

令和4年度（2022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・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)

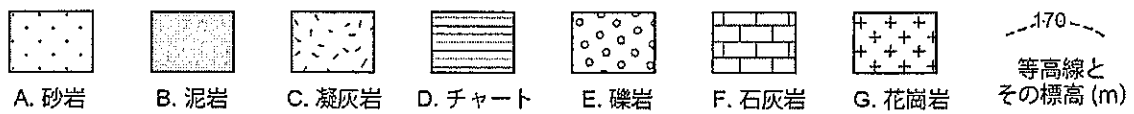
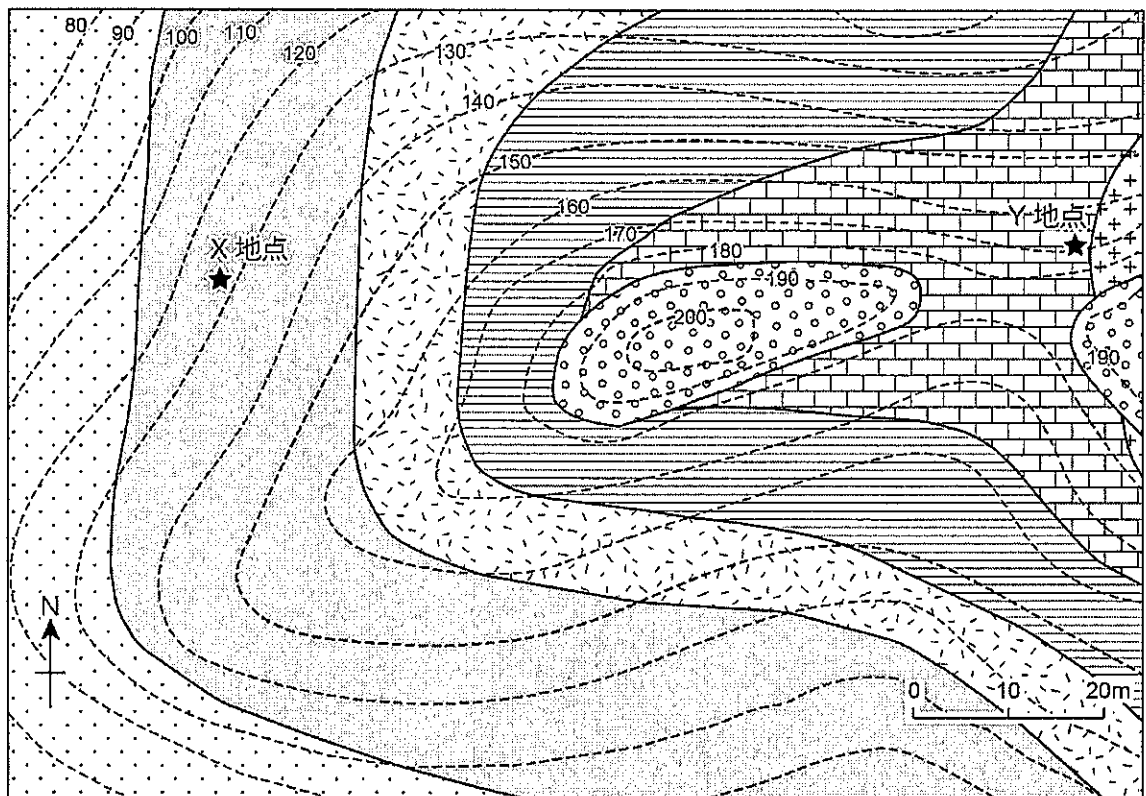
令和3年8月26日 13:00～14:30 実施

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問は志望分野を含まない問題群から選択しても構わない。
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。

問題A1 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

下の図は、ある地域の地質図である。この地域の地点 X では、白亜系のある階の (a)GSSP 候補となる地層が露出する。GSSP の認定を目指し、地点 X の地層では (b)さまざまな層序学的検討が行われている。なお、この地域では地層の逆転や断層はないものと仮定する。



