

キャパシタフォーラム

# キャパシタ基礎講座

木下 繁則

第4回(2016-1-15)

## EDLCの放電

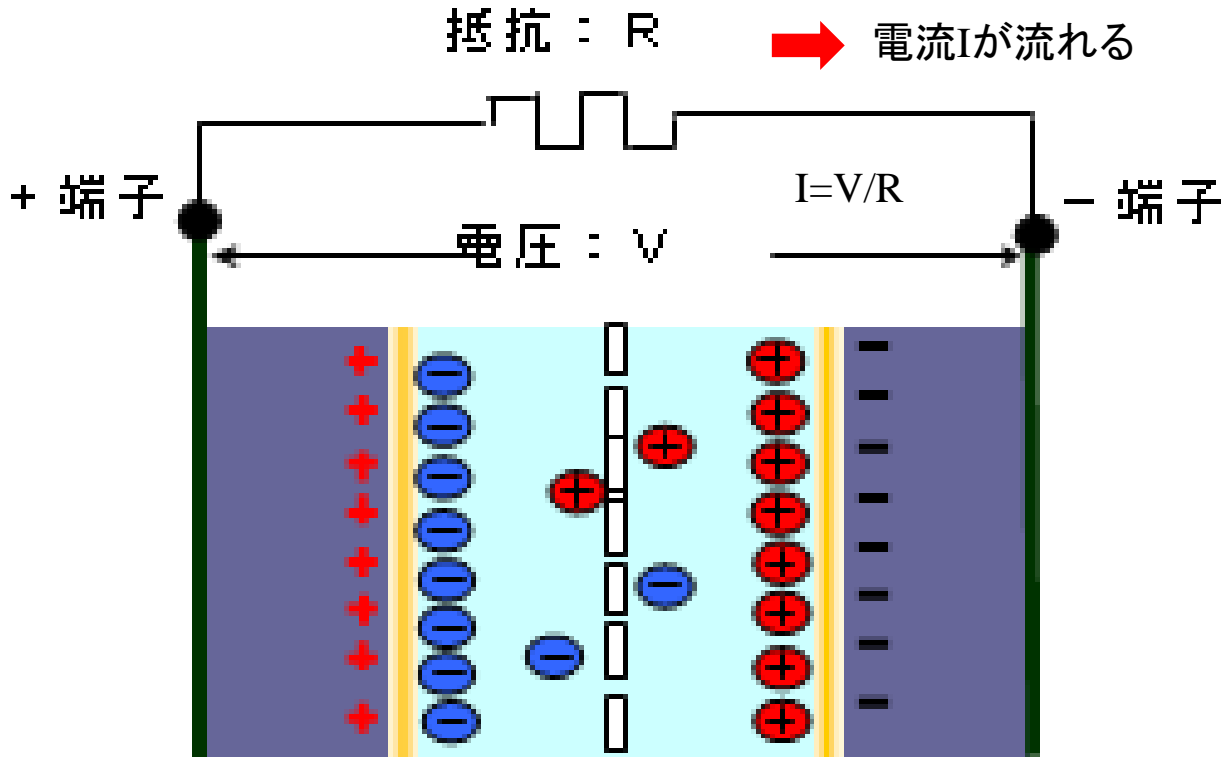
参考テキスト: ECaSS フォーラム会報誌第4号  
(電気二重層キャパシタ解説シリーズ(第3回))

1. 電気二重層キャパシタの放電
2. オームの法則
3. 放電時の電気の流れと熱の発生
4. クーロンの法則

# 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	対応解説シリーズ	備考
		主な講座内容	掲載会報誌号（発行年）	
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、 $\Omega F$ (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 $\Omega F$	5号(2010年)	
6回		セパレータ	第5回	
		EDLCのセパレータ	6号(2011年)	
7回		EDLCの電解液	第6回	
		EDLCの電解液とは	7号(2012年)	
8回		EDLCの構造・形状	第7回	
			8号(2013年)	
9回	定例フォーラム	EDLCの特性(1)	第8回	
		等価回路、充電/放電特性、電圧特性	9号(2014年)	
10回	で順次	EDLCの特性(2)	第9回	
		温度特性、電圧依存性、劣化	10号(2015年)	
11回		EDLCの特性(3)	第10回	
		残存余命(予定)	11号(2016年)(予定)	
12回		未定	12号(未定)	

# 電気二重層キャパシタの放電



電池に貯まった電気を電極から電池の外へ取り出すこと



「放電する」、「放電」

図1

# オームの法則

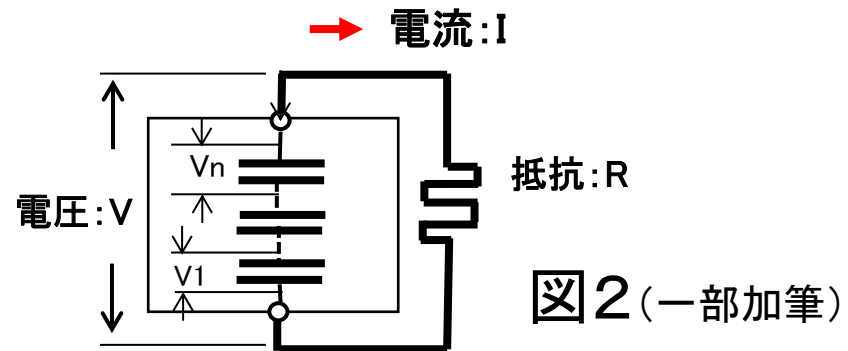


Georg Simon Ohm

オームの法則の電気回路現象は1781年にヘンリー・キャヴェンディッシュが発見したが、この現象は1879年に公表された。ドイツの物理学者Ohmが同じ現象を発見し、1826年に公表したため、この名を冠して「オームの法則」と呼ばれる。

