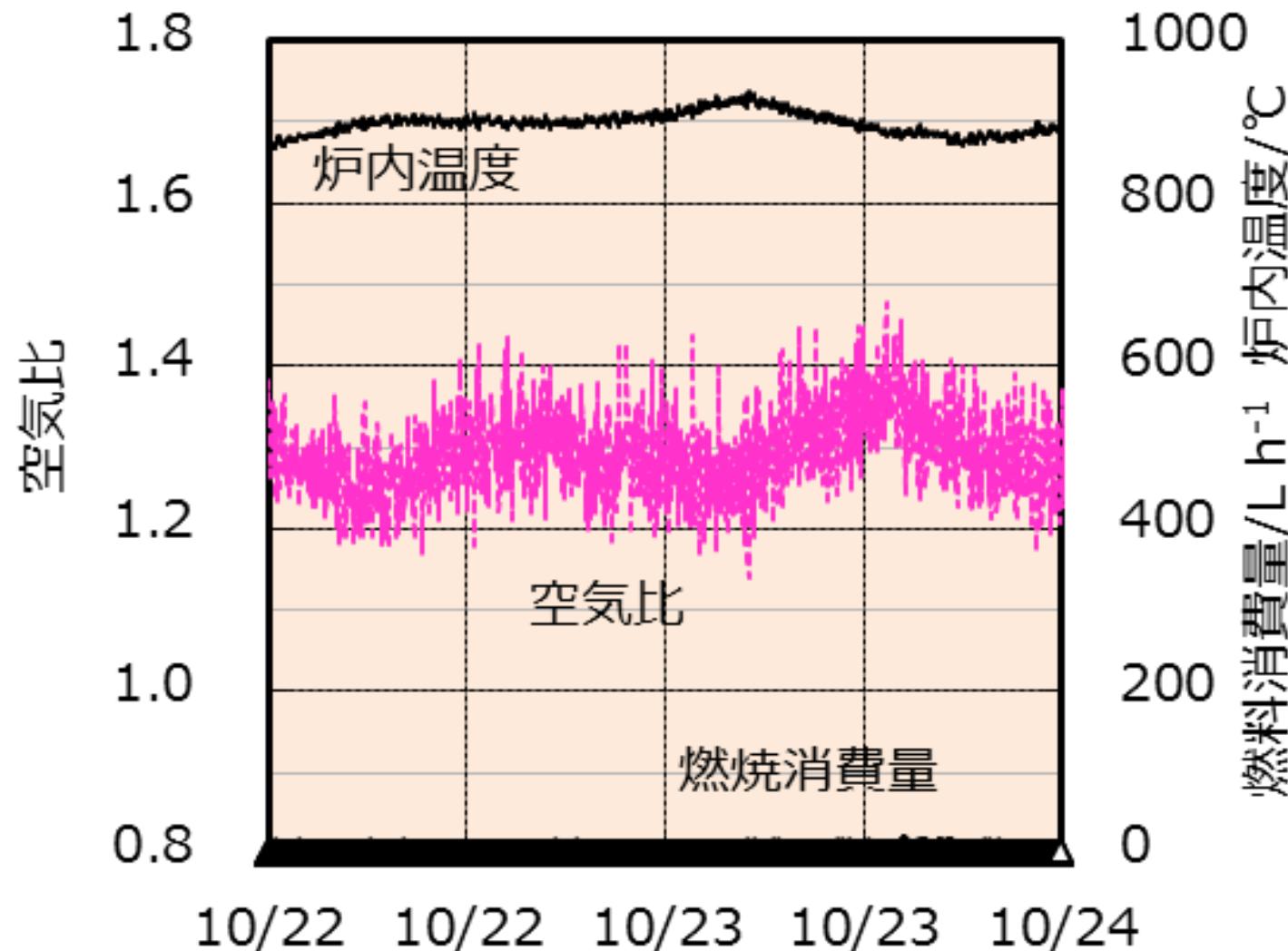
脱水条件の変更によって任意の含水率へ



# I. 実証試験（基本性能確認結果）

## 燃焼技術

- 低空気比 + 自燃運転



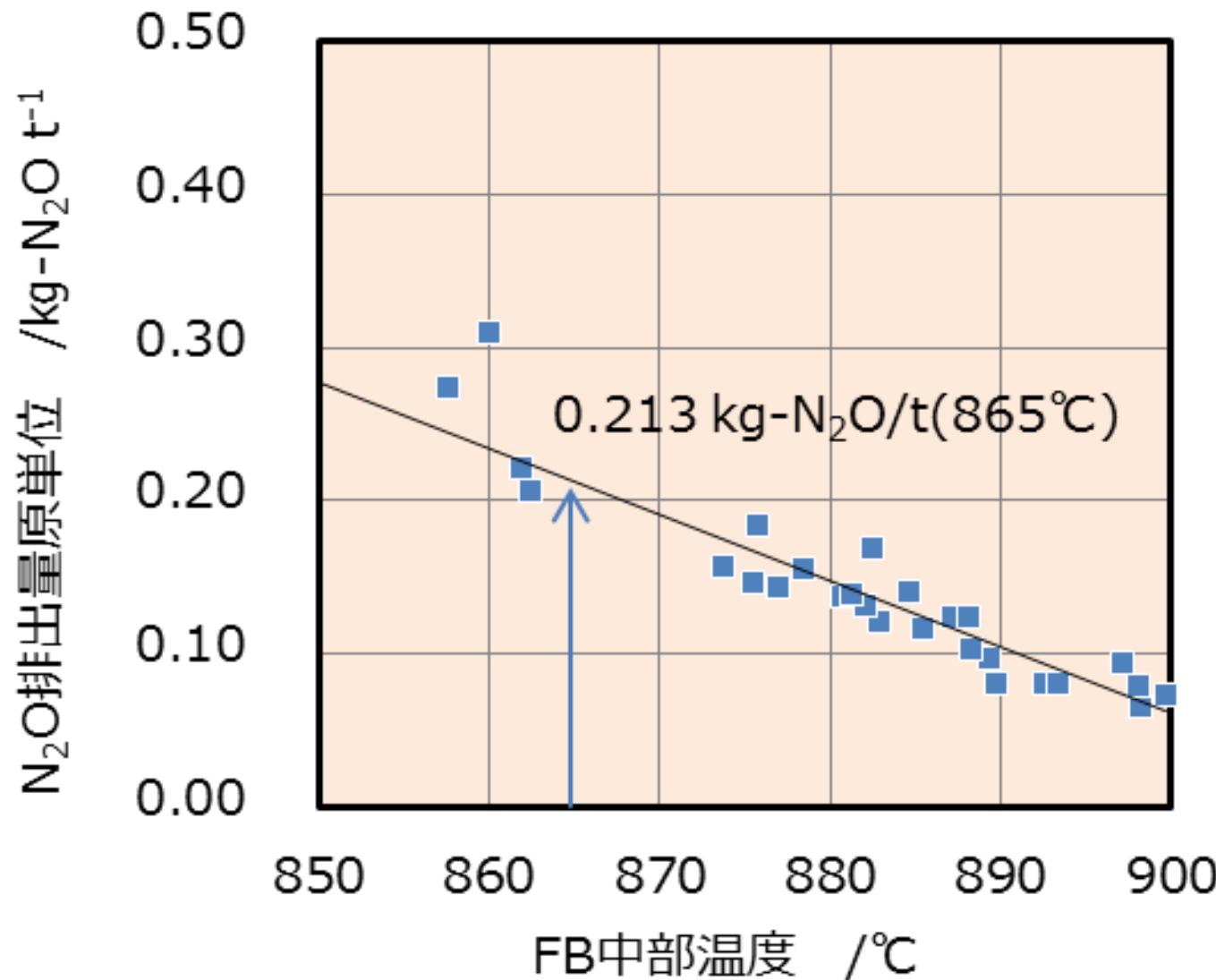
補助燃料ゼロ + 空気比1.3以下を達成



