キャパシタフォーラム

キャパシタ基礎講座

木下　繁則

第9回(2016-11-18）

特性(1)

参考テキスト：ECaSS フォーラム会報誌第9号
（電気二重層キャパシタ解説シリーズ（第8回））

1. EDLCの基本構造
2. EDLCの等価回路
3. ΩF(オームファラッド)
4. 蓄電性能の表示
5. 電圧特性
6. 残存エネルギーの検知

2016-11-18
木下　繁則

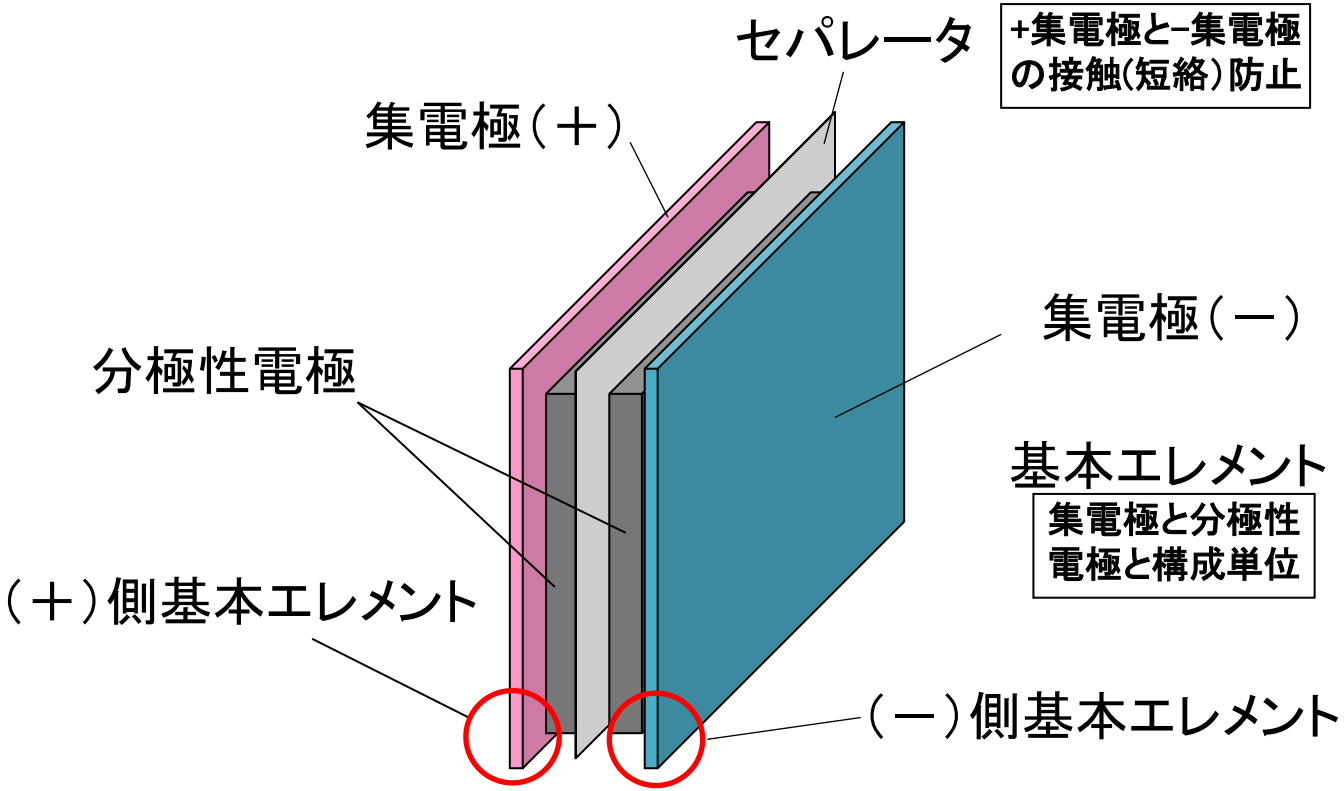
キャパシタ基礎講座シリーズ

基礎講座	基礎講座の該当フォーラム	基礎講座のテーマ 主な講座内容	対応解説シリーズ 掲載会報誌号（発行年）	備考
1回	10月度フォーラム	基礎講座　プロローグ		
	2015年10月16日	電気と電気エネルギーの復習		
2回	11月度フォーラム	電気を貯める	第1回	
	2015年11月13日	電池、電気を貯める、充電・放電	2号(2007年)	
3回	12月度フォーラム	EDLCとは？	第2回	
	2015年12月18日	電気二重層キャパシタの蓄電原理	3号(2008年)	
4回	1月度フォーラム	EDLCの放電	第3回	
	2016年1月15日	EDLCの放電/充電、オームの法則、クーロンの法則)	4号(2009年)	
5回	2月度フォーラム	EDLCの内部抵抗、ΩF(オームファラッド）	第4回	
	2016年2月19日	内部抵抗の発生、EDLCのΩF	5号(2010年)	
6回	7月度フォーラム	セパレータ	第5回	
	2016年7月15日	EDLCのセパレータ	6号(2011年)	
7回	9月度フォーラム	EDLCの電解液	第6回	
	2016年9月23日	EDLCの電解液とは	7号(2012年)	
8回	10月度フォーラム	EDLCの構造・形状	第7回	
	2016年10月21日		8号(2013年)	
9回	11月度フォーラム	EDLCの特性(1)	第8回	
	2016年11月18日	等価回路、充電/放電特性、電圧特性	9号(2014年)	
10回	12月度フォーラム	EDLCの特性(2)	第9回	
	2016年12月16日	温度特性、電圧依存性、劣化	10号(2015年)	
11回	2月度フォーラム	EDLCの劣化診断、残存余命推定	第10回	
	2018年2月3日	劣化診断、残存余命推定法、静電容量および内部抵抗の計測法	11号(2016年)	

