

電験三種 ライブ講義

第3回 平行板の静電容量

覚えるべき公式

平行板の静電容量

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

静電容量と電圧、電荷の関係

$$Q = CV$$

電圧と電界の関係

$$V = Ed$$

静電容量に蓄えられたエネルギー

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

合成静電容量 (並列接続)

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

合成静電容量 (直列接続2個)

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

合成静電容量 (直列接続3個以上)

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

電圧比 (直列接続2個)

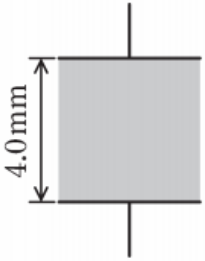
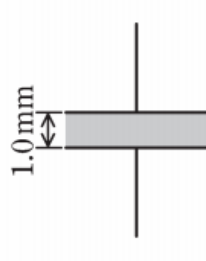
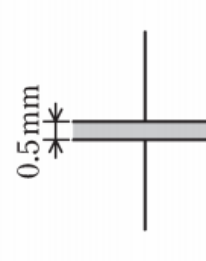
$$V_1 : V_2 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} = C_2 : C_1$$

電圧比 (直列接続3個)

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3}$$

R02 問17

問17 図のように、誘電体の種類、比誘電率、絶縁破壊電界、厚さがそれぞれ異なる三つの平行板コンデンサ①～③がある。極板の形状と大きさは同一で、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。上側の極板に電圧 V_0 [V] の直流電源を接続し、下側の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき、極板間の電界の強さの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

(5) ③>②>①

(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し、極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)の大きさの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

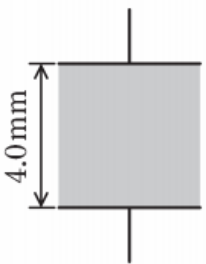
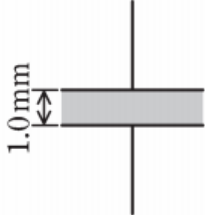
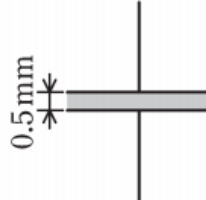
(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

(5) ③>②>①

計算のポイント

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき、極板間の電界の強さの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

(5) ③>②>①

(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し、極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)の大きさの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

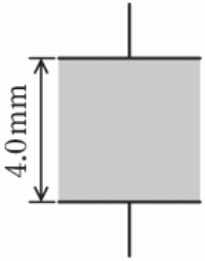
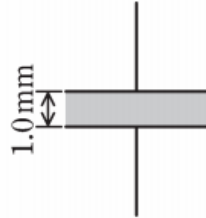
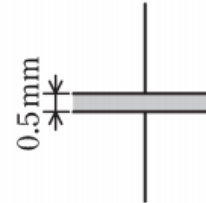
(5) ③>②>①

電圧と電界の関係 $V = Ed$

平行板の電圧 V と電界 E は平板間距離 d に依存する

R02 問17

問17 図のように、誘電体の種類、比誘電率、絶縁破壊電界、厚さがそれぞれ異なる三つの平行板コンデンサ①～③がある。極板の形状と大きさは同一で、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。上側の極板に電圧 V_0 [V] の直流電源を接続し、下側の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき、極板間の電界の強さの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

(5) ③>②>①

(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し、極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)の大きさの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) ①>②>③

