

第5回日本地学オリンピック予選

(第7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。
- 第11問は選択問題です。A、Bのいずれかを選び、解答用紙にマークしたうえで解答してください。
- 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

地学は現在の自然だけでなく、過去の自然を様々な記録や理論に基づいて探究し、自然界の歴史を解明することを特徴とする分野です。次の問1～問8に答えなさい。

問1 地質時代について、次の①～④から最も適切な記述を1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地質時代の区分は、含まれる化石の変化に基づいており、その変化が大きいほど大きな時代区分の境界とされている。
- ② 地質時代は大きく古い方から順に、冥王代・太古代・原生代、カンブリア紀から石炭紀までの古生代、三畳紀から白亜紀までの中生代、古第三紀から第四紀までの新生代に区分されている。
- ③ 地球の誕生、古生代、中生代、新生代の始まりは、それぞれおよそ 35 億年前、5 億 4000 万年前、2 億 5000 万年前、6600 万年前である。
- ④ 地質時代においては、地球環境が大きく変化したことが、そのうち大気中に酸素がない状態から酸素のある環境への変化は、先カンブリア時代の末頃に起こった。

問2 地質時代には、生物界が大きく変化した。古生代の生物界の記述として適切でないものを、次の①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① カナダのバージェス頁岩の化石群などから、カンブリア紀には無脊椎動物が爆発的に進化して、多様な種が誕生したことがわかっている。
- ② 古生代末には、世界各地のこの時代の地層から、海の生物種の9割以上が絶滅するという、地球史上最大の大量絶滅が起こったことがわかっている。
- ③ 古生代の中頃には、植物に続いて動物も陸上へ進出して、古生代の終わり頃には哺乳類型爬虫類という大型の動物が繁栄していた。
- ④ 古生代の後半には、被子植物が大森林を形成し、それが大量の石炭となって堆積したため、石炭紀とよばれる時代がある。

問3 中生代の生物の組み合わせとして適切なものを、次の①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① アンモナイト、フズリナ、サンカクガイ
- ② トリケラトプス、始祖鳥、メタセコイア
- ③ イノセラムス、ティラノサウルス、魚竜
- ④ ベレムナイト、イチョウ、直角貝

問4 新生代における生物の出現順序としてふさわしくないものを、次の①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 貨幣石（ヌンムリテス）→デスモスチルス→マンモス
- ② ビカリア→貨幣石（ヌンムリテス）→マンモス
- ③ 貨幣石（ヌンムリテス）→デスモスチルス→ネアンデルタール人
- ④ ビカリア→マンモス→ホモ・サピエンス

問5 右の写真は 38 億年前の岩石(枕状溶岩)で、地球表層にあるものがあつた重要な証拠となっている。この岩石が存在を示すあるものとは何か。次の①～④から適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① マグマオーシャン
- ② 大陸
- ③ 大気
- ④ 海洋



問6 下の写真は25億年前に形成された縞状鉄鉱^{しま}である。これについての説明として適切でないものを、①～④から1つ選び番号をマークしなさい。



- ① 大気と海水中の酸素濃度が高まったことを示す。
- ② 縞状の構造は氷河との関連から、地球が寒冷であったことを示す。
- ③ 黒い部分はチャートで、鉄鉱物は赤い部分に多い。
- ④ 縞状鉄鉱がこの時期にできたことは、シアノバクテリアの活動との関連があると考えられている。

問7 下の写真は米国ニューメキシコ州のある場所に露出する中生代と新生代の地層の境界(ペン先の部分)である。この時の地球のできごとについて適切でないものを、①～④から1つ選び番号をマークしなさい。



- ① ペン先の白い部分には、地球表層には少ないイリジウムが多く含まれていることから、小天体の衝突の証拠とされている。
- ② 黒い地層は炭素に富み、当時の陸上に大火災が起こって大量のススが世界中に堆積したことから、大規模な火山活動が世界的に起こったと考えられている。
- ③ 黒い地層よりも上の地層からは、恐竜の化石が見つかっていない。
- ④ この地層は、世界中の広い範囲で見つかっており、この時の地球環境の激変は地域的なものではなく、全地球的なものであったことが知られている。

問8 地球史の最後の段階におけるできごととして注目される人類の進化で、類人猿から猿人への変化に関する記述としてふさわしいものを、①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 最も原始的な道具である打製石器を使用するようになった。
- ② この進化は新生代第四紀始めに起こった。
- ③ 直立二足歩行をするようになった。
- ④ この進化は西アジアで起こった。

第2問

日本は、地球上でも地震活動が極めて活発な地域の一つであり、そうした活発な地震活動を引き起こす最も大きな原動力はプレートの沈み込みである。ここでは日本列島周辺のプレートの沈み込みとそれに伴う諸現象に関して考察する。

問1 日本の周辺では(ア)プレートが日本海溝に沈み込み、(イ)プレートが南海トラフに沈み込んでいる。(ウ)プレートと(エ)プレートの境界は日本列島中央部を通っていると考えられている。空欄(ア)～(エ)に当てはまるプレートの名称としてもっとも適切な組み合わせを次の①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ①：(ア) ユーラシア、(イ) フィリピン海、(ウ) 太平洋、(エ)インド・オーストラリア
- ②：(ア) フィリピン海、(イ) 太平洋、(ウ) 北米、(エ)ユーラシア
- ③：(ア) 太平洋、(イ) フィリピン海、(ウ) インド・オーストラリア、(エ)北米
- ④：(ア) 太平洋、(イ) フィリピン海、(ウ) 北米、(エ)ユーラシア

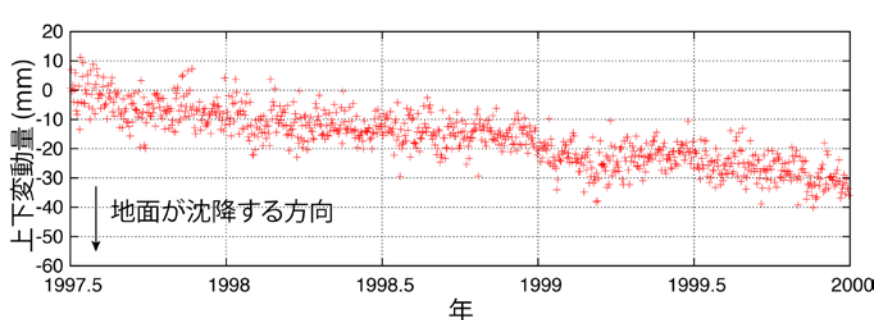
問2 地震の規模を示す指標として、その地震が解放したであろうエネルギーに基づいたマグニチュードがよく用いられる。例えば2011年2月22日にニュージーランドのカンタベリー地方(クライストチャーチ周辺)で発生した内陸地震のマグニチュードは6.1であった。また2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震のマグニチュードは9.0であった。2011年東北地方太平洋沖地震によって解放されたエネルギーは、2011年ニュージーランド・カンタベリー地震で解放されたエネルギーの約何倍か、①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① およそ1.5倍
- ② およそ1,000倍
- ③ およそ30,000倍
- ④ およそ1,000,000倍

問3 このようなマグニチュード、もしくは、地震が解放するエネルギーの違いについての①～④の説明から、もっとも適切な説明を選び、番号をマークしなさい。

- ① 地震のマグニチュードは動いた断層の深さと関係があり、東北地方太平洋沖地震のような特に規模の大きい地震は、海溝沿いに正断層を作るような動きで発生する
- ② 地震のマグニチュードは動いた断層の面積と関係があり、東北地方太平洋沖地震のような特に規模の大きい地震は、内陸の横ずれ断層を作るような動きで発生する
- ③ 地震のマグニチュードは動いた断層の深さと関係があり、東北地方太平洋沖地震のような特に規模の大きい地震は、地球上どのような場所でも発生する可能性は同じである。
- ④ 地震のマグニチュードは動いた断層の面積と関係があり、東北地方太平洋沖地震のような特に規模の大きい地震は、海溝沿いに逆断層を作るような動きで発生する

問4 地震の前後に地殻変動の様子が変化することが頻繁に観測されている。カーナビゲーション等にも用いられるGPSの観測データ等を詳しく調べることによって、このような地殻変動の様子が詳細に分かるようになってきた。下の図は静岡県の御前崎にあるGPS観測点の1997年6月末から2000年までの間の上下変動の様子を1日毎にグラフにしたものである。この観測点では、1年間におおよそどの程度の速度で地面が沈降しているか、①～④から1つ選び番号をマークしなさい。



- ① 1年に20mm程度の沈降
- ② 1年に10mm程度の沈降
- ③ 1年に30mm程度の沈降
- ④ 1年に5mm程度の沈降

問5 問4で示したGPS観測点が沈降している理由としてもっとも適切なものを①～④から1つ選び、マークしなさい。

- ① 海洋プレートが陸側プレートの下に、抵抗なくゆっくりとすべって沈み込むため
- ② 海洋プレートが沈み込みによって陸側プレートを引きずり込むため
- ③ 陸側プレートが侵食によって削り取られるため
- ④ GPS観測点が液状化現象で沈降するため

問6 次の説明文の(ア)～(エ)に当てはまる語句として適切な組み合わせを①～④から選び、番号をマークしなさい。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は大きな津波を引き起こし、数多くの貴重な人命を奪いました。津波は地震だけではなく海底地すべり、海底火山の噴火などでも発生しますが、その波長は極めて(ア)ことが特徴です。一般的に津波の速度は、水深が浅くなればなるほど(イ)なります。東北地方太平洋沖地震の場合はその津波が地球のほぼ裏側にある南米に到達するまでに(ウ)時間程度必要でした。遠く離れた場所で発生した地震による津波によって日本で大きな被害が出る場合もあり、例えば、(エ)地震では日本でも三陸海岸を中心として大きな被害となりました。

- ① : (ア) 短い、(イ) 遅く、(ウ) 48、(エ) 2004年スマトラ・アンダマン
- ② : (ア) 長い、(イ) 速く、(ウ) 24、(エ) 1960年チリ
- ③ : (ア) 短い、(イ) 速く、(ウ) 48、(エ) 2004年スマトラ・アンダマン
- ④ : (ア) 長い、(イ) 遅く、(ウ) 24、(エ) 1960年チリ

問7 次の文章の(ア)～(エ)に当てはまる語句として適切な組み合わせを①～⑥から選び、番号をマークしなさい。

そもそもプレートはどこで生まれているのでしょうか？海洋底には(ア)と呼ばれる大山脈が連なっています。(ア)はプレートが生まれる場所(プレート発散境界)そのものであり、高温の物質が浅部まで上昇してきていることが特徴です。例えばアイスランドは(イ)の上に位置し、活発に火山活動が起きています。(ア)にはさまれた部分では2つのプレートがすれ違う様な場所があり、(ウ)断層と呼ばれています。(ウ)断層では、(エ)型の地震が比較的多く発生することが知られています。

- ① : (ア) 中央海嶺、(イ) 大西洋中央海嶺、(ウ) トランスフォーム、(エ) 横ずれ断層
- ② : (ア) 海山、(イ) 南西インド洋海嶺、(ウ) トランスフォーム、(エ) 横ずれ断層
- ③ : (ア) 中央海嶺、(イ) 東太平洋海嶺、(ウ) 活、(エ) 正断層
- ④ : (ア) 島弧、(イ) 太平洋中央海嶺、(ウ) 中央構造線、(エ) 逆断層
- ⑤ : (ア) 中央海嶺、(イ) 東太平洋海嶺、(ウ) トランスフォーム、(エ) 横ずれ断層
- ⑥ : (ア) 海山、(イ) 南西インド洋海嶺、(ウ) 中央構造線、(エ) 逆断層

問8 プレートの構造について考える。次の文章の(ア)～(ウ)に当てはまる語句として適切な組み合わせを①～⑥から選び、番号をマークしなさい。

発散境界で生み出されたプレートは、一枚のかたい板として水平に移動します。この一枚の板として動く部分のことを(ア)ともいい、その下の流動性を持つ部分を(イ)と呼びます。これら2つの部分はおおむね(ウ)の違いから区別されています。

- ① : (ア)アセノスフェア、(イ)トロポスフェア、(ウ)温度
- ② : (ア)リソスフェア、(イ)イオノスフェア、(ウ)温度
- ③ : (ア)トロポスフェア、(イ)リソスフェア、(ウ)物質
- ④ : (ア)アセノスフェア、(イ)トロポスフェア、(ウ)かたさ
- ⑤ : (ア)リソスフェア、(イ)アセノスフェア、(ウ)温度
- ⑥ : (ア)リソスフェア、(イ)アセノスフェア、(ウ)かたさ

問9 問7下線部で示したように、プレート発散境界では地表の近くまで高温の物質が上昇しているために、地温勾配（地下増温率）が高いことが知られている。また、高温の地球内部から低温の地表に向かって定常的に流れる熱量を地殻熱流量と言う。次の地殻熱流量の説明文中の空欄(ア)、および(イ)・(ウ)の組み合わせ、それぞれについて①～④から1つずつ選び番号をマークしなさい。

地殻熱流量 Q は、地温勾配 ΔT と岩石の熱伝導率 K の積、 $Q = K \times \Delta T$ で求めることができます。今、地温勾配が $4.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ であった時に、 $7.5 \times 10^{-3} \text{cal}/\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}$ の熱伝導率を持つ花崗岩地帯では地殻熱流量は (ア) と計算することができます。地殻熱流量は (イ) では高く、反対に (ウ) では低いことが知られています。

(ア)

