令和８年１０月及び令和９年４月入学
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学プログラム	専門科目

令和８年８月27日９：00～12：00

注　意　事　項

１．　以下の用紙が配布されている。

問題用紙（表紙を含む１５枚）
解答用紙　６枚

２．　問題は全部で[１]～[６]の６問ある。この中から４問を選んで解答せよ。ただし，[１]と[２]から１問，[３]と[４]から１問，[５]と[６]から１問を必ず選び，残りの１問は未選択の問題から選ぶこと。

３．　解答は，各問題につき必ず１枚ずつ別々の解答用紙を使用し，それぞれの解答用紙に受験番号および問題番号を記入して解答すること。紙面が不足した場合は，解答用紙の裏面を使用してよい。

４．　試験終了時には，すべての解答用紙を提出すること。

令和８年１０月及び令和９年４月入学
広島大学大学院先進理工系科学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学プログラム	専門科目

［1］以下の問１と問２に答えよ。

問１　偏光顕微鏡の基本原理およびそれを用いた岩石・鉱物薄片の観察に関する以下の問（１）～（４）に答えよ。

（１）偏光板は自然光に対してどのような作用を及ぼすか。次の語をすべて用いて説明せよ。　【振動方向，偏光，電場，透過方向】

（２）2 枚の偏光板の透過方向がどのような関係にあるとき，視野がほぼ暗黒になるか。また，その理由を問（１）の解答を踏まえて説明せよ。

（３）偏光顕微鏡では，2 枚の偏光板の間に試料を置いて観察する。2 枚の偏光板の透過方向が問（２）の状態にあるとき，試料を入れなければ視野は暗い。しかし，雲母や石英のような光学的異方性をもつ結晶試料を置くと視野は明るくなる。本来，2 枚目の偏光板で遮断されるはずの光が，結晶を通過した後には再び見えるようになるのはなぜか。次の語をすべて用いて説明せよ。
【複屈折，位相差，偏光方向（または偏光状態），透過方向】

（４）問（３）において，2 枚目の偏光板を透過した光は干渉色と呼ばれる色を呈する。光源として白色光を用いた場合，干渉色は試料の厚さに応じて変化する。試料の厚さが変化すると観察される干渉色も変化する理由を，次の語をすべて用いて説明せよ。
【白色光，位相差，波長，干渉，厚さ】

問２　鉱物の多形（Polymorphism）と相転移に関する以下の問（１）～（３）に答えよ。なお，多形とは化学組成が同一でありながら，異なる結晶構造を持つ現象を指す。

（１）結晶構造の変化様式に基づく相転移の分類である次の（ア）再構成型転移（Reconstructive transformation），（イ）変位型転移（Displacive transformation），（ウ）秩序 - 無秩序転移（Order-disorder transformation）のそれぞれについて，化学結合の切断の有無や原子配置の変化に着目して，簡潔に説明せよ。

（２）以下に示す多形関係にある鉱物間の相転移を，上記の（ア），（イ），（ウ）のいずれかに分類せよ。

（ａ）低温型石英（α-quartz）　⇔　高温型石英（β-quartz）
（ｂ）コース石（Coesite）　⇔ スティショフ石（Stishovite）
（ｃ）方解石（Calcite）　⇔ あられ石（Aragonite）
（ｄ）サニディン（Sanidine）　⇔　微斜長石（Microcline）
（ｅ）石墨（Graphite）　⇔　金剛石（Diamond）

（３）藍晶石（Kyanite），紅柱石（Andalusite），珪線石（Sillimanite）は，いずれも Al_2SiO_5 の化学組成を持ち，多形の関係にある。これら 3 つの鉱物のうち，最も高圧条件で安定な相と，最も高温条件で安定な相をそれぞれ答えよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

［2］以下の問１と問２に答えよ。

問１　地球内部の岩石の変形に関する次の文章を読み，以下の問（１）～（５）に答えよ。

地球内部の岩石の変形機構は，［ア］変形，［イ］変形，［ウ］変形の 3 つに大きく分類される。［イ］変形は，主に［エ］の運動や原子・空孔の［オ］などの熱活性化過程によって支配される。そのため，［イ］変形時の岩石の (a) 流動強度や変形速度は，［カ］型の温度依存性を示す場合が多い。一方，［ウ］変形は，微小亀裂の生成・成長と，それらの連結による破壊面の形成，および破壊面に沿った［キ］すべりによって特徴づけられる。新たな破壊面の形成には［ク］エネルギーに相当するエネルギーが必要であり，さらに亀裂先端での微視的な［イ］変形や［キ］すべりに伴うエネルギー散逸も生じる。このような［ク］エネルギーと散逸エネルギー（破壊エネルギー）は，破壊の発生や進展を支配する重要な要素である。

