

ニッケル水素電池の5大特性

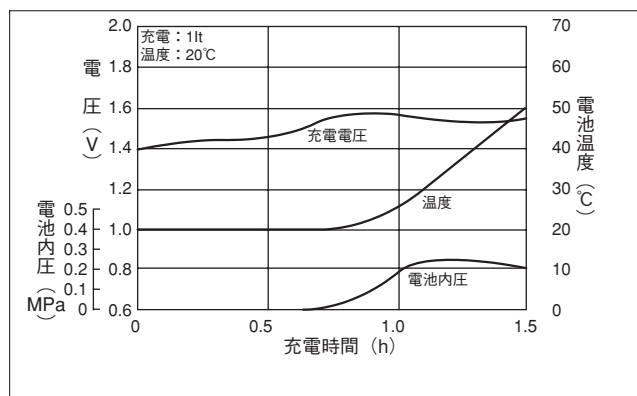
1. 充電特性

●概説

充電とは、放電した電池を再びもとの使用できる状態に戻す操作です。ニッケル水素電池を充電するには充電器が必要となります。当社ニッケル水素電池の一般的な充電特性を図1に示します。ニッケル水素電池は充電を続けると、電池電圧、電池温度および電池内圧が時間と共に変化し、またこれらは充電電流の大きさや周囲温度の影響を受けます。当社ニッケル水素電池は負極の容量を正極より大きくすることで過充電時に負極から水素ガスの発生を少なくし、かつ正極から発生した酸素ガスを負極に効率よく吸収させることによって電池の密閉化を達成しています。この電池反応が速やかに起こるために、その種類や充電方法によってそれぞれ最適な充電電流値、充電時間が決められています。

ニカド電池に比べ、充電反応は発熱反応であり、充電時の温度上昇がより高くなる特長があります。

■図1. 充電特性の一例



●充電効率

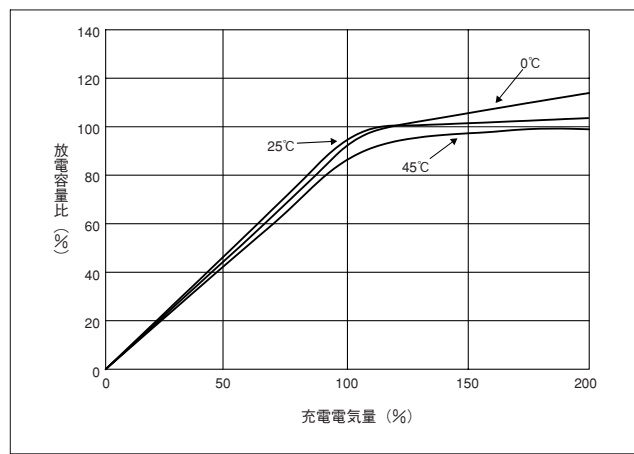
電池は通常0.1ItAの電流で16時間、すなわち160%（完全充電）充電することで100%の容量を取り出しています。これは、充電エネルギーが①活物質を充電状態へ変換する反応 ②ガス発生などの副反応などに使用されるためです。図2に充電電流量と放電容量の関係を示します。充電エネルギーは充電初期から中期にかけてはほとんど①の反応に使用されますが、充電終期では電池が満充電状態となるため、②の反応が主体となります。ここでItAとは充電電流（または放電電流）の大きさを表すもので、電池の定格容量を表した数値の倍数に、Itと電流の単位を付けたものです。例えば、定格容量1600mAhの電池の場合、0.1ItAは0.1×1600=160mAに相当します。充電効率は電池の種

〈お願いと注意事項〉

本書に記載の数値は保証値ではありません。

類、充電電流の大きさ、過充電率、周囲温度によって変化します。

■図2. 充電効率の一例

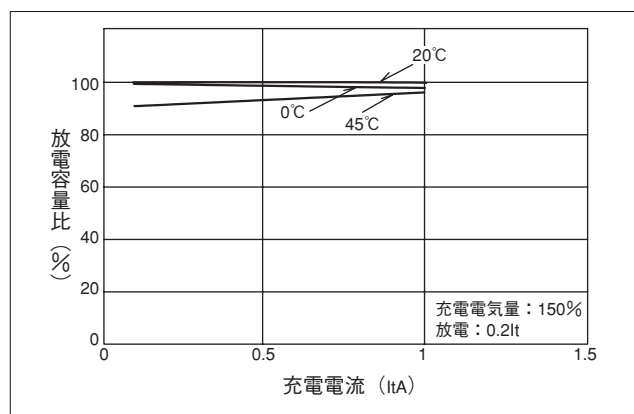


●充電電流

図3に充電電流と放電容量の関係を示します。

一般に充電電流が大きい場合、充電終期における正極からの酸素ガス発生が起こりやすくなり、充電エネルギーがこの反応に使われるため充電効率は低下します。従って、充電電流は最適な範囲があり、これは電池の種類によって異なります。

