

平成29年10月及び平成30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29年 8月24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）	14枚
解答用紙	4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、解答用紙を提出すること。

平成29年10月及び平成30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)と(2)に答えよ。

(1) ～に当てはまる最も適切な語を答えよ。

X線は、封入型X線管球を用いて発生させることができる。この方法では、タングステンフィラメント等のから発生したを陽極に衝突させてX線を発生させる。この際、の運動エネルギーは、その約1%のみがX線に変換され、残りのエネルギーはとして放出される。

封入型X線管球からはと呼ばれる様々な波長を有するX線が放出される。この幅を持った波長の中で、短い波長の限界をと呼ぶ。管球にある一定以上の管電圧を加えると、特定の波長領域に非常に鋭いピークが現れる。これがである。のうち線は、K殻電子軌道にL殻電子軌道から電子が落ち込む際に、軌道エネルギーの差がX線として放出されたものである。

X線を物質に照射するとX線は減衰する。これは物質によってX線がされるからである。X線のの程度は波長によって異なり、急激にの程度が変化する波長をと呼ぶ。このは、線に近接して存在するを除去するフィルターとなる材料を選別する際に考慮される。

(2) 岩石の変形に関する以下の問(a)～(e)に答えよ。

- (a) 地殻の浅い場所で岩石が破砕され、破断面に沿って、破砕された岩片が変位や回転をすることで変形が進行する変形機構をなんと呼ぶか答えよ。
- (b) 石灰岩やチャート中に発達するスタイロライトを形成させる変形機構をなんと呼ぶか答えよ。
- (c) 剪断性の流動変形によって形成された、細粒な構成鉱物からなる断層岩をなんと呼ぶか答えよ。
- (d) 広域変成作用によって岩石中に形成される構造を2つ答えよ。
- (e) 断層と異なり、変位が認められない破断面をなんと呼ぶか答えよ。

(次頁に続く)

平成29年10月及び平成30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 以下の問（1）～（3）に答えよ。

（1） Group I の地質現象によって発生する地質構造を Group II から選べ。

【Group I】

- A. Superposed folding
- B. Layer-parallel extension
- C. Layer-perpendicular heterogeneous shortening
- D. Layer-parallel shortening

【Group II】

- 1. Boudin
- 2. Bending fold
- 3. Ptygmatic fold
- 4. Dome-basin structure

（2） 苦鉄質岩のEclogite相に産出する鉱物組み合わせとして適切なものを，下記の（ア）～（エ）から選べ。

- （ア） chlorite-epidote-albite-lawsonite
- （イ） garnet-clinopyroxene
- （ウ） garnet-clinopyroxene-hornblende-plagioclase
- （エ） garnet-clinopyroxene-orthopyroxene-plagioclase

（3） 次の英単語を日本語に訳せ。

- |                    |                           |                          |                  |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| 1. Twinned crystal | 2. Carboniferous period   | 3. Viscosity coefficient |                  |
| 4. Gabbro          | 5. Overturned fold        | 6. Andesite              | 7. Bedding plane |
| 8. Shear zone      | 9. Secondary seismic wave | 10. Paleomagnetism       |                  |

平成29年10月及び平成30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～問4に答えよ。

問1 テレーン (terrane) の合体 (amalgamation) がいつ頃完了したかを判断するのに役立つ主な地質現象に三種類のもが知られている。そのうち二つを選び、日本または海外における実例を模式図に示して説明せよ。解答では、合体が起こった年代の上限についても具体的に言及すること。

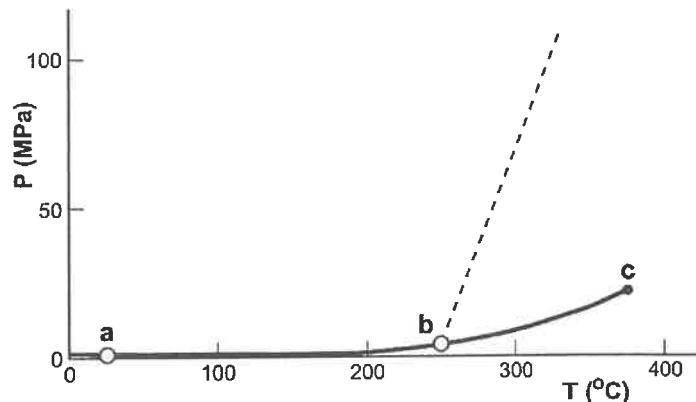
問2 肉眼で観察できる鉱物の色について問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 条痕色とは何か説明せよ。
- (2) 外観色と条痕色が同じである場合、考えられる発色の原因を一つ挙げよ。
- (3) 自色と他色について、それらの違いが明瞭にわかるように説明せよ。