出典：フリー百科事典「ウィキペディア(Wikipedia)」

## オームの第一の法則



電気回路の2点間の電位差Vは2点間を流れる電流Iの比例する。

$$V=R \cdot I$$

## オームの第二の法則

電気回路の2点間の電位差Vは全ての電位差の和である。

$$V=V1+\dots+Vn$$

$$\text{損失} = (\text{電流})^2 \times \text{抵抗}$$

# 電気が流れる

# 電気が流れる

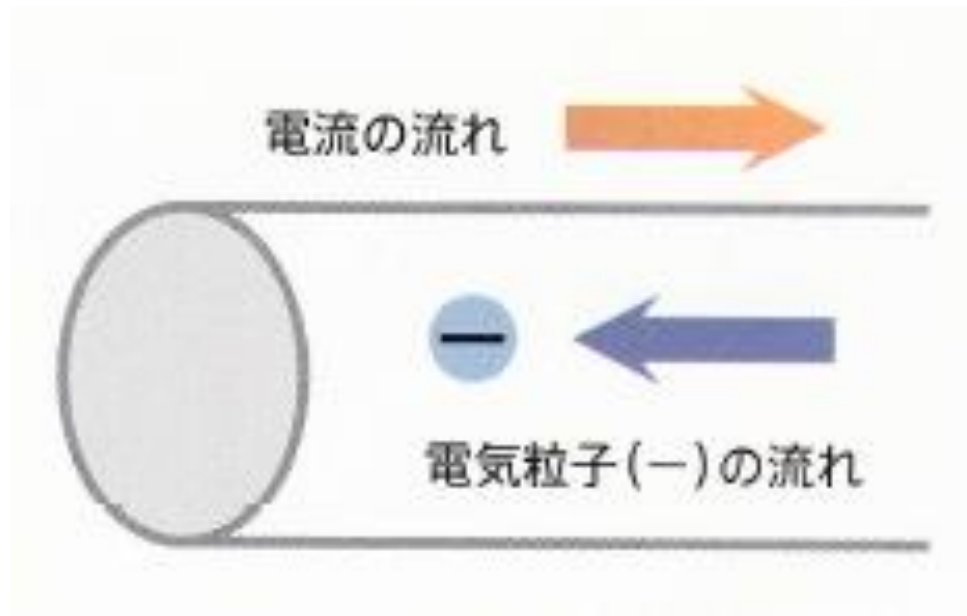
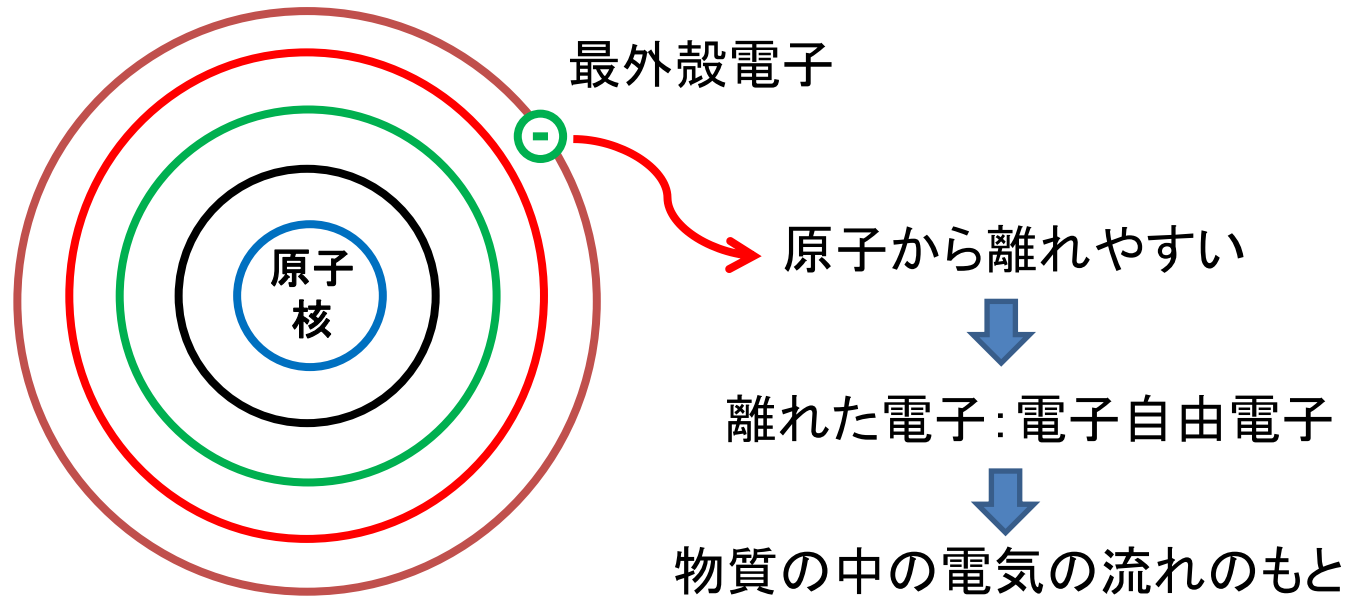


図5

# 物質の中の電気の流れのメカニズム

(第1回講座テキスト再掲)

