

# 地球科学

## 【第10問】

以下の I 及び II の設問に答えよ。

I. 太陽風と地球固有磁場は、地球磁気圏の境界層であるマグネトポーズにおいて、それぞれ動圧と磁気圧という支配的な圧力により均衡を保っている。

地球固有磁場を地球中心にある磁気双極子によるものとして近似し、定常で一様な太陽風が、地球固有磁場の磁気赤道上空においてマグネトポーズに垂直に衝突する場合を考えよう。この場合、磁気赤道上空での地球固有磁場は、球座標  $(r, \theta, \phi)$  での  $\theta$  方向成分  $(B_\theta)$  のみとなり、以下の (A) 式で表される ( $\theta$  は、南極から北極方向にはかる角度であり、赤道上空で  $\theta = \pi/2$  となる)。ここで  $M$  は地表面の磁気赤道での磁場強度 (磁束密度)、 $R$  は地球半径を 1 とした場合の地球中心からの距離を表す。

$$B_\theta = \frac{M}{R^3} \quad (\text{A})$$

また、一般的に磁場  $\vec{B}$  による磁場圧  $P_B$  は

$$P_B = \frac{\vec{B} \cdot \vec{B}}{2\mu_0} \quad (\text{B})$$

で与えられる。 $\mu_0$  は真空の透磁率である。また、太陽風プラズマは同じ密度の電子とイオン (陽子) で構成されるものとし、熱運動は無視する。

以下の問いに答えよ。

- (1) マグネトポーズに垂直に入射した太陽風中の各荷電粒子は、マグネトポーズ内の磁場の周りを 180 度だけ旋回運動を行い、太陽風中へと反射される。この運動中に変化する運動量に着目し、太陽風が磁気圏の単位面積当たりに及ぼす動圧を求めよ。また、イオンの寄与がどの程度支配的であるかを示せ。 $n$  を電子あるいはイオンの密度、 $m_e$ 、 $m_i$  をそれぞれ電

ンの質量,  $v(=|\vec{v}|)$  を太陽風の各荷電粒子の入射速度ベクトルの絶対値 (イオン及び電子とも等しい速度を持つとする) として解答に用いよ.

- (2) 太陽風プラズマは電気伝導度が極めて高いため, マグネトポーズより内側 (地球側) に地球磁場を圧縮し閉じ込める. その効果により, マグネトポーズ中とその近傍では, 地球固有の磁気双極子による成分の  $k$  倍の磁場が双極子磁場と同じ方向に存在すると仮定してよい.

太陽風プラズマ中のイオンによる動圧が支配的であることを考慮し, 磁気赤道上空でマグネトポーズが形成される位置を地球中心からの距離として求めよ. 但し, その距離は地球半径を単位として表すものとする. また,  $k$  は既知の定数として解答に使用してよい.

II. 火山活動に伴って地下でマグマなどの物質の移動が起これば, 標高と重力が変化する. 標高変化が観測点の周囲の十分に広い領域にわたりほぼ一定ならば, 標高の変化分に相当する厚さの平板上質量分布が観測点下に挿入された (隆起の場合), あるいは取り去られた (沈降の場合) と見なすことができる.

平板上の質量分布による重力を求めるため, 半径  $R$ , 厚さ  $h$ , 密度  $\rho$  の円板状の質量分布による重力を求めよう. 円板上面を  $z = 0$  の面とする円筒座標系を取り,  $z$  軸は円板の中心軸と一致し, 鉛直上向きを正とする.  $z$  軸上の重力測定点  $P$  の座標を  $(0, 0, H)$  とする.

- (1) 点  $P$  での重力の  $z$  成分に対する, 円板内の点  $(r, \theta, z)$  に位置する微小体積要素  $r d\theta dr dz$  の寄与を  $G, \rho, r, z, H, d\theta, dr, dz$  を用いて表せ. なお, 質量  $M$  の質点が, 距離  $r$  における単位質量の質点到及ぼす引力は,  $G$  を万有引力定数として  $GM/r^2$  で与えられる.
- (2) (1) で得られた微小体積による寄与を円板状の質量分布全体にわたって積分することにより, 円板状の質量分布による点  $P$  での重力の  $z$  成分を  $G, \rho, h, R, H$  を用いて表せ.
- (3) 水平方向に十分な広がりを持つ厚さ  $h$ , 密度  $\rho$  の平板による重力を  $G, \rho, h$  を用いて表せ.

