

# 第1種ME技術実力検定試験講習会

理解すべき工学的基礎知識Ⅱ

(電子工学、計測工学)

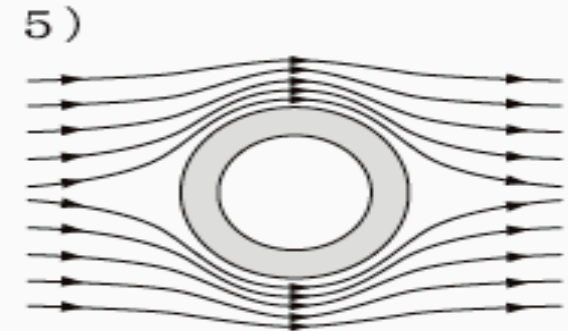
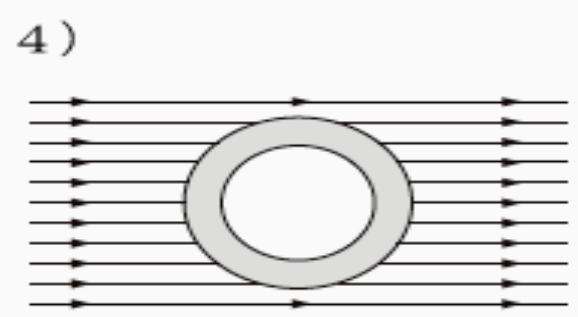
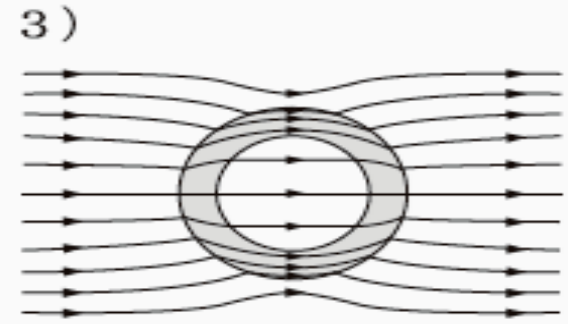
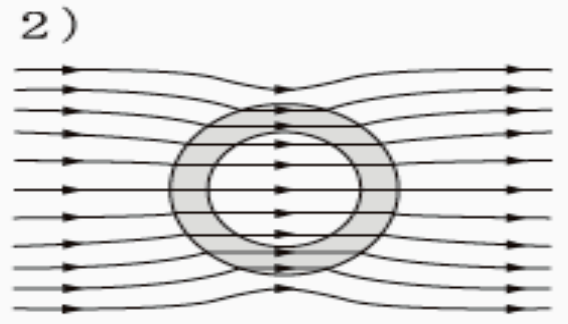
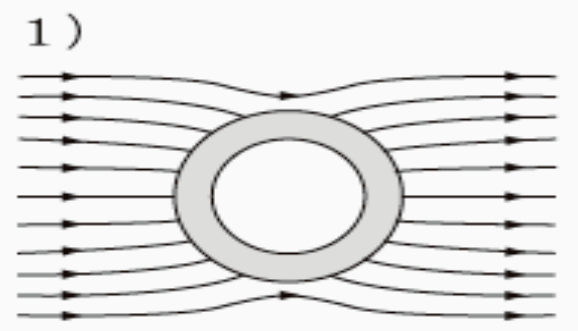
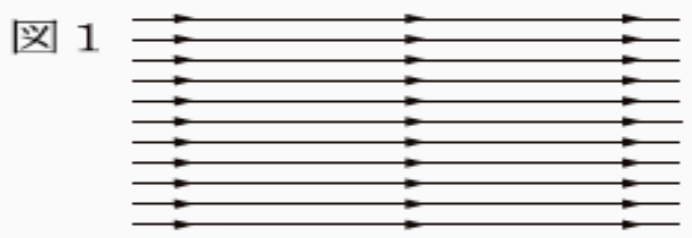
北海道大学病院 核医学診療科

北海道大学 保健科学研究所

加藤千恵次 [chtgkato.com](http://chtgkato.com)

2017. 4. 23 札幌

図1のような磁力線で示される一様な磁界中に内部が空洞で比透磁率の大きい球状の磁性体を挿入した。球状の磁性体の中心を通る断面が図2に示されるような場合、磁力線の変化で正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。



# 磁力線 line of magnetic force

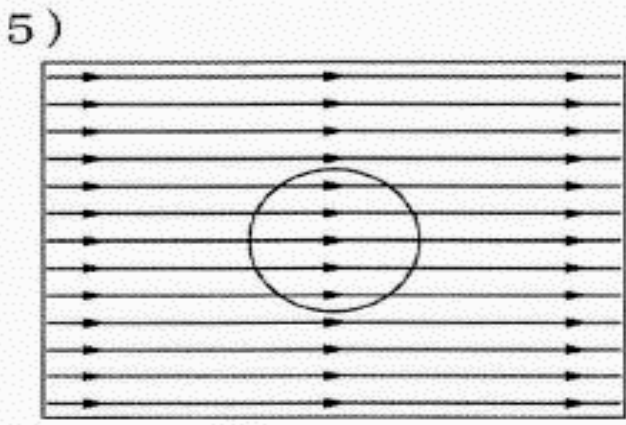
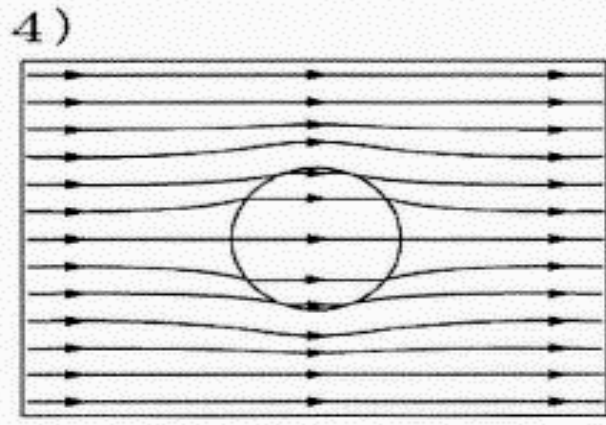
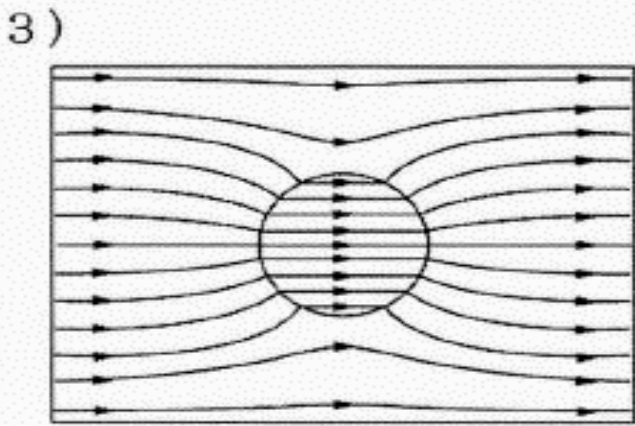
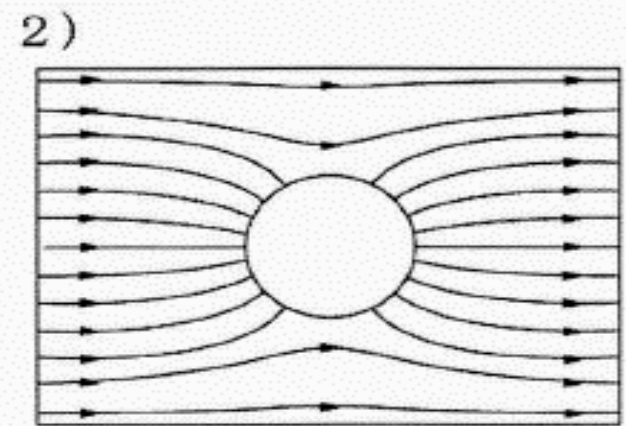
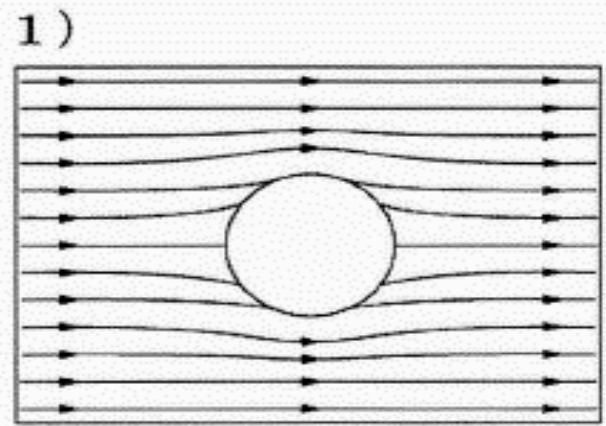
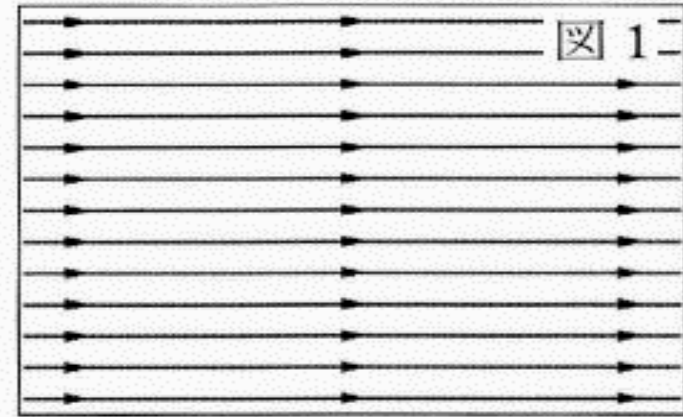
ファラデーによって考案された。

