

電気二重層キャパシタ

電気二重層キャパシタ(EDLC: Electric Double Layer Capacitor)は、数十ミリファラッドから数十ファラッド以上の非常に大きな静電容量を有し、充放電サイクル特性(寿命)や急速充放電にすぐれた特徴をもつ蓄電デバイスです。約20年前に商品化された比較的新しいデバイスであり、広くスーパーキャパシタあるいはウルトラキャパシタの呼称で呼ばれています。その蓄電デバイスとしての性能は、図-1のようにアルミ電解コンデンサと2次電池のほぼ中間に位置しています。

主な用途としては、機器の電源OFF時にRTC(リアルタイムクロック)やメモリICの動作を保持するための電力供給源としてのバックアップ電源や、機器のアクチュエータ・モーター等の起動・運転時の電力のアシスト・供給用電源などがあります。

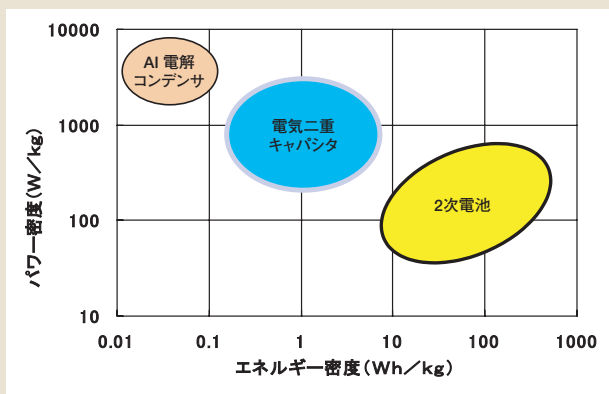


図-1 アルミ電解コンデンサ、電気二重層キャパシタ、2次電池のエネルギー密度とパワー密度の関係 (ラゴンプロット)

使用されている機器は、携帯電話をはじめとする携帯機器、デジタルスチルカメラ、AV機器、家電製品、おもちゃ等のコンシューマ機器、プリンタ、コピー機等のOA機器、FA機器、カーオーディオ等の車載機器、更にはソーラ応用製品などで、非常に幅広い分野で多岐にわたっています。

表-1のように、電気二重層キャパシタが長寿命であり材料に重金属等の環境負荷物質を使用していないことから、最近ではエネルギー・環境に優しいデバイスとして注目され、従来の用途においてその使用量が拡大していると共に、ハイブリッド自動車や燃料電池自動車、あるいは自然エネルギーの利用への検討が進められています。

＜電気二重層キャパシタの原理＞

一般に、固体電極と電解質溶液のように2つの異なる相が接触すると電位差が生じ、その界面には、正、負の電荷が非常に短い距離で配列した層が形成されます。これを電気化学の分野では電気二重層と呼んでいます。電気二重層キャパシタは、この電気二重層という界面現象を蓄電に利用したキャパシタで、その現象が名前の由来になっています。図-2にヘルムホルツのモデルを用いた電気二重層キャパシタの原理を示しました。その静電容量Cは次式で表されます。

表-1 電気二重層キャパシタの特徴

	電気二重層キャパシタ	アルミ電解コンデンサ	Ni-Cd電池	リチウム電池
バックアップ能力	○	△	◎	◎
公害性			Cd使用	
使用温度	-40~85℃	-40~105℃	0~45℃	-20~60℃
充電時間	数秒	数秒	数時間	数時間
充放電寿命	原理的に無制限	原理的に無制限	300回程度	800回程度
充放電時の制限	無し	無し	有り	有り

$$C = \int \varepsilon (4 \pi \delta)^{-1} dS$$

ε : 電解液の誘電率

δ : 電極表面からイオン中心までの距離で電気二重層の厚さに相当

S : 電極界面の表面積

図-2に示しましたように、電気二重層キャパシタでは充放電に伴って電解質イオンが溶液内を移動し電極界面に吸脱着するだけであるために、電極での化学反応を伴う二次電池と比較して、特性の劣化が極めて少ないのが大きな特徴です。

実際の電気二重層キャパシタは、1,000m²/gを超える比表面積を有する活性炭を材料とする電極と、水あるいは有機溶剤を溶媒とする電解液で構成され、電極の大きな比表面積を利用しファラッド級の

