

期待される蓄電技術

－再生可能エネルギー発電電力の安定供給のために－

技術士（電気電子／総合技術監理）
鹿島建設株式会社 黒田 憲二

1. 一次電池と二次電池

電池には一次電池と二次電池がある（図1）。

一次電池は使用時に放電して電気を供給するものであるが、一旦放電し終わった後は充電をしての再利用ができない不可逆反応である。代表的な一次電池は、マンガン電池、アルカリ電池、リチウム乾電池等があり、安価で安定的に電気を供給するものとして、多くの家電等で利用されている。リチウム乾電池は二次電池のリチウムイオン電池と異なり、電池の負極に金属リチウム（元素記号Li）を使った乾電池（一次電池）である。（リチウムとはアルカリ金属元素の一種で、レアメタルの一種でもある）

リチウム乾電池はあくまで乾電池であり、電解液を個体にしみこませて使う一次電池であり、リチウムイオン電池のように液体の電解液中をリチウムイオンが双方向に移動して充電と放電を行う二次電池とは違っている。

一次電池は放電し終わると使えなく、廃棄することになる、言わば使い捨て方式である。もった

いがないような気もするが、小型電気機器によく使われ、安価であるというメリットがある。

二次電池は、使用時に放電しても、充電が可能な可逆反応を行える電池である。充電して再度使用できる電池であり、蓄電池としても利用される。代表的な二次電池は、ニッケルカドミウム電池、NAS電池、レドックスフロー電池、鉛蓄電池、リチウムイオン電池等がある。家電のみならず、OA機器、スマートフォン、自動車にも利用され、大型のものは電力系統にも利用されている（図2）。

電力系統と接続し、電力の安定供給を目指すものは、二次電池である。

二次電池は、放電した後、商用電源にて充電ができ、再使用ができる。繰り返し再使用ができるので、未来永劫使えると思いがちであるが、二次電池にも寿命があり、充放電を繰り返すうち、充放電可能な容量が少なくなり、使い勝手も悪くなり、いつかは廃棄処分となる。

電池の廃棄であるが、最近はリサイクルが推奨されており、リサイクルされる電池もあるが、不

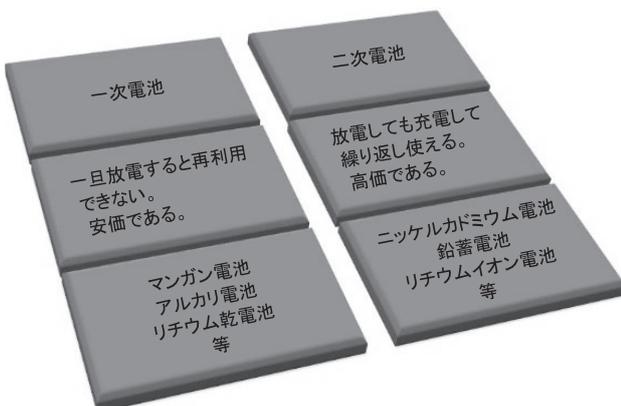


図1 一次電池と二次電池



図2 スマートフォン用リチウムイオン電池



図3 スマートフォン用リチウムイオン電池裏面の取扱い表示

燃ごみとして安全に処分される電池もある。

レアメタルであるリチウムを使用しているものもあり、電池は回収、リサイクルが推奨されている。

また、リチウムイオン電池は、危険物第四類第二石油類（灯油と同じくらいの引火点、発火点）であり、ごみ等での回収時に発火の危険性も報告されており、危険性の面からも回収・リサイクルが推奨されている（図3）。

2. 再生可能エネルギー発電所

近年、環境保護、二酸化炭素排出量削減の面から、化石燃料を使わないで発電する再生可能エネルギー発電所が建設されるようになってきた。風、太陽、地熱、水力、バイオマス等を電気エネルギーに変えるものである。

風力発電所であるが、自然に発生している風を利用して発電する。大きなブレードを持つプロペラ型が多く、発電機は誘導発電機を使用している。通常用いる同期発電機は回転数で周波数が決定するので風力には不向きである。誘導発電機は発電周波数が回転数に依存しないので適している。

太陽光発電所は、一般的には太陽電池のパネルを用い、そこで発生する直流電力をパワーコンディショナーにより交流電力に変換し、供給する発電所である。太陽光発電所はパワーエレクトロニクスの進化の結果、現在のような大電力パワーコンディショナーが開発され、実現した（図4）。



