

下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT21）  
「下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト」  
（LOTUS Project）

スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術  
グリーン・スラッジ・エネルギー技術の両技術一括開発  
湿潤バイオマスのメタン発酵・発電・活性炭化システム  
に係る技術評価書

技術提案者 カワサキプラントシステムズ株式会社

平成20年1月

下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT21）委員会

## まえがき

SPIRIT21 (Sewage Project, Integrated and Revolutionary Technology for 21st Century) は、下水道事業における種々の課題の中で特に重点的に技術開発を推進すべき分野について、民間主導による技術開発を誘導・推進するとともに、開発された技術の早期かつ幅広い実用化を目的とした産学官の強力な連携による新たな技術開発プロジェクトであり、平成14年3月にスタートした。

SPIRIT21 の最初の課題として、国土交通省では、「合流式下水道の改善対策に関わる技術」を選定し、平成14年度～平成16年度の3年間で集中的に技術を開発した。さらに、SPIRIT21 の第2の課題として、「バイオマス・ニッポン総合戦略」や地球温暖化対策を下水道事業において推進していくため、下水汚泥を安価に利活用できる新技術の早期かつ幅広い実用化を目指す「下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト (Lead to Outstanding Technology for Utilization of Sludge Project : LOTUS Project )」に取り組むこととなった。

また、下水道政策研究委員会下水道中長期ビジョン小委員会が、平成17年9月に「下水道ビジョン2100～下水道から「循環のみち」へ100年の計」を取りまとめた。本ビジョンでは、下水道は、持続可能な社会、又は循環型社会構築の中核となる社会資本であり、このような21世紀型の新しい下水道を目指すべきであると提言している。また、本ビジョンで示された「資源のみち」の将来像の実現に向けて「資源のみち委員会」が設置され、下水道分野における資源・エネルギー利用、地球温暖化対策の中期的な施策のあり方等について審議が行われた。同時に、国土交通省は、下水道施設を活用した地域バイオマスの利活用を促進するため、新世代下水道支援事業制度（未利用エネルギー活用型）の拡充等を行ってきた。

LOTUS Project は、上記のような国が進める総合的な施策の一環として計画されたものであり、経済的に実現可能な技術を世に送り出すことによって、「資源のみち」を、目指すべき理想像から現実のものにすることを狙ったものである。

LOTUS Project は、下水処理に伴い必然的かつ永続的に発生する下水汚泥の資源化を推進するため、コストダウンを目標として掲げた技術開発プロジェクトであり、次の2つの技術開発を目指している。

### ①スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術の開発

汚泥の有効利用促進のため、下水汚泥を処分するコストよりも安いコストでリサイクルできる技術

### ②グリーン・スラッジ・エネルギー技術の開発

地球温暖化対策のため、下水汚泥等のバイオマスエネルギーを使って、商用電力価格と同等かそれよりも安いコストで電気エネルギーを生産できる技術

本プロジェクトは、平成15年12月に募集を開始し、選定された技術について、下水道技術開発プロジェクト (SPIRIT21) 委員会を中心に、スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技

術開発研究委員会及びグリーン・スラッジ・エネルギー技術開発研究委員会の 2 つの開発研究委員会を立ち上げ、平成 17 年度から集中的に技術開発を実施したものである。

本技術評価書は、「スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術開発研究委員会」と「グリーン・スラッジ・エネルギー技術開発研究委員会」において開発研究された「湿潤バイオマスの混合メタン発酵・発電・活性炭化システム」について審議・審査して評価書としてまとめ、これを「SPIRIT21委員会」において評価したものである。

平成 20 年 1 月

下水道技術開発プロジェクト (SPIRIT21) 委員会  
委員長 松尾 友矩

# 委員会の構成

(順不同・敬称略)

(平成20年1月9日 現在)

## 下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT21）委員会

委員長	東洋大学学長	松尾 友矩
委員	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授	大村 達夫
委員	佐賀大学理工学部都市工学科教授	古賀 憲一
委員	京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻教授	津野 洋
委員	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授	花木 啓祐
委員	国土交通省都市・地域整備局下水道部長	江藤 隆
委員	国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究官	藤生 和也
委員	大阪府都市整備部副理事兼下水道課長	北山 憲
委員	札幌市建設局理事	石倉 昭男
委員	東京都下水道局長	前田 正博
委員	横浜市環境創造局長	小松崎 隆
委員	大阪市建設局理事	永澤 章行
委員	熊本市都市建設局長	松本 富士男
委員	日本下水道事業団技術開発部長	河井 竹彦
委員	社団法人日本下水道協会理事兼技術部長	佐伯 謹吾
委員	社団法人全国上下水道コンサルタント協会専務理事	宮原 茂
委員	社団法人日本土木工業協会関東支部事務局長	阪本 修
委員	社団法人日本下水道施設業協会専務理事	小林 一朗
委員	(株)日立プラントテクノロジー 環境システム事業本部 水処理事業部サービス部長	小林 茂樹

スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術開発研究委員会

委員長	京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻教授	津野 洋
副委員長	東京大学大学院工学系研究科附属水環境制御研究センター教授	古米 弘明
委員	大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻教授	貫上 佳則
委員	国土交通省都市・地域整備局 下水道部下水道企画課下水道技術開発官	三宮 武
委員	独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループリサイクルチーム上席研究員	尾崎 正明
委員	東京都下水道局計画調整部技術開発課長	川本 和昭
委員	札幌市建設局下水道河川部計画課事業担当課長	浪岡 俊史
委員	名古屋市上下水道局技術本部計画部主幹（技術支援）	武内 継久
委員	北九州市建設局下水道河川部水環境課長	田中 文彦
委員	岐阜市上下水道事業部技術統括審議監	後藤 幸造
委員	舞鶴市下水道部東浄化センター所長	岡野 利明
委員	松山市下水道部下水道政策課課長	松本 勝志
委員	熊本市都市建設局下水道部長	有働 幸正
委員	日本下水道事業団技術開発部総括主任研究員	山本 博英
委員	社団法人日本下水道施設業協会技術部長	松尾 英介
委員	社団法人全国上下水道コンサルタント協会 下水道情報小委員会委員	村上 雅亮
委員	日立造船(株) エンジニアリング本部新事業推進室担当課長	松本 智樹
委員	(株)NGK 水環境システムズ 事業戦略本部 事業開発部環境開発室長	柳瀬 哲也
委員	カワサキプラントシステムズ(株) 産機プラント総括部 水処理プラント部参与	松内 孝夫
委員	カワサキプラントシステムズ(株) 化学プラント部主事	楠田 浩雅

