

令和元年10月及び令和2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
-------------	------

令和元年8月22日 13:30～16:30

注 意 事 項

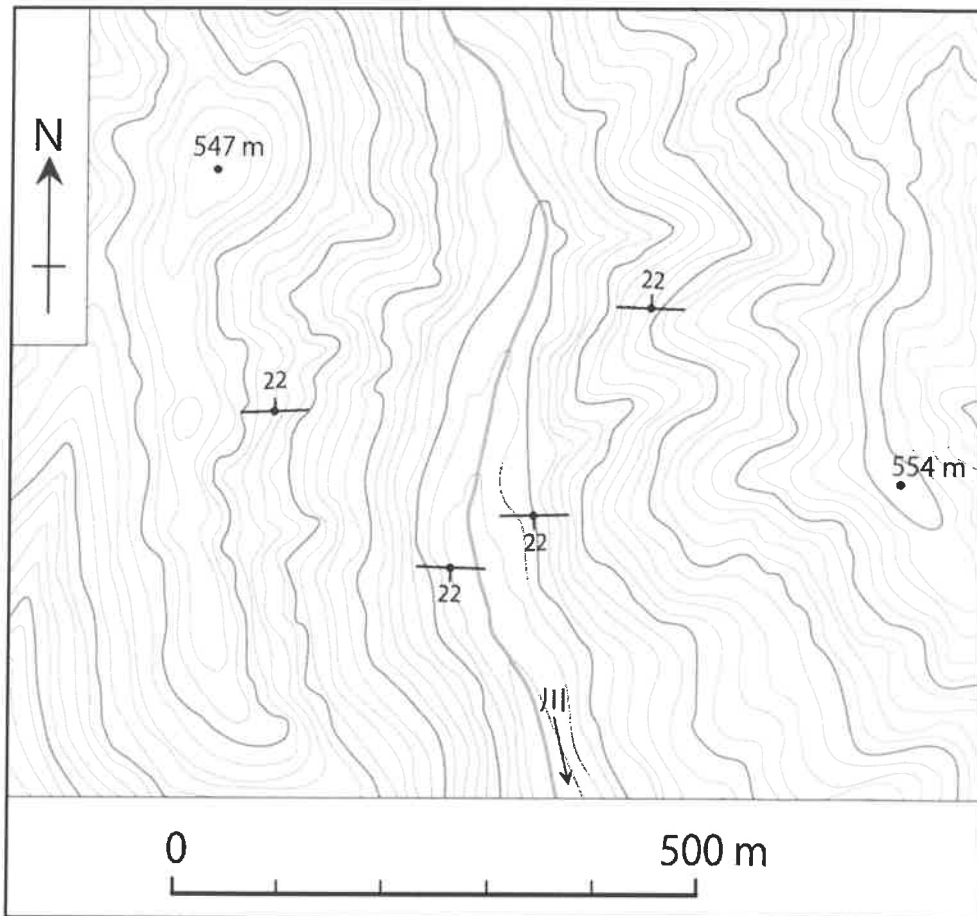
1. 以下の用紙が配布されている。
問題用紙（表紙を含む8枚）
解答用紙 5枚（内1枚は問題[1]用）
2. 問題は全部で[1]～[6]の6問ある。この中から4問を選んで解答せよ。ただし、[1]と[2]から1問、[3]と[4]から1問、[5]と[6]から1問を必ず選び、残りの1問は未選択の問題から選ぶこと。
3. 解答は問題ごとに必ず1枚ずつ別々の解答用紙を用い、それぞれの解答用紙に受験番号および問題番号を記入し解答せよ。ただし、問題[1]を選択した場合は、問題[1]用の解答用紙に解答すること。紙面が不足した場合は裏面を使用してよい。
4. 試験終了時には解答用紙を提出すること。

令和元年10月及び令和2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に答えよ。

問1 ある地域の地質調査で鍵層となる1枚の薄い層を追跡したところ、一つの軸を持つ褶曲構造が認められ、その両翼はほぼ東西走向で、北と南へそれぞれおよそ22度で傾斜していた。下図は、10mコンターの地形図にこの鍵層の走向・傾斜を記入したもので、そのマークの中心が露頭位置である。



