

研究論文

太陽電池を用いた可搬型非常用電源の開発

松生秀正*¹、浅井 徹*¹

Development of a Portable Emergency Power Supply System using a Solar Battery Module

Hidemasa MATSUO*¹ and Tohru ASAI*¹Industrial Technology Division, AITEC *¹

地震、台風、豪雨などの災害時にパソコン、通信機器等を稼働させるための可搬型非常用電源を開発した。このシステムは、太陽電池モジュール、二次電池、充放電コントローラー、DC-AC インバータで構成されており、消費電力 5~50W のパソコンを負荷としたとき、曇りまたは雨の気象条件で 36 時間程度の連続運転が可能である。また、充放電コントローラーをすべて自作し、機能強化を図ったので、市販の充放電コントローラーに比べて連続運転時間を 2 時間程度延長することができ、非常用電源として本システムの有効性を確認した。

1. はじめに

昨今の地震、台風、豪雨などの自然災害による被害、とくに 2004 年の新潟県中越地震では山間地の被害が多かったこともあり、被災状況の確認に手間取り、被災直後の状況確認と通信の確保の必要性が改めて認識されるようになった。そこで、総務省プロジェクト「ソーラー飛行船によるセンサーネットワークシステムの研究開発」では、災害時に飛行船を長時間にわたり滞空させ、センサーネットワーク用通信基地の運用として災害時の通信を確保し、さらにカメラを搭載して被災地の画像を得ることで、効率のよい救援救助活動を行って人的災害の拡大を防ぐことを目的としている。本プロジェクトの中で当研究所は、飛行船と通信を行う地上通信基地の電源部分を担当し、太陽電池を用いた可搬型非常用電源システムの研究開発を行った。

2. 実験方法

2.1 充放電制御システム¹⁾

図 1 に、本研究で開発した充放電制御システムを示す。想定している負荷（パソコン、通信機器など）が直流 5~20V で駆動することを考えれば、24 系太陽電池モジュールと DC-DC コンバータ（たとえば DC24V→DC20V）を使用することが妥当である。しかし、汎用性を考慮して DC-AC インバータ（DC12V→AC100V）ですべての負荷を AC100V で駆動することにしたため、比較的電圧が低く、扱いやすい 12V 系太陽電池モジュールを使用した。二次電池は直列接続、あるいは並列接続により 12V

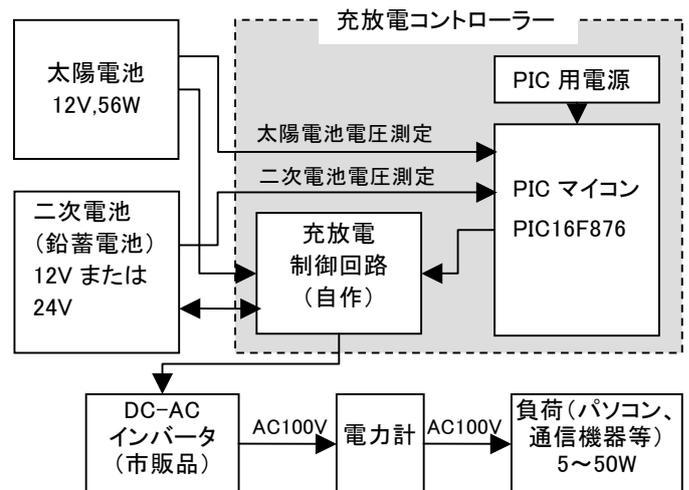


図1 充放電制御システム

系、あるいは 24V 系太陽電池モジュールにも対応でき、電力の増加も容易である。従来は充放電制御の出力部分には市販品を使用していた。しかし、ほとんどの市販品は二次電池保護のためその出力電圧があるレベルにまで低下すると、供給能力があるにもかかわらず負荷への出力を遮断して連続運転が長く続かないことがあった。そこで、連続運転時間を延ばすため充放電制御部分を全て自作した。充放電コントローラーは PIC マイコンによる制御を行い、ハードウェアを簡素化し、主にソフトウェア（C 言語）により充放電制御を行った。これにより充放電の電圧設定、タイミングの設定も簡単にでき、種々の太陽電池モジュール（12V 系、24V 系、その他の出力