## グリーン・スラッジ・エネルギー技術開発研究委員会

委員長	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授	大村 達夫
副委員長	京都大学大学院地球環境学堂環境調和型産業論教授	藤井 滋穂
委員	信州大学工学部社会開発工学科准教授	松本 明人
委員	国土交通省都市・地域整備局 下水道部下水道企画課下水道技術開発官	三宮 武
委員	独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループリサイクルチーム上席研究員	尾崎 正明
委員	大阪府都市整備部下水道課課長補佐（計画グループ長）	小林 保
委員	兵庫県県土整備部土木局下水道課副課長	戸島 透
委員	東京都下水道局計画調整部技術開発課長	川本 和昭
委員	横浜市環境創造局環境活動推進部環境科学研究所担当課長	川井 英夫
委員	大阪市建設局下水道河川部担当係長	山本 高弘
委員	神戸市建設局西水環境センター西神施設課主幹	高場 徳就
委員	日本下水道事業団技術開発部総括主任研究員	島田 正夫
委員	社団法人日本下水道施設業協会技術部長	松尾 英介
委員	社団法人全国上下水道コンサルタント協会 下水道委員会委員長	渡辺 清風
委員	月島機械(株) 研究開発部開発企画グループグループリーダー	三井 美典
委員	J F Eエンジニアリング(株) 水エンジニアリング事業部 水システム技術部第一技術室副課長	山本 勝一郎
委員	(株)日立プラントテクノロジー 環境システム事業本部 事業企画本部技術開発統括部システム開発部長	江森 弘祥
委員	カワサキプラントシステムズ(株) 化学プラント部主事	楠田 浩雅

# 第 I 編 技術評価の要約

# 1. 開発技術の概要

本章では、開発技術の目的、構成要素、特徴について述べる。

## 1.1 目的

本技術は、下水処理場を地域のバイオマス利活用施設と位置付け、生ごみ等の有機性廃棄物を受け入れて下水汚泥と混合してメタン発酵してメタンガスを回収し、これを有効利用すると共に、発酵の残渣である脱水汚泥を活性炭化してリサイクルを促進することを目的とする。下水汚泥とバイオマスを混合してメタン発酵してバイオガスで発電することと、発酵残渣を活性炭化することの2つを有機的に組み合わせたシステムである。本技術の概念を図1-1に示す。

国内でバイオマスの利活用が検討されている中、湿潤バイオマスは重量として占める割合は高いものの、水分が多いため利用が進んでいない。湿潤バイオマスから低コストでエネルギーを回収できる手段として、メタン発酵が注目されているが、発酵後の脱水ろ液の処理におけるコストが課題となっている。これに対して、下水処理場は大規模な水処理設備を有しており、また発電した電気を場内で消費できるため、湿潤バイオマスの利活用施設として期待されている。また、残渣の脱水汚泥は、メタンガスを補助燃料に利用することで、化石燃料を使用することなく、炭化又は活性炭化しリサイクルを促進することができる。さらに、家庭系一般廃棄物の生ごみを受け入れる場合は、更新するごみ焼却場の規模を小さくすることもできる。

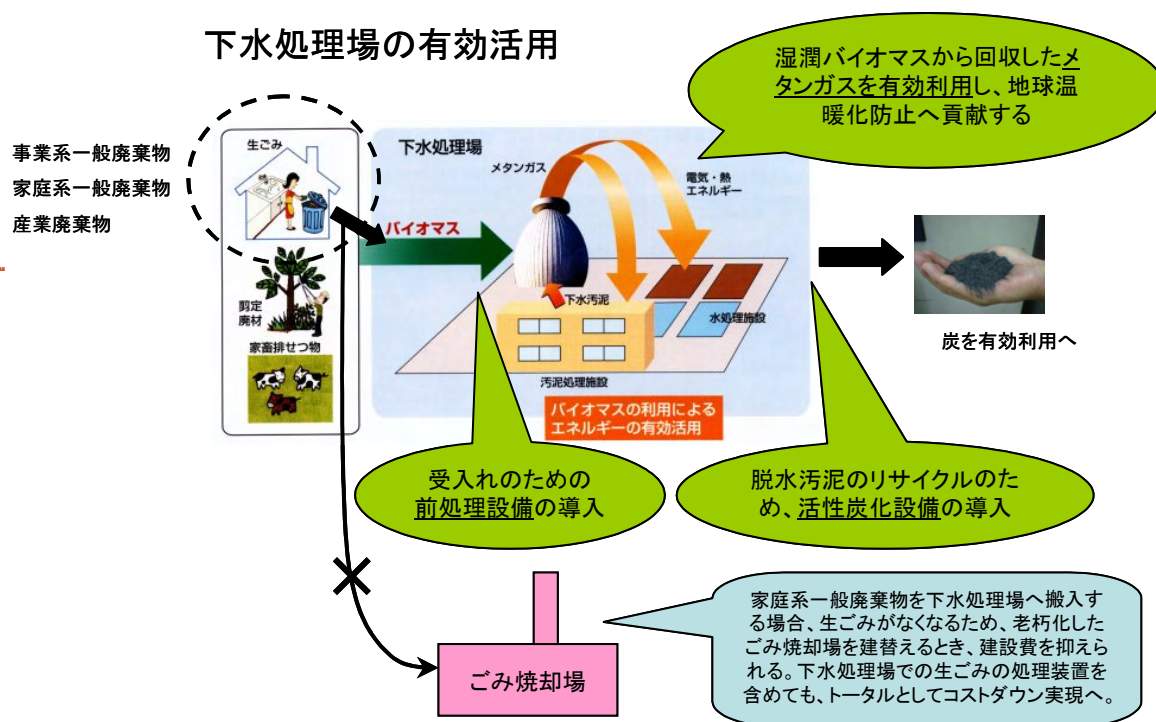


図1-1 本技術の概念



## 1.2 構成要素

本技術は、スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術とグリーン・スラッジ・エネルギー技術の両技術にまたがる。構成要素は、主に、①前処理設備、②メタン発酵槽、③バイオガス発電設備、④活性炭化設備の4つである。

両技術の各々の範囲を図1-2に、各々の構成要素を表1-1に示す。スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術の範囲では、脱水汚泥は全量を活性炭化まで行うものとし、経済性を汚泥再資源化コストとして評価する。また、グリーン・スラッジ・エネルギー技術の範囲では、脱水汚泥はそのまま場外処分するものとし、経済性を発電コストとして評価する。

ここでのCase1とCase2の違いは、既に下水処理場内に消化槽があるかどうかである。Case1では、既設消化槽がない場合として、家畜糞尿向けに一部普及しているコンパクトな横型メタン発酵槽を建設する。Case2は、下水処理場内に既設消化槽がある場合である。

