

平成15年度（2003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14年9月9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8問（問題B1～B8：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24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、希望分野から少なくとも3問を選択し、残り2問は希望分野を含むいずれの分野から選択しても構いません。
5. 解答はすべて解答用紙に記入します。解答は大問1題毎に解答用紙を別にします。なお地圏進化学・環境動態論分野出題の問題A3、問題A4には専用の解答用紙があります。
解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・希望分野および問題番号を明記します。
6. 試験終了後、地圏進化学・環境動態論分野および環境地理学・環境動態論分野を志望する受験生は入学後の抱負などについて20分程度で作文してもらいます。なお、これらの作文の際には、参照物などの持ち込みは不可です。地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野を希望する受験生は志望研究室の調査があります。

平成 15 年度 (2003 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・比較固体惑星分野)

問 題 訂 正

問題 C6

問題文上から 9 行目 図 2 を 図 6-2 に訂正

問題 C6 1.

問題文上から 3 行目 その際、D と DL の を その際、L と DL の
に訂正

問題 C7 問 1

問題文中、すべての 図 1 を 図 7-1 に訂正
問題文中、すべての 図 2 を 図 7-2 に訂正

問題 C7 問 2

問題文 1 行目 その意味をを を その意味を に訂正

問題 C1

- I. 鉱物の多形について約400字以内で述べよ。ただし、以下の語句群中の語句(ア) - (ク)をそれぞれ一度は必ず用いること。

[語句群]

(ア) ミッチェルリヒ
(イ) 同形
(ウ) 多形
(エ) アウイ

(オ) 本原形
(カ) 有理指数の法則
(キ) ドルトン
(ク) 原子説

- II. Mg_2SiO_4 の化学組成をもつ鉱物にはオリビン構造の forsterite とスピネル構造の ringwoodite が知られている。常圧下ではオリビン構造の forsterite がスピネル構造の ringwoodite より安定であるが、高圧になるとスピネル構造の ringwoodite の方がオリビン構造の forsterite より安定になる。このことを、ギブスの自由エネルギーの圧力変化の観点から説明せよ。

問題 C2

(問) 鉍物の成長や変形，相転移における，結晶構造中の欠陥の役割について，次の語句を用いて 800 字程度で述べよ。尚，それぞれの語句は必ず一度は使用すること。

- (1) 点欠陥 (2) 線欠陥 (3) 面欠陥
- (4) らせん転位 (5) 刃状転位 (6) バーガーズベクトル
- (7) 部分転位 (8) 完全転位 (9) 双晶
- (10) 凹入角効果

問題 C3

問 I

テクトノマグマティック・ディスクリミネーションダイアグラムの例を1つ挙げて図示し、簡単な説明をなさい。

問 II

玄武岩マグマは、出現する場所によってマグマの種類が異なっていたり、その組み合わせが異なっています。分化物を伴うか、伴わないかなども場所によって様々です。しかし地質構造的な位置を限定すると、そこに出現するマグマの種類は限定されます。場所をプレートの端、プレートの内部について分け、更にそれぞれを2つの地質構造的な位置について分けてこれらの特徴を一覧表にして示しなさい。

問 III

偏光顕微鏡で花崗岩質岩石の石英を観察したときに認められる特徴を述べなさい。また、斜長石やアルカリ長石と石英を区別する時に、自分は何に着目して区別したか、簡単に述べなさい。

問 IV

以下の用語について知っていることを簡単に述べなさい。

- A コンドリュール
- B ノルム
- C HED隕石
- D アグルーチネイト
- E スコリア

問題 C4

下記の図は、ある火山において同一の火口から噴出した堆積物の模式地質柱状図である。上位は玄武岩質マグマに、下位は流紋岩質マグマに由来しているが、両者の間には時間間隙はない。

このとき、以下の問いに答えなさい。

問1 上位の玄武岩質マグマと下位の流紋岩質マグマとの間に、互いの成因において因果関係があるとするなら、どのような関係がありうるか、持てる知識を全て用いて説明しなさい。

問2 地層G～Aの噴出順序と右側に記した特徴とをもとに、この火山活動を引き起こした地下浅部におけるマグマなどの状況と、噴火の状況とについて、持てる全ての知識を用いて説明しなさい。

問3 Aの溶岩はCに較べて薄く、より遠方にまで流れるという特徴があった。全岩化学分析値をもとにすると、前者における SiO_2 などの網目形成酸化物： Al_2O_3 などの中間酸化物： Na_2O などの網目修飾酸化物のモル比は50:15:35、後者では74:13:13であった。両者の流れについて、溶岩（メルト）の化学組成、温度と構造とに着目しながら、上記の特徴の起源について説明しなさい。