- (1) 解答欄の図には地質図作成のために 50 m 間隔の東西の補助線が付してある。これを利用して、図の範囲に現れるこの鍵層の分布を一つの曲線として図示せよ。
- (2) この褶曲のおよその翼間隔を記せ。

令和元年10月及び令和2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 三次元の結晶格子に関する以下の問(1)～(2)に答えよ。

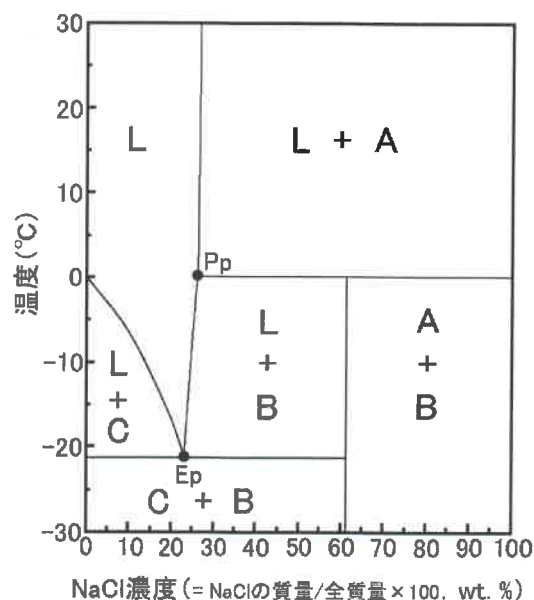
- (1) プラベ格子のうち7種類は格子の各隅以外の位置に格子点が存在する複合格子である。これらは追加格子点の位置により3種類の格子タイプ(格子型)に大別できる。この3種類の格子タイプそれぞれの名称と追加される格子点の位置を記せ。図を描いても良い。
- (2) 上記以外にも派生的な複合格子を作ることは可能である。例えば三方晶系を単純格子として表すと(a)単純菱面体格子となるが、軸角の対称性を考慮して複合格子として表すと(b)複合格子となる。
- (A) アに該当する結晶系の名称を記せ。
- (B) 下線部(a), (b)それぞれの場合の軸長, 軸角の関係式を記せ。

問2 H₂O-NaCl系流体包有物に関する以下の問(1)～(2)に答えよ。

- (1) 右図は、気相に飽和したH₂O-NaCl系の相図であり、Lは液相を示している。また、Ppは包晶点(0.1°C, 26.3 wt.% NaCl)で、Epは共晶点(-21.2°C, 23.2 wt.% NaCl)である。図中のA～Cに該当する固相を、次の中から選べ。

[氷(H₂O), 岩塩(NaCl), ハイドロハライト(NaCl・2H₂O)]

- (2) 下記の文章は、NaCl濃度が10.0 wt.%のH₂O-NaCl系の流体包有物を十分に冷却した後、-30°Cでしばらく保持し、その後ゆっくりと加熱した時の気相に飽和した相変化を、低温側から順に記述している。(ア)～(カ)に当てはまる語または数字を答えよ。



温度が(ア)°Cまで上昇すると、(イ)と(ウ)が溶解し始める。この時の液相のNaCl濃度は(エ)wt.%である。

(イ)が溶解し終わると、(ウ)の溶解を伴いながら温度は再び上昇し、液相のNaCl濃度は(オ)wt.%とする。

更に温度が上昇し、-6.6°Cに達すると(ウ)が消滅する。この時の液相のNaCl濃度は(カ)wt.%である。

令和元年10月及び令和2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] 以下の文章を読み、問（1）～（3）に答えよ。

太陽系の天体は太陽、惑星、、衛星、それら以外は全てに区分される。かつての探査ミッションは、惑星のような巨大な天体が多く選ばれていたが、近年、小惑星や彗星といったの探査が盛んになっている。我が国の探査機“はやぶさ”が試料を持ち帰った小惑星“イトカワ”は、型に分類され、コンドライトから構成される天体である。一方、現在、探査が行われている小惑星“リュウグウ”は型に分類される天体である。

火星にも多くの探査機が送り込まれ、火星の地形や地質、その成り立ちが解き明かされつつある。火星の地質年代は、年代学に基づき、、ヘスフェリアン、アマゾニアンに区分される。現在まで、火星の土壌や岩石を地球に持ち帰ることは出来ていないが、火星起源隕石を用いた様々な研究が行われている。火星起源隕石は岩石学的に、SNCグループと呼ばれる、、、斜方輝石岩であるALH 84001と玄武岩質角礫岩であるNWA 7034がある。

