

早稲田大学大学院 創造理工学研究科
修士課程 入試問題の訂正内容

<2026年9月・2027年4月入学 創造理工学研究科 地球・環境資源理工学専攻>

【選択問題】ライフサイクル環境評価学

●問題冊子18ページ 問題番号18 [表3]

(誤)

軽油・C重油の単位： kg

(正)

軽油・C重油の単位： L

以上

2026年9月・2027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

- ◎問題表紙を除いて、問題用紙が18ページあることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎4枚綴りの解答用紙が1組あることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎すべての解答用紙の所定欄に受験番号・氏名を必ず記入しなさい。
- ◎解答用紙の裏面は使用できません。
- ◎選択した科目については、別紙の選択科目届け出用紙の選択科目欄に○を記入しなさい。
- ◎志望する研究指導科目は必ず選択しなさい。また、願書に第2、第3志望を選択した場合には、第2、第3志望の科目も選択しなさい。

2026年9月・2027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： 資源地球科学

問題番号

1

次の問い（１）から（４）に答えよ。

- （１）『鉱床』、『鉱石』、『鉱山』という用語の意味をそれぞれ正しく述べよ。また、これらの用語の意味を踏まえて、鉱床学とは主に何を明らかにし、何をめざす学問であるかを述べよ。
- （２）硫黄同位体比組成 $\delta^{34}\text{S}$ の定義式を書きなさい（定義式の最後に単位を書き、単位の読み方をカタカナで書きなさい）。また、ある硫化鉱物の $\delta^{34}\text{S}$ を測定した所、その値は -30 [前文の単位] となった。このような低い値を形成するにはいくつかの地球化学的プロセスがあり得るが、具体的に２つのプロセスを答えて説明せよ。
- （３）スカルン鉱床は接触交代鉱床の一種であり、花崗岩が石灰岩に貫入することで生成される鉱床である。花崗岩は、その帯磁率によって大きく２つに分類されており、帯磁率が高い (10^{-3} SI 単位以上) 花崗岩は〇〇〇系花崗岩、帯磁率が低い花崗岩は〇〇〇系花崗岩と呼ばれている。それぞれ、〇〇〇に相当する語句を答え（〇〇〇は必ずしも語句の文字数に対応するとは限らない）、両系の花崗岩を形成するマグマの化学条件に差異を与える最も大きな要因について述べなさい。
- （４）黒鉱鉱床と別子型鉱床はどちらも本邦発の鉱床学用語であり、そのまま海外でも Kuroko deposit, Besshi-type deposit と使用することができる。黒鉱鉱床の模式地は秋田県小坂町小坂鉱床であり、本鉱床の開発から現在の〇〇〇が誕生した。また、別子鉱床の模式値は愛媛県新居浜市別子鉱床であるが、本鉱床の開発から〇〇〇が誕生した。〇〇〇に入る、会社名あるいは企業グループ名を答えなさい（〇〇〇は必ずしも語句の文字数に対応するとは限らない）。また、黒鉱鉱床と別子型鉱床について、両者の特徴について少なくとも２つ以上述べなさい（地質学的特徴、鉱物学的特徴、地球化学的特徴など）。

2026年9月・2027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： 資源素材物質科学

問題番号 2

次の問い（１）～（６）に答えよ。

- (1) 金属マグネシウム (Mg) は、常温常圧下において hcp 格子の結晶構造をとり、その格子定数 (lattice parameters) は $a=0.3209\text{ nm}$, $c=0.521\text{ nm}$ である。この条件下での Mg の密度を求めよ。計算過程も示すこと。ただし、Mg の原子量は 24.31, アボガドロ定数 (Avogadro constant) は $6.022\times 10^{23}\text{ mol}^{-1}$ とする。
- (2) 等しい半径の球が密に bcc 格子をつくるとき、その球の空間中に占める体積の割合を計算せよ。計算の過程も示すこと。
- (3) 鉱物が仮晶 (pseudomorph) となる成因について、具体例を一つあげて説明せよ。
- (4) 閃亜鉛鉱 (spharellite) は、化学組成が亜鉛 (Zn) とイオウ (S) からなる鉱物であり、その原子比は 1 : 1 (ZnS) である。またこの鉱物は、Zn の fcc 格子と S の fcc 格子が原子座標 (atomic coordinates) で $1/4$, $1/4$, $1/4$ ずれて結合した結晶構造をしている。この結晶構造中における、亜鉛 (Zn) 原子とイオウ (S) 原子の配位数 (coordination number) をそれぞれ書け。また、単位格子 (unit lattice) 中の亜鉛 (Zn) 原子とイオウ (S) 原子の数を求めよ。
- (5) 閃亜鉛鉱 (spharellite) と同形 (isomorph) の関係にある結晶構造をもつ物質に、GaAs やダイヤモンド (diamond, C) がある。一般に 2 つ結晶質物質が同形の関係をもちやすい条件を述べよ。
- (6) 常温常圧下で、閃亜鉛鉱 (spharellite) の結晶構造中の亜鉛 (Zn) 原子は鉄 (Fe) 原子とある程度までしか置換 (ion exchange) せず、部分固溶体 (partial solid solution) をつくる。ただし、Fe 端成分としてトロイリ鉱 (troilite, FeS) は鉱物種として産する。一般にある固溶体 (solid solution) 系が部分固溶体 (partial solid solution) をつくる要因を説明せよ。

