

地 学

(4 問題 100 点)

地学問題 I

次の文章(a), (b)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。

- (a) 太陽の中心核では, 4つの水素原子核が1つのヘリウム原子核に変わる 反応が起きている。中心核の外側には 層が, その外側には 層, 光球がある。また光球のさらに外側には, 内側から順に 層, と呼ばれる大気層がある。

太陽大気中には, プロミネンスと呼ばれる比較的温度の低い雲のようなプラズマの塊があり, これは $H\alpha$ 線などで観測されることがある。この プロミネンスはしばしば噴出し, 磁気嵐を引き起こすなど, 地球にも影響を与えることがある。

問 1 文中の ~ に当てはまる最も適切な語を答えよ。

問 2 太陽中心からの距離と温度の関係を示した図として最も適切なものを, 次のページの図 1 の (あ) ~ (え) から 1 つ選べ。

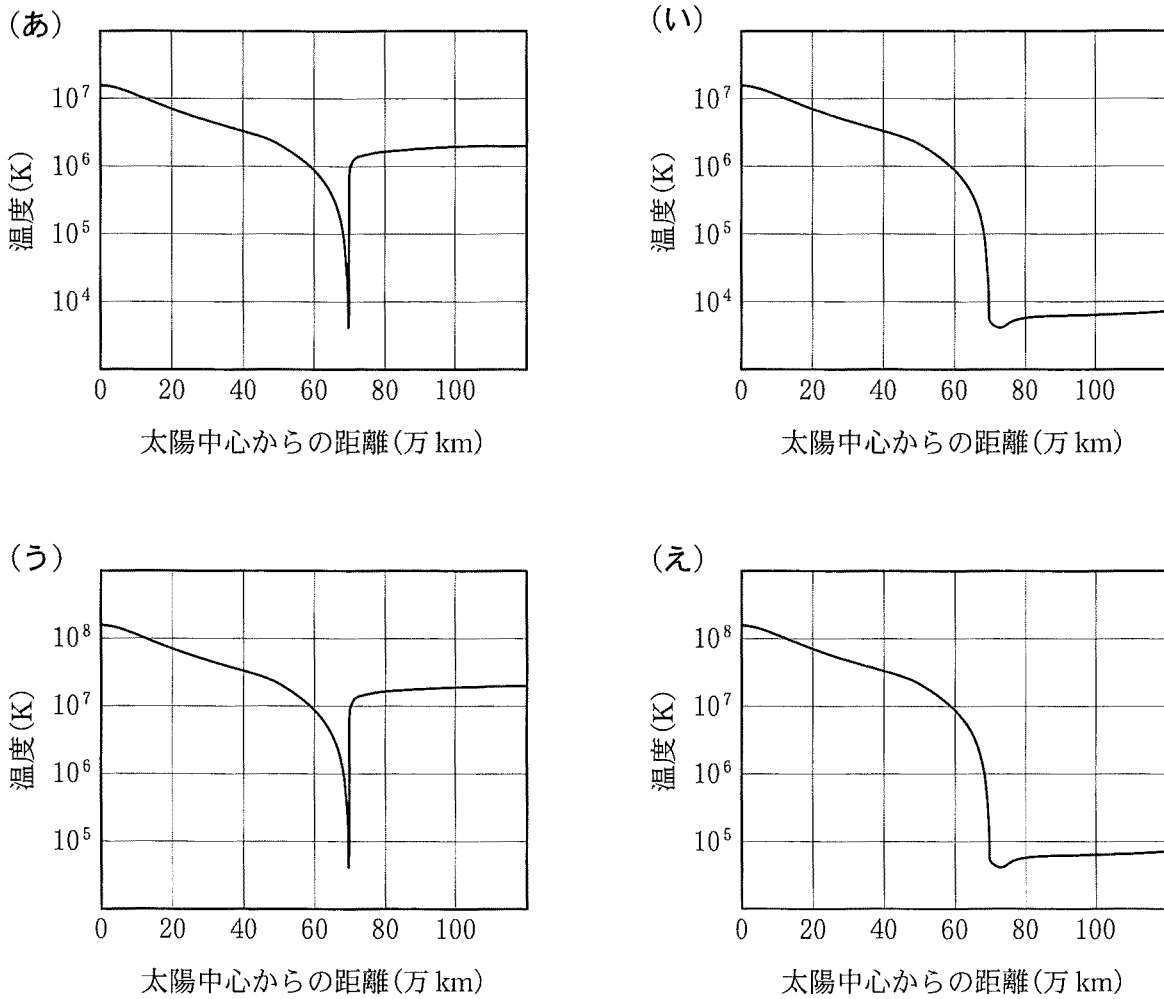


図 1

問 3 下線部①に関連して、あるプロミネンス噴出にともない、 $H\alpha$ 線(本来の波長 $0.65628 \mu\text{m}$)のスペクトル線が $0.65557 \mu\text{m}$ にまで偏移する現象を観測した。この噴出するプロミネンスの視線方向の速さを有効数字 1 けたで求めよ。また、このプロミネンスが観測者に対して近づいているのか、遠ざかっているのかを理由とともに述べよ。ただし、光速を $3.0 \times 10^8 \text{ km/s}$ とし、導出過程も示すこと。

(b) 現在、太陽系には8個の惑星が存在し、それらは **カ** と木星型惑星の2つに分類できる。これらの惑星の多くは、その内部に起因する惑星規模の空間スケールの固有磁場 ^②を持っている。こうした惑星の固有磁場は、惑星中心に置いた仮想的な棒磁石が作る磁場で近似できる場合がある。このような磁場は 双極子磁場 ^③と呼ばれる。また固有磁場は、磁気圏と呼ばれる領域を惑星の外側に形成し、その磁気圏は、太陽から周辺空間に放出されるプラズマの流れである **キ** の影響を強く受けている。

問 4 文中の **カ** , **キ** に当てはまる最も適切な語を答えよ。

問 5 下線部②に関連して、「惑星の固有磁場は、惑星内部の活動により作られている」と考えるのがダイナモ理論である。この理論の概略を、下記の語句をすべて用いて簡潔に説明せよ。

