

2017年9月・2018年4月入学試験

大学院創造理工学研究科修士課程

地球・環境資源理工学専攻

問題表紙

◎問題用紙が 12 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。

◎解答用紙が 4 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

部門試験科目	問題番号
資源科学・岩石学	1-1, 1-2, 1-3
地質学	2-1, 2-2, 2-3
地殻情報工学	3-1, 3-2
開発環境工学	4-1, 4-2
資源循環工学	5-1, 5-2
素材プロセス工学	6-1, 6-2
環境保全工学	7-1, 7-2

<注意事項>

- <1> 各部門の試験科目（資源科学・岩石学および地質学は3問，他は2問出題）の計16問のうち4問を選択して解答すること。ただし解答する問題のうち2問は，志望する部門に該当する科目の問題を必ず選択すること。
- <2> 資源科学部門あるいは岩石学部門を志望する受験生は，「資源科学・岩石学」で出題される3問のうち3問まで選択することが可能である。
- <3> 地質学部門を志望する受験生は，「地質学」で出題される3問のうち2問まで選択すること。3問選択した場合は，無効となる。
- <4> 解答は1問ごとに別の解答用紙を使用し，選択した試験科目名と問題番号を明記すること。解答用紙は4枚とも受験番号と氏名を明記し，4枚とも提出すること。
- <5> 電卓使用可

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科 目 名 : 資源科学・岩石学

問題番号 1

1-1 鉱物学

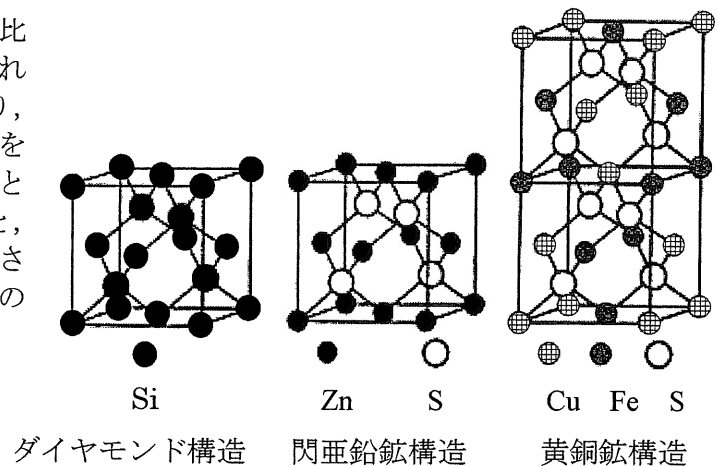
次の問い(1)～(4)に答えよ。

閃亜鉛鉱構造(sphalerite structure)の代表鉱物である閃亜鉛鉱(sphalerite)は、組成式がMX ($M=\text{Zn}$, $X=\text{S}$)で表され、各原子サイトの原子座標(atomic coordinates)が、

M サイト	$0, 0, 0$	$1/2, 0, 1/2$	$0, 1/2, 1/2$	$1/2, 1/2, 0$
X サイト	$1/4, 1/4, 1/4$	$3/4, 1/4, 3/4$	$1/4, 3/4, 3/4$	$3/4, 3/4, 1/4$

となる面心立方格子となる。

このMサイトにCuとFeが1:1の原子比で配位すると黄銅鉱(chalcopyrite)に代表される黄銅鉱構造(chalcopyrite structure)となり、閃亜鉛鉱構造の2倍の大きさの単位格子をとる体心正方格子となる。また、MサイトとXサイトが両方とも同じ元素で占有されると、ダイヤモンド(C)やシリコン(Si)に代表されるダイヤモンド構造(diamond structure)の面心立方格子となる。



