

2. 小形リチウムイオン二次電池の特長

2-1. 小形リチウムイオン二次電池の主な特長

小形リチウムイオン二次電池は、電気二重層コンデンサと比較して高容量、低漏れ電流を示し、一般的なりチウムイオン二次電池と比較して高速充放電、長寿命、高安全性などの特長を有しています。よって、一般的なりチウムイオン二次電池では大変困難な高出力での放電、かつ電気二重層コンデンサでは不可能な長時間にわたっての放電が可能となります。

2-2. 電気二重層コンデンサとの比較

小形リチウムイオン二次電池は、同サイズの当社電気二重層コンデンサと比較して約50倍近くのエネルギーを有しています。そのため、電気二重層コンデンサから小形リチウムイオン二次電池へ代替することでより長時間デバイスを駆動させることができるようになります。

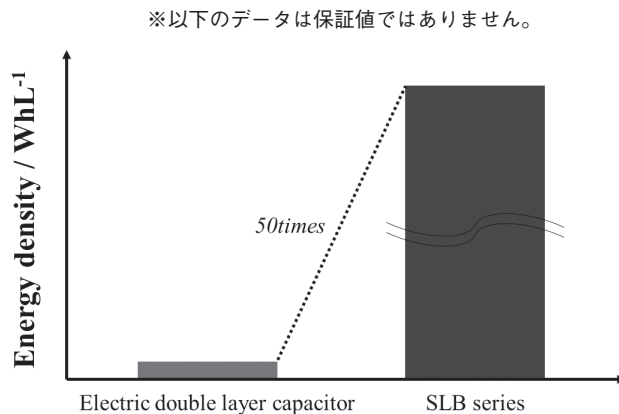


図2-1 当社電気二重層コンデンサと小形リチウムイオン二次電池の体積エネルギー密度の比較

また、リチウムイオン二次電池は「1-2. 小形リチウムイオン二次電池の材料」で述べたように、電極活物質と電解液中のリチウムイオンとの電気化学反応を利用して電気エネルギーの貯蔵・放出を行います。充電状態では外部へのエネルギーの放出がない限り、電極活物質はその充電電圧で化学的に安定なため自己放電が少なくなります。また、負極活物質のチタン酸リチウムは熱安定性に優れているため、高温環境下での自己放電にも耐性を示します。例として、φ3×7L; 0.35mAh品の満充電後の各環境温度下での自己放電挙動を図2-2に示します。

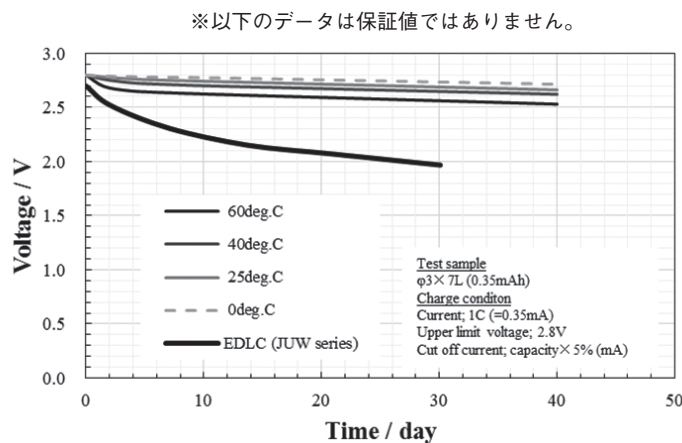


図2-2 φ3×7L; 0.35mAhを満充電し、各温度で保管した際のセル電圧の変化

当社電気二重層コンデンサが2.7V充電から60℃環境下での保管にて30日後に1.97Vまで電圧低下していたのに対し、小形リチウムイオン二次電池 (φ3×7L) では2.8V充電から、2.6Vまでの電圧降下にとどまっています。

このように本製品は自己放電が小さいことから、長期間にわたって充電されない状態が続いたとしても、エネルギーハーベスティング技術で充電したエネルギーを長期間保持することができるため効率よく使用することが可能です。

