

# 誘電体と分極(演習問題)

v2.2 Dec.2020

番号: \_\_\_\_\_

氏名: \_\_\_\_\_

1. ◇ 比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体中に点電荷  $Q_1$  と  $Q_2$  が  $r$  [m] 離れて置かれているとき、両電荷間にはたらくクーロン力を求めよ。また、真空の場合に比べて力の大きさは何倍になるか。<sup>\*1</sup>
2. ◇ 無限大の導体平面が誘電率  $\epsilon$  の均質な半無限大誘電体と接している。導体表面から距離  $d$  [m] の点に点電荷  $Q$  [C] があるとき、点電荷にはたらくクーロン力を求めよ。<sup>\*2</sup>
3. ◇ 直径 10 cm、間隔 1 mm の円形平板電極の間に厚さ 1 mm で同じ直径の誘電体円板を入れた場合と入れない場合の静電容量の差を測ったら、125 pF であった。誘電体の比誘電率は幾らか。<sup>\*3</sup>
4. ◇ 間隔  $d$  の平行平板コンデンサに、厚み  $t$  [m] で同じ極板面積を有する比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体板を極板に平行に挿入すると、静電容量は何倍になるか。<sup>\*4</sup>
5. ◇ 静電容量が  $0.05 \mu\text{F}$  の平行平板空気コンデンサがある。その極板間に平行に極板間隔の  $1/2$  の厚みのガラス板を挿入したとき、静電容量は何倍になるか。また、その静電容量は幾らか。ただし、ガラスの比誘電率は  $7$  とする。<sup>\*5</sup>
6. ♡ 二つの全く同じ形をした平行平板空気コンデンサに、異なる誘電率の誘電体を極板間全体に詰め、 $C_1, C_2$  [F] の容量を持つ異なるコンデンサとした。容量  $C_1$  のコンデンサに電荷を与えたところ、コンデンサの電圧が  $V$  [V] となった。これを充電されていない容量  $C_2$  のコンデンサに並列に接続したところ、共通の電圧は  $V'$  [V] となった。容量  $C_1, C_2$  の比および誘電率の比を求めよ。<sup>\*6</sup>
7. ♡ 間隔  $d$  [m] の平行平板空気コンデンサがある。この空気コンデンサの極板の間に厚さが  $t$  [m] ( $t < d$ ) で面積が極板と等しい導体板を平行に挿入した場合と、同じ厚さの誘電体を極板に平行に挿入した場合では、どちらの方が静電容量が大きいか。<sup>\*7</sup>
8. 電極面積  $S$  [m<sup>2</sup>]、電極間隔  $d$  [m] の平行平板コンデンサがあり、電極に電荷が蓄えられている。このとき電極間の電位差は  $V_0$  [V] であった。次に、誘電体板を隙間なく挿入すると電位差は  $0.5V_0$  [V] となった。なお、電極面積は電極間隔に対して十分大きいとする。<sup>\*8</sup> (1) 誘電体を挿入する前の静電容量  $C_0$ 、電極間の電界の大きさ  $E_0$  を求めよ。(2) 誘電体を挿入した後の静電容量  $C$ 、電極間の電界の大きさ  $E$  を求めよ。(3) 挿入した誘電体の誘電率は真空の何倍か。

