

第3回日本地学オリンピック大会予選

(第5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7問は選択問題です。A、Bのいずれかを選び、解答用紙にAまたはBを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120分です。
- 試験開始後60分以降の途中退出を認めます。
- この問題冊子は持ち帰って構いません。

(2010年12月19日 実施)

第1問

[A]地球の歴史について以下の文章を読んで問1～7に答えなさい。

地球の46億年の歴史を振り返ってみると、a 原始地球が誕生してから、約(ア)%の時間を占める先カンブリア時代には、生物や地球の進化を方向付けるできごとが多数起こっている。中でも、図1.1は、(A)とよばれる構造であり、(B)という生物が形成した。

また、図1.2はb 縞状鉄鉱層^{しま}といい、先カンブリア時代に堆積したものである。先カンブリア時代の後は、化石にもとづき古生代、中生代、新生代に区分されている。

古生代には海に生息する無脊椎動物^{せきつゐ}が爆発的に出現し、節足動物の(C)や、後期には、単細胞生物である(D)が栄えた。最初の陸上植物は(E)に出現し、動物では(F)に両生類が陸上に進出した。



図 1.1



図 1.2

いずれもスケールは5 cmを示している。

問1 文中の(ア)に適する数値を1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 58 ② 68 ③ 78 ④ 88 ⑤ 98

問2 下線部aの地球誕生当時の状況として**適当でないもの**を1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 地表が冷え地殻が形成されると、大気中の水蒸気が凝結して雲ができ、雨が降り始めた。
- ② 隕石衝突のエネルギーや原始大気の温室効果により、地表はマグマの海（マグマオーシャン）でおおわれていた。
- ③ 地球の原始大気はヘリウムが主成分で、メタンやアンモニアが含まれていた。
- ④ マグマの海（マグマオーシャン）の出現により、金属と岩石が分離した。
- ⑤ 無数の微惑星が衝突・合体することで原始地球が誕生した。

問3 太古代（始生代）に起きたできごととして適当なものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 硬い殻や歯をもたない無脊椎動物が出現した。
- ② 真核生物が出現した。
- ③ 最古の生物が出現した。
- ④ 硬い殻や骨をもつ多様な動物が出現した。
- ⑤ 多細胞生物が出現した。

問4 文中の（ A ）・（ B ）に適する語句の組合せを1つ選び、番号をマークしなさい。

A	B
① リップルマーク	藻類
② ストロマトライト	シアノバクテリア（ラン藻類）
③ ストロマトライト	藻類
④ タービダイト	シアノバクテリア（ラン藻類）
⑤ タービダイト	藻類

問5 下線部bの説明としてもっとも適当なものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 海水中の鉄と硫黄とが結合して堆積したもので、まだ酸素が十分でないことを示している。
- ② 海水中の鉄と硫黄とが結合して堆積したもので、これにより海水が徐々に中和したことを示している。
- ③ 海水中の鉄と酸素とが結合した酸化鉄が堆積したもので、酸素が大量に消費されたため、酸素濃度がほぼ0となったことを示している。
- ④ 海水中の鉄と酸素とが結合した酸化鉄が堆積したもので、酸素濃度が増加したことを示している。
- ⑤ マグマの海（マグマオーシャン）が冷える際に、鉄の量が多い部分と少ない部分とが縞になって堆積したものである。

問6 文中の（ C ）・（ D ）に適する化石の写真を次ページのⅠ～Ⅵから選び、①～⑤のうちもっとも適切な組合せの番号をマークしなさい。

	C	D
①	Ⅱ	Ⅰ
②	Ⅲ	Ⅵ
③	Ⅳ	Ⅱ
④	Ⅴ	Ⅲ
⑤	Ⅵ	Ⅴ



《化石の写真》 スケールは5 cmを示している。



問7 文中の（ E ）・（ F ）に適する語句の組合せを選び、番号をマークしなさい。

- | E | F |
|----------|-----------|
| ① オルドビス紀 | シルル紀 |
| ② シルル紀 | デボン紀 |
| ③ シルル紀 | 石炭紀 |
| ④ デボン紀 | 石炭紀 |
| ⑤ デボン紀 | ペルム紀（二畳紀） |

[B]堆積岩^{たいせきがん}についての説明文を読み、問8～10に答えなさい。

化石を含むのは堆積岩である。堆積岩は構成している粒子によって分類されている。

既存の岩石が風化して生じた^{さいせつぶつ}砕屑物が堆積してできた砕屑岩がある。砕屑岩は粒径によってさらに分類されており、粒径が1mmの砕屑岩は（ G ）とよばれている。

生物起源のものを含めて、ある成分が沈殿してできた堆積岩があり、石灰岩は主成分が（ H ）であり、チャートは主成分が（ I ）である。

この他、火山噴出物が固結した火山砕屑岩があるが、（ J ）からなるものを凝灰岩とよんでいる。

問8 文中の（ G ）・（ J ）に適する語句の組合せを選び、番号をマークしなさい。

- | | |
|------------------------|--------|
| ① G：泥岩 | J：火山灰 |
| ② G：泥岩 | J：火山岩塊 |
| ③ G：砂岩 | J：火山灰 |
| ④ G：砂岩 | J：火山岩塊 |
| ⑤ G：礫岩 ^{れきがん} | J：火山灰 |

問9 文中の（ H ）・（ I ）に適する語句の組合せを選び、番号をマークしなさい。

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| ① H：NaCl | I：CaSO ₄ |
| ② H：SiO ₂ | I：CaCO ₃ |
| ③ H：MgCO ₃ | I：NaCl |
| ④ H：CaSO ₄ | I：MgCO ₃ |
| ⑤ H：CaCO ₃ | I：SiO ₂ |

問10 堆積岩について述べた文として適当なものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 礫岩を構成している礫は粒径が4mm以上の砕屑物である。
- ② 堆積岩が堆積物になる過程を続成作用という。
- ③ 層状チャートは深海底の砕屑物が集積してできたものが多い。
- ④ 堆積岩はすべて水中で堆積して形成されたものである。
- ⑤ 砕屑物は陸上での風化作用などで形成される。

第2問

[A] 図 2.1 はある地点において、東西に伸びる水平な道路に沿って伸びる垂直に切り立った露頭を、北の方を向いて観察したときのスケッチです。露頭には地層のほか堆積構造、化石が観察できます。これについて問 1～問 4 に答えなさい。

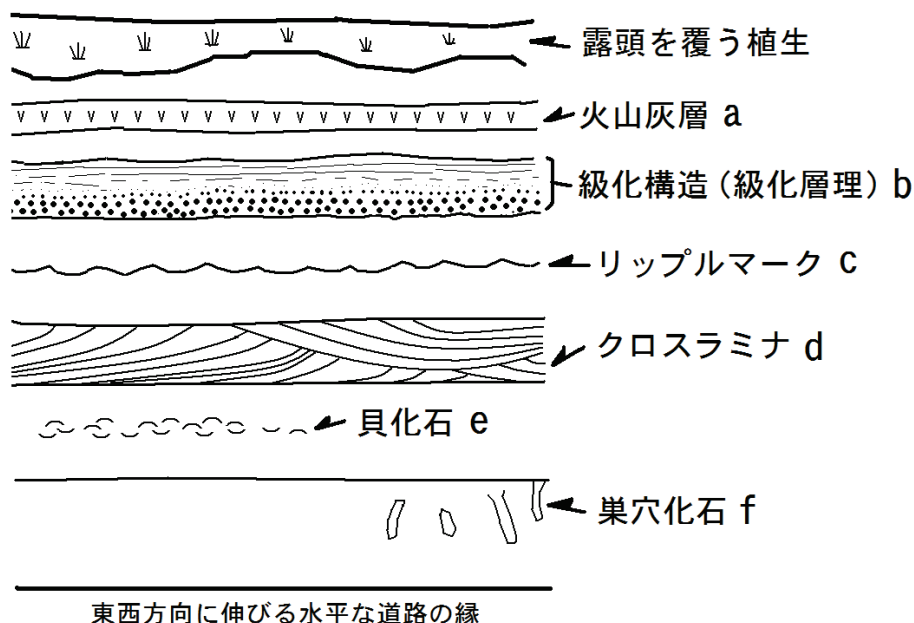


図 2.1 ある地点における露頭のスケッチ

問 1 これらの地層の走向、傾斜の向きの組み合わせとしてこのスケッチから考えられる最も適切なものを選び番号をマークしなさい。

- ① 走向は南北で、傾斜の向きは北である
- ② 走向は南北で、傾斜の向きは南である
- ③ 走向は南北で、傾斜は水平である
- ④ 走向は東西で、傾斜は水平である
- ⑤ 走向は東西で、傾斜の向きはスケッチからは判断できない

問 2 この露頭で地層の走向を調べたいと思います。そのために必要な器具と情報として最も適切なものの組み合わせを①～⑤から選び番号をマークしなさい。

- ① クリノメーターとこの土地の偏角
- ② クリノメーターとこの土地の伏角
- ③ クリノメーターとこの土地の標高
- ④ 磁力計とこの土地の偏角
- ⑤ 磁力計とこの土地の伏角

問 3 図 2.1 にスケッチされた堆積構造・化石 a～e のうち、地層が堆積した年代を決めることができる可能性があるものをすべて選んだものとして、最も適切なものを①～⑤

から選び番号をマークしなさい。

- ① a
- ② b
- ③ a、e
- ④ b、c
- ⑤ c、d

問4 図 2.1 にスケッチされた堆積構造・化石 a～f のうち、地層の上下判定に役に立つ可能性があるものをすべて選んだとき、最も適切なものを①～⑤から選び番号をマークしなさい。

- ① a
- ② b
- ③ a、e
- ④ b、e
- ⑤ b、c、d、f

[B] 図 2.2 は平坦な地表面のある地域における、地表の地質のようすを示した図です。この図の範囲には地層ア～ウ、岩体エ、断層オが分布しています。以下の説明を読み問 5～問 10 に答えなさい。

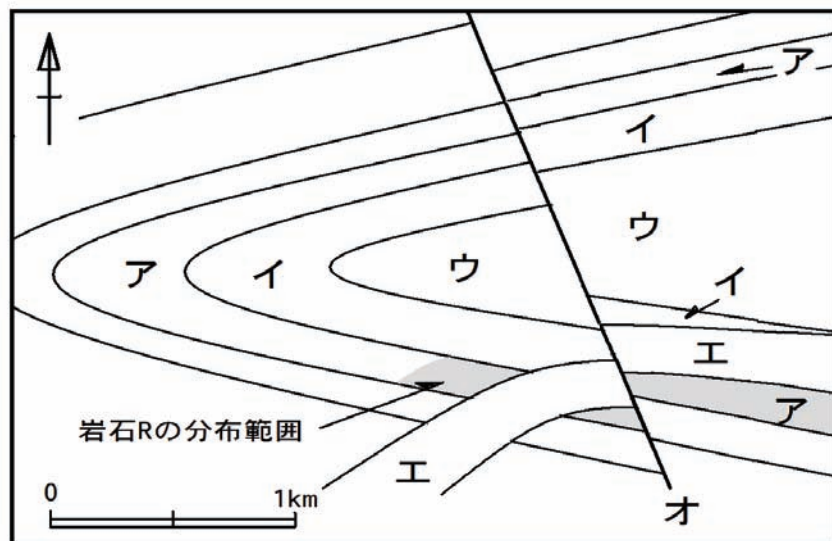


図 2.2 平坦な地表面のある地域における地表の地質のようす

地層ウには最も古いタイプの三葉虫の化石が見いだされた。地層アは主に石灰岩でできており、その一部からは進化したタイプの紡錘虫の化石が見つかった。断層オの傾斜は垂直であった。

岩体エを構成する岩石のつくりは斑状組織であり、造岩鉱物である鉱物 A～C が見られた。また岩体エと接している地層ア中に見いだされた岩石 R は鉱物 D のみで構成されており、直径数 mm の結晶ばかりであった。鉱物 D の硬度（モース硬度）を調べる

