

筆答専門試験科目（午前）

29 大修

融合理工学系

時間 9 : 30 ~ 11 : 00

注 意 事 項

1. 設問は、【問題1】から【問題2】まで2題ある。
2. 2題すべてについて解答すること。

【問題1】 次の文章を読み、問1から問5の解答を、答案用紙の所定の欄に記入しなさい。

近年、レジリエンスという言葉がいくつかの場面で用いられるようになってきた。心理学では、障害や逆境に直面してもそれを糧として潜在能力を高め、成長していくための (A) をレジリエンスととらえている。また、生態学の分野では、環境の変化に対して生態系がどのような対応をするのかという観点から、外部からの衝撃や圧力に耐え、ダメージを克服し、生態系が自ら再構築することにより、変化に対応していく能力のことを指す。その他にも、インフラの構築や社会システムの整備など様々な分野で用いられつつある。

こうした観点から子どもの教育の実践例として、アメリカのペンシルベニア大学では「ペン・レジリエンス・プロジェクト」と呼ばれる小学校から中学校までのプログラムを構築している。このプログラムでは、子どもたちがうまくいかないことに遭遇した場合でも、こころが折れて立ち直れなくなったり、うつ状態に陥ることなく、しなやかに立ち直る能力を養うことを目指している。また、イギリスでは気候変動への対策として、温室効果ガスの削減だけでなく、気候変動が現実が発生した場合に、生じうる人の健康や生態系への影響、農林水産業やその他の事業への影響への対応策が国家計画として策定されている。

日本においても、2011年に発生した東日本大震災を契機として、災害からの復旧復興という観点からこの概念が注目されるようになった。2014年に閣議決定された「国土強靱化基本計画」では、大規模自然災害等への備えについて、予断を持たずに最悪の事態を念頭に置き、国土政策・産業政策も含めた総合的な対応を行っていくことが必要であるとした。そのうえで、いかなる災害等が発生しようとも、人命の保護を最大限はかり、国家及び社会の重要な機能が致命的な障害を受けず維持され、国民の財産及び公共施設にかかわる被害を最小化し、迅速な復旧復興が進むことを基本目標として、安全・安心な国土・地域・経済社会の構築に向けた「国土強靱化」を推進するとしている。これによりナショナル・レジリエンスを目指すとしているが、(B)この計画の内容には、これまでのレジリエンスの概念とやや異なる観点が含まれていると考えられる。

一方で、地域社会を対象にレジリエンスを考えると、部分的で一時的なレジリエンスは、地域社会全体を長期で見渡した時に、望ましい方向に向かっていない場合があることに気をつけておかなければならない。例えば、大量生産・大量消費型の社会が外部からダメージを受けた場合、元の状態に回復し、以前のような生産・消費の継続が維持されることは必ずしもよいとはいえない。また、地震や津波によって激甚な災害に見舞われた地域が元の姿に戻ることによって、もともと抱えていた問題が再生産されるとともに、社会基盤施設が更新されることにより、構造の転換がより難しくなることが考えられる。そのため、持続可能性の観点からもレジリエンスを評価していくことが必要になる。その際、社会を取り巻く状況を速やかに把握し分析する現状把握の水準を高めるとともに、将来の予測に基づく選択可能な方策、そして変化に対応していく力、さらには社会を構成する利害関係者の間のコミュニケーションが重要である。

加えて、将来生じる可能性のある状況に内在している不確実性への対応として、様々な状況に応じた対応の多様性の確保も指摘されている。災害で電気やガスが使用できなくなった場合に、バッテリーやカセット用ボンベなどの自前の手段を確保しておくことはエネルギー源の多様性を高める一例として挙げられる。見方によっては無駄と思える場合でも、レジリエンスの観点からは有効な手段として評価されることがある。将来の備えと無駄とのバランスを確保していくこと

が求められているともいえる。

問1) 空欄(A)に入る語句として最も適切なものを、以下の①～⑤から選べ。

- ①自立性      ②判断力      ③説得力      ④適応力      ⑤積極性

問2) 心理学と生態学におけるレジリエンスの考え方について、その共通点を句読点を含めて60字以上90字以内で記述しなさい。

問3) 下線(B)で筆者がこのように指摘するのはなぜか。従来の定義と異なると思われる点をまとめ、句読点を含めて80字以上100字以内で記述しなさい。

問4) 問題文の要旨を、句読点を含めて240字以上300字以内で記述しなさい。

問5) 災害に強いまちづくりは被害を少なくすることにつながる一方で、想定を超える災害がまれに起こる可能性があり、その対応は容易ではない。このような状況に対して今後社会が取るべき方向について、考えるところをまとめ、句読点を含めて240字以上360字以内で記述しなさい。

【問題2】 次の文章を読み、問1から問3の解答を答案用紙の所定の欄に記入しなさい。

文部科学省のワーキンググループによれば、利益相反とは「責任ある地位に就いている者の個人的な利益とその責任との間に生じる衝突」と考えられており、主に大学における産学官連携による研究の進展を背景に注目されるようになった概念である。産学官連携による大型予算での理工系研究の展開は世界的な趨勢であり、利益相反の概念を理解していることは、これからの研究者にとって欠かせない資質のひとつである。この概念を理解するために大学生に身近な例として、次のような例が挙げられる。

例1)

XさんはY大学バレーボール部のセッターでチームの司令塔だった。Y大学と大会の優勝を競うZ大学バレーボール部にはXさんの高校時代の先輩であるWさんがいて、XさんはWさんに飲み会の席で、ついチームの主力選手の弱点についての話をしてしまった。XさんはW先輩におごってもらい楽しい時を過ごしたが、Y大学バレー部はZ大学に決勝戦で敗退した。

上記の例においてXさんの行為は法令違反ではないし、Xさんが話した内容が試合の勝敗に影響したかどうかはわからない。しかし、XさんはY大学バレーボールチームのセッターというチームにとって重要な地位に就いており、主力選手の情報を他言しない責任がある。その責任がまっとうされなかったこと、さらに情報提供した相手からおごってもらい、それが情報提供の見返りのように見えてしまうことは社会的に見て問題である。大学での産学官連携による研究活動についても多くの大学で、どのような行為が利益相反とみなされるのかについての規定を設けて、ホームページ等で公開し、注意喚起をしている。

