

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8年10月入学
令和9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8年8月19日

地学

問 1 以下の設問 1－3 に答えよ。

設問 1 以下の文章の（ ア ）－（ カ ）に当てはまる適切な語句を下記語群から選べ。

日本列島はプレート収束境界に位置しているために、海洋と大陸の両方に起源をもつ岩石の集積体からなる。現在の日本列島からみて異質な岩石は、海洋プレートに起源をもつ岩石である。その代表的なものは、（ ア ）、（ イ ）、（ ウ ）である。（ ア ）は海洋プレート第 2 層あるいはホットスポット起源の海山に起源をもつ。（ イ ）は海山の頂きに形成されたサンゴ礁に、（ ウ ）は遠洋性堆積物に対応している。一方、大陸および弧状列島起源の岩石は、河川と海底谷を通して海溝あるいは前孤海盆に運搬され、堆積している。それらは、砂や泥、酸性および中性の火山岩である流紋岩や（ エ ）、酸性の深成岩である（ オ ）、あるいは変成岩などの岩片からなり、その多くは級化構造をもつ砂岩と頁岩が交互に積み重なった（ カ ）である。

語群

縞状鉄鉱層、ストロマトライト、コンボリュート葉理、タービダイト、かんらん岩、放散虫チャート、礁性石灰岩、枕状溶岩、はんれい岩、花崗岩、津波堆積物、安山岩

設問 2 下記の地形および地質に関する用語をそれぞれ 3 行以内で説明せよ

- 1) 背弧海盆
- 2) 洪水玄武岩
- 3) 火山フロント

地学

設問3 以下の文章を読み、(1)－(5)に答えよ。

海水には約3.5%の塩（塩イオン）などが溶解している。海水中で主要な陽イオンは（キ）、また、主要な陰イオンは（ク）である。これらの成分は平均滞留時間が長いため、海洋中ではよく混合されており、ほぼ一定の濃度である。一方、(a)外洋海水中の栄養塩は、生物活動により濃度が海域や深さにより大きく変化する。(b)外洋海水中の溶存酸素は水深 200 m までは高い濃度で存在しているが、それ以深では急激に減少する。太平洋や大西洋では、溶存酸素が極小になっている深度は 400–1000 m 付近にある。一方、(c)外洋海水中の溶存二酸化炭素は、海洋表層では低い濃度を示すが、深くなるほど濃度が増加する。

(1) 文章中の（キ）に当てはまる陽イオンとして適切なものを4つ挙げよ。

(2) 文章中の（ク）に当てはまる陰イオンとして適切なものを3つ挙げよ。

(3) 下線部(a)の主要な栄養塩となる元素を3つ答えよ。

(4) 下線部(b)のようになる理由を5行以内で説明せよ。

(5) 下線部(c)のようになる理由を5行以内で説明せよ。

地学

問2 次の文章を読み、(1)－(4)に答えよ。

地球の気候は、太陽活動だけではなく、地球の公転軌道や自転軸の変化によっても長期的に変化する。この考え方はセルビアの科学者ミランコビッチによって体系化され、現在ではミランコビッチサイクルと呼ばれている。ミランコビッチサイクルは、主に [A]、[B]、[C] の3つの軌道要素から構成される。[A] は、地球の公転軌道が円形に近い状態から楕円形に近い状態へと変化する現象であり、その代表的な周期は約 [D] 万年である。[B] は、自転軸の傾きが変化する現象であり、現在は約 23.4° であるが、およそ 22.1° から 24.5° の間で変化する。この周期は約 [E] 万年である。[C] は、自転軸の向きがコマのようにゆっくり回転する現象であり、その周期は約 2.6 万年である。

(1) 文章中 [A]－[E] に当てはまる語句・数値を答えよ。

(2) 地球に入射する太陽放射の時期や緯度による分布について、ミランコビッチサイクルでは、どの地域・どの季節の日射量が氷期・間氷期の形成に特に重要と考えられているか、答えよ。また、その理由を5行以内で説明せよ。

