

平成 31 年 4 月入学 総合研究大学院大学複合科学研究所

極域科学専攻入学者選抜 専門科目（5年一貫制博士課程）

<注意事項>

- ・ 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ・ 試験時間は 120 分です。
- ・ 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- ・ 問題及びページ番号は次のとおりです。計 3 問を選択して解答しなさい。3 問は同一の分野から選択しても、別々の分野から選択しても構いません。

物理学 1 1 ページ、物理学 2 2 ページ、物理学 3 3 ページ

化学 1 4 ページ、化学 2 5 ページ、化学 3 6 - 7 ページ

地球科学 1 8 - 10 ページ、地球科学 2 11 ページ、地球科学 3 12 ページ

生物学 1 13 ページ、生物学 2 14 ページ、生物学 3 15 ページ

- ・ 解答用紙には罫線のものと、白紙のもの、マス目のもの 3 種類がありますが、どれを使用しても構いません。
- ・ 解答用紙がさらに必要な場合には、挙手をして監督者に知らせなさい。
- ・ 試験開始の合図後に、解答用紙の指定の欄に受験番号、氏名及び選択した問題を記入しなさい。解答用紙は 1 問ごとに別に作成しなさい。
- ・ 1 問につき解答用紙が複数枚にわたる場合には、すべての解答用紙に受験番号、氏名及び選択した問題を記入し、さらに、解答用紙右下の所定の欄に、ページ数を記入しなさい（2 枚の場合には、1 / 2、2 / 2、3 枚の場合には 1 / 3、2 / 3、3 / 3）。
- ・ 試験中は机の上の見やすい場所に受験票をおきなさい。
- ・ 試験中に机の上におけるのは、受験票の他、黒鉛筆、シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り（手動式のもの）、時計（計時機能だけのもの）です。
- ・ 耳栓は使用できません。
- ・ ハンカチ、ティッシュペーパー、目薬等の使用を希望する者は、監督者に申し出て許可を受けてから使用しなさい。
- ・ 試験時間中は、監督者の指示に従って下さい。従わない場合は退室させことがあります。
- ・ 不正行為と認められた場合は、受験自体を無効とします。
- ・ 試験室に入室してから試験終了までは、試験中の発病又はトイレ等やむを得ない場合を除いて原則として一時退室を認めません。やむを得ない場合には、手を挙げて監督者の指示に従いなさい。一時退室が認められた場合でも、原則として試験時間の延長は認めません。
- ・ 試験終了時間前に解答を終了した場合には退室を認めます。その場合には、手を挙げて監督者の指示に従いなさい。ただし、試験終了 15 分前以降試験終了までの間は、退室を認めません。
- ・ 試験終了 5 分前になつたら、終了 5 分前の合図をします。
- ・ 試験終了後、問題冊子、解答用紙を持ち帰ってはいけません。

<物理学1>

問題：地球上の北緯 θ_0 (rad) に置かれた質量 m (kg) の物体について考える。ただし、地球は半径 r_0 (m) の球体で、自転の角速度は ω_0 (rad/s) とする。以下の問い合わせよ。

- (1) 物体は地球の自転により自転軸に対して外向きの遠心力を受ける。物体が地球に対して東向きに速度 u_0 (m/s) で運動する場合、静止している場合に比べて物体の受ける遠心力がどれだけ変化するかを求めよ。さらに、その遠心力の変化分のうち、地球の表面に水平な成分の大きさと向きを答えよ。ただし、速度 u_0 の 2 次以上の項は無視するものとする。
- (2) 北緯 θ_0 (rad) で静止している物体を、東西方向に力を加えることなく地球表面に沿って北緯 $\theta_0 + \Delta\theta$ (rad) へ移動させたとき、地球に対して東向きの速度 Δu (m/s) を持ったとする。 Δu を求めよ。また、 θ_0 から $\theta_0 + \Delta\theta$ へ移動するのに要した時間を Δt としたとき、その速度 v ($= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{r_0 \Delta\theta}{\Delta t}$) と $\frac{du}{dt}$ ($= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta t}$) の関係式を求めよ。