例えば以下のような例が利益相反であるとみなされる。

例2)

Z大学に勤務するX教授は、自身が持っている特許権について企業Yとライセンス契約を締結し、一定の収入を得ている。X教授が現在行っている研究で大型の実験装置を購入することになり、納入業者を選定するための入札が行われることになったが、X教授は、研究上必要と思われないほど詳細な仕様をZ大学に提案し、企業Yの製品だけがこの仕様を満たすため、Z大学はこの製品を購入することになった。

上記の例2)におけるX教授の行為は利益相反であり、このような行為が繰り返される大学は、社会の信用を失い、研究においても優良な連携先を見つけることが困難になるかもしれない。そうならないために、研究に携わるものは、利益相反についての理解を深める必要がある。

- 問 1) 上記の例 2) について、X 教授の行為はなぜ利益相反なのか。句読点を含めて 150 字以上 250 字以内で記述しなさい。
- 問 2) 「責任ある地位に就いている者の個人的な利益とその責任との間に生じる衝突」は研究に限らず、日常生活でも生じる可能性のある事態である。例 1) を参考に研究以外の身近な事柄を題材として例を作成し、句読点を含めて 150 字以上 250 字以内で記述しなさい。
- 問 3) 問 2) で作成した例について、利益相反を避けるために何をすべきなのかを、句読点を含めて 150 字以上 250 字以内で記述しなさい。

筆答専門試験科目（午後）  
融合理工学系

29 大修

時間 13:00～15:00

注 意 事 項

1. 問題A（数的推理科目）、問題B（理工系基礎科目）、問題C（原子力・エネルギー関連科目）のうちから、いずれか1つを選んで解答すること。
2. 答案用紙の試験科目名欄には、解答した問題名（問題A、問題B、問題Cのいずれか1つ）を必ず記載すること。ただし、未使用の答案用紙には記載する必要はない。
3. 各問題（問題A、問題B、問題C）の注意事項にしたがって解答すること。

筆答専門試験科目（午後）  
融合理工学系（問題A）

29 大修

時間 13:00~15:00

注 意 事 項

1. 全ての問題に導出過程を記して解答せよ。
2. 各答案用紙には必ず試験科目名（いずれも問題Aと記入）、受験番号および解答した問題番号を記入せよ。氏名を記入してはならない。未使用の答案用紙には何も記載する必要はない。
3. 定規、コンパス、電卓を使用してはならない。
4. 全ての答案用紙、下書き用紙を回収する。
5. 解答は、問題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。

【問題 1】

A 君、B 君、C 君、D 君、E 君の 5 名が、メールアドレスを教え合った。次のア)~カ)のことがわかっているとき、A 君がメールアドレスを教えたのは誰か答えよ。

ア) 5 名とも、誰か 1 名からのみメールアドレスを教えてもらい、誰か 1 名のみ  
メールアドレスを教えた。

イ) 5 名とも、メールアドレスを教えた相手からはメールアドレスを教えてもらわなかった。

ウ) A 君は、B 君からも C 君からもメールアドレスを教えてもらわなかった。

エ) B 君は、C 君もしくは D 君からメールアドレスを教えてもらった。

オ) D 君は、A 君からメールアドレスを教えてもらわなかった。

カ) E 君は、B 君からも D 君からもメールアドレスを教えてもらわなかった。



【問題 2】

ある工場で 2 種類の製品 A と B を製造しており、製品 1 個あたりの燃料費、原料費、価格（売値）は以下の表のとおりである。この工場ですべての燃料費と原料費は、それぞれ 300 万円以下である。以下の①と②の問いに答えよ。

- ① 横軸に製品 A の 1 日あたりの製造個数、縦軸を 1 日あたりの製品 B の製造個数として、この工場が生産可能な範囲を斜線で図示せよ。縦軸と横軸の切片の値も記せ。
- ② この工場の、出荷額（売上高）の最大値と、その時の製品 A、製品 B の 1 日あたりの出荷個数を求めよ。ただし、製造した製品は、その日のうちに全量出荷している。

表 各製品の 1 個あたりの費用と価格（万円）

	燃料費	原料費	価格
製品 A	6	3	12
製品 B	2	5	10

【問題 3】

家電製品（扇風機、テレビ、電子レンジ）を景品にビンゴ大会を行ったところ、当選者が5名となった。そこで当選者 A～E の5名に希望の家電製品を1つだけ挙げてもらい、他の当選者と希望が重ならなければその希望した家電製品をもらえることにした。5名は他の当選者の希望を以下のア～オのとおりに予想した。

- ア) 当選者 A は、当選者 C が電子レンジを希望すると予想した。
- イ) 当選者 B は、当選者 D がテレビを希望すると予想した。
- ウ) 当選者 C は、当選者 E が扇風機を希望すると予想した。
- エ) 当選者 D は、当選者 A と当選者 C の希望が同じであると予想した。
- オ) 当選者 E は、当選者 A と当選者 D の少なくとも1人が電子レンジを希望すると予想した。

全員の予想はすべてはずれ、1名のみが希望する家電製品を手に入れた。その当選者と手に入れた家電製品を答えよ。

【問題 4】

以下のア～ウの条件をすべて満たす 2 番目に小さな素数を求めよ。

- ア) 3 で割ると 1 余る
- イ) 4 で割ると 1 余る
- ウ) 5 で割ると 1 余る

【問題 5】

5 種類の品物 A～E について、予算 10,000 円以内で 3 種類を 1 個ずつ購入することにした。次のア)～エ) の条件を満たす時、以下の①と②の問いに答えよ。

