

第 11 回日本地学オリンピック予選

(第 13 回国際地学オリンピック 国内一次選抜)

- 試験開始の合図があるまではこの冊子は開かないでください。
- 試験開始前に解答用紙に氏名および受験番号を記入し、受験番号についてはマークもしてください。
- 解答は全て解答用紙に記入してください。解答用紙は裏面もあります。
- 問題冊子の余白等は適宜利用してください。
- 解答時間は 2 時間です。
- この問題冊子は持ち帰って構いません。
- 試験終了後、着席のままアンケートに回答してください。
- 試験開始後 60 分以降の途中退出を認めます。その場合にも退出する前にアンケートに回答してください。

第 1 問

問 1 地層と堆積構造に関する次の文章を読み、各設問に答えなさい。

地表に露出する岩石は、自然界の作用によって細かく砕かれたり分解されたりする。この作用を(a)岩石の風化といい、このような作用によってできた礫・砂・泥や火山灰などの碎屑物が層状に重なってできたものを地層という。一度に連続して堆積した地層を単層といい、単層はその上下を（ ア ）によって区切られている。碎屑物が堆積するとき、単層の内部には(b)堆積時の様子を示す様々な構造が形成されるため、これらの構造を調べることによって地層が堆積した当時の環境を推定することができる。

堆積したばかりの堆積物はやわらかく大量の水を含んでいるが、新しく上に堆積した堆積物の重みで水が押し出されていく。さらに、堆積物粒子の間に（ イ ）や（ ウ ）などからなる鉱物が沈殿することによって粒子どうしが接着され、(c)堆積物は硬い岩石（堆積岩）となる。

問 1-1 空欄（ア）～（ウ）に当てはまる語句として、最も適切な組合せを①～⑥から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- | | | |
|---------|------------------------------|-------------------|
| ① ア：片理面 | イ： Mg_2SiO_4 | ウ： SiO_2 |
| ② ア：層理面 | イ： Mg_2SiO_4 | ウ： NaCl |
| ③ ア：層理面 | イ： CaCO_3 | ウ： SiO_2 |
| ④ ア：片理面 | イ： Mg_2SiO_4 | ウ： NaCl |
| ⑤ ア：層理面 | イ： CaCO_3 | ウ： NaCl |
| ⑥ ア：片理面 | イ： CaCO_3 | ウ： SiO_2 |

問 1-2 下線部（a）に関連して、岩石の風化には物理的風化と化学的風化がある。化学的風化に関係するものを①～⑤からすべて選び、番号をマークしなさい。

- | | | | | |
|-------|-----|-----|--------|-----|
| ①気温変化 | ②凍結 | ③酸化 | ④植物の成長 | ⑤溶解 |
|-------|-----|-----|--------|-----|

問 1-3 文章中の下線部 (b) に関連して、次の写真 (ア) ～ (エ) は堆積構造の写真である。それぞれの堆積構造の名称について最も適切なものを①～⑤からそれぞれ1つずつ選び、番号をマークしなさい。

①斜交葉理 (クロスラミナ)

②生痕

③級化層理

④れん痕 (リップルマーク)

⑤荷重痕 (火炎構造)

(ア)



(イ)



(ウ)



(エ)



問 1-4 問 1-3 に関連して、水の流れの方向を示す堆積構造を①～⑤からすべて選び、番号をマークしなさい。

①斜交葉理 (クロスラミナ)

②生痕

③級化層理

④れん痕 (リップルマーク)

⑤荷重痕 (火炎構造)

問 1-5 文章中の下線部 (c) の岩石について述べた①～④の文で、最も適切でないものを1つ選び、番号をマークしなさい。

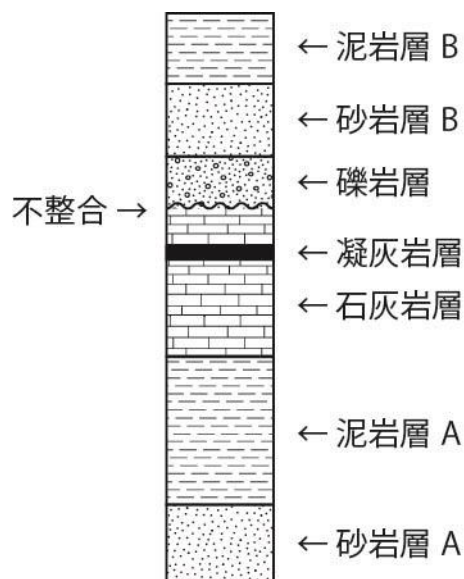
① 泥岩はシルト岩と粘土岩に区分され、その境界は粒径 1/256mm である。

② チャートは放散虫などの生物の遺骸が堆積してできた岩石であり、塩酸に反応して二酸化炭素を発生する。

③ グリーンランドの太古代の堆積岩から、生物の痕跡を示す証拠が発見されている。

④ 砂岩や泥岩が接触変成作用を受けた岩石をホルンフェルスという。

問 2 次の図は、ある地域の地層の堆積順序を調べた結果を柱状図としてまとめたものである。この図を見て、各設問に答えなさい。なお、地層の逆転はないものとする。



問 2-1 石灰岩層を顕微鏡で観察したところ、下のような化石を観察することができた。この化石の名前およびこの化石が生息していた時代として最も適切なものをそれぞれ選択肢から 1 つ選び、番号をマークしなさい。



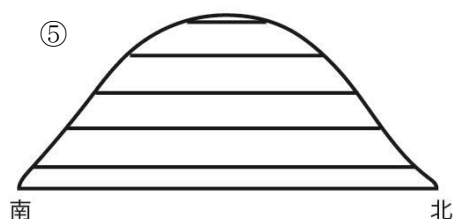
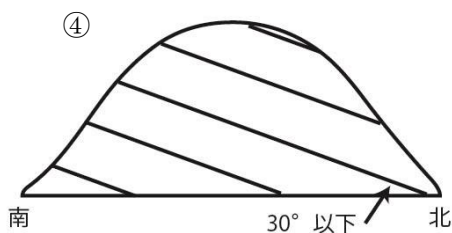
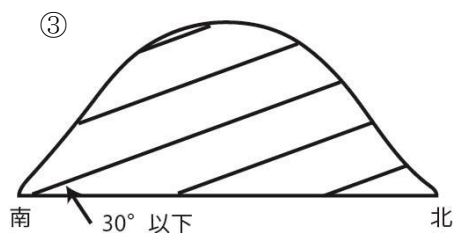
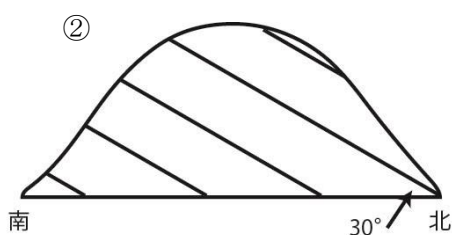
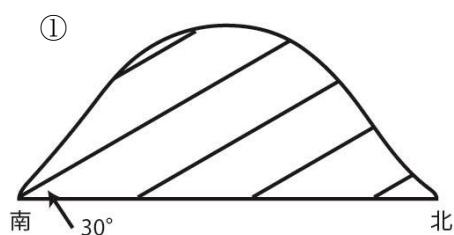
化石名 ①放散虫 ②カヘイ石 ③ストロマトライト ④フズリナ
 ⑤ウミユリ ⑥フデイシ ⑦コノドント

年代 ①先カンブリア時代 ②古生代 ③中生代 ④新生代

問 2-2 泥岩層 A から産出する可能性のある化石について①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ①三葉虫 ②カヘイ石 ③トリゴニア ④始祖鳥 ⑤イノセラムス

問 2-3 地層の境界面と水平面が交わってできる線を走向といい、地層の境界面と水平面のなす角を傾斜という。調査した地域の礫岩層より下の地層は、真東方向に一樣に 30° 傾いていることがわかっている。この地域で、礫岩層より下の地層を、真西に面した垂直な露頭（地層や岩石が露出しているところ）で観察したときの地層の境界面の模式的なようすとして最も適切なものを①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。



問 2-4 泥岩層 B からビカリアの化石が見つかった。泥岩層 B の堆積環境として最も適切なものを①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ①亜寒帯の内湾 ②大陸棚 ③淡水の湖沼 ④熱帯から亜熱帯の汽水域 ⑤深海底

第2問

問 1 次の文 (a)～(d) は古生物の変遷について述べたものである。古生物の変遷の順序として古いものから順番に並べるとどのような順番になるか、最も適切なものを①～⑤から1つ選び、番号をマークしなさい。

- (a) シダ植物が大型化し、陸上に森林が発達した。
- (b) 被子植物が出現し、ティラノサウルスなどの恐竜が繁栄した。
- (c) 温暖な気候のもと、海中ではコノドントやフデイシが繁栄した。
- (d) 低緯度から高緯度まで裸子植物の森林が形成され、始祖鳥が出現した。

- ① (c) → (a) → (b) → (d)
- ② (c) → (a) → (d) → (b)
- ③ (a) → (d) → (c) → (b)
- ④ (a) → (d) → (b) → (c)
- ⑤ (d) → (b) → (c) → (a)

問 2 地球の歴史の中で、複数回の生物の大量絶滅が生じていたことが明らかになっている。生物の大量絶滅等に関する文について、最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 地質時代は主に生物の変遷によって区分されており、そのような年代区分を絶対年代という。
- ② 顕生代においては、オルドビス紀末、石炭紀末、ペルム紀末、三畳紀末、白亜紀末の5回の大量絶滅が生じていたことがわかっている。
- ③ ペルム紀末の大量絶滅は、生命史上最大の大量絶滅と言われ、これ以降現代型の動物群が繁栄するようになった。
- ④ オルドビス紀の大量絶滅により、三葉虫が絶滅した。

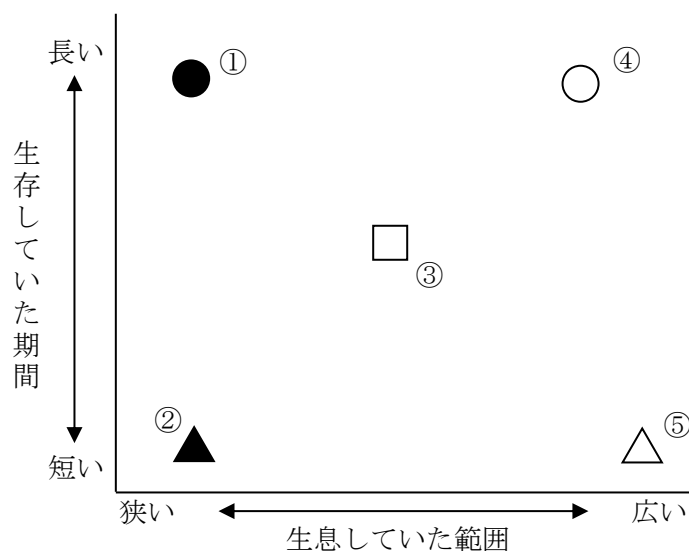
問 3 第四紀は、地球の歴史の中で現在を含む最も新しい時代である。第四紀に関する文について、最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① デスモスチルスは第四紀の示準化石である。
- ② 今から約2万年前の氷期には、今より100～130m程度海面が低下し、様々な動物が大陸から日本列島に進出したと考えられている。
- ③ 日本は中緯度に位置するため、第四紀の氷河の痕跡は残っていない。
- ④ 化石や遺伝子の研究から、現在の人類（ホモ・サピエンス）は約700万年前にアフリカで出現したと考えられている。

問 4 地球大気の変化に関する文について、最も適切でないものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 原生代には、シアノバクテリアなどの光合成細菌の活動によって大気中の二酸化炭素濃度が減少し、酸素濃度が増加した。
- ② 石炭紀には大森林が形成され、大気中の酸素濃度が増加することによって大型の昆虫が繁栄した。
- ③ 地質学的時間スケールで考えると、大気中の二酸化炭素濃度は岩石の風化作用によっても変化する。
- ④ 炭素は地球規模で循環しているが、大気は海洋の約 50 倍の炭素を蓄えており、巨大な炭素の保管庫となっている。

問 5 次の図は、化石①～⑤の生存期間と生息範囲の関係を模式的に示したものである。示準化石として最も有効な化石を①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。



問 6 示相化石について述べた文として、最も適切でないものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 生存していた期間が短いほど示相化石に適している。
- ② 別の場所で生息していた生物が水の流れによって移動して堆積する場合があるので、化石の産出状況を調べておく必要がある。
- ③ サンゴ礁を形成するサンゴは暖かい浅海環境を示す示相化石である。
- ④ 化石中の同位体を分析することで、過去の水温を推定することができる。

問 7 地層の対比に関する次の文章を読み、空欄（ア）～（ウ）に当てはまる言葉の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