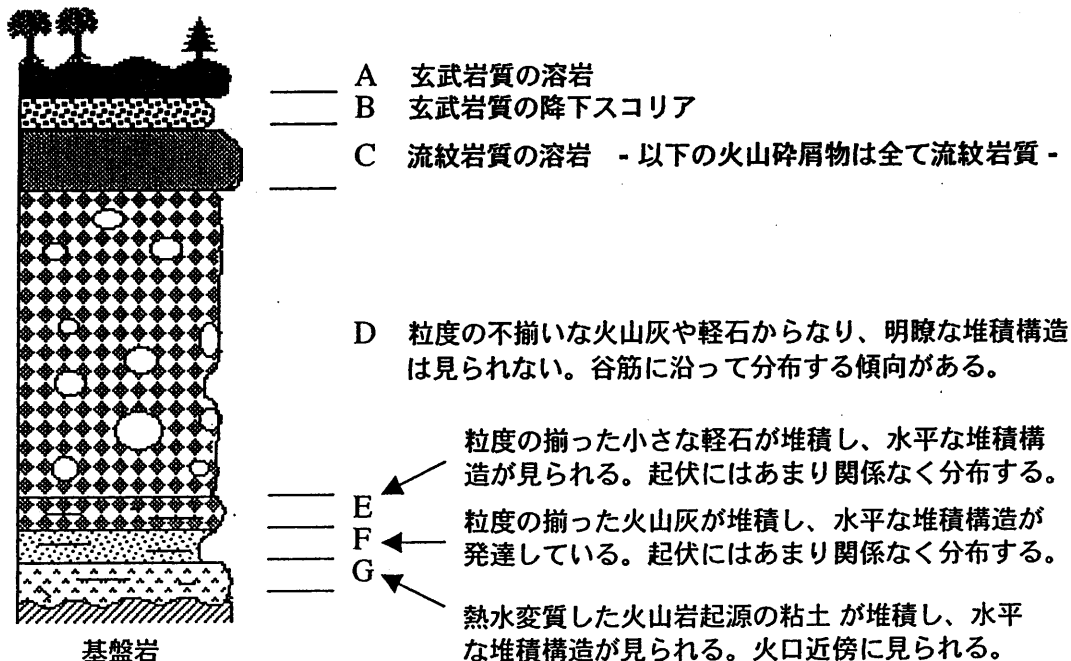


図4-1

問題 C5

問1

炭素は大気中では主に炭酸ガス (CO_2) として存在し、これが海水に溶けると主要溶存種 (A) となる。(A) は化合物 (B) および化合物 (C) として海水から取り除かれ堆積岩中に移動する。マントルに存在する炭素の同位体組成はダイヤモンドなどマントル起源鉱物の同位体比データから、 $\delta^{13}\text{C} = -7\%$ と推定されている。大気中の炭酸ガスは火山活動によりマントルから供給されるので、その同位体比は $\delta^{13}\text{C} = -7\%$ である。化合物 (B) および (C) の炭素同位体比の平均値はそれぞれ (B) -21% および (C) 0% である。

- 1) 化合物 (A), (B), (C) は何かを答えなさい。
- 2) CO_2 が (B) に変わる過程を化学反応式で示しなさい。
- 3) (A) が (C) に変わる過程を化学反応式で示しなさい
- 4) 大気 CO_2 , 化合物 (B) および (C) 間に、炭素同位体の質量保存側が成り立つとして、堆積岩中の (B) と (C) の比を求めなさい。

問2

熱水から沈殿した鉱物の酸素および水素同位体組成を分析することによって、その鉱物を沈殿させた熱水溶液の起源を推定することが出来る。この方法について、以下の2点に答えなさい。

- 1) 手法の原理を説明しなさい。
- 2) 手法の限界について説明しなさい。

問題 C6

生体を構成するアミノ酸やタンパク質には、D体とL体という2種類の形があります。これは、たとえば人間の右手と左手のようなもので、指は5本で一緒なのですが、形は一方を鏡に写したようになっています。しかし、右手(L体)と左手(D体)は違うものです。

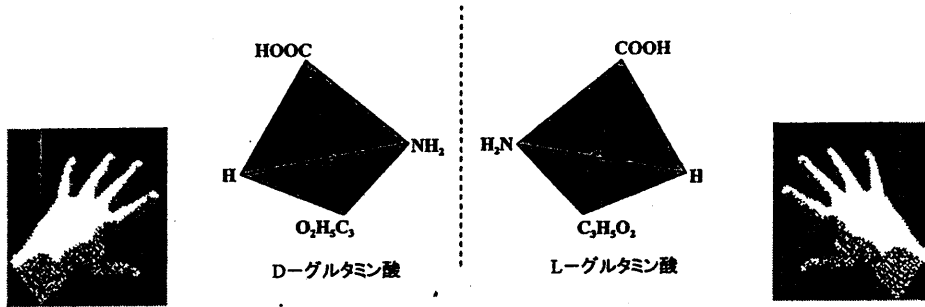


図6-1 D-体とL-体の違い

地球上の生体の大部分はL-体のアミノ酸やタンパクで作られています。なかにはD-体のみ、あるいは、ラセミ体と言われるD-体とL-体の混合で出来るものもあります。もともとDとL-体は鏡像の関係にあるために、それぞれの結晶の溶解度などの物性に違いがないものです。しかしラセミ体結晶とL-体結晶の溶解度を比べてみると、大きな違いが生じます。この違いは、結晶にしたときの物性の違いを示すだけでなく、地球上で優先的にL-体生命が選択されたことに関連するかもしれません。