図

問1 地層 B と地層 E の走向・傾斜を示すものとして、最も妥当なものはどれか。下記の①～⑨よりそれぞれ1つ選べ。

- ① N45°E 45°SE ② N45°E 45°NW ③ NS 30°E ④ NS 30°W ⑤ N45°W 45°NE  
 ⑥ N45°W 45°SW ⑦ NS 15°W ⑧ NS 15°E ⑨ 水平

問2 地点 Y では、花崗岩 G が石灰岩からなる地層 F に接触変成作用を及ぼしている。  
地点 Y に露出すると想定される岩石名を答えよ。

問3 地点 X の地層 B からは白亜紀前期の石灰質ナンノ化石、地層 E からは始新世の大型有孔虫化石が産出した。また、花崗岩 G は地層 E に接触変成作用を及ぼしていない。花崗岩 G の放射年代として妥当な年代値はどれか。下記の①～⑥より1つ選べ。

① 260 Ma ② 230 Ma ③ 160 Ma ④ 60 Ma ⑤ 30 Ma ⑥ 6 Ma

問4 下線 (a) の GSSP とは何か。下記の語句をすべて用い、3 行以内で説明せよ。

[ 地質時代, 国際的同意, 層序断面, 位置 ]

問5 下線 (b) に関連し、地層を検討するうえで用いられる 層序区分 を3つ挙げ、それらの特徴をそれぞれ2行以内で説明せよ。

**問題A2 以下の問1～問4に答えよ。**

問1 放射性炭素年代測定に用いられる  $^{14}\text{C}$  は、どのようなメカニズムで形成されるか。4行以内で説明せよ。必要に応じ、式を用いてよい。

問2 一般に、海棲生物の殻の放射性炭素年代とウラン系列年代は一致しない。その理由を2つ、それぞれ3行以内で説明せよ。

問3 放射性炭素の濃度の測定の下限は、現在の大気中の放射性炭素濃度の1000分の1程度とされている。これをもとに、放射性炭素年代法で求めることができる最も古い年代を答えよ。計算の過程も示すこと。なお、ここでは放射性炭素の半減期は、5700年とする。必要に応じ、 $\log_{10}2 = 0.3$  を用いよ。

問4 過去の生物礁で形成された炭酸塩岩の安定炭素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) を測定したところ、ある層準で、上下層に比べて  $\delta^{13}\text{C}$  値が上昇する正のシフトが見出された。この原因として考えられる可能性を1つ挙げ、4行以内で説明せよ。なお、この正のシフトが見られる層準付近で不整合は見られない。

余白

## 問題 B1 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

表1は、ある山岳地における地表直下の、日平均地温を示したものである。この地点付近では深度方向も含め、考慮する範囲で熱伝導率を含む土質は均一とする。以下の問の解答過程において、必要であれば表2の平方根表を用いること。

問1 期間中、12月2日にはそれ以前に形成された凍土が一旦完全に消滅し、12月3日以降翌年春まで地盤の凍結が進行し、凍結深が60 cmに到達したのは1月3日であることが60 cm深以浅の地温観測結果から判明した。この間の積算寒度を整数で、適切な単位を付し解答せよ。また、下記(1)式に現れる地盤定数の値のみを、計算過程とともに、有効数字2桁で答えよ。

$$D = \alpha\sqrt{F} \quad (1)$$

ただし、 $D$ :凍結深 (cm)     $\alpha$ :地盤定数     $F$ :積算寒度    ( $\alpha, F$ とも単位非表示)

問2 その後、3月16日まで地盤の凍結が進行したが、同日の凍結深を、計算過程とともに有効数字2桁で答えよ。ただし、1月4日～3月16日の積算寒度は326 (単位非表示)とする。また1月4日以降も3月16日までの間、一旦形成された凍土は、融解することなくその厚さを増加させるものと考えてよい。

問3 表1の期間を含む寒候期全体における地表の凍上量総計は60.7 cmであることが、凍上量観測により判明した。この年のfrost creep総量(斜面に沿う)を、計算過程とともに有効数字3桁で答えよ。ただし観測地点付近の斜面傾斜は $13^\circ$ で一定とする。計算の過程で、必要であれば $\sin 13^\circ=0.225$ ,  $\cos 13^\circ=0.974$ ,  $\tan 13^\circ=0.231$ を用いること。

