

平成16年度 大阪市立大学第2次試験

## 理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

## 注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子は、「物理」6ページ、「化学」6ページ、「生物」10ページ、「地学」10ページ、合計32ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」5枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは無効とすることがある。
- 6 理学部の受験者は、次により解答すること。
  - (1) 数学科・生物学科・地球学科を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうち2科目を選択解答すること。
  - (2) 物理学科を志望する者（第2志望を含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - (3) 物質科学科を志望する者（第2志望を含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
  - (4) 化学科を志望する者（第2志望を含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
- 7 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 8 医学部の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
- 9 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」を解答すること。
- 10 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
- 11 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。

# 生 物

## 第 1 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

一定量の精製したすい臓アミラーゼと、これに対して十分過剰な一定量のデンプンを一定体積の反応液中で pH7, 37℃ において、時間を変えて反応させ、反応生成物を測定した。その結果、反応時間と反応生成物量との関係は図 1 のような曲線になった。一方、一定量の精製したすい臓アミラーゼと、さまざまな量のデンプンとを一定体積の反応液中で pH7, 37℃ において一定時間反応させ、反応生成物を測定したところ、用いたデンプン量と反応生成物量との関係は図 2 の a の曲線となった。また、同様の実験を一定量のある化合物 X の存在下で行ったところ、用いたデンプン量と反応生成物量との関係は図 2 の b の曲線となった。

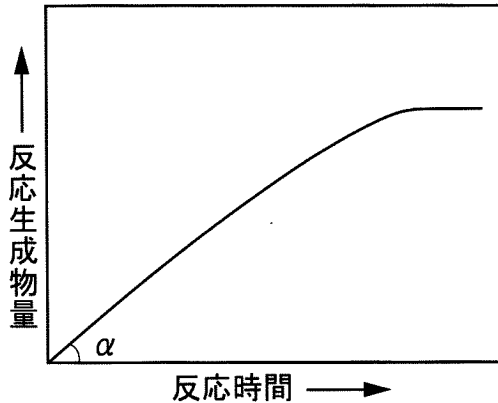


図 1

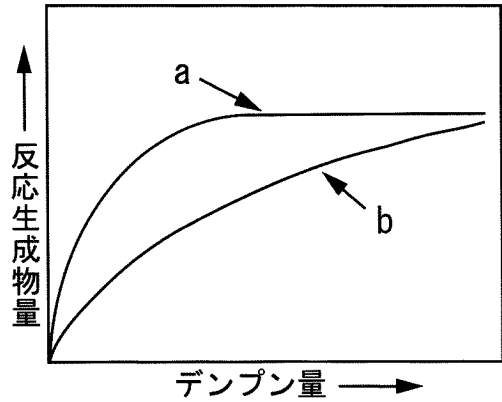


図 2

問 1

- (1) アミラーゼがデンプンに作用したときの反応生成物の構成単位となる化合物名を答えよ。
- (2) アミラーゼの構成単位となる化合物は、特有の結合様式によってたがいに結合して、アミラーゼを形成している。この結合の構造を、元素記号を用いて記せ。また、この結合様式でできあがるアミラーゼ分子の末端構造の特徴を50字以内で述べよ。

問2

- (1) 図1において、初期の反応時間における傾き  $\alpha$  は何を意味するか。10字以内で答えよ。
- (2) 図1において、傾き  $\alpha$  のみを2倍に上げるには反応条件をどのようにしたらよいか。15字以内で答えよ。
- (3) 図1において、反応生成物量は、やがてほぼ一定の量に達し、変化しなくなった。その理由を80字以内で述べよ。

問3

- (1) 図2の化合物 X のような作用をする物質の一般名称を答えよ。さらに、その構造上の特徴を10字以内で述べよ。
- (2) 化合物 X が存在すると、アミラーゼのデンプン分解反応が図2のbのように変化する理由を80字以内で述べよ。

問4 精製したすい臓アミラーゼに、特異性の異なるタンパク質分解酵素 A および B をそれぞれ作用させた。その結果、いずれの場合もアミラーゼ分子の加水分解が起った。そして、A を作用させた場合、アミラーゼのデンプン分解活性は消失したが、B を作用させた場合は、その活性はほとんど変化しなかった。一方、すい臓アミラーゼを加熱するとアミラーゼ分子の加水分解は起らなかったが、デンプン分解活性は消失した。以上の結果から、酵素の構造と機能の関係について考えられることを、以下の語句をすべて用いて200字以内で述べよ。