ア) 3 種類の品物の合計額は、最も安いのは 6,100 円、次いで 6,600 円、最も高いのは 9,400 円である。

イ) 品物 B の値段は 2,200 円である。

ウ) 品物 A～E の大小関係は、品物 A ≤ 品物 B ≤ 品物 C ≤ 品物 D < 品物 E である。

エ) 品物 A、品物 B、品物 C、品物 D のうち、2 種類の品物は同一金額である。

① 条件ア) の金額 6,100 円、6,600 円、9,400 円に対応する品物の組合せを、それぞれ求めよ。

② 品物 A, C, D, E の値段を求めよ。

【問題 6】

ある高校の生徒 300 人について、国語・数学・英語の各科目が好きかどうか調査した結果、次のア)～エ)のことがわかった。

ア) 国語が好きな生徒は 187 名であった。

イ) 数学が好きな生徒は 123 名であった。

ウ) 英語だけが好きな生徒は、国語・数学・英語の 3 科目とも好きな生徒の 2 倍の人数であった。

エ) 国語と数学が好きで、英語が好きでない生徒は、国語・数学・英語の 3 科目とも好きでない生徒の 4 倍の人数であった。

以上から判断し、国語・数学・英語の 3 科目とも好きな生徒数として考えられる最も多い人数は何人が答えよ。

【問題 7】

四角形 A,B,C,D,E が順番に並んでいる。これら四角形の上には最初何も置かれていなかった。1 回に 1 個の黒石を袋から取り出し、四角形 A の上に置くことを繰り返す。袋から黒石を取り出し新たに四角形 A の上に置いた後、下記の作業を四角形 A→B→C→D→E の順で全ての四角形について行う。以下の①と②の問いに答えよ。

作業：「四角形の上に黒石が二つある場合、それらを全て取り除き、そのうちひとつを次の四角形があればその上に追加して置く」

①図-7-1 のように A→B→C→D→E の順番で四角形が並んでいる。四角形 E に初めて黒石が置かれるのは、袋から何個の黒石が取り出されたときか答えよ。

②図-7-2 のように A→B→C→D→E→A の順番に四角形が環状に並んでいる。袋から取り出した黒石が 100 個となったときの、それぞれの四角形上での黒石の有無を答えよ。

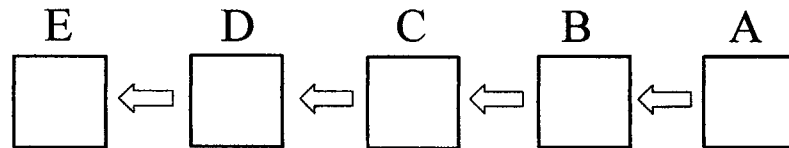


図-7-1

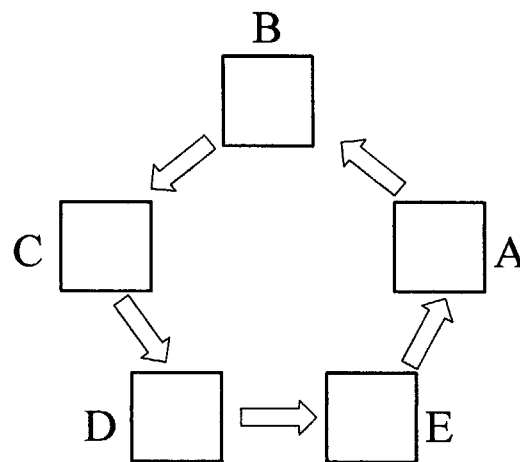


図-7-2

【問題 8】

ある研究室では試薬 A を用いた実験をあらたに始めることにした。試薬 A は研究室には無かったため、最初の日にこれを作成し、試薬 A の入ったビンをも  $n$  本作成した。実験は翌日から開始した。実験は毎日 1 回行い、実験を行う前に前日から保管されている試薬 A の入った全てのビンに対し品質測定を行った。1 回の実験で試薬 A の入ったビンをも 1 本消費し、最初に作成した  $n$  本のビンが無くなるまで続けた。なお、品質測定では試薬 A は一切消費されず、最初に作成した全ての試薬 A は実験で消費された。以下の①と②の問いに答えよ。

- ① 試薬 A の品質測定では、ひとビンあたり 0.2 kWh の電力が消費される。試薬 A を作成した日から実験終了までの間に品質測定で消費した電力を求めよ。
- ② 試薬 A の作成では、ひとビンあたり 1 kWh の電力に加え、ビンの本数に関わらず 10 kWh の電力が消費される。「試薬 A の作成」と「実験終了までの品質測定」に消費された全ての電力について、実験 1 回あたりの電力が最小となる  $n$  を求めなさい。

筆答専門試験科目（午後）  
融合理工学系（問題B）

29 大修

時間 13:00～15:00

注意事項

1. 問題[1]～問題[6]から2題を選択し解答せよ。
2. 各答案用紙には必ず試験科目名（いずれも問題Bと記入）、受験番号および解答した問題番号を記入せよ。氏名を記入してはならない。未使用の答案用紙には何も記載する必要はない。
3. 定規、コンパス、電卓を使用してはいけない。
4. 全ての答案用紙、下書き用紙を回収する。
5. 解答は、選択した問題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。
6. 1つの問題の解答が1枚の答案用紙に収まりきらない場合は、複数の答案用紙に記入しても良い。

問題[1]（微分積分）

問題[2]（線形代数）

問題[3]（確率・統計）

問題[4]（力学）

問題[5]（電磁気学）

問題[6]（熱力学）



## 問題 [ 1 ]

1. 以下の常微分方程式の厳密解を求めよ。虚数を使わずに表すこと。

(1)  $f''(t) - 4f'(t) + 4f(t) = 0, f(0) = 3, f'(0) = 4$

(2)  $f''(t) + f(t) = 4t, f(0) = -1, f'(0) = -1$

(3)  $f''(t) - 4f'(t) + 3f(t) = \exp(t), f(0) = 0, f'(0) = 3$

2. ある物体の変位  $x$  [m] が時間  $t$  [s] の関数として以下の式(1-1)で表せるものとする。ただし、 $\alpha, \beta, \chi, \delta$  は非負の定数とする。以下の問いに答えよ。

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + \beta x = \chi \sin(\delta t) \quad (1-1)$$

