

平成14年度（2002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（地球物質科学・比較固体惑星学分野）

平成13年9月6日 13:00～16:00 実施

注意事項（共通）

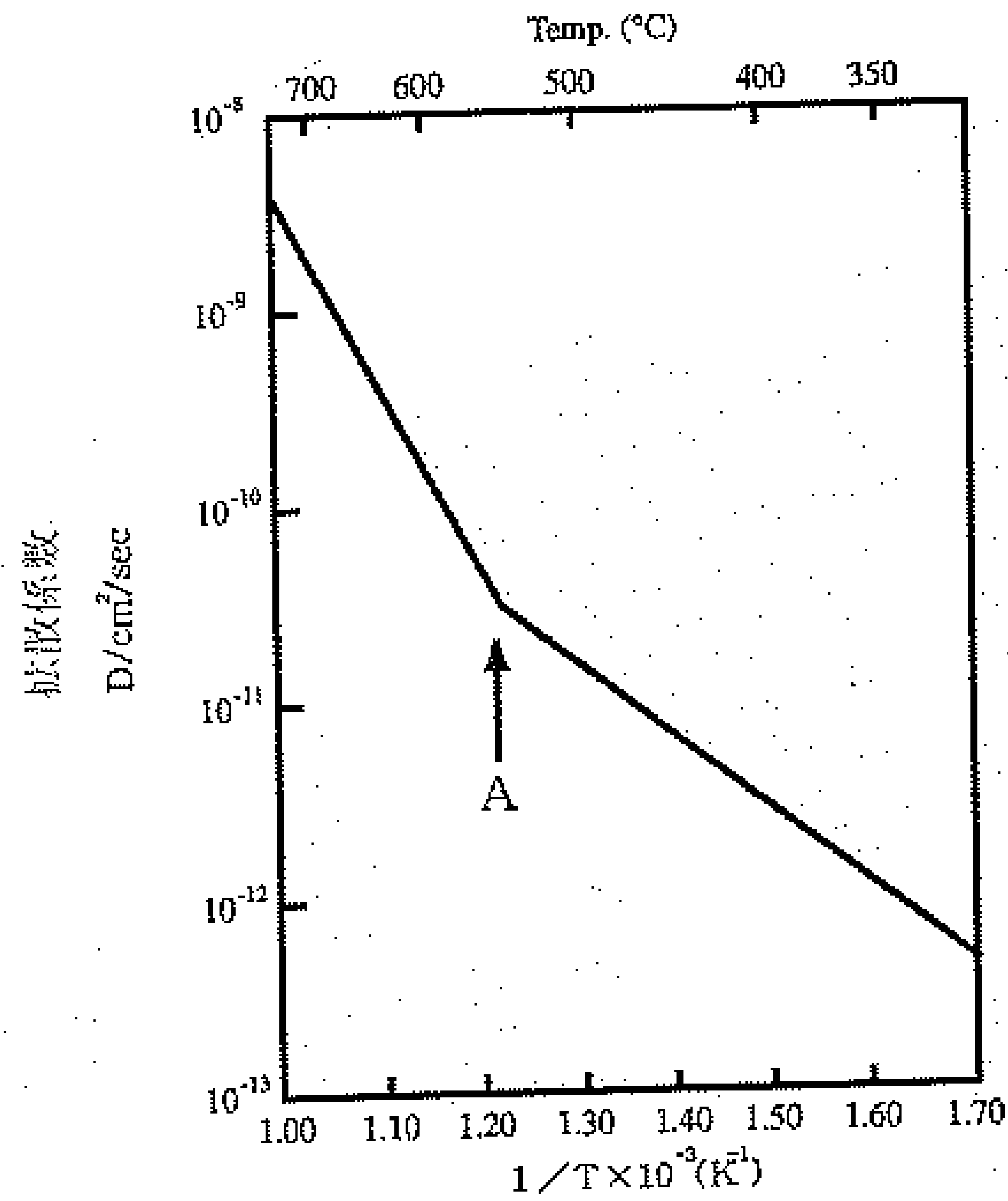
1. 机の上には受験票、筆記用具、時計以外は置いてはいけません。
2. 合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
3. 試験時間は13:00から16:00までです。
4. 問題はA群6問（問題A1～A6：地圏進化学・環境動態論分野）、B群8問（問題B1～B8：環境地理学・環境動態論分野）、C群10問（問題C1～C10：地球物質科学・比較固体惑星学分野）の計24問が出題されています。
受験生はこのうちから5問を選択して解答します。選択にあたっては、希望分野から少なくとも3問を選択し、残り2問は希望分野を含むいずれの分野から選択しても構いません。
5. 解答はすべて解答用紙に記入します。
解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・希望分野および設問番号を明記します。
また問題によって解答用紙を別にします。
6. 試験終了後、地圏進化学・環境地理学・環境動態論分野を希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。地球物質科学・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。

問題 C1

鉍物の結晶構造を調べることによってどのようなことが解るか、知るところを述べよ。また、結晶構造や、結晶構造に関する事柄を調べるにはどのような実験的方法があるか。各々の方法の特徴と原理について簡潔に述べよ。

