

第 6 回日本地学オリンピック予選 問題冊子

(第 8 回国際地学オリンピック アメリカ大会一次選抜)

- 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 1 1 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

地震は海洋プレートが沈み込むプレート境界等で活発に発生します。弾性体(力を加えると一時的に変形をするが、力を加えることをやめると元の形に戻る性質を持つもの)である岩石に力をかけつづけると、岩石中に蓄積された弾性エネルギーが限界に達した時点で岩石は破壊します。この破壊現象が地震です。ここでは地震現象について考察をします。

問1

日本の周辺では地震は主に (ア) 境界と (イ) で発生し、(イ) で発生する地震のほとんどは深さが 15-20km 程度までの浅い部分に集中して起きています。これは、それよりも深い部分では岩石の (ウ) が (エ)、地震を起こすような弾性エネルギーを蓄積しにくいと考えられています。

空欄 (ア) から (エ) に当てはまる語句としてもっとも適切な組み合わせを以下①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

- | | | | |
|------------|----------|--------|--------|
| ① (ア) 海陸 | (イ) マントル | (ウ) 圧力 | (エ) 低く |
| ② (ア) プレート | (イ) 内陸 | (ウ) 温度 | (エ) 低く |
| ③ (ア) プレート | (イ) 内陸 | (ウ) 温度 | (エ) 高く |
| ④ (ア) 海陸 | (イ) マントル | (ウ) 湿度 | (エ) 高く |
| ⑤ (ア) プレート | (イ) マントル | (ウ) 圧力 | (エ) 低く |
| ⑥ (ア) 海陸 | (イ) 内陸 | (ウ) 温度 | (エ) 高く |

問2 地震は様々な理由で蓄積された力を、断層におけるすべり(破壊)で解放する現象です。その際に断層を境にどのように動くのかを模式的に図1. 1に示します。それぞれの矢印が断層をはさんだ部分の動く向きを表します。それぞれの断層すべりの名称の組み合わせとしてもっとも適切なものを以下の①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

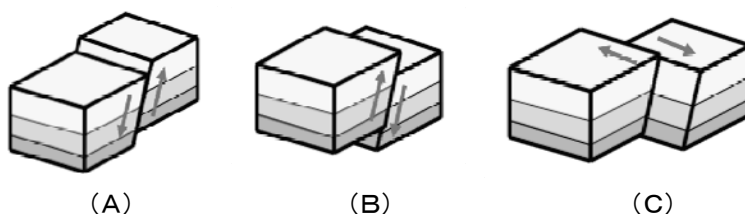


図1. 1

- | | | |
|-----------|----------------|-----------|
| ① (A) 活断層 | (B) トランスフォーム断層 | (C) 横ずれ断層 |
| ② (A) 逆断層 | (B) 正断層 | (C) 活断層 |
| ③ (A) 正断層 | (B) 活断層 | (C) 逆断層 |
| ④ (A) 正断層 | (B) 逆断層 | (C) 横ずれ断層 |

問3 プレートの収束境界ではたびたび巨大な地震が発生します。なかには断層面が数十メートル以上動く可能性があることが、様々な研究から指摘されています。このようなプレート境界で起こる超巨大地震は、図1. 1の3つのすべり方の中でどれにもっとも当てはまるか、(A)～(C)から1つ選び、記号をマークしなさい。

問4 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、大きな地殻変動が観測されました。図1. 2に、カーナビゲーションなどにも用いられる全地球測位システム(GPS)による、宮城県におけるある観測点の一日毎の地殻変動の様子を、南北、東西、上下の3つの方向に分けて示しました。この図では、北、東、上の動きをそれぞれ正で示しています。これを見ると、地震によって南北、東西、上下のどの向きでも大きな動きが生じたことが分かります。以下の問に答えなさい。

(1)

地震(図中の赤破線)によって、南に cm 程度、東に cm 程度、下向きに cm 程度、観測点が移動しました。

空欄(ア)から(ウ)に当てはまる数値としてもっとも適切な組み合わせを以下①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① (ア) 75 (イ) 380 (ウ) 5
- ② (ア) 40 (イ) 460 (ウ) 200
- ③ (ア) 65 (イ) 290 (ウ) 20
- ④ (ア) 70 (イ) 380 (ウ) 20

(2) 地震時(図中の赤破線)に生じた大きな地殻変動はどのような理由で生じたのでしょうか。以下①～⑤からふさわしいものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 長い間蓄積したプレート境界におけるひずみを一気に解消し、陸側プレートが海側プレートから遠ざかるように動いたため。
- ② GPS観測点が強く揺すぶられたために電波をきちんと捉えることができなくなってしまったため。
- ③ 海側のプレートが陸側のプレートから遠ざかる様な動きをしたため。
- ④ プレート境界に蓄積されたひずみを解消するように陸側プレートが海側プレートに対して跳ね上がったため。
- ⑤ 地震に伴う非常に強いゆれによってGPS衛星の軌道に大きな影響が出てしまったため。

(3)

地震発生の2年前から4年半以上の記録を見ると、2011年の3月11日の後もゆっくりと変動が続いているように見えます。2011年3月11日(赤破線)から2013年11月1日(青破線)までの間に南に cm 程度、東に cm 程度、上向きに cm 程度観測点がゆっくりと動いています。

空欄(ア)から(ウ)に当てはまる数値としてもっとも適切な組み合わせを以下①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① (ア) 25 (イ) 90 (ウ) 15
- ② (ア) 80 (イ) 60 (ウ) 40
- ③ (ア) 75 (イ) 60 (ウ) 60
- ④ (ア) 25 (イ) 120 (ウ) 20

(4) なぜ、地震の後にこのように観測点がゆっくりと動くのでしょうか。その理由としてもっとも適切なものを以下①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 沈み込む海洋プレートが陸側プレートを引きずり込むため
- ② 陸側プレートが地震の時と同じ方位にゆっくりとすべっているため
- ③ 沈み込む海洋プレートの動く方向が地震を境に変化したため
- ④ 陸側プレートの動く方向が地震を境に変化したため

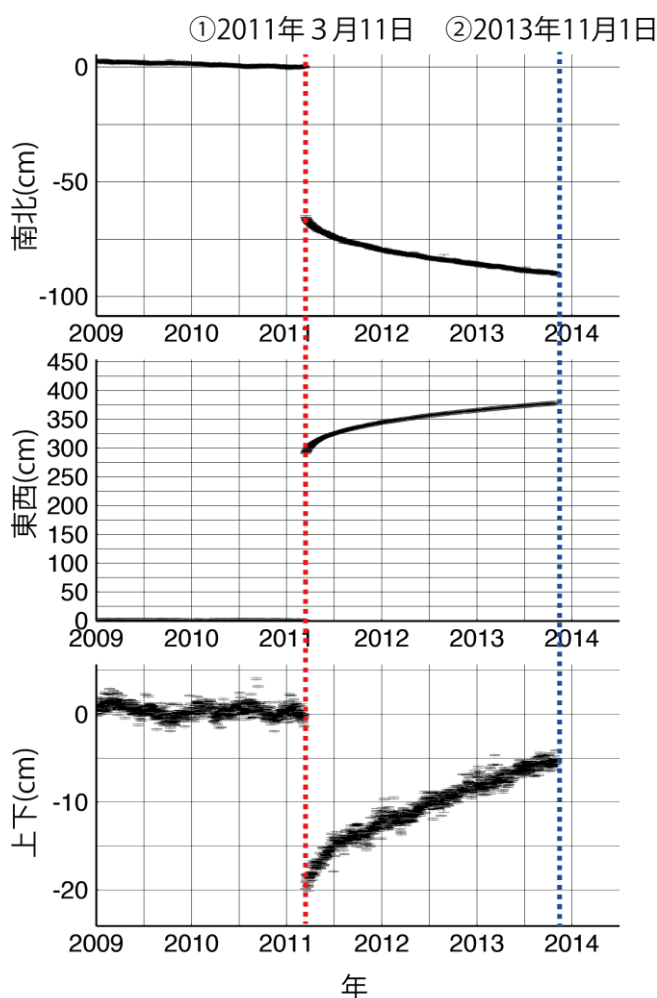


図1. 2 東北大学のGPS観測記録より

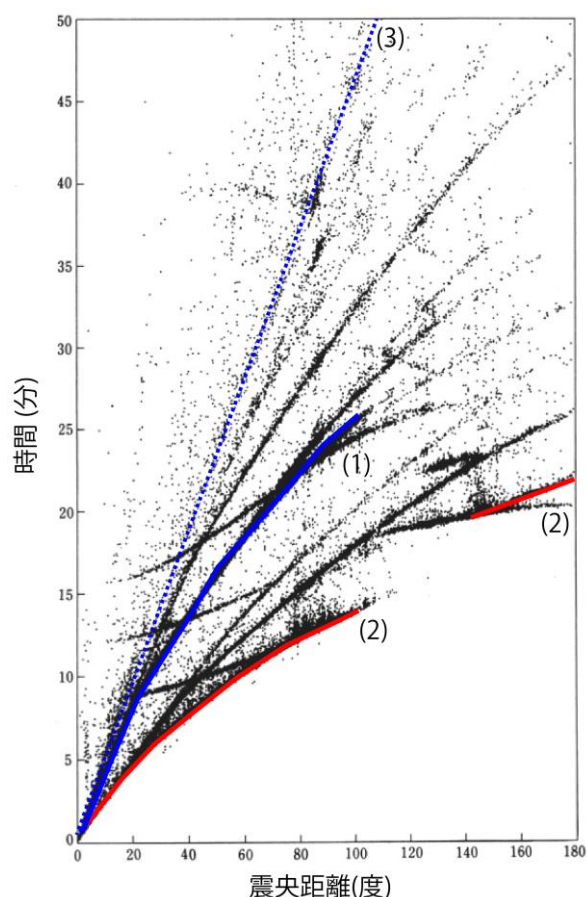


図1. 3 観測データにもとづく走時曲線
(平成21年 理科年表に一部追記)

問5 断層ですべりが発生し、地震が起こると、そのエネルギーの一部は地震波となって周囲に広がります。ここでは地震波の伝わりかたについて考えます。図1. 3は、1994年に世界で起こったマグニチュード5以上、深さ50kmまでの地震の走時（地震波が震源からある地点に到達するまでに必要とした時間）を示したものです。これを見ると震源から直接届く波だけではなく、地球の表面や、内部のさまざまな場所で反射や屈折をした波が存在することが分かります。図1. 3にもとづいて、以下の間に答えなさい。

(1)

図中の(1)と(2)はそれぞれ実体波の(ア)と(イ)の走時曲線を示します。波の振動方向が波の進行方向と同じ縦波である(イ)は(ア)よりも伝わる速度が(ウ)く、その速度はおおよそ(エ)倍程度です。

空欄(ア)から(エ)に当てはまる語句としてもっとも適切な組み合わせを以下①～⑥から1つ選

び、番号をマークしなさい。

- ① (ア) S波 (イ) L波 (ウ) 遅 (エ) 20
- ② (ア) R波 (イ) L波 (ウ) 速 (エ) 20
- ③ (ア) P波 (イ) S波 (ウ) 遅 (エ) 2
- ④ (ア) S波 (イ) P波 (ウ) 速 (エ) 2
- ⑤ (ア) S波 (イ) P波 (ウ) 遅 (エ) 20
- ⑥ (ア) P波 (イ) S波 (ウ) 速 (エ) 2

(2)

地震波速度は地球表面からの深さが ほど普通は速くなる。しかし は波の進行方向に対して垂直な横波であり、固体の中でのみ伝わるため では伝わらない。実際に図1. 3を見ると、震央距離が103度以遠では が、103度から143度では明瞭な が確認できない。このような領域のことを と呼ぶ。

空欄 (ア) から (オ) に当てはまる語句としてもっとも適切な組み合わせを以下①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① (ア) 浅い (イ) L波 (ウ) 内核 (エ) S波 (オ) シャドーズーン
- ② (ア) 深い (イ) R波 (ウ) 外核 (エ) P波 (オ) ホットスポット
- ③ (ア) 浅い (イ) S波 (ウ) 内核 (エ) S波 (オ) シャドーズーン
- ④ (ア) 深い (イ) P波 (ウ) 内核 (エ) S波 (オ) ホットスポット
- ⑤ (ア) 浅い (イ) S波 (ウ) 内核 (エ) P波 (オ) ホットスポット
- ⑥ (ア) 深い (イ) S波 (ウ) 外核 (エ) P波 (オ) シャドーズーン

(3) 図1. 3を見ると、(3)のように震央距離にほぼ比例するような地震波が確認できます。このような波のことを表面波と呼び、大きな地震が発生すると地球を何周も周るような表面波が観測されることもあります。今、地球の全周を40,000kmとしたとき、図1. 3の(3)で示される表面波はどの程度の速度を持っているでしょうか。最も近いものを以下①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 約3.8km/秒
- ② 約7.6km/秒
- ③ 約222km/秒
- ④ 約444km/秒

第2問

地球の歴史について、次の問1～問8の問題に答えなさい。

問1 原始地球の形成に関して、次の①～⑤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 地球は太陽系の惑星の一つとして、太陽の周りに円盤状に分布していた直径 10km 程度の微惑星が集積して、約 40 億年前に原始惑星として形成された。
- ② 地球を作ることになった地球軌道付近の微惑星は、岩石や金属を含むものの氷が主成分であったため、原始地球には海が形成された。
- ③ 地球が現在の大きさになるには、水星ほどの大きさの原始惑星が 10 個ほど衝突・合体を繰り返したと考えられている。
- ④ 原始惑星の衝突時には、膨大な熱が発生し、岩石を融かしてマグマオーシャンができた。
- ⑤ 原始惑星の衝突時に蒸発した海の水が再び海洋を形成したのは原始惑星の最後の衝突が終わったあとである。

