

充電式動力用電池の使用上の注意事項

要約

- ・ 使用する電池やモーター、ESC(電子式回転速度制御装置)、充電器等の性質を十分理解すること。
- ・ 使用中も保管時も電池に強い衝撃や力、熱が加わらないようにすること。
- ・ 専用充電器を使う。マルチモードの充電器の場合は、電池の種類やセル数の設定を十分確認する。充電中はそばを離れないこと。
- ・ 電池に発熱や膨張等の異常が発生した場合は、直ちに使用を止めること。
- ・ 墜落しそうな時は、必ず送信機の操作でモーターを止めること。
- ・ 飛行(使用)が終わったら必ず電池を取り出し回路との接続を切って取り外すこと。
- ・ 取り外した電池は安全な場所に保管すること。使用不能になった電池は所定の方法で廃棄または回収すること。
- ・ 電池パックの改造は最小限にすること。電極へのハンダの熱や作業中のショートには極力注意すること。絶縁や対衝撃性を確認すること。
- ・ 必要以上に大きな容量の電池を使用しないこと。大きな電池ほど危険性は高まります。
- ・ 事前に競技を想定した駆動系のテストをしておくこと。
- ・ 特にLipo電池を使用する場合は、原理や構造、危険性等を十分理解し取り扱いには細心の注意をすること。

いかなる結果も基本的に自分の責任であることを自覚して取り扱うこと。

無知や不注意から起こるトラブルや事故は、競技関係者だけでなく無関係なRCや模型飛行機の愛好者にも迷惑をかけるので十分注意してください。

最近、リチウム電池による事故が相次いでいます。リチウム電池を使用する場合は、取り扱いだけでなく、保管にも十分注意してください。

動力用電池について

空中ロボットの動力用電池としては、電動RC(ラジコン)飛行機用に市販されているNi-Cd(ニッカド)、Ni-MH(ニッケル水素)、リチウムイオン、LiPo(リチウムポリマー)の各充電電池が考えられます。いずれの電池も一般的な乾電池に比べ、内部抵抗が少なく、エネルギー密度が非常に高いため、取り扱いには十分な注意が必要です。特にリチウムイオン電池とLiPo電池は、誤った使い方をすると発火や破裂の恐れがあります。パックになって製品として売られている電池でも専門的な知識を持ったマニアを対象にしており、一般の人の利用は想定されていません。特に動力用の電池は、使用時間も短く性能や軽量化を優先するため携帯電話やパソコン等の電池に付属している安全装置は省略されています。以下に事故防止のために最低限必要とおもわれる各電池についての知識と使用上の注意事項をまとめておきます。

1. Ni-Cd電池(ニッケルカドミウム電池、ニッカド電池)

Ni-Cd電池は、エネルギー密度が比較的小さいのですが、大電流の放電が可能です。Ni-Cd電池の1セルあたりの公称電圧は1.2Vですが、充電直後はこれ以上になります。Ni-Cd電池は、内部抵抗が少なく大電流を流すことができます。高性能なものは、数十Cの放電が可能です。電圧が低いカ

らといって油断しないでください。ショートすると火花が飛んだり発熱して金属部品を解かすこともあります。ターミナルやコネクタ、配線の処理は確実に行ってください。電池に直接ハンダする場合は、ターミナルタップ付きのセルを使ってください。Ni-Cd電池は、1C以上の急速充電が可能ですが、無理に大きな電流で充電すると発熱して危険です。専用の充電器で決められた電流の範囲内で充電しましょう。測定器やパソコン等に内蔵されるNi-Cd電池の中には、急速充電ができないものもあります。特に小型のボタン型Ni-Cd電池などは、過充電時の異常な内圧上昇を防止する安全弁が付いていないものもあり、急速充電すると破裂する恐れがあります。またこのような電池は、大きな電流を取り出すことにも向いていません。小さな電池を利用する場合は、シール材で見えにくいものもありますが、安全弁の有無を確認してください。過電流の放電を続けると電池が熱くなって危険です。放電可能な電流を確認してください。1セルあたり0.9V以下の電圧まで過放電すると電池が傷んで使えなくなりますので注意してください。Ni-Cd電池は、自然放電量が多いので保存する場合は充電して保存します。マルチセルで使う場合は、セルバランスに注意してください。Ni-Cd電池はメモリー効果が強いので追充電を繰り返していると容量が低下します。一度容量が低下すると回復しません。時々1セルあたり0.9V近くまで深放電させてから、充電すると大きな容量を保つことができます。最近の専用充電器には、深放電機能が付いたものが多いようです。



