

平成18年度大学院理学系研究科地球惑星科学専攻  
修士課程入学試験問題（一般教育科目）

# 地球科学

## 【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答には、必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用すること。
3. 問題は全部で8問ある。任意の3問を選び解答せよ。
4. 答案用紙は、各問につき1枚、合計3枚であるから、確実に配布されていることを確かめること。
5. 各答案用紙の所定欄に、科目名・問題番号・受験番号および氏名を必ず記入すること。
6. 解答は、各問ごとに所定の答案用紙を使用すること。
7. 答案用紙は点線より切り取られるから、裏面も使用する場合には、点線の上部を使用しないこと。
8. 答案用紙には、解答に関係ない文字、記号、符号などを記入してはならない。
9. 解答できない場合でも、答案用紙に科目名・問題番号・受験番号および氏名を記入して提出すること。
10. 答案用紙を草稿用紙（問題より後のページにある。）に絶対使用しないこと。

# 地球科学

## 【第1問】

成層している大気や海洋の中には内部重力波と呼ばれる波動が存在する。また、成層している流体の流れが山脈などの地形にぶつかると、「山岳波」と呼ばれる波動が生じることがある。このような内部重力波や山岳波について調べよう。

- (1) 粘性と拡散が無視できる、重力場中のブシネスク流体を考える(ここで「ブシネスク流体」とは、重力に関わる項に関してのみ密度 $\rho$ の変化を考慮し、その他の項に出てくる密度は一定値 $\rho_0$ として取り扱う流体のことである)。 $z$ 軸を鉛直上向きにとると、静止成層状態からのずれを表す $x$ - $z$ 面内2次元運動に対する線形方程式系は

$$\frac{\partial u'}{\partial x} + \frac{\partial w'}{\partial z} = 0, \quad (\text{式1})$$

$$\frac{\partial u'}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p'}{\partial x}, \quad (\text{式2})$$

$$\frac{\partial w'}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{dp'}{dz} - \frac{\rho'g}{\rho_0}, \quad (\text{式3})$$

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} - \frac{\rho_0 N^2 w'}{g} = 0 \quad (\text{式4})$$

となる。ここで $u, w$ はそれぞれ $x, z$ 方向の速度成分、 $p$ は圧力であり、基本場からのずれを $'$ で表してある。重力加速度 $g$ とブランチ-バイサラ振動数 $N$ はいずれも一様であるとして以下の問いに答えよ。

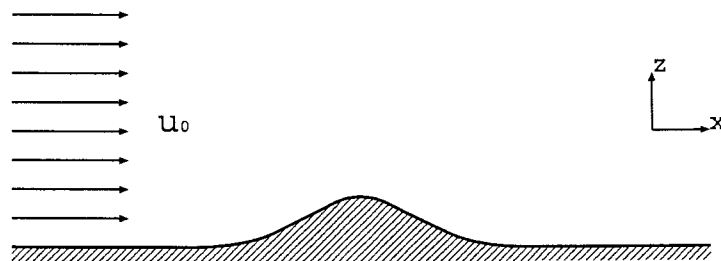
- (a) ブランチ-バイサラ振動数とはどのような振動数のことか。100字程度で説明せよ。

- (b) 解を $e^{i(kx+mz-\omega t)}$ に比例する形に置いた時、分散関係式が

$$\omega = \pm \frac{Nk}{\sqrt{k^2 + m^2}} \quad (\text{式5})$$

となることを(式1)~(式4)から導出せよ。

- (2) 次に最も簡単な山岳波として、 $x$ の正方向を向いた一様流 $u_0$ (ただし $u_0 > 0$ とする)が山岳にぶつかる状況を考える。一様流 $u_0$ の中では、内部重力波の分散関係(式5)は

