

受 験 番 号					

氏 名	

2026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：2025年10月4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。

以上

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。

- (1) k を自然数とする。 $x > 0$ に対して関数 $f_k(x) = x^k e^{-x}$ とする。このとき, 以下の問 (1a)~(1d) に答えよ。

(1a) 広義積分 $I_k = \int_0^{\infty} f_k(x) dx$ が収束することを証明せよ。

(1b) t を実数とする。整級数 $\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{I_k} t^k$ の収束・発散を調べよ。

(1c) 関数 $f_k(x)$ の $x > 0$ における最大値 M_k を求めよ。

(1d) 極限值 $\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{M_k}{k!}$ を求めよ。

- (2) n 次実正方行列について, 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 ${}^t A$ で表す。このとき, ${}^t(AB) = B{}^t A$ が成り立つ。また, A の逆行列を A^{-1} で表す。このとき, $(AB)^{-1} = B^{-1}A^{-1}$ や ${}^t(A^{-1}) = ({}^t A)^{-1}$ が成り立つ。 A が直交行列とは, ${}^t A A = A {}^t A = I$ を満たすときをいう。ここで, I は n 次単位行列である。 n 次直交行列全体の集合を $\mathcal{O}(n)$ とし,

$$\mathcal{O}(n)A = \{XA \mid X \in \mathcal{O}(n)\}$$

とする。さて, P, Q を n 次正則行列とする。このとき, 以下の問 (2a)~(2e) に答えよ。

(2a) A が直交行列のとき, $\mathcal{O}(n)A = \mathcal{O}(n)$ を証明せよ。

(2b) $\mathcal{O}(n)P = \mathcal{O}(n)Q$ ならば $PQ^{-1} \in \mathcal{O}(n)$ を証明せよ。

(2c) $PQ^{-1} \in \mathcal{O}(n)$ ならば $\mathcal{O}(n)P = \mathcal{O}(n)Q$ を証明せよ。

(2d) $PQ^{-1} \in \mathcal{O}(n)$ ならば ${}^t P P = {}^t Q Q$ を証明せよ。

(2e) ${}^t P P = {}^t Q Q$ ならば $PQ^{-1} \in \mathcal{O}(n)$ 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。

- (1) 渦巻銀河の銀河円盤は回転している。その様子を説明せよ。
- (2) 銀河円盤の回転から、渦巻銀河は電磁波では観測できない物質、ダークマターに取り囲まれていることが示唆された。その観測的根拠と、ダークマターが存在する論拠を説明せよ。
- (3) 宇宙には銀河が集団で存在している領域があり、そのような構造は銀河団と呼ばれている。銀河団に属する銀河の運動を調べたところ、銀河団も電磁波では観測できない物質、ダークマターに取り囲まれていることが示唆された。その観測的根拠と、ダークマターが存在する論拠を説明せよ。
- (4) ダークマターは元素からなる普通の物質ではないと考えられている。その観測的根拠を説明せよ。
- (5) ダークマターの候補物質を考察し、その論拠を説明せよ。

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)~(1d)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行程度以内を目安に記述すること。
 - (1a) 仕事
 - (1b) 断熱変化
 - (1c) 変位電流
 - (1d) 位相
- (2) 質量 m の粒子が、1次元ポテンシャル $V(x) = \alpha x + \beta/x$ のもとで x 軸上を1次元運動している。ただし、 α, β はともに正の定数である。この粒子の運動について、以下の問(2a), (2b)に答えよ。粒子に摩擦や空気抵抗は働かないものとする。
 - (2a) 横軸に x , 縦軸に $V(x)$ をとってポテンシャルの概形を描き、グラフ上に粒子のつり合いの位置を示せ。
 - (2b) 粒子がつり合いの位置の周りで微小振動するとき、その周期を求めよ。
- (3) 無限に長い2本の細い導線を直線状かつ平行に置き、それぞれの導線に互いに逆向きで同じ大きさの定常電流が流れているものとする。導線間の距離を a , 定常電流の大きさを I_0 , 真空の透磁率を μ_0 とし、以下の問(3a)~(3c)に答えよ。重力の影響は無視できるとする。
 - (3a) 導線の周囲が真空の場合、導線間の磁気的な相互作用の結果生じる単位長さ当たりの力の大きさと向きを求めよ。
 - (3b) 流体力学とのアナロジーに着目すると、問(3a)の状況における磁力線の様子は、2本の導線を互いに逆向きで同じ大きさの渦度をもつ渦糸の対に置き換えた系における流線と同様となることがわかる。これらの渦糸間に働く力の向きについて論ぜよ。
 - (3c) 問(3a)の状況において、各導線から $a/2$ の距離に一つの電子を置き、導線と平行に十分大きな速度を与えた。この後の電子の運動を定性的に論ぜよ。
- (4) 1次元の自由粒子を量子力学的に記述する。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、以下の問(4a)~(4c)に答えよ。
 - (4a) 自由粒子の波動関数 $\psi(x, t)$ が従う、時間に依存するシュレーディンガー方程式を書き下せ。
 - (4b) 自由粒子が運動量 p をもつ状態を考える。この状態は、エネルギー固有状態となることを示せ。また、このときのエネルギー固有値 E_p を求めよ。
 - (4c) ある時刻 t_0 において、自由粒子が有限の幅 Δx の領域のどこかにあることがわかっているものとする。 $t \geq t_0$ において、自由粒子がどのようにふるまうかを定性的に論ぜよ。