<物理学2>

問題：以下の問い合わせよ。

- (1) 以下の文章の [①] ~ [⑤] の空欄に適切な語句または数式を入れよ。

地球大気は、太陽放射の吸収による [①] と赤外線の射出による [②] とが釣り合う熱平衡状態にあると考えることができる。地球が受け取る太陽放射のエネルギーは、地球の公転軌道上における単位面積当たりの太陽からの放射フラックス（太陽定数）を S (W/m^2)、地球の反射率（アルベド）を A 、地球半径を r_0 (m) とすると、[③] (W) で与えられる。赤外線により射出されるエネルギーは大気温度 T_e (K) の4乗に比例し、単位面積当たり σT_e^4 (W/m^2) で与えられる。 σ はステファンボルツマン定数と呼ばれる。地球の大気温度が全球一様とすると、地球全体から赤外線により射出されるエネルギーは [④] (W) で与えられる。したがって、 $T_e = [⑤]$ (K) となる。

- (2) (1) では熱平衡状態が地球全体で成り立つとしたが、それぞれの緯度帯で個別に成り立つとした場合、赤道（緯度 0 度）と極（緯度 90 度）における大気温度 T_{eq} と T_{pole} を T_e を用いて表せ。ただし、地球の自転軸が公転面に対して垂直な春分・秋分の時期を考えるものとし、太陽定数 S およびアルベド A は変わらないものとする。
- (3) 地球全体を ΔQ (W/m^2) で定常的に加熱したとき、低緯度と高緯度ではどちらの方が気温が上がりやすいかを、その理由と併せて答えよ。

<物理学3>

問題：誘電率 ϵ 、透磁率 μ 、導電率 σ 、空間電荷密度 ρ が一定で一様な媒質中に
おいて電束密度 D 、電界 E 、磁束密度 B 、磁界 H 、伝導電流 J に以下の関係があるとする。

$$D = \epsilon E, B = \mu H, J = \sigma E$$

以下の問いに答えよ。

(1) 以下のマックスウェル方程式において、空欄①と②を埋めよ。

$$\operatorname{rot} H = J + \boxed{\text{①}} \quad (\text{式 } 1)$$

$$\operatorname{rot} E = - \boxed{\text{②}} \quad (\text{式 } 2)$$

$$\operatorname{div} D = \rho \quad (\text{式 } 3)$$

$$\operatorname{div} B = 0 \quad (\text{式 } 4)$$

(2) 上記の (式 1) ~ (式 4) の物理的意味を説明せよ。

(3) 電場、磁場、伝導電流をそれぞれ以下のような、交番電磁界を仮定した場合に得られる波動方程式を導け。

交番電磁界は、一定角周波数 ω で正弦波的に変化するものとし、時間因子 $e^{i\omega t}$ を用いて以下のように複素空間ベクトルであらわすことができるものとする。

$$E = \dot{E} e^{i\omega t}, B = \dot{B} e^{i\omega t}, J = \dot{J} e^{i\omega t}$$

<化学1>

問題：温室効果をもたらす気体の一つとして、近年、その大気中濃度の増加が懸念されている物質としてメタンがある。メタンはバイオマス燃焼や天然ガス精製の際に発生する以外に、メタン菌の代謝活動による大気中への放出量が極めて大きいことが知られている。以下の問い合わせに答えよ。

- (1) メタンの分子式を書け。
- (2) メタンを完全燃焼させた場合の反応式を書け。
- (3) メタノールを完全燃焼させた場合の反応式を書け。
- (4) メタンを理想気体と仮定し、完全燃焼させた場合の反応熱を 802kJ/mol とした場合、 20°C の純水 1 リットルを常圧下で沸騰させるためには標準状態で何リットルのメタンが最低必要になるか、小数点以下 1 衔まで答えよ。
なお、水の比熱は 4.2 J/g K 、水の密度は 1.0 g/cm^3 、気体の標準状態での体積は 22.4L/mol とする。
- (5) 日本における主要な発生源について、100字程度で説明せよ
- (6) 世界における主要な発生源について、100字程度で説明せよ。

