

災害に向けた微小電力回収システムについての検討

Examination of Micro Power Recovery System for disaster

*福井 太陽¹, 作田 幸憲², 今池 健²

*Taiyo.Fukui¹, Yukinori.Sakuta², Takeshi.Imaike²

Abstract: We had an experience that the electric infrastructure suffers damage by the Tohoku-pacific ocean earthquake. It is important thing, especially, that the batteries for the communication networks are kept in first four days. So, we are studying about the technology to be obtained the electric power from micro-energy which exists in the natural field. In this paper we discuss the micro-power recovery system which consists of the electric double-layer capacitor and Li-ion battery.

1. まえがき

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震を端緒として発生した福島第一原発事故を受けて、日本の電力事情や災害への対策など多くの課題を経験することとなった^[1]。例えば、災害発生時の携帯端末を用いた情報通信システムは被災・安否確認など、重要な役割を果たしている^[2]。しかし、震災発生時にはライフラインの混乱により、電力供給が復旧まで約4日間不安定になったと報告されている^[3]。そこで、災害が発生した時にも情報通信システムを不自由なく利用できる電力源を確保することが重要であると考えた。電力源を確保するにあたり日々の生活の中で捨てている小さなエネルギーの回収について以前提案した^[4]。

本稿では災害に向けて微小電力を回収するシステムについて検討した。このシステムは電気二重層キャパシタ (Electric double-layer capacitor, 以下 EDLC と略記する) と Li-ion 電池を併用したもので、本稿では EDLC から Li-ion 電池への充電方法について検討したので報告する。

2. 回収システム

図1に回収システムの構成を示す。このシステムは、微小電力の発生頻度がまばらで、また瞬間的な発電にも対応させる必要がある。そこで、微小電力の回収には、サイクル寿命が約10万回以上あり、内部インピーダンスが低く、瞬時の充電も可能なところから EDLC を用いることを考えた。

しかし、災害時への利用を考えると、EDLC は自己放電が大きいので、災害などの非常用として Li-ion 電池を利用することとした。Li-ion 電池を採用した理由はエネルギー密度が高く、他の二次電池 (鉛蓄電池、ニッケル水素電池、等) に比べメモリ効果が少ないことや自己放電が少ないなどの特徴から、回収システムの非常用電源に適していると考えた。Li-ion 電池への充電が終了した場合、EDLC によって回収された余剰電力は LED 照明などに利用していくなどのことも考えている。

このように回収した微小電力を非常用電源に無駄なく利用するためには、EDLC, Li-ion 電池それぞれの特徴を調べ、活用する必要があると考えた。

3. EDLC, Li-ion 電池の評価

初めに EDLC から Li-ion 電池への充電方法を検討するため、EDLC の放電特性を測定した。

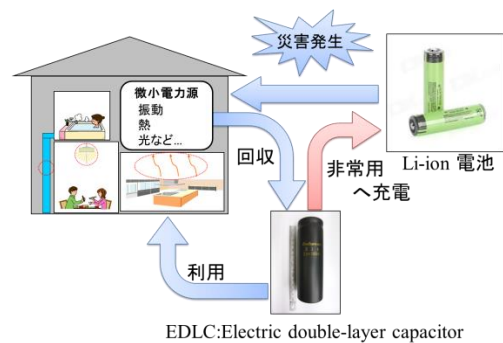


Figure 1. Recovery system

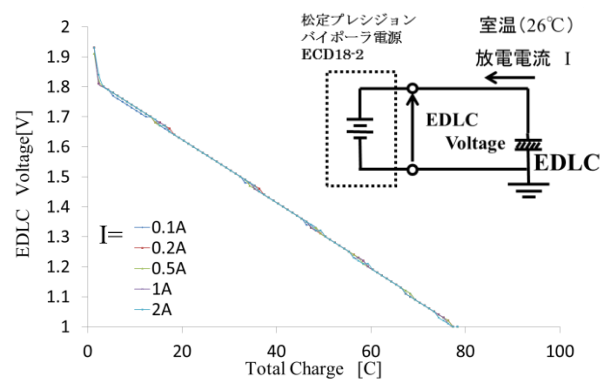


Figure 2. Measurement of discharge for EDLC

図2に EDLC の放電特性を示す。まず EDLC (nichicon, EVerCAP, 100F, 2.5V) へ充電し、その後の放電特性を調べた。充電は、最初、定電流モード(1.0A)で行い、満充電に近づく辺りで定電圧モード(2.0V)へ移行させる Constant Current /Constant Voltage Mode (以下、CC/CV モードと記す) で充電した。