- (1) シリコンの格子定数(lattice parameters)は $a = 0.357 \text{ nm}$ である。シリコンの密度(g/cm^3)を求めよ。計算の過程も示すこと。
ただし、Siの原子量は28.09、アボガドロ定数(Avogadro constant)は $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。
- (2) Cu-Fe-S系鉱物の中で黄銅鉱構造をもつ鉱物のほとんどは、Cu:Fe:S原子比が1:1:2に近い化学組成である。
この理由を述べよ。
- (3) 常温常圧下で、シリコン、閃亜鉛鉱、黄銅鉱はいずれも半導体であるが、シリコンと閃亜鉛鉱は反磁性体(diamagnet)であり、黄銅鉱は反強磁性体(antiferromagnet)である。
この電磁気特性の違いが発生する機構を説明せよ。
- (4) ウルツ鉱(wurtzite, ZnS , 六方晶系)は、閃亜鉛鉱と化学組成は同じであるが結晶構造の異なる多形(polymorph)である。
これら2鉱物が共存した鉱石試料があるとき、2鉱物の含有量比を定量する方法を1つ挙げて、なぜ定量できるかを説明せよ。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名：資源科学・岩石学

問題番号

1

1-2 鉱床学

次の問い(1)～(5)に答えよ。

(1) 接触交代鉱床(スカルン型鉱床)について述べよ。

(2) ペグマタイトとそれに伴う金属資源について述べよ。

(3) 風化残留鉱床について述べよ。

(4) 安定同位体分析の鉱床学における目的・役割について述べよ。

(5) 近年、大局的には世界における金属資源の消費量が増大しているが、その要因を述べよ。また、今後50年程度における世界における金属資源の消費動向に関する予測を述べよ。

1-3 岩石学

次の問い(1)と(2)の両方に答えよ。

(1) 玄武岩質マグマの冷却によってできた2つの岩石XおよびYを考えてみる。岩石XおよびYにおいて最初に結晶化した鉱物はともにカンラン石と斜長石である。岩石Xでは冷却時に鉱物とマグマは平衡状態であったが、岩石Yではより速い速度で冷却し分別結晶作用を起こした。岩石XおよびYのそれぞれについて、カンラン石粒子および斜長石粒子の組成累帯構造の有無とその判断理由、さらにカンラン石粒子と斜長石粒子の化学組成の特徴について説明せよ。説明に図を用いてもよい。

(2) 超高压変成作用および超高压変成岩に関してA～Eに答えよ。

A. 超高压変成作用の定義を簡潔に説明し、超高压変成帯の実例を2つあげよ。

B. 超高压変成岩において超高压条件を示す実例(鉱物または鉱物組合せ、固溶体鉱物の化学組成等)を2つあげよ。

C. 超高压変成作用はどのような場で起こるか。プレートテクトニクスの視点から簡潔に説明せよ。

D. 超高压変成作用の概念の確立は、1984年にヨーロッパの2つの地域から報告された発見的研究がきっかけとなった。これら2つの地域名と国名および発見された物質の名称を答えよ。

E. 超高压変成作用の概念の確立は、それまでの変成岩岩石学の体系にどのような影響を与えたと考えられるか。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程 地球・環境資源理工学専攻

科目名: _____ 地質学 _____

問題番号

2

2-1 堆積学

乱泥流（混濁流）と土石流は、堆積物重力流の代表的なものである。乱泥流と土石流にみられる、以下の特徴の相違点を説明せよ。

- (1) 堆積物重力流とは何なのか、説明せよ。
- (2) 堆積物重力流は、碎屑物粒子を浮遊状態に保っている。乱泥流と土石流の粒子支持機構の相違点を説明せよ。
- (3) 乱泥流と土石流では水力学的性質が異なっている。流体に働く応力と速度を中心に両者の相違を説明せよ（すなわち、剪断応力と速度勾配の関係）。
- (4) 乱泥流堆積物と土石流堆積物では単層内の堆積構造に相違が発生する。両者の堆積構造を説明すると共に、堆積構造に相違点が発生する要因を、上記（2）の観点から説明せよ。
- (5) 乱泥流堆積物と土石流堆積物は堆積地形に差異が発生する。両者の堆積地形を説明すると共に、堆積地形に相違点が発生する要因を、上記の（2）の観点から説明せよ。

