

## リチウムイオンバッテリーの経時特性の測定結果 (その2)

Measured Results of Lithium Ion Batteries Time Elapsed Characteristics (No.2)

柴田 貴充\*

袴田 吉朗\*\*

中田 篤史\*\*\*

Takamichi SHIBATA

Yoshiro HAKAMATA

Atsushi NAKATA

Abstract: The material describes the time elapsed characteristics of Lithium Ion batteries that are built and used in the Battery Management System (BMS). The BMS consists of series connected fourteen batteries that are charged from or discharged to a solar system constructed in the SIST campus. The time elapsed characteristics, including cell's voltage, current and temperature, and etc. have been measured every two minutes through this year following the last year. In the material, the measured and recorded data are reported.

### 1. はじめに

静岡理科大学では、開学20周年記念事業の一環としてH23年度に太陽光発電を主体とした蓄電型太陽光発電式電気自動車(PV/EV)充電システムの構築が行われ、その後落雷の被害に遭うなどの不測の事態も経験したが、H25年の2月以降になってから正式に移働を行ってきた。同システムでは、太陽光発電の出力電力を平準化するために、ピークシフト効果を狙いにして鉛電池およびリチウムイオン電池を用いた電力負荷平準化対策(バッテリーフローティング)を採用している。

H24年度にはリチウムイオン電池の経時特性を測定して評価するために、バッテリーマネジメントシステム(以下BMS)を構築しデータ測定用プログラムの開発を行った<sup>2)</sup>。

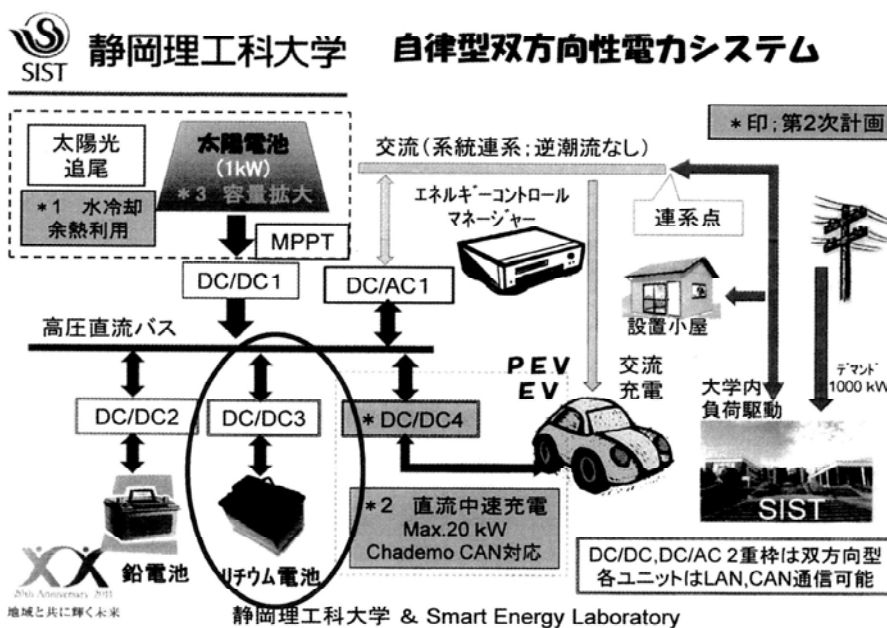
H25年度にはBMSを用いてリチウムイオン電池の経時特性を2分ごとに連続測定し、その結果については既に報告が行われた<sup>3)</sup>。今年度も昨年度に引き続きリチウムイオン電池の経時特性の連続測定を行ってきたのでH26年4月～H27年1月におけるBMSを用いた測定結果をまとめて報告する。

なお、昨年度のプログラムにはバグがあり、1日当たり720回の測定を行うことができなかったが、このバグを修正して実行した結果、1日当たり720回、少なくとも719回の測定を行うことができた。また1年間トラブルなくデータの測定、収集を行うことができた。

### 2. バッテリーマネジメントシステムの概要

図2.1にPV/EV充電システムの構成図を示す。BMSはこの全システムの内〇で囲った部分を用いている。BMSのシステム構成図の詳細を図2.2示す。

- ・ 被測定対象は直列接続された14個のリチウムイオン電池である。これらの電池は双方向DC/DCコンバータを介して高圧直流バス(HVDC)に接続されており、太陽光発電システムから充放電される。なお負荷は時々刻々変動しており、一定ではない。
- ・ この回路に放電用のリレー14個、メインリレーおよび電流検出用の0.1Ω抵抗を直列接続して制御に用いている。なお正の電流値はBMSへの充電、負の電流値はBMSからの放電を意味する。
- ・ 制御部分は、データロガーGL820(AD/DA変換器)、8ポートミニリレー(2台)、放電用の4.7Ω抵抗(14個)、K熱電対(7個)、3ポートハブ、端子台、回転灯およびPCなどからなる。



