

『工学系のための生化学』

章末問題 解答例

1 章

1-1 細胞構造をもつこと、増殖すること、代謝を行うことに加えて、環境に適応する能力をもつ。遺伝物質を変化させることによって形質が変化することも生命の特徴といえる。

1-2 生命誕生以前の段階で起こったとされる、有機化合物合成の過程。メタンやアンモニア、二酸化炭素などの環境中の無機物質から、アミノ酸やヌクレオチド、糖などの有機化合物が合成され、さらにタンパク質やDNAなどの高分子が生じたと考えられている。

1-3 自然選択、中立変異、水平伝播による進化がある。

1-4 嫌気性原核生物に好気性原核生物が細胞内共生することによって、好気性の真核生物が誕生したと考えられている。

1-5 生物の分類基準には、生物の大きさや形などによる「形態学的基準」、利用する基質や生産物などによる「生理学的基準」、遺伝子の塩基配列による「遺伝学的基準」がある。

1-6 ⇒表 1.3 を参照してまとめよ。

1-7 遺伝学的基準によると、真核生物・細菌・始原菌の3つのドメインに分けられる。

1-8 DNAを収容している「核」、細胞内呼吸を行う「ミトコンドリア」、光合成の場である「葉緑体」、物質の分泌にかかわる「ゴルジ体」などがある。基本的には以上の様な膜で囲まれた構造物を指すが、広義では細胞骨格や中心小体などの非膜系を含む。

1-9 ・細胞や細胞内小器官の周囲を囲むことにより、隔壁（物質の拡散を妨げる障壁）として機能する ・各種の酵素を膜内に局在させることにより代謝の場を提供する

1-10 生体膜の透過性は、膜上や膜中に局在する「膜タンパク質」によって調節されている。細胞は、電気化学ポテンシャルに従って物質を透過させる「チャネル」と、濃度勾配に逆らって物質を輸送する「トランスポーターやイオンポンプ」を協働させることによって、膜内外の物質濃度を調整している。

2章

2-1 狭義のアミノ酸は、同一の炭素原子にアミノ基とカルボキシ基が結合した α -アミノカルボン酸を指す。水溶液中でアミノ基とカルボキシ基が解離してイオン化する特性をもつ。必須アミノ酸とは、アミノ酸のうち生体内で十分量を生合成できないために食物などからの摂取が必要なものを指す。ヒトの必須アミノ酸は9種類である。

2-2 L-アミノ酸とは、アミノ酸の立体異性体のうちL型の構造をもつ物で、タンパク質の構成成分である。D-アミノ酸は、同じくD型の構造をもつアミノ酸の立体異性体。ラセミ型アミノ酸は、L型とD型のアミノ酸を等量含むもの。

2-3 ⇒図 2.4(a)を参照

2-4 ①非極性：A, F, L, P, W ②非電荷・極性：C, G, N, Q ③解離性：D, H, R

2-5 チオール基：C（構造は略；P.16-17を参照）

フェノール基：Y

ϵ -アミノ基：K

グアニジノ基：R

イミダゾール基：H

β -アミド基：N

2-6 アミノ酸の正電荷と負電荷が等しくなり、正味の電荷が0になるpH。

2-7 アミノ酸のアミノ基と、別のアミノ酸のカルボキシ基が脱水縮合することで形成される結合。

2-8 グルタチオンは抗酸化物質の一種であり、細胞に有害な過酸化物質やフリーラジカルの解毒に働く。⇒構造はP.23を参照。

2-9 タンパク質の一次構造とは、アミノ酸の配列のことである。

2-10 α -ヘリックス：ペプチド鎖がつくる右巻きのらせん構造。4残基先のアミノ酸同士が水素結合を形成して構造が安定化されている。

β -シート：平行に並んだ複数のペプチド鎖の間に水素結合が形成されることで出来るシート状の構造。

2-11 ジスルフィド結合；システイン 水素結合；セリン、トレオニン、チロシン、アスパラギン酸、グルタミン酸 疎水性相互作用；バリン、ロイシン、イソロイシン、フェニルアラニン、トリプトファン

