

エネルギートライアルラボの活用事例

谷澤之彦*

Overview of Energy Trial Laboratory

Yukihiko TANIZAWA

1. はじめに

東日本大震災による電力不足や地球温暖化問題等により、再生可能エネルギーが注目されている¹⁾。

しかしながら、再生可能エネルギーの多くは、エネルギー密度が低く、不安定である。電源として再生可能エネルギーを有効に活用するためには、安定化のために蓄電デバイスとの組み合わせや電力系統との連携、また高出力を得るために複数のエネルギーデバイスと組み合わせることが必要となる。

その実現のためには、システムとして“つなぐ”技術が重要となる。そこで、我々はエネルギートライアルラボとして、新たなエネルギーデバイスの活用やこれらを制御する電力変換機器、また発電電力により動く製品の技術開発の支援を行うべく、整備を進めている。今年度は、小規模の太陽電池（PV: Photovoltaic Cells）や燃料電池（FC: Fuel Cells）等複数のエネルギーを同時利用する電源システム（マイクログリッド）を試作した。これを用いてエネルギーデバイスを使用した場合の動作評価・試験を行ったので結果を報告する。

2. 実験方法

2. 1 試作システム構成

図 1 にシステムの全体構成を示す。共通電源バスは DC12V/DC24V として、そのライン上に複数の発電デバイスと蓄電デバイス及び負荷を接続する。発電デバイス及び蓄電デバイスと共通バスとの

接続には DC/DC 変換器を介して行う。系統とは AC/DC 変換器を介して共通バスに接続し逆潮流は行わないものとする。また、表 1 に各機器の主な緒元を示す。

今回は、電源ソース毎に組み合わせて表 2 に示す 3 つのパターンで実験を行った。

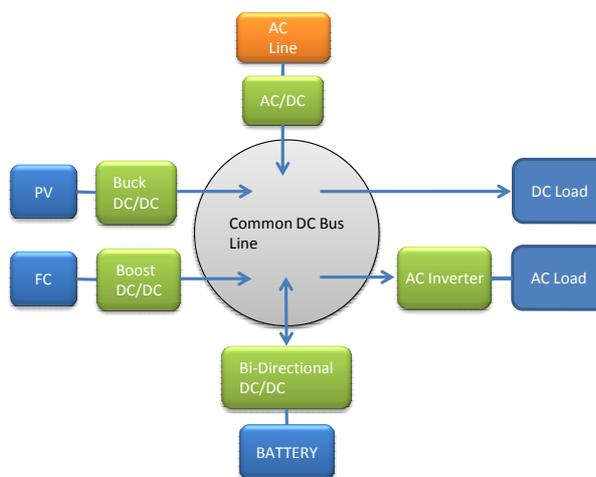


図 1 システム構成図

表 2 システム主要諸元

	定格	型式	メーカー
太陽電池	32W, 17.4V/1.84A	KC32T-02	京セラ
燃料電池	40W, 5V/8A, 8 セル	PBI-PEFC	自作
蓄電池	38AH/12V	SER38-12	GS ユアサ
電子負荷	330W, 66A	PLZ334W	菊水
太陽電池用 DC/DC	200W, 24V→12V	降圧チョッパ (MPPT)	自作

* プロジェクト研究課

燃料電池用 DC/DC	100W, 5V→20V, 20A	昇圧チョップ	自作
蓄電池充放電用 DC/DC	200W, 24V↔16V	昇降圧チョップ	自作
DC/AC インバータ	350W, 24V/20A	正弦波 PWM	電菱
監視用パソコン	CPU/メモリ: Corei5-680/ 3GB, OS:WinowsXP, 開発 言語:VisualBasic.NET	Endeavor MR6900	エプソン

表 2 システム実験

パターン I	太陽電池 (PV) + 負荷 (DC LOAD)
パターン II	燃料電池 (FC) + 蓄電池 + 負荷
パターン III	太陽電池 + 系統 (AC Line) + 蓄電池 + 負荷

2. 2 計測方法

各デバイスの動作状況は、長期間のモニタリングが行えるよう、全ての入出力ポイントでの電圧電流を計測して、パソコンにて監視・記録を行った。図 2 に監視画面例を示す。

