

平成 25 年度(2013 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

- A 分野(地圏進化学・自然史科学・環境動態論)
- B 分野(環境地理学・環境動態論)
- C 分野(地球惑星物質科学・岩石地質学・自然史科学・比較固体惑星学)

平成 24 年 9 月 3 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. 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. 問題は A 分野 2 問(問題 A1、A2)、B 分野 2 問(問題 B1、B2)、C 分野 3 問(問題 C1～C3)の計 7 問が出題される。このうちから 2 問を選択して解答すること。選択にあたっては、志望分野から少なくとも 1 問を選択し、残り 1 問は志望分野を含むいずれの問題群から選択しても構わない。
6. 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。表面に書ききれないときは裏面も使うこと。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記号番号を記入すること。
7. 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。



問題 A1 地球の大きさと構造に関する以下の問 1～問 5 に答えよ。

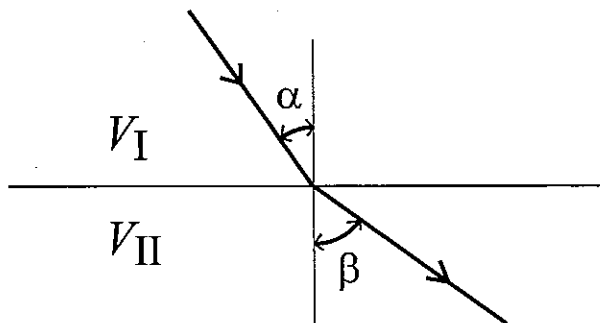
問1 紀元前 230 年頃、ギリシアのエラトステネスは地球が球形であると仮定して、その大きさを初めて求めた。それは夏至の日の正午に、アレキサンドリアでは鉛直に立てた棒の影ができるが、同一子午線上の南に位置するシエネでは、井戸の底まで太陽の光がとどくことを知ったのがきっかけであった。エラトステネスの測定では、アレキサンドリアとシエネの距離が 925 km、夏至の日のアレキサンドリアでの太陽の南中高度は 82.8° であった。これらの値から、地球の周囲の長さを求めよ。

問2 地球上の2点A、Bにパラボラアンテナを置き、準星(クェーサー)からの電波を受信する。ある準星からある時刻に放射された電波は宇宙空間を光速 c で進行して地球に達する。到達時刻はA、Bの位置関係によって異なる。このことを利用して直線ABの長さ L を求めることができる。直線ABと角度 θ ($\theta \neq 90^\circ$)をなす方向に見える準星からの電波のAへの到達時刻がBへの到達時刻よりも Δt だけ遅れたとする。

ある準星を計測したところ $\theta = 60^\circ$ で $\Delta t = 9.5 \times 10^{-3}$ 秒であった。直線距離ABの長さ L を有効数字2けたで求めよ。ただし、 $c = 3.0 \times 10^5$ km/秒とし、電離層や大気の影響を考えず、電波は無限遠から届くものとする。

問3 走向 $N60^\circ W$ 、傾斜 $30^\circ SW$ で、整合に重なるA、B、Cの3層がある。これらの地層の分布が、南北に延びる道路上で見られる。A、B両層の境界部と、B、C両層の境界部との水平最短距離は800 mである。B層の厚さはいくらか、有効数字2けたで求めよ。ただし、上記の境界部は、等しい標高にあるものとする。

問4 平面を境界とする二つの地殻内媒質I、IIがあるとする。媒質I内の点から発した地震波が、媒質II内の点へ達するとき、その所要時間が最小になるような経路をとる。媒質I、II内の地震波の速度をそれぞれ、 V_I 、 V_{II} とし、境界面への入射角を α 、屈折角を β とするととき(下図)、 α 、 β 、 V_I 、 V_{II} の間に成り立つ関係式を導け。



問 5 異なる地層が何枚か水平に重なっているところがあるとする。震源がある深さにある時、地表と震源の間の地層の重なる順序を変えると、走時はどのようにになるか。問 4 で求めた関係式を利用して考察せよ。

問題 A2 古生物と古環境に関する以下の問 1～問 8 に答えよ。

問 1 海洋に光合成生物がいると、表層水の溶存無機炭素の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$ 値)が深層水のそれよりも高くなるのはなぜか。理由を 1 行程度で述べよ。

