



リチウム・イオン電池& 直列/並列回路入門

重要技術セル・バランス図解!長寿命で安全を目指して

鵜野将年 [著]

Masatoshi Uno



見本

CQ出版社

1

第 1 章

成功のポイントと本書のねらい 注目リチウム・イオン電池を 使えるようになろう

1991年にソニーによってリチウム・イオン電池が製品化されて以来、私たちの生活の利便性は大きく向上しました。携帯電話やパーソナル・コンピュータに代表される機器のモバイル化が急速に進み、掃除機などの家電製品や電動工具もコードレス化されるようになりました。そして近年では、ガソリン車と遜色のない距離を航続可能な電気自動車も実用化されています。リチウム・イオン電池を電源として用いるこれらの製品では、電源のサイズやコストが製品自体の性能や利便性に大きく影響します。これらの製品が現在の我々の生活においてこれほどまでに浸透した背景には、リチウム・イオン電池本体の小型軽量化(エネルギー密度の向上)やコスト低減のみならず、電池の安全性や管理技術の進歩、電池周辺の電力変換技術の向上なども大きな要因です。

1-1

なぜこれからリチウム・イオン電池なのか

● 理由①…電池のエネルギー密度が高い

リチウム・イオン電池の登場以前にも、鉛蓄電池やニッケル水素電池などの充電式電池(2次電池)は存在していました。しかし、リチウム・イオン電池と比べると、体積あたりのエネルギー密度(Wh/L)や重量あたりのエネルギー密度(Wh/kg)は低く、これらの電池によりモバイル化/コードレス化された機器は、現在のリチウム・イオン電池を用いた製品と比べて大きく重たいものでした。各種電池の比較を表1-1に示します。

鉛蓄電池は、世界初の2次電池として1859年に発明された長い歴史のある蓄電池です。安価で技術的に成熟した電池ですが、ほかの電池と比べてエネルギー密度が低く、モバイル機器や移動体の主電源としては最適ではありません。しかし、サイズが問題とならない定置型蓄電設備や、自動車の補器用バッテリーとして汎用的に用

[表 1-1] 各種2次電池の比較

項目	公称電圧 [V]	重量エネルギー密度 [Wh/kg]	体積エネルギー密度 [Wh/L]	特徴
鉛蓄電池	2.0	25~50	50~100	安価、技術的に成熟、低いエネルギー密度
ニカド電池	1.2	40~60	50~150	優れた大電流放電特性、有害物質Cdを含有、メモリ効果
ニッケル水素電池	1.2	60~120	140~300	小型/軽量、メモリ効果
リチウム・イオン電池	3.3~3.7	100~250	200~500	小型/軽量化にとくに優れる、高コスト、劣る安全性

いられています。そのほか、ゴルフ・カートやフォークリフトなどの小型電動車両では、主電源として鉛蓄電池が用いられています。

ニカド電池(Ni-Cd電池)は、負極にカドミウム、正極にオキシ水酸化ニッケル、電解液にアルカリ溶液を用いた2次電池です。鉛蓄電池よりもエネルギー密度が高く、過充電や過放電に対して強く頑丈であり、優れた大電流放電特性を有しており、ラジコンなどのホビー分野や電動工具用電池として用いられてきています。しかし、カドミウムが有害物質であることや、メモリ効果(電池を使い切らずに継ぎ足し充電を繰り返すうちに、見かけ上の放電容量や電圧が低下する現象)が顕著で継ぎ足し充電には不向きなため、現在では広い分野でニッケル水素電池に置き換えられています。

ニッケル水素電池(Mi-MH電池)は、ニカド電池における負極のカドミウムを金属水素化物(水素吸蔵合金)に置き換えた構造をしています。ニカド電池よりも1.5~2倍ほどエネルギー密度が高く、1990年代の小型電子機器の電源として用いられました。また、世界初の量産ハイブリッド車用バッテリーとして搭載され、現在でも採用されています。しかし、リチウム・イオン電池と比べるとエネルギー密度は劣るため、小型/軽量性能が重視される機器ではリチウム・イオン電池に置き換えられています。しかし、コードレス電話や電動シェーバなど、携行性が求められる機器を中心に現在でも広く用いられています。