(2) ①>③>②

(3) ②>①>③

(4) ③>①>②

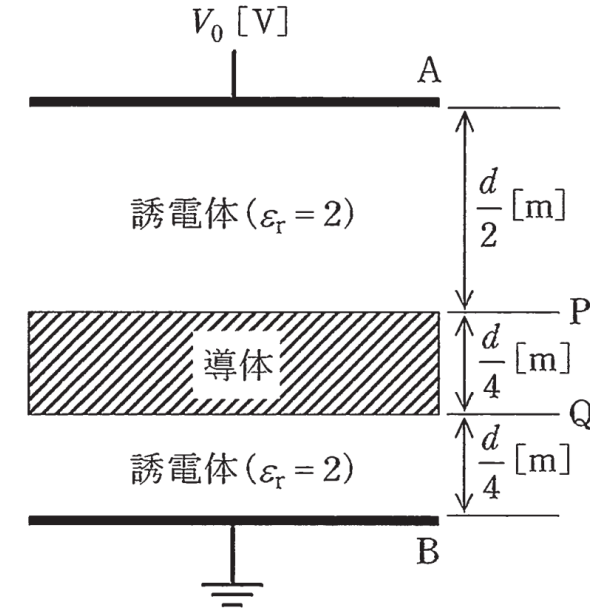
(5) ③>②>①

H26 問1

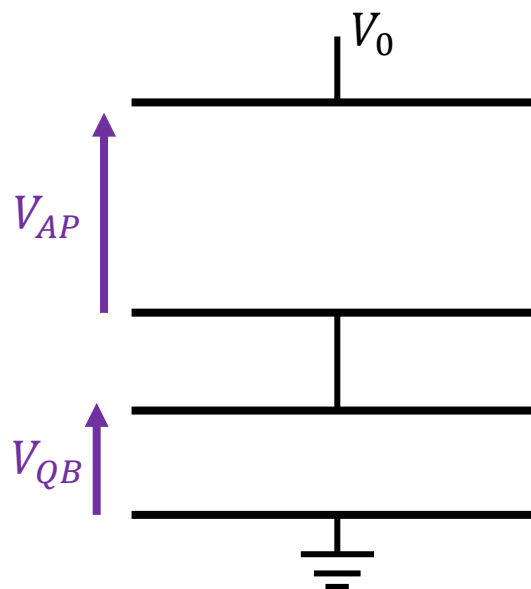
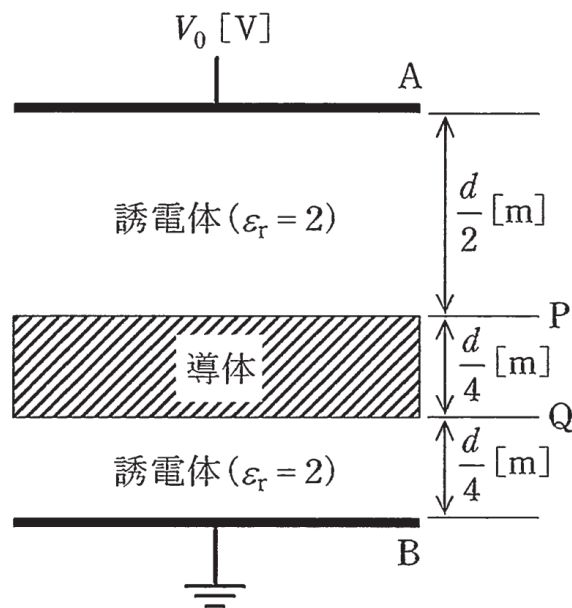
問1 極板 A-B 間が比誘電率 $\epsilon_r=2$ の誘電体で満たされた平行平板コンデンサがある。極板間の距離は d [m]、極板間の直流電圧は V_0 [V] である。極板と同じ形状と大きさを持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m] の帯電していない導体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入したとき、導体の電位の値 [V] として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- (1) $\frac{V_0}{8}$ (2) $\frac{V_0}{6}$ (3) $\frac{V_0}{4}$ (4) $\frac{V_0}{3}$ (5) $\frac{V_0}{2}$



計算のポイント



$$C_{AP} = \epsilon_{r1} \epsilon_0 \frac{S}{d_1}$$

$$C_{QB} = \epsilon_{r2} \epsilon_0 \frac{S}{d_2}$$

$$V_{AP} : V_{QB} = \frac{1}{C_{AP}} : \frac{1}{C_{QB}} = C_{QB} : C_{AP}$$

↓
V_{QB}を求める

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

コンデンサの直列接続 → 抵抗の並列接続

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

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

(1) $\frac{V_0}{8}$

(2) $\frac{V_0}{6}$

(3) $\frac{V_0}{4}$

(4) $\frac{V_0}{3}$

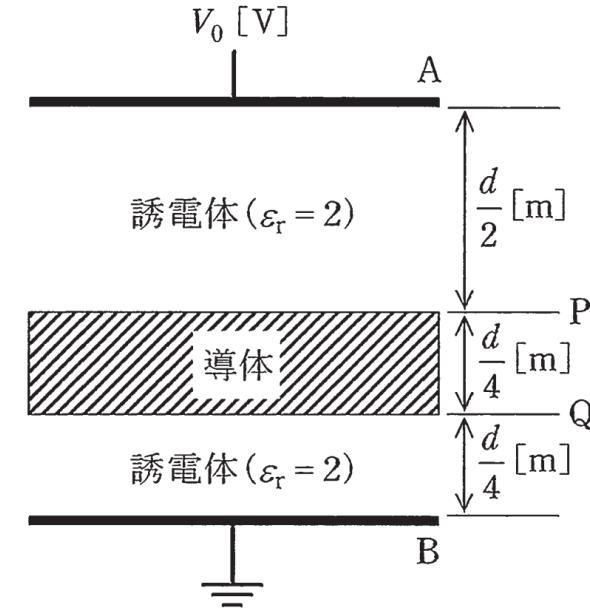
(5) $\frac{V_0}{2}$

H26 問1

問1 極板 A-B 間が比誘電率 $\epsilon_r=2$ の誘電体で満たされた平行平板コンデンサがある。極板間の距離は d [m]、極板間の直流電圧は V_0 [V] である。極板と同じ形状と大きさを持ち、厚さが $\frac{d}{4}$ [m] の帯電していない導体を図に示す位置 P-Q 間に極板と平行に挿入したとき、導体の電位の値 [V] として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