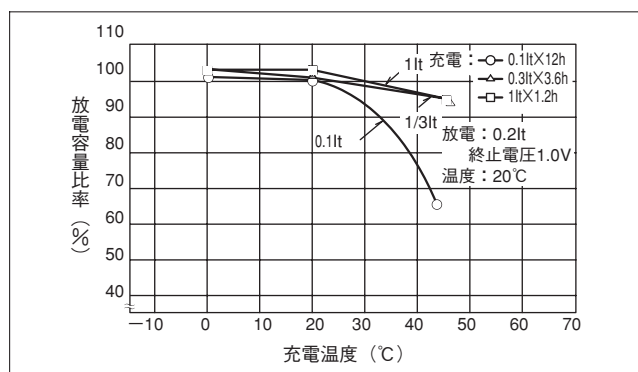
■図3. 充電電流と放電容量の比率の一例



●充電温度

図4に充電温度と放電容量の関係を示します。一般的に、充電温度が高いと正極からのガス発生が起こり易く、充電が不十分になり充電効率が低下します。充電の初期あるいは中期においては電池温度の上昇はありませんが、充電終期には正極からのガス発生熱により電池温度が上昇します。また、大電流で充電するほど、そして電池をパック電池で使用する場合にも温度上昇は高くなります。温度が上昇しすぎると電池構成部品の劣化が進行し、ひいては電池寿命の低下につながりますので、充電温度は0～45℃の範囲内で行ってください。中でも10～30℃が望ましい範囲です。

■図4. 充電温度と放電容量の一例



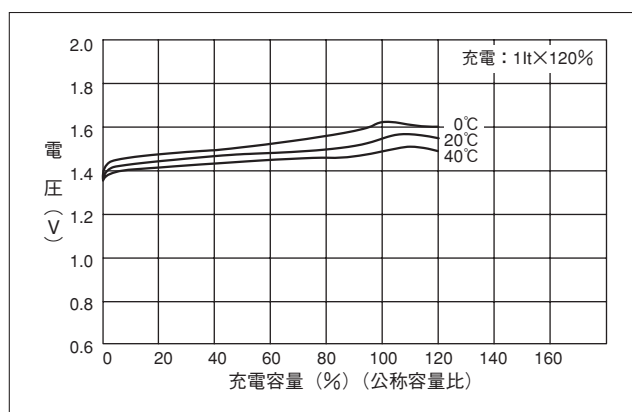
●電池内圧

前述した各々の電池種類に適した電流で充電を続けると、過充電時に発生する電池内部の酸素ガスは負極に吸収されるため、次第に平衡に達します。しかし充電電流を大きくした場合には、正極からの酸素ガス発生が大きくなります。また、充電温度が低い場合には、負極の酸素ガス吸収能力が低下するために電池内圧は上昇し、電池の漏液、ひいては寿命低下につながる恐れがあります。従って、適切な充電電流と充電温度で充電を行ってください。

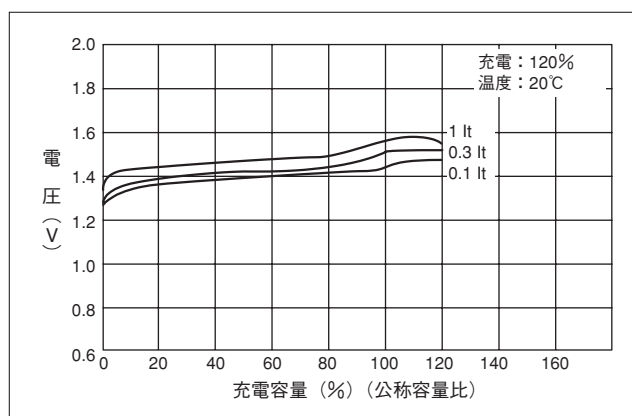
●充電電圧

図5に充電温度と充電電圧、図6に充電電流と充電電圧の関係を示します。充電を続けると電池電圧は上昇しますが、過充電時には電池の発熱により電池電圧は若干低下し、平衡電圧に達します。また、充電電圧は充電温度が低い場合や充電電流が大きい場合には、内部抵抗による電圧の増加および電極反応の過電圧が大きくなるため上昇します。

