

平成 22 年度(2010 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 群 (地圏進化学・環境動態論分野)

B 群 (環境地理学・環境動態論分野)

C 群 (地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野)

平成 21 年 9 月 2 日 13:00~15:00 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 15:00 までです。
4. 問題は A 群 3 問 (問題 A 1 ~ A 3 : 地圏進化学・環境動態論分野)、B 群 3 問 (問題 B 1 ~ B 3 : 環境地理学・環境動態論分野)、C 群 5 問 (問題 C 1 ~ C 5 : 地球惑星物質科学・比較固体惑星学分野) の計 11 問が出題されています。受験生はこのうちから 3 問を選択して解答します。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 2 問は志望分野を含むいずれの問題群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 題ごとに 1 枚の解答用紙を使います。表に書ききれないときは裏も使います。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記号番号を記入します。
6. 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志望する受験生は志望研究室の調査があります。

問題A1 次の文章を読み、問1および問2に答えよ。

大陸移動説は1910年代に [ア] によって提唱された仮説である。この仮説によると、[イ] と呼ばれる1つの大陸は、[ウ] 紀末頃から分裂しはじめ、その分裂した大陸片は地質時代の進行とともに移動して、現在の大陸分布がつくられたとされている。この仮説は、大西洋をはさむ両海岸線の形状から考えついたといわれ、古生物の分布、石炭紀～ペルム紀の [エ]、地質構造などがその主な根拠とされている。大陸が分裂するメカニズムは、1960年代初めに提唱された海洋底拡大説やその後発展した [オ] により詳しく説明されている。

[オ] によると、地球の表面は何枚かのプレートによって覆われており、固体地球表面での様々な地学現象はプレートの動きと密接に関連づけられている。プレートの境界は3つのタイプに分類される。

第一の境界は、2つのプレートが互いに離れていく境界で、ここには [カ] が存在する。[カ] ではマントルから上昇してきた物質によってプレートが生産されており、海洋底が拡大している。[カ] から海洋底が移動していった様子は、海洋底の岩石の [キ] の正帯磁と逆帯磁の記録から読み取れる。また海上での磁力計による磁気測定によると、[カ] の両側には [カ] を軸として対称に (a) 地磁気の [ク] が観測される。[ケ] はこのようなプレートの境界上にできた火山島である。

第二の境界は、2つのプレートが互いにすれちがうように動いている境界である。このような境界を [コ] という。海底地形図をみると、[カ] が多くの [コ] で切られていることがわかる。北米カリフォルニアの [サ] 断層は、大陸内に分布する [コ] の例である。[カ] や [コ] 付近では震源の [シ] 地震が多発する。

第三の境界は、2つのプレートが互いに近づき合い、押し合っている境界である。このような境界では、一方のプレートが他方のプレートの下に沈みこんでおり、そこには水深6000 mより深い [ス] ができている。新しい海洋底は [カ] でつくられ、古い海洋底は [ス] で消滅している。また、[ス] に平行して島弧や大陸縁の山脈ができている。[ス] から島弧や大陸縁の山脈の下に向かって沈みこむ一定の面内では [セ] 地震が多発する。この面を [ソ] と呼んでいる。日本列島やアンデス山脈は第三のプレート境界の特徴を示している。

問1 [ア]～[ソ] に適切な語句を記せ。

問2 下線部(a)で述べられている地磁気の強さを地下深部で測定することが可能であるとして、深さ100 kmから1500 kmまで測定したならば、磁界の強さはどのように変化するか。2行程度で述べよ。

問題A2 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

混濁流として海底斜面上を流動して深海に運ばれた堆積物がタービダイトである。Bouma (1962)は、基底が粗粒堆積物で始まり上位が細粒堆積物となる明瞭な級化成層を成すタービダイトの完全単層記載を行い、その際に単層を5種類の堆積相に区分した。

