

リチウムイオン電池 の基本

最初に、電池の種類について説明します。次に、リチウムイオン電池の特徴について説明します。リチウムイオン電池の根幹をなすもので、他の電池と比べたときの優位性について説明します。続いて、リチウムイオン電池の原理について説明します。リチウムイオンと電子の流れ方など模式図を用いて分かりやすく説明します。最後に、リチウムイオン電池の構成について説明します。本章は、以降の章でリチウムイオン電池を使用した充放電回路の設計や具体的な応用回路を考える際に必要不可欠の知識になります。

1-1 電池の種類

電池の種類を分類すると図 1-1 のようになります。大きく二つに分けること

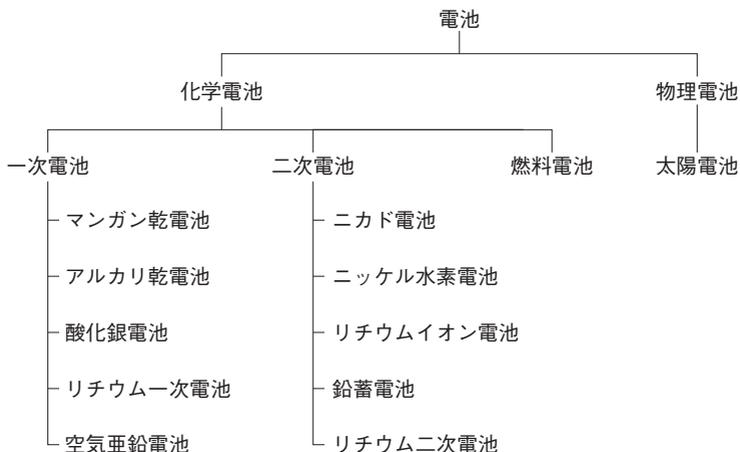


図 1-1 電池の種類



写真 1-1 市販の電池

ができます。化学電池と物理電池です。

化学電池は物質の化学反応を利用して電気を発生させる装置で、通常、“電池”といえば、この化学電池を指します。市販の電池を写真 1-1 に示します。これに対して物理電池は、化学反応を一切用いないで光や熱といった外部から得られるエネルギーを電気エネルギーに変換する装置です。代表的なものに太陽電池があります。

化学電池は、一次電池と二次電池、燃料電池に分けることができます。一次電池は、使いきりの電池で、電気製品など身の回りでよく使われている乾電池やボタン電池が代表的な例です。二次電池は、充電を繰り返して何度でも使用できる電池で、小型のものではニカド電池、ニッケル水素電池、リチウムイオン電池などがあります。これらは小形二次電池と呼ばれています。現在、ニカ

表 1-1 電池の諸量、重量エネルギー密度と体積エネルギー密度の比較

電池の種類	サイズ	重量	容量	公称電圧	エネルギー 密度	重量エネルギー密度	体積エネルギー密度	形状
リチウムイオン電池	φ 18.3mm × 65mm	44g	2.4Ah	3.7V	8.88Wh	201Wh/kg	520Wh/L	18650
ニカド電池	φ 34mm × 60mm	152g	5.0Ah	1.2V	6Wh	39Wh/kg	110Wh/L	単一
ニッケル水素電池	φ 34mm × 60mm	178g	9.0Ah	1.2V	18.8Wh	61Wh/kg	195Wh/L	単一
鉛蓄電池	182 × 127 × 202mm	9.5kg	32Ah	12V	384Wh	40Wh/kg	82Wh/L	角型
ニカド電池	φ 14mm × 50mm	24g	1.1Ah	1.2V	1.32Wh	55Wh/kg	172Wh/L	単三
ニッケル水素電池	φ 14mm × 50mm	30g	2.5Ah	1.2V	3Wh	100Wh/kg	390Wh/L	単三
アルカリ乾電池	φ 14mm × 50mm	23.5g	0.73Ah	1.15V	0.840Wh	36Wh/kg	109Wh/L	単三
リチウム一次電池	29 × 14.5 × 52mm	39g	3Ah	3.9V	11.1Wh	231Wh/kg	412Wh/L	CRV3

ド電池はほとんど市場では見られなくなりました。ニカド電池に代わってニッケル水素電池が多く出回ってきています。

これらの二次電池は、ポータブル機器やモバイル機器、デジタルカメラなどに使用されています。大形のものでは自動車用鉛蓄電池などが挙げられます。また、電気自動車や業務用機器などに使用される大容量のリチウムイオン電池があります。本書はリチウムイオン電池を対象にします。

1-2 リチウムイオン電池の特徴

二次電池の中で、リチウムイオン電池がなぜ大きく注目されているのか？これを説明することは、リチウムイオン電池の特徴を説明することに尽きます。以下に、リチウムイオン電池の特徴について説明します。

