

# 平成 16 年度前期日程入学試験学力検査問題

## 理 科

平成 16 年 2 月 25 日 13 : 30 ~ 16 : 00 (150 分)

物 理…… 1 ~ 18 ページ, 化 学…… 19 ~ 30 ページ

生 物…… 31 ~ 44 ページ, 地 学…… 45 ~ 54 ページ

志 望 学 部	試 験 科 目
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)

### 注 意 事 項

1. この冊子は, 54 ページである。白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
2. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
3. 答案紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号を記入すること。
4. 解答は, 必ず選択した科目の答案紙の指定された箇所に記入すること。
5. 答案紙は, 持ち帰ってはいけない。
6. 試験終了後, この冊子は持ち帰ること。

# 生 物

1 次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

光合成の反応は、大きく分けて以下の反応Aから反応Dの4つに分けられる。

反応A：主要色素であるクロロフィルは光エネルギーを吸収し、活性化する。この反応を  反応という。

反応B：活性型クロロフィルのエネルギーの一部を使って、1分子の  を2個の[H]と1/2個の  に分解する。この際、生じた  は細胞外へと放出される。また、[H]は  系により、水素受容体である補酵素Xを  して $X \cdot 2 [H]$ を生成する。この反応は葉緑体内の  で行われる。

反応C：反応Bの  の過程で遊離するエネルギーを利用して  を生産する。

反応D：外界から取り込んだ $CO_2$ を、葉緑体内の  において、反応Cで生産された  を利用して炭素化合物を生成する。この反応経路は、放射線を出す炭素原子(放射性同位元素)である $^{14}C$ を含む $^{14}CO_2$ を用いたトレーサー実験により、① $CO_2$ の受容体となる物質は炭素数  のリブローズビスリン酸(RuBP)であること、②初期産物は炭素数  の3-ホスホグリセリン酸(PGA)であること、③この反応は複雑な回路(循環)の反応であることなどがわかった。この回路反応は、  回路と呼ばれる。

問(1)  ～  に適切な語句または数字を記せ。

問(2) 成育中の植物内でおこる反応Aに関する記述として誤っているものを次の

①～④のうちからすべて選べ。

① 反応Aは、温度の影響をうける。

② 反応Aは、光の強さの影響をうける。

③ クロロフィルは、青色光や赤色光より緑色光をよく吸収する。

④ クロロフィル以外の光合成色素の一つに、アントシアニンがあげられる。

問(3) 下線部(a)の実験に関して、以下の(i), (ii)の設問に答えよ。

- (i) 十分な光の条件下で緑藻に  $^{14}\text{CO}_2$  を 10 分間供給して光合成をさせると、PGA と RuBP の分子のすべての炭素原子の位置に  $^{14}\text{C}$  が一様に分布した。この状態で急に光を遮断し、 $^{14}\text{C}$  を含む PGA の量を経時的に測定した。すると PGA 量は一時的に増加したが、その後減少した(図 1)。この実験で、PGA が増加した理由として考えられることを簡潔に述べよ。

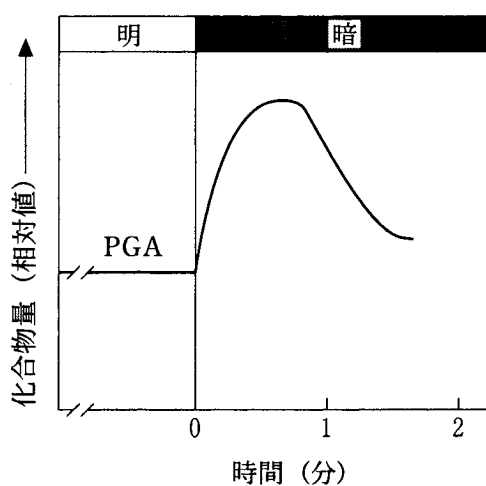


図 1

(ii) 十分な光の条件下で緑藻に  $^{14}\text{CO}_2$  を含む 1%  $\text{CO}_2$  濃度の空気を 10 分間供給して光合成をさせると、PGA と RuBP の分子のすべての炭素原子の位置に  $^{14}\text{C}$  が一様に分布した。この状態で  $\text{CO}_2$  濃度を 0.003% に下げ、 $^{14}\text{C}$  を含む PGA と RuBP の量を経時的に測定した。ただし、全  $\text{CO}_2$  中の  $^{14}\text{CO}_2$  の割合は変化させなかった。このときの、PGA と RuBP の変化を示した図として最も近いものを図 2 の(a)~(d)の中から選べ。

