

電験どうでしょう管理人
KWG presents

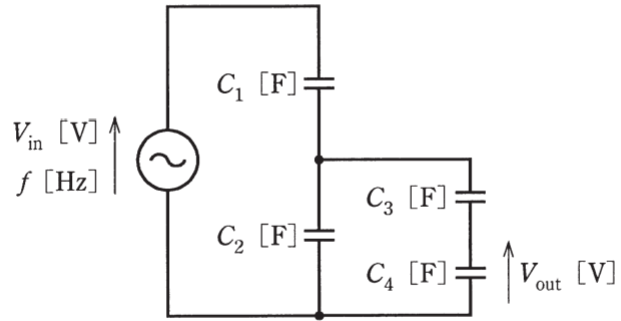
電験オンライン塾

第14回 過去問解説
平行平板(2)

2023.12.17 Sun

H27 問9

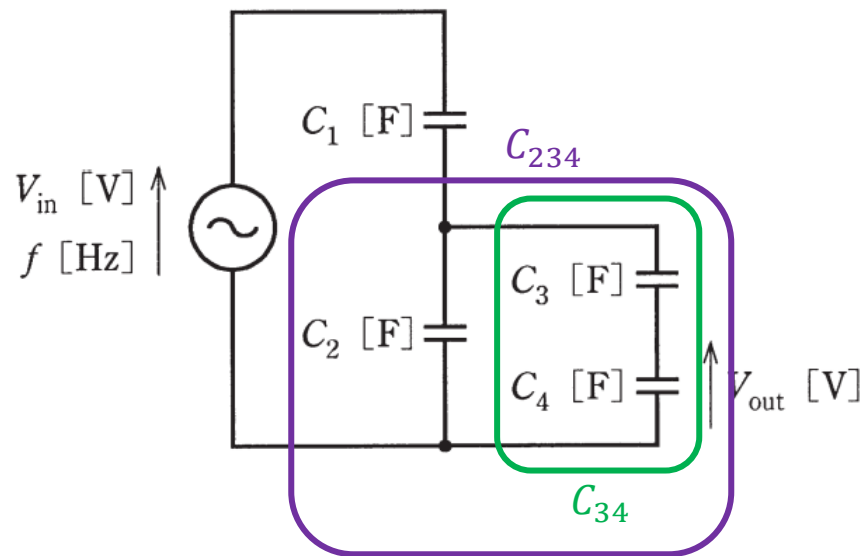
問9 図のように、静電容量 $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 900 \mu\text{F}$, $C_3 = 100 \mu\text{F}$, $C_4 = 900 \mu\text{F}$ のコンデンサからなる直並列回路がある。この回路に周波数 $f = 50 \text{ Hz}$ の交流電圧 $V_{\text{in}} [\text{V}]$ を加えたところ、 C_4 の両端の交流電圧は $V_{\text{out}} [\text{V}]$ であった。このとき、 $\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}$ の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $\frac{1}{1000}$ (2) $\frac{9}{1000}$ (3) $\frac{1}{100}$ (4) $\frac{99}{1000}$ (5) $\frac{891}{1000}$

H27 問9

問9 図のように、静電容量 $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 900 \mu\text{F}$, $C_3 = 100 \mu\text{F}$, $C_4 = 900 \mu\text{F}$ のコンデンサからなる直並列回路がある。この回路に周波数 $f = 50 \text{ Hz}$ の交流電圧 $V_{in} [\text{V}]$ を加えたところ、 C_4 の両端の交流電圧は $V_{out} [\text{V}]$ であった。このとき、 $\frac{V_{out}}{V_{in}}$ の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

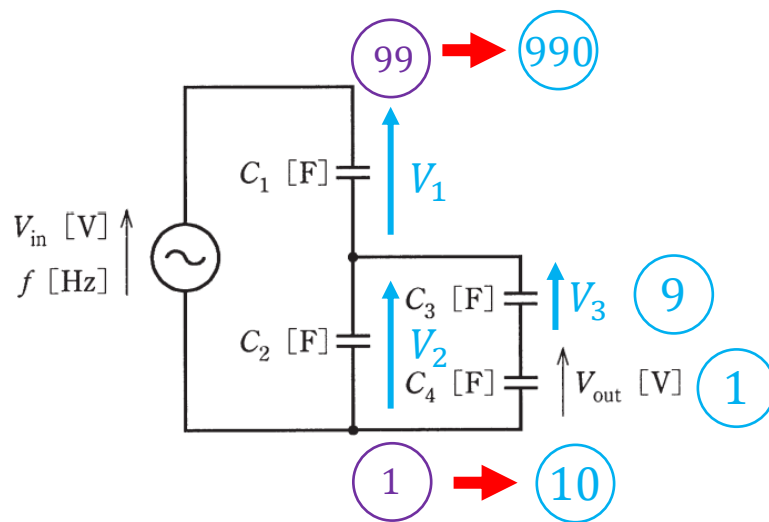


$$C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{100 \times 900}{100 + 900} = 90 \mu\text{F}$$

$$C_{234} = C_2 + C_{34} = 90 + 900 = 990 \mu\text{F}$$

電圧比は静電容量の逆比なので

$$\left. \begin{aligned} V_1 : V_2 &= \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_{234}} = \frac{1}{10} : \frac{1}{990} = 99 : 1 \\ V_3 : V_{out} &= \frac{1}{C_3} : \frac{1}{C_4} = \frac{1}{100} : \frac{1}{900} = 9 : 1 \end{aligned} \right\} V_1 : V_2 : V_3 : V_{out} = 990 : 10 : 9 : 1$$