離れた地域の地層を比較して、それらの地層が形成された時間的な関係を明らかにすることを地層の対比という。地層の中に含まれる化石に基づいて離れた地域の地層の上下（時間）関係を明らかにすることができる。これを地層同定の法則という。浮遊性有孔虫や放散虫などの微小生物（微化石）は、進化の速度が（ ア ）、世界的に分布しているため、地層の対比に役立つ。また、火山灰は火山の噴火によって（ イ ）時間に（ ウ ）範囲に堆積するため、地層の対比に有効である。

- ①（ア）遅く （イ）短い （ウ）狭い
- ②（ア）速く （イ）長い （ウ）広い
- ③（ア）遅く （イ）長い （ウ）狭い
- ④（ア）速く （イ）短い （ウ）広い
- ⑤（ア）遅く （イ）短い （ウ）広い
- ⑥（ア）速く （イ）長い （ウ）狭い

問 8 次の図は、ある地点 A、B における地層の順序と産出した浮遊性有孔虫化石の種類（a～f）の関係を示したものである。黒丸が産出した種類の上限と下限を、縦棒が産出した範囲を示している。地点 B では、B-7 層と B-8 層は不整合の関係であった。この 2 地点の間に地層の逆転はないものとして、各設問に答えなさい。

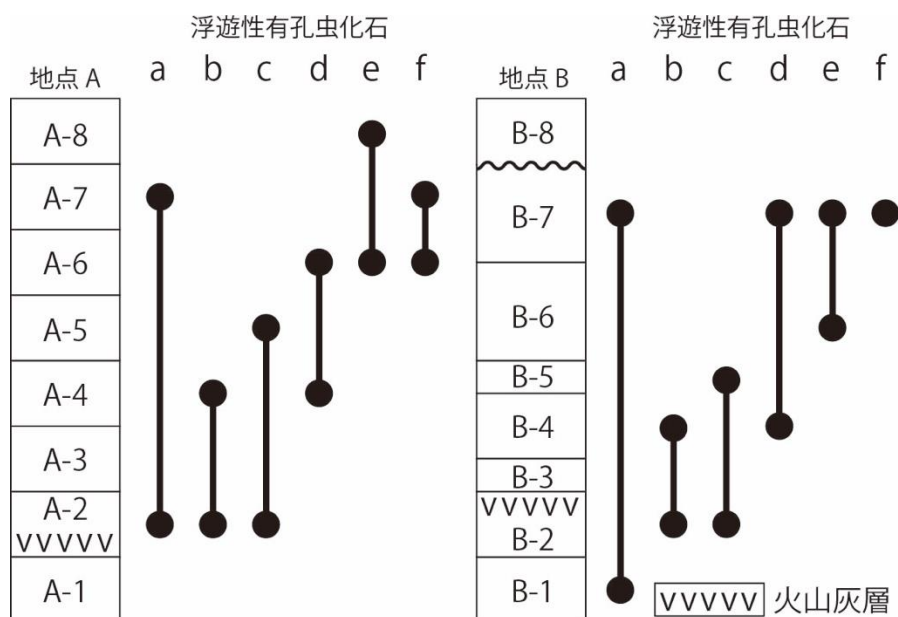


図 2.2

問 8-1 (ア) A-4 および (イ) A-6 と対比可能な地点 B の地層について、最も適切なものを①～⑦からそれぞれ 1 つ選び、番号をマークしなさい。

(ア) A-4 (イ) A-6

①B-1 ②B-2 ③B-3 ④B-4 ⑤B-5 ⑥B-6 ⑦B-7

問 8-2 A-2 層の下部と B-2 層の上部には火山灰層が確認されており、これら 2 つの火山灰層を用いて地層の対比を行うために、どのようなことを調べる必要があるか、最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 火山灰層に含まれる粒子の種類や形態を調べて比較する。
- ② 火山灰層の堆積構造を調べて比較する。
- ③ 火山灰層の厚さを調べて比較する。
- ④ 火山灰層の上下の地層を調べて比較する。

問 8-3 B-8 層から木の葉化石が見つかり、木の葉の ^{14}C 同位体分析を行ったところ、 ^{14}C は堆積当時と比べて 1/16 の量であった。B-8 層の堆積した年代（年前）として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。ただし、 ^{14}C の半減期は 5730 年とする。

①5730 年前 ②11460 年前 ③17190 年前 ④22920 年前

第3問

問1 次の文章を読み、各設問に答えなさい。

地震は、プレートの動き等によって地下に蓄えられたひずみが短時間で断層のずれとして解放される現象である。断層面上のある点から破壊が開始し、横波のおよそ 0.8 倍の速度で破壊は伝播する。破壊が開始した点は震源、地震で破壊された領域は震源域と呼ばれる。震源域と破壊伝播の過程は地震の特性や地震動・津波による被害を理解する上で重要である。しかし、地震観測開始当時は、波形の情報から震源域や破壊伝播の過程を推定することが困難であった。そこで、観測しやすい P 波と S 波の初動を使って震源と発生時刻（震源時）が、地震が放出した波の強さ（振幅）からマグニチュードが地震の基礎的な情報として決定されるようになった。地震は近い時間・場所で群れて発生する場合が多い。その地震群の中で最も大きい地震を本震と呼ぶ。

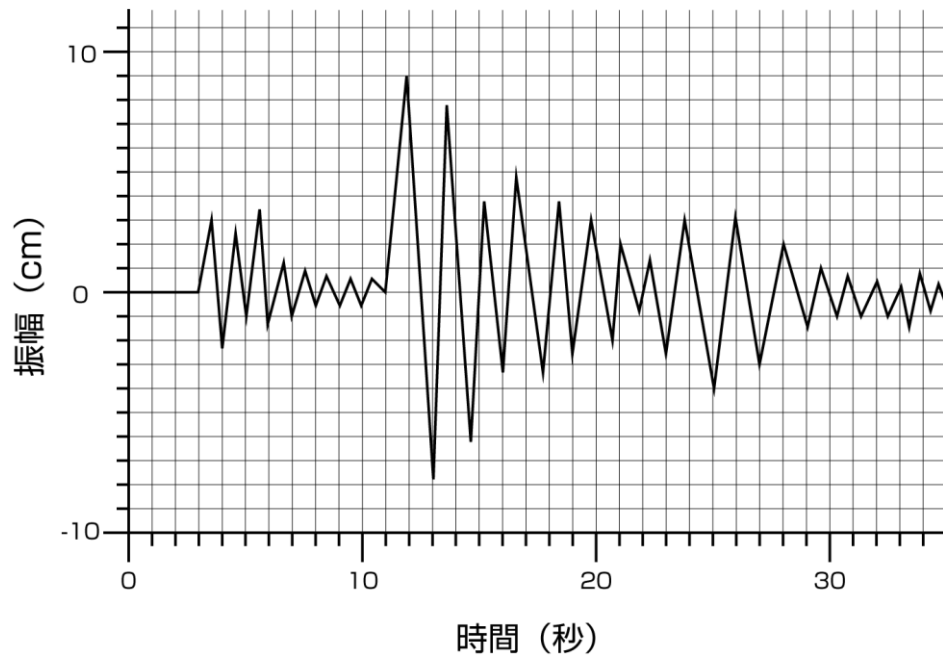
問 1-1 プレート境界のタイプと発生する地震のタイプの組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

	プレート発散（拡大）境界	プレート収束境界	プレートすれ違い境界
①	横ずれ断層	正断層	逆断層
②	正断層	逆断層	横ずれ断層
③	逆断層	横ずれ断層	正断層
④	逆断層	正断層	逆断層
⑤	正断層	横ずれ断層	逆断層
⑥	横ずれ断層	逆断層	正断層

問 1-2 地震活動を説明するものとして最も適切でないものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 沈み込み帯では、プレート境界周辺の温度が低温なため、プレート境界で地震が発生する領域が深く広くなり、規模の大きな地震が発生しやすい。
- ② 海洋プレートは十分に冷却された後に地球の内部に沈み込むため、沈み込む海洋プレートの内部で地震が発生する。
- ③ ある地震群の中で本震と考えられていた地震後に、さらに大きな地震が発生すると、そのさらに大きな地震を本震と呼ぶ。
- ④ プレート境界周辺で蓄積するひずみの変化を観測することは不可能であるため、地震予測をすることはできない。

問 1-3 次の図は観測された地震波形を模式的に表現したものである。

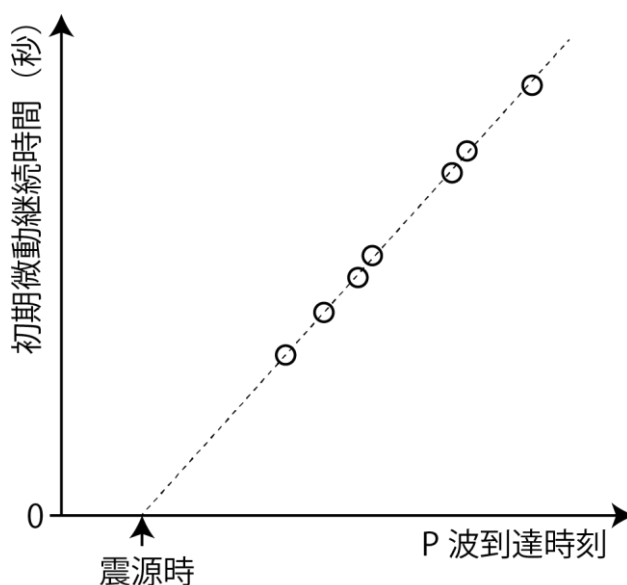


P波の伝播速度を 6 km/s, S波の伝播速度を 3.5 km/s であると仮定した場合, 観測点から震源までの距離として最も適切なものを①～⑤から1つ選び, 番号をマークしなさい。

- ① 55.6 km ② 67.2 km ③ 75.6 km ④ 87.2 km ⑤ 95.6 km

問 1-4 次の図は横軸に P 波到達時間を縦軸に初期微動継続時間をプロットしたもので和達ダイアグラムと呼ばれる。複数の観測点で観測された値は、一つの直線付近に分布し、その直線と横軸との交点から震源時を求めることができる。観測地点 A では P 波と S 波の到達時刻がそれぞれ 11 時 58 分 36.5 秒と 11 時 58 分 39.5 秒、観測地点 B では P 波と S 波の到達時刻がそれぞれ 11 時 58 分 41 秒と 11 時 58 分 47 秒であった。震源時として最も適切なものを①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 11 時 58 分 28 秒 ② 11 時 58 分 29 秒 ③ 11 時 58 分 30 秒
 ④ 11 時 58 分 31 秒 ⑤ 11 時 58 分 32 秒



問 2 次の文章を読み、各設問に答えなさい。

ギリシャ時代には、月食のときに月に映った地球の形等の自然現象を観測することにより、地球が球に近い形状であることが明らかになっていた。地球の大きさを計測することは、ギリシャ時代から幾度となく試みられてきた。日本では、伊能忠敬が江戸時代に同一子午線で天体観測することにより、地球の大きさを正確に計測することを試みた。一方で重力の測定も地球の形を知る上で重要な役割を果たした。ニュートンは、緯度によって振り子時計が進んだり遅れたりすることにより、地球が回転だ円体でないと説明がつかないことを指摘した。現在では、宇宙技術の発展に伴い、正確な地球の形が計測されている。

同一の子午線上の地点 A, B, C で、水平面から北極星までの角度を計測したところ、それぞれ $\theta_A, \theta_B, \theta_C$ で、大きさを比較すると、 $\theta_A > \theta_B > \theta_C$ で、かつ、 $\theta_A - \theta_B = \theta_B - \theta_C$ であった。

問 2-1 地点 A の緯度 ϕ_A として、最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① $180^\circ - \theta_A$ ② $90^\circ - \theta_A$ ③ $-\theta_A$ ④ θ_A

問 2-2 地点 A と地点 B の距離を d_{AB} とおく。地球が真球であると仮定した場合に地球の直径を表現する式として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① $\frac{360^\circ}{\theta_A - \theta_B} \times \frac{d_{AB}}{\pi}$ ② $\frac{\theta_A - \theta_B}{360^\circ} \times \frac{d_{AB}}{\pi}$ ③ $\frac{360^\circ}{\theta_A - \theta_B} \times \frac{\pi}{d_{AB}}$ ④ $\frac{\theta_A - \theta_B}{360^\circ} \times \frac{\pi}{d_{AB}}$

問 2-3 地点 B から C までの距離が d_{BC} と与えられた場合、 d_{AB} との関係とその説明として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 距離の関係は $d_{BC} > d_{AB}$ ，地球は極付近が膨らんでいる回転だ円体であるため。
② 距離の関係は $d_{BC} < d_{AB}$ ，地球は赤道付近が膨らんでいる回転だ円体であるため。
③ 距離の関係は $d_{BC} < d_{AB}$ ，地球は極付近が膨らんでいる回転だ円体であるため。
④ 距離の関係は $d_{BC} > d_{AB}$ ，地球は赤道付近が膨らんでいる回転だ円体であるため。

