



第4回 全国大会 科学の甲子園ジュニア

筆記競技

平成28年12月3日

注意事項

1. 競技開始の合図があるまでは、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子はこの表紙以外に2ページから33ページまであります（30～33ページは計算用紙）。競技開始の合図で全ページ印刷されていることを確認してください。競技中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて係員に知らせてください。
3. 競技開始の合図があったら、問題冊子および解答用紙の所定の欄に、都道府県名とチーム番号を記入してください。また、解答用紙が複数あるものについて、2枚目以降はチーム番号のみを記入してください。
4. 解答はすべて解答用紙に記入してください。解答用紙以外は採点しません。
5. 問題冊子、計算用紙は競技終了後回収します。
6. 問題は第1問～第6問で構成されています。どの問題から取り組んでも結構です。
7. 競技においては、チームのメンバーと話し合って解答して構いません。一人当たりの解答数などの決まりはありませんので、チームで作戦を立てて問題に取り組んでください。
8. 筆記用具以外の道具（定規やコンパスなど）は、配付されるものを活用してください。
9. 図書および携帯電話等外部と接続可能な電子機器（スマートウォッチを含む）の持ち込みを禁止します。
10. 終了の合図があるまで、係員の許可なしに、会場の外に出ることはできません。気分が悪くなったとき、トイレに行きたくなったときは、手を挙げて係員に知らせてください。
11. 「終了」の合図で、すぐに筆記用具を置いてください。その後、指示に従い解答用紙をクリップ留めしてください。

都道府県名		チーム 番 号	
-------	--	------------	--

問1

図1, 図2はともに $AB=4$, $AD=3$, $AE=5$ の直方体である。次の問いに答えよ。

- (1) アリが点 A から出発し, CD 上のある点 X を経由して最短距離で点 G まで移動するとき, DX の長さを求めよ。
- (2) また, アリが点 A から出発し, CD 上のある点 Y, GH 上のある点 Z を経由して, 最短距離で点 F まで移動するとき, DY, HZ の長さを求めよ。

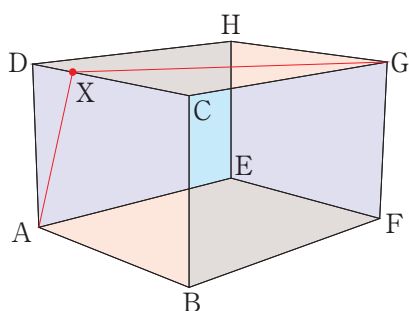


図1

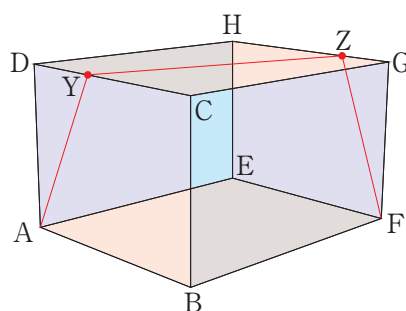


図2

問2

図3は底面の半径が9, $AB=30$ の円錐で, $AD=10$ である。アリが, この円錐上を点 B から出発して, AC 上のある点 E を経由して, 点 D まで最短距離で移動するとき, その移動距離 BE, ED について, $\frac{ED}{BE}$ の値を求めよ。

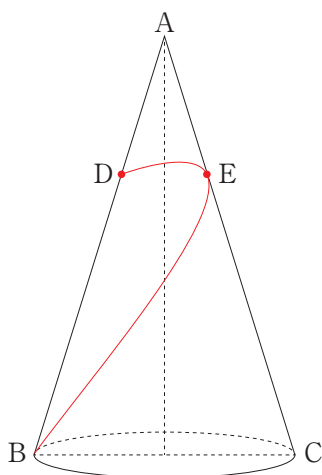


図3

問3

図4, 図5はともに $BC = 10$, $\angle BAC = 30^\circ$, 面積 $S = 90$ の鋭角三角形である。次の問いに答えよ。

- (1) BC 上に $AD = 19$ となる点 D をとる。アリが点 D を出発して, AB 上のある点 E , AC 上のある点 F を経由して, 点 D に最短距離で戻ってくるとき, その移動距離を求めよ。

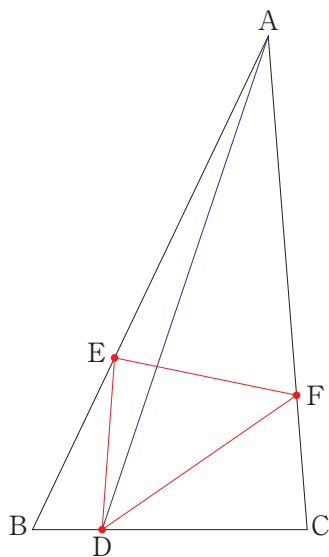


図4

- (2) アリが, BC 上の点 X から出発して, AB 上のある点 Y , AC 上のある点 Z を経由して, 最短距離で点 X に戻ってくる。点 X を BC 上でいろいろと動かすとき, 最短となる移動距離を求めよ。

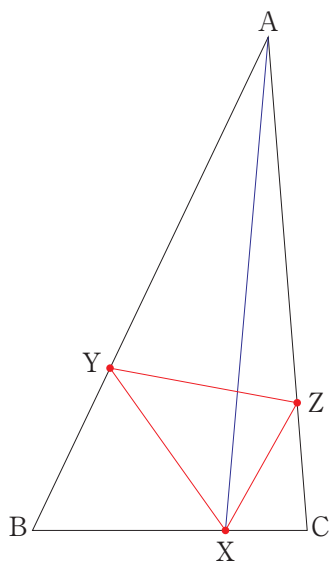


図5

にせ
偽金貨を探せ！

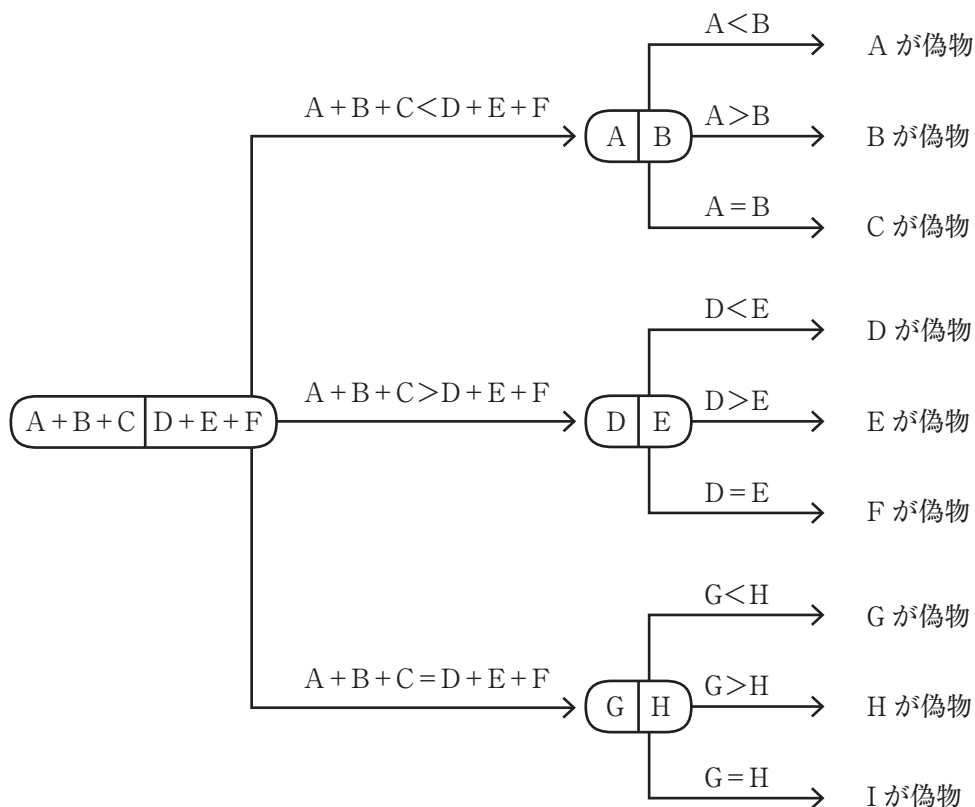
本物の金貨の中に偽金貨が混じっている可能性がある。偽金貨はわずかに重さが異なるので、天秤を使って見つけ出したい。

天秤を使うにあたっては、次のことを前提とする。

- ・天秤の皿には金貨を何枚でも乗せられるが、左右両方に同じ枚数を乗せるものとする。
- ・本物の金貨はすべて同じ重さとする。また、複数の偽金貨がある場合は、偽金貨同士は重さが等しいとする。

