

下水処理場における 電気エネルギー抑制に関する 研究

1. 背景と目的

近年、資源やエネルギーの消費による地球温暖化を防止するために、温室効果ガス削減目標が定められた。わが国でも「地球温暖化防止対策の推進に関する法律」の施行および、「エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）」の改正が行われ、下水道事業も対象となっている。さらに、下水道事業におけるエネルギーの使用に関しては、高度処理設備導入に伴うエネルギー使用量の増大やISO 14001取得時のエネルギー管理に対する対応が必要となっている。

下水道施設は、施設運転のためにエネルギーを電力・燃料という形で消費するエネルギー多消費型であり、省エネルギーに関する積極的な対応が社会的な要請となっている。また、下水道事業においては維持管理の時代となり、下水処理場の改築・更新が増加する傾向である。

本共同研究は、これらを受けて下水処理場のエネルギー管理計画の範疇に包含される省エネルギーについて、「現状エネルギーの抑制」と「未利用エネルギーの活用」という観点から調査・研究を行い、電気エネルギーを主体とした省エネルギーを計画する際に必要となる技術的事項について調査・検討した。

2. 研究体制

本研究は、財団法人下水道新技術推進機構と、株式会社明電舎、株式会社日立製作所、株式会社東芝、三菱電機株式会社、富士電機株式会社の計5者の共同研究による。

[研究期間] 平成13年5月～平成15年3月

3. 研究内容

3.1 研究の対象

下水処理場を維持管理する上で電気エネルギーに直接関連する設備として、電気設備、機械設備、建築付帯設備があげられる。また、採用するプロセスの相違によっても電気エネルギーの消費量が異なる。本研究では、下水処理場の電気・計装設備と建築付帯設備を対象とした。対象範囲を図-1に示す。

なお、機械設備による現状エネルギーの抑制とは、機器・装置類自体について省エネルギー型へ形式等の変更・更新を行うものであり、本研究の対象外とした。

3.2 研究内容

以下に示す項目について検討し、成果については技術資料としてとりまとめた。

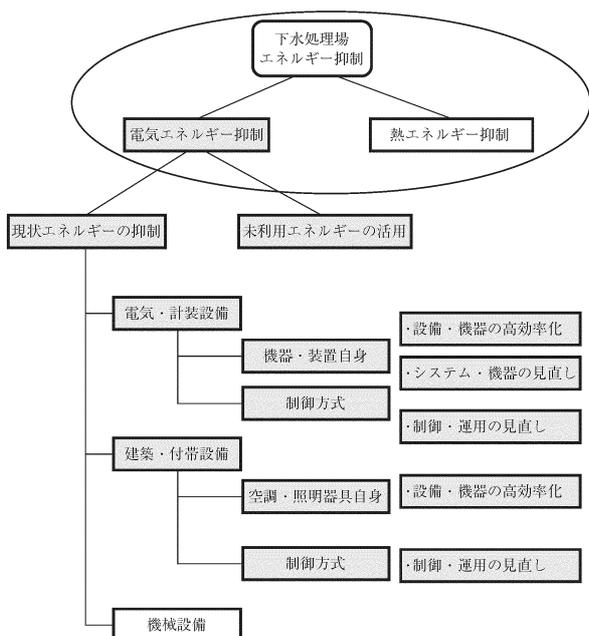


図-1 対象とする省エネルギーの範囲

- ① 「現状のエネルギー抑制」要素の抽出・整理
下水処理場においてエネルギー抑制すべき要素を抽出して整理した。
- ② 「未利用エネルギー活用」に関する適用技術調査
未利用エネルギーの適用技術について調査し、分類して整理した。
- ③ 処理場の現状調査
既存下水処理場のエネルギー利用状況の把握にあたって、調査すべき内容および分析の方法について検討した。
- ④ ケーススタディによる検討
「現状エネルギーの抑制」と「未利用エネルギーの活用」による省エネルギー効果について検討した。

4. 現状のエネルギー抑制

「工場または事業場におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断基準」(経済産業省告示第4号)から電気エネルギーの抑制に関わる「6. 抵抗等による電気の損失の防止」, 「7. 電気の動力, 熱等への変換の合理化」について, 現状エネルギー抑制項目と抑制案を整理した(表-1)。