問3 鉱物のルミネッセンス (luminescence) とはどのような現象か説明せよ。

問4 石英結晶中の流体包有物に関する問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 図は水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) の状態図を示しており、縦軸は圧力、横軸は温度である。また、図中の a - b - c を通る実線は水の蒸気圧曲線であり、点 c より高温・高圧側には続かない。この点 c をなんというか答えよ。
- (2) 25°C (点 a) で観察された流体包有物は、液相と気相の二相包有物であった。顕微鏡下でこの流体包有物を加熱したところ、250°C (点 b) で気相が消滅した。この点 b の温度をなんというか答えよ。
- (3) (2) の点 a から点 b までの加熱の間、流体包有物の圧力は蒸気圧曲線に沿って上昇する。即ち、圧力は温度に従属する。この理由を、相律 (自由度) を用いて説明せよ。ただし、流体は  $\text{H}_2\text{O}$  一成分系であるとする。
- (4) この流体包有物を点 b まで加熱した後、さらに加熱を続けると、流体包有物の圧力は図中の破線に沿って上昇する。この破線をなんというか答えよ。ただし、この加熱実験の温度範囲では、石英のモル体積は変化しないものとする。
- (5) (4) から、点 b 以上の温度の加熱時においても、圧力は温度に従属して上昇することになる。その理由を、相律 (自由度) を用いて説明せよ。



図

平成29年10月及び平成30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 以下の文を読み、問(1)～(5)に答えよ。

過去のある時にCHURから分化したと仮定できる、ある火成岩の分析を行ったところ、Nd同位体比( $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$ )は0.513101, Sm濃度は1.83 ppm, Nd濃度は5.51 ppmであった。

(注) 計算に必要であれば以下の条件を用いよ。

$^{147}\text{Sm}$ の壊変定数  $\lambda = 6.54 \times 10^{-12} \text{ yr}^{-1}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ の同位体存在度 = 15.0 (atomic %),  
Smの原子量 = 150.4,  $^{144}\text{Nd}$ の同位体存在度 = 23.9 (atomic %), Ndの原子量 = 144.24  
(これらNdに関する値は厳密には試料によって異なるが、便宜上固有の値を持つとする), CHURの現在値は  $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd} = 0.512638$ ,  $^{147}\text{Sm} / ^{144}\text{Nd} = 0.1697$ ,  $\ln 2 = 0.693$

- (1) CHURとはなにか説明せよ。
- (2) この火成岩中の  $^{147}\text{Sm} / ^{144}\text{Nd}$  比を有効数字3桁でもとめよ。計算過程も示すこと。
- (3) この火成岩のイプシロン値を有効数字2桁でもとめよ。計算過程も示すこと。
- (4) この火成岩のCHURモデル年代を有効数字3桁でもとめよ。計算過程も示すこと。
- (5) 一般に、CHURモデル年代は岩石の形成年代と考えられない場合が多い。そのような場合、複数の岩石や鉱物の  $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$  比と  $^{147}\text{Sm} / ^{144}\text{Nd}$  比を用いて年代測定を行うが、このような方法をなんというか答えよ。また、その方法を用いるために満たすべき条件を2つ以上答えよ。必要に応じて、式やグラフ等を用いて記述してもよい。

(次頁に続く)

平成29年10月及び平成30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 以下の問（1）～（3）に答えよ。

（1）以下の **ア** ～ **コ** に当てはまる最も適切な数値と語を答えよ。

砕屑物は **ア** 作用や侵食作用によって形成され、河川水などによる **イ** 作用が低下すると堆積し、**ウ** 作用を受けることで固結した砕屑岩となる。砕屑岩は砕屑粒子の粒径によって分類できる。泥岩は **エ** mm 以下、砂岩は **エ** mm ～ **オ** mm、礫岩は **オ** mm 以上と定義されている。砂岩は主に **カ** ・ **キ** ・ **ク** ・ 基質 ・ セメントなどから構成される。また、砕屑粒子に関する用語には、粒径のそろい方の程度を表す **ケ** や、角の磨滅度を表す **コ** などがある。