【第11問】

結晶 A は  $\text{Mg}_{1.8}\text{Fe}_{0.2}\text{SiO}_4$ 、結晶 B は  $\text{Mg}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{SiO}_3$  の化学式で表される鉱物とする。以下の間に答えよ。

- (1) A と B の 1 気圧で安定な鉱物名をそれぞれ答えよ。
- (2) 図 1 は結晶 A を含む系の 1 気圧下の液相線と固相線を示した相平衡図である。温度を上げて結晶 A を融解させる場合を考える。結晶 A の組成、および、平衡融解開始時に生じた微量のメルトの組成を、それぞれ各元素の酸化物としての重量%の形で有効数字 2 桁で求めよ。ただし、原子量は、 $\text{O}=16.0$ ,  $\text{Mg}=24.3$ ,  $\text{Si}=28.1$ ,  $\text{Fe}=55.8$  とせよ。計算の途中経過も記すこと。
- (3) ケイ酸塩鉱物の結晶構造を考える時、「イオン半径」という概念を用いると理解しやすい。「イオン半径」の概念とその決め方について、あわせて 200 字程度で説明せよ。
- (4) 結晶 A の構造について、Si の占める席と Mg および Fe の占める席の特徴を配位数の観点から 100 字程度で説明せよ。
- (5) ケイ酸塩鉱物では Si と O がつくる骨組みを構造の基本単位として考えることができる。結晶 A と結晶 B について、化学式の Si と O の比がそれぞれ 1:4 と 1:3 になっている理由を、この骨組み構造の視点から 200 字程度で説明せよ。
- (6) 正累帯構造 (Normal zoning) と呼ばれる化学的不均質が、マグマから結晶が晶出する際に形成されることがある。これがどのような構造であり、どのようにして形成されるかを、図 1 を用いて 200 字程度で説明せよ。

