

地球科学

【第10問】

I 図1 (24ページ) は1気圧下にあるA-B二成分系の温度変化 ($T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5 > T_6 > T_7$) に伴う液相(L)と2つの固相(α, β)のギブスの自由エネルギー変化を示しており、縦軸上方ほどエネルギーが高い。横軸は系の組成に対する成分Bの割合(モル分率)を表している。次の問いに答えよ。破線は数値の読み取りのために引いた補助線で、2本のギブスの自由エネルギー曲線の共通接線である。また、接点や主要な交点には読み取りのために+印をつけてある。

- (1) A成分とB成分の割合が0.8:0.2の全体組成をもつ系が温度 T_3 で平衡状態にある。共存する相の種類と組成、それらの存在する量比をすべて記せ。図から読み取る数値の精度は0.02モル分率程度で良い。
- (2) T_1 から T_7 が等間隔であるとして、図1のギブスの自由エネルギー変化を満たす組成-温度の相図を、主要な点の温度と組成がわかるように描け。必要に応じて下書き作図用のグラフを利用してよいが、解答は解答用紙に記入すること。
- (3) 造岩鉱物中の結晶内部の陽イオンの拡散の速度を表現するのに、アレニウスの式と呼ばれる次のような関係式が利用されることが多い。

$$D = D_0 \exp\left(\square \frac{E_a}{RT}\right)$$

D は拡散速度、 D_0 は定数項、 R は気体定数 ($8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)、 T は絶対温度 (K)、 E_a は活性化エネルギーである。□に入る符号と E_a の活性化エネルギー ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)の大きさの組み合わせとして適当なものを(あ)から(え)の中から1つ選べ。

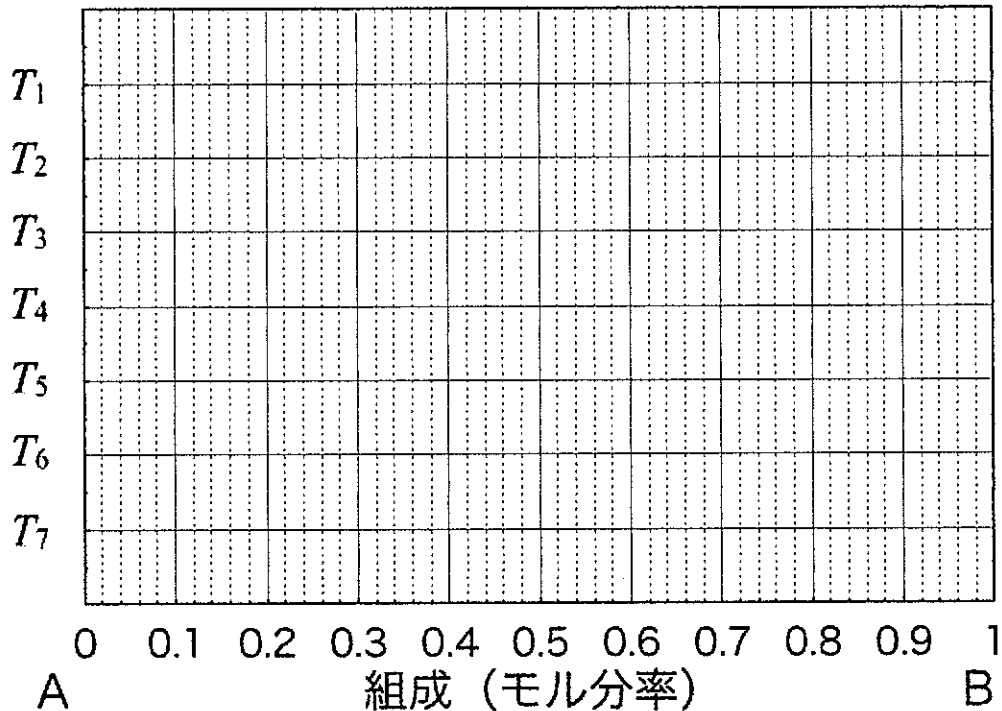
- (あ) □ : -, $10^1 < E_a < 10^3$, (い) □ : +, $10^1 < E_a < 10^3$

(う) □ : -, $10^4 < E_a < 10^6$, (え) □ : +, $10^4 < E_a < 10^6$

(4) 火山岩では班晶の中心部の組成を分析して、噴火する前のマグマの温度を推定することがよくおこなわれる。この温度推定の原理について、(2)と(3)を参考にして150字程度で説明せよ。

