

平成22年度 工V系(社会環境工学科) 第9回 電磁気学 I
天野 浩

項目

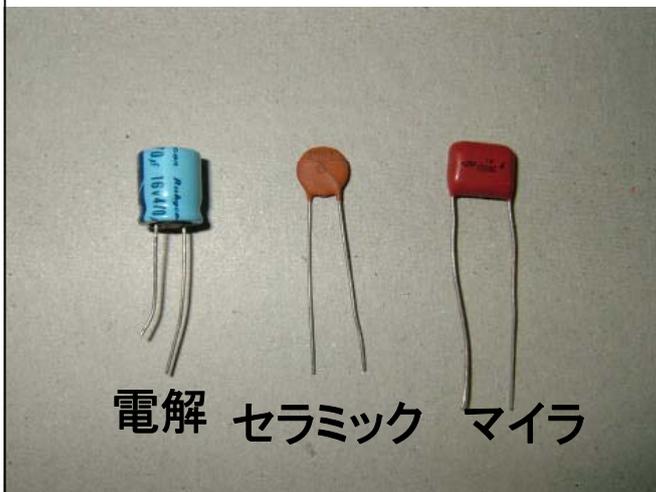
コンデンサ

* 本日は、電気回路の重要な素子の一つ、電荷を溜めることのできるコンデンサの原理を学習します。

* コンデンサとキャパシタ → 英語圏:キャパシタ コンデンサ:非英語圏
英語圏でコンデンサとは、冷凍機の凝縮器

* 関数電卓を持参すること。

実際のコンデンサの例



http://www.saga-ed.jp/kenkyu/kenkyu_chousa/h16/16kougyojyouho/s eisaku_tisiki/capacitor.html



<http://jisaku.sakura.ne.jp/mother/faq/image/image2-1.jpg>



http://www.nanocarbon.jp/various_uses/001.html



コンデンサの重要性



http://www.mitsubishi-motors.co.jp/special/eco/about_imiev1.html

Li



<http://toyota.vo.llnwd.net/e1/toyota/prius/>

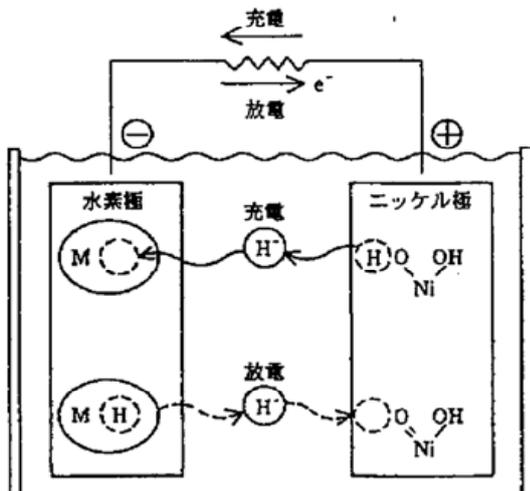
NiH



<http://www.honda.co.jp/INSIGHT/3dview/index.html>

NiH

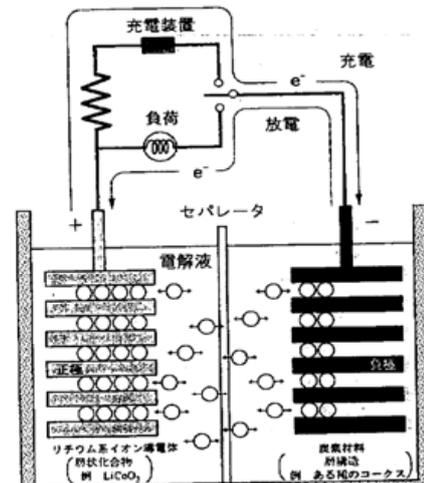
コンデンサの重要性



水素吸蔵合金

水酸化Ni

NiH電池の原理



Li層状化合物

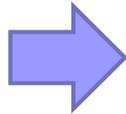
層状炭素材料

Liイオン電池の原理

コンデンサの重要性

電池の種類	体積エネルギー密度	重量エネルギー密度
リチウムイオン	520Wh/L	201Wh/kg
ニッカド	110Wh/L	39Wh/kg
鉛蓄電池	82Wh/L	40Wh/kg
ニッカド	172Wh/L	55Wh/kg
ニッケル水素	390Wh/L	100Wh/kg
アルカリ乾電池	109Wh/L	36Wh/kg

