

## 第3章 導入検討

### 第1節 導入検討手法

#### §14 導入検討手順

本技術の導入の検討に当たっては、下水道施設及び取り巻く地域について現況及び課題等を把握し、導入効果の検討を行い、適切な導入範囲及び事業形態について判断する。

#### 【解説】

導入検討に当たっては、導入の目的を明確にした後、図3-1に示す導入検討フローに従って、必要な情報を収集し、導入効果の概略試算を行い、導入範囲及び事業形態等を含めた導入判断を行う。

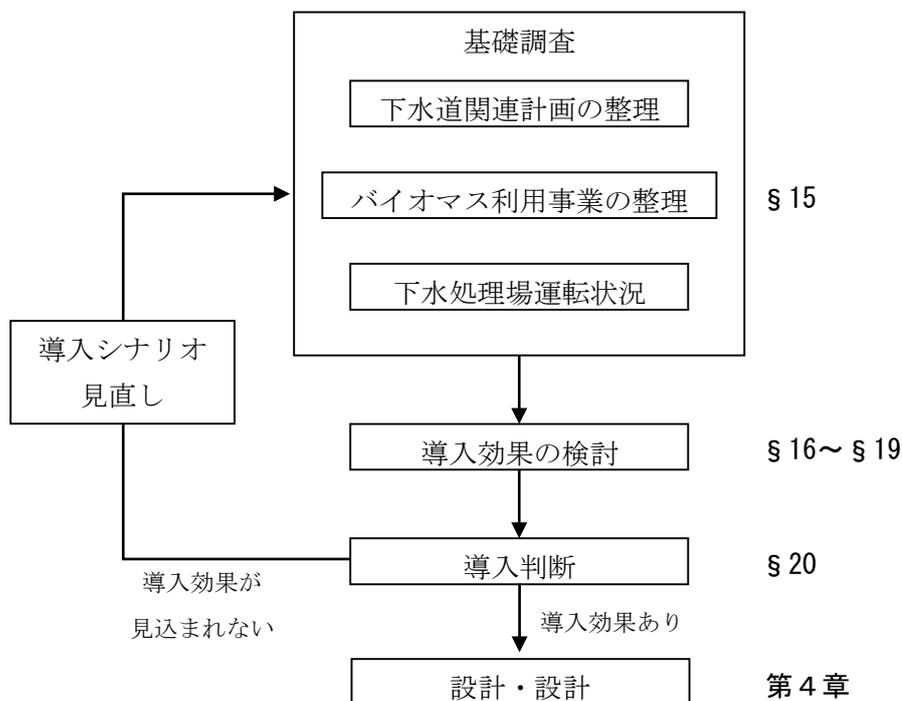


図3-1 導入検討フロー

## § 15 基礎調査

基礎調査では、下水道施設及び取り巻く地域について現況及び課題等を把握する。

### 【解説】

本技術導入の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ならびに関連計画等を把握する。また、本技術導入検討の基礎となる既存施設の運転データを収集、整理し、運転状況を把握する。計画立案にあたって実施する基礎調査において把握すべき事項を以下に整理する。

#### (1) 関連計画

- ①関連計画（下水道全体計画及び事業計画、流域別下水道整備総合計画、下水道長寿命化計画等）

#### (2) 下水処理場の情報調査

- ②下水道ならびに下水処理場の特性(排除方式、処理規模、周辺環境など)
- ③既存施設・設備の整備状況
- ④流入量及び水質
- ⑤当該下水処理場発生汚泥の種類、量及び性状
- ⑥水処理及び汚泥処理施設の運転管理状況
- ⑦関連 PI(業務指標)
- ⑧脱水汚泥の種類（消化汚泥、混合生汚泥等）、量及び性状（他の処理場から持ち込まれる下水汚泥がある場合にはその種類、量及び性状を含む）
- ⑨場内、近隣における活用可能な余剰廃熱に関する調査

「④流入量及び水質」、「⑤当該下水処理場発生汚泥の種類、量及び性状」、「⑧脱水汚泥の種類、量及び性状」について、1年間を通して把握する必要があるため、最低4回/年、可能であれば1回/月の調査が必要である。但し、維持管理年報や運転管理日報、月報を入手することで、ほとんどすべてのデータが入手可能である。「⑥水処理及び汚泥処理施設の運転管理状況」については、処理場の運転管理員等からのヒアリングにより稼働状況（運転日数、停止可能日数等）を把握する。

#### (3) 利用先の情報調査

- ⑩固形燃料利用事業所状況

固形燃料を場外で利用する場合には、燃料供給計画を作成するため、固形燃料利用事業所での運転稼働状況（運転日数、定期点検等の設備休止時期および日数）を調査・把握する。また、利用事業所への搬入方法及び荷姿についても最適な方法を選定する。

(4) 導入シナリオの設定

①～⑩の調査結果を考慮し、汚泥固形燃料化設備の設備規模、汚泥固形燃料の利用用途(内部利用または外部利用)などを設定する。

**§ 16 導入効果の検討**

導入効果は、コスト縮減効果、温室効果ガス排出量縮減効果、エネルギー消費量縮減効果等を、他の技術と比較して算定する。

**【解説】****(1) 導入効果検討の考え方**

下水道革新的技術の導入による建設や維持管理に係るコスト、代替エネルギーとしての利用量及び温室効果ガス排出量を算出し、従来技術と比較することで、本技術の導入効果を検討する。

※検討を容易にするため、実証研究から得られたデータに基づき建設費、維持管理費等を算定式化した。なお、算定式以外の単価・条件等については、可能な限り導入を検討している下水処理場の実態に合わせて行うことが望ましい。

**(2) 導入効果の検討項目**

本技術の検討項目を以下に列記する。なお、各項目の計算方法は § 17～ § 19 を、算出例は **第3章 第2節 導入効果の評価例**のケーススタディを参照されたい。

なお、比較対象とする従来技術の算出方法は、**資料編 2. ケーススタディ**の算出例、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」(平成 16 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局(社)日本下水道協会)、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン」国土交通省 (平成 23 年 3 月)を参考とされたい。

**1) コスト ( § 17 に詳述)**

導入によるコスト縮減効果は、本技術を導入した場合に想定されるコストと従来技術を用いた代替施設導入により想定されるコストの差で示す。本技術導入において効果を検討する項目を以下に示す。

- ① 建設費
- ② 維持管理費
- ③ 既設焼却炉の維持管理費増分 (場内利用)
- ④ 既存焼却炉の補助燃料費削減分 (場内利用)
- ⑤ 製造燃料運搬費・販売益 (場外利用)
- ⑥ 灰処分費 (場内利用)
- ⑦ 解体・廃棄費

2) 温室効果ガス（GHG）排出量（§18に詳述）

導入による温室効果ガス排出量縮減効果は、本技術を導入した場合に想定される温室効果ガス排出量と従来技術を用いた代替施設導入により想定される温室効果ガス排出量の差で示す。本技術導入において効果を検討する項目を以下に示す。

- ① 燃料化設備からの排出量
- ② 既設焼却炉の排出量増分（場内利用）
- ③ 補助燃料削減に伴う排出量の縮減（場内利用）
- ④ 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う排出量（場外利用）
- ⑤ 製造汚泥固形燃料利用による排出量の縮減（場外利用）
- ⑥ 建設・解体・廃棄に伴う排出量

3) エネルギー消費量（§19に詳述）

導入によるエネルギー消費量縮減効果は、本技術を導入した場合に想定されるエネルギー消費量と従来技術を用いた代替施設導入により想定されるエネルギー消費量の差で示す。本技術導入において効果を検討する項目を以下に示す。

- ① 燃料化設備における消費量
- ② 既設焼却炉の消費量増分（場内利用）
- ③ 補助燃料削減に伴う消費量の縮減（場内利用）
- ④ 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う消費量（場外利用）
- ⑤ 製造汚泥固形燃料利用による消費量の縮減（場外利用）

§ 17 コストの算定

下記の項目について検討し、コストの算定を行う。

- (1) 建設費
- (2) 維持管理費
- (3) 既設焼却炉の維持管理費増分（場内利用）
- (4) 既存焼却炉の補助燃料費削減分（場内利用）
- (5) 製造燃料運搬費・販売益（場外利用）
- (6) 灰処分費（場内利用）
- (7) 解体・廃棄費

【解 説】

本技術の導入コストをCとすると

①場内利用の場合

$$C = (1) \text{建設費} + (2) \text{維持管理費} + (3) \text{既設焼却炉の維持管理費増分} \\ - (4) \text{既存焼却炉の補助燃料費削減分} + (6) \text{灰処分費} + (7) \text{解体・廃棄費}$$

②場外利用の場合

$$C = (1) \text{建設費} + (2) \text{維持管理費} + (5) \text{製造燃料運搬費・販売益} + (7) \text{解体・廃棄費}$$

以下（1）～（7）について解説する。

（1）建設費

本技術の建設費は表 3-1 に示す算定式より算出する。

表 3-1 建設費の算定式

設備区分	単位	費用算定方法	備 考
土木設備工事※	億円	設備規模 Xd による工事費 Y の算定式 $Y = 0.123 \times [Xd]^{0.941}$	Xd:設備規模(t-wet/日) 杭打ち工事は地域条件により大きく異なるので含めず。
機械設備工事	億円	設備規模 Xd による工事費 Y の算定式 $Y = 10.34 \times ([Xd]/30)^{0.7}$	Xd:設備規模(t-wet/日)
電気設備工事	億円	設備規模 Xd による工事費 Y の算定式 $Y = 1.42 \times ([Xd]/30)^{0.7}$	Xd:設備規模(t-wet/日)
既設改造工事	億円	場内利用： 0.02 億円 場外利用： 0.01 億円	

※土木設備工事費は「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」（平成16年3月 国土交通省都市・地域整備局(社)日本下水道協会）の費用関数を用いて算出し、表3-2の建設工事費デフレーターを用いて、暫定値を除いた最新年度の価格に補正する。設置予定場所にすでに設置に耐えうる基礎がある場合はこの費用は不要である。標準は屋外設置とする。

表3-2 建設工事費デフレーター例

工事種別	2010年度	2003年度
下水道	104.4	97.6

出典：国土交通省 HP 建設工事費デフレーター

- 1) 機械・電気設備工事費は、容量計算などにより設備規模30t-wet/日における機器の仕様を決定し、機器の単価を乗じてこれを積算するとともに、設備工事費については積上げによる金額を計上する。その結果をもとにスケールアップによる効果を考慮し、費用関数を算出する。
- 2) 本技術は既設焼却炉からの廃熱を利用しており、既設焼却炉の廃熱を取り入れる為の配管改造が必要なため、既設改造工事費を計上する。また、本技術で製造された汚泥固形燃料を既設焼却炉で補助燃料として場内利用する場合は、固形燃料を既設焼却炉へ投入する為の投入口を新たに設ける必要があるため、場外利用よりも既設改造工事費が増加する。汚泥固形燃料の利用計画（場内利用または場外利用）に合わせた既設改造工事費を計上する。
- 3) 建設費については、各整備の償却期間による建設年価換算を行う。建設費の年当たりの費用は、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」の計算例に基づき、以下の式より各係数を乗じて算出する。

$$\text{建設費年価（百万円/年）} = \text{建設費（億円）} \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times 100$$

