

再生可能エネルギーの利用拡大に向けたエネルギー蓄積技術の動向

常務取締役 EHS&S 研究センター上級研究員 兼 エネルギー技術本部長 山下 隆 司

Keyword : 再生可能エネルギー, エネルギー蓄積, 太陽光発電, 風力発電, 蓄電池, 水素, 熱エネルギー

1. はじめに

東日本大震災における福島第1原子力発電所事故を契機として、従来の原子力発電をベースとした電源構成に対して、再生可能エネルギーの導入を拡大しようという社会的コンセンサスが高まり、固定価格買取制度 (Feed-in Tariff Program: FIT制度) の導入により太陽光発電の導入が急拡大してきた。しかし、再生可能エネルギーの中でも太陽光発電や風力発電は、天候などによってその発電量が大きく変動するため、導入量の拡大による電力系統への影響が懸念される。

特に太陽光発電の導入量拡大により、電力需要が少なく日射条件が良好なエリアを中心に電力系統への影響が心配され、導入量や稼働状況が制限されるようになってきた。それに対して、系統への電力供給量を平準化することで、太陽光発電などのさらなる導入拡大を図るため、エネルギー蓄積技術が注目を集めている。エネルギー蓄積手段としては、電気を化学エネルギーとして蓄積する蓄電池以外に、電気エネルギーのまま蓄積したり、力学的エネルギーや熱エネルギーなどにして蓄積するなどいろいろな方法がある。

本稿では、各種エネルギー蓄積技術の特徴や開発・実施事例について述べ、さらなる再生可能エネルギー導入拡大に向けた、各種エネルギー蓄積技術の今後の展開の可能性について解説する。

2. 再生可能エネルギーの導入状況と今後の見通し

2.1 太陽光発電を中心とした再生可能エネルギー導入の急拡大

2012年7月より、「太陽光」「風力」「水力」「地熱」「バイオマス」の再生可能エネルギーについて、発電した電気を電力会社が一定価格で買い取るFIT制度がスタートした。このうち太陽光発電は、10kW以上の設備について40円/kWhと設定されたことで、図1に示すように認定・導入量が急速に拡大した¹⁾。年度ごとに調達価格が見直されたため、特に年度末は認定申込みが急増した。

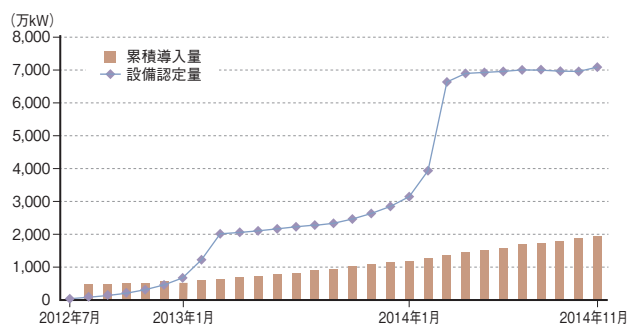
太陽光発電は認定量と導入量の間に大きな差があるが、

認定量でみると、電力会社のエリアによっては昼間の最大発電量が需要量を超える計算となり、系統の安定性を保証できないことから、2014年9月24日の九州電力を手始めに、9月30日には北海道・東北・四国・沖縄の各電力会社が接続申込みの回答を保留する事態となった。

その後電力会社ごとの接続可能性が検討され、経済産業省の制度見直しによって、電力会社による出力制限(発電量の制限)を条件に受け入れ再開となった。電力会社は発電量が需要量を超える場合、500kW未満の設備も含めて遠隔制御で発電量を制限できるようになった。

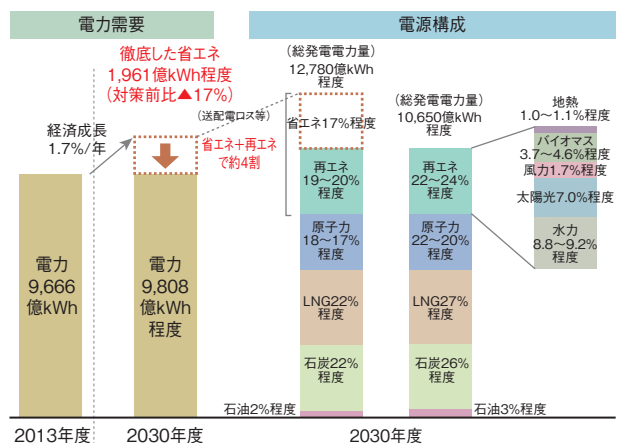
2.2 2030年に向けた電源構成の見通しと再エネ比率

2015年7月には経済産業省が長期エネルギー需給見通し(図2)を策定し²⁾、それによると2030年時点で総発電電力量の22~24%を再生可能エネルギーが占め、太陽



出典：資源エネルギー庁「再生可能エネルギー各電源の導入の動向について」2015年3月

図1 太陽光発電の認定量と導入量の推移



出典：経済産業省「長期エネルギー需給見通し」2015年7月

図2 2030年度の電源構成

光発電は7%、風力発電は1.7%と定められた。太陽光発電の7%という比率は、発電量では745億kWhであり、太陽光発電の設備利用率12~15%を考慮すると、この発電量に相当する太陽光発電の設備容量は5,700~7,000万kWと算出される。

一方で太陽光発電の認定量は2014年11月の時点ですでに7,000万kW、導入量では2,000万kWに達している。太陽光発電協会による今後の導入量試算でも、2018年から2020年で5,500万kWから7,000万kWとなっている³⁾。すなわち、2030年における太陽光発電の導入量の見通しは、現状の導入ペースと比較するとかなり抑制された値であるが、接続申込みの回答保留で明らかになったように、これらの導入量を達成するためには、発電量の制限や平準化など何らかの対策を実施することが必要条件になると考えられる。

言い換えれば、発電量の平準化対策が実施できれば、現状の導入ペースから考えて、長期エネルギー需給見通しを超える再生可能エネルギーの導入が実現できる可能性も示している。