2015年2月25日受理

\*理工学部 電気電子工学科4年生

\*\*、\*\*\* 理工学部 電気電子工学科

図2.1 SIST蓄電型PV/EV充電システム

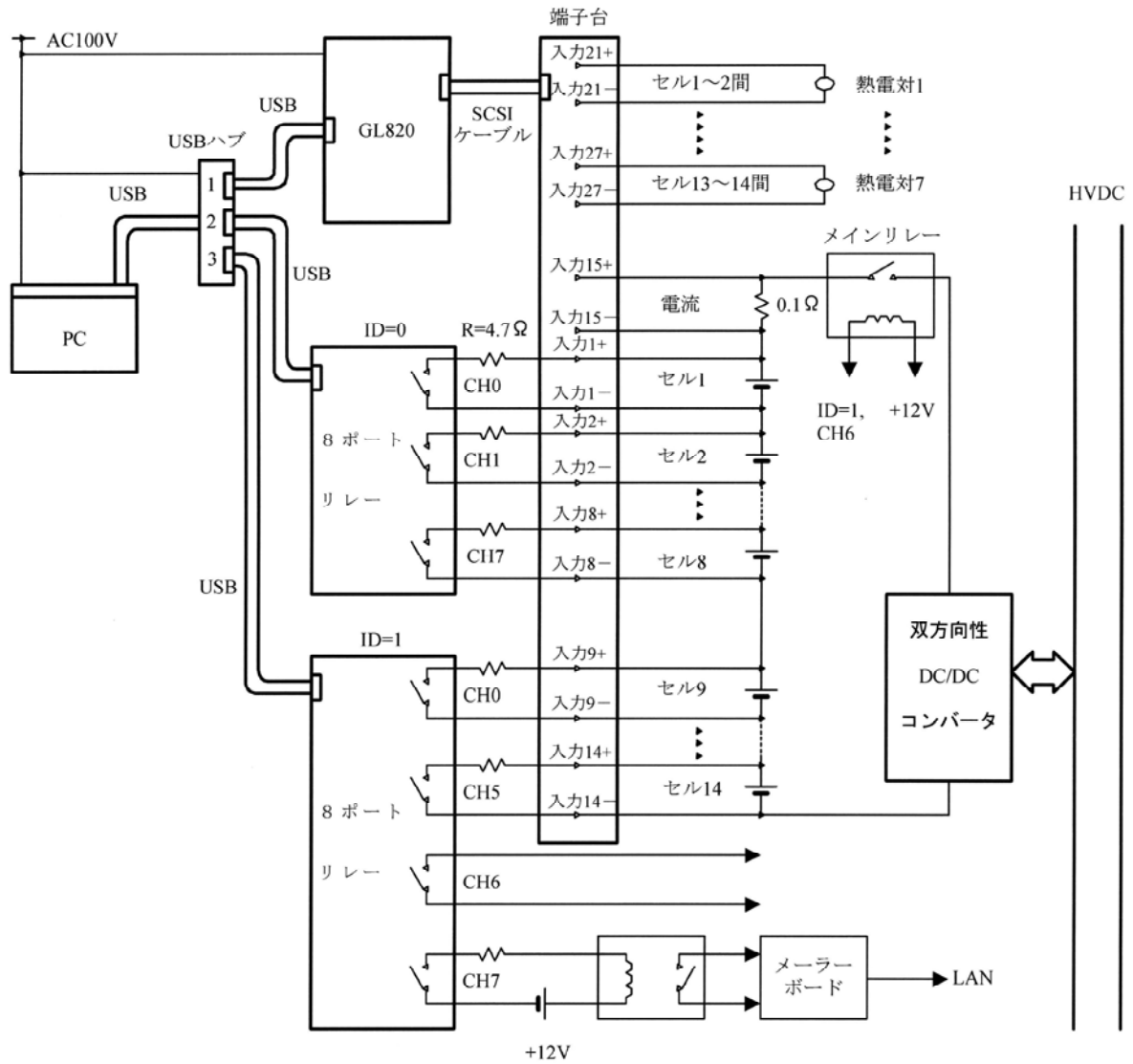


図2.2 バッテリーマネジメントシステムのハードウェア構成

3. 測定結果

(1) 日間変動におけるセル電圧のバラツキ

図 3.1 は日間変動の典型的なグラフにおいて、同一時刻における最大電圧と最小電圧の差を求めたものである。

最大電圧と最小電圧の差は10mVであった。この値は測定に使用したデータロガーにおける分解能と同等であり、セル電圧のバラツキは十分に小さいため以後平均電圧により代表させても良いことが分かった。

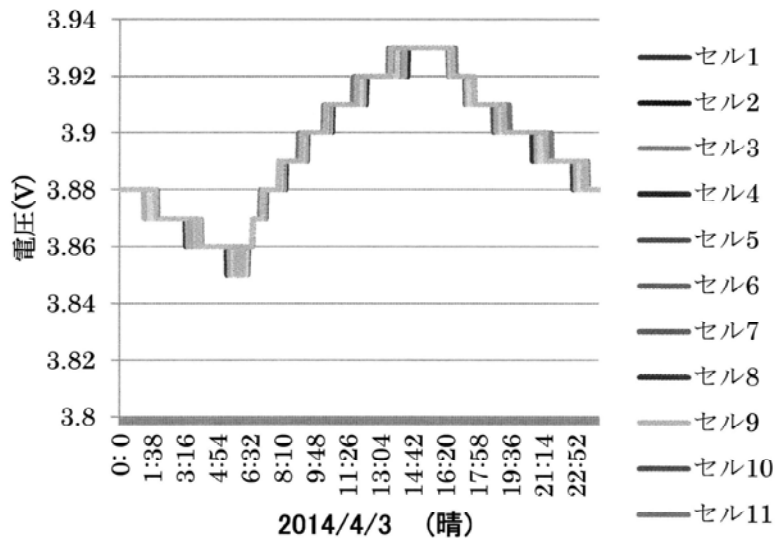


図3.1 日間変動におけるセル電圧のバラツキ

(2) セル電圧、電流の日間変動

図 3.2 に晴天におけるセル平均電圧 (実線), セル電流 (波線) を示す. 横軸は2分毎の測定時刻であり, 最大で1日当たり720個のデータがある. 午前6時ごろから充電に伴う電圧上昇が始まり, 午後5時過ぎ頃から逆に放電が起こり電圧は徐々に低下している.