問 1 タービダイト単層の模式柱状図を描け。

問 2 描いた模式柱状図中に、5種類に区分した堆積相の名称を、下記のア～オの記号を用いて記入せよ。

ア 斜交葉理相、イ 泥質相、ウ 粗粒平行葉理相、エ 粗粒級化相、オ 細粒平行葉理相

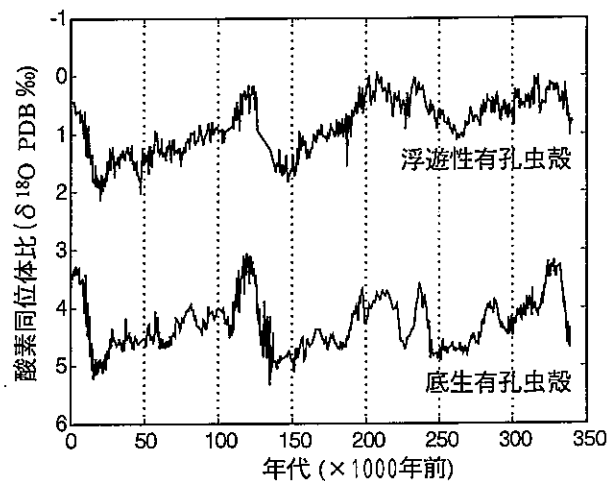
問 3 タービダイト単層の基底には、高密度流動体の発生を示す特有の堆積構造が見いだされる。この構造の名称を記せ。

問 4 タービダイトを発生させる原因を2つ記せ。

問題 A3 次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

有孔虫は進化が速く、時代ごとに生息していた種が異なることから、示準化石として地層の地質年代の推定に用いられる。また、現在の海洋では海水温ごとに生息している種が異なることから、浮遊性有孔虫は示相化石として過去の海水温の推定に用いられる。

酸素原子には通常のものより重い同位体(^{18}O)が知られている。有孔虫殻を作る炭酸カルシウム(CaCO_3)の酸素同位体比は有孔虫が生息する海洋の環境を反映する。東赤道太平洋の水深 3000 m の深海底より掘削されたコアから得られた有孔虫殻の分析からは、下図に示すような酸素同位体比の変動が明らかにされている。このような変動記録から過去の海洋構造や気候システムの変遷が推定される。



問 1 示準化石の条件に「進化が速いこと」がある。それ以外の条件を1つ挙げよ。

問 2 示相化石の条件に「生息条件が限定されていること」がある。それ以外の条件を1つ挙げよ。

問 3 下線部について(1)と(2)に答えよ。

(1) 上図の浮遊性有孔虫殻と底生有孔虫殻の酸素同位体比には数‰の差が認められる。この差は何を表しているか。1行で述べよ。また、その差の成因を海洋の成層構造と関連づけて3行程度で述べよ。

(2) 両者の酸素同位体比変動には約10万年の卓越周期が認められ、その振幅と位相がほぼ等しい。このような両者の同調が生じる仕組みを氷河性海水準変動に関連づけて6行程度で述べよ。

