

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

令和 2 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 89 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 46～69 ページ, 地学 70～89 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 現在、太陽以外の恒星のまわりにも惑星が発見されている。このような惑星の中に地球によく似た環境の惑星があれば、人類の移住が可能かもしれない。2つの惑星X1、X2を持つ恒星Sを考える。これらの惑星は同一平面上で恒星Sを中心とする円軌道を同じ方向に運動し、惑星X1の軌道半径 a_1 は惑星X2の軌道半径 a_2 より小さいとする。惑星X1と惑星X2の公転周期をそれぞれ P_1 、 P_2 とする。惑星X2に人類が移住したとして、次の問い(問1～3)に答えよ。ただし、光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m/s、1天文単位 $a_E = 1.5 \times 10^{11}$ mとし、必要であれば、 $1.5^{1/2} = 1.22$ 、 $1.5^{1/3} = 1.14$ という近似を使ってよい。

問1 惑星X1と惑星X2が最接近したときに、惑星X2にいる人が惑星X1に向けて電波を射出し、惑星X1の表面で反射して戻ってくるまでの時間を測定した。この往復の時間(エコー時間)は Δt であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 電波が光速 c で進むとして、 a_1 、 a_2 、 Δt の関係式を求めよ。ただし、エコー時間の間の惑星の位置の変化は無視でき、惑星半径は軌道半径に比べて無視できるとする。
- (2) 惑星X2の軌道半径 a_2 を、 P_1 、 P_2 、 a_1 を用いて表せ。
- (3) 測定結果は $\Delta t = 330$ 秒であった。 P_1 が1.0年、 P_2 が1.5年である時、 a_2 は何天文単位になるか。計算の過程とともに、有効数字2桁で答えよ。

問 2 惑星 X 2 にいる人が恒星 S と惑星 X 1 の天球上の位置を継続的に観測した。

ある時刻 t_1 で惑星 X 1 と恒星 S の間の離角が最大となった(最大離角)。次の最大離角は時刻 t_2 で見られた。時刻 t_1, t_2 で惑星 X 1 のスペクトルを測定したところ、 t_2 でのスペクトル線の波長の方が t_1 でのものより短かった。このスペクトル線の波長の変化は惑星の公転によるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 最大離角 θ_{\max} と a_1, a_2 の間に成り立つ関係式を書け。
- (2) 惑星 X 1 と惑星 X 2 が単位時間あたりに公転する角度の差を P_1, P_2 を用いて表せ。
- (3) 時間差 $t_2 - t_1$ を、 P_1, P_2, θ_{\max} を用いて表せ。計算の過程も示すこと。

問 3 地球大気最上端で太陽光線に垂直な単位面積が単位時間あたりに受ける太陽からの全放射エネルギーを太陽定数という。惑星 X 2 が受ける恒星 S からの全放射エネルギーを同様に測定したところ、地球における太陽定数と同じ値であった。以下の問いに答えよ。

- (1) 恒星 S の光度は太陽の光度の何倍か、 a_1, a_2, a_E の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 恒星 S は主系列星であり、 $a_2 > a_E$ であるとする。惑星 X 2 の大気最上端で、恒星 S からの光線に垂直な単位面積が単位時間あたりに受ける紫外線の放射エネルギーは、地球が太陽から受ける紫外線の放射エネルギーと比べて大きいと考えられるか、小さいと考えられるか、理由を含めて 2 行程度で答えよ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問 大気と海洋の現象に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

近年、人間活動によって大気中の温室効果ガス濃度が上昇し、その結果として地上気温が上昇していることが、地球環境問題として認識されている。この地球規模の温暖化は、地球上のどこでも同じ速さで進んでいるわけではなく、特に北極域で温度上昇が大きいことが報告されている。北極海には海水が浮遊しているが、海水が融解し海面を覆っている面積が減少することによって、さらに温暖化が進むことが知られている。また、極域の温暖化にともなって、氷晶と過冷却の水滴が共存している雲の量がどう変化するか注目されている。海水の融解が直接的に世界の平均海面水位に与える影響はないが、陸上にある山岳氷河や氷床の減少は海面上昇を引き起こす。