Ni-Cd電池の安全弁

2. Ni-MH電池(ニッケル水素電池)

Ni-MH電池は、同じ大きさのNi-Cd電池に比べ、エネルギー密度は3倍近く高いのですが、Ni-Cd電池ほど大電流は流せません。しかし消費電流の少ないモーターは、安全に長時間回すことができます。Ni-Cd電池より内部抵抗が高いため大電流を流したり、ショートさせた場合、電池自身が発熱します。性能の良いものでも最大放電電流は3C前後です。それ以上電流を流すと電圧降下を起します。放電電流値に注意してください。充電したばかりの電池でも使用中の電圧が異常に低いときは過電流状態と考えられます。負荷を小さくするか電池の容量を大きくして解決します。パワーが出ないからといって容量の小さな電池を多数重ねて高電圧で利用するのは正しい方法ではありません。Ni-Cd電池と同様にターミナルや配線の処理は確実に行ってください。電池に直接ハンダする場合は、ターミナルタップ付きのセルを使用してください。充電は通常、1C以下の電流で行います。充電は専用の充電器を使用してください。Ni-MH電池もNi-Cd電池と同様のメモリー効果がありますので、時々深放電させて使用します。Ni-MH電池のメモリー効果は、Ni-Cd電池と異なり、深放電(十分放電させること)させることで回復します。見かけの容量が少なくなったときは、1セルあたりの電圧が0.9Vくらいにな

るまでゆっくり放電させると回復します。しかし放電させすぎるとNi-Cd電池同様、電池をいためますので注意してください。またマルチセルで使う場合は、セルバランスにも注意してください。

3. リチウムイオン電池、リチウムポリマー (Lipo) 電池

鉛バッテリーやNi-Cd電池等は水溶性の電解液を使用しているため水が電気分解を起こす1.5V前後以上の電圧を得ることができません。一方、リチウムイオン電池は、有機溶剤を電解液にすることで1セルあたりの電圧を高くしてエネルギー密度を上げています。リチウムイオン電池の公称電圧は、3.6Vまたは3.7Vです。軽量で容量が大きいだけでなく、メモリー効果もないという特長がありますが、取り扱いが難しいという欠点があります。取り扱いを難しくしている理由は、電解質の有機溶剤がガソリンのように可燃性であることです。携帯電話やデジカメに使われるリチウムイオン電池は金属容器(メタル缶)の中に電極と電解液をつめて密封した構造です。メタル缶のリチウムイオン電池は、過電圧による充電や過大電流の放電などの誤った使い方をすると、メタル缶が丈夫なため電池の内圧が非常に高くなって爆発する恐れもあります。このため携帯電話やパソコン、デジカメ用等のメタル缶のリチウムイオン電池は、過電圧充電や過大電流、過放電などを防止するそのパック専用のインテリジェントな保護回路と一緒に使うことを前提にしています。改造して使うようなことはしないでください。Lipo(リチウムポリマー)電池の原理はリチウムイオン電池とほぼ同じですが、電解液を高分子のゲル状にしてその両側に電極を貼付け食品パックのようなラミネートパックに封じ込めたもので、公称電圧は1セルあたり3.7Vです。液漏れもなく破裂した場合でもメタル缶のリチウムイオン電池より圧力が低いのでダメージは少なくなりまし。しかし誤った使用法をすると一般的な電池よりはるかに危険です。取り扱いには十分注意してください。現在RC用に市販されている動力用リチウム電池は、Lipo電池がほとんどです。以降の説明はLipoを中心にを行います。Lipo電池もショートや過大電流の放電、過電圧による充電を行うと内部に可燃性のガスが発生し、最悪の場合は容器が破けます。破け方は食品パックのそれと似ています。しかしガスも内容物も可燃性ですから最悪の場合、燃えたり、火炎放射器のように炎が吹き出す恐れがあります。特に満充電状態の電池は、内部に大きな電気エネルギーを蓄えているので発火性が増し危険です。満充電時の電気エネルギーは、単純な計算上でも電池自体を一瞬にして数千に加熱するほどの大きさです。これに可燃性の電解質の燃焼エネルギーが加わります。当然容量の大きな電池ほど危険です。競技は短時間で軽量の機体で行われますので、できるだけ小さな電池を使用することを心がけてください。Lipo電池のラミネートパックは丈夫ですが、先の尖ったものでつついたり、強く折り曲げたりすると内部の電極どうしがショートして危険な状態になります。機体内の狭い場所へ入れる場合など十分注意してください。最悪の場合、墜落の衝撃で燃えてしまうことも考えられますので機体に積み込む際は、機械的なショックの防止等に配慮してください。またこの電池は、正常な状態でも使っているうちに少しふくれこともありますので、厚み方向に寸法的な余裕を見ておく必要があります。携帯電話やパソコン用のリチウムイオン電池では、インテリジェントな保護回路を介して安全に充放電を行いますので、普通の使い方、まず発火するような心配はありません。しかし軽量化が優先され大電流を使うRCでは、使用が極短時間であり、操縦者が使用中は監視しているということで保護回路を省略して電池単体の状態で使われます。当然使用者は十分注意しなければなりません。充電は電池に保護回路が付いていませんので、保護機能付きの専用充電器で行う必要があります。Lipo電池の充電には、必ずRC用Lipo電池専用の充電器で行ってください。専用の充電器でも切り替えていろいろな容量や電圧に対応しているため、使用するセル数または電圧と充電電流を注意深く正確に設定します。充電器の設定間違いで事故になることもあります。充電器付属の説明書はよく読んでください。充電時の最大電圧は、1セルあたり4.2Vを絶対超えないようにします。これを超えると電池内部で反応が始まり、温度が上がって可燃性のガスが発生し、きわめて危険な状態になり

