理科子さんは，学校の理科の授業で抵抗にかかる電圧 V [V]と，抵抗に流れる電流 I [A]が比例関係にあることを学びました。この関係はオームの法則と呼ばれ，抵抗の値を R [Ω]とすると，以下のように表せます。

オームの法則：$(\text{電流 } I \text{ [A]}) = \dfrac{(\text{電圧 } V \text{ [V]})}{(\text{抵抗 } R \text{ [}\Omega\text{]})}$

または　$(\text{電圧 } V \text{ [V]}) = (\text{電流 } I \text{ [A]}) \times (\text{抵抗 } R \text{ [}\Omega\text{]})$

理科子さんは，どんな抵抗でもこの関係が成り立つのか調べたいと考え，先生にお願いして，放課後に理科室で実験をすることにしました。

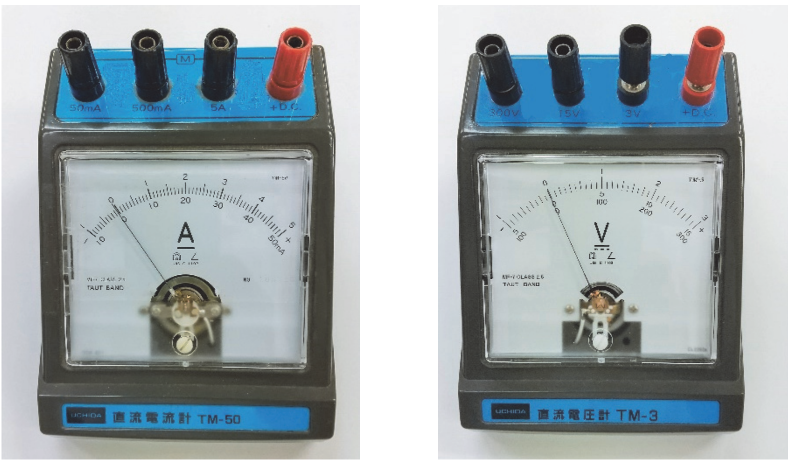


写真１　電流計（左）と電圧計（右）

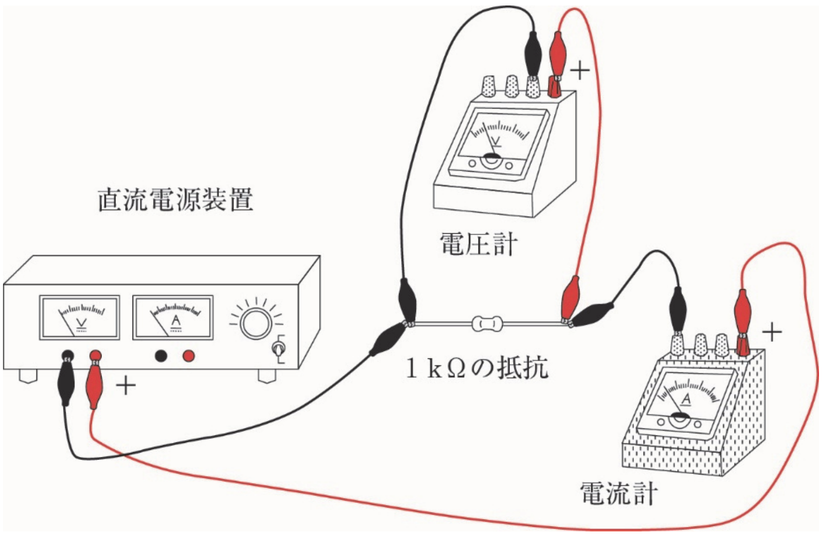
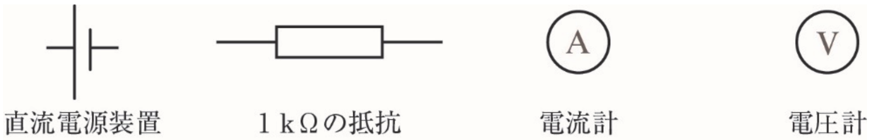


図１　実験の回路

実験は，図１のように，抵抗に直流電源装置を接続し，抵抗にかかる電圧と抵抗を流れる電流の関係を，電圧計と電流計で測るというものです。理科子さんは，理科室にある抵抗でこの実験を行うことにしました。なお，一般に販売されている抵抗の抵抗値は，表示されている値に対して±５%程度のばらつきがあることが知られています。

問１　理科子さんは理科室にある１kΩ(1000 Ω)の抵抗で実験をした。

(1)　図１のように接続した回路を，下の記号を用いて回路図として表せ。



実験の結果は,【表１】のようになった。この結果について横軸を電圧[V],縦軸を電流[mA]として，各チームで用意した方眼紙に適切な目盛りを付けグラフを描け。

【表１】　１kΩ の抵抗の測定結果(電圧計の端子３V)

電圧[V]	電流[mA]	電圧[V]	電流[mA]
0	0	2.00	2.7
0.50	0.7	2.50	3.3
1.00	1.4	3.00	4.0
1.50	2.1		

(2)　次の(ア)～(ウ)の質問に答えよ。

(ア)　チームが方眼紙に描いたグラフの電圧が０V のとき，電流の値を読み取れ。ただし，数値は小数第１位まで答えよ。

(イ)　チームが方眼紙に描いたグラフから電圧が 4.0 V のとき，電流の値はいくらになると考えられるか。ただし，数値は小数第１位まで答えよ。

(ウ)　(ア)と(イ)の結果から，この実験から求められた１kΩ 抵抗の抵抗値 R を求めよ。なお，計算式を書くこと。ただし，数値は整数で答えよ。

問１の結果からわかるように，１kΩ の抵抗の実験結果から求めた抵抗値は，１kΩ とは大きく異なる値になりました。不思議に思った理科子さんは，よりたくさんのデータを取るため，電圧の測定範囲を 0～5.00 V に広げることにしました。

ただし，**問１**では電圧は 3.00 V までしか測らなかったので，電圧計の端子は「３V」を使いましたが，今回は 5.00 V まで測るために，「15 V」の端子を使うことにしました。

問２　実験結果は**【表２】**のようになった。この結果について，**問１**と同じように横軸を電圧，縦軸を電流として，各チームで用意した方眼紙に適切な目盛りを付け，グラフを描け。