2016-11-18
木下　繁則

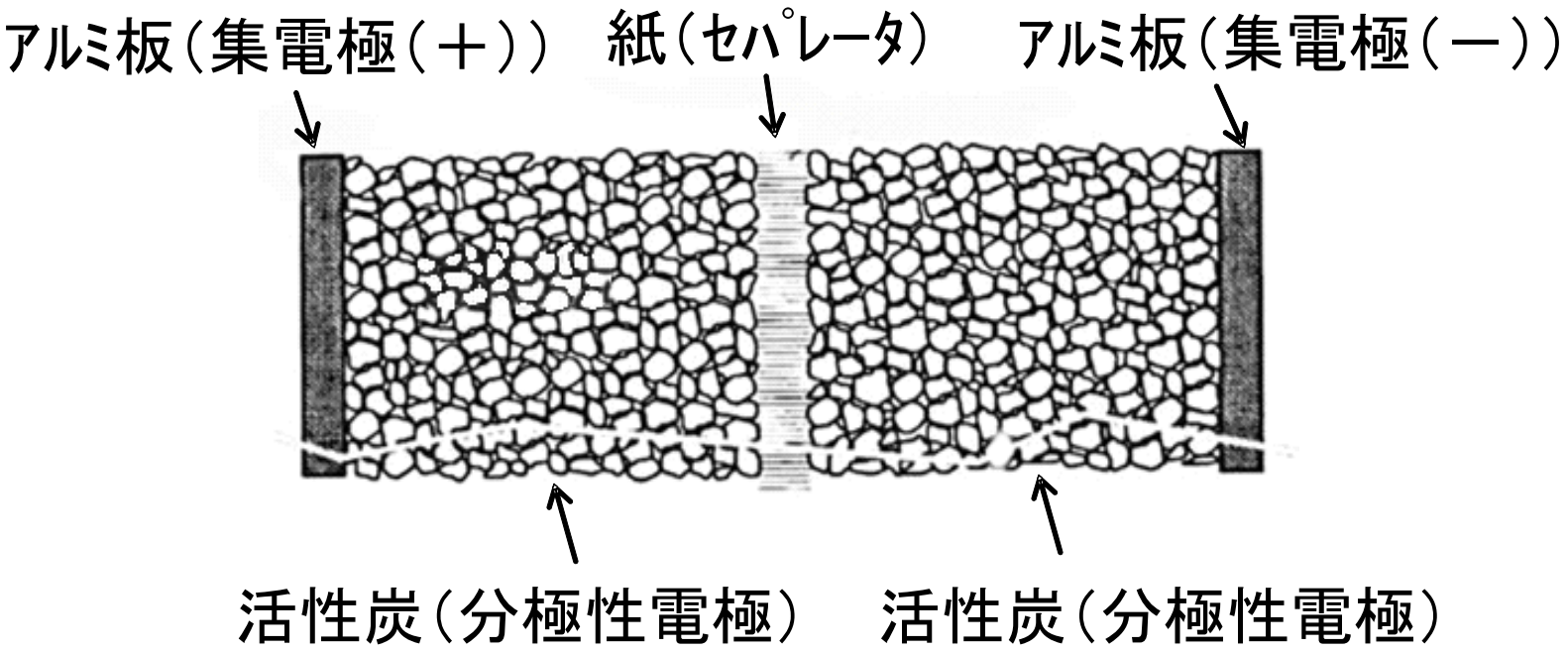
EDLCエレメントの基本構造

（第5回基礎講座スライド（P8)再掲）



EDLCの構造（模式図）

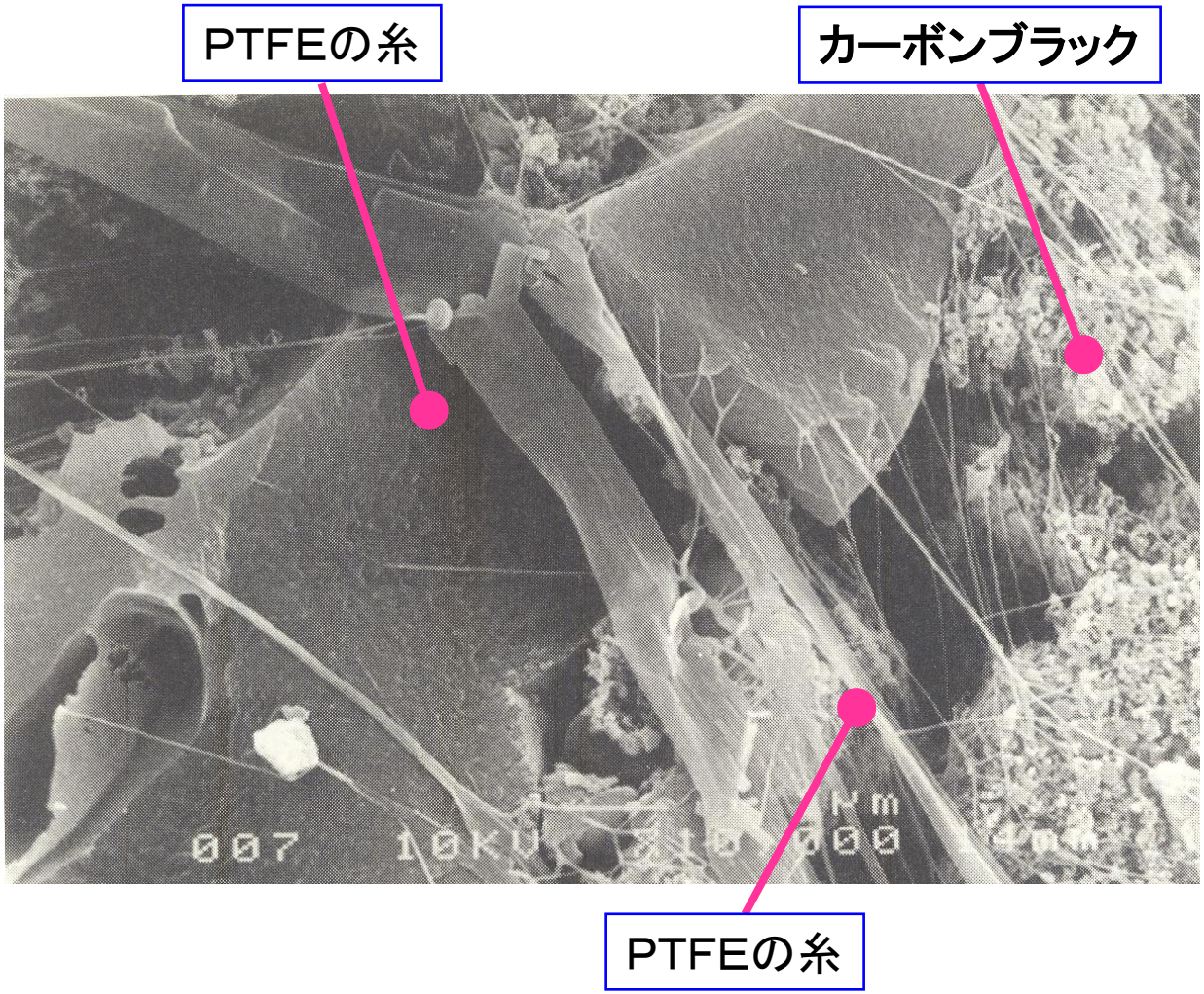
（第6回基礎講座スライド（P17)再掲）



2016-11-18
木下　繁則

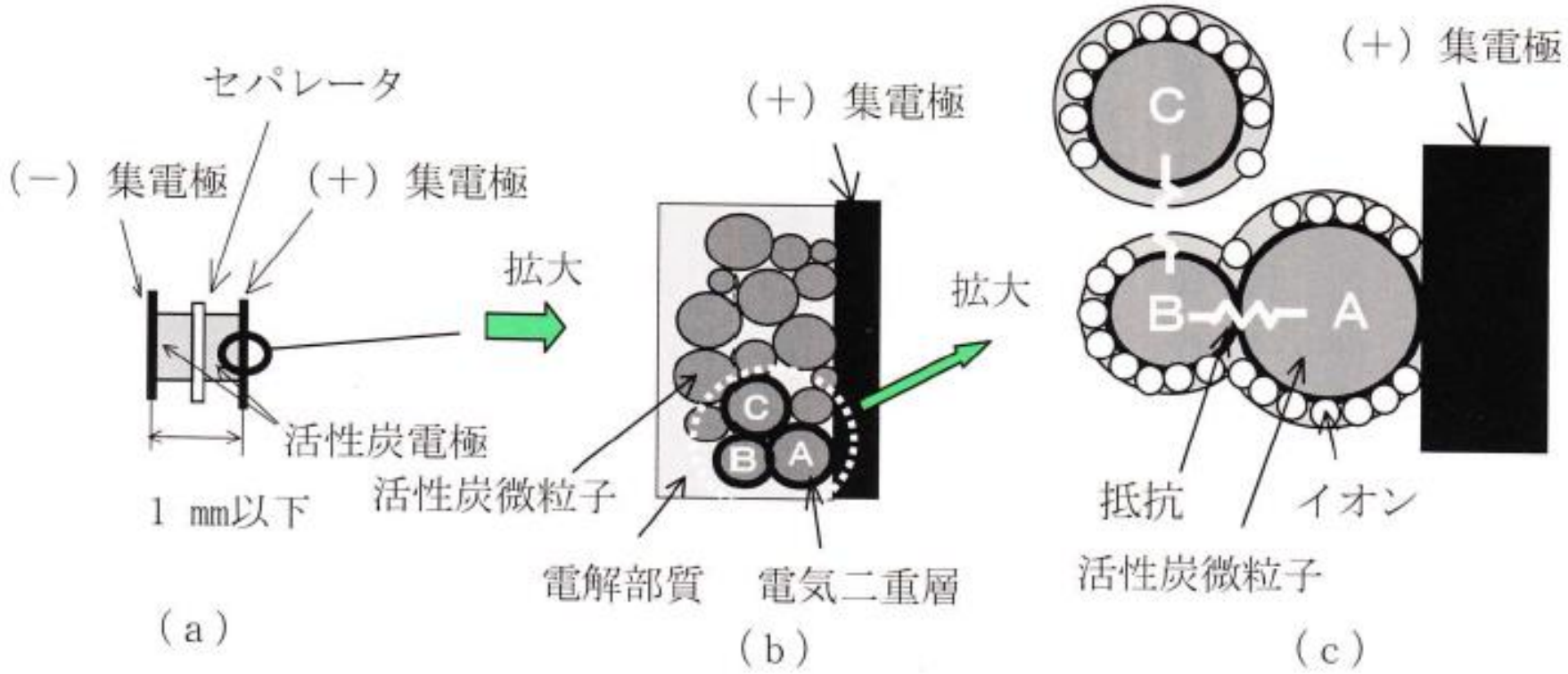
分極性電極のSEM写真

