

## 2-1-1 葛西水再生センターリチウムイオン電池導入効果の検証

東部第二下水道事務所 葛西水再生センター 氏名 瀬野 知将

### 1. はじめに

東京都が推進する HTT（電力を H へらす・T つくる・T ためる）の「電力をためる」の取組の一環として蓄電池設備の導入が進められており、東京都下水道局（以下「当局」という。）においても、令和 5 年 2 月から葛西水再生センター（以下「当センター」という。）にリチウムイオン電池設備（図 1）を導入した。蓄電池設備は、電力需要の少ない夜間などに貯めた電力を必要の際に放出することでピークシフトが可能である。



図 1 リチウムイオン電池の外観

当局では揚水や水処理の過程で大量の電力を消費しており、大きな社会的責任を負っている。そのため、電力ひっ迫時には電力会社から要請された時間帯に設備機器の運転抑制と蓄電池の放電によって消費電力を抑える、デマンドレスポンス（以下「DR」という。）の取組を行っている。この取組は、社会の電気需給バランスの安定化を目的としているが、契約電力や揚水及び水処理での使用量に応じた多額の電気料金の一部削減も図ることができる。

それ以外にも蓄電池設備を利用した電気料金削減の取組として、単価の比較的安い夜間電力で充電し、昼間に放電する運用を行っている。当局で広く普及しているナトリウム硫黄電池（以下「NaS 電池」という。）では、燃料費の高騰などの影響による電気料金単価の変化に伴って、前述の運用での採算性が低下したことにより、当センターでは、NaS 電池を夏季、冬季や DR 発動時などの運用としている。一方、リチウムイオン電池は、一般的に高効率であり、NaS 電池同様に電気料金を削減できる可能性があるため、電気料金削減を見込んでの有効活用を試みている。

当センターでリチウムイオン電池設備の運用を開始してから 1 年以上が経過した。それに伴い電池性能や運用上の特性を把握するため、リチウムイオン電池設備の運用による効果について調査した。

## 2. 設備概要及び実際の運用

リチウムイオン電池は、陽極にリチウムイオンを含む複合金属酸化物、陰極に炭素、電解質に有機溶媒電解液を使用した二次電池である。一般的なものでセル電圧が3.7V程度と大きくエネルギー密度が高いことや、充放電効率が95%程度で非常に高いという特徴がある。また、動作温度がほぼ常温であり、保温には高温のヒーターなどを必要としない。主な用途としては、PCやスマートフォンなどの小型端末、電気自動車、産業用ロボットなどがあるが、このほかにも幅広い分野で使用されている。

当センターのリチウムイオン電池設備は、高い充放電効率を活かし、ピーク時間帯の受電電力の抑制や補助的な非常用電源としての用途が期待されている。この蓄電池設備は、非常用発電設備の再構築で空室となった、管理棟1階の旧ディーゼル発電機室を再利用する形で設置した。蓄電池は1個のセルを最小単位とし、14個のセルを直列接続したものをモジュールと呼び、そのモジュールをさらに14個直列接続したものをバンクと呼ぶ。このバンクを並列接続で4つ格納した盤が10面あり、これら合計7,840個のセルによって構成されている(図2)。蓄電池設備は蓄電池本体の他に、パワーコンディショナ(交直変換器)、変圧器から構成される。当センター内の交流6,700V特別高圧電気設備に接続して充放電し、変圧と交直変換を経て蓄電池電圧は直流727Vとなる。蓄電池の能力は充電容量が2,000kWh、最大出力が1,000kWであり、満充電状態において最大出力で放電できる時間は最大2時間となる。当センターのリチウムイオン電池設備は太陽光発電設備からの充電も可能な仕様となっている。

当センターのリチウムイオン電池は、令和5年3月から運用を開始し、運用スケジュールを以下のように設定した(図3)。充電容量は、過充電及び過放電による電池の故障や劣化を防ぐために、電池容量の17%から97%までの80%(放電量1,600kWh相当)の範囲で運用した。運用日は、休祝日や電力会社の定める特例日(ゴールデンウィーク及び年末年始)を除いた月曜日から土曜日までの平日とした。運用時間は、突発的なDRへの対応を考慮して20時から

