

電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第3回 電磁気学
~平行板の静電容量~

2021.07.03 Sat

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)

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

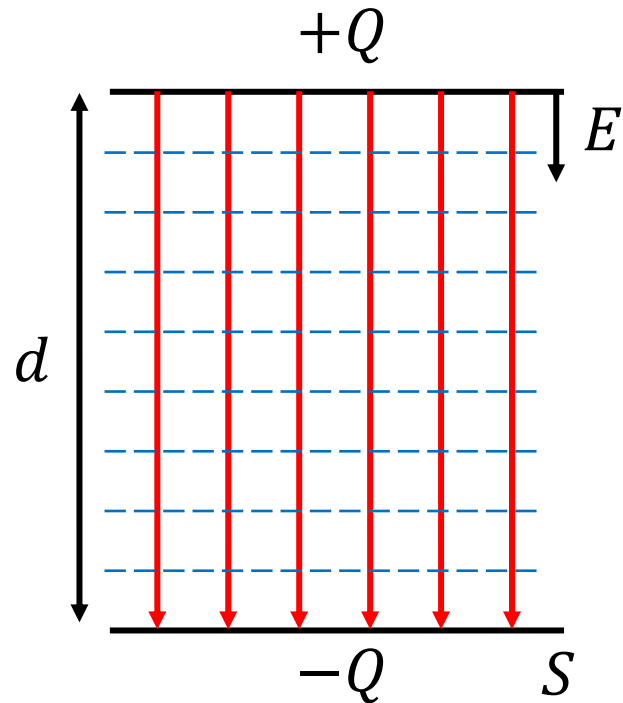
電圧比 (直列接続2個)

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

電圧比 (直列接続3個)

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

平行板の特徴



S : 平板の面積

d : 平板間距離

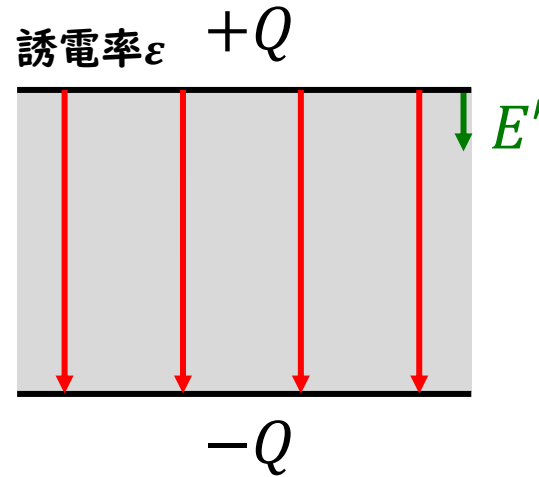
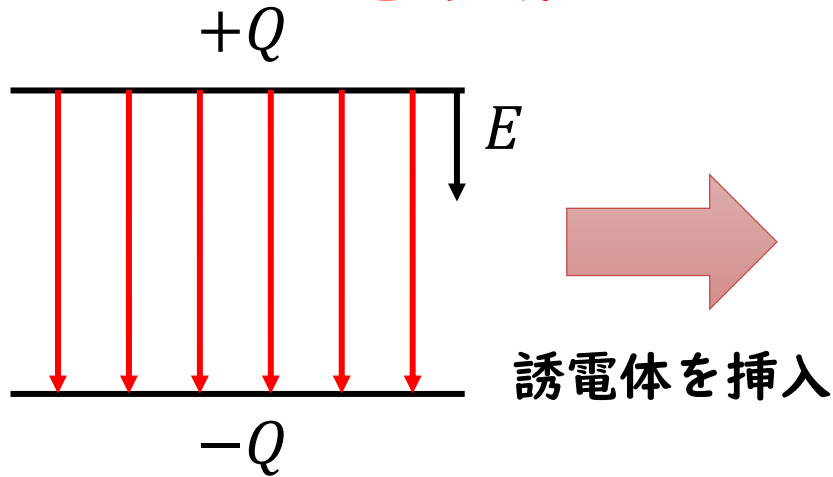
電気力線 

等電位線 

- 電極間で電界の強さは一様
→ $V = Ed$ が成り立つ
- 電気力線は電極に直交
電気力線の密度は電極間で一様
- 等電位線は電極に平行
等電位線の間隔は一定

平行板と誘電体

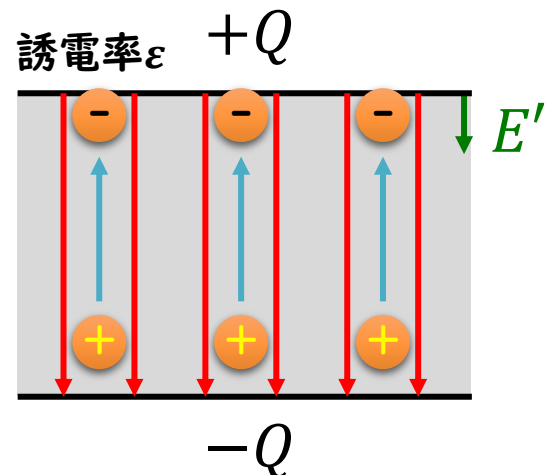
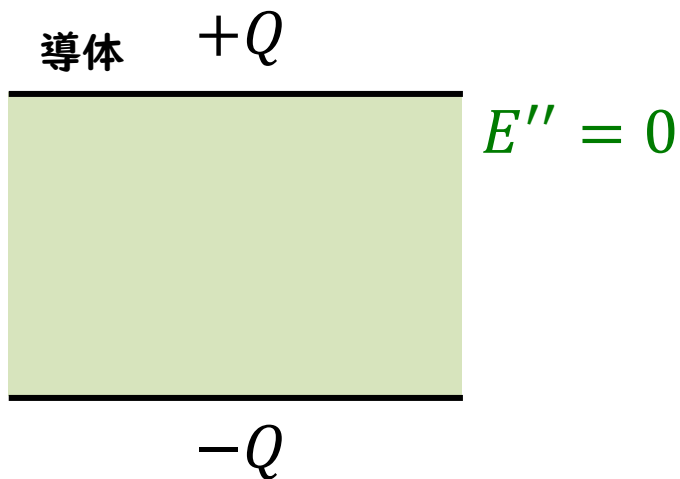
電気力線 