(1) 式(1-1)は、同次形か非同次形か、理由とともに述べよ。

(2)  $\alpha, \beta, \chi, \delta$  のそれぞれの物理単位を理由と共に述べよ。

(3)  $\alpha = 0, \beta = 4, \chi = 1, \delta = 2$  かつ、初期変位が 0 m, 初期速度が  $0 \text{ m s}^{-1}$  の場合、式(1-1)の厳密解を求めよ。虚数を使わずに表すこと。

(4) その時の解の時間変化の様子を説明せよ。

3. 微分方程式(1-2)を解け。 $a, b$  は正の定数として、 $t=0$  で  $N = N_0$  とする。

$$\frac{dN}{dt} = (a - bN)N \quad (1-2)$$

## 問題 [2]

$N$  を任意の自然数とする。 $R^N$  で  $N$  次元実ベクトル空間を表し、そのベクトルは列ベクトルで表す。 $R^N$  のベクトル  $\mathbf{x}$  の転置ベクトルを  $\mathbf{x}^T$  で、ベクトル  $\mathbf{x}$  と  $\mathbf{y}$  の内積を  $\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle$  で表す。また、行列は実行列だけを考え、行列  $A$  の転置行列を  $A^T$  で、トレースを  $\text{tr}[A]$  で表す。このとき、次の問いに答えよ。なお、導出の過程を示すこと。

1. 次の2つの行列のトレースをそれぞれ求めよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 2 & 2 & 0 \\ -1 & 2 & 1 \\ -2 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

2. 次の2つの行列

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 3 & 4 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ -1 & 2 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$$

に対して、 $\text{tr}[AB]$  と  $\text{tr}[BA]$  をそれぞれ求めよ。

3.  $K, M$  を任意の自然数とする。任意の  $K \times M$  行列  $A$  と  $M \times K$  行列  $B$  に対して、

$$\text{tr}[AB] = \text{tr}[BA]$$

が成立することを示せ。

4.  $R^N$  の2つのベクトル  $\mathbf{x}, \mathbf{y}$  に対して、

$$\text{tr}[\mathbf{x}\mathbf{y}^T] = \langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle$$

が成立することを、3. の結果を使う方法と、 $N$  次正方行列  $\mathbf{x}\mathbf{y}^T$  の成分から計算する方法でそれぞれ示せ。

5.  $N$  次対称行列  $A$  の固有値を、 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$  とするとき、

$$\text{tr}[A] = \sum_{i=1}^N \lambda_i$$

が成立することを示せ。

### 問題 [3]

二つの河川 A と B に挟まれた地域がある。過去の流量の記録から、A 川と B 川の年間最大流量は正規分布に近似できることがわかっており、平均値はそれぞれ 1000 m<sup>3</sup>/秒と 800 m<sup>3</sup>/秒、変動係数はそれぞれ 20%と 15%である。A 川と B 川の容量（地域が洪水の被害を受けない最大流量）は、それぞれ 1200 m<sup>3</sup>/秒と 1000 m<sup>3</sup>/秒である。A 川と B 川の最大流量は統計的に独立であると仮定する。次の問いに答えよ。なお、必要に応じて表 3-1 を使用してよい。

1. ある 1 年間に、河川 A によってこの地域が洪水の被害を受ける確率を求めよ。
2. ある 1 年間に、河川 B によってこの地域が洪水の被害を受ける確率を求めよ。
3. ある 1 年間に、この地域が洪水の被害を受ける確率を求めよ。
4. 今後 3 年間に、この地域が洪水の被害を一度も受けない確率を求めよ。
5. ある 1 年間に、河川 A によってこの地域が洪水の被害を受ける確率を 5%以下とする最小の容量を求めよ。
6. 新たな計測手法により河川 B の容量を 25 回計測した結果、標本平均は 1050 m<sup>3</sup>/秒となった。標本標準偏差を 100 m<sup>3</sup>/秒としたとき、河川 B の容量の 99%下限信頼限界を求めよ。

表 3-1 標準正規分布表の一部

$P(x < z) = \int_{-\infty}^z f(x) dx$   $f(x)$ は標準正規分布の確率密度関数

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9872	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986

## 問題 [4]

図 4-1 のようなトラス系の点 A に荷重  $P$  が鉛直下向きに作用している。壁から点 A までの距離を  $L$  とする。部材はすべて弾性体、ヤング率  $E$ 、断面積  $S$  で、自重は無視でき、曲げ荷重はかからない。点 A における変位は微小で、水平方向に  $u$ 、鉛直方向に  $v$  とする。ただし、 $u$ 、 $v$  は、それぞれ右向き正、下向き正とする。一般に、棒に軸力  $Q$  が作用し  $\delta$  だけ変位した場合の弾性ひずみエネルギー  $U$  は、 $U=Q\delta/2$  で表せる。以下の問いに答えよ。

- (1) 部材 AB と部材 AC にかかる荷重を  $P$  で表せ。ただし、引張りを正とする。
- (2) トラス系のひずみエネルギーを  $E, S, L, P$  で表せ。
- (3) トラス系のひずみエネルギーを  $E, S, L, u, v$  で表せ。
- (4) 点 A の水平方向変位  $u$  を  $E, S, L, P$  で表せ。
- (5) 点 A の鉛直方向変位  $v$  を  $E, S, L, P$  で表せ。