問題 C2

I. 下図は塩化ナトリウム結晶中のナトリウムイオンの拡散係数の温度依存性を示している。Aより高温側と低温側で傾きが異なるのは何故か説明せよ。



II. 次の語句を簡単に説明せよ。

1. 反位相分域 (anti-phase domain)
2. 不定比化合物 (non-stoichiometric compound)
3. 双晶面 (twin plane)
4. 晶相 (crystal habit)
5. 二次元核成長 (two-dimensional nucleation growth)

問題 C3

問題 1

(1) 溶結凝灰岩がどのようにしてできるか、またどのような外観を呈するか説明せよ。解答では以下の5つの語句を必ず用いること。

軽石、黒曜石、スコリア、火山灰、レンズ状

(2) 軽石流からできた溶結凝灰岩と、降下軽石からできた溶結凝灰岩とは、分布域や溶結部分などにどのような違いが考えられるか述べてよ。

問題 2 地球上の火山は大きくプレートの内部にあるもの、プレートの縁にあるものに分けられ、さらにテクトニックな環境に従ってそれぞれ2グループに区分される。それぞれのテクトニックな場所、またはそこに特徴的な火山の形態を表にして示し、出現する火山岩系列の組み合わせを答えよ。更に安山岩質岩石の有無は個別の岩石系列について記入せよ。

問題 3 マグマ系列の分類方法をSiO₂-K₂O図を用いて説明せよ。図は解答用紙に描き、目盛りとおおよその境界線をいれて、低カリウム系列、カルクアルカリ系列、アルカリ系列（又はシヨシヨナイト系列）を区分せよ。また玄武岩から流紋岩までの各種の岩石がどのあたりに示されるか、境界線をいれて区分せよ。

問題 C4

問1 2000年から2001年にかけて北海道の有珠火山、伊豆諸島の三宅島火山であいついで噴火が発生し、地域住民の暮らしをおびやかす事態に至った。噴火にともなう災害を軽減するためには、噴火の推移を的確に予測することが必要であり、そのためには噴火の発生機構を知ることが重要である。両者の噴火とも、陸上に現われた限りでは本格的なマグマ噴火には至らず、マグマ水蒸気噴火（爆発）と水蒸気噴火（爆発）で推移した。

マグマ噴火、マグマ水蒸気噴火、水蒸気噴火の各々について、特にその発生機構、地表で観察される噴火現象と噴出物からの確認方法に焦点をあてて、知る限りの知見を全て用いてそれらの特徴を説明しなさい。

問2 マグマ組成の物質は、結晶状態、ガラス状態、過冷却液体状態そして液体状態の4種類の状態を実現することができる。圧力一定下で、単純化した場合、マグマ物質の温度と体積との関係は下図のように示される。このとき、以下の問いに答えなさい。

- a 上記4種類の状態の定義範囲を、図中の各点を現わす英小文字を用いて示しなさい。
(例えば、ガラス状態：x~y)

また、c点に対応する温度 T_g のことを何と呼ぶか、記しなさい。

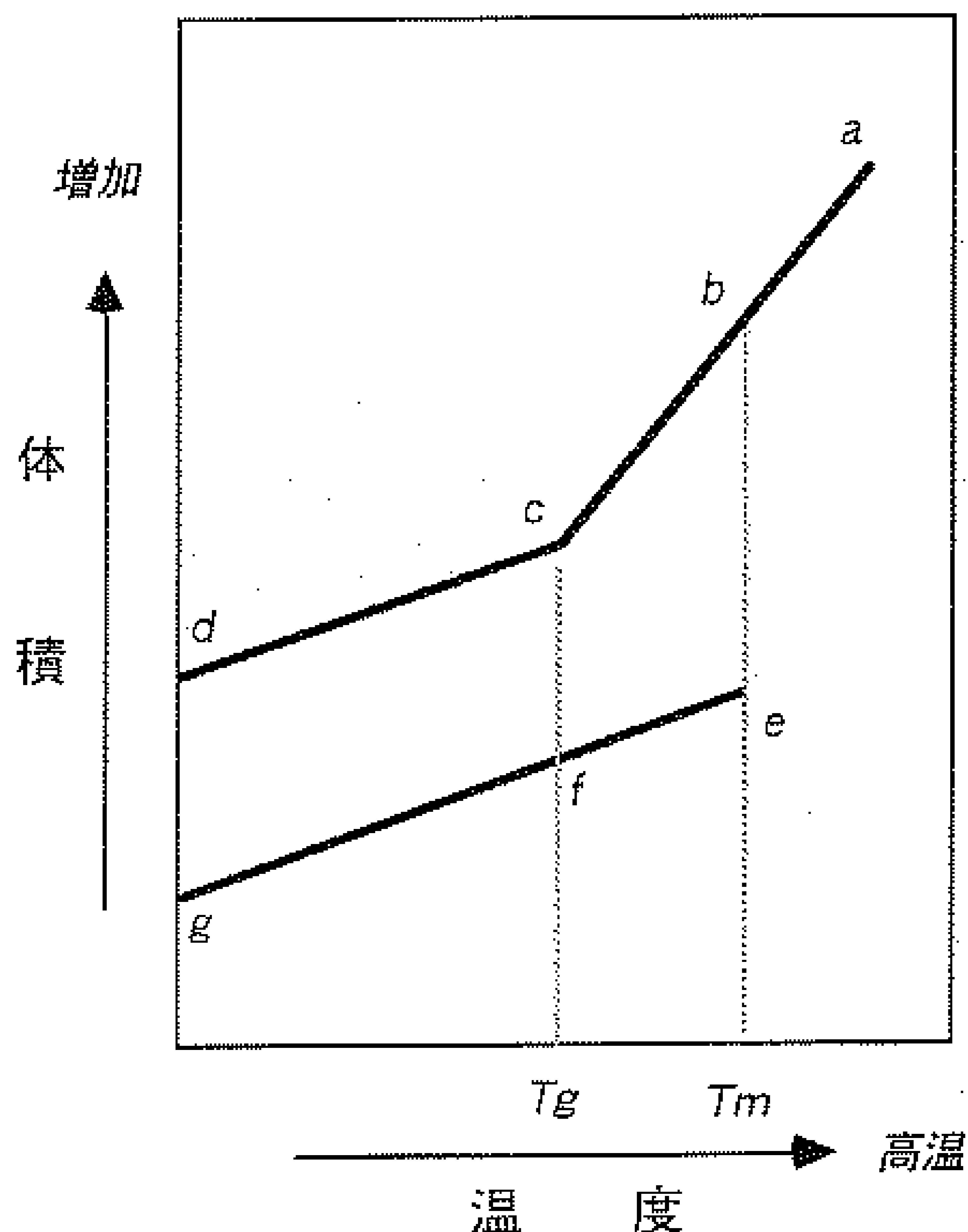
- b ガラス状態と過冷却液体状態について、構造及び構造緩和時間に触れながら両者の特徴を簡単に比較検討しなさい。