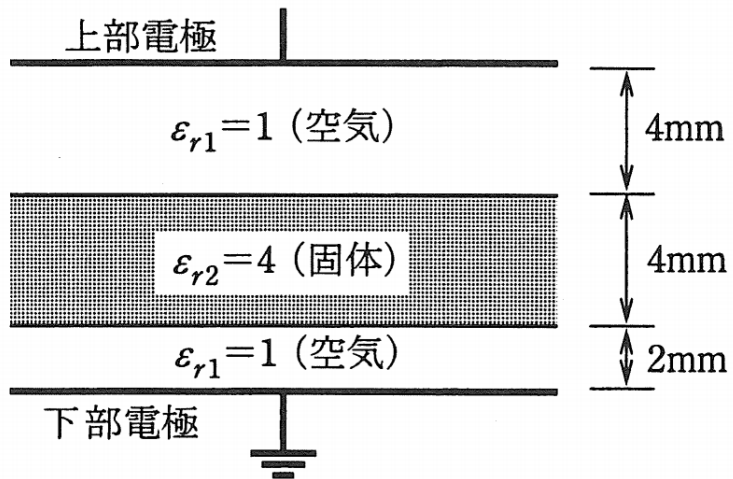
- (1) $\frac{V_0}{8}$ (2) $\frac{V_0}{6}$ (3) $\frac{V_0}{4}$ (4) $\frac{V_0}{3}$ (5) $\frac{V_0}{2}$



H21 問17 (a)

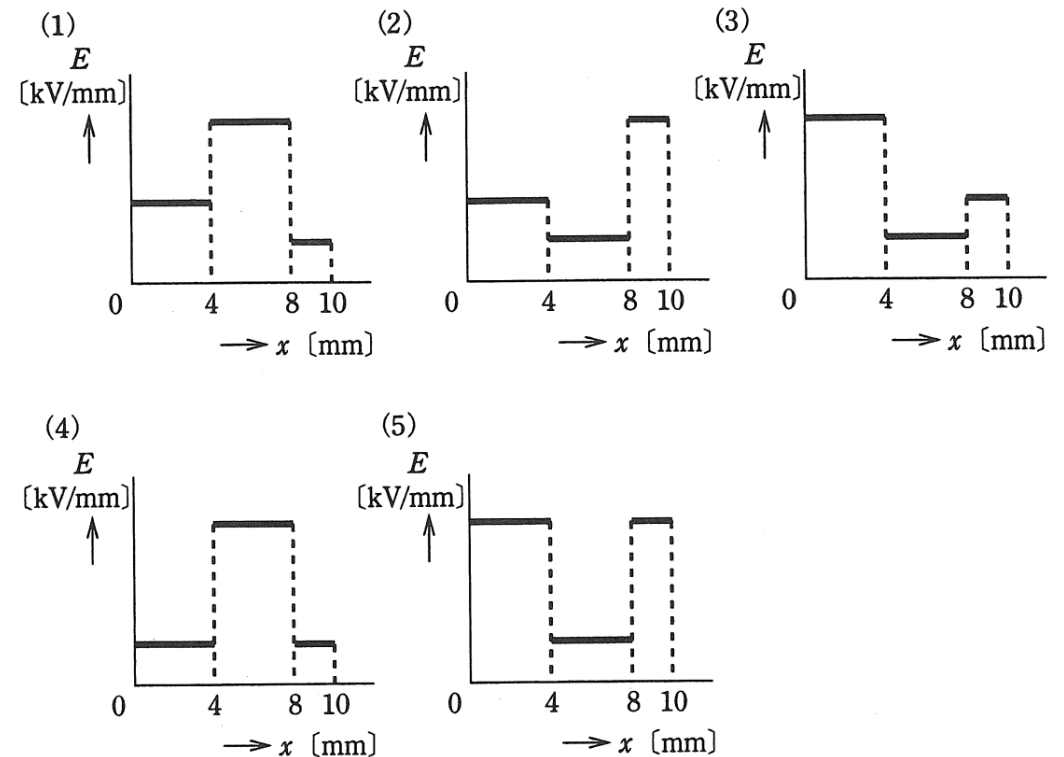
問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。

