

# 電気工学2 第1回

藤田 一寿

## ■ 目的

---

- 電磁気学の習得
  - 電気回路の復習
  - 電子回路の予習
- 
- 裏の目的
  - ME2種、国家試験の電気電子関連の計算問題を解けるようになる。

## ■ スケジュール

1. 電気回路：抵抗
2. 電気回路：キルヒ霍ッフの法則  
， テブナンの定理， 電力
3. 電気回路：交流， 実効値， 複素数表記
4. 電磁気学：クーロン力
5. 電磁気学：電場， ガウスの法則
6. 電磁気学：電位， 静電容量
7. 電磁気学：磁場
8. 電磁気学：誘導起電力・トランス
9. 電気回路：過渡現象
10. 電気回路：フィルタ
11. 電子回路：ダイオード， 整流
12. 電子回路：増幅器， オペアンプ
13. 電子回路：オペアンプ
14. 電磁気学：ローレンツ力 電磁波
15. 現代物理：粒子の性質

## ■ スケジュール

1. 演習：抵抗
2. 演習：内部抵抗
3. 演習：キルヒホッフの法則，電力
4. 演習：交流，複素数表記
5. テスト1
6. 演習：電場
7. 演習：コンデンサ，磁場
8. 演習：ソレノイド
9. 演習：変圧器，コンデンサ回路
10. 演習：コンデンサ回路，インダクタ回路，RLC回路
11. テスト2
12. 演習：ダイオード，整流
13. 演習：增幅器，オペアンプ
14. 演習：オペアンプ
15. テスト3

## ■ 評価

---

- 電気工学2
  - 3回のテストで評価
- 電気工学演習2
  - 出席確認演習で評価

## ■ 講義資料の場所

---

- [http://spikingneuron.net/ja/electro\\_eng2/](http://spikingneuron.net/ja/electro_eng2/)
- 参考ページ
  - <https://mgkca.com/>
  - 国家試験とME2種の答え付き過去問がある。ただし問題解説はない。

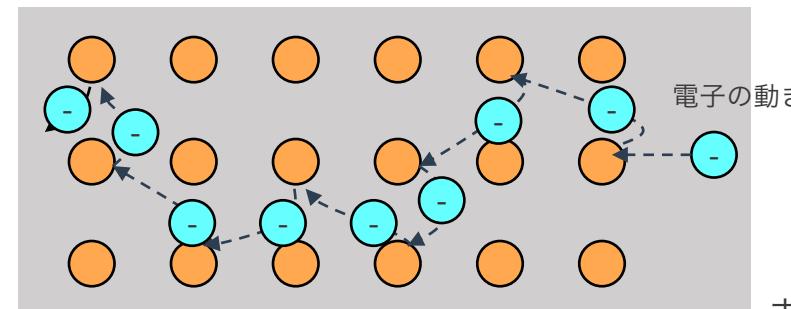
# ■ 電流とは

- ・電流とは電荷の流れ
- ・単位時間あたりの電荷の変化で定義される。

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

- ・電流と電子の流れる方向は逆となる。
- ・単位はアンペア[A]

電流

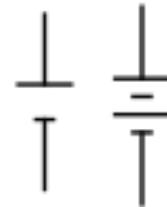


古典論的なイメージ

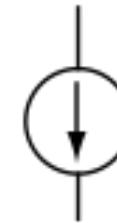
導線

# ■ 電圧

- 電位の差を電圧（電位差）という。
  - 電位の詳しい説明は電磁気の講義のときに説明する。
- 単位はボルト[V]



定電圧源



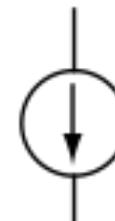
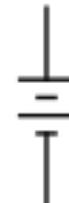
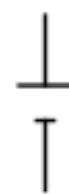
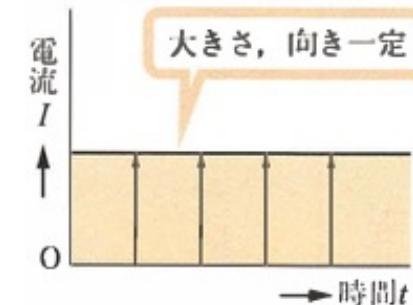
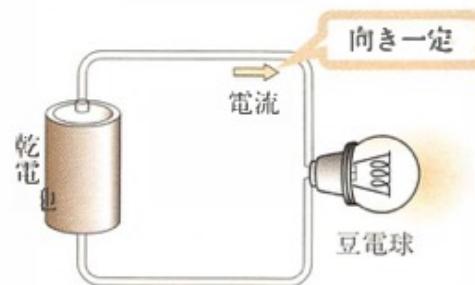
定電流源



交流電圧源

# ■ 直流

- 電圧や電流の大きさと向きが一定



定電圧源

定電流源

# ■ 単位の接頭語

接頭語の名称	接頭語の記号	単位に乗じられる倍数
ギガ (giga)	G	$10^9$
メガ (mega)	M	$10^6$
キロ (kilo)	k	$10^3$
ミリ (milli)	m	$10^{-3}$
マイクロ (micro)	$\mu$	$10^{-6}$
ナノ (nano)	n	$10^{-9}$
ピコ (poco)	p	$10^{-12}$

