

地 球 科 学

【第10問】

I あるオリビンの構造および化学的情報を表1に、結晶形を図1に示す。これらを用いて、このオリビンに関する以下の問いに答えよ。

表1

分子式	$(\text{Mg}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_2\text{SiO}_4$
結晶系	直方晶系（斜方晶系ともいう）
格子定数	$a = 4.8 \text{ \AA}; b = 10 \text{ \AA}; c = 6.0 \text{ \AA}$
1 単位胞あたりの分子数	4

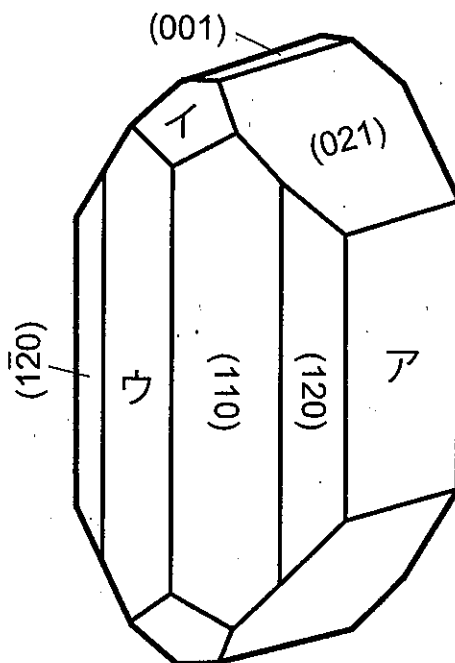


図1

- (1) 図1に示されたア、イ、ウ面を図中の他面の表記法にならってそれぞれ示せ。ただし、すべての面は数字の0もしくは1（上付き線のある数字を含む）のみで表せるものとする。
- (2) 図1に示されたア、イ、ウ面に対応する格子面の面間隔のうちで最大の値を有効数字2桁で答えよ。なお、導出過程も記すこと。
- (3) 図1に数表記された面の交差が作る晶帯軸を数表記で3つあげよ。ただし、その晶帯軸に相当する結晶形の稜が図1に描かれているもののみとする。

(4) 表1で表されるオリビンのせん断弾性波(S波)速度について、以下に考察する。

(4-1) 表1で表されるオリビンの密度を有効数字2桁で答えよ。なお、計算にはMg, Fe, Si, Oの原子量としてそれぞれ24, 56, 28, 16、および、アボガドロ数として $6.0 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ を用い、計算過程も記すこと。

(4-2) オリビンのせん断弾性波(S波)速度について、

$$V_s = \sqrt{\mu/\rho} \quad (V_s: S \text{波速度}, \rho: \text{密度}, \mu: \text{剛性率})$$

の關係を用いて有効数字2桁で求めよ。なお、計算には(4-1)で求めた密度および $\mu = 64 \text{ GPa}$ の値を用い、計算過程も記すこと。

(5) (4)での計算は弾性等方性が仮定されているが、実際のオリビンは強い弾性異方性をもつ。オリビンからなる物質で、(4)で求めた V_s が妥当になる場合を、以下のキーワード4つ以上を用いて50字程度で述べよ。

結晶軸、配向、ランダム、単結晶、多結晶体、空隙率

(6) $(\text{Mg}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_2\text{SiO}_4$ の組成を持つメルトから温度低下に伴って晶出し成長するオリビンについて、図2に示した Mg_2SiO_4 - Fe_2SiO_4 オリビン系の相図を用いて以下に考察する。その際、結晶内部での原子拡散による化学組成の変化は無視できるほど小さいものとする。

(6-1) 2000°Cからオリビンが晶出する直前までのメルトの冷却過程を相図に矢印で記せ。次に、同じ相図に、晶出開始時の温度 T_1 および結晶の組成 x_1 と、晶出完了時の温度 T_2 および結晶の組成 x_2 を記し、温度 T_1 から T_2 まで変化する間の結晶成長部の組成 x を矢印で記せ。なお、相図として図2の概略図を解答用紙に描き、これに解答を記入せよ。

