

受 験 番 号					

氏 名	

2016 (平成28) 年度放送大学
大学院修士課程
文化科学研究科 文化科学専攻

自然環境科学プログラム

筆 記 試 験 問 題

試験日：2015 (平成27) 年10月4日 (日)

試験時間：9時30分～11時30分

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子は開かないでください。
2. 解答には、HB又はBの黒鉛筆かシャープペンシルを使用してください。
3. 配付されるものは「問題冊子1冊」及び「解答用紙4枚」です。追加配付はしません。
4. 試験開始の合図の後、問題冊子を確認してください。
問題冊子は、表紙、白紙、問題(7頁)、下書き用紙(4枚)の順に綴じられており、合わせて13枚です。
冊子を綴じているホッチキス針をはずしたり、中身を破り取ったりしてはいけません。
問題冊子または解答用紙に落丁・過不足のある場合、あるいは印刷が不鮮明な場合には、手を挙げて試験監督員の指示に従ってください。
5. 問題冊子の所定欄に、受験番号及び氏名を記入してください。
6. 解答用紙は「大問題(問題冊子に第1問、第2問…と表示されています。)」ごとに使用し、解答用紙の所定欄に、受験番号、氏名、プログラム名並びに「大問題」番号及び「大問題」ごとに何枚目であるかを解答用紙別に必ず記入してください。
7. 問題冊子及び解答用紙を持ち帰ってはいけません。
8. 問題冊子は試験終了後に回収します。問題冊子に解答を記入しても採点の対象にはなりませんので、必ず解答用紙に解答を記入してください。
9. 試験時間は2時間です。試験開始後40分を経過した後は、問題冊子及び解答用紙を試験監督員に提出した上で、退室してもかまいません。ただし、試験終了5分前以降は退室できません。

自然環境科学プログラム 筆記試験問題

以下の第1問から第5問までの問題のうち、出願時に提出した研究計画に最も近いと考えられる分野を一つだけ選び、その分野の問題にすべて解答しなさい。なお各問題の分野は、第1問は数理科学分野、第2問は宇宙・地球分野、第3問は物理分野、第4問は化学分野、第5問は生命・生態分野である。

なお解答にあたっては、下の注意事項をよく読み、その指示に従うこと。

注意事項

- (1) 解答用紙には、受験番号の右に第□問と印刷されている。この□内に、選択した問題番号（1から5）を、必ず記入すること。
- (2) 解答する問題のなかにさらに複数の小問題がある場合には、どの小問題への解答であるかを、たとえば(2a)のように、小問題の記号を使って明示すること。
- (3) 記述問題に解答の字数制限が明記されている場合は、その指示を守ること。

第1問 (数理科学分野)

以下の問 (1), (2) に答えよ。なお, 解答は結果だけを述べるのではなく, 途中の推論や計算過程も必ず述べること。解答は問 (1), (2) ごとに解答用紙1枚 (裏も使用可) に記入すること。

- (1) 関数 $y = x^2 - 2$ のグラフを C とし, $a > \sqrt{2}$ とする。 C 上の点 $(a, a^2 - 2)$ における接線と x 軸との交点を $(a_1, 0)$ とする。 $n \geq 2$ に対して, C 上の点 $(a_{n-1}, a_{n-1}^2 - 2)$ における接線と x 軸との交点を $(a_n, 0)$ とする。このように定まる数列 $\{a_n\}$ に対して, 以下の問 (1a)~(1d) に答えよ。

(1a) a_1 を a で表わせ。

(1b) 任意の $n \geq 1$ に対して, $a_n > \sqrt{2}$ であることを示せ。

(1c) 数列 $\{a_n\}$ は, 単調減少であることを示せ。

(1d) 極限值 $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n$ が存在することを示し, その値を求めよ。

- (2) 実数の集合 R 上の n 次元ベクトル空間 R^n について以下考える。 R^n が, 部分空間 W_1, W_2 の直和であるとする。すなわち, $R^n = W_1 + W_2$ かつ $W_1 \cap W_2 = \{0\}$ を満たす。ここで 0 は n 次零ベクトルである。このとき, 以下の問 (2a)~(2d) に答えよ。