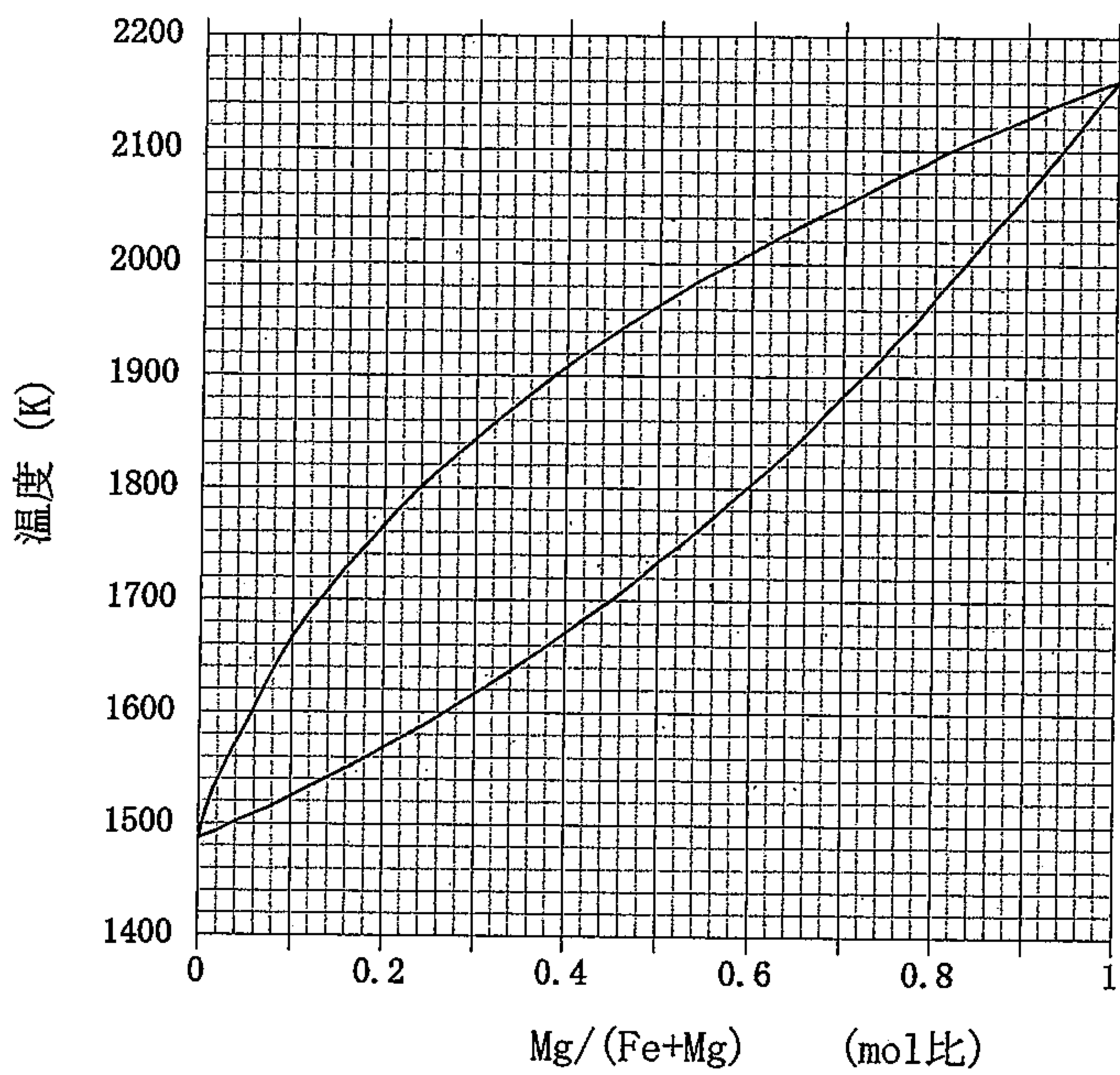


图 1

【第12問】

以下の I, II, III の間に答えよ。

I. 野外において地層および断層の走向と傾斜を測定した。図1は、上を北とする等面積投影法の下半球投影でその結果を示したものである。以下の問いに答えよ。

- (1) 断層のおおよその走向と傾斜を述べよ。
- (2) 図1は、地層面および断層面を大円として投影したものであるが、それぞれの面に対する法線を投影するとどのようなようになるか。解答用紙に投影ネットの外周円を描き、その上に地層面および断層面のおおよその位置をそれぞれ白丸と黒丸で示せ。
- (3) 地層が水平な時に断層が形成されたとする。地層を水平に戻した際の断層の走向を述べよ。また傾斜の方向を東西南北で答えよ。傾斜の角度は答えなくてよい。

