

ピークシフトシステムの技術紹介

Technical Report on Peak Sift System of Electrical Power Consumption

水 木 克 房*
K. Mizuki

久 米 川 宏**
H. Kumekawa

Synopsis

Recent progress of the advanced batteries , like Redox-Flow Battery and NAS battery , has enabled us that the electrical energy stored at night has been discharged at daytime on commercial base .

Those battery systems , so called Peak Sift System , have broken through the hurdle on long life or high energy density toward widespread use of Peak Sift System .

In this paper, we report the abstract of new concept batteries and also report the applications of battery energy storage system which is used in load levering and peak shift on electric power .

1. ま え が き

地球環境問題への取組みとして「京都議定書」に定められた温室効果ガス削減目標(1990年比6%削減)実現のため、さまざまな分野で努力がなされている。電気事業においても、地球温暖化対策のため「経済成長 (Economic growth)」、「エネルギーセキュリティ(Energy security)」、「環境保全 (Environment)」の三つのEの達成に向けて最大限の努力が行われている。この中で質の良い電気を

できる限り安価で安定的に供給することを大前提に、「2010年度の使用端CO₂排出原単位(使用電力量1 kWh当たりのCO₂排出量)を1990年度から20%程度低減」が掲げられている。CO₂排出抑制に向けた電気事業での取組みを図1に示す⁽¹⁾。

本稿では、この取組みの中でCO₂の排出低減手法の一つである負荷平準化を実現するピークシフトシステムについて紹介する。

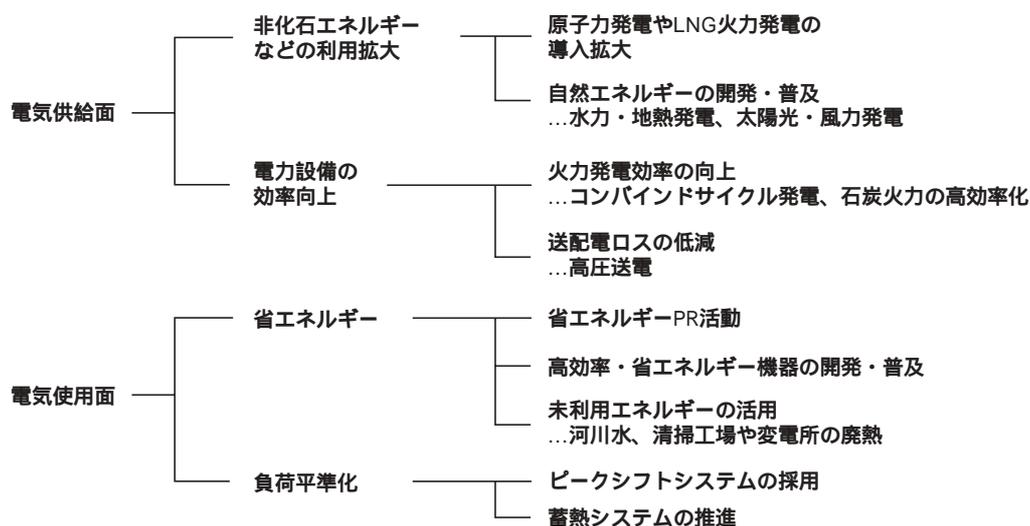


図1 CO₂排出抑制に向けた取組み

* システム機器事業部 パワエレ機器部

**事業開発センター

2. ピークシフトシステムとは

従来、「電気は貯えられないもの」との考えより、「発電量 = 負荷量」のもとにピーク需要予測を行い設備計画されていたが、近年の技術革新により「電気を貯めて使う」という発想の実現性が高くなった。具体的には表1の電力貯蔵技術を用いて、夜間の軽負荷時に電力を貯え、昼の重負荷時に貯えたエネルギーを電力の形で放出し、昼間の負荷ピーク電力を低減するピークシフトシステムが有効となる。

図2は需要家設置の18MWhのピークシフトシステムで、約3.5MWの契約電力低減と昼夜の電気料金差によるメリットがある。また原子力が中心のCO₂排出が少ない夜間電力を昼にシフトし消費しており、シフトした夜間電力量のCO₂分は昼間の火力に比べ1/20程度と大幅削減が達成できる。このようにピークシフトシステムは、需要家レベルでは電気料金の低減、国レベルではCO₂削減への貢献が期待でき、国あるいは地域レベルでの普及が望まれている。