2-12 粒径の異なる物質の混合物を多孔性カラムに通して分離する方法。粒

径の小さな物質ほど担体内部に入り込むために、カラムを通過するのにかかる時間が長くなることを利用する。

2-13 ゲル濾過クロマトグラフィーは、タンパク質の立体構造を崩さずに分析できるため、オリゴマーの分子量を測る際などに有効である。SDS-PAGEはタンパク質を構成する個々のペプチド鎖の分子量を測定するのに有効である。質量分析は分子量を精密に測ることができるため、一次構造情報と比較することによりタンパク質の翻訳後修飾を調べることにも利用できる。

2-14 タンパク質の分子量と、ゲル中での移動度の相関を一次関数的にするため。

2-15 ツーハイブリッド法 (P.260)、ファージディスプレイ法 (P.276) など

3章

3-2 分子中に複数ある不斉中心のうちの一つだけが異なる化合物のこと。互いに鏡像異性体の関係にはない。

3-3 どちらもグルコースが直鎖状に重合したものであるが、アミロースは α グルコースが α 1 \rightarrow 4結合で重合したものであり、セルロースは β グルコースが β 1 \rightarrow 4結合で重合したものである。

3-4 まずグルコース分子がリン酸化されてUDP-グルコースとなり、これを基質としてグリコーゲンシンターゼがグルコース鎖を伸長する。グリコーゲンに特徴的な枝分かれ構造は、枝づくり酵素が α 1 \rightarrow 4結合を形成することによってつくられる。

3-5 セルロース；植物の細胞壁 キチン；甲殻類

3-6 O-結合型；糖のアノマー炭素がタンパク質のセリンまたはトレオニン側鎖の酸素原子とグリコシル結合を形成する。

N-結合型；糖のアノマー炭素がタンパク質のアスパラギン酸側鎖の窒素原子とグリコシル結合を形成する。

3-7 不飽和脂肪酸は分子中に二重結合を一つ以上含む。

3-8 膜を構成する脂質の飽和度が高いほど、脂質分子間にはたらくファンデルワールス相互作用の効果が増し、膜の流動性は低くなる。

3-9 \Rightarrow P.58の側注を参照

3-10 両親媒性分子である脂質分子は、分子中の疎水性部分を集合させてミセルを形成することによって周囲の水に接する表面積を最小限にでき、熱力学

的により安定になるため。

4 章

4-1 ⇒図 4.3 を参照

4-2 ⇒図 4.2 を参照

4-3 細胞外からの刺激を細胞内に伝える、セカンドメッセンジャーとしてはたらく。

4-4 水素結合、疎水性相互作用

4-5 DNA の 50%が変性する温度を「DNA の融点」という。GC 塩基対は 3 本、AT 塩基対は 2 本の水素結合によって対合しており、GC 塩基対の方が熱に対してより安定であるため。

4-6 5'-GGCATT-3'

4-7 DNA の骨格はデオキシリボースからなるが、RNA はリボースである。DNA がアデニン、グアニン、シトシン、チミンからなるのに対し、RNA はチミンの代わりにウラシルを含む。

4-8 例) ヘアピン構造 5'-CCCGGGAUCCCGGG-3'

4-9 ①トランスファーRNA としてタンパク質合成の基質となる。②リボソームの構成成分となる。③メッセンジャーRNA として、ゲノム情報を核外へ伝える。

4-10 原核生物の mRNA は転写反応で合成されるとすぐに翻訳が始まるのに対して、真核生物の mRNA には、翻訳の前に、5'-キャップ構造とポリ A テールの付加や、スプライシングが施される。

4-11 塩基のメチル化、リボースのメチル化、塩基の異性化

5 章

5-1 ビタミン；生育に必要であるにもかかわらず、自身の体内では合成できないため外部から摂取する必要がある有機化合物群。

バイオファクター； ビタミン同様、生育に必要な物質であるが、体内でも合成できるものを指す。

5-2 B 群ビタミンは体内で補酵素として機能する。

5-3 抗酸化作用

- 5-4 ビタミン C にはプロリンをヒドロキシプロリンに変える作用がある。
- 5-5 ナイアシンの作用；アルコールデヒドロゲナーゼなどの酵素の補酵素となる。⇒構造は P.75 を参照。
- 5-6 腸におけるカルシウムやリンの吸収を助け、血中のカルシウム濃度を一定に保つ働きがある。
- 5-7 PQQ は酸化還元補酵素として発見され、後に、細菌に対する生育促進効果や、生体における抗酸化作用が知られるようになった。ビタミンではない。
- 5-8 微生物が生産し、生物や細胞に対して生育を阻害するように作用する物質。微量で効果を発揮し、高い選択毒性をもつ。
- 5-9 グラム陽性細菌の細胞壁合成を阻害することによって、細菌の増殖を抑える。代表的な物にペニシリンやセファロスポリンがある。

