

100 F 超の容量と 1 mΩ の低内部抵抗！次世代の蓄電デバイス

電気二重層キャパシタの実際

大容量キャパシタの単位質量当たりの蓄積量が増えています。これまで、内部抵抗が低く急速充電が可能、サイクル寿命が長くメンテナンス・フリーという長所を生かし、メモリのバックアップや太陽電池を備えた発光式の道徳びょうなどに使われてきました。今後、自動車や電車、太陽電池など、大電力の用途への応用が期待できます。今回は、この大容量電気二重層キャパシタの特徴を生かす回路を実験します。〈編集部〉

秋村 忠義
Tadayoshi Akimura

電気二重層型をはじめとする0.数F以上の大容量キャパシタは、すでにスーパー・キャパシタ、ウルトラ・キャパシタなどの名称で20年以上前に商品化されて、さまざまな用途に使われています。近年、大容量化・高耐圧化がめざましく進歩し、電力蓄積デバイスとして一部2次電池の補助あるいは代替として使われつつあります。

今後、大容量キャパシタ自体の性能向上とともに、利用する技術も発展すれば、さらに多くの分野へ応用が広がる可能性を秘めています。エネルギー密度(Appendix 参照)がより高くなり、効率の良い充放電器ができれば、2次電池に置き換えられ、例えば朝1分で携帯電話の充電を完了させるという夢のようなことも可能になるかもしれません。

電気二重層キャパシタとは

● 外観と特徴

現在ある電気二重層キャパシタは、100 F 以上の大容量タイプと0.数～100 F の小容量タイプに大別されます。大容量タイプは、従来からある電気二重層型のほかに、ハイブリッド(非対称型/リチウム系キャパシタ)やレドックス・キャパシタ(酸化還元型)に大別されます。

表1(次ページ)に大容量キャパシタの特徴と応用例を、写真1に外観を示します。電池に比べ、エネルギー密度が小さいのが現状です。最大蓄積エネルギーは耐圧の2乗で増加するので($U = CV^2/2$)、耐圧を上げるほど急激にエネルギー蓄積量は増えます(コラムA参照)。

● 化学反応を使わない蓄電の原理と特性

2次電池と比較して、劣化や発熱がきわめて少なく高効率かつ高寿命という特徴は、化学反応を使わない動作原理にあります。図1にその概要を示します。電極と電解液との接触面には電位差が生じて、その界面にプラスとマイナスのイオンが1分子ずつ並んだ絶縁

層ができます。これを電気二重層と呼んでおり、この絶縁層を利用して電荷を蓄積したものが電気二重層キャパシタです。電極と電解液との界面の表面積を大きくすれば単位体積当たりの容量が増えることとなります。

市販されている電気二重層キャパシタの容量と耐圧の目安は、0.数F以上、2.0～3.0 Vです。今後、リチウム系キャパシタが手に入るようになると、4.2 V程度の耐圧のものが入手できるようになると思われます。

充電に欠かせない並列モニタ回路

● 複数のセルに過電圧を加えないよう均一に充電する
大容量キャパシタを直列に接続したキャパシタ・モジュールの場合、ひとつひとつの大容量キャパシタには、セルの容量値や初期電圧、端子などによる内部抵抗にばらつきがあります。同じ電流を流し込んでも、満充電に達するまでの時間は各キャパシタで違います(図2)。満充電に達した大容量キャパシタの充電を制限し、過電圧が加わらないようにする必要があります。その回路を、並列モニタ、もしくは均等化回路(特許No.5764175、アドバンスト・キャパシタ・テクノロジーズ、パワーシステム、岡村勉夫氏の共同特許)と呼