電気電子回路では、キロ、マイクロ、ナノ、ピコをよく使うので覚えておこう。

## ■ 問題

- 次の補助単位を使った値が等しくなるよう空欄を埋めよ。

$$10k\Omega = \boxed{\phantom{00}} \Omega$$

$$1nF = \boxed{\phantom{00}} \mu F$$

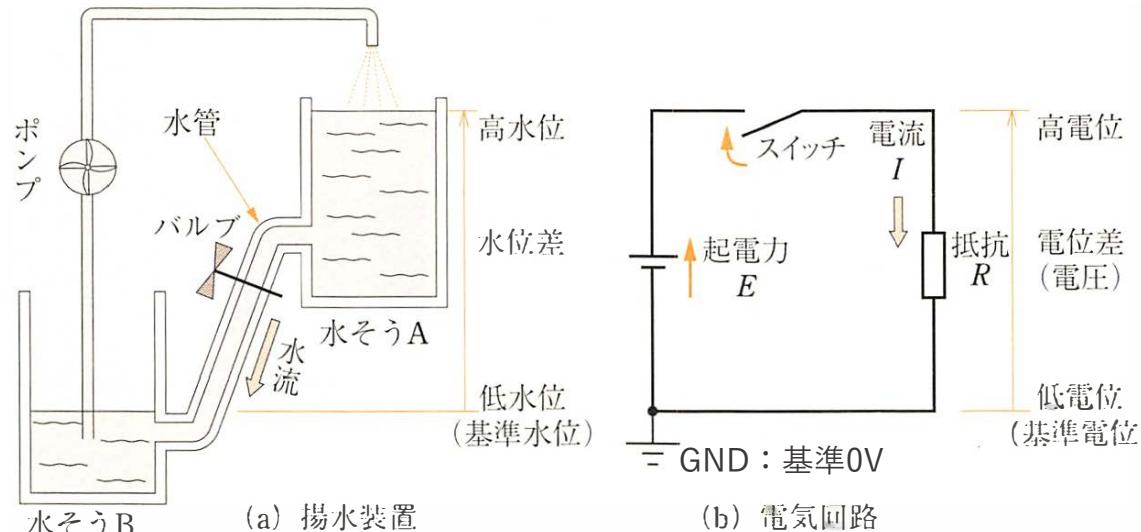
$$0.1\mu F = \boxed{\phantom{00}} nF$$

$$1kHz = \boxed{\phantom{00}} MHz$$

$$10mV = \boxed{\phantom{00}} V$$

# ■ 電流と電圧の簡単な解説

- ・回路：水が流れる水路
- ・電流：水の流れ
- ・電圧：水路の高低差



**抵抗**

# ■ 抵抗

- ・物質の電流の流しにくさを表す指標
- ・抵抗値が大きければ大きいほど電流が流れにくい
- ・単位はΩ（オーム）
- ・抵抗値と抵抗率の違いに注意する。



図記号



セメント抵抗器



金属被膜抵抗器



ソリッド抵抗器

## ■ 抵抗と抵抗率

- ・抵抗が長いほど、その抵抗値は大きくなる。
  - ・自動車で考えると、長い道のりは疲れる。短いほうが楽。
- ・抵抗の断面積が大きいほど、その抵抗値は小さくなる。
  - ・自動車で考えると、狭い道は走りにくい。広い道のほうが走りやすい。
- ・抵抗 $R[\Omega]$ 、断面積 $S[m^2]$ 、長さ $l[m]$ の関係は次のように表される。

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

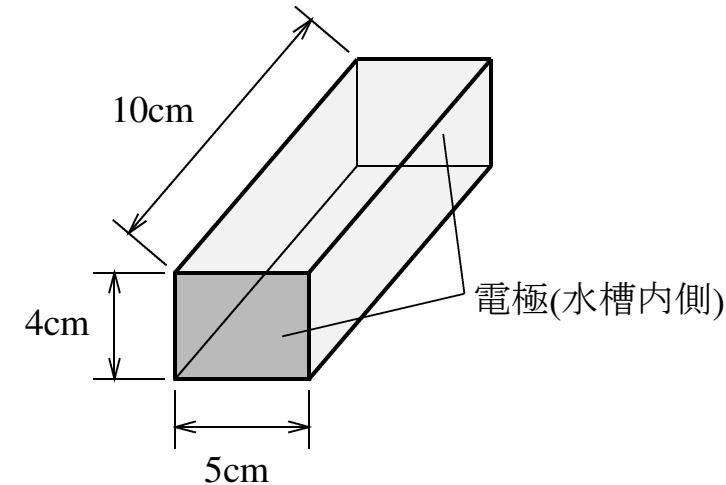
- ・定数を抵抗率 $\rho$ という。



## ■ 問題解説

【AM23】図のような水槽に抵抗率  $5 \Omega \text{m}$  ( $500 \Omega \text{cm}$ ) の溶液が一杯に満たされている。両側面には  $4 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$  の金属電極が貼り付けてある。電極間の抵抗は何  $\Omega$  になるか。

- (1) 50
- (2) 125
- (3) 200
- (4) 250
- (5) 500

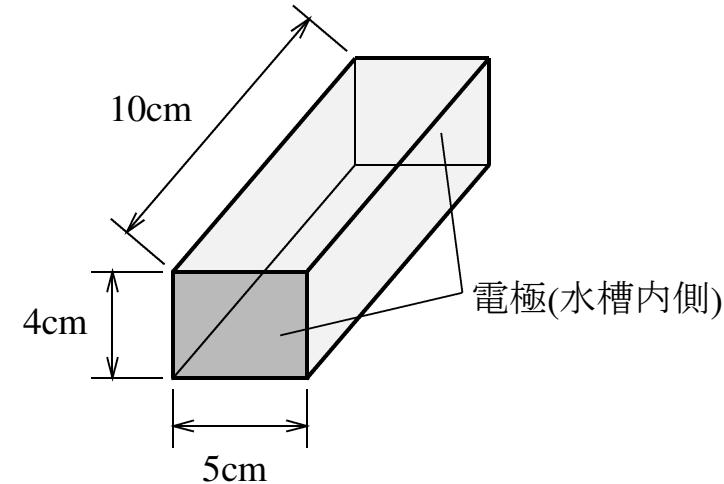


## 問題解説

【AM23】図のような水槽に抵抗率  $5 \Omega \text{m}$  ( $500 \Omega \text{cm}$ ) の溶液が一杯に満たされている。両側面には  $4 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$  の金属電極が貼り付けてある。電極間の抵抗は何  $\Omega$  になるか。

- (1) 50
- (2) 125
- (3) 200
- (4) 250**
- (5) 500

単位に注意しよう！！



単位にcmを使った場合

$$R = 500 \Omega \text{cm} * 10 \text{cm} / (4 \text{cm} * 5 \text{cm}) = 250 \Omega$$

単位にmを使った場合

$$R = 5 \Omega \text{m} * 0.1 \text{m} / (0.04 \text{m} * 0.05 \text{m}) = 250 \Omega$$

## ■ 問題解説

半径 $r[m]$ , 長さ $L[m]$ , 電気抵抗 $0.2\Omega$ の導線がある。同一素材で作られた半径 $2r$ , 長さ $8L$ の導線の電気抵抗 $[\Omega]$ はいくらか。(第38回ME2種)

1. 0.1
2. 0.2
3. 0.4
4. 0.8
5. 1.0

## ■ 問題解説

半径 $r[m]$ , 長さ $L[m]$ , 電気抵抗 $0.2\Omega$ の導線がある。同一素材で作られた半径 $2r$ , 長さ $8L$ の導線の電気抵抗 $[\Omega]$ はいくらか。(第38回ME2種)

