

地学問題 I

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

太陽は約 50 億年前に誕生し、今後約 50 億年は安定して輝くと考えられている。このような状態にある星を 星という。太陽の放射エネルギーの源は、 反応であり、水素をヘリウムに変えることでエネルギーを放出している。太陽質量程度の星の 以降の進化は、次のように考えられている。 反応で生成されたヘリウムは星の中心にたまり、ヘリウム中心核が形成されていく。やがて、この核を取り囲む殻状の部分で水素の 反応が進むようになる。こうなると星の半径は増大し、これに伴い表面温度が下がる。このような進化段階にある星のことを という。その後、星はその外層大気を放出し、 を形成する。外層大気がなくなると、半径は小さいが温度が高い中心核だけが残り、これを白色わい星という。

冬の大三角をつくる恒星シリウスは単独の星ではなく、A 型星と白色わい星の連星である。望遠鏡を使ってシリウスを観測すると、明るい星(これをシリウス A とする)とこれより 10 等級暗い星(シリウス B とする)が近接して存在していることがわかる。長年観測を続けると、この 2 つの星は、両者の重心を中心に回転しており、その公転周期は 50 年であることがわかる。また、その平均間隔は角度で 7.6 秒角である。ここで、1 秒角は 1 度の 3600 分の 1 である。以下では簡単のため、星は球状であり等方的に光を放射しているとし、また連星の公転軌道面はわれわれの視線に対して垂直であると仮定する。

問 1 文中の ア ~ エ に適切な語を記入せよ。

問 2 シリウス A の光度は、ここでは簡単のため太陽の光度の 10 倍とする。シリウス B の光度は太陽の光度の何倍であるか、有効数字 1 けたで求めよ。導出過程も示すこと。

問 3 恒星表面の単位面積から 1 秒間に放出されるエネルギーは、星の表面温度を $T[\text{K}]$ として、 $\sigma T^4[\text{W}/\text{m}^2]$ である。 σ はシュテファン・ボルツマン定数で、 $5.7 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ である。太陽の表面温度は 6000 K で、シリウス B の表面温度は 10000 K である。シリウス B の半径は太陽の半径の約 100 分の 1 であることを考え方とともに式で示せ。

問 4 われわれからシリウスまでの距離は 2.6 パーセク (8.6 光年) である。シリウス A とシリウス B の間の平均距離は約 20 天文単位であることを考え方とともに式で示せ。

問 5 シリウス A とシリウス B の質量をそれぞれ M_A , M_B とする。この連星の重心からシリウス A までの平均距離を R_A , シリウス B までの平均距離を R_B とすると、これら 4 つの量の間には、 $M_A : M_B = R_B : R_A$ の関係があり、観測から $R_B : R_A = 2 : 1$ であることがわかる。また、連星にケプラーの法則を適用すると

$$(\text{平均距離})^3 / (\text{公転周期})^2 = M_A + M_B$$

の関係がある。ただし、距離は天文単位、時間は年、質量は太陽質量を単位としている。 M_A と M_B を太陽質量を単位として有効数字 1 けたで求めよ。導出過程も示すこと。

問 6 以上の結果から、シリウス B の 1cm^3 あたりの平均質量を有効数字 1 けたで求めよ。導出過程も示すこと。なお、太陽の平均密度は $1.4 \text{g}/\text{cm}^3$ である。

地学問題 II

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

① 地球は太陽放射エネルギーを受け取り、地球放射によりエネルギーを放出している。地球のエネルギー収支は全体ではつり合っているが、地域的に見ると、低緯度側で受け取る分が大きく、高緯度側で失う分が大きい。このため、大気循環や海洋循環などによって低緯度地域から高緯度地域へ熱エネルギーの輸送が生じている。大気循環は、年平均で見ると、赤道から緯度30°付近の低緯度帯、緯度30°付近から60°付近の中緯度帯、緯度60°付近から極付近の高緯度帯の3つの地域で異なる様相を示している。

大気の循環は海洋の運動に影響を及ぼしている。④ 平年の状態においては、太平洋熱帯域の西部に暖かい海水が集まる一方、太平洋赤道域の東部で赤道湧昇により海面温度が低くなる。この太平洋赤道域東部において、数年に一度、海面水温が平年より高い状態が続いたり、逆に低い状態が続いたりすることがある。前者を 現象、後者を 現象とよぶ。

