2023 年度融合理工学系 B 日程『筆答試験』における試験科目再編について

受験者の学力評価の精度向上のために，2023 年度から融合理工学系 B 日程『筆答試験』における試験科目を再編する．

1. 内容的には過去問題にて示されるものに準拠するものとする．対応表は下記のとおり．

問題	科目	解答方式	対応する過去問の内容	新設の内容
問題 A	数学	複数設問から選択解答	微分積分, 線形代数, 確率・統計	
	数的推理	全問解答	数的推理	
問題 B	物理	複数設問から選択解答	力学，電磁気学	熱力学(※)
	化学・生物	複数設問から選択解答	化学，生物	
	小論文・読解	全問解答	小論文・読解	

2. 出題レベルは大学教養課程で学習するレベルのものとする（一部科目では，より専門的な内容を含むが過去問題のレベルを大きく逸脱しない）．

3. 試験時間は過去問題実施時とは異なるため出題数等を調整し，目安として，単位時間当たりの問題量が過去問と大きく相違ないように調整する．

4. 各問題，各科目について，過去問を利用した出題サンプル（イメージ）を添付する．

5. （※）と表記されている内容については対応する過去問はないので，サンプル問題にて問題イメージおよび出題範囲に関する情報を新規に提供する．

添付書類一覧：

a. 問題 A の出題サンプル（イメージ）
b. 問題 B の出題サンプル（イメージ）

出題サンプル（イメージ）

筆答専門試験科目（午前）　2024 大修
融合理工学系（問題 A）

時間　１０：００～１１：３０

注意事項

1．［問題 1］、［問題 2］から 1 題を選択し解答せよ。2 題とも解答した場合は全てを 0 点とする。
2．解答は、設問ごとに別々の答案用紙に記入するよう指示があるので、これに従うこと。
3．１つの設問の解答が 1 枚の答案用紙の表面に収まりきらない場合は、裏面に記入してもよいし、複数の答案用紙に記入してもよい。裏面に記入する場合はその旨を表面に明記せよ。また、複数の答案用紙に記入する場合にもその旨を明記した上で、それら全てに試験科目名、受験番号を記入せよ。
4．コンパス、電卓、定規を使用してはならない。
5．全ての答案用紙を回収する。

［問題１］　数学
［問題２］　数的推理

サンプル問題の注意事項

1．本サンプル問題は受験生の利便性のために提供するため、本サンプル問題についての齟齬（形式および内容）などについては免責とする。
2．内容の多くについては融合理工学系の過去問を編集して出題イメージ（想定内容，難易度等）を作成してあるが、一部、新規に出題の内容がある。当該内容については注意書きをよく確認すること。
3．細かい書式、形式、内容については今後も変更が生じる可能性があることを留意すること。
4．時間当たりに換算すると、昨年までと同程度の分量相当となるように調整の上、出題される予定である。
5．過去問との対応がわかるように、便宜上設問番号に分野名を付記している場合がある。

［問題 1］ 数学

<u>【設問 1】から【設問 3】より 2 つを選択し，解答せよ．各設問に対する解答は，それぞれ別々の解答用紙に記すこと．</u>

【設問 1】微分積分

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) $f''(t) - 5f'(t) + 6f(t) = 0, \qquad f(0) = 1, f'(0) = 2$

(2) $f''(t) + 5f'(t) - 6f(t) = 7e^t, \qquad f(0) = 0, f'(0) = 2$

(3) $f''(t) + 4f'(t) + 4f(t) = 4\sin 2t, \qquad f(0) = 0, f'(0) = 1$

2．関数 $f(x)$ のフーリエ変換は

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\, e^{-i\omega x} dx$$

で表される。ω は変換後の独立変数、i は虚数単位（$i^2 = -1$）である。その逆変換は

$$f(x) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)\, e^{i\omega x} d\omega$$

と表される。以下の問いに答えよ。ただし、いずれも答えは虚数単位（$\sqrt{-1}$ などの書き方を含む）を含まない形で答えること。なお、a は実数の定数を表す。

(1) 以下の関数 $f(x)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を求めよ。

$$f(x) = \frac{1}{2a} \quad \text{for} \quad |x| \le a, \qquad f(x) = 0 \quad \text{for} \quad |x| > a$$

(2) 以下の関数 $f(x)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ を求めよ。

$$f(x) = e^{-ax} \quad \text{for} \quad x > 0, \qquad f(x) = e^{ax} \quad \text{for} \quad x < 0$$

(3) $F(\omega) = \frac{\sin(\omega)}{\omega}$ の逆フーリエ逆変換 $f(x)$ を求めよ。答えは積分記号を含んだままでよい。

(4) 以上の結果を適宜利用することにより、次の定積分の値を求めよ。

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin(x)}{x} dx$$

【設問 2】線形代数

1.　次の各問に答えよ。

(1)　次の行列式を因数分解せよ。

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ a & a^2 & a^3 & a^4 \\ b & b^2 & b^3 & b^4 \\ c & c^2 & c^3 & c^4 \end{vmatrix}$$

(2) 次の行列 A が正則として逆行列 A^{-1}を求めよ。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 8 & 3 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & -2 \\ 2 & -1 & 3 & 3 \\ -1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

(3) 次の行列 B の n 乗 B^nを求めよ。

$$B = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

2.　次の各問に答えよ。

(1) C、D、F を n次正方行列とし、それぞれの行列式を$|C|$、$|D|$、$|F|$で表す。E は単位行列、O は零行列である。次の行列式(a)から(d)を、$|C|$、$|D|$、$|F|$および n のうち必要なものを用いて表せ。

$$\text{(a)} \begin{vmatrix} C & D \\ O & E \end{vmatrix} \quad \text{(b)} \begin{vmatrix} E & C \\ O & D \end{vmatrix} \quad \text{(c)} \begin{vmatrix} C & D \\ O & F \end{vmatrix} \quad \text{(d)} \begin{vmatrix} C & D \\ F & O \end{vmatrix}$$

