

# MOTOR

# エレクトロニクス

NO.  
4

安全に大電流で充・放電するための技術を試して学ぶ

## リチウム・イオン電池の実践研究

動作原理と電極材の選定 / 蓄電残量の管理と劣化防止方法

リチウム・イオン電池の熱暴走のメカニズムと安全対策

はじめてEV製作するための走行用モータ / コントローラの選び方

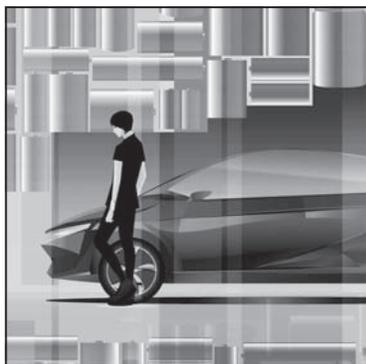
<http://toragi.cqpub.co.jp>



ご購入は  
<http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MTR/MTRZ201606.html>

見本  
CQ出版社

# 序章



## 開発の歴史と電池関連の基礎用語解説

# リチウム・イオン電池を安全に使うために

福井 正博

従来の鉛電池やマンガン電池，アルカリ電池と比べて，エネルギー密度がとて高いのが「リチウム・イオン電池」の特徴である。また，大電流で放電することも可能で，動力系の電源としても魅力がある。そうしたメリットがある一方で，危険性もある。しかし，われわれの生活の周辺にあたりまえのように使われている。今回の特集では，このリチウム・イオン電池のメリットを安全にかつ最大限に引き出すために，リチウム・イオン電池およびその周辺技術を解説する。まずは，リチウム・イオン電池の現在の位置づけを見る。(編集部)

### ■ はじめに

#### ● リチウム・イオン電池を安全に効率良く使うには？

この特集記事は，「リチウム・イオン電池の安全な使い方，有効な使い方」をテーマにします。リチウム・イオン電池の最大の魅力は，その「エネルギー密度の大きさ」にあり，スマートフォン，タブレット型端末など，数々の装置の普及の原動力になっています。ま

た，電子工作などの趣味の世界でもリチウム・イオン電池が使われることが多くなってきました。

その一方で，この電池による火災や爆発などの事故，そのための家電製品のリコール報道もしばしばなされています。多くのエンジニアの方も，「リチウム・イオン電池は危険で薦めない」という発言があります。しかし，これだけ普及して，今後の技術開発においてもキー・デバイスになることは必然と思われます(図1)。「危険だから使わない」ではなく，「なぜ危険かを理解し安全に使う技術を理解する」のが広くエンジニアの方々に求められているのだと考えます。

● リチウム・イオン電池のもやもや感を払拭したい  
もちろん，リチウム・イオン電池の安全な使い方や，もし発火した場合にどうすればよいかといったことを知りたい人も多くおられるでしょう。

今ではまた，リチウム・イオン電池といっても，形状や材料が異なり，特性も異なるさまざまな種類があります。どう違って，どう選べばよいのか。日本製の品質が良いというが，外国製との違いはどのような点

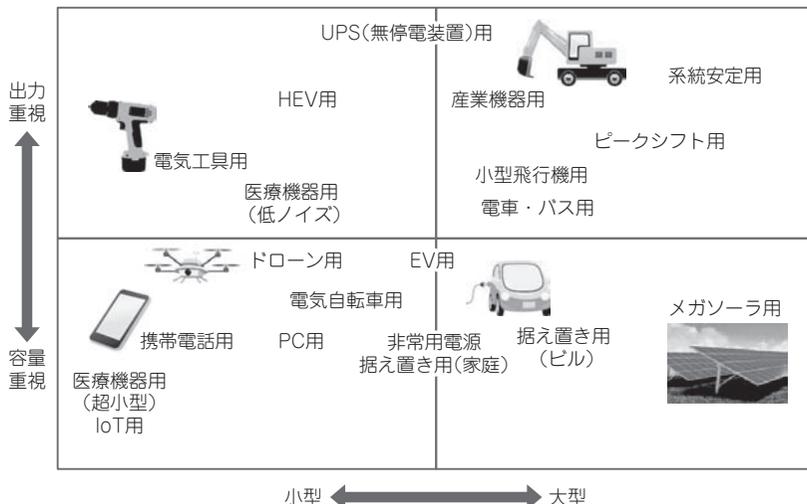


図1 リチウム・イオン電池の用途

なのか。危険性があっても使いたいのだが、安全かつ有効に使える方法はあるのだろうか。…こうした「もやもや」とした疑問をお持ちの方も少なくないと想像します。

この特集では、リチウム・イオン電池を技術的に理解することで、そうしたもやもや感を晴らすことができると考えています。

## 1. リチウム・イオン電池の基礎知識

まず、この序章で、電池技術とリチウム・イオン電池の基礎知識をおさらいしておきます。

### ● 2次電池の代表格は鉛電池だった

1回で使い切りの電池を“1次電池”というのに対し、充電ができる電池を蓄電池あるいは“2次電池”と言います。現在も自動車用などで主流の“鉛電池”は今でも2次電池の代表格です。

鉛電池は、1859年にフランスのブランテによって発明され、日本では1895年に島津源蔵が初めて試作に成功し、その後、自動車や小型飛行機、電車、産業機械、医療用電源、無停電装置などに広く活用されています。鉛電池は150年以上の歴史があります。