ピークシフトシステムには、貯蔵エネルギーの形態により各種の方式があるが、

- (1) 立地の制約が少ない
- (2) 需要家にも設置可能
- (3) 分散設置が可能

という特長を持つ新型電池貯蔵を用いたピークシフトシステムがいち早く実用化されようとしている。

電池電力貯蔵方式の一般構成は、図3に示すように大きく分けて「連系変圧器」、エネルギーを貯える「蓄電装置」、および電池の直流部と商用系統の交流部との間でエネルギーの橋渡しをする「交直変換装置」から構成される。

以下、新型電池と交直変換装置について述べる。

表1 電力貯蔵技術の種類⁽²⁾

種類	貯蔵エネルギーの形態	特徴
新型電池貯蔵	化学反応エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ● エネルギー密度が大 ● 応答性が良い ● 分散設置に適する
超伝導コイル (SMES)	磁気エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ● 貯蔵効率が高い ● 応答性が良い ● 将来技術
フライホイール	運動エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ● 中小容量、短時間向き ● 応答性が良い ● エネルギー密度、効率が低い
電気二重層キャパシタ	電荷エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ● 中小容量、短時間向き ● 応答性が良い ● エネルギー密度、効率が低い
揚水発電	位置エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> ● 実用技術 ● 大容量向き ● 立地に制約

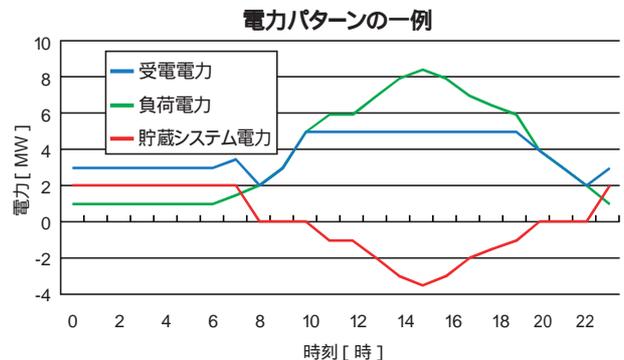


図2 ピークシフトシステム

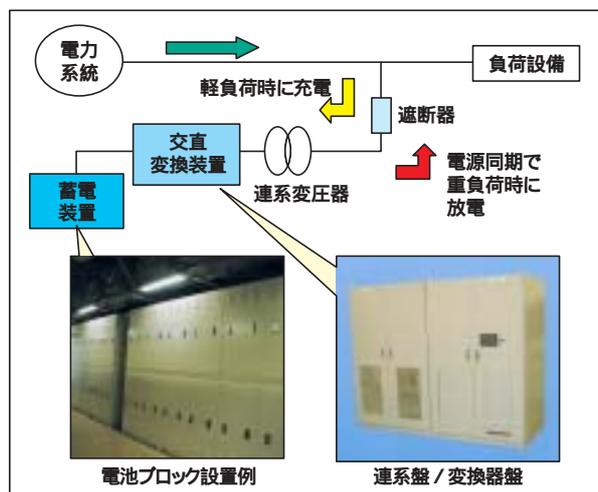


図3 ピークシフトシステムの一般構成

3. 新型電池システム

エネルギー貯蔵の形態として化学エネルギーを用いる新型電池には、レドックスフロー(RF)電池、ナトリウム硫黄(NAS)電池、大型リチウム電池やニッケル水素電池などがある。

大型リチウム電池やニッケル水素電池は主に電気自動車用途として、3 kWh程度まで開発されている。一方RF電池、NAS電池は大容量化が可能のため、負荷平準化や大容量UPSなどの電力貯蔵用途として需要家への導入が始まった。

本稿では、RF電池を中心に電力貯蔵技術について紹介する。

3.1 電池の特長

(1)RF電池

RF電池⁽³⁾は、バナジウムイオンを含む希硫酸電解液を用い、電池の正極・負極各極でバナジウムのイオン価数の変化のみで電池反応(還元/酸化)を起こす電力貯蔵用電池である。図4にRF電池の基本原則、図5にRF電池の構成を示す。

電解液を正極用・負極用のタンクに貯え、図に示す単セルにはそれぞれのタンクから電解液がポンプにより送液循環される。このとき単セル内でイオン交換膜を通して水素イオンの交換が行なわれ約1.4V程度の起電力を発生する。高電圧を得るため単セルを複数枚直列に積層して図5に示すようなセルスタックを形成し、システムに必要な出力に応じてこのセルスタックを直列または並列に接続している。