問 2-4 地球の形や重力の説明で最も適切でないものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 重力の大きさは、引力と自転による遠心力の合力で、遠心力の影響は高緯度ほど小さい。
② プレート沈み込みが発生している海溝においては、隆起が発生していない場合に限りアイソスタシーは成立している。
③ 木星型惑星の形が回転だ円体であるのと地球型惑星の形が回転だ円体であることの主な要因の一つはどちらも遠心力である。
④ おもりをつけて垂らした糸が示す方向（鉛直方向）はかならずしも地球の中心へ方向に一致しない。

問 2-5 地球をほぼ回転だ円体とみなしたときのつぶれ具合を中心から極までの長さ（極半径）と中心から赤道までの長さ（赤道半径）との差で表した場合、何 km になるか。最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 0.2km ② 2km ③ 20km ④ 200km

第4問

問1 地球上の火山は、プレート拡大（発散）領域、プレート収束境界、ホットスポットのほぼ限られた地域に存在している。次の（ア）～（エ）に存在する火山は、どの地域に該当するか。

①～③から最も適切なものをそれぞれ1つ選び番号をマークしなさい。

- （ア） 日本列島
- （イ） アンデス山脈
- （ウ） ハワイ諸島
- （エ） 東アフリカの大地溝帯

①プレート拡大（発散）領域 ②ホットスポット ③プレート収束境界

問2 次の（A）～（C）の文章は、マグマの発生の仕組みを示したものである。（ア）～（エ）に当てはまる語句として最も適切な組合せを①～⑧から1つ選び、番号をマークしなさい。

- （A） マグマの大部分は、マントルを構成する（ ア ）の一部が融けて発生する。
- （B） プレート拡大領域やホットスポットでは、固体のマントルが上昇する。上昇するマントルは（ イ ）があまり下がらないまま（ ウ ）が下がるので、その一部がとけてマグマが発生する。
- （C） プレート収束境界では、海洋プレートに含まれていた（ エ ）が放出され、マントルに供給されることでマントルの融け始める温度が下がり、マグマが発生する。

- | | | | |
|------------|--------|--------|-----------|
| ①（ア） かんらん岩 | （イ） 圧力 | （ウ） 温度 | （エ） 水 |
| ②（ア） かんらん岩 | （イ） 温度 | （ウ） 圧力 | （エ） 水 |
| ③（ア） かんらん岩 | （イ） 圧力 | （ウ） 温度 | （エ） 二酸化炭素 |
| ④（ア） かんらん岩 | （イ） 温度 | （ウ） 圧力 | （エ） 二酸化炭素 |
| ⑤（ア） はんれい岩 | （イ） 圧力 | （ウ） 温度 | （エ） 水 |
| ⑥（ア） はんれい岩 | （イ） 温度 | （ウ） 圧力 | （エ） 水 |
| ⑦（ア） はんれい岩 | （イ） 圧力 | （ウ） 温度 | （エ） 二酸化炭素 |
| ⑧（ア） はんれい岩 | （イ） 温度 | （ウ） 圧力 | （エ） 二酸化炭素 |

問3 次の(ア)～(ウ)の文章は、いくつかの火山について火山の形状を説明したものである。

これらの火山の形状を表した語句として最も適切なものを①～⑤から1つ選び、番号をマークしなさい。また、(エ)の下線が説明する火山の形状について最も適切なものを①～⑤から1つ選び、番号をマークしなさい。

- (ア) 北海道にある昭和新山は粘性の高いデイサイト質の溶岩が流れないで盛り上がった形状をしている。
- (イ) ハワイ島のマウナロア山は、粘性の低い玄武岩質溶岩が繰り返し噴出し、底面積が広く、緩やかな傾斜をもつ火山体を形成している。
- (ウ) 富士山は主に玄武岩質の溶岩と火山砕屑物が繰り返し積み重なり、円錐形の火山体を形成している。
- (エ) 多量のマグマが放出されることでマグマ溜まりに空洞が生じ、その上が陥没し凹地を形成することがある。北海道にある屈斜路湖はそうにして形成された凹地の一部に水がたまって形成された湖である。

①溶岩台地 ②成層火山 ③カルデラ ④盾状火山 ⑤溶岩ドーム

問4 次の(A)～(C)の文章は、火山噴出物や火山災害について示したものである。(ア)～(エ)に当てはまる語句として最も適切なものを①～③から1つ選び、番号をマークしなさい。

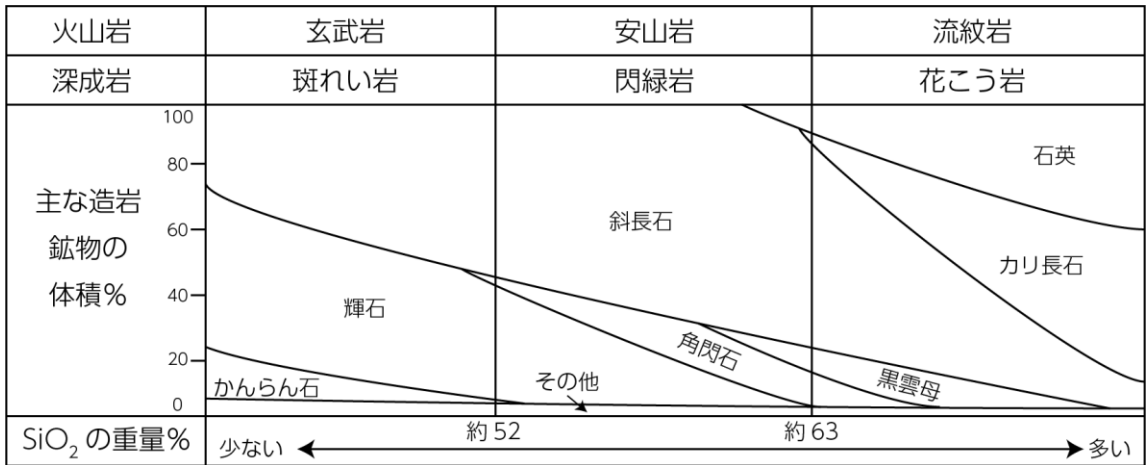
- (A) (ア) 質の溶岩が水中に流れ出ると、表面が急冷され、チューブ状にのびた形状になる場合がある。これを(イ)溶岩という
- (B) 火山ガスの成分は、一般的にはほとんどが(ウ)である。
- (C) 積雪期に火山活動があると、噴火にともなう熱で雪がとけだし融雪型の(エ)が発生することがある。

- (ア) ①玄武岩 ②安山岩 ③流紋岩
- (イ) ①縄状 ②枕状 ③塊状
- (ウ) ①水蒸気 ②二酸化炭素 ③二酸化硫黄
- (エ) ①火砕流 ②火山泥流 ③山体崩壊

問5 ある火成岩の岩石プレパラートを観察し、下図をもとに岩石名を考えることにした。次の文章は岩石プレパラートの観察結果であるが、岩石名として最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

マグマ溜まりの中で成長したと考えられる大きな結晶とマグマが急冷してできたと考えられる細かい結晶とガラス質の部分で構成されている。大きな結晶として、斜長石、輝石、角閃石を含んでいて、それら以外の結晶もわずかに含まれている。また、輝石と角閃石の体積比は同程度である。

- ①玄武岩
- ②安山岩
- ③流紋岩
- ④斑れい岩
- ⑤閃緑岩
- ⑥花こう岩



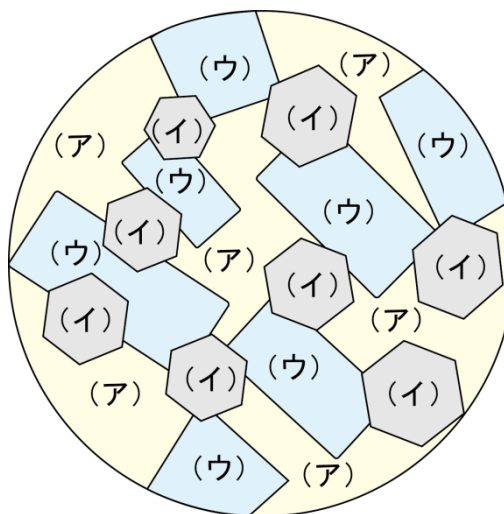
火成岩の分類

問6 火成岩や造岩鉱物の特徴として記述した以下の文章のうち、最も適切でないものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 斜長石はどの岩石にも含まれるが、SiO₂ 量の少ない岩石ほど Na に富む斜長石を含み、SiO₂ 量の多い岩石ほど Ca に富む斜長石を含む。
- ② 空隙率のきわめて小さい岩石（岩石中に穴・空間が空いておらず、中が詰まっている岩石）を考えたとき、その密度は、SiO₂ 量の多い岩石ほど小さい。
- ③ 岩石中の酸化物の重量%として、SiO₂ 量の少ない岩石から SiO₂ 量の多い岩石になるほど MgO や FeO+Fe₂O₃ の量が減少し、K₂O の量が増加する。
- ④ 岩石の見た目の色調として、一般的には、SiO₂ 量の少ない岩石ほど黒っぽい。

問7 次の図は、ある火成岩の組織の模式的なスケッチである。(ア)～(ウ)はすべて鉱物であるが、晶出した順序として最も適切ものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① (ア) → (イ) → (ウ)
- ② (ア) → (ウ) → (イ)
- ③ (イ) → (ア) → (ウ)
- ④ (イ) → (ウ) → (ア)
- ⑤ (ウ) → (ア) → (イ)
- ⑥ (ウ) → (イ) → (ア)



問8 次の表は、変成岩を分類し特徴を記したものである。空欄(ア)～(エ)にそれぞれ入る語句として最も適切な組合せを①～⑧から1つ選び、番号をマークしなさい。

岩石名	(ア)	(ウ)
働いた作用	(イ)	(エ)
特徴	粗粒の方解石の結晶が集まっている	結晶が薄い面状に一定方向を向いて配列した片理が発達している

- ① (ア) 結晶片岩 (イ) 接触変成作用 (ウ) 片麻岩 (エ) 広域変成作用
- ② (ア) 結晶片岩 (イ) 広域変成作用 (ウ) 片麻岩 (エ) 接触変成作用
- ③ (ア) 結晶片岩 (イ) 接触変成作用 (ウ) 結晶質石灰岩 (エ) 広域変成作用
- ④ (ア) 結晶片岩 (イ) 広域変成作用 (ウ) 結晶質石灰岩 (エ) 接触変成作用
- ⑤ (ア) 結晶質石灰岩 (イ) 接触変成作用 (ウ) 片麻岩 (エ) 広域変成作用
- ⑥ (ア) 結晶質石灰岩 (イ) 広域変成作用 (ウ) 片麻岩 (エ) 接触変成作用
- ⑦ (ア) 結晶質石灰岩 (イ) 接触変成作用 (ウ) 結晶片岩 (エ) 広域変成作用
- ⑧ (ア) 結晶質石灰岩 (イ) 広域変成作用 (ウ) 結晶片岩 (エ) 接触変成作用

第5問

大気の組成と鉛直構造に関する次の文章を読み、各問いに答えよ。

地球大気の組成は乾燥大気で考えると、地表から中間圏界面付近まではほぼ一様であり、体積比としてみたとき、窒素が約 80%、^(ア)酸素が約 20%、^(イ)アルゴンが約 1%、二酸化炭素が約 X %である。ただし、大気中の主要な気体の一つである水蒸気の濃度については、時間や場所により大きく変動する。この要因の一つとして、^(ウ)大気中に含むことのできる水蒸気量の上限が気温に依存して大きく変化することがあげられる。

下の図 A は、標準的な大気の気温、気圧、密度の鉛直分布を示したものである。気圧や密度は高度とともに単調に減少していくが、気温は高度とともに上昇したり低下したりする。大気はその気温分布をもとにして、地表から対流圏、^(エ)成層圏、中間圏、熱圏の 4 層に大きく分けられる。