### ● リチウム・イオン電池の実用化に日本人が貢献！

2次電池としてのリチウム・イオン電池の基礎的な研究は、1970年代から行われていました。リチウム・イオン電池の実用化を可能にした基本概念は、1985年に旭化成の吉野彰氏らにより確立されました。吉野氏らは、正極材に $\text{LiCoO}_2$ 、負極材に炭素系を使うことで、実用的に安全が確保できることを示しました。多くの人が開発に携わっていたのですが、日本人が大きく貢献していたのです。その技術には、充放電技術や保護回路などの技術も含まれます。

その後、1991年にはソニーエナジー・デバイス(株)

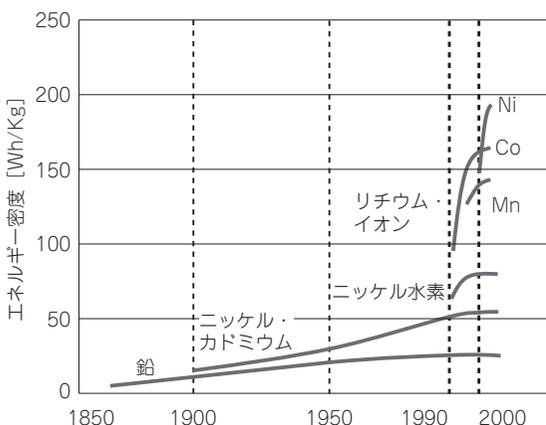


図2 電池の歴史とエネルギー密度の変遷

から世界初のリチウム・イオン電池を商品化し、さらに続いて、三洋、パナソニック、ソニー、GSユアサ、日立、東芝、NECなどの日本メーカーが高品質なリチウム・イオン電池を供給し、世界市場の9割以上のシェアを日本が占めた時期もありました。

現在は、韓国サムソン、LG、中国BYD、台湾などの生産量が増えており、品質に優れた日本製と、価格面で魅力的な外国製のいずれを使うべきか、用途に応じた使い分けを悩むような場面も増えています。

### ● 二面性をもつリチウム・イオン電池

リチウム・イオン電池は、他のタイプの電池に比べてエネルギー密度が大幅に大きいということが最大の魅力ですが、他にも、メモリ効果がない、自己放電が少ない、サイクル劣化が少ない、内部抵抗が少なく高出力であるなど、電池としての性能面ではとても優れています。そして、その進化は今もまだ続いているのです(図2)。

しかし、安全かつ長寿命に使用するためには、高精度な保護回路が必要であること、電解液が有機溶剤であるため、使い方を誤ると発火の危険性があることなどが大きな課題といえます。これについては、第1章以降で順次説明していきます。

## 2. 電池の性能を示す用語

電池の世界では、その性能を表すパラメータとしてOCV、SOC、SOHなどの略語が多いので、分野外の人や、初学者は戸惑います。しかし、一度覚えれば難しくないので、電池の世界でよく使う“単位”と“用語”をまとめておきます(表1、表2)。

### ● 電池容量の単位がWhでなくてAhなのはなぜ？

まず戸惑うことが多いのは、電池の容量の単位です。これは、電池に「蓄えることのできる電気エネルギー量」ですから、その単位は、 $\text{Wh} = W(\text{出力}) \times \text{hour}(\text{時間})$ です。しかし、電池は電圧がほぼ一定であることから、電圧を省略して、 $\text{Ah} = A(\text{電流量}) \times \text{hour}(\text{時間})[\text{Ah}]$ を使う場合のほうが多いです。これは、電池の場合、どれだけの電流をどれだけの時間流せるかというほうがイメージしやすいからです。

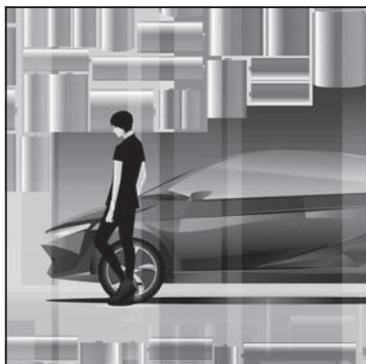
正式なエネルギー量という場合は、電圧を掛けてください。

なお、電池容量は“FCC”(Full Charge Capacity)といい、直訳すると満充電容量ということになります。FCCは、温度や放電電流に依存するので、条件を決めて規格化します(コラムA参照)。

### ● 電流をA(アンペア)以外にC(シー)も使うわけ

電池の充放電の電流の単位は、電気工学の世界ではアンペア[A]が一般的ですが、電池ではシー[C]をよく使います。Cと書きますが、「クーロン」はな

## 第4章



安全上の“落とし穴”対策とイザというときの対処方法

### 熱暴走のメカニズムとその予防方法

福井 正博

リチウム・イオン電池を初めて使おうとすると、ベテランのエンジニアの方から「危険だから、再考したら」と言われるかもしれない。これまで述べたように、リチウム・イオン電池はエネルギー密度が高く、熱暴走すると危険なので、この指摘は、過剰反応ではない。その危険性はどれくらいなのか、また、安全対策として、どのようなことに注意しなければならないのか考察する。

#### 1. 熱暴走のメカニズム

##### ● エネルギー量はどれくらい？

危険と言っても、どれくらい危険なのかを知ってほしいところ。危険な状況を体感すれば、身にしみてわかるのですが、そう簡単に言うわけにもいきません。

そこで少し不謹慎な話ですが、リチウム・イオン電池と、米軍が現在使っているM26手榴弾(イラスト1)のエネルギー量を比べてみましょう。

##### ● 電池がもつエネルギーは、電気エネルギーだけではない

M26 手榴弾 (150g TNT) のエネルギー量は206Whです。18650タイプ3Ahのリチウム・イオン電池は12Whなので、17本分と同等ということになります(写真1)。

