

第3章 導入検討

第1節 導入検討手法

§14 導入検討手順

本システム技術の導入の検討にあたっては、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】

本システム技術の導入の検討にあたっては、導入の目的を明確にした後、**図3-1**に示す検討フローにしたがって、必要な情報を収集・整理し、導入効果の概略試算を行った上で、導入の是非を判断する。

(1) 基礎調査

対象施設の関連下水道計画の確認を行い、当該下水処理場の計画年次にて想定される情報を収集・整理した上で、現状の課題を抽出する。これにより、当該下水処理場へ本システム技術を導入する意義・目的を明確にする。

(2) 導入効果の検討

本技術を当該下水処理場に導入する有効性について、本技術を導入した場合の効果を検討する。

本検討では、当該下水処理場の新設、更新、増設時を想定し、本技術を導入した場合の効果について、従来技術との比較により検討する。ここでの導入効果とは、コスト縮減、温室効果ガス排出量・エネルギー消費量削減、エネルギー創出量の効果を表す。

(3) 導入判断

「導入効果の検討」において導入効果が見込まれると判断された場合には、本技術の導入に係る意思決定を行い、計画・設計（**第4章**参照）に移る。

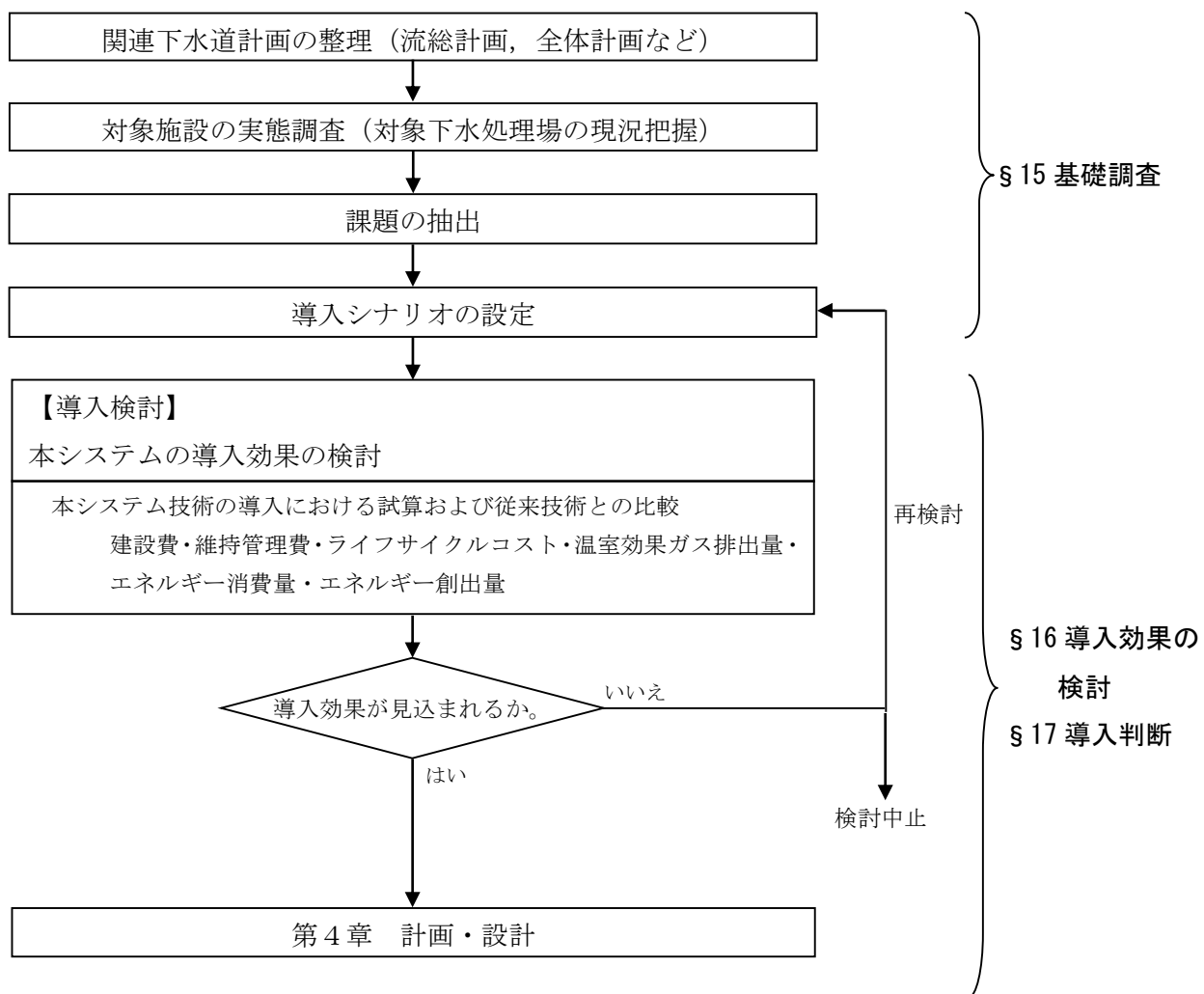


図 3-1 導入検討フロー

§ 15 基礎調査

基礎調査では、下水道施設について関連計画ならびに計画年次にて想定される状況などを把握する。また、本技術の導入効果の検討に必要な既存施設の運転データを収集・整理し、運転状況を把握した上で、本技術導入に関する課題を抽出する。

