

平成 18 年度（2006 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

C 群(地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野)

平成 17 年 9 月 1 日 13:00～16:00 実施

注意事項（共通）

1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置いてはいけません。
2. 合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
3. 試験時間は 13:00 から 16:00 までです。
4. 問題は A 群 6 問（問題 A1～A6：地圏進化学・環境動態論分野）、B 群 7 問（問題 B1～B7：環境地理学・環境動態論分野）、C 群 10 問（問題 C1～C10：地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野）の計 23 問が出題されています。受験生はこのうちから 5 問を選択して解答します。選択にあたっては、志望分野の問題群から少なくとも 3 問を選択し、残り 2 問は志望分野を含めいずれの問題群からも選択できます。
5. 解答はすべて解答用紙に記入します。解答は大問 1 問毎に解答用紙を別にします。解答用紙の所定の欄に、受験番号・氏名・志望分野および問題番号を明記します。

問題C 1 多形(polymorphism)とポリタイプ(polytypism)について、次の問1～問3にそれぞれ7行以内で述べよ。

問1 多形とポリタイプについて自由エネルギーの観点から簡単に述べよ。

問2 結晶構造の観点からポリタイプの特徴を述べよ。

問3 多形とポリタイプを実験的に見分けるには、どのような観察や測定方法が考えられるか。

問題C2 次の問いに答えよ。

以下の(1)～(5)の方法で鉱物を測定あるいは観察することにより、鉱物のどのような特徴や性質を知ることができるか。また、それは地球科学においてどのような意義があるのか。以下の5つの中から3つを選び、各々の方法について8行程度で述べよ。

- (1) X線粉末回折法
- (2) 赤外線吸収スペクトル法
- (3) 偏光顕微鏡法
- (4) 走査型電子顕微鏡法(反射電子、二次電子、特性X線検出器を含む)
- (5) 透過型電子顕微鏡法

問題C3 次の問1～問3について答えよ。なお、解答は英語の語句でも日本語の語句でもかまわない。

問1 以下の文章の〔(1)〕から〔(8)〕までの括弧中に最適な語句をいれよ。

地球の上部マントルは主として〔(1)〕という鉱物からなり、これに次いで多いのが〔(2)〕で、その次が〔(3)〕である。これ以外にも、量的には少ないが上部マントルにはCrに富んだ〔(4)〕という酸化物が普遍的に含まれている。地殻が特に薄いところの最上部マントルでは珪酸塩鉱物である〔(5)〕が含まれていると考えられており、そのCaに富む端成分の化学式は〔(6)〕である。一方、上部マントルでもやや深くなるとガーネットの1種である〔(7)〕が含まれるようになる。このような地球の上部マントルを構成している岩石を、狭い意味で〔(8)〕とよぶ。

問2 答案紙にAFMダイアグラムを書け。但し各頂点にはどのような化合物が当てはまるのか正確に化学式で示すこと。更に、このダイアグラムは何の目的で使われるかを3行以内で説明せよ。

問3 地球上に出現するマグマの化学的性質は、出現する場所のテクトニクスによって来まっている。この事実について説明している以下の文章の括弧中に、最適な語句をいれよ。

地球上で最も活発で最大の火山列は海底にある〔(1)〕であり、そこはテクトニクス上〔(2)〕とよばれている。一方〔(2)〕とは逆のことがおきているところがありテクトニクス上〔(3)〕とよばれる。〔(3)〕の例として環太平洋地域の1例を挙げると〔(4)〕のようなところがあり、そこでは〔(5)〕や〔(6)〕、〔(7)〕など各種の系列の玄武岩質マグマが発生する。これに対して〔(1)〕では例外を除くと〔(8)〕系列のマグマが出現する。また〔(4)〕のようなところでは分化物マグマである〔(9)〕なども出現するが、〔(1)〕では〔(10)〕マグマに限定される。

問題 C4 以下の問1～問2に答えよ。

問1 2005年7月2日、東京から南に約1300km離れた福徳岡の場海底火山において噴火活動が確認された。本火山の岩石は SiO₂量が60wt.%程度の火山岩である。同日は水蒸気の噴出が活発であり、茶色の変色水の流出、そして海面上を約1000mの範囲にわたって広がる 岩石の浮遊物などが認められた。この浮遊物は水蒸気をはきだしながら、ゆっくりと沈んでいった。福徳岡の場海底火山は、過去、繰り返し噴火活動が発生し、1986年1月には、激しい爆発的噴火を引き起こしたことで知られている。この 激しい噴火によって海面上には多数の岩石の浮遊物が漂い、岩石を先頭に水蒸気の混じった 黒いジェット状の尾を引く現象や、黒い噴煙がドーナツ状に水平方向に広がる現象が観察された。

