

平成27年10月及び平成28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27年 8月27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）	10枚
解答用紙	4枚
2. 問題は全部で[1]～[6]の6問ある。この中で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。紙面が不足する場合に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27年10月及び平成28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)～(5)に答えよ。

- (1) ジルコン ( $ZrSiO_4$ ) は U-Pb 壊変系を利用した年代測定を適用するのに有利な鉱物であると考えられている。その理由を述べよ。
- (2) あるジルコンの Pb 同位体比は  $^{206}Pb/^{204}Pb=2100$ ,  $^{207}Pb/^{204}Pb=699.0$ ,  $^{208}Pb/^{204}Pb=200.0$  であった。このジルコンの Pb の原子量を求めよ。ただし、各 Pb 同位体の質量として  $^{204}Pb=203.97$ ,  $^{206}Pb=205.97$ ,  $^{207}Pb=206.98$ ,  $^{208}Pb=207.98$  (amu) を用いよ。
- (3) 上記のジルコンをさらに分析したところ、Pb および U の濃度はそれぞれ 515.85 ppm, 1190.1 ppm であった。このジルコンの  $^{206}Pb$ ,  $^{207}Pb$  はすべて放射壊変起源であると仮定し、 $^{206}Pb$ ,  $^{207}Pb$  の  $^{238}U$ ,  $^{235}U$  に対する各々の比、 $^{206}Pb^*/^{238}U$  および  $^{207}Pb^*/^{235}U$  を計算せよ。なお、U の原子量は 238.02, 同位体組成は  $^{234}U=0.0055$ ,  $^{235}U=0.7205$ ,  $^{238}U=99.2740$  (%) とする。
- (4) 上記(3)で求めた  $^{207}Pb^*/^{235}U$  および  $^{206}Pb^*/^{238}U$  から、このジルコンの形成年代を各々計算せよ。ただし計算には以下の換算表(表1)を用い、有効数字2桁で答えよ。
- (5) 上記(4)で求めた2つの年代値を比較して考えられることを述べよ。

表1.  $^{207}Pb^*/^{235}U$  値および  $^{206}Pb^*/^{238}U$  値と年代(億年)の換算

年代(億年)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10
$^{207}Pb^*/^{235}U$	0.1035	0.2178	0.3437	0.4828	0.6363	0.8056	0.9925	1.1987	1.4263	1.6774
$^{206}Pb^*/^{238}U$	0.0156	0.0315	0.0476	0.0640	0.0806	0.0975	0.1147	0.1321	0.1498	0.1678

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.9545	2.2603	2.5977	2.9700	3.3810	3.8344	4.3348	4.8869	5.4962	6.1685	6.9105	7.7292
0.1861	0.2046	0.2234	0.2426	0.2620	0.2817	0.3018	0.3221	0.3428	0.3638	0.3851	0.4067

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
8.6326	9.6296	10.730	11.944	13.283	14.762	16.393	18.193	20.180	22.372	24.790	27.460
0.4287	0.4511	0.4738	0.4968	0.5202	0.5440	0.5681	0.5926	0.6175	0.6428	0.6685	0.6946

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
30.405	33.656	37.242	41.200	45.568	50.388	55.706	61.575	68.052	75.198	83.085	91.787
0.7211	0.7480	0.7753	0.8030	0.8312	0.8599	0.8889	0.9185	0.9485	0.9789	1.0099	1.0413

平成27年10月及び平成28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 次の文章を読んで問(1)～(3)に答えよ。

初期太陽系内では高温のガスや溶融した塵からコンドルール、CAIs、金属鉄や硫化鉄が生成し、これらが集積してコンドライトとなった。コンドライトは構成物質と化学組成の違いにより  コンドライト、普通コンドライト、 コンドライト、Rコンドライト、Kコンドライトに分類される。 コンドライトは  や水を含み、ハヤブサ2が目指す小惑星“1999JU3”はその母天体の1つと目されている。普通コンドライトは最も数多く回収されており、その主要構成鉱物はオリビン、、、金属鉄、硫化鉄である。普通コンドライトはさらに金属鉄の総量に応じてH、L、LLタイプに分けられる。 コンドライトの主要構成鉱物は  であり、金属鉄やCa-Mg 硫化物を多く含むことから  的環境で生成したものである。

