

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

令和 5 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 95 ページあります(本文は物理 4～27 ページ, 化学 28～45 ページ, 生物 46～75 ページ, 地学 76～95 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(表面 2 箇所, 裏面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された()内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分のみ 1 箇所をミシン目に沿って正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

地 学

第1問 宇宙に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 恒星A, Bがそれらの共通重心の周りに円軌道で公転している連星系について考える。恒星A, Bの質量をそれぞれ $M, m(M > m)$, 二つの星の中心間の距離を a , 公転周期を P とする(図1—1)。この連星系の軌道面上の遠方にある観測者が分光観測を行ったところ, 恒星AはBよりもはるかに明るく, Aに対してのスペクトルのみ得られた。以下の問いに答えよ。数値での解答には有効数字2桁で答え, 計算の過程も示せ。なお, 地球の質量は太陽の質量と比べて無視できるほど小さいとする。

(1) 恒星Aの放射エネルギー分布において, 最も強く放射される光の波長(ピーク波長)は平均で $0.15 \mu\text{m}$ であった。太陽の放射エネルギー分布のピーク波長を $0.50 \mu\text{m}$ として, 恒星Aの表面温度(単位: K)を求めよ。

(2) 恒星Aの公転速度 v と地球の太陽に対する公転速度 v_e の比 v/v_e を r, P, r_e, P_e を用いて表せ。ここで, r は恒星Aの共通重心に対する公転円の半径, r_e, P_e はそれぞれ地球の太陽に対する公転円の半径と公転周期である。

(3) 恒星Aのスペクトルに見られる暗線(吸収線)に対するドップラー効果の観測から v を求めたところ, $v/v_e = 0.10$ とわかった。この連星系では $P = 10$ 年, $a = 10$ 天文単位として, 以下に答えよ。

