

北海道大学大学院環境科学院
地球圏科学専攻

生物地球化学コース
令和 7 年 10 月入学
令和 8 年 4 月入学

大学院修士課程（博士前期課程）入学試験問題
専門科目

1. 専門科目については、地学、化学、生物学の問 1 ～ 問 6 の中から 2 問を選択して解答せよ。各答案用紙の受験科目欄には、選択した科目名および問番号を書くこと。
2. 問 1 題につき答案用紙 1 枚を使用すること。答案用紙は裏を使っても良い。足りなければ申し出よ。

令和 7 年 8 月 20 日

地学

問1 次の表と文章を読み、設問1-3に答えよ。

設問1 地球の内部構造に関する以下の問い合わせに答えよ。

- (1) 図1は地球の内部構造を示した図であるが、記号で示された層1、2、3、5にあたる名称を以下から選び答えよ。

リソスフェア、アセノスフェア、マントル、核、内核、外核、内殻、外殻、海洋地殻、大陸地殻

- (2) モホロビッチ不連続面は図1のどの層の上位境界にあたるか記号で答えよ。

- (3) 図1の1を代表する岩石を以下から選び答えよ。

変成岩、砂岩、泥岩、花崗岩、頁岩、流紋岩、玄武岩、凝灰岩

- (4) 図1の1と2のうち中生代以降の岩石からなるものはどちらか答えよ。
またその理由を3行以内で説明せよ。

設問2 地球の放射平衡に関する以下の問い合わせに答えよ。

- (1) 太陽定数を $1.38 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$ 、地球アルベドを0.3、地球半径を6400kmとしたとき、地球表層が受け取る太陽放射の総量を求めよ。計算過程および単位も記せ。

- (2) 現在の地球の表面温度平均値を 16°C 、シュテファン・ボルツマン定数を $5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ としたとき、地球放射の総量を求めよ。計算過程および単位も記せ。