*1 工業技術部 機械電子室

電圧)にも容易に対処できる。PICマイコンは太陽電池モジュールまたは二次電池から電力を供給することができるが、この電源システムでは最大で3日間程度の使用を想定しているため、その電源として乾電池を使用した。本来ならDC-ACインバータも自作してさらに効率向上を目指すべきであるが、その場合、回路は複雑になり特殊な部品も必要ことから、コスト面あるいは製作時間の面でも市販品を使用する方がよいと判断した。自作した充放電コントローラーは、DC-ACインバータへの出力電圧範囲は任意に設定できるが、市販のDC-ACインバータは入力電圧が11V程度になると出力を遮断するよう固定されているものが多い。

2.2 実証実験

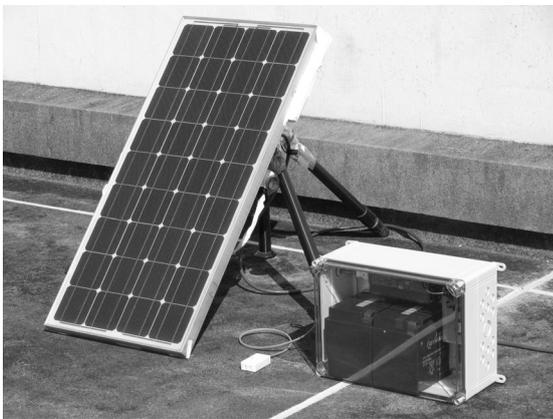


図2 太陽電池モジュールと電源システム

図2に、実証実験で使用した太陽電池モジュールと電源システムを示す。太陽電池モジュールは単結晶Si太陽電池を使用し、サイズは455mm×1,000mm、重量は約7kgである。実際に使用する場合は、負荷(接続機器)としてノートパソコン、無線通信機器を使用するが、実験では消費電力が調節できるようノートパソコンを1~3台使用した。開発システムと市販品の比較実験として長時間連続運転試験、充放電制御試験を行い、いずれも5分間隔で太陽電池出力電圧、二次電池出力電圧、接続負荷の消費電力を測定した。充放電制御比較実験では、測定器の数が不足していたので同時には行えず、異なる日に個別に行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 充放電制御システム

図3は製作した充放電制御システムを上から見たところである。300×400mmの防水・防塵ケースに、二次電池(12V24Ah鉛蓄電池並列2個)、DC-ACインバータ、充放電制御回路、PIC用電源(乾電池)が収納してある。図4はその中の充放電制御回路である。左側に太