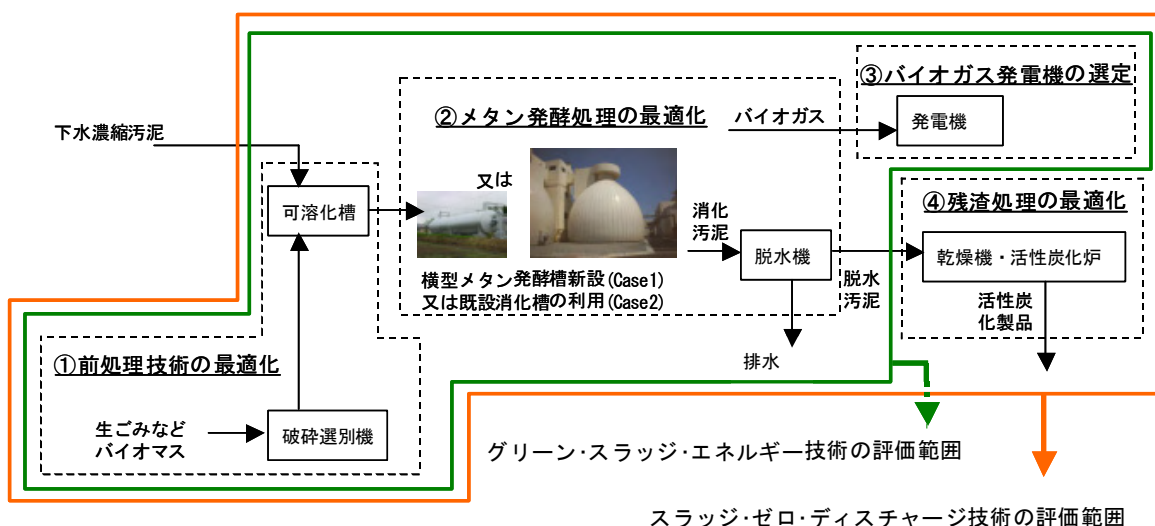


図1-2 両技術の範囲

表1-1 両技術の構成要素

構成要素	スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術		グリーン・スラッジ・エネルギー技術	
	Case1	Case2	Case1	Case2
前処理設備 : 破碎選別機+可溶化槽	あり(新設)	あり(新設)	あり(新設)	あり(新設)
メタン発酵槽 : 新設の場合は横型メタン発酵槽	あり(新設)	あり(既設利用)	あり(新設)	あり(既設利用)
ガスエンジン発電機	あり(新設)	あり(新設)	あり(新設)	あり(新設)
活性炭化設備 : 乾燥機+活性炭化炉	あり(新設)	あり(新設)	なし 脱水汚泥を場外処分	なし 脱水汚泥を場外処分

※青色は新設を示し、黄色は既設利用又は建設しないことを示す。

これらの構成要素は次の機能を有する。

① 前処理設備

生ごみなどバイオマスを受け入れ、異物を除去した後、下水汚泥と混合して可溶化させる。

② メタン発酵槽

可溶化液及び下水汚泥をメタン発酵し、バイオガスを取り出す。

③ バイオガス発電設備

バイオガスを精製し、ガスエンジンにより発電し、場内に電気を供給する。

④ 活性炭化設備

消化汚泥を脱水した脱水汚泥を乾燥した後、活性炭化する。

なお、実際には地域の事情で、例えば受け入れ可能なバイオマスの種類が異なっていたり、他処理場の脱水汚泥を受け入れて処理していたりすることがある。よって、本研究開発では、開発成果の範囲内で、結果としてコストダウンが図れるように各構成要素の有無又は能力の変更などシステムを最適化することも考えられる。

### 1.3 本技術の特徴

本技術は、生ごみなどの湿潤バイオマスを受け入れることで、より多くのメタンガスを回収するとともに、処理費用を獲得し、脱水汚泥を産業廃棄物処分することなく活性炭化して有価物に変えて販売収入を得ることで、システム全体の経済性を大幅に改善するものである。

- ① 下水処理場に生ごみなどの湿潤バイオマスを受け入れる。  
→廃棄物処理費の獲得
- ② 湿潤バイオマスと下水汚泥を混合してメタン発酵し、バイオガスにより高効率な発電を行う。  
→バイオガスの回収量の増加，買電量の削減
- ③ 脱水汚泥から活性炭化製品を製造する。  
→脱水汚泥処分費の削減，有価物の販売収入の獲得



システムの経済性を大幅に改善することが可能

次に、本技術の具体的な特徴について述べる。全体のフロー例を図1-3に示す。

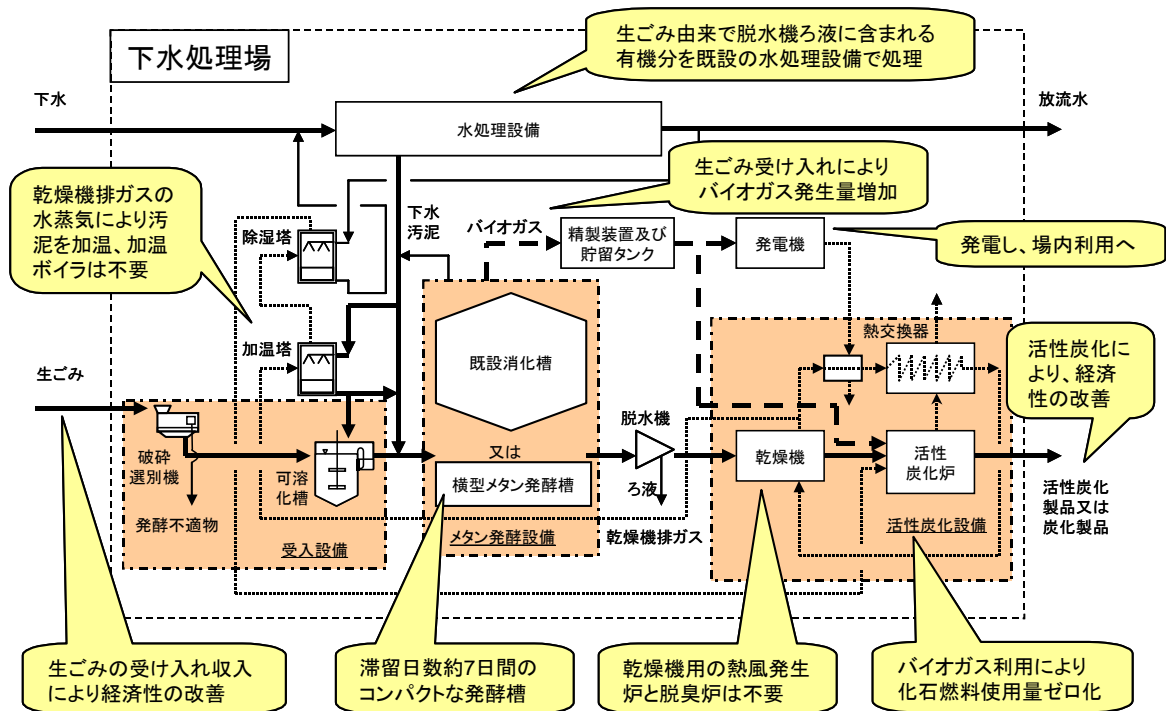


図1-3 本技術の概略フロー例

#### (1) 前処理設備

破砕選別機＋可溶化槽で構成する。生ごみを破砕選別して異物を取り除いたものを、下水汚泥の一部と混合して滞留日数約 1 日間、およそ 40～50℃で微生物により可溶化させることで、粘性を下げ、メタン発酵槽での流動性を確保する。このとき、有機物の一部は酸発酵して有機酸になる。また、融点の高い動物性の油脂が塊りとなることなく可溶化できる。場内に乾燥機を設ける場合は、乾燥機の排ガスにより温められた下水汚泥を可溶化槽に投入することで、可溶化槽の加温装置を不要にできる。