これら現状エネルギーの抑制案の中から対象とする下水処理場の特性に応じて選択し, 電気エネルギー削減の検討を行う必要がある。

表-1 現状エネルギー抑制項目と抑制案

区分	現状エネルギー抑制項目	抑制案
6. 抵抗等による電気の損失の防止	(1)配電損失の低減	①配電系統の高圧化(400V化) ②配電線路の短縮化 ③単相負荷バランスの見直し
	(2)力率改善	①コンデンサ容量・台数の見直し ②静止形力率改善装置の見直し ③コンデンサ台数制御の見直し
	(3)変圧器損失の低減	①高効率変圧器の導入 ②変圧器容量の見直し ③変圧器の台数制御の導入
7. 電気の動力, 熱等への変換の合理化	(4)電動機損失の低減	①電動機容量の見直し ②高効率電動機の導入
	(5)制御の見直し	①台数制御の見直し ②回転数制御の導入 ③制御方案の見直し
	(6)照明の効率運用	①高効率照明器具の採用 ②照明設計の見直し ③照明の適正照度化 ④センサやタイマによる点滅制御
	(7)空調の効率運用	①高効率インバータ制御空調機の導入 ②デマンド監視による空調制御 ③温度・風量制御の導入
	(8)その他	①給気・換気ファンの運転管理 ②コージェネシステム導入による熱利用 ③遠方監視制御による無人化

5. 未利用エネルギー活用

下水には都市活動に伴うエネルギーがさまざまな形態で含まれ, 下水処理施設へ流入している。このエネルギーの多くは, 回収技術が開発途上であるため十分に利用されていないのが現状である。本研究では, 代表的な未利用エネルギーについて, 利用技術の概要や導入手順についてまとめた。

① 下水熱利用システム

下水処理水を利用する場合には, 直接ヒートポンプに下水処理水を導入して下水の熱を利用することで, 空調等の使用電力を削減する。

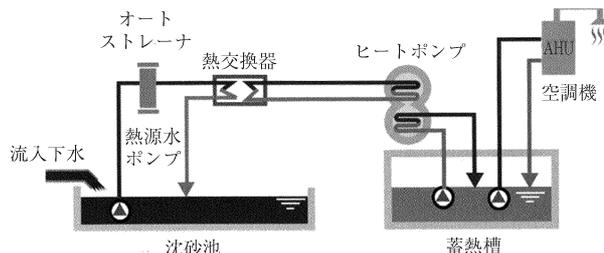


図-2 下水熱利用システム

② 消化ガス発電

消化ガスを発電用の燃料として利用して加温用熱源を確保し, 電力としてもエネルギーを回収する(図-3)。

③ 小水力(低落差)発電

下水が移動する過程での落差などの位置エネルギーを利用し, 大気汚染物質の排出なく発電する方式である。

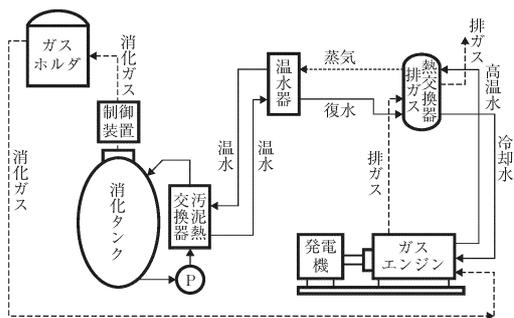


図-3 消化ガス発電

④ 太陽光発電

太陽光の有するエネルギー量は、1m²当たり約1kWに相当する。太陽電池そのものの変換効率や周辺機器の効率により、実際の総合変換効率は10%程度と考えられ、1m²当たり0.1kW程度の出力が得られる。