参考のために示すと、温度 T_g における構造緩和時間 τ_{T_g} は 10^2 秒程度のオーダーであり、温度 T における構造緩和時間 τ_T は以下の式で現わされる。

$$\log(\tau_T / \tau_{T_g}) = [-A(T - T_g) / (B + T - T_g)]$$

ここで τ_{T_g} 、 T_g 、 A 、 B は正の値をとる定数（例えば、 A は16、 B は240 K程度）

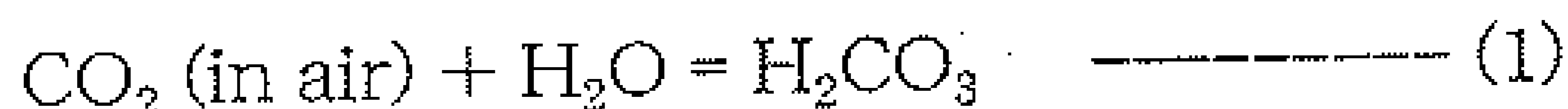
- c 非晶質状態と結晶状態との体積差をもって自由体積（～構成粒子の存在しない空間）と定義することがある。温度が高いほど、何故マグマは流れやすくなるのか？ T_g 以上の温度領域に限定して、自由体積説に基づいてその理由を簡単に説明しなさい。



問題 C5-1 (2枚目もあります)

