

下水処理場における電気料金の削減手法に関する共同研究

資源循環研究部 研究員
郷野 梨夏



1 研究の概要

1.1 背景

下水道事業においては、人口減少等に伴う経営環境の悪化、施設の老朽化などが進んでおり、持続的な下水道事業に向けて、より効率的な事業運営が求められています。なかでも電気料金は、国際的な資源価格の高騰に伴い値上がりし続けており、下水道経営を圧迫するようになってきました。

また、カーボンニュートラルの実現に向けた目標として、我が国では温室効果ガスを2013年度比で2030年までに46%削減することを目標としています。下水道施設における年間電力消費量は国内全体の約0.8%を占めており、エネルギーの効率的な利用とともに創エネルギーについて取り組んでいくことが求められています。

そのため、消化ガス発電、太陽光発電等による下水道資源を活用した再生可能エネルギーによる最大限の「創エネルギー」とともに、生産と消費のギャップを埋める「蓄エネルギー」が課題となっています。

1.2 本研究の目的

本研究では蓄電池技術の最新技術の概要と下水処理場における電気料金削減手法の整理を行うとともに、下水処理場を対象にケーススタディを行いました。

また、本研究では、下水処理場における消化ガス発電や太陽光発電による創エネルギーと蓄電池による蓄エネルギーを組み合わせるピークカットなどを検討し、下水処理場の電気料金削減に資することを目的としました。

2 研究体制

2.1 研究体制

(株)NJS、東芝インフラシステムズ(株)、日本水工設計(株)、(株)明電舎、メタウォーター(株)、八千代エンジニアリング(株)、(公財)日本下水道新技術機構

2.2 研究期間

令和3年8月～令和5年3月

3 研究内容

3.1 蓄電池技術の概要

蓄電池システムは、貯蔵設備、変換装置、監視制御装置によって構成されます。蓄電池の性能は、出力、充電量、作動電圧、エネルギー密度の指標で示されま

- ・鉛蓄電池
- ・リチウムイオン電池
- ・ナトリウム硫黄 (NaS) 電池
- ・レドックスフロー電池
- ・P2G (水素・メタン)

3.2 下水処理場における電気料金削減手法

下水処理場における電気料金削減手法には、電気料金プランの見直し、下水処理場での工夫や再生可能エネルギー導入による電気料金削減手法があります。

3.2.1 電気料金プランの見直し

平成28年4月に電気の小売業への参入が自由化され、家庭や商店も含む全ての消費者が電力会社や料金

電気料金型ディマンド・レスポンス

ピーク時に電気料金を値上げすることで、各家庭や事業者に電力需要の抑制を促す仕組み

メリット
比較的簡便であり、大多数に適用可

デメリット
時々の需要家の反応によるため、効果が不確実

インセンティブ型ディマンド・レスポンス (ネガワット取引)

電力会社との間であらかじめピーク時などに節電する契約を結んだ上で、電力会社からの依頼に応じて節電した場合に対価を得る仕組み

メリット
契約によるため、効果が確実

デメリット
比較的手間がかかり、小口需要家への適用が困難

ディマンド・レスポンスにより
電力需要をスマートにコントロール

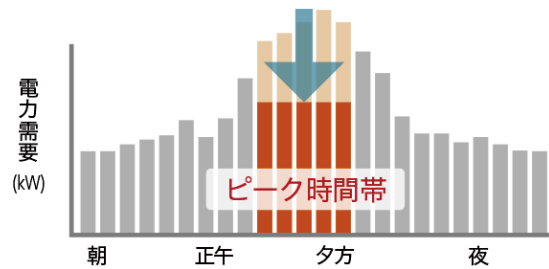


図-1 ディマンド・レスポンス区分

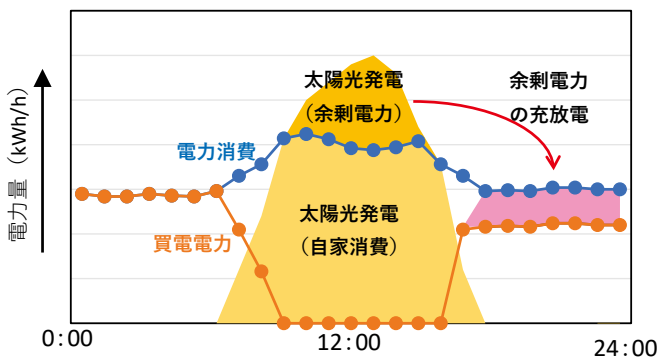


図-2 蓄電池導入による余剰電力の活用イメージ(1)