（第5回基礎講座スライド（P10)再掲）



EDLCの内部構造の模式図

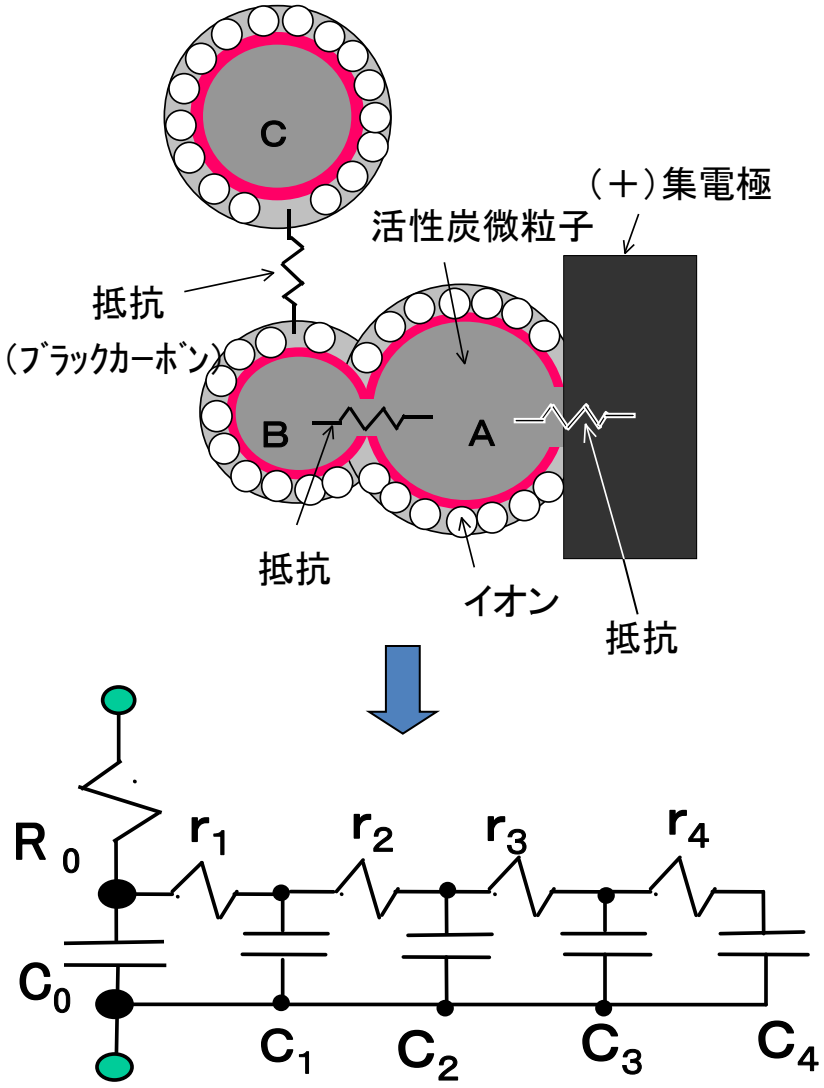
（第5回基礎講座スライド（P9)再掲）



2016-11-18
木下　繁則

EDLCの等価回路

（第5回基礎講座スライド（P13)再掲）



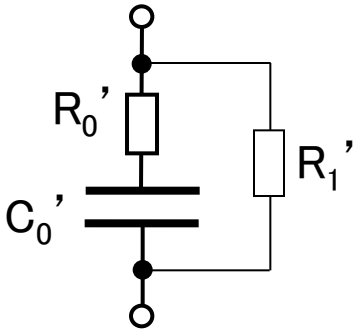
1. 集電極に接する活性炭及びその活性炭に直接接する活性炭との接触抵抗及びそのものの抵抗で表わされる。

   等価回路のR_O、C_0に対応する。

2. 活性炭はブラックカーボン（非活性炭）を介して活性炭に繋がっている。

   等価回路のr_1・・・r_4に、C_1・・・C_4に対応する。

簡易等価回路



C_0'：合成静電容量
R_0'：合成内部抵抗
R_1'：合成漏れ抵抗

2016-11-18
木下　繁則

性能カテゴリーΩＦ値

（第5回基礎講座スライド（P16)再掲）

ΩＦ値はEDLCの内部抵抗と静電容量の積で表した特性ΩＦ（ オームファラッド)（単位は秒）で、これはEDLCの性能カテゴリーを的確に表すEDLC独特の特性である。