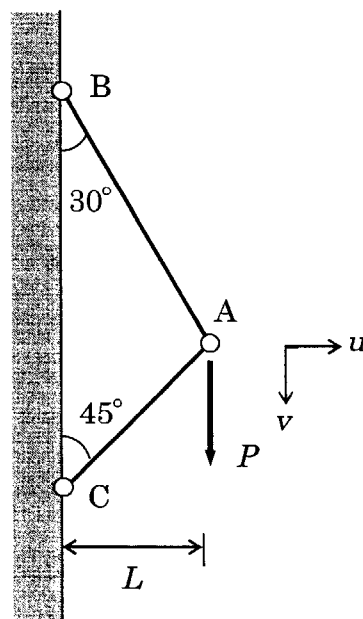


図 4-1

## 問題 [5]

- 電磁気学におけるマクスウェルの方程式のうち、ガウスの法則に相当する式を微分形で示せ。ただし、式中に現れる全ての変数および定数の名称を明記すること。
- 図5-1(a)~(c)は真空の3次元空間における電磁界の様子を示している。空間(a)には一様な電界、空間(b)には一様な磁界、空間(c)にはそれら両方がある。ただし、電界および磁界は $x$ 軸方向を向いており、それらの大きさは、おのおの、 $E$ および $B$ とする。これらの空間には、正の電荷 $q$ と質量 $m$ をもつ粒子がある。時刻 $t=0$ における粒子の位置を原点( $x=0$ )とする。以下の問いに答えよ。ただし、相対論効果は考えなくて良い。
 

まず、空間(a)を考えよ。ただし、時刻 $t=0$ の時、粒子は静止しているとする。

  - 粒子に加わる力の大きさと方向を答えよ。
  - 粒子の位置 $x$ と時刻 $t$ の関係を式で表し、グラフで図示せよ。
  - 粒子が $x=L$ の位置に到達するまでの時間を答えよ。

次に、空間(b)を考えよ。ただし、時刻 $t=0$ の時、粒子の速度の方向は $x$ 軸に垂直で大きさは $v$ とする。

  - 粒子に加わる力の大きさと方向を答えよ。
  - 粒子は円運動するが、その円の半径を答えよ。
  - 粒子がその円を1回転するのに必要な時間を答えよ。
  - 粒子の総飛行距離(飛行した距離の合計)と時刻 $t$ の関係をグラフで図示せよ。

最後に、空間(c)を考えよ。ただし、時刻 $x=0$ の時、粒子の速度の方向は $x$ 軸に垂直で大きさは $v$ とする。

  - 粒子が $x=L$ の位置に到達するまでの時間を答えよ。
  - 粒子が $x=L$ の位置に到達するまでの総飛行距離を求める数式を答えよ。数式は積分記号を用いて表してよい。

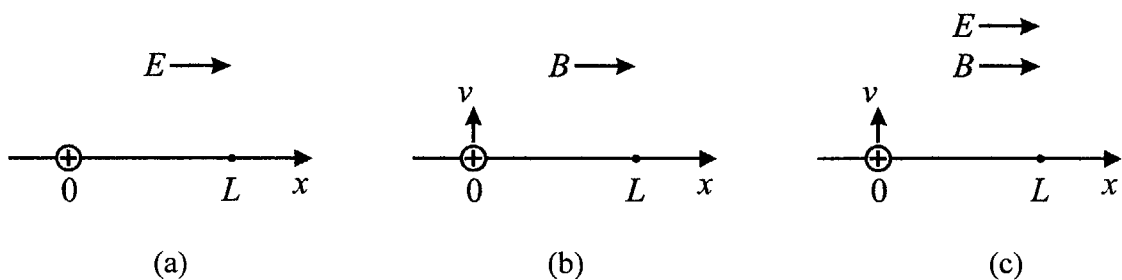
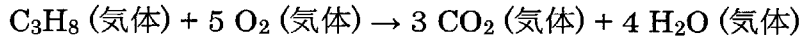


図5-1  $x$ 軸方向の一様な電界(a)、磁界(b)、それら両方(c)をもつ空間。空間には、電荷 $q$ 、質量 $m$ の荷電粒子がある。時刻 $t=0$ における粒子の位置を原点( $x=0$ )とする。

## 問題 [6]

1. プロパン $\text{C}_3\text{H}_8$ の完全燃焼は次の反応式で表される。



以下の問いに答えよ。ただし、全ての気体を理想気体とする。

- (1) 300 K, 100 kPaにおける $\text{C}_3\text{H}_8$  (気体)の完全燃焼の反応エンタルピー [ $\text{J mol}^{-1}$ ]を求めよ。ただし、このときの $\text{C}_3\text{H}_8$  (気体),  $\text{O}_2$  (気体),  $\text{CO}_2$  (気体),  $\text{H}_2\text{O}$  (気体)の生成エンタルピーを、それぞれ、 $-1.00 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ ,  $0 \text{ J mol}^{-1}$ ,  $-3.90 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ ,  $-2.40 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ とする。
- (2)  $\text{C}_3\text{H}_8$  (気体) 1 molを完全燃焼させるのに最低限必要な空気の物質質量[mol]を求めよ。ただし、空気は $\text{O}_2$ および $\text{N}_2$ のみからなり、 $\text{O}_2$ のモル分率を0.2,  $\text{N}_2$ は不活性とする。
- (3) (2)で求めた量の空気中において、初期の温度を300 Kとし、定圧(100 kPa)および断熱で $\text{C}_3\text{H}_8$  (気体) 1 molを完全燃焼させた場合の到達し得る最高温度を求めよ。ただし、空気の組成は(2)の場合と同じで、 $\text{N}_2$ を不活性とし、燃焼後に存在する全気体の平均の定圧モル熱容量を $38.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。
- (4) (2)で求めた量の1.5倍の空気中において、初期の温度を300 Kとし、定圧(100 kPa)および断熱で $\text{C}_3\text{H}_8$  (気体) 1 molを完全燃焼させた場合の到達し得る最高温度を求めよ。ただし、空気の組成は(2)の場合と同じで、 $\text{N}_2$ を不活性とし、燃焼後に存在する全気体の平均の定圧モル熱容量を $35.0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

2. 単原子分子からなる理想気体1.00 mol (気体Aとする)が温度300 K, 圧力100 kPaの状態にある。この気体Aを体積が2倍になるまで等温可逆的に膨張させ、つづいて圧力25.0 kPaまで断熱可逆的に膨張させたところ、気体Aの体積は $7.56 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ となった。以下の問いに答えよ。なお、気体定数を $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とし、必要があれば、 $\ln 2 = 6.93 \times 10^{-1}$ ,  $\ln 3 = 1.10$ ,  $\ln 5 = 1.61$ ,  $\ln 7 = 1.95$ を用いよ。