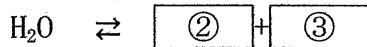
<化学2>

問題：次の文章を読んで、(1)～(4)の問い合わせに答えよ。

pHは酸性の程度を表す指標である。希薄溶液ではpHを以下のように表すことができる。

$$\text{pH} = \boxed{\textcircled{1}}$$

純粋な水（以下、純水と呼ぶ）は次式の反応により、わずかに解離する。



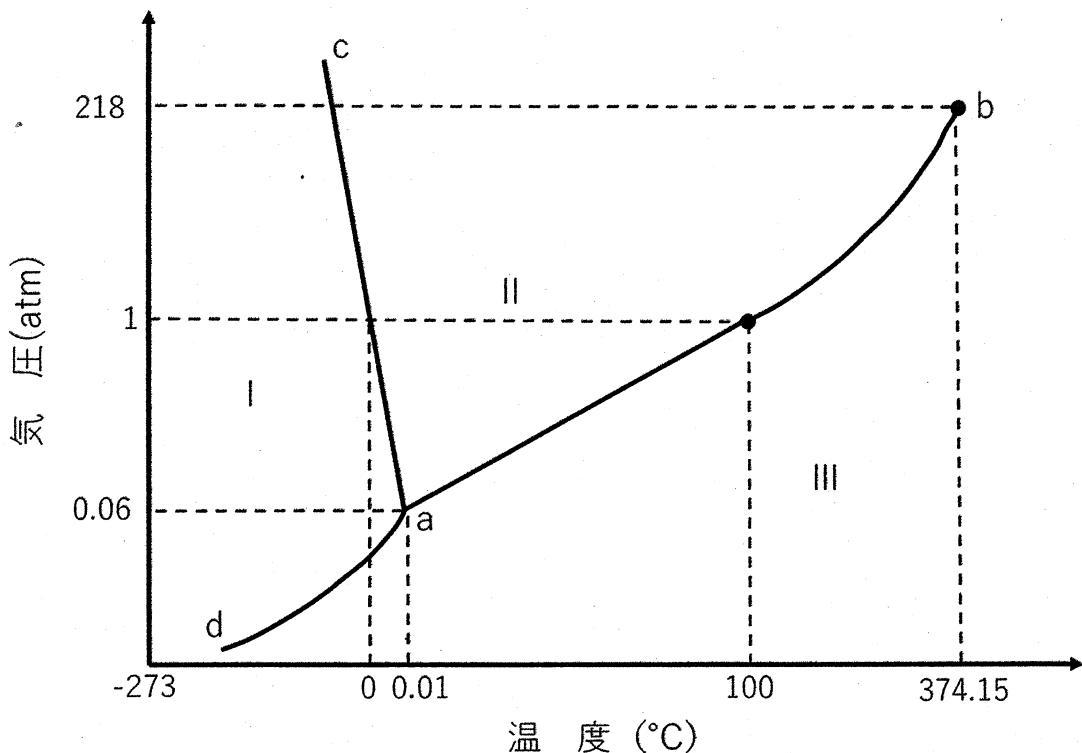
H_2O が解離する反応は吸熱反応であるため、 H_2O は温度が $\boxed{\textcircled{4}}$ ほど解離しやすい。温度25°C付近では $[\boxed{\textcircled{2}}] \times [\boxed{\textcircled{3}}] = \boxed{\textcircled{5}}$ (mol/L)²である。純水においては $[\boxed{\textcircled{2}}] = [\boxed{\textcircled{3}}]$ であるから、 $[\boxed{\textcircled{2}}]$ および $[\boxed{\textcircled{3}}]$ は $\boxed{\textcircled{6}}$ mol/Lであり、pHは $\boxed{\textcircled{7}}$ である。