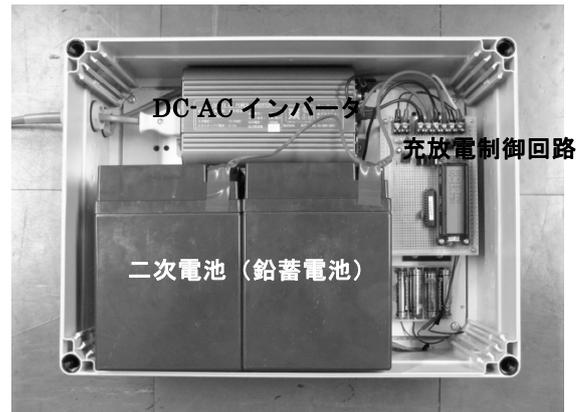


図3 充放電制御システム

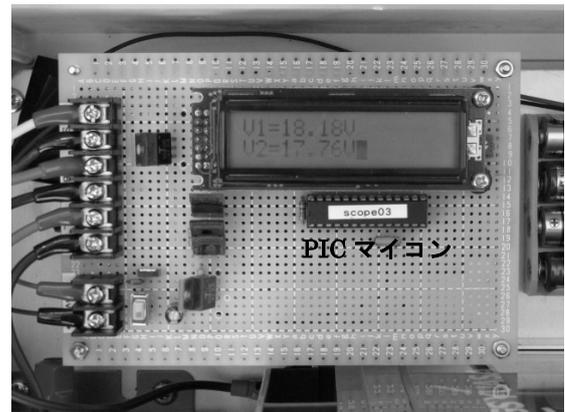


図4 充放電制御回路

陽電池、二次電池、DC-ACインバータ、PIC用電源との配線を行う端子台、中央上部に出力電圧を表示するための液晶表示器、その下が充放電制御回路のハードウェア部分、液晶表示器の下の白いラベルが貼ったICが図1に記載しているPICマイコン(PIC16F876)である。製作した充放電制御回路は、使用できる太陽電池の出力電圧:最大40V、使用できる二次電池の電圧:12Vまたは24V、負荷遮断電圧の設定:任意の値に設定可能、出力自動復帰機能:有り、などの仕様を有する。ハードウェアは極力シンプルなものとし、ハードウェアの大部分の機能はPICマイコンのソフトウェア(C言語)で作動させた。ソフトウェアで制御することにより、出力電圧の異なる太陽電池モジュールにも容易に対応できる、電子部品の数を減らすことができるので消費電力が抑えられる、制御方法の変更も簡単にできる、などのメリットがある。図4の液晶表示器では、V1=18.18(V)が太陽電池モジュールの出力電圧、V2=17.76(V)が二次電池の出力電圧を示している。太陽電池モジュールに太陽光が当たり発電しているときは太陽電池モジュールの方が電圧が高く、夜または天候が悪く太陽光が当たらないときは二次電池の電圧の方が高くなる。

この充放電制御システム(太陽電池モジュールを除く)

の重量は 25kg となり、重量に関しては当初の目標 (20kg 以下) は達成できなかった。重量がオーバーしたのは二次電池 (鉛蓄電池) を 2 個使用したためで、これだけで 20kg 近くある。現在のところ鉛蓄電池は、リチウムイオン二次電池に比べて、自己放電が少ない、過放電、過充電に強い、充放電制御が比較的容易、など太陽光発電の二次電池としては現時点で最も現実的であるが、鉛を使用しているため環境面で問題がある、重量が重いなどのデメリットもある。これを解決するためには、二次電池としてリチウムイオン電池、あるいは電気二重層キャパシタを使用する方法が考えられる。リチウムイオン電池はすでにノートパソコンのバックアップ電源をはじめ数多くの機器で使われており、小型・軽量であるが、短絡、過放電、過充電に弱く自然発火の可能性があるほか、制御方法が難しいなど技術的な問題点がある。電気二重層キャパシタは、重金属などの物質を含有しておらず環境にやさしい、急速な充放電が可能、数万回以上の充放電サイクルが可能、自然発火も起こらず安全であるが、まだ大容量のものは市場に出ている数が少なく、我々が使用できる機会は少ない。しかし、今後この充放電制御システムをより実用的なものにしていくためには、電気二重層キャパシタなどの蓄電デバイスを使用して小型・軽量化を図る必要がある。

3.2 長時間連続運転試験

図 5 は、製作した充放電制御システムを用いた長時間連続運転の実証実験の結果である。実線 (細線) が太陽電池モジュールの出力電圧、実線 (太線) が二次電池の出力電圧、点線が負荷の消費電力の値である。消費電力は DC-AC インバータと負荷となるノートパソコンの間に電力計を入れて測定した。気象条件は曇りか雨という悪条件で時々晴れ間があるという状況であった。太陽電池モジュールは 12V 系を使用しているの、雨または曇りの日でも 12V 前後の電圧は生じる。しかし、供給電力 (出力電流) は小さくなるので二次電池への充電は行われず、消費電力としては二次電池だけからの供給となる。気象条件がよくなかったので負荷の消費電力は 5~20W に意図的に抑えた。連続運転時間は 36 時間程度であったが、PIC マイコンで二次電池の電圧が 11.0V になると出力を遮断するようプログラミングしているため、2 日目の 3:00 ごろと 3 日目の 19:00 ごろに出力が遮断している。しかし、1 日目の 11:00 頃、あるいは 2 日目の 7:00 頃は、太陽電池の発電が再開し、二次電池の出力電圧が上がっているのが確認でき、充放電制御システムが機能しているのがわかる。また、2 日目の 3:00 頃に二次電池の電圧が下がり負荷への出力が遮断され、8:00 頃に再び

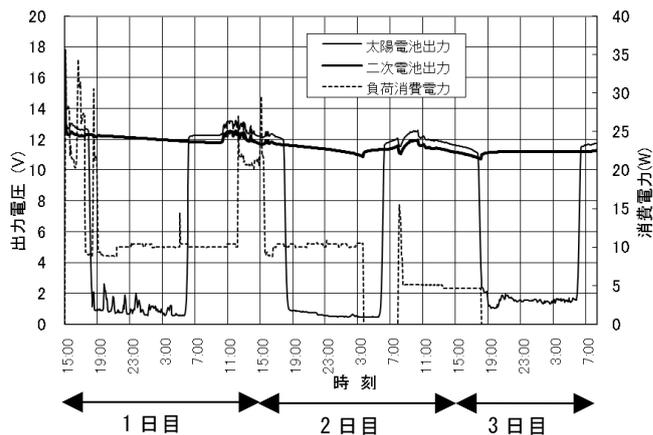


図 5 長時間連続運転試験

11.5V 程度に上がった時、負荷への電力供給が自動的に再開されていることもわかる。市販の一般的な充放電コントローラーは安全対策のため、二次電池の出力が一度所定の電圧を下回ると出力を遮断し、再び出力させるには手で復帰させる方法を採用している。本研究で開発した充放電制御システムでは、負荷への電力供給が遮断されても、太陽電池による充電により自動的に電力供給が再開できるシステムであることが確認できた。

