

令和6年度・個別学力検査

理 科 (後)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は25ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. 解答用紙は、二つ折りにしても差し支えありません。
6. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
7. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
8. 問題選択に関する注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち1科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった2科目の解答用紙は試験開始後、40分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙6枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

令和6年度個別学力検査

総合生命理学部 後期日程
理 科 問 題

名古屋市立大学 学生課人試係 052-853-8020

許可なしに転載、複製
◇M13(515-130)
することを禁じます。

理 科 問 題

物	理	問題 1	3 ページ
		” 2	5 ”

化	学	問題 1	7 ページ
		” 2	12 ”

生	物	問題 1	18 ページ
		” 2	23 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

物 理

物理問題 1

図1のように x 軸を設けた水平な床と、床に対して角度 θ の斜面がある。 $x = 0$ にある質量 m の物体 A に時刻 $t = 0$ において右向きで速さ u の初速度を与えると、A は $x = L$ から始まる斜面上へ滑らかに(速度は向きだけを変え、大きさは変えない)移動し、斜面を上って下り、 $x = 0$ に戻ってくる。物体 A と床や斜面の間には摩擦はなく、A の大きさは無視できるものとする。重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。必要なら数学定理：正数 a, b に対し $\frac{a+b}{2} \geq \sqrt{ab}$ が成り立つ(等号は $a = b$ の時)を利用してよい。

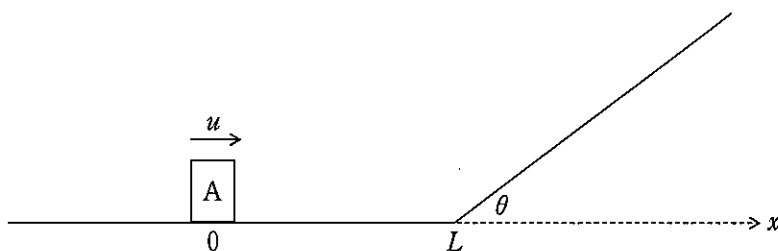


図 1

- (1) A が $x = 0$ から $x = L$ に到達するまでの時間 t_1 、および $x = L$ で斜面を上り始めてから最高点に達するまでの時間 t_2 を求めよ。
- (2) $t = 0$ から A が再び $x = 0$ に戻ってくる時刻 $t = 2(t_1 + t_2)$ までの A の x 座標の時間変化をグラフにせよ。
- (3) u が小さいと A が $x = L$ に初めて到達するまでに時間がかかり、 u が大きいと斜面を折り返すまでに時間がかかる。A が $x = 0$ に再び戻ってくる時間の最小値と、その場合の u を求めよ。

次に、 $x = 0$ で静止していたAに、左方から速度 v で右方へ進む質量 M の物体BがAと時刻 $t = 0$ で弾性衝突する場合を考える(図2)。斜面への移動や床・斜面との摩擦、物体の大きさに関しては、Bもふくめ最初の場合と同様とする。AとBの質量比 m/M を d とおく。

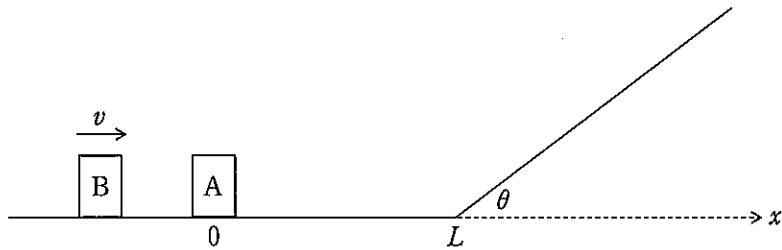


図2

- (4) 衝突直後のA, Bの速度 u_1, v_1 を d の関数($0 < d \leq 2$)としてグラフに表せ。
- (5) $t = 0$ での衝突でBが右に進んだ。先に斜面をいったん上ってから下りてきたAと右に進むBが、 $x = L$ で初めて衝突した。 $x = L$ で初めて衝突する条件を $C(1 + d)^n / (1 - d) = v^2$ と書いた時、 n と C を求めよ。
- (6) $t = 0$ での衝突でBが右に進んだ場合、 $t > 0$ でのAとBの最初の衝突が、 d の値(ただし $0 < d < 1$)にかかわらず $0 < x < L$ で起こるための v の条件を、 L, g, θ を用いて表せ。
- (7) $t = 0$ での衝突でBが左に進んだ。平面が左方に無限に続くと仮定する。Aは斜面を上下した後左方へ移動し、再びBと衝突した。衝突した時刻を求めよ。簡単のため、Aが時刻 $t = 0$ での衝突後に $x = 0$ に再び戻ってくる時刻を T とする。

