

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28年10月入学

平成29年4月入学

大学院修士課程入学試験模擬問題2

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、生物学の問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。
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5月編集

## 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

(1) 以下の文章を読み、下の問に答えよ。

地球の表面積の 29.2%が陸で、70.8%が海で占められている。陸の平均高度は 840 m であり、海の平均高度は-3795 m である。地球表面の高度毎の分布面積を調べると、0 m から 1000 m が 20.8%を占め、-4000 m から-5000 m が 23.4%を占めており、高度分布は二極化しておる。これは地球の表層が、性質の異なった大陸地殻と海洋地殻から構成されていることによる。

(ア) 大陸地殻と海洋地殻についてまとめた以下の表の空欄 (A)、(B)、(C)、(D)、(E) に当てはまる数字および文字を答えよ。

	大陸地殻	海洋地殻
厚さ	約 40 km	約 ( A ) km
岩石	上部：( B ) 岩質 下部：はんれい岩質	最上部：遠洋性堆積物 上部：( C ) 岩質 下部：はんれい岩質
密度	上部：2.6-2.8 g/cm <sup>3</sup> 下部：( D ) g/cm <sup>3</sup>	2.8-3.0 g/cm <sup>3</sup>
年齢	40 億年前から現在までの様々な年代の岩石	( E ) 億年前より若い岩石

(イ) なぜ海洋地殻には (E) 億年前よりも若い岩石しか存在しないのか 3 行以内で説明せよ。

## 地学

(2) 下記の文を読み、問 (ア) - (ウ) の質問に答えよ。

地球は自転しながら太陽の周りを公転しているが、その軌道はわずかに楕円形で、(A) 約 10 万年周期で伸び縮みしている。また自転軸は (B) 傾斜角が変動する上、コマのような (C) 首振り運動をしている。これら 3 種の「軌道要素」の変化により、地球に降り注ぐ太陽光線の強さ（日射量）の緯度分布が変化する。例えば、(D) 北半球の夏に太陽が近づくような軌道で、かつ自転軸の傾きが大きいときには、北極地方の夏の日射が強まる、といった具合である。このような日射量の変動を数十万年にわたり精密に計算し、北半球高緯度地方における大陸氷床の拡大縮小との関係を提唱したのがミランコビッチである。ミランコビッチ理論の要点は、「北半球の夏の日射が弱まると、冷涼な夏が続くので、冬にふった雪が夏を越して何年も残るため氷河が拡大し、しまいに大陸氷床に成長するというものである。この理論が提唱された 1930 年代には、(E) 過去の氷床変動の正確な時期がわからず、理論の検証もできなかった。

(川村憲二、第四紀研究、48、109 より抜粋)

(ア) 下線 (A)、(B)、(C) に当てはまる、軌道要素の名称を、下記から、それぞれ選べ。

(Changes in obliquity、Precession、Changes in eccentricity)

(イ) 下線 (B) と (C) の軌道要素を特徴付ける周期を、下記から、それぞれ選べ。

(400,000 年、100,000 年、84,000 年、56,000 年、41,000 年、35,000 年、23,000 年、15,000 年、10,000 年、7,000 年、3,400 年)

(ウ) 下線 (D) に関連して、南極地方の日射量が最も大きくなるのは、北半球のどの季節に太陽に近づく軌道で、かつ自転軸の傾きがどのようなときであるか答えよ。

## 地学

### 問2

(1) 次の文章を読み (ア) - (ウ) に入る単語を単語群から選べ。

地球寒冷化が持続すると、地表に雪氷が増え、(ア)が増加し、地表に吸収される太陽放射が減少し、地球はさらに寒冷化する。このフィードバックは(イ)化に対して(ウ)のフィードバックである。

単語群：温暖、寒冷、正、負、二酸化炭素、アルベド

(2) 次の文章を読み、下の問に答えよ。

惑星の表面温度は、太陽からの放射エネルギーに依存している。これに加えて、惑星大気も惑星の表面温度を決定する一要因である。例えば、無機ガスである(a)は、赤外線を強く吸収する性質を有し、温暖化ガスの代表的なものである i)。

太陽光線に垂直な  $1 \text{ cm}^2$  平面が 1 分間に受け取る放射エネルギー量は、地球に比べて、太陽からの距離が 0.4 天文単位 ii) である水星では、太陽定数 iii) の (b) 倍となる。これに対して、金星は太陽からの距離が 0.7 天文単位であるが、半径が水星に比べて 2.5 倍大きいので、金星全体が受け取る放射エネルギーは、水星に比べて (c) 倍になる。水星は表面温度が昼夜で  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  以上の差を生じるが、金星は地球と同じく昼夜の差が少ない。しかしその温度はほぼ  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  に保たれている。