磁気力、磁場（磁極間の引力または反発力）の分布や向きを示す仮想的な線。

## 磁力線の特徴

1. N極の磁極から出て S極の磁極に入る。
2. 交差しない。（等磁気面は交わらない。）
3. 磁場中の磁性体表面には磁極が出現し、磁性体中に磁力線を引き込み、磁性体内の空洞の磁場は、外部より弱い。

図1のような電気力線で表される生体組織内の  
 一様な電界中に導体球を挿入したとき  
 導体球近辺での電気力線の変化で正しいのは。



# 電気力線 line of electric force

ファラデーによって考案された。

電気力(電荷の間に働く力、クーロン力)の分布や向きを示す仮想的な線。

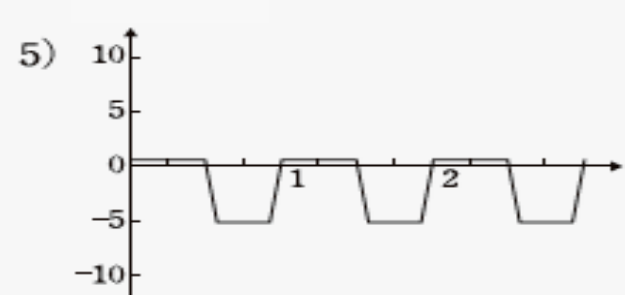
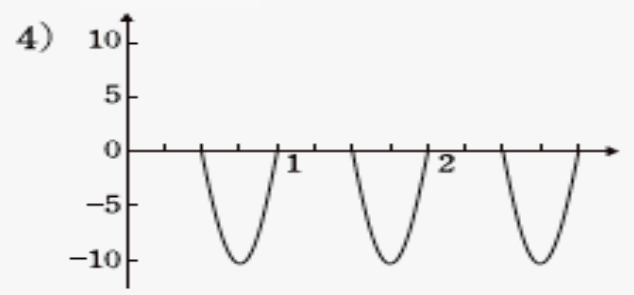
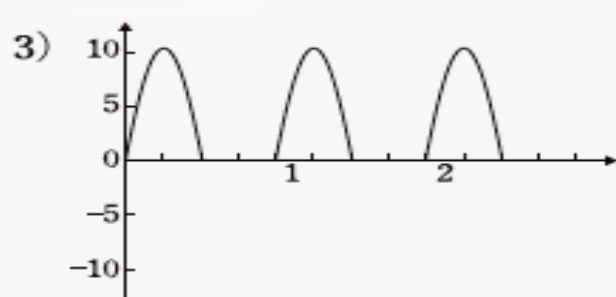
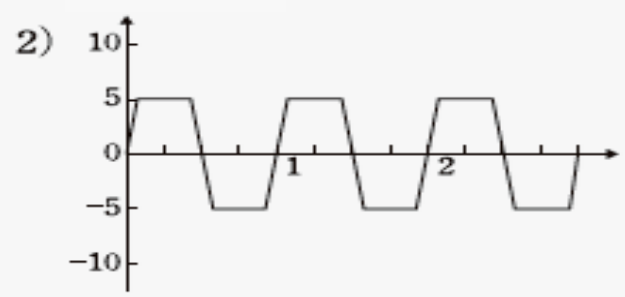
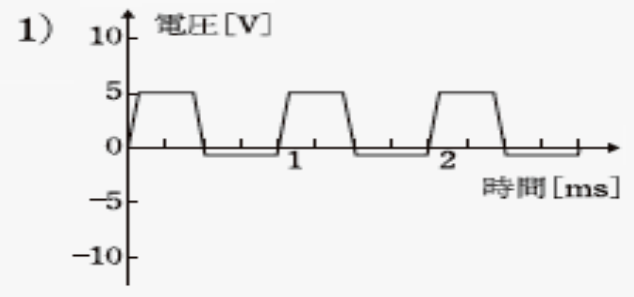
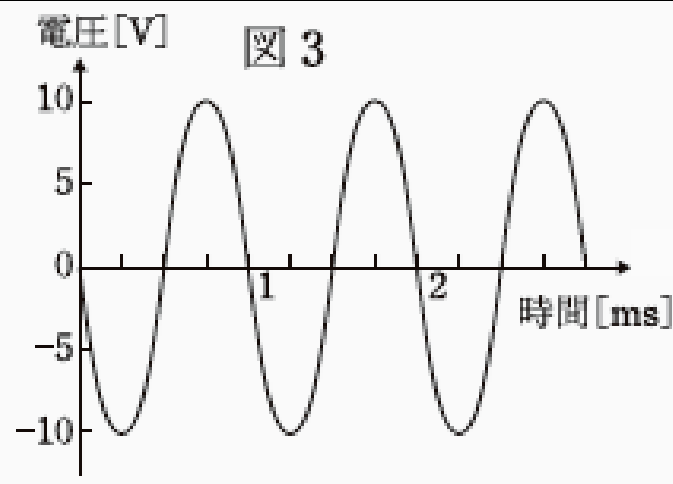
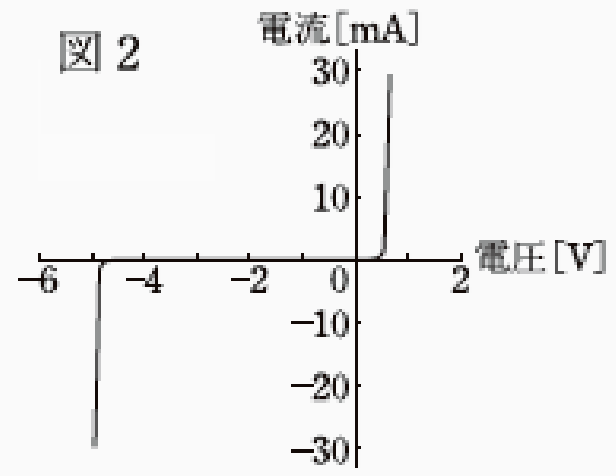
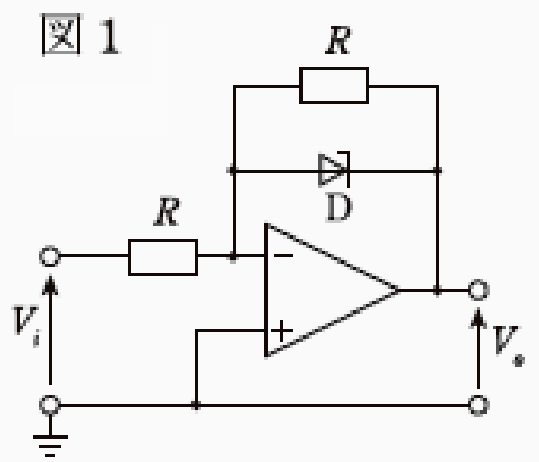
## 電気力線の特徴

1. プラスの電荷からマイナスの電荷に向かう。
2. 交差しない。(等電位面は交わらない。)
3. 金属(導体)の表面は等電位面なので、電気力線と直交する。  
金属内部は電位が等しいので、電気力線(クーロン力)は生じない。

# 第22回 第1種ME試験問題

# 解答 1

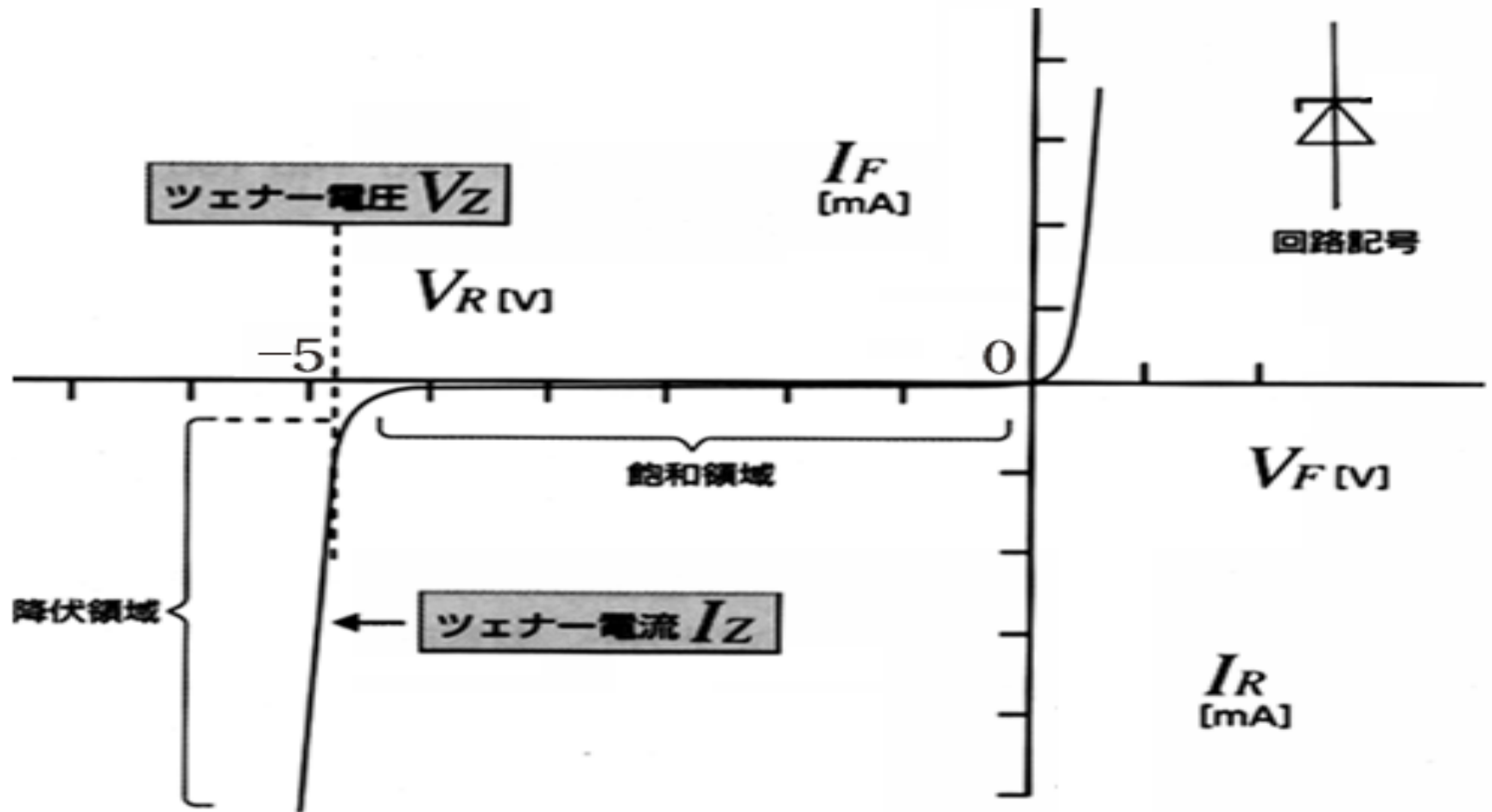
図1に示す回路の素子Dの静特性が図2であった。図1に示す回路に図3の入力電圧  $V_i$  を加えたときの出力電圧  $V_o$  として最も適切なものはどれか。



