

令和2年度 推薦入試
総合問題 解答例

1

問1 彼女のチームは、昆虫の卵の形と大きさが、時とともにどのように変化したのかについての長く支持されてきた仮説に挑戦している。

問2 1つ目 成虫の大きさ
2つ目 胚の発育の時間的長さ

問3 そこで、彼女と彼女のチームは、科学文献を徹底的に調べ、ほぼ完全な球体からバナナ状までの形のものや、幅広い大きさの差異—ほんの小さなほこりよりも小さいものもあれば、ブルーベリーほどの大きさのものもある—ももつ昆虫の卵に関する1万を超える記述のデータベースを作成した。

問4 卵の形と大きさの進化は、卵が産みつけられる場所に大きく依存すること。

2

問1 ① 自然 ② 適応 ③ 白血球 ④ リンパ球 ⑤ 体液

問2

物理的防御の例：

- a. 皮膚の最外層（表皮）には、ケラチンと死細胞からなる角質層が存在し、病原体の侵入を防いでいる。
- b. 呼吸器（気管など）、消化器（腸管など）、生殖器などの外界に通じる体の内表面は、粘膜によって覆われ、粘膜の細胞（上皮細胞）は粘液を分泌して病原体の侵入を防いでいる。
- c. 咳、くしゃみによって病原体の侵入を防いでいる。

化学的防御の例：

- a. 汗腺からの分泌物（汗）は皮膚表面を弱酸性に保ち、微生物の増殖を防ぐ。
- b. 胃液は強酸性で、微生物を効果的に殺菌する。
- c. 涙、汗、鼻水には細菌の細胞壁を破壊する酵素（リゾチーム）が含まれており、病原体の侵入を防いでいる。
- d. 皮膚や呼吸器などでは細菌などの細胞壁を破壊するタンパク質（ディフェンシン）が分泌され、病原体の侵入を防いでいる。

問3

(1) 抗体がそのY字構造の2つの先端部分のそれぞれに位置する抗原結合部位を介して抗原と結合すると、抗体と抗原の複合体はマクロファージによって取り込まれ（吸収され）、破壊される。

(2)

まず、分子量 15 万の抗体 1.0 mgのモル数を算出すると、

$$(1.0 \times 10^{-3} \text{ g}) / (1.5 \times 10^5 \text{ g/mol})$$

次に、抗体1分子あたり抗原は最大2分子結合できるとすると、分子量 15 万の抗体 1.0 mgに結合する抗原の最大モル数は、

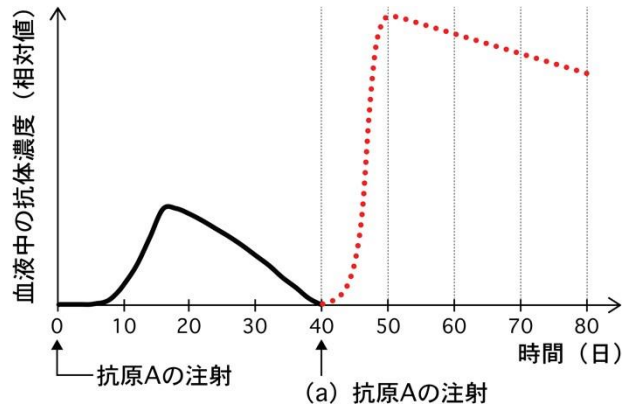
$$((1.0 \times 10^{-3} \text{ g}) / (1.5 \times 10^5 \text{ g/mol})) \times 2$$

抗原の質量に換算すると、

$$(3.0 \times 10^4 \text{ g/mol}) \times ((1.0 \times 10^{-3} \text{ g}) / (1.5 \times 10^5 \text{ g/mol})) \times 2 = 4.0 \times 10^{-1} \text{ mg}$$

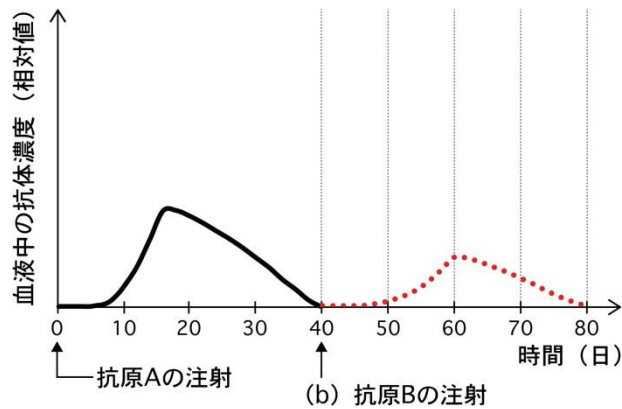
問4

- (1)
(a)