この理由としては、金星は地球型惑星であるが、地球のように海洋がないため、(a)が大気中に 92 気圧占めているためである。一方、地球では、(a)が海水に溶け込む iv) ために、大気中には (a) は現在 400 ppm しか存在しないため、金星ほどの高温にはならない。

- 1) (a) - (c) に適切な語句や数字を入れよ。
- 2) 下線部 i) の (a) のガスの化学構を、元素記号と最外殻電子を用いた電子式で示せ。
- 3) (a) 以外の温暖化ガスを 2 つ示せ。
- 4) 下線部 ii) を 4 行以内で説明せよ。
- 5) 下線部 iii) を 4 行以内で説明せよ。
- 6) 下線部 iv) について、(a) が緩衝溶液である海水に溶け込む際の化学反応式を、(a) と  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  などを用いてすべて示せ。
- 7) 大気中の (a) の分圧が上がったとき、(6) の反応はどのようになるのか、2 行以内で説明せよ。

## 化学

### 問3

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、C = 12、N = 14、O = 16

設問1 あるタンパク質 A について 14 mg を濃硫酸とともに加熱し、含有窒素を全て硫酸アンモニウムとした。この硫酸アンモニウムに十分高い濃度の水酸化ナトリウム溶液を加えて蒸留したところ、気体 B が生じた。発生した気体 B を全て  $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  の希硫酸 10 mL 中に吸収させ、 $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム溶液で過剰の硫酸を逆滴定したところ、8.00 mL 消費した。

- (1) 気体 B は何か、記せ。
- (2) 下線部の反応式を記せ。
- (3) 下線部で発生した気体 B の質量を求めよ。
- (4) タンパク質 A に含まれる窒素の重量百分率を求めよ。

設問2 ベンゼン 26 g を反応管内で濃硝酸と濃硫酸の混合物に加え、加熱して反応させた。これを冷却し、十分な量の炭酸ナトリウム水溶液に加えると、反応管の底に X が沈殿した。次に X を全て回収し、塩酸と鉄粉を入れて加熱した。この反応による生成物全てを再度、炭酸ナトリウム水溶液に入れたところ、油状物質 Y が分離した。

- (1) ベンゼンから X ができる反応の名称および反応式を記せ。
- (2) 上記の反応実験において鉄粉を加える理由は何か、2 行以内で記せ。
- (3) Y は何 g 生成するか、求めよ。ただし、Y の生成反応は完全に進行したとし、答えは整数値で示せ。

## 化学

### 問4

以下の設問に答えよ。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。

設問1 下の表は日本の降水に含まれる主要なイオン成分の濃度を示したものである。この降水に関する以下の間に答えよ。濃度  $1 \mu\text{mol L}^{-1}$  は  $1 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$  である。

イオン種	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	(A)	$\text{H}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
濃度( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )	27.5	15.5	108.0	(B)	21.6	85.7	4.6	13.0	10.7

- 降水中に含まれる主要成分のうち、表の (A) に相当する 1 価の陰イオンを示せ。
- 上記の表に記述された以外のイオン種の存在は無視でき、イオンバランスが成立すると仮定した時、 $\text{H}^+$ イオンの濃度 (B) を求めよ。
- $\text{NH}_4^+$ の酸解離定数  $K_a$  を  $5.6 \times 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}$  ( $\text{p}K_a = 9.25$ ) とする。降水中の  $\text{NH}_3$  濃度は  $\text{NH}_4^+$  イオンよりもはるかに濃度が低くなることを説明せよ。

設問2 物質 C は、一次反応で D に分解する。反応開始後 10 分が経過したとき C を測定したところ 80% が未反応で残っていた。

- この反応の速度定数  $k$  を求めよ。必要であれば  $\log_e(0.8) = -0.22$ 、 $\log_e(0.2) = -1.61$  を使ってよい。
- この反応の半減期を求めよ。

設問3 気体の状態を表すため、状態変数として圧力 ( $P$ )、体積 ( $V$ )、温度 ( $T$ ) が用いられる。気体の定圧熱膨張率  $\alpha$  と等温圧縮率  $\beta$  は、それぞれ次式の形で定義される。

$$\alpha = (\partial Y / \partial X)_Z / Y$$
$$\beta = -(\partial Y / \partial Z)_X / Y$$

- $\alpha$  と  $\beta$  を示す式の  $X, Y, Z$  に入る状態変数を書け。
- 温度を用いて、理想気体の  $\alpha$  を示せ。