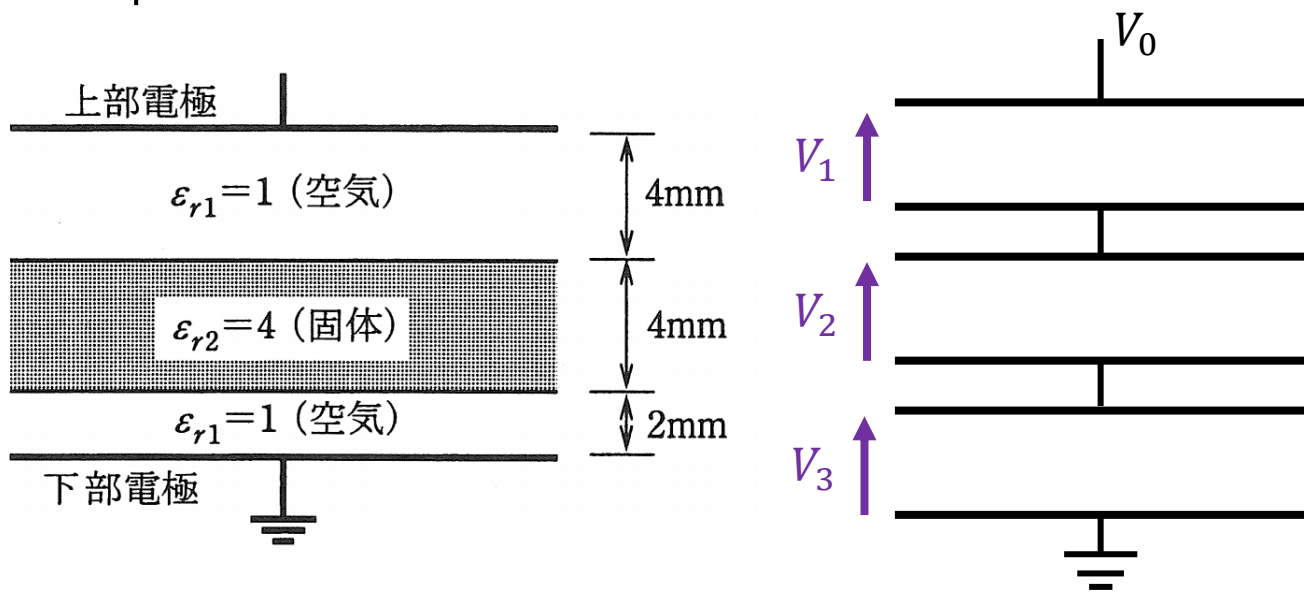


(a) 電極間の電界の強さ E [kV/mm] のおおよその分布を示す図として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、このときの電界の強さでは、放電は発生しないものとする。また、各図において、上部電極から下部電極に向かう距離を x [mm] とする。



計算のポイント



$$C_1 = \epsilon_{r1} \epsilon_0 \frac{S}{d_1}$$

$$C_2 = \epsilon_{r2} \epsilon_0 \frac{S}{d_2}$$

$$C_3 = \epsilon_{r1} \epsilon_0 \frac{S}{d_3}$$

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3}$$



V_1, V_2, V_3 を求める

$$E = \frac{V}{d} \text{より}$$

E_1, E_2, E_3 を求める

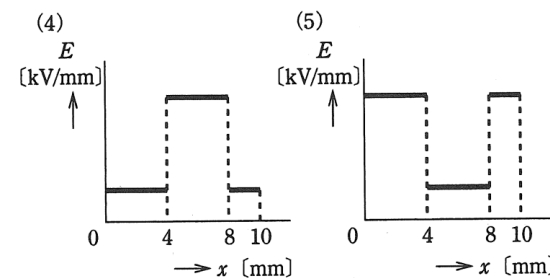
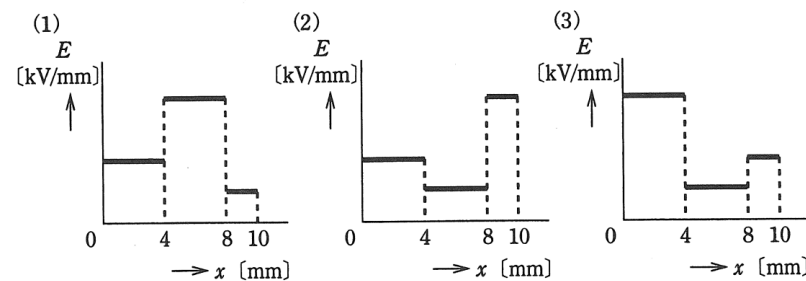
平行板の静電容量 $C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{S}{d}$