(a) 恒星Aの公転半径 r (単位: 天文単位)を求めよ。

(b) 恒星A, Bの質量の和 $M + m$ は太陽質量の何倍であるか求めよ。

(c) 恒星 B の質量 m は太陽質量の何倍であるか求めよ。

(d) 恒星 B が主系列星である期間は何年程度であるか。またこの星は進化の末期にどのような経過をたどると考えられるか、あわせて 2 行程度で述べよ。

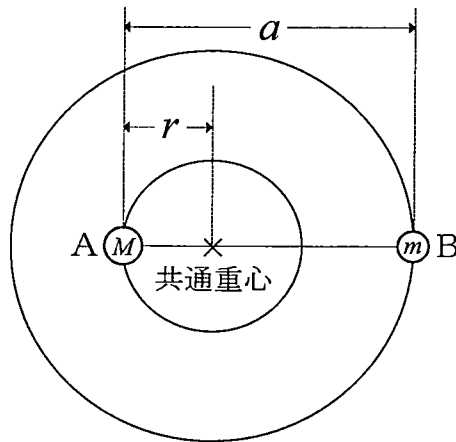


図 1—1 共通重心の周りに円軌道で公転運動する恒星 A, B

問 2 超新星は、一つの恒星が突然爆発し、銀河全体に匹敵する明るさで輝きはじめ、それが一月ほど続く現象である。以下の問いに答えよ。計算の過程も示せ。

- (1) 超新星も通常の恒星と同じように球対称の光球面を持ち、シュテファン・ボルツマンの法則が成り立つとする。超新星の光度、表面温度、光球半径をそれぞれ L_{SN} , T_{SN} , R_{SN} とし、太陽のそれらを L_0 , T_0 , R_0 とする。 R_{SN} をその他の五つの物理量を用いて表わせ。
- (2) ある超新星は、爆発から 20 日後に最大光度に達し、その時の絶対等級が -20.2 で、表面温度は太陽と同じであった。光球面は一定の速度で膨張しているとして、その膨張速度 V (単位: m/s) を有効数字 1 桁で求め、それが光速の何%か答えよ。爆発直後の光球の大きさはゼロとしてよい。太陽の絶対等級は 4.8、太陽半径は $R_0 = 7 \times 10^8$ m、1 日は 9×10^4 s とする。
- (3) この超新星の爆発で放出された物質の質量を M_{SN} とする。周囲には均一な質量密度 ρ のガスが存在し、放出された物質は周囲のガスをかき集めながら球対称に膨張する。爆発からの時刻 t までに、半径 $R(t)$ より内側のガスがかき集められるとする (時刻 $t = 0$ で $R = 0$)。かき集めたガス質量 $M_R(t)$ が時刻 t_d で M_{SN} に等しくなると、膨張は減速を始める。 R は時刻 t_d までは一定の速度 V で膨張するとして、 t_d を V , ρ , M_{SN} を用いて表わせ。
- (4) その後、 $M_R(t)$ がさらに大きくなり、 M_{SN} は M_R に比べて無視できる状態を考える。 $R(t)$ は $R = Ct^a$ (C , a は定数) と表せるとする。膨張の運動エネルギーは $M_R(t)$ と $V(t)$ を用いて $M_R V^2 / 2$ で与えられ、エネルギー保存則により一定に保たれるとする。 V は R を t で微分したものであることに注意し、 a の値を求めよ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問 大気と海洋に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 以下の問いに答えよ。

- (1) 図2-1は海面気圧分布であり、北半球の夏か冬のいずれかの平均的なものを示している。この図を見て以下の問いに答えよ。

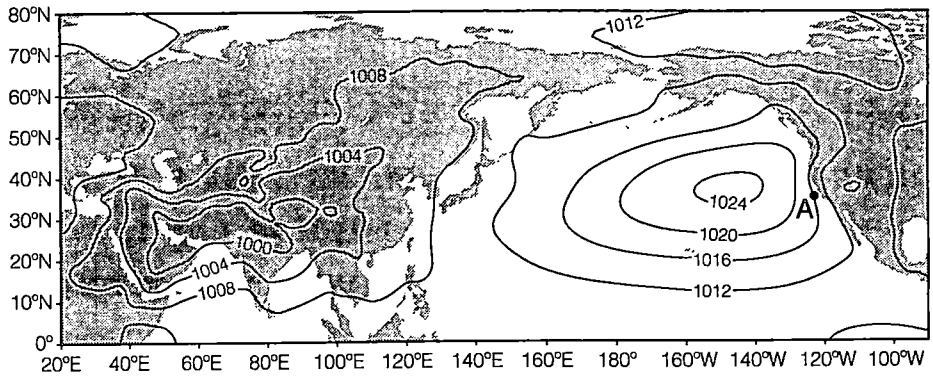


図2-1 海面気圧の分布(単位はhPa)

- (a) 図2-1がどちらの季節のものか答えよ。またその根拠となる、北半球の夏と冬それぞれの平均的な海面気圧分布に見られる特徴を、あわせて2～3行で述べよ。
- (b) 図2-1中の海上の点A付近での、この季節における海面付近の平均的な風向きに最も近いものを①～④の中から、また海水の平均的なエクマン輸送の向きを㉞、㉟から選べ。
- ① 北東向き ㉞ 北米大陸に向かう向き
 - ② 北西向き ㉟ 北米大陸から離れる向き
 - ③ 南東向き
 - ④ 南西向き

(c) 図2-2は、図2-1に示した季節における点Aでの平均的な気温の高度分布を模式的に示している。図2-2に見られる逆転層を伴った気温分布がどのようにして形成されるか、下記の語句をすべて用いて2~3行で説明せよ。なお、雲が放射を通して与える影響については述べなくて良い。