問2 原始惑星の最後の衝突以後、地球は地表全体が再び融けることはなく、地球の歴史が岩石や化石に記録されるようになった。これらの記録をもとに組み立てられた地球の歴史に関して、次の①～⑦から適切な記述を2つ選び番号をマークしなさい。

- ① 現在までに見つかっている地球の最古の岩石は、カナダ東部で見つかった 43 億年前の堆積岩である。
- ② 地層中に化石が大量に見つかるようになるのは、5 億 4 千万年前以降の地層からであり、それより前の時代は、硬い組織を持つ生物がいなかったために化石となって残りにくかったといわれている。
- ③ 古生代以降には何度も生物の大量絶滅が起こったが、そのうち最大のものは恐竜やアンモナイトが絶滅した中生代末の小天体の衝突による大量絶滅である。
- ④ 地質時代の区分は生物の出現や絶滅の時期に基づいており、古生代以降の代区分は、シダ植物や裸子植物、被子植物のそれぞれの出現時期と対応している。
- ⑤ 原始地球の大気の主成分であった二酸化炭素は、地球に海洋ができて、その水に溶けて、さらに石灰岩として沈殿した。
- ⑥ プレート運動は、火星や金星でのプレート運動の証拠から、少なくとも 38 億年前に始まっていたと推定されている。
- ⑦ 多細胞生物の化石は、古生代以降にしか見つからないことから、先カンブリア時代は単細胞生物しか生息していなかったと考えられている。

問3 先カンブリア時代の太古代（始生代）から原生代への移行期の出来事として正しくないものを、次の①～⑥から2つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地球大気は、酸素のない還元的な大気から、遊離酸素を含む酸化的な大気へと変化した。
- ② 大陸の岩石の風化により海水に溶けていた鉄イオンが、酸素と結合して縞状鉄鉱層を大量に堆積させた。
- ③ 葉緑体を持つ緑藻類が出現して、光合成を行うようになった。
- ④ 世界のウラン鉱床でもっとも大規模なものが、この時期の川の堆積物として礫岩と一緒に形成され

た。

- ⑤ 太古代（始生代）と原生代の境界は、約 25 億年前である。
- ⑥ 酸素を利用して大きなエネルギーを生み出すことのできる動物が出現した。

問4 下のAおよびBの写真の化石の名称と年代の組み合わせとして正しいものを、次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。（写真のスケールは同じではありません。）



A



B

- ① A：デスモスチルスの歯（新生代新第三紀），B：トリゴニア（中生代）
- ② A：マンモスの歯（新生代第四紀），B：トリゴニア（古生代）
- ③ A：デスモスチルスの歯（中生代），B：モノチス（新生代古第三紀）
- ④ A：デスモスチルスの歯（新生代新第三紀），B：モノチス（中生代）
- ⑤ A：マンモスの歯（新生代新第三紀），B：トリゴニア（古生代）

問5 次の2つの写真は、異なる場所で見られた同じ種類の化石で、示相化石として用いることができるものである。左の写真に示されたこの化石を含む地層の堆積環境として適切なものを、次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。



- ① 湖沼 ② 河川の中流 ③ 浅海 ④ 深海 ⑤ 海溝

問6 示準化石の条件として最も適切な組み合わせを、次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- A. 地質時代における種（あるいは分類群）としての生存期間が短い。
- B. 生息していた場所で化石になった（自生/現地生）。
- C. 地理的に広い地域に生息している。

- D. 個体数が多い。
E. 生態学的に特定の環境に生息する。

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

問7 生物の進化について述べた文として、最も適切なものを、次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① アンモナイト類は新生代に出現し、急速に進化して、多数の種に分化した。
- ② 古生代のカンブリア紀には、節足動物を除いて、現在みられる主要な動物群の先祖などの多様な生物が出現した。
- ③ 近年の研究で、恐竜類のうち獣脚類のあるグループが進化して、哺乳類になったと考えられるようになった。
- ④ ウマの先祖は、新生代に北米大陸の広い範囲が森林から草原へと変化したことで、速く走るために体の各部が進化した。
- ⑤ 古生代のシルル紀末に植物が維管束を発達させて上陸し、次のデボン紀には魚類のあるグループが、虫類へと進化して上陸した。

問8 ヒトの進化に関する研究は近年大きく進んでおり、従来とは異なる見方がされるようになってきたが、これらを踏まえて、次の①～⑤から正しくない記述を1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 類人猿から原人（ホモ・エレクトス）に至るまでの進化は、化石記録からその大部分が、アフリカで起こったと考えられている。
- ② ホモ・サピエンスはネアンデルタール人（ホモ・ネアンデルターレンシス）と同じ時期に生活していなかった。
- ③ アウストラロピテクスは、森林からサバンナへという環境の変化に適応して、直立二足歩行をおこなっていた。
- ④ 原人（ホモ・エレクトス）は、産出する化石から、ユーラシア大陸の広い領域に生息していたことが分かっている。
- ⑤ ミトコンドリア DNA を用いた研究から、ホモ・サピエンスはアフリカで誕生し、各地へ広がっていたと推定されている。

第3問

[A] 地球環境とエネルギーについて、次の文を読んで問いに答えなさい。

私たち人類は、科学技術を発展させ生活を豊かにしてきた。一方、人間活動は地球環境に様々な影響を及ぼしてきた_A。持続可能な社会を構築するために、人間活動が環境の復元能力を超えて重大な影響を及ぼすことがないように配慮する必要がある。再生可能な資源・自然エネルギーの利用は環境負荷を減らすための有力な方法として注目されている_B。

問1 下線部Aに関連して、成層圏にあるオゾン層は、太陽からの有害な紫外線を吸収する働きがある。1970年代後半から極地方ではオゾン層の減少したオゾンホールが観測されるようになった。このオゾン層減少の原因となったと考えられているガスとして適切なものを1つ次の①～⑤から選び番号をマークしなさい。

- ① メタン
- ② アンモニア
- ③ 一酸化二窒素
- ④ フロン
- ⑤ 二酸化炭素

問2 下線部Aに関連して、近年の異常気象の原因に地球温暖化が関係していると考えられている。人間活動に伴って放出される温室効果ガスのうち最も放出量が多いものを次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① メタン
- ② アンモニア
- ③ 一酸化二窒素
- ④ フロン
- ⑤ 二酸化炭素

問3 都市部ではビルやアスファルト道路が広がり緑地が減少したため、水分の蒸発熱による地表の冷却が進まなくなった。また高層ビルは風の流れを妨げ、気温の上昇を招く。エアコンなどの空調機の使用も周辺地域よりも高温に保たれる原因となっている。このような都市部の気温が郊外と比べ相対的に高温になる現象をなんというか。次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① フェーン現象
- ② エルニーニョ現象
- ③ ラニーニャ現象
- ④ ヒートアイランド現象
- ⑤ ドーナツ化現象

問4 下線部Bに関連して、自然エネルギーについて述べているもので適切でないものを、次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 火山地帯の地下ではマグマだまりが地下数 km のところに存在するため周囲よりも高温になっている。この地下に存在する熱を地熱といい、これを利用した発電が地熱発電である。
- ② 太陽放射のエネルギーを利用した発電を太陽光発電という。太陽光はエネルギー密度が小さいため電力を得るために広い面積を必要とする。また気象条件に左右されるため発電量が不安定である。

- ③ 水力発電とは山間部ダムなどに水を蓄え、水の位置エネルギーを利用し発電する方式である。日本において明治時代から利用されている自然エネルギーである。
- ④ 風力発電では風の運動エネルギーによって大型の風車を回転させて発電する。クリーンエネルギーとして活発な技術開発が進められている。
- ⑤ 潮の満ち干による海面の高低差を利用する発電を波力発電という。干満の差が大きい湾で実用化が進んでいる。

[B] 原子力エネルギーについて、次の文を読んで問いに答えなさい。

陽子の数が同じで中性子の数が異なる原子核をもつ原子を同位体という。同位体のうち放射線をだすものを放射性同位体という。原子力発電はウラン 235 が核分裂する際に放出する熱を主要なエネルギーに用いるため、発電時に (a) を排出しないエネルギーとして自然エネルギーとともに注目されてきた。一方、東日本大震災によって発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により大量の放射性物質が放出され、人間活動及び地球環境に重大な影響を与えた。

問 5 下線部 C に関連した記述として適切なものを、次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 地球内部の主な熱源の 1 つは地殻やマントルを構成する岩石に含まれるウランなどの放射性同位体の崩壊による熱である。
- ② 花こう岩中に含まれるウランの濃度は玄武岩中に含まれるウランの濃度よりも低い。これはウランがマグマに残りやすい性質を持っているためである。
- ③ ウランは大気中の酸素濃度の増加とともに水に溶けやすい化学形態になる。このため 35 億年前の海水に含まれるウランの濃度は現在に比べ高かったと考えられる。
- ④ 酸素濃度が増加した約 20 億年前、水に溶けたウランが鉱床を形成した。このときウラン中のウラン 235 の割合は現在よりも低く、原子力発電所のウラン燃料と近い割合だったため核分裂の連鎖反応がおこった。
- ⑤ 酸素濃度の増加により現在のウラン鉱床でもウラン 235 の核分裂連鎖反応が起こっている。

問 6 原子力発電に関連して空欄(a)の中に入る適切な語を次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① アルファ線
- ② 中性子
- ③ ベータ線
- ④ ガンマ線
- ⑤ 温室効果ガス

問 7 下線部 D に関連した記述で適切なものを、次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 事故により放出された放射性同位体は九州でも検出された。
- ② 事故により放出された放射性同位体は国外ではアメリカ、ヨーロッパの順に検出された。
- ③ 福島原発事故による放射性物質が福島第一原子力発電所を中心とした同心円状には分布していない。これは事故当時の風向きや降雨の有無が関係している。
- ④ 放射性セシウムが植物に取り込まれる割合は土壌や植物の種類によって異なる。
- ⑤ 日本では全ての放射性廃棄物は地下数百メートルの深部に埋設する地層処分が行われている。

[C] 放射性同位体を用いた年代測定に関する記述について、次の文を読んで問いに答えなさい。

地質学的な証拠によって地殻ができてから現在までを区分したのが地質年代である。(b)の記録によって新旧関係を明らかにしたものを(c)という。また放射性同位体を用いて今から何年前というように数値で表したものを放射年代(放射性年代)または数値年代という。

問8 空欄(b)・(c)の中に適切な語句が入る組み合わせを①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① b 示準化石 c 絶対年代
- ② b 示準化石 c 相対年代
- ③ b 火成岩 c 絶対年代
- ④ b 火成岩 c 相対年代

問9 放射年代(放射性年代)について述べているもので正しいものを、次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 放射性同位体は温度によって決まった速度で変化し、安定した原子になる。この原理を使うと岩石が冷えて固まってからの時間を求めることができる。
- ② 放射性同位体ごとに他の元素に変化する速度は異なり、変化する放射性同位体の量が半分になるのに要する時間を半減期という。
- ③ 岩石中の放射性同位体の量だけがわかればこの岩石ができた年代を求めることができる。
- ④ 古い時代の岩石の年代を測定するためには半減期の短い放射性同位体を利用した炭素14法が用いられる。
- ⑤ 第四紀や考古学の研究にはRb-Sr 法やU-Pb 法が利用されることが多い。

問10 半減期5億年の放射性同位体は15億年後にはどれくらい残っているか。適切なものを次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① $1/2$
- ② $1/3$
- ③ $1/4$
- ④ $1/8$
- ⑤ $1/16$

第4問

地球の大気は温度分布やその他の特徴から、高度により何層かに区分されている(図4.1)。大気の温度構造と運動に関する以下の設問に答えよ。

問1 図中の大気層AとBはそれぞれ何とよばれているか。その組合せとして最も適当なものを次の①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

- | A | B |
|-------|-----|
| ① 電離圏 | 熱圏 |
| ② 熱圏 | 電離圏 |
| ③ 電離圏 | 中間圏 |
| ④ 中間圏 | 電離圏 |
| ⑤ 熱圏 | 中間圏 |
| ⑥ 中間圏 | 熱圏 |

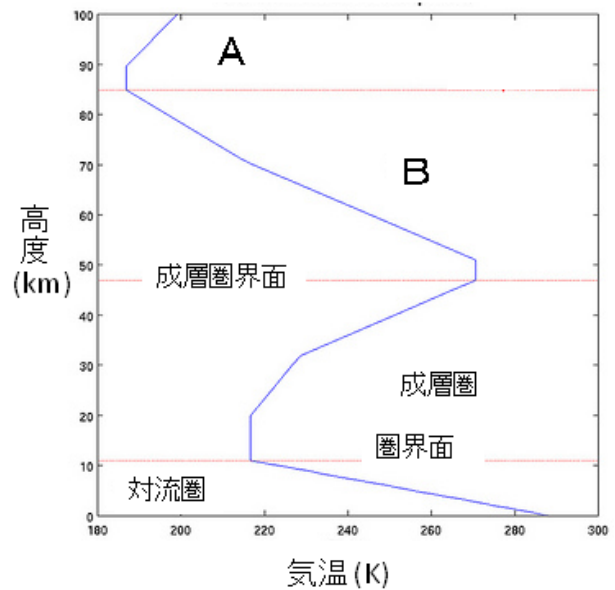


図4.1：地球大気の気温高度分布

問2 温室効果と温室効果ガスについて述べた次の4つの文のうち、2つの文は正しいが、2つの文は誤ったものである。正しい文の組合せを、選択肢①～⑥のうちから1つ選び、番号をマークしなさい。