ます。また充電電流は1C以下にします。これを超える大きな電流で充電すると温度が上がって危険です。Lipo電池を充電する場合は、陶器や金属などの火に強い容器の中に入れてそのまま充電するくらいの用心が必要です。また充電中は、そばを離れずいつも目の届く範囲で行ってください。使用時は、必ず最大放電電流を守ってください。最大放電電流は電池によって異なりますが、普通はCで示されます。例えば10C放電可能な500mAhのLipo電池は5Aまでの電流を流すことができます。最大電流を超えた電流を流し続けると、過放電状態になり熱くなって餅のように膨らみ最悪の場合は破裂します。大きさや形は同じでもメーカーや種類によって放電能力には差がありますので、電池購入の際は、必要な最大放電電流を必ず確かめてください。モーターは、負荷やプロペラの大きさによって消費電流が左右されますので実際の消費電流を測定して電池の容量を決めます。Lipo電池は、1セルあたり2.7Vを下回る電圧まで放電させると急激に容量が落ち電極が分解して電池が膨らみ始めます。このようになったLipo電池は、もう使用できません。完全に放電しきる前に使用を止めてください。充電は電池の温度が下がってから行います。Lipoに対応したESCを使用すれば過放電電圧の管理をしてくれます。使用後はコネクタを抜くなど電氣的に切断し、機体から外しておきます。アンプ付属のスイッチを切ってもアンプや受信機内の電子回路に微弱な電流が流れているため、長い間ほっておくとLipo電池が過放電になる恐れがあります。放電電流が小さくても1セルあたり0.6Vを下回ると、Lipo電池内では電極の分解が始まり、圧力が高くなってふくれてしまいます。この状態では電気エネルギーは小さいので発火の危険性は少ないのですが、パックが破けて可燃性のガスや電解質が外に出る恐れがあります。Lipo電池は必ず無負荷の開放状態で電気エネルギーを半分ほど残して安全な場所に保管します。Lipo電池は自然放電も少なく、メモリー効果がないため、次に使うときは追充電をすることができます。Lipo電池(リチウムイオンも含む)は、Ni-Cd電池やNi-MH電池に比べ、各電圧、電流値の管理を厳格にする点に注意してください。複数のセルを直列につなぐ場合は、十分セルバランスを取ってから接続してください。またLipo電池の+電極は、アルミニウムのため普通のハンダでは接続できません。ニッケル製のターミナルタップの付いたものを使用しましょう。ハンダをする際は熱とショートに十分注意してください。