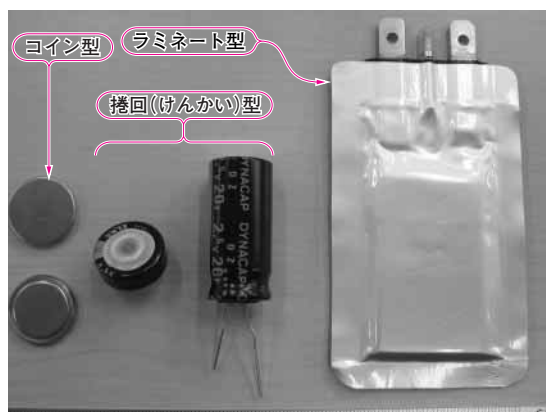


写真1 電気二重層キャパシタの外観

表1 電気二重層型とハイブリッド系の種類と特徴、応用例

種類	耐電圧	容量	形状	特徴	応用例	
小容量タイプ	電気二重層型	2.0 ~ 2.7 V	0.数 ~ 100 F 以下	コイン・セル, 捲回, ラミネート	高いサイクル寿命	道路表示灯
					高いフロート寿命	メモリ・バックアップ
					低内部抵抗: 瞬時に大電流を取り出せる, 発熱が小さい	HDD などのモータ・アシスト, USB 装置, デジカメなど民生品のパワー・アシスト
					広い保存温度, 使用温度	航空・宇宙・軍事(衛星や探査機のソーラー蓄電など)
大容量タイプ	電気二重層型	2.5 ~ 3.3 V	100 F 以上	ラミネート, 捲回	上記に加え	大型モータのパワー・アシスト, コピー機ドラム急速加熱電源 電気・ハイブリッド自動車, 電車, エレベータなどのパワー・アシストと回生
					大電流による急速充電が可能	
					大電力の蓄電装置として利用可能 電池に比べて次のような特徴がある ●メモリ効果無し ●メンテナンス・フリー ●高い出力密度 ●発熱が少ない ●エネルギー残量を正確に把握できる ●劣化が少ない(1桁以上良い) ●放電深度が深くても浅くても寿命に大差がない	ソーラー, 風力システムの蓄電や電力の平均化 照明器具 UPS
ハイブリッド(リチウム系キャパシタ) ※現時点ではまだサンプル供給段階	3.6 ~ 4.0 V またはそれ以上	100 F 以上 1セル最大 10000 F 程度まで	ラミネート	上記に加え 高い耐電圧(最大 4.2 V 程度) 高いエネルギー密度 高い出力密度	一部, 電池の代替 大電力蓄積用途	

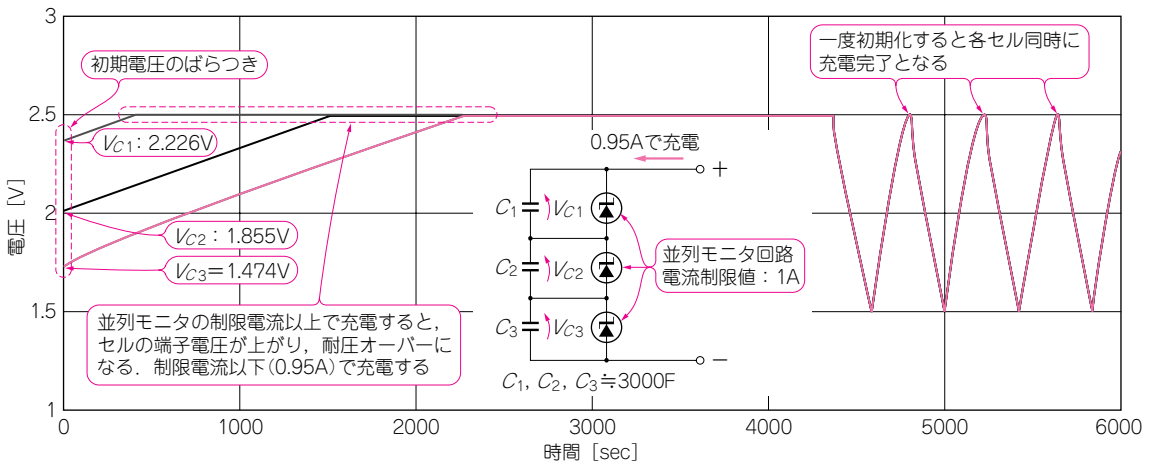


図2 キャパシタ・モジュール(約3000 F × 3個の大容量キャパシタ直列接続)を構成する各大容量キャパシタの端子電圧
各大容量キャパシタの端子電圧がばらついていた場合の初期化のようす。端子電圧が2.5 Vに達するまで、電流制限値1 Aの並列モニタ回路に対して0.95 Aで充電