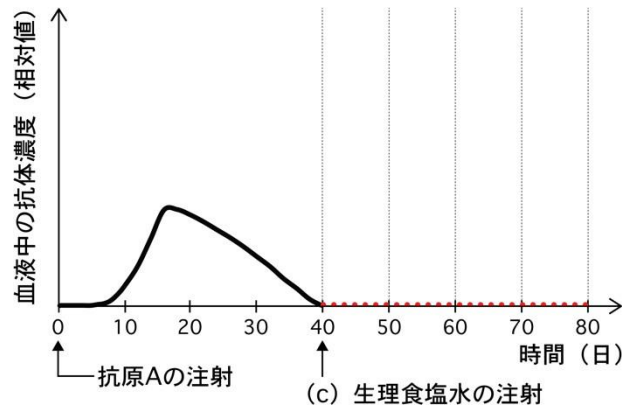
ポイント) 抗原 A に対する二次免疫応答
ピークの時期 (56 日目より前)
ピークの高さ (一次応答より十分に高い)
ピーク後減衰の速さ (80 日目でも十分に残存)

- (b)



ポイント) 抗原 B に対する一次免疫応答
ピークの時期 (60 日目付近)
ピークの高さ (抗原Aに対する一次応答より低い)
ピーク後減衰の速さ (80 日目でゼロ)

- (c)



ポイント) 抗体産生はみられない
横軸に沿ってゼロを推移するようなグラフ

- (2)

方法：予防接種（予防注射）またはワクチン接種（ワクチン注射）

原理：抗原性（抗原情報）を保ったまま病原性を消失または弱くした抗原（またはワクチン）をあらかじめ接種することで、人工的に免疫を獲得させて（または人工的に抗体を産生させて）病気にかからないようにする。

3

問1

(1) 大ピラミッドの高さの2乗は側面の三角形の面積に等しい。(27文字)

$$(2) \quad h^2 = \frac{1}{2} \times 2a \times s = sa$$

$$\therefore h^2 = sa$$

(3) 側面の三角形の高さと底辺の半分との比が黄金比になるように(等しくなるように), 大ピラミッドは設計されていた。

(4) (2)より,

$$h^2 = sa \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

また, 三角形TOAが直角三角形より

$$s^2 = h^2 + a^2 \quad \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

①を②に代入して,

$$s^2 = sa + a^2$$

$a > 0$ より, 両辺を a^2 で割ると,

$$\left(\frac{s}{a}\right)^2 = \left(\frac{s}{a}\right) + 1$$

$$\left(\frac{s}{a}\right)^2 - \left(\frac{s}{a}\right) - 1 = 0$$

これを解くと,

$$\left(\frac{s}{a}\right) = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$$

となる。ただし, s/a は正より, 求める解は $\left(\frac{s}{a}\right) = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$

$$\therefore \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

問2

- (1) 三角形 ABC と三角形 BCD は2角が等しいため、相似である。よって、

$$\frac{AC}{BC} = \frac{BD}{CD} \quad \dots\dots\dots ①$$

また、三角形 DAB, 三角形 BCD は二等辺三角形であることから、

$$BC = BD = AD \quad \dots\dots\dots ②$$

①の BC, BD に AD を代入すると、

$$\frac{AC}{AD} = \frac{AD}{CD} \text{ となる。}$$

- (2) 辺 AD の長さを x ($x > 0$), 辺 CD の長さを y ($y > 0$) とする。(1)より, $\frac{AC}{AD} = \frac{AD}{CD}$ に, それぞれ

代入すると、

$$\frac{x+y}{x} = \frac{x}{y}$$

となる。両辺に x, y を掛けて整理すると、

$$xy + y^2 = x^2$$

となる。 $y > 0$ より両辺を y^2 で割って整理すると、

$$\left(\frac{x}{y}\right)^2 - \left(\frac{x}{y}\right) - 1 = 0$$

となる。これを解くと、

$$\left(\frac{x}{y}\right) = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$$

ただし、 $\left(\frac{x}{y}\right)$ は正より、求める解は $\left(\frac{x}{y}\right) = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$

$$\therefore \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

出典 : Mario Livio 著「THE GOLDEN RATIO」(2003), 56pp (問1), 79pp (問2)