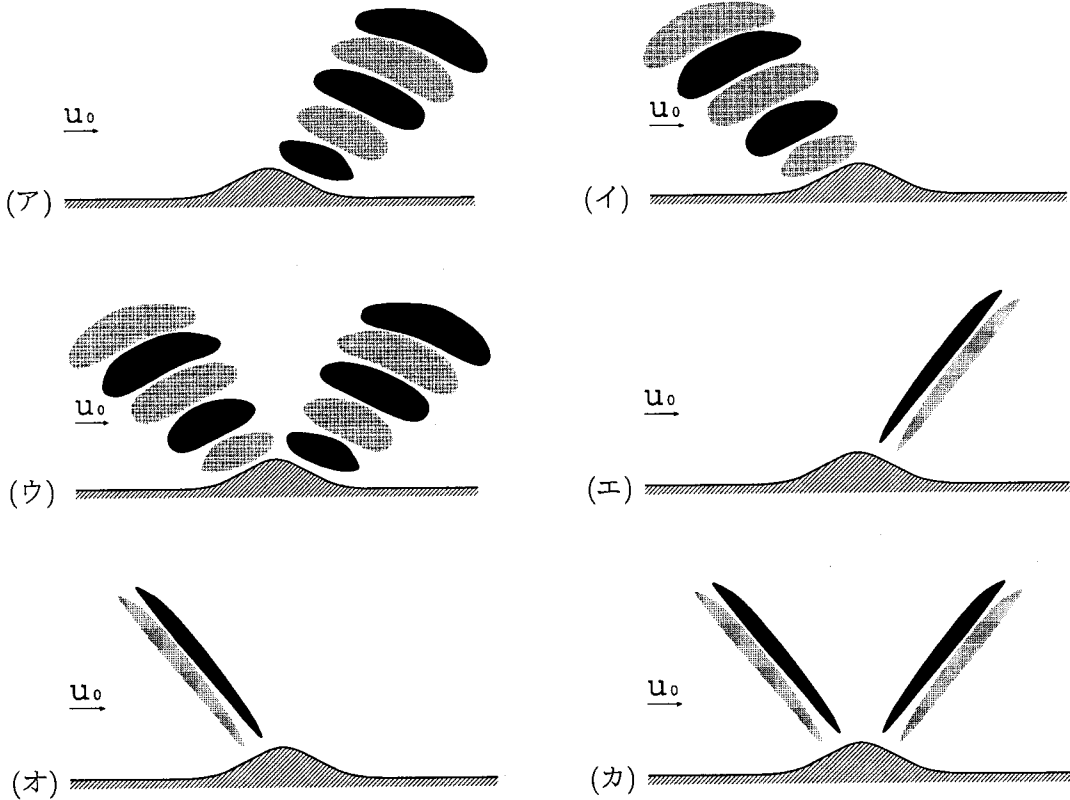


ドップラーシフトを受けて

$$\omega = u_0 k \pm \frac{Nk}{\sqrt{k^2 + m^2}} \quad (\text{式6})$$

となる。

- (a) 分散関係が(式6)で表される一様流中の内部重力波の群速度  $c_g$  の  $x$  成分  $c_{gx}$  と  $z$  成分  $c_{gz}$  を求めよ。
- (b) 山岳波では、強制力が静止していることから  $\omega = 0$  と考えられる。この条件から  $u_0$  と  $k, m, N$  の間に成り立つ関係を示せ。
- (c) 考察している状況から、群速度の  $z$  成分  $c_{gz}$  は正になっているはずである。そのようになっていると考えられる理由を100字程度で説明せよ。
- (d) 山岳波の様子(鉛直速度分布を図示している: 黒い箇所は有意に上昇流である領域, 灰色の箇所は有意に下降流である領域を示す) は図の(ア)~(カ)のどれに最も近くなるかを選べ。その際,  $c_{gx}$  の符号,  $c_{gz}$  の符号,  $k$  と  $m$  の符号の関係などを議論することによって, 選んだ理由も述べること。