(6-2) (6-1)で成長する結晶は、図1のような外形をもつものとする。この

とき、図1の結晶の中心を通るア面に平行な結晶断面図の概略図を描き、これに結晶の組成 x_1 と x_2 の箇所および化学組成の分布がわかる等組成線を記入せよ。なお、解答は2つの異なる組成に対応する等組成線のみでよいが、図1の結晶形から推定される結晶成長速度の方向依存性を考慮に入れること。

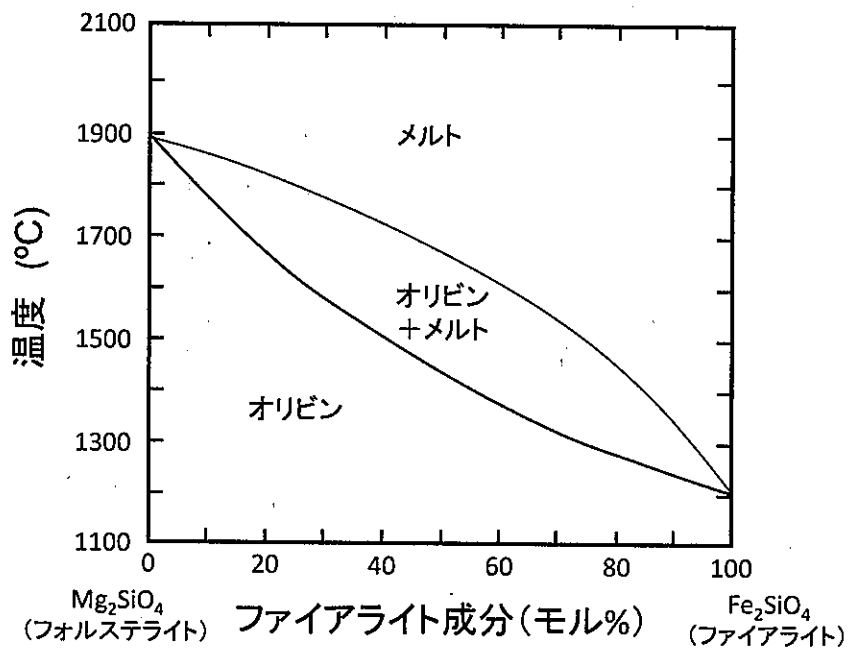


図 2

II 円柱形の岩石を三軸圧縮する場合の岩石の破壊と摩擦すべりに関する次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

円柱の軸に平行な方向の圧縮応力（軸圧）を σ_1 、側面にかかる封圧を σ_3 とする（図3）。応力は圧縮を正とし、 $\sigma_1 > \sigma_3 > 0$ である。軸圧と封圧の差 $\sigma_1 - \sigma_3$ を差応力とよぶ。破壊には大きく分けて2つの様式があり、それぞれの場合の円柱の軸歪と差応力の関係を図4 (a), (b) に示す。なお、ここで軸歪は岩石の軸方向の長さの変化量を元の岩石の長さで割ったものであり、弾性歪以外の変形も含まれている。図4 (a) の場合は、軸歪にほぼ比例して差応力が増大し、あるところ（矢印A）で急に破壊して差応力が低下する。図4 (b) の場合は、軸歪にほぼ比例して差応力が増大するが、あるところ（矢印B）から差応力の変化が小さいまま軸歪が大きく増大し、最終的に破壊する（矢印A）。