汎用的に用いられている2次電池のなかで、リチウム・イオン電池は最も小型軽量化に適しており、ニッケル水素電池と比べても2~3倍ほどのエネルギー密度を有します。このエネルギー密度の高さがリチウム・イオン電池の最大の長所であり、技術進歩によりエネルギー密度の値は日進月歩で向上しています(図1-1)。リチウム・イオン電池はほかの電池と比べて単位エネルギーあたりのコストが高いため、電力量が小さく小型軽量化への要求がとくに強いモバイル機器への応用が主でした。

見本

時には頻繁に充放電サイクルが行われます。加減速に伴う充放電に対応するために、電池は100%の状態ではなく中間の充電状態で運用されます。

定置型蓄電設備は、用途によって運用パターンはさまざまです。無停電電源装置では停電時を除き電池は放電しないため、充放電の頻度は極めて低くなります。ソーラーパネルと併設される蓄電設備などでは、日中の発電エネルギーを充電して夜間に放電する、といった運用パターンとなります。モバイル機器やEVなどの移動体とは異なり、定置型蓄電設備では小型軽量性能への要求は高くありません。よって、エネルギー密度の重要性は下がりますが、コストや寿命に対する要求は高くなります。

1-3

本書のねらい

リチウム・イオン電池は身近なデバイスであり、エネルギーを蓄えるというシンプルな機能ゆえに、軽視して扱われがちです。しかし、リチウム・イオン電池を長期間に渡って安全に使用し、かつ、電気特性や寿命性能を最大限に引き出すためには、電池本体のみならず周辺のBMSや電力変換技術についての知識が求められます。

本書の前半では、リチウム・イオン電池の基礎的な特性について解説します。電池の基礎特性について把握することで、リチウム・イオン電池をどのように運用すべきか、何をすべきかは見えてきます。リチウム・イオン電池を安全に使用するために、BMSには計測、制御、保護、電力変換などのさまざまな機能が盛り込まれています。BMSに含まれる機能の1つであるセル・バランスは、複数セルの直列接続で構成されるバッテリーにおいては不可欠なものであり、この機能の有無でバッテリー全体の劣化率や寿命は大きく変わります。本書の後半では、BMSの各種機能ならびにセル・アンバランスの問題とセル・バランスの各種手法について解説します。

◆参考文献◆

- (1) 白書・審議会データベース, <https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h30/hakusho/r01/excel/n10102110.xlsx>
- (2) BloombergNEF, <https://about.bnef.com/blog/race-to-net-zero-the-pressures-of-the-battery-boom-in-five-charts/>

見本

第2章

基本電気特性から充放電のふるまいまで

リチウム・イオン電池の基礎知識

2-1

電池としての基本特性

● セル(単電池)とバッテリー(組電池)

セル(cell)はバッテリー(battery)を構成する最小単位です。複数個のセルをパッケージングし、グループ化したものがバッテリーです。例えば、乾電池1個はセルですが、複数の乾電池を直列接続もしくは並列接続したものはバッテリーとなります。

● 容量

放電電流[A]×放電時間[h]で定義される電気量[Ah]を容量と呼びます。3 Ahの電池は3 Aで1時間放電できます。1 Aであれば3時間です。容量[Ah]はクーロン[C]に換算することもできます。1時間は3600秒なので、1 Ahは3600 Cに相当します。

● 電力量

放電電力[W]×放電時間[h]で定義されるエネルギー量[Wh]が電力量です。電力量が大きいほど、たくさんのエネルギーを貯蔵できる電池ということになります。放電電力[W]は放電電圧[V]×放電電流[A]なので、放電電圧[V]×容量[Ah]として表現することもできます。また、ジュール[J]に換算することもできます。1時間は3600秒なので、1 Whは3600 Jです。

2-2

充放電についての基礎知識

見本

● 充電状態SOC(State of Charge)

容量に対する残存容量率[%]であり、スマートフォンやノート・パソコンの残量

ゲージに相当します。機器の使用可能時間は充電状態によっておおよそ決まるので、電池ユーザにとっては利便性を決定する最も重要な情報となります。

● 放電深度DOD (Depth of Discharge)

初期容量に対する放電電氣量率[%]で、バッテリーの寿命評価試験などの条件を表す重要な指標です。例えば、3 Ahの電池を1 Ahぶん放電させる条件は、33%のDODに相当します。一般的に、DODが深くなるほど電池の劣化は速く進行します。

