

# 平成 22 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 22 年 2 月 25 日

## 理 科

物 理…… 4 ～21ページ、化 学……22～33ページ

生 物……34～47ページ、地 学……48～58ページ

| 志 望 学 部        | 試 験 科 目                    | 試 験 時 間                    |
|----------------|----------------------------|----------------------------|
| 理 学 部<br>農 学 部 | 物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択 | 13 : 30～16 : 00<br>(150 分) |
| 医 学 部<br>歯 学 部 | 物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択     |                            |
| 薬 学 部<br>工 学 部 | 物理(指定), 化学(指定)             |                            |

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子、解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は、58 ページである。問題冊子の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。
3. 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。
4. 解答用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はっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は、必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。

## 生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)～(6)に答えよ。

細胞は熱や紫外線などの外部環境の影響を受け、それに順応するように遺伝子発現を調節する。そのような外部環境の一つに酸素濃度がある。ほ乳類では赤血球により運ばれる酸素量が低下した場合、電子伝達系が局在するミトコンドリアでの ATP 合成が低下する。細胞はエネルギー不足におちいるのを防ぐため、細胞質で行われる解糖系の ATP 合成が活性化される。解糖系はグルコースをピルビン酸という物質に分解する  種の酵素からなる代謝経路であるが、1分子のグルコースから  分子の ATP を合成することができる。酸素濃度が低下した条件下で ATP 合成を継続するには  $\text{NAD}^+$  (補酵素 X とよばれる) が供給される必要があるが、ピルビン酸が  に変わることにより  $\text{NAD}^+$  は供給される。解糖系のいくつかの酵素の量は酸素濃度の低下により増加する。これは酸素濃度の低下を感知した調節タンパク質 Y によって、解糖系の酵素遺伝子が活性化され、それらの伝令 RNA の合成が増大するからである。伝令 RNA 以外に、運搬 RNA や  も RNA ポリメラーゼにより合成される。

問(1)  ～  に適切な語句や数字を入れよ。

問(2) 赤血球は低酸素環境下でも解糖系の酵素量を増やすことができない。その理由を枠内に記せ。

問(3) Y のような調節タンパク質は機能を発揮するために、分子内にどのような部分をもっているか。2つ枠内に記せ。

問(4) 電子伝達系で放出されるエネルギーは、どのようなしくみで ATP 合成に使われるか。そのしくみを枠内に記せ。

問(5) RNA ポリメラーゼの性質を述べた次の文章①～④のうち、正しいものすべてを選び、記号で記せ。

- ① ATP, GTP, CTP, TTP を基質とする。
- ② 遺伝子のうち、伝令 RNA の塩基配列に対応する部分(エキソン)も、対応しない部分(イントロン)も鋳型にする。
- ③ 部分的にほどこけた DNA のうち、一方を鋳型にする。
- ④ 核で働くほか、一部はリソソームでも機能する。

問(6) 細胞内の調節タンパク質 Y の量は、酸素濃度が低下すると急速に増加する。図 1 はその様子を調べた結果で、実験をはじめて 1 時間後に酸素濃度を低下させた場合の、調節タンパク質 Y のタンパク質量の変化を示している。この急速なタンパク質量の増加の原因を調べるために、調節タンパク質 Y の伝令 RNA 量とそれを鋳型にしたタンパク質 Y のタンパク質合成速度の時間変化を調べたところ、それぞれ図 2、図 3 に示した結果となった。これらの 3 つの図を参考にして、酸素濃度の低下によって調節タンパク質 Y のタンパク質量が急速に増加した理由を枠内に記せ。