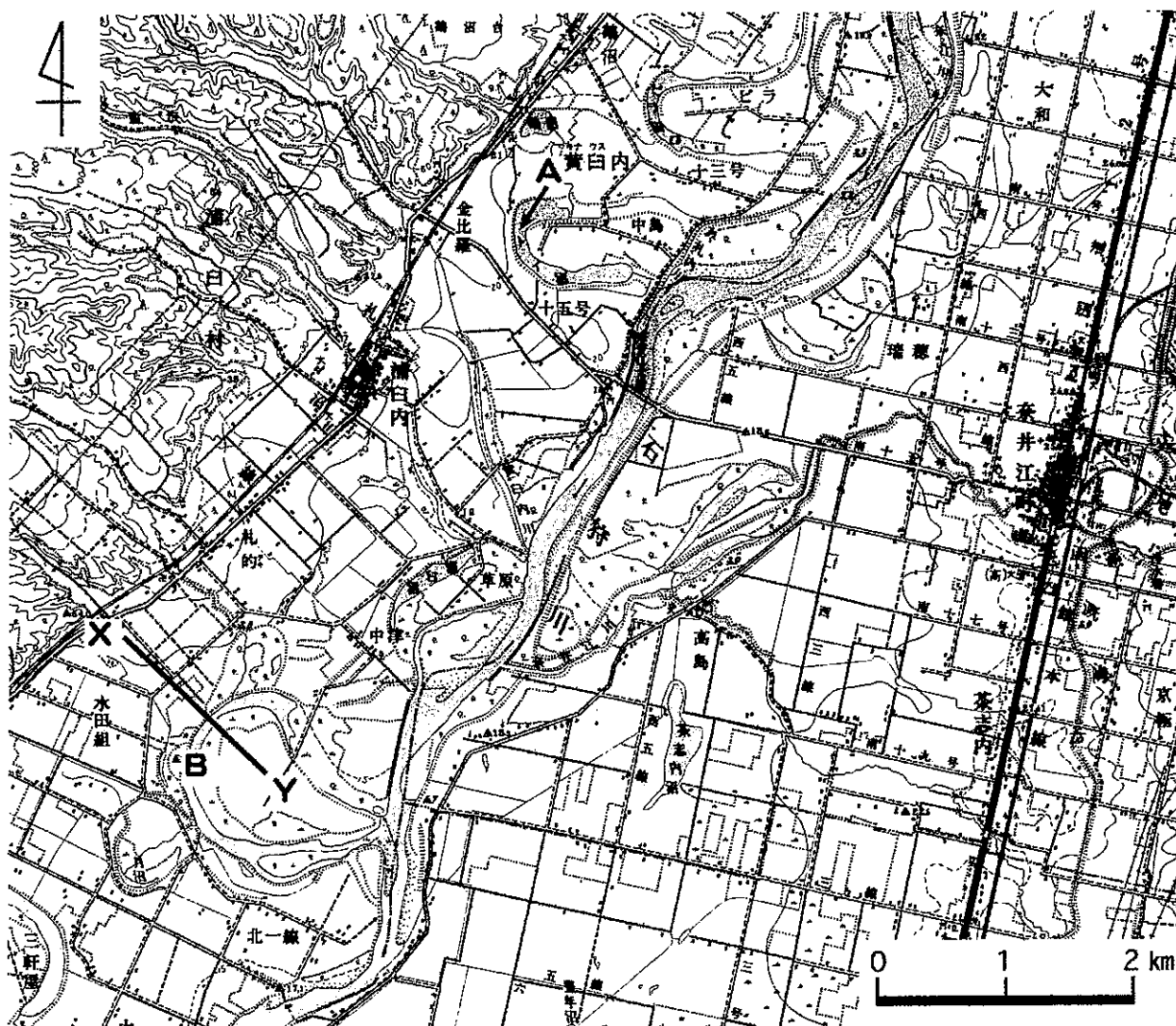
問題B 1 下図は1963年に発行された石狩川流域の5万分の1地形図(90%に縮小、一部改変)である。図をみて問1～問4に答えよ。

問1 図中の“A”が指し示す地形用語を記せ。また、石狩川流域にはこのような地形が多く存在するがその理由について2行程度で述べよ。

問2 図中のX-Yの地形断面の概略図を描き、河道“B”の右岸と左岸の断面形の差違とそれをもたらした要因を2行程度で述べよ。なお、断面図の長さ、高さの縮尺は不要。ただし、X、Yの記号を記すこと。

問3 石狩川左岸は、碁盤目状の地割になっている。このような地割のモデルになった制度の名称を記せ。また、碁盤目状の地割を示す別の事例を1つ記し、それについて2行程度で述べよ。