# I. 実証試験（基本性能確認結果）

## 燃焼技術

- N<sub>2</sub>O排出原単位



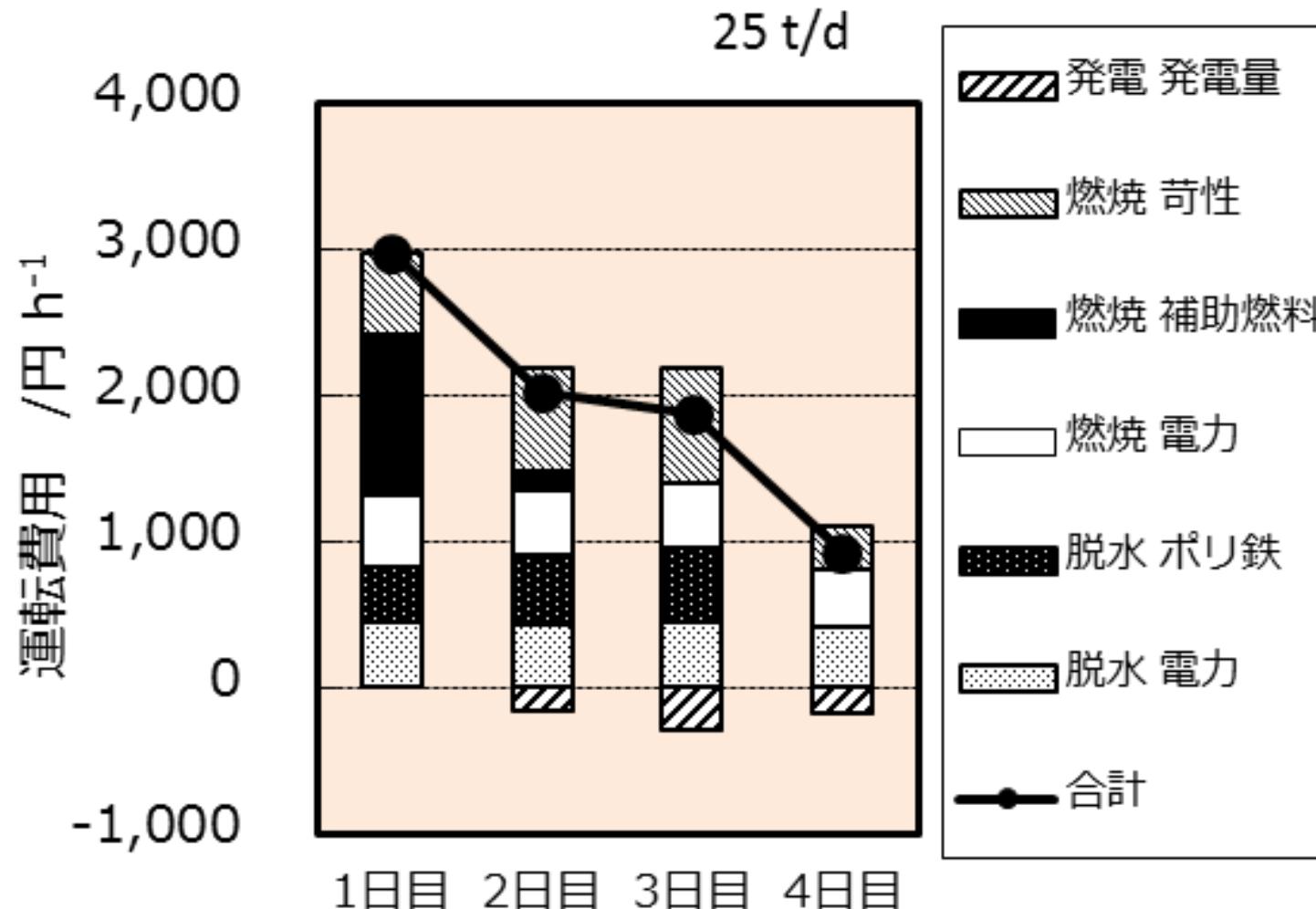
高温焼却 (0.645) に比較して1/3に



# I. 実証試験（基本性能確認結果）

連携最適

・最適ポイントへの移行を確認



