H21

問1

(1) 軸方向に長さ 1[m]、半径 r の円筒状の閉曲面を考える

まず電界は

・ $0 \leq r \leq a$ のとき

閉曲面内に電荷は存在しないので

$$E_1(r) = 0$$

・ $a \leq r \leq b$ のとき

$$\oint E_2(r)\, dr = \frac{\lambda}{\varepsilon}$$

$$E_2(r) = \frac{\lambda}{2\pi r \varepsilon}$$

・ $b \leq r \leq c$ のとき

静電誘導によって外側導体円筒の内側表面に $-Q$ の電荷が生じ 閉曲面内の電荷が打ち消し合って 0になる

よって

$$E_3(r) = 0$$

次に電位について考える

・ $b \leq r \leq c$ のとき

$$\phi_3(r) = -\int_\infty^c E\, dr - \int_c^r E_3(r)\, dr$$

$$= 0$$

・ $a \leq r \leq b$ のとき

$$\phi_2(r) = \phi_3(b) - \int_b^r E_2(r)\, dr$$

$$= 0 + \left[\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon} \log r\right]_r^b$$

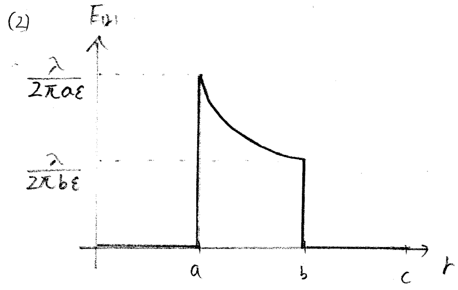
$$= \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon} \log \frac{b}{r}$$

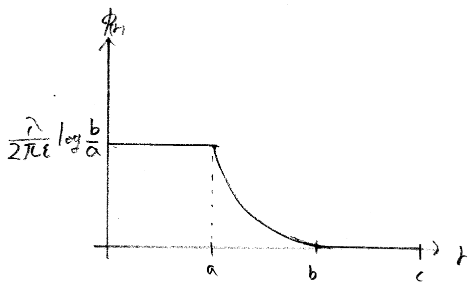
・ $0 \leq r \leq a$

$$\phi_1(r) = \phi_2(a) + \int_a^r E_1(r)\, dr$$

$$= \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon} \log \frac{b}{a}$$

(2)





(3) $Q = CV$ より

$$C = \frac{Q}{V}$$

ここで導体間の電位差は $\phi_2(a)$、$Q = \lambda$

$$C = \frac{2\pi\varepsilon}{\log \frac{b}{a}}$$

(4) 導体間の電位は(1)より

$E_2(r) = \dfrac{\lambda}{2\pi r \varepsilon}$ で表わされるので

rにかかわらず一定とするには

$\varepsilon = \dfrac{k}{r}$ (k:定数) とすればよい。