3.3 充放電制御比較試験

図 6、図 7 は市販の充放電コントローラーと自作の充放電コントローラーの出力電圧を調べた結果である。図

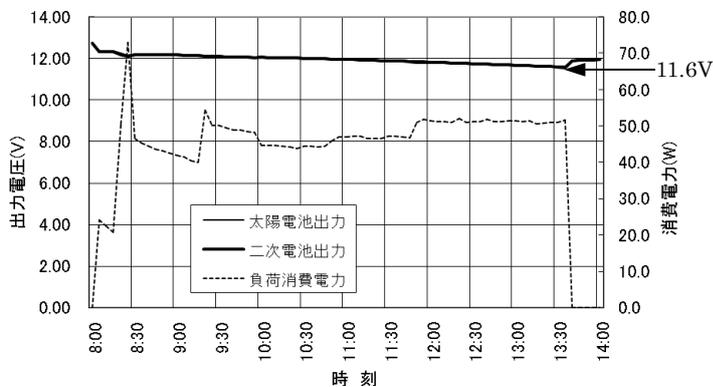


図 6 充放電制御実験 (市販のコントローラー使用)

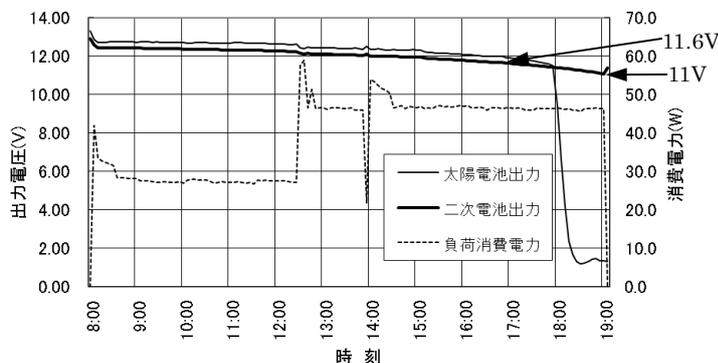


図 7 充放電制御実験 (自作のコントローラー使用)

5と同様に太陽電池モジュールの出力電圧、二次電池の出力電圧、負荷の消費電力を測定し、二次電池の出力電圧が低下する時間を調べた。図6の市販のコントローラーでは、二次電池の出力電圧が11.6Vのときに負荷の消費電力がゼロになり、出力が遮断しているのがわかる。図7の自作のコントローラーの場合は二次電池が11Vのときに負荷の消費電力がゼロになり出力が遮断しているが、11.6Vを下回っているのが17:00ごろなので、市販品を用いた場合よりも2時間程度運転時間が伸びている。この電源システム自体が2~3日間の使用を前提としているため、2時間といえども非常時における運転時間の延長の効果は大きいと考えられる。

充放電制御回路を自作した結果、市販の充放電コントローラーに比べて連続運転時間を延ばすことができ、当初の目標としていた最低限の仕様はクリアできたと考えられる。

4. 結び

本研究の結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 充放電コントローラーを自作した結果、市販品と同様に充放電制御が機能した。また、市販品には自動

復帰機能を外したものが多いが、本コントローラーでは出力電圧が自動的に復帰することを確認した。

- (2) 自作した充放電コントローラーは市販品に比べて2時間程度運転時間を延ばすことができた。
- (3) この充放電制御システムでは二次電池として鉛蓄電池を用いたので重量が25kgとなり、重量20kg以下という目標をクリアできなかった。

今後は充放電制御システムの軽量化のため、二次電池としてリチウムイオン電池、あるいは電気二重層キャパシタの使用を検討する予定である。

付記

本研究は、平成20年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度「地域情報通信技術振興型研究開発」(SCOPE)の一環として実施した。

文献

- 1) 中尾司：C言語で作るPIC電子工作，P207(2005)，CQ出版社