

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3年10月入学  
令和4年4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～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。

令和3年8月24日



## 小論文

課題：本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 設問 1～4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	完新世
		a
	新第三紀	b
		c
	古第三紀	漸新世
		d
		e
中生代	白亜紀	
	f	
	三畳紀	
古生代	g	
	h	
	i	
	シルル紀	
	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) 深海平原
- イ) 大陸棚
- ウ) 海岸段丘
- エ) はんれい岩
- オ) 断層
- カ) 熱水鉱床
- キ) メタンハイドレート

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) 最終氷期最盛期
- イ) アイスアルベドフィードバック
- ウ) ミランコビッチサイクル

設問 4 海底柱状堆積物に含まれているアルケノンを分析することにより過去の海洋表層水温の変動を知ることができる。その原理を 10 行以内で解説せよ。

## 地学

### 問2 大気と海洋に関する設問1, 2に答えよ。

設問1 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。また、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、i) 無機気体である ( a ) は、温室効果ガスの代表的なものであり、近年の地球温暖化の主要原因である。

太陽光線に垂直な  $1 \text{ cm}^2$  の平面が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天文単位である水星では、太陽定数の ( 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く、その温度はほぼ  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  に保たれている。

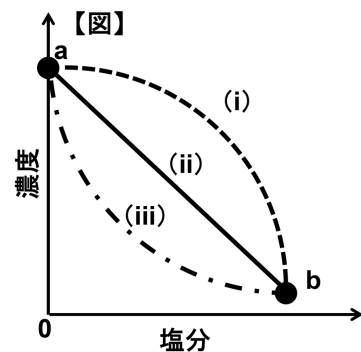
この理由としては、金星が ( a ) を大気中に92気圧も占めているためである。一方地球では、大気中には ( a ) がおよそ  $400 \text{ ppm}$  しか存在しないため、金星ほどの高温にはならない。

- (1) ( a )、( b )、( c ) に適切な語句や数字を入れよ。
- (2) ( a ) 以外の温室効果ガスを2つ示せ。
- (3) 下線部 i) の ( a ) のガスが温室効果を持つ理由を、3行以内で答えよ。
- (4) 地球では大気 ( a ) 量が、( a ) が海水に溶け込むことでコントロールされている。それに関わる海水での全化学反応式を  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{CaCO}_3$  を用いて示せ。
- (5) 上記の (4) の反応で、地球の大気中の ( a ) の圧力が上がったとき、海水中の  $\text{CaCO}_3$  はどのように変化するのか、2行以内で答えよ。

設問2 淡水と海水の物質混合について、以下の問に答えよ。

この図は、淡水と海水をそれぞれ端成分とするある物質の河口域における混合過程を見るため、塩分に対して物質の濃度をプロットしたものである。

- (1) 端成分である点 a と b のうち、海水の端成分にあたる点はどれか記せ。
- (2) 曲線(i)、直線(ii)、曲線(iii)はどのようなプロセスによって、このような形となるのか、それぞれ、3行以内で説明せよ。
- (3) イオン強度が高いのは、淡水か海水か、どちらかを記せ。また、その理由を3行以内で説明せよ。
- (4) 曲線(iii)のような下に凸の形を示す代表的な物質をひとつ記せ。



## 化学

問3 以下の全ての設問に答えよ。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。

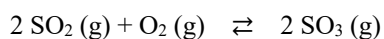
設問1 溶液と反応に関する以下の問いに答えよ。

必要であれば Ca の原子量 = 40、Zn の原子量 = 65、 $\log_{10} 6.2 = 0.79$  を用いよ。

- (1) 濃度  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  の希塩酸を 80 mg の炭酸カルシウムと完全に反応させる。この反応に必要な希塩酸の体積を求めよ。
- (2)  $200 \text{ mmol L}^{-1}$  の硫酸 100 mL と完全に反応する亜鉛の質量を求めよ。
- (3)  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  での濃度  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液は、 $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  の水酸化物イオンを含む。この溶液の pH を求めよ。
- (4)  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  での濃度  $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めよ。

設問2 平衡反応に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 以下の反応の平衡定数  $K_c$  を表す式を書け。



- (2) (1) の平衡定数  $K_c$  の単位を示せ。
- (3) 塩化銀の解離は以下ようになる。



塩化銀の飽和溶液に塩化物イオンを加えると  $\text{AgCl}(\text{s})$  が沈殿する。その理由をこの解離反応の平衡定数および「共通イオン効果」という単語を用いて、説明せよ。

