

第2回日本地学オリンピック大会予選

(第4回国際地学オリンピック一次予選)

- 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3面全て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。
- 第10問と第11問はそれぞれ選択問題です。A、Bのいずれかを選んで解答用紙にマークして解答しなさい。
- 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

以下の図についての説明文を読み、続く問に答えよ。

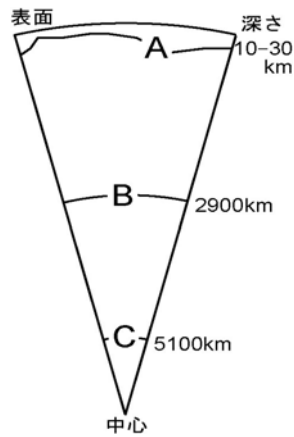


図 1

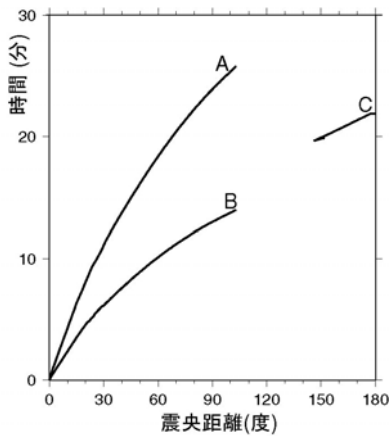


図 2

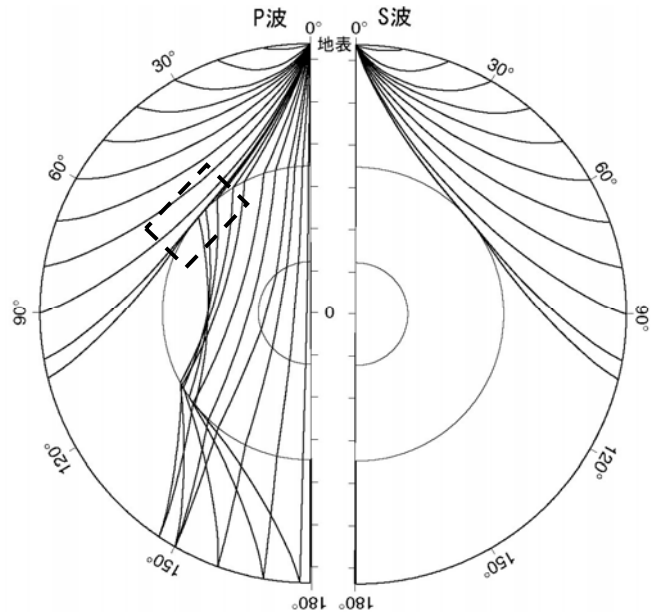


図 3

[説明文]

地球の半径はおよそ 6400km であるが、ごく表層の地殻より深部には、岩石からなるマントルと金属からなる核があると考えられている。このマントルと核との境界が図 1 の (ア: ①A、②B、③C) である。核は、さらに外核と内核とに分かれていると考えられるが、これらのうち (イ: ①マントル、②外核、③内核) が液体と考えられている。高圧の地球深部に液体部分が存在することでどのような現象がみられるだろうか。図 2 は地震発生から P 波や S 波がどのくらいの時間で各地に到達するかを示している。図 2 に示されている曲線のうち、上側の曲線ほどその場所に遅く揺れが伝わったことを意味しているから、S 波の到達時間を示すものが (ウ) である。S 波は波を伝える媒質の「ねじれ」として伝わるから、(イ) の内部に進むことができず、(X)。図 3 は、震源から波の伝わる経路を示したもので、地震波の進む経路は深い側に凸の曲線になっている。これは、深くなるとともに圧力が高まるので、同じ物質でできているなら地震波が (エ: ①遅く、②変化せず、③速く) 伝わるようになるためである。これに加えて、地球内部の境界面を通過する際に地震波が屈折している。

問1 左ページ説明文中のア、イ、エについて、当てはまる語句として最も適切なものをそれぞれ1つずつ選び番号で答えよ。

問2 図2でS波の到達時間を表した曲線はA～Cのどれか。空欄ウに当てはまるもっともふさわしい語句を以下から1つ選び記号で答えよ。

- ①AとBとC ②AとC ③BとC ④A ⑤B ⑥C

問3 Xに当てはまる記述として最も適切なものを以下の①～③から1つ選んで番号をマークしなさい。

- ① 角度 103° より遠くでは全く観測されない
② 角度 $103^\circ \sim 143^\circ$ の範囲で観測されない
③ 角度 143° より近くでは全く観測されない

問4 下線部について、図3の破線で囲んだ境界面での屈折について詳しく考えてみよう。以下の文章で空欄オ～キについて当てはまる語句として最も適切なものをそれぞれ1つずつ選び番号で答えよ。

まず最初に、地球が球である効果を考慮しなくて良いように境界が水平になっている場合を考える。媒質1、2中での波の速度をそれぞれ V_1 、 V_2 、波の進路と鉛直線の

なす角で定義される屈折角を θ_1 、 θ_2 とすると、

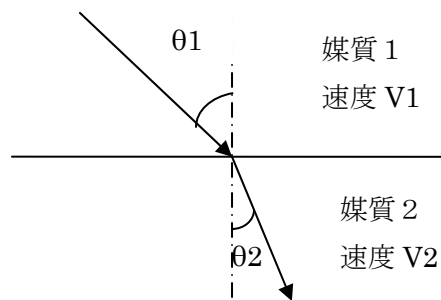
$$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = V_1 / V_2 \cdots (\text{式})$$

という関係になることが知られている：これはスネルの法則とよばれる。 $0 < \theta < 90^\circ$ の範囲で $\sin \theta$

は（オ：①単調増加、②一定、③単調減少）だから、図で示した場合は（カ：① $V_1 > V_2$ 、② $V_1 = V_2$ 、

③ $V_1 < V_2$ ）である。つまり、境界面に斜めに入射した波は、（キ：①両媒質中の速度に関係なく

直進する、②速度の速い媒質側で境界面に近づく、③速度の速い媒質側で境界面から遠ざかる）進み方になることを意味する。



問5 図3の破線で囲んだ境界面では、地震波が地球のより深部へと進んでいくように屈折している。この面を境にして地震波速度はどのように変化しているだろうか。以下の①～③から1つ選んで番号をマークしなさい。

- ① 境界面より浅部で速く、深部で遅い
② 境界面では変化しない
③ 境界面より浅部で遅く、深部で速い

第2問

20 世紀前半の地球物理学者、寺田寅彦は随筆家としても知られている。以下はその作品の一節である。

一枚の a 五万分一 図葉は、緯度で十分、経度で十五分の地域に相当するので、その b 面積は、もちろん緯度によってちがうが、たとえば東京付近でざっと二十七方里、台湾では約三十一方里、カラフトでは約二十一方里(註)ぐらいに当たる。

(中略)

近年になってまた日本の陸地測量部は一つの新しい方面で世界の学界に偉大な貢献をするようになった。それは同一地域の c 三角測量や精密水準測量を数年を隔てて繰り返し、その前後の結果を比較することによってわれらの生命を託する d 地殻(ちかく)の変動を詳しく探究することである。

ー『地図をながめて』「寺田寅彦随筆集 第五巻」小宮豊隆編、岩波文庫、岩波書店。

(註)一里は約 4km。つまり一方里で 4km×4km。

問1 下線部 a について、五万分の一地形図上で 1cm 離れた 2 点の距離は実際にはいくらか。以下から 1 つ選び番号で答えよ。

- ① 50m ② 500m ③ 5km ④ 50km

問2 下線部 b のように緯度によって地形図に示される面積が違うのはなぜだろうか。最も影響の大きい要素を正しく説明した文章を 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 地球が回転楕円体に近いために、極に近いほど緯度 10 分の長さが長いから
② 地球が回転楕円体に近いために、極に近いほど経度 15 分の長さが短いから
③ 地球が回転楕円体に近いために、極に近いほど緯度 10 分の長さが短いから
④ 地球が回転楕円体に近いために、極に近いほど経度 15 分の長さが長いから

問3 下線部 c の三角測量では、位置を決めたい場所について異なる二点から方位を測定する。この基礎となるのが三角点とよばれ、数～数十 km 間隔で設置されている。どのような場所に設けられているだろうか。以下から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 産業活動の影響を受けにくい山かげ ② 見通しのよい山頂や丘陵
③ 標高の基準に近い海岸近く ④ 変化の激しい市街地付近

問4 近年は、人工衛星を使って上空から海底地形情報が得られるようになった。これは、海水面は海水に重力だけが作用しているときに作られる面にほぼ等しく、その凹凸は海底の凹凸を反映しているからだが、その対応はどのようになっているだろうか。海流の影響を補正できると考えて、以下の①～④からもっとも適切なものを 1 つ選びなさい。

- ① 海山上や海溝上では海面がくぼんでいるから

- ② 海山上や海溝上では海面がふくらんでいるから
- ③ 海山上では海面がくぼみ、海溝上では海面がふくらんでいるから
- ④ 海山上では海面がふくらみ、海溝上では海面がくぼんでいるから

問5 問4のような方法だけでなく、観測船から音波を用いて深さを測ることで海底地形を知ることができる。それぞれの特徴について説明した①～④から適切なものをすべて選び番号をマークしなさい。

- ① 衛星により海底地形は広範囲について得られているが、小さな海山などは発見できないことがある
- ② ほぼ地球全域にわたって衛星による詳細な海底地形が得られているので、観測船からの調査はもはや不要である
- ③ 観測船では衛星による推定より細かな地形がわかるが、調査範囲はまだ限定されている
- ④ 観測船を用いたずっと詳しい地形がほぼ地球全域にわたって既に得られており、目的に応じて使い分けているだけである

問6 下線dのような地殻変動の観測からどのようなことがわかってきたらうか。特に、海溝近くで発生する大きな地震との関係についてふさわしいものを全て選び、番号をマークしなさい。ただし、大きな地震の震源域は地震と地震の間はよくくっついて(固着して)いて動かないと考える。

- ① 海溝で生じる大きな地震と地震の間は、震源域のすぐ陸側の斜面はおおよそ海側へ引っぱられており、地震の発生によりおおよそ元にもどる
- ② 海溝で生じる大きな地震と地震の間は、震源域のすぐ陸側の斜面はおおよそ陸側へ押しつけられており、地震の発生によりおおよそ元にもどる
- ③ 海溝で生じる大きな地震と地震の間は、震源域のすぐ陸側の斜面はおおよそ持ち上げられており、地震の発生により沈んでおおよそ元にもどる
- ④ 海溝で生じる大きな地震と地震の間は、震源域のすぐ陸側の斜面はおおよそ引きずり込まれており、地震の発生により持ち上がっておおよそ元にもどる

問7 下線dのような地殻変動の観測も地表での測量だけでなく、カーナビにも用いられているGPS衛星を利用して行われるようになってきた。この特徴について記述した以下の①～④について正しいと考えられるものを全て選び番号をマークしなさい。

- ① 従来の測量より正確に距離がわかるが、観測の間隔は長くなってしまう
- ② 従来の測量に比べてひんぱんに数多くの場所どうしの距離を調べることができる
- ③ 特に工夫をしなくても、距離をミリメートルの単位で知ることができる。
- ④ 衛星の位置や大気の状態に影響されて距離が不正確になることがある

第3問

次の文を読み、問1～問5に答えなさい。

地球の衛星である月は、地球から約（ア：①3万8千km、②38万km、③380万km）の軌道を27日あまりの周期で公転しており、そのa 軌道上の位置によって月の満ち欠けや、日食、月食と言った現象が起こる。この公転速度は地球の自転速度よりも遅いことで地球から角運動量を受け取るため、月は1年に約3.8cmずつ（イ：①地球に近づいている、②地球から遠ざかっている、③直径が大きくなっている、④直径が小さくなっている）。月は公転しながら自転もしており、その周期は公転周期（ウ：①より長い、②と等しい、③より短い）ために、地球から月面の裏側を直接観測することはできない。b 月面の温度は地球よりも変化が大きく、赤道付近の月面で昼の最高温度が110℃、夜の最低温度がマイナス170℃となる。月面には、地球からは黒く見えウサギの模様に例えられる「海」と呼ばれる比較的平坦な領域がある。これは主に（エ：①玄武岩、②石灰岩、③かこう岩）からなる溶岩が巨大な衝突クレーターを埋めてできたものと考えられている。

月の成因としては、現在、巨大衝突（ジャイアント・インパクト）説と呼ばれる仮説が注目されている。この説は、地球が形成したばかりの頃にその半分ほどの大きさの天体が衝突し、衝突してきた天体と地球の物質の一部が飛散した後、それらが再び集まって月を形成したというものである。月の平均密度が地球と比べて小さいことなどから、地球における（オ：①地殻、②マントル、③金属核）に当たる領域が、地球における割合よりもかなり小さいと考えられている。こうした特徴は、巨大衝突説によってうまく説明できる。

