



# 科学の甲子園ジュニア エキシビジョン大会

筆記競技【予選】

解答と解説



# 科学の甲子園ジュニア エキシビジョン大会【予選】 解答と解説 第1問

## 問1

②
---

### 【解説】

グラフ1の横軸は斜面の傾き角で、縦軸は斜面の下端での速さです。速さの時間変化ではないことに注意しなければなりません。加速度は斜面の傾きが大きくなるにつれて大きくなります。しかし、加速度は時間的には変化せず、角度が決まれば一定です。角度が大きい場合、つまり加速度が大きい場合、速さが短い時間で大きくなるので、一定の距離の斜面を滑り降りる時間が短くなり、加速する時間が短くなります。加速度が大きくなる割合と加速時間が短くなる割合の兼合いになります。斜面の傾きが大きくなるとその大きくなる割合は小さくなります。

別の考え方として、力学的エネルギーの保存則を使う方法があります。運動エネルギーと位置エネルギーの和は常に一定というものです。最初、直方体は静止しているので位置エネルギーのみをもっていて、下端では位置エネルギーをもっていないので運動エネルギーのみをもっています。これは始めの位置エネルギーすべてが運動エネルギーに変化したものと考えられます。位置エネルギーはそれぞれの位置の高さに比例し、運動エネルギーは速さの2乗に比例するので、下端での速さは元の位置の高さの平方根に比例します。それは角度が大きいほど大きくなりますが、角度が大きくなるとその大きくなる割合は小さくなります。すなわち、直線的に変化はしないので②となります。

## 問2 A.

②
---

## B.

1	オ	2	キ	3	イ	4	コ	5	シ
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

### 【解説】

物体に摩擦がはたらく場合、物体に最大静止摩擦力より小さな力がはたらいている間は物体は静止したままです。斜面の傾きが大きくなる時、物体にはたらく重力の斜面に平行な

成分は次第に大きくなりますが、最大静止摩擦力は小さくなります。物体にはたらく重力の斜面に平行な成分が最大静止摩擦力より大きくなった途端に物体は動き始め、物体には動摩擦力がはたらきます。動摩擦力は、最大静止摩擦力よりも小さく、角度が小さいとき大きく、角度が大きくなるにつれ小さくなります。したがって、動き始めたときには有限の加速度で滑るので下端での速さは有限の値から始まり、垂直に近くなると摩擦の影響は小さくなり、摩擦がない速さに近づきます。

問3 A.

②
---

B.

1	オ	2	オ	3	オ	4	ク	5	オ
6	シ	7	シ	8	ソ	9	ウ	10	タ
11	ト								

**【解説】**

この設問は力学的エネルギー保存則について、詳細に考察したものです。力学的エネルギー保存則は基準の位置からの高さに比例する位置エネルギーと速さの2乗に比例する運動エネルギーの和が常に一定であるというものです。振り子でも斜面上の運動でも、高さが高くなれば速さは小さくなり、高さが低くなれば速さは大きくなります。この法則が成り立つためには摩擦や空気抵抗がないことが必要です。

問4

ケ
---

**【解説】**

摩擦がないので力学的エネルギー保存則が成り立ちます。この問題のポイントは点Dでの斜面が傾いているところです。点Dから物体は斜め方向に飛び出ます。同じ力でボールを真上に投げ上げたときと斜め上に投げたときとどちらが高くまで上がるのでしょうかという問題と同じです。この場合も点Dでの斜面が垂直になっていれば、元の高さと同じ高さ（位置エ

エネルギーが同じになる)まで物体は上がります。しかし、斜めに飛び出した場合、上がる方向の速さと水平方向の速さがあり、上向きの速さの運動エネルギーだけが位置エネルギーになり、水平方向の速さについての運動エネルギーは変化しないので、水平方向の運動エネルギーの分だけ上げられる高さが低くなります。

#### 問5



#### 【解説】

物体は位置エネルギーを運動エネルギーに変えながら斜面を滑り降ります。しかし、この場合、左の斜面には摩擦があるため、摩擦がないときの速さより摩擦力により減速されます。つまり、点Bに到達したときの運動エネルギーは点Aでの位置エネルギーより小さくなっており、右の斜面を登ってもっている運動エネルギーをすべて位置エネルギーに変えたとしてもそれは元の位置エネルギーより小さいので到達できる高さは点Aより低くなります。



## 科学の甲子園ジュニア エキシビション大会【予選】 解答と解説 第2問

### 問1

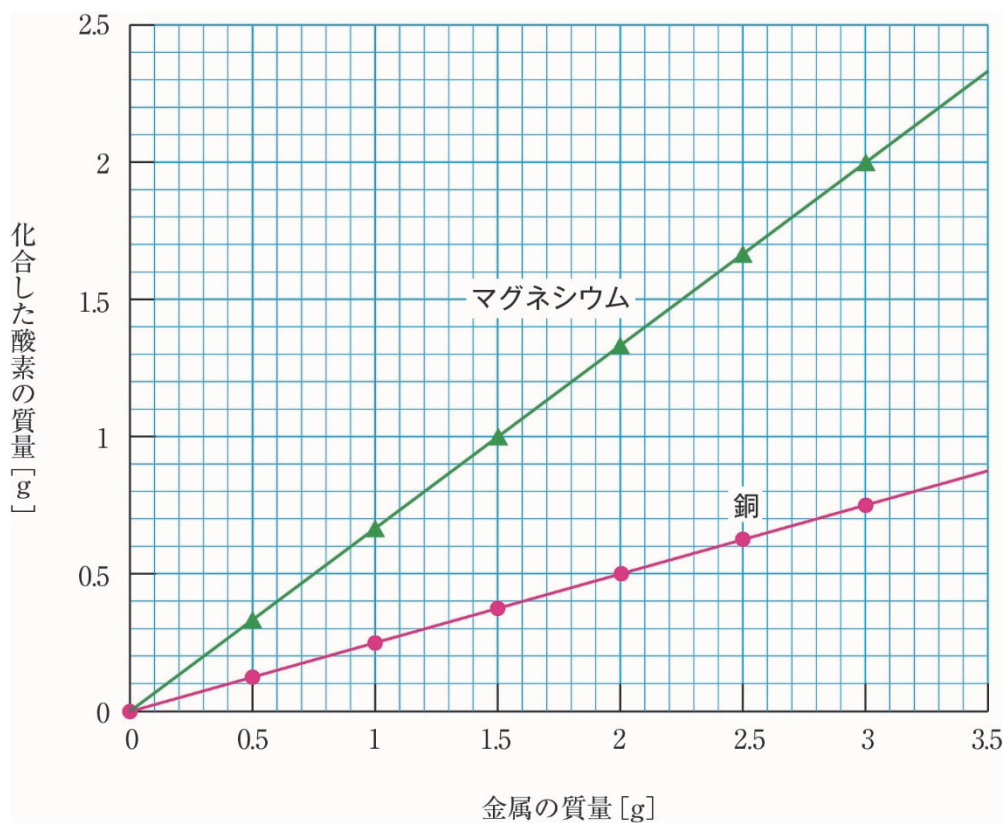
ア	3	イ	2	ウ	4	エ	1
---	---	---	---	---	---	---	---