問1. 以下の文を読み、問 1-1 から問 1-4 に答えなさい。

大気中の CO_2 は次のように水に溶解する。



上記反応の平衡定数 (25°C, 1 atm) は、

$$K(1) = 0.031$$

である。(1)式の炭酸は水溶液中で、次のように2段階に解離する。



(2)および(3)式の平衡定数 (25°C, 1 atm) は、

$$K(2) = 10^{-6.4} \quad \text{および}$$

$$K(3) = 10^{-10.3}$$

であり、 $K(3)$ は極めて小さいので無視しても構わない。従って、大気中の CO_2 と平衡にある水の pH は(1)および(2)式から近似的に求められる。

問 1-1. (2)および(3)式中の x, y, z に相当するイオンを示しなさい。

問 1-2. 大気中の CO_2 濃度が 310 ppm (体積比とする)の時、その分圧 (P_{CO_2}) は何 atm になるか？

問 1-3. pH の定義を式で示しなさい。

問 1-4. 310 ppm の CO_2 を含む大気と平衡にある水の pH を計算しなさい。活量係数は 1.0 と近似し、計算の過程を示すこと。

必要ならば、以下の値を用いること。

$$0.310 = 10^{-0.5}$$

$$0.0310 = 10^{-1.5}$$

$$0.0031 = 10^{-2.5}$$

$$0.00031 = 10^{-3.5}$$

問題 C5-2

問 2. 以下の文を読み、問 2-1 および問 2-2 に答えなさい。

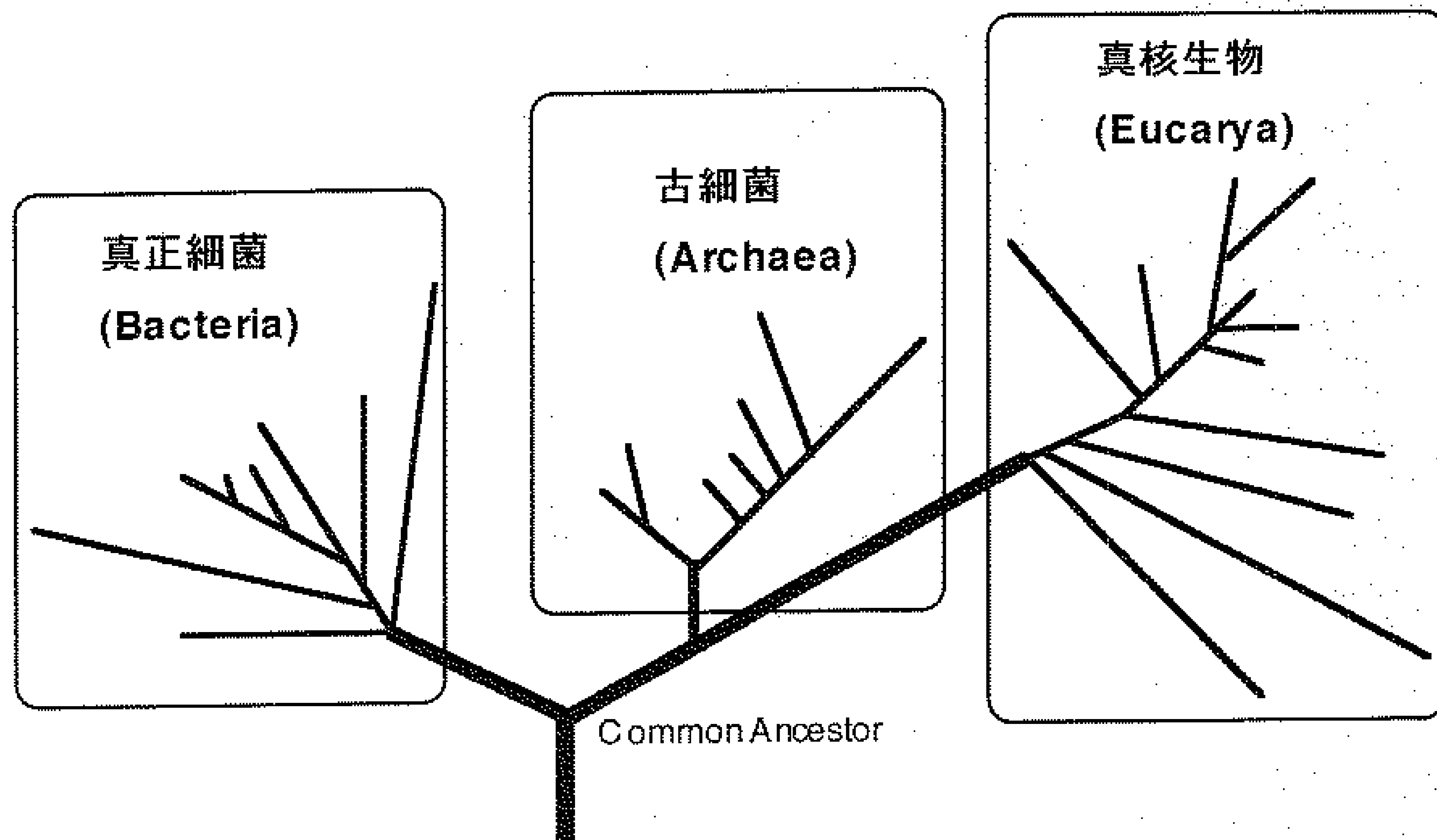
潜水艇などを用いた海洋底調査により、海底火山の活動に伴った海底熱水活動の実体が明らかになりつつある。この海底熱水活動によって重金属元素が特定の場所に濃集され金属鉱床を作る事も知られている。それと同時に海底熱水活動域は多彩な生物の活動場としても知られるようになった。近年では初期海洋における海底熱水環境が、生命発生場及び生命初期進化場であると言う説も提唱されてきている。

問 2-1. 海底熱水活動に関して知るところを述べよ。説明に際しては以下の語句(化学式)を用いる事。

ブラックスモーカー、チムニー、黒鉱鉱床、Mid Ocean Ridge、 CuFeS_2

問 2-2. 海底熱水活動域が、なぜ生命起源および生命初期進化の場であると考えられるようになったか。下の図を参考にして、知るところを述べよ。

(ヒント：初期生命体の栄養源と海底熱水との関連や、初期生命体の分子系統樹の中での位置付けなどを考えよ)



16S rRNAによる分子系統樹概略

問題 C6

量子物理学を拓いた一人、E. シュレディンガーは「遺伝子が何代にもわたり永続的に安定で、なおかつ突然変異もあり得ることは、古典物理学ではなく量子物理学で初めて理解できることだ」と述べています。すなわち、遺伝子は、量子論に基づいた化学結合で説明される「分子以外ではあり得ない」と言うわけです。

遺伝子の実体が巨大分子、DNA であることが明らかになる 10 年以上も前、彼はどうか考えて「分子」と喝破したか、順を追って考えてみましょう。

問 1 : 古典物理学 (統計物理学) の概念では、気体や液体や固体などマクロな系の状態変化は連続であると考えます。分子の凝集した液滴や固体粒子の密度や形状は、少しずつ連続的に変えられます。一方、量子物理学では、電子が関与するようなミクロな系がとり得る状態とそのエネルギーは不連続であると考えます。遺伝子がミクロな系だとして、「とり得る状態とその自由エネルギーは不連続である」とはどういうことだと思いますか？

問 2 : ミクロな系の状態 A と状態 B の自由エネルギーが同じくらいで、その差 ΔE が小さい場合、状態 A と状態 B が交互に実現して中間の状態になっていると考えられますが、正しいでしょうか？状態 A と B の間のエネルギー障壁に注意して説明してください。説明に図を用いても結構です。

