

専門科目（午後）

27 大修

生体システム

時間 13:30～16:30

注意事項

1. 次の7題から5題を選んで解答すること。解答する問題は5題を超えないこと。
2. 解答は1題ごとに別々の解答用紙に記入すること。
3. 解答用紙には1枚ごとに、必ず問題番号と受験番号を記入すること。
4. 通信機能や計算機能を持つ機器を使用しないこと。

メッセンジャーRNA (mRNA) に写しとられた遺伝情報は、リボソーム等の翻訳装置の働きでアミノ酸配列へと変換される。アミノ酸がつなぎ合わされたポリペプチド鎖、すなわちタンパク質は、それぞれに固有の立体構造をとり、特異的な機能を発揮して、様々な生命現象を支えている。これらの過程に関する以下の問いに答えなさい。

1. mRNA 上では、塩基 3 文字を 1 組 (コドン) として 1 つのアミノ酸が指定されている。リボソームは翻訳反応の場を提供するが、特定のコードンに特定のアミノ酸を対応させる“翻訳”そのものを担うのはトランスファーRNA (tRNA あるいは運搬 RNA) である。このとき、tRNA のどのような特徴により翻訳が達成されるのか、100 字程度で説明しなさい。
2. 遺伝暗号の編成にはいくつかの特徴が見られる。たとえば、GUU, GUC, GUA, GUG、これらのコードンは互いに三文字目が異なるが、全てアミノ酸のバリンをコードしている。また、UUU, CUU, AUU, GUU は互いに一文字目が異なるが、それぞれ、フェニルアラニン、ロイシン、イソロイシン、バリンをコードしている。このような編成は生物にとってどのようなメリットがあると考えられるか、150 字程度で説明しなさい。
3. タンパク質の構造に関する以下の問いに答えなさい。
 - (1) タンパク質の構造について、一次構造、二次構造、三次構造、四次構造とは具体的に何を表すか、それぞれ 50 字程度で説明しなさい。
 - (2) タンパク質の二次構造の形成に特に重要な化学結合は何であるか、答えなさい。

以下の設問に答えよ。説明の補助として図を用いてもよい。

1. 下図は green fluorescent protein (GFP) 発現ベクターの模式図である。大腸菌や哺乳動物細胞に GFP を発現させたい場合、それぞれ専用のプロモーターを使用する必要がある。これは、細菌と真核生物における RNA ポリメラーゼの転写開始機構が異なるためである。この違いについて 100 字程度で説明せよ。
2. 次の文章の空欄 (1) ~ (6) にあてはまる語句を答えよ。

下図の X には、転写を終結させるために必要な配列が存在し、哺乳動物では (1: 6 塩基の核酸配列) であることが多い。GFP 遺伝子に続いてこの配列が転写されると、CstF と CPSF が転写産物に結合して転写産物を切断する。次に、(2: 酵素名) の働きで転写産物の 3' 末端に (3) が付加される。切断後も RNA ポリメラーゼは転写を続けるが、やがて鋳型 DNA を離れ、C 末端領域が (4) 化されて不活性状態になる。切断後に合成された転写産物は (5) 構造が無いために (6: 酵素名) によって分解されていく。

3. タンパク質の性質を調べる上で、GFP 融合タンパク質を用いることの利点と注意点を 150 字程度で説明せよ。
4. 最も高い分解能で GFP 融合タンパク質の細胞内局在を決定したい場合、どのような方法があるか実験手順も含めて 100 字程度で説明せよ。
5. マウスの遺伝子 A の発現組織を解析するために、転写開始部位の上流 1 kbp のゲノム DNA 断片と GFP 遺伝子とをつなぎ、トランスジェニックマウスを作製した。このマウスでは、GFP が組織 B に強く発現していることが分かった。ところが、遺伝子 A の発現組織を *in situ* hybridization で確認したところ、組織 B と組織 C が強く染色された。2 つの実験で異なる発現パターンが観察された理由について考察し、100 字程度で説明せよ。

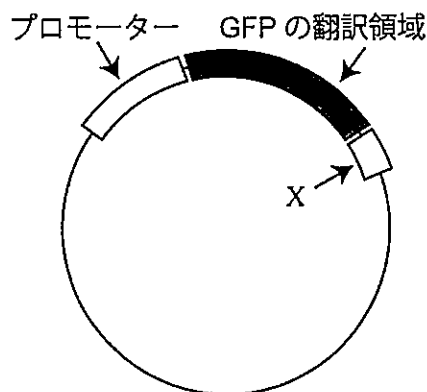


図 GFP 発現ベクターの模式図

日本人のノーベル医学生理学賞受賞者は、山中博士と利根川博士の未だ2人である。この2人のノーベル賞の対象となった研究について以下の設問に答えなさい。

1. 山中博士

- (1) 山中博士は iPS 細胞でノーベル賞を授与されたが、この iPS のフルネームを英語で答えなさい。
- (2) iPS 細胞は幹細胞の1つであるが、幹細胞の定義を100字程度で記述しなさい。
- (3) iPS 細胞が ES 細胞に比べて病気の治療に有利な点を200字程度で述べなさい。