地震は，断層周辺に蓄えられた［ア］エネルギーが破壊に伴い一気に解放される現象である。解放された［ア］エネルギーの一部は［ケ］として放射される。一方，残りは新たな破壊面の形成，微小亀裂の生成，摩擦熱の発生，さらには局所的な溶融や鉱物の脱水反応を含む相転移などに消費される。特に，(b) 高速な断層すべりや隕石衝突のような極端な高歪速度条件では，破壊に伴う発熱によって岩石が溶融あるいは［コ］化する場合がある。

（１）　文中の［ア］～［コ］に当てはまる最も適切な語を以下から一つずつ選べ。

弾性，塑性，摩擦，流動，脆性，結晶，転位，拡散，自由，表面，地震波，転移，粒界，粒径，移流，放射，対流，非晶質，エントロピー，エンタルピー，アレニウス，ガウス，ニュートン，パイエルス

（２）　下線部（a）について，岩石の流動則は，一般に以下の式で表される。

$$\dot{\varepsilon} = A\sigma^{n} d^{-p} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \qquad (1)$$

ここで，$\dot{\varepsilon}$は歪速度［s^{-1}］，σは岩石にかかる差応力［MPa］，dは粒径［mm］，Eは活性化エネルギー［kJ mol^{-1}］，Aは定数［MPa^{-n} mm^{p}］，Rはガス定数［kJ mol^{-1} K^{-1}］，Tは絶対温度[K]である。差応力および粒径が一定のとき，温度が上昇すると歪速度はどのように変化するか。以下のうち最も適切なもの一つを選べ。
① 小さくなる　② 変化しない　③ 大きくなる

（３）ある条件において，ある岩石の式(1)中の定数nおよびpの値はそれぞれ 3 および 0 であった。変形メカニズムとして最も適切なものを以下より一つ選べ。
① 転位クリープ　② 拡散クリープ　③ 粒界すべり

（４）拡散クリープが支配的な変形メカニズムの場合，岩石にかかる差応力が 2 倍になった時，歪速度は何倍になるか答えよ。この時，温度や粒径は一定とする。

（５）下線部（b）について，地球の断層帯でみられ，地震の化石とも言われる溶融・急冷組織を含む岩石の名前は何か，カタカナもしくはアルファベットで答えよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問２　地球内部の岩石物性や変形に関する，以下の問（１）～（５）に答えよ。

下の図は，縦軸をせん断応力（τ），横軸を法線応力（σ）とした線形の座標空間であり，圧縮を正とする。また，原点を通る直線 A はモール・クーロンの破壊基準を表す。モール円①は，地下のある場所における応力状態であり，点 P_1 においてモール・クーロンの破壊基準に接している。原点 O，モール円①の中心 P，および点 P_1 のなす角 θ_1 は 60 度とする。以下の計算では，必要なら$\sqrt{2}\fallingdotseq 1.41$，$\sqrt{3}\fallingdotseq 1.73$ を用いてもよい。

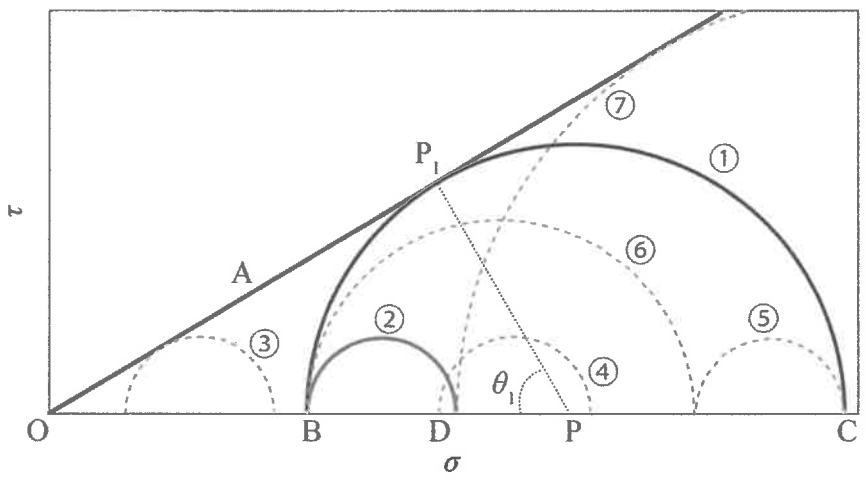
（１）　直線 A およびモール円①により表現される断層面は，最大主応力方向から何度傾斜した面と考えられるか。有効数字 2 桁で答えよ。