2026年9月・2027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： 鉱物学

問題番号

3

炭酸塩鉱物の代表例として、方解石 (calcite) とあられ石 (aragonite) があり、これらの鉱物は多形の関係にある。これについて、以下の問いに答えよ。なお、計算が必要な場合は導出過程も示すこと。

1. 多形とは何か説明せよ。また、方解石とあられ石以外で多形の関係にある鉱物の組み合わせを1組挙げ、その化学組成を答えよ。
2. これらの鉱物を構成する Ca を Mg が置換する場合、より置換されやすいのは方解石とあられ石のどちらか。鉱物の結晶構造（配位数など）の違いを踏まえて、理由とともに答えよ。
3. 方解石かあられ石かを走査電子顕微鏡を用いて判別する場合、以下のどれを用いるのが最も適切と考えられるか。その理由を、他が適さない理由も含めて答えよ。

[二次電子像・反射電子像・エネルギー分散型 X 線分光・電子後方散乱回折]

4. あるあられ石の空間群は $Pmcn$ と表され、その格子定数は $a = 4.956 \text{ \AA}$, $b = 7.978 \text{ \AA}$, $c = 5.742 \text{ \AA}$ であった。また、密度は 2.929 g/cm^3 であった。このあられ石について、以下の (1) から (7) に答えよ。必要であれば、アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ の値を用いても良い。

(1) 晶系を答えよ。

(2) 式量を有効数字4桁で求めよ。ただし、原子量は次の値を用いよ。

 $C = 12.01, O = 16.00, Ca = 40.08$

(3) 単位胞の体積を有効数字4桁で求めよ。

(4) Z 値（単位胞中の組成式の数）を求めよ。(5) 逆格子定数 ($a^*, b^*, c^*, \alpha^*, \beta^*, \gamma^*$) を有効数字4桁で求めよ。(6) 粉末 X 線回折実験を行ったところ、回折強度が強い順から 111 反射, 221 反射であった。これら2つの回折線が出現した回折角度 θ を有効数字4桁でそれぞれ求めよ。なお、実験で用いた X 線の波長は $1.541 \text{ \AA}$ とする。

(7) (6)の実験において、002 反射に対応するピークは観測されたが、001 反射は観測されなかった。この理由を説明せよ。

2026年9月・2027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： _____ 火山学 _____

問題番号

4

1. マグマの粘性に関して、次の問いに答えよ。本問では、マグマは無斑晶質ではないものとする。またマグマ中の気泡の量が粘性に与える影響は無視して良い。さらにマグマのバルクの主成分元素組成は、常に一定に保たれているものとする。主成分元素とはマグマの大部分（重量%オーダー）を構成する元素群（Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P）で、その含有量は、通常、酸化物の形で示される。
 - (1) マグマのメルト部分の主成分元素組成と含水量は、マグマの粘性を左右するパラメーターである。各々のパラメーターの粘性への影響を、珪酸塩メルトの構造の概念図も併用し、具体的に説明せよ。図もしくは説明文には、次の用語を含めること。
(網目形成酸化物イオン、網目修飾酸化物イオン、架橋酸素、非架橋酸素、 SiO_4 面体)
 - (2) マグマの粘性を左右するパラメーターを、(1) で扱った2点以外に、追加で2つ挙げよ。また各々のパラメーターのマグマの粘性への影響を簡単に述べよ。
 - (3) マグマ溜まり等の深所から、地表等の浅所に移動する際に起こり得る、マグマの粘性変化を述べよ。その際、(1) と (2) で扱った4つのパラメーターの移動過程での変化も整理すること。個々のパラメーターの変化の程度は、非爆発的噴火と爆発的噴火の間で異なることがあるが、その多様性を網羅する形で解答せよ。
2. 溶結凝灰岩（強溶結部）と溶岩流（低発泡度部）の区別を行うにあたり、数 m から数十 m スケールでの露頭観察、握り拳大のサンプルの肉眼観察、岩石薄片の顕微鏡観察の各々において、どういった点に着目すべきか。図を併用して総合的に述べよ。
3. 次の用語を文章と図を併用して説明せよ。(2)の説明には、この現象に至る複数の要因を含めよ。
 - (1) Cock's tail jet
 - (2) Sector collapse

2026年9月・2027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： 地球化学

問題番号

5

1. 宇宙での元素合成について、次の問いに答えよ。
 - (1) 水素燃焼における2つの核融合反応の名称を答えよ。また、それぞれの反応によって最終的に生成される元素を、同位体が分かるように元素記号で示せ。
 - (2) 恒星進化に伴う元素合成では、重要な中性子捕獲反応として2種類の過程が知られている。これらの特徴について、核図表を用いながら簡潔に説明せよ。
2. 地球の内部構造とその化学進化について、マントルは化学的に不均質であり、地球内部で生じる岩石の部分熔融や結晶分化作用によって元素分別を受け、放射性核種の娘核種の同位体比が変化する。2種類の同位体比をプロットすると、それらの分布の特徴から、マントルには複数の同位体リザーバーが存在することが知られている。このことについて、次の問いに答えよ。
 - (1) 代表的な同位体としてNdとSrが用いられる。それぞれについて、同位体比を示せ。
 - (2) (1)で示した同位体比のうち、一方は変動幅が小さいため、標準物質からの偏差を一万分率 ϵ を用いて表す。このときの ϵ 表記の定義式と、用いる標準物質の名称を答えよ。
 - (3) Nd-Sr 同位体比の二次元プロットを図示しながら、MORB マントル成分の同位体比の特徴について説明せよ。
3. 地球の大気について、次の問いに答えよ。
 - (1) 地球形成初期の原始大気は、大部分が CO_2 で構成されていたと考えられている。この原始大気的主要成分が CO_2 であったと考えられる根拠を簡潔に説明せよ。
 - (2) 1800年以前の大気中の CO_2 濃度は約280 ppmで、大気からの供給と除去のバランスが取れていた。当時、大気中の CO_2 総量は炭素換算で $615 \times 10^{15} \text{ g}$ 、海洋や陸域からの大気への供給量は年間 $120 \times 10^{15} \text{ g}$ であった。大気中における CO_2 の平均滞留時間 τ を求めよ。
 - (3) 現在、大気中の CO_2 濃度は急激に増加し、400 ppmを超えている。大気中の CO_2 増加がなぜ気温上昇につながるのか、「分子」という言葉を使いながら説明せよ。
4. 地球内部の結晶化学について、次の問いに答えよ。
 - (1) ランタノイド元素における原子半径および3価の陽イオン半径の変化について説明せよ。また、その変化が周期表から単純に想定される傾向と異なる理由を述べよ。
 - (2) 一般に、高圧条件下では、高圧鉱物のイオン結晶構造中における陽イオンの配位数が増加する。その理由を述べよ。