- 誘電体を挿入すると、
- ・電極間の電界が弱くなる
 - ・電気力線の数が減る

→誘電体を導体に替えると
電界は0 (ゼロ) になる

 導体を挿入

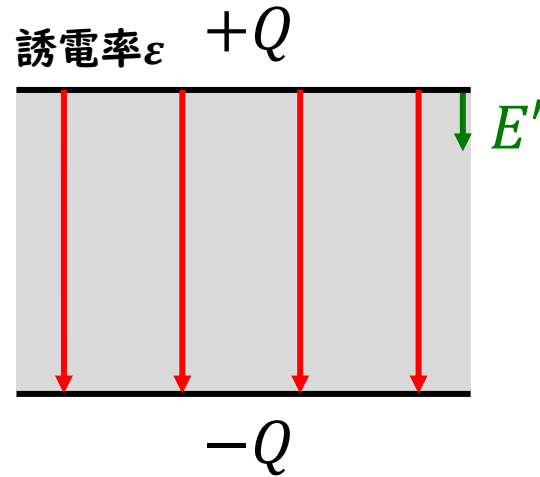
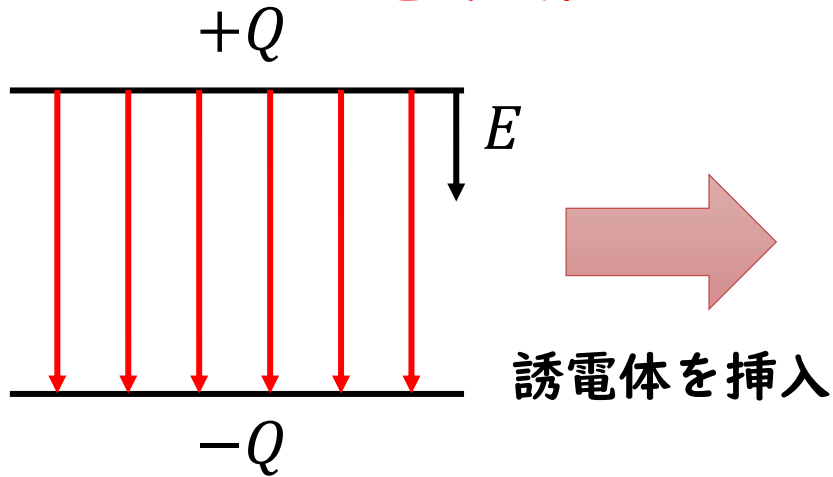


誘電体内部の電荷 (極性を持つ分子) がクーロン力で移動し、電極間の電界を弱める

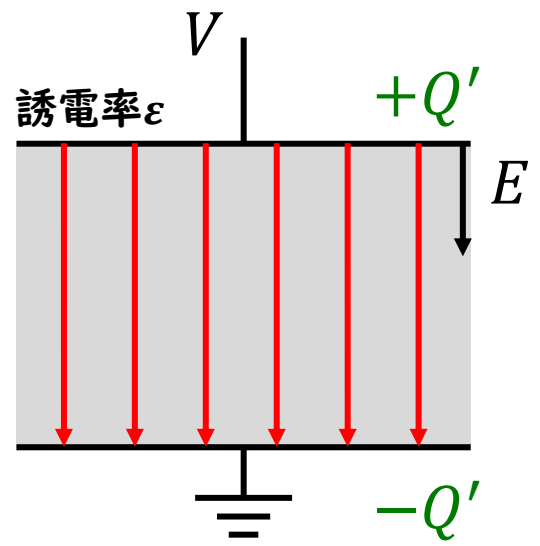
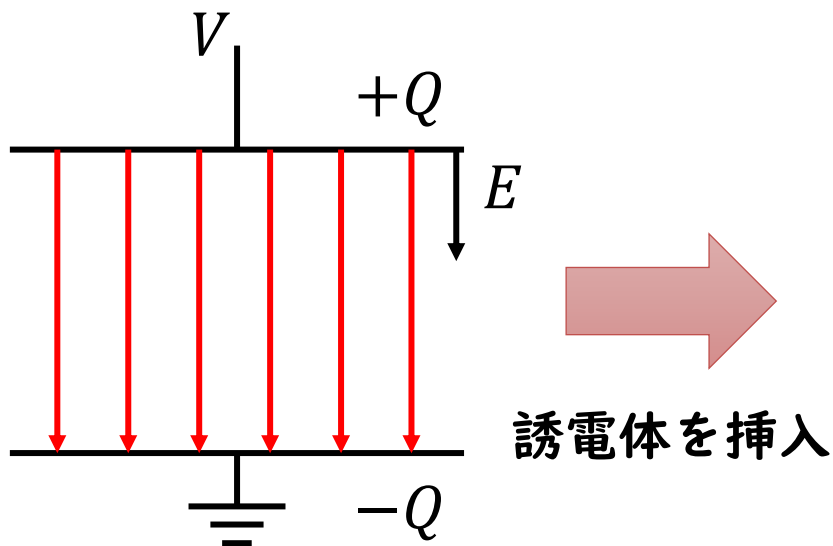
→この現象を「分極」という