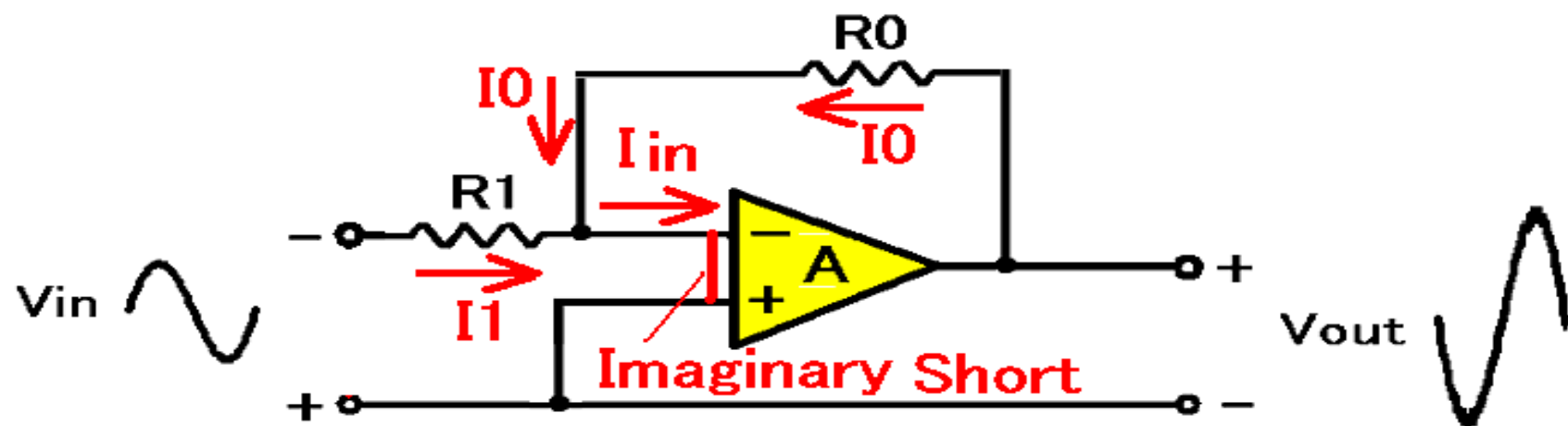
# ツェナーダイオード（定電圧ダイオード）

ダイオードの両端の電圧が変化しないダイオード。

定電圧電源回路に利用される。



## 反転増幅回路

増幅率は  $-R0/R1$ 

オペアンプの入カインピーダンスは極めて高いので、回路計算上は、入力電流は 0 と考える。

$$I_{in} = I_0 + I_1 = 0 \quad \boxed{I_1 = -I_0}$$

イマジナリ ショート を考えると、

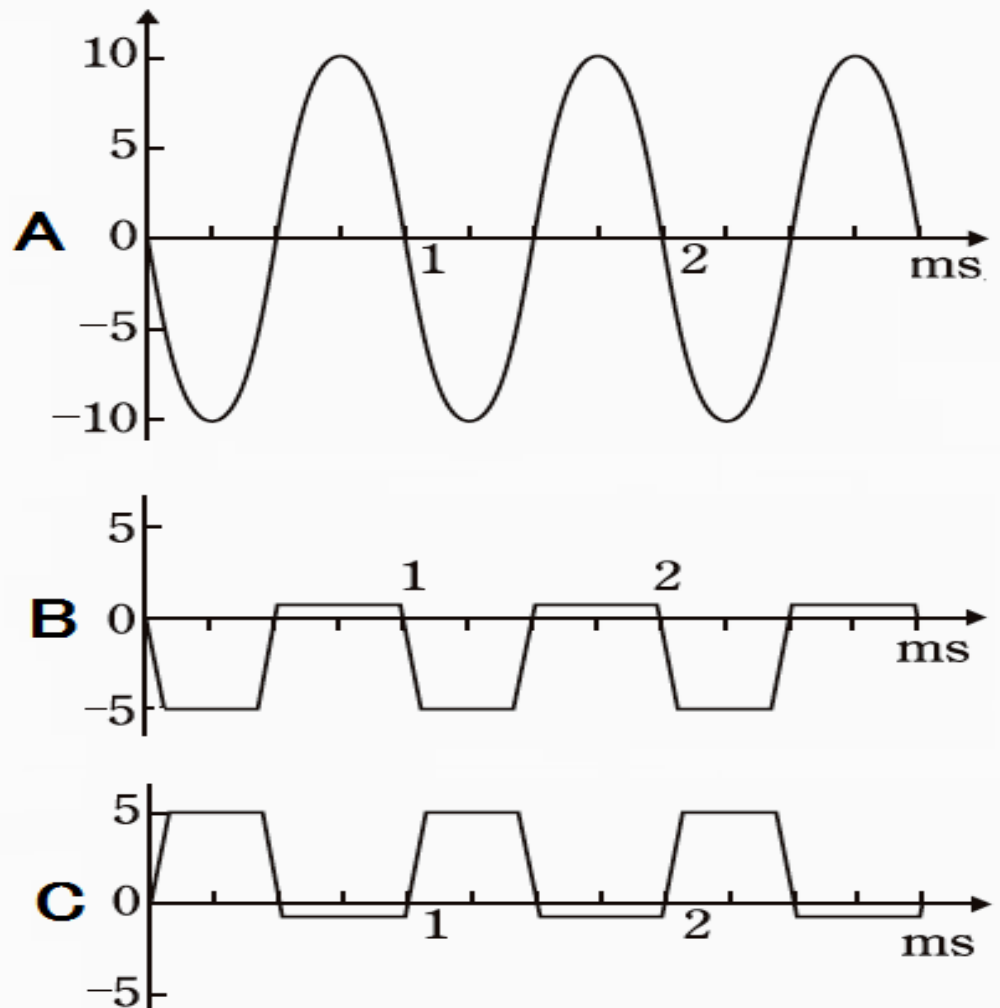
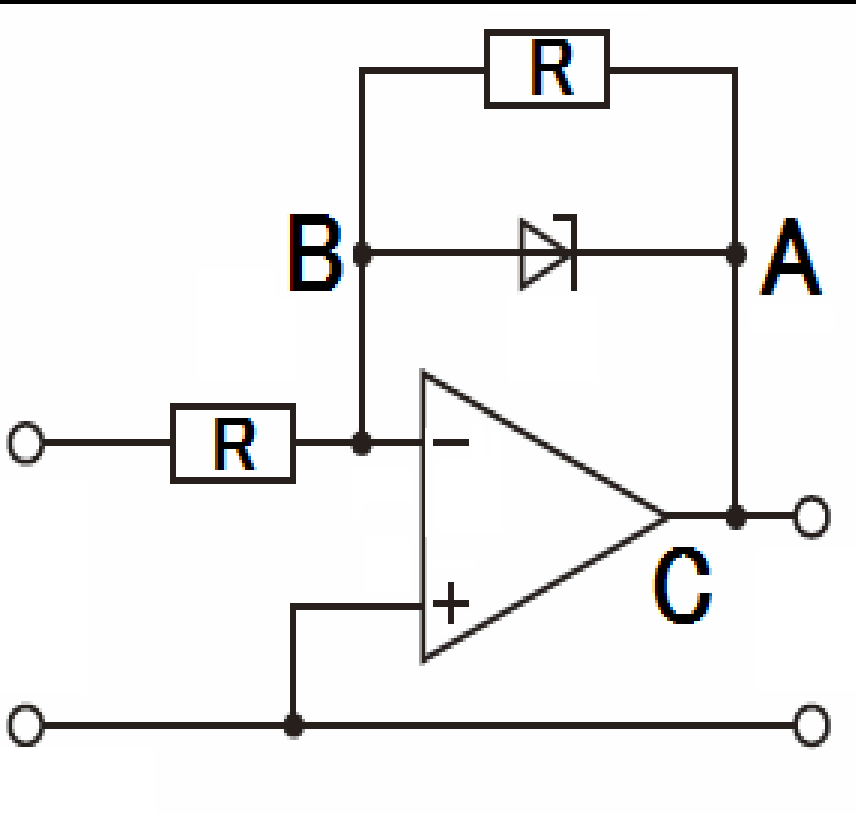
入力端子間の電位差  $V_{in}$  は、オームの法則より、 $\boxed{R1 I_1}$