2-2 構造地質学

- (1) 下に挙げた1～10の項目について、(A) 古応力方向の推定、(B) 歪の解析、(C) 断層運動方向（剪断センス）の決定、のどれに用いることができるのかについて選択し、各々アルファベットで答えよ。

1. 石英粒子内部のマイクロクラック (microcracks in quartz grain)
2. 非対称プレッシャーシャドウ (asymmetric pressure shadow)
3. 岩脈 (dike)
4. 放射虫化石 (radiolarian fossils)
5. スレート中の還元スポット (reduction spot)
6. R1面 (Riedel shear)
7. 石灰岩中のウーライト (oolite)
8. 雁行割れ目の配列 (en echelon arrangement)
9. 鉱物脈 (mineral vein)
10. 花崗岩中のゼノリス (xenolith)

- (2) 中部地方～近畿地方に分布する主要な横ずれ活断層をみると、北東- 南西（東北東- 西南西）走向のものは右横ずれ、北西- 南東走向のものは左横ずれである。その理由について説明せよ。また、右横ずれ活断層と、左横ずれ活断層の具体例を2つずつ挙げよ。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

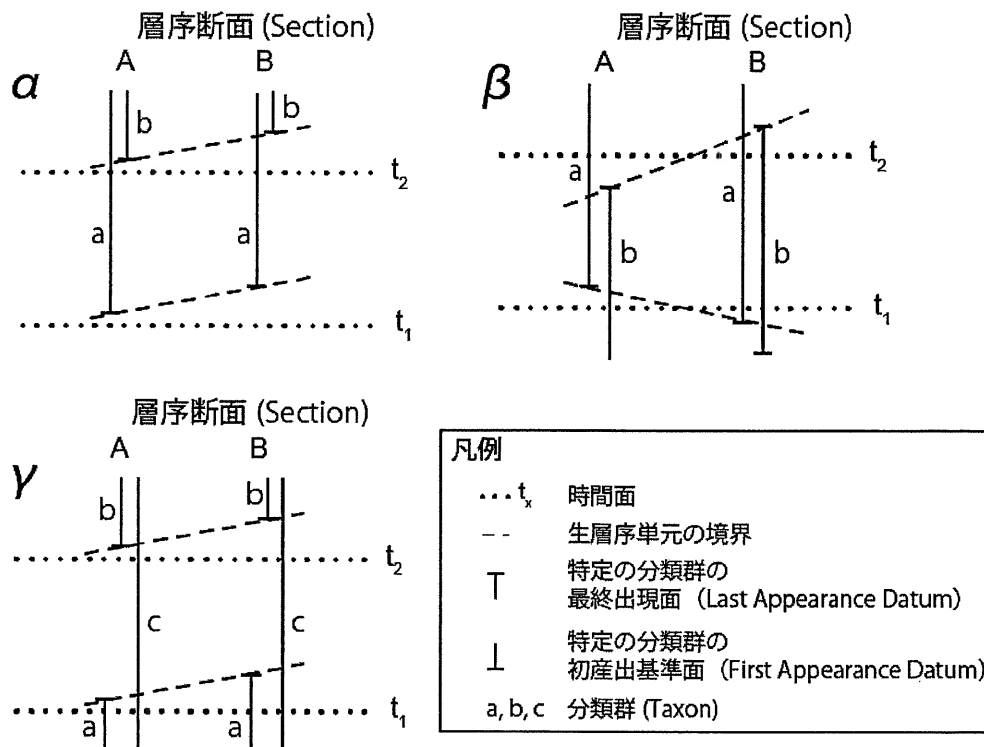
大学院創造理工学研究科修士課程 地球・環境資源理工学専攻

科目名: _____ 地質学 _____

問題番号 2

2-3 地史・古生物学

- (1) 以下の図 α , β , γ は、それぞれ、ある生層序单元 (Biostratigraphic unit) の種類を示している。また、実線、破線、点線は、それぞれ、特定の分類群のレンジ、生層序单元の境界、時間面を示している。 α , β , γ のそれぞれについて、破線で挟まれた区間の生層序单元を命名し、その定義を記せ。