物理問題 2

図1のように、鉛直上向きで磁束密度の大きさが $B(B > 0)$ の一様な磁場の中に、十分に長い直線状の2本の平行な導線レールが、水平から角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$)かたむけて置かれている。レールの間隔は L で、電源、電気抵抗 R_1 (抵抗値 R)、 R_2 (抵抗値 R)、スイッチ S_1 、 S_2 がつながれている。この2本のレールの上には、質量 m で抵抗値 $2R$ の導体棒がレールに対して直交しておかれており、直交を保ったままなめらかにレール上を動くことができる。導体棒とレール間の摩擦、空気抵抗、レールと電源の電気抵抗、回路を流れる電流が作る磁場は無視できる。重力加速度の大きさを g とする。

はじめスイッチ S_1 、 S_2 を開いた状態で導体棒を固定し静止させておく。スイッチ S_1 を閉じて固定を静かにはずしたところ、導体棒は動き出した。その後、十分な時間が経つと導体棒の速さは一定となった。

- (1) 導体棒の速さを v として、導体棒に生じる誘導起電力の大きさを求めよ。
- (2) 導体棒に流れる電流の大きさと向き($P \rightarrow Q$ または $Q \rightarrow P$)を求めよ。
- (3) 導体棒の速さが一定となったときの、導体棒の速さを求めよ。
- (4) 導体棒の速さが一定となったときの、電気抵抗 R_1 で時間 t の間に発生するジュール熱を求めよ。

次に、導体棒をはじめの状態に戻して、スイッチ S_1 を開き、スイッチ S_2 のみを閉じた。この状態で導体棒の固定を静かに離れたところ、導体棒は静止したままであった。その後、スイッチ S_1 を閉じたところ導体棒は動き出し、やがて導体棒の速さは一定になった。

- (5) 電源の起電力を求めよ。
- (6) スイッチ S_1 を閉じた直後に導体棒が磁場から受ける力の、レールに平行な成分の大きさを求めよ。
- (7) スイッチ S_1 を閉じた直後の導体棒の加速度の大きさを求めよ。
- (8) 導体棒の速さが一定となったときの導体棒の速さを求めよ。

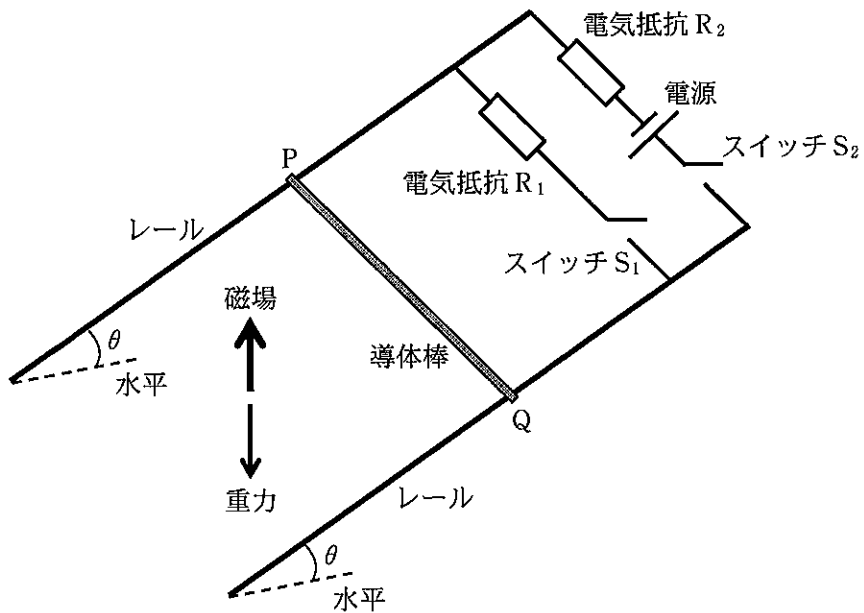


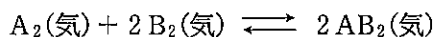
図 1

化 学

化学問題 1

次の(1)と(2)の文章を読み、問1～問10に答えよ。気体は全て理想気体と考え、計算した数値は有効数字2桁で記せ。必要があれば気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ を用いよ。

- (1) A_2 、 B_2 および AB_2 は、2種類の元素 A、B の単体または化合物であり、温度 300 K においていずれも気体として存在する。300 K において、 A_2 、 B_2 および AB_2 を一定体積の容器内に密閉した混合気体で、次の可逆反応が成立する。

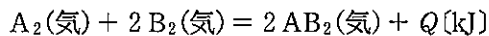


この可逆反応の正反応(右向き)の反応速度 V_1 [mol/(L·s)] と逆反応(左向き)の反応速度 V_2 [mol/(L·s)] は、 A_2 、 B_2 および AB_2 のモル濃度を用いて以下のように表されるものとする。

$$V_1 = k_1 [A_2] [B_2]^2$$

$$V_2 = k_2 [AB_2]^2$$

ここで、 k_1 および k_2 は、それぞれ正反応と逆反応の速度定数である。また、以下の熱化学方程式において、 Q は正の値をもつ。



300 K において、初期濃度 $[A_2]_0 = 1.0 \text{ mol/L}$, $[B_2]_0 = 2.5 \text{ mol/L}$,
① $[AB_2]_0 = 0 \text{ mol/L}$ で開始したこの可逆反応において、反応開始直後の反応速度は
 $V_1 = 2.4 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ であった。300 K の温度を保ったまま十分時間が経過
し、 $[B_2] = 1.0 \text{ mol/L}$ となったときに、② この可逆反応は平衡に到達した。