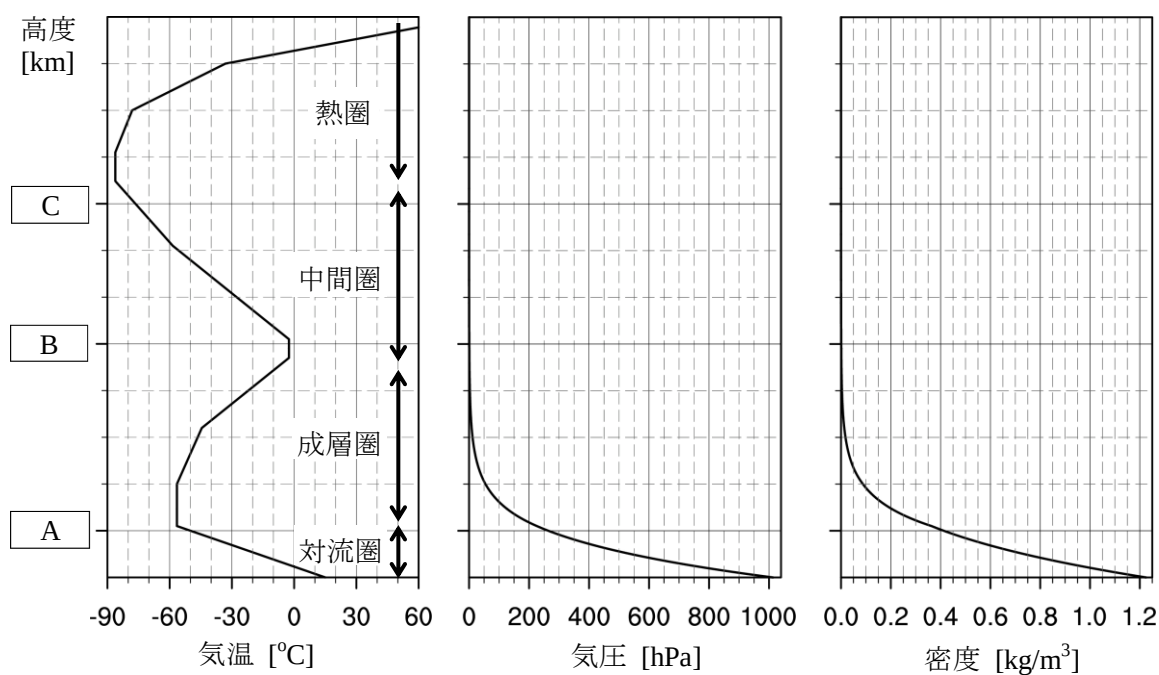


図 A 標準的な大気の気温・気圧・密度の鉛直分布

問1 文章中の空欄 X に入る値として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

① 0.004

② 0.04

③ 0.4

④ 4

問2 図A中の空欄

A

 ～

C

 に入る値の組合せとして最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

	A	B	C
①	1	5	8
②	2	10	16
③	5	25	40
④	10	50	80
⑤	20	100	160
⑥	30	150	240

問3 文章中の下線部（ア）に関連して、酸素について述べた次の文 a～c のうち正しい文をすべて選んだものとして最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

- a 太陽からもたらされる電気を帯びた粒子が大気中の酸素と衝突すると発光し、オーロラが生じる。
- b 地球が誕生して間もない時期の原始大気には、現在よりも多くの酸素が含まれていた。
- c 火星の大気は地球の大気よりも薄く、その主成分は酸素である。

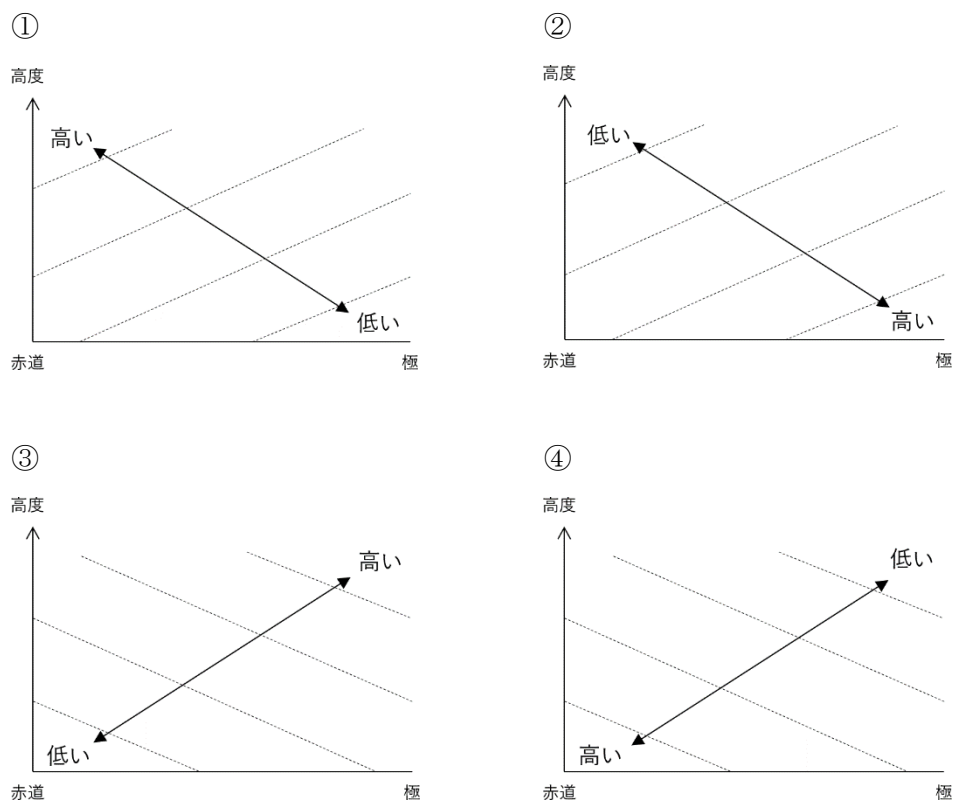
- ① a ② b ③ c ④ a と b ⑤ b と c ⑥ a と c

問4 文章中の下線部（イ）に関連して、現在大気中に存在しているアルゴンは、地殻を構成する岩石中に含まれるカリウムの放射壊変によって生成された。地殻中のカリウムについて述べた次の文 a・b の正誤の組合せとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- a 地殻を構成する元素のうち、3番目に多い元素である。
- b 苦鉄質の岩石よりもケイ長質の岩石に多く含まれる傾向にある。

- ① a 正, b 正
 ② a 正, b 誤
 ③ a 誤, b 正
 ④ a 誤, b 誤

問 5 文章中の下線部（ウ）に関連して、対流圏において大気中に含むことができる水蒸気の圧力の上限（飽和水蒸気圧）の分布を、高度－緯度断面に示した模式図（破線は等値線）として最も適当なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。



問 6 文章中の下線部（エ）に関連して、成層圏にはオゾン層が存在している。オゾン層について述べた次の文章中の空欄 Y・Z に入る語の組合せとして最も適切なものを①～④のうちから 1 つ選び、番号をマークしなさい。

オゾン層は、太陽放射に含まれる電磁波のうち、生物にとって有害な Y を吸収するはたらきがある。近年、人間活動によって放出されたフロンによってオゾン層が破壊されつつあることが問題となった。そのメカニズムとして、フロンを起源とする Z 原子がオゾンを破壊する化学反応の触媒となることが知られている。

	Y	Z
①	紫外線	塩素
②	紫外線	窒素
③	赤外線	塩素
④	赤外線	窒素

問 7 対流圏界面の高度について述べた文として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 対流圏界面の高度は低緯度よりも高緯度の方が高く、天気を左右するような雲の発達はこれよりも上層でおこる。
- ② 対流圏界面の高度は低緯度よりも高緯度の方が高く、天気を左右するような雲の発達はこれよりも下層でおこる。
- ③ 対流圏界面の高度は高緯度よりも低緯度の方が高く、天気を左右するような雲の発達はこれよりも上層でおこる。
- ④ 対流圏界面の高度は高緯度よりも低緯度の方が高く、天気を左右するような雲の発達はこれよりも下層でおこる。

問 8 文章中の下線部（エ）に関連して、成層圏に含まれる大気の質量は、地球大気的全質量の約何%か。その値として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 0.2 ② 1 ③ 5 ④ 25

問 9 図 A のように、大気の密度は高度とともに連続的に減少していく。ここでは、密度が高度とともに変化せず、現在の地表面での値で一様となっている仮想的な大気を考える。このとき、次の各問いに答えよ。ただし、標高 0 m の地表面 1m^2 の上空に存在する大気全質量を $1.0 \times 10^4 \text{ kg}$ とする。また、 $1\text{Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ 、 $1\text{hPa} = 100\text{Pa}$ 、 $1\text{N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ である。

問 9-1 高度 100 m 上昇するごとに気圧は何 hPa 低下するか。その値として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 0.12 ② 1.2 ③ 12 ④ 120

問 9-2 大気全体の厚さは何 km となるか。その値として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 0.83 ② 8.3 ③ 83 ④ 830

第6問

地学基礎の授業で気象を学んだシホさんとメミさんは、夏休みの自由研究で今年(2018年)7月の豪雨と猛暑について調べることにした。次の文章は、二人が当時の天気図(図1・図2)を見ながら話している様子を記したものである。これを読んで、各問いに答えよ。

シホ「まずは、この天気図(図1)が西日本を中心に豪雨になったときの天気図だね。日本を横断するように前線があるね。」

メミ「梅雨前線かな。(ア)この梅雨前線に沿ってできた雨雲で大雨になったみたいだね。」

シホ「前線は(イ)二つの性質の異なる空気がぶつかって雲ができやすくなっているところだって習ったよね。」

メミ「でも、前線はずっと長く延びているのに、どうして日本のところだけで大雨になったのかなあ。」

シホ「たしかに。それを調べてみようよ。日本の北にある高気圧が結構強そうだけど、関係しているのかな。」

メミ「これ、授業で習った(ウ)オホーツク海高気圧ってやつじゃない？」

シホ「あ、そうかもしれない。オホーツク海高気圧についても調べてみよう。」

メミ「次は、これが埼玉県熊谷で最高気温 41.1℃が観測された日の天気図(図2)だよ。」

シホ「この日は東京でもすごく暑くて、もう家から出られなかった。」

メミ「前日の夜からすごく暑かったのを覚えているよ。夜でも 30℃を超えていたんじゃないかなあ。」

シホ「(エ)暑くなる日にはどういう特徴があるのかな。それを調べたら、今年の猛暑の要因もわかるかもしれないよ。」

メミ「そうだね。これで自由研究の方針がだいたい決まったね。」

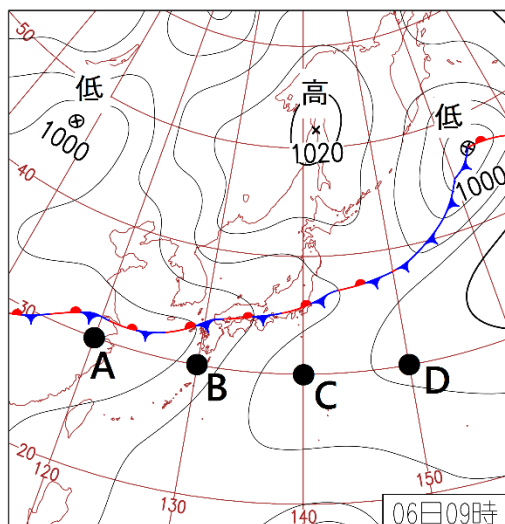


図1 2018年7月6日9時の天気図
(西日本を中心に豪雨)

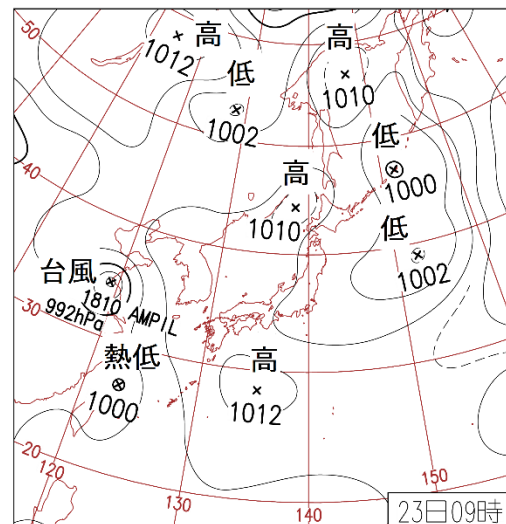


図2 2018年7月23日9時の天気図
(埼玉県熊谷で 41.1℃を観測)

シホ「こうやって日々の天気図を見ていると、授業で習った^(オ)大気大循環の様子とは全然違うことがわかるよね。こっちのほうが気象への興味が湧くなあ。」

メミ「大気大循環ってハドレー循環とかジェット気流とかのやつ？ でもさ、^(カ)日々の天気図の平均としてあの大気大循環が現れると考えると、それもすごく興味深くないかなあ。」

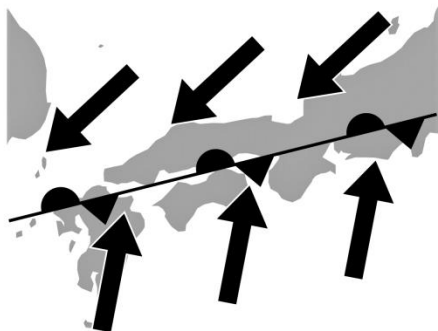
シホ「うーん、そう言われれば、そうかもしれない・・・」

問 1 文章中の下線部（ア）に関連して、このような豪雨において特に強い降水を引き起こす雲の種類として最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