3. エネルギー蓄積技術の重要性

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーは、天候や風況によって発電量が変化するという時間的偏在と、太陽光・風力発電に適した場所と電力需要地が一致しないという地域的偏在の問題がある。発電量の時間的変化に対しては、発電場所における蓄電・蓄エネルギー装置による平準化と、系統に蓄電・蓄エネルギー機能を持たせて安定化する方法が考えられる。また発電量の地域的な需給ミスマッチに対しては、系統容量を増大して

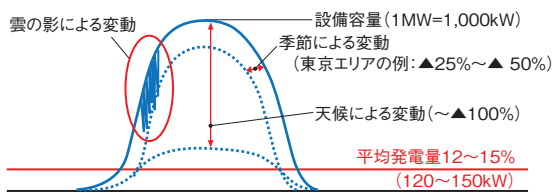


図3 太陽光発電の設備容量と実際の発電量

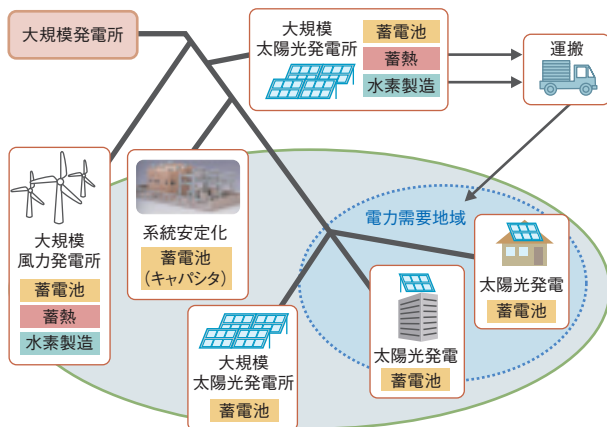


図4 エネルギー蓄積技術の配置と働き

融通する方法や、蓄電・蓄エネルギー媒体を運搬するという方法が考えられる。いずれにしても、系統の対策と並んで、蓄電・蓄エネルギー技術がこの問題の解決に有効な手段であるといえる。

図3に太陽光発電電力の具体的な変動イメージを示す。太陽光発電は、時間的変動に加えて、季節・天候・雲の影等による日射量の変動で発電量が大きく変化する。季節による変動は、たとえば東京エリアにおける最適角度設置と水平面設置の場合でピーク値に対して最大25~50%減少、天候に関してはピーク値に対して最大100%減少、雲の影による変動も最大100%で変動速度が前記変動と比較して高速という特性がある。これらの変動を含めて、太陽光発電の年間平均発電量は設備容量に対して12~15%といわれている。

図4は、再生可能エネルギーを有効に利用するためのエネルギー蓄積装置の配置例を示している。大規模な太陽光・風力発電所におけるエネルギー蓄積手段として蓄電池や蓄熱、水素などを製造して蓄積するという方法がある。蓄熱媒体や水素などは電力需要地域に運搬するという方法も考えられる。電力需要地域でも太陽光発電や風力発電が設置されるが、あまり大容量にならない可能性が高いので系統での融通を主体とする。系統では、たとえば変電所等に蓄電池を設置して発電電力の平準化を行うことや、蓄電池やキャパシタと組み合わせた系統安定化装置によって系統の安定運用を図ることなどが考えられる。

4. エネルギー蓄積手段

最も代表的なエネルギー蓄積手段は蓄電池であるが、他にもエネルギーの種類によって多様な蓄積手段がある。図5はエネルギーの種類とそれら各種エネルギーの変換方法を示している⁴⁾。電気エネルギーは最も利用しやすいエネルギーといえるが、電気エネルギーのまま蓄積する手段はキャパシタや超電導コイルであり、大容量のエネルギー蓄積には難がある。

電気エネルギーを効率的に蓄積する手段としては化学エネルギーがあり、具体的には蓄電池や水素等になる。蓄電池は充放電で変換し、水素等は燃料電池で発電、水

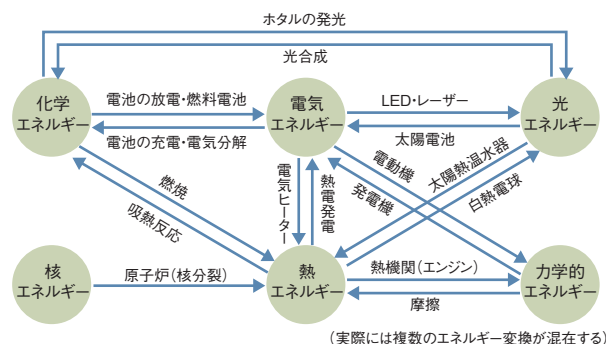


図5 エネルギーの種類と変換 文献⁴⁾をもとに作成、一部変更

電解装置で水素発生という関係になる。熱エネルギーもエネルギー蓄積手段として検討されているが、熱電気変換の効率が化学エネルギーと比較して低いのが難点である。

太陽光のエネルギーを蓄積する場合、発電後に蓄積する手段としては、揚水・圧縮空気・フライホイール等の力学的エネルギー、温水・蒸気・蓄熱媒体等の熱エネルギー、電気二重層キャパシタ・超電導コイル等の電気エネルギー、蓄電池の充電や水素生成などの化学エネルギーがある。また、太陽光を集熱して熱エネルギー（蓄熱媒体）のまま蓄積する方法や、太陽光で光合成して水素等の化学エネルギーで蓄積するなどの方法もある。表1はこれらのエネルギー蓄積手段の特徴を比較したものであり、主な蓄積手段について次章で解説する。