ここで、*i*：利子率（割引率、2.3%とする）、*n*：耐用年数

耐用年数を表3-3に示す。本技術の土木設備は他の下水処理設備の土木設備の耐用年数（45～50年）と同等とし、機械設備、電気設備については、近年増加しているDBO方式による汚泥固形燃料化設備の契約年数と同じ20年とする。従来技術汚泥焼却設備、燃料化設備の耐用年数は本技術と同等とする。

表 3-3 設備の耐用年数

設備区分	項目	耐用年数
革新的技術 表面固化乾燥装置	土木設備工事	45年
	機械・電気設備工事	20年
	既設改造工事	20年

## (2) 維持管理費

本技術の維持管理費は表 3-4 に示す算定式より算出する。

表 3-4 維持管理費の算定式

設備区分	単位	費用算定方法	備考
電力費	百万円/年	電力費 Y の算定式 $Y = (10.112 \times \ln[Xd] + 65.447) \times [Xrd]$ ×年間稼働日数×電力単価×10 <sup>-6</sup>	Xd:設備規模(t-wet/日) Xrd:実処理量(t-wet/日)
燃料費	百万円/年	燃料費 Y の算定式 $Q = 2.5(\text{MJ/kg}) \times [Xrd] \times \{1 - (1 - \text{投入汚泥含水率}/100) / (1 - \text{乾燥燃料含水率}/100)\} \times 1000 \times \eta$ $M1 = \text{消化ガス使用量}(\text{Nm}^3/\text{日}) \times 22.5$ $M2 = \text{焼却炉廃熱量}(\text{Nm}^3/\text{日}) \times 0.2149$ $Y = \{(Q - M1 - M2) / 39.1\} \times \text{年間稼働日数}$ ×重油単価×10 <sup>-6</sup> $\eta = 1.8$ (実証試験より) ※	Q:乾燥必要熱量(MJ/日) Xrd:実処理量(t-wet/日)  M1:消化ガス熱量(MJ/日) M2:廃熱の熱量(MJ/日) 廃熱:白煙防止空気(330℃)の場合
人件費	百万円/年	焼却炉など他施設と連携し、職員配置を調整した場合は人員の削減が可能であり、施設全体の職員配置計画を考慮して決定する。	第3章 第2節におけるケーススタディでは、他施設との連携を考慮せず、3人/8時間×3交代制=9人/年・施設とした。
補修費	百万円/年	工事費の2%とする	

※:資料編 1. 実証試験結果、表資料 1-2 参照

電力費は、容量計算などにより決定した設備の定格出力に対して実証試験をもとに得られた電力負荷率を考慮することで電力使用量を概算し、実処理量あたりの電力使用量として費用関数を算出する。

本技術の維持管理費の単価は、表 3-5 に示される値を採用した。また、年間稼働日数は 320 日/年とする。

表 3-5 維持管理費の単価

項 目	単 位	単 価
電力	円/kWh	12
補助燃料 (A 重油)	円/L	91

(平成 25 年度時点)

## (3) 既設焼却炉の維持管理費増分 (場内利用)

製造した汚泥固形燃料を場内利用する場合、既設焼却炉において焼却する汚泥量は、汚泥固形燃料の投入分増加する。これに伴う既存焼却炉の維持管理費増分を費用関数\*から算出する。

既設焼却炉の維持管理費増分 (百万円/年)

= 革新的技術導入後の既設焼却炉維持管理費 (百万円/年)

- 革新的技術導入前の既設焼却炉維持管理費 (百万円/年)

※汚泥焼却炉の維持管理費に関する費用関数は、「バイオソリッド利活用基本計画策定マニュアル」等を参考とされたい。

## (4) 既存焼却炉の補助燃料費削減分 (場内利用)

汚泥固形燃料を場内利用する場合、既設焼却炉の補助燃料が削減されるため、補助燃料費削減分を差し引く。

補助燃料費削減分 [既設焼却炉] (百万円/年)

= -A 重油換算補助燃料削減量(kL/年)×A 重油単価 (円/L) ×10<sup>-3</sup>

補助燃料削減量は、以下の式により算出される補助燃料削減可能量と更新前の既設焼却炉補助燃料使用量の小さい方の値を採用する。

A 重油換算補助燃料削減量(kL/年) = 汚泥固形燃料投入量(t-wet/日) × 汚泥固形燃料エネルギー(GJ/t-wet) / A 重油エネルギー原単位(39.1GJ/kL) × 320 日/年 × 0.75\*

(※実証試験の結果 (資料編 1. 実証試験結果 1.2 (5) 参照) より、汚泥固形燃料投入エネルギーの 75% が補助燃料削減に寄与すると仮定)

(5) 製造燃料運搬費・販売益（場外利用）

製造した汚泥固形燃料を場外利用する場合、燃料利用施設への汚泥固形燃料の運搬費及び販売益を算出する。

製造燃料運搬費＝ 燃料製造量(t/年)×運搬単価(円/t)

製造燃料販売益＝－燃料製造量(t/年)×販売単価(円/t)

(6) 灰処分費（場内利用）

汚泥固形燃料を場内利用する場合、灰の処分費を算出する。

灰処分費＝脱水汚泥固形分量(t/年)×灰発生率(%)×灰処分単価(円/t)

(7) 解体・廃棄費

解体・廃棄費は、設備の耐用年数使用後の撤去に関わる費用である。算出方法は、建設費の10%とした。

## § 18 温室効果ガス排出量の算定

下記の項目について検討し、温室効果ガス排出量の算定を行う。

- (1) 燃料化設備からの排出量
- (2) 既設焼却炉の排出量増分（場内利用）
- (3) 補助燃料削減に伴う排出量の縮減（場内利用）
- (4) 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う排出量（場外利用）
- (5) 製造汚泥固形燃料利用による排出量の縮減（場外利用）
- (6) 建設・解体・廃棄に伴う排出量

## 【解説】

本技術導入による温室効果ガス排出量をGとすると

## ①場内利用の場合

$$G = (1) \text{ 燃料化設備からの排出量} + (2) \text{ 既設焼却炉の排出量増分} \\ - (3) \text{ 補助燃料削減に伴う排出量の縮減} + (6) \text{ 建設・解体・廃棄に伴う排出量}$$

## ②場外利用の場合

$$G = (1) \text{ 燃料化設備からの排出量} + (4) \text{ 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う排出量} \\ - (5) \text{ 製造汚泥固形燃料利用による排出量の縮減} + (6) \text{ 建設・解体・廃棄に伴う排出量}$$

以下(1)～(6)について解説する。

## (1) 燃料化設備からの排出量

燃料化設備の稼働時に使用されるユーティリティに由来する温室効果ガス量を算出する。また、汚泥を処理するにあたって排出される $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ についても考慮する。算出項目は以下の通りである。

## 1) 電力由来の温室効果ガス発生量

$$\text{電力由来の発生量(t-CO}_2\text{/年)} = \text{電力使用量(kWh/年)} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/kWh)} \times 10^{-3}$$

## 2) A 重油由来の温室効果ガス発生量

$$\text{A 重油由来の発生量(t-CO}_2\text{/年)} = \text{A 重油使用量(kL/年)} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/L)}$$

3)  $\text{N}_2\text{O}$  排出由来の温室効果ガス発生量

$$\text{N}_2\text{O 排出由来の発生量(t-CO}_2\text{/年)} = \text{処理量(t-wet/年)}$$

$$\times \text{N}_2\text{O 発生原単位(kg-N}_2\text{O/t-wet)} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/kg-N}_2\text{O)} \times 10^{-3}$$

4)  $\text{CH}_4$  排出由来の温室効果ガス発生量（汚泥焼却炉のみ）

$$\text{CH}_4 \text{ 排出由来の発生量(t-CO}_2\text{/年)} = \text{処理量(t-wet/年)}$$

$$\times \text{CH}_4 \text{ 発生原単位(kg-CH}_4\text{/t-wet)} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/kg-CH}_4\text{)} \times 10^{-3}$$

本技術の二酸化炭素排出量原単位は、表 3-6、表 3-7 に示される値を採用した。

表 3-6 革新的技術の N<sub>2</sub>O 発生原単位

設 備	種類	単位	原単位	出典
表面固化乾燥装置	N <sub>2</sub> O	kg- N <sub>2</sub> O /t-wet	0.0296	実証試験による※

※Run No.7 における実績 資料編 1. 実証試験結果、表資料 1-2 及び表資料 1-11) より算出。

表 3-7 排出係数

種類	単位	排出係数	出典
電力	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	0.550	※1
A 重油	kg-CO <sub>2</sub> /L	2.71	※2
N <sub>2</sub> O	kg-CO <sub>2</sub> /kg-N <sub>2</sub> O	310	※2
CH <sub>4</sub>	kg-CO <sub>2</sub> /kg-CH <sub>4</sub>	21	※2

※1「電気事業者別の CO<sub>2</sub>排出係数（2012 年度実績）」代替値、環境省 地球環境局 地球温暖化対策課 ウェブサイト ([http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/h26\\_coefficient.pdf](http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/h26_coefficient.pdf))

※2「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」同上のウェブサイト (<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran.pdf>)

(2) 既設焼却炉の排出量増分（場内利用）

汚泥固形燃料を場内利用する場合、既設焼却炉の処理量の増加に伴い電力使用量が増加する。それに対応した温室効果ガス排出量増分を算出する。

既設焼却炉の排出量増分

$$= \text{汚泥処理量増加分(t/日)}^{\ast} \times \text{電力原単位(kWh/t)} \times \text{年稼働日数} \times \text{排出係数}$$

※汚泥処理量増加分 = 汚泥固形燃料投入量

(3) 補助燃料削減に伴う排出量の縮減（場内利用）

汚泥固形燃料を場内利用する場合、既設焼却炉の補助燃料が削減されるため、補助燃料由来の温室効果ガス縮減量を差し引く。

温室効果ガスの縮減量 (t-CO<sub>2</sub>/年)

$$= - \text{補助燃料削減量(kL/日)} \times \text{年稼働日数} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/L)}$$

(4) 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う排出量 (場外利用)

汚泥固形燃料を場外利用する場合、汚泥固形燃料を燃料利用先に運搬する際に排出される温室効果ガスを算出する。

走行距離 X km/回

走行回数(回)=汚泥固形燃料製造量(t-wet/年)/10t (10t 車で運搬)

年間走行距離(km)=X km/回×走行回数(回)

軽油使用量(L/年)=年間走行距離(km)/ (5km/L)

走行時 N<sub>2</sub>O 由来の排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年) = 走行時 N<sub>2</sub>O 発生原単位(kg-N<sub>2</sub>O/km)  
×年間走行距離×排出係数(kg-CO<sub>2</sub>/kg-N<sub>2</sub>O) ×10<sup>-3</sup>

