

独立型太陽光発電システムにおける蓄電部の改善と PV モジュール表面の防汚に関する検討

キーワード (独立型太陽光発電, 光触媒, 撥水剤, 二次電池, EDLC)

米盛弘信*

市川紀充**

荒井純一**

小林 幹***

1. はじめに

近年, 太陽光発電 (Photovoltaic : PV) の導入は極めて活発に進展中である。2011 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生した。その際, 系統の寸断および燃料不足で発電機が動作せず通信用電源の確保が困難な問題を生じた。ここに, 独立型 PV システムは燃料の貯蔵が不要であり, 災害発生時の燃料供給途絶の心配がないメリットがある。しかし, 独立型 PV システムを災害時で活用するには, 長期にわたってメンテナンスフリーであることが望まれる。筆者らは, 運用年数が 15 年を経た独立型 PV の現地調査を実施して, PV 設備の長期運用に関する技術的な主要課題を見出している¹⁾。ここに摘出した課題は, どれも独立型 PV を地震災害時の非常用電源として活用するうえで重要な研究課題である。

そこで, 本研究では課題の中「PV モジュール表面の汚染による出力低下」と「二次電池の保守・管理」の改善を行う。前者は, 防汚剤 (光触媒・撥水剤) を PV モジュールの表面に塗布し, 防汚効果に期待する。後者は, 充放電サイクルによる劣化がほとんどない電気二重層コンデンサ (EDLC) の導入および効果的な運用によって改善を図る。

本報告では, 光触媒と撥水剤を塗布した PV モジュール及び無塗布の PV モジュールにおける透過率の測定を行う。そして, 防汚剤が PV モジュールの発電量へ与える影響を考察する。また, EDLC と二次電池を実環境下で運用した場合の充電特性を比較して両者が等価交換できることを示す。

2. PV モジュール表面の防汚

PV モジュールは, 長期に亘って屋外で使用されるため排気ガスや黄砂, 花粉, 鳥の糞, 火山灰など様々な汚染物が付着する。PV モジュールは, 汚染物の付着によって日射が遮られ, 出力電力が低下する。一般には定期的に人の手によって PV モジュール表面の洗浄を行っている。しかし, 人の労力を要

することや高所作業による危険が伴う。したがって, 最小限の労力で PV モジュールの出力電力の低下を防ぐ技術開発が必要である。

そこで, 本研究では住宅壁面他で防汚対策として活用されている「光触媒」と自動車ガラス用に販売されている「撥水剤」を PV モジュール表面に塗布して防汚効果の検証を行い, 防汚剤が PV モジュールの発電電力に与える影響を考察する。

2. 1 光触媒と撥水剤の透過率

PV モジュールに光触媒と撥水剤を塗布したことによる発電電力への影響を検証するため, 光触媒と撥水剤の透過率を測定する。採用した光触媒は凜光 “R-A-TS”, 撥水剤は SOFT99 社製 “GLASS ROFF ONE” である。実験用として 1 枚のガラス板の半面に光触媒を塗布し, 半面は無塗布のサンプルを用意した。同様に撥水剤のサンプルも用意した。両サンプルにおいて防汚剤の塗布—無塗布部における透過率を測定した。

図 1 に透過率測定結果を示す。図 1(a)は光触媒, 図 1(b)は撥水剤の透過率の測定結果である。光触媒および撥水剤を塗布すると全体的に無塗布の状態と比べて透過率が低下していることがわかる。また 360nm~760nm の波長において, 光触媒で約 4%, 撥水剤で約 2%透過率が低下していることがわかる。したがって, PV モジュール表面が汚染されていない初期状態では光触媒よりも撥水剤の方が発電電力への影響は少ないと考えられる。また, 汚染物質が付着していない状態では, 当然にして防汚剤による透過率低下の影響が出力電力に生じていると思われるが, 長期暴露によって防汚剤の効果が得られたならばセルフクリーニング技術として有益であると考えられる。