（２）　直線 A およびモール円①から推定される内部摩擦係数の値を，有効数字 2 桁で答えよ。

（３）　問（２）で求めた内部摩擦係数よりも著しく低い内部摩擦係数を示す岩石または鉱物多結晶体として，最も適切なものを次の中から一つ選べ。
① 花崗岩　② カンラン岩　③ 滑石　④ 石膏　⑤ サファイヤ

（４）　地下で岩石が受ける圧力は上載岩圧，地下に存在する水にかかる圧力を間隙水圧という。有効圧は，上載岩圧と間隙水圧の差で表される。図中の点 B における法線応力は，地下 12 km における有効圧に等しいものとする。岩石の密度を 3.0 g/cm^3，水の密度を 1.0 g/cm^3，重力加速度を 9.8 m/s^{2}とし，水みちは地表まで連結しているものとする。点 C における法線応力が 734 MPa のとき，モール円①で表される応力状態にある断層面に作用するせん断応力を求めよ。単位を MPa とし有効数字 3 桁で答えよ。

（５）　デンバー地震や水圧破砕のように，地下に流体を注入することにより地震や岩盤の破砕が誘発されることが知られている。モール円②で表される応力状態にある岩盤について考える。流体を注入して岩盤を破壊した場合，破壊時の応力状態はモール円①～⑦のうちどれに対応するか答えよ。また，モール円②で表される応力状態にある岩盤から流体を排出した場合，流体排出後の応力状態はモール円①～⑦のうちどれに対応するか，最も適切なものをそれぞれ一つ選べ。なお，モール円②の直径は 200 MPa であり，それぞれのモール円の直径は，②＝③＝④＝⑤＜⑥＜①＜⑦とする。また，モール円①，②および⑥は点 B を共有し，モール円①と⑤は点 C を共有する。さらに，点 D の値は点 B の値の 1.5 倍とする。



地球惑星システム学プログラム	専門科目

［3］ 以下の問１～問３に答えよ。

問１ 次の文章を読み，以下の問（１）～（３）に答えよ。

大陸地殻の形成は，上部マントルが部分溶融して生じたマグマが抽出されることにより開始される。この時，インコンパティブル元素はマグマ中へと濃集する。^{87}Sr，^{143}Nd，^{206}Pb，^{207}Pb および ^{208}Pb の親核種である ^{87}Rb，^{147}Sm，^{238}U，^{235}U および ^{232}Th は，全てインコンパティブル元素として振る舞う。^{87}Rb，^{238}U，^{235}U と ^{232}Th は娘核種である ^{87}Sr，^{143}Nd，^{206}Pb，^{207}Pb，^{208}Pb と比べて固相 - メルト間の分配係数（*Kd*）が［ア］く，反対に ^{147}Sm は ^{143}Nd に比べ *Kd* は［イ］い。そのため，十分に古い大陸地殻は，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比と Pb 同位体比（$^{206}Pb/^{204}Pb$ 比など）がマントルのものと比べ［ウ］くなる。それに対し，$^{143}Nd/^{144}Nd$ 比は反対に［エ］くなる。このような大陸地殻の同位体組成の特徴は，同位体的に［オ］しているという。一方，マグマが抽出された後のマントルは，大陸地殻と比べ低い $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比と Pb 同位体比と，高い $^{143}Nd/^{144}Nd$ 比を示す。この特徴は同位体的に［カ］しているという。(a) 中央海嶺玄武岩と海洋島玄武岩は，ともに，マントル物質の部分溶融によって生じるが，前者は同位体的に［カ］し，後者は［オ］している。

（１） 文章中の［ア］～［カ］に入る語として最も適当なものを答えよ。

（２） ある時間 t のときの $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比を示す式を，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$ 比（初生値）と $^{87}Rb/^{86}Sr$ 比を用いて示せ。ただし，崩壊定数をλとする。

（３） 下線部（a）のような違いが起こる理由を簡潔に答えよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問２　次の文章を読み，以下の問（１）～（４）に答えよ。

