

第1問：

熱いみそ汁を観察すると、みそが底の方からわき上がってくるのが見える。これは熱対流という現象で、熱エネルギーによる物質の循環である。熱対流は、スケールを大きくし、地球の層構造（核、マントル、地殻、海洋、大気）の層内でみることができる。また物質は層間をまたいで循環する。地球や太陽で起きている物質の対流や循環に関する次の問い（問1～6）に答えよ。

〔解答番号1～6〕

問1 固体地球内部にみられる物質の対流や循環に関連して述べた次の文章中のア・イに入れる語の組合せとして最も適当なものを、次ページの1～4のうちから一つ選べ。

マントル内では大規模な対流が起きている。低温のプレートが下降し、高温のプレートがマントルの底から上昇する。この熱対流が、プレート運動の原動力となると考えられている。次ページの図1は、東北日本の東西断面の模式図である。地震の震源、火山の分布および沈み込む海洋プレートの位置を表している。太平洋の（ア）で生成された海洋プレートは、図の矢印Aで示される（イ）で大陸プレートの下に沈み込む。東北日本の地震や火山の活動は、海洋プレートの沈み込みと密接に関連している。

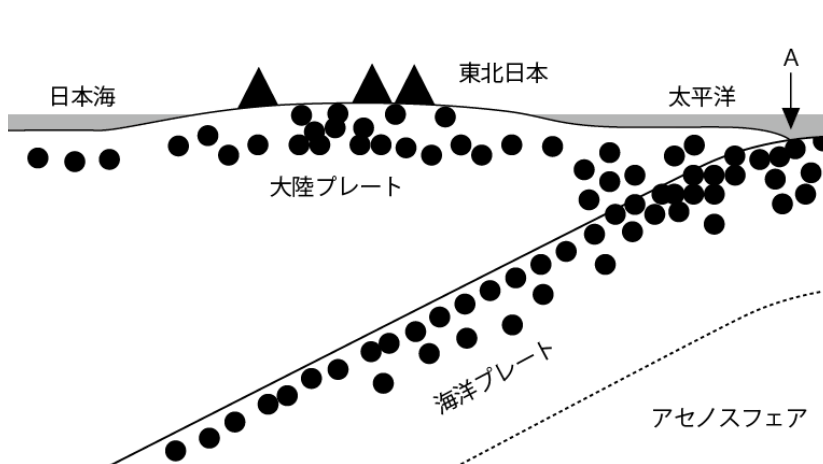


図1 東北日本の断面の模式図

▲は火山を、●は地震の震源を示す。

組み合わせ

- 1) 中央海嶺 トランスフォーム断層
- 2) 中央海嶺 海溝
- 3) 火山フロント トランスフォーム断層
- 4) 火山フロント 海溝

これは知識を問う問題。海洋プレートが生まれる場所→中央海嶺、プレートが沈み込むところ→海溝、よって選択されるのは2

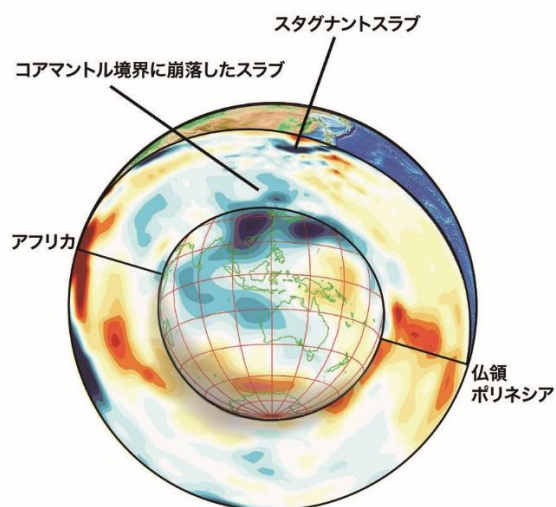
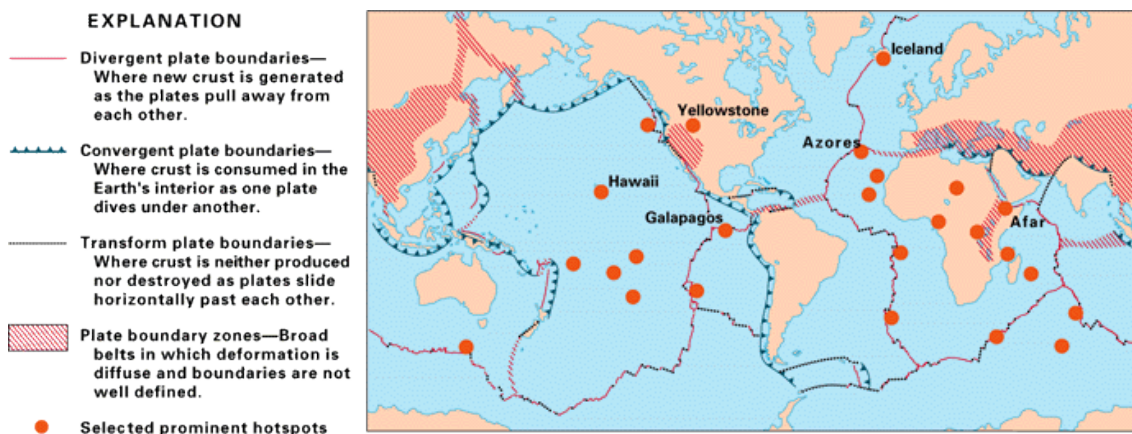
問2 マントル内部を上昇するプルームやホットスポットについて述べた文として最も適当なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。

- 1 ホットスポットを起源とする火山島には、ハワイ諸島や伊豆・小笠原諸島がある。
- 2 海嶺は、すべてプルームの上昇する場所に形成される。
- 3 プルームが上昇する地域は、地震波速度の解析から推定される。
- 4 ホットスポットを起源とする火山は、主に花こう岩や流紋岩からなる。

知識を問う問題。1つずつ確認する。よって選択されるのは3

- ・ホットスポット：ハワイ島はそうであるが、伊豆・小笠原諸島は違う。
- ・海嶺はすべてプルームの上昇する場所に形成されるわけではない。
- ・プルームが上昇する地域は地震波速度の解析から推定されている。
- ・ホットスポットを起源とする火山は、主に玄武岩からなる。

ホットスポットの分布 (USGS の web サイトから)



地震波の速度解析から。赤は遅い（媒質が柔らかい→温度が高い）、青は速い（媒質が固い→温度が低い）と判断される。

問3 地球表層では、地表、海洋、大気の間で水が循環している。その循環は、地表での風化・侵食・堆積作用を引き起こし、地形を変化させる主要因の一つとなっている。地形の形成や変化について述べた文として最も適当なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。

- 1 氷河に覆われた地域では、侵食が起きないため、地形は変化しない。
- 2 扇状地は、川が山地から平野や海岸に出る所で、川の侵食作用により形成される扇形のくぼ地である。
- 3 一旦形成されたカルスト地形は、雨水や地下水の影響では変化しない。
- 4 海岸段丘の平坦面は、侵食作用で形成された海食台が基盤の隆起や海面の低下により海面上に出たものである。

知識を問う問題。1つずつ確認する。よって選択されるのは4

- ・氷河はゆっくりと移動するときに侵食する→U字谷など
- ・扇状地とは、河川が山地から平野や盆地に移る所などに見られる、土砂などが山側を頂点として扇状に堆積した地形のこと。扇子の形と似ていることからこの名がある。扇状地の頂点を扇頂、末端を扇端、中央部を扇央という。
- ・カルスト地形とは、石灰岩などの水に溶解しやすい岩石で構成された大地が雨水、地表水、土壌水、地下水などによって侵食（主として溶食）されてできた地形（鍾乳洞などの地下地形を含む）である。よって変化する。
- ・海岸段丘は隆起地帯に発達した地形であり、海水準変動と地盤隆起の組み合わせにより形成された。段丘面はかつての汀線部であり、段丘崖はかつての海食崖にあたる。形成された段丘面・段丘崖は隆起運動により高位に移動し、新しい汀線に沿って新規の段丘面・段丘崖が形成される。このため、高位の段丘面・段丘崖ほど形成時期が古くなっている。

問4 海洋の循環に関する次の文章中のウに入れる数値として最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。

海洋では、次の図2に示すように、暖かい表層海水が高緯度域に達すると冷却されて沈み込むことにより、深層循環が成立している。これは、各大洋をつなぐベルトコンベアーにたとえられ、沈み込んだ海水が再び表層近くへ上昇するまでに（ウ）年を要すると考えられている。この年数と深層循環の経路の長さ数万 km を用いると、深層の流れの平均的な速さ

を 1mm/s 程度と見積もることができる。

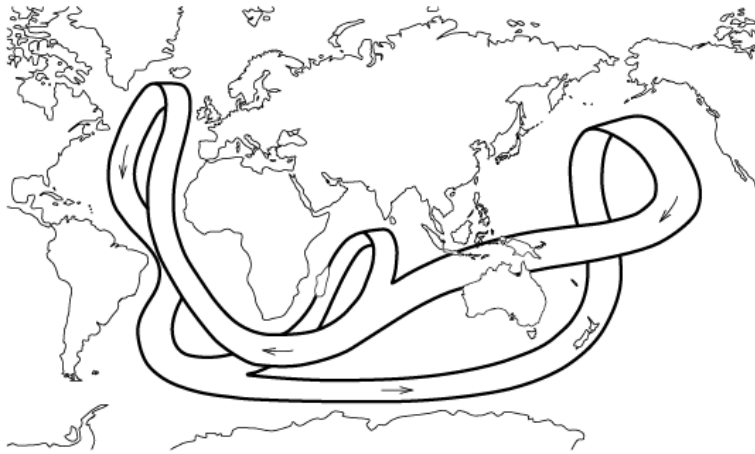


図2 ベルトコンベアーにたとえられる深層循環の模式図

図中の矢印は流れの向きを示す。

- 1) 5 - 10
- 2) 50 - 100
- 3) 1000 - 2000
- 4) 10000 - 20000

深層水の大循環が 1000-2000 年周期と知っていれば 3 とすぐ答えられるが、知らなくても 1 秒当たり 1mm 進むのだから 1 日 86400mm=86m、1 年で 31.536km まで計算すれば数万 km というのは 1000 倍くらいのこととあたりがつく。

問5 大気や海水が循環すると、熱輸送が起きる。そのため、低緯度域と高緯度域の温度差は、この熱輸送と太陽放射の緯度分布によって決まる。大気の循環と気象について述べた文として最も適当なものを、次の 1 ~ 4 のうちから一つ選べ。

- 1 海陸風は、海面と陸地の温度の季節変化によって生じる風である。
- 2 ハドレー循環は、赤道付近で上昇し緯度 30 度付近で下降する大気の循環で、亜熱帯高圧帯に多量の降水をもたらす。
- 3 偏西風の波動は、中緯度から高緯度への熱輸送に大きく寄与している。
- 4 貿易風は、中緯度から低緯度の地域で西から吹く恒常的な風である。

知識を問う問題。1 つずつ確認する。よって選択されるのは 3

基礎知識として、雨が降るのは低気圧（上昇気流）、晴れるのは高気圧（下降気流）と知っ

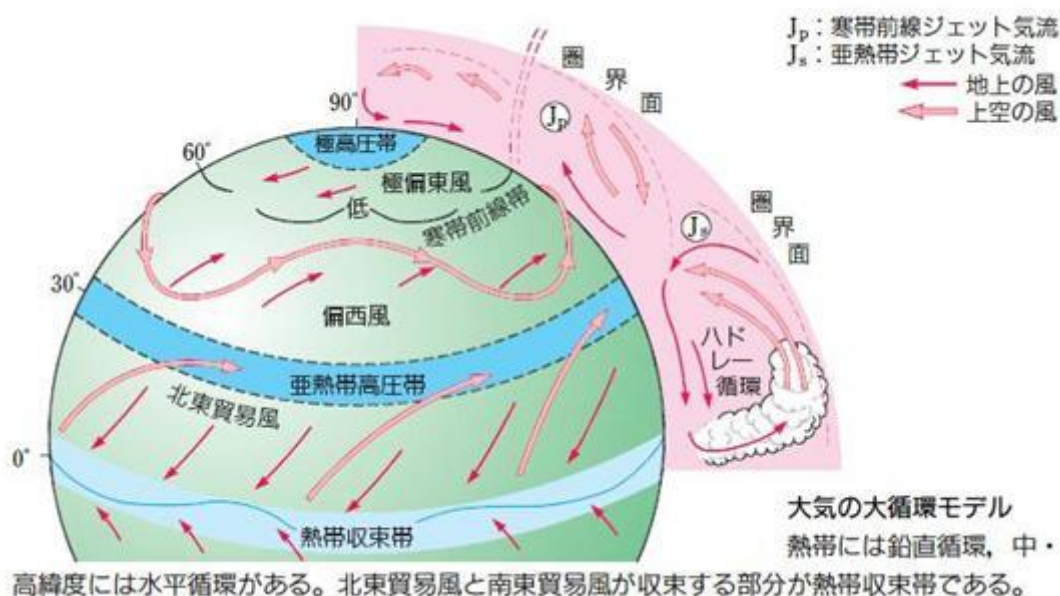
ていれば判断できる。

海陸風は、海面と陸地の温度の昼と夜の変化によって生じる風である。

ハドレー循環は、赤道付近で上昇した空気が緯度 30 度付近まで北上した後、下降し地表付近を南下して赤道に戻る循環のこと。ハドレー循環により赤道付近には常に上昇気流が存在し、低圧部となっており雨が多い。逆に緯度 30 度付近は常に下降気流が存在し、亜熱帯高圧帯となっていて雨が少なく乾燥気候となっている。

