

第3章

リチウムイオン電池を安全に使うーその1 充放電評価と内部抵抗評価

リチウムイオン電池は優れた特徴をもっているが、使用法を誤ると異常発熱、破裂、発煙、発火などを起こす危険性を持った電池であり、取扱いには注意が必要である。本章ではリチウムイオン電池を安全に使う方法について解説する。はじめに、リチウムイオン電池の危険性と組電池を安全に使うためのいくつかのポイントを説明する。次に、リチウムイオン電池の電気的特性と正しい充放電の方法、専用の充放電システムを使用した充放電評価や電池性能に影響を与える内部抵抗について説明する。これらは電池を安全に使うための基本的な電池の使用法になりうる。

1. リチウムイオン電池の事故

リチウムイオン電池に関する大きな事故として話題となった例にボーイング787のバッテリー発火事故がある。ボーイング787は燃費の良い中型航空機としてボーイング社が開発・製造する旅客機で、補助動力ユニットの始動と非常時のバックアップ用としてリチウムイオン電池を民間航空機

として初めて採用した。リチウムイオン電池の発火事故は2件立て続けに起きた。2013年1月7日、フライトを終えて駐機中だったJAL008便で機体内部のリチウムイオン電池から発火。2013年1月16日、飛行中のANA692便で機体内部のリチウムイオン電池が発煙し、緊急着陸。ANA692便の事故を受けて世界各国で運行中の787がすべて一時運行停止となった。リチウムイオン電池はノートパソコンやスマートフォンを中心に多く使用されており、これらでも発煙、発火する事故が過去に起きている。リチウムイオン電池の発煙や発火の様子は第4章の釘刺し試験で紹介しているので参考にしてほしい。

787の事故以降、リチウムイオン電池の安全対策が見直され、現在のリチウムイオン電池には二重、三重に安全回路が組み込まれている。しかし、可燃性の材料を使用しているため、取扱いを誤れば発煙や発火の事故は起きる。そのため、正しい取扱い方法を理解しておく必要がある。

最近では可燃性の材料を使用しない燃えないリチウムイオン電池としてリフェ電池(Li-Fe)が注目されており、自動車や産業用機械、非常用の給電システムの電池として需要が進んでいる。

2. リチウムイオン電池を安全に使うには

2014年の二次電池の総生産量を図1に示す。リチウムイオン電池の生産量は全体の6割以上を占めており、二次電池の中で最も多い。安全性が確保されていなければ、これだけ普及することはない。リチウムイオン電池は、以下の点を守ることによって、事故を防ぐことができる。これらを守らない

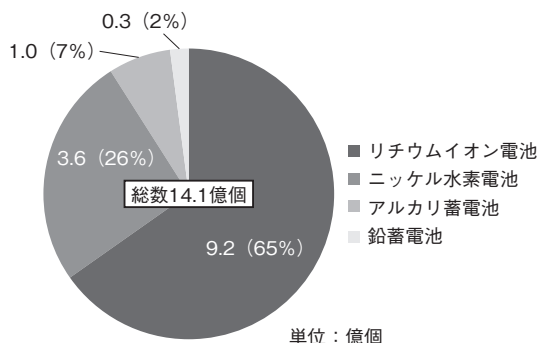


図1 二次電池の総生産量 2014年(経済産業省機械統計より)

と急激な劣化が起こり、異常発熱から破裂、発煙、発火に至る可能性がある。

・過充電しない

最大充電電圧を超える充電を行なわない。

・過放電しない

放電終止電圧を超える放電を行なわない。

・過熱しない

使用または保管温度範囲を超えて使用または放置しない。

・短絡しない

プラスとマイナスを短絡しない。過大な電流が流れる負荷を接続しない。

・逆接続しない

正負極を逆向きに接続すると、電池の内部で異常な反応が起こるため逆接続しない。

・変形させない

変形させると正極と負極がセパレータを突き破り、内部で短絡するため変形させない。

一般に使用されているリチウムイオン電池にはこれらを守るための保護回路が組み込まれている。保護回路が組み込まれていない電池を扱う場合には電圧、電流、温度を監視して安全な使用を行う必要がある。電池を単品で使用する単電池（電池セル）の場合は比較的容易にこれらを守ることができるが、単電池を組み合わせた組電池として使用するときは特に注意が必要である。