金貨に A, B, C, D 等の名前を付け、天秤で重さを比べる様子を $(A+B | C+D)$ などの記号で表すものとする。 $(A+B | C+D)$ は、天秤の片方に A と B を、もう片方に C と D を乗せることを意味する。また、重さを比べた結果は「=」,「>」,「<」,「≥」,「≤」,「≠」などの等号や不等号で表すとする（「≠」は等しくないことを表す記号である）。例えば「 $A+B > C+D$ 」は、A と B を乗せた皿の方が C と D を乗せた皿の方より重いことを示している。

例：9 枚の金貨（A, B, C, D, E, F, G, H, I）の中に、本物よりわずかに軽い偽金貨が 1 枚混じっているとすると、このとき、天秤を 2 回だけ用いて偽金貨を見つけて出すことができる。以下のような樹形図にそって調べていけばよい。



偽金貨を探し出すには、「情報量」と呼ぶ考え方が大事である。例えば、10 枚の金貨の中に 1 枚の偽金貨が混じっているとしよう。金貨に A～J の名前を付けたとすると、どの金貨が偽物かは、「A が偽物」、「B が偽物」…「J が偽物」の 10 通りの可能性がある。一方で、天秤を 2 回使ったときには、1 回使うごとに、右が下がる、左が下がる、つり合う、という 3 通りのパターンが考えられるので、合計 $3 \times 3 = 9$ 通りのパターンが考えられる。

9 通りのパターンで 10 通りの中から偽物を見つけ出すことができないので、天秤を 2 回使い、10 枚の金貨の中から 1 枚の偽金貨を“必ず”見つけ出すことはできないということがわかる。

もちろん、運が良ければ 2 回で見つかることもあるが、どれが偽金貨であっても必ず見つけ出すには 3 回以上必要である。

このことをふまえて、以下の問いに答えよ。天秤は何回用いてもよいが、天秤を用いる最大回数が少ない方法ほど高得点とする。

問 1 6 枚の金貨 (A, B, C, D, E, F) の中に、偽金貨が 1 枚混じっている。ただし、A は本物であることがわかっており、偽金貨は本物より重いかわからないとする。この中から天秤を用いて偽金貨を探し出す方法を、例にならって樹形図で答えよ。

問 2 10 枚の金貨 (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) の中に、偽金貨が 1 枚混じっている。ただし、偽金貨は本物より重いかわからないとする。この中から天秤を用いて偽金貨を探し出す方法を、例にならって樹形図で答えよ。

問 3 6 枚の金貨 (A, B, C, D, E, F) の中に、偽金貨が 2 枚混じっている。偽金貨は本物より軽い、偽金貨同士の重さは等しいとする。この中から天秤を用いて 2 枚の偽金貨を探し出す方法を、例にならって樹形図で答えよ。

問 4 5 枚の金貨 (A, B, C, D, E) の中に、偽金貨が 2 枚混じっている。偽金貨は本物より軽いかわからない、偽金貨同士の重さは等しいとする。この中から天秤を用いて 2 枚の偽金貨を探し出す方法を、例にならって樹形図で答えよ。

カルメ焼きの不思議

次の会話を読み、以下の各問に答えよ。

アッピンは、お祭りの屋台でお店の人がカルメ焼き（カルメラ焼き）をつくっているのを見つけました。おたまの上で砂糖水などを煮つめてから重そうを加えてかき混ぜると膨らみ、冷えて固まるとカルメ焼きができます。アッピンはそのようすを見て、とても興味をもちました。本で調べてみると、重そうは正式には炭酸水素ナトリウムという物質であることも学びました。炭酸水素ナトリウムを加えるとなぜ膨らむのか不思議に思い、詳しく調べるために知り合いの理科の先生を訪ねました。



カルメ焼きの屋台



アッピン



カルメ焼き

先生 「やあ、アッピン、今日はどうしたんだい」

アッピン 「先生、こんにちは。今日はカルメ焼きのことについて先生に教えてもらおうと思って来たんです」

先生 「カルメ焼きね。どんなことかな？」

アッピン 「先生、カルメ焼きをつくるときに、炭酸水素ナトリウムを加えずに砂糖水を煮つめていくと、どうなるんですか？」

先生 「うん、いい質問だね。それではさっそく試してみよう」

二人は、理科室に移動して、実験を始めました。

アッピン 「砂糖水を煮つめると、だんだんと水分が無くなって、最後には黒くこげてしまいました」

先生 「これは砂糖にどんな原子が含まれていることを示すのかな？」

アッピン 「(X) という原子が含まれていたのではないかなあ」

先生 「よくわかったね」

アッピン 「でも先生、砂糖水だけだと膨らまなかったのですけど…」

先生 「その秘密は炭酸水素ナトリウムにあるのだよ」

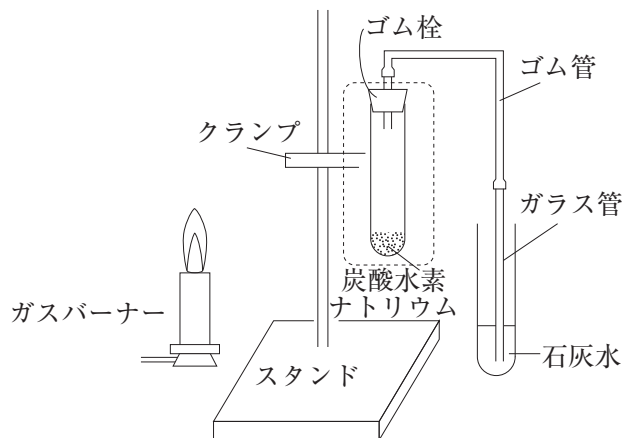
アッピン 「へー。では、炭酸水素ナトリウムも加熱するといいのかなあ」

先生 「やってごらんさい」

試験管に炭酸水素ナトリウムを入れてスタンドに固定し、ガスバーナーで加熱する準備をしました。また、発生した気体の性質がわかるよう、石灰水を準備しました（【図1】）。

アッピン 「先生、これで加熱を始めて大丈夫ですか？」

先生 「①試験管の固定の仕方に注意して、加熱を始めてごらんなさい」



【図1】 炭酸水素ナトリウムの加熱実験

アッピン 「あっ、試験管の口の辺りに②水滴がついてきました。それから、石灰水が白く濁ってきました。でも、試験管に残った物質Yは白色のままです」

先生 「ガスバーナーの火を消してごらんなさい。③火を消す前にやらなければならないことがあるけれど覚えていますか？」

アッピン 「はい」

先生 「そう、そうすればいいんだ。うまく消せたようだね」

アッピン 「石灰水が白く濁ったので、発生した気体は（ Z ）ですね」

先生 「その通りだ！」

アッピン 「先生、試験管に残った物質Yは、炭酸水素ナトリウムと同じ白色です。何も変わっていないのですか？」

先生 「フェノールフタレイン溶液で調べてごらんなさい」

試験管に炭酸水素ナトリウムを入れ、水を加えて溶かしたところ、やや溶けにくい性質がありました。一方、物質Yを別の試験管に入れ、水を加えて溶かしたら、よく溶けました。そして、それぞれの水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えたところ、炭酸水素ナトリウムは薄い赤色、物質Yは濃い赤色に変化しました。

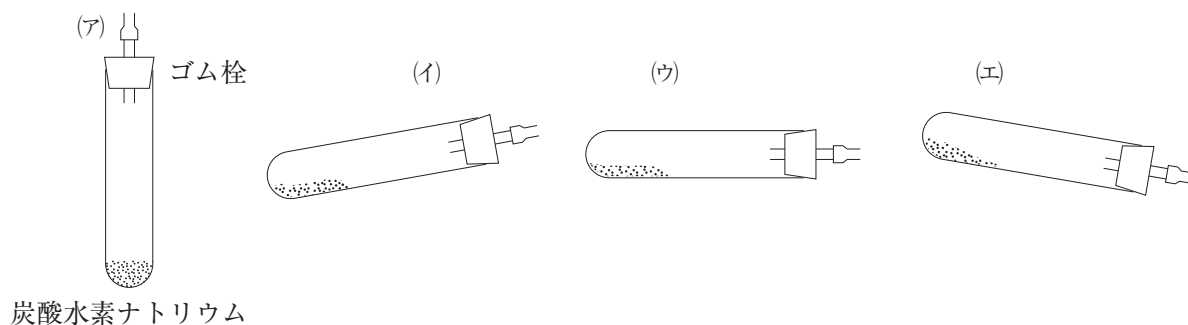
アッピン 「この実験で、物質Yが、炭酸水素ナトリウムとは違う物質であることがわかりました！」