この選択過程を結晶の核形成をもとにしたモデルで考えることにしましょう。今、L-体の結晶をL、ラセミ体の結晶をDLとして溶解度を図2に示しました。両者がT1の温度で完全に溶けている状態①より温度を下げ、過飽和溶液より結晶を析出させようとすると、どちらの結晶が最初に析出するかを次の2つの方法で考察しましょう。

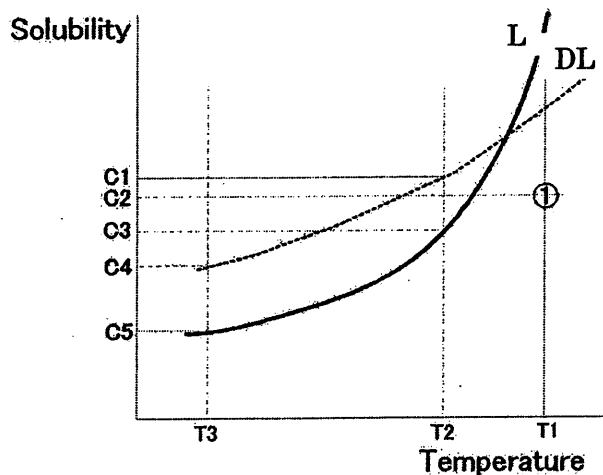


図6-2 溶解度曲線

1. 結晶の核形成速度は過飽和度だけに依存するとした場合、T2、T3の温度での過飽和溶液からは、どの結晶が最初に析出しやすいでしょうか。その際、DとDLの結晶に対する過飽和度、 σ 、を図中の記号で表してから比較して下さい。
2. 結晶の核形成では新たな自由表面を作ることが大きな仕事となります。そのため結晶と溶液の界面張力(固液界面張力)が重要なパラメータとなります。そこで結晶の核形成速度、 I 、が式(1)(2)で表されるとしましょう。

$$I = K \exp(-\Delta G^* / kT) \quad (1)$$

$$\Delta G^* = F\gamma^3 / \Delta\mu^2 \quad (2)$$

ここで、 K は定数、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度であり、 F は定数、 γ は固液界面張力、 $\Delta\mu$ は、溶液濃度を C 、平衡濃度を C_0 とした時に $\Delta\mu = kT \ln(C/C_0)$ で表される化学ポテンシャル差($\sigma = \Delta\mu / kT$)とします。

式(2)から分かるように核形成のバリアーは界面張力 γ に大きく依存します。そこで、次の問に答えなさい。

- (1) $\gamma_L \leq \gamma_{DL}$ の場合は、T3の温度の過飽和溶液からどちらの結晶が析出するでしょうか？なお γ_L 、 γ_{DL} は、それぞれ、結晶Lと溶液、結晶DLと溶液との界面張力です。理由を明確に示して答えなさい。
- (2) $\gamma_L \gg \gamma_{DL}$ の関係があるとすると、T3の温度でどちらの結晶が最初に析出するでしょうか？理由を明確に示して答えなさい。

問題 C7

問1 下の図1の破線AとBは地球内部のバルク音速 (V_ϕ , km/sec) と密度 (ρ , g/cm³) の関係を図示している。この図には、衝撃波実験にもとづいて得られた様々な金属の圧力変化に伴う V_ϕ と ρ の変化を曲線で示した。また、図2には図1のAの部分さらに詳しく図示した。Aの曲線はさらに詳しくみると図2のようにA1, A2, A3の部分からなる。図2には様々な鉱物のバルク音速と密度値をプロットしている。この図にもとづいて以下の設問に答えよ。

(1) バルク音速 V_ϕ について 1) 体積弾性率 K と密度を用いてどのように表せるのかを示せ。また、2) バルク音速 V_ϕ と V_p , V_s の関係を示せ。

(2) Bの破線と金属の圧縮に伴う変化曲線を比較することによって、地球のBの部分について、どのようなことが推定されるか述べよ。

(3) A1からA2, A2からA3,そしてA(A3)からBに不連続に V_ϕ と ρ が変化している。1) それらに相当する地球内部の不連続を示せ。2) それらの不連続では何が起きているのかを説明せよ。

