

平成19年度  
生命環境科学研究科  
生物科学専攻  
入学試験問題

専門科目

平成18年8月22日(火) 10:00 ~ 12:00 実施

[注意]

- ① この問題冊子は表紙を含め25ページあります。
- ② 問題1から問題22の中から4つを選んで解答しなさい(4つを越えて解答した場合は無効とします)。
- ③ 提出する答案用紙は4枚です。全てについて受験番号を記入してください。
- ④ どの問題に解答したか分るように、答案用紙の左上に問題番号を、例えば(問題1)のように明記しなさい。各問題について答案用紙は1枚とします(同一の問題に対して2枚以上の答案用紙にわたって解答した場合は無効とします)。
- ⑤ 一つの問題にいくつかの小問がある場合は、問題の指示に従って適切に対処しなさい。
- ⑥ 答案用紙の裏面を使用しても結構です。その場合は、綴じ穴の下部2cm程度より下に記入してください。
- ⑦ 問題冊子は試験後回収します。

## 問題 1

問 1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

植物が [ 1 ] で生活するためには乾燥から身を守る必要があり、そのために、取り込んだ水をからだ全体に送るしくみがなければならない。このしくみのことを [ 2 ] という。このしくみを獲得し、 [ 1 ] での生活を可能にしたのが、 [ 3 ] 植物と [ 4 ] 植物であり、根・茎・葉の区別がはっきりしている。また、 [ 5 ] 植物も [ 1 ] で生活する植物であるが、 [ 2 ] をもたず、根・茎・葉の区別もはっきりしない。これら3つの植物群は、光合成に關与する色素として、 [ 6 ] と [ 7 ] を共通にもっている。 [ 4 ] 植物は [ 8 ] 植物と [ 9 ] 植物の2つの植物群に分けられる。 [ 8 ] 植物はすべて木本植物であり、 [ 9 ] 植物は単子葉類と双子葉類の2つの植物群に分けられる。

(1) 空欄 1～9に入る適切な語を下の語群から選び、記号で記せ。

- |           |                     |                   |
|-----------|---------------------|-------------------|
| ア 種子      | イ 被子                | ウ 裸子              |
| エ シダ      | オ 維管束               | カ 気孔              |
| キ クチクラ    | ク 道管                | ケ コケ              |
| コ 水界      | サ 陸上                | シ クロロフィル <i>c</i> |
| ス フィコシアニン | セ クロロフィル <i>a・b</i> | ソ カロチノイド          |

(2) 次の表は単子葉類と双子葉類の特徴についてまとめたものである。A～Eに当てはまる語を記せ。

	単子葉類	双子葉類
根系	(A)が発達	主根と側根が発達
形成層の有無	(B)	(C)
葉脈	ふつうは平行脈	(D)
花卉	(E) 数性	4～5 数性

問 2 ホイッタカーが提唱した五界説の特徴について簡潔に述べよ。

## 問題 2

下図は、リボソーム RNA の塩基配列約 700 座位に基づいて推定された生物界全体の分子系統樹であり、現在広く認められている系統学的知見を反映している。これについて以下の問に答えよ。

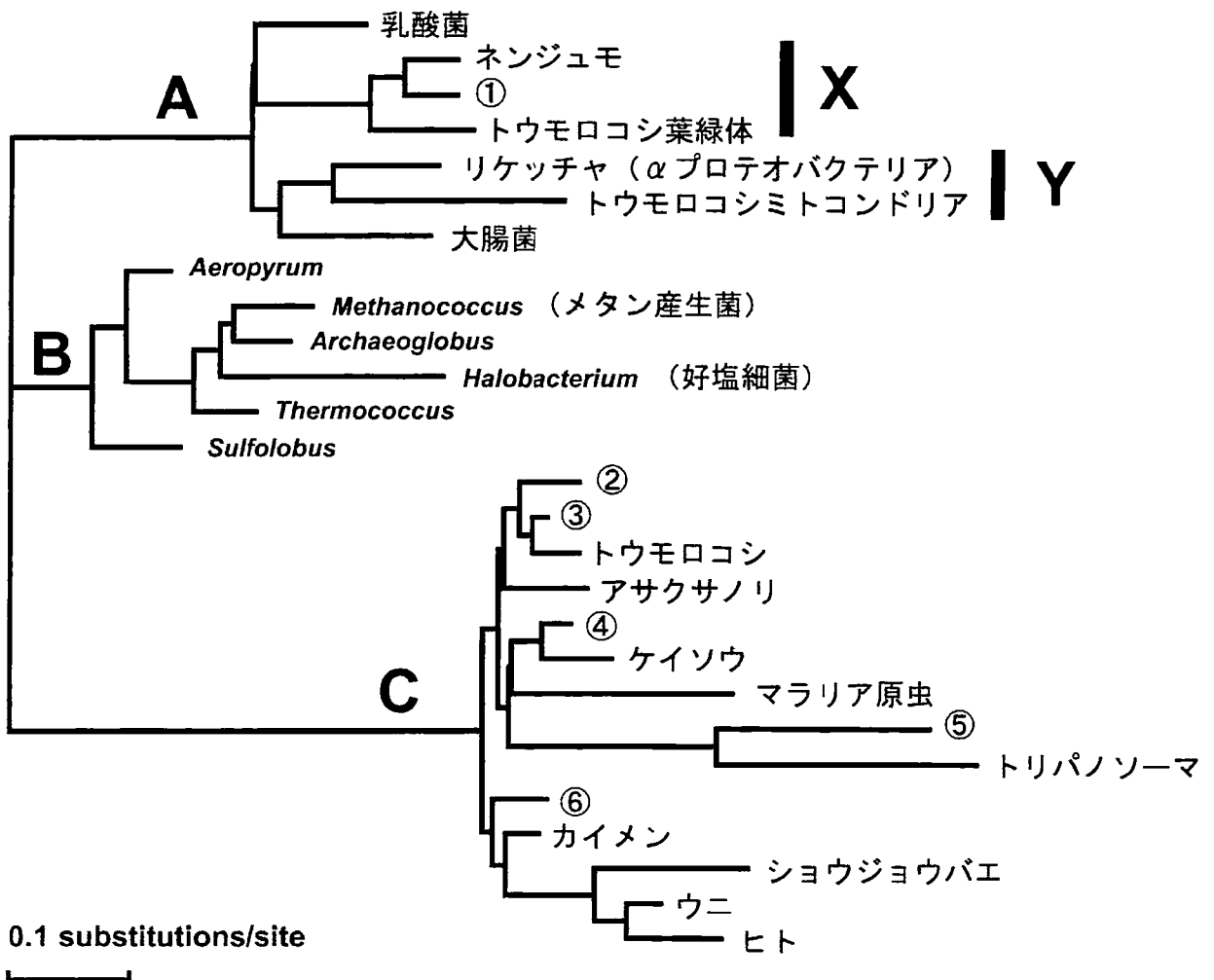
問 1 生物界は大きく A、B、C の 3 つのドメインに分けることができる。A、B、C それぞれについてドメイン名を記せ。表記は和名（俗名）でもよい。

