キャパシタフォーラム

キャパシタ基礎講座

木下　繁則

第1回(2015-10-16）

基礎講座　プロローグ

電気と電気エネルギー（復習）

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18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	3月度フォーラム	セパレータ	第5回	
	日程未定	EDLCのセパレータ	6号(2011年)	
7回	定例フォーラムで順次	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		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		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）	

電気の復習

１．各種エネルギーの供給比較

２．仕事とエネルギー

３．電気エネルギーの特徴

４．電気の発生と電気の流れ

各種エネルギー供給の特徴

石油

タンカー

石油タンク

タンクローリー

ガソリンスタンド

ガス

ガス精製

パイプライン

ガス貯蔵タンク

地中配管

水素

水素貯蔵タンク

タンクローリー

水素ステーション

電気

発電所

発電機

送電線

変電所

配電所

配電線

電柱

電線

電気の一般知識

（電気の発見）

電気（Electricity)の語源

ギリシャ語の琥珀：Elektron

電気の発見

紀元前600年頃（ギリシャ時代）、数学者タレス（624-547) が 琥珀をこすり合わせると周囲のチリを引き寄せる不思議な現象（力）を発見(文献が残っている）。

イギリスの科学者W.ギルバート(1540-1600)は上記不思議な力は“静電気”によるものである事を突き止める。
この不思議な力の正体をギリシャ語の琥珀（Elektron）にちなんでをElectricsと命名した。

参考資料：「電気のしくみ」新星出版社編（2008年）

仕事とエネルギー

・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）

・存在するエネルギー

１）位置エネルギー：mgh　　m：質量（Kg）、g：重力加速度(m/s^2)、h：高さ（m）

２）運動エネルギー：$mv^2/2$　　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

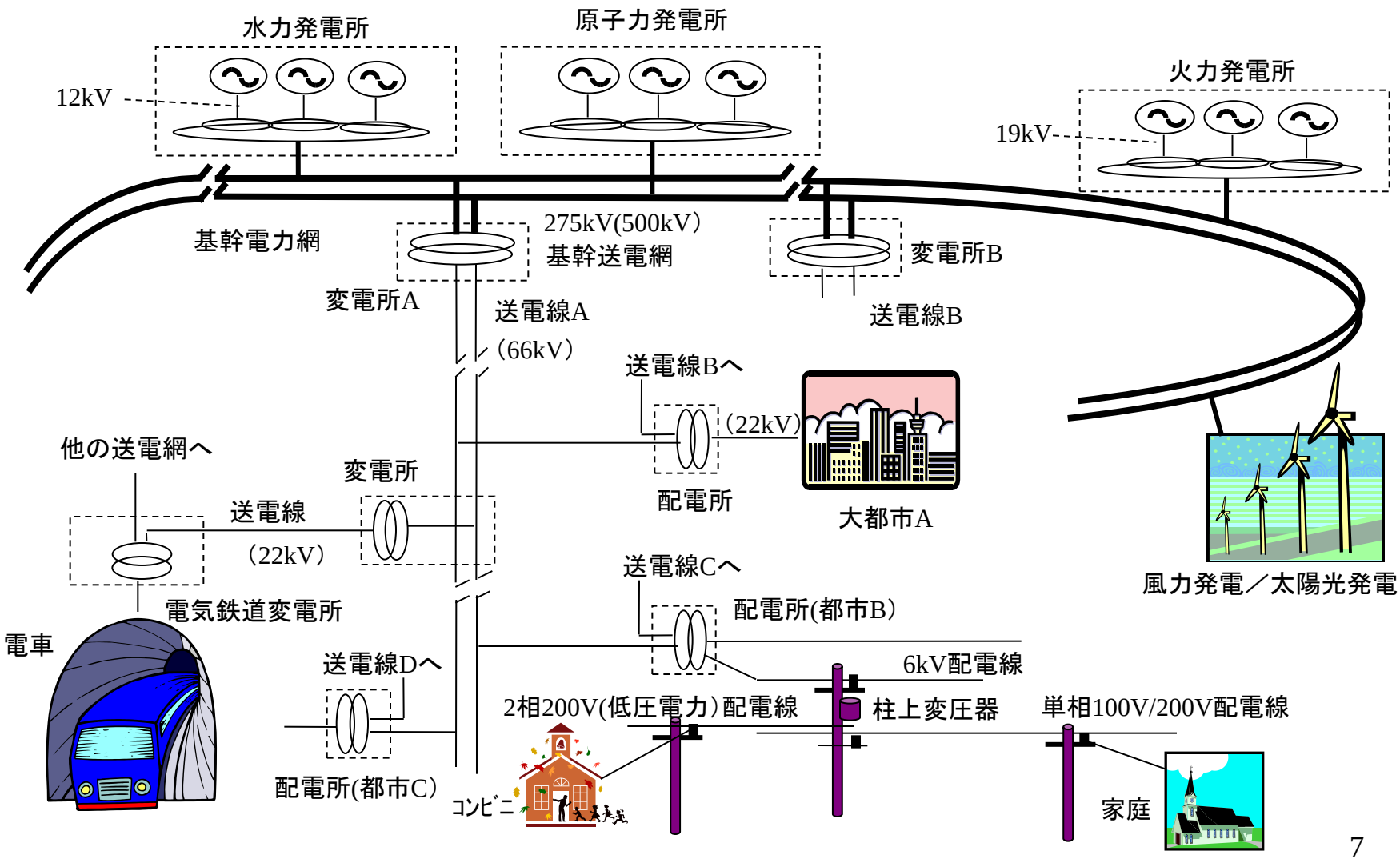
４）電力の発生・・発電機

・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)

