

平成26年10月及び平成27年4月入学
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

平成26年 8月28日 13:30～16:30

注 意 事 項

1. 以下の用紙が配布されている。

問題用紙（表紙を含む）	9枚
解答用紙	5枚
2. 問題は全部で[1]～[6]の6問ある。この中から4問を選んで解答せよ。ただし、[1]と[2]から1問、[3]と[4]から1問、[5]と[6]から1問を必ず選び、残りの1問は未選択の問題から選ぶこと。
3. 解答は問題ごとに必ず1枚ずつ別々の解答用紙を用い、それぞれの解答用紙に受験番号および問題番号を記入し解答せよ。紙面が不足した場合は裏面を使用してよい。
4. 試験終了時には、解答用紙のみを提出すること。

平成26年10月及び平成27年4月入学
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

[1] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 以下の問(1)～(4)に答えよ。

- (1) CHUR とは何か説明せよ。
- (2) CHUR の Sm, Nd の含有量をそれぞれ 0.3008 ppm, Nd=0.8652 ppm とし, 現在の $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 比である $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_p$ を求めよ。ただし, 計算には次の数値を用いよ。原子量: Sm=150.40, Nd=144.20, Sm 中の ^{147}Sm 同位体存在度=15.00%, Nd 中の ^{144}Nd 同位体存在度=23.90%
- (3) 現在から 37.5 億年前の CHUR の $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 値を求めよ。ただし, 現在の CHUR が保持している条件として $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_p$ は上記(2)で求めた値を, Nd 同位体比として $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_p = 0.512638$ を計算に用いよ。また, ^{147}Sm の壊変定数を $\lambda = 1.06 \times 10^{-12} \text{ y}^{-1}$ とする。
- (4) 今から 37.5 億年前に形成したある惑星物質の現在の $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 値が $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_p = 0.512868$ を示した。この物質が元来は CHUR と同じ起源を持ち, 今から 37.5 億年前に CHUR の部分溶融によって形成した物質であると仮定する。この物質の $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_p$ を求めよ。また, この物質は部分溶融の際の溶融物(液体)に由来するものか, それとも溶け残り(固体)に由来するものか, 科学的根拠とともに説明せよ。

問2 以下の問(1)と(2)に答えよ。

- (1) 隕石はコンドライトとエコンドライトに分けられる。エコンドライトの一部は太陽系内の特定の天体に由来すると考えられている。起源母天体が特定されているエコンドライトはどのようなものがあるか二つ例を挙げよ。あわせて, それぞれについて起源母天体が特定されている根拠を示せ。
- (2) コンドライトは水質変成あるいは熱変成度の度合いの違いに基づいて岩石学タイプ1～6に分類される。岩石学タイプ1と3を比べた場合, 両者の間には鉱物学的にはどのような違いがあるか説明せよ。

平成26年10月及び平成27年4月入学
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

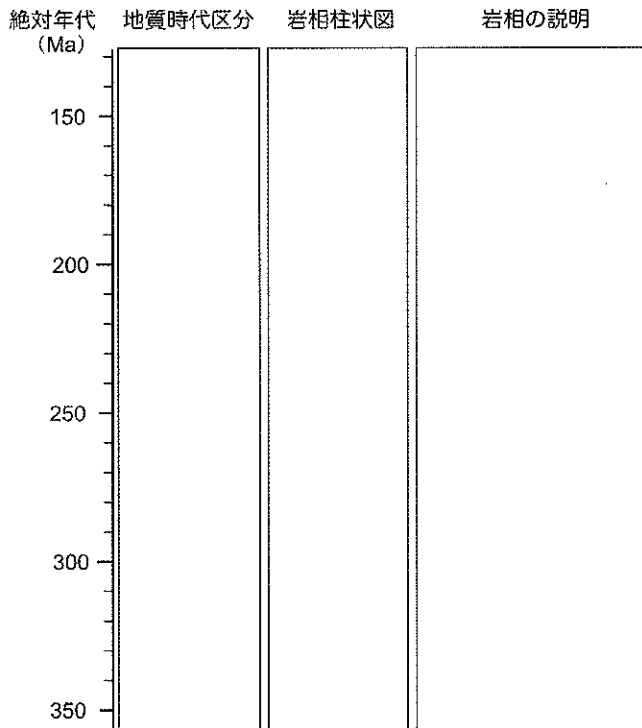
[2] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 層序学は岩石の累重関係を区分・対比する学問分野である。層序には、岩相層序、生層序、磁気層序がある。これら3つの層序のうち、1つを選択して説明せよ。
- (2) 炭酸塩岩を構成する粒子のうち、生物骨格粒子には石灰藻類、サンゴ類、海綿類、二枚貝類などが含まれる。これら4つの生物骨格粒子のうち、1つを選択して説明せよ。
- (3) Dunham の分類について説明せよ。