走行時 CH<sub>4</sub> 由来の排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年) = 走行時 CH<sub>4</sub> 発生原単位(kg-CH<sub>4</sub>/km)  
×年間走行距離×排出係数(kg-CO<sub>2</sub>/kg-CH<sub>3</sub>) ×10<sup>-3</sup>

軽油燃料由来の排出量 (t-CO<sub>2</sub>/年) = 軽油使用量(L/年)×排出係数(kg-CO<sub>2</sub>/L) ×10<sup>-3</sup>

本技術で採用した走行時の地球温暖化ガス発生原単位を表 3-8、軽油の地球温暖化ガス発生原単位を表 3-9 に示す。

表 3-8 走行時の地球温暖化ガス発生原単位

種類	単位	発生原単位	出典
走行時 N <sub>2</sub> O	kg-N <sub>2</sub> O/km	0.000014	※
走行時 CH <sub>4</sub>	kg-CH <sub>4</sub> /km	0.000015	※

※下水道における地球温暖化防止対策検討委員会「下水道における地球温暖化防止推進計画策定の手引き」(平成21年3月)

表 3-9 軽油の地球温暖化ガス排出係数

種類	単位	排出係数	出典
軽油	kg-CO <sub>2</sub> /L	2.58	※

※前述「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」

(5) 製造汚泥固形燃料利用による排出量の縮減 (場外利用)

汚泥固形燃料を場外利用する場合、汚泥固形燃料を燃料利用先で石炭代替として利用されたときの利用先における温室効果ガス排出縮減量を差し引く。

温室効果ガスの縮減量 (t-CO<sub>2</sub>/年)

$$= - \text{燃料製造量(t/年)} \times \text{燃料のエネルギー(GJ/t-wet)} \\ / \text{石炭のエネルギー(GJ/t)} \times \text{排出係数(kg-CO}_2\text{/kg)}$$

石炭のエネルギー原単位を表 3-10、石炭の排出係数を表 3-11 に示す。

表 3-10 石炭のエネルギー原単位

種類	単位	エネルギー	出典
石炭	GJ/t	28	※

※「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年 3 月）

表 3-11 石炭の地球温暖化ガス排出係数

種類	単位	排出係数	出典
石炭	t-CO <sub>2</sub> /t	2.41	※

※「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）」国土交通省（平成 23 年 3 月）

（6）建設・解体・廃棄に伴う排出量

設備の建設及び廃棄に伴う温室効果ガス排出量は、「下水道における LCA 適用の考え方」（平成 22 年 2 月国土交通省 国土技術政策総合研究所）より終末処理場における環境負荷量(LC-CO<sub>2</sub>)の算定事例【建設段階 19.3%、供用段階 80.2%、解体・廃棄段階 0.5%】の比率で換算して算出した。

§ 19 エネルギー消費量の算定

下記の項目について検討し、エネルギー消費量の算定を行う。

- (1) 燃料化設備における消費量
- (2) 既設焼却炉の消費量増分（場内利用）
- (3) 補助燃料削減に伴う消費量の縮減（場内利用）
- (4) 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う消費量（場外利用）
- (5) 製造汚泥固形燃料利用による消費量の縮減（場外利用）

【解説】

本技術導入によるエネルギー消費量をEとすると

①場内利用の場合

$$E = (1) \text{ 燃料化設備における消費量} + (2) \text{ 既設焼却炉の消費量増分} \\ - (3) \text{ 補助燃料削減に伴う消費量の縮減}$$

②場外利用の場合

$$E = (1) \text{ 燃料化設備における消費量} + (4) \text{ 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う消費量} \\ - (5) \text{ 製造汚泥固形燃料利用による消費量の縮減}$$

以下（1）～（5）について解説する。

(1) 燃料化設備における消費量

燃料化設備の稼働時に使用するユーティリティに由来するエネルギー消費量を算出する。算出項目は以下の通りである。エネルギー原単位は表 3-12 に示す。

1) 電力由来のエネルギー消費量

$$\text{電力由来のエネルギー消費量(GJ/年)} \\ = \text{電力使用量(kWh/年)} \times \text{エネルギー原単位(MJ/kWh)} / 1000$$

2) A 重油由来のエネルギー消費量

$$\text{A 重油由来のエネルギー消費量(GJ/年)} \\ = \text{A 重油使用量(kL/年)} \times \text{エネルギー原単位(MJ/L)}$$

表 3-12 エネルギー原単位

種類	単位	エネルギー原単位	出典
電力	MJ/kWh	9.68	※1
A 重油	MJ/L	39.1	※2

※1 「エネルギーの使用の合理化に関する法律施行規則 別表第三」 より  
「昼間：9.97MJ/kWh」、「夜間：9.28MJ/kWh」 から時間配分を考慮して  
 $9.97 \times 14/24 + 9.28 \times 10/24 = 9.68$

※2 前述 「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」

(2) 既設焼却炉の消費量増分（場内利用）

汚泥固形燃料を場内利用する場合、既設焼却炉の処理量の増加に伴い電力使用量が増加する。それに対応したエネルギー消費量を算出する。

$$\text{電力使用量の増分} = \text{汚泥処理量増加分(t/日)} \times \text{電力原単位(kWh/t)} \times \text{年稼働日数} \\ \times \text{電力のエネルギー原単位(MJ/kWh)}$$

$$\text{※汚泥処理量増加分} = \text{汚泥固形燃料投入量}$$

(3) 補助燃料削減に伴う消費量の縮減（場内利用）

汚泥固形燃料を場内利用する場合、既設焼却炉の補助燃料が削減されるため、補助燃料由来のエネルギー消費縮減量を差し引く。

$$\text{エネルギー消費量の縮減量 (GJ/年)} \\ = - \text{補助燃料削減量(kL/年)} \times \text{エネルギー原単位(MJ/L)}$$

(4) 製造汚泥固形燃料の運搬に伴う消費量（場外利用）

汚泥固形燃料を場外利用する場合、汚泥固形燃料を燃料利用施設に運搬する際に要する軽油使用量に伴うエネルギー消費量を算出する。エネルギー原単位を表 3-13 に示す。

$$\text{エネルギー消費量 (GJ/年)} = \text{軽油使用量 (L/年)} \times \text{軽油原単位 (MJ/L)} / 1000$$

表 3-13 エネルギー原単位

種類	単位	エネルギー原単位	出典
軽油	MJ/L	37.7	※

※前述「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」

(5) 製造汚泥固形燃料利用による消費量の縮減（場外利用）

汚泥固形燃料を場外利用する場合、利用先におけるエネルギー消費縮減量を差し引く。

$$\text{エネルギー消費量の縮減量 (GJ/年)} \\ = - \text{燃料製造量(t/年)} \times \text{燃料のエネルギー(GJ/t-wet)}$$

## § 20 導入判断

導入効果の検討結果を踏まえて、本技術の適切な導入範囲及び事業形態等について判断する。

## 【解 説】

本技術導入時のコスト、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。すべての項目において高い効果が得られることが望ましいが、自治体及び対象とする下水処理場の状況に応じて重視する項目を設定して、導入判断することも必要である。

検討を行った結果、十分な導入効果が見込まれなかった場合には、原因を把握し、表 3-14 に沿って導入シナリオを見直したうえで、再検討を行う。

なお、本技術の事業化に際し、民間の資金・ノウハウを活用する PFI 方式や、設計・建設・維持管理を一括して発注する DBO 方式等の事業形態の採用も検討する。本技術の機械設備・電気設備の耐用年数は 20 年であり、PFI・DBO 案件の一般的な事業期間と整合している。また、本技術の導入によって有価で固形燃料を販売することが可能であり、PFI 方式や DBO 方式を採用しやすい事業であると考えられる。

表 3-14 導入シナリオの見直し

条 件	導入効果が見込まれなかった原因	対 応 策
概ね安定した性状と発生量の脱水汚泥がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・脱水汚泥の発生量が少ない</li> <li>・脱水汚泥の性状が安定しない</li> </ul>	汚泥の集約処理等による脱水汚泥量の確保、脱水汚泥の搬入及び投入方法の工夫による性状安定を図る。
焼却炉廃熱や余剰の消化ガスなど、利用できる廃熱がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・利用できる廃熱量が少なく、コスト縮減、温室効果ガス排出量縮減及びエネルギー消費量縮減効果が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理場や近隣施設より利用できる廃熱の有無を調査する (250℃以上の低温廃熱であれば有効利用が可能である。)</li> <li>・既存焼却炉の排ガス処理工程の見直しによる回収可能な廃熱量増加の可能性を検討する。</li> </ul>
(場内利用) 焼却処理に補助燃料を使用している	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存施設の補助燃料使用量が少なく、コスト縮減、温室効果ガス排出量縮減等の効果が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・余剰の汚泥固形燃料について、場外利用の可能性を検討する。</li> </ul>
(場外利用) 近隣に汚泥燃料を継続的に利用する施設がある	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運搬費用が高く、採算が合わない。</li> <li>・運搬時の臭気の問題がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・近隣利用者を調査し、運搬費を低減する</li> <li>・密閉式運搬車、幌付運搬車、消臭剤の常備等を検討する</li> </ul>

## 第2節 導入効果の検討例

## §21 試算条件

ケーススタディを行うにあたり、導入目的、処理規模、技術の種類に応じて16ケースに区分した。また、汚泥性状、消化ガス利用量等、試算に必要な条件を設定した。

## 【解説】

## (1) ケース設定

## 1) 比較シナリオ

導入目的として設備更新と設備増強の2通りを想定した。

- ・設備更新(ケースA・B)：既設焼却炉を2基有する処理場とし、施設の老朽化・耐用年数超過等による設備更新を想定して、同規模の汚泥処理設備を1基更新する。
- ・設備増強(ケースC・D)：既設焼却炉を1基有する処理場とし、汚泥の集約処理・下水道普及率向上等による汚泥処理量増加のため、処理設備能力が不足した場合を想定する。能力不足分を補うため、汚泥処理設備を1基新たに建設する。

それぞれのケースについて、更新または増強のため、新設する汚泥処理設備を以下の計4ケース設定する。

- 1\_汚泥焼却炉
- 2\_革新的技術燃料化設備（場内利用）
- 3\_革新的技術燃料化設備（場外利用）
- 4\_従来技術<sup>\*</sup>の燃料化設備（場外利用）

※「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン（案）平成23年3月」（国土交通省）のケーススタディで費用関数を設定している燃料化技術

## 2) 処理規模の設定

図3-2に平成23年度現在の全国の下水汚泥焼却炉の規模毎の現存基数を示す。これによると、30t/日、50～60t/日、90～100t/日に集中していることから、試算条件としては30t/日刻みで既設焼却炉の処理規模を設定することとし、更新目的の場合、既存焼却炉の規模を、ケースA：30t/日×2系列、ケースB：60t/日×2系列とした。設備増強目的の場合、集約処理を実施している施設を想定して比較的規模の大きな定格処理量（90t/日及び120t/日）の既存単独炉施設とした。