$$V_{out} = \frac{1}{990 + 10} V_{in}$$

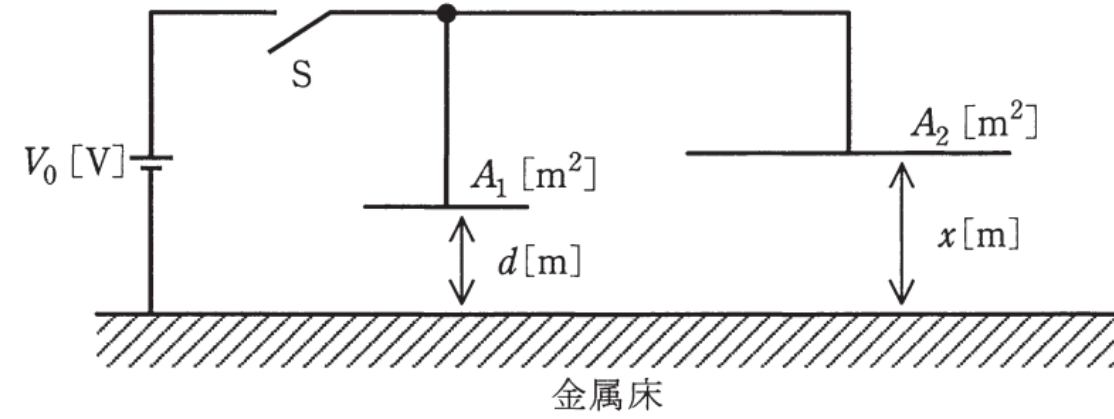
$$V_{out} = \frac{1}{1000} V_{in}$$

$$\therefore \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1000}$$

- (1) $\frac{1}{1000}$ (2) $\frac{9}{1000}$ (3) $\frac{1}{100}$ (4) $\frac{99}{1000}$ (5) $\frac{891}{1000}$

H28 問17

問17 図のように、十分大きい平らな金属板で覆われた床と平板電極とで作られる空気コンデンサが二つ並列接続されている。二つの電極は床と平行であり、それらの面積は左側が $A_1 = 10^{-3} \text{ m}^2$ 、右側が $A_2 = 10^{-2} \text{ m}^2$ である。床と各電極の間隔は左側が $d = 10^{-3} \text{ m}$ で固定、右側が $x \text{ [m]}$ で可変、直流電源電圧は $V_0 = 1000 \text{ V}$ である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



ただし、空気の誘電率を $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ とし、静電容量を考える際にコンデンサの端効果は無視できるものとする。

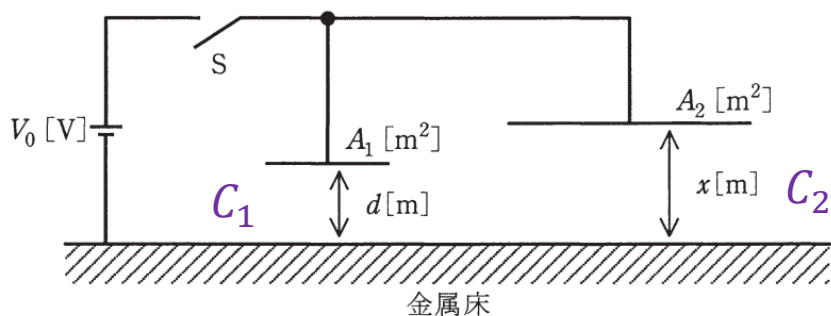
(a) まず、右側の $x \text{ [m]}$ を $d \text{ [m]}$ と設定し、スイッチ S を一旦閉じてから開いた。このとき、二枚の電極に蓄えられる合計電荷 Q の値 [C] として最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 8.0×10^{-9} (2) 1.6×10^{-8} (3) 9.7×10^{-8} (4) 1.9×10^{-7} (5) 1.6×10^{-6}

(b) 上記(a)の操作の後、徐々に x を増していったところ、 $x = 3.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ のときに左側の電極と床との間に火花放電が生じた。左側のコンデンサの空隙の絶縁破壊電圧 V の値 [V] として最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 3.3×10^2 (2) 2.5×10^3 (3) 3.0×10^3 (4) 5.1×10^3 (5) 3.0×10^4

H28 問17



$$\begin{aligned} A_1 &= 10^{-3} \text{ m}^2 & V_0 &= 1000 \text{ V} \\ A_2 &= 10^{-2} \text{ m}^2 & \epsilon &= 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m} \\ d &= 10^{-3} \text{ m} \end{aligned}$$

- (a) まず、右側の x [m] を d [m] と設定し、スイッチ S を一旦閉じてから開いた。このとき、二枚の電極に蓄えられる合計電荷 Q の値 [C] として最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

$$C_1 = \epsilon \frac{A_1}{d} \quad C_2 = \epsilon \frac{A_2}{d}$$

$$\begin{aligned} Q &= (C_1 + C_2)V_0 = \left(\epsilon \frac{A_1}{d} + \epsilon \frac{A_2}{d} \right) V_0 = (A_1 + A_2) \frac{\epsilon}{d} V_0 \\ &= (10^{-3} + 10^{-2}) \frac{8.85 \times 10^{-12}}{10^{-3}} \times 1000 = 11 \times 10^{-3} \times 8.85 \times 10^{-6} \\ &= 9.735 \times 10^{-8} \text{ C} \end{aligned}$$