- a 太陽放射は地表によって反射され、それが大気中の温室効果ガスによって吸収される。そのため熱は直接的にはほとんど宇宙へ出ることがなく、地表や大気は暖まる。これを温室効果という。
- b 温室効果は地表付近の気温を上げる効果も持っているが、上空の気温を上げる効果のほうがずっと大きい。
- c 水蒸気やメタン、一酸化二窒素などは温室効果ガスであるが、大気の主成分である窒素や酸素はそうではない。
- d 温室効果ガスのひとつである二酸化炭素の濃度は、植物の光合成活動と密接な関係があり、植物の多い北半球の冬から春にかけて高く、夏から秋にかけて低い。

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

問3 オゾン層に関して述べた次の文章中の (a) ～ (c) にあてはまる語の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから1つ選び、番号をマークしなさい。

成層圏では、太陽からの (a) が酸素 (b) から酸素 (c) をつくり、その酸素 (c) が酸素 (b) と結合してオゾンが生成されている。

- | (a) | (b) | (c) |
|-------|-----|-----|
| ① 紫外線 | 原子 | 分子 |
| ② 紫外線 | 分子 | 原子 |
| ③ X線 | 原子 | 分子 |
| ④ X線 | 分子 | 原子 |

問4 次の説明文を読み、設問(1)、(2)に答えなさい。

対流圏の気温は平均的に約 °C/km の割合で高さとともに下がっていく。この割合は乾燥しているひとまとまりの空気(空気塊)が水蒸気の凝結を伴わないで上昇する際の温度変化の割合(乾燥断熱減率)より 。なぜなら、そうでないと、上昇した空気塊の気温はまわりの気温より高くなり(すなわち軽くなり)、元に戻らずどんどん上昇することになって、大気が安定には存在できないためである。一方、空気塊が水蒸気の凝結を伴いながら上昇する場合の温度変化の割合を湿潤断熱減率というが、これは乾燥断熱減率より 。

対流圏とは対照的に、成層圏の気温は高さとともに一般に上がっていく。この高さ方向の温度変化割合の違いはさまざまな違いを引き起こす。

(1) 上の文章中の ～ にあてはまる数値と語の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから1つ選び、番号をマークしなさい。

- | | (a) | (b) | (c) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | 3.5 | 小さい | 小さい |
| ② | 3.5 | 小さい | 大きい |
| ③ | 3.5 | 大きい | 小さい |
| ④ | 3.5 | 大きい | 大きい |
| ⑤ | 6.5 | 小さい | 小さい |
| ⑥ | 6.5 | 小さい | 大きい |
| ⑦ | 6.5 | 大きい | 小さい |
| ⑧ | 6.5 | 大きい | 大きい |

(2) 上の文章中の下線部に関して、次の文①～④のうちこの違いと関係のないものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 対流圏では積乱雲が発達するが、成層圏では対流性の雲はできない。
- ② 対流圏での水蒸気は下層に多く含まれる。
- ③ 対流圏と成層圏にあるそれぞれの空気塊をある一定高度だけ上昇させると、周りとの温度差は成層圏のほうが大きいので、成層圏の大気は上昇しにくい。
- ④ 成層圏の空気のほうが対流圏の空気より密度は小さい。

問5 気圧とは、単位面積あたりのその場所より上の空気の重さのことである。したがって上空に行くほど気圧は低くなる。地表近くの対流圏下部でこの大きさを見積もってみよう。空気の密度を 1.2 kg/m^3 、重力加速度を 9.8 m/s^2 とすると、高度 1 km の上空では地表よりどの程度気圧が低くなるか。次の①～⑥のうちから最も適当なものを1つ選び、番号をマークしなさい。ただし、圧力の単位 Pa は単位面積あたりに加わっている力を表し、 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg/m/s}^2$ 、 $100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ である。

- ① 12 hPa ② 82 hPa ③ 85 hPa ④ 120 hPa ⑤ 820 hPa ⑥ 850 hPa

問6 大気圏内では 16 km 上昇するごとに気圧は約 $1/10$ になる。高度 48 km と 80 km でのおよその気圧を示した次の①～⑥のなかで適切な組合せを1つ選び、番号をマークしなさい。

- | | 48 km | 80 km |
|---|-------|--------|
| ① | 1 hPa | 0.1 Pa |
| ② | 1 hPa | 1 Pa |

- ③ 1 hPa 10 Pa
- ④ 10 hPa 0.1 Pa
- ⑤ 10 hPa 1 Pa
- ⑥ 10 hPa 10 Pa

問7 次の図4. 2は北半球上空の大規模な風と力を模式的に描いたものである。このとき矢印イとロのように、動いている空気塊に2つの力が働いていて、互いにつり合い、風は等圧線に対して平行な向きになっている。下の文章中の (a) ～ (c) に入れる語と語句の組合せとして最も適当なものを、選択肢①～⑧のうちから1つ選び、番号をマークしなさい。

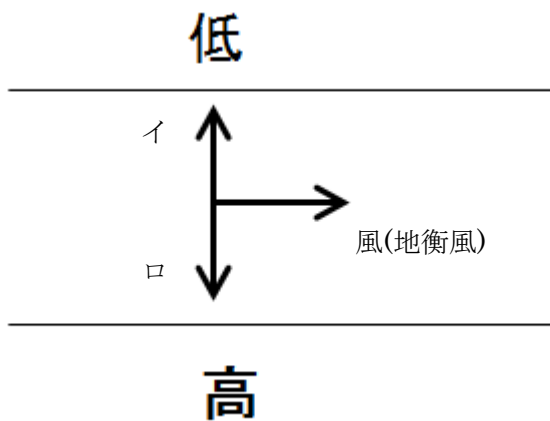


図4. 2 風の方角と働いている2つの力を模式的に示した図。高，低はそれぞれ高压部と低压部，線は等圧線を示す。

数千kmの規模での大気の流れを観測すると、上の図4.2のように北半球では気圧の高い側を (a) に見て等圧線に平行に風が吹く。このような風を地衡風という。大規模な流れでは、気圧の (b) へ向かって働く圧力差による気圧傾度力と北半球で運動するとき流れに対して直角 (c) に働くコリオリの力(転向力)とがつり合うようになるからである。

- | (a) | (b) | (c) |
|------|----------|-----|
| ① 左手 | 低い側から高い側 | 左向き |
| ② 左手 | 低い側から高い側 | 右向き |
| ③ 左手 | 高い側から低い側 | 左向き |
| ④ 左手 | 高い側から低い側 | 右向き |
| ⑤ 右手 | 低い側から高い側 | 左向き |
| ⑥ 右手 | 低い側から高い側 | 右向き |
| ⑦ 右手 | 高い側から低い側 | 左向き |
| ⑧ 右手 | 高い側から低い側 | 右向き |

問8 次の文章を読み、設問(1)，(2)に答えなさい。必要な場合は、問7で示された地衡風という概念を使って考えなさい。

対流圏は、夏でも冬でも低緯度では東風，中緯度では西風が卓越し，半球規模の風や気圧配置の年変化はそれほど大きくない。この低緯度の風は (a) と呼ばれる。一方，成層圏では，夏は極域で気圧が高く，低緯度で低いので， (b) が卓越しているが，冬は気圧傾度力が (c) を向き，風向も逆転する。

(1) 上の文章中の (a) ～ (c) のなかに入れる語と語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～⑧のうちから1つ選び，番号をマークしなさい。

	(a)	(b)	(c)
①	貿易風	東風	極域から低緯度
②	貿易風	東風	低緯度から極域
③	貿易風	西風	極域から低緯度
④	貿易風	西風	低緯度から極域
⑤	季節風	東風	極域から低緯度
⑥	季節風	東風	低緯度から極域
⑦	季節風	西風	極域から低緯度
⑧	季節風	西風	低緯度から極域

(2) 上の文章中の下線部に関して、亜熱帯を基準としたときの地表の気圧は1年を通して平均するとどのようになっているか、次の①～④のうちから最も適当なものを1つ選び、番号をマークしなさい。ただし以下でいう高圧・低圧とは亜熱帯と比べて相対的に考えるものとする。

	赤道付近	極付近
①	高圧	高圧
②	高圧	低圧
③	低圧	高圧
④	低圧	低圧

第5問

- [A] 地球上のさまざまな場所で、さまざまな特徴を持った地層が形成されている。下のA～Dの写真は、そのうちの4つを示したもので、それぞれの地層が持つ特徴の一部について解説を付してある。これらA～Dの地層について、次の問1～問3に答えなさい。



A

厚さ数cmの層をなしており、一部ガラス光沢の岩石である。岩石を割るとき火花が飛び散ることがある。



B

ほとんど石英粒子からなる砂岩で、下に凸の模様（葉理）が見られ、一部に海生の貝の化石の破片を含む。



C

黒い地層は下位から上位へ向かって玄武岩質の礫や砂からできた層で、白い地層は凝灰質泥岩である。



D

砂岩の地層の層理面で、同じ面の上には恐竜の足跡もある。赤みがかっているのは、酸化鉄によるものである。

- 問1 A～Dの地層についての記述として、正しくないものを下の①～⑧の中から2つ選び番号をマークしなさい。

- ① Aの地層を作る岩石は、顕微鏡で拡大して見ると、放散虫と呼ばれる微化石からできていることが分かる。
- ② Aの地層は、日本列島のおもに古生代や中生代の地層群に含まれる。
- ③ Bの地層は、地層内部の模様（葉理）が上の葉理によって断ち切られていることから、頻繁に海面上に露出して侵食を受ける環境で堆積したことが分かる。
- ④ Bの地層を構成する砂岩の粒子は、石英が主体であることから、陸上に分布する岩石の風化に由来すると考えられる。
- ⑤ Cの地層は、礫岩～シルト岩と泥岩の互層であることから、堆積場所は浅くなったり深くなったりする。

- たりという変化を繰り返したと推定される。
- ⑥ Cの地層のうち、黒い礫や砂はおもに海洋底の火山活動に由来するものと考えられる。
- ⑦ Dの地層の層理面に見られる堆積構造は、^{れんこん}漣痕（リップル・マーク）と呼ばれ、海岸・湖岸や河川の波打ち際などに形成される。
- ⑧ Dの地層の層理面に見られる漣痕（リップル・マーク）は水の流れによって形成され、流れの方向に沿う断面形が非対称である事から、古流向の推定に用いられる。

問2 下の図5．1は日本付近の地形を示したものである。A，B，C，Dの地層の堆積環境の場として類似している地点は、図中のア～オのうちのどこか。図中の地層とその堆積環境の場（ア～オ）との組み合わせとして最も適切なものを、下の①～⑤の中から1つ選び番号をマークしなさい。

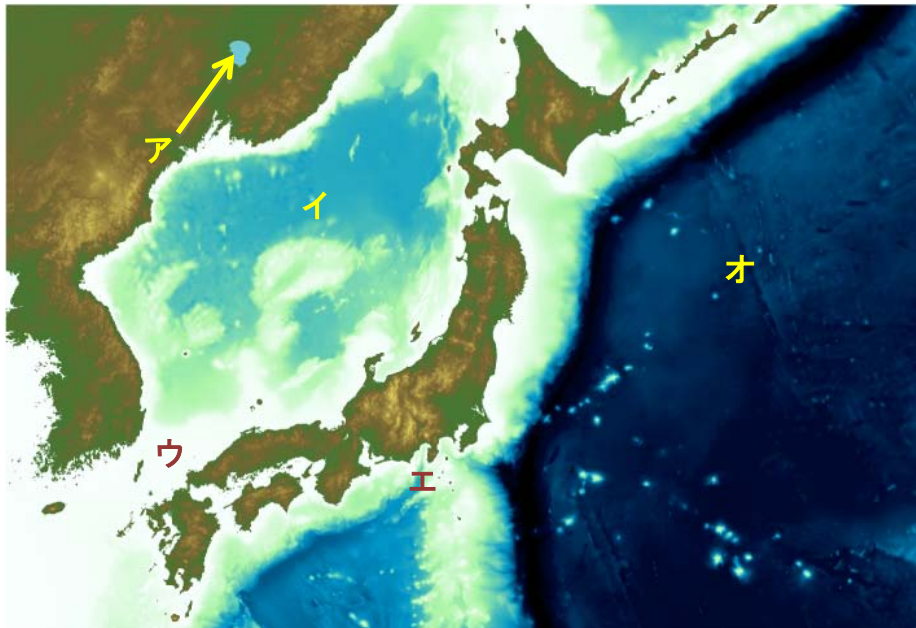
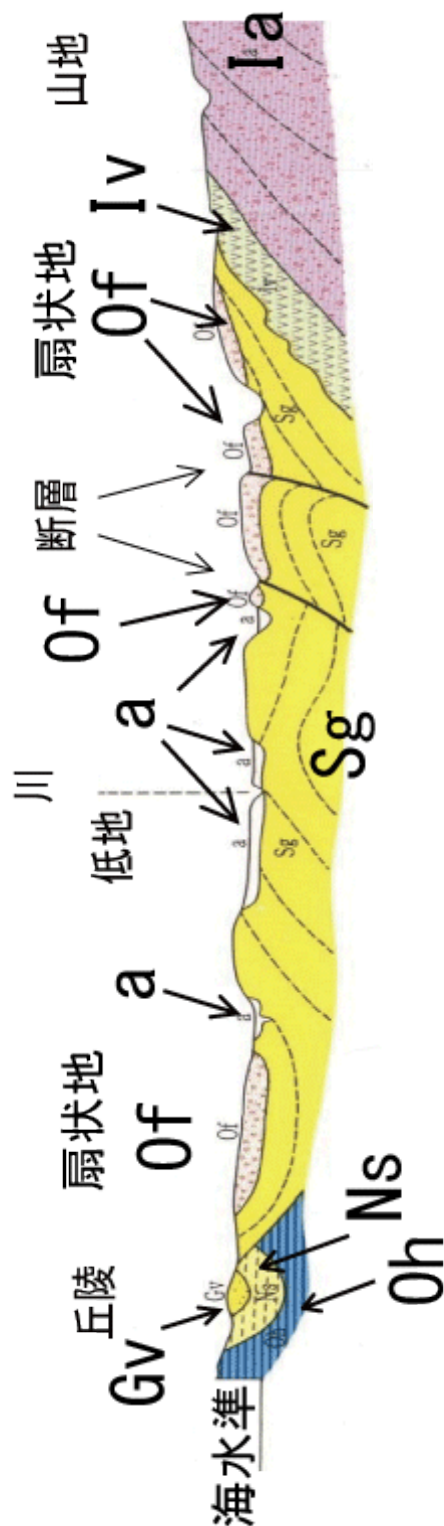