電気エネルギーの流れ

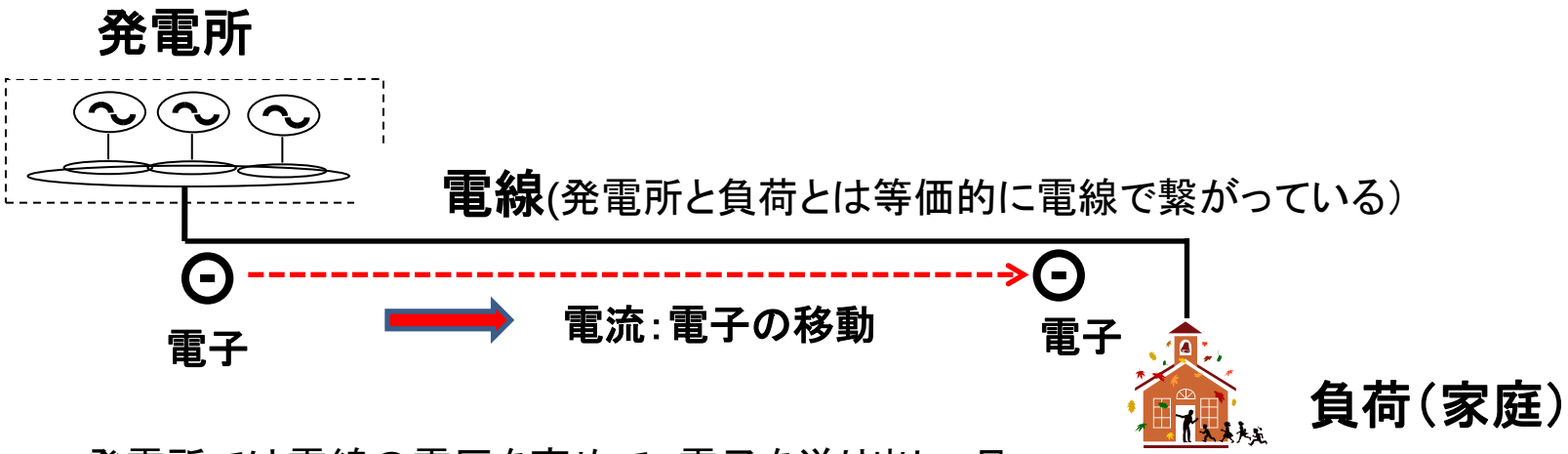

水力発電所
原子力発電所
火力発電所
12kV
19kV
基幹電力網
275kV(500kV)
基幹送電網
変電所A
変電所B
送電線A
(66kV)
送電線B
送電線Bへ
(22kV)
配電所
大都市A
他の送電網へ
変電所
送電線
(22kV)
電気鉄道変電所
電車
風力発電／太陽光発電
送電線Cへ
配電所(都市B)
6kV配電線
送電線Dへ
2相200V(低圧電力)配電線
柱上変圧器
単相100V/200V配電線
配電所(都市C)
コンビニ
家庭

