

# 日本生物学オリンピック 2012

第24回国際生物学オリンピック(スイス大会)

代表選抜試験 第1部(記述式理論問題)

2013年3月20日(水・祝日) 9:20~11:40

## 注 意

1. 各問題文を読んで、題意に沿った解答を、文章(指定された場合は図、表)によって解答しなさい。
2. 解答は、問題ごとに指定された解答用紙に記入しなさい。字数制限は特にありません。
3. 学術用語は、日本語又は英語で正しく用いなさい。
4. 解答時間は、2時間20分とします。
5. 解答用紙の各ページの上に、問題番号、受験番号、氏名を記入しなさい。
6. 問題は全部で7問あり、その中には小問がいくつかあります。
7. 問題冊子は試験終了後持ち帰って下さい。

受験番号 \_\_\_\_\_ 氏名 \_\_\_\_\_

第1問 ATP 合成に関する以下の文1、2を読み、問1～5に答えよ。

〔文1〕 グルコースから ATP を合成する呼吸の代謝反応は、真核生物では細胞質とミトコンドリアに分かれている。これらの反応はつながっているが、ATP 合成のしくみや合成量は非常に異なる。

問1. 細胞質とミトコンドリアでの ATP 合成量の比率とそれぞれの代表的な ATP 合成のしくみの名称を述べよ。

〔文2〕 ミトコンドリアで多量の ATP を合成するしくみを改変することで、ATP を合成しないでグルコースを消費して呼吸することが、いくつかの生物で知られている。ザゼンソウなどの花や哺乳動物の褐色脂肪細胞はその例である。その場合、グルコースは水と二酸化炭素に分解されるが、ATP はあまり合成されない。

問2. ATP の代わりに、発生するものは何か、推測して述べよ。

問3. ATP 合成のどのようなしくみが改変されたか、推測して述べよ。

問4. 生物において、この反応のメリットは何か、推測して述べよ。

問5. このような特殊な呼吸反応をする細胞では、同様に発達したミトコンドリアをもつ通常細胞とくらべて、呼吸速度が大きいことも知られている。いいかえると、通常細胞では呼吸速度は抑えられている。その理由を推測して述べよ。

注：ザゼンソウはミズバショウの仲間の植物で虫媒花である。

(第1問終わり)

第2問 ショウジョウバエの実験に関する以下の文を読み、問1～4に答えよ。

アショウジョウバエの集団を分け、ある集団はデンプン培地に、他のものはマルトース培地に置いた。多数世代後に、イデンプン培地に置いたものはデンプンをより効率よく消化し、マルトース培地に置いたものはマルトースをより効率よく消化した。その後、同一の集団のハエ、あるいは異なる集団のハエを交配箱に入れ、交配頻度を測定した。ウ交配選好性試験に用いたすべてのハエは標準培地で1世代培養した。

その結果の異なる培地で育てたハエの集団間の交配パターンを表1に示す。エ『デンプン集団』からのハエを『マルトース集団』からのハエと混合したときは、ハエは似た相手と交配する傾向があった。しかし、デンプンに適応した異なる集団（右図）では、同じ集団からのハエと同じくらい集団間での交尾率が高かった。同様な結果が、マルトースに適応した集団で得られた。

		雌	
		デンプン集団	マルトース集団
雄	デンプン集団	22	9
	マルトース集団	8	20

実験群の交配数

		雌	
		デンプン集団 1	デンプン集団 2
雄	デンプン集団1	18	15
	デンプン集団2	12	15

( A ) の交配数

表1. ショウジョウバエの交配結果

問1. 下線部アについて。ショウジョウバエは生物学の多様な分野で一般的に使われているモデル生物である。遺伝や進化の実験生物として、ショウジョウバエの持つ利点を挙げなさい。

問 2. 下線部イは、遺伝的特性として後代に伝わる事がわかった。これはどのような進化的作用により生じたと考えられるか。5文字以内で答えよ。

問 3. 下線部ウについて。交配選好性試験に使われたすべてのハエを、デンプンやマルトースではなく標準培地で培養したのはなぜか。

問 4. 下線部エは、何が形成された結果であるか。

問 5. (この小問は削除)