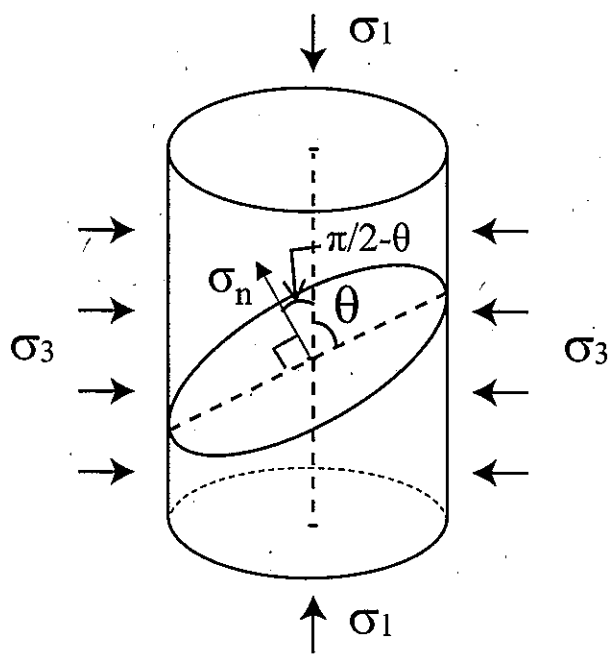


図3

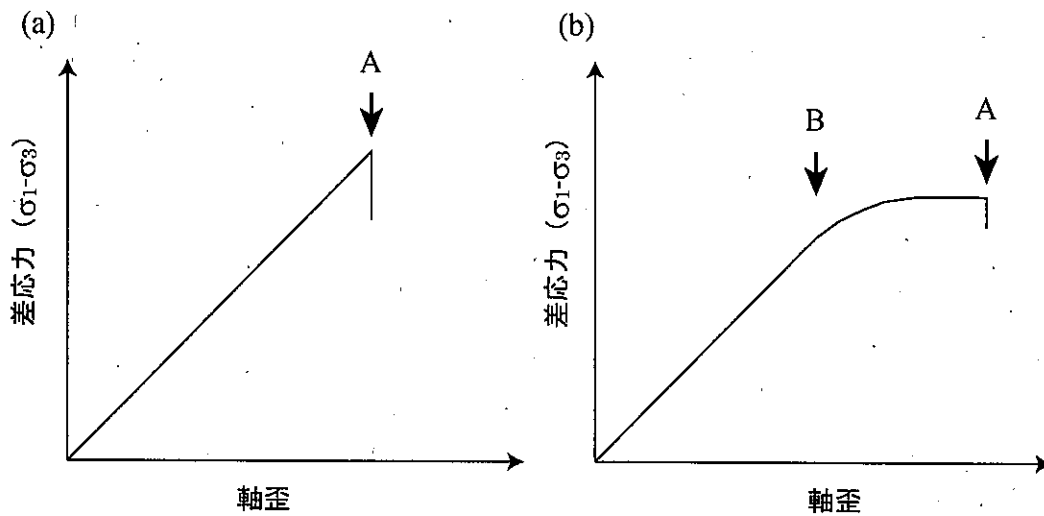


図 4

- (1) 図 4 (a), 図 4 (b) に示す破壊をそれぞれ何とよぶかを答えよ。また, 図 4 (b) で, 変位が急激に増加し始める点 (矢印 B) で起こる現象を何とよぶかを答えよ。
- (2) 岩石の破壊の様式は様々な条件に依存する。地球内部において, 図 4 (b) の破壊様式が起こりやすいのは, 圧力が (ア) とき, 温度が (イ) とき, 歪速度が (ウ) ときである。
(ア), (イ), (ウ) にそれぞれ適切な言葉を入れよ。
- (3) 図 4 (a) の破壊様式では, 岩石内部に多数存在する微小亀裂 (クラック) が破壊強度に大きな影響を及ぼすと考えられている。その理由を, 亀裂が応力分布に及ぼす影響の観点から 50 字程度で説明せよ。
- (4) 図 4 (a) の破壊様式で破壊が発生し, 岩石に破壊面 (断層面: 図 3 の灰色の面) が形成された。破壊面は平面であり, 円柱の軸となす角は θ であった。このとき, 破壊面にかかるせん断応力 τ と法線応力 σ_n を, $\sigma_1, \sigma_3, \theta$ を用いて表せ。
- (5) (4) で破壊面が形成された岩石試料を圧縮し続けると, 図 5 に実線で示す軸歪と差応力の関係が得られた。すなわち, 差応力の急激な低下と差応