問 2 図中の X、Y が単系統のグループとなることは、生物学上のある仮説を支持している。その仮説の名称を記せ。また、その仮説について 3～5 行程度で説明せよ。

問 3 図中の①～⑥には、以下に示すどの生物を位置づけるのが適切と考えられるか。該当する生物の記号を選んで記せ。

- |         |          |                 |
|---------|----------|-----------------|
| ア. 線虫   | イ. ミカヅキモ | ウ. アオコ          |
| エ. 酵母   | オ. ブタ    | カ. ミドリムシ（ユーグレナ） |
| キ. ゼニゴケ | ク. 枯草菌   | ケ. コンブ          |

問 4 上記のア～ケの生物のうち光合成を行わないものを全て挙げ、それらの記号を記せ。



### 問題 3

次の (A) ~ (J) の動物について、以下の問に答えよ。

- (A) ミミズ      (B) プラナリア      (C) ハエ      (D) カイメン  
(E) センチュウ      (F) ホヤ      (G) ヒトデ      (H) クラゲ  
(I) ギボシムシ      (J) タコ

- 問 1 生物の分類項目である「門」の分類において、(A) ~ (J) の動物のそれぞれが属する門の名称を記せ。
- 問 2 いくつかの動物門を除いて、動物は前口動物（旧口動物）と後口動物（新口動物）に分けられる。それはどのような理由によるものか。3行程度で説明せよ。
- 問 3 (A) ~ (J) の動物から、後口動物（新口動物）に含まれる動物をすべて選んで、それらの記号を記せ。
- 問 4 動物はいくつかの動物門を除いて、その体腔の違いから原体腔動物と新体腔動物に分けられる。(A) ~ (J) の動物から原体腔動物に含まれる動物をすべて選んで、それらの記号を記せ。

## 問題 4

DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を生物種間で比較することにより生物の系統関係を推測することができる。配列比較に基づく系統樹を分子系統樹という。分子系統樹に関する以下の問に答えよ。

問1 分子系統樹は、形態などの比較に基づく従来の系統樹より客観的であるとみなされる場合が多い。その理由を2～3行程度で説明せよ。

問2 次の表は、霊長類の動物4種のミトコンドリア DNA にコードされたタンパク質のアミノ酸配列全座位の相互比較に基づいて計算されたペアワイズの相違座位数（下三角行列）、および補正式  $k = \ln(1 - K)$  を用いて補正した置換数の推定値（座位あたり）（上三角行列）を表す。ただし、 $K = (\text{ペアワイズ相違座位数}) / (\text{全座位数})$  である。これについて以下の設問に答えよ。

補正した置換数（上三角）	置換数／座位			
	オラウータン	ゴリラ	チンパンジー	ヒト
オラウータン		0.12	0.11	0.12
ゴリラ	374		0.06	0.06
チンパンジー	364	193		0.04
ヒト	372	188	142	

ペアワイズ相違座位数（下三角）

全座位数 3,392

(1) 置換数の推定をするために、上記のような補正が必要な理由を1～2行程度で記せ。

(2) 補正した置換数の推定値を距離行列として、系統間での進化速度が一定であるとの仮定の下で、UPGMA 法（平均距離法）による系統樹を描け。計算の過程も記すこと。ただし、UPGMA 法の計算法については、問題4続き（次頁）に記してあるのでそれを参考にせよ。

問3 化石のデータから、ヒト（の祖先）とオラウータン（の祖先）の分岐年代は、1500 万年前であると推定される。問2の(2)の系統樹をもとに、ヒト（の祖先）とチンパンジー（の祖先）の分岐年代を計算せよ。また、ミトコンドリアタンパク質の進化速度（年あたり1座位あたり）を計算せよ。有効数字を2桁として（3桁めを四捨五入して）結果を表示せよ（例： $a.b \times 10^x$ ）。