これは発火しない状態での比較です。つまり、今述べた電池のエネルギー量は、蓄電した電気エネルギー量のことで、もし、発火した場合には、電解液の有

機溶剤が燃えるのですから、リチウム・イオン電池のエネルギー量が何倍にもなるわけなので怖い話です。

日常的に使っている平和利用の電池ですが、高エネルギー・デバイスを安全に使用するための意識の重要性がいかに大事かを感じてもらえればと思います。

##### ● 温度上昇と熱暴走 — 60℃以上から要注意

リチウム・イオン電池は、人類史上の夢の蓄電デバイスですから(!?)、絶対に事故のない使い方を実践したいものです。図1は、リチウム・イオン電池の温度上昇に伴う変化と危険性をまとめたものです。

##### (1) 0℃～45℃

通常の使用温度は、0℃～45℃ぐらいを想定しており、この範囲では特に問題はありません。

##### (2) 60℃～100℃

60℃になると、保存劣化、サイクル劣化共に大幅に加速されるので、一時的であれば許されますが、長時間続けば、電池寿命が極端に短くなります。また、電解液の分解により、電池が膨らむ危険性が増えます。

##### (3) 100℃～120℃

さらに温度上昇し、100℃あたりでは、負極でCO<sub>2</sub>ガスが発生し、ガス・ベントの動作や液漏れの危険が高まります。

##### (4) 120℃～150℃

120℃付近では、セパレータが溶解し、シャットダ

イラスト1  
M26手榴弾  
(150g TNT)

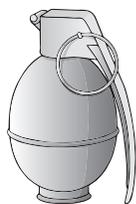


写真1  
18650  
(3Ah×16本)



見本

ウン効果のため、温度上昇がいったん治まります。

#### (5) 150℃～180℃

しかし、何らかの理由で加熱が放熱を上回ると、さらに温度上昇が起き、150℃ぐらいからシャットダウン効果が弱まり始め、加熱が加速します。

#### (6) 180℃～

180℃付近で正極が分解し、怖い酸素が発生、その後は急な熱上昇となり、抑えが効かず熱暴走（発火、爆発など）に突入します。

#### ● 怖い局所的な高熱化

特に怖いのは、局所的な部位に電流が集中し、加熱が加速される状況です。

例えば、一つのリチウム・イオン電池セルに釘を刺したとします。釘が貫通するよりも以前の、部分貫通の状態では、電池の中で生きている部分が多く、それらからその貫通部位に大きな電流が供給され、急な温度上昇が局所的に起きるといった事態を招きます。

#### ● 組み電池の怖さ

さらに怖いのは、組み電池の場合です。一つのセルが内部ショートを生じた場合に、問題のない他の多くのセルから、問題個所に大きな電流を供給するということが生じてしまいます。また、一つのセルの発火だけでは大きな問題にならなくても、隣接したセルを加熱し、燃焼が広がることが大きな問題です。

## 2. 熱暴走を防ぐメカニズム

#### ● 乗り物に活用される場合、安全対策がより重要に

電池が大型化、高エネルギー化するほど、この熱暴走の問題が表面化します。障害が生じたときに、電源を即座に遮断するメカニズムや、類焼を防ぐメカニズムが強く要望されています。

航空機や、人工衛星、宇宙開発にも、高エネルギー密度なリチウム・イオン電池の魅力は小さくありません。今後、普及度が高まっていくでしょう。例えば、宇宙航空産業における電池の安全性に関する議論が、米国のNASA Aerospace Battery Workshop (同Webサイトには、プレゼン資料が公開されている)などで行われています。

#### ● 熱暴走の回避に対する予備知識

図2には、熱暴走のメカニズムの説明です。図1にも示したように、加熱が放熱を上回る条件が継続した場合に熱暴走に至ります。

その原因となるのは、①外部からの加熱（例えば、火災、電気回路の発熱、日射など）、②内部の発熱（低温によるデンドライトの生成と内部短絡、過充電、過放電、過剰電流、浸水による過放電、衝撃による内部短絡、外部短絡による過剰電流など）により、リチウム析出や内部短絡箇所が広域化することです。

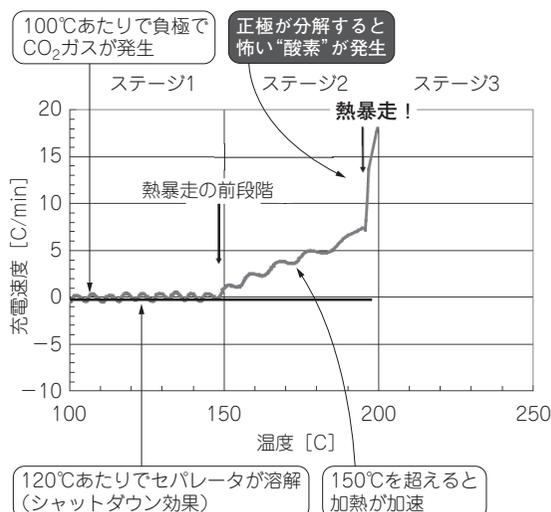


図1 リチウム・イオン電池の充電温度上昇で何が起きるか

#### 原因・トリガ

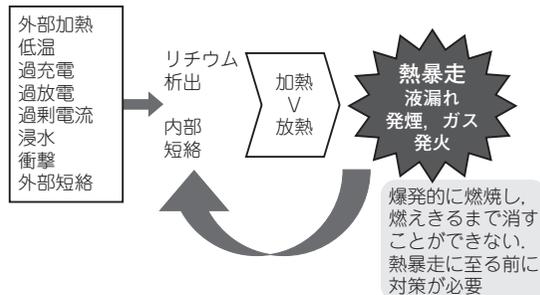


図2 熱暴走の経緯

## 3. 熱暴走したときの対策

#### ● 完全な予防策は困難

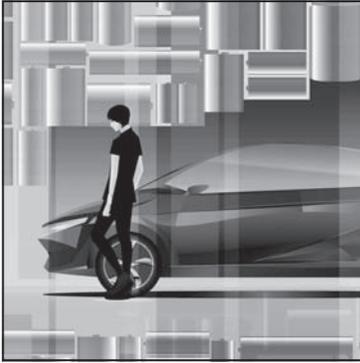
どんなに十分な対策をしたつもりも、事故は起こるので、万が一に熱暴走したときの対策も準備しておきます。

