

# 生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は 4 枚ある >

< 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。 >

## I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

光合成の過程は、葉緑体のチラコイド膜で起こる反応とストロマで起こる反応に分けられる。図1はチラコイド膜で起こる反応を模式的に示す。なお、この問題の模式図では、各物質の分子数は考慮せず、水素イオンの動きも、一部省略している。

光エネルギーにより活性化した反応系 **A** では水が分解され、酸素と電子、水素イオンが生じる。同じく、光エネルギーにより活性化した反応系 **B** で生じた電子は、最終的にNADP<sup>+</sup>に渡され、NADPHが生じる。電子を失った反応系 **B** は、反応系 **A** から電子を受け取り、還元された状態に戻る。反応系 **A** から反応系 **B** を通ってNADP<sup>+</sup>まで電子が運搬される経路を、**C** と呼ぶ。この過程で、水素イオンがチラコイド膜を横切って輸送される。

図 1

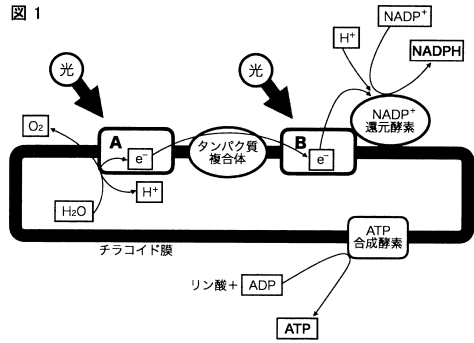
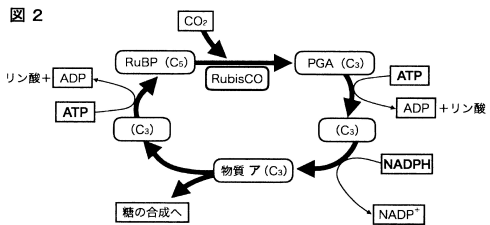


図2は、ストロマで起こる反応を模式的に示す。ストロマではCO<sub>2</sub>がリブブロス二リン酸 (RuBP) と結合し、2分子のホスホグリセリン酸 (PGA) に分解される。この反応を触媒する酵素はRubisCOと呼ばれる。PGAはチラコイド膜で起こる反応でつくられたATPのエネルギーと、NADPHの還元作用を利用して、物質 **ア** となり、一部が糖の合成に利用される一方、残りはATPのエネルギーによって再びRuBPに戻る。ストロマで起こる反応は回路反応系であり、**D** と呼ばれる。反応系 **D** に6分子のCO<sub>2</sub>が取り込まれると、PGAが **イ** 分子生じる。

図 2



RubisCOは一般の酵素に比べて触媒効率が **ウ** ため、光合成の反応速度を上げるために、ストロマに多量に含まれる。また、RubisCOは反応基質としてO<sub>2</sub>も利用でき、その場合はRuBPを酸化させてPGAとホスホグリコール酸を生じさせる。CO<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>は、RubisCOの同一の活性部位で拮抗的に反応するため、両者の分圧比によってどちらの反応が起こるかが決まる。ホスホグリコール酸から、各種物質を経てCO<sub>2</sub>が放出され、ATPのエネルギーを利用して、最終的にPGAが合成される。図3に示すこの反応は、**エ** と呼ばれる。

図 3

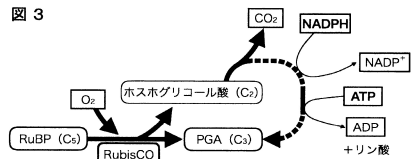
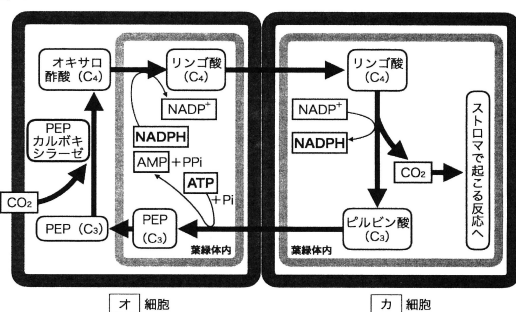


図4は、トウモロコシで行われているCO<sub>2</sub>の固定反応経路を表す。Piはリン酸、PPiは二リン酸を示す。空気中のCO<sub>2</sub>は、まず **オ** 細胞内のPEPカルボキシラーゼによってホルホエノールピルビン酸 (PEP) に取り込まれ、生じたオキサロ酢酸はリンゴ酸に変換されて、**カ** 細胞に運ばれる。リンゴ酸は、**カ** 細胞内の葉緑体中で二酸化炭素を放出してピルビン酸となり、再び **オ** 細胞に運ばれPEPとなる。この経路はC4経路 (NADP-ME型C4経路) と呼ばれ、ストロマで起こる反応とは独立している。

図 4



(次頁に続く)

