

feature article

新エネルギー導入をサポートする 電力貯蔵を用いた系統安定化技術

System Stabilization Technology through Power Storage Approach for Power Network with Renewable Energies

五味 敬芳 Keika Gomi

三谷 桂 Katsura Mitani

高林 久顯 Hisaaki Takabayashi

小林 康弘 Yasuhiro Kobayashi

新エネルギーを電力系統に接続する際の電圧・周波数などの安定化のため、蓄電池による電力貯蔵が注目されている。日立グループは、電力貯蔵の優位技術として、負荷平準化用のサイクル長寿命LL形電池を2001年に開発し、風力発電の変動抑制や太陽光発電の蓄電用に実機適用した。さらに、風力発電の変動抑制用途で使用されてきたLL形電池の劣化状況を調査するとともに、さまざまな条件を想定した試験を行ってきた。これらの結果を基に、風力発電変動抑制用として推奨使用条件で寿命17年を期待できるLL-W形電池を2009年に開発し、実機での運用を開始している。

1. はじめに

低炭素社会に向けて、新エネルギー発電の普及が注目されている。IEA (International Energy Agency: 国際エネルギー機関) の見通しでは、2050年までのCO₂排出抑制量の12%が新エネルギーに期待されている(図1参照)。

今後の本格的な新エネルギーの普及には、現状の割高な発電コストを低減することが必要であるとともに、引き続き政府による普及支援なども強く望まれている。

しかし、風力、太陽光発電など天候変化で出力が変動する新エネルギーの普及が進むと、系統内の電圧・周波数の変動を抑制することが難しくなる。また、系統事故発生時の系統安定化制御の重要性も増してくる。

日立グループは、風力、太陽光発電システムの開発と並行して、そのような新エネルギーを電力系統に接続したときの系統安定維持をスマートグリッドの重要分野ととらえ、製品・システムの開発に取り組んでいる¹⁾。

ここでは、電力系統への新エネルギー導入に際して、系統の安定維持をサポートする要素技術として新たに注目されつつある蓄電池の中から、長寿命型鉛蓄電池システム・機器について述べる。

2. 電力系統安定維持システム・機器

出力安定制御など発電側で系統連系安定化機能を強化する一方で、系統側でも系統安定維持への取り組みが進められている。将来の電力系統には、新エネルギー電源や太陽光発電を行う一般家庭からの売電など、従来に比べ多様な電力供給が予想される(図2参照)。電気自動車の普及など電力消費も多様化していくものと推測されており、電力系統の安定維持に向けてより高度な技術、およびそれを支えるシステム・機器の開発が望まれている。具体的には、以下のような技術開発が必要となる。

- (1) 蓄電池・可変速揚水発電を用いた電力貯蔵による電圧・周波数安定化
- (2) 静止型無効電力補償装置・自動電圧調整器などによる電圧安定化
- (3) 新エネルギー・分散電源に対応した系統監視・制御

商用ベースの電力貯蔵用蓄電池として、NaS(ナトリウム硫黄)電池、鉛蓄電池などが挙げられる。NaS電池はエネルギー密度や効率という物理特性が優れており、大規模な発電施設に併設し、ピークシフトを効果的に担うことが期待されている。鉛蓄電池は、コスト競争力、保守のしやすさ、場所を選ばないなどの特長があり、一般規模の発電施設、変電施設、需要家施設などにおいて、さまざまな系