1. 0.1
2. 0.2
3. 0.4
4. 0.8
5. 1.0

抵抗率を $\rho$ とする。

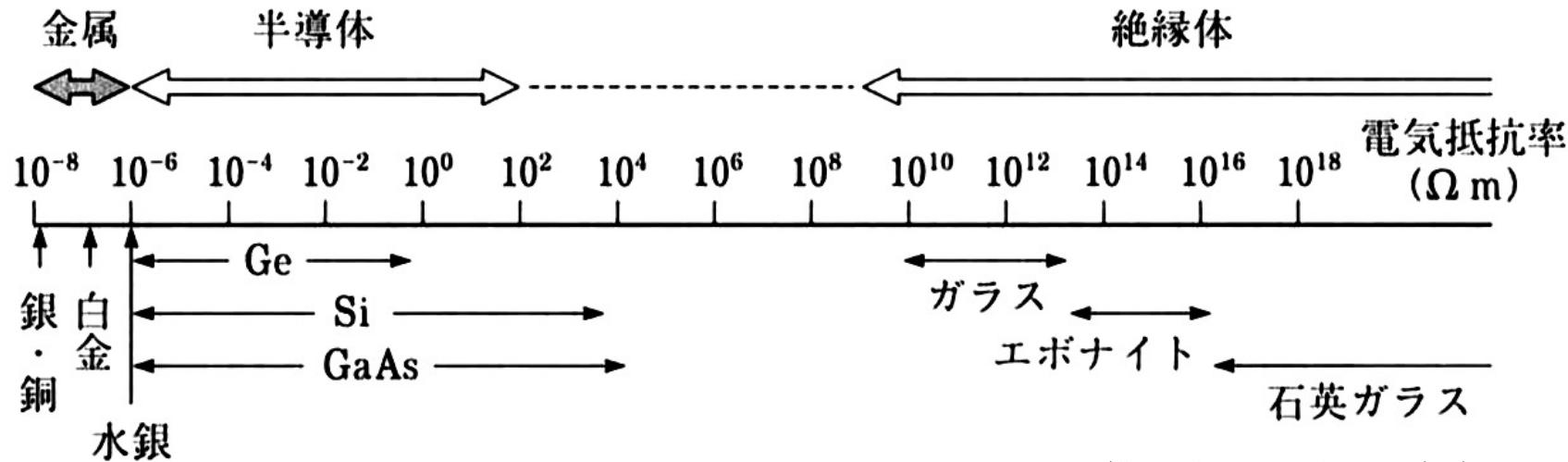
$$\rho \frac{L}{\pi r^2} = 0.2$$

$$\rho = 0.2 \frac{\pi r^2}{l}$$

求める抵抗Rは

$$R = \rho \frac{8L}{\pi(2r)^2} = 2 \times \rho \frac{l}{\pi r^2} = 2 \times 0.2 = 0.4$$

# ■ 物質の抵抗



(豊田, 半導体の科学とその応用)