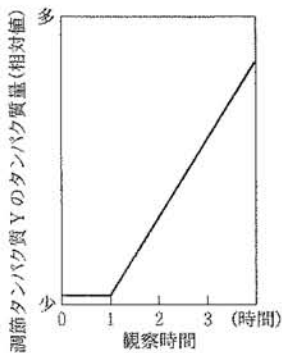


図 1

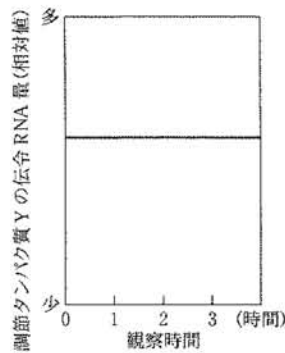


図 2

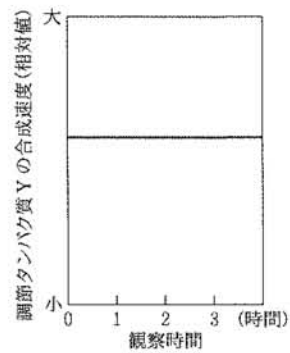


図 3

2 次の文章を読み、以下の問(1)~(5)に答えよ。

血液中の酸素は、赤血球内のヘモグロビンと化学的に結合している結合酸素と、血液中に物理的に溶解している溶存酸素の2つの状態で存在している。溶存酸素の量はおもに血中酸素分圧に規定されるのに対し、結合酸素の量は生体内の種々の因子の影響を受ける。

成人のヘモグロビンの95%は、 $\alpha$ 鎖と $\beta$ 鎖とよばれる2種類のポリペプチドから構成される **あ** 量体構造でHbAとよばれる。1本のポリペプチドに **ア** が **い** 分子結合し、これに酸素 **う** 分子が結合する。**ア** は **イ** 原子を中央に配位したポルフィリン誘導体で、この **イ** 原子に酸素を結合させることによりヘモグロビンは血流を介して各組織へ酸素を運搬する。肺のように酸素分圧の高い環境ではヘモグロビンは酸素と結合して鮮やかな赤色を呈し、酸素分圧が低い末梢組織では酸素を放出して暗赤色を呈する。

アフリカのマラリアが流行する地域にみられるかま状赤血球症は、 <sup>(a)</sup> 遺伝子異常によって赤血球のかま状変形をきたす遺伝性貧血症で、ヘモグロビンの $\beta$ 鎖の6番目のアミノ酸である **ウ** がバリンに置換していることがおもな原因である。**ウ** を指定するコドンのうち1つの塩基が置換されたことが、このようなアミノ酸配列の変化をもたらし、タンパク質の高次構造にまで変化を起こすことが知られている。

ミオグロビンは **エ** 中に含まれる、ヘモグロビンと類似した構造を有する色素タンパク質であるが、ヘモグロビンと異なり **え** 本のポリペプチドからなる。ミオグロビンは低酸素分圧で **オ** 。

<sup>(b)</sup> ヒト胎児は、母体の子宮内で胎盤を介して母体血液から酸素の供給を受けている。胎児のヘモグロビンのほとんどは $\alpha$ 鎖と $\gamma$ 鎖によって作られ、HbFとよばれる。血液中 <sup>(c)</sup> でHbFとHbAとの間には酸素との結合のしやすさに差があり、 この差は胎児環境にとって有利である。生後HbFは次第にHbAに置き換わっていく。

問(1)  ～  に適切な語句を、 ～  に適切な数字を、それぞれ入れよ。

問(2) 下線部(a)について、次の(i)～(iii)に答えよ。

- (i) ヒトにとってかま状赤血球症の変異遺伝子が有害であるにもかかわらず下線部(a)の地域で消滅しない理由を枠内に記せ。
- (ii) (i)のように、生物に無目的に起きる遺伝的な変異を選別し、進化に方向性を与えるという説は何とよばれているか。枠内に記せ。
- (iii) 1858年に(ii)の説を体系化して発表した2名の学者の名を枠内に記せ。