問1 文中の（ア）～（オ）について、当てはまる語句を選び、番号をマークしなさい。

問2 下線部 a について、新月の時に必ず日食にはならず、また満月の時に必ず月食にはならない理由はなぜでしょうか。最もふさわしいものを以下の①～④から選んでマークしなさい。

- ① 地球と月とでは太陽までの距離が異なるから。
- ② 月の公転周期と地球の自転周期が一致していないから。
- ③ 月の地球を回る軌道面が、地球の太陽を回る軌道面と交差しているから。
- ④ 地球の大きさと月の大きさが異なっているから。

問3 下線部 b について、月面での温度変化が地球でのそれに比べて非常に大きくなるのはなぜでしょうか。理由としてふさわしいものを以下の①～④から全て選んでマークしなさい。

- ① 月には大気がないから。

- ② 月が公転する間に太陽からの距離が変わるから。
- ③ 月の内部では地球に比べて発熱量が大きいから。
- ④ 月における一昼夜が地球よりも長いから。

問4 2007年9月に日本の月周回衛星「かぐや」が打ち上げられ、2009年6月まで月の調査を行いました。月面から高さ100 kmの円軌道で月を周回し続けながら観測を行った「かぐや」が、月を1周する時間を考えてみます。ケプラーの第3法則によると、周回の周期 P と軌道半径 a を用いて以下のような関係式が成立します。

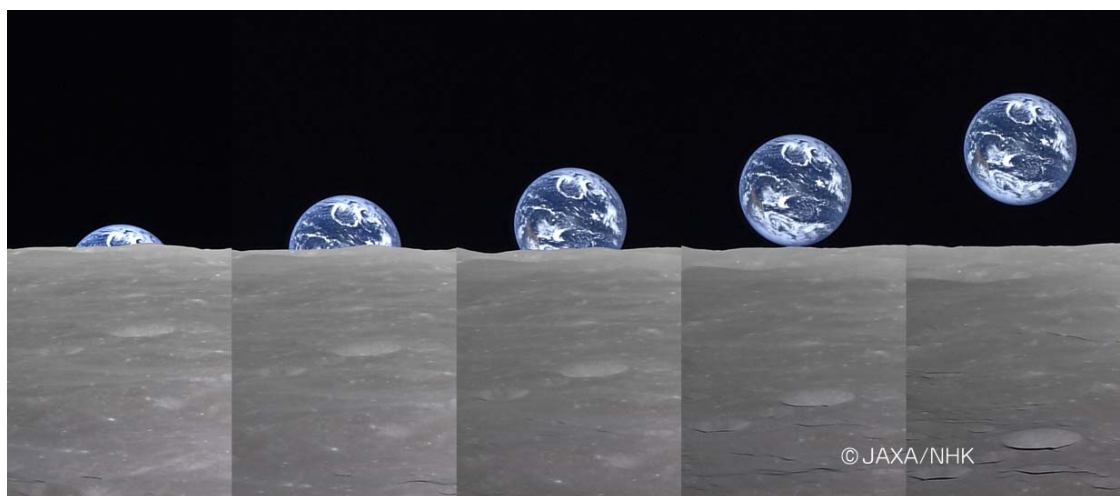
$$\frac{a^3}{P^2} = G \frac{M + m}{4\pi^2}$$

ここで G は万有引力定数 ($6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$)、 M は月の質量 ($7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$)、 m は「かぐや」の質量 ($3.0 \times 10^3 \text{ kg}$) をあらわしている。月の半径を1737 kmとし、「かぐや」が月を1周するために必要な時間を次の①～④から選んでマークしなさい。

- ① 約2分
- ② 約20分
- ③ 約2時間
- ④ 約2日

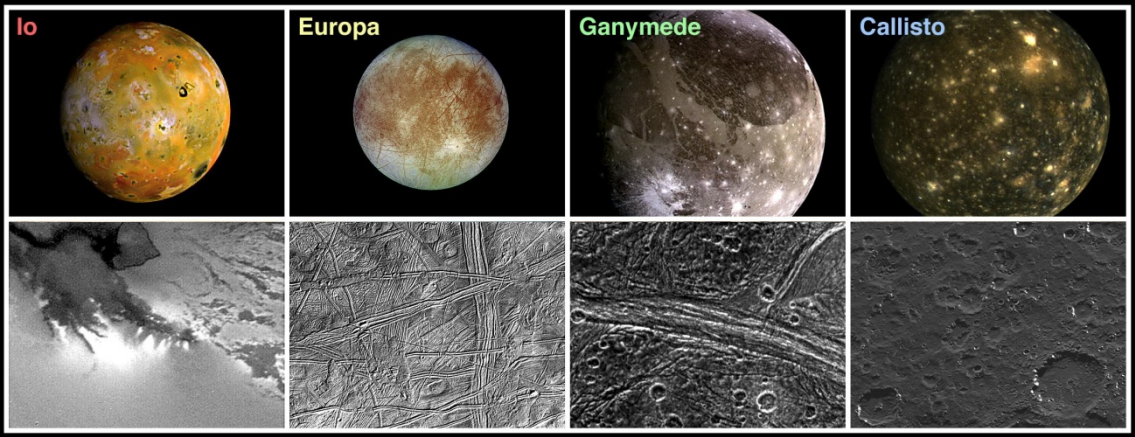
問5 下の写真は、「かぐや」が月を周回しながら撮影した「地球の出」の連続写真です。もしあなたが月面に立って地球を見る時、地球はどのような動きをするでしょうか。正しいものを以下の①～④から選び、番号をマークしなさい。

- ① 東の月面から地球がのぼり、南中して西の月面へ沈む。
- ② 真南の月面から地球がのぼり、天頂を通過して真北の月面へ沈む。
- ③ 月面すれすれを水平に動く。
- ④ 地球はほとんど動かない。



第4問

私たちが住む地球には月という衛星があるように、他の多くの惑星にも様々な衛星が回っている。代表的なものに、木星の4大衛星がある。これらに関してその特徴をまとめた下の写真と表を参考に、文章を読んで問いに答えなさい（画像は全て NASA/JPL Planetary photo journal <http://photojournal.jpl.nasa.gov/> より。Courtesy NASA/JPL-Caltech）。



	イオ	エウロパ	ガニメデ	カリスト
平均直径 [km]	3643	3138	5268	4820
平均密度 [km/m ³]	3528	3010	1936	1834
表面の物質	岩石	氷	氷	氷
惑星からの平均距離 [km]	421700	670900	1070400	1882700
公転周期 [日]	1.8	3.6	7.2	16.7

木星には、地球の月と同じくらいかそれを上回る大きさを持った衛星が4つあり、木星から近い順にイオ、エウロパ、ガニメデ、カリストと呼ばれる。a これらの衛星は地球の月よりも軌道半径が大きいにも関わらず、より短い自転周期で中心惑星（木星）の周りを公転しており、 b 木星から遠い衛星ほど平均密度が低い。 木星に最も近いイオでは活発な火山活動が起こっており、溶岩に含まれる硫黄化合物などによって表面が黄色や橙色に見えている。イオ以外の衛星は表面が主に氷でできており、c 木星から遠い衛星ほど表面が黒っぽく見えている。エウロパやカリストでは、地下に液体の水の海が存在すると予想されており、地球外生命体の存在可能性の観点から注目を集めている。

イオでの火山活動や、エウロパ、カリストの地下海が存在するには、d 惑星と衛星との間に働く潮汐力が強く関係していると考えられている。地球の海水が満ち引きを起こす現象も、月や太陽の引力による潮汐力が原因である。同様の働きが木星の衛星にも存在し、衛星全体が伸び縮みすることで火山活動や地下海の熱源になっている

る。潮汐力の大きさ F は以下の式で与えられ、

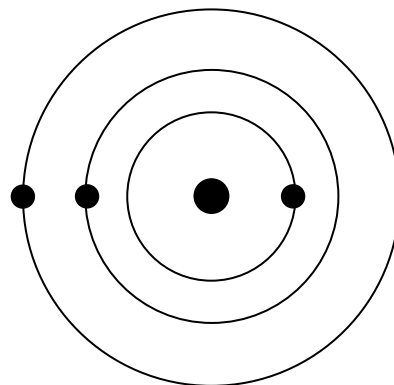
$$F = \frac{2GMmd}{r^3}$$

ここでの G は重力定数、 M は惑星の質量、 m は衛星の質量、 d は衛星上の 2 地点間の距離、 r は惑星から衛星までの距離をあらわす。

問 1 下線部 a の理由として最もふさわしいものを①～④から選んで、番号をマークしなさい。

- ① 太陽から遠いから。
- ② 木星の質量が地球よりも非常に大きいから。
- ③ 巨大で重い土星が近くにあるから。
- ④ 大きな衛星が 4 つもあるから。

問 2 右の図は、木星を中心に、内側からイオ、エウロパ、ガニメデの 3 衛星の軌道を示したものである。ある時点において 3 衛星の位置関係が右図のような状態にあった時、再び同じ位置関係となる最短の時間はどのくらいか。表に示された公転周期を参考にして、正しいものを以下の①～④から選び、番号をマークしなさい。



- ① 約 3.6 日
- ② 約 7.2 日
- ③ 約 14.4 日
- ④ 約 21.6 日

問 3 下線部 b に関して、天体の平均密度からは、その天体の内部が何でできているかを推定することができます。表に書かれた木星の 4 大衛星の平均密度から予想される、衛星全体が持つ氷の量を多い順に正しく並べたものを以下の①～③から選び、番号をマークしなさい。ただし、どの衛星もそれぞれ一定の密度をもつ氷と岩石からできていると考えて良いものとします。

- ① カリスト→ガニメデ→エウロパ→イオ
- ② イオ＝エウロパ＝ガニメデ＝カリスト
- ③ イオ→エウロパ→ガニメデ→カリスト
- ④ イオ→エウロパ＝ガニメデ→カリスト

問 4 上の写真を見ると、木星から近い衛星ほど衝突クレーターの数が少ないことが分かる。クレーターの数が多いほど、その表面は年代が古いことを示している。表面に見ら

れる衝突クレーターが少ない理由としてどのようなことが考えられるでしょうか。理由としてあり得るものを①～④から全て選んで番号をマークしなさい。

- ① 大昔においては、衛星は木星の巨大な大気の中を公転していた。
- ② 表面が柔らかいために、衝突クレーターができて短期間で消えてしまった。
- ③ 衝突クレーターを作る隕石の衝突がほとんど起こらなかった。
- ④ 衝突クレーターができた後に、それをかき消す現象が衛星の表面で起こった。

問5 下線部 c の理由として最もふさわしいものを以下の①～④から選び、番号をマークしなさい。

- ① 木星の陰に入りやすい。
- ② 氷に不純物が多く含まれている。
- ③ 厚い大気を持っている。
- ④ 氷が細かく砕けている。

問6 下線部 d に関して、木星の衛星が受ける潮汐力を大きい順に正しく並べたものを以下の①～④から選び、番号をマークしなさい。

- ① イオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト
- ② カリスト、ガニメデ、エウロパ、イオ
- ③ エウロパ、ガニメデ、カリスト、イオ
- ④ ガニメデ、カリスト、イオ、エウロパ

問7 1994 年、木星の近くを通りがかった彗星が強い潮汐力を受けて砕け、その後木星へと落下した。彗星が惑星へ捕らえられる現象が観測されたのは史上初めての出来事であり、大きな注目を集めた。この彗星の名前を以下の①～④から選び、番号をマークしなさい。