問4 この地域において農地の開発のために行われた主要な工事を1つ記し、その概要について2行程度で述べよ。



問題B2 下の図1～図3をみて、問1～問5に答えよ。

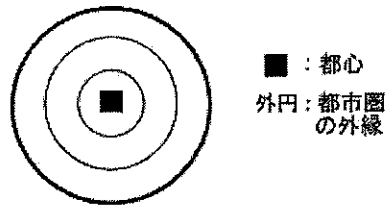


図1 大都市圏の居住地分化の模式図

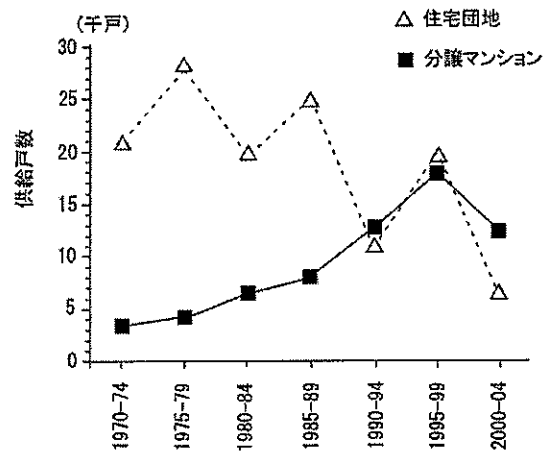


図2 仙台市における住宅供給の推移
(供給戸数:2004年現在の仙台市域に基づいた集計結果)

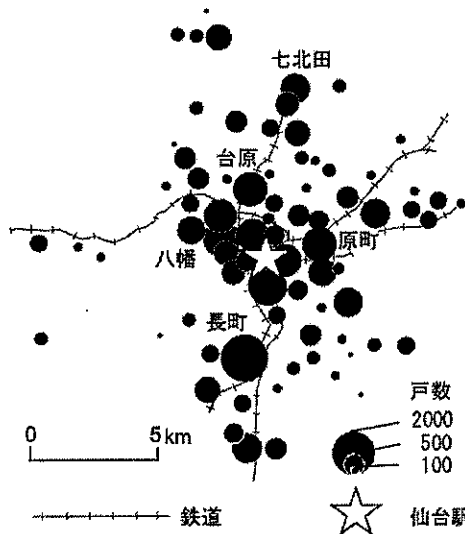


図3 仙台市における分譲マンションの供給戸数の分布 (1995-2005年)

問1 図1は大都市圏における住民のライフステージによる居住地分化を模式化したものである。この同心円パターンの形成について、住民のライフステージによる住宅地選好のあり方に着目して3行程度で述べよ。

