

令和7年度（2025年度）

東北大学大学院理学研究科 地学専攻

博士課程前期2年の課程 入試問題

専門科目

全分野共通

A 分野(地圏進化学・自然史科学・環境動態論・自然災害学)

B 分野(環境地理学・環境動態論・自然災害学)

C 分野(地球惑星物質科学・地殻化学・自然史科学・比較固体惑星学)

令和6年8月8日 13:00～14:30 実施

注意事項

1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置かないこと。
2. 携帯電話や音の出る機器などは、電源を切ってかばんの中に入れること。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
4. 試験時間は13:00から14:30までである。
5. 試験中大きな地震が発生した場合、試験監督の指示に従うこと。
6. 問題は全分野共通問題1題、A分野1題（問題A）、B分野1題（問題B）、C分野2題（問題C1、C2）の計5つの大問からなる。共通問題1題と志望分野からの1題の合計2題を解答すること。C分野については、問題C1、C2のいずれかを選択して解答すること。
7. 解答はすべて解答用紙に記入すること。解答は大問1題ごとに1枚の解答用紙を使うこと。オモテ面に書ききれないときはウラ面も使うこと。解答用紙は所定の欄に受験番号・氏名・志望分野および問題記号番号を記入すること。
8. 試験終了後、受験生には入学後の抱負などについて20分間の作文を課す。なお、これらの作文の際には、参照物などの持ち込みはできない。C分野を志望する受験生には、志望研究室の調査を行う。

共通問題 以下の問 1、問2に答えよ。

問 1 地圏環境科学に関する次の文章を読み、小問（１）～（４）に答えよ。

地球システムは、大気圏や水圏、生物圏、固体圏などのサブシステムから構成されている。サブシステム間やサブシステム内では、様々な時間・空間スケールでエネルギーの輸送や物質の循環が生じ、多圏間の相互作用を通して地球表層環境が変動する。例えば、地球の気候変動を左右する機構の一つとして、図 1 のようなフィードバックが挙げられる。

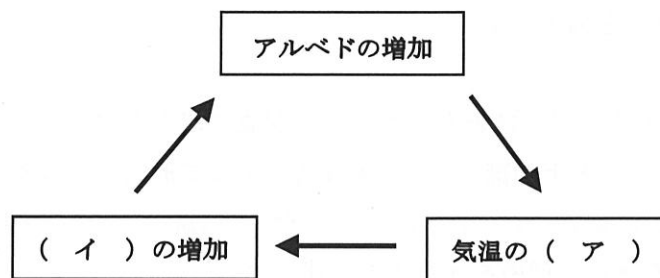


図 1 地球システムにおける正のフィードバックを示す模式図

- （１）地球システムにおけるアルベドとは何か、20 文字以内で説明せよ。
- （２）図 1 の（ア）と（イ）に適切な語句を入れよ。ただし、各語句は 10 文字以内とする。
- （３）図 1 のフィードバックによって、第四紀では氷期とよばれる寒冷な気候状態が何度も起きた。氷期の存在を示す地質学的証拠を陸域と海域から一つずつ挙げ、その理由も含めてそれぞれ 3 行以内で説明せよ。
- （４）始新世の中頃から現在にかけて地球は長期的に寒冷化しているが、その主な理由として何が考えられるか。図 1 とは異なる多圏間の相互作用の視点から、以下の語句をすべて用いて 7 行以内で説明せよ。ただし、火山噴火によるガスの大気中への供給は一定とする。

【 温室効果, ヒマラヤ山脈, 南極周極流 】

問2 地球惑星物質科学に関する次の文章を読み、以下の小問(1)～(3)に答えよ。

図2で示すような、仮想的な大陸周辺環境を考える。この大陸の縁辺には海洋が存在し、海溝に沿って海洋プレートが沈み込んだとする。(ア) 大陸内部(図2aのC地域)では活発な火山活動によって巨大カルデラが形成され、多量の火砕流を噴出したとする。やがてこの大陸の縁辺部(図2aのA地域およびB地域)は、数千万年かけて移動し、新たな島弧を形成したとする(図2b)。図2aから図2bに推移する過程で、大陸と新たな島弧の間には水深2000mを超えるような海盆が形成された。図2bのD地域の海底には、(イ) 巨大カルデラの形成に伴う海底火砕流が噴出した。(ウ) 同じ時期に海盆の中で堆積岩が形成された。こうした一連の過程で形成されうる岩石の肉眼観察や薄片試料の顕微鏡観察スケッチを図3に示す。