#### (2) 横型メタン発酵槽 (Case1 の場合)

押し出し流れ式なので、完全混合式に比べて短絡がない。また、メタン発酵の反応は逐次反応であるので、押し出し流れ式が適している。さらに操作温度を高温とすることで、相乗効果により発酵槽のコンパクト化が図れ、滞留日数 7 日間程度の容積でよい。コンパクトであるため従来の完全混合式の高温発酵に比べて放熱量を低減でき、加温エネルギーを低減できる。投入部では酸敗を防ぎ、かつ微生物を高濃度に保つため、40%程度の汚泥を返送する。また、原料に応じて必要な滞留日数は、バッチのラボテストで容易に予測できる。

#### (3) 消化槽用の汚泥加温塔

乾燥機の排ガスを、スクラバー式の気液接触塔で下水汚泥と直接接触させて、排ガス中の水蒸気を凝縮させると同時に、下水汚泥を加温する方式である。国内で 7 件の実績がある。通常、発生した消化ガスの 3～5 割程度を専用ボイラで燃やして温水又は蒸気を製造して加温するが、このシステムではこれが不要となるため、消化ガスを大幅に節約できる。消化槽の温度次第では、槽内の汚泥を気液接触塔に再循環することも行っている。

#### (4) 活性炭化設備

乾燥機＋活性炭化炉で構成する。乾燥機は水蒸気を媒体とした気流乾燥式、活性炭化炉は外熱スクリュウ式である。乾燥機は熱源を活性炭化炉の排ガスから熱交換器を介して得る。水蒸気リッチな排ガスは汚泥加温塔で除湿されるため、残る臭気ガスの量が極端に少ない。この臭気ガスは活性炭化炉の燃焼用空気として用いるので、乾燥機のための熱風発生炉と脱臭炉が不要である。活性炭化炉は、乾燥汚泥に含まれる水蒸気をスクリュウの最下部まで同伴させ、かつ操作温度を高くすることで、賦活反応を行わせ、吸着能力を有する活性炭化製品を製造する。活性炭化製品はダイオキシン類吸着剤として高い価格で販売できる。また、操作温度を低くすることで、土壌改良資材や燃料となる炭化製品を製造する。

## 2. 開発目標と評価結果

スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術及びグリーン・スラッジ・エネルギー技術に関する開発目標（必要性能）と評価結果を表2-1及び表2-2に示す。

表2-1 開発目標（必要性能）と評価結果

開発技術	スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術		
技術名称	湿潤バイオマスのメタン発酵・発電・活性炭化システム		
技術概要	湿潤バイオマスを受け入れて下水汚泥と混合してメタン発酵し、消化ガス発生量を増加させ、脱水汚泥を化石燃料なしで活性炭化する技術		
技術提案者	カワサキプラントシステムズ株式会社		
評価の基本	<p>① 本プロジェクトの結果、開発目標に対しシステム全体として実用化できると判断され、国内に適用可能な下水処理場が複数想定しうる技術について、SPIRIT21委員会において、開発研究結果コスト(条件と根拠が明示されたもの)を、技術提案に基づき委員会が適切と認めた目標コスト及びその評価方法をベースに、評価する。</p> <p>② コストの積算は、公共事業に準じて行う。</p> <p>③ 開発者は、その技術によるPFI提案を合わせて行うことができる。</p> <p>④ 開発者は、評価後5年間、その技術の適用状況について委員会に報告する。</p>		
開発目標	脱水汚泥：16,000円/t以下（現物量ベース，平成16年度ベース）		
評価条件	規模	処理水量5,000m <sup>3</sup> /日以上以下の下水処理場。	
	場所	全国	
	バイオマスの種類	有機性廃棄物を含む一般廃棄物又は産業廃棄物（生ごみ）	
	成果物	吸着比表面積150m <sup>2</sup> /g-炭素以上，重金属規制値以下，塩素濃度0.5%以下	
コスト算出条件	<p>・生ごみ受け入れ価格16,000円/t，脱水汚泥含水率80%</p> <p>・表4-1（p.要約-13）より 生ごみ固形物濃度16.5%，生ごみ有機物分解率約85%，生ごみ由来ガス発生量約0.82m<sup>3</sup>/kg-分解VS，メタン濃度約59.5%，ガスエンジン発電効率約34%（発電端），活性炭化製品灰分濃度約65%</p>		
評価結果	Case	Case1	Case2
	処理場規模	30,000m <sup>3</sup> /日	30,000m <sup>3</sup> /日
	現状汚泥発生量	9,617t/年	5,259t/年
	生ごみ受け入れ量	15t/日	15t/日
	消化槽形式	横型メタン発酵槽	消化槽（既設利用）
	汚泥処理形式	活性炭化	活性炭化
	汚泥再資源化コスト	8,742円/t <sup>*1</sup>	10,998円/t <sup>*2</sup>
	上記条件においてコストが16,000円/t(脱水汚泥)以下となり、開発目標を達成した。 (現状汚泥発生量を基準とするため、*1は未消化脱水汚泥基準、*2は消化脱水汚泥基準)		

平成20年1月現在

表 2-2 開発目標（必要性能）と評価結果

開発技術		グリーン・スラッジ・エネルギー技術	
技術名称		湿潤バイオマスのメタン発酵・発電・活性炭化システム	
技術概要		湿潤バイオマスを受け入れて下水汚泥と混合してメタン発酵し、消化ガス発生量を増加させ発電する技術	
技術提案者		カワサキプラントシステムズ株式会社	
評価の基本		<p>① 本プロジェクトの結果、開発目標に対しシステム全体として実用化できると判断され、国内に適用可能な下水処理場が複数想定しうる技術について、SPIRIT21 委員会において、開発研究結果コスト(条件と根拠が明示されたもの)を、技術提案に基づき委員会が適切と認めた目標コスト及びその評価方法をベースに、評価する。</p> <p>② コストの積算は、公共事業に準じて行う。</p> <p>③ 開発者は、その技術による PFI 提案を合わせて行うことができる。</p> <p>④ 開発者は、評価後 5 年間、その技術の適用状況について委員会に報告する。</p>	
開発目標		対象処理場の契約種別に応じた全国年間平均電力料金 9.32 円/kWh（高压 B、平成 17 年 10 月～平成 18 年 9 月）以下	
評価条件	規模	処理水量 5,000m <sup>3</sup> /日以上以下の下水処理場。	
	場所	全国	
	バイオマスの種類	食堂残渣、食べ残し等の有機性廃棄物を含む一般廃棄物（生ごみ）	
コスト算出条件		<p>・生ごみ受け入れ価格 16,000 円/t、脱水汚泥含水率 80%</p> <p>・表 4-1（p. 要約-13）より 生ごみ固形物濃度 16.5%，生ごみ有機物分解率約 85%，生ごみ由来ガス発生量約 0.82m<sup>3</sup>/kg-分解 VS，メタン濃度約 59.5%，ガスエンジン発電効率約 32%（発電端）</p>	
評価結果	Case	Case1	Case2
	処理場規模	30,000m <sup>3</sup> /日	30,000m <sup>3</sup> /日
	生ごみ受け入れ量	15t/日	15t/日
	消化槽形式	横型メタン発酵槽	消化槽（既設利用）
	汚泥処理形式	脱水汚泥を場外処分	脱水汚泥を場外処分
	発電コスト	< 0 円/kWh	5.7 円/kWh
<p>上記条件においてコストが 9.32 円/kWh 以下となり、開発目標を達成した。</p> <p>(Case1 では、メタン発酵を行うことによる脱水汚泥発生量減少に伴う汚泥処分費の削減効果とバイオマス受け入れによる収入がメタン発酵設備を含む新規導入施設の建設費及び運転費よりも大きいことが寄与し、発電コストが 0 円以下となった)</p>			