出力電圧は  $V_{out}$  は、 $\boxed{R0 I_0}$

$$\boxed{\text{増幅率} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R0 I_0}{R1 I_1} = -\frac{R0}{R1}}$$

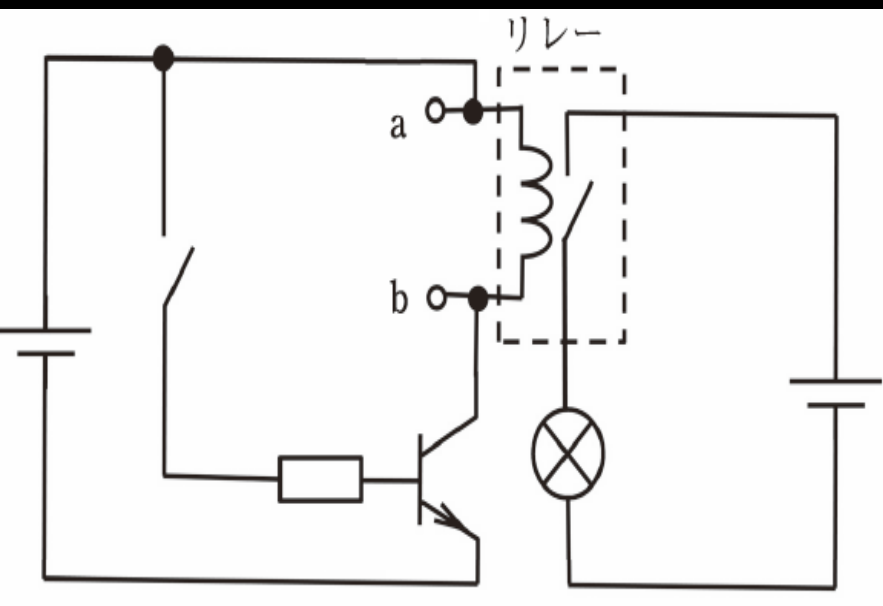


この反転増幅回路の増幅率は  $-R / R = -1$   
 A点からB点へは、ツェナーダイオードを逆方向に通じ、特性グラフから、電圧はAからBに変化。  
 B点からC点へは、 $-1$ 倍に増幅されるので、Cに変化。



図は電磁リレー回路をトランジスタで制御する回路の模式図である。

この回路では、リレーの入力コイルに流れる電流を OFF にするときが発生する逆起電力によって、トランジスタが破損するおそれがある。その危険を回避するために a b 間に追加する素子として最も有効なのはどれか。



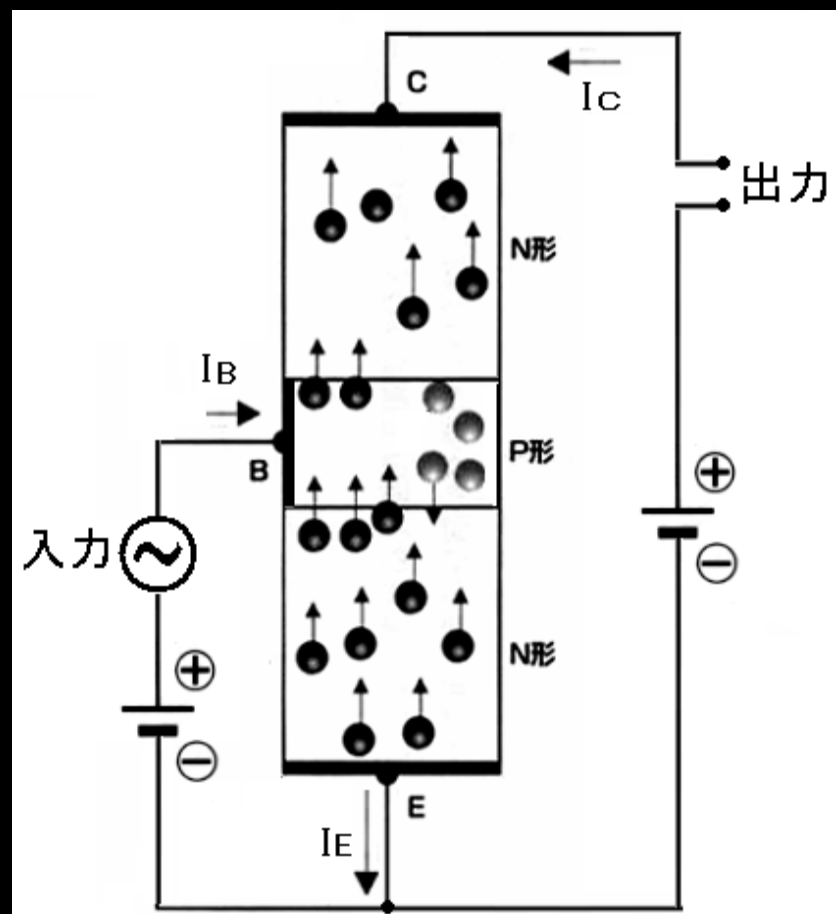
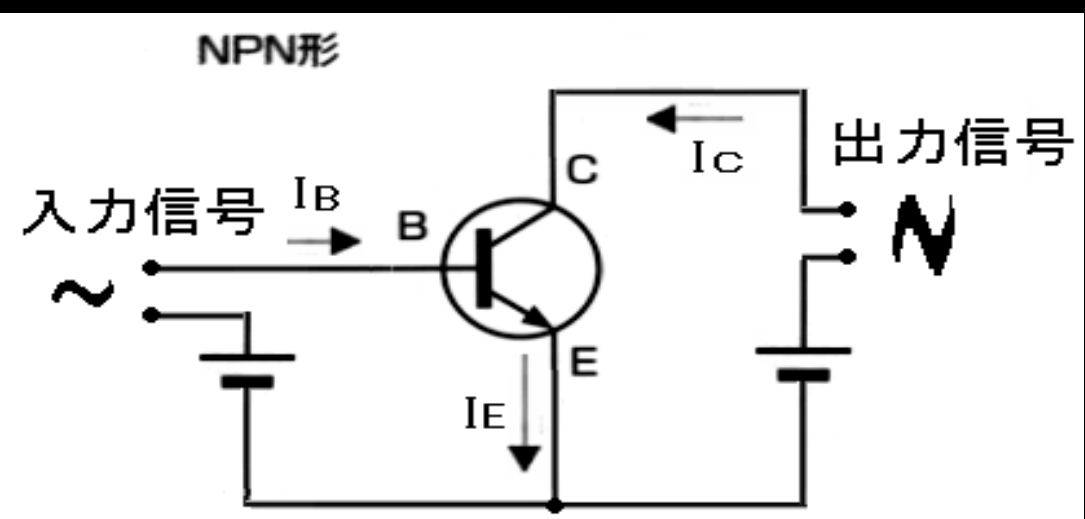
- 1)  
a  
○  
R  
○  
b
- 2)  
a  
○  
C  
+  
○  
b
- 3)  
a  
○  
C  
○  
+  
○  
b
- 4)  
a  
○  
D  
○  
b
- 5)  
a  
○  
D  
○  
b

トランジスタ (NPN型 コレクタC から エミッタE へ電流が流れる。)  
ベース電流  $I_B$  の微小な変化で、コレクタ電流  $I_C$  を大きく変えられる。

**(電流増幅作用)**

ベース電流が大きいと、ベース内の正孔がベース半導体の端に寄るので、エミッタからコレクタへの電子の流れが良くなる。

ベース電流の変化量  $\Delta I_B$  に対する  
コレクタ電流の変化量  $\Delta I_C$  の比率を  
**電流増幅率  $\beta$**  という。  $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B$   
エミッタ電流  $I_E$  は  $I_C$  と  $I_B$  の和になる。



# 電磁誘導 electro-magnetic induction

なぜ、インダクタンス(コイル)に流れる電流が変化すると、コイル内部の磁界が変化するのか。

理由は、**自然、空間( the Universe )は変化を嫌う**ため。universe【名】[the ~/the U~] (存在するすべてのものとしての)宇宙、宇宙空間。森羅(しんら)万象。