語句群： エクマン輸送, 下降気流

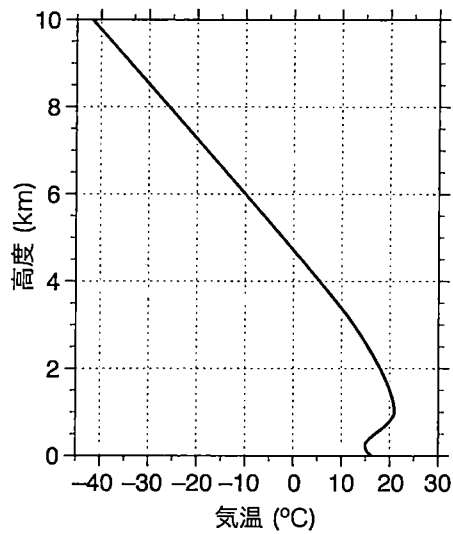


図2-2 気温の高度分布

- (2) 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。なお、過飽和は起こらないものとする。

気温減率が乾燥断熱減率よりも大きい場合の大気の状態を絶対不安定、湿潤断熱減率よりも小さい場合を絶対安定、二つの断熱減率の間にある場合を（ア）という。地表面付近にある水蒸気を含んだ空気塊が断熱的に持ち上げられると、その空気塊の温度ははじめ乾燥断熱減率に従って低下する。やがて水蒸気が飽和すると、（イ）が放出されるため、空気塊の温度低下は湿潤断熱減率に従うようになる。周囲の気温減率が（ア）の状態にあり、周囲の気温が空気塊の温度よりも（ウ）くなる高度範囲に空気塊が達すると、空気塊は浮力を得て自然に上昇するようになる。

- (a) 空欄（ア）～（ウ）に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (b) 地表気温 25.0°C で、一定の気温減率 $0.60^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ をもつ気温分布のもとで、はじめ地表にある二つの空気塊 X と Y を考える。X の地表での温度は 25.0°C 、相対湿度は 86 % である。Y は地表で暖められて、その温度は 26.0°C 、相対湿度は 79 % である。これらが断熱的に持ち上げられたとき、文中の下線部のような高度範囲の下限は、X と Y のどちらの方が低いか答えよ。計算の過程も示せ。なお、簡単のため、ここでは乾燥断熱減率は $1.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 、湿潤断熱減率は $0.50^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とする。飽和水蒸気圧は表 2—1 のとおりとする。

表 2—1 飽和水蒸気圧の値

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0
飽和水蒸気圧 (hPa)	26.5	27.3	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7	32.7	33.6

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

問 2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

月と太陽の影響によって生じる起潮力を受け、海面は規則的な昇降を繰り返す。この現象を潮汐という。月による起潮力は、月に面した地球表面とその裏側で、海面を上昇させる方向に働く。地球は自転しているため、約(ア)の周期で満潮が繰り返し発生する。月と地球は、共通重心の周りを互いに公転している。太陽の影響も加えて考えると、満潮と干潮の間の潮位差が最大になる大潮と、最小になる小潮が発生する。

海面の高さは潮汐以外の原因でも上下する。黒潮は、コリオリ力と(イ)が釣り合うことで海面の高さが場所によって異なった状態を保ち流れている。黒潮は図2-3のように、日本の南岸に沿って流れる非大蛇行期と、流路が1年以上にわたり沖に蛇行する大蛇行期を繰り返しており、沿岸域の海面の高さも非大蛇行期と大蛇行期とで変化する。