以上の記述をもとに、持てる知識を全て用いて以下の問いに答えよ。

- (1) 下線を引いた物質や現象 ~ を火山学的にはどう呼ぶのか答えよ。
- (2) 2005年7月の噴火時に火道内部で起こった現象を3行以内で説明せよ。
- (3) 1986年1月の噴火が爆発的噴火になった原因とそのメカニズムを10行程度で説明せよ。

問2 図1は SiO₂-Al₂O₃-Na₂O 三成分系メルトの温度・圧力一定下における粘性率の変化 (Riebling, 1966 による) を示している。縦軸は粘性率で、横軸は SiO₂ 量 (モル%) を一定に保ち、残りの成分を Al₂O₃+Na₂O としたときの Na₂O の割合を示している。各曲線右端の数字は SiO₂ 量を示している。この図に関連して以下の問いに答えよ。

(1) 化学組成の変化にしたがって粘性率はどのように変化するのか、その特徴を整理して記述せよ。化学組成変化は、SiO₂ 量一定で Na₂O 量が増加する場合と、他が一定で SiO₂ 量が増加する場合の2つのケースにわけて、各々5行以内で記述すること。

(2) 主として酸化物の役割と構造とに着目して、(1)で示された特徴の起源を議論せよ。議論は10行以内で記述すること。

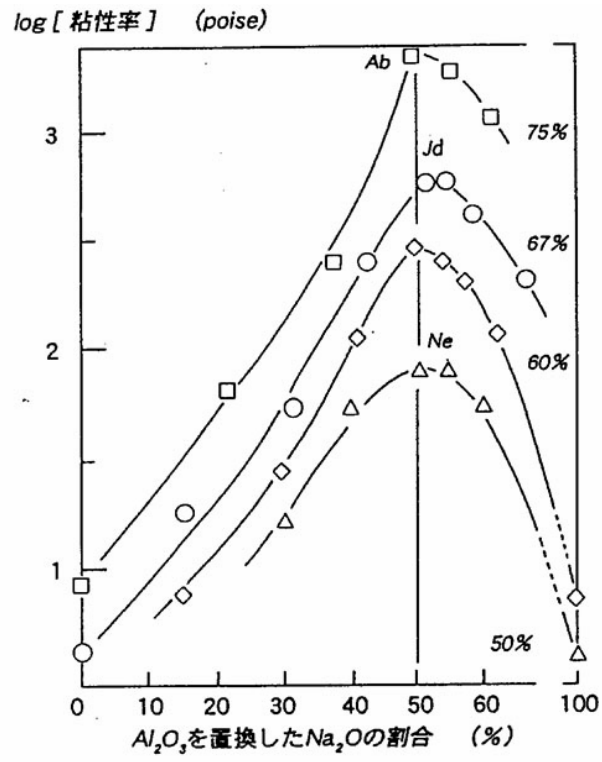


図 1

問題C5 次の文章を読んで以下の問1から問4に答えよ。

溶液から成長した結晶の断面を観察すると図1のような成長縞(ストリーション)が観察された。図1(a)の例では、結晶中央部(S)と周辺部(F)では縞模様が大きく異なっている。これは、成長初期には 高い溶液過飽和度のために結晶面中央部が凹んだ骸晶ができたが、成長後期には過飽和度が低下して低指数面で囲まれた成長面が発達してきたためと考えられる。図1(b)の例では、中心部は小さな多結晶の集合体が形成されたが、次第に平面で囲まれる大きな単結晶となってきたことが読み取れる。

一方、結晶成長実験や成長理論から、結晶成長速度の過飽和度(化学ポテンシャル)依存性は、図2に示されるように過飽和度によって異なることが分かっている。 μ_2 以下の低い過飽和度ではAの成長メカニズムが支配し、 $\mu_2 \sim \mu_3$ ではBの成長メカニズムが支配する。さらに高い過飽和度では、結晶表面は分子レベルで“荒れ”るため、付着成長(C)の領域に達する。この領域では成長分子は結晶表面に最も有効に取り込まれ、成長速度は過飽和度に比例する。ただ大部分の鉱物や高品質な人工結晶は μ_3 以下の低下飽和条件で成長するので、成長速度は過飽和度に比例せず、結晶表面の“荒さ”に大きく依存する。

問1 下線 の骸晶ができる理由を、結晶近傍の濃度分布の観点から3行以内で述べよ。さらに、その理由をもとに、過飽和度を変えずに骸晶化を抑制する方法を3行以内で述べよ。