先生 「実は、物質Yとは、炭酸ナトリウム Na_2CO_3 という物質のことなのです」

アッピン 「へー、そうだったのですね！」

問1 空欄Xにあてはまる，原子の種類は何か。原子の名前を記せ。

問2 下線部①では，どのような点に注意して試験管を固定するとよいか。点線で囲んだ試験管の固定の仕方として最も適切なものを，次の(ア)～(エ)の中から一つ選び，記号で答えよ。また，それを選んだ理由を説明せよ。



問3 下線部②で水滴が生じたことを観察しているが，生じた液体が水であることを確認する方法とその結果を記せ。

問4 下線部③の「火を消す前にやらなければならないこと」とは何か。また，その理由も説明せよ。

問5 気体Zの名前を記せ。

問6 下の(ア)～(オ)から，炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの性質として最も適切なものをそれぞれ一つずつ選び，記号で答えよ。

- (ア) 強いアルカリ性
- (イ) 弱いアルカリ性
- (ウ) 中性
- (エ) 弱い酸性
- (オ) 強い酸性

問7 下に示した【原子の記号と化学式・化学反応式の表し方】を参考にし、炭酸水素ナトリウムを加熱したときの変化を化学反応式で表せ。

【原子の記号と化学式・化学反応式の表し方】

(1)原子の種類と原子の記号

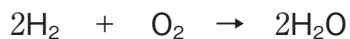
水素	H
炭素	C
酸素	O
ナトリウム	Na

(2)化合物を原子の記号を使って表すことができる。

水	H_2O
炭酸水素ナトリウム	NaHCO_3
炭酸ナトリウム	Na_2CO_3

(3)化学変化を原子の記号で表した式を化学反応式という。

水素と酸素が化合して水ができるときの化学反応式は次のようになる。



矢印の左右ですべての原子の数が等しくなるように化合物の数を調整する。

先生 「アッピン、今度は、質量の関係を調べてごらん」

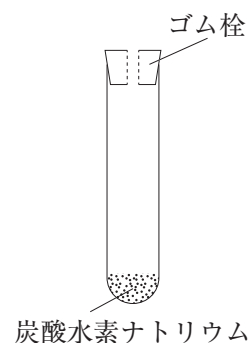
アッピン 「えっ、次は難しい実験ですか。そうすると何がわかるのですか？」

先生 「カルメ焼きが膨らむときに、どのくらいの気体が発生するかがわかるんだよ」

アッピン 「ということは、膨らみ具合がわかるってということかな。早速やってみます！」

〔実験手順〕

1. あらかじめ質量を計った乾いた試験管に炭酸水素ナトリウムを入れ、その質量A [g] を計り、穴の開いたゴム栓をする。
2. 次に、試験管をスタンドに固定し、注意しながら加熱する。
3. 炭酸水素ナトリウムを完全に分解させ、冷却した後、試験管の質量B [g] を計る。
4. そして、試験管内に残っている水分をティッシュペーパーでふき取った後、再び試験管の質量C [g] を計る。



5. A, B, C から試験管の質量を差し引き, それぞれの質量 a [g], b [g], c [g] を算出する。

アッピン 「先生, 実験結果がまとまりました！」

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
a [g]	1.680	0.840	0.420	0.336	0.210
b [g]	1.240	0.620	0.310	0.248	0.155
c [g]	1.060	0.530	0.265	0.212	0.133

※このデータは理想的な条件の下で実験を行った理論的な値である。

問 8 a , b , c の文字を使い, 水, 炭酸ナトリウム, そして気体 Z の質量を表せ。

問 9 実験結果から, 水, 炭酸ナトリウム, そして気体 Z の質量を計算し, 表に記入せよ。

【表 1】 炭酸水素ナトリウム加熱後の成分とその質量

質量	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
炭酸水素ナトリウム [g]	1.680	0.840	0.420	0.336	0.210
水 [g]					
炭酸ナトリウム [g]					
気体 Z [g]					

問 10 実験結果をグラフに表せ。ただし, 横軸は炭酸水素ナトリウムの質量とし, 縦軸は生成物の質量とすること。生成物とは, 水, 炭酸ナトリウム, そして気体 Z であるから, 3 種類のグラフとなる。それぞれがどのグラフであるかがわかるように描け。

先生 「さあ, グラフを描いてみて, どのようなことがわかったかな？」

アッピン 「炭酸水素ナトリウムの質量と水の質量との間の関係, 炭酸水素ナトリウムの質量と炭酸ナトリウムの質量との間の関係, そして炭酸水素ナトリウムの質量と気体 Z の質量との間の関係は, いずれも (①) の関係があります！」

先生 「では, 炭酸水素ナトリウムの質量 m [g], 水の質量 n [g], 炭酸ナトリウムの質量 o [g], そして気体 Z の質量 p [g] との間には, どのような関係があるかわかるかな？」

アッピン 「それは, (②) のような関係ではないですか？」

先生 「よく気がついたね」

問 11 (①) にあてはまる語句を入れよ。

問 12 m , n , o , p の文字を用いて, (②) にあてはまる関係式を記せ。

問 13 炭酸水素ナトリウム 100 g が反応したとすると, 水, 炭酸ナトリウム, そして気体 Z は, それぞれ何 g 生じると考えられるか。答えは, 小数点第 1 位を四捨五入し, 整数で答えよ。

先生 「問題は解けたかな? 実は気体の質量をもとにその気体の体積を計算する方法があるんだ。詳しいことは高校生になってから化学の授業で学習する。今回の実験で発生した気体 Z が 1.0 g のとき, 室温ではおおよそ 0.5 L の体積を占めることになるのだよ。さっき計算した 100 g の炭酸水素ナトリウムからは何 L の気体が発生するか計算してみよう」

アッピン 「はい。えーと, (③) L になります」

問 14 (③) にあてはまる値を求めよ。

先生 「ほう, よくできたね」

アッピン 「この量でカルメ焼きを膨らませたら, ずいぶん大きくなりそうですね」

先生 「ハハハ, 空想の世界の話だね」

アッピン 「先生, 今日はいろいろ教えていただいてありがとうございました」

先生 「疑問は解消したかな?」

アッピン 「はい。不思議に思っていたことを実験で確かめることで, どんな現象が起きているのか知ることができたし, グラフを描いてみることで法則のようなことも発見できました」

先生 「そう, それは良かったね。疑問に感じたことを実験によって確かめることは科学者の道の第一歩だから, アッピンも将来は立派な科学者になれそうだね」

アッピン 「はい, これからもがんばります。今日はありがとうございました」



米の生物学 ～お米からご飯まで～

土産にもらった餅の原料をみると「ウルチ米」と「モチ米」とあった。餅はモチ米だけからつくられると思っていたが、二種類の米をブレンドしてつくられたこの餅には、モチ米だけからつくられた餅と比べて何か違いがあるのだろうか。きっと、この餅の製法には何か意味があるのではないかと思い、探ってみることにした。

【イネとはどんな植物なのか】

イネの品種にはジャポニカとインディカの2種があり、私たちが主食としているのはジャポニカである。

【表1】 主な米の種類

種類	形・色	生育地	特徴	アミロースの割合	アミロペクチンの割合
ジャポニカ米	ウルチ米 	日本, 朝鮮半島, 中国東北部など	炊くと粘り気とつやがある。	15 ～ 35%	65 ～ 85%
	モチ米 			なし	100%
インディカ米		中国南部, タイ, ベトナム, マレーシア, フィリピンなど	炊くとばさばさした感じ。	22 ～ 28%	72 ～ 78%

問1 【表1】のインディカ米の特徴より、食材としてどのような料理が適していると考えられるか。次にあげる(ア)～(オ)の料理のうち、最も適している利用方法の一つを選び、記号で答えよ。

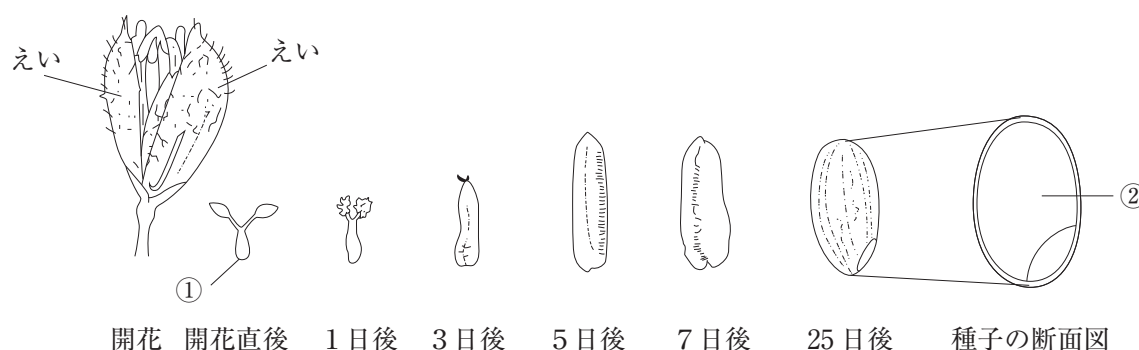
- (ア) おこわや赤飯 (イ) 寿司の米 (ウ) そばの原料

(エ) たこ焼きの原料 (オ) チャーハン（またはパエリア）

問2 【図1】は、イネの開花後より米ができるまでの過程を示したものである。この図を参考にして、次の文章の（①）、（②）に入る用語の組み合わせとして、最も適当なものを次の(ア)～(カ)より一つ選び、記号で答えよ。文章中の（①）と（②）は図中の①、②と同じである。

