

電気2重層コンデンサの特徴

このコンデンサは、その原理が従来の化学反応を利用した電池と異なり、物理現象に基づいていることから、充放電による劣化がほとんどなく長寿命(10年以上)、大電流放電が可能で、低温時(-10℃以下)の電気的特性も良好です。また、材料に固体活性炭を使用していることから環境負荷が少ないことも特長です。しかし、従来のバッテリーと同様に使用するためには、形状が大きくなることや充放電時に電子回路が必要になるなど、まだまだ課題が残されています。

● 電気2重層コンデンサとは

電気2重層コンデンサは、固体(活性炭電極)と液体(電解液)のような異なる2相が接する面に電気が蓄えられるという「電気2重層」の現象を利用しており、図1のモデルで表されます⁽¹⁾⁽²⁾。

電極の材料として炭素とアルミ箔を使用しており、図1において両側から、集電極、活性炭電極、電解液、セパレータで構成されています。そして、セパレータにはポリプロピレンやテフロンなどが使用されており、電極間の距離が非常に短いため、電極が接触して短絡するのを防止する役目を果たしています。

電圧をかけると、それぞれの活性炭電極の表面にイオンが吸着され、プラス/マイナスの電気が蓄えられます。また、放電時は正負のイオンは電極から離れて中和状態に戻ります。

● 小型蓄電池との比較

電気的特性としては、低温時(-10℃以下)の容量劣化が少なく、大電流による充放電が可能なことやメモリ効果がないことなども特徴です。

大電流による充放電については、バッテリーと比較す

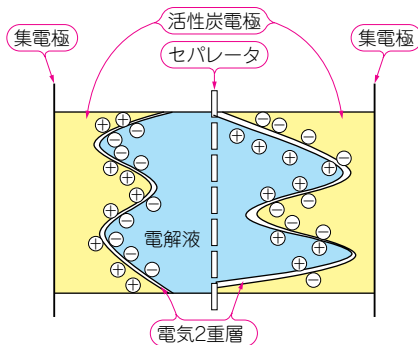


図1 電気2重層コンデンサのモデル(原理)
集電極、活性炭電極、電解液、セパレータで構成されている。活性炭電極と電解液の間に電気2重層ができる

ると内部抵抗が小さいことから過大電流による発熱が非常に少なく、特に短時間(瞬時を含む)による充電や放電が有利となります。各種バッテリーと比較した特性を表1に示します。

電気2重層コンデンサの基本特性

電気2重層コンデンサを使うために、基本的な特性である静電容量、内部抵抗、充電/放電特性を図2のような構成で測定しました。

測定は、写真1に示した大容量タイプの電気2重層コンデンサ(2.3V, 2000F)を使って、以下の手順で行いました。

- ① 2Aの定電流源から2.3Vになるまで充電する
- ② 定電圧源から2.3Vで30分間の緩和充電を行う
- ③ 定電流負荷に放電

図3(a)が測定結果で、横軸が時間、縦軸が電圧となっています。(b)は放電開始前後の部分拡大したものです。

● 静電容量

静電容量について計算すると、コンデンサへの充放電時の蓄電量 Q と静電容量 C 、および端子電圧 V との

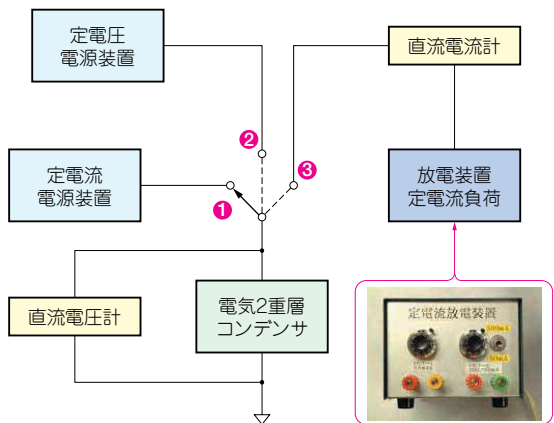


図2 特性測定システム
①→②→③の順で切り替えて特性を測定する

表2 電気2重層コンデンサと各種2次電池の比較

電気2重層コンデンサと2次電池を比較すると、エネルギー密度(重量あたりのエネルギー量[Wh/kg])は小さいが、サイクル寿命が多いことがわかる

項目	種類	電気2重層コンデンサ	鉛蓄電池	ニカド蓄電池	リチウム・イオン2次電池
サイクル寿命		10万回以上	500回程度	300回程度	300回程度
使用温度範囲		-25~60℃	0~50℃	0~45℃	-20~50℃
充電時間		数秒	数時間	数時間	数時間
公害性		少ない	Pd使用	Cd使用	少ない
エネルギー密度		小	中	中	大
出力電圧		下がる	ほぼ一定	ほぼ一定	ほぼ一定