## 問題 4 続き

以下、表1の距離行列を用いてUPGMA法で系統樹を構築する方法について述べる。任意の二つのOTU (Operational Taxonomic Unit, 操作的分類単位)  $i$ と $j$ の進化距離を $D_{ij}$ とする。まず最初に表1から進化距離が最も小さいものを探し、その二つのOTUを結びつける。 $D_{AB}$ が最小なので、AとBが最も近縁であるとみなして結びつけ、その分岐点 $x$ からの距離を $D_{AB}/2=0.2$ とする(図1)。次にAとBを合体させて、一つのOTU(A,B)で表し、距離行列を作り直す。 $D_{(A,B)C}$ は、 $D_{AC}$ と $D_{BC}$ の平均値であるから、 $(D_{AC}+D_{BC})/2=1.0$ となる。このようにしてできた新しい距離行列が表2である。この中で進化距離が最小になるのは、 $D_{(A,B)C}$ であるから、次に(A,B)とCが最も近縁であるとみなして結びつける。その分岐点を $y$ とすると、 $D_{yC}=D_{(A,B)C}/2=0.5$ 。 $D_{yC}=D_{yA}$ であるから、 $D_{xy}=D_{yA}-D_{xA}=0.3$ となる(図2)。次に(A,B)とCを合体させて一つのOTUとみなし、再び距離行列を作り直す。A,B,Cを一つにまとめたOTU(A,B,C)と任意のOUT  $i$ との距離 $D_{(A,B,C)i}$ は、 $(D_{Ai}+D_{Bi}+D_{Ci})/3$ となり、再び作り直した距離行列の中から、最も小さいOTUを結びつける。このようにしてOTUを結びつけるたびに距離行列を作り直し、全てのOTUが結合するまで続ける。最終的に構築された系統樹が図3である。

表1

	B	C	D	E
A	0.4	0.9	2.1	2.3
B		1.1	2.0	2.1
C			2.3	2.4
D				1.6

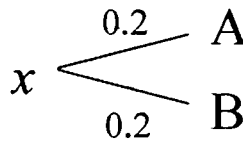


図1

表2

	C	D	E
(A,B)	1.0	2.05	2.2
C		2.3	2.4
D			1.6

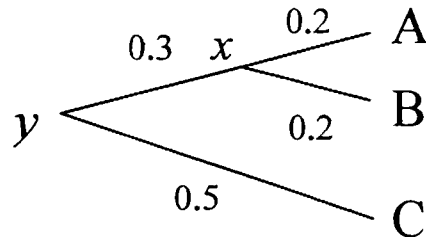


図2

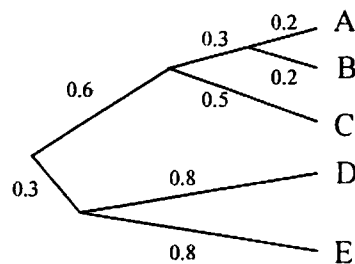


図3

## 問題 5

問1 以下の設問に答えよ。

(1) 次の文章を読み、空欄1と2に入る適切な語を記せ。

動物の個体が動き回る範囲をその個体の  と呼ぶ。そこに他個体が入ってくると、そこに既にいる個体が侵入してきた個体を追い払って、その地域を守ることがある。このように他個体の侵入から防衛されている空間を  という。

(2) 『メタ個体群』について、知るところを述べよ。

問2 ある草原群落に1m×1mの大きさのコドラート（方形区）を設置し、出現した種の被度（%）と草丈（cm）を測定した。その結果を表1に示す。以下の設問に答えよ。

(1) 被度と草丈のデータから積算優占度（summed dominance ratio, SDR）を計算し、種ごとにその値を記せ。なお、答える値は小数点第1位までとする。

表1 植生調査の結果

種	被度	草丈
シロツメクサ	70	30
ヒメジョオン	30	70
カラスノエンドウ	20	50
ヘラオオバコ	10	30

(2) 計算した積算優占度から優占種は何であると判定されるか。

(3) 積算優占度の大きい種から順に並べた積算優占度の分布は等比級数則に従うことが知られている。このような等比級数則が成立するのは積算優占度だけではない。他に知られている例を述べよ。

## 問題 6

問1 以下の設問に答えよ。

- (1) 動物行動学において、真社会性の昆虫とは、次の3つの特徴を保有するものである (Michener, 1969 による定義)。カッコ内に入る語を記せ。
- 1) 共同 ( )
  - 2) ( ) の重複
  - 3) ( ) 的分業
- (2) 生物群集において捕食関係に注目し、構成種を捕食関係でつないで構成したものを食物連鎖という。このうち、生食連鎖と腐食連鎖の違いについて述べよ。

問2 Grime (1977) が提唱した C-S-R モデルに関する以下の設問に答えよ。

- (1) Grime は様々な植物の生活を考える上でストレスとかく乱の2つが重要であるとした。ストレスとかく乱について、具体例をそれぞれ2つずつ挙げよ。
- (2) ストレスとかく乱を軸とした座標を描くと、4つの組み合わせからなる環境を認めることができる (図1)。Grime は、これらの環境のうち、ストレスが大きく、かく乱も大きい環境を除いた残りの3つの環境、ア、イ、ウに適応した戦略をもつ植物が進化すると考えた。ア、イ、ウの環境に適応した戦略者の名称を記して、それぞれの戦略者の生態学的な特徴について簡潔に説明せよ。

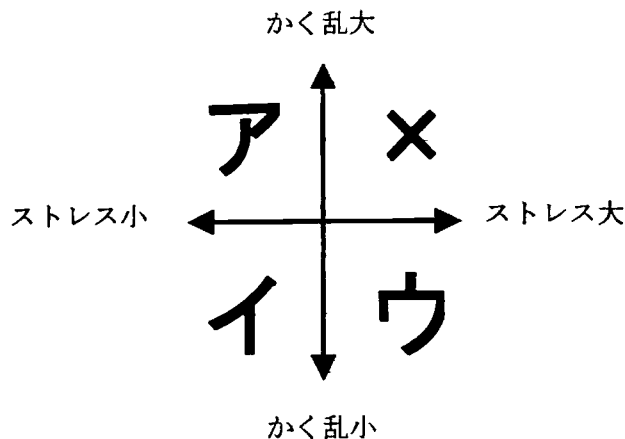


図1



## 問題 7

以下の文章を読んで問1～問3に答えよ。

(ア)は種子の休眠や気孔の開閉に関係する植物ホルモンである。植物体内で(ア)は(イ)の開裂反応を介して生合成され、その速度は特に(ウ)などの環境ストレス下で顕著に促進される。一方種子の発芽過程で(ア)と拮抗して働く物質として植物ホルモン(エ)が知られており、特に穀類の種子が発芽する際に働く酵素、(オ)の誘導に対する両物質の効果は良く調べられている。