語句：電気をよく通す流体、磁場、電流

問 6 下線部③に関連して、地球および木星は固有磁場を有しており、それらはどちらも双極子磁場で近似できる。これらの惑星での双極子磁場の強さは、惑星中心からの距離を r 、緯度を ϕ として、 $K \frac{M_p \sqrt{1 + 3 \sin^2 \phi}}{r^3}$ と表されるとする。ここで、 M_p は磁気モーメントと呼ばれる量で惑星ごとに異なり、 K は比例定数でどの惑星でも同じ値である。この時、木星表面のある緯度での双極子磁場の強さは、地球表面の同じ緯度での双極子磁場の強さの何倍になるか答えよ。有効数字2けたで計算し、導出過程も示すこと。ただし、木星および地球は球体で近似でき、木星と地球の半径および磁気モーメント M_p は、それぞれ $7.0 \times 10^4 \text{ km}$ と $6.4 \times 10^3 \text{ km}$ 、および、 $1.6 \times 10^{27} \text{ Am}^2$ (アンペア平方メートル) と $7.9 \times 10^{22} \text{ Am}^2$ とする。

地学問題 II

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。

海水は様々な時間スケールで循環している。次のページの図1は、海水の大規模な水平循環が生じている北半球の大洋の海面高度を模式的に表したものである。この海水循環は亜熱帯環流と呼ばれている。図1に表されている海面高度の分布は、大気の大循環により地点Aの緯度帯と地点Dの緯度帯の地表近傍を吹く風の東西成分が互いに正反対の方向を向いていることから生じている。海面の海水は風の力だけでなく、地球が自転している影響で **ア** 力を受け、北半球では進行方向から **イ** 側にそれる。風向と海水の動きの方向のずれは水深が増すにつれて大きくなっていき、全体としては風向とは直角方向に海水が移動する **ウ** 輸送が起こる。この働きの結果として海水面の高低差が生じ、海水にはそれに応じた **エ** 力が働く。**ア** 力が **エ** 力と釣り合うと、海水は海面高度の等高線と平行方向に流れるようになる。このような力が釣り合った状態の流れを **オ** という。亜熱帯環流はおおむね **オ** として循環しており、赤道近傍の熱を高緯度地域へと輸送している。