図4 太陽光発電

地熱発電は、地熱により加熱された熱水から蒸気の部分を取り出し、蒸気タービン発電機により発電するものである。

水力発電は、ダムで蓄えた水の落差を利用し、水で水車を回転させ発電するものであるが、ここでいう水力発電は巨大なダムで発電するものではなく、一般的には川の流水などにより発電する小水力発電所を言う。

バイオマス発電は種類が多いので何とも言えないが、一つ例を挙げると、生ごみから発生する発酵メタンガスをボイラーで燃焼させ、その蒸気で蒸気タービン発電機を回転させ発電する火力発電所がある。ボイラーで燃やすのはメタンガスの部分であり、発酵過程で汚水や残さが発生するので、その処理が必要になる。なお、汚水処理時には汚泥が発生するので、その処理も必要である。

地熱、火力発電では蒸気タービンを用いるので一定の回転数を保持できるので、同期発電機による発電が可能となる。

ここまでで再生可能エネルギー発電所を簡単に述べた。

3. 電力蓄電技術

再生可能エネルギー発電所は自然のエネルギーを利用するものが多い。

自然エネルギーというと、今まで快晴で太陽光が供給されていた状況から、急に曇りになり太陽光が急減する場合もある。

風に至っても、今まで吹いていた風が急に止んだりしてエネルギーの急減がある。それらのエネルギーの急変は発電電力の急変に繋がり、電力系

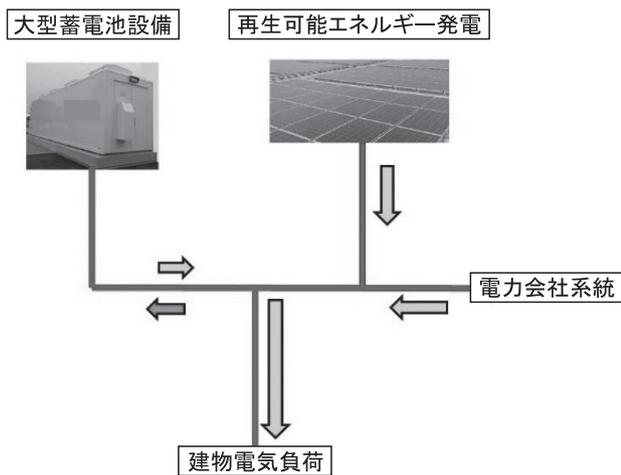


図5 大型蓄電池設備を用いた再生可能エネルギー発電の考え方

統へ大きな影響を与える。そこで、自然エネルギーの急変を和らげるため、再生可能エネルギー発電所には電力系蓄電設備が併設されることがある。大型蓄電池設備がそれである（図5）。

大型蓄電設備の代表的なものは、レドックスフロー電池、NAS電池、電力用リチウムイオン電池等がある。

レドックスフロー電池はバナジウムイオン等の酸化還元反応を利用し、充放電を行う電力用蓄電池であり、既に実用化されている。

NAS電池は負極にナトリウム、正極に硫黄を使い、化学反応により充放電を繰り返すものであり、これも既に実用化されている。

近年、電力用大型リチウムイオン電池による蓄電設備が多く用いられるようになってきた。

4. 大型リチウムイオン電池

リチウムイオン電池はリチウムイオンが電解液を介して移動することにより充放電を行う蓄電池（二次電池）である。

古くから使われている鉛蓄電池は電極に二酸化鉛と鉛、電解液に希硫酸を使い、希硫酸中を硫酸イオンが双方向に移動し、充放電を行う蓄電池（二次電池）である。

原理的には鉛蓄電池と同じであるが、リチウムイオン電池自体は充放電時のエネルギー密度が高

く、コンパクト化が図れ、近年、家電、パソコン等に広く使用されている。機器の大きさを小さくでき、電池の放電時間も長いので、社会の主流となっている。

そして、機器のコンパクト化を実現させたリチウムイオン電池であるが、電解液は消防法上の危険物第四類第二石油類に該当し、言わば灯油に似た引火点・発火点を持つという危険物としての性状を有するため、取り扱いを間違えると危険な一面もある。

そこで、リチウムイオン電池は、振動試験、釘差し試験、圧壊試験、落下試験、外部短絡試験等、「電気用品安全法第8条第1項に基づく電気用品の技術上の基準を定める省令」に基づいた試験で製品の安全性を確認している。