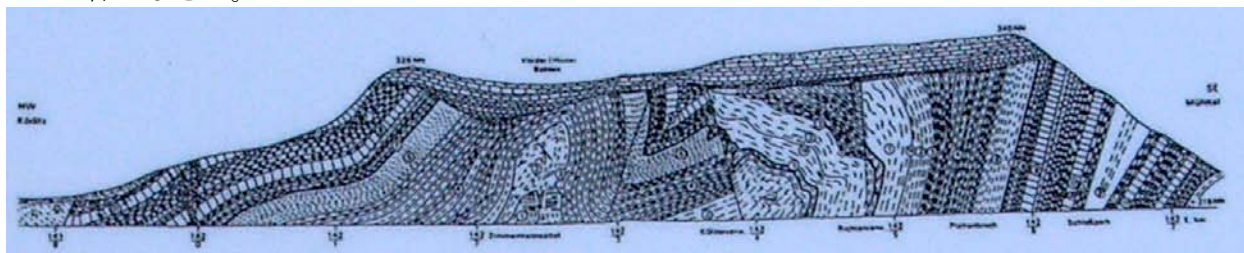
- ① $1.9 \times 10^{-7} \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$
- ② $3.0 \times 10^{-6} \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$
- ③ $3.0 \times 10^{-12} \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$
- ④ $1.9 \times 10^{-1} \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$

(イ)・(ウ)

- ① ホットスポット・海溝
- ② 海溝・ホットスポット
- ③ 活断層・海嶺
- ④ 海溝・逆断層

第3問

[A] 下の図は、アルプス山脈の北麓に当たる地域の地質断面図である。それぞれの地層は、種類ごとに異なる模様で描き分けられている。ここに見られる地質構造について、次の問1～問3に答えなさい。



問1 図の中に見られる 褶曲^{しゅうきよく}，断層，不整合はどのような順序でできたと考えられるか。適切なものを一つ選び番号をマークしなさい。

- ① 不整合→褶曲→断層 ② 褶曲→断層→不整合
③ 褶曲→不整合→断層 ④ 断層→褶曲→不整合

問2 図の中に見られる褶曲、断層、不整合について、適切な記述を下の①～④から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 図の中央付近に折りたたまれたような褶曲があるが、その左側には褶曲はない。
- ② 図の左半分は隆起し、右半分は沈降するような力を受けて地層は褶曲した。
- ③ かつてこの場所は、一度侵食されてほぼ平坦になったことがわかる
- ④ この場所の地質構造からは、現在も左右から押されるような変形を受けていることがわかる。

問3 このような褶曲山脈では地層が地下深くまで埋められて、高い温度や圧力で変成岩になります。この変成作用について、正しいものを選び番号をマークしなさい。

- ① 結晶片岩は、高い圧力で変成してできた岩石である。
- ② 花崗岩は、高い温度で変成してできた変成岩である。
- ③ 変成作用には、別の岩石がマグマに接して変成する比較的小規模なものがあるが、ホルンフェルスは石灰岩がマグマに接触してできるものである。
- ④ 変成作用では、組織が大きく変わるが、鉱物の種類は基本的にはもとのままである。

[B] 次の A, B の写真は、異なる時代の異なる環境で形成された地層である(倍率は同じ)。これらの地層がどのようにして形成されたのかを考えてみよう。



A



B

問4 Aの地層は白っぽい部分が泥岩、濃い褐色の部分が砂岩で、いずれにも海に生息する貝の化石が含まれている。また、それぞれの砂層の部分では、下から上に向かって次第に粒が小さくなっている様子(級化)がみられた。このような砂泥互層ができたしくみについて、下の①～④の中から最も適切な推定を1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 大陸棚上の水深がリズミカルに変動する環境の下で、浅いときに砂が、深くなったときに泥が堆積した。
- ② 噴火を頻繁に繰り返している大洋中の火山島の周囲の浅い環境で、通常は砂が堆積していたが、火山活動が起こっているときは火山灰が泥となって堆積した。
- ③ 大きな平野の延長上にある浅い海底で、河川の河口がこの場所の近くにあったときには砂が堆積し、河川の流路が変わって河口から遠くなったときには泥が堆積した。
- ④ 沖合の深い海底に、浅いところに堆積していた泥と砂が地震などの際に崩れるようにして流れ込んだ後、沈降速度の異なる泥と砂が分離されて堆積した。

問5 Bの地層はすべて砂でできており、下の部分ではほぼ水平な層理が見られるのに対して、上の方は右奥の方向から左手前に向かって傾いた層理面が見られる。このような層理の違いができたしくみについて、下の①～④の中から適切な推定を2つ選び番号をマークしなさい。

- ① 砂を運ぶ水の流れの強さが突然変化した。
- ② 砂を運ぶ流れの向きが突然変化した。
- ③ 流れの強さ・向きには変化がなかったが、突然砂がたくさん供給されて大量にたまり始めた。
- ④ 流れの強さ・向きには変化がなかったが、突然砂の供給量が減って、少しずつしか堆積できなくなった。

問6 次の写真は、新燃岳の噴火で放出された火山灰(左)をある方法で処理した後に、顕微鏡下で拡大したもの(右)である。これについて、選択肢①～⑤から適切ではない記述を1つ選び番号をマークしなさい。



C



D

- ① C から D への処理方法は、重い鉱物のみを残すためのもので、^{わん} 椀の中に少量の火山灰を入れて、水でかき混ぜて重い鉱物が沈んだところで、すばやく上の水を捨てることを繰り返すものである。
- ② D に残った鉱物は、新燃岳が噴出させたマグマが、噴出前に地下ですでに結晶として沈殿させていたものである。
- ③ このような鉱物の組み合わせは、同じ火山でも時代が異なると、異なる組み合わせとなるのが普通である。
- ④ D の写真の中央に見られる茶色の透明な長い鉱物は長石である。
- ⑤ 火山灰が地層となった凝灰岩でも同様な方法で、鉱物の組み合わせを調べると、離れた地域でも同じ地層かどうかを判定できる。

次の E, F の写真は、ゴビ砂漠のある場所のほとんど干上がった川の岸に露出している地層の写真で、E は地層の断面を横から見たもので、F の写真は E の写真の中位の地層を上から見た写真である。ここの地層を調査したところ、以下の箇条書きのようなことがわかった。



E



F

- 露頭の上方には乾燥気候の下でよく見られる特徴的な赤い泥～砂の混ざった地層群がある。
- この赤い地層の下部は、崩れてきた土砂で一部覆われているが、少し取り除いてみると一部灰色がかかったところが層状に見られ、塩酸をかけたところ発泡したことから、石灰質であることがわかった。
- 露頭の下方にはいずれも石灰成分に富む、白っぽい砂岩と灰緑色の泥岩が交互に重なっている。
- 石灰分に富むにも関わらず、この露頭ではどの地層にも貝殻のような石灰質の貝殻などの化石が全くない。
- 露頭の下方の中央には、不思議な砂岩の大きなブロックがあり、その周辺では周囲の地層が下方に曲がっている。

- このブロックの上面は少しへこんでおり、側方へたどって同じ地層を上から観察したところ、Fの写真のように同様な丸いへこみがいくつもあった。
- この砂岩の層理面のへこみには、3本の細長い溝が1点から開いたようなへこみも見られる。これらのへこみには現在の川が運んできた砂や水がたまっている。
- この砂岩層の表面には、へこみのある部分以外は全面にわたってさざ波のような模様の凹凸がある。

問7 地学では観察した多数の事実を可能な限りの広い知識を用いて総合的に考察する。写真E、Fと観察事実を基に、上方と下方の地層の関係を考察した結果の推論として、適切と思われるものを、下の①～④から2つ選び番号をマークしなさい。

- ① 下方の砂岩と泥岩の地層は、泥岩があることから海のある程度深い環境下で堆積し、上方の赤い地層は陸上の地層であることから、両者の間には不整合があると推定される。
- ② 下方の砂岩と泥岩の地層と上方の赤い地層は、見かけは大きく異なるが、地層の堆積環境としては大きくは河川とその周辺と考えられ、一連の地層で整合と考えてよい。
- ③ 下方の砂岩と泥岩の地層と上方の赤い地層は全く違っており、この間に断層があると考えられる。
- ④ 上方の地層群からも、下方の地層群からも、地層の年代の決め手が見つかっていないので、サンプルを持ち帰って示準化石や鉱物の年代測定をして見て判断する。

問8 写真E、Fと観察事実をもとに、各地層にみられる構造の成因や堆積環境として適切な考察と思われるものを、下の①～④から2つ選び番号をマークしなさい。

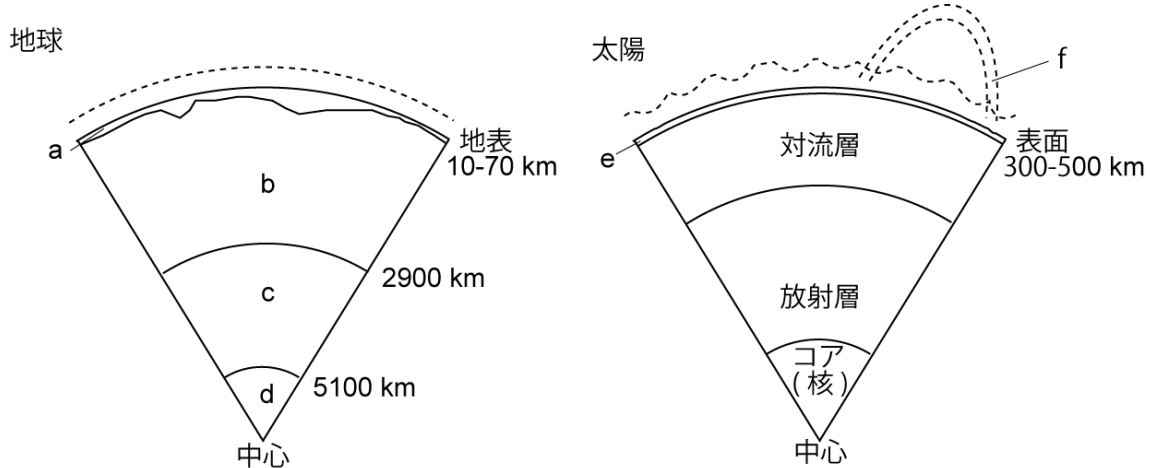
- ① 下方の泥と砂が交互に重なる地層は、水の流れがある程度速い環境とどこおった環境とが繰り返してできたと考えられる。
- ② Fの地層の表面の丸いへこみは、川の流水が川底の礫^{れき}を回転させるなどして長年の間に侵食してできたものである。
- ③ Eの中央の砂岩の大きなブロックは、礫として周囲の堆積物よりも先に転がってきて、後で周囲の泥の地層が堆積した。
- ④ Fの地層の3本組の細長い溝は、肉食恐竜の足跡と考えられ、中央の砂岩の大きなブロックは同じ場所に生息していた体重の大きな植物食恐竜の深い足跡に周囲の砂が流れ込んで固結したものと考えられる。

問9 写真Fの地層の上面には、地層が堆積した当時の古環境を解く鍵となるある堆積構造が見られる。下の①～④からこの堆積構造ができる可能性がある場所として、最も可能性の低いものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 海浜
- ② 砂漠
- ③ 湖底
- ④ 河川

第4問

地球と太陽の形や大きさ、内部構造について下の図を参考にしながら、問に答えなさい。



問1 地球や太陽はそれぞれ図のような層構造をしていると考えられる。地球内部 a～d 部分の名称として適切なものを下の①～⑥から選び、番号をマークしなさい

- ① マントル ② 内核 ③ 地殻 ④ 外核 ⑤ プルーム ⑥ スラブ

問2 a～d の地球の各部分のうち、液体と考えられている部分はどこか。a～d から1ヶ所を選び、記号をマークしなさい。

問3 地球と太陽の大きさについて比較した次の①～⑥の文章のうち、もっとも適切なものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 太陽の半径はおよそ 70 万 km で、地球の 1000 倍ほどある
 ② 太陽の半径はおよそ 7 万 km で、地球の 1000 倍ほどある
 ③ 太陽の半径はおよそ 70 万 km で、地球の 10 倍ほどある
 ④ 太陽の半径はおよそ 7 万 km で、地球の 10 倍ほどある
 ⑤ 太陽の半径はおよそ 70 万 km で、地球の 100 倍ほどある
 ⑥ 太陽の半径はおよそ 7 万 km で、地球の 100 倍ほどある

問4 地球はほぼ球形であるが、詳しく検討すると、わずかではあるが球からずれた形をしている。これについて説明した次の①～④のうち、もっとも適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地球の半径はおよそ 6400km で、極側が 20km ほど長い
 ② 地球の半径はおよそ 1700km で、極側が 20km ほど長い
 ③ 地球の半径はおよそ 6400km で、赤道側が 20km ほど長い
 ④ 地球の半径はおよそ 1700km で、赤道側が 20km ほど長い

問5 太陽を観察したときに、明るく見えている部分は図右の e という表面から 300～500km 程度の範囲である。また、この上部に太陽の大気とみなされる薄いガスの層があり、そこには、しばしば f のような弓なりの構造が観察されることがある。これらの名称としてもっとも適切な組み合わせを①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① e: 光球 f: プロミネンス(紅炎)
 ② e: 彩層 f: プロミネンス(紅炎)
 ③ e: プロミネンス(紅炎) f: 光球
 ④ e: 光球 f: コロナ

問6 太陽は固体の表面を持たないと考えられている。その根拠として適切でないものを①～④から1つ選んで番号をマークしなさい。

- ① 表面温度が 6000K 程度であること
- ② 自転速度が緯度(日面緯度)によって異なっていること
- ③ 図右 e 面の明るさが太陽の縁の近くで暗くなっていること
- ④ 地球よりずっと大きな天体であること