【表２】　１kΩ の抵抗の測定結果（電圧計の端子 15 V）

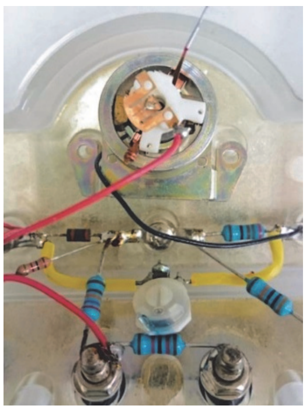
電圧[V]	電流[mA]	電圧[V]	電流[mA]
0	0	3.00	3.3
0.50	0.4	3.50	3.7
1.00	1.2	4.00	4.3
1.50	1.5	4.50	4.8
2.00	2.0	5.00	5.2
2.50	2.7		

(1)　次の(ア)～(ウ)の質問に答えよ。

（ア）　チームが方眼紙に描いたグラフの電圧が０V のとき，電流の値を読み取れ。ただし，数値は小数第１位まで答えよ。

（イ）　チームが方眼紙に描いたグラフから電圧が 6.0 V のとき，電流の値はいくらになると考えられるか。ただし，数値は小数第１位まで答えよ。

（ウ）　(ア)と(イ)の結果から，この実験から求められた１kΩ 抵抗の抵抗値 R を求めよ。なお，計算式を書くこと。ただし，数値は整数で答えよ。

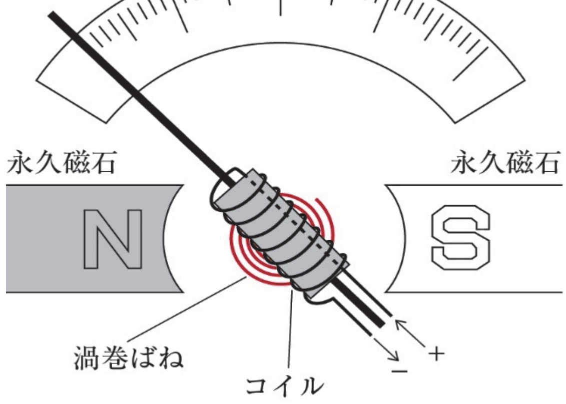

【写真２】　電圧計

問１と**問２**の実験で異なる実験結果が出た理由がわからない理科子さんは，電圧計の仕組みについて調べました。電圧計の中を分解してみると**【写真２】**のように，電圧計のそれぞれの端子とメーターとの間には，さまざまな抵抗もつながっていました。また，メーターの部分をよく見てみると，電圧計のメーター部分にはコイルが巻かれていて，その周りを永久磁石が囲んでいました。メーターに

は渦巻ばねもついていました。【図２】は電圧計のメーターの部分を模式的に表したものです。

問３　【図２】より，電圧計のメーターは，どのような原理で動いていると考えられるか。メーターが動く仕組みについて次の(1)～(3)の問に答えよ。

(1)　回路に流れる電流は，＋端子から入りコイルを通り－端子から出て行く。コイルに電流が流れると，コイルはどのようなはたらきをするか。



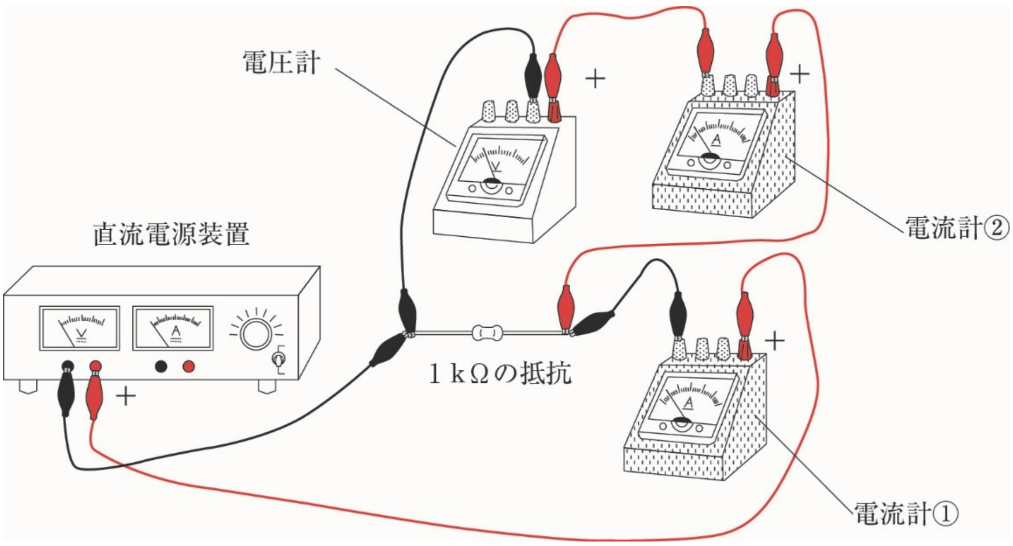
【図２】　電圧計の仕組み（模式図）

(2)　(1)によってコイルの芯に取り付けられた指針はどのような動きをするか。なぜそのように動くのか理由をふくめて説明せよ。

(3)　(2)のとき，渦巻ばねは，メーターの指針に対してどのようなはたらきをするか説明せよ。

理科子さんは,電圧計にも電流が流れていると考え,【図３】のように電流計を２つにして，電圧計を流れる電流も測ってみることにしました。このとき，**問１**の実験と同じように電圧計の３Ｖ端子を使い，その結果は，【表３】のようになりました。

さらに，この実験中に電圧計の端子を外したとき，電流計①が示す電流の大きさを調べました。電圧計が 3.00 Ｖを示しているとき，電流計①は 4.0 mA を示していました。電圧計の端子を外すと，電流計①の針が 3.0 mA になりました。



【図３】　電圧計を流れる電流を測定する実験の回路

【表３】　１kΩ の抵抗の測定結果（電圧計の端子が３Ｖのとき）

電圧［V］	電流計①［mA］	電流計②［mA］
0	0	0
1.00	1.4	0.3
2.00	2.7	0.7
3.00	4.0	1.0

問４　**【図３】**の回路の実験結果（**【表３】**）から，電圧計の端子が「３V」の場合，電圧計が最大値 3.00 Vを示しているとき，電圧計に流れる電流は 1.0 mA だった。電圧計の仕組みを考えると電圧計に流すことができる電流の最大値が 1.0 mA であることを意味している。

