

下水処理施設におけるエネルギー使用の合理化と低減計画事例

オリジナル設計(株) 関西支店 井上史章

今回対象処理施設は、省エネ法でエネルギー使用量により第一種特定事業者に位置づけられている。そのため、省エネ法に基づき、努力目標として年平均 1%以上の継続的なエネルギー消費原単位の改善を図る中長期的な計画を作成する必要がある。

本事例は、エネルギー消費原単位の改善の中長期計画を策定するため、現状の対象処理施設におけるエネルギーの使用状況等について分析し、エネルギー使用の合理化計画を策定したので、その概要を報告するものである。また、中長期計画の基になる改善案の抽出方法、評価等の手順やその改善案の内容を今回の低減計画事例を基に紹介する。

Key Words : 省エネ法、中長期計画、エネルギー合理化計画、エネルギー消費原単位

1. はじめに

F 流域下水道は、A 浄化センター（平成 3 年供用：208 千 m^3 /日最大）及び場外施設（ポンプ場 4 箇所、管渠流量計 16 箇所、放流口 5 箇所）を供用している。処理場及び 4 箇所ある場外ポンプ場の概要を表-1 に示す。A 浄化センターは、年度間エネルギー使用量（原油換算値）が約 5,000 k ℓ /年度の規模であり、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（以下「省エネ法」）¹⁾で第一種特定事業者に扱われ、中長期計画書と定期報告書を作成する必要がある。今回取り組んだエネルギー合理化計画は、5 ヶ年で年平均 1%以上のエネルギー消費原単位の低減を図る中長期計画の策定を目指した。

表-1 処理場及び場外ポンプ場 概要

処理場	水処理施設	嫌気無酸素好気法 ステップ流入式多段硝化脱窒法
	急速ろ過池	重力式上(下)向流型
	汚泥処理施設	重力濃縮槽（初沈汚泥） 遠心濃縮機（余剰汚泥） 脱水機：ベルトプレス、スクリーンプレス
場外ポンプ場（分流水汚水）		Bポンプ場（平成3年供用） 118.2 m^3 /分 Cポンプ場（平成5年供用） 4.0 m^3 /分 Dポンプ場（平成6年供用） 21.6 m^3 /分 Eポンプ場（平成8年供用） 3.6 m^3 /分

2. 省エネ法

2.1 特定事業者の位置づけ

特定事業者は、工場等における年度間エネルギー使用量の合計が政令で定める値（原油換算で 1,500k ℓ ）以上である場合に、エネルギーの使用の合理化を特に推進する必要がある者として指定される（表-2）。また、特定事業者が設置している工場等のうち、年度間エネルギー使用量が政令で定める値（3,000k ℓ /年）以上の事業所を第一種エネルギー管理指定工場等として定め、この事業者

表-2 事業者全体としての義務

年度間エネルギー使用量 (原油換算値 k ℓ /年)		1,500 k ℓ /年度 以上	1,500 k ℓ /年度 未満
事業者の区分		特定事業者又は 特定連鎖化事業者	—
事業者の義務	選任すべき者	エネルギー管理統括者及び エネルギー管理規格推進者	—
	取り組むべき事項	判断基準に定めた措置の実践 (管理標準の設定、省エネ措置の実施等) 指針に定めた措置の実践 (燃料転換、稼働時間の変更等)	
事業者の目標		中長期的にみて年平均1%以上のエネルギー消費原単位 又は電気需要平準化評価原単位の低減	
行政によるチェック		指導・助言、報告徴収・立入検査、 合理化計画の作成指示への対応 (指示に従わない場合、表・命令)等	指導・助言 への対応

出典：エネルギーの使用の合理化等に関する法律 省エネ法の概要（経済産業省）

はエネルギー管理者の選任も必要となる。

2.2 省エネ法に基づく提出書類²⁾

特定事業者は、毎年度 7 月末日までに中長期計画書と定期報告書をそれぞれ指定されている機関に提出する必要がある。中長期計画は、3～5 年を目安とした実施期間に行う設備投資等を伴う省エネ計画で、原油換算値 ($k\ell$) での年間削減量、前年度の中長期計画書からの変更点等をまとめたものである。定期報告書は、設置している全ての工場等の前年度におけるエネルギーの使用量について報告するためのものである。なお、電力使用量 (kWh) に対する原油換算値 ($k\ell$) は次のように算出する。

$$\text{原油換算値}(k\ell) = \text{電力使用量}(kWh) \times \text{一次エネルギー換算係数}\left(\frac{GJ}{kWh}\right) \times 0.0258\left(\frac{k\ell}{GJ}\right)$$

