

太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発

🔊 太陽光発電，小水力発電，電気二重層キャパシタ，出力安定化

* 植田喜延 Yoshinobu Ueda

** 若杉直人 Naoto Wakasugi

*** 大藪俊司 Shunji Oyabu

*** 藤盛博昭 Hiroaki Fujimori

概要

近年，地球環境に優しいエネルギー源として太陽光発電システムの導入量が増えている。(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は，ラオス人民民主共和国と共同で，「太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発」を実施している（委託先：沖縄電力株，再委託先：沖電設計株，株明電舎）。

当社はプロジェクトの一員として主要機器を開発・製作し，研究に従事している。

本実証開発では，「太陽光発電の出力変動を緩和し電力品質への影響を小さくする制御技術の開発」を行い，太陽光発電システムの利便性や信頼性の向上などを図ることを目指す。



実証サイト位置

1. ま え が き

近年，地球環境に優しいエネルギー源として，太陽光発電（PV：Photovoltaic）システム（以下，PVシステム）の導入量が増えている。特に，いまだ電化されていない地域において電力供給を行うにあたり，大規模な送電線の設置や化石燃料の供給などを必要としない，PVシステムと小水力発電（MH：Micro Hydro power）システム（以下，MHシステム）により小規模な地域電力システムを構築することが有望視されている。

PVシステムとMHシステムを組み合わせたハイブリッドシステムは，特に雨期と乾期で日射量や河川の水量が大きく変動する地域において，相互の出力を補完できることが利点と考えられる。その理由は，日射が減少しPVの出力が低下する雨期には河川の水量が増加し，MHの出力を大きくす

ることができ，逆に河川の水量が減少する乾期には日射が増加しPVの出力が大きくなるためである。

しかしながら，PVシステムは日射量の変化に伴う出力変動が大きく，且つMHシステムの出力調整では，電力需要変動への追従が遅いという課題がある。この技術課題を研究するため，2007年度から(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は，ラオス人民民主共和国と共同で，太陽光発電システム等国際共同実証開発事業「太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発」を実施している（委託先：沖縄電力株，再委託先：沖電設計株，株明電舎）。当社は，本実証開発のプロジェクトメンバーの一員として研究に必要な各種装置を開発し，実証研究を行っている。

本稿では，当社が開発を担当している各種装置の紹介と，それらに適用する実証開発技術の一部

について紹介する。

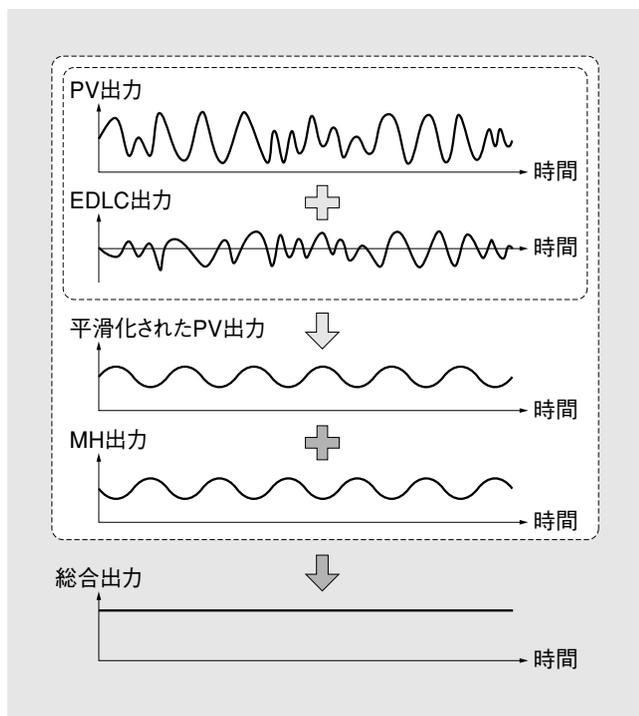
2. 実証開発の概要

2.1 実証開発内容

本実証開発では、日射量の変化に伴うPVの出力変動を緩和し、電力品質への影響を小さくするシステム制御技術などの実証開発を行う。具体的には、日射量の変化に伴う太陽光発電の出力変動を、瞬時の充放電が可能な電気二重層キャパシタ(EDLC: Electric Double Layer Capacitor)によって調整を行い、更にMHによる出力調整を行うことで、より安定的な電力供給が可能な電力供給システムの実証を目指す。第1図に制御技術の概略イメージを示す。