9. 分極の種類を 3 つ挙げて、それぞれについて簡単に説明せよ。<sup>\*9</sup>
10. 間隔  $d$  [m]、面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の平行平板コンデンサがある。極板の面積を 2 等分するように誘電率が  $\epsilon_1, \epsilon_2$  [F/m] の誘電体で極板間を満たしたときの静電容量を求めよ。<sup>\*10</sup>
11. 間隔  $d$  [m]、面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の平行平板コンデンサがある。極板間の距離を 2 等分するように誘電率が  $\epsilon_1, \epsilon_2$  [F/m] の誘電体で極板間を満たしたときの静電容量を求めよ。<sup>\*11</sup>
12. 電池の接続されていない面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の平行平板コンデンサが面電荷密度  $\sigma$  [C/m<sup>2</sup>] で充電されている。(1) コンデンサ内部の電界を求めよ。(2) 次に、コンデンサ内部に分極電荷  $\sigma_b$  の誘電体を充填したとき、コンデンサ内部の電界を求めよ。(3) 電束密度と分極を求めよ。<sup>\*12</sup>
13. 電池  $V$  [V] が接続された面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の平行平板コンデンサが面電荷密度  $\sigma$  [C/m<sup>2</sup>] で充電されている。(1) コンデンサ内部の電界を求めよ。(2) 電池を接続したまま、コンデンサ内部に分極電荷  $\sigma_b$  の誘電体を充填したとき、コンデンサ内部の電界を求めよ。(3) 電束密度と分極を求めよ。<sup>\*13</sup>
14. 半径  $r$  [m] で間隔  $d$  [m] の円形平板電極間に、厚さ  $d$  [m] で同じ直径の誘電体円板を挿入した場合の静電容量の差が  $C$  [F] であった。誘電体の比誘電率を求めよ。また、静電容量の比が  $R$  のときはどうか。<sup>\*14</sup>
15. 図 1 のように、紙コンデンサは 2 枚のすず箔間に紙を挟み、これを筒状に巻いてある。紙の厚さを  $d = 0.02$  mm、幅を  $h = 3$  cm、 $\epsilon_r = 25$  とするとき、次の容量のコンデンサを作るに要するすず箔の長さを求めよ。 $C = 0.01 \mu\text{F}, 2 \mu\text{F}, 10 \mu\text{F}$  (川西、電磁気学, p. 68, コロナ社)<sup>\*15</sup>

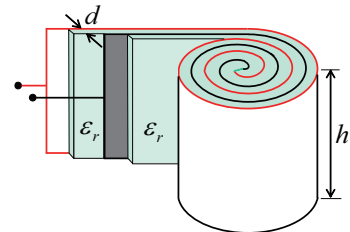


図 1 紙コンデンサ

\*1 答え:  $\frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2}, \frac{1}{\epsilon_r}$  倍

\*2 答え:  $\frac{Q^2}{16\pi\epsilon d^2}$ , 吸引力

\*3 答え: 2.8

\*4 答え:  $\frac{1}{1 - \frac{t}{d}(1 - \frac{1}{\epsilon_r})}$

\*5 答え: 1.75 倍,  $0.0875 \mu\text{F}$

\*6 答え:  $\frac{C_2}{C_1} = \frac{V}{V'} - 1 = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$

\*7 答え:  $C_a = \epsilon_0 \frac{S}{d-t}, C' = \frac{C_a C_d}{C_a + C_d}, C_a > C_d$

\*8 答え: (1)  $\epsilon_0 \frac{S}{d}, \frac{V_0}{d}$  (2)  $2\epsilon_0 \frac{S}{d}, \frac{1}{2} \frac{V_0}{d}$  (3) 2

\*9 答え: 配向分極, イオン分極, 電子分極, 各説明は略

\*10 答え:  $(\epsilon_1 + \epsilon_2) \frac{S}{2d}$  [F]

\*11 答え:  $\frac{\epsilon_1 \epsilon_2}{(\epsilon_1 + \epsilon_2)} \frac{2S}{d}$  [F]

\*12 答え:  $\frac{\rho_s}{\epsilon_0}$  [V/m],  $\frac{\sigma - \sigma_b}{\epsilon_0}$  [V/m],  $\sigma$  [C/m<sup>2</sup>],  $\sigma_b$  [C/m<sup>2</sup>]

\*13 答え:  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$  [V/m],  $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$  [V/m],  $\sigma + \sigma_b$  [C/m<sup>2</sup>],  $\sigma_b$  [C/m<sup>2</sup>]

\*14 答え:  $\frac{C d}{\epsilon_0 S} + 1, R$

\*15 答え: 1.5 cm, 3 m, 15 m