(2) P、Q を３次正方行列とするとき、$|PQ| = |P||Q|$となることを示せ。

3.　$X = \begin{bmatrix} w & x \\ y & z \end{bmatrix}$、$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ とするとき，次の問に答えよ。

(1) 次の式の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ 、$\boxed{\text{イ}}$ にあてはまる数または数式を答えよ。

$$X^2 + \boxed{\text{ア}}\,X + \boxed{\text{イ}}\,E = O$$

(2) $Y = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -7 & -3 \end{bmatrix}$ とするとき、Y^{20} を計算せよ。

(3) $Z^2 = \begin{bmatrix} 6 & -2 \\ -4 & 2 \end{bmatrix}$ を満たすとき、行列 Z を求めよ。

【設問 3】確率・統計

ある道路舗装の 1 km あたりの修繕間隔（修繕が必要となるまでの期間）が，平均値 2.8 年，変動係数 0.4 の正規分布で近似できるとする。異なる 1 km 区間の修繕間隔は互いに独立と仮定する。次の問いに答えよ。必要に応じて表 3-1 を使用してよい。

1. 1 年以内に，1 km 区間で修繕を必要とする確率を求めよ。
2. 1 年以内に，3km 区間で修繕を必要としない確率を求めよ。
3. 1 年以内に，3 km 区間のうち 2 つの 1 km 区間で修繕を必要とする確率を求めよ。
4. ある 1 km 区間で修繕が必要となる確率が 10%となるとき，その区間の修繕間隔を求めよ。
5. 新たな舗装技術を試験導入した道路 25 km の修繕間隔を計測した結果，平均値 3.2 年，標準偏差 1.2 年の正規分布に近似できる結果を得た。このとき，新舗装技術によって修繕間隔が変化したかどうか，帰無仮説と対立仮説を設定し，5%の有意水準で両側検定せよ。

表 3-1　標準正規分布表の一部

$\mathrm{P}(x < z) = \int_{-\infty}^{z} f(x)\,dx$　$f(x)$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 2］ 数的推理

<u>**【設問 1】から【設問 7】の全てに解答せよ。各設問に対する解答は、それぞれ別々の解答用紙に記すこと。**</u>

【設問 1】

A~E の 5 人がミカン狩りに行ったが、この 5 人が採ったミカンの個数について、次のア～エがわかった。このとき、以下の①と②の問いに答えよ。

ア）Aの個数は、Dの個数よりも多く、Eの個数よりも少なかった。
イ）Cの個数は、AとBの個数の合計から、Dの個数を引いたものと等しかった。
ウ）Eの個数は、Dの個数よりも2個多く、Bの個数よりも7個少なかった。
エ）最も少なかった者の個数は、26個であった。

① A～Eについて、採ったミカンの数が多い順に並べて答えよ。
② A～Eが採ったミカンの数の合計を答えよ。

【設問 2】

2 の常用対数（$\log_{10}2$）を 0.301 としたとき、以下の①と②の問いに答えよ。ただし、その答えを導いた過程を明示すること。

① 3 の常用対数（$\log_{10}3$）の値について、小数第 1 位の数字を答えよ。
② 7 の常用対数（$\log_{10}7$）の値について、小数第 1 位と第 2 位の数字を答えよ。ただし、小数第 2 位については候補となる数字を 2 つ答えて良い。

【設問 3】

半径 R の固定した黒色円板が図 3-1、3-2 のように置かれている。固定した黒色円板の周りを、半径 R の白色円板が滑らないように回る。このとき、以下の①と②の問いに答えよ。

① 図3−1のように白色円板が滑らないように黒色円板の円周上を１周するとき、白色円板は何回転するか答えよ。
② 図3-2のように一辺２Rの正方形の各頂点と円の中心が重なるように固定された４個の黒色円板の周りを、白色円板が滑らないように回りながら１周する。このとき、白色円板が何回転するか答えよ。

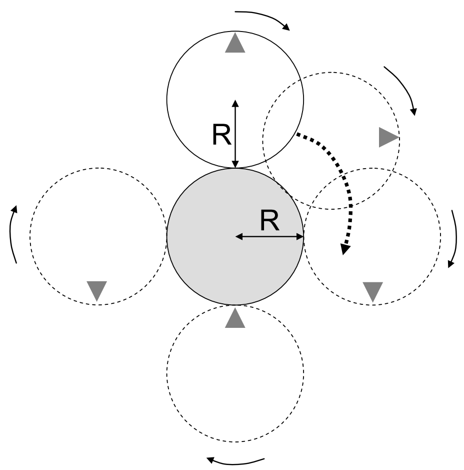


図 3-1

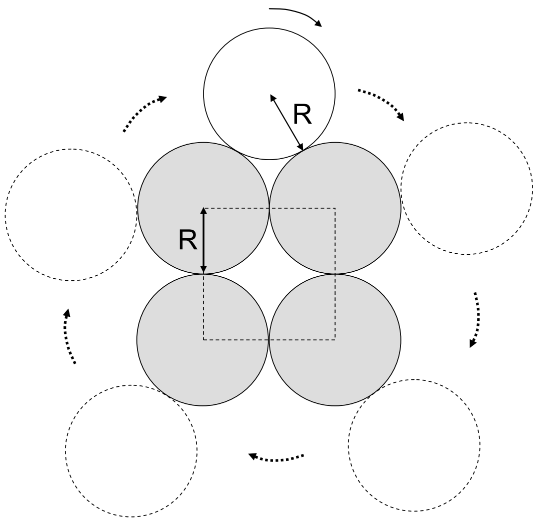


図 3-2

【設問 4】

多数の環境試料の分析のために、A～C の３台の自動分析装置がある。この３台の分析能力は次のア～ウのとおりである。このとき、以下の①と②の問いに答えよ。

ア）分析装置Aは６分ごとに１本の試料を分析し終えるが、２４本続けて分析したあとには６分のメンテナンスを必要とする。
イ）分析装置Bは７分ごとに１本の試料を分析し終えるが、５本続けて分析したあとには１５分のメンテナンスを必要とする。
ウ）分析装置Cは９分ごとに１本の試料を分析し終えるが、３本続けて分析したあとには３分のメンテナンスを必要とする。