(5) A成分とB成分の割合が1:1の組成の物質を1気圧下で徐々に加熱して完全に融解させることを考える。閉鎖系で平衡融解させた場合と、生じた微量のメルトを次々と系外に取り去る分別融解させた場合とを比較すると、完全融解の直前における固相の組成にはどのような違いがあるか、200字程度で説明せよ。

下書き作図用



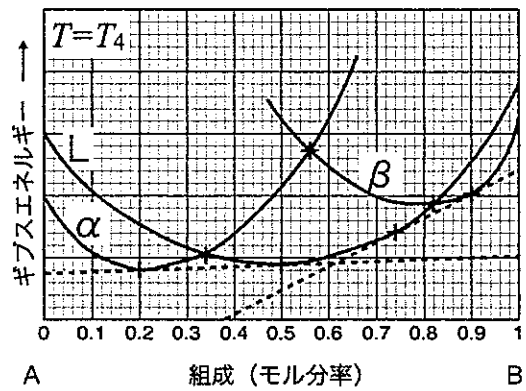
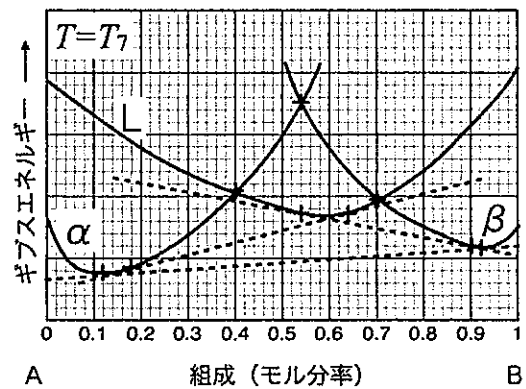
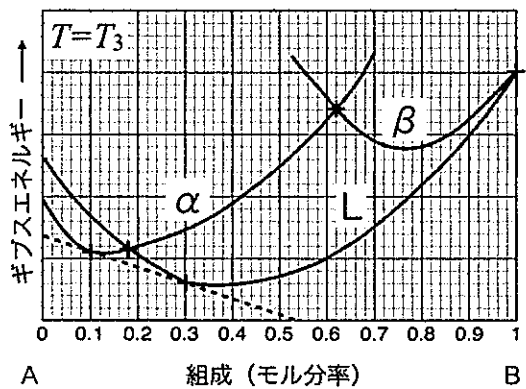
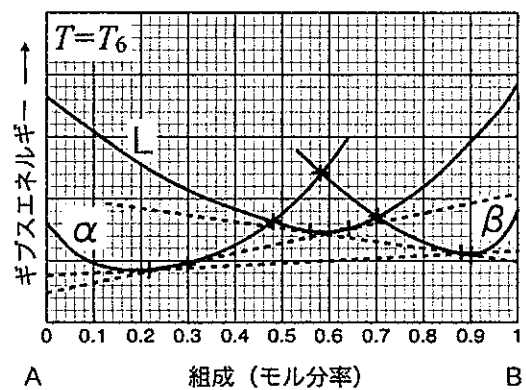
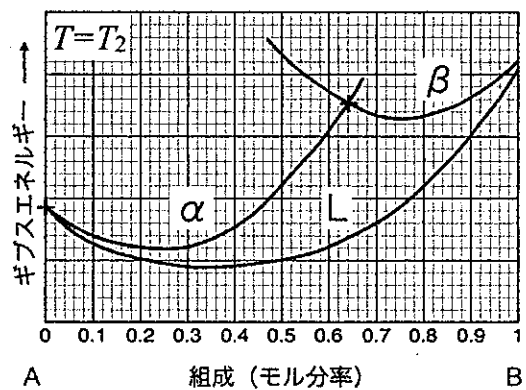
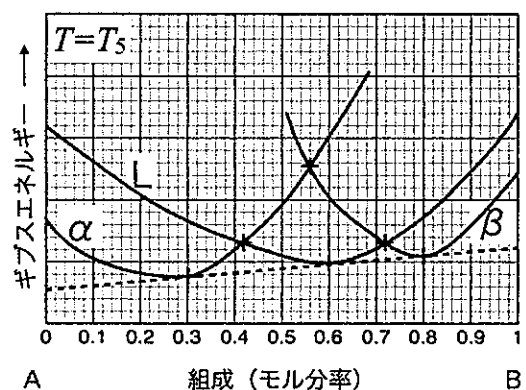
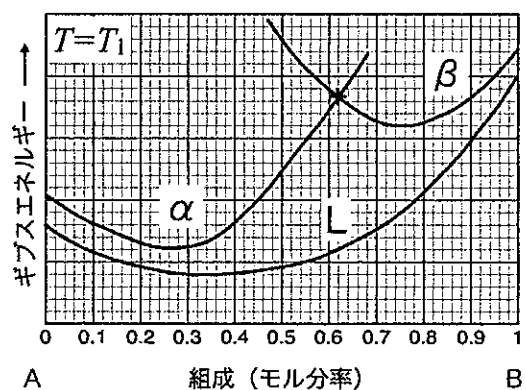