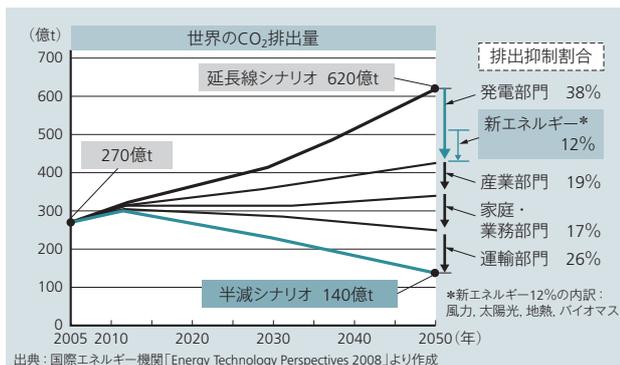


図1 低炭素社会に向けた新エネルギーへの期待
CO₂排出抑制量の12%は新エネルギーに期待されている。

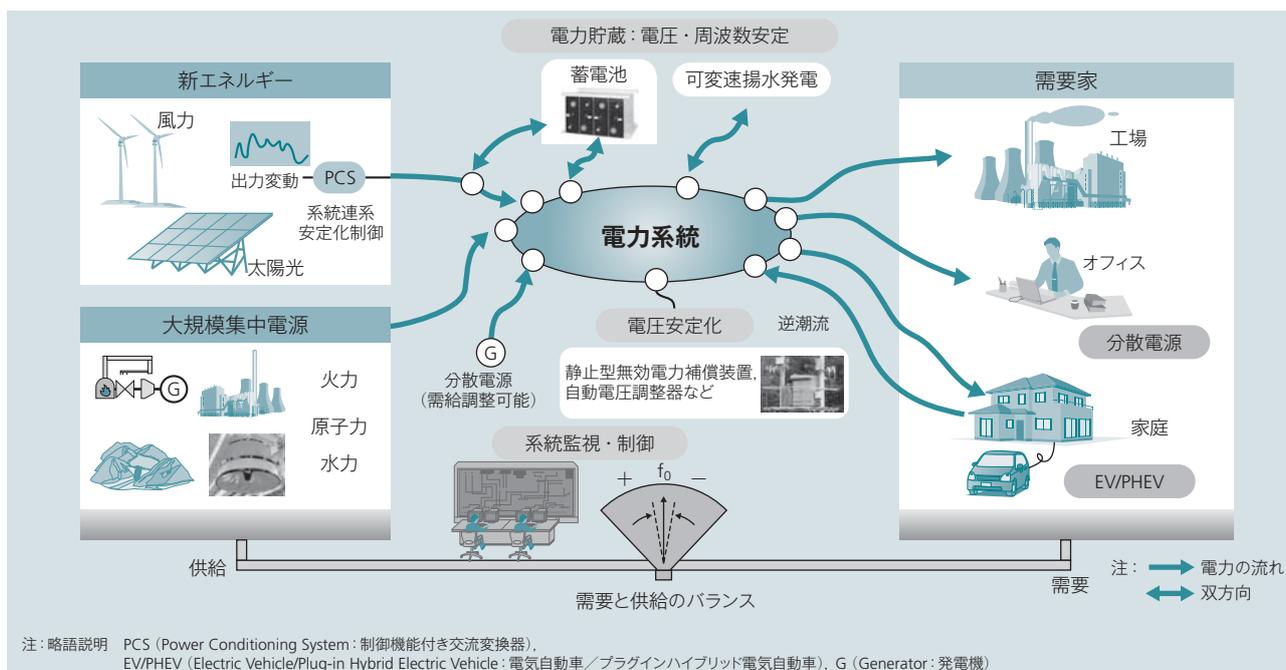


図2 電力系統安定システム・機器

系統安定維持のため、電力貯蔵、電圧安定化、系統監視・制御への取り組みが求められている。

統安定化の役割を担うことが見込まれている。

以下に、系統安定化のための電力貯蔵という観点で、すでに実用期に入った長寿命型鉛蓄電池に着目し、最新技術に基づくシステム・機器について述べる。

3. 鉛蓄電池による電力系統安定化

3.1 蓄電池による出力平準化

蓄電池を用いた電力貯蔵によって系統の電圧・周波数を安定化する施策として、風力発電や太陽光発電の発電施設に蓄電池設備を併設し、出力変動抑制を行うシステムが挙げられる。このシステムは風力発電や太陽光発電の出力が増加する場合は蓄電池を充電し、出力が減少する場合は蓄電池を放電することで、変動を一定の範囲内に緩和するものである。蓄電池設備併設による出力変動抑制モデルを図3に示す。