偏西風の波動は、中緯度から高緯度への熱輸送に大きく寄与している。

赤道付近は両極付近よりも自転速度が速いため、赤道から極に輸送された空気は地表から見ると西風（偏西風）となり、極から赤道に輸送された空気は東風（貿易風）となる。



問6 地球外の天体、例えば次の図₃に示すように、太陽の表面でも物質の循環が観察されている。これは、内部から上昇してきたガスが光球に熱を与え、冷えて沈んでいく対流に伴うものである。この表面の特徴を表す語として最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。

- 1) プロミネンス、2) フレア、3) 黒点、4) 粒状斑

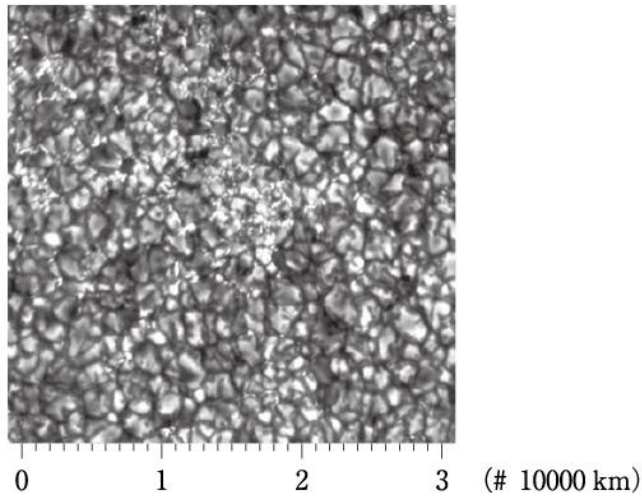
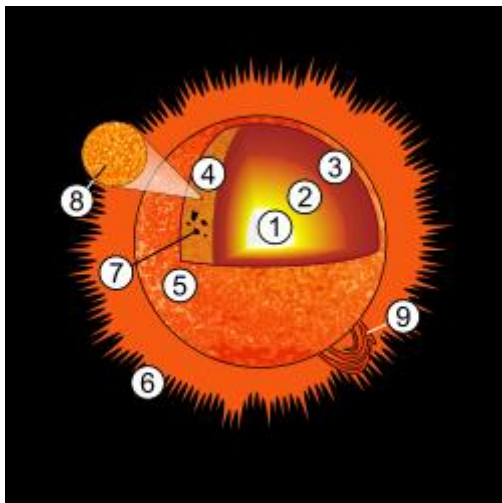


図3 太陽の表面に見られる特徴

知識を問う問題。1つずつ確認する。よって選択されるのは4



ウィキペディアより。1. 太陽核、2. 放射層、3. 対流層、4. 光球、5. 彩層、6. コロナ、7. 太陽黒点、8. 粒状斑、9. 紅炎

プロミネンスは紅炎（こうえん、solar prominence）とも言い、太陽の下層大気である彩層の一部が、磁力線に沿って、上層大気であるコロナ中に突出したものである。英語のままプロミネンスと呼ばれることも多い。

太陽フレア（たいようフレア、Solar flare）とは太陽における爆発現象をいう。

太陽黒点（たいようこくてん、英: sunspot）とは、太陽表面を観測した時に黒い点のように見える部分のこと。単に黒点とも呼ぶ。実際には完全な黒ではなく、この部分も光を放っているが、周囲よりも弱い光なので黒く見える。太陽黒点は、約9.5年から12年ほどの周期で増減を繰り返している。黒点が暗いのは、その温度が約4,000°Cと普通の太陽表面（光球）

温度（約 6,000°C）に比べて低いためである。発生原因は太陽の磁場であると考えられている。

粒状斑(りゅうじょうはん、granule)とは、太陽光球面に見られる対流模様。穀物の粒 (grain) を敷き詰めたように見えることが名前の由来である。鍋の中の味噌汁のように、液体を加熱すると対流細胞と呼ばれる丸い模様がたたくことができるが、太陽の光球を構成しているガスも下層から運ばれる熱によって対流しているため、太陽面全体がこの対流細胞に覆われている。粒状斑の直径はおよそ 1000km と小さいため、大きな望遠鏡を使わないと観測できない。一つの粒状斑の寿命は 8 分程度である。

第 2 問

次に示したものは、ある高校生が探究活動の成果を発表するために作成したポスターの一部である。この探究活動に関する下の問い（問 1 ～ 6 ）に答えよ。

石材として利用されている岩石について

【はじめに】

公園やビルなどで見かけた石材に関心を持ったので、石材店を訪問して情報を収集した。そこで入手した石材(X, Y, Z)のサンプルを学校に持ち帰って調べた。

【目的】

石材として利用されている岩石の種類や性質を調べ、用途との関係を明らかにする。

【方法・結果】

- (1) 石材のプレパラート(岩石薄片)を作製し、顕微鏡で観察した。
 - (2) 石材の小片を希塩酸に浸し、反応して発泡するかどうかを調べた。
- これらの結果を、図1と表1に示す。

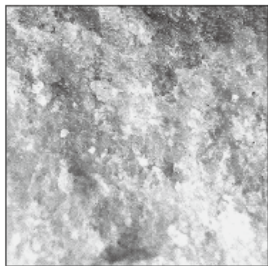
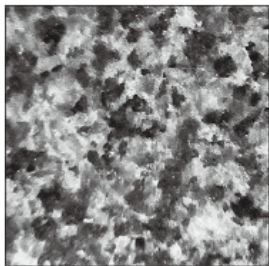
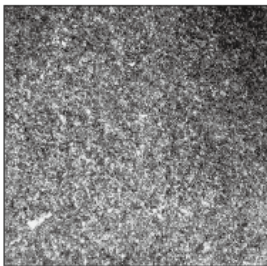
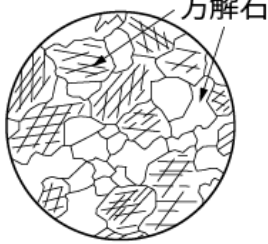

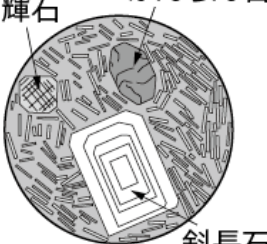
	石材X	石材Y	石材Z
写真 4 cm# 4 cm			
主な用途	屋内の壁など	屋外の床や壁など	屋外の床など
顕微鏡観察 での スケッチ 0.5 mm └───┘	 方解石	 輝石 角閃石 斜長石	 輝石 かんらん石 斜長石
希塩酸との 反応	発泡する	発泡しない	発泡しない

図1 観察や実験の結果

表1 顕微鏡観察の結果

	構成鉱物	顕微鏡による観察項目			
		色	多色性	へき開	干渉色
石材X	方解石	無色	なし	あり	鮮やかな色
石材Y	角閃石	緑色	あり	あり	鮮やかな色
	輝石	淡緑色	あり	あり	鮮やかな色
	斜長石	無色	なし	あり	灰色
石材Z	かんらん石	淡黄色	なし	なし	鮮やかな色
	輝石	淡緑色	あり	あり	鮮やかな色
	斜長石	無色	なし	あり	灰色

(3) 石材Yについては、研磨面に方眼の入った透明シートをのせて固定し、格子点上の鉱物を数えることで、色指数を求めた。その結果、石材Yの色指数は、であった。

【考察】

石材X	石材Y	石材Z
粗粒の方解石(成分はCaCO ₃)だけで構成されていることから、結晶質石灰岩であり、酸に弱いと考えられる。	顕微鏡観察の結果から判断すると、 <input type="text" value="イ"/> であり、これは、求めた色指数からも裏付けることができる。	顕微鏡観察の結果から判断すると、玄武岩であると考えられる。 石材Zでは、斜長石が(問5に続く)。

【結論】

観察・実験の結果や考察から、ことがわかった。

【今後の課題】

<以下省略>

問1 前ページの表 I の観察項目のへき開について、顕微鏡観察のほかに、方解石にへき開があることを確かめる方法を述べた文として最も適当なものを、次の 1 ~ 4 のうちから一つ選べ。1

- 1 鉄クギで方解石をこすって、傷が付くかどうかを確かめる。
- 2 字を書いた紙の上に透明な方解石を置いて、字が二重に見えるかどうかを確かめる。
- 3 ガスバーナーで方解石を熱して、橙だいたい色の炎を発するかどうかを確かめる。
- 4 ハンマーで方解石をたたいて、一定面に沿って割れるかどうかを確かめる。

へき開を知っているかどうか。答えは 4。

劈開（へきかい、英: cleavage）とは、結晶や岩石の割れ方がある特定方向へ割れやすいという性質をもつ。これをへき開という。

鉄くぎでこすって傷がつくかどうかで分かるのは、鉄より硬いかどうか。

字が二重に見えるのは複屈折が大きいため。

ガスバーナーで炎の色を見るのは含まれている元素を確認するため。

割れやすさの方向性を見ているのはハンマーでたたく実験。

問3 この探究活動では、生物の観察に使用する顕微鏡を用いて岩石薄片の顕微鏡観察を行った。次の図₁は、そのときに用意した岩石薄片と偏光板を示している。前ページの表 I の観察項目の干渉色を観察するには、岩石薄片と偏光板をどのように組み合わせるとよいか。最も適当なものを、下の 1 ~ 4 のうちから一つ選べ。

学校で偏光顕微鏡を見たことがあればすぐにわかる。干渉色は直交ニコルで見る。干渉色を見るには P と Q の 2 枚の偏光板を使う。さらに偏光板の光の振動方向が直交しないといけないので選択肢は 3。

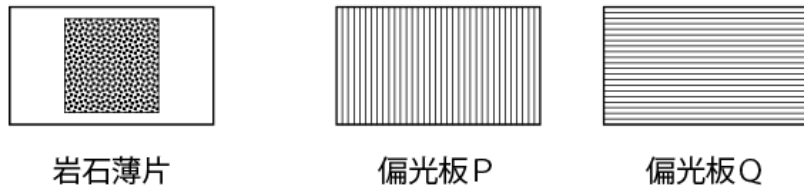
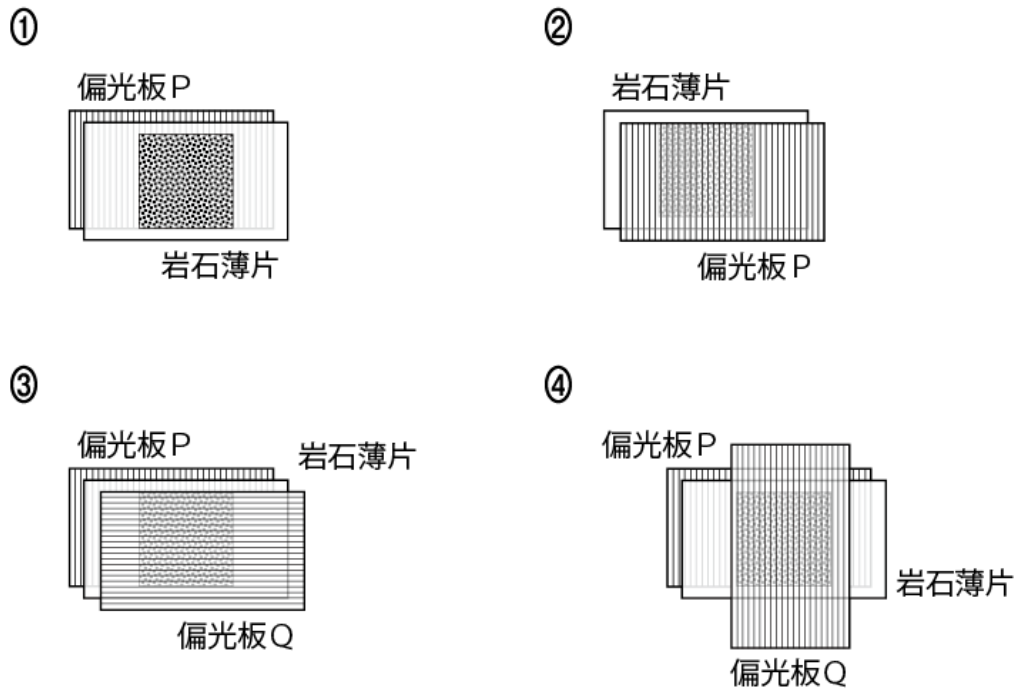
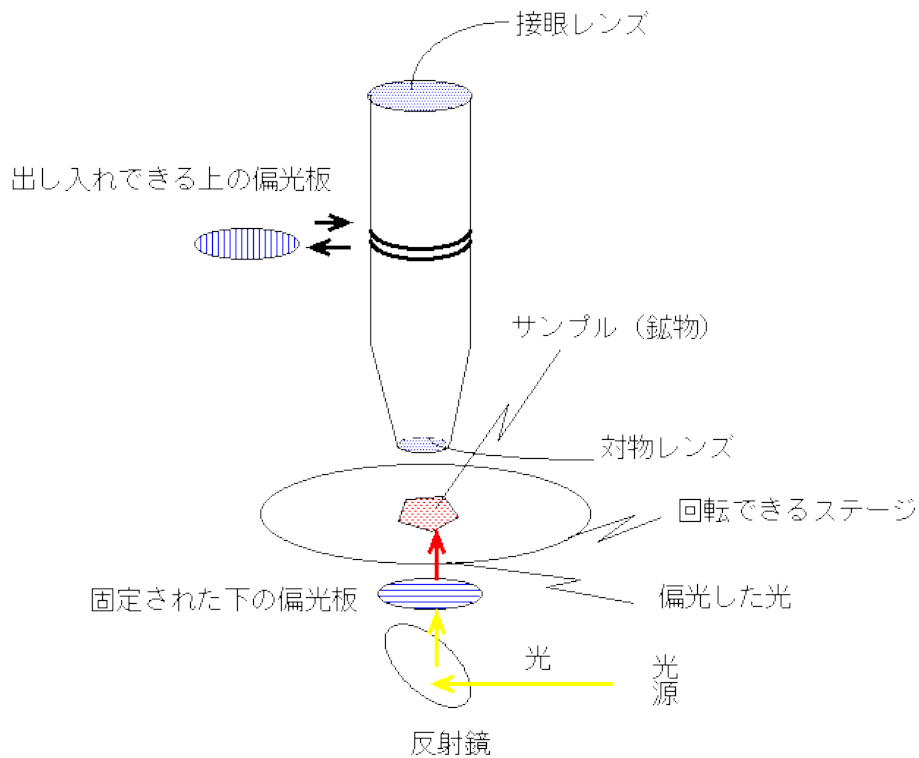