$$\Omega F = C \cdot R \qquad (s)$$

CはEDLCの静電容量(F)、RはEDLCの直流内部抵抗（Ω）

ΩＦ値が小さい　←　ΩＦ値　→　ΩＦ値が大きい

⬇　　⬇

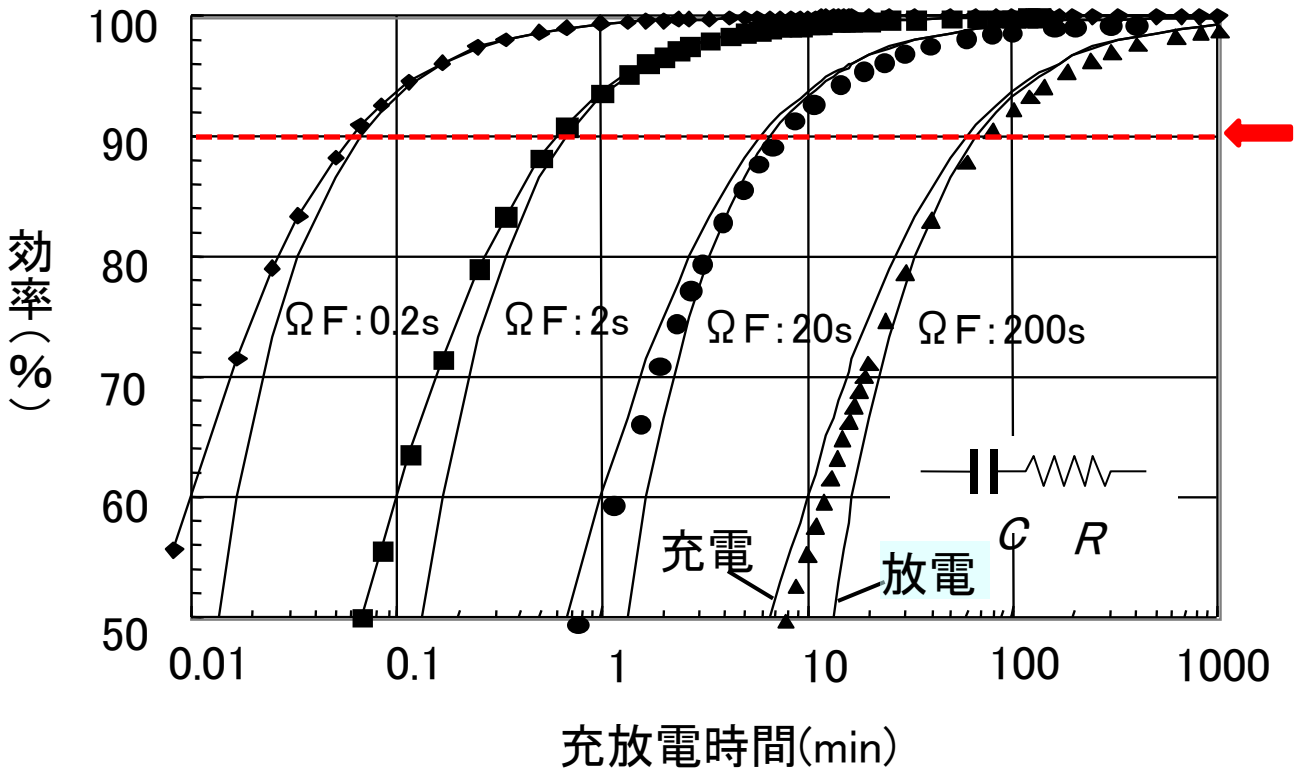
パワー形　←　標準形　→　高エネルギー形

2016-11-18
木下　繁則

ΩF値と充放電効率の関係

（第5回基礎講座スライド（P16)再掲）

充電効率：$\eta_c = t/(t + 2\tau)$ 、放電効率：$\eta_d = (t - 2\tau)/t$
($\tau = CR$)（τ：ΩF）



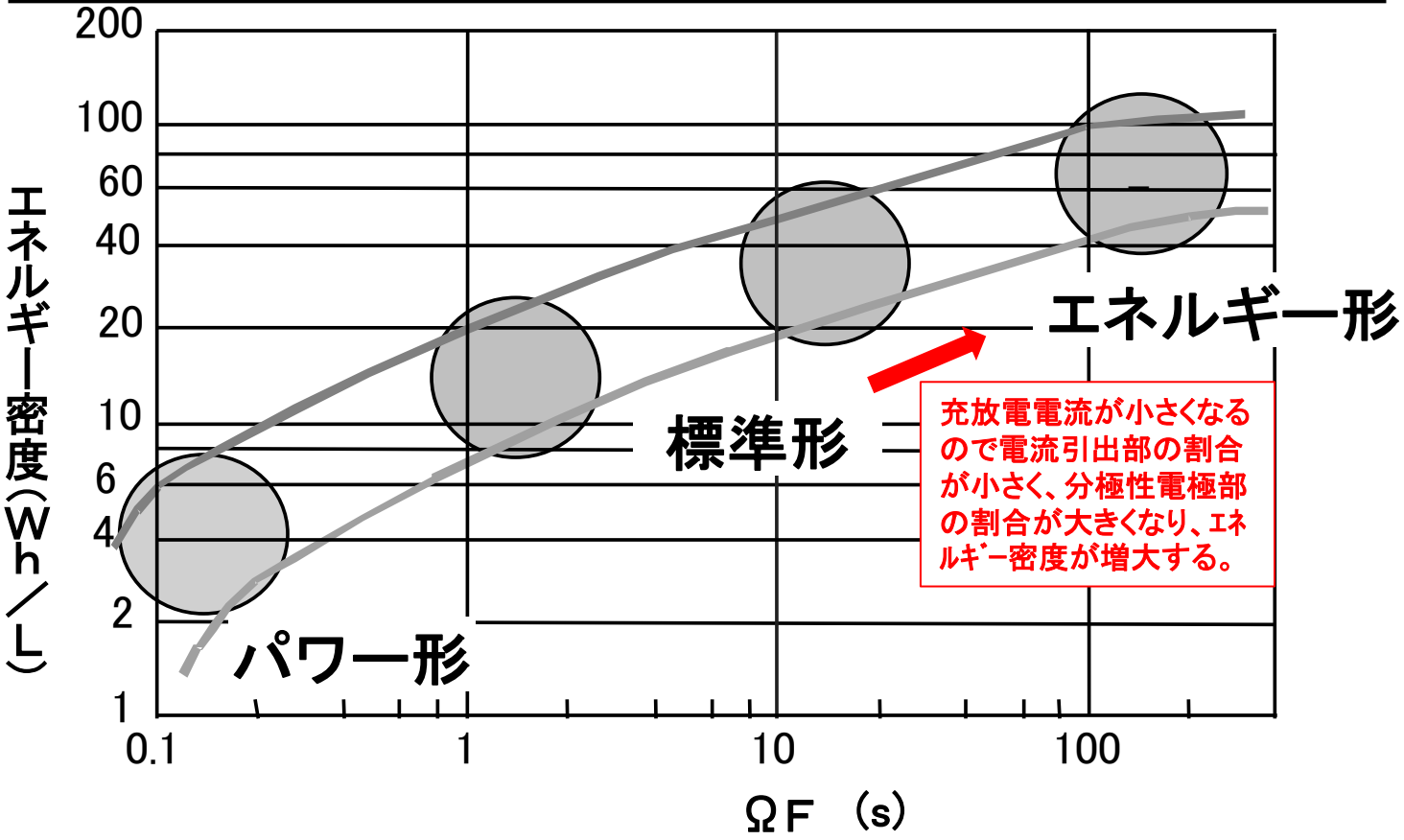
充放電効率
90 %

2016-11-18
木下　繁則

ΩF値と特性カテゴリー

（第5回基礎講座スライド（P20)再掲）

充放電時間の長短に応じて各種の電気二重層キャパシタが造れる



2016-11-18
木下　繁則

仕事とエネルギー

（第1回基礎講座スライド（P6)再掲）

・仕事率(W）：単位時間（s）当たりの変換・使用・消費されるエネルギー(仕事）

・電力(W)：電力(V)×電流（A）

・仕事 (エネルギー）(J）：仕事率(W）×時間（s）

EDLCの蓄電容量は(W)×(s)表示ではなく、(W)×(h)表示が一般的である。

・存在するエネルギー　１）位置エネルギー：mgh　２）運動エネルギー：$mv^2/2$

m：質量（Kg）、g：重力加速度(m/s^2）、h：高さ（m）　v：速度（m/s）

・電気の働き

１）力発生・・・・・・モータのトルク

２）熱発生・・・・・・ヒータ

３）化学変化・・・・電気分解

４）電力の発生・・発電機

・電気エネルギー：

１）キャパシタ：$CE^2/2$　C：静電容量(F）、E：電圧(V)

２）インダクタ：$LI^2/2$　L：インダクタンス(H）、I：電流(A)