と3程度であった。これらの鉱物の偏光顕微鏡による観察記録は次の通りである。

鉱物 A はオープンニコルで無色である。クロスニコルでは無地で灰色だが、顕微鏡のプレートを回転させると色の濃さが変化し、消光した。

鉱物 B はオープンニコルで色調は褐色で顕微鏡のプレートを回転させると色の濃さが少し変化した。1 方向にへき開が観察された。クロスニコルでは直消光した。

鉱物 C はオープンニコルで色調が緑色であるが顕微鏡のプレートを回転させると色の濃さが変化した。オープンニコルでへき開が観察され、同種と思われる鉱物のへき開は1 方向もしくは2 方向であった。2 方向のへき開のなす角度は、最大 120°程度であった。また、クロスニコルでは斜消光した。

鉱物 D はオープンニコルで無色、この鉱物のほとんどには2 方向の劈開が観察された。クロスニコルではあざやかな干渉色が見られた。

問5 鉱物 A、D、ダイヤモンドを硬度の大きい(硬い)順に並べたとき、最も適切なものを次のうちから1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 鉱物 A、ダイヤモンド、鉱物 D
- ② 鉱物 A、鉱物 D、ダイヤモンド
- ③ ダイヤモンド、鉱物 A、鉱物 D
- ④ ダイヤモンド、鉱物 D、鉱物 A
- ⑤ 鉱物 D、鉱物 A、ダイヤモンド

問6 鉱物 B の名称として最も適切なものを1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 黒雲母
- ② 輝石
- ③ 角閃石(かくせん石)
- ④ かんらん石
- ⑤ 磁鉄鉱

問7 岩石 R はどのような変遷を経てできたと考えられるでしょうか。次の中から最も適切だと思われるものを1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 熱帯地方の珊瑚礁で形成された岩石が、マグマの熱を受けて再結晶した。
- ② 熱帯地方の珊瑚礁で形成された岩石が、付加するときに圧力で砕かれた。
- ③ 地殻内でマグマがゆっくり冷却して形成されて岩石になった。
- ④ 地殻内でマグマが冷却して形成された岩石が、上昇する際に砕かれた。
- ⑤ 花こう岩が海洋プレートの沈み込み帯で、圧力と熱により再結晶した。

問8 以下の①～⑤からこの地域の地質の構造として考えられる最も適切なものを1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 向斜の軸が傾いた構造
- ② 背斜の軸が傾いた構造
- ③ すべての地層が水平な構造

- ④ すべての地層が逆転した構造
- ⑤ すべての地層が垂直になった構造

問 9 断層オの種類として考えられる最も適切なものを①～⑤から選び番号をマークしなさい。

- ① 断層の東側のブロックが相対的に上がった正断層
- ② 断層の東側のブロックが相対的に下がった逆断層
- ③ 断層の東側のブロックが相対的に上がった逆断層
- ④ 断層の東側のブロックが相対的に北にずれた左横ずれ断層
- ⑤ 断層の東側のブロックが相対的に南にずれた右横ずれ断層

問 10 この地域の地層や岩体をできた順に左から並べるとどのようなになるでしょうか。次の①～⑤から最も適切なものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地層ア、地層イ、地層ウ、岩体エ、断層オ
- ② 地層ウ、地層イ、地層ア、岩体エ、断層オ
- ③ 地層ア、地層イ、地層ウ、断層オ、岩体エ
- ④ 地層ウ、地層イ、地層ア、断層オ、岩体エ
- ⑤ 地層イ、地層ウ、地層ア、断層オ、岩体エ

第3問

日本の四季の天気について、以下の問いに答えなさい。

問1 図 3.1 は、日本列島における毎日の地上天気図のパターンをⅠ～Ⅵ型の6つの気圧配置型に分類し、それらの気圧配置型の出現頻度を旬毎に集計したものの季節変化を示している。

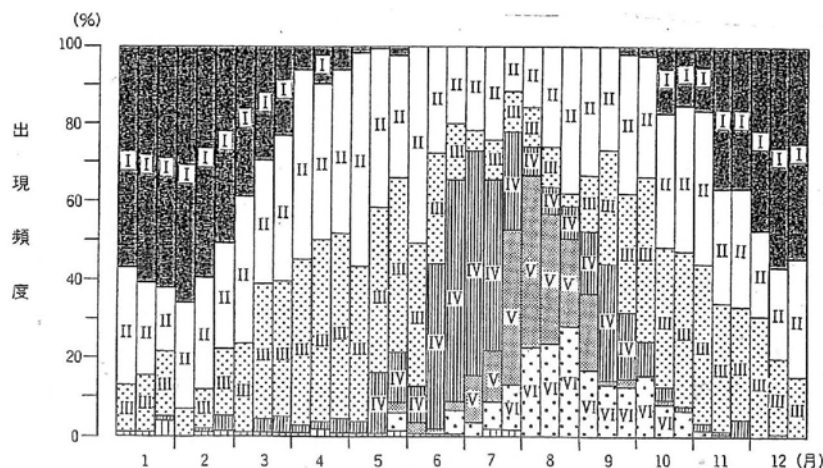


図 3.1：気圧配置型の季節変化。大和田(1992)より引用。

このうち、Ⅲ、Ⅴ、Ⅵの表す気圧配置型の組み合わせとして最も適切なものを、次の①～⑥より1つ選びなさい。但し、Ⅱは気圧の谷型（日本列島付近を低気圧あるいは気圧の谷が通過中）、Ⅳは前線型（日本列島から本州南岸にかけて、主に停滞前線が東西に伸びている）を表します。

Ⅲ型	Ⅴ型	Ⅵ型
① 北太平洋高気圧型	南高北低型（夏型）	台風型
② 北太平洋高気圧型	台風型	南高北低型（夏型）
③ 西高東低型	南高北低型（夏型）	台風型
④ 西高東低型	台風型	南高北低型（夏型）
⑤ 移動性高気圧型	南高北低型（夏型）	台風型
⑥ 移動性高気圧型	台風型	南高北低型（夏型）

問2 図 3.1 でⅠ型に分類されている気圧配置型を特徴づける高気圧の名称として最も適切なものを、次の①～④より一つ選びなさい。

- ① オホーツク海高気圧
- ② シベリア高気圧
- ③ 中緯度高気圧
- ④ 小笠原高気圧

問3 大気の大循環と温帯低気圧に関する次の文章中の空欄ア～エに当てはまる最も適切な語句の番号

を、それぞれ1つ選び、番号をマークしなさい。但し、北半球に関する記述とします。

中緯度地域上空では、低緯度地域と高緯度地域間の南北の大きな温度差に関連して、偏西風が強い。日本列島付近上空の偏西風は、年間を通してみると、(ア:①春, ②夏, ③秋, ④冬)に最も強く、(イ:①春, ②夏, ③秋, ④冬)に最も弱い。

日々で見ると上空の偏西風は南北に蛇行しており、温帯低気圧は、このような上空の偏西風の蛇行に関連づけられる。発達中の温帯低気圧の場合、地上の低気圧中心は、上空の気圧の谷とその東側の気圧の尾根との間に位置することが知られている。従って、地上の低気圧中心上空では、(ウ:①寒気が南へ, ②寒気が北へ, ③暖気が南へ, ④暖気が北へ)輸送されている。

一方、低緯度地域ではハドレー循環が卓越している。ハドレー循環に伴って、(エ:①対流圏下層で南向きに, ②対流圏下層で北向きに, ③対流圏上層で南向きに, ④対流圏上層で北向きに)多量の水蒸気が輸送されている。

問4 6月後半～7月前半を中心としてIV型(前線型)が多くみられるようになり、これが日本列島での梅雨の最盛期にあたります。次の文章中のオ、カに当てはまる最も適切な語句の番号を、それぞれ1つ選び番号をマークしなさい。また、空欄キ、クに当てはまる語句の組み合わせとして最も適切な番号を、語群ケの中から1つ選びなさい。

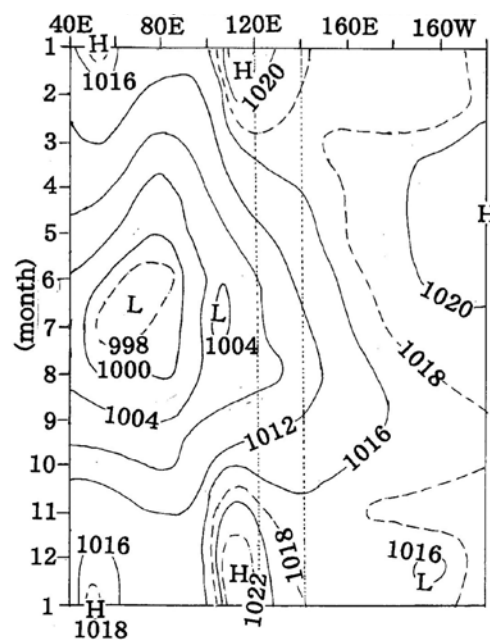


図3.2 北緯25°に沿った海面気圧変化を東経40°から西経140°までについて1961年から1990年までの平均として示したもの。単位はhPa。加藤ほか(2009)より引用。

梅雨最盛期には、対流圏下層の強い南風によって、長江流域～日本列島(特に西日本)の梅雨前線へ多量の水蒸気が輸送される。図3.2は、南西諸島付近の緯度にあたる北緯25°における月平均海面気圧の季節変化を示したものである。6～7月頃を中心に、東経70°付近を中心として低圧域が深まる(気圧の低い範囲が広がり気圧も下がる)。これは、南アジア付近の(オ:①モンスーン, ②温帯低気圧, ③台風, ④熱帯収束帯)に伴う降水とも深く関係している。北緯25°での東経110°～140°

間の気圧差は、6～7月頃では（カ：①4hPa、②8hPa、③12hPa、④16hPa）になっている。もし、下層風が海面気圧分布に対応する地衡風で近似出来るとすれば、上述の梅雨前線への南風は、西向きの〔キ〕と東向きの〔ク〕に対応する地衡風の成分として理解できることがわかる。

語群ケ：空欄キ、クに当てはまる語句の組み合わせ

キ	ク
① 摩擦力	コリオリの力
② 摩擦力	気圧傾度力
③ コリオリの力	摩擦力
④ コリオリの力	気圧傾度力
⑤ 気圧傾度力	コリオリの力
⑥ 気圧傾度力	摩擦力

問5 図 3.3 は、梅雨期の天気図および同時刻におけるレーダーアメダス合成図です。このような梅雨の最盛期には、西日本で、比較的狭い領域に集中した強雨域が、盛衰を繰り返しながら持続することがあります。このような強い雨は、発達した積乱雲の集団に伴ってもたらされています。

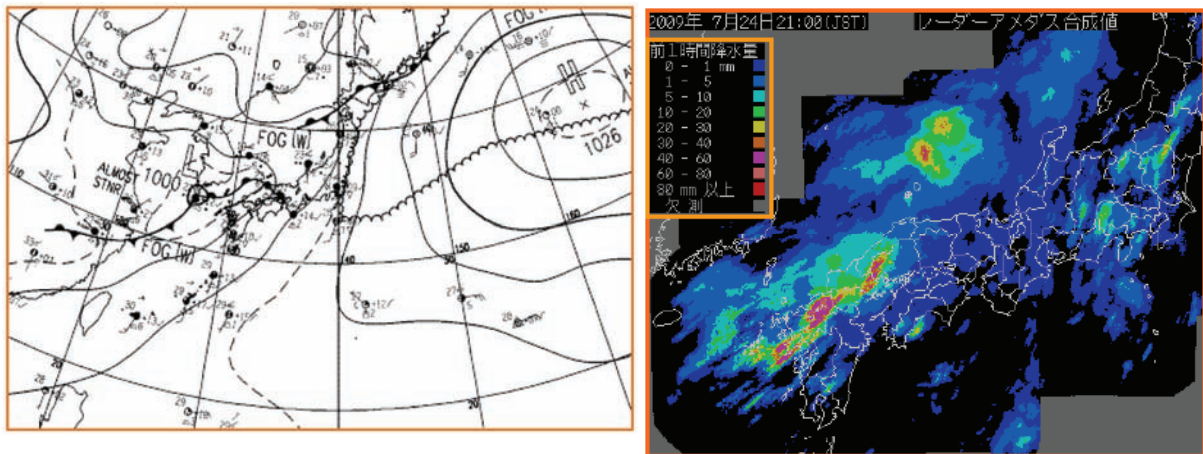


図 3.3. 2009 年 7 月 24 日 21 時における天気図（左），及び，レーダーアメダス合成図（右）（いずれも、国際気象海洋(株)の HP よりダウンロードして編集）。