問2 西南日本内帯の中・古生界テレーンである「秋吉帯」、「舞鶴帯」、「丹波—美濃—足尾帯」の中から一つを選び、以下の問(1)と(2)に答えよ。

- (1) そのテレーンの地史柱状図を下図に書き加える形で完成させよ(図は解答用紙に拡大して再掲されている)。なお、地質時代は「紀」のレベルまでで良く、地質時代の境界には横線を入れること。
- (2) 完成された図をもとに、そのテレーンの特徴と形成史について概説せよ。



☒

平成26年10月及び平成27年4月入学
広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

[3] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 波に関する以下の問(1)～(4)に答えよ。

(1) 次の式を xy 平面上に図示せよ。

$$y = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right)$$

ここで A と λ は正の定数である。

(2) 次の式で表される関数 ϕ は、 x 軸の正の方向に速さ v で進む波であることを説明せよ。

$$\phi(x, t) = A \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right]$$

ここで t は時間である。

(3) 一般に波の周期 T は $T = \lambda/v$ と表されることを説明せよ。

(4) (2)の $\phi(x, t)$ は、次の一次元波動方程式を満たすことを示せ。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}$$

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

問2 下の図は、地表にある震源から放射されたP波の波線と走時曲線の模式図であり、波線はすべて屈折波を表す。以下の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 地球内部を伝わる実体波には、一定の規則にもとづいた名称が与えられる。図(a)～(d)のそれぞれについて、波線で示されたP波の名称を答えよ。
- (2) 図(b)～(d)のP波は、それぞれ図(e)の走時曲線中の分枝AB, BC, CD, DFのどれに対応しているか答えよ。
- (3) マントルから外核へのP波の入射を考える。コア-マントル境界をかすめるように入射するP波(図(d)の波線H)の屈折角は 36° である。コア-マントル境界におけるマントル側のP波速度を 13.7 km/s として、コア側のP波速度を有効数字2桁で求めよ。ここで $\sin 36^\circ \approx 0.59$ である。
- (4) 外核から内核へのP波の入射を考える。この場合は、内核境界への入射角がある角度 θ_c より小さくならないとP波の屈折波は生じない。その理由を角度 θ_c の名称とともに答えよ。
- (5) 外核から内核へのP波の入射を考える。内核境界で全反射されたP波が地表に到達する角距離の範囲を、図(a)～(d)に示された点A～Hを用いて示せ(解答例:点Aから点Dまで)。また、この反射波の名称と、それが図(e)の走時曲線中のどの分枝に対応するか答えよ。