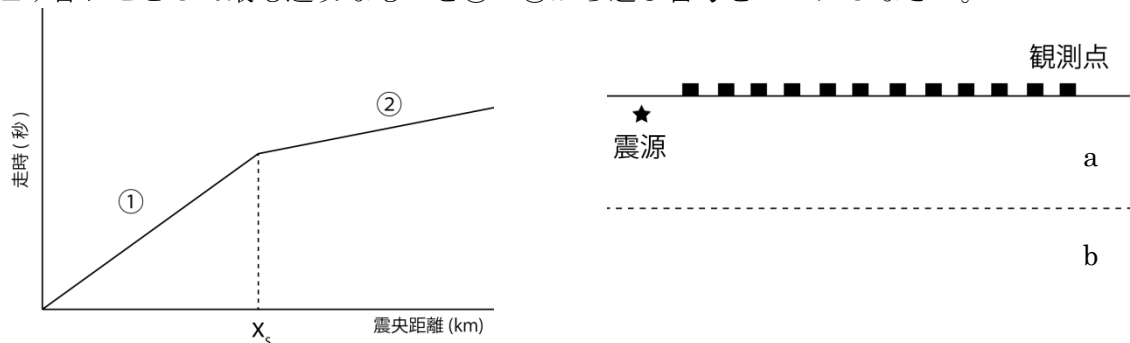
問 7 太陽が宇宙空間に常にばくいだいなエネルギーを放出している仕組みについて説明した次の文章の空欄(a)～(d)に当てはまる最も適切な語句を語群から選び、それぞれ番号をマークしなさい。

(説明) 太陽が大きな天体であっても、燃焼のような (a) エネルギーによって輝いているとすると、すぐに燃えつきてしまう。そうではなくて、太陽のコア(核)付近では、1000 万 K をこえる高温のために、主成分である (b) の原子が原子核と電子とにばらばらになっている。この (b) の原子核が(A)個集まって、(c) という別の原子核に変化することで、このばくいだいなエネルギーが生み出されている。これを (d) 反応と呼んでいる。

(語群) ① 核融合 ② 核分裂 ③ ヘリウム ④ 水素 ⑤ 重力 ⑥ 化学

問 8 問 7 の(A)に当てはまる 0 でない 1 桁の数値を解答欄にマークしなさい。

問 9 層構造を推定する根拠について考える。地球の最も外側の境界である a と b の境界について考えよう。この境界はモホロビッチ不連続面(モホ面)とよばれる。20 世紀のはじめにクロアチアの気象学者モホロビッチは、地震の揺れについての検討からこの境界面を推定した。ここでは彼の発見について理解するために、地表近くで発生した地震の波を色々な観測点で観測することを考える。揺れはじめ(P 波の初動)だけを考え、横軸に地震の震央からの距離、縦軸に所要時間である走時を取ってつくったグラフ(走時曲線)を図左に示す。説明の空欄(ア)～(ウ)にあてはまる組み合わせとして最も適切なものを①～⑥から選び番号をマークしなさい。



(説明)

左図を見ると、走時曲線が途中震央距離 x_s [km] で折れ曲がっていることがわかる。ここで折れ曲がる前の①の部分は②の部分と比較して地震波の速度が (ア) くなっている。なぜ地震波の速度が変わっているように見えるのだろうか。一般的に地球の内部にゆけばゆくほど地震波の速度は (イ) くなるが、特に a と b とではその速度が大きく異なるため、ある震央距離以上では b を通る地震波が a を通る地震波より (ウ) く到達することになる。このため、走時曲線がある地点で折れ曲がってみえたと考えたのである。このようにして、走時曲線の折れ曲がりにより、地震波の速度が急に変わる不連続面の存在を見いだしたのである。

- ① (ア) 速、(イ) 遅、(ウ) 早
- ② (ア) 遅、(イ) 速、(ウ) 早
- ③ (ア) 速、(イ) 遅、(ウ) 遅
- ④ (ア) 遅、(イ) 遅、(ウ) 遅
- ⑤ (ア) 遅、(イ) 遅、(ウ) 早
- ⑥ (ア) 速、(イ) 速、(ウ) 早

第5問

地球規模の環境問題を考える上では、地球上で物質がどこに存在し、どのように移動するかを知ることが重要である(このようなアプローチを物質循環とよぶ)。そのためには、まず対象とする物質がどこに(存在場所)どのような形態で存在しているか、ある一定のまとまりを定義して、リザーバーとよぶ。そして、リザーバー内の物質存在量、リザーバー間の物質移動量、リザーバー内の物質が完全に入れ替わるのに要する時間(滞留時間^{たいりゅうじかん})などを用いて考えるのが有効である。地球上の水の存在量・平均滞留時間を示した表 5.1、地球表層の炭素循環を示した図 5.1 を参照し、以下の問に答えなさい。

リザーバー	割合	平均滞留時間
海洋	97.24%	3200 年
(a)	2.14%	9100 年
(b)	0.61%	590 年
淡水湖	0.009%	4 年
内陸湖(塩水)	0.008%	14 年
土壤湿気	0.005%	320 日
(c)	0.001%	10 日
(d)	0.0001%	26 日

表 5.1. 地球上の水の存在量と各リザーバーにおける平均滞留時間。

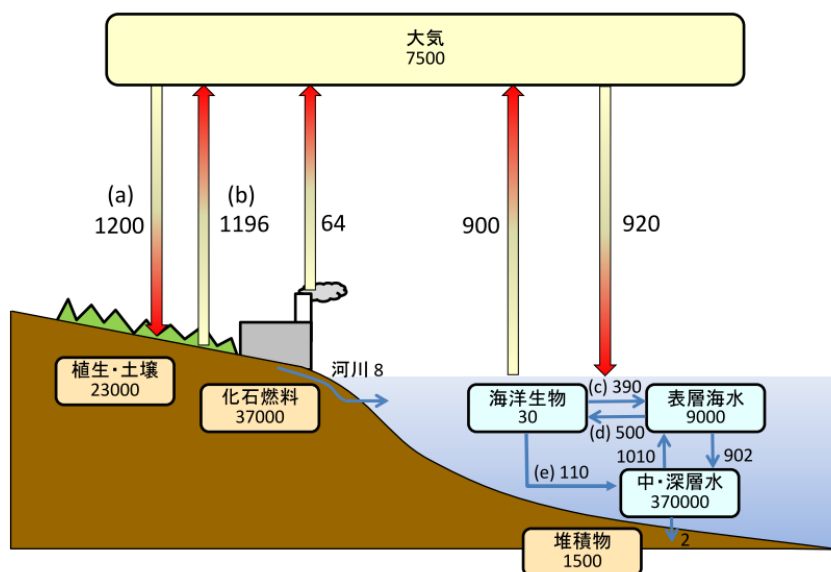


図 5.1. 地球表層における炭素循環。数値は炭素重量に換算したもので、囲みの数値は各リザーバー内の存在量(推定値)、矢印にそえられた数値は移動量を示す。単位は、存在量が億 t、移動量は億 t/年である。

問1. 表 5.1 の(a)~(d)に当てはまる組み合わ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 | (a) 河川水 | (b) 大気 | (c) 地下水 | (d) 氷河 |
| ② | (a) 氷河 | (b) 地下水 | (c) 大気 | (d) 河川水 |
| ③ | (a) 地下水 | (b) 河川水 | (c) 大気 | (d) 氷河 |
| ④ | (a) 大気 | (b) 氷河 | (c) 地下水 | (d) 河川水 |

問2. 下記の記述のうち適切でないものを①~⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地下水は水の流れが遅いため、ひとたび汚染が進むと修復に時間がかかる。
- ② 大気へ放出された物質は、乾いたチリ等として積もったり、雨に溶け込んで降ったりして地表へ移行する。
- ③ 大気は水の循環が速く、汚染が発生すると狭い範囲に大きな影響を及ぼす。

- ④ 海洋は水の量が莫大であり、表層の汚染が深層に広がるには時間がかかる。
 ⑤ 大きな河川が流れる地域では、しばしば国や地域をこえた越境型汚染が問題となる。

問3. 図 5.1 の炭素の移動過程(a)～(e)に入る用語として最も適した組み合わせを①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① (a) 呼吸 (b) 光合成 (c) 光合成 (d) 呼吸・分解 (e) 沈降
 ② (a) 光合成 (b) 呼吸 (c) 呼吸・分解 (d) 光合成 (e) 沈降
 ③ (a) 呼吸 (b) 光合成 (c) 光合成 (d) 沈降 (e) 呼吸・分解
 ④ (a) 光合成 (b) 呼吸 (c) 沈降 (d) 呼吸・分解 (e) 光合成
 ⑤ (a) 沈降 (b) 呼吸 (c) 呼吸・分解 (d) 光合成 (e) 光合成

問4. 図 5.1 で、大気に対して入ってくる量と出ていく量を計算すると、今後大気中の炭素量はどうかと考えられるか。最も適切な予想を①～⑤から 1 つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 年間約 40%の増加
 ② 年間約 0.5%の増加
 ③ 変化しない
 ④ 年間約 0.5%の減少
 ⑤ 年間約 40%の減少

問5. 各リザーバー内の炭素が完全に入れ替わる時間をそのリザーバーでの炭素の「^{たいりゅう}滞留時間」と呼ぶ。リザーバーに出入りする炭素の移動量がほぼ等しい時は、リザーバー内の炭素量をリザーバーに入ってくる量（または出ていく量）で割ることで滞留時間を計算できる。図 5.1 をもとに、「大気」と海洋の「中・深層水」における炭素の滞留時間を計算し、最も適切な組み合わせを①～⑤から選び番号をマークしなさい。

- ① 大気：8.2 年 中・深層水：3400 年
 ② 大気：1.7 年 中・深層水：370 年
 ③ 大気：3.5 年 中・深層水：3400 年
 ④ 大気：1.7 年 中・深層水：180 年
 ⑤ 大気：3.5 年 中・深層水：370 年

問6. 大気中の炭素量変化について説明した次の文の空欄(a)～(d)に当てはまる語句の組み合わせとして最も適したものを①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

図 5.1 によれば、化石燃料中の炭素は大気へ向けて一方的に出ていくと考えられる。この時の炭素は主に (a) として放出され、大気中の (a) の量が増加すると (b) という問題を引き起こすと考えられている。一方、大気中の炭素の量が増加すると、大気へ出入りする炭素の移動量も変化すると予想される。化石燃料を大量に消費しても、それに比例して海洋や土壌への (a) の吸収量が増加すれば、大気中の炭素量は大きく変化しないかもしれない。しかし、人間活動により (c) が減少すると、(d) による吸収量が小さくなるため、(b) が加速するかもしれない。このように、(b) の将来について考えるためには、化石燃料の消費だけでなく、様々な要因を考えなければならない。

- ① (a) 二酸化炭素 (b) 地球温暖化 (c) 熱帯雨林 (d) 光合成
 ② (a) フロン (b) オゾン層破壊 (c) 氷河 (d) アルベド
 ③ (a) 二酸化炭素 (b) 地球温暖化 (c) 氷河 (d) アルベド
 ④ (a) フロン (b) オゾン層破壊 (c) 熱帯雨林 (d) 光合成
 ⑤ (a) 二酸化炭素 (b) 地球温暖化 (c) 海洋生物 (d) 呼吸

問7. 酸性雨の問題は越境汚染の代表例と考えることができる。これについて説明した次の文の空

欄(a)～(c)に当てはまる語句を①から⑤から選び、それぞれ番号をマークしなさい。

雨水の pH は通常 5.6 程度だが、これは大気中の (a) が雨水に溶け込むためである。しかし、大気中に排出された (b) や (c) が雨水に溶け込むと、pH は減少し、酸性雨になる。

- ① アンモニア
- ② 二酸化炭素
- ③ 窒素酸化物
- ④ 硫黄酸化物
- ⑤ メタン

問8. 21 世紀は環境の世紀と言われ、全地球的環境問題を考慮した社会システム設計が重要になると考えられている。21 世紀の社会ビジョンとして、サステイナブル・ソサエティ(sustainable society)という言葉がよく用いられる。この言葉の意味としてもっとも適当なものを①～④から 1 つえらび番号をマークしなさい。

- ① 途上国の発展と環境保全を両立するために、先進国の積極的な支援を推奨する「国際支援型」社会。
- ② 人類古来の伝統的な生活スタイルに立ち返り、自然保護を第一に考える「自然に優しい」社会。
- ③ 自然の物質循環自体を科学の力で制御することを目指す「科学革新型」社会。
- ④ 環境への悪影響や資源の枯渇に配慮しつつも、安心で豊かな生活の維持を目指す「持続可能」な社会。

第6問

地球は宇宙に孤立しているように思えるかもしれないが、宇宙と地球との間で、エネルギーの出入りがある。これに関する以下の問に答えよ。

問1 地球が宇宙から受けるエネルギーは、太陽から放射される光(電磁波)である。太陽から放射される光を太陽放射という。太陽放射は、主に、可視光線、赤外線、紫外線から構成される。太陽からは、 $E = 3.85 \times 10^{26}$ [J/秒]のエネルギーが宇宙空間に向けて放射されている。太陽を中心として、半径 R [m]の球を考える。球の表面から外側に放射される太陽放射エネルギーを単位面積(1 m^2)あたり Q [J/秒]とすると、

$$4 \pi R^2 \times Q = E$$

の関係が成り立つ。ここで、 $4 \pi R^2$ は、球の表面積である。地球は、太陽から1億5千万km(1.5×10^{11} m)離れていることから、地球の大気圏外で単位面積あたりに降り注ぐ太陽放射量は、どれほどになるか。①～⑤のなかからもっとも近い値を1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 1300 J/秒
- ② 1320 J/秒
- ③ 1340 J/秒
- ④ 1360 J/秒
- ⑤ 1380 J/秒

問2 問1で計算した、地球の大気圏外における1秒あたり・ 1 m^2 あたりの太陽放射量を Q [J/秒]とする。夏至の日には、北緯23.5度の真上から太陽光線が地球に降り注ぐ。このとき、北極点にある水平面には、 1 m^2 あたり、どれほどの太陽放射量が降り注ぐか。①～⑤の中からもっとも適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。但し、空気による日射の減衰や屈折は考えなくてよい。

- ① Q 、② $Q \sin 23.5^\circ$ 、③ $Q \cos 23.5^\circ$ 、④ $Q / \sin 23.5^\circ$ 、⑤ $Q / \cos 23.5^\circ$