問1 (ア)～(オ)にあてはまる言葉を答えよ。

問2 植物ホルモン(エ)の生理作用を3つあげよ。

問3 シロイヌナズナのT-DNA挿入変異体種子プールをスクリーニングすることにより植物ホルモン(ア)のシグナル伝達に関わる遺伝子を単離したい。どのようにスクリーニングを行えば良いか考え3行程度で説明せよ。

## 問題 8

問1 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

光合成では光化学反応により反応中心に電荷分離が生じ、電子と正孔が生成する。酸素発生型光合成では、光化学系 II で生じた正孔により水から電子が引き抜かれて酸素を発生する。また、電子は電子伝達系により [ 1 ] 複合体を経て光化学系 I へと渡される。光化学系 I でも光化学系 II と同様に光化学反応によって反応中心に電荷分離が生じ電子と正孔が生成する。正孔は光化学系 II からの電子で埋められる。一方、(a) 電子は  $\text{NADP}^+$  へと渡されて  $\text{NADPH}$  を生じ、これがストロマ内の諸合成反応に使われる。ところが、光が強いときにはストロマ内の  $\text{NADPH}/\text{NADP}^+$  比が上昇し、 $\text{NADP}^+$  が足りなくなる。その場合には、光化学系 I の過剰な電子は酸素に渡されて活性酸素の 1 種である [ 2 ] を生じる。この反応を [ 3 ] 反応という。[ 2 ] は不均化酵素である [ 4 ] の働きで過酸化水素になる。過酸化水素が電子を受け取ると活性酸素の 1 種である [ 5 ] を生じる。植物体内では [ 5 ] を生じさせないため、[ 6 ] ペルオキシダーゼが過酸化水素を還元して水にする。このように、光化学系 II の反応によって水が分解され、光化学系 I 周辺の活性酸素防御系の反応によって水が生じるので、この仕組みは water-water cycle と呼ばれる。

- (1) [ 1 ] ~ [ 6 ] にあてはまる語を記せ。
- (2) 下線部 (a) のイオン反応式を記せ。ただし、電子は  $e^-$  で表せ。
- (3) 活性酸素として一般に理解されているものの中には、もう 1 種類、上の文章中になく存在する。その名称を記せ。また、この活性酸素を消去するのに適した分子は何か、総称で答えよ。

問2 植物の窒素同化系について次の語句を用いて説明せよ。説明にはそれぞれの反応を触媒する酵素の名称と局在性を含めること。

光合成電子伝達系  
フェレドキシン  
硝酸  
アンモニア  
グルタミン  
2-オキシグルタル酸

## 問題 9

問1 ニューロン（神経細胞）の膜電気現象に関する以下の設問に答えよ。

- (1) ナトリウムイオン、カリウムイオン、塩素イオンの中で、細胞内のほうが細胞外よりも濃度の高いイオンはどれか。イオン名を記せ。
- (2) 細胞内のイオン環境の維持には、イオンポンプと呼ばれるイオンを輸送する膜タンパク質が貢献している。イオンポンプの例を一つ挙げ、そのイオン輸送の仕組みについて3行程度で述べよ。
- (3) 静止電位の発生に主要な役割を果たしているのはカリウムイオンであるが、実際に計測される静止電位の値は、ネルンストの式から計算されたカリウムイオンの平衡電位の値よりもわずかに脱分極側になる。そうなる理由について3～4行で述べよ。
- (4) イカの巨大軸索における活動電位の発生には2種類のイオンチャンネルの開閉が関与している。それらのチャンネルの名称を記せ。
- (5) 活動電位が発生した後、刺激しても活動電位が生じない短い期間がある。この期間の名称を記せ。また活動電位が発生しない理由を3行程度で述べよ。

問2 次の5個の用語から3個を選んで、それぞれ3行程度で説明せよ。

生理的塩類溶液  
グリア細胞  
側抑制  
収縮興奮連関  
電位固定法

## 問題 10

問1 動物の行動様式に関する (A) ~ (E) の文章を読んで、以下の設問に答えよ。

- (A) ネズミに迷路を通ってえさをとるように練習させると、ネズミは次第に間違えないでえさをとるようになった。このような生後の経験によって獲得した行動様式。
- (B) ミドリムシに光刺激を与えると、べん毛の運動によってミドリムシは光の方向に向かって進んだ。このような体全体が刺激の方向やその反対の方向に移動する行動様式。
- (C) 腰かけたヒトのひざの骨の少し下を軽くたたくと、思わず足が上がった。このように意識と関係なく起こり、大脳は関係しない行動様式。
- (D) チンパンジーに布を与え、手の届かないところに菓子を置くと、チンパンジーは布を使って菓子を引き寄せた。このような推理を伴った行動様式。
- (E) 2種のクモを飼育したところ、それぞれのクモはだれにも教わらないで決まった形の巣をつくった。このように動物が生まれつきもっている、種によって決まった一定の行動様式。

(1) (A) ~ (E) のそれぞれの行動様式の名称を記せ。

(2) 次の (ア) ~ (オ) のそれぞれの行動に最も共通する行動を上の (A) ~ (E) の中から選び、その記号を記せ。ただし同じ記号を何度使用してもよい。

- (ア) 水槽を叩いたらヤドカリが殻に引っ込んだ。
- (イ) 水中に電流を流したところ、ゾウリムシが陰極側に集まった。
- (ウ) ヒトの子供が言葉を話せるようになった。
- (エ) コショウが鼻に入って、くしゃみをした。
- (オ) カラスを鉄砲の音で追い払っていたが、しだいに逃げなくなった。
- (カ) 繁殖期のイトヨが腹部を赤く塗った模型に対して攻撃をしかけた。