## 地球科学

### 【第2問】

有限領域  $V$  内に連続的な質量分布  $\rho$  がある場合、領域の内外で連続的なニュートン引力ポテンシャル  $U$  が存在することが知られている。すなわち、単位質量質点にはたらく引力を  $\mathbf{g}$ 、万有引力定数を  $G$  とすると、

$$\mathbf{g} = -\text{grad } U \quad \dots\dots(\text{式1})$$

$$U(\mathbf{x}) = -G \int_V \frac{\rho(\mathbf{x}')}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}'|} d\mathbf{x}' \quad \dots\dots(\text{式2})$$

となる。次の問題に答えよ。

- (1) 一様な面密度  $\sigma$  を持つ半径  $a$  の球面の、外部および内部の点  $P$  におけるポテンシャル  $U$  と引力  $\mathbf{g}$  について考える。球面の中心から点  $P$  までの距離を  $r$ 、その方向の単位ベクトルを  $\hat{\mathbf{r}}$  とする。

(a) (式2) を積分して、球面の外部におけるポテンシャル  $U$  と引力  $\mathbf{g}$  を求めよ。

(b) 球面の内部におけるポテンシャル  $U$  と引力  $\mathbf{g}$  を求めよ。

- (2) 一様な密度  $\rho$  を持つ半径  $a$  の球の、外部および内部の点  $P$  におけるポテンシャル  $U$  と引力  $\mathbf{g}$  について考える。球の中心から点  $P$  までの距離を  $r$ 、その方向の単位ベクトルを  $\hat{\mathbf{r}}$  とする。

(a) 球の内部および外部の点  $P$  におけるポテンシャル  $U$  が下記となることを示せ。

$$\text{外部 } (r > a) \quad : \quad U = -\frac{4}{3}\pi G\rho \frac{a^3}{r} \quad \dots\dots(\text{式3})$$

$$\text{内部 } (r < a) \quad : \quad U = -\frac{2}{3}\pi G\rho (3a^2 - r^2) \quad \dots\dots(\text{式4})$$

(b) (式3) および (式4) より、球の外部および内部における引力  $\mathbf{g}$  を求めよ。

- (3) 半径が未知の一様な密度  $\rho$  を持つ球を考える。引力の深さによる変化を測定することができたとして、球の密度を推定する方法を説明せよ。

## 地球科学

### 【第 3 問】

次の文を読んで以下の設問に答えよ。なお、、、には陰イオンの化学式が、、、には数字が、、には語句が入る。

通常の、還元的でない地熱水や温泉水などに最も多く含まれる陰イオンは、、、である。の塩\*はきわめて溶解度が高いことが多いので、蒸発岩の中に多く含まれることはあっても、岩石の割れ目中に脈石鉱物\*として沈殿することはきわめてまれである。