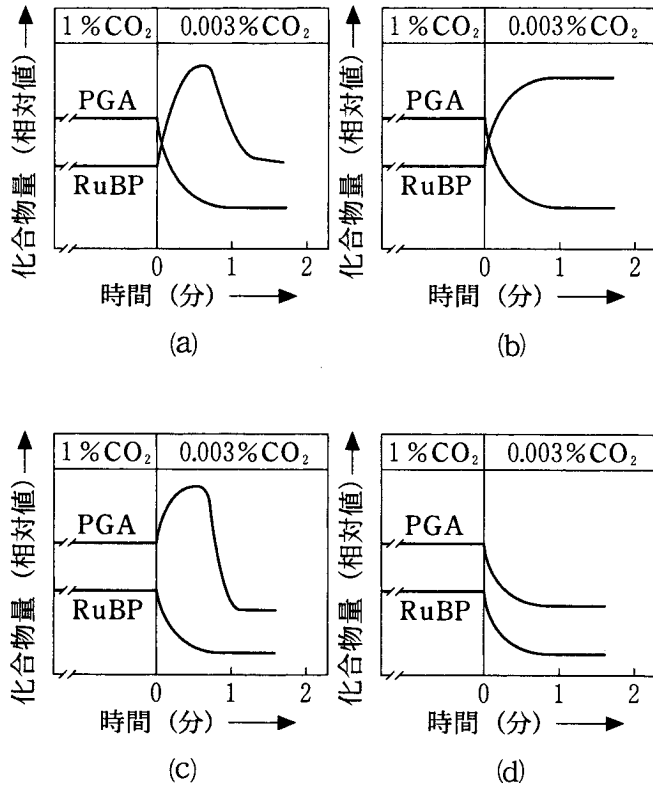


図 2

問(4) 光が十分で、かつ温度を 30℃ 一定にした条件のもとで、イネの葉の光合成速度と CO<sub>2</sub> 濃度との関係を調べた結果を図 3 に示した。CO<sub>2</sub> 濃度が高くなるにつれて光合成速度も増大した。しかし、ある一定の濃度に達すると光合成速度は一定となった。光合成速度が一定となった理由について考えられることを簡潔に述べよ。

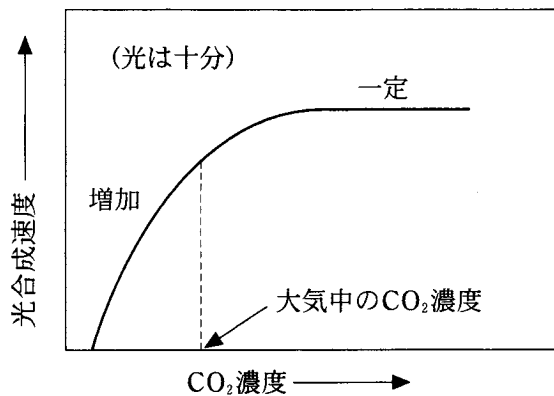


図 3

2 次の文章を読み、問(1)~(4)に答えよ。

酵母細胞は分子遺伝学的な研究対象としてよく用いられる単細胞真核生物である。自然界の酵母細胞は二倍体(染色体数  $2n$ )として存在するが、実験室では特定の遺伝子の改変を行うことで一倍体細胞(染色体数  $n$ )として安定的に維持することができる。1つの酵母細胞を寒天培地上において数日間培養すると、細胞増殖を繰り返し数 mm の集落(コロニー)を形成する。

ある一倍体酵母細胞をアデニン濃度の低い寒天培地(低アデニン寒天培地)上に塗布し、多数の寒天培地上に数百万個のコロニーを形成させた。寒天培地上のほとんどのコロニーは白色であったが、図1に示すようにいくつかのコロニーは赤色のセクター(コロニーの一部が扇形に変色して増殖が遅延した部分)を持っていた。<sup>(a)</sup>そのコロニーを再び低アデニン寒天培地上にまきなおすと赤色のコロニーと白色のコロニーが形成された。実験を進めた結果、それぞれの赤色のコロニーはアデノシンーリン酸(AMP)合成酵素系の遺伝子群の1つに違いがある赤色の酵母細胞であることが判明した。図2に示すようにAMP生合成系の間代謝産物のいくつかは赤色の色素であり、これらが産生されるとコロニーは赤色となることが知られている。