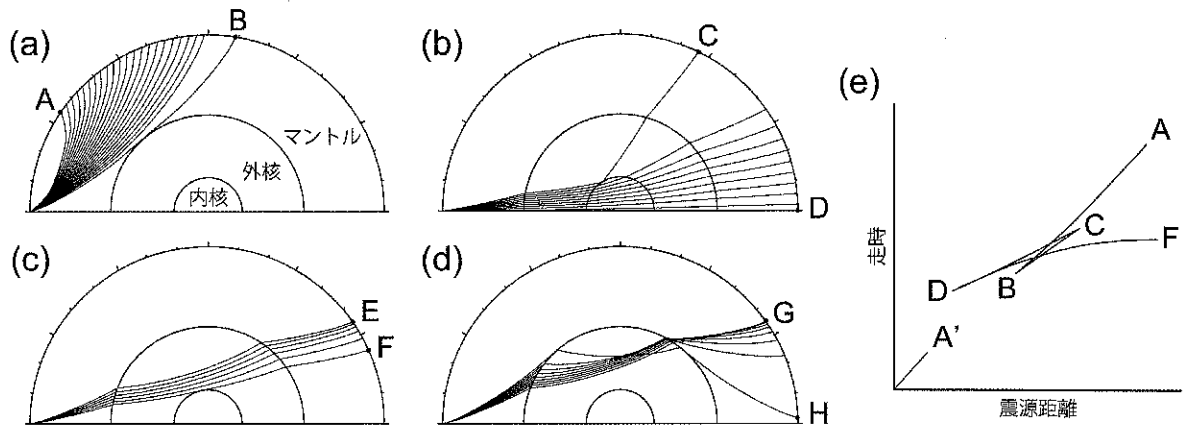


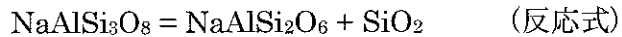
図 (a)～(d): P波の波線, (e): 走時曲線

平成26年10月及び平成27年4月入学
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

[4] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 高圧下では平衡条件下で次の分解反応が起きることが知られている。



下の表に与えられた 1200K での熱力学的数値を用いて、以下の問(1)～(3)に答えよ。ただし、圧力による体積変化と熱膨張は無視できるものとする。また、 $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ J/MPa}$ である。

表 1200K での熱力学的数値と標準状態でのモル体積

鉱物名	生成の自由エネルギー ΔG_f (KJ/mol)	モル体積 (cm^3)
長石 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	- 3042.0	100.4
輝石 $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$	- 2303.0	60.4
石英 SiO_2	- 695.0	22.7
コーサイト SiO_2	- 687.0	20.6
スティショバイト SiO_2	- 628.0	14.0

- (1) 平衡条件下での石英 - コーサイト相転移圧およびコーサイト - スティショバイト相転移圧をそれぞれ求めよ。
- (2) 反応式にもとづき、圧力が 10 GPa まで上昇するとき長石から出現する鉱物相とその圧力範囲を求めよ。
- (3) 反応式において、出現する鉱物相の中に核化・結晶成長が極めて遅く、平衡状態に達するのに時間を要するものがある場合、準安定の鉱物相が出現することがある。石英 - コーサイト - スティショバイト相転移において、コーサイトの出現に時間がかかり直接石英からスティショバイトへの相転移が起きる場合の最低圧力を求めよ。また、この圧力以下で輝石の出現に時間がかかる場合に起こり得る現象について述べよ。

平成26年10月及び平成27年4月入学
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

問2 円柱（長さ： L_0 ，底面積： S ）の岩石試料（図1）に対して，三軸試験機を用いて変形実験を行った。ピストンにより上方から荷重（ F ）を，またそれと直行する方向から封圧（ P_c ）を等方的に作用させた。実験中の試料の長さは L_1 とする。以下の問（1）～（7）に答えよ。

- (1) 実験中の温度と荷重（ F ）値を一定に保ち，試料の長さ（ L_1 ）の時間変化を測定する実験を何と呼ぶか答えよ。
- (2) 試料の歪（ ϵ ）を問題文中の記号を用いて表せ。その際，圧縮を正とする。
- (3) この実験の場合，荷重（ F ）が作用している方向が最大圧縮主応力軸となる。最大圧縮応力（ σ_1 ）を問題文中の記号を用いて表せ。
- (4) 図2は（1）の実験によって得られた試料の歪（ ϵ ）の時間変化を表している。この図（歪-時間曲線）に対応する歪速度-時間曲線を描け。また，温度のみを高温に変化させた際の歪速度-時間曲線もあわせて描け。
- (5) 図2に示されているような試料の力学的特性は，温度・圧力・差応力値（歪速度）といった外的要因によって変化する。また，試料そのものが有する内的要因によっても力学的特性は変化する。その様な内的要因を2つ挙げよ。
- (6) 図2中の t_1 以後の時間における変形段階を何と呼ぶか答えよ。
- (7) 高温変形条件における t_1 以後の時間では，試料を構成している鉱物中の内部歪エネルギーを下げる現象（回復現象）が有効に生じている。粒界移動や亜結晶粒回転によって生じる回復現象を何と呼ぶか答えよ。