一方、海水はより長い時間スケールでも循環している。海面付近の海水は風や波によって鉛直方向にはよく混合されているものの、季節や地域によって水温は大きく異なっている。この海水の表層混合層の下には水温が大きく低下する **カ** があり、さらにその下には、水温や塩分が水深や地域によってあまり変化しない深層水が分布する。深層水の水温や塩分が地域によってあまり変化しないのは、グリーンランド沖および南極ウェッデル海から高密度の海水が沈み込み、海洋の深層水が海面を通じた熱や淡水のやり取りの影響をあまり受けずに全世界的にゆっくりと循環しているためである。この循環を深層循環という。深層循環の時間スケールは表層の環流に比べて極めて長いことが知られている。

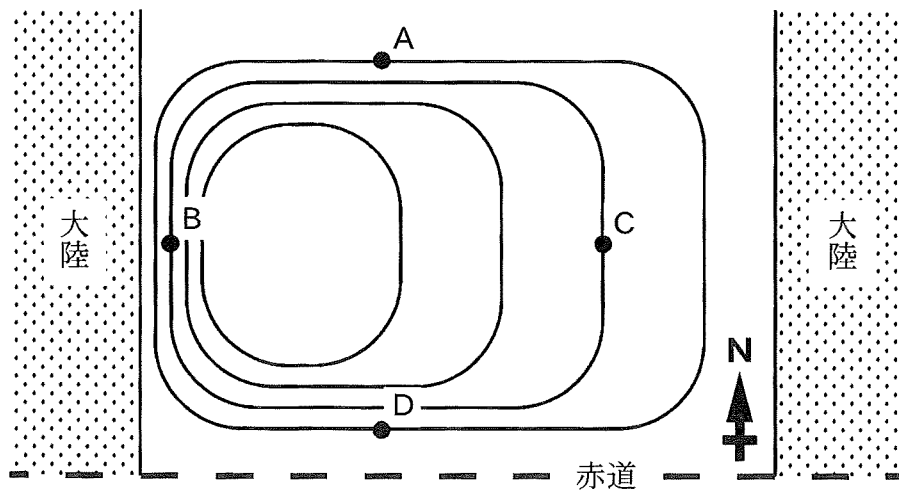


図1 北半球の大洋の模式図。実線は海面高度の等高線を示している。

問1 文中の ア ~ カ に当てはまる最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関連して、以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 地点Aの緯度帯に吹く風の名称を答えよ。また、その風の東西成分はどちらの方位から吹くか記せ。
- (2) 地点Dの緯度帯に吹く風の名称を答えよ。また、その風の東西成分はどちらの方位から吹くか記せ。
- (3) 地点Dに吹く風と関連した大気の大循環の名称を答えよ。また、その大循環が降水量の分布へ与える影響について説明せよ。

問3 下線部②に関連して、地点BおよびCの亜熱帯環流の速さはどちらが大きいのか答えよ。なお、地点BとCの緯度は等しいものとする。また、図1の海面高度の等高線の分布に基づいて、2つの地点で亜熱帯環流の速さが異なる理由を説明せよ。

問 4 下線部③に関連して、これらの海域で海水が高密度となる理由を2つ説明せよ。

問 5 下線部④に関連して、以下の(1), (2)に答えよ。なお、深層水における水分子の平均滞留時間を1500年とし、全世界の海水量は 1.3×10^{18} t、深層水が海水中に占める質量割合は90%とする。海洋表層への降水量は年間 3.9×10^{14} t、河川や地下水からの流入量は年間 4.6×10^{13} tとする。これらの量は常に一定に保たれており、海底の堆積物や岩石にしみこむ水分子の移動は考えなくてよいものとする。解答の際には導出過程も示し、有効数字2けたで答えること。

(1) 表層から海洋深層水へ流入する年間の海水の質量を答えよ。

(2) 深層水以外の海水における水分子の平均滞留時間を答えよ。

地学問題 III

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

2023年現在、日本に存在する活火山の数は であり、その多くは海溝と^①平行に帯状に分布している。これは、沈み込んだプレートがある程度の深さに達した^②時に、マグマがつくられるためである。生成したマグマは浮力によって地殻内を上昇し、周囲との密度差がなくなるところでいったん停止して を形成する。その後、マグマ中に溶け込んでいた揮発性成分が発泡してマグマの密度が小さくなると、再び上昇して地表から噴出する。^③これが火山噴火である。