2-3. 一般的なリチウムイオン二次電池との比較

2-3-1. 急速充放電性能

小形リチウムイオン二次電池は、一般的なリチウムイオン二次電池と比較して急速充放電性能に優れています。一般的なリチウムイオン二次電池は約1時間で充電されるのに対し、本製品は最大で20C（1時間で充電するのに必要な電流値の20倍の電流値、例えばφ3×7L; 0.35mAhの場合、1C=0.35mA、20C=7mA）での充電および放電が可能です。図2-3にφ3×7Lの各Cレートでの充電時間に対する充電率を示します。最大保証充電電流値である20C相当の電流値にて充電した場合、約3分間で満充電時の約80%の容量を充電することができます。

このように、非常に短時間で急速充電できるので、充電切れや充電を忘れてしまった場合でも、短時間充電するだけですぐにデバイスを使用いただけます。

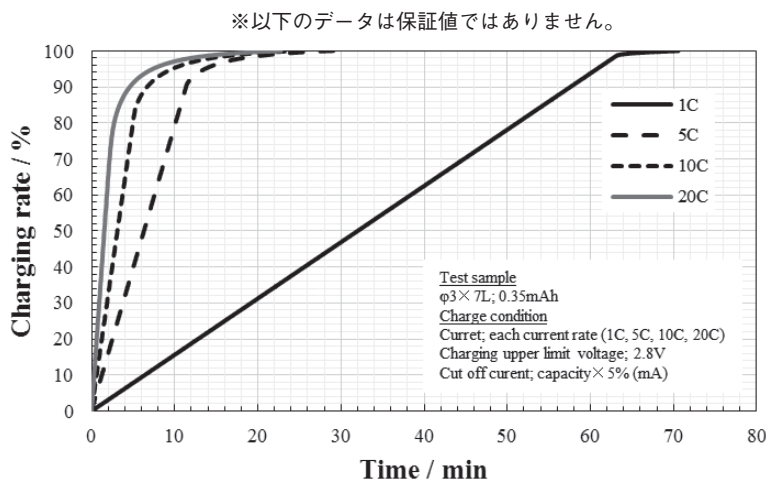


図2-3 φ3×7Lの各充電電流レートにおける充電時間と充電率の関係

続いて、図2-4にφ3×7Lの各Cレートでの放電時間に対する残存容量を示します。最大保証放電電流値である20C相当の電流値にて放電した場合、約3分間で全容量を完全に放電することができます。このように、製品のサイズに対し非常に大きな電流での放電に対応できることから、ハイパワーが必要なデバイスでの使用に適した電池となっています。

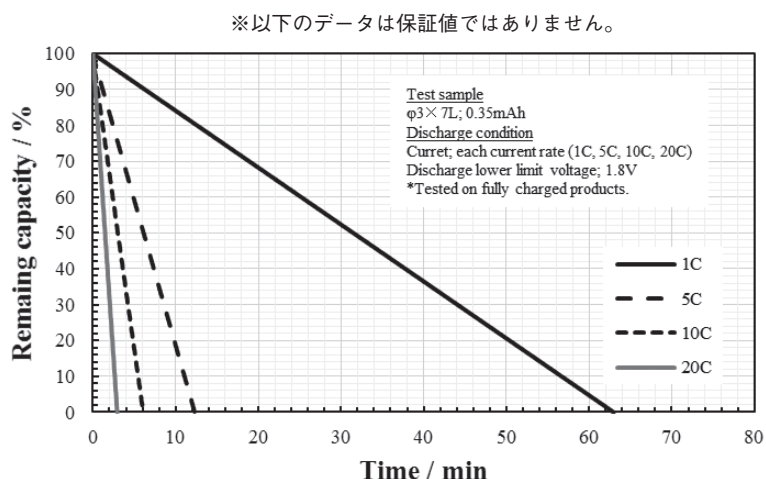


図2-4 φ3×7Lの各放電電流レートにおける放電時間と残存容量の関係

2-3-2. 低温特性

小形リチウムイオン二次電池は低温特性に優れています。一般的なリチウムイオン二次電池の場合、0℃を大きく下回る環境下で充電すると、負極(グラファイト)にリチウムイオンが吸蔵されにくくなり、リチウム金属として析出しやすくなります。リチウム金属が析出した場合、デンドライト状に成長するため、正極と負極を隔てるセパレータを貫通し内部短絡を引き起こす可能性があります。内部短絡が発生した場合、短絡部に非常に大きな電流が流れ発熱します。すると、次