① 午前８時０分に３台の分析装置を同時に動かし始めると、１００本目の試料はいつ分析し終えるか答えよ。
② 午前８時０分に３台の分析装置を同時に動かし始めたが、途中で分析装置Ｃが x 本の分析を終えた時点で故障した。よって、１００本目の試料は予定よりも９分遅く、分析を終えた。分析装置Ｃが故障したときに分析を終えていた試料数 x を答えよ。

【設問 5】

１組５２枚のトランプカードがある。カードにはスペード、ハート、ダイヤ、クラブの４つの種類があり、それぞれ１～１０までの１０枚の字札と、１１～１３までの３枚の絵札から成っている。このトランプカードから７枚のカードを選んだところ、以下のア～クのことがわかった。このとき、以下の①と②の問いに答えよ。

ア）同じ数字の字札、絵札は無かった。
イ）絵札は２枚あった。
ウ）スペードのカードがあるとすれば、それは偶数である。
エ）クラブのカードがあるとすれば、、それは絵札である。
オ）ハートのカードは２枚あり、その数の合計は１９である。
カ）字札の数の合計は２８であり、字札の数を掛けあわせると2520になった。
キ）連続する３つの数字が含まれていた。
ク） ３枚は同じ種類であった。

① 選んだ７枚のカードすべての数字を答えよ。
② ①で答えた数字の中で、確実にダイヤのカードと言える数字を答えよ。

【設問 6】

図 6-1 のように、６つの頂点 A～F から成る 1 辺が 24 cm の正八面体がある。点 X は頂点 ABCD から成る 4 辺の上を速さ 3 cm/秒で移動しており、頂点 A から出発して頂点 B、頂点 C、頂点 D の順番で回る。点 Y は頂点 BEDF から成る 4 辺の上を速さ 8 cm/秒で移動しており、頂点 B から出発して頂点 E、頂点 D、頂点 F の順番で回る。このとき、以下の①と②の問いに答えよ。

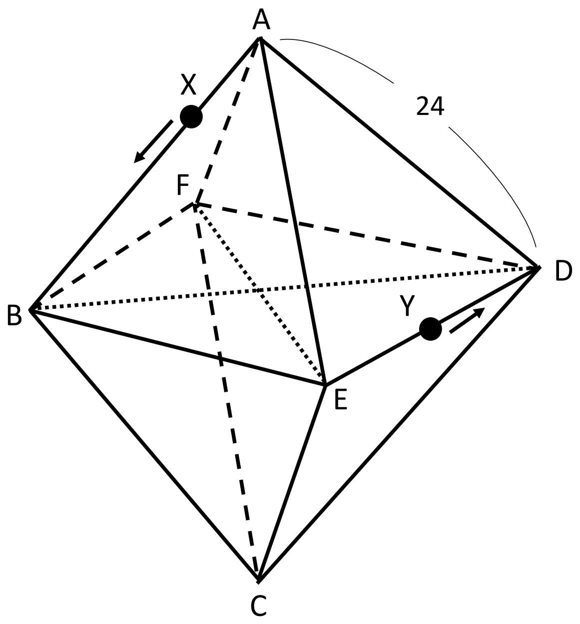


図 6-1

① 線分XYが最大となるときの長さと、初めて最大となるときの時間を答えよ。
② 点Xと点Yが初めて重なるときの時間と位置を答えよ。

【設問 7】

A、B、C、D の４名で相撲の試合を行う。A が B に勝つ確率は 4/5、C に勝つ確率は 2/5、D に勝つ確率は 3/5 である。このとき、以下の①と②の問いに答えよ。

① Aが４試合を行うとき、Bから始めてC、D、Bの順（つまりBとは２試合行う）、Cから始めてD、B、Cの順（つまりCとは２試合行う）、Dから始めてB、C、Dの順（つまりDとは２試合行う）のいずれかで試合をすることを考える。この３通りの対戦のうち、Aが3回以上連続して勝つ確率はどの場合に一番高いか、その確率とともに答えよ。

② Aが４試合を行うとき、B、C、Dとどのような順番で対戦すると、３回以上連続して勝つ確率を最大にすることができるか、その確率とともに答えよ。ただし、B、C、Dと少なくとも１度は対戦しなければならない。

出題サンプル（イメージ）

筆答専門試験科目（午後） 2024 大修
融合理工学系（問題Ｂ）

時間　１３：００～１４：３０

注意事項

1．［問題１］～［問題３］から１題を選択し解答せよ。２題以上解答した場合は全てを０点とする。
2．解答は、選択した問題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。また、問題によっては設問ごとに別々の答案用紙に記入するよう指示があるので、これに従うこと。
3．１つの問題の解答が１枚の答案用紙の表面に収まりきらない場合は、裏面に記入してもよいし、複数の答案用紙に記入してもよい。裏面に記入する場合はその旨を表面に明記せよ。また、複数の答案用紙に記入する場合にもその旨を明記した上で、それら全てに試験科目名、受験番号を記入せよ。
4．コンパス、電卓、定規を使用してはならない。
5．全ての答案用紙を回収する。

［問題１］　物理
［問題２］　化学・生物
［問題３］　小論文・読解

サンプル問題の注意事項

1．本サンプル問題は受験生の利便性のために提供するため、本サンプル問題についての齟齬（形式および内容）などについては免責とする。
2．内容の多くについては融合理工学系の過去問を編集して出題イメージ（想定内容，難易度等）を作成してあるが、一部、新規に出題の内容がある。当該内容については注意書きをよく確認すること。
3．細かい書式、形式、内容については今後も変更が生じる可能性があることを留意すること。
4．時間当たりに換算すると、昨年までと同程度の分量相当となるように調整の上、出題される予定である。
5．過去問との対応がわかるように、便宜上設問番号に分野名を付記している場合がある。

［問題 1］ 物理

<u>【設問 1】から【設問 3】より 2 つを選択し、答案用紙に解答せよ。それぞれ別々の解答用紙に記し、どの設問を選択したかを答案用紙に明記すること。この指示に従わない場合には全てを 0 点とする。</u>