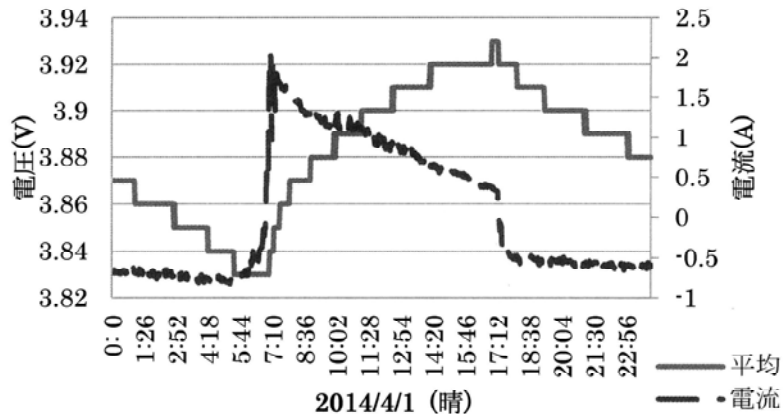


図3.2セル電圧、電流の日間変動

図 3.3 は 2014 年 10 月 5 日 (雨) におけるセル平均電圧と電流を示す. 雨の日であり実線のセル平均電圧は 3.15[V]と低い値になっている. また破線の電流もほぼ 0[A]となっており, 発電量も低くなっている.

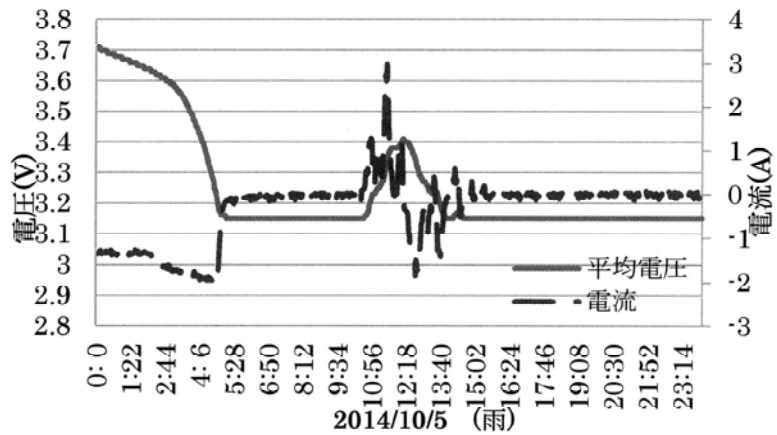


図3.3セル電圧、電流の日間変動

(2) 年間における最大電圧と最小電圧の推移

図 3.4 は 2014 年 4 月から 2015 年 1 月までにおけるセルの最大電圧と最小電圧をまとめたグラフである.

H25 年度は 1 年間を通しての測定はできなかったが, 今年度は 1 年間トラブルもなくデータを測定することができた.

実線は最大電圧の推移, 波線は最小電圧の推移である.

セルの最大電圧は, 3.95[V]となった. 最大電圧は3.9[V]から3.95[V]の間で推移している日が最も多く, 最小電圧は一番小さいときでは, 3.13[V]となった. 4.1[V]以上や3[V]未満になるとシステムが異常状態と認識してシステムを停止し, メーカーボードがBMSの異常をメールにより関係者に通知するようにしている.

昨年度はシステムの停止が何回か発生したが, この約1年間はデータの

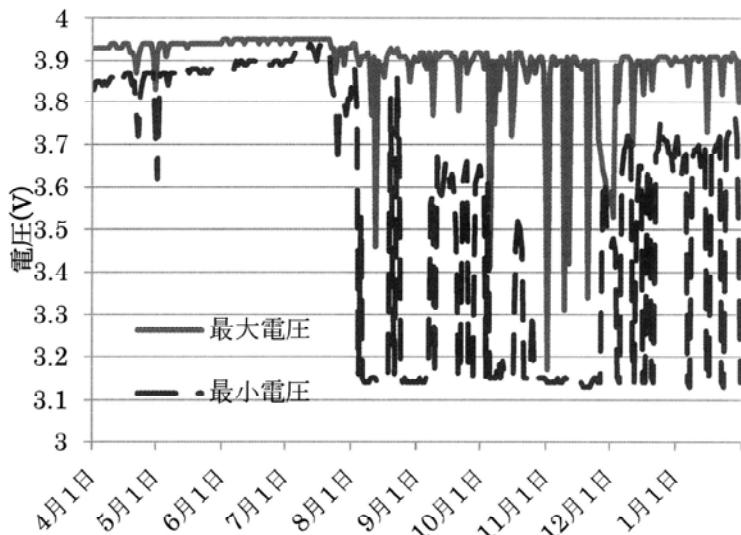


図3.4 2014年4月から2015年1月までのセル最大電圧、最小電圧推移

異常を示す高電圧状態や低電圧状態が発生することはなかった.