「イネの花の（①）の部分が成長し、デンプンを蓄えた（②）の部分を主な食用としている」

	①	②
(ア)	おしべのやく	胚
(イ)	おしべのやく	胚乳
(ウ)	めしべの胚珠	胚
(エ)	めしべの胚珠	胚乳
(オ)	外側のえい	胚
(カ)	外側のえい	胚乳



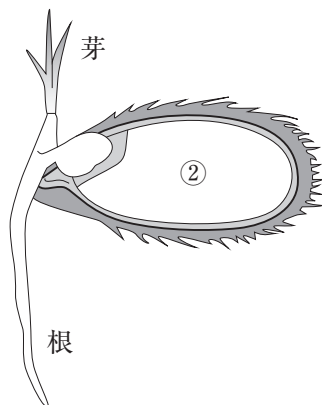
【図1】 米の成長過程

ウルチ米とは、主にご飯に利用される品種である。このウルチ米の種子から育てたイネのめしべに、ウルチ米やモチ米の花粉が受粉しても遺伝的にウルチ米ができるので特に問題はない。しかし餅などに利用されるモチ米の場合、モチ米の種子から育てたイネのめしべに、ウルチ米の花粉が受粉するとウルチ米が実ってしまう。モチ米を実らせるには、モチ米の花粉が受粉する必要がある。

問3 モチ米を生産する農家は、どのような工夫をしてモチ米を生産しているのだろうか。考えられる栽培方法を記せ。なお、ウルチ米の花粉が飛散する期間は、年間の決まった時期の約10日間として考えよ。

【蓄えられている栄養分】

問4 【図2】は、イネの種子の発芽と発根の様子を示したものである。発芽の際に利用される栄養分であるブドウ糖は、②に蓄えられたデンプンをある酵素が分解しないと得られない。私たちのだ液中にも含まれるこの酵素名を答えよ。

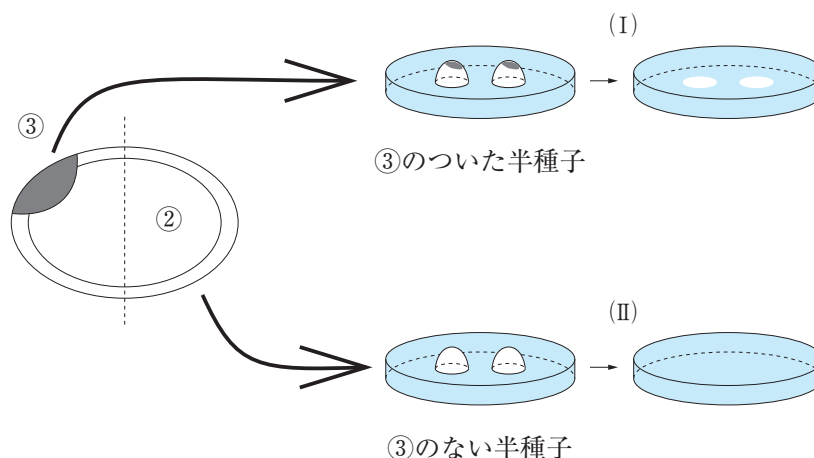


【図2】 イネの発芽と発根の様子

デンプンを分解する酵素が、どのように分泌されるのかを調べるために実験を行い、以下のような結果を得た。

【実験】 シャーレ中の寒天には、デンプンとヨウ素液が含まれている。ここにオオムギの種子を、③を含む部分と③を含まない部分に分け、それぞれの断面が寒天に触れるようにして数時間置いておいた。

【結果】 ③のついた半分に切った種子（以下「半種子」）では、青く色づいた寒天の部分が白くなっていた。一方、③のない半種子では、寒天の色に変化がみられず、青色のままだった。



【図3】 オオムギ種子の実験

問5 一般的な糖の検出方法として、使用する薬品名とその方法について 50 字以内で記せ。
色が変わる場合は、元の色と変化後の色も明記すること。

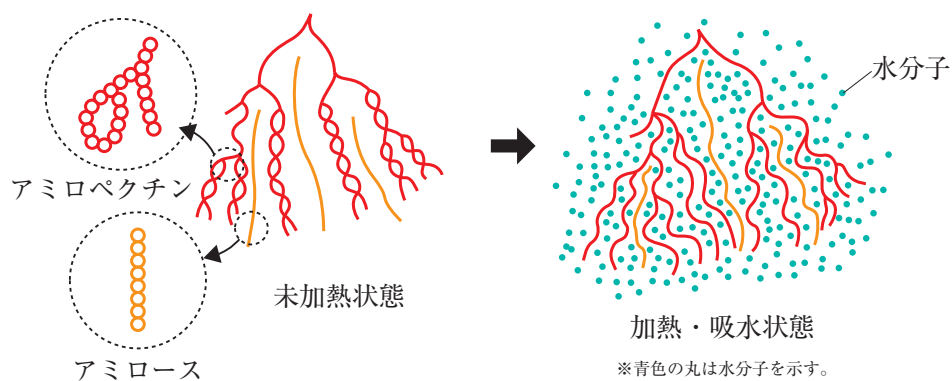
問6 次のA～Dの文章は、この実験結果について述べたものである。明らかに誤りを含む文章の組み合わせとして、最も適当なものはどれか。次の(ア)～(ケ)より一つ選び、記号で答えよ。

- A (I)で、種子断面が寒天と接触した部分が白くなったのは、寒天中のデンプンが糖（ブドウ糖）に変わったものと考えられる。
- B (I)で、種子断面が寒天と接触した部分が白くなったのは、③のついた半種子の③の部分から糖（ブドウ糖）が移行したためである。
- C 寒天中のデンプンを糖に変える酵素は、③のない半種子からは分泌されない。
- D ③のついた半種子も、③のない半種子も、②に蓄えられていたデンプンは、ほぼ同じ量が糖に変わっている。

- (ア) A, B (イ) A, C (ウ) A, D (エ) B, C (オ) B, D
 (カ) C, D (キ) A, B, D (ク) A, C, D (ケ) B, C, D

【炊飯の意味】

【図4】は、ウルチ米のデンプンの分子状態を模式的に示したものである。アミロースはブドウ糖が鎖状に、アミロペクチンはブドウ糖が^{ふさじょう}房状につながったものである。デンプンは水といっしょに加熱すると分子構造が崩れて糊状となり、粘り気が増してくる（^{アルファ} α 化＝糊化^かという）。

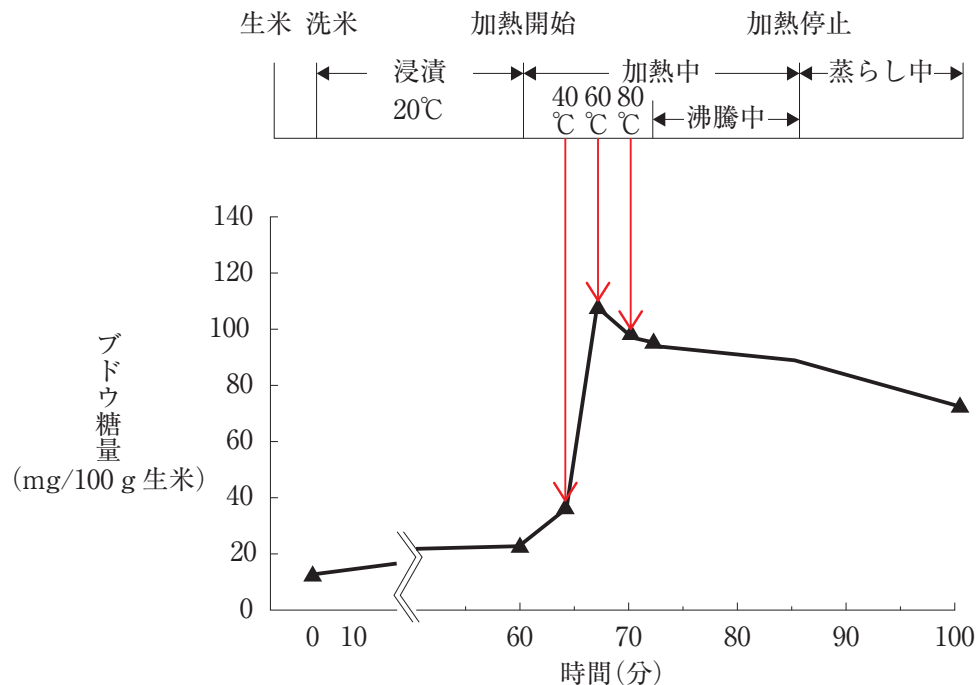


【図4】 ウルチ米のデンプンの状態変化

問7 「デンプンの糊化」はヒトの消化においてどのような利点があるか。【図4】を参考に100字以内で記せ。なお、デンプン分解酵素は、水が加わることではじめてブドウ糖の分子間の結合を切ることができる。