<http://www.baysun.net/lithium/lithium03.html>



NiH, Li いずれも危険性あり

コンデンサの重要性



電気二重層キャパシタ

<http://www.ohki-techno.com/environment.html>

■表1 キャパシタの種類と特長

F：ファラド。キャパシタの容量を表わす単位

種類	構造	静電容量	特長
アルミニウム電解キャパシタ	プラス極のアルミニウムの表面に酸化被膜を形成し、これに電解液をしみ込ませた紙を巻き付ける	0.1μF~330,000μF	使用温度範囲：-55~125℃ 耐久時間：500~1,000時間 定格電圧：4~450V
タンタル固体キャパシタ	プラス極はタンタルを電解酸化して酸化被膜をつくり、これに二酸化マンガンを付着させてつくる	0.1μF~50μF	使用温度範囲：-55~125℃ 耐久時間：2,000時間 定格電圧：4~50V
機能性高分子タンタル電解キャパシタ	高分子タンタル化合物を利用してつくられる	150μF~220μF	使用温度範囲：-55~105℃ 耐久時間：1,000時間 定格電圧：4、6.3V
セラミックキャパシタ	チタン酸バリウムなどの円板を銅電極ではさんだものを塗装	10pF~100,000 pF	〈中圧用〉 定格電圧：1~4,000V 〈高圧用〉 定格電圧：10,000~15,000V
チップ型積層セラミックキャパシタ	チタン酸バリウムなどを積み重ねて層状にしたチップ型のもの	〈一般電子機器用〉 0.5pF~1,000μF 〈多連型〉 10pF~100,000 pF 〈超薄型〉 100pF~100,000 pF	〈一般電子機器用〉 定格電圧：6.3、10、16、25、50V 〈多連型〉 定格電圧：25、50V 〈超薄型〉 定格電圧：16、25V
電気二重層キャパシタ	二重層にしたもの  積層型 コイン型	〈積層型〉 0.022 F~1.5F 〈コイン型〉 0.1 F~20F 〈超薄型〉 1F~100F 〈円筒型〉 1 F~1000F (詳細は次ページ図1参照)	〈積層型〉 使用温度範囲：-25~70℃ 耐久時間：1,000時間 定格電圧：5.5V 〈コイン型〉 耐久時間：1,000時間 耐久時間：1,000時間 定格電圧：2.5V 〈超薄型〉 使用温度範囲：-25~70℃ 耐久時間：1,000時間 定格電圧：2.3、2.5V
マイカキャパシタ	雲母(マイカ)をアルミニウム板ではさんで樹脂で覆ったもの	1pF~0.01μF	定格電圧：50~1,000V
トリマキャパシタ	両極の対向面積が調整可能	3pF~50pF	定格電圧：50、100、150V
バリコン(可変キャパシタ)	回転羽根と固定羽根の対向面積を連続的に変化させて静電容量を変える	15pF~430pF	誘電体に空気を用い、ラジオなどの同調回路や発振回路などに用いられる

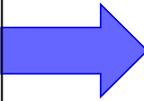
静電容量の定義

1. 空間に孤立した導体に電荷Q[C]が帯電しており、その時の導体の電位がV[V]であるとき、その導体の静電容量Cは

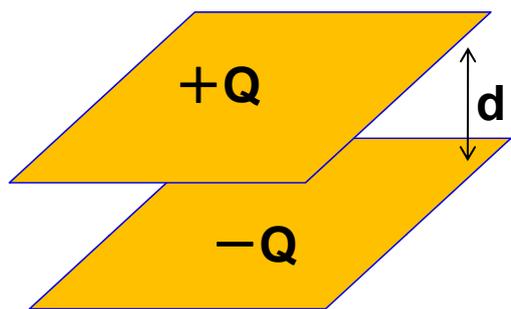
$$C = \frac{Q}{V} [C/V \Rightarrow F] \leftarrow \text{単位はファラド}$$

2. 空間の二つの導体に電荷+Q[C]、-Q[C]が帯電しており、導体間の電位差がV[V]であれば、その導体間の静電容量は

$$C = \frac{Q}{V} [F]$$

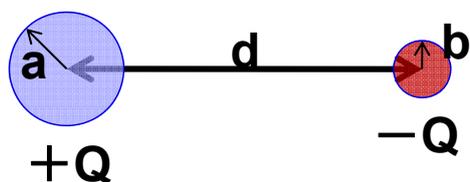
 電荷を蓄えられるように配置した1対の導体をキャパシタ、またはコンデンサと呼ぶ。

Q9-1 真空中に二つの無限平行平板導体があり、それぞれ $+Q$ [C/m^2]、 $-Q$ [C/m^2]の電荷を与えて距離 d [m]だけ放すと、導体間の静電容量はどれくらいか？