5. エネルギー蓄積の具体的事例

5.1 揚水

揚水発電のイメージを図6に示す。揚水発電は数10万kW以上の大容量のエネルギーを時間単位で蓄積する用途に向いており、変換効率も約70%と比較的高い。揚水発電所は日本国内に40カ所以上、合計で2,600万kWの発電能力がある。これらの揚水発電所が1日単位で蓄積・放出を繰り返すとすると、31,200万kWhの蓄電容量があることになる。2,600万kWという発電能力は、長期エネルギー需給見通しにおける2030年の太陽光発電設備容量5,700~7,000万kWに対して37~45%であり、容量だけの比較では太陽光発電の時間単位の変動吸収が期待できる値である。

ただし、現実的には揚水発電所の設置場所は限定されており、系統の送電容量を強化したとしても、太陽光発電や風力発電そのものの変動吸収手段としては限界があると考えられる。

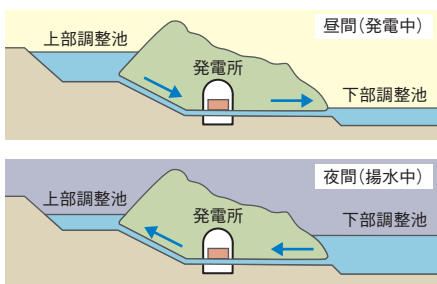


図6 揚水発電のイメージ

表1 太陽光のエネルギー蓄積手段の比較

	蓄積手段	電気への変換	蓄積容量	蓄積時間	移動の可否	変換効率
発電後に蓄積	揚水	発電機による発電	大	時間~	不可	約70%
	圧縮空気	タービンで発電	中	時間~	不可	約50%
	フライホイール	発電機による発電	小~中	~数10分	不可	短時間:○ 長時間:×
	温水・蒸気・蓄熱媒体	蒸気タービン・バイナリー発電	中	~数時間	不可 (小容量は可)	△ 温度・保温状態により変動
	電気二重層キャパシタ	—	小	~数秒	不可	○
	超電導コイル	—	小	~数秒	不可	○
	蓄電池	放電	—	小~中(大)	数10分~	不可 (小容量は可)
集熱	水素(電気分解)	燃料電池・ガスタービンで発電	小~大	時間~	可	△ 熱利用法で変動
	温水・蒸気・蓄熱媒体	蒸気タービン・バイナリー発電	中	~数時間	不可 (小容量は可)	△ 温度・保温状態により変動
光合成	水素等	燃料電池・ガスタービンで発電	小~大	時間~	可	×~△ 将来的には向上?

5.2 圧縮空気

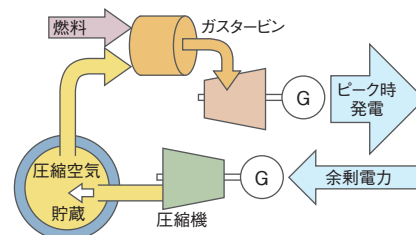
圧縮空気によるシステムは、圧縮機で空気を圧縮して蓄積し、タービンで発電して電気を得る構成で、変換効率は50%程度である。古くから開発されてきているが、エネルギー貯蔵としての実用化事例はまだ少ない。図7は、ガスタービン発電システムと一体化したドイツのフントルフの事例を示している⁵⁾。これは29万kWのガスタービン発電所として1978年から稼働しており、岩盤内の地下空洞に圧縮空気を貯蔵している。原子力発電による夜間の余剰電力を蓄積して活用する目的で構築されたが、近年は風力発電電力の貯蔵用として検討されている。

圧縮空気の利用事例としては、他に米SustainXの1.5MWの実証プラントなどがある⁶⁾。

5.3 フライホイール

モータでフライホイールを回転させて運動エネルギーとして蓄積し、フライホイールで発電機を回して電気を得るもので、これまでもエネルギー蓄積や系統安定化、無停電電源装置(UPS)などで実現事例がある。エネルギー蓄積量としてはあまり大きくないが、電力容量が大きく、比較的短時間の蓄積に向いている。

