

50kW 蓄電システムの運用・評価

Construction and Operation of 50kW Electric Power Storage System

手塚 渉^{*1}
Wataru Tezuka

野口 博正^{*1}
Hiromasa Noguchi

上村 智信^{*2}
Tomonobu Kamimura

藪本 俊昭^{*1}
Toshiaki Yabumoto

Abstract

50kW electric power storage system was constructed, along with high efficiency bi-directional inverter, incorporating 156 units of VRLA (Valve- Regulated Lead-Acid) battery which were developed for and demonstrated as long-life deep-cycle-use battery. The contract quantity of electric power was reduced by operating this system in a typical cycle mode and peak-cut mode.

1. はじめに

近年、エネルギーの需要増加にともなう CO₂ 排出による温暖化などの環境問題が深刻化している。1997 年の第 3 回気候変動枠組条約締結国会議での合意により、日本国内では 2012 年までに 1990 年度の CO₂ 排出量と比較して約 6% の削減を目標としている。このためには石油に代わる代替燃料利用、燃料電池や風力などの新エネルギー利用、需要の少ない夜間電力を有効利用する電力平準化などによる環境とエネルギーの調和が必要になる。そのなかでも、蓄電システムによる電力平準化は、既存技術の応用によって対応できることから、すでに工場などへの導入が進んでいる。図 1 に示すように、電力需要の少ない夜間電力を蓄電池へ貯蔵し、需要の多い昼間の電力使用を蓄電システムによって補えることから、CO₂ 削減効果が期待できる。また、システム導入により使用電力量が契約電力量範囲を超えた際に発生するデマンドピークを解消（以下、ピークカット）させ、基本料金の低減が可能になることから経済的な効果も期待できる。

蓄電システムには、従来通信機器のバックアップなどに使用されるフロートユース用鉛蓄電池を使用すると、短寿命となっていた。当社では、深い充放電を繰り返すサイクルユース用として、長寿命の制御弁式鉛

蓄電池 FC-50 (50Ah-12V) の開発を進め、図 2 に示すように 5,000 サイクル以上の寿命を確認している。

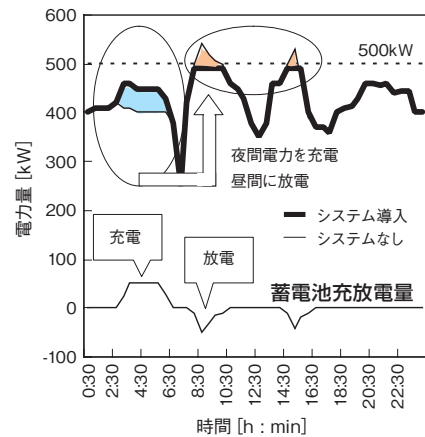


図 1 電力平準化概念図
Fig.1 Schematic of Electric-load Leveling

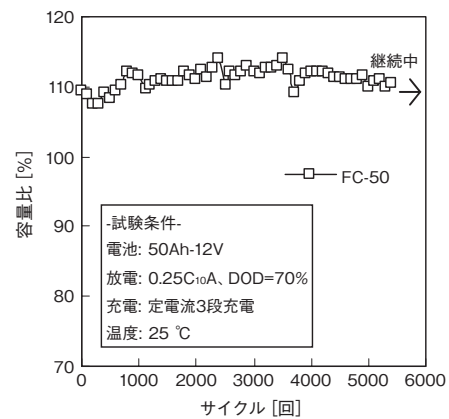


図 2 開発電池のサイクル経過
Fig.2 Cycle Endurance Test Progress of Development Battery

*1 技術開発本部

*2 設備部

この長寿命サイクルユース用制御弁式鉛蓄電池を展開した蓄電システムを当社S工場内に構築・運用し、ピークカットによる電力平準化と契約電力量の引き下げを目標として社内評価を行った。