導体（金属）：電気を通す

半導体：導体と絶縁体の中間

絶縁体：電気をほとんど通さない

# オームの法則

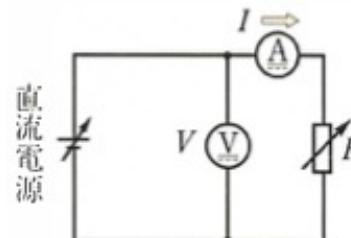
# ■ オームの法則

- 電圧 $V$ は電流 $I$ に比例する。比例定数は抵抗 $R$ である。
- 抵抗 $R$ に対して電流 $I$ は反比例する。

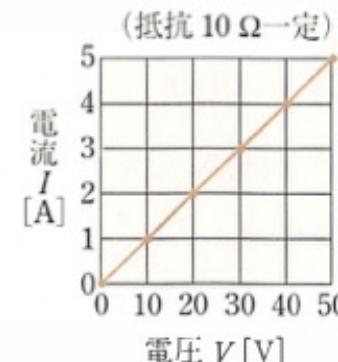
$$V = RI$$

- これをオームの法則という。

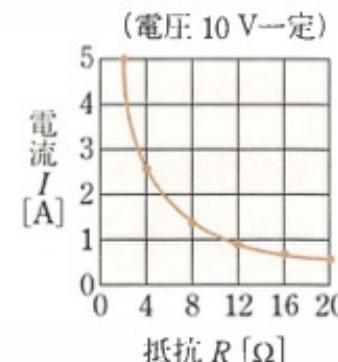
キャベンディッシュがすでに見つけていたのだが…



(a) 測定回路



(b) 電圧と電流の関係



(c) 抵抗と電流の関係

## ■ 問題

---

- $50\Omega$ の抵抗に $100V$ の電圧を加えると電流はいくら流れるか？

## ■ 問題

- $50\Omega$ の抵抗に $100V$ の電圧を加えると電流はいくら流れるか？

オームの法則から

$$V=RI$$

$$100=50I$$

$$I=2A$$

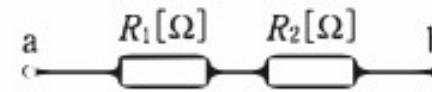
# 抵抗の直列接続

## ■ 抵抗の直列接続

- 図のように抵抗の一端にもう一つの抵抗の一端をつなぐつなぎ方を直列接続という



(a) 直列接続の実体図



(b) 図記号

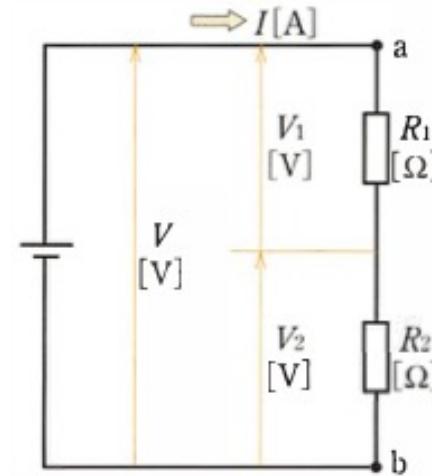
## ■ 抵抗の直列

- 各抵抗に流れる電流は同じである。
- 各抵抗にかかる電圧の総和は電源電圧に等しい。

$$V = V_1 + V_2$$

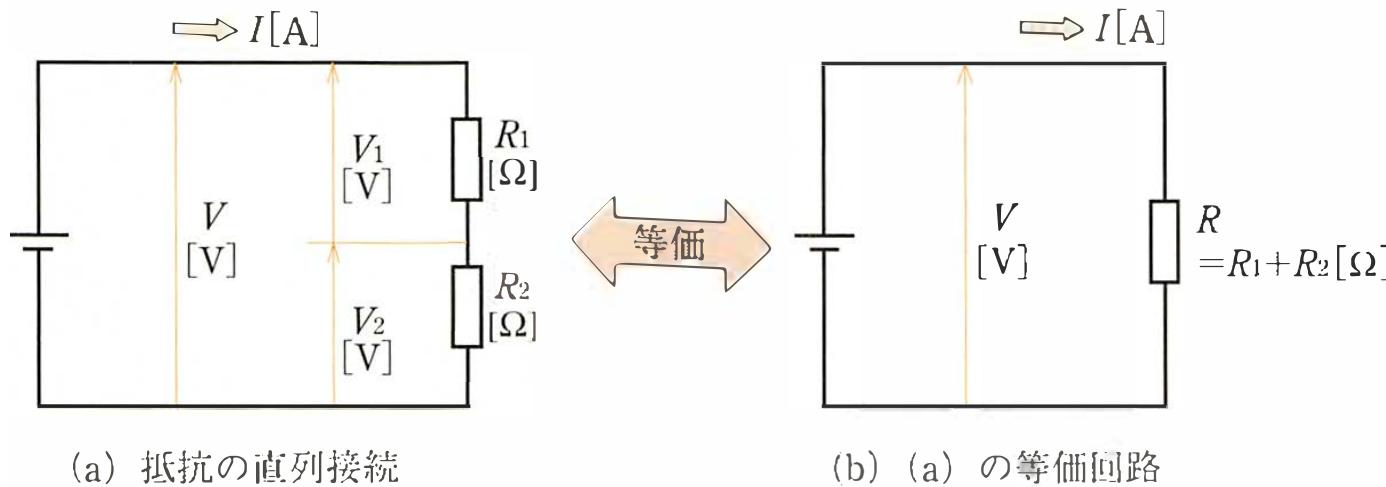
$$V_1 = R_1 I$$

$$V_2 = R_2 I$$



## ■ 合成抵抗

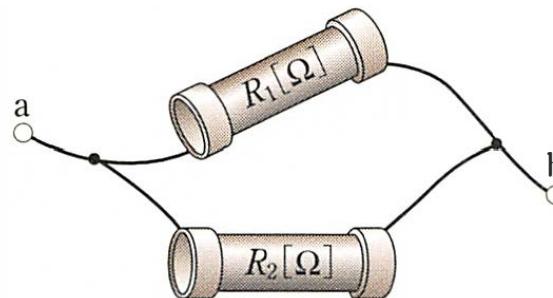
- 複数の抵抗を1つとみなした（抵抗を合成した）ときの抵抗を合成抵抗とよぶ。



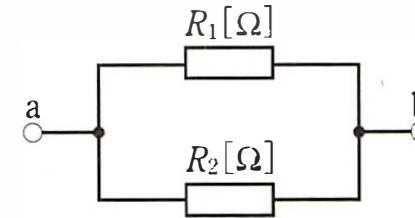
# 抵抗の並列接続

## ■ 並列回路

- 図のように複数の抵抗の一端を接続し、他端も同様に接続したものを並列接続という。



(a) 並列接続の実体図



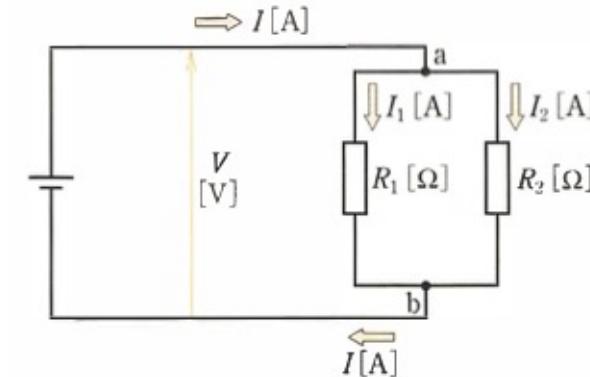
(b) 図記号

## ■ 並列回路

- 各抵抗にかかる電圧は等しい。
- 各抵抗に流れる電流の総和は、並列回路に流れ込む電流に等しい。

$$I = I_1 + I_2$$

$$V = I_1 R_1 = I_2 R_2$$

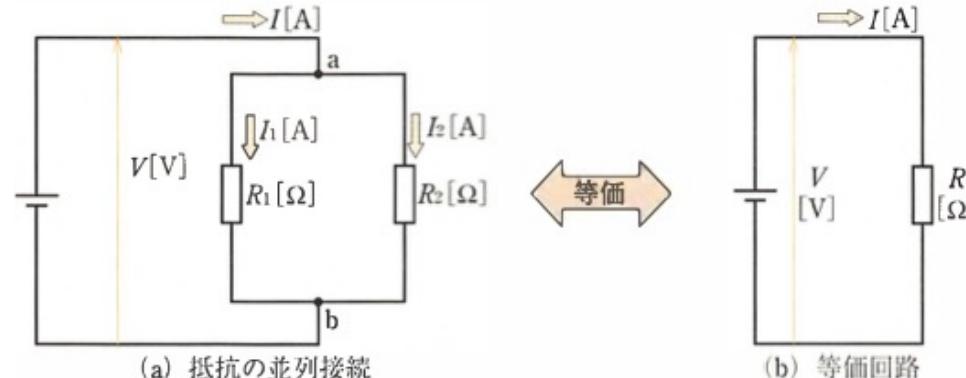


## ■ 並列回路の合成抵抗

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

並列回路の合成抵抗の逆数とみなせる

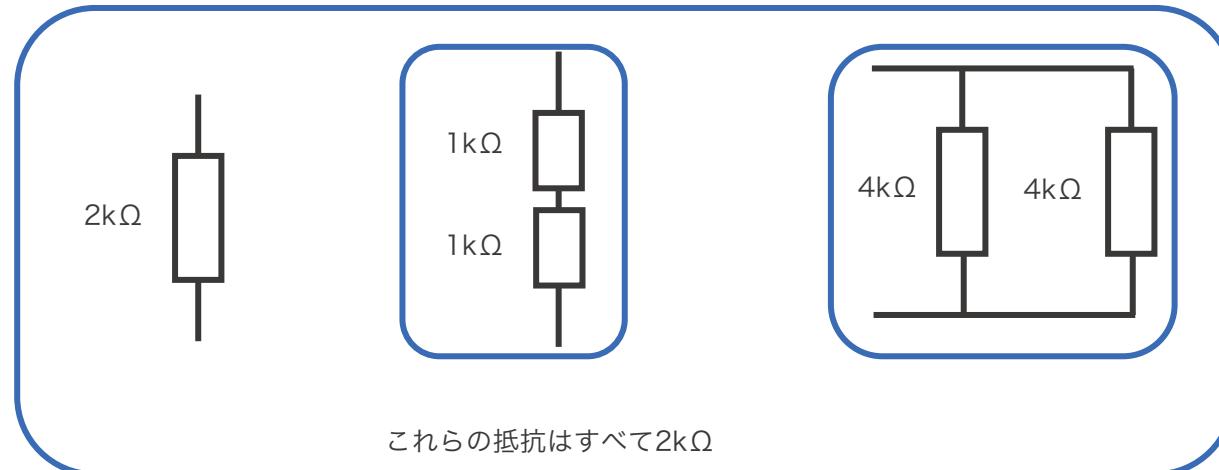
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