具体的な実現事例としては、日本原子力研究所の核融



出典：電気化学会エネルギー会議電力貯蔵技術研究会「大規模電力貯蔵用蓄電池」pp.4~5, 2011年3月

図7 ガスタービン発電と一体化した圧縮空気によるエネルギー貯蔵

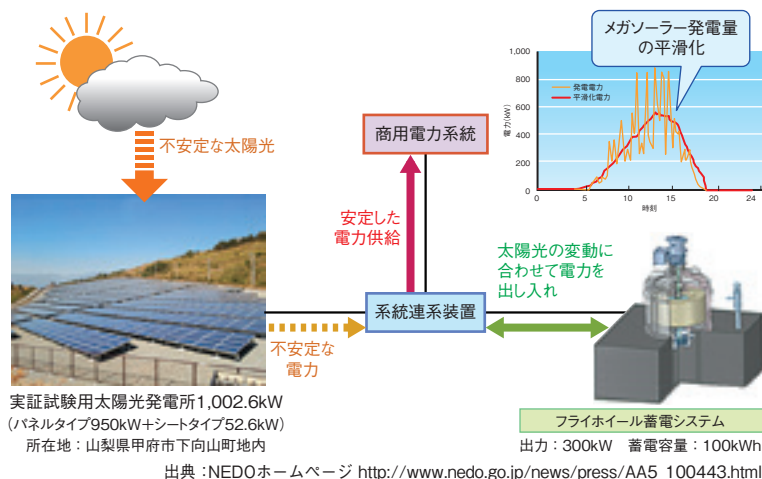


図8 山梨県の米倉山実証試験用太陽光発電所に設置されたフライホイール蓄電システム

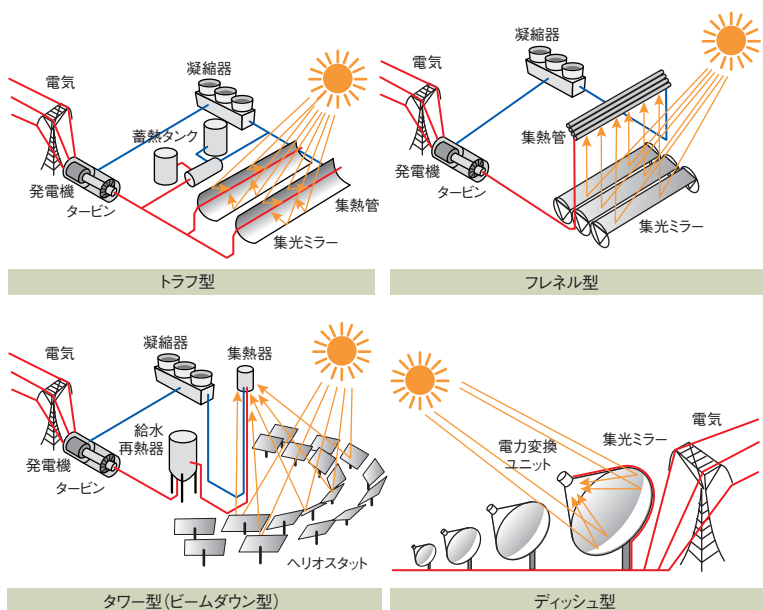


図9 主な太陽光の集光方法

合実験装置向けとして160MVA、1.1MWhのシステム(1985年導入)、京浜急行電鉄の電車の回生電力蓄積用として3MW、25kWhのシステム(1988年導入)、沖縄電力の系統安定化用として26.5MVA、58kWhのシステム(1996年)、短時間保持のUPSとして500kVA、保持時間12秒のシステム(2003年富士電機ほか)などがある。

太陽光発電所の出力変動抑制用としては、2015年9月に山梨県の米倉山実証試験用太陽光発電所に300kW、100kWhのフライホイール蓄電システムが完成している。このシステムイメージを図8に示す⁷⁾。

5.4 太陽光の熱エネルギー蓄積

太陽光のエネルギーを熱として蓄積するためには、太陽光を集光して熱媒体を加熱し、熔融塩に蓄熱する方法が実用化されている。太陽光の集光方法によって図9に示すように種々の方法があるが⁸⁾、通常はエネルギー蓄積して運用するのではなく、発生熱で直接蒸気タービン

を用いて発電する太陽熱発電所として運用されている。トラフ型は商用実績の多い方式で効率は15%程度であり、2013年よりアラブ首長国連邦アブダビで100MWの発電所として運用されている⁹⁾。フレネル型は商用目前の段階で、効率は8~10%程度とされている。タワー型は商用に向けた検証レベルで効率が20~35%とされ、米国カリフォルニアの世界最大(392MW)の太陽熱発電所¹⁰⁾、スペインのセビリアにおける19.9MWの太陽熱発電所⁹⁾などの事例がある。ディッシュ型は小規模の独立型で、効率は25~30%である。

5.5 風力の熱エネルギー蓄積

風力発電の電力でヒートポンプを動かして熱を発生させて蓄熱する方法と、風力で直接熱を発生させて蓄熱する事例がある。

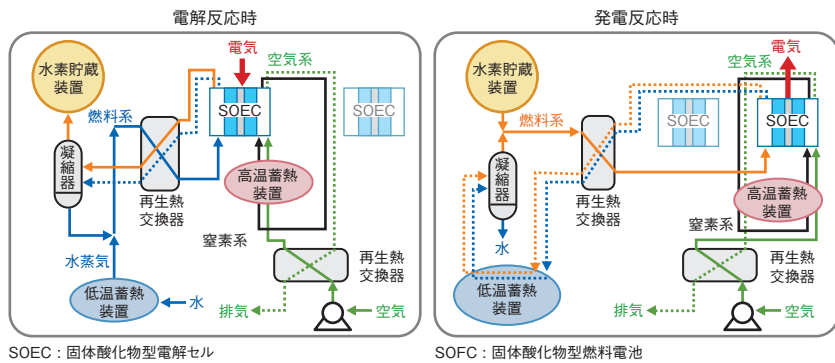
発電した後ヒートポンプで熱を発生させて蓄熱する方法は、東芝・神戸製鋼・慶応大学による風力・太陽熱・バイオマス発電を組み合わせた開発事例¹¹⁾と、ドイツ航空宇宙センターの開発事例¹²⁾がある。蓄積した熱エネルギーは、バイナリー発電で電力に再変換する。

風力で直接熱を発生させる事例としては、金属板を回転させてその発生する渦電流損による発熱で熱媒体を加熱・蓄熱し、電気にする場合はその熱で蒸気を発生し蒸気タービンで発電する方法で、国際超電導産業技術研究センターと京都大学が検討している¹³⁾。

5.6 水素エネルギーへの変換

将来の水素社会が提案されるなど、近年は水素エネルギーについて注目が集まっており、水素を燃料とした燃料電池自動車(FCV)も販売が開始されている。水素はこれまで述べてきたエネルギー蓄積手段と比較して大量のエネルギーを蓄積でき、移動が容易で、燃料電池等で発電(電気に変換)した場合に水しか発生しないクリーンなエネルギーとしても注目されている。これまでは化石燃料由来の水素が利用されているが、これを再生可能エネルギーで生成しようという試みが種々行われている。

図10は2020年に向けた、東芝による水素電力貯蔵システムの概念設計を示している¹⁴⁾。固体酸化物型電解セル(SOEC)による水電解で水素を発生して貯蔵し、電気に戻す場合は固体酸化物型燃料電池(SOFC)で発電するという構成である。このシステムのポイントは、SOFCによる発電で生じた熱(発熱反応)を蓄熱し、



SOEC：固体酸化物型電解セル
SOFC：固体酸化物型燃料電池
出典：渡邊久夫ほか「再生可能エネルギーを活用する水素電力貯蔵システム」東芝レビュー Vol.68 No.7 pp.35～38, 2013