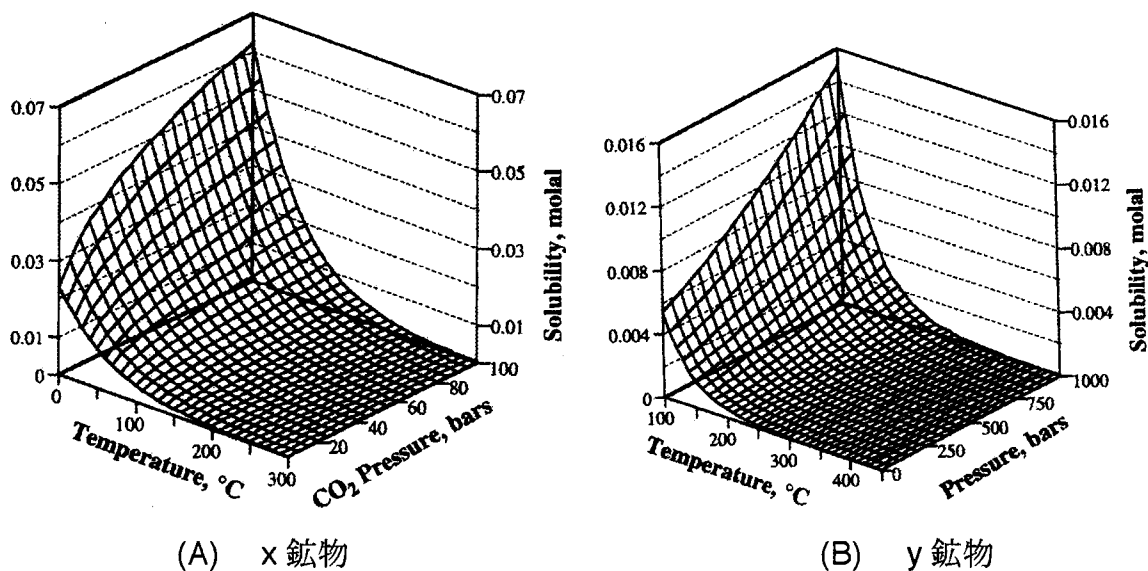
一方、、の塩である鉱物、鉱物には溶解度が低いものがあり、価の陽イオンからなる重要かつ普遍的な鉱物群を形成している。鉱物、鉱物でも、価の陽イオンとの塩は溶解度が高いことが多いので、脈石鉱物となることはほとんどない。また価の陽イオンは強酸性の環境下を除くと溶解度が低いので、鉱物、鉱物になることはまれと一般化できる。

図 1 (A)、(B) はそれぞれ、脈石鉱物として重要な価の陽イオンの鉱物および鉱物の溶解度を示した図である。また、ここには示していないが、溶液中の NaCl 濃度が増加すると、これらの鉱物の溶解度は増加するということが知られている。

(注) 塩\* : ここでは金属と陰性の酸基との化合物のこと。

脈石鉱物\* : 岩石・水反応の際に水溶液から沈殿する鉱物で、経済的な価値を持たない鉱物の総称。石英などが代表例。

図 1. 代表的な  鉱物および  鉱物の溶解度  
 (ただし 1 bar =  $10^5$  Pa, 1 molal = 1 mol/kg H<sub>2</sub>O)



- (1) 文中の a~f について正しい答えを示せ。
- (2) ,  に入る語句を示せ。
- (3)  鉱物に飽和した圧力 1000 bar の水溶液の温度が 100°C から 200°C に上昇したとき、溶解度は何倍になるか。有効数字 1 桁で答えよ。
- (4)  鉱物および  鉱物を沈殿させるためには、温度および圧力 ( 鉱物の場合は CO<sub>2</sub> 分圧) をどのように変化させればよいか示せ。
- (5) 地熱水からの  鉱物、 鉱物の脈石鉱物としての沈殿は、さまざまな条件の変化によって引き起こされると考えられる。それらの条件の変化を 3 つ列挙し、それぞれの変化をもたらしたと考えられる現象を述べよ。

