

名古屋大学大学院環境学研究科
地球環境科学専攻 大気水圏科学系
博士前期課程 普通入試

【専門科目 地球化学 出題例】

(注意事項)

本ファイルは、2018 年度以降の専門科目の試験において出題された問題の例を掲載している（すべての問題を掲載しているわけではない）。筆記試験を実施した年度に出題された問題と、口頭試問を実施した年度に出題された問題の両方を含む。

口頭試問では、解答に対して質問を重ねる場合がある。また、一題ずつ出題されるなど、試問の開始時にすべての問題文が受験生に対し開示されていない場合がある。問題によっては紙に書いて解答することを指示する場合がある。

【口頭試問 出題例】

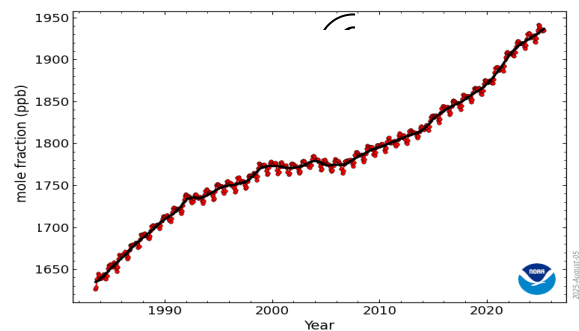
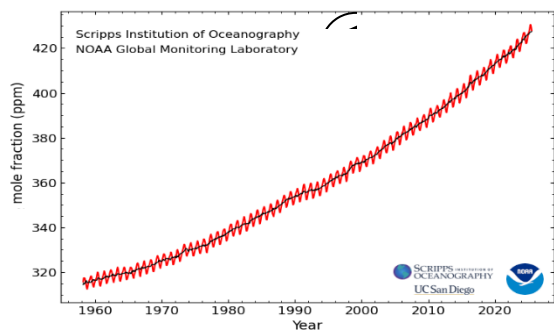
問題

問： 大気中のオゾン(O_3)に関し、以下の a)～c)に答えなさい。

- a) 成層圏においてオゾンを生成する化学反応を説明しなさい。
- b) 成層圏のオゾンは地上生物にとってどのような役割があるか？説明しなさい。
- c) 対流圏におけるオゾンの起源（ソース）を説明しなさい。

問題

問：メタン (CH_4) の全球平均濃度の変動を示す図は、以下の①、②のうち、どちらか？ 理由も含めて答えなさい。



問題

- 問1：酸素の安定同位体を、存在度の大きい順に答えよ。
- 問2：海洋において海水の酸素同位体比が変動するプロセスで知っているものを全て答えよ。
- 問3：エルニーニョが発生した場合、東太平洋熱帯域の表層海水の酸素同位体比はどのように変化するか。その理由も答えよ。
- 問4：水と炭酸カルシウムの間で $3H_2^{18}O + CaC^{16}O_3 \rightleftharpoons 3H_2^{16}O + CaC^{18}O_3$ の同位体交換反応が十分に起きていて、平衡状態にある時、酸素同位体比が大きくなるのは水と炭酸カルシウムのどちらか。その理由も答えよ。
- 問5：同じ同位体交換反応で、同位体分別係数が1に近づくのは、どのような場合か。
- 問6：炭酸塩の酸素同位体比は地球化学の分野において、どのように活用されているか。知っている例を挙げよ。

問題

酸素の安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は、過去の気候変動を復元する地球化学的指標として広く用いられる。以下の問いに答えなさい。

問 1 : $\delta^{18}\text{O}$ の定義を説明せよ。

問 2 : 氷床が大きく発達していた氷期において、海水の $\delta^{18}\text{O}$ は現在と比べて高かったか低かったかを答え、その理由を説明しなさい。