- (1) 下線部(ア)と(イ)はともにカルデラ形成に伴う火砕流について述べられている。下線部(ア)と下線部(イ)の火砕流によって形成されうる岩石のスケッチはどれか、図3のaからfの中から、それぞれ1つ選べ。また下線部(ア)に該当するスケッチを選んだ理由を4行以内で述べよ。
- (2) 下線部(イ)の活動に伴って海底では海底熱水活動も起こったとする。海底熱水活動で形成されうる岩石のスケッチを図3のaからfの中から1つ選べ。また、それを選んだ理由を3行以内で述べよ。
- (3) 下線部(ウ)で形成された堆積岩から石油が生成されたとする。この堆積岩に相当するスケッチを図3のaからfの中から1つ選べ。また、この堆積岩からの石油生成プロセスとその後の貯留プロセスを以下の語句をすべて用いて7行以内で述べよ。

【 続成作用、 ケロジェン、 背斜構造、 堆積性有機物 】

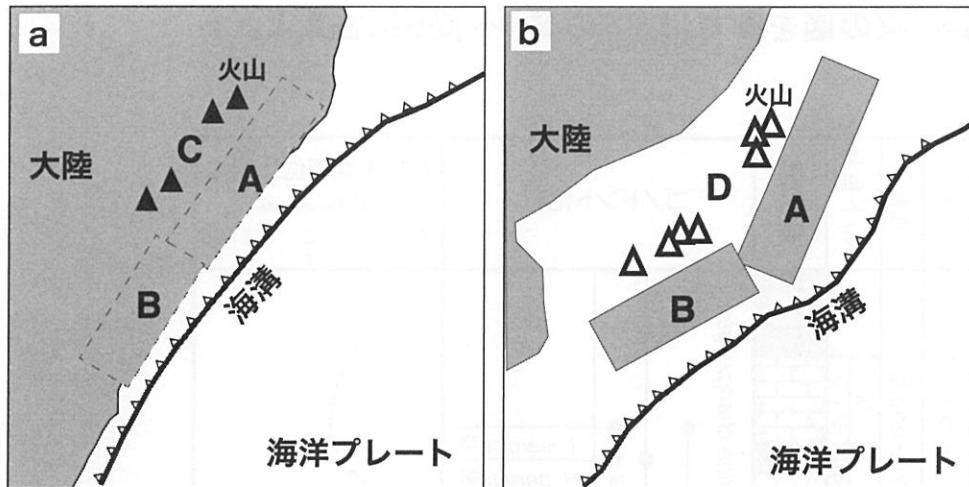


図2 仮想的な大陸周辺環境。灰色は陸地を示し、白色は海洋を示す。

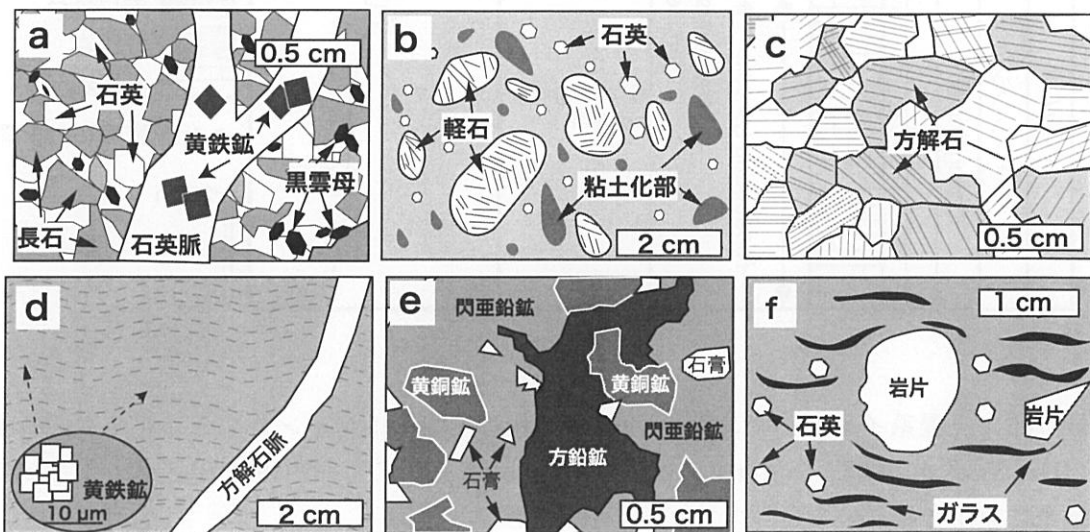


図3 岩石の肉眼観察および薄片試料の顕微鏡観察のスケッチ。(a) 透過顕微鏡（直交ニコル）を用いた等粒状の組織を持った岩石のスケッチ。黄鉄鉱の入った石英脈も見られる。(b) 軽石を含んだ岩石の肉眼でのスケッチ。岩石は部分的に粘土化が進んでおり、軽石は淘汰が悪い。(c) ほぼ等粒状の方解石（劈開が発達）からなる岩石の透過顕微鏡（直交ニコル）を用いたスケッチ。(d) 岩石の肉眼でのスケッチ。岩石は細粒粒子からなり成層構造を示す。顕微鏡観察でフランボイダル状の微細黄鉄鉱も含まれることが分かった。(e) 反射顕微鏡を用いた岩石のスケッチ。閃亜鉛鉱や方鉛鉱に富んでいる。石膏も局部的に観察できる。(f) レンズ状のガラスを含んだ岩石の肉眼でのスケッチ。多量の石英が観察できる。花崗岩や変成岩の岩片も含む。