RF電池の特長は、

- (1)高出力、高速応答が可能
- (2)原理が単純で長寿命
- (3)容量(kWh)アップが容易
- (4)待機損失がなく、起動が速い
- (5)保守管理が容易
- (6)環境に優しい

と多様であり、ピークシフトに限らず瞬低・瞬断対策、非常用電源や系統安定化装置としても適用可能である。

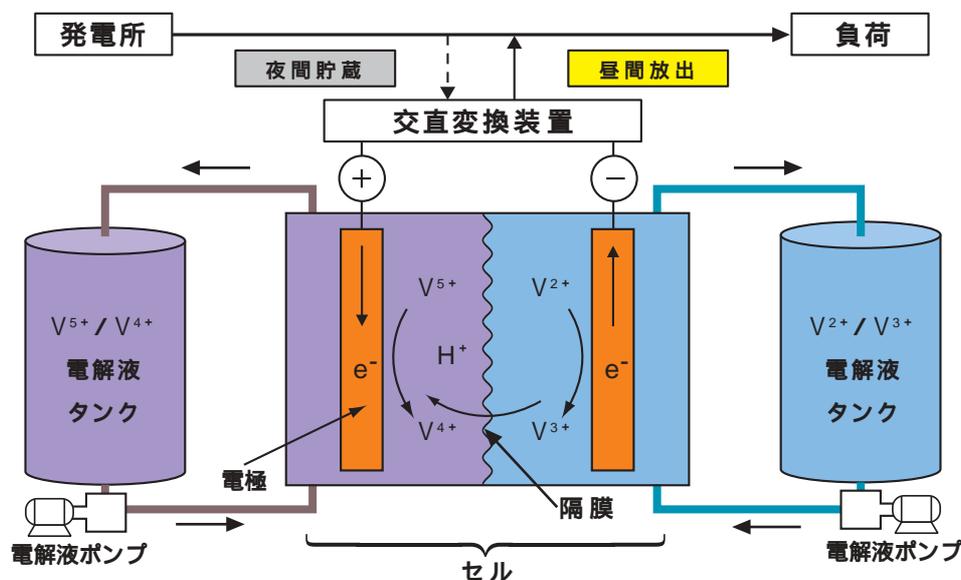


図4 RF電池の基本原則

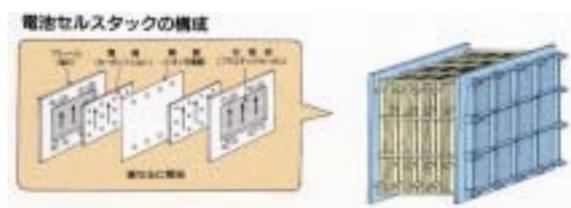


図5 RF電池の構成

(2)その他の電池

NAS電池は、負極活物質に「ナトリウム」、正極活物質に「硫黄」、その間に固体電解質の「ベータアルミナ」というファインセラミックスを用いた三つの部分から構成される。約300～350 の高温状態にして、負極と正極間をナトリウムイオンが移動することにより充放電が行われる。

図6に示す金属容器で密閉された単電池は、起電力

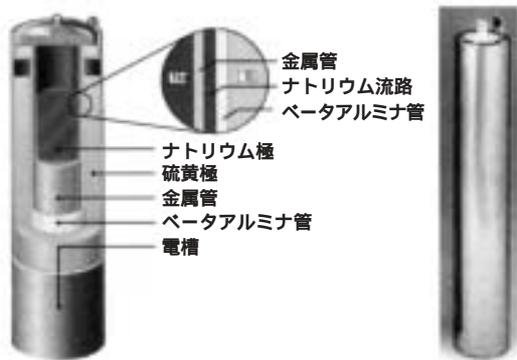


図6 単電池の構造、外観

3・2 交直変換装置

交直変換装置は図7のように、系統電圧を基準として出力電圧の位相を、進み(放電)から遅れ(充電)と変化させて有効電力を制御する。

この有効電力制御を用いて需要家の負荷パターンに応じた充放電時間と充放電量の出力制御スケジュールを組むことで、ピークシフトを実現する。また負荷電力の実測値と、デマンド規制値との差や受電時の設定ピーク値との差を吸収する有効電力制御により、デマンド超過の回避やピーク電力低減に役立てることができる。