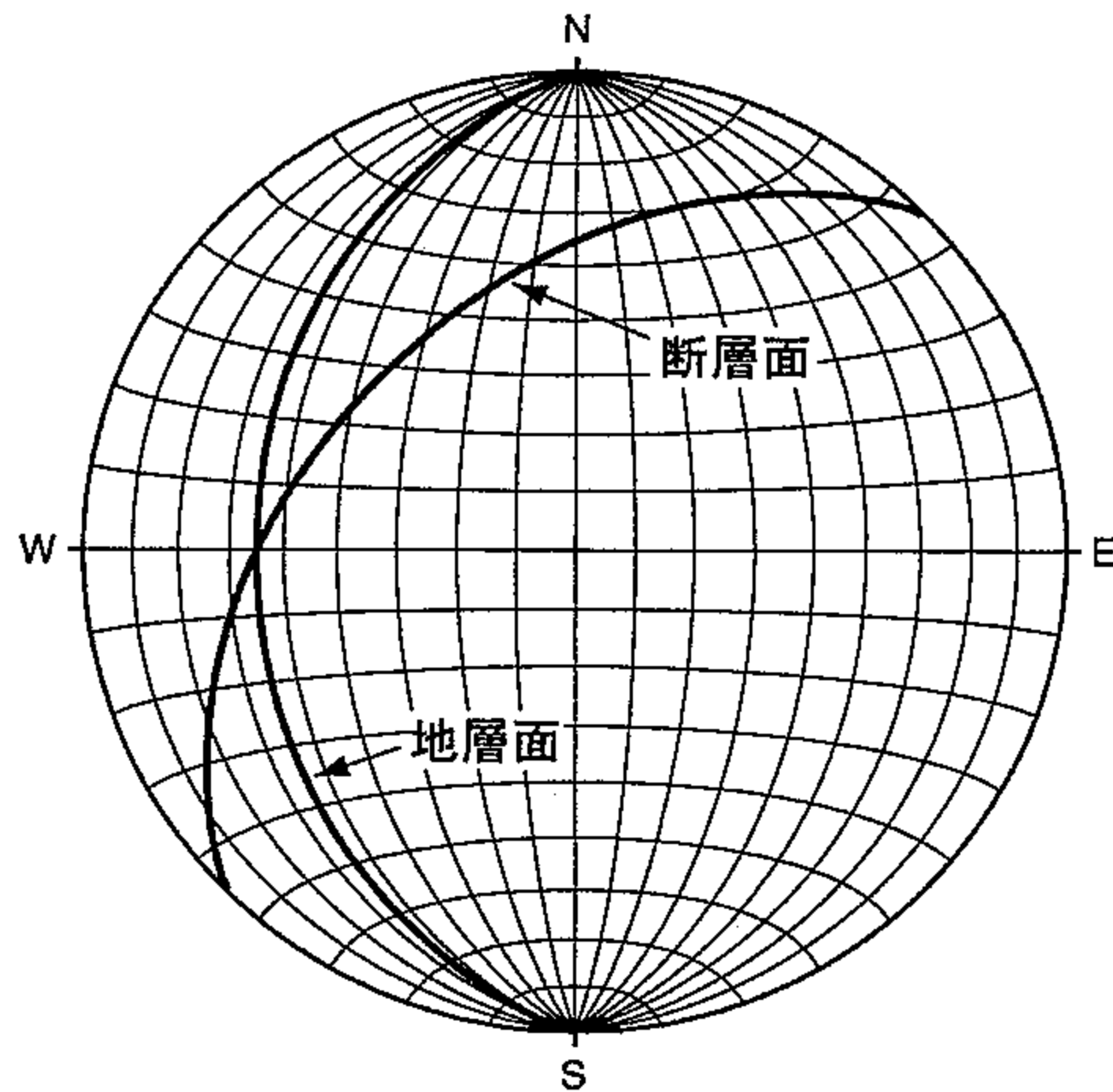


図1

II. 図2は水槽実験から求められた碎屑粒子の粒径・平均流速とベッドフォーム（床形態）の関係を示したものである。以下の問いに答えよ。

(1) XからYへの流速の変化に伴ってベッドフォームがA, 砂堆（デューン）, B, 反砂堆へと変化する。A, Bのそれぞれの名称を述べよ。

(2) 砂堆の堆積構造について、粒子の安息角との関係を含めて50〜100字程度で説明せよ。補助的に図を用いても良い。

(3) Aのベッドフォームは前進しながら図3のように、上方へ積み重なる構造を示すことがある。この構造の名称を答えよ。また、どのような堆積環境を示しているのかを30字程度で答えよ。