(1) 電圧が高い

同じ小形二次電池であるニカド電池やニッケル水素電池の1.2Vに比べると約3倍の電圧が得られます。直列接続して同じ電圧を出すとすれば、使用本数が1/3で済みます。

(2) エネルギー密度が高い

各電池の諸量と重量エネルギー密度、体積エネルギー密度の比較を表1-1に示します。リチウムイオン電池の重量エネルギー密度と体積エネルギー密度は、他の電池に比べて最も大きいことが分かります。

表では、18650型のリチウムイオン電池の重量エネルギー密度は201Wh/kgです。この値は、単一のニカド電池の約5倍、ニッケル水素電池の約3倍になります。同形状のリチウムイオン電池の体積エネルギー密度は520Wh/Lです。この値は、単一のニカド電池の約5倍、ニッケル水素電池の約2.5倍になります。リチウムイオン電池は、同じエネルギーに対して最も小さく、最も軽い二次電池であることが分かります。小型軽量でエネルギー密度の大きい電池として構成できるので、モバイル機器の電源として使用することができます。

一口メモ**重量エネルギー密度と体積エネルギー密度**

電池の外径サイズや重量の比較に、重量エネルギー密度と体積エネルギー密度という単位が使われます。

重量エネルギー密度は Wh/kg、体積エネルギー密度は Wh/m³ または Wh/L (Lは“リットル”) という単位で表されます。それぞれ単位重量、単位体積当たりの電池の容量を示しています。Wh (“ワットアワー” と発音) は電池のエネルギーの単位です。この単位は、一定の電力 (ワット: W) で何時間もつかということの意味します。または、1 時間で使い切るための電力値はいくらになるかという意味です。

例えば、あるリチウムイオン電池の公称電圧が 3.7V、公称容量が 2.4Ah であるとすれば、この電池のエネルギーは $3.7 \times 2.4 = 8.88\text{Wh}$ になります。これが電池エネルギーの具体的な値です。

(3) メモリー効果がない

ニカド電池やニッケル水素電池は、浅い充放電を繰り返すと電池容量が見かけ上、減少してしまいます。電池容量が使用可能な程度に残っているにもかかわらず、使用中に急激に電圧が低下してしまう減少です。実際の使用時には電池が使える放電時間が短くなります。このような現象をメモリー効果といいます。リチウムイオン電池はメモリー効果がありません。使いたいときに使い(放電し)、充電したいときに充電する、いわゆる**継ぎ足し充電**が可能です。

メモリー効果は一時的な現象なので、通常は、いったん完全に放電したり (リフレッシュという)、十分な充放電を繰り返すことによって解消することができますが、充放電を過度に行えば、逆に、電池の寿命を短くしてしまうことにつながります。

(4) サイクル寿命が長い

電池は充放電を繰り返すことによって次第に劣化していきます。電池の寿命を評価する方法としてサイクル試験を行います。カタログ値で公表されているデー

タの多くは、室温（25℃）で一定の充放電（1C充電と1C放電）を500回繰り返したときの電池容量を示しています。このときの電池容量の値が大きければほどサイクル寿命が長いといえます。リチウムイオン電池は他の電池に比べてサイクル寿命が長くなります。リチウムイオン電池（定格電池容量 700mAh）のサイクル特性の測定例を図1-2に示します。

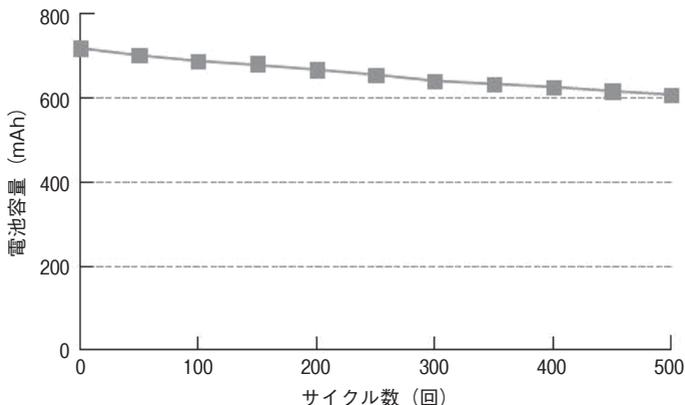


図 1-2 リチウムイオン電池のサイクル特性の例

一口メモ

1C 充電と 1C 放電

1Cの“C”は電池の公称容量を表す値で、“Capacity”の頭文字です。1Cとは、公称容量の電池を定格放電してちょうど1時間（1h）で放電終了となる電流値のことです。0.2Cは5時間（5h）で放電終了となる電流値のことです。例えば、2.4Ahの公称容量のリチウムイオン電池の場合は、 $1C = \frac{2.4Ah}{1h} = 2.4A$ になります。0.73Ahのアルカリ乾電池の場合は、

$1C = \frac{0.73Ah}{1h} = 0.73A$ になります。図1-2のサイクル試験では公称容量

700mAhの電池を使用しています。この場合、 $1C = 700mA$ となります。すなわち、700mAで充放電を繰り返して試験をします。