- ① ハレー彗星
- ② シューメーカー・レビー第9彗星
- ③ スイフト・タットル彗星
- ④ テンペル第1彗星

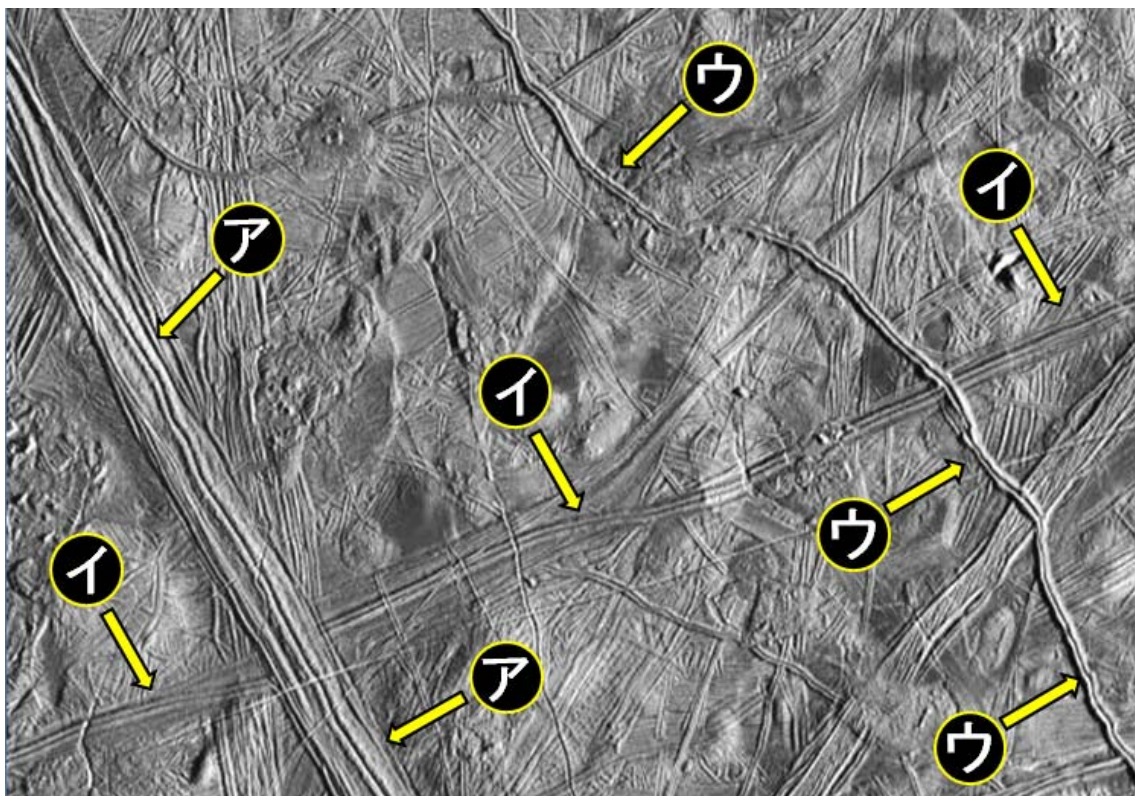
問8 イオが受ける潮汐力の大きさを、月との比較で調べる。文中の式において、d の値は月とイオで等しいとし、地球の質量を $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ 、月の質量を $7 \times 10^{22} \text{ kg}$ 、木星の質量を $2 \times 10^{27} \text{ kg}$ 、イオの質量を $9 \times 10^{22} \text{ kg}$ とし、地球から月までの距離と木星からイオまでの距離はどちらも約 $4 \times 10^8 \text{ m}$ でほぼ等しいと近似する。この時、イオが木星から受ける潮汐力は、月が地球から受ける潮汐力の何倍になるか、以下の①～④から最も近いものを選び番号をマークしなさい。

- ① 約 1/4 倍
- ② 約 4 倍
- ③ 約 40 倍
- ④ 約 400 倍

問9 エウロパなどの表面が氷でできた衛星には、様々な地殻変動の痕跡が残されている。

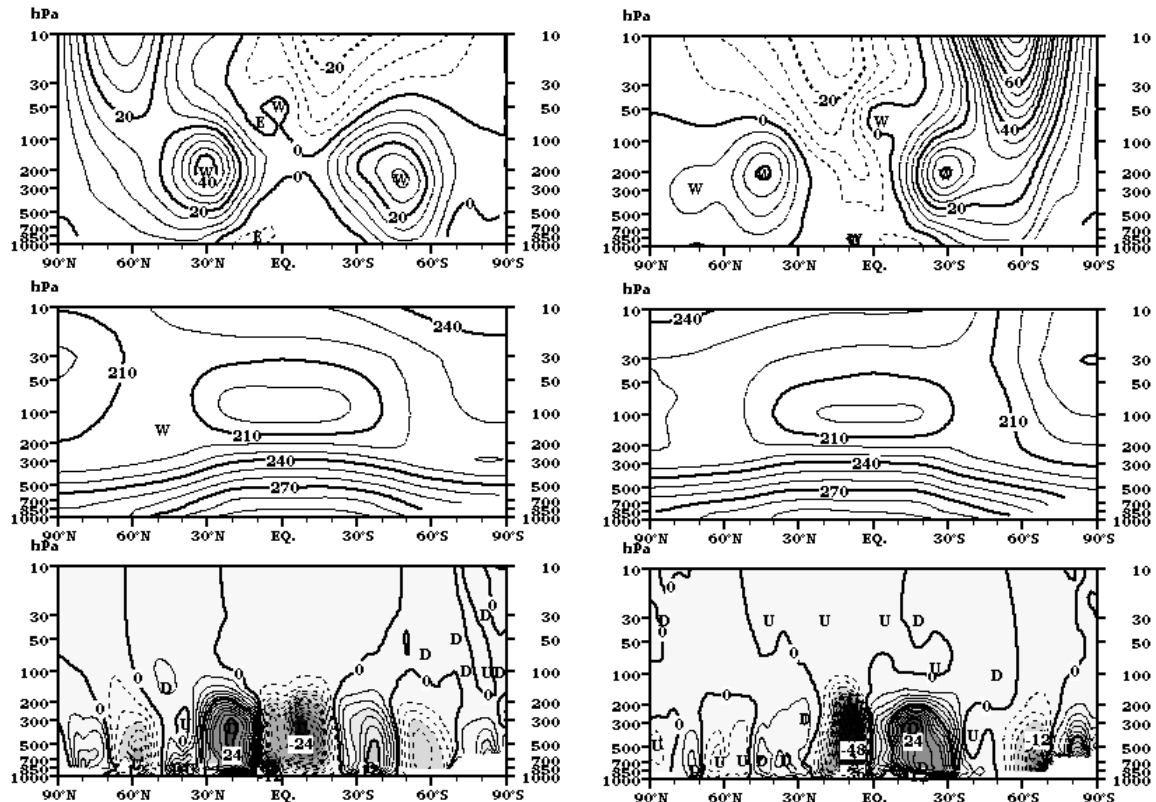
下の図はエウロパ表面の拡大写真であり、様々な方向に走るすじ模様は表面に形成した割れ目の一種と考えられている。ア～ウの記号を付した3本の割れ目が形成した時代の関係について正しく説明した文を、以下の①～④から選び、番号をマークしなさい。

- ① アが最も古くに形成し、その後にイが形成、さらにその後にウが形成した。
- ② イが最も古くに形成し、その後にアとウが形成した。アとウの新旧関係は、この写真からは分らない。
- ③ ウが最も古くに形成し、その後にイが形成、さらにその後にアが形成した。
- ④ アが最も古くに形成し、その後にイとウが形成した。イとウの新旧関係は、この写真からは分らない。



第5問

下の図は、上段からそれぞれ、東西風の強さ（西風を正の値で示す。単位は m/s）、気温（単位は K）、上昇／下降流の強さを経度方向に平均した値の緯度－高度断面図を示している。左列と右列はそれぞれ、1月と7月の平年値を示した図である。各図の縦軸は気圧を表している。また下段の図では、上昇流を破線で、下降流を実線で示している。この6枚の図について説明した以下の文章を読んで問いに答えなさい。



(気象庁 web site より)

「上段の東西風の分布をみると、1000hPa 面付近の対流圏下層では、緯度 30 度より極側では(ア)、低緯度側では(イ)となっている。特に、対流圏上層にあたる 200hPa 面付近の緯度 30～40 度に西風の極大が見られる。この強風軸は(ウ：①季節風、②偏西風、③貿易風)を示している。(ウ)の強度を見ると、冬半球側で強い。また、50hPa 面より上の下部成層圏では、夏半球側は(エ)が、冬半球側では強い(オ)が吹いている。

中段の気温の分布をみると、対流圏では気温の極大は(カ)にあるのに対し、成層圏の 10hPa 面では、最も気温が高いのは(キ)、最も気温が低いのは(ク)である。また、夏半球側の成層圏では、高度が高いほど気温が高い。これは、成層圏に存在する(ケ)が太陽からの紫外線を吸収しているからである。

下段に注目すると、(コ)では鉛直方向の大気の運動が活発だが、(サ)では不活発である。特に、赤道付近の(シ)流とその南北の(ス)流が明瞭である。この、赤道域で(セ)し亜熱帯域で(ソ)する鉛直流の循環は、(タ：①極循環、②フェレル循環、③ハドレー循

環)と呼ばれている。」

問1 空欄ア・イに当てはまる語句の適切な組み合わせを次の①～④から選び番号をマークしなさい。

- ① ア：東風、イ：西風 ② ア：西風、イ：西風
- ③ ア：東風、イ：東風 ④ ア：西風、イ：東風

問2 空欄ウ、タに当てはまる語句をそれぞれ①～③から選び番号をマークしなさい。

問3 空欄エ、オに当てはまる語句の適切な組み合わせを次の①～④から選び番号をマークしなさい。

- ① エ：東風、オ：西風 ② エ：西風、オ：西風
- ③ エ：東風、オ：東風 ④ エ：西風、オ：東風

問4 空欄カ～ク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次の①～④から選び番号をマークしなさい。

- ① カ：赤道付近、キ：冬半球の極域、ク：夏半球の極域
- ② カ：赤道付近、キ：夏半球の極域、ク：冬半球の極域
- ③ カ：夏半球の極域、キ：赤道付近、ク：冬半球の極域
- ④ カ：夏半球の極域、キ：冬半球の極域、ク：赤道付近

問5 空欄ケ～サ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次の①～④から選び番号をマークしなさい。

- ① ケ：電離層、コ：成層圏、サ：対流圏
- ② ケ：電離層、コ：対流圏、サ：成層圏
- ③ ケ：オゾン層、コ：成層圏、サ：対流圏
- ④ ケ：オゾン層、コ：対流圏、サ：成層圏

問6 空欄シ～ソに当てはまる語句の適切な組み合わせを次の①～④から選び番号をマークしなさい。

- ① シ：下降、ス：上昇、セ：下降、ソ：上昇
- ② シ：上昇、ス：下降、セ：下降、ソ：上昇
- ③ シ：上昇、ス：下降、セ：上昇、ソ：下降
- ④ シ：下降、ス：上昇、セ：上昇、ソ：下降

問7 1月と7月を比較したとき、次の選択肢の中でもっとも気温の差が大きいのはどこ

か。適当なものを選びなさい

- ① 1000hPa 面の赤道付近
- ② 1000hPa 面の北緯 60 度付近
- ③ 10hPa 面の赤道付近
- ④ 100hPa 面の北緯 60 度付近

問 8 緯度 30～60 度付近における 1000hPa 面の 1 月と 7 月の気温差は、北半球の方が南半球よりも大きい。この要因について、次の考察の中からもっとも適当なものを選びなさい。

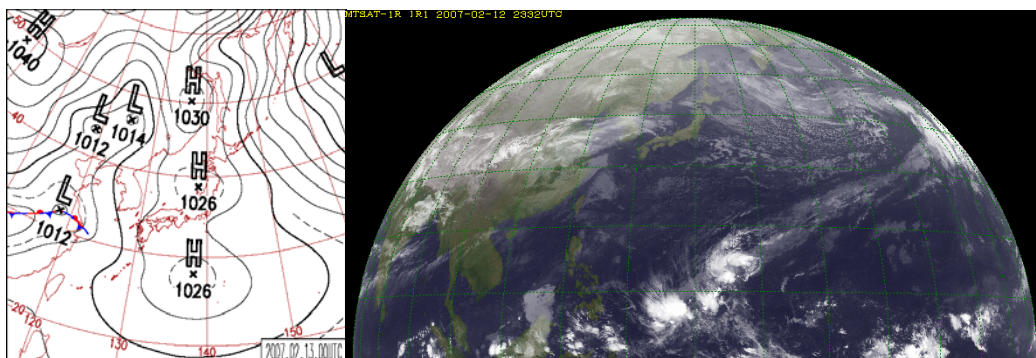
- ① 地球の公転の近日点通過が、北半球の夏季にあたるため。
- ② この緯度帯では、北半球の方が南半球に比べ陸域が広く分布しているため。
- ③ 北半球の大都市におけるヒートアイランド現象を反映しているため。
- ④ 北半球の方が地球温暖化の影響が強く現れているため。

問 9 1 月と 7 月の対流圏中の鉛直流の分布をみると、熱帯域の上昇流の中心は赤道付近にはない。これについて、次の記述の中からもっとも適当なものを選びなさい。

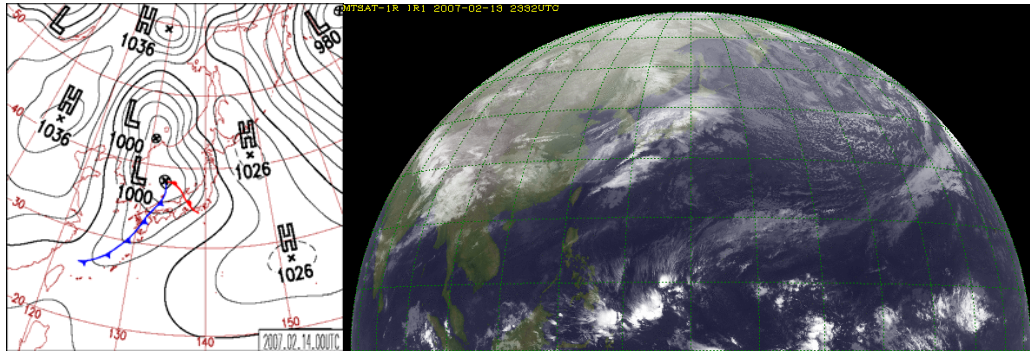
- ① 上昇流の中心は夏半球側にある。これは太陽天頂角の季節変化を反映している。
- ② 上昇流の中心は夏半球側にある。これはエルニーニョ現象の影響を反映している。
- ③ 上昇流の中心は冬半球側にある。これは太陽天頂角の季節変化を反映している。
- ④ 上昇流の中心は冬半球側にある。これはエルニーニョ現象の影響を反映している。

