

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6年10月入学
令和7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、生物学の間1－問6の中から2問を自由に選択して解答せよ。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6年8月20日

地学

問 1 次の表と文章を読み、設問に答えよ。

表：地殻を構成する主要元素の組成 (Mason, 1966)

元素	重量%	原子%	イオン半径 Å	体積%
A	46.60	62.55	1.40	93.77
B	27.72	21.22	0.42	0.86
C	8.13	6.47	0.51	0.47
D	5.00	1.92	0.74	0.43
E	2.09	1.84	0.66	0.29
カルシウム	3.63	1.94	0.99	1.03
ナトリウム	2.83	2.64	0.97	1.32
カリウム	2.59	1.42	1.33	1.83
計	98.59	100.00		100.00

1 Å は 1×10^{-10} m

地殻を構成する主要岩石をつくる鉱物は 6 種類である。

- ① SiO_4 四面体が三次元的につながり、立体網目構造をつくっている。A と B だけからなり、珪酸鉱物と呼ばれる。硬く、風化されにくく、大陸地殻の風化最終残留物となる。
- ② ①同様、 SiO_4 四面体が立体網目構造をつくっているが、一定の割合で B (+4 価) の位置に C (+3 価) が入っている。電気的中性を保つため、立体構造の比較的大きな隙間にカルシウム、ナトリウム、カリウムなどの陽イオンが含まれている。これらの陽イオンが溶脱され、 $(\text{OH})^-$ と結びついて粘土が形成される。
- ③ 逆向きに重ね合わせた一対の SiO_4 四面体の二次元網目構造の繰り返しからなる。網目と網目の間に C、D、E、カリウムなどの陽イオンと $(\text{OH})^-$ が入って電氣的に結合している。この結合力は弱く、剥げやすいへき開面となる。粘土もこれと同様な構造をしている。
- ④ SiO_4 四面体が鎖状につながり、鎖と鎖の間に D、E、カルシウムなどの陽イオンが入った鉱物である。ほぼ 90° で交わるへき開を持つ。
- ⑤ ④のつくる鎖状の構造が二重になり、間に陽イオンの他に $(\text{OH})^-$ を含む。ほぼ 120° で交わるへき開をもつ。
- ⑥ 独立した SiO_4 四面体の間に D、E などの陽イオンが入った鉱物。特定方向のへき開はない。結合力が弱く、陽イオンは容易に溶脱され、化学的風化が進む。

設問 1 A - E にあてはまる元素名および元素記号を答えよ。

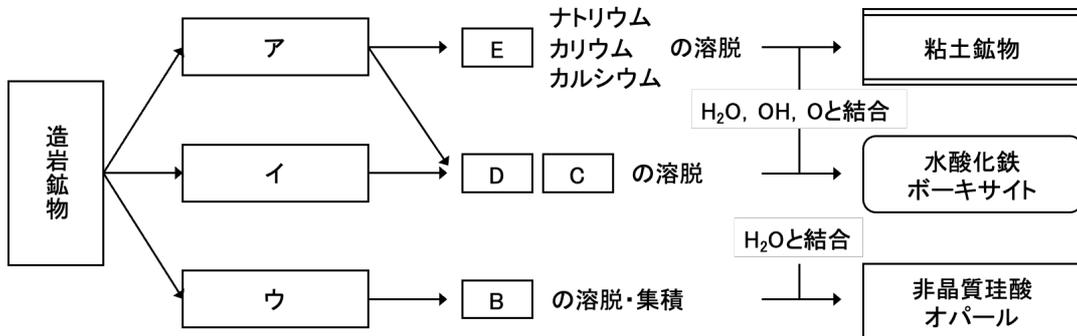
設問 2 ① - ⑥ に当てはまる鉱物名を、下の選択肢から答えよ。

選択肢：雲母・角閃石・石英・かんらん石・輝石・長石

設問 3 固溶体とは何か長石を例に 5 行以内で説明せよ。

地学

設問4 以下の図は岩石の化学的分解過程を示したものである。ア、イ、ウに当てはまる言葉を、下の選択肢から答えよ。



選択肢：アルカリ性の水・弱酸性の雨水・腐植の有機酸

設問5 化学的風化により、正長石 (KAlSi_3O_8) からカオリナイト ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) という粘土鉱物が生じる。この化学反応式を答えよ。