なお、[A]は成分Aのモル濃度を表すものとする。

- (1) 上記の文章の①～⑦に該当する語句や式等を答えよ。
- (2) 重量濃度が0.36 g/Lの塩酸のモル濃度とpHを求めよ。ここで、H及びClの原子量をそれぞれ1及び35とする。
- (3) 純水が清浄な大気と十分長い時間接するとpHが7より小さくなる。その場合のpHのおおよその値と、その値になる理由について化学式を使って説明せよ。
- (4) 酸性雨とは何か。また、その原因と環境への影響について250字以内で述べよ。

<化学3>

問1：下記の図は水の状態図を示している。以下の問い合わせに答えよ。



- (1) 線分 ab, ac, ad はそれぞれ何曲線と呼ばれるかを答えよ。
- (2) 点 a と b はそれぞれ何点と呼ばれるかを答えよ。また、a 点はどういう状態を表す点か、20字程度で説明せよ。

問2：以下の問い合わせに答えよ。

原子は原子核とその周りの（A）雲で形成されており、原子核は陽子と中性子で構成されている。原子に含まれる陽子の数を（B）といい、陽子と中性子の数を足したもの（C）といいう。原子の中には、（D）の数は同じだが、（E）の数が異なるものがあり、それらは互いに同位体と呼ばれる。

- (1) 上記の（A）～（E）に入る用語を答えよ。

(次ページに続く)

- (2) 原子 X の 3 つの同位体 ^{A-1}X 、 AX 、 ^{A+1}X の存在比が L:M:N の時、原子 X の原子量を A,L,M,N を使って求めよ。
- (3) 炭素 ^{12}C 、 ^{13}C の同位体比を 99:1 としたときに、炭素 1 kg に含まれる炭素原子の数を有効数字 3 術で求めよ。なお、アボガドロ数を 6.020×10^{23} とする。

<地球科学1>

問題：図1は、日本列島の本州中部に位置する(a)飛騨山脈、(b)木曽山脈、(c)赤石山脈の各山脈を東西に横切った地形高度（単位m）とブーゲー重力異常の値（単位mgal（ミリガル）=10⁻⁵m/s²）の分布を投影した断面図である。地形地質学的調査によって、図1に示した糸魚川-静岡構造線（図1中で「糸-静構造線」と表記）は、飛騨山脈東縁では、東傾斜の左ずれの逆断層であること、赤石山脈東縁では西傾斜の逆断層であることが知られている。また、木曽山脈東縁の伊那谷断層帯は、極めて大きな水平傾斜ずれ成分を持つ超低角の逆断層であることが明らかにされている。図2は、これらのデータから推定して描いた3つの山脈の地殻構造図を任意に並べたものである。これらの図を参照して、以下の問いに答えよ。

問：(a)飛騨山脈、(b)木曽山脈、(c)赤石山脈に対応すると考えられる地殻構造の推定図は、図2の①～③のどれにあたるか答えよ。さらに、それを選択した理由、および考えられる山脈形成の原因について、図1と問題文で与えられた地形高度とブーゲー重力異常データおよび周辺断層の特徴に基づいて、山脈ごとに200字程度を上限として述べよ。

(次ページに続く)