力のゆっくりとした増加を繰り返す。これらの繰り返しに対応して、断層面上ではどのような現象が発生しているか、50字程度で説明せよ。

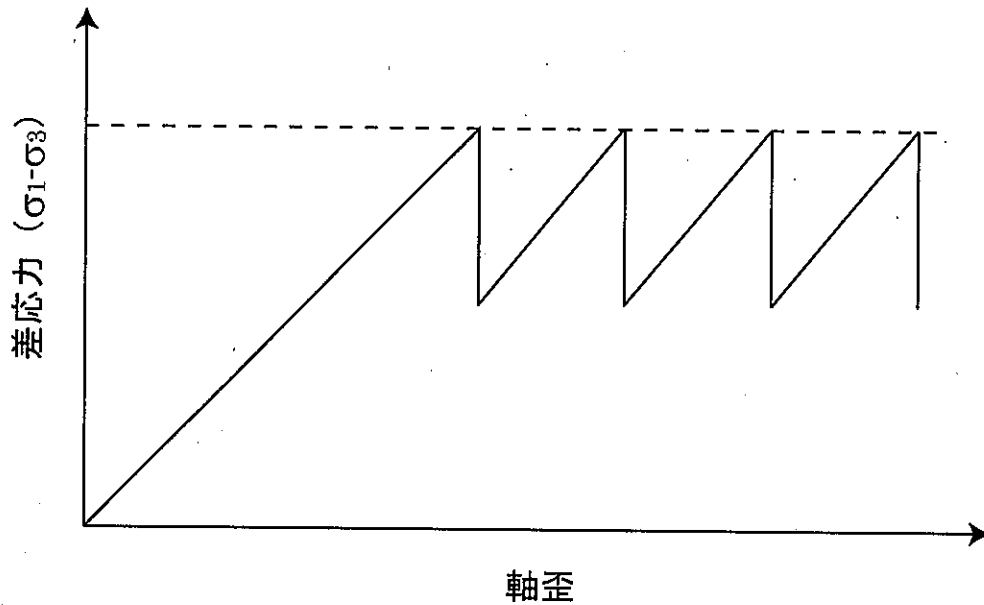


図5

(6) 図5で差応力の急激な低下が始まるときの応力（破線で示す差応力のとき）は $\sigma_1 = 40 \text{ MPa}$, $\sigma_3 = 10 \text{ MPa}$ であり、また $\theta = 30^\circ$ であった。この断層面の静摩擦係数を有効数字2桁で答えよ。なお、 $\sqrt{3} = 1.73$ としてよい。

地球科学

【第11問】

I テクトニクスに関する以下の問いに答えよ。

- (1) 表1に、(a) から (e) の5ヶ所で測定された同一地層の層理面の走向、傾斜角、傾斜方向を示す。これに関連した (1-1)、(1-2) の設問に答えよ。

表1 5ヶ所で測定された同一地層の走向と傾斜データ。

地点	走向	傾斜角	傾斜方向
(a)	S27° W	79°	NW
(b)	N22° W	32°	E
(c)	S52° W	41°	NW
(d)	N5° E	51°	E
(e)	N22° E	84°	E