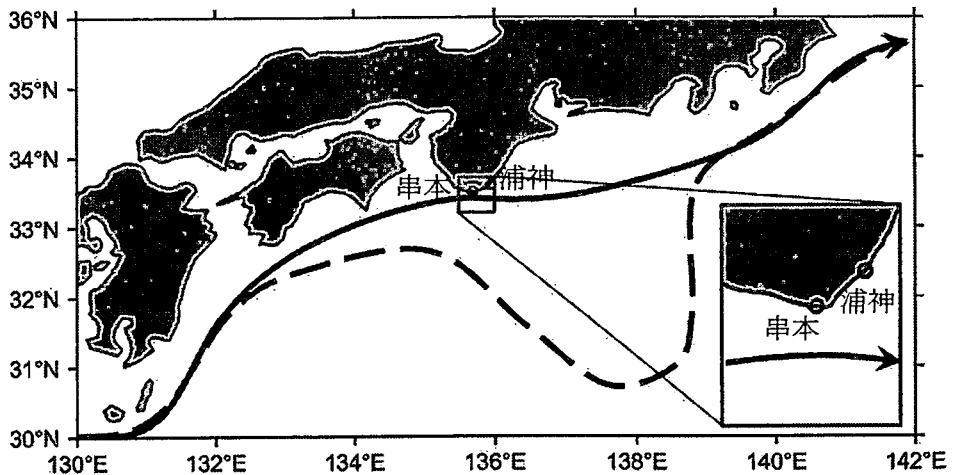


図 2-3 黒潮の非大蛇行期(実線)と大蛇行期(破線)の流路の模式図

(1) 空欄(ア)に入る適切な周期を以下から選べ。

12 時間, 24 時間, 15 日, 30 日

(2) 空欄(イ)に入る適切な語句を答えよ。

(3) 下線部で述べた現象が起こる仕組みを 2 ~ 3 行程度で説明せよ。

(4) 大潮と小潮それぞれが発生するときの太陽，月，地球の位置関係を，あわせて2行程度で説明せよ。

(5) 図2-4は串本と浦神の海面の高さの差の変動を示す。

(a) 図2-4の縦軸の海面の高さの差は，串本と浦神のどちらからどちらの値を引いたものか，以下の語句をすべて用いて，その理由を含め2行以内で答えよ。

語句群：黒潮，地衡流

(b) 図2-4が示す変動の様子が変化した2017年8月以降は，黒潮の非大蛇行期，大蛇行期のいずれに相当するか，理由を含め3行以内で答えよ。

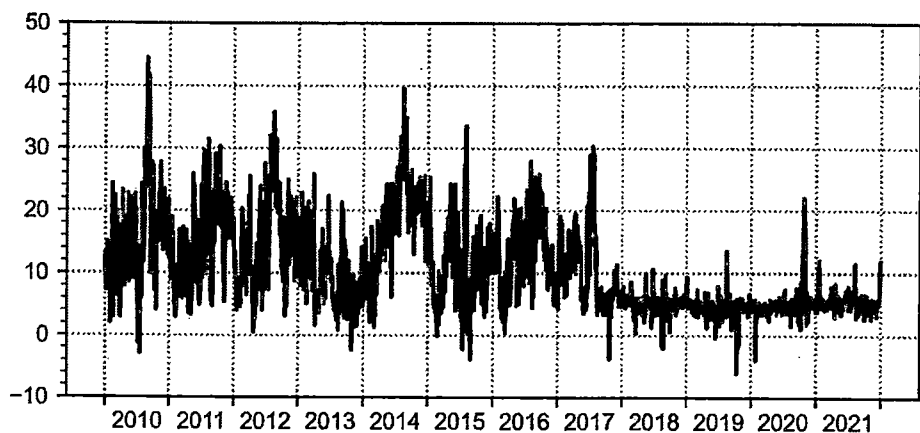


図2-4 2010年1月から2021年12月までの串本と浦神の海面の高さの差。縦軸の単位はcm。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問 重力と火山に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 ジオイドに関する以下の問いに答えよ。

- (1) ジオイドには起伏があり、図3-1はその高さ分布を示している。図中のHは起伏の高所を、Lは低所を示し、実線は高所の等高線、破線は低所の等高線を示す。等高線は(ア)m毎に描かれている。

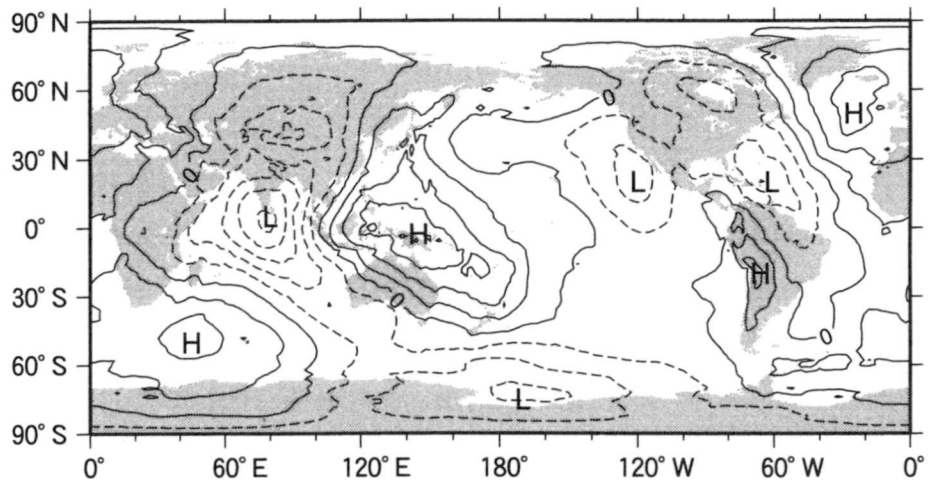


図3-1 ジオイド高分布

(a) 空欄(ア)に入る適切な数値を以下から選べ。

2, 20, 200, 2000, 20000

(b) 長期間の平均をとった海面(平均海水面)を考える。この海面上に数多くの浮きを静かに置いて、浮きの動きを観察する。観察結果として適切な文章を次の①～⑤から選べ。ジオイド高は時間変化しないとし、海流や風など、地球の重力以外の影響はないものとする。