【解説】

本技術の導入効果の検討に先立ち、下水道施設について関連計画ならびに計画年次にて想定される状況などを把握する。また、本技術の導入効果の検討に必要な既存施設の運転データを収集・整理し、運転状況を把握した上で、本技術導入に関する課題を抽出する。

(1) 関連下水道計画の整理

対象とする下水処理場に係る下水道計画などについて把握する。ここでは、当該下水処理場に係る上位計画、各種基本計画およびその他の関連計画について確認する。

- ・上位計画：流総計画、都道府県構想など
- ・基本計画：基本構想、全体計画、事業計画など
- ・その他関連計画：長寿命化計画、耐震計画、バイオマス利活用関連の計画など

(2) 対象施設の実態調査

本技術の導入効果の検討に先立ち、当該下水処理場の各種情報を把握する。実態調査において把握すべき項目、手段、目的を表 3-1 に示す。

なお、管理日報等（維持管理年報、運転管理日報、月報等）については、少なくとも1年分の年間データが必要で、最低でも4回/年（四季データ）、可能であれば1回/月の調査が必要である。

表 3-1 実態調査項目

調査項目	手段	目的
下水処理場の基本諸元・条件 (処理規模、周辺環境など) 既存施設・設備の設置ならびに整備状況 既存監視システムの設置状況	計画資料等	<ul style="list-style-type: none"> ・新設、更新、増設計画の把握 ・導入シナリオの検討 ・配置検討
発生汚泥および濃縮汚泥の種類、量および性状	管理日報等	<ul style="list-style-type: none"> ・設備規模の算定
脱水汚泥の種類(混合生汚泥、消化汚泥)、 量および性状	管理日報等	<ul style="list-style-type: none"> ・設備規模の算定 ・低含水率化設備の導入検討
既存ユーティリティの種類および利用可能量	管理日報等	<ul style="list-style-type: none"> ・低含水率化設備の導入検討 ・エネルギー回収設備の導入検討 ・エネルギー変換設備の導入検討
処理水の種類および水質、温度	管理日報等	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー変換設備の導入検討
水処理および汚泥処理施設の運転管理状況	管理日報等	<ul style="list-style-type: none"> ・既存設備の性能把握 ・導入効果の検討に利用 (稼働率・負荷率)
焼却灰の処分および有効利用状況	自治体資料等	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー回収設備の導入検討
その他燃料など(し渣・沈砂、乾燥汚泥、 木質バイオマスなど)の受入元、 種類、量および性状	計画資料 管理日報等	<ul style="list-style-type: none"> ・基本計算に利用(物質・熱収支) ・エネルギー回収設備の導入検討 ・エネルギー変換設備の導入検討
環境アセスメント、各自治体の公害防止条例、 近隣地域との各種協定等	自治体資料等	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー回収設備の導入検討

(3) 課題の抽出

上記(1)、(2)の情報を収集・整理した上で、当該下水処理場における本システム技術導入の課題を抽出する。§10に記載の適用条件が満足できない場合の課題を抽出し、本システム技術を導入する意義・目的を明確にした上で、導入効果の検討に移る。

(4) 導入シナリオの設定

以上の(1)～(3)の内容を考慮し、本システムの設備規模、システムフロー、計画年次などを設定する。

§ 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削減効果、エネルギー消費量削減効果および創出量を、従来技術と比較して算定する。また段階的導入を行う場合は、その効果についても算定する。

【解説】

(1) 導入効果検討の考え方

当該下水処理場に本システム技術の導入による建設や維持管理に係るコスト、温室効果ガス排出量、エネルギー消費量を算出し、従来技術と定量的に比較を行い、その縮減及び削減効果を確認することで、本システム技術の導入効果を検討する。また、発電によるエネルギー創出量も算出し、その効果を確認する。

(2) 導入効果の検討項目

本技術の検討項目は、コスト縮減効果、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およびエネルギー創出量とする。なお、算出例は第3章 第2節 導入効果の検討例に記載する。

(3) 検討手順

導入検討として、汚泥処理設備の計画汚泥量に関する固形物収支、ならびに脱水汚泥含水率の平均値から、検討対象とする焼却設備の焼却負荷である汚泥焼却量および脱水汚泥性状を決定する。検討手順フローを図3-2に示す。

対象とする汚泥性状の設定については、基礎調査を基に年間変動を考慮して、施設計画の基本となる汚泥性状（汚泥濃度、強熱減量）の代表値を設定する。

次に既存の脱水汚泥性状から低含水率化技術の予想性能値である脱水汚泥含水率を設定する。予想性能値は低含水率化技術の一般性能値から設定する。低含水率化技術の一般性能として、従来技術と比較して7～10ポイントの範囲で低減が見込める。そのため、もっとも低い数値として7ポイントの低減が見込めるものと仮定して、含水率の設定を行う。ただし、含水率の下限値は68%とする。低含水率化技術の一般性能については資料編 1.3 低含水率化技術実証試験結果 P. 133, 134 を参照されたい。