## レンツの法則 Lenz's law

電流が変化しないように、コイルは導線の周囲に磁界を発生させる。

右ねじの法則で示す方向に、電流の変化を止める方向にコイル自らが、新たな逆向き電流を発生させるため。

磁界が変化したときも、同じ理由で電流、電圧が発生する。

リレー(電磁石)の電流を切ると、a点からb点への過渡電流、逆起電力が生じる(レンツの法則)。

トランジスタ内のエミッタからコレクタにも過渡電流が流れる。エミッタからコレクタへの電流抵抗は高いのでトランジスタの発熱量が多くなり破損する危険あり。

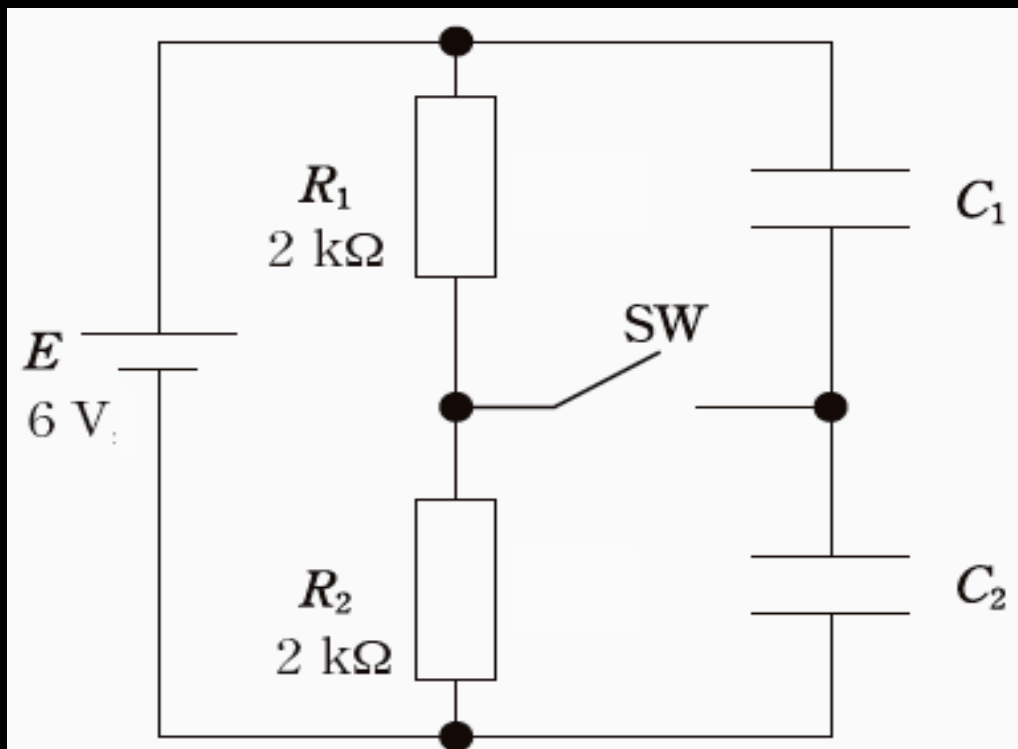
それを避けるために、a点からトランジスタのコレクタへ流れる電流を止めるダイオードをab間に繋ぐ。

電流は  $a \rightarrow b \rightarrow$ コレクタ の方向に流れるので、上向きに矢印を示すダイオードを選択。

(ダイオードは矢印記号の向きに電流を通す)。

ダイオードには極性がある。

静電容量  $C_2=2C_1$  のコンデンサ  $C_1, C_2$  を直列に接続した図の回路のスイッチ SW を OFF にした状態でコンデンサを充電した結果、コンデンサ  $C_1$  に  $12\text{ C}$  の電荷が蓄えられた。その後、SW を ON にした。十分な時間が経過した後、 $C_1$  に蓄えられている電荷の大きさは何[C]か。ただし  $E=6\text{ V}$ ,  $R_1=R_2=2\text{ k}\Omega$  とする。



- 1 ) 3
- 2 ) 6
- 3 ) 9
- 4 ) 12
- 5 ) 15

スイッチを開いた状態ではコンデンサC1とC2(静電容量をC1、2C1ファラッド(F)とする)は直列接続なので、充電される電荷Q1、Q2は等しい。 $Q1 = Q2$   
 $Q1 = C1V1$ ,  $Q2 = 2C1V2$  なので  $V1 = 2V2$ ,  
 $V1 + V2 = 6$  なので  $V1 = 4(V)$

$Q1 = C1(F) \times 4(V) = 4C1$  (C:クーロン)、  
Q1が12Cなので  $C1 = Q1 / 4 = 12 / 4 = 3(F)$

スイッチを閉じると抵抗R1両端の電圧E1は

$$E1 = 6(V) \times (3k\Omega / (3+3)k\Omega) = 3(V)$$

この電圧がC1に加わるので、充電される電荷Qは

$$Q = C1 E1 = 3(F) \times 3(V) = 9(C)$$

コンデンサの単位 : **ファラッド (F)**

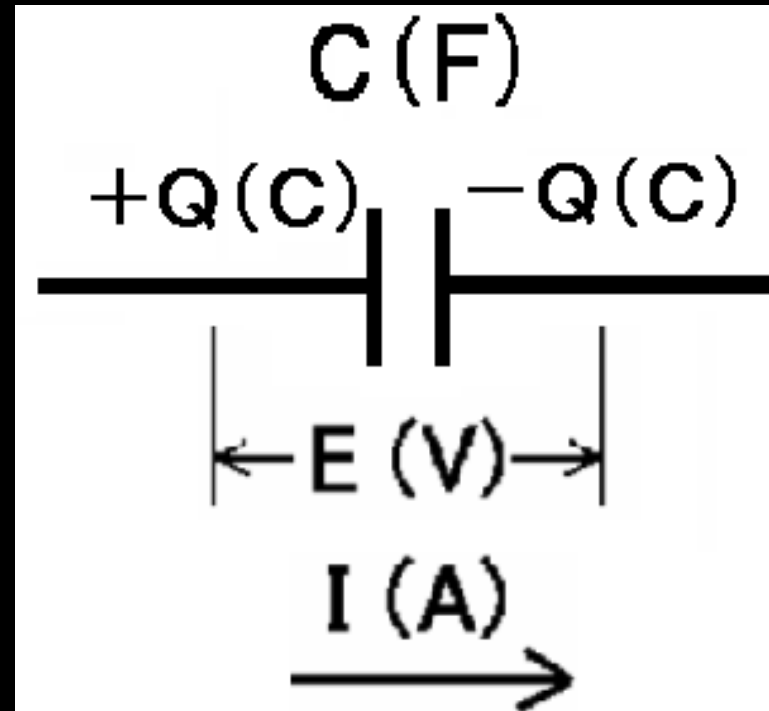
コンデンサが蓄えられる**静電容量**(静電気の量)の限度。  
電極の面積に比例する。大容量のコンデンサは大きい。

1対の金属板に、それぞれプラスマイナス1(C)の  
電荷量charge が蓄えられた状態で1(V)の電圧を示す  
コンデンサの静電容量capacitance を1(F)とする。

静電容量C(F)のコンデンサの  
端子間電圧がE(V)のとき、  
蓄えられた電荷量Q(C)は

$$Q = CE \quad C = Q / E$$

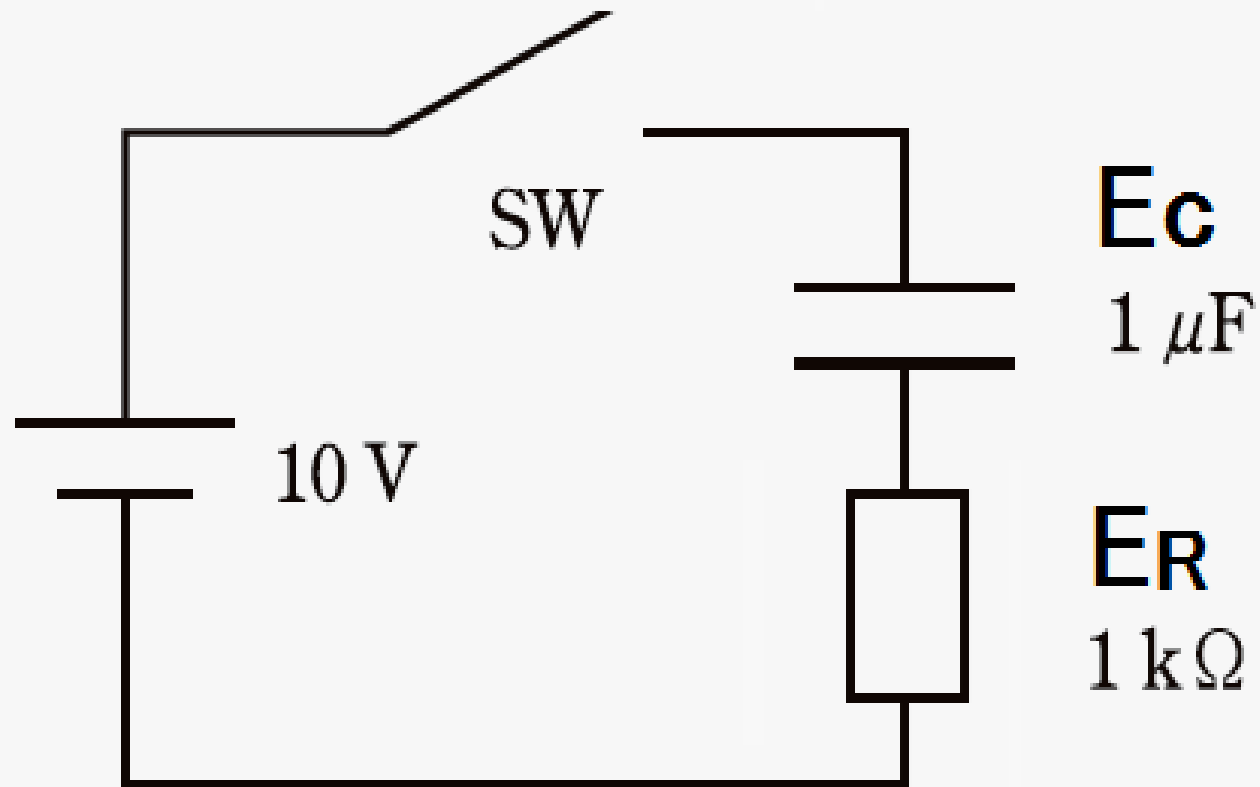
(電圧が1Vのときは、 $Q = C$  )