また、本技術における汚泥固形燃料化設備である汚泥表面固化乾燥装置はバンド部幅の制限から脱水汚泥投入量は1基あたり最大で50～60t/日程度であるため、新設（または更新）する汚泥処理施設規模は30～60t/日の間で設定した。

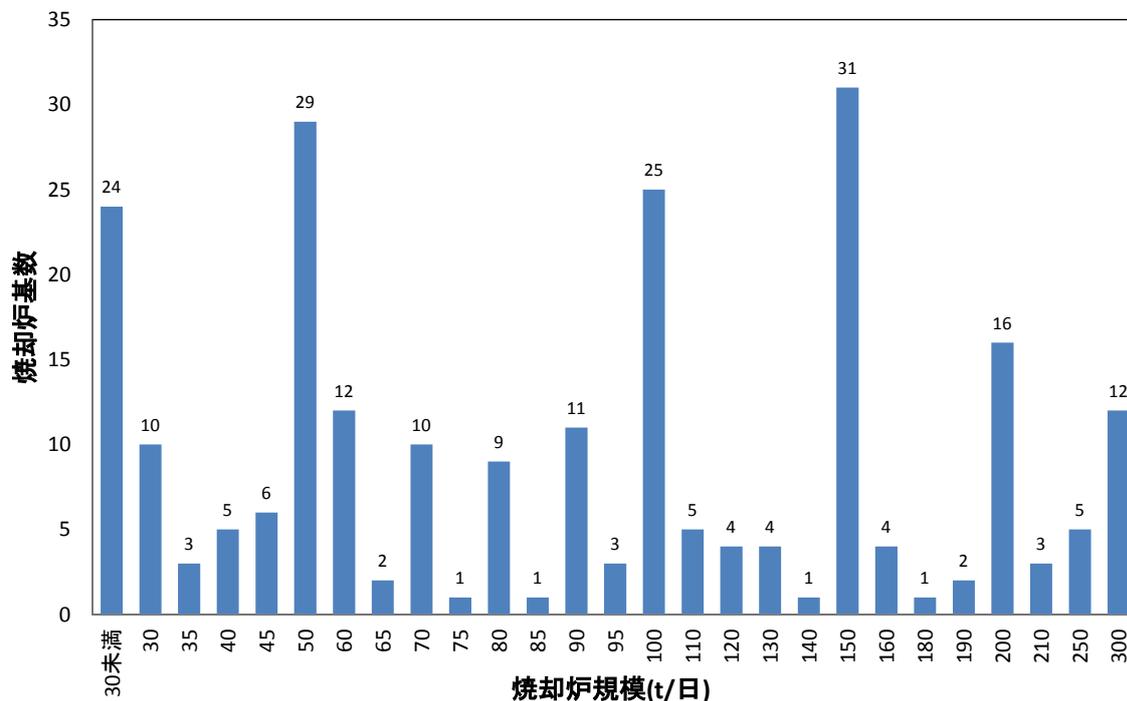


図 3-2 焼却炉の規模毎の現存基数 (平成 23 年度)

- 1)、2) で設定したケース設定及びモデルケース名を表 3-15 にまとめる。  
(詳細な試算条件は表 3-22 に記載)

表 3-15 ケース設定及びモデルケース名

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)	革新的技術 (固形燃料化)		従来技術 (固形燃料化)
		汚泥は 焼却処分	固形燃料を 場内利用	固形燃料を 外部利用	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
	60(t-wet/日)×2基	B_1	B_2	B_3	B_4
設備増強	90(t-wet/日)×1基	C_1	C_2	C_3	C_4
	120(t-wet/日)×1基	D_1	D_2	D_3	D_4

(2) 試算条件

1) 汚泥及び燃料性状

ケーススタディに使用する消化汚泥および固形燃料の性状を表 3-16 に示す。脱水汚泥含水率と強熱減量は平成 23 年度下水道統計より消化汚泥の平均的な値を設定した。

表 3-16 汚泥及び燃料性状

	項 目	内 容	備 考	
脱水汚泥性状	汚 泥 種 類	消化汚泥		
	脱水薬品種別	高分子系		
	脱水汚泥含水率	80.0%		
	強 熱 減 量	70.0%		
	強熱減量組成	炭 素	54.4%-VTS	
		水 素	7.6%-VTS	
		酸 素	24.2%-VTS	
		窒 素	8.7%-VTS	
硫 黄		1.9%-VTS		
	塩 素	0.1%-VTS 以下		
汚革 泥新 固的 形技 燃術	固形燃料含水率	10%	従来技術による固形燃料性状は「参考資料 2.1 従来技術の算出方法」に記載	
	固形燃料発熱量 (低位) ※	14.8MJ/kg-wet 16.8MJ/kg-DS		

※ 組成からデューロンの経験式で固形物当たりの発熱量を求める。

$$\text{低位発熱量(MJ/kg-DS)} = 33.9c + 120(h - o/8) + 9.2s$$

$$\text{低位発熱量(MJ/kg-wet)} = \text{低位発熱量(MJ/kg-DS)} \times (1 - \text{含水率}(\%)) - 2.5 \times \text{含水率}(\%)$$

2) 負荷率の設定

設備更新の場合、定格処理量に対する実処理量を 75% (燃料内部利用の場合は、固形燃料投入後の既設焼却炉負荷率を 80%) とする。これは日変動と設備の余裕を考慮したもので、平成 23 年度下水道統計より平均的な値を設定した。

また、設備増強の場合、既設焼却炉を最大稼働させたいうえで、余剰の汚泥を新設機で処理すると想定し、既設焼却炉は定格の 100%、新設汚泥処理設備は定格の 75% の処理量とする。

3) 利用可能な廃熱量の算定

① 既存焼却炉からの利用可能廃熱

既存焼却設備排ガスからの廃熱利用可能量は焼却炉排ガス工程での熱計算から求められる。この場合、汚泥性状や熱回収率等の排ガス処理機器の条件によって個々に試算することとなる。図3-3に既存焼却炉規模30t-wet/日で汚泥燃料の場内利用を目的に革新的技術を導入した場合の試算例を示す。焼却炉の燃焼計算を行い排ガスの流量及び温度が算出され、排ガス処理設備の熱物質収支計算から利用可能な廃熱（白煙防止空気）の条件が決定される。

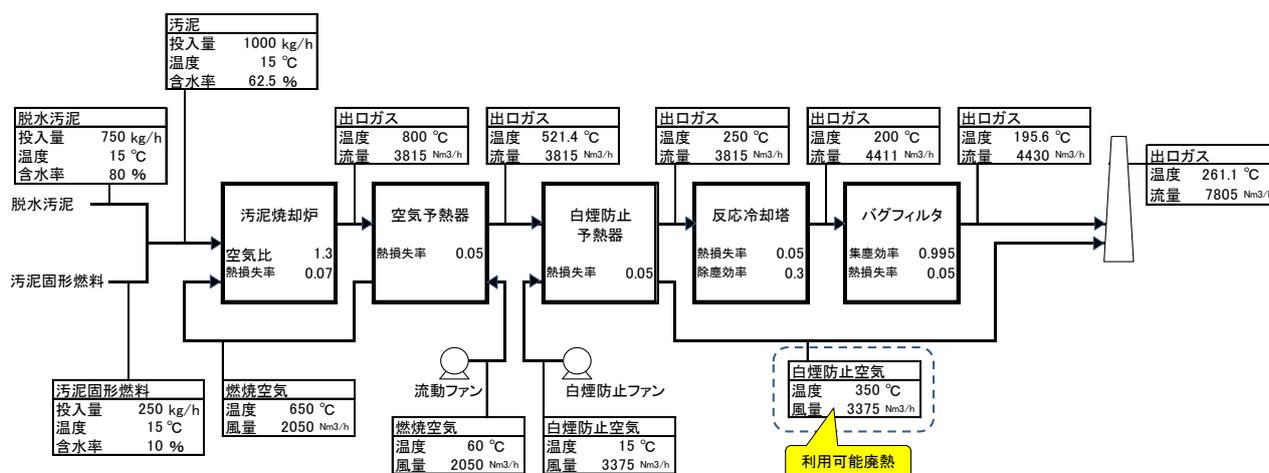


図3-3 廃熱条件試算例（後述のケース No. A\_2 に相当）

②余剰消化ガス

利用可能な余剰消化ガス量は、消化ガス発生量から消化槽加温の使用量（発生量の30%と仮定）を差し引いて算出する。算出結果を表3-17に示す。また、算出方法を図3-4(a)～(d)に示す。

表3-17 余剰消化ガス量

既設焼却炉定格 処理量 t-wet/日	脱水汚泥量 t-wet/日	余剰消化ガス量 Nm <sup>3</sup> /日	図3-3
30	22.5	110	(a)
60	45.0	220	(b)
90	67.5	330	(c)
120	90.0	440	(d)

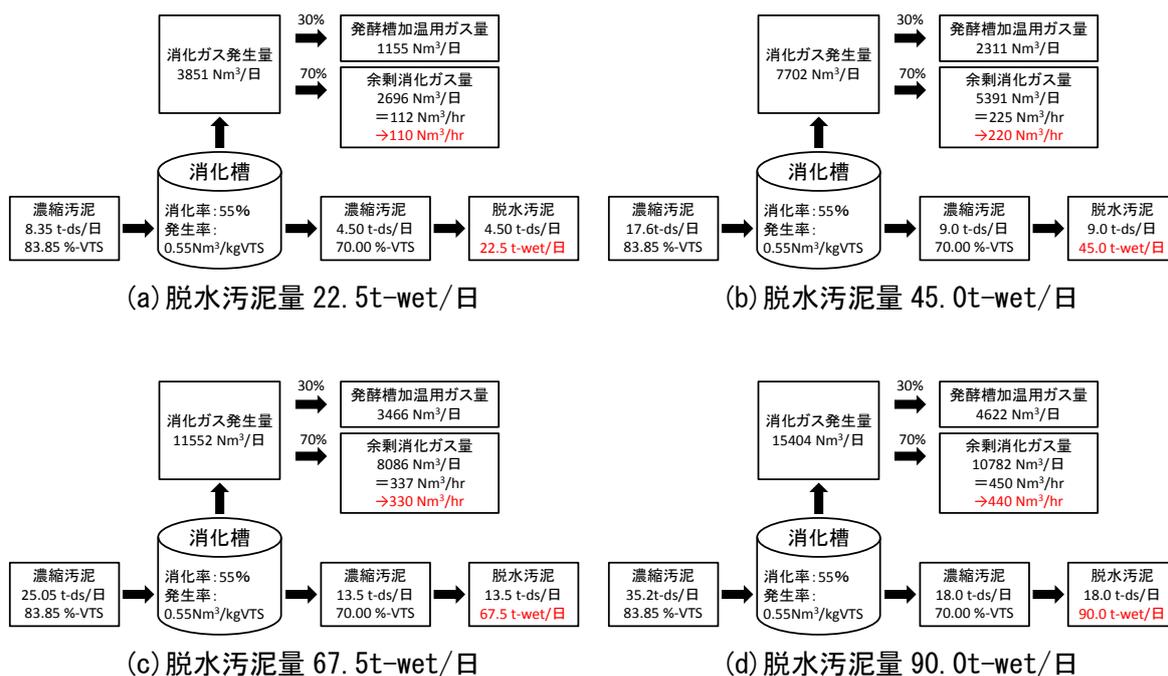


図3-4 各脱水汚泥量での余剰消化ガス量

## 4) 焼却炉での必要補助燃料の算定

「平成23年度下水道統計」より、消化工程を有し、消化ガスの一部または全量を汚泥焼却炉の補助燃料として使用している下水処理場のデータを用いて、汚泥焼却設備の補助燃料(消化ガスを除く化石燃料)使用量(A重油換算値)を推定した。汚泥焼却炉における必要補助燃料の推定結果を表3-18に示す。