問 3 : 遺伝子が、たくさんの分子やイオンの集まった組織体 (マクロな系) ではなく、それ自体が一個の分子 (ミクロな系) であれば「遺伝子が何代にもわたり永続的に安定」であることを説明できる、とシュレディンガーは考えました。何故、たくさんの分子やイオンの集まったマクロな系では安定でなく、ミクロな系の分子なら安定と言えるか、彼の考え方を説明してください。

問 4 : 前問と矛盾するようですが、シュレディンガーは、遺伝子に突然変異のあり得ることも、遺伝子が分子であれば説明できると考えました。突然変異は遺伝子の一部が別の状態に変わることですが、彼は突然変異のあり得ることをどう説明したのでしょうか？状態 A と状態 B およびその間のエネルギー障壁の概念を思い出してください。

問題 C7

問 1 下の図1は地球内部の密度、縦波速度、横波速度の分布を示し、図2は圧力（深さ）の増加にともなうマントルを構成する鉱物の相変化の様子を示している。

- (1) 図1に示したA、B、Cはそれぞれ何か、またその単位も示せ。
- (2) 図1の(ア)の領域、(イ)の領域、(ウ)の領域、(エ)の領域はそれぞれ何と云うか記せ。
- (3) 図1の(ウ)の領域の密度、縦波速度、横波速度の分布を表す曲線をC、D、E、F、Gの中から選び答えよ。
- (4) (ウ) (エ)の領域はどのような物質がどのような状態にあるのかをそれぞれ説明せよ。
- (5) 図2に示したマントル構成鉱物のうち、a,b,c,d,e,fはそれぞれ何と云う鉱物か記せ。
- (6) 図2に示したa→bおよびc→e+fへの変化は図1のどの境界で生じているのか。図1中の境界番号で記せ。またそれらの境界はなんと呼ばれているか記せ。