問 2 約 21 億年前の炭酸塩の炭素同位体比の上昇は、大気中の酸素の増加と関連があると考えられる。そのように考えられる理由を 5 行程度で述べよ。

問 3 約 5 億 8 千万年前に海洋中の溶存酸素量が増加した、といわれている。その頃、生物界にはどのような大きな変化があったか、1 行程度で記せ。

問 4 約 3 億 6 千万年前から数千万年間、大気中の酸素が増加し、地球環境は寒冷化した。なぜ、大気中の酸素の増加と寒冷化が起きたのか、3 行程度で説明せよ。

問 5 顕生代には 5 回の大量絶滅が起きた。これらの大量絶滅は、平均するとおよそ何年に 1 回の頻度で起きていることになるか。下記の(ア)～(オ)から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

(ア) 10 万年 (イ) 100 万年 (ウ) 1000 万年 (エ) 1 億年 (オ) 10 億年

問 6 下記の(1)～(4)の化石は、地層の年代決定に用いられる示準化石である。これらは、主にどの時代の示準化石とされているか。それぞれについて、最も適切なものを下記の(ア)～(エ)から選び、記号で答えよ。なお同じ記号を重複して選んでも良い。

- (1) コンドント
- (2) 石灰質ナノ化石
- (3) 筆石
- (4) 浮遊性有孔虫

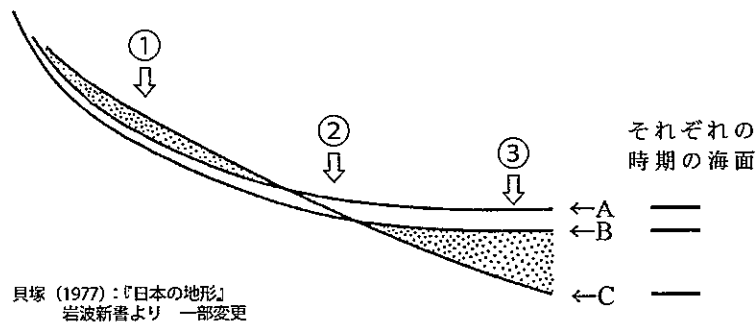
- (ア) カンブリア紀
- (イ) オルドビス紀～シルル紀
- (ウ) オルドビス紀～三畳紀
- (エ) 白亜紀以降

問 7 古生代の地球全体の陸地の分布図は、いくつかの地質学的根拠に基づいて作成されている。その根拠を3つ挙げよ。

問 8 古生代後半に出現したパンゲア超大陸の形成時のように、大陸と大陸が衝突すると、造山運動が活発化し、地殻の風化作用が増大する。地殻の風化作用の増大は大気化学組成にどのような変化をもたらすか、理由とともに3行程度で述べよ。

問題 B1 河川に関する以下の問 1～問 7 に答えよ。

下図は最終間氷期から最終氷期を経て後氷期に至る期間における、日本の山地から海岸までの河床縦断面の変化を表した模式図であり、A、B、C は各時期の河床縦断面を示す。