- (1) 下線部(I)に該当する気体の名称を二酸化炭素のほかに2つ挙げよ。
- (2) 下線部(II)とは別に、大都市域では地域的な気温の上昇(ヒートアイランド現象)も見られる。その原因として考えられるものを1つ挙げよ。
- (3) 下線部(III)の理由として考えられるしくみを3行程度で説明せよ。
- (4) 下線部(IV)の氷晶や過冷却の水滴の成長には飽和水蒸気圧が重要な要素の1つとなる。
 - (a) 飽和水蒸気圧とは何か、3行程度で説明せよ。
 - (b) 氷晶と過冷却の水滴が共存するとき、片方がもう片方よりも成長しやすい。その理由を、「飽和水蒸気圧」という語を用いて3行程度で述べよ。ただし、温暖化の影響は考えなくてよい。

問 2 大気と海洋の間では、二酸化炭素のやり取りが行われており、海洋から大気へと二酸化炭素が放出されている海域と、大気から海洋へと二酸化炭素が吸収されている海域が存在する。この海洋による二酸化炭素の吸収や放出は、水温、生物活動など様々な影響を受けて大きく変動することが知られているが、湧昇も重要な要因の1つである。具体的には、二酸化炭素を多く含む下層の海水が湧昇すると、海洋による二酸化炭素放出量が増大する。以下の問いに答えよ。

- (1) 下線部であげられている2つの要因が、海洋による二酸化炭素の吸収や放出に影響を与える理由について、それぞれ2行程度で述べよ。
- (2) 東太平洋赤道域における大気海洋間の二酸化炭素のやり取りについて述べた以下の文章の①～③に入る適切な語句を選択せよ。

東太平洋赤道域では、① 東・西風の貿易風が吹いているため、両半球の海洋で② 極・赤道向きのエクマン輸送が生じている。その結果、赤道上で湧昇が起きるため、東太平洋赤道域は主に二酸化炭素が放出される海域となっている。また、エルニーニョ現象に伴う湧昇の③ 弱・強などによって、東太平洋赤道域における大気海洋間の二酸化炭素のやり取りは、年によって大きく変動することが知られている。

(3) 図2-1は、インド洋西部周辺の地上10mにおける風の季節変動の様子を示している。

(a) この海域では、モンスーンが卓越する。図2-1の(A)と(B)のどちらが北半球の夏の図であるかを答えよ。

(b) インド洋西部のアフリカ大陸沖やアラビア半島沖(赤道～北緯20度)では、湧昇の季節変動に伴って、大気海洋間の二酸化炭素のやり取りも大きく季節変動する。北半球の夏と冬のどちらの方が海洋からの放出量が多いか、その理由とともに3行程度で述べよ。ただし、「エクマン輸送」、「湧昇」という語句を必ず用いること。

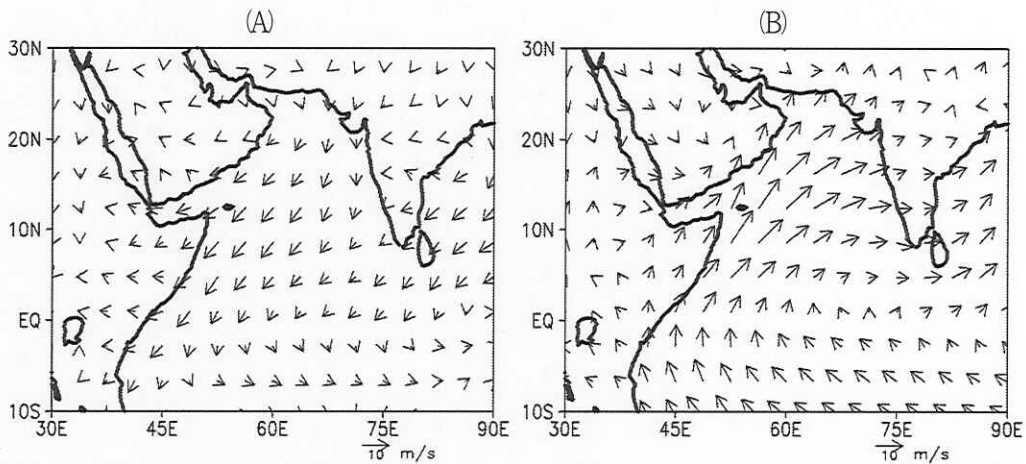


図2-1 インド洋西部周辺(東経30度～東経90度、南緯10度～北緯30度)の地上10mの風(矢印)。(A)と(B)は、それぞれある季節(夏または冬)の風を示している。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第3問 地震と地質に関する次の問い(問1～2)に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