第 6 問

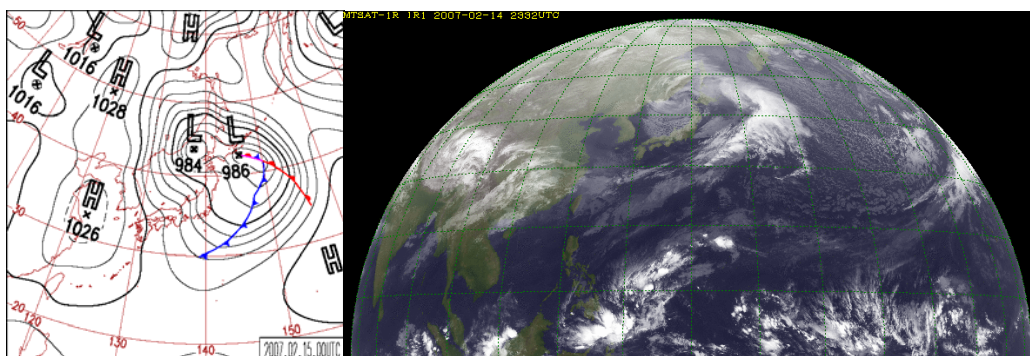
以下の図は、2007 年 2 月 13 日から 15 日にかけての朝 9 時（日本時間）の地上天気図（左列）と気象衛星画像（右列）である。これらの図について以下の問いに答えなさい（図は全て気象庁 web site より）。



2007 年 2 月 13 日 9 時



2007年2月14日9時



2007年2月15日9時

問1 現在、日本の気象衛星は、雲や地表面で反射された可視光と、雲や地表面から放射された赤外線を観測している。ここで示した図は、可視光を用いて観測した画像と赤外線を用いて観測した画像のどちらか。以下の①～④から選び番号をマークしなさい。なお、これらの衛星画像では、陸地と海をそれぞれ緑と青に着色した背景画像に、衛星が観測した画像が重ね合わさって表示されている。

- ① 可視光を用いて観測した画像。観測時に太陽光が届かない経度域の雲が観測されていないため。
- ② 赤外線を用いて観測した画像。観測時に太陽光が届かない経度域の雲が観測されていないため。
- ③ 赤外線を用いて観測した画像。観測時に太陽光が届かない経度域の雲が観測されているため。
- ④ 可視光を用いて観測した画像。観測時に太陽光が届かない経度域の雲が観測されているため。

問2 衛星画像に着目すると、ここで示した期間を通して、高緯度域ほど白っぽく写っている。その理由について、もっともふさわしいものを次から選び番号をマークしなさい。

- ① 高緯度域の積雪が写っている。
- ② 高緯度域の低温を反映している。

③ 高緯度域が常に雲に覆われていることを反映している。

問3 2007年2月13日から15日にかけての日本付近の天候の変化について、空欄ア～カについて当てはまる語句を選び番号をマークしなさい。

「2月13日9時には中国に（ア：①温暖、②停滞、③寒冷、④閉塞）前線を伴った（X）気圧があり、東北東に進んでいる。対応するややうすい雲が中国大陆から（イ：①台湾、②、小笠原、③朝鮮半島）付近に伸びている。この低気圧は、14日9時には発達しながら（ウ：①東シナ海、②日本海、③太平洋）に達した。同時刻の衛星画像を見ると、日本付近は広く雲に覆われている。また、低気圧の中心から沖縄付近に伸びる（エ：①温暖、②停滞、③寒冷、④閉塞）前線に対応した濃い雲のラインが見られる。この低気圧に向かって、a 立春後初めて、西日本と東日本の広い範囲で南寄りの強い風が吹き込んだ。この低気圧は、15日9時にはさらに発達し北海道の西に至り、b 閉塞点にも別の低気圧が発生した。一方、東シナ海付近には中国大陆から（Y）気圧が東進し、日本付近は一時的に（オ：①北高南低②東高西低③南高北低④西高東低）の冬型気圧配置となり、全国的に北寄りの強い風が観測された。（カ：①日本海、②東シナ海、③シベリア上空）には、寒気の吹き出しに伴う筋状の雲が観測された。」

問4 問3文中のX、Yに当てはまる語の組み合わせとして正しいもの1つの番号をマークしなさい

① X：低、Y：高 ② X：高、Y：低 ③ X：低、Y：低 ④ X：高、Y：高

問5 問3文中の下線部 a の風は一般的に何と呼ばれているか、以下の選択肢から選びなさい。

- ① 偏西風
- ② ダウンバースト
- ③ 木枯らし
- ④ 春一番

問6 問3文中の下線 b の閉塞点付近での前線の立体構造を解答用紙第3面に作図しなさい。

第7問

生態系の成立と発達の過程を考えるためには、地球の成立とその後の変化を理解する必要がある。惑星系の形成過程についての研究や太陽系外の惑星系の探査などで、地球形成初期の状態について理解は大きく進んできている。地球はほぼ均質に形成されたが、時間の経過に伴い、化学組成や変化の速さが異なる幾つかの部分(サブシステム)で構成されるようになってきたと考えられている。このようなサブシステムは、気圏(atmosphere)、水圏(hydrosphere)、生物圏(biosphere)、地圏(geosphere)のように分けられることが多い。それぞれのサブシステムが確立した後は、他のサブシステムとの相互作用が重要な役割を果たしてきたと考えられる。そのような相互作用の1つとして a 海底面を介した作用を考えてみよう。

問1 下線aの海底面を介した作用として(イ)水圏から地圏への物質移動、(ロ)地圏から水圏への物質移動として最も適切なものを1つずつ選び、番号で答えよ。

- ① マリンスノーが海底面に堆積する
- ② 海底噴火が起きたときにマグマの炭酸ガスが海水に溶ける
- ③ 海中のプランクトンが石灰質の殻をつくる
- ④ マンガン団塊が海底面で成長する

問2 海底には熱水系とよばれる海底の温泉が湧き出している場所がある。そこでは、海底から400℃にも達する高温の水が噴き出していて、これを熱水と呼んでいる。この水のほとんどは海底下に浸透した海水に由来すると考えられているが、化学組成は海水とは大きく異なっている。以下に示すその成分を比較した表1について説明したものとして最も適切と思われるものを1つ選んで番号をマークしなさい。

- ① この熱水系では、海水の濃縮だけが起きている
- ② この熱水系では、海水に溶けていた物質の除去のみが起きている
- ③ この熱水系では、海水からの物質の除去と岩石からの溶解が共に起きている
- ④ この熱水系では、海水へ岩石からの物質の溶解のみが起きている
- ⑤ この熱水系では、海水の希釈だけが起きている

成分(mM)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Si(OH) ₄	Fe	Cu	H ₂ S	pH
熱水	584	18.0	26.0	0.099	659	0.0	22.0	1.64	0.15	6.7	3.1
海水	464	9.8	10.2	0.087	546	28.2	<0.2	<1×10 ⁻⁶	7×10 ⁻⁵	0	7.8

表1：海水の平均化学組成と大西洋のTAG熱水サイトと呼ばれる場所での熱水の例。ただし、熱水の化学組成は観測値そのものではなく、採取された試料が海水と混合などしている効果を差し引いて推定したもの。

問3 写真は、熱水が噴き出す場所でよく見られる熱水チムニーと呼ばれるものである。このようなチムニーは熱水が噴き出すあな(熱水噴出孔)のまわりに難溶性の成分が析出沈着してできる。どのような成分がこのようなチムニーを形作っているだろうか。表1を参考にして以下の①～⑤から当てはまるものを3つ番号で選び、そのような沈殿が生じる理由をそれぞれ1つずつ記号で選びなさい。

【成分】

- ① 塩化ナトリウム
- ② 硫化鉄
- ③ 硫酸銅
- ④ 硫酸カルシウム
- ⑤ 非晶質二酸化ケイ素

【変化】

- ア. 海水との混合による冷却で溶解度が小さくなったから
- イ. 海水との混合によりアルカリ性になったため溶解度が小さくなったから
- ウ. 海水との混合により、難溶性の沈殿を作る陰イオンが供給されたから



(写真提供: 海洋研究開発機構).

問4 このようなチムニーの周囲には他の環境ではみられない特異な生物が群れをなして生息しており、それらを熱水生物群集と呼んでいる。近年、地球初期の生態系確立に際してこのような熱水活動が重要な役割を果たしたのではないかという考え方が提案されている。表1を参考にして、考えられる理由を、以下の①～③より1つ選び記号で答えよ。

- ① 硫化水素などの毒性の強い成分が少ないから
- ② 鉄などの生物に必須の重金属元素を濃集して環境に与えるから
- ③ 生物のエネルギー源となる有機物に富んでいるから

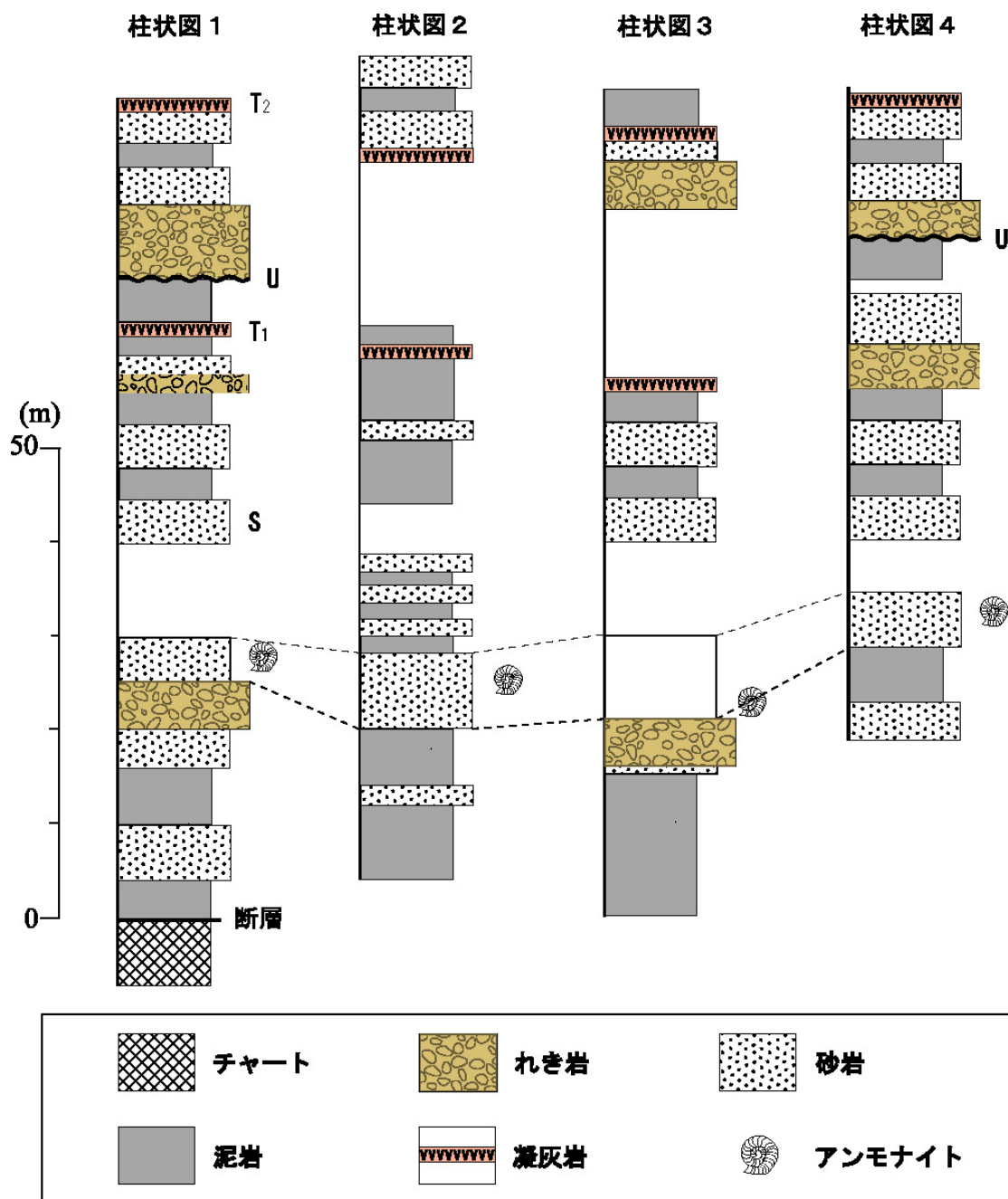
問5 このような海底の熱水は、近年は鉱物資源(金属資源鉱床)としても注目を集めている。その理由を説明した以下の文章について、ア～エの箇所に最もふさわしいと考えられる語句をそれぞれ1つずつ選び番号をマークしなさい。