平行板と誘電体

電気力線 \longrightarrow



- 誘電体を挿入すると、
- 電極間の電界が弱くなる
 - 電気力線の数が減る



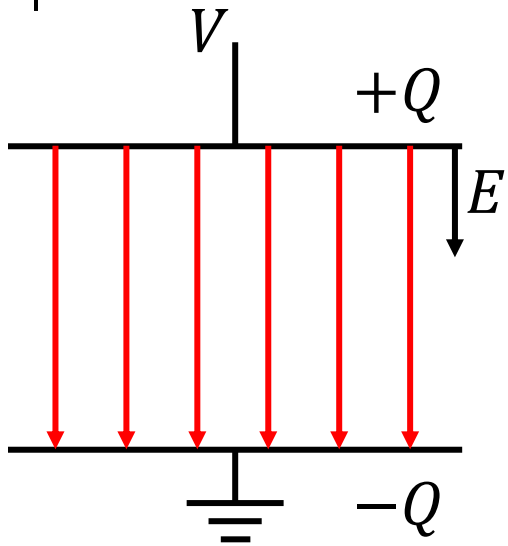
電圧 V を印加した状態で誘電体を挿入すると、

- 電極間の電界は **変化しない**
- 電気力線の数 **変化しない**
- 電荷が **変化する**

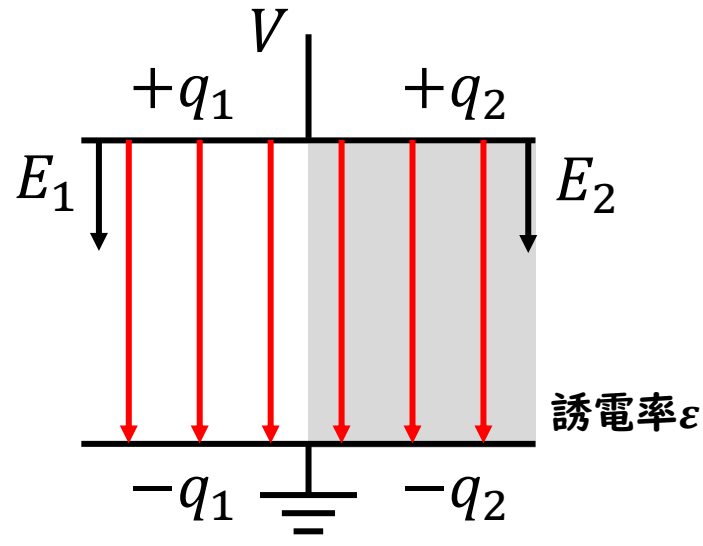
$$Q < Q'$$

→ 誘電体により静電容量が増えるため

平行板と誘電体

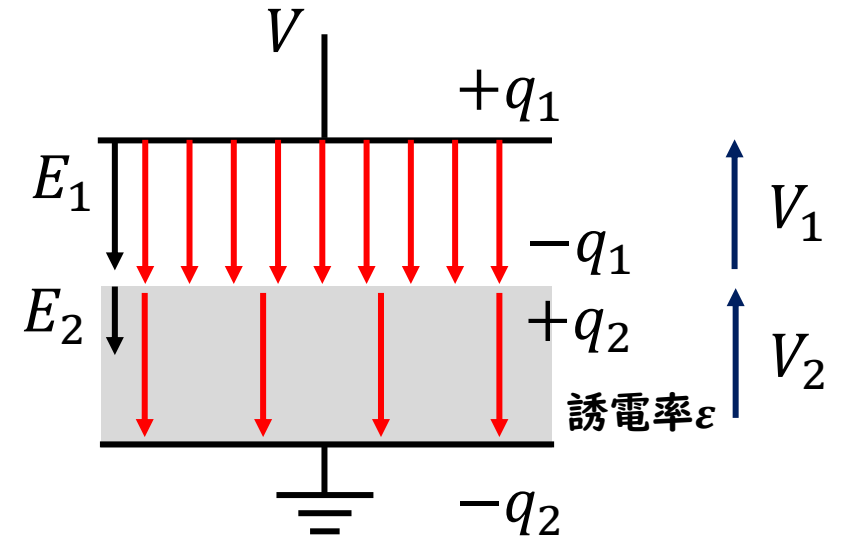


電気力線 \longrightarrow



$$E = E_1 = E_2$$

$$Q < q_1 + q_2$$

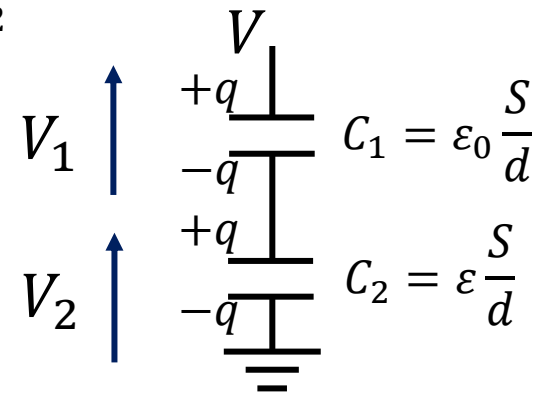
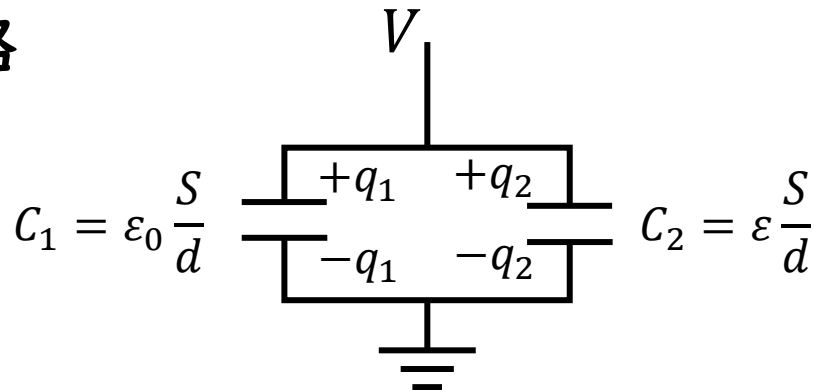


$$E_2 < E < E_1$$