以上

第4問 (化学分野)

以下の問(1)~(4)のすべてに答えよ。計算問題は途中の計算過程も記入すること。

(1) 原子・分子の性質と電子構造に関する以下の問(1a)~(1c)に答えよ。

(1a) NaとClがNaClとなって安定な化合物を形成する理由を原子の安定な電子構造の観点から説明せよ。同様の考えに基づいて、MgとClの安定な化合物が取る組成式を答えよ。なお、Na, Mg, Clはそれぞれ、第1, 2, 17族元素である。

(1b) Hが化学結合を作ってH₂分子として存在するのに対し、Heが化学結合を作らず室温で単原子気体として存在するのは何故か、分子軌道の考え方に基づいて説明せよ。

(1c) β-カロテン(C₄₀H₅₆)は、可視光吸収によってπ電子の遷移が起こるために色を持つ。これに対してN₂は、π電子を持つにもかかわらず無色透明である。このような違いが生じる理由を、π電子が一次元の箱の中の粒子としてモデル化できると考えて説明せよ。

(2) 酸塩基・酸化還元に関する以下の問(2a)~(2c)に答えよ。

(2a) HCl 0.365 gを1 LのH₂Oに溶かした水溶液が示すpHの値を答えよ。HClの分子量は36.5として計算せよ。

(2b) HCl(aq)にFe(s)を浸すとH₂(g)を生じる。この反応の反応式を書き下し、反応前後のHおよびFeの酸化数の変化に基づいて、この反応が酸塩基反応および酸化還元反応のいずれであるか判定せよ。

(2c) HCl(aq)にNaOH(aq)を加えるとNaCl(aq)を生じる。この反応の反応式を書き下し、反応前後のHおよびNaの酸化数の変化に基づいて、この反応が酸塩基反応および酸化還元反応のいずれであるか判定せよ。

(3) 等温等圧条件下における反応 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ に関する以下の問(3a)~(3c)に答えよ。

(3a) 上記の反応の標準反応エントロピーの値の正負をその理由とともに答えよ。

(3b) 上記の反応は低温でのみ自発的に進行する。このとき、この反応の標準反応エンタルピーの値の正負をその理由とともに答えよ。ただし、標準状態の近傍で反応エントロピーおよび反応エンタルピーの値は温度に依存しないものとする。

(3c) 上記の反応は低温でのみ自発的に進行するが、実際には触媒存在下、高温条件で進行させることが多い。この理由として考えられることを議論せよ。

(4) 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。

(1) 以下の問(1a)~(1c)に答えよ。

- (1a) プラナリアは、古くから再生の実験によく用いられる動物である。胴体部分を切断すると、各断片の切り口に再生芽が形成され、やがてすべての断片から完全な個体が再生する。このような再生は、全身に分布する全能性の幹細胞の機能によると考えられている。全能性とはどのような性質か、幹細胞とはどのような細胞か、それぞれ同様の性質をもつ細胞を例にあげて説明せよ。
- (1b) PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)により、目的のDNA断片を大量に増幅することが可能になった。PCR法によるDNA断片増幅の原理について、反応に用いる装置や化学物質とともに説明せよ。
- (1c) リンゴの果実から放出されることで知られているエチレンは、植物ホルモンの一種であり、植物に様々な生理作用を引き起こす。エチレン以外の植物ホルモンを例に、植物ホルモンがもつ性質、作用のしくみ、生理活性について説明せよ。

(2) 以下の(2a)~(2d)の各問に挙げられた事項について、それぞれ200字程度で説明せよ。それぞれの説明において、具体的な生物の種を1つ以上挙げ、種名(学名または標準和名)には下線を付すこと。

- (2a) 里山の林における下草刈りが林床植物に及ぼす影響
- (2b) 礫川原を生育場所とする植物の例と、その植物が礫川原を生育場所とする理由
- (2c) ランドスケープのスケールで捉えられるべき生物現象の例
- (2d) 都市林の植生構造における一般的な特徴と、それが動物に与える影響

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。

- (1) 太陽系の惑星で地球型惑星と分類される惑星について、同じグループに分類されている理由を説明せよ。
- (2) 太陽系の平均元素存在度を見積る方法について説明せよ。
- (3) 地球内部(地表面から地球中心まで)の層状構造について説明せよ。
- (4) 沈み込み帯を経由した物質循環で H_2O が地表からマントルに移動するしくみについて説明せよ。
- (5) 部分融解とはどのような現象か説明せよ。また部分融解と玄武岩マグマ生成の関係を説明せよ。
- (6) 陸の風化と海洋における炭酸塩鉱物の沈殿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) 日本列島で地震が起きる場所について説明せよ。
- (10) 地球の歴史において数千万年以上の時間間隔で繰り返し発生した現象を一つ選び、その概略を説明せよ。

以上