

北海道大学大学院環境科学院
地球圏科学専攻
大気海洋化学・環境変遷学コース

平成29年4月入学
平成28年10月入学

大学院修士課程（博士前期課程）入学試験問題
小論文・専門科目

1. 小論文は受験者全員が試験開始から1時間以内に解答せよ。答案用紙の受験科目欄には「小論文」と書くこと。試験開始1時間後に小論文の答案用紙を回収する。小論文の解答が終わったら、専門科目の解答を始めて良い。
2. 専門科目については、地学、化学、生物学の間1～6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。
3. 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。

平成28年8月25日

小論文

課題：大気海洋化学・環境変遷学コースを受験した動機と、入学後の研究に対する抱負について、500字程度で記述せよ。

小論文は受験者全員が試験開始から1時間以内に解答せよ。小論文の解答が終わったら、専門科目の解答を始めて良い。

地学

問 1

以下の設問 1 - 5 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しなさい。

新生代	第四紀	a
		更新世
	新第三紀	鮮新世
		b
	古第三紀	漸新世
		c
暁新世		
f	d	
	e	
	三畳紀	
古生代	ペルム紀	
	g	
	h	
	シルル紀	
	i	
	j	
先カンブリア時代		

地学

設問2 下記の第四紀に関する記述を読み、(A) - (E) に当てはまる語句を下記の語彙群から選び記入せよ。

北半球高緯度域に氷床が発達した時代を氷期と呼ぶ。この氷期が認識されたのは19世紀に遡り、氷河地形および氷河堆積物の解析に基づいて過去に4-5回の大きな氷期があったと考えられた。氷期には含まれた相対的に温暖な時代を間氷期と呼び、最後の間氷期は後氷期あるいは完新世と呼ぶ。

20世紀の後半になり海洋堆積物の研究が進展した結果、底生有孔虫の酸素同位体組成の変動から、氷期間氷期の周期的変動がおよそ250万年前から徐々に顕著になってきたこと、100万年前以前は約(A)万年周期が卓越したが、70万年前以降は約(B)万年周期が卓越することが明らかになった。

最終氷期(11.5万年前-1.5万年前)では2.1万年前に大陸氷床が最大になり、この時期を特に最終氷期最盛期と呼ぶ。この時期、ヨーロッパ北部を覆った氷床を(C)氷床と呼び、北米大陸北部のものを(D)氷床と呼ぶ。氷床の厚さは数千メートルに及び、陸上で氷床として大量の水が固定された結果、海水準は現在より約(E)メートル低かった。海水準低下により現在の大陸棚上部が陸地として広がっており、海陸の分布は現在とは異なっていた。

語彙群：2、4、7、10、15、35、55、130、200、250、バレンツ、バルト、スカンジナビア、フィンランド、西シベリア、グリーンランド、ローレンタイド、フランシスカン、アメリカン、エルズミア

設問3 底生有孔虫の酸素同位体組成は大陸氷床の大きさを表す指標であるが、なぜ指標として用いることができるのか、その理由を7行以内で説明せよ。

設問4 最終氷期最盛期の大気二酸化炭素濃度は190 ppmであった。これはどのようにして明らかにされたのか1行で説明せよ。

設問5 下記の地学用語についてそれぞれ3行以内で説明せよ。

正断層

枕状溶岩

ホットスポット

付加体

変成作用

地学

問2

次の文章を読んで（1）－（8）に答えよ。

雨水は一般的に弱酸性である i)。この酸性の水が地下に浸透すると、岩石からいろいろな元素が溶け出し、その水は中和されていく。岩石が CaSiO_3 （カルシウムケイ酸塩）の場合、この雨水と反応することで、化学的風化が起こる。この反応によって、海水の主成分イオンのひとつである（ア）が河川を通して海洋に供給されている。

海洋では、このイオンは生物活動を通して重炭酸イオンと結合して炭酸塩の骨格や殻を形成する ii)。その生物の死後、炭酸塩は浅海底に堆積する一方、深海の海洋底に降り積もり堆積岩となっていく。深海底に堆積した炭酸塩は、（イ）運動により大陸縁辺に運ばれ、大陸下に沈み込んでいく。その沈み込みの進行に伴い、炭酸塩は周囲の SiO_2 と反応して二酸化炭素は分離され、火山ガスとなって大気中に散逸していく iii)。このようにして炭素は数千万年以上の時間規模で循環が繰り返される。

