

受 験 番 号					

氏 名	

2025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：2024年10月5日（土）

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、この試験問題冊子は開かないでください。
2. 解答には、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、「試験問題冊子1冊」、「解答用紙5枚」及び「下書き用紙5枚」です。追加配付はしません。
4. 試験開始の合図の後、試験問題冊子を確認してください。試験問題冊子は、表紙、白紙、問題（7ページ）の順に綴じられています。試験問題冊子、解答用紙及び下書き用紙に落丁・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. 試験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（試験問題冊子に第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、プログラム名、氏名、受験番号並びに「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。
小問題及び選択問題を解答する際の番号等は、解答用紙のマス目の左側の「小問題番号等記入スペース」に記入してください。
なお、問題文中に別途記入方法の指示がある場合はそちらに従ってください。
7. 解答用紙1枚につき、800字まで記入することができます。解答用紙5枚のうち、自然環境科学プログラムは5枚以内で解答してください。指定された字数に従って解答してください。
8. 試験問題冊子、解答用紙及び下書き用紙を綴じているホ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。
9. 試験問題冊子、解答用紙及び下書き用紙は試験終了後に回収します。試験問題冊子及び下書き用紙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。
10. 試験時間は2時間です。試験開始後40分を経過した後は、試験問題冊子、解答用紙及び下書き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

次ページ以降に示した第1問から第6問までの問題から、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に対応するものを一つだけ選び、その問題に解答せよ。問題のなかに複数の小問題がある場合には、すべての小問題に解答すること。各問題の分野は、第1問は数理科学分野、第2問は天文学分野、第3問は物理学分野、第4問は化学分野、第5問は生命・生態分野、第6問は地球科学分野である。

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、受験番号記入欄の下に「第□問」と印刷されている。この□の中に、選択した問題の番号(1から6のいずれか)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等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) 互いに異なる4つの関数 f_1, f_2, f_3, f_4 に対して,

$$\mathcal{R}(f_1, f_2, f_3, f_4) = \frac{(f_1 - f_3)(f_2 - f_4)}{(f_1 - f_4)(f_2 - f_3)}$$

とする。このとき, 以下の問 (1a)~(1d) に答えよ。

- (1a) $\mathcal{R}(1, -1, e^x, e^{-x})$ を計算せよ。

- (1b) 関数 $\varphi(x) (\neq 0)$ は微分可能とする。未知関数を $y(x)$ とする微分方程式

$$y' = y^2 + \varphi(x)$$

が異なる4つの解 y_1, y_2, y_3, y_4 を持つとする。このとき, $\mathcal{R}(y_1, y_2, y_3, y_4)$ は定数であることを証明せよ。

- (1c) 関数 $\tanh(-x) = \frac{e^{-x} - e^x}{e^{-x} + e^x}$ は, 微分方程式 $y' = y^2 - 1$ を満たすことを確かめよ。

- (1d) 微分方程式 $y' = y^2 - 1$ の一般解を求めよ。

- (2) $n \geq 2$ を自然数とし, 実数の集合 R 上の n 次数ベクトル空間 R^n について以下考える。 A, B を n 次 (実) 正方行列とする。 A の転置行列を tA で表す。このとき, ${}^t(AB) = {}^tB {}^tA$ が成り立つ。また, A の逆行列が存在するとき, それを A^{-1} で表す。このとき, $(AB)^{-1} = B^{-1}A^{-1}$ や ${}^t(A^{-1}) = ({}^tA)^{-1}$ が成り立つ。 A が正則でないときは, $A\mathbf{x} = \mathbf{0}$ なる n 次数ベクトル $\mathbf{x} \neq \mathbf{0}$ が存在する。 I を n 次単位行列とする。 $I(r)$ を, $i \leq r$ なる全ての (i, i) 成分が1で, その他の成分が0となる n 次正方行列とする。 n 次数ベクトル $\mathbf{x} = (x_i)$ と $\mathbf{y} = (y_i)$ との内積 $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ は,

$$(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n x_i y_i = {}^t\mathbf{x}\mathbf{y}$$

で定義される。 A を n 次正方行列として, 以下の問 (2a)~(2d) に答えよ。

- (2a) ある n 次正方行列 P が存在して $A = {}^tPP$ が成り立つとする。このとき, 任意の n 次数ベクトル $\mathbf{x}$ において, ${}^t\mathbf{x}A\mathbf{x} \geq 0$ となることを証明せよ。
- (2b) P を n 次正方行列とする。このとき, (i) 「 P が正則であること」と, (ii) 「任意の n 次数ベクトル $\mathbf{x} \neq \mathbf{0}$ において ${}^t\mathbf{x}PP\mathbf{x} > 0$ が成り立つこと」とは同値であることを証明せよ。
- (2c) ある $r < n$ と n 次正則行列 B が存在して, ${}^tBAB = I(r)$ となるとする。このとき, ある n 次正方行列 P が存在して $A = {}^tPP$ となることを証明せよ。
- (2d) ある n 次正方行列 P が存在して $A = {}^tPP$ と表せるとし, また, ある $i < n$ が存在して A の (i, i) 成分が0とする。このとき, A の第 i 行は零ベクトルとなることを証明せよ。

