物理基礎 追試験

問題番号(配点)	設問		解答番号	正解	配点	チェック
第1問 (16)		問1	1	2	4	
		問2	2	2	4	
		問3	3	3	4	
		問4	4	3	4	
第2問 (16)	A	問1	5	2	3	
		問2	6	4	2	
		問3	7	3	3	
	B	問4	8	2	4	
		問5	9	1	4	

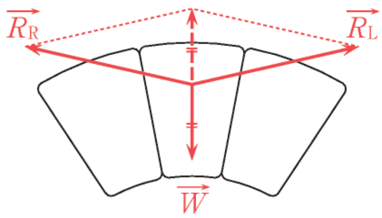
問題番号(配点)	設問	解答番号	正解	配点	チェック
第3問 (18)	問1	10	3	3	
		11	3	3	
	問2	12	4	4	
	問3	13	4	2	
		14	4	2	
	問4	15	6	4	

自己採点欄
50 点

第1問 標準 《総　合　題》

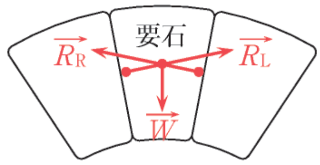
問1　1　正解は②

要石にはたらく力がつりあうとき，矢印で表される3つの力のベクトル和が$\vec{0}$である。右図のように，これらの力のベクトルの始点を一致させて和を求めたとき，①～④のうち，和が$\vec{0}$になっているものは②である。



したがって，図として最も適当なものは②である。

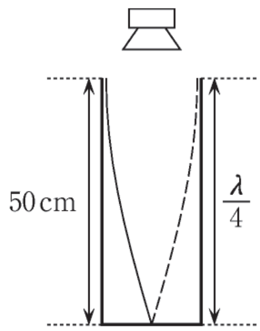
POINT　○要石が受ける力は，重力$\vec{W}$と，隣接する左側の石，右側の石のそれぞれから受ける力$\vec{R_{\rm L}}$，$\vec{R_{\rm R}}$である。$\vec{R_{\rm L}}$，$\vec{R_{\rm R}}$は抗力であり，これは面に垂直な方向の垂直抗力と，面に平行な方向の摩擦力に分けて扱うことが多い。重力$\vec{W}$と抗力$\vec{R_{\rm L}}$，$\vec{R_{\rm R}}$がつりあうとき，ベクトル和が$\vec{0}$，すなわち$\vec{W}+\vec{R_{\rm L}}+\vec{R_{\rm R}}=\vec{0}$である。



○力のつりあいは，$\vec{W}$，$\vec{R_{\rm L}}$，$\vec{R_{\rm R}}$の水平成分と鉛直成分をつくり，それぞれの方向での力の成分の和が0であることを用いてもよい。

問2　2　正解は②

閉管内の気柱が共鳴して基本振動が生じたとき，管内には入り口が腹，底が節で，これらが1つずつの定常波（定在波）が生じる。この定常波の波長をλ〔cm〕とすると，隣り合う腹と節の間隔は$\dfrac{\lambda}{4}$であるから



$$\frac{\lambda}{4}=50 \qquad \therefore \quad \lambda=200\,[\mathrm{cm}]=2.0\,[\mathrm{m}]$$

定常波の音速をv〔m/s〕，振動数をf〔Hz〕とすると

$$v=f\lambda=480\times2.0=960\,[\mathrm{m/s}]$$

よって，表1の気体のうち，この音速に最も近いものは，He（ヘリウム）である。したがって，気体として最も適当なものは②である。

問3　3　正解は③

(i)物体に加えた熱量をQ〔J〕，物体の質量をm〔g〕，比熱をc〔J/(g･K)〕，温度変化をΔT〔K〕とすると

$$Q=mc\Delta T \qquad \therefore \quad \Delta T=\frac{Q}{mc}$$

これより，物体（氷または液体の水）の質量mと加えた熱量Qが一定のとき，物体の温度変化ΔTは，比熱cに反比例することがわかる。すなわち，比熱cが大

きいほど，与えられた「温度―熱量の関係を表す図（直線）」のグラフの傾きが小さい。よって，氷の比熱は 2.0 J/(g･K)，液体の水の比熱は 4.2 J/(g･K) であるから，グラフの傾きは，氷のほうが大きく，液体の水のほうが小さいので，①～④のうち，①または③が適当である。