問2 図2は仙台市の住宅供給の推移を表したものである。1990年代以降の住宅需要の変化を2行程度で述べよ。

問3 図2にある住宅団地のなかで早い時期に開発されたところでは、近年どのような問題が発生していると考えられるかを2行程度で述べよ。

問4 図3は仙台市の分譲マンションの供給戸数の分布を示したものである。分譲マンションの立地の特徴を2行程度で述べよ。

問5 図2および図3に基づいて仙台市の人口分布の今後を推察すると、どのような変化が予想されるかを2行程度で述べよ。

問題B3 下の図1および図2をみて、問1および問2に答えよ。

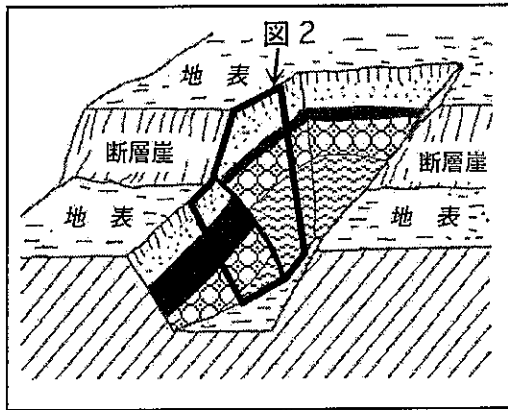


図 1

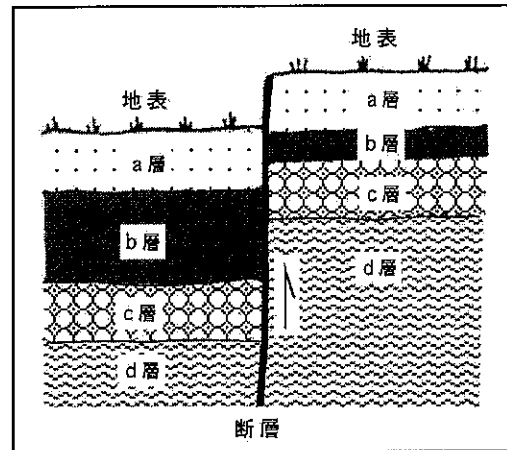


図 2

問 1 図1のように、活断層(断層崖)を横断して一定の規模の溝を掘って、壁面の地層の状況から、断層の活動時期を特定する調査をトレンチ調査とよぶ。図2は、図1の壁面の一部(太枠)を模式的に描いたものである。図2の模式図から、この断層は、少なくとも何回活動したと読み取ることができるか、解答例にならって読み取った活動時期を答えよ。また、読み取った理由を、それぞれ2行程度で述べよ。

【解答例】 X 層堆積後 Y 層堆積前

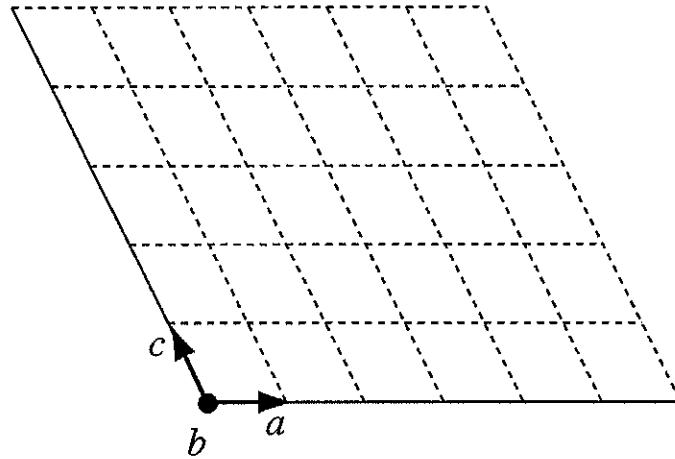
問 2 断層崖を横断するようなトレンチ調査を実施する場合、どのような場所を選定するのがよいか、図1を参考にしながら、5行程度で述べよ。ただし、下記のすべての用語を少なくとも1回は使用して、用語には下線を引くこと。

【断層位置、沖積地、年代測定】

問題C1 結晶格子と結晶成長に関する問1～問3に答えよ。

問1 下の図は単斜晶系の結晶格子を模式的に示している。ここで b 軸は紙面に垂直である。次の記号ア～エで示された指数の意味するものを図中にそれぞれ記入せよ。なお、図は解答用紙に転記すること。

ア (201) イ $(\bar{1}03)$ ウ $[401]$ エ 502



図

問2 結晶の対称要素について知るところを7行程度で述べよ。ただし、次の語句はすべて使用すること。

鏡映、回転、反転、回反、点群、らせん、映進

問3 溶液中での鉱物の成長過程について知るところを10行程度で述べよ。ただし、次の語句はすべて使用すること。

渦巻き成長 (らせん成長)、 二次元核成長、 ラフ (rough) な界面、
スムーズ (smooth) な界面、 過飽和度、 骸晶、 樹枝状結晶

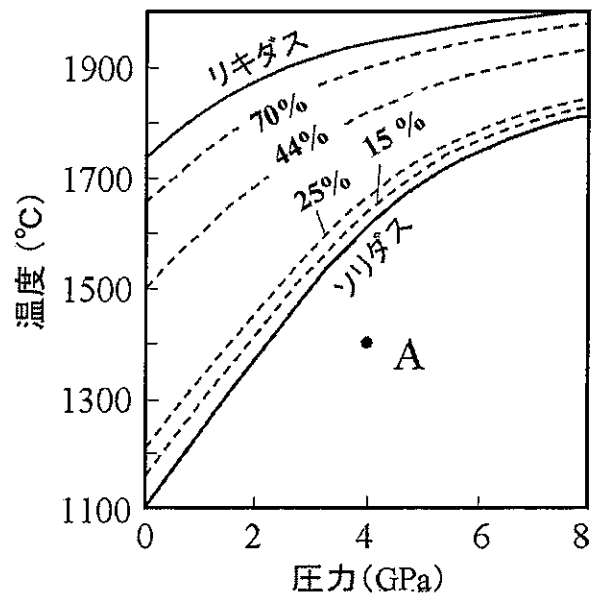
問題C2 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