図5．1：日本付近の地形。広域の地形データに基づき、GMTにより作成。

- | | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| ① | イ | エ | ウ | ア |
| ② | オ | エ | ウ | ア |
| ③ | イ | ウ | エ | オ |
| ④ | オ | ウ | エ | ア |
| ⑤ | イ | ウ | エ | ア |

問3 B，C，Dの地層に見られるような堆積構造について、最も不適切な記述を下の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 混濁流が堆積する際には、級化層ができることがある。
- ② 漣痕は、深海底で形成されることがある。
- ③ 斜交層理は、碎屑物を運ぶ流れの方向が周期的に変わりやすいところである。
- ④ ^{ふくが}覆瓦状構造は、扁平な礫の長辺が川の下流に向かって下がるように傾いて堆積する構造である。
- ⑤ 堆積構造の見られない砂岩や泥岩はほとんどない。



地層の特徴とその地層を表す記号

- Oh : 硬質の頁岩 Ns : 硬質のシルト岩 Gv : 水中で固まった安山岩質の火山噴出物
- Sg : 未固結の礫, 砂, シルト, 泥 a : 現世の河川堆積物からなる沖積層
- Of : 風化した礫・砂・シルトからなる古い扇状地堆積物
- Iv : 砂岩と火山円礫の互層 Ia : 水中で固まった安山岩質の火山噴出物

図5. 2 : ある地域の地質断面図(1/5 万「歌葉」の一部に基づく)。縦方向に約2倍に拡大。

[B] 前ページの図は、日本のある地域の地質断面図である、ここに見られる地質構造について、以下の問4～問6に答えなさい。

問4 図中の地層の新旧関係として、図と地層の説明からは断定できないものを次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい(選択肢の矢印の表記は、旧→新)。なお、本地質断面図に示された地域には地層の逆転構造はないものとする。

- ① Oh→Ns→Gv
- ② Ia→Iv→Sg
- ③ Oh→Ns→Sg
- ④ Sg→Of→a
- ⑤ Gv→Ia→Iv

問5 図の中に見られる褶曲，断層について，適切な記述を次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 図の右寄りにある2つの断層は，いずれも正断層である。
- ② 断層の活動は Sg の地層の堆積後，Of の地層の堆積前である。
- ③ Of の地層は下位の Sg の地層と同様な褶曲の傾向を持っていることから，これらの褶曲運動は最近まで続いており，現在も続いている可能性が高い。
- ④ 低地で一番低い川の流れている付近では，地質構造としては向斜になっている。
- ⑤ 左側の丘陵は地質構造が背斜になっているために，地形的に高くなっている。

問6 地層を観察した結果，次の(ア)～(オ)に示すような事実もわかった。断面図に示された地層同士の関係とも併せて，お互いの地層関係が不整合と判断できる最適の地層の組み合わせを，次の①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- (ア) Ia の地層は水中で噴出して急冷されて破碎された火山岩で，その上の Iv は同じ火山岩の円礫と砂のみからなる。
- (イ) Iv の火山岩の年代と Sg の地層の最下部に含まれる化石の年代が大きく異なる。
- (ウ) Oh の地層と Ns の地層は共に海底で堆積したものであるが，前者が泥岩を起源とする頁岩であるのに対して，後者はより粗いシルト岩からなる。
- (エ) Ns のシルト岩と Sg の碎屑物は，共に海底での堆積物である。
- (オ) Sg の地層と Of の地層は同じように褶曲や断層の影響を受けているが，前者は海生の化石を含むのに対して Of の地層は泥炭などを含む。

- ① Iv と Sg, Ns と Sg
- ② Ia と Iv, Sg と Of
- ③ Oh と Ns, Sg と Of
- ④ Oh と Sg, Ia と Iv
- ⑤ Ns と Sg, Gv と Ia

[C] 変成岩と変成作用について、下の A, B の岩石標本の写真を見て、次の問 7～問 9 に答えなさい。



A



B

問 7 A の変成岩について、適切ではない記述を次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 柱状の形をした鉱物である紅柱石ができている。
- ② 地下深くでできた広域変成岩である。
- ③ 堆積岩にマグマが接触することにより変成してできたものである。
- ④ 同じような変成作用を石灰岩が受けた場合は、大理石（結晶質石灰岩）ができる。
- ⑤ A の岩石はホルンフェルスと呼ばれる。

問 8 B の変成岩について、適切な記述を次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① この岩石は広域変成岩である。
- ② この岩石は原岩の結晶をほとんど残しており、このような変成岩を結晶片岩という。
- ③ この岩石には方向性のある構造（片状の構造）が見られるが、これは高温のために一部の鉱物が流動したためにできたものである。
- ④ この岩石には赤い鉱物が見られるが、これは紅柱石である。
- ⑤ この変成岩の原岩は玄武岩である。

問 9 広域変成作用に関して、正しい選択肢の組み合わせとして適切なものを次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ア 広域変成作用では、固体のまま鉱物の種類が変化する。
- イ 化学式が Al_2SiO_5 の鉱物には、温度と圧力によって異なる 4 つの種がある。
- ウ 広域変成作用はプレートの沈み込みや衝突に伴って起こる。
- エ 広域変成岩の組織は基本的にはもとの岩石のままである。

- ① アとイ
- ② ウとエ
- ③ アとウ
- ④ イとエ
- ⑤ アとイとエ

第6問

下の図6．1は太平洋、大西洋それぞれの中緯度帯における海水の流れの循環構造を模式的に示したものである。以下の問に答えなさい。なお矢印の太さは流れの強さを表している。

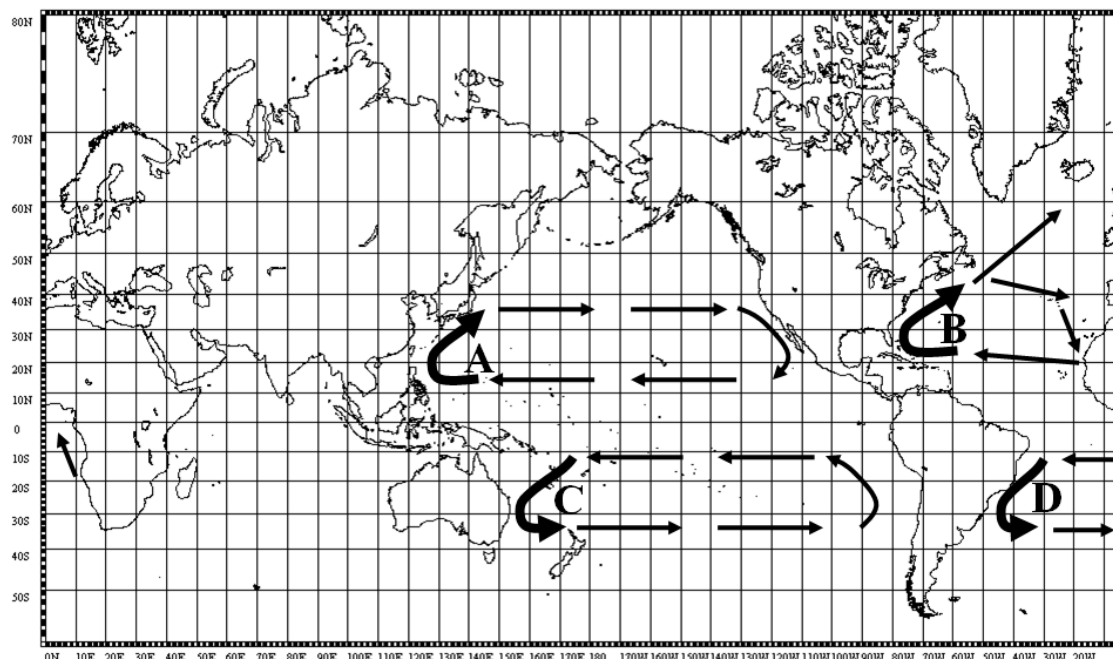


図6．1：中緯度帯での海水の流れの模式図

問1 次の文章中の（ア）から（ウ）に入る適切な語句を下の語群の中からそれぞれ1つずつ選び番号をマークしなさい。

図中のAは （ア）であり、日本南岸を北上した後、離岸して北太平洋海流、カリフォルニア海流、北赤道海流へとつながり、 （イ）循環を形成する。このような循環は各大洋に見られ、図中北大西洋のBは （ウ）と呼ばれている

語群：①親潮 ②黒潮 ③亜熱帯 ④亜寒帯 ⑤メキシコ湾流 ⑥ラブラドル海流

問2 A、B、C、Dの海流は各大洋の西岸にあり、強い流れとして知られている。このように流れが強くなることを何と呼ぶか、以下①～④から適当なものを1つ選び番号をマークしなさい。

① 藤原の効果 ② 西岸強化 ③ 成層効果 ④ 温室効果

問3 このような循環系ができるのは上層を吹く風が、その下の海面付近の海水を動かすからである。なぜ、風により循環系が生じるのか、次のページの説明文中の空欄にあてはまる適切な語句を語群からそれぞれ1つずつ選び番号をマークしなさい。

北太平洋北部を吹く 下の海面の水は西から東へ、北太平洋南部の 下の海面の水は東から西へ引きずられる。さらに、地球の自転のために、 下の水は へ、 下の水は へ運ばれ、循環中央部の海面は周囲より高くなる。この時の流れでは水面の高い方から低い方へと向かう圧力差による力と地球の自転により流れに働く力とがつり合っている。

語群：①偏東風 ②貿易風 ③偏西風 ④北方 ⑤南方

問4 B の海流は図のように北方まで及んでいる。このことは海洋の深層循環の形成と関係があると考えられている。深層循環を説明した以下の文章中で、X、Y の組み合わせとして、正しいものを①～④から1つ選び番号をマークしなさい。

北大西洋北部では、非常に冷たく密度の大きい海水が沈み込んでいるため B の海流は引き込まれるように北方まで及んでいる。この沈み込んだ水は深層を循環し、全海洋に供給されながらゆっくりと上昇し、北部太平洋で表層に戻り、最終的に生成域に戻る を形成する。深層水が形成されてから、表層に戻るまではおよそ 年程かかるといわれている。

- | | |
|--------------|--------------|
| ① X:風成循環 | Y: 100－1000 |
| ② X:コンベアーベルト | Y: 3000－4000 |
| ③ X:コンベアーベルト | Y: 1000－2000 |
| ④ X:風成循環 | Y: 1000－2000 |

問5 問4文中下線部のような現象が起こるのはなぜか。以下に説明した文章の空欄に当てはまる語句のもっとも適切な組み合わせを①～⑥から1つ選び番号をマークしなさい。

(説明) 海水は低温ではわずかに するため、低温の海水は密度が大きくなる。しかも北大西洋北部では、 に伴って塩分の濃い海水がつくられるため、とくにこの海域で海水は沈み込んで を形成する。

- | | | |
|--------|---------|-------|
| ① ア：膨張 | イ：氷河の融解 | ウ：中層水 |
| ② ア：収縮 | イ：氷河の融解 | ウ：深層水 |
| ③ ア：膨張 | イ：氷河の融解 | ウ：深層水 |
| ④ ア：収縮 | イ：海水の生成 | ウ：中層水 |
| ⑤ ア：膨張 | イ：海水の生成 | ウ：深層水 |
| ⑥ ア：収縮 | イ：海水の生成 | ウ：深層水 |

第7問

雲と雨に関する以下の設問に答えなさい。

問1 次の(1)～(3)の文で述べていることがらと直接に関係しないものを、それぞれの文の下にある選択肢の文から1つ選び、番号をマークしなさい。

(1) 飽和水蒸気圧(飽和水蒸気量)は気温の高いほうが大きい。

- ① 冷たい容器の回りには水滴が付くことがある。
- ② 洗濯物は風のあるほうが乾きやすい。
- ③ 晴れた日には湿度は一般に昼間のほうが小さい。
- ④ 霧は朝に出やすい。
- ⑤ 雲は一般に上昇流に伴って形成される。

