

自然エネルギーで脱原発はできるか？（Ⅲ）

～（２）自然エネルギー普及の条件、蓄電池！～

技術士（衛生工学・建設・環境）・第一種放射線取扱主任者等
環境計画センター 専任理事 鍵谷 司

はじめに

2011（平成23）年3月の東日本大震災により発生した巨大津波により福島第一原発が電源を喪失し、核燃料がメルトダウンし、原子炉建屋の水素爆発により放射能が広範囲に飛散した。原発の「安全神話」が一夜にして消滅し、ただちに安全でクリーンなエネルギー源である太陽光や風力等の自然エネルギー発電へと方針を転換し、FIT（再生可能エネルギー固定価格買取制度）が始まり、急速に普及してきた。一方、地球温暖化による異常気象により世界中で大災害が頻発し、その危機感から温室効果ガスの削減が強く求められており、二酸化炭素排出削減が喫緊の課題となっている。

その切り札が、現在、電力供給の十数%を占める「再生可能エネルギー」（以下、再エネ）である。二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーであり、自国で永久に確保できる理想的なエネルギーである。しかしながら、自然エネルギー発電は変動が激しく、電力の安定供給を著しく困難にするので、普及の足かせとなってきた。その解決策の一つとして、電気を貯める「蓄電池」が改めて脚光を浴びている。

【注目される蓄電池の役割】

我が国は2018年、「第五次エネルギー基本計画」において発電量を二酸化炭素排出量の多い化石燃料から再エネへと転換する「再エネの主電源化」を目標とした。2020年10月の菅内閣総理大臣の所信表明演説でも「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする。すなわち、2050年までにカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を

目指す」と宣言された。

ところで、2018（平成30）年9月に発生した北海道胆振東部地震（震度7）により全道で停電、いわゆるブラックアウトが起こった。北海道に電力を送る北本連系線（60万kW）が機能せず、原発は停止中、さらに太陽光発電や風力発電も送電ができず、1週間にわたって大停電が発生したのである。これを機会に、広域的に電力を融通し合う連系線の増強や蓄電池によるバックアップの確立ならびに災害時に関する対応等の電力安定供給システムの重要性が再認識された。

このように原発事故を契機に脱原発を目指し、クリーンエネルギーである自然エネルギー発電へと急激に取り組みが進んでいる。しかし、自然エネルギーに大きく依存することは自然災害の多い我が国では大きなリスクを伴う。巨大地震や巨大台風により設備被害や送電網被害が広範囲に及ぶ可能性が高い。電力の安定供給には、バックアップシステムの構築が不可欠であり、互いに電力を受供給できる広域的な送電網の増強並びに蓄電池による安定電源化などが有力な方策としてクロージアップされている。

以下に蓄電池の利用性についてそのポイントを簡単に紹介する。なお、併せて下記に寄稿文を参考にさせていただきたい。

黒田憲二；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～、環境施設、No.163、pp.55～59（2021.3）

【自然エネルギー発電で利用される蓄電池】^{1) ～7)}

自然エネルギー発電は、発電量の変動は激しい

が、余剰電力が生じた場合は蓄電し、不足した場合は給電できる蓄電池の活用は、安定した電力供給システムを確立する上で大きな力となる。

これまでに、大容量の蓄電ができる安価な蓄電池の開発が行われ、現状ではほぼ4種類の蓄電池（①鉛蓄電池、②リチウムイオン電池、③ニッケル水素電池、④NAS（ナトリウム・硫黄）電池）が実用に供されている。ここでは実績の多い①と②について取り上げ、表1にその特徴を比較して示した。

①鉛蓄電池

〈原理〉電解液の希硫酸の中に正極（陽極）に二酸化鉛、負極（陰極）には海綿状の鉛が入っている。電解液中の硫酸イオンが正極・負極の双方に移動すると放電し、双方から硫酸イオンが電解液中に移動することで充電される。

〈鉛金属の性質〉通常の金属よりも柔らかく、重く（比重：11.3）、融点（327℃）の低い重金属である。加工が容易、硫化物として広く分布するので安価、リサイクルが容易で鉛金属として回収できる。空気中では酸化皮膜が形成されるため、腐食が内部まで進みにくい。なお、毒性が強いので、注意を要する。

〈鉛蓄電池の特徴〉

○長所；短時間で大電流を、あるいは小電流を長時間流しても性能が安定で、メモリー効果がない。また、電極の鉛資源は豊富で、安価、かつリサイクルが容易で回収して利用できる。