- (b) 上記 (a) の操作の後、徐々に x を増していったところ、 $x = 3.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ のときに左側の電極と床との間に火花放電が生じた。左側のコンデンサの空隙の絶縁破壊電圧 V の値 [V] として最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

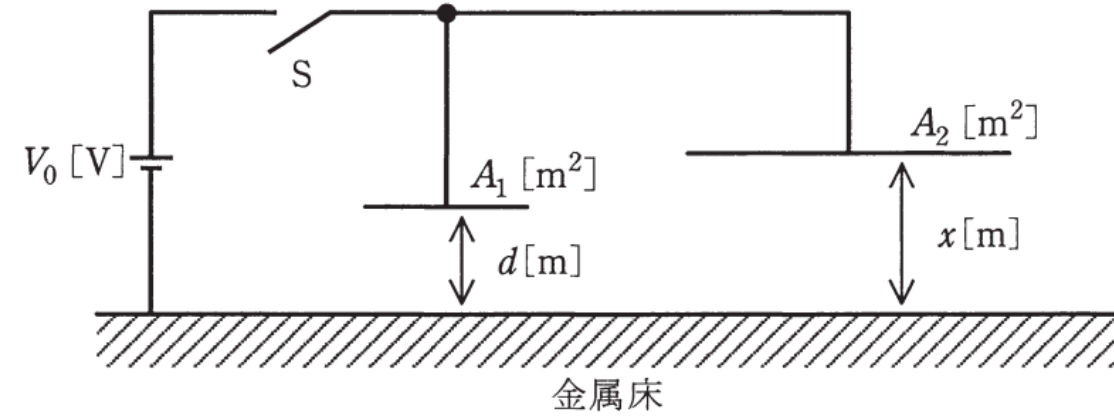
$$C_2 = \epsilon \frac{A_2}{d} \rightarrow C'_2 = \epsilon \frac{A_2}{x}$$

$$V = \frac{Q}{C_1 + C'_2} = \frac{(C_1 + C_2)V_0}{C_1 + C'_2} = \frac{\epsilon \frac{A_1}{d} + \epsilon \frac{A_2}{d}}{\epsilon \frac{A_1}{d} + \epsilon \frac{A_2}{x}} V_0 = \frac{\frac{A_1}{d} + \frac{A_2}{d}}{\frac{A_1}{d} + \frac{A_2}{x}} V_0$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{\frac{A_1}{d} + \frac{A_2}{d}}{\frac{A_1}{d} + \frac{A_2}{x}} V_0 = \frac{\frac{10^{-3}}{10^{-3}} + \frac{10^{-2}}{10^{-3}}}{\frac{10^{-3}}{10^{-3}} + \frac{10^{-2}}{3.0 \times 10^{-3}}} V_0 = \frac{1 + 10}{1 + \frac{10}{3}} V_0 \\ &= \frac{11}{13/3} V_0 = \frac{33}{13} \times 1000 = 2538 = 2.5 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

H28 問17

問17 図のように、十分大きい平らな金属板で覆われた床と平板電極とで作られる空気コンデンサが二つ並列接続されている。二つの電極は床と平行であり、それらの面積は左側が $A_1 = 10^{-3} \text{ m}^2$ 、右側が $A_2 = 10^{-2} \text{ m}^2$ である。床と各電極の間隔は左側が $d = 10^{-3} \text{ m}$ で固定、右側が $x \text{ [m]}$ で可変、直流電源電圧は $V_0 = 1000 \text{ V}$ である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



ただし、空気の誘電率を $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ とし、静電容量を考える際にコンデンサの端効果は無視できるものとする。

(a) まず、右側の $x \text{ [m]}$ を $d \text{ [m]}$ と設定し、スイッチ S を一旦閉じてから開いた。このとき、二枚の電極に蓄えられる合計電荷 Q の値 $[\text{C}]$ として最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 8.0×10^{-9} (2) 1.6×10^{-8} (3) 9.7×10^{-8} (4) 1.9×10^{-7} (5) 1.6×10^{-6}

(b) 上記(a)の操作の後、徐々に x を増していったところ、 $x = 3.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ のときに左側の電極と床との間に火花放電が生じた。左側のコンデンサの空隙の絶縁破壊電圧 V の値 $[\text{V}]$ として最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