問 1. 下線部①で開始した反応が、300 K の温度を保ったまま進行して、 $[A_2]$
が $[A_2]_0$ の半分になったときの反応速度 V_1 (mol/(L·s)) を求めよ。

問 2. 300 K における逆反応の速度定数 k_2 (L/(mol·s)) を求めよ。

問 3. 300 K における圧平衡定数 (/Pa) を求めよ。

問 4. 下線部②の平衡状態にあるとき、以下の(a)~(e)の操作をそれぞれ行い、平
衡が移動する方向を観察した。平衡が右向きに移動する場合は右、左向きに
移動する場合は左、平衡移動が起こらない場合は無と記せ。

- (a) 反応容器の体積を一定に保ちながら、気体物質 B_2 を追加した。
- (b) 反応容器内の圧力を一定に保ちながら、温度を上げた。
- (c) 温度を一定に保ちながら、反応容器の体積を増加させた。
- (d) 反応容器の体積を一定に保ちながら、不活性ガスのアルゴンを加えた。
- (e) 反応容器内の圧力を一定に保ちながら、不活性ガスのアルゴンを加えた。

問 5. 下線部①と②に記された一連の実験の反応条件を一部変えたところ、以下の(x)および(y)の観察結果を得た。これらの結果が得られた理由を、それぞれ50~80字で説明せよ。ただし、(x)と(y)の説明文のどちらかまたは両方で、以下に記す4つのキーワードを全て用いよ。

(x) 下線部①の反応を300 Kより高い温度で開始し、その温度に保ったところ、平衡に到達するまでの時間は減少した。

(y) 下線部①の反応を300 Kにおいて触媒の存在下で開始したところ、平衡に到達するまでの時間は減少した。

キーワード：活性化状態，衝突，運動エネルギー，反応速度

(2) ふたまた試験管の一方に少量の高度さらし粉 $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を、もう一方に希塩酸を入れ混合したところ、ふたまた試験管内には 色の気体が生成し、この気体を集気びんに集めた。次に、水で湿らせたろ紙に銅粉をすりつけ、この集気びんの中に入れた。集気びんのふたをして放置したところ、銅粉は溶け、ろ紙は 色を呈した。

臭化カリウム水溶液とヨウ化カリウム水溶液を別々の試験管に取り、両者に塩素 を加えたものを、それぞれ A 液および B 液とする。また、ヨウ化カリウム水溶液を試験管に取り、臭素水を加えたものを C 液とする。A 液、B 液、C 液は全て褐色を呈したが、これらの 1、2 滴を別々の試験管に入れたデンプン水溶液に加えてそれぞれ振り混ぜたところ、A 液を加えた場合は 色に、B 液を加えた場合は 色に、C 液を加えた場合は 色になった。

塩化カリウム、臭化カリウム、ヨウ化カリウムの水溶液を別々の試験管に取り、 それぞれに硝酸銀水溶液を少量加えたところ、全ての試験管内で沈殿が見られた。このうち塩化カリウム水溶液と混合して得られた沈殿は 色を示し、ヨウ化カリウム水溶液と混合して得られた沈殿は 色を示した。塩化カリウム水溶液と混合して得られた沈殿を精製し、そこに少量の水を加えてよくかき混ぜたところ、沈殿は完全に溶解しなかったが、水溶液中には銀イオンが $1.4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の濃度で含まれていた。

問 6. ~ に入れるのに最も適した語句を、下記の語群 A) ~ F) から選び、アルファベット記号で答えよ。

A) 緑~青, B) 黄緑, C) 青紫, D) 黄, E) 白, F) 無

問 7. 下線部③と④でおこる化学変化について、それぞれ化学反応式を記せ。

問 8. 下線部③の実験を行うための実験装置の概略を、各器具の接続部の様子も含めて図示せよ。

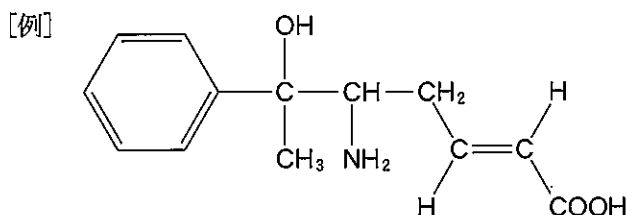
ただし、反応開始前のふたまた試験管中に、高度さらし粉と希塩酸を入れる位置をそれぞれ示し、ふたまた試験管の壁面にあるくびれの位置も記せ。器具を支えるための支持台やクランプ等の図示は省略して構わない。