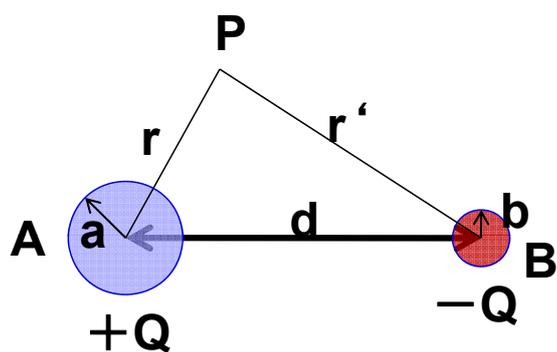


$$\oiint_S \vec{E} \cdot \vec{n} dS = \frac{1}{\epsilon} \Sigma q$$

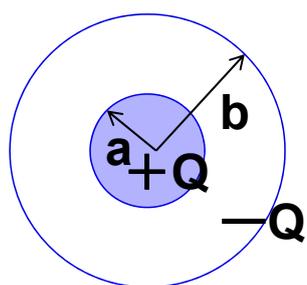
Q9-2 下の図のように球の半径が a [m]および b [m]の二つの導体球A,Bが間隔 d [m]だけ離れて置かれている。それぞれに $+Q$ [C]、 $-Q$ [C]の電荷を与えたとき、静電容量を求めなさい。



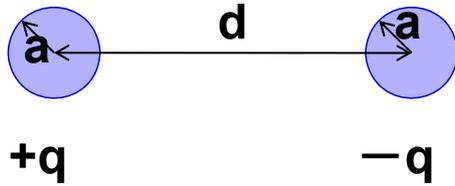
Q9-2 下の図のように球の半径が a [m]および b [m]の二つの導体球A,Bが間隔 d [m]だけ離れて置かれている。それぞれに $+Q$ [C]、 $-Q$ [C]の電荷を与えたとき、静電容量を求めなさい。



Q9-3 下の図のように内球の半径が a [m]、外球の半径が b [m]の同心球導体がある。それぞれに $+Q$ [C]、 $-Q$ [C]の電荷を与えたとき、静電容量を求めなさい。



Q9-4 下の図のように半径 a [m]の無限に長い導線2本が間隔 d [m]で平行に配置されている。2本の導線それぞれに単位長さ当たり電荷 $+q$ [C/m]および $-q$ [C/m]を与えたときの単位長さ当たりの静電容量を求めなさい。



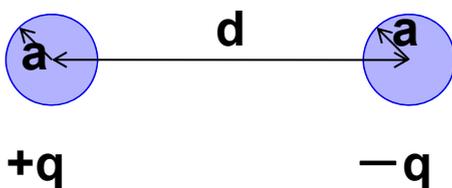
断面図

+ q の方が作る電位

$-q$ の方が作る電位

従って、合計の電位は

Q9-4 下の図のように半径 a [m]の無限に長い導線2本が間隔 d [m]で平行に配置されている。2本の導線それぞれに単位長さ当たり電荷 $+q$ [C/m]および $-q$ [C/m]を与えたときの単位長さ当たりの静電容量を求めなさい。



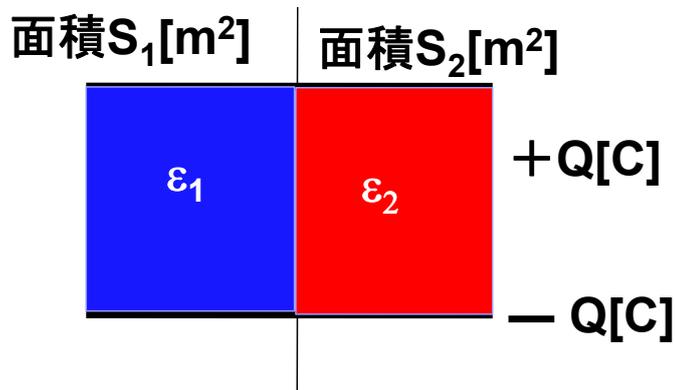
断面図

Q9-5 (1)真空中に点電荷 q [C]があるとき、距離 r [m]離れた点の電束密度ベクトル D [C/m²]を求めなさい。

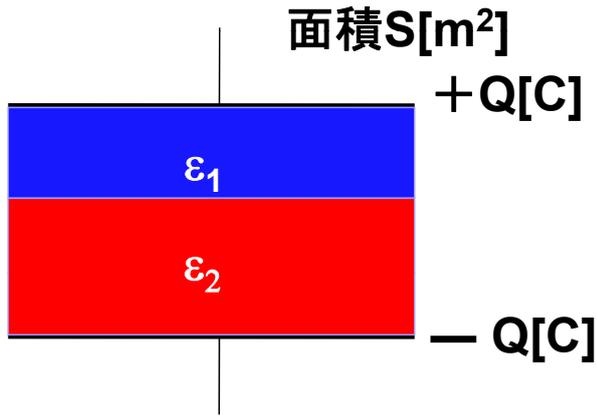
(2)点電荷の周りを比誘電率 ϵ_r の物質で満たした場合の電束密度ベクトル D [C/m²]を求めなさい。