6 章

- 6-1 (a) 誤り；微量でも生体に必要な元素であるため、欠乏症状が生じる。
 (b) 誤り； ΔG の絶対値は反応速度とは関係しない。
 (c) 誤り； ΔG° は、生化学的標準状態において反応物と生成物がそれぞれ 1 M であるときの ΔG であり、平衡状態の時の値 ($\Delta G = 0$) とは異なる。
 (d) 誤り；共役する反応系があれば、この反応を自発的に進めることも可能である。

6-2 グルタミン酸を Glu, グルタミンを Gln と表記する.

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln [\text{Gln}]/[\text{Glu}][\text{NH}_3] \quad (\text{決まり*により } [\text{H}_2\text{O}] = 1)$$

アンモニアの濃度が 10 mM のとき平衡状態にあれば,

$$\begin{aligned} \Delta G &= \Delta G^\circ + RT \ln [\text{Gln}]/[\text{Glu}](0.01) \\ &= 0 \quad (\text{平衡状態}) \end{aligned}$$

このときの $[\text{Gln}]/[\text{Glu}]$ 濃度比は,

$$\begin{aligned} RT \ln [\text{Gln}]/[\text{Glu}](0.01) &= -\Delta G^\circ \\ &= -14 \times 10^3 \end{aligned}$$

$R = 8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$, $T = 298 \text{ K}$ (生化学的標準状態の温度を採用) から

$$[\text{Gln}]/[\text{Glu}] = 3.5 \times 10^5 = 1/28600$$

よって、アンモニアの濃度が 10 mM のとき、反応が右側に自発的に進行するためには $[\text{Glu}]$ が $[\text{Gln}]$ の 28600 倍以上濃い必要がある。

*決まり；希薄水溶液系の平衡反応における H_2O の増減は多くの場合、溶媒としての水の濃度 (55.6 M) よりはるかに小さく無視できる。平衡の変化にともなう濃度の変化が極めて小さくほとんど無視できる希薄溶液系加水分解反応では、水の濃度項を含めずに計算する。

6-3 (a) ①定常 ②平衡状態 ③ギブズ自由エネルギー変化
④質量作用比 ⑤ ΔG°

(b) 解糖系；グルコース→グルコース 6-リン酸の反応、フルクトース 6-リン酸→フルクトース 1,6-ビスリン酸の反応、ホスホエノールピルビン酸→ピルビン酸の反応

TCA 回路；アセチル CoA とオキサロ酢酸の縮合反応、2-オキシグルタル酸→スクシニル CoA の反応

6-4 (a) 同じ原子構成をもつ異性体のうち、構造異性体は原子の結合順序や結合様式が異なるもの、立体異性体は原子の空間配置が異なるものを指す。

(b) 立体異性体の空間配置のうち、結合のつなぎ替えが必要な場合を立体配置、単結合の回転のみの違いによる場合を立体配座と呼ぶ。

(c) 分子内に不斉炭素原子をもつ立体異性体群において、互いに鏡像の関係にあるもの同士をエナンチオマーと呼び、それ以外の立体異性体をまとめてジアステレオマーと呼ぶ。

(d) 共にキラリティーを示さない物質であるが、その理由が異なる。メソ体は分子内に対称面があるためにキラリティーをもたず、ラセミ体とは鏡像異性体が等量混合した状態であるためにキラリティーをもたない。

7 章

7-1 略 (P.113~119 を参照)

7-2 脱水素酵素か酸化酵素かは、基質に由来する電子を何に付加するかによって変わり、補酵素の差異で区別しているのではない。

7-3 生体が利用できる化合物のなかで、タンパク質が最も複雑な構造をかたちづることができるためと考えられる。また、その立体構造はペプチドの一次構造に起因するため、配列情報を同じにすることによって同じ構造をもった酵素を得ることができる点や、アミノ酸側鎖の解離状態が pH などの環境因子で変わることを利用してタンパク質の立体構造を調整できる点も、酵素の性質