問題A 次の図をみて、以下の問1～問6に答えよ。

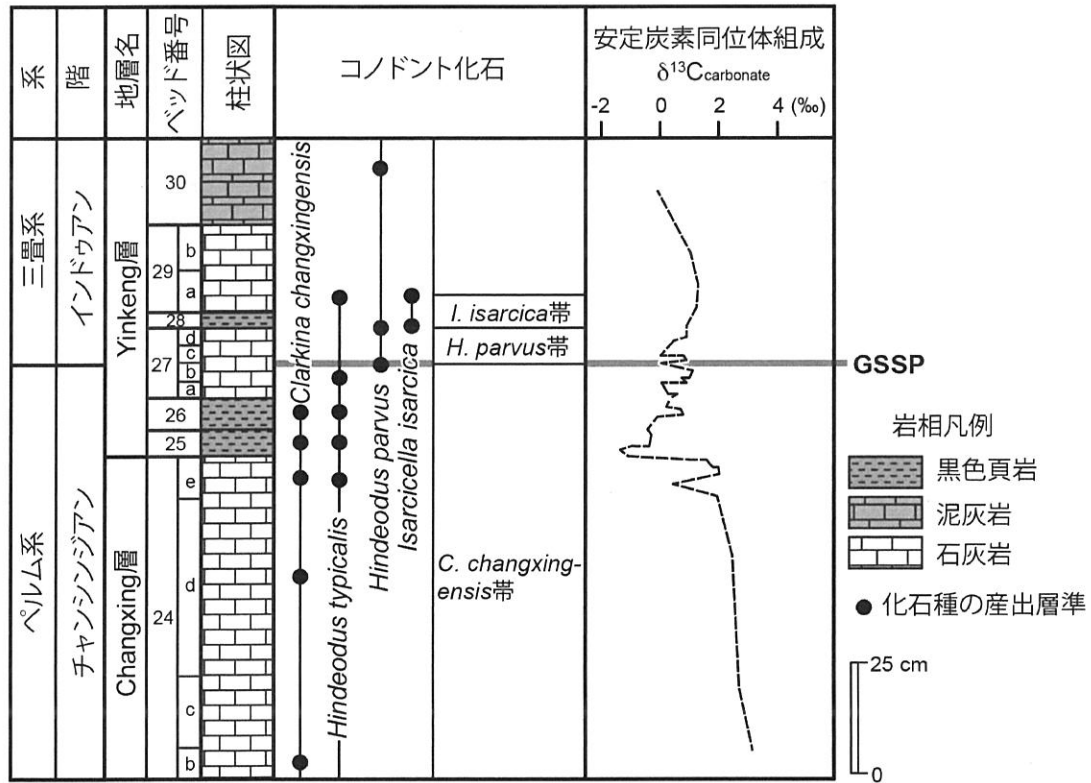


図 A-1. 三畳系インドゥアン階の GSSP を含む中国メイシアンセクションの層序断面 (Hongfu et al., 2001, Ogg et al., 2020 を改変)。インドゥアンの GSSP は、ベッド 27c の基底に設定されている。

問 1 GSSP の正式な名称を英語で記載し、 GSSP について 4 行以内で説明せよ。

問 2 「三畳紀」と「三畳系」の違いを以下の語句の中から適切なものを用いて、3 行以内で説明せよ。

【 369.3 Ma, 251.9 Ma, 201.4 Ma, 143.1 Ma, 66.0 Ma 】

問3 ペルム系から産出するが、三疊系からは産出しない示準化石として、以下の中から適切なものをすべて選べ。

【 筆石、珪藻、イノセラムス、モノチス、トリゴニア、浮遊性有孔虫、フズリナ、
三葉虫、デスモスチルス、貨幣石 】

問4 図 A-1 のコノドント化石のレンジチャートを見て、*Hindeodus parvus* 間隔帯と *Isarcicella isarcica* 区間帯は、どのように定義され则认为られるか。それぞれ2行以内で説明せよ。

問5 ペルム紀末の大量絶滅は、顕生代における5大絶滅事件の中でも最大規模の絶滅とされている。5大絶滅事件に数えられている残りの4つの絶滅事件の時代を、古い順にすべて答えよ。

問6 図 A-1 に示した炭酸塩の安定炭素同位体組成 ($\delta^{13}\text{C}$) は、ベッド 24e の最上部で急に減少し、ベッド 25 から 27b にかけての区間で増加する。この $\delta^{13}\text{C}$ の変化の理由を以下の語句をすべて使い6行以内で説明せよ。

【 シベリアトラップ、無酸素環境、有機炭素 】