火山噴火様式の多様性は、マグマの粘性やマグマに含まれる揮発性成分の量と関係する。粘性が低く、揮発性成分の量が少ないマグマであれば、 噴火とよばれる比較的穏やかな噴火になることが多い。粘性が高く、揮発性成分の量が多いと、ストロンボリ式噴火や 噴火となる。浅間山や桜島などでは 噴火がしばしば発生するほか、^④厚い溶岩も流出する。さらに粘性が高く、揮発性成分に富むマグマであれば、激しく発泡して連続的に噴出する 噴火とよばれる大規模な爆発的噴火を起こすことになる。 噴火の場合、^⑤噴煙は上空に高く立ち上り、風に流されて広域に広がる。また、より大量の火山灰や軽石が噴出するような、極めて大規模な噴火が発生した場合には、地下の からマグマが急激に失われることになるため、 の上の地表面が陥没して とよばれる巨大地形を形成する。南九州のある地域では、観測された のブーゲー異常の分布がきっかけのひとつになって、地下に埋もれた 構造の発見に至った。

マグマが上昇してきて噴火に至る場合、噴火前に地殻変動、地震活動、火山ガス放出量などに変化がみられることがある。それらを捉えるために、 の活火山の半数近くで、24時間体制での観測・監視が行われている。

問 1 文中の **ア** に当てはまる最も適切な数値を，以下の(あ)～(お)から1つ選べ。

(あ) 24 (い) 52 (う) 111 (え) 248 (お) 491

問 2 文中の **イ** ～ **キ** に当てはまる最も適切な語を，以下の語群から1つずつ選べ。

語群：正，負，溶岩ドーム(溶岩円頂丘)，カルデラ，成層火山，盾状火山，
ハワイ式，ブルカノ式，プリニー式，マグマだまり，岩脈，岩床

問 3 下線部①に関連して，帯状に分布する火山のうち，最も海溝側のものをつないだ線の名称を答えよ。

問 4 下線部②に関連して，沈み込み帯でマグマが生成される過程を，以下の語群をすべて用いて簡潔に説明せよ。

語群：水，融点，マントル，プレート

問 5 下線部③に関連して，マグマ中に含まれる主要な揮発性成分の組み合わせとして最も適切なものを，以下の(あ)～(え)から1つ選べ。

(あ) 窒素，酸素

(い) 窒素，二酸化炭素

(う) 水，酸素

(え) 水，二酸化炭素

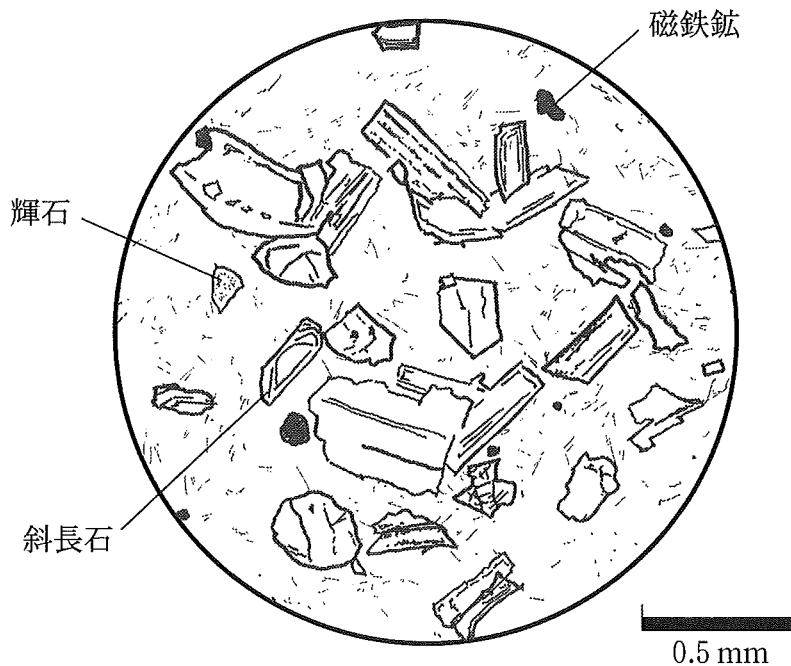


図 1

問 6 下線部④に関連して，図 1 はこの溶岩の岩石薄片を顕微鏡で観察したときのスケッチである。火山岩に典型的にみられるこのような岩石組織の名称を答えよ。また，この組織の特徴を，その形成過程と関連づけて簡潔に説明せよ。