図1

II 地殻浅部での岩石の破壊強度と摩擦強度に関する次の問いに答えよ。計算には、表1の三角関数表を用いてよい。解答の数値の精度は5%程度でよい。また、法線応力と主応力の符号は、圧縮を正とする。

表 1

x (度)	sin x	cos x	tan x
5	0.087	0.996	0.087
10	0.174	0.985	0.176
15	0.259	0.966	0.268
20	0.342	0.940	0.364
25	0.423	0.906	0.466
30	0.500	0.866	0.577
35	0.574	0.819	0.700
40	0.643	0.766	0.839
45	0.707	0.707	1.000
50	0.766	0.643	1.192
55	0.819	0.574	1.428
60	0.866	0.500	1.732
65	0.906	0.423	2.145
70	0.940	0.342	2.747
75	0.966	0.259	3.732
80	0.985	0.174	5.671
85	0.996	0.087	11.430

(1) 下記(ア)から(エ)に適切な語句を入れよ。

固体物質内部での応力状態は、互いに(ア)する3つの主応力の大きさと、そのうちの(イ)つの方向を指定することで記述できる。地殻浅部では、地表面に作用する剪断応力がゼロであるとみなせるため、主応力のうち1つはほぼ(ウ)方向を向き、残りの2つは、ほぼ(エ)面内にあると近似できる。

(2) 3つの主応力値を、大きい(最も圧縮)ものから、順に $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ とする。岩石の脆性圧縮破壊は、 $\sigma_1 - \sigma_3$ 平面に垂直な破断面を形成して起こり、また、破壊強度は、中間主応力 σ_2 にはほとんど依存しないことが知られているので、以下では、図2のような2次元問題を考える。このとき、最大主応力軸から角度 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ とする)傾いた面にかかる剪断応力 τ と法線応力 σ の大きさを σ_1 、 σ_3 、 θ の式で表せ。導出過程も記せ。

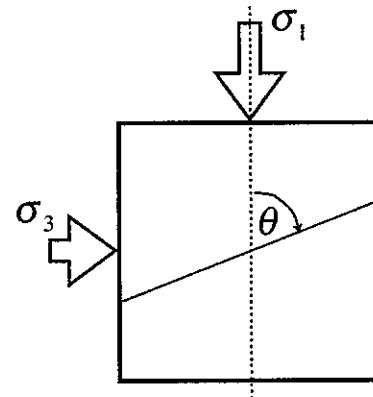


図 2

(3) 図3aに模式的に示す三軸圧縮試験機を用いて、封圧 $P_c = 100 \text{ MPa}$ のもとで、ピストンをゆっくりと押し込み、円柱状岩石試料を、その軸方向への载荷によって破壊させたところ、図3bのように、試料の軸方向から $\beta = 35^\circ$ 傾いた破断面を形成して剪断破壊した。破壊する瞬間に試料にかかっていた軸方向応力の大きさを求めよ。試料の破壊条件は、Mohr-Coulomb規準： $|\tau| = \mu_i \sigma + \tau_0$ で与えられるとして計算せよ。試料岩石の内部摩擦係数 $\mu_i = 0.70$ 、粘着力 $\tau_0 = 20 \text{ MPa}$ とする。なお、試料はジャケットと上下の