※省エネ法の一次エネルギー換算係数は、昼間(8 時～22 時): $9,970\left(\frac{kJ}{kWh}\right)$ 、夜間(22 時～8 時): $9,280\left(\frac{kJ}{kWh}\right)$

2.3 エネルギー消費原単位

エネルギー消費原単位とは、単位生産量あたりに対する必要なエネルギー量であり、エネルギー効率を表す指標である。

一般にエネルギーは、電気、重油、原油、灯油等があるが、下水処理施設のエネルギー使用量のほとんどは電気である。このため、今回のエネルギー消費原単位の算出は、原油量ではなく電力使用量 (kWh)、単位生産量として処理水量 (m^3) を用いた。

$$\text{エネルギー消費原単位}\left(\frac{kWh}{m^3}\right) = \frac{\text{電力使用量}(kWh)}{\text{処理水量}(= \text{放流流量})(m^3)}$$

3. エネルギー合理化計画の作成

3.1 業務内容

今回の合理化計画では、中長期計画の根拠となるエネルギー合理化計画書を作成し中長期計画を提案した。定期報告書については、事業者様でご対応いただいた。

本エネルギー合理化計画の作成にあたり、現況調査結果に基づき、中長期的な計画の作成のための指針³⁾に沿って低減案の具体的内容を検討した。この指針には、エネルギー合理化において有効であると考えられる具体的な設備、対策がまとめられている。なお、創エネルギー関係の具体的な施策・検討例等は含まれていないが、今回の検討では指針に加え、創エネルギーについても検討を実施した。

今年度業務では、前年度までに検討した低減案については、現状に合わせた数値等で再評価を行い、低減方式案を絞り込んだ。また、設備・機器の更新計画との整合、予算等を踏まえた年次計画を提案した。実施した計画策定フローを図-1 に示す。

また、エネルギー低減目標をクリアすることに重点をおき、検討を実施した。本対象施設のエ

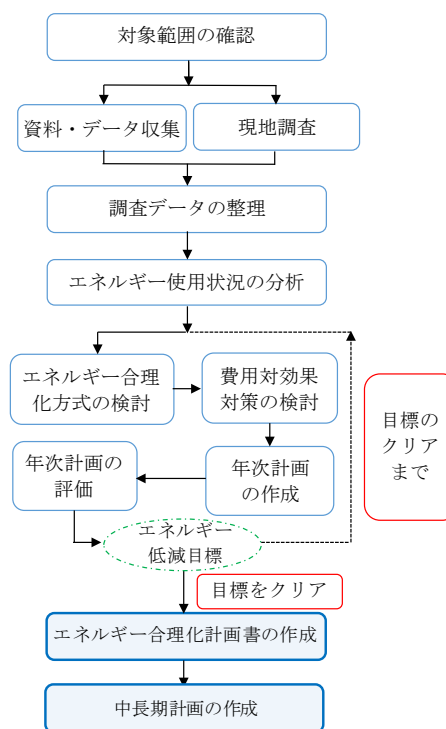


図-1 計画策定フロー

エネルギー消費原単位の低減量及び達成期間の目標は次のとおりである。

- ・年平均 1%以上、中長期的な計画として（平成 29 年度から）5 年間で 5%の低減

3.2 エネルギー使用状況

昨年度分の維持管理データを基に対象施設及び処理設備ごとの使用状況の整理、分析を行った。エネルギー使用量の現状分析におけるデータ整理時には、各種統計資料の集計期間等の違いによる数値の不一致や抑制案のエネルギー消費原単位が小さい場合には有効数字の取扱い基準を設けるなど、十分留意する必要があった。

A 浄化センターと場外系施設における電力使用量の割合は、図-2 のようになり、流域事務所における使用電力の 9 割以上は A 浄化センターで消費されていることが確認できた。また、A 浄化センターにおける施設ごとの電力使用量の割合は図-3 のように 5 割以上は送風機棟で消費されていることが確認できた。一方、場外系施設ごとの電力使用量の割合は図-4 のようになり、ポンプ場の処理能力・設置設備負荷の大きさに準ずるグラフとなった。