図10 東芝の水素電力貯蔵システムの動作

SOECによる水電解の吸熱反応に使用することである。これにより5MW、40MWhのシステムで、充放電効率80%が実現でき、10～15時間以上の蓄積で、ナトリウム硫黄 (NaS) 電池や揚水発電より優位性があるとしている。「太陽光+水電気分解」や人工光合成 (水と二酸化炭素 (CO₂) を原料に太陽光で有用物質をつくり出す) など、太陽光から直接水素または燃料につながる有機物質を生成する研究も近年活発に行われている。

独国TU Ilmenau, HZB, Fraunhofer ISE, 米国Caltechは、Solar-To-Hydrogen (水を電気分解して水素を分離する人工光合成) 素子で変換効率14%と40時間以上の耐久性を実現しており、これは化石燃料由来の水素発生コスト (4 \$ /kg) 以下にするための目標性能 (変換効率15%, 耐久時間1,000時間以上) のレベルに近づくものである¹⁵⁾。

太陽電池による水電気分解では、理化学研究所によるタンデム型太陽電池 (2直列) と導電性ポリマーによる電気化学セル (3直列) で変換効率15.3%の水素発生事例¹⁶⁾、東京大学・宮崎大学による集光型太陽電池と水の電気分解装置で変換効率24.4%での水素製造事例¹⁷⁾などの報告がある。

水素直接ではないが、東芝は多接合半導体と金ナノ触媒で、水とCO₂、太陽光から一酸化炭素を発生させ、最終的にはメタノール等に燃料化する方法で変換効率1.5%を実現している¹⁸⁾。また豊田中央研究所は、半導体基板の片面にイリジウム、もう一方の面にルテニウムの触媒を張り付けた素子を水の中に入れ、CO₂を吹き込みながら太陽光を当ててギ酸を生成した。エネルギー変換効率は4.6%で、人工光合成の世界最高を更新している¹⁹⁾。

6. 蓄電池システムの現状と可能性

これまで熱や水素などによる新しいエネルギー蓄積技術の取り組みを紹介してきたが、現在エネルギー蓄積手段として最も一般的に用いられているのはやはり蓄電池であり、コストの課題が残っているものの、小～大容量の幅広い領域で適用可能である。本章では蓄電池技術に

ついて詳細に述べる。

6.1 蓄電池の種類と特性

図11に各種蓄電池のエネルギー密度の分布を示す。エネルギー密度の観点から見た蓄電池の開発経緯としては、鉛蓄電池→NiCd電池→Ni水素電池→リチウムイオン電池という流れであるが、大容量化・安全性・サイクル寿命に優れたレドックスフロー電池や、エネルギー密度が高く

サイクル寿命が優れるNaS電池のような特徴的な電池もある。また、鉛蓄電池もエネルギー密度は低いが、低コストで比較的安全なため現在でも広く使用されている。

蓄電池の基本的な用途は、携帯電話やスマートフォン、ノートPCなどの移動体の電源、無停電電源のような停電時のバックアップ電源が主流であったが、近年の新しい展開として、以下のような適用事例が現れてきた。

- 太陽光発電所に設置して発電電力の変動を吸収する
- 電力系統に接続して、系統電力の変動吸収・安定化を行う
- 住宅や事業所に設置し、従来の停電バックアップだけでなく、電力使用量のピークシフトやピークカット、太陽光発電との連携制御によるピークシフトやピークカット、太陽光発電と組み合わせたエネルギー自立などの多様な使い方

この背景には、太陽光発電が増加したことによる新たな系統への接続条件として蓄電池設置が要求されるようになったこと、太陽光売電単価の減少や買取期間終了後の太陽光発電の新たな展開が模索され始めたこと、蓄電池システム導入に関する補助金制度が制定されてきたことなどが挙げられる。

以降ではこれら蓄電池システムに関する新しい展開について紹介していく。

6.2 太陽光発電所の変動吸収への適用

エジソンパワーによる御船徳之島太陽光発電所では、

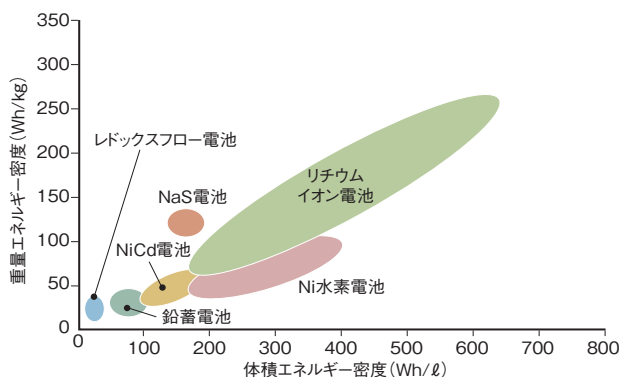


図11 蓄電池の種類とエネルギー密度

九州電力による「出力変動を5kW/秒以内に抑制すること」と「太陽光発電停止時に7分間の出力を保証すること」という条件に対応して、1,990kWの太陽光発電に対して780kWhのリチウムイオン蓄電池システムを設置している²⁰⁾。徳之島はもともと12~13MWの電力需要に対して、既存のディーゼル発電機30.5MWと既存の太陽光発電約2MWがあり、その環境に新たに追加される太陽光発電所の安定化対策として蓄電池が設置された。本設備では蓄電池に対して補助金の支給などがないにもかかわらず、蓄電池を含めた投資増額を約7億円に抑えることで、収益性を確保している模様である。

日本グリーン電力開発は、北海道苫小牧市と厚岸町に建設するメガソーラーにリチウムイオン蓄電池システムを設置した²¹⁾。これは北海道電力が2MW以上の太陽光発電所に求めている「メガソーラーの出力変動幅をPCS定格の1%/分以内にする」と対応する措置である。苫小牧市の発電所は38.1MWの太陽光パネルと25MWのPCS、厚岸町の発電所は27MWの太陽光パネルと20MWのPCSの構成であり、設置された蓄電池容量は公表されていないが、収益率が40円/kWhから36円/kWhに低下する程度とされているので、この事例でも蓄電池の設置が補助金がなくても収益性を確保できるレベルにあることを示している。