コンデンサの直列接続

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3}$$

電圧と電界の関係

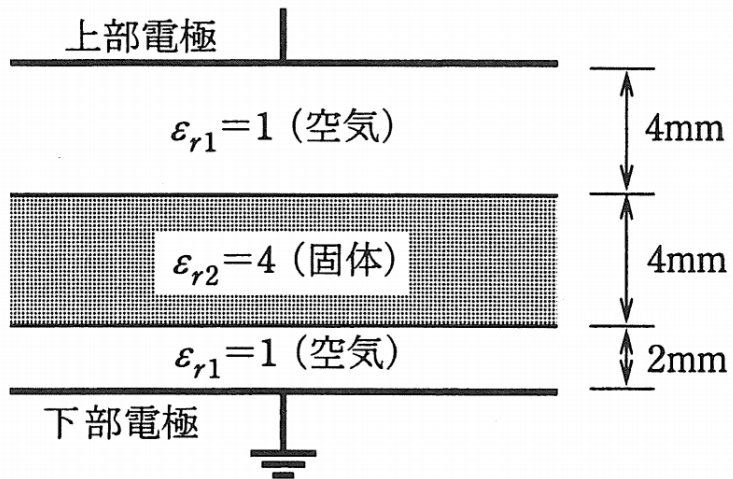
$$E = \frac{V}{d}$$



H21 問17 (a)

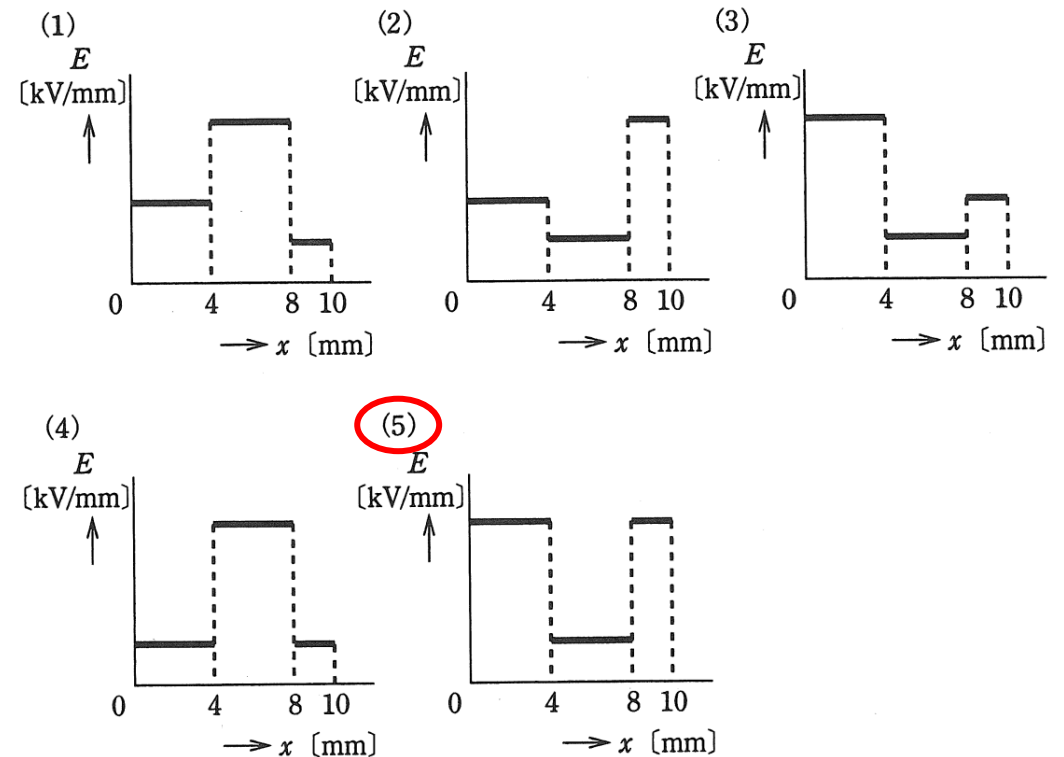
問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。



(a) 電極間の電界の強さ E [kV/mm] のおおよその分布を示す図として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、このときの電界の強さでは、放電は発生しないものとする。また、各図において、上部電極から下部電極に向かう距離を x [mm] とする。