マグネシウム：酸素=3：2

銅：酸素=4：1

#### 【解説】

問題の【表1】の実験結果から、金属の質量と化合した酸素の質量をグラフで表すと次のようになる。なお、【表1】に示した値は理想的な実験結果である。



このグラフから、もとの金属の質量と化合した酸素の質量が比例していることがわかる。酸化マグネシウムでは、マグネシウムと酸素の質量比は3：2になり、酸化銅では、銅と酸素の質量比は4：1になる。このように、2種類の物質が化合する場合、それらの物質はいつも一定の質量比で化合する。

問2

オ	3	カ	8
---	---	---	---

マグネシウム : 銅 = 3 : 8

【解説】

酸化マグネシウムは、マグネシウムの原子と酸素の原子が 1 : 1 の割合で結びついた物質なので、その質量比は原子の質量比を表している。酸化銅についても同様であるから、同じ質量の酸素と結びついたマグネシウムの質量と銅の質量が、マグネシウム原子と銅原子の質量比となる。したがって、問1の解答より 3 : 8 となることがわかる。

問3

キ	1	ク	2
---	---	---	---

1.2 [g]

【解説】

$3 : 2 = 1.8 : x$  より  $x = 1.2$  [g] となる。

問4

ケ	2	コ	0
---	---	---	---

2.0 [g]

【解説】

マグネシウムと酸化マグネシウムの質量比は 3 : 5 である。

$3 : 5 = 1.2 : x$  より、 $x = 2.0$  [g] となる。

問5

サ	3	シ	3
---	---	---	---

3.3 [g]

【解説】

$3 : 5 = x : 5.5$  より、 $x = 3.3$  [g] となる。

問6

ス	0	セ	6
---	---	---	---

0.6 [g]

【解説】

$4 : 1 = 2.4 : x$  より,  $x = 0.6$  [g] となる。

問7

ソ	4	タ	5
---	---	---	---

4.5 [g]

【解説】

銅と酸化銅の質量比は  $4 : 5$  である。

$4 : 5 = 3.6 : x$  より,  $x = 4.5$  [g] となる。

問8

チ	4	ツ	4
---	---	---	---

4.4 [g]

【解説】

$4 : 5 = x : 5.5$  より,  $x = 4.4$  [g] となる。

問9

テ	2	ト	5
---	---	---	---

2.5 [g]

【解説】

酸素が化合して増えた質量は  $5.0 - 4.0 = 1.0$  [g] なので, 酸化されたマグネシウムの質量は  $3 : 2 = x : 1.0$  から  $x = 1.5$  [g] とわかる。したがって, 未反応のマグネシウムの質量は,  $4.0 - 1.5 = 2.5$  [g] である。

問 10

ナ	1	=	0
---	---	---	---

1.0 [g]

【解説】

酸素が化合して増えた質量は  $3.5 - 3.0 = 0.5$  [g] なので、酸化された銅の質量は  $4 : 1 = x : 0.5$  から  $x = 2.0$  [g] とわかる。したがって、未反応の銅の質量は、 $3.0 - 2.0 = 1.0$  [g] である。

問 11

ヌ	1	ネ	2	ノ	0	ハ	4
---	---	---	---	---	---	---	---

マグネシウム 1.2 [g]          銅 0.4 [g]

【解説】

はじめのマグネシウムの質量を  $x$ 、銅の質量を  $y$  とおくと、酸素と化合して生じる酸化マグネシウムと酸化銅の質量はそれぞれ次のようになる。

酸化マグネシウム： $\frac{5}{3}x$       ,      酸化銅： $\frac{5}{4}y$

これを問題の条件に当てはめると、

$$x + y = 1.6$$

$$\frac{5}{3}x + \frac{5}{4}y = 2.5$$

これを解いて、

$$x = 1.2 \text{ [g]}, \quad y = 0.4 \text{ [g]} \text{ となる。}$$

問 12

ヒ	5	フ	5
---	---	---	---

5.5 [g]

【解説】

20 g の酸化銅が還元されると、生じる銅の質量は 16.0 g となり、4.0 g の酸素が失われる。その酸素が炭素と化合するので、二酸化炭素の質量は、 $1.5 + 4.0 = 5.5$  [g] となる。



問 13

へ	3	ホ	9
---	---	---	---

3.9 [g]

【解説】

問 12 より, 4.0 g の酸化銅を完全に還元するのに必要な炭素の質量は 0.3 g とわかる。還元によって生じる銅の質量は 3.2 g であり, 未反応の炭素が 0.7 g 残っているため, 反応後の固体全体の質量は,  $3.2 + 0.7 = 3.9$  [g] である。

問 14

マ	⑨	≡	①	ム	④
---	---	---	---	---	---

【解説】

燃焼によって生じる二酸化炭素分子は炭化水素の炭素の数に等しいから  $n$ , 水分子は炭化水素の水素の数の半分になるので  $n+1$  である。二酸化炭素には  $2n$  個の酸素原子があり, 水分子には  $n+1$  個の酸素原子がある。酸素分子は 2 個の酸素原子からできているので, 燃焼に必要な酸素分子は,  
 $(2n+n+1) \div 2 = 1.5n + 0.5$  となる。