## 生 物 (問題用紙 2)

- 問 1. 文章中の反応系  ～  の名称を答えよ。
- 問 2. 文章中の  ～  に入る最も適切な語句または数値を、解答欄に記入せよ。
- 問 3. 下線部の水素イオンの輸送は、どちらの側からどちらの側に向かうか。葉緑体の構造名を用いて答えよ。
- 問 4. 図1でチラコイド膜を貫通するATP合成酵素は、あるイオンの濃度勾配によってATPを産生する。この仕組みは、ミトコンドリアがATPを産生する仕組みと共通である。ミトコンドリアでATPが産生されるとき、このイオンの濃度が最も高くなるのは、この細胞小器官のどの部分か。
- 問 5.  に関する次の文のうち、正しいものを全て選び、番号で答えよ。
- ①  は、 $O_2$ を消費し $CO_2$ を放出する、エネルギー生産反応である。
  - ②  は、強光下でより強く起こる。
  - ③  は、反応系  を促進する。
  - ④  は、光合成速度に影響を与えない。
  - ⑤  は、気孔を閉じたときにより強く起こる。
  - ⑥  は、 $CO_2$ 濃度が低いときにより強く起こる。
- 問 6.  細胞と  細胞に関する次の文章のうち、正しいものを全て選び、番号で答えよ。
- ①  細胞の葉緑体では、デンプンの合成が活発に行われる。
  - ②  細胞は夜間のみ気孔を開き、 $CO_2$ の取り込みを行う。
  - ③  細胞のPEPカルボキシラーゼは、RubisCOと比べ酵素活性が高い。
  - ④  細胞の細胞壁は $CO_2$ を透過させにくい。
  - ⑤ 細胞内の $CO_2$ 濃度は、 細胞より  細胞の方が高い。
- 問 7. トウモロコシでは、 はどのようになるか。「促進」か「抑制」かを答え、その理由を70字以内で説明せよ。

### II. 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ある健康な人の血しょうと尿の成分を調べると、下の表のような結果であった。インスリンは本来ヒトの体内では利用されない物質で、静脈に注射するとすべてろ過されるが、再吸収されずにただちに尿中に排出される。この人に検査のためインスリンを静脈注射したところ、血しょう中での濃度が0.1%、尿中での濃度が12%となった。なお、血しょう・尿ともに密度は常に1g/mLであり、尿は1時間に60mL生成されるものとする。また、腎臓で血しょうから原尿へとろ過される際に、透過する物質に関しては、原尿中での濃度が血しょう中での濃度と等しいとする。

成 分	血しょう中の濃度 (%)	尿中の濃度 (%)
タンパク質	7.2	0
グルコース	0.1	0
カルシウムイオン	0.008	0.014
クレアチニン	0.001	0.075
尿素	0.03	2
尿酸	0.004	0.054

(次頁に続く)

# 生 物 (問題用紙 3)

問 1. 腎臓でのろ過と再吸収における物質の流れの向きについて、次の①～⑧から正しい組合わせを選び、番号で答えよ。

組合わせ	ろ 過	再 吸 収
①	ボーマンのう → 糸球体	細尿管 (腎細管) → 毛細血管
②	ボーマンのう → 糸球体	毛細血管 → 細尿管 (腎細管)
③	ボーマンのう → 細尿管 (腎細管)	集合管 → 毛細血管
④	ボーマンのう → 細尿管 (腎細管)	毛細血管 → 集合管
⑤	糸球体 → ボーマンのう	細尿管 (腎細管) → 毛細血管
⑥	糸球体 → ボーマンのう	毛細血管 → 細尿管 (腎細管)
⑦	細尿管 (腎細管) → ボーマンのう	集合管 → 毛細血管
⑧	細尿管 (腎細管) → ボーマンのう	毛細血管 → 集合管

問 2. 尿酸の濃縮率を、四捨五入して小数第1位まで求めよ。また、前頁の表中の成分のうち濃縮率の高いものを、最も高いものから順に、不等号(>)を付けて3つ挙げよ。

問 3. 1日あたり何Lの原尿が生成されるか。四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 4. 原尿中のグルコース、水、尿素の再吸収率(%)を、それぞれ四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 5. 水の再吸収率が5%減少すると、尿量は何倍になるか。四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 6. カルシウムイオンの1日あたりの再吸収量(g)を、四捨五入して小数第1位まで求めよ。

