

令和 8 年度

For the Academic Year 2026

生命地球科学研究群 8 月期入学試験

Entrance Examination, August 2025
Degree Program in Life and Earth Sciences

地球科学学位プログラム：地球進化科学領域

Master's Program in Geosciences: Earth Evolution Science Field

専門科目：地球進化科学

Specialty: Earth Evolution Sciences

(1 年次 1 次用)

問題 [1]	p. 1
問題 [2]	p. 2, 3, and 4

注意

- * 指示があるまでこの冊子を開いてはならない
- * 設問ごとにそれぞれ別々の解答用紙を用いること
- * 解答用紙は設問ごとに各 1 枚である (ただし、両面を用いてもよい)

Attention

- * Do not open this booklet before a sign for start.
- * Use respective sheets for each question as [1] and (1) to (7) for question [2].
- * Use one sheet only for each question. You can use both sides of sheet.

地球進化科学 (Earth Evolution Sciences)

下記の問題[1]および[2]について、別々の解答用紙を用いて解答せよ。解答の長さに対する制限は設けない。なお、問題[2]は7問中2問選択である。

Answer the following examination questions, [1] and [2] in respective sheets.

Limitation of the length of the answer for each question is not settled. You can use both sides of sheet. For [2], select two questions from seven questions.

問題[1]、Examination Question [1]

あなたが現在行っている卒業研究、あるいは現在興味を持っている地球進化科学に関する研究トピックについて、以下の項目について述べよ。

1. 研究課題
2. 研究目的
3. 研究内容
4. 研究の意義およびそれから期待される学問的あるいは社会的貢献
5. この研究分野で特に興味があった論文、教科書類の題名、著者名およびその論旨(複数可能)

Answer the following questions concerning your ongoing research or a research topic related to Earth Evolution Sciences.

1. Title of your research or the research topic.
2. Purpose of your research or the research topic.
3. Details of your research or the research topic.
4. Significance of the research and the expected contributions for science fields and/or in public.
5. Describe the title(s) and author(s) of scientific paper(s) or textbook(s) concerning a scientific field which you are learning (or are interested in), and summarize the point of argument.

問題[2]、Examination Question [2]

次の問題【問(1)～問(7)】の中から、2問を選択し、それぞれ別の解答用紙に問題番号を記入して解答せよ。

Choose two questions from the following seven questions, (1) to (7), and answer using respective sheets.

問(1)、Question (1)

次の語句から2つを選び、それぞれ8～10行で説明せよ。

ラガーシュテッテン、偽鱈類、クリオコナイト、ストロマトライト

Choose two of the following terms and explain each in 8 to 10 lines.

Lagerstätten, Pseudosuchia, cryoconite, stromatolite

問(2)、Question (2)

次の語句から3つ選んで説明せよ。

扇状地堆積物、バウマ・シーケンス、ミランコビッチサイクル、ワルターの法則、
低海水準期堆積体、ポイントバー

Explain three of the following terms.

alluvial fan sediments, Bouma sequence, Milankovitch cycles, Walther's Law,
lowstand systems tract, point bar

問(3)、Question (3)

クーロンの破壊条件下では、岩石の強度は、正断層、横ずれ断層、逆断層をつくる応力場の順に大きくなる。その理由についてモール円を用いて説明せよ。

According to Coulomb's failure criterion, rock strength increases in the order of stress regimes that form normal fault, strike-slip fault, and reverse fault. Explain the reason using Mohr circles.

問(4)、 Question (4)

次の用語から 2つ選択して説明せよ。

1. レールゾライト
2. メルト包有物
3. 対の変成帯
4. 超高压および超高温変成作用

Explain two of the following terms in detail.

1. lherzolite
2. melt inclusion
3. paired metamorphic belts
4. extremely high-pressure and high-temperature metamorphisms

問(5)、 Question (5)

次の 1)、2) のどちらか 1 問を選択して解答せよ。

- 1) ケイ酸塩鉱物の SiO_4 四面体の結合様式とマグマの結晶分化の関係を詳細に説明せよ。
- 2) 結晶における単位格子 (単位胞) について詳しく述べよ。

Answer one of the following questions 1) or 2).

- 1) Explain the relationship between structural linkage in the SiO_4 tetrahedra and the fractional crystallization of magmas in detail.
- 2) Describe a unit lattice (unit cell) in crystals in detail.