米を炊くこと（炊飯）によって米のデンプンは糊化し、柔らかく食べやすくなり、消化もしやすくなることがわかった。では、ブドウ糖は炊飯中のどの段階で増加するのだろうか。

問8 【グラフ1】は炊飯過程（^{しんせき}浸漬：米を水に漬けておく時間を含む）におけるブドウ糖量の変化を示したグラフである。このグラフからわかることを、以下の用語を用いて100字以内で記せ。 用語：温度、デンプン分解酵素、ブドウ糖



【グラフ1】 米の炊飯過程におけるブドウ糖量の変化

釜や飯ごうでご飯を炊くときの火加減を表した唄に「はじめチョロチョロ、中パッパ、赤子泣いてもふた取るな」がある。昔の人の生活の知恵は、最新科学の実験データを裏付けるものであり、驚きとともに感心させられることがある。

問9 「はじめチョロチョロ」とは火加減を弱くして釜全体に熱が行き渡る過程であるが、【グラフ1】のデータと照らし合わせた場合、この操作にはどのような効果があると考えられるか。簡潔に記せ。

さて冒頭で土産にもらった餅の話をした。ウルチ米とモチ米を練り合わせた餅であったが、これは「うる餅（地方によってはたがね餅）」と呼ばれるもので、昔からあるつくり方の一つであった。うる餅は粘り気が適当で食感も良いということで、その混合比とともに代々伝えられているそうである。

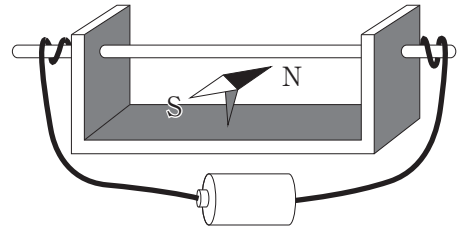
では最後に餅について考えてみよう。モチ米だけからつくったお供え餅は、表面から水分が失われてすぐに固くなるが（これを β 化^{ベータ}=老化^{ろうか}という）、直後にオーブン等で温めると柔らかくなり膨らむ。一方で同じようにモチ米だけからつくった煎餅用の餅は、薄くのばされ、十分に乾燥したあとに焼き工程があるが、焼かれてもあまり膨らまない。

問 10 お供え餅と煎餅の膨らみ方の違いとして考えられることを、糊化と老化の現象を考慮して、それぞれについて簡潔に記せ。



豆電球に電池をつなぐと、電流が電池のプラス極から流れ、豆電球を点灯させて、マイナス極にもどる。電気を帯びた粒子を荷電粒子と呼び、豆電球を点灯させる電流は、荷電粒子の一つ、電子の流れである。

1820年にデンマークの科学者ハンス・クリスティアン・エルステッドは、電流には磁針を動かすはたらきがあることを発見した。【図1】のように導線に電流を流すと、その導線の周りに、磁界（磁石や電磁石の力のことを磁力と呼び、その磁力がはたらく空間のことを磁界と呼ぶ）が発生する。電磁石は導線を複数回巻いてコイルにしたもので、電流を流して磁石のはたらきをつくり出す部品として、広く利用されている。



【図1】 電流と磁界の関係を調べる実験

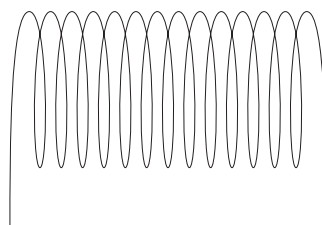
問1 電磁石に関わる下の文中の空欄（①）～（⑤）に入る語句を答えよ。

【図2】のようなコイルに電流を流すと磁石の性質が現れ、電磁石となる。このとき、コイルの中や周りには磁界（磁場）が発生し、コイルのそばに磁針をおくと、磁針のN極は磁界の方向を指す。その磁界の強さや方向は（①）の間隔や方向で表すことができる。この電磁石の持つ永久磁石にない特徴は次の通りである。

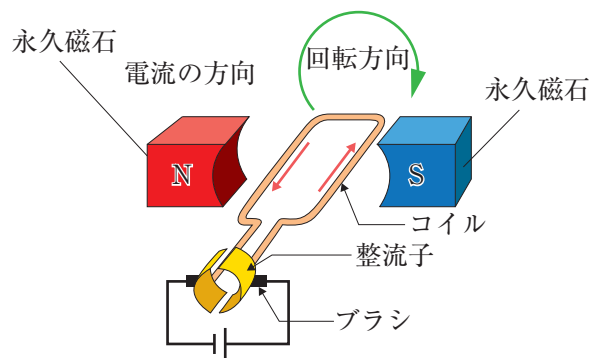
○電磁石は、コイルに電流を流したり切ったりすることで、磁界を（②）することができる。

○電磁石によって得られる磁界の強さは、（③）と（④）によって変えることができる。

○電磁石の磁極は、（⑤）を変えることで反転する。

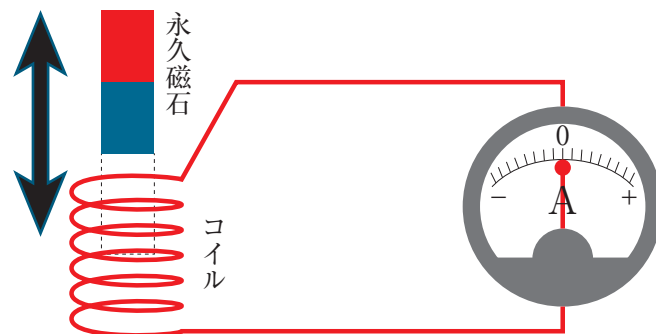


【図2】 コイル



【図3】 モーターの構造

この電磁石を用いた応用回路としてモーターがある。モーターは【図3】に示したように永久磁石とコイル，整流子からできている。電池をつなぎ電流を流すと，整流子を通してコイルに電流が流れ，コイルをはさむ永久磁石による磁界の影響でコイルに磁力がはたらき，回転力が得られる。整流子には切れ目があり，磁力の向きが常にコイルを一方向に回転させるように工夫がされていることがわかる。そのモーターの仕組みを逆に利用し，コイルを回すことで発電機として電流をつくり出すことができる。1831年マイケル・ファラデーはコイルの中の磁界を時間的に変化させると，そのコイルに電圧（誘導起電力）が生じ，そのコイルに電流（誘導電流）が流れることを発見した（電磁誘導の法則）。それを確かめるために【図4】のようなコイルに永久磁石を出し入れする装置を用意し，実験を行った。コイルを流れる電流を調べるためコイルの両端には検流計を接続した。



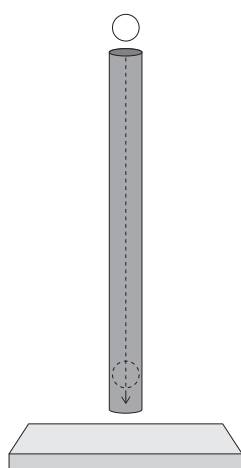
【図4】 電磁誘導を調べる実験

問2 以下の文中の（ ① ）～（ ④ ）に入る語句を選択肢の中から一つ選び，記号で答えよ。

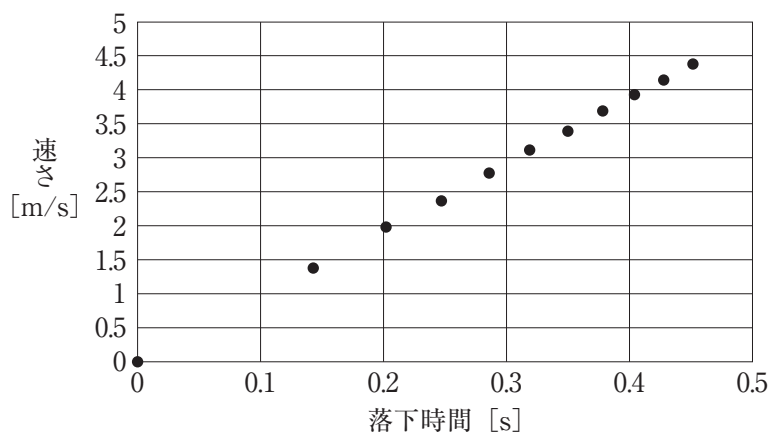
コイルを流れる電流の大きさは，出し入れする永久磁石の速さが大きいと（ ① ）なり，またその永久磁石の磁界の強さが大きいほど（ ② ）なる。コイルの中に完全に永久磁石を差しこみ，静止させたとき，コイルには（ ③ ）。コイルに誘導電流が流れると問1で示したように磁界が生じ，磁石の性質が現れる。そのときの電流の向きは，コイルが永久磁石の動きを（ ④ ）ようとする方向に流れる。このような電磁誘導の性質を利用し，火力発電所では蒸気の力を用いて，また水力発電所では落下する水の力を用いて，磁界の中でコイルを回し，発電が行われている。