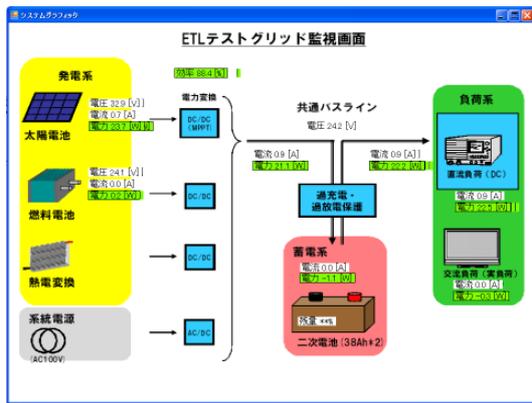


図 2 監視画面例

3. 結果と考察

3. 1 太陽電池 + 負荷 (パターン I)

まず、太陽電池の実使用条件における特性を把握するため出力特性評価を行った。具体的には、負荷装置により出力を連続的に変化させ出力電流、電力及び電圧特性 (IV 及び PV) を取得した。測定した結果を図 4 に示す。出力電圧が 30 V 付近で最大出力点 MPP (Maximum Power Point) となっているが、太陽電池では常時最大のエネルギーを利用するには電力変換器を用いて MPP となるように入力電圧・電流を調整する必要がある。今回は、最も一般的な山登り法による MPPT (MPP Tracking) 制

御方式の DC/DC 変換器を試作し用いた。

ここでは図 3 に示す構成にて運転動作確認し、DC/DC 変換器の効率を測定した。なお、太陽電池は、定格 192 W (32 W モジュールを 2 直列 3 並列接続) のものを用いた。

連続して動作させた場合の PV 電圧、PV 電流、PV 電力及び DC/DC 出力電力の波形を示す (図 5)。PV 電圧は先の特性カーブで最高効率点となる 30 V 付近で推移しており MPPT が行えていることが確認できる。

また、このときの DC/DC 変換器の入力及び出力電力から求めた効率を図 6 に示す。50 W 以上の出力時は、平均 90%~95%の効率が得られている。



図 3 システム構成 (パターン I)

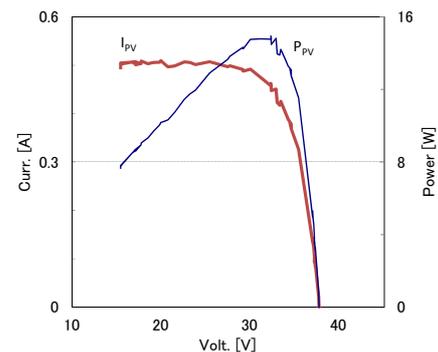


図 4 IV / PV 特性 (1 モジュール)

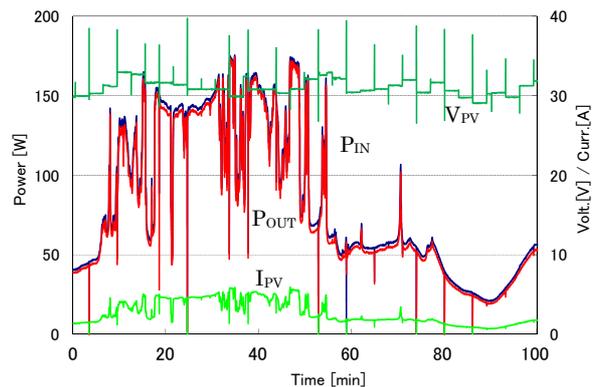


図 5 動作波形

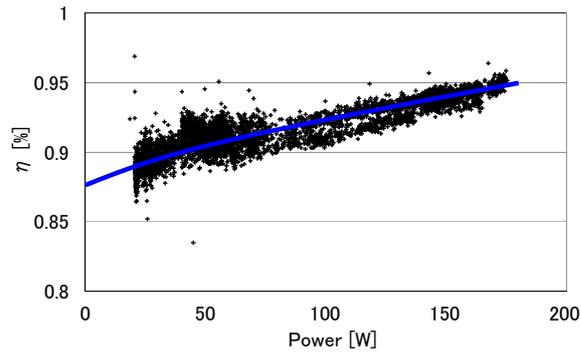


図 6 DC/DC 変換器効率

3. 2 燃料電池+蓄電池+負荷 (パターン II)