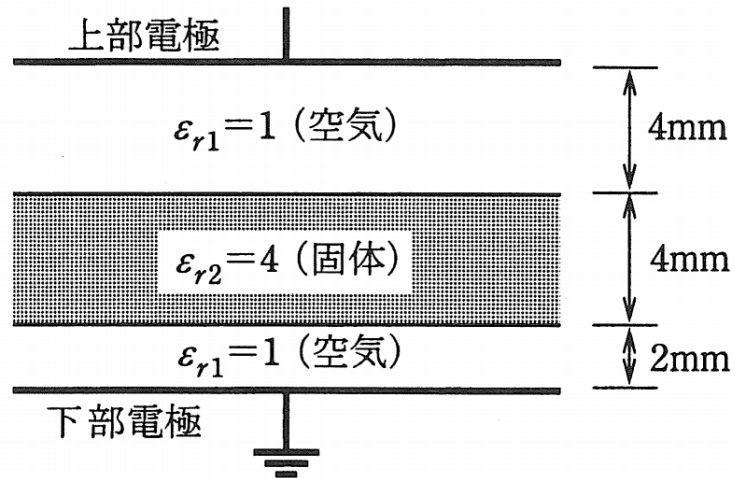
H21 問17 (b)

問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

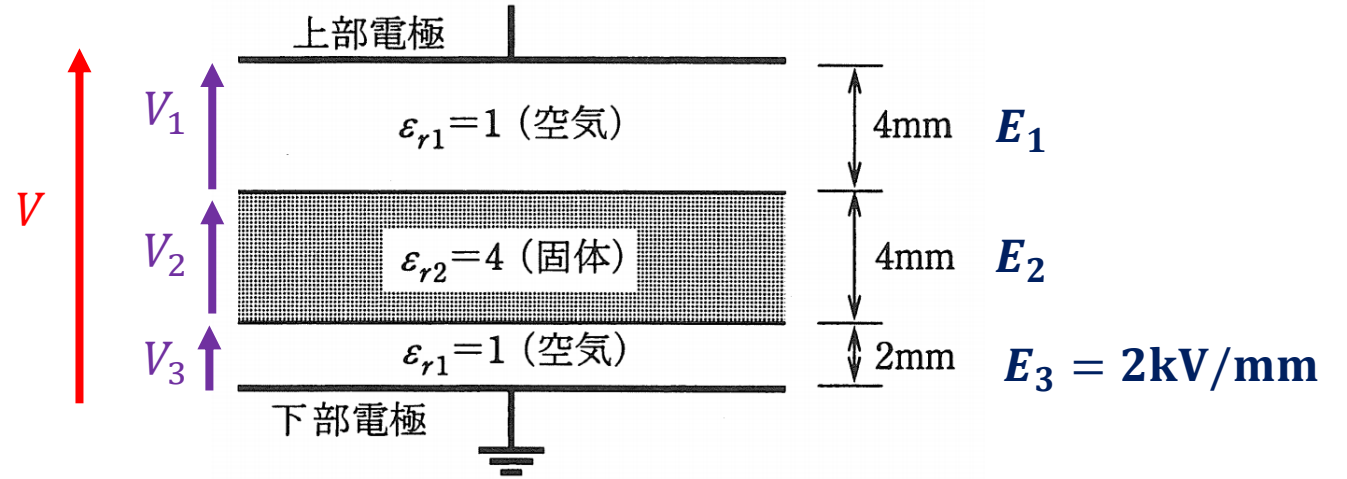
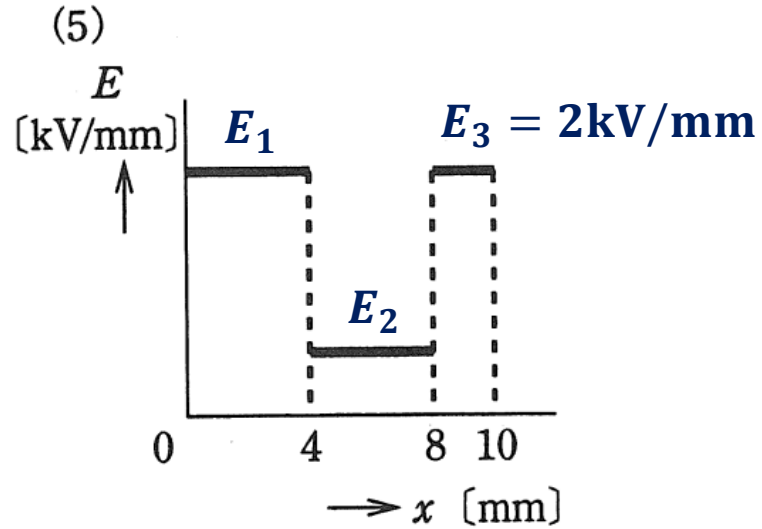
ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。

(b) 上部電極に加える電圧 V [kV] を徐々に増加し、下部電極側の空気中の電界の強さが 2 [kV/mm] に達したときの電圧 V [kV] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 11 (2) 14 (3) 20 (4) 44 (5) 56