(4) 図2の挿入図には、 V_ϕ と ρ が温度、圧力、組成の変化にともなって変化する方向が示されている。1) 温度の上昇による変化の方向、2) 圧力の増加に伴う変化の方向、3) 成分中の鉄の増加にともなう変化の方向を挿入図の番号から選んで記せ。

図7-1

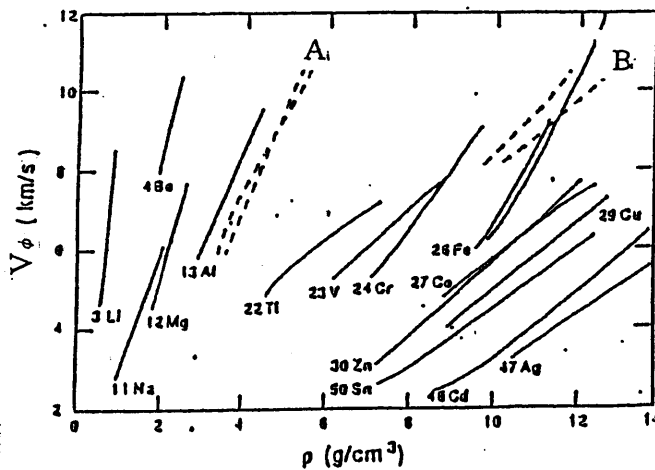
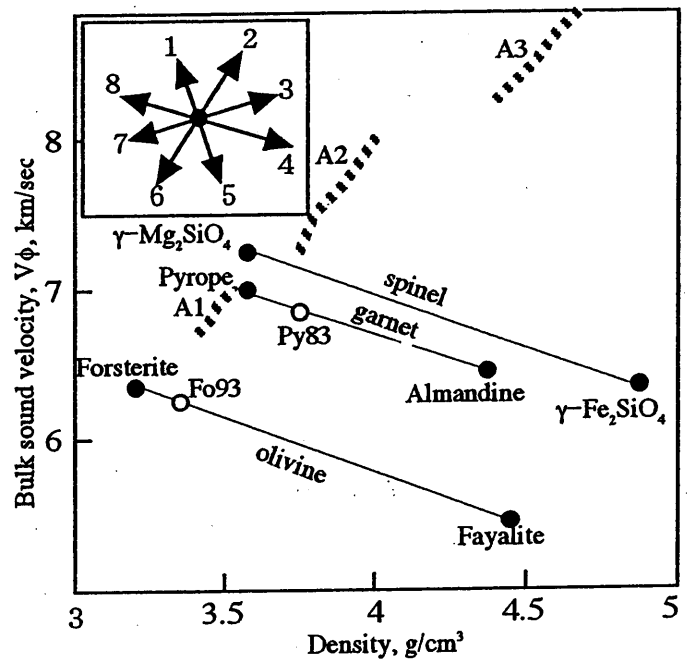


図7-2



問2 以下の物理量または関係式の名称を示し、その意味をを50字以内で説明せよ。

(1) $\beta_T = 1/K_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$

(2) $T_m = T_m^0 (1 + C \Delta V / V_0)$

(3) $\eta_B = -\frac{d\rho}{dr} \frac{\Phi}{\rho g}$

(4) $dT/dr = -\alpha g T / C_p$

ただし、左の式における記号の意味は以下のようである。
 V , 体積; P , 圧力; T , 温度; V_0 , 基準条件での体積
 ΔV , 基準条件との体積差, T_m^0 , 基準条件の融点
 ρ , 密度; r , 地球中心からの距離; g , 重力加速度;
 Φ , 地震パラメーター; α , 熱膨張係数; C_p , 定積比熱

問題 C8

物を調べる上で質量は最も基本的な物理量の一つである。質量は、その物質の量や慣性の大きさ等を直感的に示す数値であり、時にはエネルギーにも変換される。しかしながら質量の測定法は一つではなく、対象によって様々な原理や法則を用いた測定方法が考えられる。以下のそれぞれの項目について質量（または平均密度）を知る方法を述べよ。

- (1) 電子
- (2) 中性子
- (3) 空気
- (4) 水星

問題 C9

地球や惑星の内部構造を知る様々な方法について論ぜよ。なるべく原理と具体例の両方に言及せよ。

問題 C10

諸君がフィールド調査に出かけ、細粒で灰色の岩石の断片的な露頭にであったとする。その岩石が細粒砂岩か珪長質の溶岩であるかで同行者の意見が異なるとき、その場の露頭で、及び試料を大学に持ち帰った場合に、より詳しく調べる方法についてなるべく多角的に論ぜよ。ただしフィールドにはハンマーとルーペを持参し、大学では偏光顕微鏡と粉末エックス線回折装置が使用できるものとする。