問 7. ナトリウムイオンの濃度は、血しょう中と尿中とでほとんど変わらない。この理由を25字以内で答えよ。

## III.

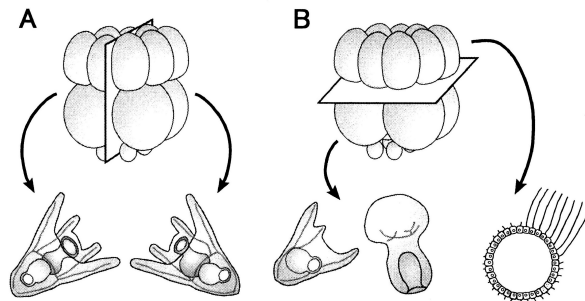
次の文章を読んで下の問いに答えよ。

発生実験でウニ卵を用いるのは、ア が少なく透明なので、内部構造が観察しやすいからである。繁殖期のウニの口器周辺を切り取り、そこに4%のイ 溶液またはアセチルコリン溶液を滴下することで放卵・放精させた。卵を集め、それにかけて受精させると、数分で受精卵の表面に受精膜が形成された。しばらくすると卵割が始まった。第1卵割と第2卵割はウ 割、第3卵割はエ 割であった。その後胚に第4卵割が起こり、動物半球はオ 割を、植物半球はカ 割をして16細胞期胚になった。胚はさらに卵割を繰り返し、内部にキ と呼ばれる空所をもつ胞胚になった。胞胚を構成する細胞には繊毛が生えており、胚はゆっくりと回転し始めた。その後、植物極側の細胞層がク 内に落ち込み、ク が始まった。また、胞胚期に植物極付近からキ 内に遊離した一部の割球は一次ケ となった。ク が進むにつれ内部に原腸ができた。原腸胚の中期において、原腸の先端に生じた二次ケ の細胞は、糸状の仮足をコ 胚葉に向かって伸ばし、コ 胚葉に達すると、仮足が収縮して原腸を引き上げク が進行した。その後、いくつかの幼生段階と変態を経て、成体となった。

ウニを用いて、以下の3つの実験を行った。

### 【実験 1】

右の模式図で示した16細胞期の胚を、Aに示した分離面で2つに分けると、それぞれの部分から完全な幼生が生じた。一方、16細胞期の胚を、Bに示した面で2つに分けると、動物極側の分割胚では原腸形成が起こらず、長い繊毛をもった胞胚で発生が停止した。



(次頁に続く)

# 生 物 (問題用紙 4)

## Ⅲ. の続き

Bの植物極側の分割胚では原腸形成が起こったが、多くの胚は腸の広がった不完全な幼生になった。また、ウニの受精卵を塩化リチウム(LiCl)を含む海水中で発生させると、全ての胚が腸の広がった不完全な幼生になった。一方、ロダン酸ナトリウム(NaSCN)を含んだ海水で処理してから発生させると、図のBの動物極側の分割胚と同様な発生が見られた。

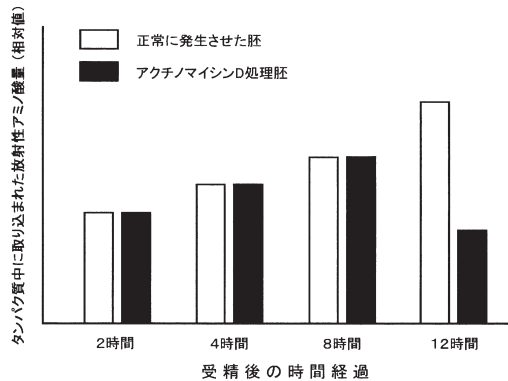
### 〔実験 2〕

アクチノマイシンDは、DNAの転写過程を阻害する化合物で、翻訳過程には影響を与えない。一定の条件下で、未受精卵をアクチノマイシンDで3時間処理し、受精させたのち、再びアクチノマイシンDの存在下で発生を行わせた。この処理によって、アクチノマイシンDの効果は受精後のすべての過程で保たれる。このように処理された胚(アクチノマイシンD処理胚と呼ぶ)では、原腸形成が起こらず、胞胚で発生が停止した。

### 〔実験 3〕

ウニ卵の受精後の経過時間と発生の段階を下の表に示す。胚の発生におけるDNAの転写の役割を調べるため、正常な胚とアクチノマイシンD処理胚を、受精後2時間、受精後4時間など、発生の途中の段階で集め、一定の短い時間だけ放射性同位体を含むアミノ酸を取りこませた。次に、胚のタンパク質を抽出して、その中に含まれる放射性アミノ酸の量を測定し、それぞれの発生段階における一定量のタンパク質当たりの放射性アミノ酸の量を計算した。下の図は、正常に発生させた胚とアクチノマイシンD処理胚における、タンパク質中に取り込まれた放射性アミノ酸の割合を、受精後の各時間で比較したものである。どちらの胚も、受精後10時間で胞胚期に達しており、正常胚ではそれ以降に原腸形成が起こった。

受精後の時間経過	発生の段階
1時間	2細胞期
1時間40分	4細胞期
2時間20分	8細胞期
3時間	16細胞期
10時間	胞胚期
24時間	プルテウス幼生期



問 1. 文章中の  ～  に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。ただし、 ～  については、「経」と「緯」から選べ。

問 2. 〔実験 1〕で、ウニの受精卵をLiClを含む海水で発生させた場合に、腸の広がった不完全な幼生ができた理由を、75字以内で説明せよ。

問 3. 〔実験 2〕の結果から、受精卵から胞胚までの発生段階と、原腸胚を形成する段階における遺伝子の転写について何がわかるか。75字以内で答えよ。

問 4. 〔実験 2〕と〔実験 3〕の結果から、受精卵が胞胚期まで到達する間に翻訳に使われるmRNAの由来についてどのようなことがわかるか。25字以内で答えよ。

問 5. 〔実験 2〕と〔実験 3〕の結果から、原腸形成に関わるタンパク質に翻訳されるmRNAの由来についてどのようなことがわかるか。25字以内で答えよ。

(以上)