問4 周氷河気候下における緩速度の地表物質移動を示すsolifluctionにおいて、frost creepのほかの主要な物質移動プロセスを答えよ。また、そのプロセスの一般的性質について、次の語句を用い3行以内で説明せよ。

[ 永久凍土, 季節凍土, 活動層 ]

問5 寒候期の気候環境がこの年のように継続するものと仮定し、問3で求めた値をもとに、斜面物質がfrost creepのみによって斜面沿いに10.0 m移動するのに必要とする年数を、計算過程とともに有効数字2桁で答えよ。

表1 ある山岳地における地表直下の日平均地温 (°C)

	11月	12月	1月	2月	3月
1日	/	-0.2	-6.0	-4.8	-2.1
2日	/	3.3	-5.3	-3.7	-3.7
3日	/	-1.1	-3.0	-3.3	-4.0
4日	/	-6.3	-0.1	-4.0	-4.5
5日	/	-5.2	-0.8	-4.5	-4.2
6日	/	-4.6	-4.9	-4.9	-3.0
7日	/	-1.7	-5.2	-4.6	-3.8
8日	/	-1.9	-3.9	-4.8	-3.1
9日	/	-0.2	-1.5	-5.1	-2.9
10日	/	-2.8	-5.4	-3.3	-3.3
11日	/	-4.4	-8.8	-4.8	-2.1
12日	/	-2.3	-8.9	-2.6	-1.6
13日	/	-1.6	-7.7	-1.0	-1.7
14日	/	-3.7	-9.5	-5.5	-1.8
15日	/	-4.6	-10.6	-5.5	-2.1
16日	/	-7.5	-8.8	-5.7	-2.9
17日	/	-7.5	-7.3	-4.6	1.9
18日	/	-7.0	-7.3	-5.7	-0.6
19日	/	-8.1	-9.5	-4.8	1.6
20日	/	-7.2	-7.7	-4.9	-2.0
21日	/	-6.5	-7.4	-3.1	0.8
22日	/	-4.4	-5.2	-2.8	-2.3
23日	/	-0.7	-1.8	-3.6	-2.0
24日	/	0.0	-2.7	-4.0	-0.5
25日	0.2	-3.3	-4.7	-3.1	-0.5
26日	-0.9	-5.2	-5.1	-4.0	-0.6
27日	-0.4	-3.3	-6.4	-2.5	-0.7
28日	0.5	-1.8	-5.3	-2.2	-0.5
29日	0.7	-4.6	-3.9	/	-0.9
30日	0.4	-4.3	-6.5	/	0.9
31日	/	-3.1	-8.6	/	2.1