問 1 A、B、C の河床縦断面は、最終間氷期、最終氷期、後氷期のどの時期に対応するか、それぞれ記せ。

問 2 地点①において堆積作用が進行した結果、河床縦断面 C が形成された。この堆積物が供給された理由について 3 行程度で記せ。

問 3 地点①において下刻が進んだ結果、河床縦断面 B が形成された。この下刻の理由について 2 行程度で記せ。

問 4 地点③において堆積作用が進行した結果、河床縦断面 B が形成された。この堆積作用が進行した理由について 2 行程度で記せ。

問 5 地点①と地点③における概略の河床横断面図を、それぞれ描け。その際、各時期の河床面が分かるように、図中に A、B、C の記号を書き入れよ。

問 6 地点②付近において河床縦断面 A (あるいは B) と C の関係を示すような河成段丘は何かと呼ばれるか、地形用語を記せ。

問 7 最終間氷期から後氷期に至るまでの河床縦断面の勾配の変化のメカニズムを 5 行程度で説明せよ。

問題 B2 都市の地価と土地利用に関する以下の問 1～問 3 に答えよ。

問1 図1 は日本の地方中枢都市の都心部の、主要駅周辺の土地利用を模式的に描いたものである。

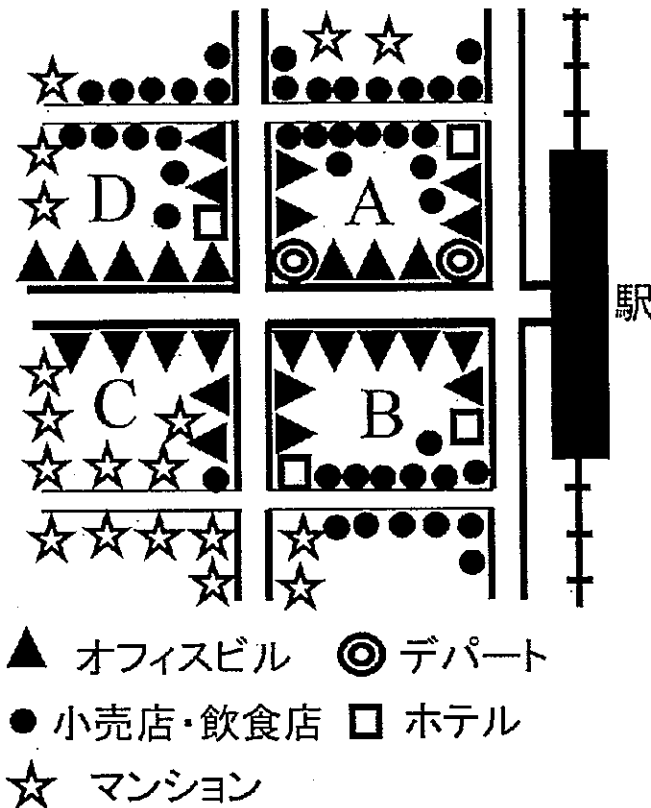


図1

- (1) 駅前のA・B地区にはマンションが立地していない。その理由を2行程度で述べよ。
- (2) もし、駅前のA・B地区で容積率が引き上げられ、その結果、大規模な高層オフィスビルが建設されたとする。ただし、都心部全体のオフィススペースに対する需要は増加しなかったとする。この時、駅前A・B地区の、①賃貸料と、②地価は、どのような変化をするか。理由を挙げてそれぞれ2行程度で述べよ。
- (3) 上記(2)の変化が起こった時、周辺のC・D地区ではどのような土地利用の変化が起こると予想されるか、4行程度で論ぜよ。

問2 日本の都市では、市街地整備および宅地供給の促進のために土地区画整理事業がなされてきた。この事業では、個々の地権者の所有地がある基準に従って削減され、これによって公共用地や事業費をまかなうための保留地が生み出される。