図1 顕微鏡観察のために用意した岩石薄片と偏光板
 偏光板の図の中の ||||| は、偏光板を通過できる光の振動方向を表す。





<http://www.s-yamaga.jp/nanimono/chikyu/kobutsu-01.htm> より

問3 次の図2は、この探究活動で石材Yの色指数を測定するために、研磨面に2mm 方眼の透明シートをのせたものを表している。図2では、無色鉱物は白色で、有色鉱物は黒色で表している。すべての格子点上の鉱物を数えて色指数を求めたとき、前ページのポスター中の(ア)に入れる色指数として最も適当なものを、下の1～6のうちから一つ選べ。

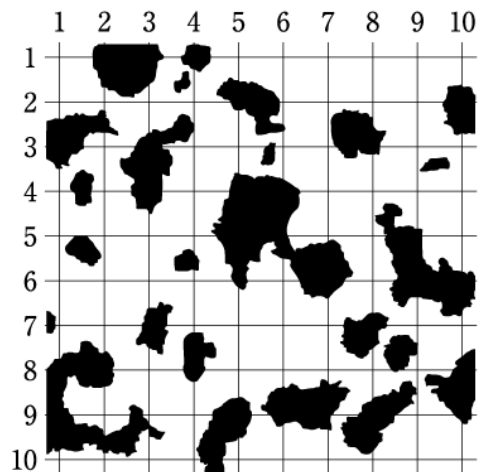


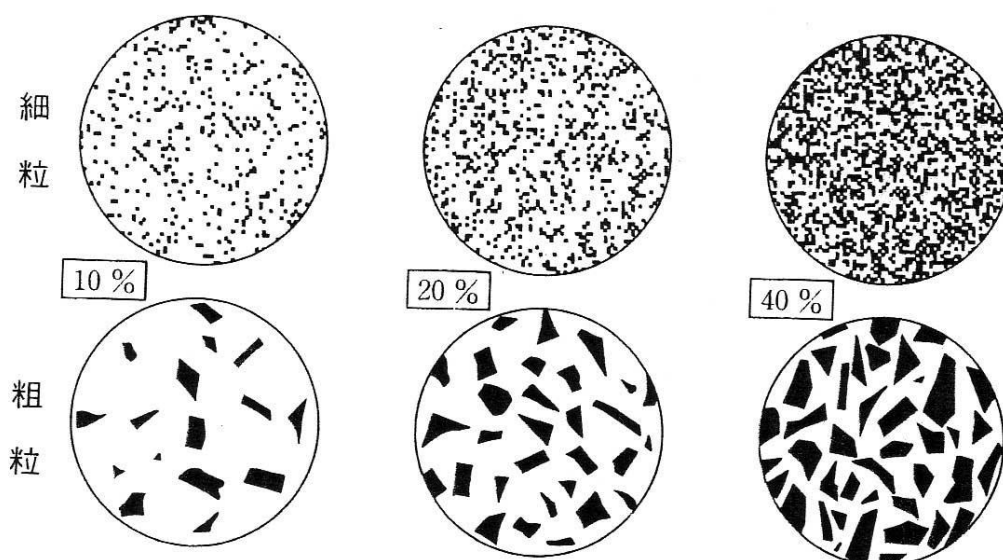
図2 石材Yの研磨面に方眼シートをのせたもの

1) 15、2) 30、3) 45、4) 55、5) 70、6) 85

答えは2.

色指数 (いろしすう、**color index**) は、火成岩や変成岩に含まれる有色鉱物の割合を%で表したものである。普通は体積%であるが、重量%を用いる場合もある。値が小さいと白っぽい岩石、値が大きくと黒っぽい岩石になる。

全部で100点あってそのうち何点が黒いかをざっと数える。



http://www.komaba-s.tsukuba.ac.jp/ssh3/library/3_2b4a.html より

問4 次の図3は、火成岩の分類と鉱物組成を表したものである。この図3をもとにして判断するとき、前ページのポスター中のイに入れる岩石名として最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。4

- 1) 安山岩、 2) 閃緑岩、 3) 流紋岩、 4) 斑れい岩

石材Yは輝石、角閃石、斜長石を含み色指数は30。答えは2の閃緑岩

ここに出てくる岩石を分類すると

苦鉄質岩：斑れい岩 色指数 35以上

中間質岩：安山岩、閃緑岩 色指数 10-35

珩長質岩：流紋岩 色指数 10以下

顕微鏡スケッチを見ると斑状組織ではない。

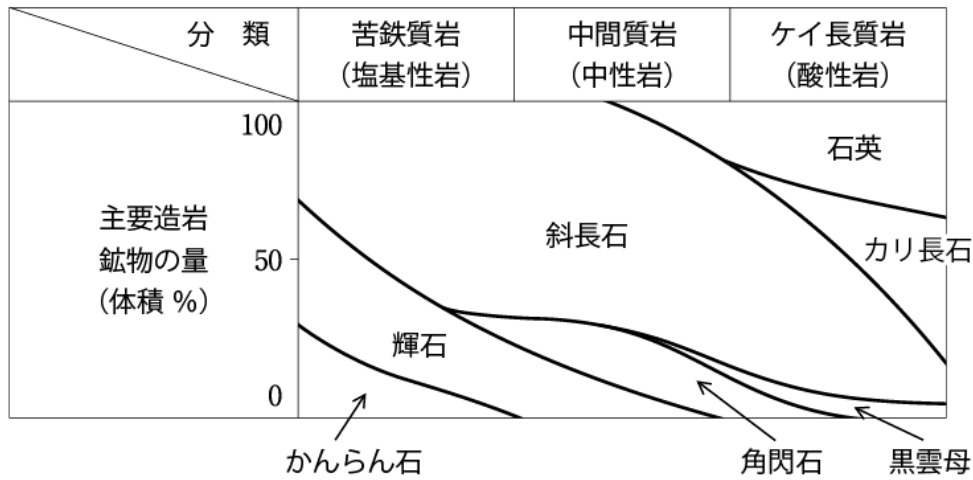
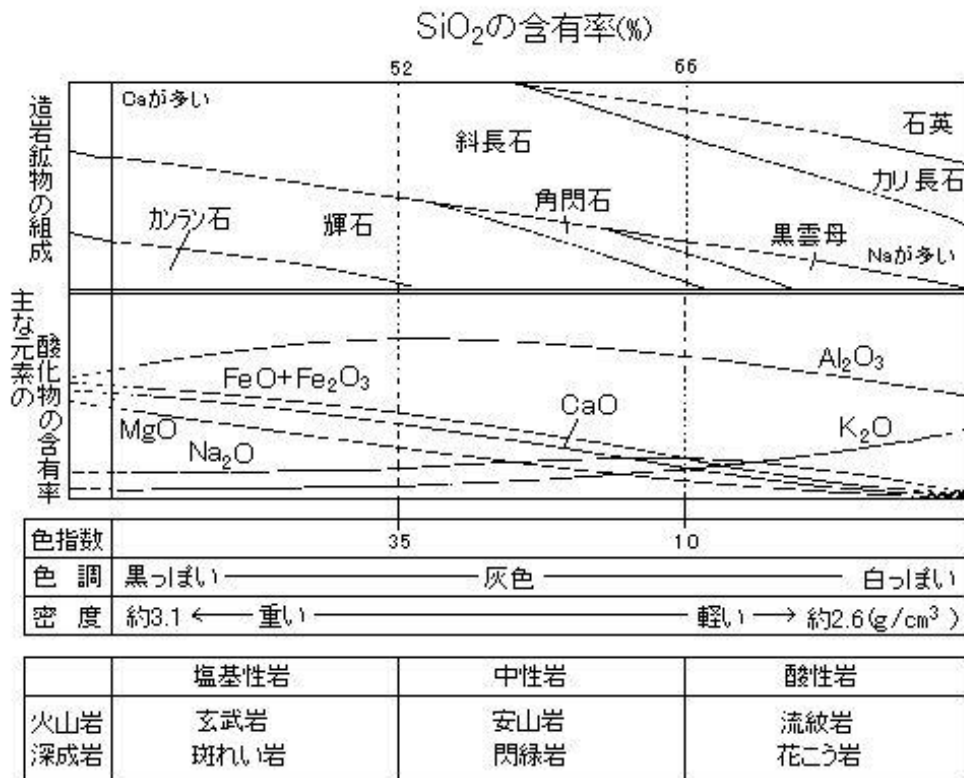
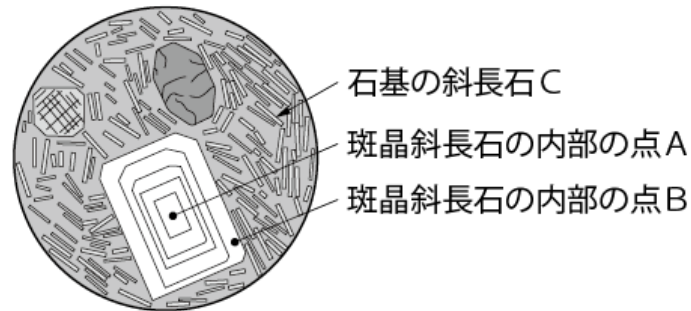


図3 火成岩の分類と鉱物組成



問5 次に示したものは、前ページのポスター中の石材Zについての考察の続きである。

石材Zでは、斜長石が斑晶にも石基の細粒な結晶にも観察され、斑晶には模様が見られた。図IIの石材Zの斑晶斜長石の内部の点AおよびB、石基の斜長石Cの化学組成を比較した場合、「エ」と考えると、Caに富む方から順にA→B→Cと予想できる。



図II 石材Zで観察された斜長石

上の文章中のエに、次のa～fの文を組み合わせて入れるとき、その組合せとして最も適当なものを、下の1～8のうちから一つ選べ。5

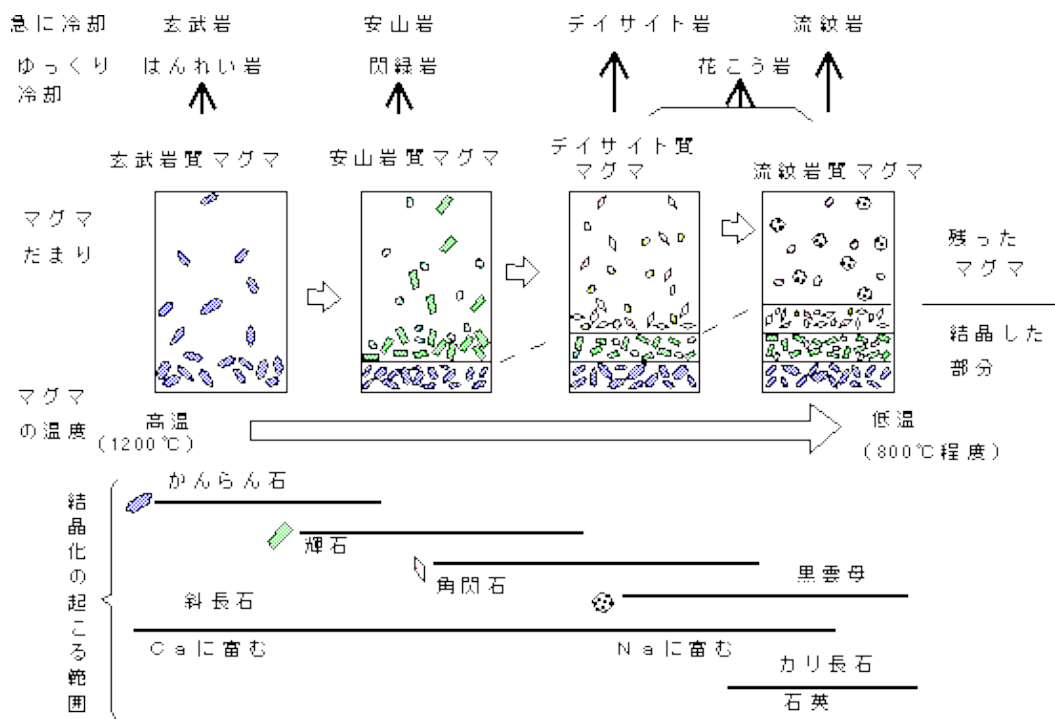
- a 結晶分化作用が起きるとき、初期に晶出する斜長石はNaに富み、結晶分化が進むにつれてCaに富むように変化する。
 - b 結晶分化作用が起きるとき、初期に晶出する斜長石はCaに富み、結晶分化が進むにつれてNaに富むように変化する。
 - c マグマが冷却されるとき、石基が先に形成され、斑晶は後で形成される。
 - d マグマが冷却されるとき、斑晶が先に形成され、石基は後で形成される。
 - e 斑晶斜長石が晶出するとき、結晶は中心部から周辺部に向かって成長する。
 - f 斑晶斜長石が晶出するとき、結晶は周辺部から中心部に向かって成長する。
- 1) a, c, e、 2) a, c, f、 3) a, d, e、 4) a, d, f、 5) b, c, e
6) b, c, f、 7) b, d, e、 8) b, d, f