【説明】

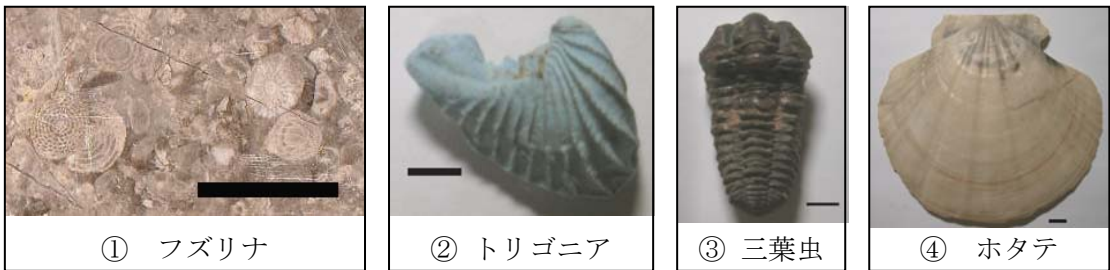
海底で噴出する熱水には、(ア: ①ナトリウム、②鉄、③銅)のような巨大な埋蔵量を有する鉱山から大量の産出が長期にわたって期待できる金属ばかりではなく、(イ: ①ナトリウム、②鉄、③銅)のように、枯渇が懸念されている金属も多く含まれ、チムニーを形成するなどして濃度の高い堆積物を形成する。しかも、日本近海には熱水を伴うような(ウ: ①海底活断層、②海底洞くつ、③海底火山)が比較的多く分布しているため、鉱物資源の(エ: ①種類は多いが埋蔵量が少ない、②種類も埋蔵量も少ない、③埋蔵量が多いが種類が少ない)日本では、安定した鉱物資源の供給源としての可能性に関心が高まることとなり、注目を集めるようになった。

第8問

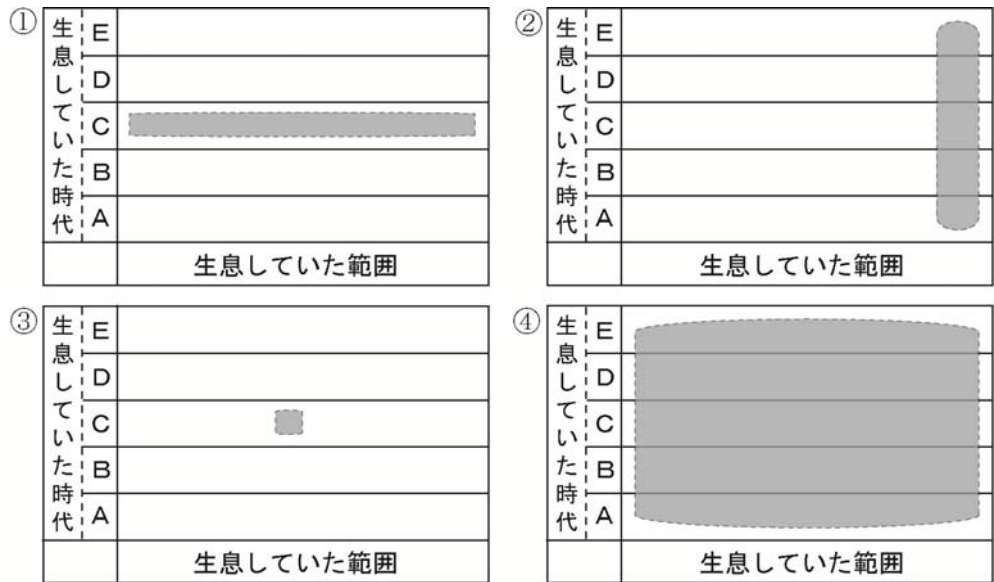
下の地質柱状図は、ある地域で地質調査を行ったときに作成したものである。これについて以下の問いに答えなさい。



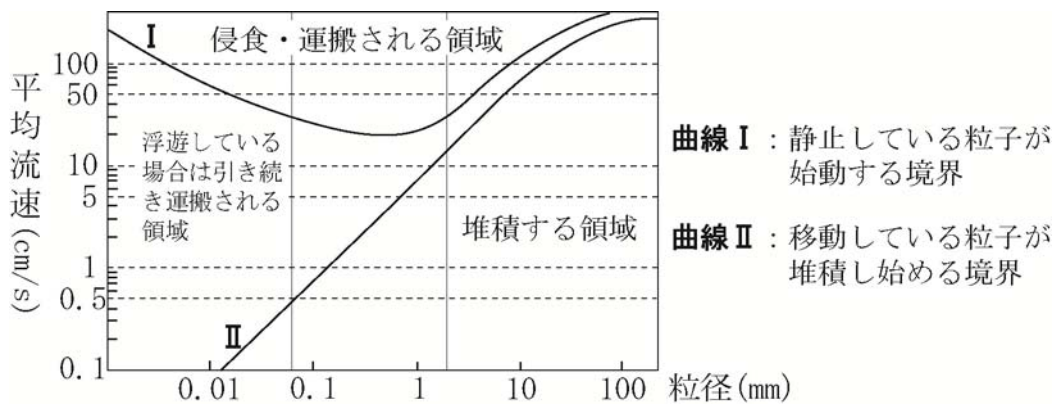
問1 柱状図1～4にアンモナイト化石と同時代に存在した可能性の最も低い生物の化石を下の①～④から一つ選び、その番号をマークしなさい。なお、図中の黒線はすべて1cmの長さをあらわしており、②は複製模型の写真である。



問2 下の図は、調査地から産出した化石種について、生息していた時代と範囲についてまとめたものである。①～④のうち、前のページの柱状図で示された砂岩層から産出したアンモナイト化石についてまとめた図を1つ選び、番号をマークしなさい。この図では、Aが最も古く、Eが最も新しい地質時代を示し、灰色の部分はある化石種の産出した範囲を示しているものとする。



問3 下の図は、流速・粒径と侵食・運搬・堆積の関係を示したものである。柱状図1のSから採取した砂岩の粒径は約0.1mmであった。この砂岩の砂が堆積したとき、流れはどのように変化したか、平均流速の変化につい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 0.5 cm/s からさらに遅くなった

② 1.0 cm/s から 0.5 cm/s になった

③ 5.0 cm/s から 1.0 cm/s になった

④ 1.0 cm/s から 5.0 cm/s になった

⑤ 5.0 cm/s から 10.0 cm/s になった

⑥ 10.0 cm/s から 50.0 cm/s になった

問4 柱状図1で断層より上位の地層はどのような環境で堆積したと考えられるか。①～⑥からもっとも適当な環境を1つ選び番号をマークしなさい。ただし、形成されている間、堆積環境は変化しなかったとする。

- ① V字谷

② 蛇行河川

③ カール

④ カルスト地形

⑤ 海岸段丘

⑥ 三角州

問5 図中の波線—U は不整合面を示している。この不整合面のすぐ上に堆積している基底れき岩の説明として最も適切な文を①～⑤から一つ選び、番号をマークしなさい。

- ① この基底れき岩には、堆積岩以外のれきがふくまれる可能性はない。
- ② この基底れき岩には、チャートのれきがふくまれる可能性はない。
- ③ この基底れき岩には、不整合面直下の泥岩のれきがふくまれる可能性はない。
- ④ この基底れき岩には、その上にかさなる砂岩や泥岩のれきがふくまれる可能性はない。
- ⑤ この基底れき岩には、T₁の凝灰岩のれきがふくまれる可能性はない。

問6 柱状図に示されている凝灰岩の地層について以下の文章の（ ）にあてはまる語句の組合せを、①～⑥から1つ選び、記号をマークしなさい。

離れた場所にある地層が同じ時代のものであることを決めることを（ ア ）という。（ア）に利用できる地層をかぎ層といい、「比較的（ イ ）期間にある現象が（ ウ ）い範囲で起き、それが記録されている地層」のことである。かぎ層としては、凝灰岩の地層がある。これは、（ エ ）が堆積・固化してできた岩石からなる地層である。

	ア	イ	ウ	エ
①	対比	短	広	生物の遺がい
②	地層累重の法則	長	狭	火山灰
③	対比	長	狭	泥
④	地層累重の法則	短	広	火山灰
⑤	対比	短	広	火山灰
⑥	地層累重の法則	長	狭	泥

問7 凝灰岩 T₁の地層の走向・傾斜を測定したところ、走向は N30°W、傾斜は 45°NE であった。この走向・傾斜を地形図に記号で記入するには、どのようにすればよいか。正しいものを下から1つ選び、①～⑥の記号をマークしなさい。

- ①

②

③

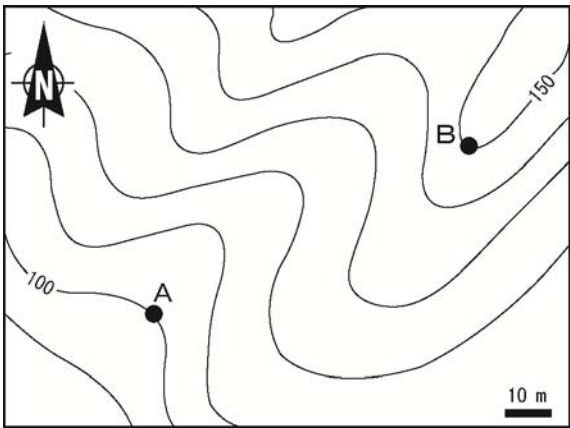
④

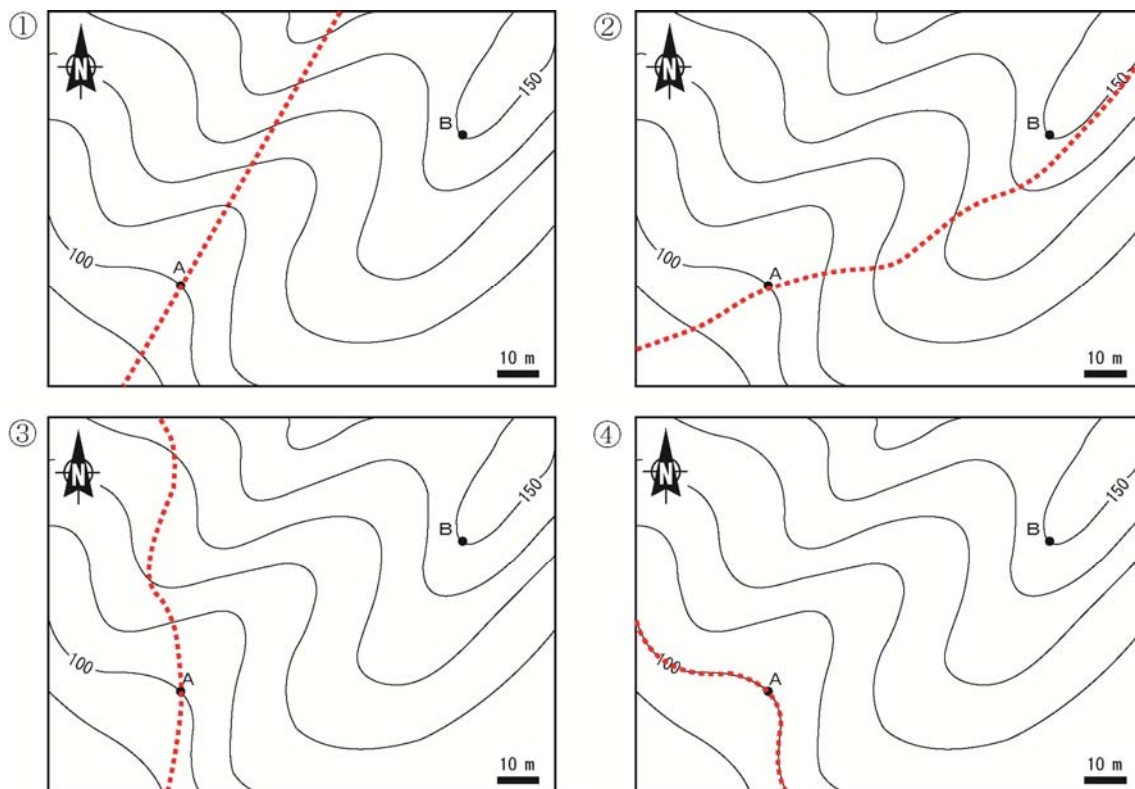
⑤

⑥

問8 右図のA地点で、凝灰岩 T₂の地層とその下位にある砂岩の地層との層理面を確認した。層理面の走向は N30°E で、傾斜は 45°NW であった。

このとき、凝灰岩 T₂の地層と砂岩の地層との地層境界線を正しく示した図を①～④から1つ選び、記号をマークしなさい。なお、面 U 上位の地層の走向傾斜は一定であった。





※ ①～④の図中の は地層境界線を表す

問 9 問 8 の図の B 地点でボーリングを行い、A 地点で観察された凝灰岩 T_2 と砂岩との層理面を観察した。このとき、層理面は地表から何 m 掘ったところで確認されたか。あてはまる数値を下から 1 つ選び、記号をマークしなさい。