- (2) 生物の骨格の形状 (ある部位と他の部位との比) は、成長とともに変化することがあり、これには2つの理由がある。この2つの理由を説明せよ。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名： _____ 地殻情報工学 _____

問題番号

3

3-1 地盤環境工学

- (1) 次の用語について説明せよ。
- ① 地層同定の法則
 - ② 土のコンシステンシー
 - ③ 環境における物質収支
 - ④ 比抵抗検層
 - ⑤ キューリー温度
- (2) おもな物理探査法に関して、それらの原理および用途についてまとめよ。
- (3) 次のパラメーターであらわされる帯水層がある。 K_f ：透水係数， $\Delta h/L$ ：動水勾配， ϕ ：間隙率， V ：ダルシー流速， U ：実際の地下水流速，である。この帯水層における V と U の関係を求めよ。

3-2 物理探査工学

- (1) Maxwell 方程式の4つの式及びそれぞれの式の物理的意味を書け。
- (2) 以下の言葉について図なども使ってわかりやすく説明せよ。
- (ア) 重力探査における地形補正
 - (イ) 屈折法弾性波探査
 - (ウ) 磁力計
 - (エ) 時間領域電磁探査法 (TDEM 法)

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名：開発環境工学

問題番号

4

4-1 石油工学 (Petroleum Engineering)

- (1) 実際の油ガス層評価・シミュレーションでは、様々なデータを分析・解析する。図1には、推定すべき油ガス層の特性と様々なデータが表形式で列举されている。例に倣って、各々の油ガス層特性を解析するために最も有効だと思うデータに「1」を、次に有効だと思うデータに「2」を記せ。

油ガス層特性	データ										
	近傍地質	露頭	重・磁力探査	地震探査	坑井掘削	泥水検層	物理検層	コア分析	流体試験	坑井試験	生産試験
(例)油層深度							1	2			
油層構造											
有効層厚											
岩相											
流体界面											
油層圧力											
孔隙率											
浸透率											
流体飽和率											
流体特性											
坑井生産能力											

図1 油ガス層特性と有効データの関係

- (2) あるガス層において、累計ガス生産量とガス層平均圧力が表1の様に測定されている。また、各平均圧力に対応するガスのz-factorは、表1のように推定される。

表1 累計ガス生産量とガス層平均圧力の関係

累計ガス生産量 (BSCF)	0	100	200	300	400	500	600 (現在)
ガス層平均圧力 (psia)	5,000	4,268	3,622	3,045	2,603	2,170	1,756
z-factor	0.980	0.929	0.887	0.853	0.850	0.850	0.862

- (a) このガス層には強い水押しがあるか？理由を付けて説明せよ。
- (b) このガス層のガス原始埋蔵量 (original gas in place) はいくらか。
- (c) ガス層圧力が 1,000 psia に達すると、このガス層からガスの生産ができなくなる。この場合、ガス残存可採埋蔵量 (remaining recoverable gas reserves) はいくらか。なお、圧力 1,000 psia におけるこのガスの z-factor は、0.900 である。

2017年9月・2018年4月入学試験問題
大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名： _____ 開発環境工学 _____

問題番号 4

(3) 物理現象を数式（数学モデル）で記述し、その数式を離散化してコンピュータで数値的に解く手法を数値シミュレーションと呼ぶが、この手法には様々な誤差が内在している。自由落下のシミュレーションを例に、数値誤差について考える。

(a) 高校では、ある高さ h_0 (m) から初速度 v_0 (m/s) で物体を投げ下ろした時には、その物体の加速度は重力加速度 g (m/s²) に等しく、次式が成立すると習った。

$$-\frac{d^2h}{dt^2} = g \dots\dots\dots(1)$$

ただし、

h : 地上からの高さ (m)

t : 時間 (s)

g : 重力加速度 (m/s²)

