

# 下水道における新エネルギー技術の 導入・評価に関する研究

## 1. 研究目的

近年、地球レベルで問題となっている環境問題、エネルギー問題の対応は、下水道分野においてもますます重要な課題となってきた。また、エネルギー管理指定工場の指定方法の変更を含む省エネ法の改正施行が平成18年4月に実施されたことにより、一層の消費エネルギー削減が求められている。これらの問題を解決する一手段として太陽光発電、風力発電、小水力発電、消化ガス発電および電力貯蔵装置等の新エネルギー関連技術を下水処理施設に導入する試みがなされているが、未だ広く普及するには至っていない。その原因の一つとして、新エネルギー技術を導入する際のリファレンスとなるものが存在しないことが挙げられる。

本研究では、下水処理施設に新エネルギー技術を導入する際、最適な技術の選択および基本的な計画設計の実施を支援し、計画設計、維持管理に係わる技術的事項を示した技術資料を提示することを目的とする。

## 2. 研究体制

本研究は、(財)下水道新技術推進機構、(株)日立製作所、(株)東芝、三菱電機(株)、富士電機水環境システムズ(株)、(株)明電舎の計6者が共同で実施した。

## 3. 研究内容

### 3.1 導入事例の調査・分析

新エネルギー技術を導入済みの下水処理施設と第一種および第二種エネルギー管理指定工場となっている下水処理施設(約100施設)に対して、アンケート調査を実施した。アンケート調査の分析結果を表-1に示す。分析結果により、新エネルギー技術の導入の実態、新エネルギー技術に対する意識、新エネルギー技術の導入効果を明らかにし、新エネルギー技術の選定手法の考え方を導く参考資料とした。

表-1 アンケート調査の分析結果

項目	分析結果
現状のエネルギー消費状況	二次処理水量と消費電力量、エネルギー消費原単位には相関があり、二次処理水量が多いほど電力使用量は大きく、原単位は小さい傾向がある。
省エネ対策	電動機の回転数制御や、高効率機器の導入等、何らかの省エネ対策を実施している下水処理施設の比率は回答全体の80%を超えている。更なる省エネ化には、新エネルギー技術導入などの従来とは異なるアプローチが不可欠である。
新エネルギーの導入目的	買電電力の削減が主要な目的である。また、太陽光、風力、といった自然エネルギーについては、環境対策、イメージアップといった付加価値も導入目的の一つとなっている。

### 3.2 導入手法の提案

新エネルギー技術の導入検討において、全ての種類の技術に対して詳細な検討を行うことは難しいため、検討の初期段階で採用する新エネルギー技術を絞り込むことが望ましい。そのためには、現状のエネルギー使用状況の確認から導入目的の明確化、発電電力量・事業費用の概略を把握し、事業性評価の過程を経た上で、最適技術、最適導入規模を選定する必要がある。検討事項をまとめた導入フローを図-1に示す。

なお、本研究にて考案した導入フローは、下水処理施設で検討が必要な項目について、収集項目の事例や設計手順等を示し、具体的に検討を進められるようにしたものである。

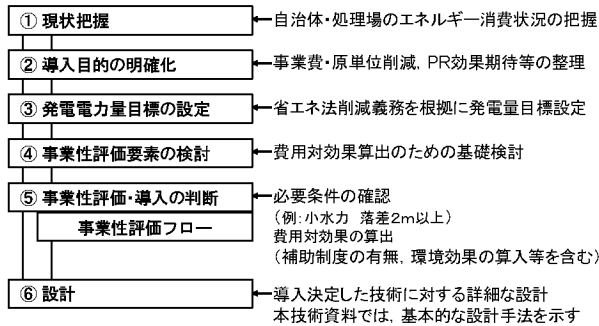


図-1 導入フロー

#### (1) 現状把握

新エネルギー技術の導入を検討する自治体・下水処理施設の諸元および、エネルギー使用状況を調査・整理し、導入検討の基礎データとする。調査する諸元データの例を以下に示す。