問 7 下線部⑤に関連して，以下の(1)，(2)に答えよ。

- (1) 1991 年 6 月にフィリピンのピナツボ火山で発生した大規模な爆発的噴火では，噴煙は上空 40 km まで達した。この高度が含まれる大気圏の層の名称を答えよ。
- (2) ピナツボ火山で爆発的噴火が発生した後，地球全体の平均地表気温がわずかながら低下した。爆発的噴火の発生後に地球全体で温度低下が生じた原因を簡潔に説明せよ。

地学問題 IV

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。

図1はある地域の地質図である。ただし、東部の地質図は描かれていない。破線は地形等高線を表す。A層～E層はすべて堆積岩から成り、侵食を受ける前の各層の厚さはそれぞれ一定であったとする。この地域には地層の上下を判定できた地点があった。図1中の \otimes 印は逆転している地層が、 \odot 印は逆転していない地層が確認された地点を表す。断層Fは、同じ方向に2回運動したことがわかっている。それらの運動は、A層～E層の各地層の堆積中には起こらず、運動方向は断層面の走向に直交していたとする。この地域に断層F以外の断層は存在せず、断層Fの断層面は平面である。

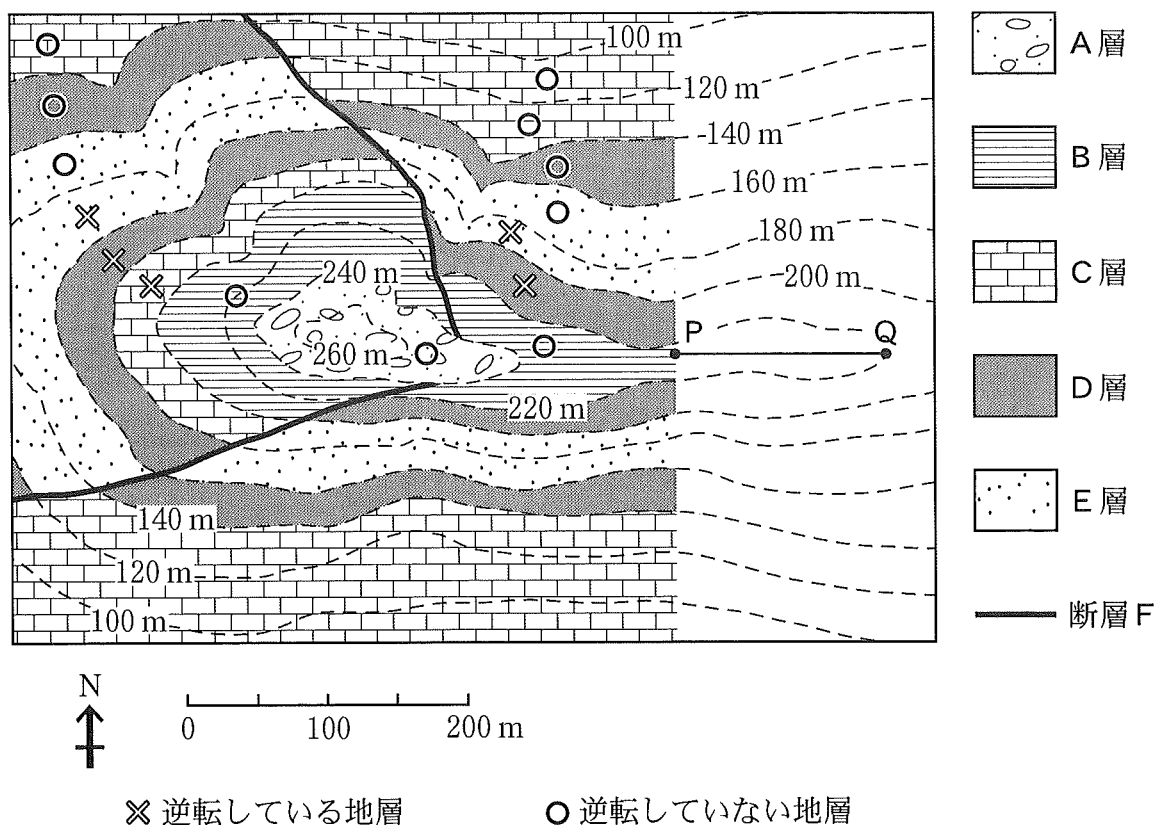


図1

問 1 断層 F について，以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 断層面の走向として最も適切なものを，次の(あ)~(お)から選べ。