システム構成図を図 7 に示す。FC の発電電力を優先的に使用し、蓄電池は FC の供給電力を超える負荷に対する供給源及び停電時のバックアップ電源として用い、充電は軽負荷時の余剰電力にて行うこととする。

燃料電池には、定格 40W (5 V, 8 A, 140°C) の PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell) スタックを用いた。出力電圧が低いことから、昇圧 DC/DC を用いて蓄電池と負荷に接続する。なお、FC は過負荷状態では劣化してしまうことから、FC 出力電圧が 5 V 以下にならないよう変換器にて保護している。負荷は、バッチ処理装置のような周期的に ON/OFF する装置を模擬して、電子負荷を用いてパルス状の負荷パターン (11 分間隔で 4 A を 5 分継続) とした。

連続動作させたときの各装置の電流波形及びスタック温度を図 8 に示す。

負荷時には FC 及び蓄電池から同時に電力を供給していることが確認できる。また無負荷時には FC が蓄電池の充電を行っている。

スタック温度については、起動後徐々に低下しており、ヒータによる昇温に切り替わっている。これは、今回使用した燃料電池が 140°C で動作するタイプであるが、定格出力以下での運転時間が長くなり、温度が低下してしまったためである。

燃料電池を高効率で使用するためには、定格出力で連続運転できるよう出力を選定するとともに、燃料電池は運転・停止の繰り返しによるスタック劣化を避けるために運転・停止回数が少なくなるよう運転制御を行う必要がある。

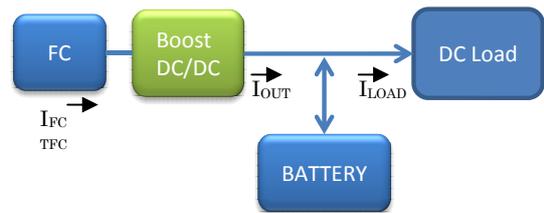


図 7 システム構成 (パターン II)

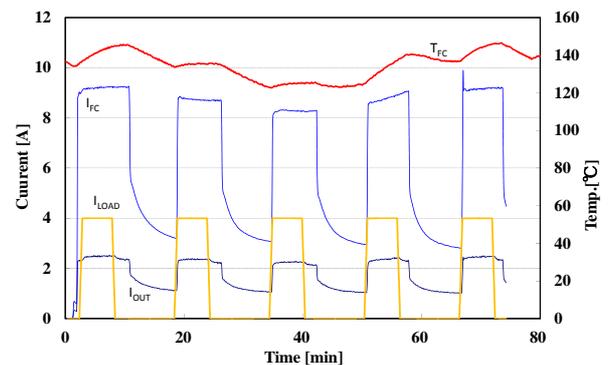


図 8 動作波形

3. 3 太陽電池+蓄電池+系統+負荷 (パターン III)

自然エネルギーと系統電源と組み合わせ、安定して電力供給ができる電源システムとする場合について実験を行った。(図 9) 太陽電池の発電電力が低下する曇天や夜間にも、系統から不足電力を供給する。蓄電池は余剰電力の吸収と停電時のバックアップ電源として用いる。

蓄電池の充放電制御は、遷移図 (図 10) に示すように共通バス電圧が低下時のみに放電モードに移行して、バックアップ電源として動作させ、常時は充電モードとする。

系統電源は、AC/DC 変換器にて直流に変換して共通バスに接続する。なお、本システムでは、系統電源への逆潮流をしていないことから、負荷及び蓄電池で吸収しきれない発電電力の利用はしていない。

各エネルギーの優先順位は以下の通り、①太陽電池②系統電源③蓄電池とする。

各デバイスの連携動作の確認のため、負荷変動時及び系統電力の停電時における電圧電流波形の測定結果を図 11 及び図 12 に示す。

負荷変動時には、太陽電池からの電力が不足するため系統電力と合わせて負荷に供給していることがわかる。

停電が蓄電池を充電中に発生した場合、蓄電池よりバックアップをするが、双方向コンバータ回路内のインダクタ電流の方向を逆転させる必要があるために、共通バスへの電力供給が遅れ 500 ms 程度電圧が低い状態が継続している。