大気の循環は、人間活動や火山噴火などによって ⑤ 大気中に放出された微粒子などの物質の輸送も引き起こす。このような微粒子は、太陽放射を散乱・吸収して地上に到達する日射量を減少させ、気温を低下させる日傘効果をもつ一方、地上からの赤外放射を吸収し一部を下向きに再放射する 効果ももっている。

問1 文中の ～ に適切な語を記入せよ。

問2 下線部①に関連して、太陽活動の地球への影響として、太陽フレアにより引き起こされるデリンジャー現象や磁気嵐が挙げられる。これらが1つの太陽フレアにより引き起こされたとしても、発生する時刻は一致しない。その理由を述べよ。

問 3 下線部②に関連して、低緯度帯における大気循環はハドレー循環とよばれている。北半球におけるハドレー循環を形成する大気の水平方向及び鉛直方向の流れを説明せよ。水平方向に関しては流れの方角も述べること。

問 4 下線部③に関連して、以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 図1はある日の北半球中緯度帯の500 hPaの高層天気図である。破線X-Y断面での500 hPaの等圧線を描け。等圧線にはA~Fそれぞれに対応する位置を書き入れること。

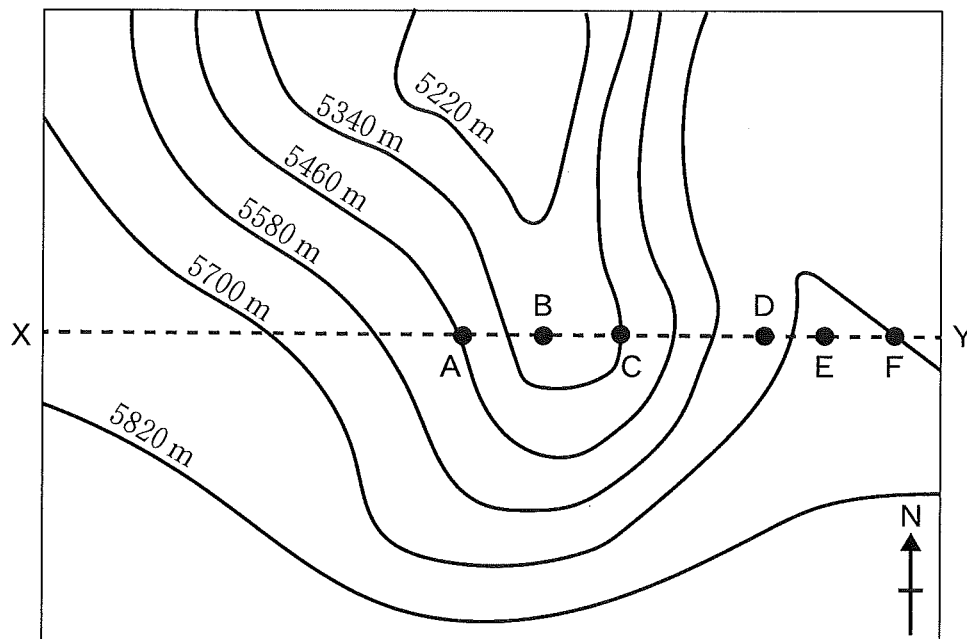


図 1

(2) 図1のような高層天気図のとき、地上で温帯低気圧が発達しやすい場所として最も適切な場所を図1のA~Fから選べ。

- (3) 図2に示すような、北半球および南半球の地上における等圧線が円形の温帯低気圧について、PとQの位置における風の流れにはたらく主要な3つの力のつりあいを、それぞれの名称とともに図示せよ。また、風の向きも合わせて図示せよ。ただし、上を北として図示すること。

