

Battery Holder Design and Selection Guide

バッテリーホルダ設計ガイド



■ MPD

バッテリーホルダはお客様の満足に応えるべく、サイズ、コスト、消費電力を限界値まで活かせる製品としてあらゆるところで日々設計開発が進められています。稀にこれらの限界値は電池とシステムに対する役割について明確な理解を持たないまま設計が進められることがあり、性能と扱いにくさに対するユーザーからの不満に留まればまだしも、最悪のケースではそれによりリコールに繋がる致命的なシステム障害、高コスト、潜在的に重大な障害の発生が起こる場合もあります。

しかし、これらの心配は、電池収納部に対する電氣的及び機械的特性、物理的設計、及び材料をよく理解することで回避することができます。設計者は常にそれらの情報を徹底的に検証し、安全性と信頼性を脅かすことなく機能、サイズ、コスト全ての満足度を満たす最適な開発を進めることが最低条件とされています。

電池とシステムの境界を突破

ポータブルゲーム機器、スマートフォンを始めとするデジタル家電から産業、輸送、軍事、航空宇宙、医療などの電子システムが普及しているにも関わらず、一般的な電池性能はその容量と有効期限の革新をしないまま低迷し続けています。リチウムイオンは高い容量と低い自己放電のため、アルカリ及びニッカド（NiCad）を大きく上回る性能と長い保存寿命をもたらすことが出来ることはよく理解されているものの、理論的には既に限界密度に近い状況であります。リチウムイオンの規格及び試験についてはUL 1642を参照して下さい。

システム設計者にとって、電池がそのシステムの規格に合うということはすなわち電池収納部からの統合的な働きかけにより、性能、寿命、信頼性、安全性の更なる改善を達成することが可能になります。

最初の接点：電池と収納部

電池の最初の接点とは文字通り電池が電池収納部に納められて端子（接点）と接触をすることです。信頼性の高い接点をユーザーの使用状況と必要性を保ちながら電気抵抗と電解腐食を最小限に抑えるため、多くの革新的技術が投入されています。（図1）。



<図1>

設計開発の初期段階で十分な検討が行われれば、電池収納部、はシステムの性能、低消費電力、サイズ、コスト、信頼性を最適化するのに役立ちます。

(画像引用元：
BatteryHolders.com)

電気抵抗と電解腐食：電池メーカーは長年電池の接点に相応しい材料を研究し続けてきました。金めっきは過酷な環境下でも金属同士の接触に対する最高許容範囲と低抵抗を有しますが、ニッケルめっきはコスト、耐食性、電気伝導性のバランスが良いため、電解腐食を避けるためには一般的にステンレス鋼の上にニッケルめっきをする必要があります。

電解腐食は、2つの異種金属が接触して通電性の液に浸された場合や湿気により発生します。接点のめっき仕様を考慮する際は下記に示す電極指数表をご参考下さい。（図2）



金属種類	電極指数 (V)
金または金めっき、金プラチナ合金	0.00
銀めっき銅にロジウムめっき	0.05
銀または銀めっき、モネル合金、高ニッケルめっき銅	0.15
ニッケルもしくはニッケルめっき：チタン及び合金、モネル	0.30
銅または銅めっき、低黄銅、低青銅、銀はんだ ジャーマンシルバー、高ニッケル銅合金、ニッケルクロム合金	0.35
真鍮と青銅	0.40
高真鍮と高青銅	0.45
18%クロムステンレス鋼	0.50
クロムめっき、錫めっき、12%クロムステンレス鋼	0.60
錫めっき、鉛錫はんだ	0.65
鉛、または鉛めっき、高鉛合金	0.70
2000 シリーズアルミニウム、高鍛造合金	0.75
鉄、鍛造、灰色または可鍛性カーボン、低合金鋼	0.85
アルミニウム (2000 シリーズ以外) シリコンタイプの鋳造合金	0.90
アルミニウム、シリコンタイプ以外の鋳造合金、カドミニウム、めっきまたはクロマイト	0.95
ディップ亜鉛めっき、亜鉛めっき銅 I	1.20
亜鉛、鍛錬、ダイキャスト合金、亜鉛めっき	1.25
マグネシウム、マグネシウム合金	1.75
ベリリウム	1.85