これらの汚泥性状および脱水汚泥含水率をもとに、基礎調査にて情報収集した当該下水処理場の汚泥量から物質収支の試算を行い、エネルギー回収設備の設備規模を設定する。

次に本技術を導入する効果を、従来技術との比較により検討する。ここでは、表3-2、表3-3に示した算定式（費用関数）を用いる簡易な方法により、本技術の導入コスト、温室効果ガス排出量、エネルギー消費量、エネルギー創出量を概算し、従来技術を用いる場合と比較することで、本技術の導入効果（各評価指標の縮減及び削減効果）を検証する。算定式の導出方法に

については、資料編 2.簡易算定式を参照されたい。なお、従来技術については、実績や既存の設計指針に準じて算出する。

また本試算において、建設費は本システムを一括導入する場合の条件であることや、稼働率90%、負荷率90%の条件での算定式であること、加えて12~36t-DS/日の範囲であることから、段階導入や基礎調査の結果から実態と異なる場合は算定結果が異なるため、検討にあたっては留意が必要である。

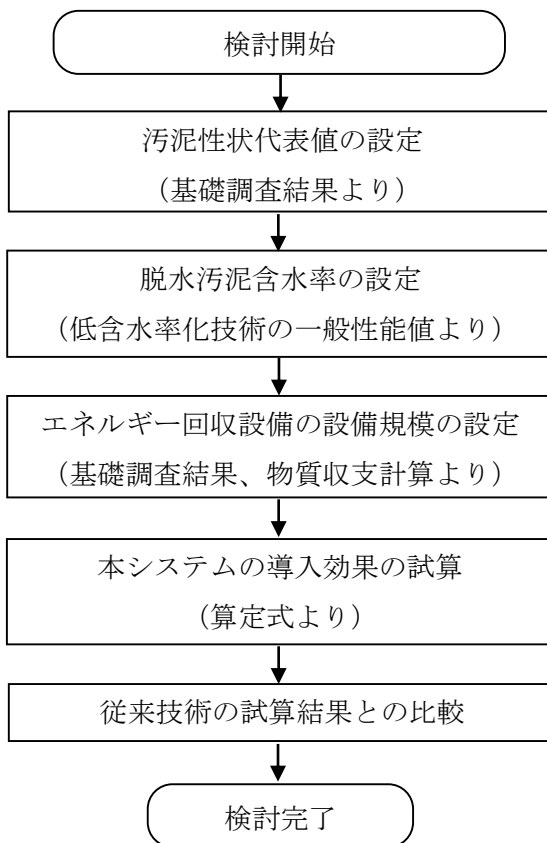


図 3-2 検討手順フロー

表 3-2 本技術導入時の建設費算定式

項目	単位	算出式	備考
低含水率化（機械）	百万円/年	$Y=1.06 \times N+14.11$	電気含む
エネルギー回収（土木）	百万円/年	$Y=0.071 \times N+5.19$	
エネルギー回収（機械）	百万円/年	$Y=4.43 \times N+161.4$	
エネルギー回収（電気）	百万円/年	$Y=1.33 \times N+20.9$	変換設備分含む
エネルギー変換（機械）	百万円/年	$Y=0.86 \times N+1.06$	小型蒸気発電機 +バイナリー発電機

※N：エネルギー回収設備規模（t-DS/日）、Y：建設費年価（百万円/年）

※稼働率90%・負荷率90%の条件の算定式、適用範囲は12~36t-DS/日

表 3-3 本技術導入時のユーティリティ消費量算定式

項目	単位	算出式	備考
電力（低含水率化）	MWh/年	$Y=20.39 \times N-18.17$	
電力（エネルギー回収）	MWh/年	$Y=39.39 \times N+222.84$	
電力（エネルギー変換）	MWh/年	$Y=112.07 \times N-217.98$	発電電力分
補助燃料（エネルギー回収）	kL/年	$Y=0.098 \times N$	
薬品（高分子）	t/年	$Y=2.07 \times N$	薬注率 0.7%-TS
薬品（無機）	t/年	$Y=29.57 \times N$	薬注率 10%-TS
薬品（苛性ソーダ）	t/年	$Y=42.98 \times N$	濃度 24%
灰発生量	t/年	$Y=75.56 \times N$	

※N：エネルギー回収設備規模（t-DS/日）、Y：年間消費量または発生量（百万円/年）

※稼働率 90%・負荷率 90%の条件の算定式、適用範囲は 12～36t-DS/日

1) コスト縮減効果の算定

① 建設費の算定

本技術の建設費を算定し、従来技術の建設費と比較することによって、本技術の導入による建設費の縮減効果を検討する。

表 3-2 に示す本技術の建設費の算定式は、施設規模に対して機械設備、電気設備の新設に係る設備費および工事費を試算した結果を整理した。土木建設設備については整地済の既存敷地に建設され、既存建屋（ブロウ室、電気室、制御室等）を利用するものとし、機械基礎、防液堤等の増築工事費を試算した結果を整理したものである（§ 12 参照）。

