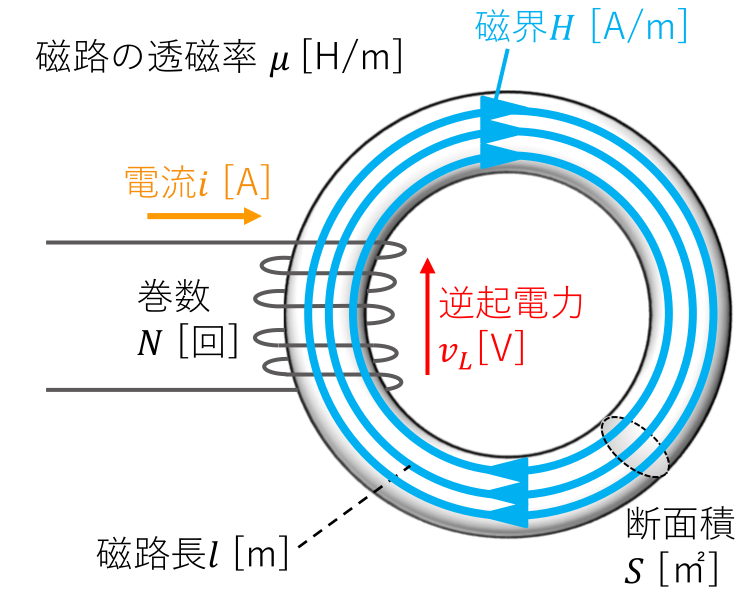
コイル（６）　－磁気エネルギー



コイルのインダクタンスL[H]

鉄心の体積
Sl[㎥]　*1

$L = \dfrac{\mu S N^2}{l}$

コイルに電流を流すと、磁気エネルギー[J]が蓄積される。

■磁気エネルギーとは・・・

磁界空間に蓄積されるポテンシャルエネルギー

コイルが蓄える磁気エネルギーの大きさは、逆起電力v_L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）

時間t=0 → Tの間に、電流$i = 0 \rightarrow I$ となったときの電力量は、

電力[J/s] ：$P_L = v_L \cdot i = L\dfrac{di}{dt} \cdot i = Li\dfrac{di}{dt}$　※毎秒の仕事率

磁気エネルギー[J] ：$W_L = \int_0^T L\, i\, \dfrac{di}{dt} \cdot dt = L\int_0^I i di = L\left[\frac{1}{2}i^2\right]_0^I = \frac{1}{2}LI^2$

単位体積の空間に蓄積される磁気エネルギー密度は、

磁気エネルギー密度[J/m^3] ：$w_l = \dfrac{W_L}{(体積)}$

$$W_L = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\frac{\mu S N^2}{l}I^2 = \frac{1}{2}\mu\left(\frac{NI}{l}\right)^2 Sl = \frac{1}{2}\mu H^2 \cdot (体積)$$