に有利である。

7-4 質的調節；酵素タンパク質への調節因子の結合やタンパク質修飾や限定分解によって、酵素の立体構造を変化させることにより触媒活性を調節する方法。量的調節；酵素タンパク質をコードする遺伝子の発現レベルや、細胞内の酵素の分解速度を変えることで細胞内の酵素量を調節する方法。「量的調節」は「質的調節」に比べて変化に時間がかかるが、長期的な環境変化に順応するのに適している。

7-5 アミノ酸を構成する原子だけではつくりだせないような酸化還元電位をうみだしたり、基質と強力に結合するなど、触媒活性に欠かせない機能を担う。

7-6 ⇒P.127~128 (式 7.1~7.8) を参照。

7-7 阻害剤 I は遊離の酵素 E には結合せず、酵素基質複合体 ES にのみ結合するので、解離定数を

$$K_s = \frac{[E][S]}{[ES]} \quad K_i = \frac{[ES][I]}{[ESI]}$$

とする。全酵素濃度は

$$[E]_0 = [E] + [ES] + [ESI]$$

であるから、上記の3つの式から

$$[ES] = \frac{[E]_0[S]}{K_s + (1 + [I]/K_i)[S]}$$

と求めることができる。これを $v = k_{+2} [ES]$ に代入すると、

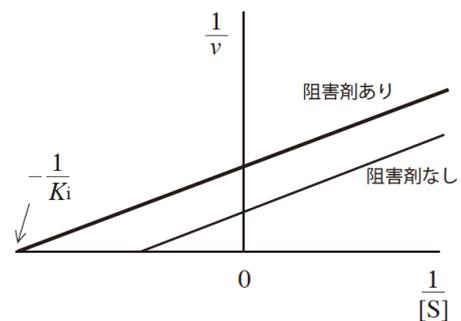
$$v = \frac{\frac{V_{\max}}{1 + [I]/K_i} [S]}{\frac{K_s}{1 + [I]/K_i} + [S]}$$

K_i を求めるために二重逆数プロットをとると上のようになる。

7-8 他の多くの補酵素が反応の特異性を規定しているのに対し、ピリドキサル 5'-リン酸は基質の活性化のみに関与し、基質特異性と反応特異性は酵素タンパク質によって決まる点が特徴的である。それは、基質と PLP シッフ塩基との切断様式が、活性部位における基質のコンホメーション（つまり活性部位の構造）によって決まるためである。

7-9 ⇒P.137 を参照。

7-10 mRNA 中にセレノシステイン挿入配列がある場合のみ、終始コドンの



ところへ、セレノシステインを結合した tRNA が取り込まれる。

8 章

8-1 共役二重結合の平面網目構造に鉄イオンが配位している構造。

8-2 ヘモグロビン分子内の 4 分子のヘムが協調的結合能をもっているため、酸素分圧の高い肺で酸素を結合し、分圧の低くなる静脈で効率よく酸素を放出することができるため。

8-3 能動輸送は膜の内外の電気化学的ポテンシャルに逆らって物質を輸送するしくみであり、受動輸送は電気化学ポテンシャルに従って物質を輸送する。

8-4 水分子を選択的に透過させる役割。

8-5 ミトコンドリアの生体膜には ATP 合成酵素が存在し、水素イオンが電気化学的ポテンシャルに従って酵素内部を移動する際に ATP 合成酵素を回転させ、ATP が合成される。

8-6 F_1 モーター； α サブユニット 3 個と β サブユニット 3 個からなる固定子の中央に γ サブユニットが貫通した構造をもつ。 γ サブユニットが回転することによって ADP のリン酸化が起こる。ATP の加水分解によって γ サブユニットを逆向きに回転させることもできる。

F_0 モーター； a サブユニットが膜に埋まっており、プロトンの通過によって c リングが回転する。逆向きに c リングを回転させることによってプロトンポンプとして機能することもできる。

8-7 F_1 モーターの ϵ サブユニットによって F_1 モーターと F_0 モーターが連結されており、両モーターの回転が連動するようになっている。こうして F_0 モーターを駆動するプロトンの流れが F_1 モーターによって行われる ATP 合成に共役する。