当て板によって完全に密封されているため、間隙圧は無視できるものとする。

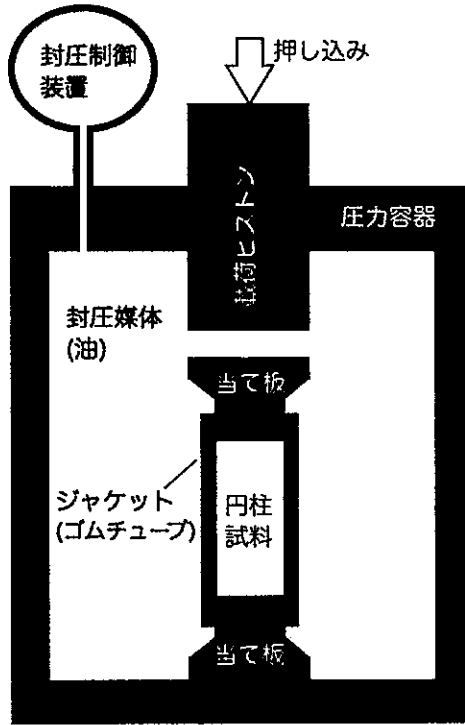


図 3 a

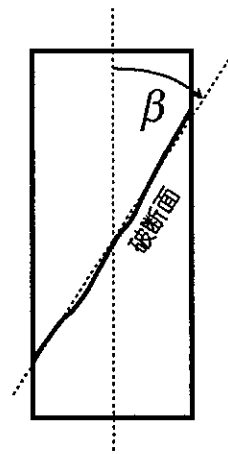


図 3 b

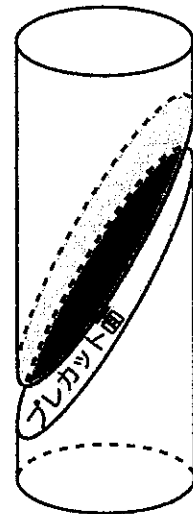


図 3 c

(4) 次に摩擦滑りの実験を行うために、円柱状岩石を軸方向から $\theta = 30^\circ$ 傾いた平面で切断して作った一対のプレカット試料 (図 3c) にジャケットを装着し、これを図 3a の装置にセットして、封圧 $P_c = 100 \text{ MPa}$ のもとで (3) と同様の試験を行った。このプレカット面の静止摩擦係数 μ_f が 0.60 であるとして、プレカット面での滑りがはじまる瞬間に試料にかかっていた軸方向応力の大きさを求めよ。

(5) 新たにプレカット試料を、切断面と軸方向のなす角度 θ が 50° となるように作製し、封圧 $P_c = 100 \text{ MPa}$ のもとで (4) と同様の試験をおこなった場合の結果を定量的に予想せよ。ただし、試料にもちいた岩石の内部摩擦係数、粘着力は (3) と、プレカット面の摩擦係数は (4) と同じとする。

地球科学

【第11問】

図1は西南日本沖の日本海の反射法地震探査に基づく地質断面図である。この断面図から、約2000万年前から現在にいたる背弧海盆の構造形成のプロセスを読み取ることができる。断面は断層の走向と直交しているものとする。断面図に示される地層は、古い方から順に番号を振ってある。掘削したボーリングコアの分析から、地層番号1は約2000万年前に堆積した地層であり、地層番号5の基底は約1500万年前、地層番号12は完新統を含むことが分かっている。このボーリング試料からは、200万年を越える地層の欠損は見いだされなかった。なお、図の縦横比は1:1である。図2は2500万年前以降の汎世界的な海水準変動の概略を示している。これらの図をもとに、以下の問いに答えよ。