3. 適切なセル管理を必要とする組電池

同じ仕様の単電池を複数用いて電池パックあるいは電池スタックにしたものを組電池という。単電池を直列に並べることで高電圧化、並列に並べることで高容量化が容易に行えるため、携帯電話やモバイル機器を除いた用途の多くは組電池の形で使用されている。例えば、ノートパソコンは直列に2本、並列2本の合計4セルで、電圧は7.4V(3.7V×2本)。電気自動車は直列に96本、並列に96本の合計192セルで、電圧は355.2V(3.7V×96本)の組電池として使用されている。その他、産業用機器にも高電圧、高容量の組電池が使用されている。

このように単電池（以下セル）を組み合わせる

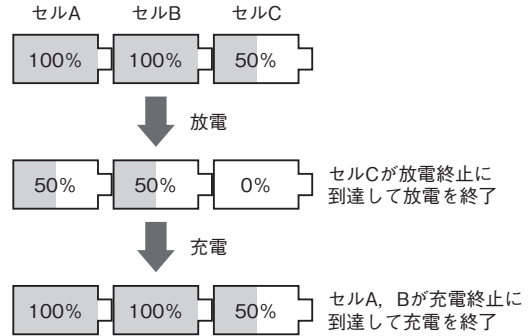


図2 アンバランスな組電池の充放電の例

ことで高電圧化と高容量化を容易に実現することができる。しかし、組電池は適切な管理を行わないと性能を最大限に発揮できないばかりか、発煙や発火に至る危険性が非常に高い。組電池の問題について、3つのセルを直列にした組電池を例に説明する(図2)。

セルCだけ劣化が進んでいったとする。この組電池を放電させると、劣化の進んだセルCは他のセルA,Bよりも早く放電終止に到達する。これ以上放電すると過放電状態に陥り、発煙や発火の危険性があるため放電を終了することになる。このとき、セルA,Bに残ったエネルギーは使えずに残った状態となる。組電池を再び使える状態に戻すため充電を行うと、今度は劣化の進んでいないセルA,Bが充電終止に到達する。これ以上充電すると過充電状態に陥り、発煙や発火の危険性があるため充電を終了することになる。このとき、劣化の進んだセルCは満充電に達することなく充電が終了することになる。

このように、セルにばらつきがあると充電時、放電時ともに組電池の性能をすべて使い切ることができなくなる。

<脚注>セル

単電池のことで、電池セルともいう。電池の構成単位のこと。

4. セルバランス

組電池の性能を最大限に引き出し、安全に使用するためにはセルのばらつきを抑える必要がある。セルのばらつきには自己放電量、環境温度などが

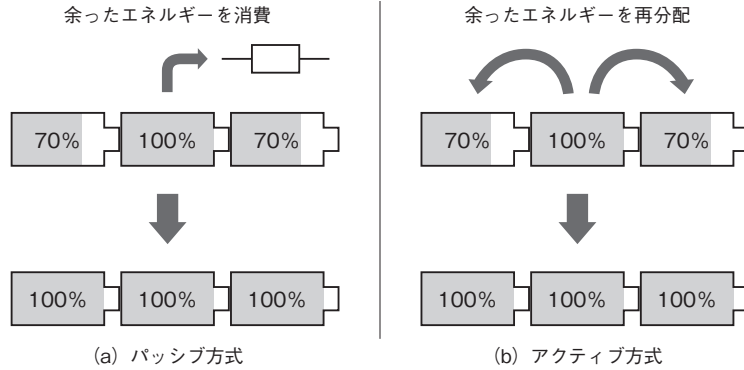


図3 パッシブ方式とアクティブ方式のイメージ

主に関係している。リチウムイオン電池に限らず、電池は使用していないときでもごくわずかに放電している。これを自己放電といい、自己放電量には個体差がある。自己放電量が異なったセルを組み合わせると、時間が経つにつれて容量に差が出てしまうため、組電池の製作には同じ品質のセルを集める必要がある。

次に、電池は環境温度で性能が変わってしまう。組電池にした場合にすべてのセルが同じ環境温度に置かれていることはないため、性能にばらつきが生じる。通常、電池は構造的性質上、まったく同じものを製作することはできない。また、使用環境で性能が変わってしまう。

このことから、セルバランスを均一に保つためには常にセルの状態を監視し、補正する必要がある。セルバランスを補正するにはセルバランスICを使用する。セルバランスICにはパッシブ方式とアクティブ方式の2つの方式がある(図3)。