2. 利根川博士

- (1) 利根川博士は免疫グロブリン遺伝子の再構成のメカニズムを発見しました。この再構成について説明し、この発見の免疫学上の意義について述べなさい。記述する字数は200字程度。
- (2) 免疫グロブリン遺伝子からは抗体が作られるが、抗体のタンパク質構造に関する次の用語をそれぞれ100字程度で説明しなさい。
 - (ア) 超可変領域
 - (イ) Fc

4

細胞分裂に関連した以下の文を読み、そのあとの1~4の問題に答えよ。

細胞分裂は、1つの細胞（母細胞）が2つの細胞（娘細胞）に分かれることである。通常、細胞分裂はDNA複製の後に起こり、複製して倍加した染色体を、2つの娘細胞に均等に分配する。この染色体分配（核分裂）に続いておこる細胞質分裂により細胞をくびり切ることによって細胞分裂は完了する。細胞分裂は (a)真核生物の細胞に共通の因子により制御されている。この因子の活性化が分裂期開始の際の核膜崩壊や染色体凝縮などの事象を引き起こし、また (b)この因子の不活性化は(c)分裂中期から後期への移行をもたらす。1980年代後半にこの因子の分子実体が解明されたことにより、細胞分裂のみでなく、細胞周期の制御機構の研究が急速に進んだ。

1. 下線部(a)の因子は何か。その名称を答えよ。また、この因子は2つの主要なタンパク質から構成される。この2つのタンパク質の名称を答えよ。
2. 下線部(b)で機能するタンパク質分解のシステムを100字程度で答えよ。
3. 下線部(c)の際に染色体を2つの娘細胞に正確に均等に分配するためには、どのようなしくみがあるか。紡錘体、微小管、動原体、という語句を含めて100字程度で答えよ。
4. 動物細胞の紡錘体は、通常は2つの中心体を極として形成される。しかし、高等植物細胞には中心体は存在しない。動物でも、中心体をもたない細胞が存在することが明らかになっている。これらの中心体をもたない細胞も紡錘体を形成し、染色体を2つの細胞に均等に分配することができる。この中心体なしでの紡錘体形成の分子機構を200字程度で説明せよ。

以下の設問に答えなさい。

1. 植物の光合成に関して以下の設問に答えよ。

(1) 植物の葉緑体では、二酸化炭素 (CO_2) が固定され、有機物 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) が作られる。この反応を化学反応式で表しなさい。

(2) 以下に記す a~g の電子伝達に関わる因子の中から、葉緑体の光合成電子伝達鎖を構成するものを全て選び、酸化還元中間電位が低い順にアルファベットで記せ。

(a) シトクロム b_6-f 複合体、(b) シトクロム酸化酵素複合体、(c) フェレドキシン、(d) シトクロム $b-c_1$ 複合体、(e) プラストキノン、(f) プラストシアニン、(g) シトクロム c

(3) 葉緑体で機能する2つの光化学反応中心タンパク質の相違点を2つ挙げよ。

(4) 470 nm, 550 nm, 680 nm の3つのLED光源があったとする。植物を育てる時、どのLED光源を用いると最もエネルギー効率が良いかを考察し、100字程度で答えよ。

2. 葉緑体は、シアノバクテリアと呼ばれる細菌が真核細胞に共生してできたオルガネラと考えられている。このことに関して以下の設問に答えよ。

(1) 共生の根拠となる葉緑体の膜構造の特徴を2つ挙げよ。

(2) 共生後、シアノバクテリアの遺伝子の多くは、核内染色体に移動もしくは失われ、葉緑体には100個程度の遺伝子が残っているのみである。葉緑体に残っている遺伝子の特徴を挙げ、それらがなぜ葉緑体ゲノムに残っているのかを考察し、150字程度で答えよ。

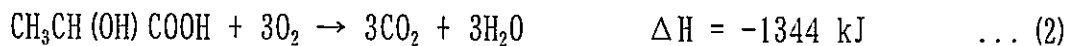
(3) 葉緑体ゲノムにコードされている遺伝子の転写機構を100字程度で説明せよ。

熱力学に関する以下の I~V の設問に答えよ。

I. 太郎君はランニングをして 840kJ の仕事をして、熱としては 120kJ のエネルギーを放出した。

- 1) 太郎君を熱力学的な系と考えると、その内部エネルギー変化はどれだけか。符号に注意して示せ。ただし、運動による物質の損失は無視するものとする。
- 2) 太郎君のランニングによる内部エネルギーの変化に相当する熱を 4800 g の水に加えたときの、その水の温度上昇は何度か。ただし、水のモル定圧熱容量を $75\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ で、水の分子量を 18 とする。