EDLC の放電特性は、定電流により放電させ端子間電圧が 1V になるまでの電圧、総電荷量を測定・算出する。

実験では、図2に示すよう放電電流を 0.1~2A まで5段階に設定した。同結果より供給できる総電荷量は 2A まで変わらなかった。

次に、Li-ion 電池の充電特性を測定した。図3に測定手順を表す図を示す。実験では、左図のように Li-ion 電池へ CC/CV モードで充電を行い、その後、右図のように CC モードで放電させた電荷量を測定する方法をとった。また、この実験では Li-ion 電池に Panasonic NCR18650B

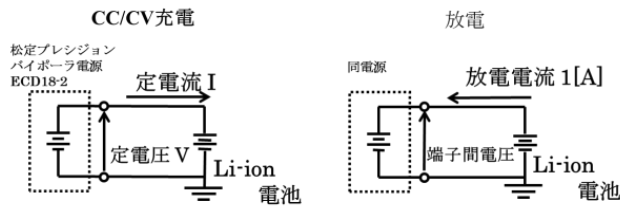


Figure 3 Measured Figure

MH12210, 3.6V 2400mAh を用いた。

図 4 に、CC モードにおける定電流 I の値を変化させたときの結果を示す。 I を 0.1~2A の異なる電流で定電流充電し、3.3V の定電圧充電に移行させた。結果は CC モード 1A で放電させたときのもので、Li-ion 電池の電圧が 1.5V まで低下するまでの端子間電圧、総電荷量を測定した。同結果より、充電時の電流により総電荷量に差が生じることが分かり、0.5A で充電した時、充電電荷量を最大にできることが分かった。

次に、図 5 に CC/CV モードにおける定電圧値 V を変化させたときの結果を示す。図 4 の結果より CC モードの電流値を 0.5A に設定し、 V を 3.0~3.6V の異なる値にして充電を行った。上記と同様、充電が完了した後 1A の CC モードで放電し、Li-ion 電池の電圧が 1.5V まで低下するまでの端子間電圧、総電荷量を測定した。同結果から、3.3V 以上の定電圧充電により顕著に総電荷量が増加することがわかった。しかし、Li-ion 電池は過充電により寿命が短くなるとのことから、EDLC から Li-ion 電池への充電には、EDLC から 0.5A、3.3V の CC/CV モード充電が適していると考えた。