- | | | |
|------------|------------|------------|
| (あ) N 0°E | (い) N 30°E | (う) N 60°E |
| (え) N 30°W | (お) N 60°W | |

(2) 断層面の傾斜として最も適切なものを，次の(あ)~(け)から選べ。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| (あ) 0° | (い) 30°NE | (う) 60°NE |
| (え) 30°NW | (お) 60°NW | (か) 30°SE |
| (き) 60°SE | (く) 30°SW | (け) 60°SW |

(3) 断層 F は正断層か，逆断層か答えよ。

問 2 下線部①に関連して，斜交葉理が地層の上下を示す場合がある。図 2 は地層面に垂直な断面に現れた斜交葉理のスケッチである。地層の上位の向き(堆積年代が新しくなる向き)が(a)，(b)のいずれであるか，解答欄(i)に記入せよ。また，古流向(地層が堆積した当時の水流の向き)が(c)，(d)のいずれであるか，解答欄(ii)に記入せよ。ただし，図 2 に描かれた葉理の面の走向はすべて紙面に垂直であるとする。

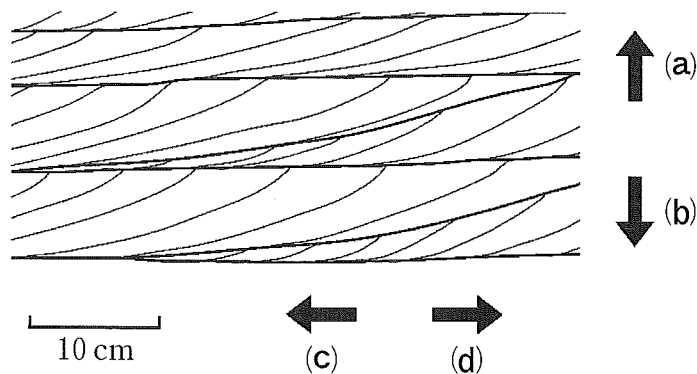


図 2

問 3 C層とD層は海洋プランクトンの遺骸を主体とする遠洋域の深海底の堆積物から成ることがわかった。C層は主に石灰岩、D層は主にチャートで構成される。このような深海底の堆積物に関連して、以下の(1)、(2)に答えよ。

(1) C層とD層の岩石の種類の違いは、堆積時の水深の違いのみによって生じたとする。どちらの層の堆積時の水深が深かったと考えられるか、以下の語群の語をすべて用いて簡潔に説明せよ。

語群：有孔虫，放散虫，炭酸塩補償深度， SiO_2 ， CaCO_3

(2) 次の文章を読み、～に当てはまる適切な語を答えよ。

ジュラ紀に付加した美濃—丹波帯の地層には、深海底で形成された堆積岩が含まれる。この堆積岩には、付加するまでの数千万年間の地史が記録されている。この期間には、と呼ばれる超大陸の分裂や、代末の生物の大量絶滅が起こった。大量絶滅の痕跡を、海水中のの欠乏を示す黒色の堆積岩として見ることができる。代末の大量絶滅では、有孔虫のなかまであるも絶滅した。

問 4 図1の地質図が描かれた範囲内の地史について、以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) 次の(あ)～(お)のうち不整合面であると考えられるものをすべて選び、そのように判断した根拠を簡潔に述べよ。ただし断層面は除く。

(あ) A層とB層の境界面

(い) B層とC層の境界面

(う) B層とD層の境界面

(え) C層とD層の境界面

(お) D層とE層の境界面

(2) 断層 F の 2 回の運動と A 層～E 層の堆積との時間的な前後関係について、最も適切と考えられる順番を、次の(あ)～(き)を並べて答えよ。

- | | |
|--------------------|--------------------|
| (あ) A 層の堆積 | (い) B 層の堆積 |
| (う) C 層の堆積 | (え) D 層の堆積 |
| (お) E 層の堆積 | (か) 断層 F の 1 回目の運動 |
| (き) 断層 F の 2 回目の運動 | |