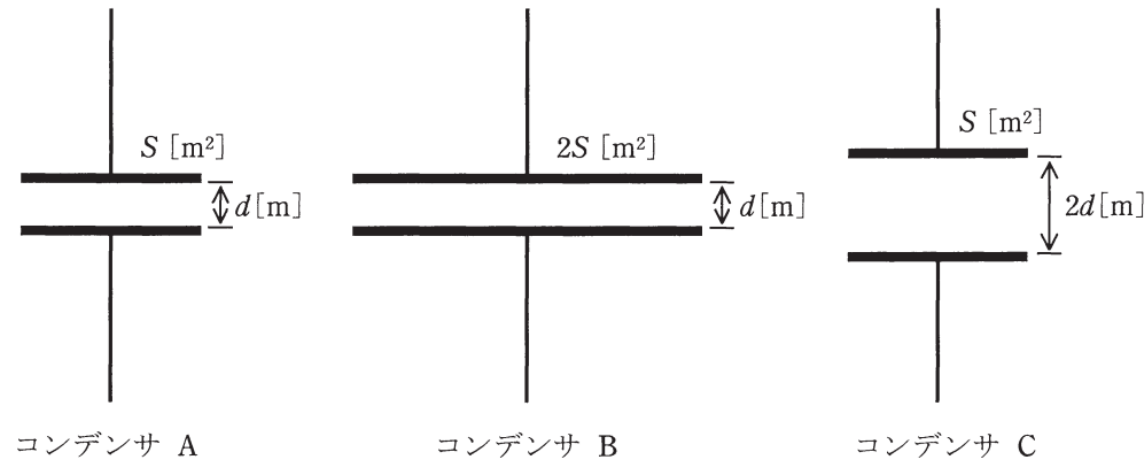
- (1) 3.3×10^2 (2) 2.5×10^3 (3) 3.0×10^3 (4) 5.1×10^3 (5) 3.0×10^4

H29 問2

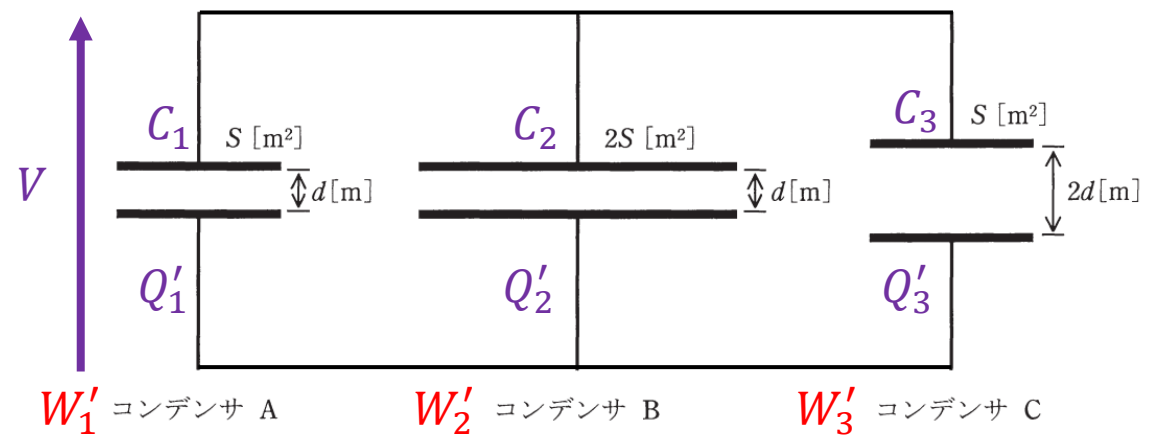
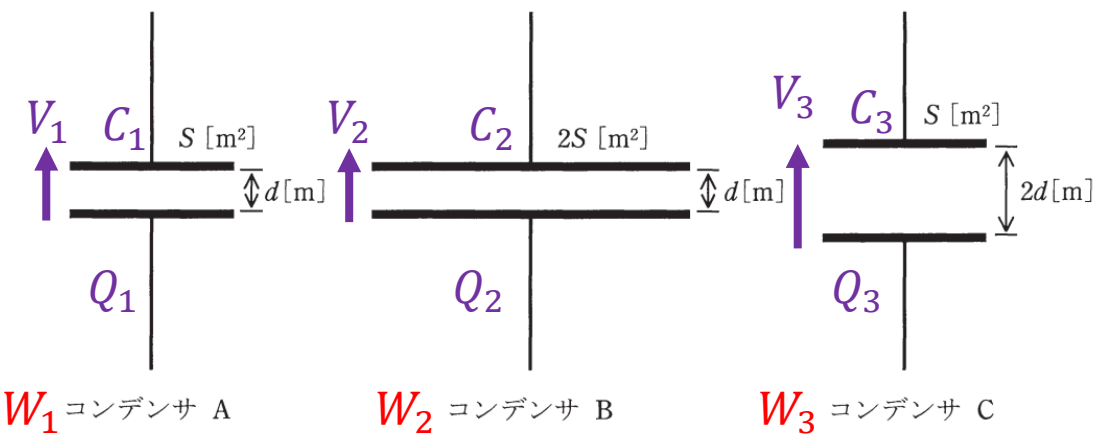
問2 極板の面積 S [m²]，極板間の距離 d [m] の平行板コンデンサ A，極板の面積 $2S$ [m²]，極板間の距離 d [m] の平行板コンデンサ B 及び極板の面積 S [m²]，極板間の距離 $2d$ [m] の平行板コンデンサ C がある。各コンデンサは，極板間の電界の強さが同じ値となるようにそれぞれ直流電源で充電されている。各コンデンサをそれぞれの直流電源から切り離れた後，全コンデンサを同じ極性で並列に接続し，十分時間が経ったとき，各コンデンサに蓄えられる静電エネルギーの総和の値 [J] は，並列に接続する前の総和の値 [J] の何倍になるか。その倍率として，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし，各コンデンサの極板間の誘電率は同一であり，端効果は無視できるものとする。