図1

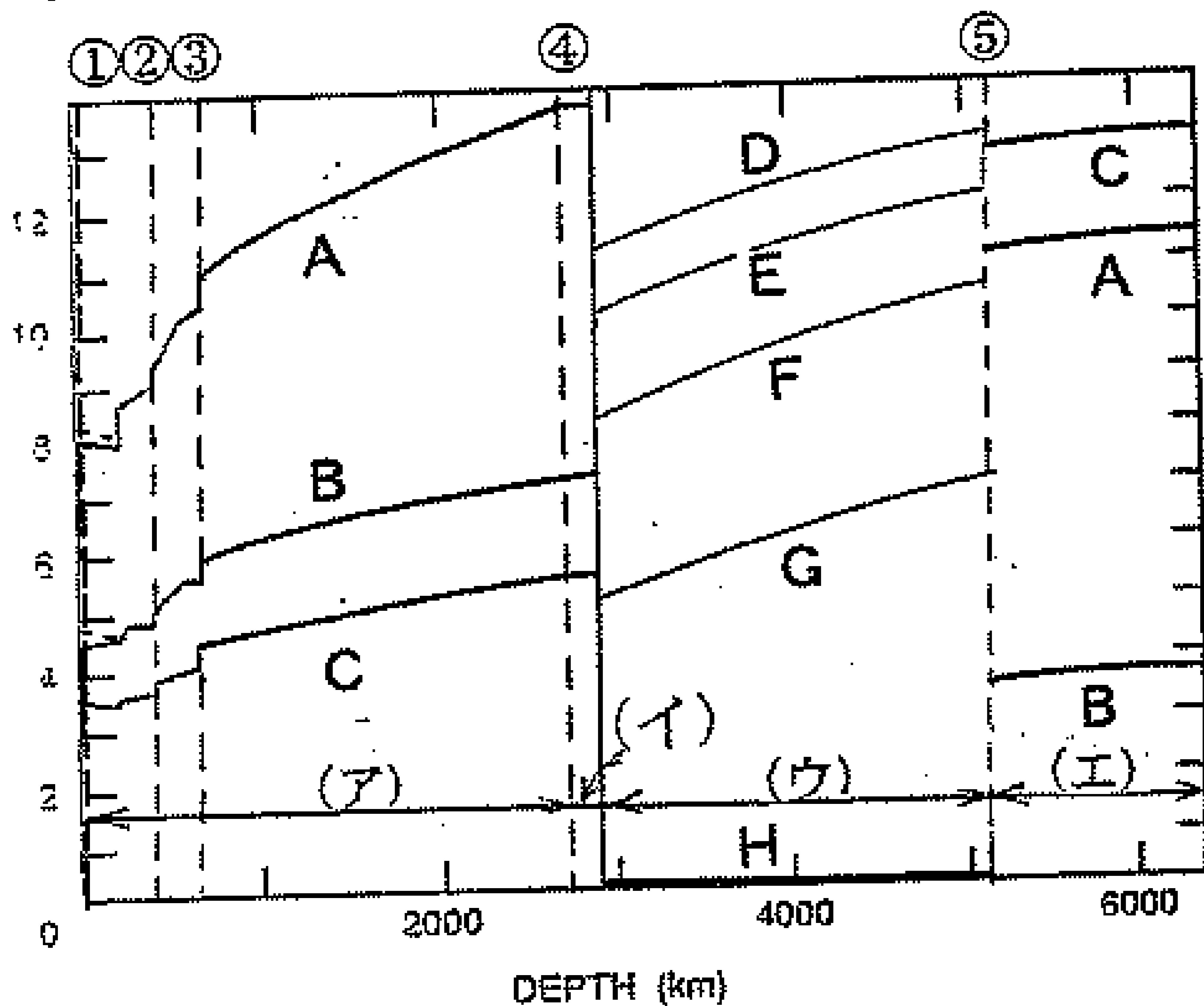
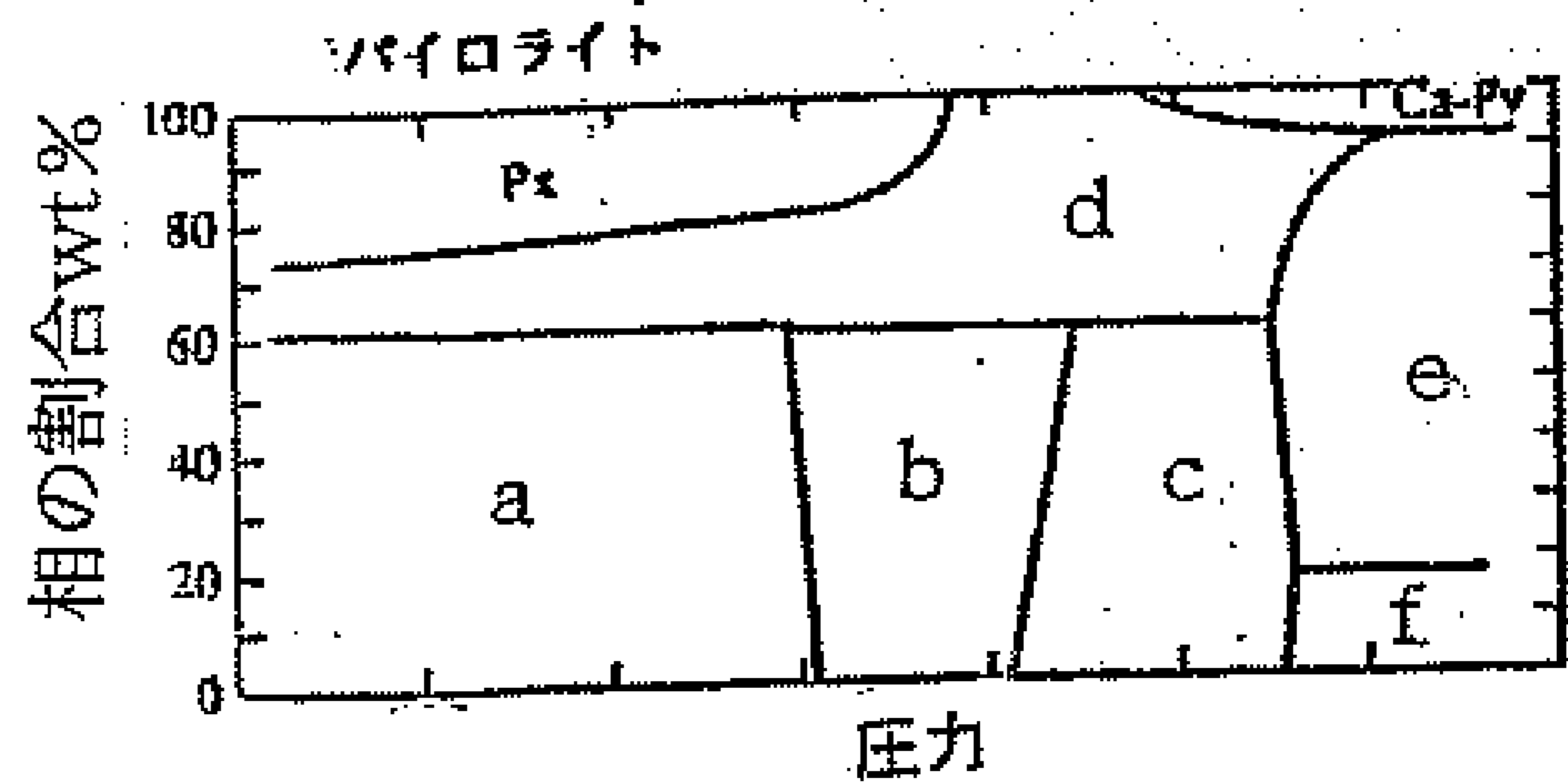


図2



問 2 以下の式1)～4)の名称を(ア)～(カ)の語句から選び、その式の意味を50字以内で説明せよ。

- 1) $dT/dP = \Delta V / \Delta S$
- 2) $V_p = a(M) + b\rho$
- 3) $K = -VdP/dV$
- 4) $P = (3/2)K\{(\rho/\rho_0)^{7/3} - (\rho/\rho_0)^{5/3}\}$ ただし $K' = 4$

- (ア) Birchの法則
- (イ) Birch-Murnaghanの状態方程式
- (ウ) Clausius-Clapeyronの式
- (エ) 体積弾性率
- (オ) 圧縮率
- (カ) Adams-Williamsonの式

問題 C8

下記のA群中の事象はB群中の事象とそれぞれ密接に関連している。A群に対応する現象をB群から選べ。また、このときに共通となる原理・法則等をC群中のキーワードから一つ選び、それぞれA群の現象について50字程度で説明せよ。ただし、C群中にはAB群とは関係のない語句も含まれている。