単一の酵母細胞が寒天培地上で増殖することでコロニーが形成されることから、下線部(a)の酵母細胞の赤色セクターは白色の酵母細胞が  して赤色の酵母細胞に変化したと考えられる。

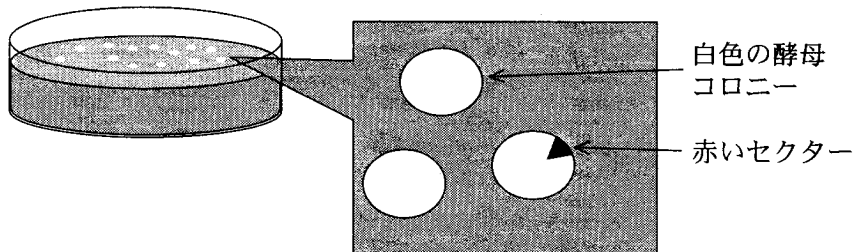


図1 寒天培地表面の拡大図

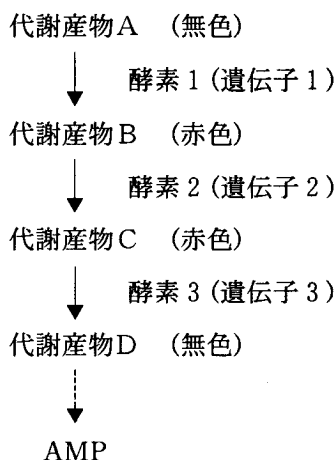


図 2

問(1) 文中の ア にあてはまる適切な語句を入れよ。

問(2) 2つの赤色コロニーに関して下記のような解析を行い、それぞれの結果を得た。文章中の イ ~ カ に適切な語句を入れよ。

- (i) 酵母のような真核生物の mRNA には1つの イ を合成するための設計図が暗号化されている。下線部(a)に示された方法で、ある1つのセクターから分離した赤色の酵母細胞 M1 をさらに解析すると、酵素 3 の分子量が約半分に変化していることが判明した。白色の酵母細胞の遺伝子 3 と赤色酵母細胞 M1 の遺伝子 3 から転写される mRNA の塩基配列を調べてみると mRNA の中央付近に下記の塩基配列の違いが見つかった。

白色の酵母細胞	5' … GUGAAAUAUAAGAAUGGG … 3'
赤色の酵母細胞 M1	5' … GUGAAAUAAAGAAUGGG … 3'

遺伝暗号表を用いて確認すると、白色のコロニーの酵素 3 の中央付近のアミノ酸 ウ が、M1 の酵素 3 の場合 エ に変化したことが分かった。

- (ii) 他の赤色の酵母細胞 M 2 の遺伝子を解析した結果、酵素 3 の分子量が白色酵母細胞の酵素 3 とほとんど変わらないが、遺伝子 3 から転写される mRNA の塩基配列に M 1 と同様の部位に下記の違いがあった。

白色の酵母細胞            5' … GUGAAAUAUAAGAAUGGG … 3'  
 赤色の酵母細胞 M 2        5' … GUGAAAUAUAAGAGUGGG … 3'

遺伝暗号表を用いて確認すると、赤色の酵母細胞 M 2 の酵素 3 の中央付近のアミノ酸 オ が カ に変化したことが分かった。

遺伝暗号表

UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	ロイシン	UCA		UAA	終 止*	UGA	終 止*
UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン
CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA	
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA	ACA	AAA		リジン	AGA	アルギニン	
AUG	メチオニン	ACG			AAG		AGG
GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

\* これらの 3 種の遺伝暗号は翻訳の終止を意味する。

問(3) 赤色の酵母細胞 M 2 はアデニンを除いた培地中では、正常な白色の酵母細胞に比べて小さな濃赤色のコロニーを形成したが、赤色の酵母細胞 M 1 は全くコロニーを形成しなかった。それぞれ M 1 の酵素 3 と M 2 の酵素 3 の活性(代謝産物 C を代謝産物 D に変換する酵素活性)が白色の酵母細胞と比較してどのように変化したか予測し、下記の a ~ d より選択せよ。