- (1) 文章中の  ～  に当てはまる最も適切な語を書け。
- (2) 下線部の内、最も古い時代の太陽系の情報を保持する物質はどれであるか、その物質の鉱物・化学的特徴に触れつつ理由と共に答えよ。
- (3) 表2は普通コンドライト中のオリビンの化学組成をまとめたものである。ある普通コンドライトに含まれるオリビンの化学式を計算すると  $(Mg_{1.5}, Fe_{0.5})SiO_4$  であった。オリビンの化学組成を基にするとこの普通コンドライトはどれのタイプに相当するか、その理由と共に答えよ。

表2. 普通コンドライト中のオリビンの化学組成

	H type	L type	LL type
Olivine 組成 (Fayalite mol%)	16-20	23-26	27-32

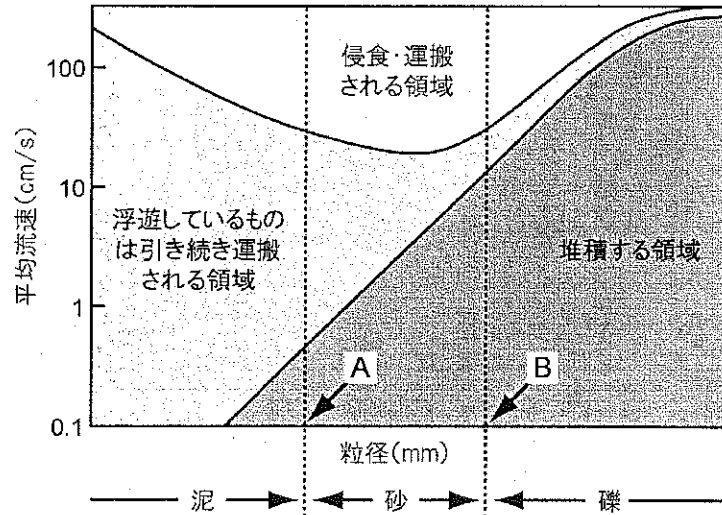
平成27年10月及び平成28年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

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) 下図は、平均流速と粒径を変化させた際の碎屑粒子の挙動を表している。図中 A および B はそれぞれ泥-砂、砂-礫の境界となる粒径である。それぞれの粒径を答えよ。
- (2) 下図のような関係となる原因について、「層流」と「乱流」の両方の用語を用いて説明せよ。
- (3) 炭酸塩岩中で一般的に見られるウーイドは、主に砂サイズの粒子である。Dunham の分類においてウーライト質グレインストーンとされる堆積組織について、その成因および堆積環境を下図も用いながら説明せよ。



図：平均流速と粒径を変化させた際の碎屑粒子の挙動

問2 次の文章を読んで問(1), (2)に答えよ。

日本列島の地殻のように複雑で多様な地質体 (geologic body) からなるプレート収斂境界の地質学研究では、地史的関係の明瞭な地質体の集合を一つのテレーン (Tectono-stratigraphic terrane) として認識するテレーン解析法の有効性が認められている。テレーン認識の次の段階として、隣り合うテレーン相互の関係や全体の構造発達史が問題となる。

- (1) 隣り合うテレーンはいつ頃合体 (amalgamation) したのか、その時代を画する地質現象を三種類、模式図を描いて略述せよ。
- (2) 上記三種類の中の一つについて、日本列島における具体例を示せ。

平成27年10月及び平成28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～問3に答えよ。

問1 以下の問(1), (2)に答えよ。

(1) 波に関する以下の問(ア)～(ウ)に答えよ。

次の式①は振幅  $A$  で  $x$  軸の正の方向へ伝わる1次元の正弦波を表す。

$$\phi(x, t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \dots \text{①}$$

ここで  $x$  と  $t$  はそれぞれ距離と時間である。

(ア) 式①中の  $\lambda$  と  $T$  はそれぞれ何と呼ばれるか答えよ。

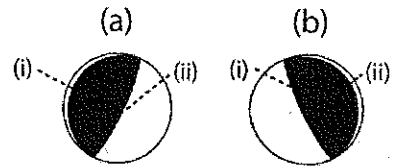
(イ)  $\lambda$  と  $T$  の代わりに波数  $k$  と角周波数  $\omega$  を用いて式①を書き換えよ。

(ウ) 式①は次の形の式を満たすことを示せ。

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

また,  $\alpha$  が何か答えよ。

(2) 2011年東北地方太平洋沖地震の震源メカニズム解は右図の(a), (b)のどちらか。また, 断層面に対応する節面は(i), (ii)のどちらか。理由と共に答えよ。ただし, 震源メカニズム解は下半球投影で, 押し引きをそれぞれ黒白で表すとする。