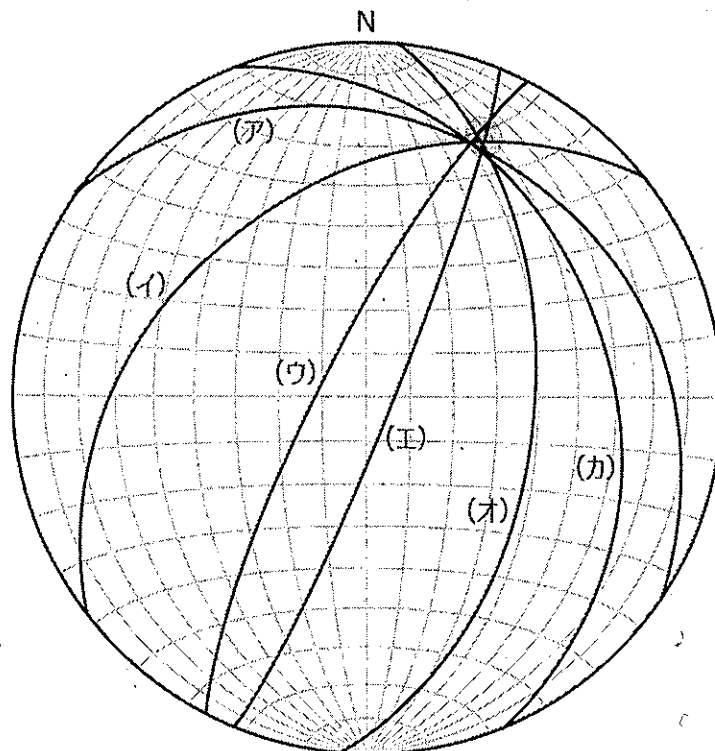


図1 シュミットステレオネットに下半球投影した大円。

(1-1) 図1にはシュミットステレオネットに下半球投影した大円を示す。
表1の(a)から(e)の走向傾斜に対応する大円を、図1に示した(ア)から(カ)の中からそれぞれ選択せよ。

(1-2) 表1に示す5箇所のデータの大円の交点(図1に灰色で示す領域)は褶曲軸と考えることができる。この褶曲軸の方位とプランジに最もふさわしい組み合わせを以下から選択せよ。

(N10°E, 10°), (N25°E, 10°), (N40°E, 10°), (N10°E, 25°), (N25°E, 25°),
(N40°E, 25°), (N10°E, 40°), (N25°E, 40°), (N40°E, 40°)