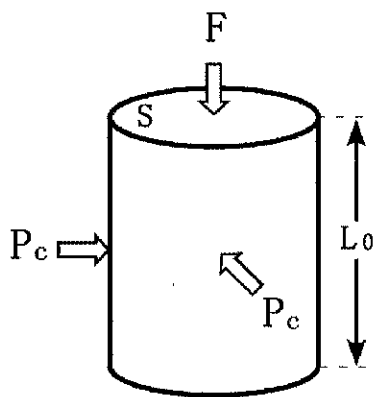


図1：岩石試料の形態と封圧と最大圧縮主応力軸方向の関係

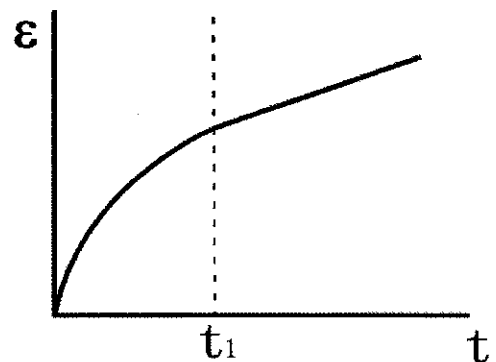


図2：実験で得られた歪-時間曲線

平成26年10月及び平成27年4月入学
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

[5] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 図1は100 MPaにおけるH₂O-CO₂系流体の気液共存曲線を示すT(温度) - X(H₂Oのモル分率)図である。この図に関して、以下の問(1)～(4)に答えよ。

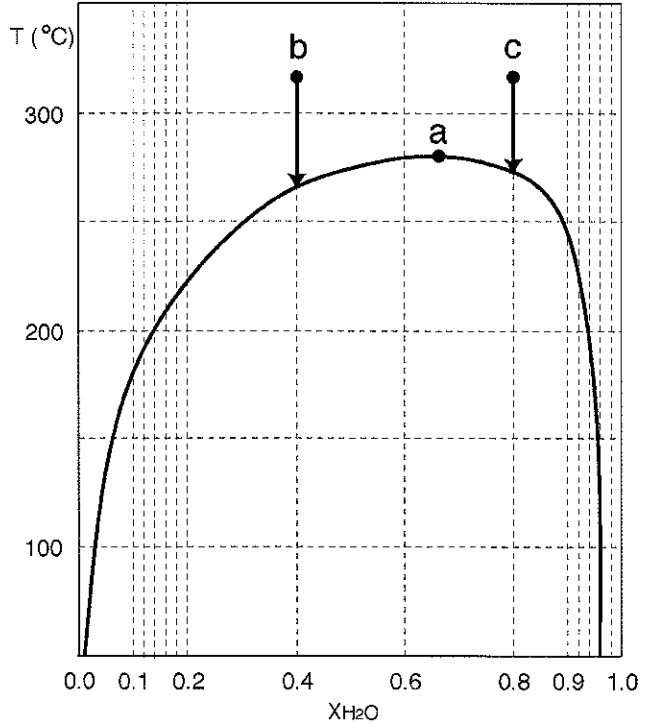


図1 H₂O-CO₂系流体の気液共存曲線

- (1) 図のa点を何と呼ぶか。
- (2) 図のbの組成(X_{H₂O}=0.40)の溶液とcの組成(X_{H₂O}=0.80)の溶液が、それぞれ温度低下により2相に分離する現象を何と呼ぶか、bとcのそれぞれの場合について答えよ。
- (3) 図のcの組成の溶液の温度が200℃まで降下したときの、気相と液相のモル比(気相/液相)を答えよ。
- (4) 圧力が低下すると、図のa点の温度と組成(X_{H₂O})はどう変化するか、温度と組成のそれぞれについて答えよ。

問2 図2は、低温におけるCu-Fe-S系鉱物の相図を示している。縦軸は硫黄のフガシティーの対数、横軸は鉄イオンのアクティビティーと水素イオンのアクティビティーの二乗の比の対数である。この図に関して、以下の問(1)と(2)に答えよ。