問題 B 以下の問1～問3に答えよ。

問1 次の文章を読み、以下の小問（1）～（3）に答えよ。

放射性炭素年代測定法は、地形や堆積物の形成・堆積時期を推定する際に利用されてきた。放射性炭素（ ^{14}C ）の崩壊は、以下の微分方程式で記述される。

$$\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t) \quad (\text{a})$$

ここで、 t は時間、 $N(t)$ は時間 t に残っている ^{14}C の個数、 λ は崩壊定数である。

$t=0$ （初期）における ^{14}C の個数が $N(0)$ であるとき、上記の微分方程式を解くと、

$$N(t) = \boxed{\text{A}} \quad (\text{b})$$

となる。 ^{14}C の個数が初期の個数の半分になるまでの時間を $\boxed{\text{B}}$ といい、

^{14}C の場合、 $\boxed{\text{B}}$ は、 $\boxed{\text{C}}$ 年である。

- （1）式（b）の空欄 $\boxed{\text{A}}$ を埋めよ。導出過程についても記述すること。
- （2）空欄 $\boxed{\text{B}}$ に当てはまる語句と、空欄 $\boxed{\text{C}}$ に当てはまる数字（整数）を答えよ。必要に応じて、 $\lambda = 1.21 \times 10^{-4}/\text{年}$ 、 $\ln 2 = 0.693$ を用いてよい。
- （3）放射性炭素年代測定法はどのくらい古い年代まで求めることができるか。有効数字3桁で答え、その理由とともに3行以内で説明せよ。なお、測定に用いる装置は ^{14}C の個数を初期の個数の $(1/2)^{10}$ まで検出できるものとし、試料は閉鎖系に保たれていたものとする。