図のようなCR直列回路がある。SWを閉じた瞬間から2.0 ms後に回路を流れる電流[mA]はおおよそいくらか。ただし、初期状態でのコンデンサ両端電圧は0Vとし、自然対数の底 $e$ の逆数を0.37とする。

- 1) 0.63
- 2) 0.74
- 3) 1.4
- 4) 2.1
- 5) 3.7



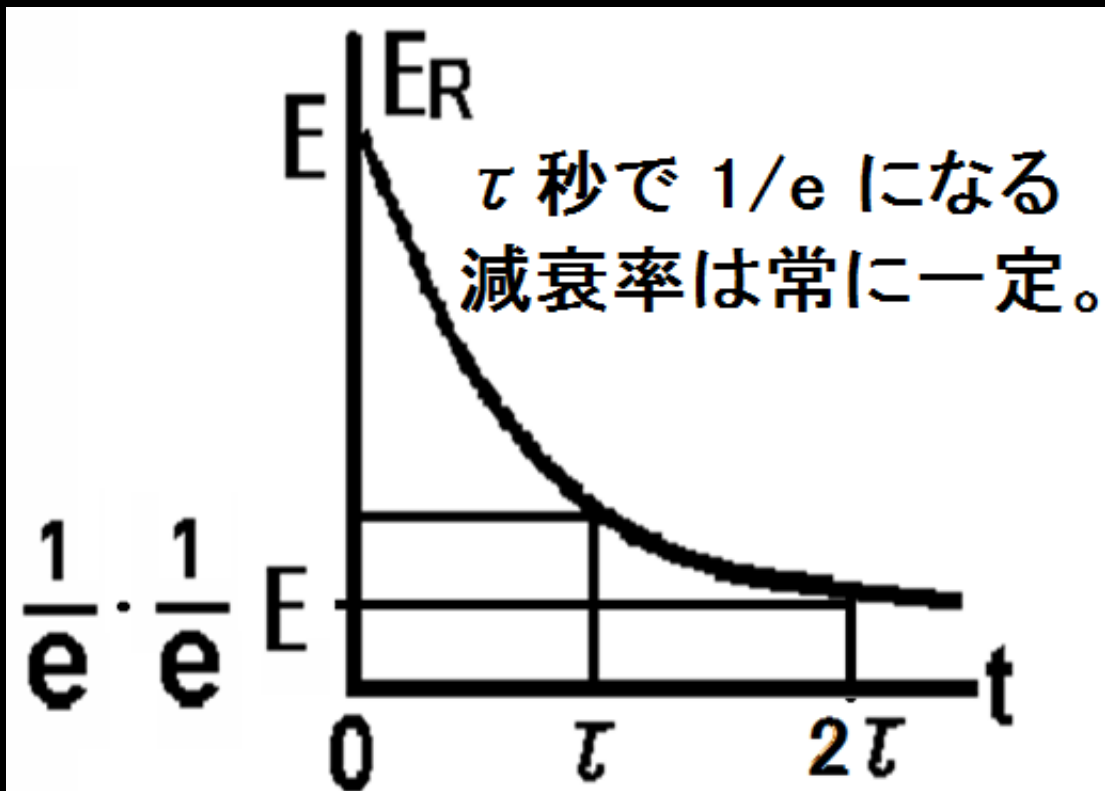
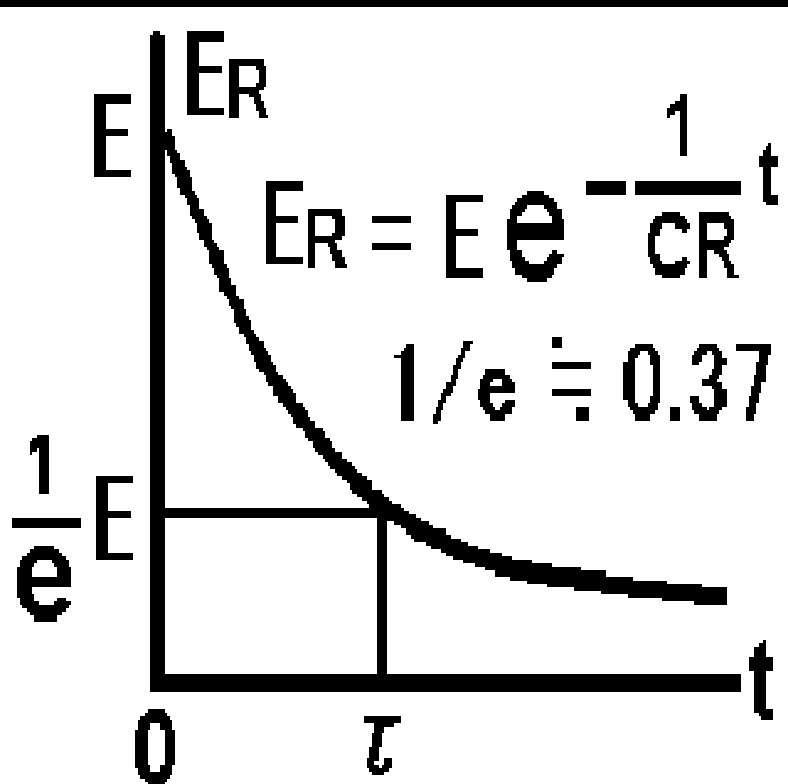
CR回路の時定数  $\tau$  は  $1\mu\text{F} \times 1\text{k}\Omega = 1(\text{ms})$

スイッチを閉じると抵抗およびコンデンサの両端電圧は上昇する。

スイッチを閉じた瞬間の抵抗電圧は  $10(\text{V})$

$2\text{ms}$ 後の抵抗電圧  $E_R$  は  $10 \times 0.37 \times 0.37 = 1.369(\text{V})$

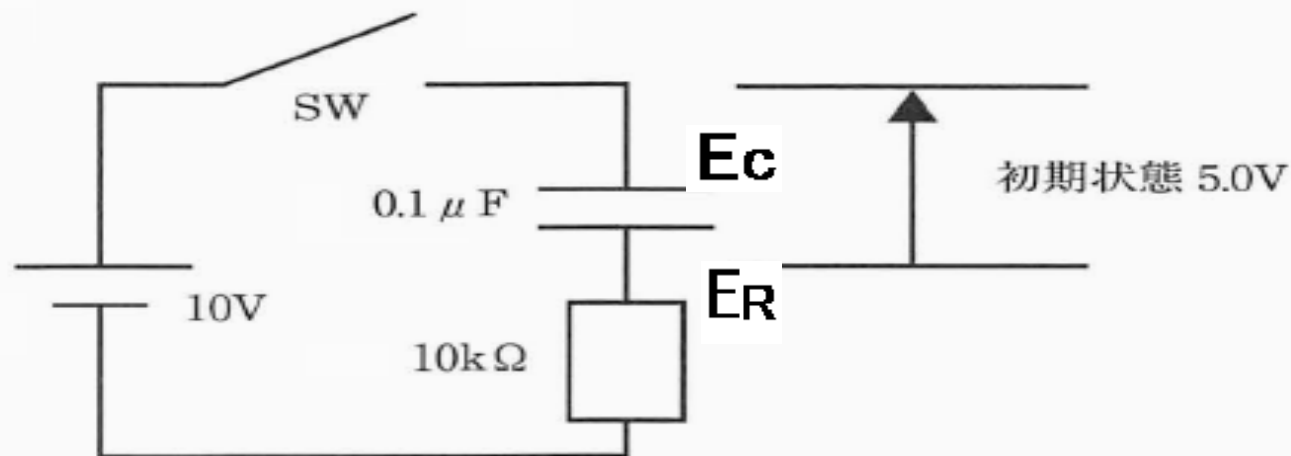
抵抗電流は  $1.369(\text{V}) / 1000(\Omega) \doteq 1.4(\text{mA})$



図のようなCR直列回路がある。初期状態としてスイッチSWが開いた状態で、コンデンサCの両端の電圧が5.0Vであった。

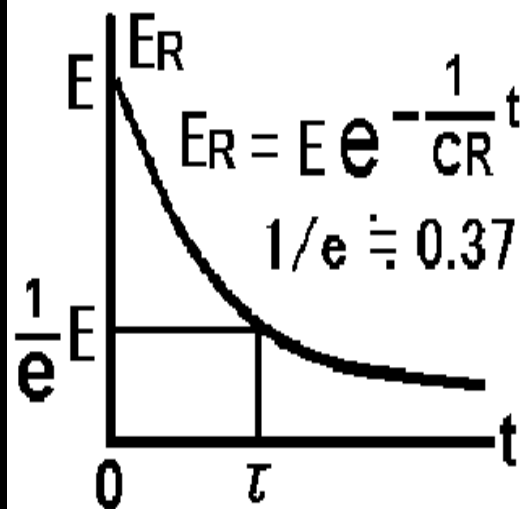
SWを閉じた瞬間から1.0ms後のコンデンサ両端電圧[V]はいくらか。ただし自然対数の底 $e$ の逆数は0.37、有効数字は2桁とする。