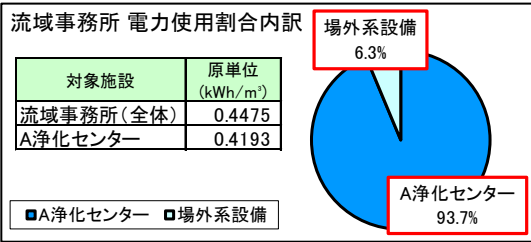


図-2 流域事務所使用電力量

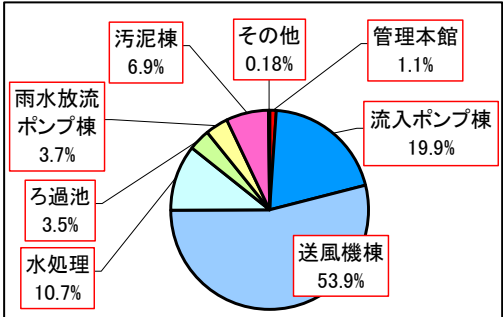


図-3 A 浄化センター設備使用電力量

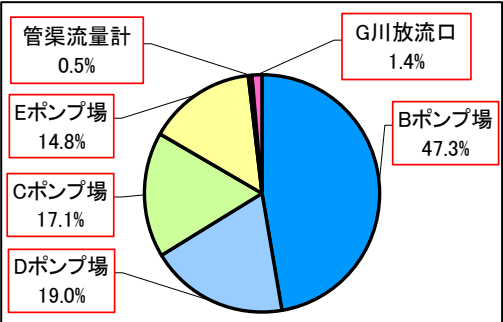


図-4 場外系施設使用電力量

表-3 エネルギー低減方式抽出結果

A 浄化センター				
設備区分	抑制案	指針の内容	具体策	改善案
受配電棟	照明変圧器高圧側接続相見直し	—	特高変電所へ受配電棟ケーブル損失低減	No. 1
流入ポンプ棟	高効率変圧器の導入	低損失変圧器	高効率変圧器に更新	No. 2
	汚水ポンプの制御方式	インバータ制御装置	汚水ポンプのVVVF化	No. 3
	高効率電動機の導入	高効率モータ	汚水ポンプ、沈砂池・ポンプ補機を高効率電動機に更新	No. 4
送風機棟	高効率変圧器の導入	低損失変圧器	高効率変圧器に更新	No. 5
	高効率電動機の導入	高効率モータ	送風機・補機を高効率電動機に更新	No. 6
反応タンク設備	曝気方式見直し	散気装置酸素移動効率の向上	既設散気板を超微細式曝気装置に更新	No. 7
	水処理方式の変更	電力使用量の低減	新設でステップ流入式多段硝化脱窒法を採用	No. 8
水処理電気室	高効率変圧器の導入	低損失変圧器	高効率変圧器を新設	No. 9
汚泥棟	濃縮機機種	機械濃縮動力の低減	ベルト濃縮機の導入	No. 10
	脱水機機種	機械脱水動力の低減	スクリーンプレス脱水機の導入	No. 11
管理棟空調	個別熱源方式の導入	—	個別熱源方式の導入	No. 12
未利用エネルギー	バイオガス燃焼発電の導入	消化ガス有効利用設備	ガスタービン発電機の導入	No. 13
新エネルギー	風力発電の導入	—	風力発電の導入	No. 14
	太陽光発電の導入	—	太陽光発電の導入	No. 15
場外系設備				
場外ポンプ場	高効率電動機の導入	高効率モータ	汚水ポンプを高効率電動機に更新	No. 16
管渠流量計・G川放流渠	太陽光・風力発電の導入	—	太陽光・風力発電の導入	No. 17

4. 改善案

4.1 改善案について

中長期的な計画の作成のための指針から、現状を踏まえ導入可能なエネルギー低減方式の抽出を行い、その結果をまとめた（表-3）。

4.2 改善案の評価基準

抽出した改善案を対象に、次のような手順で評価を行った（図-5）。

1）評価項目の選定・項目別評価

以下の基本となる 3 項目を評価項目に設定し、評価項目別で改善案の定量評価を実施し

た。

- ①省エネルギー効果：改善案ごとの省エネルギー効果による削減エネルギー率を評価する項目である。
- ②環境保全効果：CO₂排出削減と原油換算削減量を評価する項目である。
- ③経済性：電力使用量削減による電気料金低減の経済的効果と、機器等の改善による様々な費用を含めた損失から投資回収年を算出し、設備・機器の寿命と比較し評価を行う項目である。

2) 総合評価

省エネルギー効果、環境保全効果、経済性についての評価を行い、総合評価として改善案の優先順位を決定した。総合評価ランクが同じ場合は、投資回収年と標準的耐用年数を見比べて優先順位の判断を実施した。