電気エネルギーの流れの基本

電気の流れ

↓

銅線(アルミ線)の中の電子の流れ



・発電所では電線の電圧を高めて、電子を送り出し、且つ
　送り続ける。

・発電所で発生した電子の流れは負荷までの電線の中を流れ続ける。

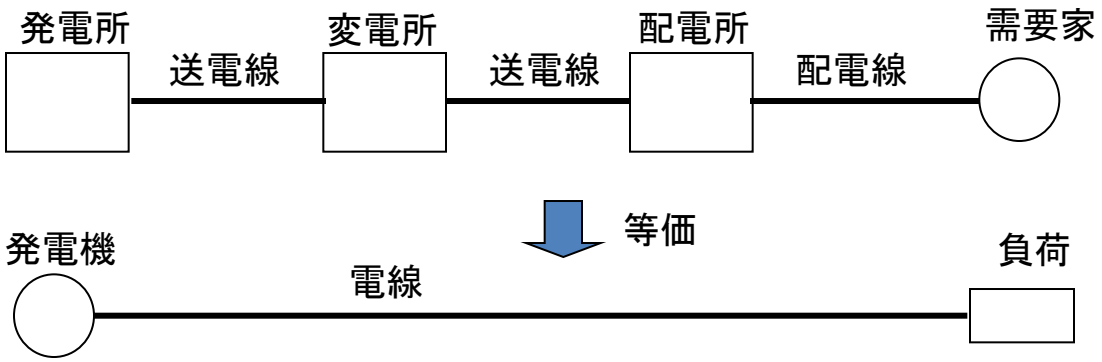
・発電所で発生した電子の量と負荷で受け取る電子の量は同じ。

・発電所での発生電力＝負荷での吸収電力

電気エネルギーの特徴
（商用電力網の場合）

1．電気エネルギーは一瞬たりとも停電は許されない。

発電機と負荷とは等価的に電線で結ばれているので、発生電力(W)と消費電力(W)は常に一致（中間の蓄電装置がない場合）。



2．発電電力（W）と消費電力（W)は常に同じである。

発電機と負荷とは等価的に電線で結ばれているので、電線を切ること（停電）は許されない（中間の蓄電装置がない場合）。

発電電力と消費電力は同時・同量であること

＊ 電気工学苦ハンドブック　第6版　P955(電力系統の特質）

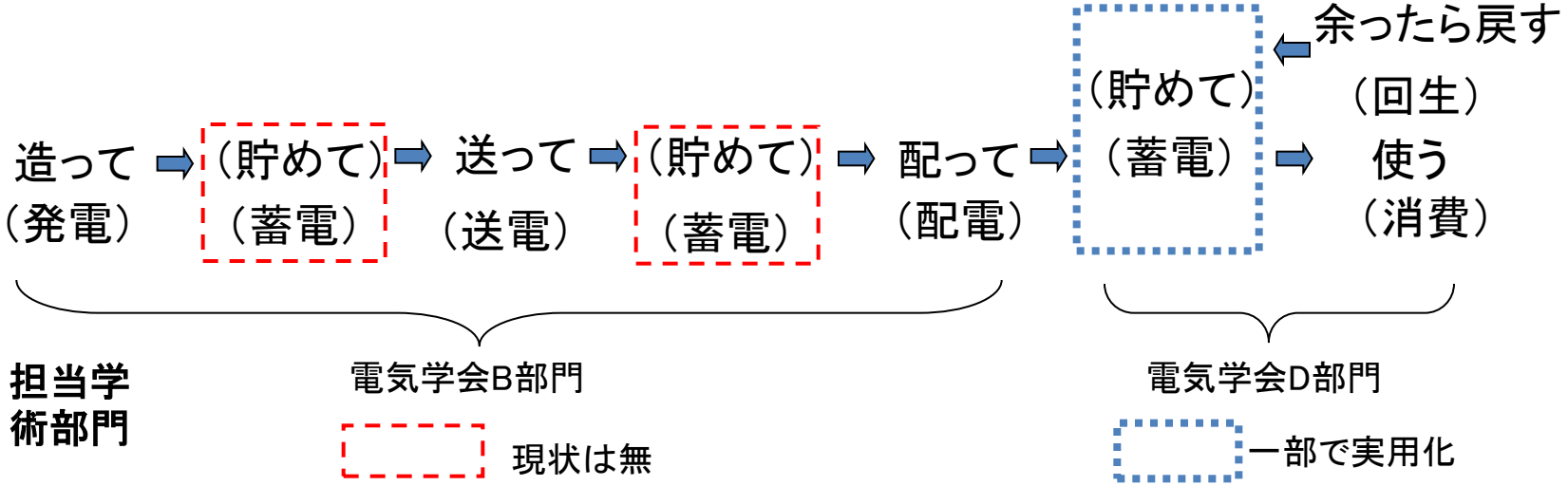
商用電力供給安定化の現状（1）

需要家受電電圧変動範囲

100V給電：95V～107V（101V±6V）
200V給電：202V±20V

周波数変動範囲

±0．2Hz



商用電力供給安定化の現状（2）

1. 電力供給網の現状

蓄電装置：なし

2. 電力の安定制御の基本 ⇒ 発電電力と消費電力の差電力の調整

1）周波数・有効電力制御

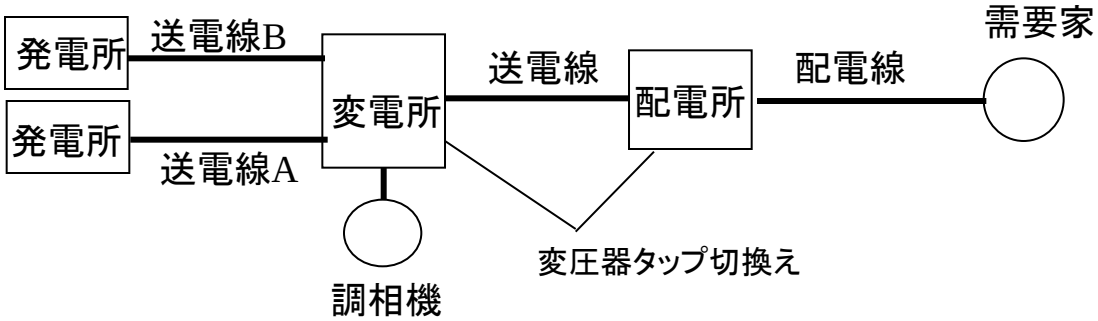
＊ 電気工学苦ハンドブック　第6版　P971(周波数・有効電力制御）

2）電圧・無効電力制御

＊ 電気工学苦ハンドブック　第6版　P978(電圧・無効電力制御）

3）潮流調整

＊ 電気工学苦ハンドブック　第6版　P976(潮流調整）



電気学会での“貯める”の認識(1)