図 3.4 によれば, 7 月下旬から最大電圧と最小電圧の差が大きくなっていることが分かった. また天気と照らし合わせてみると, 晴れの日だとセル電圧が高く, 天候が雨や曇りだとセル電圧が低くなっていた.

図 3.5 は 1 日における最大電圧を月別でまとめた結果である。8 月, 11 月において最大電圧の変動幅が大きい結果になっていた。なお○の中の数字は月を表す。

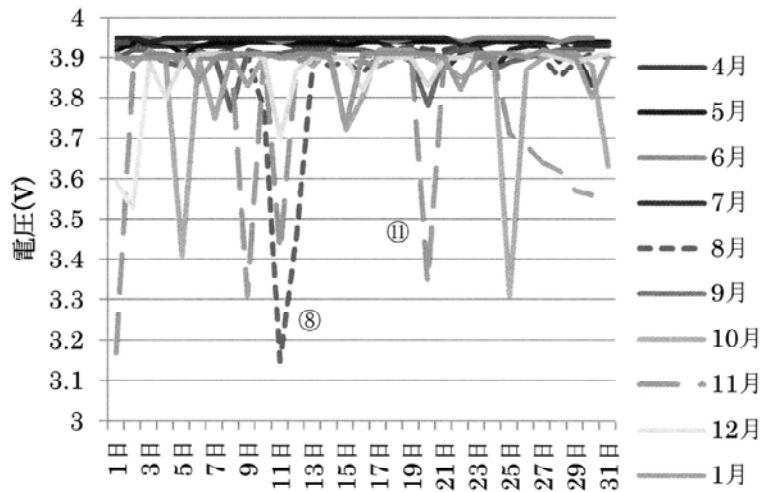


図3.5 1日における最大電圧の推移

図 3.6 は 1 日の最小電圧を月別でまとめた結果である。5 月, 6 月は電圧の変動幅は小さくそのほかの月は変動幅が大きくなっていった。なお○の中の数字は月を表す。

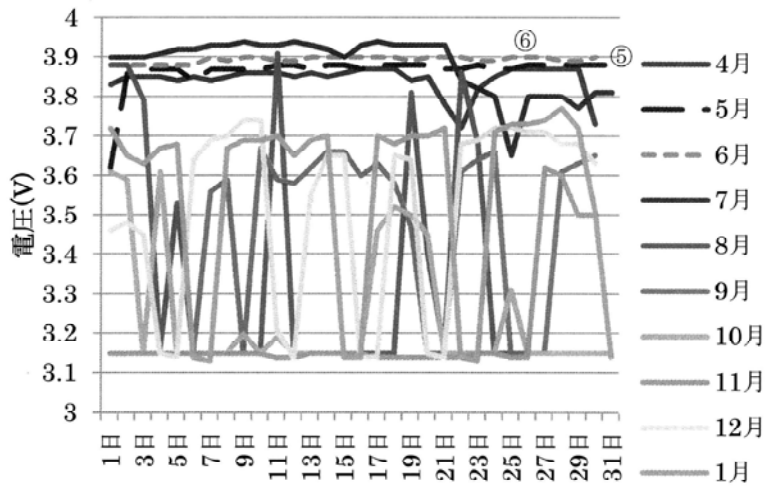


図3.6 1日における最小電圧の推移

**(3) 日射量および平均セル電圧の測定結果 (2014年6月15日)**

図 3.7 は 2014 年 6 月 15 日における日射量および平均セル電圧の測定結果である。午前 7 時頃から日射量が上昇し始め、変動はあるものの日中は最大で  $1[\text{kW/m}^2]$  前後の値を示していた。午後 1 時頃から日射量が低下し始め、午後 5 時頃になると日射量がほぼ  $0[\text{kW/m}^2]$  となる特性を示していた。日射量が増大すると同時にセル電圧も上昇していき日射量がなくなると直流送電側に放電が始まりセル電圧は低下していることがグラフから読み取れる。

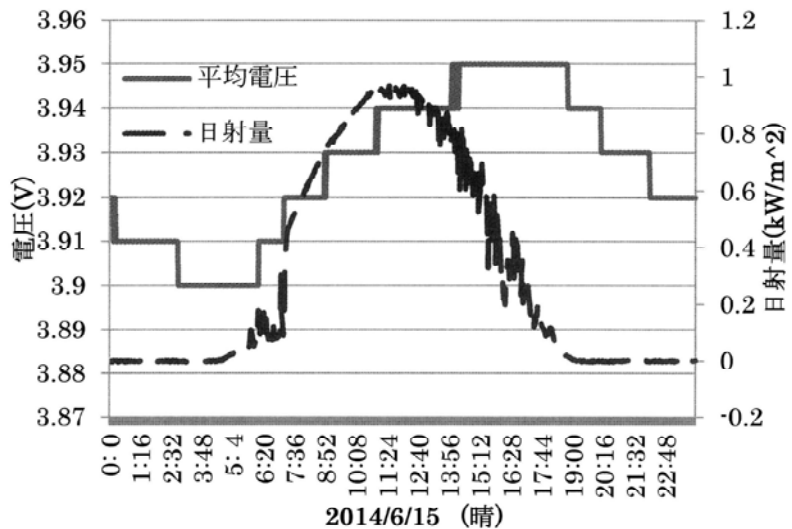


図3.7日射量および平均セル電圧の測定結果

(4) 日射量および積算電力の時刻依存性の測定例

図 3.8 に日射量および積算電力量の時刻依存性の測定例を示す。午前 6 時頃から日射量が増大し始め、日中は最大で 1 [kW/m<sup>2</sup>] の値を示している。破線は積算電力量である。日射量のある間の積算電力量はほぼ直線的に増大し、日射量がなくなると積算電力量は増加しなくなり、HDVC 側に放電が始まりセル電圧は低下している。