$$Q < q_1 = q_2$$

$$V_1 > V_2$$

等価回路



H30 問1

問2 次の文章は，平行板コンデンサの電界に関する記述である。

極板間距離 d_0 [m] の平行板空気コンデンサの極板間電圧を一定とする。

極板と同形同面積の固体誘電体（比誘電率 $\epsilon_r > 1$ ，厚さ d_1 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると，空気ギャップの電界の強さは，固体誘電体を挿入する前の値と比べて 。

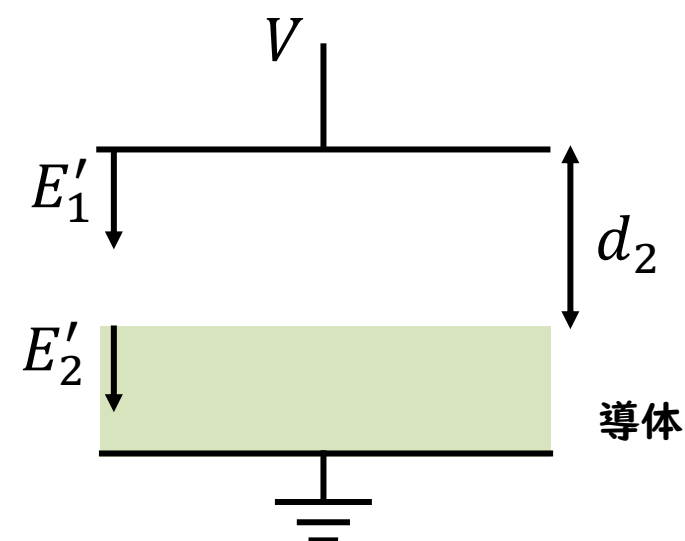
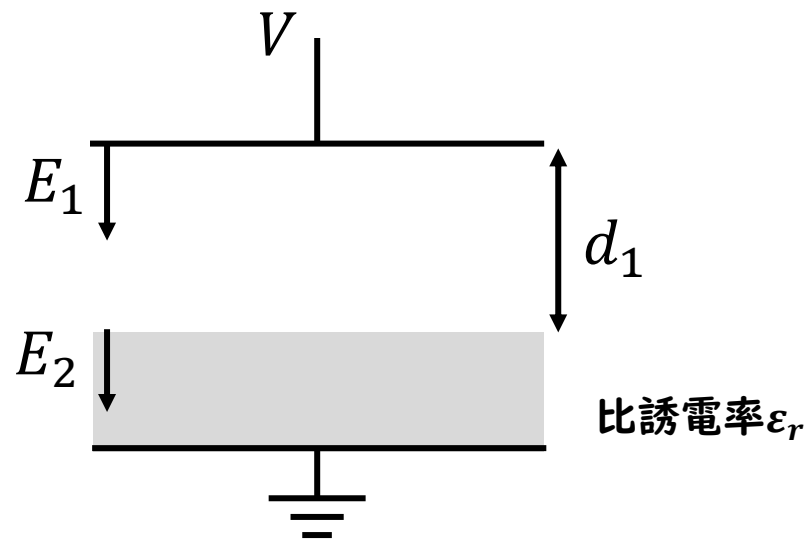
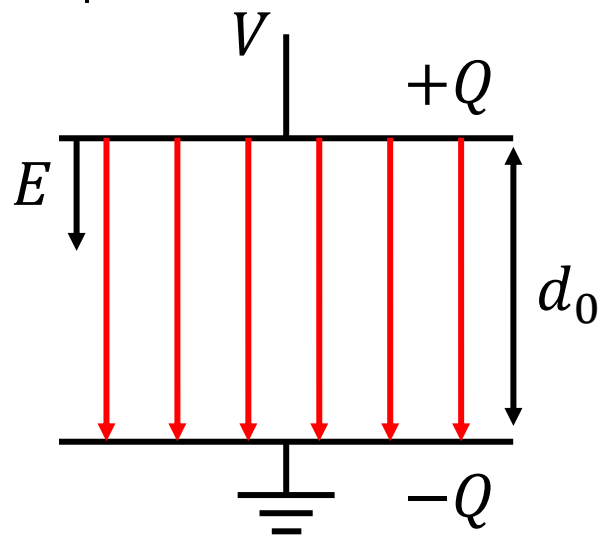
また，極板と同形同面積の導体（厚さ d_2 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると，空気ギャップの電界の強さは，導体を挿入する前の値と比べて 。