問 6. 表 1 の右のような実験はなんと呼ばれるか。( A ) に適切な用語を入れよ。

(第 2 問終わり)

### 第3問 タンパク質の発現に関する以下の文を読み、問1～4に答えよ。

細胞の中で発現するタンパク質の合成量は、さまざまな状況に応じて調節をうけていると考えられる。

- 問1 大腸菌のトリプトファン合成に関係する一連の酵素タンパク質それぞれは細胞内で一定の割合で合成されている。それが可能となる仕組みを述べよ。
- 問2 大腸菌のトリプトファンの合成ができない突然変異体の種類によって、各酵素タンパク質の合成量の比が変わることがあるだろうか。その可能性を述べなさい。このときタンパク質のアミノ酸配列に変化が起こっても同じものと見なし、合成量は同じとする。
- 問3 ヒトの大人のヘモグロビン分子は、 $\alpha$ グロビン2個と $\beta$ グロビン2個が合わさって4量体を形成したものである。それぞれのタンパク質は別の染色体上の遺伝子にコードされているにもかかわらず、両者の存在量が一定になっている理由として可能性のある仕組みを述べよ。
- 問4 問3の場合、ある遺伝子が突然変異を起こすことで、 $\alpha$ グロビンと $\beta$ グロビンの蓄積量の比が変わることがあるだろうか。その可能性を述べなさい。

(第3問終わり)

第4問 動物の恒常性の維持に関する以下の文を読み、問1～3に答えよ。

動物は、窒素等の代謝老廃物を排出し、体液の組成を調節するため、排出器官を持っている。哺乳類では、陸生生活に高度に適応するため、腎臓が浸透圧調節と排出を担う器官として発達している。腎臓では、皮質、髄質外層、髄質内層と内部にいくに従って急激に浸透圧が高くなり、最内層ではヒトでは体液の4倍の浸透圧となっている。この中をボーマン嚢、近位細尿管、ヘンレループ、遠位細尿管、集合管と通過する過程で原尿は濃縮され、最終的に体液よりも高張の尿が生成される。

問1 無脊椎動物の排出器官系としてはどんな物があるか。排出器官を2例あげ、その排出器官を持つ動物群を述べよ。

解答は 腎臓-哺乳類 のように記入すること。

問2 腎臓において、原尿が体液より高張まで濃縮される仕組みを、下記の語を用いて説明せよ。図を用いても構わない。

能動輸送、受動輸送、浸透圧、ヘンレループ、集合管

問3 ヘンレループにおける尿濃縮の仕組みは対向流交換 (countercurrent exchange) システムの一種であり、非常に交換効率の高いシステムとして、動物の色々な器官でこの仕組みが用いられている。

(1) 対向流交換システムが使われている例を、ヘンレループ以外に1つあげよ。

(2) 対向流による交換が平行流よりも効率が高い理由を説明せよ。図を用いても構わない。

(第4問終わり)

## 第5問 動物の発生に関する以下の文を読み、問1～3に答えよ。

脊椎動物の初期発生では、受精・卵割期を経て胞胚期に達し、ついでオーガナイザー（形成体）とよばれる重要な領域が確立し、その働きで神経管を生じる。神経管の一部は眼胞とよばれる膨らみとなり、眼の形成に関わる。

問1 多くの動物（ウニやカエルなど）では、卵割は急速に進行し、その間、接合子の遺伝子は発現しない。一方、哺乳類の卵割はゆっくりで、マウスなどでは2細胞期から接合子の遺伝子が発現する。卵割の速度と接合子の遺伝子発現のこのような関係の理由について、述べよ。