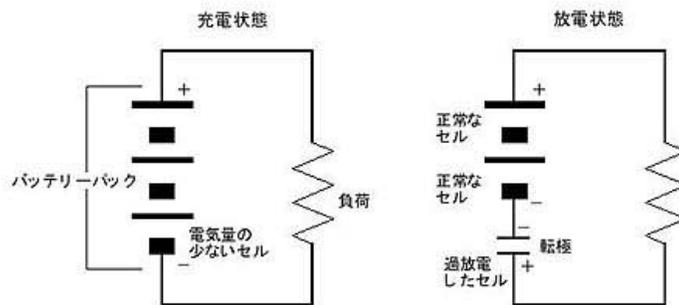


いろいろな電池のバッテリーパック

その他の注意

1.電池の直列接続とバッテリーパックについて

直列に接続して使うときは、特性のそろったセル以外は使用しないでください。同種の電池で形状や容量が同じでも製造元や製品形式、製造ロット、使用履歴などが異なると内部抵抗や自己放電特性が違います。特定のセルのみに負担がかかると性能が低下するだけでなく危険です。個々のセルの電圧や電気容量がそろっていてもバッテリーパックを長期間使用せず保存した後は、自己放電率の違いからトラブルが生じることがあります。例えば自己放電率が一月あたり全容量の5%減少するセルと15%減少する同じ種類のセルを直列に接続したバッテリーパックの場合、製造時にはどちらも満充電状態であっても、半年後には残留している電気量はそれぞれ70%と10%になります。この状態のまま使用すると、10%ほどの電気が流れた後、電気量がなくなったセルは、コンデンサーのような状態になるため極性が逆転し劣化してしまいます。Lipo電池では、内部で電極が分解してガスが発生し膨張して使えなくなります。同様な状態で追充電をすると70%のセルは早めに満充電となり、10%のセルは、それ40%以上充電されない状態になります。電圧を上げ無理に充電を続ければ、満充電のセルが過充電状態になり壊れてしまいます。この例は極端ですが、実際にバッテリーパックの中では小規模ながら似たような起こっており、バッテリーパックの性能を悪くしたり、充電中に発熱しやすい原因となっています。一般に単セルの電池単体より、マルチセルのバッテリーパックの性能が悪いのは、このような原因によるものです。バッテリーパックを作る場合は、できるだけ同じ製造ロットで同じ充放電履歴のセルを使うなどセルバランスに十分注意してください。異なる種類や別の会社の電池を組み合わせることは論外です。性能の良いバッテリーパックを作るには、新品の同じロットの同じ製品でもパックを作る前に並列につなぎ同じ電圧状態で充放電をして残留電気量をそろえておくなどの配慮も必要です。Lipo電池の場合は、中間タップを付け時々各セルのバランスを見ておくくらいの注意が必要です。市販のLipo電池のバッテリーパックには中間タップ付きのものや、それに対応した充電器やセルバランス調整装置も発売されていますので、それらを利用するのもいいでしょう。