(3) 次の用語について、それぞれ3行以内で説明せよ。

- ・中期更新世遷移 (MPT)
- ・ダンスガード・オシュガー振動
- ・ハインリッヒ・イベント
- ・メッシニアン塩分危機

(4) 過去の海水温を復元する手法としてアルケノン古水温法と有孔虫殻 Mg/Ca 古水温法が提案されている。各手法の原理について、それぞれ5行以内で説明せよ。

化学

問3 以下の設問1－3に答えよ。

設問1 次の用語の定義をそれぞれ2行以内で説明せよ。

- (1) 活性化エネルギー
- (2) 芳香族化合物

設問2 次のそれぞれの組み合わせについて、違いがわかるように2行以内で説明せよ。なお化学構造式で示しても良い。

- (1) 立体異性体－構造異性体
- (2) アミン－イミン
- (3) カルボキシ基－カルボニル基
- (4) アルカン－アルキン

設問3 既知濃度の標準物質を未知試料に加えて分析し、添加した標準物質質量から未知試料中の目的物質の量を知るという方法を内標準検量線法という。表1と表2の情報を参照して、内標準検量線法を使ってクロマトグラフィーで得られた単糖類のピーク面積から未知の生物試料の単糖類濃度を計算せよ。ただし、試料の前処理や測定のプロセスで試料のロスや汚染はないとする。

表1 単糖類の標準物質(グルコース、マンノース、ガラクトース)と内標準物質(ミオイノシトール)の混合物を、濃度を3通りに変えてクロマトグラフィーで測定して得られたピーク面積。

	標準物質濃度 (mg/g)			ピーク面積		
	測定1	測定2	測定3	測定1	測定2	測定3
グルコース	0.1	0.1	0.1	100	100	100
マンノース	0.08	0.08	0.08	100	100	100
ガラクトース	0.1	0.1	0.1	100	100	100
ミオイノシトール	0.02	0.1	0.2	10	50	100

表2 未知の生物試料を表1と同条件のクロマトグラフィーで測定して得られた単糖類のピーク面積。試料の重量は100 mgで、内標準物質(ミオイノシトール)を10 µg添加した。

	ピーク面積
グルコース	200
マンノース	40
ガラクトース	20
ミオイノシトール	50

化学

問4 以下の設問1、2に答えよ。

設問1 どのような気体でも、1モルでは、室温 20°C、常圧で同じ体積を占める。

- (1) 常圧とは、何 atm か答えよ。また、それは何 Pa か答えよ。
- (2) 室温、常圧において、50 g の炭酸カルシウムを分解して得られる二酸化炭素の体積(単位 L)を求めよ。ただし、炭酸カルシウムの分子量 = 100 とする。
- (3) 理想気体は、圧力 (P , 単位 Pa)、体積 (V , 単位 m^3)、温度 (T , 単位 K)、気体の物質量 (n , 単位 mol)、気体定数 (R , 単位 $\text{J/K}\cdot\text{mol}$) を用いた状態方程式で説明できる。状態方程式を書け。
- (4) 室温 20°C、常圧における気体 0.50000 mol の体積(単位 m^3) を、理想気体の状態方程式を用いて有効数字 5 桁で求めよ。またどのように計算したかを示せ。ただし、気体定数 $R = 8.3145 \text{ J/K}\cdot\text{mol}$ 、 $0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$ とする。

設問2 水の pH は、水に強酸や強塩基を少量加えるだけで大きく変化する。一方で、弱酸とその塩の混合水溶液は、強酸や強塩基を少量加えても pH がほぼ一定に保たれる[A]作用がある。

- (1) [A]にあてはまる言葉を答えよ。
- (2) 以下の(a)から(d)の濃度の塩酸水溶液の pH を有効数字 4 桁で求めよ。またどのように計算したかを示せ。ただし、 $\log(1.005) = 0.002$ 、 $\log(1.05) = 0.021$ 、 $\log(1.5) = 0.176$ とする。
 - (a) $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$
 - (b) $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$
 - (c) $1.0 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$
 - (d) $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$
- (3) pH = 5.00 の酢酸 [A]液 100 mL を作りたい。用いる酸と塩のモル比を計算過程を含めて有効数字 3 桁で求めよ。ただし、酢酸の $\text{pK}_a = 4.74$ とする。 $10^{0.26} = 1.82$ 、 $10^{4.74} = 5.50 \times 10^4$ 、 $10^{9.26} = 1.82 \times 10^9$ 、 $10^{9.74} = 5.50 \times 10^9$ とする。