ただし，コンデンサの端効果は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)及び(イ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

| | (ア) | (イ) |
|-----|-------|-------|
| (1) | 強くなる | 強くなる |
| (2) | 強くなる | 弱くなる |
| (3) | 弱くなる | 強くなる |
| (4) | 弱くなる | 弱くなる |
| (5) | 変わらない | 変わらない |

導出のポイント

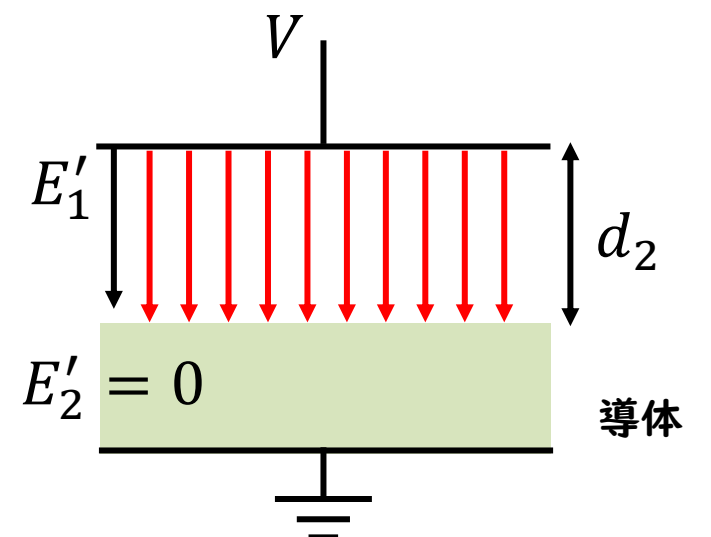
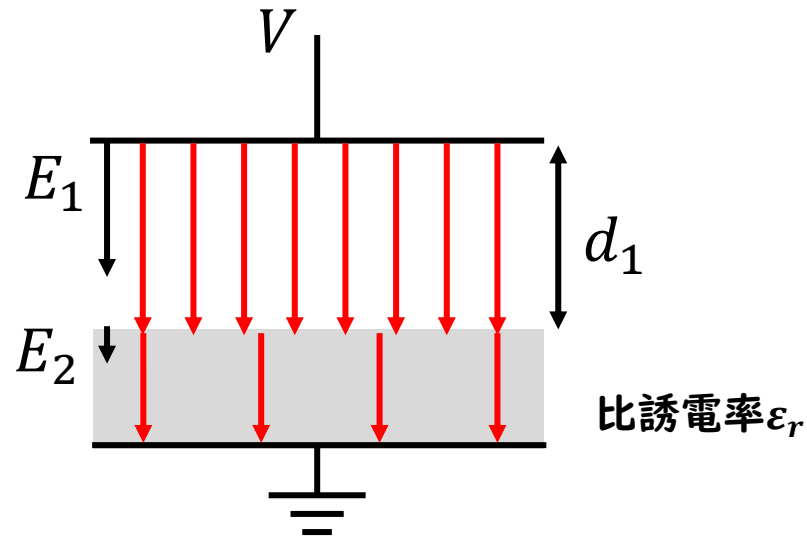
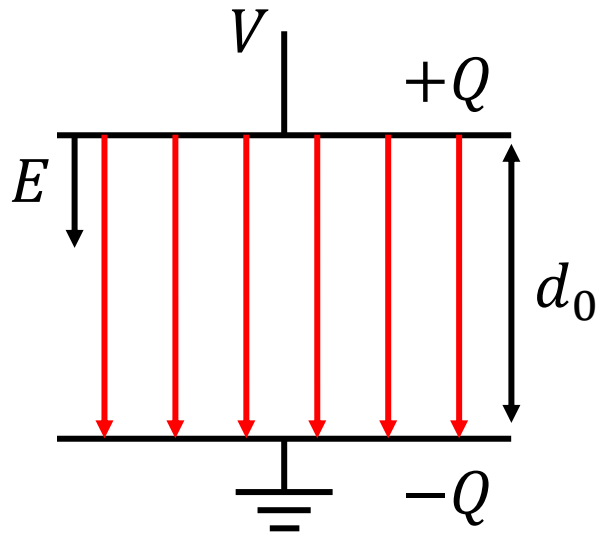


E と E_1 の大きさを比べると

E と E'_1 の大きさを比べると

| | (ア) | (イ) |
|-----|-------|-------|
| (1) | 強くなる | 強くなる |
| (2) | 強くなる | 弱くなる |
| (3) | 弱くなる | 強くなる |
| (4) | 弱くなる | 弱くなる |
| (5) | 変わらない | 変わらない |

