

2. 配電方式	151
3. 配電計画	165
4. 配電計算	168
5. 配電線の電圧調整	176
6. 受電回路と配電用機器	191
7. 配電線の事故と事故電流の計算	199
8. 配電線の保護	209
練習問題	221

第 4 章 電気材料

1. 電気材料について	222
2. 導電材料	222
3. 半導体材料	230
4. 絶縁材料	239
5. 磁気材料	247
6. 特殊材料	252
練習問題	255

各章練習問題の解答	256
-----------	-----

1. 電荷と静電界

(1) 電 荷

電気をおびた物体（帯電物体）は電気量をもっていると考えられ、この電気量を電荷という。電荷には正と負の二種類があり、原子を構成する原子核は正の電荷を、その回りの電子は負の電荷をもっている。電子のもつ電荷の大きさは、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ で、電気の素量（これ以上小さく分けられないという最小の实在量）とされている。このように、電荷の大きさはクーロン [C] という単位を用いて表わすが、1 [C] の電荷は電子約 6.2×10^{18} 個分の電気量に相当しばくだいな量が単位になっている。

原子は通常の状態では、電子の数と、電子と同じ大きさの正の電荷をもつ陽子の数が等しいので打消し合って電荷をもたない。つまり電氣的に中性である。導体、絶縁体を問わず物体はばくだいな量の原子で構成されているわけであるが、通常の物体は中性原子から構成されているので、中性である。絶縁体では原子核はもちろんのこと、電子も自由に動くことはできないが、導体では電子がその中を自由に動きまわることができて、これに力が作用すれば電子の移動が生じ、電流となる。このように、自由に動きまわれるのは電子であって、負の電荷が移動すると考えてよい場合がほとんどである。もともと中性であった物体において、電子がどこか他に移動し去って電子が不足すると、その分だけ原子核のもつ正電荷が余分になって、物体は正に帯電することとなる。絶縁体中では上述のように、自由電子というものがなく、電子はその中を自由に動きまわることができないが、何らかの原因たとえば他の物体との接触などによって電子が他の物体に移ることができるわけで、

やはり電荷移動の主体は電子である。この場合、電子の移ってきた物体は負に、電子を与えた側の物体は正に帯電することになる。

電荷をもつ原子や分子はイオンとよばれるが、正イオンは中性原子・分子から電子が一個以上他へ移って不足している状態であり、負イオンは電子が他から移ってきて余分になっている状態である。電気集じん器内の微粒子帯電にみられるように、電子やイオンが中性物体に付着してももちろんその物体は負や正に帯電した状態になる。

(2) クーロンの法則

帯電物体間には力が働く。これは帯電体のもつ電荷と電荷の間に力が働くからで、この帯電体間の力については、クーロンにより実験的に次の法則が導かれた。すなわち、図1-1を参照して、二つの帯電体の間に働く力は、その方向が両電荷を結ぶ直線上にあり、その大きさは両電荷量の積に比例し、距離の2乗に反比例する。ただし帯電体の大きさは考えている距離に比べて十分小さいとする。式で表わせば、

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad (1 \cdot 1)$$

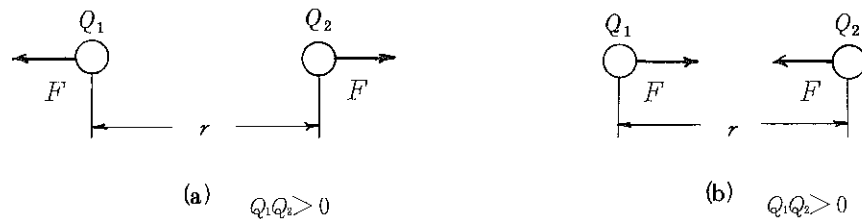


図1-1

が成立する。 $Q_1 Q_2 > 0$ すなわち Q_1 と Q_2 が共に正電荷か負電荷のとき(a)のように互いに反発し合う方向に力が働き、 $Q_1 Q_2 < 0$ すなわち正と負の電荷の場合には互いに引き合う向きに力が働く。