3.2 新エネルギー対応の鉛蓄電池

制御弁式鉛蓄電池は、従来は主に非常用電源で用いられ

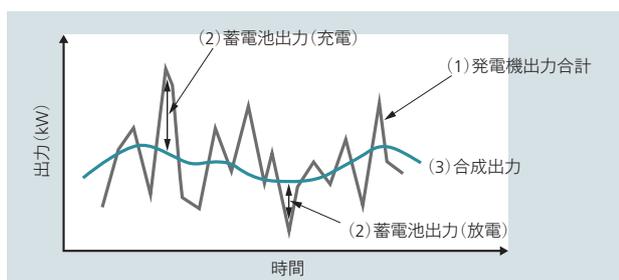


図3 蓄電池設備併設による出力変動抑制モデル

蓄電池の充放電により、システム出力の変動が抑制される。

るスタンバイユースや電動車両などで使用される満充電状態から放電・充電を繰り返すサイクルユースで使用されてきた。ところが、鉛蓄電池は、電池の使用条件や環境によって電池の劣化モードが異なる。風力発電や太陽光発電の電力平準化に使用される場合、電池は常時、充電も放電もできるPSOC (Partial State of Charge: 部分充放電状態)で短時間の充放電が連続的に行われるため、表1に示すように、さまざまな点から鉛蓄電池の長期使用は困難と考えられてきた。

日立グループでは、新神戸電機株式会社を中心として、鉛蓄電池の正極耐久性向上、充電性能向上、成層化の抑制などを行ってきた。夜間の余剰電力を蓄電池で電力消費のピーク時に使用する負荷平準化用のサイクル長寿命の制御弁式鉛蓄電池〔LL形電池〕を2001年に開発し、新神戸電機より製品化した(図4、図5参照)。制御弁式鉛蓄電池は、夜間電力貯蔵以外の用途として、風力発電の変動抑制や太陽光発電の蓄電用として使用され^{2)~5)}、LL形電池が風力発電や太陽光発電の電力負荷の平準化に使用できることが確認されてきた^{3)、5)}。

表1 風力発電変動抑制用途で想定される使用条件と電池の劣化モード
鉛蓄電池の長期使用が困難と考えられてきた要因を使用条件と劣化モードの関係から示す。

使用条件	予想される電池の劣化モード
常時充放電可能な状態で維持 (PSOC状態での使用)	・正極活性物質の泥状化 ・正極集電体の腐食 ・活性物質のサルフェーション
短時間の充放電が連続的に行われる。	・集電体-活性物質間の不導体生成 (PCL) ・電解液の成層化 ・電解液のドライアウト など

注：略語説明 PSOC (Partial State of Charge)、PCL (Premature Capacity Loss)



出典：株式会社関電工、太陽光発電システム⁶⁾

LL形電池：12 V-50 Ah×16個

図4 LL形電池の使用事例（集中連系型太陽光発電システム実証研究^{3), 4)}

大規模な太陽光発電システム実証研究にLL形電池が採用された。群馬県太田市「城西の杜」における「集中連系型太陽光発電システム実証研究」を左に、LL形電池の外観を右に示す。

3.3 LL形電池の適用事例

次に、このLL形電池が実際に風力発電において変動抑制用途として使用された一例を示す。実際に風力発電において変動抑制を行った結果を図6に示す。風車による発電電力が大きく乱れているのに対し、LL形電池を変動抑制として併設することで、合成電力としての出力の変動は大きく抑制されている。