2026年9月・2027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： 変成岩岩石学

問題番号

6

1. 変成岩に関する以下の問いに答えよ。必要に応じて、図を用いて解答してもよい。

- (1) 変成帯におけるフィールド P-T (圧力-温度) 曲線について説明せよ。なお、個々の岩石の P-T 経路との違いに触れること。
- (2) コルジンスキーの鉱物学的相律について、開放系において共存しうる鉱物相数がどのように制約されるかを説明せよ。
- (3) 固溶体鉱物の化学組成が、共存する鉱物や温度・圧力条件に応じて変化することを利用して、さまざまな地質温度計・地質圧力計が提案されている。地質圧力計の代表例である GASP 地質圧力計について、対象となる鉱物組み合わせ、基礎となる鉱物反応式、および圧力推定の原理を説明せよ。

2. 以下の用語について説明せよ。必要に応じて、図を用いて解答してもよい。

- (1) Eclogite facies
- (2) Migmatite
- (3) Petrogenetic grid
- (4) Pseudosection analysis

2026年9月・2027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： 構造地質学

問題番号

7

1. 下の用語について説明し、それぞれ剪断センスの決定にどのように利用できるかについても図示しながら説明せよ。
- (1) ポーフィロクラスト (porphyroclast)
 - (2) ポーフィロブラスト (porphyroblast)
 - (3) C'タイプシアバンド劈開 (C'-type shear band cleavage)
2. 下の用語について説明せよ。図を描きながら説明してもよい。
- (1) stylolite
 - (2) Riedel shear

2026年9月・2027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： 堆積学

問題番号

8

碎屑物は粒径によって泥・砂・礫に分類される。その泥・砂・礫の水理学的性質について、以下の問いに答えよ。

- (1) 泥・砂・礫のうち、初動速度（静止状態から動き始めるまでの周りの流速）が最も遅い（動きやすい）のはどれか。
- (2) 上記の(1)で答えた粒径において、初動速度が遅い理由を3つ答えよ。
- (3) 泥・砂・礫を比べて、沈降速度が速い順に並べて答えよ。
- (4) 上記の(3)に関連して、泥と礫の沈降速度の違いの要因を答えよ。

2026年9月・2027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： 進化古生物学

問題番号 9

以下の (1) および (2) の問いに答えよ。

(1) 以下の図 1 および 2 は、顕生（累）代の大気中の酸素濃度および二酸化炭素濃度の経時変化を示している。両者の特徴を記載し、両者の増減のメカニズムと両者の関係性を説明せよ。

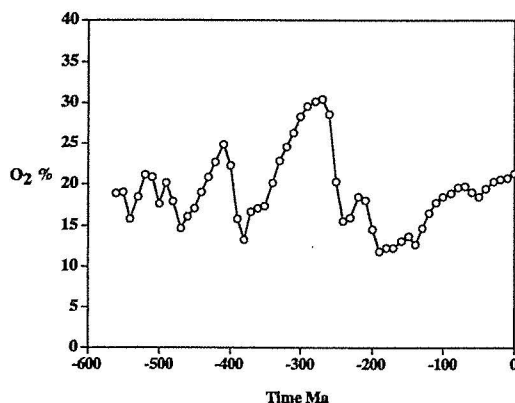


図 1 GEOCARBSULF モデルによって推定された、現在 (0Ma) から約 6 億年前 (-600Ma) までの、顕生（累）代を通じた大気中の酸素濃度の推定値。(図 1 および 2 とともに、Berner, 2006, Geochim. Cosmochim. Acta, 70, p. 5653-5664 を改変)

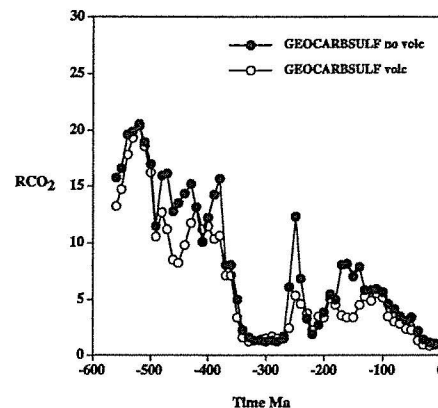


図 2 GEOCARBSULF モデルによって推定された、現在 (0Ma) から約 6 億年前 (-600Ma) までの、顕生（累）代を通じた大気中の二酸化炭素濃度の推定値。no volc および volc は、それぞれ、火山岩の化学風化を含まない場合、および含む場合の推定値。RCO₂ は、現在の大気中の二酸化炭素濃度との比較値。