●A群

- (1) 火山の近くでたくさんの軽石を見つけた。
- (2) 地殻熱流量として地球内部からは約 $70\text{mW}/\text{m}^2$ の熱流がある。
- (3) 地震波は地球内部を曲がって伝搬していく。
- (4) 月と地球の距離は、年間に約4cmずつ広がっている。
- (5) 晴れた夜空を見ると、何百光年も離れている星の光が見える。

●B群

- (1) こまを良く磨かれた床の上で回したら、長い間止まらずにいた。
- (2) 部屋が暑かったので冷蔵庫の扉を開けておいたら部屋が更に暑くなった。
- (3) ビールを飲もうと栓を抜いたら、たくさんの泡があふれてきた。
- (4) 近くの自動速度取り締まり機がレーダー式から光電管式に変わった。
- (5) 風呂に入ろうとしたら、底に落ちている石鹸が浮き上がって見えた。

●C群

質量保存則・慣性の法則・角運動量保存則・熱力学の第一法則・熱力学の第二法則・ファラデーの法則・ヘンリーの法則・スネルの法則・エルゴード定理・ベルヌーイの定理・ストークスの定理・パスカルの原理・不確定性原理・光の粒子性と波動性・特殊相対性理論

問題 C9

以下の各設問に答えよ。

(1) 岩石を分類する基準を、簡単に説明せよ。

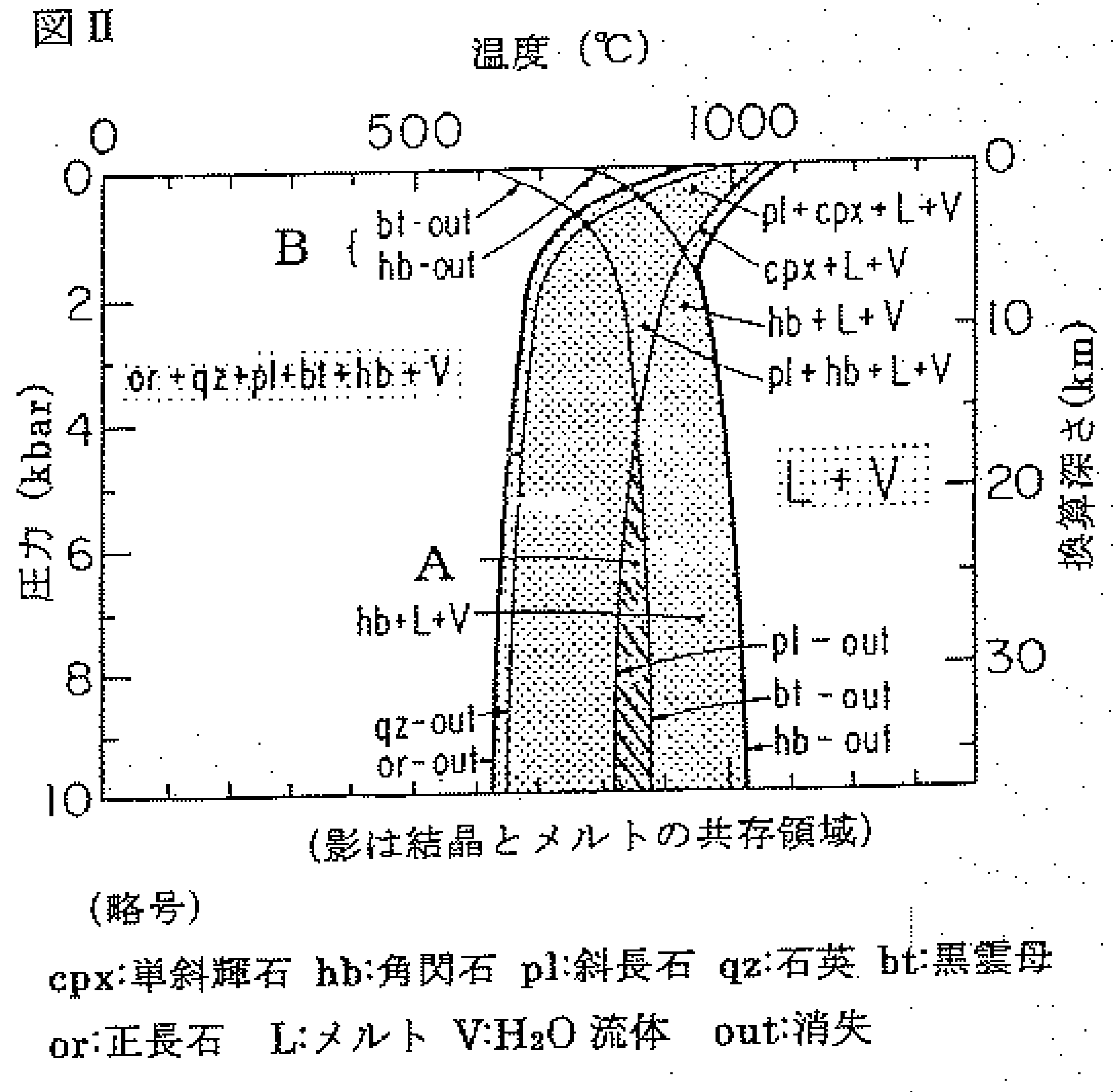
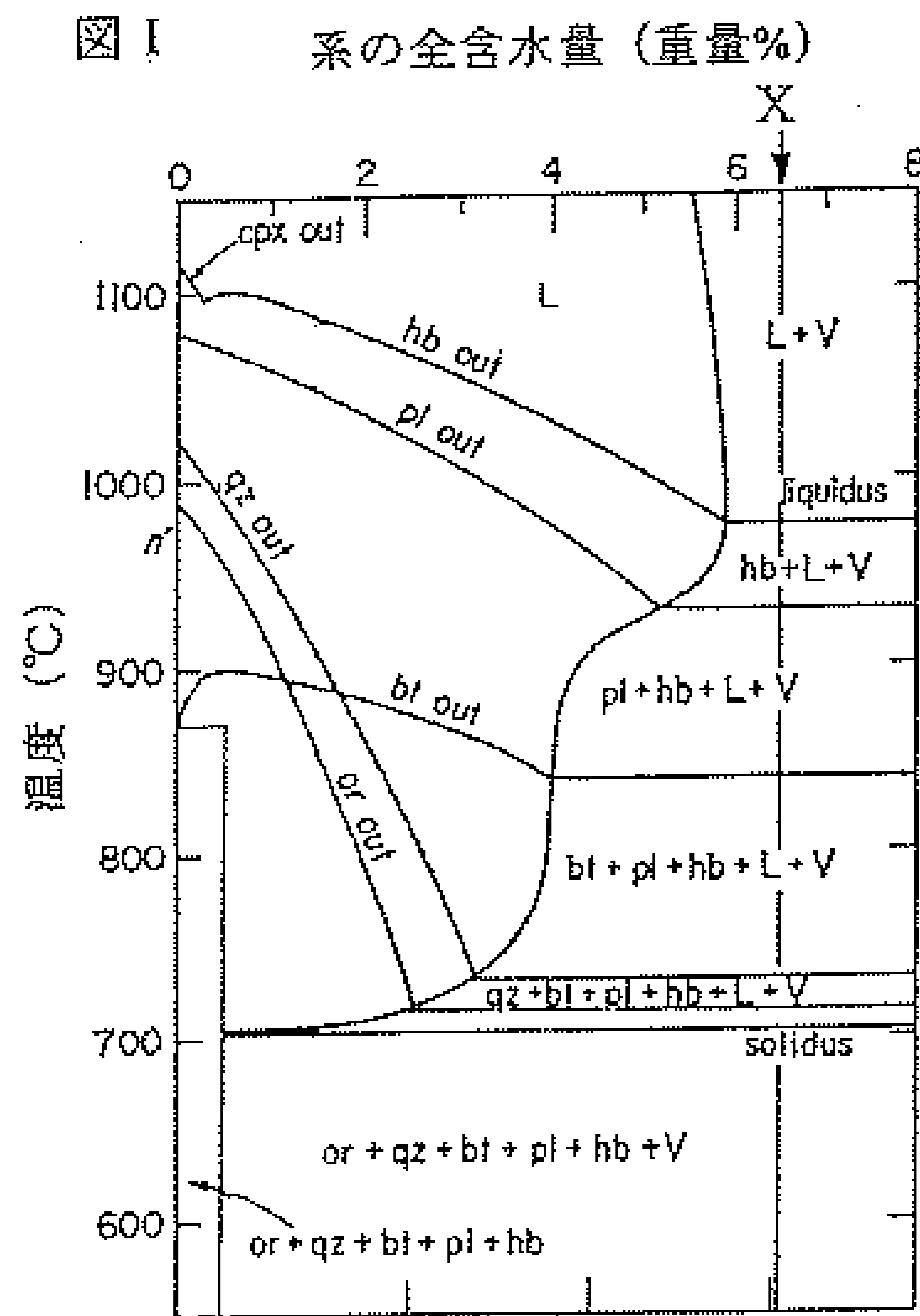
(2) 岩石中に層状の構造が生じるメカニズムについて、考えられるケースを全て挙げよ。