● 定電流-定電圧(CC-CV)充電

リチウム・イオン電池を充電する際の一般的な充電手法です。充電器によって充電電流と充電電圧のいずれかを制御します。電池電圧の低い領域では充電電流を一定値に制御します(CC; Constant Current)。CC充電中は、電池電圧は無制御の状態です。充電が進行して電池電圧が規定値に到達すると、電圧が一定値となるように制御します(CV; Constant Voltage)。CV充電制御中は、充電電流については無制御状態です。

● Cレート

放電電流[A]を放電容量[Ah]で正規化した値です。3 Ahの電池に対して1.5 Aの電流は0.5 Cに相当し、2時間で完全に放電できる電流値です。3 Aの電流は1 Cであり、1時間で完全放電できる電流値です。Cレートが大きな電池ほど、急速充放電に対応できます。充電と放電で異なるCレートをもつ電池もあります。

2-3

セルの形状

写真2-1に、代表的なりチウム・イオン電池セルを示します。

円筒形は最も汎用的な形状のセルで、18650形(直径18 mm, 長さ65 mm)が主流です。金属ケースに封入されており、耐衝撃性や耐圧力性に優れ、一般的な使用環境に対しては十分な強度を備えています。しかし、円筒形状であるため、複数セルをパッケージングしてバッテリーを構成する場合、^{くうけき}空隙率が大きくなり、体積エネルギー密度が損なわれてしまいます。

角形セルは空隙率を下げて体積効率を高めることができる反面、円筒形と比べると耐衝撃性や耐圧力性は劣ります。

ラミネート・セルはその名のとおり、電池ケースにラミネート材を用いたタイプ

見本

● セル電圧のばらつき

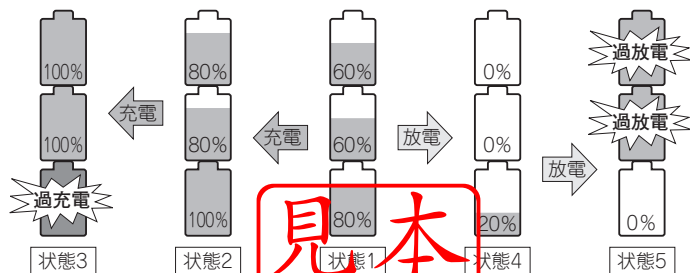
セル単体の電圧は3.7V前後と低いため、小電力用途を除いて負荷が要求する電圧を満足することができません。負荷が要求する電圧を満足するために、複数のセルを直列接続してバッテリーを構成し、電圧を高めて使用するのが一般的です。直列接続したセルの特性が理想的にそろっている場合、各セルの電圧は均一です。しかし、実際のセルには個体差があり、特性は均一ではありません。

バッテリーを使用しているうちにセルの個体差は徐々に拡大し、セル電圧にばらつき(アンバランス)が生じます。セル電圧のばらついたバッテリーでは、たとえバッテリー全体の電圧が適切な範囲内であったとしても、一部のセルが過充電もしくは過放電状態に陥る可能性があります。

3セル直列で構成されるバッテリーにおいて、セル電圧(SOC)がばらついた状態で充放電を行うイメージを図2-6に示します。3セルのSOCがそれぞれ60%、60%、80%とばらついた状態(図の中央の状態)から充電を行うと、初期SOCの最も高いセルが過充電状態になる恐れがあります。放電の場合は逆で、初期SOCの低いセルが過放電に至る可能性があります。

セルの電圧やSOCがばらつく要因はさまざまで、セルの個体差(容量、インピーダンス、自己放電など)のみならず、バッテリー内の温度分布によっても電圧ばらつきが引き起こされます。電池の特性(インピーダンス、自己放電など)や劣化率が温度に大きく依存するので、温度分布の生じたバッテリーではセルの個体差が時間とともに拡大されることになります。特に、規模とサイズの大きなバッテリー(例えば電気自動車用など)では、すべてのセルの温度を均一に保つのは困難です。

最近では電気自動車で使用済みとなったリチウム・イオン・バッテリーを再利用(リユース)する試みが活発化しています。初期容量の80%程度までバッテリーの劣化が進むと、車載用として利用するには容量が不十分となります。しかし、車載用