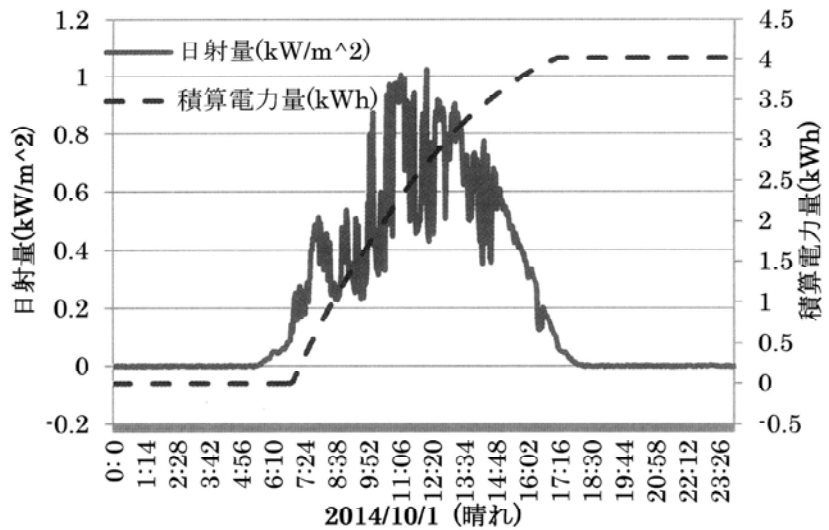


図3.8 日射量および積算電力量の時刻依存性

(5) セルの温度依存性

2014 年 4 月から 2015 年 1 月までの室内温度とセル 1-2 間のセル温度の測定例を図 3.9 に示す。

7 月の中旬ぐらいから室温、セル温度ともに急激に下がっているが、これはハウス内にある冷房を稼働させたためである。冷房を稼働させる前は一日の温度差は最大で約 5[°C]程度であったが冷房を稼働させてからは夏場では最大で約 2[°C]の温度差になっていた。