$$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q \quad \text{ガウスの法則}$$

Q9-6 図のように、誘電率 ϵ_1 の材料を面積 S_1 [m²]、誘電率 ϵ_2 の材料を面積 S_2 [m²]、平行平板コンデンサを二種類の誘電体で満たして、極板に電荷 $+Q$ [C]、 $-Q$ [C]を与えたとき、このコンデンサの誘電率 ϵ を求めなさい。

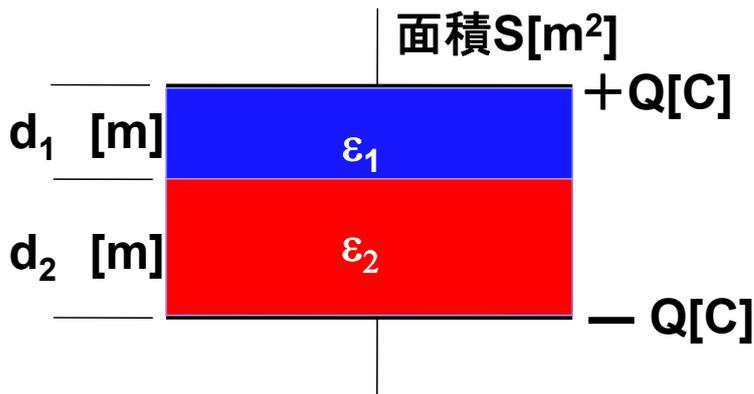


Q9-7 図のように、面積 $S[\text{m}^2]$ の平行平板コンデンサを誘電率 ϵ_1, ϵ_2 の二種類の誘電体で満たして、極板に電荷 $+Q[\text{C}]$ 、 $-Q[\text{C}]$ を与えたとき、各誘電体内の電界を求めなさい。



電束密度ベクトル D で考える。

Q9-8 前問において、合成の静電容量を C 、それぞれの誘電体の厚さを d_1, d_2 とする。 C を S と $d_1, d_2, \epsilon_1, \epsilon_2$ を用いて表しなさい。

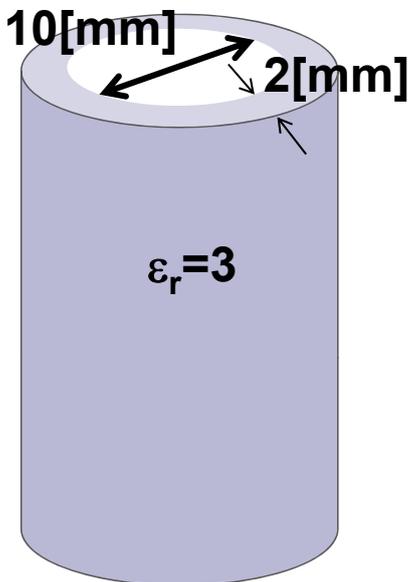


$$V = - \int_{\text{基準位置}}^{\text{対象となる位置}} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

Q9-9 (1) 比誘電率 ϵ_r が1200、厚さ1.00[mm]の物質を、面積10.0[cm²]の銅板2枚に挟んだ。静電容量を計算しなさい。真空の誘電率は $\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12}$ [F/m]とする。

(2) 銅板にこの物質を挟む時、0.10[mm]の隙間ができた。静電容量はどうか？

Q9-10 内径10[mm]、肉厚2[mm]の無限塩ビパイプの内面と外面をアルミニウムでコーティングした。1[m]あたり、内面及び外面に電荷をそれぞれ+q[C/m]、-q[C/m]を与えた時、単位長さ当たりの静電容量C[F/m]を求めなさい。塩ビの比誘電率を3、真空の誘電率を 8.85×10^{-12} [F/m]として計算しなさい。



ガウスの法則

$$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q$$

$$V = - \int_{\text{基準位置}}^{\text{対象となる位置}} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

本日のまとめ

- 10問中何問正解したか？
- 静電容量の求め方を自分なりにまとめなさい。
- 様々な導体対における静電容量の式をまとめなさい。
- 比誘電率の大きな材料を使ったコンデンサに空気が混じると、静電容量はどうなるか？