- (1) 気体Aが外界に対してなした総仕事量を求めよ。
- (2) 気体Aに流入した総熱量を求めよ。
- (3) 気体Aのエントロピーの総変化量を求めよ。

筆答専門試験科目（午後）  
融合理工学系（問題 C）

29 大修

時間 13:00～15:00

注意事項

1. [問題 1] ～ [問題 5] から 2 題を選択し解答せよ。
2. 各答案用紙には必ず試験科目名（いずれも問題 C と記入）、受験番号および解答した問題番号を記入せよ。氏名を記入してはならない。未使用の答案用紙には記載する必要はない。
3. 定規、コンパス、電卓を使用してはいけない。
4. 全ての答案用紙、下書き用紙を回収する。
5. 解答は、選択した問題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。
6. 1 つの問題の解答が 1 枚の答案用紙に収まりきらない場合は、複数の答案用紙に記入しても良い。

[問題 1]（数学）

[問題 2]（物理学）

[問題 3]（化学）

[問題 4]（生物学）

[問題 5]（原子核工学）

[問題1] (数学)

問1 行列

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

に関するつぎの設問に答えよ。

- (1) 逆行列を求めよ。
- (2) 固有値と固有ベクトルを求めよ。
- (3) 固有ベクトルが互いに直交していることを示せ。

問2 実変数  $x$  の関数  $f(x)$  に関する微分方程式

$$f''(x) + f(x) = \cos(2x)$$

の一般解を実関数で求めよ。

問3 3次元  $xyz$  直交座標空間におけるベクトル  $\mathbf{a}$  の成分表示を  $(a_x, a_y, a_z)$ ,  $\mathbf{b}$  の成分表示を  $(b_x, b_y, b_z)$  とすると, 外積  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$  の成分表示が  $(a_y b_z - a_z b_y, a_z b_x - a_x b_z, a_x b_y - a_y b_x)$  であることを示せ。ただし, 外積の定義は,  $\mathbf{a}$  と  $\mathbf{b}$  のなす角を  $\theta$  ( $\leq \pi$ ) とすれば,  $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \sin \theta$  であり, 向きは,  $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$  は  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$  の両方に垂直であり,  $\mathbf{a}$  の向きから  $\mathbf{b}$  の向きに右ねじを回したときにねじが進む方向である。なお, ベクトル  $\mathbf{c}$ ,  $\mathbf{d}$ ,  $\mathbf{e}$  について,  $\mathbf{c} \times (\mathbf{d} + \mathbf{e}) = \mathbf{c} \times \mathbf{d} + \mathbf{c} \times \mathbf{e}$  が成り立つことを用いてよい。

問4 3次元  $xyz$  直交座標の関数  $f(x, y, z) = 1/\sqrt{x^2 + y^2 + (z - a)^2}$  を,  $x^2 + y^2 + z^2 \leq R^2$  の範囲で積分せよ。ただし,  $a > R > 0$  である。



[問題2] (物理学)

問1 電荷  $-e$ 、質量  $m$  の電子が図1のように  $y$  軸上の点  $(0, b)$  に静止しており、電荷  $+Ze$ 、質量  $M$  (ただし  $M \gg m$ ) の荷電粒子が  $x$  軸上の  $(-\infty, 0)$  から  $(+\infty, 0)$  までの正の方向に一定の速さ  $v$  で通過する場合を考える。図1の配置において電子は  $y$  軸に対し  $\theta$  の方向で距離  $r$  の荷電粒子よりクーロン力  $F$  を受ける。荷電粒子の速さ  $v$  は電子のそれより十分大きく、運動の全期間を通じて電子は点  $(0, b)$  に留まっているとみなせる。ただし真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。また、 $e, b, v, Z$  は正値であり、荷電粒子の運動における相対論的効果を見捨てる。つぎの設問に答えよ。

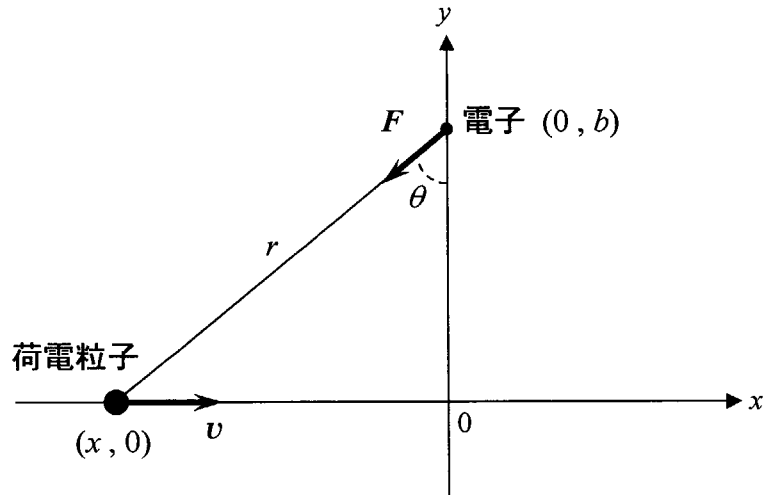


図1

- (1) 図1の配置において電子が受けるクーロン力の大きさ  $|F|$  を、 $\epsilon_0, b, e, r, v, Z$  のうち必要なものを用いて示せ。
- (2) 荷電粒子の通過により電子の得る運動量を、 $x$  成分  $P_x$ 、 $y$  成分  $P_y$  に分けて導出せよ。
- (3) 荷電粒子の通過により電子の得る運動エネルギーが荷電粒子の  $\frac{Z^2}{v^2}$  に比例することを示せ。

([問題2] は次ページへ続く)

問2 図2のような半径  $R$  の円筒容器内に、一定温度  $T$  で一種類（分子1個当たりの質量  $M$  とする）の理想気体が入っており、容器及び気体全体が一様に一定の角速度  $\omega$  で  $z$  軸の周りを回転し定常状態となっている。このとき、円筒内における半径方向の分子の数密度分布  $n(r)$  を考える。ただし重力による影響は無視でき、 $z$  軸方向には無限に長い2次元問題としてよいとする。また、 $k$  をボルツマン定数とし、設問を通じ  $(dr)^2$  または  $(d\theta)^2$  を含む高次の微小量は無視せよ。つぎの設問に答えよ。