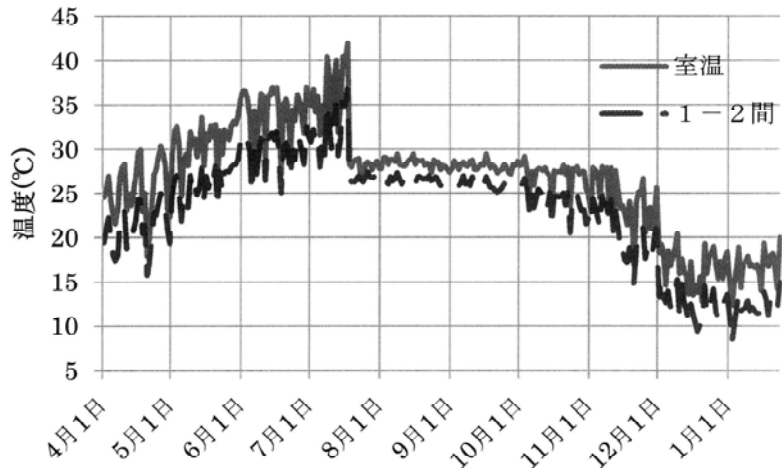


図3.9 セル平均温度と室温

図 3.10 は横軸に室温、縦軸にセル温度をとったグラフである。このグラフから室温とセル温度には正の相関関係があることが分かった。

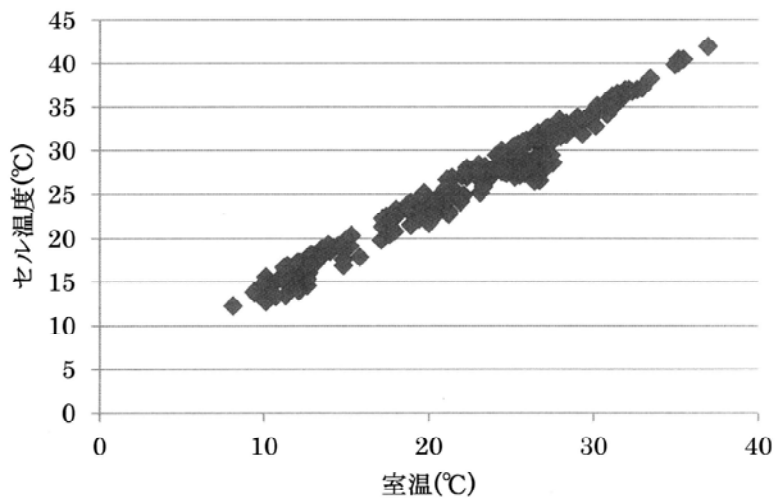


図3.10 室温、セル温度相関関係

図3.11は2014年4月23日におけるセル電圧と室温の相関関係を示したグラフである。

17[°C]以上の温度ではセル電圧と温度は一次の関係を示していると言える。但しこの関係は各データによって非常に異なっており一般性はない。

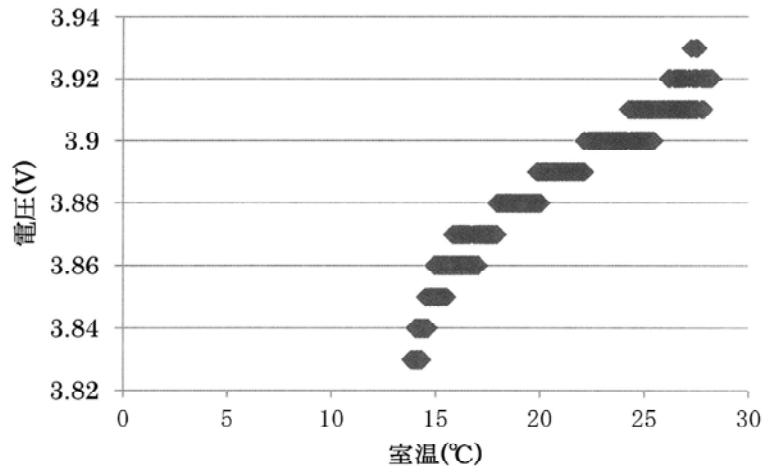


図3.11 セル平均電圧と室温

(6) 典型的な例とは異なる特性の測定例

図3.12は午前9時半頃から午後2時にかけて電圧、電流ともに減少し、午後2時から電圧、電流ともに上昇している例である。

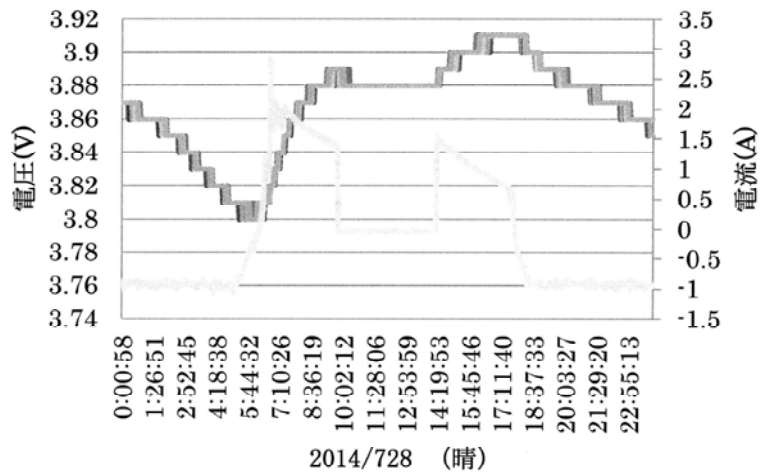


図3.12 異なる特性の測定例

図3.13は午後1時頃から電圧が急激に減少し、電圧低下量が0.65Vと大きい例である。

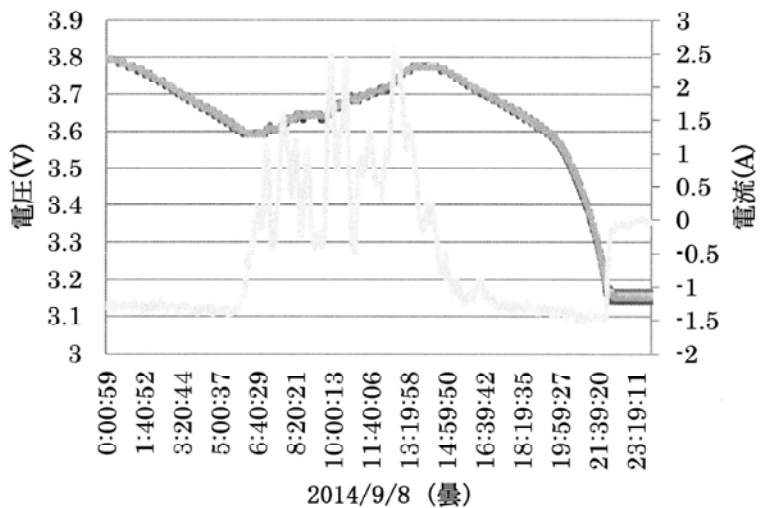


図3.13 異なる特性の測定例