問(3) 下線部(b)について、次の(i), (ii)に答えよ。

- (i)  に入る適切な語句を次の①～③から1つ選び、記号で答えよ。
  - ① ヘモグロビンと同程度に酸素と結合する。
  - ② ヘモグロビンより酸素と結合しやすい。
  - ③ ヘモグロビンより酸素と結合しにくい。
- (ii) 下線部(b)の性質はヘモグロビンとミオグロビンの役割を考える上で重要である。ミオグロビンの局在する組織の機能と関連づけてその役割を枠内に記せ。

問(4) 下線部(c)について、次の(i), (ii)に答えよ。

- (i) 血液中でのHbFとHbAの酸素との結合のしやすさについて、次の①, ②から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。
  - ① HbFはHbAより酸素と結合しやすい。
  - ② HbFはHbAより酸素と結合しにくい。
- (ii) 生後HbFがHbAに置き換わることで生体にもたらされる利点を枠内に記せ。

問(5) 血液中ヘモグロビン濃度が 15.0 g/デシリットルのヒトの混合静脈血\*の酸素飽和度と酸素分圧を測定したところ、それぞれ 75.0 %、40.0 mmHg であった。

このヒトの動脈血 100 ml あたりから何 ml の酸素が消費されているかを計算せよ。

ただし、このヒトの動脈血の酸素飽和度は 100 %、酸素分圧は 100 mmHg とする。また、溶存酸素は血液 100 ml につき 0.00300 ml/mmHg の割合で溶解しており、1.00 g のヘモグロビンは 1.40 ml の酸素と結合しうるものとする。

\*混合静脈血とは、身体各部位を流れる静脈血が完全に混合した肺動脈の血液をいう。

——このページは白紙——

3 大腸菌のアミノ酸の生合成経路に関する文章(I)～(IV)を読み、以下の問(1)～(8)に答えよ。

(I) 大腸菌の K 12 株は、炭素源としてグルコース、窒素源としてアンモニア、およびその他の微量必須元素を含む単純な合成培地(最少培地)で増殖することができる。このことは、タンパク質の構築単位であるアミノ酸すべてを大腸菌が合成できることを意味している。アミノ酸は、細胞が取り込んだグルコースを分解して得たエネルギー(ATP)を消費してつくられる生合成産物である。<sup>(a)</sup> ATP の浪費は生存上不利になるので、大腸菌は必要以上のアミノ酸を合成しない。したがって、大腸菌が活発に増殖しているときには、すべてのアミノ酸の生合成速度はバランスがとれ、各アミノ酸の生成量は過不足が生じないように厳密に調節されている。このアミノ酸の生合成は、おもに生合成酵素の活性と量の調節によって制御されている。

問(1) 下線部(a)の、細胞が取り込んだグルコースを分解してエネルギーを生産する代謝反応のことを何とよぶか。その名称を枠内に記せ。

問(2) 下線部(b)に示す問(1)で獲得したエネルギー(ATP)を消費してタンパク質などの生体分子をつくる代謝反応のことを何とよぶか。その名称を枠内に記せ。

(II) セリンは、解糖系の中間体である 3-ホスホグリセリン酸から 3 段階の連続する酵素反応によって合成される(図 1)。大腸菌を変異処理(X 線照射)してセリン要求性変異株を多数分離し、最少培地に中間体 1、中間体 2 あるいはセリンを添加した培地上で変異株の生育能を評価した(セリン以外の栄養要求性に関する性質は考慮しなくてよい)。その結果、酵素 C の遺伝子を変異した変異株は、最少培地にセリンを添加した培地で生育することができたが、中間体 1 あるいは中間体 2 を添加した培地では生育できなかった。