2. 2 防汚剤による発電量の比較

防汚効果を検証するために実験システムを製作した。実験システムは, PV モジュール (200W) と最大電力点追従制御回路 (MPPT), バッテリ, 巻き線

* : サレジオ工業高等専門学校機械電子工学科, ** : 工学院大学工学部電気システム工学科

*** : 工学院大学 名誉教授

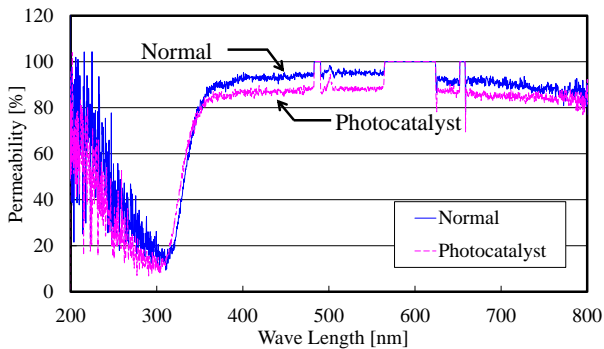
抵抗で構成される。PV モジュールの出力電力は、MPPT の前に設置された電流センサとメモリハイログを用いて測定を行う。

図2に3ヶ月間屋外に暴露した PV モジュールの一日における発電電力を示す。図2より、各モジュールは全体的に大きな発電電力の差がないことがわかる。細かくデータを見ると、発電量が11:30付近では瞬間的に光触媒は撥水コートよりも約4%、無塗布より約5%発電電力が低い。しかし、12:00~14:00では光触媒の方が無塗布および撥水コートより発電量が多くなっていることがわかる。

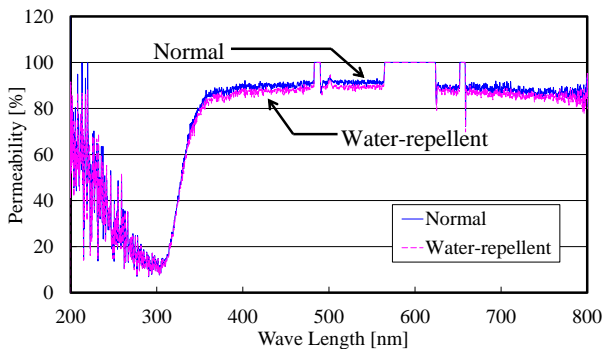
図2(b)に2011.9.21(雨:台風)の発電電力を示す。全体的に発電量は低いが、各モジュールの発電量の差は13:00付近などの瞬間的な点を除いて大きな開きはないことがわかる。

図2(a)(b)より、晴れ・雨のどちらにおいても瞬間的な発電量の差はあるが、6:00~13:00、15:00~18:00の時間帯ではそれぞれのモジュールの差はほぼないことがわかった。