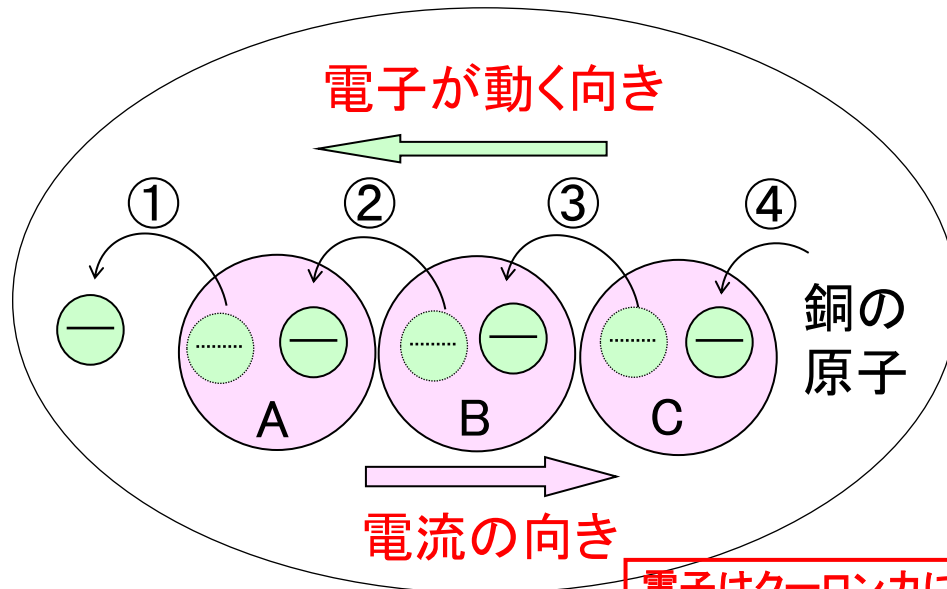


物質の中の電気の流れは電子の流れ

銅は最外殻電子数: 1 (1価の原子)

# 銅線の中の電気の流れのメカニズム

(第1回講座テキスト再掲)



## 電流の定義

1(A)=1秒間に1クーロンの電荷の移動  
(1(A)=1秒間に $6.0 \times 10^{18}$ 個の電子の移動)