- a : 上昇した
- b : 同じ
- c : 低下した
- d : 消失した

問(4) 本実験で得られた赤色酵母細胞において、赤色の発色は寒天培地中のアデニンの濃度を低下させると強くなり、逆に大量のアデニンを培地中に添加した場合は白くなることが判明した。色の変化はどのような機構によるものか、その理由を下記の語句を用いて簡潔に述べよ。

「アデニン濃度」 「誘導」 「抑制」

3 次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

われわれ人間をはじめとする高度に発達した動物のからだは、多様に分化した細胞からできている。細胞は無秩序に寄り集まるのではなく、同じ形とはたらしきを持つ細胞同士が一定の秩序で集まり組織を形成する。さらに何種類かの組織が組み合わさって、特定の機能を持つ器官が形成される。数多くの器官が連携・調和して働くことにより、内部環境の  が維持されている。

ホルモンは、そのような  の維持に重要な役割を果たしている。ホルモンは決まった  器官から必要に応じて血液中に放出され、体内の全域に運ばれる物質である。われわれのからだの中では数多くの種類のホルモンが分泌されているが、それぞれ特定の器官や組織の細胞に働きかけ、特定の反応を促す働きをもつ。たとえば、脳下垂体前葉からの甲状腺刺激ホルモンによって、甲状腺から  の分泌が  されるが、間脳の視床下部や脳下垂体前葉では血液中の  の濃度を感知している。血液中の  濃度が高くなると甲状腺刺激ホルモンの分泌量が減少し、逆に  の濃度が低くなると甲状腺刺激ホルモンの分泌量が増加する。また、塩分を取りすぎて血液の浸透圧が高くなると間脳の視床下部が刺激され、脳下垂体後葉からの  の分泌量が増える。その結果、腎臓での水の  が促進され、血液の浸透圧が低くなるため、 の分泌を促進する刺激が減り、増加した  の分泌が抑えられる。さらに、血液中のグルコース濃度(血糖値)の調節には、すい臓の  から分泌される2種類のホルモンが重要な役割を果たしている。

問(1)  ~  の空欄に適当な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)について、多数のホルモンが血液中に放出され、全身に運ばれるにもかかわらず、それぞれのホルモンは特定の器官や組織に選択的に作用する。この選択性の仕組みを100字以内で説明せよ。

問(3) 下線部(b)について、ここに述べられているようなホルモン分泌の調節の仕組みを一般に何と呼ぶか。

問(4) 下線部(c)について、すい臓から分泌される2種類のホルモンの名前をあげ、血糖値の調節に果たす役割およびその仕組みをそれぞれ70字以内で説明せよ。

4 次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

トゲウオの一種のイトヨは、春と秋の繁殖時期に、雄は縄張りを他の雄から防衛し、巣を作って数尾から十数尾の雌と交尾する。その後、雄は新鮮な水を巢内に入れるなどして、卵の世話をし、ふ化後も子どもの世話をする。通常、繁殖時期には、イトヨの雄の体色は赤色になる。しかし、アメリカ北西部の地域においては、繁殖時期にすべての雄が黒い体色を示す集団が知られている。以後、雄の体色というとき、繁殖時期の雄の体色のことを指すものとする。また、「体色が赤い集団」とは、すべての雄の体色が赤くなる集団を指し、「体色が黒い集団」とはすべての雄の体色が黒くなる集団を指す。

異なる体色を示す雄の遺伝子型を調べるために、交配実験を行った。体色が赤い集団の個体と体色が黒い集団の個体を交配させ、雑種第一代(F1)を得た。さらに、F1の個体どうし、F1の雄と体色が黒い集団の雌、また、F1の雄と体色が赤い集団の雌とを交配させた。その交配の結果生まれた雄の体色を表1に示した。

表1 交配実験の結果

交配に用いた雄と雌		交配の結果生まれた雄の数		
雄	雌	赤い体色をもつ雄	赤と黒の中間の体色をもつ雄	黒い体色をもつ雄
F1	F1	50	99	49
F1	体色が黒い集団の雌	0	98	97
F1	体色が赤い集団の雌	99	98	0