問2 次の5個の用語から3個を選んで、それぞれ3行程度で説明せよ。

跳躍伝導

イオンチャンネル受容体 (受容体チャンネル)

受容器電位

ギャップ結合

巨大神経 (巨大軸索)

## 問題 11

次の文章を読み、以下の問1～問3に答えよ。

生物の生殖は [ 1 ] 生殖と [ 2 ] 生殖に大別できる。[ 1 ] 生殖を行う種は、生殖効率は高いが、環境変化には弱い。一方、[ 2 ] 生殖を行う種は、生殖効率は低いが、環境変化には強い。[ 2 ] 生殖を行う動物の [ 3 ] には卵子と精子があり、それらの融合によって生殖が行われる。[ 3 ] の起源となる [ 4 ] は個体発生初期に生殖巣外に形成され、その後、生殖巣に移動してくる。卵巣に移動した [ 4 ] は [ 5 ] となり、[ 6 ] によって増殖する。個体の成長とともに [ 5 ] は [ 7 ] となり、第一減数分裂後に一次極体を放出して [ 8 ] となる。この [ 8 ] は精子と融合してから第二減数分裂を行い、二次極体を放出して成熟卵子となる。

問1 空欄 [ 1 ] ～ [ 8 ] にあてはまる適切な語を記せ。

問2 下線部は2つに大別された生殖の相違点を示している。このような相違が生じる理由を説明せよ。

問3 ヒトの卵形成過程と精子形成過程の相違点について説明せよ。

## 問題 12

次の文章の読み、以下の問1～問3に答えよ。

卵割によって2つの割球に分かれた2細胞期胚を二分割し、それぞれ発生させると、ウニ胚では完全な幼生が発生するが、クシクラゲ胚では不完全な幼生が発生する。このように、割球の一部が取り除かれても、他の割球によってそれが補われる性質を持つ卵を[ 1 ]、一部の割球を失うと、残った割球ではその部分を補えない卵を[ 2 ]と言う。この2種類の卵の違いは、[ 3 ]の決定される時期によるため、[ 1 ]も発生過程で[ 2 ]になっていく。

動物胚の割球は卵割を繰り返し、個体に発生していく。イモリ胚では、卵割を繰り返しながら桑実胚となり、その後さらに、胞胚となる。胞胚期を過ぎると、胚の植物極側の[ 4 ]の部分の細胞が内部に向かって陥入し、胚の内部に[ 5 ]が形成される。このような[ 5 ]胚を構成する細胞群は3つの胚葉に分化している。その後、背部の外胚葉から[ 6 ]が形成され、やがてその縁が隆起し、[ 7 ]を生じる。この時期の胚を[ 8 ]という。

問1 空欄[ 1 ]～[ 8 ]にあてはまる適切な語を記せ。

問2 下線に関する以下のアーオの記載で、正しいものには○印を、誤ったものには×印を記せ。

- ア. 中胚葉から最初に分化した脊索は、様々な器官形成に寄与し、最終的には退化・消失してしまう。
- イ. 水晶体や角膜は、外胚葉から分化した表皮に由来する。
- ウ. 食道、胃、小腸、大腸などの消化管の内壁上皮は内胚葉に由来するが、その外側の結合組織や平滑筋組織は中胚葉由来である。
- エ. 骨、骨格筋、皮膚の真皮は、中胚葉から分化した側板に由来する。
- オ. 鼻や口の上皮は外胚葉から分化したものである。

問3 発生段階特異的なタンパク質の細胞内での局在や動態を調べるための実験系を立案し、その実験系について説明せよ。

### 問題 13

次の文章を読み、以下の問1～問3に答えよ。

細胞内でみられる細胞小器官にはいろいろなものが知られている。まず、核は細胞の働きの中核となる部分で、内部に染色糸（分裂時には染色体を形成する）と（1）がある。（1）はタンパク質合成の場である（2）の合成に関与している。次に、エネルギー転換系として（3）と（4）があげられる。（3）は細胞呼吸の場であり、ここで（5）と呼ばれる物質が大量につくられる。（4）では、光合成が行われる。この両者には、それぞれ自身の構成成分の合成を指令するDNAと、独自のタンパク質合成系が含まれている。細胞質内の膜系としては、他に（6）、リソソーム、（7）、ゴルジ体などがあり、（6）には（2）という微小顆粒が付着していることが多い。（6）は細胞質内に複雑に広がった膜系で、（2）で合成されたタンパク質がその内膜を通して輸送される。リソソームは物質の消化に、（7）は過酸化水素の分解などに関係している。

問1 （1）～（7）にあてはまる適切な語を記せ。

問2 下線部の働きに関して、リソソームによる細胞内の物質消化の目的を2つあげ、各々3行程度で説明せよ。

問3 細胞を構造と機能の両面から研究する上で、(a)組織から特定の細胞小器官を分離し、(b)各小器官から抽出した構成分子を分析するには、一般にどのような方法を用いたらよいか。(a)と(b)の各実験について、各々その方法を3行程度で説明せよ。