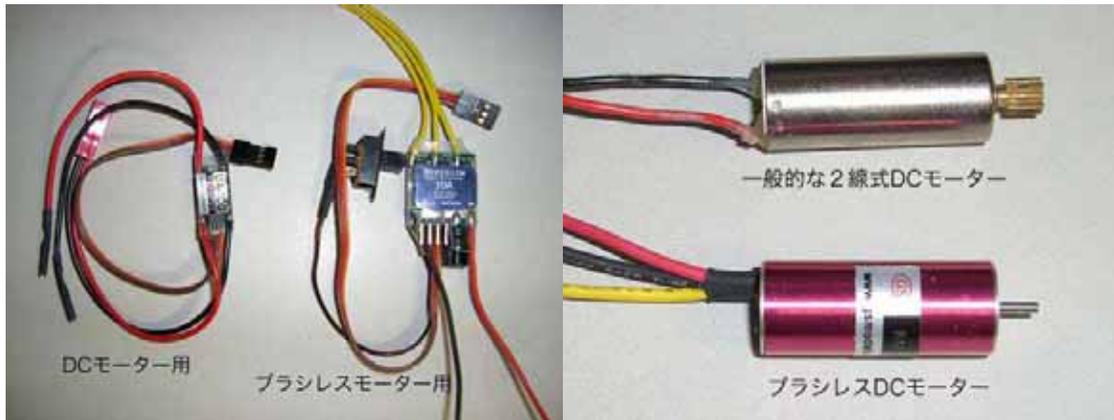


セルバランスと転極

2. ESC(電子式回転速度制御装置)とモーターなどの取り扱いについて

ESCは、電池とモーターの間に入れて受信機からの信号でモーターの回転数(出力)を制御する装置のことです。最近のESCには、小さなスイッチが付属しているものがありますが、これは電源スイッチではありません。このスイッチを切っても電池と回路は完全に切断されません。モーターの電流を制御する半導体スイッチを動かさないようにするだけのものです。スイッチを切っても電池をつないだままにしておくとESCに小さな電流が流れ続け、気がついた頃には電池が過放電で使えなくなってしまうことがよくあります。特にLipo電池はふくれたり破けたりします。保管時には電源コネクタや電池を取り外しましょう。競技が終わった後が大事です。ESCにスイッチがなく電池側に直接スイッチやコネクタを設け

る際は、それらの電流量容量に注意してください。電流量容量の少ないスイッチやコネクタは発熱して危険です。また出力も低下します。墜落などでモーターが強制的に止められた場合等はESCや配線に大電流が流れることがあります。墜落しそうな場合は、送信機の操作でモーターを止めてください。回転するプロペラによる危険性も少なくなります。一般的な2線式DCモーターを使用する場合は、ノイズキラーのコンデンサーを付けること。モーターの発生するノイズで制御不能(ノーコン)になることがあります。



ESCとDCモーターの例

3. 電池の廃棄処理

基本的には、販売店か専門の業者に自治体の回収などで引き取ってもらいましょう。Lipo電池を自分で処理するときは、庭先などの通気性の良い環境で十分な量の海水程度の食塩水(3.5%塩水)に数日間漬けておいた後、電極間に電圧がないことを確認してから燃えないゴミとして処分します。大きな電気エネルギーを蓄えたまま廃棄すると発火や爆発の恐れがあります。Ni-Cdは、カドミウムを含みますので販売店で処理してもらるか、それぞれの自治体の指示に従い電池のゴミとして廃棄してください。他の電池は、安全のため放電を確認してから廃棄します。満充電のまま捨てないでください。特に複数本パックのまま捨てる場合は、高い電圧が残っていてショートのおそれがありますので注意してください。充電式電池は引き取らない自治体もありますので確認してください。

充電式電池関連の用語

以下にバッテリー・やESCの取扱説明書などに見られるRC用充電電池に関係した専門用語や慣例用語をまとめておきます。

- ・ エネルギー密度: 単位重量や体積あたりに蓄えることのできる電気エネルギーの量を表したものです。この値が大きいほど同じ重さまたは体積で、大きな電気エネルギーを蓄えることができます。表1. 参照。

表1. 電池の公称電圧とエネルギー密度(1セル)

電池の種類	公称電圧 V	体積エネルギー密度 Wh/L	重量エネルギー密度 Wh/Kg
アルカリ電池	1.5	110	36

鉛電池	1.5	85	40
ニッカド電池	1.2	172	54
ニッケル水素電池	1.2	390	100
リチウム一次電池	3.9	410	230
リチウムイオン電池	3.6	520	200
リチウムポリマー電池	3.7	600	300
ガソリン(参考)		3700	5000

* 各値は比較のための参考値です。

* 電池は大きさやパッケージでエネルギー密度が大きく違います。

・セル/セル数:セルとは、電極と電解質を1組持つ、単位電池のパッケージのことです。例えばNi-Cd電池の場合、公称電圧1.2Vの電池単体です。Lipo電池では、3.7Vのパック1つです。セル数が6セルとは、6個の電池を直列につないだものをいい、Ni-Cd電池の6セルのバッテリーパックは、公称電圧が $1.2V \times 6 = 7.2V$ になります。

・容量:電池に蓄えることができる電気エネルギーの量を表します。その電流を1時間流せる容量という意味です。単位は、mAh(ミリ・アンペア・アワー)です。例えば、7.4V、500mAhのバッテリーパックは、電圧7.4Vで0.5Aの電流を1時間流すことのできる容量を持っています。製品に表記されている容量はあくまで公称値であり、放電電流の大きさや放電パターン、内部抵抗や電池の種類等で異なりますが、同じ種類の電池なら数値が大きいほど大きな電流を流せます。本来ならWhやJ(ジュール)で表すべきなのですが、用途によって電池の種類やセル数をいろいろ変えて使うため、使用電圧と別に1セルあたりの電流と時間で定義します。RCの動力用の場合、充放電時の最大電流を決める目安になります。