② 維持管理費の算定

本技術の維持管理費を算定し、従来技術の維持管理費と比較することによって、本技術の導入による維持管理費の縮減効果を検討する。

表 3-3 に示す本技術のユーティリティ消費量の算定式は、3通りの施設規模に対して運転に用いるユーティリティ（電気、補助燃料、薬品）の使用量、灰処分量と点検補修費を試算した結果を整理したものであるため、各単価を乗じて算出する（§ 12 参照）。なお、本試算においては連続運転を想定しており、立上げ時に必要なユーティリティ量は年間一回分しか考慮していないため、立上げ頻度が多くなる場合は留意する必要がある。

電力については、施設を稼働させるための消費電力を考慮することとし、照明などの建築設備については除外した。薬品については、低含水率化技術で使用する高分子凝集剤および無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）、エネルギー回収設備の排ガス処理で使用する苛性ソーダを考慮した。なお、ボイラー補給水として用いる上水およびボイラー薬品については、維持管理費に占める割合が非常に小さい（1%未満）ため、本試算においては省略した。

灰処分費については汚泥が完全燃焼している（灰中の熱灼減量 0%）との仮定の下で容量計算より求められた発生量に対し、湿灰として排出する際の含水率（実証結果より 30%と設定）を考慮した量を算出した。

点検補修費については各設備の耐用年数期間の年間平均値を計上することとした。なお、エネルギー回収・変換設備の点検補修費には廃熱ボイラー、発電機にかかる法定点検ならびに検査費用も計上した。

人件費は、脱水・焼却設備の運転員のみ計上し、処理場の管理要員等は含まないこととした。

また PFI 事業など、事業形態が異なる場合の維持管理費については本ガイドラインの対象外としているため、別途検討が必要である。

③ 解体・廃棄費の算定

解体・廃棄費は建設費の 10%を計上する（内訳は § 12 参照）。

④ ライフサイクルコストの算定

建設費、維持管理費、解体・廃棄費の合算から本技術のライフサイクルコストを算定し、従来技術のライフサイクルコストと比較することによって、本技術の導入によるライフサイクルコストの縮減効果を検討する（§ 12 参照）。

2) 温室効果ガス排出量削減効果の算定

本技術の温室効果ガス排出量と従来技術の温室効果ガス排出量を比較することによって、本技術の導入による温室効果ガス排出量の削減効果を算定する。

本技術の温室効果ガス排出量の算出は、表 3-3 に示す算定式から算出される本技術のユーティリティ消費量に各排出係数を乗じて算出する。試算範囲は各ユーティリティ（電気、補助燃料、水道、薬品）、供用段階の焼却設備排ガスからの N₂O 排出量、建設段階および解体・廃棄時とし、CH₄については含まないものとした（§ 12 参照）。

なお、施設の建設段階および解体・撤去時の温室効果ガス排出量については、「下水道における LCA 適用の考え方」（国土交通省 国土技術政策総合研究所）⁹⁾ より、終末処理場における環境負荷量（LC-CO₂）の算定事例から、建設段階 19.3%、供用段階 80.2%、解体・撤去時 0.5%の比率で換算し算出した。

3) エネルギー消費量削減効果の算定

本技術のエネルギー消費量を算定し、従来技術のエネルギー消費量を比較することによって、本技術の導入によるエネルギー消費量の削減効果を検討する。

本技術のエネルギー消費量は、表 3-3 に示すユーティリティ消費量算定式から算出される電気、補助燃料の使用量に各エネルギー消費量原単位を乗じて算出する（§ 12 参照）。

4) エネルギー創出量の算定

エネルギー創出量は発電量である。エネルギー創出量を算出することで、本技術導入による効果を検討する。

§ 17 導入判断

本技術の導入可否は、定量的な導入効果から総合的に判断する。また検討条件によって導入効果が小さい、または得られない場合には、その原因を分析し再度条件を設定しなおして検討することが望ましい。

【解説】

§ 16 において定量的な検討結果から総合的に判断して導入効果が見込まれる場合には、本技術の導入に係る意思決定を行い、本システムの計画・設計に移る。

また導入効果が小さいまたは見込まれない場合には、原因分析を実施しその要因を明らかにする。本システムの導入効果を小さくする要因としては、脱水汚泥含水率、施設規模、稼働率および負荷率があげられる。こうした要因について、技術的に解決でき、かつコスト優位性が得られるなど、総合的判断ができる場合には、再度条件設定をし直して検討を行うことが望ましいが、見込まれない場合には導入検討を中止する。導入判断のフローを図 3-3 に示す。