## 科学の甲子園ジュニア エキシビション大会【予選】 解答と解説 第3問

問1

(エ)
-----

【解説】

ジャイアントパンダとレッサーパンダでは、いずれの歯も食肉類の歯列を基本としつつ、竹食に適応して臼歯を発達させている。

問2

(ア)
-----

【解説】

アミラーゼは、唾液にふくまれておりデンプンの消化に使われるので、まず最初にはたらき始める。ペプシンは、胃液にふくまれておりタンパク質の消化に使われるので、次にはたらき始める。トリプシンもペプシンと同様にタンパク質を分解するが、小腸において膵液にふくまれているトリプシノーゲンから生成され、小腸においてはたらくので、アミラーゼ、ペプシン、トリプシンの中では、トリプシンが最後にはたらく。

問3

(イ)
-----

【解説】

胆汁は、肝臓で作られ、いったん、胆嚢に蓄えられ、そこから十二指腸に送られている。

問4

(エ)

【解説】

デンプンを消化できるかどうかを調べるのであれば、ヨウ素溶液でデンプンとの反応が減少するのを検出してもよいが、セルロースはデンプンとは異なる構造をしており、ヨウ素溶液での検出はできない。セルロースの消化によって生成する糖は、デンプンの消化によって生成する糖と同様に、ベネジクト溶液で検出できる。

問5

ユーカリ

【解説】

ユーカリには多数の種類があるが、コアラは、数種類のユーカリの葉を選んで食べる。ユーカリの葉には、毒素をもつものがあり、コアラ以外の動物はこれを食べないが、コアラは、毒をもつユーカリの葉を食べたときにも、消化管内で微生物が毒素を分解できるので、ユーカリの葉を食べても毒素で害されることはない。

問6

ジャイアントパンダ	(オ)
コアラ	(ア)

【解説】

- (ア) コアラ    (イ) ネコ    (ウ) スローロリス  
(エ) トラ    (オ) ジャイアントパンダ    (カ) ヒグマ

問7

A	(カ)	B	(エ)	C	(ウ)	D	(オ)	E	(イ)
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----

【解説】

レッサーパンダ (A) , イタチ, ジャイアントパンダ (B) , ヒグマ, イヌ, トラは食肉類の動物。イノシシ (C) , クジラ, カバ, ウシ, ラクダは鯨・偶蹄類の動物。ヒトとチンパンジー (D) は霊長類の動物。コアラ (E) とオポッサムは有袋類の動物。カモノハシは2億年以前にはほ乳類の他のメンバーから分岐した単孔類のメンバーである。

問8

(エ)
-----

【解説】

ほ乳類の進化の道筋・分岐について、【図3】から読み取れるかを問うている。

- (ア) 1千万年前ですでに、ヒトとD (チンパンジー) の共通の祖先に当たる動物がいることが読み取れるので、誤り。この動物は、当然ヒトの祖先に当たる動物である。
- (イ) 8千万年前ですでに、ヒトとDに加えてハツカネズミの共通の祖先に当たる動物がいることが読み取れるので、誤り。この動物もヒトの祖先に当たる動物である。
- (ウ) 【図3】は、ほ乳類の進化の道筋を示している。2億年前までさかのぼっても、この分岐の枝はほ乳類のものであり、恐竜とヒトの共通の祖先に当たる動物は見当たらないことを示しているので、誤り。
- (エ) 5千万年前には、クジラとカバの共通の祖先に当たる動物がいることが読み取れるので、正しい。
- (オ) 少なくとも8千万年前ごろまでさかのぼれば、コウモリとクジラの共通の祖先に当たる動物がいることが読み取れるので、誤り。

問9

(ウ)

【解説】

カテキン（苦味），食塩（塩味），グルタミン酸（うま味），酢酸（酸味），クエン酸（酸味），スクロース（甘味）

問10

収れん進化

【解説】

“偽の親指”と“偽の小指”について述べているあたりで，収れん進化を説明している。

問11

64

【解説】

4種類のを3つずつ並べる並べ方の種類数であるから， $4 \times 4 \times 4 = 64$ である。

問12

竹食性

【解説】

ジャイアントパンダでもレッサーパンダでも，その祖先に当たる動物が肉食性あるいは肉食を主とする雑食性であったときには，うま味の受容体を失うことは栄養学的に致命的であったであろう。竹食性を獲得した後であればうま味の受容体を失ったとしても致命的ではなかったと思われる。



# 科学の甲子園ジュニア エキシビション大会【予選】 解答と解説 第4問

## 問1

(1)	②	(2)	③	(3)	① ② ③ ④	(4)	① ② ③ ④
-----	---	-----	---	-----	---------	-----	---------

### 【解説】

(1) 北極の氷が溶けると温暖化が一気に進むといわれています。一番大きな要因は、海面の色が白ではなく、宇宙から見て黒っぽく見えることです。黒いと太陽からの赤外線を吸収しやすくなり（白は反射しやすい）、海水がどんどん温まってしまいます。

(2) 5 m を 0.005 km として計算するのが簡単です。すべてを「m」に直してから  $m^3$  を  $km^3$  に直すのは「0」がいっぱい並ぶので大変かもしれません。70000  $km^3$  というと東京ドームの約 6000 万倍です。

(3) ここに書かれていることは、すべて、いろいろな学者が知っていることです。魚には「適水温」と呼ばれる「活動できることができる水温」があり、大人のシロザケは  $4^{\circ}C \sim 11^{\circ}C$  といわれています。北極海が温まって、シロザケが棲むことのできる範囲が広がり、餌のプランクトンも増える、などといわれています。

(4) ここに書かれていることも、すべて、北極と南極のちがう点として従来からよくいわれていることです。南極は南極点に大陸があるので、温暖化によって溶ける陸上の氷は大陸の周辺部からですが、グリーンランドは北極点からだいぶ離れた場所にあり、一気に氷全体が溶けてしまうことが指摘されています。事実、グリーンランドの頂上の氷が溶け始めています。

## 問2

(1)	③	(2)	②	(3)	③	(4)	① ② ③ ④
-----	---	-----	---	-----	---	-----	---------

### 【解説】

SDGs 目標 6

「すべての人々の水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する」

#### 1 地下水とは？

地下水は文字通り、地下に存在する水のことです。地下水の量は、地球全体の水の量（海水はそのうちのほぼ 98%にあたる）のおよそ 0.7%で、河川の水がたったの 0.0001%である