地学

問2 次の文章を読み、設問に答えよ。

水は地球の全質量の0.5%を占めていると推定されている。そのうち地球表層には、総計13.7億 km^3 の水があると試算されている。その内の[A]%が海水であり、残りの[B]%が淡水である。その全淡水の3/4にあたる[C]%が氷床・氷河に分布しており、その[D]%が南極氷床で占められている。残り[E]%の淡水のうち[F]%が地下水であり、河川・湖沼・土壌中の水を併せても、全体の0.1%に満たない。そのうち[G]%が大気中に水蒸気として存在している。私たちの飲料水を供給している淡水湖と河川の水は各々[H]%と[I]%にすぎない。つまり大気中には全河川の水の10倍の水が貯蔵されているのである。

設問1 A - Iに当てはまる数字を下記から選び文章を完成させよ。

0.7、2.8、97.2、2.1、90、0.0001、0.6、0.009、0.001

設問2 水が地球上で水蒸気として大気中に存続する時間を大気中の水の滞留時間という。地球全体での年平均降水量を 1m^2 当たり920mm、地球の表面積を $5.1 \times 10^8\text{km}^2$ 、大気中の総水蒸気量 $12.9 \times 10^{18}\text{cm}^3$ としたとき、大気中の水の滞留時間(日)を求めよ。一年を365日とする。

設問3 大気中の二酸化炭素は地球表層で以下の①-④の貯蔵庫に各々さまざまな形で貯蔵されている。それぞれどのような形として貯蔵されているのか、貯蔵庫ごとに2つ答えよ。ただし、二酸化炭素を除く。

- ① 陸上生物圏
- ② 海水中
- ③ 海底堆積物
- ④ 化石燃料

設問4 金星の大気は二酸化炭素に満ちており温室効果によって灼熱の惑星となっている。地球が金星のような灼熱な惑星になっていない理由を5行以内で説明せよ。

化学

問3 以下の設問1-3に答えよ。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 単位と有効数字に関する以下の間に答えよ。

- (1) 標準状態で質量 10.000 g、体積 2.0 cm³ の物質 A の密度を適切な有効数字を用いて求めよ。
- (2) 理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ を考える。気体の圧力 P [Pa]、体積 V [m³]、温度 T [K]、モル数 n [mol] とする。気体定数の単位を求めよ。ここで $1 \text{ Pa} \times 1 \text{ m}^3 = 1 \text{ J}$ と変換しても良い。
- (3) 20.0°C、圧力 101.325 kPa で He (g) 1.0000 mol の体積を適切な有効数字を用いて求めよ。ここで、 R の単位は (2) で求めた単位であり、その値は 8.3145 とする。

設問2 エンタルピーに関する以下の間に答えよ。

- (1) 次のような反応が成り立つとする。
$$\text{C (s)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)} \quad \text{標準反応エンタルピー変化 } \Delta H^\circ(298\text{K}) = -393 \text{ kJ mol}^{-1}$$

この反応において、炭素 60 g を完全燃焼させた。これは発熱反応か、吸熱反応かを答えよ。また、その熱量を求めよ。
- (2) 酸化アルミニウム $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (s)}$ の $\Delta H^\circ(298\text{K})$ は $-1676 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。ここで、3 mol の $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (s)}$ を酸素ガスと金属アルミニウムに完全に分解させた。これは発熱反応か、吸熱反応かを答えよ。また、その熱量を求めよ。
- (3) ヨウ素と水素に関する2つの $\Delta H^\circ(298\text{K})$ を以下のように得た。
$$\text{I}_2 \text{ (s)} \rightarrow \text{I}_2 \text{ (g)} \quad \Delta H^\circ(298\text{K}) = +62 \text{ kJ mol}^{-1}$$
$$\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{I}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ HI (g)} \quad \Delta H^\circ(298\text{K}) = -9 \text{ kJ mol}^{-1}$$