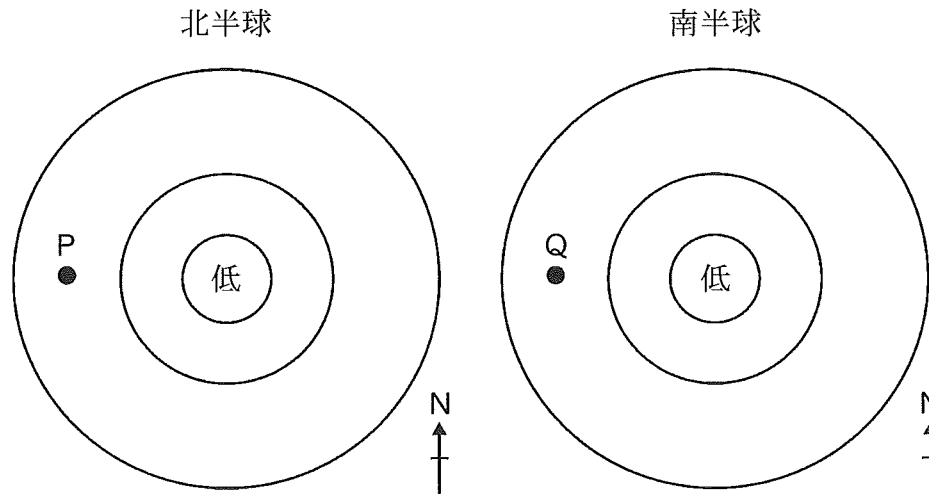


図2

問5 下線部④に関連して、太平洋においてこのような現象が生じるメカニズムを、大気との相互作用に言及しつつ説明せよ。

問6 下線部⑤に関連して、以下の(1)、(2)に答えよ。

- (1) 大気中に浮遊する液体や固体の微粒子の名称を答えよ。
- (2) そのような微粒子から雲が形成される過程を説明せよ。

地学問題 III

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

地球の表面は、いくつかの硬い岩盤の板「プレート」でおおわれている。プレートが相互に運動することによって、地球表層での地震・火山活動や造山運動などがプレートの境界部で起きている。プレートとは とよばれる硬い岩層のことであり、 速度が遅い低速度層より上部の地殻とマントル最上部とからできている。地球は球体であるので、プレートは平板ではなく、球面上を移動する薄い殻(球殻)^①である。

プレートの境界には、プレートが拡大する境界、収束する境界、そして、すれ違う境界の3種類がある。拡大する境界の中央海嶺では海洋のプレートが形成されている。^② 拡大する境界が大陸にある場合は、大陸の分裂が起こり、地溝帯が形成される。収束する境界の海溝では、一方のプレートに他方のプレートが沈み込んでいる。大陸縁の海溝において、沈み込んでいくプレート上に大陸がある場合は、その大陸は沈み込まれる側の大陸と衝突することになる。その結果として、複数の大陸がひとまとまりになった大陸塊が形成される。^③

問1 文中の と に適切な語を入れよ。

問2 プレートが拡大する境界とすれ違う境界では、どのような断層型の地震が主に起きるか、それぞれの境界について1つずつ答えよ。

問3 下線部①に関連した以下の文章を読み、以下の(1)、(2)に答えよ。

今、2つのプレート間の運動を、一方のプレートを固定したときの他方のプレートの運動として考えよう。この相対的なプレート運動は、地球の中心を通る軸周りの回転運動と見なすことができ、その回転軸が地球表面と交わる点をオイラー極という。プレート運動は、オイラー極の位置と軸周りの回転運動の角速度(単位時間あたりに回転する角度)によって表すことができる。

- (1) オイラー極の位置は、トランスフォーム断層の走向から推定することができる。その理由と推定方法を説明せよ。
- (2) 図1 aのように、2つのプレート(プレート X, Y)の境界には中央海嶺が存在している。図1 aの点P付近では、図1 bのような磁気異常のしま模様が認められた。中央海嶺の軸に最も近い正と負の磁気異常の境界までの距離は、中央海嶺の軸から両側に 19.5 km 離れていた。プレート Y に対するプレート X の運動の角速度を求めよ。角速度は 1000 年当たりの回転角度(ラジアン/1000 年)として算出し、有効数字 2 けたで示せ。計算過程も示すこと。なお、プレート Y に対するプレート X の運動のオイラー極は図1 aに示したとおりで、オイラー極から点Pまでの角度は 60° である。また、最近の地磁気の極性の逆転現象は 78 万年前に起こったとし、地球の半径は 6400 km, $\sqrt{3} = 1.73$ とせよ。