# 等価回路

## ■ 等価回路

- 実際の回路は異なっているが、外から見て同じ働きをする回路のことを等価回路という。



## ■ 問題

---

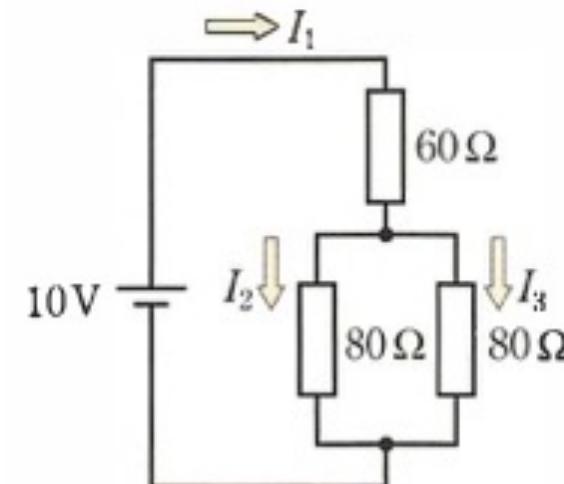
- $20\Omega$ の抵抗を2つ並列に接続した回路の合成抵抗はいくらか.
- $20\Omega$ と $40\Omega$ の抵抗を並列に接続すると, その合成抵抗はいくらか.

## ■ 問題

- $20\Omega$  の抵抗を2つ並列に接続した回路の合成抵抗はいくらか.
- $\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{1}{10}$
- 合成抵抗は $10\Omega$
- $20\Omega$  と $40\Omega$  の抵抗を並列に接続すると, その合成抵抗はいくらか.
- $\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{40} = \frac{3}{40}$
- 合成抵抗は $40/3\Omega$

## 問題

- この直並列回路の合成抵抗を求めよ。
- 電流 $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ を求めよ。



## 問題

- この直並列回路の合成抵抗を求めよ.
- 電流I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>を求めよ.

1.

並列回路の合成抵抗は40Ω.

よって直並列回路の合成抵抗は $60+40=100\Omega$

2.

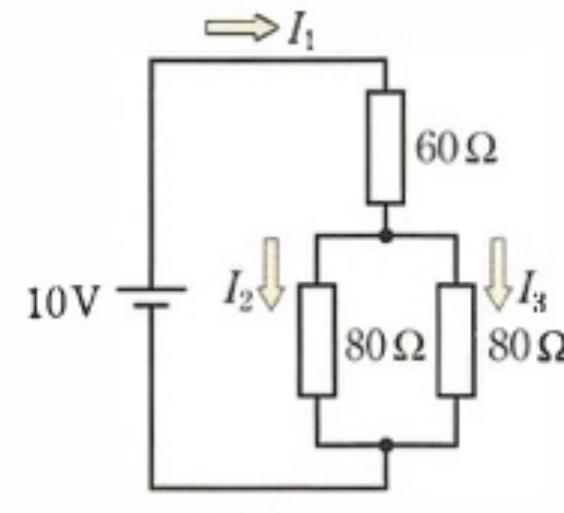
オームの法則より

$$I_1 = \frac{10}{100} = 0.1A$$

並列回路は同じ抵抗なので、同じ電流が流れる.