- (1) 0.77 (2) 0.91 (3) 1.00 (4) 1.09 (5) 1.31



H29 問2



平行板の静電容量 $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$

電圧と電界の関係 $V = Ed$

静電容量と電圧、電荷の関係 $Q = CV$

静電容量に蓄えられたエネルギー $W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$

コンデンサの並列接続 $C = C_1 + C_2 + C_3$

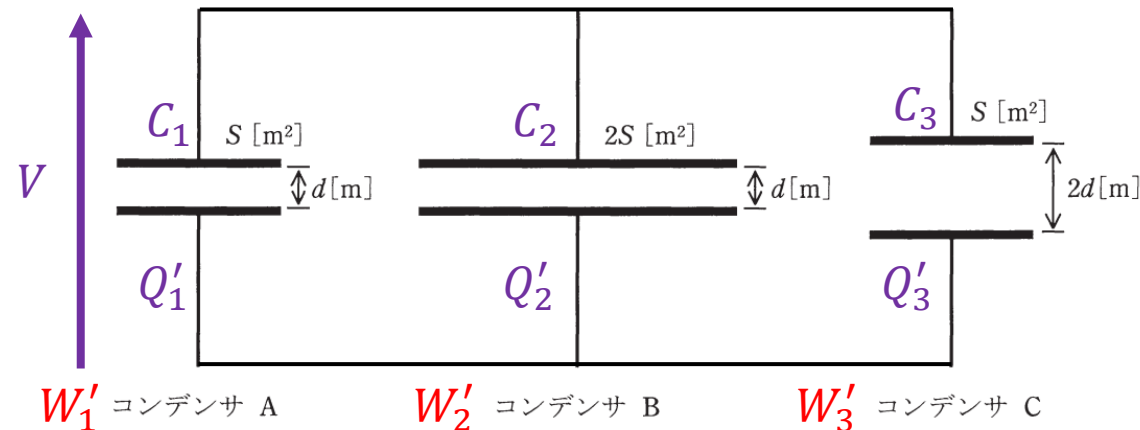
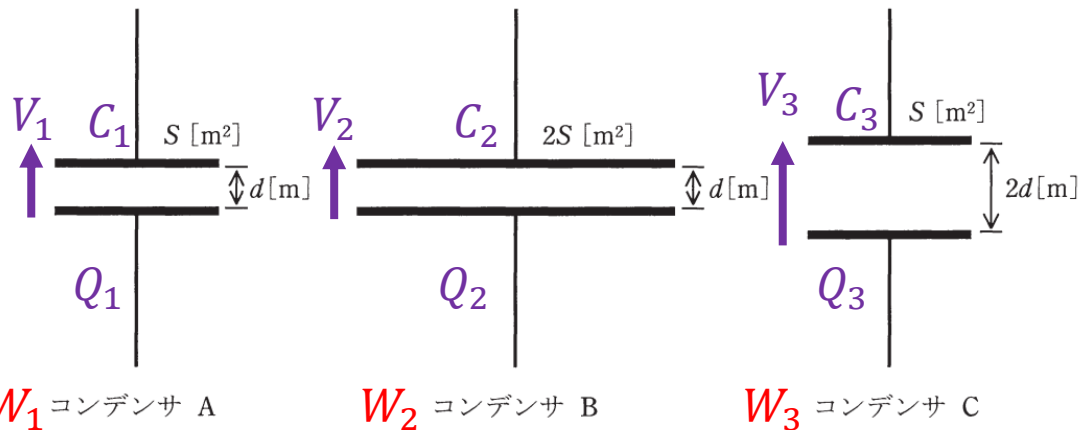
<電圧Vを求めるポイント>
接続前後で電荷の総和は変化しない

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3$$

合成静電容量 (並列接続)

$$C_{all} = C_1 + C_2 + C_3$$

H29 問2



$$V_1 = Ed$$

$$C_1 = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$Q_1 = C_1 V_1 = \epsilon_0 S E$$

$$W_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d} E^2 d^2$$

$$= \frac{1}{2} \epsilon_0 S d E^2$$

$$V_2 = Ed$$

$$C_2 = \epsilon_0 \frac{2S}{d} = 2C_1$$

$$Q_2 = C_2 V_2 = 2\epsilon_0 S E$$

$$W_2 = \frac{1}{2} C_2 V_2^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{2S}{d} E^2 d^2$$

$$= \epsilon_0 S d E^2$$

$$V_3 = 2Ed$$

$$C_3 = \epsilon_0 \frac{S}{2d} = \frac{1}{2} C_1$$

$$Q_3 = C_3 V_3 = \epsilon_0 S E$$

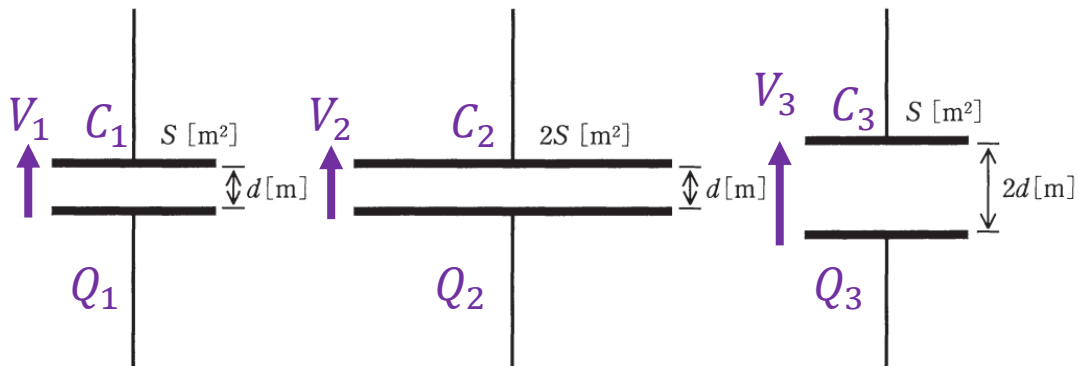
$$W_3 = \frac{1}{2} C_3 V_3^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{2d} 4E^2 d^2$$