■図5. 充電温度と充電電圧の一例



■図6. 充電電流と充電電圧の一例



●充電方法

ニッケル水素電池を充電する際に充電条件が適切でない場合、電池性能が十分に発揮されないばかりでなく、寿命の劣化、極端な場合には漏液等などにより機器に損傷を与える場合があります。電池タイプ、放電条件、周囲温度などに配慮して適切な充電方法を選択する必要があります。従って充電の際には専用充電器を用いることを推奨します。

また、充電方法の詳細については、第3章「充電方式について」をご参照ください。

2. 放電特性

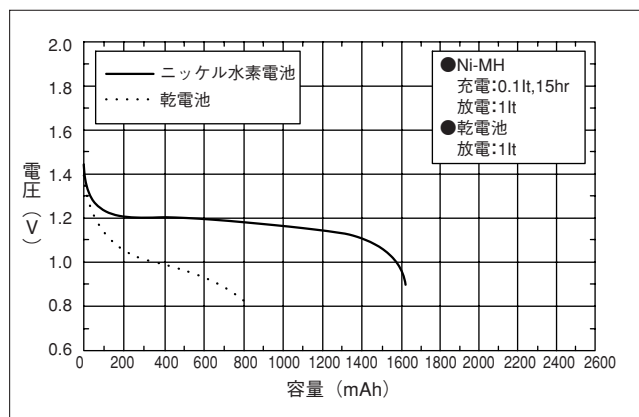
●概説

放電とは、充電により電池に蓄えられたエネルギーを取り出す操作です。放電における当社ニッケル水素電池の大きな特徴は、常温はもちろん、低温でも大きなパワー（電流）が取り出せることができ、かつ放電終了間際までそのパワーが持続することです。電池の放電特性は、放電電圧と放電容量（時間）で特徴付けることができます。

図7に当社ニッケル水素電池と乾電池の放電特性の違いを示します。当社ニッケル水素電池の放電電圧は平坦性に優れ、放電終期まで安定しています。その電圧は、例えば放電電流が1Itの場合、約1.2V程度です。これは、電池内の極板抵抗の変化が少ないためです。

放電容量は、放電電流と放電開始から放電終止電圧までの時間の積（AhまたはmAh）で表されます。電池の容量とは、電池を周囲温度 $20\pm5^{\circ}\text{C}$ の雰囲気下で、0.1ItAの電流で16時間、すなわち160%充電（完全充電）し、1時間放置した後、0.2ItAの電流で1.0Vまで放電した時の電気量です。

■図7. 放電特性の一例（乾電池との比較）



●放電容量

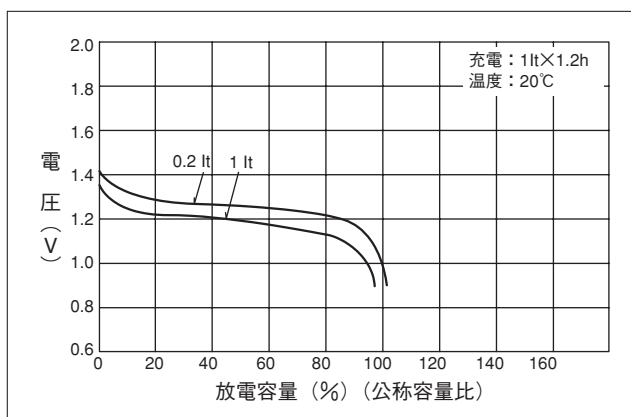
当社ニッケル水素電池はサイズ、種類によってそれぞれ容量が決まっています。例えばHHR210Aならば、定格容量2100mAhとなります。最近は機器の小型軽量化の流れで高容量化の要望が大きく、これに対して当社では高容量Sタイプ（同一電池サイズで、最高容量の電池）の開発で応えています。