- (3) (1)と(2)で求められた地球表層が受け取る太陽放射と地球放射には有意な差がある。この差を生じさせる現象の名称を答え、その原理を5行以内で説明せよ。

設問3 海洋に関する以下の用語を3行以内で説明せよ。

- (1) エクマン輸送

- (2)マイクロプラスチック

- (3)酸素極小層

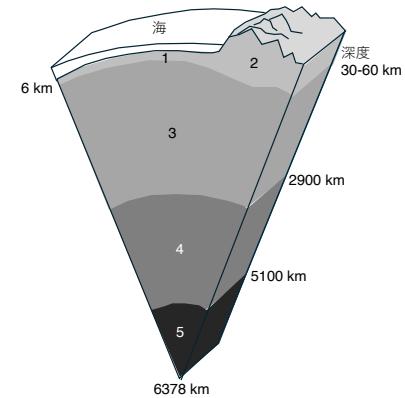


図1. 地球の内部構造

地学

問2 次の文章を読み、問い合わせよ。

新生代は、古第三紀、新第三紀、第四紀に区分される。新生代に起きた気候・環境変化について記した以下の図、及び文章を読み、各間に答えよ。

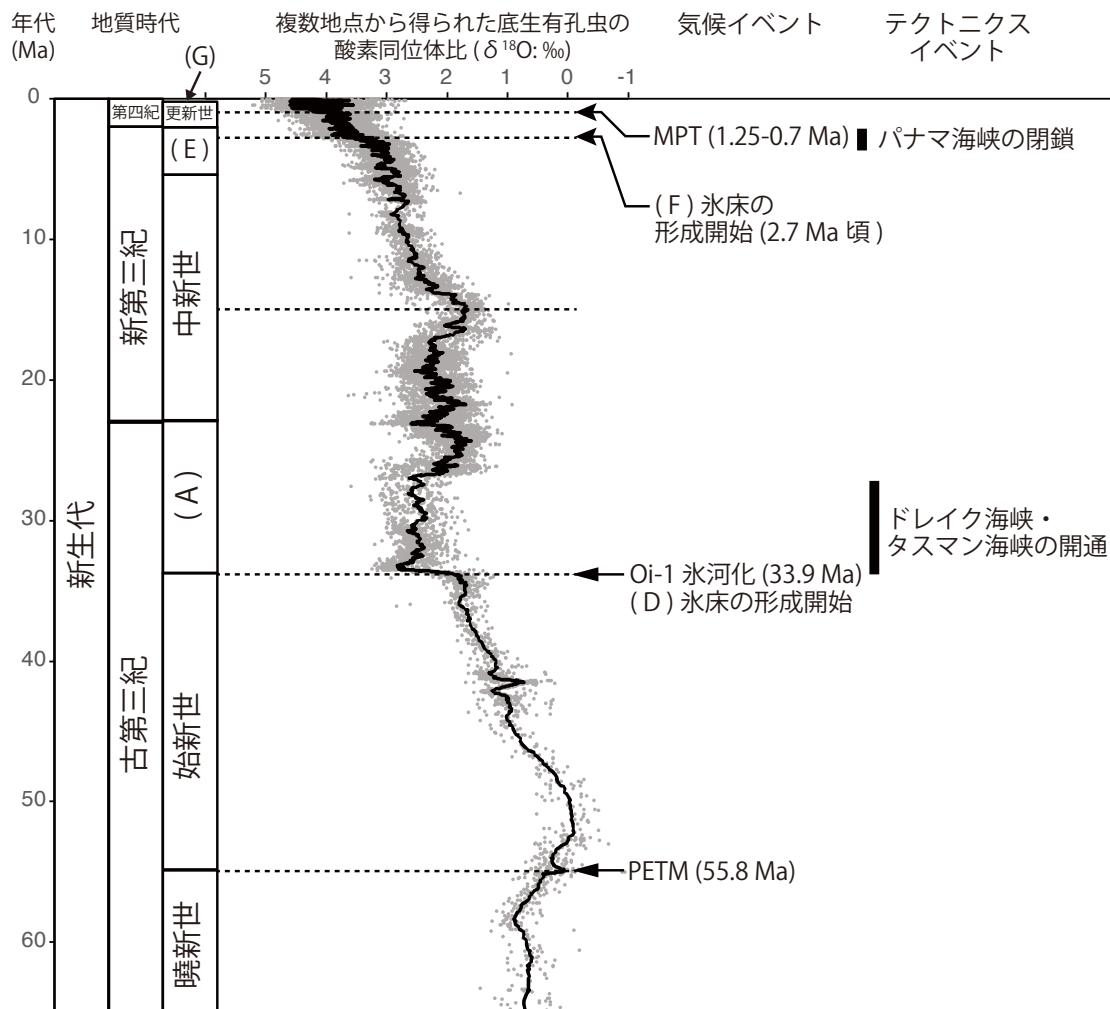


図 新生代における底生有孔虫酸素同位体組成の変化。Ma: 100 万年前

古第三紀（6550 万年前から 2303 万年前）は、暁新世・始新世・(A)に区分される。5000 万年前頃までは、温暖化傾向が続いていたが、始新世中頃（5000 万年前頃）から徐々に寒冷化が始まった。古第三紀の特徴的な気候変化の一つに暁新世/始新世境界（5580 万年前）に発生した急激な温暖化（暁新世/始新世温暖化極大: PETM）がある。この時、深海の底生有孔虫の $\delta^{18}\text{O}$ 値が顕著に低下していることから、深層水温が(B)したことが示唆されている。またこの時、メタンハイドレートの崩壊に伴い大量のメタンが海洋に溶出することで海水が酸性化したと考えられている。それによって海底に堆積した有孔虫化石などが急速に溶解した結果、(C)が 2000m ほど上昇したことが示されている。その後、始新世/(A)境界（3390 万年前）には顕著な寒冷化が起きている。Ice Rafted Debris (IRD) の存在から、この時期に(D)の氷床形成が開始したと考えられている。この気候イベントは、タスマン海峡およびドレイク海峡が開通するテクトニクスイベントと同時期に起きている。この寒冷化以降、地球は氷床が存在する氷室時代に突入した。

地学

新第三紀（2303万年前から259万年前）は中新世・(E)に区分される。中新世の前半の気候は比較的温暖であったが、中新世の後半（1500万年前以降）になると気候は寒冷化に向かい、(E)の後半の270万年前頃には(F)でも氷床の形成が開始した。この気候イベントは、パナマ海峡が閉鎖するテクトニクスイベントと同時期に起きている。これ以降、地球の両極に氷床が形成され、その拡大と縮小を伴う氷期・間氷期変動が始まった。