導出のポイント



E と E_1 の大きさを比べると $E < E_1$

E と E'_1 の大きさを比べると $E < E'_1$

| | (ア) | (イ) |
|-----|-------|-------|
| (1) | 強くなる | 強くなる |
| (2) | 強くなる | 弱くなる |
| (3) | 弱くなる | 強くなる |
| (4) | 弱くなる | 弱くなる |
| (5) | 変わらない | 変わらない |

H30 問2

問2 次の文章は、平行板コンデンサの電界に関する記述である。

極板間距離 d_0 [m] の平行板空気コンデンサの極板間電圧を一定とする。

極板と同形同面積の固体誘電体（比誘電率 $\epsilon_r > 1$ ，厚さ d_1 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると、空気ギャップの電界の強さは、固体誘電体を挿入する前の値と比べて 。

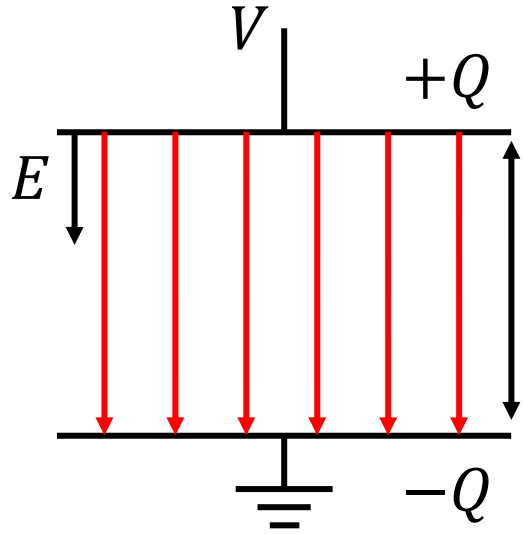
また、極板と同形同面積の導体（厚さ d_2 [m] $< d_0$ [m]）を極板と平行に挿入すると、空気ギャップの電界の強さは、導体を挿入する前の値と比べて 。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)及び(イ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

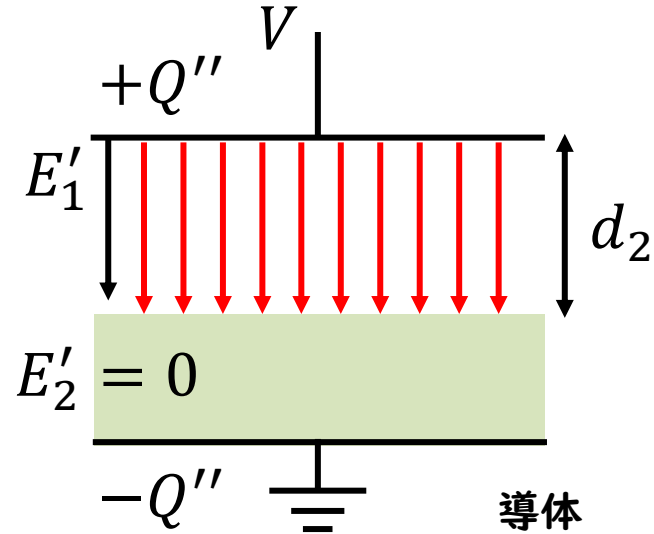
| | (ア) | (イ) |
|-----|-------|-------|
| (1) | 強くなる | 強くなる |
| (2) | 強くなる | 弱くなる |
| (3) | 弱くなる | 強くなる |
| (4) | 弱くなる | 弱くなる |
| (5) | 変わらない | 変わらない |

計算で求める場合



空気のみ

$$E = \frac{V}{d_0}$$



導体を挿入

$$E'_1 = \frac{V}{d_2}$$

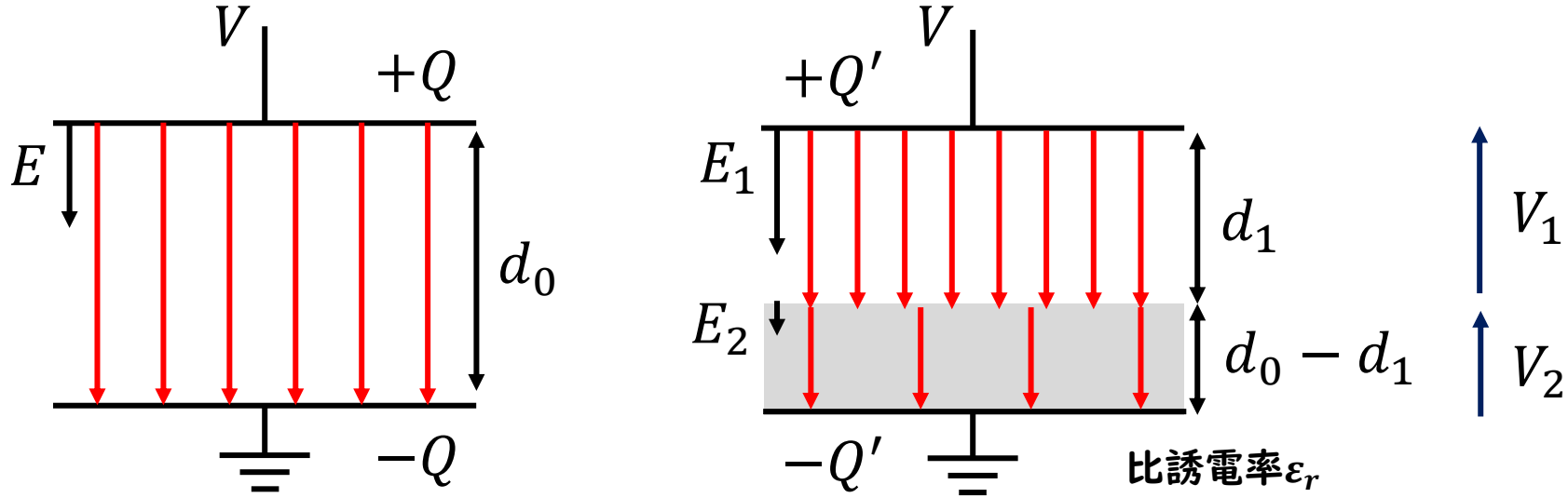
$$E : E'_1 = \frac{1}{d_0} : \frac{1}{d_2}$$