●放電率

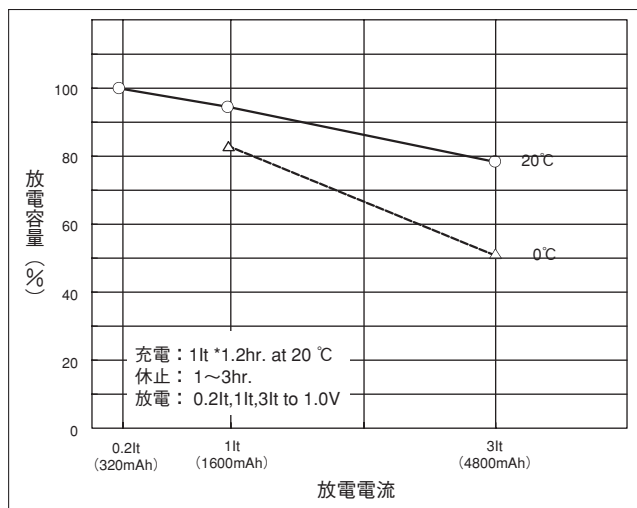
図8に放電電流と放電電圧の関係を示します。一般的に電池は大きな電流で放電すればするほど、取り出せる容量（放電率）が少なくなります。これは、放電電流が大きくなると極板中の活物質利用率が低下、あるいは電池内部抵抗の増加に伴い電池電圧が低下するためです。

図9に標準タイプの放電電流と放電容量の関係を示します。一般的には放電電流が2ItAを越えるときは、放電容量が著しく低下したり、発熱することがありますので、最大許容放電電流は2ItAを目安にしてください。また、高温耐久性Hタイプでは1ItAを目安にしてください。なお、特に高出力Pタイプではこの放電率特性に優れており、およそ30Aの連続放電が可能となっています。

■図8. 放電電流と放電電圧の一例



■図9. 放電電流と放電容量の一例

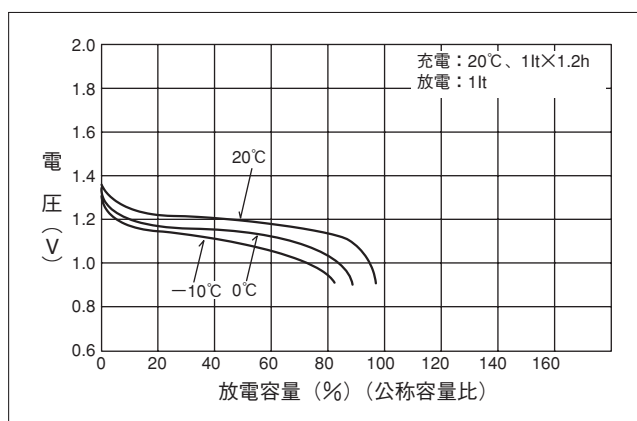


●放電温度

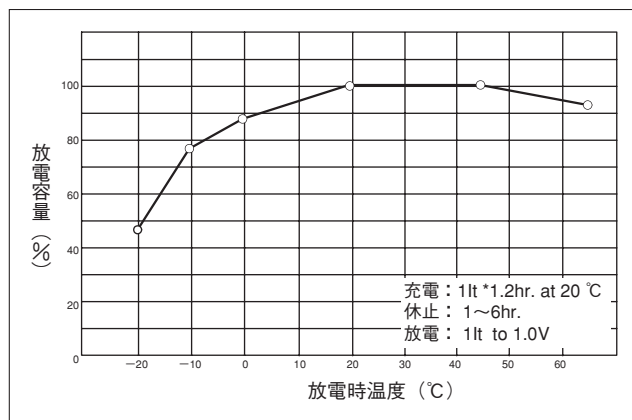
電池は化学反応によって放電しますので、周囲温度が低い程反応が鈍くなり、容量が低下します。

これは活物質の反応性の低下と電池内部抵抗の増加によるものです。放電温度と放電電圧の関係を図10に、放電温度と放電容量の関係を図11に示します。一般用電池の場合、20℃における0.2ItA放電容量を100%とすると、0℃では約85%、-20℃では約50%程度となります。一方、高温では電池構成部品の性能劣化を早めることがあるので、放電は-10~65℃の温度範囲で行ってください。中でも0~45℃が望ましい範囲です。