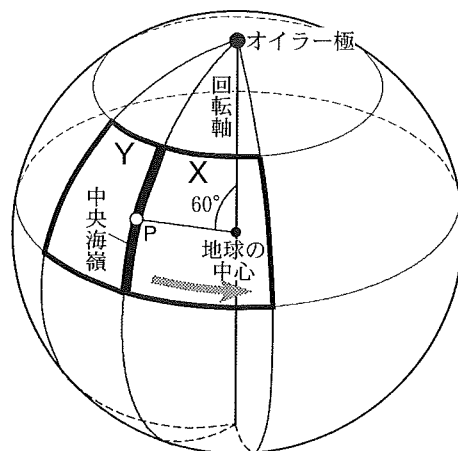


図1 a

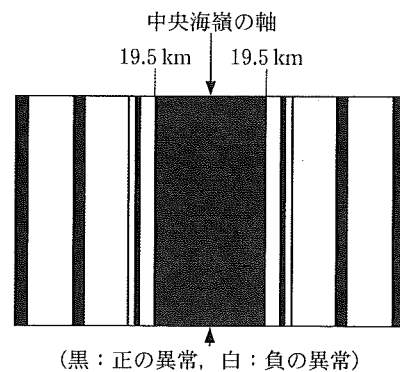


図1 b

問 4 下線部②に関連して、以下の(1), (2)に答えよ。

- (1) 海洋のプレートが中央海嶺で形成されてから時間が経過するに従って、海洋底の深さはどのように変化するか、その変化をもたらす要因とともに説明せよ。

(2) 問 4(1)の海洋底の深さの変化に応じて、陸から離れた遠洋域の海洋底の堆積物の種類や構成は変化することが知られている。遠洋域の堆積物は、主に生物起源のものからなり、それには、炭酸カルシウムに富むものとケイ質に富むものがある。そのような堆積物では、海洋底の深さの変化に応じてどのような変化が見られるか、その変化をもたらす理由とともに説明せよ。

問 5 下線部③に関連した以下の文章を読み、以下に答えよ。

ある大陸 A があったとする。その大陸に分布する 10 億年前から 5 億年前までの岩石の残留磁化を測定し、その方位から地磁気の北極の位置を求めた。その位置は、図 2 a に示すように大陸 A に対して年代とともに移動していた。地磁気の北極の位置は変わらないとすると、この地磁気の北極の移動は見かけのもので、プレート運動による大陸 A の移動の結果であると考えることができる。ある大陸 B, C から同様にしてみかけの地磁気の北極の移動経路を求めた。その結果、3 つの大陸は、ある年代にはひとまとまりの大陸塊を形成していたことがわかった。図 2 b には、6 億年前に 3 つの大陸が形成していた大陸塊を示す。また、その大陸塊を構成する大陸の配置で、各大陸から得られた見かけの地磁気の北極の移動経路を表示している。