- (1) 図3の円筒内の微小領域 ABCD における半径方向の釣り合いを考える。 $z$  軸方向単位長さ当たり、領域 ABCD の受ける遠心力の大きさ  $F_1$  を、 $dr$  及び  $d\theta$  等を用いて求めよ。
- (2) 領域 ABCD が  $z$  軸方向単位長さ当たり、内側の弧 AD から外向きに受ける圧力による力の大きさ  $F_2$  は、

$$F_2 = n(r) k T r d\theta \quad (a)$$

と書けるものとする。同様に弧 BC から内向きに受ける圧力による力の大きさ  $F_3$  を  $dr$ 、 $d\theta$  及び  $\frac{dn(r)}{dr}$  等を用いて求めよ。

- (3) 領域 ABCD が、 $z$  軸方向単位長さ当たり、AB から反時計回り、CD から時計回りに受ける圧力による力  $F_4$  及び  $F_5$  の半径方向成分合力の大きさ  $F_6$  を  $dr$  及び  $d\theta$  等を用いて求めよ。
- (4) 微小領域 ABCD に働く力の半径方向成分の釣り合いの式を立て微分方程式を解き、円筒内 ( $0 \leq r \leq R$ ) における  $n(r)$  を求めよ。ただし  $n(0) = N_0$  は既知とし、必要があれば  $\sin d\theta \approx d\theta$  を用いよ。

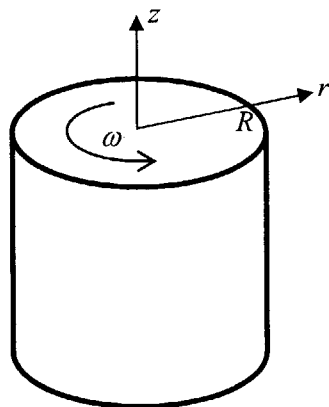


図2

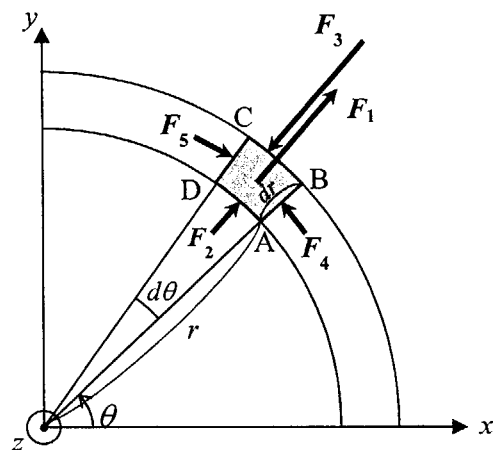


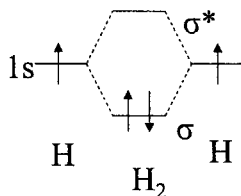
図3

[問題3] (化学)

問1 つぎの設問に答えよ。

(1)  $\text{He}_2^+$ ,  $\text{Be}_2$ ,  $\text{N}_2$ の最低エネルギーの電子配置を例にならって示せ。

(例)  $\text{H}_2$



(2)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , フェノールの構造式を書き, 各分子の共鳴構造を示せ。これらの分子の水素原子を除いた立体構造について説明せよ。

(3) ラマン分光法, 赤外分光法, 紫外可視分光法の各分光分析法は分子の研究に不可欠である。これらの分光分析法は分子のどのような特徴を観測するのに適しているか説明せよ。

問2 298 K, pH = 0 の酸性水溶液におけるマンガンの酸化状態は表1のように示される。以下の設問に答えよ。

表1

酸化状態	+7	+6	+4	+3	+2	0
イオン種	$\text{MnO}_4^-$	$\text{MnO}_4^{2-}$	$\text{MnO}_2$	$\text{Mn}^{3+}$	$\text{Mn}^{2+}$	Mn
$E^0$		+0.56V	+2.26V	+0.95V	+1.51V	-1.18V

(1) 標準酸化還元電位  $E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$  と  $E^0(\text{MnO}_2/\text{Mn}^{2+})$  を求めよ。

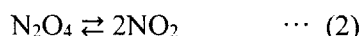
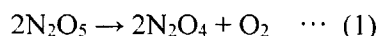
(2)  $\text{Mn}^{3+}$  はこの酸性水溶液中では  $\text{MnO}_2$  と  $\text{Mn}^{2+}$  に不均化反応を起こす。その反応式を示せ。その平衡定数  $K$  の対数値  $\log_{10} K$  を計算するための導出過程を示し, その値を求めよ。ただし, ファラデー定数  $F$  を  $9.65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 気体定数  $R$  を  $8.31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\log_e 10 = 2.30$  とせよ。

(3)  $\text{Mn}^{3+}$  は不均化反応を起こすが,  $\text{Mn}^{2+}$  は起こさない。その理由を説明せよ。

問3 窒素酸化物の気相反応についてつぎの設問に答えよ。

(1) 気相反応  $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  において, 初期状態で  $\text{N}_2\text{O}_4$  が  $n \text{ mol}$  存在するとき, 平衡状態での  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度を  $\alpha$  とすると, 平衡状態では  $\text{N}_2\text{O}_4$  は  $n(1-\alpha) \text{ mol}$ ,  $\text{NO}_2$  は  $2n\alpha \text{ mol}$  存在する。気相反応の平衡定数を  $K_p$ , 全圧を  $P_0$  とするとき  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度  $\alpha$  を求めよ。

(2) 窒素酸化物  $\text{N}_2\text{O}_5$  の分解反応は次のように進行する。



反応 (1) は不可逆反応, 反応 (2) は可逆反応である。定容装置を用いてある温度での  $\text{N}_2\text{O}_5$  の分解反応に伴う圧力変化を測定した。このとき, 全圧  $P$  は反応時間に対してどのように変化するか。また反応 (1) が  $\text{N}_2\text{O}_5$  の1次反応とすると, 全圧  $P$  の測定データを使って反応 (1) の速度定数  $k$  を決定する方法を説明せよ。