平成 20 年 1 月現在

### 3. 評価方法

本技術のコスト評価は、以下を考慮して行った。

#### 3.1 コスト積算の考え方

スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術及びグリーン・スラッジ・エネルギー技術に関するコスト積算の基本的な考え方を各々、**図3-1**及び**図3-2**に示す。

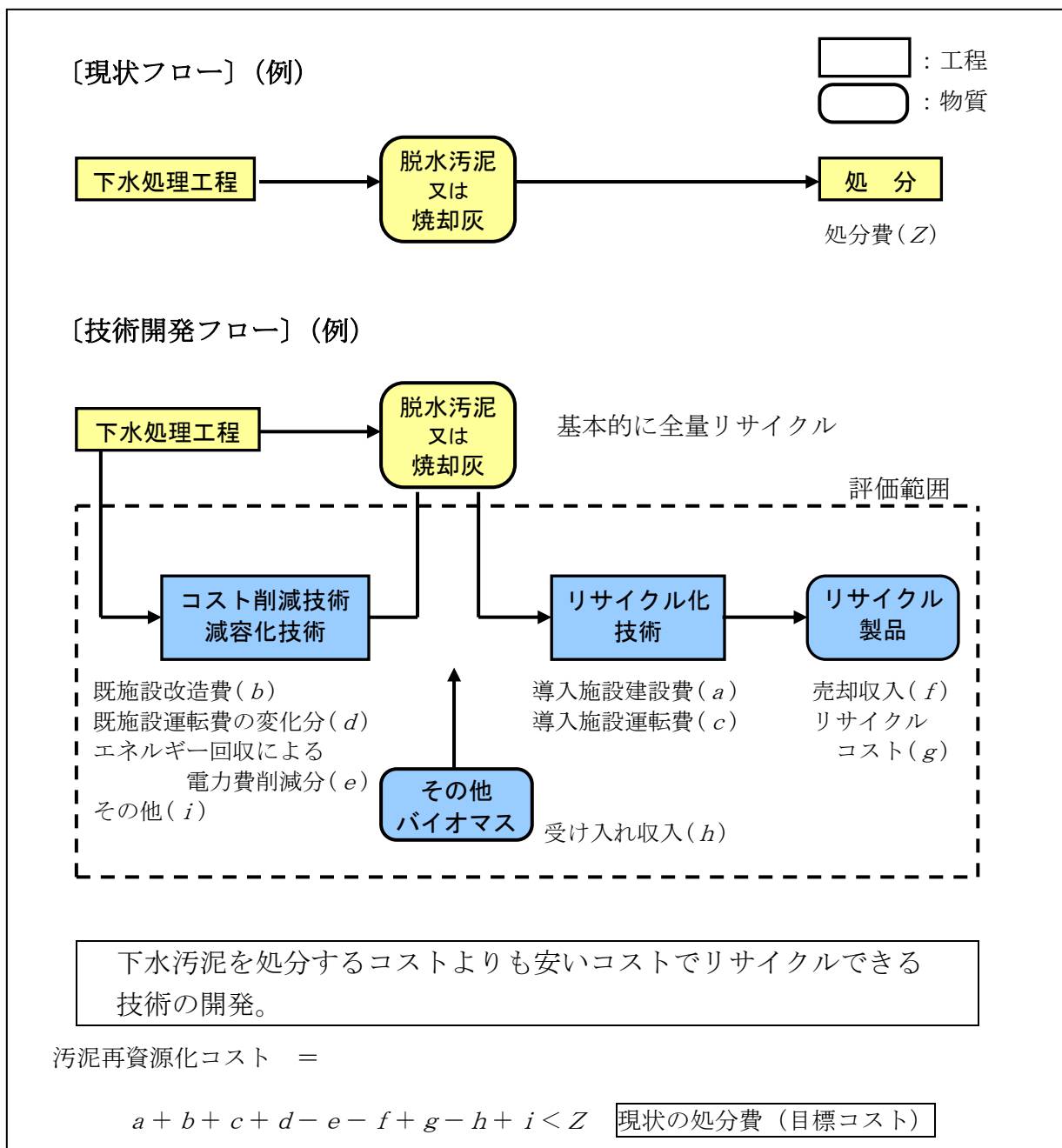


図3-1 スラッジ・ゼロ・ディチャージ技術におけるコスト積算の基本的な考え方

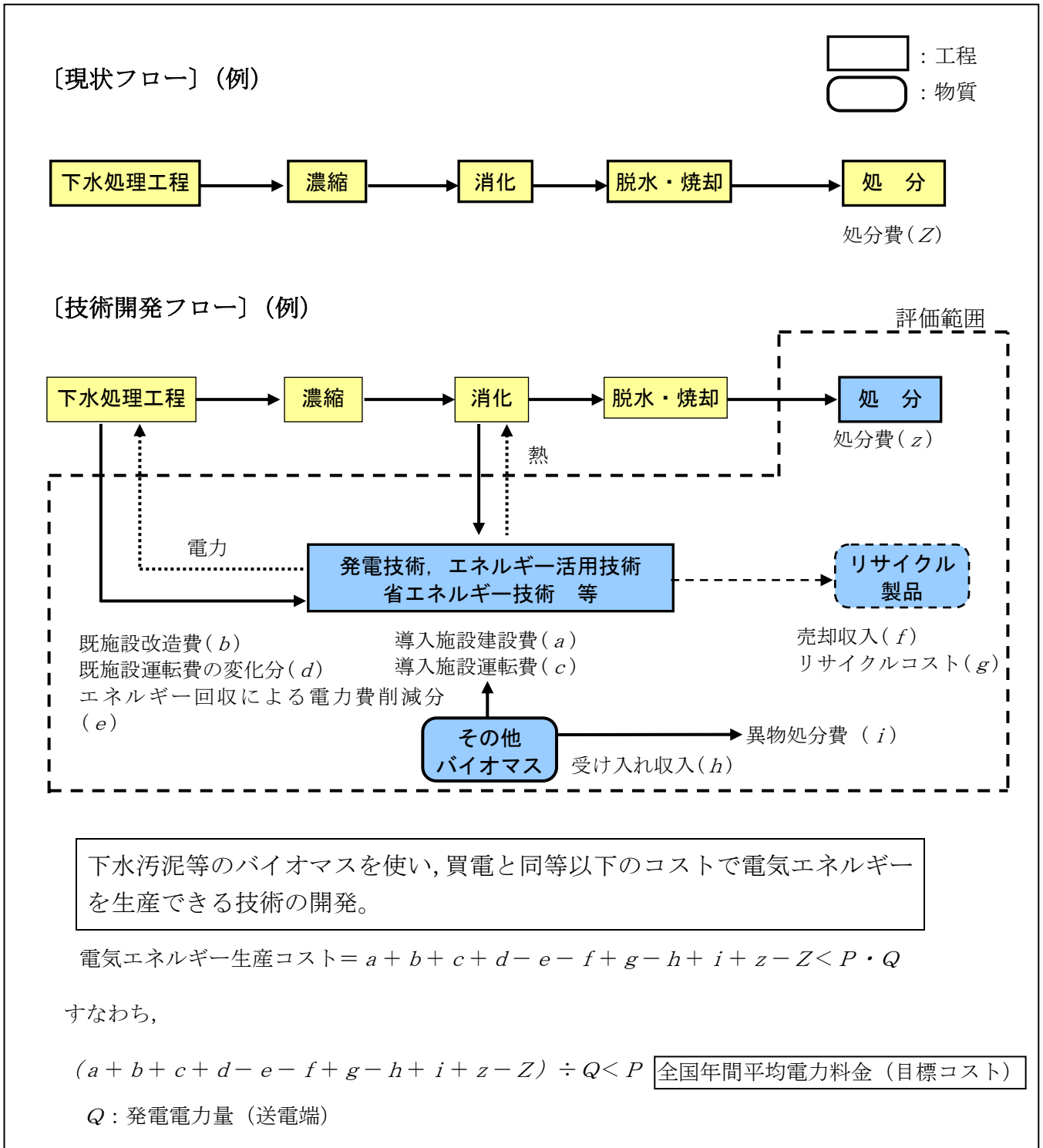