## 生物

### 問5

以下の文章を読んで、問に答えよ。

生物における物質の合成や分解はほとんどすべて酵素の働きによって行われている。酵素は主に(a) が(b) 結合で重合した構造である。現在では、触媒作用を示す RNA も酵素に分類されており、(c) と呼ばれ、生命の進化に重要な役割を果たしたと考えられる。酵素がAという物質に働きかけて $A \rightleftharpoons B$ の反応を触媒するとき、Aを反応の(d) といい、Bを反応の生成物という。ある酵素はある決まった(d) とのみ反応し、他の(d) とは反応しない性質を持つ。これを酵素の(e) という。

- (1) 上の文章の(a)から(e)に適切な語句を埋めよ。
- (2) 酵素活性を変化させる因子を3つ挙げよ。
- (3) 多くの酵素の反応速度  $v$  はミカエリス・メンテン式で表される。酵素反応の最大速度を  $V_{\max}$ 、ミカエリス定数を  $K_m$ 、上の文章の (d) 濃度を  $[S]$  とした場合、ミカエリス・メンテンの式を記せ。
- (4) ミカエリス定数  $K_m$  とは何か、3行以内で説明せよ。
- (5) 酵素反応における競合阻害と非競合阻害について、酵素反応の最大速度  $V_{\max}$  とミカエリス定数  $K_m$  を使って、10行以内で説明せよ。図を使用して、説明しても良い。
- (6) アロステリック酵素とは何か、5行以内で説明せよ。図を使用して、説明しても良い。



## 生物

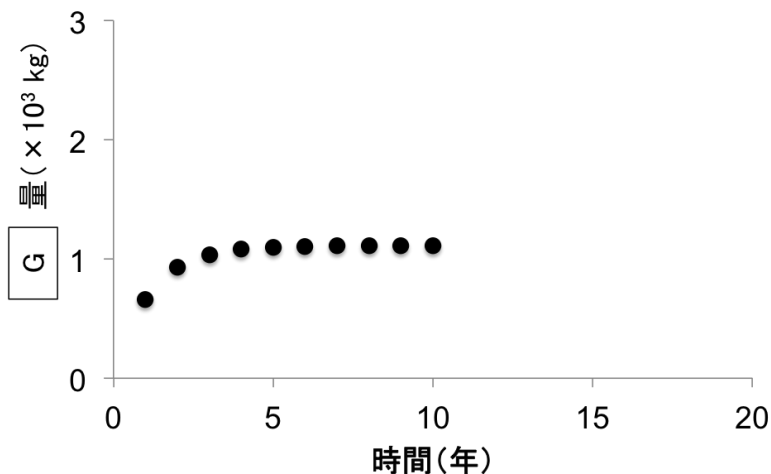
### 問6

以下の文章を読んで問いに答えよ。

陸上植物群集の遷移には、溶岩台地のように基質中に植物の種子や茎が全くなく、植物の生育できる土壌すら全くない状態から始まる **A**、と森林の伐採地や放置された耕作地などから遷移が進む **B** とがある。**A** では、わずかに水の溜まる場所に、まず **C** や **D** が侵入し、それらの遺骸と混じって **E** 作用を受けた岩石がくぼみにわずかに積もり、その場所を利用してイタドリやススキなどの **F** が定着し、やがてそれらが繁茂するようになる。**F** が侵入すると、土壌中に **G** と **H** が増え、養分に富んだ土壌が形成されていく。この頃になると周囲から成長の早い **I** が侵入を始め、やがて **I** の林になっていく。しかしその林床はしだいに暗くなるので、そのような条件でも十分に光合成して成長できる **J** が侵入を始め、次第に **I** にとって代わるようになる。以降、安定した **J** の林が続く事になり、この永続的な状態を **K** という。

ここで、ある陸上生態系において、 $L \text{ kg 年}^{-1}$  で落葉が土壌に供給され、一定の分解速度定数  $r \text{ 年}^{-1}$  で分解して行く場合、 $t$  年後に土壌へ堆積した **G** の量 ( $M$ ) は  $M = L/r \times (1 - e^{-rt})$  の式で求める事ができる。

- (1) 上の文章の A から K に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 次の図は  $L = 1000$  および  $r = 0.9$  で表現可能な陸上生態系における土壌 **G** 量の最初 10 年間の変化を示している。11 年目から 20 年目にかけて、 $L$  が毎年 10% 増加し続けた際の土壌 **G** 量の変化を模式図で示せ。尚、10 年目までの結果についても図に記す事。根拠となる計算過程も記せ。



- (3) 上の文章では陸上植物群集の遷移に伴う土壌の生成過程も記されている。土壌の生成過程に影響を与える主要な 5 つの因子を土壌生成因子と呼ぶ。土壌生成因子を全て答えよ。