リチウムイオン電池は最近、そのコンパクト性から電力装置（蓄電設備）としても広く使われるようになった。

特に再生可能エネルギー発電所では自然のエネルギーの急峻な変化による発電量の急変を緩和するため、電力用リチウムイオン電池が併設されている。

電力用リチウムイオン電池は盤サイズのものもあるが、コンテナサイズの大型のものもある。

大型電力用リチウムイオン電池設備であるが、40フィートコンテナ（40フィート≒12.2m）もしくは20フィートコンテナ（20フィート≒6.1m）にリチウムイオン電池、パワーコンディショナー、照明、空調機（リチウムイオン電池が充放電時に発熱するので冷却するための空調機）、消火装置を一体に収納したものが使われる。

おおよそではあるが、20フィートコンテナで250kW、250kWh、40フィートコンテナで500kW、500kWh（2017年時点）であった（図6）。

電力用リチウムイオン電池はマイクログリッド形成の面で社会的貢献度が高い点からも消防法では緩和の告示があり、設置について配慮されている。

「消防危第303号リチウムイオン蓄電池の貯蔵及び取扱いに係る運用について」では、「電気用品安

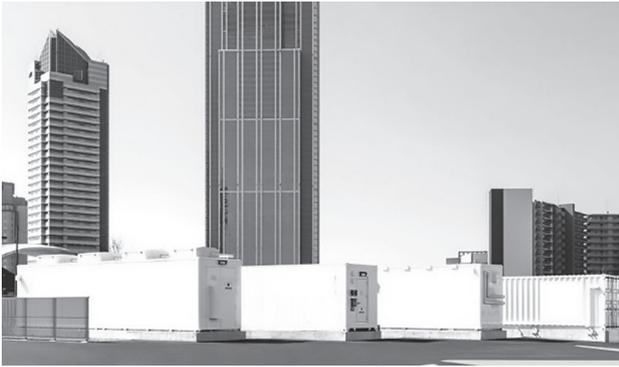


図6 電力用リチウムイオン電池（コンテナに収納されている）

全法第8条第1項に基づく電気用品の技術上の基準を定める省令」に基づいた試験をクリアしたリチウムイオン電池、指定数量1未満のものを厚さ1.6mm以上の鉄板で覆われた箱（コンテナが多い）に入れることにより、コンテナ毎に少量危険物とすることにより、各コンテナの電解液の指定数量の合算が不要となって、コンテナ群を少量危険物として扱える。このように告示による緩和があり、リチウムイオン電池が普及しやすいように法的配慮もされている。

大型電力用リチウムイオン電池について説明する。

まず、セルというリチウムイオン電池の最小単位が存在する。そのセルを束ねた塊をモジュールといい、複数のモジュールを盤内（おおよそ、幅700～1,400mm、高さ2,100mm）に収納して電池盤を形成する。小容量の電力用リチウムイオン電池では電池盤の状態で設置される場合もある。その電池盤をコンテナ内に複数収納してコンテナ型リチウムイオン電池を形成する。

大型リチウムイオン電池の制御に関しては、コンテナ単位のPLC (Programable Logic Controller) からPCSC (Power Conditioning Subsystem Controller) に指令が行き、パワーコンディショナーを制御して出力kWを制御する。また、PLCよりBMU (Battery Management Unit) に指令が行き、BMUからCMU (Cell Management Unit) に指令が行き、電池の充放電電流をセル単位で制御する。

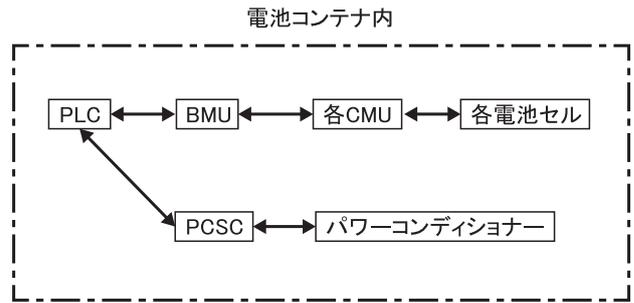


図7 電力用リチウムイオン蓄電池のコンテナ内での信号の流れ

電力用リチウムイオン電池はこのように、出力、入力を細目に制御できるようになっている（図7）。

5. 系統連系

再生可能エネルギー発電所、電力用リチウムイオン電池は電力を安定供給するために、電力系統に系統連系（電力会社の電力線に接続）して運転される。

再生可能エネルギー発電所の出力が大きいときはそのまま電力を供給し、天候等の急変により再生可能エネルギー発電所の発電電力が低下した場合は電力会社系統から自動的に電力を供給する。電力用リチウムイオン電池は再生可能エネルギー発電所の出力の急変を埋めて緩和するものである。