## 地球科学

### 【第4問】

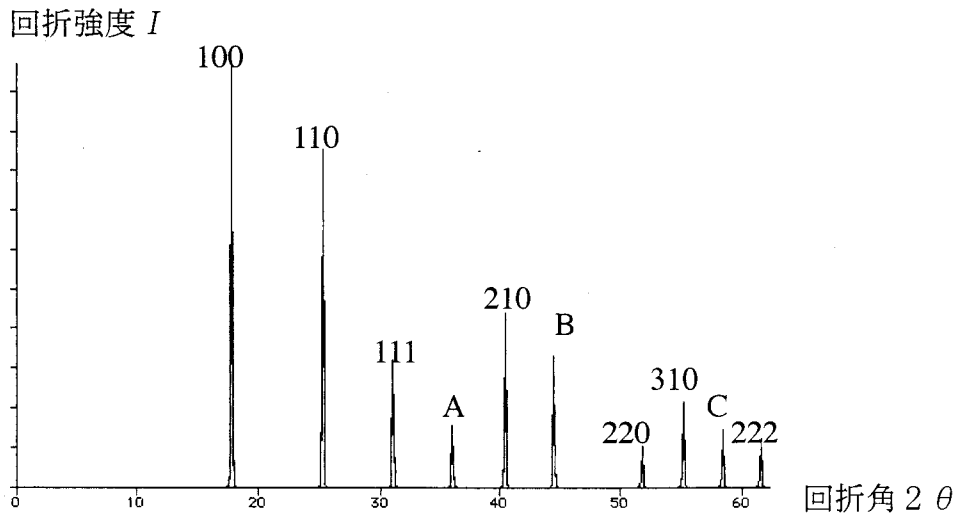
以下の術語から5つ選び、それぞれ100字程度で説明せよ。

- (a) プレート3重会合点 (plate triple junction)
- (b) ストロマトライト (stromatolite)
- (c) ベースサージ (base surge)
- (d) サブダクションエロージョン (subduction erosion)
- (e) 泥火山 (mud volcano)
- (f) リーデルシア (Riedel shear)
- (g) 雪玉地球 (snow ball earth)
- (h) P/T境界 (P/T boundary)
- (i) アダカイト (adakite)
- (j) LIL元素 (LIL elements)

# 地球科学

## 【第5問】

下の図はある物質のX線粉末回折パターンを模式的に示したものである。この物質は立方晶系で、単純格子である。この回折パターンについて以下の問いに答えよ。



(1) 立方晶系の面間隔  $d_{hkl}$  は

$$d_{hkl} = a / \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

で与えられる (ただし、 $a$  は格子定数、 $hkl$  は面指数で整数)。

図に示した A, B, C の回折線の指数を求めよ。

(2) 上の図で各々の反射をみると、隣接する反射との間隔が、B と 220 の間を除いて、高角側にいくほど徐々に狭くなっている。B と 220 の幅が広がっている理由を 150 字程度で述べよ。ただし、 $d_{hkl}$  と  $\theta$  の間には  $2d_{hkl} \sin \theta = \lambda$  という関係がある ( $\lambda$  は X 線の波長)。

(3) ある別の物質が、同様に立方晶系で体心格子を有していたとする。体心格子には特徴的な消滅則が存在する。上の図で示されている回折線のうち、消滅する反射の指数を全て示せ。



# 地球科学

## 【第6問】

ケイ酸塩鉱物は地殻を構成する主要な鉱物である。ケイ酸塩鉱物はSiとOで作られる四面体の結合様式により分類されている。図1aと1bはそのようにして分類されたある鉱物群の中の鉱物Aをそれぞれ[100]と[001]の方向から見た結晶構造図である。この鉱物に関連して、次の問いに答えよ。

- (1) 鉱物Aはケイ酸塩鉱物として分類される何という鉱物群に属するか、その名称とその鉱物群の結晶構造の特徴を100字程度で書け。
- (2) 上の問(1)で答えた鉱物群に属する鉱物を5つ挙げよ。
- (3) ここで、鉱物Aの四面体の陽イオンはSiのみで、八面体の陽イオンはMgのみで成り立っていると仮定する。図1aと1bの矢印で示したO(酸素原子)は1ヶの四面体と3ヶの八面体に属している。静電結合力を計算し、ポーリングの静電原子価則が成り立っていることを200字程度で示せ。
- (4) 鉱物Aの八面体の陽イオンはMgのみであるが、八面体の陽イオンがAlのみになれば、どのような構造的変化が起きるか、100字程度で説明せよ。