式 (1) の初期条件と境界条件を述べ、式 (1) の解析解を求めよ。

(b) 式 (1) を、解析的にではなく、数値的に解いて、任意の時間 t における高さ h を求めたい。タイムステップ数を n とし、タイムステップの刻みを Δt ($\Delta t = t/n$) とすれば、 $t_0 = 0$, $t_1 = \Delta t$, $t_2 = 2\Delta t$, $\dots$, $t_i = i\Delta t$, $\dots$, $t_n = n\Delta t = t$ となるが、 t_i に対応する h を h_i として式 (1) を離散化せよ。

(c) (a) で求めた初期条件と境界条件も離散化し、(b) で求めた離散化式と組み合わせ、時間 t_n における高さ h_n をどのように数値的に求めるか説明せよ（概要を述べるだけで良く、実際に値を入れて計算する必要はない）。

(d) (c) の手法で計算して得られる数値解と (a) で求めた解析解の結果は一致するか？
一致しないとすれば、数値解と解析解の差が数値誤差であるが、この場合、なぜ数値誤差が生じたのか？

(e) 式 (1) の妥当性を検証するために、図 2 に示すように、無風状態の時間を選んでピサの斜塔から羽根を投げて実験した結果、測定された時間と高さの関係は、式 (1) の解析解とは異なっていた。なぜ異なったのか？

(f) (a) ~ (e) での検討結果を総合的に考察し、数値シミュレーションに内在する誤差の原因について考えを述べよ。

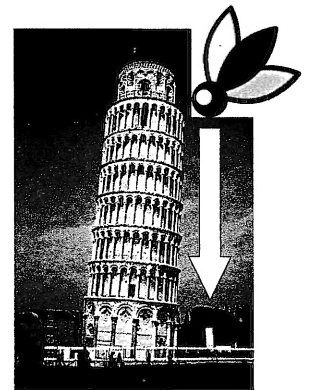


図 2 自由落下実験
(ノンスケール)

2017年9月・2018年4月入学試験問題
大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科 目 名 : 開発環境工学

問題番号 4

4-2 岩盤工学

- (1) 平面ひずみ問題の意味を説明せよ。
- (2) 静水圧状態下での体積ひずみを求める式を導け。
- (3) ひずみの適合条件式

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = 2 \frac{\partial^2 \varepsilon_{xy}}{\partial x \partial y}$$

より、次の応力の適合条件式

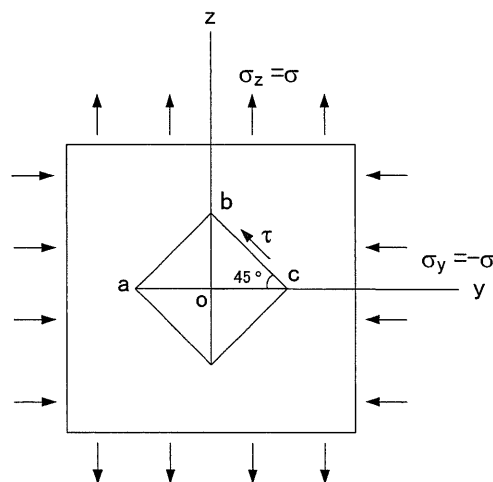
$$\frac{\partial^2 (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)}{\partial z^2} + (1 + \nu) \nabla^2 \sigma_z = 0$$

が導けることを示せ。ここで、 ∇^2 はラプラシアン演算子で

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

を表す。

- (4) 今、下図のような直方体の応力場 ($\sigma_x=0$, $\sigma_y=-\sigma$, $\sigma_z=\sigma$) を考える。



物体内部の斜面 bc で計算されるせん断応力 τ とそれにより生じるせん断ひずみの関係から、せん断弾性係数 G が

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

となることを示せ。ただし、 E はヤング率、 ν はポアソン比を表す。

2017年9月・2018年4月入学試験問題
大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名： 資源循環工学

問題番号

5

5-1 粉体制御工学, 環境界面工学

- (1) 水質汚濁防止法の一律排水基準に定められている無機有害元素を1つ選び, その代表的な処理法を500字程度で簡潔に説明せよ。
- (2) 粉砕に要する仕事量に関する古典的な3つのエネルギー則(Rittingerの法則, Kickの法則, Bondの法則)について, それぞれの考え方と特徴を1000字程度で簡潔に説明せよ。