*1

アンペールの法則　$H = \frac{NI}{l}$

$$\therefore\ w_l = \frac{W_L}{(体積)} = \frac{1}{2}\mu H^2$$

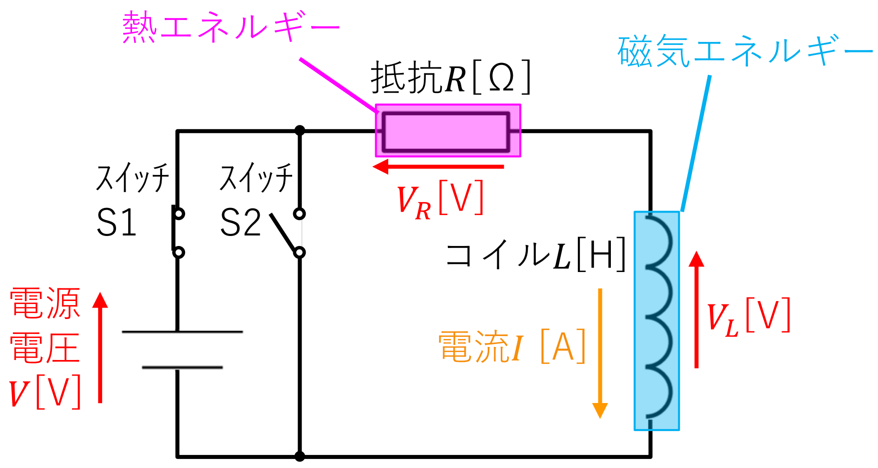
コイル（7）　－直流回路

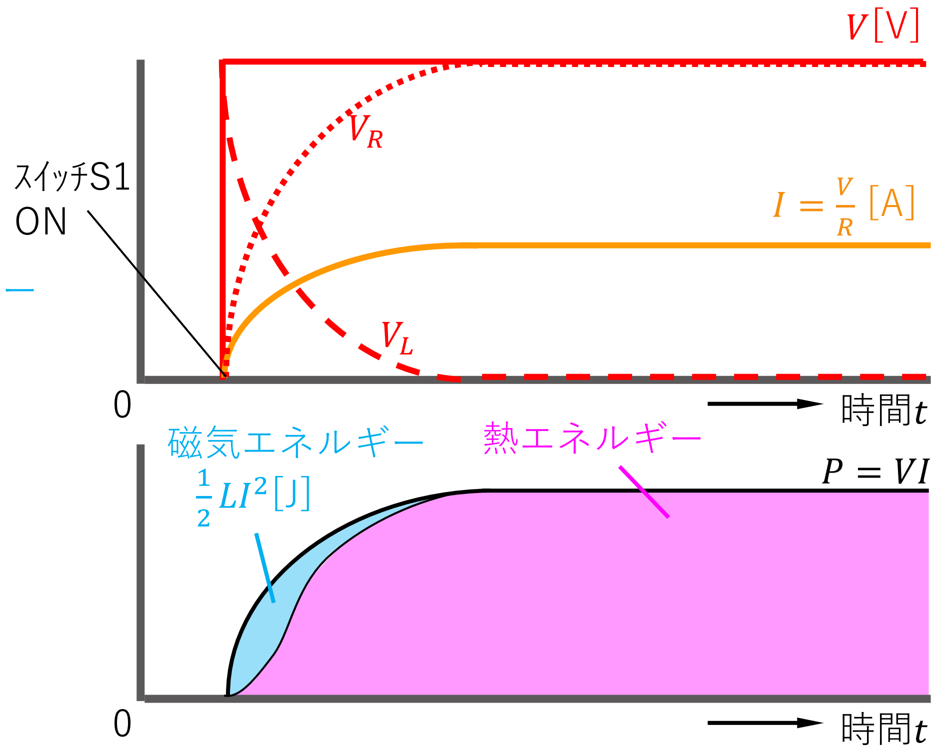
下図のコイルL[H]と抵抗R[Ω]を直流電源V[V]につないだ回路で、スイッチS1 ON直後よりコイルに逆起電力V_L[V]が発生し電流の流れを妨げる。