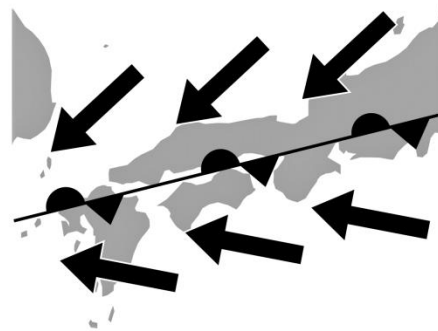
- ① 巻雲 ② 巻積雲 ③ 層雲 ④ 層積雲 ⑤ 積乱雲 ⑥ 高積雲

問 2 文章中の下線部（イ）に関連して、このときの西日本周辺における地表付近の風の吹く向きを示した模式図として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

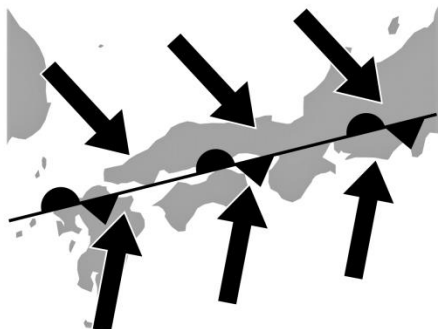
①



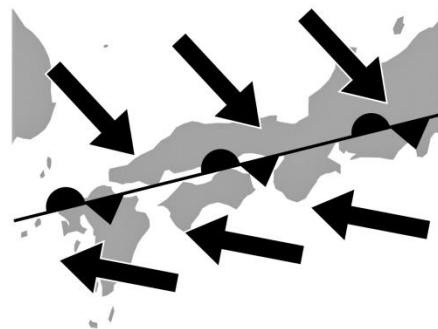
②



③



④



問3 図1中の点A～Dのうち最も風速が強いと考えられる地点を選んだものとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

① A

② B

③ C

④ D

問4 この豪雨で、長さ500 km、幅200 kmの帯状の降水域において、1日あたり平均150 mmの降水がもたらされたとする。この降水量に相当する水蒸気が全て周囲の海域から蒸発したものであるとすると、この降水をまかなうのに必要な海域の面積は日本海の面積($1 \times 10^6 \text{ km}^2$)の何倍か。その値として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、海面からの蒸発量を1日あたり5 mmとする。

① 0.03

② 0.3

③ 3

④ 30

問5 この日、高知県本山では510.5 mmの日降水量を記録した。この降水量を地表面 1m^2 の上空において1秒(1 s)あたりに放出される潜熱に換算すると、太陽定数の何倍となるか。その値として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、潜熱を $2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$ とする。なお、 $1\text{W} = 1 \text{ J/s}$ である。

① 0.011

② 0.11

③ 1.1

④ 11

問6 文章中の下線部(ウ)に関連して、初夏にしばしば形成されるオホーツク海高気圧は上空のジェット気流の蛇行と関係しており、この地域に特徴的な地形がジェット気流を蛇行しやすくしていると考えられている。それを説明した次の文章中の空欄 X・Y に入る語句の組合せとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

初夏になると高緯度地域でも太陽放射が強くなり、オホーツク海とその北側の陸地とで比較すると、温まりやすい X のほうが表面温度が高くなる。その結果、オホーツク海と北側の陸地との間で大気の南北の温度差が他の季節と比べて Y ことによって、ジェット気流が弱まり、極端な蛇行が起こりやすくなる。

- | | | | | | | | | | |
|---|---|--------|---|-------|---|---|--------|---|-------|
| ① | X | オホーツク海 | Y | 大きくなる | ② | X | オホーツク海 | Y | 小さくなる |
| ③ | X | 陸地 | Y | 大きくなる | ④ | X | 陸地 | Y | 小さくなる |

問 7 文章中の下線部（エ）に関連して，日中の気温が高くなりやすい日の天気の様子を説明した文として最も適切なものを①～④から 1 つ選び，番号をマークしなさい。

- ① 前夜には晴れて雲がなく，日中も晴れて雲がない日。
- ② 前夜には晴れて雲がなかったが，日中には雲が広がっている日。
- ③ 前夜には雲が広がっていたが，日中には晴れて雲がない日。
- ④ 前夜には雲が広がっていて，日中も雲が広がっている日

問 8 図 2 中にみられる台風に関連して，台風の性質について述べた次の文 a・b の正誤の組合せとして最も適切なものを①～④から 1 つ選び，番号をマークしなさい。

- a 水が蒸発するときに周囲に放出する潜熱をエネルギー源として発達する。
- b 中心部に台風の目とよばれる強い上昇流を伴う領域をもつことがある。

- ① a 正， b 正
- ② a 正， b 誤
- ③ a 誤， b 正
- ④ a 誤， b 誤

問 9 文章中の下線部（オ）に関連して、次の図 3 の a～d は東西風または南北風の緯度分布を模式的に示したグラフである。a～d の縦軸のスケールはそれぞれのグラフで異なり、東西風については西風を正(図の上方向)、南北風については南風を正(図の上方向)としている。これについて、各問いに答えよ。ただし、東西風、南北風とは、図 4 のように、風を東西方向と南北方向に分解したときの各成分のことをいう。図 4 のような場合、東西風も南北風も正である。

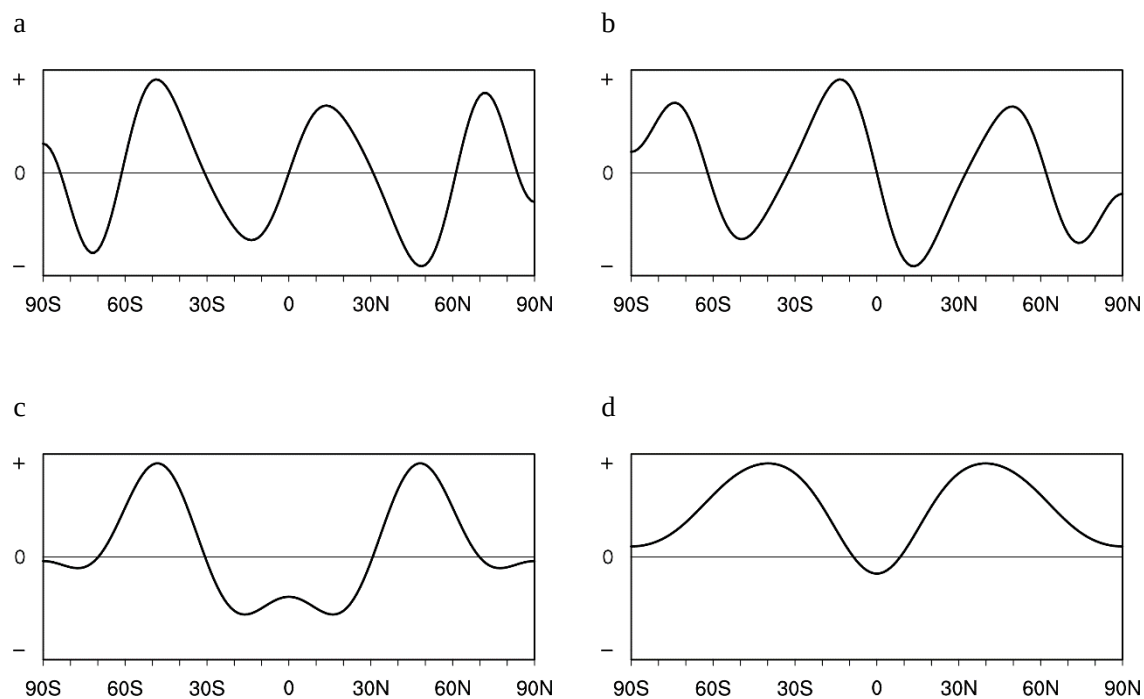


図 3 地表付近と対流圏上層における平均的な東西風または南北風の模式的な緯度分布

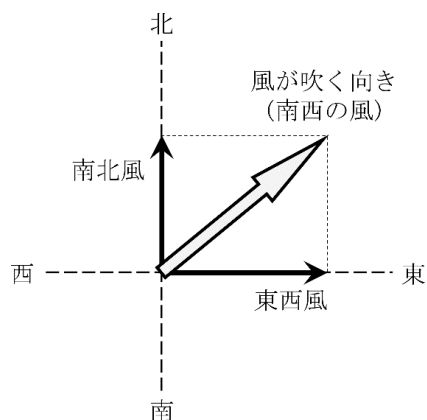


図 4 東西風と南北風
(南西の風の場合の例)

問 9-1 地表付近と対流圏上層における平均的な東西風の模式的な緯度分布の組合せとして最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 地表付近；a， 対流圏上層；b ② 地表付近；b， 対流圏上層；a
③ 地表付近；c， 対流圏上層；d ④ 地表付近；d， 対流圏上層；c

問 9-2 地表付近と対流圏上層における平均的な南北風の模式的な緯度分布の組合せとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 地表付近；a， 対流圏上層；b ② 地表付近；b， 対流圏上層；a
 ③ 地表付近；c， 対流圏上層；d ④ 地表付近；d， 対流圏上層；c

問 10 文章中の下線部(カ)に関連して、日々の天気図にみられる現象の平均あるいはその積み重ねが大気大循環の本質的な要素になる例として、移動性の高低気圧による極向きの熱輸送が挙げられる。日本付近の春や秋には高気圧や低気圧が繰り返し通過することで、気温や風向が周期的に変化する。日本のある地点において気温が次の図5のように変化したとき、その地点において平均的な熱輸送が極向きとなるような南北風速の時系列として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、図5および選択肢のグラフの横軸のスケールはすべて共通である。

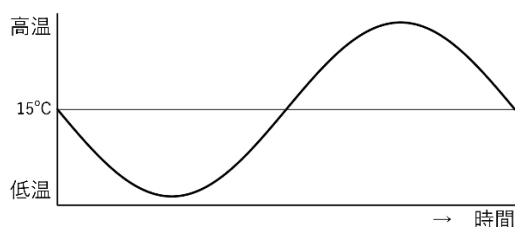
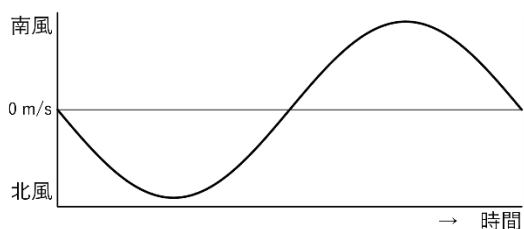
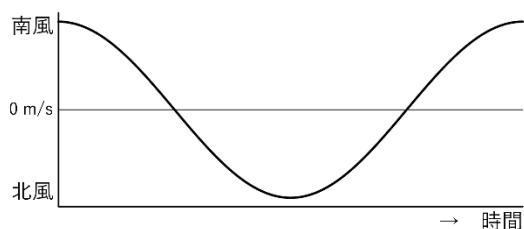