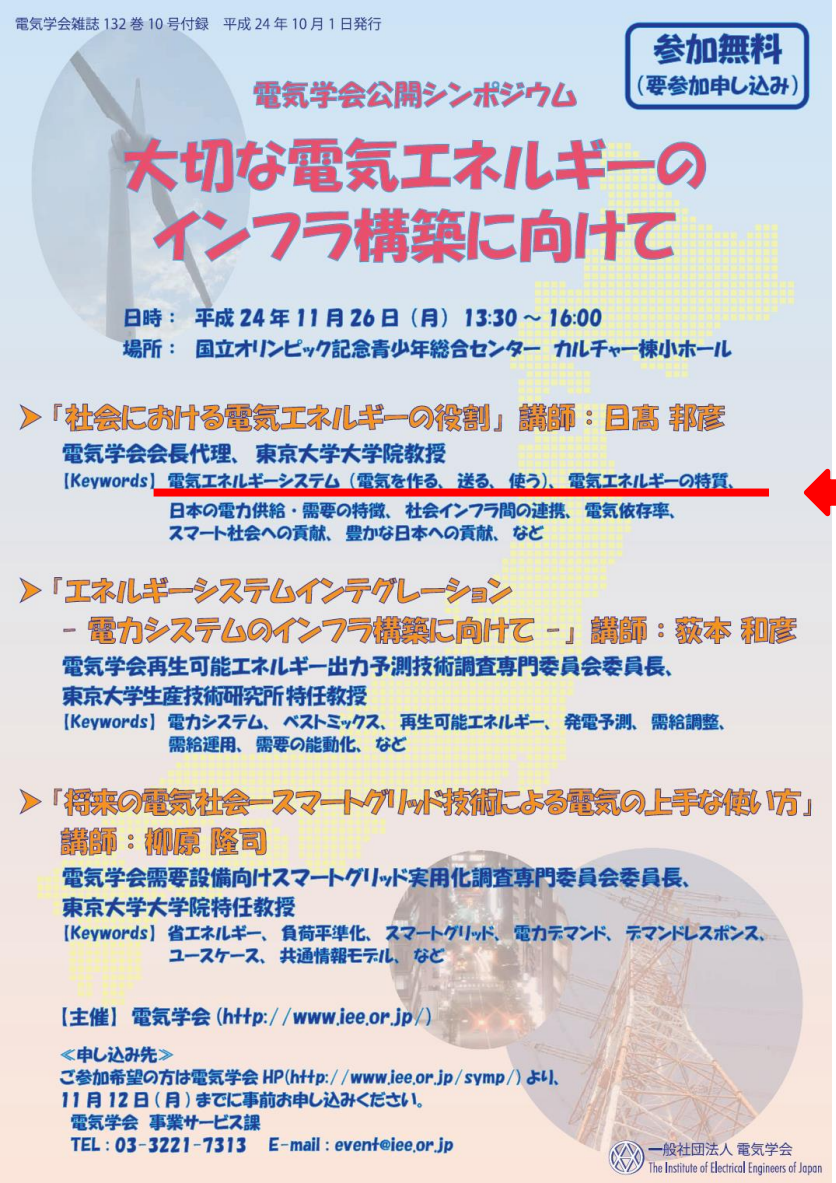
公開シンポジウム　大切な電気を効率的につくる。送る。賢く使う：千代田区

東日本大震災の発生から２年半が経過し，電気システムの在り方について電源や系統の構成，需要側のスマート化など，さまざまな検討が行われ，施策が進められています。
大切な電気エネルギーを安全に安心して使っていくためには，議論が集中しがちな如何に電気を「つくる」のかという問題と同時に，電気を「送る」，「使う」を上手にスマートにしていくことが重要であると考えられます。そのためには，電気エネルギーの選択肢を広げるための様々な方策について，電気システムの特質，課題を踏まえた全体的議論が行われるよう，認識を広めることが必要であると考えます。
今回は，「大切な電気を効率的につくる。送る。賢く使う」と題するシンポジウムを下記のように開催いたします。

“貯める”がない。

速報	こちらからPDF
開催日	平成26年2月3日（月）13：30～17：20
会場	學士會館　210会場　（千代田区神田錦町3-28）
主催	一般社団法人電気学会
入場・参加	無料（事前参加申込をお願いします。会員のみならず，高校生，大学生，大学院生および一般の方々の参加もお待ちしておりますので，お誘い合わせの上，ご来場下さい）

電気学会での“貯める”の認識(2)



電気学会雑誌 132 巻 10 号付録　平成 24 年 10 月 1 日発行

参加無料
（要参加申し込み）

電気学会公開シンポジウム

大切な電気エネルギーの
インフラ構築に向けて

日時：　平成 24 年 11 月 26 日（月）13:30 ～ 16:00
場所：　国立オリンピック記念青少年総合センター　カルチャー棟小ホール

➤「社会における電気エネルギーの役割」講師：日高 邦彦
電気学会会長代理、東京大学大学院教授
[Keywords] 電気エネルギーシステム（電気を作る、送る、使う）、電気エネルギーの特質、
日本の電力供給・需要の特徴、社会インフラ間の連携、電気依存率、
スマート社会への貢献、豊かな日本への貢献、など

➤「エネルギーシステムインテグレーション
－電力システムのインフラ構築に向けて－」講師：荻本 和彦
電気学会再生可能エネルギー出力予測技術調査専門委員会委員長、
東京大学生産技術研究所特任教授
[Keywords] 電力システム、ベストミックス、再生可能エネルギー、発電予測、需給調整、
需給運用、需要の能動化、など

➤「将来の電気社会ースマートグリッド技術による電気の上手な使い方」
講師：柳原 隆司
電気学会需要設備向けスマートグリッド実用化調査専門委員会委員長、
東京大学大学院特任教授
[Keywords] 省エネルギー、負荷平準化、スマートグリッド、電力デマンド、デマンドレスポンス、
ユースケース、共通情報モデル、など