パッシブ方式は容量の少ないセルに合わせて充電を行い、セルバランスを補正する方式で、充電時に先に充電終止に到達したセルのエネルギーを抵抗器で消費させ、過充電になるのを防いで容量を均等化する。アクティブ方式はパッシブ方式で消費させていたエネルギーをコンデンサなどに蓄えて他のセルに再分配して容量を均等化する。アクティブ方式は熱の発生を抑えられ、エネルギー効率も良いが、部品点数が多くコストも高くなる。

組電池とする場合はセルバランス補正の実装は必要不可欠である。この他に、過充電や過放電にならないようにセル電圧とセル温度の監視も行う

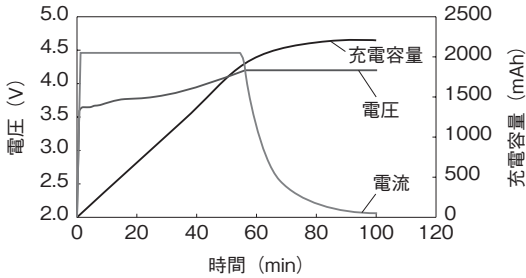
必要がある。これらを組み込むことで組電池として安心して使用することが可能となる。

5. リチウムイオン電池の電気的特性

リチウムイオン電池の電気的特性は、充電特性、放電負荷特性(単に、放電特性ともいう)、放電温度特性、充放電サイクル特性を評価して決定される。これらの特性は、サイズや電池容量以外に、大電流が流せるもの、低温に耐えられるもの、長寿命なもの、さらに特定用途向けの電池もあるため異なる。電池の特性は、通常、データシートやスペックシートに記載されている。以下に、一般的なリチウムイオン電池を例に各特性評価について説明する。

1) 充電特性

充電は放電した電池を再び使用できる状態に戻すために行う。リチウムイオン電池は充電方法を誤ると発煙、発火の事故を起こす可能性があり、充電電圧、充電電流は電池メーカーで指定している。リチウムイオン電池の充電は一般的に定電流定電圧充電方式を使用する。定電流定電圧充電方式はCCCV(Constant Current Constant Voltage)充電方式と呼ばれている。CCCV充電方式は始めに定電流(一定の電流)で充電を行い、電池電圧が規定の値に到達したら定電圧(一定の電圧)で充電を行う方法である。定電圧にするのは過充電にならないようにするためである。そのため、電圧の測定精度は重要となる。定電圧で充電を進めると徐々に電流値が減衰していく。そして、規定の



<条件>
 温度：20℃
 充電：CCCV充電 CC電流1C/CV電圧4.2V/終止電流0.05C

図4 充電特性

電流値まで下がったところで満充電と判断し、充電を終了する。また、定電圧に移行してから規定時間経過したところで充電終了とする方式もある。なお、充電特性の評価は一定の環境温度で行う必要がある。また、充電環境温度範囲は電池メーカーで定められている。充電特性の例を図4に示す。

2) 放電負荷特性

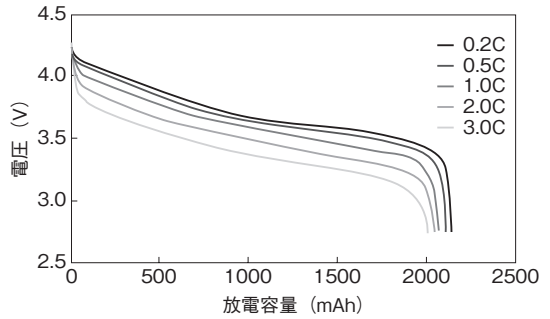
リチウムイオン電池は接続する負荷によって特性が変化するため、異なる負荷を接続したときの特性を評価するために放電負荷特性評価を行う。放電負荷特性では定電流（一定の電流）で放電を行い、規定の電圧まで低下したところで放電を終了し、特性を評価する。放電負荷特性の評価は、充電特性と同様に一定の環境温度で行う必要がある。また、放電環境温度範囲は電池メーカーで定められている。放電負荷特性の例を図5に示す。