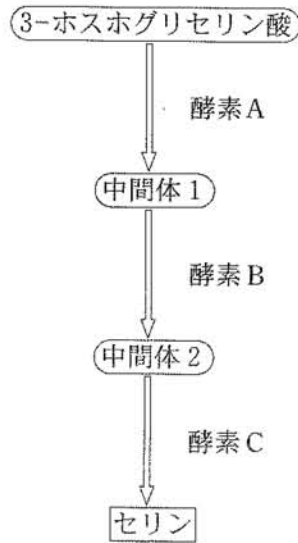


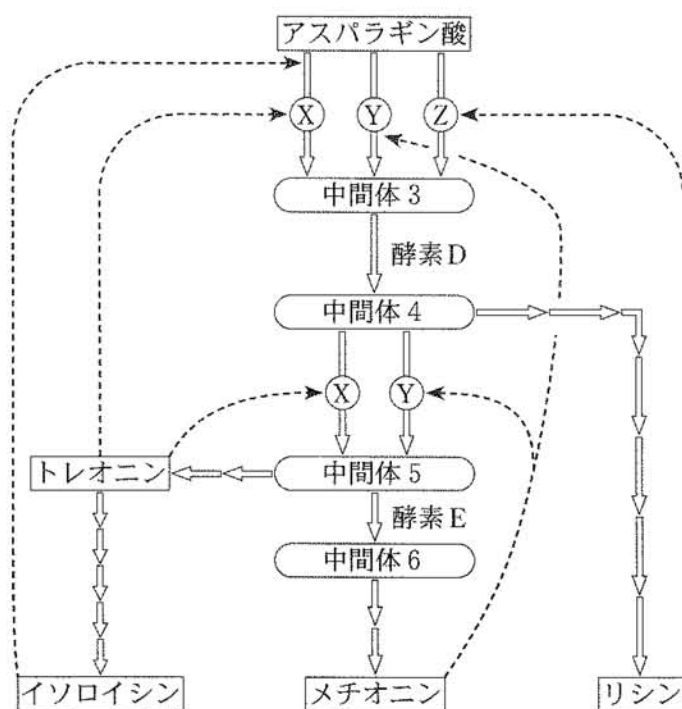
図 1

問(3) 得られたセリン要求性変異株のうち酵素 B の遺伝子に変異した変異株は、次に示す①～④の培地で生育するか否かについて、“生育”あるいは“非生育”のいずれかの語句で記せ。ただし、3-ホスホグリセリン酸、中間体 1、中間体 2 は細胞内に取り込まれるものとする。

- ① 最少培地に 3-ホスホグリセリン酸を添加した培地
- ② 最少培地に中間体 1 を添加した培地
- ③ 最少培地に中間体 2 を添加した培地
- ④ 最少培地にセリンを添加した培地

(Ⅲ) 共通の中間体から分岐した経路で異なる複数の産物を生成する合成経路は、図 1 に示した直列的な経路に比べ複雑な制御系を有している。よく知られている例は、大腸菌のアスパラギン酸からリシン、メチオニン、トレオニン、イソロイシンが生成する経路である(図 2)。この経路の特徴は、1 つの反応を複数の酵素が触媒する段階があることである。このように同じ反応を触媒する異なる酵素のことをアイソザイムという。図 2 に示した経路では、アスパラギン酸から中間体 3 を生成する反応を 3 つのアイソザイムが、中間体 4 から中間体 5

を生成する反応を2つのアイソザイムが触媒する。各アイソザイムの活性あるいは合成は、異なるアミノ酸による制御を受ける。その結果、全体としてバランスを保ったアミノ酸の合成が達成されている。たとえば、細胞内のメチオニンとリシンの量が一定レベルを超えるとそれぞれのアミノ酸によって酵素Yと酵素Zの合成が抑えられる。しかし、酵素Xがまだ存在しているのでアスパラギン酸からの代謝は継続し、細胞が必要とするトレオニンとイソロイシンの合成は起こる。