マグマが地表に出たとき先に斑晶を作り残りが石基になる。

斜長石は温度が高いうちはCaに富んだものが晶出し、温度が低くなるとNaに富んだものが晶出する。

斑晶は中心部から周辺部に向かって成長する。

以上3つの組み合わせは7



マグマの分化（マグマの量は実際の比でない）

<http://www.s-yamaga.jp/nanimono/chikyuu/kaseigan-02.htm> より

問 6 探究活動の報告書（ポスターを含む。）を作成するとき、探究活動の結論はその目的に沿って述べる必要がある。前ページのポスター中の（ウ）に入れる文として最も適当なものを、次の 1 ～ 4 のうちから一つ選べ。6

- 1 岩石を分類・同定するためには、肉眼観察や顕微鏡観察を通して、組織や構成鉱物を調べることが大切である
- 2 石材として使用されている岩石を調べる方法は、野外で採集した岩石を調べる方法とほぼ同じである
- 3 石材 X が白っぽい色をしているのに対して、石材 Y・Z が黒っぽい色をしているのは、それぞれに含まれる有色鉱物と無色鉱物の割合の違いによる
- 4 石材 X が主に屋内の壁に使われているのに対して、石材 Y・Z が屋外の床などに使われているのは、構成鉱物の違いによる

ポスターにある【目的】は、「石材として利用されている岩石の種類や性質を調べ、用途との関係を明らかにする。」なので、これに対応したまとめ文は 4

第 3 問

大気と海洋に関する次の文章を読み、下の問い（問 1 ～ 5）に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 5 〕

大気と海洋について部屋の中で勉強していた豪さんが暑いと感じて、室内の気温を測ると 30℃ だった。また、室内の湿度は 40% だった。そこで、冷房をかけてしばらくしてから、室内の気温を測ると 26℃ になったが、湿度は 40% のままだった。除湿の効果がなければ (ア) % となるはずなので、除湿の効果で 40% になったのだろうと豪さんは考えた。豪さんは(a) 海面での蒸発量が何によって決まるのかを調べたところ、その結果は、洗濯物がよく乾く日の状況を考えると理解できた。また、お風呂上がりに扇風機にあたると(b) 蒸発によって熱が体から奪われることから、蒸発は熱の移動にも関係することに豪さんは気が付いた。豪さんが日本近海における海面での蒸発に伴う海洋から大気への熱(潜熱)の輸送量の分布を調べた結果、(c) 日本近海では、冬季に蒸発が活発に起き、海洋から大気へ大量の熱が輸送されていることがわかった。

ところで、豪さんは、海洋と大気の間での熱の移動は海面の高さに大きな影響を与えることを勉強した。そこで、人工衛星によって観測された海面の高さの分布(図 1)を調べたら、黒潮の流れている場所では、海面の等高線が非常に密になっていることがわかった。これは(d) 黒潮が地衡流だからだと豪さんは考えた。

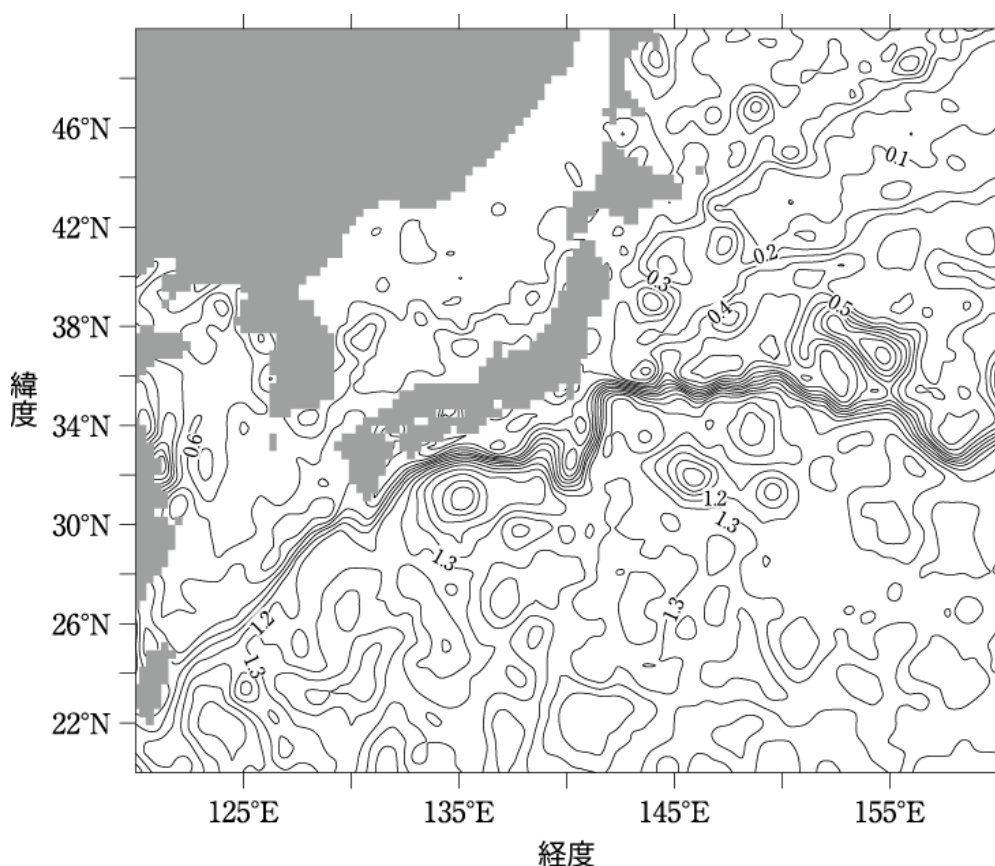


図 1 日本近海の海面高度分布(2015年2月15日)

等高線の間隔は 0.1 m

問1 次の図₂は飽和水蒸気圧と温度との関係を示した図である。この図を用いて、前ページの文章中のアに入れる数値として最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。ただし、気温も湿度も室内では一様であると仮定する。1

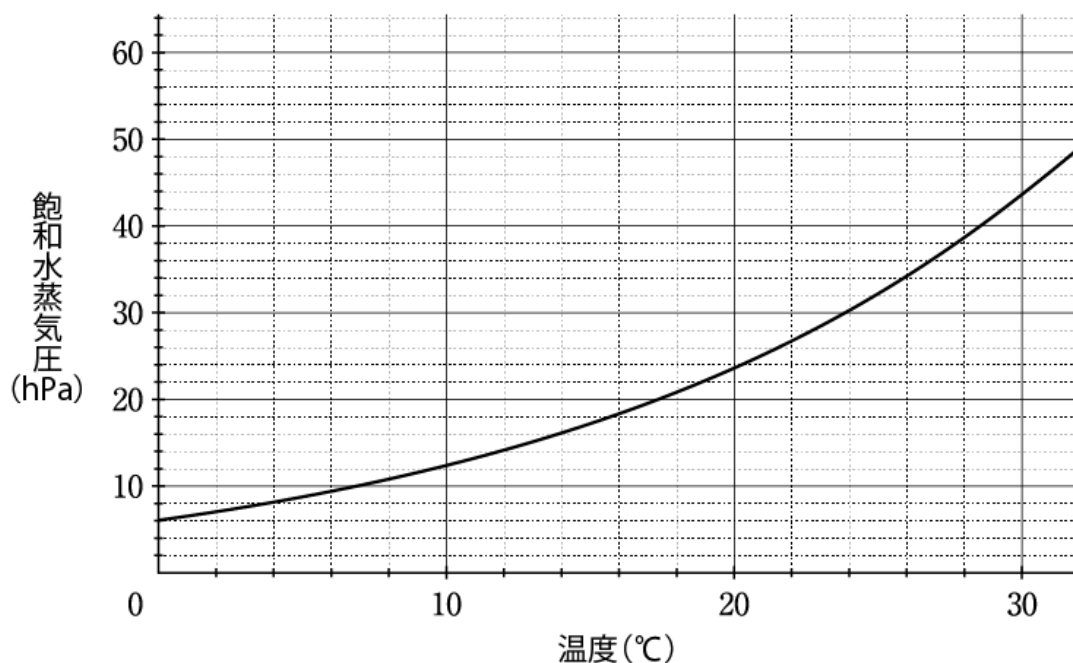


図2 飽和水蒸気圧の温度依存性

- 1) 42、 2) 52、 3) 62、 4) 72

湿度 = 水蒸気圧 / 飽和水蒸気圧 であるので 30°Cのときの飽和水蒸気圧は図2より 44hPa とわかる。この 40%だから現在の水蒸気圧は 17.6hPa となる。

気温が 26°Cの飽和水蒸気圧は 34hPa。よって、除湿されない湿度は $17.6 / 34 = 0.517$ 、52%。
ゆえに答えは 2。

問2 前ページの文章中の下線部(a)に関連して、海面での蒸発量 X [mm/h] が、海面と海上 10m における空気 1kg あたりの水蒸気量の差 Y [g/kg] と海上 10 m での風速 W [m/s] によってどのように変化するかを次の図₃に示した。この図を参考にして、蒸発量 X [mm/h] を表す式として最も適当なものを、下の 1～4 のうちから一つ選べ。ただし、 X は正の値、 A は正の定数である。

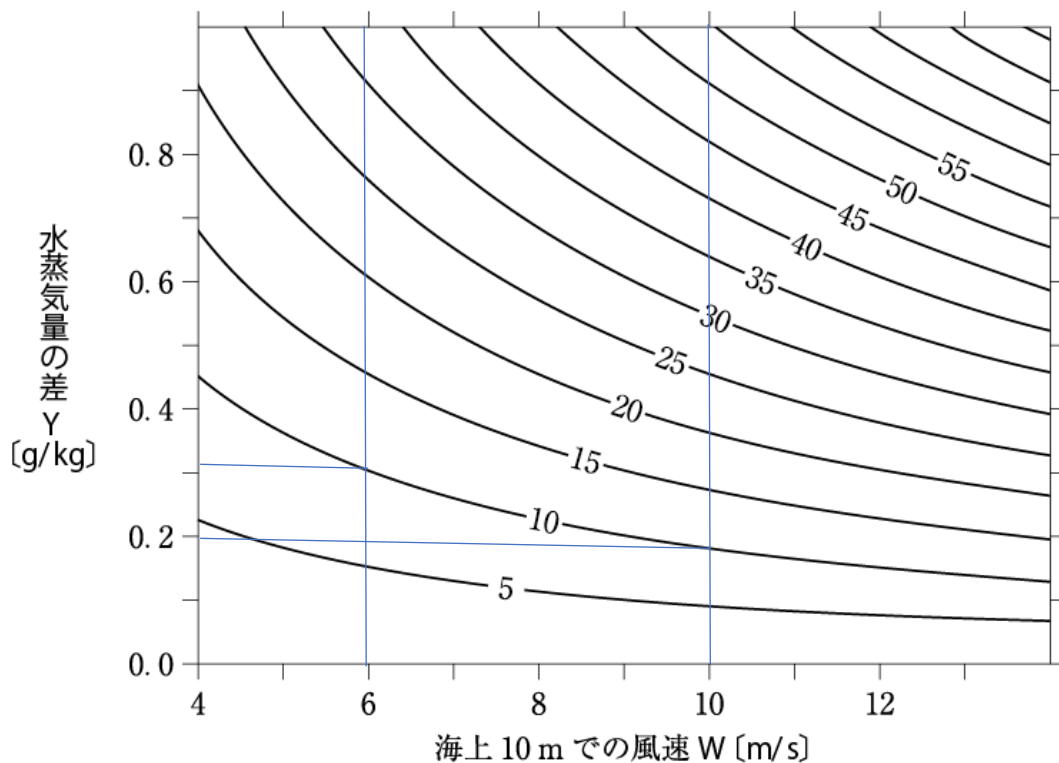


図3 海面と海上10mにおける空気1kgあたりの水蒸気量の差Y [g/kg]と海上10mでの風速W [m/s]に対する海面での蒸発量X [mm/h]の依存性

① $X = \frac{AY}{W}$

② $X = \frac{AW}{Y}$

③ $X = A]Y+ W \zeta$

④ $X = A YW$

Aが正の定数

一番泥臭いやり方は

数字を読み取って、それに近い答えになる式を選ぶ。

いま(x,y,w)の組でx1=10、y1=0.3、w1=6とx2=10、y1=0.2、w2=10があるとする。

まずは1 $A=200 \quad 200*0.2/10=4$

2は $A=0.5 \quad 0.5*10/0.2=25$

3は $A=1.58 \quad 1.58*(10+0.2) = 16.1$

4は $A=5.55 \quad 5.55*0.2*10=11.1$

よって4.