○短所；大型で重く、過放電状態では性能が大きく低下する。また、電解液に硫酸を使用するため破損時には危険性が高く、極寒地では電解液が凍結して破裂する危険がある。

②リチウムイオン電池³⁾

〈原理〉正極にコバルト酸リチウム等のリチウム含有金属酸化物を、負極に炭素材料、電解液に有機電解液を用いた二次電池で、リチウムイオンが電解液を介して正極～負極間を移動することで充放電が行われる。なお、危険な金属リチウムは使われていない。

〈リチウム金属の性質〉アルカリ金属で、軽く（密度0.53）、柔らかく、ナイフで切れる。水分と反応して水素を発生し、加熱すると赤い炎（炎色反応）を出して良く燃える。なお、リチウム金属を使うリチウム電池は、充電のできない一次電池である。

〈リチウムイオン電池の特徴〉

○長所；エネルギー密度が高いため、小型化や軽量化ができ、充放電エネルギー効率が非常に高

表1 鉛蓄電池とリチウムイオン電池の比較^{1) 2) 5)}

	鉛蓄電池	リチウムイオン電池
概 要	自動車バッテリーとして広く普及。産業用機器などのバックアップ用電源としても使用されている	エネルギー密度が高いため小型軽量、長寿命である。ノートパソコンや電気自動車の蓄電池など、さまざまな用途に使われている
蓄電能力	重い割には蓄電量が小さい	小さいながら蓄電量が多い
放電能力	放電能力がやや低く、消費電力が高い機器には不適	放電能力が高く、消費電力が高い機器に使用可
大きさ・重さ	大きい・重い	小さい・軽い
寿 命※ (サイクル数)	充放電回数は3,000サイクル程度	充放電回数は3,000～12,000サイクル程度
安全性	通常、使用時でも水素ガスが発生するので屋内密閉環境では要注意。電解液が希硫酸であり、安全性に注意	通常、ガス発生はなく屋内で使用可。リン酸鉄型は安全性が高いが、電解液は可燃性であり要注意
価 格※	安い	高い

※寿命や価格は、種類、容量、メーカー、使用方法等により大きく変動する。

いにもかかわらず、自己放電が小さい。また、急速充放電が可能であり、低い充電率でも劣化が起こりにくいので、長寿命が期待できる。

○短所；資源に限られ、産出地が偏在し、価格が高い。急速あるいは過度に充電すると発熱、短絡時や破碎時に電解液が発火するなどの事故のおそれがある。2013年にボーイング787でリチウムイオン電池に起因する電気系統のトラブルにより、世界中の飛行機が一時運行を停止した事例がある。なお、リチウム金属のリサイクルはできないが、使用されているコバルトやニッケルなどの貴金属は回収・利用できる⁴⁾。

【付記】

※メモリー効果とは、蓄電残量が残っている状態で充電した場合に、継ぎ足し充電を開始した付近で顕著に電圧低下が起こる現象をいう。

※サイクル数とは、充放電が蓄電残量0%→充電100%→放電0%を1サイクルといい、その回数が多いほど蓄電と放電を多く繰り返しできるので、寿命が長いことを意味する。

【需要と給電における蓄電池の利用性】

電力供給は、需要の変動に対応して実施されるが、時々刻々と変動する需要や予期せぬ電源の故障にも対応できるように需要よりも多く供給することにより、停電等のトラブルが避けられている。このことは、需要の変動が小さいほど過剰な供給を避けることができる。つまり、発電設備を効率的に活用できることを意味する。また、蓄電池は、需要低下や自然エネルギー発電量が過剰になって余剰電力が生じた場合には、この分を蓄電し、需要が多くなり不足分が生じた場合には即給電できる。このように需要と給電の変動を小さくできるので、発電設備を効率的に運用することができる。

従来、この役割を揚水発電所が担ってきた。つまり、余剰電力が生じた場合には、下部貯水池から揚水（電力消費）して上部貯水池に汲み上げておき、電力が不足した場合に、発電して送電する（給電）。つまり、需要の平滑化と不足時の発電・

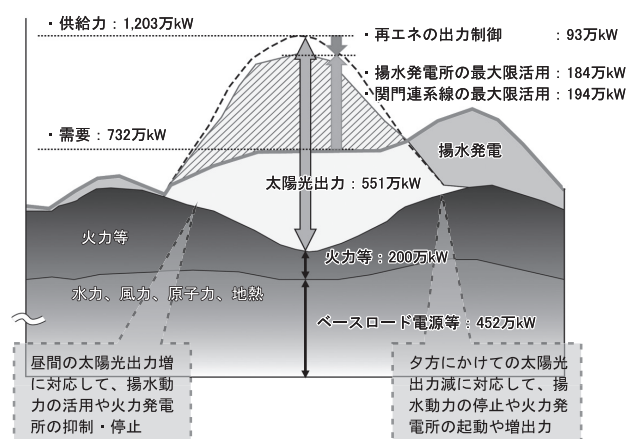


図1 揚水発電の活用事例（九州電力、2018年10月21日）²⁾

送電により電力の安定供給を図っている（図1）。しかしながら、新たに大規模な揚水発電所を整備することは、適地も少なく、建設には膨大な費用と長年月を要するので容易ではない。