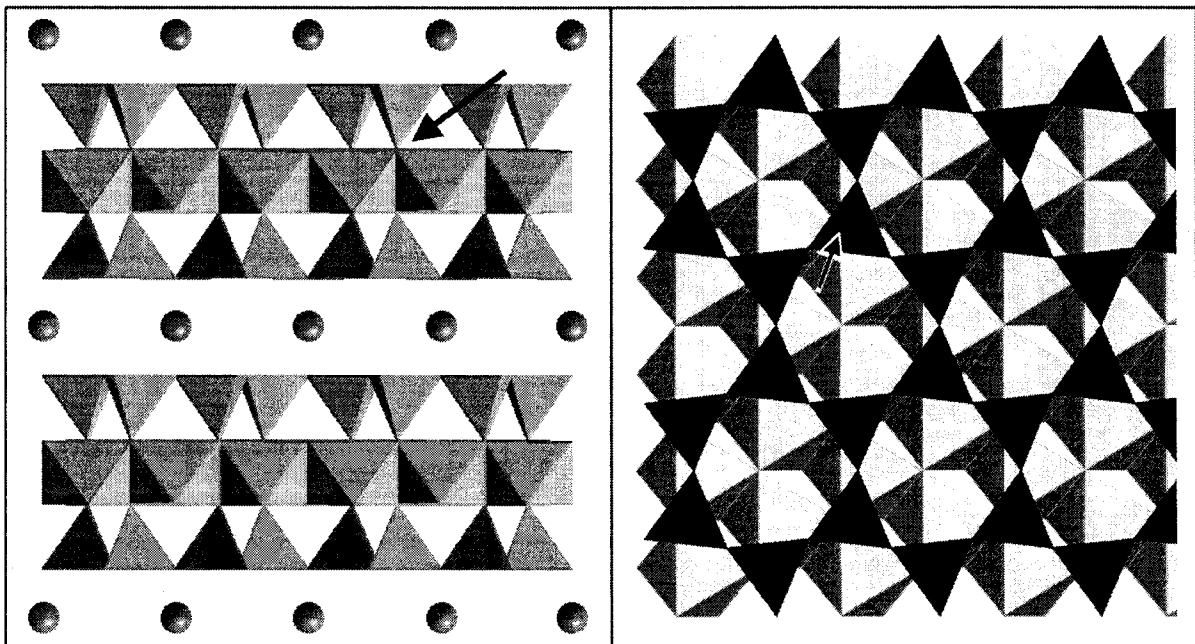


図 1a

図 1b

# 地球科学

## 【第 7 問】

アジア～アフリカ、オセアニア地域における気候と自然環境に関する以下の設問に答えよ。

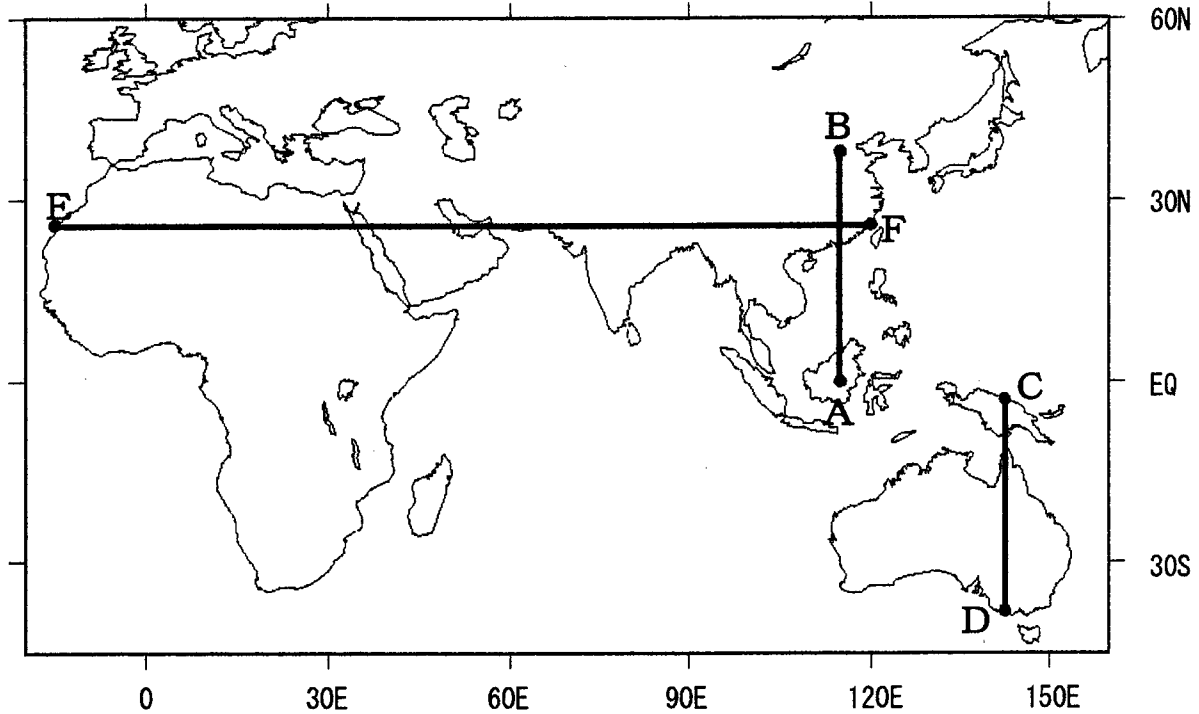


図 1

- (1) 陸上での年降水量は、図 1 中の南北測線 A-B および C-D に沿って、どのように緯度変化するか。あわせて 150 字程度で述べよ。
- (2) 陸上での自然植生は、図 1 中の南北測線 A-B および C-D にかけてどのように緯度変化するか。あわせて 100 字程度で述べよ。
- (3) 降水量の季節変化は、図 1 中の B 付近および D 付近において、どのように異なっているか、降水の多寡をもたらす原因に言及しつつ 150 字程度で述べよ。なお、季節に触れる場合には、それぞれの半球における季節によって述べることを。
- (4) 図 1 中の北緯 25 度に沿った東西測線 E-F では、ある経度付近を境として、年降水量および降水量の季節変化様式は、広域的に大きく 2 分できる。この境のおおよその経度を答えよ。また、その経度付近で 2 分された東部および西部では、年降水量および降水量の季節変化様式はどのように異なるか。違いをもたらす原因と共に 100 字程度で述べよ。

## 地球科学

### 【第 8 問】

高度帯別の地形の面積（または面積比率）を示したグラフ（面積高度曲線）は、地形の起源を知る上で有用な情報である。これに関連した次の設問に答えよ。