(1)　**【図３】**の回路を，下の記号を用いて回路図として表せ。なお，電圧計の内部にある抵抗についても示すこと。

(2)　**【表３】**の結果から，電圧計の「＋端子」と「３V端子」の間の電圧計の抵抗値は何 Ω と考えられるか。

(3)　**【表３】**の結果から，電圧計の「＋端子」と「15 V端子」の間の電圧計の抵抗値は何 Ω と考えられるか。

問５　電圧計の接続する端子によって，同じ電圧でも流れる電流が変わり，実験結果が変わってしまうのはなぜか。その理由を，電圧計の内部の抵抗について触れながら，説明せよ。

問６　**【図１】**の回路で，電圧計で抵抗に加わっている電圧を測るとき，どのようなことに注意をしなければならないか。測定する抵抗と電圧計の内部の抵抗の関係に触れながら，説明せよ。

物質は何からできているのだろうか。物質をつくる最小の単位となる粒子は原子と呼ばれ，現在では 100 種類以上の原子が発見されており，それらの原子はすべてアルファベット１文字または２文字からなる記号で表される。水素や酸素などの物質は原子が単独で存在しているのではなく，いくつかの原子が結びついた粒子が単位となっており，このような粒子を分子という。たとえば，水の分子は２個の水素原子 H と１個の酸素原子 O が結びついたものである。このような結びつきを化学結合という。

どのような分子が存在するか，科学者たちは過去数百年間研究してきたが，実際に存在しうる分子の構造を考えるとき，**【表１】**にあげるようなモデルを使うとわかりやすいことが明らかになった。ここでは，原子の記号から伸びた線が結合の手を表しており，水素原子，塩素原子では１本，酸素原子，硫黄原子では２本，窒素原子では３本，炭素原子では４本の結合の手があり，各々の原子は次のルールにしたがって結びつく。

【表１】　原子の記号と結合の手

水素	塩素	酸素	硫黄	窒素	炭素
H—	Cl—	—O—	—S—	$\begin{array}{c}\mathrm{-N-}\\ \vert\end{array}$	$\begin{array}{c}\vert\\ \mathrm{-C-}\\ \vert\end{array}$

・原子同士は，それぞれのもつ結合の手をつなぐことで結びつく。
・分子の中ではすべての結合の手が他の原子と結ばれている。

例えば，水素分子（水素原子２個）や水分子（水素原子２個と酸素原子１個）は

$$\mathrm{H{-}H} \qquad\qquad \mathrm{H{-}O{-}H}\ （\begin{array}{l}\mathrm{H{-}O}\\ \quad\ \vert\\ \quad\ \mathrm{H}\end{array}も可）$$

となる。水は化学式で H_2O と表されるが，このモデルを使うと，H_3O とはならないことがはっきりわかる。このように，結合の手を使って表したモデルを**構造式**，構成する原子とその数を表した H_2，H_2O などの表現を**化学式**という。

また，酸素分子（酸素原子２個）や二酸化炭素分子（酸素原子２個と炭素原子１個）は

$$\mathrm{O{=}O} \qquad\qquad\qquad \mathrm{O{=}C{=}O}$$

のように表すことができる。

問１　以下の例を参考にして，次の分子を結合の手を使ったモデル（**構造式**）で表せ。電子ファイルで解答する場合，結合の手を表す記号は，解答用紙に記載されたものをコピー＆ペーストして用いよ。

例１：水 H_2O

H	−	O	−	H	

または

H	−	O			
		｜			
		H			

例２：塩素 Cl_2

Cl	−	Cl			

例３：酸素 O_2

O	＝	O			

例４：窒素 N_2

N	≡	N			

⑴　アンモニア（化学式は NH_3 である）

⑵　メタン（化学式は CH_4 である）

⑶　塩化水素（分子中に塩素原子を１個ふくむ）

⑷　硫化水素（分子中に硫黄原子を１個ふくむ）

⑸　メタノール（化学式は CH_4O である）

⑹　ホルムアルデヒド（化学式は CH_2O である）

⑺　プロパン（化学式は C_3H_8 である）

「水素を空気中で燃焼させると酸素と化合して水が生成する」という化学変化を構造式で表すと，次のようになる。

$$\begin{matrix} H-H \\ H-H \end{matrix} \quad + \quad O=O \quad \rightarrow \quad \begin{matrix} H-O-H \\ H-O-H \end{matrix}$$

この図からわかるように，化学変化では原子の結合の組みかえが起こっており，これを化学反応という。この化学反応は，化学式を用いて次のように書くことができる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

このように，反応物と生成物の**化学式**を用いて化学反応を表したものを化学反応式という。ここで，水素分子 H_2 や酸素分子 O_2 のような反応前の物質を反応物，水分子 H_2O のような反応後の物質を生成物という。化学反応では，反応の前後で原子の種類と個数は変化しないので質量は等しい（質量保存の法則)。そのため化学式の前に係数（けいすう）をつけて矢印の左右の原子の数を同じにしなければならない。これらのことをふまえて，以下の問いに答えよ。

問２　以下の化学反応式の空欄（ア）～（ケ）にあてはまる係数を数字で答えよ。係数１の場合も１と書くこと。

⑴　メタン（CH_4）は都市ガスの主な成分である。メタンのような炭素原子と水素原子から成る化合物を空気中で燃焼させると，二酸化炭素と水が生成する。この化学反応式は以下のようになる。

$$CH_4 + \boxed{（ア）}\ O_2 \rightarrow \boxed{（イ）}\ CO_2 + \boxed{（ウ）}\ H_2O$$

⑵　エタノール（C_2H_6O）は，アルコールランプの燃料や消毒液の成分として利用されている。エタノールを空気中で燃焼させたときの化学反応式は以下のようになる。

$$C_2H_6O + \boxed{（エ）}\ O_2 \rightarrow \boxed{（オ）}\ CO_2 + \boxed{（カ）}\ H_2O$$

⑶　ブドウ糖（$C_6H_{12}O_6$）はデンプンを分解して得られる糖類で，体内の栄養源として使われている。ブドウ糖を空気中で燃焼させたときの化学反応式は次のようになる。

$C_6H_{12}O_6$ ＋ $\boxed{（キ）}$ O_2 → $\boxed{（ク）}$ CO_2 ＋ $\boxed{（ケ）}$ H_2O

問３　植物は光合成という光のエネルギーを利用する反応により，水と二酸化炭素からブドウ糖を合成し，その際に酸素も生成する。光合成によってブドウ糖が生じる化学反応式を記せ。

