

令和3年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

●総合選抜

理系Ⅰ，理系Ⅱ，理系Ⅲ

●学類・専門学群選抜

人間学群 (教育学類，心理学類，障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類，生物資源学類，地球学類)

※生物資源学類，地球学類で地理歴史を選択する者は，
地理歴史と理科1科目を合わせて120分

理工学群 (数学類，物理学類，化学類，応用理工学類，
工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

医学群 (医学類，医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	13
生	物	26
地	学	41

注 意

1. 問題冊子は1ページから47ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し，志望する学類の出題科目を解答すること。

選 抜 区 分・学 類		出 題 科 目				備 考
		物理	化学	生物	地学	
総合選抜	理系Ⅰ					◎印の物理は必須，○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	数学類 物理学類 応用理工学類 工学システム学類	◎	○	○	○	
学類・専門学群選抜	化学類	○	◎	○	○	
学類・専門学群選抜	生物資源学類 地球学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
総合選抜	理系Ⅱ 理系Ⅲ	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生物学類 情報科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	医療科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	教育学類 心理学類 障害科学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	看護学類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答

生 物

次ページ以降の問題Ⅰ～Ⅳについて解答せよ。解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。解答文字数を指定している設問については、数字、アルファベット、句読点、括弧、その他の記号とも、すべて1字として記入せよ。ただし、濁点および半濁点は1字とはしないこと(たとえば、「が」を「かゝ」とはしない)。

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

真核生物の多くは細胞内にミトコンドリアを有し、酸素を利用する好気呼吸によってATPの大部分を合成している。^(a)しかし、真核生物の中には、酸素濃度が低い低酸素環境でも生息可能な生物や、生活環の一部あるいは全てにおいて低酸素環境で生息する生物もいる。

そうした生物の代表的な例として、酵母菌が挙げられる。酵母菌は、好気呼吸によるATP合成も行うが、低酸素環境下でもATPを合成できることが知られている。^(b)

また、線虫の一種で、ブタやヒツジなどの比較的大型な哺乳類を宿主とし、ヒトも感染することがあるブタ回虫は、卵、幼虫期、成虫期の生活環の中でATP合成のための反応を変化させる生物である。ブタ回虫の卵～幼虫期は通常の酸素濃度下で過ごす。宿主に侵入すると、肺や肝臓などを経て最終的には酸素濃度が低い小腸で成虫となる。成虫期のブタ回虫は、幼虫期にATP合成のために用いていた反応の一部をそのまま利用しつつ、成虫期固有の代謝系を新たに構築することによって、この低酸素環境に対応している。^(c)

このように、一部の生物は、ATP合成のための反応系を切り替えることによって生息環境の酸素濃度に適応している。^(d)

問 1 下線部(a)について、ミトコンドリアの一般的な特徴を説明した下記の文章中の空欄 1 ~ 5 に当てはまる適切な語を、下の選択肢ア~ソの中から選べ。

ミトコンドリアは、好気呼吸を行っていた 1 の一種が原始的な真核細胞と共生することによって誕生したと考えられている。その重要な根拠の一つとして、ミトコンドリアが核とは異なる独自の 2 をもっていることが挙げられる。さらに、ミトコンドリアが二重の膜構造をもつ点や、その二重膜のうち 3 は共生した 1 に由来する一方で、 4 は宿主となった細胞自身の膜が陥入して形成されたと考えられている点なども、この仮説を支持する根拠である。ミトコンドリアと同じように独自の 2 をもち、 1 の一種が共生して生じたと考えられる細胞小器官に、 5 がある。

- | | | | |
|----------|---------|------------|--------|
| ア. RNA | イ. 内膜 | ウ. 大腸菌 | エ. 細菌 |
| オ. ミドリムシ | カ. 被膜 | キ. DNA | ク. 細胞膜 |
| ケ. 古細菌 | コ. ゴルジ体 | サ. 核膜 | シ. 外膜 |
| ス. 葉緑体 | セ. 小胞体 | ソ. ミュータンス菌 | |