- 1) 1.9
- 2) 3.2
- 3) 6.3
- 4) 8.2
- 5) 10

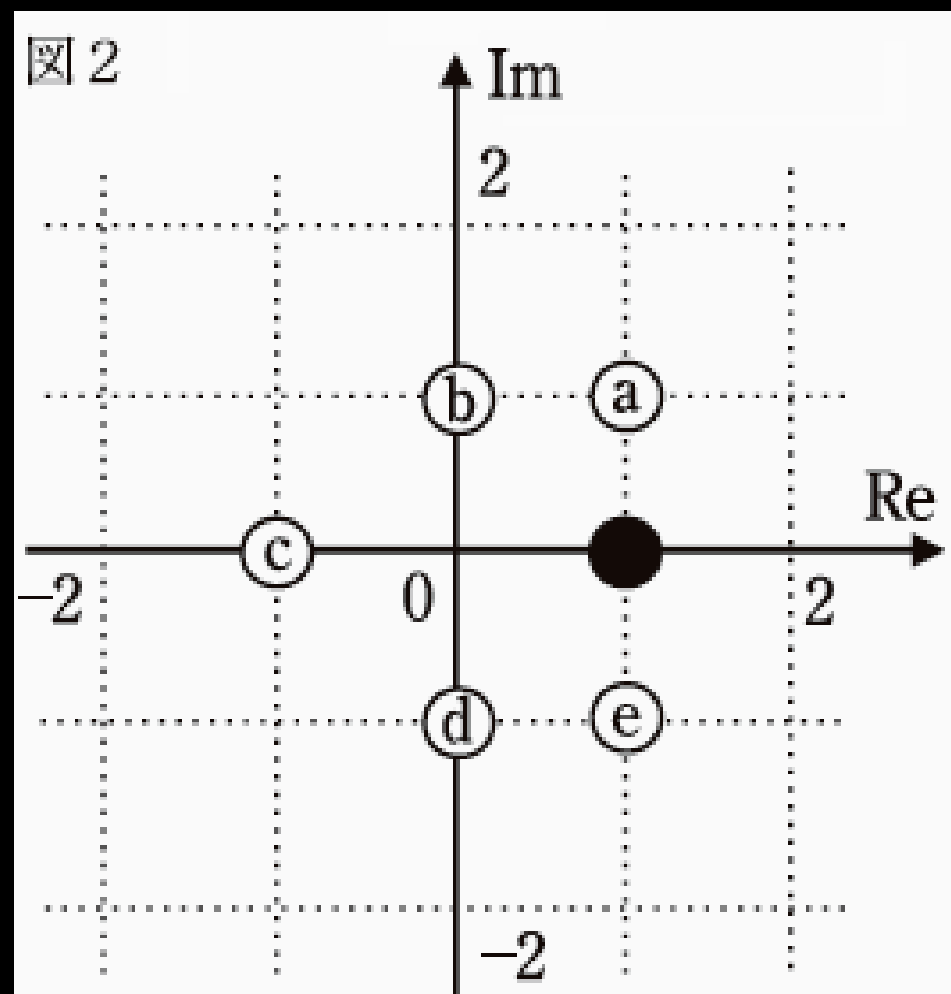
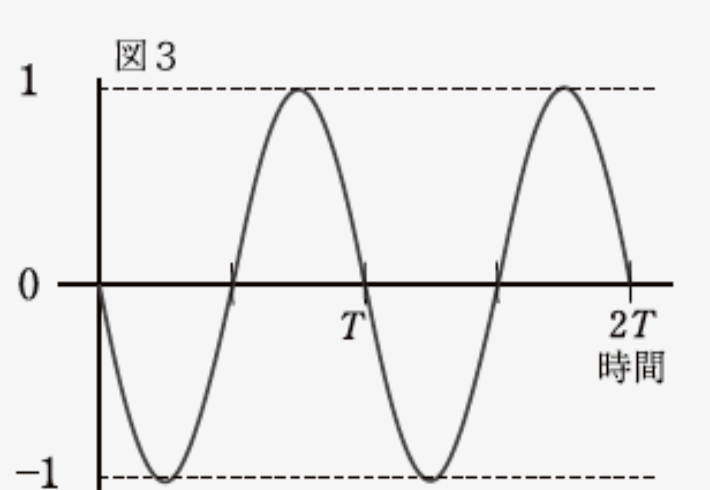
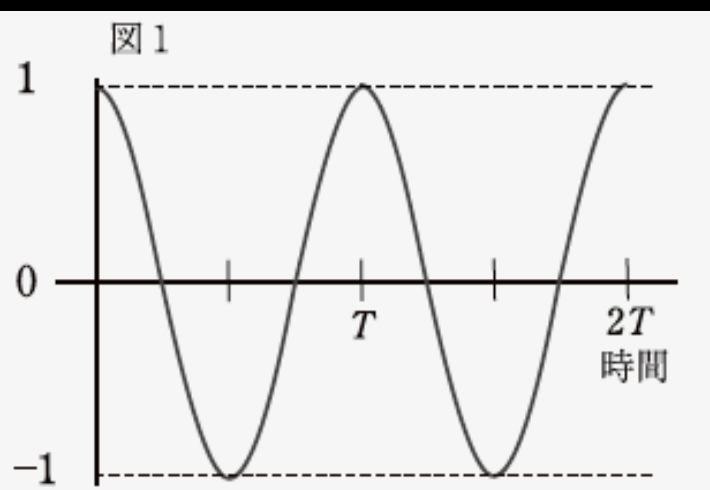


CR回路の時定数 $\tau$ は $0.1\mu\text{F} \times 10\text{k}\Omega = 1(\text{ms})$   
 スwitchを閉じると抵抗およびコンデンサの両端電圧は上昇する。

スイッチを閉じた瞬間の抵抗電圧は5(V)  
 1ms後の抵抗電圧は $5 \times 0.37 = 1.85(\text{V})$   
 コンデンサ電圧は $10 - 1.85 = 8.15 \doteq 8.2(\text{V})$

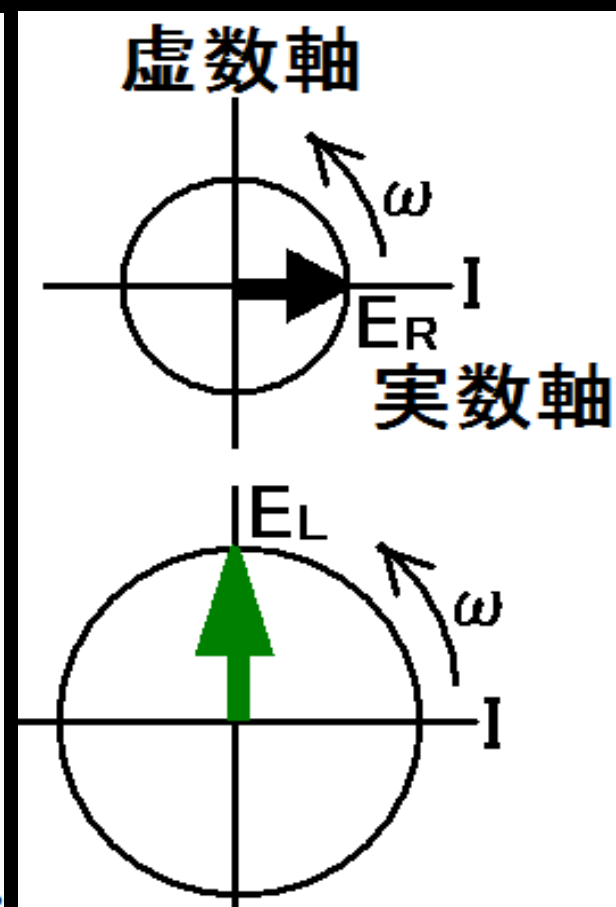
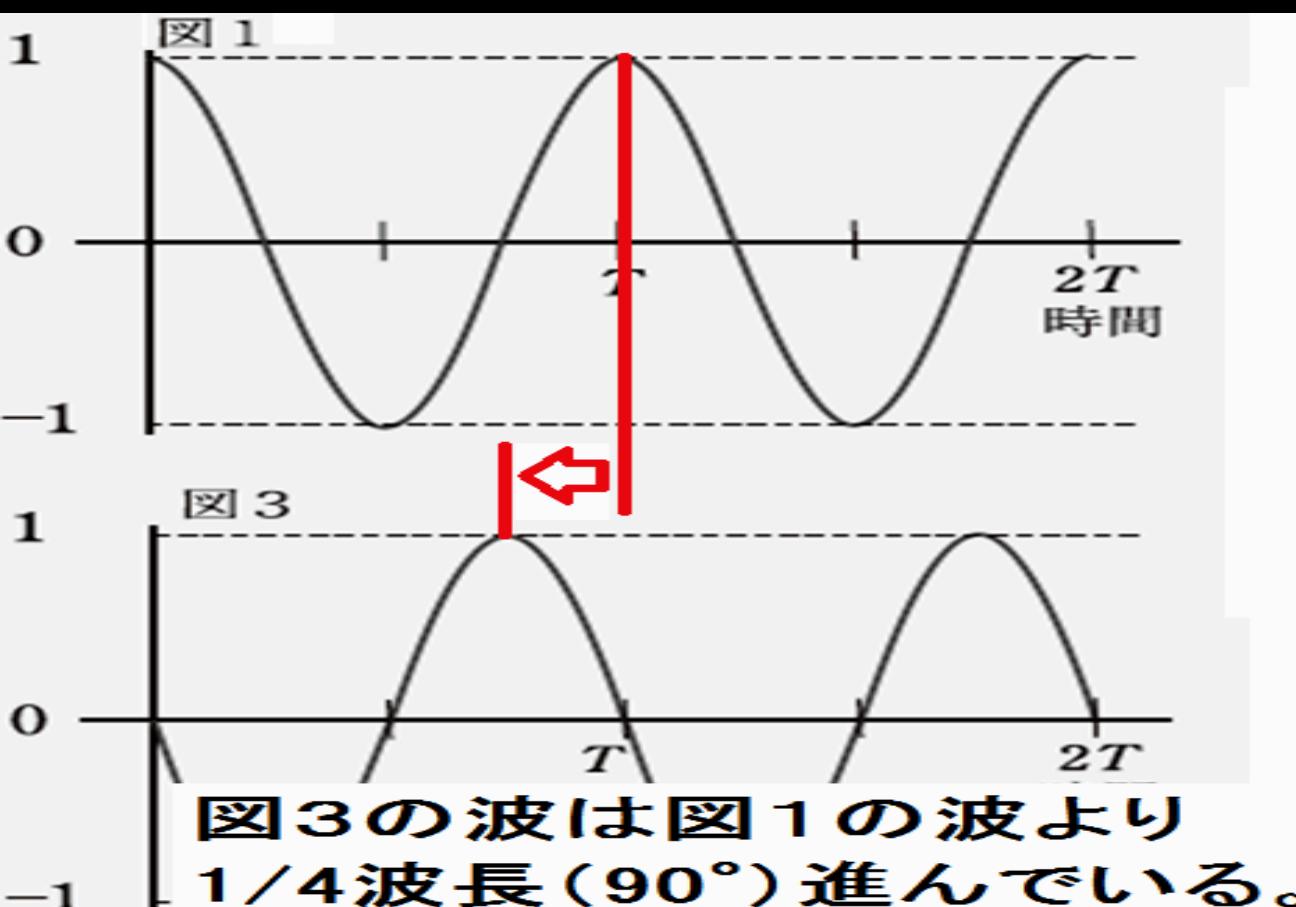