クーロン力:電荷は「異極は引き合い、同極は反発する性質」を持っておる。この力をクーロン力という。

クーロン力は2つの電荷の電荷量の積に比例し、電荷間の距離の2乗に反比例する。

電子はクーロン力によって電圧の高い方へ引き寄せられる。

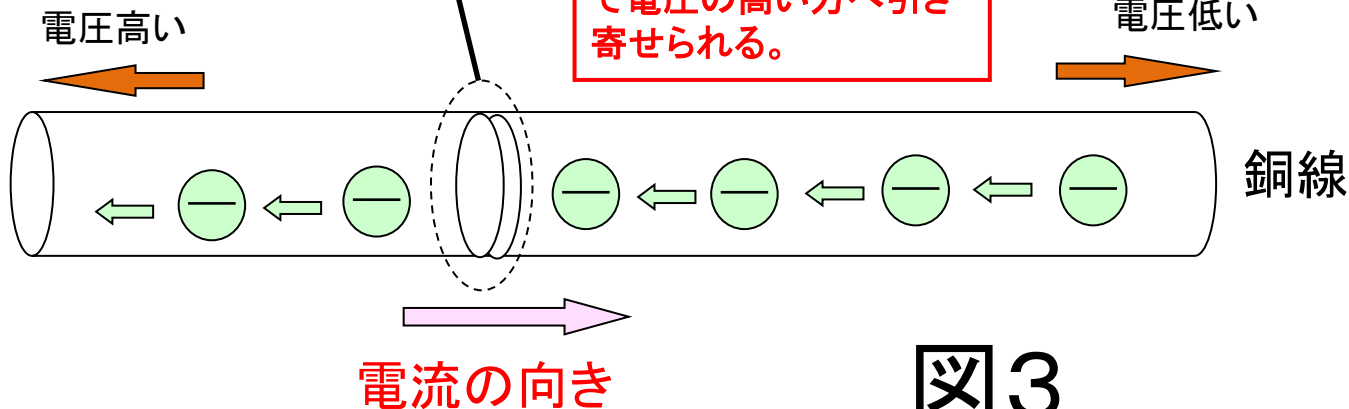
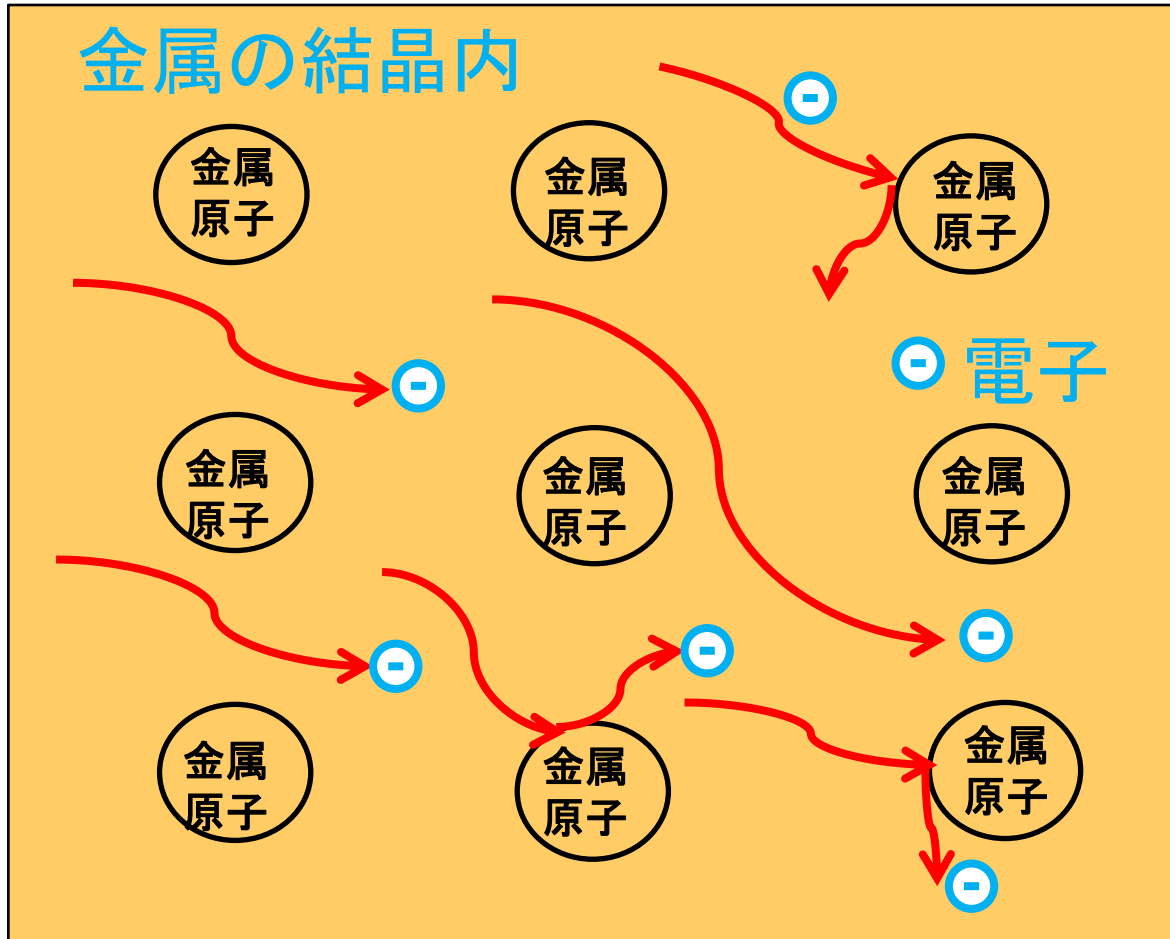