また、雨期と乾期で日射量や河川の水量が大きく変動する地域では、河川の水量が少ない乾期において、PVの出力を利用してMHシステムの水使用量を低減することで、かんがいなどにも水資源を活用することが可能となるため、水使用量の低減効果についても評価を行う。

2007年度は実証研究設備(PV+MH+EDLCシステム)の候補サイトの現地詳細調査、システムの構成機器及び容量検討、並びに本実証開発で開発する運転制御方式についてシミュレーションを実



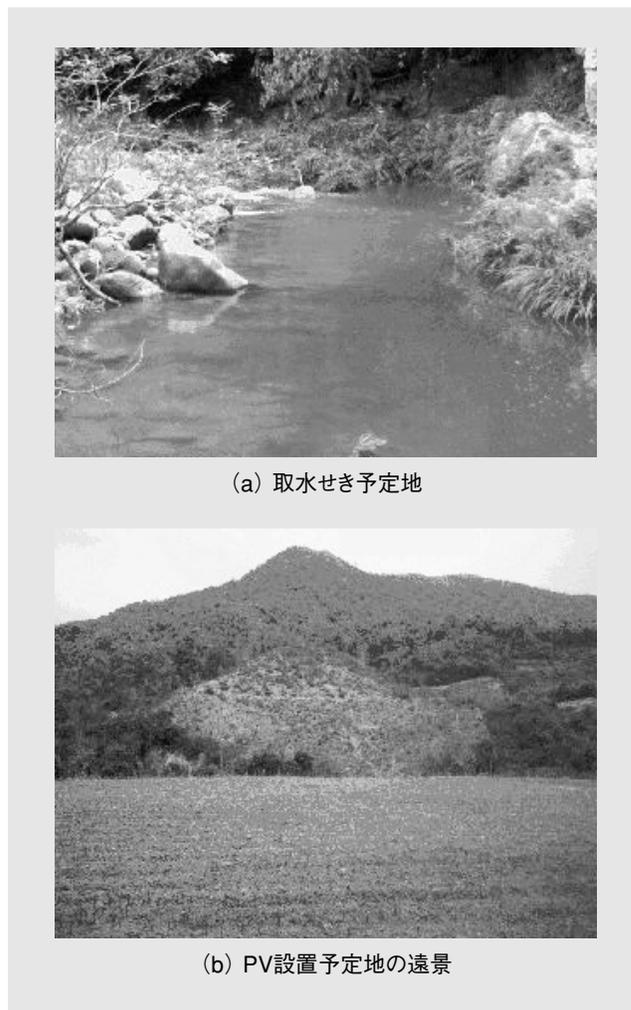
第1図 出力調整のイメージ

PVの出力変動をEDLCで平滑化し、更にMHの出力制御で一定の出力にしている。

施し、2008年度は実証サイトの土木工事の着工と、実証研究設備の開発・設計・製作を行った。その中で、当社はPV用PCS (Power Conditioning Subsystem)、MHシステム、EDLC、発電所構内電気設備及び送電用変圧器などの開発・設計・製作と運転制御方式のシミュレーションを担当した。

2.2 実証研究サイト

実証研究サイトは、ラオス人民民主共和国ポンサリー県マイ郡である。周辺国及び首都ビエンチャンとの位置関係は、概要中の図に示した通りである。第2図に実証研究サイトのMHシステムの取水せき予定地及びPVシステム設置予定地遠景を示す。第2図(b)の中央付近に斜面が写っており、その斜面の中央を横切る道路の上部付近にPVパネルを設置する予定である。また、道路付近にヘッドタンクを設置し、写真には写っていないが斜面下部に建設予定の水力発電所に向かって水圧鉄管を敷設して、MHシステムに水を供給する。



第2図 実証研究サイト

(a) は取水せき予定地を、(b) はPV設置予定地の遠景を示す。

3. システム構成

第3図に本実証開発で構築するシステムの構成図を示す。当社の機器製作担当範囲は太破線で囲んだ部分である。

PVシステム及びMHシステムの発電電力は、三相4線式400/230V、周波数50Hzの所内系統を介して、変圧器で22kVに昇圧した後に給電村に向けて供給される。

PVシステムの内、PVパネルの出力は40kWであるため、PCSは当社SUNGENECシリーズの容量系列から50kW機を適用する。また、PCS直流部に出力安定化制御に必要なEDLCの充放電を行うDC/DCコンバータを接続している。EDLCはPVの出力変動を安定化するために、中間電圧を基準として40kWの充放電を30秒継続できる容量としている。MHシステムには、発電機定格出力110kW、140kVAのクロスフロー水車発電機を適用する。電圧・周波数を一定に保つように励磁制御及びガイドベーンの開度制御を行う。

