

# リチウムイオン二次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, 大森吉剛, 若原健二, 荒木拓人, 恩田和夫

## Thermal Behavior of Lithium-Ion Secondary Battery during Rapid Charge and Discharge Cycles (2)

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

We have studied on the thermal behavior of a small lithium-ion secondary battery using measured overpotential resistances and entropy changes. The battery heat capacity and the heat transfer coefficient are measured again in this study because those factors seem to be a function of temperature. The calculated temperatures using these data agree well the measured temperatures. In addition, we have studied on the current and temperatures distribution about the radical direction of battery. The one-dimensional model gives the maximum temperature difference between battery center and surface of 1.6 during 3C discharge.

### 1. 緒言

我々は、これまでリチウムイオン二次電池の発熱モデルの構築を目的として、市販の小型リチウムイオン二次電池(SONY-US18650G3:定格容量 1800mAh)を用いて、発熱因子を測定し、定電流充放電時における発熱挙動を実験と計算によって比較検討してきた<sup>(1)</sup>。前報<sup>(1)</sup>では、発熱因子である過電圧抵抗 $R_p$ とエントロピー変化 $\Delta S$ を測定し、計算値と実測値の比較を行った結果、1C以下の放電電流に対しては良く一致したが、1Cを超える急速放電時では計算値が実測値より過剰な見積もりとなり、また充電時には少し低い見積りとなった。原因を検討したところ、電池の熱容量と熱伝達率が温度の関数だと思われたため、今回これらの値をより正確に再測定し、再計算を行った。その結果、計算値と実測値が良く一致するようになった。また、電池内部の電流や温度の分布を考慮した1次元解析を行ったので、これらも報告する。

### 2. 実験・解析方法

2 - 1 熱容量の測定 実験温度範囲について電池の熱容量変化が測定できる双子型熱量計(C-80,SETARAM)<sup>(2)</sup>を用いた。電池温度を20 から90 まで0.4 /minで等速昇温させ、電池の熱容量を測定した。この測定系は一次遅れを持つと仮定し時定数を求め<sup>(3)</sup>、熱量の遅れを補正して熱容量を電池温度の関数として求めた。

2 - 2 熱伝達率の測定 恒温水槽で90 に加熱したリード線付き電池を室温一定の自然対流下で水平状態になるように吊るし、電池の温度降下を測定した。測定結果を80 から10 間隔で区切り、各温度範囲でのリード線を含んだ電池の熱伝達率を求めた。この結果と空気中の水平円筒に対する熱伝達整理式との比を求め、リード線による影響も含めた水平円筒に対する熱伝達補正式を求めた。この補正熱伝達率は電池温度と周囲温度の関数として求めた。

2 - 3 電池内電流・温度分布の解析<sup>(4)</sup> スパイラル電池の正負極・電解質シートを広げた状態の等価回路を考え、電流分布や SOC の分布状態を解析する。これらを軸対称 1 次元として半径方向の温度分布を記述する以下の熱伝導式(1)を数値解析し、電池内部の温度分布を計算した。

$$cR \frac{\partial T_{cell}}{\partial t} = I \left( \frac{\partial^2 T_{cell}}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T_{cell}}{\partial R} \right) + (Q_S + Q_P) \quad (1)$$

### 3. 結果及び考察

電池熱容量は温度の関数として式(2)で近似した。

$$C_{cell}(T_{cell})[J / ] = 35.12 + 0.048T_{cell} [ ] \quad (2)$$

測定した熱容量と熱伝達率を用いて充放電時の温度上昇を計算し、図 1 および図 2 のように測定温度と比較した。充放電時の電池温度の実測  $T_{meas.}$  を記号で、代表電池温度による計算  $T_{cal.}$  を実線で示す。前報では 1C を超える 2C や 3C の計算値は実測値に対して過剰な見積もりとなっていたが、今回は非常に良く一致した。これは熱容量が温度に対して増加関数になったため、高温での温度上昇が前報の計算より小さくなったためである。また、1 次元電流・温度分布を解析した結果、電池中心と表面での最大温度差は 3C 放電の末期に約 1.6 と小さく、温度分布はほとんど無いという結果が得られた。各電流値での 1 次元解析の結果を図中の破線で示す。1 次元解析と代表電池温度による計算値はほぼ同程度となり、今回試験したような小型の電池であれば、分布を考慮しない代表電池温度によって熱挙動は解析できることがわかった。

今後、更に電流値を大きくした発熱挙動を解析する予定である。

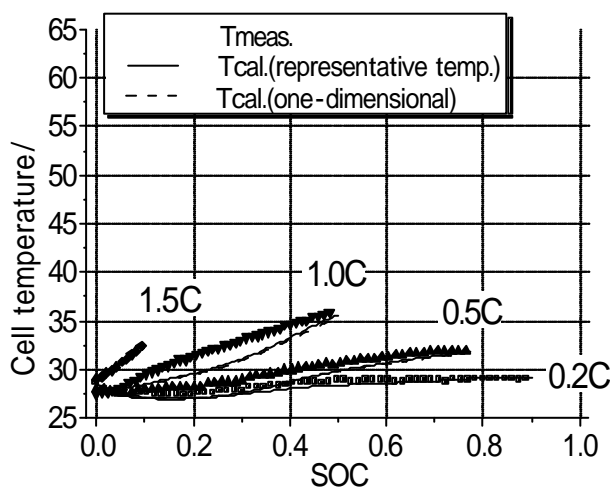


Fig.1 Comparison of measured and calculated temperatures during charge cycle

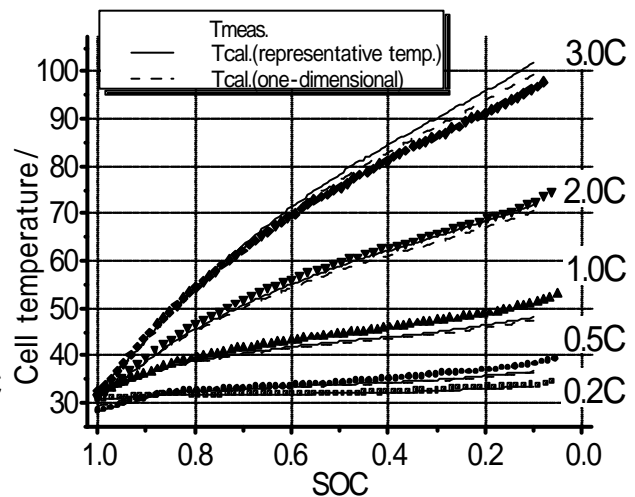


Fig.2 Comparison of measured and calculated temperatures during discharge cycle

### 参考文献

1. 大島孝昌 他：第 44 回電池討論会要旨集（堺）3C15（2003）
2. 斎藤・金成・高野・増田：電総研彙報，Vol.60，No.12 pp.763-769（1996）
3. 斎藤・高野・金成・増田：電総研彙報，Vol.60，No.12 pp.771-778（1996）
4. 高野・平山・中野：電総研彙報，Vol.60，No.12 pp.817-824（1996）