熱暴走に至ると、液漏れ、発煙、ガス爆発、発火などが生じ、電解液はガソリンと同様に、いったん火がつくと燃えきるまで消すことが困難という状態になります(図2)。また、金属リチウムが析出されている場合、リチウム金属に水をかけると水素を発生し、爆発的な燃え方をするのも消火を難しくする要因となります。

#### ● 優先順位は人の“命”

まず、安全のために考えることは、人命第一です。静かな状態になっていても、急に爆発的に燃える可能性があることを知っておく必要があります。爆発は絶対に避けなければなりません(人的被害)

# 第5章



つくってわかる構造と動作原理と危険性

## リチウム・イオン電池の製作

白田 昭司

読者の方の多くは「リチウム・イオン電池を一から製作したい」と考えたこともないだろう。「相当大規模で高度な技術力を要した設備がないと製作できない」と思われているかもしれない。しかし、実際はそれほど難しくない。「電池は使うが、電池製作には関心ない」という方も多いに違いない。しかし、リチウム・イオン電池の製作過程を目にすると、リチウム・イオン電池の構造と動作原理をより理解することができると思う。また、「安全に使う技術の意味と意義がより実感して理解できる」だろう。ここでは、普通の実験室レベルで、リチウム・イオン電池を製作する。

### ■ はじめに —— リチウム・イオン電池を製作する目的

リチウム・イオン電池の製作は、実験室レベルでちょっとした設備があれば簡単にできます。製作が難しくないという理由は、リチウム・イオン電池の構造はきわめて単純だからです。その電池性能を大きく決定するのは、正・負の電極材といわれていますが、実際の製作工程を見ると、その理由は明確になります。本稿では、ある必要な特性の電池を製作する方法を示すのではなく、リチウム・イオン電池の製作を通して、その構造を実感的に理解していただくために、極めて基本的な製作工程を示すに留めています。また、この製作した電池で、「釘刺し実験」を行い、リチウム・イオン電池を異常に使用したときの危険性もAPPENDIXで示すことにします。

リチウム・イオン電池の製作工程は、正負電極シートの電極活性層を形成するために必要な電極合剤スラリー<sup>注1</sup>の製作から正負電極シート作成までのいわゆる“上流工程”と、“下流工程”である正負電極シートを使用した「電池セルの製作」について説明します。繰り返しますが、量産用の大型設備を使用せずに、実験室レ

注1：スラリー：Slurry。ここではリチウム・イオン電池内に含まれるゲル状の高分子ポリマをいう。もともと、slurryは、懸濁液の意味。

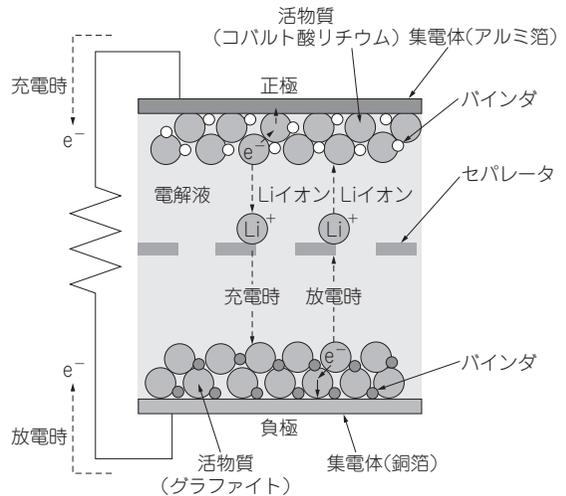


図1 リチウム・イオン電池の内部の構造と動作原理

ベルの機材を使用した製作法を説明しています。

最初に、リチウム・イオン電池の基本構成と製作のプロセスの概略について説明します。次に、正負電極シート作成のための電極合剤スラリーの具体的な調合方法とスラリーの集電体への薄膜塗布について説明します。最後に、製作した正負電極シートを使用した電池セルの組み立て方について説明します。

## 1. リチウム・イオン電池の製法概要

### ● 製法工程の全体概要

リチウム・イオン電池は、① ラミネート型、② コイン型、③ 円筒型などの形状があり、電池容量や寸法により大きさも異なります。いずれにしても、(面積を稼ぐために) 折り畳まれた正極・負極の電極シートをどう作るかがキーポイントになります。電極シートから電池セルとして組み立てていく製作工程(いわゆる下流工程)は形状によって異なりますが、正負活性剤、導電剤、接着剤(以下、バインダ)などから調合していく電極シートの製作工程(いわゆる