図5 日本のある地点における気温の時系列

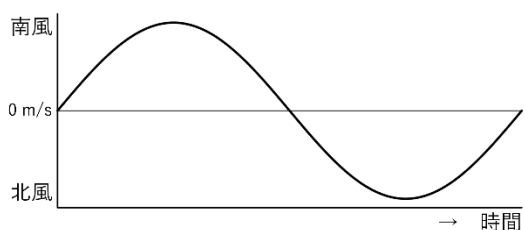
①



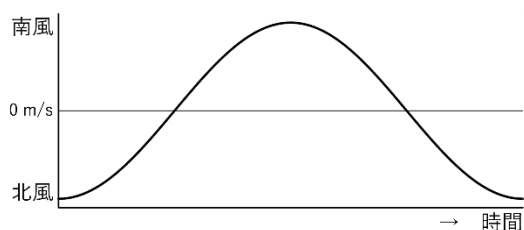
②



③

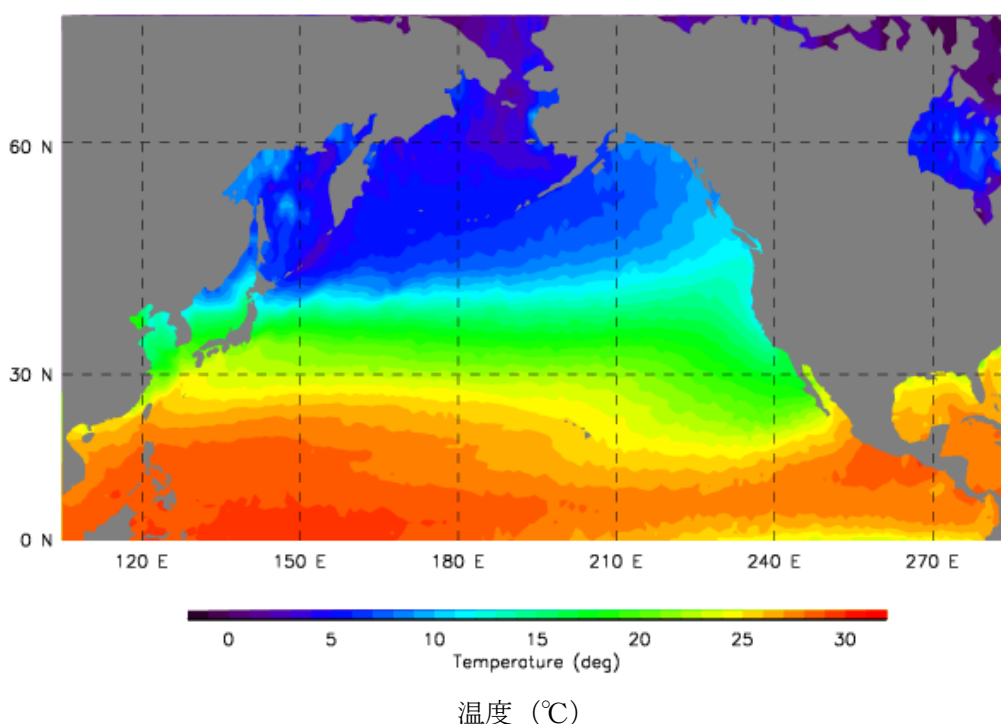


④



第7問

次の図は、北太平洋における海面水温の平年的な分布を示している。海面で受け取る単位面積あたりの エネルギーの多い低緯度で高温、少ない高緯度で低温となる傾向がみられる。また、東西差が大きい緯度帯も見られる。例えば①赤道域では西側の方が東側よりも高温となる傾向がある。この赤道域の海面水温の東西差は年によって変動し、東西差が弱まる現象は と呼ばれ、②日本の気候にも影響を与えることが知られている。また、 緯度帯でも大洋の西側が東側に比べて高温となる傾向がある。これはこの緯度帯を流れる が暖かい海水を低緯度から高緯度に、 が冷たい海水を高緯度から低緯度に運んでいるためである。③このような南北方向の海流は熱を高緯度に運び、地球の気候の南北差を和らげている。一方、日本付近に着目すると、北海道の西岸沖は北海道の東岸沖に比べて高温となっている。これは、 が冷たい海水を北海道東岸沖に、④対馬海峡から日本海に流入する海流が暖かい海水を北海道沖にまで運んでいるためである。このように、海流は全球規模の気候や地域の気候に影響を与える。



問1 上の文の ～ に入る最も適切な語句をそれぞれ1つ選び、番号をマークしなさい。

- [ア] ① 地球放射 ② 太陽放射 ③ 潜熱 ④ 地熱
- [イ] ① エルニーニョ現象 ② ラニーニャ現象
 ③ 赤道湧昇現象 ④ デリンジャー現象
- [ウ] ① モンスーンが発達する ② 偏西風の蛇行が活発な
 ③ ジェット気流が最大となる ④ 偏西風と貿易風に挟まれた

- [エ] ① 黒潮 ② 親潮 ③ 大潮 ④ 高潮 ⑤ 北赤道海流
 ⑥ カリフォルニア海流 ⑦ 対馬海流 ⑧ リマン海流
- [オ] ① 黒潮 ② 親潮 ③ 大潮 ④ 高潮 ⑤ 北赤道海流
 ⑥ カリフォルニア海流 ⑦ 対馬海流 ⑧ リマン海流
- [カ] ① 黒潮 ② 親潮 ③ 大潮 ④ 高潮 ⑤ 北赤道海流
 ⑥ カリフォルニア海流 ⑦ 対馬海流 ⑧ リマン海流

問2 文章中の下線部①に関連して、太平洋赤道域の海面水温が西側で高い理由として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 貿易風が暖かい海水を西に輸送するから。
 ② 貿易風が暖かい空気を西に輸送するから。
 ③ 西側では雲が少なく日射が強いから。
 ④ 西側では蒸発が少ないから。

問3 文章中の下線部②に関連して、日本の気候へ及ぼす影響として最も適切でないものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 冬が温暖になる。 ② 夏が冷夏になる。
 ③ 梅雨明けが遅くなる。 ④ 台風が頻繁に上陸する。

問4 文章中の下線部③に関連して、海流の熱の南北輸送に関する次の文 a・b の正誤の組合せとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- a 南太平洋の亜熱帯域では、東側に暖かい海水を高緯度に輸送する海流が、西側に冷たい海水を低緯度に輸送する海流がみられる。
 b 地球全体で見ると、海流は大気循環よりも10倍以上大きい熱量を高緯度に運んでいる。

- ① a 正, b 正 ② a 正, b 誤 ③ a 誤, b 正 ④ a 誤, b 誤

問5 文章中の下線部④に関連して、仮に日本とユーラシア大陸や朝鮮半島が陸続きとなり、日本海が太平洋から孤立した場合に、日本で起こりうる気候の変化に関する次の文 a・b の正誤の組合せとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- a 日本海側の冬季の気温が低下する。
 b 日本海側の冬季の降雪量が増加する。

- ① a 正, b 正 ② a 正, b 誤 ③ a 誤, b 正 ④ a 誤, b 誤

第8問

海水には①塩化ナトリウムなどの塩類が溶けている。外洋水の場合、海水 1 k g 中に ア の塩類が溶けている。溶けている塩類の組成比は イ。海洋表層の塩分は②蒸発や降水(降雪)、陸水の流入で決まり、高緯度域では一般に海洋表層の塩分は低い。高緯度域の冷たい表層水が結氷すると、ウ ため、海水の密度が大きくなり深層にまで沈み込む。沈み込んだ海水は、深層水としてゆっくりと流れながら世界中に運ばれる。このように海水の密度差が原因で生じる地球規模の循環は エ と呼ばれる。この循環により、③表層水に多く溶けている酸素のように、④さまざまな物質が海洋深層に運ばれる。しかし、⑤地球が温暖化すると、海水が十分に冷えて重くなれずに、深層循環が停止すると考えられている。

問1 上の文の ア ～ エ に入る最も適切な語句をそれぞれ1つ選び、番号をマークしなさい。

[ア] ① 0.33 ～ 0.38 g ② 3.3 ～ 3.8 g ③ 33 ～ 38 g ④ 330 ～ 380 g

[イ] ① 大洋ごとに大きく異なる ② 北半球と南半球で大きく異なる
③ 表層と深層で大きく異なる ④ およそ世界中どこでも一定である

[ウ] ① 氷の下の海水の塩分が増加する ② 氷に接していた海水が過冷却する
③ 植物プランクトンが増殖する ④ 太陽光が反射される

[エ] ① 密度循環 ② 熱塩循環 ③ 風成循環 ④ コンベアー循環

問2 文章中の下線部①に関連して、海水中に溶けている塩類のうち、塩化ナトリウムの次に多い成分を①～④より1つ選び、番号をマークしなさい。

① 塩化銅 ② 塩化銀 ③ 塩化マグネシウム ④ 塩化アンモニウム

問3 文章中の下線部②に関連して、次の文 a・b の正誤の組合せとして最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

a 海洋全体では、海洋からの蒸発量より海洋への降水量の方が多い。

b 海洋への陸水の流入量は、海洋からの蒸発量に等しい。

① a 正, b 正 ② a 正, b 誤 ③ a 誤, b 正 ④ a 誤, b 誤

問4 文章中の下線部③に関連して、海洋表層の海水に酸素が多く溶けている理由を説明した次の文 **a・b** の正誤の組合せとして最も適切なものを下の①～④より1つ選び、番号をマークしなさい。

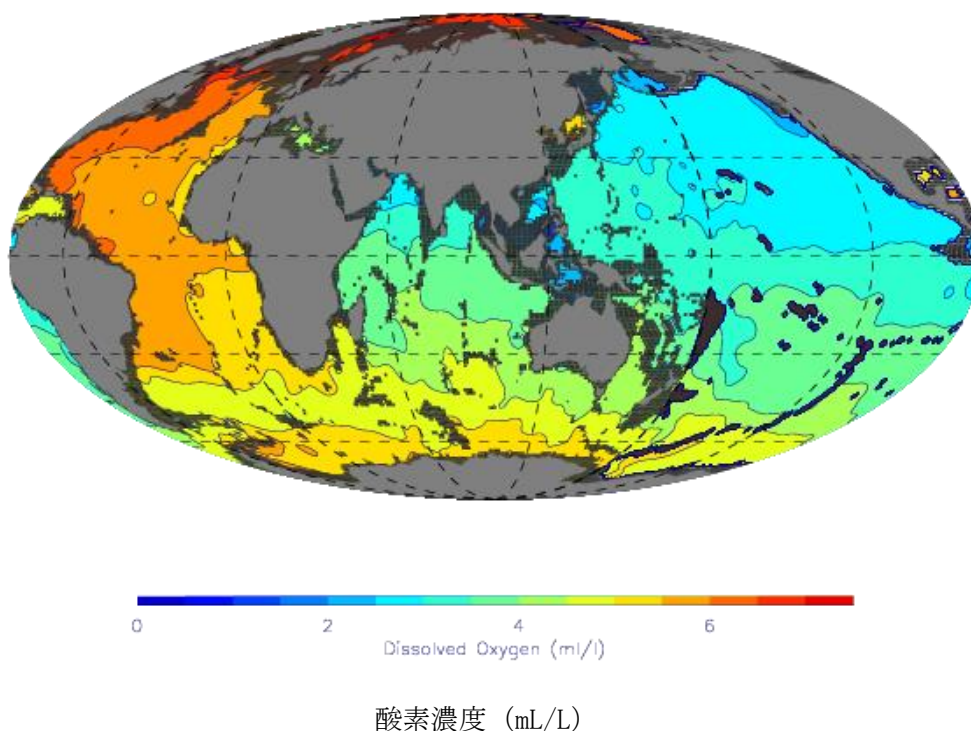
a 酸素を多く含む空気と接しているから。 **b** 植物プランクトンが光合成を行うから。

- ① **a** 正, **b** 正 ② **a** 正, **b** 誤 ③ **a** 誤, **b** 正 ④ **a** 誤, **b** 誤

問5 文章中の下線部④に関連して、次の図は深さ 3000mにおける海水中に溶けている酸素の濃度（単位は mL/L）の分布を示している。海洋深層ではバクテリアなどにより酸素が消費されるため、海水中に溶けている酸素の濃度は時間とともに減少する。表層の海水が 3000m の深層にまで沈み込む海域として適切なものを **a** ～ **c** からすべて選び、その組合せとして最も適切なものを次の①～⑦より1つ選び、番号をマークしなさい。

- a** 北大西洋北端（グリーンランド周辺）
b 南極周辺
c 北太平洋北端（アリューシャン列島周辺）

- ① **a** ② **b** ③ **c** ④ **a** と **b** ⑤ **b** と **c** ⑥ **a** と **c** ⑦ **a** と **b** と **c**



問6 海洋深層で海水中に溶けている酸素の濃度が減少する割合は、1年あたりおよそ 3×10^{-3} mL/L である。深層の海水が全世界の海洋に輸送されるのにかかる時間として、最も適切なものを①～④より1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 10 ～ 20 年 ② 100 ～ 200 年 ③ 1000 ～ 2000 年 ④ 10000 ～ 20000 年

問7 文章中の下線部⑤に関連して、深層循環の停止が主な原因の1つとして考えられている出来事として最も適切なものを①～④より1つ選び、番号をマークしなさい。

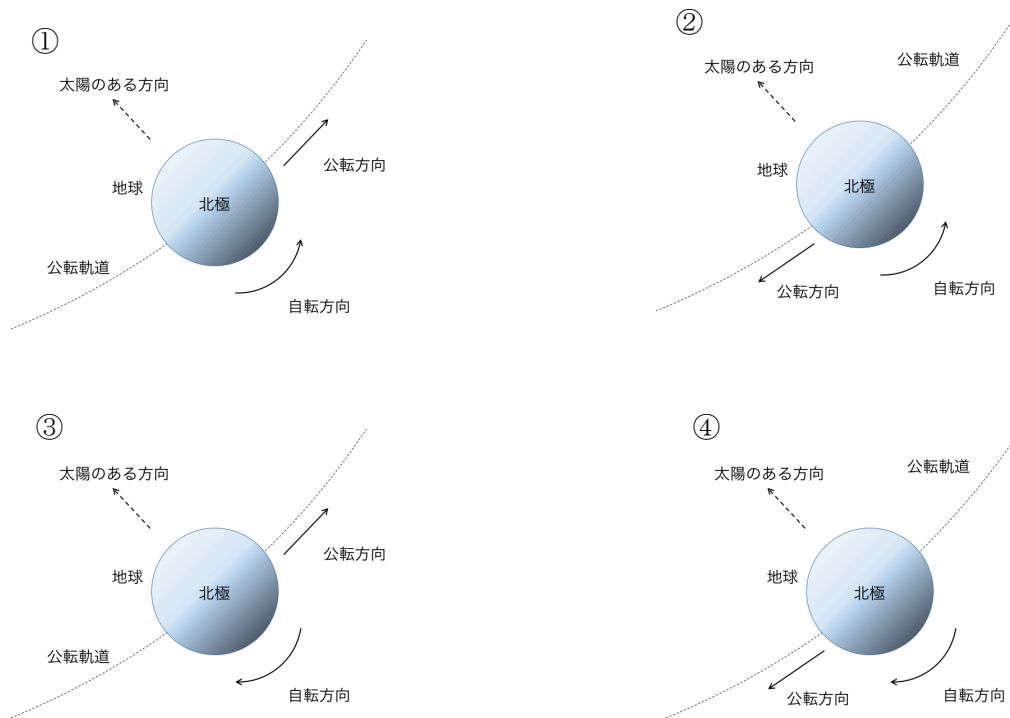
- ① 海洋無酸素事変 ② エルニーニョ ③ オゾン層の形成 ④ 縞状鉄鉱層の形成