※ページ下部に出典を追記しております。

(2) 以下の図はシルル紀の *Heliolites* 属のサンゴの corallite (ポリプの入っている骨格) の直径 (横軸) と単位表面積あたりの corallite の数 (縦軸) を示している。A 群、B 群、および C 群は同一時代の同一地域から産出した化石群である。この図から読み取れることを記せ。

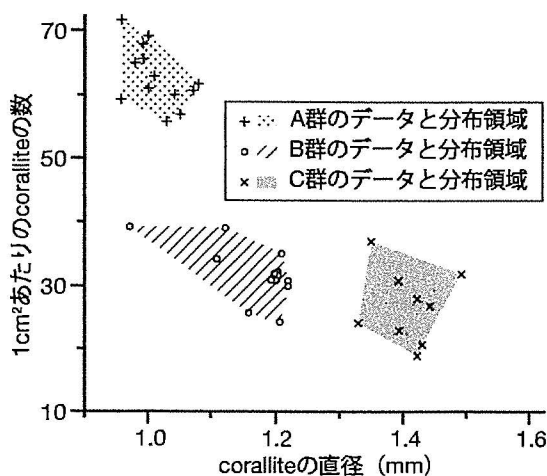


図 3 *Heliolites* 属の corallite の形態計測結果。(図 3 および 4 とともに、Dixon, 1989, Jour. Paleontology, vol. 63, p. 819-838 を改変)

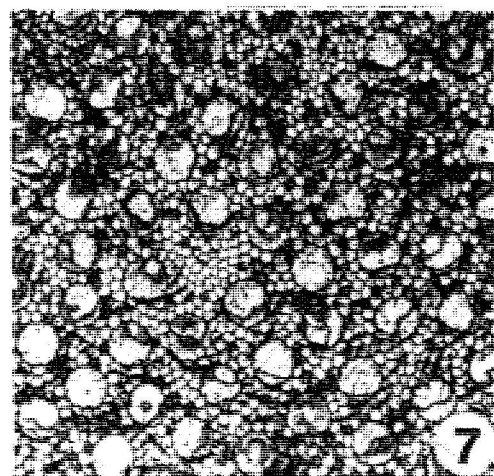


図 4 *Heliolites* 属の corallite の写真。より大きい丸い骨格が corallite を示し、より小さい骨格は支持骨格を示す。

※WEB 掲載に際し、以下のとおり出典を追記しております。

- (1) Used with permission of Elsevier, from Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 70, Issue 23, Robert A. Berner, "GEOCARBSULF: A combined model for Phanerozoic atmospheric O₂ and CO₂", pp. 5653-5664, Copyright (2006); permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

- [Chart / Image] source: Dixon, O. A. (1989). Species definition in heliolitine corals of the lower Dourou Formation (Upper Silurian), Canadian Arctic. Journal of Paleontology, 63(6), 824, 833. Cambridge University Press. Reproduced with permission of the Licensor through PLS Clear.

2026年9月・2027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: 物理探査工学問題番号

10

- (1) 物理探査はさまざまな物理現象を用いて地下の物性値を推定する技術であり、探査手法ごとに対象とする地下物性値や測定原理は様々である。(A) 磁気探査および(B) 屈折法弾性波探査について、それぞれが探査対象とする物性値、測定原理、また、それぞれの主な探査対象についてわかりやすく説明せよ。図を用いても良い。
- (2) 電磁探査は、その信号源を自然由来とするか、人工的な信号源を用いるか、また、どのような送受信システムを用いるか、など多くの種類・分類がある。ここでは電磁探査法の中で、MT（地磁気地電流）法、ループ・ループ法、空中電磁探査法について、それぞれの概要、特徴、長所・短所（課題点）についてわかりやすく説明せよ。図を用いても良い。
- (3) 物理探査では、あらかじめ仮定・設定した地下構造（物性値）や測定仕様に対して、実際に探査を行った場合に観測・測定されると考えられる（予測される）応答（データ）を数値計算等により求めることを順問題（順解析）と呼ぶ。これは、探査対象である物性値を m 、応答（データ）を d とし、 d と m を $d=A(m)$ として表すことが多い。一方で、測定したデータ d から地下構造（物性値） m を数学的手法等により推定することを逆問題（逆解析）と呼び、 $m=A^{-1}(d)$ と表すことがある。電気探査を例に、 $d=A(m)$ および $m=A^{-1}(d)$ についてそれぞれの変数について具体的に記し、電気探査のデータ測定、順問題（順解析）そして逆問題（逆解析）についての概要をわかりやすく説明せよ。図を用いても良い。

2026年9月・2027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： 岩盤・石油生産工学

問題番号

11

- (1) 貯留層から石油・天然ガスなどの流体を生産すると、貯留層内の孔隙圧が低下し、岩盤に作用する有効応力が変化する。この現象について、岩盤力学の観点から以下の項目を説明せよ。
- 孔隙圧低下に伴う有効応力の変化
 - 有効応力変化が貯留層、坑井、生産挙動に及ぼす影響
 - 石油・天然ガスの生産において必要となる対策および管理方法