2. システム検討

2.1 電力量調査

蓄電システムを導入するにあたって2006年の当社S工場使用電力量の推移を調査し、現在の契約電力量の引下げに必要な蓄電システム容量を調査した。2006年の年間推移を図3に示す。

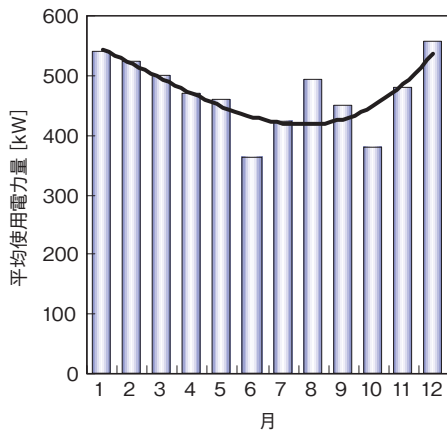


図3 使用電力量の月推移 (2006年)
Fig.3 Demand Changes for a Year, 2006

図3から、冬場の使用電力量が高く、520～550kWの範囲にあることがわかる。これより、50kWレベルの蓄電システムを導入し、契約電力量を500kWに引き下げても、冬場の使用電力量にも対応可能であることが示唆された。次に、詳細な検討を行うために、最も多い使用電力量を記録した2006年12月11日の電力量の時間推移を図4に示す。

図4から、午前8:30の電力量は548kWを示していることから、50kW蓄電システムの導入によって、契約電力量の550kWから500kWへの引下げが可能であるとの見通しが得られた。次に、導入する50kW蓄電システムについて、下記の検討を行った。

2.2 システム構成検討

システム導入に必要なシステム構成部品の選定を

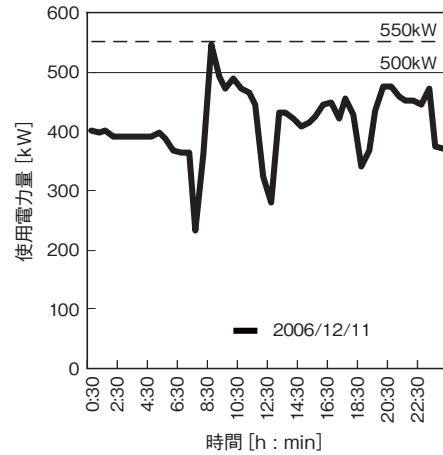


図4 使用電力量の時間推移
Fig.4 Demand Change for a Day

行った。図5にシステム構成、表1にシステム仕様を示す。

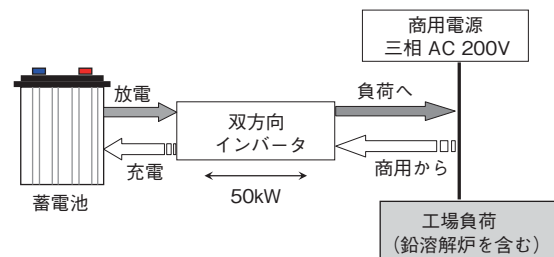


図5 システム構成
Fig.5 System Configuration

表1 システム仕様
Table 1 System Specification

項目	仕様
蓄電池	単位電池: FCP-1000
	数量: 156 セル
	容量: 1000Ah
	電圧: 312V
インバータ	50kW 双方向インバータ
負荷	工場内負荷 50kW

蓄電池は24個収納(6列×4段)架台5台、18個収納(6列×3段)架台2台、計7台の架台に分散収納し、合計156セルを直列接続とした。蓄電池からの放電時は、双方向インバータを介して直流電流から交流電流に変換し工場負荷に給電し、充電時にはその逆動作を行う。

2.2.1 インバータ

インバータには高周波PWM（パルス幅変調：Pulse Width Modulation）方式により変換効率92%のものを選定した¹⁾。定格出力10kWのものを5台接続することにより50kW入出力可能なインバータを構成した。外観写真を図6、基本仕様を表2にそれぞれ示す。