いで負極と電解液の反応、電解液自体の分解反応、正極と電解液の反応、短絡時のスパークと正極の結晶構造崩壊にともなう酸素の放出による酸素燃焼反応等、様々な発熱反応が次々と起こることで、最終的に熱暴走、発火に至ります。しかし、本製品は「1-2. 小形リチウムイオン二次電池の材料」でも述べたように、負極にチタン酸リチウムを採用したことで低抵抗となり、極低温環境下(-30℃)においても電池をそのまま充電・放電を行うことができます。

φ3×7Lを各環境温度において1C相当電流値で充電した際の充電曲線を図2-5に、放電曲線を図2-6に示します。低温環境ではデバイス内の電解液や電極と電解液の反応抵抗が増加するため、充電(放電)開始時の電圧の立ち上がり(立ち下がり)が大きくなり、容量が減ってしまいます。実際、常温(25℃)での充電容量に対し-30℃での放電容量は46%程度となります。しかし、一般的なリチウムイオン二次電池は本製品よりも抵抗が大きいため、極低温環境下では過充電・過放電電圧まで到達し、結果として熱暴走を生じ破裂、発火する危険性があるため電池パック内部にサーミスタなどを入れてセルの温度管理をしながら低温時は動作しないよう管理されています。本製品は、寒冷地においてもそのままご使用いただくことのできる電池となっています。

※以下のデータは保証値ではありません。

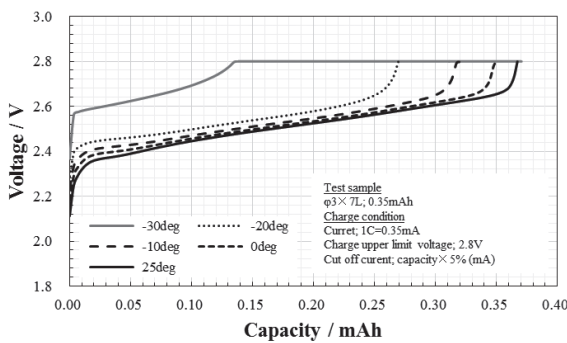


図2-5 φ3×7Lの各環境温度における1C電流値での充電曲線

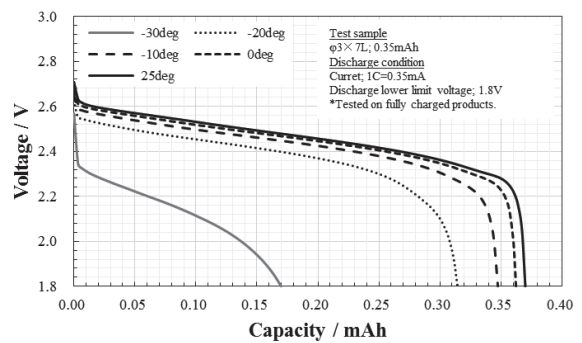


図2-6 φ3×7Lの各環境温度における1C電流値での放電曲線

2-3-3. 過充電耐性

小形リチウムイオン二次電池は、一般的なリチウムイオン二次電池と比較して、過充電に強いという特長があります。本製品の特性を最大限に発揮させる定格上限電圧を2.8Vとしています。充電時2.8Vを超える電圧にて充電を繰り返し行う充放電のサイクル試験を行った場合においても、急激な容量劣化はありません。図2-7にφ3×7Lにおいて10C相当電流値にて3.3V充電から1.8Vまで放電を繰り返す充放電サイクル試験を行った際、サイクル数に伴う1C放電容量の維持率を示します。1,500サイクル3.3Vまでの過充電を繰り返した際においても容量は初期の98%程度を維持しています。