(2) 図2に、世界の主なプレート境界を示す。これに関連した(2-1)~(2-3)の設問に答えよ。

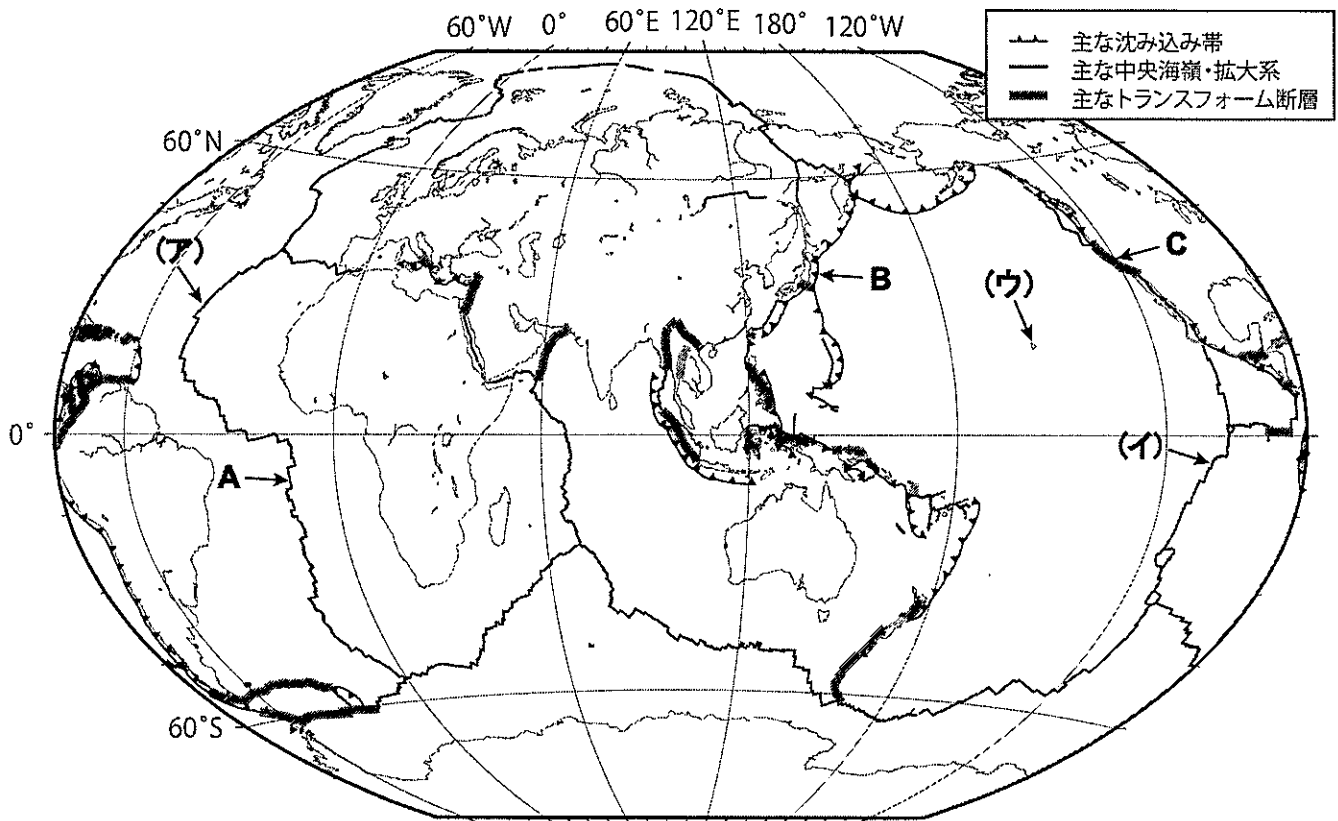


図2 主なプレート境界.

(2-1) 図中の(ア)の大西洋中央海嶺では海底拡大速度が遅く、(イ)の東太平洋海膨における海底拡大速度の 25%以下である。なぜこの差が生じるのか、プレートの運動速度を決めている要因にふれながら、図2を参考に 150 字程度で説明せよ。

(2-2) 図中の(ウ)のようなホットスポット火山は、しばしば火山列を伴う。ホットスポット火山列からプレート運動速度を推定する方法について、150 字程度で説明せよ。

(2-3) 図中の A, B, C 点で起こる代表的な地震の特徴を、プレート境界の種類と震源メカニズムを関連させて、200 字程度で記述せよ。

II 図3に示したある地域の地質と層序を読み取り、(1)～(4)の設問に答えよ。なお、この地域内で地層 A～D は同じ走向傾斜を持ち、地層 E 基底の不整合境界は平らな面であるとする。また、地層の逆転はない。