今後、電力供給体制が、現在の「火力主電源」から「再エネ主電源化」に移行するためには、蓄電技術が大きな役割を果たすものと期待される。蓄電池は、需要の平滑化を図るとともに、速やかな給電が行える優れた機能があり、いわば、従来の揚水発電所が果たしてきた役割を、いつでも、どこでも、比較的手軽に安価に代替できる特徴を有する。

【蓄電池による電力の需給調整とは！】

電力会社は常に変動する電力需要に対応するため発電量を調整する必要がある。従来、短時間で起動・停止が容易で、かつ需要に対する追従性も高い揚水発電所が、調整用発電所としても利用されてきた。しかし、今後、再エネ発電の普及・拡大に伴う調整を揚水発電に大きく依存することはほぼ無理であろう。また、広域的な電力融通網の増強による対応も必須であるが、多くの課題があり、短期間での対応することは難しい。

一方、我が国では、電力需給のピークとオフピークの差が大きいことから蓄電池の活用が適しており、様々な場面で普及が試行されている。再エネの長所を生かし、欠点を補うことができる蓄電池

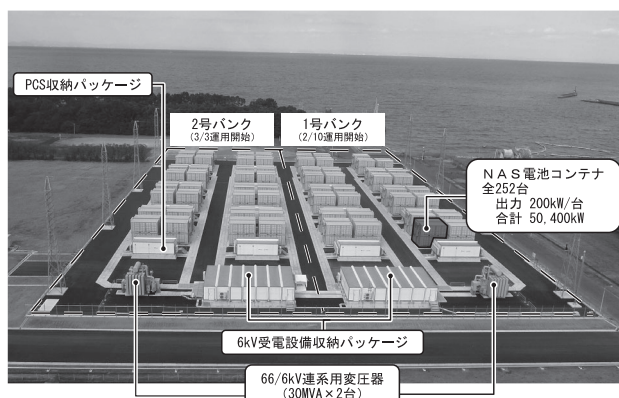


写真1 九州電力豊前蓄電池変電所の全景⁵⁾

は、次のような活用シーンが想定されている。とくに、再エネ拡大における主たる課題は、既存電源よりも高い「発電コスト」、既存電力系統に接続できない「系統制約」、気象条件により需給の一致が難しい「需給調整」が挙げられる^{1) 2)}。

①再エネ発電における蓄電池の導入

※一般的に自然エネルギーによる発電は、「コストが高い」、適地には電力系統が整備されておらず、電力系統の容量不足を招くため「系統制約」と気象条件による出力変動が激しいので電力の需給を一致させる「受給調整」が難しい。

※蓄電池の利用機能は、系統側（発電所・変電所）では、出力変動抑制、余剰電力対応、周波変動調整や出力調整があり、需要側では、ピークシフト、瞬時変動対策、非常電源等として活用できる。

※平成28年、九州電力では、豊前蓄電池変電所を操業させた。NAS電池コンテナ252台で、容量30万kWh、出力5万kWの世界最大の蓄電システムが稼働した（写真1）。

②送配電ネットワーク（電力系統）における大型蓄電池の導入

※電力系統の安定化に寄与する定置型蓄電池が拡大している。とくに、発電所・変電所、再エネ電源併設の導入が普及している。

※電力の需給調整では、余剰電力、見かけの需要（需要家の自家発電量や蓄電量の残存需要）、周波数調整能力への対応が課題である。

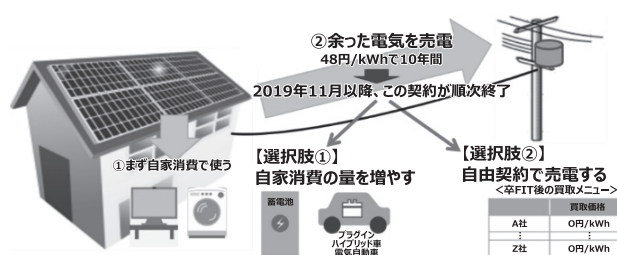


図2 FIT後の家庭用太陽光発電設備の有効利用事例⁶⁾

※2019年11月に発送電分離などの電力市場改革があり、系統サイドでの対応から需要サイドや発電サイドに移行しつつあり、対応方法の選択肢が増えている。

③家庭（住宅用太陽光）における再エネと蓄電池

※2019年11月以降順次、FIT買取期間は終了しているが、発電した電力は、自家消費と余剰電力が発生する。買取価格が安価になるので、有効活用の一環として蓄電池の活用あるいは第三者所有モデルによるビジネスが展開されている。