問3 前ページの文章中の下線部(b)に関連する現象として台風がある。台風に関する記述として適当なものを、次の1～4のうちからすべて選べ。3

- 1) 台風の発生場所は 23.4° N と赤道との間に限られる。
- 2) 台風は海面からの水の蒸発による潜熱を主要なエネルギー源としている。
- 3) 台風は熱や水を低緯度から中緯度に運んでいる。
- 4) 台風の中心の非常に狭い範囲は「目」と呼ばれ、上昇気流が発達している。

台風の知識の問題。それに照らし合わせると答えは2と3になる。

まずは台風とは

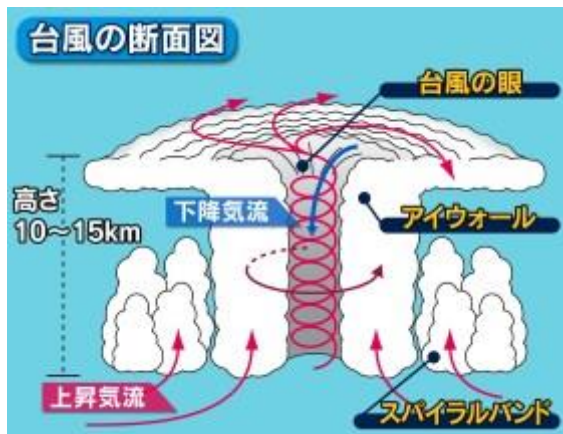
北西太平洋（赤道より北で東経 180 度より西の領域）または南シナ海に存在し、

低気圧域内の最大風速（10 分間平均）がおおよそ 17m/s 以上のもの

台風のエネルギーは水の蒸発による潜熱

台風は熱を低緯度から中緯度へ運ぶ

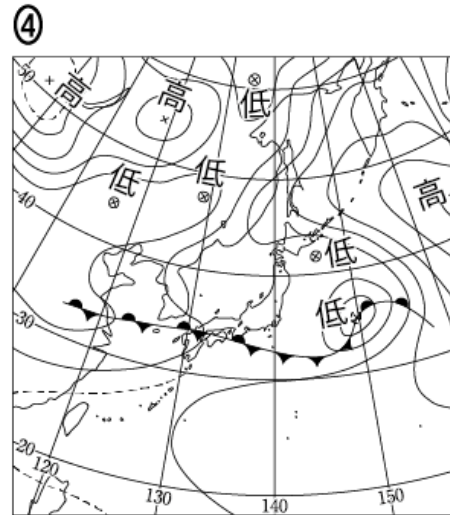
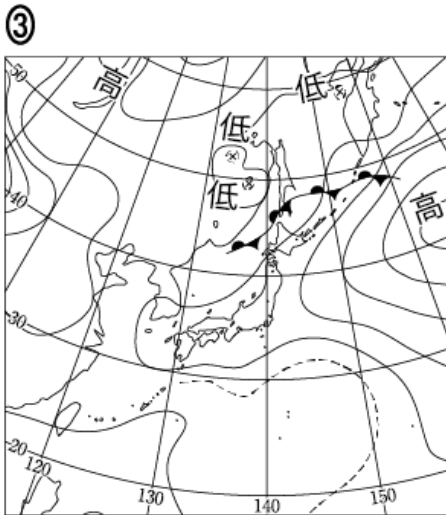
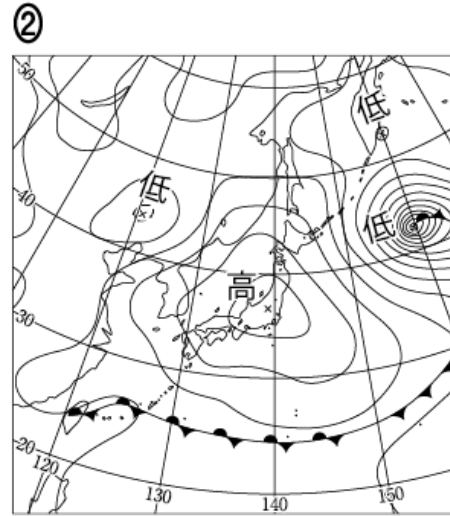
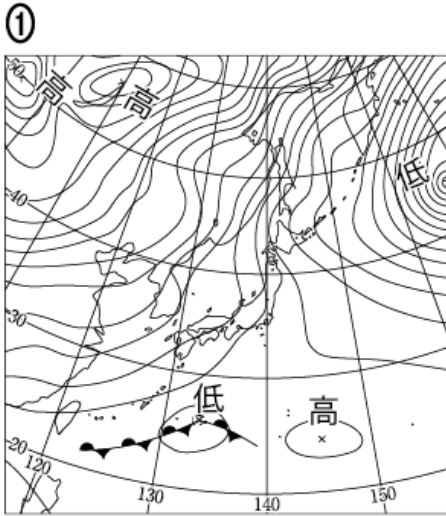
台風の構造は下図。目は下降気流がありそこだけ暴風雨がない。



http://www.tenki.jp/docs/note/typhoon/page_2

問5 前ページの文章中の下線部(c)に関連して、日本近海で潜熱が最も大量に海洋から大気へ運ばれているときの日本付近の天気図として最も適当なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。4

(c) 日本近海では、冬季に蒸発が活発に起き、海洋から大気に大量の熱が輸送されているということは、冬型の気圧配置を選ぶ。大陸に高気圧、東の海上に低気圧が典型的。よって1



問5 前ページの文章中の下線部(d)に関連して、地衡流の速度には、地球の自転速度、海面の傾き、その地衡流の位置が関係している。今、次の1～4の変化のうち一つだけが生じたと仮定する。このとき、力のつりあいを保つために、流速が大きくなる必要がある変化として最も適当なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。5

- 1) 黒潮の位置が東に 10° 移動した。
- 2) 海面の傾きが小さくなった。
- 3) 地球の自転速度が大きくなった。
- 4) 黒潮の位置が 10° 南下した。

黒潮は地衡流なので海面高度の勾配が急なところを等高線に沿って流れていく。高いほうを右に見る。まず、2と3は違う。この図で見える限り、伊豆諸島方面で黒潮は南へ蛇行する。

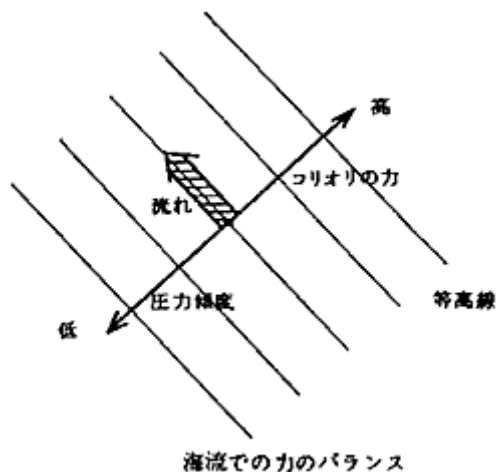
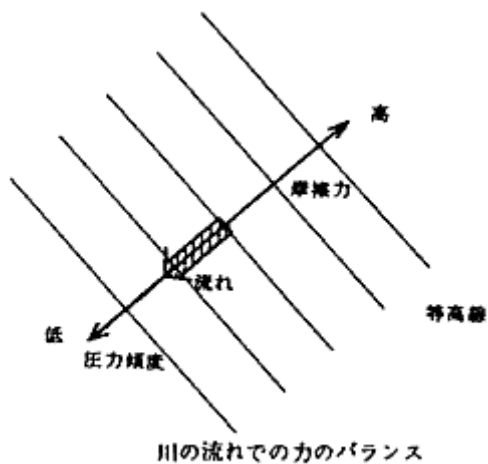
とりあえず4を選ぶ。

地衡流のバランス

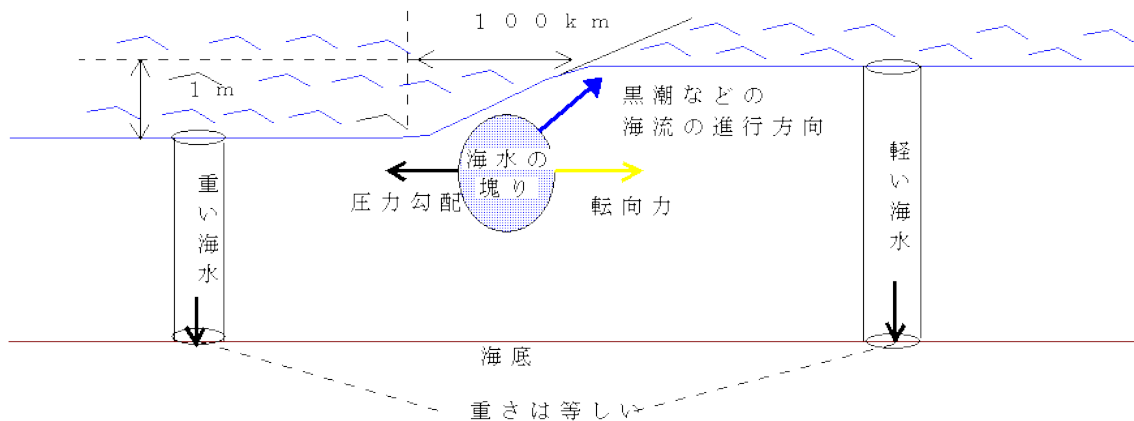
海流は決して川の流れに似たものではなく、海の中を吹いている風と考えるべき性質を持っている。図1下に示したような、水平圧力傾度（大気の場合は水平気圧傾度）とコリオリの力がバランスしているような流れを地衡流（大気では地衡風）と呼んでおり、自転する地球上の大規模流体運動の殆どが、基本的にはこの地衡流のバランスの下にある。

黒潮も当然水位の高い方を右に見て流れるわけであるから、沖側の水位の方が岸側の水位より高く、その水位差は約1mに達する。

(<http://www.mirc.jha.or.jp/knowledge/current/index.html>)



地衡流：下の図のように海面の高さの違い（100kmの距離に対して1m程度のもの）ができると、海水面の高い方から低い方へと力がはたらく（下図では黒色の矢印）。このとき海水は、圧力勾配（圧力傾度力）の向きに対して北半球では直角右向きに、海水面が低い方を左側に見るように動く（下図では青色の矢印、画面手前から奥に向かって動く）。これは海流の向きに向かって直角右向き（下図では黄色の矢印）にコリオリの力がはたらくので、そのコリオリの力と圧力傾度力がつり合って、安定した海水の流れ（海流）となるのである。



<http://www.s-yamaga.jp/nanimono/taikitoumi/kaisui-daijunkan.htm>

第4問

高校生のハナコさんは、日本近海の太平洋上で見られた皆既日食の観察ツアーに参加した。この観察ツアーに関連する次の問い（A・B）に答えよ。

〔解答番号1～5〕

A 皆既日食の観察は、そのために用意された客船に乗って洋上で行った。次の文章は、その日のハナコさんの日記の一部である。下の問い（問1～3）に答えよ。

<ハナコさんの日記>

7月22日（晴）。日食が始まると、それまでまぶしいくらいに明るかった船の周りが急に暗くなった。いよいよ皆既日食の時刻が近づいたのだ。月にすっかり隠された太陽から(a)放射状に広がる白い光が見えると、他のツアー客から大きな歓声が上がった。

食が最大になったのは、午前11時28分頃だった。太陽のすぐ近くに、星が二つ見えた。それとは別に、太陽からかなり離れた方向にも、明るい赤い星と白い星が輝いていた。昼間でも星が見えることに驚いた。近くで日食を撮影していた大学の先生が、「太陽の近くの二つの星は(b)水星と金星だよ。明るい赤い星と白い星は、(c)ベテルギウスとシリウスだよ。」と教えてくれた。

問1 次の図₁は、ハナコさんが大学の先生からもらった皆既日食中の太陽の写真である。写真には、前ページの文章中の下線部(a)の放射状に広がる白い光が写っていた。この部分の名称と特徴の組合せとして最も適当なものを、下の1～6のうちから一つ選べ。



図1 皆既日食中の太陽の写真

<名称>

a コロナ b 彩層 c 放射層

<特徴>

d 100万度～200万度の高温の希薄なガスが広がっている領域。

e 水素の原子核がヘリウムの原子核に変換される核融合反応が起きている領域。

	①	②	③	④	⑤	⑥
名 称	a	a	b	b	c	c
特 徴	d	e	d	e	d	e

白く映っているのはコロナ。100万度～200万度の高温の希薄なガスが広がっている領域。よって答えは1.