- ① 浮きは次第に高所 H へ移動する。
- ② 浮きは次第に低所 L へ移動する。
- ③ 浮きはジオイド高がゼロの線へ移動する。
- ④ 浮きはジオイド高の等高線に沿って移動する。
- ⑤ 浮きは移動しない。

(2) 近年、ジオイド高は人工衛星により詳しく調べられ、時間変動することがわかってきた。図 3—2 はアマゾン盆地の毎月のジオイド高と降水量を示している。図 3—3 は簡略化したアマゾン盆地の水収支モデルである。

(a) 図 3—2 に基づいて、アマゾン盆地内総水量は何月頃に最大となるか答えよ。

(b) 図 3—2 では、降水量が増加するとジオイド高が遅れて上昇し、その後下降に転じている。図 3—3 の水収支モデルに基づいて、降水量の極大に比べてジオイド高の極大が遅れる理由を以下の語句をすべて用いて 3 行程度で答えよ。

語句群：盆地内総水量，降水による増加量，蒸発散と流出による減少量

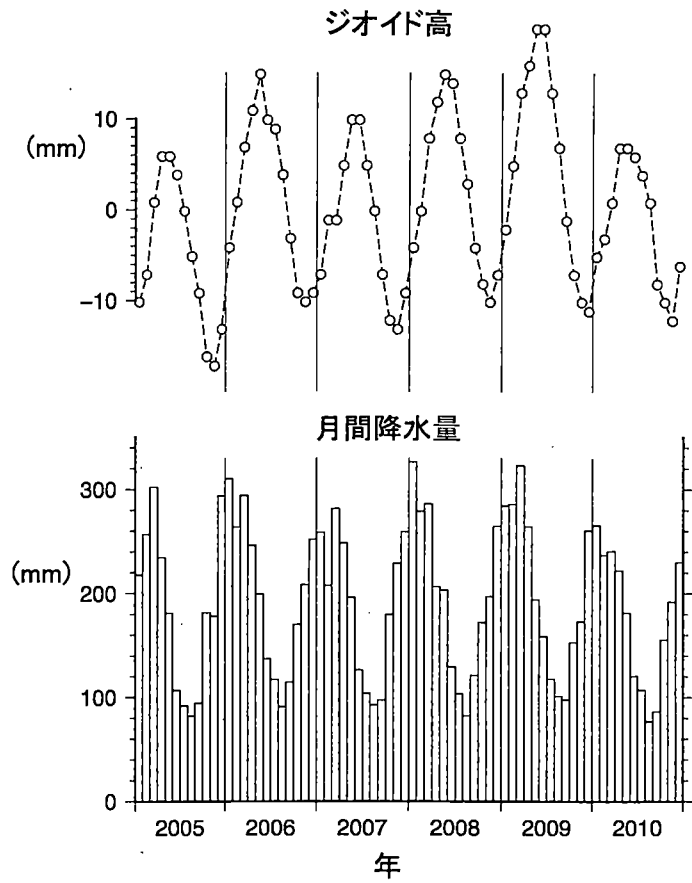


図 3—2 アマゾン盆地の毎月のジオイド高(時間平均からのずれ)と降水量

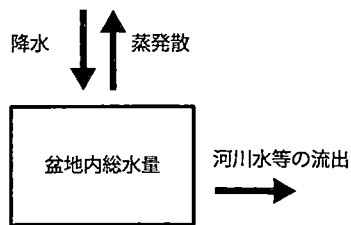


図 3—3 アマゾン盆地の水収支モデル(矢印は水の輸送の向きを表している)

(3) より長い時間では、地球温暖化が進みグリーンランドの氷床が急速にすべて溶けて海へ流出したとすると、(イ)が成立するように地殻は変動する。グリーンランドのジオイド高も氷床が溶ける前と比べると変動する。