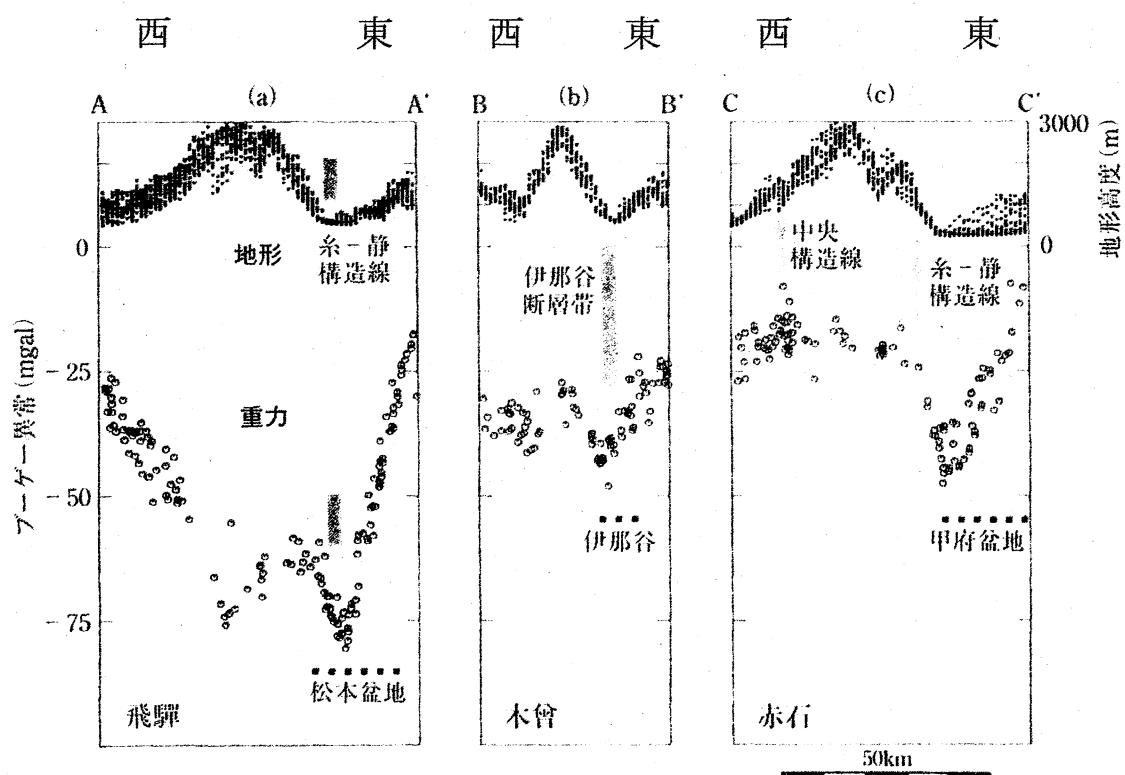


図1 (a) 飛騨山脈、(b) 木曽山脈、(c) 赤石山脈の各山脈を東西に横切る地形高度とブーゲー重力異常の断面図

糸一静構造線：糸魚川—静岡構造線、

縦の太線は断層や構造線の位置、横の点線は盆地の位置を示す

(引用元：Yamamoto, A et al. 1982, *J. Phys. Earth*に基づいた、米倉伸之・
貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編 (2001) 日本の地形1 総説)

(次ページに続く)

西 東

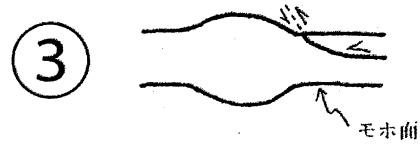
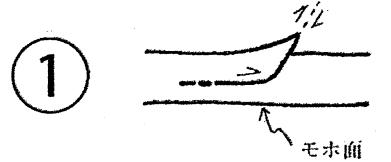


図2 地形高度とブーゲー重力異常および地形地質学的に明らかにされた断層の特徴から推定される3つの山脈の地殻構造図

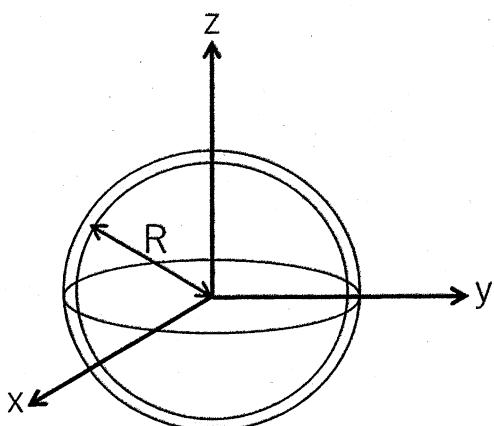
モホ面：モホロビチッヂ不連続面

(引用元：池田安隆 1996, 月刊地球に基づいた米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高編 (2001) 日本の地形 1 総説)