問2 下線 のように、中心部の多結晶が結晶の成長とともに単結晶化してきた理由を、結晶の表面エネルギーと粒界エネルギーという語句を用いて3行以内で述べよ。

問3 図2のAとBの成長メカニズムの違いを、臨界過飽和度 μ_1 が存在することに注目して、5行以内で述べよ。必要ならば図を用いても良い。

問4 図2の μ_2 の過飽和条件を長時間保った場合、図1の結晶の表面で期待される成長パターンを描け。

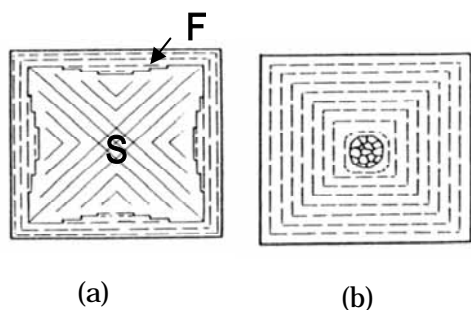


図1

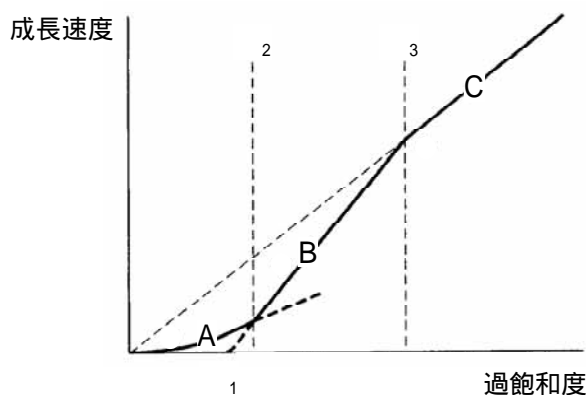


図2

問題 C6 次の問1から問2に答えよ。

問1 生命起源における化学進化について次の全ての語句を用いて5行以内で説明せよ。

ペプチド、RNA、オパーリン

問2 図1は25℃、1気圧の水溶液に溶在する鉄の状態を示したpH-pe図である。peは $-\log(\text{水溶液中の電子 } e^- \text{の活量})$ で定義されるものとする。溶在鉄の活量は 10^{-4} であったとする。

(1) 図1で太線Aと太線Bで挟まれた領域が水の安定領域である。化学式 $2\text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4e^- + 4\text{H}^+$ で定義されるのは太線A、Bのどちらの線か答えよ。

(2) 図1のC線上では以下の化学反応が起こっている： $\text{Fe}(\text{OH})_3 + e^- + 3\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ 。
25℃、1気圧における反応の自由エネルギー(G)は -90000J/mol であったとする。この時に、線Cは $pe = -3pH + X$ と表現される。このXを反応の自由エネルギーを用いて計算せよ。計算過程も示すこと。水および固体の活量は1であるとする。必要ならば以下の定数や式を用いること： $G = -2.303 \cdot R \cdot T \cdot \log K = -19.147 \cdot T \cdot \log K$ (Rは気体定数で $8.315 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、Tは絶対温度、Kは平衡定数とする。)

(3) 初期地球の海洋環境において縞状鉄鉱層が多量に堆積したことが知られている。縞状鉄鉱層は鉄を多量に含み、その鉄は主に酸化物や炭酸塩鉱物として存在している。縞状鉄鉱層を作った鉄は海底熱水活動によって海洋に供給されたと考えられている。海底熱水活動は、どのようにして Fe^{2+} を海洋に供給できるのか、また Fe^{2+} がどのようにして鉱物として沈殿したのか、10行以内で説明せよ。必要なら図1を用いて説明せよ。

