

「遺伝学」練習問題解答 9 章

- 1 誘導酵素では、酵素の基質が存在するとき、基質が遺伝子発現の誘導物質となって酵素の合成が誘導される。一方、抑制酵素では、最終産物が存在するとき、最終産物が遺伝子発現の共抑制物質として働いて、酵素の合成が抑制される。誘導酵素は一般に分解過程にかかわる酵素であり、抑制酵素は一般に合成過程にかかわる酵素である。
- 2 グルコース効果とは、ある種の酵素の合成がグルコースによって抑制される現象である。合成が抑制される酵素の反応生成物はグルコースの代謝産物と同じであるから、反応生成物が反応を触媒する酵素の合成を抑制することになる。細胞にとってはグルコースが利用しやすい糖であり、グルコースがあればわざわざ他の糖を代謝する必要がない。これは細胞経済に即した適応現象である。
- 3 ① オペロンの制御遺伝子すなわちリプレッサーに突然変異が生じれば、オペロンの発現制御が正常に働かなくなる。原核生物の遺伝子発現調節には負の制御と正の制御があるが、負の制御では転写のデフォルト状態は ON であり、抑制タンパク質によって OFF になるまで転写が継続する。したがって、抑制タンパク質に突然変異が起これば、誘導系の転写制御であれば、誘導物質が存在しなくても転写が続くことになり（構成的）、抑制系の転写制御であれば、最終産物があっても転写が続くことになる。一方、正の制御では転写のデフォルト状態は OFF であり、転写活性化タンパク質（因子）が転写活性化因子結合部位に結合して、初めて転写が ON になる。したがって、転写活性化タンパク質に突然変異が生じれば、正の制御が働かなくなる。
- ② プロモーターは RNA ポリメラーゼが結合する部位であり、プロモーターに突然変異が起これば、オペロンの遺伝子発現は起こりえない。
- ③ オペレーターは活性のあるリプレッサーが結合する部位であり、ここに突然変異が起これば、誘導系でも抑制系でも転写が構成的になる。
- ④ 構造遺伝子にナンセンス突然変異が起これば、オペロンの制御は正しく働くが、突然変異が生じた構造遺伝子とその下流にある構造遺伝子に対応する酵素の生産が停止することがある。これは、転写と翻訳が共役しており、さらにポリシストロン構造をもつ原核生物の特徴である。
- 4 ① 構成的、② 非誘導的、③ 構成的、④ 誘導的、⑤ 構成的、⑥ 誘導的
- 5 *lac* オペロンでは、ラクトースの分解にかかわる三つの構造遺伝子が一つのプロモーターと一つのアペレーター（オペレーター）の支配下にあり、ポリシストロン性 mRNA として転写される。オペロンの誘導物質（基質）が存在しないときは、抑制遺伝子が働いて活性のある抑制タンパク質が生じ、これがオペレーターに結合して構造遺伝子の転写を抑制する。一方、誘導物質が存在するときは、抑制タンパク質に誘導物質が結合して、抑制タンパク質のアペレーターへの結合が阻害され、mRNA の

合成が誘導される。

- [6] *lac* オペロンが誘導性オペロンであるのに対して、*trp* オペロンは抑制性オペロンである。最終産物が存在するとき、*trp* オペロンがコリプレッサーとして働き、アポリプレッサーを活性のあるリプレッサーに変え、転写の抑制が起こる。最終産物がなければ、活性のあるリプレッサーは生じないから、転写が起こる。
- [7] *lac* オペロンのような誘導オペロンとは異なり、*trp* オペロンのような抑制性オペロンでは ON/OFF システムだけでは十分な制御ができない。ここでは、抑制がかかっていない状態の転写量が細胞中のトリプトファンの濃度によって制御されるもう一つの機構が必要であり、これがアテニュエーションである。すなわち、アテニュエーションとは転写の微調整をする機構であり、ここではリーダーペプチドをコードする配列と、それに続くアテニュエーター配列が重要な役割を果たす。リーダーペプチドには、オペロンの最終産物であるトリプトファンが含まれるが、リーダーペプチドの翻訳を支えるだけのトリプトファン結合型 tRNA が存在するとき、mRNA がステムループ状のアテニュエーター構造ができて転写が終結する。一方、トリプトファン濃度が低ければ、転写は終結しない。すなわち *trp* オペロンの転写量は、最終産物であるトリプトファンの細胞内濃度で調節される。
- [8] *lac* オペロンは、グルコースが存在すれば働く必要がない。このグルコース効果には、細胞内のセカンドメッセンジャーである cAMP と、CAP または CRP と呼ばれるタンパク質が関与している。CAP はアポインデューサーであり、それ自身では誘導物質としての活性がないが、cAMP と結合して複合体を形成すると活性化する。*lac* オペロンが働くには cAMP-CAP 複合体がプロモーターに結合する必要がある。すなわち、cAMP-CAP 複合体は *lac* オペロンを正に制御する。ところで、グルコースが存在すると細胞内の cAMP 濃度は下がるから、*lac* オペロンの転写が抑えられることになる。