表3-18 焼却炉の使用補助燃料のA重油換算量推定値\*

焼却炉規模 (t-wet/日)	30	60	90	120	90	120
汚泥処理量 (t-wet/日)	22.5	45	67.5	90	90	120
補助燃料(消化ガスを除く化石燃料)使用量(A重油換算値) (L/日)*	678	882	906	814	1,208	1,086

※汚泥焼却設備での補助燃料(消化ガスを除く化石燃料)使用量(A重油換算値)の算出方法については資料編2. ケーススタディ、表資料2-9、図資料2-1、表資料2-10参照。

## 5) 革新的技術の人的費

本ケーススタディにおいて、革新的技術の固形燃料化設備を稼働させるための人的費(維持管理費を含む)の試算条件は表3-19に示される値を採用した。

表3-19 革新的技術の人的費(維持管理費)の採用値

項目	単位	単価
職員数*	人/年・施設	9
人的費(運転員費)	千円/年・人	5,000

※職員数は、革新的技術の固形燃料化設備を単独で稼働可能な3人/8時間×3交代制=9人/年・施設とする。

## 6) 運搬・処分

ケーススタディにおいて、汚泥固形燃料の場外利用時における固形燃料運搬費および販売による収益は表 3-20 に示す単価を、場内利用時に灰を処分する単価は表 3-21 に示される値を採用した。

表 3-20 燃料運搬・販売単価(円/t)

項 目	単 位	単 価
運搬単価	円/t	2,000
販売単価	円/t	105

表 3-21 灰処分費の評価項目

項 目	単 位	数 値
灰発生率	%	43
灰処分単価	円/t	8,000

また、本技術のケーススタディ算定に当たっては、固形燃料の運搬距離を 94.5km/回 (63km/日×1.5 (往復)) とした。

上記 (1) ケース設定及び (2) 試算条件より、ケーススタディ試算条件をまとめたものを表 3-22 に示す。また、A\_1～A\_4 (設備更新) 及び C\_1～C\_4 (設備増強) ケースの処理フローを図 3-5～図 3-6 に示す。

(B\_1～B\_4 (設備更新) 及び D\_1～D\_4 (設備増強) の処理フローは、資料編 2. ケーススタディを参照。)

表 3-22 ケーススタディ試算条件

導入目的	既設焼却炉 規模 (t-wet/日・基)	条件	更新新設機 処理規模 (t-wet/日)	負荷率(施設全体) (%)		汚泥処理量 (t-wet/日)		消化ガス 使用量 (Nm <sup>3</sup> /h)	廃熱利用 予熱空気量 (Nm <sup>3</sup> /h)	補助燃料 投入量 (t/日)	ケース No.	
				既設	新設	既設	新設					
設備更新	30	汚泥焼却炉	30	75	75	22.5	22.5	220	—	1,356	A_1	
		表面固 化乾燥	汚泥燃料場内利用	36 <sup>※2</sup>	80	75	18.0	27.0	220	3,350	0	A_2
			汚泥燃料場外利用	30	75	75	22.5	22.5	220	2,600	830	A_3
		従来型汚泥燃料化 <sup>※1</sup>	30	75	75	22.5	22.5	220	—	2,411	A_4	
	60	汚泥焼却炉	60	75	75	45.0	45.0	440	—	1,764	B_1	
		表面固 化乾燥	汚泥燃料場内利用	72 <sup>※2</sup>	80	75	36.0	54.0	440	6,400	0	B_2
			汚泥燃料場外利用	60	75	75	45.0	45.0	440	4,700	1,252	B_3
		従来型汚泥燃料化 <sup>※1</sup>	60	75	75	45.0	45.0	440	—	4,347	B_4	
	90	汚泥焼却炉	30	100	75	90.0	22.5	330	—	1,886	C_1	
		表面固 化乾燥	汚泥燃料場内利用	38.7 <sup>※2</sup>	100	75	83.5	29.0	330	8,400	0	C_2
			汚泥燃料場外利用	30	100	75	90.0	22.5	330	8,800	2,061	C_3
		従来型汚泥燃料化 <sup>※1</sup>	30	100	75	90.0	22.5	330	—	2,941	C_4	
設備増強	120	汚泥焼却炉	30	100	75	120.0	22.5	440	—	1,764	D_1	
		表面固 化乾燥	汚泥燃料場内利用	38.7 <sup>※2</sup>	100	75	113.5	29.0	440	11,100	0	D_2
			汚泥燃料場外利用	30	100	75	120.0	22.5	440	11,500	1,583	D_3
		従来型汚泥燃料化 <sup>※1</sup>	30	100	75	120.0	22.5	440	—	2,818	D_4	

※1 従来技術の汚泥固形燃料化技術(場外利用)は「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)」平成23年3月、国土交通省編、のケース

スタディで費用関数を設定している燃料化技術。

※2 製造した汚泥固形燃料を処理場内の焼却炉に投入する場合、焼却炉から得られる廃熱量が増加し、製造できる汚泥固形燃料の量も増加することとなる。このため、ケーススタディの場内利用ケース(A\_2、B\_2、C\_2、D\_2)においては、他のケースよりも更新新設機処理規模を増加させて設定している。

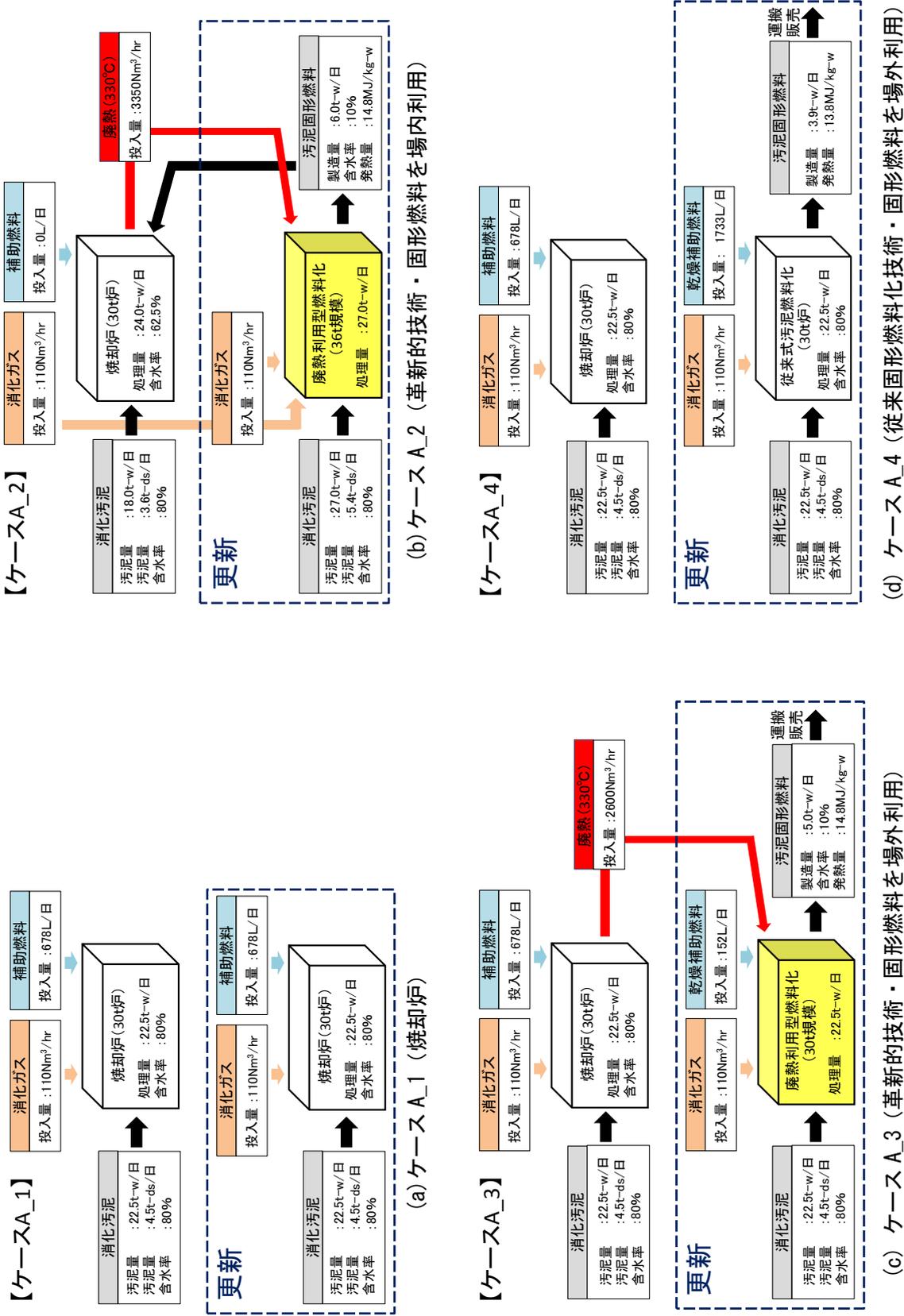
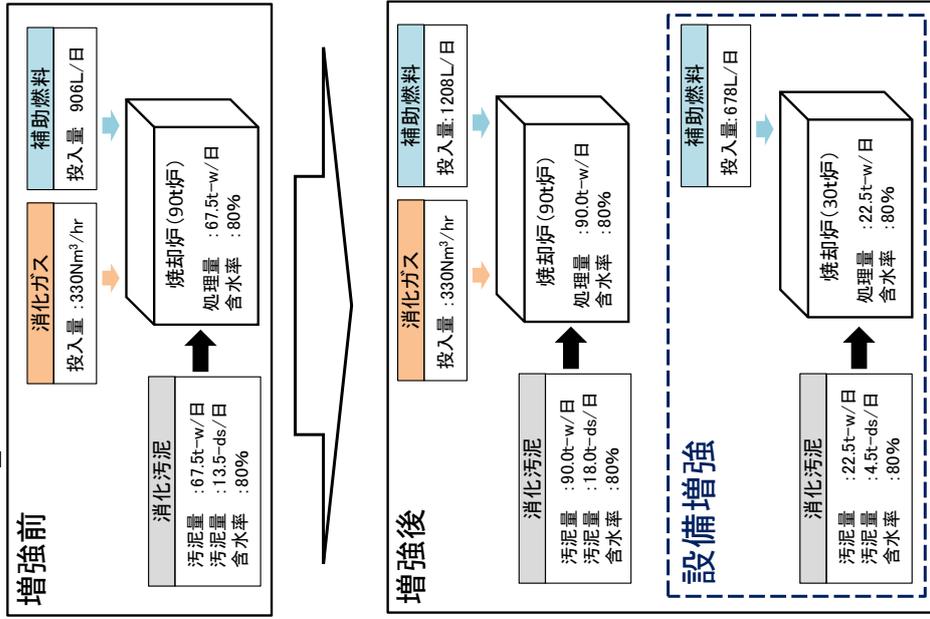