白矢印は個々の酵素反応を示す。点線矢印は代謝産物による酵素反応の阻害あるいは酵素の合成の抑制を示す。

X, Y, Zは、酵素X, 酵素Y, 酵素Zを表す。酵素Xと酵素Yは、それぞれ異なる2つの酵素反応を触媒する多機能酵素である。

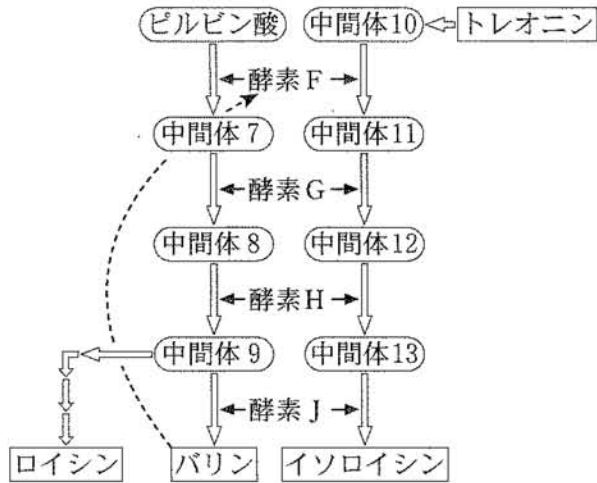
図2

問(4) 突然変異により酵素 D が機能しなくなった変異株が、最少培地で生育するために添加する必要のあるアミノ酸の名称をすべて記せ。

問(5) 1つの酵素の遺伝子に突然変異が起きる頻度(変異頻度)を  $1 \times 10^{-8}$  としたとき、中間体 4 から中間体 5 を生成する反応を触媒する異なる酵素 X と酵素 Y が同時に突然変異を起こす変異頻度を(あ)に記せ。また中間体 5 から中間体 6 を生成する反応を触媒する酵素 E と酵素 Y が同時に突然変異を起こす変異頻度を(い)に記せ。ただし、個々の遺伝子の変異頻度はすべて  $1 \times 10^{-8}$  とする。

問(6) 問(5)で突然変異を起こした酵素 X、酵素 Y および酵素 E は機能しないとする。このとき酵素 X と酵素 Y が同時に突然変異を起こした変異株が生育するために、最少培地に添加する必要のあるアミノ酸の名称を(う)にすべて記せ。また、酵素 E と酵素 Y が同時に突然変異を起こした変異株が生育するために、最少培地に添加する必要のあるアミノ酸の名称を(え)にすべて記せ。

(Ⅳ) バリン、イソロイシン、ロイシンは構造がよく似ており、共通した合成経路を経て合成される(図 3)。この経路の際立った特徴は、バリンとイソロイシンを生成する 4 つの酵素反応が同じ酵素によって触媒されることである。これらのアミノ酸の合成系も、他のアミノ酸の合成系と同様に最終産物であるバリン<sup>(c)</sup>によって共通する経路の初発反応が阻害されることが知られている。

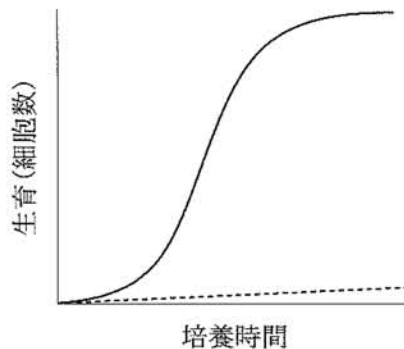


白矢印は個々の酵素反応を示す。点線矢印はバリンによる酵素Fの阻害を示す。

図3

問(7) 下線部(c)のような生成物によって合成経路の最初の反応が阻害される形式を何とよぶか。その名称を枠内に記せ。

問(8) この大腸菌を最少培地で培養する際、バリンを少量添加すると図4に示すように生育が阻害される。この生育阻害の理由を枠内に記せ。



実線は最少培地での大腸菌の増殖を表し、点線は最少培地にバリンを少量添加したときの増殖を表す。

図4

——このページは白紙——

4 次の文章を読み、以下の問(1)~(6)に答えよ。

非生物的環境はさまざまなかたちで生物の生活に影響を与える。これを  という。一方、生物の生活もさまざまなかたちで非生物的環境に影響を与える。これを  という。 の例として、森林内部の非生物的環境が森林外部と大きく異なることがあげられる。