- (2) ある垂直坑井で水圧破碎を行う。貯留層深度は2500 mである。この深度における応力および岩盤の物性値は以下の通りである。なお、圧縮応力は負とする。

$$\sigma_{Hmax} = -65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{hmin} = -48 \text{ MPa}$$

$$P_p = 30 \text{ MPa}$$

$$T_0 = 5 \text{ MPa}$$

圧入流体の密度は 1050 kg/m^3 、重力加速度は 9.81 m/s^2 、坑内摩擦損失は 4 MPa とする。破碎開始圧力 P_b は次式で近似できるものとする。

$$P_b = -3\sigma_{hmin} + \sigma_{Hmax} - P_p + T_0$$

以下の問いに答えよ。

- 破碎開始圧力 P_b を求めよ。
 - 坑口（地表）で必要な破碎開始圧力を求めよ。
 - き裂進展時の坑底圧力が 52 MPa で安定しており、圧入停止直後の坑底圧は 49 MPa であった。圧入停止直後の坑底圧をき裂閉口圧の近似値とみなすとき、ネット圧力を求めよ。
 - この水圧破碎で形成されるフラクチャー面の伸展方向について、簡潔に説明せよ。
- (3) ある岩石について三軸圧縮試験を行ったところ、破壊時の周圧 P と最大圧縮応力は、 $P = 5 \text{ MPa}$ で $\sigma_1 = -45 \text{ MPa}$ 、 $P = 15 \text{ MPa}$ で $\sigma_1 = -75 \text{ MPa}$ となった。なお、圧縮応力を負とし、周圧 P に対して $\sigma_3 = -P$ とする。モール・クーロン破壊基準を主応力表示で表すと、次式で与えられる。

$$\sigma_1 = \sigma_3 \frac{1+\sin \phi}{1-\sin \phi} - \frac{2C \cos \phi}{1-\sin \phi}$$

ここで、

C = 粘着力

ϕ = 内部摩擦角

である。

以下の問いに答えよ。

- 内部摩擦角 ϕ と粘着力 C を求めよ。
- この岩石の一軸圧縮強度 UCS (Unconfined Compressive Strength) を求めよ。

2026年9月・2027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: 貯留層工学

問題番号 12

1. 絶対浸透率の平均に関する以下の設問に解答せよ。なお、本問では絶対浸透率は深度方向のみ変化し、水平方向は一定であるものとする。
- 1) 深度 $z=0\text{ m}\sim 5\text{ m}$ の区間の絶対浸透率 k が、深度の関数として図1に示す様に分布している場合 ($k=50\text{ mD}$ ($0.0\text{ m}\leq z<3.0\text{ m}$), $k=150\text{ mD}$ ($3.0\text{ m}\leq z\leq 5.0\text{ m}$)), 同区間の水平方向の平均絶対浸透率、および鉛直方向の平均絶対浸透率を求めよ。
- 2) 同様に、深度 $z=0\text{ m}\sim 5\text{ m}$ の絶対浸透率 k が、図2に示す様に分布している場合 ($k=(50+20z)\text{ mD}$), 同区間の水平方向の平均絶対浸透率、および鉛直方向の平均絶対浸透率を求めよ。

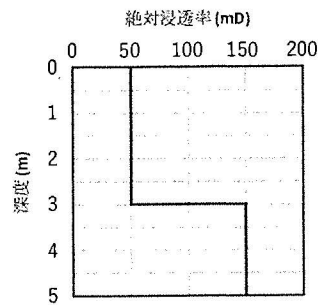


図1

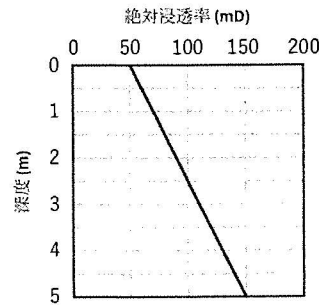


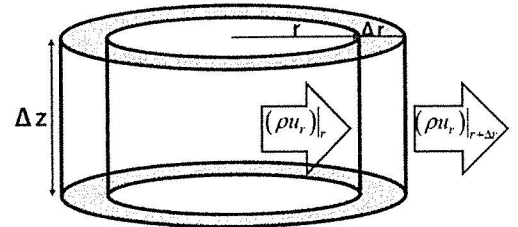
図2

2. 多孔質媒体中の単相流動を記述する偏微分方程式の導出に関する以下の問いに答えよ。多孔質媒体中の単相流動に対する1次元円筒座標系の連続の式は以下の式で表される。

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} = -\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r\rho u_r) \quad (1)$$

ここで、 ϕ , ρ , t , u_r はそれぞれ、孔隙率、流体密度 [kg/m^3], 時間 [s], および r 方向の体積フラックス [$\text{m}^3/(\text{m}^2\text{ s})$]を表す。

- 1) 右図に示す微小要素（孔隙率 ϕ 、高さ Δz の円筒形多孔質媒体の半径 r から半径 $r+\Delta r$ の区間）を基に、(1)式を導出せよ。なお、図中の $(\rho u_r)|_r$ は半径 r の地点における質量フラックス [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{ s})$]を、 $(\rho u_r)|_{r+\Delta r}$ は、半径 $r+\Delta r$ の地点の質量フラックス [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{ s})$]を示す。
- 2) (1)式に(2)式で表されるダルシーの式を組み合わせ、多孔質媒体中の単相流動を表す1次元円筒座標系の偏微分方程式を導け。



$$u_r = -\frac{k}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r} \quad (2)$$