問 3 : 過去の海水の $\delta^{18}\text{O}$ の変化が海底堆積物中の底生有孔虫の殻に記録されるメカニズムについて説明しなさい。

問題

黄砂にはケイ酸塩鉱物や方解石が含まれる。以下の問に答えなさい。

問 1 : 方解石を強熱すると、どのような質量変化が起きるか、答えなさい。

問 2 : 方解石に不純物として含まれやすい元素を 1 つ、理由と共に答えなさい。

問 3 : 岩石の風化とはどのような現象なのか答えなさい。

問 4 : ケイ酸塩鉱物に含まれる主要元素の含有量を調べたい。化学分析の手順と元素分析にもちいる装置について、それぞれ概要を答えなさい。

問題

大気中の温室効果ガスについて、以下の問に答えなさい。

問 1 : 日本の三陸地方（綾里）における二酸化炭素濃度は、どのような季節変化を示すのか、答えなさい。また、季節変化をもたらす要因について答えなさい。

問 2 : 大気中に存在する温室効果ガスを二酸化炭素以外で 2 つ答えなさい。また、それらに対する主な発生源について答えなさい。

問題

大気中の化学物質について、以下の問に答えなさい。

問 1 : 平均滞留時間について説明しなさい。

問 2 : 平均滞留時間の長い（100 年以上）成分と、短い成分（1 年以下）の物質名をそれぞれ答えなさい。

問題 対流圏大気中の主要成分は、水蒸気を除くと 3 種類である。

問1 3 種類の成分のうち、二酸化炭素濃度の季節変動と逆位相で濃度が変動する成分を 1 つ挙げて化学式で答えよ。

問2 問1 の原因を 50 字程度で説明せよ。

問題 物質循環の解析には、安定同位体比が指標としてよく用いられる。また、安定同位体比は δ 値という表記法が使われることが多い。

問1 炭素の安定同位体比、 $\delta^{13}\text{C}$ 値を定義する式を書け。ただし、試料の同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比) を R_{sa} 、標準物質の同位体比を R_{st} 、として R_{sa} と R_{st} を用いて書くこと。

問2 対流圏大気中の二酸化炭素の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、過去 200 年間低下傾向にあることが知られている。この原因を 50 字程度で説明せよ。

問3 最終氷期の海水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は現在よりも高かったことが分かっている。この原因を 50 字程度で説明せよ。

問題 放射性同位元素を用いた年代測定法について、その年代測定の原理を説明しなさい。

問題 対流圏大気に含まれる二酸化炭素濃度について、2020 年時点での世界平均値と産業革命前の濃度を ppm の単位で答えなさい。

問題 宇宙の元素存在度で存在度が大きい元素は水素とヘリウムである。これらの元素の存在量が大きいのはなぜか？ また、これら以外の元素はどのようにして生成したのか、簡潔に答えなさい。

問題 人為起源のエアロゾルと自然起源のエアロゾルをそれぞれ 1 つずつ挙げなさい。

問題 高緯度地域における降水の酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) は、低緯度地域の $\delta^{18}\text{O}$ 値と比べて高いか、低いか、答えなさい。また、その理由についても簡潔に答えなさい。

問題 海底堆積物コアに含まれる底生有孔虫の CaCO_3 殻の $\delta^{18}\text{O}$ 値に影響を与える主な因子を 2 つ挙げなさい。

問題 宇宙で最も多い元素は何か。また二番目に多い元素は何か。それぞれ答えなさい。

問題 大気中の温室効果気体を 5 つ挙げなさい。

問題 大気中の温室効果気体とそれ以外の大気成分とでは、どのような性質が異なるのか、説明しなさい。

問題 1987 年にカナダで採択されたモントリオール議定書によって世界各国でフロン類の使用をやめることになったが、これはなぜか。

問題 栄養塩とは何か説明しなさい。

問題 古環境、すなわち歴史記録の無い過去の地球環境を推定するには、どのような方法があるか。方法を 1 つ選び、その手法の詳細や推定出来る環境因子をなるべく具体的に説明しなさい。