< 図 2 >
電極数値は異なる金属の電位を示します。接触する2つの金属は通常は0.25V以下とし、過酷な環境や軍事用途では0.15未満の差をお勧めします。

(引用元：
Engineers Edge)

めっき仕様をニッケルから金へグレードアップするなどもユーザーの用途と信頼性の要求に応じて、検討する価値があります。例えば使用環境が熱帯雨林の屋外の軍事システムのような極端な気候を対象としている場合、金めっきが望ましいと考えられます。

電解腐食により抵抗の増加、導電率の低下による電池消耗の加速、そして最終的に電氣的接触の損失を発生させる可能性があります。消費者にとっては大した影響を与えないとしても、軍事的用途や医療機器においては重大な問題を引き起こす要因となる場合があります。

接点へのある程度の抵抗は避ける事ができません。例えば金の自然抵抗率は $2.4 \times 10^{-8} \Omega$ 、銅、アルミニウム、ニッケルはそれぞれ 1.7×10^{-8} 、 2.8×10^{-8} 及び $7 \times 10^{-8} \Omega$ の抵抗率を有しています。超低電力のアプリケーションにおいては設計時より接触導体抵抗による損失を考慮する必要があります。

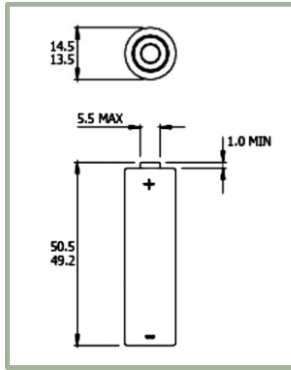
電池の接触安定性：特定の状況下では電池収納部の接点が物理的に完全に外れ、システムが完全に故障する可能性があります。これは次に示すような様々な理由で発生します。

- 電池収納部と電池サイズの不マッチ
- 振動
- 接点の設計不良
- ユーザー介入によるもの：電池不完全挿入、接点損傷など。

このような事は設計の早い段階で回避する事が出来ます。例えば電池メーカーに分類して単純に適合電池ホルダを選ばないこと。その理由は電池メーカーは単三、18650リチウムイオン充電機のような標準的なサイズでかつ長寿命の電池を販売する事が可能であり、それらは電池のサイズ変更により改善される可能性もあるからです。その場合、同じサイズと認識しているにも関わらず、メーカーが変わることによりサイズが変わるという事が起こってしまい、結果、電池が入らないという事になる場合もあるからです。

Individual drawings of our products are available online at www.battery-contacts.com





その代わり、IEC/ANSI標準仕様によって、電池収納部を決定します。(図3)

<図3>

最適な電池装着を確保するためには特定のメーカーの電池サイズではなく、IEC/ANSI標準仕様を元に設計します。(左は単三電池、ミリ表記)

(画像引用元：IEC/ANSI)

IEC規格はわずかな振動などにも対応しています。マイナス接点のわずかな突起や凹みを考慮する事が可能であるため、両方に対応した構造を持つ事が重要と考えられます。

換気と配置：電池内のガス蓄積に対応するため、電池収納部の構造も換気を考慮する必要があります。これは次のようなさまざまな理由で発生します。

- ・ 亜鉛の酸化による電解質からの水素の放出
- ・ 電池が安全なカットオフ電圧以下で放電された場合
- ・ 充電不良（電流が逆転しているか、電池が逆挿入されている場合）

通常、通気は充放電回路が不十分であるか、誤使用によるものですが、電池メーカーはそれぞれに対応した製品を製造しています。例えば2/3A リチウム電池は過放電もしくは過充電の場合、0.2ml以下のメタンガスを生成し、単三電池は酸化により毎日0.05ml以下、過放電及び過充電の場合は20ml同様に生成します。詳しくは電池サイズ、化学現象、材料により異なりますので電池メーカーにお問い合わせ下さい。

懐中電灯のような生活防水や完全防水製品の場合、換気は非常に興味深い挑戦となります。これはポリプロピレンもしくはポリエチレンなどの気体透過性材料で作られた封入物で満たされ、設計要件が金属などの材質の場合、特定の部分をガス透過性材料に割り当てることが可能です。

これは、材料のサイズと厚さが通気されるガスの量に依存するので、電池メーカーの通気仕様が有用です。例えば、0.07cm²のポリプロピレンの厚さ2mmのパッチは単3形アルカリ乾電池で十分です。