■図10. 放電温度と放電電圧の一例



■図11. 放電温度と放電容量の一例



●放電終止電圧

複数個の電池を直列に接続して放電する場合、深い放電を行うと個々の電池の容量差により、容量の低い電池が過放電され、転極をします。このような転極を繰り返すと放電性能は低下します。また、機器のスイッチ切り忘れ等により過放電をされると、電池性能は劣化します。このように転極に至る深い放電は、電池内部ガス圧力が上昇し、ガス排出弁が作動する結果となります。なお、電池を負荷に接続したままで長期放置しておきますと、電池電圧は0Vとなり、ガス排出弁より電解液がクリーピングをおこします。これを防止するために過放電防止機構を設定することが望ましい使用法です。

放電終止電圧は、単セルの場合は1.0Vを目安としてください。また、パック電池の場合は過放電や逆充電による電池性能低下防止のため、次の式を参考にして放電終止電圧を設定してください。

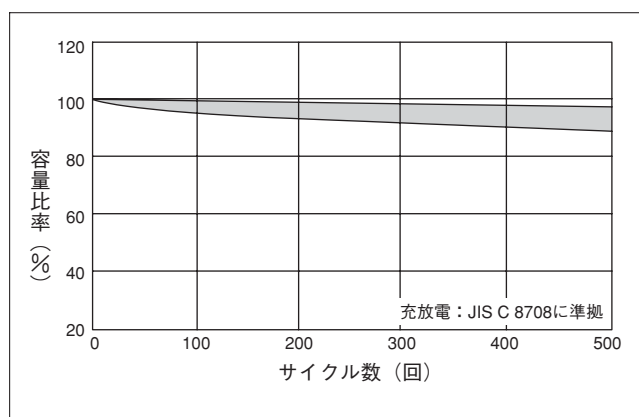
$$\begin{aligned} 1\sim6\text{セル} &: (\text{電池個数} \times 1.0) \text{ V} \\ 7\sim20\text{セル} &: \{ (\text{電池個数} - 1) \times 1.2 \} \text{ V} \end{aligned}$$

3. 寿命特性

●概説

ニッケル水素電池の寿命は一般用、または急速充電用のようなサイクル用途の場合、充放電を繰り返したサイクル数で表し、電池容量が定格容量の60%以下まで低下した状態をもって寿命としています。JIS C 8708に定められた充放電条件の場合、通常500サイクル以上の使用が期待できます。一方、防災・メモリーバックアップ電源用のような連続トリクル充電用電池（高温トリクル充電Hタイプ）の場合、停電時以外ほとんど放電されないで、サイクルでなく使用期間で示すことが一般的で、通常5年程度の使用が目安となっています。図13にサイクル用電池の一般的な充放電サイクルと電池容量の関係を示します。ニッケル水素電池の寿命は、充放電条件、温度など使用条件によって変化します。また、急速充電など各々の充電方式との組み合わせ、そして機器の実際の使われ方によっても変化します。

■図12. サイクル寿命特性の一例



●寿命の形態（故障モード）

寿命の形態は、電池の使用条件により異なりますが、大きく2つに分けられます。

(1) ドライアウト

電解液の枯渇に伴う電池内部抵抗の増加によるもので、許容値以上の大電流で過充電したり、極端な低温または高温で充放電を繰り返すなどの条件下でよく起こります。水素吸蔵合金の腐蝕によりガス吸収能が低下し、電解液涸れを起こします。

〈お願いと注意事項〉

本書に記載の数値は保証値ではありません。

(2) ショート

主に充放電を繰り返した時に起こります。正極、負極の膨潤等により正負極の極間距離が近接し、正極と負極の接触により、微少なショート状態が徐々に進行して、やがて完全ショートに至ります。

●寿命の影響因子

前項で述べた通り、電池には様々な寿命の形態がありますが、適正条件下で使用すれば長寿命が期待できます。

(1) 周囲温度

ニッケル水素電池では、仕様範囲以上の高温での使用は、セパレータやシール材等の電池構成部品の分解が加速されるため、寿命を著しく低下させます。一方、低温での使用は電池内部ガス圧の上昇、ひいてはガス排出弁作動による電解液の枯渇が起こり、同様に寿命を短くします。周囲温度は0～45℃の範囲内、中でも10～30℃での使用が最適です。

(2) 充放電条件

電池は、タイプ別にそれぞれの許容充電電流が定められています。それ以上の大電流充電を行うと、電池温度の上昇によるセパレータ、シール材等の分解や、電池内部圧力の上昇・ガス排出弁作動による電解液の枯渇が起こり、寿命を低下させます。