図3



# 電流が流れると熱が発生する

# 電線の抵抗発生のメカニズム

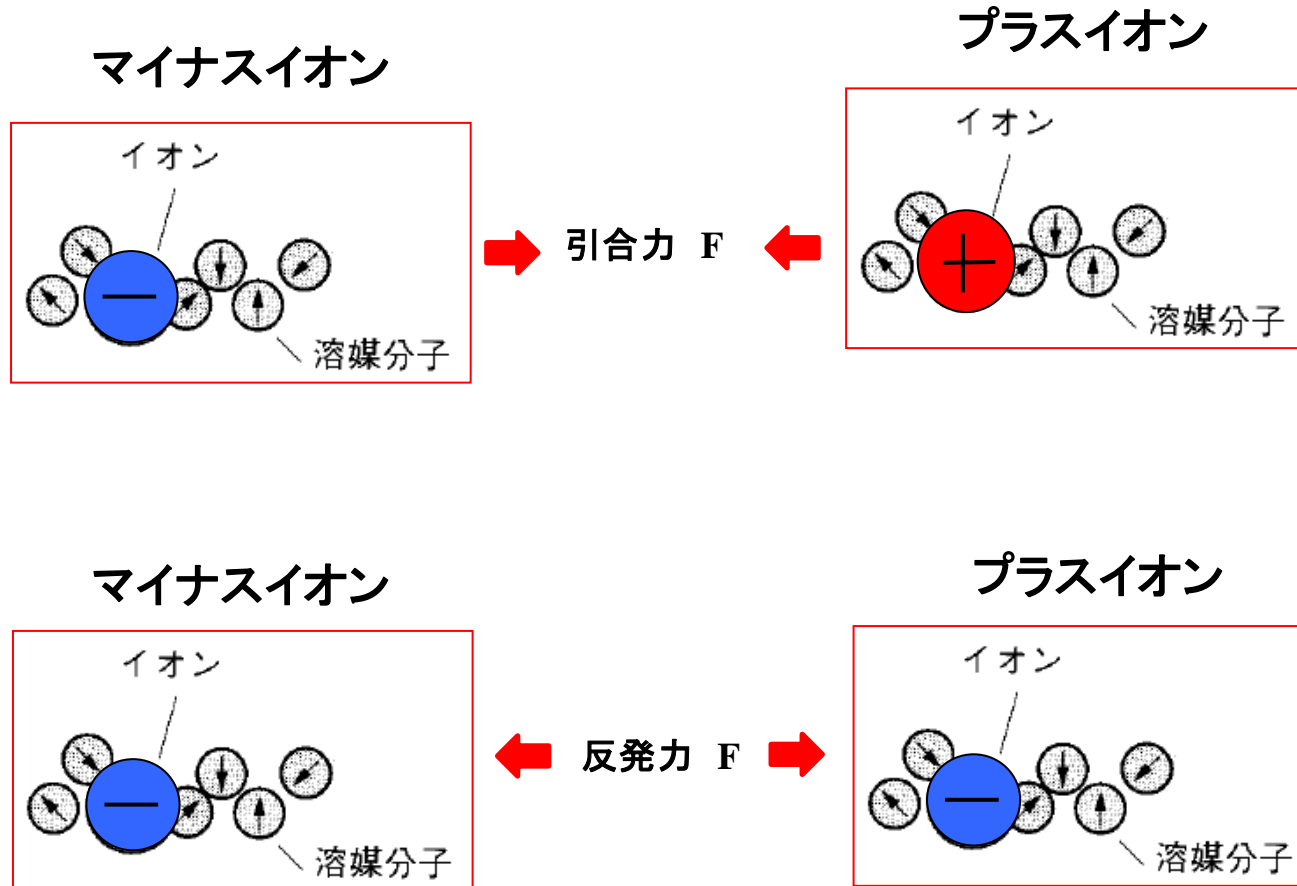


事由電子が結晶内を移動するとき、金属原子の衝突する。この衝突によって熱を発生する。この熱によって金属原子が振動し、自由電子の動きを妨げる。

電子の結晶内の移動するときの移動のし易さが「電気抵抗」。

# EDLC内の電流の流れ方

# イオンのクーロン力



# クーロンの法則(1)

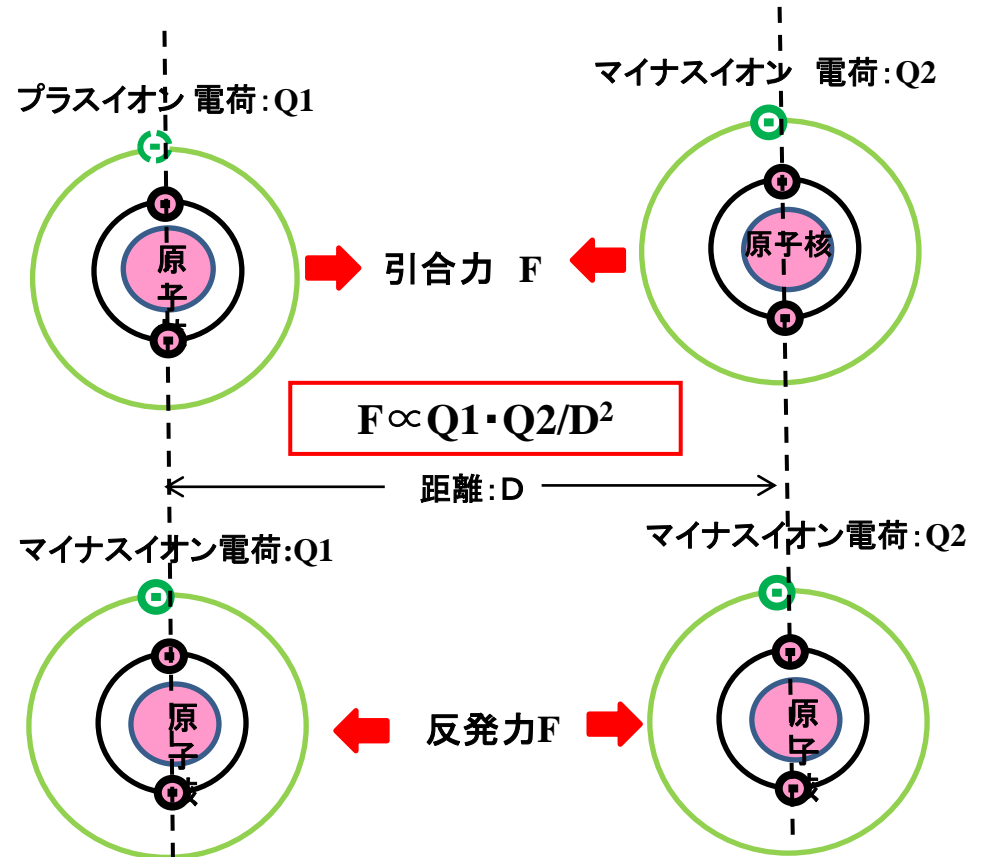


Charles-Augustin de Coulomb  
シャルルオーギュスタン・ド・クーロン  
(1736-1806)

ヘンリー・キャヴェンディッシュは  
クーロンの法則の現象を実験的に  
確認していたが公表しなかった。  
Coulombが同じ現象を発見し、法則  
化して1785年に公表した。