寒候期の一部, 11/25~3/31のみを示している。

表2 平方根表

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$	n	$\sqrt{n}$	$\sqrt{10n}$
1	1.00	3.16	26	5.10	16.12	51	7.14	22.58	76	8.72	27.57
2	1.41	4.47	27	5.20	16.43	52	7.21	22.80	77	8.77	27.75
3	1.73	5.48	28	5.29	16.73	53	7.28	23.02	78	8.83	27.93
4	2.00	6.32	29	5.39	17.03	54	7.35	23.24	79	8.89	28.11
5	2.24	7.07	30	5.48	17.32	55	7.42	23.45	80	8.94	28.28
6	2.45	7.75	31	5.57	17.61	56	7.48	23.66	81	9.00	28.46
7	2.65	8.37	32	5.66	17.89	57	7.55	23.87	82	9.06	28.64
8	2.83	8.94	33	5.74	18.17	58	7.62	24.08	83	9.11	28.81
9	3.00	9.49	34	5.83	18.44	59	7.68	24.29	84	9.17	28.98
10	3.16	10.00	35	5.92	18.71	60	7.75	24.49	85	9.22	29.15
11	3.32	10.49	36	6.00	18.97	61	7.81	24.70	86	9.27	29.33
12	3.46	10.95	37	6.08	19.24	62	7.87	24.90	87	9.33	29.50
13	3.61	11.40	38	6.16	19.49	63	7.94	25.10	88	9.38	29.66
14	3.74	11.83	39	6.24	19.75	64	8.00	25.30	89	9.43	29.83
15	3.87	12.25	40	6.32	20.00	65	8.06	25.50	90	9.49	30.00
16	4.00	12.65	41	6.40	20.25	66	8.12	25.69	91	9.54	30.17
17	4.12	13.04	42	6.48	20.49	67	8.19	25.88	92	9.59	30.33
18	4.24	13.42	43	6.56	20.74	68	8.25	26.08	93	9.64	30.50
19	4.36	13.78	44	6.63	20.98	69	8.31	26.27	94	9.70	30.66
20	4.47	14.14	45	6.71	21.21	70	8.37	26.46	95	9.75	30.82
21	4.58	14.49	46	6.78	21.45	71	8.43	26.65	96	9.80	30.98
22	4.69	14.83	47	6.86	21.68	72	8.49	26.83	97	9.85	31.14
23	4.80	15.17	48	6.93	21.91	73	8.54	27.02	98	9.90	31.30
24	4.90	15.49	49	7.00	22.14	74	8.60	27.20	99	9.95	31.46
25	5.00	15.81	50	7.07	22.36	75	8.66	27.39	100	10.00	31.62

**問題 B2 以下の問1、問2に答えよ。**

問1 地理学あるいは統計学における，次の(1)～(4)の用語について，それぞれ4行以内で説明せよ。

- (1) 田園回帰
- (2) ジェントリフィケーション
- (3) 回帰分析
- (4) 主成分分析

問2 図は都道府県間の人口移動のうち，宮城県，東京都，福岡県からの転出数と，宮城県，東京都，福岡県への転入数をグラフ化したものである。これについて次の小問(1)，(2)に答えよ。