問 9. 下線部⑤の結果に基づき、塩素、臭素、ヨウ素の酸化力の強さの順序を予測し、酸化力が強い順に左から右へ並べよ。また、そう予測した理由を、A液、B液、C液をそれぞれ作成したときに起きる化学変化に言及しながら簡潔に述べよ。

問10. 下線部⑥において、 $8.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の塩化カリウム水溶液 2.0 mL に対して、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液を少量ずつ加えて混合したとする。このとき、硝酸銀水溶液を何 mL 加えたときに沈殿が生成し始めるか。ただし、硝酸銀水溶液を少量加えることによる溶液全体の体積の増加量は無視できる。

化学問題 2

次の(1)~(3)の文章を読み、問1~問15に答えよ。数値を解答する場合は、有効数字を2桁とする。構造式を解答する際には、例にならって書け。また、必要であれば、次の値を使用せよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0



(1)

化合物 **A**, **B**, **C** はいずれも、炭素原子と水素原子のみからなる芳香族炭化水素で、分子量が 150 以下であり、ベンゼン環を 1 つもち、互いに構造異性体の関係にある。これらについて、実験 1 ~ 実験 6 を行った。

実験 1 : 化合物 **A** を x mg とり、乾燥酸素気流下において完全燃焼させたところ、66 mg の二酸化炭素と 18 mg の水のみが生じた。

実験 2 : 化合物 **A**, **B** それぞれに、適切な条件下で濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させたところ、いずれの化合物においてもベンゼン環の水素原子のうち 1 つだけが他の原子団に置換し、化合物 **A** からは 3 つの構造異性体の混合物が得られ、化合物 **B** からは 2 つの構造異性体の混合物が得られた。

実験 3 : 化合物 **A**, **B**, **C** それぞれを、過マンガン酸カリウム水溶液に加えて反応させ溶液を酸性にしたところ、化合物 **A** からは化合物 **D** が、化合物 **B** からは化合物 **E** が、化合物 **C** からは化合物 **F** が、それぞれ得られた。化合物 **D**, **E**, **F** それぞれを 1.0×10^{-5} mol 量りとり、それぞれに水 10 mL を加えて調製した 3 種類の水溶液に、 1.0×10^{-2} mol/L の水酸化カリウム水溶液をよく振り混ぜながらゆっくり滴下したところ、化合物 **D** では 3.0 mL、化合物 **E** では 2.0 mL、化合物 **F** では 1.0 mL を加えたところで中和点に達した。

実験 4：実験 2 によって化合物 **B** から生じた 2 つの構造異性体の混合物を分離精製した後、それぞれを過マンガン酸カリウム水溶液に加えて反応させ溶液を酸性にしたところ、どちらの構造異性体からも化合物 **G** のみが生じた。

実験 5：化合物 **C** を高温で酸素により酸化すると、過酸化物である化合物 **H** が生じた。化合物 **H** に希硫酸を作用させたところ、溶剤として用いられる化合物 **J** と、殺菌作用や腐食性がある化合物 **K** が得られた。化合物 **J** を、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、黄色の沈殿が生じた。一方、化合物 **K** の水溶液に臭素水を十分に加えると、直ちに白色沈殿が生じた。

実験 6：クロロベンゼンを高温高圧のもとで水酸化ナトリウム水溶液と反応させて得られた化合物の水溶液に、二酸化炭素を十分に通じることも、化合物① **K** を得ることができた。

問 1. 化合物 **A** の組成式を記せ。

問 2. 実験 1 において、使用した化合物 **A** の質量 x [mg] を求めよ。

問 3. 化合物 **A** の構造異性体のうち、ベンゼン環を含む芳香族炭化水素は、化合物 **A**, **B**, **C** を含めて全部で何種類あるか。整数で答えよ。

問 4. 実験 5 において、

- 1) 生成した黄色沈殿は何か。分子式で記せ。
- 2) 生成した白色沈殿は何か。構造異性体を区別できるように、名称で答えよ。

問 5. 実験 6 における下線部①の化合物の名称を記せ。

問 6. 化合物 **A** および化合物 **G** の構造式を、それぞれ記せ。

(2)

グルコースは、結晶中では六員環構造で存在するが、水溶液中では六員環構造である α -グルコースや β -グルコースと鎖状構造のグルコースの3種類の異性体が、図1で示す平衡状態で存在する。環状構造におけるグルコースがもつ **ア** 構造は、鎖状構造において **イ** 基となるため、還元性を示す。