(2) 気温の高い空気は、低い空気に比べて軽い。

- ① 火の粉はしばしば上空に舞い上がる。
- ② 海陸風において、昼間は海から陸に向かう海風が吹く。
- ③ 夏のよく晴れた日にはしばしば夕立が起こる。
- ④ 対流圏の空気は上空ほど密度が小さい。
- ⑤ 台風を中心気圧はまわりより低い。

(3) 水蒸気の潜熱は約 2.5×10^6 J/kg とたいへん大きい。

- ① 肌に付いた水が蒸発すると涼しく感じる。
- ② 打ち水をすると涼しくなる。
- ③ 雲ができるには凝結核を必要とする。
- ④ 台風は莫大な運動エネルギーを持っている。

問2 台風と熱帯低気圧に関して述べた文として誤っているものを、次の①～⑤のうちから1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 台風とは、北西太平洋の海上で発生する熱帯低気圧のうち、最大風速がおおよそ 17 m/s を越えたものである。
- ② 台風は夏から秋にかけて多く発生する。
- ③ 南半球の熱帯低気圧でも中心に向かって反時計まわりの風が吹く。
- ④ 台風は中緯度では東に進むが、これは偏西風に流されるためである。
- ⑤ 台風の勢力が強いほど台風の目は一般に明瞭になる。

問3 雨や雪などによる気象災害について述べた次の①～⑥のうち、誤っているものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 北海道、特にオホーツク海に面する北東部は日本で最も雪が多く降る地域で、屋根の雪下ろしや除雪作業中の事故がよくおこる。
- ② 沖縄は日本で最も台風がよく通過する地域で、暴風などによる災害がよく発生する。
- ③ 暑いときには熱中症が起きやすくなるが、湿度が高いと被害はより大きくなる。
- ④ 土石流は、泥や岩屑が水を多量に含み流動するもので、山崩れによる土石流はしばしば大きな被害をもたらす。
- ⑤ 台風による被害には、暴風雨によるものの他に、沿岸部では高潮、波浪によるものもある。
- ⑥ 台風の強さが同じである場合、大きさが大きいもの、移動速度の遅いもののほうが一般に被害を大きくする。

問4 次の図7. 1において九州北部にプロットされた数値は、アメダスによる2003年7月19日2時～3時の積算雨量(mm)を示している。また図7. 2はそのときの天気図(3時)である。図7. 1から、降水量の多いところが線状に存在していることがわかる。これを線状降水系と呼び、梅雨期の大雨はしばしばこのような形態をとる。一方、図7. 3と7. 4は2011年1月7日の衛星画像(可視画像)と天気図で、雲パターンは日本海で筋状になっており、冬の季節風の吹き出し時によく見られるパターンとなっている。これらの図を見ながら、後の設問(1)～(5)に答えなさい。

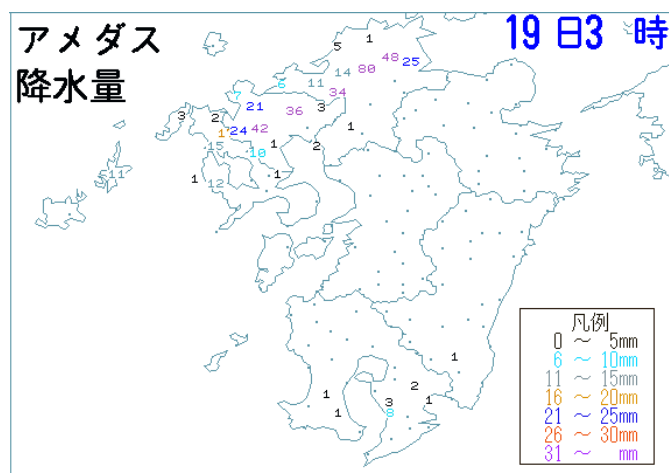


図7. 1 アメダスによる2003年7月19日2時～3時の積算雨量(mm)。日本気象協会の画像から色調ほかを変更。

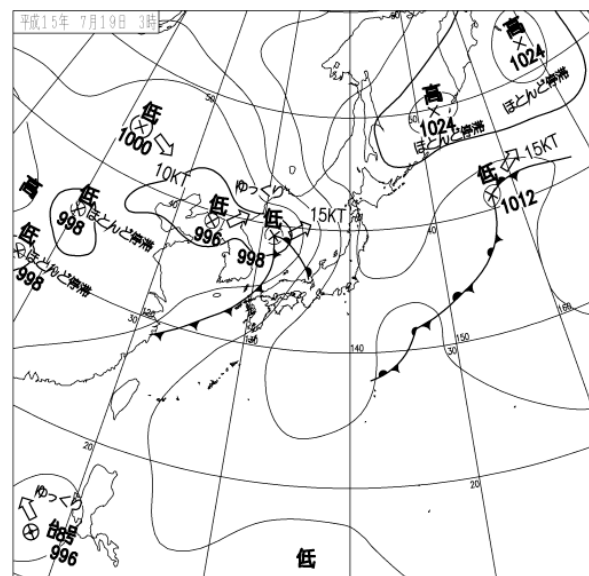


図7. 2 2003年7月19日3時の地上天気図

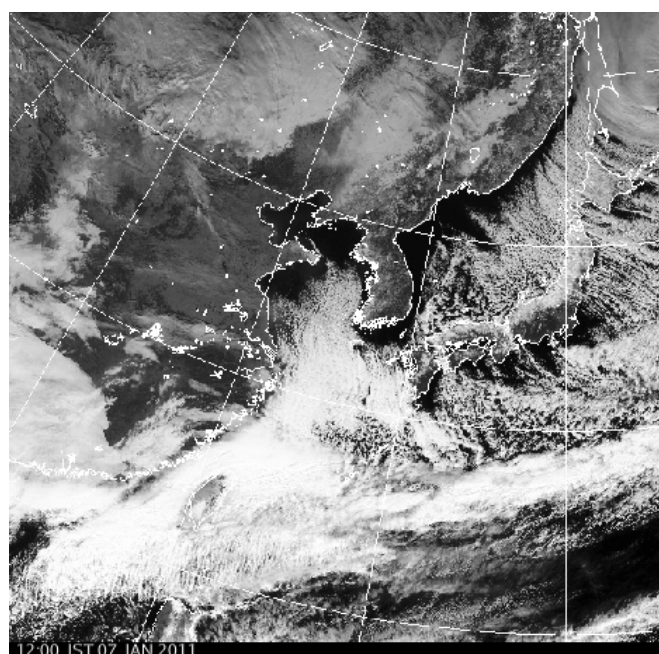


図7. 3 2011年1月7日12時における気象衛星ひまわりの可視画像

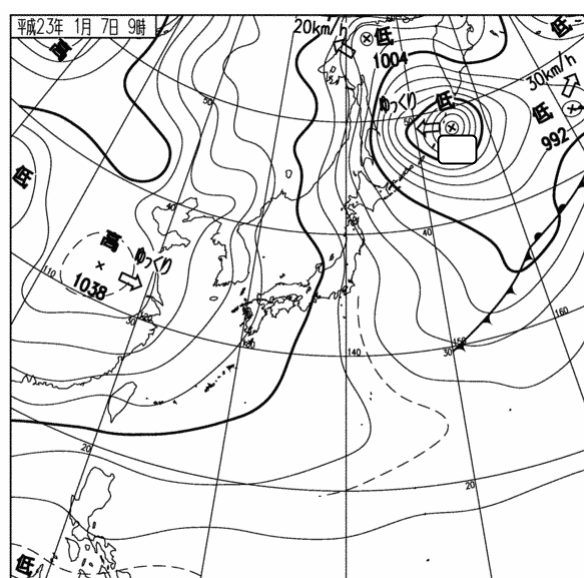


図7. 4:2011年1月7日9時の地上天気図。北海道東方にある低気圧には気圧が書いてあったが、それは隠されている。

- (1) 次の文章中の□(a)・□(b)に入れる語の組合せとして、最も適当なものを下の①～⑥から1つ選び、番号をマークしなさい。

図 7.1 と 7.2 によると、この線状降水系は□(a)前線に沿って存在している。また等圧線を見ると、九州北部には多量の水蒸気を含んでいると推測される□(b)からの風が吹き込んでいることがわかる。この水蒸気を元に積乱雲がつくられ、それが上空の風の風向によって下流に流されることによって、線状降水系が形成されることが多い。

- | | (a) | (b) |
|---|-----|-----|
| ① | 温暖 | 南東 |
| ② | 温暖 | 南西 |
| ③ | 寒冷 | 南東 |
| ④ | 寒冷 | 南西 |
| ⑤ | 停滞 | 南東 |
| ⑥ | 停滞 | 南西 |

- (2) 上の文章から推測される上空の風の風向を、次の①～⑧のなかから1つ選び、番号をマークしなさい。

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 北北東 | ② 東北東 | ③ 東南東 | ④ 南南東 |
| ⑤ 南南西 | ⑥ 西南西 | ⑦ 西北西 | ⑧ 北北西 |

- (3) 梅雨に関して述べた文として最も適当なものを、次の①～④から1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 梅雨前線は、太平洋高気圧(小笠原高気圧)から吹き出す暖かく湿った大気と、大陸からの冷たく湿った大気の境目に形成される。
- ② 梅雨期で豪雨が起りやすい期間は、梅雨期の初期である。
- ③ 梅雨期の雨量は、一般に西南日本のほうが東日本より多い。
- ④ 梅雨期を通じて雨がほとんど降らないことを梅雨の中休みというが、水不足からの干ばつになりやすい。

- (4) 冬の季節風吹き出しに関して述べた次の文①～⑥のなかで、誤っているものを1つ選び、番号をマークしなさい。

- ① 図 7.4 に見られる気圧配置は西高東低型と呼ばれる。
- ② 図 7.4 左上部の高気圧はシベリア高気圧と呼ばれ、このときの気圧は 1040 hPa を超えている。
- ③ 図 7.4 において北海道東方に存在する低気圧の中心気圧は 970 hPa を下回り、北海道に強い北西風をもたらしていると推測できる。
- ④ 図 7.3 において大陸の沿岸部に雲が見られないのは、沿岸部の水温が低いためである。
- ⑤ 日本海からの風は、日本の脊梁山脈^{せきりょう}によって強制上昇を受けて、日本海側に雪を降らせる。
- ⑥ 日本海側に雪をもたらした風は、日本の脊梁山脈を越えて太平洋側に冷たく乾いた空気をもたらす。

- (5) 次の文章は水蒸気の収支について書いたものである。この文章をヒントにして、梅雨期の大雨と冬の日本海側の雪や雨の要因はそれぞれどのような事柄かを考える。次ページの説明文を読み、その要因の組合せとして最も適当なものを、選択肢①～⑥のうちから1つ選び番号をマークしなさい。

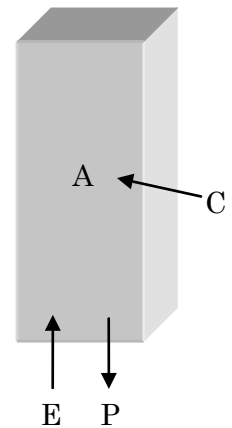
ある広い領域で、地表から上に大気の柱を想定し、この柱に対する水蒸気の出入りを考える。この気柱内の水蒸気量(A)の増減には 3 つの量に関係する。すなわち下面から気柱に入る蒸発量(E)、気柱の下面から下に落ちる降水量(P)、周りからの水蒸気の流入・流出量(C)であり、

$$A = E - P + C$$

という関係になっている。ここで水蒸気の増加と流入を正にとっている。降水量(P)に着目すれば、

$$P = E - A + C$$

である。なお気柱に含まれる水蒸気がすべて雨として降ったとして、その雨量はせいぜい 40 mm 程度である。



梅雨期の大雨

冬の日本海側の雪や雨

- | | | |
|---|---|---|
| ① | A | A |
| ② | A | C |
| ③ | A | E |
| ④ | C | A |
| ⑤ | C | C |
| ⑥ | C | E |

第8問

地球は、誕生後約46億年たった現在でも、活発な火山噴出、地震活動、山脈形成などが生じている活動的な惑星である。このような地球表面で認められる地学現象の多くはプレートテクトニクスにより統一的に説明されている。ここではプレート運動と火山活動の関係について考察する。

問1 次の文章の(a)～(d)に当てはまる語句として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。

地球上で観察される火山活動のほとんどは、プレート同士の境界に帯状に配列している。このうち地球内部に蓄積されている熱放出の大部分を担っているのは、プレート (a) 境界に沿って分布する (b) 火成活動と考えられている。一方、プレート (c) 境界に沿って分布する (d) 火成活動は、(b) に分布する火山と比べると、噴火の形式や噴出物が多様であることが特徴であり、爆発的な噴火により人的、物的災害を引き起こすこともまれではない。

- | | | | |
|----------|----------|--------|----------|
| ① (a) 発散 | (b) 島弧 | (c) 収束 | (d) 中央海嶺 |
| ② (a) 発散 | (b) 中央海嶺 | (c) 収束 | (d) 島弧 |
| ③ (a) 収束 | (b) 島弧 | (c) 発散 | (d) 中央海嶺 |
| ④ (a) 収束 | (b) 中央海嶺 | (c) 発散 | (d) 島弧 |

