

# 小型ニッケル水素電池の急速充放電時の発熱挙動 ( 2 )

(豊橋技科大) 中山 正人、福田 健一、大森 吉綱、若原 健二  
荒木 拓人、恩田 和夫

## Thermal Behavior of Small Nickel/Metal Hydride Battery during Rapid Charge and Discharge Cycles (2)

Masato Nakayama, Kenichi Fukuda, Yoshitake Ohmori, Kenji Wakahara  
Takuto Araki, Kazuo Onda  
Toyohashi University of Technology  
Hibarigaoka1-1, Tenpaku, Toyohashi, 441-8580, Japan

In this report the thermal behavior of small Ni/MH battery during rapid charge and discharge cycles has been studied numerically and experimentally. In our previous report, the calculated cell temperature agrees well with the measured below the 1C charge/discharge cycles, but the calculated is larger than the measured above the 1C charge/discharge cycles. Then we have re-measured the cell heat capacity and the cell heat transfer coefficient. By using these data at our thermal model, the calculated cell temperature agrees well with the measured temperature until the 3C charge/discharge cycles.

### 1. 緒言

電気自動車(EV)やハイブリッド車(HEV)に搭載される二次電池は発進やエネルギー回生時に急速に充放電され、そのとき生じる大きな発熱が電池性能や安全性に大きな問題となるので、電池の熱挙動を十分に把握する必要がある<sup>(1)</sup>。そこで我々は市販の小型ニッケル水素電池を対象に、急速充放電時の発熱挙動を解析してきた。発熱項として過電圧発熱やエントロピー発熱、水素吸蔵・放出熱、副反応による水電解・生成熱を推定し、自然対流下で室温一定における電池内温度分布を考慮した電池温度上昇モデルを検討した。前講演<sup>(2)</sup>では1Cを超える急速充放電では、解析温度が実測温度より過大に見積もられた。そこで、電池内部の温度・電流密度分布を考慮した軸方向1次元モデル<sup>(3)</sup>により解析したが、分布は小さく、分布のない解析結果と同様な結果を得た。今回は電池熱容量、および熱伝達率を再測定し、その整理法を改善したことにより、解析値は実測値と良く一致したので報告する。

### 2. 発熱挙動モデル

2 - 1 発熱要因 ニッケル水素電池の発熱は主に、電気化学的平衡からずれることによる過電圧発熱、電気化学反応のエントロピー変化による発熱、水素吸蔵熱や発生酸素の再結合反応のエンタルピー変化による発熱からなる。これらをまとめると(1)式になる。

$$Q_{cell} = I^2 R_p + \sum_i T_{cell} \frac{\Delta S_i}{n_i F} I_i + \sum_j \frac{\Delta H_j}{n_j F} I_j \quad (1)$$

ここで $I$ は充放電電流、 $R_p$ は過電圧抵抗、 $T_{cell}$ は電池温度、 $\Delta S_i$ はエントロピー変化、 $\Delta H_j$ はエンタルピー変化、 $I_i$ と $I_j$ は反応 $i$ 、 $j$ に関わる反応電流である。前回と同様に $R_p$ は実測し、 $I_i$ と $I_j$ は実測した電流効率より推定し、 $\Delta S_i$ と $\Delta H_j$ は文献値<sup>(4)</sup>を参照した。

2 - 2 代表電池温度モデル 電池温度が代表的な一つの温度  $T_{cell}$  で表せれば、 $T_{cell}$  は以下の熱収支式により求められる。

$$C_{cell} \frac{dT_{cell}}{dt} = Q_{cell} - A \cdot h(T_{cell} - T_{amb}) \quad (2)$$