4.4 年次計画と中長期計画に示した改善案

1) 中長期計画作成手順

総合評価後の改善案から中長期計画を立案するまでの流れを図-6 に示す。

2) 優先度の設定

表-3 に示したエネルギー抑制方式抽出結果を、図-5 に示した評価フローですべての改善案を評価した。これを基に、エネルギー合理化における 5 箇年（平成 29 年度～平成 33 年度）の年次計画に位置づける改善案を抽出するために、各改善案に対して優先度の設定を実施した（表-4）。

優先度の設定は、次の 2 点を踏まえて行った。

- ・総合評価での評価結果が◎または○の案
- ・下水道長寿命化計画の事業計画（トップランナー制度含）

3) エネルギー抑制年次計画について

エネルギー抑制年次計画の対象は

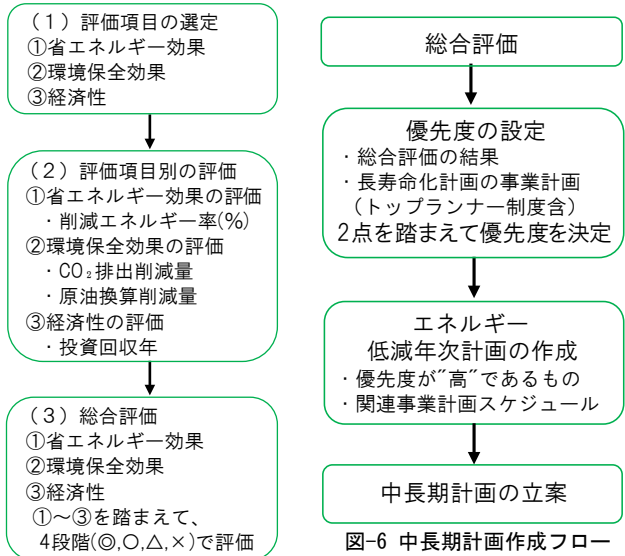


図-5 改善案の評価フロー

図-6 中長期計画作成フロー

表-4 優先度の設定

改善案		改善案の概要	総合評価	長寿命化計画	優先度
年次計画の対象	No.3	VVVF 制御化	◎	—	高
	No.6	送風機棟 高効率電動機導入	×	改築必要	高
	No.8	水処理方式の変更 (ステップ法、低動力攪拌機)	◎	増設予定	高
	No.9	水処理電気室 高効率変圧器導入	△	増設予定	高
	No.10	機械濃縮機の機種変更 (遠心濃縮機をベルト濃縮機に)	◎	—	高
	No.12	管理本館空調機方式の変更 (熱源方式を中央から個別に)	◎	改築必要	高
	No.16	ポンプ場 汚水ポンプ 高効率電動機導入	×	改築必要	高
対象外	No.4	流入ポンプ棟 高効率電動機導入	○	—	低
	No.7	散気装置の機種変更 (酸気版を超微細気泡装置に)	○	—	低

□：中長期計画に示した改善案

		(単位:低減率 %)					
位置づけ	改善案	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度
総合評価	改善案 No.3 汚水ポンプのVVVF制御化				1.628	1.612	
	改善案 No.8 水処理方式変更(増設)		1.128	1.117			
	改善案 No.10 機械濃縮機の機種変更						0.605
	改善案 No.6 送風機高効率電動機導入			0.050			
	改善案 No.9 水処理電気室高効率変圧器導入		0.066	0.065			
長寿命化計画対象	改善案 No.12 管理本館空調機方式の変更		1.127				
	改善案 No.16 ポンプ場高効率電動機導入			0.001			
	合計		2.321	1.233	1.628	1.612	0.605
	エネルギー消費原単位 低減率 累計		2.321	3.554	5.182	6.794	7.399

図-7 エネルギー消費原単位の低減率の推移

優先度が高い改善案とし、その中から中長期計画に示す改善案を関連事業計画のスケジュール等を考慮し選定した。この年次計画（図-7）を実施した時に予想されるエネルギー消費原単位の低減率の推移を図-8 に示す。

エネルギー消費原単位の低減目標は、平成 29 年～平成 33 年までの 5 ヶ年までの期間に、5%削減することである。図-8 より、7.4 (%) / 5 ヶ年 = 1.48 (%) / 年 であることから、5 ヶ年間における年平均