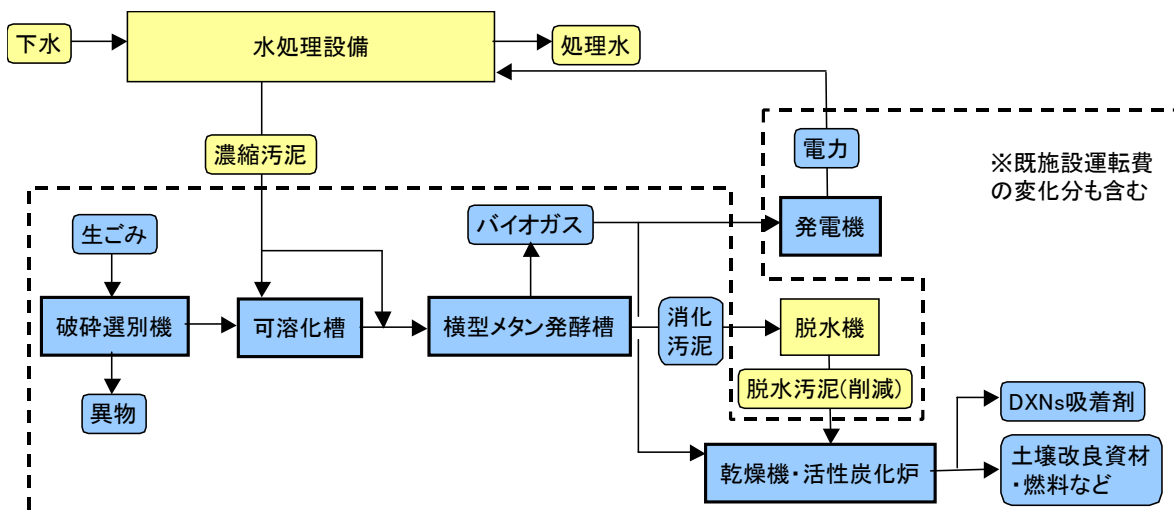


図3-2 グリーン・スラッジ・エネルギー技術におけるコスト積算の基本的な考え方



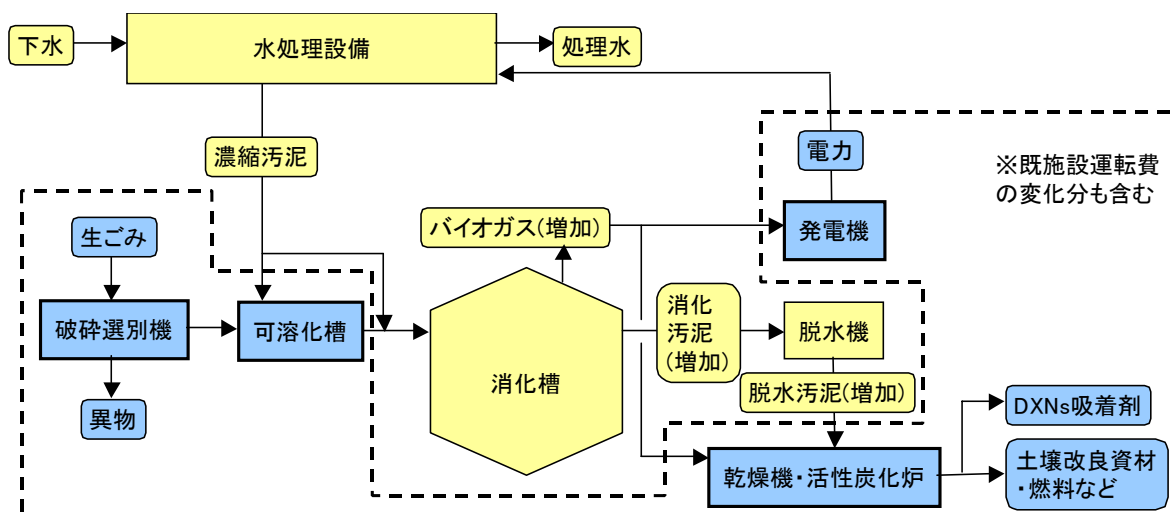
### 3.2 コスト積算の範囲

スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術での Case1 及び Case2 のコスト積算の範囲を各々、**図 3-3** 及び **図 3-4** に示す。また、グリーン・スラッジ・エネルギー技術での Case1 及び Case2 のコスト積算の範囲を各々、**図 3-5** 及び **図 3-6** に示す。