このような強雨域に対応する雲システムを気象衛星画像で観測した時、その特徴について述べた説明として最も適切なものを、次の①～④より 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 赤外画像では、梅雨前線全体の雲域も白っぽく見えるが、この強雨域に対応する雲域は特に白く見え、その境界も明瞭なことが多い。
- ② 可視画像では、梅雨前線全体の雲域も白っぽく見えるが、この強雨域に対応する雲域は特に白く見え、その境界も明瞭なことが多い。
- ③ 赤外画像では、梅雨前線全体の雲域が特に白っぽく見えるため、この強雨域に対応する雲域との区別はつけにくい。
- ④ 可視画像では、梅雨前線全体の雲域が特に白っぽく見えるため、この強雨域に対応する雲域と

の区別はつけにくい。

問6 積乱雲は、一般に、条件つき不安定な大気中で発生します。その過程についての説明文の空欄(コ)～(シ)に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切な番号を、①～⑧より一つ選び番号をマークしなさい。

[説明文]

条件つき不安定な大気中で、地上の未飽和の空気塊を強制的に持ち上げると、空気塊の温度は、に従って低下し、ある高度で露点に達する(凝結高度と呼ぶことにする)。凝結高度より上方では、その空気塊の温度はに従って低下する。条件つき不安定な大気中で観測される気温減率はよりもので、凝結高度から更にある高さまで空気塊を強制的に持ち上げると、その空気塊の温度が周りの気温よりも高くなり、自分の浮力で上昇出来るようになる。

	コ	サ	シ
①	乾燥断熱減率	乾燥断熱減率	大きい
②	乾燥断熱減率	乾燥断熱減率	小さい
③	乾燥断熱減率	湿潤断熱減率	大きい
④	乾燥断熱減率	湿潤断熱減率	小さい
⑤	湿潤断熱減率	乾燥断熱減率	大きい
⑥	湿潤断熱減率	乾燥断熱減率	小さい
⑦	湿潤断熱減率	湿潤断熱減率	大きい
⑧	湿潤断熱減率	湿潤断熱減率	小さい

問7 図 3.3 の天気図とレーダーアメダス合成図とを比較すると、この事例では、九州北部～中国地方西部に伸びる強雨域は、天気図に記してある前線よりも南方に位置していたことがわかる。もし、この強雨域が発生した領域が条件つき不安定な状態にあったとすると、そこでの地上付近の空気塊を自分の浮力で上昇出来るようになる高度までどのような過程で強制的に上昇させることができると考えられるか。その過程として**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 地上や海面の摩擦による大気の乱れに伴う上昇流
- ② 海上の小さな島や日本列島の小さな地形に伴う強制上昇流
- ③ 東西に伸びる前線の前線面に沿った上昇流
- ④ 別の強雨域の影響で生じるローカルな上昇流

第4問

火山は、現在の地球内部の様子を知る手がかりとして重要であるばかりでなく、特定の元素の濃集をもたらし、資源(鉱床)形成の場としても重要です。以下の問いに答えなさい。

問1：写真4.1は箱根火山の斜面、大涌谷^{おおわくだに}にみられる噴気地帯です。無数の噴気(白色)が観察されます。噴気成分の分析結果の例が表4.1です。噴気成分の分析結果も参考にこの写真に解説文を付けたいと思います。以下の文章の空欄(ア)～(エ)に当てはまるもっともふさわしい語句をそれぞれ1つ語群から選び解答用紙にマークしなさい。

[解説文]

このような噴気の大部分を占める水蒸気が凝結して白くみえる。それ以外の主成分としては、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、塩化水素などであり、全て水に溶けると(ア)を示す。このうち、(イ)と(ウ)が反応すると、写真中で黄色い固体として認識できる(エ)が生じる。かつてはこの黄色い固体は火山地帯で盛んに採掘されたが、現在はほとんど商業生産には利用されていない。このような噴気地帯では、高温で(ア)の噴気によって地盤が弱くなり、地すべり発生の危険がある。



写真4.1：箱根火山大涌谷。地学オリンピック日本委員会による撮影。

表4.1：大涌谷噴気成分の分析値(一部抜粋)。大場ら(2007)による。単位は体積百万分率(ppmv)。

	H ₂ O	CO ₂	H ₂ S	SO ₂	HCl
GO1	992800	4250	2770	39.3	14.4
GO2	995200	3150	1320	18.6	26.5
GO3	996800	2610	483	9.2	6.3

- 【語群】 ① 酸性 ② アルカリ性 ③ 中性 ④ 二酸化炭素 ⑤ 硫化水素
⑥ 二酸化硫黄 ⑦ 塩化水素 ⑧ ヒ素 ⑨ ヨウ素 ⑩ イオウ

問2 問1の解説文中に書かれた水蒸気の起源について考えましょう。図4.1は噴気に含まれる水蒸気中の(水分子を構成する)酸素と水素の同位体比を調べた結果の例です(データ出典：大場ほか, 2007)。酸素には3種類(質量数16, 17, 18)、水素には主に2種類(質量数1, 2)の重さの違う原子が混ざっており、これを同位体と呼びます。この比率の差を海水を基準に1000分の1(‰)を単位として示します。つまり、グラフの原点は海水で定義されます。図の斜めの実線は世界各地の雨水の変化の傾向を示し、原点からの破線矢印は海水と岩石の反応で生じる変化の方向を示しています。グラフから推論できる内容として、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 水蒸気は雨水や海水とは無関係で、ほとんど地球内部からもたらされたと考えられる。
- ② 水蒸気の多くは海水にマグマ中の水が混ざったものと考えられる。
- ③ 水蒸気の多くは地中にしみこんだ雨水がもとになり、そこから地下での化学反応を経たものと考えられる。
- ④ はっきりとした傾向を示さないので、噴気中の水蒸気の起源を判断できない。
- ⑤ 水蒸気は全て海水と雨水の混合のみの変化を示し、化学反応やマグマからの供給などの兆候はみられない。

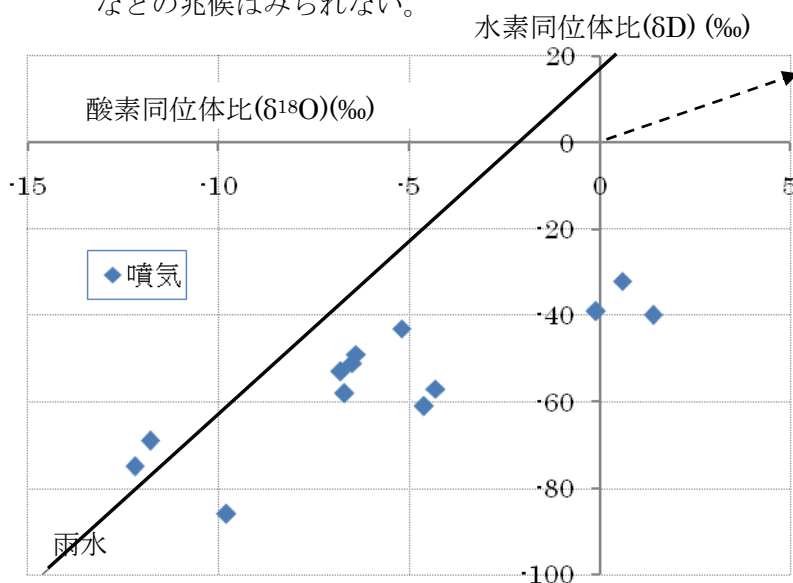


図4.1：箱根火山噴気水蒸気の同位体組成。縦軸は水素の同位体である重水素(質量数2, Dで表記)が占める割合を、横軸は酸素の同位体(^{18}O)が占める割合を海水との差として千分率で表す(大場ほか, 2007に基づく)。

問3 問1下線部のように、特定の元素や鉱物からなる資源が存在していても、鉱業生産が行われないことはよくあります。この黄色い固体の採取が行われなくなった理由の説明としてもっともふさわしいものを以下の選択肢から1つ選んで番号をマークしなさい。

- ① 鉱石の質(品位)が低下して価値が下がったから
- ② 噴気活動が激しくなりすぎて採掘が危険になったから

- ③ 他の資源の精製による副産物として多量に供給されるようになったから
- ④ 環境破壊が問題化して採掘ができなくなったから
- ⑤ この黄色い固体の需要が激減したから

問4 写真4.1で写されている斜面の上方付近を流れている小川を写したものが写真4.2です。この写真について記述したものとして**ふさわしくないもの**を以下の①～④から選び番号をマークしなさい。

- ① 川の水が白濁しているのは、問1空欄(エ)と同じものが混じっているためである。
- ② 川の水が強いアルカリ性であることから、生物に乏しいことが予想される。
- ③ 火山ガスのために川の水は強い酸性を示し、生物はほとんどみられない。
- ④ 川の周辺の植生も乏しいことから、川の水、周辺の大気ともに酸性の火山ガスの影響がでていると考えられる。



写真 4.2 : 箱根火山大涌谷上方の小川。地学オリンピック日本委員会による撮影。

問5 図4.2に示したのは赤色立体地図といい、地形が立体的に見えるように色の付け方が工夫されています。この図から読み取れることがらとして**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 中央火口丘群には溶岩流がいくつも確認できる
- ② 外輪山はCの字型に峰が連なっていて、カルデラを取り囲んでいる
- ③ 中央火口丘群はいくつかのドーム状の火山でできている
- ④ 外輪山は侵食が進み谷が発達していることから、中央火口丘群より新しい火山であると考えられる

- ⑤ 噴気地帯である大涌谷は中央火口丘群の一部が崩れたところにできている

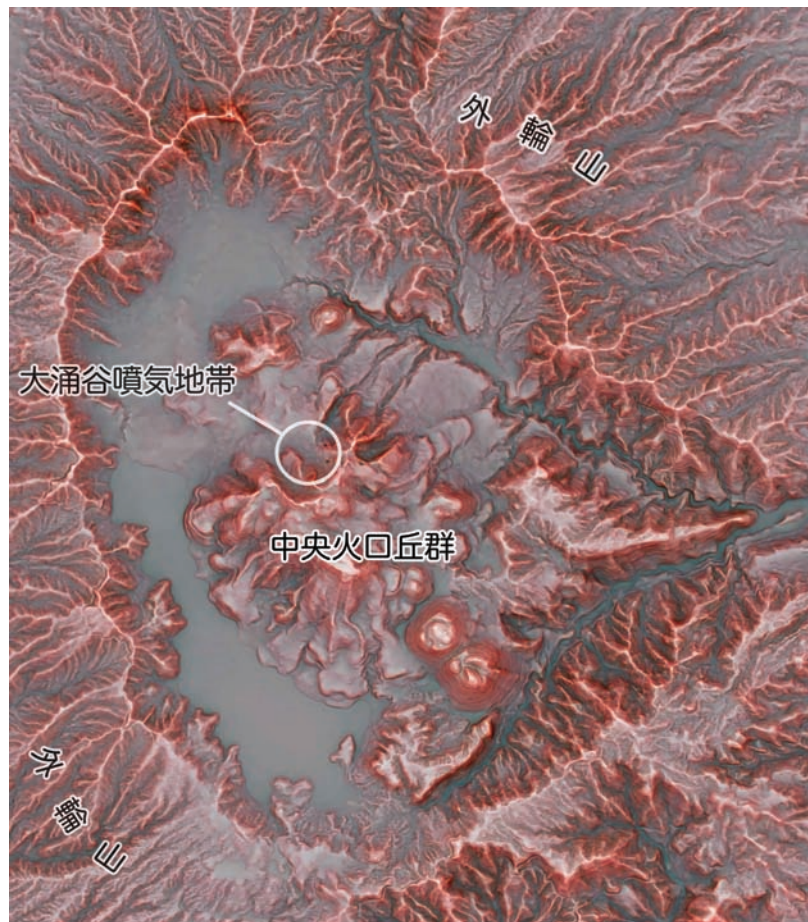


図 4.2：箱根火山主要部の赤色立体地図（提供：神奈川県温泉地学研究所）。急斜面ほど濃い赤色で、峰が白っぽく、谷が黒っぽく着色されている。

問 6 神奈川県から東京都、千葉県にかけては、箱根火山から噴出したと考えられる火砕流や軽石、火山灰などが広く分布しています。その一例として東京軽石と呼ばれている噴出物の分布を図 4.3 に示します。この噴火では、噴煙を高く噴き上げ広範囲に軽石などを降らせた後に火砕流が生じたという経過が知られています。この図では、噴火に際して上空から降り積もった軽石や火山灰の厚さが等しいと考えられる場所が曲線で結んで示されています。この図について考えられることとして記述された以下の文①～⑤で **ふさわしくない**と考えられるものを**全て**選んで番号をマークしなさい。