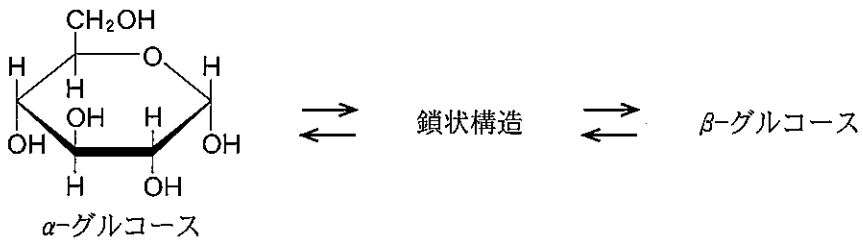


図 1

マルトースとスクロースはいずれも二糖類であるが、マルトースが還元性を示す^②のに対し、スクロースは還元性を示さない。一方、スクロースを希酸またはインベルターゼで加水分解すると、グルコースとフルクトースの等量混合物である **ウ** になり還元性を示す。なお、 β -フルクトース(五員環構造)の構造式は図2の通りであり、還元性を示す。^③

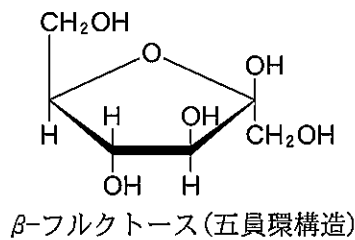


図 2

デンプンは多糖類である。デンプンには、アミロースとアミロペクチンという2種類の成分があり、いずれも α -グルコースが縮合した高分子化合物である。

問 7. 文中の ア ~ ウ に、もっとも適切な語句を記せ。ただし、
イ は、官能基の名称である。

問 8. β -グルコースの構造式を、 α -グルコースにならって書け。

問 9. 下線部②および③について、マルトースやフルクトースが還元性を示す理由と、スクロースが還元性を示さない理由を、分子の構造の違いに着目して、簡潔に説明せよ。

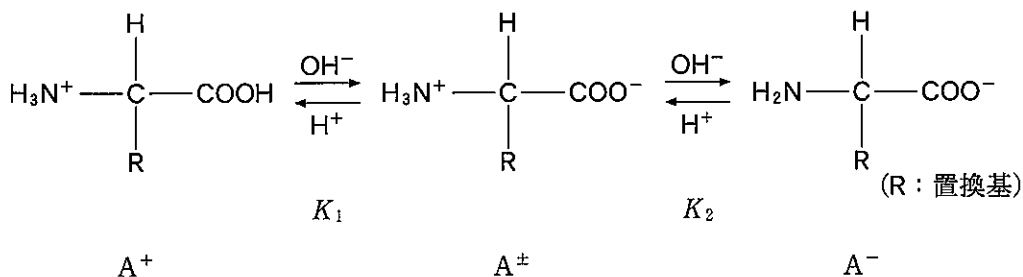
問10. 7.29 g のデンプンを溶かした水溶液に希硫酸を加えて適切な条件で加熱し、グルコースに完全に分解したときの、グルコースの質量(g)を計算せよ。なお、デンプンの末端の構造は無視してよい。

問11. アミロースとアミロペクチンについて、下記の記述のうち正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- あ) アミロースは、80 °C 以上の水に対して可溶性成分である。
- い) アミロースは、枝分かれ構造をもち、比較的分子量が多い。
- う) アミロペクチンは、 α -1, 6-グリコシド結合をもつ。
- え) アミロペクチンは、ヨウ素デンプン反応で呈色しない。
- お) もち米に含まれるデンプンは、ほぼ 100 % がアミロペクチンである。

(3)

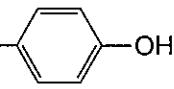
水溶液中で中性アミノ酸は、陽イオン(A⁺)、エイオン(A[±])、陰イオン(A⁻)の平衡状態として存在する。中性アミノ酸において、第一電離、第二電離の電離定数をそれぞれK₁とK₂とおくと、それぞれ、 $K_1 = \frac{[A^{\pm}][H^+]}{[A^+]}$ 、 $K_2 = \frac{[A^-][H^+]}{[A^{\pm}]}$ と表すことができる。



3分子のα-アミノ酸が縮合したものをトリペプチドという。トリペプチド以上のペプチドやタンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にしたのち少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色になる。この反応をオ反応という。

あるトリペプチド**P**は、不斉炭素原子を2つもち、鎖状構造で、表1の6種類のα-アミノ酸のいずれかで構成されている。トリペプチド**P**を部分加水分解すると、ジペプチドとして**Q**と**R**が生成した。ジペプチド**Q**を加水分解すると、アミノ酸**S**と**T**が生成した。また、ジペプチド**R**を加水分解すると、アミノ酸**S**と**U**が生成した。ジペプチド**Q**と**R**にそれぞれ濃硝酸を加えて加熱すると黄色を呈し、さらに冷却したのちにアンモニア水を加えて塩基性にすると、橙黄色になった。これは、アミノ酸に含まれるカが、濃硝酸によってキ化されることを利用した呈色反応であり、これをク反応という。一方、ジペプチド**R**のペプチド結合していないα-アミノ基がある側の末端のアミノ酸は、濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、黒色沈殿を生じるアミノ酸であった。

表 1

アミノ酸の略号	置換基 R の化学構造
Gly	-H
Ala	-CH ₃
Cys	-CH ₂ SH
Glu	-(CH ₂) ₂ COOH
Lys	-(CH ₂) ₄ NH ₂
Tyr	-CH ₂ -  -OH