【筆記試験出題例】

問題 以下の①～⑥に示す大気中の気体成分に関して、問1～問5に答えなさい。

ただし、問題文中の濃度とは、水蒸気を除いた乾燥大気中における体積混合比を指し、単位として用いられる ppm は 10^{-6} を指す。

① Ar ② CH₄ ③ CO₂ ④ N₂ ⑤ O₂ ⑥ CCl₂F₂

問1 対流圏大気中の He の平均濃度は 5.2 ppm である。現在の対流圏大気中における各成分の平均濃度を He と比較した時、He よりも平均濃度が高い成分をすべて選び、番号で答えなさい。

問2 問1の He の平均濃度を用いて、25 °C の乾燥した対流圏大気 1 m³ 中に含まれる He の総質量 g を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、この乾燥大気の圧力は 10^5 N m^{-2} とする。また、必要であれば、以下の値を用いなさい。He の原子量：4.0、気体定数： $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 。なお、He は理想気体として良い。

問3 現在の地球大気中における各成分の平均濃度を、太古代（40 億年前から 25 億年前まで）の地球大気中における平均濃度と比較した時、太古代よりも減少していると思われる成分を一つ選び、番号で答えなさい。また減少した理由を 50 字以内で説明しなさい。

問4 ③の CO₂ は赤外放射活性気体（温室効果気体）として知られている。CO₂ 以外の赤外放射活性気体をすべて選び、番号で答えなさい。

問5 1987 年に採択されたモントリオール議定書によって工業的な製造が禁止された成分をすべて選び、番号で答えなさい。また製造が禁止された理由を 50 字以内で説明しなさい。

問題 以下の①～⑥に示す海水中の溶存成分に関して、問1～問5に答えなさい。

① Cl^- ② Mn^{2+} ③ HCO_3^- ④ NO_3^- ⑤ O_2 ⑥ Ca^{2+}

問1 主要溶存成分に分類される成分を三つ選び、番号で答えなさい。

問2 栄養塩に分類され、各海域におけるその濃度や供給速度が一次生産量の大小に直結する成分をすべて選び、番号で答えなさい。

問3 一般の外洋海水中では不安定で、深度によらずほとんど溶存していない成分を一つ選び、番号で答えなさい。

問4 表面水と深層水で濃度を比較すると、深層水の方が一般に低い濃度を示す成分を一つ選び、番号で答えなさい。またこのような鉛直的に不均一な分布が生じる理由を100字以内で説明しなさい。

問5 温暖な亜熱帯海域の表面水と寒冷な亜寒帯海域の表面水で濃度を比較すると、亜熱帯海域の方が一般に低い濃度を示す成分を一つ選び、番号で答えなさい。またこのような水平的に不均一な分布が生じる理由を100字以内で説明しなさい。

問題 ある発電所が爆発事故を起こし、その周辺の半径 10 km 圏内（地表はすべて土壌で覆われている）が立ち入り規制区域となった。事故発生から 30 年経過したところで規制区域内に立ち入り、ある 10 cm 四方の範囲の土壌を丸ごと採取して分析したところ、 ^{134}Cs の放射能は 0.010 Bq、 ^{137}Cs の放射能は 160 Bq であることが明らかになった。 ^{134}Cs や ^{137}Cs はすべて爆発事故発生時に発電所から放出され、ただちに土壌に沈着したものであり、さらに、最初に沈着した場所からそれ以外の場所やリザーバー（地下水や地下深部、規制区域外など）への移行や流出はすべて無視できるものと仮定して、以下の問 1～問 5 に答えなさい。なお、Bq は放射性物質が 1 秒間に崩壊する原子の個数を表し、 ^{134}Cs の半減期は 2.0 年、 ^{137}Cs の半減期は 30 年、アボガドロ定数は 6.02×10^{23} とする。

問 1 同じ土壌試料から ^{90}Sr も検出された。 ^{90}Sr もすべて爆発事故で発電所から放出されたものとする、この発電所ではどのような元素を含む物質を原料とし、どのような種類の反応を用いて発電が行われていたと考えられるか。あわせて 50 字以内で説明しなさい。

問 2 この土壌試料の ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能は、爆発事故発生直後はどのくらいあったと考えられるか。それぞれ有効数字 2 桁で求めなさい。またその時の ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比（ $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ 比）も、有効数字 2 桁で求めなさい。