海水の主成分イオン（ア）が上記の循環において定常状態にある場合、海洋の平均濃度 $[M]$ 、海洋の全体積 $[V]$ 、河川からの流入速度 $[F]$ を用いて、（ア）の滞留時間 $[\tau]$ を求めるのは容易である iv)。その結果を見ると、海洋の主成分イオン v) の海洋内の滞留時間は、その他の物質に比べて（ウ）く、このため、海水の塩組成は海洋内で比較的均一となっている。

- (1)（ア）－（ウ）に適切な語句を入れよ。
- (2) 下線部 i) となる理由を 2 行以内で説明せよ。
- (3) 下線部 ii) の化学反応式を記せ。
- (4) 下線部 iii) の化学反応式を記せ。
- (5) 下線部 iv) の（ア）の滞留時間 $[\tau]$ を、海水の平均濃度 $[M]$ 、海洋の全体積 $[V]$ 、河川からの流入速度 $[F]$ を用いて表せ。
- (6) 下線部 v) の海洋の主成分イオンを、陽イオンと陰イオンについてそれぞれ 3 つ記せ。
- (7) 上記の文章を参考に鍾乳石ができるプロセスを、化学反応式を交えて、5 行以内で説明せよ。
- (8) 地球は金星のように灼熱の惑星になる可能性があった。上記の文章も参考に、なぜ、地球は金星のように灼熱な環境にならなかったのか、その理由を「温室効果」という語を入れて 5 行以内で説明せよ。

化学

問3

以下の(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。

(1) 293 Kにおけるベンゼンの蒸気圧は10 kPa、トルエンのそれは2.9 kPaである。ベンゼンとトルエンの混合溶液は理想溶液、気体は全て理想気体として振る舞うものとして以下の問いに答えよ。

(a) 293 Kでベンゼンとトルエンを混合したとき、溶液と平衡にある気相の全圧は4.6 kPaであった。この混合溶液のトルエンのモル分率を小数点2桁まで求めよ。

(b) 293 Kでベンゼンとトルエンを混合したとき、溶液と平衡にある気相の全圧は6.6 kPaであった。気相中のベンゼンのモル分率を小数点2桁まで求めよ。

(2) 水溶液中の反応 $A + B \rightarrow C + D$ がある。AとBの濃度を変えながら反応速度 v を測定したところ、以下の結果を得た。反応速度 v は $-d[A]/dt = -d[B]/dt$ であり、反応速度定数を k とする。

	[A] (mol L ⁻¹)	[B] (mol L ⁻¹)	v (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
実験1	2.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}	1.6×10^{-8}
実験2	2.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	2.4×10^{-8}
実験3	3.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	1.2×10^{-8}
実験4	4.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}	(あ)

(a) A、Bそれぞれについて反応次数を求めよ。

(b) (あ)の値を求めよ。

(c) 実験4においてAの濃度が半分になるのに要する時間(秒)を求めよ。

(3) 濃度が 0.06 mol L^{-1} の酢酸 (CH_3COOH) とモノフルオロ酢酸 (CH_2FCOOH) 水溶液がそれぞれ別にある。

(a) 酢酸とモノフルオロ酢酸、どちらが酸として強く働くか4行以内で説明せよ。

(b) 酢酸溶液に酢酸ナトリウム溶液を加え、解離していない酢酸と酢酸イオンの濃度が同じ溶液を作った。この溶液のpHを小数点1桁まで求めよ。酢酸の酸解離定数 K_a は $10^{-4.8} \text{ mol L}^{-1}$ とする。

(c) モノフルオロ酢酸水溶液のpHを小数点1桁まで求めよ。モノフルオロ酢酸の酸解離定数 K_a は $10^{-2.6} \text{ mol L}^{-1}$ 、水酸化物イオン濃度は水素イオン濃度に比べると無視でき、モノフルオロ酢酸もほとんど解離していないものとし、 $\log_{10} 6 = 0.78$ とする。

化学

問4

以下の全ての設問に答えよ。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。ただし、全ての反応系において不純物は存在しないとし、計算に原子量を必要とする場合は、次の値を使用せよ。H = 1.0、C = 12.0、O = 16.0、Cu = 63.5

設問1 水を含むスクロース ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 1.80 g をとり、希硫酸と反応させて完全に加水分解した後、中和した。これに過剰のフェーリング液を加えて加熱したところ、赤色の沈殿物が得られた。これを定量したところ、1.43 g であった。