問 2 下線部(b)の反応は、様々な形で私たちの生活に活用されてきた。酵母菌が行うこの反応の名称を答えよ。また、一般的にこの反応が直接関わって製造されている食品を次の選択肢ア~コの中から 2 つ選べ。

- | | | | |
|---------------|--------|--------|---------|
| ア. ヨーグルト | イ. ワイン | ウ. 食酢 | エ. 納豆 |
| オ. キムチ | カ. 紅茶 | キ. チーズ | ク. かつお節 |
| ケ. シュールストレミング | コ. パン | | |

問 3 下線部(C)に関連して、以下の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 図1と図2は、ブタ回虫の幼虫期と成虫期のATP合成反応経路の一部を簡略化して模式的に図示したものである。両図において、実際にATP合成が行われている反応をA~Gの中からそれぞれ記号で答えよ。

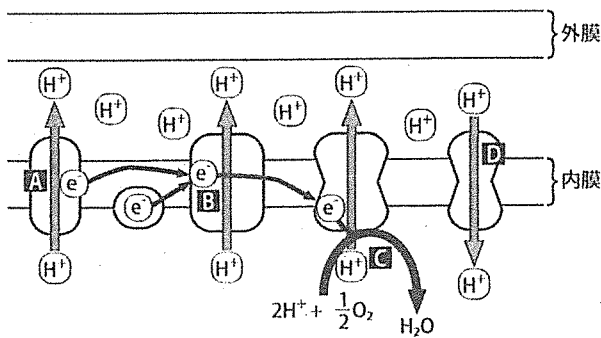


図1

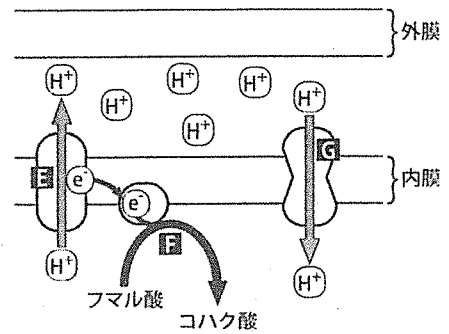


図2

- (2) 幼虫期のATP合成反応経路を示しているのは、図1と図2のどちらであると考えられるか。また、その理由を30字以内で記せ。
- (3) 図2中の反応Fに対する阻害剤は、ブタ回虫の寄生によって発症するブタ回虫症の治療薬になり得ると期待されている。阻害剤の標的として、反応Fが適していると考えられる理由を50字以内で記せ。

問 4 酵母菌とブタ回虫の低酸素環境下における ATP 合成反応は、いずれも下線部(d)の例である。この二つの反応の共通点と相違点を説明した下記の文を読み、文中の空欄 ~ に当てはまる語句の組み合わせのうち、最も適切なものを下の選択肢ア～クの中から選べ。













酵母菌とブタ回虫の低酸素環境下における ATP 合成反応で得られる ATP 量は、いずれも一般的な によって得られる ATP 量よりも という点が共通している。一方、同じ低酸素環境下で起こる反応でありながら、酵母菌の反応は全過程が で行われるのに対し、ブタ回虫の反応は に加えて も重要な反応の場となる。

	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>
ア	基質レベルリン酸化	多い	細胞質基質	ミトコンドリア
イ	基質レベルリン酸化	多い	ミトコンドリア	細胞質基質
ウ	基質レベルリン酸化	少ない	細胞質基質	ミトコンドリア
エ	基質レベルリン酸化	少ない	ミトコンドリア	細胞質基質
オ	酸化的リン酸化	多い	細胞質基質	ミトコンドリア
カ	酸化的リン酸化	多い	ミトコンドリア	細胞質基質
キ	酸化的リン酸化	少ない	細胞質基質	ミトコンドリア
ク	酸化的リン酸化	少ない	ミトコンドリア	細胞質基質

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物ホルモンは、植物の成長や発生、環境への応答などの生理反応を制御している。現在までに知られている植物ホルモンとして、オーキシン^(a)、エチレン^(b)、アブシシン酸などがある。