のと比較すると、地下水が人間にとっていかに重要な資源であるかがわかります。

さて、地下水はどのように地中に存在するのでしょうか。問題文中の【図3】は、容器に乾いた砂をつめ、上からじょうろで水をかけるといった簡単な地下水のモデルです。ここで、水は地表に降り注ぐ雨にあたり、降った雨はじょじょに砂にしみこんでいき、容器の底付近の砂粒のすきまにたまります。このとき、降った雨が少ないと、容器の上の方にある砂は乾いているのですが、容器の下の方の砂粒と砂粒の間には水があつて、ひたひたの状態になっています。それが地下水にあたるのです。砂漠のように表面はカラカラでも、地下には水が存在し、場合によってはオアシスができるということもあるのです。



【写真A】左：スプレーボトル、右：ペットボトルを切って園芸用の細れきをつめてある。

【写真A】は地下水のモデル実験です。ペットボトルを切って園芸用の細れきをつめ、上から水を注ぎます。れきの中に水がとどまるため、一見水がなさそうに見えますが、スプレーボトルの容器の下方側面にドリルで穴をいくつか空けて（赤の矢印）、これを右のペットボトルのれきの中に入れるとスプレーボトルの中に水がたまり、スプレーをおすと水が吹き出てきます。これが井戸の仕組みです。

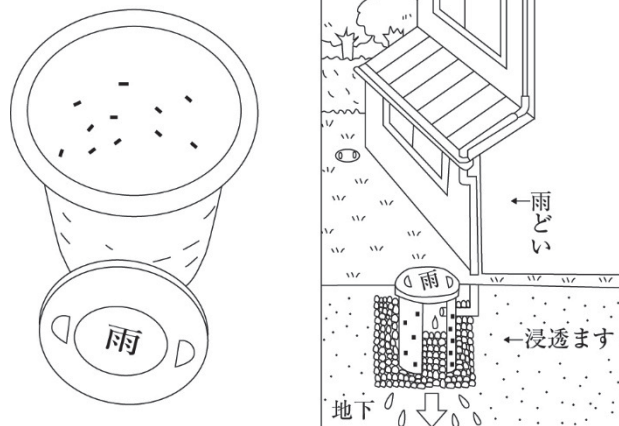
地下水でも石油でも、地下に大きなタンクのようなものがあると思っている人が多いようですが、実際は、砂やれきなどのすきまに水も石油も存在しているのです。この地面の下にある、水を大量にふくんだ、水の通りのよい地層を「帯水層」と呼び、水を通さない容器の底は、実際は、粘土（1/256 mm 以下）やシルト（1/256 mm～1/16 mm）などといった粒子の細かい泥からなる「基盤」に相当します。帯水層は、通常はれき（大きき2mm以上）のような、水をふくみやすい大きな粒からなることが多いのです。

(1)は、この地下水がどこにたまっているのかを問う問題です。説明したように、地下水は基盤の真上にある帯水層にたまっていることがわかっています。(1)の場合ですと、れき層が帯水層に、粘土層が基盤にあたりますので、地下水を得るためには、れき層と粘土層の境目まで井戸を掘らないといけません。

## 2 枯渇する地下水

鳥取県や熊本県などは、水道の水のほとんどを地下水でまかっています。うらやましい限りです。これまで、人々は、井戸やわき水、川の水など身近なところで水を得て飲料水や農業用水として利用してきました。近年では、とくに都市部においては地下水が枯渇し、遠距離の水源から水をひいてこなければ飲料水などが得られなくなってきています。また、外国でも、農業用水に利用するための地下水の過剰な汲み上げなどによって、地下水を得ることが年々難しくなってきているのです。

本来、地上に降った雨水の地下へのしみこみ、川への流出、大気中への蒸発の割合は、それぞれほぼ1/3ずつです。しかし、コンクリートでおおわれた都市部では、近年、雨水の大半が地下にしみこむことなく、側溝から下水道や川に流出してしまっています。このため、東京都のわき水（地下水が地上にわき出した水）も、問題文中の【図5】に示したように、年々減少傾向にあり、持続的な地下水の涵養<sup>かんよう</sup>や保全をはかるためには、雨水浸透ます（【図A】）や森の復活などの手立てが必要なのです。



【図A】雨水浸透ます

## 3 汚染される地下水

地上に降った雨や雪が、ゆっくりと土にしみこんで地下水となり、地下で浄化され、さまざまなミネラルを取りこんで、わき水として人間に利用され、余った分は川に流れて再び雨や雪となって地上に降り注ぐという循環が大切です。しかし、近年、地下水は農薬（窒素肥料）、汚水、有機溶剤などにより汚染されることがあちこちで報告されています。国連などによると、日常的に安全な飲み水が得られない人口は10億人に達し、これは6人に1人の割合



にあたるのです。

汚染物質が地下に廃棄されると、それらは帯水層に達し、地下水を汚染し、さらに扇状地などのように基盤に傾斜があるとその傾斜に沿って、汚染された地下水がれき層の中を横方向に網目状にどンドンひろがって（分散して）いきます。地下水の流れは、砂粒と砂粒の間をぬって流れていくので非常に遅く、たとえば1日およそ1m程度であり、一度地下水が汚染されると、それをきれいにするにはさらに何年も何百年も時間を必要とするのです。

身近なところでも、野外で用をたす、ゴミ集積場から汚水が漏れるなど、地下水の汚染が深刻化し、地下水が安全に飲めない地域も非常に多くなっています。私たちおのおのが衛生的な水を得る方法を考え、その持続可能な管理を行っていくことが求められているのです。

#### 4 地下水の保全と持続的な利用について

地下水は誰のものかという問いを常に自分自身に問いかけ、これまで固有財産と考えてきた地下水を、共有財産（公水）と考える保全し、それを持続的に利用していくために何ができるのかを考えましょう。これからは、あたりまえのように水道から出てくる水を口にするとき、地球上を循環する水や、地下をゆっくりと流れる地下水のことを思い出してください。私たちひとりひとりが、目に見えない水の循環を意識して理解するところからはじめてみましょう。