問2 次の図B-1は、ある寒冷地において測定された地中温度を示したものである。EやFの層は、それぞれどのような名称で呼ばれるかを答えよ。また、このような場所に形成される代表的な地形を一つ挙げ、その地形の特徴や成因について3行以内で説明せよ。

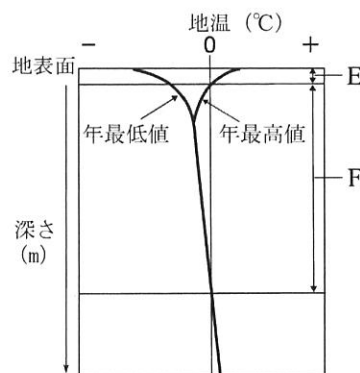


図 B-1 ある寒冷地において測定された地中温度

問3 次の図 B-2 はある地域を示した地図である。この図を見て、以下の小問 (1) ～ (3) に答えよ。

- (1) 図中の J や K の地形名称を答えよ。
- (2) J と K はどちらが古い時代に形成されたと考えられるか、根拠とともに 2 行以内で答えよ。
- (3) 図中の L から M にかけては活断層が存在していると考えられている。なぜそのように考えられるのか、理由を複数あげて 4 行以内で説明せよ。



図 B-2 ある地域を示した地図

問題 C1 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

太陽系の構成物質は太陽と（ ア ）でつながれているすべての物質である。天体同士の距離は、太陽と地球との距離を 1 au とする天文単位で表現される。惑星は太陽に近い地球型惑星と 5 au より遠くにある（ イ ）型惑星に分けられる。^(ウ) 惑星には多様な衛星が存在する。火星と（ イ ）の間には（ エ ）帯が存在する。太陽系の外縁部には（ オ ）と呼ばれる短周期彗星の起源天体が存在する領域と、その外側にはオールト雲と呼ばれる長周期彗星の巣があると考えられる。惑星は（ カ ）の法則にしたがって公転軌道を周回する。例えば、太陽と惑星を結ぶ線が一定時間に通過する領域の面積は一定である。小惑星は太陽系形成期にできた微小天体の生き残りである。小惑星の多くはコンドライト隕石、またはそれに近い物質で形成されていると考えられている。最も大きな小惑星は（ キ ）であり、準惑星に分類される。分化した小惑星で最大のものは（ ク ）であり、米国の探査機により観測が行われた。小惑星は約 46 億年前の太陽系で原始惑星系円盤内部の高温過程で形成された^(ケ) コンドリュールや CAI などが集積して形成された。形成後、^(コ) ^{26}Al などの短寿命放射性核種の壊変熱により天体内部が加熱され小惑星構成物質は変成した。小惑星から飛来するコンドライト隕石は、酸素同位体組成などにより、H、L、LL、CI、CM などに分類されるが、表 C-1 に示すように変成の種類（水質変成、熱変成）や程度によっても分類されている。

表C-1 代表的なコンドライト隕石の岩石学的タイプ

	1	2	3	4	5	6
普通コンドライト (H, L, LL)						
炭素質コンドライト (CI)						
炭素質コンドライト (CM)						

 該当する隕石が存在する区分

問1 本文中の（ ア ）および（ カ ）に当てはまる語句を答えよ。

問2 本文中の（ イ ）、（ エ ）、（ オ ）、（ キ ）、（ ク ）に当てはまる天体名を答えよ。

問3 下線部(ウ)に関して、木星の衛星イオには活火山が存在し、エウロパには液体の水からなる地下海があると推定されている。イオの火山やエウロパの地下海を形成した主要な熱源は何か、また、エウロパに比べてイオの方が高温になるのはなぜか、3行以内で説明せよ。

問4 下線部(ケ)に関して、コンドリュールは円盤ガス内部で高温に加熱されたと考えられている。このことについて、以下の小問(1)および(2)に答えよ。以下の設問について、簡単のため標準海水の酸素同位体比は $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = 2.00 \times 10^{-3}$ とする。