問(6)、 Question (6)

氷期と間氷期を比較した場合の海水の酸素同位体比の違いについて説明せよ。

Describe the differences in oxygen isotope ratios in seawater during glacial and interglacial periods.

問(7)、 Question (7)

次の1)、2)、3)のいずれか1問を選択して解答せよ。

- 1) 哺乳類は中生代と新生代の変わり目に爆発的な多様化を遂げたと考えられている。このことについて、生態的地位、古環境変動、大量絶滅などをキーワードに用いて説明せよ。
- 2) 生層序学の方法と問題点を説明し、問題点の解決法について議論せよ。
- 3) 放射年代を解釈する上で、重要な概念が2つあり、そのうちの1つは「閉鎖温度」である。以下の問いに答えよ。
 - (1) 閉鎖温度とは何か、説明せよ。
 - (2) もう1つの重要な概念をあげよ。

Answer one question from 1), 2) or 3), but not two or over.

- 1) It is thought that the mammals diversified explosively at the transition period of Cretaceous-Paleogene (K-Pg) in between the Mesozoic and the Cenozoic. Explain this bio-event by the concepts of ecological niche, environmental changes, and mass extinction as key words.
- 2) Explain the methods and problems of biostratigraphy, and discuss solutions to the problems.
- 3) There are two important concepts for interpreting radiometric ages. 'Closure temperature' is one of them. Answer the following questions.
 - (1) Explain what a closure temperature is.
 - (2) Bring another important concept.

問題[1]

問1（出題意図）：受験者が地球進化科学に関する研究をどの程度主体的・体系的に理解しているかを評価する。具体的には、①研究課題を自ら設定し言語化する力、②目的と内容を論理的に対応づけて説明する力、③研究の学問的背景や社会的意義を俯瞰的に捉える視点、④先行研究を適切に参照し、その論旨を理解・批判的に整理する能力を確認することを目的としている。あわせて、研究への関心の深さや問題意識、学術的コミュニケーション能力を総合的に判断する狙いがある。

問題[2]

問(1)

1. 「ラガーシュテッテン」は「ラーゲルシュテッテン」とも言い、例外的に保存状態良好な化石鉱脈を指す。ラガーシュテッテンでは通常は保存されないような生物の軟組織や微細な構造が保存されることがあり、高い知見をもたらす。例えば、カナダ・ブリティッシュコロンビア州のバージェス頁岩では、カンブリア紀の多様な海洋生物の化石が保存され、当時の多様性や生物の進化史を探る手掛かりとなっている。また、中国遼寧省の白亜紀前期の一連の陸成層からは羽毛恐竜をはじめとする脊椎動物の骨格化石が軟組織とともに保存され、骨格だけでは不明であった当時の生物の外見等が明らかになっている。従って、ラガーシュテッテンは古生物学的に重要な情報を多く含んでいる点で価値が高い。
2. 「偽鱗類」は爬虫類に属するクレードのことである。オルニソディラ類（鳥頸類とも表記され、翼竜類や恐竜類を含む）とともに主竜類を構成する単系統群である。偽鱗類は後肢の関節位置などに恐竜類との違いが見られる。三畳紀中頃に出現し、三畳紀後期に多様化した。三畳紀後期に繁栄した主なグループにはオルニトスクス類やアエトサウルス類、ポボサウルス類などが含まれる。三畳紀後期には、食性や生息環境、形態・体サイズの多様性が非常に高くなり、一部は頂点捕食者としてオルニソディラ類を圧倒した。ただし、三畳紀末の大量絶滅事変により、多くが絶滅した。現在ではワニの系統が生き延びている。

問(2)

扇状地堆積物：河谷の山地と平野の境界部を頂点として，平野に向かって扇形に広がる扇状地を作る堆積物。扇頂部では相対的に粗粒な堆積物が，扇端部では細粒な堆積物ができる。また，小規模扇状地では土石流堆積物が，大規模扇状地では河川流による堆積物が卓越する。

バウマ・シーケンス：混濁流（乱泥流）によってできるタービダイトの典型的な堆積構造。下位から順に，塊状部または級化部（A），下部平行葉理部（B），リップルまたはコンボリュート葉理部（C），上部平行葉理部（D），泥岩部（E）からなる。