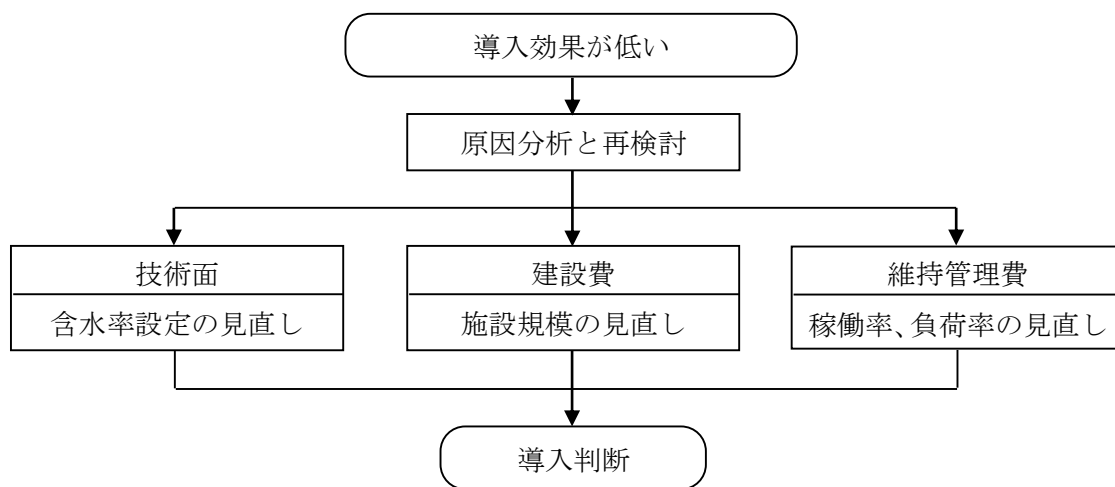


図 3-3 導入判断フロー

第2節 導入効果の検討例

(1) 試算条件

導入効果の検討のうち、ここでは § 11 に示した導入効果の大きい、すべての技術が一括導入可能な導入シナリオの事例（シナリオA）と、実際の導入例となる可能性の高い、一期目に低含水率化設備、二期目にエネルギー回収・変換設備を段階導入する事例（シナリオB）を具体例としてその検討方法を解説する。

なお、本節で行った各種試算については資料編 2.1 従来技術、資料編 2.2 革新的技術及び資料編 2.3 段階導入時の試算にその詳細を記載した。なお部分導入シナリオについては、別途 24t-DS/日の場合の試算を行っているため、詳細は資料編 2.4 部分導入時の試算を参照されたい。

1) 設定条件

① 検討対象技術

本システム技術は、下水汚泥を脱水し焼却処理する技術であるため、検討対象とする従来技術は、従来の一液調質型脱水機に、下水汚泥焼却炉の過半数を占めており設計指針にある流動炉とした。それぞれの概略フローを図 3-4、図 3-5 に示す。検討対象範囲は、分離濃縮を行った後の混合生汚泥を処理する汚泥脱水設備および焼却設備を範囲とした。

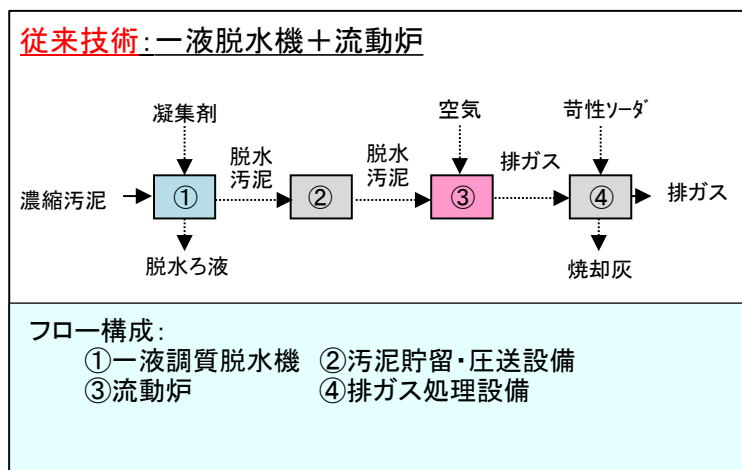


図 3-4 検討技術の概略フロー（従来技術）

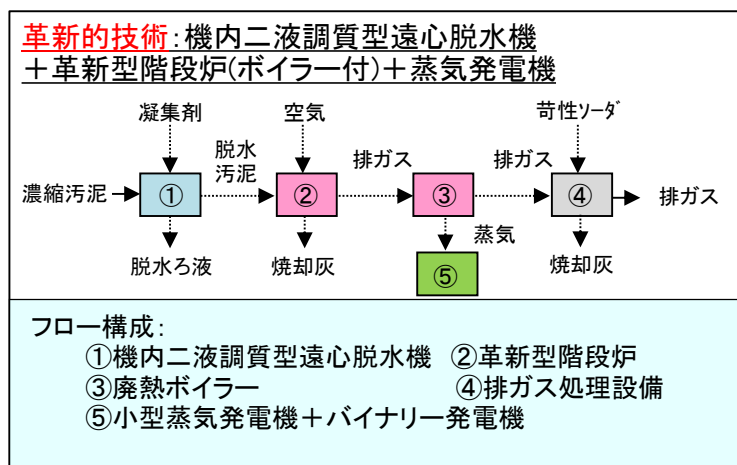


図 3-5 検討技術の概略フロー（革新的技術）

② 下水処理場の設定条件

嫌気性消化を導入していない混合生汚泥を対象とし、従来技術で汚泥焼却量 100 t-wet/日(固形物量 24t-DS/日)に相当する仮想の汚泥処理施設において、革新的技術の導入を想定した検討を行うことにより、実証技術の設置及び運転に係るコスト構造の把握及びコスト縮減方策の検討を行った。