<地球科学2>

問題：惑星や衛星の内部構造を考える上で有用なパラメーターの一つとして慣性モーメントがある。以下の問い合わせに答えよ。

- (1) 球殻の質量を M 、半径を R として、厚さを無視できる薄い球殻の慣性モーメントを求めよ。



- (2) 球の質量を M 、半径を R として、均質な球の慣性モーメントを求めよ。

- (3) 月の慣性モーメントを月の質量 M と平均半径 R を使って表した場合、 $0.391MR^2$ となる。(1) と (2) で求めた薄い球殻の慣性モーメントおよび均質球の慣性モーメントと比較して、月内部の構造について推測されることを 100 字程度で述べよ。

<地球科学3>

問題：地球大気において、地上付近に存在する乾燥した空気塊が、何らかの上向きの力によって強制的に上昇させられる場合を考える。以下の問い合わせよ。

(1) 空気塊はその外部と熱の出入りが無い状態で断熱的に上昇している。このとき、空気塊の温度が低下する理由を100字以内で説明せよ。

(2) (1) の変化において、空気塊が断熱的に上昇しているときの空気塊の温度低下の割合を何と呼ぶか。また、それを表現する式を熱力学第一法則、理想気体の状態方程式、静力学平衡の式等を用いて導け。

次の各量については定義せずにそのまま記号を用いてよい。絶対温度： T 、圧力： p 、高度： z 、比容： α 、定圧比熱： C_p 、定積比熱： C_v 、気体定数： R 、重力加速度： g 。

これらのはかに必要な量があれば、それぞれ定義して用いること。

<生物学1>

問題：極限環境で活動する生物群の一つとして、古細菌（アーキア、Archaea）が知られている。

- (1) この生物群が細菌（真正細菌、Bacteria）と細胞学的に識別できる特徴を200字程度で説明せよ。
- (2) 古細菌群の一つの例をあげ、生息環境とあわせてその生物活動の特徴を150字程度で説明せよ。

<生物学2>

問題1：自然選択の概念について、「形質」、「変異」、「遺伝」という語句を含めて、200字程度で説明せよ。

問題2：下の表はある鳥類において、同一個体群中の4羽のメス（個体記号A-D）の産卵数と巣立ちをしたヒナの数を、2010年から2013年まで4年間にわたって調査した結果である。以下の設問に答えよ。

年		個体A	個体B	個体C	個体D
2010	産卵数	6	10	5	5
	巣立ちをしたヒナの数	2	6	4	2
2011	産卵数	5	7	3	5
	巣立ちをしたヒナの数	4	5	3	2
2012	産卵数	6	6	2	6
	巣立ちをしたヒナの数	5	2	2	5
2013	産卵数	6	6	4	10
	巣立ちをしたヒナの数	3	3	4	8

- (1) この表に基づき、4羽のメスを適応度の高いものから順に並べよ
(例：C, D, B, A)。またその理由を簡潔に述べよ。
- (2) これらのメスの適応度の計測をさらに正確に行うためには、どのような項目について調査する必要があるか。2つの項目を挙げ、その理由をそれぞれ100字程度で述べよ。

<生物学3>

問題：以下に挙げた語句の中から4つを選択し、それぞれについて150字程度で簡潔に、生物学的な説明を与えなさい。

- Carrying capacity
- 完全変態
- 機械的消化
- 細胞周期
- 休眠
- 収斂進化 しうれん
- モザイク卵
- マイクロネクトン