# 化学

## 問4 設問1, 2に答えよ。

設問1 以下の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

有機反応の形式や反応機構を考えると、変化を受ける物質を基質、基質に作用する物質を反応剤と分類すると便利である。有機化合物と無機化合物との反応では、一般に有機化合物が基質に、無機化合物が反応剤に分類される。有機化合物どうしの反応では、議論の都合で適宜決められる。反応の前後での基質の形式的な変化をもとに有機反応を分類すると、置換反応、付加反応、脱離反応、転移反応の四つに分けることができる。

反応の進行度とそれに伴うエネルギー変化をグラフにしたものが図1である。これらは反応のエネルギー図と呼ばれる。図1は一段階で進行する反応のエネルギー図である。反応が起きるためには、エネルギー障壁を超えなければならない。これが活性化エネルギーと呼ばれ、これが大きくなると反応速度は減少し、逆に小さくなると増大する。エネルギーが最大となる点における反応の状態は遷移状態と呼ばれる。反応が一段階で完結するのではなく、途中にカチオンやアニオンあるいはラジカルといった不安定で短寿命の化学種が生じて多段階で進行する場合もある。このような化学種は反応中間体と呼ばれる。

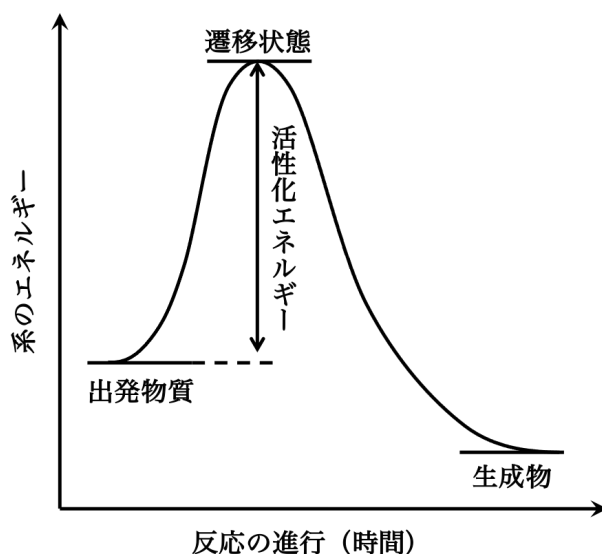
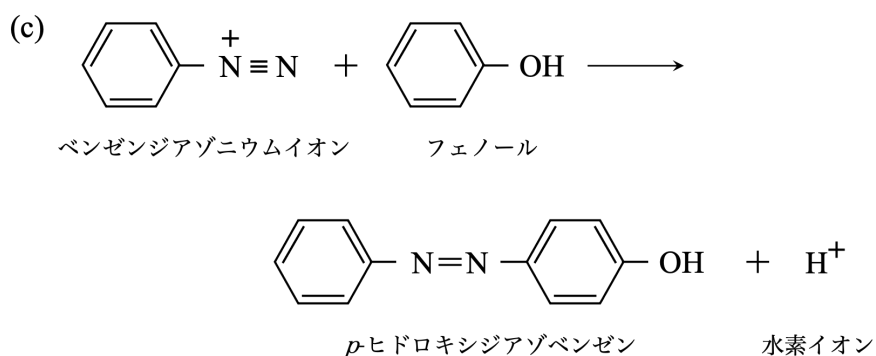
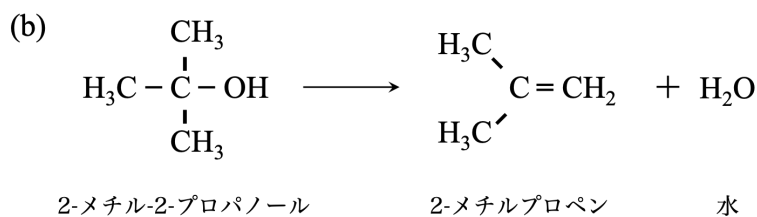
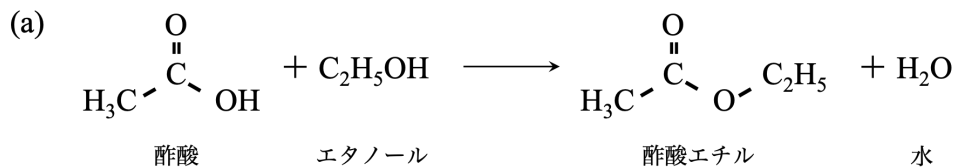