の衛星、タイタンは、太陽系最大級の衛星の一つである。欧米によるこれまでの惑星地質探査から、この衛星にはを主成分としを数パーセント含む厚い大気が存在することが知られる。また、タイタンの表面を覆っている色をしたもやは、からなるエアロゾルであることが明らかとなっている。エアロゾルの生成過程については、実験室でとのガスに紫外線やを照射すると生じるの化学組成を調べることで理解が深まりつつある。さらに、タイタンにはやエタンの湖や海が存在することから、地球を除くと太陽系で地表にをたたえた唯一の天体といえる。このような、地球との共通点が多い天体ではが活発に起こっており、生命が誕生する前の地球や惑星の環境についての手がかりが得られることが期待される。2019年6月末、NASAは、タイタンにドローンを送り込み前生物的な進化を調査するための新たな探査計画を発表した。

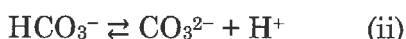
- (1) 文章中の～に最も当てはまる語を書け。
- (2) に分類される天体の名称を1つ挙げよ。
- (3) 型や型といった分類はどのような指標により行われているか、指標を二つ挙げよ。

令和元年10月及び令和2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] 溶存炭酸の化学平衡について、以下の問(1)～(3)に答えよ。ただし、各化学種の活量係数は1とする。

(1) 水に溶解した二酸化炭素は、やがて以下の式(i), 式(ii)に示す化学平衡状態に達する。



式(i), 式(ii)の平衡定数はそれぞれ $K_1 = 10^{-6.4}$, $K_2 = 10^{-10.3}$ である。 $[\text{CO}_2] = [\text{HCO}_3^-]$, $[\text{HCO}_3^-] = [\text{CO}_3^{2-}]$, $[\text{CO}_2] = [\text{CO}_3^{2-}]$ となるのときの pH をそれぞれ求めよ。答えだけでなく、計算過程も示すこと。ただし、 $[\text{X}]$ は溶質 X のモル濃度 (mol/l) を表す。

(2) pH = 8, $[\text{DIC}] = 1 \text{ mol/l}$ のときの $[\text{CO}_3^{2-}]$ を小数第3位まで求めよ (参考: $[\text{DIC}] = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$)。答えだけでなく、計算過程も示すこと。また、必要に応じて以下の値を用いよ。

$$10^{0.7} = 5, \quad 10^{2.3} = 200$$

(3) ストロマトライトは水底に生息するシアノバクテリアなどによって形成された堆積物であり、その多くは CaCO_3 鉱物からなる。ストロマトライトが問(2)の条件にあるとき、シアノバクテリアの光合成によって pH が 8 から 9 へと上昇した。このとき、 CaCO_3 鉱物の飽和度はおよそ何倍になるか答えよ。答えだけでなく、計算過程も示すこと。ただし、光合成によって水温, $[\text{DIC}]$, $[\text{Ca}^{2+}]$ は変化しないものとする。必要に応じて以下の値を用いよ。

$$10^{1.3} = 20, \quad 10^{-1.3} = 0.05$$

令和元年10月及び令和2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)～(6)に答えよ。

- (1) ある岩石の歪み測定を実施したところ、応力と歪みに表1の関係が得られた。この結果を基に、この岩石のヤング率とポアソン比を計算せよ。なお、有効数字は2桁とし、単位とともに答えること。

表1

応力	軸方向の歪み	周方向の歪み
48 MPa	0.08%	-0.02%

- (2) ヤング率とポアソン比は、体積弾性率や剛性率と次のような関係がある。表1のデータから、この岩石の体積弾性率と剛性率を求めよ。有効数字は2桁とし、単位とともに答えること。E：ヤング率， ν ：ポアソン比，K：体積弾性率，G：剛性率