(ii)物体が固体・液体・気体間で状態変化をするとき，潜熱を L〔J/g〕とすると

$$Q=Lm$$

ここで，潜熱とは，融解熱や蒸発熱の総称である。

はじめの氷の質量を m_0〔g〕，0℃の氷をすべて 0℃の水に変化させるのに必要な熱量を Q_1〔J〕，水の温度を 0℃から 100℃まで上昇させるのに必要な熱量を Q_2〔J〕とすると

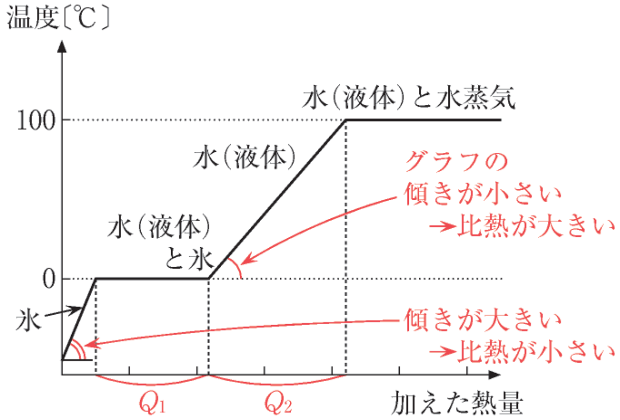
$$Q_1=Lm=3.3\times10^2\times m_0=330m_0$$

$$Q_2=mc\Delta T=m_0\times4.2\times(100-0)=420m_0$$

$$\therefore\quad Q_1:Q_2=330:420\fallingdotseq1:1.3$$

よって，熱量 Q_1，Q_2 の大きさの比がおよそ 1 : 1.3 であるものは，①，③のうち，③である。

したがって，図として最も適当なものは③である。

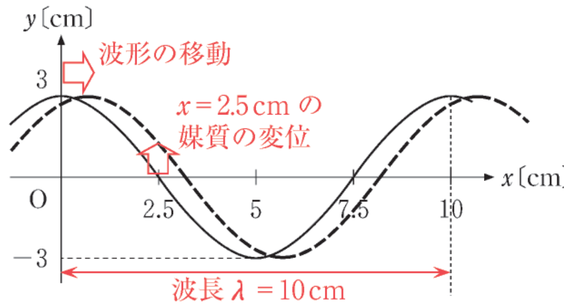


POINT 比熱とは，物体のあたたまりにくさを表す量である。

$c=\dfrac{Q}{m\Delta T}$ より，一定質量 m の物体を一定温度 ΔT だけ上昇させるために必要な熱量 Q が大きいほど比熱 c が大きい。したがって，比熱 c が大きいほどあたたまりにくい物体である。

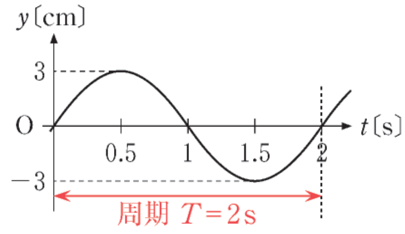
問 4　$\boxed{4}$　正解は③

図 3 の正弦波は x 軸の正の向きに伝わるので，図 3 の時刻（$t=0$ s）から時間が経過すると，波形は右図のように x 軸の正の向きへ平行移動する。このとき，位置 $x=2.5$ cm の媒質は y 軸の正の向き