問2 オーガナイザーに関する以下の（1）、（2）に答えよ。

（1）両生類オーガナイザーの働きを示したシュペーマンの実験について説明せよ。図を用いてもよいが、必ず文章での説明を付すること。

（2）オーガナイザーの働きが、発生にとってきわめて重要である理由について、考えを述べよ。

問3 眼の形成では、眼胞からの誘導によって外胚葉（表皮）がレンズ（水晶体）に分化する。ラットの *Sey* (*Small eye*) という遺伝子に変異が起きると、眼の形成に異常がおきる。*Sey* 変異体の眼胞と正常ラットの表皮を組み合わせると培養するとレンズが形成されるが、正常ラットの眼胞と変異体の表皮を組み合わせると培養するとレンズが生じなかった。この実験をもとに、眼の形成における *Sey* 遺伝子産物の機能について、どのような可能性があるか、考えを述べよ。

（第5問終わり）

第6問 生態系に関する以下の文を読み、問1～4に答えよ。

生態系に生息する生物集団は、生産者、消費者そして分解者の三種類に大きく分けられる。このうち、生産者と消費者の生物量や生産量を模式化した図は、生態系ピラミッドと呼ばれ、生態系の生物構造を知る上で有用である。森林生態系および外洋生態系における生物集団の生物量ピラミッドを図1に示すが、特に一次生産者と一次消費者の量的関係に大きな違いが認められる。

一次生産者が生産した有機物は、一次消費者、二次消費者、そしてさらに高次の消費者へと、食物連鎖を通して受け渡される。また、この食物連鎖の際に、生物にとって有害となる物質も高次の栄養段階の生物へ移行するが、ある種の物質では、高次の栄養段階の生物において濃度が高くなる現象も認められており、これは生物濃縮と呼ばれている。(A) 湾 A と湾 B における生物濃縮の状況を調査するため、両湾から、植物プランクトン、動物プランクトン、および大型肉食魚類のスズキを採取し、毒性物質として知られるダイオキシンの濃度を測定したところ、表1に示す結果が得られた。ここに示すように、(B) 同一種類でほぼ同じ大きさの個体においても、濃度の違いが認められることもある。

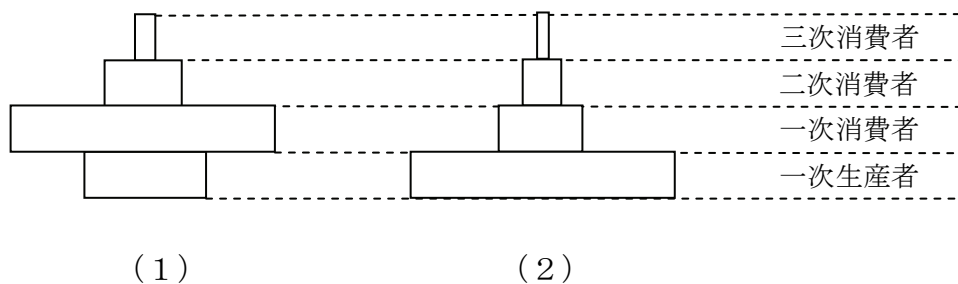


図1 生態系における生物量ピラミッド



表 1 湾 A および湾 B に生息する植物プランクトン、動物プランクトンおよびスズキ（魚類）の体内に含まれるダイオキシンの濃度。生物の乾重量あたりの毒性等量（TEQ）として示す(pg-TEQ/g)

	湾 A	湾 B
植物プランクトン	0.05	0.04
動物プランクトン	0.06	0.06
スズキ（同程度の体長の個体）	1.88	6.32

問 1 図 1 に示す（1）および（2）の生物量ピラミッドは、森林生態系と外洋生態系のどちらを示したものですか。それぞれについて答えなさい。また、そう考える理由を述べなさい。

問 2 下線部（A）について、湾 A と B の海水に含まれるダイオキシンの濃度は下記のいずれにあたりと考えられますか。表 1 を参考に下記から選び記号で答えなさい。またそう考える理由を述べなさい。

（ア）ほぼ等しい （イ）Aの方が高い （ウ）Bの方が高い

問 3 下線部（B）について、スズキのダイオキシン濃度が、湾 A に比較して湾 B において高い値を示す理由について、食物連鎖の観点から論じなさい。

問 4 物質が生物濃縮しやすいか否かは、その物質がもつ化学的特性に大きく依存している。最も影響を与えると思われる化学的特性を答えなさい。また、なぜその特性が生物濃縮に影響を与えるかを説明しなさい。