図 3.14 は 1 日の電圧増加量が 0.7V と大きい例である。低電圧時にバラつきが大きくなっている。

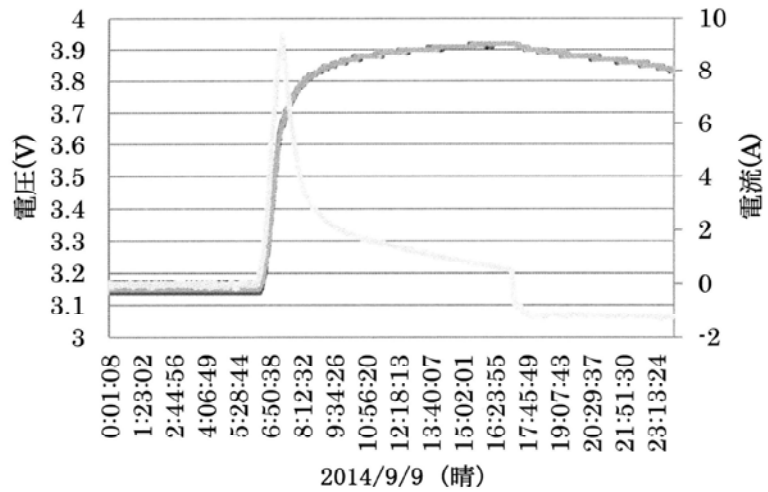


図3.14 異なる特性の測定例

図 3.15 は午前 10 時半頃に急激に電圧が上昇し増加量が 0.7V と大きくなった例。

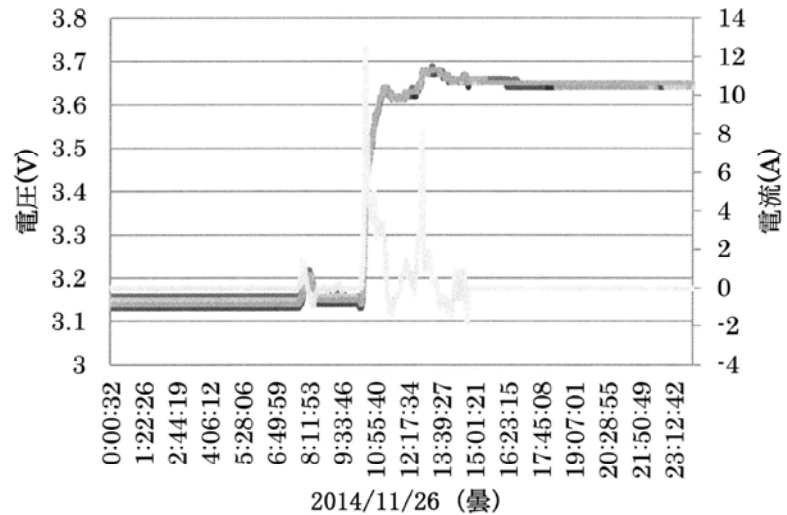


図3.15 異なる特性の測定例

図 3.16 は午前 9 時半頃から電圧が上昇するがその後、午後 4 時頃から減少に変わり 1 日の電圧の低下が 0.6V と大きかった例。

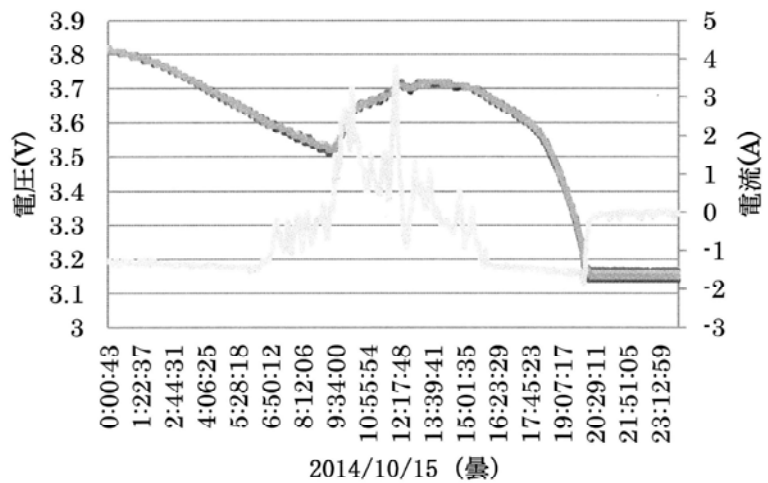


図3.16 異なる特性の測定例

図3.17は電流の値が増加しているが電圧は 0.2V 程度しか増加していない例.

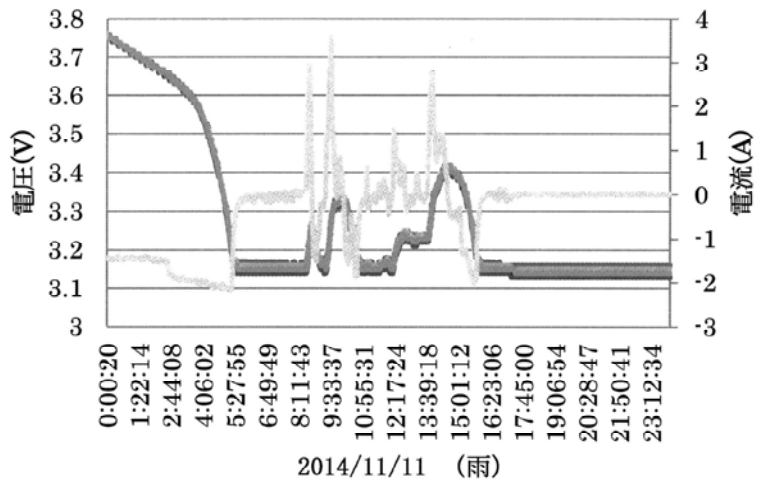


図3.17 異なる特性の測定例

図3.18は雨のため電圧, 電流の値は1日を通して変化していない例.

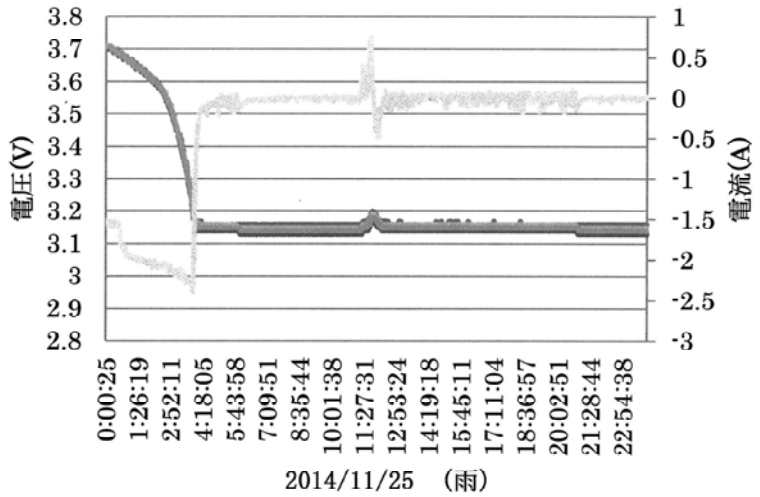


図3.18 異なる特性の測定例

図3.19は1日の電圧, 電流の量とともに殆ど変化していない, 電流の値が1日を通してマイナスの例.