問４　ブドウ糖 180 g の燃焼で，二酸化炭素 264 g と，水 108 g が生成する。植物が光合成によってブドウ糖 180 g を作り出すとき，酸素は何 g 生じるか，整数で答えよ。

問５　微生物（酵母）によってブドウ糖がエタノールに変化する反応は，日本酒の製造に利用されている。これは，**問２**⑶の化学反応式のようにブドウ糖が酸素と反応して二酸化炭素と水になるのではなく，酸素なしでブドウ糖が分解する反応であり，化学反応式は以下のようになる。この反応をアルコール発酵という。

$C_6H_{12}O_6$ → $\boxed{（ア）}$ CO_2 ＋ $\boxed{（イ）}$ C_2H_6O

⑴　化学反応式の空欄（ア），（イ）にあてはまる係数を数字で答えよ。係数が１の場合も１と書くこと。

⑵　ブドウ糖 180 g がアルコール発酵したときに，エタノールは何 g できるか。**問４**を参考にして答えよ。

問６　中学生が１日に必要とするエネルギーをすべてブドウ糖でまかなうとすると，1080 g 必要である。

⑴　**問２**の⑶の化学反応式のように体内のブドウ糖が分解されると仮定すると，二酸化炭素は何 g 生じるか，整数で答えよ。

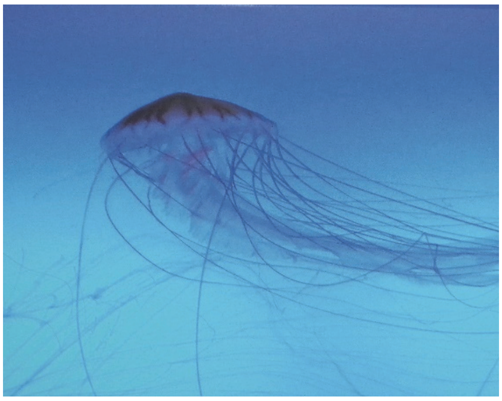
⑵　二酸化炭素は，天然ガス・石油・石炭の燃焼，ゴミの焼却などの産業活動によっても発生する。現在，日本に暮らす人が１年間に排出する二酸化炭素の質量は，産業活動によるものに限ると，１人当たり 10 トン（10000 kg）と推定されている。これは，中学生１人当たりが１年間で呼吸によって排出する二酸化炭素の質量の何倍にあたるか，四捨五入して，小数第１位まで答えよ。答えだけでなく，答えの根拠がわかるように計算の過程も示せ。

Ⅰ　生物の分類のしかた

　生物を仲間分けする方法（分類法）には，進化の道筋（系統）をもとに行う「自然分類」と，系統とは直接関係のない別の目的のための「人為分類」とがある。後者には，大きさを基準にする場合（例えば，高木，亜高木，低木）や人間の利用の仕方で分類したもの（例えば，薬用植物，雑草，野菜など）などがある。

　自然分類では，体の形や色のような形態ばかりではなく，体にふくまれる化学物質や行動（動物の場合）を分類のための特徴として用いることがある。また，自然分類に用いる特徴としては，環境や生活の仕方によって変化しにくいものが適している。

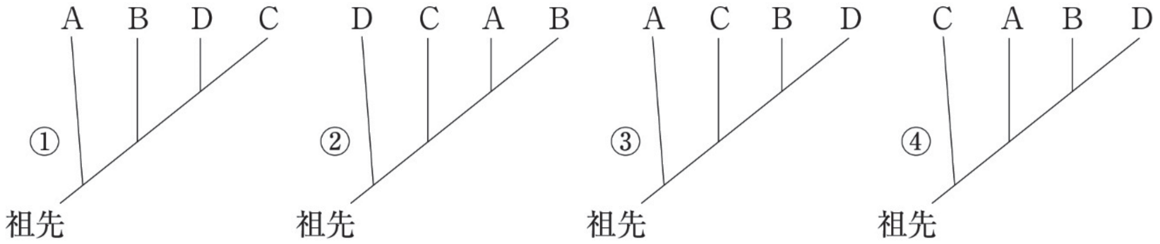
問１　仮に，動かない（移動しない）生物を植物，動く生物を動物と分類すると，岩に付着して動かないイソギンチャクは植物に分類されることになる。これは人為分類の例である。しかし，自然分類ではイソギンチャクはクラゲと同じ仲間（分類群）に属する。この分類群の特徴となる基本的形質のうち，えさの取り方に関する形質を簡潔に説明せよ。
　なお，説明の仕方は，形質を示す専門用語を用いなくとも，特徴がはっきりとわかればよい。


【アカクラゲ】


【ウメボシイソギンチャク】

問２　ある分類群の進化の道筋を樹状に表したものを「系統樹」と呼ぶ。下の表は，４種類の動物（Ａ～Ｄ）の形質（１～４）を比較したものである。○はその形質をもっている，×はもっていないことを，それぞれ表している。この表から推論される動物Ａ～Ｄの系統樹として，最も適切なものを①～④から選べ。

動物の種類	A	B	C	D
１．背骨をもつ	○	○	○	○
２．毛が生えている	○	○	×	○
３．指紋がある	×	○	×	○
４．直立二足歩行をする	×	×	×	○

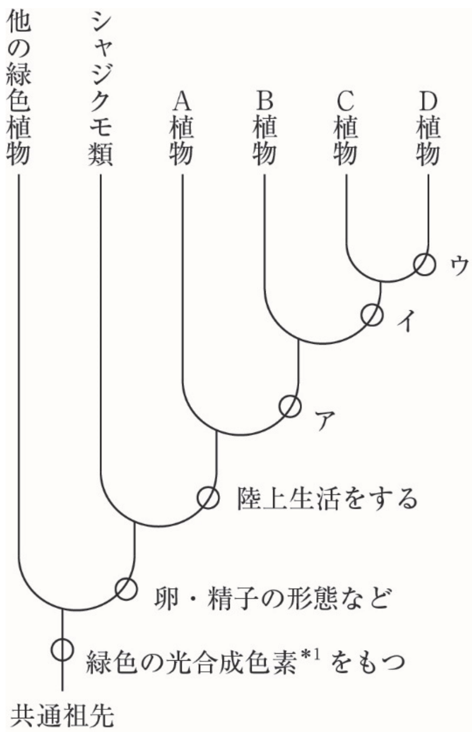


Ⅱ　陸上植物の系統と分類

次に，陸上植物を例に，系統と自然分類の基準を考えてみよう。

海藻には，クロロフィル *a* 以外の光合成色素の組み合わせからいろいろな色のものがあり，その色が分類群の名称に使われる。**【図１】**は緑色の光合成色素*1をもつ植物（緑色植物）の系統樹である。陸上植物は，この仲間であるために緑色をしており，有性生殖の際に卵を包む構造ができ，精子の鞭毛が基部から平行に出ることなどから，シャジクモ類*2に近い仲間から進化してきたと考えられている。