(4) 水中に浮遊した泥の粒子は沈降しにくく遠距離運搬される。一方、堆積した泥は砂に比べて一般に粒子が移動を開始する流速は大きい。その理由を50字程度で述べよ。

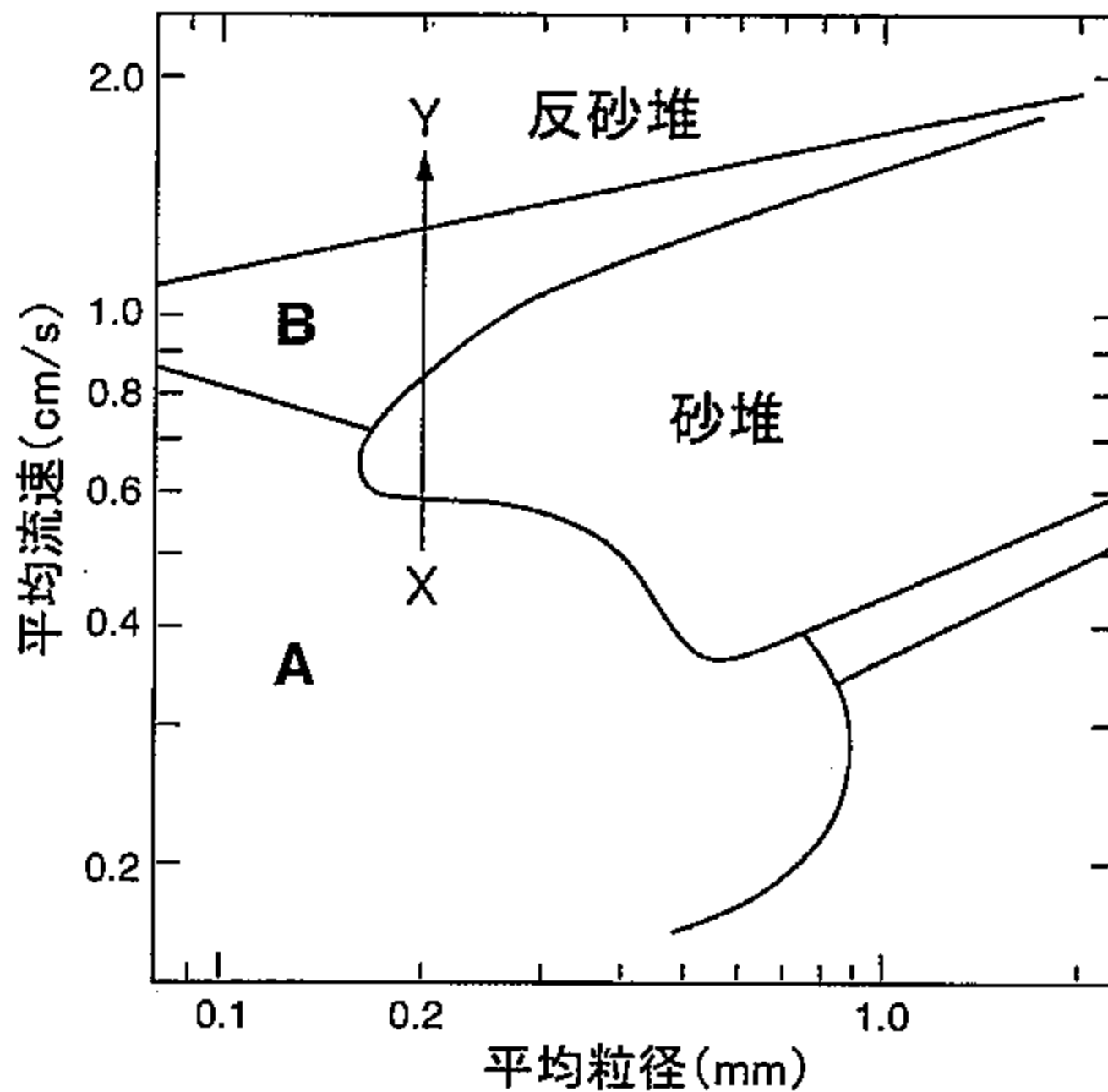


図2

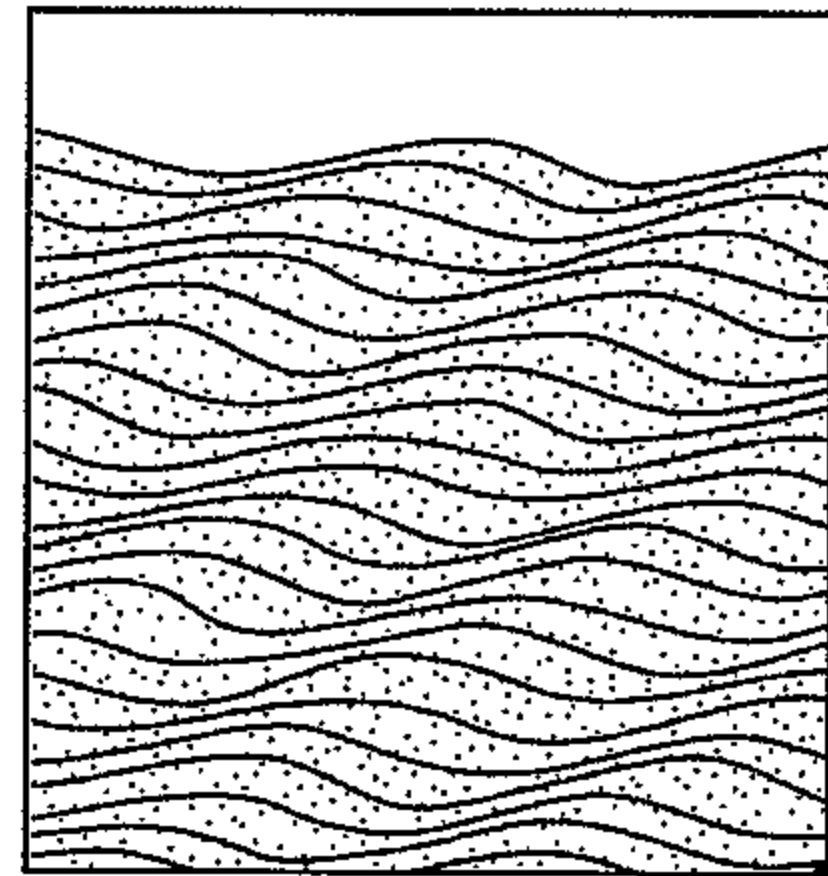


図3

III. 地層の時代決定に有効な化石を図4に示す。以下の問いに答えよ。

(1) A～Eの化石の名称と、どの時代からどの時代の範囲の決定に有効であるのかを答えよ。各化石の名称は属や種まで答える必要はなく、一般的な分類群の総称でよい。また、C以外の時代は紀のレベルで答えよ。Cの時代は代のレベルで答えよ。