彩層（さいそう、chromosphere）とは、太陽などの恒星の表層部分で、光球の外側、コロナの内側に位置する薄いガスによって形成される層。

放射層（ほうしゃそう、Radiation zone）は、太陽内部の中間の層である。生産されたエ

エネルギーは核を出て放射層に入り、電磁波の形で放射層を通過する。放射層は密度が大きい
ため、波はあちこちに飛びまわり、何百年もかけて放射層を通過する。放射層は対流層の直
下であり、核のすぐ上にある。エネルギーが核からやってきて放射層を抜けるまでには、平
均で 17 万 1000 年を要する。

問 2 前ページの文章中の下線部(b)の二つの惑星の共通点と相違点を説明した次の文中
のア～ウに入れる語の組合せとして最も適当なものを、下の 1～8 のうちから一つ選べ。
2

<二つの惑星の説明文>

どちらも (ア) であるが、(イ) には (ウ) を主成分とした厚い大気があり、もう一方
の惑星にはほとんど大気がない。

	ア	イ	ウ
1	地球型惑星	水星	二酸化炭素
2	地球型惑星	水星	メタン
3	地球型惑星	金星	二酸化炭素
4	地球型惑星	金星	メタン
5	木星型惑星	水星	二酸化炭素
6	木星型惑星	水星	メタン
7	木星型惑星	金星	二酸化炭素
8	木星型惑星	金星	メタン

水星と金星について。どちらも地球型惑星で金星には二酸化炭素を主成分とした厚い大
気があり、水星にはほとんど大気がない。

よって 3 を選ぶ。

問 3 前ページの文章中の下線部(c)のベテルギウスとシリウスは、HR 図上では次の図 2 に
示した位置にある。これらはどのような恒星に分類されるか。その組合せとして最も適当な
ものを、下の 1～6 のうちから一つ選べ。

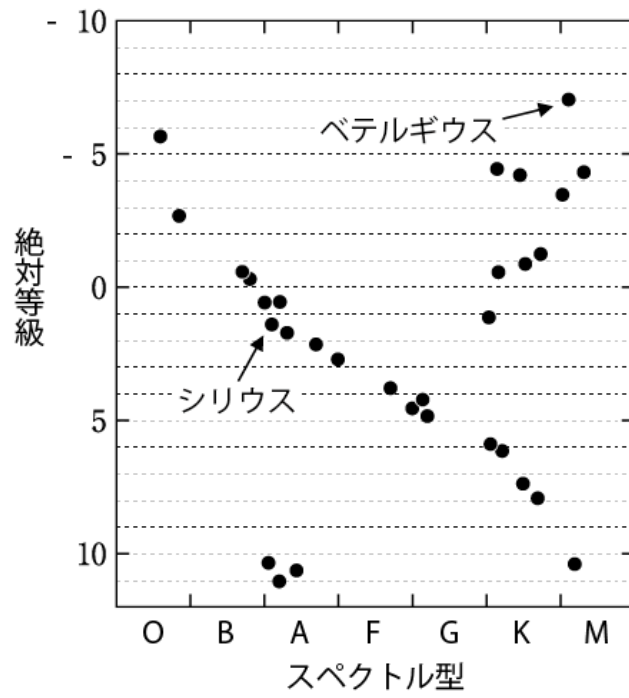
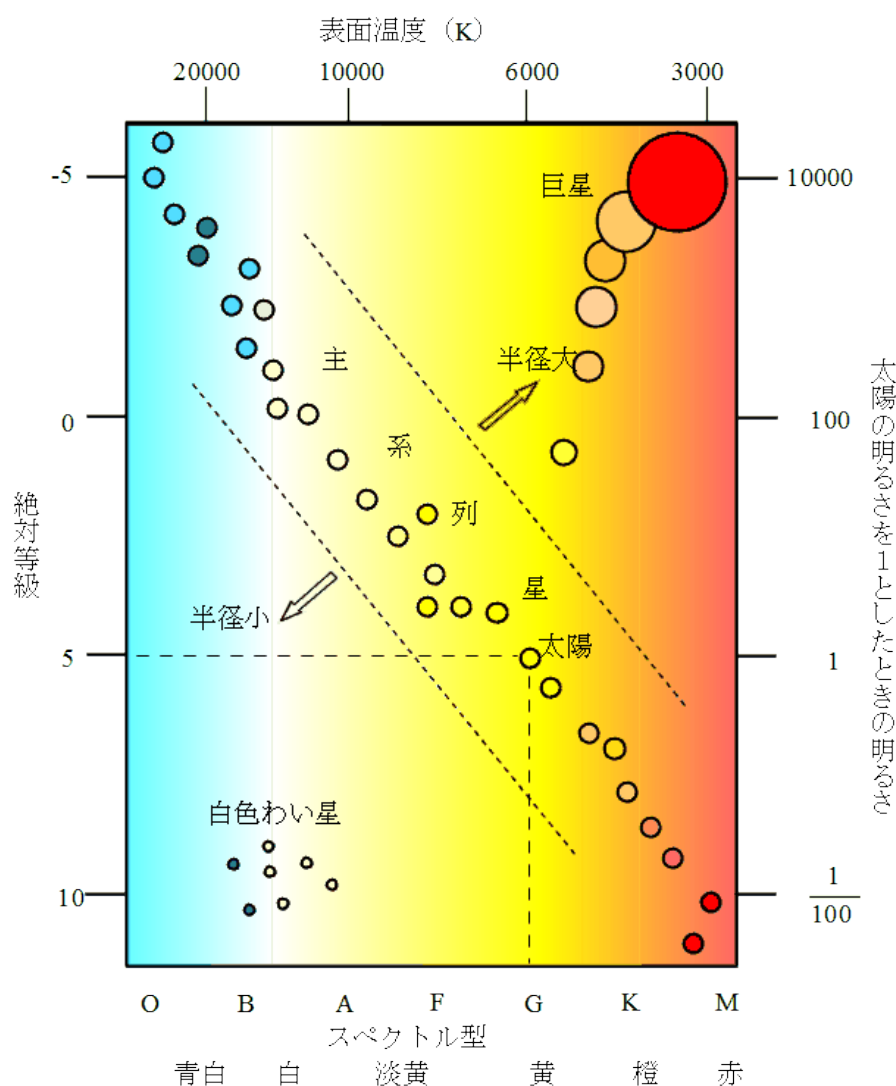


図2 HR図

	ベテルギウス	シリウス
①	主系列星	原始星
②	主系列星	中性子星
③	主系列星	主系列星
④	赤色巨星	原始星
⑤	赤色巨星	中性子星
⑥	赤色巨星	主系列星

まず HR 図での大まかな分類は下の図。まずはベテルギウスは赤色巨星。シリウスは主系列星になる。よって6



B 自宅に戻ったハナコさんは、観察ツアーで知り合った大学の先生を訪れた。ハナコさんと大学の先生の次の会話文を読んで、下の問い（問4・問5）に答えよ。

大学の先生：ツアーで配られた資料（図3）を見てください。皆既日食が見られた場所は、西から東へ移動して行きましたよね。その場所が地球の表面を移動する平均速度 V は、どのくらいだったと思いますか。

ハナコさん：図3の地点Xで食が最大になったのは、午前10時56分頃でした。皆既日食のとき、私たちが乗った船は地点Yにいました。X-Yの距離をこの図から大雑把に見積もって、食が最大になった時刻の差を考えれば、 V は (エ) km/s と計算できます。ずいぶん速いんですね。

大学の先生：そうですね、とても速いですね。

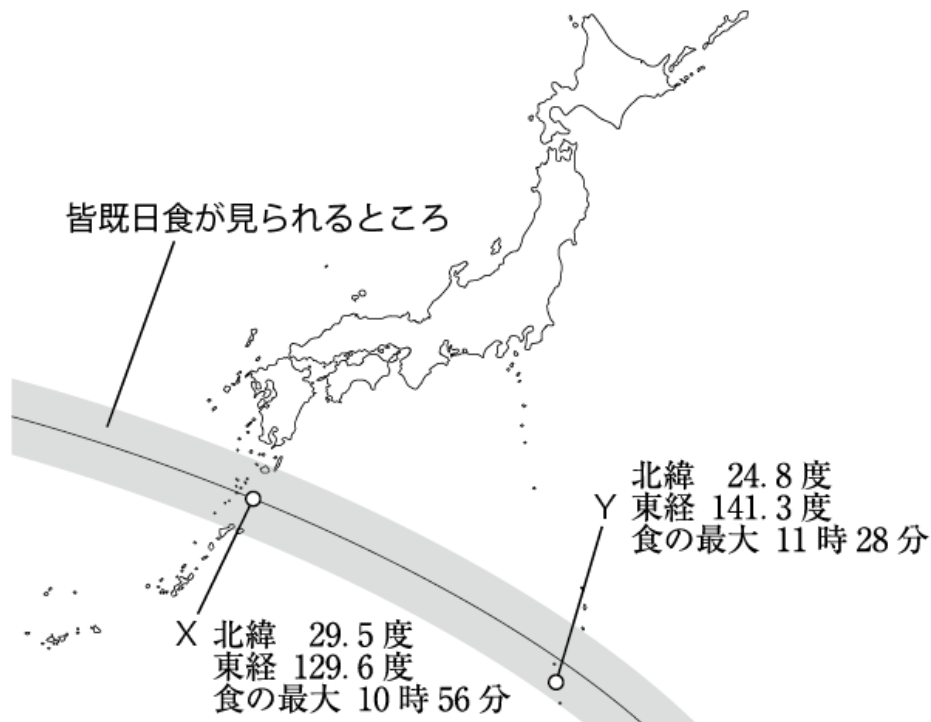


図3 ツアーで配られた資料

問4 上の文章中のエに入れる数値として最も適当なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。4

- 1) 0.007、2) 0.7、3) 70、4) 7000

※ちゃんと計算しようとする地球は丸いので大変。ここは目安で良いのだから
緯度経度で距離もどきを計算すると経度差 11.7° 、緯度差 4.7° 緯度差 1° が 111km 、
経度差 1° は $111 * \cos(\text{緯度})$ なのでこの場合 $\cos 30^\circ = 1.732/2$ で 96km

目安として 1° 100km で計算すると横 1200km で縦 500km だからざっくり 1300km くらいある。時間差が 32 分。求めるのは秒速なので 1920 秒。よって目安は 2

ハナコさん：この V の値は、どのような仕組みで決まるのでしょうか。

大学の先生：地球と月の位置関係を、イラストで表してみるとわかりやすいですよ。

ハナコさん：これでどうでしょうか（図4）。 V は、地球に投影された月の影の速度と、地球の自転による観察地点の移動速度に関係していると思います。日食が起きたのは正午の少し前だったので、月の影の速度は月の公転速度 V_M にほぼ等しいはずですよ。つまり、図4のように、地球の自転による観察地点の移動速度を V_E とすると、 $V = (オ)$ と近似できますね。

大学の先生：そのとおりです。

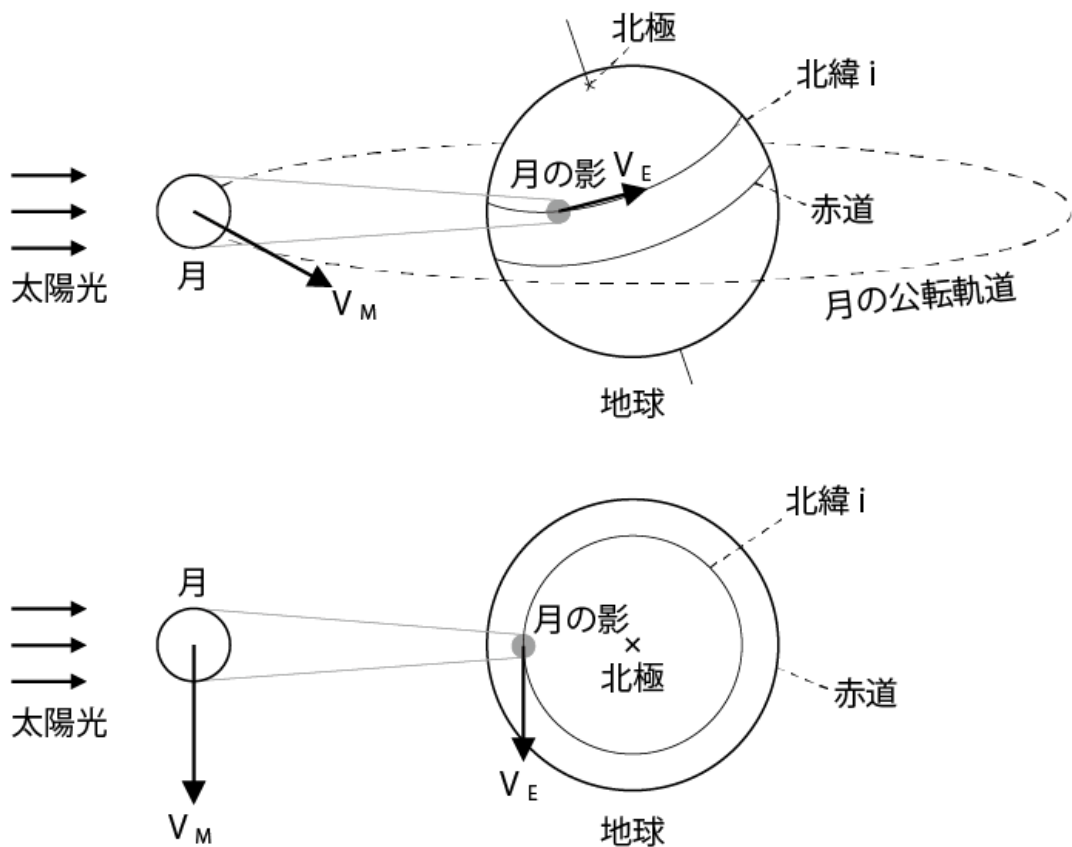


図4 ハナコさんが描いたイラスト

地球と月の軌道の模式図(上)と、それを地球の北極側から見た図(下)

※自分が V_E で動いているから月が動く速さ V_M との差が影の動く速さになる。

大学の先生：月の軌道半径 R_M と公転周期 T_M を使って V_M を表すと、 $\frac{2\pi R_M}{T_M}$

となりますね。では、地球の北緯 θ での V_E は、どのように表せるでしょうか。

ハナコさん：地球の自転周期を T_E 、半径を R_E とすると、地球の北緯 θ では、 $V_E = (カ)$ と表せます。

大学の先生：正しいです。家に帰ってから、月の軌道半径 R_M や公転周期 T_M を調べて、実際に V を計算して、先ほどの数値とだいたい一致しているか、確かめてみてくださいね。

問5 上の文章中のオ・カに入れる式の組合せとして最も適当なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。5

- 1) $V_M - V_E \frac{2\pi R_E \cos \theta}{T_E}$
- 2) $V_M - V_E \frac{2\pi R_E \sin \theta}{T_E}$
- 3) $V_M + V_E \frac{2\pi R_E \cos \theta}{T_E}$
- 4) $V_M + V_E \frac{2\pi R_E \sin \theta}{T_E}$

※経線の距離と同様で $\cos \theta$ をかける。

よって答えは 1.