次の反応の $\Delta H^\circ(298\text{K})$ を求めよ。
$$\text{H}_2 \text{ (g)} + \text{I}_2 \text{ (s)} \rightarrow 2 \text{ HI (g)}$$
- (4) ある反応が2つ以上の経路で起こるとき、どの経路を通ってもエンタルピー変化が等しくなる。この法則の名称を記せ。

設問3 動的化学平衡に関する以下の間に答えよ。

- (1) $2 \text{ SO}_2 \text{ (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_3 \text{ (g)}$ の反応の平衡定数 $K_c(T)$ を表す式を書け。また、その単位も記せ。ただし、すべての気体の濃度単位は $[\text{mol m}^{-3}]$ とする。
- (2) $\text{SO}_2 \text{ (g)} + 1/2 \text{ O}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{SO}_3 \text{ (g)}$ の反応の平衡定数 $K_c(T)$ を表す式を書け。また、その単位も記せ。ただし、すべての気体の濃度単位は $[\text{mol m}^{-3}]$ とする。
- (3) (1) と (2) の平衡定数を比較し、平衡定数について記す際の必要記載事項を2つ述べよ。

化学

問4 以下の設問1、2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 アルコールの化学構造等に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 分子式 $C_5H_{11}OH$ をもつアルコールについて、全ての異性体の構造式と化合物名を書け。
- (2) (1) の異性体を第一級、第二級および第三級に分類せよ。
- (3) グリセリンは三価のアルコールである。グリセリンの構造式と化合物名 (IUPAC 名) を書け。
- (4) 我々の日常生活におけるグリセリンの用途について、2行以内で述べよ。

設問2 アルコールが関わる反応に関する以下の問いに答えよ。

- (1) エタノールとプロパン-2-オールのそれぞれの酸化物の構造式と化合物名を書け。ただし、前者のエタノールについては2段階の酸化反応による酸化物をそれぞれ書け。
- (2) (1) でプロパン-2-オールの酸化物は、それ以上は酸化されにくい。その理由を2行以内で述べよ。
- (3) 次の各々のアルコールの酸化物の名称と構造式をそれぞれ書け。
ブタン-2-オール、 プロパン-1-オール
- (4) メタノールと酢酸 (エタン酸) との反応式を書け。反応生成物はその構造式を書くこと。
- (5) 次の各々の化合物を加水分解したときに得られるアルコールと酸の構造式と名称をそれぞれ書け。



生物

問5 以下の文章を読んで(1) - (5)に答えよ。

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う。個体群を構成する個体の数が増加して個体群が増加することを個体群成長という。個体群成長の一例として、(a) 小型の容器に少数のキイロショウジョウバエの成虫を入れ、一定量の餌(食物)を与えて飼育を始めると、最初は個体数が指数関数的に増加していくが、時間の経過により、ほぼ一定の個体数に到達する。一方、自然界においては、生まれた卵や子の中でも繁殖可能な成体まで生き残る生物はそれほど多くはない。(b) 出生した卵や子が時間とともに減少していく様子を表したものを生存曲線と呼ぶ。生態系における生物群集は、それらの果たす役割から生産者、消費者、分解者の3つに大別される。この際、(c) 生産者から高次消費者を段階的に分類したものを栄養段階と呼ぶ。

- (1) 下線部(a)のように、餌(食物)が無限ではなく、限られた空間内における個体群の成長はS字形曲線になる。生態学におけるこの曲線の名称を記せ。
- (2) (1)のS字形曲線は、個体数を N 、時間を t 、内的自然増加率を定数 r として定義すると、次の微分方程式で表すことができる。この式中の定数 K の名称を記し、 K が何を意味するのかを2行以内で説明せよ。

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

- (3) 下線部(b)の生存曲線は、片対数図で示すと、L字形(右図のI)、右下がり直線(同II)、もしくは逆L字形(同III)になる。生存曲線がL字形と逆L字形になる生物をそれぞれ挙げ、各生物の生活史(生物の個体が発生し、死ぬまでの生活過程)の特徴をそれぞれ3行以内で説明せよ。