- (1) 海嶺から離れた場所で海底面を強くたたいて地震波を発生させ、様々な震央距離 x に対する P 波の走時を観測し、走時曲線(図3—1)を取得した。海洋底下は2つの層から構成され、浅い層を第1層、深い層を第2層と呼ぶ。各層の厚さは水平方向に一定であり、層内を伝わる P 波速度は各層中で一定であるとする。図3—1の実線は直接波の走時曲線、一点鎖線は第1層と第2層の境界で屈折して海洋底に到達する波の走時曲線を示す。直接波と屈折波が同時に到達する震央距離 x_l は、第1層の厚さ d 、第1層の P 波速度 v_1 、第2層の P 波速度 v_2 を用いて、次の式で表される。

$$x_l = 2d \sqrt{\frac{v_2 + v_1}{v_2 - v_1}}$$

- (a) 図3—1の走時曲線から v_1 、 v_2 、 d を有効数字2桁で求めよ。計算の過程を示すとともに、単位も明記せよ。

- (b) $x \geq x_l$ における屈折波の走時 T_H を x 、 d 、 v_1 、 v_2 を用いて式で表せ。

- (c) 実際には直接波と屈折波に加えて、第1層と第2層の境界で反射して海洋底に戻る反射波と呼ばれる P 波が観測されることがある。任意の震央距離 x の地点における反射波の走時 T_R は x 、 d 、 v_1 を用いて次の式で表される。

$$T_R = \frac{2}{v_1} \sqrt{d^2 + \frac{x^2}{4}}$$

直接波と屈折波の走時曲線に対して、反射波の走時曲線を示すもつとも適切な概念図を図3—2の①～④から1つ選び、その理由を2行程度で述べよ。

(2) 図3—3に示すように、海嶺軸で発生した地震によるP波を、海嶺軸に直交する測線AA'に沿って観測した。

(a) 測線AA'に沿う各観測地点での地面の最初の動き(初動)に着目すると、図3—3のように押し波の領域と引き波の領域の分布が得られた。また、この地震の断層面は、走向 $N0^{\circ}E$ 、傾斜 $45^{\circ}W$ の面で代表されることがわかった。この地震の断層運動は、①右横ずれ、②左横ずれ、③正断層、④逆断層のいずれであるか、東西方向の断面図を描いて2行程度で説明せよ。

(b) 下の文章を読み、ア～ウの空欄にあてはまる語句をそれぞれ答えよ。

上記の断層運動は、大西洋中央海嶺のようなプレート発散境界で発生しやすい。なぜなら、海嶺では地殻を水平方向に 力がはたらいているからである。また、類似の断層運動は、海溝付近でも起こりやすい。

力は、海洋プレートが沈み込む前に曲げられることによっても生じるからである。

海嶺のように、マントル物質が深部から高温を保ったまま上昇してくるところでは、 の低下によってマントル物質が融解してマグマが生じる。マントル物質が融けはじめる温度は、 などが加わると大きく低下する。