へ変位することがわかる。よって，①〜④のグラフのうち，③または④が適当である。

波の速さを v〔cm/s〕，波長を λ〔cm〕，周期を T〔s〕とすると



$$v=\frac{\lambda}{T}$$

図3より，$\lambda=10\,\mathrm{cm}$ であるから

$$T=\frac{\lambda}{v}=\frac{10}{5.0}=2.0〔\mathrm{s}〕$$

よって，周期が 2.0s であるものは，③，④のうち，③である。

したがって，図として最も適当なものは③である。

POINT 波のグラフは，横軸が位置 x，時刻 t のどちらで描かれているのかの見極めが重要である。縦軸は媒質の変位 y である。

○ y-x グラフ…縦軸 y（媒質の変位）-横軸 x（波源からの距離）

これは「ある時刻の波形（目で見た波そのもの）」を表すグラフで，グラフの山から山までが1波長 λ である。

○ y-t グラフ…縦軸 y（媒質の変位）-横軸 t（媒質の振動の時刻）

これは「ある点の媒質の振動」を表すグラフで，グラフの山から山までが1周期 T である。

第2問 ―― 物体の運動とエネルギー

A 標準 《物体の運動とエネルギー》

問1 $\boxed{5}$ 正解は②

小物体の質量を m，重力加速度の大きさを g，ばね定数を k とし，水平面の高さを重力による位置エネルギーの基準とする。

最初の高さが h の位置のときとばねが自然の長さから a だけ縮んで小物体の速度が0となったときとで，力学的エネルギー保存則より

$$mgh=\frac{1}{2}ka^2$$

最初の高さが $2h$ の位置のとき，同様に

$$mg\cdot 2h=\frac{1}{2}kd^2$$

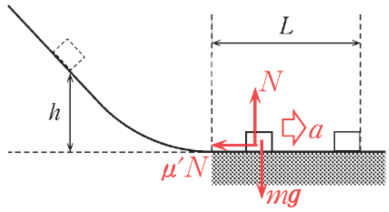
2式より

$$d^2=2a^2 \qquad \therefore \quad d=\sqrt{2}\,a$$

POINT 小物体にはたらく力は，重力，面からの垂直抗力，ばねからの弾性力である。重力と弾性力は保存力であり，保存力がした仕事は位置エネルギーの変化となり，垂直抗

力は仕事をしないので，小物体の力学的エネルギーが保存する。

問 2　$\boxed{6}$　正解は④



与えられた v-t グラフでは，その傾きが加速度を表すことに着目する。小物体が水平面から受ける垂直抗力の大きさを N，小物体とあらい水平面との間の動摩擦係数を μ' とする。