ここで、 k , μ , P はそれぞれ、絶対浸透率 [m^2], 粘度 [Pa s], および圧力 [Pa]を示す。

- 3) 絶対浸透率、粘度、流体の圧縮率 $c_f (= \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial P})$ [$1/\text{Pa}$], および孔隙の圧縮率 $c_r (= \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial P})$ [$1/\text{Pa}$]が一定

である等、適当な仮定を設定することで、2)で求めた偏微分方程式から、解析的に取り扱いやすい以下の偏微分方程式を導出せよ。

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{k}{\phi\mu(c_f + c_r)} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right) \quad (3)$$

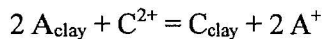
2026年9月・2027年4月入学試験問題

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: 環境資源修復工学問題番号 13

1. 粘土鉱物に関する以下の問いに答えよ。

- a) 粘土鉱物の重要な特性として、陽イオン交換能をもつことが挙げられる。いま、水溶液中で1価陽イオン A^+ で飽和されている粘土鉱物の表面で、2価陽イオン C^{2+} とのイオン交換を考えると、イオン交換反応式は以下のように書ける。ただし、これ以外の陽イオンは無いことを仮定する。



平衡状態において、 m_i を溶液中での i の平衡モル濃度、 $X_{i-\text{clay}}$ をイオン交換サイトでの i の平衡モル分率とあらわせば、平衡定数 K'_{AC} は次式のように書き表すことができる。

$$K'_{AC} =$$

(i)

いま、 $K'_{AC} = 1$, $m_{C^{2+}} = 0.5 \text{ M}$, $m_{A^+} = 1.0 \text{ M}$ とすれば、

$X_A + X_C = 1$ より

$$X_A =$$

(ii)

および $X_C =$

(iii)

を得る。

したがって、粘土鉱物の表面の1価陽イオンと2価陽イオンでは

(iv)

のほうが優勢となる。

- b) a)の粘土鉱物がより希薄溶液に懸濁された場合を想定し、 $m_{C^{2+}} = 0.5 \text{ mM}$, $m_{A^+} = 1.0 \text{ mM}$ となったとする。このときの平衡モル分率 X_A および X_C の値を求め、平衡状態における粘土鉱物表面に占める優勢イオンを答えよ。

2. 天然水における溶存有機物に関する以下の問いに答えよ。

河川水中の溶存性有機炭素濃度(DOC)はおおむね2~12 mg/L といわれている。いま、ある河川水は10 mg/L の DOC を含んでおり、この DOC は以下のような構造をもつイオン化されたフルボ酸であったとする。

分子量 800

カルボキシル型 H(-COOH) 4 eq/mole

フェノール型 H(-OH) 2 eq/mole

- a) フルボ酸とフミン酸の構造上及び性質上の特徴の違いを3点挙げよ。
 b) フルボ酸自身は有害物質ではないがその性質に基づいて、フルボ酸の機能が水環境浄化に役立つ例と水環境汚染を悪化させる例を一つずつ挙げよ。
 c) 上の河川水における有機性陰イオンは何 meq/L 存在していることになるか。ただし、この河川水は特に汚染を受けておらず、平均的な河川の pH をもつこととする。
 d) この有機性陰イオンが Na^+ イオン、 Ca^{2+} イオンおよび Al^{3+} イオンの総和により電荷均衡が保たれており、そのモル比は $Na^+ : Ca^{2+} : Al^{3+} = 5 : 2 : 1$ であったとする。このとき Na^+ イオン、 Ca^{2+} イオンおよび Al^{3+} イオンはそれぞれ何 ppm 存在していることになるか。ただし、Na, Ca, Al の原子量をそれぞれ 23, 40, 27 とする。

2026年9月・2027年4月入学試験問題

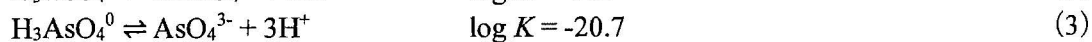
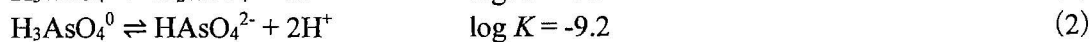
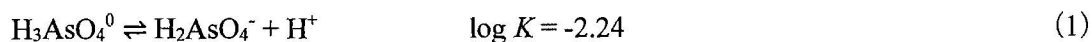
大学院創造理工学研究科修士課程 地球・環境資源理工学専攻

科目名: 環境資源処理工学問題番号

14

1. 水中を沈降する球形固体粒子の終末沈降速度について、粒子レイノルズ数に応じたストークス域、アレン域、ニュートン域の各領域について、適用される粒子レイノルズ数範囲、抗力係数と終末沈降速度の関係式、および各領域の特徴を述べなさい。また、粒子径測定においてストークス域が利用される理由を説明しなさい。

2. 鉱山廃水における代表的な有害元素のひとつであるヒ酸について、横軸を pH、縦軸を各化学種濃度 C の対数値 $\log C$ とした pH- $\log C$ ダイアグラムの作成方法を説明しなさい。ただし、溶液中では、0.001 mol/L のヒ酸が H_3AsO_4^0 , H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-} , AsO_4^{3-} の 4 種類の化学種として平衡に達しているものとし、それぞれの平衡定数 K は以下の値を用いることとする。また、活量係数は便宜的に 1 と仮定してよい。説明には、各化学種の優勢領域、システムポイントの意味と求め方、各システムポイントの pH を含めること。必要に応じて図表を用いてよい。