ここで、 $C_{cell}$  は電池の熱容量、 $A$  は電池表面積、 $h$  は電池表面からの熱伝達率、 $T_{amb}$  は周囲温度である。

### 3. 熱容量及び熱伝達率の再測定

今回は電池熱容量が温度の関数になると思われたため、前回と異なり実験温度範囲で電池熱容量変化が測定できる双子型熱量計(C-80, SETARAM)<sup>(5)</sup>を用いて再測定した。この熱量計は試料側および参照側の物質を同じ温度になるよう一定速度で加熱しながら、熱容量が分かっている参照側を基準に試料の熱容量を推定する。その結果、熱容量は次式で近似できた。

$$C_{cell} = 21.44 - 0.00682T \quad [\text{J/K}] \quad (3)$$

また、熱伝達率も温度の関数として整理するため、前回と同様に再測定した。我々の方法は電池温度上昇試験と同じ環境で、温めた電池を放熱させその温度下降曲線から外気への熱伝達率を推定するもので、今回は温度下降曲線を各温度領域に分けて熱伝達率を求めた。解析では水平円筒に対する熱伝達率の整理式<sup>(6)</sup>に補正係数を掛けて表し、周囲温度の関数として求められるようにした。

### 4. 計算と実測による発熱挙動の比較

自然対流下の室温空間に置かれたニッケル水素電池 (Panasonic HHR-3GPS、1600 mAh) の 0.5C、1C、2C、3C の定電流充放電時に熱電対 (0.1mm) で測定した電池の表面温度と、それに対応する計算結果を Fig.1 に示す。急速充放電共に解析温度は測定温度によく一致し、本研究のような小型電池であれば、本研究による解析で電池の熱挙動を記述できることが分かる。

本研究の一部は文科省 21 世紀 OCE プログラム「インテリジェントヒューマンセンシング」の援助により行われたことを付記する。

### 参考文献

1. 山田修司 他：第 43 回電池討論会、 p.222-223 (2002)
2. 中山正人 他：第 44 回電池討論会、 p.616-617 (2003)
3. 高野清南 他：電総研彙報、Vol.60、 No.12 pp.817-824 (1996)
4. S. G. Bratsch, J. Phys. Chem. Ref. Data, 18-1, p.1-21 (1989) 他
5. 斎藤喜康 他：電総研彙報、Vol.60、 No.12 pp.763-769 (1996)
6. 西川・藤田：伝熱学、理工学社、 pp.182-209, p.458 (1989)

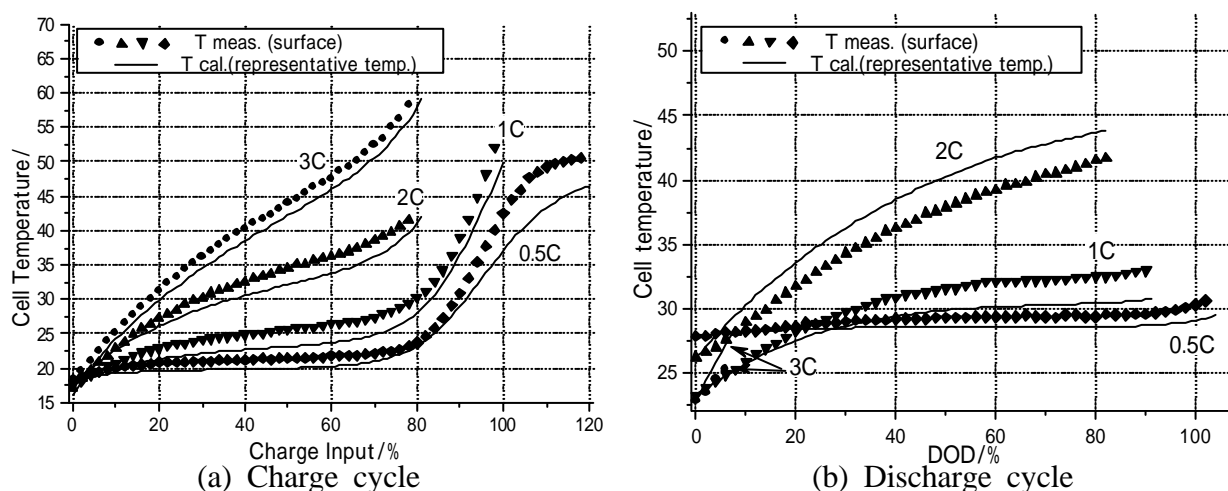


Fig.1 Comparison between measured and calculated cell temperature