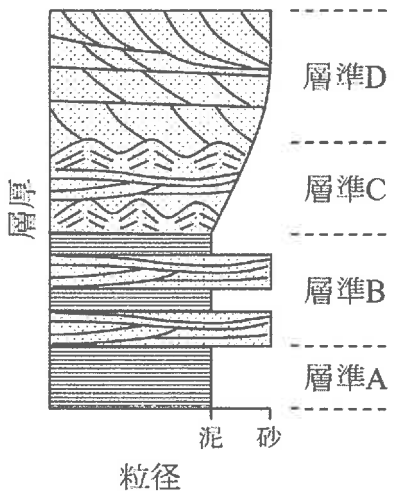
砕屑岩から堆積環境を復元する際には，しばしば堆積相対比の法則が用いられる。これは「［ア］的に連続して累重する堆積相の違いは，［イ］的な環境の違いに起因する」という法則である。例えば，野外調査によって図に示す柱状図が得られたとする。層準 A は一部に平行葉理を伴う泥岩層である。層準 B は砂岩泥岩互層であり，砂岩層には［ウ］流によって形成されたハンモック状斜交層理が見られる。層準 C は砂岩層であり，ハンモック状斜交層理に加えて，［エ］流で形成されるウェーブリップル斜交層理が見られる。層準 D は砂岩層であり，［オ］流によって形成された (a) 平板型およびトラフ型斜交層理が見られる。(b) 堆積相対比の法則を用いると，上記の観察結果から海岸～陸棚環境が復元される。

（１）　文章中の［ア］～［オ］に入る最も適当な語を，次の語群から一つずつ選べ。
個別，潮汐，水平，複合，混濁，振動，垂直，総合，一方向，土石

（２）　下線部（a）に関して，平板型斜交層理とトラフ型斜交層理を形成するベッドフォームにはどのような違いがあるか説明せよ。

（３）　下線部（b）に関して，層準 A～D の堆積環境を水深の深い方から順に並べよ。

（４）　下線部（b）に関して，層準 A～D は，晴天時波浪限界および暴風時波浪限界とそれぞれどのような関係にあるか答えよ。



図

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問３　次の文章を読み，以下の問（１）～（３）に答えよ。

太陽系誕生直後に集積した天体の一部は，［ア］放射性核種の壊変熱などにより大規模に溶融し［イ］した。このような［イ］天体を起源とする隕石のうち，主に［ウ］からなるものは鉄隕石，［ウ］と［エ］が等量程度混合しているものは石鉄隕石に分類される。鉄隕石は，天体内部で(a) 金属がゆっくり冷却したことで作られ，その後の破壊的な天体衝突で放出されたものである。一方，主に［エ］からなる隕石には，［イ］した小惑星の地殻を起源とするものと，火星や［オ］を起源とするものが含まれる。

火星起源隕石は，(b) 主要なグループの頭文字から［カ］隕石とも呼ばれる。これらが火星起源であることは，隕石中の衝撃溶融物である［キ］に含まれる母天体の［ク］の同位体組成と，探査機が調べた火星大気組成とが一致していたことで確かめられた。2026 年現在，約［ケ］個の火星隕石が地球上で回収されている。現在までに，人類は火星からのサンプルリターンを達成して［コ］。

（１）文章中の［ア］～［コ］に入る最も適当な語または数値を，次の語群から一つずつ選べ。

月，太陽，木星，土星，タイタン，太陽系外惑星，長寿命，短寿命，硫酸塩鉱物，鉄ニッケル合金，リン酸塩鉱物，ケイ酸塩鉱物，分化，未分化，AOA，SNC，HED，堆積物，氷，塩，ガラス，ガス，400，10，70000，いる，いない

（２）下線部 (a) のように考えられる根拠として，隕石のどのような特徴が挙げられるか。特徴の名称，および，その説明として最も適当なものを，以下の①～③および A～C よりそれぞれ選び，記号で答えよ。

［名称］
① フュージョン・クラスト (英語名：fusion crust)
② インパクト・ブレッチャ (英語名：impact breccia)
③ ウィドマンシュテッテン構造 (英語名：Widmanstätten pattern)

［説明］
A. 隕石表面が溶融して固化することで作られる非晶質の薄い膜。
B. 化学組成が異なる２相の金属が作る幾何学的な網目状模様。
C. 様々な岩相の破片が細粒のマトリックスに埋め込まれた組織。

（３）下線部 (b) に関して，主に普通輝石と少量のカンラン石などから構成される集積岩である火星隕石グループの名称をカタカナで答えよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