【図2-6】セルの電圧やSOCがばらついた状態でバッテリーを充放電すると一部のセルが過充電もしくは過放電される恐れがある

3

第 3 章

ナイキスト・プロットによる視覚化でつかむ 状態や劣化を測る… 電池の重要特性「インピーダンス」

第2章で、リチウム・イオン電池の充電速度や放電電力量がインピーダンスの影響を受けることについて解説しました。そのほか、インピーダンスの値によってバッテリーの充放電エネルギー効率も影響を受けます。また、複数のセルで構成されるバッテリーでは、セルのインピーダンス値のばらつきによって発熱量に差異が生じ、これがバッテリー内での温度不均一や劣化の加速を引き起こす可能性があります。

このように、インピーダンスはリチウム・イオン電池のさまざまな特性に影響を与えるため、リチウム・イオン電池の特性について理解するためにはインピーダンスのふるまいについて把握しておく必要があります。本章では、交流インピーダンス測定の基本とリチウム・イオン電池のインピーダンス・モデルについて解説します。

3-1

リチウム・イオン電池のインピーダンスと測定

● イメージは R と C の合成

リチウム・イオン電池のインピーダンスは、簡易的には抵抗成分と容量成分の合成で表されます。詳細には、電気回路素子で単純に表すことのできない非線形要素も含まれてきます。

● 測るしかない…交流インピーダンス測定

リチウム・イオン電池のインピーダンス評価には電気化学インピーダンス分光法 (EIS; Electrochemical Impedance Spectroscopy) が用いられ、一般には交流インピーダンス測定と呼ばれます。交流インピーダンス測定は、コンデンサやインダクタなどの電気回路部品、さらには太陽電池や燃料電池などの評価にも用いられている汎用性の高い評価手法です。

第4章

測定の方法からデータの見方まで インピーダンスを実測して 電池の劣化を読み解く

前章では交流インピーダンスの基礎について解説しました。本章では、実際のリチウム・イオン電池に対して温度を変化させた場合、充電状態(SOC; State of Charge)を変化させた場合、さらには充放電サイクルにより劣化が進行した場合のインピーダンス特性のデータを紹介し、特性変化の定性的傾向に焦点をあてて解説します。

4-1

リチウム・イオン電池のインピーダンス

● リチウム・イオン電池の簡易インピーダンス・モデル

前章のおさらいになりますが、リチウム・イオン電池のインピーダンス・モデルは、簡易的に図4-1に示す回路で表せます。正極と負極は、それぞれ電荷移動抵抗($R_{ct,p}$, $R_{ct,n}$)と電気2重層容量($C_{dl,p}$, $C_{dl,n}$)の並列回路で構成され、電解液は純抵抗 R_{sol} として記述できます。 V_{OCV} は開放電圧であり、インピーダンスの観点では無視できます。

RC並列回路の交流インピーダンスは、ナイキスト・プロットの第1象限上(虚部が負の領域)で半円の軌跡として現れます。直列抵抗に相当する R_{sol} と、正極と負極の2つのRC並列回路を有する等価回路のインピーダンスは、理想的にはナイキスト・プロット上で2つの重なり合った半円として観察されます。左半円と実軸の切片が R_{sol} に相当し、各半円の直径が電荷移動抵抗($R_{ct,p}$, $R_{ct,n}$)、各半円の頂点における周波数から電気2重層容量($C_{dl,p}$, $C_{dl,n}$)を算出できます。

● 温度や定数変化が読み取れるナイキスト・プロット

等価回路の各種定数はSOCや温度、さらには劣化具合によって大きく変化します。よって、定数変化はナイキスト・プロット上の軌跡の形状変化として観察され

5

第 5 章

ふだんの安定化電源との違い…「電圧変動」と「充放電効率」 リチウム・イオン電池を 電源に使うときの注意

リチウム・イオン電池を含む充電式の電池(2次電池)は、携帯機器や電気自動車などにおいて電源の役割を果たします。電池は負荷に対して電流を供給し、充電時には充電器からの電流を吸収する電圧源です。電気系技術者の多くは、電池のことを安定化電源(電圧源)として取り扱います。しかし、実際の電池の特性は安定化電源とは大きく異なります。具体的には、充放電に伴う電圧変動や内部インピーダンスによる損失発生が挙げられます。電池のこのような特性を考慮せずにシステムを設計すると、充電器が正常に動作できなかつたり、システム効率が予想を大きく下回ったりという事態に陥ります。