プレート拡大境界下のマンツルの地温勾配は、マンツル上昇流による熱輸送（移流）と、岩石の熱伝導のいずれか効果的な方に支配され、ペクレ数 $Pe = vl/\kappa$ がその大小関係の指標となる。ここで、 v は上昇流の速度で、プレート運動の速度と同程度であるとし、 l は熱の輸送を考える長さスケールで、リソスフェアの厚さ程度とする。また岩石の熱拡散率 κ を $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ とすると、 Pe はおよそ **ア** となる。これは1より十分に大きい。したがって、拡大境界下での上部マンツルの定常的な上昇は、熱伝導のほとんど効かない断熱（等エントロピー）過程であると考えられ、その地温勾配は次式(1)で表せる。

$$\left(\frac{dT}{dz}\right) = \frac{g\alpha T}{C_p} \dots\dots(1)$$

(T : 温度, z : 深さ, g : 重力加速度, α : 熱膨張係数, C_p : 定圧モル比熱)。(a) 仮にマンツルが部分融解せずに断熱上昇して地表まで達したとするときの温度 ($z = 0$ での温度) を、マンツルのポテンシャル温度という。ポテンシャル温度 T_p は、式(1)を積分することによって得られる。

右図の実線はマンツルかんらん岩のソリダスとリキダスを、破線はメルト分率（部分融解度；重量%で表示）を表している。



図に示されるように、岩石の融点は、一般に圧力が下がるほど低くなる。この傾き (dT/dP) は、岩石の部分融解反応における Clausius-Clapeyron の関係によって決まり、一般に最上部マンツルでは断熱温度勾配よりも大きい。したがって、実際のマンツル上昇流は多くの場合に (b) ソリダスと交わり、部分融解を起こすことになる。

- 問1 文中の **ア** に入る値を求めよ。解答用紙に計算式も記すこと。
- 問2 式(1)を用いて、図の点Aを通過して上昇するマンツルのおよそのポテンシャル温度を求めよ。ただし g 、マンツルの岩石の α と C_p の値をそれぞれ $9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 、 $4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 、 $10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ とする。(参考) $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
- 問3 下線部 (a) に従い、 T_p を T と z の関数として表せ。ただし g は定数とする。
- 問4 下線部 (b) に関連し、マンツルのポテンシャル温度が高い場所では、低い場所と比べて、生産される玄武岩質地殻の厚さと Fe/Mg 比がそれぞれどのように異なると考えられるか。2行程度で記せ。

問題 C3 同位体と熱水について、問1～問3に答えよ。

問1 隕石や火山岩、鉱石などの年代を決定する際に放射性核種の放射壊変を利用することが多い。例えば、U-Pb系の親核種の一つである ^{238}U は、合計 ア 回の α 壊変、6回の β 壊変を経て、安定である ^{206}Pb に至る。時間 $t=0$ における ^{238}U の数を $^{238}\text{U}_0$ と表わすと、 $t=T$ には ^{238}U の数は放射壊変によって $^{238}\text{U}_0 \cdot e^{-\lambda T}$ に減少する。ここで、 λ は イ と呼ばれる定数である。特に、(a) ^{238}U の数が $^{238}\text{U}_0$ の数の半分になるまでの時間のことを ウ と呼ぶ。この ^{238}U についての放射壊変の式を用いて $t=T$ における ^{206}Pb の数を表し、さらに放射性起源ではない ^{204}Pb の数を分母にとると、時間 $t=T$ における $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比は以下の式で表わされる。

$$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} = \left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}} \right)_0 + \frac{^{238}\text{U}}{^{204}\text{Pb}} (e^{\lambda T} - 1)$$