[問題4] (生物学)

問1 下の①～⑩は、アルカリ法によって、大腸菌からプラスミド DNA を調製する操作の概略を示したものである。これを読んで、以下の設問に答えよ。

- ① 大腸菌培養液を遠心する。
- ② ①の沈澱を適量の溶液Ⅰに懸濁する。
- ③ ②の入った試験管に適量の溶液Ⅱを加えて混合する。
- ④ ③の入った試験管に適量の溶液Ⅲを加えて混合する。
- ⑤ ④の入った試験管を遠心する。
- ⑥ ⑤の  に適量のフェノール/クロロホルム混合液を加えて混合する。
- ⑦ ⑥の入った試験管を遠心する。
- ⑧ ⑦の  を別の試験管に移し、適量のエタノールを加えて混合後、 $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$  に冷却する。
- ⑨ ⑧の入った試験管を遠心する。
- ⑩ ⑨の沈澱を乾燥させた後、適切な緩衝液に溶解する。

(1) 溶液Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの成分として適切なものをそれぞれ下の a～c から選べ。

- a 酢酸カリウム
- b 水酸化ナトリウム、ドデシル硫酸ナトリウム
- c トリス-塩酸緩衝液、グルコース、EDTA

(2) ③の操作を行ったとき、どのような変化が見られるか記せ。

(3) ④の操作を行ったとき、どのような変化が見られるか記せ。

(4) 空欄  に入れるのに適切な語を、「上清」、「沈澱」から選べ。

(5) 空欄  に入れるのに適切な語を、「上層」、「下層」から選べ。

(6) ①～⑩の一連の操作において、プラスミド DNA と大腸菌のゲノム DNA がどのようにして分離されるか説明せよ。

(7) 他によく用いられるプラスミド DNA の調製法として、ボイル法がある。ボイル法では、懸濁した大腸菌が入った試験管を沸騰した水中で煮沸し、直ちに氷冷する。ボイル法において、プラスミド DNA と大腸菌のゲノム DNA がどのようにして分離されるか説明せよ。

(8) この実験は遺伝子組換え実験に該当し、法令等にしたがって適切に行う必要がある。これに関連して述べた以下の文章の空欄  ～  に入れるのに適切な語句を下の語群から選べ。

「我が国では 2004 年 2 月に『遺伝子組換え生物等の使用等の規制による  の確保に関する法律』が施行された。この法律は 2000 年に採択された国際的な枠組みである『  に関する条約のバイオセーフティに関する  』に基づくものである。『遺伝子組換え生物等の使用等』のうち、分子生物学実験のように、環境中への拡散を防止しつつ行う使用を『  』といい、一方、圃場での遺伝子組換え作物の栽培のように、環境中への拡散を防止しないで行う使用を『  』という。 では、宿主と  の病原性、伝播性の程度に応じた拡散防止措置を講じる必要がある。」

<語群> 環境の安全、公共の安全、生物の多様性、生態系の調和、  
カルタヘナ議定書、ヘルシンキ宣言、ラムサール条約、  
第一種使用、第二種使用、許可使用、届出使用、  
核酸供与体、寄生体、突然変異体、病原体

([問題4] は次ページへ続く)

問2 つぎの設問に答えよ。

- (1) DNA 複製において複製フォークの進行と DNA 鎖の合成がどのように行われるか説明せよ。ただし、以下の用語をすべて用いること。  
<用語> リーディング鎖, ラギング鎖, 岡崎フラグメント
- (2) DNA 複製において DNA ポリメラーゼが誤った塩基を取り込む場合がある。このような塩基の誤った取り込みによる変異を防ぐしくみである「校正機能」と「ミスマッチ修復」について説明せよ。
- (3) がん (たとえば大腸がん) が多発する家系において、ミスマッチ修復に関わる遺伝子 (たとえば MLH1, MSH2 など) の変異が見られる場合がある。この理由としてどのようなことが考えられるか述べよ。
- (4) ヒトの染色体のように線状の DNA を複製する場合、その末端においてどのような問題を生じるか。また、ヒト細胞ではこの問題をどのようにして解決しているか説明せよ。ただし、以下の用語をすべて用いること。  
<用語> テロメア, テロメラーゼ, RNA
- (5) ヒトの場合、テロメラーゼ活性は多くの正常組織でほとんど検出されないが、精巣、卵巣および多くのがん組織では高いテロメラーゼ活性が見られる。この理由としてどのようなことが考えられるか述べよ。

[問題5] (原子核工学)

問1 真空中に底面の一辺の長さが $L$ の正方形で、十分な高さの直方体の液体を入れる容器がある。容器の壁は極めて薄く、中性子と全く反応しないものとする。この容器に均質な核燃料溶液を入れた。1群中性子拡散理論を用いて以下の設問に答えよ。ただし核燃料溶液のマクロ吸収断面積を $\Sigma_a$ 、マクロ核分裂断面積を $\Sigma_f$ 、拡散係数を $D$ 、1回の核分裂で発生する平均中性子数を $\nu$ とし、中性子外挿距離は無視せよ。

- (1) 核燃料溶液の無限増倍率を求めよ。
- (2) 無限増倍率が1より大きい核燃料溶液を高さ $H$ まで入れたところ臨界となった。この高さ $H$ を求めよ。なお、各辺の長さが $a, b, c$ である直方体の幾何バックリングは

$$B_g^2 = \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{c}\right)^2$$

であらわされることを用いよ。

- (3) 溶液の高さをどんなに高くしても臨界とならない $L$ の条件を求めよ。

問2 GMサーベイメータの原理と用途について簡潔に説明せよ。

問3 原子力工学で用いられるつぎの用語について簡潔に説明せよ。

- (1) ジルカロイ
- (2) グレイ
- (3) 燃料再処理
- (4) 即発臨界