$$= \epsilon_0 S d E^2$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \epsilon_0 S E + 2\epsilon_0 S E + \epsilon_0 S E = 4\epsilon_0 S E$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{1}{2} \epsilon_0 S d E^2 + \epsilon_0 S d E^2 + \epsilon_0 S d E^2 = \frac{5}{2} \epsilon_0 S d E^2$$

H29 問2



W_1 コンデンサ A

W_2 コンデンサ B

W_3 コンデンサ C

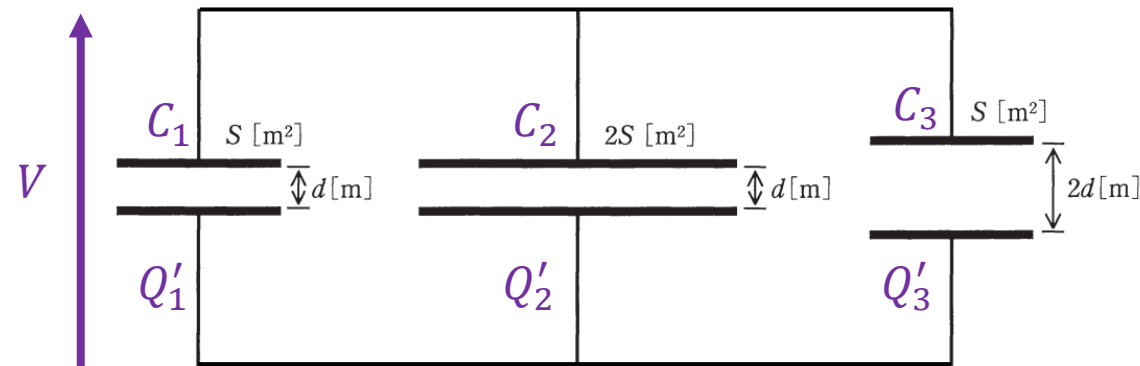
$$\begin{aligned} V_1 &= Ed \\ C_1 &= \epsilon_0 \frac{S}{d} \\ Q_1 &= \epsilon_0 SdE \\ W_1 &= \frac{1}{2} \epsilon_0 SdE^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= Ed \\ C_2 &= 2C_1 \\ Q_2 &= 2\epsilon_0 SdE \\ W_2 &= \epsilon_0 SdE^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= 2Ed \\ C_3 &= \frac{1}{2} C_1 \\ Q_3 &= \epsilon_0 SdE \\ W_3 &= \epsilon_0 SdE^2 \end{aligned}$$

$$Q = 4\epsilon_0 SdE$$

$$W = \frac{5}{2} \epsilon_0 SdE^2$$



W'_1 コンデンサ A

W'_2 コンデンサ B

W'_3 コンデンサ C

$$C_{all} = C_1 + C_2 + C_3 = C_1 + 2C_1 + \frac{1}{2}C_1 = \frac{7}{2}C_1$$

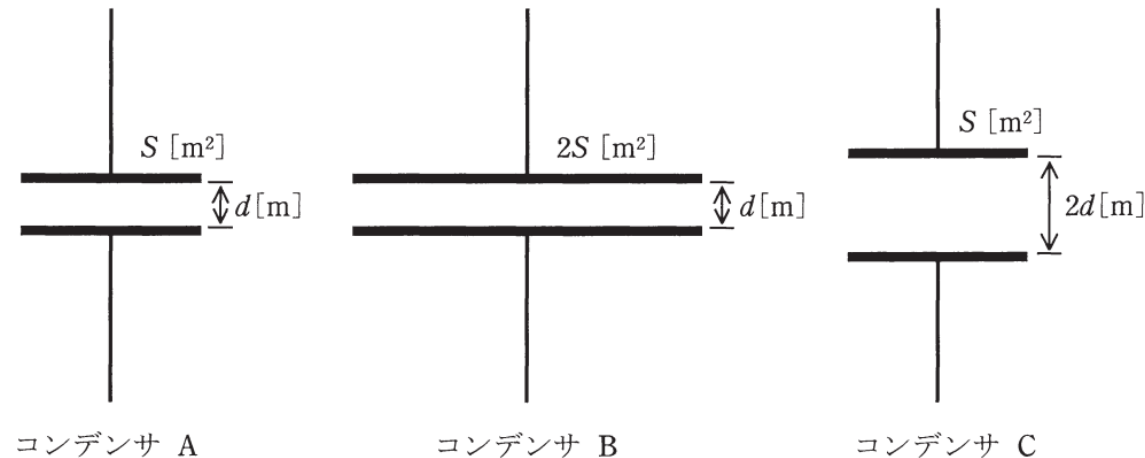
$$\begin{aligned} W' &= \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_{all}} = \frac{1}{2} (4\epsilon_0 SdE)^2 \frac{1}{\frac{7}{2}C_1} = \frac{1}{2} \cdot 16\epsilon_0^2 S^2 d^2 E^2 \cdot \frac{2}{7} \frac{d}{\epsilon_0 S} \\ &= \frac{16}{7} \epsilon_0 SdE^2 \end{aligned}$$

$$\frac{W'}{W} = \frac{\frac{16}{7} \epsilon_0 SdE^2}{\frac{5}{2} \epsilon_0 SdE^2} = \frac{32}{35} = 0.914$$

