

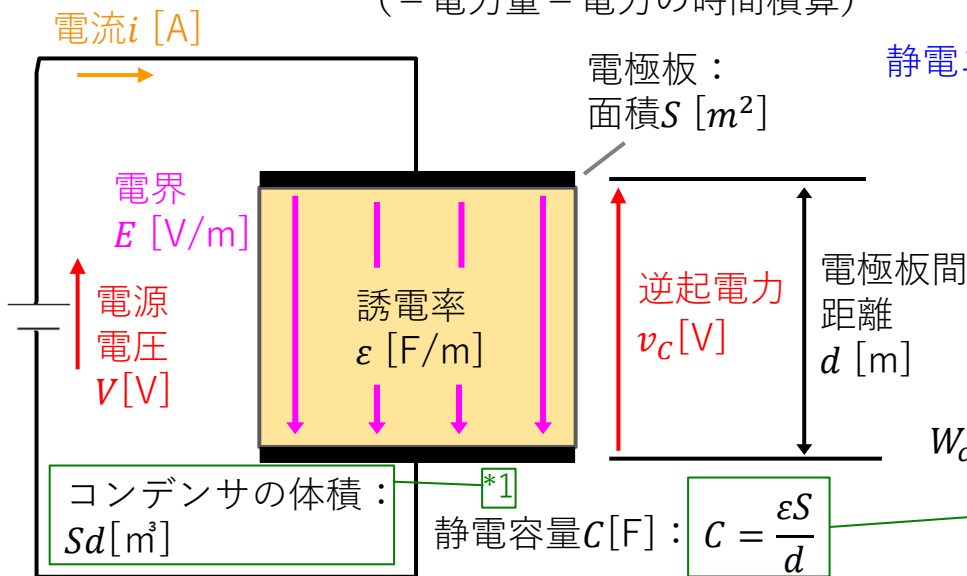
コンデンサ (7) - 静電エネルギー

コンデンサに電圧をかけると、静電エネルギー[J]が蓄積される。

■ 静電エネルギーとは・・・

電界空間に蓄積されるポテンシャルエネルギー

コンデンサが蓄える静電エネルギーの大きさは、逆起電力 v_C に逆らって電流 i を流すのに要した仕事 (= 電力量 = 電力の時間積算)



電力[J/s] : $P_C = v_C \cdot i = v_C \cdot \frac{dq}{dt} = v_C \cdot \frac{dCv_C}{dt} = Cv_C \cdot \frac{dv_C}{dt}$
 ※毎秒の仕事率

電流 i [A] は電荷 q [C] の流れ [C/s] であるため、 $i = \frac{dq}{dt}$

時間 $t=0 \rightarrow T$ の間に、逆起電力 $v_C = 0 \rightarrow V$ となったときの電力量は、

静電エネルギー [J] : $W_C = \int_0^T Cv_C \cdot \frac{dv_C}{dt} \cdot dt$
 $= C \int_0^V v_C dv_C = C \left[\frac{1}{2} v_C^2 \right]_0^V = \frac{1}{2} CV^2$

単位体積の空間に蓄積される静電エネルギー密度は、

静電エネルギー密度 [J/m³] : $w_C = \frac{W_C}{(\text{体積})}$

$W_C = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{d} V^2 = \frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon E^2 Sd = \frac{1}{2} \epsilon E^2 \cdot (\text{体積})$
 $\therefore w_C = \frac{1}{2} \epsilon E^2$