他にも、エッジ・エナソル・ジャパンが帯広市に設置する約5MWのメガソーラーに、3.3MW、4MWhのリチウムイオン蓄電池システムを併設すると公表している。このように太陽光発電の変動抑制として、収益性を確保できる条件で蓄電池システムを併設する事例が出始めている。

6.3 蓄電池設置により系統安定化を図る事例

蓄電池により系統安定化を図る事例としては、日本国内では実証事業として、米国では政府の要請等を含めた事業ベースで導入が進められている。

九州電力は、再生可能エネルギーの余剰電力に起因する需給バランスの調整を目指した実証事業で、2015年度中に5万kW、30万kWhのNaS電池を導入した²²⁾。また北海道電力は、風力・太陽光発電の変動抑制や周波数調整の実証試験で、南早来発電所に15MW、60MWhのレドックスフロー電池を2015年12月に導入し、2018年度まで試験を実施する²³⁾。東京都新島村では、600kWの風力発電、400kWの太陽光発電、1,000kWhの蓄電池システムを導入し、島における既存火力発電を含めた統合制御により再生可能エネルギーの導入可能性を見極める実証事業が2016~2018年度で進められている²⁴⁾。

米国の電力会社であるPG&E (Pacific Gas & Electric) は、カリフォルニア州政府の「再生可能エネルギーによる電力の販売比率を2030年までに50%にする」との目標

に合わせた州内電力3社に対する蓄電池設置義務(2020年までに1,325MW) 命令に対して2015年2月に78MWの蓄電池の競争入札を実施した²⁵⁾。また、配電事業者である米国IPL (Indianapolis Power & Light) は、太陽光発電による出力変動吸収、電力網の信頼性向上、アンシラリーサービス(系統運用サービス)を目的として、電力網向けの20MWの電力貯蔵蓄電池システムの開発を2015年6月に表明した²⁶⁾。米国最大の独立系運用機関であるPJM Interconnectionも、周波数調整向けに現状の54MWに加えて60MW以上のリチウムイオン電池を2016年6月に設置予定である²⁷⁾。

北欧諸国は風力発電を中心とした再生可能エネルギーの導入が進んでいることから、電力系統の周波数調整市場が成立しており、フィンランドの電力事業者ヘレンが2016年に1.2MW、0.6MWhのリチウムイオン蓄電池システムを導入するという事例もある²⁸⁾。

以上のように、海外ではすでに事業用ベースで蓄電池システムを調達する事例が増えてきており、これをきっかけとした蓄電池システムコストの低下が進めば、日本国内も含めた蓄電池システムのさらなる導入拡大が進む可能性がある。

6.4 住宅用/公共・産業用蓄電池システムの展開

住宅用や公共・産業用としては、これまで大規模停電が発生した場合などを中心に無停電電源装置(UPS)の必要性が唱えられることがあったが、ICT機器を中心とした一部の機器のバックアップ用途を超えて蓄電池システムが普及することはあまりなかった。しかし、東日本大震災を契機とした長時間停電や計画停電に対して、従来の範囲を超える機器の停電バックアップ対策として蓄電池システムが脚光を浴び始めた。

これらの停電バックアップ用途において、これまでは停電時に一時的に電力供給が中断する断切替であったが、UPS並みに無瞬断切替できるものが出始めている。

また停電バックアップ以外の付加価値として、夜間に充電し昼間の消費電力ピーク時に放電する、蓄電池の充放電時間のスケジュール化によって、夜間電力の利用と昼間のピークシフトを行い、電力料金の削減を実現する機能が提案されている。特に太陽光発電と併用して使用する場合に、蓄電池システムと太陽光発電を連携制御することで、ピークシフトの効果を高めたり、太陽光発電の自家消費を優先する使い方を選択することができる。

図12は公共・産業用の運用イメージで、「消費電力>太陽光のピーク発電量」を想定した場合を示している。図12(a)は平常時の運用事例で、電力料金の安い夜間電力で蓄電池を充電し、電力料金の高い昼間時に太陽光発電の電力と併せてピークカットやピークシフトをしている。図12(b)は停電時の運用事例で、特定負荷に対して

昼間は太陽光発電で給電しながら余剰電力で蓄電池を充電し、太陽光発電の電力でまかなえない時間帯に蓄電池から給電している。

図13(a)は太陽光発電の余剰買取制度を利用している住宅用の運用イメージで、「消費電力<太陽光のピーク発電量」を想定した場合を示している。蓄電池は夜間に充電しておき、昼間の「消費電力<太陽光発電電力」の時間帯には放電せず、朝夕などの「消費電力>太陽光発電電力」の時間帯に放電する。このように運用することで、太陽光発電の余剰電力を売電しながら、料金の安い夜間電力を中間時間帯に使用することで電力料金を最大限削減できる経済性優先モードを実現することができる。

図13(b)は昼間時の太陽光発電の余剰電力で蓄電池を充電し、電力会社からの電力をなるべく使用しない自家消費優先モードの事例である。この事例では、太陽光発電の設置場所での省CO₂が実現できるが、現状では余剰電力を売電した方が有利なのでコストメリットはない。ただし、電力会社による太陽光発電の出力制御が実施される場合や、将来太陽光発電の売電単価が低下し電力の購入料金が相対的に高くなった場合にはコストメリットも得られるようになる可能性がある。

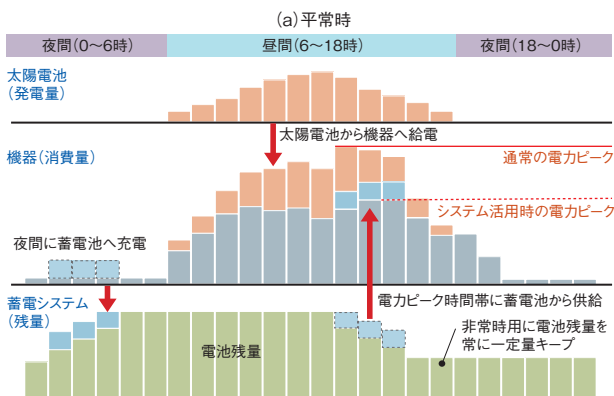
現在市場に出されている各社蓄電池システムの諸元や特徴を比較したものを表2に示す。これまで述べてきたような各種運用方法の他に、最大15年という長寿命化や、