- ① 噴出物は山体付近で薄く、ある程度(約 20km)離れたところでもっとも厚く堆積している。
- ② 噴出物は山体に近いほど厚く(多く)、遠くでは薄く(少なく)堆積している。
- ③ 噴出物は山体から同心円状に等方的に広がっている。
- ④ 噴出物の分布は箱根火山から東方へ向かって細長く広がっている。

- ⑤ 噴出物のひろがりは方位によってまちまちで、繰り返す爆発でランダムに吹き飛ばされたことを示している。

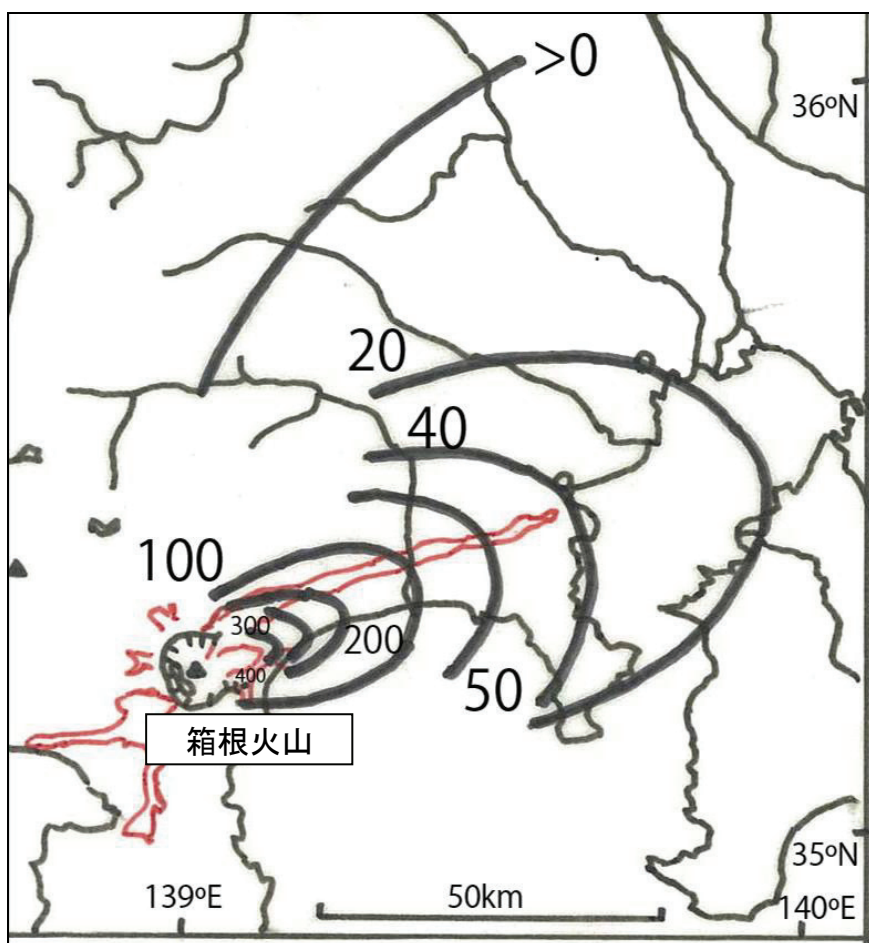


図 4.3：東京軽石の分布。黒の太実線は噴出物の厚さを表す(単位 cm)。赤囲みは火砕流堆積物の範囲を示す。町田・新井(1992)に基づき作成。図の左端の▲は富士山。

問7 問6の東京軽石の噴火の終わりに生じた火砕流は(図4.3の赤囲み部)、20世紀のフィリピン・ピナツボ火山噴火による火砕流(1991年)を上回る規模といわれ、箱根火山から50km以上も離れた横浜市や川崎市まで確認されています。以下の文①～⑤について、このような火砕流について記述されたものとして**ふさわしくないもの**を1つ選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ① このような火砕流を生じるようなマグマは、海洋プレートが沈み込んでいる島弧や陸弧に特徴的にみられる。
- ② 火砕流の流れは高速で、時速100km以上にもおよぶ。
- ③ 火砕流の流れは溶岩流より遅い。
- ④ 火砕流は高温のガスに岩石の破片が混ざったものである。
- ⑤ 火砕流によりしばしば都市や集落が埋まり、大きな被害が生じる。

問8 火砕流堆積物は野外で観察すると特徴的なみかけ(産状)を示します。これについて記述した以下の①～⑤のうち、もっともふさわしいものを1つ選び番号を解答用紙にマークしなさい。

- ① とりこまれた巨大な岩塊にパズルピースのような割れ目がみられる。
- ② 流水によって運搬されてはいないので、構成する粒子の大きさが揃っていない。
- ③ 激しい流れにより含まれる岩石片は全てなめらかで丸みを帯びてしまっている。
- ④ 全て非常に細かい粒子で構成されている。
- ⑤ 動植物の遺体はほとんど取り込まれることがない。

問9 箱根火山でよく見られるような安山岩の化学組成は大陸地殻の平均に近いと考えられるようになってきました。ここで、大陸地殻の平均的な厚さを少なめに 30km と仮定し、現在地球に存在する大陸地殻をマグマの結晶分化作用のみによって作り出すのに必要なマントルの岩石はどのくらいになるかを見積もってみましょう。その結果を、現在地球の固体部分の8割を占めるマントルの体積と比較して、①～⑤から最も適切なものを選び番号をマークしなさい。ただし、簡単に考えるために、陸地が全て大陸地殻でできており、最初の玄武岩質マグマはマントルの岩石が 10%程度融けて生じるものとし、結晶分化作用によって玄武岩質マグマから体積比で 10 分の 1 程度の安山岩質マグマが生じるものとします。

- ① 上部マントルの体積(全マントルの 1/4)程度
- ② マントルの半分程度
- ③ マントルの体積にほぼ等しい
- ④ マントルの体積の 2 倍程度
- ⑤ マントルの体積の 5 倍以上

第5問

地球の形を決めたり、地球上で自分のいる位置（緯度、経度、高さ）を測ったりする学問・技術を測地学といい、学術・軍事・経済に非常に大きな影響を与えてきました。測地学に関する次の各問について答えなさい。

問1 次の文章は、地球表面上の各地の緯度について説明したものです。空欄（ア）～（ウ）に入る適切な語を、それぞれに与えられた語群から1つ選び番号をマークしなさい。

[説明]

図 5.1 のように地球の中心(地心 O)に降り立った人が、赤道面から地点 A を見上げた時の角 $\angle AOE$ を想像して、これを「地心緯度」とよびます。一方、地心緯度とは別に、「天文緯度」とよばれる緯度もよく使われます。図 5.1 と図 5.2 は、天の北極※を目印にして、地点 A の天文緯度を求める原理を示したものです。水平面から測った天の北極の高度角 $\angle P'AH = j$ を天文緯度とよんでいます。ここで「水平面」は地球の〔ア〕の向きと〔イ〕性質から定められていることに注意しましょう。たとえば、地面の下に大きな鉄のかたまりや空洞があると、〔ア〕の向きも、それと〔イ〕水平面の向きもゆがめられてしまいます。つまり、天文緯度は、水平面や〔ア〕の向きの影響を受けることになります。〔ア〕の向きの影響を受けないようにするため、図 5.3 のように、接平面とよばれる基準面から測った天の北極の高度角 k を、「地理緯度」とよびます。ここで接平面とは、起伏やまるみの緩やかな曲面の非常に小さな部分を表す平面で、例えば、「 A 点の接平面」とは A 点に非常に小さなシートを敷いて、それを遠方まで延長したときにできる平面と同じです(A 点にいる^{あり}蟻にとっては、これが水平面の代わりになります)。

地球の形状が完全に球で、しかも〔ア〕が地球の中心を常に向いているときは、地心緯度 i と天文緯度 j には〔ウ〕という関係があります。

※ 地球の中心(地心) O と北極点 N とを結んだ軸が、天球上で指し示す点 P 。地球上からは、天の北極を中心にして、すべての星が周回するように見えますが、天の北極自体は不動です。天の北極の近くには、北極星があります。

語群

- (ア) ① 自転軸 ② 重力 ③ 地磁気 ④ 気圧 ⑤ 公転
(イ) ① 直交する ② 平行になる ③ 斜交する
(ウ) ① $i = j$ ② $i = 90^\circ - j$ ③ $i \geq j$ ④ $i \leq j$ ⑤ $i = 180^\circ - 2j$

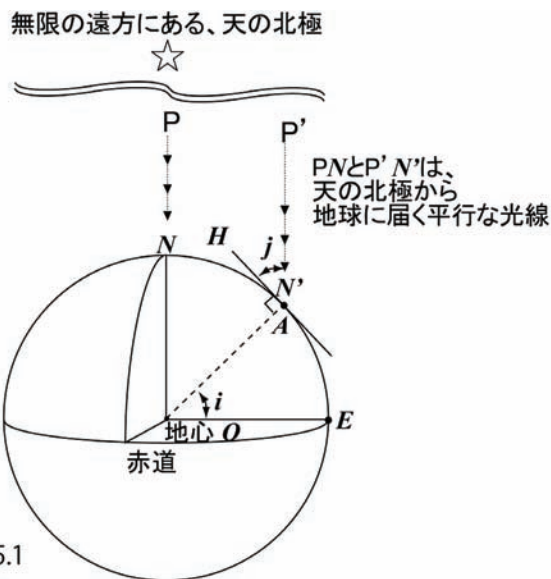


図5.1

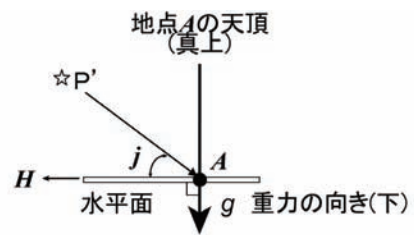


図5.2

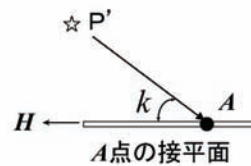


図5.3

問2 地球の形状を大局的にみると、図 5.4 のように、球面よりも扁平な楕円体と考えたほうがより正確です。では、この扁平さと地形の起伏とを比較してみましょう。地球上で標高の最も高い点はエベレストの 8848m、海洋でもっとも深い点はマリアナ海溝の一部で 10920m と記録されています。(長半径－短半径)÷長半径で定義される地球の扁平率が 1/300 であることから、最高点と最深部の高度差(H)と、長半径と短半径との差(ΔR)の関係はどうなるでしょうか？地球の赤道半径を 6378km とし、最も近いものの番号をマークしなさい。