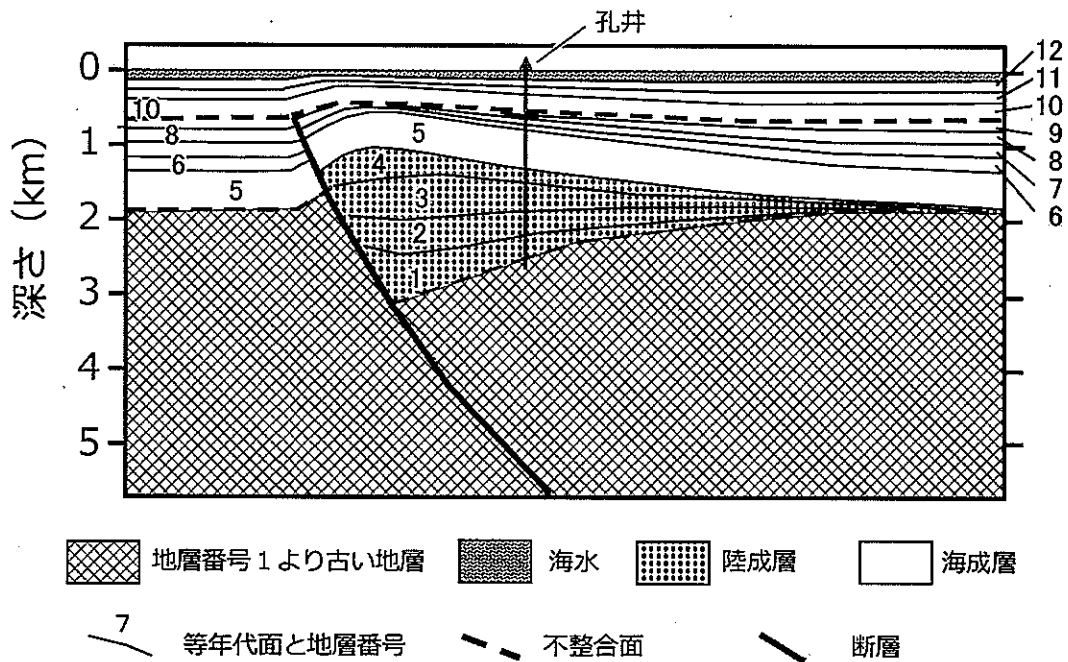


図1

(1) 断面図から読み取れる断層運動，海水準変動，堆積環境，隆起ないし沈降速度に基づき，それらの共通性に着目して地層番号（1 から 12）を5つのユニット（ステージ）にまとめ，各ユニット分けの根拠をそれぞれ 50 字以内で記述せよ。

(2) ステージの古い方から順番に，各ステージあるいはその境界で起こった構造運動と海水準変動について，それぞれ 50 字から 70 字程度で記述せよ。

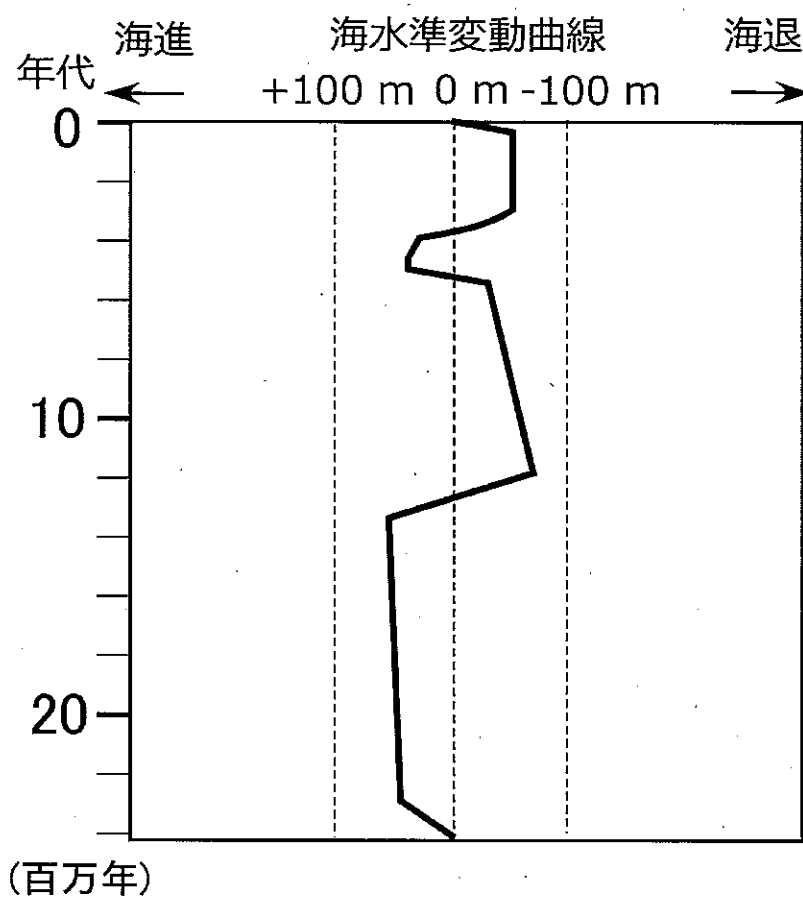


図 2

(3) 図1の陸成層部分の断面積は、 6.5 km^2 であった。地殻中部のデタッチメントの深さが10 kmであり、伸張変形はリストラック(*)な形状の断層運動によって賄われるものとする。伸張変形前後の体積(断面積)が保存されるとき、地殻上部の水平方向の伸張量を求めよ。

※ 傾斜角が地下に向かって小さくなる断層の形状を示す用語。

(4) この断面図が西南日本沖の日本海で得られていることに留意して、日本海拡大に伴うテクトニクスの概要について150字以内で述べよ。