II. グルコース (1) と乳酸 (2) の燃焼の熱化学方程式から、グルコースが解糖過程によって乳酸に変換されるとき標準反応エンタルピーを計算せよ。



III. 酵素 X が基質と結合するときのエントロピー変化は負となり、その大きさは 25°C では実験により $16.8\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ であることが分かった。この反応が 25°C で自発的に起こるために、1 モルあたりの反応エンタルピーが満たさなければならない条件を示せ。

IV. 次の文章について正しい場合は○を、間違っている場合は×をつけて理由を説明せよ。

- 1) 実際に測定出来るのはエンタルピーの絶対値ではなく変化量だけである。
- 2) エンタルピーの定義 $H = U + pV$ が適用出来るのは、完全気体だけである。
- 3) 内部エネルギーのような状態関数は、現在の系の状態に依存する物理的性質であり、その状態がどのようにして実現されたかという経路に依存する。
- 4) 同じ熱の流入で引き起こされるエントロピーの増加は、高温ほど大きい。

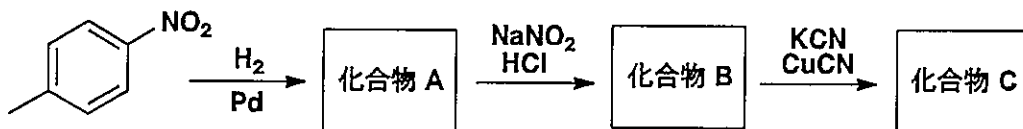
V. エントロピーを計算するうえでの問題の一つは、系のエントロピー変化と外界のエントロピー変化の両方を計算しなければならないということである。全エントロピー変化が果たす役割を単純化して考えるために導入されたギブスエネルギーを用いて、「一定温度、一定圧力のもとで起こる自発変化ではギブスエネルギーは減少する」ということを、「自発過程であるための条件を全エントロピー S_{total} で表せば $\Delta S_{\text{total}} > 0$ となる」から導け。

7

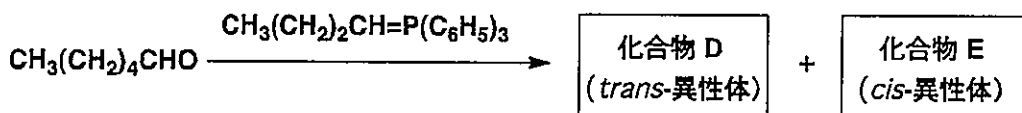
以下の I～III の設問に答えよ。

I. 次の反応式 1) と 2) の化合物 A～E に当てはまる化学構造式を記述せよ。ただし、化合物 D と化合物 E は化合物の立体化学が分かるように示せ。

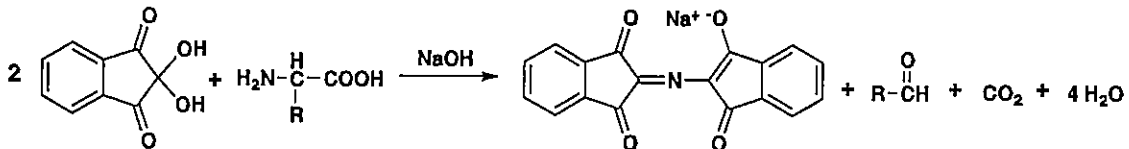
1)



2)



II. アミノ酸をニンヒドリン溶液で加熱処理すると、下図のようにアミノ酸が二分子のニンヒドリンと反応し紫色に呈色する。

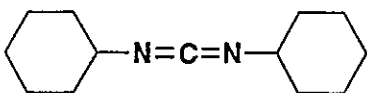


グリシンを用いてこの呈色反応を行った時の反応機構を、化学構造式と電子の流れを表す矢印を用いて記述せよ。

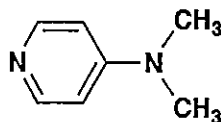
III. ヘプタン酸とエチルアミンを *N,N'*-ジシクロヘキシルカルボジイミドを用いて縮合させると、*N*-エチルヘプタンアミドを合成できる。以下の 1) と 2) に答えよ。

1) この反応の反応機構を、化学構造式と電子の流れを表す矢印を用いて記述せよ。

2) エチルアミンをエタノールに変えてエステルを合成する際、4-ジメチルアミノピリジンを求核触媒として添加すると、反応が促進される。反応機構を用いて、その理由を説明せよ。



N,N'-ジシクロヘキシルカルボジイミド



4-ジメチルアミノピリジン