このように、充電電圧の制御が正常に動作しない状況でも急激に製品の特性が劣化しません。

※以下のデータは保証値ではありません。

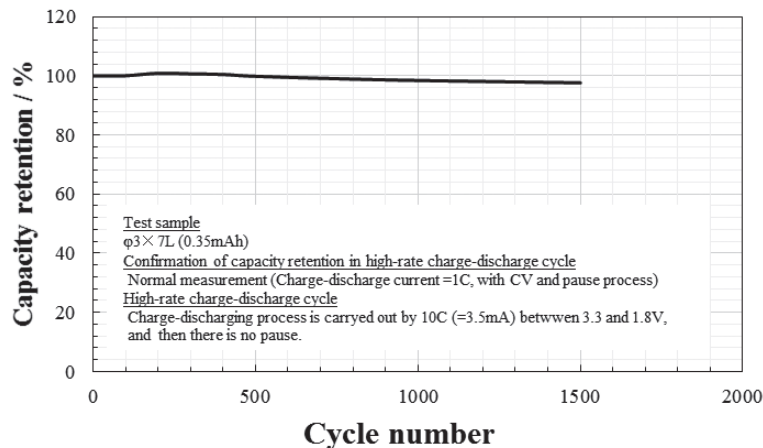


図2-7 φ3×7Lにて充電を3.3Vまで行った場合の充放電サイクルのサイクル数に対する容量維持率

2-3-4. 過放電耐性

小形リチウムイオン二次電池は、一般的なリチウムイオン二次電池と比較して、過放電に強いという特長があります。本製品の特性を最大限に発揮させる定格下限電圧を1.8Vとしています。0Vの短絡状態で長期間放置した場合や0Vまでの完全放電のサイクル試験を行った場合においても、再び充放電を行うことができます。

例えば、クリーンエネルギーを利用した環境センサーとして、本製品に太陽光発電を利用する場合、長期間充電がされない状態が続くとICなどで消費される電力により完全に0Vまで放電されることがあります。図2-8にφ3×7Lに抵抗(15ohm)を接続した状態で各環境温度にて保管した場合の経過時間に対し再充電による放電容量の変化を示します。約1,000時間完全放電状態で保管した場合でも各温度で容量の減少は確認されません。

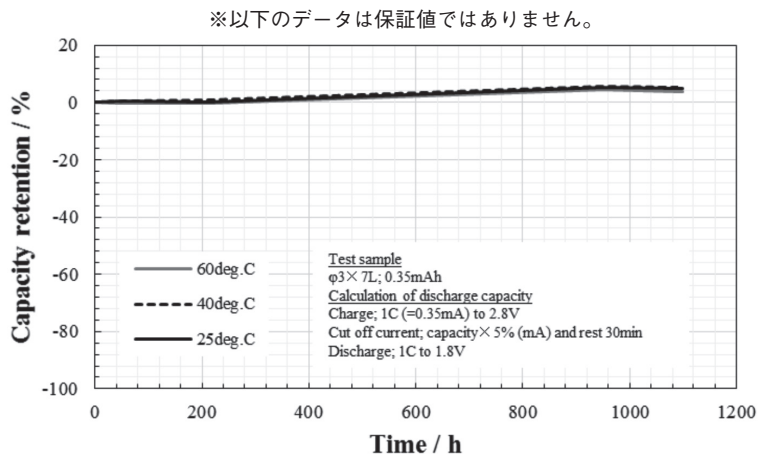


図2-8 各環境温度にて完全放電状態で保管した場合の放電容量変化率

また、図2-9にφ3×7Lを各環境温度にて2.8V～0Vの電圧範囲で充放電サイクルを行った際の放電容量の変化率を示します。完全放電状態での保管試験の結果よりも容量の減少は顕著になりますが、1,800サイクル経過後、60℃環境では初期容量の約-30%、40℃環境では-22%と直ちに製品が故障することなく動作させることができます。

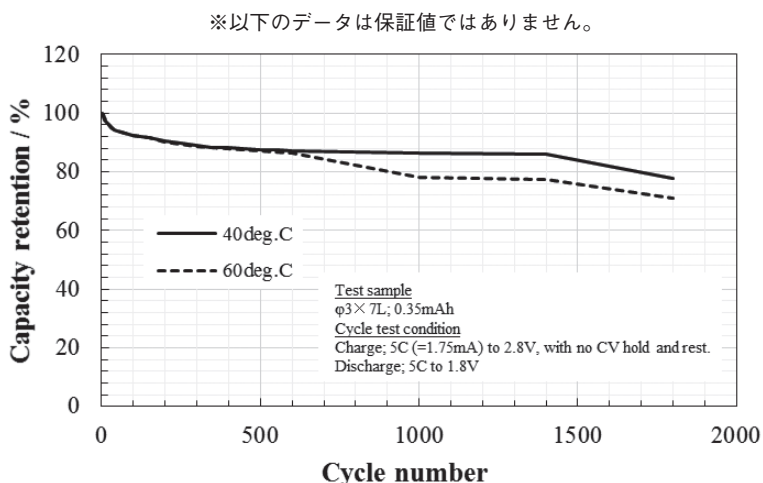


図2-9 各環境温度にて0Vまでの完全放電サイクルを行った際の放電容量変化率