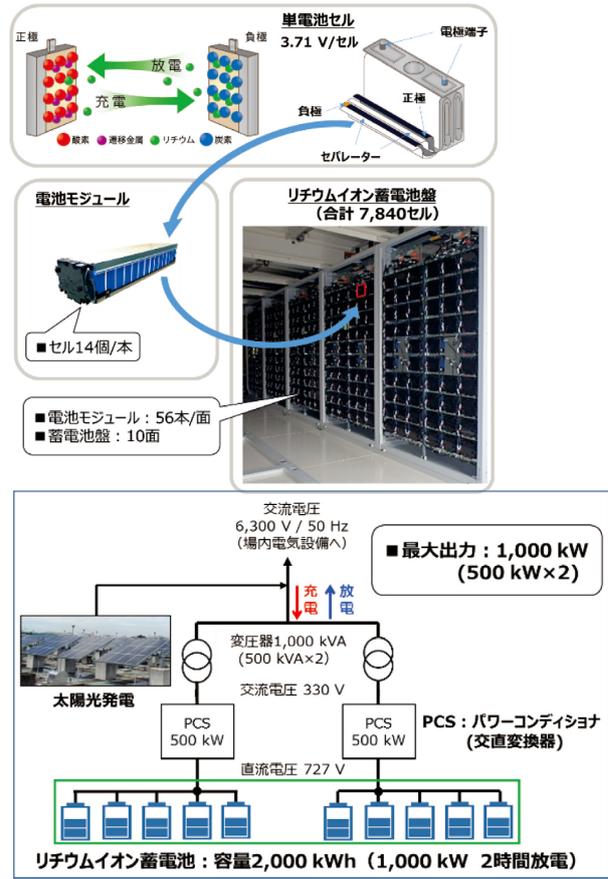


図2 リチウムイオン電池設備の構成

このバンクを並列接続で4つ格納した盤が10面あり、これら合計7,840個のセルによって構成されている(図2)。蓄電池設備は蓄電池本体の他に、パワーコンディショナ(交直変換器)、変圧器から構成される。当センター内の交流6,700V特別高圧電気設備に接続して充放電し、変圧と交直変換を経て蓄電池電圧は直流727Vとなる。蓄電池の能力は充電容量が2,000kWh、最大出力が1,000kWであり、満充電状態において最大出力で放電できる時間は最大2時間となる。当センターのリチウムイオン電池設備は太陽光発電設備からの充電も可能な仕様となっている。

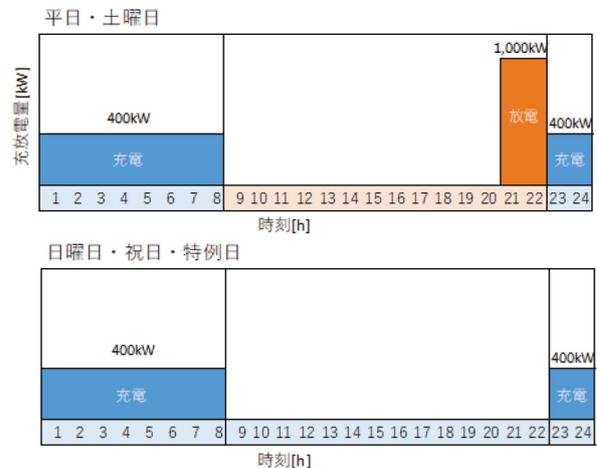


図3 基本運用スケジュール

22 時の昼間料金時間帯の最後に放電し、22 時から翌 8 時の夜間料金時間帯に充電することとした。

### 3. 調査方法

調査期間は令和 5 年度の 1 年間（令和 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日）とし、計算に使用する各電気料金単価（使用電力量 1kWh 当たりの単価）は電力会社の請求票の値を使用した。