- ① H が 1 桁以上大きい
- ② H が 10%ほど大きい
- ③ H と ΔR は 1 %以内で一致
- ④ ΔR が 10%ほど大きい
- ⑤ ΔR が 1 桁以上大きい

無限の遠方にある、天の北極

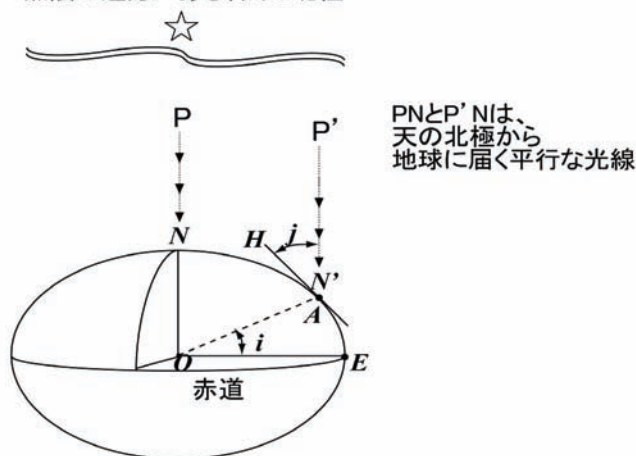


図5.4

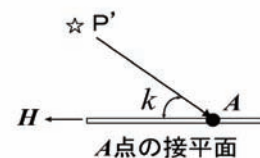


図5.5

問3 地形起伏を無視して、仮に地球が赤道方向に張り出した横長の楕円体であるとき(図 5.4, 5.5)、北半球の地点 A の地心緯度 i 、天文緯度 j 、地理緯度 k の間の関係として適切なものを1つえらび番号をマークしなさい。

- ① $i = j = k$
- ② $i \leq k$ (j は i, k とは一定の関係は示さない)
- ③ $i \geq k$ (j は i, k とは一定の関係は示さない)
- ④ $j \leq k$ (i は j, k とは一定の関係は示さない)
- ⑤ $j \geq k$ (i は j, k とは一定の関係は示さない)

問4 以下の文章の空欄 (イ) ~ (ニ) について、空欄 (イ) については語群 A から、空欄 (ロ) と (ハ) については語群 B から、空欄 (ニ) については語群 C から、それぞれもっともふさわしいものを選び、番号をマークしなさい。

18 世紀前半には、地球は球よりも楕円体に近いとは予想されていましたが、赤道方向に張り出した形(横長)なのか、それとも極方向に張り出した形(縦長)なのかについて、論争が続いていました。しかし、当時のように地上での観測しかできない状況でも、地上の2地点 A, B を選んで、その付近で(イ) 1 度あたりの弧長を算出することで横長か縦長かの判定を行うことができます。その原理を図 5.6 に示しました。もし地球が球ならば、地球上のどこであっても、(イ) 1 度あたりの弧長は等しくなければなりません。一方、扁平な楕円体であれば、緯度によって弧の長さは変わってきます。図 5.6 をみると、横長楕円体ならば(イ) 1 度あたりの弧長は、(ロ) なり、縦長楕円体ならば(ハ) なります。実際の測定結果は下の表のようになり、(ニ) であるとの結論になりました。

地域	緯度	(イ) 1 度あたりの弧長
スカンジナビア半島	北緯 66°付近	111.99 km
フランス	北緯 45°付近	111.16 km
ペルー	南緯 1°付近	110.66 km
地球全体の平均	北緯 90°～南緯 90°	111.11 km

語群 A： ① 地理緯度 ② 地心緯度 ③ 天文緯度

語群 B：

- ① 低緯度の方が高緯度よりも長く
- ② 低緯度の方が高緯度よりも短く
- ③ 低緯度でも高緯度でも同じに

語群 C :

- ① 縦長楕円体
- ② 横長楕円体
- ③ 当時の観測技術では球と区別が付かない

問5 以下の説明文ア)～エ)について、正しい記述と考えられるものの組み合わせとして適切なものを①～⑤の中から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① ア) とウ)
- ② ア) とエ)
- ③ イ) とウ)
- ④ イ) とエ)
- ⑤ ウ) とエ)

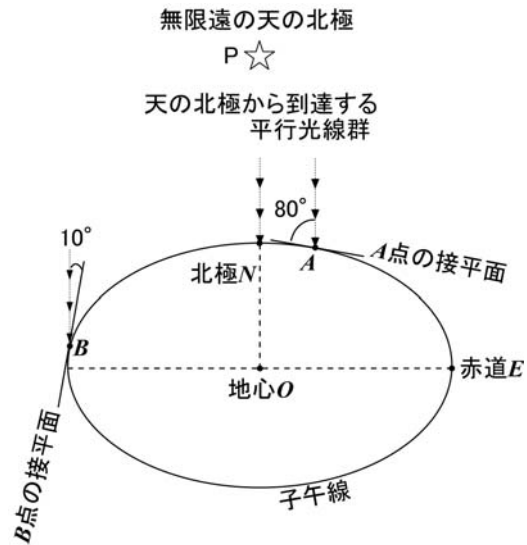


図5.6

- ア) 赤道方向に張り出した形(横長)に扁平になっている原因は、地球の自転で生じた遠心力が赤道に近付くほど大きくなるからである。
- イ) 極地方での激しい風雪によって地形が侵食されたり、厚い氷の荷重で地盤が下がっていたりすることや、赤道地方における土砂堆積・火山活動による隆起が主たる原因で、地球の形状が球から楕円体に近くなった。
- ウ) 地心 O から赤道 E までの距離 OE は、 O から北極点 N までの距離 ON より 200m～300m ほど、長くなっている。
- エ) さまざまな山を、地心 O からの距離(地心距離)でランキングすると、海面から測った標高のランキングとは異なることがある。地心距離のランキングは、赤道付近の低緯度の山に比べて中緯度～高緯度の山にとって不利に働く。

問6 ヒマラヤ山脈の南麓の3地点、カリアーナ(北緯 29.5°)、カリアンプール(北緯 24.1°)、ダマルジーダ(北緯 18.1°) は、ほぼ東経 77.6° の経線上のインド平原にあります。次ページの表は、これらの3地点で求めた天文緯度と地理緯度との比較です。巨大なヒマラヤ山脈が及ぼす万有引力の影響で、南麓では山脈に近づくほど、水平面が接平面からずれてくることが予想されます。楕円体からヒマラヤ山脈が突起のように突き出していて、楕円体も山脈も同じ密度であると仮定すると予想値はどうなるでしょうか。数値群のなかから空欄ア、イにあてはまるものを選んで、番号をそれぞれ解答用紙にマークしなさい。

場所	地理緯度	(地理緯度－天文緯度) の予想値	(地理緯度－天文緯度) の実測値
カリアーナ	北緯 29.5°	ア	3″
カリアンプル	北緯 24.1°	イ	-2″
ダマルジーダ	北緯 18.1°	0″	0″

[数値群] ① 5″ ② 20″ ③ -5″ ④ -20″ ⑤ 0″ ※角度の 1″ = (1/3600)°

問7 問6のような観測により、地理緯度と天文緯度の差の絶対値は、予想よりもかなり小さいことがわかりました。その説明として、アンデスやヒマラヤのような大山脈については、アイソスタシーという考え方が19世紀に提唱されました。この考え方の説明としてあり得る、もっとも適切と思われる組合せを①～④の中から1つ選びなさい。

- ① ア) とウ)
- ② ア) とエ)
- ③ イ) とウ)
- ④ イ) とエ)

[説明文]

ア) 大山脈は、高い地点の直下ほど周囲(密度 D')よりもより低密度の岩石でできている。

すなわち $D_1 > D_2 > D_3$ (図 5.7a)。

イ) 大山脈は、高い地点の直下ほど周囲(密度 D')よりもより高密度の岩石でできている。

すなわち $D_4 > D_5 > D_6$ (図 5.7b)

ウ) 大山脈は、周囲(密度 D')よりも一定値だけ低い密度(D)の岩石でできていて、境界面が下方に伸びている (図 5.7c)

エ) 大山脈は、周囲(密度 D')よりも一定値だけ低い密度(D)の岩石でできていて、境界面が上方に盛り上がっている (図 5.7d)。

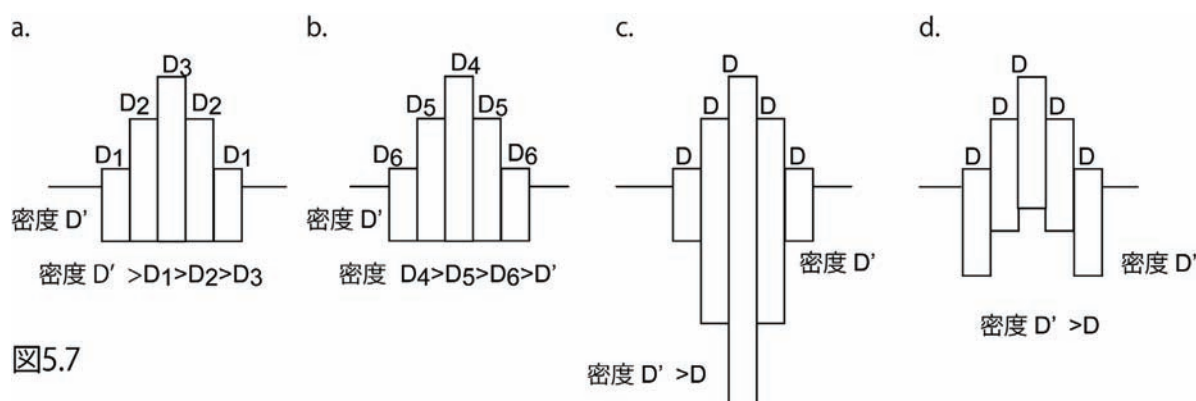


図5.7

問8 高さの基準面についての以下の説明文を読み、語群の中から適切なものを選んで空欄を埋めるとき、空欄 A については数値群 A から、それ以外については用いる語を順に並べた組み合わせを選択肢 B からえらびなさい。

[説明文]

高さは、ふつうジオイドとよばれる水平面（海水準）から測ります。陸地では、海岸から細い運河を引いてきたと想定したときの水面がジオイドを与えてくれます。ジオイドは「水平面」でありながら、その形状は簡単な曲面では表わすことはできません。最近では、人工衛星搭載のレーダーで、衛星と海面の距離の測定値から、海面の凸凹を見ることができるようになりました。それによると、滑らかな準拋楕円体*からの起伏は、プラスマイナスで **A** 程度あります。周囲よりも **ア** 物質でできた地域では、その分の引力でジオイド面は盛り上がるのが期待され、逆に、**イ** 物質でできている地域では、ジオイド面は低まっていると予想されます。**ウ** がなりたっていると、ジオイドの起伏はほとんど見えなくなります。海溝のように、周囲よりも地形が低まってい、そこを固体ではなく、低密度の海水が埋めている場合、**ウ** は成り立っていないので、ジオイドは周囲よりも **エ** なっています。

※ジオイドに最も近い形状の楕円体を、準拋楕円体といいます。

数値群 A : ① 1m ② 10m ③ 100m ④ 1km ⑤ 10km

選択肢 B :

- ① ア：密度の高い、イ：密度の低い、ウ：アイソスタシー、 エ：高く
- ② ア：密度の低い、イ：密度の高い、ウ：プレートテクトニクス、 エ：低く
- ③ ア：密度の低い、イ：密度の高い、ウ：アイソスタシー、 エ：高く
- ④ ア：密度の高い、イ：密度の低い、ウ：アイソスタシー、 エ：低く
- ⑤ ア：密度の高い、イ：密度の低い、ウ：プレートテクトニクス、 エ：低く

問9 以下の地球の重力についての説明文で空欄 a～d に当てはまるものを語群ア)～ク)から選ぶものとします。このとき、適切と思われる組み合わせはどのようになるでしょうか？選択肢①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