- ① (ア) 大きく (イ) 小さく
- ② (ア) 大きく (イ) 小さく
- ③ (ア) 静止前と同じ大きさで同じ向きの電流が流れる
(イ) 静止前と同じ大きさで逆向きの電流が流れる
(ウ) 静止前より小さい，同じ向きの電流が流れる
(エ) 電流は流れない
- ④ (ア) 妨げ (イ) 加速し

次に電流や磁界の話からすこしはなれて，ビー玉の落下実験について考えてみよう。ビー玉（質量 15 g 直径 15 mm）とその直径より少しだけ大きい断面を持つ長さ 1 m のアルミ円筒（パイプ）を用意する。【図5】に示すように，そのパイプを床との間に 1 cm の隙間を空けて垂直に立て，その上端からビー玉を落とした。床に落ちるまでに 0.5 秒ほどかかり，その間の落下距離の測定データから速さを求め，落下中の速さと時間の関係を調べたところ【グラフ1】のようになった。



【図5】 ビー玉の落下実験



【グラフ1】 落下中のビー玉の速さ

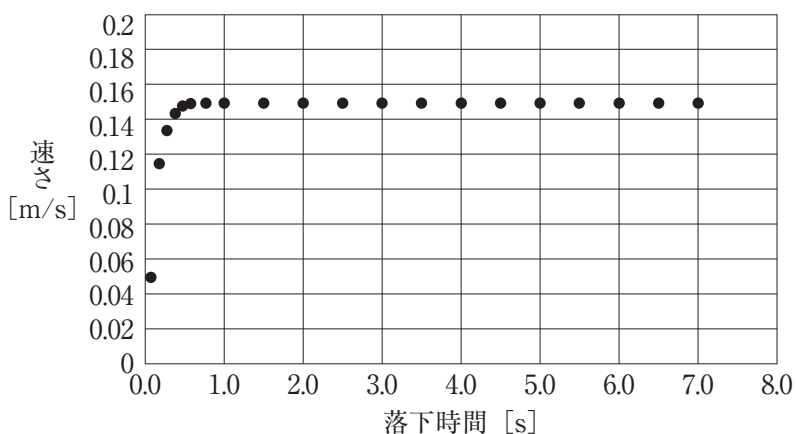
問3 落下中のビー玉の速さについて、以下の(ア)～(ウ)から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 落下の速さは落下途中、変化していない。
- (イ) 落下の速さはだんだん大きくなる。
- (ウ) 落下の速さは始めだんだん大きくなるが、途中から一定になる。

物体の運動については、速さ〔m/s〕と関連して、その速さの変化を表すために加速度という量を用いる。加速度は、1秒間あたりの速さの変化 $\frac{\text{m/s}}{\text{s}}$ と表されるが、これを m/s^2 と書き、「メートル毎秒毎秒」と読む。

問4 落下中のビー玉の加速度を【グラフ1】から求めよ。

このビー玉には重力が作用しており、その下向きの力によりひっぱられて落下している。ビー玉と同じ形、大きさのネオジム磁石（強力な磁石）の球を同じアルミパイプ中で落下させてみた。重力のみを受けているのであればビー玉と同様の運動をするはずであるが、ネオジム磁石の球が床に落ちるまでの時間は7.1秒もかかった。この実験において、パイプ内のネオジム磁石の球の速さと時間の関係を調べてみたところ、【グラフ2】のようになった。



【グラフ2】 落下中のネオジム磁石の球の速さ

問5 ネオジム磁石の球を落下させたとき、落下中の速さの変化の様子を【グラフ2】から説明せよ。



【図6】 2つの力のつり合い

ここで、物体の運動と力のつり合いについて考えてみる。一つの物体に2つの力がはたらいているとき、その2つの力を【図6】のように矢印で表してみると、わかりやすくなる。この物体にはたらく2つの力は、大きさが等しく一直線上にあり、力の向きが反対である。このとき、物体の運動の状態（速度や方向）は変わらず、「2つの力はつり合っている」という。

問6 物体につり合った力が加わっている場合、もしくは外部から力が加わらない場合、静止している物体はどのようなになるか。また、運動している物体はどのようなになるか。それぞれの状態もしくは運動について説明せよ。

問7 ネオジム磁石の球を落下させたとき、【グラフ2】のように速さに変化することから、ネオジム磁石の球にかかる力のつり合いについて説明せよ。

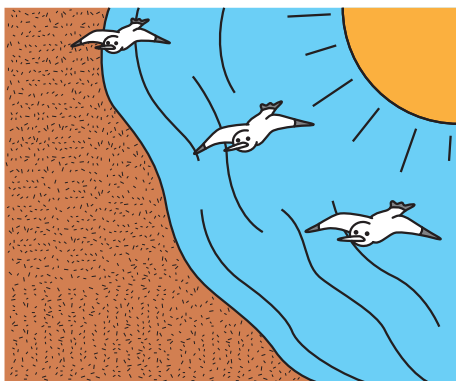
ネオジム磁石の球が1 mのパイプの中を落下していく過程で、球のすぐ周りのアルミパイプ部分では、コイルに永久磁石を出し入れするときと同じ現象が起こる。これを参考にして、以下の問に答えよ。

問8 ネオジム磁石の球がアルミパイプの中をゆっくりした速さで落下する原因について説明せよ。

私の目の前には、まぶしい砂浜と美しい海が広がり、おいしい果物が実り、花は咲き、鳥が歌う。昼は降り注ぐ太陽の光を浴び、夜は満天の星に包まれて眠る。ここは、水も食料も十分にあり、地上の楽園なのかもしれない。それなのに、私の心は晴れていない。

私に何が起こったのか、ここがどこなのか、今日がいつなのかが全くわからない。自分のことがわからないこと、それはとても不安なことだ。

そこで、皆さんの力で、私がいる場所と今がいつなのかを教えてほしい。そのための情報は皆さんに提供するので、それを使って私を見つけてほしいのだ。



私の名前は高本。自分が地球上のどこかにいることは確かだ。しかし、私にはここがどこなのか、今がいつなのかがわかっていない。他にいる人といえば、同じように事情のわかっていない青島だけで、文明の匂いすらしない土地にいる。ここは遠くまで見通しがきき、海、砂浜、森林、石等もある。ここから、糸の代わりになるもの、おもり、棒くらいは簡単に手に入れられる。文明の匂いのするものといえば、かつて自分がいた日本（これは覚えている。自分は日本人なのだ）の時刻をきわめて正確に刻んでいる時計と、30倍くらいのバードウォッチング用の地上望遠鏡、鉛筆、地球儀、太陽系のデータが載っている表、地球の公転軌道・月の公転軌道・地球の自転軸に関する【図2】、太陽系の惑星の位置（図中の年月日における位置を示す）を表す【図3】～【図6】だけだ。

空はよく晴れて、太陽、月、惑星、恒星がよく見える。しかし、星座の知識は全然無いので、星座を見てもここが地球のどの辺りかはわからない。中学理科の勉強をもっとしっかりやっておけばよかったといまさら悔やんでいる。