＊1：クロロフィル *a* と *b*
＊2：アオミドロなどが属する接合藻類（広義のシャジクモ類の一種）が，陸上植物に最も近縁とする考えもある。



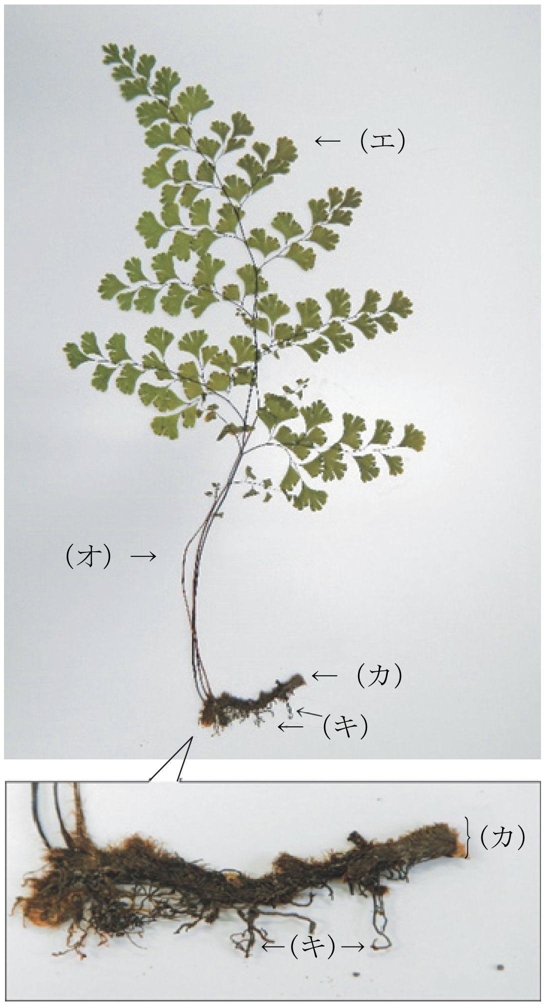
【図１】

【図１】のアにおいて，Ｂ～Ｄ植物は，植物体を支持し，水や養分を運ぶ役割をする（　①　）をもち，その体は，根，茎，葉からできているという共通点をもつために同じ共通祖先から進化してきた系統と考えられている。そのため，Ｂ～Ｄ植物をまとめて（　①　）植物と呼ぶことができる。

Ｂ植物の一種であるアジアンタム（【図２】）は，図中（エ）～（キ）のうち（　②　）の部分が茎である。また，Ａ植物とＢ植物は（　③　）で仲間をふやし，（　③　）はアジアンタムやイヌワラビでは，図中（エ）～（キ）のうち（　④　）でつくられる。

【図１】のイにおいて，Ｃ，Ｄ植物は種子で仲間を増やすなどの共通の形質をもつため共通祖先から進化してきた系統と考えられ，両者をまとめて「種子植物」と呼ぶ。

【図１】のウにおいて，Ｄ植物は花の構造のうち，（　⑤　）が（　⑥　）におおわれていることで特徴づけられる。



【図２】　アジアンタム

Ⅲ　陸上植物の形態と分類

Ｃ植物やＤ植物の地上部は，一見さまざまな形に見えるが，茎と葉のセットが変形したり，多数組み合わさったりしているだけで，きわめて共通性が高い。例えば，Ｂ植物の一部がもっていた葉的器官がおしべやめしべのもととなり，それらがついていた枝先が短縮して花になったと考えられている。

Ｃ植物のマツについて調べたところ，マツの種子は【図３】のようなマツカサ（球果）の中に見られる。マツカサは（　⑦　）全体が１年以上もかけて発達したものである。

【図３】　マツカサ

Ｄ植物はさらに子葉の枚数で分類することができ，その特徴をまとめると次の表のようになる。

	葉脈の様子	根の特徴	花の部分の数
単子葉類	⑧	⑩	⑫の倍数
双子葉類	⑨	⑪	⑬の倍数

（注）「花の部分の数」とは，花弁，がく，おしべのそれぞれの数や，心皮（子房を構成する葉的器官）の数を指し，それぞれの分類群ごとにおよそ決まっている。

従来，双子葉類は花弁のつくりから，花弁の基部側がくっついて一つになっている（　⑭　）類と，花弁が１枚１枚離れている（　⑮　）類に分類されてきたが，ツバキの仲間（ツバキ科*3）のように両方のタイプがある場合や花弁がくっついているのに他の形態では（　⑭　）類としての共通性が見られない例があるため，花弁がくっついているかどうかは大きなレベルの自然分類には使われなくなった。このように，形態による分類は系統を反映しないことがあるため，最近は（　⑯　）を調べて系統樹を描くようになっており，これ*4によれば，花弁がくっついているウリ科は，現在はマメやバラに近い仲間だと考えられている。

なお，花の形以外に果実（例：マメのさや）にも分類群の特徴が表れることがある。

＊3：分類群にはいろいろな段階のものがある。分類の基本単位は種（しゅ）で，似た種をまとめて属，さらに似た属をまとめて科，同様により上の段階に目，綱，門，界という語を付ける。問題文にあるのは，種の段階の名称と考えてよい。
＊4：APG 分類体系という被子植物の新しい分類体系

問３　上の文章Ⅱ，ⅢのＡ～Ｄ植物に相当する最も適切な分類群の名称を答えよ。

問４　上の文章Ⅱ，Ⅲの（　①　）～（　⑯　）にあてはまる言葉や数字を入れよ。

問５　単子葉類と双子葉類は，茎の断面でも大きく異なっている。次の文章は，両者のちがいについて解説したものである。（　⑰　）～（　⑳　）に入る最も適切な語句を入れよ。