ここでは、電池と安定化電源の大きな違いとして、電池の電圧変動と充放電効率について解説します。

5-1

注意点①…電圧変動

● 電池の電圧変動

安定化電源は出力電圧が制御された電圧源であり、出力電圧の値は常に一定値に制御されます。それに対して、電池の電圧は充電状態(SOC; State of Charge)によって大きく変化します。例えばリチウム・イオン電池の場合、正負極の材料の種類にもよりますが、セル電圧は2.7~4.2V程度の間で変化します。このような電圧変動を考慮して充電器や負荷の動作範囲を決定しないと、電池のエネルギーを十分に活用することができません。

図5-1に、3400mAhの円筒形リチウム・イオン電池(NCR18650B, パナソニック)を1.0Aで放電させた際の放電電圧とSOCの関係を示します。ここでは3.0Vまで放電したときを0%として定義しています。この電池に対して、例えば動作電圧範囲が3.5~4.5Vの充電器を用いると、3.5V以下の領域の蓄積エネルギーを電池か

第6章

温度・充放電電圧・充放電深度をおさえる

リチウム・イオン電池の劣化要因と長寿命化

新品のスマートフォンやノート・パソコンは、バッテリー駆動モードで半日以上連続で使用できるような製品がたくさんあります。しかし、半年や1年ほど経つと、新品のころと比べて電池の減りが明らかに早くなり、こまめに充電する必要がでてきます。これは、バッテリーが劣化してしまったからにほかなりません。電池は使っているうちに劣化するということが誰もが知っていることですが、どのような条件で劣化がより進行するのか、どのような条件だと劣化を抑制できるのか、などについてはあまり知られていません。

本章では、リチウム・イオン電池もしくは電気2重層キャパシタの劣化傾向の概要と予測方法、劣化を抑制して長寿命化させる運用方法について解説します。

6-1

電池の劣化

● 電池は生もの！人間とよく似ている

よく、「電池は生もの」という例えが用いられます。生ものは放置しておくと腐ってしまい、とくに温度が高い夏場は早く傷んでしまいます。これは電池にも共通で、電池は使っていない状態でも多かれ少なかれ劣化が進行し、温度が高いほど劣化は速く進行します。

また、電池は人間にも例えることができます。電池の劣化が高温で進行しやすいのと同じく、人間は暑い日に体力の消耗が激しくなります。

お腹いっぱい満腹状態は健康には好ましくなく、腹8分目が良しとされていますが、電池もよく似ています。100%の充電状態(SOC; State of Charge)では電池の劣化は進行しやすく、SOCを低く抑えたほうが劣化は抑制されます。

また、人間はエネルギーがゼロになるまで毎日働き続けると、過労で早死にしてしまいます。電池も同じで、深い放電深度(DOD; Depth of Discharge)で使用する

7 第 7 章

進化を続けるBMSの基礎知識 「長寿命で安全」を司る バッテリー・マネジメント・システム入門

バッテリーは、複数セルの直列接続ならびに並列接続で構成されます。バッテリーを長期にわたって安全に使用するためには、バッテリーを構成するすべてのセルを、電圧、電流、温度の観点で安全な領域で動作させる必要があります。電池メーカーの指定する範囲外でセルを使用すると、早期の劣化のみならず、最悪の場合には発火や爆発などの重大事故につながる恐れがあります。

7-1

バッテリー劣化の主な要因

● 要因①…過充電と過放電

バッテリー電圧が指定の上限電圧を上回ると過充電となります。劣化が進行しやすく寿命を大きく縮めてしまう状態で、かつ、非常に危険な状態となります。同様に、放電時においてバッテリー電圧が下限電圧を下回ると過放電となり、これも早期劣化や事故の要因となり得ます。

過充電や過放電に関しては、バッテリー全体に対してのみならず、個別のセルに対しても注意を払う必要があります。セル電圧は必ずしも等しいとは限らないからです。たとえ一時的にセル電圧が均一な状態であったとしても、さまざまな要因によってセル電圧は徐々にばらつきます。セル電圧のばらつく原因については第8章で詳しく解説します。たとえバッテリー全体の電圧が安全範囲であったとしても、セル電圧のばらつきによって一部のセルが過充電や過放電の状態に陥る可能性があります。

● 要因②…過電流(過大電流)