活性中心、立体構造、変性

# 生 物

## 第 2 問 (25点)

次の文章を読み、下線部の語句に関する以下の問いに答えよ。

植物は、さまざまな①元素を外界から取り込んでいる。植物は大気中の二酸化炭素の同化により炭素を取り込み、自らの成長に使うほか、動物や微生物に供給して、生態系を維持している。その他の多くの元素は、土壌から根を通して吸収される。大気中には、窒素ガスが体積にして約 80 % 含まれているが、多くの植物はこれを利用できない。しかし、ラン藻や放線菌の一部、および②マメ科植物の根に共生する根粒菌などは、大気中の窒素を固定して利用している。

これら生物による窒素固定の過程では、ニトロゲナーゼと呼ばれる酵素が、大量の③ATPを使って大気中の窒素をアンモニアに変える。ニトロゲナーゼは酸素により失活する。根粒菌は根粒に囲まれて外気から遮断されるとともに、レグヘモグロビンと呼ばれる植物タンパク質が根粒菌周囲の酸素と結合するので、根粒菌の周囲は嫌気の状態が維持される。これに対し、ラン藻は単独で光合成を行なう原核生物である。そこで、ある種のラン藻は、光合成によって生じる酸素がニトロゲナーゼを阻害することなく、光合成と窒素固定が行えるような④特殊なメカニズムを持っている。

こうして作られたアンモニアは水に溶けてアンモニウムイオンとなり、さまざまな有機物の合成に用いられる。あまったアンモニウムイオンや、細菌の遺体の分解により生じたアンモニウムイオンは土壌中に放出され、⑤亜硝酸菌、および硝酸菌の働きによって亜硝酸イオン、および硝酸イオンに変えられる。高等植物の多くはアンモニウムイオン、あるいは硝酸イオンを吸収し、植物体内であらためてアンモニウムイオンにし、有機物の合成に用いている。

問 1 下線部①に関し、核酸を構成する元素名を 5 つ記せ。

問 2 下線部②のマメ科植物と根粒菌の共生関係について説明せよ。

問 3 下線部③の ATP は高エネルギーを持つ化合物である。ATP の構造を簡単に説明せよ。また、エネルギーが放出される時、一般に ATP はどのように変化するか、説明せよ。

問4 下線部④に関し、単細胞のラン藻を適当な培養液中で、人工照明による明暗サイクルを与えて培養した。一定時間ごとに培養液の一部を分け取り、ニトロゲナーゼ活性と、飽和光を与えたときの酸素発生量を経時的に測定したところ、図のような変化を示した。図から予想されるこのラン藻の光合成と窒素固定の仕組みを説明せよ。