## 問題 14

次の文章を読み、以下の問 1～問 4 に答えよ。

脊椎動物のホルモンはシグナル伝達分子であり、内分泌腺から分泌され、体液の循環によって標的の組織細胞まで運ばれる。(ア) ホルモンの中でも、甲状腺ホルモンやステロイドホルモンは、細胞質や核の (1) と結合して特定の遺伝子の転写を増加させる。(イ) しかし、他の多くのホルモンは標的細胞の細胞膜上に存在している特異的な (1) タンパク質と結合し、二次メッセンジャーと呼ばれるシグナル分子を細胞質で新たに合成する。二次メッセンジャーは細胞内でカスケード反応等を通じて次々と酵素反応を増幅し、標的細胞に特定の機能を引き起こさせる。例えばアドレナリンは、(2) を二次メッセンジャーとして用いるホルモンの一つであり、標的細胞である肝臓の細胞膜上にある (1) と結合すると、アデニル酸シクラーゼが活性化されて (2) が合成される。これが二次メッセンジャーとなって (a) を活性化する。次に、このリン酸化酵素が代謝系の酵素をリン酸化し活性化させ、最終的にグリコーゲンが分解されて血糖が上昇するカスケード反応が起こる。一方、バソプレシンや甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが細胞膜の (1) と結合すると、フォスホオリパーゼ C が活性化され、細胞膜の構成成分である脂質のフォスファチジルイノシトールを分解して DAG (ジアシルグリセロール) と (3) の 2 種類の二次メッセンジャーを生成する。DAG は (b) を活性化し、(3) は小胞体に作用して (4) を遊離させ、その結果 (b) を始めとするいろいろな酵素を活性化する。

問 1 (1) ～ (4) にあてはまる適切な語を記せ。

問 2 (a)、(b) にあてはまる酵素の名称を記せ。

問 3 下線部(ア)で示すシグナル伝達様式は、甲状腺ホルモンやステロイドホルモンのもつどのような生化学的な特徴を反映しているか、3行程度で説明せよ。

問 4 下線部(イ)で示すシグナル伝達経路の中には GTP 結合タンパク質を介する経路が数多く知られている。そこで、そのシグナル経路の一部について、以下の語句を全て用いて簡潔に説明せよ。

エフェクター、リガンド、GTPase、三量体型 G タンパク質



## 問題 15

問1 以下の文章を読み、設問(1)と(2)に答えよ

真核生物のDNAは[ 1 ]という[ 2 ]性タンパク質と結合した[ 3 ]構造として存在している。[ 3 ]はさらに超らせん構造を形成し、[ 4 ]繊維を形成している。このような細胞でのタンパク質合成は細胞質に存在する[ 5 ]で行われ、[ 5 ]は数十種類のタンパク質と数種類の[ 6 ]からなる複合体である。また、[ 6 ]は生物種間でその2次構造の保存性が高いことが知られている。

(1) 空欄[ 1 ]～[ 6 ]にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) 下線部の生物学的な意味を答えよ。

問2 遺伝子の機能や連携を研究するためには順遺伝学 (forward genetics) と逆遺伝学 (reverse genetics) に基づいた研究システムの立案が重要である。順遺伝学と逆遺伝学についてそれぞれ例を挙げて説明せよ。

## 問題 16

次の文章を読み、以下の問1～問4に答えよ。

メンデルは、エンドウの2対の対立形質に同時に着目して得られる雑種（二遺伝子雑種）の遺伝の法則について調べた。まず、種子の形と子葉の色について、〔丸・黄〕と〔しわ・緑〕の純系同士を交雑すると、F<sub>1</sub>はすべて〔丸・黄〕となった。このF<sub>1</sub>同士を自家受精して得たF<sub>2</sub>では、〔丸・黄〕、〔丸・緑〕、〔しわ・黄〕、〔しわ・緑〕の個体数が、315：108：101：32の実験値で得られた。この結果を遺伝子で説明すると次のようになる。種子の形を丸くする遺伝子をA、しわにする遺伝子をa、子葉の色を黄色にする遺伝子をB、緑色にする遺伝子をbとする。純系の親の(1)は、〔丸・黄〕はAABB、〔しわ・緑〕はaabbであり、それぞれ(2)によってAB、abの(1)をもつ配偶子を生じる。従って、F<sub>1</sub>の(1)は(3)、(4)は〔丸・黄〕となる。このF<sub>1</sub>が配偶子をつくる時に、(ア) 2組の対立遺伝子が互いに独立して(Aまたはaと、Bまたはbが互いに無関係に)配偶子に分配されるとすれば、F<sub>1</sub>はAB、Ab、aB、abの遺伝子をもつ配偶子を同数ずつ生じる。さらにF<sub>1</sub>同士の自家受粉の結果、F<sub>2</sub>には(5)通りの(1)が生じ、4通りの(4)が(イ) 一定の比率で現れることになる。

遺伝現象によっては、表現型と分離比がメンデルの法則通りにならない場合もある。

(ウ) 例えば、マルバアサガオの赤色花と白色花を交雑すると、F<sub>1</sub>はすべて桃色花となる。さらに、F<sub>1</sub>の自家受精によって得られるF<sub>2</sub>は赤色花と桃色花と白色花が1：2：1の比で現れる。このような場合を不完全優性といい、この時に生じる桃色花のような雑種を(6)という。

問1 (1)～(6)にあてはまる適切な語を記せ。

問2 下線部(ア)で示すようなメンデルの法則を何というか、その名称を記せ。また、これ以外のメンデルの法則を1つあげ、その名称を記し、3行程度で説明せよ。

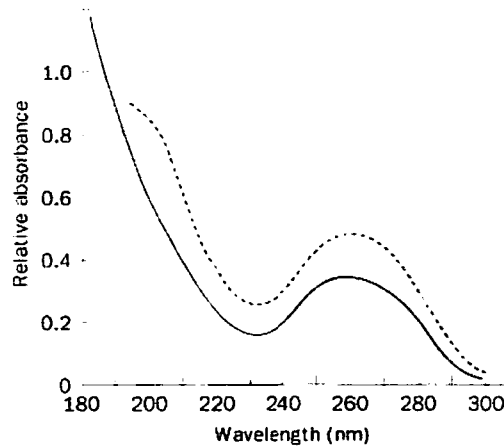
問3 下線部(イ)で示す比率を、〔丸・黄〕、〔丸・緑〕、〔しわ・黄〕、〔しわ・緑〕の順番に記せ。