（第 6 問終わり）

**第7問 原生生物に関する以下の文を読み、問1～4に答えよ。**

原生生物（プロティスト）は、図1で示すように、真核生物の中でも、多様な単細胞生物を含む大きなグループである。五界説での植物界・菌界・動物界などの真核生物のグループが、明確な特徴で区別されてきたのに比べると、原生生物の特徴は多様で、従属栄養生物のもの独立栄養生物のものもあり、また、生殖形態もさまざまである。そのため、現在の生物学者は、1つにまとめるのではふさわしくないと考え始めている。代わりに、複数のスーパーグループにまとめる方向にある。このグループの生物に関する以下の設問に答えなさい。

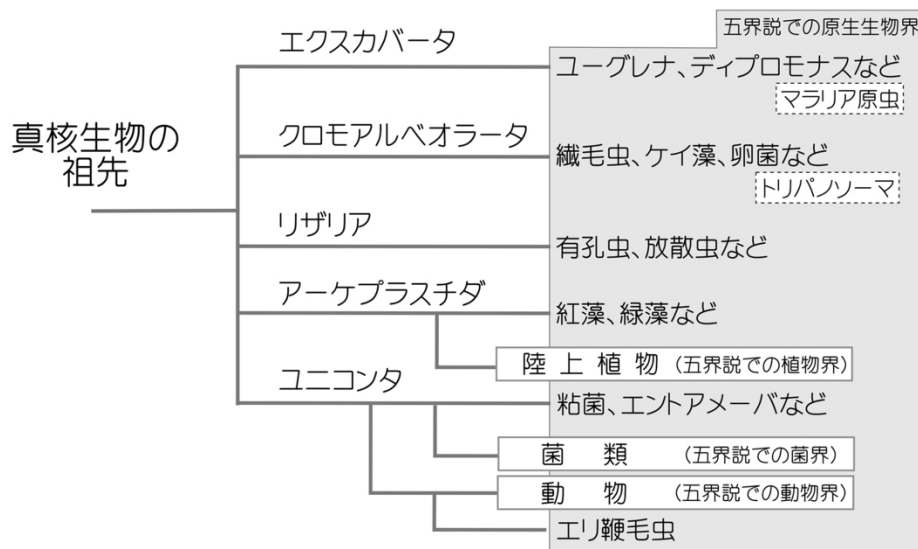


図1 最新の真核生物の系統樹仮説

問1 大きな分類群である動物界と菌界の特徴はなにか。その共通点と相違点をそれぞれ2つずつあげなさい。

問2 スーパーグループの1つ、エクスカバータに属するトリパノゾーマ (*Trypanosoma brucei*) は、ツェツェバエを介してヒトの体内に入り、アフリカ睡眠病を引き起こす。体内に侵入したトリパノゾーマは、数週間もの間、ヒトの血液中で生き残り、やがて、脳内に侵入して不眠症を引き起こす。この原生生物が、血液中で長期間生き残ることのできるの、どのようなしくみを持つためか。数行以内で簡潔に説明しなさい。

問3 スーパーグループの1つ、アルベオラータに属するマラリア原虫 (*Plasmodium*) は、ハマダラカなどを介してヒトの体内に入り、発熱を繰り返すマラリアを引き起こす。このマラリアと、遺伝的な貧血症である鎌状赤血球症 (Sickle-cell disease) との間で知られている疫学的な知見 (疾患の頻度や分布に関する研究を行う分野) とは何か。簡潔に解説しなさい。

問4 鎌状赤血球症を治癒する方法として、ある研究者が、遺伝子療法を考案した。ヒトが成人になると発現しなくなるが、胎児の時に多く発現するヘモグロビンを人工的に発現させる方法である。鎌状赤血球症を発症しているモデルマウスで試験し、その貧血症状を軽減することに成功した。この胎児性ヘモグロビンは成人ヘモグロビンとはどのような点が異なるか、また、鎌状赤血球症の症状を軽減できた理由は何と推測できるか。簡潔に述べなさい。

(第7問終わり)