バッテリーが許容できる以上の電流で充放電を行うと、電池反応が追いつかず劣化に繋がります。一般的に放電よりも充電のほうが電流に関する条件は厳しいので、

見本

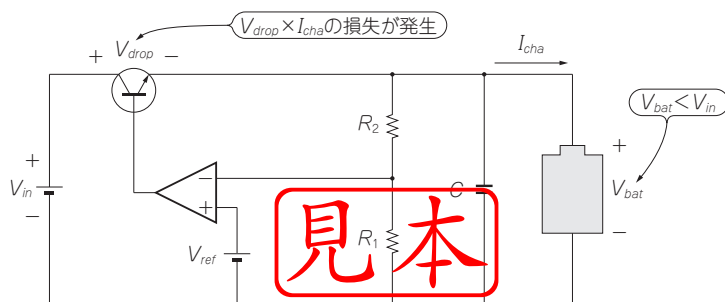
となるよう平滑化されます。しかし、リップルを十分に小さなレベルにまで除去するには大きなフィルタ回路が必要となります。

● 充電器の具体的回路例

電源回路の出力特性が図7-8(a)となるように制御することで、さまざまな電力変換回路をリチウム・イオン・バッテリー用充電器として用いることができます。充電器として具体的に採用できる回路はDC-DC変換回路であり、下記で分類することができます。ドロップ方式(リニア・レギュレータ方式)は簡素で低コストですが、動作原理上、可変抵抗のようにふるまうため効率は低く、大きな充電電力を扱うことはできません。それに対して、非絶縁型ならびに絶縁型DC-DCコンバータ方式は大きな充電電力にも対応でき、適切に設計された回路であれば90%以上の効率を達成できます。

▶ ドロップ方式

リニア・レギュレータ(3端子レギュレータ)を利用した簡素な充電回路です。概念構成を図7-10に示します。電源とバッテリーの間に挿入したトランジスタを線形領域で動作させ、トランジスタにおける電圧降下 V_{drop} を調節することでバッテリー電流ならびに電圧を制御します。 V_{drop} は、電源電圧 V_{in} とバッテリー電圧 V_{bat} の差と等しくなります。線形領域で動作するトランジスタは可変抵抗のようにふるまうため、充電電流 I_{cha} と V_{drop} の積に相当する損失がトランジスタで発生します。また、トランジスタでの電圧降下を利用して充電制御を行うため、必ず V_{bat} は V_{in} よりも低くなければいけません。つまり、回路の動作としては入力よりも出力電圧を下げる、降圧動作となります。トランジスタの電圧降下を小さく抑えられるほうが V_{bat} の制御範囲は広くなるため、ロー・ドロップ・アウト(LDO)タイプのレギュレー



【図7-10】ドロップ方式の充電器の概念

第8章

電池の直列/並列についてまわる問題

セルのばらつき要因とバランスの必要性

ここからは実践編として、リチウム・イオン電池セルを直列に接続して使用する際にさまざまな悪影響を及ぼす、セルの個体差に起因する「電圧ばらつき(アンバランス)」に焦点をあてて、その特性や対策手法を実験を交えてじっくりと解説していきます。

電圧ばらつきの影響は、バッテリーの規模やサイズが大きいほど顕著となります。適切に電圧ばらつきを解消するには「セル・バランス」を行う必要があります。

本章では、セルのばらつきの要因や悪影響、バランスの必要性について解説します。

8-1

セルを直列接続することの問題点

● セルの直列接続

リチウム・イオン電池1個あたり、すなわち単セルあたりの公称電圧は3.7 V程度です。スマートフォンなどの小電力機器であれば、このような低い電圧でも問題ありません。しかし、機器の要求電力が大きくなると電流もそれに比例して大きくなるため、ケーブルやコネクタなどでの損失が増大してしまいます。同じ電力あたりの電流を低減するためには、電圧を高くする必要があります。

よって、機器が要求する電力や電圧に応じてセルを直列接続してバッテリー(組電池)を構成し、任意の高い電圧を作り出して使用します。例えば、ノート・パソコンや電動工具用のリチウム・イオン・バッテリーでは3~5直列で電圧は10~20 V程度ですが、扱う電力の大きな電動車両では直列数も大きくなり、トヨタのプラグイン・ハイブリッド車では56直列(207 V)、日産リーフでは96直列(355 V)にまで至ります。乾電池で駆動する身近な機器でも、複数個のセル(乾電池)を直列接続して使用しています。