このような再生可能エネルギー発電所の出力の急変の場合は、電力会社系統という大きな発電所の組み合わせで安定供給できるが、電力会社系統も稀に大きな電力供給変動がある。再生可能エネルギー発電所は最悪の場合、解列で（接続を切つて）機器を保護するが、接続したままの安定性確保、いわゆるFRT要件（Fault Ride Through要件）という運転継続性を満たすことがパワーコンディショナー等に求められる。

6. 電力貯蔵システムの将来性

二酸化炭素排出抑制、環境保護、大震災時の大型発電所の停止時の代替え等の面からも、再生可能エネルギー発電所は今後も世界中で需要が増大すると予想される。

再生可能エネルギー発電所の建設に欠かせない

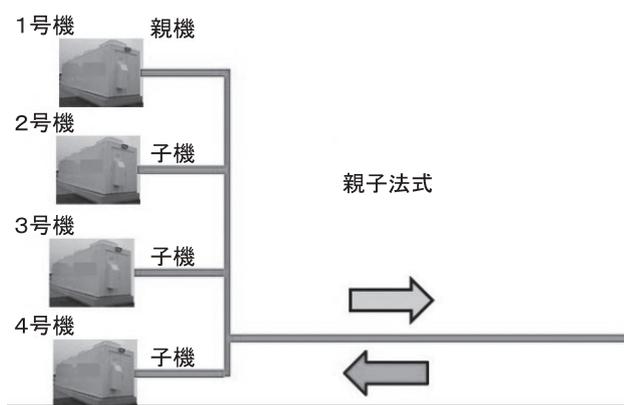


図8 電力用リチウムイオン電池の異メーカー連系

のが電力貯蔵システム（電力用蓄電池設備）である。電力用リチウムイオン電池は世界的な再生可能エネルギー発電所建設需要に伴い輸出が期待できるものかもしれない。

話は逸れるが、筆者は電力用リチウムイオン電池4基をすべて異なるメーカーにて系統連系したシステムを設計したことがある。

電力用リチウムイオン電池は多くのメーカーが独自のスペックで製造しており、運転プログラム、制御の内容は各メーカー社外秘にしている。つまり、メーカーが違くと系統連系は不可能という話に終わってしまう。

そこで、考えた手法は、1基を親機と定め、親機の動きからその他の3基の子機に指令を出して各子機各々独自運転させ、系統連系する。言わば「親子方式」という方法で異メーカー製の4台のリチウムイオン電池を系統連系させることができた

(図8)。

通常このように異メーカー製の電力用リチウムイオン電池を系統連系させることは無い。一般的には同一メーカー製の同時期製造の電力用リチウムイオン電池を系統連系させる。

ここで述べたいのは、電力貯蔵システムは未来永劫というわけではなく、毎日充放電を繰り返すので、寿命というものがあり、いつかは交換、入れ替えが必要になる。

完成時に同一メーカー製の複数の電力用リチウムイオン電池であっても、寿命が尽きて取り換えるのは1台毎である。

交換対象の電力用リチウムイオン電池と同じメーカー製の新品の電力用リチウムイオン電池に交換しようとしても、5年もたつとOSも変わっており、異メーカーの電力用リチウムイオン電池と入れ替えるのと同じ状況になる。通常の考え方では1台故障すると他の故障していない電力用リチウムイオン電池も交換する必要がある。すべての電力用リチウムイオン電池を交換するというのではコストがかかりすぎる。

この「親子方式」を用いると、壊れた電力用リチウムイオン電池のみを交換することが可能になる。

この「親子方式」による電力用リチウムイオン電池の異メーカー連系という手法が、今後のマイクログリッド形成の発展に役立てばと思う次第である。

〈参考文献〉

- 1) 黒田憲二：「NITE大阪事業所の大型蓄電池試験設備」、『電気設備学会誌2018年7月号』P.57 - P.59、(一社)電気設備学会発行
- 2) 黒田憲二：「大型蓄電池の異メーカー系統連系システム」、『第25回西日本技術士研究・業績発表年次大会(京都)論文集』