問題 9 〜 続く

第9問

問1 惑星の自転と公転についての次の各設問に答えなさい。

問1-1 地球を北極上空の宇宙空間から見下ろした時の、公転と自転の方向を表す模式図として、最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。



問1-2 地球から惑星探査機の打ち上げにふさわしい時間帯と向きについて適切なものを①～⑧から2つ選び、番号をマークしなさい。ただし、スイングバイは考えない。

- ① 外惑星探査機は夜に西向きに打ち上げる方が良い。
- ② 内惑星探査機は夜に西向きに打ち上げる方が良い。
- ③ 外惑星探査機は昼に西向きに打ち上げる方が良い。
- ④ 内惑星探査機は昼に西向きに打ち上げる方が良い。
- ⑤ 外惑星探査機は夜に東向きに打ち上げる方が良い。
- ⑥ 内惑星探査機は夜に東向きに打ち上げる方が良い。
- ⑦ 外惑星探査機は昼に東向きに打ち上げる方が良い。
- ⑧ 内惑星探査機は昼に東向きに打ち上げる方が良い。

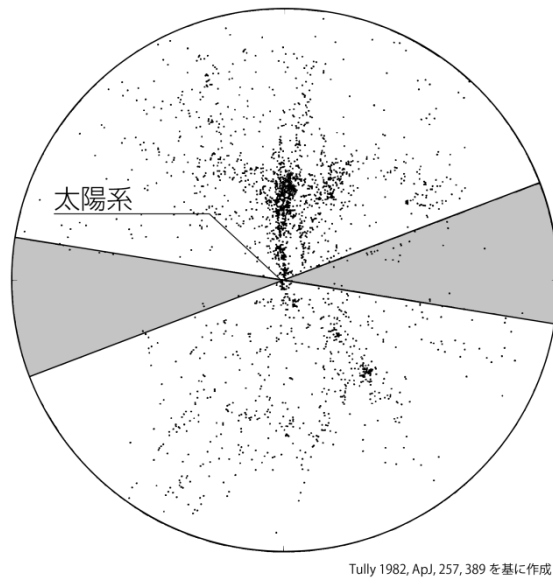
問 1-3 流星群を観測するには午前零時を過ぎてからが良いとされる理由として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 午前 0 時を過ぎると地球大気分子による太陽光のレイリー散乱が減っていくからである。
- ② 午前 0 時を過ぎると地球の公転の進行方向の星空が見えてくるからである。
- ③ 午前 0 時を過ぎると地球の公転の進行方向の逆方向の星空が見えてくるからである。
- ④ 午前 0 時を過ぎると地球の自転に伴って動く観測者の地点の法線方向の星空が見えてくるからである。

問 1-4 次の表は地球を除く太陽系内の惑星の自転周期と、公転面に対する自転軸の傾きを示す。
この表の中で、金星および天王星として最も適切なものを①～⑦からそれぞれ 1 つ選び、番号をマークしなさい。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
自転周期[日]	1.03	243	0.444	0.718	0.414	0.671	58.7
自転軸の傾き[度]	25.2	177	26.7	97.8	3.12	27.9	0.04

問2 次の図は銀河系から約1億光年程度までの距離にある銀河の分布を示している。各設問に答えなさい。



問2-1 図の網掛けの部分には観測が困難で分布が不明であることを示している。その理由として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 黄道面の方向なので見えない。
- ② 黄道面に垂直な方向なので見えない。
- ③ 銀河面の方向なので見えない。
- ④ 銀河面に垂直な方向なので見えない。

問2-2 この図の範囲を広げていくと、銀河がほとんど存在しない領域と、銀河団や超銀河団が連なって分布する領域が現れてくる。この銀河がほとんど存在しない領域を何というか。最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

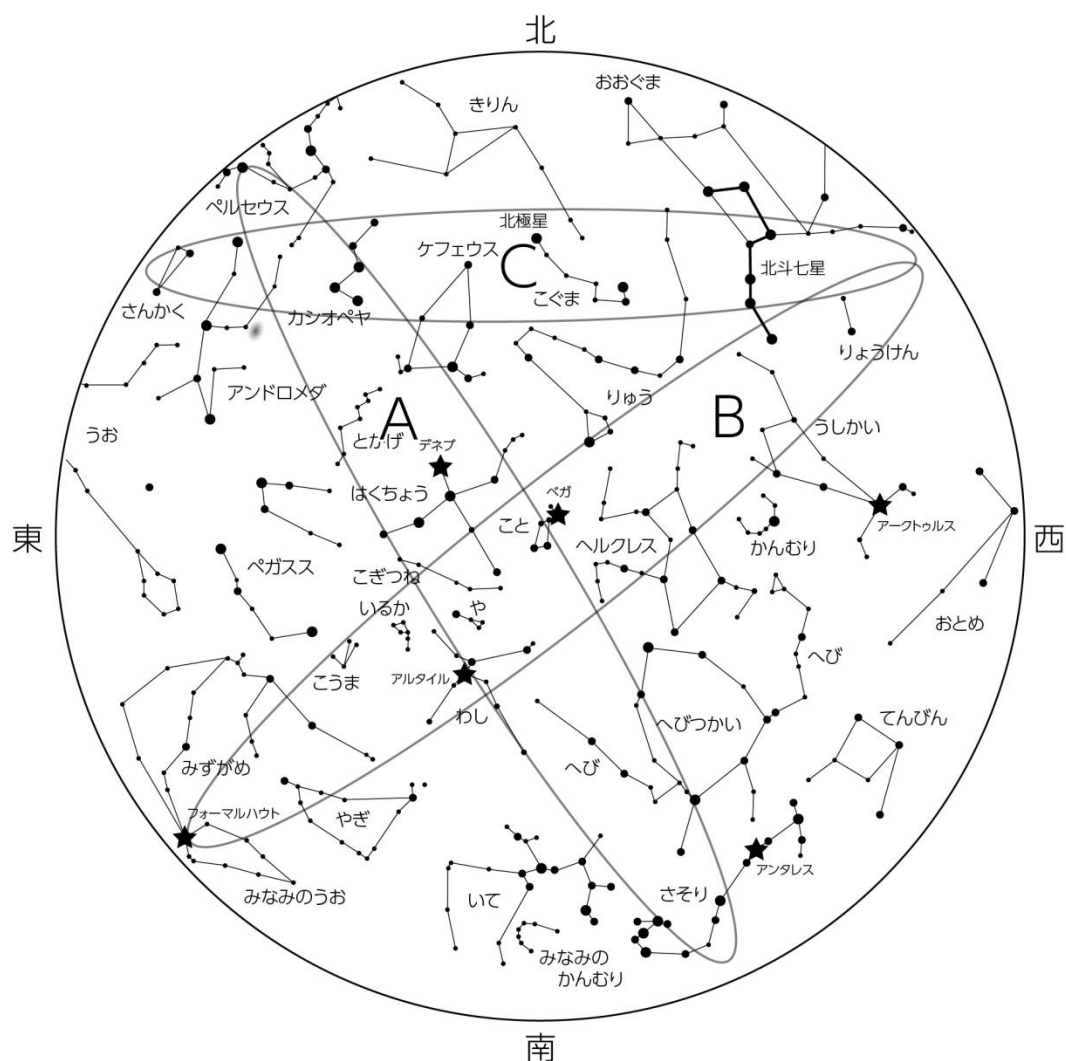
- ①フィラメント ②ボイド ③グレートウォール ④ハロー

問2-3 我々の銀河系が属するものはどれか。適切なものを①～⑤からすべて選び、番号をマークしなさい。

- ①局部銀河群 ②ケンタウルス座銀河団 ③ろ座銀河団
- ④かみのけ座超銀河団 ⑤おとめ座超銀河団

問 2-4 下の図は 2018 年 8 月中旬における日本での夜空と星座を示したものである。この中で、
天の川はおよそ A～C のどこに見えるか。最も適切なものを①～③から 1 つ選び、番号をマ
ークしなさい。

- ① A ② B ③ C



国立天文台 天文情報センター (8月中旬21時 東京の空)
※一部作問の都合上改変しています

第 10 問

問 1 次の表は、宇宙誕生からの経過時間と主なできごとについてまとめたものである。各設問に答えなさい。

宇宙誕生からの経過時間	できごと
10^{-33} 秒後	ビッグバンが起こった
10 万分の 1 秒後	様々な素粒子のうち、 A と呼ばれるものが結びついて、水素の原子核である B や、 C が生まれた
3 分後	B と C が結合し、ヘリウム原子核がわずかに合成された
38 万年後	自由に飛び回っていた D と B が結合し、宇宙が晴れ上がった

問 1-1 空欄 A～D に入る語として最も適切なものを①～⑤から 1 つずつ選び、番号をマークしなさい。

- ①光子 ②クォーク ③電子 ④陽子 ⑤中性子

問 1-2 「宇宙の晴れ上がり」の際に放射された電磁波は 3K 宇宙背景放射と呼ばれている。これについて説明した次の文①～④について最も適切でないものを 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 3K 宇宙背景放射はもともと約 30000K の物体から放射されたものであった。
- ② 3K 宇宙背景放射は 3K の黒体放射に近くももとの放射と異なるが、赤方偏移によって波長が延ばされたためである。
- ③ 3K 宇宙背景放射の存在は全宇宙がかつてほぼ同程度に高温であった証拠である。
- ④ 3K 宇宙背景放射の発見により、定常宇宙論が廃れビッグバン理論が優位となった。

問 2 宇宙誕生からおよそ 1～3 億年後までには恒星が形成されたと考えられている。恒星の誕生プロセスについて述べた文として適切なものを次の①～④から 2 つ 選び、番号をマークしなさい。

- ① 分子雲の一部が自らの重力で収縮し高温になることで自ら光る原始星が誕生する。
- ② 原始星は、収縮に伴って解放される磁場のエネルギーを熱に変えて光っている。
- ③ 原始星が自己重力で収縮して温度が上昇し、中心部が 1000 万～1500 万 K になると水素原子核からヘリウム原子核ができる核融合が始まる。
- ④ 原始星ができてから主系列星になるまでの時間は、太陽程度の質量の星の場合、数百万年と考えられている。

問3 宇宙誕生からおよそ 92 億年後に我々の太陽系が形成されたと考えられている。我々の太陽系とその惑星の形成について述べた文として適切なものを次の①～④の中からすべて選び、番号をマークしなさい。

- ① 原始太陽系星雲の中で、太陽に比較的近い領域では、直径 1000～数千 km 程度の鉄と岩石を主成分とする微惑星が 10～20 個程度できたと考えられている。
- ② 太陽から離れると温度が下がり水は固体の氷となるが、この境界線が火星と木星の間にあるため、その内側で地球型惑星が、外側で木星型惑星がそれぞれ生まれた。
- ③ 太陽から遠い領域でできた原始惑星は質量が大きく、その重力によって多くの星間ガスを集めることができ、その結果、巨大ガス惑星である木星と土星が形成された。
- ④ 天王星と海王星は太陽からの距離が木星や土星より遠く形成に時間がかかったため、形成された頃には周囲にガスがあまり残っておらず、木星や土星に比べ小さく水やメタンの氷を多く含んだ巨大氷惑星となった。

問4 このような過去の情報を得るためには遠方にある天体を観測し、その天体から地球までの距離を求め、天体が光を放射した時期を特定することが有効である。距離を測定する方法の一つに年周視差による判別方法があるが、年周視差または天体までの距離について述べた①～④の文のうち最も適切でないものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 年周視差が 1" の距離にある星までの距離は 1 パーセクである。
- ② 天体の明るさを表す絶対等級は天体を 10 パーセクに置いた時の等級として定義される。
- ③ 実視等級が絶対等級より 5 等級大きい場合には、天体は絶対等級の距離の 100 倍の距離に存在している。
- ④ 年周視差は最も大きい恒星でも 1" よりも小さい。