エチレンは様々な生理反応に関わっている。暗所で生育したシロイヌナズナの芽生えをエチレンで処理すると、茎頂部が強く屈曲するフック形成、胚軸の伸長抑制と肥大、根の伸長抑制という、三重反応と呼ばれる3つの特徴的な形態変化が観察される。この形態(三重反応様形態)を指標にして、シロイヌナズナから多くの突然変異体を得られている。図に示されるa、b、c変異体は、この生理反応に異常を示す突然変異体である。a変異体ではAタンパク質、b変異体ではBタンパク質、c変異体ではCタンパク質をコードする遺伝子が機能を失っている。また、ab変異体ではAとBタンパク質をコードする遺伝子両方が、ac変異体ではAとCタンパク質をコードする遺伝子両方が機能を失っている。a変異体はエチレンを与えなくても三重反応様形態となる。一方、bおよびc変異体は、エチレンを与えても三重反応様形態とならない。ab変異体はエチレンを与えなくても三重反応様形態となり、ac変異体はエチレンを与えても三重反応様形態とならない。

	野生型	a変異体	b変異体	c変異体	ab変異体	ac変異体
エチレン処理なし						
エチレン処理あり						

問 1 下線部(a)について、本文中に示されていない植物ホルモンを3つ記せ。

問 2 下線部(b)のオーキシンは、植物の細胞成長における体積増加を促進するはたらきをもっている。この細胞の体積増加において、形や大きさが著しく変化する細胞内構造として最も適切なものを、以下のア～オから選び記号で記せ。

ア. 葉緑体 イ. 細胞板 ウ. 液胞 エ. 核 オ. ミトコンドリア

問 3 エチレン受容体遺伝子の突然変異体は、どの変異体と同じ表現型を示すと考えられるか。a, b, c, ab, ac の記号を用いて全て答えよ。

問 4 次の模式図は、野生型のエチレン信号伝達経路を示したものである。A, B, Cの中でCは最も下流に位置し、三重反応を誘導するエチレン応答遺伝子の発現を促進している。< >の中にはA, Bを、()の中には促進または抑制を、例を参考に記入し模式図を完成せよ。A, B, Cはそれぞれタンパク質を表す。

模式図

エチレン
()
< >
()
< >
()
< C >
(促進)
エチレン応答遺伝子

例

XがYを促進する場合

< X >

(促進)

< Y >

XがYを抑制する場合

< X >

(抑制)

< Y >

問 5 Dタンパク質をコードする遺伝子が機能を失っている d 変異体では, a 変異体と同様にエチレンを与えなくても三重反応様形態となる。しかし, エチレンを与えずにエチレン合成阻害剤で処理した時, a 変異体は三重反応様形態となるのに対し, d 変異体では三重反応様形態とならない。Dタンパク質は, どのような機能をもっていると考えられるか。次のア～オの中から最も適切なものを選べ。

- ア. エチレン合成遺伝子の発現を促進する。
- イ. エチレン合成遺伝子の発現を抑制する。
- ウ. エチレンが結合する受容体である。
- エ. エチレン応答遺伝子の発現を促進する。
- オ. エチレン応答遺伝子の発現を抑制する。

問 6 カーネーションにはエチレン応答に変異がみられる品種が存在する。c 変異体に相当する変異がみられるカーネーションの品種で切花を作成したとき, 野生型と比較して, どのような違いが観察されると考えられるか。20 字以内で説明せよ。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

脊椎動物において、個体をつくる細胞には、形と大きさが同じ一对の染色体が存在する。その一方の染色体はオス親に由来し、もう一方の染色体はメス親に由来する。この対になっている染色体を 染色体という。このうち、オスとメスで共通してみられる染色体を 染色体といい、オスとメスで異なる染色体を性染色体という。多くの動物で、この性染色体上には性決定に関わる遺伝子がある。