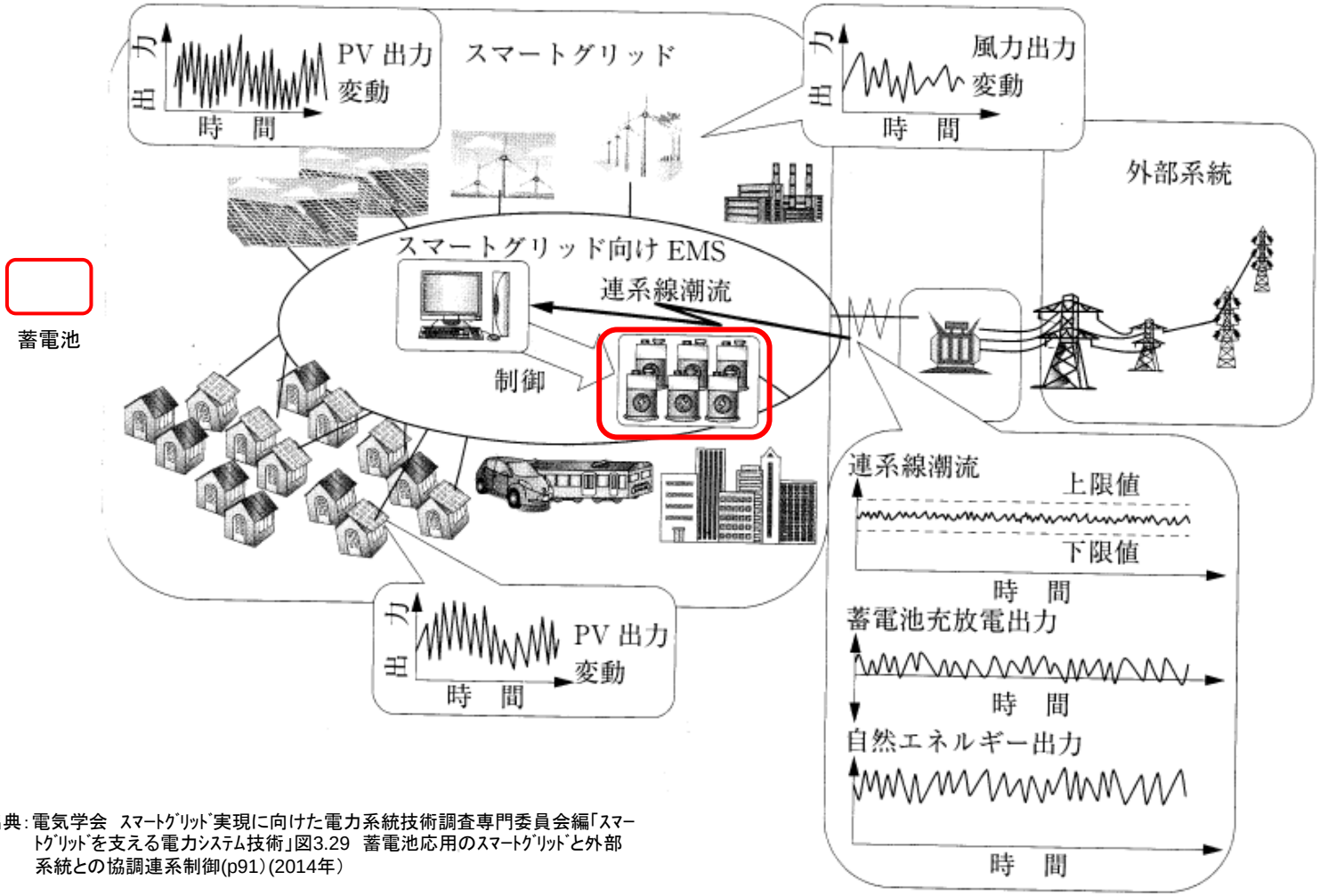
【主催】電気学会（http://www.iee.or.jp/）

＜申し込み先＞
ご参加希望の方は電気学会 HP(http://www.iee.or.jp/symp/) より、
11 月 12 日（月）までに事前お申し込みください。
電気学会　事業サービス課
TEL：03-3221-7313　E-mail：event@iee.or.jp

一般社団法人 電気学会
The Institute of Electrical Engineers of Japan

“貯める”
がない。

電気学会のｽﾏｰﾄｸﾞﾘｯﾄﾞへの蓄電池応用提案事例（“貯める”の顕在化）



出典：電気学会　ｽﾏｰﾄｸﾞﾘｯﾄﾞ実現に向けた電力系統技術調査専門委員会編「ｽﾏｰﾄｸﾞﾘｯﾄﾞを支える電力ｼｽﾃﾑ技術」図3.29　蓄電池応用のｽﾏｰﾄｸﾞﾘｯﾄﾞと外部系統との協調連系制御(p91)(2014年)