したがって、3ヶ月程度の屋外暴露では汚れの付着が少ないと考えられるため各 PV モジュールの出力電力に大きな影響が出ていないといえる。

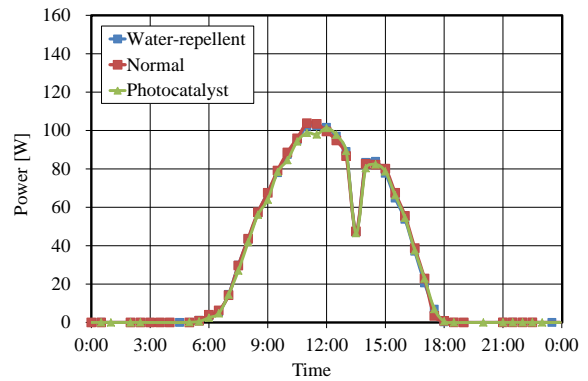


(a) 光触媒

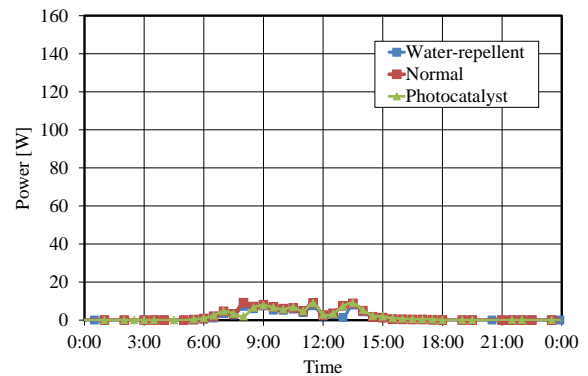


(b) 撥水剤

図1 重水素ランプを使用した透過率の測定結果

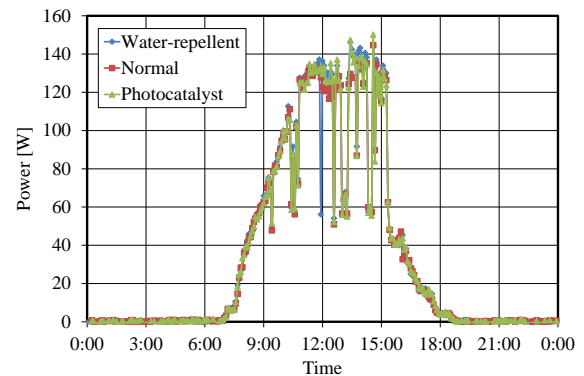


(a) 2011/09/12 (晴れ)

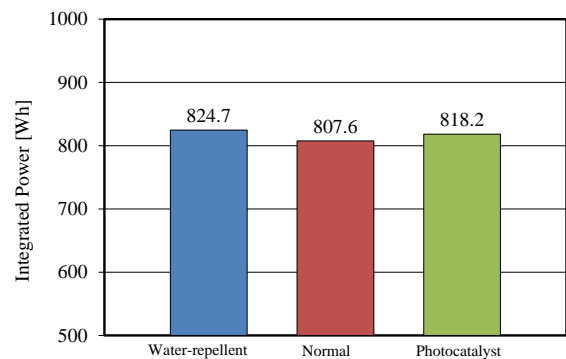


(b) 2011/09/21 (雨)

図2 発電電力の測定結果



(a) 1日の発電電力



(b) 1日の積算電力

図3 2012/02/11の発電電力

図3に約8ヶ月間屋外で暴露したPVモジュールの発電電力を示す。図3(a)をみると各PVモジュールの発電電力に差異が見受けられる。そこで、1日の積算電力を算出した。図2(b)は、図2(a)の積算電力である。無塗布のPVモジュールは、807.6Whの発電量であるのに対して、撥水剤を塗布したPVモジュールは824.7Wh、光触媒を塗布したPVモジュールは818.2Whの発電量である。したがって、撥水剤では約2%、光触媒では約1%の改善効果が得られた。この効果が持続または拡大されれば防汚剤をPVモジュール表面に塗布する効果は大きいといえる。

3. EDLCによる蓄電部の改善

独立型PVモジュールに用いる蓄電部：二次電池は、充放電サイクルの増加に伴い劣化が起きる。当該システムを地震災害時に活用できるように長期運用するには蓄電部の劣化を軽減する必要がある。

表1 電気二重層コンデンサと二次電池の比較²⁾

	電気二重層コンデンサ	鉛シール電池
電極材料	活性炭	PbO ₂ , Pb
電解液	有機溶媒	水溶液
蓄電方法	化学反応なし	化学反応
充放電回数	10万回以上	300回
環境性	有害性少ない	Pb

表1に二次電池として用いられる鉛蓄電池と近年需要が拡大しているEDLCの特徴を示す。鉛蓄電池の充放電回数は、約300回であるのに対して、EDLCは10万回以上の充放電が可能である。したがって、蓄電部にEDLCを採用することは、独立型PVシ

ステムを安定的かつ長期運用する際の重要な選択肢といえる。しかし、鉛蓄電池とEDLCが実環境下でどのように充電されるかを把握しなければ、充電システムの設計が困難である。そこで、実環境下で両者の充電特性を明らかにする。

3. 1 構築したPVシステムによる充電実験

図4に構築した独立型PVシステムを示す。YMT社製15WのPVモジュールで発電した電力をMPPTに通してから蓄電部へ充電する。そして、タイマを用いて19:30~3:00の間、負荷へ放電する。蓄電部は、鉛蓄電池：12V-11Ah×1個およびEDLC：2.5V-1000Fを6直4並にしたものを使用する。負荷は、巻線抵抗4Ωとして、放電電流は3Aとした。日射計は英弘精機株式会社製のMS-602を使用した。このときの電圧と電流および日射をHIOKI社製MEMORY HiLOGGER“8430”を用いて測定した。本実験では、PVモジュール-MPPT-鉛蓄電池とPVモジュール-MPPT-EDLCの場合を同時に測定することによって、蓄電部の違いが充電電力に与える影響を確認する。