生物

問5 以下の文章を読んで、(1)－(5)に答えよ。

細胞小器官とは、細胞内で特定の役割や機能を担う構造体である。真核生物の細胞では、核、ミトコンドリア、色素体（葉緑体）、小胞体、ゴルジ体などが細胞小器官に該当する。核は、細胞内で比較的大きな構造をもち、(a) 細胞分画法で容易に単離することができる。核内に存在する核小体は、膜をもたない構造で、**A**の大サブユニットと小サブユニットを形成する。これらサブユニットは、核膜孔を通して細胞質へ移動し、細胞質でメッセンジャーRNA (mRNA) と結合し、タンパク質合成をおこなう。ミトコンドリアは、核膜と同様に2枚の生体膜からなり、内側の膜（内膜）は、内側に貫入して、**B**とよばれる構造を形成し、膜の表面積を増大させて、化学エネルギー物質を効率よく合成する。色素体（葉緑体）は、植物細胞に特有な細胞小器官であり、光合成を行う場所である。(b) 色素体（葉緑体）は、ミトコンドリアと同様、独自のDNAをもつ。真核生物の葉緑体において、内部の円盤状の小胞（チラコイド）が積み重なった部分は**C**とよばれ、**C**の周囲を満たす液相部分を**D**とよぶ。

- (1) A、B、C、Dに入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部 (a) の細胞分画法の原理と実験の手順をそれぞれ5行以内で説明せよ。
- (3) 下線部 (b) について、色素体（葉緑体）やミトコンドリアが独自のDNAをもつ理由を5行以内で説明せよ。
- (4) 光合成の光化学反応で生成される化学エネルギー物質と還元力をもつ物質の名称をそれぞれ記せ。また、これら物質を用いて二酸化炭素を有機物へ変換する回路の名称を記せ。
- (5) 小胞体とゴルジ体の特徴・機能について、それぞれ3行以内で記せ。

生物

問6 以下の設問1－3に答えよ。

設問1

ある地域に生息する同一種の生物個体の集まりを個体群といい、個体群を構成する個体の数が増加して個体群が増大することを個体群成長という。ある個体群の個体数を N 、時間を t 、その種のもつ増加率を r 、環境収容力を K とした時、個体群の成長曲線は式 A または式 B でモデル化される。

$$\frac{dN}{dt} = rN \quad \dots \text{式 A}$$

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) \quad \dots \text{式 B}$$

1. 式 A および 式 B それぞれのモデルについて、 $r > 0$ 、 $K > 0$ とする。また初期値 $t = 0$ のときは $N = N_0$ とし、 $0 < N_0 < K$ とする。横軸を t 、縦軸を N として、式 A と式 B のグラフを描け。また、縦軸上に K を示せ。
2. K (環境収容力) とは何か。また、式 B の成長モデルにおいて、 $N = K$ は何を意味するか。それぞれ 2 行以内で述べよ。

設問2

環境変化に応じた生活史特性の進化に関して、増加率の高さが有利となる環境条件での自然選択を r 選択、環境収容力 (K) 付近で高い競争力が有利となる環境条件での自然選択を K 選択と呼ぶ。

1. r 選択的生存戦略に関する進化で得られた形質を 3 つ答えよ。
2. 生物が適応を示すのは環境条件の変化に対してだけではない。生物間の相互作用によっても適応はもたらされる。種特異的なペアの間には、足並みをそろえて相手と共に適応進化する現象が見られる。これを何というか答えよ。

設問3

異なる生物種同士の相互作用として以下の 4 つがある。

競争、 捕食、 共生、 寄生

1. 上の 4 つの相互作用について、それぞれの定義を各 1 行以内で説明せよ。
2. 「捕食」において、捕食者と被食者の個体数は周期的に振動することが知られている。その理由について 3 行以内で述べよ。