問5 「現在の太陽は約 60 億年後には赤色巨星となる。その後（ア）を経て、最終的には（イ）になる。」

この文の（ア），（イ）に入る最も適切な語句をそれぞれ①～⑤から選び、番号をマークしなさい。

- ① 白色矮星 ② 中性子星 ③ 惑星状星雲 ④ 超新星爆発 ⑤ブラックホール

第 1 1 問

第四紀に関する次の文章を読み、各問いに答えよ。

約 万年前に始まり現在を含む時代である第四紀は、高緯度に_(ア)氷床が形成され、寒冷化と温暖化を繰り返してきた気候変動の激しい時代である。この気候変動の周期は氷期―間氷期サイクルと呼ばれ、過去約 70 万年間においては約 年の周期が卓越している。その主な原因はミランコビッチサイクル*¹に伴う日射量や季節分布の変動であると考えられている。この変動は_(イ)海洋や大気の循環に影響を及ぼし、全球的な気候変動をもたらす。

第四紀の気候変動を理解することは間氷期にある現在の地球の理解、そして未来の気候変動の予測にもつながる。_(ウ)地質学的な証拠やアイスコア*²の調査、気候モデルによるシミュレーションなどを通じて、盛んに研究が行われている。

*1：地球の軌道要素（公転軌道の離心率、地軸傾斜角、歳差運動）の周期変動。離心率とは楕円がどれだけ円から離れているかを示す値。地軸傾斜角とは公転面と自転軸のなす角度の大きさ。歳差運動とは自転軸の公転面に対する傾斜の向きが周期的に変化する現象を指す。

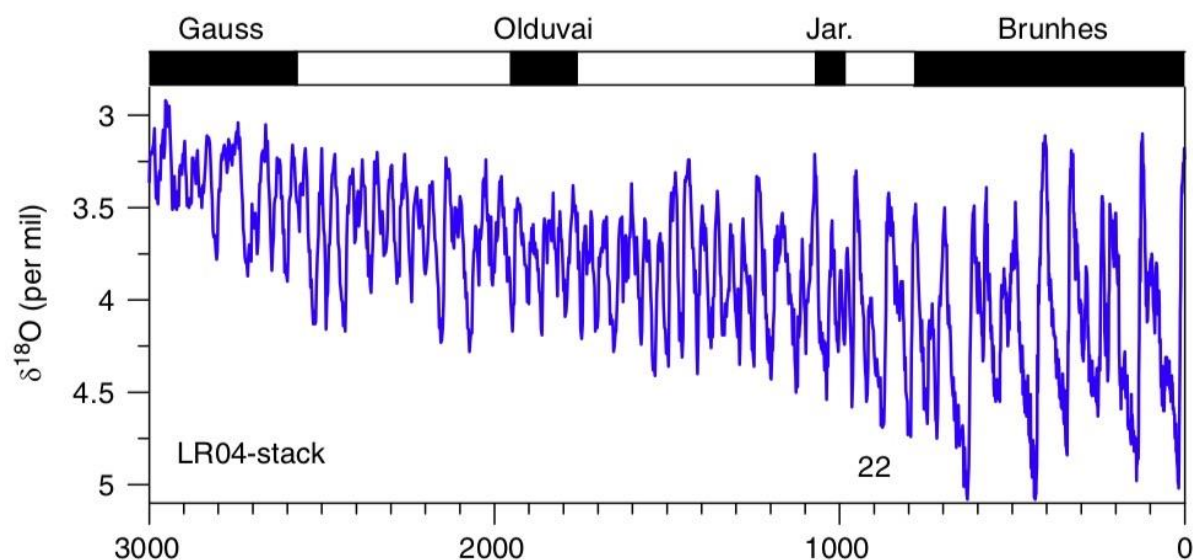
*2：アイスコアとは現在の氷床をくりぬいた資料。氷床は降り積もった雪が氷となってできるため、年縞を数えることで時代を復元できる。

問 1 文章中の空欄 に入る値として最も適切なものを次の①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 180 ② 260 ③ 700 ④ 2300

問 2 次の図を参考にして、文章中の空欄 に入る値として最も適切なものを①～④から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 1000 ② 1 万 ③ 4 万 ④ 10 万



年代 (千年前)

図；縦軸は海底堆積物に含まれる酸素同位体比（単位は [%]；パーミル=1000 分の 1），横軸は現在を 0 として堆積物の堆積した年代（単位は [千年前]）を取ったグラフ。酸素同位体比は海水温と氷床量を反映している。なお，上部の白黒は地磁気の極性（黒は現在と同じ）。

(Lisiecki and Raymo, 2005)

問 3 文章中の下線部（ア）に関連して，氷床および氷河について述べた文として最も適切でないものを①～④から 1 つ選び，番号をマークしなさい。

- ① 地表が氷床で覆われるとアルベドが高くなり気温を下げるようにはたらく。
- ② 氷床の拡大のほか，海水温の低下によっても海水準は低下する。
- ③ 現在，氷床は南極とグリーンランド，北アメリカ北部など多くの場所で見られる。
- ④ 海底堆積物にめり込んだ角礫は氷河が存在した証拠となることがある。

問 4 文章中の下線部（ア）に関連して，氷床量の変動による海水準の変化を考えたい。現在の地球全体の氷床量を 3000 万 km^3 ，氷の密度を 0.84g/cm^3 ，海水の密度を 1.0g/cm^3 ，地球半径を 6400km ，海洋の面積を地球全体の表面積の 70% として，現在の氷床がすべて融けた場合の海水準の上昇量として最も適切なものを①～④から 1 つ選び，番号をマークしなさい。ただし，ここでの海水準は地球重心からの距離を指し，氷床量以外の海水準を変化させる要因の変化はないとする。

- ① 約 10m ② 約 70m ③ 約 100m ④ 約 700m

問5 氷床の変動が固体地球に及ぼす影響について説明した次の文章について、空欄(A)～(C)に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

地殻は、より密度が(A)流動的なマントルの上に浮かんでいると見ることができる。地殻にはたらく重力と浮力が釣り合った状態をアイソスタシーとよぶ。氷期に存在した氷床が間氷期に融けると、氷床による荷重が取り除かれるためアイソスタシーが一時的に崩れてしまう。これを回復するように地殻が(B)し、付近では地形に対する相対的な海水準が(C)する。

- ① A: 大きく B: 隆起 C: 上昇
- ② A: 大きく B: 隆起 C: 低下
- ③ A: 大きく B: 沈降 C: 上昇
- ④ A: 小さく B: 沈降 C: 低下
- ⑤ A: 小さく B: 隆起 C: 低下
- ⑥ A: 小さく B: 沈降 C: 上昇

問6 スカンジナビア半島では、過去1万年の間に約300 m隆起している。仮に現時点でアイソスタシーが成立している場合、最終氷河期の氷の厚さとして、最も適切なものを①～⑤から1つ選び、番号をマークしなさい。ここで氷の密度を 0.9 g/cm^3 とし、マントルの密度を 3.4 g/cm^3 とする。

- ① 1024 m ② 1133 m ③ 1209 m ④ 1325 m ⑤ 1413 m

問7 文章中の下線部(イ)に関連して、氷期における大気・海洋の応答について考察した文として最も適切なものを①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 北大西洋における氷床の崩壊による氷山の流出は、淡水を供給するので、海水の沈み込みを促進し深層循環を強める。
- ② 深層循環が強まると北大西洋における暖流が弱まるから、南半球から北半球への熱輸送が弱まり北半球は寒冷化・南半球は温暖化する。
- ③ 北半球に氷床が拡大するとアルベドが高くなり大気の加熱が起こるから、温度勾配の大きい地域が北にずれて偏西風帯は北上する。
- ④ 北大西洋において海洋による熱輸送が変化し北半球の温暖化が起こると、大気赤道である赤道収束帯が北へ移動し、これまで亜熱帯高圧帯に覆われていたサハラ砂漠などが湿潤化する。

問 8 文章中の下線部（ウ）に関連して、海洋堆積物の情報から地球環境を推定する手法について述べた以下の文章について、空欄（A）～（C）に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

酸素は主に ^{16}O と ^{18}O が安定同位体として存在している。 ^{16}O と ^{18}O を含む水分子では、 ^{18}O を含む水分子のほうがわずかに質量が大きい。これによって海洋から蒸発した水蒸気は、海水に比べ ^{18}O の割合が（ A ）。そのため、氷床の ^{18}O の割合は海水に比べ（ A ）から、氷床量が増えれば海水の ^{18}O の割合は（ B ）。よって海底堆積物の ^{18}O の割合を調べることで氷床量を推定できる場合がある。また、炭素の放射性同位体 ^{14}C は大気中で作られ海洋表層水に取り込まれる。海水の ^{14}C の量は海水が表層から沈み込んでから時間が経っているほど（ C ）ので、ある時代の堆積物中の ^{14}C の ^{12}C に対する割合を調べることは当時の深層循環の様子の推定に役立つ。

- | | | |
|----------|--------|----------|
| ① A：高くなる | B：高くなる | C：減少している |
| ② A：高くなる | B：低くなる | C：増加している |
| ③ A：高くなる | B：低くなる | C：減少している |
| ④ A：低くなる | B：低くなる | C：増加している |
| ⑤ A：低くなる | B：高くなる | C：減少している |
| ⑥ A：低くなる | B：高くなる | C：増加している |

問 9 文章中の下線部（ウ）に関連して、アイスコアに含まれる気泡には氷が形成した当時の大気成分が含まれている。この大気成分の調査から得られる情報について述べた次の文章について、下の図を参考に空欄（A），（B）に当てはまる最も適切な語句をそれぞれ①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

アイスコア中の気泡に含まれた CO_2 の増減は氷期-間氷期サイクルと概ね連動している。 CO_2 は温室効果を持っており、気候変動の大きな要因と考えられている。また、 CO_2 は（ A ）には現在と同程度まで減少したことが海底堆積物の調査などからわかっているが、海水準変動の推定などから（ A ）後期には第四紀に似た周期を持つ気候変動が起こっていたことが推測されている。同じく温室効果ガスである（ B ）も氷期-間氷期サイクルに連動して増減しており、この原因としては気候変動に伴う湿地面積の変化や（ B ）ハイドレートの融解が考えられている。

（A） ① カンブリア紀 ② シルル紀 ③ 石炭紀 ④ 三畳紀

（B） ① メタン ② アルゴン ③ 酸素 ④ 硫化水素

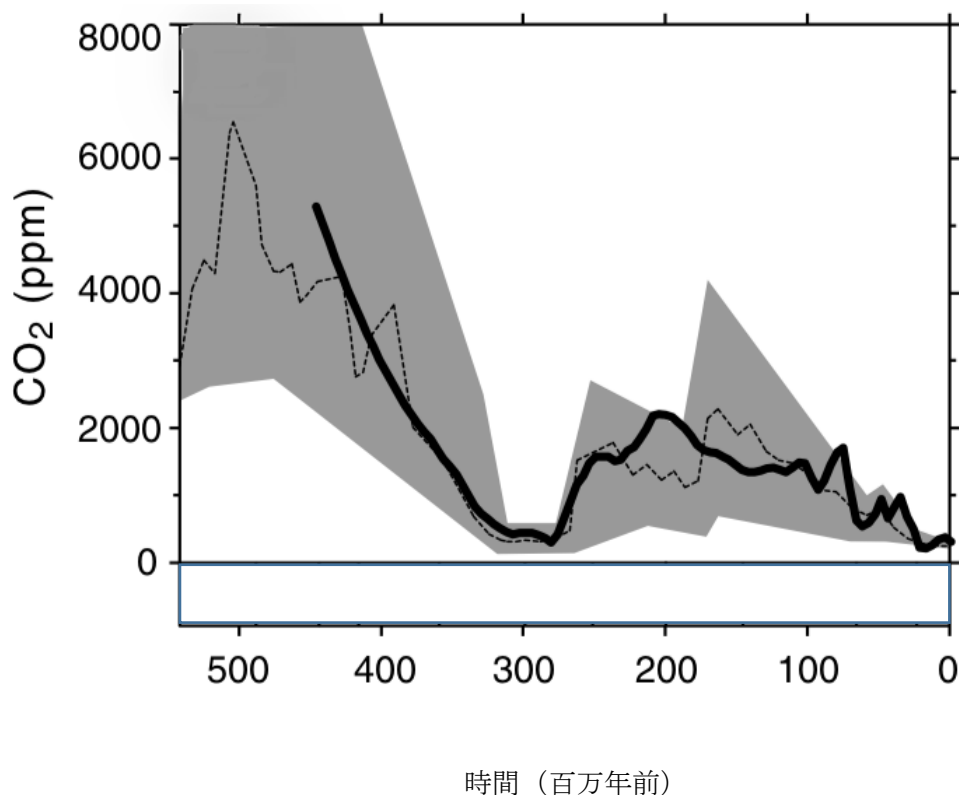


図 過去 5.5 億年間の大気中の CO_2 濃度（単位は [ppm（百万分の 1）]）の変動。横軸は現在を 0 としたときの時間（単位は [百万年前]）。太い実線は複数の地質学的証拠の重み付け平均によって見積もった CO_2 濃度で、破線及び網掛けの領域は地球化学モデル GEOCARB III が計算した CO_2 濃度とその不確定性を示している。（Royer, 2005）