見本

表1 ラミネート型リチウム・イオン電池の製作に必要な機材

ステップ	機材	価格帯 [円]
ステップ1	コバルト酸リチウム (LiCoO <sub>2</sub> ) 1kg	10,000前後
	グラファイト 1kg	5,000前後
	導電性カーボン (SUP-P) 1kg	3,000前後
	バインダ (PVDF) 1kg	5,000前後
	極性液体 (NPM) 1kg	5,000前後
	アルミナ・ボール (φ 10mm) 1kg	5,000前後
	① 高速回転ミキサ (攪拌容器付き)	100,000～30,000
② 乾燥器	100,000～50,000	
ステップ2	アルミニウム箔 1kg	5,000前後
	銅箔 1kg	5,000前後
	③ コーター	200,000～500,000
	④ コーター・バー	20,000前後
ステップ3	⑤ 厚み調整用ローラ	150,000～300,000
	⑥ マイクロメータ (スタンド付き)	20,000前後
ステップ4	セパレータ (20 μm厚み) 1m <sup>2</sup>	1,000前後
	ロータリ・カッタ (φ 45mmまたはφ 28mm)	2,000前後
ステップ5	タブ付き電極端子 (アルミまたはニッケル製) 2対	20前後
	⑦ スポット溶接機	100,000～300,000
ステップ6	⑧ 巻き直し治具 (ニードル付き)	100,000～500,000
	電極テープ (ストラッピング・テープ) 25 μ × 20mm幅 × 20m長さ	1,000前後
ステップ7	アルミ・ラミネータ・フィルム 1m <sup>2</sup>	2,000～5,000
ステップ8	523450型ポーセラセル (100 × 60 × 5mm)	100～500
	⑨ ラミネータ (熱压机)	100,000前後
	電解液 (LiPF <sub>6</sub> ) 1kg	50,000～100,000
ステップ9	セラミック・ピンセット	3,000前後
	デジタル・マイクロピペット	30,000前後
	⑩ グローブ・ボックス	300,000～1,500,000
	小型ラミネータ (熱压机)	30,000～50,000
	⑪ 真空ポンプ (ダイヤフラム型)	200,000前後
ステップ10	⑫ アルゴン・ガス (1.5m <sup>3</sup> ボンベ)	5,000前後
	⑬ 充放電評価装置 (8チャンネル)	200,000～500,000

流工程)の製法は、どの形状でも同じと考えてよいでしょう。

ここでは、ラミネート型リチウム・イオン電池を製作します。今回製作するリチウム・イオン電池の構造と動作原理の概念図を図1に示します。

その製作の流れ(概略)を表1に示します。

## ■ 上流工程

### ● ステップ1：正・負極合剤スラリーの調合

電極部は、それぞれ金属箔の上に導電性の電極合剤

スラリーを塗ります。電極部は正(+)極と負(-)極とがありますが、

- ・正極材にはリチウム系金属酸化物
- ・負極材には炭素系材料を用いるのが一般的です。

ここでは、正極活性剤(コバルト酸リチウム LiCoO<sub>2</sub>)、導電剤、バインダを混合し“正極合剤スラリー”を調合します。同様に、負極活性剤(グラファイト)、導電剤、バインダを混合し“負極合剤スラリー”を調合します。

## リチウム・イオン電池の “釘刺し実験”

白田 昭司

リチウム・イオン電池は、使い方を誤ると発煙や発火、破裂といった電池破損に繋がりがねない。そのため、リチウム・イオン電池の安全性評価試験の一つとして「釘刺し試験」が行われている。ここでは、「設計・製作した電池を安全に使うことができるかどうか確かめたい」、「想定する使用環境に対して安全な電池を設計したい」という趣旨で、釘刺し試験の必要性および試験を行うメリットについて説明する。

### 1. 釘刺し試験法のモデル

#### ● 釘刺し試験の意義

釘刺し試験 (Nail penetration test) は、内部短絡試験法の一つで、リチウム・イオン電池の内部短絡耐性を試験目的とした安全性試験です。代表的な安全性試験を表1に示します。

釘刺し試験は、内部短絡の模擬試験として、電池に釘を貫通させ、内部短絡を疑似的に発生させたときに、電池が発煙、発火、破裂しないことを確認する試験です。また、釘刺し試験は、電池の安全性を確認するだけでなく、電池の基礎的な性質を知るうえで欠かせない試験です。

#### ● 釘刺し実験の概要

釘刺し試験のイメージを図1に示します。正常な状態では、リチウム・イオン電池の正極シートと負極シートは有機電解液中で絶縁用高分子膜である“セパレータ”という絶縁シートで絶縁されています。この状態で、釘を加圧し、リチウム・イオン電池内に釘を挿入貫通させて、釘を介して「正極シートと負極シートを短絡(ショート)させる」ことにより、強制的に“内部短絡”を引き起こす試験です。すなわち、絶縁

セパレータが貫通することで内部短絡状態となります。

挿入する釘の径や素材、挿入深さや挿入位置、挿入速度などの条件を変えて試験できるのが、この試験法の特徴となります。

#### ● 釘刺しの危険性

リチウム・イオン電池で釘刺し実験する必要があるということは、逆に言えば、「リチウム・イオン電池の内部で、もし短絡が起きると、とても危険な状態になる可能性が高い」ということです。リチウム・イオン電池は、エネルギー密度が高く、かつ内部抵抗が小さいので、大電流が流れる特徴をもちますが、逆にそれがとても危険性をもつ、ということです。

通常、電池使用時の内部短絡は、製造時に混入した導電性の異物や外部からの応力、衝撃により発生する可能性があると考えられていますが、製品として製造された後に、電池の充放電回路を含む制御システムで内部短絡の対策を施すのは難しいのが現状です。