9

第 9 章

温度や抵抗のばらつきが与える影響 実測…直列の電圧ばらつき& 並列の電流ばらつき

リチウム・イオン電池では一般的に、複数個のセルを直列/並列に接続してバッテリーを構成します。セルの特性ばらつきにより、直列接続時はセル電圧が、並列接続時はセル電流がそれぞればらつきます。本章では主に、直列/並列接続されるセル間で温度差と抵抗ばらつきが生じた際の特性について、実験結果をもとに解説します。

9-1

直列接続のときの劣化

● 複数のセルを直列接続/並列接続する際の課題

リチウム・イオン電池は単セルあたりの公称電圧は3.7V程度しかないため、負荷の要求電圧に応じて複数のセルを直列接続し、電圧を高めて使用する必要があります。また、負荷が要求する電流や電力量を満足するために、必要に応じて複数のセルを並列接続して容量を増強して使用します。

多数のセルを直列/並列接続してバッテリーを構成するわけですが、セルの特性には必ず多少のばらつきがあります。セルの特性ばらつきによって、直列接続時にはセルの電圧ばらつきを、並列接続時はセルの電流ばらつきをそれぞれ引き起こします。

● セルの直列接続

図9-1(a)に示す直列回路では、すべてのセルの電流は必ず等しくなります。しかし、電圧については等しくなる保証はありません。前章で解説したように、容量や自己放電率、内部インピーダンスや劣化率などの観点で各セルには個体差があります。仮にすべてのセルの電圧が等しくそろっていたとしても、個体差によって時間の経過に伴いセルの電圧は徐々にばらつきます。

第10章

セルの電圧もしくはSOCを均一化する

セル・バランスの基本と主な回路方式

リチウム・イオン電池や電気2重層キャパシタなどの蓄電セルを直列に接続して使用する場合、セルの個体差によってセル電圧が徐々にばらつくことで、さまざまな問題を引き起こします。ばらつきを防止/解消するためにはセル・バランス回路が不可欠です。セル・バランス回路にはいろいろあり、主な方式を表10-1に示します。

本章では、セル・バランス回路の種類とバランス概念について解説します。個別の具体的な回路構成や動作原理などについては、次章以降で解説します。

[表10-1] セル・バランス回路の方式はいろいろある

分類	方式	長所	短所
パッシブ・バランス	抵抗をセルと並列接続	極めて簡素な回路	損失が常時発生
	抵抗とスイッチをセルと並列接続	簡素な回路	バランス時に損失発生
アクティブ・バランス	隣接セル間バランス	良好な拡張性	コンバータ数が多い、直列数が多いと累積損失が増大
	バック-セル間バランス(単入力-多出力コンバータ)	コンバータ数が少ない	乏しい拡張性、回路設計が難しい
	バック-セル間バランス(複数の絶縁型コンバータ)	良好な拡張性	コンバータ数が多い
	任意セル間バランス回路	セル間での効率的なエネルギー授受	コンバータ数が多い、回路素子の電圧ストレスが高い
	セル選択式(バック-セル間)	コンバータ数が少ない	スイッチ数が多い
	セル選択式(エネルギー貯蔵デバイス)	コンバータ数が少ない、非絶縁型コンバータを採用できる	スイッチ数が多い、2段階の電力変換
	バランス充電器	変圧器とバランス回路の一体化	低い充電効率、回路素子に大きな電流定格が必要

ISBN978-4-7898-3607-4

C3055 ¥3100E

CQ出版社

定価 3,410円(本体3,100円)⑩



9784789836074



1923055031005

このPDFは、CQ出版社発売の「リチウム・イオン電池&直列/並列回路入門」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <https://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/36/36071.html>

購入方法 <https://www.cqpub.co.jp/order.htm>

リチウム・イオン電池の性能向上と低コスト化に伴い、あらゆるモノのモバイル化・電動化が急速に進んでいます。効率良く安全に電池を使用し、寿命性能を最大限に生かすには、電池の基礎特性のみならず直列/並列接続時の注意点、さらには周辺回路についての知識が不可欠です。本書では電気系技術者の視点に立ち、リチウム・イオン電池の基礎特性、直列/並列接続の注意点、管理(マネジメント)技術、周辺回路の基礎について解説します。

見本