【設問 1】力学

図 1-1 に示すように、質量 m のおもりを長さ L の棒の先端に固定した振り子がある。棒のもう一端は原点 O に固定されている。棒は原点 O を中心にして自由に回転できる。棒の回転角は x 軸から反時計回り方向に θ とする。おもりは質点とみなし、棒の質量は無視し、空気抵抗も無視する。重力は x 軸方向に働き、重力加速度を g とする。この振り子の運動は「質点の運動」として扱うことも、「剛体の回転運動」として扱うこともできる。以下の問に答えながら 2 つの方法で振り子の運動を記述する微分方程式を導出せよ。

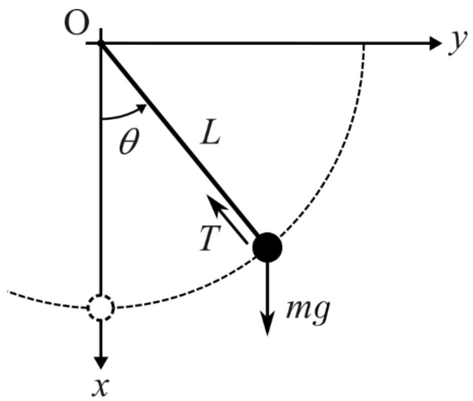


図 1-1　棒とおもりからなる振り子

まず、「質点の運動」として扱おう。おもりの座標を (x, y) とし、おもりに働く力を (f_x, f_y) とすれば、質点の運動方程式 $f_x = m\ddot{x}$ および $f_y = m\ddot{y}$ により運動を記述することができる。ここで $\ddot{x}$ および $\ddot{y}$ は、それぞれ x および y の時間に関する 2 階微分とする。

(1) おもりの座標 (x, y) を L および θ の関数として表せ。

(2) 棒が質点を引く力を T とする。質点に働く力 (f_x, f_y) を T と図中の記号の関数として表せ。

(3) 2 つの運動方程式より T を消去して、θ に関する微分方程式を導出せよ。

つぎに、「剛体の回転運動」として扱おう。棒とおもりを 1 つの剛体とみなす。剛体の慣性モーメントを I とし、剛体に働く力のモーメント（トルク）を N とすれば、回転の運動方程式 $N = I\ddot{\theta}$ より運動を記述することができる。

(4) 棒とおもりからなる剛体の原点周りの慣性モーメント I を図中の記号の関数として表せ。

(5) 棒とおもりからなる剛体に働く力のモーメント（トルク）N を図中の記号の関数として表せ。

(6) 回転の運動方程式より、θ に関する微分方程式を導出せよ。

【設問 2】電磁気学

電磁気学に関する以下の問いに答えよ。ただし、単位系は MKSA 単位系を用いるものとする。

(1) 以下のア～エの空欄を適切な数式で埋めて、真空中の Maxwell方程式(5.1)~(5.4)を完成させよ。ここで、 $\boldsymbol{E}$は電場、 $\boldsymbol{B}$は磁束密度、ρは電荷密度、$\boldsymbol{j}$は電流密度、ε_0, μ_0はそれぞれ真空の誘電率と透磁率である。新たな変数を用いる場合は、その定義を明記すること。

$$\mathrm{rot}\,\boldsymbol{E} + \boxed{\text{ア}} = 0 \qquad (2.1)$$

$$\frac{1}{\mu 0}\boxed{\text{イ}} - \varepsilon_0 \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} = \boldsymbol{j} \qquad (2.2)$$

$$\boxed{\text{ウ}} = \rho \qquad (2.3)$$

$$\mathrm{div}\,\boldsymbol{B} = \boxed{\text{エ}} \qquad (2.4)$$

(2) 式(2.2)は、電荷の保存則

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathrm{div}\,\boldsymbol{j} = 0$$

と矛盾しないことを示せ。

(3) 以下のオ～クの空欄を適切な語句で埋めて、Maxwell方程式に関する説明を完成させよ。

「式(2.2)の左辺第 2 項は、$\boxed{\text{オ}}$電流と呼ばれ、$\boxed{\text{カ}}$の存在を導くものである。導体内部における電流分布の時間変化が極端に速くない場合、この項は右辺の伝導電流に比べて無視できるほど小さく、$\boxed{\text{キ}}$電流の近似のもとで式(2.2)は$\boxed{\text{ク}}$の法則に帰着する。」

(4) 半径rの円環状ソレノイドコイルを考える。コイルは空芯で断面積は一定であり、空間に固定されている。また、外部から加えられた電場や磁場は無視できる。以下の(i)~(iii)の問いに答えよ。なお、解答にあたっては導出過程を明記すること。

(i) 図2.1のように円環状ソレノイドコイルの内側を貫く導線に電流Iを流す。このとき、コイルの中心を貫く円C_0（図中の点線）上で接線方向に発生する磁束密度Bを求めよ。ただし、変位電流は無視できるものとする。また、導線は円環状ソレノイドの中心を円C_0を含む平面に対して垂直に貫き、その長さは無限大であるとせよ。

(ii) ソレノイドコイルの断面積をS、全巻数をNとするとき、コイルを貫く全鎖交磁束Φを求めよ。また、そのときコイル両端に発生する電圧V_1を求めよ。ただし、磁束密度Bはコイル断面において一様であると仮定せよ。

(iii) 電流Iが時間tとともに図2.2のように変化するとき、V_1の波形を図示せよ。なお、作図にあたっては、波形の高さや幅がわかるように縦軸（電圧）および横軸（時間）に適宜、数式を記入すること。