- (1) 加熱前のコンドリュールと星雲ガスの酸素同位体組成 ($\delta^{18}\text{O}$) の値がそれぞれ -10% 、 $+15\%$ であった。加熱時にコンドリュールと星雲ガスの間で同位体交換が起こり、コンドリュールの酸素の3分の2(モル比)が星雲ガスの酸素に置き換わった。交換後のコンドリュールの $\delta^{18}\text{O}$ の値(‰)を有効数字3桁で答えよ。
- (2) (1)での星雲ガスとの交換後、コンドリュールはさらに加熱され、コンドリュールの酸素の2分の1(モル比)が蒸発し、レイリー蒸留による同位体分別が起きた。蒸発後のコンドリュールの $\delta^{18}\text{O}$ の値(‰)を有効数字3桁で答えよ。ただし、蒸発時に星雲ガスとの酸素交換は起きないとする。また、レイリー蒸留による同位体分別は以下の式で示され、 α は同位体分別係数とし、 $2^{\alpha-1} = 0.96$ である。

$$\left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{蒸発後}} = \left(\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right)_{\text{蒸発前}} \times F^{\alpha-1}$$

ここで、 F は蒸発後に残っている酸素のモル比率である。

問5 下線部(コ)に関して、原始太陽系で同じ時期に同じ大きさで形成された小惑星でも、天体内部の水/岩石比が異なると、 ^{26}Al による天体加熱の到達温度が大きく異なる。表 C-1 に示すように、水/岩石比が低い普通コンドライト(H、L、LLタイプ)では岩石学的タイプ4-6(熱変成の指標)に分類される隕石が存在するのに対し、水/岩石比が高い炭素質コンドライト(CI、CMタイプ)では岩石学的タイプ4-6に分類される隕石が存在しない。この違いの原因としてどのような理由が考えられるか、3行以内で答えよ。ただし、普通コンドライトで構成される小惑星と炭素質コンドライトで構成される小惑星は同時期に同じ大きさで形成され、その時の水は氷の状態であったと仮定する。

問題 C2 次の文章を読み、以下の問1～問6に答えよ。

全地球の平均化学組成は、コンドライト型隕石の化学組成にもとづいているが、現在の地球内部は化学組成が偏った層構造を成している。地球形成後の^(a) マグマオーシャンの時代に核が形成され、このとき Fe や Ni をはじめとする 元素は核に集積し、主に Si や Mg、Al をはじめとする 元素はマントルに濃集したと考えられている。マグマオーシャンの時代が終わると海洋が形成され、プレートテクトニクスが始まった。これにより、プレート発散境界や収束境界でマントルが部分熔融し、玄武岩マグマが発生している。発散境界では主に中央海嶺型玄武岩マグマが、^(b) 収束境界では島弧型玄武岩マグマが発生し、地殻が形成された。

このとき 元素の中でも、^(c) マントルの部分熔融において、マグマに濃集する 元素は、地殻により濃集した。また、中央海嶺型玄武岩や島弧型玄武岩以外にも、^(d) 深部からマントルプルームが上昇し、マントルを部分熔融させ、ホットスポット火山をつくる海洋島型玄武岩や、大陸洪水玄武岩がある。

問1 ～ にあてはまる語句を答えよ。

問2 元素の中でも特に 元素がマグマに濃集する理由を、イオンの特徴をふまえて2つ答えよ。

問3 下線部 (a) が原因で、現在のマントルと核の $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比が大きく異なっていると考えられている。その原因およびマントルと核の同位体比がどのように異なるかについて、4行以内で説明せよ。なお、 ^{182}W の親核種である ^{182}Hf は消滅核種である。

問4 島弧では中央海嶺とは異なり、下線部 (b) で発生する玄武岩マグマ以外に花崗岩マグマも多く発生する。島弧で花崗岩マグマが多く発生する理由を2行以内で説明せよ。

問5 下線部 (c) で形成された「大陸地殻」、「海洋地殻」および「マントル」それぞれの平均化学組成を比較したとき、 SiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 の各濃度について高い順に並べよ。