##### 【諸元データ】

- a) 過去のエネルギー消費状況
- b) 将来のエネルギー動向、処理水量の予測
- c) 新エネルギー技術基礎データ
  - 未利用空間の調査（増設予定地、屋上等）
  - 放流流量、放流部落差
  - 余剰消化ガスの発生量および成分
  - 日間の電力消費状況
  - 搬入経路、配置に関わる全体平面図

#### (2) 導入目的の明確化

新エネルギー技術には、技術ごとに特徴があり、特定の条件では極めて効率的に目的を達成することが可能な技術もある。そのため、導入の必要性や自治体の導入ビジョンの検討結果を整理し、目的に合致した選定評価を行う一助とする。

代表的な新エネルギー技術の導入目的と、それに適合する技術の例を表-2に示す。

表-2 新エネルギー技術の導入目的と各技術の適合（評価例）

目的	太陽光	風力	小水力	消化ガス	電力貯蔵
未利用エネルギーの利用	◎	◎	◎	◎	×
エネルギー消費原単位削減	○	◎	○	◎	×
CO <sub>2</sub> 排出量削減	○	◎	○	◎	△
施設内運営の効率化	×	×	×	×	○ (非発代替)
余白地／施設の有効利用	○	○	△	△	△
エコロジーのシンボル イメージアップ／PR 効果	◎	◎	○	○	△
電力費の削減	△	○	○	○	◎
(契約電力の削減)	×	×	○	○	◎

◎：適合，○：適合するが効果がやや小さい場合が多い，△：条件により適合，×：不適合

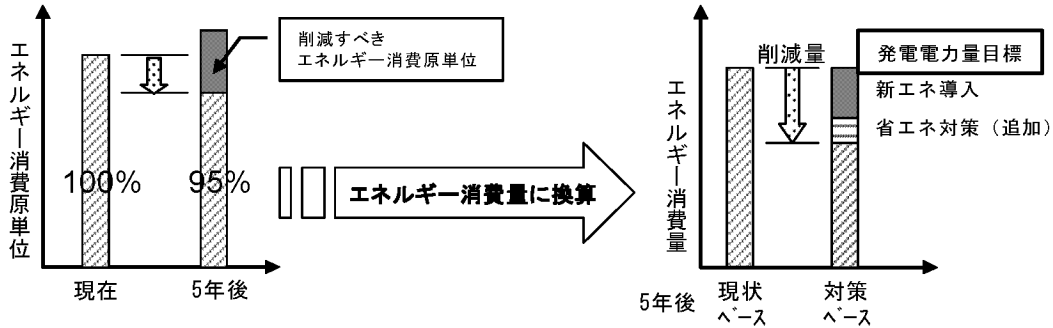


図-2 エネルギー削減目標および新エネルギー発電電力量

(3) 発電電力量目標の設定

現状把握により算出したエネルギー消費原単位と、将来の処理水量の変化並びに、設備導入計画を考慮して向こう5年～10年間の発電電力量目標を決定する。

検討手順を以下に示す。

- a) 現状のエネルギー消費原単位の調査
- b) 検討対象期間、エネルギー消費原単位削減率の設定
- c) 検討対象期間の処理水量の変化の予測
- d) 検討対象期間におけるエネルギー消費量の予測
- e) 対策を行う場合のエネルギー消費量の決定
- f) 削減すべきエネルギー消費量の決定
- g) 新エネルギー負担率の決定
- h) 発電電力量目標の設定

例として、現在から5年後にエネルギー消費原単位を5%低減するため、エネルギーの削減量および新エネルギー技術の発電電力量目標を設定するイメージを図-2に示す。削減すべきエネルギー消費原単位からエネルギー消費量を換算し、省エネ対策で更に改善可能な電力量を引いた値を新エネルギー技術の発電電力量としている。

(4) 事業性評価要素の検討

事業性評価を行うために必要な基礎検討を行う。検討事項を以下に示す。

① 必要条件

新エネルギー技術を運用するためには、それぞれの技術に対して最低限の条件として設定している「必要条件(小水力発電の例:落差約2m以上)」をクリアする必要がある。ここでは必要条件を整理し、(5)項にて導入検討を行う際に、各々の技術の必要条件を満たすことを確認する。必要条件を満たさない場合は、当該の新エネルギー技術が物理的あるいは経済的に成立する可能性は小さい。