一般的に放電電流が大きくなるにつれて放電容量が少なくなる。

3) 放電温度特性

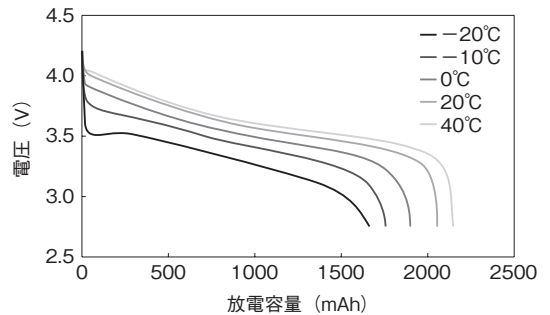
リチウムイオン電池は環境温度によって特性が変化するため、異なる環境温度での特性を評価するために放電温度特性評価を行う。放電温度特性は定電流（一定の電流）で放電を行い、規定の電圧まで低下したところで放電を終了する一連の流れを一定の温度で行い、特性を評価する。放電温度特性の例を図6に示す。

一般的に環境温度が低くなるにつれて放電容量



<条件>
 温度：20℃
 充電：CCCV充電 CC電流1C/CV電圧4.2V/終止電流0.05C
 放電：定電流 終止電圧2.75V

図5 放電負荷特性



<条件>
 充電：CCCV充電 CC電流1C/CV電圧4.2V/終止電流0.05C
 放電：定電流 終止電圧2.75V

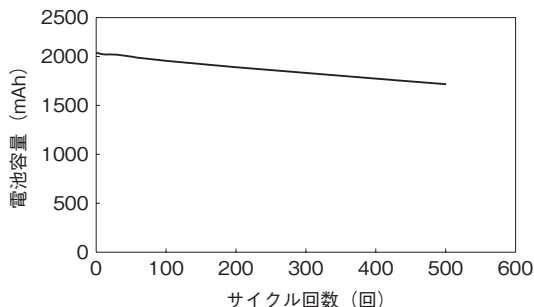
図6 放電温度特性

が少なくなる。低温時に見られる電圧の上昇は電池の内部抵抗の抵抗損による自己発熱によって、電池の温度が上昇するため起こる現象である。

4) 充放電サイクル特性

電池は充電と放電を繰り返すたびに劣化する。リチウムイオン電池の寿命の基準を定めるために充放電サイクル特性評価を行う。充放電サイクル特性は、一定の条件で完全放電と完全充電を繰り返す、放電容量が60%未満になるまでのサイクル数をカウントする。充放電サイクル特性の例を図7に示す。

実際のサイクル寿命は充放電の深度や接続する負荷、環境温度などの影響で変化する。



<条件>
 温度：20℃
 充電：CCCV充電 CC電流1C/CV電圧4.2V/終止電流0.05C
 放電：定電流 終止電圧2.75V

図7 充放電サイクル特性

6. リチウムイオン電池の充放電評価

リチウムイオン電池の特性評価は正しい放電と充電を行うことができれば比較的簡単に測定できる。正しい放電と充電の仕方についてT&Cテクニカル社製の二次電池特性評価システムの使用例で説明する。

1) 正しい評価を行うためのポイント

正しい評価を行うためのポイントを列記する。使用する機材はこれらのポイントの配慮がなされているものが好ましい。

・温度の測定

電池温度および環境温度の測定は必要不可欠である。電池は充電または放電すると発熱する。さらに、劣化している電池や過度の充電または放電

を行ったときには異常発熱が起こるため、これを監視するために電池温度の測定が必要となる。また、電池は環境温度で特性が変わるため、正確な評価には環境温度の測定が必要となる。

・適切な精度を持つ機器の使用と日々の管理

リチウムイオン電池では過充電、過放電を防止するために、特に電圧の精度が要求される。電圧は±15 mV以下の分解能を持つことが望ましい。また、使用する機器は定期的に校正を行い、測定値に誤差が出ないように日々管理する必要がある。

・電圧降下の配慮

機器と電池の接続方法および使用する電線は非常に重要で、適切な電線および接続を行わないと電圧降下が生じる。電線は太く短いものを使用し、接続は接触抵抗の少ない方法をとる。

2) 二次電池特性評価システム

放電評価、充電評価、後述する内部抵抗測定は以下のシステムを使用する。接続略図を図8、測定の全景を図9、二次電池特性評価システムの仕様を表1に示す。

測定に使用した電池及び機材を以下に示す。

- ・リチウムイオン電池(コバルト酸リチウム)
ICR18650/公称電圧 3.7 V/公称容量 2200 mAh (0.2 C, 終止電圧 2.75 V のとき)
- ・二次電池特性評価システム 電池スタンド 1ch タイプ
- ・電池固定クランプ
- ・温度センサ (K型熱電対)