(2) Dを除く図4の化石の硬組織はそれぞれどのような化学成分で出来ているかを答えよ。

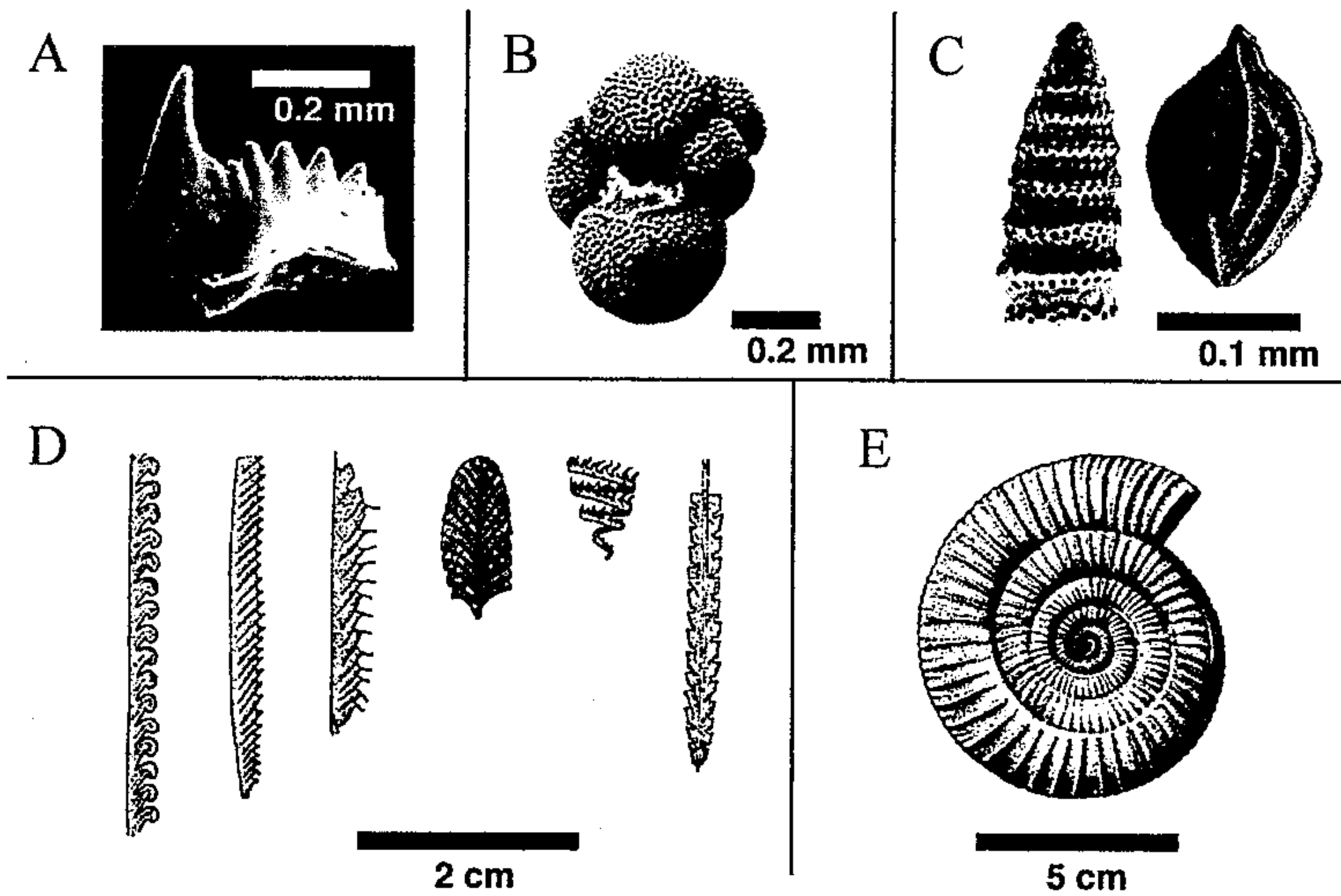
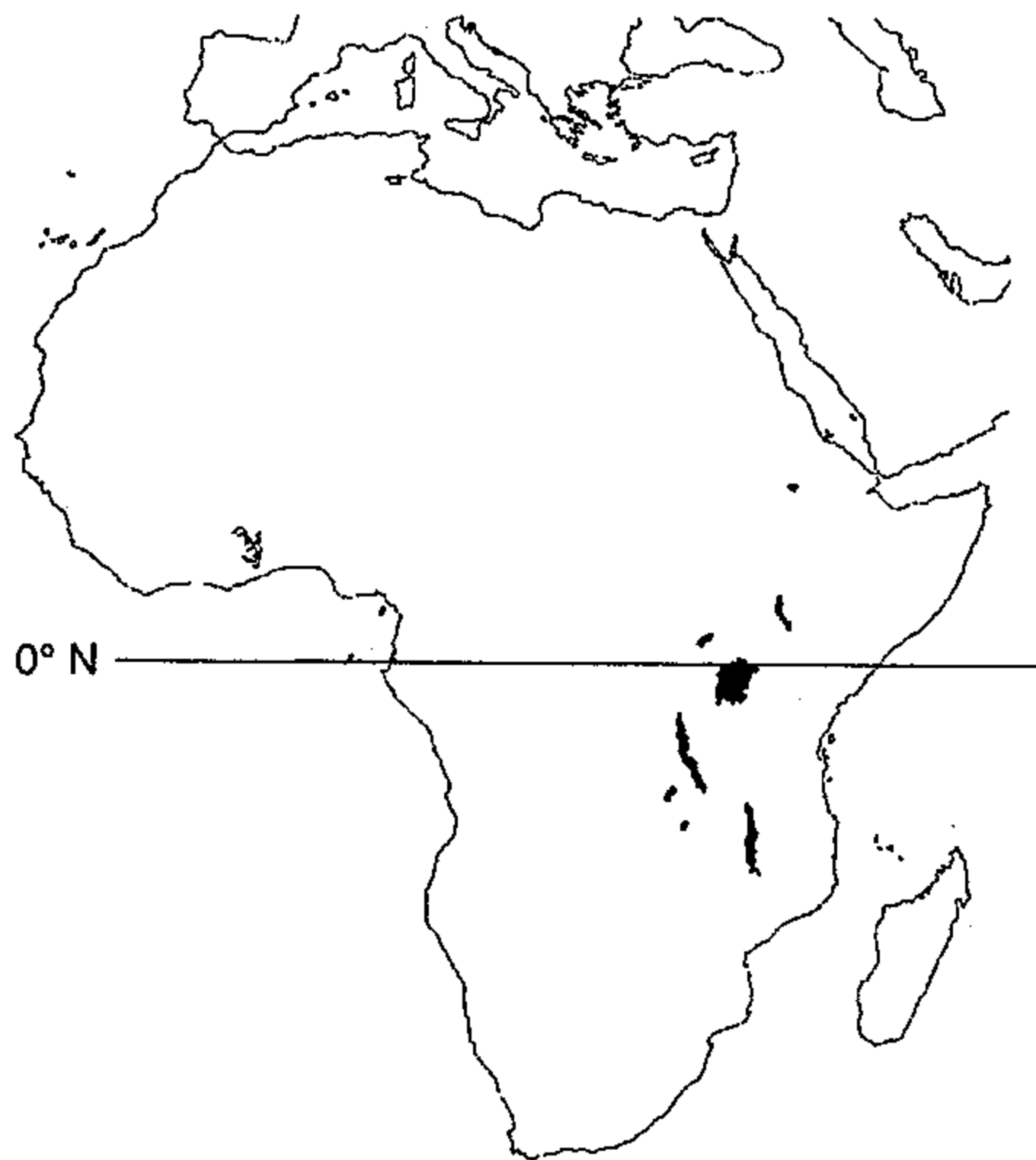