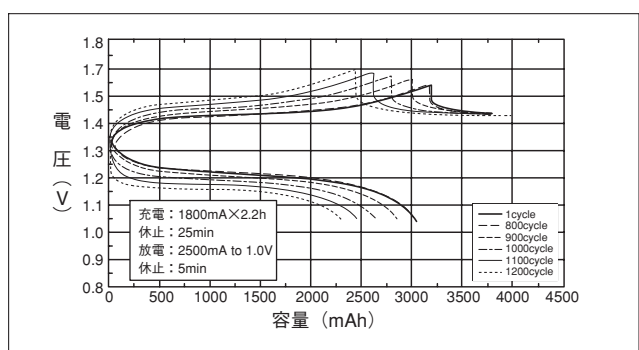
また、適正な放電終止電圧を設定しない場合には過充電・逆充電される場合があり、同様に寿命を低下させるだけでなく、さらに漏液などの危険な状態を伴うことがあります。必ず規定の充放電条件を守ってください。

また、電池タイプ別に、充電電流値、過充電率、放電電流値、終止電圧、周囲温度等を配慮した条件設定が必要です。

(3) 充電電圧と放電電圧

充放電サイクルによる充電電圧と放電電圧の関係を図13に示します。充放電サイクルを数百サイクル繰り返すと充電時の電圧は高くなり、放電時の電圧は低くなっていきます。これは、電池の内部抵抗が上昇するためです。

■図13 充放電圧のサイクル変動の一例

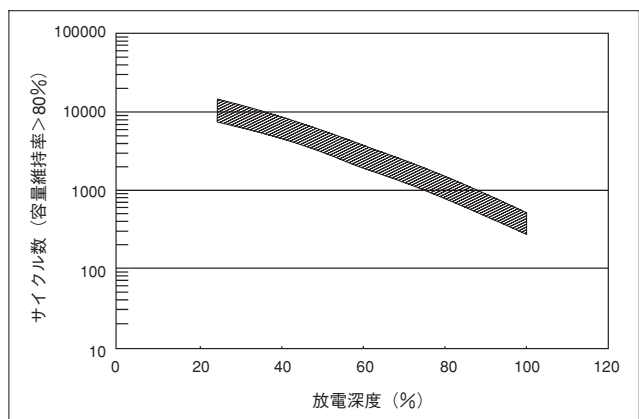


(4) 放電深度と容量回復率

放電深度とサイクル数の関係を図14に示します。ニッケル水素電池は、放電深度（DOD: Depth of discharge）とサイクル数の対数がほぼ反比例の関係になります。ニッケル水素電池の寿命は、正極に使用されている導電剤が放電により還元されることによる正極利用率の低下と、負極で使用されている水素吸蔵合金の腐食による電解液の消費が主要因となっています。サイクル的な用途で使用する場合、DODは100%つまり完全放電状態まで使い切ることが一般的です。このとき正極は電気化学容量が残っていないため、負極の電位に近づく事になります。正極に用いられる導電剤は負極の電位に近づく還元されてしまい、導電剤としての機能が低下してしまいます。また、放電時に電池容量がなくなるとき、つまり電池電圧が1V以下になるときに、負極の電位も一時的に正極の電位に影響されて上昇し、負極の水素吸蔵合金が若干腐食する反応が起こります。また、負極の水素吸蔵合金は充放電により水素の吸蔵放出反応を行うときに結晶の膨張収縮が起こりますが、そのストレスにより、合金が割れていく微粉化反応が起こりより腐食しやすくなります。

従って、これらの反応が起こりにくい、浅い充放電を繰り返した場合、ニッケル水素電池のサイクル寿命は飛躍的に向上します。

■図14 放電深度とサイクル数の関係



4. 保存特性

●概説

保存特性には、①自己放電特性②長期保存後の回復特性③耐漏液特性があります。

一般的にニッケル水素電池は使用しなくても放置によって電池容量が少しずつ減少、または電池電圧が低下する、いわゆる自己放電現象（自然消耗現象）があります。しかし、当社ニッケル水素電池は充放電を繰り返すことにより回復します。

●保存条件

当社ニッケル水素電池は、-20～+45℃の広範囲の温度で保存が可能です。しかし、高温で保存する場合は、わずかではありますが電池内部の有機材料が劣化や変形を起こしやすくなります。また、反対にあまり低温で保存すると結露により発錆する恐れがありますので、3ヶ月以上の長期にわたる場合には、できるだけ常温付近（10～30℃）で保存してください。