【出題意図】

問1, 問2

高校では暗記物と思われがちな化学だが、原理を理解していれば、様々な現象を理論的に理解できる。その一例として、本題を出題した。

問3

化学は実験を行なってこそその学問であり、実験操作には全て意味がある。その一例として、本題を出題した。

【解答】

問1

- (1) 原子の最外殻電子を1つ取り除いて1価の陽イオンにするのに必要なエネルギー。
(38字)
- (2) 同じ族の典型元素では、原子番号が大きくなるほど原子半径が大きくなり、最外殻電子を原子核に引きつける力が弱くなるため。(59字)
- (3) 同じ周期の典型元素では、原子番号が大きくなるほど原子核の正電荷が増加し、最外殻電子が原子核に引きつけられる力が強くなるため。(63字)

問2

- (1) 分子量が大きいかほど沸点が高くなる関係。(20字)
- (2) H_2O 、 HF 、 NH_3 は分子間で水素結合を形成できるため、その強い分子間力を切断するために高いエネルギーを必要とするから。(55字)

問3

(1)

有機溶媒に化合物 A が x mg 抽出されたとすると、分配係数の式から、

$$6.000 = \frac{x / 300}{(1900 - x) / 100} \quad \text{となり、これを解くと、} x = 1800 \text{ mg}$$

(2)

有機溶媒に化合物 A が x mg 抽出されたとすると、分配係数の式から、

$$6.000 = \frac{x / 150}{(1900 - x) / 100} \quad \text{となり、これを解くと、} x = 1710 \text{ mg}$$

(3)

1 回目の抽出後の水相には化合物 A は $1900 - 1710 = 190$ mg 溶けている。これを有機溶媒 B 150 mL を用いて 2 回目の抽出を行い、そのとき有機溶媒に化合物 A が x mg 抽出されたとすると、分配係数の式から、

$$6.000 = \frac{x / 150}{(190 - x) / 100} \quad \text{となり、これを解くと、} x = 171 \text{ mg}$$

(4) (2) と (3) を足し合わせると、

$$1710 + 171 = 1881 \text{ mg, 操作 II}$$

5

問 1

(1) 原尿量を X mL とすると、原尿中の尿素量と尿中の尿素量は等しいので、

$$0.3 \text{ (mg/mL)} \times X \text{ mL} \times (1 - 0.4) = 15.0 \text{ (mg/mL)} \times 60 \text{ mL}$$
$$X = \frac{15.0 \times 60}{0.3 \times 0.6} = 5000$$

(答え) 5000 mL

(2) 原尿中のナトリウムイオンの量は

$$3.2 \times 5000 = 16000 \text{ mg}$$

尿中のナトリウムイオンの量は

$$3.5 \times 60 = 210 \text{ mg}$$

よって、再吸収されたナトリウムイオンの量は

$$16000 - 210 = 15790$$

(答え) 15790 mg

(3) X:b Y:e

問 2

(1) 200

(2) $300 \div 3 = 100$ (答え) 100 mL

(3) 1 分間に排出された量は、 $3000 \div 60 = 50$ mg

この時も 200 mg が再吸収されているので、原尿中のグルコース量は 250 mg となる。

(2) より、1 分間の原尿量は 100 mL なので、原尿中のグルコース濃度は 2.5 mg/mL。

(答え) 2.5 mg/mL

6

問 1

- ① 根粒菌 ② 窒素固定 ③ 窒素同化 ④ 脱窒（または脱窒素） ⑤ 富栄養化

問 2

樹木は、昼間太陽がでていいる時間には光合成のために二酸化炭素を吸収する。また、樹木は昼も夜も常に呼吸をしており、二酸化炭素を放出している。森林が成長していくとき、二酸化炭素の吸収量の方が放出量よりも大きいため、炭素蓄積は増加していくことから、大気中の二酸化炭素を減らす効果があり、地球温暖化が緩和される。(151 字)

問 3

土壌動物や細菌類、菌類は、呼吸によって土壌中の有機物を分解することでエネルギーを得ている。

問 4

(1)

- (A) 160kg (320kg の半分)
(B) 112kg (320kg の 35%)

(2)

(B)

(理由) (A)では地面への窒素供給量は 0 kg であるのに対し、(B)では全ての樹木を伐採して枝・葉を地面に残した。この枝葉が全て分解されると 208kg の窒素が供給され、この窒素が河川に流出するために、濃度の上昇が見られた。(107 字)