

## 慶應義塾大学医学部 生物

2024年 2月19日実施

### 【生物 (解答)】

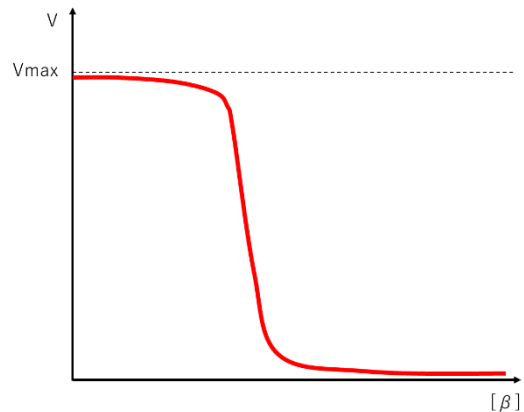
#### I

- 問 1 一次構造—ポリペプチドを構成するアミノ酸の配列順序。  
二次構造—水素結合などによる $\alpha$ ヘリックスや $\beta$ シートなどの規則的な構造。  
三次構造—二次構造をとったポリペプチドが S-S 結合などで折りたたまれた立体構造。  
四次構造—複数のポリペプチドから構成される立体構造。

問 2-1 右図

問 2-2 代謝産物の過剰産生を防ぎ、体内環境を一定に保つことができる。

問 3 四量体  $XB_4$  は、 $K_m$  [補酵素 Y] の値が著しく大きいため、補酵素 Y との親和性が大きく下がっており、遺伝子  $XB$  におけるアミノ酸置換によって、補酵素 Y との結合部位に変化があり、補酵素 Y が結合しにくくなったと考えられる。



問 4 単量体  $XB$  は活性部位を向かい合わせに強く結合する同じ二量体の単量体の  $XA$  を強く阻害し、二量体同士が弱く結合しているだけの別の二量体の単量体  $XA$  はほとんど阻害しない。

問 5 17%

問 6 遺伝子型  $XAXB$  のヘテロでも酵素活性は遺伝子型  $XAXA$  の場合の 1/6 程度となり、アルデヒドの分解性能が大きく下がるので、顕性(優性)と考えられる。

#### II

問 1 アー細胞骨格    イーアクチンフィラメント    ウー中間径フィラメント  
エーキネシン    オーダイニン    カーミオシン

問 2-1 微小管から成る紡錘糸が細胞の両端から伸びて染色体の動原体に付着し、縦裂面で分かれた姉妹染色体が紡錘糸に引っ張られて分離し、両端へ移動する。

問 2-2 キーべん毛    クー繊毛    ケーATP

問 3 接着結合において、接着タンパク質であるカドヘリンと結合し、細胞どうしの結合を強固にする。

問 4 原形質流動 (細胞質流動)

問 5 細胞分裂を止め、核膜の消失を防ぎ、核分裂を防ぐこと。

問 6 微小管空間の制約を加えることで、微小管やモータータンパク質の存在量が減少するため、それらの機能阻害剤の効果は小さくなると考えられる。

問 7-1 より大きな微小管空間が確保されることで、モータータンパク質が細胞膜成分を積み荷として微小管上を核へと輸送する量が増え、大きな核を形成することができる。

問 7-2 小胞体、粗面小胞体のリボソームでモータータンパク質を合成すること、ならびに膜成分を供給できるため、大きな核を形成するのに有利にはたらく。

### Ⅲ

問 1 アー共進化

例ーランとスズメガ

問 2-1 明期の始めに、イカの体内で増殖した Vf 菌が海水中に放出されることで一気に増加する。その後は海水中の Vf 菌が細胞分裂を行うことで緩やかに増える。

問 2-2 明るくなってイカの体内から海水中に放出された直後は Vf 菌が高密度に集中しているため 発光強度は急激に増加する。その後、海水中に拡散することによって低密度になり、Vf 菌が発光しなくなることで発光強度は急激に下がる。

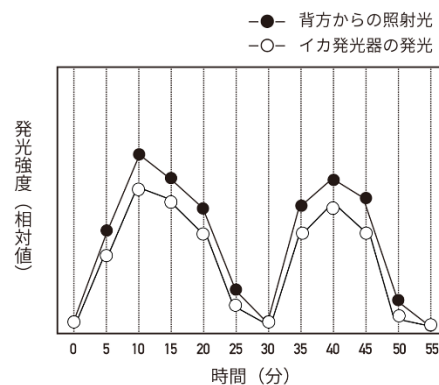
問 3 右図

問 4-1 Vf 菌だけに抗生物質耐性を持たせることで、抗生物質耐性を持たない他の菌を死滅させ、Vf 菌にだけコロニーを生じさせるため。

問 4-2 孔径  $0.22\mu\text{m}$  で海水を濾過すると、海水中の他の細菌を取り除くことができ、種間競争が緩和され、捕食者もいないことから Vf 菌はよく増殖した。天然海水や孔径  $5\mu\text{m}$  で濾過しても他の細菌や捕食者が除かれることなく、種間競争や捕食によって Vf 菌の増殖は抑制される。