問2 問1下線部で示した噴火の形式や噴出物の多様性は、マグマの化学組成と関連していることが知られている。次の説明文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 高温で生じたマグマは、温度低下に伴う結晶成長とその分別（結晶分化）に従い、玄武岩質-安山岩質-流紋岩質と化学組成を変化させ、次第に粘性が高くなる。
- ② 高温の玄武岩質マグマは粘性が低く、噴出した溶岩は緩い傾斜を速く流れることができるため、溶岩台地や盾状火山を形成することが多い。
- ③ 流紋岩質マグマはかんらん石結晶が多く含まれるため SiO_2 含量が高く、噴出する溶岩の粘性が高く流れにくいため、溶岩ドームや火山岩塔を形成することが多い。
- ④ 地下深部マグマに溶けていた揮発性成分は、マグマ上昇に伴う圧力低下により気泡となってマグマから分離し、火山ガスとして爆発的に噴出することがある。
- ⑤ 結晶分化に伴いマグマ中の揮発性成分も次第に増加していくため、マグマが玄武岩質-安山岩質-流紋岩質と変化するにつれて、溶岩の噴出もより爆発的になる。

問3 図8.1は日本における活火山およびその他第四紀火山の分布と海溝／トラフの位置を示しており、火山前線と呼ばれる線より海溝側では新しい火山が存在しないことがわかる。この分布を参考に予測されている火山活動が生じる原因として適切なものを①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 火山前線は海溝／トラフからほぼ等しい距離にあり、沈み込むプレートによる圧縮を受けた地殻が破壊された領域でマグマが生成されている。
- ② 火山前線は海溝／トラフから沈み込んだプレートの上面で生じた地震の震源分布と良く一致しており、地震時の摩擦発熱により生成されたマグマが地表に噴出している。
- ③ 火山前線は海溝／トラフから沈み込んだプレート上面がほぼ100 km 深度に達す

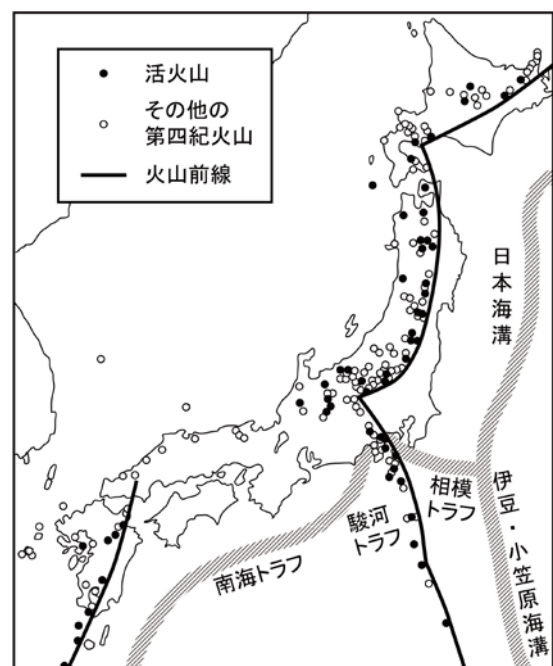


図8. 1：日本の活火山の分布

る等深線と良く一致しており、圧力増加に伴いプレート物質から放出される水分が、直上のマントル物質の部分融解を引き起こしマグマが生成されている。

- ④ 火山前線は海溝／トラフから沈み込んだプレート上面が、ほぼ 1300°C に達する等温線と良く一致しており、プレート上面部を構成する堆積岩が深部マントルにより加熱されるため、部分融解を引き起こしマグマが生成されている。
- ⑤ 火山前線はその直下の地殻の厚さが、近傍の海溝／トラフにおける水深とほぼ等しくなる地域と良く一致しており、海溝から側方（水平方向）にしみ込んだ海水がマントル物質の部分融解を引き起こしマグマが生成されている。

問4 下の写真は日光華嚴の滝に露出している安山岩質マグマが固化してできた岩石である。次の説明のうち適切なものを①～⑥から1つ選び番号をマークしなさい。



- ① 写真はシート状岩脈群とよばれ、地殻の拡大に伴う割れ目に沿って岩脈が連続的に貫入して形成されたもので、急冷構造の検討により拡大軸の方向を推定できる。
- ② 写真は柱状節理とよばれる構造で、マグマが地表に噴出する際にいくつもの柱状の通り道を形成しながら上昇したことを示している。
- ③ 写真は片理（片状構造）とよばれる構造で、鉱物の結晶が一定方向に配列しているため、マグマが固結した際の応力の方向を推定するのに利用されている。
- ④ 写真はシート状岩脈群とよばれる構造で、マグマ溜まり中で晶出した結晶が堆積している順序から、マグマの進化過程を推定することができる。
- ⑤ 写真は片理（片状構造）とよばれる構造で、溶岩が流れた際にできる層構造がほぼ垂直に近いことから、溶岩が滝状に落下しながら固結したことがわかる。
- ⑥ 写真は柱状節理とよばれる構造で、溶岩の冷却過程で生じた体積収縮により、柱状の規則的な割れ目が形成されており、柱の方向から溶岩層の上下面から冷却されたことがわかる。

問5 次の文章の(a)～(c)に当てはまる語句として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。

図8.2に示した海山列は、の典型例として挙げられるハワイ-天皇海山列およびリビル海山列であり、海底火山と火山島の列である。これらの火山はプレート境界に配列している中央海嶺や島弧火成活動とで活動した火山群で、に固定されたマグマ源に由来すると考えられている。

- ① (a) ホットスポット (b) 異なりプレート内部 (c) マントル深部
- ② (a) ホットスポット (b) 同様にプレート境界 (c) トランスフォーム断層
- ③ (a) シアーゾーン (b) 異なりプレート内部 (c) トランスフォーム断層
- ④ (a) シアーゾーン (b) 同様にプレート境界 (c) マントル深部

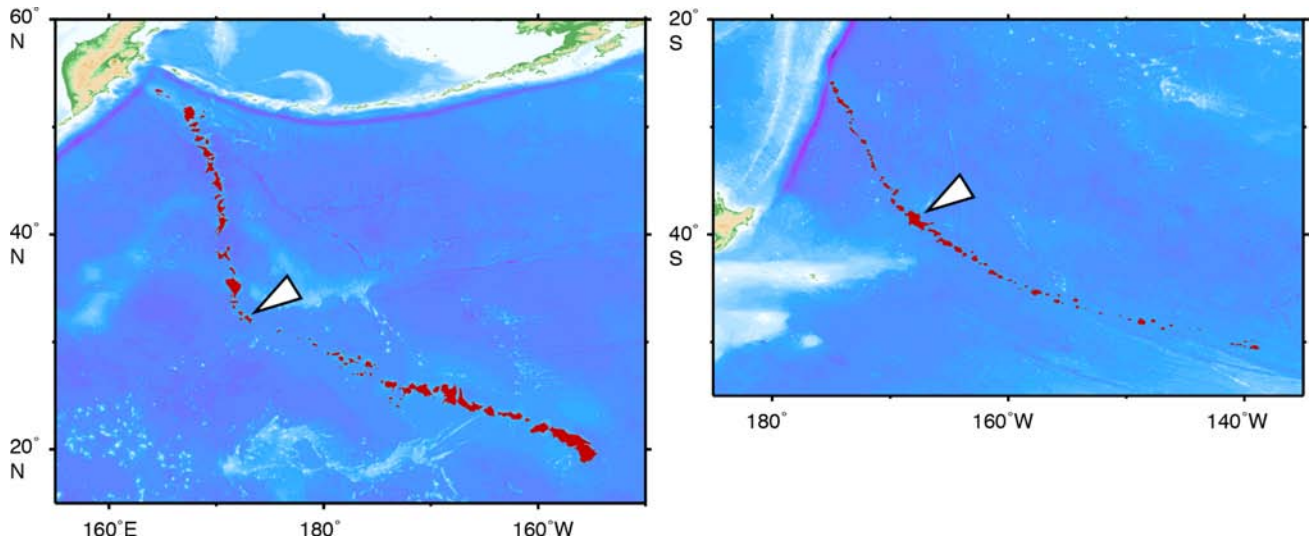
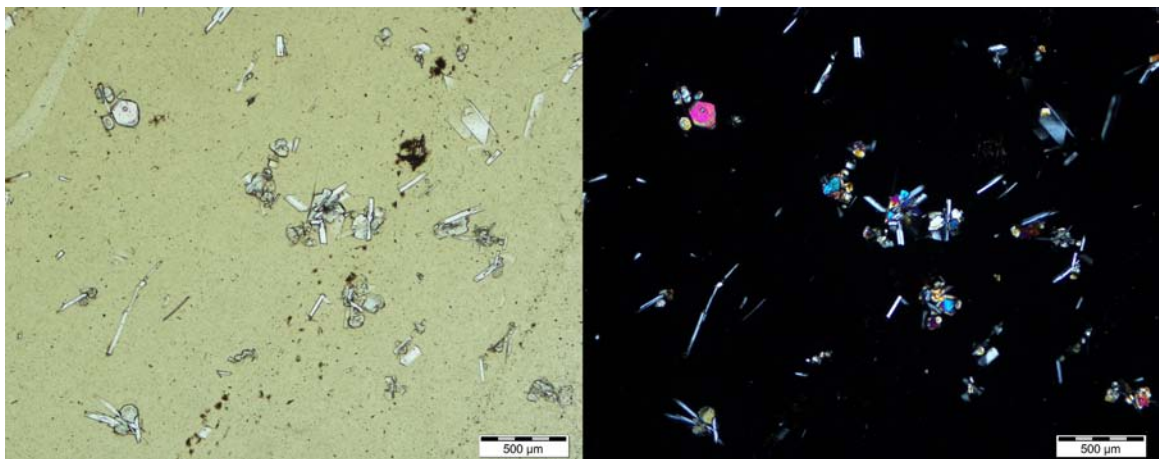


図 8. 2 : ハワイ-天皇海山列 (左) とルイビル海山列 (右)

問 6 ハワイ-天皇海山列とルイビル海山列にはいくつかの類似点がある。次の説明のうち適切でないものを①～⑤から 2 つ 選び番号をマークしなさい。

- ① 屈曲した地域 (矢印) におよそ 4300 万年前に活動した海底火山が位置している。
- ② 噴出したマグマの化学組成が中央海嶺玄武岩とほぼ同一であり区別が難しい。
- ③ 周辺の海洋底に記録されている地磁気異常の縞模様が海山列とほぼ垂直に並んでいる。
- ④ 南東から北西に向かって山体を形成した火山活動の時期が古くなっている。
- ⑤ 屈曲点より南東側の海山列の方向と太平洋プレートの移動方向がほぼ一致する。

問 7 下の 2 つの写真はハワイ、キラウエア火山で採取された溶岩の薄片写真 (左: オープンニコル、右: クロスニコル) である。次の説明のうち適切なものを①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。



- ① かんらん石、斜長石、輝石の結晶サイズがほぼ等しい等粒状組織の玄武岩である。
- ② 黒雲母に包有された自形の石英とカリ長石が流動している流紋岩である。
- ③ 石基鉱物として角閃石と斜長石が含まれる斑状組織を呈した閃緑岩である。
- ④ 細かい結晶と非晶質の火山ガラスから成る急冷されて固結した玄武岩である。
- ⑤ マグマが地表を流れた際に、多量の焦げた木片を取り込み褐色化した玄武岩である。

問8 下の写真は北中国、河北省に分布している無数のかんらん岩を捕獲している玄武岩質溶岩である。これについての説明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 かんらん岩は上部マントルを構成している主要な岩石であり、主としてかんらん石、輝石類からなる深成岩である。
- ② かんらん岩の温度もしくは圧力が上昇することにより部分融解すると、玄武岩質マグマを生じる。
- ③ かんらん岩は玄武岩質マグマに比べて密度が高いため、捕獲岩として地表にもたらされることは比較的まれで、全ての玄武岩に必ず捕獲されているわけではない。
- ④ かんらん岩が捕獲されている玄武岩質マグマは大陸や島弧に噴出したものだけではなく、海洋島の火山でも発見されている。
- ⑤ マントル由来のかんらん岩は、造山運動により数十キロメートルの岩体としても地表に露出する場合がある。

問9 次の文章の(a)～(c)に当てはまる語句として適切な組み合わせを①～⑥から1つ選び番号をマークしなさい。

写真はアメリカ、アリゾナ州にある円形状の盆地とそれを取り囲む円環状の高まりを持った地形であり、(a)により形成したことが判明している。発見当初はその成因について様々な説が唱えられたが、石英の高圧多形である(b)の発見により科学的に立証された。当時の衝撃エネルギーにより、(c)と考えられている。



- | | | |
|---------------------|------------|--------------|
| ① (a) 地球深部マグマの爆発的噴出 | (b) コース石 | (c) 地球が寒冷化した |
| ② (a) 地球に落下した隕石の衝突 | (b) コース石 | (c) 隕石が蒸発した |
| ③ (a) 地球深部マグマの爆発的噴出 | (b) ダイヤモンド | (c) 恐竜が絶滅した |
| ④ (a) 地球に落下した隕石の衝突 | (b) ダイヤモンド | (c) 隕石が蒸発した |
| ⑤ (a) 地球深部マグマの爆発的噴出 | (b) イリジウム | (c) 地球が寒冷化した |
| ⑥ (a) 地球に落下した隕石の衝突 | (b) イリジウム | (c) 恐竜が絶滅した |

第9問

地球をよりよく理解するには、他の惑星を調査し比較しながら太陽系の成り立ちのなかで検討することが重要である。表9.1は地球と火星、木星を比較したものである。これを参考に以下の問に答えなさい。