住宅用で12kWhというような大容量化傾向がみられる。他にも、発煙・発火しにくいという安全性を強調したり、小型化や屋外設置等の設置環境条件を特徴としているものがある。価格については、現状では20万円/kWh以上と高価なものが多いが、海外製で5万円/kWhを示しているものもある。

以上のように蓄電池システムについては、単なる停電バックアップだけでなく新しい特徴をアピールした製品が増えてきている。今後、メガソーラー併設、電力系統安定化、電気自動車 (EV) 用などで需要が拡大してコスト低減が進めば、普及拡大の可能性がある。

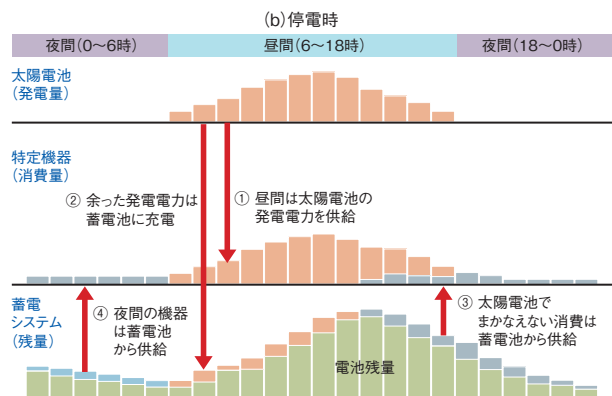
7. まとめと今後の課題

最近の太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの導入拡大に合わせて、エネルギー蓄積技術のニーズが拡大してきた。具体的には、系統連系の条件として発電所への設置の義務付け、系統安定化のために電力会社・配電会社などへの設置の義務付け、アンシラリーサービス向けの設置などである。これに合わせて、圧縮空気・フライホイール・熱エネルギー蓄積・水素エネルギーなどの新たなエネルギー蓄積手段の検討が活発化してきている。また、蓄電池分野では、ナトリウム硫黄電池・レドックスフロー電池・各種リチウムイオン電池の導入事例が拡大している。



1. 夜間料金の時間帯に蓄電池へ充電
2. 電力ピーク時間帯には太陽光発電の電力を使用
3. さらに、蓄電池に充電された電力で、電力ピークを抑制

図12 公共・産業用蓄電池の運用イメージ



1. 太陽光発電の電力で昼間の電力を供給、余った電力は蓄電池に充電
2. 太陽光発電の電力ではまかなえない時間帯の電力を蓄電池から供給

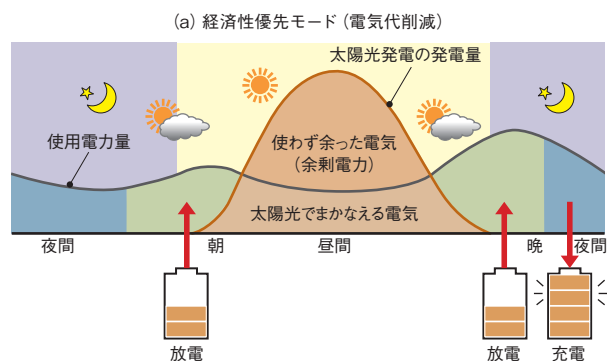


図13 住宅用蓄電池の運用イメージ

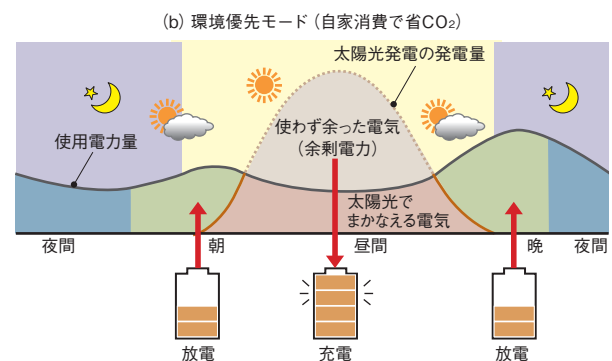


表2 各社蓄電池システムの比較

	出力電力	蓄電容量	価格	電池寿命	特徴
A社 (住宅用)	2~3kVA	5.6~ 11.2kWh	27~30 万円/kWh	最大10年 保証	・ 停電時は商用電源から断切替でバックアップ ・ 平常時は「夜間充電で太陽光発電が少ない時間帯に放電、余剰太陽光は売電」 または「太陽光発電は蓄電し自家消費」
A社 (公共・産業用)	2~20kVA	5~20kWh	23 万円/kWh	充放電 10,000回	・ 停電時は商用電源から断切替でバックアップ ・ 平常時は夜間充電し、太陽光発電も併せてピークカット
B社 (住宅用)	1.5kW	7.8kWh	—	15年保証	・ 停電時はバックアップ電源 ・ 平常時は「夜間充電で太陽光発電が少ない時間帯に放電、余剰太陽光は売電」 または「太陽光発電は蓄電し自家消費」
C社 (住宅用)	2kVA	4.4~ 6.6kWh	21~24 万円/kWh	10年保証	・ 停電時は商用電源から断切替でバックアップ ・ 平常時は「夜間充電でピークカット。太陽光発電は「余剰売電」/「全量売電」 を選択
D社 (住宅用)	1.5~2kVA	7.2~ 12kWh	25~ 万円/kWh	最大15年 保証	・ 停電時は商用電源から断切替でバックアップ ・ 平常時は「夜間充電で太陽光発電が少ない時間帯に放電、余剰太陽光は売電」 または「太陽光発電は蓄電し自家消費」
D社 (公共・産業用)	20kVA	16.2kWh	—	—	・ 停電時は商用電源から断切替でバックアップ ・ 平常時は夜間充電し、太陽光発電も併せてピークカット
E社	2kVA	6.2kWh	—	10年保証	・ 停電時は商用電源から断切替でバックアップ ・ 平常時は「夜間充電で太陽光発電が少ない時間帯に放電、余剰太陽光は売電」 または「太陽光発電は蓄電し自家消費」
F社	3kVA	6.3~ 12.6kWh	—	30カ月 保証	・ 停電時は商用電源から無瞬断でバックアップ ・ 平常時は夜間充電でピークカット。太陽光発電は「余剰売電」/「全量売電」を 選択
G社		7kWh	5万円/kWh	10年保証	・ 停電時のバックアップ用、または太陽光発電を蓄電し夜間消費