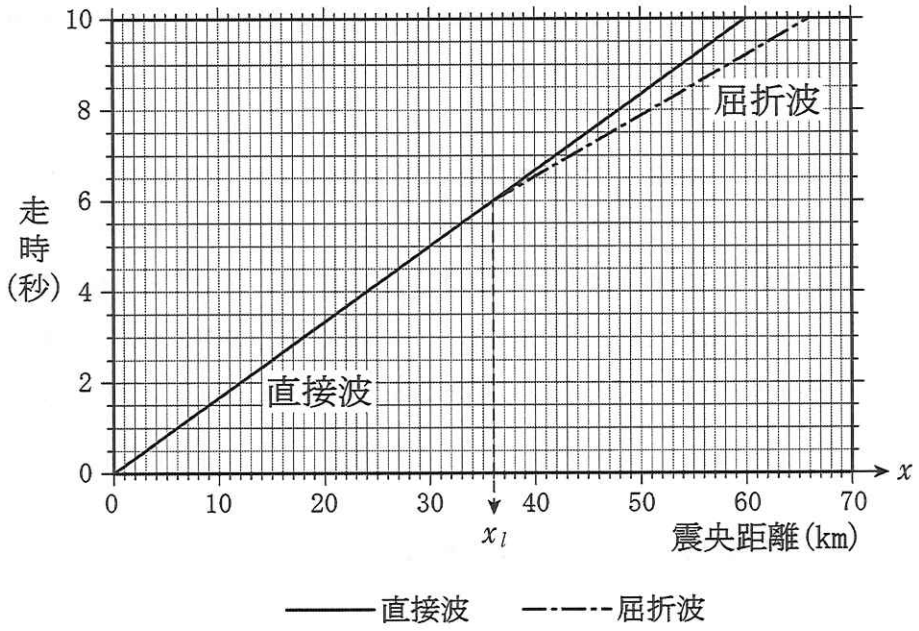


図 3—1 観測された走時曲線。 x は震央距離を表す。

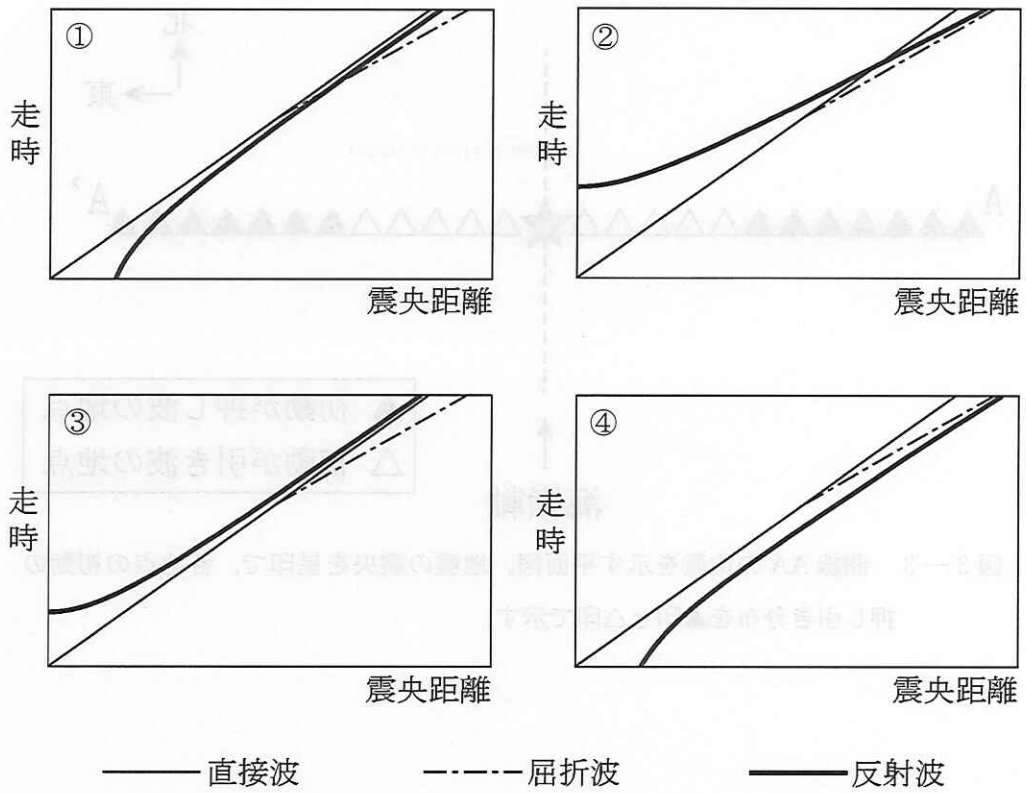


図 3—2 直接波，屈折波，反射波の走時曲線を示す概念図

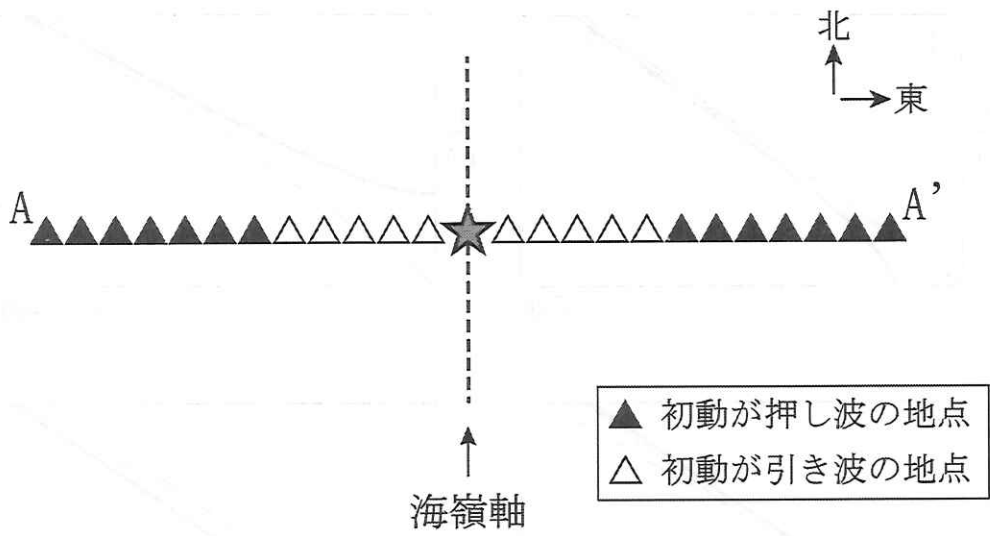


図3—3 測線AA'の位置を示す平面図。地震の震央を星印で、各地点の初動の押し引き分布を▲印と△印で示す。

問 2 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

ある海域で採取された未固結堆積物について、その一部をスライドガラス上に薄く塗布して封入したスライド試料(スミアスライド)を偏光顕微鏡で観察した。開放ニコル(平行ニコル)で観察したある視野でのスケッチを図3-4に示す。図3-4中の粒子A~Dについて、顕微鏡下での観察記録を以下に示す。

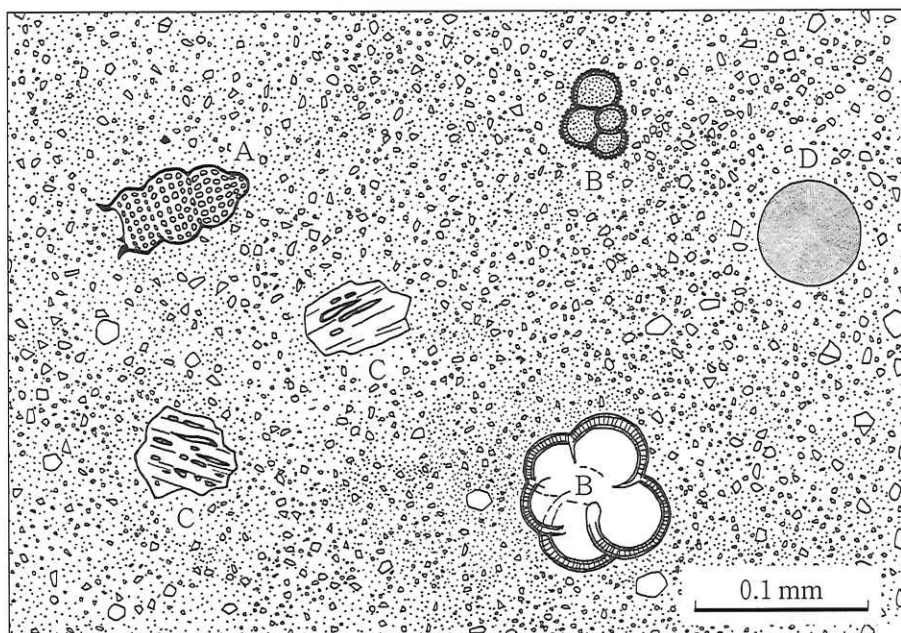


図3-4 ある海域で採取された未固結堆積物から作成したスミアスライドの開放ニコル(平行ニコル)での顕微鏡観察のスケッチ

- A. 粒径が0.3 mm以下のケイ素からなる動物プランクトンの微化石。直交ニコルでの観察では、試料ステージを回転させても常に暗い。