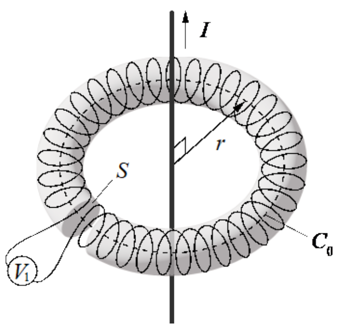


図 2.1

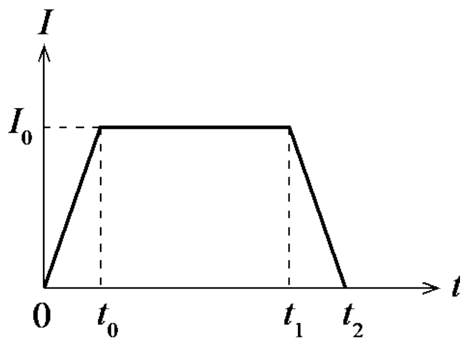


図 2.2

【設問 3】熱力学

熱力学に関する下記の設問(1)〜(4)に答えよ。0 °C を 273 K として計算すること。各設問とも有効数字は少なくとも 2 桁を示して答えること。

(1) 127 °C の高温熱源と 30 °C の低温熱源との間で動作する可逆熱機関の熱効率（η [%]）を求めよ。

(2) 外気温が–3 °C であるとき、ヒートポンプ式の暖房エアコンによって室内に 10 kW の熱を供給して室内を 27 °C に保持している状況を考える。この暖房を成績係数が 2.5 のエアコンで行った場合の消費電力（L_1 [W]）、および可逆ヒートポンプで行った場合の消費電力（L_2 [W]）を求めよ。

(3) 温度が 400 K の物体 A と 300 K の物体 B が接触しており、物体 A から物体 B に毎秒 6000 W の熱が流れ込んでいる。両物体の熱容量は十分大きいため、この熱移動によって温度は変化しないと仮定する。この熱移動によって引き起こされる毎秒のエントロピー増加量（ΔS [J/K]）を求めよ。

(4) 比熱比 $\kappa = 1.4$、定積比熱 $c_v = 800$ J/(kg·K)の理想気体が、摩擦なく動くピストンがついた円筒剛体容器に密閉されている。この内部の理想気体部分を系とする。初期圧力 p、初期温度 T、初期体積 V はそれぞれ 100 kPa、300 K、5 m^3 であった。系を等温膨張して体積を 10 m^3 とした。このとき系が成した仕事（L [J]）、系に入った熱（Q [J]）を答えよ。また、この理想気体の気体定数（R [J/(kg·K)]）を答えよ。必要に応じて $\ln(2) \cong 0.7$、$\ln(4) \cong 1.4$、$\ln(8) \cong 2.1$ の近似を用いよ。

設問 1 は 2022 年度以前の力学，設問 2 は 2022 年度以前の電磁気学の問題に対応しているが，設問 3 は新たに加えられた熱力学分野からの出題である．

[問題 2] 化学・生物

<u>【設問 1】から【設問 5】より 3 つを選択し、答案用紙に解答せよ。それぞれ別々の解答用紙に記し、どの設問を選択したかを答案用紙に明記すること。この指示に従わない場合には全てを 0 点とする。</u>

【設問1】

以下の問いに答えよ。

(1)　イオン結合，共有結合，配位結合をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

(2)　エチレン，アセチレンの分子軌道を図示し，各分子の化学結合の特徴をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

(3)　下の文の空欄$\boxed{1}$～$\boxed{7}$に入る適切な元素記号を次の元素記号群から選択し、答案用紙に空欄の番号とともに解答せよ。なお、同じ元素記号を複数回選択しても良い。

【元素記号群：Li、Ni、Zn、Ca、Cu、Pt、Mg、H】

金属が水溶液中で陽イオンになる傾向をイオン化傾向と呼ぶ。主要な金属をイオン化傾向の大きいものから順に並べると次のように表せる。

K、$\boxed{1}$、Na、$\boxed{2}$、Al、Fe、$\boxed{3}$、Sn、Pb、Hg、Ag、$\boxed{4}$、Au

イオン化傾向を使えば、金属の溶解や析出を予測することができる。すなわち、金属イオン溶液にその金属イオンよりイオン化傾向の大きな金属を加えるとイオン化傾向の大きい金属がイオンとなり、イオン化傾向の小さい金属イオンは金属として析出する。銅イオンCu^{2+}と亜鉛イオンZn^{2+}を含む弱酸性溶液がある。この溶液に酸化されていない鉄Feを入れた場合には、$\boxed{5}$はFeよりもイオン化傾向が大きく、$\boxed{6}$はFeよりもイオン化傾向が小さい。したがって、Feの表面には金属となった$\boxed{7}$が析出する。

(4)　下の文の空欄$\boxed{8}$～$\boxed{11}$に入る最も適切な用語を次の用語群から選択し、答案用紙に空欄の番号とともに解答せよ。なお、同じ用語を複数回選択しても良い。

【用語群：分配係数、溶解度積、溶解、還元、酸化、Ag^+、AgI、I^-、I_2】

水溶液中のヨウ素Iを回収する方法の一つに、銀イオンAg^+を含む鉱物を添加する方法がある。これは，水溶液中に$\boxed{8}$として溶けているヨウ素と鉱物に含まれるAg^+とを反応させて、$\boxed{9}$が小さなヨウ化銀AgIとするものである。しかし、この系に還元剤を添加して還元雰囲気とした場合には、AgI中のAg^+が$\boxed{10}$されて固体の銀Agとして析出するために、ヨウ素が解離し、$\boxed{11}$として水溶液中に溶け出す。

(5)　電池の起電力Eの評価に用いられるNernstの式を示し、この式について簡潔に説明せよ。

【設問2】

酵素の一種であるウレアーゼは、以下の尿素（$CO(NH_2)_2$）の加水分解反応に対する触媒作用を示す。

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow CO_2 + 2NH_3 \qquad (2\text{–}1)$$