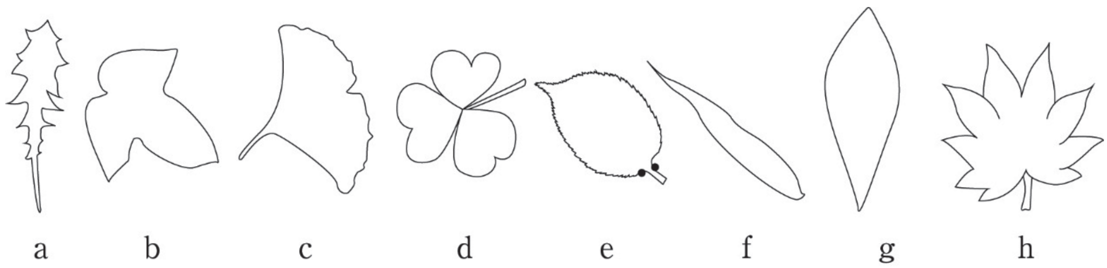
解説文中の（　①　）という構造は，種子植物では一般に（　⑰　）側が木部（道管やその周囲の繊維細胞など），（　⑱　）側が師部（師管やその周囲の繊維細胞など）である。しかし，その配列は双子葉類では（　⑲　）なのに対して，単子葉類では（　⑳　）というちがいがある。

問６　同じ分類群に属する植物は，花の構造が似ているばかりではなく，果実も似ている。次の（ア）～（オ）の植物のうち，ウリの仲間（ウリ科）に属するものを３つ選び記号で答えよ。

（ア）　キュウリ　（イ）　ナス　（ウ）　スイカ　（エ）　カボチャ　（オ）　アサガオ

Ⅳ　身近な植物の観察と分類

身近な種子植物ａ～ｈ（**【図４】**）の葉を採取し，図鑑を使って植物名を調べたところ，それらは，イチョウ，カエデ（オオモミジ），サクラ（ソメイヨシノ），アサガオ，エノコログサ，カタバミ，セイヨウタンポポ，ホウセンカのいずれかであることがわかった。



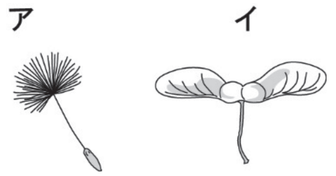
【図４】　身近な種子植物の葉の形（大きさは実際とは異なる）

問７　ａ～ｈについての①～⑤の問いに答えよ。なお，植物名の代わりに，ａ～ｈの記号で答えること。また，あてはまるものが複数ある場合はすべて答えること。

①　樹木で，葉が対生（２枚の葉が１か所から対に出る）なのはどれか，１つ選べ。

②　熟すと果実が裂けて，種子を弾き飛ばすしくみをもっているものはどれか，２つ選べ。

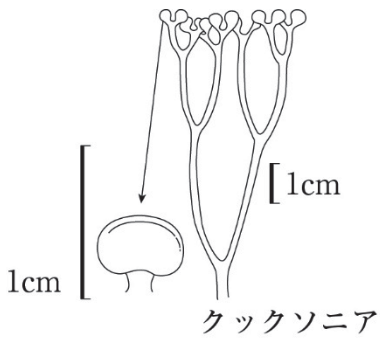
③　【図５】アのように，一見すると種子か果実かがはっきりしないものがある。したがって，種子と果実は形態ではなくそのでき方から定義されている。それぞれの定義を簡潔にのべよ。



【図５】　いろいろな果実

④　【図５】イは，【図４】のどの植物の果実か。

⑤　ｃの仲間は，古生代後期に現れ，中生代から新生代前期にかけて世界的に繁栄した古いタイプの植物で，受精の際に精子が確認された最初の種子植物として有名である。また，ｃの葉脈の分かれ方は，【図６】のような茎だけからなる初期の陸上植物とある共通点をもつことでも知られている。ｃの葉脈の特徴を簡単に説明せよ。



【図６】　初期の陸上植物

【図４】のａやオニタビラコ（【図７】左）の葉や茎を切ると白い乳液が出た。一方，これらと同じキク科に属するハキダメギク（【図７】右）やマーガレットでは乳液は出なかった。乳液が出るかどうかは，キク科を大きく２つに分ける特徴の１つとなっている。

【図７】　オニタビラコ（左）とハキダメギク（右）

問８　(1)キク科全体の花の特徴と(2)その中で乳液が出るグループの花の特徴を写真などから判断しそれぞれのべよ。

Ⅴ　植物の構造の共通性と多様性

【図８】は，コナラの若いどんぐりである。どんぐりは，しばしば種子と混同されるが，殻斗と呼ばれる構造に付着した果実である。なお，果実としてこのようなどんぐりを作る植物は，ブナ科にまとめられている。

【図８】　コナラのどんぐり

問９　どんぐりが種子ではなく果実であることを示す特徴を，殻斗以外に写真から発見して簡単に説明せよ。

問 10　果実であるどんぐりがついている殻斗は，植物体のどの部分がどのように変化してできたと考えられているのだろうか。**Ⅲ　陸上植物の形態と分類**の文章を参考にして植物の基本的なからだのつくりの変化という観点から説明せよ。

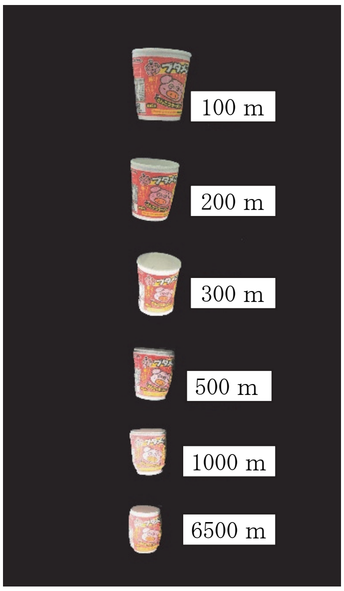
海は広いな大きいな。海の大きさについて考えよう。以下の問いには，地球は半径 6400 km の球であるとし，円周率（π）は 3.14，１年は 365 日として計算せよ。

２桁の概数で求めよ，という問題では，計算結果が 2453 の場合，左から３つめの数字を四捨五入して 2500（もしくは 25 百）と答える。また計算結果が 3539829 の場合，同様に左から３つめの数字を四捨五入して 3500000（もしくは 350 万，35 十万など）と答える。概数とは，およその数のことである。

問１　地球表面の 70%は海で，陸地の面積の２倍以上ある。海底をならして平らにすると海の深さは約 3800 m になる。では，海の水を一辺の長さが 1000 km（一辺の長さが関東から九州までの距離くらい）の正方形のプールに入れると深さは何 m になるか，２桁の概数で求めよ。