(2a) $x \in R^n$ が与えられたとき,

$$x = x_1 + x_2, \quad x_1 \in W_1, \quad x_2 \in W_2$$

となる x_1, x_2 は1通りに決まることを示せ。

(2b) (2a) でみた, x に x_1, x_2 を対応させる写像をそれぞれ f, g とする。 f は線形写像となることを示せ。

(2c) 与えられた基底において, f, g を表す行列をそれぞれ A, B とする。このとき $A^2 = A$ また $AB = 0$ を示せ。ここで 0 は n 次零行列である。

(2d) n 次正方行列 C が, $C^2 = C$ を満たすとする。 $x \in R^n$ として,

$$V_1 = \{x \mid Cx = x\}, \quad V_2 = \{x \mid Cx = 0\}$$

とおく。このとき R^n は V_1 と V_2 の直和であることを示せ。

第2問 (宇宙・地球分野)

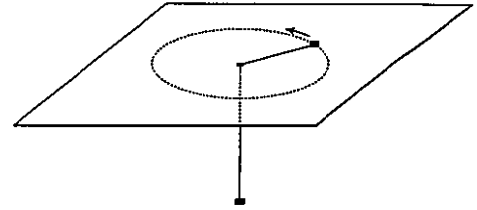
以下の問(1)～(4)に答えよ。

- (1) 連星は2個の恒星がたがいに及ぼす万有引力により互いのまわりを公転している天体である。ある連星に関する次の問いに答えなさい。ただし、この連星は互いのまわりを等速円運動の公転をしているものとする。また、この連星を構成する2個の恒星をA星とB星とし、その質量をそれぞれ M_A と M_B とし、それぞれの半径を R_A と R_B とし、両星の間隔を d 、公転周期を P とする。
- (1a) 半径 d で角速度 ω の等速円運動をしている物体の持つ向心加速度の大きさの式を、 d と ω を用いて表しなさい。
- (1b) ニュートンの運動の第2法則を用いて、A星の等速円運動に対して運動方程式を立て、それをもとに、 d^3/P^2 を M_A と M_B および万有引力定数 G と円周率 π を用いて表しなさい。なお、両星の重心は、ある慣性系に対して静止しているものとする。
- (1c) ステファン・ボルツマンの法則とはどのような法則かを70字以内で説明しなさい。ただし、「黒体」と「熱平衡状態」と「絶対温度」と「すべての波長域に渡り放たれる放射エネルギー」の用語を説明に用いなさい。
- (1d) A星の半径と絶対温度で表した表面温度は、どちらもB星の2倍である。A星の光度(星全体から単位時間にすべての波長域に渡り放たれる放射エネルギー)は、B星の何倍か? ただし、星の表面から放たれる放射は、ステファン・ボルツマンの法則に従うものとする。結果だけではなく、計算過程も書きなさい。
- (1e) ドップラー効果とはどのような現象かを100字以内で説明しなさい。また、ドップラー効果を表す式を書きなさい。ただし、波を放つ物体の視線速度を v 、波の速さを c 、観測される波長を λ 、物体が静止時に放つ波長を λ_0 とする。また、 v は c に比べて十分小さいものとする。
- (1f) 静止時の波長が500.0 nmの吸収線の波長を観測したところ、A星のスペクトルでは、499.9～500.1 nmの範囲で変動し、B星のスペクトルでは499.8～500.2 nmの範囲で変動している。両星の重心のまわりのA星とB星の公転の速さはそれぞれいくらか? また、A星の質量はB星の質量の何倍か? なお、光の速さ 3.0×10^8 km/sである。ただし、両星のスペクトルは太陽で観測したものとする。また、この連星の公転面上に太陽が位置しているものとする。
- (2) 火星探査車キュリオシティは、地球のれき岩に似た岩石を火星表面で発見した。この発見の意味は何か。200字以内で説明せよ。
- (3) 小笠原諸島・西之島の火山噴火と、2015年5月30日の小笠原諸島西方沖地震(M8.1、震源深さ682 km: 気象庁発表)の共通点は何か。50字以内で簡潔に説明せよ。
- (4) 最近5年間程度の間で、自分が実際に体験したり、テレビや新聞報道などによって興味を持った宇宙・地球に関する話題を1つ挙げ、その概要と興味を持った理由を300字以内で説明せよ。

第3問 (物理分野)