問3 地球から宇宙に放射されるエネルギーは赤外線である。赤外線は、地球のどこから放射されているのだろうか。以下の①～⑤の文章のなかで、最も適切な内容のものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 赤外線の主な放射源は地表面である。気体から赤外線が放射されることはない。
- ② 赤外線の主な放射源は、大気的主要成分である窒素分子と酸素分子である。
- ③ 赤外線の主な放射源は雲である。従って、雲がない晴れた部分からは赤外線は放射されない。
- ④ 赤外線の主な放射源は、大気中に含まれる温室効果気体(水蒸気、二酸化炭素、オゾンなど)である。雲や地表面から赤外線は放射されない。
- ⑤ 赤外線は、温室効果気体のみならず、雲、地表面、大気中に浮かぶ塵ちりからも放射される。しかし、大気的主要成分である窒素分子や酸素分子から放射されることはない。

問4 宇宙から地球を見たとき、地球が絶対温度で T [K](ケルビン)の天体に見えたとする。この温度(有効放射温度、または、放射平衡温度)は、太陽から地球が受ける放射エネルギーと、地球から宇宙に向けて放射される赤外エネルギーが等しい、という条件で決まる。2つのエネルギーが等しくなることを放射平衡という。太陽から地球の大気圏外の単位面積(1 m^2)に降り注ぐエネルギーを Q 、地球の大気圏外で、地球から宇宙に放射される赤外線のエネルギーを W とするとき、放射平衡はどのような式で表されるだろうか。以下の①～⑤の式の中で、もっとも適切と思われる式を1つ選び番号をマークしなさい。ただし、地球の半径を R とすると、地球の断面積 $C = \pi R^2$ 、地球の表面積 $S = 4 \pi R^2$ 、地球の体積 $V = (4/3) \pi R^3$ である。また、地球の反射率(アルベード)を A とする。

- ① $Q = W$
- ② $Q C A = W S$
- ③ $Q C (1 - A) = W S$

- ④ $QSA = WV$
 ⑤ $QS(1-A) = WV$

問5 次の表は、金星、地球、火星の、太陽からの距離、半径、反射率、有効放射温度を比較したものである。この表の内容について述べた以下の①～⑤の文章の中で、ふさわしい内容のものを1つ選び番号をマークしなさい。

	太陽からの距離[天文単位]	赤道半径[km]	反射率	有効放射温度[K]
金星	0.723	6052	0.78	224
地球	1.00	6378	0.30	255
火星	1.52	3396	0.25	210

- ① 惑星の有効放射温度は、太陽からの距離が離れるほど低い。
 ② 地球より太陽に近い金星の有効放射温度が地球より低いのは、金星の反射率が地球の反射率より大きいからである。
 ③ 火星の有効温度が金星や地球より低いのは、火星の半径が小さいのが原因である。
 ④ 金星と火星の有効放射温度が地球より低いのは、大気組成の違いによる。
 ⑤ 地球の有効放射温度がもっとも高いのは、地球大気の温室効果が3つの惑星の中でもっとも大きいからである。

問6 地球全体を平均したエネルギーのバランスである、放射収支について述べた次の説明文を読み、設問(1)(2)に答えよ。

仮に、大気圏外に太陽から100のエネルギーが地球に降り注いでいるとしよう。地球の反射率は0.3なので、30のエネルギーは、大気圏に吸収されることなく、宇宙に送り返される。大気が吸収するエネルギーは、残りの70である。70のうち、赤外線の一部は、地表面に到達する以前に、大気に吸収されて大気を加熱する。残りの50は地表面に届き、地表面を加熱するのに使われる。加熱された地表面からは、最終的に50のエネルギー放出されるが、それは3つの異なる形態をとる。すなわち、20は赤外線として上向きに放射され、残りの20は潜熱（水の蒸発）として、さらに10は顕熱（伝導・対流）という形をとる。赤外線として受け渡されたエネルギーのうち、6のエネルギーは大気に吸収されることなく、宇宙に逃げる。残りの14の赤外線のエネルギーは、大気に吸収され、大気を加熱する。潜熱、顕熱も、大気を加熱するのに使われる。

- (1) この文章によれば、大気を加熱されるのに使われるエネルギーは、全体としてどれだけになるか、①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。
 ① 14、② 20、③ 34、④ 44、⑤ 64
- (2) 大気を加熱するのに使われたエネルギーは、その後、どうなるであろうか。以下の①～⑤の文章の中で、最も適切な内容のものを1つ選び番号をマークしなさい。
 ① エネルギーは温室効果気体（水蒸気、二酸化炭素、オゾンなど）に吸収されて消滅する。
 ② 大気中に含まれる温室効果気体、雲、塵から赤外線が放射されるが、すべての赤外線は上向きに放射されて、宇宙に逃げる。
 ③ 大気中に含まれる温室効果気体、雲、塵から赤外線が放射されるが、すべての赤外線は下向きに放射され、地表面を加熱することに使われる。従って、宇宙に赤外線が逃げることはない。
 ④ 大気中に含まれる温室効果気体、雲、塵から赤外線が放射されるが、赤外線はあらゆる方向に放射されるので、宇宙に逃げる赤外線は、大気を加熱するのに使われた赤外線のごく一部である。
 ⑤ 大気中に含まれる温室効果気体、雲、塵から赤外線が放射されるが、一部は、下向きに放射される。上の説明文での地表面から上向きに放射される20の赤外エネルギーは、実は、この下向き赤外線を差し引いた値である。従って、地表面から上向きに放射される赤外線は20よりも大きい。その結果、大気を加熱するのに使われる赤外線のエネルギーは、

この文章に書かれている赤外線のエネーギーよりも大きい。

問7 宇宙から地球を見たときの平均温度は有効放射温度である、255K (-18℃) であることが知られている。一方、全球平均の地上気温は 288K (+15℃) である。この違いは、温室効果気体の存在にある。地表面から上向きに放射された赤外線を大気中に存在する温室効果気体が吸収し、その高度での温度に応じた赤外線を宇宙に放出している。その結果、宇宙から観測される赤外線がもっとも強く放射されている高度に代表された温度の天体に見えることになる。その結果、赤外線の強さから地球の温度を推定すると、あたかも、高度 5kmの大気の気温を測定しているようなことになる。もしも、温室効果気体の量が増えると、有効放射温度や地上気温はどのように変化するだろうか。以下の①～⑤の文章の中から、もっとも適切な内容のものをひとつ選び番号をマークしなさい。ただし、放射平衡は常に成り立っていると仮定する。

- ① 赤外線を宇宙に放出する大気の代表的高度が増加する。そのため、有効放射温度は 255 Kより低くなる。
- ② 赤外線を宇宙に放出する大気の代表的高度が増加するが、温室効果気体が増加することによって、その高度の有効放射温度は 255 Kより高くなる。
- ③ 赤外線を宇宙に放出する大気の代表的高度が増加するが、その高度の温度が 255 Kであることには変わりがない。その結果、温度減率が温室効果気体が増加する以前と同じであれば、地上気温は変化しない。
- ④ 赤外線を宇宙に放出する大気の代表的高度が増加するが、その高度の温度が 255 Kであることには変わりがない。その結果、温度減率が温室効果気体が増加する以前と同じであれば、地上気温は上昇する。
- ⑤ 赤外線を宇宙に放出する大気の代表的高度が増加するが、その高度の温度が 255 Kであることには変わりがない。その結果、温度減率が温室効果気体が増加する以前と同じであれば、地上気温は低くなる。

問8 地球全体を平均すると、1秒間に地球が受ける太陽放射のエネーギー量と、地球から宇宙に放射される赤外線のエネーギー量は等しい。しかし、南北方向に詳しくみると、図に示すように、それぞれの緯度では、放射平衡は成りたっていない。低緯度では、地球が吸収する放射量が放射する放射量より多く、高緯度では、その逆である。これに関する以下の設問(1)(2)に答えよ。

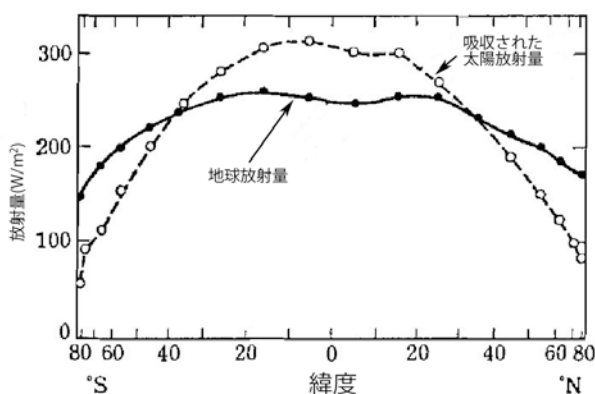
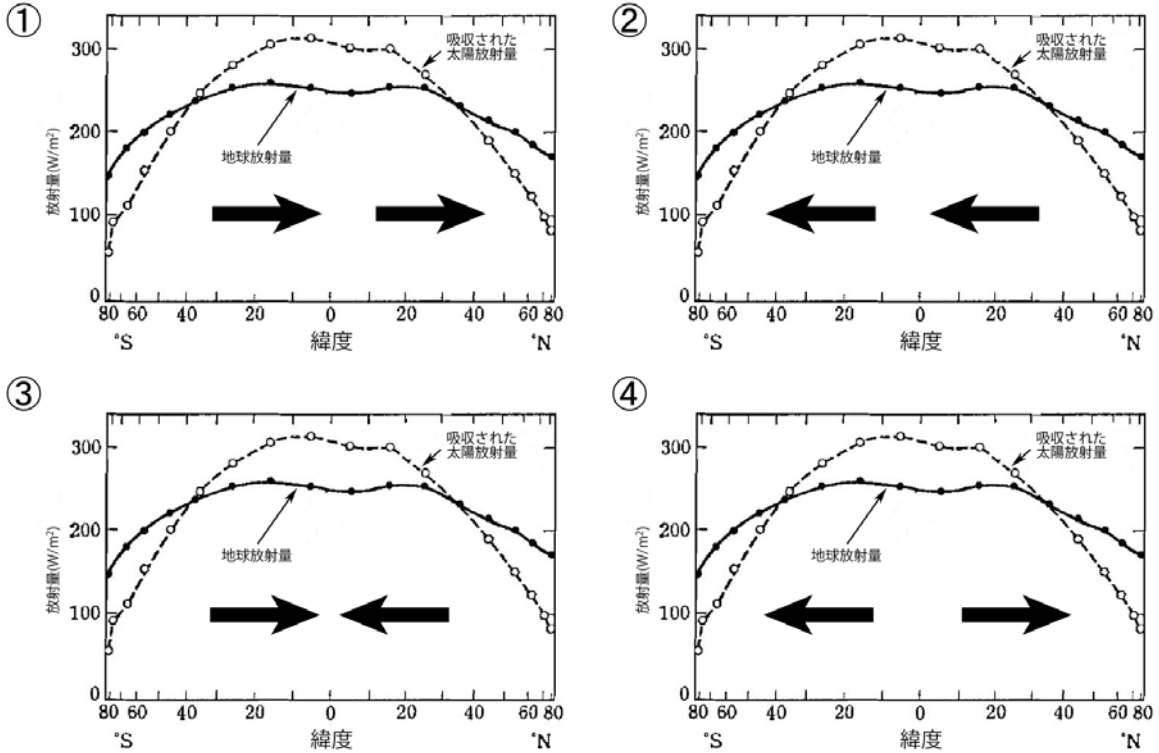


図6.1 放射の緯度分布。縦軸の単位のWはワット (=J/秒)。日本気象学会編「新教養の気象学」より。

- (1) もしも、それぞれの緯度で放射平衡が成り立ったとすると、2つのグラフは完全に重なる。その場合の地上気温の緯度分布は実際とどのように異なると予想されるか。次の①～⑤から最も適切な予想を1つ選び番号をマークしなさい。
 - ① 南北の温度差が実際よりも大きくなる。
 - ② 南北の温度差が実際よりも小さくなる。
 - ③ 南北の温度差が変化しないが、気温は全体として温暖化する。
 - ④ 南北の温度差は変化しないが、気温は全体として寒冷化する。
 - ⑤ 気温の緯度分布は変化しない。
- (2) それぞれの緯度での非平衡状態が持続するのは、大気循環が熱を運んでいるためである。この

図の中に、大気が熱を運ぶ方向を描くとしたら、どのような矢印を描くのが適当か。次の①～④に示す図の中から、もっとも適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。ただし、図では緯度ごとの放射収支のグラフに、大気循環が熱を運ぶ方向を太矢印で重ねて示してある。



問 9 中緯度帯の上空には偏西風が吹いている。偏西風的作用について述べた以下の①～⑤の中から、もっとも適切な内容のものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 偏西風は、下層の温かい空気を上空に運び、上層の冷たい空気を下層に運ぶので、上下の温度差を小さくする作用がある。
- ② 偏西風は、海上の温かい空気を内陸部に運び、内陸部の冷たい空気を海上に運ぶので、大陸・海洋間の温度差を小さくする作用がある。
- ③ 偏西風は、低緯度にある温かい空気を高緯度に運び、高緯度にある冷たい空気を低緯度に運ぶので、南北の温度差を小さくする作用がある。
- ④ 偏西風は、昼側の温かい空気を夜側に運び、夜側の冷たい空気を昼側に運ぶので、昼・夜間の温度差を小さくする作用がある。
- ⑤ 偏西風は、季節が反対の南半球と北半球の間の空気を交換することにより、季節による温度の変化を小さくする作用がある。

第7問

大気中の水はさまざまな気象現象を生み出す。これに関する以下の設問に答えよ。

問1 以下に示した自然現象1～6は、いずれも、水の状態変化(三態変化＝固体・液体・気体と姿を変えること、相変化)に関係がある。それぞれの現象は、状態変化を表す言葉である、A：凝結、B：蒸発、C：昇華、D：凍結、E：融解のどれともっとも関係しているであろうか。A～Eのいずれかをマークしなさい。

- 1 春先に、沢を流れる水の水量が増える。
- 2 盆地で、夜間に、放射霧が発生する。
- 3 積乱雲の内部で、過冷却水滴が氷の粒に変化する。
- 4 晴れた日の青空に、小さな積雲がぽっかり浮かんでいた。
- 5 風が吹くと、洗濯物が速く乾く。
- 6 -20°C の寒気の中で、ダイヤモンドダストが光っていた。