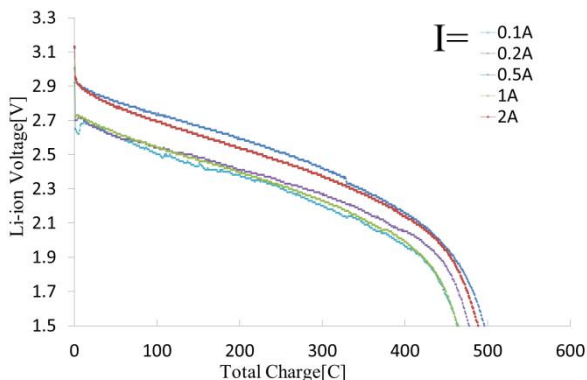


Figure 4. Measurement of charge for Li-ion battery

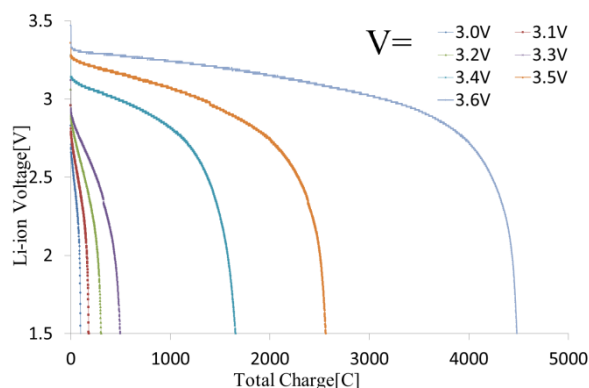


Figure 5. Measurement of charging voltage when changing the voltage

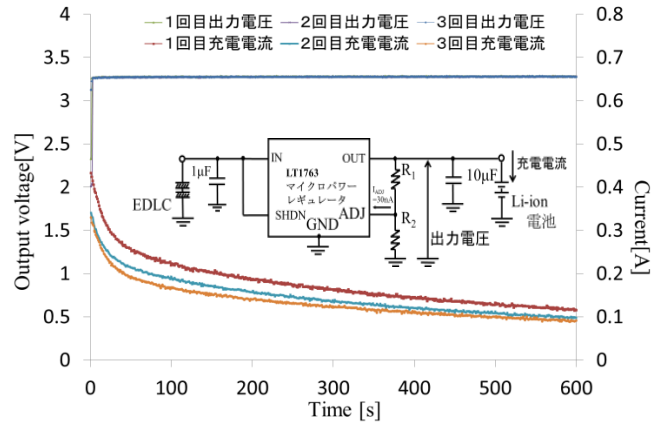


Figure 6. Measured result

4. 充電回路

EDLC から Li-ion 電池への充電回路として LINEAR TECHNOLOGY のマイクロパワー・レギュレータ (LT1763 500mA) を用いた。

図 6 に、充電回路の構成とその実験結果を示す。出力電圧の設定は 2 本の外付け抵抗 R_1, R_2 の比で設定できる^[5]。この実験では、 $R_1=2.0[k\Omega]$ 、 $R_2=1.22[k\Omega]$ として出力電圧 $V_{OUT}=3.3V$ とした。また、入力側に EDLC (Rubycon 製, DSA, 850F, 2.5V) を 2 本直列に接続し、出力側に Li-ion 電池を接続して充電を行った。図 6 の結果は 3 回の測定結果を示している。初期条件として、EDLC は 1.0A、4.0V の CC/CV モードで充電が完了しており、また、Li-ion 電池は定電流放電(1A)により端子間電圧が 1.5V まで下がった状態になっている。図 6 は、充電開始と同時に、Li-ion 電池両端の電圧が上昇し、3.3V 付近での定電圧充電が行われていることが分かる。一方で、定電流モードでの期間は短く、直ぐに充電電流が下がってく様子が分かる。

5. まとめ

微小電力回収に向けて EDLC と Li-ion 電池を併用した回収システムについて提案した。また EDLC から Li-ion 電池への充電に向けて EDLC、Li-ion 電池の充放電特性を測定し、充電条件を定め、マイクロパワー・レギュレータを用いて充電回路を作製、検討を行った。今回の検討では 0.5A の定電流充電は行えなかったが、3.3V の定電圧で充電できることを確認した。

今後は、より効率の良い回路構成について検討する予定である。

6. 参考文献

- [1] 作田幸憲, 福井太陽, 泉 隆, 三枝健二, 望月 寛, 佐田達典, 登川幸生, 入江寿弘: “微小電力回収技術と情報技術による有効活用に関する検討”, 平成 24 年度日本大学理工学部学術講演会, S1-12 (2012-11).
- [2] 泉 隆, 金子勇太, 作田幸憲, 三枝健二, 望月 寛, 佐田達典, 登川幸生, 入江寿弘: “災害時における情報通信システム利用に関する検討”, 平成 24 年度 日本大学理工学部 学術講演会, S1-11 (2012-11).
- [3] 酒井崇光, 登川幸生, 泉 隆, 三枝健二, 望月 寛, 入江寿弘: “IC カードを用いた被災者支援システムの提案”, 平成 23 年度 日本大学理工学部 学術講演会, S1-8 (2011-11).
- [4] 福井 太陽, 作田 幸憲, 今池 健: “微小電力回収技術に関する基礎的検討—光エネルギーの回収と DC/DC コンバータの検討—”, 平成 24 年度 日本大学理工学部 学術講演会, M-1 (2012-11).
- [5] LINEAR TECHNOLOGY, 「LT1763 - 500mA, Low Noise, LDO Micropower Regulators」