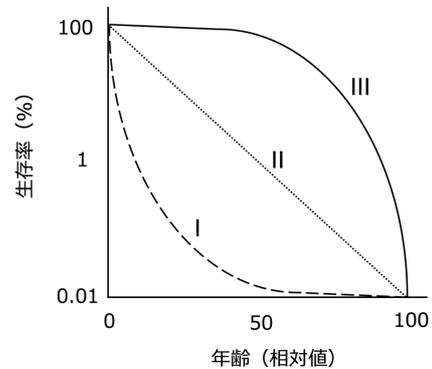


図. 生存曲線の3つのタイプ。

- (4) 生態系における生食食物連鎖と腐食食物連鎖について、それぞれ、3行以内で説明せよ。
- (5) 下線部(c)に関して、一般に海洋生態系における栄養段階は、陸域生態系と比較して、階層数が多く、複雑であると考えられている。海洋生態系の栄養段階がより複雑となる理由を2つ挙げ、それぞれ2行以内で説明せよ。

生物

問6 以下の文章を読んで（１）－（７）に答えよ。

生体内では、非常に多くの生化学反応が行われており、タンパク質である **A** が触媒として働く。**A** は化学反応を速めはするが、エネルギー的に起こりにくい反応を起こすことはできない。そこで生化学反応では、エネルギー的に起こりやすい **B** と、エネルギー的に起こりにくい **C** とを **A** が共役させて、反応を進めている。生化学反応を理解する上で、反応の自発的な起こりやすさを示す **D** を用いると便利である。**B** では **D** が減少し、**C** では **D** が増加する。

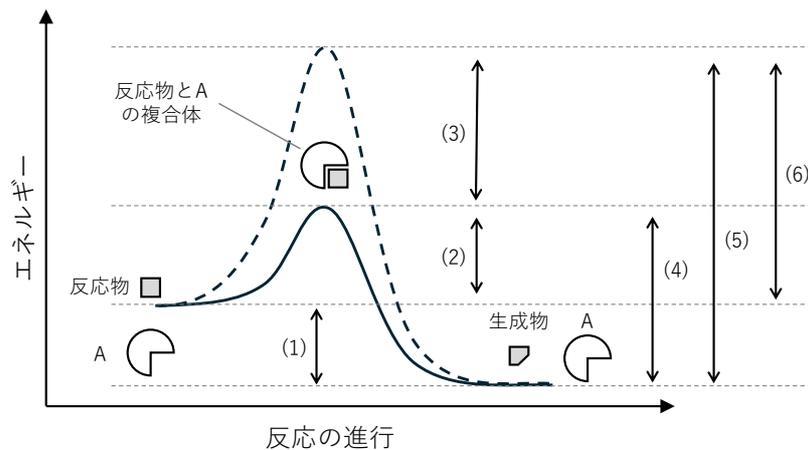


図 生化学反応と活性化エネルギー
(Aがある場合：——— Aが無い場合：-----)

- (1) **A**、**B**、**C**、**D** に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) **A** が生化学反応を速める理由を、2行以内で述べよ。なお図の矢印(1)－(6)のいずれか、または複数を用いても良い。
- (3) **A** は、**B** と **C** とを共役させ、エネルギー的に起こりにくい反応を進めることができる。この仕組みを3行以内で述べよ。
- (4) 図の矢印 (1)－(6) の中から **D** に当てはまる矢印を選べ。

生物

- (5) 下の(イ) - (ニ)の代表的な生化学反応において、生物学的標準状態における $\square D$ の値は、以下のいずれかになる。それぞれの化学反応式と対応する $\square D$ の値を答えよ。

[-30.5 kJ/mol 、 -196 kJ/mol 、 -2870 kJ/mol 、 -9780 kJ/mol]

- (イ) グルコースを二酸化炭素と水に分解する反応
- (ロ) グルコースからピルビン酸を生成する反応
- (ハ) パルミチン酸（炭素数 16 の脂肪酸）を二酸化炭素と水に分解する反応
- (ニ) ATP から ADP とリン酸 (HPO_4^{2-}) を生成する反応

- (6) グルコースの分解における好気呼吸と嫌気呼吸のエネルギー変換効率を求めよ。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。有効数字 3 桁で答えよ。
- (7) 生体内での $\square A$ の活性は、様々な方法で調節されている。アロステリック調節、フィードバック調節について、それぞれ 3 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）。