$V = Ed$

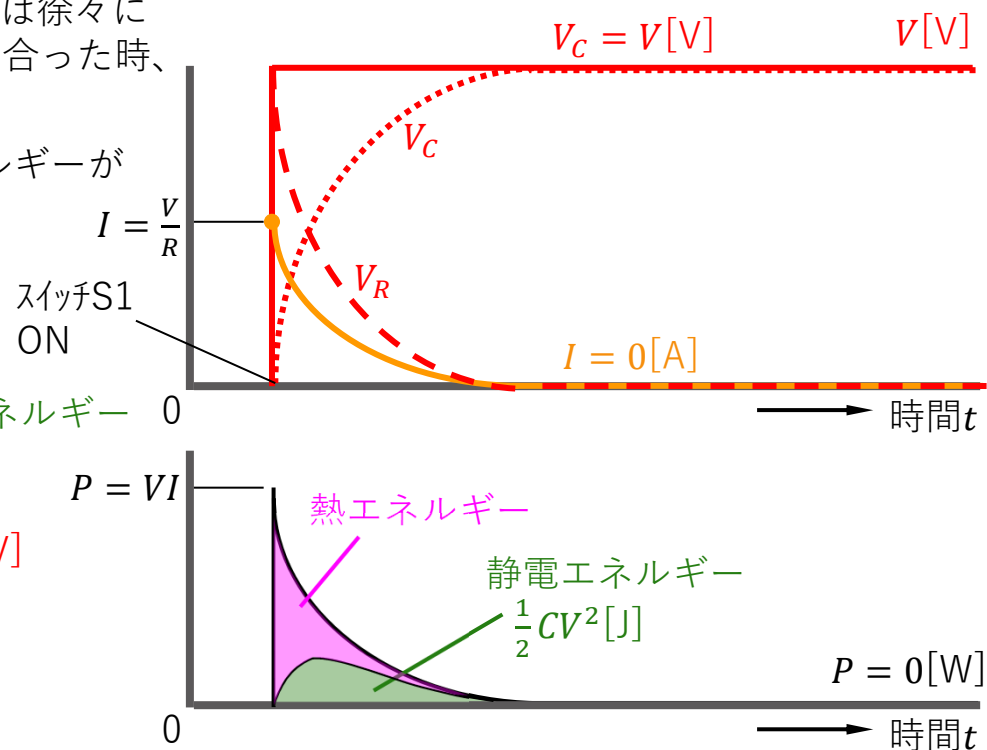
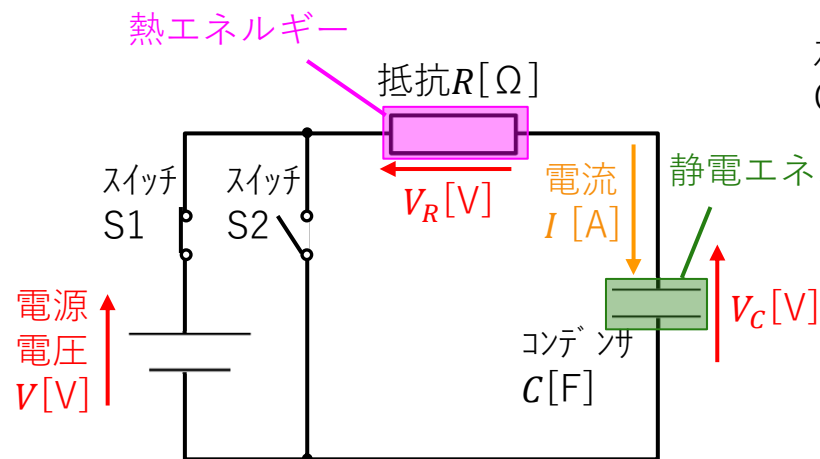
コンデンサ (8) - 直流回路

下図のコンデンサ C [F]と抵抗 R [Ω]を直流電源 V [V]につないだ回路で、スイッチS1 ON直後より電流が流れ始める。

コンデンサ初期電荷がゼロだと、コンデンサの逆起電力 V_C [V]もゼロなので、回路電流は $I = \frac{V}{R}$ となる。

コンデンサに電荷が貯まり始めると、貯まった電荷によりコンデンサに逆起電力 V_C [V]が発生し、回路電流は徐々に減少していく。逆起電力 V_C [V]と電源 V [V]が釣り合った時、電流は流れなくなる（電路開放と同等）