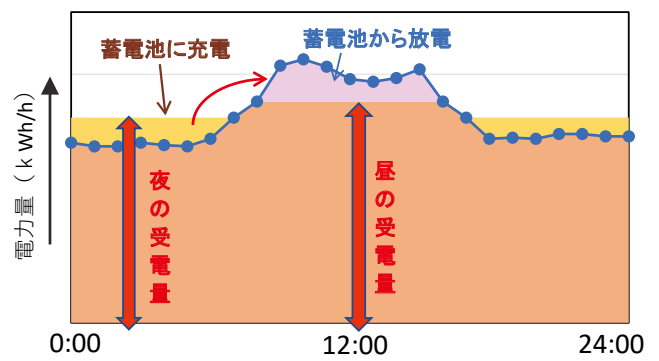


図-3 蓄電池導入による余剰電力の活用イメージ(2)

メニューを自由に選択できるようになりました。

電気料金を削減するには、電力供給側が電気料金を供給状況に応じて設定するダイナミックプライシングの料金プランの導入や、電力需要の増加時に電気料金を値上げする等の手法によって電力消費の平滑化を促進する仕組みのうち、電力会社の節電要請に応じることで報酬を得る手法（ディマンド・レスポンス）が考えられます。

3.2.2 下水処理場での工夫や再生可能エネルギー導入による電気料金削減手法

下水処理場での工夫により電気料金を削減する方法には、以下の方法が挙げられます。

- ①省エネ機器の導入や運転管理の工夫による使用電力量そのものの削減
- ②再生可能エネルギーによる自前の電力の活用
- ③蓄電池導入による電力の平準化
- ③は、電力をあまり使わない時間帯に蓄電池を充電し、電気を多く使う時間帯に蓄電池から放電し使用することで、契約電力を下げ、基本料金を低減する手法です。昼・夜間電力量料金の差分により料金を低減させる手法もあります。

3.3 導入手法

電気料金削減の導入手法における検討フローを図-4に示します。

3.4 ケーススタディ

既存の処理場をフィールドとして、下水処理場における消化ガス発電や太陽光発電による創エネルギーと蓄電池を組み合わせたピークカットなどを検討しました。

3.4.1 ケーススタディ 1

処理場の施設概要を表-1に示します。本施設では、電力削減手法として消化ガス発電、太陽光発電、蓄電池の技術を活用して導入効果を検証しました。

(1) 導入ケース

検討ケースを表-2に示します。導入ケースは、再生可能エネルギー（消化ガス発電、太陽光発電）のみを導入したケース1と、ケース1に容量の異なる蓄電

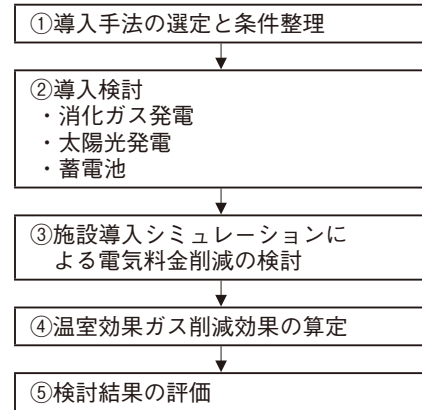


図-4 検討フロー

表-1 施設概要

処理開始	平成3年3月
現有処理能力	23,500m ³ /日
現況処理水量（日平均）	18,907m ³ /日
排除方式	分流
水処理方式	標準活性汚泥法
高度処理計画	なし
汚泥処理方式	濃縮-消化-脱水

表-2 検討ケース

	ケース1	ケース2	ケース3
消化ガス発電	○	○	○
太陽光発電	○	○	○
蓄電池	—	○ ・契約電力目標値 237kW ・蓄電池容量 7kWh	○ ・契約電力目標値 230kW ・蓄電池容量 28kWh