遺伝型による性決定様式には、オスで性染色体がヘテロのXY型や、メスで性染色体がヘテロのZW型がある。また、動物によっては、温度などの環境要因が性決定に影響するものもある。^(a) ヒトを含む哺乳類にはXY型の性決定様式をとるものが多くみられ、Y染色体はX染色体に比べ、サイズが小さく、含まれる遺伝子も異なっている。一方、魚類のY染色体は、大きさや含まれる遺伝子とその配置がX染色体とほぼ同じである。特に、トラフグはX染色体とY染色体の間で決まった位置の塩基対が1つ異なること^(b)によって性が決まる。

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)のような、環境要因が性決定に影響する魚種の一つとしてヒラメが知られている。ヒラメの性決定様式はXY型で、精巣をもつオスと卵巣をもつメスが1対1で出現する。しかし、性が決まる時期に高水温下で飼育すると、XX染色体をもつ個体も精巣が発達しオスになる。そのため、全ての個体が精巣をもちオスとして振る舞う。性が決まる時期に高水温下で飼育したヒラメと、通常水温で飼育した卵巣をもつメスをランダムに交配することによって得られる次世代のオスとメスの個体数の比を答えよ。なお、次世代は通常水温で飼育しており、親世代の飼育温度は次世代の性に影響しないものとする。

問 3 下線部(b)に示した塩基対の相違に着目した、オスとメスの判別法について述べた次の文章を読み、以下の設問(1)~(4)に答えよ。なお、メスの二本の X 染色体間で塩基配列に違いはなく、オスでは性決定に関わる塩基対 1 つの違い以外には、X 染色体と Y 染色体の間に塩基配列の違いはないものとする。

二本鎖の DNA 断片は、加熱すると塩基の種類とその数によって決まる温度^(c)で一本鎖に解離する。この時、塩基間の結合が強いほど、二本鎖の解離する温度は高くなる。この特徴を利用して、二本鎖の塩基が相補的になっていない部分(ミスマッチ)を検出することで、トラフグのオスとメスを判別することができる。

個体ごとに抽出した DNA を鋳型として、性決定に関わる領域を PCR 法(ポリメラーゼ連鎖反応法)により増幅する。増幅した DNA 断片を十分に加熱し一本鎖に解離する。その後、温度を下げると、相補的なヌクレオチド鎖はランダムに結合して再び二本鎖になる(再アニーリング)。この時、二本のヌクレオチド鎖の間にミスマッチが^(d)一か所あっても、他の部分が相補的であれば二本鎖が形成される。この再アニーリングした DNA 断片を再び加熱し、一本鎖に解離する温度を調べると、オス個体から抽出した DNA を PCR の鋳型として用いた場合、二本鎖が解離する温度は^(e)複数みられる。一方、メス個体から抽出した DNA を用いて同じ実験を行うと、再アニーリングした DNA 断片は、全て同じ温度で解離する。よって、再アニーリングした二本鎖の DNA 断片が解離する温度を調べることで、オスとメスを判別することができる。

(1) 下線部(c)について、二本鎖 DNA 断片中の塩基の種類と数が異なると、なぜ加熱により二本鎖 DNA が一本鎖に解離する温度が変わるのか。その理由を 50 文字以内で述べよ。

(2) 図1に示した配列A~Cの3種類の二本鎖DNA断片を混ぜた溶液を徐々に加熱した時、一本鎖に解離したDNA鎖の割合は図2のグラフのように変化すると考えられる。この時、配列A~Cの二本鎖DNA断片が、一本鎖に解離したと考えられる点をグラフ中のア~ウからそれぞれ選び、記号で記せ。なお、DNA断片が一本鎖か二本鎖かは、二本鎖DNAに結合している場合にのみ蛍光を発する試薬を用いることで調べることができる。

