



# 2021年度 東京慈恵会医科大学

## 【 講 評 】

全体的に実験を考察させる問題が多かった。計算問題も出題され、大問2の問7は難問であった。その場で実験の概要を把握し、考察する力がついていれば、大きく差がつけられる。

## 【 解 答 】

1

問1 a, b, e, f

問2 アリン イ 硫黄 ウ 呼吸 エ 脱窒素

問3 b, e

問4 名称：C<sub>4</sub>植物(サトウキビ、トウモロコシ、ススキなど)

利点：大気中の二酸化炭素を濃縮する機構をもつため、強光下や乾燥下においても高い光合成速度を維持できる。(48字)

問5 嫌気性細菌：クロストリジウム NH<sub>4</sub><sup>+</sup>：ハーバー・ボッシュ法 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>：雷(空中放電) など

問6 グルタミン

問7 (1) ②, ③ (2) ④, ⑤, ⑥ (3) ⑦, ⑧

## 《解説》

問1 問題文中に、「核酸とタンパク質を構成する窒素」というヒントがあるのでこれをもとに考えればよい。

a ATP(アデノシン三リン酸) アデノシンはヌクレオチドなので、核酸だから窒素を含む。

b NAD(ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド) ヌクレオチドなので、核酸だから窒素を含む。

c 糖なので窒素を含まない

d 解糖系の糖の分解物なので窒素を含まない。

e ホルモンなのでタンパク質。よって窒素を含む。

f 膜タンパク質なので窒素を含む。

g クエン酸回路の中間体なので、核酸でもタンパク質でもない。よって窒素を含まない。

h ステロイドなので、核酸でもタンパク質でもない。よって窒素を含まない。

問2

a, b 紅色硫黄細菌や緑色硫黄細菌はバクテリオクロロフィルで光合成を行う細菌である。光合成の際の電子供与体が H<sub>2</sub>O でなく H<sub>2</sub>S であり、炭酸同化の結果 O<sub>2</sub> でなく S を生じる。よってエネルギー源は光なので a は誤り。b は正しい。

c 酸素非発生型の光合成をする光合成細菌がもつ光合成色素をバクテリオクロロフィルと呼ぶ。シアノバクテリアはクロロフィル a をもち、酸素発生型の光合成をするので誤り。

d 超好熱菌は、至適生育温度が 80° C 以上の細菌を指し、炭酸同化の可否は関係ない。よって誤り。

e 亜硝酸菌はアンモニウムイオン(アンモニア)を酸化したエネルギーで炭酸同化を行うので、正しい。

## I

問 1 d 問 2 d

問 3 基質：ラクトース 生成物 ガラクトースとグルコース

問 4 培地中の呼吸基質である糖類が枯渇したから。

問 5 グルコース存在条件下では $\beta$ ガラクトシダーゼ遺伝子の転写を抑制し、ラクトース存在条件下では、 $\beta$ ガラクトシダーゼ遺伝子の転写を抑制しない。(67字)

問 6 A 消費 B ラクトース C グルコース

## 《解説》

問 1 大腸菌は細菌ドメインに属する。酵母、アオサ、ケイソウは真核生物、メタン生成菌は古細菌、ネンジュモは細菌。よってネンジュモと最も近縁。

問 2 10時間で30回分裂するので、 $2^{30}$ 倍になる。常用対数をとると、 $30 \times 0.3 = 9$ より、約 $10^9$ 倍。

問 4 糖類を300分時点で追加して大腸菌の増加速度が回復していることに注目する。

問 6 実験1,2では同じ濃度の糖類を用いているにも関わらず、大腸菌の増加数はグルコースを用いた場合の方が多。また、実験3からグルコースとラクトースが両方ある場合は先にグルコースが消費されていることに注目して考えると、大腸菌にとってはラクトースの方がエネルギー獲得効率が悪く、グルコースを優先的に消費することが分かる。

## II

問 7 300

《解説》

ヒスチジン含有液体培地で培養後、“十分な枚数の”ヒスチジン不含有寒天培地プレートを用意し、増殖した大腸菌を“均一に”すべて塗布し、その後培養したと書いてあるので、ヒスチジン含有液体培地で培養後の野生型個体数とコロニー数は一致する。

ヒスチジン含有液体培地で培養時、第  $n$  細胞世代の野生型個体数を  $a_n$  とおく。

$a_0 = 0$  である。大腸菌 *His* 株の第  $n$  細胞世代の個体数は全部で  $2^{n+1} \times 10^2$  である（野生株の個体数はこれに比べて遥かに小さいので無視する）。1 個体には、 $4.6 \times 10^6 \times \frac{3}{10^{10}}$  塩基に置換が起こる。また、この置換が *His* 合成能を取り戻す置換である確率は、 $4.6 \times 10^6 \times \frac{3}{10^{10}} \times \frac{1}{4.6 \times 10^6} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{10^{10}}$  である。よって、第  $n$  細胞世代で *His* 株から変異によって野生型株になる個体数は  $2^{n+1} \times 10^2 \times \frac{1}{10^{10}} = 2^{n+1} \times \frac{1}{10^8}$  である。また、野生型株は分裂して 2 倍に増える。よって、