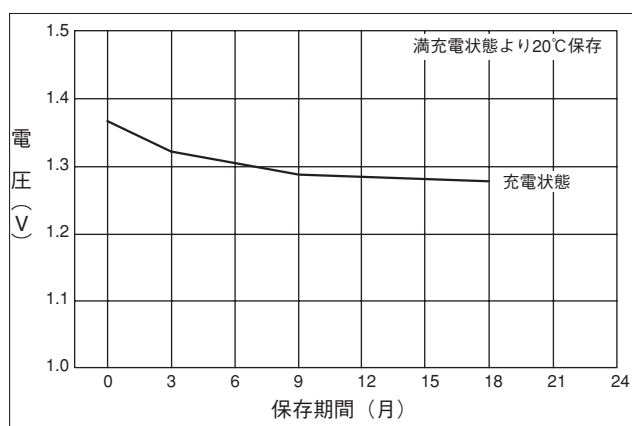
●自己放電特性

自己放電とは、外部回路に電流が流れない状態でアルカリ蓄電池の容量が自然に減少する現象です。

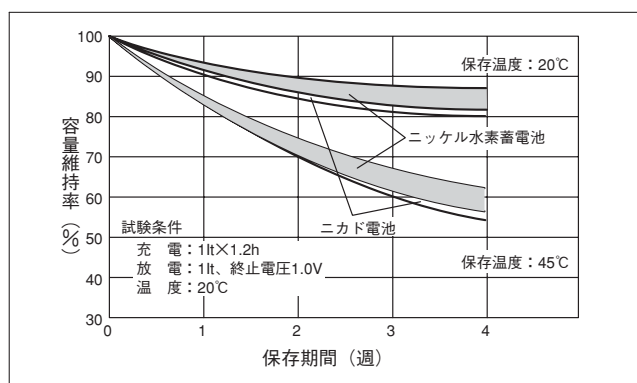
図15に保存期間と電池電圧の関係、図16に保存期間と容量維持率の関係を示します。

自己放電の原因としては、活物質自体の自己分解、電極中または電解液中の不純物に起因するものであり、保存期間が長いほど、また保存温度が高いほど自己放電は大きくなります。

■図15. 保存期間と電池電圧の一例



■図16. 保存期間と容量維持率の一例



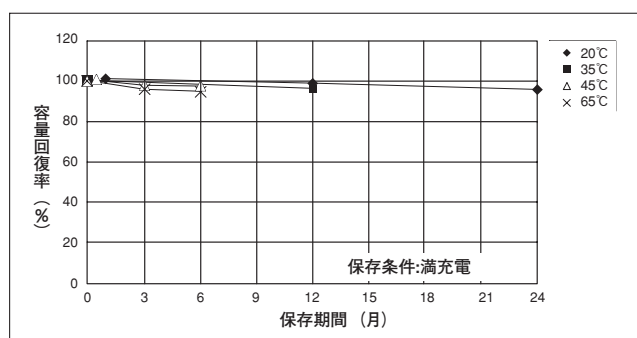
●保存後の容量回復特性

回復特性とは、長期保存前の電池容量に対して、保存後に電池容量が回復する度合いです。

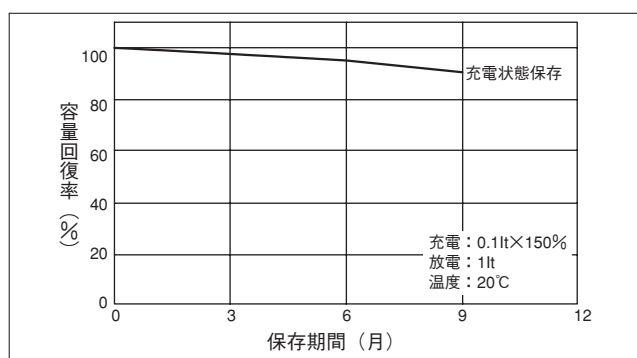
図17に保存温度毎の保存期間と、容量回復率の関係を示します。保存時の環境が適切であれば、極板の劣化は小さいので、4～5回の充放電で容量は回復します。

図18に保存期間と容量回復率の関係を示します。高温・充電状態では極板の放電容量低下により、容量が回復しにくい傾向があります。長期保存を行う場合は常温充電状態で保存し、半年あるいは1年に1回は充電を行い、電池電圧が1.1V以下にならないようにしてください。電池電圧が1.1V以下になると、充放電を繰り返しても容量が回復しにくくなります。