- (1) フェーリング反応について、その原理を3行以内で述べよ。
- (2) スクロースの加水分解によって生じる2種類の単糖類の名称を記せ。
- (3) 上の反応において得られた赤色の沈殿物の名称と化学式を記せ。
- (4) 上のフェーリング反応において、スクロースの加水分解によって生じた(2)の単糖類の各々1 mol から(3)の赤色沈殿物が1 mol ずつ得られることがわかった。この場合、もとのスクロースは水を何%含んでいるか、計算せよ。
- (5) このスクロースを完全に乾燥させた後、その6.84 g を取り、10%水溶液とした。この水溶液に適当量の酵母を加えて、アルコール発酵だけ完全に進行させた。この際のスクロースの化学反応式を記せ。また、生成する気体を全て捕集すると、 0°C 、1 atm の条件下で何 mL となるか、計算せよ。

設問2 アラニンとアスパラギン酸からなるアミノ酸混合物を $\text{pH} = 5$ に調整した電気泳動装置で分離にかけた。

- (1) 等電点電気泳動法の原理を2行以内で説明せよ。
- (2) 上の2種類のアミノ酸は容易に分離できたが、その理由について次の3つの語句を必ず用い、5行以内で説明せよ。

プロトン化、等電点、陽極

生物

問5

以下の文章を読んで、(1) - (6) に答えよ。

アミノ酸は、(a) 基と (b) 基の2つの官能基を同一分子内に持つ化合物の総称である。タンパク質の材料となるアミノ酸は (c) 種類に限られている。2つのアミノ酸が (a) 基と (b) 基で脱水縮合して出来る結合を (d) という。タンパク質の一方の端に遊離の (a) 基を持つ末端を N 末端、遊離の (b) 基を持つ末端を C 末端と呼ぶ。通常、タンパク質のアミノ酸配列（一次構造）では、左に N 末端、右に C 末端を置いて表示する。タンパク質を構成しているアミノ酸は (e) と呼ばれている。

- (1) 上の文章の(a)-(e)に適切な語句を埋めよ。
- (2) タンパク質の二次構造を示す α ヘリックスと β シートの特徴について、それぞれ3行以内で説明せよ。
- (3) 酵素は、タンパク質から成る生体触媒であり、反応を促進することが出来る。基質濃度以外の酵素活性を支配する因子を2つ挙げよ。
- (4) ミカエリス・メンテンの反応速度論に従い、ある酵素反応のミカエリス定数 (K_m) は $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ と計算された。また、基質濃度 ($[S]$) が $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ の時の酵素反応速度 (v) は $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol min}^{-1}$ であった。この酵素反応の最大速度 (V_{\max}) を求めよ。
- (5) ミカエリス・メンテンの式に従い、 $[S]$ を横軸に、 v を縦軸にとり、両者の関係を図示せよ。その際、図中に V_{\max} および K_m も記せ。
- (6) ミカエリス・メンテンの式を変形し、横軸に基質濃度の逆数 ($1/[S]$)、縦軸に酵素反応速度の逆数 ($1/v$) をとるように図示すると、横軸および縦軸の切片はそれぞれ何を表すか、記せ。

生物

問6

以下の文章を読んで（1）－（6）に答えよ。

ある湖の窒素循環は以下のように説明される。生体内に含まれる窒素のほとんどはタンパク質や核酸などの有機物の形で存在する。生体を構成しない非生物体有機物は微生物により生分解され、**A**が生成される。**A**はアンモニア酸化細菌により亜硝酸イオンへと**B**され、その後、亜硝酸酸化細菌によって**C**まで**B**される。また、嫌気的な環境では**D**と称されるプロセスにより、亜硝酸イオンや**C**は窒素ガスに還元される。一方、無機態窒素は2つのプロセスにより生物に利用される。一つは**E**と称される生物による無機イオンの吸収およびアミノ酸の合成であり、もう一つは一部の生物による**F**と称される (a) 化学的に安定な窒素ガスの反応性窒素への変換である。

- (1) A から F に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部 (a) に関して、窒素ガスが化学的に安定な理由を 1 行で説明せよ。
- (3) 下線部 (a) に関して、自然界に存在する非生物的なプロセスを一つ、また人為的なプロセスを一つ挙げよ。
- (4) **F** に関与する酵素の名称とその特徴について 2 行以内で説明せよ。
- (5) 上の文章には記述されていないが、一般的に湖への反応性窒素の流入プロセスは幾つかある。2 つ挙げよ。
- (6) 上の文章には記述されていないが、近年、嫌気性アンモニア酸化の窒素循環への寄与が注目されている。**A** および下記の用語を全て用いて、嫌気性アンモニア酸化の仕組みを 3 行以内で説明せよ。

酸素、独立栄養、窒素ガス、亜硝酸イオン、電子受容体、電子供与体