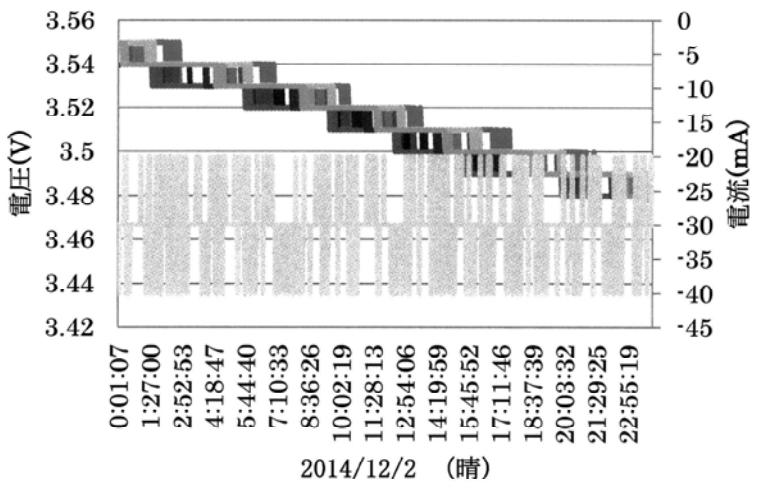


図3.19 異なる特性の測定例



図 3.20 は雨のため電圧の値が 3.17V と低く、また殆ど変化していない例である。

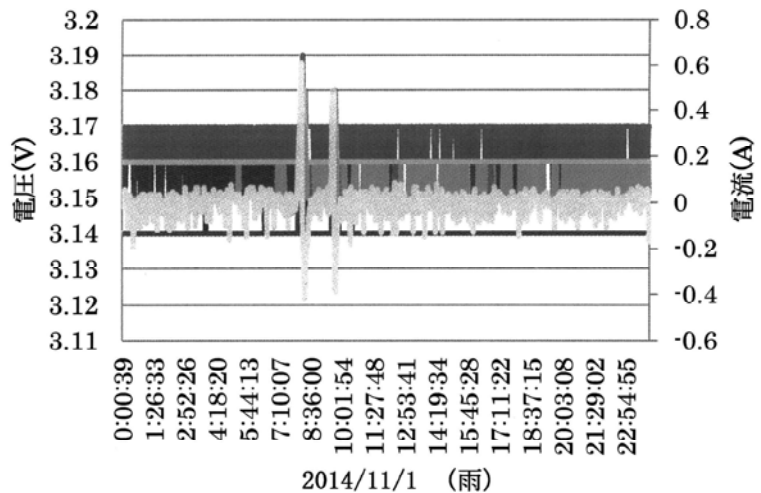


図3.20 異なる特性の測定例

4 むすび

卒業研究の一環として1年間にわたりバッテリーマネジメントシステムを用いてデータを測定してきた。

1年間測定を行った中で分かった結果を以下にまとめた。

- ・昨年度は1年間を通しての測定はできなかったが、今年度は1年間トラブルもなくデータを測定することができた。セルの平均電圧は、高くても3.9[V]から3.95[V]の間で推移し、一方電圧が低いときには、3.13[V]から3.2[V]の間で推移していることがわかった。約1年間データ測定を行ってきた結果、異常状態を示す、最大電圧値を超える状況や最小電圧値を下まわる状況が発生することはなかった。
- ・セルの最大電圧～最小電圧の偏差は10mV程度であった。これより使用したリチウムイオン電池はバラツキの非常に小さい、安定した特性が得られていることが分かった。
- ・充電が始まると電流は急速に最大値に到達し、その後バッテリー電圧の上昇とともに漸減している。午後5時過ぎになって、電圧が低下を始めるとともに電流の向きも変わり高圧直流バス側 (HVDC) に電流を供給する動きになっている。
- ・セル電圧の絶対値が小さくなると、セル間の電圧偏差がばらつく傾向が見られた。
- ・日射量が増大すると同時にセル電圧も上昇していき日射量がなくなると高圧直流バス側に放電が始まりセル電圧は低下していく傾向が見られた。
- ・室内のセルの温度が高くなるとセルの温度も高くなっていく相関性が認められた。

[参考文献]

- 1) 恩田一, 袴田吉朗, 中田篤史, “蓄電型PV/EV 充電システム用バッテリーマネジメントシステムの開発”, 静岡理工科大学紀要, Vol. 21, pp.23-26
- 2) 袴田吉朗, 恩田一, “リチウムイオンバッテリーの経時特性測定用プログラムの開発”, 静岡理工科大学紀要, Vol. 21, pp.7-16
- 3) 袴田吉朗, 加藤大貴, 恩田一, “リチウムイオンバッテリーの経時特性の測定結果”, 静岡理工科大学紀要, Vol. 22, pp.1-10