汚泥脱水、焼却設備を有する仮想下水処理場の設定条件を表 3-4 に示す。また、固形物収支については図 3-6 のように設定した。汚泥性状については、脱水汚泥含水率、固形物中可燃分率については「下水道統計（平成 22 年度版）」（公益社団法人日本下水道協会）⁴⁾より、可燃分元素組成については本実証研究の実証フィールド（2 箇所）における組成の平均値より設定し、革新的技術については無機凝集剤（ポリ鉄）の添加による S の増加分を見込んでいる。Fe や S の増加分については資料編 1.5 その他の実証研究結果 P. 152, 153 を参照されたい。また処理水温度については、全国 15 自治体の維持管理年報を基に設定した。仮想汚泥脱水および焼却設備の設定条件を表 3-5 に示す。

表 3-4 仮想下水処理場の設定条件

項目	設定条件
流入下水水量および水質	125,000 m ³ /日、SS : 200 mg/L
水処理施設	最初沈殿池+反応タンク+最終沈殿池
汚泥処理施設	重力濃縮（生汚泥）、機械濃縮（余剰汚泥）
処理汚泥性状	混合生汚泥、濃度：約 3.3%
汚泥処理設備運転時間	24 時間/日
稼働率（運転日数）	90%（328.5 日/年）
負荷率	90%

第2節 導入効果の検討例

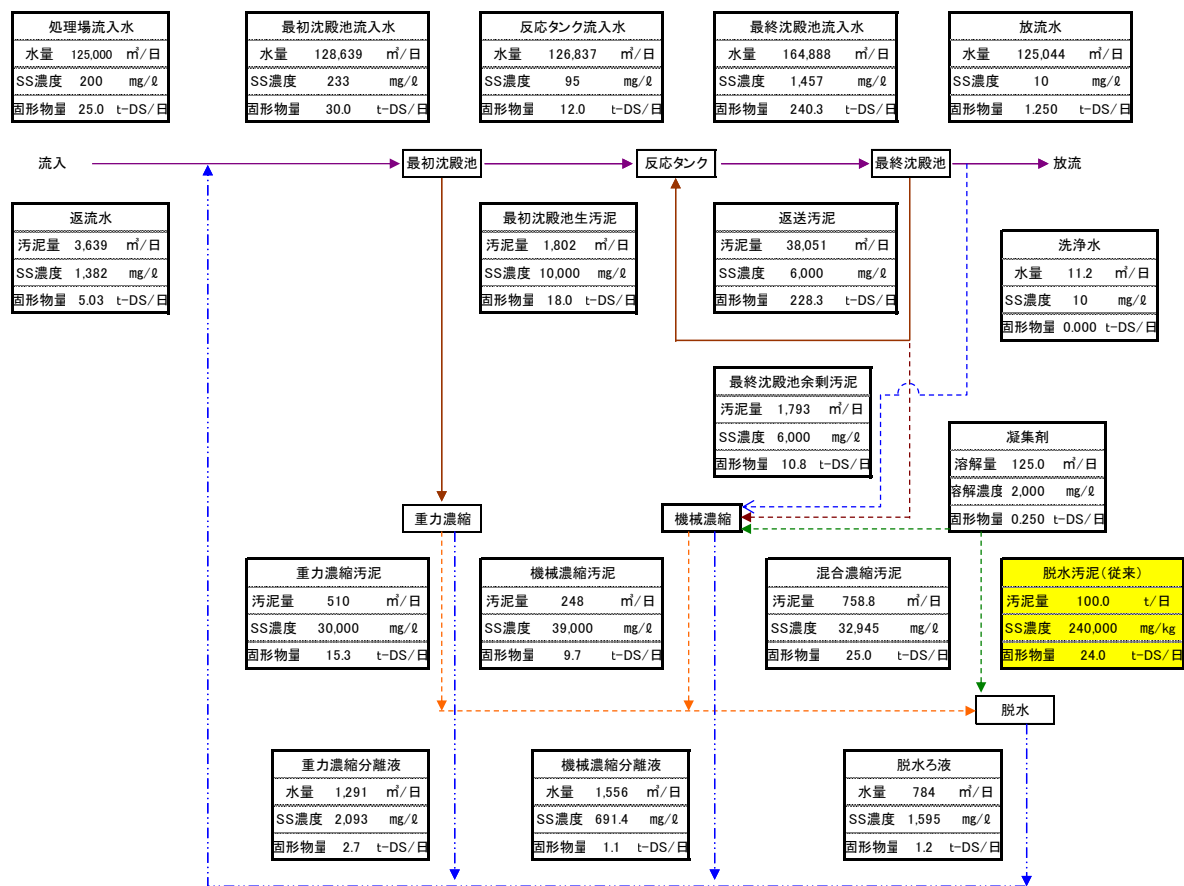


図 3-6 仮想下水処理場の固形物収支

表 3-5 仮想汚泥処理設備の設定条件

項目		従来技術	革新的技術	
処理汚泥中固形物量		24 t-DS/日		
脱水汚泥含水率		76%	69%	
脱水汚泥処理量		100.0t-wet/日	79.0t-wet/日	
汚泥性状	固形物中可燃分率	84.0%-DS	82.3%-DS	
	固形物中灰分率	16.0%-DS	17.7%-DS	
	発熱量	高位 (DS 基準)	19,691kJ/kg-DS	19,306kJ/kg-DS
		低位 (wet 基準)	2,519kJ/kg-wet	3,836kJ/kg-wet
	可燃分 元素 組成	炭素 (C)	50.1%	49.9%
		水素 (H)	7.37%	7.34%
		窒素 (N)	6.57%	6.54%
酸素 (O)		35.0%	34.8%	
	硫黄 (S)	0.94%	1.40%	
処理水温度		21°C (夏季+5°C、冬季-5°C)		