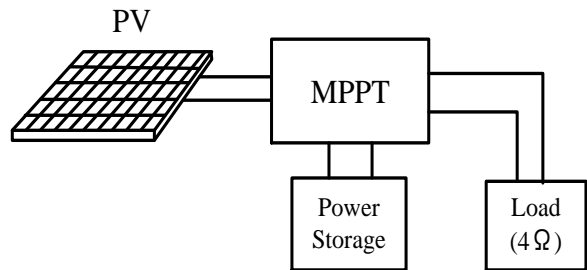


図4 充放電制御システム

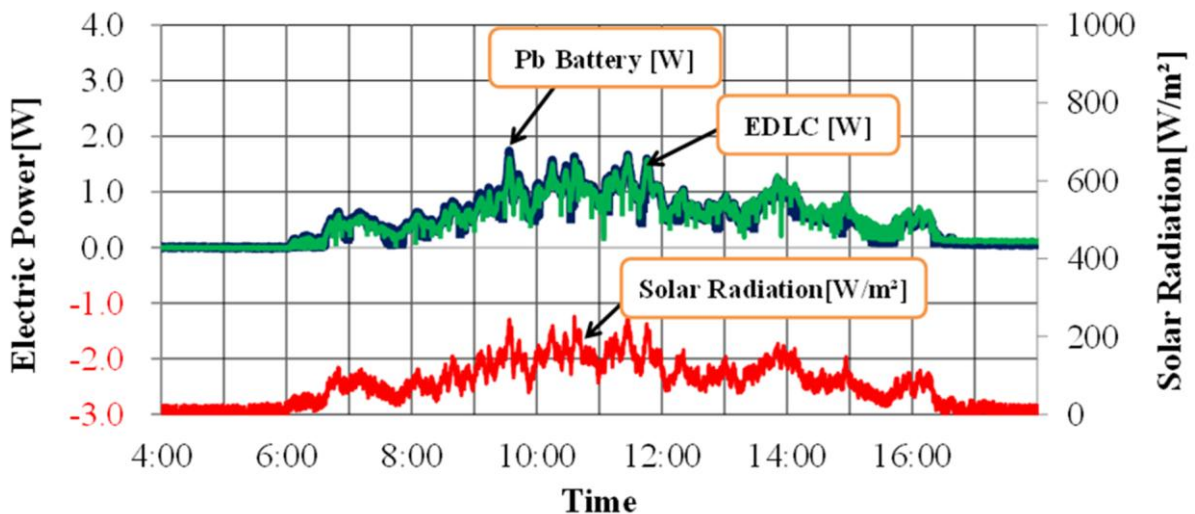


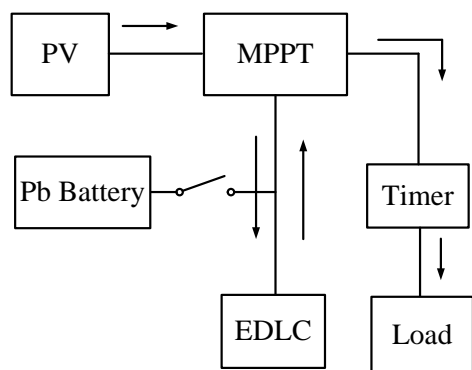
図5 鉛蓄電池とEDLCの充電特性比較

3. 2 実験結果

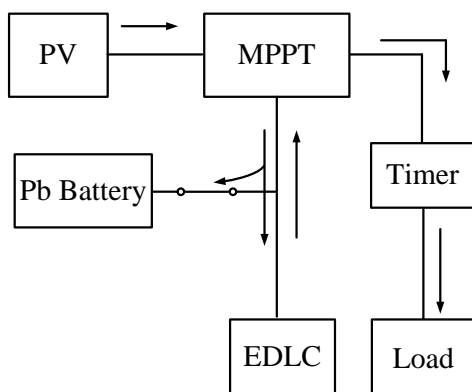
図5に、雨の日(低日射時)の充電特性を示す。鉛蓄電池とEDLCの充電電力を比較するとほぼ等しいことがわかる。これはEDLCを二次電池と等価交換できることを示している。すなわち、二次電池とEDLCを併用することで、①PVから供給される電力の変動をEDLCで吸収、②二次電池の充放電回数を減らすことで性能低下の低減が期待できる。