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

- (3) 弾性定数である体積弾性率はどのような性質であるか、圧縮率との関係を述べよ。
- (4) 上記の体積弾性率と剛性率から、この岩石の縦波速度 (V_p) と横波速度 (V_s) を計算せよ。なお、岩石の密度は $\rho = 2.4 \text{ g/cm}^3$ を用いること。有効数字は2桁とし、速度の単位は km/s とすること。
- (5) 地球内部では、いくつかの地震波速度の不連続面が確認される。深さ約 660 km でみられる地震波不連続面は何によるか述べよ。
- (6) 深さ 410 km と 660 km での不連続面に挟まれた領域はマントル遷移層と呼ばれる。マントル遷移層の厚さが通常よりも薄いとき、その地域はどのような特徴を持つと考えられるか、相転移のクラペイロン勾配を基に考察せよ。

**令和元年10月及び令和2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**

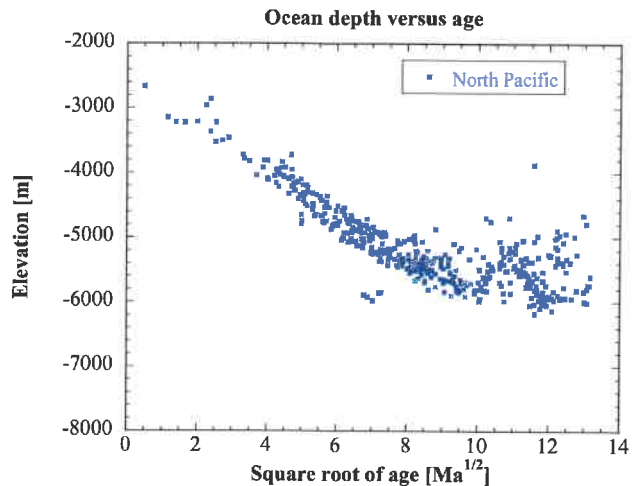
地球惑星システム学専攻	専門科目
-------------	------

[6] 以下の問1と問2に答えよ。

問1 次の空欄に当てはまる適切な語を答えよ。

- (1) マントルはその（ あ ）が大きく、熱伝導率が小さい。この結果、マントルの温度場は（ い ）とポテンシャル温度が一定の断熱核という2つの部分からなる。一方、外核は（ あ ）が小さいために（ う ）となるので、（ い ）を持たない。
- (2) マントルの鉱物構成の代表的なモデルとして（ え ）モデルがある。
- (3) 外核は（ お ）が伝わらないことから、液体である。また、外核はその密度を考慮すると、酸素やケイ素などの軽元素を含む（ か ）からなると考えられる。このため、外核は高い導電性を持ち、対流によって（ き ）作用が起こるため、（ く ）が生成される。

問2 図は北太平洋におけるプレートの年代と大洋底の水深の関係を表す。これについて次の問（1）～（5）に答えよ。図中の四角が観測値である。



- (1) 水深が深くなることによる地中の単位面積あたりの荷重、すなわち、静岩圧の変化を求めよ。ここで、アセノスフェアの密度を ρ_M 、水の密度を ρ_w 、重力加速度の大きさを g 、中央海嶺からの水深の増加を d とせよ。
- (2) プレートとアセノスフェアの密度差を温度 $T(z, t)$ 、熱膨張係数 α 、およびアセノスフェアの温度 T_M を用いて表せ。ただし、 z は海底面からの深さ、 t はプレートの年代である。
- (3) このとき、プレートの密度が増加することによる静岩圧の変化を、(2)の密度差を用いて表せ。

（次項に続く）

令和元年10月及び令和2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) 半無限体冷却 (Half-space cooling) モデルにおけるプレート内の温度は

$$T(z,t) = T_M + (T_0 - T_M) \operatorname{erfc} \left[\frac{z}{2\sqrt{\kappa t}} \right]$$

のように表される。ここで、 T_0 は地表の温度である。また、 $\operatorname{erfc}[x]$ は相補誤差関数 (complementary error function) であり、誤差関数 $\operatorname{erf}[x]$ を用いて

$$\operatorname{erfc}[x] = 1 - \operatorname{erf}[x] = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp[-\xi^2] d\xi$$

と表される。この温度を用いて、静岩圧の変化を求めよ。必要なら、相補誤差関数の定積分、

$$\int_0^\infty \operatorname{erfc}[x] dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}}$$

を用いよ。

(5) (1)と(4)の結果を用いて、水深の理論式を求めよ。得られた式に基づいて、観測された大洋底の水深について論ぜよ。