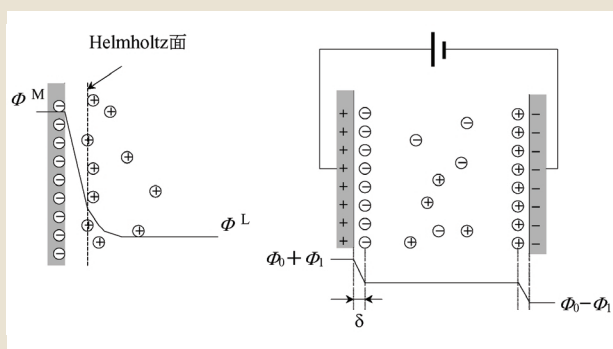


図-2 電気二重層キャパシタの原理

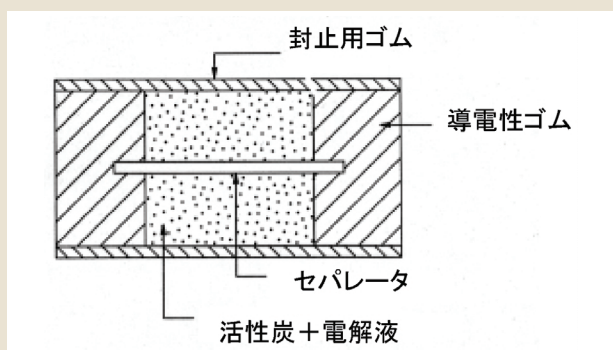


図-3 電気二重層キャパシタのセルの基本構成

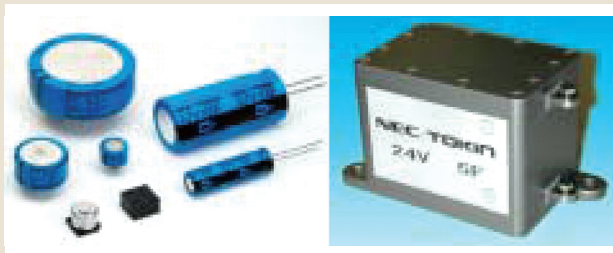


図-4 電気二重層キャパシタの外観写真

大きな静電容量を実現しています。そのセルの基本構造を図-3に、外観写真を図-4に示しました。

<電気二重層キャパシタの応用>

現在、電気二重層キャパシタの市場規模は百数十億円といわれています。その市場は、RTCやメモリICのバックアップ電源の用途としての小容量製品の市場と、アクチュエータ・モーター等の電源用の比較的大容量の製品の市場に大別されます。先にも述べましたように、最近では、エネルギーや環境問題に後押しされて、自然エネルギー利用や自動車といった分野での市場の拡大が期待されています。

図-5に太陽電池と電気二重層キャパシタの組み合わせによる道路表示灯への応用例について記載しました。昼間に太陽電池により電気二重層キャパシタに充電し、夜間に電気二重層キャパシタに蓄えた電気を利用し、表示灯の照明やLEDの点滅を行うシステムです。道路のセンターラインや交差点の中心で夜間に明かりが点滅している道路標も同様のシステムになります。従来までは鉛バッテリー等の二次電池を蓄電に利用していましたが、二次電池は寿命が短くメンテナンスが必要となるために、長寿命かつ原理的にメンテナンスフリーである電気二重層キャパシタを適用したシステムが急速に拡大してきています。最近では、太陽エネルギーだけではなく風力エネルギー利用の検討も進んでおり、太陽電池と風車のハイブリッド発電システム等への電気二重層キャパシタ適用の実証試験も行われてきています。

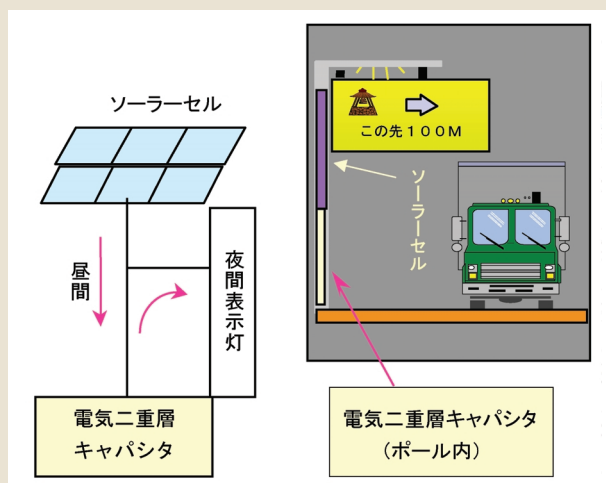


図-5 電気二重層キャパシタの道路表示灯への応用例