問2 $3\text{m}\times 5\text{m}\times 2\text{m}$ の直方体の部屋の中で、洗濯物を乾かした。部屋に入れた直後のぬれた衣類の重量は、 1.05kg であったが、乾いた後の重量は 1.00kg であった。一方、洗濯物を入れた直後の部屋の相対湿度は20%であった。洗濯物が乾いた後の相対湿度は何%になるか。次の①～⑤の中からもっとも近い値をひとつ選び番号をマークしなさい。但し、部屋の温度を常に 20°C に保つものとし、飽和水蒸気量と温度の関係を示す図7.1を利用して考えよ。

- ① 22% ② 24% ③ 26% ④ 28% ⑤ 30%

飽和水蒸気量(g/m^3)

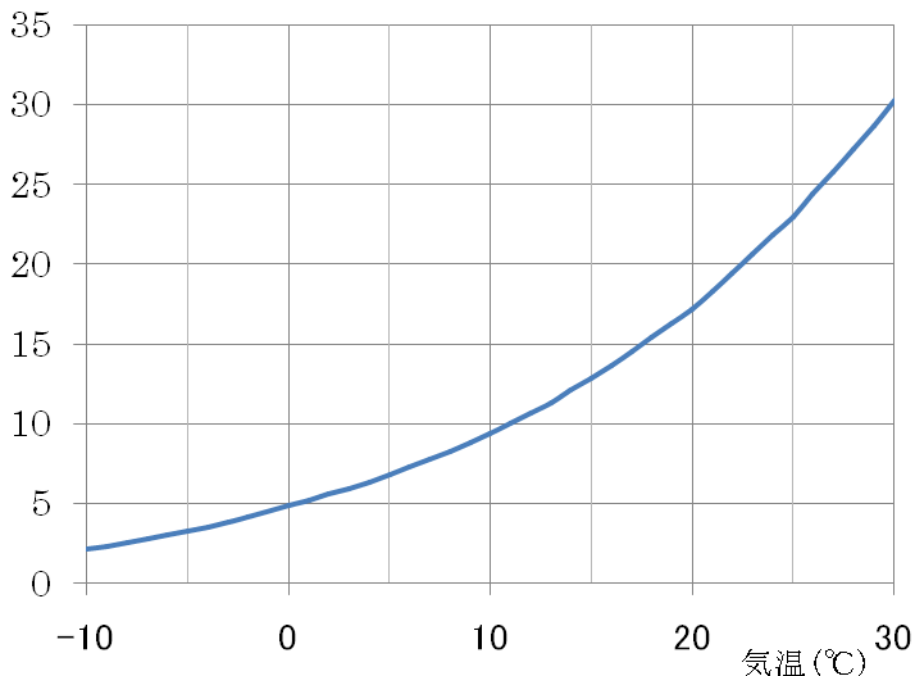


図7.1 飽和水蒸気量と気温との関係

問3 問2では部屋の温度が 20°C に保たれていたが、部屋の温度が自由に変化する状態で同じ洗濯物を乾かしたとすると、部屋と洗濯物の温度はどのように変化するか。以下①～⑤の中で、もっともふさわしい文章を1つ選び番号をマークしなさい。ただし、部屋は断熱壁で囲まれ、外部との熱の出入りはないものとする。

- ① 外部から熱が入らないので、洗濯物も部屋も、温度は変化しない。
- ② 洗濯物は気化熱で冷やされ、それと同じ量の気化熱が空気を加熱するので、部屋の温度は上昇する。
- ③ 空気から気化熱が奪われて洗濯物が暖まるが、気温は下がる。
- ④ 洗濯物も部屋内の空気も、気化熱で冷やされる。

- ⑤ 気化熱の発生で、洗濯物も気温も上昇する。

問4 図7.2は、積乱雲の鉛直断面と気温の高度分布を高さが対応するように描いたものである。雲の中では、水の相変化を伴うさまざまな現象が生じる。以下の1～5の現象は、どのような高度で生じるだろうか。それぞれの現象が生じる高度をA～Eの記号で選んだときに、最も適切な組み合わせを①～⑤から選び番号をマークしなさい。

(現象)

- 1 雪の結晶に過冷却水滴が付着して凍結し、あられができる。
- 2 落下する雪の結晶が融解して雨ができる。
- 3 上昇気流に運ばれた水蒸気が凝結を始める。
- 4 カナトコ雲が形成される。
- 5 雪の結晶とあられが衝突して、電荷分離が生じる。

(組み合わせ)

- ① 1－C、2－C、3－E、4－A、5－D
- ② 1－B、2－C、3－A、4－E、5－D
- ③ 1－D、2－C、3－A、4－E、5－D
- ④ 1－D、2－C、3－A、4－E、5－B
- ⑤ 1－C、2－C、3－A、4－E、5－D

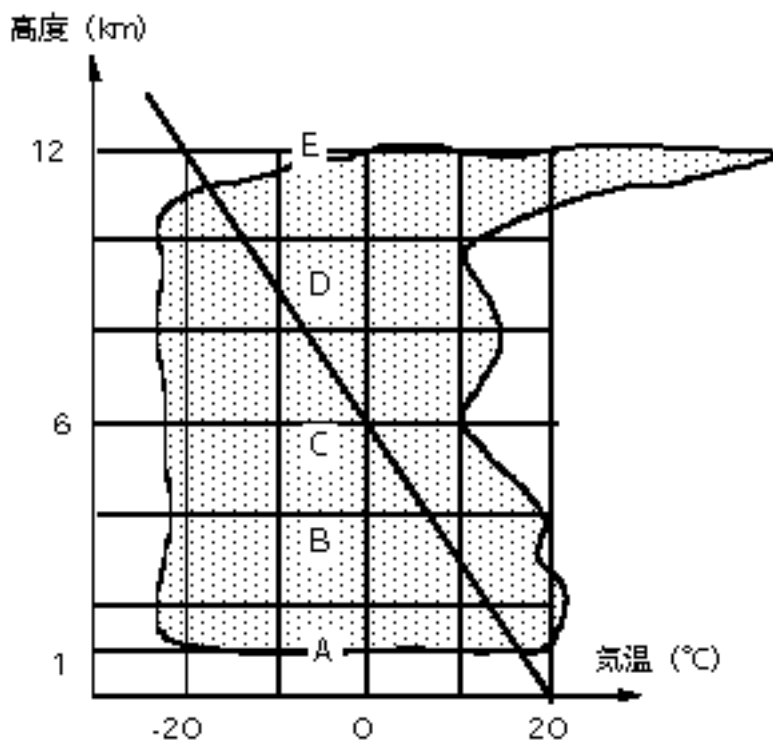


図7.2 積乱雲の鉛直断面と温度の高度分布。A～Eは高度を表す。

問5 気温が 0°C 以下になっても、大気中に水滴が存在したときに直ちに氷になるわけではない。このような 0°C より低温の水滴を過冷却水滴と呼ぶ。このとき、氷のまわりの飽和水蒸気圧より、過冷却水滴のまわりの飽和水蒸気圧のほうが高い。もしも 0°C 以下で、小さな氷の粒(氷晶)と過冷却水滴がまざっているとき、どのような現象が生じるだろうか。以下の①～⑤の文章の中で、最も適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。ただし、過冷却水滴に対しても水蒸気は飽和状態にあるものとする。

- ① 過冷却水滴が成長し、氷晶が蒸発する。
- ② 氷晶が成長し、過冷却水滴が蒸発する。
- ③ 氷晶も過冷却水滴も、どちらも成長する。
- ④ 氷晶も過冷却水滴も、どちらも蒸発する。

⑤氷晶も過冷却水滴も、そのままの状態を持続する

問6 フェーン現象について述べた次の説明文の空欄にあてはまる適切な語句を語群A～Gから選
びたい。あてはまるものを順に並べると、どのようになるか。①～⑤の中で、最もふさわしい順
に並んだものを選び番号をマークしなさい。

フェーン現象とは、風上側の山の麓から空気塊が山麓に沿って上昇し、山頂を乗り越えて、風下
側の麓に降りてくるとき、気温が上昇する現象である。気温が上昇するのは、風上側の斜面で、空
気塊に含まれる水蒸気が[]し、降水となって、空気塊から落下するためである。そのとき、
[]が空気を温めるために、気温が上昇する。従って、降水が生じなければ、気温は上昇しな
い。なお、風上側で空気塊の温度変化を調べると、空気塊が上昇すると、凝結する以前は[]の
気温減率で気温が低下するが、水蒸気が凝結したのちは、[]の気温減率に変化する。もしも、
山頂に到達する以前に空気塊の中に雨粒がすべて落下したとすると、山頂の越えた空気塊の気温減
率は[]である。

(語群)

A 約 5℃/km

B 約 6.5℃/km

C 約 10℃/km

D 気化

E 凝結

F 気化熱

G 凝結熱

(並べたもの)

- ① E、F、B、A、C
- ② E、G、C、A、C
- ③ E、G、B、C、A
- ④ D、F、C、B、A
- ⑤ D、G、B、A、C

問7 降水と緯度の関係について述べた次の文章①～⑤の中で、適切なものを1つ選び番号をマ
ークしなさい。

- ① 1年間で平均すれば、どの緯度でも降水量は同じである。
- ② 1年間で平均すれば、降水量は赤道にピークがあり、緯度が増加すると共に単調に減少
する。
- ③ 1年間で平均すれば、降水量は亜熱帯地方にピークがあり、低緯度でも高緯度でも少な
い。
- ④ 1年間で平均すれば、降水量は熱帯地方と中緯度にピークがあり、亜熱帯地方の降水が
少ない。
- ⑤ 1年間で平均すれば、降水量は緯度と共に増加して、極で最大になる。

問8 雪の研究で知られる中谷宇吉郎は、「雪は天からの手紙である」といった。その真意はなに
か。以下の①～⑤の中で、もっとも適切な文を1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 雪は白いので、白い紙に書かれた手紙を連想させる。
- ② 雪の結晶の形は降雪する地域で異なっている。雪の結晶を見ると、降雪した地域の情報
が得られる。
- ③ 雪の結晶は、上空の温度と湿度で形が変化する。雪の結晶の形を見れば、上空の湿度と
温度の情報が得られる。
- ④ 雪の結晶によって、降雪量が予想できる。雪の結晶の形を見れば、降雪情報が得られる。
- ⑤ 雪が降るのを見ると、故郷の景色が思い浮かぶ。あたかも、故郷の情報を運んでくれる
ようだ。

問9 富士山の山頂の上には、ときどき、図7.3に示すような雲が発生する。笠のような形をしてい
るので、富士山の笠雲と呼ばれる。この雲の成因について述べた以下の文章①～⑤の中で、最も
適切な内容のものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 富士山の山頂近くに雲ができてるようにみえるが、雲は気流と共に移動する。富士山
の風上側に発生した層状の雲が、富士山の山頂近くを通過したとき、富士山の影響を受け

て気流が上下し、笠のような形になったと考えられる。

- ② 富士山の山頂近くに雲ができるということは、その付近の空気が湿っているからである。山頂近くの空気は、地面から水蒸気が蒸発するために、同じ高さの山から離れた空気より湿っているといえるだろう。
- ③ 富士山の山頂近くに雲ができるということは、その付近の気温が下がっているからである。山頂の地面は放射冷却のために温度が低い。その影響を受けて、山頂近くの気温も、同じ高さの山から離れた空気より気温が低いために雲が発生する。
- ④ 富士山の山頂近くに雲ができるということは、その付近の空気が動かないことを示している。山頂付近の気流が富士山の影響を受けて、富士山をまわりこむように吹くからである。富士山の山頂付近だけ空気が停滞しているので、その中に雲が発生する。
- ⑤ 富士山の山頂近くに雲ができるということは、その付近の気流が富士山の影響を受けて、富士山を乗り越えるように吹くからである。凝結高度より上で雲が発生するので、雲の縁の高さが同じになる。そのため空気は入れかわっても、雲の位置は富士山の山頂に固定される。



図7.3 富士山の笠雲 (<http://www.3776m.com/gallery/fuji/fuji390.htm>より引用)

第8問

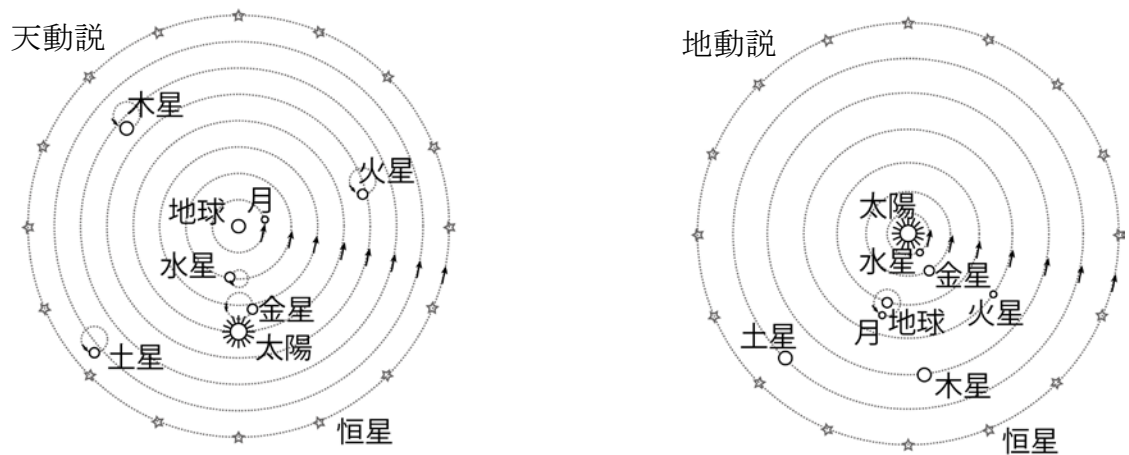
天体の運動について説明した次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