計算のポイント



電圧と電界の関係

$$E = \frac{V}{d} \rightarrow V = Ed$$

E_1, E_2, E_3 を求めて、 V を導出する

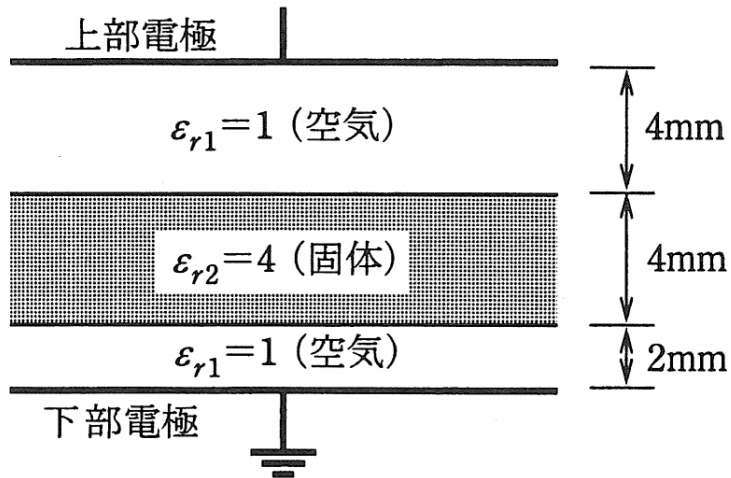
H21 問17 (b)

問17 図に示すように、面積が十分に広い平行平板電極（電極間距離 10 [mm]）が空気（比誘電率 $\epsilon_{r1}=1$ とする。）と、電極と同形同面積の厚さ 4 [mm] で比誘電率 $\epsilon_{r2}=4$ の固体誘電体で構成されている。下部電極を接地し、上部電極に直流電圧 V [kV] を加えた。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、固体誘電体の導電性及び電極と固体誘電体の端効果は無視できるものとする。

(b) 上部電極に加える電圧 V [kV] を徐々に増加し、下部電極側の空気中の電界の強さが 2 [kV/mm] に達したときの電圧 V [kV] の値として、正しいのは次のうちどれか。