以上

第2問（天文学分野）

以下の問(1)~(5)のすべてに答えよ。解答には(1)~(5)の問題番号を明記すること。

- (1) 私たちの住んでいる宇宙は膨張している。その観測的証拠をあげて宇宙膨張を説明せよ。
- (2) 宇宙膨張の測定には赤方偏移という物理量が用いられる。赤方偏移とは何か、説明せよ。
- (3) 赤方偏移は記号 z で表される。近傍の宇宙では、ある銀河の赤方偏移は、その銀河と私たちの銀河（銀河系）との相対速度（後退速度とも呼ばれる） v と関係している。赤方偏移と相対速度の関係を説明せよ。
- (4) (3)で調べた赤方偏移と相対速度の関係は一つの法則として受け入れられている。この法則は何と呼ばれるか。また、その理由についても述べよ。
- (5) 遠方宇宙にある銀河からの電磁波は赤方偏移の効果を受けるため、観測波長 λ_{obs} は静止波長 λ_0 に比べて長い波長で観測される。観測波長 λ_{obs} と静止波長 λ_0 の関係を赤方偏移 z を用いて表せ。

以上

第3問 (物理学分野)

以下の問(1)~(4)のすべてに答えよ。必要な物理量が与えられていない場合は、定義を明示した上で使用すること。

- (1) 以下の項目(1a)から(1d)のそれぞれについて、自分が理解している内容を文章や数式を用いて説明せよ。5行程度を目安に記述すること。

(1a) 角運動量保存則

(1b) エントロピー

(1c) 誘導起電力

(1d) トンネル効果

- (2) 空間の原点に向かい、原点からの距離に比例する引力 $-k\mathbf{r}$ を受けて運動する質量 m の質点がある。 k は正の定数、 $\mathbf{r}$ は質点の位置ベクトルである。質点の初速度が位置ベクトル $\mathbf{r}$ に垂直である場合、運動方程式を解いて質点の軌跡を求めよ。特に、軌跡が円になる条件を調べよ。

- (3) 一様な電場(大きさ E_0)の中に、半径 a の帯電していない導体球を置く。球の中心を原点 O とし、電場の向きに z 軸をとる。導体球外部の電場について、以下の問(3a)から(3c)に答えよ。導体球表面の電位はゼロであるとする。

(3a) 電気力線の分布の概形を描き、重要な特徴についてコメントを加えよ。

(3b) 導体球外部に、原点からの距離が r の点 P をとり、 $\overrightarrow{OP}$ と z 軸の正の向きがなす角を θ とする。このとき、点 P での静電ポテンシャル(電位)は

$$\phi = Ar \cos \theta + \frac{B}{r^2} \cos \theta$$

の形に表せる。定数 A 、 B を、 E_0 、 a を用いて表せ。

(3c) 静電ポテンシャルと電場の一般的な関係を示し、その関係式と問(3b)の結果を用いて、導体球外部の電場を表す式を求めよ。

- (4) 深さ $V_0 > 0$ の左右対称な1次元井戸型ポテンシャルによる粒子の束縛状態を、量子力学的に扱う。井戸の幅を $2a$ 、粒子の質量を m 、プランク定数を 2π で割った定数を $\hbar$ として、以下の問(4a)から(4c)に答えよ。

(4a) この系には、束縛状態が少なくとも一つ存在する。その理由を、シュレーディンガー方程式に基づき説明せよ。

(4b) 基底状態を含め、エネルギー準位が下から4番目までの波動関数の概形を図示せよ。

(4c) 井戸が無限に深い($V_0 \rightarrow \infty$ である)場合の波動関数と固有エネルギーを求め、問(4b)と同様に波動関数の概形を図示せよ。