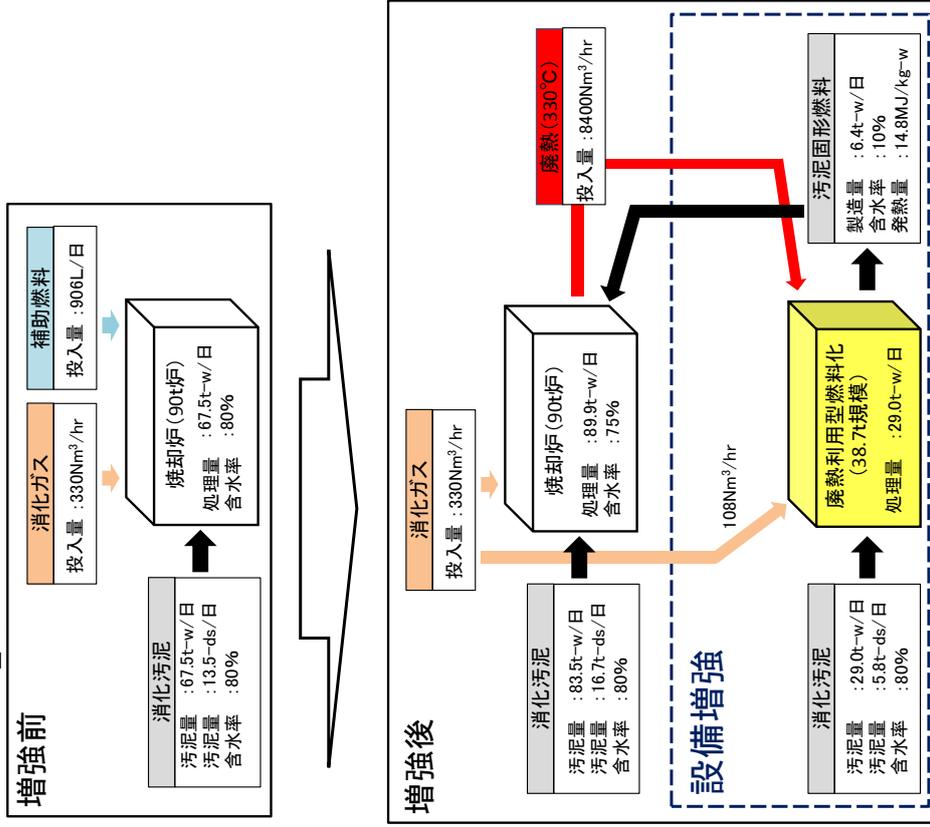
図 3-5 設備更新ケース (A\_1~A\_4)

【ケースC\_1】



(a) ケースC\_1 (焼却炉)

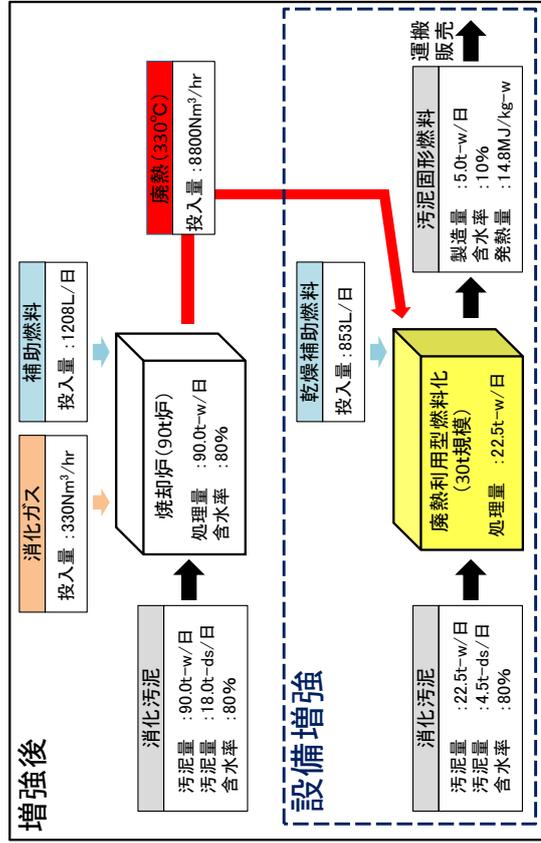
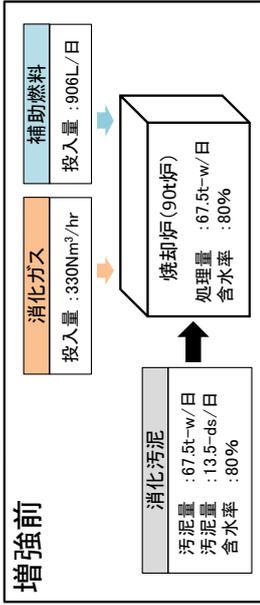
【ケースC\_2】



(b) ケースC\_2 (革新的技術・固形燃料を場内利用)

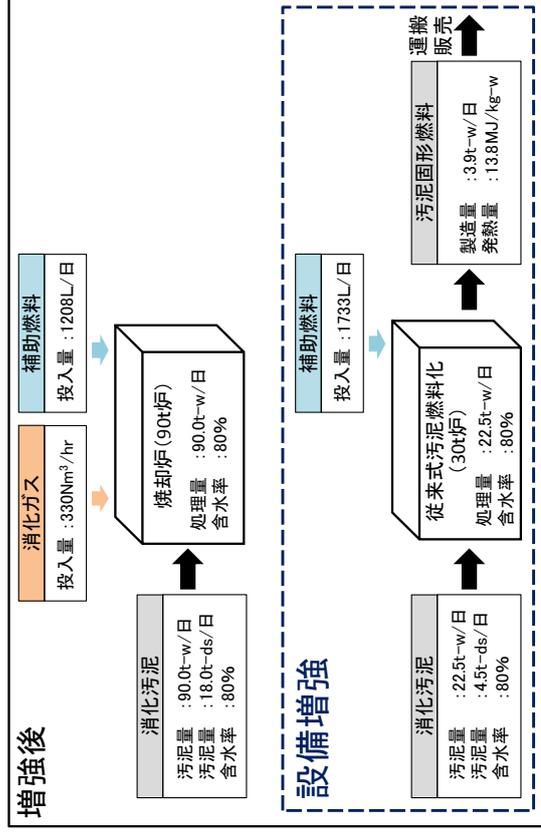
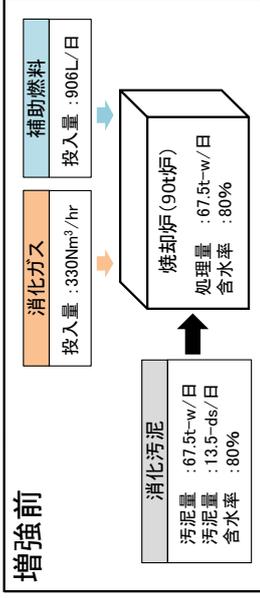
図 3-6 (その1) 設備増強ケース (C\_1~C\_4)

【ケースC\_3】



(c) ケースC\_3 (革新的技術・固形燃料を場外利用)

【ケースC\_4】



(d) ケースC\_4 (従来固形燃料化技術・固形燃料を場外利用)

図 3-6 (その2) 設備増強ケース (C\_1~C\_4)

## § 22 導入効果の検討結果

試算条件を基に本技術の導入による効果について従来技術との比較により評価する。導入効果検討項目は以下の通りである（評価方法は § 17～ § 19 に示す。）。

- (1) コスト
- (2) 温室効果ガス排出量（GHG）
- (3) エネルギー消費量

### 【解 説】

- (1) コスト

従来技術に対する革新的技術の LCC 縮減率試算結果を表 3-23 及び図 3-7 に示す（縮減率は焼却炉（従来技術）を基準として算定）。建設費の内訳は資料編 2.2、表資料 2-16 及び表資料 2-19 に記載する。すべてのケースにおいて、28%～39%の縮減率となる。また、従来型燃料化に対しても革新的技術は 13%～30%のコスト縮減が可能である。

革新的技術の場内利用においては、污泥固形燃料の既設焼却炉への投入により、脱水污泥と固形燃料を併せた焼却炉投入污泥の含水率が減少して、自燃又はそれに近い状況になる。したがって、既設焼却炉で利用していた消化ガスが乾燥処理の熱源として利用可能となり、LCC 縮減効果は増大する。

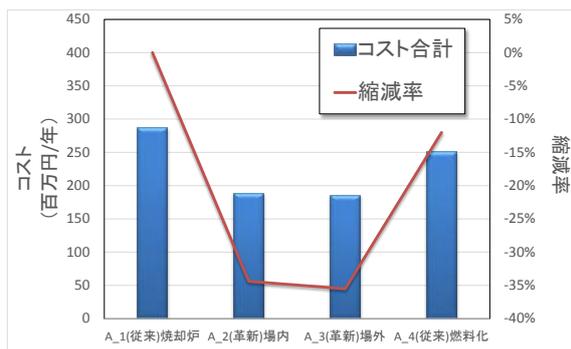
表 3-23 システム全体での LCC 縮減効果 (単位：百万円/年)

ケース	導入目的	既設焼却炉規模 (t-w/日)	技術種類	更新・新設機処理規模 (t-w/日)	百万円/年							縮減率		
					建設費※1	維持管理費※1	既設焼却炉維持管理費増分※2	補助燃料削減費	汚泥固形燃料運搬費販売益	灰処分費	解体・廃棄費※1		合計	
A_1	設備更新	30	(従来)焼却炉	30	146.4	121.1	-	-	-	5.0	14.6	287.1	0%	
A_2			(革新)場内	36	98.0	90.0	5.4	-19.7	-	5.0	9.8	188.5	34%	
A_3			(革新)場外	30	85.7	88.0	-	-	3.03	-	-	8.6	185.3	35%
A_4			(従来)燃料化	30	99.8	138.4	-	-	2.38	-	-	10	250.6	12%
B_1	設備更新	60	(従来)焼却炉	60	215.7	193.1	-	-	-	9.9	21.6	440.3	0%	
B_2			(革新)場内	72	163.2	125.7	8.6	-25.7	-	9.9	16.3	298	32%	
B_3			(革新)場外	60	142.6	124.9	-	-	6.06	-	-	14.3	287.9	35%
B_4			(従来)燃料化	60	142.2	180.4	-	-	4.75	-	-	14.2	341.6	22%
C_1	設備増強	90	(従来)焼却炉	30	146.4	121.1	-	-	-	5.0	14.6	287.1	0%	
C_2			(革新)場内	38.7	103.3	92.8	-	-35.2	-	5.0	10.3	176.2	39%	
C_3			(革新)場外	30	85.7	108.5	-	-	3.03	-	-	8.6	205.8	28%
C_4			(従来)燃料化	30	99.8	138.4	-	-	2.38	-	-	10	250.6	12%
D_1	設備増強	120	(従来)焼却炉	30	146.4	121.1	-	-	-	5.0	14.6	287.1	0%	
D_2			(革新)場内	38.7	103.3	92.8	-	-31.6	-	5.0	10.3	179.8	37%	
D_3			(革新)場外	30	85.7	98.1	-	-	3.03	-	-	8.6	195.4	32%
D_4			(従来)燃料化	30	99.8	138.4	-	-	2.38	-	-	10	250.6	12%