第 5 問

地球に関する次の文章を読み、下の問い（問 1 ～ 6）に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 6〕

地球深部探査船「ちきゅう」は日本が世界に誇る深海掘削船である（図 1）。「ちきゅう」は、直径約 50cm のライザーパイプを海面から海底まで伸ばし、先端に取り付けたドリルで海底を掘削して、2000m を超える深さまでの岩石や堆積物のサンプルを採取する能力を持っている。

このような深海掘削船が世界各地の海底の直接的調査を進めている。それに加えて、(a) 地震波の観測や(b) 高温高压実験などの手法を用いて、地球内部の構造や組成についてのデータが集められてきた。



図 1 地球深部探査船「ちきゅう」

問 1 四国沖約 150 km の南海トラフ深部掘削地点（図 2 の×印）での海底下掘削深度と堆

積物の年代の関係を次の図 3 に示す。掘削地点の堆積物は、泥岩を主とする地層（PからQ）と、乱泥流（混濁流）によって形成された層（タービダイト）を主とする地層（QからR）に分けられる。図3の堆積物について述べた文 a～dのうち、正しい文の組合せとして最も適当なものを、下の 1～6のうちから一つ選べ。1

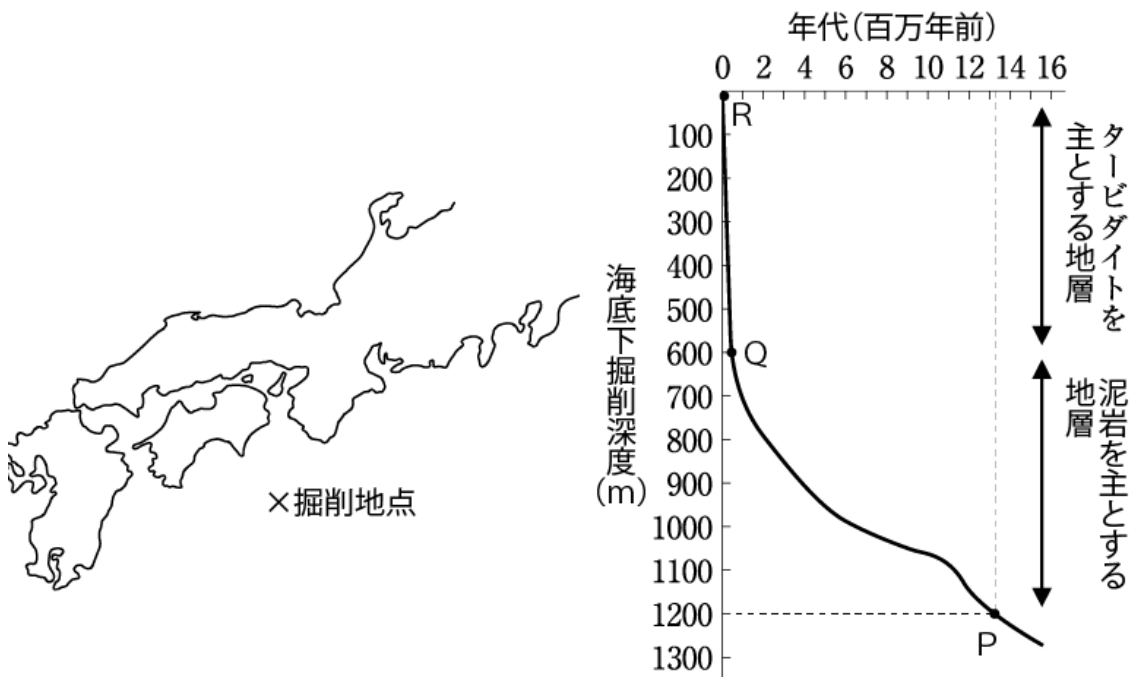


図 2 掘削地点の位置

図 3 掘削深度と堆積年代の関係

- a 100 万年前の堆積物は海底から 1000 m の深さにある。
- b 泥岩を主とする地層よりタービダイトを主とする地層の方が、堆積速度が大きい。
- c 泥岩を主とする地層よりタービダイトを主とする地層の方が、堆積物の平均粒径が小さい。
- d 泥岩を主とする地層の見かけの平均堆積速度は 1000 年あたり 5 cm 以下である。

1) a・b、 2) a・c、 3) a・d、 4) b・c、 5) b・d、 6) c・d

※図 3 より 1000m の深さは 600 万年前と読める。同じく 3 よりタービダイトが 600m たまるのに 50 万年程度かかるのに対し、泥岩が 600m たまるのに $1300-50=1250$ 万年かかっている。平均流刑は泥岩の方が小さい。グラフから読み取った値を使うと泥岩は 1000 年あたり 4.8cm 堆積している。

異常のことから正しいのは b と d。よって 5。

問 2 前ページの図3のタービダイトを主とする地層は、泥質の堆積物からなる A 層と乱泥流によって形成された B 層が右の図 4 のように繰り返し積み重なってできている。調査の

結果、平均して厚さ 5 cm の A層が堆積するのに 300 年かかったのに対し、厚さ 30cm の B層が堆積するのに数日しかかからなかったことがわかった。地層の深度と年代の関係を描いたグラフとして最も適当なものを、次の 1 ~ 4 のうちから一つ選べ。2

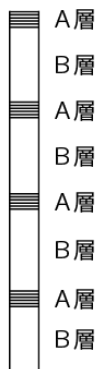
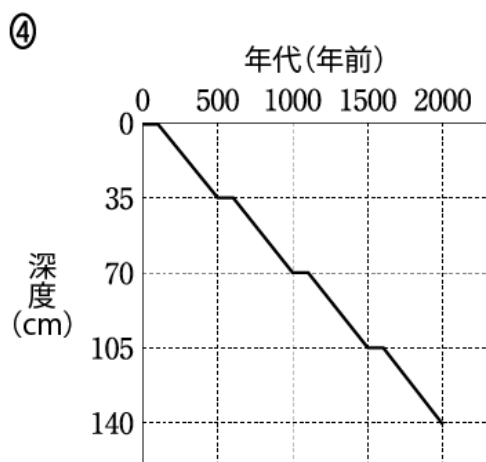
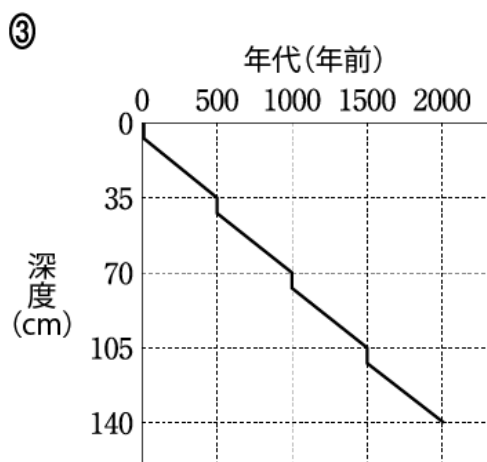
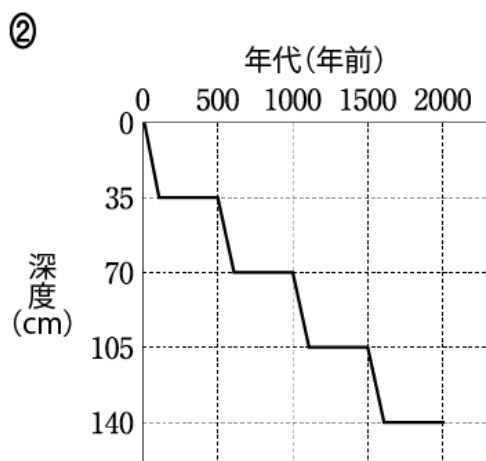
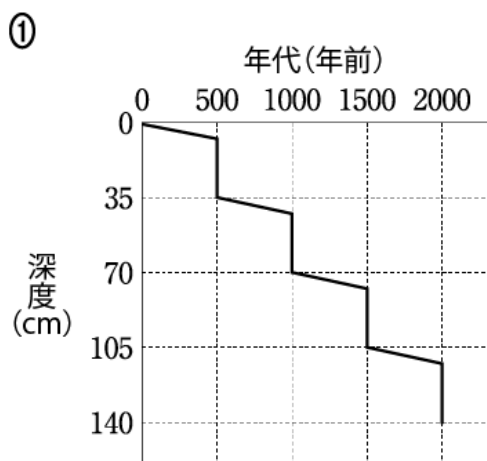


図4 タービダイトを主とする地層の模式図



一番上の層で5 cmたまるのに500年かかっていることを表しているのは1.

問3 次の図5の四国南部のYからZにかけての地域で地質調査を行ったところ、次の図6のような放射虫の化石が産出し、この地域の地層は海洋底で堆積したことがわかった。

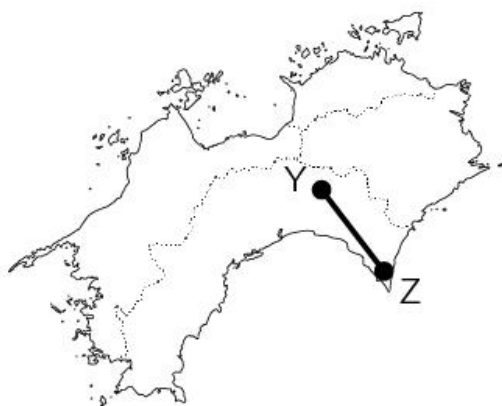


図5 地質調査を行った地域

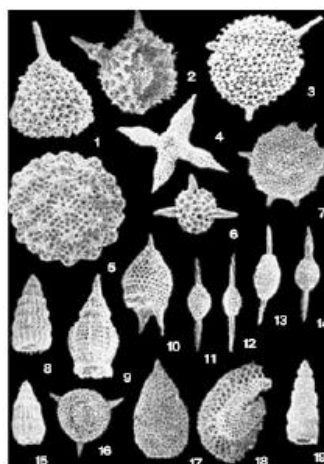


図6 産出した放射虫化石

放射虫は、示準化石として地層が堆積した時代の特定に使うことができる。示準化石として役に立つ生物は、個体数が多いことのほかに、どのような特性が必要とされるか。次のa～dのうち該当する特性の組合せとして最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。

- a 広い地域にわたって生息している。
- b 大きな体を持っている。
- c 種としての生存期間が短い。
- d 限られた環境にのみ生存する。

1) a・c、2) a・d、3) b・c、4) b・d

示準化石はその時代を示すタイムスケールと思えば常識的にaとcになる。よって1.

問4 前ページの図5のY-Zの地域を含む四国南部には、付加体と呼ばれる地質構造が見られる。付加体は沈み込む海洋プレート上の堆積物や岩石が、ある一定の大きさを持った塊として大陸側の堆積物の下に次々と押し込まれることにより形成されるものと考えられる。次の図7にY-Zを含む四国から南海トラフにかけての模式断面図を示す。

下の図8は、図7の四角で囲んだ範囲の地層をモデル化して描いたもので、A～Cは堆積物や岩石の塊を示す。A～Cの関係について述べた文として最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。