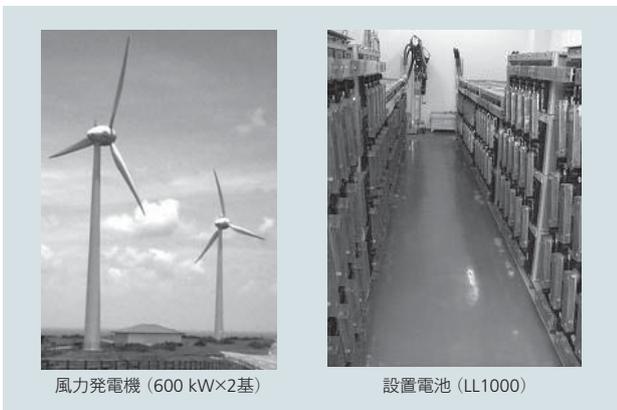
また、離島設置タイプの1,200 kWの風車を有する風力発電所（図5参照）でLL形電池を出力変動抑制用途として約8年間使用している。この電池の状態調査を行った結果、図7のように、7年経過時点で電池容量は定格容量に対して80%以上であり、また電池の内部状態の調査からも、

このシステムにおける電池の使用寿命は約9年と判断された。

このように、LL形電池は、風力発電の変動抑制用途でも実用に耐えることが確認された⁵⁾。

3.4 LL-W形電池の開発

今後、蓄電池併設型の風力発電の導入量増加が見込まれる中、風力発電の変動抑制用途における電池寿命を、風力発電機の使用期間に合わせ17年とさらに長寿命化する要望が高まってきた。このニーズに対応し、すでに風力発電の変動抑制用途で使用されてきたLL形電池の劣化状況を調査するとともに、風力発電の変動抑制用途としてPSOC



風力発電機（600 kW×2基）

設置電池（LL1000）

図5 蓄電池併設風力発電設備の例

1,200 kWの風車を有する風力発電所でLL形電池が使用されている。

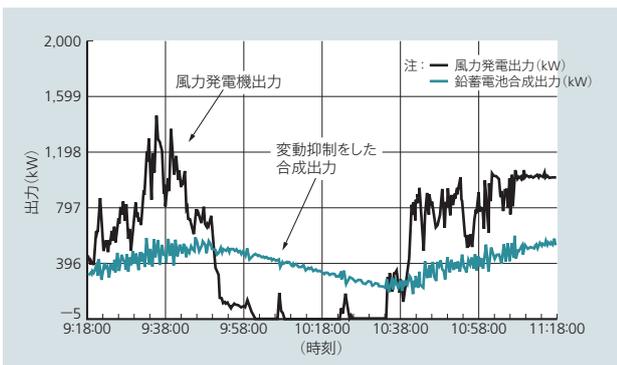


図6 蓄電池併設型風力発電システムによる変動抑制の例

蓄電池の充放電によってシステム出力の変動が抑制されることが示されている。

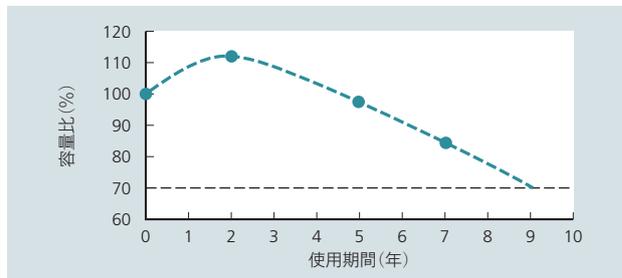


図7 電池容量の推移

容量比の変化などからLL形電池の使用寿命は約9年と判断された。

表2 開発したLL-W形電池の概要

2009年に開発した長寿命型の制御弁式鉛蓄電池（LL-W形電池）仕様の概略と、電池ユニットの外観を示す。

型式	LL1500-W	電池ユニットの外観 (LL1500-W 8 V-1,500 Ah)	
電池構造	制御弁式鉛蓄電池 (VRLA)		
公称容量 (10HR)	2 V-1,500 Ah		
寸法	高さ		507 mm
	幅		172 mm
	長さ		437 mm
重量	110 kg		
期待寿命* (25°C)	使用期間：17年 総放電量：4,720 kWh		
SOCの使用範囲	SOC30~90%		
制御電圧	1.80~2.42 V/セル		
均等条件	当社推奨条件		
使用温度	5~35°C		