② 発電電力量と事業費

本研究では、初期検討向けに発電電力量と導入費、機器費を試算するための概算式を設定している。なお概算式によって算出される機器費には機械・電気関係の費用のみを含んでおり、土木・建築関係の費用、維持管理費用は含んでいない。導入費には、機器費と土木・建築関係の費用を含む。土木・建築関係の費用は設置場所の条件により大きく変動するので、実際の検討に際しては、個別に過去の事例等を参考に別途算定する必要がある。

(5) 事業性評価・導入の判断

(4)項において検討した事業性評価要素を基に、必要条件の適合性の確認、新エネルギー技術導入に対する費用対効果の算出を行い、事業性評価及び導入の判断をする。事業性の評価フローを図-3に示す。

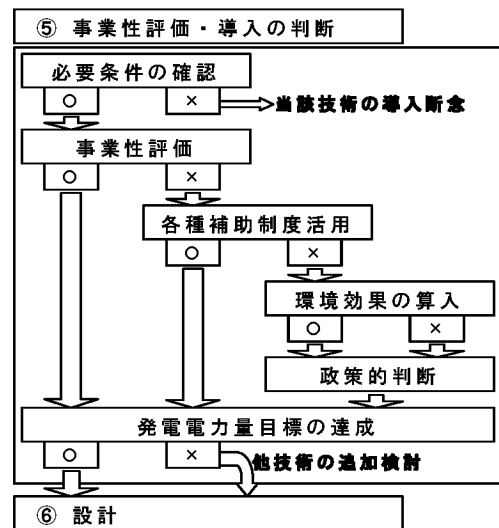


図-3 事業性の評価フロー

① 必要条件の適合性の確認

各新エネルギー技術が必要条件を満たしているかを確認し、適合した技術を選定する。

## ②事業性評価1

新エネルギー技術の導入によって得られる便益と導入、運用に必要な費用を比較し、便益が必要な費用を上回ることを評価基準として事業性を判断する。

## ③事業性評価2（各種補助制度の利用）

②の評価で事業評価を得られない場合、各種補助制度を利用することで、導入費用の負担額を軽減することが可能である。その補助金額を勘案して経済性を判断する。

## ④事業性評価3（環境会計の導入）

多くの新エネルギー技術には、エネルギー消費原単位の低減効果以外に、CO<sub>2</sub>削減やPR効果といった定量的に評価することが難しい効果を併せ持っている。③の評価でも事業性が得られない場合には、近年の環境会計に見られる温室効果ガス排出量の貨幣換算やグリーン電力証書売却益を加味して事業性の評価を行う。

また、環境会計以外にも、政策的判断による導入判断が欠かせないことを留意する。

## ⑤発電電力量目標の達成確認

(3)項にて設定した発電電力量目標に対して、

当該の新エネルギー技術を導入することにより達成可能であるか否かを確認する。単独の新エネルギー技術で目標達成が困難である場合には、費用対効果の評価基準を下げた上で新エネルギー技術を再検討することや、同様に追加的な省エネ技術の適用を行う必要がある。

モデルケースを用いて新エネルギー技術導入に対する事業性を評価した例を表-3、4に示す。ここでは、便益と事業費を比較した評価と、各種補助と温室効果ガスの貨幣換算を加味した事業性評価を行った結果を示している。風力発電や消化ガス発電(ガスエンジン、燃料電池)のように、便益と事業費の比較による事業性評価では導入が困難と考えられた技術においても、補助制度の活用や温室効果ガスの貨幣換算を用いることにより、費用対効果の割合が改善され、事業性があると判断される可能性がある。