実証試験において負荷変動を模擬的に発生させるためと、主に実証試験初期において負荷量が少

ない状況でMHシステムの最低出力を維持するために、5kW、10kW各1セット、20kW 3セットの合計75kWの抵抗器を使用する。

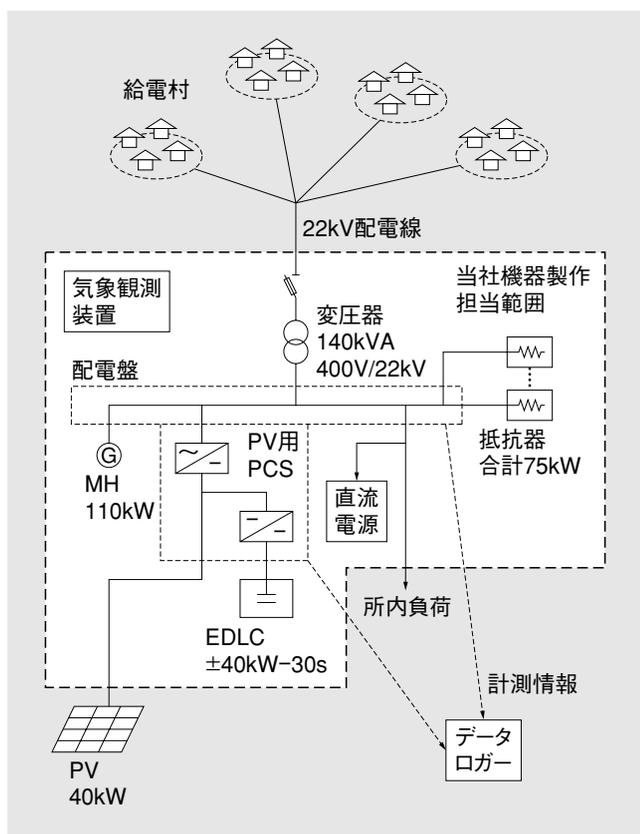
気象観測装置は、風向・風速・日射量・降水量・温度・湿度などの計測を行い、PVやMHの発電量への影響やハイブリッド化による効果についての検討に活用する。

4. 出力安定化技術の開発

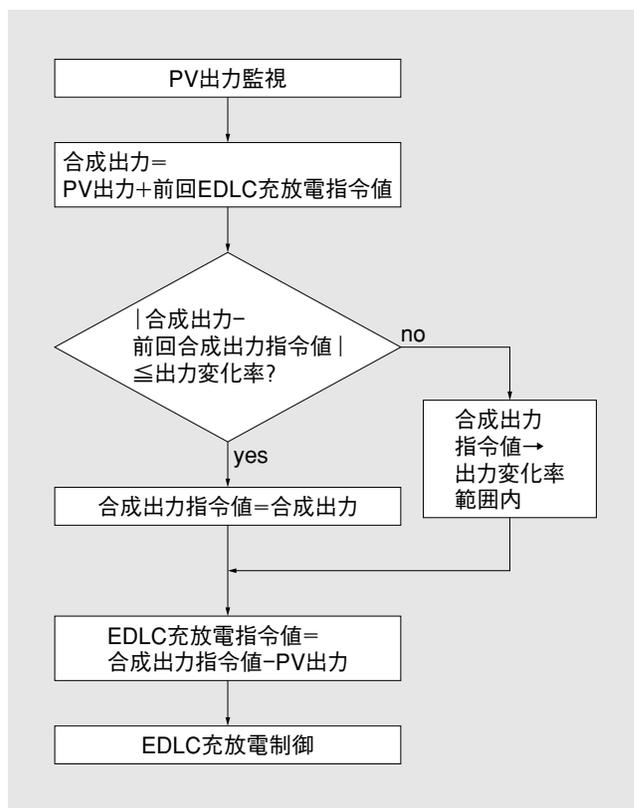
4.1 出力安定化技術

本実証開発における技術開発の中心となる、PVシステムの出力安定化技術について紹介する。第4図に本制御方式のフローを示す。本方式は簡易な制御ロジックにより必要とされる効果を得られる点が特長である。