3. 3 システムの改善案

前節より、EDLCが二次電池と等価交換できることを示した。そこで、EDLCを条件によって鉛蓄電池との並列接続に切り替え、鉛蓄電池の性能低下の低減を図る。図6に、システム改善案を示す。条件としてはEDLCが満充電になるまで図6(a)のような配線で充電をする。次にEDLCが満充電になったときは図6(b)のような配線で鉛蓄電池をEDLCと並列接続する。これにより、短時間での充電電力の変動をEDLCによって吸収し、二次電池の充電サイクルを減らすことができると考えられる。



(a) EDLCが満充電ではないとき



(b) EDLCが満充電のとき

図6 蓄電システムの改善案

4. まとめ

本報告では、「PVモジュール表面の汚染による出力低下」と「二次電池の保守・管理」を改善する基礎検討を行った。防汚剤として光触媒と撥水剤を塗布したPVモジュールの透過率は、光触媒で約4%、撥水剤で約2%低下することがわかった。発電電力について、約3ヶ月の暴露ではすべてのPVモジュールに差異が見受けられなかったが、約8ヶ月の暴露後には光触媒で約1%、撥水剤で約2%の改善効果が得られた。このことから長期暴露における防汚剤の効果は大きいと考えられる。

また、鉛蓄電池とEDLCを実環境下で運用して充電特性の比較を行った。その結果、EDLCを二次電池と等価交換できることを示した。

今後は、PVモジュールの長期暴露を継続して防汚効果の検証を継続して行う。さらに3.3節で提案したシステムを実際に構成して検証実験を行う。そして、システムの充放電特性を測定し、今回のデータと比較・検討を行い、特性を評価していく予定である。

謝辞

本研究は、文部科学省平成22年度私立大学戦略的研究基礎形成支援事業「建築・都市の減災と震災時機能継続に関する研究拠点の形成」によって実施しております。PVモジュールへの光触媒の塗布を行っていただきましたAIT Japan 足立 茂氏、ならびにサンプルの透過率の測定にご協力いただきました工学院大学教授 本田 徹博士に感謝いたします。また、独立型太陽光発電の実験に協力いただいているサレジオ工業高等専門学校 電子工学科 野口拓哉君、佐藤雅史君に感謝いたします。

参考文献

- 1) 小林 幹, 米盛弘信: “安全・安心に有効である独立型PVの提案”, 2009年電気学会産業応用部門大会講演論文集, pp. II-119-II-120, 三重大学 (2009-09)
- 2) 西野 敦, 直井勝彦: “電気化学キャパシタの開発と応用II”, シーエムシー出版, p.28, (2007-11)
- 3) 遠藤勇徳, 小林 幹: “へき地における独立型PVシステムの活用ー光触媒によるセルフクリーニング効果の検証ー”, 2007年(第25回)電気設備学会全国大会, pp.221-222, 広島工業大学 (2007-09)
- 4) 遠藤勇徳, 小林 幹: “電気二重層キャパシタを用いた独立型PVシステムの実地検証”, 2006年(第24回)電気設備学会全国大会, pp.15-16, 北海道工業大学 (2006-09)
- 5) 矢崎克侑, 米盛弘信: “EDLCと二次電池を用いた独立型PVシステム用ハイブリッド充電方式の提案 - EDLCによる未回収エネルギーの蓄電 -”, 第2回大学コンソーシアム八王子学生発表会要旨集, pp.118-119, (2010-12)
- 6) 川口博嗣, 黒川浩助, 野崎洋介, 谷内利明: “EDLCを組み込んだ独立型太陽光発電システムのシミュレーション”, 電子通信エネルギー研究会, (2000-11)
- 7) 角島秀輝: “太陽光電池を用いた独立型電源の制御システム並びに最大電力追従方法及び鉛蓄電池満充電方法”, 特願 2007-87714