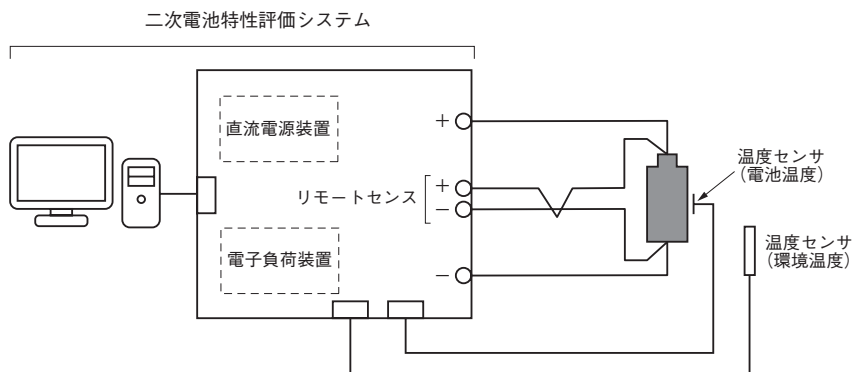


図8 二次電池特性評価システムとリチウムイオン電池の接続図

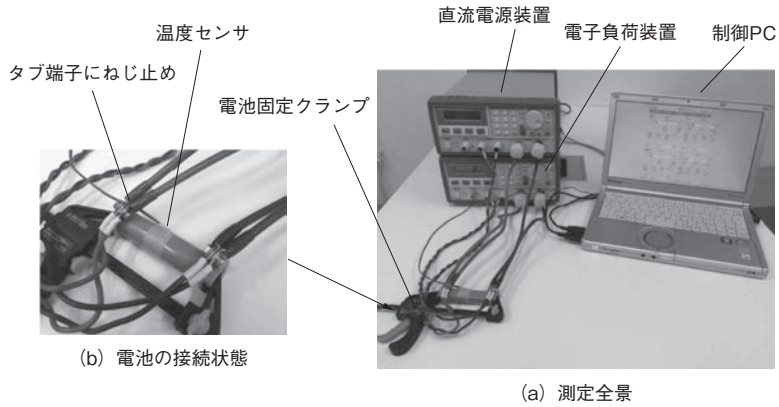


図9 測定の全景

表1 二次電池特性評価システムの仕様概要

名称	電池スタンド				
試験種類	充電試験/放電試験/放電-充電試験/充電-放電試験/ サイクル試験/内部抵抗測定				
充電制御方式	-ΔV充電/CCCV充電				
充電性能	汎用直流電源装置を使用。下記モデルから選択				
	型式	3662 A	3663 A	3664 A	
	容量	500 W	500 W	500 W	
	電圧	0-35 V	0-80 V	0-120 V	
	電流	0-14.5 A	0-6.5 A	0-4.2 A	
放電制御方式	定電流/定抵抗/定電力				
放電性能	汎用電子負荷装置を使用。下記モデルから選択				
	型式	3720 A	3721 A	3722 A	3723 A
	容量	250 W	400 W	200 W	350 W
	電圧	0-80 V	0-80 V	0-200 V	0-200 V
	電流	0-30 A	0-40 A	0-20 A	0-30 A
温度測定	測温抵抗体 (Pt100) または熱電対 (Kタイプ)				
サンプリング周期	1~3600 sec				
保護回路	過熱/過電流/過電圧/トータルタイマー				
その他機能	リアルタイムトレンドグラフ/レシピ管理/レポート出力				
備考	セミオーダー式で最大4chまで増設が可能				
販売元	株式会社ティ・アンド・シー・テクニカル ホームページ: http://www.tactec.co.jp				

3) 放電評価

JIS規格で定められている放電評価の方法¹⁾を参考に実際に測定を行った。放電評価の手順を以下に示す。

・ステップ1

放電評価を行う前にリチウムイオン電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で 0.2C の定電流で放電終止電圧まで放電する。

・ステップ2

リチウムイオン電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で製造業者が指定する方法で充電する。

・ステップ3

リチウムイオン電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で1～4時間静置する。

・ステップ4

リチウムイオン電池を、周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で 0.5C の定電流で放電終止電圧まで放電し、容量を測定する。