5-2 資源分離工学, 資源リサイクリング

- (1) 廃棄物中の各種成分を分離回収(除去)する手法には, 大別して乾式法と湿式法があるが, この両者の特徴を簡潔に述べよ。また, 各種固体物性を利用する選別技術の原理・特徴および適用例等について, 知るところを述べよ。合計の字数は1000字を目安とし, 必要に応じて図表を用いてもよい(字数には加算されない)。
- (2) 固相分離に関する次の用語について, それぞれ100字程度で簡潔に説明せよ。
 - a. 単体分離度:
 - b. 等速沈降比:
 - c. (総合) 分離効率:
 - d. 浮選剤:
 - e. 浮選速度定数:

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名： 素材プロセス工学

問題番号 **6**

6-1 金属製錬学(extractive metallurgy)

(1) 次の事項から4つ選択し、それらを簡潔に説明せよ。必要があれば事例を示せ。

- a) 酸化焙焼(oxidizing roasting)
- b) 電解採取(electro-winning)
- c) 間接還元(indirect reduction)
- d) ISP法(Imperial smelting process)
- e) 溶媒抽出(solvent extraction)
- f) エリンガム図(Ellingham diagram)

(2) 図は 1300K における金属 - 硫黄 - 酸素系ポテンシャル図(metal-sulfur-oxygen potential diagram)である。なお、 p は P/P° で定義される分圧(partial pressure)であり、 P は圧力(kPa)、 P° は 101.3kPa を示す。

銅精鉱(copper concentrate)に不純物(impurity)として Fe, Ni, Pb, Zn の硫化物(sulfide)が含まれているとする。空気を用いた酸化熔錬(oxidation smelting) ($p_{\text{SO}_2}=0.1$) で、この銅精鉱を $\log p_{\text{O}_2}=-7$ 程度まで酸化した場合、Cu, Fe, Ni, Pb, Zn の硫化物の酸化挙動をポテンシャル図(potential diagram)に基づき説明せよ。

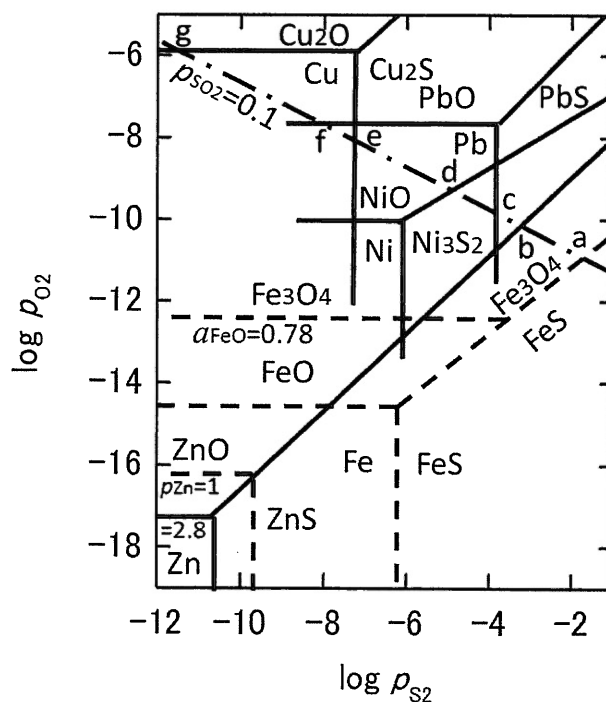


図. 金属 - 硫黄 - 酸素系ポテンシャル図 (1300K)

2017年9月・2018年4月入学試験問題
大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名: 素材プロセス工学

問題番号

6

6-2 物質移動論・反応速度論(mass transfer/reaction kinetics)