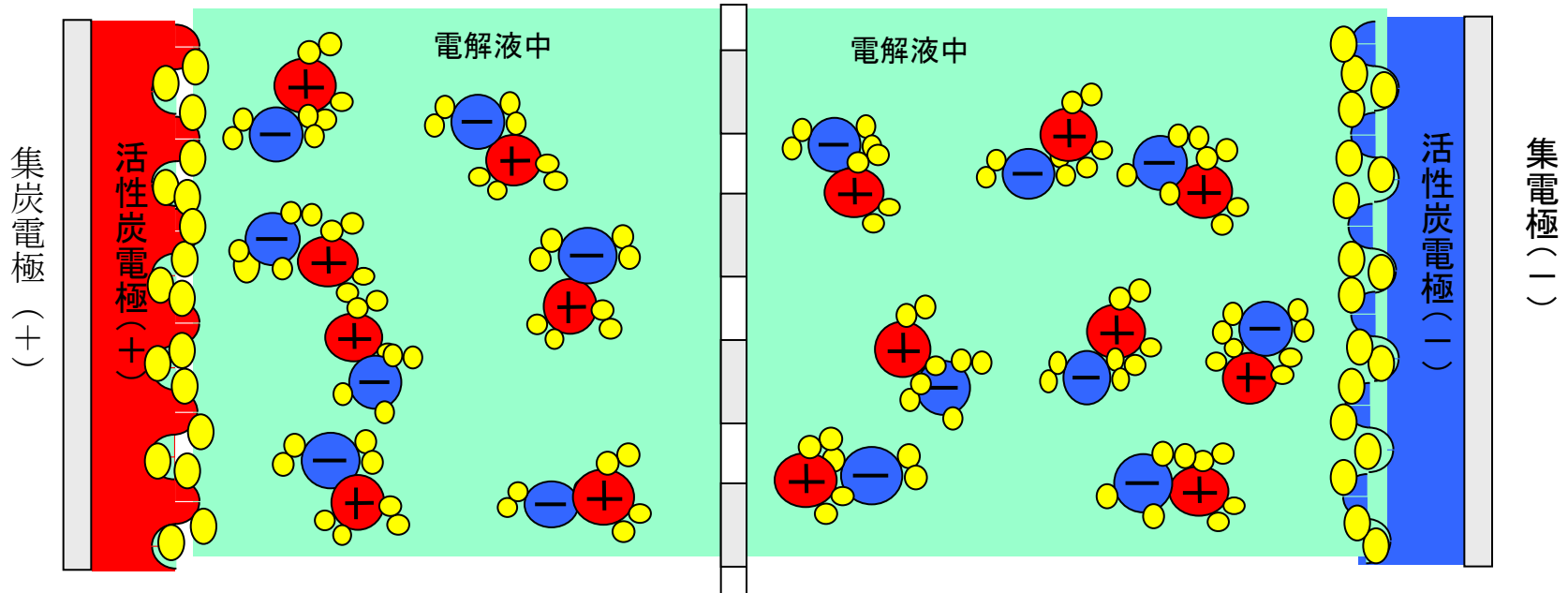
出典: フリー百科事典「ウィキペディア(Wikipedia)」

荷電電粒子間に働く反発又は引き合う力は、それぞれの電  
荷の積に比例し、距離の2乗に反比例する。



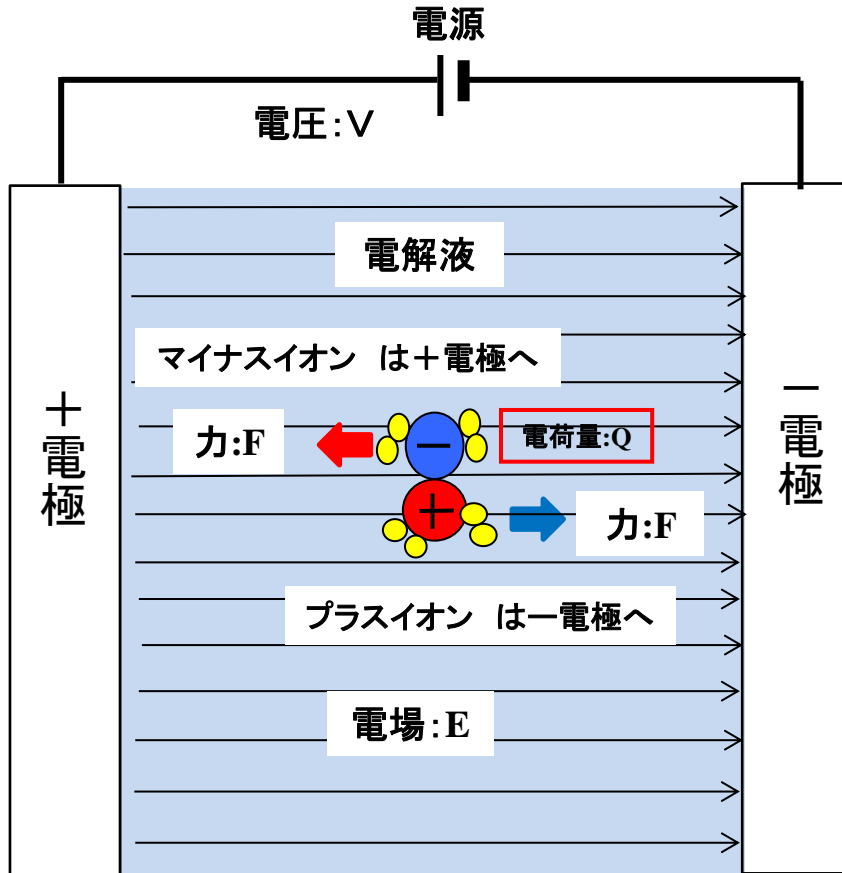
# EDLCの電解液中のイオン

● : 電解液の分子      ⊕ : プラスイオン      ⊖ : マイナスイオン



＋イオンと－イオンはクーロン力によって結合（電圧零）

# 電解液中のイオンの動き(充電時)



+電極と-電極に電圧Vを印加すると電解液の中は電場:Eが発生する。電解液中の結合イオンにはクーロン力Fが働き、+イオンは-電極の方へ、-イオンは+電極の方へ引かれる。力Fは電場Eとイオンの電荷量Qの積に比例する。