$$E : E'_1 = d_2 : d_0$$

$$d_2 < d_0 \text{ より}$$

$$\therefore E < E'_1$$

計算で求める場合



空気のみ

$$E = \frac{V}{d_0}$$

誘電体を挿入

$$D = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_r \epsilon_0 E_2$$

$$E_1 = \epsilon_r E_2$$

$$E_2 = \frac{E_1}{\epsilon_r}$$

$$V = V_1 + V_2 = E_1 d_1 + E_2 (d_0 - d_1)$$

$$E d_0 = E_1 d_1 + \frac{E_1}{\epsilon_r} (d_0 - d_1)$$

$$E_1 = \frac{d_0}{d_0 - \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right) d_1} E \rightarrow \therefore E_1 > E$$

H30 問17

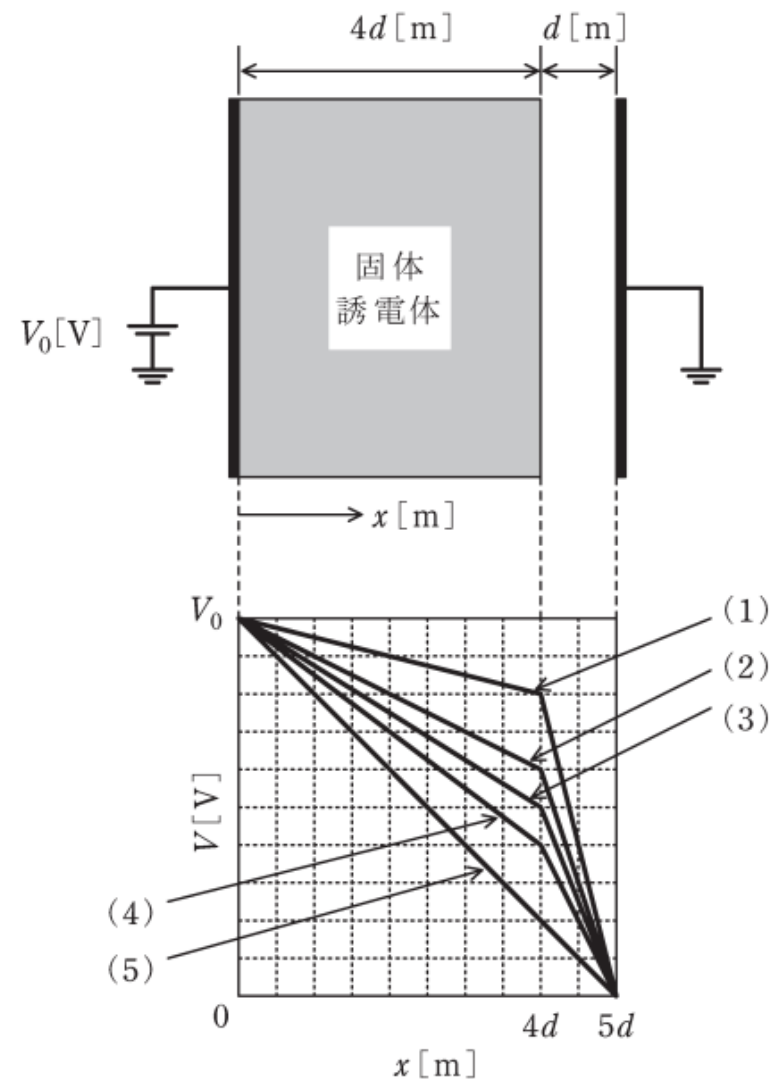
問 17 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように、一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し、極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体(比誘電率 4)を極板と接するように挿入し、他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