ここで、添え字0がつけられている同位体比は、 $t=0$ における初生値である。例えば、対象とする試料の鉛同位体比の初生値が既知であり、さらに試料について(b)ある条件が満たされている場合、試料の鉛同位体比と $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ 比を正確に測定することができれば、原理的に T の値を得ることができる。

- (1) ア ~ ウ に入る適切な数字もしくは語句を記せ。
- (2) 下線部(a)の時間を求めよ。計算には、 $\ln 2 = 0.693$ 、 $\lambda = 1.551 \times 10^{-10} \text{ (year}^{-1}\text{)}$ を用いること (\ln は自然対数を表す)。
- (3) 下線部(b)の「ある条件」とは何か。最も重要と思われる条件を述べよ。

問2 海底熱水活動に伴って方鉛鉱がしばしば形成される。沖縄沖の海底熱水孔近傍に沈殿した方鉛鉱とその周辺の溶岩および堆積物の $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比は表で示したとおりであった。このデータから判断すると、この方鉛鉱を作るための鉛は、どこから、どのようにもたらされたと考えられるか。10行程度で説明せよ。

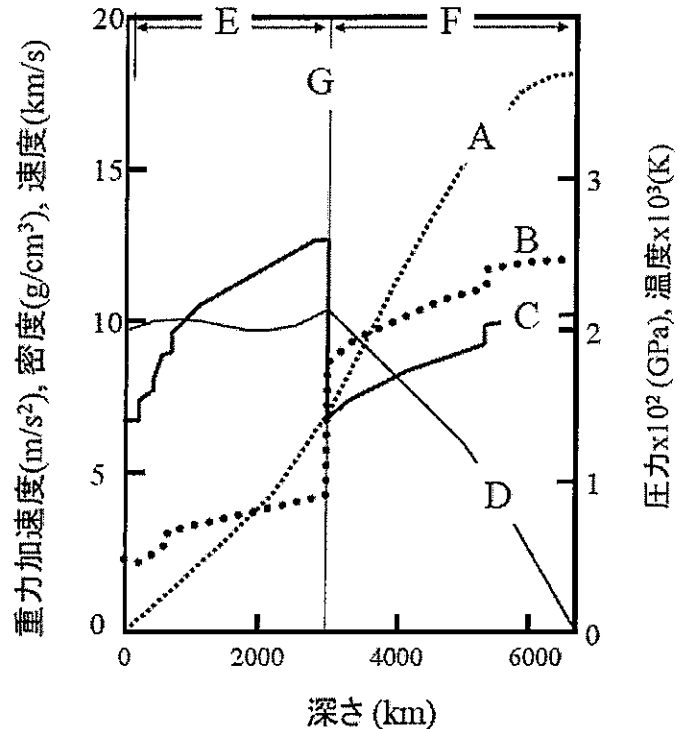
表：沖縄沖海底熱水活動域の各種試料の鉛同位体比

鉛同位体比	方鉛鉱	溶岩	堆積物
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18.547	18.448	18.620

問3 海底熱水活動で形成される方鉛鉱以外の硫化鉱物を3種類（日本語名と化学式）記せ。

問題C4 地球内部に関する問1および問2に答えよ。

問1 右図のA～Dは地球内部における物理量の分布を示している。これを見て(1)～(5)に答えよ。



(1) A～Dは、それぞれのどのような物理量に対応するか。以下の(ア)～(カ)から選んで記号で答えよ。

(ア) 圧力、(イ) 重力加速度、(ウ) 密度、(エ) 縦波速度、(オ) 横波速度、(カ) 温度

(2) E、Fの部分は何というか。

(3) Eの部分構成する代表的な鉱物の2つについて、その化学式を示せ。

(4) Eの部分では、それらの化学式を持つ鉱物は、どのような変化をするか。それらの鉱物2種について、それぞれその変化を3行程度で説明せよ。

(5) Gの部分はなんというか。そこではどのような現象が生じているか。3行程度で説明せよ。

問2 以下の式(1)～(4)の名称を下の(ア)～(ク)から選んでそれぞれの記号を記し、その式の意味することを、それぞれ記号の意味も含めて5行程度で説明せよ。

- (1) $de/dt = \sigma^m/\eta$
- (2) $f = C - P + 2$
- (3) $V_p = a + b\rho$
- (4) $T_m = T_{m0}(1 + C\Delta V/V_0)$