(1) このような所有地の削減を一般に何と呼ぶか。次の選択肢から最も適切な用語を選び、記号で答えよ。

(ア) 換地 (イ) 転用 (ウ) 減歩 (エ) 転換 (オ) 縮減

(2) 地権者が、所有地の削減に同意すると期待されるのはなぜか。理由を3行程度で述べよ。

問3 図2はある都市の都市域を示したものとする。また、図中の各メッシュ内の人口は、国勢調査で分かっているとする。

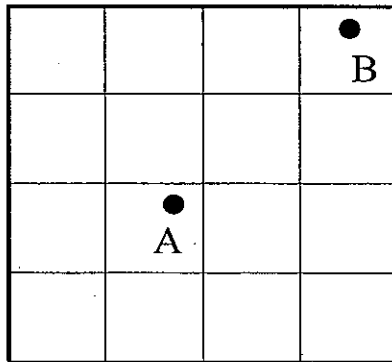


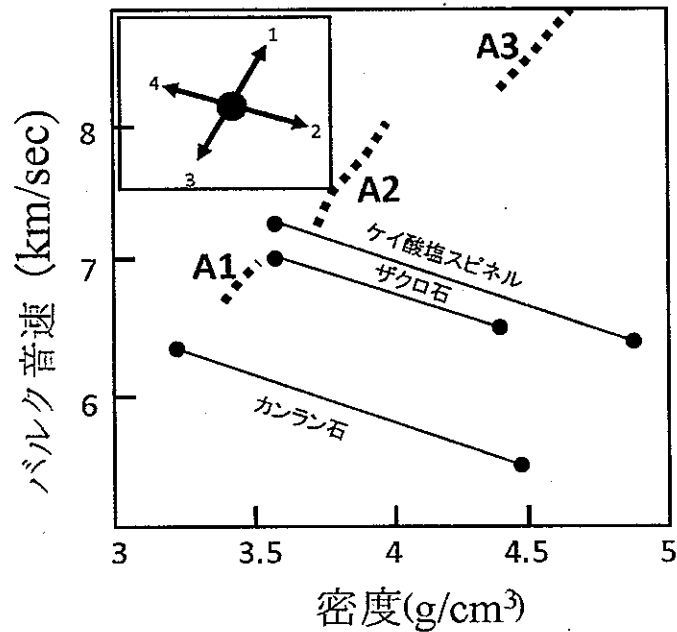
図2

(1) 地点AおよびBへの、この都市域に住む住民全体にとっての訪問のしやすさを、定量的に比較したい。適切な計測方法を4行程度で答えよ。

(2) 地点AまたはBに商業施設を建設することを考える。商業施設への来訪者数は、訪問のしやすさのほかに、他の要因によっても規定されると考えられる。それは何か、1行程度で答えよ。

問題 C1 鉱物ならびに地球内部に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 下図はカンラン石、ザクロ石、ケイ酸塩スピネルの鉄マグネシウム固溶体の密度とバルク音速の関係を示している。また A1、A2、A3 はマントル内部のある領域を示している。なお、バルク音速 V_0 とは $V_0 = (K_s/\rho)^{0.5}$ で定義される。ただし、 K_s は断熱体積弾性率、 ρ は密度である。この図を見て以下の(1)~(4)の設問に答えよ。



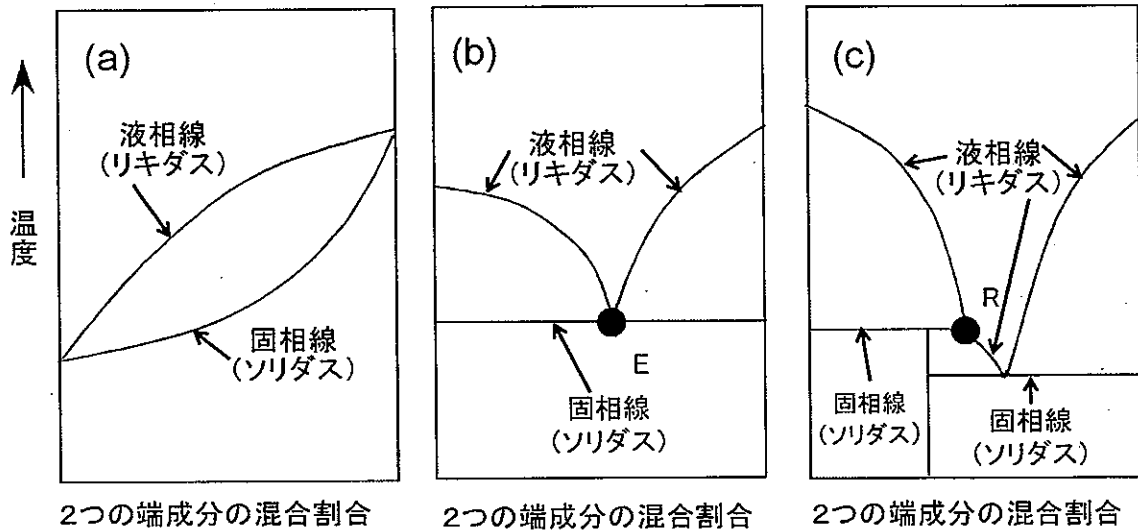
- (1) A1、A2、A3 はそれぞれ何とよばれる領域か。
- (2) A1 から A2 へ、A2 から A3 へは密度と音速の不連続が見られる。これらの不連続面がみられる深さはそれぞれ何 km か、有効数字 2 けたで答えよ。
- (3) 図に示した固溶体鉱物について、以下の①~③の場合、音速と密度の関係はどのように変化するか。挿入図の方向 1~4 から最も適切な方向を、それぞれ 1 つ選べ。
 - ① 鉄の含有量が増加するとき
 - ② 温度が上昇するとき
 - ③ 圧力が上昇するとき
- (4) カンラン石のようなマントル鉱物は、高温高压のもとで、より密な構造に相転移する。相転移にともなって、密度とバルク音速の関係はどのように変化するか、3 行以内で述べよ。