電気の流れ(電流)とは？

その1：銅線の中を流れる電流？

↓

電子の移動

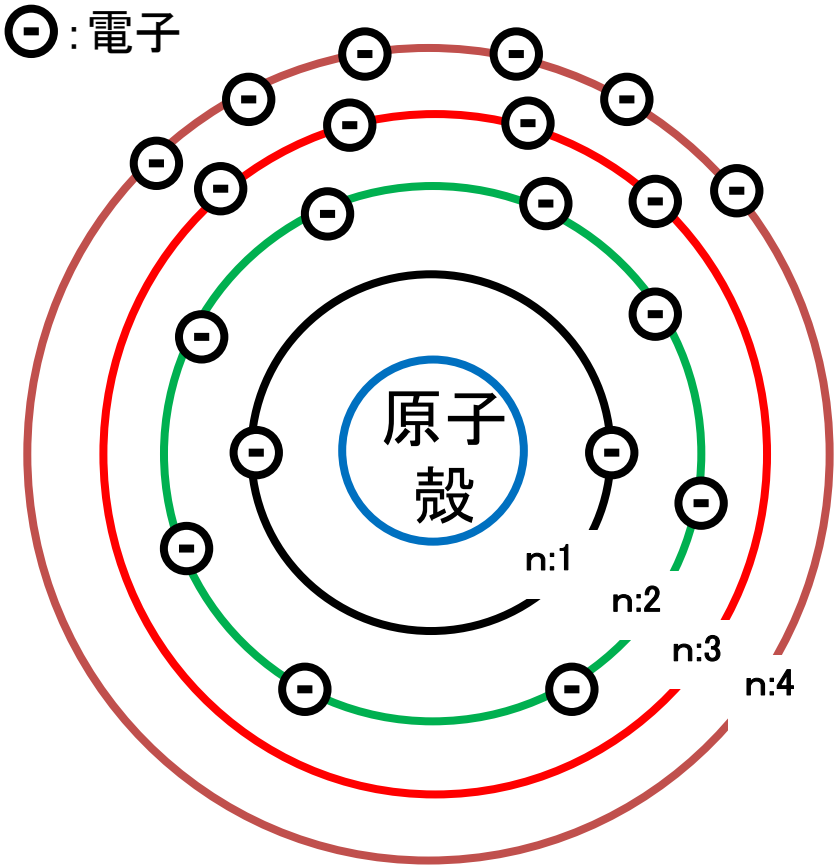
その2：電池の中を流れる電流？

↓

イオンの移動

電子とは？

原子の電子配列



電子：負の電気を持った物

電荷量：1.6×10^{-19}（クーロン）

大きさ：なし（わかっていない）

殻の最大電子数：$2 \cdot n^n$

K殻(n=1)：2

L殻(n=2)：8

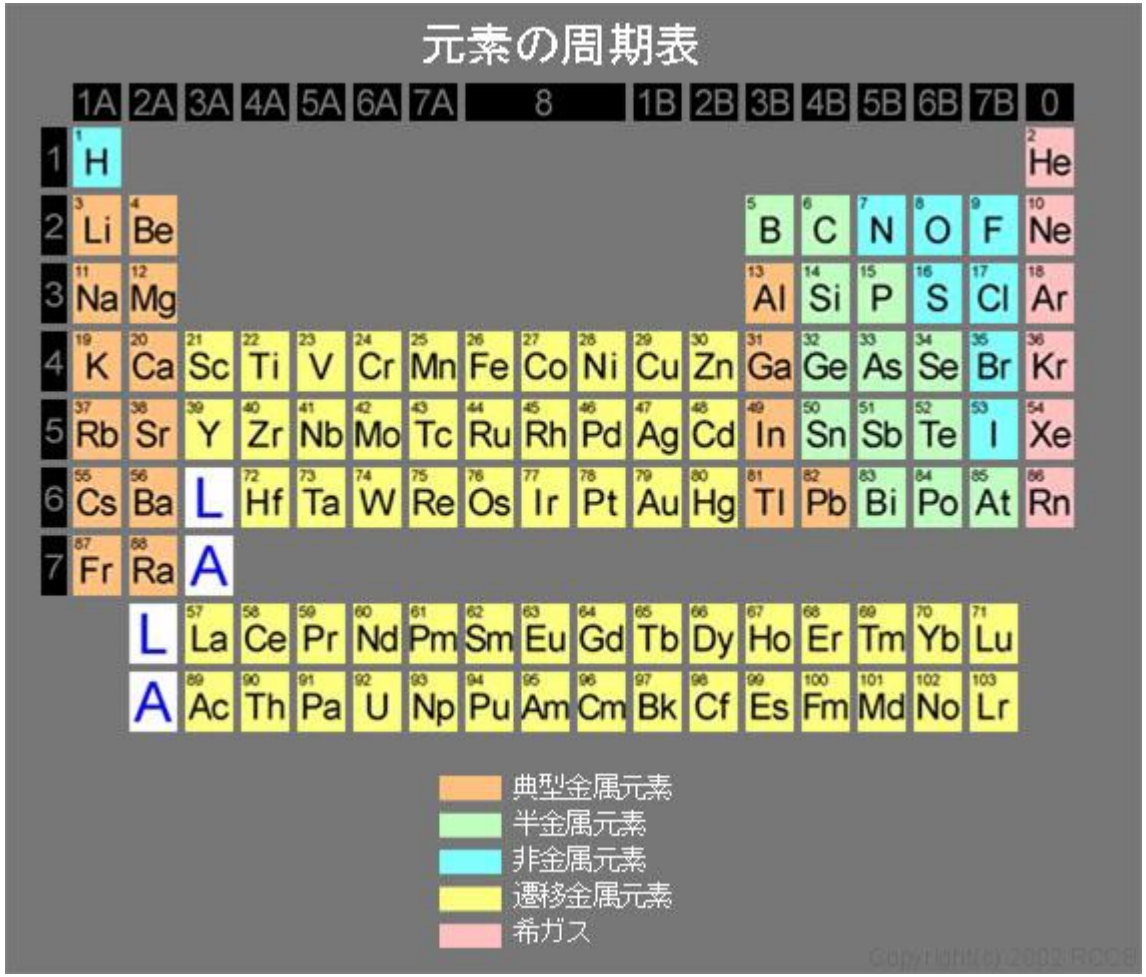
M殻(n=3)：18

最外殻の電子数：原子価

最外殻原子数：1⇒1価の原子

最外殻原子数：3⇒3価の原子

元素の周期率表



出典：Iホームページhttp://cinfo.ims.ac.jp/periodec/indexj.html

原子の電子配列

元素名	原素記号	K	L	M	N
水素	$_{1}$H	1			
ヘリウム	$_{2}$He	2			
リチウム	$_{3}$Li	2	1		
ベリリウム	$_{4}$Be	2	2		
ホウ素	$_{5}$B	2	3		
炭素	$_{6}$C	2	4		
窒素	$_{7}$N	2	5		
酸素	$_{8}$O	2	6		
フッ素	$_{9}$F	2	7		
ネオン	$_{10}$Ne	2	8		
ナトリウム	$_{11}$Na	2	8	1	
マグネシウム	$_{12}$Mg	2	8	2	
アルミニウム	$_{13}$Al	2	8	3	
ケイ素	$_{14}$Si	2	8	4	
リン	$_{15}$P	2	8	5	
硫黄	$_{16}$S	2	8	6	
塩素	$_{17}$Cl	2	8	7	
アルゴン	$_{18}$Ar	2	8	8	
カリウム	$_{19}$K	2	8	8	1
カルシウム	$_{20}$Ca	2	8	8	2