（2）図は、有機炭素量および二価鉄モル分率と泥岩の色調の関係を表している。これらのうち、赤色および灰緑色を呈する泥岩に関して、堆積・**ウ** 環境を「価数」、「酸化」、「還元」の3つの用語を用いて説明せよ。

（3）図において、二価鉄モル分率が高い場合は、有機炭素量の増加に伴って泥岩の色調は黒色になる。一方、二価鉄モル分率が低い場合は、有機炭素量の高い領域は空白となっている。これは、そのような組成をもつ泥岩がごくまれであるためであるが、その理由について説明せよ。

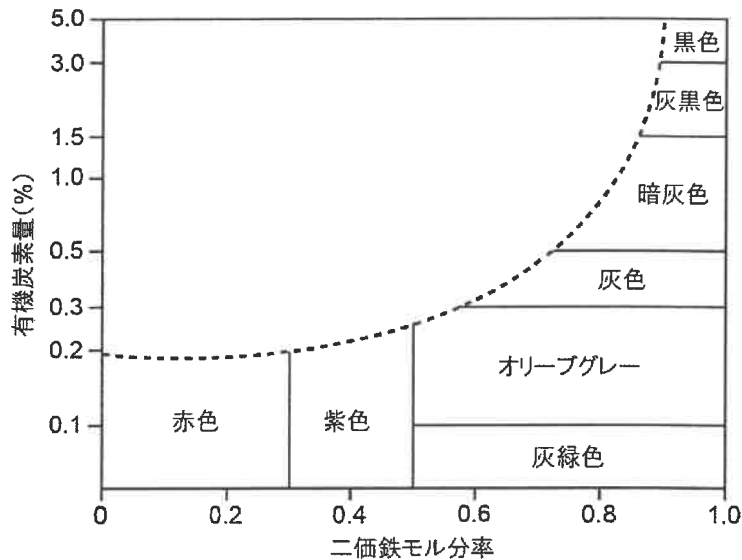


図 有機炭素量および二価鉄モル分率と泥岩の色調の関係  
 二価鉄モル分率 = 二価鉄モル数 / (二価鉄モル数 + 三価鉄モル数)。

平成29年10月及び平成30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 以下の文を読み、問(1)～(3)に答えよ。

宇宙に最も豊富に存在する元素は、、、次いで、、である。、、、からなる化合物の多くは有機化合物と呼ばれる。星間分子雲に存在する塵は、、有機化合物、を主に含む。星間分子雲が自らの重力で収縮し、中心に原始星が生まれ、その周りに塵の円盤が作られる段階をと呼ぶ。において、塵同士が付着成長し、小惑星（隕石）や彗星などの微惑星が形成された。これらの微惑星が互いに衝突合体を繰り返した結果、地球などの惑星が生まれ、太陽系が誕生した。

- (1) 文章中の～に当てはまる最も適切な語を書け。～の解答順は必ずしも元素存在度順でなくてよい。また、とも順不同でよい。
- (2) 炭素質コンドライトに相当する始原的な小惑星と、彗星との間にはどのような違いがあるか、述べよ。それぞれの小天体の位置関係や、それぞれの母天体上で起こりうる物理化学過程、物質組成に関する説明を含めること。
- (3) 小惑星や彗星に由来する宇宙塵を国際宇宙ステーション上で採取し、地上に持ち帰り化学分析する計画が現在進行している。成層圏や南極で採取される宇宙塵と比較し、地球周回軌道（高度 400 km）で宇宙塵を採取することにおいて考えられる長所を2点、短所を1点、述べよ。

(次頁に続く)

平成29年10月及び平成30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 以下の文を読み、問(1)～(5)に答えよ。

地球上で回収された隕石のうち、その数が最も多いのは  コンドライトである。  
 コンドライトは主にコンドルール、金属鉄や硫化鉄から構成される。コンドルールを構成する鉱物は主に  と  であり、その間隙をコンドリティックガラスが埋めている。 コンドライトが集積して形成された母天体のモデルとして、同心円状の構造をもつ  モデルが提唱されている。

炭素質コンドライトは回収される数は少ないが、水や有機物を含み、地球の海や生命の起源物質として重要である。はやぶさ2が探査を行う  型小惑星は炭素質コンドライトの母天体と予想されている。