図4

【第13問】

湖沼に関する以下の設問に答えよ。

- (1) アフリカ大陸東部の大湖沼群（下図の黒塗りの部分）は全体として南北方向に配列している。これら大湖沼群の成因を20字程度で答えよ。また、このように分布する理由について150字程度で論ぜよ。



- (2) 日本における自然湖沼の大部分は、アフリカ大陸の大湖沼の成因とは異なる2つの成因で形成されたものである。これらの2つの成因による湖沼の分類名を述べよ。また、それらの湖沼が有する地形と水質の特徴を、互いに比較しながら150字程度で記せ。
- (3) アフリカ大陸の大湖沼と日本の琵琶湖における湖水の循環の相違点を、季節変化に着目して記せ。また地球温暖化が進んで湖水温が上がったと



したら、琵琶湖における湖水の循環にどのような変化が生じると考えられるか、あわせて150字程度で記せ。

- (4) 上記(3)の湖水循環を駆動しているのと同じ物理的要因により、海洋深層水の循環が維持されている。この循環のメカニズムおよびこの循環が中・高緯度地域の気候に与えている影響について、あわせて150字程度で記せ。
- (5) 温暖化が進んだ場合、琵琶湖やアフリカ大陸の大湖沼の湖底は還元状態になる。堆積物の酸化還元電位が低下するにつれて、次の4つの反応  
メタン生成、鉄還元、脱窒、硫酸還元、  
はどの順番に進行するかを記せ。またこれとは逆に、還元状態だった太古の海洋においては、海水がより好氣的になることによって、鉄鉱物が沈殿したとされる。この堆積物の名称と形成過程とを、150字程度で記せ。
- (6) アフリカ大陸の北緯20度より北側では、年間を通じて降水量が少なく、砂漠地帯を形成している。この原因を50字程度で記せ。