この反応は、水中で以下の単純化した反応機構に基づき考えることができる。すなわち、尿素（S）とウレアーゼ（E）から反応中間体ESが生成し、ESとH_2Oが反応することで反応生成物CO_2（P）と NH_3（P'）が生成する。

$$E + S \underset{k_{-a}}{\overset{k_a}{\rightleftarrows}} ES \qquad (2\text{–}2)$$

$$ES \xrightarrow[+H_2O]{k_b} E + P + 2P' \qquad (2\text{–}3)$$

ここでk_a、k_{-a}、k_bは各反応式の反応速度定数を表し、式(2–2)、(2–3)のいずれの反応速度も各反応物（E、S、ES）の濃度の１次に比例する。ただし、反応系内に多量に存在するH_2Oに対してはその濃度の0次に比例する。定常状態近似に基づきESの濃度[ES]は時間変化がないと仮定すると、遊離ウレアーゼ濃度[E]、尿素濃度[S]、[ES]、k_a、k_{-a}、k_bを用いて次式が成り立つ。

$$\frac{d[ES]}{dt} = \boxed{\quad\text{（ア）}\quad} = 0 \qquad (2\text{–}4)$$

ウレアーゼの全濃度$[E]_0$は、Eの物質収支から [E]と[ES]を用いて次式で表される。

$$[E]_0 = \boxed{\quad\text{（イ）}\quad} \qquad (2\text{–}5)$$

式(2–4)、(5)から[E]を消去すると[ES]は$[E]_0$、[S]、k_a、k_{-a}、k_bを用いて次式で表される。

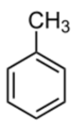
$$[ES] = \boxed{\quad\text{（ウ）}\quad} \qquad (2\text{–}6)$$

したがって尿素の消滅速度$-r_S$は$[E]_0$、[S]、k_a、k_{-a}、k_bを用いて次式で表される。

$$-r_S = -\frac{d[S]}{dt} = \boxed{\quad\text{（エ）}\quad} \qquad (2\text{–}7)$$

ここで、$K_m = \dfrac{k_{-a} + k_b}{k_a}$、$V_m = k_b[E]_0$ とおくと、$-r_S$は次式で表される。

$$-r_S = \boxed{\quad\text{（オ）}\quad} \qquad (2\text{–}8)$$

(1)　尿素の構造式を記せ。（構造式の例：

(2)　ウレアーゼの立体構造の決定法でもっともふさわしいものを以下から1つ選べ。
（a）原子吸光分析法　（b）X線回折法　（c）液体クロマトグラフィー
（d）X線光電子分光法　（e）電気泳動法

(3)　反応物の濃度を[mol m^{-3}]の単位で表すとき、式(2–2)、(2–3)の反応速度定数k_a、k_{-a}、k_b の単位をSI単位系でそれぞれ答えよ。

(4)　（ア）～（オ）の空欄に適切な式を記せ。

【設問3】

ギブズの相律に関する下記の文章の空欄 (ア) ～ (セ) 、および (タ) をそれぞれ適切な数式、記号、数値、などで埋め、 (ソ) および (チ) にそれぞれ当てはまる適切な語句を以下の語群から選べ。

語群: 点、線、面

温度、圧力一定の下で、c 成分($c=1, 2, 3, \ldots$)からなる系が、互いに平衡にあるp 相($p=2, 3, 4, \ldots$)を形成している。全ての相の温度T_k $(1 \le k \le p)$の間にある互いに独立な関係式は (ア) であるから、これらの式の数は (イ) である。全ての相の圧力P_k $(1 \le k \le p)$の間にある互いに独立な関係式は (ウ) であるから、これらの式の数は (エ) である。それぞれの相k $(1 \le k \le p)$において、成分 i のモル分率$x_{i,k}$ $(1 \le i \le c)$の間にある互いに独立な関係式は (オ) であるから、これらの式の数は系全体において (カ) である。また，相k における成分 i の化学ポテンシャル$\mu_{i,k}$ が温度T_k 、圧力P_k 、および全成分のモル分率$x_{1,k}, \ldots, x_{c,k}$ の関数であるという関係式の数は系全体で (キ) である。この化学ポテンシャル$\mu_{i,k}$ $(1 \le i \le c,\ 1 \le k \le p)$の間にある互いに独立な関係式は (ク) であり、これらの式の数は (ケ) である。したがってこの系を表す独立な関係式の総数は (コ) となり、その関係式の中に現れる変数の総数は (サ) であるから、この系の自由度 f は、

$f = (\ \boxed{(サ)}\ ) - (\ \boxed{(コ)}\ ) = \boxed{(シ)}$

なるギブズの相律で表される。この関係は結果的に均一系すなわち相の数が1の場合にも成り立つ。

例えば1成分系であればこのギブズの相律より自由度 f は最大で (ス) であるから、物質系の状態変数の間の関係を示す状態図において温度、圧力を座標軸にとれば全ての平衡関係を表すことができる。気液、固液、または気固の2相を形成する場合の f は (セ) であるからその条件の範囲は状態図において (ソ) となる。また、気液固の3相を形成する場合の f は (タ) であるからその条件の範囲は状態図において (チ) となる。

【設問4】

次の文を読んで、以下の設問に答えよ。必要に応じて、次ページの表を用いよ。

網膜芽細胞腫は、主に乳幼児で眼の網膜に発生する悪性腫瘍（がん）で、*RB1*遺伝子の異常によって生じる。下の図に*RB1*遺伝子のcDNAの塩基配列の一部を示す。なお、cDNAの塩基の番号は、開始コドンの最初の塩基の番号を1番とし、終止コドンに向かって、順に2番、3番、・・・とする。数えやすくするために、10塩基ごとに空白を挿入している。また、アミノ酸の番号は、開始コドンに当たるメチオニンを1番として、カルボキシル末端に向かって順に2番、3番、・・・とする。

941番目から1000番目　①TTGAAAATCT TTCTAAACGA TACGAAGAAA
TTTATCTTAA AAATAAAGAT CTAGATGCAA
1976番目から1985番目　ATCTCCGGCT

図 ヒト正常*RB1*遺伝子のcDNAの塩基配列の一部

網膜芽細胞腫の患者に見られる変異の一つの例として、*RB1*遺伝子のcDNAの1981番目のCがTに置き換わったものがある。正常*RB1*遺伝子から作られるタンパク質では［ア］番目のアミノ酸は［1］であるが、この変異*RB1*遺伝子から作られるタンパク質の［ア］番目のアミノ酸は［2］に置き換わっている。