ピークシフトシステムが上記のような機能を発揮するためには、交直変換装置として次の条件を満たす必要がある。

(1)交直変換装置の変換効率向上

ピークシフトシステムの実用化には、経済性の観点から電力効率(放電電力量/充電電力量)が高いことが求められる。電力効率を高めるには、蓄電装置本体の性能向上とともに、放電/充電における交直変換装置の変換効率の向上が必要となる。

(2)系統連系ガイドライン遵守

ピークシフトシステムは、商用系統と連系して運用される。したがって三相6,600V連系の場合、装置が発生する高調波を系統連系ガイドラインの高調波規制値内に収める必要がある。

また、系統停止時の単独運転防止機能を持つ必要がある。

が約2Vである。大電力貯蔵用として用いるために単電池を直並列接続しモジュール電池が構成される。現在モジュール電池の種類としては表2の50kW、12.5kWの2種類が報告されている⁽⁴⁾。

古くから用いられている鉛電池も技術開発が続いており、電力貯蔵向けに充放電を繰り返して使用できるサイクル寿命の長い電池が開発されている。

表2 モジュール電池の仕様

	50 kW	12.5 kW
出力	52.1 kW	13.4 kW
容量	375 kWh	80 kWh
電圧	58 / 116 V	132 V
電流	726 / 363 A	102 A
寸法	幅 2.2 m	幅 1.4 m
	奥行 1.7 m	奥行 0.7 m
	高さ 0.6 m	高さ 0.6 m
エネルギー密度	160 kWh/m ³	132 kWh/m ³

当社では、変換装置のスイッチング周波数を適切に選択することで、高調波成分を規制値以下とするとともに運転損失の低減を行っている。また連系変圧器など主回路機器の損失低減を図り、交直変換装置として94%程度の効率を確保している。

また、高信頼性の確保のために系統連系時の安定運転の実績に基づいた回路設計を行い、制御回路にはDSPを適用することで部品点数の低減を行っている。

単独運転防止機能としては、当社では次数間高調波を利用する方式を開発しており、早くて確実な単独運転検出を可能としている⁽⁵⁾。

なお、RF電池によるピークシフトシステムの場合、完全放電(発生電圧 = 0)からでも充電運転が可能で、当社はDC/DCチョップ装置を用いることなく充電操作ができるように回路を工夫している。

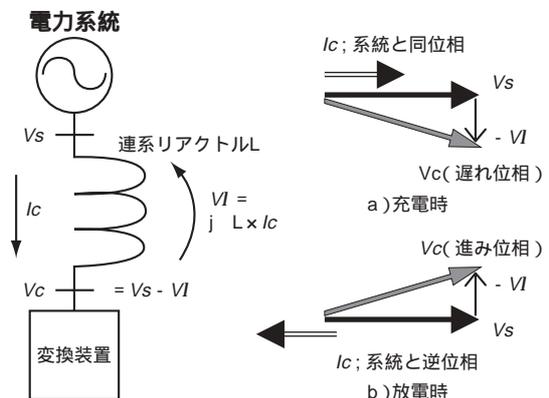


図7 充放電の原理

3・3 保守・運用

ピークシフトシステムを導入する場合、契約電力の低減や日中に比べて安い深夜電力の利用により従量料金の経費削減を行うが、電池システム運用に伴う経費の検討も重要である。

RF電池システムでは、電池・変換装置ともに日常のメンテナンスは不要であり、毎年行う定期点検では絶縁性能や保護・計測機能の確認が中心となる。したがって、エンジン利用の分散電源で必要な分解点検等によるkWh当たり3～4円のメンテナンス費用が大きく低減できる。

また、消防法や建築基準法上の特別な管理や資格は不要である。

4. ピークシフトシステムの展開

需要家において、昼間のピークカットと夜間のボトムアップという負荷平準化を図るピークシフトシステムは、停電時の非常用電源としても期待されている。

たとえば、UPSの機能を取り込み、商用系統が瞬低等の障害発生の際に商用系統を切り離し、ピークシフトシステムを独立した電源として動作させる方法が実現されている。

その他、高速応答が可能のため、風力発電機での出力変動の抑制(図8)や、電気鉄道における勾配区間などでの回生電力の吸収(図9)が検討され、一部試験が始まっている。

電源として見た場合、ピークシフトシステムはオンサイト電源として需要地の近傍に設置されるので、排ガスのないクリーンさ、また設置する場合のコンパクトさが要求される。この点でRF電池システムは、まず電池であることから本質的に排ガスはない。また電解液タンクが本体と別置きにできる利点を生かし、従来デッドスペースであったビルの地下湧水槽へ電解液タンクを収納したコンパクトなシステムが実現できる(図10)。