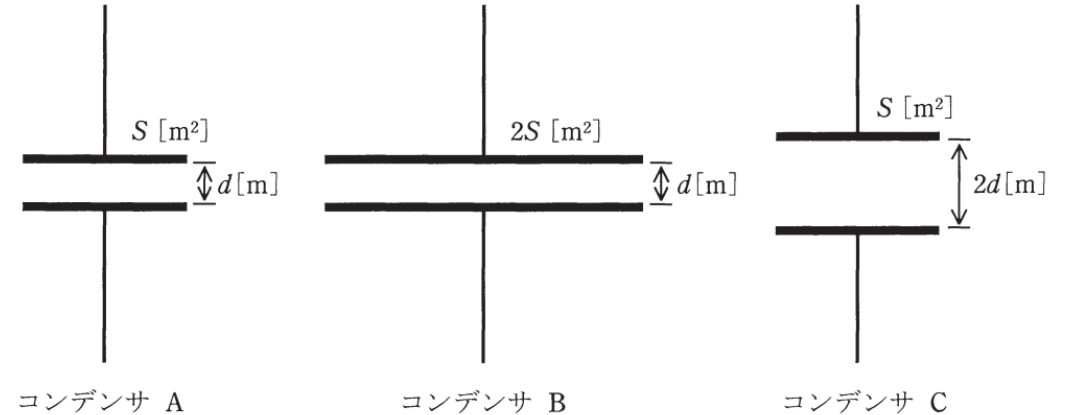
- (1) 11 (2) 14 (3) 20 (4) 44 (5) 56



H29 問2

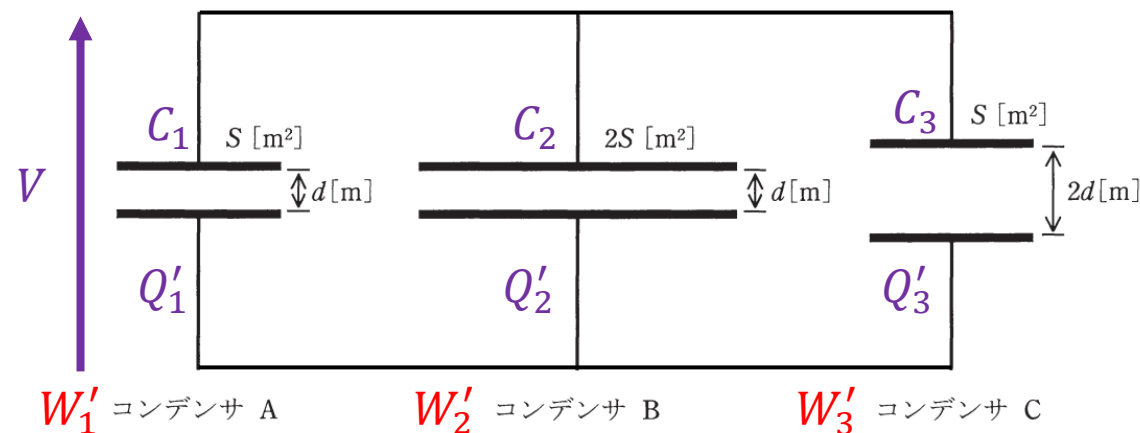
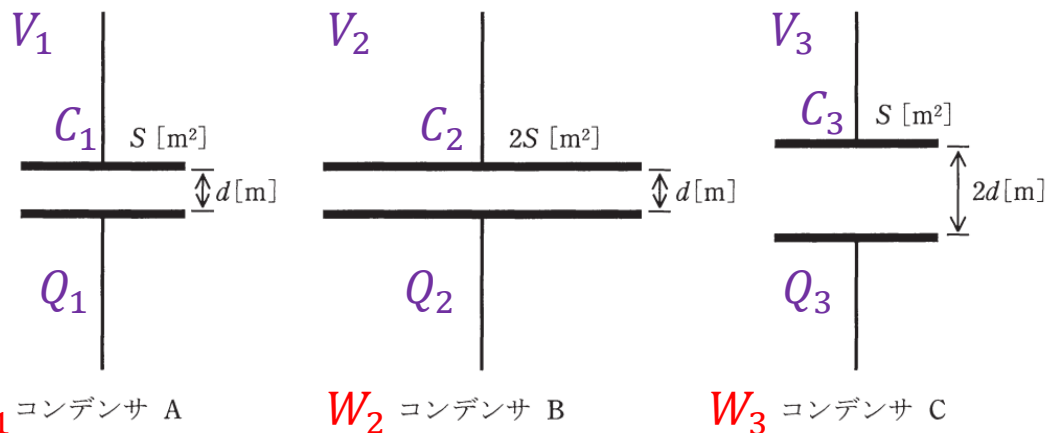
問2 極板の面積 S [m^2], 極板間の距離 d [m]の平行板コンデンサ A, 極板の面積 $2S$ [m^2], 極板間の距離 d [m]の平行板コンデンサ B 及び極板の面積 S [m^2], 極板間の距離 $2d$ [m]の平行板コンデンサ C がある。各コンデンサは, 極板間の電界の強さが同じ値となるようにそれぞれ直流電源で充電されている。各コンデンサをそれぞれの直流電源から切り離れた後, 全コンデンサを同じ極性で並列に接続し, 十分時間が経ったとき, 各コンデンサに蓄えられる静電エネルギーの総和の値[J]は, 並列に接続する前の総和の値[J]の何倍になるか。その倍率として, 最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

計算のポイント



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)

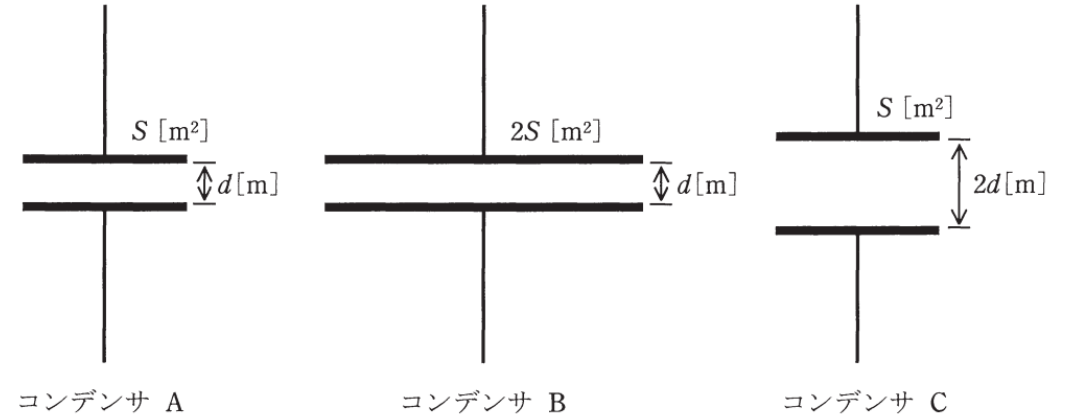
$$C_{all} = C_1 + C_2 + C_3$$

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

H29 問2

問2 極板の面積 S [m^2], 極板間の距離 d [m]の平行板コンデンサ A, 極板の面積 $2S$ [m^2], 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 [m^2], 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

ご聴講ありがとうございました!!