価電子:0 ⇒ 安定した原子

価電子:1

価電子:2

価電子:3

価電子:0 ⇒ 安定した原子

価電子:1

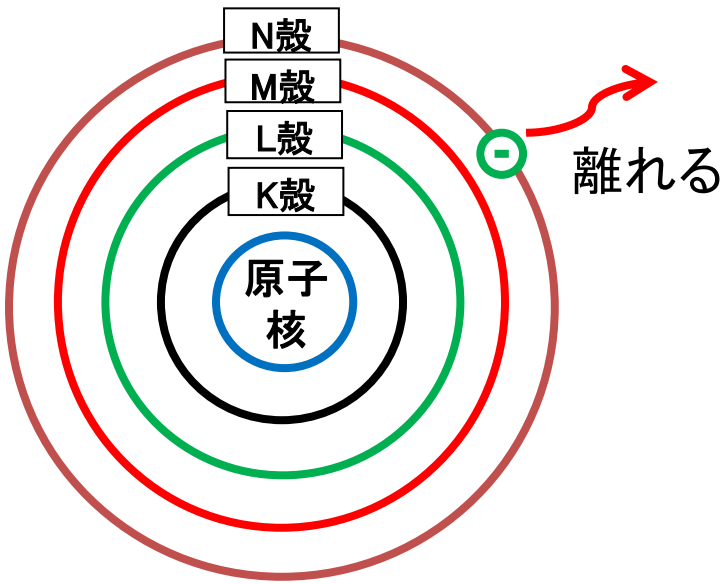
価電子:3 ⇒Ⅲ属原子⇒ P形シリコン半導体

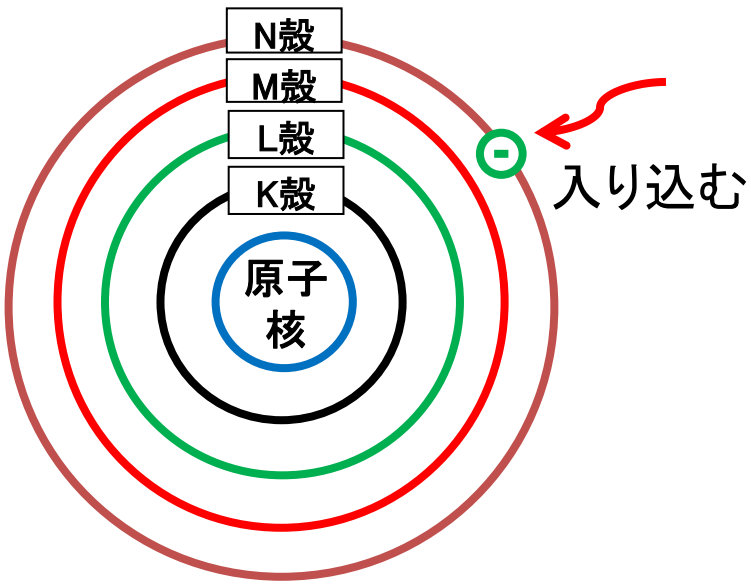
価電子:4 ⇒Ⅳ属原子⇒ シリコン半導体のベース材料

価電子:5 ⇒Ⅴ属原子⇒ N形シリコン半導体

価電子:8 ⇒ 安定した原子

正の原子と負の原子





電子が出ていった原子：
＋（プラス）の電気を持った原子

電子が出ていったところ

正孔(ホール)