人類は、いつ頃から宇宙というものを認識するようになったのであろうか。古代ギリシャ時代では、自然科学的な見方が進み、2 世紀頃には **A** が天動説の体系を完成させた。天動説は、カトリック教会の見解とも結びついて長い間信じられ続けることになるが、1500 年代半ばに **B** によって提唱された地動説に取って代わられることになる。その後、**C** によって惑星の運動や軌道に法則があることが経験的に見いだされ、それが **C** の万有引力の法則によって定式化されたのである。こうして、現代科学の基礎となる古典力学が誕生した。太陽系には様々な天体があるが、その運動は万有引力の法則と運動の法則で説明ができるようになった。そして、20 世紀になるとアインシュタインによって相対性理論が提唱され、より精密な理論に移行していくことになる。

問1 文中の空欄に入る人名を選んだ組み合わせとしてもっとも適切なものはどれか、①～⑧から1つ選び番号をマークしなさい。

	A	B	C
①	アリストテレス	コペルニクス	ニュートン
②	アリストテレス	コペルニクス	オイラー
③	アリストテレス	ガリレイ	ニュートン
④	アリストテレス	ガリレイ	オイラー
⑤	プトレマイオス	コペルニクス	ニュートン
⑥	プトレマイオス	コペルニクス	オイラー
⑦	プトレマイオス	ガリレイ	ニュートン
⑧	プトレマイオス	ガリレイ	オイラー

問2 次の図は、天動説と地動説の模式図である。この2つの模式図について説明した①～⑤のうちふさわしくないものを1つ選んで番号をマークしなさい。



- ① 天動説では、惑星は小さな円（周転円）を描きながら地球の周りを回ると考えるが、周転円を導入したのは惑星の逆行運動を説明するためである。
- ② 天動説で金星が地球の周りを公転する周期は、地動説において金星が太陽の周りを公転する周期と同じである。
- ③ 地動説では太陽から遠い惑星ほどその速度は遅くなるが、天動説においては惑星などの天体が地球から遠ければ遠いほど背景の恒星に対する動きが遅くなる。
- ④ 地動説において地球が太陽の周りを回るのにかかる時間は、天動説において、恒星に対してある方向に見えた太陽が再び同じ方向に見えるようになるまでの時間と等しい。
- ⑤ 月や太陽には逆行運動が見られないので、天動説では周転円を考えない。

問3 文章中の下線部は、「ケプラーの法則」とも呼ばれている法則である。ケプラーの法則に関連して述べた次の文のうち、ふさわしくないものを2つえらび番号をマークしなさい。

- ① ケプラーの第一法則では、惑星の軌道は楕円であるということであるが、楕円の中心に太陽がある。
- ② 軌道の形が円である場合も、ケプラーの第一法則に従っていると言える。
- ③ ケプラーの第二法則によると、1つの惑星に関しては太陽に近いところの方が遠いところよりも惑星の速度が速くなる。
- ④ ケプラーの第三法則によると、惑星の公転周期 T と軌道長半径 a から T^3/a^2 という値を計算すると、どの惑星の値も同じになる。
- ⑤ 実際の太陽系の惑星については、ケプラーの法則は厳密には成り立っていない。

問4 2つの天体間には万有引力が働く。その性質について述べた①～⑤のうち最も適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 天体間の距離が2倍になると、万有引力の大きさは半分になる。
- ② 万有引力は、常に天体間を結ぶ方向にはたらく。
- ③ 2つの天体のそれぞれの質量が倍になると万有引力は2倍になる。
- ④ 天体間の距離がある程度大きくなると、万有引力は働かなくなる。
- ⑤ 2つの天体の相対速度によって、万有引力の強さは異なる。

問5 太陽系の惑星の軌道や運動について述べた次の文のうち、ふさわしくないものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 惑星の軌道の形は、すべて円に近い楕円形である。
- ② 自転と公転の向きは、すべての惑星において同じである。
- ③ 隣り合う惑星の軌道間距離は、太陽から遠くなるにつれて大きくなる。
- ④ 惑星の軌道はほぼ同じ平面内にある。
- ⑤ 地球型惑星の方が木星型惑星よりも自転周期が長い。

問6 水星は約88日で太陽の周りを公転している。また、水星の自転周期は約59日である。公転周期と自転周期はちょうど3:2になっていることが知られている。水星の1日(太陽が南中してから次に南中するまでの時間)は地球の1日を時間の単位とした場合、何日になるか。最も適したものを、次の中から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 約59日
- ② 約88日
- ③ 約147日(=59日+88日)
- ④ 約132日(=88日 $\times$ 3 $\div$ 2)
- ⑤ 約176日(=88日 $\times$ 2)

問7 月は常に地球に同じ面を向けている。つまり、我々が表側と呼んでいる面(ウサギの餅つきの模様が見えると言われている面)が常に地球側を向いていて、反対側が地球側を向くことはない。次のA～Cの要素からこのように月が常に表側を地球に向けていることに関係しているものすべてを選んだ組み合わせを①～⑤から1つ選んで番号をマークしなさい。

- A. 月が地球の周りを回る公転の周期と、月の自転の周期が等しい
- B. 月の自転軸が月の地球周りの公転面に対してほぼ垂直である。
- C. 月の自転の向きが月の地球周りの公転の向きに等しい。

(組み合わせ)

- ① A ② A,B ③ A,C ④ B,C ⑤ A,B,C

問 8 右図は、小惑星探査機「はやぶさ」と「はやぶさ」が探査した小惑星イトカワである(JAXA はやぶさプロジェクト提供)。小惑星や小惑星探査について述べた①～⑤の文のうち、適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。

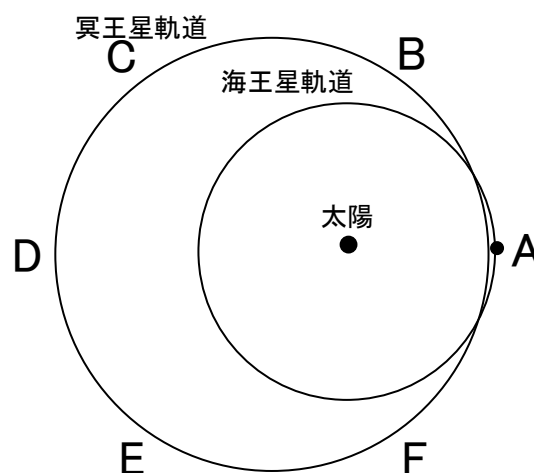


- ① 小惑星イトカワから物質を持ち帰ることによって、惑星がどのような物質から誕生したのかを調べるのが「はやぶさ」の重要な科学の目的である。
- ② 小惑星イトカワは、その表面がでこぼこだけでありクレーターは見られないが、これは小惑星に共通した性質である。
- ③ 現在までに約 60 万個の小惑星が発見されているが、それらをすべて集めると地球よりも大きな天体になる。
- ④ 「はやぶさ」は小惑星イトカワに着陸したが、イトカワの引力が強かったため離陸するのが困難であった。
- ⑤ 火星と木星の間に1つの惑星があったが、それが爆発してばらばらに砕けたことによって現在の小惑星となった。

問 9 2006 年 8 月に開催された国際天文学連合の総会で冥王星が惑星ではなく準惑星に分類されることが決められた。このことに関して、準惑星について述べた次の①～⑤の文のうち、適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 冥王星は、その表面の性質が他の惑星と異なるために、準惑星に分類されることになった。
- ② 準惑星は惑星よりも質量が小さいため、その形は球ではなくいびつな形をしている。
- ③ 準惑星は小惑星や彗星よりもはるかに大きいため、周りの天体への重力的な影響は大きい。
- ④ 準惑星の軌道の周りには、多数の太陽系小天体が存在している。
- ⑤ 相対性理論による厳密な軌道解析によって、準惑星という新たな分類が作られた。

問 10 図に示すように海王星と冥王星の軌道は交差しているように描かれるが、実際には衝突することはない。その理由の1つは、軌道が互いに傾いているためであるが、もう1つの理由は海王星と冥王星の公転周期が2：3になっているためである。つまり、海王星が太陽の周りを3周するときに冥王星は2周する(＝海王星が太陽の周りを1周するときに冥王星は2/3周する)という関係があり、軌道が接近しているところ(図でA付近)に同時に2つの天体がかかることが無いのである。このことから、海王星がA付近にあるときに冥王星はどのような位置付近にいることになるだろうか。可能性のある地点のすべて選んだものを①～⑤から選んで番号をマークしなさい。



- ① B、D、F
- ② C、E
- ③ C、D、E
- ④ B、F
- ⑤ D

注) A、B、C、D、E、F の記号は、冥王星軌道上のほぼ 60 度間隔に印してある。

第9問

海洋の水温・塩分構造に関する以下の問いに答えなさい。

問1 海水の温度について述べた以下の①～⑤の文章の中で、もっとも適切と思われる文章を1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 水は透明なので、太陽放射は、深さ 1000mよりも深い深海にも到達する。したがって、深海の海水温は、主に、太陽放射に含まれる赤外線の影響で決まる。
- ② 深さ 1000mよりも深い深海には、可視光線はとどかない。しかし、日射に含まれる赤外線は深海まで到達するので、深海の海水温は、主に、太陽放射に含まれる赤外線の影響で決まる。
- ③ 海水は上下に攪拌されているので、海面近くの海水も、深さ 1000mよりも深い海水も、海水温は同じである。
- ④ 海面近くの海水温は緯度によって変化するが、深海の水温は極地方も赤道地方もあまり変わらない。
- ⑤ 海水は、温まりにくく冷めやすい性質があるため、海面近くの海水温も季節によって変化することはない。

問2 次の文章の（ア）～（ウ）に入る適切な語句を以下の語群からそれぞれ1つ選び、番号をマークしなさい。

海面における水温と塩分の値は海域によって異なる。海面水温はふつう、海面が受け取る（ア）が多い低緯度域では高く、（ア）が少ない高緯度域では低い。海面塩分を決める最も大きな要素は海面における（イ）と（ウ）であり、海面塩分は（イ）が（ウ）を上回る海域では高く、逆に下回る海域では低くなる。北太平洋を例にとると、海面塩分は亜熱帯域では高く、亜寒帯域や熱帯収束帯では低い。

語群： ①降水、②太陽放射、③生物活動、④蒸発、⑤地球放射

問3 図9.1に示す北太平洋の5地点で2011年のある同じ月に、深さ1000mまでの水温・塩分の鉛直プロファイルを観測した。その結果が図9.2である。ここで、（ア）A地点で海面から深さ300mまでの間に見られる構造は何と呼ばれているか。また、（イ）C地点で深さ100mと300mの間に見られる構造はどうか。次の語群から選び、番号をそれぞれマークしなさい。