※1：交付金を考慮しない場合にB-C最大となる契約電力目標値を達成するための容量

※2：交付金を考慮する場合にB-C最大となる契約電力目標値を達成するための容量

池を追加導入したケース2、ケース3の3ケースとしました。

(2) コスト削減効果

コスト削減効果の結果を図-5に示します。再生可能エネルギー設備のみのケース1と比較し、再生可能エネルギーに加えて蓄電池設備を導入したケース2、ケース3の方が年間十数万円程度、B-Cが大きくなり、導入効果が得られる結果となりました。

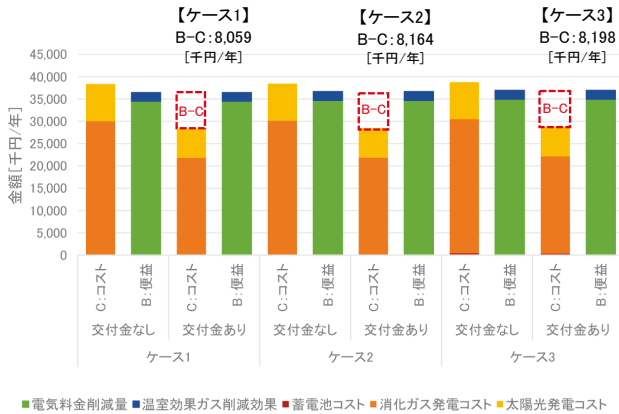


図-5 コスト縮減効果 比較図

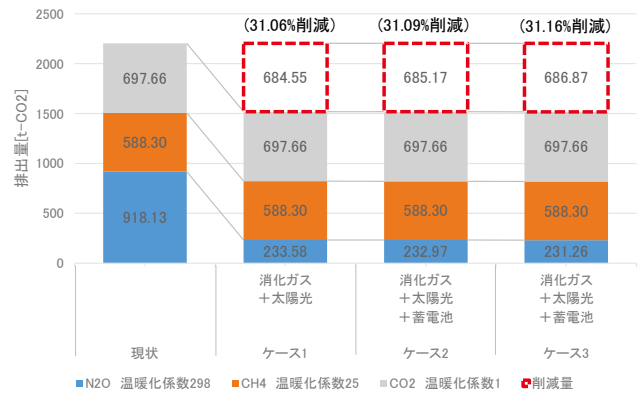


図-6 温室効果ガス削減効果

(3) 温室効果ガス削減効果

設備導入ケースごとの温室効果ガスの削減効果を図-6に示します。全てのケースにおいて現状から約31%の温室効果ガスを削減できる結果となりました。

表-3 施設概要

処理開始	平成4年4月
現有処理能力	263,800m ³ /日
現況処理水量 (日平均)	224,649m ³ /日
排除方式	分流 (一部合流)
水処理方式	凝集剤添加硝化脱窒法 急速ろ過法
高度処理計画	あり
汚泥処理方式	濃縮-消化 (一部) -脱水-焼却

3.4.2 ケーススタディ 2

処理場の施設概要を表-3に示します。本施設では、電力削減手法として太陽光発電、蓄電池の技術を活用して導入効果を検証しました。また、電力使用時間のシフトによる効果を検証しました。

表-4 検討ケース

(1) 導入ケース

導入ケースは、太陽光発電の導入面積と蓄電池の定格電力の組み合わせによる10ケースとしました。検討ケースを表-4に示します。

	太陽光発電	蓄電池
ケース1	-	○ 200kW
ケース2	○ 5MW	-
ケース3	○ 10MW	-
ケース4	○ 10MW	○ 800kW
ケース5	○ 10MW	○ 1,200kW
ケース6	○ 10MW	○ 1,600kW
ケース7	○ 15MW	-
ケース8	○ 15MW	○ 800kW
ケース9	○ 15MW	○ 1,200kW
ケース10	○ 15MW	○ 1,600kW

(2) コスト縮減効果

コスト縮減効果の結果を図-7に示します。蓄電池単独では、ピークカットとダイヤモンド・リスポンスにより電気料金削減に一定の効果が得られましたが、補助金・交付金の適用条件を満たさないため、B/Cは1.0を下回る結果となりました。