ミランコビッチサイクル：地球の気候に影響を及ぼすとされる，地球の自転と軌道に見られる周期的変化。地球公転軌道の離心率の変化（10 万年），地軸の傾斜角の変化（4.1 万年），地軸の歳差運動（1.8-2.3 万年）の3つの要因によって日射量の変動すると考えられている。

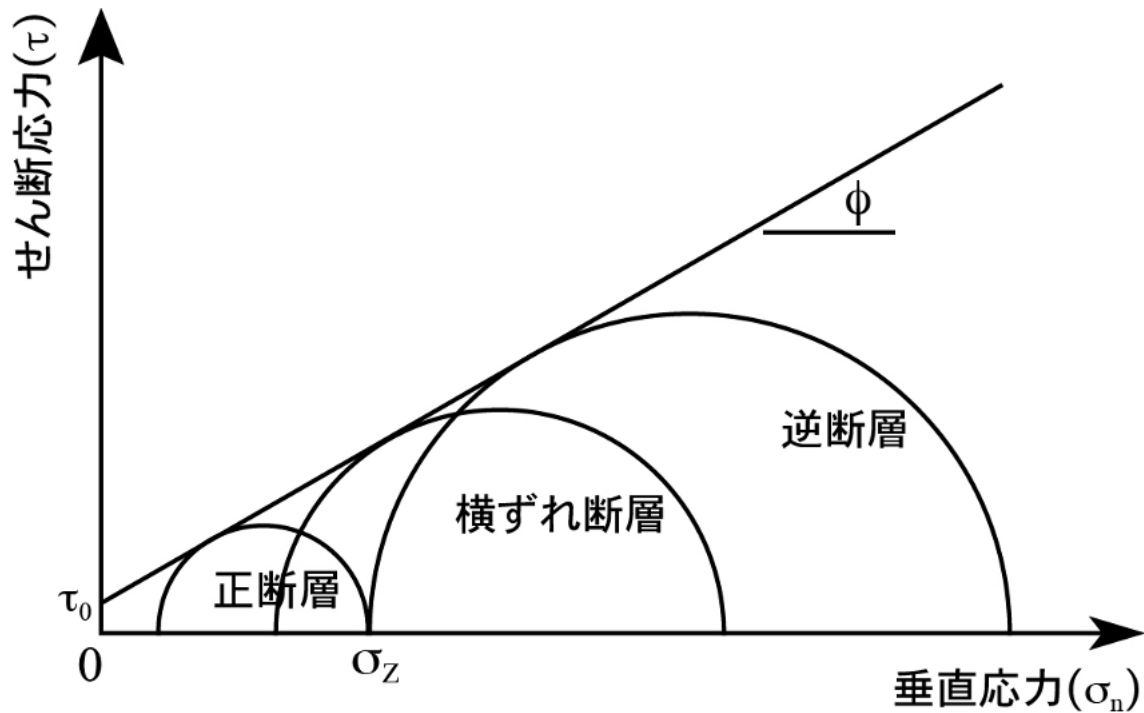
ワルターの法則：「垂直に連続して重なり合う岩相は堆積時の岩相の水平分布を反映している」という，層序学の基本原理の一つ。堆積相解析の基本原則でもある。

低海水準期堆積体：相対的海水準の低下が止まった後，相対的海水準上昇の初期にできる堆積体。堆積物の供給が海水準の上昇速度を上回っているため，海岸線は前進（progradation）し，海退（normal regression）が起きる。

ポイントバー：河川流路の屈曲部の内側に形成される堆積地形。流路屈曲部の内側は外側に比べて流速が遅いため，土砂が堆積してポイントバーができる。流路の屈曲が進行するにつれてポイントバー内の任意の地点は徐々に流速の遅い状態に変化するため，ポイントバーでできる堆積物はその流速の変化を反映して上方細粒化する。

問(3)

クーロンの破壊条件下では，破壊時のせん断応力（ τ ）と垂直応力（ σ_n ）の関係が直線近似でき， $\tau = \tau_0 + (\tan\phi)\sigma_n$ といった式で表すことができる。ここで τ_0 は粘着力， ϕ は内部摩擦角。この時岩石の強度は，破壊直線に接するモール円の直径または破壊直線とモール円の接点を示す破壊面上のせん断応力で表される。静岩圧（ σ_z ）が，正断層，横ずれ断層，逆断層の各応力場でそれぞれ最大主応力，中間主応力，最小主応力に等しいとすると，各断層形成の応力状態は下図のように表せる。この図から，岩石の強度は，正断層，横ずれ断層，逆断層をつくる応力場の順に大きくなることが理解できる。