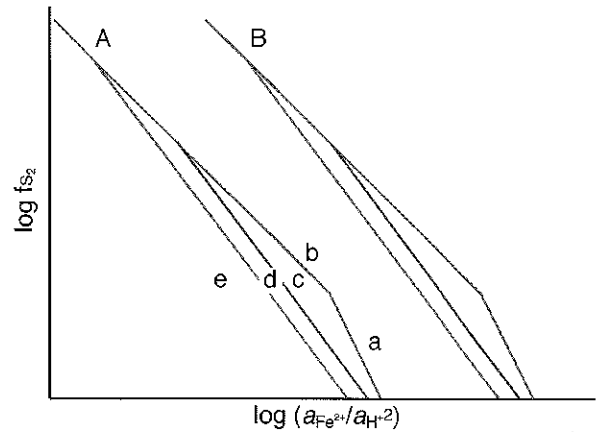


図2 Cu-Fe-S系鉱物の相図

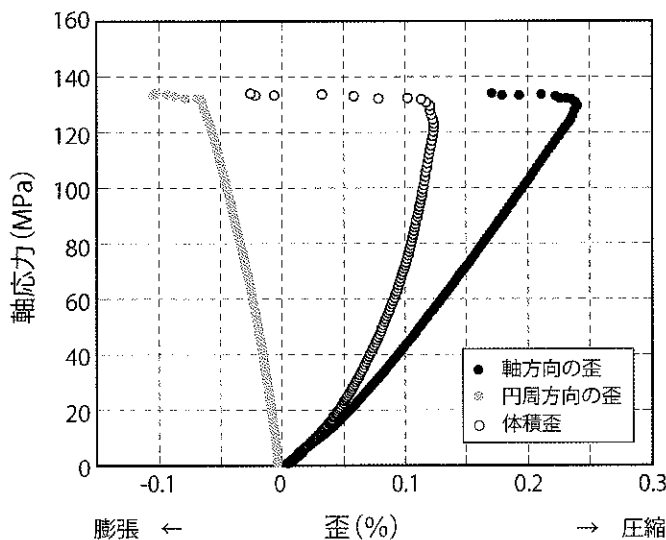
- (1) 図のa~eに該当する鉱物を下記の中から選び、解答用紙に記入せよ。
 [黄銅鉱(CuFeS₂), 黄鉄鉱(FeS₂), 輝銅鉱(Cu₂S), 斑銅鉱(Cu₅FeS₄), 磁硫鉄鉱(Fe_{1-x}S)]

(2) この図上では、酸素のフガシティーの変化に対応して、鉱物相境界はAからBのように横軸方向にシフトする。AとBではどちらが酸素のフガシティーが高いかを、鉱物dとeの平衡反応式を用いて説明せよ。

平成26年10月及び平成27年4月入学
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

- [6] 岩石の破壊実験を大気圧下で行ったところ、下図のような軸応力と歪の関係が得られた。この実験結果をもとに、岩石の強度と破壊に関する以下の問（1）～（7）に答えよ。
- (1) 岩石試料を直径 20 mm, 長さ 40 mm の円柱に整形し、長軸方向に圧縮の力を加えて岩石を破壊した。図の実験結果を参考に、岩石が破壊した際の軸方向の力 (N) を求めよ。なお、有効数字は2桁で答えること。
 - (2) ヤング率とポアソン比は固体の弾性的な性質を表すものである。図の実験結果を参考に、この試料のヤング率 (Pa) とポアソン比をそれぞれ求めよ。なお、有効数字は2桁で答えること。
 - (3) 最大軸応力で岩石が破壊する前から、フックの法則が成り立たなくなり、破壊直前には圧縮から膨張に転じる。このように岩石が破壊する前に、岩石試料が膨張する理由は何か答えよ。
 - (4) 同じ岩石の破壊実験を封圧（最小主応力）100 MPaで行ったところ、岩石の破壊強度は 800 MPa であった。大気圧下での実験結果とあわせてモール円を作図し、クーロンの破壊条件を図中に示せ。
 - (5) 封圧 100 MPaのもと、間隙水圧 50 MPa をかけて同じ試料の破壊実験を行った場合、破壊強度はどのように変化するか答えよ。
 - (6) この破壊実験のような圧縮による応力場では逆断層が形成されるのに対し、引張による応力場では正断層が形成される。海洋プレートで起こる地震のうち、正断層が発達する領域とその理由を答えよ。
 - (7) 地球内部での破壊現象である地震は、応力や歪の蓄積のみならず、間隙水圧の上昇により誘発されることもある。地下ではどのような環境で間隙水圧が上昇するか、浸透率をキーワードに説明せよ。



図：岩石の破壊実験の結果
 岩石試料に対し、2方向に歪ゲージをはり、軸方向と円周方向の歪を計測した。なお、体積歪はこれら2方向の歪から計算して求めた。歪は百分率で表し、圧縮を正としている。