

## 生物（解答例）

解答例を以下に示す。以下のとおりでなくとも、論理的に整合性があれば正解とした。部分点あり。

1

(問1) ノックアウト

(問2) Cas9(他のCasでも可)

(問3) プロモーター領域に基本転写因子とRNAポリメラーゼが結合すると、遺伝子Xの転写(発現)が開始される。さらに、領域Yに転写活性化因子が結合すると、DNAが折れ曲がり、転写活性化因子が基本転写因子やRNAポリメラーゼに作用して遺伝子Xの転写(発現)が促進される。

(問4) ゲノムDNAの突然変異には、遺伝子発現に影響を与えるものと与えないものがある。進化の過程で生存や繁殖に有利にも不利にもならないDNA塩基配列の突然変異は子孫に蓄積されていく。一方、DNA塩基配列への突然変異が、生存や繁殖に不利な場合は自然選択によって排除されてしまう。その結果として保存配列が現れる。

(問5)

生物種:コブラ

理由:実験3,4の結果から、領域Yコアは肢芽や鱗芽における遺伝子Xの発現を促進することで四肢あるいはヒレの形成に必須であり、その機能は種を超えて保存されている(同じである)と考えられる。このことから、進化の過程で領域Yに塩基欠損が生じた動物では四肢がない、あるいはその形成が著しく退化していることが推察される。この様な理由から、脊椎動物Bはコブラであると考えられる。

2

(問1)

細胞名:B細胞 \*教科書に記載はないが、T細胞でも可。

理由:成熟したB細胞は、一種類の抗体しか産生できない。非常に多様な抗原に対応するため、B細胞が分化・成熟する過程で抗体の遺伝子(免疫グロブリン遺伝子)の再構成を行い、多様なB細胞を生み出している。\*T細胞の場合:T細胞が抗原を認識するために必要なT細胞受容体(TCR)遺伝子が、分化の過程で再構成される。

(問2)

記号:a) と b)

理由:a) 選択的スプライシングにより、一つの遺伝子から複数のタンパク質が作られることもある。b) 特定の遺伝子の発現を促進または抑制するために、クロマチン構造が変化する。それぞれの細胞では、遺伝子の発現パターンが異なっていることから、クロマチン構造もそれぞれ違う。

(問3) ガードン博士の研究では、分化した体細胞の核を卵子に入れると未分化な状態に戻ったことから、卵子の中には嚴重に固定化された遺伝子の発現を消去・再編成して「分化した体細胞を再び未分化な状態にするという能力」があるのではないかと考えられる。

(問4)

名称:拒絶反応

説明:樹状細胞は移植された臓器の細胞の断片を抗原として提示し\*, その抗原情報を認識したT細胞は活性化してヘルパーT細胞やキラーT細胞になる。増殖したヘルパーT細胞は、キラーT細胞を増殖したり、B細胞を活性化したりする。キラーT細胞は移植臓器の細胞を直接攻撃し、B細胞は抗体を産生することで抗原抗体反応を引き起こしてマクロファージによる排除を促進させる。\* 現教科書では上記の記述だが、移植臓器中の細胞(免疫細胞を含む)のMHC抗原が直接T細胞を活性化するという説明(昨年までの教科書では有り)でも可。

(問5) 細胞に外からDNAを導入した場合、非常に低い確率ではあるが、ゲノムの不特定の部分に挿入される。つまり、導入先の何らかの遺伝子に変異を及ぼす可能性がある。もし、外来DNAが細胞の増殖に重要な遺伝子に導入され、その機能を変化させた場合には、腫瘍が形成される可能性があると考えられる。\* 教科書に記載はないが、初期化因子のc-Myc(がん原遺伝子)の再活性化や、未分化細胞が残存することによって引き起こされるテラトーマ(良性腫瘍)の形成についてでも可。

3

(問1) 神経伝達物質

(問2)

現象:慣れ(馴化)

理由:繰り返し刺激を受けることによって、カルシウムイオンチャネルが不活性化してCa<sup>2+</sup>の細胞内流入が減少することと、シナプス小胞が減少する。その結果、水管感覚ニューロンからグルタミン酸の放出が減少し、えらの運動ニューロンのEPSPが小さくなるから。

(問3) 尾部への強い刺激により、介在ニューロンからセロトニンが放出される。セロトニンを感受した水管感覚ニューロンではcAMPが作られる。cAMPはある種のプロテインキナーゼを活性化し、それによりカリウムイオンチャネルはリン酸化されイオンチャネルが閉じてしまう。その結果、水管感覚ニューロンではK<sup>+</sup>の流出が減少して、活動電位の持続時間は長くなり、電位依存性カルシウムイオンチャネルの開く時間が長くなり、グルタミン酸の放出量が増加するから。

(問4)

数分後:増大

24時間後:変化しない

理由:水管感覚ニューロンのタンパク質合成の阻害は、短期的な鋭敏化には影響を与えないので、数分後にはこれらのニューロンで大きなEPSPが発生する。一方、長期記憶の形成には水管感覚ニューロンにおけるタンパク質合成が必要なため、24時間後のこれらの運動ニューロンで発生するEPSPは変化しない。

(問5) 水管感覚ニューロンにある転写活性化因子が結合できる短いDNAが注入されると、セロトニン刺激で活性化したその転写活性化因子が、そのDNAと結合する。そのため、本来その転写活性化因子によって発現調節される、新しいシナプス形成に必要な遺伝子が発現できなくなるため、長期記憶が形成できなかった。

4

(問1)

名称:制限酵素

利用例:プラスミドを切断し、外来遺伝子を組み込めるようにする。生物のゲノムを切断し、生じた断片をベクターに取り込ませてゲノムライブラリーを作成する。

(問2) ファージのDNAが切断されることにより、ファージの増殖に必要なタンパク質が作られなかったためと考えられる。

(問3) 一度感染したファージのDNA情報をゲノムに挿入し、同じファージが侵入してきたときにその増殖を防ぐという意義がある。

(問4) 遺伝子Aを破壊するとDNAが切断されなくなる。すなわち、遺伝子Aの産物はCRISPR領域に挿入された配列をもとにDNAを切断する過程に関わると考えられる。

(問5) 感染していない菌で遺伝子Bを破壊すると耐性菌が出現しないが、既にCRISPR領域に遺伝情報が挿入された耐性菌においては、引き続きファージXの増殖や細菌の破壊はみられなかった。このことから、遺伝子Bの産物は、感染したファージのDNAの一部を自身のゲノムDNAに挿入する過程に関与していると考えられる。