内部短絡が発生すると、① 電池内に大きな短絡電流が流れ、② それに伴ってジュール熱が発生し、この発熱が引き金となって、③ 可燃性の有機電解液が反応し、④ 高温のガス発生が伴い、結果として⑤ 熱暴走状態へ遷移する可能性が高くなります。熱暴走状態になると、⑥ 発煙、発火の状態から、最悪の場合は、⑦ 破裂を引き起こし、利用者が負傷する危険性が出てきます。

使用する側にとって電池の安全性を確保することは、このリチウム・イオン電池を使用するうえで重要

表1 安全性試験と目的

試験名	目的
釘刺し	内部短絡耐性
圧壊	内部短絡耐性
加熱	熱安定性
過充電	熱安定性、過充電耐性(材料の電気化学的安定性)
外部短絡	外部短絡耐性

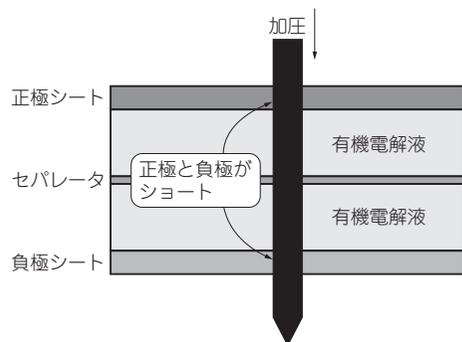


図1 釘刺し試験のイメージ

見本

です。

## 2. 強制内部短絡試験

### ● 釘刺し試験以外の短絡試験

内部短絡試験法のもう一つの“強制内部短絡試験”について説明します。

釘刺し試験は、釘を介して電池内部の短絡を強制的に作り出す試験であるため、正極と負極間の内部短絡を比較的簡単に作り出すことができます。しかし、釘を電池内に刺すため電池に穴が開いてしまい、その穴から高温ガスが放出し、電池内部の放熱状態が変化してしまうため、実際の内部短絡とは状況が異なってしまうことが考えられます。

### ● 穴が空かずにガスが噴出しない短絡試験

強制内部短絡試験とは、先端が球形に加工した釘を使用し、電池に穴を開けることなく内部短絡(微小短絡)を作り出す試験法です(図2)。“Blunt Nail Test”と呼称されています。

この方法は、釘の押し圧力により、電池の電極材料(正負電極シート)間の短絡を実現し、試験後は電池の形状はわずかな変形で済みます。

通常の釘刺し試験よりも実際の内部短絡に近い状況を作り出すことができます。

## 3. 釘刺し試験機の製作

### ● 実験装置の準備

この試験をするために人間がリチウム・イオン電池に釘を打つことは御法度です。冗談でも試みてはいけ

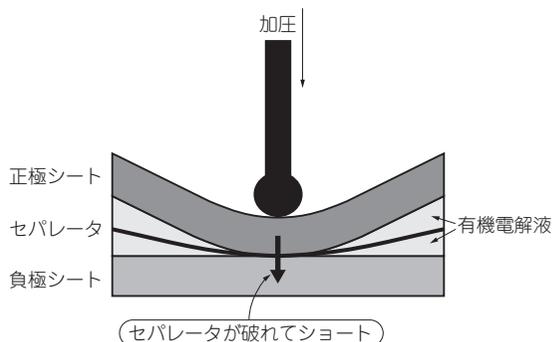


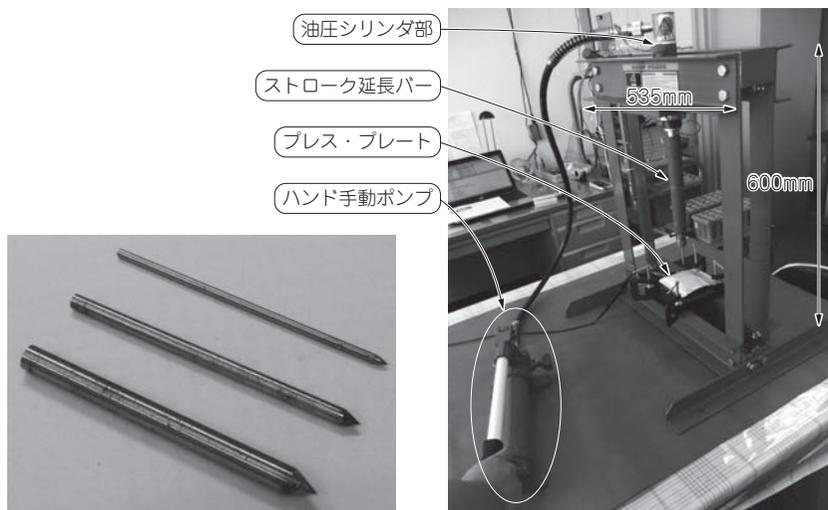
図2 強制内部短絡試験のイメージ

ません。手や身体が飛ぶこともあり得るのです。

そこで、釘刺し試験の実験機を製作します。市販の卓上型ハンド・プレス[油圧ポンプ別置き、最大プレス能力：4000kg(4トン)、ストローク：120mm、ストローク延長バー長さ：250mm]を固定機構部として、径の異なる3種類のスチール製釘[写真1(a)、高温耐熱ホワイト・スチール、径：φ3mm、φ5mm、φ8mm、長さ：100mm]を取り付けることが可能な釘刺し試験の実験機です[写真1(b)]。

### ● 安全対策

安全性を考慮して、試験本体と離れたところから遠隔操作できるように、油圧ポンプ別置ききのハンドプレスを使用します。また、径の異なる釘をネジで固定するストローク延長バー先端の釘挿入治具を製作し、ストローク延長バーと一体にプレス機本体に取り付けます。