小物体があらい水平面上を滑っているときの加速度を a とすると

水平方向の運動方程式　　$ma=-\mu' N$

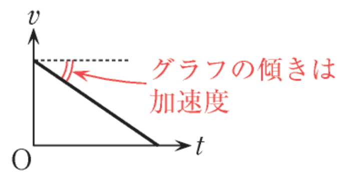
鉛直方向の力のつりあいの式　　$N=mg$

よって

$$ma=-\mu' mg \qquad \therefore \quad a=-\mu' g$$

すなわち，加速度は負で一定の大きさであるから，v-t グラフの傾きは負の直線である。

したがって，グラフとして最も適当なものは④である。



問 3　$\boxed{7}$　正解は③

最初の高さが h の位置のときと小物体が水平面上を滑って停止したときとで，力学的エネルギーの変化は動摩擦力がした仕事に等しいので

$$0-mgh=-\mu' mg\times L$$

最初の高さが $2h$ の位置のとき，小物体が水平面上を滑って停止するまでの距離を L' とすると，同様に

$$0-mg\cdot 2h=-\mu' mg\times L'$$

これらの式より

$$L'=2L$$

POINT　○小物体があらい水平面上を滑っているときは，運動エネルギーの変化と仕事の関係を用いることができ

「物体の運動エネルギーの変化」＝「物体にはたらくすべての外力がした仕事」

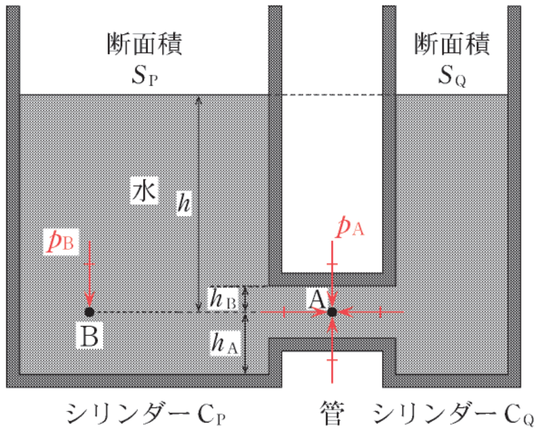
である。ここで，水平面上で物体にはたらく外力は，重力，垂直抗力，動摩擦力であり，重力と垂直抗力は，物体が距離 L 滑った向きと垂直にはたらくから，これらの力は仕事をしない。

○最初の場合に，物体にはたらく動摩擦力がした仕事は負で $-\mu' mg\times L$ となることに注意が必要である。動摩擦力の大きさは $\mu' mg$ であるが，この動摩擦力は物体が距離 L 滑った向きと逆向きにはたらくから，仕事は $-\mu' mg\times L$ となる。

B 標準 《圧　力》

問 4　8　正解は②

水圧は水面からの深さによって決まり，水面からの深さが同じであれば，水圧はどの方向にも同じ大きさである。点Aに小物体を置くと，小物体にはすべての方向から小物体の面に垂直に同じ大きさの水圧がはたらく。

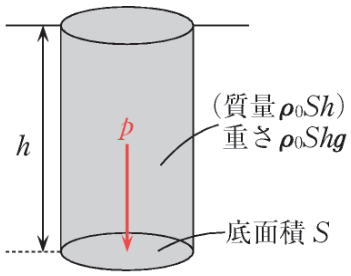


右図のように，同一水平面上にある管内の点Aでの圧力 p_A と，シリンダー C_P 内の点Bでの圧力 p_B は等しい。点Bでの圧力 p_B は，点Bより鉛直上側にある大気圧 p_0 と高さ h の水による圧力 $\rho_0 hg$ の和であるから

$$p_A = \boldsymbol{p_0 + \rho_0 hg}$$

POINT　水面から深さ h の点での水圧 p は，深さ h の水が単位面積あたりに加える力の大きさ F である。底面積 S の円柱を考えると，底面に加わる力の大きさ F は，体積 Sh の円柱内に含まれる水の重力の大きさ W であるから，$W=\rho_0 \cdot Sh \cdot g$ である。よって，水圧 p は

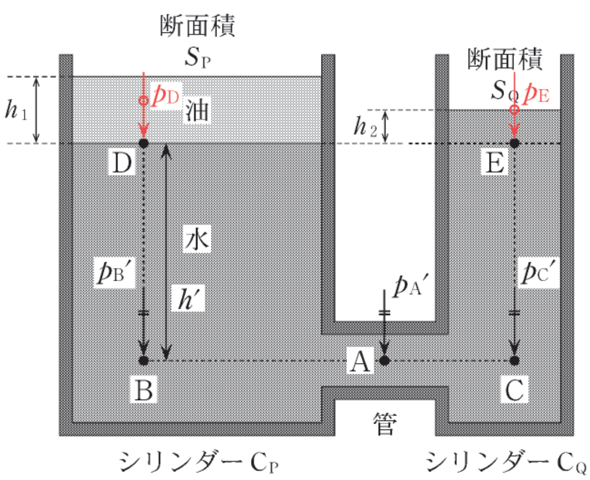
$$p=\frac{F}{S}=\frac{W}{S}=\frac{\rho_0 Shg}{S}=\rho_0 hg$$



CHECK　密閉した変形しない容器内に流体（液体または気体）を満たし，流体内部の１点の圧力を増加させると，流体内のすべての点の圧力は同じだけ増加する。すなわち，１点に加えられた圧力が流体内ですべての点に伝わる。これを，パスカルの原理（Pascal's principle）という。

問 5　9　正解は①

右図のように，**問４**と同様に，同一水平面上にある管内の点Aでの圧力 p_A' と，シリンダー C_P 内の点Bでの圧力 p_B'，シリンダー C_Q 内の点Cでの圧力 p_C' は等しい。また，点Bの鉛直上方の水と油の境界面上の点をDとし，点Dと同一水平面上で点Cの鉛直上方の点をEとする。点Bから点Dまでの高さを h' とすると，点Bと点Dの圧力差，点Cと点Eの圧力差はともに