H29 問2

問2 極板の面積 S [m²]，極板間の距離 d [m] の平行板コンデンサ A，極板の面積 $2S$ [m²]，極板間の距離 d [m] の平行板コンデンサ B 及び極板の面積 S [m²]，極板間の距離 $2d$ [m] の平行板コンデンサ C がある。各コンデンサは，極板間の電界の強さが同じ値となるようにそれぞれ直流電源で充電されている。各コンデンサをそれぞれの直流電源から切り離れた後，全コンデンサを同じ極性で並列に接続し，十分時間が経ったとき，各コンデンサに蓄えられる静電エネルギーの総和の値 [J] は，並列に接続する前の総和の値 [J] の何倍になるか。その倍率として，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし，各コンデンサの極板間の誘電率は同一であり，端効果は無視できるものとする。



- (1) 0.77 (2) 0.91 (3) 1.00 (4) 1.09 (5) 1.31

H30 問17

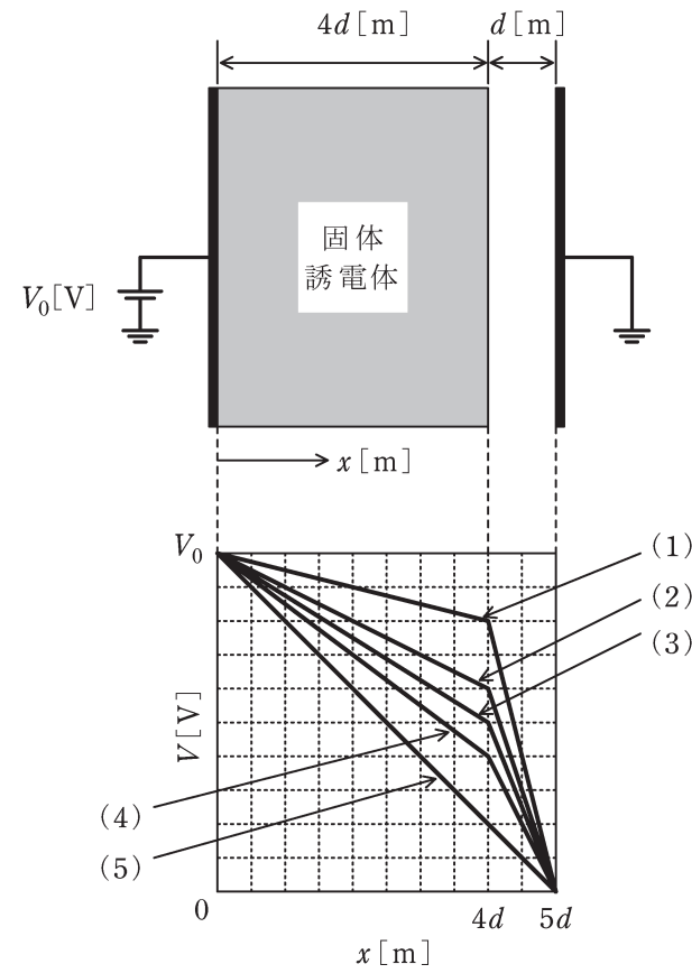
問 17 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように、一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し、極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体(比誘電率 4)を極板と接するように挿入し、他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸：電位 V [V]，横軸：電源が接続された極板からの距離 x [m])として、最も近いものを図中の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(b) $V_0 = 10$ kV, $d = 1$ mm とし、比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え、空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき、 ϵ_r の値として最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.75 (2) 1.00 (3) 1.33 (4) 1.67 (5) 2.00



H30 問17

(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸: 電位 V [V], 横軸: 電源が接続された極板からの距離 x [m])として, 最も近いものを図中の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

$$C_1 = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{4d} = 4\epsilon_0 \frac{S}{4d} = \epsilon_0 \frac{S}{d} \quad C_2 = \epsilon_0 \frac{S}{d} \rightarrow C_1 = C_2$$

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = 1 : 1$$

$$V_2 = \frac{1}{2} V_0 \quad \text{固体誘電体と空気の境界面の位置 } 4d \text{ で電圧が } \frac{1}{2} V_0 \text{ となるグラフを選ぶ}$$