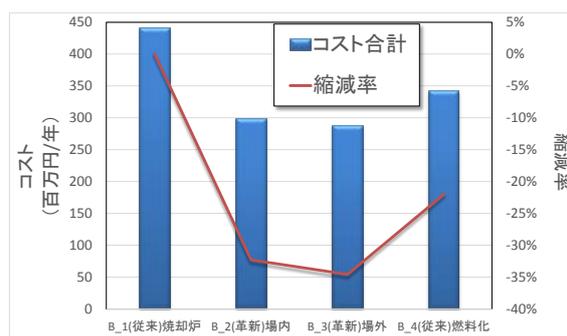
※1 建設費、維持管理費、解体・廃棄費は更新した設備1基分について試算。

※2 固形燃料投入による既設焼却炉の処理量増加に伴って増加する維持管理費の増加分

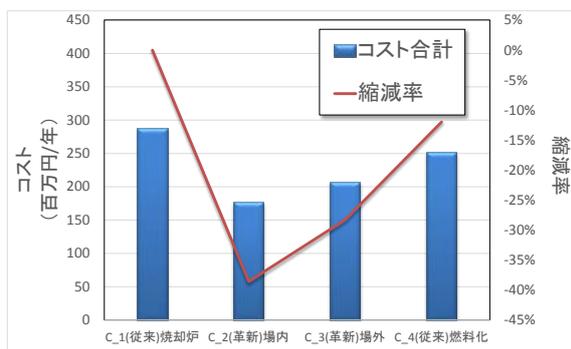
第2節 導入効果の検討例



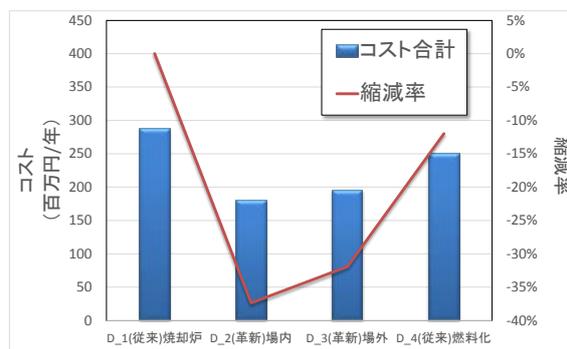
(a) 設備更新ケース (A\_1~A\_4)



(b) 設備更新ケース (B\_1~B\_4)



(c) 設備増強ケース (C\_1~C\_4)



(d) 設備増強ケース (D\_1~D\_4)

図 3-7 コスト試算結果及び各ケース縮減率  
(縮減率は(従来)焼却炉を基準(0%)とする。)

(2) 温室効果ガス排出量 (GHG)

従来技術に対する革新的技術の温室効果ガス排出量縮減率試算結果を表 3-24 及び図 3-8 に示す(縮減率は LCC と同様、焼却炉(従来技術)を基準として算定)。汚泥燃料の場内利用の場合では 86%~108%の縮減率となり、場外利用の場合では 115%以上の縮減率となる。従来型汚泥燃料化設備と比較した場合でも、革新的技術の温室効果ガス排出量の縮減が可能である。

固形燃料化技術の場内利用では、既設焼却炉補助燃料の削減可能量には上限があるため、場外利用に比べ削減効果が低下する結果となった(A\_2、B\_2 が該当)。

固形燃料化技術の場外利用では、製造した汚泥固形燃料のほぼ全量を燃料利用先での温室効果ガス排出量の縮減に利用できるため、全体として温室効果ガス排出量の縮減効果は増大する場合が多い。

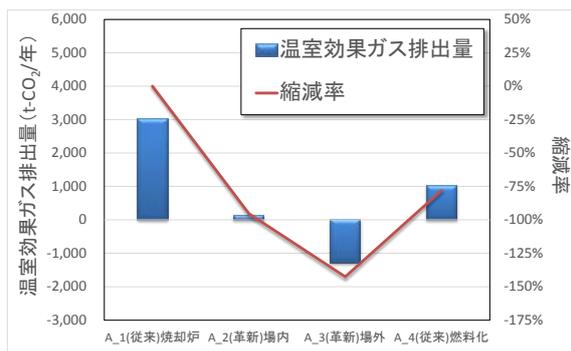
表 3-24 システム全体での温室効果ガス排出量縮減効果(単位：t-CO<sub>2</sub>/年)

ケース	導入目的	既設焼却炉規模(t-w/日)	技術種類	更新・新設機処理規模(t-w/日)	t-CO <sub>2</sub> /年							縮減率
					処理設備の排出量 <sup>※1</sup>	既設焼却炉増分 <sup>※2</sup>	補助燃料削減での縮減量	固形燃料運搬由来排出量	製造燃料利用による縮減量	建設・解体・廃棄に伴う排出量 <sup>※1</sup>	合計	
A_1	設備更新	30	(従来)焼却炉	30	2,425.1	-	-	-	-	598.7	3,023.8	0%
A_2			(革新)場内	36	562.5	26.4	-588.0	-	-	138.9	139.8	95%
A_3			(革新)場外	30	593.2	-	-	9.52	-2,038.2	146.4	-1,289.1	143%
A_4			(従来)燃料化	30	2,010.3	-	-	7.45	-1,488.1	496.3	1,026.0	78%
B_1		60	(従来)焼却炉	60	4,438.8	-	-	-	-	1,095.9	5,534.7	0%
B_2			(革新)場内	72	1,191.6	52.8	-764.9	-	-	294.2	773.7	86%
B_3			(革新)場外	60	1,299.1	-	-	19.03	-4,076.3	320.7	-2,437.5	144%
B_4			(従来)燃料化	60	4,020.7	-	-	14.90	-2,676.1	992.6	2,352.1	69%
C_1	設備増強	90	(従来)焼却炉	30	2,884.7	-	-	-	-	712.2	3,596.9	0%
C_2			(革新)場内	38.7	607.9	-	-1,047.6	-	-	150.1	-289.6	108%
C_3			(革新)場外	30	1,201.4	-	-	9.52	-2,038.2	296.6	-530.7	115%
C_4			(従来)燃料化	30	2,010.3	-	-	7.45	-1,488.1	496.3	1,026.0	82%
D_1	120	(従来)焼却炉	30	2,778.9	-	-	-	-	686.1	3,465.0	0%	
D_2		(革新)場内	38.7	607.9	-	-941.8	-	-	150.1	-183.8	105%	
D_3		(革新)場外	30	892.5	-	-	9.52	-2,038.2	220.4	-915.7	126%	
D_4		(従来)燃料化	30	2,010.3	-	-	7.45	-1,488.1	496.3	1,026.0	81%	

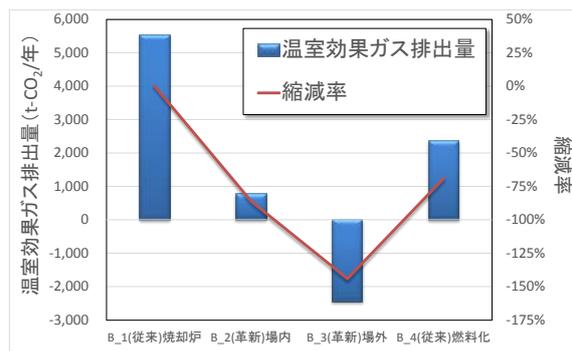
※1 処理設備の排出量、建設・解体・廃棄に伴う排出量は更新した設備 1 基分について試算。

※2 固形燃料投入による既設焼却炉の処理量増加に伴って増加する電力由来の温室効果ガス増加分

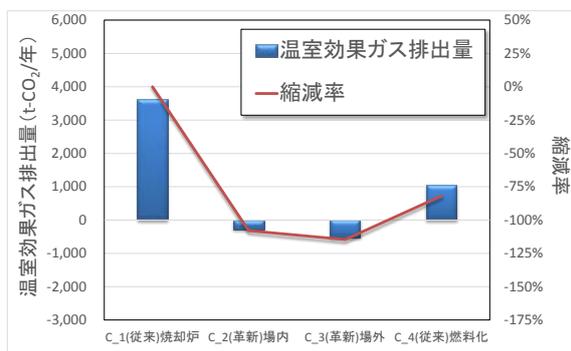
第2節 導入効果の検討例



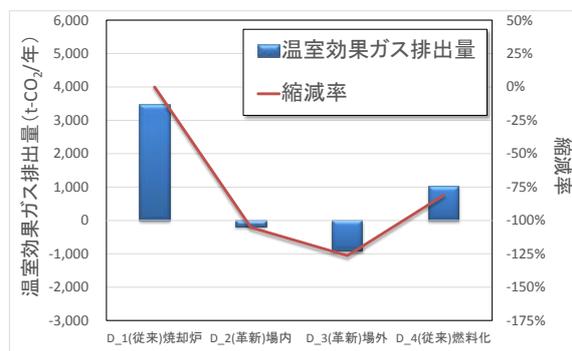
(a) 設備更新ケース (A\_1~A\_4)



(b) 設備更新ケース (B\_1~B\_4)



(c) 設備増強ケース (C\_1~C\_4)



(d) 設備増強ケース (D\_1~D\_4)

図 3-8 温室効果ガス排出量試算結果及び各ケース縮減率  
(縮減率は(従来)焼却炉を基準(0%)とする。)

(3) エネルギー消費量

従来技術に対する革新的技術のエネルギー消費量縮減率試算結果を表3-25及び図3-9に示す(縮減率はLCCと同様、焼却炉(従来技術)を基準とした算定結果)。革新的技術はいずれのケースにおいても68%以上の縮減率となる。従来型汚泥燃料化設備とした場合でも革新的技術のエネルギー消費量の縮減が可能である。