使用した電気料金単価は表 1 のとおりである。平日の 0 時～8 時と 22 時～24 時及び休祝日の全日を対象とする夜間料金単価は、18.61 円で年間を通して一定である。夏季のピーク時間（13 時～16 時）を除く平日の 8 時～22 時を対象とする昼間料金単価は夏季が 23.08 円で、その他季は 21.93 円である。ピーク時間料金単価は今回蓄電池の充放電時間に該当しないため使用しない。燃料費等調整単価は過去 3 か月の燃料価格によって毎月決定され、電力使用量 1kWh 単位で増額または減額される。蓄電池の充電量、放電量及び盤内空調などの補機電力量の 1 時間ごとの電力量[kWh]は、時間積算データを使用した。

表 1 内の昼夜料金単価比は、昼間料金単価と夜間料金単価の両方に燃料費等調整単価を加え、夜間料金単価側を昼間料金単価側で割った数値と定義する。

表 1 電気料金単価一覧

時間帯別使用量 1kWh あたり単価

料金単価 [円/kWh]	昼間	ピーク (13~16時)	夜間
夏季	23.08	23.68	18.61
その他季	21.93	-	18.61

月別燃料費等調整単価

	燃料費等調整単価 [円/kWh]	昼夜料金単価比 [-]
23/04	4.26	0.87
23/05	2.38	0.86
23/06	0.09	0.85
23/07	-1.68	0.79
23/08	-2.89	0.78
23/09	-3.25	0.77
23/10	-3.4	0.82
23/11	-3.07	0.82
23/12	-3.17	0.82
24/01	-2.83	0.83
24/02	-2.79	0.83
24/03	-2.83	0.83

### 3.1 評価内容及び計算方法

#### 3.1.1 電池効率[%]

電池効率は全体の放電量を全体の充電量で割って求める。蓄電池は充放電時のエネルギー損失などにより、放電量は充電量よりも少なくなり両者が一致することはない。この値が 100%に近いほど損失が少ないため電池効率が良く、逆に 100%を大きく下回ると損失が多く電池効率は悪くなる。そのため、昼夜の料金単価の違いを利用し電気料金削減をする運用において、電池効率は重要な数値となる。

電池効率は月ごとに計算し、開始時と終了時の電池残量が一致するように、月の開始時刻を充電が完了する各月 1 日の午前 8 時と設定した。電池効率は、季節や短期間での充放電の繰り返しによる影響を確認するため、月ごとに計算した。

#### 3.1.2 電気料金削減額[円]

今回の運用では、料金単価の高い昼間時間に蓄電池から放電し、料金単価の安い夜間に充電することで電気料金を削減した。そのため計算式は式 1 のとおりである。電気料金削減額については月ごとに計算した。式 1 から、燃料費等調整単価が増加すると、単価の増加分と充放電によるエネルギー損失との積だけ削減額は減少し、運用の採算性が悪くなるのが分かる。

式 1：電気料金削減額[円]

$$= \text{放電量} \times (\text{昼単価} + \text{燃単価}) - \text{充電量} \times (\text{夜単価} + \text{燃単価})$$

昼単価：昼間料金単価[円/kWh]、燃単価：燃料費等調整単価[円/kWh]、

夜単価：夜間料金単価[円/kWh]

## 4 結果及び分析

### 4.1 補機電力量

まずリチウムイオン電池の補機電力量について得られた結果を以下に示す。

年間の補機電力量は 12,750kWh（1日当たり 35kWh）で、令和 5 年度の当センターにおける年間受電量の約 0.02%に相当する。リチウムイオン電池の運用における年間充電量と比較すると 2.4%と、運用に与える影響は小さい。

月別補機電力量は図 4 のとおりとなった。グラフから夏季の使用量がほかの時期に比べて多いことが分かる。これは盤内温度を約 20℃に維持するために空調の使用電力量が増えたものと考えられる。

屋外（NaS 電池）、屋内（リチウムイオン電池）と設置条件が異なるが、参考までに、当センターで運用している NaS 電池の年間補機電力量は約 140 万 kWh であり、リチウムイオン電池の 109 倍の電力を使用している。同等の蓄電池出力（表 2）に換算して比較しても 32 倍となるため、NaS 電池では保温用ヒーターなどの補機に必要な電力が大きいことが分かる。