③稼働率・負荷率の設定

稼働率は焼却設備の定期整備期間（約1か月）以外は連続運転を行うものとして90%として設定した。

負荷率は汚泥性状・処理量の変動を見込んで90%と設定した。これは日変動と設備の余裕を考慮し設定した。なお、本技術においては脱水設備、焼却設備、発電設備の同時稼働を基本とするため、すべての技術に対し本負荷率を適用した。

稼働率、負荷率は表3-4に示す。

④段階導入時（シナリオB）における試算条件の設定

段階的導入（一期目に低含水率化設備を導入し、二期目にエネルギー回収・変換設備を導入）する場合に、一期目の設備稼働から二期目の設備が稼働するまでの期間については5年と設定する。

2) 検討方法

シナリオAの試算は、エネルギー回収設備の施設規模から表3-2から建設費、表3-3から必要なユーティリティ使用量等を算出し、維持管理費、温室効果ガス排出量、エネルギー消費量、エネルギー創出量を概算する。

シナリオBの試算は、段階導入となるため、二期目に行われるエネルギー回収設備の工事費にかかる分がコスト増となると予想される。本コストは段階導入時の状況により条件が変わることから、本試算においては条件を仮定し、脱水機以降の脱水汚泥搬送設備改造や仮設設備等のほか、工事における管理費等を考慮して算出した。また、維持管理費、温室効果ガス排出量、エネルギー消費量、エネルギー創出量については、二期目の導入完了後の評価を行うため、シナリオAと同じとした。

(2) 導入効果の検討結果

導入効果についてすべての技術が一括導入可能なシナリオAと、実際の導入例となる可能性の高い一期目に低含水率化設備、二期目にエネルギー回収・変換設備を段階導入するシナリオBを、具体例として従来技術である一液調質脱水機+気泡式流動炉と比較した検討結果を示す。コスト以外の項目については、段階導入の事例においては二期目の導入が完了した後の試算結果を示す。

1) コスト

各種コストの試算結果のまとめを表3-6に示す。シナリオAについて、従来技術と比較した場合の建設費、維持管理費、ライフサイクルコストはそれぞれ28%、50%、37%の縮減効果が得られた。シナリオBについて、それぞれ25%、50%、35%の縮減効果が得られた。二つのシナリオを比較すれば、一括導入可能なシナリオAの方がコストは低くなり、その差は建設

費の差分による。シナリオ A の場合のライフサイクルコストの縮減効果を図 3-7 に示す。

表 3-6 コスト試算結果

項目	従来技術	シナリオ A (一括導入)		シナリオ B (段階導入)	
		本技術	縮減率	本技術	縮減率
建設費 (百万円/年)	547	396	28%	411	25%
維持管理費 (百万円/年)	426	213	50%	213	50%
解体・廃棄費 (百万円/年)	55	40	27%	41	25%
ライフサイクルコスト (百万円/年)	1,028	649	37%	665	35%

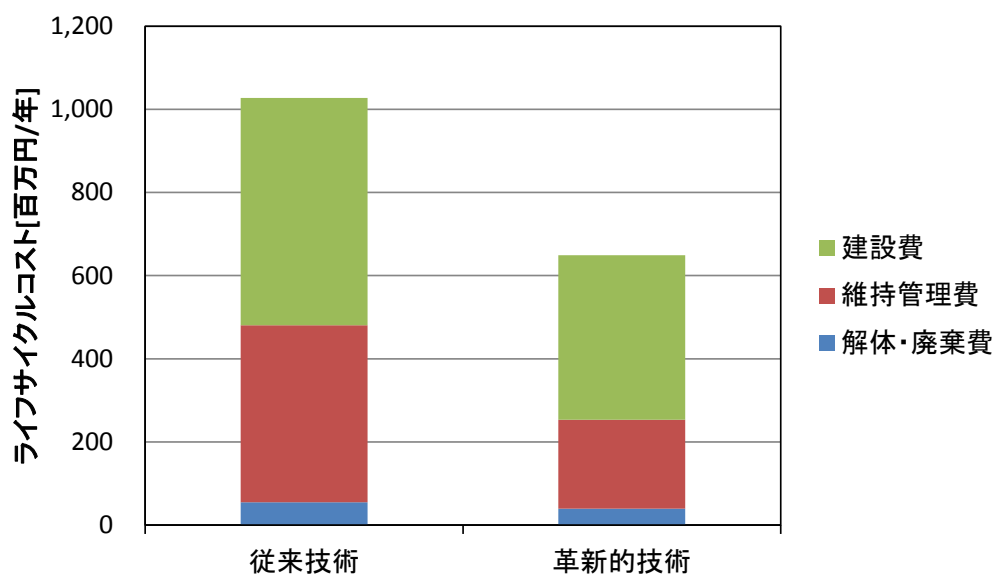


図 3-7 革新的技術のライフサイクルコストの縮減効果(シナリオ A)