第四紀（259万年前から現在）は、更新世と(G)に区分される。この期間では氷期と間氷期が繰り返し、その変動周期は(a)ミランコビッチ・サイクルに対応している。この時、(b)海底柱状堆積物に含まれる底生有孔虫化石の $\delta^{18}\text{O}$ 値も氷期・間氷期に対応して変動する。この $\delta^{18}\text{O}$ 値の変動は125万年前までは(H)万年周期が卓越していたものの、70万年前以降は(I)万年周期が卓越するようになった。この周期の変調イベントは中期更新世遷移期（Mid-Pleistocene Transition: MPT、125万年前から70万年前）と呼ばれる。

- (1) 文章中の(A)から(I)に当てはまる適切な言葉もしくは数字を下の用語群から1つずつ選び、答えよ。

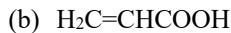
(用語群) 鮮新世・完新世・漸新世・上昇・低下・海水準・酸素極大層・炭酸塩補償深度・北半球・ヒマラヤ山脈・アンデス山脈・南極・2.3・4.1・10

- (2) 下線(a)について、日射量の変化を引き起こすミランコビッチサイクルの3つの要素の名称を記せ。
- (3) 下線(b)について、底生有孔虫化石の $\delta^{18}\text{O}$ 値が氷期で高くなる理由を10行以内で説明せよ。
- (4) 新生代の海底柱状堆積物試料の年代を推定するために利用される以下の2つの方法について、その原理をそれぞれ10行以内で説明せよ。
- (i) 微化石層序年代法
 - (ii) 古地磁気層序年代法

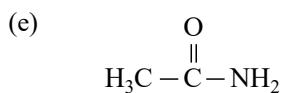
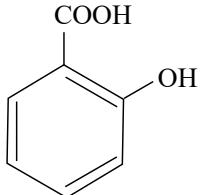
化学

問3 以下の設問1-5に答えよ。

設問1. 次の化合物名を国際純正・応用化学連合(IUPAC)命名法に基づいて答えよ。



(c)



設問2. 次の各組の化合物を酸性度の弱いものから高いものへ順番に構造式を書いて並べよ。

(a) プロパン酸

3-クロロプロパン酸

2,2-ジメチルプロパン酸

2-クロロプロパン酸

2-フルオロプロパン酸

(b) *p*-ブロモ安息香酸

安息香酸

p-イソプロピル安息香酸

フタル酸

1,4-ベンゼンジカルボン酸

設問3. 酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応について、酸触媒下での反応機構を電子の移動を含めて説明せよ。

設問4. 以下のアシル化試薬のうち、最も反応性が高いものを選び、理由を3行以内で述べよ。

(a) 無水酢酸

(b) 酢酸クロリド

(c) 酢酸ナトリウム

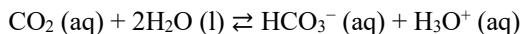
設問5. 脂質のエステル結合は「酸性条件下」「塩基性条件下」「エステラーゼ存在下」で加水分解される。これらの加水分解反応の違いを3行以内で説明せよ。

化学

問4 以下の全ての設問1-3に答えよ。ただし、全ての反応系において不純物は存在しないとする。なお、答えを導くための途中の過程または根拠の記述も省略せずに、答案用紙に示せ。

設問1 酸塩基平衡に関する以下の問いに答えよ。必要であれば $\log_{10} 1.3 = 0.11$ を用いよ。

- (1) 二酸化炭素の水溶液は弱酸性である。



$\text{CO}_2 \text{ (g)}$ が水溶液に溶解し、平衡に達した際の化学平衡式は次のように導かれることを示せ。

$$K_a \approx [\text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)}]^2 / [\text{CO}_2 \text{ (aq)}]$$

なお K_a は平衡定数であり、この溶液の酸性度は溶解した CO_2 だけによるものとする。

- (2) 飲料用に販売されている炭酸水は、水に CO_2 が飽和している。20 °C で CO_2 が飽和した水は溶液 1 L 当たり 4.0×10^{-2} mol の CO_2 が溶解している。20 °C での炭酸水の pH を求めよ。なお、この条件での CO_2 の K_a は 4.3×10^{-7} とする。