2026年9月・2027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

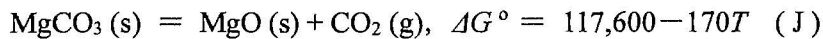
科目名： 素材プロセス工学

問題番号

15

1. 次の $\text{MgCO}_3(\text{s})$ の分解に関する問いに答えよ。

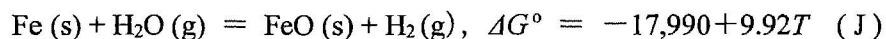
- (1) 熱力学データに基づき、 $\text{MgCO}_3(\text{s})$ の分解温度を求めよ。ここで分解温度とは CO_2 の分圧が 1 atm ($p_{\text{CO}_2} = 1 \text{ atm}$) になる温度を示す。



- (2) 大気中の CO_2 濃度が 400 ppm であるとき、大気下で分解温度より低い温度で $\text{MgCO}_3(\text{s})$ が分解するか、熱力学データに基づき答えよ。

- (3) $\text{MgCO}_3(\text{s})$ の分解を促進させる方法について、2 つ述べよ。

2. 1000 K の純鉄に 1 kg の水蒸気を通じたとき、発生する水素の体積 (m^3) を熱力学データに基づき、273 K の標準状態として求めよ。なお、純鉄は水蒸気に対して過剰量存在しているとする。また、計算にあたって鉄と酸化鉄の活量は、それぞれ $a_{\text{Fe}} = 1$, $a_{\text{FeO}} = 1$ とする。



3. 次の事項から 2 つ選択し、簡潔に説明せよ。必要があれば事例を示せ。

- (a) 示強変数
- (b) Raoult の法則
- (c) 三菱連続製銅法
- (d) ピジョン法
- (e) 亜鉛の電解採取

2026年9月・2027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： 大気水圏環境化学

問題番号

16

1. 以下は環境分析によく用いられる分析方法である。以下から二つを選択して装置図の概略を示して原理を説明せよ。また、どのような環境汚染物質の分析に用いられるのかを述べよ。

- (ア) 誘導結合プラズマ発光分析法
- (イ) フーリエ変換赤外分光法
- (ウ) イオンクロマトグラフィー
- (エ) ガスクロマトグラフィー質量分析法

2. 以下の地球環境問題から二つを選択して説明せよ。

- (ア) マイクロプラスチックの気候変動リスク
- (イ) 成層圏オゾン層破壊
- (ウ) 地球温暖化
- (エ) 酸性雨問題

3. 大気中マイクロプラスチックに関する以下の問いに答えよ。

- (1) 大気中マイクロプラスチックは、大気中に浮遊するプラスチック粒子である。「高度1 km から20℃の空气中を終末沈降速度により、約1時間以上かけて沈降する球形プラスチック粒子」と定義するとき、粒径の上限は何 μm であるか。ただし、直径 d_p μm の粒子の終末沈降速度は次式で表され、プラスチック粒子密度を 1 g/cm^3 とする。

$$V = \frac{\rho_p d_p^2 g}{18\eta}$$

ここで、 ρ_p は粒子密度 (g/cm^3)、 η は20℃の空気の粘性係数 ($1.81 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)、 g は重力加速度 (980 cm/s^2) である。ただし、 $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ 、 $\text{N} = \text{kg m/s}^2$ である。

- (2) 直径30 μm の球形ポリエチレンテレフタレート粒子の終末沈降速度は、同じ直径の球形ポリエチレン粒子の終末沈降速度の何倍か。ただし、ポリエチレンとポリエチレンテレフタレートの密度はそれぞれ 0.90 g/cm^3 、 1.40 g/cm^3 とする。
- (3) $\text{PM}_{2.5}$ に含まれる大気中マイクロプラスチックの平均個数濃度は1個/ m^3 であった。成人の一回あたりの呼吸量は500 mLであり、一分間あたり20回呼吸するとき、呼吸により成人が一年間で肺に吸い込むマイクロプラスチックは何個か。
- (4) 大気中マイクロ・ナノプラスチックを呼吸によって取り込んだ場合の健康リスクについて、飲食で摂取したマイクロ・ナノプラスチックと比較して説明せよ。

