

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5年10月入学
令和6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. 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5年8月22日

地学

問1 以下の設問1-3に答えよ。

設問1 下の地質年代表は地球誕生以来の地質時代名を下から上へ向かい順に並べたものである。空欄 a-j にはいる地質時代名を記せ。

新生代	第四紀	a
		b
	新第三紀	鮮新世
		c
	古第三紀	漸新世
		始新世
d		
中生代	e	
	f	
	三畳紀	
古生代	g	
	石炭紀	
	h	
	i	
	j	
	カンブリア紀	
先カンブリア時代		

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。

- ア) 沖積平野
- イ) モレーン
- ウ) 河岸段丘
- エ) 安山岩
- オ) トランスフォーム断層
- カ) 黒鉱
- キ) 中央構造線

設問3 下記の古気候学・古環境学に関する用語をそれぞれ3行以内で解説せよ。

- ア) ダンスガード・オシュガーサイクル
- イ) 太陽強制
- ウ) ハイドロアイソスタシー

設問4 堆積物を用いて過去の気温あるいは水温の変動を復元する手法をひとつ取り上げ、その原理を10行以内で解説せよ。

地学

問2 以下の設問1-3に答えよ。

設問1

以下の図は元素の周期表で、周期表内の数字は原子番号である。

空欄(あ) - (そ)に、適切な元素記号または用語を入れよ。また、これらの空欄に該当する地球科学的特徴を以下の(1) - (15)から選べ。解答は、例：「(あ)：Hと(1)」のように記せ。

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1																	2
2	3	4 Be											5	6 (あ)	7	8 (い)	9 F	10
3	11 Na	12 (う)											13 (え)	14 (お)	15 (か)	16 S	17 (き)	18 Ar
4	19 K	20	21	22	23	24	25 Mn	26 (く)	27	28 Ni	29	30 (け)	31	32 Ge	33 (こ)	34	35	36 Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47 Ag	48 Cd	49	50	51	52	53	54 Xe
6	55 Cs	56	57-71 (さ)	72	73	74	75	76	77	78	79 Au	80 (し)	81 Tl	82 (す)	83	84	85	86 Rn
7	87 Fr	88 (せ)	89-103 (そ)	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118

- (1)：コモンメタルの代表金属。人や海洋植物プランクトンにとって必須栄養。
- (2)：「La もどき」という呼称に由来。
- (3)：生物体内のエネルギー源である ATP や遺伝情報の要である DNA などの構成に大きく関与。
- (4)：生体では2番目に多い必須微量元素。加水分解酵素の活性中心。
- (5)：地球上の地殻成分として重量%で第3位。
- (6)：すべて放射性元素。IUPAC 命名法では、Ac から Lr までの元素の一群。
- (7)：常温、常圧で液体である唯一の金属元素。食物連鎖を通じて高次のものに濃縮する傾向あり。
- (8)：地球上の地殻に重量%で最も多く含まれる元素。
- (9)：キュリー夫妻によって発見。放射線能力を「放射能」と命名するに至った最初の放射性核種。
- (10)：最も重い安定同位体を有する元素で、これより原子番号の大きなすべて元素の同位体は放射壊変する。
- (11)：植物の光合成色素であるクロロフィルの構成元素である。
- (12)：天然には単体として存在しない。その金属化合物は広く多量に存在し、種類は非常に多い。
- (13)：有機物に富む地層中では、地下水が還元的事になることでその濃度が上昇する。生体に対する強い毒性を持ち慢性中毒の原因となる。
- (14)：地球上の地殻成分として重量%で第2位。天然には単体で産出しない。
- (15)：化合物は1000万種を超える。

地学

設問2

以下は、地球の炭素量に関する情報である。空欄（A）－（I）に、下の用語群から最も適切なものを選び、一つずつ入れよ。ただし、同じものを2度入れないこと。

- 地球の人口（2023年）：（A）
- 日本の人口（2023年）：（B）
- 陸域の脊椎動物の現存量（炭素量）の多い順：（C）＞（D）＞（E）＞ニワトリ
- 地球表層圏における炭素貯留量の多い順：（F）＞（G）＞（H）＞（I）

（用語集）100億人、80億人、50億人、1.8億人、1.5億人、1.2億人、1.0億人、514万人、野生動物、人、牛、大気、土壌、陸域生物圏、海洋

設問3

以下の（1）と（2）に答えよ。

対象とする系の体積を V 、その系での物質 m の体積当たりの物質質量（平均濃度）を M とする。ここで、系に入ってくる m の流入速度 F_i と、系から出て行く m の流出速度 F_o とが、系の物質 m の定常状態として成り立っている。ただし物質 m は系内での化学反応はない。

- （1）対象とする系の物質 m の定常状態とはどのような状態か、式で表せ。
- （2）対象とする系における物質 m の平均滞留時間 τ を F_i を含んだ形で式で表せ。