青島 「ともかく、まずは東西南北をだいたいでもいいから知りたい」

高本 「使えるものは何があるのかい？」

青島 「棒、おもり、糸。こんなもんだね」

高本 「朝から夕方まで太陽が出ているし、それだけあれば十分だ」

問1 以上の条件で、およその東西南北を知る方法をわかりやすく説明せよ。（地面は水平とする。）

青島 「あれ、太陽が高く上がったら、私の影がなくなった。私の時計は、ちょうど7時を指している。でも、この時計の午前なのか午後なのかはわからないよ」

高本 「日本では、東経 135 度の地点で太陽が南中するときに正午だから、ここの経度がわかるね」

青島 「答えは2つありうるね」

問2 ここの経度はおよそいくらか。可能性のある2つを答えよ。そう判断した理由も説明すること。

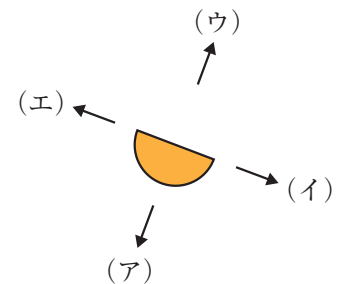
青島 「日が沈んでいく。太陽から 45 度くらい離れたところに、一番星を見つけた」

高本 「かなり明るい星だ。地上望遠鏡で見えてみるととても小さな半月みたいに見えるね」

青島 「それは惑星だ」

問3 この星に対して太陽のある向きを表す矢印はどれか。

【図1】の(ア)～(エ)から最も近いものを一つ選び、記号で答えよ。また、このとき、この星が見えているのは、空のどの方角に近い。(カ)～(ケ)から最も適当なものを一つ選び、記号で答えよ。



【図1】高本が見ている星をおおまかに示した図

(カ) 東 (キ) 西 (ク) 南 (ケ) 北

高本 「この惑星の名前はなんというのかな？」

問4 この惑星の名前を答えよ。

青島 「太陽が沈むと同時に、月が上がってきた」

夜が更けて、月が北の空に見えている。やがて、深夜に南北を結ぶ線を通るときの高さを測ってみると、地平線から45度に近い(以下、月の公転軌道面と地球の公転軌道面はほぼ一致しているとして考える。【図2】参照)。

青島 「すると、ここの緯度はだいたいどれくらいかわかりそうだ」

問5 以上の情報から、ここの緯度はおよそ何度と考えられるか。下の（ア）～（オ）の中から最も適当なものを一つ選び、記号で答えよ。また、そう判断した理由をわかりやすく説明せよ。

- （ア）北緯 34.5 度 （イ）北緯 12.3 度 （ウ）緯度 0
（エ）南緯 23.4 度 （オ）南緯 45.6 度

問6 太陽が、ある決まった位置に来る日に特別の呼び方がある。青島の影響が消えてしまったのを見たこの日は、日本では、次のどの日に近い。下の（ア）～（オ）の中から最も適当なものを一つ選び、記号で答えよ。

- （ア）立春 （イ）春分 （ウ）夏至 （エ）秋分 （オ）冬至

問7 太陽系の惑星の位置を表す【図3】～【図6】の中に、この日の前後1ヶ月以内の図があるという。これを参考に、この日の年・月、およびその月の上旬、下旬を答えよ。また、そう考えた理由を説明せよ。

青島 「夜明けが近づいてきたかな」

高本 「満月の近くに、かなり明るい惑星が見えている」

問8 この惑星は何か。下の（ア）～（オ）の中から最も適当なものを一つ選び、記号で答えよ。また、そう判断した理由も説明せよ。

- （ア）水星 （イ）金星 （ウ）火星 （エ）木星 （オ）土星

問9 これまで得た情報から、ここがどこなのかを解答用紙の世界地図上に×を打ちなさい。

問10 問7の答えの日本での年月日をこれまでの情報等から推定して解答用紙に記入せよ。
（ただし、この問いについては採点の対象としない。）

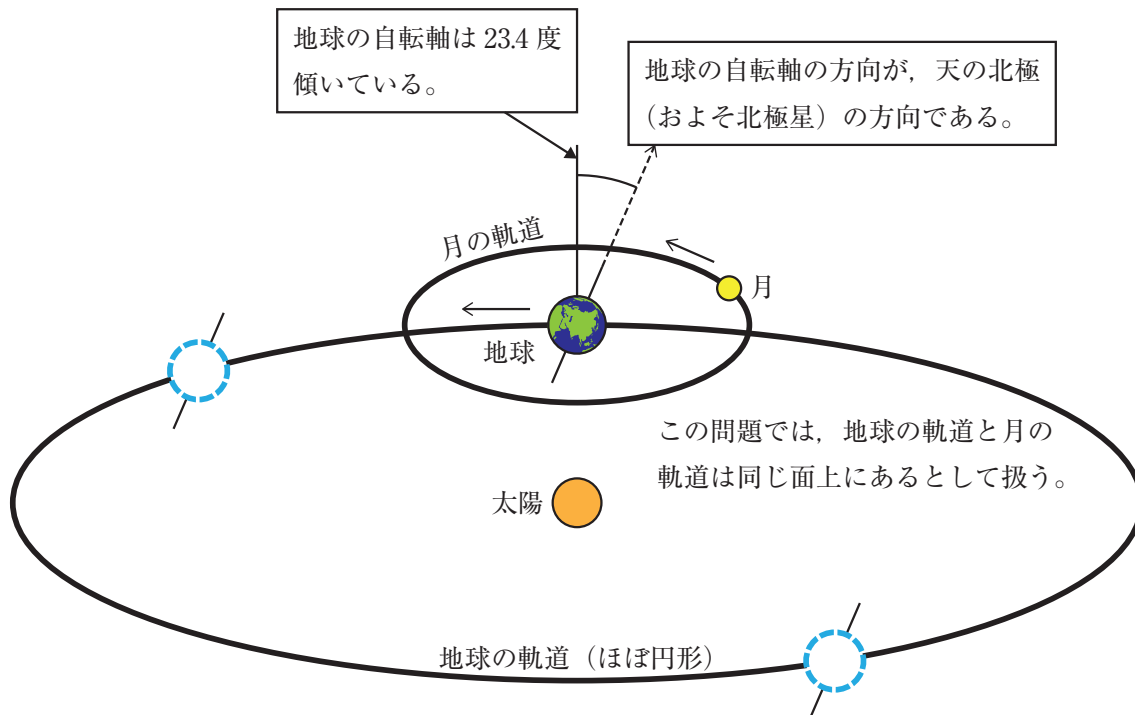
高本 「場所と年月日はだいたいわかったけど、日本に帰るにはどうしたらいい？」

青島 「そもそも、なぜ私たちはここにいるのだろう？」

<終わり>

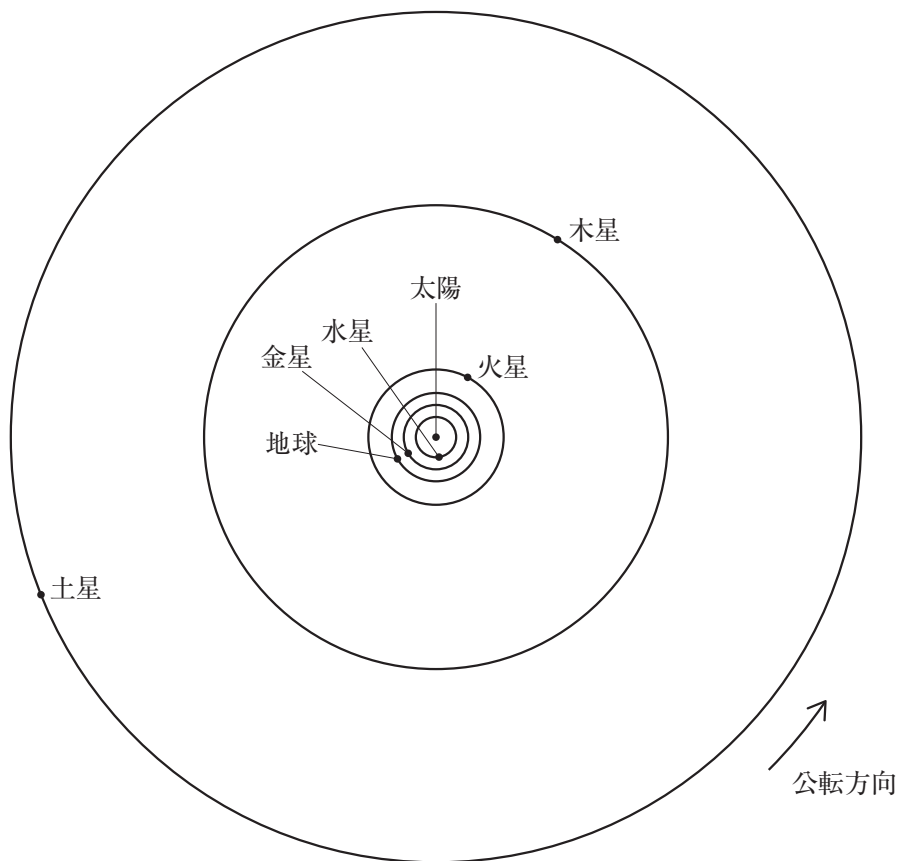
【表 1】 惑星と月のデータ

天体名	直径 (地球=1)	密度 [g/cm ³]	軌道半径 (地球=1)	公転周期 [年]
太陽	109	1.41		
水星	0.38	5.43	0.39	0.24
金星	0.95	5.24	0.72	0.62
地球	(12756 km)	5.52	(1億5千万 km)	1.00
火星	0.53	3.93	1.52	1.88
木星	11.21	1.33	5.20	11.86
土星	9.45	0.69	9.55	29.46
月	0.27	3.34	(38万 km)	(27.3日)