問4 下線部(ウ)で示す現象はなぜ起こると考えられているか、簡潔に説明せよ。

## 問題 17

問 1 核酸の構造について、以下の設問に答えよ。

- (1) DNA と RNA の構造上の違いを一つあげ、その化学的、生物学的影響について 5 行程度で説明せよ。
- (2) 図は大腸菌 DNA の 2 つの異なる状態を表す紫外線吸収スペクトルである。ただし DNA 量は同じである。



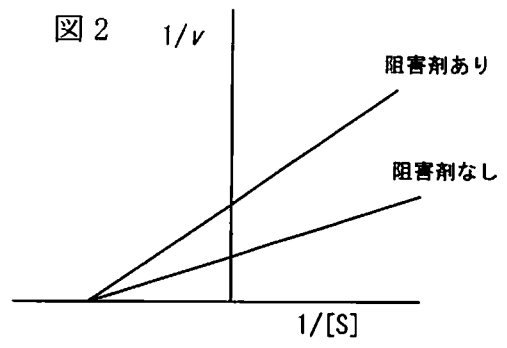
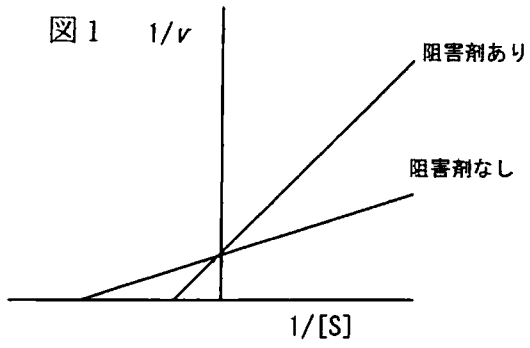
実線と点線はそれぞれ DNA がどのような状態か記せ。  
またなぜこのような紫外線吸収スペクトルの変化がおこるのか数行程度で説明せよ。

問 2 下記の文章を読み、( ) 内に適切な用語を記せ。

酵素反応速度は酵素 E と基質 S から形成される ( a ) を経由して生成物 P が生成し、この時 ( b ) は再生されるというモデルで記載される。反応速度  $v = V_{\max}[S]/(K_M + [S])$  の式 (但し、 $V_{\max}$ : 最大速度、 $[S]$ : 基質濃度  $K_M$ : 反応定数とする) は ( c ) の式と呼ばれ、 $[S]$  が小さい場合は、 $K_M$  に対して  $[S]$  を無視できるので、 $v =$  ( d ) と表される。一方、基質濃度  $[S]$  を大過剰にすると  $v$  は ( e ) に近づく。

( c ) の式の両辺の逆数を取り、縦軸  $1/v$ 、横軸  $1/[S]$  で表したプロットを ( f ) プロットと云い下図のようになる。今、2 種類の酵素反応阻害剤がある。それぞれを反応系に加えると、図 1、2 のようなプロットになった。阻害の様式は図 1 は ( g ) 阻害、図 2 は ( h ) 阻害である。

問題 17 続き



## 問題 18

問1 以下の文章を読み、(1)～(4)の設問に答えよ。

Cristian Anfinsen は 1957 年、タンパク質について以下の実験をおこなった。

- ① リボヌクレアーゼ A を 8M 尿素、2-メルカプトエタノールを含む溶液で処理をした。
- ② 次に、pH 8 の緩衝液に対して透析した。
- ③ その後、酵素活性を測定すると、実験操作前と同じ 100% の活性が認められた。

- (1) ①の実験操作により、リボヌクレアーゼ A にどのような変化がおこるか説明せよ。
- (2) ②の実験操作は何のために行うのか、またその時どのような点に注意すべきか説明せよ。
- (2) ApCpGpGpUpCp という RNA 断片をリボヌクレアーゼ A で処理するとどのような産物が得られるか記せ。
- (4) この実験を通してリボヌクレアーゼ A についてどのようなことがわかったか説明せよ。

問2 下記の用語の中から2つ選び、その用語の意味を数行程度で説明せよ。

- (1) 選択的スプライシング
- (2) wobble 仮説
- (3) ノーザンブロットィング法
- (4) タンパク質構造の階層性

## 問題 19

問1 例にならい、次の属名から推察される細菌の形態と生理について記せ。

例 Prochlorothrix: クロロフィル a, bをもつ原核生物（原核緑藻）であり糸状菌

- (1) *Methanosarcina*
- (2) *Thermococcus*
- (3) *Denitrovibrio*
- (4) *Halobacillus*
- (5) *Psychrobacter*

問2 原核生物におけるエネルギー代謝について以下の問に答えよ。

- (1) 好気呼吸と嫌気呼吸の類似点・相違点を、それぞれ、簡潔に記せ。
- (2) 嫌気呼吸と発酵の類似点・相違点を、それぞれ、簡潔に記せ。

問3 オルソログとパラログの定義を記せ。

## 問題 20

次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

光合成独立栄養微生物である紅色イオウ細菌・紅色無イオウ細菌は 1 門に属する。この細菌群は植物と同様に 2 回路によって二酸化炭素を同化する。しかし、そのキーエンザイムである 3 のサブユニット組成は植物および大多数の真核藻類とは異なり 4 であることが知られている。微生物の二酸化炭素同化法は 2 回路ばかりではない。緑色イオウ細菌は 5 経路により、緑色糸状細菌は 6 経路によって二酸化炭素を同化する。一方、化学合成独立栄養微生物である鉄酸化細菌は 7 回路によって、水素酸化細菌は 8 経路によって、硫酸還元細菌は 9 経路によって二酸化炭素を同化する。このように見ていくと二酸化炭素の同化法は細菌の系統分類と1対1で対応 10 ことがわかる。