[説明文]

地球上の重力加速度はふつう、 $9.8[\text{m/s}^2]$ とされていますが、実際は、観測点の緯度によってかなり変動します。そのため、赤道の海岸付近で正確な時間を刻むように調整し、厳重に保温した振子時計を北極海で用いると、1日につき約200秒 **a** ます。これは、北極の重力の方が、赤道での重力よりも、約0.5% **b** ことを示しています。したがって、赤道海面付近の重力加速度は $g_e=9.78[\text{m/s}^2]$ 、北極海面付近では $g_p=\text{c}[\text{m/s}^2]$ 程度となります。これは低緯度になるほど、地球の **d** が、地球自身の万有引力の一部を打ち消す度合いが強くなるのが原因の一つです。

- ① a:イ)、b:エ)、c:カ)、d:ク)
- ② a:イ)、b:ウ)、c:オ)、d:キ)

③ a:ア)、b:ウ)、c:カ)、d:ク)

④ a:ア)、b:ウ)、c:オ)、d:キ)

⑤ a:ア)、b:エ)、c:カ)、d:キ)

[語群] ア) 進み イ) 遅れ ウ) 大きい エ) 小さい

 オ) 9.83 カ) 9.73 キ) 自転の遠心力 ク) 地磁気の強さ

問 1 0 従来の天文観測や、三角測量などで緯度・経度を決めるには数カ月～数年を要しましたが、現代では GPS 衛星とよばれる人工衛星群を用いて、ほとんど瞬時に緯度、経度、高さを知ることができます。以下の GPS についての説明文の空欄にあてはまると考えられる適切なものを語群①～⑧からえらび、解答用紙に番号をマークしなさい。

[説明文] GPS 人工衛星は、それぞれが と原子時計に基づく電波発射時刻の情報を送信している。受信機には時計を内蔵しているので、電波が発射されて地上受信点に到達する時間差を求められる。それに を乗じれば、受信点とそれぞれの衛星までの距離を求めることができる。したがって、 以上の衛星から電波を受信できれば、受信点の緯度・経度・標高を、地震の震源決定と同じ要領で決定できる。実際には、受信機の時計精度は原子時計の精度よりはるかに劣るので、受信機時計の進み遅れも未知数として求める必要があり、追加でもう 1 衛星以上の電波を受信しなくてはならない。

語群：① 受信点を見降ろした角度 ② 自分の位置情報 ③ 音速 ④ 光速
 ⑤ P 波速度 ⑥ 2 個 ⑦ 3 個 ⑧ 4 個

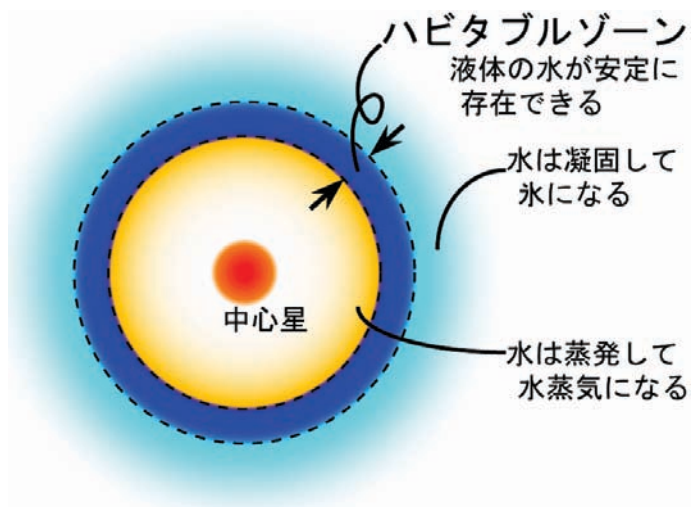
問 1 1 地盤が隆起・沈降して標高が変化したり、水平方向に移動して緯度・経度が変化したりする地殻変動の説明として、適切なものを 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地震で断層が動き、周囲の岩盤を引きずるとき、水平のズレとして 10m ぐらいまでの地殻変動が生じる
- ② 火山噴火では、地下のマグマだまりの中の圧力が急に高まったり、逆に減少したりするので、最大で 10 cm ぐらいまでの地殻変動が生じる
- ③ 氷河の氷が融けると、押さえつけられていた地面が隆起する。現在、地球上ではカナダで年間 10cm 程度の隆起が見られている
- ④ 月や太陽の潮汐力によって、海面変動（干満）は最大で 10m 程度あるので、陸地部分でも最大で 10m の変化が起こる
- ⑤ 標準気圧からの気圧差が 50 ヘクトパスカルの台風が通過する時、地面は 0.5m ぐらい吸い上げられる

第6問

地球上の生物は、生きてゆくために液体の水を必要とします。水が液体でいられるためには、温度が 0°C から 100°C の間である必要があります(1 気圧の場合)。地球表面の平均気温は 15°C であり、地上に液体の水が存在しています。これに対し火星は、表面の平均気温が -55°C と低いため、水は存在していたとしても固体(氷)の状態です。

大気による温室効果の影響や、地面や雲などによる光の反射の影響が同じであれば、惑星表面の絶対温度は入射するエネルギーの $1/4$ 乗に比例します。一方、中心星の明るさが同じであれば、入射するエネルギーは中心星からの距離の 2 乗に反比例します。これらの関係を考えあわせると、ある明るさの中心星に対して、惑星の表面で水が液体でいられる軌道の範囲が図のように決まります。この範囲のことをハビタブルゾーン(居住可能領域)と呼びます。近い将来、ハビタブルゾーンにある地球サイズの太陽系外惑星が見つければ、そこには生命が存在しているかもしれません。以下の問いに答えなさい。



問1 惑星表面の絶対温度を 10% 増加させるためには、入射エネルギーを $1.1^4 \approx$ 約 1.5 倍にする必要があります。地球表面の平均気温が 100°C を越えてしまうのは、太陽から受けるエネルギーが何倍になったときでしょう。次の中から最も近い値を選び番号をマークしなさい。ただし、大気や雲の影響は変化しないものとします。

- ① 1.7 倍 ② 2.8 倍 ③ 3.6 倍 ④ 4.8 倍 ⑤ 5.1 倍

問2 星のみかけの明るさ(惑星が受けるエネルギー量)は、距離の 2 乗に反比例します。このことから、地球と太陽の距離が現在の 80% になった際には、地球が受け取るエネルギーが何倍になるか、次の中から最も近い値を選び番号をマークしなさい。

- ① 1.56 倍 ② 1.25 倍 ③ 1 倍 ④ 0.8 倍 ⑤ 0.64 倍

問3 問1、問2の結果を考えあわせると、地球と太陽の距離が現在の 80% になった際の表面の平均気温は何倍になると見積もられるか、次の中から1つ選び番号をマークしなさい。ただし、大気や雲の影響は変化しないものとします。

- ① 絶対温度で 1.6 倍になる

- ② 絶対温度で 1.25 倍になる
- ③ 絶対温度で 1.1 倍になる
- ④ 絶対温度で 0.8 倍になる
- ⑤ 絶対温度で 0.64 倍になる

問 4 問 3 で求めた結果とは異なり、実際に地球を太陽に近づけた場合には、その距離が現在の地球－太陽間の平均距離の 95%に達したところで表面温度は水が蒸発する温度に到達してしまうと見積もられています。この理由として最もふさわしいものを次の中から 1 つ選びなさい。

- ① 大気中の水蒸気量が増し、温室効果の影響が大きくなるため
- ② 太陽風が直接大気に吹き込み、大気上空を加熱するため
- ③ 地表面の鉱物が不安定になり、大気と化学反応を起こすため
- ④ 太陽との重力相互作用が強められ、地球内部が暖められるため
- ⑤ 太陽からの紫外線の影響が強まり、大気がプラズマ化されるため

問 5 火星を、表層の条件を変えずに地球軌道まで移動させたときに達成される表面温度として最も近いものを次の中から 1 つ選びなさい。必要ならば、次の値を使いなさい。
火星の半径＝地球半径の半分、火星の公転半径＝地球の公転半径の 1.5 倍。

- ① +22℃ ② +18℃ ③ +6℃ ④ 0℃ ⑤ -6℃

問 6 問 5 で求めたように、火星を地球軌道に動かしても、表面温度は現在の地球と同じにはなりません。これは、惑星によって表面気温を決める要因が異なるためです。表面気温を変化させる要因として**ふさわしくないもの**を次の中から 1 つ選びなさい。

- ① 大気の組成や量
- ② 表面鉱物の色
- ③ 厚い雲の有無
- ④ 海や植生の有無
- ⑤ 衛星の数

問 7 地球を太陽から遠ざけていった時、地球表面の平均気温が 0℃を下回ってしまうのは、地球と太陽の距離がどれくらいになったときでしょう。次の中から最も近いものを選びなさい。ただし、大気や雲の影響は変化しないものとします。

- ① 現在の地球－太陽の平均距離の 1.01 倍以上
- ② 現在の地球－太陽の平均距離の 1.03 倍以上
- ③ 現在の地球－太陽の平均距離の 1.06 倍以上
- ④ 現在の地球－太陽の平均距離の 1.12 倍以上

- ⑤ 現在の地球－太陽の平均距離の 1.24 倍以上

問 8 太陽からの距離が問 7 で求められたよりも遠い惑星でも、地球と条件が異なれば表面で液体の水が安定に存在できる可能性があります。そのような条件として**ふさわしくないもの**を次の中から 1 つ選びなさい。

- ① 厚い大気を持ち、温室効果が有効に働いている
- ② 表面の組成が異なり、地球よりも効率的に光を吸収する
- ③ 水に不純物が多量に溶解込み、融点が下がっている
- ④ 自転と公転の周期が合致し、常に同じ面を太陽に向けている
- ⑤ 月のような大きな衛星を持っている

問 9 様々な影響を考慮すると、太陽系のハビタブルゾーンは地球－太陽の平均距離の 0.95 倍から 1.37 倍までと見積もられています。中心星が太陽よりも暗い惑星系の場合には、ハビタブルゾーンの範囲はどのようになると考えられるでしょうか。次の中から最もふさわしいものを選びなさい。

- ① 内側の境界が中心星に近づくが外側は変わらない。
- ② 内側の境界は変わらないが、外側の境界は中心星に近づく。
- ③ 内側の境界も外側の境界も中心星に近づく。
- ④ 内側の境界は中心星から遠ざかり外側の境界は中心星に近づく。
- ⑤ 太陽よりも暗い恒星の周囲にはハビタブルゾーンは存在しない。

問 10 次の表は、Gl581（グリーゼ 581 番星）と名付けられた恒星の周囲で発見された惑星の情報をまとめたものです。この中で、ハビタブルゾーンに含まれている惑星の組み合わせを①～⑤から 1 つ選びなさい。ただし、Gl581 は M3 型に分類される恒星で、明るさは太陽の 1.3% 程度しかありません。このため、この恒星から地球－太陽の平均距離と同じだけ離れた惑星が存在していたとすると、その表面の平均気温は、大気の影響や表面の条件に応じて -178℃ から -143℃ 程度にしかならないことに注意しなさい。

惑星の名前	Gl581e	Gl581b	Gl581c	Gl581g	Gl581d	Gl581f
中心星からの距離*	0.03	0.041	0.07	0.146	0.22	0.758

表：グリーゼ 581 番星の惑星。*地球－太陽の平均距離との比として表されている。

- ① Gl581e, Gl581b
- ② Gl581b, Gl581c, Gl581g
- ③ Gl581c, Gl581g
- ④ Gl581c, Gl581g, Gl581d
- ⑤ Gl581g, Gl581d, Gl581f

<第 6 問 以上>

第7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7問 A

下のグラフは、ベーリング海（太平洋の北）の A 点(175°E, 58°N) とラブラドル海（大西洋の北）の B 点 (52°W, 58°N) における夏の水温と塩分の深さに対する分布を表したものです。これを見て以下の問いに答えなさい。(A 点、B 点の位置は図 7.2 を参照のこと)