2) 温室効果ガス排出量

温室効果ガス排出量の試算結果のまとめを表 3-7 に示す。従来技術と比較した場合、本システムのすべての技術が導入できた場合 88%の削減効果が得られる試算となった。また温室効果ガス排出量の削減効果を図 3-8 に示す。

表 3-7 温室効果ガス排出量試算結果

項目	従来技術	本技術	削減率
温室効果ガス排出量 (t-CO ₂ /年)	10,350	1,251	88%

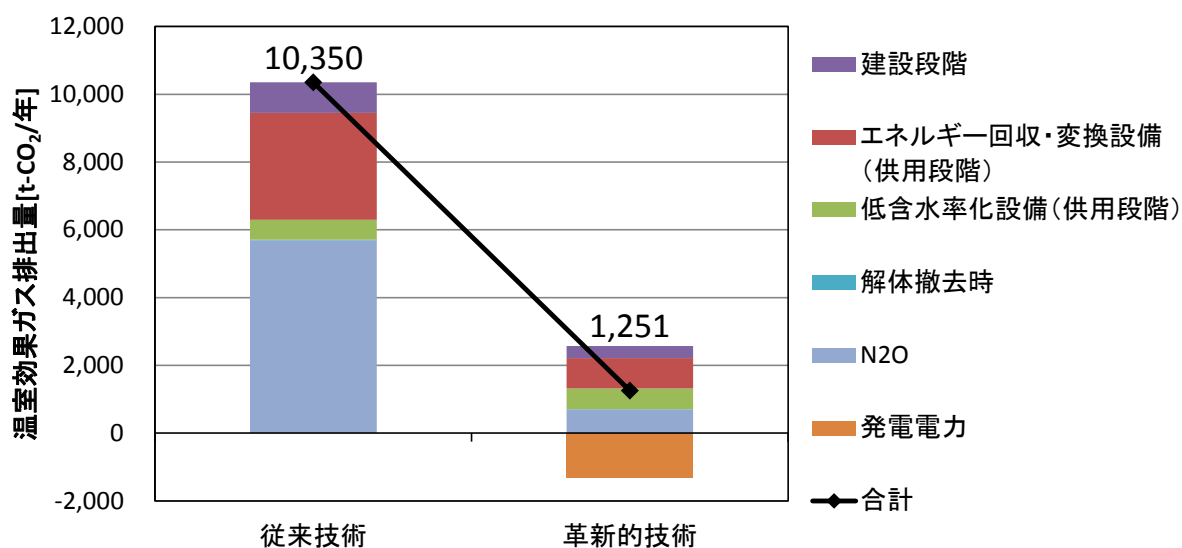


図 3-8 革新的技術の温室効果ガス排出の削減効果

3) エネルギー消費量、エネルギー創出量

エネルギー消費量、エネルギー創出量および正味のエネルギー創出量の試算結果のまとめを表 3-8 に示す。従来技術と比較した場合、本システムのすべての技術が導入できた場合 70% の削減効果が得られる試算となった。またエネルギー消費量の削減効果を図 3-9 に示す。

表 3-8 エネルギー消費量・創出量試算結果

項目	従来技術	本技術	削減率
エネルギー消費量 (GJ/年)	53,414	15,975	70%
エネルギー創出量 (GJ/年)	0	-22,782	-
正味のエネルギー創出量 (GJ/年)	-	-6,806	-

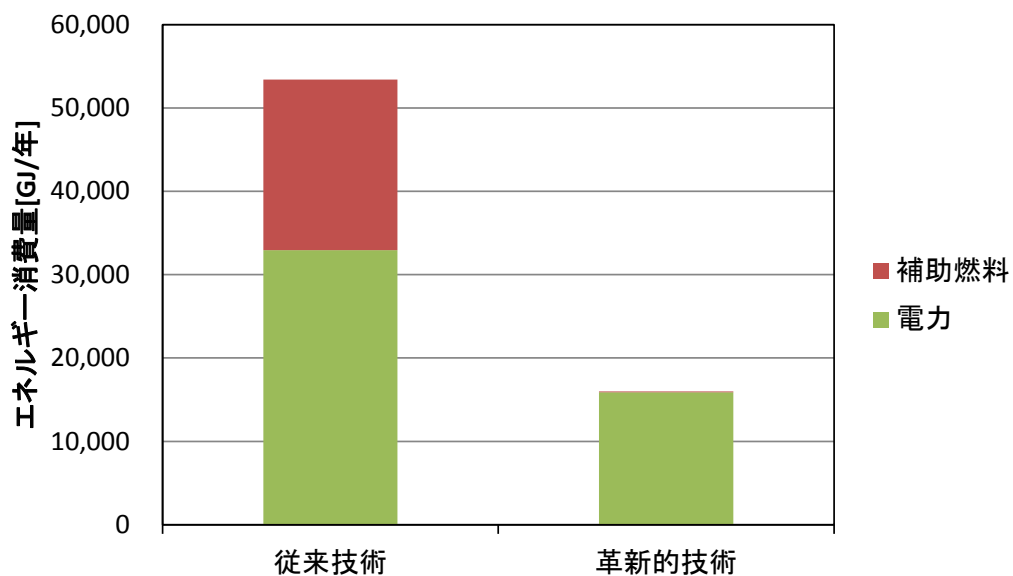


図 3-9 革新的技術のエネルギー消費量の削減効果