問2 以下の問(1), (2)に答えよ。

(1) 地球の内部構造に関する以下の問(ア), (イ)に答えよ。

地球の内部構造の推定には地震波が用いられる。地震波速度の一次元構造を見てみると, 深さ約410km, 660km, 2890km, 5150kmに明白な不連続が観察され, これらの不連続面を境に, 地球内部構造は, 上部マントル・マントル遷移層・下部マントル・外核・内核というように分類されている。

(ア) 410km, 660km, 2890km, 5150kmに観察される不連続面の原因について, 物質科学的観点から説明せよ。

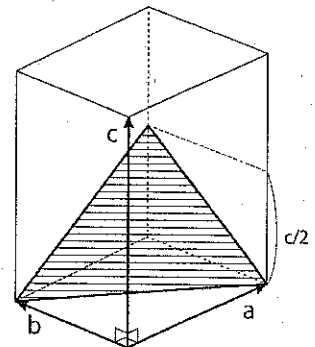
(イ) 地球内部の温度は, 圧力分布に比べ推定が困難であるが, これらの不連続面の存在から地球内部の温度分布を制約することができる。その方法について述べよ。

(2) 右図を参照して結晶構造に関する以下の問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) このような結晶が属する結晶系を何と呼ぶか。ただし  $a \neq b \neq c$  である。

(イ) 図に斜線で示した面のミラー指数を書け。

(ウ) (イ)の面の格子面間隔を  $a, b, c$  を用いて書き表せ。



平成27年10月及び平成28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 以下の問(1)、(2)に答えよ。

(1) 以下の [ア] ~ [キ] に入るもっとも適当な語を答えよ。

地球のダイナミクスを対象とする研究では、地球の半径約 [ア] km という大規模な現象から、 $10^{10}$ m の長さ単位である [イ] の微細現象までを取り扱う。数 cm から数 km の地球のダイナミクスの研究においては野外調査が有用となる。野外調査では、まず地層の走向と傾斜の測定を綿密に行うが、その測定結果を地形図上に記述する際には、磁北と真北との角度差である [ウ] を考慮する必要がある。広島県及びその周辺地域の [ウ] は西に約  $7^\circ$  であるので、その地域の野外調査において  $N10^\circ E$  と測定された地層の走向は、地形図上には [エ] と表記される。また野外調査では、ある地域の地層の岩相と厚さが垂直方向にどの様に変化しているのかを模式的に表した [オ] と、その側方への変化を把握することができる [カ] の作成が断面図の作成とともに重要となる。[カ] の作成においては、同時断面である [キ] の認定が重要である。

(2) 次の問(ア) ~ (オ)に答えよ。

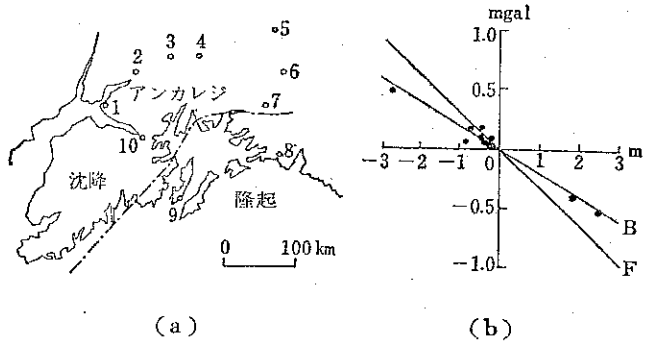
- (ア) 鉱物中に存在する欠陥のうち、マルテンサイト型の相転移に寄与するものを答えよ。
- (イ) 固体地球の流動を進行させる鉱物の変形様式を答えよ。
- (ウ) 圧力溶解クリープが生じる為に必要な条件は“差応力”と何か答えよ。
- (エ) 地球内部の地震波速度異方性の原因となる岩石中に発達する組織を答えよ。
- (オ) 広域変成作用によって形成される岩石は変形岩とも呼ばれる。変形岩に発達する特徴的な構造を2つ答えよ。

平成27年10月及び平成28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] 次の文を読み、問(1)～(7)に答えよ。

右図は1964年アラスカ地震に伴う地殻の隆起・沈降と、それに伴う地表での重力変化に関する図である。図(a)は計測地点の位置と隆起・沈降の境界線(ヒンジライン)を示し、図(b)は各計測地点での隆起・沈降量[m]とそこでの重力変化量[mgal] (mgal =  $10^{-8}$  cm/s<sup>2</sup>)をそれぞれ横軸と縦軸に示す。