$\rho_0 h' g$ である。よって，点Dでの圧力 p_D と点Eでの圧力 p_E は等しい。点D，点Eより鉛直上側にある大気と油，水による圧力を考えると

$$p_D = p_0 + \rho_1 h_1 g,\quad p_E = p_0 + \rho_0 h_2 g$$

したがって

$$p_0 + \rho_1 h_1 g = p_0 + \rho_0 h_2 g \qquad \therefore\quad h_2 = \frac{\rho_1}{\rho_0} h_1$$

第3問 標準 ―― 物理現象とエネルギー 《抵抗線と豆電球を用いた回路》

問1 $\boxed{10}$ 正解は③ $\boxed{11}$ 正解は③

図2のグラフから，電圧 V が1Vのときの電流 I はおよそ60mAと読み取ることができる。このとき，豆電球で消費される電力を P_1〔mW〕とすると

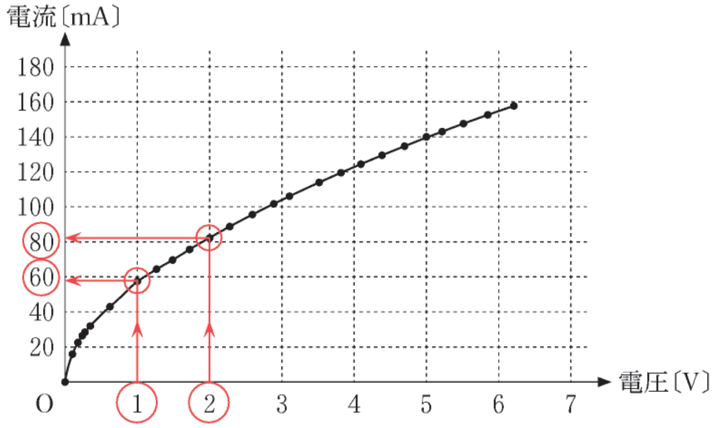
$$P_1 = VI = 1\times 60 = 60\,〔\mathrm{mW}〕$$

次に，電圧 V が2Vのときの電流 I はおよそ80mAと読み取ることができる。このとき，豆電球で消費される電力を P_2〔mW〕とすると

$$P_2 = VI = 2\times 80 = 160\,〔\mathrm{mW}〕$$

したがって

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{160}{60} = 2.66 \fallingdotseq 2.7\text{ 倍}$$



CHECK グラフの値を読み取るときは，最小目盛の $\frac{1}{10}$ までを目分量で読み取るのが一般的である。図2の電流の最小目盛は20mAであるから，その $\frac{1}{10}$ である2mAまでを読み取ると，電圧 V が1Vのときの電流 I は58mA，電圧 V が2Vのときの電流 I は82mAと読み取ることができる。この場合は

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2\times 82}{1\times 58} = 2.82 \fallingdotseq 2.8\text{ 倍}$$

本問では「およそ」と示された概数計算であるから，それぞれの電流 I はおよそ60mA，およそ80mAとしてよい。

問 2　12　正解は④

ア　図 1 のグラフからは，電流 I は電圧 V に比例することが読み取れるので，電圧 V を $\frac{1}{10}$ 倍にすると，電流 I は $\frac{1}{10}$ 倍になる。

よって，抵抗器で消費される電力 P は，電流 I と電圧 V の積であるから，$\frac{1}{10}\times\frac{1}{10}$ $=\frac{1}{100}$ 倍になる。

イ　図 2 のグラフからは，電圧 V を $\frac{1}{10}$ 倍にしても，電流 I は $\frac{1}{10}$ 倍よりも大きいから，豆電球で消費される電力 P は，$\frac{1}{100}$ 倍よりも大きくなる。