蓄電性能の表示

電池の蓄電性能表示

一般的には「Ah」(電流値(A)と時間(h)の積)で表示される。

これは、電池の電圧は蓄電量の対してほぼ一定な電圧であるので、Ahで電池の蓄電容量(蓄電性能)を表示できることによる。

自動車用電池の例　　12V電池、30Ah品 ➡ 360Wh

1.5V乾電池の例　　1000mAh品 ➡ 1.5Wh

EDLCの蓄電性能表示

EDLCの蓄電量に応じて電圧が変化する。

⬇

電池のような電流表示ではEDLCの蓄電容量は表示出来ない。

⬇

EDLCの蓄電容量表示：Wh

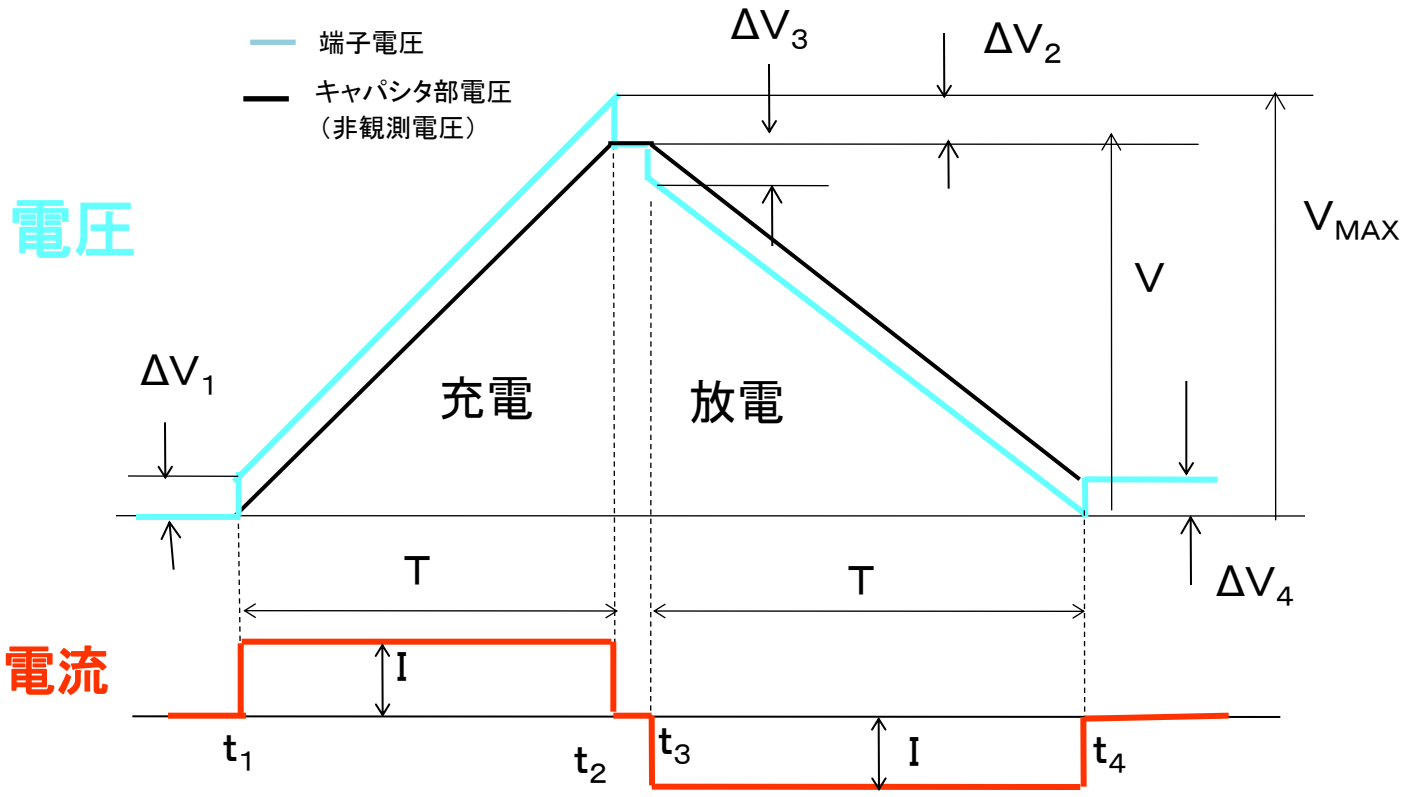
（時間は秒ではなく時間で表示する）