#### 問3

(1)	一番危険度大： B	一番危険度小： D
-----	-----------	-----------

(2)	④	(3)	④	(4)	②
-----	---	-----	---	-----	---

(5)	エ → オ → イ	(6)	F
-----	-----------	-----	---

#### 【解説】

(1) 平野部では河川は蛇行をしています。そのアウトコース側では水流が強くぶつかり、川岸を削っていきます（「側方侵食」といいます）。それに対し、インコース側は水流が弱いので、少し上流から運ばれてきた土砂が堆積していきます（「側方堆積」といいます）。しかもこの図では支流が合流していますから、流されてきた水の量もBのところが多くなり、対岸のCも増えた水量のため、洪水を起こすかもしれません。さらにAの部分も水没する可能性があります。このように考えていくと、少しでも被害が少ないのは、すぐ下流側のインコ

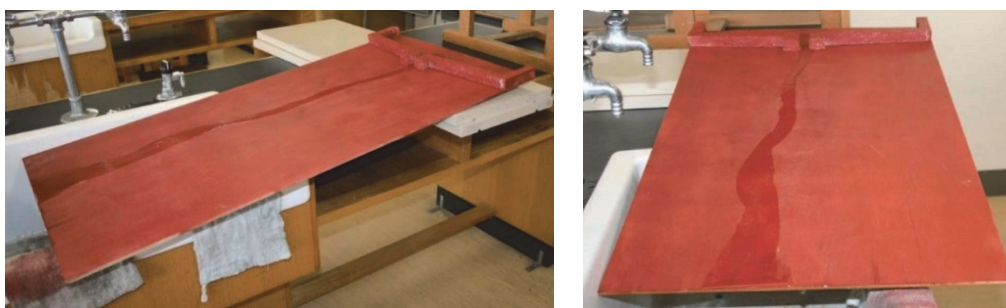
ース側である，Dということになります。

(2) 水は流れる斜面の角度によって流れ方が異なります。平らな板に蛇口の水などを流す実験をするとわかりますが，水平のときは，四方八方に広がっていきます（分散するという事です）。また傾斜を急にするとまっすぐ下方に下っていきます（重力にしたがって流れていくということです）。傾斜角を7°以下（5°くらいが一番わかります）にすると，蛇行しながら流れていきます（【写真B】）。つまり，重力にしたがいながら分散の影響も受けているためです。急傾斜でもよく見ると水流は水流の幅全体に均等に流れているわけではなく，右に左に少し盛り上がり交互にできながら流れ落ちていきます。水の粘性などが関係するらしいのですが，どうも水には蛇行する性質があるようなのです。蛇行してアウトコース側に水流があふれがちなので，堤防を築いてみてもそれを超える水量が流れて来ればあふれてしまいますし，河道工事をしてまっすぐにしても，蛇行してしまいます。川岸をがんじょうなコンクリート製にしてみても，今度は河道内に土砂が左右交互に堆積してしまい，その中を水は蛇行しながら流れていってしまい（【図B】），その結果，やはりあふれ出てしまうのです。かつて明治時代以降に，このようにまっすぐに河道工事をした河川があったのですが，うまくいきませんでした。川幅を広げると一時的には水深が少なくなり洪水もさけられるのですが，ふだんはそこまで川幅が広い必要がないので，川底に土砂が堆積するようになります。やがて川岸の左右に交互に堆積して行って元の川幅になろうとしてしまいます。そこで現在では，平野部での蛇行河川の工事は難しいと考えられています。兩岸をがんじょうで高い堤防にするいわゆる「スーパー堤防」にする必要があります。でも長距離の工事は予算的にも無理があるようです。むしろ流れてくる水量を上流側でコントロールするほうがよいと考え，水量調節のためのダムを設置するようになっています。しかし周囲の環境保全も考えた工事でなければなりません。

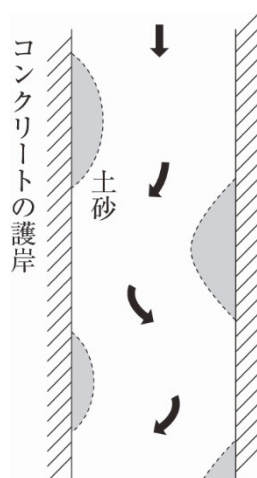
(3) 上流部では傾斜が急でふだんは流量も少ないのですが，大雨や台風時の雨量が多いときにはがけ崩れなどによる土砂の流入や，もっと大規模になると土石流になり，大きな被害を起こします。水の量よりも土砂の量の方が多いため，穴を何か所か空けて水は通過させ，土砂をせき止める目的で「砂防ダム」を設けます。このようなダムは水量調節をするためのものではありません。やはり環境保全の視点から設置数などに注意が必要でしょう。

(4) この池はかつての河道のなごりで，「三日月湖」と呼ばれるものです。河川の流れのアウトコース側に残ることが多く，この部分のさらに外側にはかつて何度も洪水時にあふれた水から運ばれた土砂が堆積していきます。その結果，河道に沿ってマウンド状の高まりができます。これを「自然堤防」といいますが，このような高まりを超える洪水はほとんどありませんから，昔の人が自然利用によって集落を築いていることがよくあります。

(5)と(6) 蛇行河川はアウトコース側に側方侵食，インコース側に側方堆積が同時に起きるので，川幅を変えずに河道が左右に大きくうねるようになり，大洪水のとき，ついには湾曲部を突っ切るようにまっすぐな河道になって，かつての湾曲部には水が流れなくなって（「放棄河道」といいます），次第に土砂が埋まっていき，湾曲した池が残ることがあります。形から「三日月湖」と呼びます。池の幅がせまいほど，古いときの放棄河道の跡と考えてよいでしょう。