さらに安定化させるためには、充電と放電とで回路を分ける等、負荷の要求にあわせたシステム設計が必要となる。

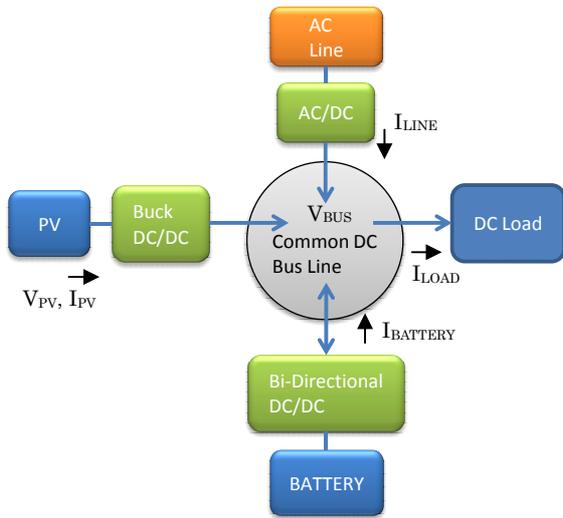


図 9 システム構成 (パターンⅢ)

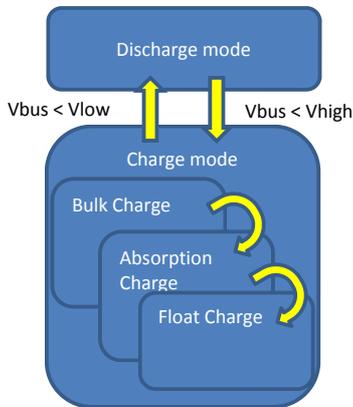


図 10 遷移図 (充放電制御)

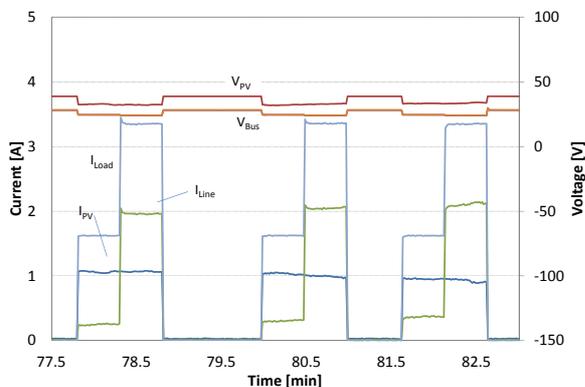


図 11 連携動作時の電圧電流波形 (負荷変動時)

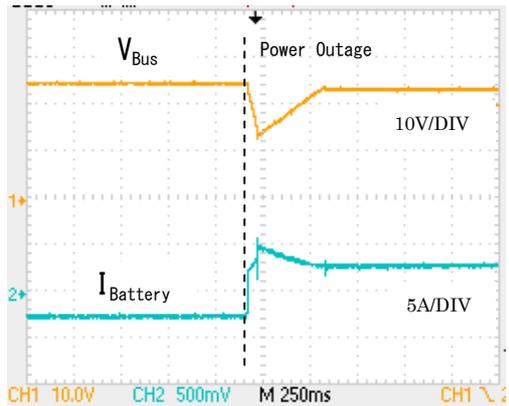


図 12 連携動作時の電圧電流波形 (停電時)

4. まとめ

本報告では、不安定な発電ソースを複数活用して利用する電源システムを試作して、動作評価を行った。今回用いた太陽電池をはじめ自然エネルギーを電源として用いる場合には、発電電力が不安定なことから、連続した出力ができないこと、使用する負荷以上の発電電力が無駄になること等が問題となる。そのため、安定・高効率に利用するためには、蓄電池やその他の電源ソースと組み合わせが必須となる。

多様な発電デバイスを組み合わせて活用するためには、デバイス構成に合わせたシステムのカスタム設計が必要であり、小回りの利く中小メーカーの特長を活かせる分野になる可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁：“エネルギー白書 2011”. (2011)