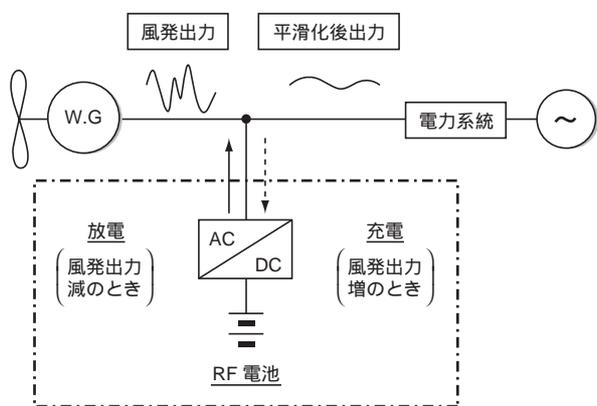


図8 風力発電併設電池システム

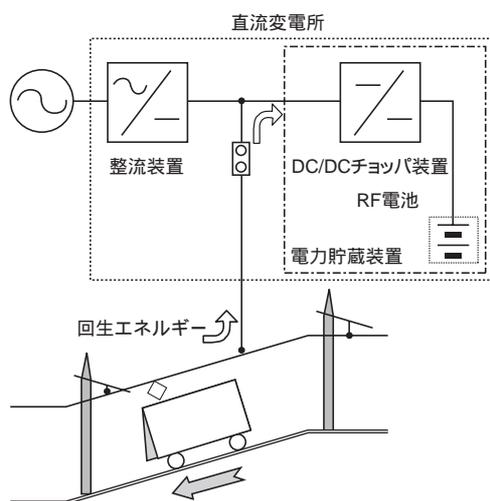


図9 鉄道用変電所における電力貯蔵装置の適用

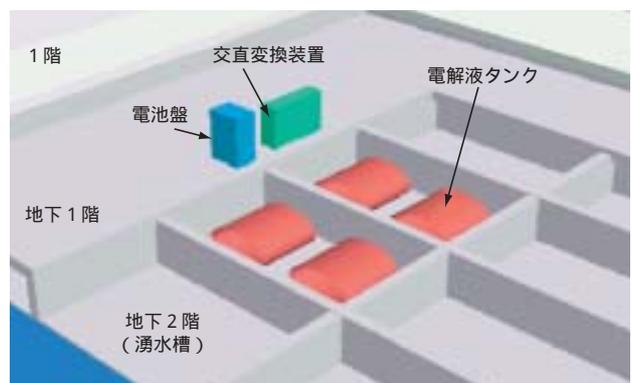


図10 ビル適用のイメージ

5. 今後の取組み

「電気は貯えられないもの」から「電気は貯めて使うもの」へと時代は変化している。このキーテクノロジーとして、RF電池電力貯蔵技術を使用したピークシフトシステムの紹介を行った。

ここで述べたピークシフトシステムは、有効電力を扱うのみであるが、変換装置の制御により無効電力の発生も可能である。これにより、電圧変動の問題にも対応することができ、将来分散電源が多数導入された場合においても、電力エネルギーと電力品質の分野においてトータルソリューションを提供できるものである。

今後ともお客様の要望や目的に応じて最適なシステムをご提案し、地球環境問題への有力なアプローチ手段としてピークシフトシステムの普及に努めたい。

参 考 文 献

- (1) 藤原：「電気事業の地球環境問題の取り組みと課題」
電気評論 2001年9月号
- (2) 「分散型電源技術と電力システムの将来展望」
電気共同研究 第56巻 第4号
- (3) 徳田、菊岡、古家、近藤：「レドックスフロ - 電池の開発と実証試験の状況」
電気評論 2001年8月号
- (4) 田中 晃：「NAS電池システムの開発と今後の展望」
電気評論 2001年8月号
- (5) 西村：「次数間高調波注入による単独運転検出方式と製品開発」
日新電機技報 2001年 Vol.42, No.2
- (6) 長谷：「鉄道への電力貯蔵装置の適用」
RRR 2001年12月号

＼執筆者紹介

水 木 克 房 コンポーネント事業本部 システム機器事業部 パワエレ機器部 主査
久 米 川 宏 事業開発センター 環境事業グループ 主任