(a) 空欄(イ)に入る適切な語句を答えよ。

(b) 下線部の振る舞いとして正しい文を次の①～⑥から選べ。

- ① 氷床が溶けた直後のジオイド高は低くなり、次第に上昇する。
- ② 氷床が溶けた直後のジオイド高は低くなり、さらに下降する。
- ③ 氷床が溶けた直後のジオイド高は低くなり、そのままを保つ。
- ④ 氷床が溶けた直後のジオイド高は高くなり、次第に下降する。
- ⑤ 氷床が溶けた直後のジオイド高は高くなり、さらに上昇する。
- ⑥ 氷床が溶けた直後のジオイド高は高くなり、そのままを保つ。

(c) 氷床が溶けたあとに地殻は隆起するか沈降するか答えよ。グリーンランドの氷床の厚さを 1800 m、氷の密度を 0.900 g/cm^3 、マンツルの密度を 3.60 g/cm^3 とし、最終的な地殻の上下変動量を有効数字 2 桁まで単位とともに答えよ。計算の過程も示せ。

問 2 次の文章を読んで、問いに答えよ。

(1) 地球上の火山活動はプレートの動きと密接な関係をもっている。地球上で、マグマの発生による火山活動や火成岩形成の主要な場として、三つのタイプがある。(A)はプレートが新たに生じる場所、(B)はプレート境界とは関係なく、プレート内等に火山島や海山が形成される場所、(C)はプレートが他のプレートの下に沈み込む場所である。

(B)としてよく知られているのがハワイ島である。ハワイ諸島では、ハワイ島から遠ざかるに従って、火山の年代が(ア)なる。これをもとにプレート移動の方向と(イ)を推定することができる。ハワイ島には大型で緩やかな斜面をもつ(ウ)火山が分布している。

(C)の地域の火山は、海溝と平行して地球規模で帯状に連なり、分布域の海溝側の端をつなぐ線は(エ)と呼ばれる。この地域は、結晶分化作用等により、幅広い組成のマグマが形成され、多様な火山活動の場となっている。この地域では、溶岩と火山砕せつ物が重なってできた(オ)火山が多く分布している。

(a) 空欄(A)～(C)に当てはまる語句をそれぞれ答えよ。

(b) 空欄(ア)～(オ)に当てはまる語句をそれぞれ答えよ。

(c) 上記下線部について、なぜ“緩やかな斜面をもつ”のか、1行で答えよ。

(2) ある火山を調査し、図3—4の地質図を得た。ここでは、比較的新しい活動で形成された溶岩流 K と L および南西に開く崩壊地形が識別される。

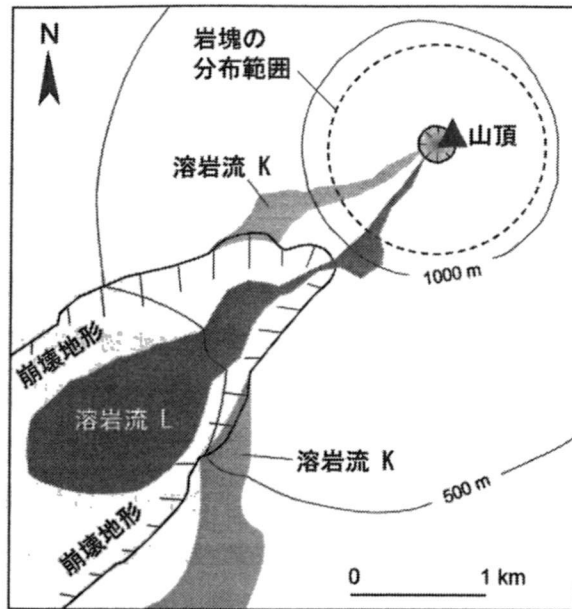


図 3—4 ある火山の地質図

(a) 溶岩流 K と L および崩壊地形の形成順序はどのようになっているか、地質図を判読し 1 行で答えよ。

(b) 山頂近傍の地表面に、同じ爆発的噴火によると思われる多数の岩塊が分布していた。複数の岩塊で残留磁気を測定したところ、どれも磁化の方向は同じであった。これは、着地時に岩塊が(カ)であったことにより同方向に磁化されたためと考えられ、これらの岩塊が(キ)である可能性を示す。空欄(カ)、(キ)に当てはまる語句を以下から一つ選び、その番号をそれぞれ答えよ。