振幅を図2の複素平面上に●点で表すものとする。この複素平面上で、  
 図3の周期  $T$  の単一周波数時系列信号はいずれの点で表されるか。



- 1) a
- 2) b
- 3) c
- 4) d
- 5) e

例として、LR直列回路に流れる交流電流  $I$  を複素平面上の円運動の射影と考えると、抵抗電圧  $E_R$  は電流  $I$  と同じ位相。コイル電圧  $E_L$  は電流  $I$  より  $90^\circ$  進んでいる。



# 第21回 第1種ME試験問題 解答(1)4(2)3(3)2

【問題 14】 図(a)の交流回路を図(b)のような等価回路に書き換えて、鳳-テブナンの定理によって回路を解析せよ。ただし、図(a)の交流電源の実効値  $E = 100 \text{ V}$ 、抵抗  $R_1 = 20 \Omega$ 、抵抗  $R_2 = 80 \Omega$ 、抵抗  $R_3 = 20 \Omega$  とする。

(1) 等価回路の交流電源の実効値  $E_0[\text{V}]$ はいくらか。

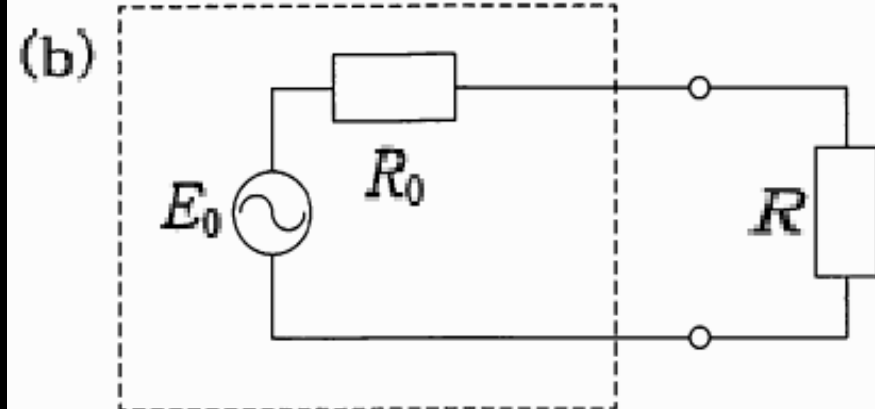
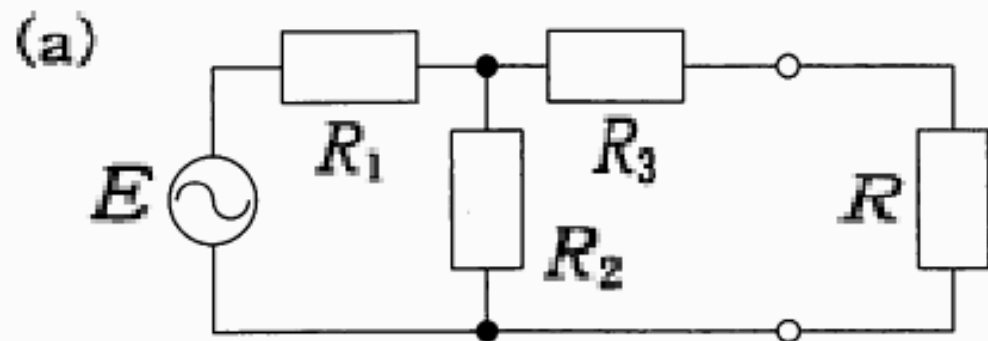
- 1) 20      2) 40      3) 60      4) 80      5) 100

(2) 等価回路の抵抗  $R_0[\Omega]$ はいくらか。

- 1) 11      2) 20      3) 36      4) 80      5) 100

(3) 負荷  $R$  に流れる電流が  $1.6 \text{ A}$  であった。負荷  $R[\Omega]$ はいくらか。

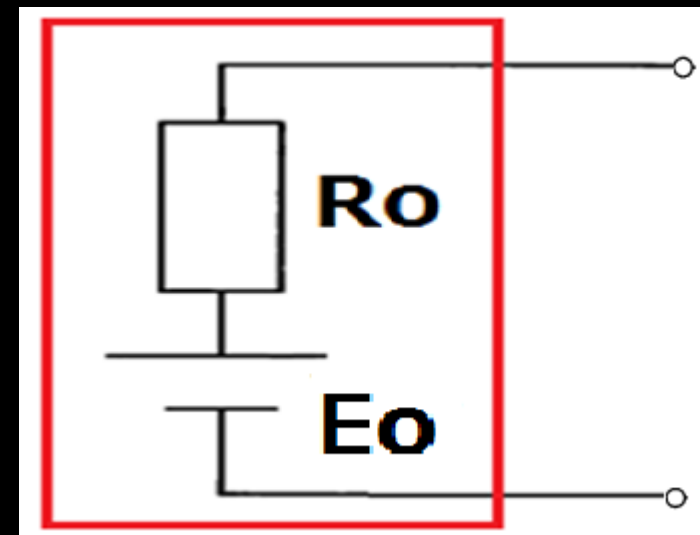
- 1) 5      2) 14      3) 48      4) 50      5) 63



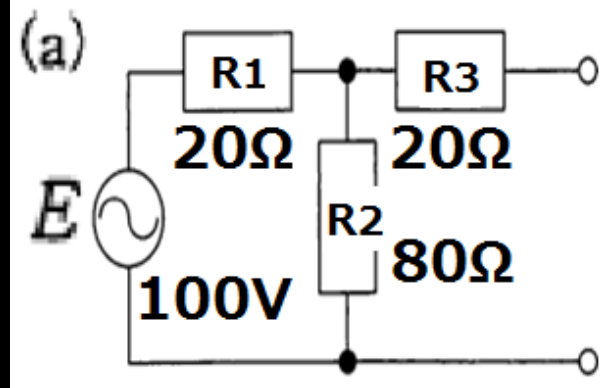
# 鳳-テブナンの定理

電源を含む複雑な回路を、単純な等価回路とみなすことができる、という定理。

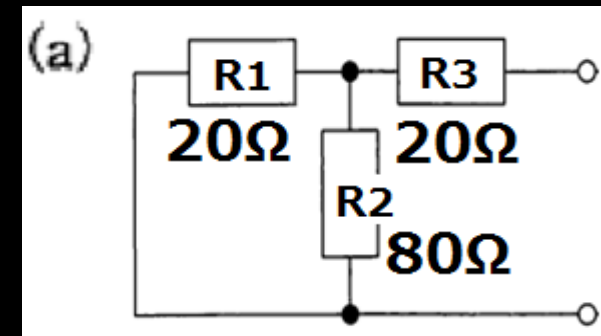
回路に何も接続しない時の出力電圧(解放電圧)が  $E_o$ 、回路内の電源を短絡した時の出力抵抗が  $R_o$  の場合、この回路は、内部抵抗が  $R_o$  で、電圧が  $E_o$  の単純な電源回路と同じ(等価回路)と扱うことができる。



回路aで、抵抗 R を接続していない  
 ときの出力電圧  $E_o$  は、 $R_3$  に電流は  
 流れていないため  $R_3$  での電圧降下は  
 ないので  $E_o = E \times (R_2 / (R_1 + R_2))$   
 $= 100(V) \times (80 / (20 + 80)) = 80(V) = \text{解放電圧 } E_o$



回路aで、抵抗 R を接続していない  
 状態で、さらに電源 E を除いた回路の  
 出力抵抗  $R_o$  を計算すると  
 $R_o = 1 / (1/20 + 1/80) + 20 = 36(\Omega) = \text{内部抵抗 } R_o$



従って、鳳-テブナンの定理で  
 回路aは、右図の回路bと等価になり、  
 $80(V) = 1.6(A) \times (36 + R)$   
 これより、 $R = 14(\Omega)$