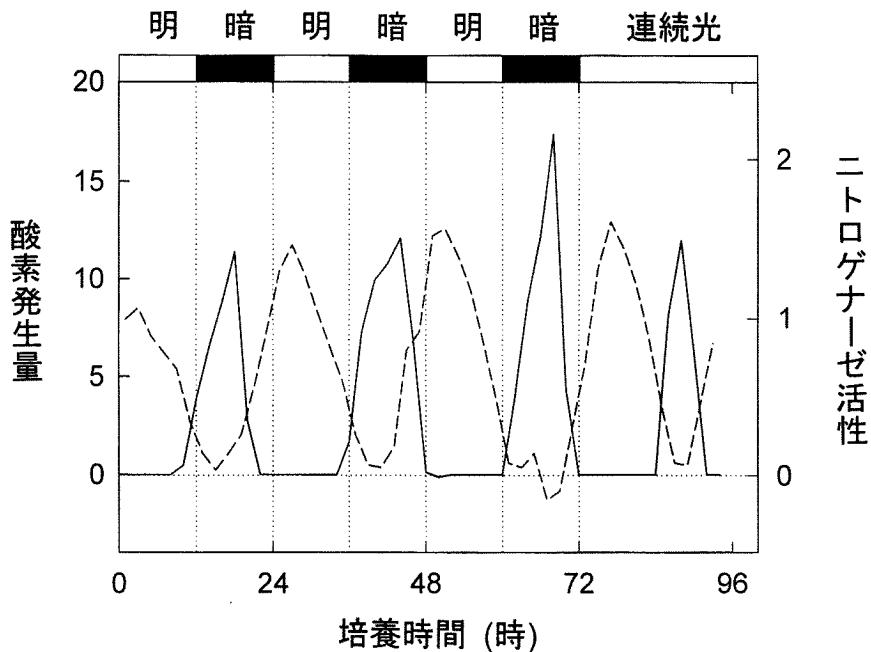


図 明暗サイクル下におけるラン藻の酸素発生量とニトロゲナーゼ活性の変化。破線の酸素発生量は、ラン藻が放出する1時間あたり、ラン藻1 mg 乾重量あたりのマイクロモル単位の酸素量を、実線のニトロゲナーゼ活性は、ラン藻1 mg 乾重量あたりに含まれるニトロゲナーゼによる、1時間あたりのマイクロモル単位の基質の還元を表わす。

問5 下線部⑤の亜硝酸菌がアンモニウムイオンを亜硝酸イオンに、また硝酸菌が亜硝酸イオンを硝酸イオンに変化させる理由は何か。次の語をすべて使用して説明せよ。

語群：独立栄養、酸化、炭酸固定、エネルギー

# 生 物

## 第 3 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

動物の受精卵を観察すると、まず卵割によって細胞（割球）数を増やし、次に複雑な形態形成を行うことがわかる。図1はさまざまな動物の卵割のようすを示したものであるが、その様式は動物ごとに異なる。また同じ細胞数の時期にあっても、取り出された一つの割球から正常胚をつくる能力は動物ごとに異なる。たとえばウニでは、4細胞期に①一つの割球を取り出して培養すると正常に近い幼生となるが、カエルでは著しい奇形を生じる。

それぞれの割球が正常発生でどの組織や器官をつくるかについて調べたものを、予定運命図と呼ぶ。アフリカツメガエルでは、32細胞期までさかのぼった予定運命図が示されている。アフリカツメガエル胚の場合、胞胚期まで細胞の移動はほとんど起こらないが、原腸胚期以後は細胞の大幅な移動を伴うため、予定運命を調べるにはさまざまな工夫が必要である。②

原腸胚は胚葉と呼ばれる三種類の細胞集団から構成される。図2はアフリカツメガエルの幼生とその点線部での横断面を示しているが、三胚葉の区分は明瞭である。しかし変態を終えたカエルの体は、異なる胚葉に由来する器官が組み合わされ、統合的な器官群として形づくられている。脊髄と脊椎骨との互いに入り組んだ構造はその一例である。

問1 図1のA～Eに示した卵割を行う動物名を以下の(a)～(f)から、またその動物が属する動物門を以下の(ア)～(カ)からそれぞれ一つずつ選べ。同じ記号を2回以上選んでもよい。

動物名：

(a)ウニ (b)タニシ (c)フナ (d)イモリ (e)カイコ (f)カイチュウ

動物門：

(ア)線形動物 (イ)扁形動物 (ウ)節足動物 (エ)軟体動物 (カ)脊椎動物

(ク)棘皮動物

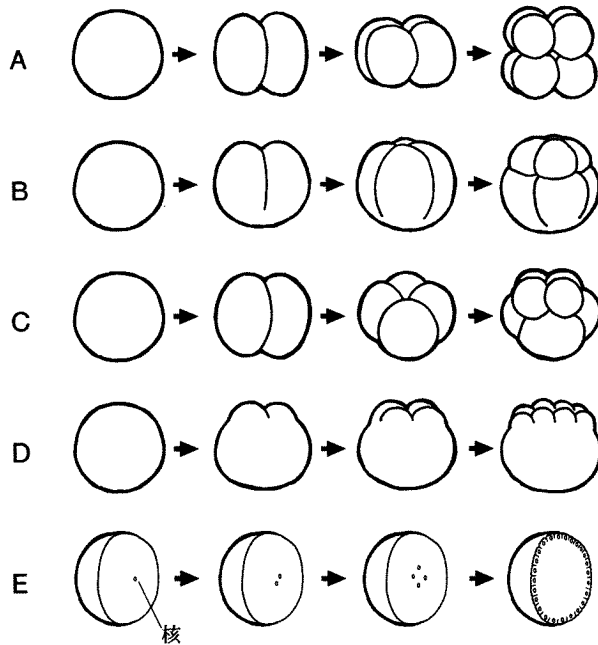


図1 さまざまな動物の卵割パターン (Eは断面図)