(1) 図に現れている人口移動の特徴のうち，空間的相互作用モデルによって期待されるものをすべて挙げ，5行以内で答えよ。

(2) 図に現れている人口移動の特徴のうち，空間的相互作用モデルでは期待されないものを5行以内で答えよ。



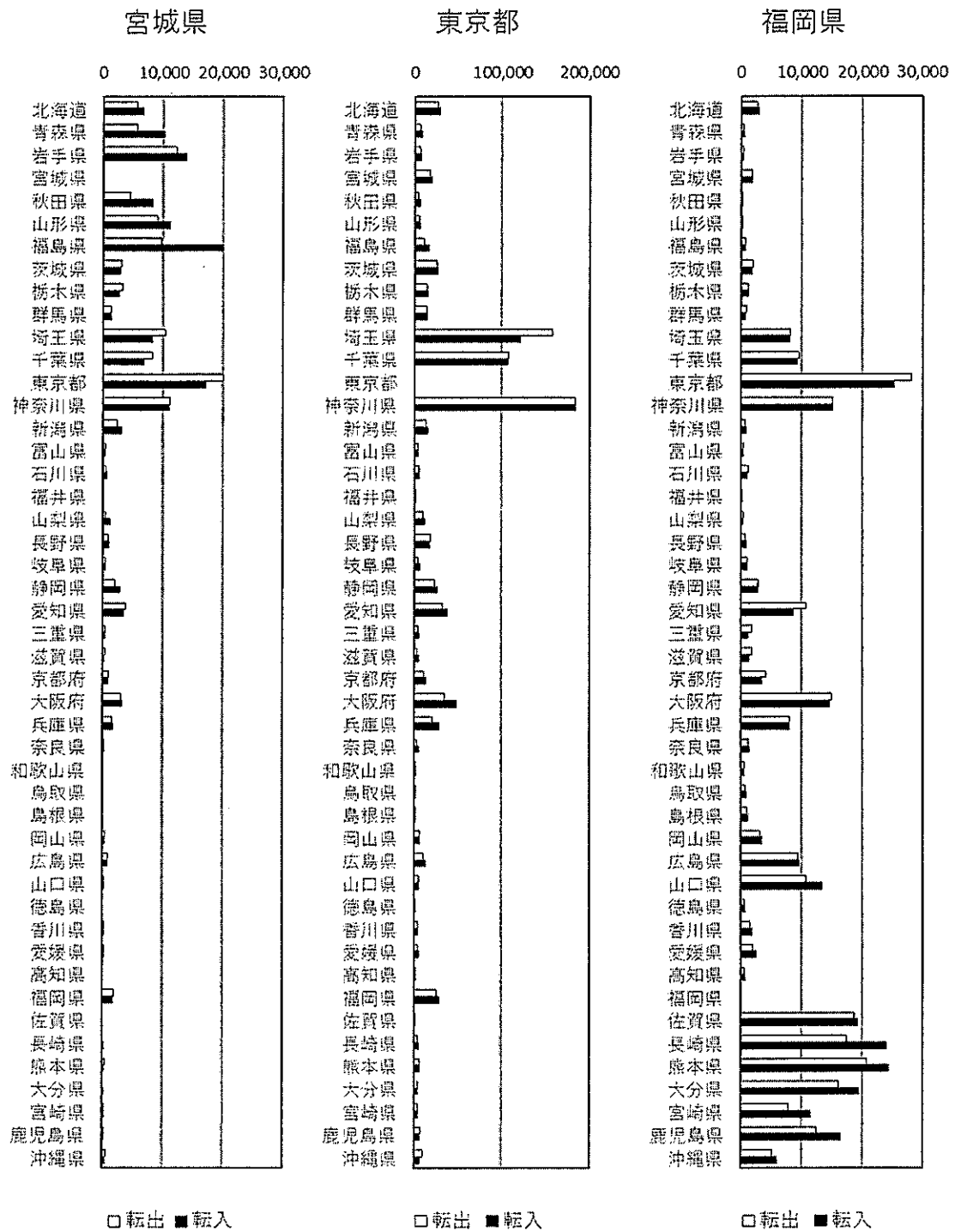


図 都道府県間人口移動 (出典：平成 27 年国勢調査)

問題 C1 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。

地球の内部は層構造をしており、地表から中心に向かって [A]、マントル、外核、[B]に分かれている。外核と[B]では鉄と[C]が主成分となっており、<sup>a)</sup>地震波の観測から外核は液体であり、[B]は固体であることが分かっている。一方、ゼノリス（捕獲岩）などの研究によって、地球の上部マントルは主にカンラン岩で構成されていると考えられている。マントルのカンラン岩類は三種類の鉱物、すなわちオリビン、[D]、[E]の比で分類され、未分化なカンラン岩の岩石名は超マフィック岩の分類に基づくと[F]である。オリビンは[G]晶系の鉱物であり、SiO<sub>4</sub>四面体の結合様式から[H]ケイ酸塩の構造群に分類される。オリビンはMg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>とFe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>を端成分とする固溶体である。未分化なカンラン岩に含まれる組成の<sup>b)</sup>オリビンは、深さ約410 kmにおいてワズレアイトに相転移する。ワズレアイトの構造は<sup>c)</sup>変型スピネル構造と呼ばれる。続いて、深さ約520 kmにおいて、ワズレアイトはリングウッドイトに相転移する。リングウッドイトは<sup>d)</sup>スピネル構造の鉱物である。さらに、深さ約[I] kmにおいて、リングウッドイトは<sup>e)</sup>フェロペリクレスと[J]構造のブリッジマナイトに分解する。

問1 文章中の[A]～[J]に入る語句を答えよ。

問2 次の小問(1)、(2)に答えよ。

(1) 下線部 a) について、外核が液体であると考えられる理由を1行で説明せよ。

(2) 外核が全て冷え固まって固体となった場合、地球の磁場はどのように考えられるか2行以内で説明せよ。

問3 深さ約410 kmでは地震波速度が不連続的に上昇することが観測によって分かっており、オリビンからワズレアイトへの相転移が原因だと考えられている。この相転移に伴って地震波速度が上昇する理由を2行以内で説明せよ。