この時、コンデンサには、 $\frac{1}{2}CV^2$ [J]の静電エネルギーが蓄積されている。

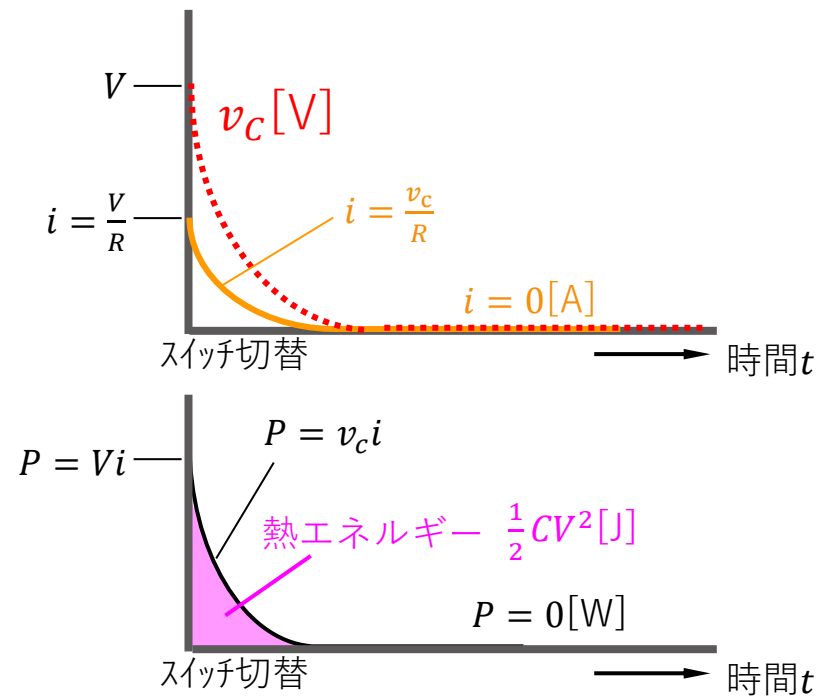
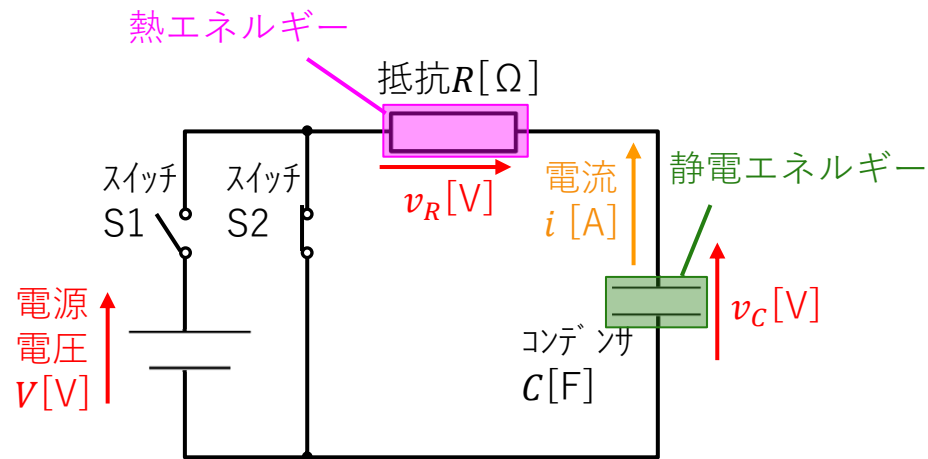


コンデンサ (9) - 直流回路

次に、スイッチS1 OFFと同時にスイッチS2 ONにすると、直流電源 $V[V]$ は切り離される。

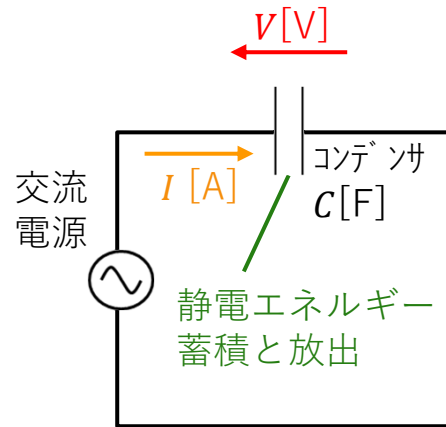
コンデンサは蓄積した電荷による起電力 $v_c[V]$ が電源となって抵抗に電流を流す。コンデンサに蓄積された電荷は回路電流となって放出され、徐々に起電力 $v_c[V]$ は小さく、流れる電流 $i[A]$ も小さくなり、最後はゼロになる。

この間、抵抗では電流 $i[A]$ による熱エネルギーを発生するが、その大きさは、蓄積されていた静電エネルギー $\frac{1}{2}CV^2[J]$ と同じとなる。



コンデンサ (10) - 交流回路

交流回路では電圧・電流が常に変化しているため、コンデンサでは常に、電荷の出入りが起きており、蓄積されている電荷による逆起電力が常に変化する。



$$V = v(t) = V_m \sin \omega t$$

(V_m : 瞬時最大電圧)

$$I = i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$= C \frac{d}{dt} V_m \sin \omega t$$

$$= \omega C V_m \cos \omega t$$

$$= \omega C V_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

($I_m = \omega C V_m$: 瞬時最大電流)

交流1周期の間に、コンデンサと電源が静電エネルギーを2回キャッチボールをしている。交流1周期のエネルギー収支はゼロなので電源は電力を消費していない。

【ベクトル図】

電流は電圧に対して 90° ($=\frac{\pi}{2}$ [rad]) 位相が進む