図1. 一段階で進行する反応のエネルギー図

## 化学

(1) 次の反応の全ての基質について、それぞれが置換反応、付加反応、脱離反応のどれにあたるか示せ。



(2) 次の言葉の定義を説明せよ。

- (a) アニオン
- (b) カチオン
- (c) ラジカル

(3) 下線部について、図1を参考に、二段階で進行する反応のエネルギー図を書け。また、図中には以下の3つの言葉を必ず入れよ。

活性化エネルギー 遷移状態 反応中間体



## 化学

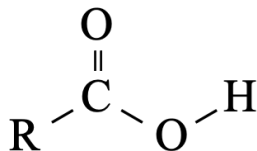
設問2 以下の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

カルボン酸とは、i)カルボキシ基という官能基を含む有機化合物である。カルボキシ基の(ア)炭素の電子分布は  $sp^2$  混成軌道であり、(ア)基と(イ)基の成す角は  $120^\circ$  である。(ア)基と(イ)基の電子分布には偏りがあり ii)分極している。したがって、カルボン酸は水素結合をつくるため、水やアルコールに溶けやすい。また、カルボン酸は、もう1分子のカルボン酸と二つのカルボキシ基どうしで二つの水素結合をつくり容易に iii)二量体構造となるため、その沸点や融点はアルコールなどに比較して高くなる。そして、iv)カルボン酸はアルコールやフェノールなどに比べて酸性度がかなり高い。

(1) 下線部 i 「カルボキシ基」の定義を、以下の文章にあてはまるように述べよ。

カルボキシ基とは、(ア)基に(イ)基が結合した官能基である。

(2) 下線部 ii 「分極」について、下図を参考にカルボン酸における分極の様子を  $\delta+$ 、 $\delta-$ を用いて図示せよ。



(3) 下線部 iii 「二量体構造」を、構造式で示せ。

(4) 下線部 iv について、カルボン酸の酸性度が高くなる理由を説明せよ。

## 生物学

### 問5 以下の文章を読んで問いに答えよ。

植物の光合成過程は大きく2つに分けられる。すなわち、チラコイドで行われる **A** とストロマで行われる **B** である。**A** では、(a) 光合成色素が光エネルギーを吸収し、(b) チラコイド内腔での水分子の分解をはじめとする電子伝達反応が引き起こされ、還元力 NADPH と化学エネルギー ATP が生じる。そして、この NADPH と ATP を用いた **B** により、CO<sub>2</sub> から糖類が合成される。

- (1) A と B に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部 (a) において、最も重要な役割を果たす光合成色素の名称を記せ。また、その光合成色素はどのような色を持ち、どのような色の光をよく吸収するか記述せよ。
- (3) 下線部 (b) の反応で出来る化学種を2つ挙げよ。
- (4) B の過程を触媒する化合物は、地球上で最も多量に存在する酵素と考えられている。その酵素の名称を挙げよ。また、この酵素は、B の過程以外にも酵素活性を示すことが知られている。その酵素反応について、3行以内で説明せよ。
- (5) 植物あるいは藻類（大型藻類、微細藻類）の光合成速度を求める方法に関して、5行以内で説明せよ。

## 生物学

### 問6 以下の文章を読んで問いに答えよ。

生物の進化に関係する要因としては、(a) 突然変異や自然選択、(b) 隔離などがあげられる。自然界で生じた突然変異に対しては、ただちに自然選択が作用する。隔離された分集団のうち、一方あるいは双方に突然変異が生じることで、分集団間で独立に自然選択が作用することとなる。長い年月の間に、このような事が繰り返し生じることで、生物は進化してきたと考えられる。[A]が提唱した自然選択説を基本とし、生物集団の遺伝的構成を変化させるいくつかの要因が複雑に組み合わさった結果として進化が生じてきたとする考えを[B]という。

- (1) A と B に入る適切な語句を答えよ。
- (2) 進化は小進化と大進化に大別される。小進化と大進化について、具体例を1つあげ、それぞれ3行以内で説明せよ。
- (3) 下線部 (a) は変化の生じる過程の違いによって2つに区別される。この2つの突然変異について、3行以内で説明せよ。
- (4) 下線部 (b) の地理的隔離について、具体例をあげて、3行以内で説明せよ。
- (5) 遺伝的浮動および分子進化の中立説に関して、それぞれ4行以内で説明せよ。