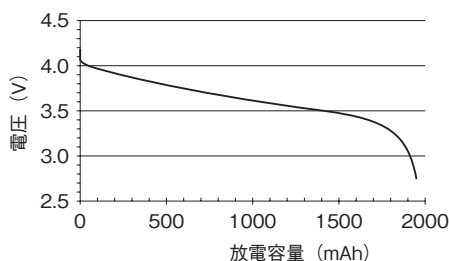
放電評価中に電池温度が 45°C に到達したら異常と判断し、放電評価を終了する。

測定結果の例を図10に示す。

4) 充電評価

リチウムイオン電池の充電方法についてはニカド電池やニッケル水素電池と異なり、JIS規格で

¹⁾ JIS C8715-1 (2012) 二次電池の単電池及び電池システム第1部性能要求事項 8.4.1 項



<条件>
 環境温度： 25.4°C
 充電：CCCV充電 CC電流 1C /CV電圧 4.2V /終止電流 0.05C
 放電：定電流 0.5C 終止電圧 2.75V

図10 放電評価の測定結果

規定されておらず、製造業者が指定するものとされている。ここでは一般的なCCCV充電方式を使用し、設定値は電池で決められたものを使用した。なお、他の電池でも手順は同じである。

・ステップ1

充電評価を行う前にリチウムイオン電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で 0.2C の定電流で放電終止電圧まで放電する。リチウムイオン電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で1～4時間静置する。

・ステップ2

電池電圧が 3V 以下の場合、 0.1C で充電を行う。3分以内に電池電圧が 3V 以上にならなかった場合は電池不良と判断し、充電評価を終了する。

・ステップ3

リチウムイオン電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で 1C の定電流で充電する。

・ステップ4

電圧が 4.2V に到達したら定電圧に切り替え、充電を継続する。

・ステップ5

充電電流が 0.05C に到達したら充電を終了する。充電時間が2時間30分経過した場合は異常と判断し、充電評価を終了する。

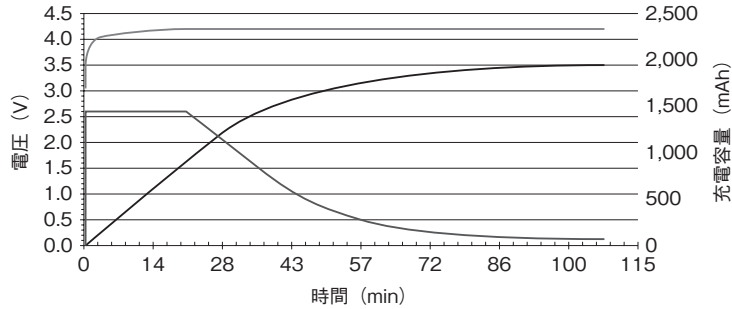
電池温度が 45°C に到達したら異常と判断し、充電評価を終了する。

ステップ2ではプリチャージ(予備充電)を行う過放電などによって過度に電圧が低下した電池に通常の充電電流を流し込むと異常発熱が起これ、急激な劣化や事故に至る可能性があるため、はじめに 0.1C 程度の少ない電流で充電を行い、電池電圧の復帰を確認する。

測定結果の例を図11に示す。

7. リチウムイオン電池の内部抵抗評価

内部抵抗とは、電池の中に存在する抵抗のことである。電池の内部抵抗の前に電気の基礎である電圧、電流、抵抗について簡単に説明する(図12)。電圧、電流、抵抗はよく水の世界で例えられる。電圧は水圧、電流は水流、抵抗は蛇口である。水圧のかかった蛇口の口を少し開けると水は少しだけ流れ、蛇口の口を多く開けると水はたく



<条件>
 環境温度：25.3℃
 放電：定電流0.5C 終止電圧2.75V
 充電：CCCV充電 CC電流1C/CV電圧4.2V/終止電流0.05I_A

図11 充電評価の測定結果

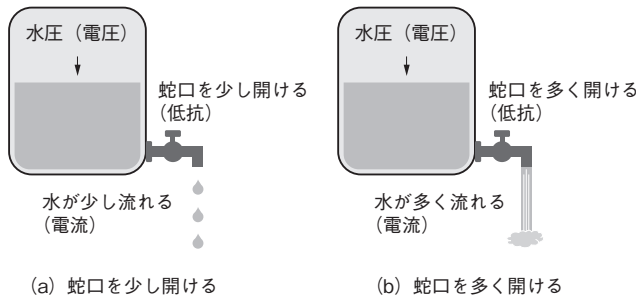


図12 電圧と電流と抵抗の関係

さん流れる。

電気もこれと同じで、電圧がかかった状態で抵抗を高くする（蛇口を少し開ける）と電流は少しだけ流れ、抵抗を低くする（蛇口を多く開ける）と電流はたくさん流れる。

この電圧、電流、抵抗の関係を式で表したものがオームの法則である。

$$V=IR \dots\dots\dots(1)$$

V：電圧(V) I：電流(A) R：抵抗(Ω)