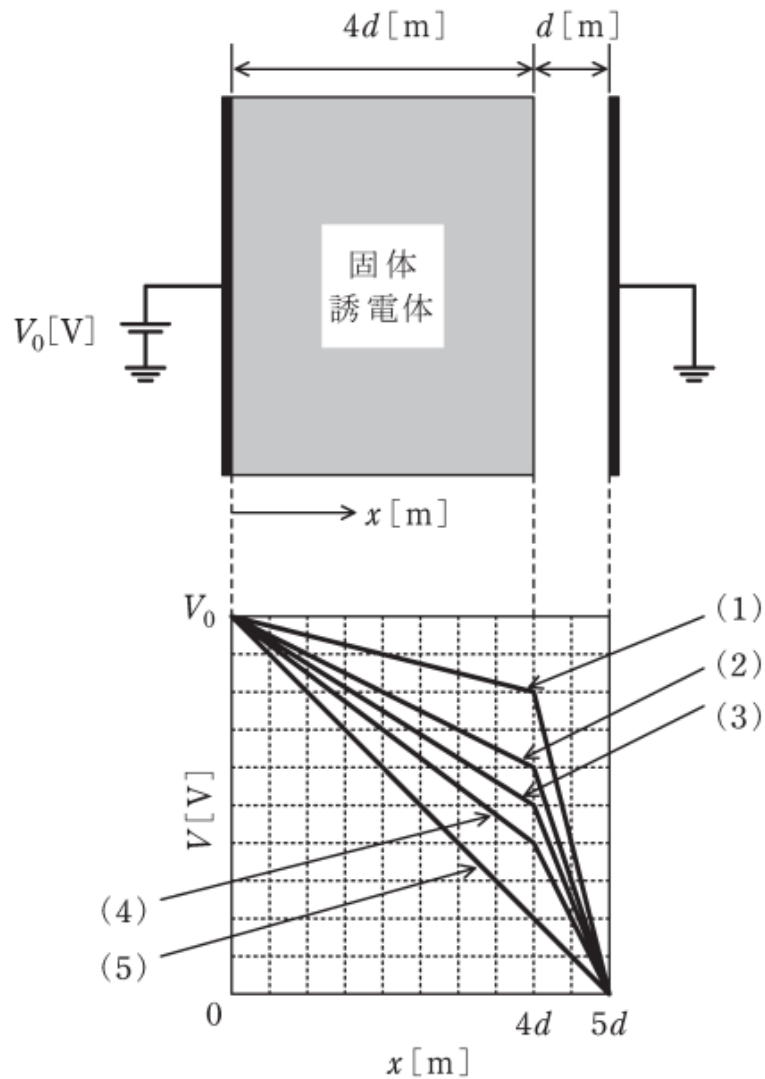
(a) 極板間の電位分布を表すグラフ(縦軸:電位 V [V], 横軸:電源が接続された極板からの距離 x [m])として、最も近いものを図中の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(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



導出のポイント



(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

平行板の静電容量

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

電圧と電界の関係

$$V = Ed$$

電圧比(直列接続2個)

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

H30 問17

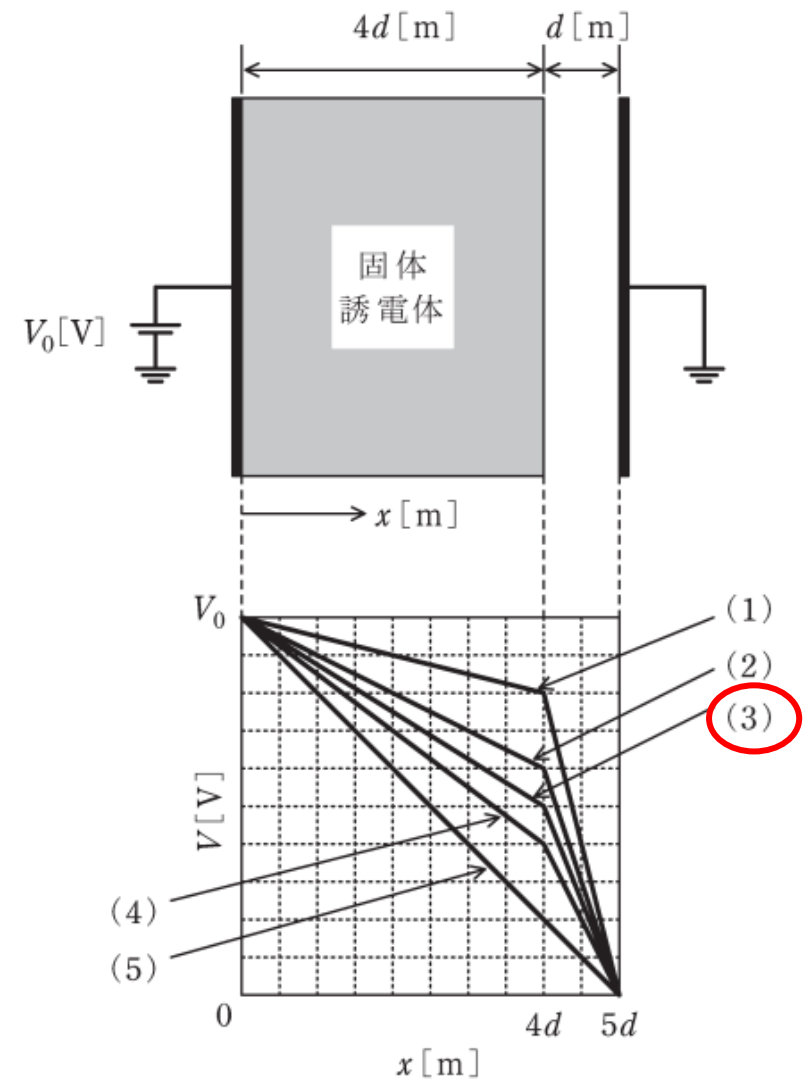
問 17 空気(比誘電率 1)で満たされた極板間距離 $5d$ [m]の平行板コンデンサがある。図のように、一方の極板と大地との間に電圧 V_0 [V]の直流電源を接続し、極板と同形同面積で厚さ $4d$ [m]の固体誘電体(比誘電率 4)を極板と接するように挿入し、他方の極板を接地した。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

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!!