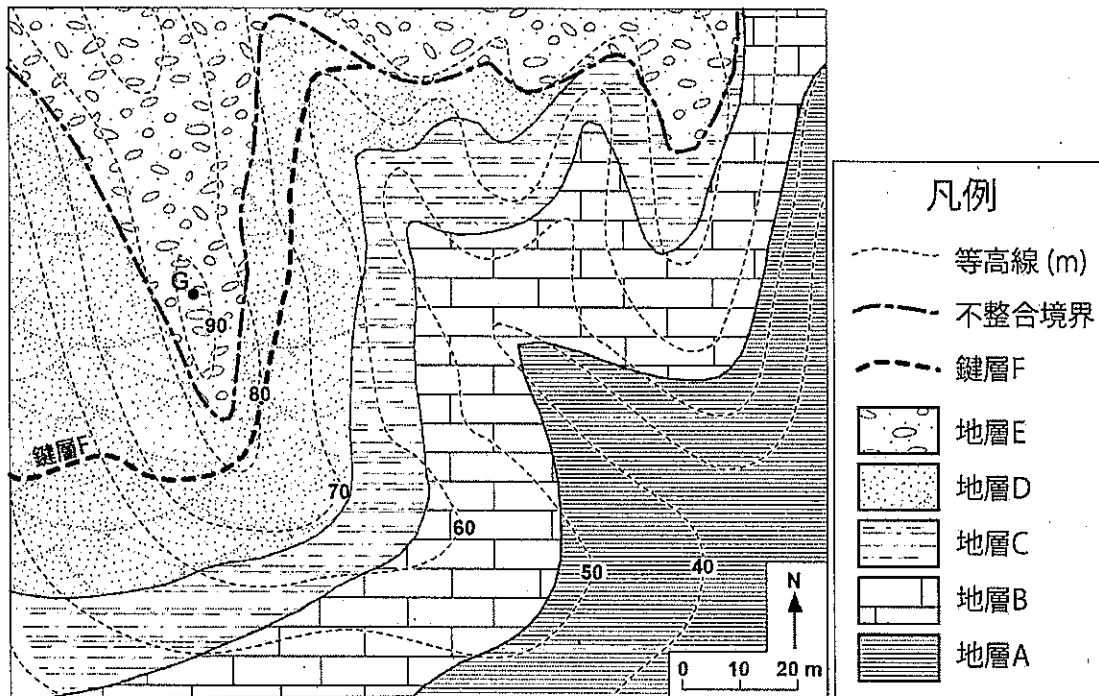


図3

- (1) 地層 A~D の走向傾斜として最もふさわしいものを以下から選択せよ。
N30°W 30°E, N30°W60°E, N30°E30°W, N30°E60°W,
N30°E 30°E, N30°E60°E, N30°W30°W, N30°W60°W
- (2) 標高 92 m の地点 G において、鉛直方向にボーリングコアを採集した。
不整合境界と鍵層 F はそれぞれ地表から何 m 下に現れるかを答えよ。
- (3) 地点 G で採集したボーリングコアの地層 E の部分には時代区分であるチ
バニアン (Chibanian) の下限が含まれることがわかった。どのようにして
わかったかを 50 字程度で答えよ。
- (4) 図 3 に示される地層についての以下の説明文を読んで、下線部とア〜ウ
に関する (4-1)~(4-5) の設問に答えよ。

地層 A は①石炭を含む頁岩層であり、無脊椎動物である や二枚貝の化石を含む。地層 B は石灰岩であり生層序を検討し、②炭素同位体比を測定したところ、大量絶滅の層準が下部にあることがわかった。また大量絶滅層準の下部からはストロマトライトが、上部からは やサンゴの化石が産出した。地層 C は泥岩とドロストーンの互層であり、石膏の仮像とともに③蒸発環境を示す堆積構造が認められた。地層 D は④蒸発環境ではないが、河川を含む陸上で堆積した礫岩・砂岩・泥岩であり、鍵層 F の年代測定を行ったところ、 175 ± 5 Ma であることがわかった。また、鍵層 F の直下からは の化石が産出した。

- (4-1) 下線部①に関連して、石炭層はシルル紀以前の地層からは報告されていない。その理由について 70 字程度で答えよ。
- (4-2) 下線部②に関連して、大量絶滅時の地層には炭素同位体比の負の異常値が記録されることが多い。炭素同位体比が負になる原因を 2 つ挙げ、それぞれについて 50 字程度で答えよ。
- (4-3) 下線部③に関連して、蒸発環境を示す堆積構造を 1 つ答えよ。

(4-4) 下線部④に関連して、海洋ではなく陸上で堆積したことを示す礫岩・砂岩・泥岩の特徴について70字程度で答えよ。

(4-5) 文中のア、イ、ウに入る化石の可能な組み合わせを全て選択せよ。
なお、化石の再堆積はなかったとする。

- ① ア：腕足類，イ：カヘイ石，ウ：被子植物
- ② ア：三葉虫，イ：アンモナイト，ウ：恐竜
- ③ ア：三葉虫，イ：フズリナ，ウ：アンモナイト
- ④ ア：魚類，イ：恐竜，ウ：被子植物
- ⑤ ア：腕足類，イ：コノドント，ウ：裸子植物