図6 双方向インバータ 外観図
Fig.6 Appearance of Bi-directional Inverter

表2 双方向インバータの主要仕様
Table 2 Bi-directional Inverter Specification

	項目	単位	定格・仕様
方式	主回路	—	自励式電圧形
連系運転 ^{*1} 時 自立運転 ^{*2} 時	定格出力	kW	10 × 5
	定格出力電圧	V	AC 200
	定格出力電流	A	AC 28.9
	定格入力電圧	V	DC 300
	出力電気方式	—	三相三線式
	定格周波数	Hz	50 or 60
充電運転時	定格出力	kW	9 × 5
	定格出力電圧	V	DC 390
	定格出力電流	A	DC 25.0
	定格入力電圧	V	AC 200
	出力制御方式	—	電圧制御

^{*1} 蓄電池の直流電力を交流電力に変換し、一般負荷へ供給

^{*2} 停電時に蓄電池の電力を自立運転用負荷へ供給

停電時にはUPS（Uninterruptible Power Supply）としての給電も可能である。また、内蔵するタイマーにより充放電のタイマー制御が可能である。

2.2.2 適用電池

長寿命サイクルユース用制御弁式鉛蓄電池FC-50（50Ah-12V）を大型化したFCP-1000（1000Ah-2V）を開発し、156セルを直列接続して使用した。図7に外観写真、表3に主要仕様をそれぞれ示す。



図7 FCP-1000 外観図
Fig.7 Appearance of FCP-1000

表3 FCP-1000の主要仕様
Table 3 Battery Specification of FCP-1000

項目	単位	仕様	
形式	—	FCP-1000	
公称電圧	V	2.0	
定格10時間率容量	Ah	1,000	
質量	kg	75	
質量エネルギー密度	Wh/kg	27	
体積エネルギー密度	Wh/ℓ	79	
自己放電率	%/day	< 0.1	
サイクル寿命 (DOD ^{*1} 70%)	サイクル	> 4,000	
外形寸法	総高さ	mm	506
	高さ		486
	長さ		303
	幅		172

^{*1} DOD : Depth Of Discharge 放電深度
定格容量に対する放電電気量の比率 [%]

2.2.3 計測機器

計測は図8に示す①～④で行い、表4に示す計測機器をそれぞれ使用した。

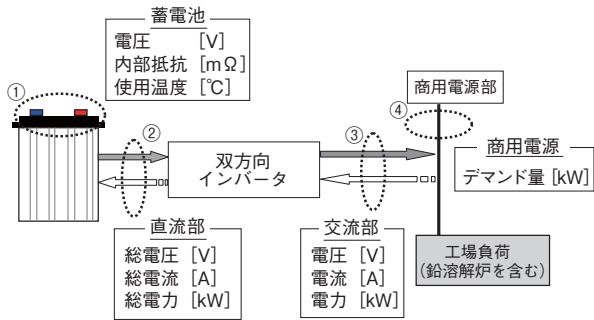


図8 計測箇所
Fig.8 Measurement Points

表4 計測機器
table 4 Measurement Equipment

測定	機器
①蓄電池特性	当社製品 BCW-3
②直流部	HIOKI パワーハイテスタ 3167
③交流部	HIOKI AC 電流クランプ HIOKI 9271
	HIOKI DC 電流クランプ HIOKI 9277
④商用電源部	大崎電気 デマンドコントロール装置

記録計には横河電機製のダーウィンを使用し、サンプリングタイムは30秒とした。直流部で蓄電池の総電圧・電流、交流部で2電力法による有効電力を測定した。各蓄電池に当社製品の蓄電池監視装置²⁾(BCW-3: Battery Condition Watcher-3)を取付け、蓄電池個々の電圧、内部抵抗、使用温度の計測を行った。使用電力量は工場内に設置したデマンド計によって計測した。