(1) 反応 $A + B \rightarrow C + D$ において, 下記の問いに答えよ。

- a) 反応速度則 (rate law) $v = k[A]^{m_A}[B]^{m_B}$ (つまり, 速度定数 k , 反応次数 m_A および m_B) を実験的に求める方法として提案されている isolation method および initial rate method について比較せよ。
- b) 上記の反応は素反応であると仮定 (逆反応を無視) し, 物質 C の濃度の変化速度を速度定数 k および他の物質の濃度の関数として表現せよ。

(2) 気体分子 A が固体表面上で引き起こす反応 $A(g) + S(s) \rightleftharpoons A-S(s)$ は素反応とする。正反応は吸着反応(adsorption reaction), 逆反応は脱着反応(desorption reaction)である。この反応が平衡状態に達したことを想定し, 下記の問いに答えよ。

吸着サイトの総数 σ_0 , 被覆率 θ , 気体分子 A の濃度 $[A]$ および吸着反応と脱着反応の速度定数 k_a と k_d を用いて, 平衡状態における θ と $[A]$ との関係を表現せよ。

2017年9月・2018年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程地球・環境資源理工学専攻

科目名：環境保全工学

問題番号 **7**

7-1 環境地球化学

問1 以下の問に答えよ。①から⑤に入る用語または数値を書け。

- (1) 環境試料の特異性について説明せよ。
- (2) 環境試料の機器分析を行うためには、環境試料を分析できる状態にする必要がある。この操作を(①)といい、機械的、物理的、化学的な様々な手法がある。環境水の分析に用いられる代表的な物理的手法は(②)であり、(③)フィルターを用いる粗(②), (④)フィルターを用いる精密(②)などがある。一般に、環境水の分析では(⑤) μm の(④)フィルターを用いて溶存態と懸濁態に分離する。
- (3) 検量線法, 標準添加法, 内標準法について図示し, それぞれ特徴を説明せよ。

問2 $C_1 \text{ M Na}_2\text{CO}_3$ と $C_2 \text{ M NaHCO}_3$ の混合溶液の pH を以下に従って求めよ。ただし、炭酸の酸解離指数は $\text{p}K_{a1}=6.35$, $\text{p}K_{a2}=10.33$ であり、水のイオン積は正確に 10^{-14} とする。

- (1) 平衡定数の式, 電荷収支式, 物質収支式をかけ。
- (2) 溶液の液性を考えて近似を行い, 水酸化物イオン濃度に関する二次方程式を導け。なお, H_2CO_3 はきわめて低濃度である。
- (3) pH を炭酸水素ナトリウム濃度, 炭酸ナトリウム濃度, 酸解離定数, 水のイオン積で表せ。
- (4) $C_1=1.8 \text{ mM}$, $C_2=1.7 \text{ mM}$ のとき, この混合溶液の pH を求めよ。

問3 以下の①から⑧の用語から二つ, (ア) から (オ) の分析法から一つを選択してそれぞれ説明せよ。分析法については原理, 装置構成, 分析対象物質について説明すること。

- | | | | |
|--------|-----------|-----------|-------------|
| ① 酸性雨 | ② 生態系サービス | ③ 放射線と放射能 | ④ 揮発性有機化合物 |
| ⑤ 腐植物質 | ⑥ 越境大気汚染 | ⑦ 窒素飽和 | ⑧ 船舶・航空機排ガス |

- | | |
|-------------------|------------------|
| (ア) ガスクロマトグラフ質量分析 | (イ) 誘導結合プラズマ質量分析 |
| (ウ) 誘導結合プラズマ発光分析 | (エ) 紫外可視分光光度計 |
| (オ) イオンクロマトグラフ | |

7-2 作業環境工学 (労働衛生工学, 環境リスク工学, 大気環境工学)

次の問いに答えよ。

- (1) 有害物質の量-反応関係について説明せよ。
- (2) 燃料の改質は SO_x の発生低減には有効だが, NO_x の発生低減には有効でない理由を述べよ。
- (3) 気中粒子の空気力学的直径と健康影響との関係について述べよ。
- (4) 集塵原理の異なる集塵装置について3種類以上挙げ, それぞれの特徴を説明せよ。