9 章

9-1 異化は複雑な物質をより簡単な物質に分解する反応であり、同化は逆に簡単な物質から複雑な物質を合成する反応を指す。

9-2 従属栄養生物は炭素源として有機物を必要とするが、独立栄養生物は環境中の二酸化炭素を利用することができる点。

9-3 生体分子間での電子のやり取り（授受）。

9-4 生体膜を介したプロトンの電気化学ポテンシャルをエネルギー源とし

て ATP が合成されるという説。

9-5 NADH は主に異化作用の経路で、NADPH は主に同化作用の経路で生成・利用される。

10章

10-1 発酵は基質レベルのリン酸化によって ATP が生成される。呼吸では基質レベルのリン酸化に続いて酸化的リン酸化が起こり ATP が生成される。有機物 1 分子あたり、呼吸の方が発酵に比べて多くのエネルギーを得ることができる。

10-2 10 段階の酵素反応のうち 3 段階の不可逆反応、つまり解糖と糖新生で異なる酵素が触媒する反応の向きによって調節されている。これらの酵素はどれもアロステリック酵素であり、細胞中の ATP や ADP、AMP、アセチル CoA などの濃度によって活性が調節されている。

10-3 TCA 回路は有機物を分解して ATP などのエネルギー物質を生産する異化的な経路でありながら、細胞構成物質の生合成に必要な中間体を供給する同化的な役割も担うため。

10-4 代謝経路の中間体の量を一定に保ち、代謝速度を落とさないようにするためである。経路の中間体が基質合成にも用いられる TCA 回路においては特に重要である。

10-5 β 酸化は、最も一般的な酸化反応である。 β 酸化では、脂肪酸の β 位の炭素が酸化されることによってアセチル CoA 単位で脂肪鎖が短くなり、ATP が合成される。

10-6 アンモニアの同化は、植物や藻類、細菌が、無機窒素化合物を有機窒素化合物に変換する生合成過程である。アミノ酸や核酸の原料を生み出す反応であり、この反応がなければ、ヒトを含む動物が食物から窒素を得ることはできない。

10-7 炭酸固定経路の主なものには、植物や藻類、光合成細菌が光を利用して炭酸固定を行うカルビンベンソン回路、TCA 回路と逆向きの反応経路をもつ還元的カルボン酸回路などがある。

10-8 反応中間体は同じだが反応経路の向きが逆向きである。

10-9 生物による水素生産は、光合成によるものと発酵によるものに大別できる。エネルギーを得るために糖を酸化していく過程の副産物として、水素が

発生する。

10-10 嫌氣的アンモニア酸化のこと。アンモニアを電子供与体、二酸化窒素を電子受容体とする呼吸反応である。

10-11 一次代謝は、エネルギーと細胞の主要構成物質の生産を担う代謝反応であり、細胞の増殖に必須である。一方、二次代謝は、一次代謝産物を原料とした補助的な代謝であり、抗生物質や色素、毒素など、細胞の機能を補助する物質を合成する反応である。

10-12 代謝制御では、生物のフィードバック調節を人為的に解除して目的物質を大量に合成させることが多い。例えば、L-イソロイシン発酵では、L-イソロイシンの濃度が増すと L-スレオニン脱アミノ酵素がフィードバック阻害を受けるので、D-スレオニンや α -アミノ酪酸を与えることによってこの阻害を回避させる。

11章

11-1 クリックによって提唱された、遺伝情報の流れは DNA \Rightarrow RNA \Rightarrow タンパク質という一方向である、という考え。

11-2 タンパク質の構造情報に加えて、遺伝子の発現制御にかかわる情報も含まれる。

11-3 2本鎖の DNA が分離し、片側の鎖の情報をもとに新しい DNA 鎖が合成される半保存的複製によって、塩基配列が間違いなくコピーされる。DNA 複製の際にはさらに、DNA ポリメラーゼの校正機能が働きいて mismatches した塩基を除去し、複製の正確さが保障される。

11-4 (a) 2本鎖 DNA をほどこき、1本鎖にする。

(b) 複製開始点付近の塩基配列に相補的な短い RNA を合成する。

(c) DNA の相補鎖を合成する。

(d) DNA 鎖の末端同士をリン酸ジエステル結合でつなぐ。

11-5 真核生物の DNA は環状でなく直線状であるため、細胞分裂にあたって DNA を複製すると、プライマー RNA が除去された部分のギャップが埋められないために DNA が徐々に短くなる。染色体の両端にはテロメア構造があり、短縮によって遺伝情報が失われるのを防いでいるが、テロメアの長さには限りがあり、無限に複製を続けることはできない。