・C:もともと上記した電池の容量を示すものですが、慣例的にCというときは電圧と放電時間を除いた電流のみを示す値です。例えば、400mAhの電池の1Cは400mA、2Cは、800mAということになります。充電式の電池は種類が同じなら、その充放電電流の大きさが電池の容量にほぼ比例するため、このような比較単位が使われます。例えば、この100mAhのNi-Cd電池は、3C充電が可能ということは、300mAhの充電電流で20分間の急速充電ができるということです。同様にこの200mAhのLipoは、10Cの連続放電が可能だということは、 $10 \times 200mA = 2000mA$ つまり2Aの電流を連続して流し続けられるということです。

・ESC、Electric Speed Controller: 電池とモーターの間に入れて受信機からの信号によってモーターの出力を制御する装置、モーターアンプともいわれます。一般的なブラシ付きのDCモーターとブラシレスDCモーター用はそれぞれアンプが異なりますので、購入時には注意が必要です。また使用する電池やモーターの電流によって大きさが異なります。市販のアンプのほとんどは、受信機や操舵用のサーボモーターにも定電圧で電流を供給する機能がついています。飛行中に電池の電圧が低下してくると動力用のモーターの電流のみを切断しますが、操舵用のサーボモーターだけは、しばらくの間操作することができます。

・メモリー効果:化学式二次電池(充電式の電池)を容量いっぱいを使い切らず、電気がまだ残っている状態で追充電(継ぎ足し充電)を繰り返し行くと、電池の容量が残っていても放電電圧が低下し、容量が減少した様に見える現象をメモリー効果といいます。継ぎ足し充電している範囲を覚えているように見かけの容量が変わるので、このような名前がつけました。Ni-Cd電池は、メモリー効果を防ぐため電池を使いきってから充電を行うのが正しい使い方です。一度現れたNi-Cd電池のメモリー効果は消すことはできません。Ni-MH電池のメモリー効果は、深放電をすることで消すことができます。車に使う鉛電池やリチウムイオン電池、Lipo電池には、メモリー効果がありませんので、追充電を繰り返すことができます。

・深放電/過放電:電池の容量いっぱいの過放電の手前まで放電すること。それ以上放電すると過放電状態になる。Ni-Cd電池やNi-MH電池用充電器のリフレッシュ機能は深放電後に充電をすることでメモリー効果の影響をなくすものです。過放電状態になると電気容量がほとんどなくなるため、急速に電圧が下がり電池の劣化が起きます。リチウムイオンやLipo電池では電極が分解して可燃性のガスが発生し、電池が膨らむこともあります。放置した充電式電池が壊れる原因です。

・マルチセル:複数の電池をつなげて使用すること。直列接続と並列接続があります。高い電圧を作りたいときは、直列接続、大きな電流量が必要なときは、並列接続で使用します。直列接続の場合は、セルバランスに注意が必要です。

・セルバランス:電池を複数個直列接続したバッテリーパックのそれぞれのセル(電池単体)の特性のバランスのことをいいます。複数のセルを直列接続して利用する場合、それぞれの電池単体の大きさや種類だけでなく、内部抵抗や電気容量、自己放電特性、残留充電量等の特性をそろえる必要があります。詳しくは4項参照。

・ターミナルタップ:電池の電極にスポット溶接等で取り付けられた端子。電池に直接ハンダ付けで電線を付けたりする場合、電池の電極や内部に熱の影響を与えないために付けられた端子です。ターミナルタップ付きの電池は、マルチセルのバッテリーパックを作る時などに使います。



ターミナルタップ

・自己放電、(自然放電):自己放電は、化学電池に蓄えられた電気量が、使用しなくても時間の経過とともに徐々に減少する現象をいいます。自己放電の主な原因は電池の素材や構造によるもので

すが、他に湿度や温度の影響、品質の違いなどによることもあります。一次電池(乾電池)より二次電池(充電式電池)に、この現象が大きく現れる傾向があります。二次電池の中でも鉛バッテリーやNi-Cd電池、Ni-MH電池は自己放電しやすく、リチウムイオン電池やLipo電池は、自己放電しにくい特性があります。最近ではNi-MH電池でも自己放電率の少ないものが発売されています。