表9.1：地球と火星、木星との比較

	地球	火星	木星
表面平均大気圧	1013hPa	7.5hPa	---
地球を1とした質量	1	0.11	318
赤道半径	6378km	3397km	71492km
平均密度	5.5 g/cm ³	3.9g/cm ³	1.33 g/cm ³
内部の圧縮を補正した密度	4.1 g/cm ³	3.8 g/cm ³	---
太陽との平均距離	1.5 億 km	2.3 億 km	7.8 億 km
平均表面温度	15℃	−43℃	−121℃
大気の主成分	窒素、酸素、 アルゴン	二酸化炭素 窒素、アルゴン	水素、ヘリウム

問1 火星と地球との相違点について以下の説明文を読んで答えなさい。

表9.1によれば、火星は地球より A 惑星であるといえる。これは、太陽との平均距離が地球より (a) ことが最大の理由だが、大気圧が地球より (b) ことも影響している。これは、地球との質量の違いを考慮しても大気の大質量が (c) ということでもある。しかし大気の主成分は金星と同じ組み合わせであり、地球型惑星の成り立ちと考え合わせると、火星の大気は B 可能性が高い。平均密度は地球より (d) が、惑星内部の高圧による圧縮の影響を補正して(とりのぞいて)比較すると差が小さいため、中心部に C があると推定される。にもかかわらず、惑星磁場が見られないことは、火星進化の特徴を示すと考えられている。

(1) 空欄(a)～(d)に当てはまる「大きい」「小さい」の適切な組み合わせを選択肢①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

- ① (a) 小さい (b) 大きい (c) 小さい (d) 大きい
- ② (a) 大きい (b) 大きい (c) 小さい (d) 小さい
- ③ (a) 小さい (b) 大きい (c) 大きい (d) 大きい
- ④ (a) 大きい (b) 小さい (c) 小さい (d) 小さい
- ⑤ (a) 大きい (b) 小さい (c) 大きい (d) 小さい

(2) 空欄A～Cにはあてはまる語句を以下のそれぞれの選択肢①～④から1つずつ選び番号をマークしなさい。

A：

- ①大きくて温度が低い
- ②大きくて温度が高い
- ③小さくて温度が低い
- ④小さくて温度が高い

B：

- ①もともと少なかった
- ②現在形成されている途中の
- ③惑星内部に吸収された
- ④途中で失われた

C：

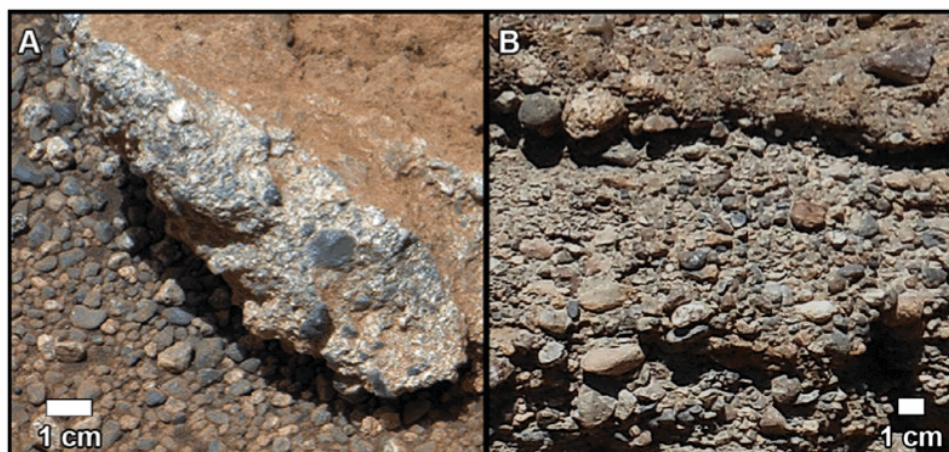
- ①岩石からなる核
- ②ヘリウムからなる核
- ③金属からなる核
- ④氷からなる核

問2 図9.1は火星探査車キュリオシティが発見したれき岩と地球のれき岩とを比較してみたものである。これが非常によく似ていることから、火星でも地球と同様のプロセスでれき岩が形成されたと考えられている。以下の選択肢①～⑤から適切なものを2つ選び番号をマークしなさい。

- ① れき岩に含まれているれきは、通常は同程度の古さの同じ種類の岩石のみである。
- ② れき岩の存在は比較的速い水の流れがあったことを示す。
- ③ この場所は三角州の一部であった可能性がある。

- ④ れき岩に含まれているれきの並び方などで、流れの方向を推定できることがある。
 ⑤ れき岩は侵食作用を受けやすいため、目立つ地層や基盤岩として残ることは少ない。

図 9.1 (左) 火星
探査車キュリオシ
ティの発見したれ
き岩。(右) 地球
のれき岩。NASA
の発表資料より。

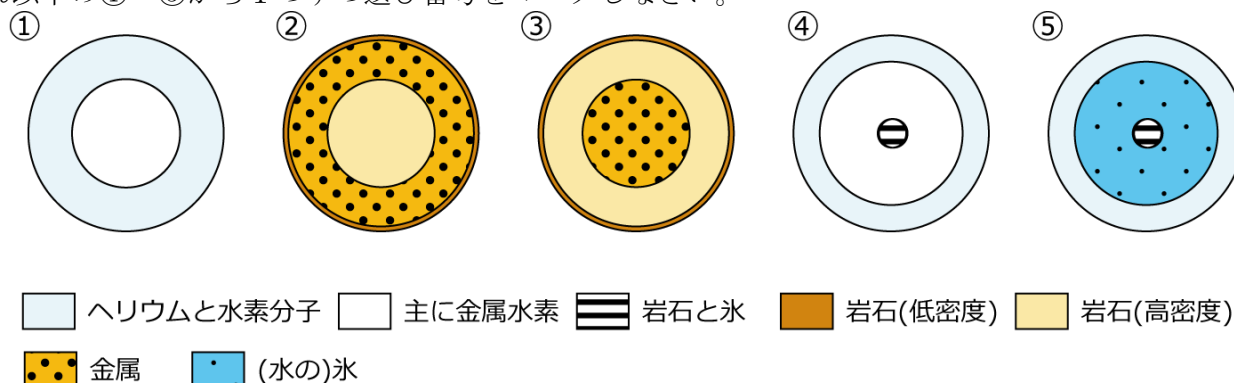


問 3 木星と地球との相違点について以下の説明文を読み、空欄 A～C にあてはまるもっとも適切な語句を①～④から 1 つずつ選び番号をマークしなさい。

表 9.1 によれば、木星は 惑星である。大気の主成分は太陽と同じ組み合わせであることから、木星の大気は主に であると考えられている。固体の表面を持たないため、大量の大気が次第に濃くなり、惑星本体へ連続的に変化していく。地球と比較した平均密度は小さいが、極付近にはっきりとしたオーロラがみられ、強い惑星磁場も観察されていることから内部に があると推定されている。

- A : ①大きくて温度が低い
 ②大きくて温度が高い
 ③小さくて温度が低い
 ④小さくて温度が高い
 B : ①太陽から供給されているもの
 ②火山活動によって形成されたもの
 ③太陽系形成時のガスをつかまえたもの
 ④彗星の衝突によってもたらされたもの
 C : ①ケイ素を主成分とする岩石からなる核
 ②水の氷からなるマントル
 ③鉄とニッケルからなる核
 ④金属水素からなるマントル

問 4 火星、木星の内部構造について示した模式図としてもっとも適切と考えられるものをそれぞれ以下の①～⑤から 1 つずつ選び番号をマークしなさい。



第10問

天体の距離を知ることは、天体の性質を解明するのに不可欠です。天体の距離を測定するには、おおよその距離に応じてさまざまな方法があります。太陽系内の近距離から、宇宙の果てに迫る遠距離まで、天体の距離を測定する方法について考えていきます。

問1 以下の文章は、太陽系内の天体の距離測定について述べたものです。文章の空欄に当てはまる語句や数値をそれぞれ①～⑤から1つ選んで番号をマークしなさい。

太陽と地球の平均距離（1 : およそ1億5000万km）を知るのは困難でした。17世紀の天文学者エドモンド・ハレーは、この距離を測定するには という現象が有用であることに気づきました。この現象は1世紀に2回ほどの頻度でしか起きず、19世紀まで世界各地で観測が試みられましたが、観測上の困難から測定される距離の精度はあまり良くありませんでした。

20世紀後半以降、レーダー電波の往復時間を測定することで、惑星の距離が測定されるようになりました。たとえば、火星が最も地球に近づいた時（約5500万km）、火星までのレーダー電波の往復時間は ほどになります。この時間はとても精密に測定することができ、これをもとに太陽と地球の平均距離が求められています。

- a : ①マイル ②宇宙キロ ③メガパーセク ④光年 ⑤天文単位
b : ①水星の近日点移動 ②金星の日面経過 ③火星の極冠の変化
④木星の衛星の食の遅れ ⑤土星の環の消失
c : ①2.6秒 ②3分5秒 ③6分10秒 ④8分19秒 ⑤16分37秒

問2 地球は太陽を公転しています。地球が太陽を一周する間に、地球から観測される恒星の見かけの方向はわずかに変化します。この変化量の振幅、つまり太陽から見たときと地球から見たときの角度の差を年周視差といいます。年周視差の測定は、近距離の恒星の距離測定の基本になります。年周視差に関する以下の説明文で、空欄a～cに当てはまる語句や数値をそれぞれ①～⑤から1つ選んで番号をマークしなさい。

年周視差は、コペルニクスやガリレオ・ガリレイが地動説を唱えた時代には観測できませんでした。当時の観測は肉眼や小さな望遠鏡によるもので、精度が悪かったからです。地球の公転運動（約30km/s）によって光が来る方向が変化する のほうが年周視差よりはるかに大きく、年周視差よりも先に検出されました。

年周視差が1秒角（秒角は角度の単位で、度の3600分の1）になる距離を1パーセクといいます。1パーセクは3.26光年に相当します。もっとも近い恒星でも、年周視差の量は0.75秒角にしかありません。つまり、もっとも近い恒星までの距離は 光年です。現在の年周視差の測定限界は1000分の1秒角ほどですが、現在計画中の探査機では、この30倍良い精度で年周視差を測定でき、 光年の距離にある天体、つまり私たちの住む天の川銀河の円盤部すべてで年周視差によって距離を測定することが可能になると期待されています。

- a : ①日周運動 ②年周光行差 ③固有運動 ④ドップラー効果 ⑤ハッブルの法則
b : ①0.75 ②1 ③1.33 ④3.14 ⑤4.3
c : ①3000 ②1万 ③3万 ④10万 ⑤30万

問3 恒星の正確な距離がわかると距離の違いを考慮して本当の明るさを比較することができます。天体を10パーセクの距離に置いたときの等級を絶対等級といい、本当の明るさの指標とします。この絶対等級と、恒星の色の違いを示す色指数とで分布図を描くことができます（図10.1：HR図）。この図で、左上から右下に並ぶ星の列を、主系列星と呼びます。いっぽう、星団を構成する恒星はいずれも私たちから等距離であると考えてよいので、見かけの等級と色指数で同様の図を描くと、やはり主系列星が見てとれ、図10.1を縦軸方向に移動させたようなものになります。

(図 10.2)。この移動量は、星団の距離を反映したものと考えられます。図 10.1 と図 10.2 を比較して、色指数が同じ主系列星の絶対等級と見かけの等級とから、図 10.2 に描かれた星団の距離を求め、もっとも近い数値を①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 100 光年
- ② 500 光年
- ③ 1000 光年
- ④ 5000 光年
- ⑤ 1 万光年

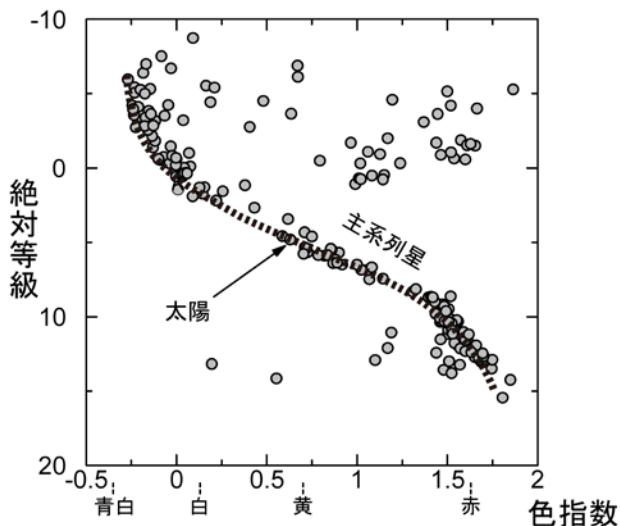


図 10.1 : 近距離星の HR 図

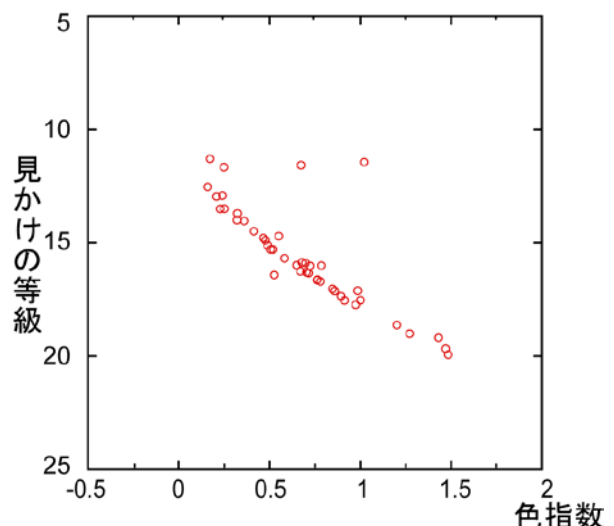


図 10.2 : ある星団の HR 図

問 4 星団の例で見たように、年周視差が測定できないほど遠い天体では、絶対等級（光度）と見かけの明るさの関係を用いて距離を推定します。絶対等級を推定できる天体は、距離を測定するためにとても有用です。このような方法について説明した以下の文章で、空欄 a ～ c に当てはまる語句や数値をそれぞれ①～⑤から 1 つ選んで番号をマークしなさい。