問2 以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 文中の下線部①にみられる胚の能力を何と呼ぶか。漢字2文字で答えよ。

(2) 文中の下線部②に関し、ある特定の割球の予定運命を調べる方法として誤っているものを、以下の(ア)～(オ)からひとつ選べ。また、その方法はなぜ誤っているのか。上の(1)で答えた用語を用い、理由を80字以内で述べよ。

- (ア) 幼生期になるまで特定の割球を継続的に観察し、その細胞の分化を調べる。
- (イ) 特定の割球の表面を生体染色し、幼生期に染色されていた細胞の分化を調べる。
- (ウ) 特定の割球に無害の蛍光色素を注射し、幼生期に蛍光色素を持っていた細胞の分化を調べる。
- (エ) 胚から特定の割球を取り出して幼生期に相当する時期まで培養し、その細胞の分化を調べる。
- (オ) 白化(アルビノ)胚から特定の割球を取り除き、そこに色素顆粒を持つ野生型胚の同じ部位から得た割球を移植し、幼生期に色素顆粒を持っていた細胞の分化を調べる。

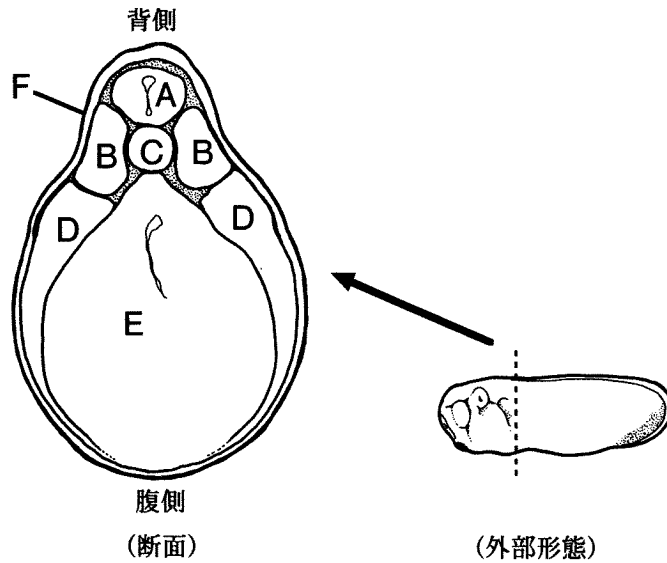


図2 アフリカツメガエルの幼生

問3 以下の問い(1)および(2)に答えよ。

- (1) 解答用紙に示す図はアフリカツメガエルの32細胞期胚の予定運命図である。空欄に図2のA～Fの記号を記入し、予定運命図を完成させよ。
- (2) 図2のA～Fの各部位の名称を答えよ。

問4 以下の問い(1)～(3)に答えよ。

- (1) 脊髄と脊椎骨はそれぞれどの胚葉に由来するか、以下の(ア)～(ウ)から選べ。  
(ア)外胚葉 (イ)中胚葉 (ウ)内胚葉
- (2) 脊髄と脊椎骨は、それぞれ図2のどの部位から生じるか、A～Fの記号で答えよ。
- (3) 図2に示した脊椎骨の原基の形態は、成体の脊椎骨とどのように異なっているか、脊髄(またはその原基)との位置関係に注目し、80字以内で説明せよ。

# 生 物

## 第 4 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

一定の区域または地域で生活する生物の個体数を調べる手法に、(ア)法と区画法がある。(ア)法は活発に動く生物の個体数調査に用いられる。一方、区画法は植物や固着性の動物など、動かない生物の調査に用いられる。区画法による調査では、調査区域を一定面積の区画に分け、その中のいくつかの区画で生物の個体数が数え上げられる。この方法は、一定の区域を覆う植物群落で植物の種数を推定する際にも用いられる。ただし、植物個体数の推定式と植物の種数の推定式は、必ずしも同じではない。

面積1ヘクタール(100 m × 100 m)の小さな神社の森を100個の区画に等分し、区画法を用いて樹木の個体数と種数を調べると表の結果を得た。調査期間は6日間、調べた区画の数は6区画であった。表で調査した区画の番号は調査日  $t$  に対応するから、区画の番号を略号  $T$  で表す。表の他の項目の定義および説明は、後述の問いの文に譲る。