配列 A



配列 B



配列 C



図1 配列A~Cの塩基配列。5'はDNA鎖の5'末端を、3'はDNA鎖の3'末端を、また塩基間のたて線は相補的に対合していることを示す。

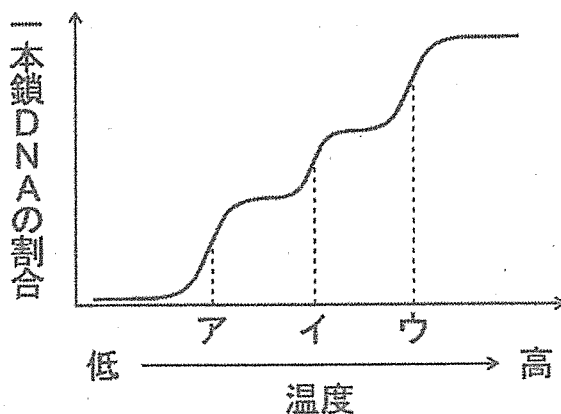


図2 温度による一本鎖DNAの割合の変化

- (3) 下線部(d)に示した再アニーリングにおいて、図3に示したX-1のヌクレオチド鎖と結合した配列を、図3に示したX-2鎖、Y-1鎖、Y-2鎖から全て選べ。

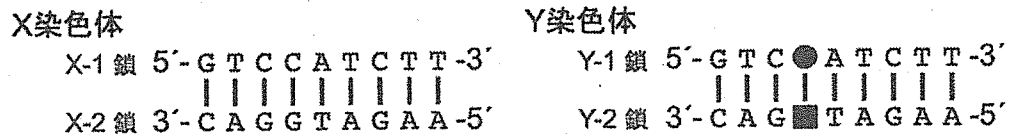


図3 X染色体とY染色体で、塩基が1つ異なる領域の配列。5'はDNA鎖の5'末端を、3'はDNA鎖の3'末端を、また塩基間のたて線は相補的に対合していることを示す。●と■は、X染色体とは塩基が異なる部分である。

- (4) 下線部(e)について、解離する温度が異なる2点であったとき、3点であったとき、図3の●の塩基として可能性があるものを全て答えよ。

また、解離する温度が異なる2点であったとき、その塩基を回答した理由を、50文字以内で述べよ。

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

タンパク質は、アミノ酸配列に応じた固有の立体構造をとり、機能を発揮する。立体構造を形成する過程を という。アミノ酸配列に変化がなくても、立体構造が壊れると機能も損なわれる。ここで、立体構造が壊れ、タンパク質の性質が変化することを という。また、 により機能が失われることを という。タンパク質は すると分子同士が集まりやすくなり、凝集体を形成する。細胞内でタンパク質が凝集すると、細胞死を引き起こすことがある。このため、細胞内には凝集したタンパク質を認識し、正しい立体構造の形成を補助する というタンパク質が存在する。

タンパク質は機能を発揮するため、他の分子と結合し、構造変化する場合が多い。例えば、アロステリック酵素はその代表例であるが、ヘモグロビンもヘム部位に酸素分子が結合することにより、構造変化する。ここでは、酵素に限らず、ある部位での分子結合が同じタンパク質の別の部位での分子結合を制御する効果も、アロステリック効果に含める。

ヘモグロビンの例でアロステリック効果をみていこう。ヘモグロビンは赤血球に含まれ、酸素分子の運搬に関わるタンパク質である。また、4つのポリペプチドから成る複合体を形成し、各々のポリペプチドに存在するヘムが酸素分子1つと結合する。ヘモグロビン1分子あたり4つのヘムが酸素分子と結合している割合は、溶液中の酸素分圧の変化に対して、急激に変化する。

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 ヘモグロビンの機能を説明するため、図 1 に示す理論モデルを考える。図 1 の丸と四角はそれぞれ、ヘムに酸素分子が結合していないポリペプチドと結合しているポリペプチドを示す。理論モデルでは、アロステリック効果によりポリペプチド間の相互作用が変化し、図 1 の隣合う四角は四角同士、丸は丸同士で安定に存在できるが、四角と丸が隣にある状態は不安定になる。ただし、相互作用は隣り合うポリペプチド同士のみを働くとし、対角線上に位置するポリペプチド同士の相互作用は考えない。ヘムに酸素分子 1 つが結合すると、結合したポリペプチドのみ、丸から四角に構造変化する。逆に、ヘムから酸素分子 1 つが解離すると、解離したポリペプチドのみ、四角から丸に構造変化する。ヘモグロビンは、酸素分圧に応じて図 1 に示す酸素結合数の異なる状態 A～状態 E をとり、各状態が混在している。ここで、図 1 の \rightleftharpoons は、各状態間の酸素分子の結合に伴う構造変化を表す。