今後は、特にメガソーラー併設や系統安定化といった大規模蓄電池システムの大量導入が、コスト低減の流れをつくることが期待される。さらに再生可能エネルギーのFITのような高価な売電が一段落してくれば、再生可能エネルギーを“特別な”電力ではなく、蓄電池と組み合わせ合わせた通常の電力として普及・利用できるようになると思われる。

蓄電池以外では、現在はまだ化石燃料由来以外の製造など技術開発やコスト低減などの課題が多いが、将来の水素社会に向けて、燃料として蓄積でき、自動車用としての展開も進んでいる水素関連技術も注目される。

[参考文献]

- 1) 資源エネルギー庁：再生可能エネルギー各電源の導入の動向について、2015.3
- 2) 経済産業省：長期エネルギー需給見通し、2015.7
- 3) 太陽光発電協会：系統接続制約問題に対する考察と提言、2014.10.30
- 4) 資源エネルギー庁：<http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/tyousakouhou/kyouikuhukyu/fukukyouzai/sk/1-1.html>, 2016.4.26
- 5) 電気化学会エネルギー会議電力貯蔵技術研究会：大規模電力貯蔵用蓄電池、pp.4~5, 2011.3
- 6) 「出番だ、蓄エネ」日経エレクトロニクス、pp.44~45, 2015.5
- 7) NEDO：http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100443.html, 2016.4.26
- 8) NEDO再生可能エネルギー技術白書第2版、2014.2
- 9) <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1304/19/news035.html>, 2016.4.26

- 10) <http://www.brightsourceenergy.com/first-sync#.VhcnIUou70>, 2016.4.26
- 11) http://www.toshiba.co.jp/about/press/2012_09/pr_jl1102.htm, 2016.4.26
- 12) <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20150512/417864/?ST=msb>, 2016.4.26
- 13) 国際超電導産業技術研究センター：超電導Web21, p.20, 2013.3
- 14) 渡邊久夫ほか：「再生可能エネルギーを活用する水素電力貯蔵システム」東芝レビューVol.68, No.7, pp.35~38, 2013
- 15) <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/15/091500336/?d=1460454572188>, 2016.4.26
- 16) http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150428_1/, 2016.4.26
- 17) <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/15/092000408/>, 2016.4.26
- 18) 「人工光合成で世界最高 東芝、効率1.5%」日本経済新聞、2014.11.21
- 19) 「人工光合成のエネルギー効率世界最高4.6%に 豊田中研」, 日本経済新聞、2016.2.1
- 20) <http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1503/31/news088.html>, 2016.4.26
- 21) <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20150305/407600/>, 2016.4.26
- 22) <http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2015/0622-b.html>, 2016.4.26
- 23) http://www.hepco.co.jp/info/2013/1189137_1521.html, 2016.4.26
- 24) 「出力予測技術を使った変動電源の安定化対策」NEDO FORUM資料
- 25) <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/2015>

0604/421643/, 2016.4.26

26) <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20150608/422229/>, 2016.4.26

27) <http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20150609/422361/>, 2016.4.26

28) http://www.toshiba.co.jp/about/press/2015_06/pr_j2301.htm#PRESS, 2016.4.26



やました たかし
山下 隆司

常務取締役 EHS&S 研究センター上級研究員 兼 エネルギー技術本部長

高信頼電源システム、電力変換装置、クリーンエネルギーシステム等のコンサルティングおよびマネジメントに従事

電気学会フェロー

電子情報通信学会、IEEE会員

Synopsis

Trends in Energy Storage Technologies to cope with the Growing Use of Renewable Energy

Takashi YAMASHITA

The nuclear disaster triggered by the Great East Japan Earthquake has led to an increasing number of opportunities for the introduction of renewable energy. However, the amount of renewable energy produced by means such as photovoltaic and wind-power generation varies widely depending on factors such as the weather, and this has given rise to concerns over the effects of increases in the volume of renewable energy introduced on electric power systems. These concerns have led to a growing need for energy storage technologies that can be installed at power plants to level the volume supplied to systems, or connected to systems to achieve system stabilization.

Against this background, advances are being made in the development of a wide range of energy storage technologies including pumped storage, compressed air storage, flywheel storage, thermal energy storage and hydrogen energy storage. Moreover, the application of storage batteries such as sodium-sulfur batteries, redox flow batteries and lithium ion batteries is growing. Applications for storage batteries are growing and include installation at power plants as a condition for grid connection by electric power companies, installation at entities such as electric power companies and power distribution companies to achieve system stabilization and installation for ancillary services. In addition, examples of development of lithium ion battery systems that go beyond traditional applications as backup in the event of power outages are increasing, including systems for homes, public facilities and industry, and proposals are being put forward for new methods of use such as application for power consumption peak cuts and shifts and self-supporting power supplies incorporating photovoltaic power generation.

It is expected that if storage battery costs can be kept down owing to the future acceleration of the introduction of large-scale storage battery systems, especially systems installed at mega-solar facilities, or those used to achieve system stabilization, for example, renewable energy will be widely disseminated and used as regular electric power in combination with storage batteries.