鉄隕石は主に鉄と  の合金で構成され、ウィドマンシュテッテン構造を示すものもある。鉄隕石は分化した天体の  に由来する。

- (1) 文中の  ～  に当てはまる最も適切な語を書け。
- (2)  モデルを説明せよ。
- (3) 次頁の図1はある  コンドライトの偏光顕微鏡写真（オープンニコル）である。岩石組織から図1の  コンドライトが  モデル母天体のどの部位を構成していたか、理由と共に答えよ。
- (4) 炭素質コンドライトには難揮発性元素に富む鉱物が含まれ、これらを総称して CAIs と呼ばれる。CAIs に含まれる鉱物を下のリストから全て選べ。

コランダム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) , トロイライト ( $\text{FeS}$ ) , 石英 ( $\text{SiO}_2$ ) ,  
ファヤライト ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) , エンスタタイト ( $\text{MgSiO}_3$ ) , ヒボナイト ( $\text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$ ) ,  
カオリナイト ( $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ )

- (5) ウィドマンシュテッテン構造の成因を次頁の図2の状態図を用いて説明せよ。

(次頁に続く)



平成29年10月及び平成30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

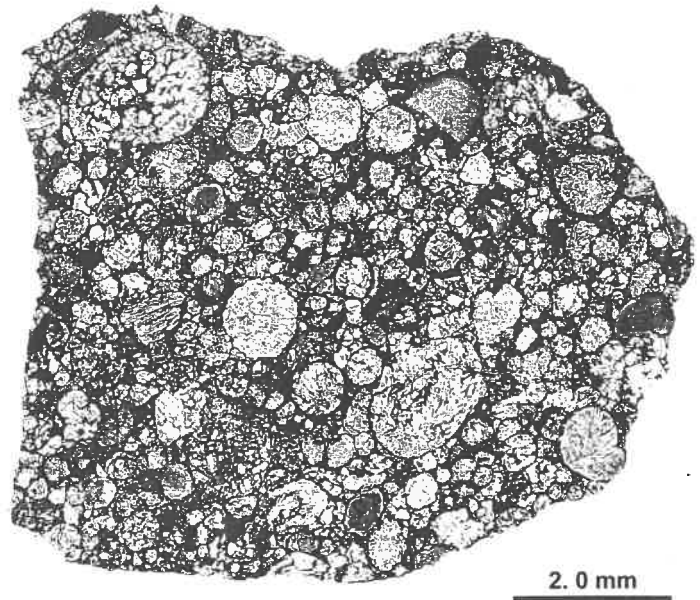


図1 偏光顕微鏡写真（オープンニコル）

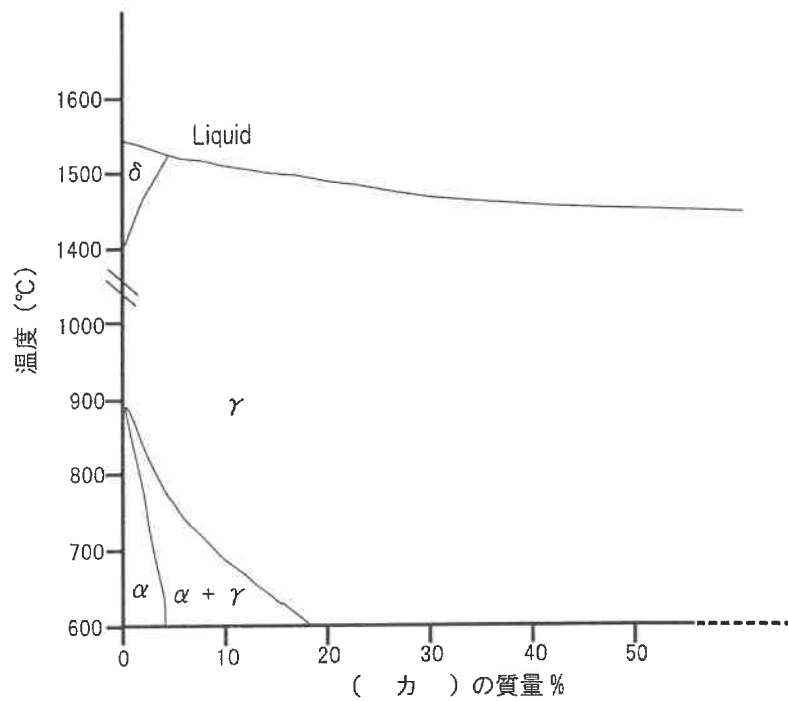


図2 鉄とカの状態図

平成29年10月及び平成30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～問3に答えよ。

問1 [ア] ～ [ト] にあてはまるもっとも適切な語、数値または式を答えよ。

- (1) ジオイドは地球重力の [ア] 面であり、海域では [イ] に近い。ジオイドに最も近い形状を持ち、地球形状と重力の基準となる回転楕円体を [ウ] と呼ぶ。[ウ] の表面での重力は地表の重力値の基準値であり、 [エ] と呼ぶ。 [エ] の大きさは緯度によって変わり、 [オ] で最も小さい。
- (2) 地球磁場は伏角、偏角、 [カ] の3成分を持つベクトルである。西日本では偏角の大きさはおよそ [キ] 度で、磁針は地理的な北よりも [ク] を指す。地球磁場は近接したN極・S極による磁場である [ケ] に近く、現在は南側に [コ] 極がある。