(a) 3種類の釘

(b) 釘刺し実験機

写真1 3種類の釘と釘刺し実験機



## ドイツが技術的に先行する 「学生フォーミュラEV」とは

狩野 芳郎 / 玉正 忠嗣

学生たちがオリジナルのレーシング・カーを設計・製作する「全日本学生フォーミュラ大会」にEVクラスができて今年3回目を迎える。ただし、これだけEVブームがあるのに参加チームは増えていない(一方、ドイツの同様大会は、EVでの参加が急増しているというのに)。EV系のレギュレーション(技術ルール)が難しく、敷居が高いといわれている。たしかに、クルマ好きの学生にとってエンジン系とは異なり、電気系の話は馴染みが薄いと思われる。ここでは、主催者でもある自動車技術会のメンバによって、技術解説を行っていく。今回は、多くの学生がEV開発をしているドイツの様子と、フォーミュラEVの電気規則概要を示す。

(編集部)

間、静岡県エコパで開催されています。大会主旨は「学生が自ら構想・設計・製作したフォーミュラ・マシンで、ものづくりの技術力・総合力を競い合う」と明記されています。2003年に第1回大会が開催され、今年(9月6日～10日)は第14回大会になります。

最近では内外の80チーム(参加学生数:約2000人)が、サポート・審査する企業人約200名と共に日の出から日の入りまで汗を流します。

この大会は、もともと1981年に米国で開催された“FormulaSAE”を発祥とします。SAEとは米国の自動車技術者の団体名です。その後、日本だけでなく、英、独、伊…など世界7か国で同様大会が毎年開催されています。

### ● EVクラスが2013年から開催された

学生には、毎年オリジナルのマシンを製作することが求められていて、① 610cc以下の4サイクル・エンジンを搭載した「ICV(内燃機関)クラス」と、② バッテリからの最大電力が連続的に80kWを越えない最大公称作動電圧600VDC以下の「EV(電気自動車)クラ

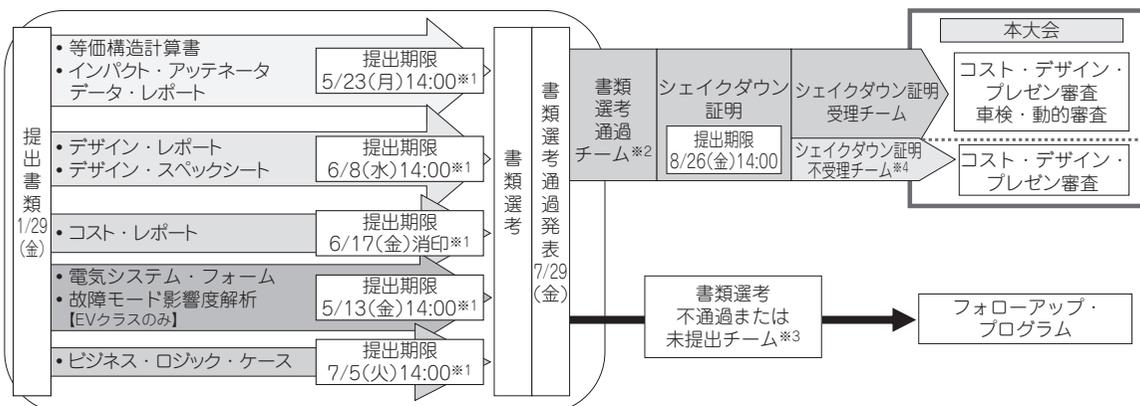
## 1. 学生フォーミュラ大会とは

- フォーミュラ・カーでもものづくりの総合力を競う  
“全日本学生フォーミュラ大会”が毎年9月の5日



写真1 2015年ドイツ大会での集合写真(Formula Student Germany 2015, ©FSG15, Scheuplein)

# 見本



- ※1 ルールに基づく遅延は認めるが、ペナルティの対象となる。
- ※2 書類選考通過チームでも、当日審査対象外となった場合、その静的審査のフォローアップ・プログラムには参加できる。
- ※3 書類選考不通過/未提出チームは、すべてのフォローアップ・プログラムに参加できる。
- ※4 シェイクダウン証明不受理チームは、模擬車検(フォローアップ・プログラム)に参加できる。

図1 2016年全日本学生フォーミュラ大会のスケジュール

ス」の二つがあります。EVクラスは、日本では2013年から正式種目となりました。

ただ、日本の学生たちにとってEV部門は、技術的な敷居が高いからか、残念ながらそれに参加するチームが増えていません(2015年は9チーム)。

● **大会はすでに始まっている!?**

9月開催の競技会ですが、これから参加しようとしてもじつは間に合いません。レギュレーション(大会規則)は昨年夏に発表されていて、そのときから今年の大会へ向けての具体的な設計が始まっているのです。図1に2016年大会のスケジュールを示します。1月に参加申し込みは締め切られています。

● **学生の大会でも技術安全基準は厳格**

図1でも示したように、いろいろなレポートの提出を求めるには理由があります。このコンペティションがF1レースのように、一斉にスタートし、いち早くゴールしたのが優勝というレースではありません。作るのはレーシング・カーですが、人が乗るクルマであることに変わりはありません。

万が一のことがないように、市販車両と同様の安全基準が事細かに定められていて、その車検をすべてクリアしないと、コース上で1mたりとも走行が許されないのです。クルマを設計・製作することだけでも簡単ではありませんが、この車検の通過がきわめて難しく、昨年はEVクラスでコース走行ができたのは2チームだけでした。