問2 鉱物に関する次の語のうちから5つを選び、それぞれ3行以内で説明せよ。

- (ア) 二次元核成長
- (イ) 晶癖
- (ウ) バーガーズベクトル
- (エ) ポリタイプ
- (オ) 三方晶系
- (カ) 裂開
- (キ) 仮像

問題 C2 岩石に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 下図の(a)~(c)は、地表でよく見られる造岩鉱物の 2 成分系での相図を簡略化して示している(横軸は重量%)。ただし圧力は大気圧とする。これを見て次の(1)~(3)に答えよ。



(1) これら(a)~(c)の相図の左右両端の鉱物は、次の(ア)~(オ)のどの組み合わせか。最も適切なものをそれぞれ 1 つずつ選び、記号で答えよ。同じものを 2 回以上選んではならない。

- (ア) 苦土カンラン石(フォルステライト) - 石英(クォーツ)
- (イ) ソウ長石(アルバイト) - 灰長石(アノーサイト)
- (ウ) ソウ長石(アルバイト) - 正長石(オーソクレス)
- (エ) 灰長石(アノーサイト) - 正長石(オーソクレス)
- (オ) 灰長石(アノーサイト) - 透輝石(ディオプサイド)

(2) 図中の E と R の点は、それぞれ何とよばれるか。記号を記し、それぞれ日本語または英語で答えよ。

(3) 分解(不一致、非調和)溶融 (incongruent melting) がみられる相図を 1 つ選んで(a)~(c)の記号で答え、この現象について 3 行程度で説明せよ。

問2 日本列島の深成岩・変成岩について次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 深成岩を、 SiO_2 含有量により超塩基性のものから酸性のものまで4つに区分したとき、それぞれを代表する岩石名をこの順に列記せよ。そして、それらのうち日本列島に最も多量に露出するものを○で囲め。

(2) 泥質変成岩中に、変成温度が高くなるとともに紅柱石が形成され、さらに珪線石に変化するような広域変成帯について、次の①～③に答えよ。

① このタイプの代表的な日本の変成帯の名称を1つ答えよ。

② 解答用紙に簡単な日本地図を描き、①で答えた変成帯の分布を示せ。

③ このタイプの変成作用の温度圧力条件とそれが進行したテクトニクス場について5行程度で述べよ。

問題 C3 地球と惑星の化学的性質に関する以下の問 1、問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、下の(1)～(3)に答えよ。

ある黒色頁岩の薄片のスケッチを図 1 に示した。この黒色頁岩は葉理(図 1 の破線)が発達し、有機物も多く含んでいる。有機物は ^{12}C に富み、炭素同位体組成($\delta^{13}\text{C}$ 値)は -25‰ (PDB) であった。続成作用時に微生物活動によって形成された黄鉄鉱も岩石中に分布している様子が見られた。さらに黒色頁岩形成後に熱水が入り込み、方解石からなる熱水脈を形成した痕跡も見られた。黒色頁岩中にあった有機物の一部が熱水脈に取り込まれた組織も見られた(図 1 中の A)。

- (1) 黄鉄鉱と方解石の化学式を答えよ。
- (2) 熱水脈が 300°C で形成されたとする。この熱水から沈殿する方解石の $\delta^{13}\text{C}$ 値はどのような値になるか、図 2 を参考にして計算せよ。計算の過程も 5 行以内で記せ。ただし熱水中の CO_2 の $\delta^{13}\text{C}$ 値が -5‰ であったとする。図 2 の太線(a)は CO_2 と方解石の間の同位体分別効果($\delta^{13}\text{C}_{(\text{CO}_2)} - \delta^{13}\text{C}_{(\text{方解石})}$)、太線(b)は CO_2 とグラファイトの同位体分別効果($\delta^{13}\text{C}_{(\text{CO}_2)} - \delta^{13}\text{C}_{(\text{グラファイト})}$)を表している。
- (3) 図 1 の熱水脈に取り込まれた有機物 A の $\delta^{13}\text{C}$ 値が熱水中の CO_2 と同位体平衡に達したときの値はいくらになるか。計算の過程も 6 行以内で記せ。ただし有機物と CO_2 が同位体交換を行ったとき、熱水中の CO_2 の量は十分にあったものとし、A 周辺の方解石は(2)で見積もった値のままであったとする。また有機物と CO_2 の間の同位体分別効果には図 2 の(b)が適用できるものとする。