2026年9月・2027年4月入学試験問題

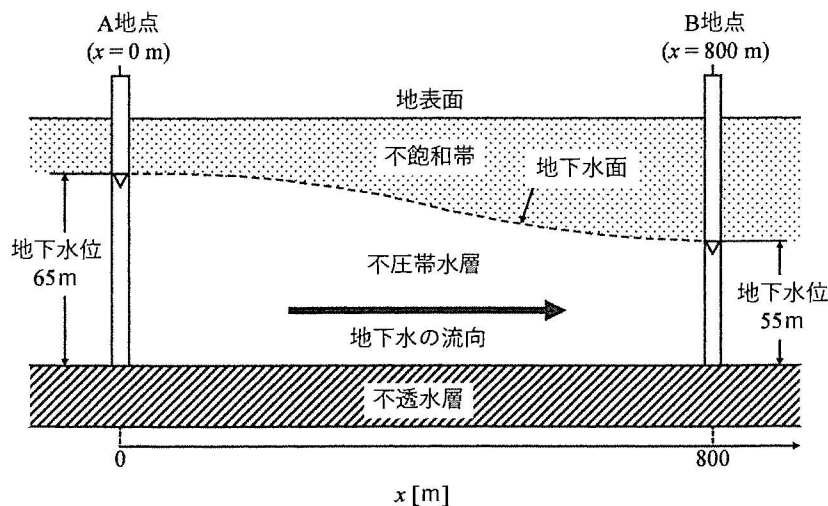
大学院創造理工学研究科修士課程 地球・環境資源理工学専攻

科目名： 地圏環境科学

問題番号

17

1. 土壌の断面には A_0 層 (O 層), A 層, B 層といった層構造が認められるが, それぞれの層の特徴について説明せよ。
2. 土壌への化学物質などの吸着について, 以下の問いに答えよ。
- (1) 一般的な陰イオン (NO_3^- や Cl^- など) は, 土壌に吸着されにくい, リン酸イオンは比較的強く吸着される。この理由を説明せよ。
- (2) Langmuir の等温吸着式について説明せよ。
3. ある地域の第一帯水層 (不圧帯水層) について, 地下水位を測定したところ, A 地点では 65 m, B 地点では 55 m であった (下図)。降雨による涵養はなく, 地下水流れは定常一次元流れであり, Dupuit の仮定が成立するものとする。A 地点を $x=0$, B 地点を $x=800$ m とするとき, AB 間の距離 x における地下水位 $h(x)$ を求めよ。



4. ある地下水汚染地域において, 化学物質 A の地下水中濃度は 2.0 mg/L であった。この地下水についてバッチ式浄化装置を用いて浄化することとした。この浄化装置における化学物質 A の分解速度は一次反応で表され, 速度定数は $k = 0.15 \text{ day}^{-1}$ であった。体重 50 kg の成人が 1 日 2 L の地下水を飲用するとき, 飲用による曝露量が耐容一日許容摂取量 (TDI) 以下となるために必要な浄化時間を求めよ。なお, 化学物質 A の TDI は 0.010 mg/kg/day である。

2026年9月・2027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： ライフサイクル環境評価学

問題番号 18

問1 以下の問いに答えなさい。

- (1) LCA の原則と枠組，各段階の実施要件について記述した国際規格の番号をそれぞれ挙げなさい。
- (2) LCA における目的の設定において記述する項目を4つ挙げなさい。
- (3) 亜酸化窒素(N_2O)の地球温暖化指数(GWP)が大きい理由を2つ挙げなさい。
- (4) CO_2 排出係数と排出原単位について説明しなさい。
- (5) ライフサイクル影響評価における必須要素には何があるか説明しなさい。

問2 以下の問いに答えなさい。

アルミ缶を対象にカーボンフットプリント分析(CFP)を行う。表1にボーキサイト生産工程，表2にアルミニウム生産工程，表3にアルミ圧延・製缶における入出力を示す(一部簡略化しており，ここで示す値は仮想値である)。入力として使用される項目の CO_2 排出量原単位として，電力:0.50 kgCO_2/kWh ，軽油 2.5 kgCO_2/L ，C 重油 3.0 kgCO_2/L を用いて，以下の問いに答えなさい。

- (1) アルミ圧延・製缶工程においてアルミ缶 1 kg 生産する際の CO_2 排出量(X_1)を求めなさい。
- (2) 積み上げ法を用いてアルミ缶 1 kg 生産までの CO_2 排出総量を求めなさい。
- (3) アルミニウムの生産にはボーキサイト 5 kg に対して，アルミ 1 kg のほか，ドロス 0.5 kg が発生したとする。ドロスは路盤材として利用されたため，アルミ生産までの環境負荷量を配分する。経済配分と重量配分を行ったとき，アルミ缶の CFP はどのような違いが出るか。アルミニウムとドロスの単価はそれぞれ 500 円/kg，10 円/kg とする。
- (4) スチール缶 1 本の CFP を算定したところ，100 gCO_2 であった。機能単位を 2 L の飲料保存としたときにどちらの CO_2 排出量が低いか，基準フローを示したうえで説明しなさい。スチール缶 1 本の重さは 25 g/250cc，アルミ缶は 15 g/500cc とする。
- (5) マトリックス法を用いて，ボーキサイト，アルミニウム，アルミ缶から成る 3 行 3 列の投入係数行列を書いたうえで，逆行列を求めて，アルミ缶 1 kg 生産当たりのマスフロー(ボーキサイトとアルミニウムの投入量)を算定しなさい。

表1 ボーキサイト生産工程における入出力量

入力		出力	
		ボーキサイト	1.0 kg
		CO_2	1.0 kg

表2 アルミニウム生産工程における入出力量

入力		出力	
ボーキサイト	5.0 kg	アルミニウム	1.0 kg
		(ドロス)	0.5 kg
		CO_2	12 kg

表3 アルミ加工・製缶工程における入出力量

入力		出力	
アルミニウム	1.2 kg	アルミ缶	1.0 kg
電力	0.80 kWh	CO_2	X_1 kg
軽油	0.40 kg		
C 重油	0.20 kg		

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別して書くこと

No.

1	/	4
---	---	---

採点欄

2026年9月・2027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

※裏面の使用は不可

選択問題番号	
--------	--

科目名	
-----	--

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別して書くこと

No.

2	/	4
---	---	---

採点欄

2026年9月・2027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

※裏面の使用は不可

選択問題番号

科目名

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別して書くこと

No.

3	/	4
---	---	---

採点欄

2026年9月・2027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

※裏面の使用は不可	選択問題番号		科目名	
-----------	--------	--	-----	--

受験番号					
氏 名					
部 門 名					

※「1」と「7」、「4」と「9」は明確に区別して書くこと

No.

4

／

4

採点欄

2026年9月・2027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

※裏面の使用は不可

選択問題番号

科目名