- (3) 等方弾性体はラメ定数  $\lambda$  と  $\mu$  で表され、特に  $\mu$  を [サ] と呼ぶ。密度を  $\rho$  とすると、S波速度は [シ] と表される。等方弾性体は体積弾性率  $\kappa$  と [サ]  $\mu$  の組み合わせでも表される。この組み合わせでは、 $\kappa$  は体積変形の、 $\mu$  は [ス] 変形のしにくさを表すので、物理的意味が明確である。 $\kappa$  は  $\lambda$  と  $\mu$  を用いて [セ] と表される。弾性定数の単位は圧力と同じ [ソ] が用いられる。
- (4) 東北日本では、沈み込む太平洋プレート内の深さ約 80-150 km で発生する [タ] 地震の活動は上面と下面の2層に分かれており、それらの面を [チ] と呼ぶ。震源メカニズム解は、上面では [ツ] 軸が、下面では [テ] 軸が沈み込みの方向を向いている。それらの地震の発生は、構成鉱物の変化に伴う [ト] に原因があると考えられている。

問2 以下の問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 次の式を  $xy$  座標上に図示せよ。ただし  $A, \lambda$  は定数である。

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

- (2) 次の式で表される関数  $\phi$  は  $x$  軸の正の方向に速度  $v$  で進む波であることを、必要ならば図を用いて説明せよ。ただし  $A, \lambda, v$  は定数、 $t$  は時間である。

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

- (3) (2) の式を波数  $k$  と角周波数  $\omega$  を用いて書き換えよ。

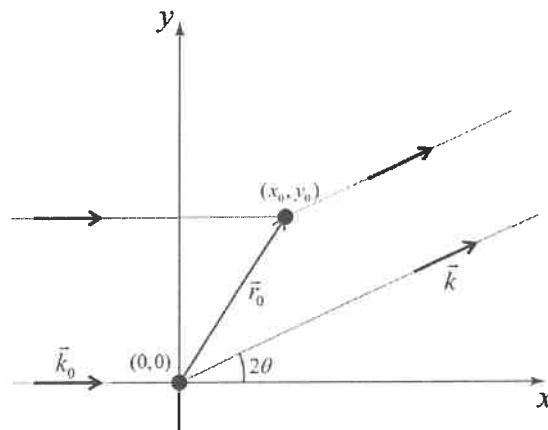
(次頁に続く)

平成29年10月及び平成30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3 原子に X 線が当たると、入射 X 線と位相関係を保った X 線が散乱される。2つの原子に干渉性のある X 線が照射されたときの X 線の散乱について、以下の問（1）～（3）に答えよ。

- (1) 図のように、2つの原子が座標(0,0)と $(x_0, y_0)$ にある場合、散乱角 $2\theta$ の方向に2つの原子により散乱される X 線の行路差を求めよ。
- (2) 入射 X 線の波長は $\lambda$ であった。2つの原子から散乱される X 線が最も強め合う条件を答えよ。
- (3) 図のように、入射 X 線と散乱 X 線の波数ベクトルをそれぞれ $\vec{k}_0$ と $\vec{k}$ 、2つの原子の位置関係を示すベクトルを $\vec{r}_0$ と書く場合、2つの原子から散乱される X 線の位相差を、ベクトルの内積表記で答えよ。



図

平成29年10月及び平成30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] 以下の問1または問2のいずれか一方を選択して答えよ。