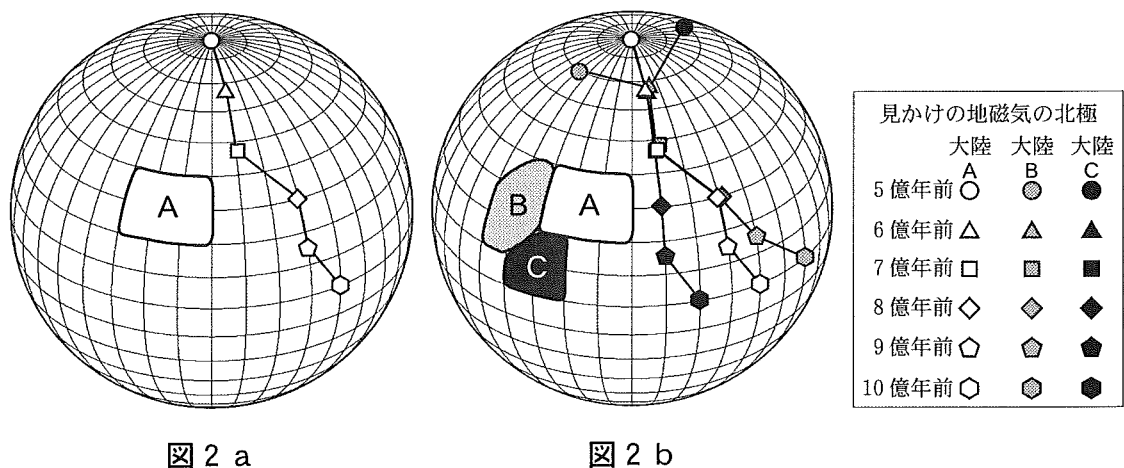


図 2 a

図 2 b

図 2 b の見かけの地磁気の北極の移動経路に基づけば、8 億年前と 10 億年前の大陸配置は大陸 A を固定した場合、それぞれ図 3 a と図 3 b に示すとおりであったと考えられる。なぜそのように考えることができるか、それぞれについて説明せよ。なお、図 2、図 3 の緯度線と経度線は 10° 間隔である。

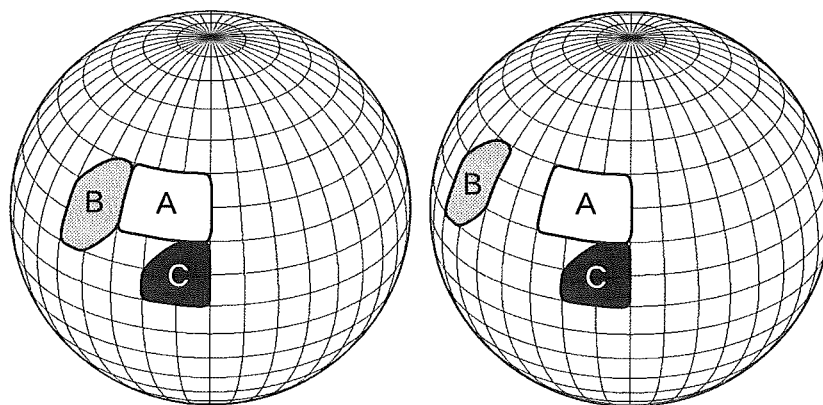


図 3 a

図 3 b

地学問題 IV

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

大陸地殻は、 質岩石の上部地殻と 質岩石の下部地殻からできている。一方、海洋地殻はほとんど 質岩石からできている。これらの地殻を構成している大部分の鉱物はケイ酸塩鉱物であり、**図1**に示すように、1つのケイ素(Si)を4つの酸素(O)が取り囲んでいるSiO₄四面体のつながりがその骨組みとなっている。ケイ酸塩鉱物の1つである石英は、SiO₄四面体の4個すべての酸素がそれぞれ別々のSiO₄四面体と共有された立体網状構造をしている。このとき、石英中に含まれるケイ素と酸素の数の比(Si : O)は、1 : 2である。輝石は、SiO₄四面体のうち2つの酸素がそれぞれ別々のSiO₄四面体と共有された 状構造をしている。

輝石と角閃石、黒雲母を偏光顕微鏡で観察したところ、輝石と角閃石では2方向のへき開が、黒雲母では1方向のへき開が見られた。へき開のなす角度は、輝石では約 度、角閃石では約 度であった。この違いは、結晶構造の違いを反映している。

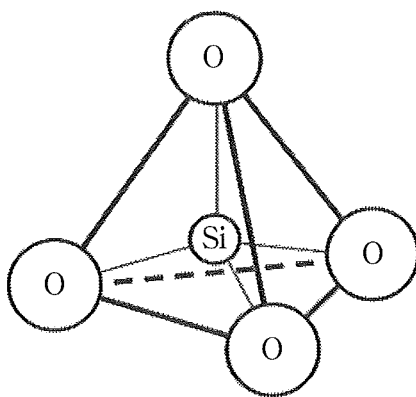


図1

問1 文中の ～ に適切な語句、数値を記入せよ。

問 2 輝石のケイ素と酸素の数の比(Si : O)を, 理由とともに答えよ。

問 3 下線部に関連して, 角閃石, 黒雲母の結晶構造の特徴を, SiO_4 四面体のつながり方に着目して答えよ。

問 4 質岩石, 質岩石を構成する鉱物は, 石英, カリ長石, 斜長石, 輝石, かんらん石であるとする。表 1 は, それらの鉱物の体積比を示している。以下の(1)~(4)に答えよ。