問12. 文中の エ ~ ク に、もっとも適切な語句を記せ。

問13. 25℃における Gly の等電点は、6.0 である。この温度における Gly の第二電離定数 K_2 を 2.0×10^{-10} mol/L とするとき、第一電離定数 K_1 (mol/L) を答えよ。

問14. アミノ酸 **S** と **T** を表 1 から選び、それぞれ略号で記せ。

問15. トリペプチド **P** のアミノ酸配列を N 末端側から例にならって記せ。

例：Glu-Lys-Tyr

生 物

生物問題 1

以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。

みずほ博士：総合生命理学部のシンボルカラーは緑です。このキャンパスは木が多くて、新緑の季節は気持ち良いよ。

滝子さん：博士、どうして多くの木々の葉は緑色なのでしょう？

みずほ博士：いい質問ですね。どうしてだと思いませんか？

滝子さん：えっと、葉の細胞が持つ葉緑体が緑だからですよ。

みずほ博士：そうですね。では、なぜ葉緑体が緑なのか、考えてみましょう。キャンパスにはたくさんイチョウがありますけど、秋になると葉が黄色く色づいてきれいになります。これは、葉緑体にある(①)が分解されるからなのです。イチョウは2種類の(①)をもち、図1にそれらの吸収スペクトルを示します。

滝子さん：なるほど、わかりました！

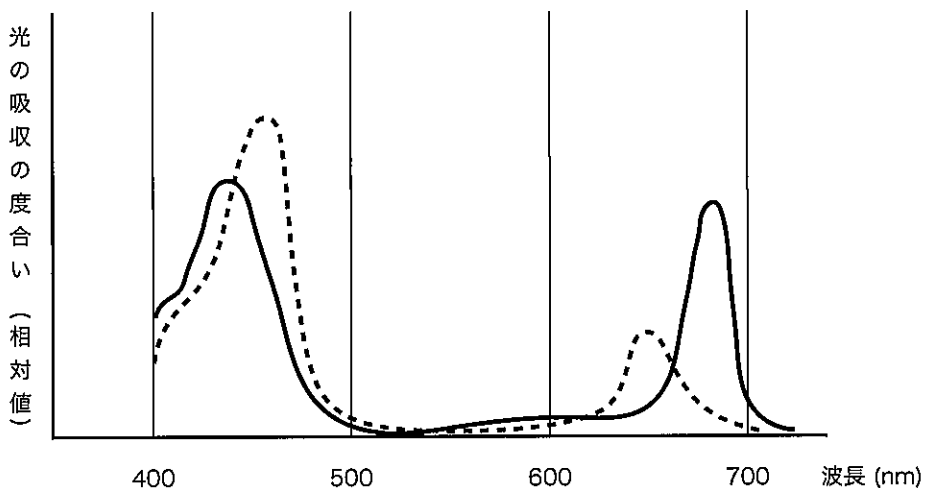


図1 ①の吸収スペクトル

みずほ博士：さて、滝子さんが先日やった実験は上手くいきましたか？ プラスミドで大腸菌を形質転換して緑色蛍光タンパク質 GFP を発現誘導する実験をしたのですね。

滝子さん：はい。プラスミド pARA-GFP には、アラビノースという糖で誘導されるプロモーター P_{BAD} があり、プロモーター P_{BAD} の下流に GFP 遺伝子がつないであります。pARA-GFP には、アンピシリン*耐性遺伝子 Amp^r があり、カナマイシン*耐性遺伝子 Kam^r がありません。pARA-GFP を導入した形質転換体は、アンピシリンをつかって選択し、プラスミドを継続的に保持させるためにその抗生物質は常に寒天培地プレートに加えておきます。以下が実験の概要で、図 2 に作成したプラスミドの模式図を示します。

1. 大腸菌に pARA-GFP を導入して、アンピシリンを加えた寒天培地プレートに滴下してひろげる。
2. プレートを 37℃ の定温器に入れて一晩培養する。
3. 形質転換した大腸菌のコロニーを プレート X とプレート Y にひろげて 37℃ の定温器に入れて一晩培養する。
B
4. 暗所で UV ランプを照射して緑色の蛍光を確認する。