図：1964年アラスカ地震に伴う地殻の隆起・沈降と地表での重力変化（「地球重力論」, 萩原幸男, 共立出版より）

- (1) 地球を質量  $M$ , 半径  $R$  の静止した球とし、万有引力定数を  $G$  とするとき、地表における重力加速度  $g_0$  を求めよ。
- (2) 地表における重力の鉛直勾配をフリーエア勾配と呼ぶ。(1)の場合、フリーエア勾配は  $-2g_0/R$  と表されることを示せ。
- (3) 図(b)より直線 B のおおよその傾きを有効数字2桁で読みとり、[mgal/m] (ミリガル/メートル)の単位で答えよ。
- (4) 密度  $\rho$ , 厚さ  $H$  の無限平板による単位質量あたりの万有引力はプーゲーの公式より  $2\pi G\rho H$  と表される。これより無限平板の厚さ変化による万有引力の変化率は  $2\pi G\rho$  となる。図(b)において、なぜデータがフリーエア勾配を持つ直線 F ではなく、それよりも傾きの絶対値が小さい直線 B に沿うのか、式を用いて説明せよ。
- (5) 密度  $\rho$  の単位を  $g/cm^3$  とすると、無限平板の厚さ変化による万有引力の変化率は  $0.042\rho$  [mgal/m] (ミリガル/メートル)となる。フリーエア勾配を  $-0.31$  [mgal/m] として、この地域の地殻最上部のおおよその密度  $\rho$  [ $g/cm^3$ ]の値を有効数字2桁で求めよ。
- (6) 1964年アラスカ地震はプレート境界での逆断層型の地震であった。図(a)において、地震に伴う地殻の上下変動がヒンジラインの北側で沈降、南側で隆起となる理由を述べよ。
- (7) ヒンジラインより陸側の地震に伴い沈降した領域は、その後の断層の余効すべりにより数年で急激に隆起した後、数十年にわたってゆっくりと隆起する。この数十年の時間スケールの地殻変動の原因について考えられることを述べよ。

平成27年10月及び平成28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
-------------	------

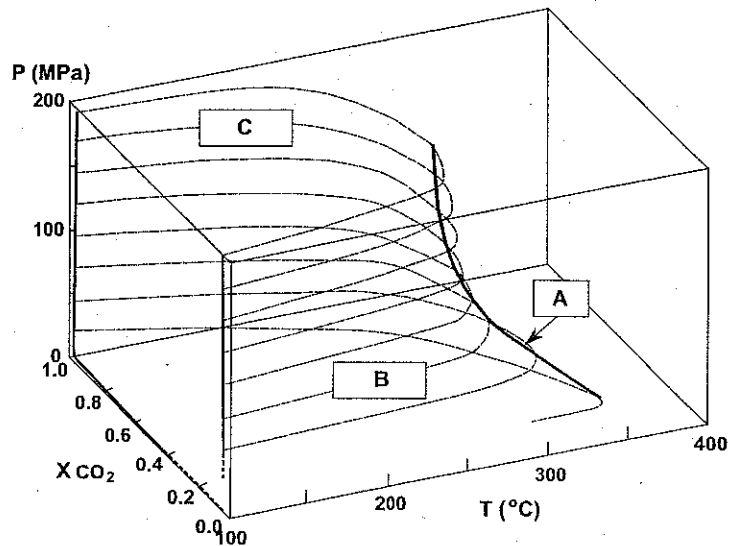
[5] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 日本の黒鉱鉱床について、次の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 黒鉱鉱床に産する鉱石の特徴とその産状を述べよ。
- (2) 黒鉱鉱床に関係する火成岩の特徴を述べよ。
- (3) 黒鉱鉱床の分布域の特徴を述べよ。
- (4) 黒鉱鉱床生成の地質時代を記せ。
- (5) (4)の時代に起きた日本列島の形成史上で特徴的な現象について述べよ。

問2 右図は  $H_2O-CO_2$  系流体の相図を示す  $T$  (温度) -  $P$  (圧力) -  $X_{CO_2}$  ( $CO_2$  のモル分率) 図で、図中の破線は相境界面の等圧線を示している。この図に関して、次の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) この相境界面より高温側の相の数を答えよ。
- (2) 各等圧線の最高温度を結ぶ線 A の名称を記せ。
- (3) 線 A より低  $CO_2$  側の面 B の名称を記せ。



