

電気二重層キャパシタを組み込んだ独立型太陽光発電システム

学生員 川口 博嗣*, 正 員 黒川 浩助(東京農工大学), 正 員 野崎 洋介(N T T 通信エネルギー研究所)

A Stand-Alone Photovoltaic System using Lead Acid Batteries and Electric Double Layer Capacitors

Hiroshi Kawaguchi*, Member, Kosuke Kurokawa*, Member, and Yosuke Nozaki**, Member

*Tokyo University of Agriculture & Technology, **NTT Telecommunications Energy Laboratories

1. まえがき

近年，離島や山間部等の無電化地域での自立分散型電源として独立型太陽光発電（PV）システムの導入が検討されている。独立型 PV システムは一般的に，不日照時のバックアップ電源として鉛蓄電池を用いているが，夜間や曇天時には必ず放電が行われるため，鉛蓄電池依存率や充放電サイクルの増加等が劣化の要因となる。このため，頻繁な電池の点検や交換が必要である。この問題を解決するために筆者らは，充放電サイクルによる劣化がほとんどなく，急速充放電特性に優れた電気二重層キャパシタ（EDLC）^[1]を鉛蓄電池と併用し，発電量の変動を平滑することにより鉛蓄電池の負荷を低減するシステムを提案している^[2]。本論文では，提案しているシステムと鉛蓄電池の充電制御としてチャージコントローラを用いた従来システムについて，PV 模擬電源を用いて実時間における動作実験を行った。また発電電力，負荷供給電力及びシステム各部の損失を分析し，鉛蓄電池依存率の比較を行った。

2. システム構成

実験システム各構成を図 1 に示す。(A) は PV 出力にリレー式のチャージコントローラ(CC)を介して，鉛蓄電池と直流負荷に接続したシステム（CC システム）である。(B) は PV 出力に 2 台の DC-DC コンバータ（コンバータ 1，コンバータ 2）を直列に接続し，コンバータ 1 の出力に EDLC を，コンバータ 2 の出力に鉛蓄電池を接続したシステム（EDLC 併用システム）である。

3. EDLC 併用システムの制御

EDLC 併用システムの制御フローを図 2 に示す。コンバータ 1 は，PV 出力電力を最大にするための最大電力追従制御（MPPT）モードと EDLC の過電圧を防止するための定電圧モードを設定する。コンバータ 2 は，負荷相当の電流のみを出力する定電流モードと EDLC の電圧がほぼ定格に上昇した場合に定電圧で一定とする定電圧モード，鉛蓄電池が最適充電電圧に達すると浮動充電となるフローティングモードを設定する。このフローを用いることにより，EDLC の充放電を優先して動作できるため，鉛蓄電池にかかる負荷を低減することが可能である。

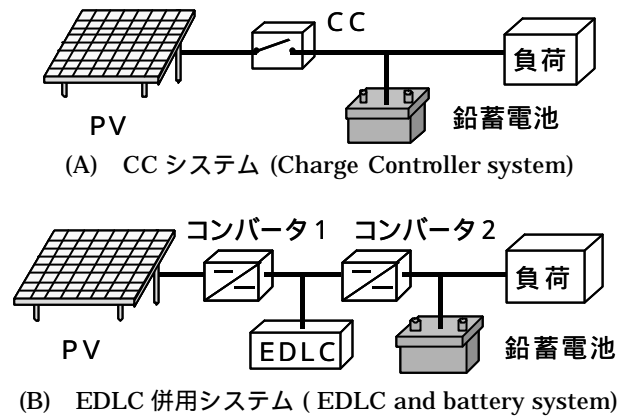
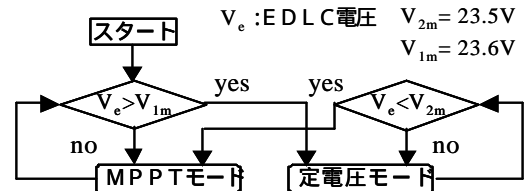
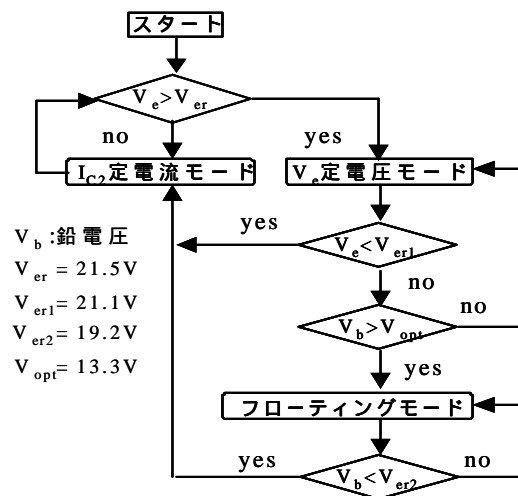


図 1. システム構成

Fig. 1. Configuration of stand-alone PV systems



(A) コンバータ 1 の制御 (Control of Converter 1)



(B) コンバータ 2 の制御 (Control of Converter 2)

図 2. EDLC 併用システムの制御フロー

Fig. 2. Control flowchart of EDLC and battery system

4. 実験結果

4.1 実験条件

PV 模擬電源を使用して晴天時及び曇天時を模擬した日射パターンを任意に作成し、3 日間を想定した試験を行った。負荷は通信用を想定し、約 5W 一定の抵抗負荷を使用した。蓄電容量は CC システムでは鉛蓄電池容量を 3 日分、EDLC 併用システムでは鉛蓄電池容量(2.5 日分)と EDLC 容量 (0.5 日分) 合わせて 3 日分とした。初期条件として鉛蓄電池は SOC95% ,25 一定とし ,EDLC は電圧 3V(放電状態) とした。