以下の問いに答えよ。解答の順序は変えてもよいが、解答には該当する番号を付すこと。裏面を用いて解答してもよい。説明に必要な文字、記号などは明確に定義した上で用いること。

- (1) 右図のように水平に置いた滑らかな平板の中央に小さい穴をあけ、そこからひもを通して、ひもの両端に同じ質量 M のおもりをつけ、平板の上のおもりを円運動させることを考える。以下の問いに答えよ。但し、ひもの質量は無視してよい。



- (1a) 垂れ下がったおもりにかかる重力の大きさ F を求めよ。但し、重力加速度を g とする。
- (1b) 平板の上のおもりが、ひもの穴からの長さ l 、角速度 ω で等速円運動をしている時、おもりの加速度の向きとその大きさ a を求めよ。
- (1c) このとき、ニュートンの第2法則 (加速度と力の関係) を用いて、ひもにかかる力 (張力) の大きさ T を求めよ。
- (1d) 最初に求めた重力 F とひもの張力 T が釣り合うための条件を求めよ。
- (1e) 垂れ下がったおもりを鉛直下方にゆっくりと引いていくと、平板上のおもりの運動はどのように変化するか述べよ。
- (2) 冷蔵庫やエアコンのように、外部からの仕事によって低温物質から高温物質へ熱を移動させる機能を持つ装置をヒートポンプと呼ぶ。ヒートポンプの原理について、以下の問いに答えよ。
- (2a) 低温物質から取り出す熱量を Q_1 、高温物質が得る熱量を Q_2 、外部からする仕事 W とするとき、熱力学の第1法則 (エネルギーの保存則) を表す関係式を書け。
- (2b) 低温物質の絶対温度を T_1 、高温物質の絶対温度を T_2 としたとき、熱力学の第2法則 (エントロピーの増大則) を表す関係式を書け。
- (2c) このヒートポンプの効率を $\eta = Q_1/W$ で定義したとき、その最大値を2つの絶対温度 T_1 、 T_2 を用いて表せ。
- (3) 半径 R の導体球に電荷 Q を帯電させる。真空の誘電率を ϵ_0 とする。以下の問いに答えよ。
- (3a) 電荷はどのように分布するか? その理由を述べよ。
- (3b) 導体球表面 (外側) にできる電場の強さを、 Q 、 R 、 ϵ_0 をもちいて表せ。
- (3c) この導体球面の電位を求めよ。但し、無限遠方で電位は0ととる。
- (3d) 導体内部で電位はどうなるか? その理由を述べよ。
- (4) 光は波動性と粒子性を同時に持つことが知られている。以下の問いに答えよ。

- (4a) 光の波動性を示す現象を1つ述べよ。
- (4b) 光の粒子性を示す現象を1つ述べよ。
- (4c) 量子論は、光の波長 λ とその運動量 p の間に $p = h/\lambda$ という関係があることを主張する。この関係が端的に現れる現象を1つ述べよ。問(4a), (4b)のどちらかの答えと重なってもよいが、その場合はこの関係がどのように現れるか説明せよ。

第4問 (化学分野)

以下の問 (1) ~ (3) のすべてに答えよ。

(1) 原子に関して以下の問 (1a) ~ (1d) に答えよ。

(1a) 次の中性原子の陽子, 電子, 中性子の数をそれぞれ答えよ。

(i) ${}^{16}_8\text{O}$, (ii) ${}^{17}_8\text{O}$, (iii) ${}^{238}_{92}\text{U}$, (iv) ${}^{235}_{92}\text{U}$

(1b) (1a) の (i) と (ii) および (iii) と (iv) の関係にあるものを何と呼ぶか。

(1c) (1b) の答えの関係にある原子の間で化学的性質は同じであるか異なっているかを答えよ。また, その理由を簡潔に記せ。

(1d) 次の原子の電子配置を書け。またどの元素どうしが化学的に似ているかを理由を付して述べよ。

(i) ${}_{11}\text{Na}$, (ii) ${}_{13}\text{Al}$, (iii) ${}_8\text{O}$, (iv) ${}_{16}\text{S}$, (v) ${}_5\text{B}$, (vi) ${}_3\text{Li}$