問 5 イカの発光器内という他の菌や捕食者が存在しない環境で増殖することで種間競争や捕食を回避することができ、移動するイカから放出されることで、広範囲に分布を拡大することができる。

問 6 発光シルエットが隠れることで、捕食者や捕食対象に見つかりにくくなり、発光器を持った方が捕食されにくく、餌も得られやすいためよく生存し、子孫を残しやすくなるため。



## 【生物（講評）】

例年通り、大問 3 題であり、考察と論述を中心とした慶應らしい出題であった。問題数も過年度と大きく変わっておらず、安定した出題となっている。前文と問題文をよく読み、出題の意図を読み取る必要があり、解答の作成に時間を要したであろう。また今年も計算問題も描図問題も出題があり、4 年連続で進化と系統分野が関わる問題を出題している。

## I アルデヒド代謝酵素に関する問題（難）

問 1 教科書レベルの知識問題。しっかり押さえない。

問 2-1 多量体とあるので、ヘモグロビンの酸素解離曲線のように S 字型のグラフとなると考えられる。今回はよく見る基質と反応速度のグラフではなく、阻害物質と反応速度のグラフであることに注意。分子 B の濃度が低い場合は阻害の程度は小さく、ある一定の濃度を超えると急激に反応速度が下がるような逆 S 字のグラフとなる。

問 2-2 これも教科書レベル。アロステリック酵素の存在意義はよく聞かれるので確実に習得しておこう。

問 3 ミカエリスメンテンの式は難関大ではよく見かける内容なので一度確認しておきたい。ミカエリス定数  $K_m$  は酵素と基質の親和性を表す指標で、小さいほど親和性が高く(反応速度が速上がりやすい)、大きいほど親和性が低い(反応速度が上がりにくい)ことを表す。 $K_m$  [アルデヒド] の値はそれほど変わっていないのに対して、 $K_m$  [補酵素 Y] の値は数百倍になっていることから、四量体  $X^B_4$  の酵素活性が低いのは補酵素 Y と結合しにくくなったことが大きいと読み取れる。

問 4 ①四量体  $X^A_3X^B_1$  の活性は  $1/2$ 、②四量体  $X^A_2X^B_2$  の活性は  $1/5$ 、③四量体  $X^A_1X^B_3$  と  $X^B_4$  は  $1/20$  の 3 点から推論する。①の  $1/2$  と、下線部(3)の内容から、 $X^B$  と二量体を形成した  $X^A$  は酵素活性が下がり、 $X^AX^A$  の二量体の方はそれほど影響がないのではないかと考える。③と合わせて、二量体が 2 つとも正常なときは活性 1、片方のみが正常なときは  $1/2$ 、両方とも異常なときは  $1/20$  となると考えると、②の酵素活性がうまく説明できる。②のとき、四量体  $X^A_2X^B_2$  のパターンは 6 通りあり、 $(X^AX^A)[X^BX^B]$  が 2 通り、 $(X^AX^B)[X^AX^B]$  が 4 通りなので、前者の酵素活性を  $1/2$ 、後者は  $1/20$  として酵素活性の平均をとると  $(1/2 \times 2 + 1/20 \times 4) / 6 = 1/5$  となる。よって  $X^B$  は同じ二量体を形成していて強く結合している  $X^A$  を阻害し、別の二量体の方にはほとんど影響がないと判断する。

問 5 2024 年度入試では、前日にあたる慈恵会医科大で出題された問題の類題である。慶應大の出題のほうがより計算が複雑で、正確に計算するのは難しかったであろう。下記に計算過程を示す。

- ①各四量体の存在比を求める。四量体の組み合わせは 16 通りあり、例えば  $X^{A_2}X^{B_2}$  の場合、四つのポリペプチド鎖のうちから  $X^A$  を 2 つ、 $X^B$  を 2 つ選ぶので、6 通り生じる。したがって、 $X^{A_2}X^{B_2}$  は  $\frac{6}{16}$  の存在比である。
- ②表 2 から、それぞれの四量体の活性を読み取る。
- ③実験 3 から、それぞれの四量体の発現量を考慮に入れる。
- ④これらを計算し、活性の期待値を求める。

以上を表にまとめると以下のようになる。

	$X^{A_4}$	$X^{A_3}X^{B_1}$	$X^{A_2}X^{B_2}$	$X^{A_1}X^{B_3}$	$X^{B_4}$
存在比	$\frac{1}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{6}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{1}{16}$
活性	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$
発現量	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
活性期待値	$\frac{1}{16} \times 1 \times 1$	$\frac{4}{16} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	$\frac{6}{16} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{2}$	$\frac{4}{16} \times \frac{1}{20} \times \frac{1}{2}$	$\frac{1}{16} \times \frac{1}{20} \times \frac{1}{2}$

和をとって、 $\frac{109}{640} \times 100 = 17.0 \dots \%$

なお先に述べた慈恵会医科大 2024 では、発現量の考慮をした状態での活性を与えられ、さらに  $X^{A_1}X^{B_3}$  と  $X^{B_4}$  の活性が 0 になっていたため値が異なる。