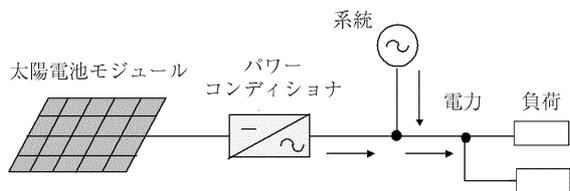


図-4 太陽光発電

⑤ 風力発電

風力発電は、風の運動エネルギーを風車の動力エネルギーに変換し、発電機を回すことで電気エネルギーに変換する発電システムである。

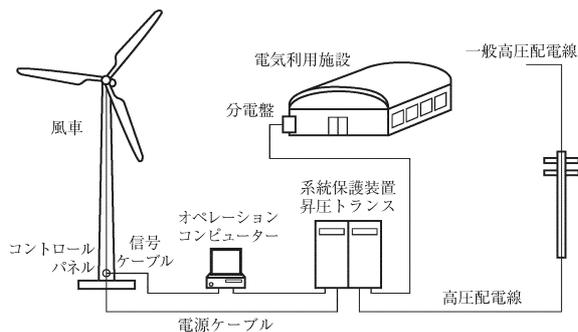


図-5 風力発電

5.1 未利用エネルギー導入の利点

上記の未利用エネルギー導入の利点を下記のとおり整理した。

① 環境負荷低減

一般的に化石燃料を使用した火力発電設備に比べて燃料の使用量が少ない（または使用しない）システムであり、環境負荷の低減が期待できる。

② 環境保全（環境性）

CO₂やNO_xなどの環境汚染物質についても、排出量の低減が期待できる。

③ 経済性

電力会社からの買電電力量の低減、および契約電力の低減が期待できる。また、非常用発電設備として利用可能な設備であれば、非常用発電設備の建設および維持管理が不要となる。

④ 災害時の対応

非常用電源として有効である。また、太陽光発電や風力発電の場合、蓄電池に貯められた電気を防災用電源として利用可能である。

その他導入の利点としては、地域社会へのPR効果が期待できる。また、NEDOでは、「先導的高効率エネルギーシステムフィールドテスト事業」「新エネルギー事業者支援対策事業」「地域新エネルギー導入促進事業」などの制度にて導入促進を支援している。

5.2 未利用エネルギー活用検討フロー

本研究では、代表的な5つの未利用エネルギーを取り上げ、各々の活用に向けた検討フローを作成した。ここでは、最近注目され、採用件数も多い太陽光発電と風力発電の検討例を示す。

5.2.1 太陽光発電

太陽光発電は図-6に示すフローに従って検討する。

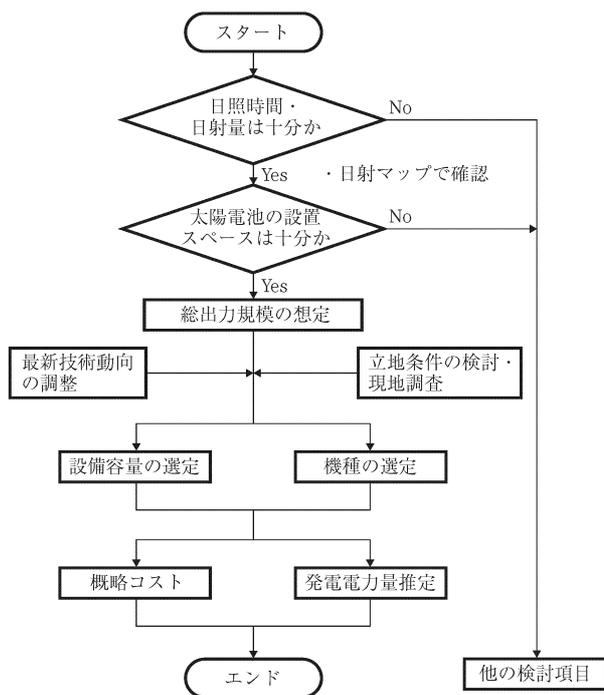


図-6 太陽光発電活用検討フロー

5.2.2 風力発電

風力発電は、図-7に示すフローに基づき検討する。

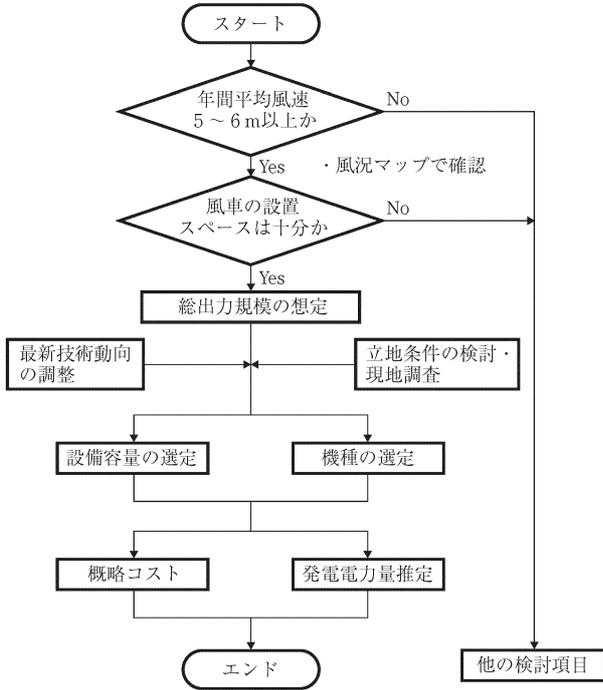


図-7 風力発電活用案の検討フロー

6. 処理場の現地調査

全国から5ヵ所の下水処理場を抽出し、下水処理場におけるエネルギーの利用状況のアンケートを実施した。検討対象とした処理場の傾向について表-2に整理する。

検討対象とした処理場について整理した結果、比較的早期に供用開始した処理場が多く、更新・改築に向けた検討が可能である。また、すべての処理場において汚泥処理で消化工程を導入しており、消化