が多い地域では、森林が発達しやすい。どのような森林が発達するかは気温によって異なる。分類群で見ると、年平均気温が4℃を下回る地域の極相林では  に属する樹木が優占することが多いのに対し、4℃以上の地域の極相林では  に属する樹木が優占することが多い。

火山の噴火や山火事によって群落が破壊されると、破壊前の優占種とは異なる種が出現することが多い。しかし、時間の経過に伴い、種組成が変化し、もとの比較的安定な状態に遷移する。遷移は、群落がどのように破壊されたかによって<sup>(a)</sup>一次遷移と二次遷移に分類される。

問(1)  ~  に適切な語句を入れよ。

問(2)  と  に入る分類群を次の①~④からそれぞれ1つ選んで記号で記せ。

- ① コケ植物      ② シダ植物      ③ 裸子植物      ④ 被子植物

問(3) 下線部(a)の一次遷移と二次遷移の分類基準を枠内に記せ。

問(4) 北半球では、一般に、総一次生産量は南方の森林よりも北方の森林のほうが低い。

(i) この原因として主要なものを2つあげ枠内に記せ。

(ii) (i)で答えたそれぞれの原因について、南方の森林と北方の森林の総一次生産の違いをもたらすしくみを枠内に記せ。

問(5) 図1は北半球のある場所に存在する極相林の林床で測定した光強度の季節変化を示している。

(i) 図1の光強度の季節変化は、どの地点で測定されたと考えられるか。

図2の地図上の点I～Vのうちから1つ選び枠内に記せ。

(ii) (i)で解答した地点を選んだ理由を枠内に記せ。

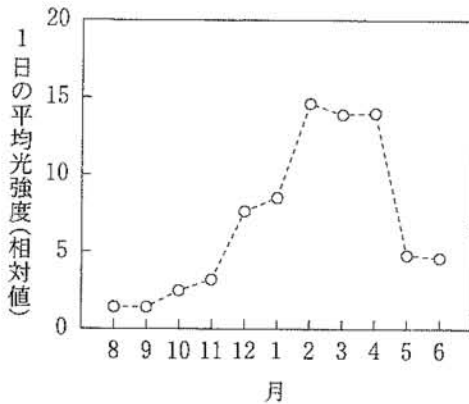


図1

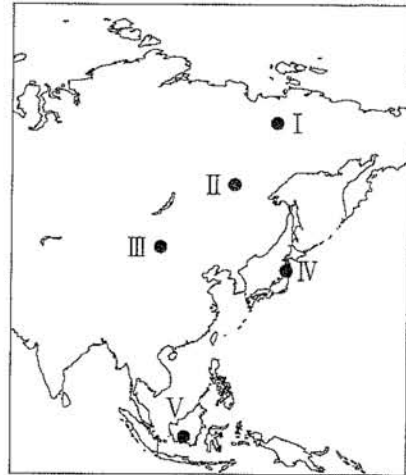


図2

問(6) 次の文章を読み、以下の(i), (ii)に答えよ。

ある森林において植物の10年間の物質生産を調べ、1年あたり、 $1\text{m}^2$ あたりで表したところ、総一次生産の平均値が $2.0\text{kg}$ 、純一次生産の平均値が $1.4\text{kg}$ 、被食量の平均値が $0.1\text{kg}$ 、枯死量の平均値が $1.3\text{kg}$ であると計算された。

(i) 調査を開始した年の植物の現存量(生きている植物の総重量)が $1\text{m}^2$ あたり $16\text{kg}$ であった。10年後の現存量は $1\text{m}^2$ あたり何 $\text{kg}$ となるかを枠内に記せ。

(ii) この森林において、大気中の二酸化炭素に含まれる炭素が、光合成によって植物に吸収されてから、呼吸や枯死などにより生きている植物から放出されるまでの平均時間を求め、その計算過程とともに枠内に記せ。計算過程の説明には図を用いてもよい。