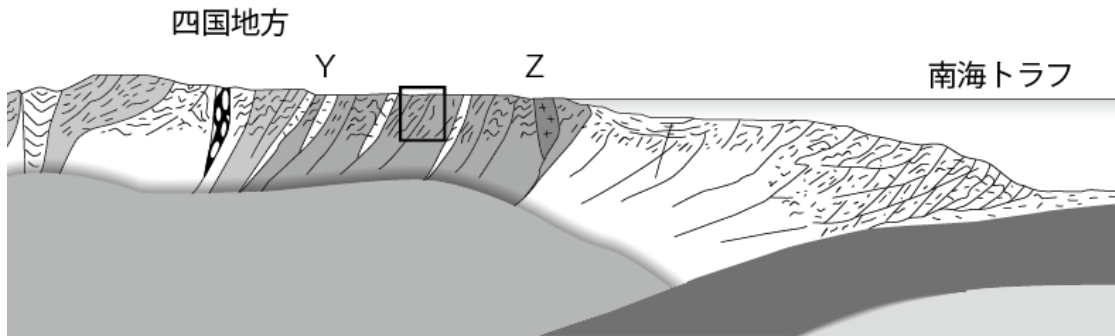


図7 Y-Zを含む四国から南海トラフにかけての模式断面図

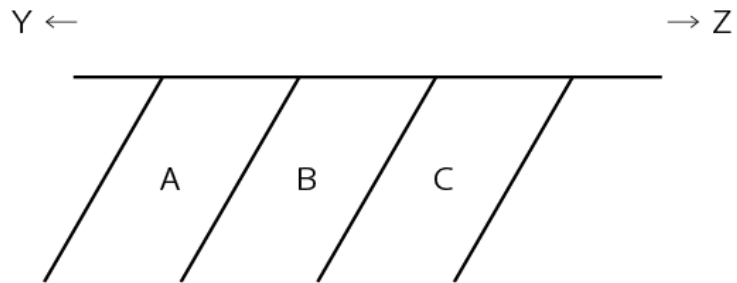
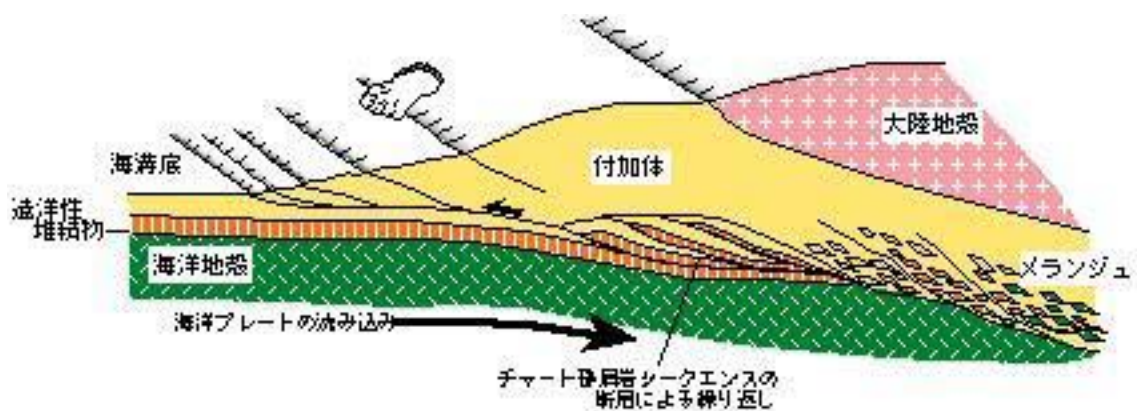


図8 図7の四角で囲んだ範囲の地層をモデル化して描いたもの

- 1 堆積した時代が最も古いのはAで、A B間、B C間の境界は不整合面である。
- 2 堆積した時代が最も古いのはAで、A B間、B C間の境界は断層である。
- 3 堆積した時代が最も古いのはCで、A B間、B C間の境界は不整合面である。
- 4 堆積した時代が最も古いのはCで、A B間、B C間の境界は断層である。

※雲から陸へ付加されているのだから、陸側が古い。

各層の間は断層で切られている。よって2。



問5 前ページの文章中の下線部(a)に関連して、地殻とその下のマントルを伝播するP波を考える。下の図9には、地表近くの震源からT点へ伝播するP波の直接波と屈折波の経路を示す。また、下の図10には直接波および屈折波の走時曲線を示す。このとき、走時曲線と地殻・マントルの地震波速度について述べた次の文中のア・イに入れる語の組合せとして最も適当なものを、下の1～4のうちから一つ選べ。5

走時曲線OA, BCのうち、屈折波の走時曲線は(ア), また地殻とマントルのうち地震波速度が大きいのは(イ)である。

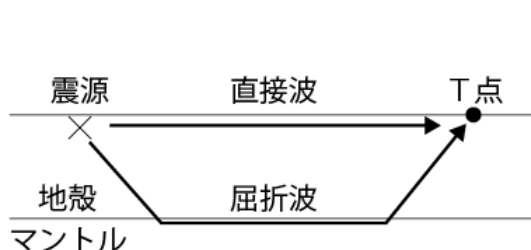


図9 地震波の伝播経路

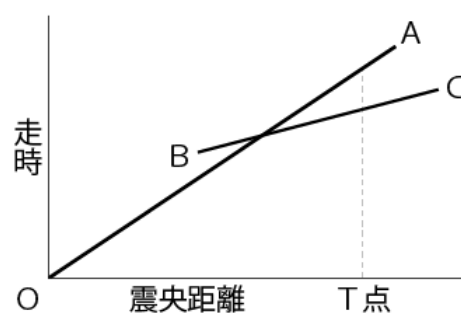


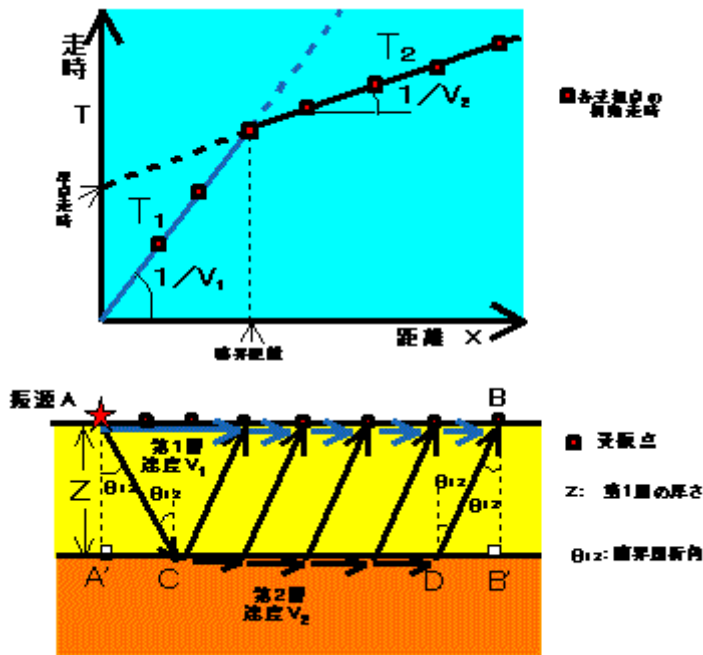
図10 直接波と屈折波の走時曲線

	ア	イ
①	OA	地 殻
②	OA	マントル
③	BC	地 殻
④	BC	マントル

屈折波はBC。

T点に屈折波の方が先についていることから、マントルが速い。

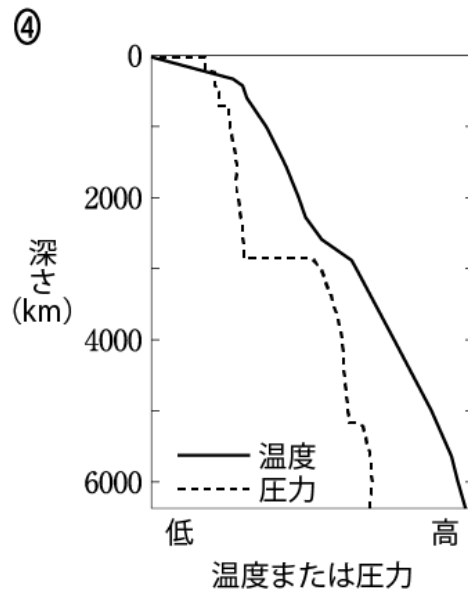
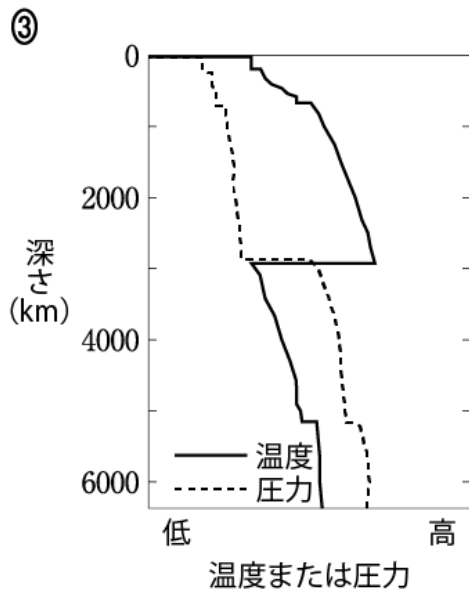
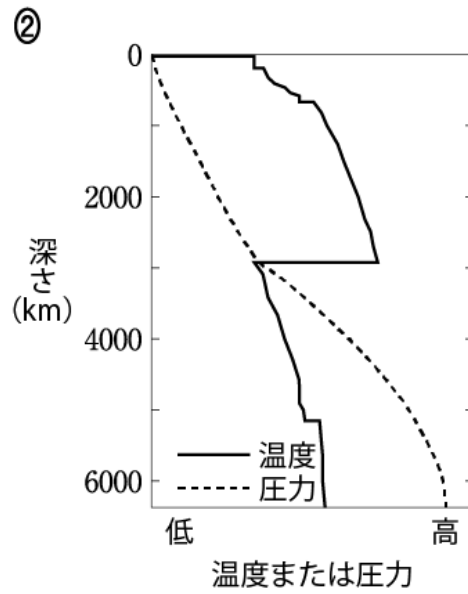
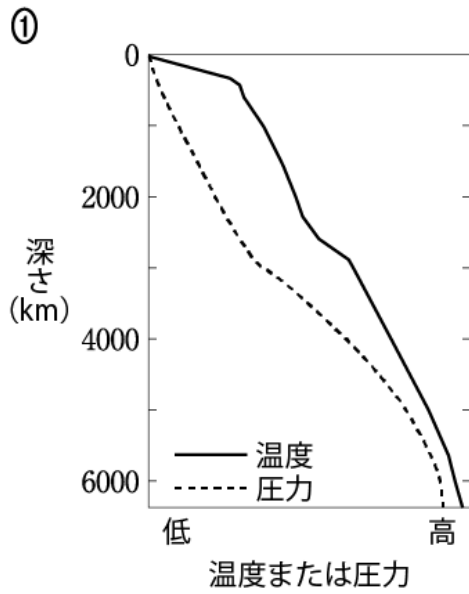
よって4。



<http://www.n-buturi.co.jp/technology/geophy/seismic/refraction/>

最も簡単な水平2層構造を考え、上層の第1層の速度を V_1 、第2層の速度を V_2 とします。ここで、 $V_1 < V_2$ とします(一般的な環境では地層速度は深部ほど速くなっています)。波動の到達時間を振源との距離でプロットした図を走時曲線図と呼びます。 TV_1 は第1層中を最短距離で伝播する直接波です。 T_2 は境界面で臨界屈折(図2)して境界面付近の第2層を伝播し、再び臨界屈折角で第1層に戻って地表で観測される臨界屈折波です。弾性波探査ではこの波を単に屈折波と呼び、屈折法地震探査の名称の由来です。ここでは証明はしませんが、臨界距離より遠方では臨界屈折波がもっとも早く観測点に到着して初動となります。解析に用いるのは、直接波と屈折波です。

問6 前ページの文章中の下線部(b)に関連して、地球内部の温度・圧力は、岩石を高温高圧の状態にした実験の結果や地球内部を伝わる地震波速度などから推定されている。このようにして推定された地球内部の温度・圧力と深さとの関係を示す模式図として最も適切なものを、次の1～4のうちから一つ選べ。



地震波速度はコア境界で大きく変わるが温度と圧力はそうではないということがわかっていれば1を選択できる。

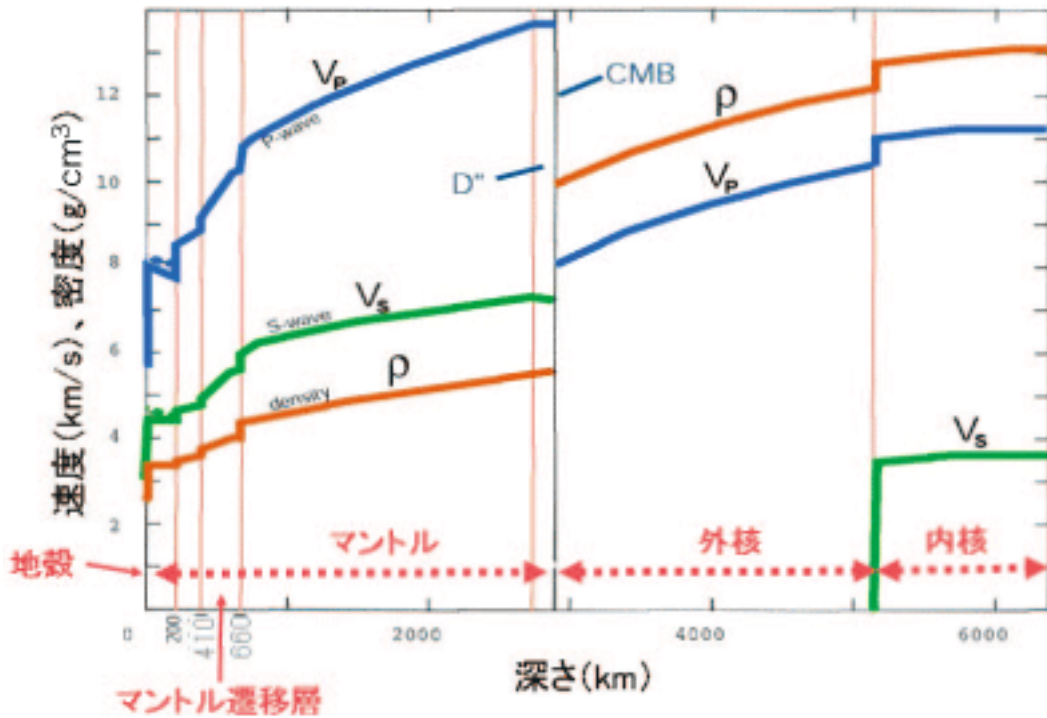


図2. 地球内部の地震波速度・密度

V_P は P 波（縦波）の速度、V_S は S 波（横波）の速度、 ρ は内部物質の密度。密度の決定精度は約 $\pm 2 \sim 3\%$ である。マンテルと核の境界や、地下 410km から 660km の「マンテル遷移層」は速度が不連続になっている。

http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/research_highlights/no_39