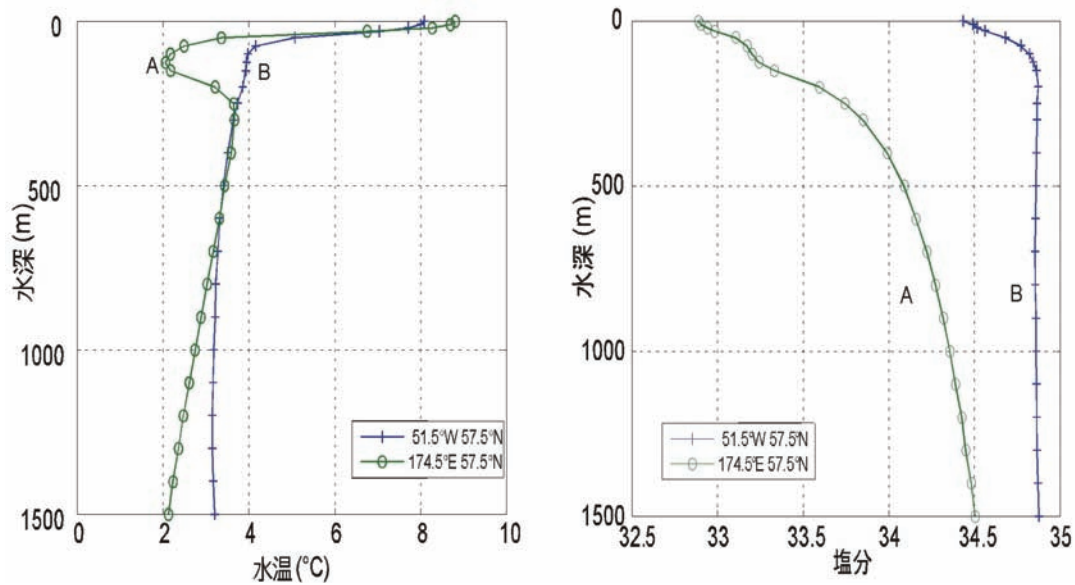


図 7.1 : A 点、B 点 2 つの場所での夏の水温 (左) と塩分 (右) の海面から水深 1500m までの分布。塩分の数値は海水に対する塩分の重量比を千倍したものにほぼ等しい。(World Ocean Database 2005 に基づき作成。)

問1 図 7.1 について述べた以下の文章を読んで、空欄 (ア) ~ (カ) に当てはまる適切な語句を与えられた語群から選んで番号を解答用紙にマークしなさい。ただし同じものを何度選んでもよいものとします。

海水のある部分を考えると、周囲から浮力を受けるため、密度の高い水の方が低い水よりも下にあるような分布をしていれば安定し、そうでない場合には不安定で対流が発生する。中高緯度の海域では、海水は夏には大気によって海面から暖められ、海面近くで水温が高く密度が低くなるため、(ア)になる。冬には海水は大気によって海面から冷やされ密度が増すため、(イ)になり、対流が生じる。対流がおよぶ深さの範囲は、(X)とよばれ、その中では水温、塩分は深さによってほとんど変化しない。

実際には海水の密度は水温だけでなく塩分によっても変わる。A 点では塩分は深さとともに増えており、このことは海水を(ウ)にさせようとする。一方、水温は深さとともに下がる部分と上がる部分とがあり、深さとともに上がる部分では海水を

〔エ〕にさせようとする。このような分布が全体として安定に存在していることから、この部分では水温より塩分の方が密度に対する影響が〔オ〕と考えられる。B 点でも塩分は A 点と同様の働きをするが、その効果は A 点よりも〔カ〕。

<語群> ① 安定 ② 不安定 ③ 安定と不安定の両方 ④ 大きい ⑤ 小さい

問2 問1 文章中の (X) 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 エクマン層 ② 塩分極小層 ③ 混合層 ④ 水温極小層 ⑤ 躍層

問3 問1 の文章中の (X) で述べられた対流の影響は、夏でも比較的深い所に残っていることがある。

(1) 図 7.1 から判断すると観測がなされる前の冬に A 点、B 点でそれぞれどの程度の深さまで対流が及んだと考えられるか、以下の①～⑤から適切なものを選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

① 100～200m ② 200～500m ③ 500～1000m
④ 1000～1500m ⑤ 少なくとも 1500m

(2) (1)でそのように考えた理由を以下の①～⑤から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

① 塩分と水温が深さ方向に急激に変化する深さにあたるため。
② 塩分も水温も深さ方向にあまり変化しない深さにあたるため。
③ 水温が深さ方向に急激に変化する深さにあたるため。
④ 水温が深さ方向にあまり変化しない深さにあたるため。
⑤ 水温が深さ方向にはあまり変化せず、塩分は深さ方向に急激に変化する深さにあたるため。

問4 以下の文章では対流と海洋の大規模な循環の関係が説明されています。空欄 (ア) , (イ) にあてはまる適切な語句を下の語群から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

高緯度海域の一部では海面近くまで海水の密度が非常に〔ア〕なり、対流が非常に深くまで発達する。また海水が海底斜面に沿って沈み込む。この海域の水は全球の海洋に広がり、〔イ〕とよばれる循環を形成する。

[語群] ① 低く ② 高く ③ 熱塩循環(深層循環) ④ ハドレー循環 ⑤ 風成循環

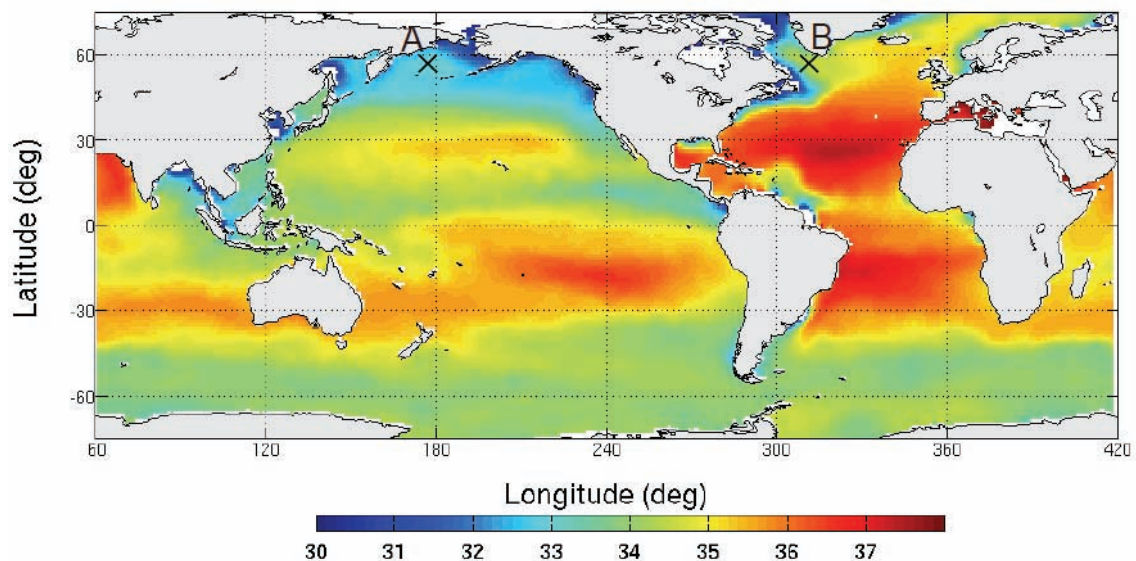


図 7.2 北半球の夏季における海面の塩分分布。(数値の意味は図 7.1 と同様。World Ocean Database 2005 に基づき作成。)

問 5 問 4 で考えた非常に深くまで発達する対流（以下「深い対流」とよぶ）は地球上のごく限られた海域でのみ起きることが知られています。ここでは「深い対流」と塩分の関係について考察してみましょう。

図 7.2 は北半球の夏の海面における塩分の分布を示したものです。図 7.1 の A 点、B 点の場所も併せて示されています。これらの図を見て、以下の文章の空欄（ア）～（オ）にあてはまる適切な語句を下の語群から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。ただし、同じ語句を何度選んでもよいものとします。

北太平洋周辺と北大西洋周辺を比べると、海面の塩分は の方が全体的に高い傾向がある。一方、図 7.1 の 2 地点の塩分の差は、水深 1500m では海面付近よりも 。このことから より の方が海面と海底付近の塩分の差が小さいと推測される。このため、の方が「深い対流」が発生しやすいと考えられ、実際その通りであることが知られている。

[語群]

- ① 北大西洋 ② 北太平洋 ③ 大きい ④ 小さい ⑤ 大きいとも小さいとも言えない

問 6 図 7.3 は全球の海面および地表面からの水の蒸発量から降水量を差し引いた値を示したものです。これと図 7.2 の塩分分布の関係を記述した文として適切なものを①～⑤から選び、番号を解答用紙にマークしなさい。

- ① 太平洋の北緯 10 度を中心とする領域(以下領域 1 とよぶ)では降水が蒸発を上回り、海面の塩分が低い。
- ② 領域 1 では降水が蒸発を上回り、海面の塩分が高い。
- ③ 領域 1 では蒸発が降水を上回り、海面の塩分が低い。
- ④ 領域 1 では蒸発が降水を上回り、海面の塩分が高い。
- ⑤ 領域 1 では蒸発が降水を上回り、海面の水温が高い。

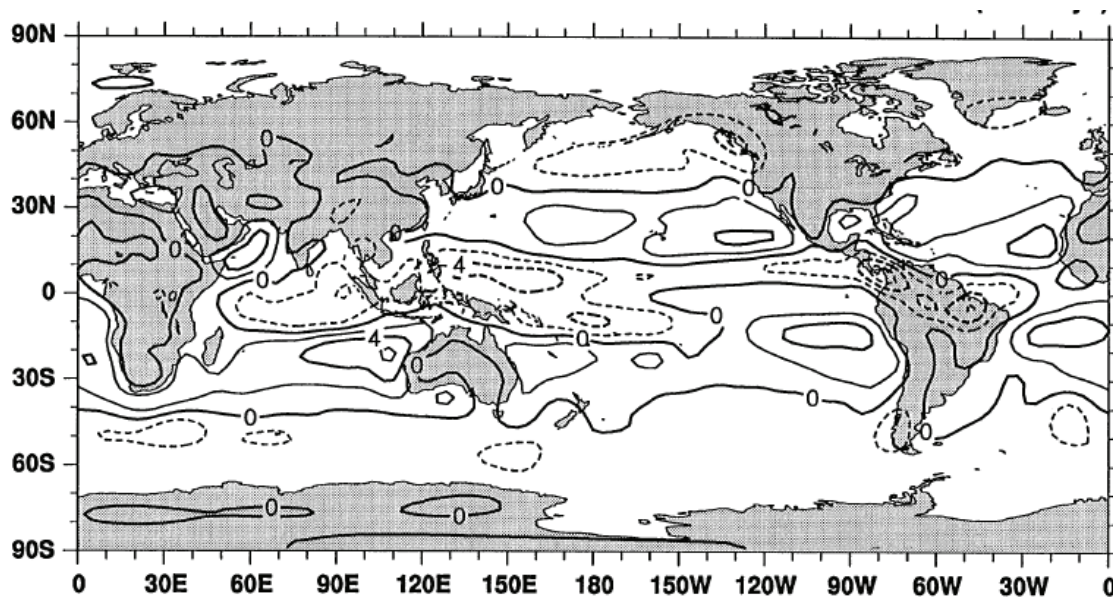


図 7.3: 蒸発量から降水量を引いた値 (年平均値)。実線は正の値、破線は負の値をそれぞれ表す。等値線間隔は 2 mm/日。(Trenberth and Guillemot 1998 より引用。)