問1 以下の問(1)～(6)に答えよ。

- (1) ブーゲー異常は、フリーエア異常に対してジオイドより上の構造を取り去るという補正をして得られる。密度 $\rho$  (一定), 厚さ $H$ の無限平板による引力は, 万有引力定数を $G$ として $2\pi\rho GH$ と表される。フリーエア異常を $\Delta g_F$ , 地殻の密度を $\rho_C$  (一定), 重力測定点の標高を $H$ とすると, ブーゲー異常 $\Delta g_B$ はどのように表されるか。
- (2) 図1は海洋域における浅部構造の模式断面図であり, 第1層は深海底堆積物である。第2層と第3層を構成するおもな岩石名として最も適当なものをそれぞれの層について答えよ。
- (3) 「残留重力異常」は, フリーエア異常 $\Delta g_F$ に対してモホ面より上の構造をマントル物質で置き換えるという補正をして得られる。浅部構造が図1で与えられるとき, 残留重力異常 $\Delta g_R$ はどのように表されるか。ただし, 図1の各層で密度は一定とする。
- (4) 海洋プレートの厚さと水深の値は, 海嶺から離れるにしたがっていずれも大きくなることが知られている。ここでは簡単のため図2のような海水, プレート, アセノスフェアという3層構造を考える。アイソスタシーを考慮して, 次の空欄に入る式を答えよ。

$$P' - P = \boxed{\phantom{000000}} (W' - W)$$

- (5) 上式を用いてプレートの密度とアセノスフェアの密度の大小関係について述べよ。
- (6) 横軸を海底年代として図2の構造に対応する残留重力異常のおおよそのグラフを描け。また, そのようになる理由も述べよ。

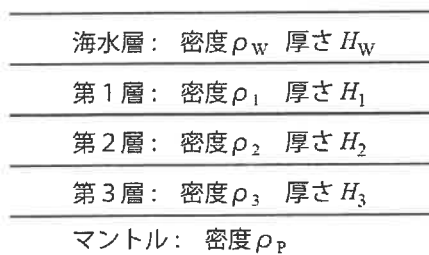


図1 海洋域の浅部構造の模式断面図

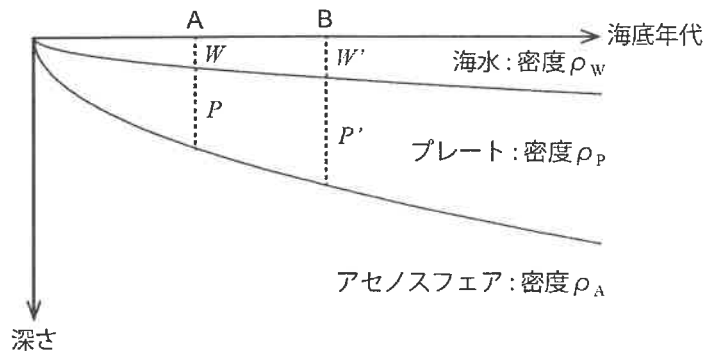


図2 海洋域の構造の模式断面図  
 (W, P), (W', P')はそれぞれ地点A, Bにおける(水深, プレートの厚さ)。

平成29年10月及び平成30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 以下の問(1)と(2)に答えよ。

(1) 図1はある仮想的な鉱物(A, B, C)の3成分相平衡図である。この相平衡図に関連して、次の問(a)～(e)に答えよ。

- (a) 3成分の相平衡図を基に、A-B, B-C, C-Aの3つの2成分の相平衡図を作図せよ。
- (b) Yの組成を持つ液体が冷却される際、最初に晶出する鉱物を答えよ。
- (c) Yの組成を持つ液体が冷却され続け、2つ目の鉱物が晶出し始めるときの温度を答えよ。また、その際に存在する固体と液体の量比を答えよ。
- (d) Yの組成を持つ液体がさらに冷却され800°Cに達した際に共存する2種類の鉱物の量比を答えよ。
- (e) Yの組成を持つ固体が融解する場合、最初にできるマグマの組成を鉱物の量比(A, B, C)で答えよ。