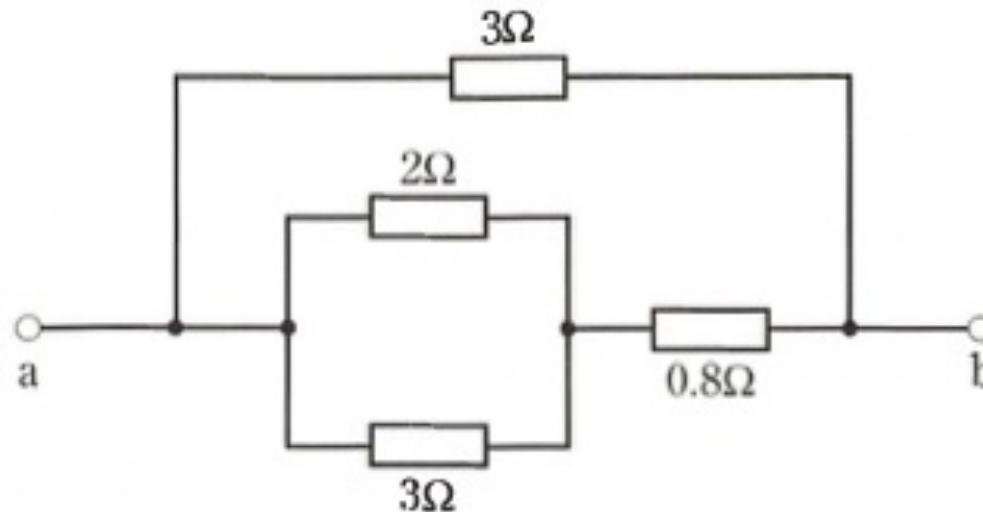
よって

$$I_2 = I_3 = \frac{0.1}{2} = 0.05A$$



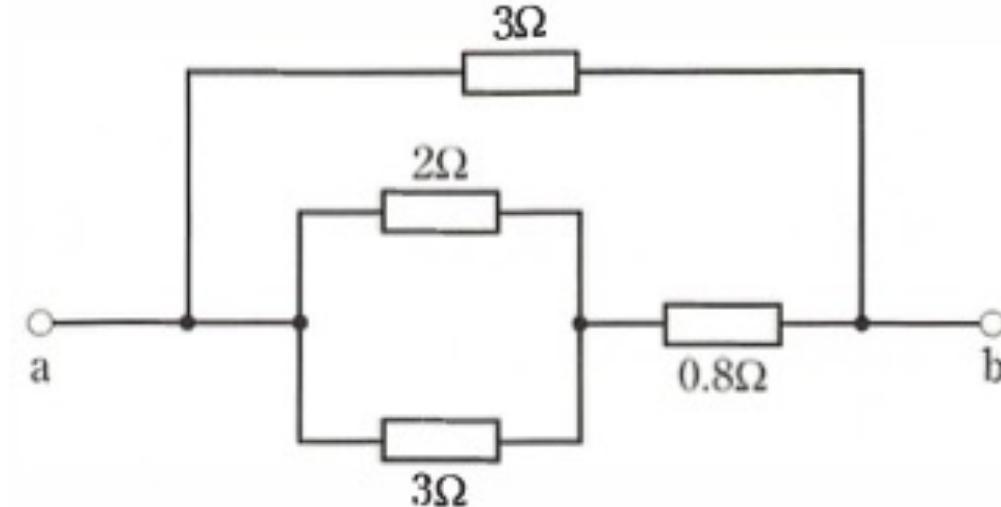
## 問題

- a-b間の合成抵抗を求めよ



## 問題

- a-b間の合成抵抗を求めよ



2Ωと3Ωの並列回路の合成抵抗は

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6}$$

より1.2Ω

2Ωと3Ωの並列回路と0.8Ωの合成抵抗は

$$1.2 + 0.8 = 2$$

よってab間の合成抵抗は

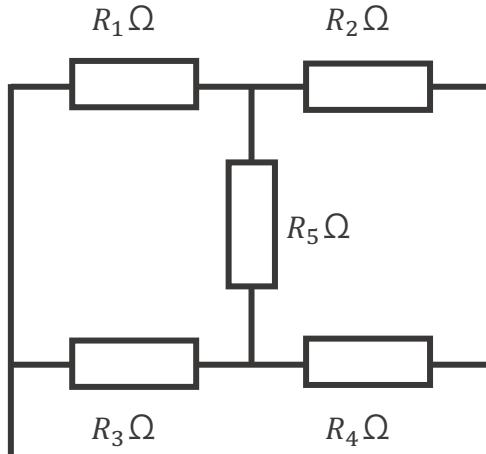
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{5}{6}$$

つまり1.2Ω

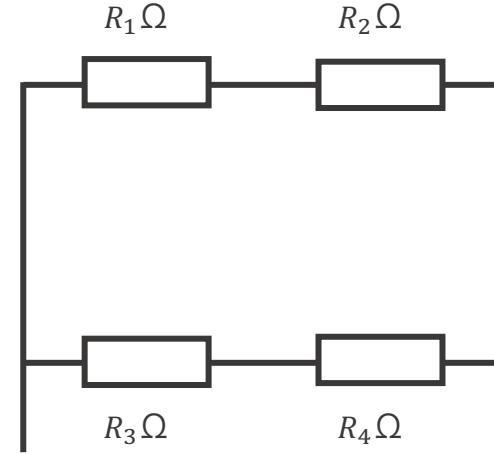
# ブリッジ回路

## ■ ブリッジ回路

- 図のような回路ある.
- $R_1:R_2 = R_3:R_4$  のとき
- $R_5$ を流れる電流は0である.
- つまり $R_5$ は無視できる（開放とみなせる）.



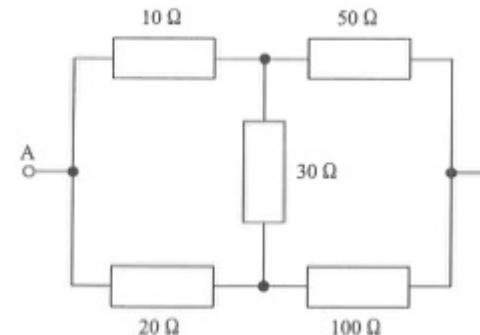
$R_1:R_2 = R_3:R_4$   
のとき



## ■ 問題解説

- 図の回路の端子A, B間の合成抵抗は何Ωか. (第39回ME2種)

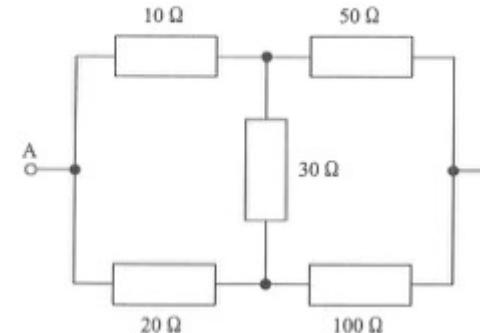
1. 10
2. 20
3. 30
4. 40
5. 50



## ■ 問題解説

- 図の回路の端子A, B間の合成抵抗は何Ωか. (第39回ME2種)

1. 10
2. 20
3. 30
4. 40
5. 50



このブリッジ回路は平衡状態であるので、抵抗値から30Ωの抵抗には電流は流れない。  
つまり30Ωの抵抗は無視できる。

よって合成抵抗は

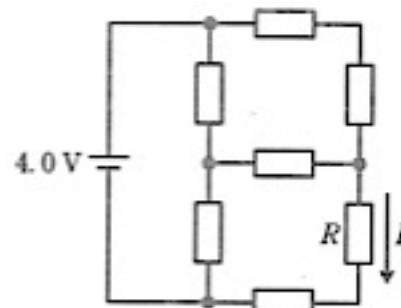
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10 + 50} + \frac{1}{20 + 100} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} = \frac{3}{120} = \frac{1}{40}$$

より40Ωである。

## ■ 問題

- 図の回路で抵抗に流れる電流 $I$ [A]はどれか。ただし、電池の起電力は4.0V、抵抗はすべて $1.0\Omega$ とする。（臨床工学技士国家試験35）

1. 1.0
2. 2.0
3. 3.0
4. 4.0
5. 5.0



## 問題

- 図の回路で抵抗に流れる電流I[A]はどれか。ただし、電池の起電力は4.0V、抵抗はすべて $1.0\Omega$ とする。（臨床工学技士国家試験35）

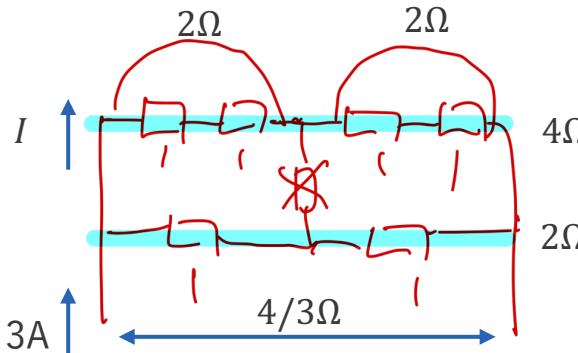
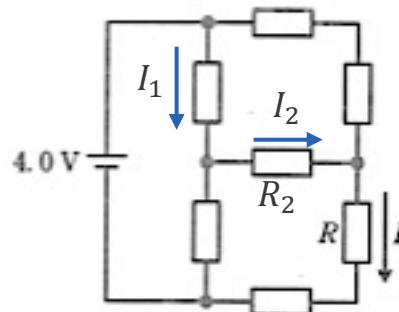
1. 1.0