- ① 10m ② 20m ③ 30m ④ 40m ⑤ 50m ⑥ 60m

問 10 柱状図 1～4（柱状図 1 のチャートは除く）に示した地層について述べた文として最も適切なものを下から 1 つ選び、記号をマークしなさい。

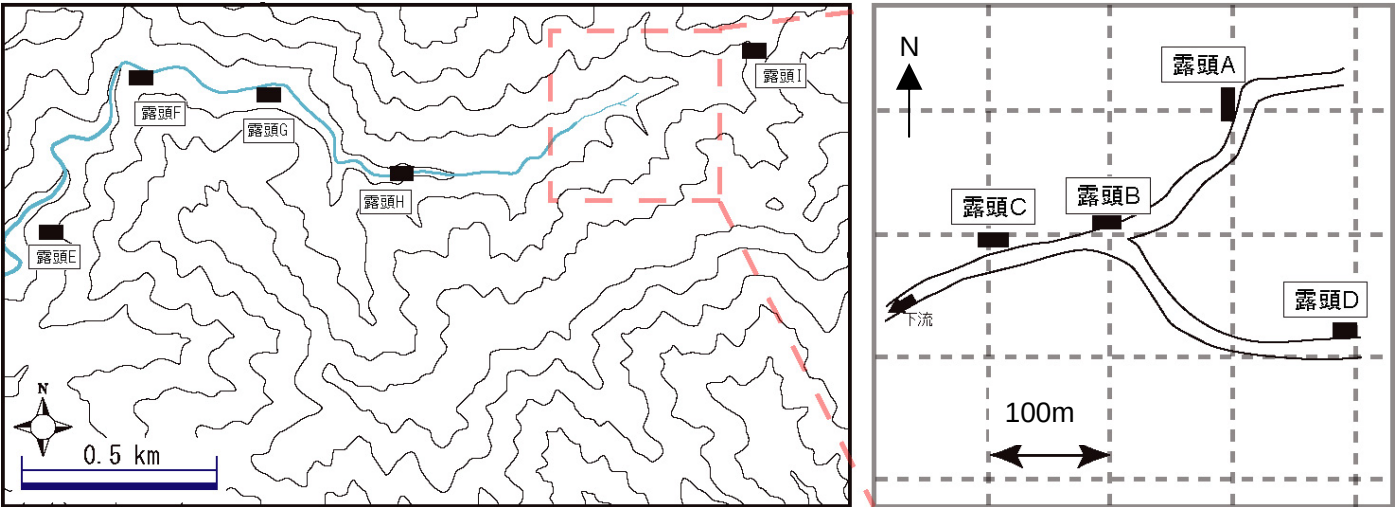
- ① れき岩、砂岩や泥岩の地層が繰り返し重なり、アンモナイトの化石が産出するので、沿岸や大陸棚のような場所で堆積した可能性がある。
- ② 全体的に砂岩やれき岩が目立つことから、地層はすべて陸上で堆積した可能性がある。
- ③ 地層全体の厚さの約 4 割近くを泥岩の地層が占めており、砂岩の地層には級化が観察されないことから、これらの地層はすべて深海底で堆積した可能性がある。
- ④ 凝灰岩の地層が存在するので、広域変成帯が近くに存在していた可能性がある。
- ⑤ 不整合が観察されることから、地殻変動が発生しなかった可能性がある。

第9問

太郎さんはある川に沿って地質調査を行い、その結果をフィールドノートにメモした。図1は、調査範囲に見られた露頭の位置を示したものである。図1に示した4か所の露頭をスケッチしたものが図2である。各露頭の観察結果を記した以下の文を読み、各問いに答えよ。

露頭 A～D とともに、水面から高さ4mに水平な境界面 U があり、地層を大きく2つに区分している。面Uには凹凸があり、直上にレキを含んでいる。面Uより上位の地層は水平であり、化石として(a) 更新世末の被子植物の炭化木片を産出している。

面 U より下位の地層は、一様に傾斜した主に砂岩、泥岩と石灰岩からなり、凝灰岩層 T を挟んでいる。4 か所の露頭で見られた凝灰岩層 T は、同一のものである。露頭 A では砂岩と泥岩の境界でソールマークが見られた(図2の☆の位置)。また、この流域に断層は認められなかった。



・等高線間隔は 50 m

図 1

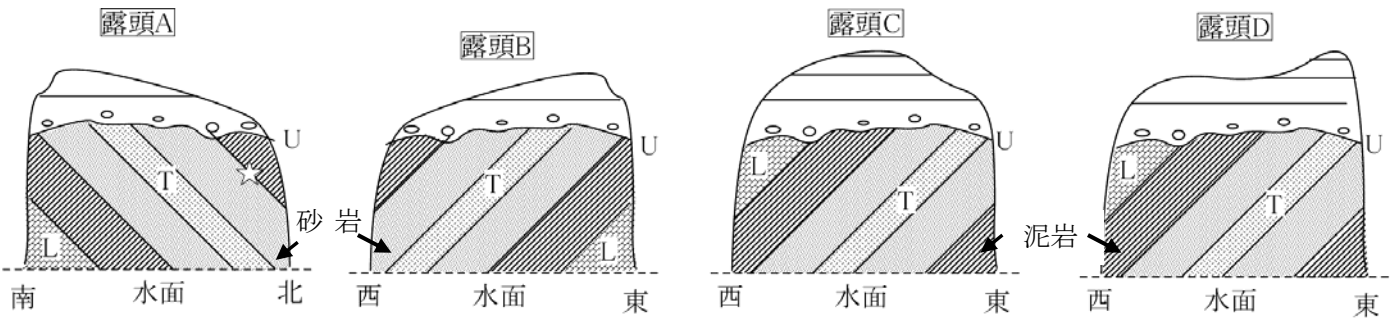


図2

問 1 境界面Uについて述べた文として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

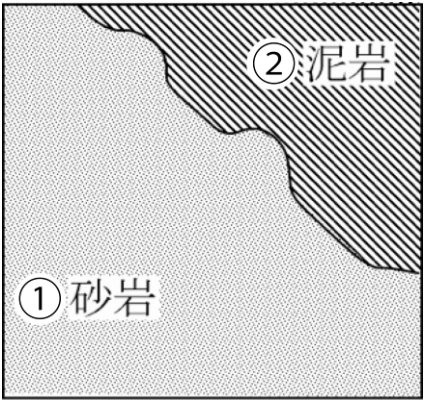
- ① 面Uを境に、上下の地層の形成年代は大きく異なっている。
- ② 面Uの直上のレキには、面Uより下位の地層を起源とするものがある。
- ③ 面Uは、過去に陸地になって侵食されてできた。
- ④ 面Uは、それより上の地層が堆積したあとに形成された。

問 2 太郎さんは研究室に帰ってから下線部(a)の植物の炭化木片の年代を、半減期 5730 年の放射性同位体を用いて測定した。すると、この放射性同位体の原子数は、もともとの数の 8 分の 1 になっていた。この炭化

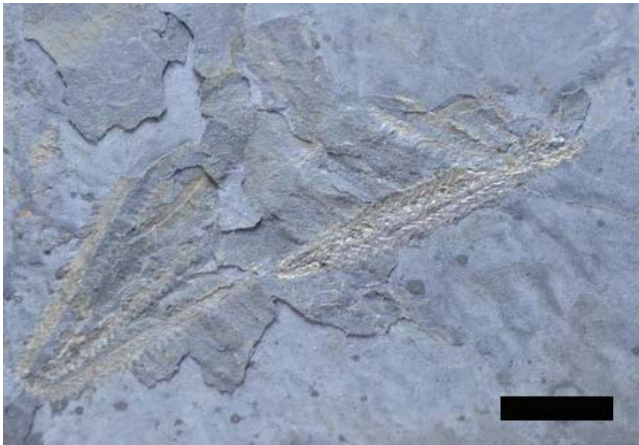
木片の年代と、太郎さんが測定に用いた放射性同位体の種類の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

	炭化木片の年代	放射性同位体の種類
①	17000 年	^{14}C
②	17000 年	^{238}U
③	23000 年	^{14}C
④	23000 年	^{238}U
⑤	46000 年	^{14}C
⑥	46000 年	^{238}U

問 3 次の図は露頭 A で見られたソールマークのスケッチである。泥岩層と砂岩層のうち、より新しい地層はどちらか。①または②をマークしなさい。



問 4 太郎さんは図 2 の石灰岩 L についてプレパラート（薄片）を作ったところ、次のような化石が含まれていた。この化石名を①～⑤から 1 つ選んで答えよ。また、この岩体が形成された時期に最も近い時代について述べた文を、＜形成された時代＞の①～③のうちから一つ選べ。（標本使用許諾：神奈川県立生命の星・地球博物館。写真中の太線は 1cm）



＜化石名＞

- ①イクチオステガ ②アノマロカリス ③プシロフィトン ④フデイシ ⑤クサリサンゴ
- ＜形成された時代＞

- ① 陸上には生物はおらず、海生無脊椎動物が繁栄していた。
- ② ロボクやリンボクなどの大森林ができていた
- ③ 比較的温暖な気候が続き、哺乳類が大型化していった。

問5 面Uよりも下位の地層の走向として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① N-S ② N45°E ③ N45°W ④ E-W

問6 この川沿いで最も古い地層が露出しているのはどの区間と考えられるか。次の①～③から一つ選べ。

- ① A～B 区間 ② B～C 区間 ③ B～D 区間

問7 地質学では、地層の走向などがどのように変化しているかを三次元で解析するためにステレオ投影法とよばれるものを使うことがある。露頭で観察された地層の面(層理面)をステレオ投影で表現するには、観察地点を中心とする球体を考え、層理面とこの球体の下半分との交線で表現するというやり方をする(図3)。例えば、走向傾斜が N30°E45°SE の面と球の下半分との交線をステレオプロットすると図4のようになり、大円 ab(曲線 ab)によって走向傾斜が表されている。

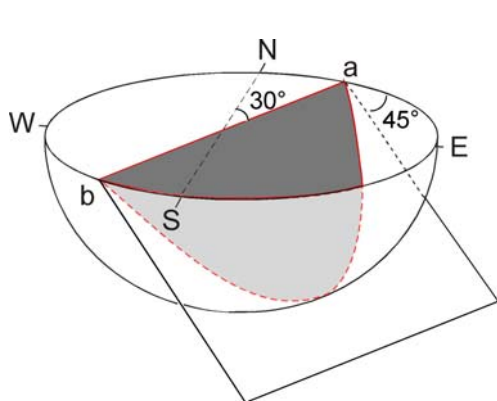


図3

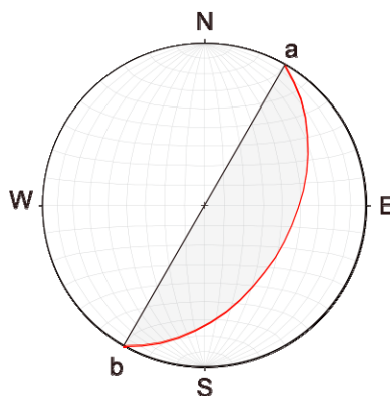
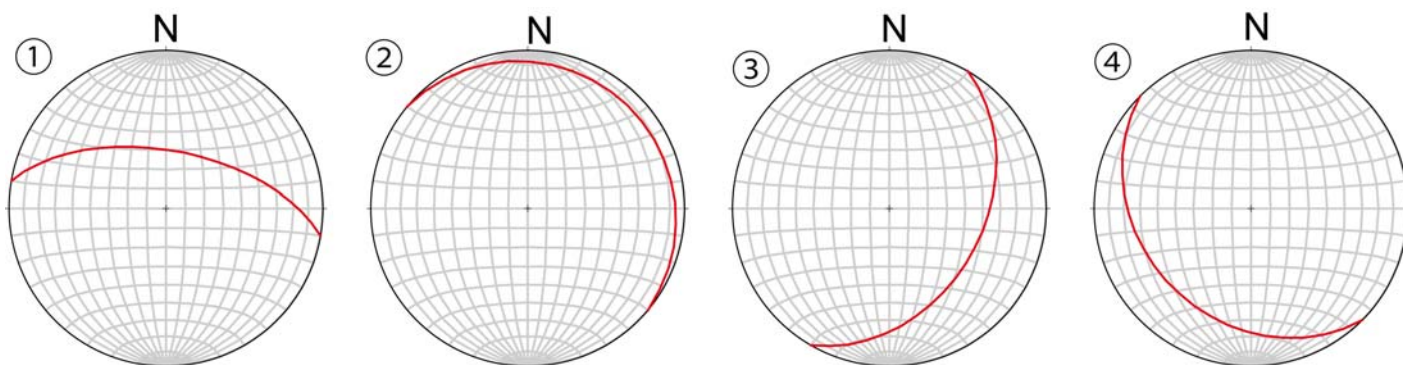