表 1

	<input type="text" value="ア"/> 質岩石	<input type="text" value="イ"/> 質岩石
カリ長石	25 %	—
<input type="text" value="a"/>	25 %	—
<input type="text" value="b"/>	50 %	60 %
<input type="text" value="c"/>	—	25 %
かんらん石	—	15 %

(1) 表中の ~ に適切な鉱物名を記入せよ。

(2) 輝石を糸でつるし, ばねばかりを用いて空気中での重さと水温 4°C の水中での重さを測定したところ, それぞれ 3.1 g , 2.2 g を示した。この輝石の密度を有効数字 2 けたで求めよ。計算過程も示すこと。糸の体積, 重さは測定に影響しないものとする。

(3) 石英, カリ長石, 斜長石, かんらん石の密度を, それぞれ 2.7 g/cm^3 , 2.6 g/cm^3 , 2.7 g/cm^3 , 3.6 g/cm^3 としたとき, この **ア** 質岩石, **イ** 質岩石の密度を有効数字 2 けたで求めよ。計算過程も示すこと。ただし, 輝石の密度は問 4(2)の結果を用いよ。

(4) 図 2 に示す大陸と海洋においては, 海面から深さ 100.0 km にある面でアイソスタシーが成り立っているとす。すなわち, その面に加わる単位面積あたりの荷重はどこでも等しい。このとき, 海面からの大陸の高度 $h [\text{km}]$ を有効数字 2 けたで求めよ。計算過程も示すこと。ただし, 大陸は厚さ 35.0 km の **ア** 質岩石の上部地殻と厚さ 15.0 km の **イ** 質岩石の下部地殻をもつとする。また, 海洋地殻は厚さ 7.0 km の **イ** 質岩石からできているとし, 海水の厚さは 4.0 km とする。マンツルの密度および海水の密度はそれぞれ 3.3 g/cm^3 , 1.0 g/cm^3 とし, **ア** 質岩石および **イ** 質岩石の密度は問 4(3)の結果を用いよ。

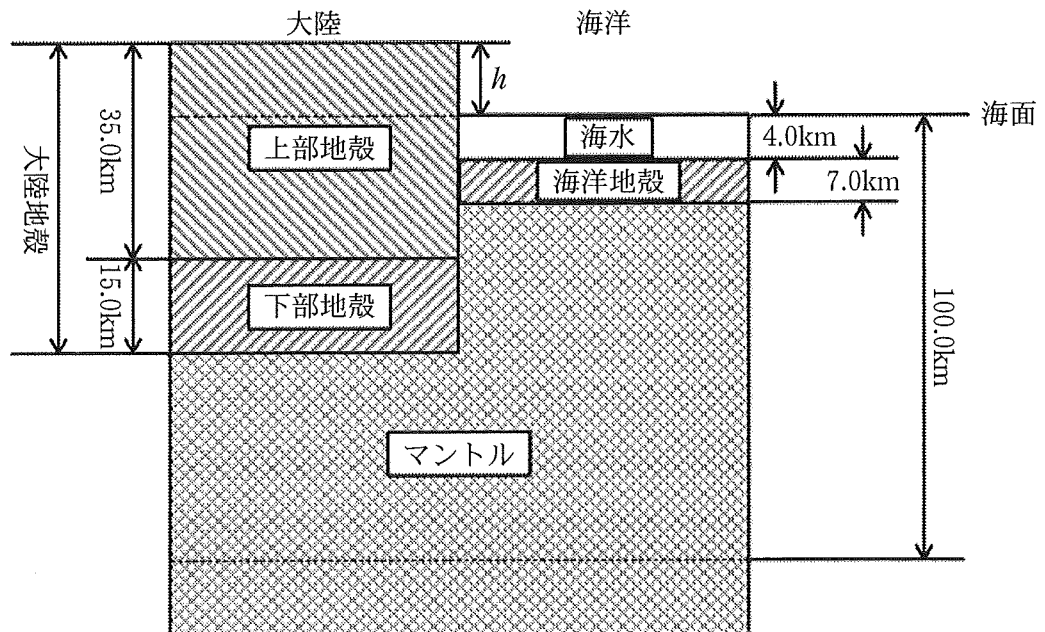


図 2

地学問題は, このページで終わりである。