*注) アンピシリンとカナマイシンは抗生物質である。

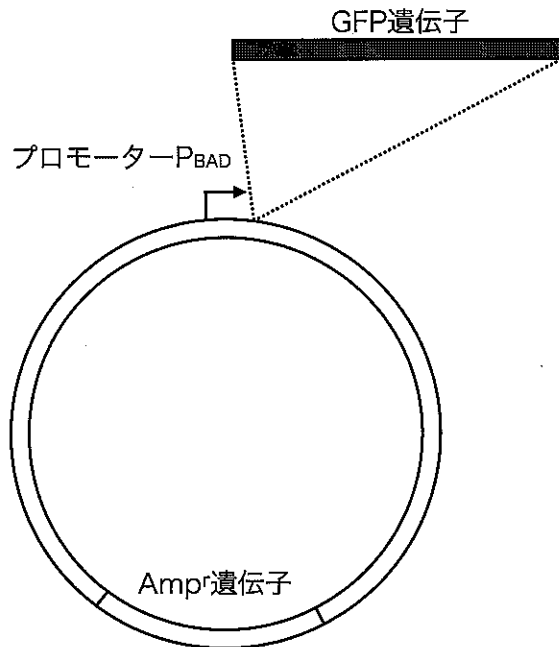


図2 pARA-GFP プラスミドの模式図

問1 下線部Aについて、以下の問い1)～2)に答えよ。

- 1) (①)にあてはまる語句を答えよ。
- 2) ①の吸収スペクトルにもとづいて、葉緑体が緑である理由を50字程度で説明せよ。

問2 下線部Bについて、アラビノースによってGFP遺伝子が発現誘導されることを示すために、最も適切と考えられるプレートXとプレートYの組み合わせを以下から2つ選び、記号で答えよ。

- ア) アンピシリンもカナマイシンもアラビノースも含まないプレート
- イ) アンピシリンとカナマイシンとアラビノースを含むプレート
- ウ) アンピシリンとカナマイシンを含み、アラビノースを含まないプレート
- エ) カナマイシンを含まず、アンピシリンとアラビノースを含むプレート
- オ) アンピシリンを含まず、カナマイシンとアラビノースを含むプレート
- カ) アンピシリンとカナマイシンを含まず、アラビノースを含むプレート
- キ) アンピシリンを含み、カナマイシンとアラビノースを含まないプレート

問 3 プラスミド pARA-GFP 上の GFP 遺伝子はアラビノース添加によって発現が誘導された。このしくみについて調べるために、以下のような実験を行った。文章を読んで問い 1) ~ 3) に答えよ。

アラビノースで誘導されるプロモーター P_{BAD} の上流には、配列が類似した DNA 領域 X1 と X2 が存在する。大腸菌のアラビノース代謝に関わる調節タンパク質(転写調節因子)AraC は X1 と X2 に結合でき、プロモーター P_{BAD} の発現調節を行う。また、AraC はアラビノースとも結合することがわかっている。

そこで、プロモーター P_{BAD} にレポーター遺伝子として β ガラクトシダーゼをコードする *lacZ* 遺伝子をつないだプラスミドを 3 種類作成した。図 3 に示す野生型 P_{BAD} (X1 と X2 を両方もつ)、欠失 1 型 P_{BAD} (X1 を欠失)、欠失 2 型 P_{BAD} (X1 と X2 をともに欠失)、それぞれで大腸菌を形質転換して、 β ガラクトシダーゼの酵素活性を測定した。

その結果を表 1 に示す。いずれのプラスミドを導入した形質転換体においても AraC は同じ量発現していることを確認した。また、AraC を欠損した大腸菌では、どのプロモーター P_{BAD} もアラビノースの有無にかかわらず転写が起らなかった (β ガラクトシダーゼの酵素活性 < 1)。

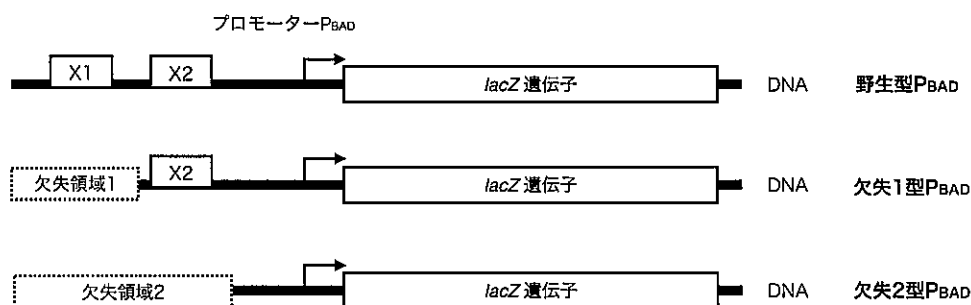


図 3 プロモーター P_{BAD} の欠失変異体の構造

形質転換体を持つプラスミド	アラビノースあり (%)	アラビノースなし (%)
野生型 P _{BAD}	100	< 1
欠失 1 型 P _{BAD}	100	20
欠失 2 型 P _{BAD}	< 1	< 1

表 1 各形質転換体における β ガラクトシダーゼの酵素活性(相対値)

- 1) 表 1 の結果から, X 1 は調節タンパク質 AraC のはたらきにとってどのような役割をすると考えられるか, 解答欄に簡潔に記述せよ。
- 2) 表 1 の結果から, X 2 は調節タンパク質 AraC のはたらきにとってどのような役割をすると考えられるか, 解答欄に簡潔に記述せよ。
- 3) さらに, X 2 のみを変異させて AraC が結合できない場合も欠失 2 型 P_{BAD} と同じ結果となった。アラビノースの有無で調節タンパク質 AraC はどのように変化してプロモーター P_{BAD} を調節するのか, 全ての実験結果から論理的に考えられるしくみを解答欄に記述せよ。図を描いても構わない。