【写真B】ゆるい傾斜での水の流れ（左図：側面 右図：前面）



【図B】河川が蛇行し，護岸側に土砂がたまるようす

問4

(1)	⑤	(2)	②	(3)	③	(4)	①
(5)	③	(6)	⑤				

## 【解説】

- (1) 太陽は直径約 140 万 km, 質量約  $2 \times 10^{30}$  kg をもつ, 自らエネルギーを作って輝く恒星です。地球と比べると, 直径は約 100 倍 (109 倍), 質量は約 33 万倍となります。約 1500 万度の温度をもつ中心部でエネルギーを生み出しており, 私たちが見ている太陽は, 約 5800 度の表面から放射された光で, その一部が約 1 億 5 千万 km 離れた地球に届きます。ちなみに, 光は秒速 30 万 km で進むので, 私たちは常に 500 秒前の太陽を見ていることとなります。
- (2) 太陽質量が全部石油の燃焼エネルギーに使われると考えると,  
 $2.0 \times 10^{30} \times 4.2 \times 10^7 \div 3.9 \times 10^{26} \div 3.2 \times 10^7$  で求められます。実際の太陽の放射エネルギーは, 水素がヘリウムにかわる核融合反応から生み出されます。
- (3) (2) の答えは, 地球(日本)でいうと縄文時代ですね。石油は, かつて地球上にいた生物の遺骸であると考えられており, 太陽エネルギーとは別であることはまちがいないとわかったでしょうか。ちなみに, 太陽や地球の年齢は約 45 億年です。
- (4) 4L は 4000 mL なので,  $4000 \times 0.04 \div 100$  で求められます。意外と少ないと思われたでしょうか?
- (5) 金星は, 昔から「明けの明星」や「宵の明星」として親しまれ, 太陽と月をのぞくと最も明るく輝くため, 「一番星」といわれることもあります。窒素と酸素からなる地球の大気とちがって, 金星の大気の大部分は二酸化炭素で, その量は大変多く, 表面の気圧は 90 気圧 (水深 900 m に相当) にもなります。分厚い硫酸でできた雲にもおわれ, 二酸化炭素の温室効果も大きいため, 表面は約 460°C の灼熱の世界で, 火山や溶岩平原におおわれています。太陽からの距離は地球-太陽間の 0.72 倍, つまり, 地球より内側の軌道を公転しています。地球から見ると, 太陽と近い方向にあるため (真逆には来ない), 真夜中には見られません。また, 月の場合と異なり, 金星までの距離は日によって変わるため, 見かけの大きさが変わりながら満ち欠けをします。この姿は, およそ 400 年前に, ガリレオ・ガリレイによって最初に発見されました。ぜひ, みなさんも実際に自分の目で確かめてみてください。

- (6) 地球は、自転軸がその公転軌道面に対して垂直ではなく、垂直な軸から約 23.4 度傾いており、受ける太陽放射が緯度や季節によって異なるため、季節による気候変化ができ、天体の見かけの動きにも影響を及ぼします。自転軸の向きが変わると、太陽の南中高度が変わり、受けるエネルギーも変わります。北極星は、地球の自転軸を伸ばした方向に(たまたま)ある星なので、自転軸が変わると、その見かけの運動も変わります。自転軸が公転面に対して平行(公転の軸に対して 90 度)の場合には、北半球の夏側では常に太陽が沈まない白夜となることが図からもわかりますね。実際に太陽系の中にも、自転軸が 90 度ほど傾いている惑星(天王星)があります。

### 問5

(1)	A	エ	B	ア
-----	---	---	---	---

(2)	C	①	D	③	E	②
-----	---	---	---	---	---	---

(3)	F	①	G	②
-----	---	---	---	---

(4)	1 日目	イ	2 日目	ア	3 日目	ウ
-----	------	---	------	---	------	---

(5)	イ
-----	---

### 【解説】

(1) 温帯低気圧の発達途上のようすです。温帯低気圧は南北の空気塊の温度差によってエネルギーを得て発達します。北半球では、北が寒気、南は暖気となり、前線が発生します。低気圧の前にできるのが「温暖前線」、低気圧の後ろにできるのが「寒冷前線」となります。温暖前線の北側および寒冷前線の北側は寒気、南側は暖気です。

(2) C : 寒冷前線にとまなう雲です。寒冷前線を形成する空気塊の境界面である前面(前線面)の傾きは急で、寒気の押し出しにより暖気の上昇気流は強くなります。そのため、垂直に発達する積乱雲が見られます。寒冷前線の移動速度は速く、幅がせまいこともあって降

水や強風は短時間で経過することが多いです。

D：低気圧の東進にともなって、中心付近に周辺から流れこむ空気の収束により、中心の東側に広く上昇気流がつけられます。温暖前線と明瞭な区別はつきにくいですが、乱層雲が広く発達し、しっかりした降水の時間が長いです。

E：前線上では、南の温かく湿った空気が寒気との境界面（前線面）をスライドするように上昇する気流が発生します。そのため、広範囲に雲が発生し、中心付近、前線付近では乱層雲による降水が見られます。低気圧の接近により固定点で雲を観察すると、まず、温暖前線の先の高度の高い部分の巻雲や巻層雲などの上空の雲から始まって、次第に雲の高度が低く、厚く変化していきます。

(3) 地表では摩擦力の影響により、風向は等圧線を  $10^\circ$  から  $30^\circ$  の角度で高压側から低压側に向かいます。Fは寒冷前線南側 1008 hPa (hPa：ヘクトパスカル) の等圧線から南の風、Gでは 1016 hPa の等圧線を参考に東～東北東の風になります。

\*低気圧の中心示度が 1006 hPa なので、その外側が 1008 hPa 以下 4 hPa ごとに等圧線が引かれています。

(4) 発生期：温帯低気圧は、南北の温度差のある空気塊が温度差を解消する方向に回転しつつ発達します。

発達期：最初は、東西方向の停滞前線上で低気圧性の回転が始まり、南の暖気は寒気に乗り上げる形で温暖前線の全面をスライドしつつ上昇します。低気圧中心付近では上昇しつつ回転することもあります。寒冷前線は速度が速く、暖気の下にぐんぐんもぐりこんでいきます。そのため、寒冷前線は温暖前線に追いつくように進み、低気圧の中心は寒気に囲まれていきます。

衰退期：低気圧の中心の下層は完全に寒気がおおい、暖気は上空に押し上げられます。この状態が閉塞前線が発生した状況です。南北の温度差はなくなり、低気圧周辺の大気の運動がこれ以上励起されることはありません。