問1 1～10 にあてはまる語句を記せ。ただし、同じ語句が複数回入ることもあり得る。

問2 文章中に下線を付した細菌のうち、絶対嫌気性細菌をすべて抜き出せ。また、メタン産生細菌の二酸化炭素同化法はこの文章中のどの細菌の同化法と同じか、答えよ。

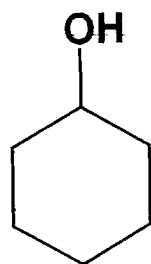
問3 メタン産生細菌は水素と二酸化炭素からメタンを合成する。この反応では、1 mol のメタンあたり、どれくらいのエネルギーが得られるか、あるいはどれくらいのエネルギーを注入しなければならないか。化学反応式を書き、エネルギーの値を下の pH 7 における標準自由エネルギーの表から計算せよ。答えは小数点以下を四捨五入して記せ。ただし、表は必要のない数値も含んでいる。

標準自由エネルギー  $G_f^0$  (kJ/mol)

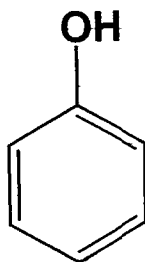
C compound		Fe compound		O, H, S-related compound		N compound	
CO	-137.34	Fe <sup>2+</sup>	-78.87	H <sub>2</sub>	0	N <sub>2</sub>	0
CO <sub>2</sub>	-394.4	Fe <sup>3+</sup>	-4.6	H <sup>+</sup>	0 at pH 0	NO	+86.57
CH <sub>4</sub>	-50.75	FeCO <sub>3</sub>	-673.23		-5.69 /pH unit	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-37.2
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-623.16	FeS <sub>2</sub>	-150.84	O <sub>2</sub>	0	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-111.34
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-586.85	FeSO <sub>4</sub>	-829.62	H <sub>2</sub> O	-237.17	NH <sub>3</sub>	-26.57
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-527.9			S <sup>0</sup>	0	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-79.37
methanol	-175.39			H <sub>2</sub> S	-27.87	N <sub>2</sub> O	+104.18
ethanol	-181.75			HS <sup>-</sup>	+12.15		
glycerol	-488.52			S <sup>2-</sup>	+85.8		
glucose	-917.22			S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-513.4		
acetate	-369.41			SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-744.6		
fumarate	-604.21						
succinate	-690.23						

## 問題 21

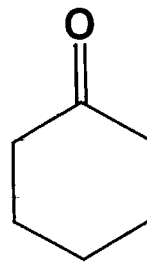
以下の構造式ア～ウが示す化合物について問1～問3に答えよ。



ア



イ



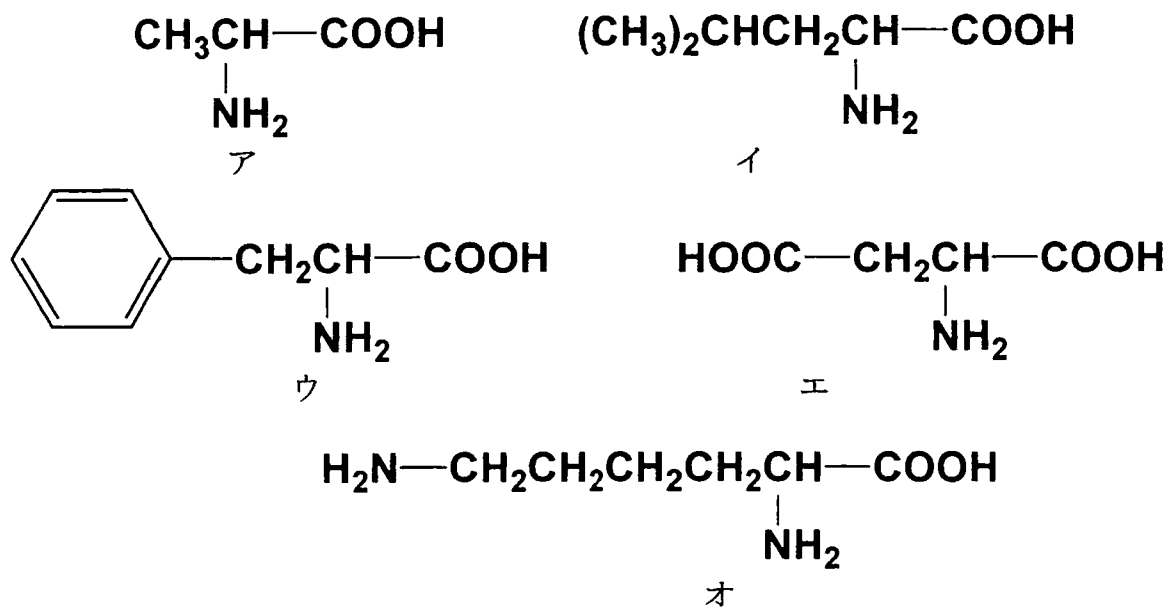
ウ

- 問1 化合物ア～ウの慣用名と分子量を答えよ。
- 問2 化合物イの水溶液は酸性を示す。その理由について構造式を使って説明せよ。
- 問3 化合物ウには互変異性体が存在する。どのような異性化がおこるのか構造式を使って説明せよ。



## 問題 22

以下の構造式ア～オが示すアミノ酸について問1～問3に答えよ。



- 問1 構造式ア～オで示すそれぞれのアミノ酸の名称を書け。
- 問2 ア～オのアミノ酸のうち塩基性アミノ酸、酸性アミノ酸はどれか。それぞれの記号を答えよ。
- 問3 アミノ酸に関わる以下の設問に答えよ。
- (1) 構造式アとイで示すアミノ酸1分子ずつがペプチド結合することにより生じる化合物の構造式を書け。ただし結合の順番はどちらでも良い。
  - (2) 構造式イ、ウで示すようなアミノ酸を多く含むタンパク質（またはタンパク質の部分構造）はどのような性質、あるいは役割を持つことが予想されるか。簡単に説明せよ。