このルールは各国で行われている学生フォーミュラ大会とだいたい同じ内容です。

● **本連載の目的と内容予告**

そこで、これらの厳しい開発条件をクリアしていく基礎的な知識として(車両計画に沿って)、

- モータの基礎と動力性能の検討
- バッテリーの基礎とモジュール構成
- EV車両レイアウト
- 電気システム

などについて、本誌で技術解説を連載する予定です。

執筆には、日本大会を主催している自動車技術会の全日本学生フォーミュラ実行委員会で、EV車検や技術相談などの普及活動も行っているEVワーキングのメンバが担当します。

学生フォーミュラEVの技術内容の基本部分をご理解いただき、チームとして、スタッフ・スポンサとして、もしくは観客として一人でも多くの方にこの大会に関わっていただければと願っています。

連載の最初に、EV製作がさかんなドイツの学生たちを見ていこうと思います。

## 2. 熱いFormula Student ドイツ大会

筆者は、学生フォーミュラのドイツ大会であるFormula Student Germanyを何度か視察したので、その様子を紹介します。

### ■ 2.1 海外では急激にEVマシン製作へ移行

● **欧米の大会のEV参加台数は増加中!**

前述のように、1981年に米国SAEが6台で開催したFormula SAEですが、その2015年大会は米国内の2か所で開催され、ICVが延べ200台、EVが20台の参加でした。

欧州で最も大きな大会は、2006年に始まったドイツの大会です。ここでは、参加希望チームが

見本

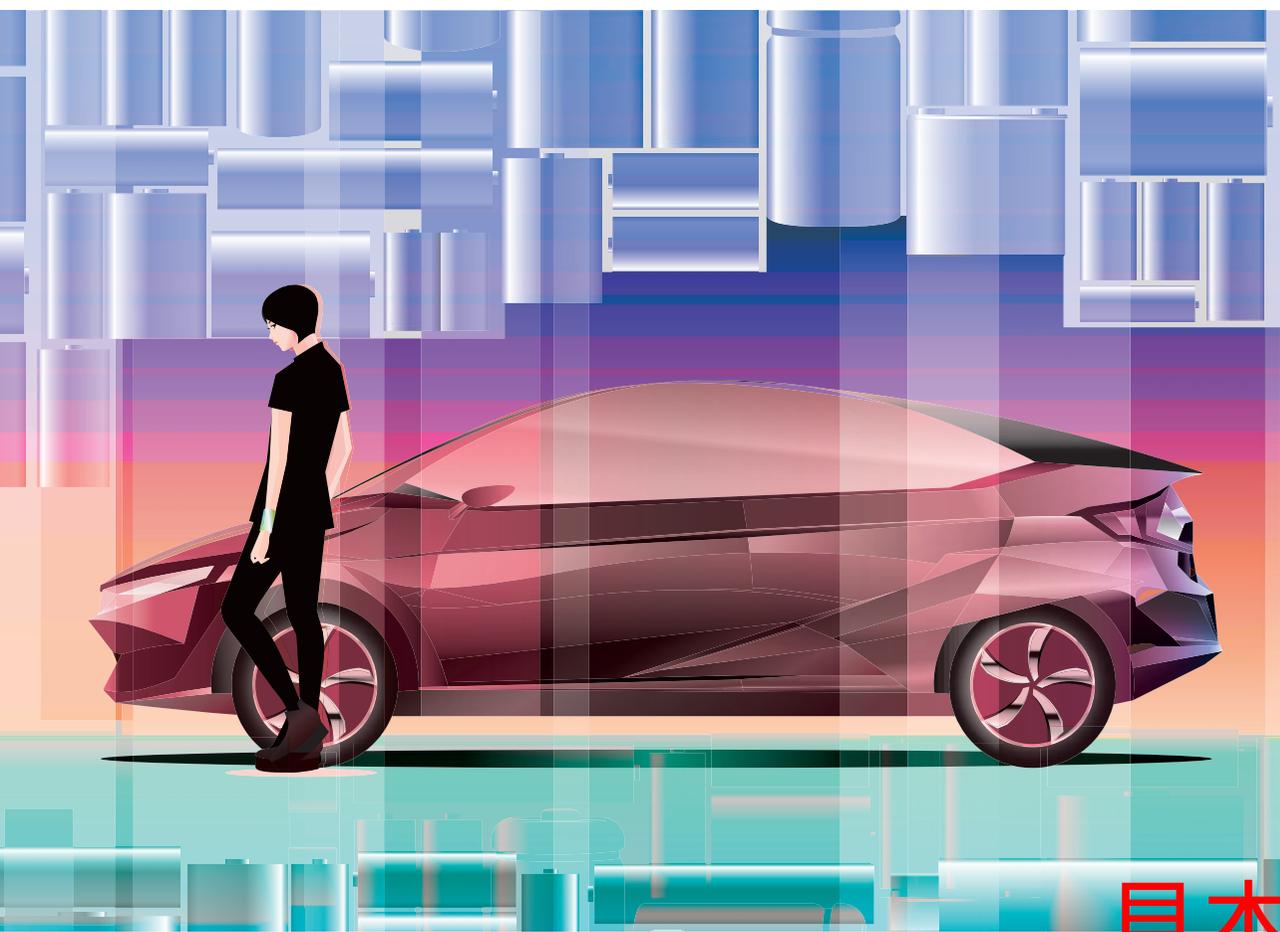
トヨタ技術 増刊

MOTOR エレクトロニクス No.4

CQ出版社

〒112-9619 東京都文京区千石4-29-14  
TEL.03-5395-2141(営業部)

定価：本体2,400円＋税



見本

雑誌 06664-06

Ⓒ 2016.7.28



4910066640668

02400