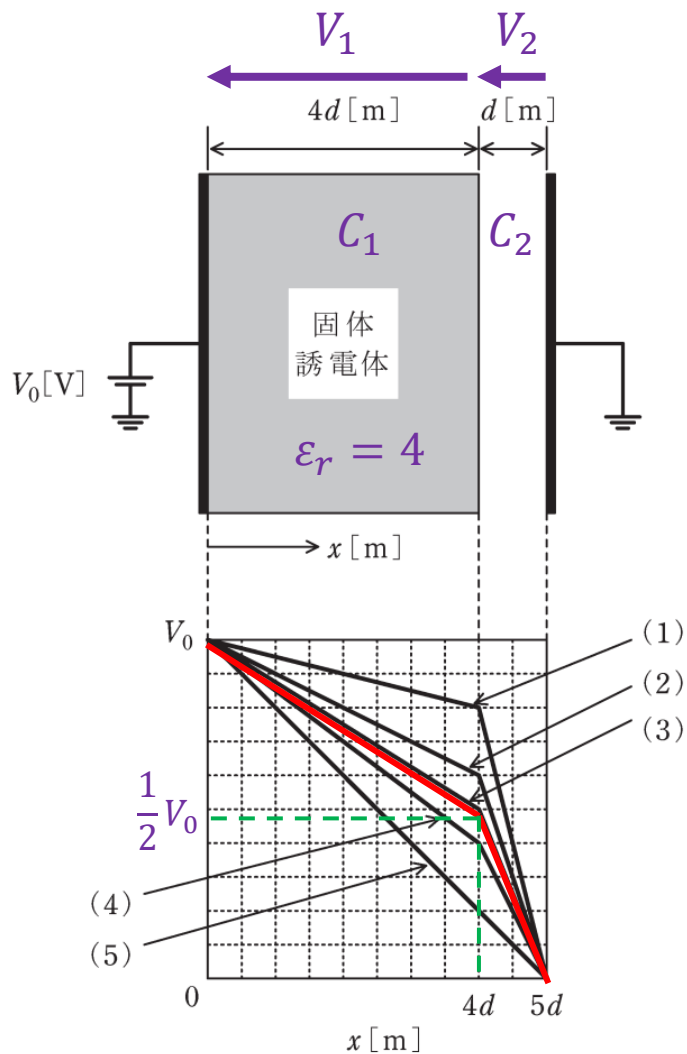
(b) $V_0 = 10 \text{ kV}$, $d = 1 \text{ mm}$ とし, 比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え, 空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき, ϵ_r の値として最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

$$V_2 = Ed = 2.5 \text{ k} \times 1 \text{ mm} = 2.5 \text{ kV}$$

$$V_1 = V_0 - V_2 = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ kV}$$

$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = \frac{1}{\epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{4d}} : \frac{1}{\epsilon_0 \frac{S}{d}} = \frac{4}{\epsilon_r} : 1 = 7.5 : 2.5$$

$$\begin{aligned} \frac{4}{\epsilon_r} : 1 &= 7.5 : 2.5 \\ \frac{4}{\epsilon_r} \times 2.5 &= 7.5 \\ \epsilon_r &= \frac{10}{7.5} = 1.33 \end{aligned}$$



H30 問17

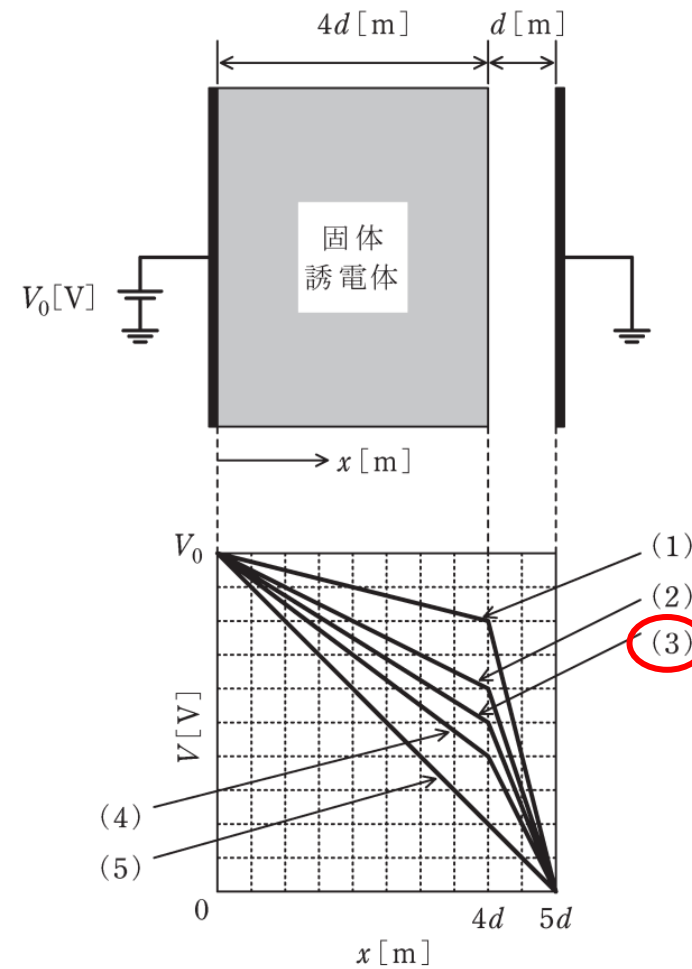
問 17 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように、一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し、極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体(比誘電率 4)を極板と接するように挿入し、他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸：電位 V [V]，横軸：電源が接続された極板からの距離 x [m])として、最も近いものを図中の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(b) $V_0 = 10$ kV, $d = 1$ mm とし、比誘電率 4 の固体誘電体を比誘電率 ϵ_r の固体誘電体に差し替え、空気ギャップの電界の強さが 2.5 kV/mm となったとき、 ϵ_r の値として最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.75 (2) 1.00 (3) 1.33 (4) 1.67 (5) 2.00



ご聴講ありがとうございました
ございました!!