2.3 蓄電システムの構築

前項で検討した構成、部品によって蓄電システムを構築した。システム写真を図9に示す。



図9 蓄電システム
Fig.9 Electric Power Storage System

システム容量は300kWhを有するが、DOD = 32%運用を設定し、最大で50kW × 2h = 100kWh放電としてシステムを構成した。

3. 運用評価

3.1 スケジュール運転

図4から、工場稼動開始時間帯に使用電力量は集中し、深夜に低い値で安定することがわかった。これより、蓄電システムの有効性および稼動時間帯のピークカットに必要な放電時間を検討するために、予備試験としてスケジュール運転を行った。運転条件を表5に示す。

表5 スケジュール運転条件
table 5 Operation Condition

項目	単位	仕様
充電時間帯	h : min	AM 02 : 00 ~ AM 06 : 00
放電時間帯	h : min	AM 08 : 00 ~ AM 10 : 00
放電時間	h	2.0
放電電流	A	160A (0.16CA)
DOD	%	32

充放電時間の制御にはインバータに付属のタイマーを使用して試験を行った。スケジュール運転試験結果を図10に示す。ここで、図10内の太線は計測された電力量、細線はシステム導入がなかった場合に想定される電力量を示す。また、図10下部の蓄電池充放電量を示す細線は、“+”は充電、“-”は放電を示す。破線は契約電力量500kWを示す。

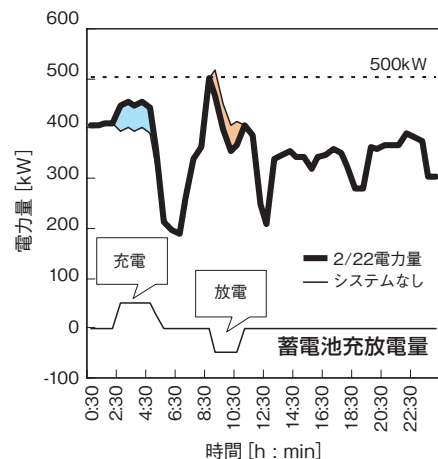


図10 スケジュール運転結果
Fig.10 Result of Schedule Operation

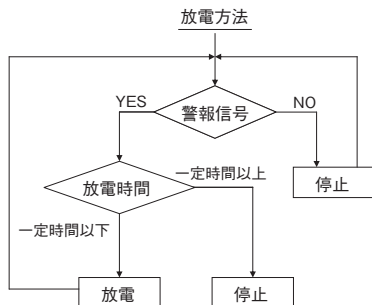
図 10 より、スケジュール運転によってデマンドピークの緩和及び夜間電力を利用した充電が可能であることがわかった。また、デマンドピークの緩和には1時間程度の放電で十分であることがわかった。

3.2 ピークカット運転

スケジュール運転結果から、①放電電力量が設定上限にあり、停電などの緊急時に給電できない、②たまたま発生する夜間の工場電力量増加と充電時間が重なった際に、契約電力量を超過する危険性がある、という問題が浮上し、以下の検討を行った。

①については、ピークカットに対しデマンド計から警報信号を出し、必要な電力量を供給する放電制御とし、停電などの緊急時に対応できるようにした。②については、充電中に警報信号が出た場合には、充電を休止し、警報信号解除後に充電を再開できるような充電制御を検討した。図 11 に運転フローチャートを示す。

(a) 放電方法



(b) 充電方法

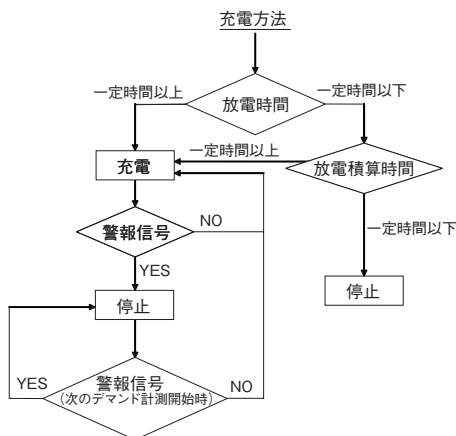


図 11 ピークカット運転フローチャート
Fig.11 Flow Chart of Peak-cut Operation
(a) Discharge Method (b) Charge Method