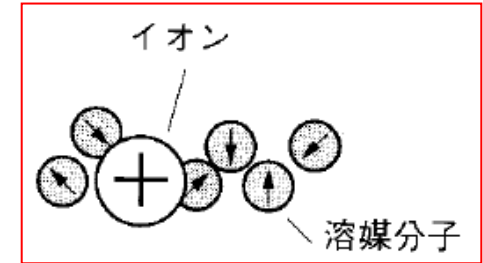
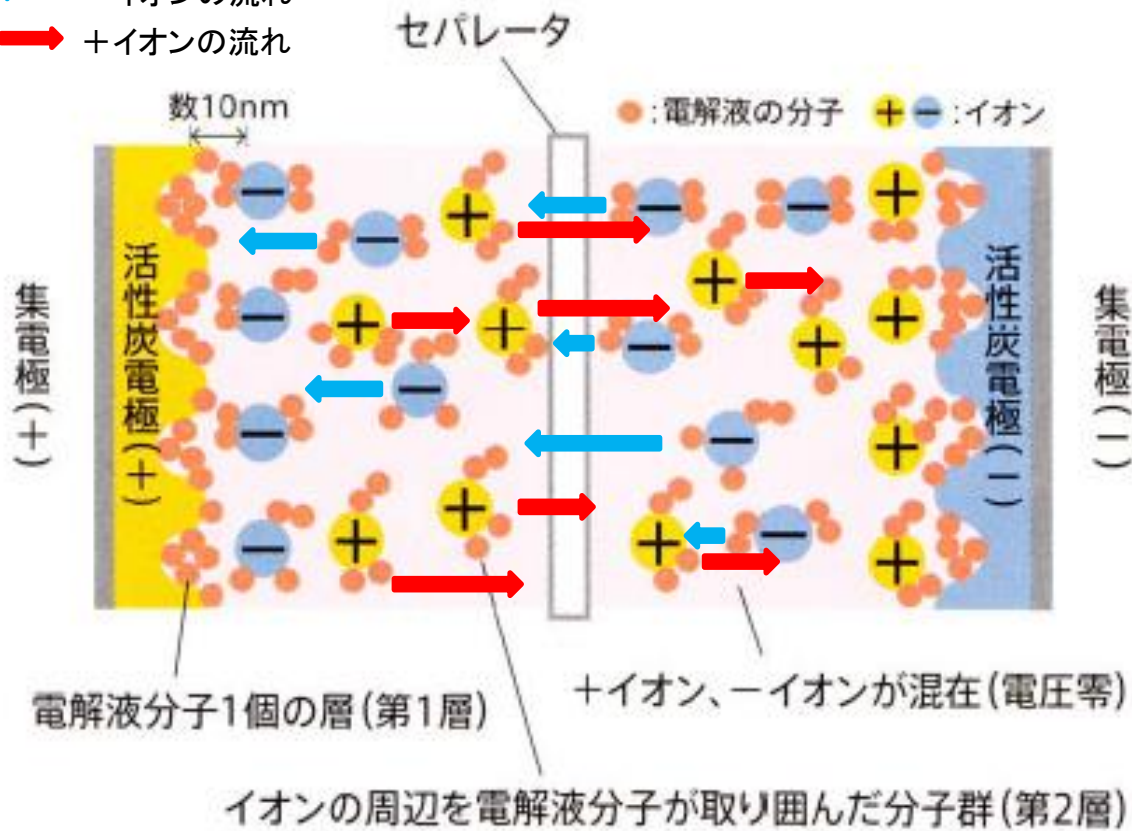
$$F \propto E \cdot Q$$

(第3回講座テキスト再掲)

# EDLCの電解液の中を流れる 電流(充電時)

(第3回講座テキスト再掲)

← -イオンの流れ  
→ +イオンの流れ



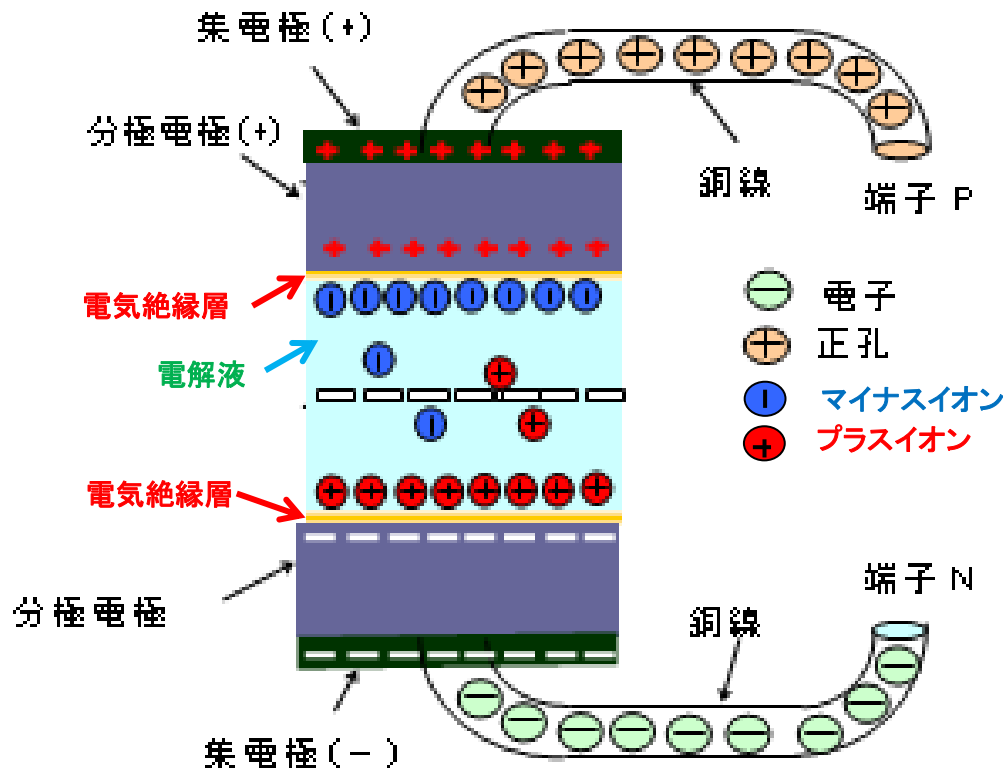
出典: 岡村勉著「電気二重層キャパシタと蓄電システム」(第3版 図2-4 (P32))