■図17. 保存温度と容量回復率の一例



■図18. 保存期間と容量回復率の一例



5. 安全性

当社ニッケル水素電池は、市場要望に応じて各種専用電池があり、容量的にも多くの機種があります。これらの電池は過酷な使用条件や使用上の誤りなど万一の場合を考慮しており、あらゆる設計工夫によって極めて高い信頼性、安全性を確保しております。

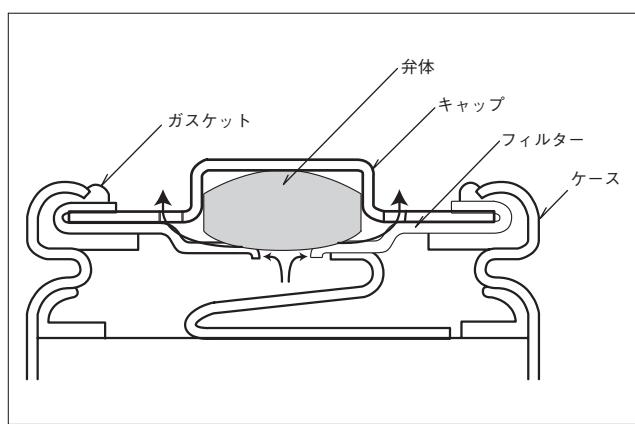
●耐漏液特性

漏液とは電池中の電解液が電池の外部にしみ出すことです。電解液は強アルカリ性のため、皮膚や衣料、使用機器などを損傷し、大変危険です。従って当社ニッケル水素電池は電解液の漏液に対して特に細心の注意をはらっています。特殊材質のガスケット、独自開発の液体シーリング材を使用しているため、正常な使用上では漏液の心配はありません。また-10～65℃の厳しい温度衝撃サイクルテスト（加速試験：MIL-STD-202F規格）でも優れた耐漏液性を発揮します。

●ガス排出弁の機能

ニッケル水素電池は、過充電時に発生するガスを完全に消費する機構となっています。しかし、万一定格外あるいは専用充電器以外での過充電、逆充電などを行った場合、電池内では急激にガスが発生し、電池内圧力が高まります。しかし、電池内圧力が所定値を越えると、図19に示すように電池弁が作動し、ガスを外部に排出する内部の圧力を一定に保つことができます。なお、ガス排出弁は圧力が所定値に戻ると自動的に元に戻るため、再度使用可能です。

■図19. ガス排出弁構造図



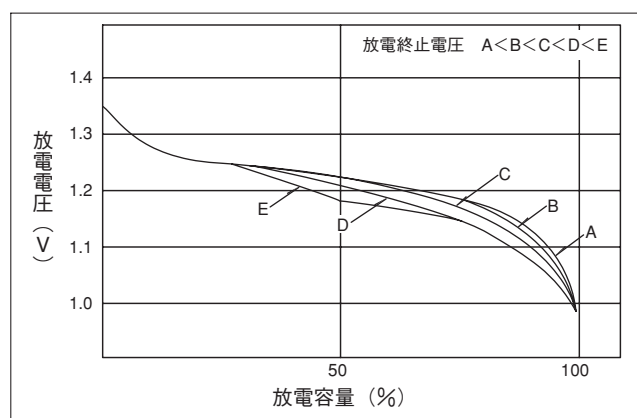
その他の特性

●ニッケル水素電池のメモリー効果について

一般的にニッケル水素電池は、電池を使いきらずに充放電（部分放電サイクルと呼ぶ）を繰り返すと、放電電圧が低下する現象が起こります。この現象をメモリー効果(Memory effect)と呼んでいます。電池の部分放電サイクルにより、正極板の活物質である水酸化ニッケルが結晶構造変化を起こすためと言われています。

このメモリー効果による一時的な放電電圧低下については、部分放電サイクルの後に1～2回の深い放電（1.00Vの放電終止電圧）を繰り返すことにより解消します。

■図20. メモリー効果の一例



したがって、ニッケル水素電池のメモリー効果は、実際の使用には大きく影響はしません。ただし、機器設計の際に、放電終止電圧を高く設定する場合には、メモリー効果による一時的な放電電圧低下が起こりますので、本体機器の取扱い説明書にメモリー効果を解消する方法についての説明することを推奨します。