ピークカット運転は契約電力量を超えると判断された時にデマンド計より出力される警報信号の有無によって、充放電を制御する運転である。図 11 中の“放電時間”を一日あたりの放電時間とし、“放電積算時間”を数日間の放電時間の積算とした。“放電時間”と“放電積算時間”を、それぞれ最大で2時間と設定し、円滑な運転方法を試みた。また、図 11 (b) の充電制御として、充電によって契約電力量を超過しないようにフローチャートを作成した。運転結果を図 12 に示す。

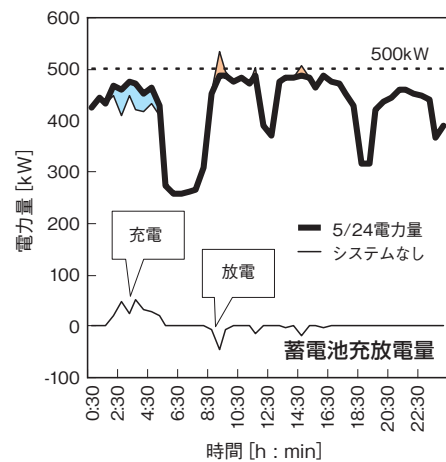


図 12 ピークカット運転結果
Fig.12 Result of Peak-cut Operation

図 12 より、ピークカットに要する放電時間が最小に抑えられていることがわかる。本方式により、使用電力量は契約電力量 500kW に抑えられていることがわかる。一方、深夜からの充電においても、図 11 (b) のフローチャートに従って充電制御されていることが分かる。これにより、夜間の充電時に契約電力量を超過する危険性を回避し、十分な充電を行えることが確認できた。本方式により、契約電力の 50kW 引下げと停電にも対応可能なピークカットの安定運用が実証され、現在、継続運転中である。さらに、蓄電システムの導入により、年間で約 8.5ton^{注1)} の CO₂ 削減が可能になった。

注1) 運転時の一日の平均ピークカット量を 50kWh、放電に必要な充電量を 73kWh、年間作動日数を 240 日

とする。夜間電力と昼間電力の CO₂ 排出係数³⁾ はそれぞれ 0.022kg/kWh、0.742kg/kWh とした。

・システムなし

$$50 \frac{kWh}{日} \times 240 \frac{日}{年} \times 0.742 \frac{kg.CO_2}{kWh}$$

$$= 8.90 t_{CO_2} / 年$$

・システム導入時

$$73 \frac{kWh}{日} \times 240 \frac{日}{年} \times 0.022 \frac{kg.CO_2}{kWh}$$

$$= 0.39 t_{CO_2} / 年$$

4. まとめ

開発されたサイクルユース用制御弁式鉛蓄電池 FCP-1000 を適用した、50kW 蓄電システムを構築し、運用評価を実施し、以下の成果を得た。

ピークカット運用において、①デマンド計から契約電力量に達した際、警報信号を出し必要な電力だけを供給する放電制御と、②夜間の充電においても契約電力量をオーバーしない充電制御を適用することにより、停電にも対応できる安定運用方式を確立することができた。

5. 今後の展開

今回、開発した蓄電システムについては、長寿命化による経済性向上を図るべく最適運用条件の確立を進める予定である。また、用途拡大のために自然エネルギー発電用蓄電システムへの展開を検討していく予定である。

(参考文献)

- 1) 新井努, 藪本俊昭, 程塚康明, 稲庭克己, 熊谷枝折, 伊藤高之, 小型蓄電システムの運用と評価, FB テクニカルニュース, No. 60, 12 (2004)

- 2) S.Nagashima, K.Takahashi, T.Yabumoto, S.Shiga, Y.Watakabe, J.Power Sources, 158, 1166 (2006)
- 3) (財) 電力中央研究所ホームページ
http://criepi.denken.or.jp/jp/pub/review/No45/chap-4.pdf