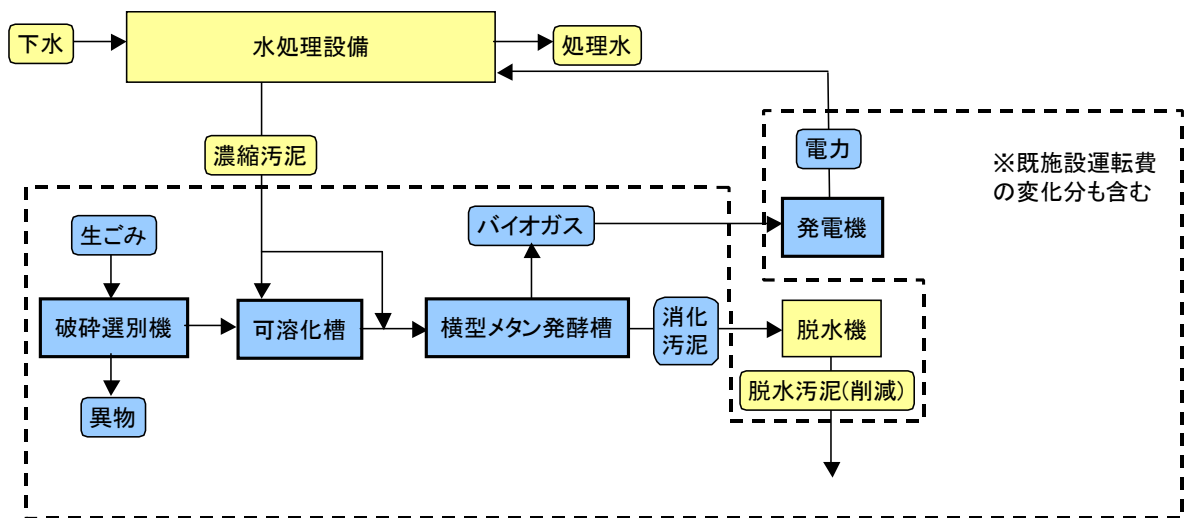
※) 破線で囲った中で太線の設備を新設する。

**図 3-3** スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術での Case1 のコスト積算の範囲



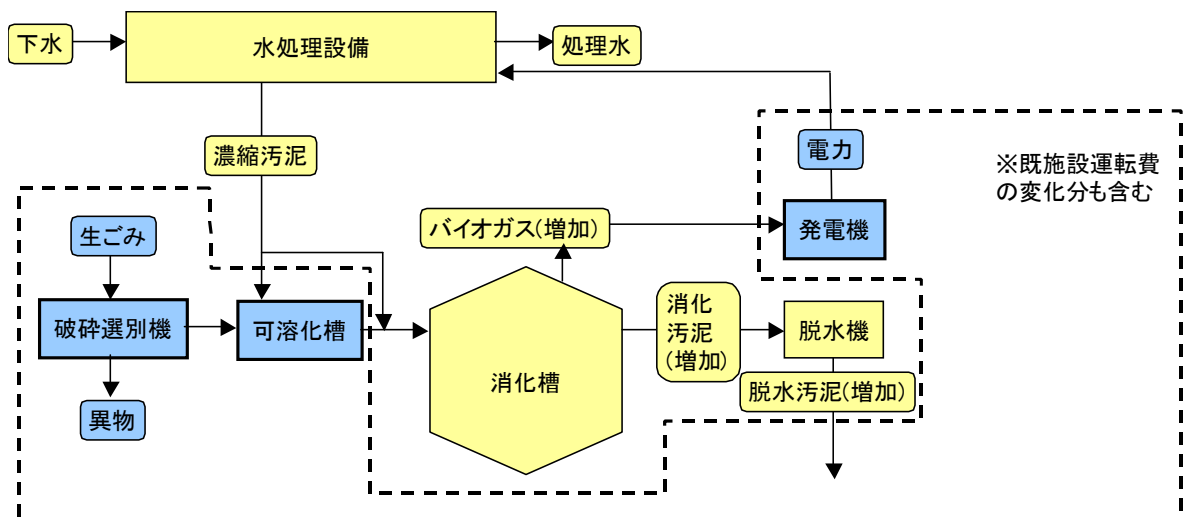
※) 破線で囲った中で太線の設備を新設する。

**図 3-4** スラッジ・ゼロ・ディスチャージ技術での Case2 のコスト積算の範囲



※) 破線で囲った中で太線の設備を新設する。

図 3-5 グリーン・スラッジ・エネルギー技術での Case1 のコスト積算の範囲

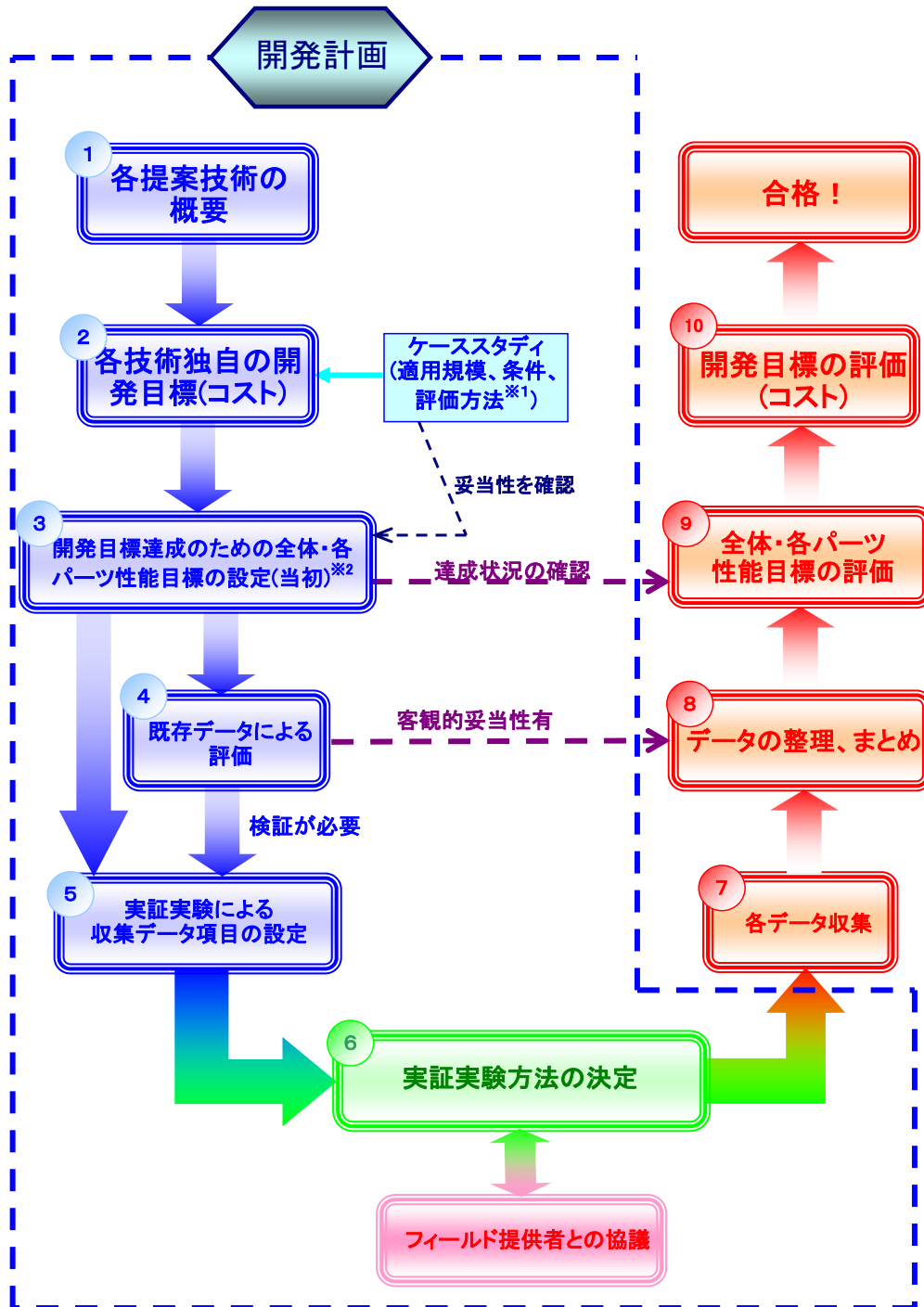


※) 破線で囲った中で太線の設備を新設する。

図 3-6 グリーン・スラッジ・エネルギー技術での Case2 のコスト積算の範囲

### 3.3 評価の判断基準

LOTUS Project 評価までの基本フロー図を図3-7に示す。



注記: ① ※1 において各提案技術について、最終コスト評価時の具体的判断基準が必要。  
 ② 記述されている妥当性の検討以外に、各ステップにおける妥当性の検討は必要。  
 ③ ※2 において性能目標は当初の設定であり、実証実験等の結果により見直すことになる場合がある。この性能目標の見直しにより、目標コストを満足すれば、LOTUS Projectとしては合格となる。