化学

問3 以下の設問1-3に解答せよ。必要であれば以下の値を使用せよ。

C 原子質量 =12.01, Cu 原子質量 =63.55, O 原子質量=16.00, H 原子質量=1.01,

S 原子質量=32.07, Mg 原子質量=24.31, Zn 原子質量=65.38

気体定数 $R=8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, 絶対零度 =-273.15 °C,

アボガドロ定数 = $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

設問1 以下の文章の(ア) - (ク)に適切な語句を下記語群から選べ。

原子が共有結合中の共有電子対を引き寄せる能力は、その原子の(ア)と呼ばれる。最も(ア)の高い元素であるフッ素の(ア)を4.0として様々な元素の相対(ア)を計算することができる。2種類の元素の原子が結合するとき、両者の(ア)の差は、その結合が(イ)であるか、(ウ)であるかを判断するのに役立つ。例えば水素原子の(ア)は2.1であり、水素分子中の2つの原子の(ア)の差は0となる。この場合、この分子間結合が完全に(ウ)であることを示す。一方、ナトリウム原子と塩素原子の(ア)はそれぞれ0.9と3.0で、その差は2.1である。この差は大きく、一般的にこの差が1.7より大きい場合は、その結合は(イ)といえる。また、H-Clの結合の(ア)の差は0.9であり、H-Br結合の差0.7よりも共有結合の(エ)が高い。CO₂分子は炭素原子1個と酸素原子2個からなる分子である。炭素原子と酸素原子の(ア)の差は1であり、炭素原子と酸素原子の結合は、(ア)が大きな酸素原子がより強く電子を引きつける(エ)を持つ。しかしCO₂分子の形は(オ)であるため、2つの(エ)結合の(カ)は大きさが等しく、向きが逆であり、お互いに打ち消し合うため、分子全体としては(カ)を持たない(キ)である。一方、H₂O分子は酸素原子と水素原子の(ア)に差があり、(エ)結合をもつ。分子の形は(ク)であるため分子全体として(カ)を持ち、(エ)を持つ。

語群

核分裂性、ファンデルワールス力、極性、イオン性、双極子、無極性、環状、直線状、V字状、電気陰性度、異性体、金属結合、共有結合性、塩基性、酸性、共鳴、配位子

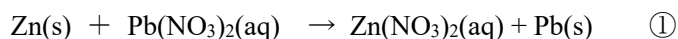
設問2 以下の1)から4)に答えよ。解答を導く過程も記せ。

- 1) 7.95 gの酸化銅(II)と反応するために必要な硫酸(濃度 1.50 mol L^{-1})の体積はどれだけか。反応式も記せ。
- 2) 濃度 0.50 mol L^{-1} の硫酸 50 mLと完全に反応するのに必要な固体の炭酸銅(II)の質量を求めよ。反応式も記せ。
- 3) 水酸化マグネシウムは胃酸(希塩酸)を中和して、酸による消化不良を治癒するのに用いられる化合物である。消化剤1錠中の水酸化マグネシウムは 0.50 mol L^{-1} の塩酸 20 mLと反応することがわかった。錠剤1錠中の水酸化マグネシウムは何グラムか。反応式も記せ。
- 4) 大理石に 2.00 mol L^{-1} の塩酸を作用させると二酸化炭素が発生する。室温 20°C 、常圧下 (101.3 kPa)で二酸化炭素 10.0 Lを生成するのに必要な塩酸の体積を求めよ。反応式も記せ。

化学

設問3 以下の説明を読み、1) から5) に答えよ。

ある実験で、発泡スチロール容器内で細かい粉末にした亜鉛 0.500 g を 0.100 mol L^{-1} 硝酸鉛(II) 溶液 100.0 mL (硝酸鉛(II) 溶液が過剰になる状態) に急速に攪拌しながら加えた。このとき溶液内では次の反応が起こる。



実験中に溶液内の温度変化を記録すると、 20.0°C (混合前) から 22.6°C へと上昇した。発泡スチロール容器と反応物および生成物の熱容量は小さく無視できる。また、この硝酸鉛(II) 溶液は希薄なので、その熱容量は純水の熱容量と同じだと仮定できる。ただし、純水の比熱は $4.18 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ である。実質的に、この反応で生成する熱はすべて水 100 mL に吸収されると仮定する。

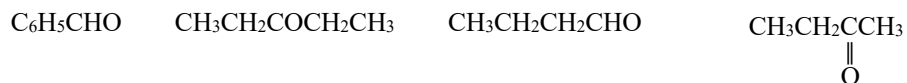
- 1) ①の反応のイオン反応式を記せ。
- 2) この反応による熱エネルギー変化 q を表す式を示し、 q を計算せよ。
- 3) この実験で反応した亜鉛の量を mol で答えよ。
- 4) この反応で亜鉛 1 mol が消費された場合、生成する熱エネルギー変化はどれだけになるかを計算し答えよ。
- 5) ①式で示される発熱反応のエンタルピーの変化 ΔH を求めよ。