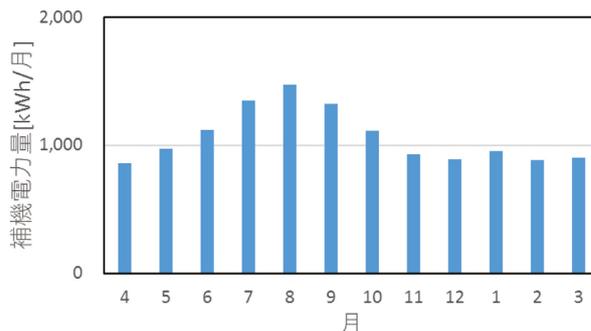


図 4 月別補器電力量

表 2 葛西水再生センター蓄電池設備概要

	容量 [kWh]	最大出力 [kW]	設置年度
NaS電池 1号	9,600	1,600	令和4年
4号	12,960	1,800	平成27年
NaS電池 計	22,560	3,400	
リチウムイオン電池	2,000	1,000	令和4年

### 4.2 電池効率

次に蓄電池の電池効率について図 5 に示す。

リチウムイオン電池の年間効率は 88.1%で、月間での効率の最大月は 4 月の 88.6%、最小月は 5 月の 87.3%と季節差はなく年間を通してほぼ一定である。この結果から、蓄電池の充放電の繰り返しによる電池効率の推移は 1 年間という短期間では確認できない。

参考までに、NaS 電池の電池効率は、一定のデータ量を集めるために 5 日以上

運用した月のみを抜粋したところ 77.8%となり、リチウムイオン電池の方が約 10%程度高効率という結果が得られた。このことからリチウムイオン電池の運用に伴う使用電力量は、NaS 電池よりも少ないと言える。なお、NaS 電池の電池効率においても季節差は

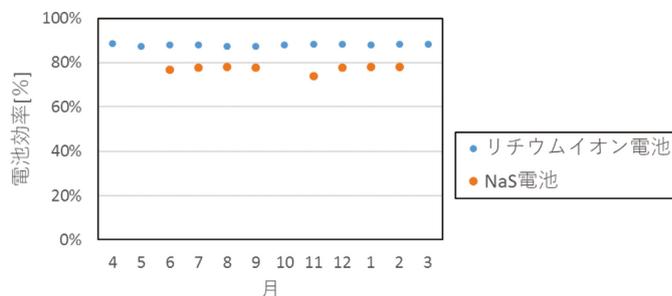


図 5 月別蓄電池効率

ほぼなく、運用日数の多い月に関しては安定した効率を示している。

### 4.3 運用による電気料金削減

蓄電池運用に伴う月別電気料金削減額の結果について図 6 に示す。

リチウムイオン電池の運用によって年間約 61 万円の電気料金を削減できた。月別の削減額を比較すると 8 月が約 94,000 円と最も高く、5 月の削減額が約 9,000 円と最も低い。グラフの結果から、夏季の昼間料金単価が適用される 7~9 月の削減額が大きく、燃料費等調整単価が増額となった 4~6 月の削減額が小さいことが読み取れる。

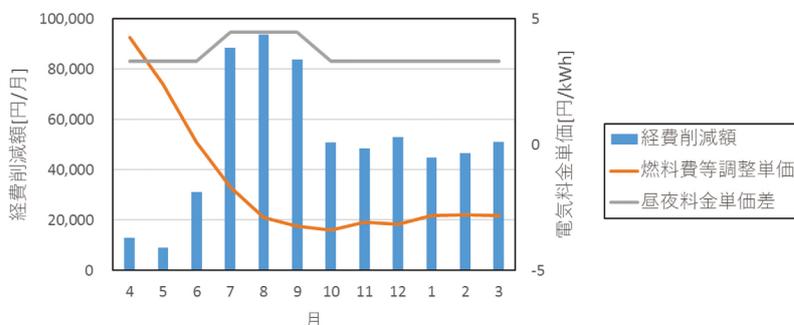


図 6 月別電気料金削減額

よって、これら 2 つの料金単価の変化の影響が大きいことが分かる。燃料費等調整単価の最も高い 4 月よりも 5 月の削減額が低くなったのは蓄電池効率の計算結果のわずかな差異などによるものと考えられる。