問 6 今回題材となっている遺伝子は ALDH2 という遺伝子で、酒の強さに関する遺伝子として有名なので、 $X^A X^A$  が「酒に強い」、 $X^A X^B$  が「酒に弱い」、 $X^B X^B$  が「酒に極めて弱い」であることを知っていれば解きやすかったと思われる。問 5 が正しく計算できていれば、ヘテロでも活性が大きく下がっているとわかるので、それが誘導となるだろう。

## II 細胞骨格と核の大きさに関する問題 (難)

問 5 「タンパク質合成阻害剤を添加して培養すると、...培養により核を断続的に大きくすることが可能である」がヒント。様々なタンパク質を合成させないことで、細胞分裂を進行させず、核膜の消失を防ぐことが必要であることが読み取れる。

問 6 実験 2 から考えると、モータータンパク質や微小管が存在することで核が大きくなることが予想される。リード文からも各種の阻害剤による核の直径が小さくなる効果は、モータータンパク質や微小管が細胞膜成分の分布を微小管と微小管空間に偏在させることが原因であると読み取る(問 7 にも関連する)。こう考えると、チャンネルによって微小管空間の制約を加えると、そもそも微小管空間への細胞膜成分の輸送が行われにくくなり、阻害剤による効果は小さくなるものと考えられる。

問 7-1 実験 1 より、微小管空間が制約されると核の直径は小さくなってしまいうことが読み取れる。また、実験 3 より、卵抽出物に微小管を加えても核の直径には影響が見られないが、細胞膜成分とモータータンパク質のいずれかを過剰に加えること、空間的制約があっても核の大きさは増大する。以上の点と問 6 から総合的にまとめていく。

問 7-2 小胞体の構造とはたらきから、核膜の成分の供給に関与していることが考えられる。なお、(B) の問題文中において、核膜の材料等を輸送するのに関与するモータータンパク質はダイニンである。微小管上を核に向かって移動することから気づいていただろうか。

## III Vf 菌とイカの共生に関する問題 (難)

問 1 異なる生物どうしが影響しあって共に進化という内容から共進化を答える。

問 2 - 1 図 4 上のグラフでは、絶食や洗浄により表面が無菌状態になっているイカを入れた水槽の海水中の細菌数を調べている。暗期 12 時間中は無菌であるが、明期のはじめで一気に数が増大していることと、リード文中のマツカサウオでは発光器から Vf 菌が放出されていることから類推し、イカでも実験開始後 12 時間と 36 時間での明期のはじめで発光器からの Vf 菌の放出がなされているのであろうと判断する。1 回目の放出の後海水中でゆるやかに数が増大していることに触れることができればとさらに良い答案となるであろう。

問 2 - 2 図 4 下のグラフでは海水中の発光強度があらわされている。下線部(1)の低密度では発光せず高密度で発光するということをヒントに、放出された直後は高密度のため発光を行うが、海水中に拡散することで低密度となり、発光しなくなることが書けていれば良いであろう。

問3 グラフの作成にあたっては、リード文を参考にする。発光イカでは日中は、海中の砂に潜っていて、夜になると浅瀬を泳いで餌を探す。その際に発光器に備わるレンズなどで光を調節する。

イカでは背中中のセンサーが月や星の光強度を感知して、シャッターを開閉して光量を調節する。イカの底部（腹部）から出る光と背中に当たっている月や星の光を重ね合わせて、自分の影をつくらないようにしている。これは強い光があたると発光器からの発光も強くなることを意味する。これによって獲物に気づかれないようにして獲物を獲得できることになる。

半透明のイカの体は照射光の一部を透過するので、背方から照射される光よりも発光強度はやや小さくなる光が発光される点に注意しておく。なお、5分毎の観測なので、タイムラグについては考えなくてもよいだろう。

問4-1 抗生物質を添加した培地ではその耐性菌のみが生存してコロニーをつくることのできる点を考える。Vf菌の増殖速度を調べるためには、正確にVf菌の数を知る必要がある。そのために、抗生物質耐性Vf菌を用いたのである。

問4-2 孔径0.22 $\mu\text{m}$ の場合、細菌はこのフィルターを通過できない。一方、5 $\mu\text{m}$ フィルターを用いると小型の微生物と細菌はろ過されず残る。したがってこの場合には他の細菌などとの競合や捕食などが考えられる。

問5 Vf菌がイカと共生することで天敵などの捕食から免れることができる。さら問2で考えたことから、生存範囲を拡張することが考えられる。

問6 自然選択の考え方で説明するので、発光器を持つ方イカのほうが天敵などからの闘争や餌を捕獲するときの効率が高いことを考えればよい。

全体として、例年より難解であり、実験考察問題の割合も変わらず高く、論述量が多いので差がつきやすい。

一次突破ラインは、60%程度と予測される。

本解答速報の内容に関するお問合せは



医学部専門予備校  
**YMS**

☎ 03-3370-0410 <https://yms.ne.jp/>  
東京都渋谷区代々木1-37-14

医学部進学予備校

**メビオ**

☎ 0120-146-156  
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校

**英進館メビオ** 福岡校

☎ 0120-192-215  
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

メルマガ登録またはLINE友だち追加で全科目を閲覧

メルマガ登録



LINE登録