問 3 この土壌試料の ^{137}Cs の放射能が 10 Bq になるまであと何年かかるか。今回の観測時から起算した年数を、有効数字 2 桁で求めなさい。

問 4 今回の観測時にこの土壌試料中に含まれていた ^{134}Cs と ^{137}Cs の総 mol 量を、それぞれ有効数字 2 桁で求めなさい。

問 5 爆発事故で放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs は規制区域内に均一に沈着し、かつ規制区域外への沈着は無視できるものと仮定して、爆発事故で放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の総 mol 量を、それぞれ有効数字 2 桁で求めなさい。

問題 表 1 に，地球の大気を構成する主な成分とその体積比濃度を ppmv ($=10^{-6}$) 単位で示す．以下の問 1 ～問 6 にすべて答えなさい．

表 1 地表付近における大気組成

成分	体積比濃度 (ppmv)
N ₂	780,800
①	209,500
②	9,340
CO ₂	360
Ne	18
He	5.2
CH ₄	1.7
Kr	1.1

出典：地球化学概説，松久幸敬・赤木 右（2005）を改変

問 1 表 1 の①と②に相当する成分を化学式で答えなさい．また，それらの主要な発生源（ソース）を 30 字以内で答えなさい．

問 2 ①の成分が紫外線を吸収することにより生成される物質で，成層圏において体積比濃度が最も高くなり，地表付近では光化学スモッグの原因物質となる物質を化学式で答えなさい．

問 3 CH₄ の総量が 4.95×10^{15} g である大気圏への供給量が年間で 5.42×10^{14} g の場合，大気中における CH₄ の平均滞留時間を答えなさい．ただし，大気圏における CH₄ の収支は定常状態にあり，年間の除去量と供給量が等しいとする．

問 4 大気に対する CH₄ の主要発生源を一つ挙げなさい．また，その発生源における CH₄ の生成過程を 50 字以内で答えなさい．

問5 地球大気を構成する主要成分であるが、濃度の時空間的な変動が激しいため表1に記載されていないものが一つある。その成分を化学式で答えなさい。さらに、その成分が地球環境に果たす重要な役割を一つ答えなさい。

問6 大気中には人為的に生成される放射性核種の ^{85}Kr が 1.5 Bq m^{-3} 程度含まれている。 ^{85}Kr の半減期は10.7年である。密閉容器に採取した大気試料中の ^{85}Kr 原子の数が採取時の12.5%に減少するのは何年後であるか、答えなさい。

問題 大気中の NO_2 濃度を測る方法の一つとして、ザルツマン法がある。これは試料大気中の NO_2 を試薬溶液に吸収させることにより一定の割合で生じる NO_2^- を、吸光光度法で定量する手法である。以下の問1～問4にすべて答えなさい。なお、気体は理想気体として取り扱えるものとし、1 molの気体の圧力 p 、体積 V 、および絶対温度 T の間には、気体定数を R とすると $pV = RT$ という関係が成り立つものとする。 R は $0.082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ($= 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)、原子量は $\text{N} = 14$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{Na} = 23$ を用いなさい。

問1 NO_2^- 濃度の定量には標準溶液が必要である。高純度の NaNO_2 試薬を用いて、 NO_2^- 濃度が $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ の標準溶液を作成する手順を、250字以内で答えなさい。

問2 ザルツマン法では、545 nmにおける吸光度から NO_2^- 濃度を求める。以下の五つの用語をすべて1回以上用いて、吸光度の測定から NO_2^- 濃度を求める方法を100字以内で説明しなさい。

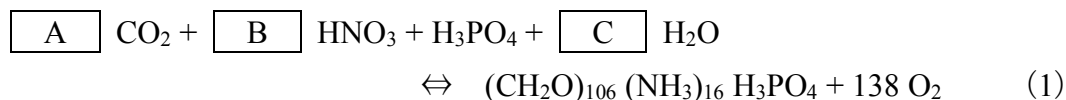
〔 ランベルト・ベールの法則，吸光度，モル濃度，
標準溶液，検量線 〕

問3 温度が 20°C 、気圧が1 atmの状態において5 Lの試料大気を5 mLの試薬溶液へ少しずつ通気した。試料大気中の NO_2 のうち80%が溶液中で NO_2^- として存在しているとする。試薬溶液中の NO_2^- 濃度を測定したところ、 $4 \mu\text{mol L}^{-1}$ であった。試料採取時の大気中の NO_2 の体積比濃度をppbv ($=10^{-9}$) 単位で答えなさい。