（1Wh＝3,600Ws）

2016-11-18
木下　繁則

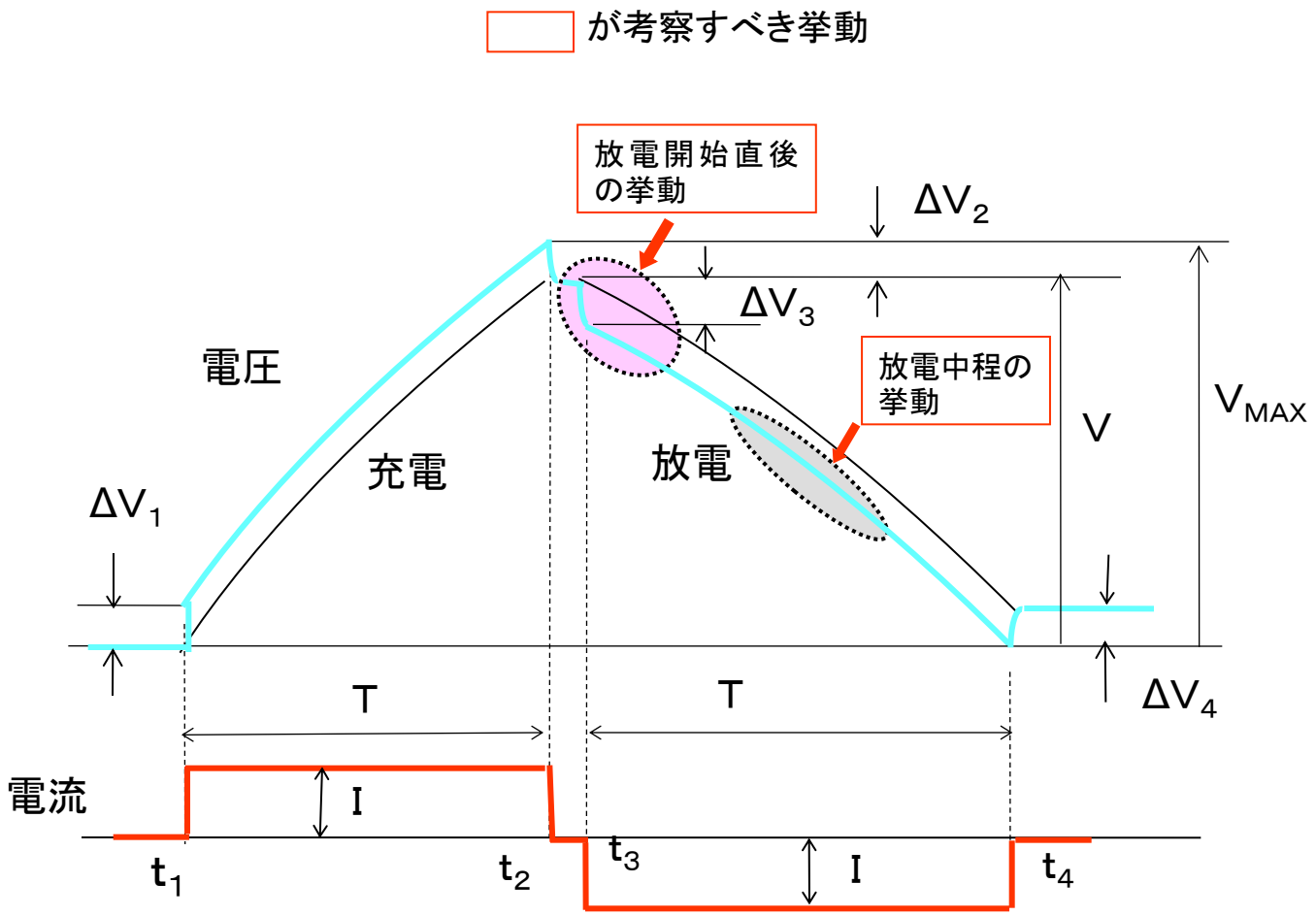
定電流充放電時の端子電圧

（理想キャパシタの波形）



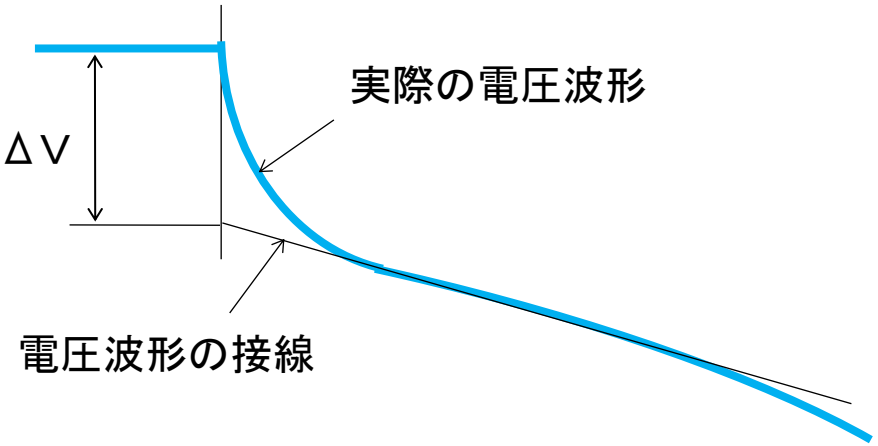
→ 充放電時間

定電流充放電時のEDLCの端子電圧

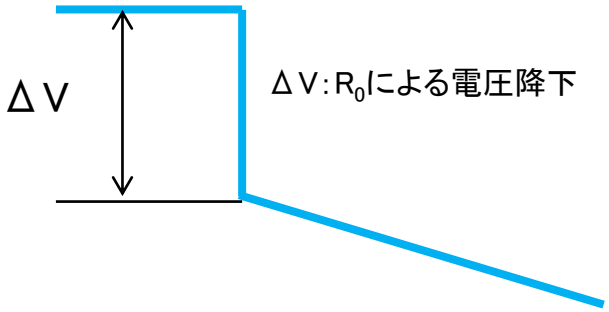


定電流放電開始時の電圧波形

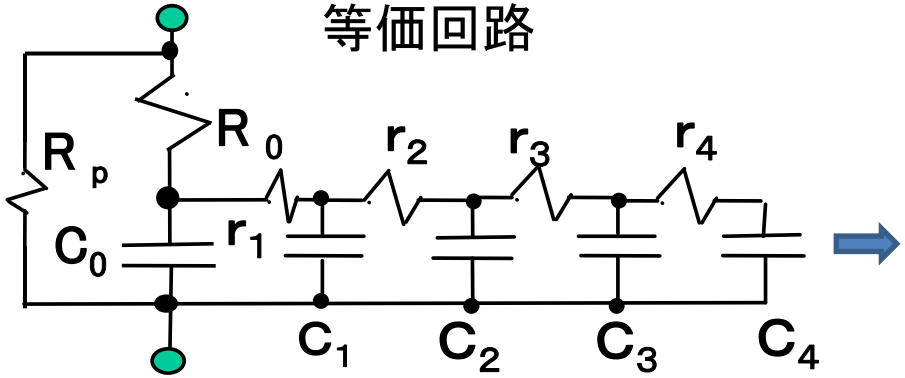
EDLC



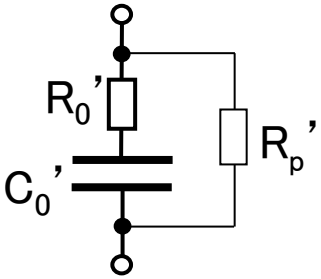
キャパシタ(コンデンサ)