(3) 断層 F の 2 回の運動におけるずれの量について、最も適切な記述を、次の(あ)～(う)から選べ。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| (あ) 1 回目が 2 回目の約 2 倍 | (い) 2 回目が 1 回目の約 2 倍 |
| (う) ほぼ同じ | |

この問題は、次のページに続いている。

問 5 図 1 の東部の地質図が描かれていない部分には、^{しゅうきよく}褶曲が見られた。この褶曲について以下の(1), (2)に答えよ。ただし、褶曲の形成により地層の厚さは変化しなかったとする。

(1) 図 1 の線分 PQ に沿う鉛直方向の地質断面図として最も適切なものを、図 3 の(あ)～(え)から選べ。ただし、すべての地層境界面の走向は南北方向とする。

(2) (1)で選んだ断面図の褶曲した地層は折りたたまれており、地層が急に曲がる部分を除いて地層境界面は水平に近い。このような特徴から、この褶曲は 褶曲と呼べる。 に当てはまる最も適切な語を答えよ。

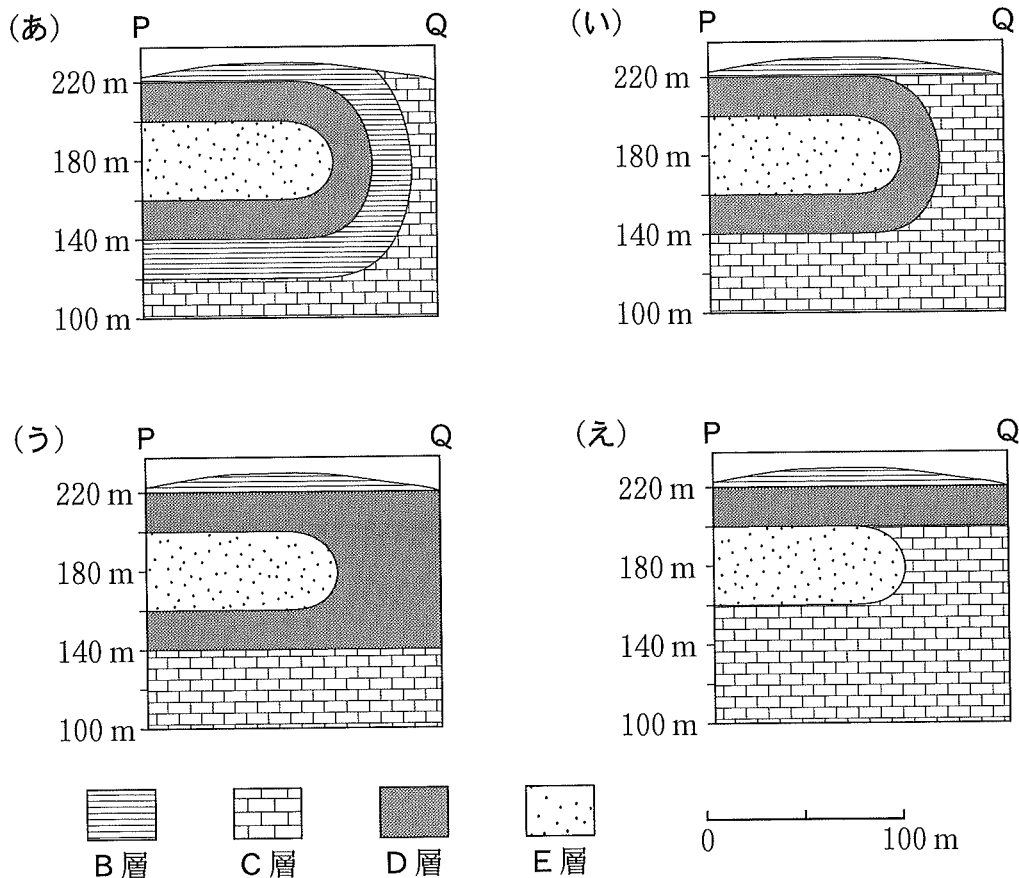


図 3

地学問題は、このページで終わりである。