1%以上の削減が見込め、エネルギー消費原単位の低減目標を達成することができる。

4) 中長期計画に示した改善案について

今回中長期計画に示した改善案の中で、総合評価が◎であった改善案 No.8 と No.12 について紹介する。

・改善案 8：水処理方式の変更（増設予定）

既存の約 7 割の池の水処理方式は嫌気無酸素好気法（A₂O 法）であり、残り約 3 割の池はステップ流入式多段硝化脱窒法を採用している。今後増設予定の 2 池の水処理方式について、改めて A₂O 法とステップ流入式多段硝化脱窒法の 2 方式で電力使用量を詳細に確認した。また、無酸素槽の攪拌機についても、水中攪拌機より省エネとなる低動力槽外形駆動攪拌機の採用について現状の水量等に合わせ精査した。この時の電力使用量の比較を図-9 に示す。

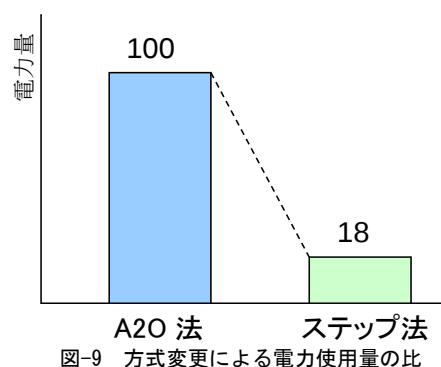


図-9 方式変更による電力使用量の比

また、増設による初期投資額等の面においても A₂O 法よりステップ流入式多段硝化脱窒法の方が経済的であることを確認した。

・改善案 12：管理本館空調器方式変更

管理棟空調設備は、中央熱源方式を採用しており、冷温水器と空気調和機で空調を行っている。この方式は大規模空調には適しているが、能力が小規模の場合や各系統での使用頻度にばらつきがある場合には、個別熱源方式にて細分化を行うことで運転操作・メンテナンス・維持管理費で優位となる。当該設備は、昭和 57 年設置で機器の老朽化が進行しているため、長寿命化計画期間にて更新を行うものとした。この方式変更による電力削減効果等を現状に合わせ精査、検討をした。電力使用量の比較を図-10 に示す。更新費用は今回の個別熱源方式が既設中央熱源方式

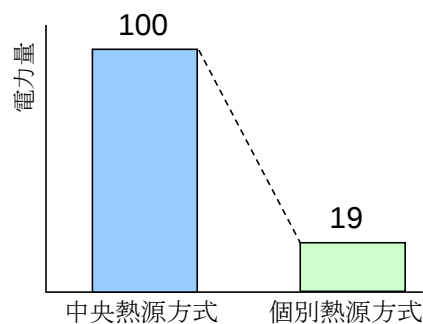


図-10 方式変更による電力使用量の比

更新費用は今回の個別熱源方式が既設中央熱源方式

の 1/4 程度であり、投資回収年も 8 年弱と、従来方式よりも省エネや経済性等の面でもかなり優位である。

5. おわりに

本稿では、省エネ法に基づく中長期的な計画を策定するために実施したエネルギー合理化計画に関する概要を事例として述べた。本事例では、設備区分毎にエネルギー使用量・抑制方式導入効果の整理を行い、省エネ・創エネ対策導入により効果が高く期待できる設備投資を下水道長寿命化計画と整合を図りながら優先的に選定する方針で中長期計画を絞り込んだ。これにより、事業者の目標である中長期的にみて年平均 1%以上のエネルギー消費原単位の低減を図るための計画を提案した。

今回対象施設は特定事業者に該当するため、これからも毎年継続して年平均 1%以上のエネルギー消費原単位の低減を達成することが求められるが、更新等の事業計画が一段落した時点で目標を達成することが難しくなる。このため、将来的には、創エネルギーによる省エネ効果も考える必要がある。

最後に、計画を策定するにあたり必要な様々な資料・データのご提供、処理施設の現状等をご教示くださった事業者様に心から感謝を申し上げます。また、本稿の公的な掲載・発表についても、ご承諾いただいたことをこの場を借りてお礼申し上げます。

6. 参考文献

- 1) エネルギーの使用の合理化等に関する法律 最終改正:平成 27 年 9 月 9 日 経済産業省
- 2) エネルギーの使用の合理化等に関する法律 省エネ法の概要 2017 年 1 月発行 経済産業省 資源エネルギー庁
- 3) 第一種指定事業者のうち上水道業、下水道業及び廃棄物処理業を営む者による中長期的な計画の作成のための指針 平成 16 年 2 月 厚生労働省・経済産業省・国土交通省・環境省
- 4) 第一種指定事業者のうち下水道業を営む者による中長期的な計画の作成のための指針解説(改訂版) 平成 17 年 6 月 厚生労働省・経済産業省・国土交通省・環境省