問(1) 野外で次のような実験を行った。大きな池に、赤色、中間色、黒色の体色を持つ雄を放した。数日後、それぞれの体色をもつ雄が50匹ずつ縄張りを形成した。雄の縄張り形成後、150匹のF1の雌(体色が黒い集団の個体と体色が赤い集団の個体を交配させて生まれた雌個体)を池に放した。その結果、300個の卵が受精した。その卵を採集し、ふ化させ子どもを育てたところ、300匹のうち150匹が雌、46匹が赤の体色をもつ雄、75匹が中間色をもつ雄、29匹が黒色を持つ雄であった。この結果から結論できることを、下記ア～エの中から一つ選べ。

ア. 赤色の雄が最も多くの卵を受精させた。

イ. 中間色の雄が他の色の雄に比べて最も多くの卵を受精させた。

ウ. 赤色の雄は、黒色の雄に比べて多くの卵を受精させた。

エ. 黒色の雄は他の色の雄に比べて最も少ない数の卵しか受精させていない。

問(2) 黒い体色をもつ雄が生息する地域の集団を調べたところ、その地域には、ほぼイトヨと同じ大きさで、イトヨと同様に縄張りをもつモツゴが生息していた。そこで、モツゴがイトヨの繁殖に与える影響を調べるために、野外実験を行った。池を8個つくり、そのうち、無作為に選んだ4個のそれぞれの池に、モツゴを雄10匹、雌10匹を放した。また、体色の黒い集団から採集した雄を10匹、雌を30匹、体色の赤い集団から採集した雄を10匹、雌を30匹、合計80匹のイトヨを8個の池それぞれに放した。その後、それぞれの池において、繁殖の状況を調べ、その結果を次のページの表2に示した。この結果から、モツゴがいるときとモツゴがいないときで、雄の体色の違いが雄の繁殖の成功にどのように影響しているかを考察しなさい。考察に際しては、雄の体色の違いが繁殖のどの段階(縄張り形成、雌との交尾、受精、卵および子どもの世話)に影響しているのか、また、その影響の要因としてどのようなことが考えられるかを記せ。

表2 モツゴがいる池といない池での雄の繁殖状況

	モツゴがいない池 (4つの池の合計)		モツゴがいる池 (4つの池の合計)	
	黒い体色 の雄	赤い体色 の雄	黒い体色 の雄	赤い体色 の雄
	池に放した雄の数	40	40	40
縄張りをもてた雄	35	38	32	17
雄が交尾した雌の数 (縄張り雄一個体あたりの数)	1.8	4.6	2.7	3.3
雄が受精させた卵の数 (縄張り雄一個体あたりの数)	12.5	32.2	16.1	19.5
巣立った子どもの数 (縄張り雄一個体あたりの数)	3.3	8.6	2.8	1.2

問(3) 黒い体色のイトヨが生息している河川を詳しく調査したところ、次のページの図1に示すような雄の体色の分布を示した。●で示した集団では、その地域にモツゴが生息していたが、○および●で示した集団にはモツゴが生息していなかった。問(2)の実験で得られた雄の体色と繁殖の成功の関係をふまえて、赤色、中間色、黒色の雄が図1で示したような分布になった原因を記せ。

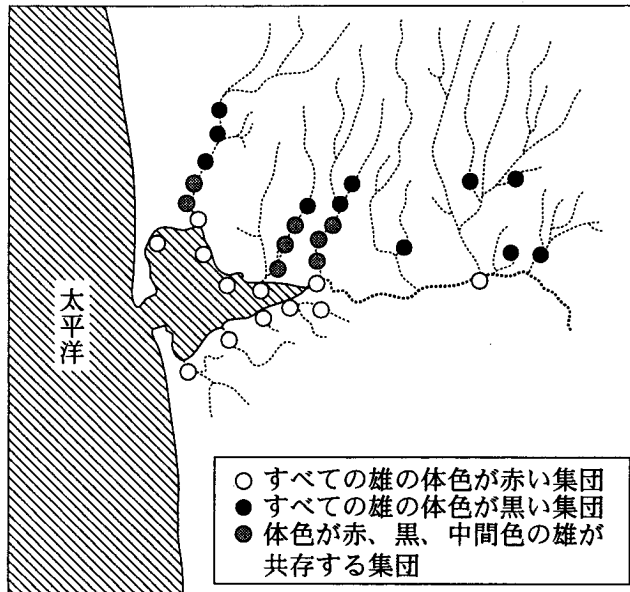


図1 ある河川でのイトヨの雄の体色の分布  
斜線は海を示し，点線は川を示す。