固形燃料化技術の場内利用では、既設焼却炉補助燃料の削減可能量には上限があるため、場外利用に比べ削減効果が低下する結果となった(A\_2、B\_2が該当)。

革新的技術の場外利用では、固形燃料の有する総エネルギー量が大きく、燃料利用先での消費量の縮減に大きく寄与し、全体としてエネルギー消費量の縮減効果は増大する。

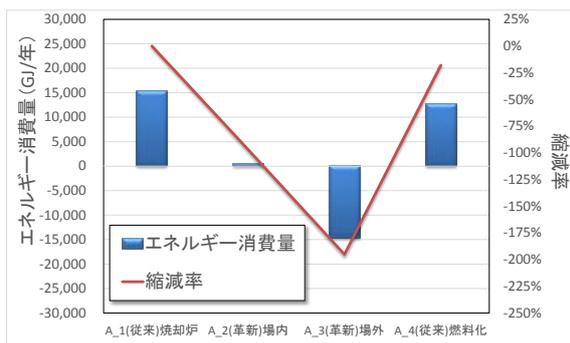
表3-25 システム全体でのエネルギー消費量縮減効果(単位：GJ/年(除縮減率))

ケース	導入目的	既設焼却炉規模(t-w/日)	技術種類	更新・新設機処理規模(t-w/日)	GJ/年						縮減率
					処理設備の消費量※1	既設焼却炉増分※2	補助燃料削減での縮減量	固形燃料運搬での消費量	燃料利用での縮減量	合計	
A_1	設備更新	30	(従来)焼却炉	30	15,453	-	-	-	-	15,453	0%
A_2			(革新)場内	36	8,504	465	-8,483	-	-	486	97%
A_3			(革新)場外	30	8,859	-	-	138	-23,680	-14,683	195%
A_4			(従来)燃料化	30	29,831	-	-	108	-17,289	12,650	18%
B_1	設備更新	60	(従来)焼却炉	60	24,975	-	-	-	-	24,975	0%
B_2			(革新)場内	72	18,181	929	-11,036	-	-	8,075	68%
B_3			(革新)場外	60	19,521	-	-	276	-47,360	-27,563	210%
B_4			(従来)燃料化	60	59,663	-	-	216	-34,577	25,302	-1%
C_1	設備増強	90	(従来)焼却炉	30	22,084	-	-	-	-	22,084	0%
C_2			(革新)場内	38.7	9,200	-	-15,114	-	-	-5,915	127%
C_3			(革新)場外	30	17,635	-	-	138	-23,680	-5,907	127%
C_4			(従来)燃料化	30	29,831	-	-	108	-17,289	12,650	43%
D_1	設備増強	120	(従来)焼却炉	30	20,558	-	-	-	-	20,558	0%
D_2			(革新)場内	38.7	9,200	-	-13,588	-	-	-4,388	121%
D_3			(革新)場外	30	13,178	-	-	138	-23,680	-10,364	150%
D_4			(従来)燃料化	30	29,831	-	-	108	-17,289	12,650	39%

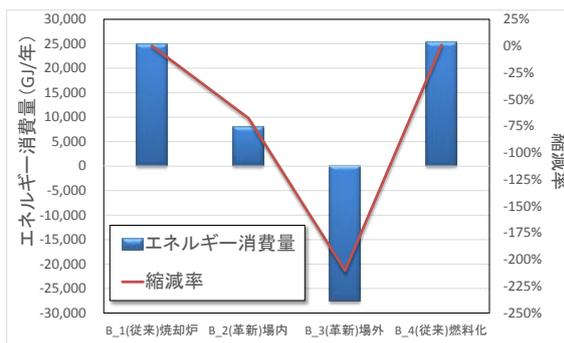
※1 処理設備の消費量は更新した設備1基分について試算。

※2 固形燃料投入による既設焼却炉の処理量増加に伴って増加する電力由来のエネルギー増加分

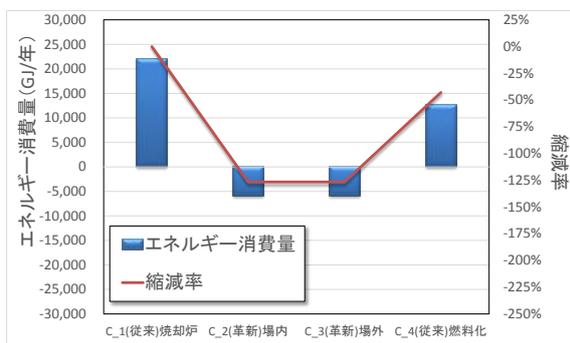
第2節 導入効果の検討例



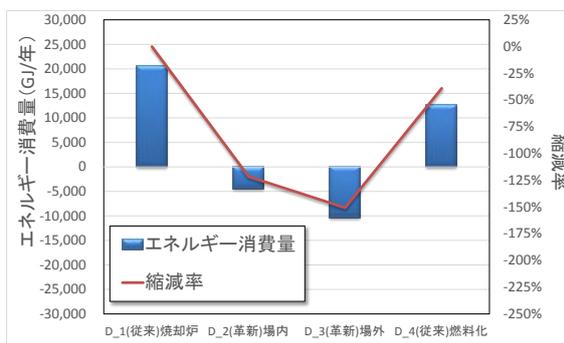
(a) 設備更新ケース (A\_1~A\_4)



(b) 設備更新ケース (B\_1~B\_4)



(c) 設備増強ケース (C\_1~C\_4)



(d) 設備増強ケース (D\_1~D\_4)

図 3-9 エネルギー消費量試算結果及び各ケース縮減率  
(縮減率は(従来)焼却炉を基準(0%)とする。)

(4) 更なる廃熱の利用による効果

処理場内や近隣施設からのさらなる余剰の廃熱を有効利用することで、本技術の導入効果がいっそう高まる。他の技術では十分活用できない 250℃以上の低温廃熱の利用が可能であり、この場合本技術の最大の導入効果を生み出すと想定される。

また、本試算では、250℃以上の低温廃熱として 350℃の廃熱を想定したが、利用する廃熱の温度がより高い場合には熱回収がより容易となり、より大きな効果が得られる。

§ 23 技術の評価結果（コスト、温室効果ガス、エネルギー消費量）

ケーススタディに基づき、以下の評価項目について、本技術の評価結果を示す。

- (1) コスト
- (2) 温室効果ガス排出量
- (3) エネルギー消費量

【解 説】

本技術の性能を評価する項目のうち、消化汚泥から汚泥固形燃料製造までに係るコスト、温室効果ガス排出量及びエネルギー消費量について、製造した汚泥固形燃料の発熱量あたりの値として示す。

なお、本技術自体の性能を評価するため、汚泥固形燃料の活用によるコスト、温室効果ガス排出量及びエネルギー消費量の増減分は除外して試算することとし、ケーススタディにおける検討モデルは A\_3、B\_3、C\_3、D\_3（革新的技術の場外利用のケース）とした。

(1) コスト

コストについて、本技術の性能評価結果を以下の式から求める。

$$\begin{aligned} \text{コストの評価結果} &= \text{コスト合計(百万円/年)} \div \text{固形燃料の総保有エネルギー(GJ/年)} \\ &= (\text{建設費} + \text{維持管理費} + \text{解体・廃棄費}) \\ &\quad \div (\text{年間の固形燃料製造量(t/年)} \times \text{固形燃料の低位発熱量(GJ/t)}) \end{aligned}$$

本技術の性能評価結果として、汚泥固形燃料の単位発熱量あたりのコストの試算結果を表3-26に示す。

表 3-26 汚泥固形燃料の単位発熱量あたりのコスト  
(消化汚泥投入から汚泥固形燃料製造まで)

ケース	設備更新		設備増強	
	A_3	B_3	C_3	D_3
施設規模 (t-w/日)	30	60	90	120
①コスト合計※1 (百万円/年)	182.3	281.8	202.8	192.4
②固形燃料の 総発熱量※2 (GJ/年)	23,680	47,360	23,680	23,680
①/② (千円/GJ)	7.70	5.95	8.56	8.13

※1 コスト合計(百万円/年)=建設費+維持管理費+解体・廃棄費  
(表 3-23 参照)

※2 固形燃料の総発熱量(GJ/年)  
=年間の固形燃料製造量(t/年)×固形燃料の低位発熱量(MJ/kg=GJ/t)

(2) 温室効果ガス排出量

温室効果ガス排出量について、本技術の性能評価結果を以下の式から求める。

温室効果ガス排出量の評価結果

$$\begin{aligned}
 &= \text{温室効果ガス排出量(t-CO}_2\text{/年)} \div \text{固形燃料の総発熱量(GJ/年)} \\
 &= (\text{燃料化設備の排出量(t-CO}_2\text{/年)} + \text{建設・解体・廃棄に伴う排出量(t-CO}_2\text{/年)}) \\
 &\quad \div (\text{固形燃料製造量(t/年)} \times \text{固形燃料の低位発熱量(GJ/t)})
 \end{aligned}$$

本技術の性能評価結果として、汚泥固形燃料の単位発熱量あたりの温室効果ガス排出量の試算結果を表 3-27 に示す。

表 3-27 汚泥固形燃料の単位発熱量あたりの温室効果ガス排出量  
(消化汚泥投入から汚泥固形燃料製造まで)

ケース	設備更新		設備増強	
	A_3	B_3	C_3	D_3
施設規模 (t-w/日)	30	60	90	120
①温室効果ガス 排出量 <sup>※1</sup> (t-CO <sub>2</sub> /年)	739.6	1,619	1,498	1,113
②固形燃料の 総発熱量 <sup>※2</sup> (GJ/年)	23,680	47,360	23,680	23,680
①/② (t-CO <sub>2</sub> /GJ)	31.23	34.20	63.26	47.00

※1 温室効果ガス排出量(t-CO<sub>2</sub>/年) = 燃料化設備の排出量 + 建設・解体・廃棄に伴う排出量 (表 3-24 参照)

※2 固形燃料の総発熱量(GJ/年)  
= 年間の固形燃料製造量(t/年) × 固形燃料の低位発熱量(MJ/kg = GJ/t)

(3) エネルギー消費量

エネルギー消費量について、本技術の性能評価結果を以下の式から求める。

エネルギー消費量の評価結果

$$= \text{エネルギー消費量(GJ/年)} \div \text{固形燃料の総発熱量(GJ/年)}$$

$$= \text{燃料化設備の消費量(GJ/年)} \div (\text{固形燃料製造量(t/年)} \times \text{固形燃料の低位発熱量(GJ/t)})$$

本技術の性能評価結果として、汚泥固形燃料の単位発熱量あたりのエネルギー消費量の試算結果を表 3-28 に示す。

表 3-28 汚泥固形燃料の単位発熱量あたりのエネルギー消費量  
(消化汚泥投入から汚泥固形燃料製造まで)

ケース	設備更新		設備増強	
	A_3	B_3	C_3	D_3
施設規模 (t-w/日)	30	60	90	120
①エネルギー 消費量 <sup>※1</sup> (GJ/年)	8,859	19,520	17,640	13,180
②固形燃料の 総発熱量 <sup>※2</sup> (GJ/年)	23,680	47,360	23,680	23,680
①/② (GJ/GJ)	0.374	0.412	0.745	0.557

※1 エネルギー消費量(GJ/年)=燃料化設備の消費量 (表 3-25 参照)

※2 固形燃料の総発熱量(GJ/年)

=年間の固形燃料製造量(t/年)×固形燃料の低位発熱量(MJ/kg=GJ/t)