［4］ 以下の問１～問３に答えよ。

問１ 次の文章を読み，以下の問（１）～（４）に答えよ。

上部マントルは主にレルゾライトから構成され，その主要構成鉱物は，かんらん石，直方輝石，単斜輝石，およびスピネルまたはざくろ石である。レルゾライトが部分溶融すると，玄武岩質メルトが生成され，残留岩はハルツバーガイトへと変化する。海嶺下では，マントルが上昇することによって圧力が低下し，温度を大きく変化させることなく部分溶融が起こる。この現象は断熱減圧溶融と呼ばれ，玄武岩質メルトの生成過程として重要である。

（１） 液体のエントロピーは固体より一般的に大きい。その理由を，結晶格子や自由度という語を用いて説明せよ。

（２） レルゾライトが部分溶融，残留岩がハルツバーガイトに変化する際，どの鉱物が優先的に溶融するか答えよ。

（３） レルゾライトの部分溶融に伴う反応エントロピー変化を$3.0 \times 10^2\ \mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$，この反応に寄与する固相の平均密度を$3.3 \times 10^3\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$，生成するメルトの密度を$2.9 \times 10^3\ \mathrm{kg\,m^{-3}}$とする。1 kgの固相が消費され，同じ質量のメルトが生成すると仮定して，反応に伴う体積変化を求めよ。さらに，クラペイロンの式

$$dP/dT = \Delta S/\Delta V$$

を用いて，ソリダスの圧力勾配（dT/dP）を $\mathrm{K\,GPa^{-1}}$の単位で示せ。有効数字は２桁とし，計算途中の式も示すこと。必要に応じて$1\ \mathrm{Pa\,m^3} = 1\ \mathrm{J}$の関係を用いてもよい。

（４） マントルの断熱温度勾配を 15 $\mathrm{K\,GPa^{-1}}$とする。問（３）で求めたレルゾライトのソリダスの圧力依存性をもとに，マントルが上昇した際に断熱減圧溶融が起こる理由を説明せよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問２　炭酸の化学平衡に関する以下の問（１）～（３）に答えよ。ただし，各化学種の活量係数は１とする。また，[X]は化学種 X のモル濃度（mol/l）を表す。

（１）　二酸化炭素が水に溶解すると，CO_2，HCO_3^-，CO_3^{2-}という炭酸化学種が生成される。それらの生成反応が平衡状態にある場合，各炭酸化学種の濃度は炭酸アルカリ度（A_C），[H^+]，および平衡定数を用いて計算することができる。$HCO_3^- \rightleftarrows CO_3^{2-} + H^+$ の平衡定数を K_2，$A_C = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}]$としたとき，[$CO_3^{2-}$]を A_C，[H^+]，および K_2 を用いて表せ。計算過程も示すこと。

（２）　pH が 8.3，A_C が 1.0 mol/l のときの[CO_3^{2-}]を有効数字２桁で求めよ。計算過程も示すこと。ただし，$K_2 = 10^{-10.3}$ とする。

（３）　問（２）の条件において，方解石の飽和度（Ω）が 2.0 であったとする。このときの[Ca^{2+}]を有効数字２桁で求めよ。計算過程も示すこと。ただし，方解石の溶解度積は $K_{SP} = 4.9 \times 10^{-9}$ とする。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問３　次の文章を読み，以下の問（１）～（４）に答えよ。

小惑星リュウグウおよびベンヌから回収された試料は，太陽系初期に形成された始原的な物質を保存していると考えられている。これらの試料は，(a) フィロケイ酸塩，炭酸塩，磁鉄鉱，硫化鉱物などの鉱物と，(b) 有機物などを含み，CI コンドライトと類似した鉱物学的・化学的特徴を示す。一方で，これらの試料には，母天体での水質変成，衝突による破砕・再集積，宇宙風化など，複数の過程の記録も残されている。

水質変成では，液体の水と鉱物および有機物が反応し，無水ケイ酸塩はフィロケイ酸塩へと変化するとともに，炭酸塩や磁鉄鉱などの二次鉱物が形成される。また，水質変成に伴って有機物の化学組成や同位体組成も変化する。このため，鉱物と有機物をあわせて解析することは，母天体内部で進行した水–岩石–有機物反応を理解する上で重要である。

（１）下線部（a）に関して，リュウグウ試料やベンヌ試料に含まれる主要なフィロケイ酸塩はサポナイトと蛇紋石である。サポナイトと蛇紋石それぞれの結晶構造を示し，水の保持機構の違いを説明せよ。

（２）リュウグウ試料やベンヌ試料に含まれるサポナイトと蛇紋石が，加熱または衝撃を受けたとする。このとき，X 線粉末回折（XRD）パターンにはどのような変化が現れると予想されるか，その理由とともに説明せよ。