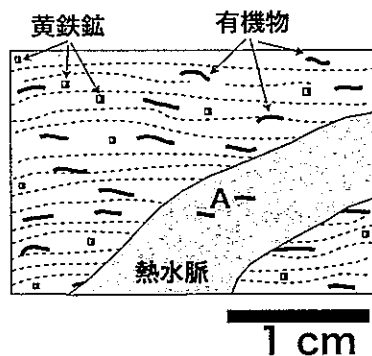


図 1

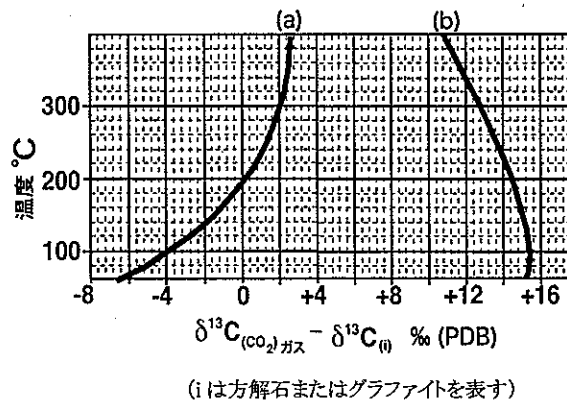


図 2

問2 次の文章を読み、下の(1)~(4)に答えよ。

太陽系の元素存在度は、太陽系の起源、惑星系の形成進化過程を制約する上で重要な値であり、また、さまざまな地球惑星物質の化学分化のプロセスを知るために、元素存在度の最も普遍的な比較対象値として用いられる。太陽系の元素存在度の大部分は、(a)太陽光の分光分析、および(b)始原的な隕石の化学分析のデータから推定されている。図3は縦軸に太陽大気、横軸に始原隕石の元素存在度を取り、両者を比較したものである。大部分の元素は傾き1の直線近傍にプロットされ、太陽大気と始原隕石の元素存在度がよく一致していることを示している。しかしながら、(c)一部の元素では両者の元素存在度に不一致が見られる。例えば、希ガスは気体であるためガス球である太陽には多く存在するが、固体物質である隕石には微量にしか存在しない。そのため図3のグラフの左の枠外にプロットされる。

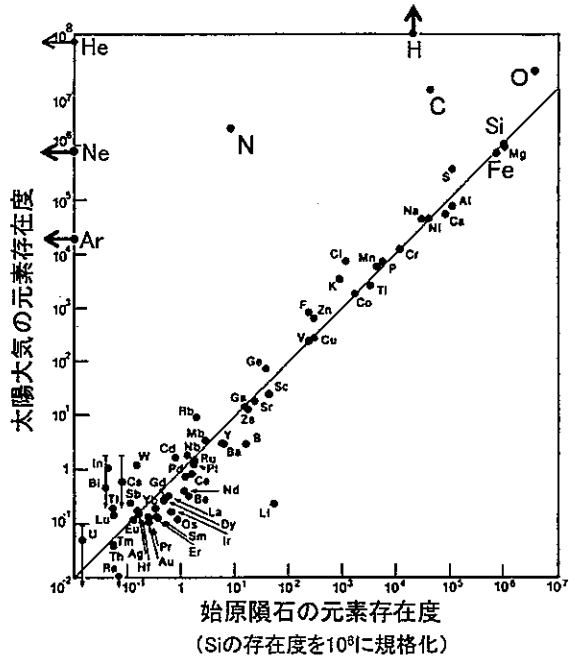


図3

(1) 下線部(a)の手法で太陽大気中の元素組成を推定する原理を、以下のキーワードを用い、5行以内で記せ。

フラウンホーファー線(暗線)、吸光、基底状態、エネルギー準位

(2) 下線部(b)の始原隕石としてCIコンドライトが用いられる。どうしてCIコンドライトが用いられるのか、その理由を元素組成の特徴に着目して3行以内で記せ。

(3) 下線部(c)に関して、隕石と比べより太陽に多く含まれる元素として、炭素、窒素、酸素が挙げられる(図3を参照)。しかし、これら3つの元素の存在度は、希ガスに比べると太陽と隕石とで差が少ない。その理由を2行以内で記せ。

(4) 図3を参照すると、太陽、隕石ともに元素の存在度は原子番号の増加とともに減少していることがわかる。しかし、鉄は原子番号から予測される存在度よりもはるかに高い存在度を示している。その理由を3行以内で記せ。

余白