- (1) Aのグラフは地球の全表面の面積高度曲線である（高度帯の幅は 50 m、標高 6,000 m 以上と -6,000 m 以深は省略）。このグラフから、海面に近い陸地～浅海底と、深海底の -2,000 ~ -4,000 m の面積が相対的に大きいことがわかる。この理由を、プレートの構造、アイソスタシー、および河川による侵食・堆積を考慮して 150 字程度で述べよ。
- (2) Bのグラフは日本全土の面積高度曲線である（高度帯の幅は 1 m、内陸の水域のうち面積 20 km<sup>2</sup>以上の湖面は除外して作成、標高 2,000 m 以上と 0 m 未満は省略）。標高 86~87 m に局所的な面積のピークが見られるが（矢印）、これは近畿地方に見られる、ある地形に起因する。その地形について 50 字以内で述べよ。
- (3) Cのグラフは、B のグラフと同じ方法で作成した日本全土の面積高度曲線の横軸を、対数変換したものである（標高 3,000 m 以上と 0 m 未満は省略）。標高 100 m 付近 (a) および 2,600 m 付近 (b) でみられるグラフの折れ曲がりの原因を推定し、それぞれ 50~100 字で述べよ。
- (4) 火星の全球の面積高度曲線は、A のグラフと同様に、2つの大きく異なる高度において面積比率が大きくなる傾向を示す。一方、金星の全球の面積高度曲線は、より単純な形状を持ち、面積比率が顕著に大きくなる高度帯は1つしか存在しない。このような惑星間の地形の類似と相違をもたらした原因に関する仮説を考え、その内容を 150 字程度で述べよ。