以上

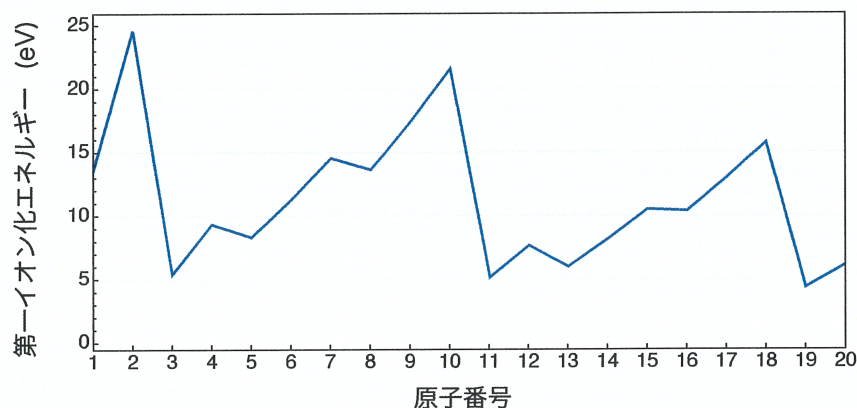
第4問（化学分野）

以下の問(1)~(5)のすべてに答えよ。

(1) 化学で用いられる以下の語句(1a)~(1c)を，例を挙げて説明せよ。

(1a) 同位体 (1b) 同素体 (1c) 異性体

(2) 下の図は，原子番号に対して，対応する原子の第一イオン化エネルギーをプロットしたグラフである。以下の問(2a)~(2c)に答えよ。



(2a) 第一イオン化エネルギーを例に周期律を説明せよ。

(2b) 原子番号が2から3，10から11，18から19になる際に，第一イオン化エネルギーが急減少している。その理由を説明せよ。

(2c) 原子の電子親和力を原子番号に対してプロットすると，どのようなグラフとなると予想されるか。上の図と比較してどのように変わるかを，理由とともに説明せよ。

(3) 酸素分子 O_2 ，その陽イオン O_2^+ ，陰イオン O_2^- の結合距離はどの順に長いのか，理由とともに答えよ。

(4) OH^- と臭化メチルとの反応



について，以下の問(4a)，(4b)に答えよ。

(4a) 反応①は，2次反応である。それはどのような実験結果により示されるか，反応速度に触れながら説明せよ。

(4b) 反応①は，典型的な S_N2 反応である。その反応機構を，電子の矢印を用い，遷移状態の構造に触れながら説明せよ。

(5) 化学と自身の研究計画のかかわりを200字程度で説明せよ。

以上

第5問（生命・生態分野）

以下の問(1)、(2)に答えよ。解答には問題番号(1a)～(2d)を明記すること。

(1) 以下の問(1a)～(1c)に答えよ。

- (1a) 太陽光の届かない深海底であっても、海底から湧き出す熱水の周囲に生物の活発な活動が観察されることがある。このような場所にはどのような特徴をもった生物がいるのか、エネルギー源、有機物合成、生物間の有機物伝達機構に着目して説明せよ。
- (1b) 脊椎動物の眼では、網膜の視細胞で光を受容する。視細胞の内部にある視物質が、実際に光を受容する光受容タンパク質としてはたらいっている。ヒトを例に、視物質が受容する光の特徴や受容の機構、および視物質の色覚における役割について説明せよ。
- (1c) 脊椎動物の眼の視細胞によって受容された光刺激は、ニューロン（神経細胞）のはたらきによって脳へと伝達される。この伝達において、ニューロンの軸索にあるイオンチャネルというタンパク質が重要な役割を担っている。ニューロンに限らず、細胞においてイオンチャネルが担う役割について、細胞での局在、イオンの選択的透過性とあわせて説明せよ。

(2) 以下に示す(2a)～(2d)のすべての問いにそれぞれ200～300文字程度で解答せよ。

- (2a) 都市地域においても生物多様性は保全されるべきである、という意見がある。都市地域において生物多様性を保全することにどのような意義があると考えられるか。考えられる意義を2つ挙げ、それぞれについて説明せよ。
- (2b) 人間の活動によって生物多様性が高く維持されてきた場合もある、という意見がある。そのような場合の例を1つ挙げ、さらにその例について、人間の活動が生物多様性を維持する役目を果たした理由を説明せよ。
- (2c) タケ（マダケやモウソウチク、以下同じ）の林の管理が放棄され、タケの林の周囲の土地にタケが地下茎を伸ばして侵入した事例が、特に農村地域において報告されている。タケが生育していなかった落葉広葉樹林に、隣接地に生育するタケの地下茎が侵入した場合、落葉広葉樹林の植生はどのように変化すると考えられるか。落葉広葉樹林に対して人為的な管理や改変は行われず、また、強風や落雷、野火など自然現象による植生破壊も生じないものとして説明せよ。
- (2d) 植生を構成する植物にとっての環境条件は、植生遷移の進行に伴って変化する。そのような環境条件を2つ挙げ、それぞれについて植生遷移の進行に伴ってどのように変化するか、また変化したことが植生にどのような影響を及ぼすか、説明せよ。

以上

第6問（地球科学分野）

以下の問(1)~(10)のすべてに、それぞれ200字以内で答えよ。解答には(1)~(10)の問題番号を明記すること。

- (1) 地球，火星，および金星大気の特徴を比較して論ぜよ。
- (2) 太陽系の平均元素存在度を見積る方法を説明せよ。
- (3) 地球内部で地震波速度が最も急激に変化する境界について説明せよ。
- (4) 沈み込むプレートが地表からマントルに運搬する物質について説明せよ。
- (5) 部分融解と玄武岩マグマ生成の関係を説明せよ。
- (6) 陸の風化と大気中の二酸化炭素量の関係について説明せよ。
- (7) 海洋の熱塩循環とは何か説明せよ。
- (8) 地球を巡る大気大循環の原動力について説明せよ。
- (9) 日本列島で地震が頻繁に起きる理由を説明せよ。
- (10) およそ250万年前から、数万年から10万年の間隔で繰り返し発生している現象について説明せよ。

以上