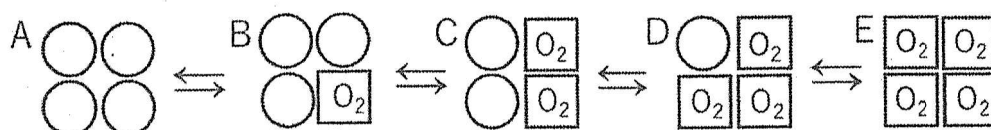
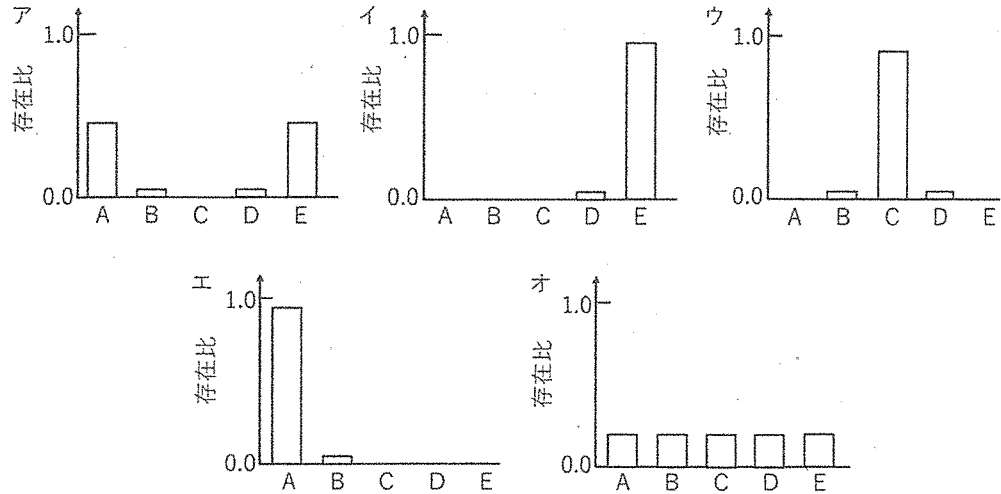


図 1 : ヘモグロビンの酸素結合モデル

- (1) ヘモグロビンの安定性を、ポリペプチド間の相互作用にスコアを与えることで考察する。ポリペプチド間のスコアの総和が大きいほど、ヘモグロビン全体として安定になる。ここで、丸と丸、四角と四角が隣接する場合は +1 のスコアを与える。また、丸と四角が隣接する場合は、-1 のスコアを与える。この規則に従い、ヘモグロビン全体の安定性について状態 A～状態 E のスコアを求めよ。また、各状態に対するスコアをもとに、安定に存在する全ての状態を A～E の記号で記せ。ただし、この理論モデルにおいて、ポリペプチド間の相互作用は、酸素分圧に依存しないものとする。

(2) 酸素分圧に対する状態 A～状態 E の存在比を考える。下記に示す存在比の模式図から、低酸素分圧から高酸素分圧の順に 3 つ選択し、ア～オの記号で記せ。



問 3 ヘモグロビンがアロステリック効果をもたない場合、酸素分子の結合の仕方は、酸素分圧に対してどのように変化すると考えられるか。アロステリック効果をもつ場合と対比させ、解答欄に図示せよ。アロステリック効果をもつ場合の酸素飽和曲線は、解答欄において破線で図示してある。

問 4 ヘモグロビンのアロステリック効果は、血中の酸素運搬にどのように役立っているか。60 文字以内で簡潔に記述せよ。