(3) 花崗岩類には、どのようなファブリックが発達すると思うか、述べよ。

(4) 火成岩の組織から、結晶の晶出順序を判断する方法について説明せよ。

問題 C10

図を見て以下の問に答えよ。ただし地殻内の揮発性成分としては H_2O のみを考え、 CO_2 等は考えないこととする。



- 図 I は、花崗閃緑岩-H₂O 系の圧力 2kb (200MPa)における模式的な温度-含水量図を示す。また図 II は、図 I の組成 X における相平衡関係を温度-圧力図上に示したものである。領域 A (斜線部)で平衡に存在する相組み合わせを述べよ。
- 曲線 B の傾きの特徴を、Clapeyron-Clausius の関係を用いて定性的に説明せよ (ヒント: 流体相の圧縮性に注意)。
- ある活火山で、平衡な斑晶組み合わせとして斜長石と角閃石を持つカルクアルカリ系列のデイサイト質マグマが噴出し、また斑晶の平衡温度は約 880°C と見積もられたという。マグマが H₂O に飽和していたと仮定して、(斑晶晶出の場としての) マグマ溜まりの深さを推定せよ。
- ある造山帯に産する地殻起源の流紋岩質マグマの温度と、メルト中の含水量とが図 III のようなトレンドを形成するという。マグマ発生領域における流体相としての水の有無や移動性について考察せよ。