ある導体に電圧Vをかけたとき、電流Iが流れたとする。このときVとIには以下の式が成り立つ。

$$I=\frac{V}{R} \dots\dots\dots(2)$$

電池を使用した場合の等価回路を図13に示す。電池の端子電圧は決まっているため、流れる電流は負荷抵抗Rと電池の内部抵抗rで決まることがこの図でわかる。このため、電流は内部抵抗rが

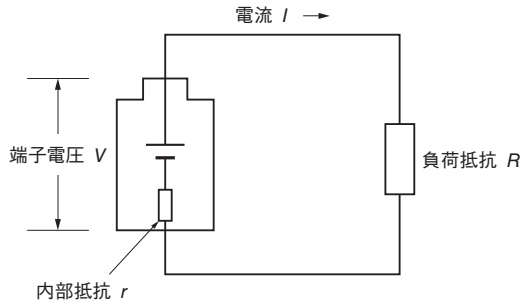


図13 電池の等価回路

小さくなるほど多く流すことができる。なお、実際の回路では線抵抗や接触抵抗なども考慮する必要がある。

電池の内部抵抗は一定ではなく、状況によって変化する。電池は繰り返し使用すると徐々に劣化していく。劣化が進むと内部抵抗が増加し、新品のときの性能を発揮できなくなる。また、電池の

容量が少ないとき、環境温度が低いとき、放電電流が大きいときにも内部抵抗は増加する。電池の劣化以外の内部抵抗の増加は一時的なものであり、状況が解消されれば回復する。そのため、一定の条件で内部抵抗を測定すると電池の劣化具合が分かる。電池を直列に多く接続する際のセルバランス調整でも内部抵抗の測定は重要である。

内部抵抗を低くすることで電池の発熱が抑えられ、大電流が流せるようになるため、より内部抵抗の低い電池の研究が進んでいる。

1) 内部抵抗の測定

内部抵抗測定は交流法と直流法の2種類の測定方法がある。

交流法は電池に一定の周波数の交流信号を印加し、測定した実効電流及び電圧から抵抗値を求める方法である。交流法は電池の容量を消費することなく内部抵抗の測定が可能である。しかし、高い周波数を使用するため、測定者による測定誤差が生じることがある。そのため、使用するケーブルや電池への接続などに十分な配慮が必要である。

直流法は電池に僅かに電流を流したときの電圧と大きな電流を流したときの電圧を測定し、その電圧の変化から抵抗値を求める方法である。直流法は僅かだが電池の容量を消費してしまう。しかし、交流法と比べ測定者による測定誤差が生じにくく、放電評価に使用する電子負荷装置があれば、追加機材を必要とせずに内部抵抗を測定することができる。

JIS規格では交流法または直流法のいずれかによって内部抵抗を求めることとしている。交流法と直流法の両方で内部抵抗を測定する必要が生じた場合は、最初に交流法を用い、次に直流法を用いる。なお、交流法を実施した後、直流法を行う際は電池の充電及び放電を行う必要はない。

内部抵抗の測定手順についてJIS規格で定められている方法を例に説明する²⁾。

(a) 測定前の準備

測定前に以下の手順で内部抵抗の測定に適したリチウムイオン電池を用意する。

- ・ステップ1

電池を製造業者が定める方法または一定の条件で充電する。

- ・ステップ2

電池を周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ および放電電流 0.2C で放電し、定格容量 $50 \pm 10\%$ の範囲内の状態にする。

- ・ステップ3

周囲温度 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ で、1～4時間静置する。

(b) 測定手順その1 交流法

周波数 $1.0 \pm 0.1\text{ kHz}$ の交流電流の実効値 I_a を電池に印加したときの交流電圧の実効値 U_a を、1から5秒までの間測定する。または $1.0 \pm 0.1\text{ kHz}$ の交流電圧の実効値 U_a を印加したときの交流電流の実効値 I_a を1から5秒までの間測定する。測定は通電による電圧降下の影響を受けないよう4端子法またはそれに準じた方法で行う。