（３）下線部（b）に関して，リュウグウ試料に含まれる，固体状の複雑な構造を有する有機物（不溶性有機物）は，原始惑星系円盤の外側または星間分子雲に起源を持つことが判明した。その宇宙化学的根拠を説明せよ。

（４）小惑星探査機はやぶさ２によるリモートセンシング観測では，リュウグウ全球の反射スペクトルは加熱脱水した炭素質コンドライトのものと類似することが報告されたのに対し，地球に帰還したリュウグウ試料の分析では含水鉱物が豊富に含まれていることが明らかとなった。この違いが生じた理由について説明せよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

［5］以下の問１と問２に答えよ。

問１ プレート境界の地震と重力異常に関する次の問（１）～（５）に答えよ。

（１）図中の線は南太平洋域のプレート境界を表す。実線と破線はそれぞれ何に対応しているか，一般的名称で答えよ。

（２）図中の二地点(a), (b)における断層それぞれについて正断層，逆断層，右横ずれ断層，左横ずれ断層のいずれか答えよ。

（３）図中の二地点(a), (b)における断層で発生する地震それぞれについて震源メカニズム解を描け。

（４）一般に図中の実線のようなプレート境界周辺ではフリーエア異常がおおよそゼロになっている。それが何を意味するか理由とともに答えよ。

（５）一般に海溝周辺でのフリーエア異常は正，負，おおよそゼロのいずれか，理由とともに答えよ。

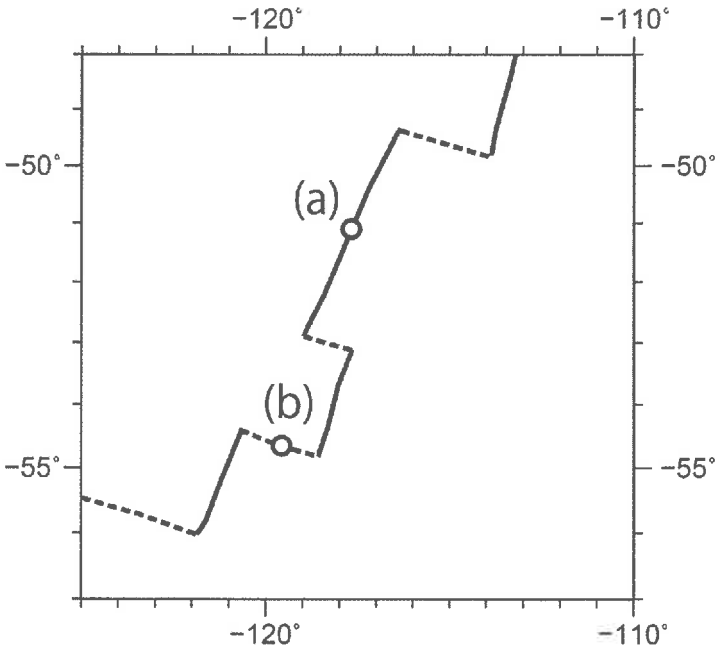


図　南太平洋域のプレート境界

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問２　図は$(Mg_{0.9},Fe_{0.1})_2SiO_4$の相平衡図である。次の問（１）～（５）に答えよ。

（１）図中のかんらん石αと高圧鉱物βの共存領域（α＋β）は，地球内部のどの地震波速度不連続面に対応するか，次の選択肢から選べ。

① 410 km　② 520 km　③ 660 km　④ 2900 km　⑤ 5100 km

（２）図の相平衡図に基づくと，かんらん石αと高圧鉱物βではどちらのエントロピーが大きいか答えよ。

（３）化学組成がMg_2SiO_4で，単位格子体積が538 Å^{3}である高圧鉱物βの密度を計算せよ。単位胞中に含まれる分子数は8である。また，計算にはO，Mg，Siの原子量としてそれぞれ16，24，28を，アボガドロ数として6.0×10^{23} mol^{-1}を用いること。単位はg/cm^{3}とし，有効数字2桁で答えよ。計算の過程も示すこと。

（４）高圧鉱物βは，理想化学組成式としては水を含まないが，高温高圧かつ含水条件下において結晶構造中に水を含むことができる。$Mg_{1.75}SiH_{0.5}O_4$で表される含水化した高圧鉱物βの含水量を求めよ。計算にはH，O，Mg，Siの原子量としてそれぞれ1，16，24，28を用いること。単位は重量%とし，有効数字2桁で答えよ。計算の過程も示すこと。