イオンは電荷を持った原子(原子群)であるのでクーロン力が働いて、電子と同じような動きをする。



# 充電された電気二重層キャパシタ の電気の状態

端子になにもつながっていない状態



## プラス電極側では

プラスの分極性電極に引き寄せられた電解液のマイナスイオンに対峙する形でプラスの電気(正孔)がプラスの分極性電極に蓄積される。プラスの分極性電極に電氣的に接続されているプラスの集電極と銅線にもプラスの電気(正孔)が蓄積される。

## マイナス電極側では

マイナスの分極性電極に引き寄せられた電解液のプラスイオンに対峙する形で電子がマイナスの分極性電極に蓄積される。マイナスの分極性電極に電氣的に接続されているマイナスの集電極と銅線にも電子が蓄積される。

図4 (一部加筆)

# 充電された電気二重層キャパシタの放電

## プラス電極側では

プラス集電極とマイナス集電極とが抵抗体を介して接続されるとプラス側電極に蓄積されていたプラスの電気(正孔)はマイナス集電極(含む銅線)の電圧に引き寄せられ抵抗体を通してマイナス電極側に向かって移動する。移動中、マイナス電極側から移動して来た電子と結合してプラスの電気(正孔)は消滅する。プラスの電極側のプラスの電気(正孔)が1個消滅することになり、このプラスの電気(正孔)に対峙していたマイナスイオンは対峙が解かれ電解液中に拡散して行き、マイナスの分極電極から離れて電解液中に拡散して来たプラスイオンと結合する。

## マイナス電極側では

プラス電極側の反対の動作。

プラスをマイナスに、プラスの電気(正孔)を電子に読み替えた動作。

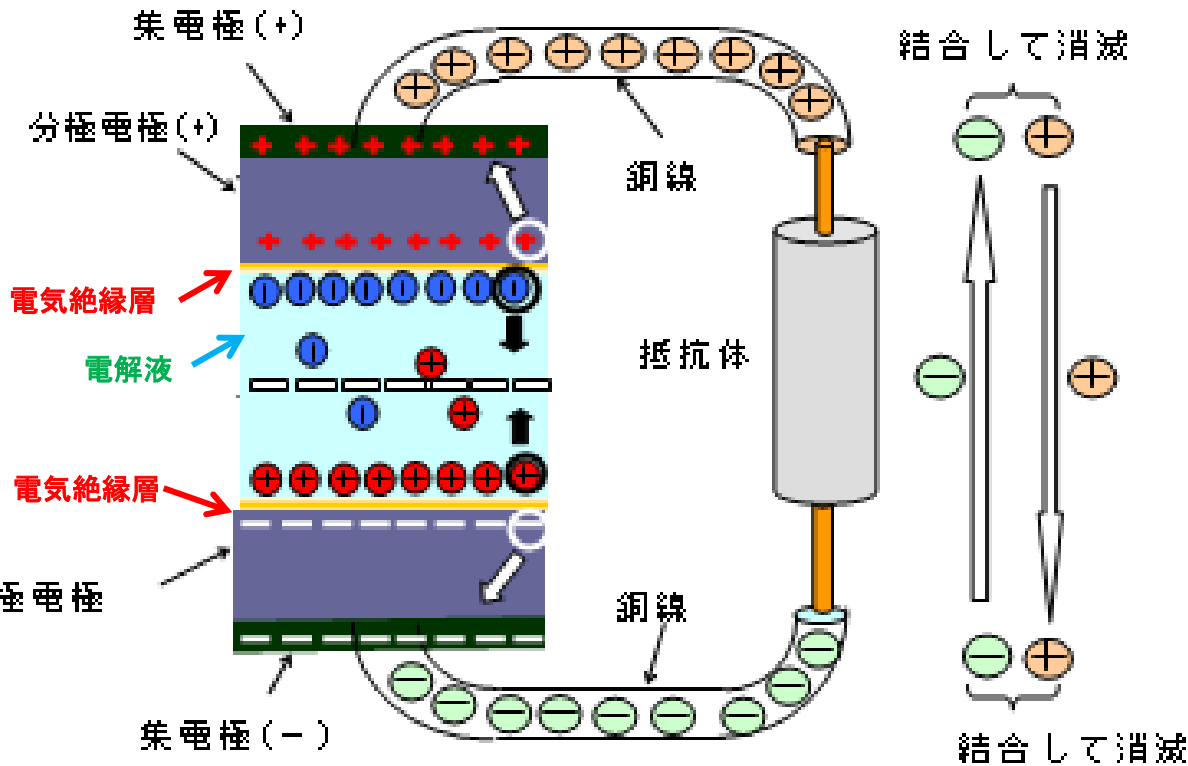


図5 (一部加筆)

キャパシタフォーラム

# キャパシタ基礎講座

次回(第5回)内容

開催日(予定) 2016-2-19

## EDLCの放電

参考テキスト: ECaSS フォーラム会報誌第5号

(電気二重層キャパシタ解説シリーズ(第4回))

1. EDLCの内部抵抗
2. オーム・ファラッド