問4 大気中の NO_2 は NO の酸化により生成したものが大部分である。この NO の主要な発生源を一つ答えなさい。

問題 海洋に関する下記の文を読み、以下の問1～問5に答えなさい。

海洋における物質循環には、生物活動が大きな影響を持つ。海洋表層で植物プランクトンが光合成により有機物を作るには、硝酸やリン酸などの①が必要である。植物プランクトンの平均的な組成と海水中の①の間には、下記のような関係がある。



光合成では、左辺に示された各成分から、右辺に示される平均元素組成をもつ有機物が生産される。一方、こうして生産された有機物を②して二酸化炭素や硝酸、リン酸へ戻すのに 276 個の O 原子が必要となる。これらの原子比は、③と呼ばれる。(1)式のプロセスとそれに伴う鉛直下方への炭素をはじめとする物質の輸送過程は、④と呼ばれる。

問1 空欄①～④にあてはまる語句をそれぞれ答えなさい。

問2 (1)式の①～③にあてはまる数字をそれぞれ答えなさい。

問3 海洋における①の濃度の鉛直分布について、その特徴を 100 字以内で答えなさい。

問4 深層水中でのリン酸濃度を、北大西洋と北太平洋で比較すると、一般的にどちらが高濃度となっているか、その理由とともに 100 字以内で答えなさい。

問5 (1)式のプロセスが右に進むためには、(1)式に用いられていない元素も重要であることが知られている。そのような元素を一つ、答えなさい。

問題 ある地層から炭化した木片が大量に出土した。この木片の炭素 1 kg 中に含まれている ^{14}C の放射能は 9.00 Bq, すなわち, 1 秒間に 9 個の ^{14}C が崩壊することが明らかになった。これに関して以下の問 1 ～問 5 に答えなさい。また, 解答用紙には導出過程も書きなさい。なお, ^{14}C の半減期は 5730 年, ^{12}C の平均同位体存在比 (モル比) は 98.9%, アボガドロ定数は 6.02×10^{23} とする。また, 同位体比はすべてモル比で表すものとする。

問 1 ^{12}C の平均同位体存在比をもとに, 炭素の原子量を小数点第 2 位まで求めなさい。

問 2 この木片の $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比と $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 3 この木片中の ^{14}C は, 何を起源として, どのようにして形成され, どのような過程を経てこの木片に含まれるに至ったものと考えられるか。まとめて 100 字程度で答えなさい。

問 4 現在の大気中の CO_2 の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を測定したところ, 1.30×10^{-12} となった。現在の大気中の CO_2 の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を初期 ($t=0$) の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比と仮定して, この木片の ^{14}C 年代を求めなさい。

問 5 木片の初期 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比として, 現在の大気中の CO_2 の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を用いる場合の問題点を一つ挙げ, それが推定年代に対してどのような影響を与えるのか, 100 字程度で説明しなさい。

問題 図1に、地球大気中のCO₂濃度（体積混合比）の時間変化を示す（単位は ppm = 10⁻⁶）。これに関して以下の問1～問4に答えなさい。解答用紙には導出過程も書きなさい。