（５）マントル遷移層内に沈み込んだ太平洋スラブ中には，準安定かんらん石が存在すると推定されている。このかんらん石が高圧鉱物βへ相転移せずに準安定な状態で残存する理由を，相転移の速度論の観点から説明せよ。

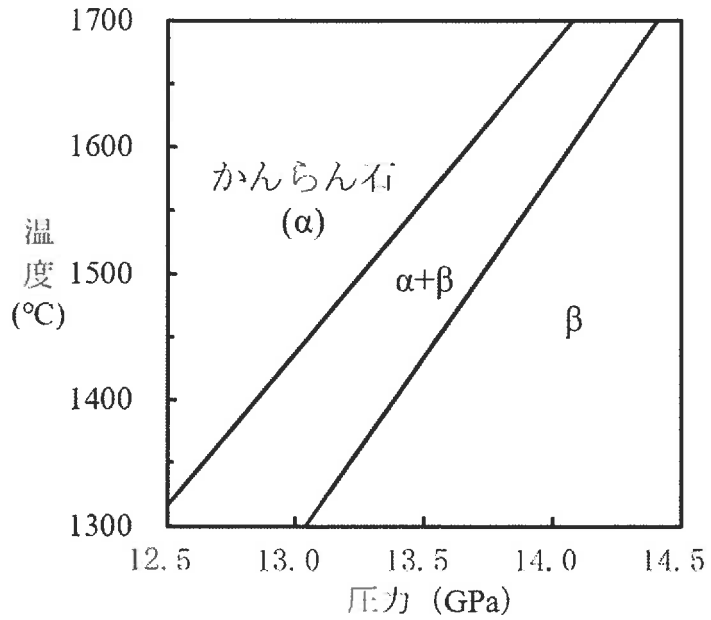
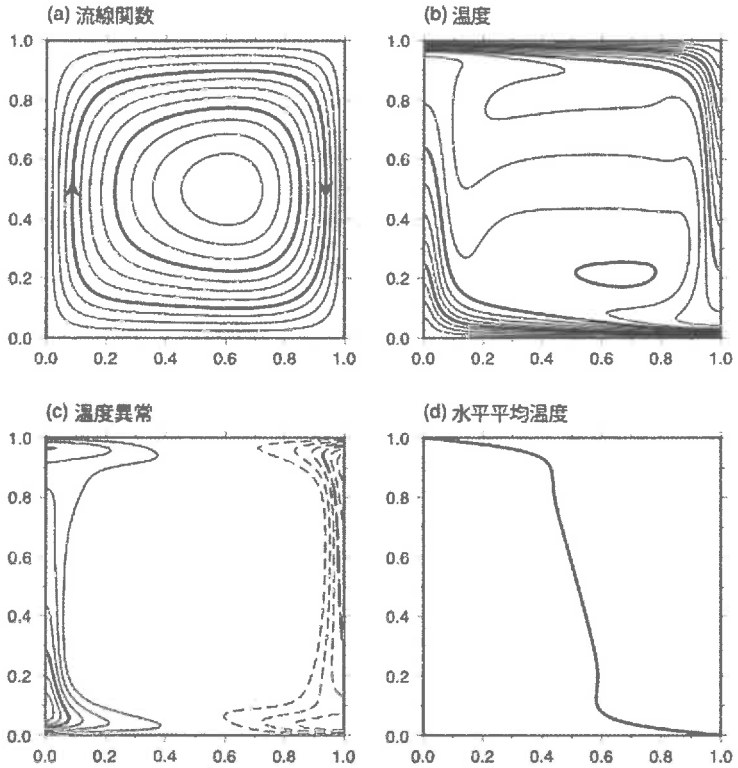


図　$(Mg_{0.9},Fe_{0.1})_2SiO_4$の相平衡図。Katsura et al. (2010) に基づいて作成。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

［６］以下の問１と問２に答えよ。

問１　下図は，物性値一定を仮定した２次元マントル対流シミュレーションモデルを表す。このモデルでは，長さのスケールや下面と上面との温度差は１に規格化，すなわち無次元化されている。



４つの図は，(a)流線関数，(b)温度，(c)温度異常，(d)水平平均温度を表す。(a)，(b)，(c)の縦軸は高さ z，横軸は水平距離 x を示す。(d) の縦軸は高さ z，横軸は温度を示す。(a)の矢印は流れの方向を表す。また，(c)の温度異常は，(d)に示した水平平均温度からの各地点の温度の変位である。上図のモデルや関連する事項について，次の問（１）～（６）に答えよ。