11-6 リーディング鎖は複製開始点から連続して合成されるが、ラギング鎖

は合成の方向と複製フォークが進む方向が逆であるため、一定の長さの DNA がほどけるたびにプライマー合成と岡崎フラグメントの合成が行われ、複製の完了には DNA ポリメラーゼ I によるプライマー除去と DNA リガーゼによる結合を必要とする。

11-7 化学物質、活性酸素分子種、放射線などが、ヌクレオチドの化学変化や鎖の切断、ピリミジンダイマーの生成などを引き起こす。

11-8 トランスポゾンによる組換えは相補鎖を必要としないため、染色体のあらゆる部分で組換えが起こる可能性がある点。

11-9 レトロウイルスとは、RNA をゲノムとしてもつウイルスのうち、逆転写酵素をもつものを指す。

11-10 塩基配列の変化を伴わずに行われる遺伝子の発現制御のことで、ヒストンの修飾や DNA のメチル化によって染色体構造を変化させて発現量を調節する。ヒストンの化学修飾には、N 末端領域に起こるアセチル化、メチル化、リン酸化などがある。

12章

12-1 原核生物では、転写単位に複数の遺伝子が含まれ、機能の関連が深い遺伝子が固まって存在するオペロン構造になっている場合もある。一方、真核生物は転写単位に1個の遺伝子のみが含まれる。

12-2 転写された mRNA は、5'末端にメチル化グアニンが結合してキャップ構造が形成され、3'末端にはアデニル酸が数百個結合したポリ(A)テールが形成される。さらにその後、イントロンの切り出し(スプライシング)が行われる。

12-3 原核生物に特有の遺伝子構造。機能的・構造的に連関する遺伝子群が、一つのプロモーターのもと、同時に転写される。

12-4 真核生物でも原核生物でも、RNA ポリメラーゼのプロモーターへの結合促進や阻害によって転写レベルは調節されているが、真核生物では染色体の構造も転写レベルに影響を与えることが分かっている。

12-5 シス因子は転写レベルの調節に関わる「塩基配列」そのものを指し、トランス因子は、そのシス因子に結合する「タンパク質」のことである。

12-6 tRNA がコドンを認識する際、コドンの3文字目部分の結合はあまり強固でなくてもよいから、1種類の tRNA が複数のコドンを認識することができるから。

12-7 原核生物は DNA が核膜で囲まれていないため、転写と翻訳が同所的に進行するが、真核生物は核内で転写された mRNA が核膜孔を通過して細胞質へ運ばれた後に翻訳が開始される。また、真核生物では分泌タンパク質や膜タンパク質が小胞体膜上で合成され、各所へ輸送されるしくみがある。

12-8 シャペロンとは女性の介添人のことである。分子シャペロンという名は、タンパク質（女性）が正しい構造をとる（一人前になる）のを助けるという性質から付けられたものである。

12-9 フォールディングしていないタンパク質を隔離することによって、未フォールディング分子同士が集まって凝集体になるのを防ぐ役割。

12-10 略 (P.244 のコラムを参照)

12-11 ミスフォールディングしたタンパク質は、互いに集まって凝集体を形成しやすいため。

12-12 タンパク質が線維状の構造を形成し不溶化したもの。β構造が重なり、直径 10~20nm の分岐のないらせん状の直鎖構造をもつ。

12-13 ユビキチン-プロテアソーム系；ユビキチンと結合したタンパク質がプロテアソームに運ばれて分解される。

オートファジー；ユビキチン-プロテアソーム系がタンパク質単位で分解を行うのに対し、オートファジーでは、オートファゴソームという二重膜構造に囲まれた内部のタンパク質が、リソソームの加水分解酵素によって分解される。

13章

13-1 特定の DNA を他の DNA から分離して、単一のクローン（複製 DNA）を得られる状態にすること。

13-2 5'末端か 3'末端が数塩基だけ突出した粘着末端か、突出していない平滑末端になる。末端の形状は、DNA を切断した制限酵素によって決まり、同じ酵素で切られた末端同士は接着しやすい。