したがって，数値と語の組合せとして最も適当なものは④である。

別解　図 2 のグラフで，電圧 V が 5V のときと，その $\frac{1}{10}$ 倍の 0.5V のときを選んで，豆電球で消費される電力の比を計算してもよい。

電圧 V が 5V のときの電流 I はおよそ 140mA と読み取ることができるので，このときに豆電球で消費される電力を P_1'〔mW〕とすると

$$P_1' = VI = 5\times 140 = 700\,〔\mathrm{mW}〕$$

次に，電圧 V が 0.5V のときの電流 I はおよそ 40mA と読み取ることができるので，このときに豆電球で消費される電力を P_2'〔mW〕とすると

$$P_2' = VI = 0.5\times 40 = 20\,〔\mathrm{mW}〕$$

したがって

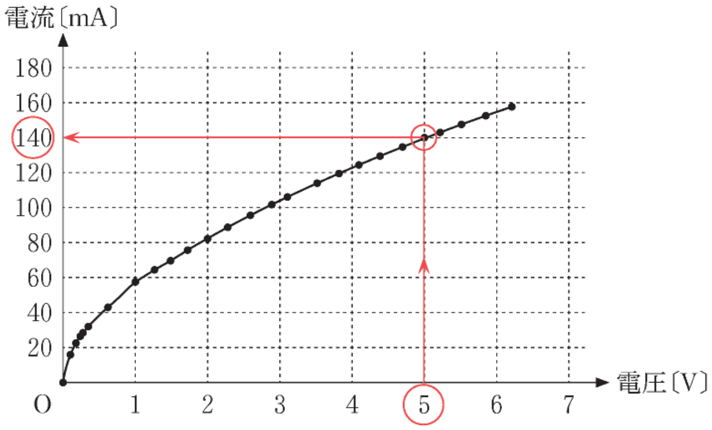
$$\frac{P_2'}{P_1'} = \frac{20}{700} = \frac{1}{35}\ 倍$$

となり，これは $\frac{1}{100}$ 倍より大きい。

問 3　13　正解は④　　14　正解は④

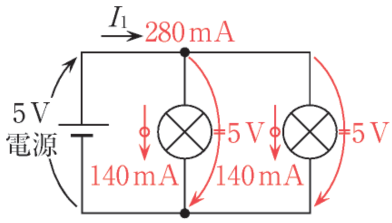
2 個の豆電球は並列接続であるから，それぞれの豆電球に 5V の電圧が加わっている。

図 2 のグラフで，電圧 V が 5V のときの電流 I はおよそ 140mA と読み取ることができるので，2 個の豆電球のそれぞれに電流 140mA が流れている。



よって，電源から流れ出る電流 I_1 は

$$I_1 = 140 + 140 = \mathbf{280〔mA〕}$$



2 個の豆電球で消費される電力の和を P_3〔mW〕とすると

$$P_3 = 5 \times 140 \times 2 = \mathbf{1400〔mW〕}$$

別解　回路におけるエネルギー保存則を考える。

電源から回路に供給されたエネルギーは，すべて 2 個の豆電球で消費されている。電源が供給する電力を P_E〔mW〕とすると，P_E と P_3 は等しい。電源は 5V の電圧で 280mA の電流を流し出しているから

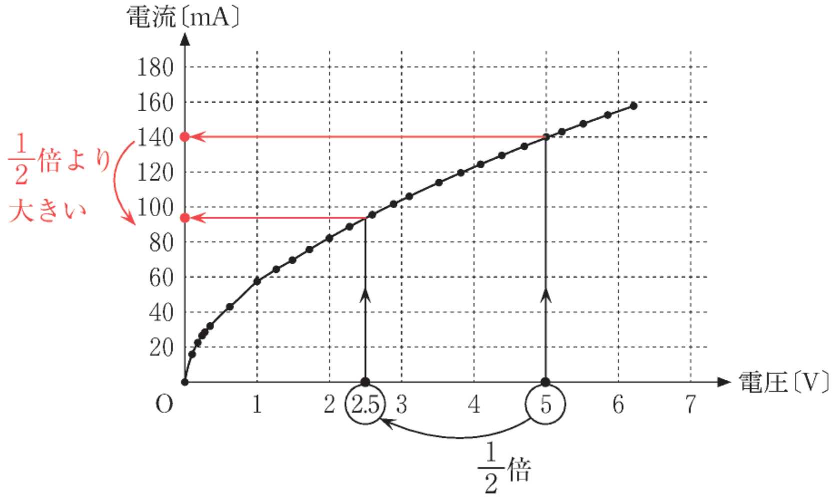
$$P_3 = P_E = VI_1 = 5 \times 280 = 1400〔mW〕$$