電池の交流内部抵抗 R_{ac} は次の式によって求める。

$$R_{ac} = \frac{U_a}{I_a} (\Omega) \dots\dots\dots(3)$$

R_{ac} : 交流内部抵抗 (Ω)

U_a : 交流電圧の実効値 (V)

I_a : 交流電流の実効値 (A)

〔注記 交流電流で測定する場合、電流印加で重畳する交流ピーク電圧は20 mVが望ましい。〕

(c) 測定手順その2 直流法

電池を 0.2C の一定電流 (I_1) で放電し、 30 ± 0.1 秒後に放電電圧 U_1 を測定し、記録する。記録後、直ちに放電電流を 1.0C に増加させ (I_2)、 5 ± 0.1 秒後に放電電圧 U_2 を測定し、記録する。なお、測定は通電による電圧降下の影響を受けないよう4端子法またはそれに準じた方法で行う。

電池の直流内部抵抗 R_{dc} は、次の式によって求める。

$$R_{dc} = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} (\Omega) \dots\dots\dots(4)$$

²⁾ JIS C8715-1 産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム 第1部 性能要求事項

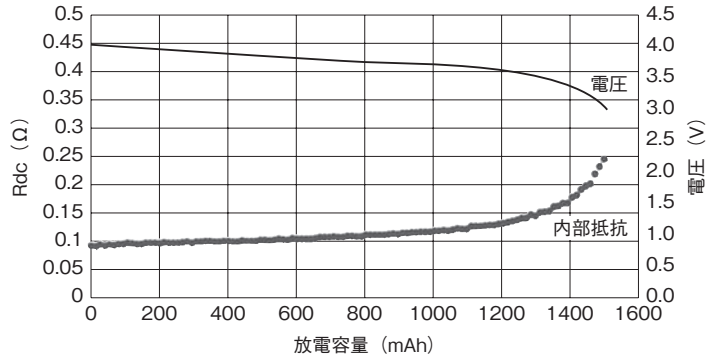


図14 内部抵抗の測定結果

R_{dc} : 直流内部抵抗 (Ω)
 I_1, I_2 : 直流一定電流 (A)
 U_1, U_2 : 測定電圧 (V)

内部抵抗は電池の劣化以外に容量の低下や環境温度、放電電流の大きさによって変化する。そのため、内部抵抗を測定する際はこれらを考慮し、一定の条件で測定することが望まれる。

2) 直流式内部抵抗の測定例

直流式の内部抵抗の測定例を以下に説明する。測定は、前述の「測定手順その2 直流式」の内容に従って行った。測定に際してはT&Cテクニカル社製の二次電池特性評価システムを使用した(表1)。使用したシステムには放電評価と並行して一定の周期で内部抵抗を測定する機能が付いており、この機能を使用して電池の放電容量による内部抵抗の変化を測定した。測定例を図14に示す。

リチウムイオン電池を満充電の状態にして、0.5Cの定電流で放電し、満充電の状態から放電終止電圧2.75Vになるまでの間の内部抵抗を60秒周期で測定した。

・測定結果

検証に使用した電池は新品ではなく劣化の進んだ電池だったため、充電容量は1700mAh、放電容量は1510mAhであった。なお、放電容量は内部抵抗測定による電力消費の影響もあるため、ここでは目安と考える。満充電のときの内部抵抗は0.095Ωであったが、放電終止電圧に到達すると0.246Ωとなった。グラフを見ると放電中、電池の容量が低下するにつれ内部抵抗は徐々に上昇し、終盤になると急激に増加することがわかる。また、電池電圧は内部抵抗の影響によって低下することが分かる。実験結果から電池の容量が低下すると内部抵抗が増加することがわかった。

参 考 文 献

- 1) 日本工業規格；ポータブル機器用リチウム蓄電池：JIS C8711：2013. 産業用リチウム二次電池の単電池及び電池システム第1部 性能要求事項：JIS C8715-1：2012.
- 2) トランジスタ技術編集部編；電池応用ハンドブック，CQ出版社，2005年.
- 3) (株)ベイサン ホームページ，http://www.baysun.net/ionbattery_story.html
- 4) (株)エジソンパワー ホームページ，<http://www.edisonpower.co.jp/lithium/>