問２　東京ドーム（約 120 万 m^3）を使って１秒に１回地球の海水をくみ出すと，全部くみ出すのに何年かかるか，２桁の概数で答えよ。

問３　海は深いところでは１万 m を超える。深海では非常に大きな水圧を受けることになる。たとえば発泡ポリスチレンのカップを沈めるとつぶれてしまう【図１】。こうした水圧を受ける環境に生きる海底の生物がつぶれてしまわないのはなぜか，理由を答えよ。



【図１】発泡ポリスチレンのカップをそれぞれの深さまで沈めたようす
（協力：JAMSTEC）

問４　地球温暖化によって海面が上昇し，南太平洋にあるツバルなどの国が海面下に沈んでしまうのではないか，沿岸地域の浸水が進むのではないか，といわれている。また，大陸の氷河が後退し，北極の氷も解け始めている。そこで問題である。北極海に浮かぶ氷がすべて解けた場合，全世界の海面の上昇はどれくらいになると考えられるか？　北極海の氷の面積を 14,000,000 km^2，氷の厚さを 5 m として考察せよ。ただし，水温の上昇による海水の膨張（ぼうちょう）は考えなくてよい。

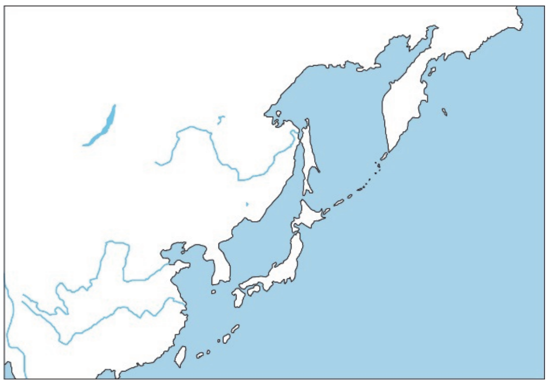
問５　海水には塩（えん）が溶けている。濃度は海全体の平均でおよそ３％強である。３％の食塩水を 200 g つくるには，どうすればよいか？

問６　真水は０℃で凍るが，３％の食塩水は－２℃で凍る。また真水は４℃の水が一番密度が大きいが，海水は－２℃になるまで水温が下がるほど密度が大きくなる。このことを念頭に，以下の問いに答えよ。

⑴　春になると北海道のオホーツク海側に流氷がやってくる（**【図２】【図３】**参照）。オホーツク海は北半球で一番「南」で海水が凍る場所として知られている。なぜ，オホーツク海のように北極より南の場所で海水が凍るのか。その理由について説明せよ。

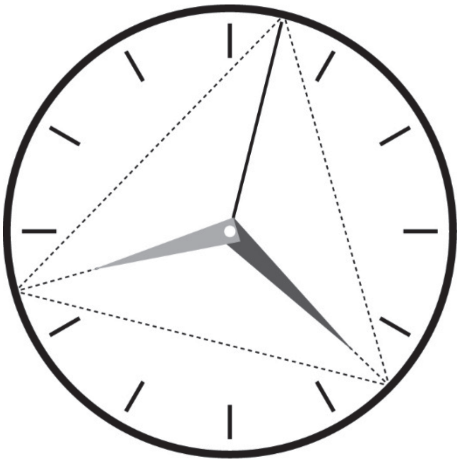
⑵　東北地方でも冬は日常的に気温が－２℃以下になるが，海水が凍ることはない。それはなぜか，説明せよ。

【図２】オホーツク海の流氷



【図３】オホーツク海周辺の地図

文字盤と時針，分針，秒針を備えた時計があり，どの針も止まることなく滑らかに動いている。



問１　ある日の 12:00 に重なっていた３本の針がその後に正三角形をつくる文字盤の位置を指すことはあるか。あるならば，それが初めて起こるのはいつか。

問２　その翌日の 12:00 に時計が壊れ，その直後から時針，分針，秒針はそれぞれ１秒間に 124°，356°，423° の速さで回転を始めた。この３本の針がその後に正三角形をつくる文字盤の位置を指すことはあるか。あるならば，それが初めて起こるのはいつか。

「科甲軒」というラーメン店がある。科甲軒は全体で n 店（n は自然数）の店舗を持ち，それぞれに「i 号店」（$1 \leqq i \leqq n$）という名称が付いている。創業者が店主となっている1号店の他は，ある店舗からの「のれん分け」によって作られた店舗で，のれん分け元の店舗の店主とそののれん分けによって新しく作られたのれん分け先の店舗の店主は，師匠と弟子の関係にある。1人の師匠に対し，弟子は何人いてもいいし，いなくてもよい。同じ師匠の複数の弟子たちの間には順番があり，先輩・後輩の関係にある。なお，修行中でまだ店舗を出していない弟子はいないものとし，1人が複数の師匠につくことも，1人が複数の店舗の店主となることもないものとする。

それぞれの店舗には「世代」が結びつけられている。創業者が店主となっている1号店は第1世代で，第 k 世代の店舗からのれん分けによって作られた店舗は第（$k+1$）世代である。$k \neq 1$について，第 k 世代の店舗の店主と第（$k+1$）世代の店舗の店主は必ずしも師匠と弟子の関係にはないことに注意せよ。

科甲軒は上下関係に非常に厳格で，店舗の名称に用いる番号（i 号店の「i」）には以下の規則がある。

- 創業者の店舗の番号は1である。
- 店舗の番号には欠番があってはいけない。
- 第（$k+1$）世代の店舗は第 k 世代の店舗の番号より大きい番号を付けなくてはならない。
- 同じ世代の2つの店舗において，
  - 師匠が同じ場合には，後輩の店舗は先輩の店舗よりも大きい番号を付けなくてはならない。
  - 師匠が異なる場合には，師匠の店舗の番号が大きい方が，大きい番号を付けなくてはならない。

問１　n＝10とし，店舗の番号とその店舗からののれん分け先の店舗数が以下の表で与えられていたとする。

店舗の番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
のれん分け先の店舗数	3	2	0	1	0	1	2	0	0	0

このとき，それぞれの店舗について，解答欄の表の以下の項目を整数値で埋めよ。解答欄に「－」が埋められているところには書かなくてよい。

- のれん分け先の店舗（弟子の店舗）の番号の最小値
- のれん分け先の店舗（弟子の店舗）の番号の最大値
- のれん分け元の店舗（師匠の店舗）の番号
  創業者の店舗ののれん分け元は実際には存在しないが，仮想的に0号店と考えることにする。
- 店舗の世代