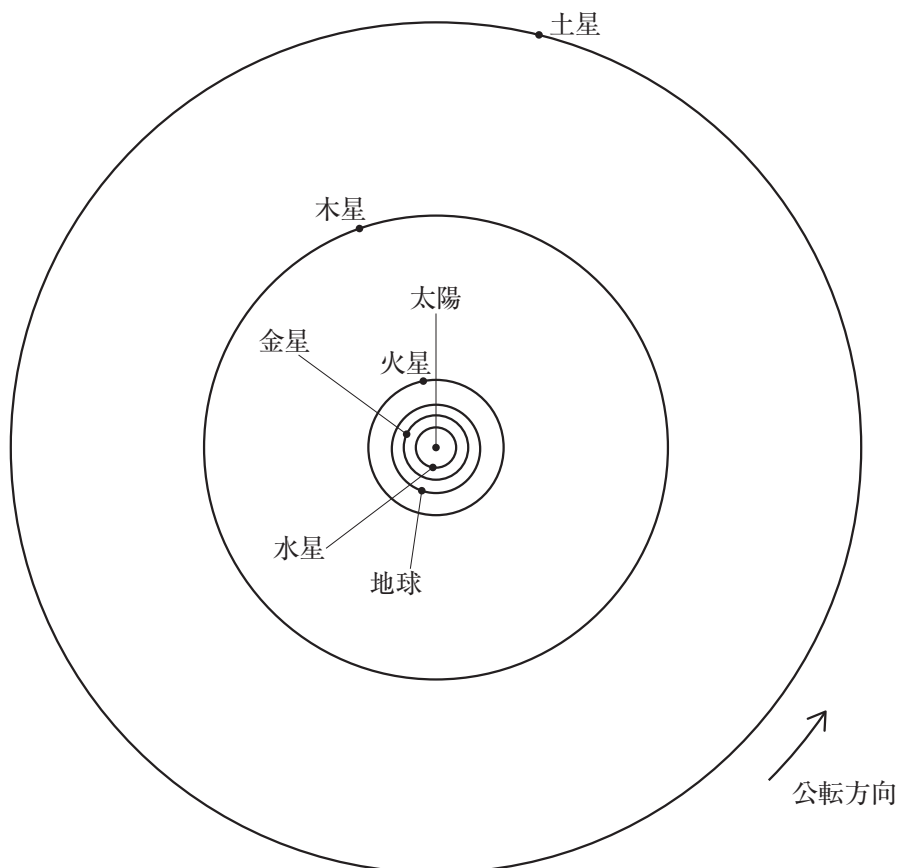


【図 2】 地球と月の軌道と自転軸の傾き

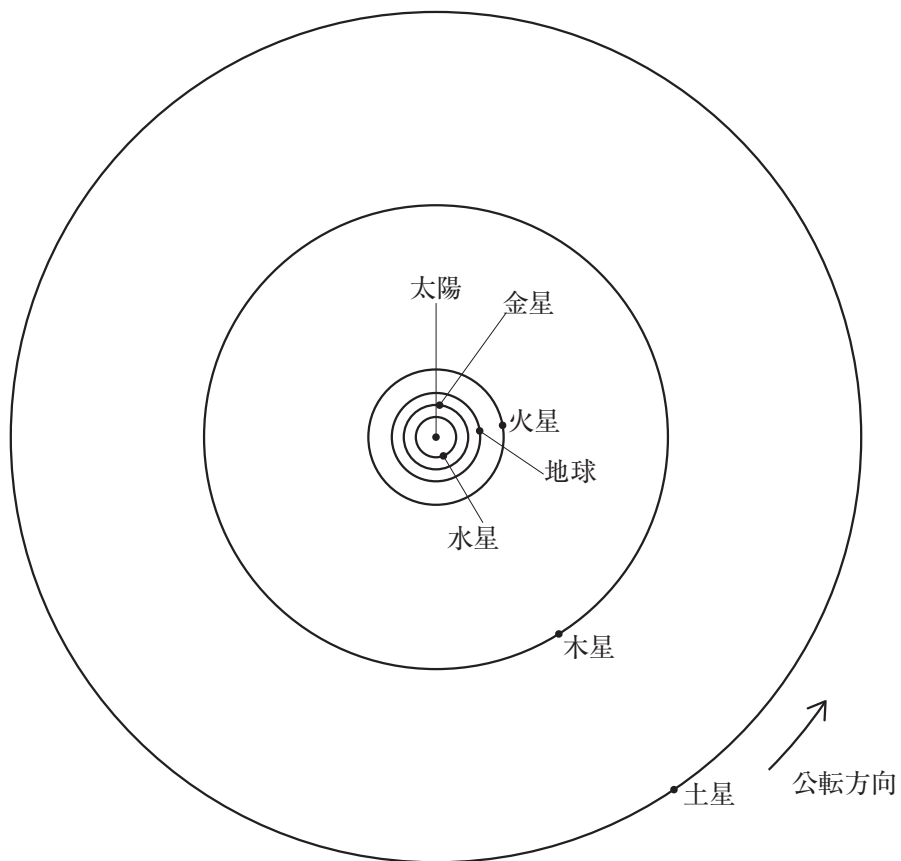
※説明図のため星の大きさや軌道の大きさの比に意味はない。



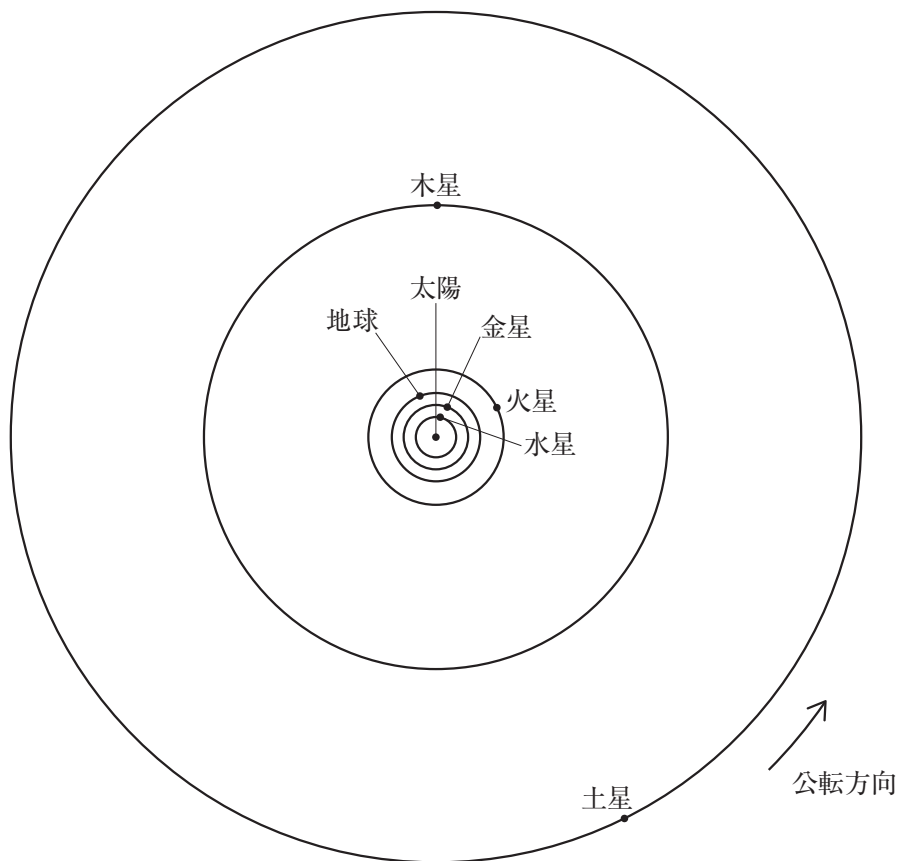
【図3】 1953年4月20日 太陽系の配置



【図4】 2002年6月2日 太陽系の配置



【図5】 2020年10月1日 太陽系の配置



【図6】 2049年1月6日 太陽系の配置

第4回科学の甲子園ジュニア
計算用紙

第4回科学の甲子園ジュニア
計算用紙