蓄電池と太陽光発電の組み合わせでは、補助金・交付金を活用できれば、B/Cが1.0以上となり、導入効果が得られる結果となりました。

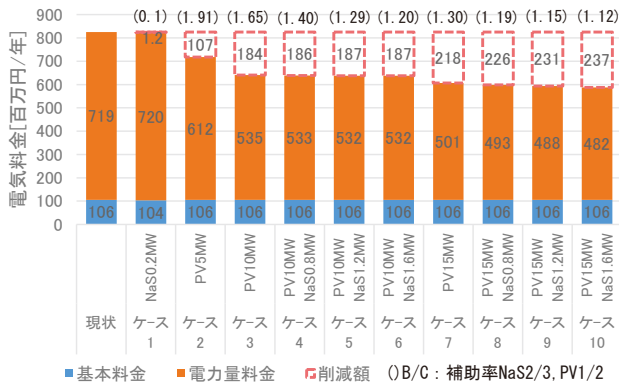


図-7 コスト削減効果

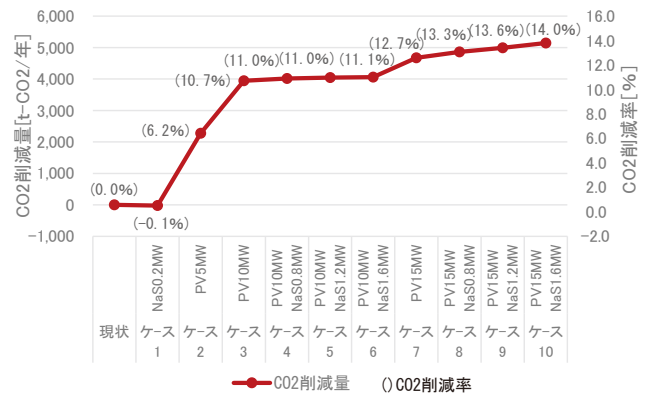


図-8 温室効果ガス削減効果

表-5 主ポンプ・送風機の電力使用時間シフト検討結果

	電力消費量の増加分 (kWh/週)	市場連動型電気料金プランの場合、電力使用時間シフトによる従量料金削減効果 (千円/週)
主ポンプ	+1,485	314.5
送風機	+3,151	175.6
合計	+4,636	490.1

(3) 温室効果ガス削減効果

設備導入ケースごとの温室効果ガスの削減効果を図-8に示します。太陽光発電のみ、または太陽光発電と蓄電池を導入する場合は、約6~14%の温室効果ガスを削減できる結果となりました。

(4) 電力使用時間のシフトによる検証結果

2021年1月の1週間を対象に、主ポンプ・送風機の運転を変更し、電力使用時間をシフトすることによる電力消費削減効果を検討しました。

料金プランは、市場連動型プランを導入した場合で検証しました。その結果を表-5に示します。

電気料金単価が比較的安価である昼間に電力消費量を大きくし、比較的高価である朝・夕に電力消費量を小さくする運転手法へ変更した結果、約49万円/週(約2,600万円/年)の削減ができると試算されました。

4 おわりに

本稿では、下水処理場における電気料金削減手法についてケーススタディを交えて紹介しました。

経済産業省の「定置用蓄電システム普及拡大検討会のとりまとめ」によると、蓄電池単価は2030年度までに2019年度比の1/4を目標としており、今後、蓄電池の初期投資価格が低廉化され、導入しやすくなることが考えられます。また、ケーススタディでは、令和3年度の電気料金単価を使用していますが、令和4年度中に電気料金単価は約2倍になるなど大幅に値上りしており、システム導入効果も大幅に高くなっています。本共同研究の成果を利用いただければ幸いです。

[参考文献]

- 1) 資源エネルギー庁ホームページ, デマンド・リスポンスってなに?
https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electricity_measures/dr/dr.html
- 2) 下水道分野の省エネ・創エネ対策に関する技術情報データベース (案)
- 3) 2030年度脱炭素目標達成のための導入すべき技術とその効果