



GSユアサによる蓄電池シミュレーション技術の開発の歩み

蓄電池の温度推定技術

近年、蓄電池システムを効率的に構築するために、計算機によるシミュレーションが活用されている。シミュレーションの対象は、蓄電池の構造や電気化学反応など多岐にわたり、目的に応じた様々な数理モデルとアルゴリズムが提案されている。

蓄電池システムにおいて、温度は、電池の特性や劣化現象に大きな影響をおよぼす重要な因子である。一般的に、複数の電池セルからなる電池モジュールに少数の（1～2個の）温度センサをもうけて、それらセンサによって検出される数値を、各電池セルの温度とみなしている。

本稿では、簡便な構成で、シミュレーションを用いて通電時の蓄電池の温度をより精緻に推定するための技術コンセプトを紹介する（●図1）。

1. 電池セルの吸発熱

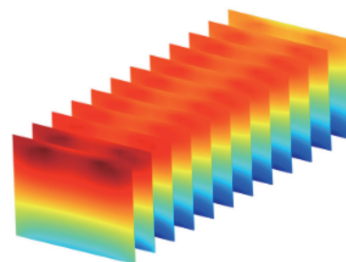
電池セルの温度を推定するためには、外部の温度（環境温度）などの電池セルの置かれる環境のほか、電池セル自身の吸発熱を考慮する必要がある。電池セルの吸発熱は、ジュール発熱と、化学変化に伴う吸発熱とから構成される。

ジュール発熱量は、電池セルに流れる電流とその電流が流れている時間（通電時間）とに比例する。電流の大きさ、通電時間および通電中の電池セル電圧を測定することで、電池セル全体としてのジュール発熱量を計算することができる。具体的には、公知の方法により無負荷時の電池セルの電圧（開回路電圧：OCV）を推定し、OCVと通電中の電池セル電圧との差を求め、これに電流の大きさと通電時間とを乗じることでジュール発熱量を求めることができる。

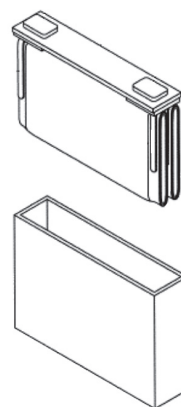
また、電流の大きさ、向き、通電時間から、電池のSOC変化を見積もり、予め取得しておいたSOCと吸発熱量との関係を参照することで、化学変化に伴う吸発熱量を見積もることができる。

●図2に示すように、電池セルの内部構造は一様ではない。ケースの中に、吸発熱体としての電極体が存在する部分や、金属部品が存在する部分、電極体や金属部品が存在しない空間が電解液や気体で満たされた部分などが混在しており、また、構成材料の違いによって温度の上がりやすさや熱の伝わりやすさが異なる部分がある。そのため、電池セルの内部で、温度にはムラが生じる。少数の温度センサによりケースの外表面温度を検出するのみでは、電池セル内部における温度のムラを把握することはできない。

●図1 シミュレーションによる温度推定



●図2 電池セルの内部構造



そこで、電池セルを複数の内部領域に分割する（●図 3）。計算した電池セル全体の発熱量を、たとえば電極体の占める体積の比率に応じて各内部領域に割り当てることで、各内部領域での吸発熱量を推定することができる。

2. 領域間の熱の移動

電池セルのある内部領域で発生した熱は、隣接する領域の温度に差があればその領域にとどまり続けることはなく、他の内部領域や、電池セルの外部に移動する。電池セルの外部の温度が電池セルよりも高い場合には、外部の熱が、電池セルの内部領域に移動する。

そのため、第一時点から第二時点にいたる電池セルの温度の推移を詳細に把握するために、隣接する内部領域の間（たとえば●図 4 の R1 と R2 の間）の熱移動量（内部熱移動量）と、内部領域と外部領域との間（たとえば●図 4 の R7 と Re の間）の熱移動量（外部熱移動量）とを算出する必要がある。

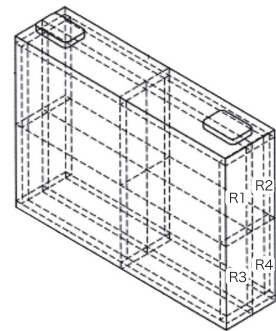
各内部領域について、隣接する内部領域間の熱伝達係数（R1 と R2 の間の熱伝達係数は h_{12} ）が設定され、外部領域に隣接する内部領域については外部領域と内部領域の間の熱伝達係数（R7 と Re の間の熱伝達係数は h_{7e} ）が設定されている。それぞれの領域間の熱伝達係数は、電池セルの内部構造、電気化学反応、および、電池セルが置かれている外部環境を考慮して、適切に設定することができる。

第一時点における各領域の温度と、第一時点から第二時点までに各領域に割り当てられる吸発熱量と、第一時点から第二時点までの領域間の熱移動量とを用いて、第二時点における各領域の温度が算出される。

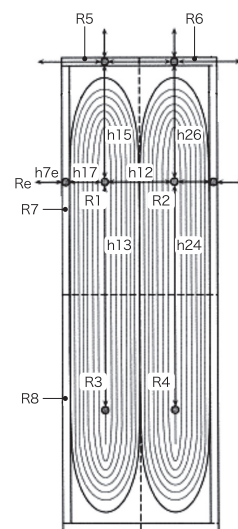
以上のように、第一時点から第二時点にいたる電池セルの吸発熱量を計算するとともに、各領域間の熱の移動とそれによる温度変化を逐次的に計算することで、通電時の電池セルの温度を正確に推定し続けることができる。

本稿では、シミュレーションを用いて通電時の蓄電池の温度を推定する技術を紹介した。GS ユアサは、シミュレーション技術を駆使して、蓄電池システムの効率的な構築を推進していく。

●図 3 複数の内部領域の例



●図 4 各内部領域に設定される熱伝達係数^{※1}



※1 日本特許第 6544489 号、国際特許公開 WO2018/025965（2016 年出願）