関係は、

$$Q = CV \dots\dots\dots (1)$$

で表され、充放電時の電流 I 、経過時間 t との関係は、

$$Q = It \dots\dots\dots (2)$$

で表されます。したがって、

$$C = \frac{It}{V}$$

となります。このことから、充放電時の電流 I を一定にしておけば、グラフ中の T_1 、 T_2 、 V_1 、 V_2 を使って、

$$C = \frac{T_1 - T_2}{V_1 - V_2} I$$

と表されます。グラフから $I = 1$ 、 $T_1 = 5009$ 、 $T_2 = 5120$ 、 $V_1 = 2.2072$ 、 $V_2 = 2.101$ を代入して計算すると、およそ 2000 F となります。なお、静電容量および内部抵抗の測定法は文献(12)に規格化されています。

● 内部抵抗

内部抵抗は、放電特性における初期の降下電圧値と放電電流値から内部抵抗を求めたもので、

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

です。図から $\Delta V = 0.0038$ 、 $I = 2 \text{ A}$ であり、およそ 2 m Ω となりました。他の小型電池についても測定し

たところ、以下のものでした。

Ni-MH バッテリ (12 V, 1.6 Ah)	: 126 m Ω
鉛バッテリー (6 V, 4 Ah)	: 120 m Ω
電気2重層コンデンサ (2.3 V, 2000 F)	: 2 m Ω

この結果より、電気2重層コンデンサの内部抵抗値は、従来の小型電池に比較して小さいことがわかります。

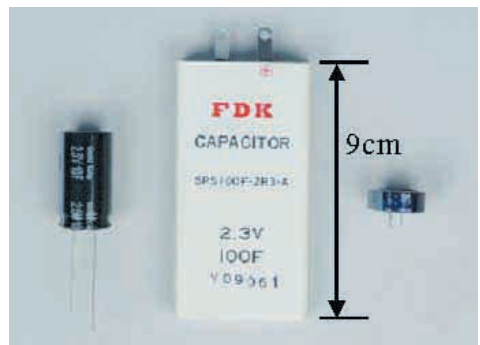
● 充放電時の電圧と電流

電気2重層コンデンサ (2.3 V, 2000 F, 2個直列) に充電電流 2 A で充電したときの特性を図 4(a) に、電気2重層コンデンサ (2.3 V, 2000 F, 1個) から定電流負荷に 2 A で放電したときの特性を同図(b) に示します。

図 4(a) は、電気2重層コンデンサの両端に保護回路を付けて定電流源から充電した例ですが、端子電圧が 4.6 V 程度までは 2 A で充電され、それ以降は充電電流が減少しています。ここで、端子電圧 V および静電容量 C は、式(1)と式(2)から求めることができ、電流を一定値とした充放電時に、端子電圧は経過時間に比例して変化します。もし、定電流源から充電し続けると、端子電圧の上昇を招き(過充電状態)、コンデンサの破壊に至ることもあります。

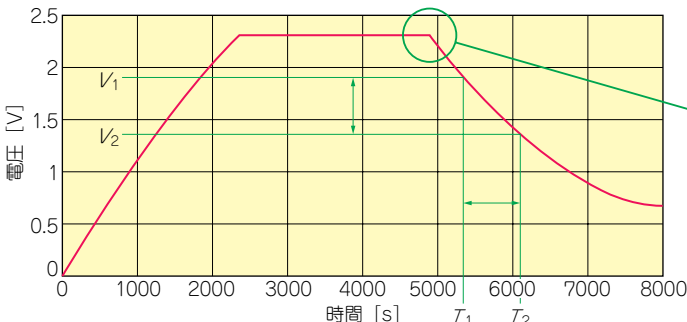


(a) 筒形タイプ

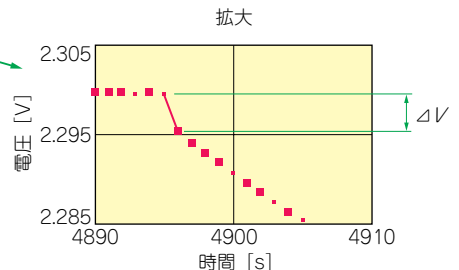


(b) 角形タイプ (中央)

写真1 実験に使用した各種電気2重層コンデンサ
形状や容量の違いによってさまざまな種類がある



(a) 全体



(b) 放電前後

図3 充放電特性の実測結果