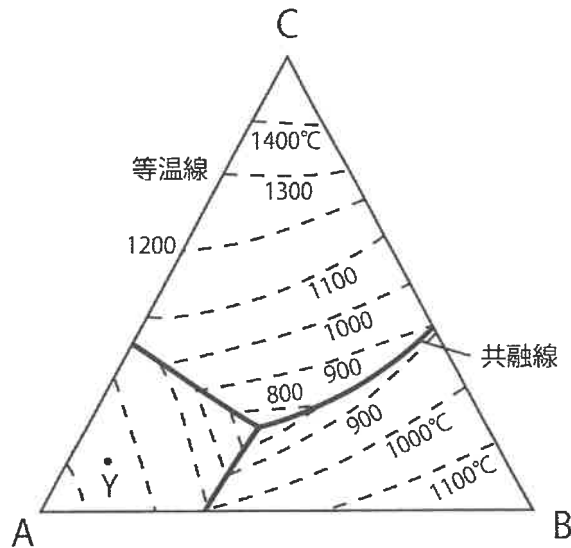


図1

(次頁に続く)

平成29年10月及び平成30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) 図2は日本列島下のマンツルの地震波トモグラフィー像を示している。特徴の一つとして、沈み込む海洋プレート（スラブ）がマンツル遷移層で滞留している様子が見られる。この現象が起こる原因を図3のかんらん石の相転移現象で説明せよ。説明は定性的で構わないが、地球の断面図を描き、そこにいくつかの等温線や相転移境界を図示して説明すること。

仮定として、沈み込む海洋プレート（スラブ）、及び周囲のマンツルの主構成鉱物はいかんらん石とする。また、図3のAは沈み込む海洋プレート（スラブ）の中心部（最低温部）の温度分布、Bは周囲のマンツルの温度分布とする。さらに、Ol-Wd相転移は410 km、Rw-Pv+Pc相転移は660 km地震波速度不連続面の原因であるとする。

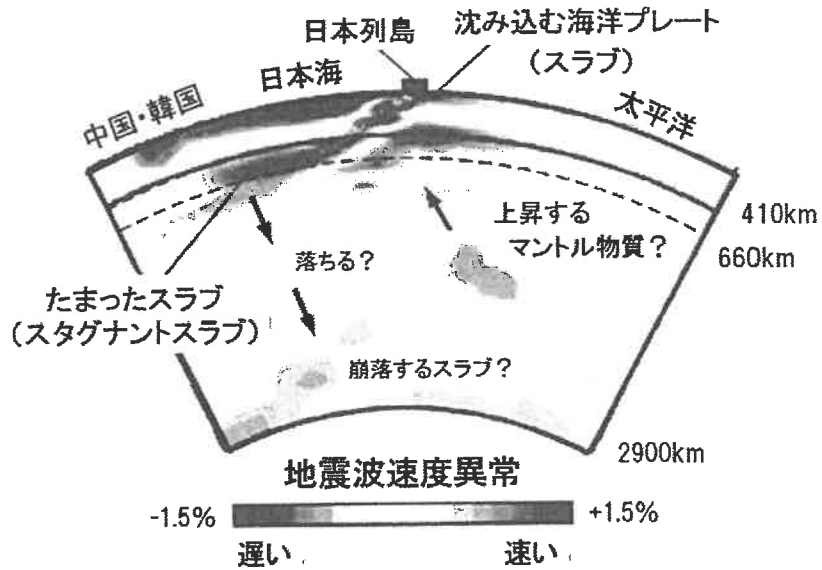


図2 日本列島下のマンツルの地震波トモグラフィー像  
 グレースケールのため、速度異常の正負の区別が付きにくいだが、高速度異常の沈み込む海洋プレート（スラブ）が大きな特徴として見られる。

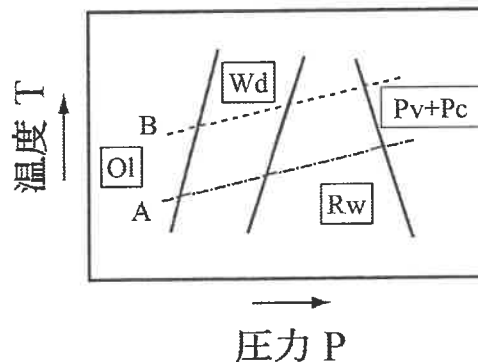


図3  $Mg_2SiO_4$  かんらん石の温度圧力相図の模式図  
 Ol: オリビン, Wd: ワズレアイト, Rw: リングウッドイト,  
 Pv+Pc:  $MgSiO_3$  ペロブスカイト (ブリッジマナイト) + MgO ペリクレーズ