(2) 簡単な化学反応の反応速度 k は, アレニウスの式

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{k_B T}\right)$$

によって表されることが知られている。

(2a) 式中の記号 A, E_a, k_B, T が示すのはそれぞれ何であるか, 簡潔に記せ。

(2b) アレニウスの式に基づいて, 化学反応速度を決定する要因について論ぜよ。

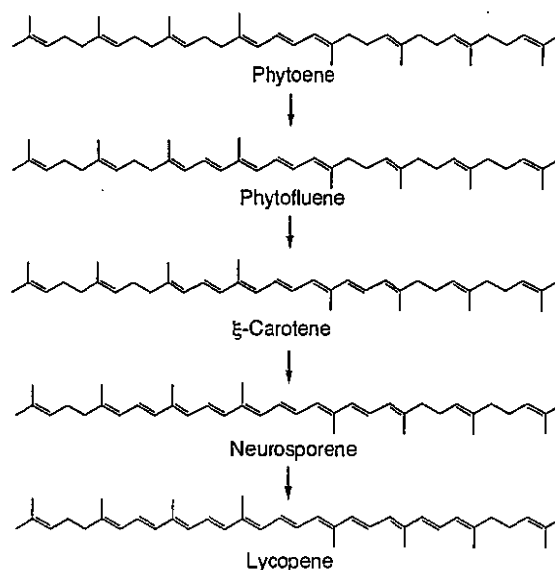
(2c) 触媒の作用について論ぜよ。

(3) 植物におけるカロテノイドの生合成に関して以下の問に答えよ。

(3a) 右図は植物におけるカロテノイドの生合成経路の一部を示したものである。各段階では特定の C-C 単結合が選択的に二重結合に変換されている。このような選択的な反応を起こす蛋白質を何と呼ぶか答えよ。

(3b) Lycopene の分子式を答えよ (出発物質 Phytoene の分子式が $\text{C}_{40}\text{H}_{64}$ であることを用いてもよい)。

(3c) 図中の分子のうち, 可視吸収の存在によって赤色を呈するのは Lycopene (トマトの色の原因物質) のみである。この原因を右の構造式を参考にして論ぜよ。



第5問（生命・生態分野）

以下の問(1)，(2)の全ての質問に解答せよ。解答には該当する問題の番号(1a)～(2e)を付すこと。

- (1) 地球上の島は、その成因により大陸島と海洋島に大きく分けることができる。海洋島における生物の種数について述べた次の二つの説明文を読み、その下の質問(1a)～(1g)に答えよ。

説明文1 面積や気候、地形などの条件が同様である場合は、海洋島における生物の種数は大陸や大陸島に比べるとずっと(ア)。

説明文2 歴史の古い島ほど固有種の割合が(イ)なる傾向にある。

- (1a) 文中の空欄(ア)に適切な言葉を、次の候補の中から一つ選び、記号を答えなさい。
a) 少ない b) 多い
- (1b) なぜ説明文1のような現象が起こるのか、簡潔に説明しなさい。
- (1c) 面積が大きい海洋島と小さい海洋島で、気候、地形などの条件が同様である場合、生物の種数が多いのはどちらか。理由とともに簡潔に説明しなさい。
- (1d) 文中の空欄(イ)に適切な言葉を、次の候補の中から一つ選び、記号を答えなさい。
a) 小さく b) 大きく
- (1e) 固有種とはどのようなものか、簡潔に説明しなさい。
- (1f) なぜ説明文2のような現象が起こるのか、簡潔に説明しなさい。
- (1g) 固有種が多く生息する海洋島に、その島には生息・生育していない生物種を他の地域から持ち込んだ場合、固有種の個体群にはどのような変化が起こりえるか。理由とともに簡潔に説明しなさい。
- (2) 種子の休眠について、以下の質問(2a)～(2e)に答えなさい。
- (2a) 種子の休眠とはどのような現象であるか、簡潔に説明しなさい。
- (2b) 種子の休眠は、どのような環境条件によって解除されるか。簡潔に説明しなさい。
- (2c) 休眠および休眠の解除の仕組みを持つことは、種子にとってどのような利点があるのか、簡潔に説明しなさい。
- (2d) 種子の休眠とその解除には、種子の内部に存在する植物ホルモンのアブシジン酸とジベレリンが重要な働きをする。それぞれがどのような働きをするのか、簡潔に説明しなさい。
- (2e) 植物ホルモンとはどのようなものであるか、簡潔に説明しなさい。