防水電池を使用時に電池収納部にガスが充満した場合、爆発する可能性があります。もし排気を十分に確保できない場合は水素触媒ペレットを使用することもできます。これらは水素と反応して水蒸気を生成します。

換気と配置の関係性について：電池収納部の溝は換気に有用な場合もありますが、基板などに密着している場合は効力が得られない場合があります。安全性を優先するためには電池を使用している回路は基板の重要箇所が多いため、周辺の部品から十分に隔離されるべきです。

また、電子部品からの熱が電池の状態及び寿命に影響を与える可能性があり、ガスが発生した場合は電池が液漏れし、ショートを引き起こす可能性もあります。

信頼性の高い接点の確保

電池が接点との接触を維持出来ない場合、その多くは電池を取り付ける際の過度の使用、乱用、振動、及び使用時の不注意等が起因しています。

これらは電池と電池挿入部と接点の重要性として、電池構造に多くの革新をもたらしています。



しかし、設計者がこれらの固定点、圧力接点、もしくは両方の構造を熟知していなくても簡単に選択できるルールがあります。

- 良い：バネ端子と板状固定端子
- 更に良い：片側板バネ端子
- 最も良い：両側板バネ端子

もちろん、コストも最重要項目です。スプリング端子は0.03ドル前後に対し、板バネ端子は0.04ドル以上しますが、スプリング端子は6－7年の寿命に対し、板バネ端子は劣化が殆どありません。

移動性と振動：考慮すべきもう1つの要素は使用環境における振動による影響についてです。下記のようなポータブル機器などは板バネ接点が振動における接触不良を最大限に抑制します。

- 小さなスナップ端子：電池を頻繁に交換する場合に推奨。
- スルーホールピン端子：電池が永久的な部品の場合に使用。
- ニッケル製平型タブ端子：永久的にはんだ付けされている状態の場合に使用。
- 1点固定のバネ及びクリップ型端子：小型電池もしくは低電流用途の場合に使用。
小さなボタン電池に対し、50-80g (0.49-0.78N) の押圧を掛ける必要があります。
(過度の押圧で電池に変形をもたらさないよう注意して下さい)
- 多接点端子：接触点はいくつかの点もしくは突起点に分割されます。この方法はより高い電流の流れに推奨され、円筒形電池の場合、150-175g (1.47-1.72N) の押圧を推奨します。
- 標準の電気端子：コンタクトメーカーにより製造された端子

プリズマティック（角型）電池は接触抵抗を最小に保つため十分な接触圧力を有する間に、電池接点が凹み部分を貫通するための十分な移動距離を有する必要があるという点でより厳しい接触要件を必要とします。高ドレイン環境で確実な性能を保証するためには最小移動距離2.5mm、最小力200gが必要となります。

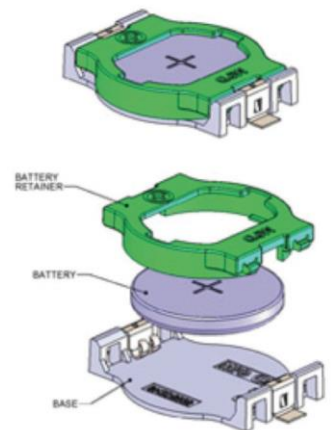
ニッケルめっきされた低抵抗のプラス電極と、電池挿入部は長期間に渡り構造的完全性を保持し、多くの電池挿抜サイクルを維持しなければなりません。これは接圧を最大限に生かす特徴でもありますが、温度に関連して応力の低下、フレッチング摩耗の発生により不良が発生する場合があります。振動により発生したフレッチング摩耗により酸化物の蓄積及び抵抗の増大を引き起こします。

電池接点には多くの仕様がありますが、設計にあたりまずは冷間圧延された鋼にニッケルめっきの接点から始める事をお勧めします。これははんだ付け性が高く基板へのリフロー実装もしやすい材料という利点があります。試作の段階では直接電源から直接接点へ配線を通じて設計をすることも可能です。

設計者は接触の完全性を最大限引き上げることと同時に使用者が容易に電池を交換することが出来る両極端のつり合いを取らなくてはならない。このつり合いを正しく取るのは非常に巧妙で電池挿入部に革新的な技術が必要とされています。例えば、Snap Dragon シリーズは取り外し可能なカバーを兼ね添えたコイン電池用ホルダです。（図4）