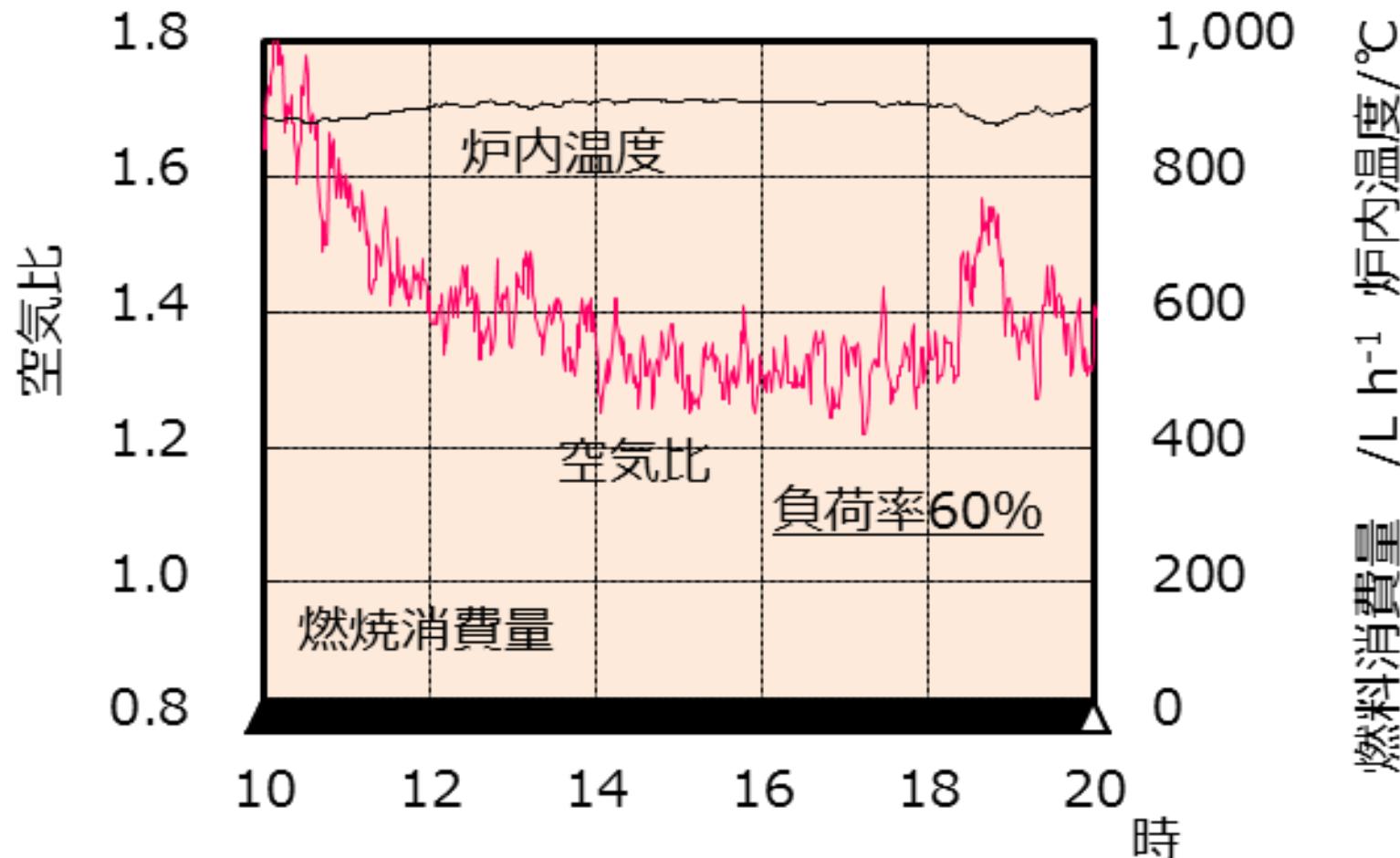
補助燃料とポリ鉄を総合的に低減  
汚泥性状変化にも追従した



# I. 実証試験（負荷率変動の影響）

## 燃焼技術

- ・低負荷でも自燃、低空気比運転可能



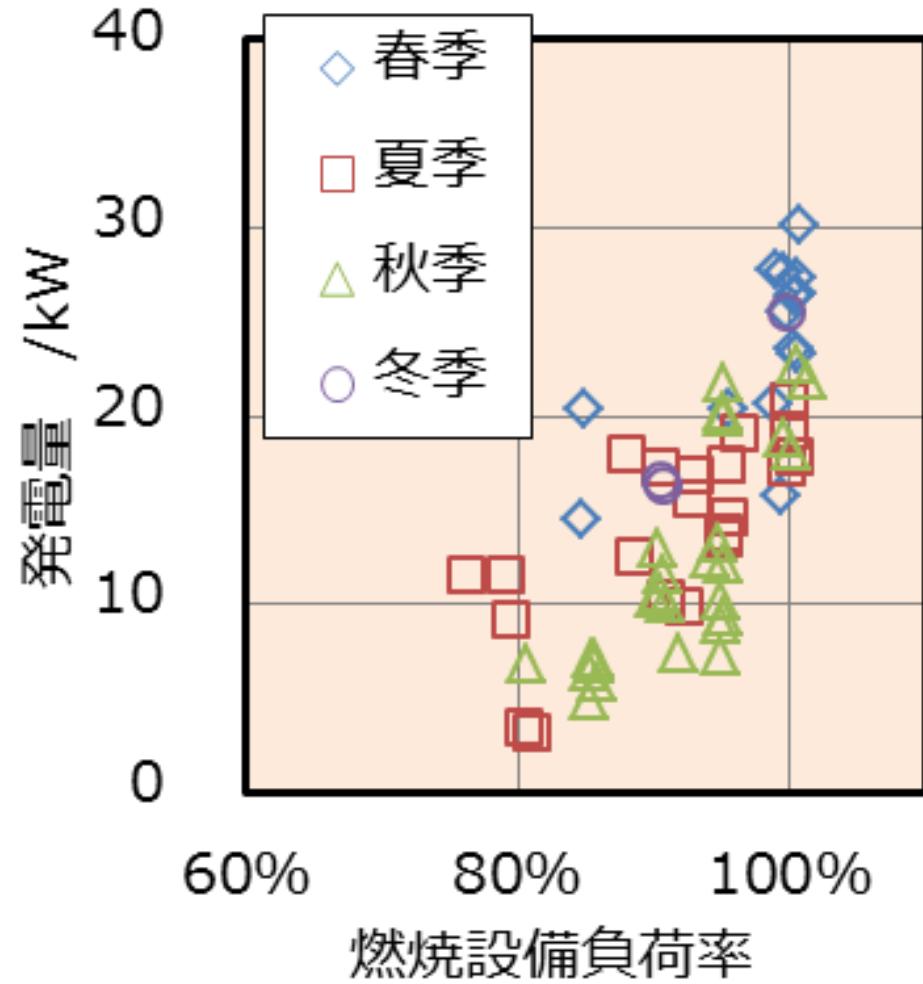