(5) 降水は空気中にふくまれる水蒸気が上昇気流によって気温が下がることで、露点に達し、凝結を起こすことが原因です。気温が高くなれば飽和水蒸気量が大きくなるため、空気がふくむことができる水蒸気量は多くなります。温暖化によって同じ体積の空気塊でも、より多く水蒸気をふくむこととなります。これが温暖化による降水量増加につながります。

ただし、どこでも上昇気流が発生して降水が起こるわけではないので、温暖化によって降水量が増加する場所があったり、逆に少なくなる場所もありえます。熱帯低気圧のしやすい場所や温暖な湿った空気が入りやすい場所では降水量の増加がとらえられています。

この問題で、温暖前線に向かって温帯低気圧に流入する、温暖で湿潤な空気があることに気づいてもらいたいと思います。



# 科学の甲子園ジュニア エキシビション大会【予選】 解答と解説 第5問

問1

$$\triangle DEP : \triangle DFP = \boxed{7} : \boxed{10}$$

【解説】

BP//DF であり，BP=7，DF=5 なので， $\triangle DBP : \triangle DFP = 7 : 5$  である。一方，DE=5，DB=10 なので， $\triangle DEP$  の面積は  $\triangle DBP$  の面積の半分になる。したがって，3 つの三角形の面積の比は， $\triangle DEP : \triangle DBP : \triangle DFP = 3.5 : 7 : 5 = 7 : 14 : 10$  となる。

問2

1

$$S = \boxed{27}$$

2

$$A = \boxed{13} \quad B = \boxed{8} \quad C = \boxed{9} \quad D = \boxed{16} \quad E = \boxed{12} \quad F = \boxed{10}$$

【解説】

$x=D$  と置くと， $S=6+x+5=x+11$  となる。 $2+C+x=x+11$  となるので， $C=9$  を得る。これから  $S=A+9+5=x+11$  となるので， $A=x-3$  を得る。

さらに， $S=(x-3)+2+E=x+11$  となるので， $E=12$  となる。

この時点で  $S=6+9+12=27$  がわかり， $D=x=16$  となり， $A=13$  がわかり， $B=8$  と  $F=10$  がわかる。実際，すべての縦，横，斜めの和は 27 になっている。

13	8	6
2	9	16
12	10	5



問3

1

上位2人の得点の平均 =

2

下位3人の得点の平均 =

3

1位の人の得点 =

【解説】

$x$  = 上位2人の得点の平均,  $y$  = 下位3人の得点の平均と置くと, 次の連立方程式を得る。

$$\begin{cases} x - y = 5 \\ \frac{2x + 3y}{5} = 10 \end{cases}$$

これを解いて,  $x=13$ ,  $y=8$  を得る。5人の得点がすべて異なることから, 3位の人の得点は8点にはならず, 9点以上である。これから2位の得点は10 (=13-3)点以上となるので, 最高得点は13+3=16点以下となる。

問4

1

枚

2

枚

**【解説】**

実際に10回目までを行ってみると、1と4と9のカードの赤い面が上になっていることがわかる。さらに、11回目以降はその状態が変わらないことがわかる。1と4と9が平方数であることに気づけば、100回目終了時に赤い面が上になっているのは、100以下の平方数ではないかと予想ができ、問2で「10枚」と答えられるかもしれない。

最終的にカードの赤い面が上になっているのは、そのカードの裏返しが奇数回行われた場合であり、それはそのカードの番号が奇数個の約数をもっていることを意味している。その約数を小さい順に並べて両端から2つずつペアにして掛けるとその数になる。しかし、約数は奇数個なので、中央の約数がペアを作れない。これはその約数の二乗がその数になることを意味するので、その数は平方数である。したがって、上述の予想は正しく、1から10までの二乗の書かれたカードだけが赤い面を上にしてしている。

**問5**

1

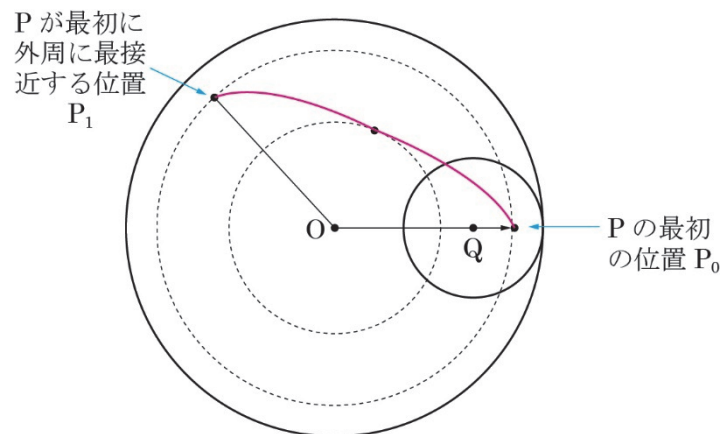
$$R:r = \boxed{5} : \boxed{2}$$

2

$$R:r = \boxed{11} : \boxed{5}$$

**【解説】**

下図のように記号を設定する。小円板は滑ることなく回転するので、大きな円周上で小円板の円周の長さと同じ距離だけ進み、点Pは最初の位置 $P_0$ と同様に外周に最接近した位置に来る。その点を $P_1$ とすると、 $R$ と $r$ の比は $360^\circ$ と $\angle P_0OP_1$ の比と等しい。このことから、解答が得られる。





# 科学の甲子園ジュニア エキシビション大会【予選】 解答と解説 第6問

## 問1

1	(エ)	2	(ア)
---	-----	---	-----

### 【解説】

1 くり返しを1回実行することを考える。 $a=1, b=2, c=3$ のとき、 $a$ と $b$ を入れ換えて、 $a=2, b=1, c=3$ となる。つぎに $b$ と $c$ を入れ換えて $a=2, b=3, c=1$ となる。さらにこのくり返しを2回実行すると $a=1, b=2, c=3$ となる。つまりくり返しの回数が3の倍数なら最初の状態である $a=1, b=2, c=3$ に戻ることになる。プログラムにある100000回のくり返しは3の倍数である99999回のくり返しより1回多いから、プログラムが終わった時点では $a=2, b=3, c=1$ である。