問4 下線部 c) の構造であるワズレアイトと、下線部 d) の構造であるリングウッドイトにおけるSiO<sub>4</sub>四面体の結合様式について、それぞれ1行で説明せよ。

問5 下線部 e) について、フェロペリクレーズの化学式は  $(\text{Mg,Fe})\text{O}$  であり、その端成分であるペリクレーズの化学式は  $\text{MgO}$  である。ペリクレーズの結晶構造について 2 行以内で説明せよ。

問題 C2 以下の問1～問3に答えよ。

問1 図1はAとBを端成分とする2成分固溶体の相平衡図である。縦軸は温度を示し、上向きが高温である。横軸はB成分の割合を示している。図1中のXの温度、組成を持つ液体が $T_2$ の温度まで冷却結晶化する過程を5行以内で説明せよ。説明には固相の初相組成と $T_2$ における液相と固相の比を含めること。ただし、閉鎖系における平衡結晶作用を考えることとする。

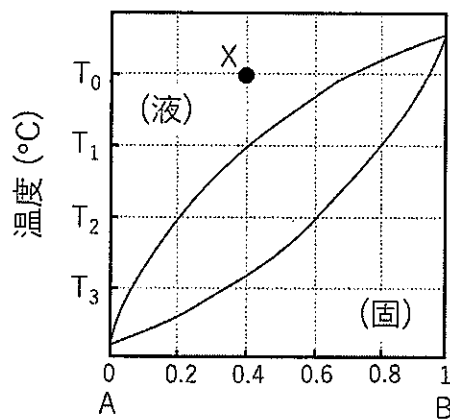


図1

問2 冷却したメルトから球状の結晶が核形成するときの自由エネルギーの変化( $\Delta G$ )と結晶の半径( $r$ )の関係を、図2に実線で示す。また、図2に示される二つの破線は、メルトから結晶への相転移に伴う自由エネルギーの変化( $\Delta G_v$ )と半径の関係およびメルトと結晶の界面が形成されることによる自由エネルギーの変化( $\Delta G_s$ )と半径の関係を表している。ここでは、温度と圧力が一定の条件下で、1個の結晶を考えることとする。次の小問(1)、(2)に答えよ。

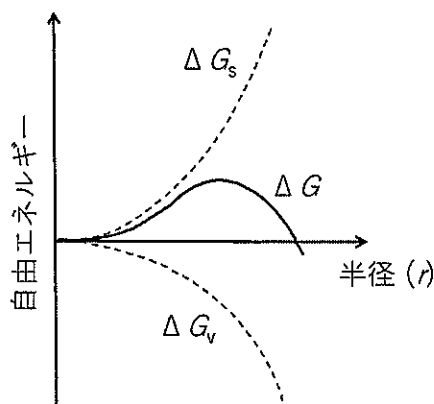


図2

- (1) 自由エネルギーの変化 ( $\Delta G$ ) と結晶の半径 ( $r$ ) の関係式を導け。導出過程も説明すること。ただし、メルトと結晶間の表面張力を  $\sigma$ 、相転移に伴う単位体積あたりの自由エネルギーの変化を  $\Delta g$  とする。
- (2) (1) で導出した関係式に基づき、どのような場合に結晶の核生成率が高くなるか 4 行以内で説明せよ。

問3 マグマの冷却結晶化と火山噴火に関する次の小問 (1), (2) に答えよ。

- (1) 以下の文章中の  ～  に入る語句を答えよ。

火山直下にあるマグマだまり内では、 および  による熱輸送、さらに母岩の溶融と取り込みによってマグマの冷却が進む。冷却に伴い結晶化が進むと、マグマは流動性を失っていき  が抑制され、冷却速度が低下する。流動性を失ったマグマが噴火を起こすためには、相対的に  のマグマが既存のマグマだまりに供給され混合 (マグマ混合) することで、マグマが再度、流動できるようになることが重要だと考えられている。

- (2) マグマ混合を示唆すると考えられる証拠の一つとして、火山噴出物中の鉱物に見られる逆累帯構造があげられる。逆累帯構造とは何か、そしてなぜ逆累帯構造がマグマ混合の証拠の一つとみなされるのか 6 行以内で説明せよ。