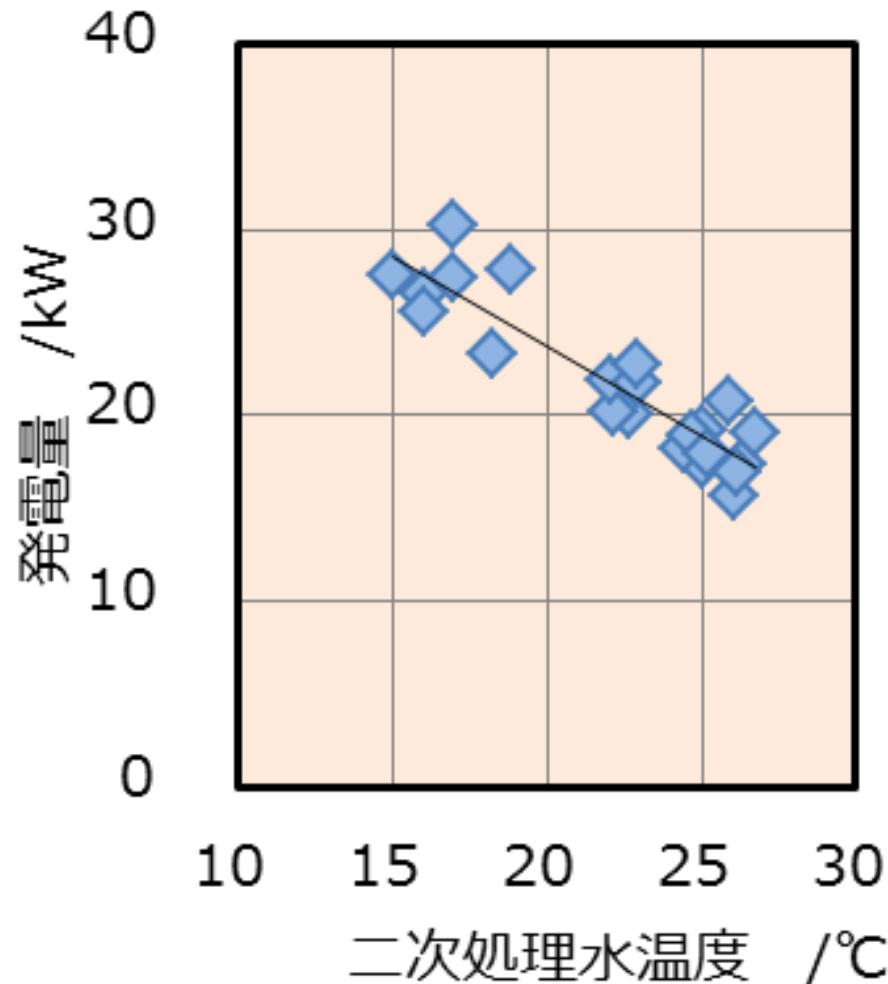
負荷率60%で自燃 + 低空気比達成  
負荷率50%では自燃のみ達成



# I. 実証試験（性状変動の影響）

## 発電技術

- 冷却水温、負荷率が発電量を増減



低水温・高負荷率での運転が望ましい



# V. 問い合わせ先

＜実証研究者 連絡先＞

## メタウォーター株式会社

営業本部  
営業企画室営業企画グループ  
〒101-0041 東京都千代田区神田須田町1-25  
TEL 03-6853-7340 FAX 03-6853-8714  
URL <http://www.metawater.co.jp/>

## 池田市

上下水道部経営企画課  
〒563-0054 池田市大和町1-10  
TEL 072-752-1111 FAX 072-751-3852  
URL <http://www.ikedashi-suido.jp/>

実証研究の実施にあたり、ご指導を頂いた評価委員会・個別検討会の委員の方々、また国総研の関係各位の皆様に改めて感謝の意を表します。

ご清聴ありがとうございました。

(パンフレットをメタウォーター ブース【3-201】にて配布中です)