2. 2.0

3. 3.0

4. 4.0

5. 5.0



すべての抵抗値が等しいのでブリッジ回路は平衡状態である。つまり電流 $I_2$ は0である。  
よって回路の合成抵抗は、

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{3}{4}$$

から $4/3\Omega$ である。回路を流れる電流は  
 $4.0 \div \left(\frac{4}{3}\right) = 4 \times \frac{3}{4} = 3.0\text{A}$ である。

ブリッヂ回路なので $R_2$ を無視できるため、並列回路とみなすことができる。  
電流 $I$ と $I_1$ の比は抵抗値の逆比に等しいので

$$I : I_1 = 2 : 4$$

よって電流 $I$ は

$$I = 3.0 \times \frac{2}{6} = 1.0\text{A}$$

である。

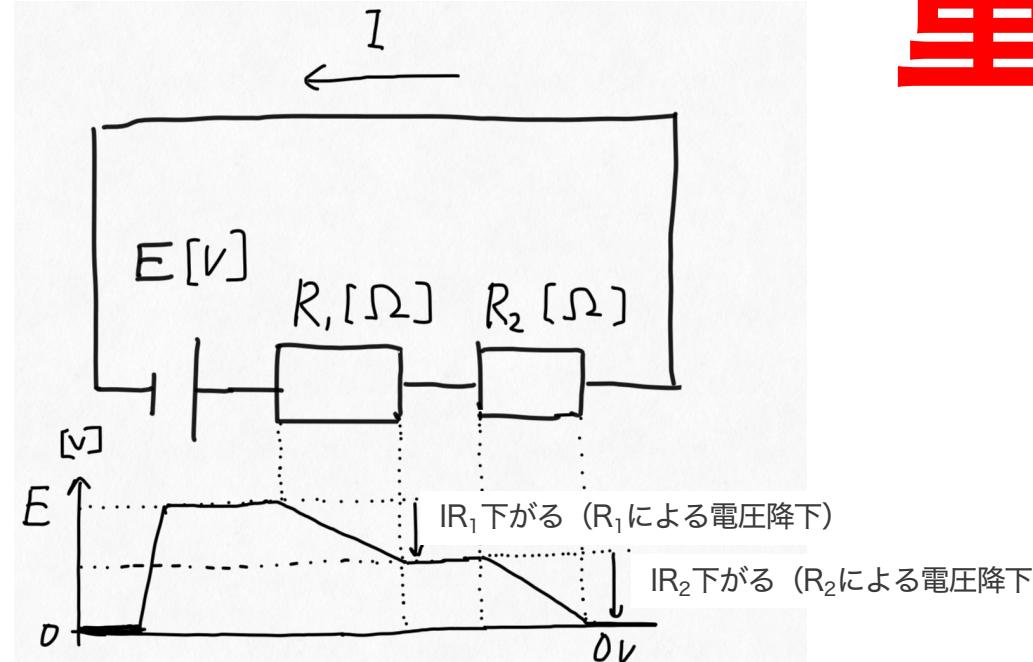
# 電圧降下

電気電子回路で最も重要!!

## ■ 電圧降下

- 回路を一周すると各抵抗の電圧降下により電圧は下がっていき、最終的に0となる。
- 各抵抗に電圧が分かれることを分圧という。

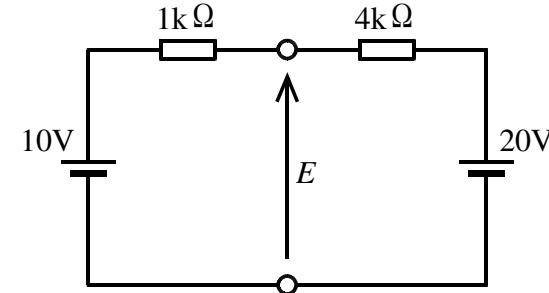
**重要!!**



# 問題解説

【AM30】図の回路の電圧  $E$  は何 V か。

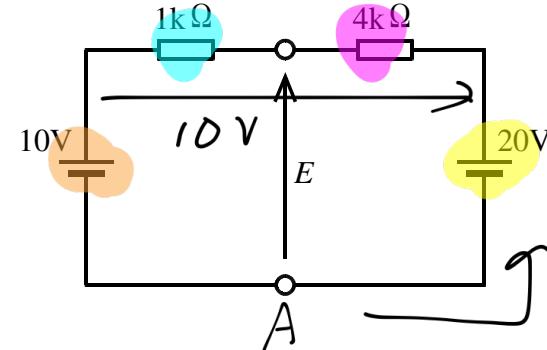
- (1) 10
- (2) 12
- (3) 14
- (4) 18
- (5) 20