図3-7 LOTUS Project 評価までの基本フロー図

#### 4. 各パーツ目標及び結果

開発目標を達成するため、各設備（パーツ）の重要な項目に目安となる性能評価目標を設定して確認する必要がある。本技術の評価にあたっては、パーツ目標を次のように定めて行った。結果と合わせて表4-1に示す。

表4-1 パーツ目標、目的及び結果

項目	目標	目的	方法	結果
破碎選別機	最適な破碎選別機の選定	異物の除去	実証実験	回転ブレード式を選定
可溶化設備	径 10mm 以下のスクリーンで安定してろ過	異物の除去	実証実験	スクリーン径 3mm
	下水汚泥と同程度	流動性の確保	実証実験	下水汚泥 311cP に対して可溶化液 297cP
横型メタン発酵設備	滞留日数 20 日間以下 (55℃高温発酵)	発酵槽のコンパクト化	実証実験	7 日間 ただし返送汚泥比 40%
	生ごみの有機物分解率 80%以上	バイオガスの確保	実証実験	84.9%
	生ごみからのガス発生量 0.80Nm <sup>3</sup> /kg-分解 VS 程度	バイオガスの確保	実証実験	0.828Nm <sup>3</sup> /kg-分解 VS
	メタン濃度 55~65%程度	バイオガスの確保	実証実験	59.1%
従来型メタン発酵設備	生ごみの有機物分解率 80%以上	バイオガスの確保	実証実験	84.1%
	生ごみからのガス発生量 0.80Nm <sup>3</sup> /kg-分解 VS 程度	バイオガスの確保	実証実験	0.810Nm <sup>3</sup> /kg-分解 VS
	メタン濃度 55~65%程度	バイオガスの確保	実証実験	59.8%
バイオガス精製設備	脱硫塔出口 硫化水素濃度 10ppm 以下	バイオガスの確保	実証実験	0.6ppm
	シロキサン吸着塔出口 シロキサン濃度 1mg/Nm <sup>3</sup> 以下	バイオガスの確保	実証実験	<1mg/Nm <sup>3</sup>
発電設備	ガスエンジン発電効率 100kW 級で 30%程度 300kW 級で 35%程度	発電量の確保	既存データ	115kW にて 29% (発電端) 230kW にて 34% (発電端)
脱水設備	脱水汚泥含水率 85%以下	汚泥量低減	実証実験	横型消化汚泥で 80.4% 縦型消化汚泥で 81.2%
活性炭化設備	吸着比表面積 150m <sup>2</sup> /g-炭素分以上	吸着面積の確保	実証実験	671m <sup>2</sup> /g-炭素
	有害物含有量及び重金属溶出量規制値以下	安全性の確保	実証実験	規制値以下
	塩素含有量 0.5%以下	燃料品質の確保	実証実験	0.0010%
	化石燃料使用量のゼロ化	場外補助燃料の削減	実験結果から試算	化石燃料使用量ゼロ

## 5. 本技術の導入効果と将来の展望

本技術の導入することによって期待できる効果と将来の展望について表5-1に示す。

表5-1 本技術の導入効果と将来の展望

<p>省エネルギー効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流入水量 30,000m<sup>3</sup>/日規模の下水処理場に本システムを導入し、生ごみ 15t/日をメタン槽へ投入する場合、最大 200 万 kWh/年の電力使用量を削減することができる。</li> <li>さらに脱水汚泥を炭化する場合、場外からの化石燃料の使用量をゼロとして運転でき、約 500 万 MJ/年の熱量を炭化製品として回収できる。</li> </ul> <p>(表5-86 (p.123) 参照)</p>
<p>地球温暖化ガス削減効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流入水量 30,000m<sup>3</sup>/日規模の下水処理場に本システムを導入し、生ごみ 15t/日とともに下水汚泥を新設メタン発酵槽へ投入する場合、流動床炉での汚泥焼却量の削減効果が加味され、地球温暖化ガスを約 2,580t-CO<sub>2</sub>/年削減することができる。</li> <li>さらに脱水汚泥を焼却することなく炭化する場合、地球温暖化ガスを約 2,200t-CO<sub>2</sub>/年追加して削減することができる。</li> </ul> <p>(表5-87 (p.123) 参照)</p>
<p>その他の項目における 技術の導入効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下水処理場での生ごみの受け入れに際しては、前処理設備を除けば、既存設備を利用してエネルギー回収できるため、合理的な取り組みといえる。湿潤バイオマスを経済的に利活用できる数少ない手段の一つである。</li> <li>脱水汚泥から炭化製品など燃料の製造に際しては、製造過程での化石燃料使用量の低減が求められている。メタン発酵はこれを解決できる手段の一つである。</li> </ul>
<p>将来の展望</p>	<p>濃縮汚泥：選別後生ごみの混合比は 7:3 でも発酵阻害はなかった。このため、人口 8 万人相当の流入水量 30,000m<sup>3</sup>/日規模の下水処理場での濃縮汚泥量を 154 m<sup>3</sup>/日とすると、選別後生ごみ 66t/日を受け入れられる。これは、家庭系一般廃棄物の生ごみを 200g/日・人収集するとき、人口 36 万人分に相当する。</p> <p>→ 下水処理場は十分なキャパシティを持つと判断できる。したがって、自治体のごみ焼却炉の建替えの際に、生ごみを下水処理場に分別収集することで、前処理設備の建設のみで生ごみからエネルギー回収でき、また、ごみ焼却炉の規模を小さくでき建設費を縮減できる。トータルとして、自治体の財政の節約に貢献できる。今後、これら効果が明らかになるにつれ、同様のシステムの普及が期待される。また、前処理設備のコストダウンのためには、ディスパーザが期待される。</p>

## 6. 留意事項

本技術の導入にあたっては、以下のことに留意する必要がある。

### (1) 建設工事について

設置場所、環境条件、配置計画などは仮定であるため、導入に際しては各仕様及び費用の見直しが必要となる。例えば、炭化製品貯留槽の必要容量は、炭化製品の用途や受け入れ先の条件等によって変わる。安全対策として火災予防条例等を勘案し、用途条件を合わせて適切な仕様を検討することが必要である。

### (2) 装置の運用について

本設備導入による脱水設備に対する汚泥の増加分に対しては、脱水機の運転時間の延長で対応する。

### (3) 生ごみなどの受け入れについて

法令による諸手続きなどが必要な場合には、環境部局との調整が必要である。

### (4) 国庫補助について

「前処理設備」については適切な補助率とし、今回の積算では、一例として3分の1を想定する。それ以外については下水道法施行令第24条の2第1項に定める公共下水道の補助率（10分の5.5）とする。