表. 区画法による神社の森の樹木の個体数と種数の調査結果。一区画の面積は  $100\text{m}^2$  とする。

項 目	調 査 日	区画 の 番号	区画 あたりの 個体数	区画 あたりの 種数	区画あたりの新規出現種数	$T$ 番日 までの区画 出現種数	$T-1$ 番日 までの区画 出現種数
略号	$t$	$T$	$N(T)$	$S(T)$	$Z(T)$	$Y(T)$	$X(T)$
	8月1日	1	61	7	7	7	0
	8月2日	2	54	10	5	12	7
	8月3日	3	66	8	4	16	12
	8月4日	4	46	9	4	(イ)	(ウ)
	8月5日	5	40	6	3	23	20
	8月6日	6	33	8	2	25	23

表の6区画に出現した全ての樹木を、群落の(エ)構造の考え方に従って高木、亜高木、低木の三つのグループに分けた。三つのグループ間で樹木の種組成の類似性を、 $p$ ,  $q$ ,  $r$  を変量とする下記の式群 (I) の中から、一つの式を選んで検討することを考えた。ここで、比較する二つのグループを  $P$  および  $Q$  とする時、変量  $p$  は  $P$  のグループのみに出現する種の数、変量  $q$  は  $Q$  のグループのみに出現する種の数とする。また、変量  $r$  は、二

つのグループ  $P$  および  $Q$  に共通して出現する種の数とする。

式群 (I) (a)  $\frac{p+q}{r}$       (b)  $\frac{r}{p+q}$       (c)  $\frac{2pqr}{2p-q}$       (d)  $\frac{p+2q}{2pqr}$   
(e)  $\frac{2r}{p+q+2r}$       (f)  $\frac{pqr}{p+q+r}$       (g)  $\frac{p+q+r}{pqr}$       (h)  $\frac{r}{p+q+r}$

問1 空欄 (ア) に適当な語を入れよ。

問2 表に関する以下の問い (1) ~ (6) に答えよ。

(1) 区画あたりの出現個体数の欄は区画ごとの樹木の本数を示す。神社の森全域の樹木の総個体数および個体密度を推定せよ。

(2) 表の区画あたりの種数の欄は調査区画ごとの出現種数を示し、これを  $S(T)$  の略号で表す。また、表の区画あたりの新規出現種数の欄は、既に調査した  $T-1$  番目までの区画には出現せず、 $t$  日目に調査した区画番号  $T$  の調査区画で初めて見出された種数を示すが、これに  $Z(T)$  の略号をあてる。 $T=1$  では、それ以前 ( $T=0$ ) に調査が行われていないため、 $S(1) = Z(1)$  として扱う。定義により定めた  $T=1$  の場合を除き、 $S(T)$  が  $Z(T)$  に必ずしも一致しないのはなぜか。その理由を50字以内で記せ。

(3) 表の  $T$  番目までの区画の出現種数の欄は、 $T$  番目までの調査区画に出現した樹木の総種数を示し、これを  $Y(T)$  の略号で表す。 $Y(T)$  の空欄 (イ) に適当な数値を記せ。

(4) 表の  $T-1$  番目までの区画の出現種数の欄は、 $T-1$  番目までの調査区画に出現した樹木の総種数を示し、これを  $X(T)$  の略号で表す。 $T=1$  では、それ以前 ( $T=0$ ) に調査が行われていないため、 $X(1) = 0$  として扱う。 $X(T)$  の空欄 (ウ) に適当な数値を記せ。

(5) 表の3変量  $X(T)$ 、 $Y(T)$ 、および  $Z(T)$  の間の関係を記せ。

(6) 表の  $Z(T)$  および  $X(T)$  の間には、 $Z(T) = 6.8 - 0.2X(T)$  の一次式で表せる関係が経験的に成り立った。この関係が正しいとして、調査した神社の森全域の樹

木の総種数を推定せよ。

問3 高木，垂高木，低木の三つのグループおよび式群（I）に関する以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 空欄(エ)に適切な語を入れよ。

(2) 比較する二つのグループでまったく同じ種が出現した場合に1（イチ），かつ二つのグループに共通する種が皆無であった場合に0（ゼロ）となる式を，式群（I）の(a)～(h)の中から選べ。