図4

では、N45°W30°SW をステレオ投影するとどのようなになるか、下の①～④から1つ選びマークしなさい。



問8 露頭G地点の走向傾斜は N45°E60°SE であった。これについて下半球投影のステレオ投影図を完成させよ。なお、大円は滑らかな曲線で描き、補助線を書いた場合は消さずに残しておくこと。作図には図5を参考にし、解答用紙への記入はフリーハンドで行うこと。

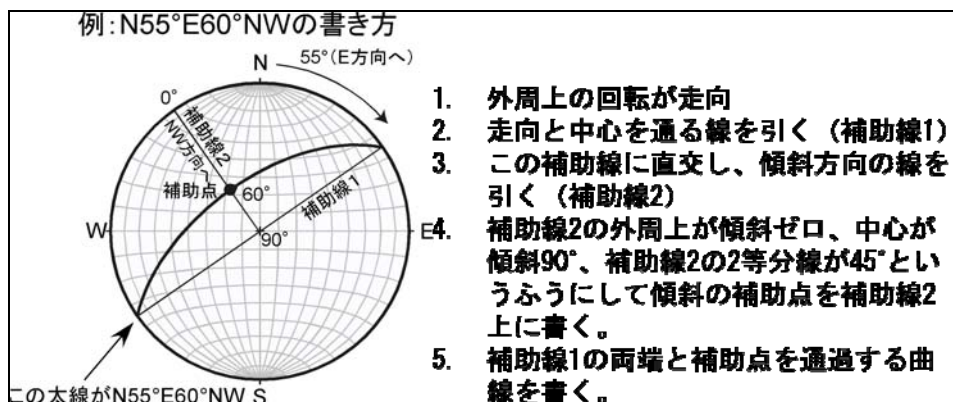
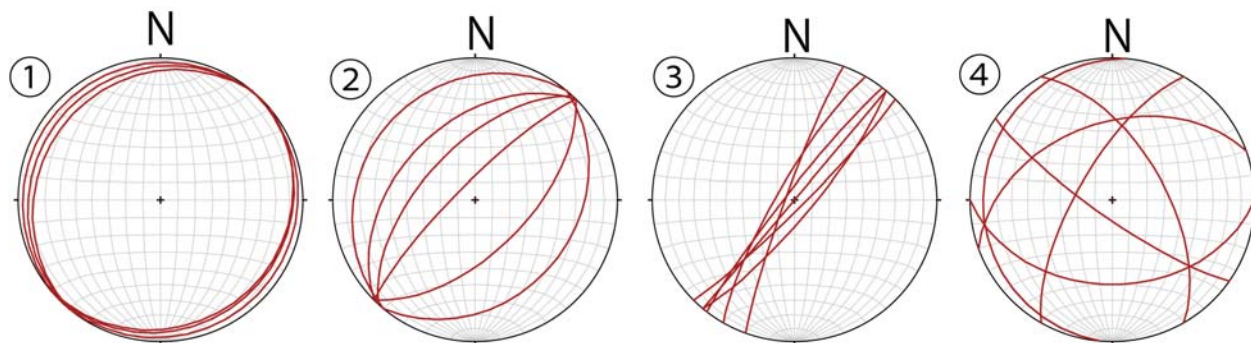


図5

問 9 太郎君がこの地域で測定した地層の走向はほぼ一定であり(但し、面Uが観察された場所ではその上位を除く)、傾斜には変化があった。このうち、露頭 A, E, F, G, H, I での走向傾斜を下半球投影のステレオ投影図に描いた。その図として最もふさわしいものを①～④から1つ選んで番号をマークしなさい。



問 1 0 問 9 の結果から調査地域全体はどのような変形をしていると考えられるか。以下の①～④から1つ選べ。

- ①正断層 ②逆断層 ③不整合 ④しゅう曲

<以下このページは余白>

第 10 問と第 11 問はそれぞれ選択問題です。A、B のいずれかを選んで解答しなさい。

第 10 問 A

図 1 は中緯度における海水の温度の深さに対する分布を模式的に示したものです。これを見て以下の問いに答えなさい。

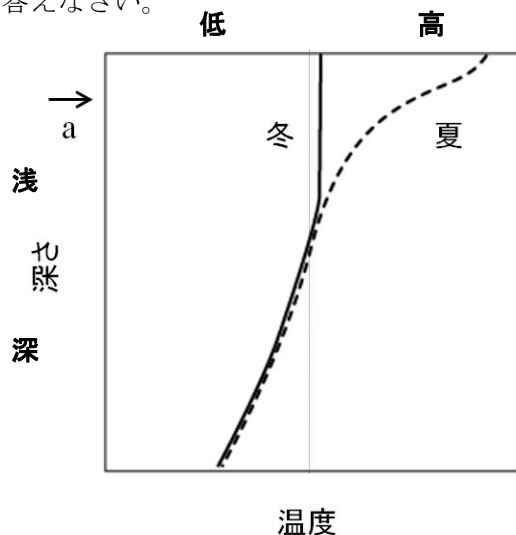


図 1 : World Ocean Database 2005 に基づき作成

問 1 以下の文章は図 1 の水温分布について説明したものです。(ア) ～ (ク) に入る適切な語を下の語群からそれぞれ 1 つ選びなさい。ただし、同じものを何度選んでも構いません。

海水の密度は温度が高いほど (ア) くなるため、塩分の違いによる密度の変化が小さいならば、水温が (イ) い水ほど上の方にあるような分布ができる性質がある。

冬になると風による海水の運動が激しくなることに加えて、海面近くの海水は大気によって冷やされて、密度が (ウ) くなるため、それより下にある海水と混ざりやすくなり、深さが変わっても温度があまり変化しない部分が出来ると言われている。これは (エ) とよばれている。(エ) は海水が冷やされるほど深くまで発達する。

春になって海水が大気によって暖められると、水温の分布は図 2 の (X) の様になり、やがて夏には (オ) とよばれる海水の上下の温度差が大きな部分が発達する。秋の終わってから冬の始まりには (エ) が発達しはじめる。

これに対し、一年中 (エ) が及ばない深さでは水温の季節変化は比較的小さく、(カ) とよばれる水温の構造が一年中みられる。

実際には、(エ) の発達には上で述べられた海と大気の熱のやりとりや、風だけでなく、降水や氷の融解などによる淡水の流入によっても影響される。海面から淡水が流入すると、海面付近の海水の密度が (キ) くなるため (エ) は (ク) になる。

語群

- ①高、②低、③海底境界層、④季節温度躍層、⑤混合層、⑥主温度躍層、

⑦発達しやすく、 ⑧発達しにくく

問 2 上の文章中の (X) にあてはまる最も適切な形のグラフを図 2 の 1 から 4 の中から 1 つ選び番号をマークしなさい。

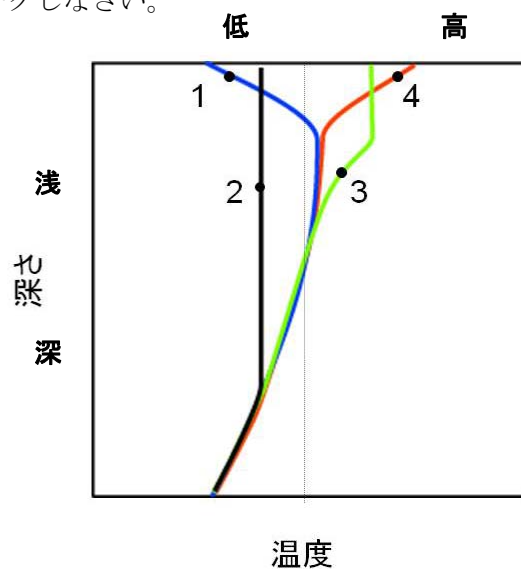


図 2 : World Ocean Database 2005 に基づき作成

問 3 海面の水温が図 3 の破線の折れ線グラフのように季節変化をしていたとします。このとき図 1 の矢印 a の水深での水温の季節変化を折れ線グラフにするとどのようなと考えられますか、図 3 の 1 から 4 の中から最も適切な形のグラフを 1 つ選び番号をマークしなさい。

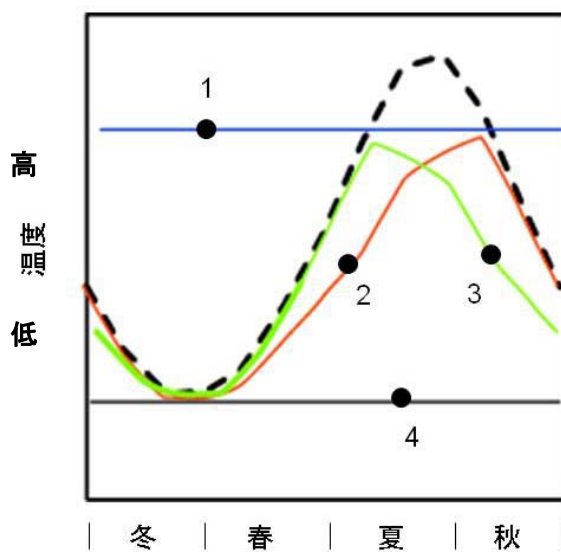


図 3 : World Ocean Database 2005 に基づき作成

第 10 問 B

望遠鏡による天体観測について説明した以下の文章を読み問いに答えよ。

望遠鏡を天体観測に用いる時は、望遠鏡を天球上の天体に向けるために姿勢をかえたり、地球の自転によって見かけ上移動(日周運動)していく天体を追尾するために望遠鏡の向きを滑らかにかえる駆動部が必要となる。この駆動部を『架台』という。望遠鏡の架台は、大まかには (ア) と (イ) の 2 つに分類することができる。(ア) は望遠鏡を水平線に対して平行方向(水平方向)と垂直方向(鉛直方向)に動かす架台である。これは日周運動する天体を追尾するときには 2 つの軸を同時に動かす必要があるなどやっかいであるが、構造が単純でバランスもとりやすく、望遠鏡の大型化がしやすい。一方、(イ) は 1 つの軸(極軸)を地球の自転軸と平行になるようにセットした架台である。この架台を用いれば日周運動を極軸をほぼ等速で回転させるだけで追尾することができて便利であるが、構造が複雑になる上に望遠鏡全体のバランスがとりにくくなるという欠点がある。

ここで(ア)、(イ) 2 種類の架台の動きは、それぞれ(ウ)座標、(エ)座標での座標軸に沿った軸まわりの動きと考えることができる。このうち、(ウ)座標では天頂(観測者から見て真上の点)を高度 90 度とし、水平線を高度 0 度としている。一方、(エ)座標では極軸を延長した先にある 2 点、つまり地球の北極、南極を天球上に投影した 2 点(それぞれ天の北極、天の南極という)が天球での緯度、すなわち赤緯 90 度、-90 度となり、地球の赤道を天球上に投影した線(天の赤道)を赤緯 0 度としている。また、赤緯に対して垂直方向の座標、つまり地球での経度に相当する座標値を、赤経という。

問 1 文中の (ア)、(イ)に入る最も適当な単語を以下の選択肢から 1 つずつ選びなさい。

- ①緯経台 ②地平台 ③経緯台 ④地心台 ⑤黄道儀 ⑥赤道儀 ⑦赤緯儀

問 2 架台 (ア)を用いて日周運動を追尾した場合に、上文中に記述があるもの以外でやっかいとなる問題を以下の①～④から 1 つ選びなさい。

- ① 軸が正確に北を向いていないと追尾できなくなる
② 天体が子午線(天頂と南北を結ぶ線)を超えると追尾できなくなる
③ 天体を追尾するにつれて視野が回転する
④ 天体が天の北極付近にあると追尾できなくなる

問 3 文中下線部について、かつてはパロマー天文台のハール望遠鏡のように大型望遠鏡であっても架台(イ)を用いていたが、すばる望遠鏡など近年の大型望遠鏡は架台(ア)を用いるものが多くなっている。その理由として最も適切なものを 1 つ選びなさい。

- ① 望遠鏡が大型であれば観測が短時間で済むので追尾の必要がないから

- ② 観測精度の向上のために追尾動作を単純にしなければならないから
- ③ コンピュータの発達で追尾の制御や補正が容易になったから
- ④ 複雑な構造で設計上重くなっても技術的に製作できるようになったから

問4 文中(ウ)、(エ)に入る最も適当な単語を以下の選択肢から1つずつ選びなさい。

- ①地心 ②天球 ③黄道 ④赤道 ⑤地球 ⑥地平 ⑦銀河

問5 ここで、北緯36度、東経140度のA地点で天の北極が天球上に位置する高度について最も適切な記述を以下の文章から1つ選びなさい(ここでは問6で考察するような地球の歳差運動などは考慮しなくてよい)。

- ①天の北極は地平線からの高度約36度にて静止している。
- ②天の北極は地平線からの高度約54度にて静止している。
- ③天の北極は地平線からの高度約24度にて静止している。
- ④天の北極は地平線下に位置している。
- ⑤天の北極は日周運動とともに移動している。