$a_{n+1} = 2a_n + 2^{n+1} \times \frac{1}{10^8}$  が成り立つ。両辺  $2^{n+1}$  で割って、 $\frac{a_n}{2^n} = b_n$  と置くと、

$$b_{n+1} = b_n + \frac{1}{10^8} \quad \text{よって、} b_0 = 0 \text{ より、}$$

$$b_n = b_0 + \frac{1}{10^8} \times n = \frac{1}{10^8} \times n$$

$$a_n = 2^n \times \frac{1}{10^8} \times n$$

10 時間で 30 回分裂するので、 $a_{30}$  が求める値。よって、

$$a_{30} = 2^{30} \times \frac{1}{10^8} \times 30 \quad \text{ここで、} 2^{30} \cong 10^9 \text{ より、}$$

$$a_{30} = 300$$

である。

3

問1 ア  $\frac{1}{4}$  イ  $\frac{1}{16}$  ウ  $\frac{1}{4}$

問2 タンパク質 Z

理由 塩基置換によって 408 番目のコドンが終止コドンとなり、合成されるタンパク質が短くなったから。

問3 タンパク質 Y

理由 タンパク質 X は塩基置換の結果、コドンが示すアミノ酸が変化していないので、活性が野生型と同じ a であることより、残った Y が b であると考えられるから。

問4 遺伝子型が YZ または YY の場合、Y が表現型となる。図 5 より、Y のチロシナーゼは哺乳類の基礎体温付近では活性を持たないが、33°C 以下では活性を持つことが分かる。よって外気を取り込む口鼻周囲、体の先端で冷たい耳や四肢先端でのみチロシナーゼ活性が現れ、その部分のみ体色が黒くなった。

問5 XY と XZ

問6 91 : 5 : 4

《解説》

問1 ア 劣性遺伝子を両親から受け継ぐので、 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

イ 子の遺伝子型が aabb となる確率が最小になるのは、組み替え価が最大の時、つまり 50% の時。

よって、片方の親から引き継ぐ染色体が ab になる確率が  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$  なので、 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$  である。

ウ 子の遺伝子型が aabb となる確率が最大になるのは、組み替え価が最小、つまり 0% の時。よって

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

問4 図 5 になぜわざわざ反応時の温度があるのかを考えると答えに思い至る。

問5 X は野生型と同じで優性なので、両親の遺伝子は少なくとも片方が X である。F<sub>1</sub> 世代に X 以外の表現型が生まれているので、両親の遺伝子は片方のみが X である。F<sub>2</sub> に二種類の子が生まれているので、X 以外の遺伝子は親同士で異なる。よって XY, XZ である。

問6 X を含む個体が B 型になるので、(XX の比率) =  $\frac{7}{10} \times \frac{7}{10} = \frac{49}{100}$  (XY or XZ の比率) =  $\frac{7}{10} \times \frac{3}{10} \times 2 = \frac{42}{100}$  よって B 型の比率は  $\frac{91}{100}$  である。遺伝子型 ZZ の個体のみが W 型なので、(ZZ の比率) =  $\frac{2}{10} \times \frac{2}{10} = \frac{4}{100}$  である。AB 型は残りの  $\frac{5}{100}$  である。

## I

問1 ア フェロモン    イ フルクトース    ウ  $\frac{1}{2}$     エ  $\frac{1}{4}$     オ  $\frac{1}{2}$     カ  $\frac{3}{4}$     キ  $\frac{1}{4}$   
 ク  $\frac{3}{10}$     ケ  $\frac{1}{4}$

問2 B

問3 できない

理由：自分の生存を脅かして他個体を助ける種が生き残ることは、生存、生殖に有利な個体が生き残る、というダーウィンの自然選択説とは反するから。

問4 B, C

問5 I × II 群れで生活するトノサマバッタの集団の中に、階層や分業が見られないから。

## 《解説》

問1 カ ワーカーがもつある遺伝子が母親由来でかつその遺伝子を他ワーカーと共有する確率は、ここまで同様  $\frac{1}{4}$  である。ワーカーがもつある遺伝子が父親由来である確率は  $\frac{1}{2}$  であるが、ハチの雄は染色体を1組しか持っていないので、ワーカー間でこの遺伝子を共有する確率は1である。よって、 $\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \times 1 = \frac{3}{4}$

キ ワーカーの持つ父親由来の遺伝子を雄兄弟は持たない。ワーカーがもつある遺伝子が母親由来でかつその遺伝子を雄兄弟と共有する確率は、ここまで同様  $\frac{1}{4}$  である。よって血縁度は  $\frac{1}{4}$

ク ワーカーがもつある遺伝子が母親由来でかつその遺伝子を他ワーカーと共有する確率は、ここまで同様  $\frac{1}{4}$  である。ワーカーがもつある遺伝子が父親由来である確率は  $\frac{1}{2}$  であるが、ハチの雄は染色体を1組しか持っていないかつ母親は10匹の異なる遺伝子を持つ雄と交尾しているので、ワーカー間で父親由来の遺伝子を共有する確率は  $\frac{1}{10}$  である。よって、 $\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{10} = \frac{3}{10}$

問4 A ワーカーは未受精卵、つまり雄しか産まないのが不適。

B 受精卵を産む個体が一時的にいなくなるので正しい。

C ワーカーが増えずに雄のみが増えるので正しい。

D 文中に、“生育環境や、、、各々に分化する”という記述がある。分化は不可逆的なので不適。

E 持っている染色体の数が違うので、雄が女王蜂になることはできない。

4

II

問 6 (1) 272m ~ 1218m (2) ② ~ ④

問 7 8 の字ダンスから得られる距離や方位の情報の精度が低いので、正確なえさ場の場所が分かっているセンサーより多くの蜜を積載しておくことで、確実にえさ場にたどり着くようにするため。

《解説》

問 6(2) 1時間で太陽は $15^\circ$  動く。文中の”日本では Y=...”の記述から、北半球で考えるので、太陽の方を向くと、太陽は時間経過に伴って右に動く。よってえさ場と太陽の角度は $30^\circ$  になり、誤差を考慮すると② ~ ④となる。

お問い合わせは ☎0120-302-872  
<https://keishu-kai.jp/>