蓄電池運用における電気料金削減額の主要因を調べるために回帰分析を行った(図 7)。

グラフの横軸を表 1 にも示した昼夜料金単価比として縦軸の電気料金削減額の変化を調べたところ、図内に示した線形式と決定係数  $R^2$  が得られた。(決定係数  $R^2$  はデータと線形式との当てはまりのよさの程度を表す指標で、この値が 1 に近いほど当てはまりが良く、0 に近いほど当てはまりが悪いことを示す。)得られた  $R^2$  の値が 0.96 と 1 に近いことから、データと線形式の当てはまりが良く、横軸の昼夜料金単価の比と縦軸の電気料金削減額の間には線形式のような相関関係があると分かる。よって、電気料金削減額を決定している主要因は昼夜料金単価比だと言える。

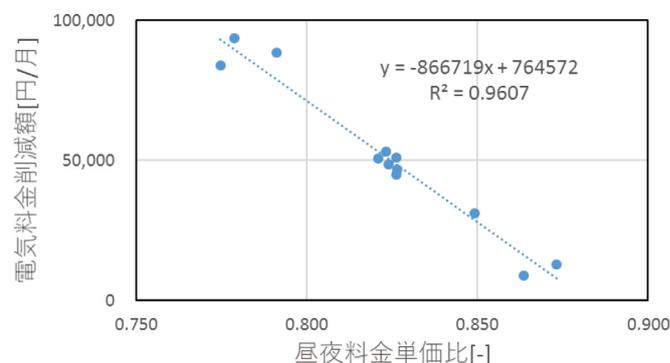


図 7 回帰分析結果

線形式が高い相関が得られた理由の一つに、安定した蓄電池の運用により効率が年間を通してほぼ一定となり、電気料金削減額への影響が小さくなったことがあると考えられる。

なお、その他の影響要因としては、電池効率の計算結果のわずかな差異のほかに月間の運用日数による差などが影響していると考えられる。

また、線形式から得られた損益分岐点は昼夜料金単価比 0.882 となり、これは電池効率 88.1% とほぼ一致する。これは、式 1 の左辺に 0 を代入した場合においても、同様の結果を得ることができる。燃料費等調整単価の損益分岐点は夏季の場合は 14.17 円/kWh となり、その他季では 5.74 円/kWh となった。

## 5 まとめ

当センターで昼夜電力料金の違いを利用したリチウムイオン電池設備の運用した結果、DR 契約に伴う減額を除いても年間約 61 万円の電気料金削減効果があることが分かった。この削減額は昼夜料金単価比によって変動し、燃料費の変動や電気料金単価そのものの増減の影響を受けるため、採算性が悪くなることが予想される月には運用を変えるなどの対応が必要になる。

また、リチウムイオン電池設備の電池効率は 88.1%と高効率で、補機電力量は 1 日辺り 35kWh と小さいことが確認できた。この結果からリチウムイオン電池は少ない電力使用量で運用することができ、電気料金削減効果が高いことが確認できた。ただし、NaS 電池と比較した場合、リチウムイオン電池は一般的に単位体積と関係するエネルギー密度が不利であること、長期運用性に係る kWh 単価が高く設置に多くの面積を必要とするなどから、現場の状況に応じた総合的・長期的な視点からの評価が必要である。

## 6 おわりに

今後の展望として、充放電の繰り返しによる電池の劣化などの長期的な評価を継続して行い、燃料費の変動などによる影響を踏まえて他の活用方法を考えている。本来の目的である電力需給ひっ迫対策への活用のほかにも、契約電力の削減としても運用できるため、可能な限り有効活用をしていきたい。

### ・参考文献

(1)リチウムイオン電池用 PCS 明電時報 2012 No.3 Vol.336

[https://www.meidensha.co.jp/rd/rd\\_01/rd\\_01\\_02/rd\\_01\\_02\\_14/rd\\_01\\_02\\_14\\_01/pdf/article-201203-0017.pdf](https://www.meidensha.co.jp/rd/rd_01/rd_01_02/rd_01_02_14/rd_01_02_14_01/pdf/article-201203-0017.pdf)