問6 さて、地球の地軸はコマの首ふり運動とおなじように、大きな円を描きながらふらついている。これを『歳差運動』という。この歳差運動によって地球の地軸はおよそ26000年をかけて一周しており、その見かけの半径は天球上で角度24度になっている。例えば、およそ4000年前には天の北極はりゅう座のアルファ星(トウバン)付近(赤緯おおよそ65度)にあった。これと大まかには同じような赤経に位置しながら、現在は赤緯-60度付近に位置するみなみじゅうじ座(南十字星)は4000年前にはA地点付近での最高高度はどのくらいだっただろうか。以下の①～④から1つ選んで番号をマークしなさい。

- ① 地平線下にあり、みえない
- ② およそ20度
- ③ およそ31度
- ④ およそ71度

問7 およそ12000年後にはこと座のベガ(現在A地点では8月末の20時にほとんど天頂に位置している)付近に天の北極が位置すると考えられている。では、A地点では2月末の20時の最大高度になったときでも地平線すれすれにしか見えないりゅうこつ座のカノープスはこのときどのようなになっているか、①～④から選んで番号をマークしなさい。

- ① 天の赤道に位置し、最大高度はおよそ54度
- ② 天の南極に位置し、『南極星』になっている。
- ③ やはりA地点では最大高度が地平線すれすれになるような位置にある
- ④ 最大高度がほとんど天頂になるような位置

第 10 問と第 11 問はそれぞれ選択問題です。A、B のいずれかを選んで解答しなさい。

第 11 問 A

下の図 1 は海洋の熱輸送について示したグラフ、図 2 は海面からの熱の出入りを示した図です。これらについて説明した文章を読んで以下の問いに答えなさい。

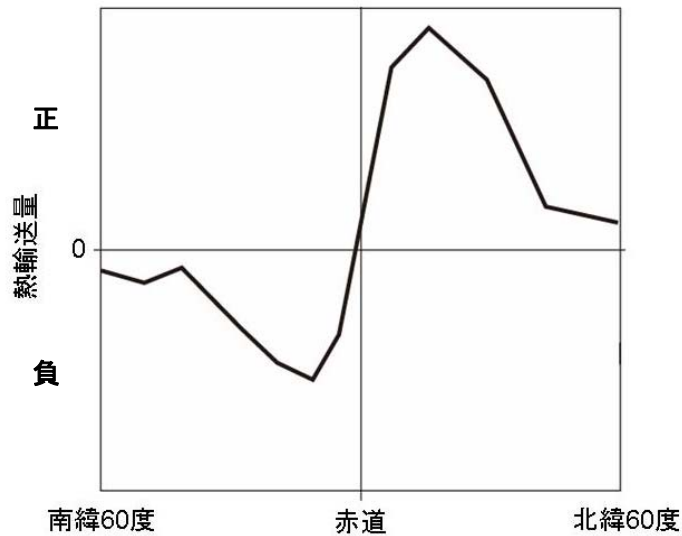


図 1 Ganachaud and Wunsch, Journal of Climate, 2003 に加筆

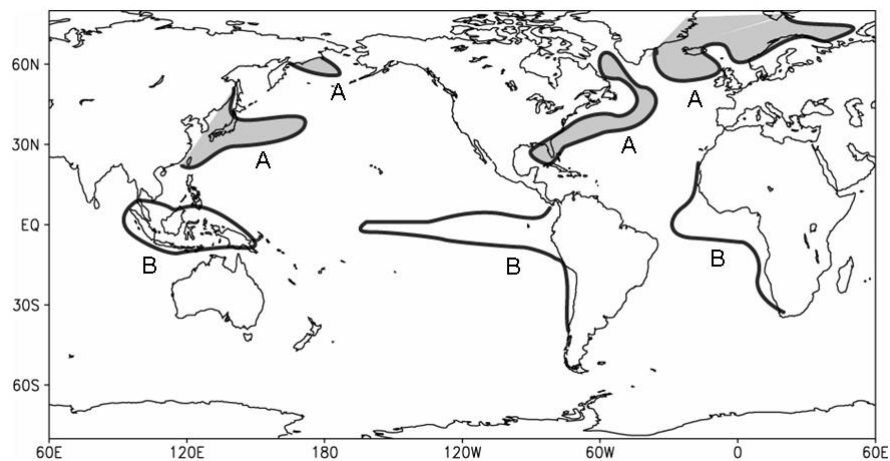


図 2 National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Reanalysis Products
Surface Flux に基づき作成

[説明文]

図 1 は海洋が南北方向に運ぶ熱の輸送量を示している。ここで正の値は熱が北向きに運ばれていることを表す。この図から海洋は低緯度地域から高緯度地域へと熱を運んでいることがわかる。地球が太陽放射によって受ける熱は (1) ので、海洋は (2) ことになる。

図 2 は海面を通じた、海洋への正味の熱の出入りが多い領域を幾つか示している。図 1 から、(3) では海洋から熱が放出され、(4) では反対に海洋へ熱が吸収されていると考えることができる。

北緯 30 度辺りの中緯度域では太平洋、大西洋ともに A の領域は大陸の東の端近くにある。この領域は大陸からの風の影響を受けやすく、また (5) とよばれる強い海流がある所にもあたる。黒潮とメキシコ湾流は北半球の典型的な (5) で、南から海水を運んでいる。

北緯 60 度辺りの高緯度域では A の領域はほぼ大西洋とその周辺だけに分布している。この付近には海水が海面から海底近くまで沈みこむ場所があり、(6) とよばれる地球を大きく循環する流れの通り道になっている。

B の領域のうち (7) では海面水温の分布が数年に一度変調を起すエルニーニョ現象が発生する。エルニーニョ現象とそれにともなう大気の変動は、中緯度地域まで及ぶことが知られている。

問 1 (1) に入るものとして適切な文を下から 1 つ選びなさい。

- ①赤道付近で大きく南北両極付近で小さい
- ②南北両極付近で大きく赤道付近で小さい
- ③地球全体で大きな差はない

問 2 (2) に入るものとして適切な文を下から 1 つ選びなさい。

- ①赤道と南北両極が受ける熱の差が大きくなるように働いている
- ②赤道と南北両極が受ける熱の差が小さくなるように働いている
- ③赤道と南北両極が受ける熱の差とはほぼ無関係に働いている

問 3 (3) と (4) に入るものとして適切な語句をそれぞれ下から 1 つ選びなさい。

- ①A
- ②B
- ③A と B
- ④A,B 以外の大部分の領域

問 4 (5) に入るものとして適切な語句を下から 1 つ選びなさい。

- ①吹送流
- ②西岸境界流 (西岸強化による流れ)
- ③地衡流
- ④密度流

問 5 (6) に入るものとして適切な語句を下から 1 つ選びなさい。

- ①熱塩循環
- ②ハドレー循環
- ③風成循環
- ④ラングミュアー循環

問 6 過去数万年の間に (6) の循環が止まった時期があったことが推測されています。そのときヨーロッパ北部の気温はどうなったと考えられるでしょうか、下から適切なものを 1 つ選びなさい。またその理由を簡単に説明しなさい。

- ①上がった
- ②下がった
- ③大きな影響を受けなかった

問 7 (7) に入るものとして適切な語句を下から 1 つ選びなさい。

- ① 太平洋西部とインド洋
- ② 太平洋東部
- ③ 大西洋

問 8 エルニーニョ現象が発生したとき、問 7 で答えた領域の海面の水温は普段の年に比べてどのようなになるでしょうか以下から適切なものを 1 つ選びなさい。

- ① 上がる
- ② 下がる
- ③ 大きな影響は受けない

第 11 問 B

問 1 星の明るさを示すための『等級』について考える。これは望遠鏡の発明以前の肉眼での観測の際に定義されたものだが、どのような定義か。以下の説明の空欄に当てはまる数字をそれぞれ 1 つマークしなさい。

全天で際だって明るい恒星を(ア)等、肉眼で観測できる最も暗い星を(イ)等とした

問 2 肉眼の代わりに望遠鏡等で天体を観測するのは、肉眼よりも天体から到達する光をよく集める(集光率が高い)からであり、その集光率は望遠鏡の集光部の面積に比例する。例えば、すばる望遠鏡の口径(主鏡の直径)は約 8 m もある。では、すばる望遠鏡を通して肉眼で星を見た場合には何等級の星まで見えるだろうか。以下から最も適切なものを

1つ選びなさい。ただし、人間の瞳孔(目の瞳)の直径を 5mm とする。

- ①13 等 ②16 等 ③18 等 ④22 等 ⑤25 等

問3 一方、天体からの距離を示す指標として、『パーセク(pc)』という単位がある。以下にこのパーセクの定義について述べているが、(ア)に入る適切な語句を解答用紙第3面の所定の箇所に記入し、(イ)は選択肢の中から正しいものを選び番号をマークしなさい。1パーセク(1pc)とは地球の公転軌道上で天体を観測したとき、地球の軌道半径が天体に対してなす角度、つまり(ア)が1秒角となる天体までの距離であり、地球の公転軌道半径は1天文単位であるから、この距離はおおよそ(イ:① $1/60$ [式: $1/3600 \times 180/\pi$], ② $1/20$ 万[式: $1/3600 \times \pi/180$], ③20万[式: $3600 \times 180/\pi$], ④60[式: $3600 \times \pi/180$])天文単位である。

問4 アンドロメダ銀河は我々の銀河系からおおよそ70万パーセクの距離に位置し、全体の明るさはおおよそ4等級である。これが恒星の集合だと仮定し、どれほどの個数の恒星からできているかを見積もってみよう。たとえば太陽は地球から見るとおおよそ-27等の等級である。これと同じ明るさの星によってアンドロメダ銀河が構成されているとすると、(ア)こうした恒星一個分の明るさは何等級か。またこの場合(イ)実際の銀河の明るさにするには太陽と同じ明るさの恒星が何個必要か。ただし、放射される光の総量(電磁波のエネルギー)が同じ天体ならば、その見かけの明るさは天体までの距離の2乗に反比例することを利用し、以下の選択肢から最も適切なものをそれぞれ選びなさい。

(ア) ①9等 ②14等 ③19等 ④24等 ⑤29等

(イ) ①10万個 ②1000万個 ③10億個 ④100億個 ⑤1000億個

問5 2008年にはハッブル宇宙望遠鏡による、太陽系外の恒星の周りを回る惑星の可視光での直接観測が初めて成功した。この惑星は、みなみのうお座の1等星フォーマルハウトの周りを回っており、木星の3倍以下程度の質量を持っていると推定されている。そこで、木星と同じ明るさの星がフォーマルハウトの周りを、木星と同じ大きさの公転軌道を持って回っていると考え、このとき、(ア)地球からはこの天体はどのくらいの等級で見えるか。また、(イ)この星とフォーマルハウトの見かけの距離はどのくらいになるか。以下の選択肢から適切なものをそれぞれ選びなさい。ただし、フォーマルハウトと太陽系はおおよそ10パーセクほど離れているとする。

(ア) ①15等 ②20等 ③25等 ④30等

(イ) ①50秒角 ②5秒角 ③0.5秒角 ④0.05秒角

問6 この惑星とフォーマルハウトとの明るさの差はどのくらいか。以下から1つ選び番号をマークしなさい。

- ①400 万倍
- ②4000 万倍
- ③4 億倍
- ④40 億倍

問7 以上のことから、太陽系外の惑星を直接観測する上で、最も困難だと思われる点について説明し、解答用紙第3面に記入しなさい。なお、すばる望遠鏡などの大型望遠鏡と最新の観測技術によって、すでに28等級以下の天体の検出や、0.1秒角程度の分解能観測は実現しているが、それでもなお太陽系外惑星が直接検出された例は非常に少ないことを参考にしなさい。

問8 現在地球から夜空を見上げると、真っ暗な背景に星やその他の天体が光って見えている。しかし、宇宙の背景が真っ暗であることは、実は当たり前のことではない。そこで、以下のように簡単なモデル化した宇宙を考える：[モデル]同じ明るさの星が地球からの距離、地球から見える方角によらずに、等方一様に分布している。この状態が地球から遥か遠方に至るまで永遠に続いている。このとき、ある方角に位置する、地球からの距離 d_1 から d_2 ($d_1 < d_2$) までの星によるその部分の空の明るさ L はどのように表されるか、以下の①～④から1つ選びなさい。ここでは、ある方角の単位距離間隔内にある星の個数を n 、個々の星の明るさは l とする。

- ① $nl(d_2 - d_1)$
- ② $nl\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)$
- ③ $\frac{1}{nl}(d_2 - d_1)$
- ④ $\frac{1}{nl}\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)$

問9 問8の結果からは、無限遠まで星があり続けると夜空は暗くならず、いたる方向も光り輝くことを意味する。なぜ実際と異なる結果になったと考えられるか。以下の①～④からもっとも適切なものを1つ選びなさい。

- ① 実際の宇宙が有限で、膨張しているため。
- ② 実際には宇宙に始まりがあり、天体の光は有限の速度でやってくるため。
- ③ 実際には宇宙に始まりがあり、その後膨張しているため。
- ④ 実際の宇宙が有限で、天体の光も有限の速度でやってくるため。

<以下余白>