表-3 事業性評価（便益と事業費での比較）

	太陽光	風力	小水力	消化ガス ガスエンジン	消化ガス 燃料電池	Na-S 電池
耐用年数(年)※ <sup>1</sup>	17	17	20	15	15	17
導入費 (万円)	6,500	7,500	6,000	30,000	44,000	12,500
			1,000	10,000	10,000	1,000
総導入費(万円)	6,500	7,500	7,000	40,000	54,000	13,500
総導入費(万円) ×年経費率×耐用年数	8,393	9,684	9,410	50,260	67,851	17,431
維持管理費(万円/年)	65	200	100	1,000	1,000	160
総維持管理費(万円)	1,105	3,400	2,000	15,000	15,000	2,720
総事業費(万円)①	9,498	13,084	11,410	65,260	82,851	20,151
発電電力量(MWh/年)	73	640	181	2,497	3,329	-
削減買電電力費 (万円/年) 10円/kWh※ <sup>2</sup>	73	640	181	2,497	3,329	836
総削減買電電力費② (万円)	1,243	10,885	3,610	37,455	49,935	14,215
費用対効果 ②/①	13.1%	83.2%	31.6%	57.4%	60.3%	70.5%

※1耐用年数は、減価償却資産の耐用年数等に関する省令を適用している

※2買電電力費は、地域および形態により幅があるが、ここでは10円/kWhとして扱う

表-4 事業性評価（各種補助制度の活用および温室効果ガス排出量を貨幣換算した場合）

	太陽光	風力	小水力	消化ガス ガスエンジン	消化ガス 燃料電池	Na-S 電池
耐用年数（年）※ <sup>1</sup>	17	17	20	15	15	17
導入費 （万円）	6,500	7,500	6,000	30,000	44,000	12,500
			1,000	10,000	10,000	1,000
総導入費（万円）	6,500	7,500	7,000	40,000	54,000	13,500
補助を考慮した 総導入費（万円）	3,250	3,750	3,500	20,000	27,000	13,500
総導入費（万円） ×年経費率×耐用年数	4,196	4,842	4,705	25,130	33,925	17,431
維持管理費（万円/年）	65	200	100	1,000	1,000	160
総維持管理費（万円）	1,105	3,400	2,000	15,000	15,000	2,720
総事業費（万円）①	5,301	8,242	6,705	40,130	48,925	20,151
発電電力量（MWh/年）	73	640	181	2,497	3,329	-
削減買電電力費 （万円/年） <sub>10円/kWh</sub> ※ <sup>2</sup>	73	640	181	2,497	3,329	836
総削減買電電力費 （万円）②	1,243	10,885	3,610	37,455	49,935	14,215
削減CO <sub>2</sub> 排出量 （t-CO <sub>2</sub> ）※ <sup>3</sup>	689	6,041	2,004	20,788	27,714	-
温室効果ガス 貨幣換算（万円）※ <sup>4</sup> ③	138	1,208	401	4,158	5,543	-
費用対効果(②+③)/①	26.0%	146.7%	59.8%	103.7%	113.4%	70.5%

※<sup>1</sup>耐用年数は、減価償却資産の耐用年数等に関する省令を適用している  
 ※<sup>2</sup>買電電力費は、地域および形態により幅があるが、ここでは10円/kWhとして扱う  
 ※<sup>3</sup>温室効果ガス（CO<sub>2</sub>）の排出量換算は、0.555kg-CO<sub>2</sub>/kWhを使用する  
 ※<sup>4</sup>温室効果ガス（CO<sub>2</sub>）の貨幣換算は、2,000円/t-CO<sub>2</sub>を使用する

（6）新エネルギー技術の設計手法

新エネルギー技術の事業性評価により詳細な検討を行うことを決定した技術について、技術的な設計を行う。検討手順を示した設計フローを図-4に示す。検討項目としては、設計条件や、発電量、システム構成などの機器システムに関する事項と法的規制事項および申請内容・申請時期などの法令に係わる事項がある。また、新エネルギー技術を導入することによるCO<sub>2</sub>削減量の算出や、商用電源と系統連系を行う方法についても検討を行う。