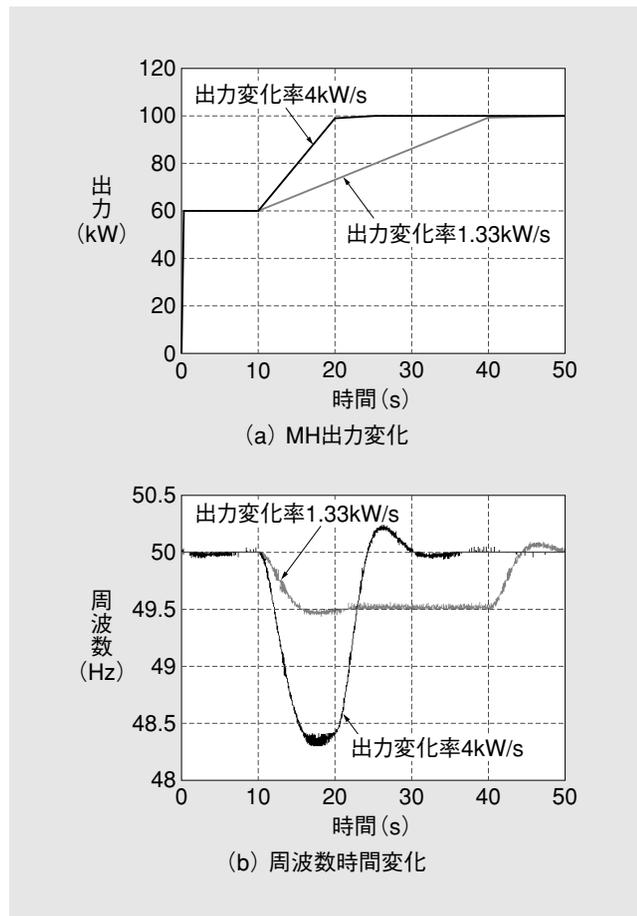
PVの出力を監視し、前回の制御ステップにおけるEDLC出力との合成出力を計算する。計算された合成出力と前回出力とを比較し、あらかじめ設定した出力変化率の範囲内であれば計算された合成出力をそのまま合成出力指令値とし、出力変化率を逸脱してしまう場合には合成出力指令値を出力変化率の範囲内に変更し、PV出力と合成出力指



第3図 システム構成図
実証開発システムの構成図を示す。



第4図 出力安定化制御フロー
PVの出力変動を監視し、出力変化率の範囲を逸脱するとEDLC充放電によって安定化させる制御フローを示す。



第5図 シミュレーション結果例

(a) PV出力変化率を4kW/sに抑制した場合と1.33kW/sに抑制した場合のMH出力を比較。
 (b) PV出力変化率を4kW/sに抑制した場合と1.33kW/sに抑制した場合の周波数変動を比較。

令値との差をEDLCが埋めるように充放電を行う。これにより、EDLCは出力変化率の範囲内のPV出力変動に対しては応答することなく、出力変化率を超過した場合には即座に応答することができる。

実運用上は、安定化制御に加えEDLCが過充電あるいは過放電に至ることを避けるために、安定化に影響のない範囲で充電状態の調整も行う。

4.2 シミュレーション結果

出力安定化制御の効果を確認するために、PVシステム、MHシステム及び負荷を模擬したシミュレーションを実施した。第5図にシミュレーション結果例を示す。本シミュレーションでは、負荷を100kW一定とし、PV出力が時刻10sにおいて急減した場合を想定したもので、開発する出力安定化制御における、出力変化率が4kW/s及び1.33kW/sの2ケースを示している。第5図(a)はPV出力が

減少するためにMHの出力が上昇する様子を示している。第5図(b)に両ケースの周波数時間変化を示す。出力変化率4kW/sのケースでは、周波数低下幅が最大の1.6Hzに達しているのに対して、1.33kW/sのケースでは周波数低下はほぼ0.5Hzに収まっており、本実証開発の電力品質の目標である周波数50Hz±2%を満足することを確認した。

5. む す び

NEDOの委託研究である「太陽光発電システム等出力安定化制御技術実証開発」における当社の取り組みについて紹介した。今後は実証サイトにおける設備構築及び研究を通じて、太陽光発電システムの普及促進に寄与できるような技術開発を目指して研究に取り組んでいく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



植田喜延 Yoshinobu Ueda
 電力品質ソリューションの開発・企画に従事



若杉直人 Naoto Wakasugi
 発電設備のエンジニアリング業務に従事



大藪俊司 Shunji Oyabu
 水力発電のエンジニアリング業務に従事



藤盛博昭 Hiroaki Fujimori
 水力発電のエンジニアリング業務に従事