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

精子と卵の接合を受精といい、受精で生じた接合子を受精卵という。有性生殖の結果生じる子の遺伝情報は、^A どちらの親とも異なる新しい組み合わせとなり、親と異なる多様な子がつくられることで、環境の変化にも対応できる多様性が生じる。

動物の成体は、多くの場合、前後、背腹、左右が区別できる。これらの方向性を示す線を(①)といい、発生の過程で決定される。ウニやカエルやショウジョウバエなどの多くの動物では、この(①)の決定には卵の細胞質の物質の偏りが関与することが明らかになっている。ショウジョウバエの卵は、側方からみるとほぼ楕円形だが、この楕円の長軸は胚の前後軸に一致している。卵形成の過程で蓄えられたさまざまな mRNA やタンパク質のうち、発生過程に影響を及ぼすものを(②)という。

ピコイド遺伝子の mRNA は(②)の1つで、卵細胞質の前端に蓄えられる。一方、後端にはやはり(②)であるナノス遺伝子の mRNA が蓄えられ、卵におけるそれぞれの mRNA の濃度勾配は図1のようになっている。ショウジョウバエ胚は、受精後しばらくの間、多核体の状態で発生が進むので、受精すると mRNA が翻訳されてピコイドタンパク質が前端から後端に向けて拡散し、ナノスタンパク質は後端から前端に向けて拡散する。その結果、ピコイドタンパク質とナノスタンパク質はそれぞれ前後軸に沿った濃度勾配を生じる。^B 胚の核は、体の前後軸のどの位置にあるかによって、受け取るピコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度が異なり、濃度に応じて発現する遺伝子を変える。その結果、前後軸に沿って前から、頭部、胸部、腹部、尾部が形成される。すなわち、ピコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度は、前後軸に沿った位置情報として中心的な役割を果たしている。

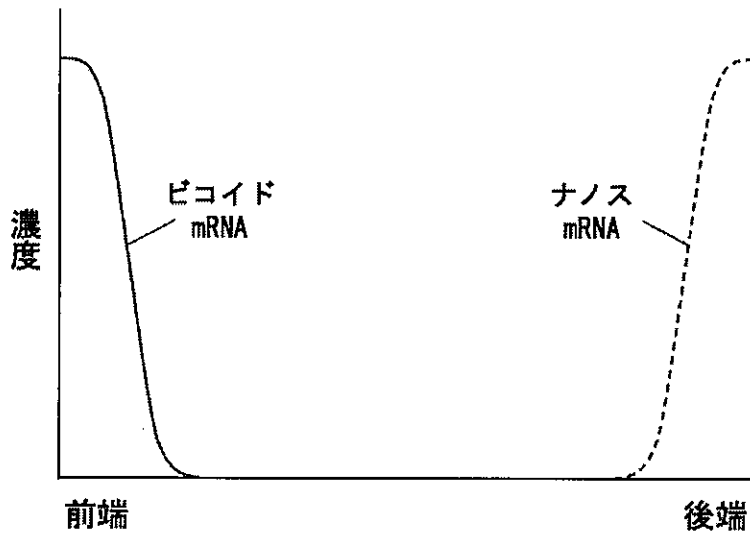


図1 mRNAの濃度勾配

- 問1 文中の空欄(①), (②)にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ答えよ。
- 問2 下線部Aについて, 動物における「精原細胞から精子の形成」と「卵原細胞から卵の形成」の相違点がわかるように, 適切な語句を用いて200字程度で説明せよ。
- 問3 文章中の下線部Bに関して, 想定されるピコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度勾配を, 解答用紙のグラフにそれぞれがわかるように書き入れよ。
- 問4 卵におけるピコイド mRNA とナノス mRNA の蓄積には, それぞれモータータンパク質であるダイニンとキネシンが重要な役割を果たしている。ピコイド mRNA とナノス mRNA がそれぞれ前端と後端に蓄積するしくみを考察して, この現象に関与する細胞骨格の名前を用いながら100字程度で説明せよ。

問 5 ビコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度勾配が観察されても、その濃度勾配が位置情報を決定するとは限らない。そこで、「ビコイドタンパク質とナノスタンパク質の濃度の違いにより体の異なる部分の形成が促進される」ということを直接示すために、以下の実験を行った。

ビコイド遺伝子を卵で発現しない突然変異体の受精卵は、正常な頭部と胸部を持たない胚に発生する。この突然変異体の初期胚の前端に正常な初期胚の前端の細胞質を注入すると、正常に近い胚が発生した。この同じ突然変異体の初期胚の中央部に正常な初期胚の前端の細胞質を注入するとどのように発生すると考えられるか、理由と共に 100 字程度で説明せよ。