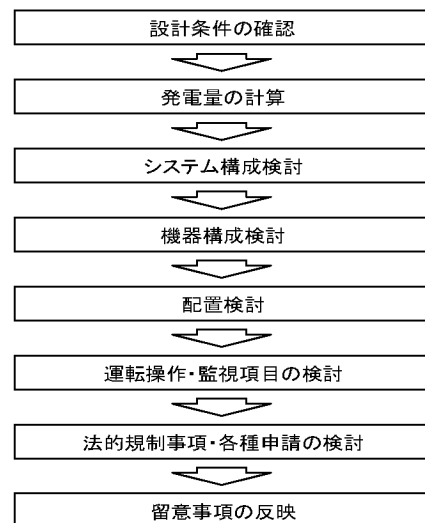


図-4 設計フロー

**(7) 新エネルギー技術の維持管理手法**

新エネルギー技術の導入後、設備を効率的かつ安全に運用するためには、日常点検および定期点検を行う必要がある。

日常点検項目としては、目視確認、異音や異臭等の五感に頼った項目が主であり、定期点検は計器を用いた試験、測定や油補充、消耗品の交換、機器を分解した点検がある。

**4. 技術資料の構成**

技術資料は、本編と資料編からなり、構成は以下のとおりである。

**第1章 総則（共通事項）**

## 第1節 共通事項

**第2章 新エネルギー技術の概要**

## 第1節 新エネルギー技術の概要

## 第2節 各新エネルギー技術の概要

**第3章 新エネルギー技術の導入検討**

## 第1節 導入検討の基本的考え方

## 第2節 導入検討の手法

**第4章 事業性評価要素の検討**

## 第1節 太陽光発電の事業性評価要素の検討

## 第2節 風力発電の事業性評価要素の検討

## 第3節 小水力発電の事業性評価要素の検討

## 第4節 消化ガス発電の事業性評価要素の検討

## 第5節 Na-S電池の事業性評価要素の検討

**第5章 事業性の評価**

## 第1節 事業性の評価

## 第2節 モデルケースによる事業性評価例

**第6章 新エネルギー技術設計手法**

## 第1節 設計手順

## 第2節 太陽光発電設備の設計手法

## 第3節 風力発電設備の設計手法

## 第4節 小水力発電設備の設計手法

## 第5節 消化ガス発電設備の設計手法

## 第6節 Na-S電池の設計手法

## 第7節 系統連系

**第7章 新エネルギー技術の維持管理手法**

## 第1節 維持管理の基本的考え方

## 第2節 太陽光発電設備の維持管理手法

## 第3節 風力発電設備の維持管理手法

## 第4節 小水力発電設備の維持管理手法

## 第5節 消化ガス発電設備の維持管理手法

## 第6節 Na-S電池の維持管理手法

**資料編**

1. 新エネルギー技術関連法令一覧表
2. アンケート調査結果
3. ケーススタディ
4. Na-S電池の適用について
5. 参考文献一覧
6. 新エネルギー技術製品例
7. 資料の問い合わせ先

**5. まとめ**

本研究は、下水処理施設に適用可能であると考えられる新エネルギー技術について解説し、その導入手法、事業性評価手法、さらには導入検討を行う際に必要な技術的事項を取りまとめたものである。

本研究の成果は、「下水道における新エネルギー技術導入・評価に関する技術資料」に取りまとめた。

下水処理施設は多くの電力や燃料を消費する施設であり、また、水環境に配慮した処理の高度化によりますますエネルギーの消費量は増大傾向にある。

本技術資料をもちいることによって、新エネルギー技術を視野に含めた効果的な設備導入を計画することを期待する。

**●この研究を行ったのは**

研究第二部長	松浦 将行
研究第二部副部長	目黒 享
研究第二部総括主任研究員	水川 泰一
研究第二部研究員	守屋 由介
研究第二部研究員	渡邊 晃

**●この研究に関するお問い合わせは**

研究第二部長	松島 修
研究第二部副部長	目黒 享
研究第二部総括主任研究員	水川 泰一
研究第二部研究員	守屋 由介
研究第二部研究員	渡邊 晃