（１）次の［　ア　］～［　カ　］を適切な語で埋めよ。

マントル対流を最も特徴づけている物性は，［　ア　］と熱伝導率である。マントルでは，［　ア　］は非常に大きな値を持つ。このことから，マントル対流は乱流ではなく，［　イ　］である。その結果，マントル最上部と最下部には熱境界層が形成される。この部分において，熱は伝導によって上方へ輸送される。熱境界層は，上の図(b)において等温線の密な部分であり，熱伝導率が［　ウ　］値を持つためマントル全体の厚さと比較すると薄い。上部の熱境界層は地球においてプレートに相当する。半無限体冷却モデルによると，海洋プレートの厚さは［　エ　］の平方根に比例する。これによって，海洋底の［　オ　］も［　エ　］と共に増大する。下部の熱境界層から上昇するプルームはプレート内火山である［　カ　］の原因と考えられている。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

（２） 流線関数ψと流速$\boldsymbol{v}$との関係は，

$$\boldsymbol{v} = (v_x, v_z) = \left(-\frac{\partial \psi}{\partial z}, \frac{\partial \psi}{\partial x}\right)$$

と表される。図(a)から，どのような流速分布となっているか考察せよ。また，流速分布とマントル対流を特徴づける物性との関係についても述べよ。

（３） 図(b)の等温線が疎な部分では，等温線は水平に並ぶ線として描かれている。このような温度分布になるメカニズムを述べよ。

（４） モデルの上面における平均熱流量を計算する方法について述べよ。

（５） マントルのさまざまな物性を考慮することにより，観測された地球の性質をより多く再現可能なマントル対流モデルを作成することができる。このようなマントル物性の例を２つあげよ。

（６） マントルに関する観測の例として，地震波トモグラフィーがあげられる。モデルを地震波トモグラフィーから得られた地震波速度異常構造と比較をする場合，(a)〜(d)いずれの図と比較するのが適切と考えられるか答えよ。また，その理由も述べよ。

地球惑星システム学プログラム	専門科目

問２　下図は沈み込む海洋プレートとメガリスの模式図である。次の問（１）～（５）に答えよ。

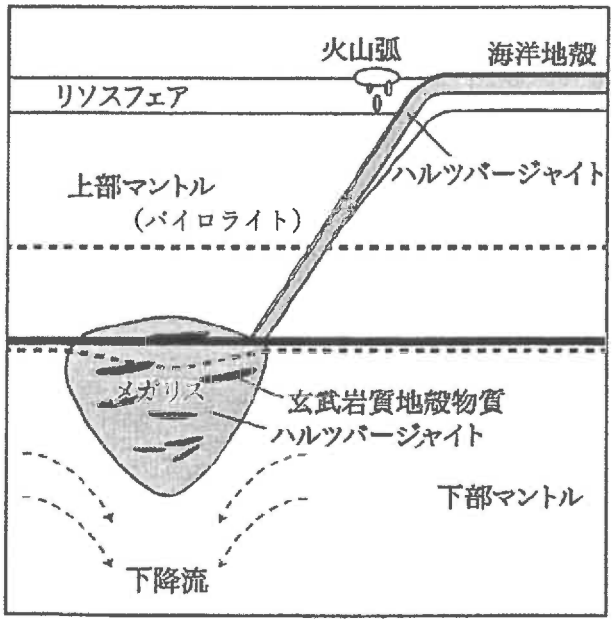


図　沈み込む海洋プレートとメガリスの模式図
（Ringwood and Irifune, 1988 を一部改変）

（１）パイロライトは，どのような考え方に基づき提案されたマントルの組成モデル物質であるか，次の語をすべて用いて説明せよ。

[捕獲岩，玄武岩，ダナイト]

（２）ハルツバージャイトの主要構成鉱物を答えよ。

（３）海洋地殻の直下にハルツバージャイトが存在する理由を説明せよ。

（４）海洋地殻はプレートの沈み込みに伴い，約 70 km 以深で高圧変成を受け，高圧相からなる岩石に変化する。その岩石名を答えよ。また，この変化がプレートの沈み込みに及ぼす影響について説明せよ。

（５）地震波トモグラフィーでは，図に示されている様に，沈み込む海洋プレート中にメガリスが存在することが示唆されている。メガリスが形成される理由について，以下の(a)および(b)の観点から，それぞれ個別に説明せよ。なお，解答には，次に示す語をすべて用いること。

[主要構成鉱物，不連続面，クラペイロン勾配，密度，固溶体]

(a) パイロライト及びハルツバージャイトの高圧相転移

(b) 玄武岩質物質の高圧相転移