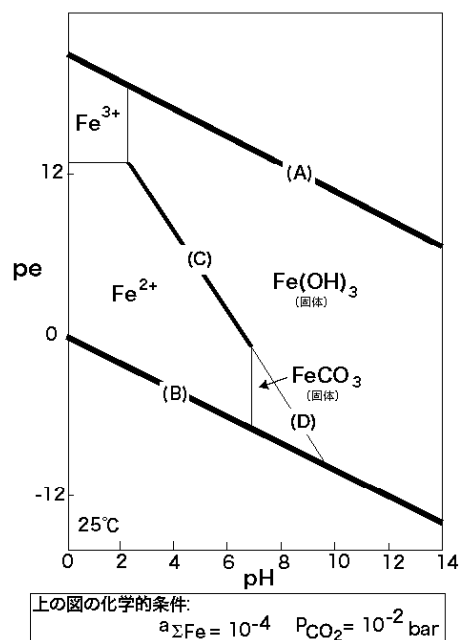


図1

問題C7 次の問1～問2に答えよ。

問1 図1は地球内部の温度分布を表している。図1の線Aと線Bで示すように、下部マンツルの温度には大きな不確かさがある。

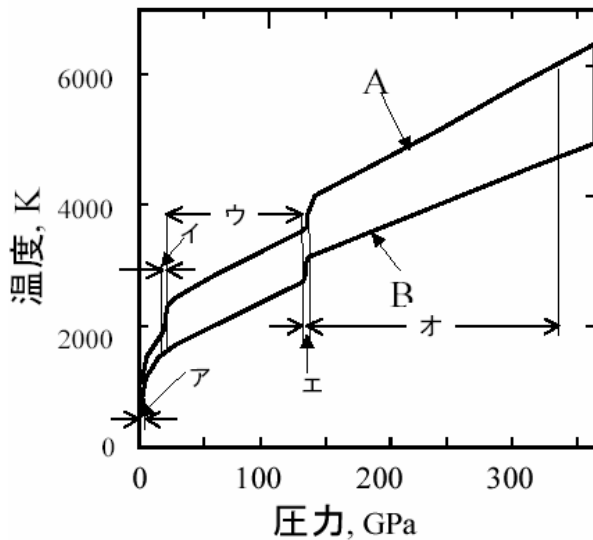


図1

- (1) 地球内部における熱の輸送の様式は3つ存在する。3つの熱の輸送様式を記せ。
- (2) 地球内部の区分において図中のウ、エ、オの領域は、何と呼ばれる領域か記せ。
- (3) ア、イ、エにおける主な熱の輸送様式は何か記せ。
- (4) ウ、オにおける主な熱の輸送様式は何か記せ。

(5) AとBの温度分布をもたらすマンツルの運動は、それぞれどのようなものか。それぞれを2行以内で説明せよ。

問2 図2は共存する2つの相A、Bの自由エネルギーの温度と圧力による変化を示している。この図に基づいて、以下の問に答えよ。

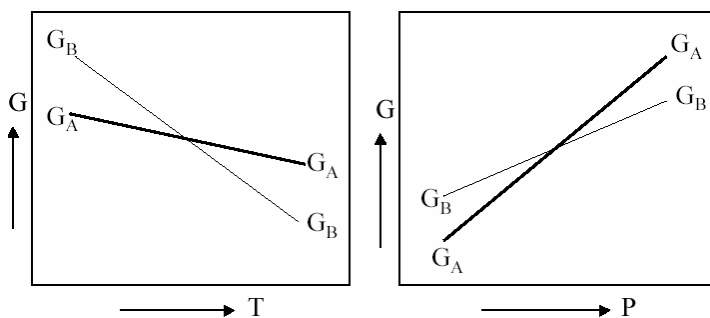


図2

- (1) 自由エネルギー G の温度変化 $(G/T)_p$ および圧力変化 $(G/P)_T$ は何を表すか記せ。なお、 T は温度、 P は圧力である。

(2) 図2のA相とB相の体積 (V_A と V_B)、エントロピー (S_A と S_B) の大小関係を示せ。

(3) A相とB相の相関係をPT図に示せ。

(4) 相境界はクラウジウス・クラペイロンの式で与えられる。この式を記述せよ。

問題C8 次の問に答えよ。

室内での実験や野外での観測において、様々な対象物の温度を知る事は大変重要であり、各種の温度計が利用されている。下記には、現在広く用いられている幾つかの温度計を4つのグループに分けて示した。これらの温度計を用いて温度を知る事ができるのは、温度に強く依存した何らかの物理的現象を測温原理に用いていることによる。a~d の各グループでは、それぞれ、温度変化に対して起こるどのような物理的变化を測温原理としているか、またどのような測温を行う場合に用いられるか。グループ毎にそれぞれ6行以内で述べよ。

- a. 抵抗温度計、サーミスタ温度計
- b. アルコール温度計、水銀温度計、バイメタル
- c. 熱電対
- d. 輻射温度計(赤外放射温度計)

問題C9 次の問1～問2に答えよ。

問1 岩石学で使われる以下の語句から3つを選んで、各3行以内で説明せよ。

- a . Decompression melting
- b . Neptunists
- c . Batch melting
- d . Dihedral angle
- e . High field strength elements

問2 地殻内部でのマグマの上昇メカニズムにはダイアピルによる場合と岩脈(クラック)による場合がある。これらについてマグマならびに地殻の物性(密度・粘性等)の違いに基づいて7行以内で説明せよ。

問題C10 次の問いに答えよ。

以下の用語をすべて用いて、変成作用について16行以内で概説せよ。用語を用いる順序は問わない。

- ・ 接触変成作用
- ・ 広域変成作用
- ・ 変成相
- ・ Al_2SiO_5
- ・ 高压低温型
- ・ 低压高温型