

コンデンサーの中に金属板を挿入した問題をやったときのこと

生徒：先生，金属板が正に帯電していたらどうなりますか。

先生：2個のコンデンサーの接続と考えると，図1のようになるよ。

$-Q_1 + Q_2 =$ (金属に与えた正電荷) となるんだ。また，
 $+Q_1 - Q_2 = -$ (金属に与えた正電荷) の電荷がアースから供給されるよ。

生徒：アースしていないとどうなりますか。

先生：ウ～ン…

生徒：電池の両極の酸化還元反応に差が生じて，そこで調節することになるような気がするんだけど。

ところで，コンデンサーの向かい合った面は必ず同じ大きさの電荷にならなきゃいけないんですか。

先生：なるほど，電池にコンデンサーの役割も持たせることになるのかな。でも正極と負極で電子のやりとりに差がでるのは… ，酸化還元の違いはなさそうだな。

コンデンサーの向かい合った面の電荷の大きさだけで，ここに差があると金属内部に電場が残ってしまうんだ。それによって自由電子が移動して，最終的に向かい合った面の電荷の大きさは必ず等しくなるんだよ。

さて，アースしていないときの話に戻るけど，アースしていないと回路全体と地面との間に電位差が生じることになる。図2のように，地面と回路との間にコンデンサーがある状態を考えるんだ。 $+q$ は金属板に与えた電荷だよ。

洗濯機などもアースしていないとこのような状態になり，感電事故が生じることもあるんだよ。

生徒：でも， $+q$ はどこに分布するんですか？電池を通過する電荷もなんかはっきりしてないような気がします。

先生：… ，明日までちょっと待っててくれ。

【次の日】

先生：まず，図3を見てくれ。電池の電圧を V ，簡単のため金属の両側の容量を C とした。次がポイントになるが，コンデンサーの極板の内側と外側を考える。そして，外側の面と地面との間の容量をこれも簡単のため C_0 とおく。図の左側から各コンデンサーにかかっている電圧を v_1 ， V_1 ， V_2 ， v_2 ，金属板に与えた電荷を $+q$ とすると，次の式ができる。

$$Q_1 = CV_1, Q_2 = CV_2, q_1 = C_0 v_1, q_2 = C_0 v_2, -Q_1 + Q_2 = q, q_1 + Q_1 = q_2 + Q_2, V_1 + V_2 = V, v_1 + v_2 = V, \text{未知数8個に式が8本できたから解けるよ。解いてごらん。}$$

生徒：ふえ～ん。……解けました！

先生：よし。では，イメージしやすいよう数値を代入してみる。 $V=1V$ ， $C=1F$ ， $C_0=0.01F$ ， $q=1C$ としてみよう。どうなる？

生徒：OK，ちょっと待って…… $Q_1=0C$ ， $Q_2=1C$ ， $q_1=0.505C$ ， $q_2=-0.495C$ ， $V_1=0V$ ， $V_2=1V$ ， $v_1=50.5V$ ， $v_2=-49.5V$

先生：正解！

生徒：マイナスは設定と逆向きに充電されるんだね。確かに地面は $-q_1 + q_2 = -1C$ に帯電してる。電池を通過した電荷は $q_1 + Q_1 = q_2 + Q_2 = 0.505C$ でいいんだよね。

先生：Very good! **ただ，実は本当にこうなるのか少し不安なところもある。**

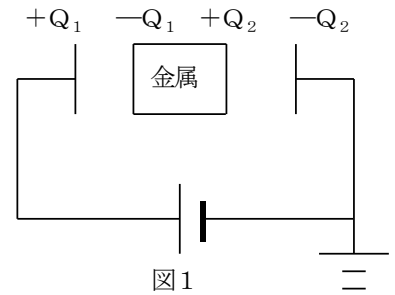


図1

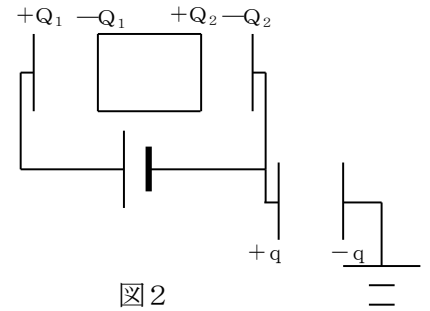


図2

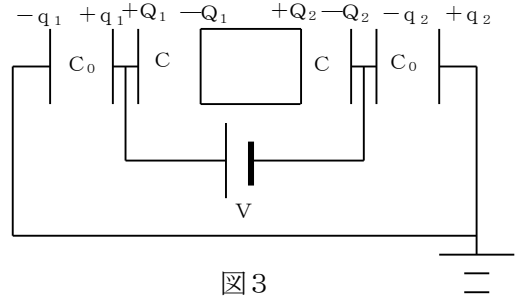


図3