図： $H_2O-CO_2$  系相図

- (4) 線 A より高  $CO_2$  側の面 C の名称を記せ。
- (5) この系に  $NaCl$  を加えた場合、 $NaCl$  濃度の増加につれて線 A の位置がどのように変わるか答えよ。

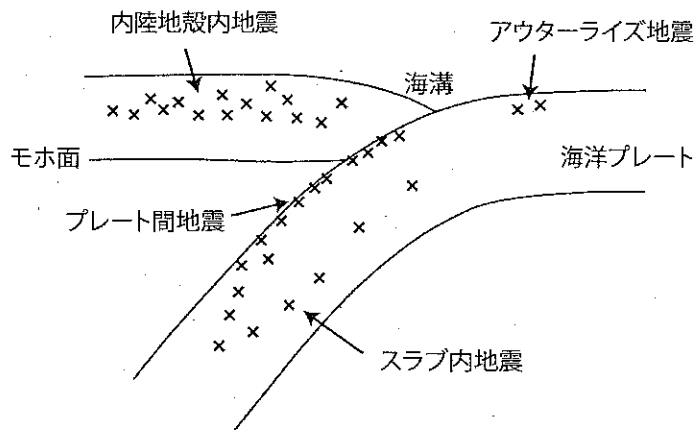


平成27年10月及び平成28年4月入学  
 広島大学大学院理学研究科（博士課程前期）入学試験問題

地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

[6] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 岩石の変形と地震の関係について、以下の問(1)～(6)に答えよ。なお、次の図は地震の発生分布を模式的に示したものであり、図中の×印は震源を表す。



- (1) 内陸地殻内地震はある深さより深部ではほとんど発生しない。これは岩石の変形機構が変化することが原因であると考えられている。浅部と深部でそれぞれ支配的な変形機構の名称を答えよ。
- (2) 上記の変形機構の変化について、岩石の強度と深さの関係を作図し、それぞれの変形機構が支配する領域を答えよ。
- (3) 地殻内においてマグマ活動が活発で温度が比較的高い領域では、上記の変形機構が遷移する深さはどのように変化するか、その理由とともに答えよ。
- (4) 地震は断層運動によるため、断層面での摩擦性質が重要な因子である。断層面での剪断応力 ( $\tau$ ) を摩擦係数 ( $\mu$ ) と断層面にかかる垂直応力 ( $\sigma_N$ ) を用いて表せ。
- (5) 断層面に流体が存在し間隙流体圧 ( $P_p$ ) がかかっている場合、剪断応力はどのように変化するか、式を用いて答えよ。
- (6) 沈み込みによるプレートの折れ曲がりに関して、海溝より海側でアウターライズ地震が発生することがある。比較的浅部で発生するアウターライズ地震の断層のタイプ (正断層型, 逆断層型) と力の向きを答えよ。

平成27年10月及び平成28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)～(6)に答えよ。

- (1) 地球内部のダイナミクスを定量的に理解するためには、変形実験を行い対象とする岩石・鉱物の流動則(式(i))を求める必要がある。

$$\dot{\epsilon} = A \sigma^n L^m \exp(-H/RT) \quad \text{式 (i)}$$

$\dot{\epsilon}$ : 歪速度,  $A, n, m$ : 定数,  $\sigma$ : 応力,  $L$ : 粒径,  $R$ : ガス定数,  $T$ : 絶対温度,  $H$ : 活性化エネルギー

式(i)の右辺において、圧力(P)の影響を直接的に受ける値を答えよ。またその圧力の影響を表す式を、活性化体積( $V^*$ )を用いて表記せよ。

- (2) 高温クリープにおける定常状態とは何か、試料の歪量変化の見地から簡潔に説明せよ。
- (3) 転位クリープにおける定常状態とは何か、転位の挙動の見地から“加工硬化”という単語を用いて説明せよ。
- (4) 転位クリープにおける式(i)中の $m$ の値を答えよ。
- (5) 地球の動的過程において、鉱物の粒径は変化する。鉱物粒径を減少させる主要な現象は二つあり、一つは相転移現象である。もう一つの現象を答えよ。またその現象の成因を二つ挙げよ。
- (6) 鉱物粒径の減少の進行は、岩石変形メカニズムと岩石強度にどのような影響を与えるか説明せよ。