電子が入り込んだ原子：
－（マイナス）の電気を持った原子

電子：エレクトロン

電気の基礎知識

（1）電子の出入りがなければ原子は中性（電 気を持たない）。

（2）中性の原子は電子の出入りによって電気的性質が変わる。⇒帯電する。

正に帯電：正の原子、負に帯電：負の原子。

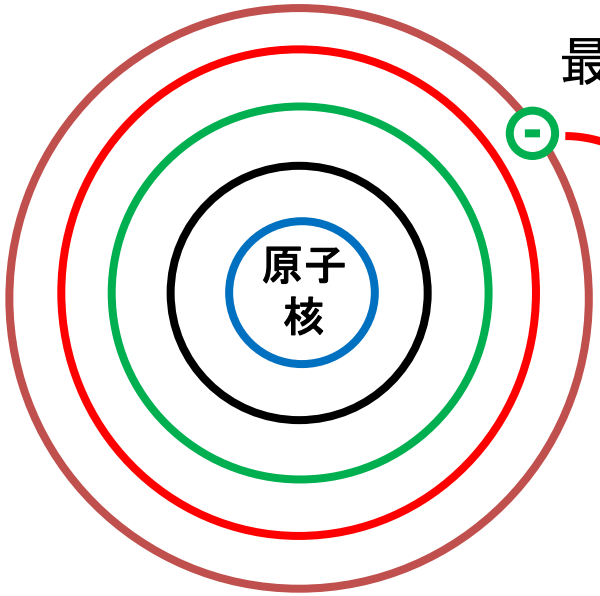
（3）帯電した状態(性質）：電荷

（4）電荷の大小表示：電荷量 （単位：クーロン）

（5）電荷は電気現象のすべての源。

（6）電子の電荷量：電気素量（$1.60217733 \times 10^{-19}$クーロン）
：最小電荷量

物質の中の電気の流れのメカニズム



最外殻電子

原子から離れやすい

↓

離れた電子：電子自由電子

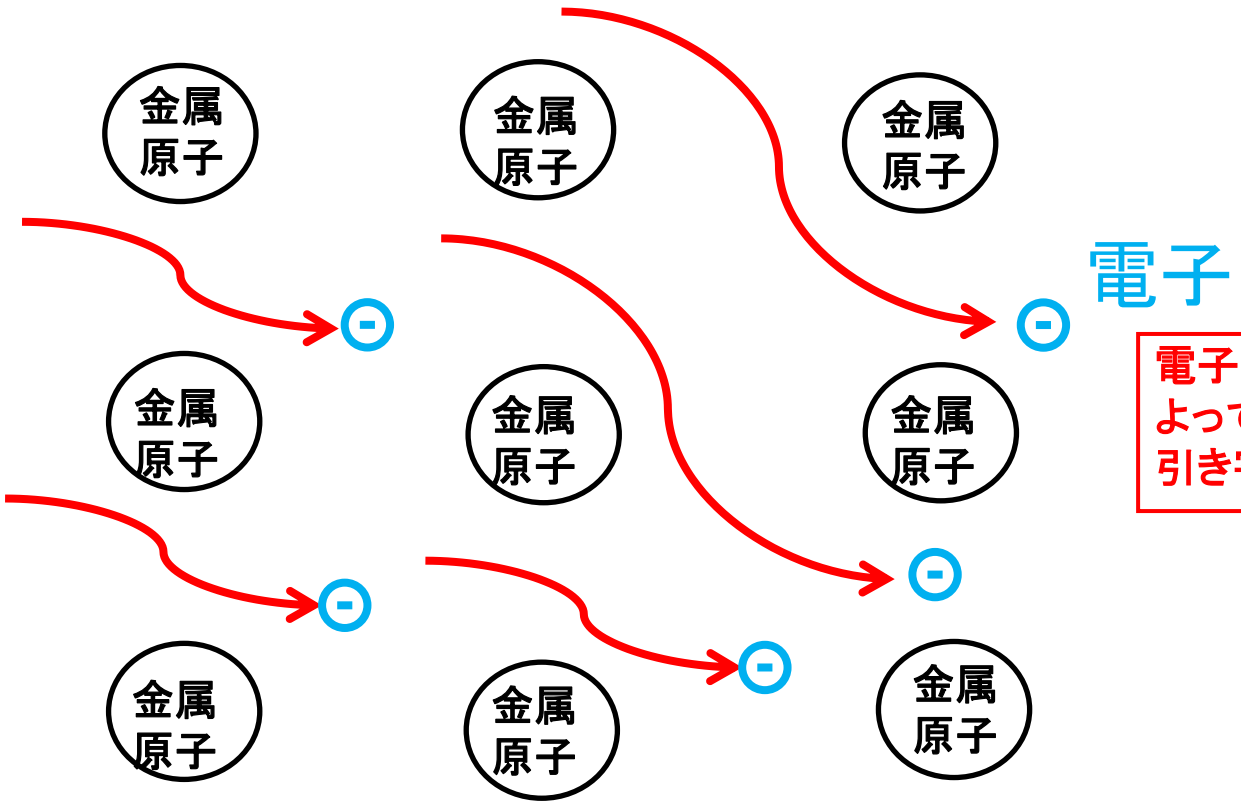
↓

物質の中の電気の流れのもと

物質の中の電気の流れは電子の流れ

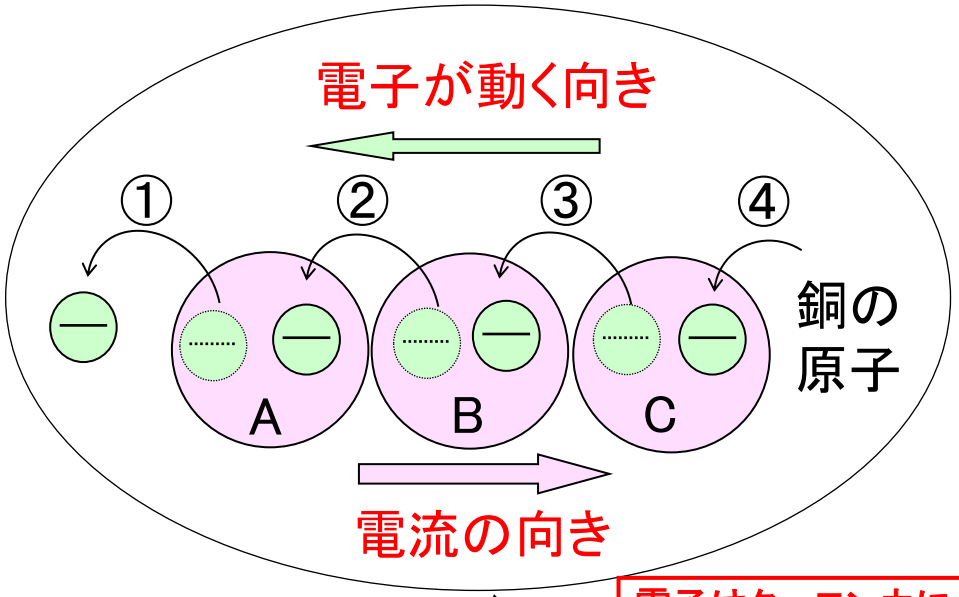
銅は最外殻電子数：1（1価の原子）

物質の中の電子の流れ



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。

銅線の中の電気の流れのメカニズム



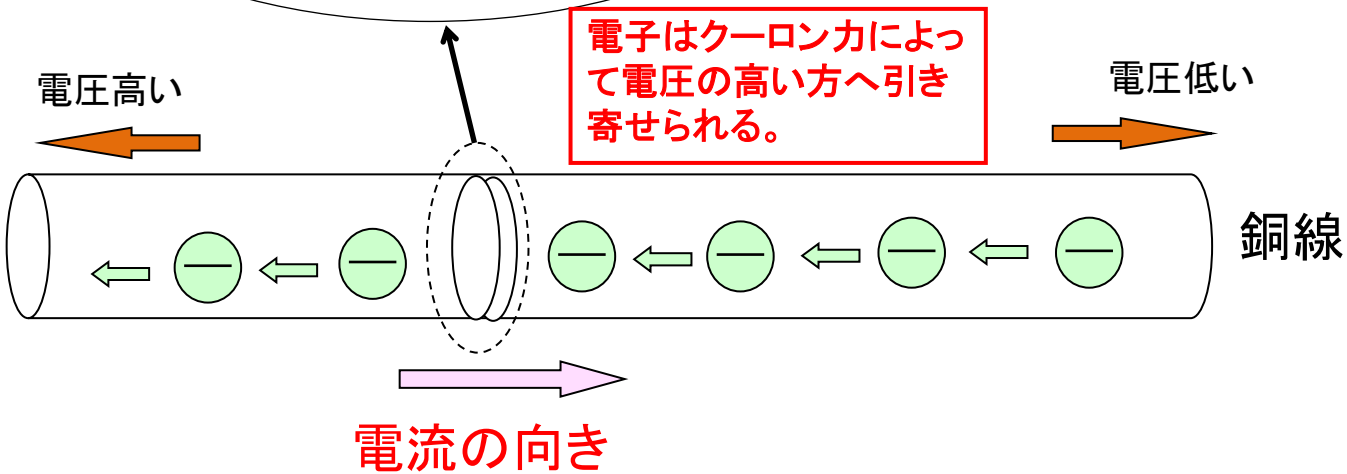
電流の定義

1(A)=1秒間に1クーロンの電荷の移動

（1(A)=1秒間に6.0×10^{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。

キャパシタフォーラム

キャパシタ基礎講座

次回（第２回）内容

開催日（予定）　2015-11-13

“電気を蓄える”の基礎

参考テキスト：ECaSS フォーラム会報誌第2号
（電気二重層キャパシタ解説シリーズ（第1回））

１．電気を蓄える
２．キャパシタ、電池
３．放電、充電