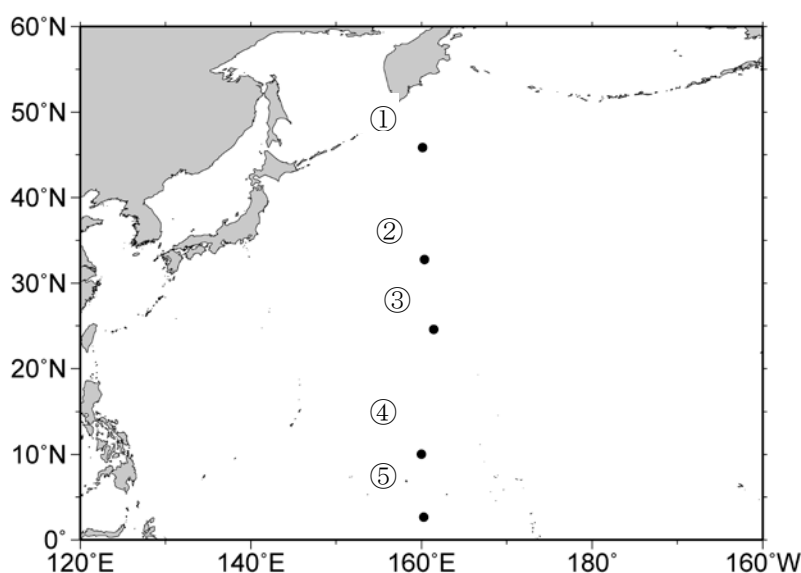


図 9.1：観測が行われた 5 地点の位置

語群： ①季節躍層、②主水温躍層、③水温逆転層、④深層、⑤表層混合層

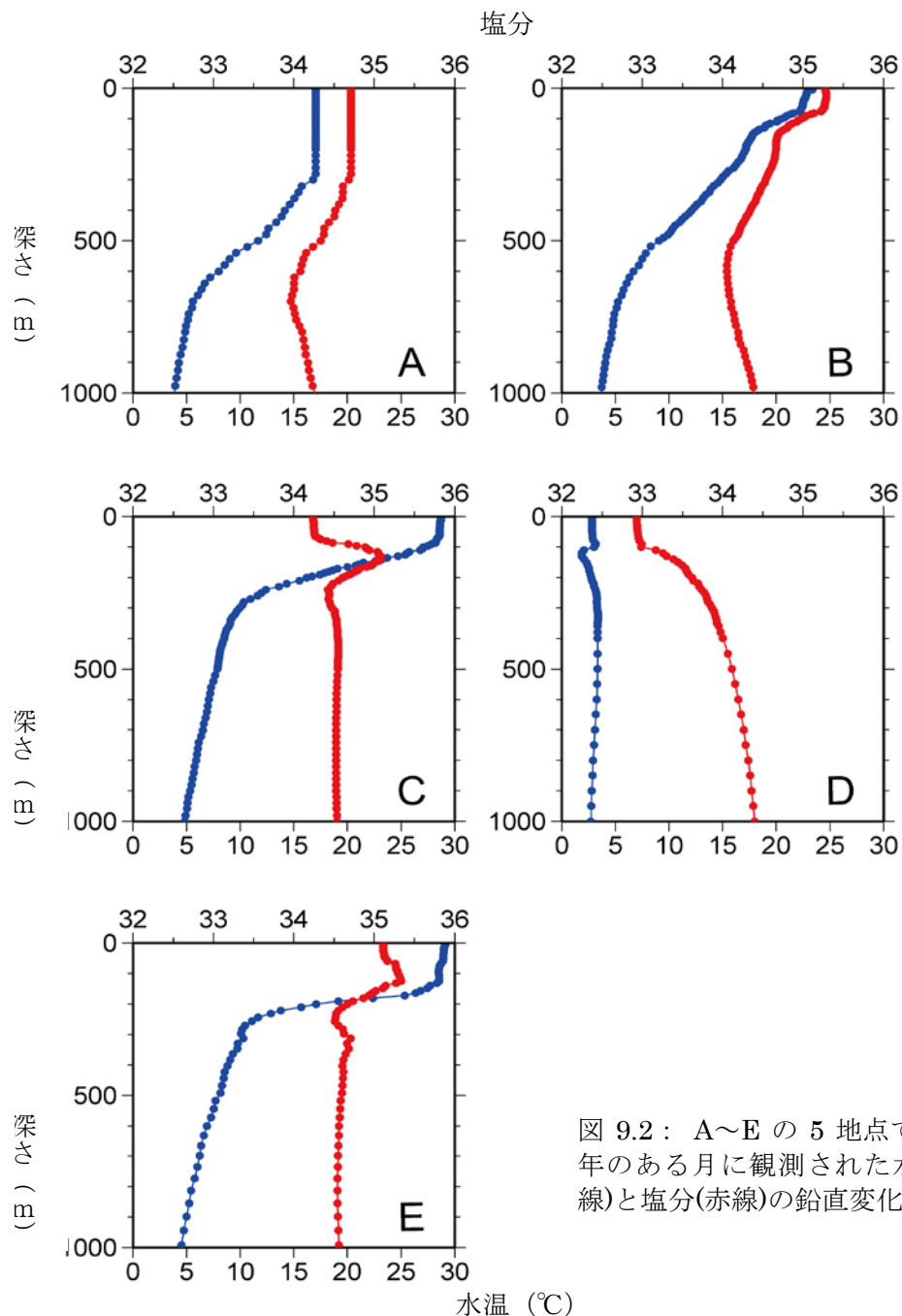


図 9.2： A～E の 5 地点で 2011 年のある月に観測された水温(青線)と塩分(赤線)の鉛直変化

問 4 図9.2のEは赤道に最も近い⑤の観測点のものである。この塩分の変化から判ることを説明した以下の文の空欄A～Cに当てはまるものを語群から選び番号をマークしなさい。

(説明) 水温がほぼ一定の水深150mほどまでの間では、海面に近いほど塩分が い。これは、この場所が に近いことによる、 のためである。

語群： ① 高、② 低、③ 亜熱帯高圧帯、④ 熱帯収束帯、⑤ 蒸発、⑥ 降水

問 5 図9.2の観測が行われた月を次の中から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

① 3月、② 5月、③ 7月、④ 9月、⑤ 12月

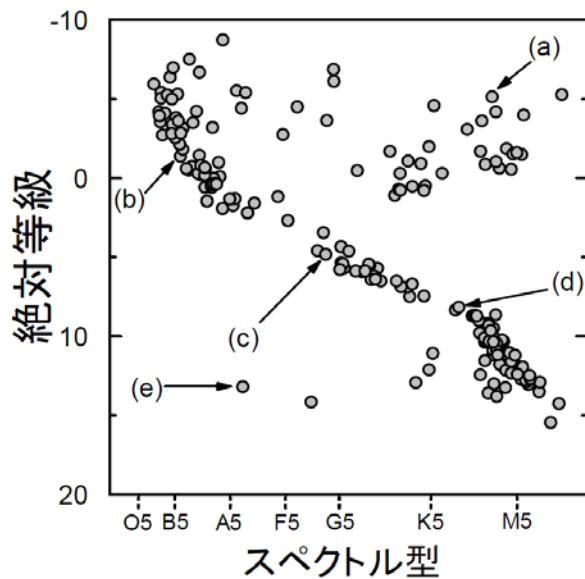
問 6 A、B、C、Dの各地点の場所を図9.1の①～④の中から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

第 10 問

[A] 恒星の色と明るさの関係を表した右のような図を提案者たちの名前をとって、ヘルツシュプルング・ラッセル図（HR 図）と呼ぶ。この図を用いることで、太陽のような 1 つの恒星の進化ばかりでなく、星の集団の進化などについても検討することができる。これに関する以下の問いに答えなさい。

問 1 上の図は地球付近の恒星及び地球から見える明るい恒星を HR 図上に記入したものである。現在の太陽の位置は図の(a)から(e)のどこに相当するかを選び、番号をマークしなさい。

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



問 2 横軸に表されている恒星のスペクトル型は、恒星の見かけの色と関係している。では、どのような組み合わせになっているか、以下の①～⑤の中でもっとも適切なものを選び、番号をマークしなさい。

- ① O5 = 青白色、G5 = 黄色、M5 = 赤色
- ② O5 = 黄色、G5 = 青白色、M5 = 赤色
- ③ O5 = 赤色、G5 = 黄色、M5 = 青白色
- ④ O5 = 青白色、G5 = 赤色、M5 = 黄色
- ⑤ O5 = 黄色、G5 = 赤色、M5 = 青白色

問 3 このような HR 図をもとに恒星を分類することができる。図の(a)、(e)はそれぞれどのような種類の天体であるといえるか、もっとも適切なものを①～⑥から選んで番号をマークしなさい。

- | | |
|-------------|-----------|
| ① (a) 白色わい星 | (e) 赤色巨星 |
| ② (a) 赤色巨星 | (e) 白色わい星 |
| ③ (a) 褐色わい星 | (e) 赤色巨星 |
| ④ (a) 赤色巨星 | (e) 褐色わい星 |
| ⑤ (a) 白色わい星 | (e) 青色巨星 |
| ⑥ (a) 青色巨星 | (e) 白色わい星 |

問 4 HR 図の(a)や(e)に関して述べたもののうちもっとも適切なものを①～⑥から選んで番号をマークしなさい。

- ① HR 図において(a)の周辺に位置する天体は(b)のような恒星の誕生の段階にある。
- ② HR 図において(a)の周辺に位置する天体は(c)や(d)のような恒星の誕生の段階にある。
- ③ HR 図において(e)の周辺に位置する天体は(b)のような恒星の誕生の段階にある。
- ④ HR 図において(e)の周辺に位置する天体は(c)や(d)のような恒星の誕生の段階にある。
- ⑤ HR 図において(e)の周辺に位置する天体は(b)のような恒星の終末期に対応する。
- ⑥ HR 図において(e)の周辺に位置する天体は(c)や(d)のような恒星の終末期に対応する。

問 5 図の(b)、(c)、(d)の恒星の寿命（誕生から終末期までの期間）に関してもっとも適切なものを①～⑤から選んで番号をマークしなさい。

- ① (b)、(c)、(d)のなかで、(b)の寿命がもっとも長い。
- ② (b)、(c)、(d)のなかで、(c)の寿命がもっとも長い。

- ③ (b), (c), (d)のなかで、(d)の寿命がもっとも長い。
- ④ 恒星には寿命の違いはなく、ほとんど同じである。
- ⑤ 恒星の寿命は偶然に支配されるので、分らない。

問6 太陽の表面温度を 6000K としたとき、太陽の 10^4 倍の光度 L (単位時間に放射されるエネルギー、単位は[W(ワット)]) を持つ表面温度 3000K の星であるベテルギウスは、太陽の何倍の半径を持つか、①～⑥からもっとも近い値を選んで番号をマークしなさい。なお、天体が宇宙に放射する単位時間・単位面積当たりのエネルギー E と表面温度 T の間に成り立つ関係式、

$$E = \sigma T^4 \quad (\text{シュテファン=ボルツマンの法則})$$

を用いて良い。 σ は比例定数(シュテファン=ボルツマンの定数)である。

- | | | |
|----------|--------|--------|
| ① 0.0625 | ② 0.25 | ③ 40 |
| ④ 160 | ⑤ 400 | ⑥ 1600 |

[B] 次の文章を読んで問に答えなさい。

恒星の明るさを示す単位として等級を用いる。1 等級の違いで約 A 倍の明るさの違いがある。1 等星に比べて、0 等星は約 A 倍 B。地球上から見た恒星の明るさを C 等級という。C 等級は、地球からの D に依存するので、恒星本来の明るさを示していない。E 等級とは地球から特定の D に恒星を置いたと仮定したときの明るさを示すものである。

問7 A、B に当てはまる語句として最も適切な組み合わせを選び、番号をマークしなさい。

- | | |
|---------|-------|
| ① A 2.5 | B 明るい |
| ② A 5 | B 明るい |
| ③ A 10 | B 明るい |
| ④ A 2.5 | B 暗い |
| ⑤ A 5 | B 暗い |
| ⑥ A 10 | B 暗い |

問8 C、D、E に当てはまる語句として①～④から最も適切な組み合わせを選び番号をマークしなさい。

- | | | |
|----------|------|--------|
| ① C 見かけの | D 距離 | E 絶対 |
| ② C 絶対 | D 距離 | E 見かけの |
| ③ C 見かけの | D 角度 | E 絶対 |
| ④ C 絶対 | D 角度 | E 見かけの |

問9 絶対等級と恒星質量にはある関係が成り立っている。このような関係は何と呼ばれるか。また、この関係によると、図の(b)と(d)ではどちらの恒星の質量が大きいと推定されるか。もっとも適切な組み合わせを①～⑥から選び番号をマークしなさい。

- | | |
|-----------|-----|
| ① 周期光度関係 | (b) |
| ② 周期光度関係 | (d) |
| ③ ハッブルの法則 | (b) |
| ④ ハッブルの法則 | (d) |
| ⑤ 質量光度関係 | (b) |
| ⑥ 質量光度関係 | (d) |

問10 太陽の表面温度を 6000K とすれば、その放射量が最大となる波長はどれくらいか。もっとも近いものを①～⑥から選び番号をマークしなさい。ただし、絶対温度 T [K] の物体からもっとも強く放射される光の波長を λ [m] について成り立つ関係式

$$\lambda T = 2.90 \times 10^{-3} \quad (\text{ウィーンの変位則})$$

をもちいてよい。

- | | | |
|---------------|----------|-------------|
| ① 1 mm | ② 0.5 mm | ③ 1 μ m |
| ④ 0.5 μ m | ⑤ 1 nm | ⑥ 0.5 nm |

第 11 問は選択問題です。

A, B のいずれかを選び解答用紙の所定の欄にマークして解答しなさい。

第 11 問 A

海洋の流れを作り出す仕組みとして重要な、エクマン吹送流について説明した次の文章を読み、問いに答えなさい。

(説明)

海洋では、浅くなるほど海水の密度が軽くなっていて、運動が水平方向には生じやすいが鉛直方向には生じにくい成層状態にある。しかし、鉛直方向の流れを起こす数少ないメカニズムの一つに、エクマン吹送流の収束・発散という仕組みが挙げられる。この流れは風に対して北半球では右向きに生じることが知られている。

北太平洋亜熱帯域の海面付近では〔ア〕により北向き、〔イ〕により南向きのエクマン吹送流が生じる。その結果、亜熱帯域中央部では海水が周辺部から集まり（すなわち収束し）、海面は高くなる。この高くなった海面を〔ウ〕ように〔エ〕の亜熱帯環流が生じている。エクマン吹送流により亜熱帯域中央部に集まった水は海面付近から深い方に向かってゆっくりと沈降していく。

これとは逆に、北太平洋亜寒帯域ではエクマン吹送流により中央部から周辺部に向かって海面付近の水が逃げていく（すなわち発散する）。これを補うように、深い方から海面付近に向かって水がゆっくりと上昇してくる。深い方の海水は植物プランクトンの光合成に必要な栄養分を多く含んでいるため、一般に亜寒帯域は亜熱帯域に比べてよい漁場となる。

エクマン吹送流の収束・発散は他の場所でも生じる。例えば、北米大陸西側に位置するカリフォルニアの沿岸では、卓越する北風によって沖に向かうエクマン吹送流が生じる。また、太平洋東側の赤道付近では東から貿易風が吹いているが、それによって生じるエクマン吹送流は赤道よりも北側では〔オ〕向き、赤道よりも南側では〔カ〕向きとなる。これらのエクマン吹送流に伴う鉛直方向の流れにより、カリフォルニア沿岸や太平洋東側赤道付近はいずれも〔キ〕

問 1 〔ア〕と〔イ〕に入る適切な語句を以下から選び、それぞれ番号を解答用紙にマークしなさい。

- ①季節風、②貿易風、③偏西風、④極偏東風、⑤海陸風

問 2 〔ウ〕に入る適切な語句を以下から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ①上る、②下る、③崩す、④左手に見る、⑤右手に見る

問 3 〔エ〕に入る適切な語句を以下から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ①時計回り、②反時計回り、③外向き、④内向き、⑤下向き

問 4 下線部に関して、カリフォルニアの沿岸でエクマン吹送流により、海面から深さ10mまでの間に平均毎秒1cmの沖向きの流れが生じ、それを補うように海岸から沖合100kmまでの海域において深い方から水が上昇してくるとする。この水の上昇速度は年間にどの程度の大きさか。最も近いものを次の中から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ①30m、②100m、③300m、④1000m、⑤3000m

問 5 〔オ〕と〔カ〕に入る適切な語句を①～⑤から選び、それぞれ番号を解答用紙にマークしなさい。

- ①東、②西、③南、④北、⑤上

問 6 〔キ〕に入る適切な語句を次の中から2つ選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ① 海面の水温が周辺の海域に比べて高い。
② 海面の塩分が周辺の海域に比べて高い。
③ 海面の水温が周辺の海域に比べて低い。
④ よい漁場となっている。
⑤ 漁業にはあまり適さない。

問7 カリフォルニア沿岸や太平洋東側赤道付近と同じような鉛直方向の流れを生じさせる現象として最も適切なものを次の①～⑤から1つ選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