別の変異の例として、*RB1*遺伝子のcDNAの948番目から951番目までのTCTTの4個の塩基が欠失したものがある。この変異*RB1*遺伝子から作られるタンパク質のアミノ酸配列は、［イ］番目までは正常*RB1*遺伝子から作られるものと同一であるが、それ以降はアミノ酸配列が全く異なり、開始コドンに当たるメチオニンを含めて［ウ］個のアミノ酸から構成される。

*RB1*遺伝子から作られるタンパク質（Rbタンパク質）は②細胞周期のG1期からS期への進行を抑制しており、Rbタンパク質の特定のセリンおよびトレオニンがサイクリン依存性キナーゼによるリン酸化を受け、不活性化されることによってS期への進行が促進される。

*RB1*遺伝子は13番染色体上に存在し、1対の*RB1*遺伝子の両方の機能が失われるとがんを発症する。網膜芽細胞腫には、家族に同じ病気の患者が存在する家族性（遺伝性）のものと、家族に同じ病気の患者が存在しない散発性（非遺伝性）のものがある。家族性の場合、患者はもともと1対の*RB1*遺伝子の一方に変異を持っている。また、網膜芽細胞腫には、両眼で生じるもの（両眼性）と一方の眼のみで生じるもの（片眼性）がある。③両眼性のものはほぼ全てが家族性であり、散発性のものはほぼ全てが片眼性である。また、④両眼性のものは片眼性に比べて発症時期が早い傾向が見られる。

(1)　図中の下線部①の配列　TTGAAAATCT　の相補鎖の塩基配列を5'から3'方向に記せ。
(2)　空欄［ア］～［ウ］に入る適切な数を、簡潔な説明を付して答えよ。
(3)　空欄［1］、［2］に入る適切なアミノ酸名を答えよ。
(4)　下線部②について、Rbタンパク質のこの機能とがんとにどのような関係があるか簡潔に述べよ。
(5)　下線部④、⑤の理由について、考えられることを述べよ。

表　コドン表

	U		C		A		G	
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン
	UUC		UCC		UAC		UGC	
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン
	CUC		CCC		CAC		CGC	
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA	
	CUG		CCG		CAG		CGG	
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン
	AUC		ACC		AAC		AGC	
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン
	AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG	
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン
	GUC		GCC		GAC		GGC	
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA	
	GUG		GCG		GAG		GGG	

【設問5】

大気CO_2の動態に関する以下の問(1)～(3)に答えよ。なお、計算が必要な場合は有効数字2桁で計算し、答案用紙に導出過程も記述すること。その際に、炭素原子Cのモル質量は12 g mol^{-1}、酸素分子O_2 のモル質量は 32 g mol^{-1}とすること。なお、gCという単位は、対象としている物質に含まれる炭素の質量を指す。

(1) ある年の初めに大気 CO_2 分圧を標準状態において測定したところ 400.0 µatm であった。また、その時の大気 CO_2 の総量は 840 PgC ($P = 10^{15}$) と推定された。その1年後に同じ条件で大気 CO_2 分圧を測定したところ 1.9 µatm 増加していた。この年の1年間あたりの大気 CO_2 の増加量として最も近いものを以下の①～④より選んで答えよ。

① 1.0 PgC $year^{-1}$　② 4.0 PgC $year^{-1}$　③ 9.0 PgC $year^{-1}$　④ 16.0 PgC $year^{-1}$

(2) 化石燃料の燃焼に伴う人為起源の CO_2 の発生量に対して、実際の大気 CO_2 の増加量は少ないことが知られており、その差は主に陸上生物圏による吸収と海洋への溶解によるものと考えられている。ある年の化石燃料の燃焼によって1年間あたりに発生した CO_2 の総量は 8.0 PgC $year^{-1}$ であった。また、この年の大気中の O_2 濃度の変化を観測したところ1年間あたり 24 Pg $year^{-1}$ の大気 O_2 の減少が観測された。この年の1年間あたりに陸上生物圏へ吸収された CO_2 の量 (PgC $year^{-1}$) と海洋に溶解した CO_2 の量 (PgC $year^{-1}$) をそれぞれ答えよ。なお、この年の1年間あたりの大気 CO_2 の増加量は問(1)で選択した値を用いること。また、問題を解くにあたり、以下の i ~ iv が仮定できるものとする。

i. 化石燃料の燃焼によって CO_2 が 1.0 mol 発生した際には、O_2 は 1.4 mol 消費される。
ii. 陸上生物圏によって CO_2 が 1.0 mol 吸収された際には、O_2 は 1.1 mol 生産される。
iii. O_2 の海洋への正味の溶解は無視できる。
iv. 大気 CO_2 および O_2 を変化させる他の過程は無視できる。

(3) 近年、海洋への人為起源の CO_2 の溶解によって海洋表層水のpHの低下が進行している。そしてこれに伴い、サンゴや有孔虫、貝類などの炭酸カルシウムの骨格を造る生物の骨格形成が阻害されるなどの生態系への影響が懸念されている。このような海洋表層水のpHが低下する現象のことを何と言うか答えよ。

［問題 3］ 小論文・読解

【設問 1】および【設問 2】の全てに解答せよ。解答には所定の答案用紙を用いること。

【設問 1】

次の文章を読み、問 1 から問 4 の解答を、答案用紙の所定の欄に記入しなさい。

安全や安心の確保は、社会的課題の一つになっている。有害な化学物質による地域環境への影響や二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出によって生じる地球全体の気候変動問題、また、大規模地震の発生による都市圏を中心とした建築物の倒壊やライフラインの機能喪失、集中豪雨による洪水により人的物的被害が発生することも課題となっている。さらに、再生医療や自動車の自動運転、生活支援ロボット、顔認証によるセキュリティの確保といった新たな技術についても、社会生活にもたらされる利便性とともに、技術の安全性や人々が安心して利用できることが、技術の健全な普及のために求められている。