<図4>電池挿入部の設計技術は使用環境に合わせて日々革新的な技術が求められています。Snap Dragon シリーズはその名の通りスナップ、ドラッグ、オンのワンタッチで電池を交換出来るコイン電池用ホルダです。

(画像引用元：BatteryHolders.com)



■ MPD

使用者が簡単にスナップ操作で電池を挿抜出来るにもかかわらず、このホルダは LCP 製でリフローが可能、また約 1 mm の高さしか変わりません。ポリプロピレン製のカバーは柔軟性と強度が高く、電池の交換を容易に行うことを可能としています。

うっかりユーザー向けの設計

設計者は電池ホルダがあらゆるユーザーによって使われていくことを想定したエラーやうっかり使用を考えて設計を進めていかななくてはなりません。これは電池の取り外しを容易にすることで工具を使わなくても交換が可能となることから、工具による端子への損傷というリスクが無くなることとなります。

また、間違った電池を挿入したり、間違った方向に電池を挿しこむことがないように、電池挿入部には正極負極を正しく識別する表示を付けることが重要です。これにより電池が誤って通電されてしまうようなことを防ぎますが、多くの場合、表示だけでは不十分なので、逆挿し防止機能を持つ端子を選ぶことが重要です。

設計者が逆挿し防止機能無しの端子を選ぶ場合は、電池の数を最小限にすることをお勧めします。電池の数が多ければ多いほど、誤って挿入される可能性が高くなり、また、電池の通気時間も短くなります。必要に応じてデバイスが動作しているかどうかを確認するための十分な時間を費やし、電池の配置を調整する事をお勧めします。4つの電池を使う場合、他の3つの電池が通電される際に2分の通気が必要とされます。

人為的要因のための工学装置

糖質計、体温計、装着型与薬システムなどはポータブル医療機器の代表的な例です。これらの機器は安全かつ効果的に使用上影響を与える可能性のある年齢や機能的な能力などの人的要因を考慮し、FDA 規則 (FDA-21—米国官報・食品医薬品局規則) に基づいた設計を行わなければなりません。安全性と機能性を兼ね備える製品の設計は非常に難しく、故意的、意図的に関わらず実際に使用した際に起こり得る障害の可能性を十分に考えなければなりません。実際には人間の要因を把握し、説明することはヒューマンファクトリーエンジニアリング (HFE) と呼ばれる規律です。FDA は医療機器の設計者に対し、「人為的要因とユーザビリティエンジニアリングを医療機器に適用すること」という拘束力の無い勧告文と共に出版しています。それは医療機器の設計から文書化までの全てを網羅していますが、設計者も知っている通り、それはマーフィーの法則のようなもので人為的要因に関しては何が間違っているのか、違っていたのか、設計者は考えられる誤解の全てを考慮する必要があります。この規則は優れた情報を集約していますが、各アプリケーションとユーザーは異なり、それらを考慮する必要があります。

電池ホルダメーカー選定

電池ホルダという物の意味合いを理解する事は重要ですが、多くの場合、会社や設計者の価値を高める物ではありません。このことを理解し、良いメーカーの選定をすることが懸命です。優良メーカーは一般的には軍事系や航空宇宙、医療機器などの市場への実績があります。そのような背景をよく調べた上でサンプルを使ってみると良いでしょう。

また、良いメーカーは枠から外れた物でも適切に提案し、必要に応じてカスタム設計を手助けする事が出来ます。彼らに直接電話し、技術能力を持ち合わせた知識を吟味し、見つけてみて下さい。

最後に、電池ホルダメーカーは設計者の求めている市場を設計者同様に理解する必要があります。例えば医療機器用途の場合、プラスチック材料などのインサイダー要件、つまり、有機的成長をサポートしていないブラックな部分を知っている必要があります。

終わりに

設計者は性能、安全性、及び信頼性を向上させつつ、サイズ、コスト、消費電力を削減しなくてはならないというプレッシャーを常に目の当たりにしています。電池ホルダの選択をよく理解し、システム設計に組み込むことでこれらの目的をより有効的に満たすことが出来ると考えます。