問(4)

1. 「レールズライト」とは、40～90 vol. %のかんらん石、単斜輝石 (>5 vol. %)、直方輝石 (>5 vol. %) を主成分とする完晶質の超苦鉄質岩である。副成分として、斜長石、スピネル、クロム鉄鉱、ざくろ石、角閃石、金雲母などを含むこともある。レールズライトは、主に地球の上部マントルを構成する初生的なかんらん岩と考えられている。一般的に、レールズライトが部分熔融することで玄武岩質マグマが生成される。レールズライトは、他の超苦鉄質岩や苦鉄質岩などと共に世界各地のオフィオライトや海洋底の断裂帯の一部を構成することが多い。また、アルカリ玄武岩中のゼノリスとして産出することもある。

2. 「メルト包有物」とは、マグマの中で鉱物が成長する過程において、周囲のマグマが鉱物内部に取り込まれ、固化したものである。メルト包有物は、鉱物の内部に捕獲されているため、圧力低下に伴う脱ガスの影響を受けにくく、捕獲時のマグマ中の揮発性成分に関する情報を保存している。また、風化や変質の影響を受けにくいことから、初生的なマグマの情報を保持している場合がある。一般的に、メルト包有物の大きさは長径数マイクロメートル程度から、大きくても長径数百マイクロメートル程度と微細である。スコリアやパミスなどの急冷された小型の火山碎屑物中に含まれる斑晶中のメルト包有物は、清澄なガラスとなっているため、ガラス包有物とも呼ばれる。

3. 「対の変成帯」とは、プレートの沈み込み帯に沿って形成される、温度圧力条件の異なる2つの変成帯が、空間的に帯状に並走する構造を指す概念である。一般に海溝側には低温高圧型変成帯が分布し、より内陸側には高温低圧型変成帯が配置される。日本列島の例では、三波川変成帯が低温高圧型、領家変成帯が高温低圧型に区分され、これらはほぼ同時期

に形成されている。この並列関係は、沈み込んだ海洋プレート周辺の温度構造と、火山フロント直下でのマグマ活動による中部～下部地殻の加熱による影響を反映している。このような対の変成帯は、日本列島以外の沈み込み帯においても確認されており、プレートテクトニクスが機能していたことの証拠となる重要な概念である。

4. 「超高压および超高温変成作用」とは、エスコラによって定義された変成相を超えるような、高温高压条件下で形成された岩石であり、地球深部プロセスを理解するうえで重要な情報を与える。超高压変成岩は、コーサイトやダイヤモンドといった高压鉱物の出現を特徴とする。これらは大陸地殻物質が沈み込み帯や大陸衝突においてマントル深部まで運ばれ、その後急速に上昇した証拠と考えられている。一方、超高温変成岩は 900°C を超える温度条件下で形成され、サフィリン+石英や大隈石などの高温鉱物組合せを示すことが多い。これらは下部地殻におけるマントル由来マグマの貫入や、大陸衝突後のスラブのデレミネーションなどによる熱の供給が考えられる。超高温・超高压変成岩の研究は、地殻物質の埋没と再上昇、下部地殻の熱構造、さらにはプレート運動と地殻進化プロセスの解明に大きく貢献している。

問(5)

1) ケイ酸塩鉱物の SiO_4 四面体の結合様式とマグマの結晶分化の関係を詳細に説明せよ。高温・低 SiO_2 条件の初期マグマでは、 SiO_4 四面体は互いに孤立したネソケイ酸塩構造であるかんらん石から優先的に晶出する。結晶分化が進行し、マグマ中の SiO_2 濃度が上昇すると、 SiO_4 四面体は、イノケイ酸塩構造である鎖状、フィロ酸塩構造である層状、さらにテクトケイ酸塩構造である三次元網目状へと連続的に重合度を高め、輝石、角閃石、雲母、長石、石英の順で晶出する。このように、 SiO_4 四面体の重合度の増加は、マグマの温度だけでなく化学進化を反映し、結晶分化の進行段階を示す重要な指標となる。