本来、様々な技術や自然現象ごとの安全性のレベルに応じて、人々の安心感が左右されるはずである。すなわち、安全性が高い場合には人々は安心し、逆に安全性が低い場合には人々の不安は増すことが想定される。しかし、安全と安心の間にこのような $\boxed{\text{(A)}}$ が確保されているというわけでは必ずしもない。例えば、科学的には安全性が確保されていると考えられていても、人々の安心感が得られていない場合や、逆に、人々が安心していることに対して、科学的にはある程度の危険性が確認されていたり、安全性のレベルがまだ十分に確認されているわけではない場合がある。

例えば、化学物質による環境影響が、大気汚染や水質汚染、土壌汚染などの形で問題になることがある。現代社会で用いられている化学物質は膨大な数に及び、全ての物質の有害性が明らかになっているわけではないが、既に実験や調査によって有害性のレベルがある程度判明しているものも少なくない。環境調査を通じて大気や水、土壌の中の濃度が明らかになっていて、さらにこれらの媒体を通じて人々が物質を摂取する程度がわかれば、有害性の程度を科学的に判断することが可能になる。こうしたプロセスを通じて、仮に安全性が確保されていると判断される場合でも、ごく僅か有害な物質が存在することにより人々の安心感が損なわれる場合がある。

また、太平洋側の東海地方や南海地方を中心として大規模地震の発生が懸念されている。1995 年の阪神・淡路大震災や 2011 年の東日本大震災などを通じて、日本はこれまでに激甚な災害を経験しており、将来の地震の発生予測や被害が発生した際の対応が検討されている。最近では、今後 30 年や 50 年の間に一定規模以上の震度の地震が発生する確率が地域別に示されるようになった。地震発生の予測に求められる科学的な知見が十分に明らかになっているわけではないものの、これらの情報を通じて人々が大規模地震による災害の発生に備えることが期待されている。現在、公表されている確率は決して低いものではなく、今後の地震の発生が懸念されていることに対して、人々の関心はさほど高くない場合もある。

一方、IoT（様々なモノがインターネットで繋がれることによる相互連携）や、ビッグデータ、人工知能（AI）などの新たな基盤技術によって、様々な生活支援のための技術が生み出されつつある。自動車の自動運転技術や生活支援ロボットの開発は人々の生活をより豊かにする可能性を秘めている。他方、まだ社会に定着していなかったり十分に普及していないことで、科学的な安全性に関する知見が不足している場合が少なくない。このような場合、たまたま発生した事故の扱いにより、社会的な関心の程度に応じて安全性を高めるような法制度が整備されたり、本来注目すべき危険性を見過ごす場合もある。過剰な規制はイノベーションの適切な発展を阻害するが、危険性の過小評価により将来の安全性が損なわれる可能性も

ある。

　このように、対象とする技術や現象の特性によって、科学的な安全性と人々の安心感との間には様々な関係があり、安全と安心をひとまとめにして考えることは難しい。両者の関係を考慮した人工的な技術や自然現象への対応のためには、現在得られている情報をそれぞれの分野の専門家や国・自治体の行政機関、産業界、一般市民などの関係者の間で十分に共有するとともに、お互いの関心や懸念事項を意見交換の機会を通じて明らかにし、(B)<u>科学的な安全性と人々の安心感とを適切な関係に導いていくことが求められる</u>。

問１）空欄(A)に入る語句として最も適切なものを、以下の①～④から選べ。

①相反関係　　②相対関係　　③相関関係　　④協調関係

問２）下線(B)で筆者が指摘している「適切な関係」がなかった場合に生じる問題の事例を本文の中から一つ選び、句読点を含めて 80 字以上 120 字以内で記述せよ。

問３）問題文の要旨を、句読点を含めて 240 字以上 300 字以内で記述せよ。

問４）安全と安心の関係を考えるために適切と思われる具体的な事例を一つ選択し、取り上げた事例の特徴や文中で紹介されている事例との共通点や相違点などを考慮したうえで、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 字以内で記述せよ。

【設問 2】

次の文章を読み、問 1 から問 3 までの解答を、答案用紙の所定の欄に記入せよ。

国際的な人材の移動は、新たな知識・技術を移転・普及し、イノベーションと国際連携を促進すると考えられている。例えば、アメリカ国立科学財団の研究によると、1994-98年に米国で理工学分野の博士号を取得した外国人留学生数と、1999-2003年に彼らの出身国が発表した米国との国際共著論文数の関係には、(A)正の相関が見られる。

知識基盤経済が進展し、優秀な人材の獲得が国家の競争力に直結するといわれる現在、高度な技術や知識を有する人材（高度人材）を獲得しようとする動きも顕著になっている。例えば外国人留学生を、卒業後も引き止めるための政策を取る留学生受け入れ国や、海外留学した人材を自国に好条件で呼び戻す政策を打ち出す留学生送り出し国が増えている。

留学生などの外国人材を留学先国に引き止めることは、(B)受け入れる社会や組織に様々な変化をもたらす。そしてその変化は、プラスのもののみならず、文化や習慣の違いから生じる摩擦など、克服すべき事項も含んでいる。(C)異なる国籍、文化背景の人々をどのように組織・社会に受け入れ、互いにとって有益な関係を築くのかは、人口減少時代を迎えた日本にとって、避けて通れない重要な課題となっている。

問１） 下線(A)に関し、米国で1994-98年に理工学分野の博士号を取得した外国人留学生数と、1999-2003年に彼らの出身国が発表した米国との国際共著論文数の間に正の相関が見られる理由として考えられるものを、句読点を含めて40字以上80字以内で記述せよ。

問２） 下線(B)に関し、外国人材の受け入れにより、社会や組織にもたらされると考えられるプラスとマイナスの変化について、2つずつ挙げよ。

問３） 下線(C)に関し、異なる国籍、文化背景の人々を日本の組織や社会に受け入れ、互いに有益な関係を築くためには、どのような支援や工夫が必要か、考えるところをまとめ、句読点を含めて180字以上240字以内で記述せよ。