4.2 任意に設定した 3 日間の実験

各システムの PV 出力電力、期待される発電電力、鉛蓄電池電圧及び EDLC 電圧の特性を図 2 に示す。CC システムでは、鉛蓄電池の電圧により充電できる電力が決まり、過充電防止設定電圧 (14.3V) に達すると充電は停止する。その際、鉛蓄電池と太陽電池が開放され、鉛蓄電池の放電が行われ、過充電復帰電圧 (13.2V) まで低下すると充電が再開される。快晴時の満充電状態では一連の動作が繰り返されるため、期待される発電電力と比較して PV 出力電力が減少する。一方、EDLC 併用システムでは、急速充放電特性に優れた EDLC に優先して充電が行われ、夜間等の不日照時に鉛蓄電池の充電及び負荷電力供給が可能である。鉛蓄電池の充電の際には、最適充電電圧 (13.3V) で充電が行われ、長時間の不日照時のみ鉛蓄電池の放電が行われるため、鉛蓄電池の負荷が軽減される。

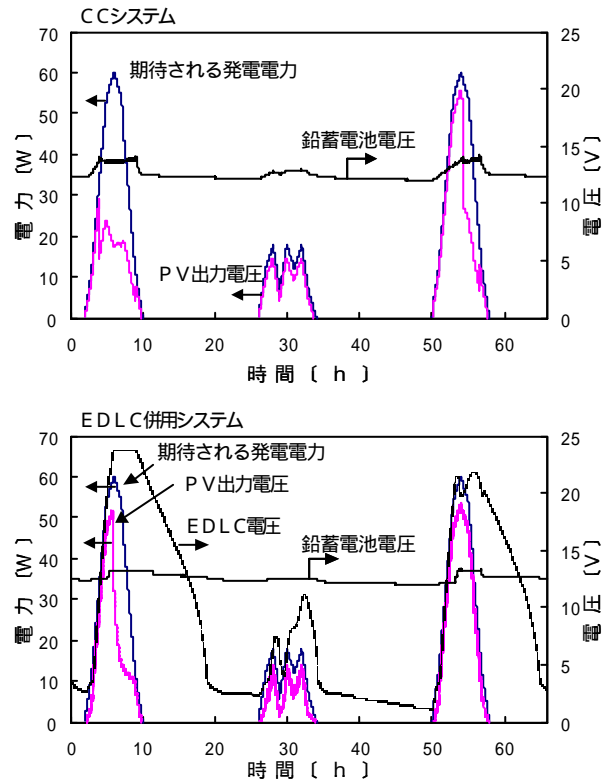


図 3. 各システムの出力特性

Fig. 3 Systems output energy and voltage characteristics

4.3 システム分析

各システムに入出力される電力量の分析を図 4 に示す。EDLC 併用システムは CC システムと比較して、PV ミスマッチ損失が 11% 程度低減されている。しかしながら、各コンバータによる損失が 10% 程度、また EDLC による充放電損失が 7% 程度発生する。今後、コンバータの効率向上と EDLC の充放電損失の低減を図ることにより、システムとしての損失低減も可能になると考えられる。

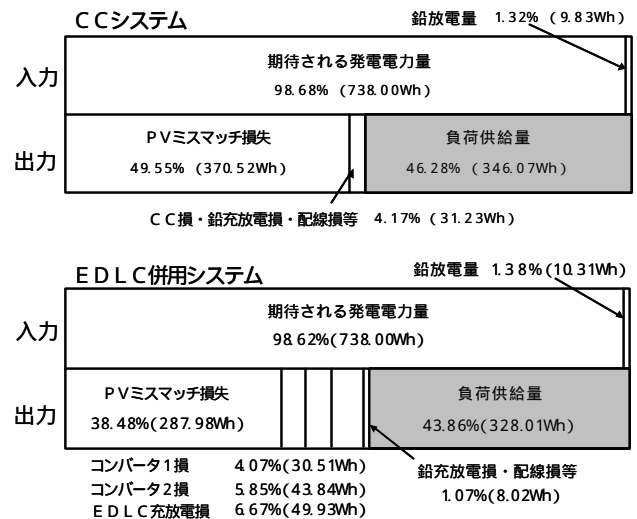


図 4. システム入出力電力量分析図

Fig. 4. Break down of input and output energy

4.4 鉛蓄電池依存率

鉛蓄電池の充放電量及び依存率を表 1 に示す。ここで、依存率とは、負荷に対して鉛蓄電池が放電した割合を表す。EDLC 併用システムは、CC システムと比較して、充放電量が半分程度に減少し、依存率は 20% 程度低減することができる。このことから、EDLC 併用システムは、鉛蓄電池の負荷低減に有効であることが確認できる。

表 1. 鉛蓄電池充放電量及び依存率

Table.1 Dependency on battery

	充電量 [Wh]	放電量 [Wh]	依存率 [%]
CC	230.86	240.69	69.55
EDLC	121.76	132.07	40.26

5. まとめ

提案している EDLC と鉛蓄電池を併用したシステムと鉛蓄電池の充電制御に CC を用いたシステムを比較した結果、鉛蓄電池依存率を 20% 程度低減させることができ、鉛蓄電池の劣化防止が期待できる。

文 献

- [1] 斎藤, 田淵, 吉備他: 大容量電気二重層コンデンサ, NEC 技報 Vol.46, No10, P89, 1993
- [2] 川口, 野崎, 黒川: EDLC を併用した独立型太陽光発電システム, 太陽/風力エネルギー講演論文集, P495, 1999