**問題 C3 次の文章を読み、以下の問1～問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る。(a) 太陽系の元素存在度を推定する方法の一つに太陽光の分光分析が挙げられる。 太陽の **A** 下部にある原子やイオンは **B** から放出される連続スペクトル光からある特定の波長の光を吸収し、その結果スペクトル上に **C** を生じる。このとき吸収する光は元素のエネルギー準位間のエネルギーに相当する波長の光で、元素は光を吸収することによってより高いエネルギー準位に遷移する。エネルギー準位は元素に固有なので、**C** の波長を知ることによって、**B** に存在する元素の種類を定性でき、また、**C** の強さ、すなわち吸収の大きさから元素の量を定量できる。もう一つの方法として、始原的な隕石の化学分析が挙げられる。図1は縦軸に太陽の、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、(b) 一部の元素では両者の元素存在度に不一致がみられる。 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1の左の枠外にプロットされる。

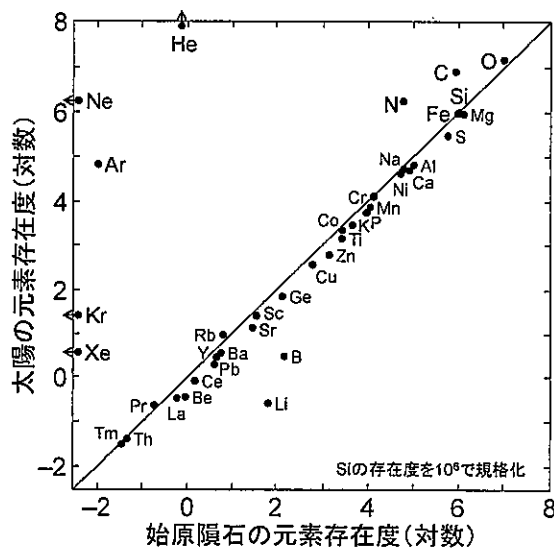


図1 (McSween, 1979を一部改変)

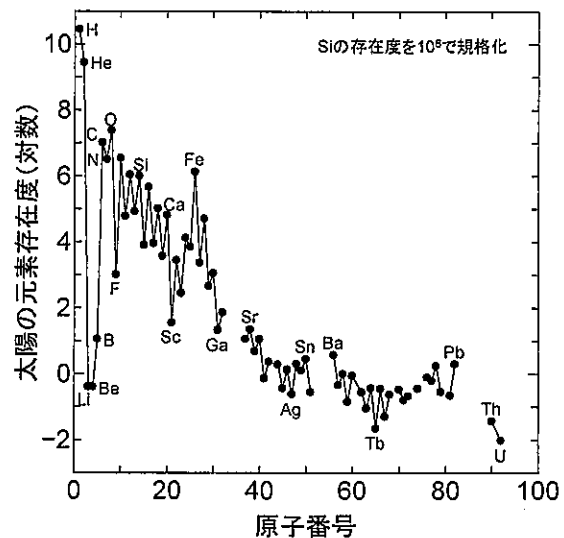


図2 (Anders and Grevesse, 1989のデータより作成)

問1 下線部 (a) に関して、太陽光の分光分析から得られる値は太陽の元素存在度である。これを太陽系の元素存在度とみなして良い理由を2行以内で説明せよ。

問2 上記文章の  ～  に入る適切な語句を下記の選択肢から選べ。

フラウンホーファー線 光球 X線 コロナ  
彩層 輝線 フレア プロミネンス

問3 下線部 (b) に関して、隕石と比べて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1を参照)。しかし、これら3つの元素の存在度は、希ガスと比べると太陽と隕石で差が小さい。その理由を3行以内で説明せよ。

問4 図2を参照すると、太陽の元素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。次の小問(1)、(2)に答えよ。

(1) 原子番号の大きい元素ほど存在度が小さいという傾向は恒星内部で起こるある過程で説明できる。その過程について、2行以内で説明せよ。

(2) (1)で問うた過程の結果である太陽の元素存在度において、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行以内で説明せよ。