※蓄電池の導入により、余剰電力を蓄電して消費電力の多い昼間に消費することによりピークシフトができること、安価な夜間電気で充電して昼間に使用するなど経済性の向上に寄与できる。また、災害時の対応を考慮した事例もある（図2）。

※家庭用蓄電池の容量4～10kWhで、6社のkWh当たりの価格は、4～40万円であり、企業や蓄電池の種類あるいは寿命などにより大きく変動する²⁾。

④企業における再エネと蓄電池

※企業の再エネ調達には、自家発電、再エネ電力メニュー、再エネ評価書の購入、発電事業者からの直接購入がある。再エネ利用では、送配電網を利用した自己託送、自社敷地を発電事業者提供しこの電力を購入する方法、卒FIT電力を買い取り自社電力に活用、あるいは再エネ電力製品として販売する取り組みなどがある。

※企業における再エネ蓄電や出力平滑化などを目的として蓄電池の導入はまだ実証試験段階

である。むしろ、瞬時電圧低下や停電による影響回避、ピークシフトによる最大電力の抑制を目指して導入される事例もある。

⑤地域における再エネと蓄電池

※「二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明し、取り組む自治体が増えている。温室効果ガス排出量の多い業務部門や家庭部門をターゲットに再エネ需要の拡大を目指している。

※また、自治体出資による地域新電力を設立し、再エネの活用や電力の地産地消による地域活性化の取り組みなどがある。あるいは、太陽光発電、蓄電池、電気自動車など、分散する複数の発電・蓄電設備を一体化してインターネットで制御し、需給バランスの確保と再エネ電力の有効活用を目指した取り組みが注目される。

以上のように、「再エネ主電源化」に向けた取り組みが社会全体として推し進められている。つまり、従来の「大手電力会社が大規模電源で需要地に供給する電力システム」から「発電、需要ともに地域で電力を活用する分散型電力システム」へと移行しつつある。

おわりに

国の方針である「再エネ主電源化」を実現するためには、自然エネルギー発電の最大の欠点である発電量の大きな変動に対して適切に対応するシステムを確立することである。現在は、この役割を揚水発電所および電力を融通し合う広域連系線が担っているが、このままでは再エネ電力の普及・拡大には対処できない。このためには、広域連系線網の増強・拡大整備は必須であるが、電気を貯める蓄電池が電力の供給並びに需要の平滑化に有効であり、再エネ発電所、電力系統、家庭、企業、地域における取り組みを取り上げ、電力の安定供給システムに大きく寄与できることを紹介した。

ここでは、普及が進んでいる蓄電池のうち、鉛蓄電池とリチウムイオン電池を取り上げて、その特徴および蓄電池の利用性について簡略にまとめた。なお、蓄電池の価格については、技術が日進月歩であり、かつ、容量、用途、種類などにより数倍以上も大きく変動するので、ここでは取り上げなかった。

次回は、家庭（住宅用太陽光）における自然エネルギー発電と蓄電池について詳しく紹介したい。

〈引用・参考文献〉

- 1) 資料5 蓄電システムをめぐる現状認識；第1回蓄電システム普及拡大検討会、(株)三菱電機研究所（2020年11月19日）
- 2) ARCレポート「再エネの主力電源化と蓄電池」；(株)旭リサーチセンター研究員 塚原祐介
- 3) リチウムイオン電池の豆知識；<https://michinokutrade.hateblo.jp/entry/2015/12/06/112614>
- 4) リチウムイオン電池からのレアメタルリサイクル（JX金属(株)環境リサイクル事業本部）；一般社団法人 産業環境管理協会資源・リサイクル促進センター
- 5) 別紙；豊前蓄電池変電所全景；九州電力
- 6) 更なる再エネ拡大を実現するためのエネルギー需要革新の推進 ～需給一体型モデルの活用～；2019年7月5日 資源エネルギー庁
- 7) 資料2 「再エネ型経済社会」の創造に向けて ～再エネ主力電源化の早期実現～；令和2年7月22日 資源エネルギー庁