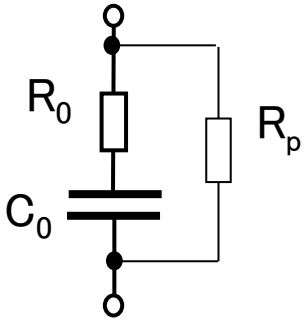
等価回路



簡易等価回路



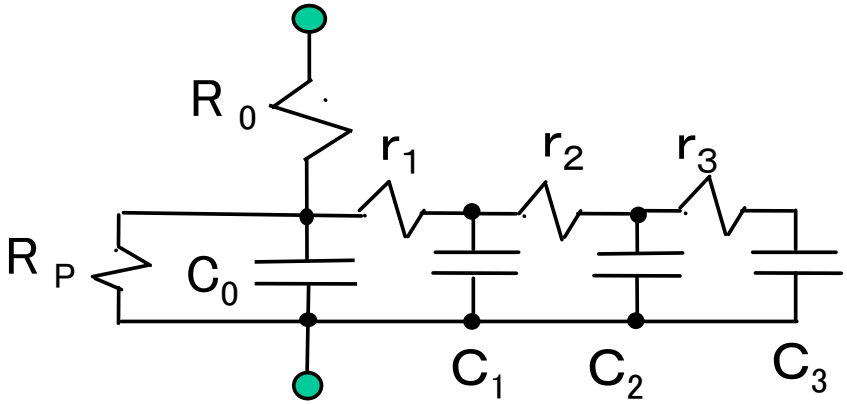
回路



出典:岡村廸夫著「電気二重層キャパシタと蓄電システム」第2版
日刊工業新聞社（2001年）P93(図4-6)

EDLCの静電容量及び内部抵抗の一例

EDLCの等価回路



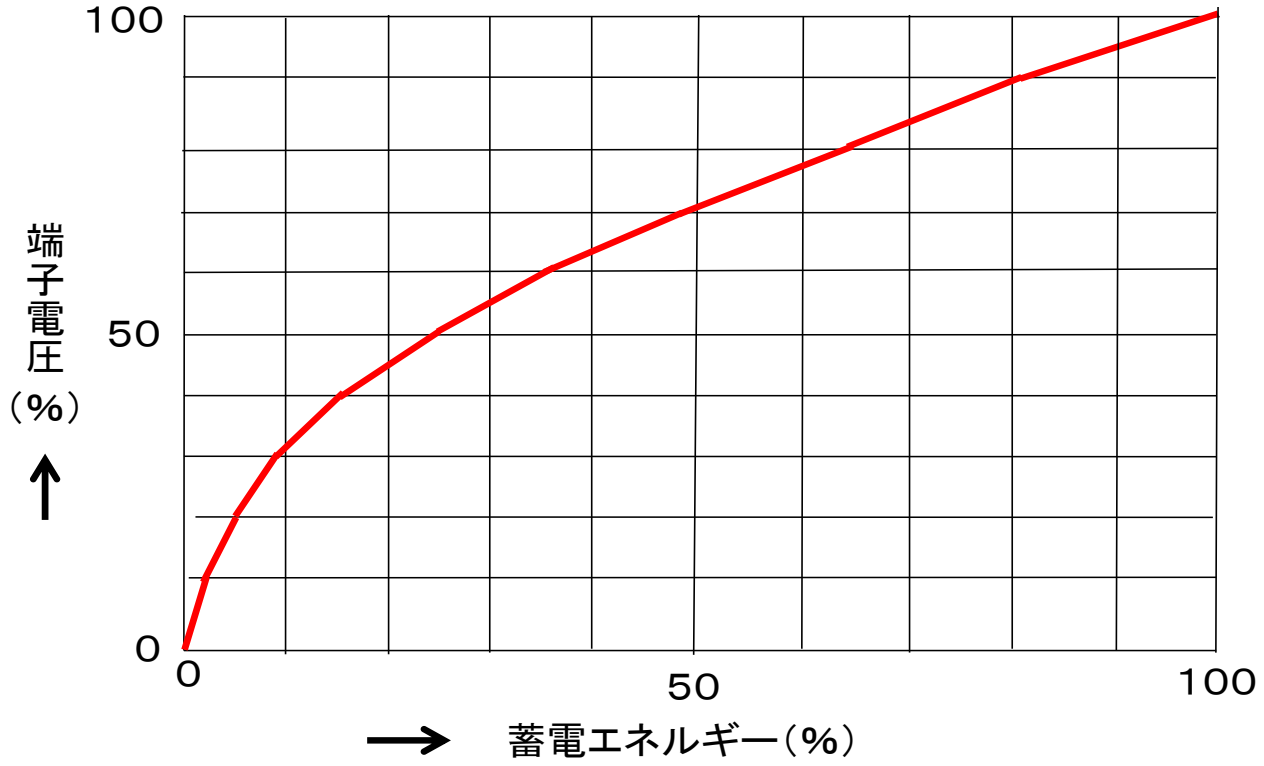
	R_P , C_0	R_1 , C_1	R_2 , C_2	R_3, C_3
静電容量(比率)	1.0	0.05	0.06	0.07
内部抵抗(Ω)	1.0×10^5	60	180	550

出典：岡村廸夫著「電気二重層キャパシタと蓄電システム」初版　日刊工業新聞社　(1999年)P120(図4-20)

EDLCの残存エネルギーの検知(1)

EDLCの蓄電量と電圧の関係

蓄電量$Q=CV^2/2$　C:EDLCの静電容量(F)
V:EDLCの電圧(V)



EDLCの残存エネルギーの検知(2)

EDLCの蓄電量と電圧の関係

EDLCの蓄電量は端子電圧の2乗と静電容量の積に比例する。
EDLCの端子電圧を知ることによって直接、且つ簡単にEDLCの残存蓄電量（残存エネルギー）を知ることが出来る。

EDLCの静電容量も簡単に計測することができる。

↓

端子電圧のみを知ることによって、残存エネルギー（残存蓄電量）を知ることが出来るのはEDLCの大きな特徴。

EDLCの静電容量と内部抵抗の測定方法については
第11回基礎講座で解説します（予定）。

キャパシタフォーラム

キャパシタ基礎講座

次回（第10回）内容

開催日（予定） 2016-12-16

EDLCの特性（2）

参考テキスト：ECaSS フォーラム会報誌第10号
（電気二重層キャパシタ解説シリーズ（第9回）

1. 内部抵抗の温度特性
2. 静電容量の電圧依存性
3. 静電容量の温度依存性
4. 寿命・劣化