(解答例) TiO_2 : 大陸地殻 > マントル > 海洋地殻

問6 図 C-2 は、下線部 (d) の複数の場所で採取されたホットスポット玄武岩の $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比と $^3\text{He}/^4\text{He}$ 同位体比の関係を示している。図中の低い $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比と高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 同位体比を持つ玄武岩を作ったマグマの起源を以下の語句をすべて用いて4行以内で説明せよ。縦軸の $\mu^{182}\text{W}$ は、標準試料からの $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ 同位体比のずれを示し、横軸の $^3\text{He}/^4\text{He}_{\text{R/R}_A}$ は、現在の地球大気の $^3\text{He}/^4\text{He}$ 同位体比を1としたときの値である。

【 核, マントル, $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$, $^3\text{He}/^4\text{He}$ 】

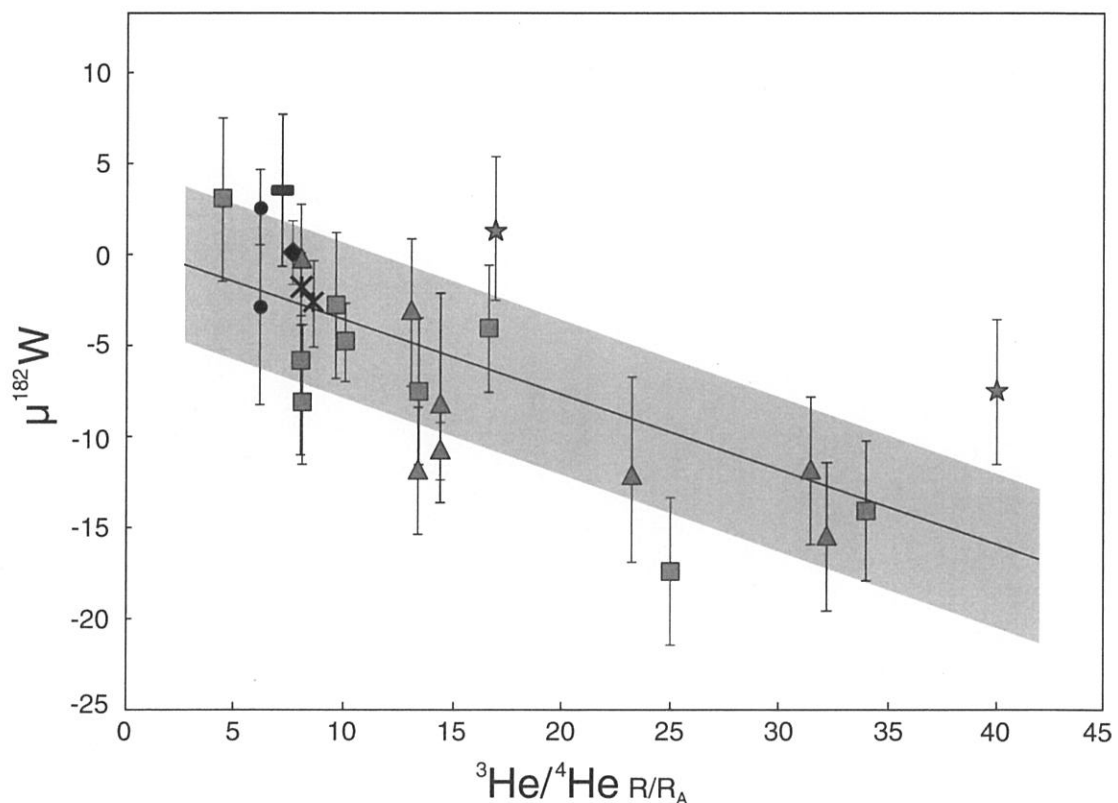


図 C-2 複数の場所（異なるシンボルで表記）で採取された玄武岩の同位体組成。黒い直線は全てのサンプルのトレンドラインを示す。灰色の領域はトレンドラインからの ± 4 ppm の誤差範囲を示す。

Mundl et al. (2017) を改変