上で、「帯電体の大きさは考えている距離に比べて十分小さい」というただし書をつけたが、帯電体は点とみなし得る場合の話であることを意味している。このように、帯電体の大きさを点と考えることができるような場合の電荷を点電荷という。いいかえれば、(1・1)式は点電荷に関するクーロン力の式である。

(1・1)式の k は比例定数で、電荷 Q に [C]、距離 r に [m]、力 F に [N] という単位を採用すれば、 $k = 1 / (4 \pi \epsilon_0)$ と表わせる。ここに ϵ_0 は真空の誘電率とよばれるもので、次の値になる。

$$\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12} \quad [\text{F/m}] \quad (1 \cdot 2)$$

したがって (1・1) 式は、

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \pi \epsilon_0 r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad [\text{N}] \quad (1 \cdot 3)$$

上式は二つの点電荷が真空中にある場合のクーロン力を表わすが、一般の媒質中におけるクーロン力は、

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \pi \epsilon r^2} \quad [\text{N}] \quad (1 \cdot 4)$$

で表わされる。式中の ϵ は媒質の誘電率とよばれ、 ϵ と先の ϵ_0 の比をその物質の比誘電率といい、 ϵ_r で表わす。

$$\epsilon_r = \epsilon / \epsilon_0, \quad \epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 \quad [\text{F/m}] \quad (1 \cdot 5)$$

普通の物質では表1-1に示すように、 $\epsilon_r > 1$ であり、同じ電荷量、距離の場合では、物質中のクーロン力は真空中よりも弱くなり、また、 ϵ_r の

表1-1 物質の比誘電率

物質	ϵ_r	物質	ϵ_r	物質	ϵ_r
空気	1.00059	エチルアルコール	25.8	ゴム	2.1~2.3
二酸化炭素	1.000985	蒸留水	81.1	ベークライト	4.5~7.0
水素	1.000264	雲母	5.6~6.0	石英ガラス	3.4~4.5
液体空気(-191℃)	1.43	紙(ケーブル用)	2~2.5	酸化チタン磁器	3.0~8.0
絶縁油	2.2~2.4	陶磁器	4.4~6.8	ポリエチレン	2.2~2.4

大きい物質中ほどクーロン力は弱くなるのがわかる。

さて、 $0.5 [C]$ の二つの点電荷を空气中 ($\epsilon = \epsilon_0$) で $10 [cm]$ の距離におけば、その間に作用する力は $F = 225 \times 10^9 [N]$ となる (各自求めてみよ)。ところで、 $9.8 [N] = 1 [kgf]$ であるから、 $225 \times 10^9 [N] \approx 2.3 \times 10^{10} [kgf]$ となり、莫大な力である。すなわち、これだけの電荷をごく近い距離に集めておくことは実際問題として不可能で、前にも述べたように電荷の単位である $1 [C]$ は非常に大きな量であることがわかる。

しかしこれは正味の電荷がある領域にぽつんと孤立して存在している場合であって、電荷が導体中を移動している、つまり電流の現象を考えれば、 $1 [C]$ という電荷の量は大きなことはない。導線に $1 [A]$ の電流が流れているとすれば、電流の定義に従って、毎秒導線の断面を $1 [C]$ の電荷が移動していることになる。100 [A] 流れておれば、毎秒100 [C] の電荷が移動している。にもかかわらず、この場合、上述したような驚くべき電気力など生じないことはよく知っている通りである。このことを簡単に説明すると次のようである。