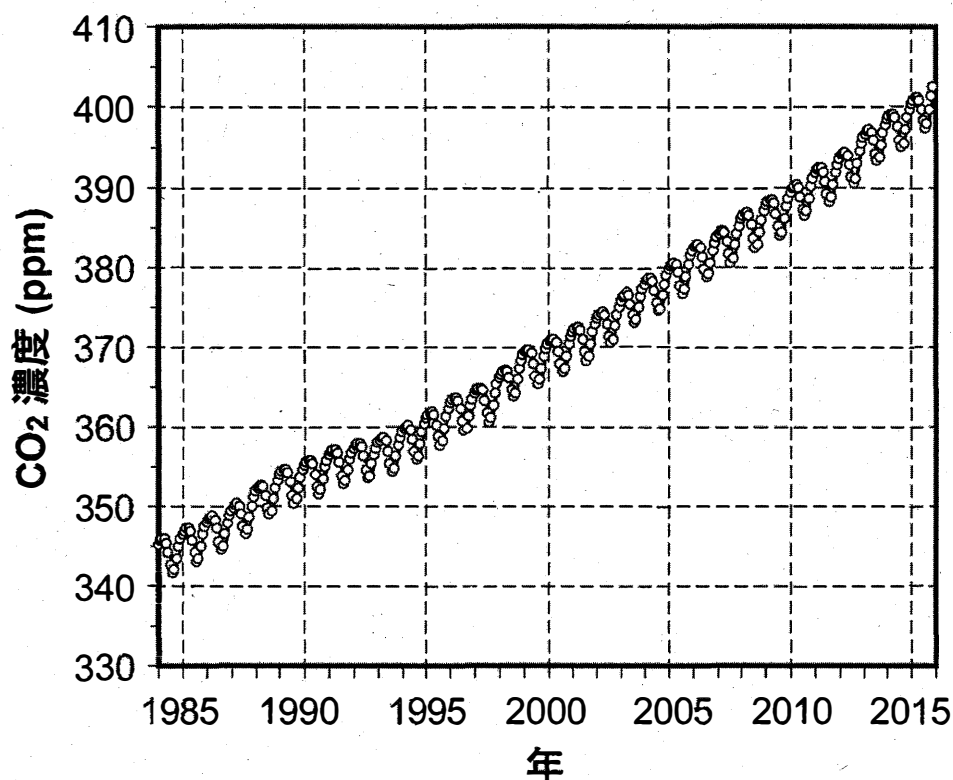


図1. 地球大気中の平均二酸化炭素濃度の経年変化（WMO のデータを元に作成）

- 問1 大気中のCO₂濃度を定量するには、どのようにすれば良いか。手法を一つ挙げ、その濃度測定の方法を100字程度で説明しなさい。
- 問2 図1に示すように、CO₂濃度は、毎年8月頃に極小、4月頃に極大を示す。このような季節変化を示す理由を、70字程度で説明しなさい。
- 問3 大気中のCO₂の増加モル量と、大気中のO₂の減少モル量は、等しいものと仮定して、大気中のO₂濃度の1985年から2015年までの間の減少幅を、1985年のO₂濃度を基準(100)とした相対値で求めなさい。ただし、1985年における、実際の大気中のO₂濃度（体積混合比）は21%とする。
- 問4 2015年に大気中に含まれていたCO₂の総質量(kg)を求めなさい。ただし、CとOの原子量は、それぞれ12と16として、有効数字2桁で求めなさい。また、必要であれば、以下の値を用いなさい。地表面における平均大気圧：10⁵

(N m⁻²) , 地表面における重力加速度 : 10 (m s⁻²) , 地球の表面積 : 5×10¹⁴
(m²) , 地球大気のア平均分子量 : 29

問題 外洋の海水中の溶存化学成分と生物の関係に関して、以下の問1～問2に答えなさい。

問1 海水中の溶存化学成分の中には、たとえ同じ場所で観測していても、深度が変わると、濃度が大きく変化するものが存在する。このような溶存化学成分の中で、海水中の生物活動を反映して濃度が深度方向に大きく変化する成分を具体的に一つ挙げ、どのような生物活動を反映して、どのような濃度変化が観測されるのか、合わせて100字程度で説明しなさい。

問2 寒冷な亜寒帯海域の表面海水は、温暖な亜熱帯海域の表面海水と比べると、一般に透明度が低い。この両海域間で透明度に違いが生じる理由を、以下の語句をすべて用いて、300字程度で説明しなさい。

植物プランクトン 栄養塩 表層水 深層水