2) 結晶における単位格子（単位胞）について詳しく述べよ。

単位格子とは、結晶構造を三次元的に周期配列させるための最小の繰り返し単位であり、結晶の並進対称性を表す基本概念である。単位格子は、3本の格子ベクトル a 、 b 、 c と、それらのなす角 α 、 β 、 γ によって定義され、これらの組合せにより結晶系が分類される。単位格子内には、原子やイオンが特定の位置に配置され、この配置が空間的に無限に繰り返されることで結晶が形成される。また、単位格子の晶系や体積は、密度、異方的物性、回折パターンに直接関係し、結晶構造解析や物性評価において重要な役割を果たす。加えて、格子定数や格子歪みの異方性は、熱膨張挙動、弾性特性、拡散現象や相転移の発現と密接に関係しており、結晶構造解析と物性評価を結び付ける重要な指標である。

問(6)

水-水蒸気間の同位体分別により、海水から軽い酸素同位体に富んだ ($\delta^{18}\text{O}$ の低い) 水蒸気が生じる。このような水蒸気が雪となり極域に降り積もり氷床を形成するので、極域氷床が大量に存在する氷期には海水の $\delta^{18}\text{O}$ は高い値を示す。一方で、間氷期には極域氷床が減少するので、海水の $\delta^{18}\text{O}$ は氷期に比べて低くなる。このように氷床として存在する氷の量に依存して海水の酸素同位体比が変化する。

問(7)

1) 中生代末に (ユカタン半島への) 隕石の衝突や (デカン高原の) 火山活動の活発化などの理由による環境変動によって地球規模の気温低下が起こり、陸上では恐竜に代表される変温性 (慣性恒温性) の大型爬虫類が、また海洋では海洋でも首長竜やモササウルス類 (魚類の絶滅は白亜紀後期以前なので含まれない) などの海生爬虫類の絶滅により生態的地位に空白が生じた結果、陸上ではいち早く哺乳類の爆発的な進化と多様化が生じ、海洋でも少し遅れて鯨類や海牛類 (鱗脚類は漸新世以降なので含まれない) の進化と多様化が生じた。

2) 生層序学の方法：生層序学は、地層に含まれている化石に基づいて地層を区分し、離れた地域の地層を対比することで地質時代を決める層序学の一分野である。墨重する地層をその中に含まれる化石種の分布に基づいて区分した単位を化石帯という。化石帯には、タクソン区間帯、共存区間帯、間隔帯、系列帯、群集帯、多産帯がある。タクソン区間帯は特定の化石種の初産出と最終産出の区間で定義される。共存区間帯は選択された2つの化石種の産出が重なり合う区間で定義される。間隔帯は選択された2つの化石種の初産出や最終産出などの基準面によって定義される。系列帯はある特定の化石の進化系列の特定区間で定義される。群集帯は3つ以上の特定の化石の明確な組み合わせで定義される。多産帯はある特定の化石が隣接する部分よりも明瞭に豊富に産出する部分で定義される。

生層序学の問題点：化石は保存状態や産出頻度にばらつきがあり、保存状態が悪く種の特定が困難な場合もある。産出頻度が少ないと初産出と最終産出の層準を正確に特定するのが困難である。特定の環境にのみ生息する生物種はその環境が失われると地層から消えるため、化石記録は生存期間そのものではなく環境の変化を反映することになる。海域や陸域の違いにより、同一種の出現や消滅時期に時間的なずれが生じることがある。化石は、地層の侵食や再堆積により、実際よりも古い年代を示すことがある。

問題の解決：生層序学は相対的な時代区分を提供するが、その時代を正確な数値に結びつけるには、放射年代測定などの絶対年代測定手法との連携が不可欠である。また、古地磁気層序学や同位体層序学など複数の手法を組み合わせ、化石帯と絶対年代との関係を把握することが重要である。

3) ①放射年代は、親核種と娘核種の比を元に算出される。しかし、娘核種は親核種とは化学種が異なるために鉱物結晶中では不安定であり、熱が加わることにより結晶外に散逸しやすい。娘核種が鉱物結晶中にとどまることができる最高温度を閉鎖温度と呼び、鉱物結晶中での拡散計数と結晶の大きさから算出される。

②時間を計測する上では、「計測を始めた時間」が重要となる。つまり、「その壊変系がいつから閉鎖系になった時期」は年代を解釈する上で最重要要素の一つである。