問 7 図 7.3 から太平洋の北緯約 40 度以北の領域では降水量が蒸発量を 1 日当たりおおよそ 2mm 上回っていることがわかります。このことから、この領域全体が 1 秒間当たり正味で受け取る淡水の量はおおよそ何 m^3 になるか、①～⑤から適切な数値を選びなさい。ここで領域の東西幅を 5,000 km、南北幅を 2,000km、1 日の長さを 90,000 秒と近似してよいものとします。

- ① 2×10^{-3} ② 2×10^2 ③ 2×10^5 ④ 2×10^8 ⑤ 2×10^{10}

問 8 表 7.1 は各大洋からの正味の淡水流出量、すなわち「蒸発量」－（「降水量」＋「河川流入量」）の値の総量を見積もった例です。これと「深い対流」の関係を記述した文として適切なものを以下の中から選びなさい。

大西洋（北極海を含む）	太平洋	インド洋
0.13	-0.30	0.18

表 7.1：各大洋での蒸発、降水、河川流入による正味の淡水流出量の見積り例（海洋が運ぶ淡水量から間接的に見積もられたもの）。正の値は蒸発が降水と河川流入の和を上回ることを表す。単位は $10^6\text{m}^3/\text{s}$ 。（Talley 2008 に基づき作成。）

- ① 正味で淡水が流入している大洋では海面の塩分が低く、深い対流が存在する。
- ② 正味で淡水が流入している大洋では海面の塩分が高く、深い対流が存在する。
- ③ 正味で淡水が流入している大洋では海面の塩分が低く、深い対流が存在しない。
- ④ 正味で淡水が流入している大洋では海面の塩分が高く、深い対流が存在しない。
- ⑤ 正味で淡水が流入している大洋では海面の塩分が高くも低くもなく、深い対流が存在しない。

<第7問 A ここまで>

<以下このページ余白>

第7問B

太陽以外の恒星を公転する惑星は、太陽系外惑星、または単に系外惑星と呼ばれます。系外惑星が初めて確認されたのは 1995 年、視線速度法を用いた観測によるものでした。それ以来、トランジット(トランシット)法や重力レンズ効果を用いた方法など観測技術も進み、2010 年 8 月末までに 490 個の系外惑星が発見されています。

しかしこれまでに発見されている系外惑星のほとんどは、木星のようにガスを主成分とする巨大ガス惑星のようです。しかも、その中には、中心星のごく近くを回るものや公転軌道が極端な楕円形をしているものなど、太陽系には見られない特徴を持った惑星が多数含まれています。

今後、系外惑星の観測が進むにつれて我々が住む太陽系が、この宇宙で普遍的なものなのか、それとも特殊なものなのかがわかってくることでしょう。

問 1：系外惑星の観測に用いる視線速度法についての解説を読み、(1)～(6)に答えなさい。

[解説]

視線速度法では、惑星の姿を直接とらえるのではなく、惑星を持っている恒星からの光が示す周期的な変動をとらえます。図のように、惑星と恒星（中心星）は、互いの共通重心の周りを回転運動しています。重心の位置は、この原理によって求めることができ、恒星（中心星）の質量が同じであれば、惑星が（ア）ほど恒星（中心星）の近くに、（イ）ほど恒星（中心星）から遠くに位置します。このため惑星の質量が（ウ）ほど、恒星（中心星）は 1 公転周期の間に移動する距離が長くなり、公転速度が（エ）ことがわかります。一方、恒星（中心星）の公転周期は恒星（中心星）と惑星の間の距離で決まります。恒星（中心星）から離れている惑星ほど公転速度は（オ）ため、公転周期は長くなります。

このように、惑星を持つ恒星（中心星）は、地球（観測者）から見ると周期的な運動をしています。その結果、恒星からくる光は

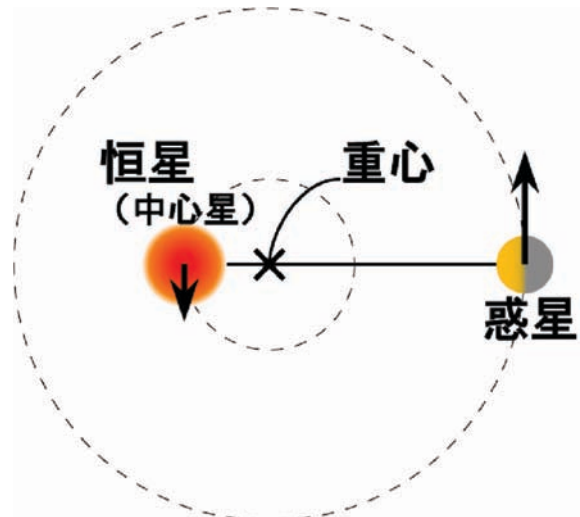


図 7.4: ある恒星と惑星とが重心のまわりを回転する様子の模式図

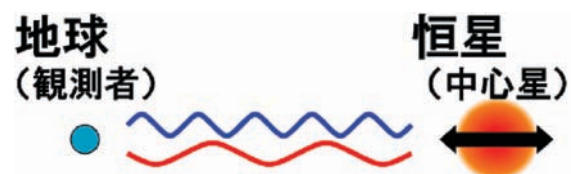


図 7.5: 図 7.4 の恒星を地球から観測したときの動きの模式図

(X) によって波長が変化します。この変化の周期から恒星（中心星）と惑星の間の距離が、変化の割合から惑星の質量が、それぞれ求まります。ただし、この方法で求められた惑星の質量には不定性残り、求まるのは惑星の質量の下限値です。

(1) 文中のアからオに入る適切な語句を、次の中から選びなさい。ただし同じものを何度選んでも良いものとしてします。

- ① 軽い ② 重い ③ 速い ④ 遅い ⑤ 同じ

(2) Xには、恒星の運動速度に依存して観測者が受け取る光の波長が変化する効果の名前が入ります。適切な語句を次の中から選びなさい。

- ① ヤルコフスキー効果
② ロシター効果
③ サプリミナル効果
④ ドップラー効果
⑤ ダイナモ効果

(3) 視線速度法では惑星の質量の下限値しか求められない原因として最も適切と思われるものを次の中から選びなさい。

- ① 中心星と惑星の磁場の向きがわからないため
② 中心星の磁場の向きがわからないため
③ 惑星の表面温度がわからないため
④ 惑星の半径がわからないため
⑤ 惑星の公転面の方向がわからないため

(4) 図 7.6 は、系外惑星系をその公転軌道面に対して垂直(上方)から見た図です。地球（観測者）が図の右側にある場合、地球から遠ざかる視線速度が最も大きくなるのは惑星が図のどこにあるときか、次の中から選びなさい。ただし、中心星と惑星の自転軸・公転軸はどちらも紙面に垂直であるとします。

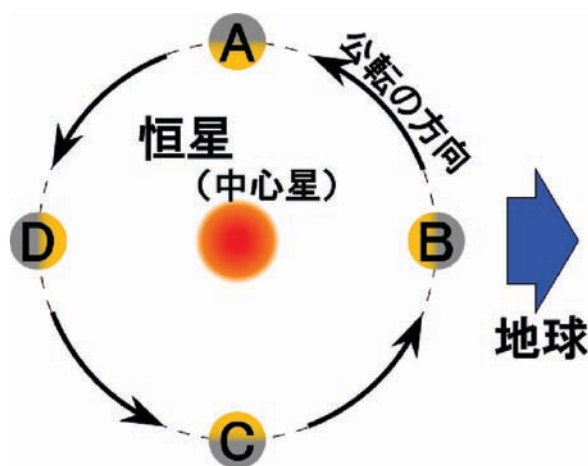


図 7.6

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ どこでも同じ

(5) 太陽と同じ質量の恒星の周りを、木星と同じ質量（太陽質量のおよそ 1000 分の 1）の惑星が公転しているとします。惑星と中心星の重心に対する惑星の公転速度が 20km/s の時、中心星の重心に対する移動速度がどの程度になるか、次の中から選びなさい。

- ① 2m/s
- ② 6.28m/s
- ③ 20m/s
- ④ 31.4m/s
- ⑤ 62.8m/s

(6) 太陽が地球の公転によって移動する速度はどの程度か、次の中から選びなさい。なお、木星の質量は地球の 300 倍、太陽と地球の平均距離は 1 億 5 千万キロメートルとして計算しなさい。

- ① 1m/s
- ② 50cm/s
- ③ 30cm/s
- ④ 10cm/s
- ⑤ 5cm/s

問 2：これまでに視線速度法で発見された系外惑星の多くが、木星のような巨大ガス惑星なのはなぜか、その理由を次の中から選びなさい。

- ① サイズが大きく、断面積が大きいため
- ② 質量が大きいため
- ③ 光の反射率が高く、明るく輝くため
- ④ 強い磁場を持っているため
- ⑤ ガス成分はスペクトルが出やすいため

問 3：ペガサス座 51 番星 b のように中心星のごく近くを公転する巨大ガス惑星は、その特徴から何と呼ばれているか。次の中から選びなさい。

- ① ホットジュピター
- ② ジャンピングジュピター
- ③ ファイアボール
- ④ ボイリングガス
- ⑤ レッドブラネット

問4：トランジット法では，惑星が中心星の前を横切る軌道で公転している場合には，周期的に中心星の一部が隠され，減光することを利用して惑星のサイズを求めます。図 7.7 は，かんむり座の方角にある恒星 XO-1 が惑星の通過によって減光する様子を模式的に表したものです。この図から，惑星の半径がどの程度と見積もられるか，最も近いものを選び番号をマークしなさい。

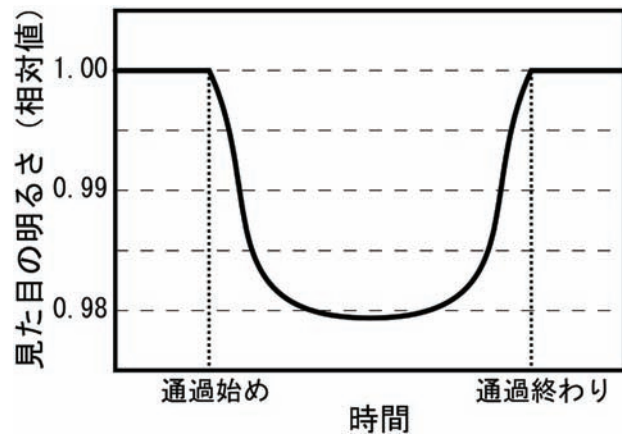


図 7.7：McCullough ら(2006)に基づいて作成。

- ① XO-1 の半径の 0.0004 倍
- ② XO-1 の半径の 0.0014 倍
- ③ XO-1 の半径の 0.02 倍
- ④ XO-1 の半径の 0.04 倍
- ⑤ XO-1 の半径の 0.14 倍

問5：問4で紹介した XO-1 の質量は太陽と同じ，半径は太陽半径の 0.9 倍と見積もられています。また視線速度法からは，惑星 XO-1b の質量が木星質量の 0.9 倍と見積もられています。これらの情報から，惑星 XO-1b の密度はどの程度と見積もられるか，次の中から最も近いものを選びなさい。なお，木星の半径は太陽の半径の 0.1 倍，木星の密度は 1330kg/m^3 とします。

- ① 木星の密度の 5 倍
- ② 木星の密度の 3 倍
- ③ 木星の密度の 2 倍
- ④ 木星の密度の 1.5 倍
- ⑤ 木星の密度の 0.5 倍

問6：問5で求めたように，系外惑星には木星と同様にガスを主成分としているにも関わらず，その密度は木星とは大きく離れているものがあります。XO-1b の密度が木星の密度と異なる理由として最もふさわしいものを次の中から選びなさい。

- ① XO-1b のガスがプラズマ化し，激しく運動しているため
- ② XO-1b のガスが中心星からの輻射で暖められ膨張しているため
- ③ XO-1b のガスが凝縮し，固体成分が析出しているため
- ④ XO-1b のガス組成が木星とは大きく異なり，重元素を多く含むため
- ⑤ 中心星 XO-1 との潮汐相互作用でガスがはぎ取られているため

<以上>