問１のような表を埋める問題を，プログラムで解くことを考えよう。まず，表のマス目に整数値を書き込んだり，マス目に書かれている整数値を利用したりするために，表のマス目を特定するためのA[1]のような印を下のようにマス目の左上につける。

店舗の番号	1	2	…	n
のれん分け先の店舗数	A[1]	A[2]	…	A[n]
のれん分け元の店舗の番号	M[1]	M[2]	…	M[n]
店舗の世代	G[1]	G[2]	…	G[n]

あらかじめマス目 A[1]，A[2],…，A[n]に整数値が書かれていて，M[1]，M[2]，…，M[n]，G[1]，G[2]，…，G[n]に（印以外は）何も書かれていない状態で始めたときに，何も書かれていないマス目を適切に整数値で埋めるようなプログラムを作りたい。

また，表の一部ではないが，整数値を書き込んだり，書かれている整数値を利用したりするための作業用のマス目を3つ用意し，それに a，i，j という印をやはり左上に付ける。これらのマス目にもプログラム開始時は（印以外は）何も書かれていない。

a	i	j

何も書かれていないマス目に整数値を書き込んでもよいが，何も書かれていないままの状態で，書かれている整数値を利用しようとするプログラムは誤りとなる。

整数値を求めるために「式」を用いる。式の形とそれから求まる整数値との対応は以下の表のとおりであり，式として使用できるのはこれらのもののみである。

式の形	求まる整数値
$\boxed{整数値}$	その整数値
a	マス目 a に書かれている整数値
i	マス目 i に書かれている整数値
j	マス目 j に書かれている整数値
A[$\boxed{式_1}$]	式$_1$ から求まる整数値を v としたとき，マス目 A[v] に書かれている整数値
G[$\boxed{式_1}$]	式$_1$ から求まる整数値を v としたとき，マス目 G[v] に書かれている整数値
M[$\boxed{式_1}$]	式$_1$ から求まる整数値を v としたとき，マス目 M[v] に書かれている整数値
$\boxed{式_1}$＋$\boxed{式_2}$	式$_1$ から求まる整数値を v_1，式$_2$ から求まる整数値を v_2 としたとき，v_1+v_2

「A[$\boxed{式_1}$]」という形の式において，式$_1$から求まる整数値は1以上 n 以下でなくてはならない。

例えば，マス目 a，i，A[1]にそれぞれ整数値0，1，2が書かれているとき，式「A[a＋1]＋i」から求まる整数値は3である。

マス目に整数値を書き込むには「代入」と呼ばれる「指令」を用いる。代入は「$\boxed{書き込み先}$ ← $\boxed{式}$」という形をしており，これを実行すると，式から求まる整数値を書き込み先が指定するマス目に書き込む。このとき，代入の前に書き込み先のマス目に書かれていた整数値の情報は残らない。書き込み先の形とそれが指定するマス目との対応は以下の表のとおりであり，書き込み先として使用できるのはこれらのもののみである。

書き込み先の形	指定するマス目
a	マス目 a
i	マス目 i
j	マス目 j
A[$\boxed{式_1}$]	式$_1$ から求まる整数値を v としたとき，マス目 A[v]
G[$\boxed{式_1}$]	式$_1$ から求まる整数値を v としたとき，マス目 G[v]
M[$\boxed{式_1}$]	式$_1$ から求まる整数値を v としたとき，マス目 M[v]

「A[$\boxed{式_1}$]」という形の書き込み先において，式$_1$から求まる整数値は1以上 n 以下でなくてはならない。

例えば，マス目 i，A[1]にそれぞれ整数値1，2が書かれているとき，代入「A[i] ← A[i]＋1」を実行すると，マス目 A[1]には整数値3が書き込まれる。

指令には代入の他に「繰り返し」と呼ばれるものがあり，次の形をしている。

$\boxed{\text{書き込み先}}$ を $\boxed{\text{式}_1}$ から $\boxed{\text{式}_2}$ まで1ずつ増やしながら，

│ $\boxed{\text{指令}_1}$
│ $\boxed{\text{指令}_2}$
│ …
│ $\boxed{\text{指令}_m}$

を繰り返す

ここで，m は自然数であり，書き込み先は a，i，j のいずれかである。この繰り返しの指令の実行について説明する。まず，式$_1$ から求まる整数値を v_1，式$_2$ から求まる整数値を v_2とする。

$v_1 > v_2$であれば何もしないが，$v_1 \leqq v_2$であれば以下を順に行う。

- 書き込み先が指定するマス目に整数値 v_1を書き込んだ後，
  指令$_1$，指令$_2$，…，指令$_m$ を順に実行する。
- 書き込み先が指定するマス目に整数値(v_1+1)を書き込んだ後，
  指令$_1$，指令$_2$，…，指令$_m$ を順に実行する。
- 書き込み先が指定するマス目に整数値(v_1+2)を書き込んだ後，
  指令$_1$，指令$_2$，…，指令$_m$ を順に実行する。

  …
- 書き込み先が指定するマス目に整数値 v_2を書き込んだ後，
  指令$_1$，指令$_2$，…，指令$_m$ を順に実行する。

指令は上で述べた代入か繰り返しのみである。「プログラム」は指令をいくつか並べたものであり，プログラムを実行すると，その指令を順に実行する。

次の**プログラム1**を考える。**プログラム1**を実行する前に，マス目 A[i]（1≦i≦n）に i 号店からののれん分け先の店舗数が書かれているとする。

```
a ← 1
M[1] ← 0
i を 1 から n まで 1 ずつ増やしながら,
| j を a+1 から [空欄 1] まで 1 ずつ増やしながら,
| | [空欄 2]
| を繰り返す
| [空欄 3]
を繰り返す
[空欄 4]
```

プログラム1

問２ **プログラム1**実行後にマス目 M[i]（1≦i≦n）に i 号店ののれん分け元の店舗(師匠の店舗）の番号が書かれているように，$\boxed{空欄1}$から$\boxed{空欄3}$を埋めよ。$\boxed{空欄2}$と$\boxed{空欄3}$には指令をひとつずつ記述すること。

問３ **プログラム1**実行後にマス目 G[i]（1≦i≦n）に i 号店の世代が書かれているように，$\boxed{空欄4}$を埋めよ。複数の指令を記述してよい。