表-2 対象処理場の傾向

供用開始	昭和41年～昭和56年 (比較的早期に開始した処理場)
計画処理水量	33,470～126,000m ³ /日 (中～大規模処理場)
現有施設	26,400～126,000m ³ /日 (建設率45～100%)
水処理方式	標準活性汚泥法 (処理規模から標準的)
汚泥処理方式	濃縮～消化～脱水 (消化工程)

ガスの利用に関する検討が可能であることがわかった。

7. ケーススタディによる検討

7.1 ケーススタディ検討手順

- ① 単線図、配置図等の入手
電気設備に関する全体像の把握を行った。
- ② 負荷リストの作成
各設備毎に機器名称、容量等を記載したリストの作成を行った。
- ③ 電力量把握の準備
全ての機器について、実測または机上の計算により電力量把握のためのデータ整理を行った。
- ④ 電力量の把握
作成した負荷リスト、運転時間記録および電動機データから機器毎、設備毎に概算の電力量を試算した。得られたデータを元に、設備毎、機器毎の電力分布等について表およびグラフにまとめた。
さらに、以下の3項目について検討を実施した。
- ⑤ 対象設備・機器の特定
- ⑥ エネルギー抑制の検討
- ⑦ 抑制エネルギー量の試算

7.2 ケーススタディの結果

対象処理場に対して、現状エネルギーの抑制と未利用エネルギーの活用のケーススタディを行った結果、双方の電気エネルギー削減効果として、16.4%～30.5%の電力量削減の可能性があることがわかった。ケーススタディの結果について、表-3に示す。

表-3 ケーススタディ結果

現状エネルギーの抑制	2.7～9.6%程度
未利用エネルギーの活用	11.0～20.9%程度
5処理場ごとの計	16.4～30.5%程度

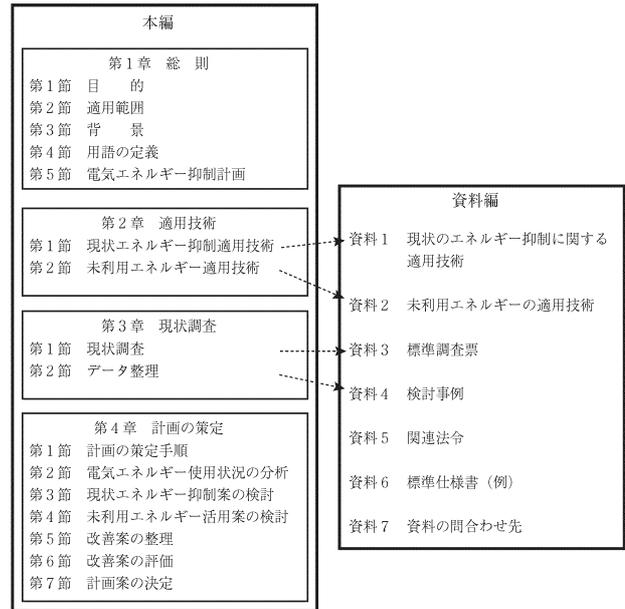
8. 技術資料の構成

現状エネルギーの抑制と未利用エネルギーの活用に関わる調査結果と、ケーススタディより得られた技術的事項を体系化し、電気エネルギー管理の計画策定手順等について技術資料を作成した（図－8）。

9. まとめ

本研究は、下水処理場で使われているエネルギーのうち電気に絞って検討した。しかし実際のエネルギー抑制を計画し実施するためには、熱エネルギーはもちろん機械設備に対しても総合的な抑制計画の検討を行っていく必要がある。

今回の研究が、今後の総合的なエネルギー抑制に係る技術研究の基礎的な資料となることを期待する。



図－8 技術資料の構成

●この研究を行ったのは

研究第二部長
 研究第二部主任研究員
 研究第二部研究員
 研究第二部研究員

高相 恒人
 市川 裕一
 舛岡 秀一
 城田 猛

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長
 研究第二部主任研究員
 研究第二部研究員
 研究第二部研究員

高相 恒人
 児玉 琢郎
 舛岡 秀一
 城田 猛