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 アルデヒドとケトンに関する以下の問いに答えよ。

(1) 次の化合物をアルデヒド、ケトンに分類せよ。



(2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COCH}_3$ の異性体であるアルデヒドを4つ挙げ、それらの構造式と化合物名を書け。

(3) 分子式 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ をもつアルデヒド2種類とケトン1種類の構造式と化合物名をそれぞれ書け。

設問2 有機化合物の同定に関する以下の問いに答えよ。

(1) 質量比でCが88.9%、Hが11.1%からなる分子質量54の化合物がある。この化合物の分子式を書け。

(2) (1)の化合物の全ての異性体の構造、およびそれぞれの名称を書け。

(3) 炭化水素Xの試料7.02 mgを完全燃焼させたところ、二酸化炭素21.99 mgと水8.95 mgが生成した。Xの分子質量は44である。Xの分子式と構造式を書け。

(4) (3)のXをニッケル触媒存在下で過剰の水素と反応させたところ、化合物Yを生成した。Yの構造式を書け。

(5) (3)のXは臭素水を脱色して化合物Zを生成した。Zの構造式を書け。

生物

問5 以下の文章を読んで問いに答えよ。

地球生物圏の窒素は、ほとんどが気体 (N_2) として大気に存在する。 N_2 は化学的に極めて安定なため、植物や動物はこれを直接利用することができない。(a)一部の細菌は大気中の N_2 をアンモニア (NH_3) に変換することができる。(b)植物、細菌、藻類などはこの NH_3 を取り込んで有機窒素化合物を合成する。動物は窒素源としてこれらの有機窒素化合物を利用する。生物遺体や動物の排泄物に含まれる有機窒素化合物は微生物によって分解されて、 NH_3 を生じる。その NH_3 は植物や微生物によって再度利用されるが、一部は、(c)細菌によって硝酸塩に酸化される。硝酸塩も植物や微生物によって利用されるが、一部は、(d)細菌によって N_2 に還元される。

(1) 下線(a) - (d)を示す言葉を、それぞれ以下から選べ。

塩化、硝化、窒素還元、窒素固定、窒素吸収、窒素同化、窒素除去、脱窒、窒素排出

(2) 下線(a)を行っている「一部の細菌」について陸上と海洋に生息する例を一つずつ挙げ、その生物名と生態をそれぞれ2行以内で説明せよ。

(3) 下線(b)で合成される「有機窒素化合物」について、化合物名を一つ挙げ、どのような生体内機能を持つかを4行以内で説明せよ。

(4) 下線(c)の「硝酸塩」の生成は2段階で進行するが、どのような細菌が何を原料に何を生成しているかを4行以内で説明せよ。

(5) 下線(d)が生じる環境(場所、条件)について4行以内で説明せよ。

(6) N_2 は化学的に安定しており、植物や動物はこれを直接利用することができない。それにも関わらず、ヒトの世界人口は過去100年間に急速に増加してきた。この急速な人口増加を可能にした理由を、窒素が制限要因であることに言及しながら、5行以内で説明せよ。

生物

問6 以下の文章を読んで問いに答えよ。

核酸は、DNA と RNA に大別され、塩基、五炭糖、A の三つの化合物から構成される。塩基は、窒素を含む芳香環（複素環）化合物で、B と C の二種類に大別される。DNA が持つ五炭糖は D、RNA が持つ五炭糖は E と呼ばれる。塩基と五炭糖が結合した化合物は、F と総称される。(a)生物は、母細胞から娘細胞へ遺伝情報を伝えるため、DNA を複製する。また、(b)DNA が持つ遺伝情報は、RNA ポリメラーゼの働きにより、DNA からメッセンジャーRNA (mRNA) に写される。この過程は「転写」と呼ばれる。そして、(c)転写された mRNA の情報からタンパク質が合成される過程を「翻訳」と呼ぶ。

- (1) A、B、C、D、E、F に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) DNA に含まれる四種類の塩基および RNA に含まれる四種類の塩基を、それぞれ、全て答えよ。
- (3) 原核生物と真核生物が持つ DNA の構造の違いを 2 行以内で説明せよ。
- (4) 下線部 (a) に関して、DNA のラギング鎖で起こる不連続複製について、5 行以内で説明せよ。
- (5) 下線部 (b) において、RNA ポリメラーゼが結合するために必要な DNA 上の領域の名称を記せ。
- (6) 下線部 (c) に関して、翻訳が行われるためには、リボソーム RNA (rRNA) とトランスファーRNA (tRNA) の働きが必要不可欠である。rRNA と tRNA の役割を、それぞれ、5 行以内で説明せよ。