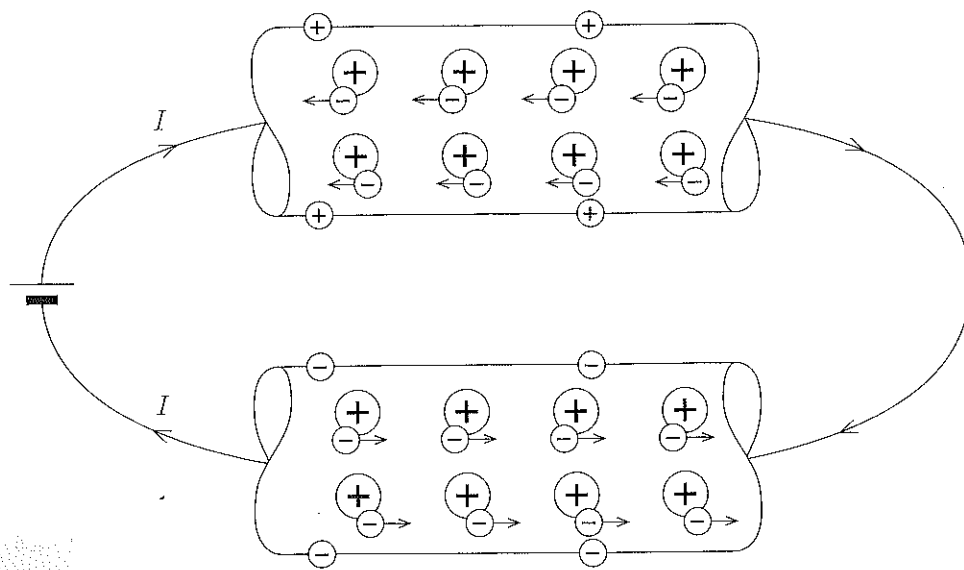


図1-2 電流が流れる導体の電荷分布

図1-2は導線に電流が流れている場合の概念図である。電流の方向は正の電荷が移動する方向と定義されるが、実は先にも述べたように、金属導体中を移動できるのは負の電荷をもつ自由電子であって、電流の方向とは逆向きに自由電子が移動しているわけである。つまり、負の電荷が図に示した方向に移動しているということは、それと同量の正電荷が電流方向に移動するのと等価と考えてよい。さて、話をもとにもどして、電流の流れている導体中でどこでもよいから微小な体積 Δv 中に自由電子が Δn 個あれば、必ずその中には自由電子の不足した金属原子すなわち正の電荷をもつ金属イオンが Δn 個存在して、正負合計の正味電荷は零になっているのであって、なにがしかの電荷がある領域にぽつんと孤立して存在している状態はあり得ないのである。したがって上述のような莫大な電気力は生じないことになる。ただし、図に示したように、導線の表面においてはごくわずかの正味電荷が分布して (高電位側導体表面に正電荷、低電位側導体表面に負電荷がそれぞれ分布)、後述の静電界をつくり出しているのである。

(3) 電界の強さ

ある場所に電荷をおいたとき、この電荷に電気力が働けば、そこには電界があるという。いま、単位正電荷 ($+1 C$) をおいたとき、これに働く電気

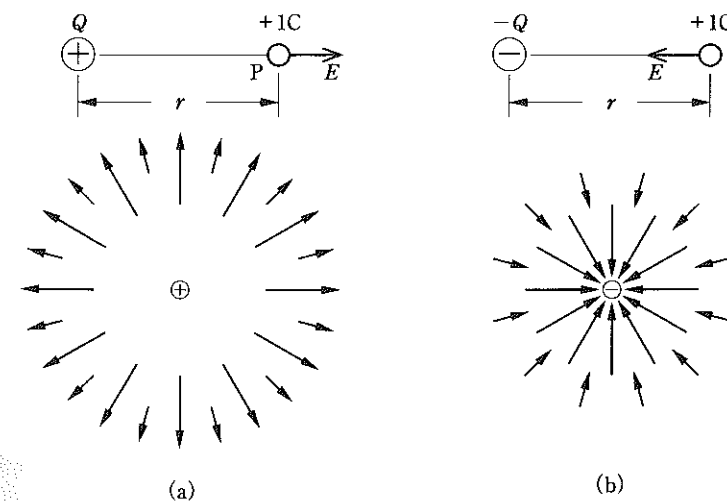


図1-3