カ：① 正四面体、② 低温、③ 球状、④ 灰色、⑤ 白色、
⑥ 六角柱状、⑦ 高温、⑧ 板状

キ：⑨ 地表面の古い溶岩が吹き飛ばされたもの
⑩ この噴火を生じた新しいマグマに由来するもの
⑪ 地表面の古い溶岩噴泉の堆積物が吹き飛ばされたもの

(c) 崩壊地形がつくる崖の露頭において、溶岩流 K の直下に炭化木片が見つかった。この炭化木片の ^{14}C を分析したところ、元の原子数の $1/8$ が残っていたことがわかった。 ^{14}C の半減期を 5700 年として、この溶岩が噴出したのは何年前と推定されるか、計算過程も含めて答えよ。

(d) 溶岩流の試料から薄片をつくり、偏光顕微鏡で観察した。溶岩流 K (玄武岩) では、斑晶鉱物として鉱物 X と鉱物 Y が含まれていた。鉱物 X は有色鉱物で、開放ニコルで無色～淡黄色で多色性は示さなかった。また、鉱物 Y は無色鉱物で、直交ニコルで白黒縞状の消光がみられた。溶岩流 L の試料にも同様の斑晶鉱物が含まれていた。鉱物 X の結晶構造は、 SiO_4 の四面体が独立しているタイプである。鉱物 X と鉱物 Y の鉱物名を答えよ。

(e) 化学組成の分析を行い、 SiO_2 含有量について下記の値を得た。

溶岩流 K : 50.0 質量%, 溶岩流 L : 52.0 質量%

鉱物 X : 40.0 質量%, 鉱物 Y : 48.0 質量%

問(2)(a)で噴出順序について判読した溶岩流 K と L のうち、先に噴出した溶岩の活動後、図 3—5 左のように、マグマ溜りがこの溶岩流と同じマグマで満たされていたとする。その後、図の右のように、このマグマから斑晶鉱物 X と Y が同じ割合で晶出し、マグマ溜りの下方に沈み取り去られることで、後に噴出した溶岩流と同じマグマが生じたと仮定する。このとき、マグマ溜りを満たしていたマグマの何% (質量%) が斑晶鉱物 (X と Y) として取り去られたことになるか、有効数字 2 桁で計算過程も含めて答えよ。

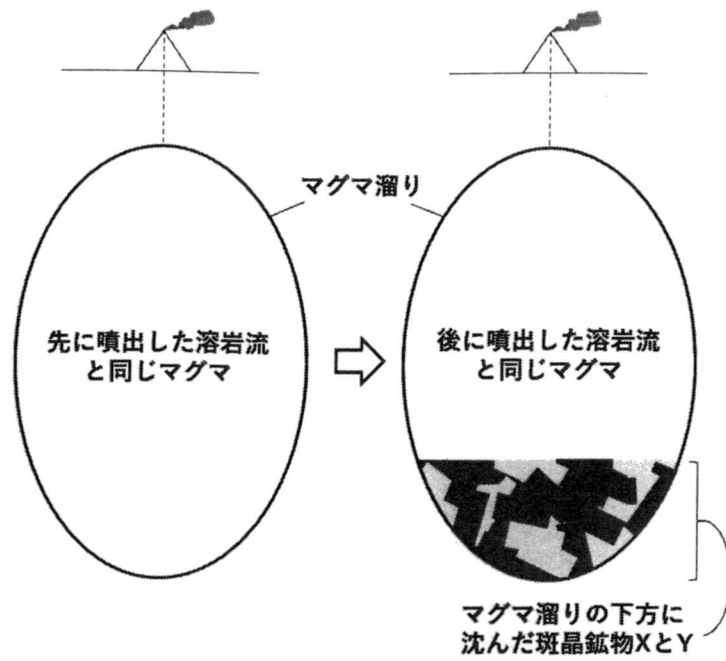


図 3—5 マグマ溜り内でのマグマの変化