(ア) バーチ・マーナハンの状態方程式、(イ) 断熱温度勾配、(ウ) バーチの法則、(エ) リンデマンの式、(オ) 相律、(カ) アダムス・ウィリアムソンの式、(キ) ベキ乗クリープ、(ク) クラウト・ケネディーの式

問題C5 岩石と鉱物について、問1および問2に答えよ。

問1 偏光顕微鏡での透過光を用いた岩石薄片の観察に関して、次の(1)～(4)に答えよ。

(1) 直消光とは次のいずれの場合を指すか。(ア)～(オ)の中から最も適したものを1つ選び記号で記せ。なお、鉱物薄片を通過する偏光の振動方向を X' 、 Z' とする。

- (ア) X' または Z' が偏光板を通過する光の振動方向と一致する場合
- (イ) X' または Z' が載物台(ステージ)の分度器の0度または90度の方向に一致する場合
- (ウ) X' または Z' が接眼鏡の十字線と一致する場合
- (エ) X' または Z' が鉱物断面の伸長方向または劈開(へきかい)の方向に一致する場合
- (オ) X' または Z' が薄片(スライドグラス)の長辺または短辺の方向と一致する場合

(2) 直交ニコルである鉱物が対角位(その鉱物が最も明るく見える方位)にある場合の明るさを1とし、その方位を0度とするステージの回転角を θ 度とすると、その鉱物の明るさ B は次の(ア)～(カ)のどれに比例するか、最も適当なものを1つ選び記号で記せ。

- (ア) $\cos \theta$ (イ) $\sin \theta$ (ウ) $\cos(2\theta)$ (エ) $\sin(2\theta)$ (オ) $\cos(\theta/2)$ (カ) $\sin(\theta/2)$

(3) 直交ニコルで薄片中の鉱物が明るく見える場合として最も適当なものを次の(ア)～(オ)から1つ選び記号で記せ。

- (ア) 鉱物の光軸が薄片に平行な場合 (イ) 鉱物の方位が消光位にある場合
- (ウ) 磁鉄鉱などの不透明鉱物の場合 (エ) 鉱物が立方(等軸)晶系に属する場合
- (オ) 鉱物がガラス質(アモルファス)の場合

(4) 次のA～Eの鉱物の偏光顕微鏡下での性質として最も適したものを、下の(ア)～(オ)からそれぞれ1つずつ選び、例えばA=Aのように記せ。複数回同じものを選んではいならない。

【A かんらん石 B 輝石 C 角閃石 D 斜長石 E 石英】

- (ア) ほぼ120度で交わる劈開と緑色または褐色の多色性が顕著である。
- (イ) ほぼ90度で交わる劈開が顕著であり、無色透明または弱い多色性がある。
- (ウ) 通常は劈開が発達せず、屈折率が高く、高次の干渉色を示す。
- (エ) 通常は劈開が発達せず、干渉色は灰色で、内部は一様である。
- (オ) 干渉色は灰色で、しばしば集片双晶の縞模様や累帯構造が見られる。

問2 次の(1)～(6)の語句それぞれについて、どのようなもので、地球科学的にどのような重要性があるか、3行程度で説明せよ。必ず各説明の最初にその語句を記すこと。

- (1) 希土類元素(rare earth elements (REEs)) (2) 球粒隕石(chondrite)
- (3) 黒鉱床(Kuroko deposit) (4) ソレイト系列(tholeiite series)
- (5) エクロジャイト(eclogite) (6) オフィオライト(ophiolite)