13-3 鋳型 DNA と相補的な塩基をもつヌクレオチドを DNA の 3'末端に結合するポリメラーゼ活性、3'末端のヌクレオチドを除去する 3'-5'エキソヌクレアーゼ活性、5'末端のヌクレオチドを除去する 5'-3'エキソヌクレアーゼ活性がある。

13-4 ベクターに特定の抗生物質耐性遺伝子を組み込んでおき、宿主集団をその抗生物質を含む培地上で生育させて、遺伝子組換え体のみを増殖させる方

法。また、特定の栄養要求性のある宿主に、その性質を相補する遺伝子を乗せたベクターを取り込ませ、特定の栄養を含まない培地上で生育することによって選抜する方法もある。

13-5 略 (P.253 を参照)

13-6 プライマーを合成することができれば任意の DNA 断片を短時間に大量に得ることができ、DNA 断片を塩基配列の決定や遺伝子クローニング、形質転換に用いることができる。DNA 鎖に新しい塩基配列を導入できる。

13-7 物理的に断片化した DNA をクローニングした、プラスミドやコスミド等のベクター集団、またはそのベクターを取り込んだ細胞集団。

13-8 略 (P.262 を参照)

14章

14-1 1) 哺乳類細胞 2) 昆虫細胞または無細胞系

14-2 安定発現・浮遊細胞

14-3 膜タンパク質や分泌タンパク質の効率的な合成方法の開発、発現効率をより一層高める方法の開発、正しい構造をもったタンパク質のみを分離する方法の開発などが必要である。

14-4 ポリクローナル抗体；動物に抗原を免疫し、その動物の血清から抗体を分離する。得られるのは、認識するエピトープの異なる複数種類の抗体産生細胞由来の抗体混合物である。

モノクローナル抗体；動物に抗原を免疫した後、脾臓から抗体産生細胞を単離し、それをミエローマ細胞と融合させて不死化したハイブリドーマ細胞に抗体を生産させる。または抗体産生細胞から遺伝子を単離して培養細胞に導入し、抗体を生産させる。単一エピトープを認識する、均一な抗体を得ることができる。

14-5 ファージディスプレイ法；ファージの表層タンパク質遺伝子に抗体の抗原結合部位をコードする遺伝子を融合して発現させ、目的の抗原を固定化したプレート上でそれらを選抜（パニング操作）して、目的の抗原に結合する抗原結合部位をもったファージを単離する。

15章

15-1 ノックアウトマウスでは、相同組み換えを利用して目的の遺伝子をマ

一カー遺伝子と置換し、特定の遺伝子を破壊するのが目的であるため、相同組み換えが起こった細胞を選抜する必要がある、ES細胞の方がその選抜を行いやすい。また、目的の遺伝子が致死遺伝子だった場合、受精卵で遺伝子破壊が起こると、その個体は発育せず（死亡し）解析ができない。そこで遺伝子破壊をモザイク状に起こすために、ES細胞を胚盤胞に入れるという手法をとる。

15-2 患者の体内に遺伝子を導入するにあたって、幹部の細胞のみに遺伝子を導入する技術が未完成であるため、患者のゲノムを破壊する可能性があるから。

15-3 ES細胞は受精卵から作成されるが、iPS細胞は体細胞から作成できるため、個体を生じる可能性のある受精卵を破壊しなくてよい点。患者自身の体細胞からiPS細胞を作成できるためゲノムが完全に同じ臓器を得ることができ、移植の際の免疫不適合（拒絶反応）を抑えることができる点。

15-4 動物の細胞工学技術はヒトにも応用できるため、クローン人間の作出が可能という考えが広まる可能性がある。また再生医療や遺伝子治療の技術を躍進させ、スペア臓器やスペア人間の創出に関する倫理的問題、死亡率の低下や寿命の延長による人口問題などへと発展する可能性がある。植物の細胞工学技術が発展することにより、食糧不足問題が解消される可能性がある。

15-5 遺伝子が改変された生物を食物として利用することが社会的に受け入れられていない（GMOを体内に取り入れることに心理的な抵抗がある）ため、食用として販売しづらい現状がある。また自然界への逸出を防ぐためにGMOを隔離して栽培する必要がある、生産コストが高くなってしまうから。