問 4　15　正解は⑥

ウ　2 個の豆電球は直列接続であるから，それぞれの豆電球に 2.5V ずつの電圧が加わっている。

問 2 の抵抗器と豆電球の考え方より，電圧 V を 5V からその $\frac{1}{2}$ 倍の 2.5V にすると，電流 I は 140mA からその $\frac{1}{2}$ 倍である 70mA よりも大きくなる。よって

$$\mathbf{70\,mA < I_2 < 140\,mA}$$



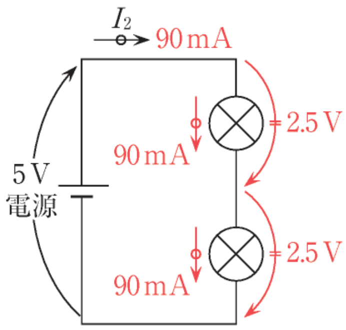
エ　抵抗器では，電圧を$\frac{1}{2}$倍にすると電流も$\frac{1}{2}$倍になり，電圧と電流の積である消費電力は$\frac{1}{4}$倍になる。豆電球では，電圧を$\frac{1}{2}$倍にすると電流は$\frac{1}{2}$倍より大きくなるので，消費電力は$\frac{1}{4}$倍よりも大きくなる。そこで，豆電球に加わる電圧Vを5Vからその$\frac{1}{2}$倍の2.5Vにすると，消費電力は1400mWの$\frac{1}{4}$倍である350mWよりも大きくなる。しかし，電圧を$\frac{1}{2}$倍にしたとき電流が最初の値より大きくなることはないので，消費電力は1400mWの$\frac{1}{2}$倍である700mWより大きくなることはない。よって

$$350\,\mathrm{mW} < P < 700\,\mathrm{mW}$$

したがって，式の組合せとして最も適当なものは⑥である。

別解　**ウ**　図2のグラフで，電圧Vが2.5Vのときの電流Iはおよそ90mAと読み取ることができる。このとき，電源から流れ出る電流I_2は豆電球を流れる電流に等しいので，およそ90mAである。よって

$$70\,\mathrm{mA} < I_2 < 140\,\mathrm{mA}$$



エ　2個の豆電球で消費される電力の和をP_4〔mW〕とすると

$$P_4 = 2.5 \times 90 \times 2 = 450\,〔\mathrm{mW}〕$$

よって

$$350\,\mathrm{mW} < P_4 < 700\,\mathrm{mW}$$

POINT　抵抗値Rの抵抗器に電圧Vを加えて電流Iが流れるとき，

(i)抵抗で消費される電力Pは

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

(ii)図1，図2のように横軸に電圧Vを，縦軸に電流Iをとったグラフでは，オームの法則$V=RI$より，グラフ上の点と原点を結ぶ直線の傾きは

$$\frac{I}{V} = \frac{1}{R}$$

すなわち，電圧V-電流Iの関係のグラフ上の点と原点を結ぶ直線の傾きは，抵抗値Rの逆数であり，この直線の傾きが大きいほど抵抗値Rが小さい。
図1のように，この直線の傾きが一定の抵抗を，線形抵抗という。
図2のように，この直線の傾きが一定ではない抵抗を，非線形抵抗という。このときは，電圧Vが小さいほどこの直線の傾きが大きく抵抗値Rが小さく，電圧Vが大きいほどこの直線の傾きが小さく抵抗値Rが大きいので，電圧Vを2倍，3倍，…と変化させても，電流Iは2倍，3倍，…よりも小さい値になる。