注：略語説明など VRLA (Valve-regulated Lead Acid Battery), SOC (State of Charge)
* 期待寿命は保証値ではない。



図8 市浦風力発電所

2010年1月から運用を開始した市浦風力発電所（青森県五所川原市）は、15 MWの風車を有し、LL-W形電池が使用されている。

での連続的な短時間充放電での条件を多数想定した試験を行ってきた。これらの電池の使用条件と劣化状態の詳細調査の結果を基に、LL形電池の仕様を改良して寿命性能を向上させるとともに、使用条件の適正化を図った。

その結果、2009年4月に風力発電変動抑制用として、推奨使用条件において寿命17年を期待できるきわめて長寿命の制御弁式鉛蓄電池「LL1500-W」（2 V-1,500 Ah）の開発に成功した⁵⁾（表2参照）。

開発したLL1500-W形電池については、2009年10月にくろしお風力発電有限公司所有の市浦風力発電所（青森県五所川原市）（風力発電：15 MW、使用電池：LL1500-W、3,456セル、288セル直列×2並列×6組、蓄電池総容量：10.4 MWh、株式会社日立エンジニアリング・アンド・サービスが製品化）に納入を完了し、2010年1月から運用を開始した（図8参照）。

また、引き続き2010年度中にも山形県遊佐町の庄内風力発電有限公司へ同数量の納入が決定している。

4. おわりに

ここでは、電力系統への新エネルギー導入に際して、系統の安定維持をサポートする要素技術として新たに注目されつつある蓄電池の中から、長寿命型鉛蓄電池システム・機器について述べた。

今回開発したLL1500-Wについては、一定出力型の風力発電所や太陽光発電の導入量増加による余剰電力対策などへの用途展開を図るとともに、欧州・米国などの海外市場への進出にも注力していく。

今後、電力系統において大きな役割を果たすことになる蓄電池、および、それらの導入によってもたらされる新たな電力貯蔵システムを、電圧安定化・系統監視制御を担うシステム・機器と統合して、スマートグリッドの系統安定維持の中心的技術として発展させていく考えである。

集中連系型太陽光発電システム実証研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（再委託）において実施したものであり、関係各位に

謝意を表するとともに、本稿の執筆にあたり、写真掲載など、データ開示を快諾いただいた、くろしお風力発電有限公司、庄内風力発電有限公司に深く感謝する次第である。

参考文献など

- 1) 内山, 外: 配電系統と分散型電源の共存を目指した電力供給システム, 日立評論, 88, 2, 217~220 (2006.2)
- 2) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: 平成12年度成果報告書 (財団法人エネルギー総合工学研究所), 蓄電池併設風力発電導入可能性調査 (2002.2)
- 3) 下浦, 外: 集中連系型太陽光発電システム実証研究, 新神戸テクニカルレポート, No.19, p.23~28 (2009.2)
- 4) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: 平成15年度~平成19年度成果報告書 (株式会社関電工), 集中連系型太陽光発電システム実証研究 (2009.10)
- 5) H.Takabayashi, et al.: The Application of Valve-Regulated Lead Acid Batteries to Wind Power Generation System. Proceedings of INTELEC'09 (2009.10)
- 6) 株式会社関電工: 太陽光発電システム, http://www.kandenko.co.jp/pro_tech/energy3.html

執筆者紹介



五味 敬芳

1984年日立製作所入社、電力システム社 新エネルギー推進本部 所属
現在、企画業務に従事



三谷 桂

1990年新神戸電機株式会社入社、名張事業所 電池設計部 所属
現在、鉛蓄電池の開発・設計に従事



高林 久顕

1988年新神戸電機株式会社入社、電池研究開発センタ 所属
現在、鉛蓄電池の開発に従事



小林 康弘

1975年日立製作所入社、日立研究所 情報制御第二研究部 所属
現在、エネルギーシステムの研究開発に従事
博士（工学）