2 最初に $a=1, b=2, c=3, d=4$ のとき、くり返しを1回実行すると $a=4, b=3, c=1, d=2$ となる。さらに1回実行すると $a=2, b=1, c=4, d=3$ となる。さらに1回実行すると $a=3, b=4, c=2, d=1$ となる。さらに1回実行すると $a=1, b=2, c=3, d=4$ となる。つまりくり返しの回数が4の倍数のときに最初の状態に戻る。プログラムにある400000回のくり返しは4の倍数であるから、プログラムが終わった時点では $a=1, b=2, c=3, d=4$ となる。

## 問2

1	10	個	2	42	個	3	10	個
---	----	---	---	----	---	---	----	---

### 【解説】

1のように後の数が前の数より大きくなるように自然数を並べた列を「狭義増加列」、2のように後の数が前の数以上になるように自然数を並べた列を「広義増加列」と呼ぶことにする。

1は「1以上の自然数を用いて合計が10になる狭義増加列」の個数を求める問題といえることができる。このような列は5から9で始まることはありえない。なぜなら、10とは異なりそこで列を終わることができず、一方で次の数を続けようとしても前の数より大きくすることができないからである。したがって最初の数として考えられるのは1から4と10のいずれかである。1から4についてはその後を続けなければならないが、例えば2の後は「3以上の自然数を用いて合計が8になる狭義増加列」となり、同様に考えると4から7で始まることはありえない。

つまり、「 $n$ 以上の自然数を用いて合計が  $m$ になる狭義増加列」( $n \leq m$ )は、

1.  $n$ 以上  $m/2$ 未満の自然数  $k$ で始まり、その後「 $k+1$ 以上の自然数を用いて合計が  $m-k$ になる狭義増加列」が続くもの

2.  $m$ で始まり、そこで終わるもの

のいずれかとなる。1はこの考え方を用いて  $n=1, m=10$ の場合について網羅すればよい。

2, 3に関しても同じような考え方が使える。ただし、2については個数が多くなるので、複数人で分担するか、「2以上の自然数を用いて合計が8になる広義増加列」は1, 1の後にも2の後にも出てくるので、こういったものを再利用するとよい。3は2ができていれば、そこで網羅したものの中から奇数のみを使ったものを選び出すこともできる。

なお、1と3の両方について、合計の数を10から少し変えて個数を数えてみてほしい。何か気付くことがあるだろうか。

### 問3

(ア)
-----

#### 【解説】

{5, 22, 3, 44, 1}の列から初めて、各操作を行うごとに結果を書きだしていけば以下のようになる。

(ア) では、p3dを行うと {5, 22, 3, 3, 44, 1}

さらに、p1p5xを行うと {44, 22, 3, 3, 5, 1}

さらに、p2p4xを行うと {44, 3, 3, 22, 5, 1}

となって指定された結果にならない。

(イ) p3d;p1p6x;p2p5xでは

{5, 22, 3, 3, 44, 1} → {1, 22, 3, 3, 44, 5} → {1, 44, 3, 3, 22, 5}

となって指定された結果になる。

(ウ) p1p5x;p2p4x;p3dでは

{1, 22, 3, 44, 5} → {1, 44, 3, 22, 5} → {1, 44, 3, 3, 22, 5}

となって指定された結果になる。

(エ) p1f1x;f3d;p2p5xでは

{1, 22, 3, 44, 5} → {1, 22, 3, 3, 44, 5} → {1, 44, 3, 3, 22, 5}

となって指定された結果になる。

(オ) f5p5x;f3d;p2p5x では  
 $\{1, 22, 3, 44, 5\} \rightarrow \{1, 22, 3, 3, 44, 5\} \rightarrow \{1, 44, 3, 3, 22, 5\}$   
 となって指定された結果になる。

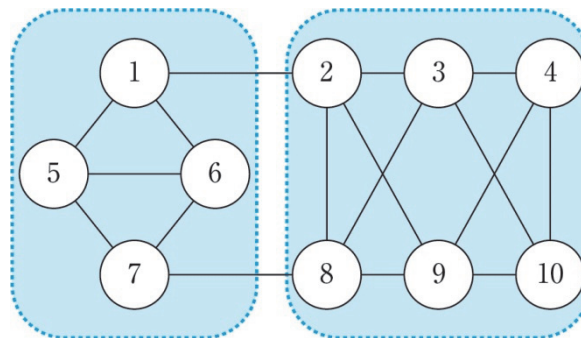
(カ) f5p5x;f3d;f22p5x では  
 $\{1, 22, 3, 44, 5\} \rightarrow \{1, 22, 3, 3, 44, 5\} \rightarrow \{1, 44, 3, 3, 22, 5\}$   
 となって指定された結果になる。  
 指定された結果にならないのは (ア) である。

問4

1	(オ)	2	(イ)	3	(エ)
4	(イ)	5	(ウ)		

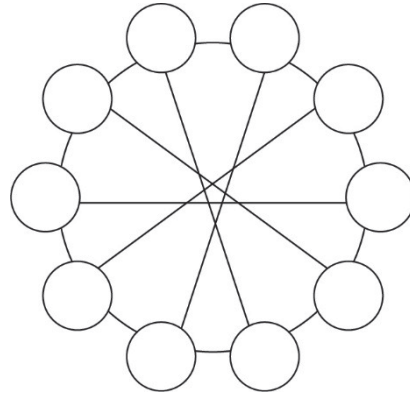
【解説】

2 下図のように機器を左右のまとまり二つに分けて考えると、その間を結ぶ線が2本しかない。機器1と機器9を結ぶ経路はこの2本のどちらかを必ず通るから、同じ線を使わない3本の経路を作ることはできない。



3 2で考えた二つのまとまりの間を結ぶ線を増やす必要がある。

4 三連結な通信網ではどの機器も 3 本以上の線につながっている。このため、機器が 10 台あれば全部で  $\frac{10 \times 3}{2} = 15$  本以上の線が必要である。また下図は実際に 15 本の線を用いた三連結な通信網である。



5 4 と同様に,  $\frac{80 \times 3}{2} = 120$  本以上の線が必要である。また 80 台の機器を円周上に並べて, 各機器を両隣および正反対の位置にある 3 台の機器に線でつなげば, 120 本の線を用いた三連結な通信網になる。