- B. 粒径が0.5 mm以下の微化石で、内部は複数の隔壁により分けられている。直交ニコルでの観察では、炭酸カルシウムの結晶である方解石に特徴的な高い干渉色を示す。
- C. さまざまな粒径で、発泡によってできたとと思われる多様な形態の穴を含む。直交ニコルでの観察では、試料ステージを回転させても常に暗い。

(3) (2)の情報をふまえ、この堆積物が採取された場所として適切なものを、以下の①～④の中から1つ選び、そのように判断した理由を2行程度で説明せよ。

- ① 大洋中央部の中央海嶺で水深 2500 m の地点
- ② 大陸周辺部に位置する海盆で水深 1600 m の地点
- ③ 沈み込み帯の海溝で水深 8000 m の地点
- ④ 大洋中央部の深海平原で水深 5800 m の地点

(4) 図3-4に見られる微化石を含め、堆積物中に多産する生物の化石は示準化石あるいは示相化石として利用されることがある。顕生累代を通じて生物の大量絶滅イベントは繰り返し起きてきた。このような大量絶滅イベントの存在は、各生物グループの示準化石としての有用性を高める反面、示相化石としての利用を困難にすると考えられる。これはなぜか、有用性を高める理由と利用を困難にする理由をあわせて3行程度で説明せよ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)