徐々に逆起電力V_L[V]は減り、電流が安定後は逆起電力はゼロとなり、導線と同じと見なせる。

よって、安定後の電流I [A]は、$I=\dfrac{V}{R}$ である。

この時、コイルには、$\frac{1}{2}LI^2$[J]の磁気エネルギーが蓄積されている。





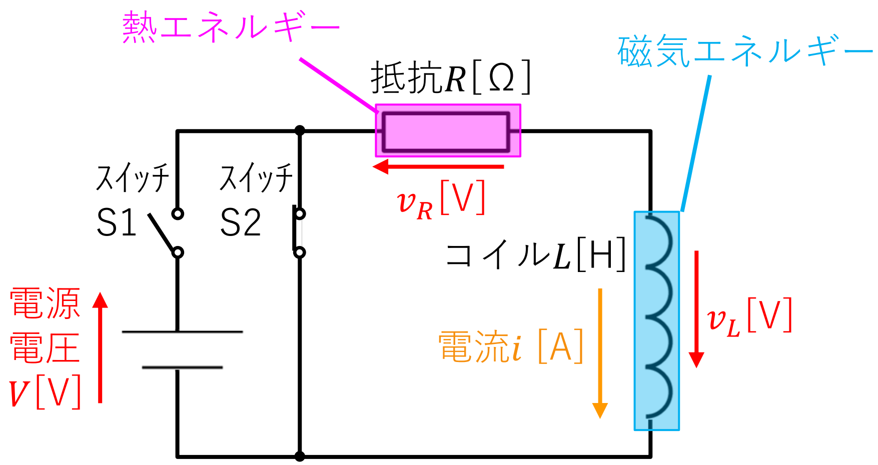
コイル（８）　－直流回路

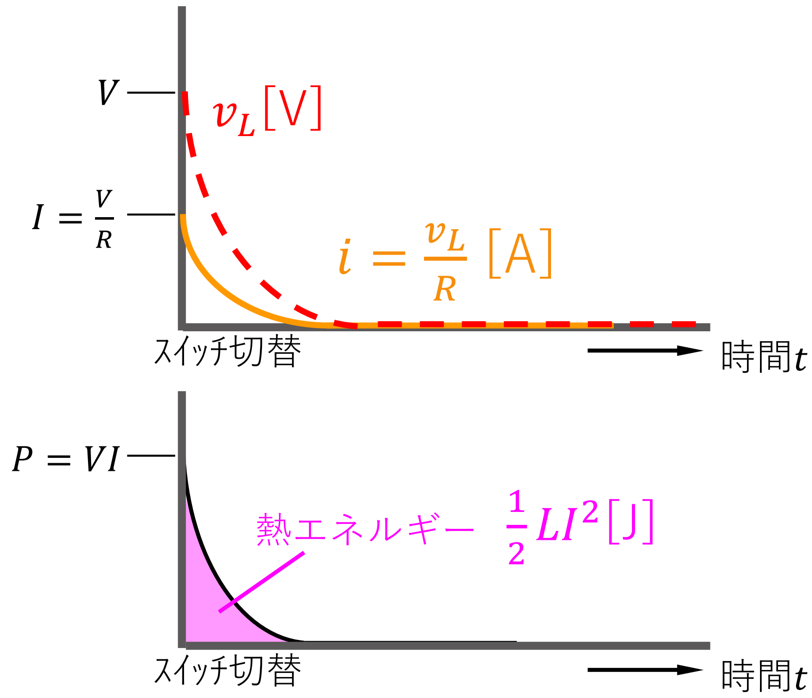
次に、スイッチS1 OFFと同時にスイッチS2 ONにすると、直流電源V[V]は切り離される。

コイルは蓄積した磁気エネルギーを使って起電力v_L[V]を発生し、直前まで流れていた電流を流し続けようとする。

磁気エネルギー消費とともに徐々に起電力v_L[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。

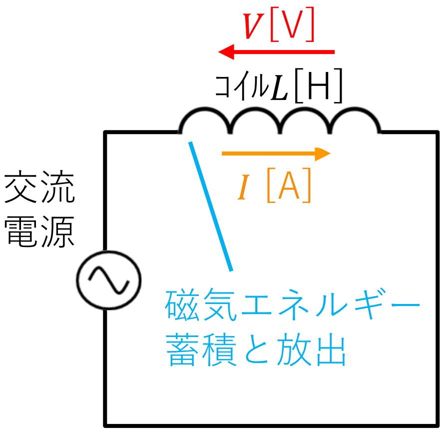
この間、抵抗では電流i [A]による熱エネルギーを発生するが、その大きさは、蓄積されていた磁気エネルギー$\frac{1}{2}LI^2$[J]と同じとなる。





コイル（8）

交流回路では電圧・電流が常に変化しているので
コイルでは常に、電流の変化を妨げる向きに逆起電力が
発生する。



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

（V_m：瞬時最大電圧）

$$I=i(t)=\frac{1}{L}\int v(t)dt$$
$$=-\frac{V_m}{\omega L}\cos\omega t$$
$$=\frac{V_m}{\omega L}\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right)$$
$$=I_m\sin\left(\omega t-\frac{\pi}{2}\right),$$

（$I_m=\frac{V_m}{\omega L}$：瞬時最大電流）

交流１周期の間に、コイルと電源が磁気エネルギーを
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]）位相が遅れる