規則的に明るさが変化する変光星のなかでセファイド型と呼ばれるものは、 の間に関係があります。近くの銀河で観測された の関係と、遠くの銀河で観測された の関係を比較することで、両者の銀河の距離の比がわかります。ハッブル宇宙望遠鏡によって、地上の望遠鏡で観測できるよりも 7 等級も暗いセファイド型変光星が見つかり、それまでより 倍遠くまで距離測定が可能になりました。

セファイド型変光星を見つけられないほど遠い銀河では、もっとも明るくなる時の光度が推定できるような超新星を用いて距離が測定されています。こうして求められた遠くの銀河の距離と、銀河からの光の波長の伸びを比べることで、 が明らかになりました。この結果は、自然科学における 1990 年代最大の発見と呼ばれ、2011 年にノーベル物理学賞を受賞しました。

- a : ①周期と変光振幅 ②周期と光度 ③変光振幅と光度
④明るさの時間変化の割合と周期 ⑤明るさの時間変化の割合と光度
- b : ①5 ②10 ③15 ④20 ⑤25
- c : ①宇宙膨張の加速 ②インフレーション ③ビッグバン元素合成
④宇宙の大規模構造 ⑤宇宙背景放射のゆらぎ

第 1 1 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 1 1 問 A

海洋に発生する津波について以下の問に答えなさい。

問 1 次の文章中の (ア) ～ (ウ) に入る適切な語句を下の語群①～⑥からそれぞれ 1 つ選び番号をマークしなさい。

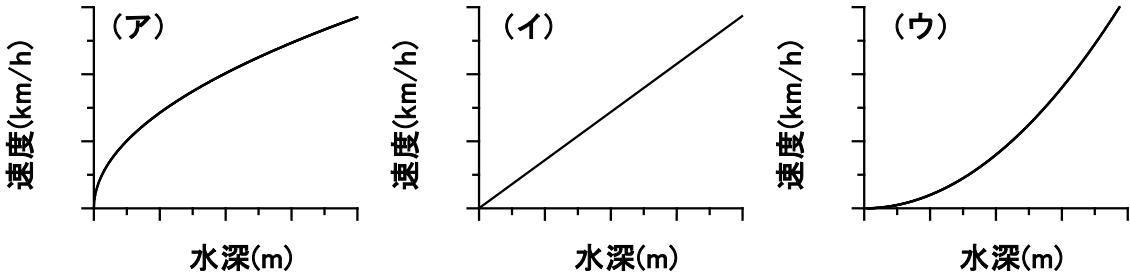
津波は地震に伴って海底に生じる大規模な (ア) が起きると生じることがある。周期は数十分、波長は (イ) になることがある。津波が (ウ) に押し寄せると、そのエネルギーが集中し、数十メートルの波高となり、大規模な被害を及ぼすことがある。

語群：①地殻変動 ②亀裂 ③数百 m ④数百 km ⑤U 字形の岬^{みさき} ⑥V 字形の湾

問 2 津波の進行速度は水深と共に以下の表のように変化します。この様子を表したグラフとしてもっともふさわしいものを (ア) ～ (ウ) から 1 つ選び記号をマークしなさい。

表 11A. 1：津波の進行速度

水深 (m)	速度 (km/h)
10	36
50	79
500	252
4000	713



問 3 問 1 の空欄 (イ) でみたように、津波は風によってつくられる普通の波と違って波長が非常に長いため、非常に遠方、例えば地球の裏側にも達する場合がある。そのような例が 1960 年チリ地震津波である。このときは、南アメリカのチリ沖を震源とする地震で発生した津波が日本にも到達した。到達までの所要時間に最も近いものを次の①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

① 6 時間 ② 12 時間 ③ 18 時間 ④ 24 時間 ⑤ 36 時間

問4 図 11A. 1 は東大地震研究所が沖合に設置している 2 つの海底圧力計、TM1 と TM2 での海面の隆起の様子である。2 つの海底圧力計の距離はおよそ 30km で、津波の進行方向に並んでいたとします。2 つの海底圧力計の間での津波の平均の進行速度はおよそどれくらいであったか、①～④から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 700km/h ② 450km/h ③ 200km/h ④ 50km/h

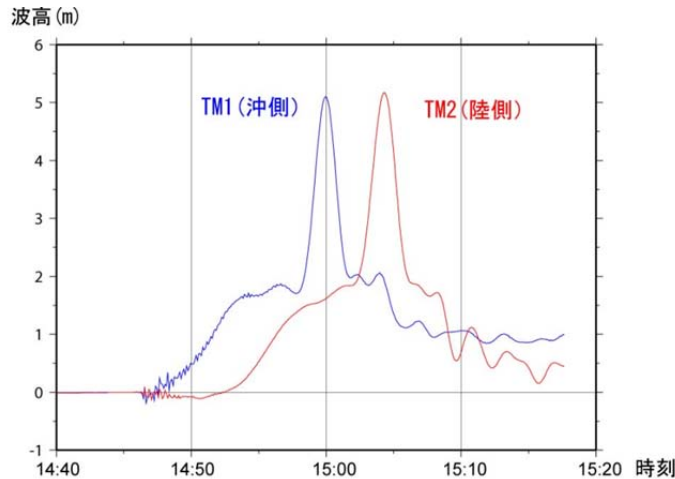


図 11A. 1: 沖合に設置した海底水圧計に記録された津波波高のようす。東京大学地震研究所の観測記録に基づく。

問5 表 11A. 1 と問 4 の結果とを用いて、TM1 と TM2 の間の平均の水深として最も近い値を①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 6400m ② 4900m ③ 2500m ④ 1400m ⑤ 400m

問6 海岸に達した津波の波高が 10m であった。この津波が崩れて陸上を進む速さを次のように考えた。この空欄 a ～ c に当てはまる数値を次からそれぞれ 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 1 ② 2 ③ 4 ④ 5 ⑤ 10 ⑥ 20 ⑦ 100

高さ 10m の水の柱を考える。この柱の重心の高さ h は m である。この高さにある物体は高さによる位置のエネルギーを持つと考えることができる。重心の位置にある 1 L の水のかたまりが持つ位置のエネルギーは、1 L の水の質量 M を 1kg、重力加速度 g を 10m/s^2 とすると、

$$\text{位置のエネルギー} = Mgh = 1(\text{kg}) \times 10 (\text{m/s}^2) \times h (\text{m})$$

である。一方、水柱がくずれて周囲と全く同じ高さになったときの運動のエネルギーは、

$$\text{運動のエネルギー} = \frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2} \times 1(\text{kg}) \times v^2 (\text{m}^2/\text{s}^2)$$

そして、波がくずれたことで、すべての位置のエネルギーを放出して運動のエネルギーを得たと考えれば良いから、陸上を進む速さ v は、

$$v = \sqrt{\text{ } \times 10 \times h} (\text{m/s})$$

これを計算すれば

$$v = \text{ } (\text{m/s})$$

となる。

<第 11 問 A ここまで>

第 1 1 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 1 1 問 B

近年、太陽以外の恒星の周囲に惑星が次々と発見されています。生命をはぐくむ可能性がある惑星も探索されており、現在の天文学で大いに注目されている分野です。このような太陽系外の惑星（系外惑星）の観測法について考えてみましょう。

問 1 回り合っている 2 つの恒星を、その軌道平面に沿った方向から見ると、公転するにつれて見かけの明るさが変化して見えます。これを食といい、このような天体を食連星と呼びます。2 つの恒星が触れ合うほどの近距離で公転している場合（図 11B.1 参照、接触連星）、明るさの時間変化のようすは以下のグラフ①～⑤のどれに近いものになるでしょうか。もっともふさわしいものを 1 つ選び番号をマークしなさい。

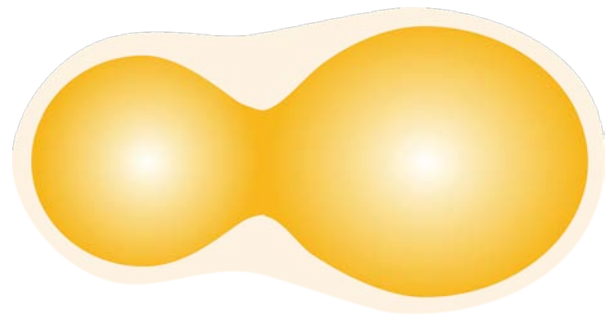
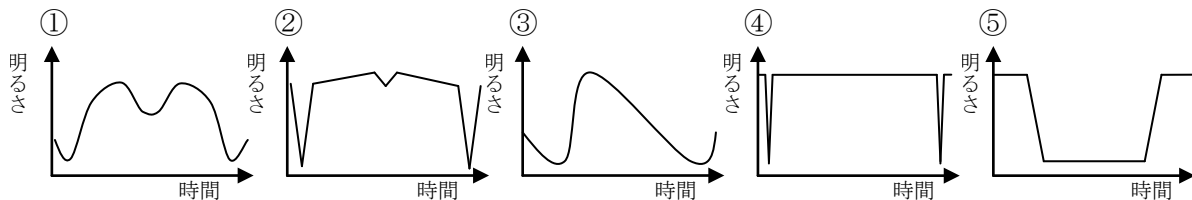


図 11B.1 :

触れ合うように公転する連星の想像図



問 2 問 1 のような接触連星で、2 つの星が半径も光度も同一な場合、公転面沿いから見てもっとも明るいときともっとも暗いときとはどれくらい等級が変化するかを考えます。それぞれの空欄にあてはまる数値を 1 つ選び番号をマークしなさい。なお、空欄 c については、もっとも近いものを選びなさい。

(考え方) たとえば、2 つの星の明るさがどちらも 1 であるとする。両方の星が完全に見えている瞬間の明るさは (倍) になり、一方の星が完全に隠れている瞬間の明るさは 1 である。等級の定義によれば 1 等級差で明るさは約 倍違うので、等級差は約 になる。

- a : ① 0.5 ② 0.75 ③ 1 ④ 1.5 ⑤ 2
b : ① 0.5 ② 1 ③ 1.5 ④ 2 ⑤ 2.5
c : ① 0.75等 ② 1.0等 ③ 1.25等 ④ 1.50等 ⑤ 1.75等

問 3 惑星が恒星の前を横切ると、食連星と同じように、恒星の明るさが変化して見えます。このような減光をとらえて惑星を検出する方法をトランジット法(トランシット法)と言います。太陽の前を地球が横切ったとき、他の恒星からなどじゅうぶん遠くから軌道平面(黄道面)に沿って見ると、太陽の明るさはどのくらい減って見えるでしょうか。もっとも近いものを①～⑤から 1 つ選び番号をマークしなさい。

- ① 10 分の 1
② 100 分の 1
③ 1000 分の 1
④ 1 万分の 1
⑤ 10 万分の 1

問4 太陽－地球系(太陽と惑星としての地球の組み合わせ)を軌道面上の遠くから観測したとき、問3のような減光は1年に1回起きることになります。では、減光はどの程度の時間続くでしょうか。①～⑤かもっとも近いものを1つ選び番号をマークしなさい。

- ① 15 分間
- ② 1 時間
- ③ 5 時間
- ④ 13 時間
- ⑤ 1 日間

問5 では、問3・問4のような減光で太陽のまわりの地球を発見できる可能性はどのくらいあるかを考えてみましょう。以下の「考え方」の空欄に当てはまる数値をそれぞれ①～⑤から1つ選び番号をマークしなさい。

(考え方) 恒星を公転する惑星をこのような減光で発見しようとしても、軌道面を斜めから見ている場合には観察できません。恒星と惑星が重なるような方向から見ている確率は、恒星の半径を惑星の軌道半径で割った値と考えることができます。太陽－地球系では、太陽の半径が km なので、任意のランダムな方向から見た場合、食が観測できる確率は パーセントほどになります。

- a : ①1700 ②6400 ③14 万 ④70 万 ⑤5800 万
b : ①0.1 ② 0.5 ③ 1 ④ 2 ⑤ 5

問6 以上のような減光で系外惑星を探すための宇宙望遠鏡がケプラー探査機です。この探査機は、はくちょう座方向で 10 万個ほどの恒星の明るさを、30 分ごとに精密に測定します。この方向の観測が選ばれるにふさわしい理由として重要なものを①～⑤から 2つ選び番号をマークしなさい。

- ① はくちょう座は夏の大三角形を形づくっていて有名だから
- ② 黄道から遠く、太陽や地球、太陽系天体の影響を受けにくいから
- ③ 天の川に近く、恒星がたくさんあるから
- ④ 夏に観測しやすい方向だから
- ⑤ 天の川に近く、星と星の間にある星間物質で星が暗くなるから

<第11問B ここまで>

<以下余白>