①海陸風、②台風、③やませ、④高気圧、⑤低気圧

問8 コリオリ力の向きが北太平洋とは反対向きになる南太平洋では、エクマン吹送流の収束・発散に伴いどのような鉛直方向の流れが生じるか。次の①～⑤から1つ選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ① 亜熱帯域、亜寒帯域ともに上向きの流れが生じる。
- ② 亜熱帯域、亜寒帯域ともに下向きの流れが生じる。
- ③ 亜熱帯域では上向き、亜寒帯域では下向きの流れが生じる。
- ④ 亜熱帯域では下向き、亜寒帯域では上向きの流れが生じる。
- ⑤ コリオリ力の向きが異なるため、鉛直方向の流れは生じない。

<第11問A ここまで>

<以下このページ余白>

第 11 問は選択問題です。

A, B のいずれかを選び解答用紙の所定の欄にマークして解答しなさい。

第 11 問 B

大きなスケールの天体や宇宙全体に関する以下の問題に答えなさい。

問 1 写真 (ア) ～ (カ) に写っている天体をそのスケール(大きさ)で 2 つのグループに分けるとすると、次の組み合わせのうちどれが最も適当か、①～⑤の番号でマークしなさい。

- ① (ア)、(イ)、(ウ) と (エ)、(オ)、(カ)
- ② (ア)、(ウ) と (イ)、(エ)、(オ)、(カ)
- ③ (ア)、(ウ)、(エ) と (イ)、(オ)、(カ)
- ④ (ア)、(ウ)、(オ) と (イ)、(エ)、(カ)
- ⑤ (ア)、(イ)、(ウ)、(エ) と (オ)、(カ)

写真：

(ア) M1



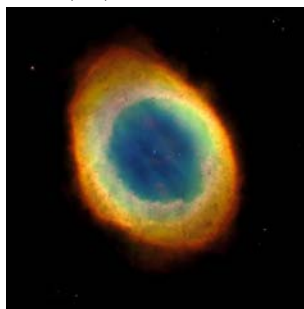
(イ) M31



(ウ) M42



(エ) M57



(オ) M87

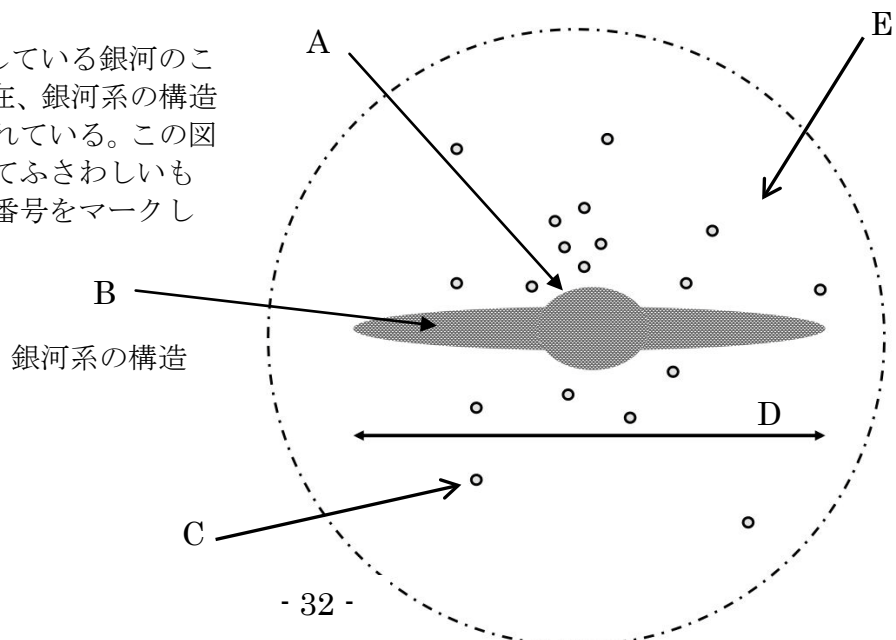


(カ) M104



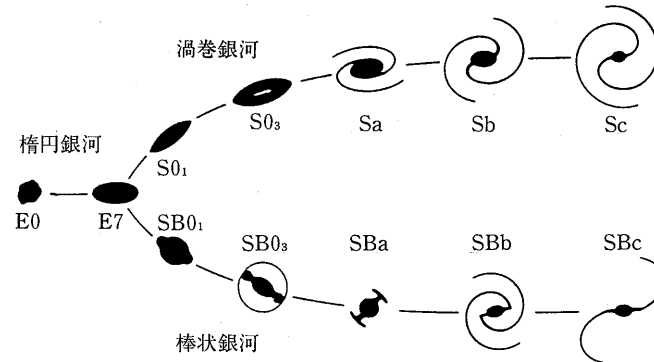
問 2 問 1 の天体写真には、恒星の進化の最終段階に対応するものがある。太陽程度の質量の星の場合には進化の最後に のようになり、太陽質量の 6 倍以上重い星の場合には のようになる。 と に対応する天体を、問 1 の写真 (ア) ～ (カ) からそれぞれ選び記号をマークしなさい。

問 3 我々の太陽系が属している銀河のことを銀河系と呼ぶ。現在、銀河系の構造は右図のように推定されている。この図について述べた文としてふさわしいものを①～⑤から選んで番号をマークしなさい。



- ① 銀河系の中心部分である A はバルジと呼ばれており、若い星の集団である。
- ② 円盤状の B はディスクと呼ばれており、太陽系はこの中に存在している。
- ③ C の天体は散開星団であり、この天体の分布を調べることで銀河中心が最初に求められた。
- ④ 銀河系の大きさ D は、約 1 万光年である。
- ⑤ 銀河系を取り巻く空間 (E 付近) には、特に物質は存在していない。

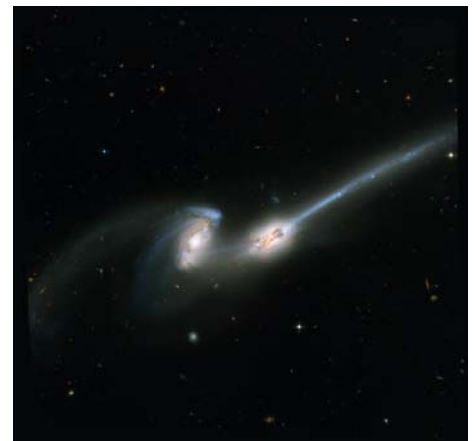
問 4 銀河には様々な形をしたものがある。たとえば、アメリカの天文学者ハッブルは下図のような銀河の分類を考えた（これは、ハッブルの音叉図と呼ばれる：東京大学出版会「天文資料集」）。銀河に関して述べた①～⑤の文のうち、適切なものを 1 つえらび番号をマークしなさい。



- ① 一般に楕円銀河よりも渦巻銀河や棒渦巻銀河の方が星の誕生が盛んである。
- ② ハッブルの音叉図において、銀河は一般には左から右に進化する。
- ③ ハッブルの音叉図において、銀河は一般には右から左に進化する。
- ④ 銀河の形状は生まれたときから決まっているものであり、別の形状に変わることはない。
- ⑤ 銀河の形状の違いは、含まれている星の数によって決まる。

問 5 銀河同士もお互いに万有引力で引き合っている。そのために、右の写真のように銀河同士の衝突も多く見られる。銀河同士の衝突に関連した①～⑤の文章のうち、適切なものを 1 つえらび番号をマークしなさい。(写真提供：NASA, Hubble Site)

- ① 銀河同士が衝突すると、恒星同士の衝突も多数起こり、星の進化が加速する。
- ② 銀河同士が衝突しても、元々の銀河の形はほぼ保たれる。
- ③ 銀河同士が衝突すると必ず合体してしまい、互いがすり抜けるようなことはない。
- ④ 銀河同士が衝突しても、その中の星は銀河の中に存在し続ける。
- ⑤ 銀河同士が衝突すると、内部に含まれる星間ガスが刺激を受けて、星形成が活発になる。



問 6 銀河は恒星などの天体の集団であるが、銀河も集団を作る。たとえば、右の写真はかみのけ座銀河団と呼ばれる銀河の集団である(画像提供、国立天文台)。銀河の集団について述べた次の①～⑤について、ふさわしくないものを 1 つ選び番号をマークしなさい



- ① 銀河が集団をつくる理由は、銀河同士が引力で引き合っているためである。
- ② 銀河が数十個集まった集団を銀河群と呼ぶが、我々の銀河系も一つの銀河群の一員である。
- ③ 銀河団は、100 個程度以上の銀河を含んでいる集団であり、中には数千個の銀河を含むものもある。
- ④ 銀河団が複数個集まったものを超銀河団と呼ぶが、超銀河団においては互いの引力よりも宇宙膨張の影響の方が大きくなる。
- ⑤ 銀河群や銀河団のような銀河の集団には中心に巨大な銀河があり、他の銀河はその周りを回っている。

問 7 宇宙は膨張しているといわれている。宇宙膨張に関連して述べた次の①～⑤のうち、最も適切なものを 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 宇宙の膨張によって、銀河系内の恒星同士は次第に離れていく。
- ② 宇宙の膨張のために、アンドロメダ銀河は銀河系から次第に遠ざかっている。
- ③ 宇宙の膨張していく速度は、宇宙誕生からの時間経過によらず一定である。
- ④ 宇宙の膨張により、遠い天体ほど速い速度で遠ざかっている。
- ⑤ 宇宙はある程度膨張すると、今度は収縮に転じる。

問 8 宇宙が膨張しているということは、時間を逆に遡れば、宇宙は小さかったことになる。これを突き詰めて宇宙が 1 点から爆発的に始まったと考えたのがガモフであり、後にビッグバン宇宙論と呼ばれるようになった。何を観測することで、宇宙がビッグバンで始まったという理論の裏付けとなったか。項目 A～F から適切なものを組み合わせたものを①～⑤から選んで番号をマークしなさい。

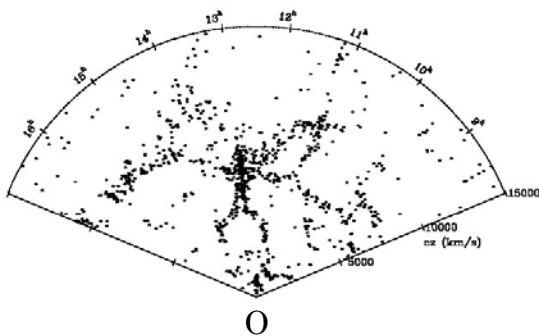
(項目)

- A 温度が約 3 K (約-270℃) に対応するマイクロ波
- B 遠方から届くニュートリノ
- C 宇宙初期に生成された水素とヘリウムの比
- D 銀河までの距離と銀河の後退速度
- E 銀河の形状と空間密度
- F ダークマター

(組み合わせ)

- ① : A B D
- ② : A C D
- ③ : B C E
- ④ : C E F
- ⑤ : D E F

問 9 下の図は、我々から見た銀河の分布の様子を示している。この図に関連することを述べた文①～⑤のうち、適切でないものを 1 つ選び番号をマークしなさい。



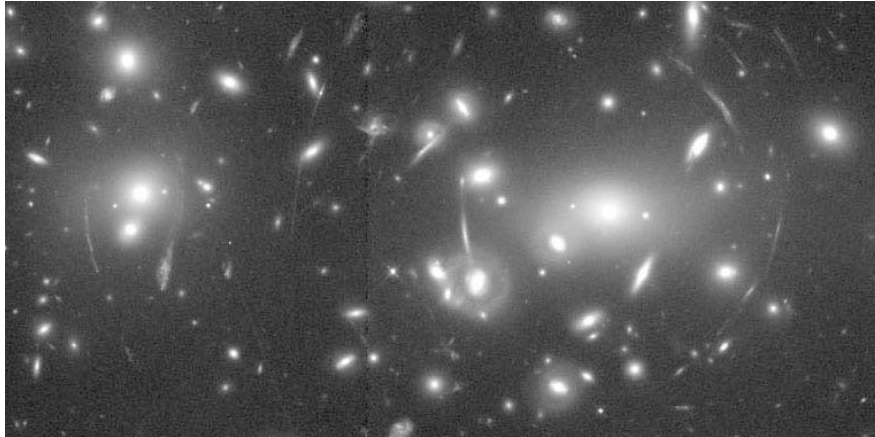
図の説明：

図の O の位置に銀河系があり、約 7 億光年の距離まで、ある平面内にある銀河の分布を示した図。1 つ 1 つの点が銀河を示している。写真提供：

Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

- ① 銀河が多数集まっている部分は、超銀河団と呼ばれている。
- ② 銀河が少ない部分はボイドと呼ばれている。
- ③ 銀河が集まっているところと銀河が少ないところがちょうど石けんの泡のような構造をしているので、これを宇宙の泡構造と呼ぶ。
- ④ 銀河が少なく見えるところには、実際には密度の高いダークマターが存在している。
- ⑤ 図のような構造は、銀河系から 7 億光年より遠いところまで広がっていると考えられている。

問 10 次の写真を見て、A 君、B 君、C 君、D 君、E 君が会話をしている。もっとも適切な解釈を話しているのは誰か、①～⑤から選んで番号をマークしなさい。



(写真提供：NASA, Hubble Site)

- A 君 「あれっ、変な写真だね。これ、カメラのレンズがゆがんでいるので天体がゆがんで撮影されてしまったんだね。」
- B 君 「いや、違うよ。これは、星雲の中で惑星が生まれるところを撮影したものだよ。」
- C 君 「いや、これは、非常に遠方の銀河を撮影したものだよ。それらの手前にある銀河の重力によって光が曲がってしまったんだ。」
- D 君 「重力で光が曲がるなんておかしいよ。確かにこれは遠方の銀河の写真だけど、光が宇宙空間を伝搬してくるときに、途中で密度の高いガスを通ることによって屈折したものさ。」
- E 君 「これは、中央にある巨大な銀河の重力によって、実際に周りにある銀河の形がゆがめられているものだよ。」

- ① A 君
- ② B 君
- ③ C 君
- ④ D 君
- ⑤ E 君

(問 1 の写真提供)

(イ)：世界天文年 2009、(ア)・(ウ)～(カ) NASA, HST

<第 11 問 B ここまで>

<以下余白>