# 問題解説

【AM30】図の回路の電圧  $E$  は何 V か。

- (1) 10      (2) 12      (3) 14  
(4) 18      (5) 20

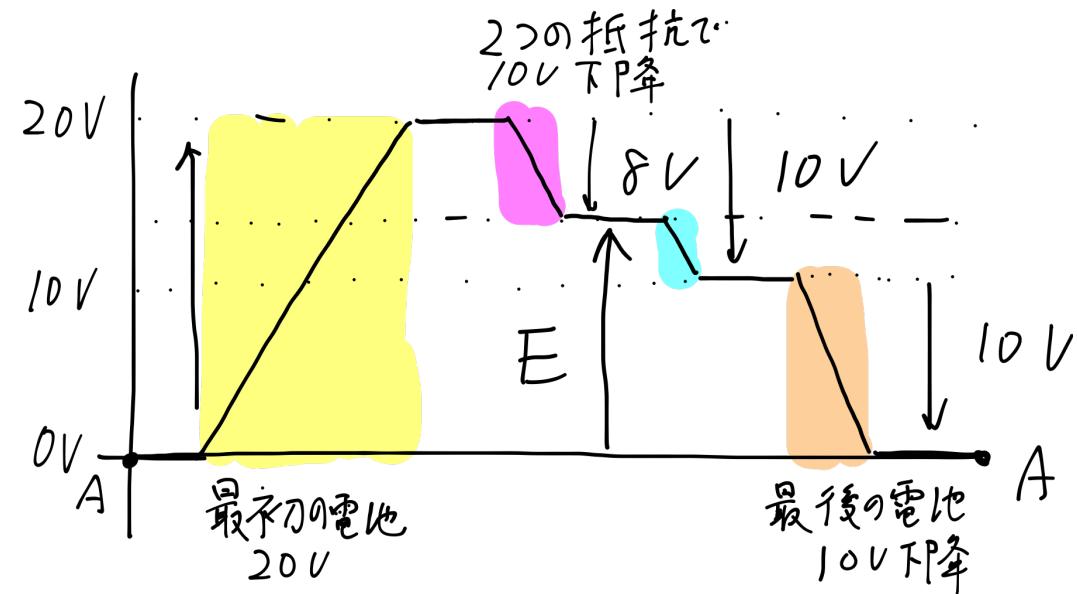


$A$ から時計と逆周りに電圧の変化を見てみると、そうすると、1つ目の電源で20V上昇し、2つ目の電源で10V下がっている。回路を一周し $A$ に戻るとき電圧は0Vとならなければならぬので、2つの抵抗で10V電圧が下がる必要がある。

また、 $E$ は1つ目の電源の電圧から4kΩの抵抗の電圧降下分を引いた値になる。4kΩの抵抗に加わる電圧は、

$$10 \times 4/5 = 8V$$

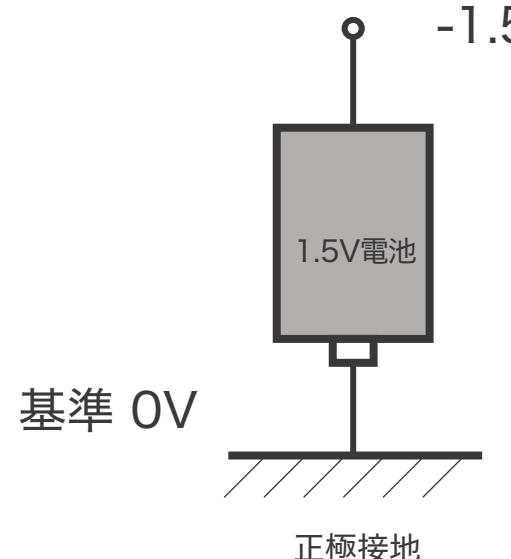
となるため、 $E$ は12Vである。



グランド

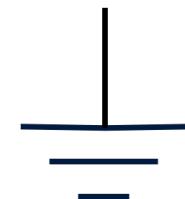
## ■ グランド (GND) , 接地 (アース)

- ・グランド：電位基準（0V）
- ・接地：地面に接続すること。地球は巨大な導体としてみなせるため、電荷与えても電位変化はないと考える。そのため、大地に接続した点を基準（0ボルト）とする。



GND

電位基準



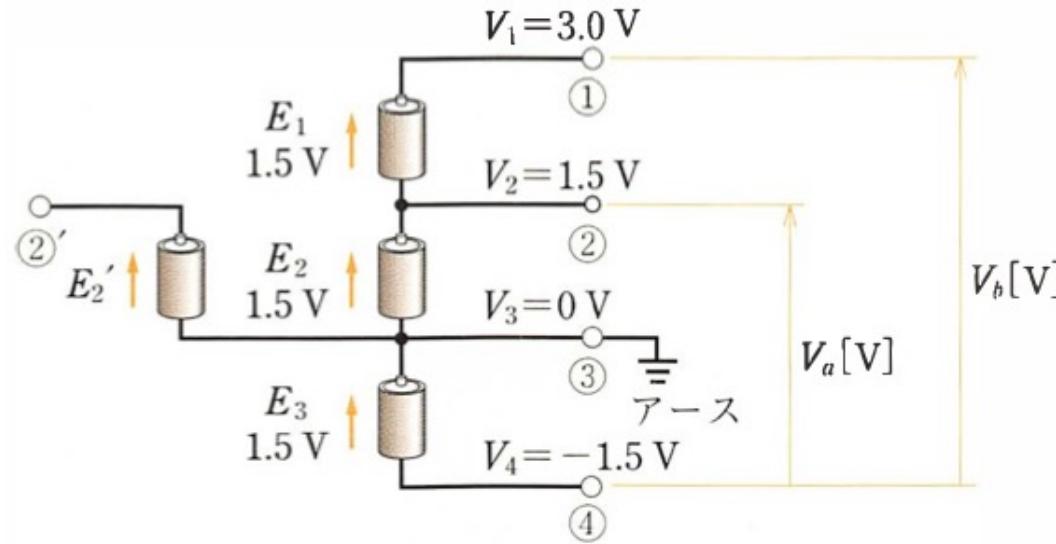
接地, アース

大地に接続  
電位基準

これらの記号とつながっている場所は電圧0Vである。

## 問題

- 図において、電圧 $V_a$ ,  $V_b$ を求めよ。
- また、点①と点②'が等電位であるとすれば、起電力 $E_{2'}$ はいくらか。

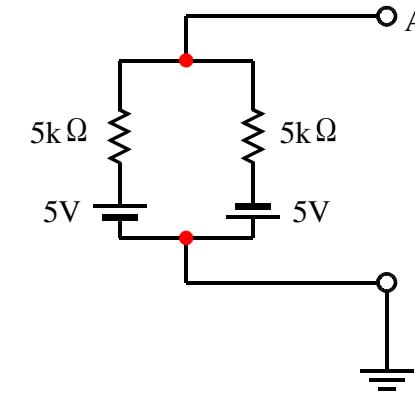


# ■ 問題解説

第27回(2005)

【AM21】図の直流回路で、A点の電位は何Vか。

- (1) -5
- (2) -2.5
- (3) 0
- (4) 2.5
- (5) 5



# 問題解説

第27回(2005)

【AM21】図の直流回路で、A点の電位は何Vか。

- (1) -5
- (2) -2.5
- (3) 0
- (4) 2.5
- (5) 5

まず点Sの電圧は接地されているので0Vとする。

点Sから時計回りに電圧の変化を見てみる。そうすると、1つ目の電源で5Vと上がり更に、2つ目の電源で5Vと上がる事が見て取れる。そのため、2つの抵抗で10Vの電圧降下が起こらなければ点Sの電圧が0に戻らない。2つの抵抗の抵抗値は等しいため、それぞれの抵抗で同じ電圧降下が起こる。つまり、一つの抵抗で5Vの電圧降下が起こる。

よって、最初の電圧で5Vの電圧が上昇し、最初の抵抗で5V電圧が下がるので、点Aの電圧は0Vである。