設問2 化学反応の速さに関する以下の用語について、それぞれ 2 行以内で説明せよ。

- (1) 反応速度
- (2) 活性化エネルギー
- (3) 素反応
- (4) 遷移状態
- (5) 反応物の半減期

設問3 滴定に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 希硫酸を水酸化カリウム溶液と完全に反応させる。この反応式を書け。
- (2) (1) について濃度 1.0 mol L^{-1} の希硫酸を、濃度 2.0 mol L^{-1} の水酸化カリウム溶液 25 mL と完全に反応させる。この反応のために必要な希硫酸の体積を計算せよ。
- (3) 4.0 g L^{-1} の水酸化ナトリウム溶液 25 mL が、ある濃度の硝酸 35 mL と反応したとき終点に達する。この反応式を書き、この硝酸の濃度を計算せよ。

生物

問5 以下の文章を読んで問い合わせに答えよ。

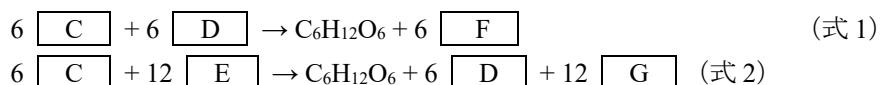
陸地の植物群集の変化には、火山噴火直後の溶岩台地のように地表に(a)土壤、植物の種子や茎が全くない状態から始まる[A]と、森林の伐採地などから始まる[B]がある。[A]の場合、[C]や[D]が岩石や砂の表面に生育し、それによって地表面がある程度安定すると、草本植物の群落に取つて代わる。これらの変化の初期段階に現れる種を(b)先駆種という。草本群落の中に低木が侵入して次第に低木が優勢になると、[E]の高木が侵入し、[E]林を形成する。[E]林の林床には十分な光が届かなくなるため、そのような条件下でも十分に光合成できる[F]が侵入を始め、[E]に代わるようになる。理論上では、最終的には[F]からなる森林が成立し、これを[G]とよぶ。

- (1) A から G に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部 (a) の土壤の形成に重要であると考えられる土壤生成因子を 3 つ答えよ。
- (3) 下線部 (a) の土壤に存在する主な有機物は腐植であると考えられている。腐植の生成過程を 2 行以内で説明せよ。
- (4) 下線部 (b) の先駆種は貧栄養な環境で生育することができるが、その生育には窒素が必要不可欠である。先駆種への主要な窒素の供給経路を答えよ。
- (5) 上記は陸地の植物群集の変化について述べたものであるが、沼地や湖を出発点とする植物群集の変化もある。その変化の名称を答えよ。また、その変化の過程を 3 行以内で説明せよ。
- (6) 林野火災が上記の陸地の植物群集の変化に及ぼす影響について、4 行以内で説明せよ。

生物

問6 以下の文章を読んで（1）－（6）に答えよ。

光合成は、太陽の[A]エネルギーを、有機化合物のもつ[B]エネルギーとして固定する反応である。地球上のほぼ全ての生物は光合成生物が固定した有機化合物に依存して生きている。藻類や陸上植物などの真核生物の光合成は、クロロフィル（光合成色素）を用いて[A]エネルギーを吸収し、[C]と[D]からグルコースを生産する（式1）。また、紅色細菌などの光合成細菌は、クロロフィルに似た化学構造のバクテリオクロロフィルを用いて光合成を行い、[C]と[E]からグルコースを生産する（式2）。



（1）[A]、[B]に当てはまる言葉を記せ。

（2）[C]、[D]、[E]、[F]、[G]に当てはまる化学式を記せ。

（3）陸上植物の葉や緑藻類が緑色にみえる理由を、3行以内で説明せよ。

（4）現在の地球の海洋には、緑色にみえる緑藻類の他に、昆布やワカメなどの褐藻類が生息している。多くの褐藻類は、自然界では褐色に見えるが、湯通しすると緑色に変色する。褐藻類が自然界で褐色にみえる理由と、湯通しすると緑色に変色する理由を、それぞれ3行以内で説明せよ。

（5）二酸化炭素の消費速度から、光合成の速度が測定できる。この測定に関する光補償点、光律速、二酸化炭素律速について、合計10行以内で説明せよ。なお、図を用いてもよい（ただし、図は説明の行数に含まない）。

（6）次の光合成に関する語句を、それぞれ4行以内で説明せよ。

光呼吸

光阻害

ジカルボン酸経路

藻類の無機炭素濃縮機構