

**1章 章末問題解答**

- 1.(1) ○
  - (2) ×
  - (3) ×
  - (4) ×
  - (5) ×
  - (6) ○
  - (7) ×
  - (8) ○
  - (9) ×
  - (10) ×
- 2.(1) グリシン
  - (2) イソロイシン, トレオニン
  - (3) ロイシンとイソロイシン
  - (4) セリン, トレオニン, チロシン
  - (5) トリプトファン
  - (6) ヒスチジン
  - (7) フェニルアラニン, チロシン, トリプトファン
  - (8) システイン, メチオニン
  - (9) プロリン
  - (10) メチオニン
3. 弱酸が 50% 電離したときの pH
4.  $(2.19+4.25)/2=3.22$
5. 不斉炭素原子をもち、互いに重ね合わせることでできない化合物どうしのことを光学異性体とよぶ。光学異性体の間では旋光性（偏光面を回転させる性質）が逆になる。アミノ酸の場合、 $\alpha$ 炭素による光学異性体を D-体および L-体として区別する。
6. 一次構造：アミノ酸配列，二次構造：らせん状やシート状の構造，三次構造：二次構造が組み合わされたタンパク質 1 分子中の立体構造，四次構造：複数のタンパク質分子が会合した構造
7.  $\alpha$ ヘリックス：ペプチド結合のカルボニル基酸素と 4 残基先のペプチド結合のアミド基水素が水素結合を形成して安定化した右巻きのらせん構造。 $\beta$ 構造：ほぼのびきったポリペプチド鎖による  $\beta$ ストランドと折れ曲がり構造である  $\beta$ ターンがある。 $\beta$ ターンにより複数の  $\beta$ ストランドが並列して水素結合により安定化した構造が  $\beta$ シートである。
8. 主鎖の間で多数の水素結合を形成するため。
9. タンパク質内あるいはタンパク質間を架橋し、構造を安定化させることで、そのタンパク質固有の立体構造の維持を助ける。
10. タンパク質が安定に構造形成できる大きさには、一般的に限界がある。より複雑な機能をもつタンパク質を生み出すには、単機能で小さなタンパク質を複数集めて複合体を形成するほうが進化のうえで有利であったと考えられる。

**2章 章末問題解答**

1.
  - (1) ○
  - (2) ×
  - (3) ×
  - (4) ○
  - (5) ×
  - (6) ×
  - (7) ×
  - (8) ○
  - (9) ×
  - (10) ×
2. 酸化還元酵素（オキシドレダクターゼ）  
転移酵素（トランスフェラーゼ）  
加水分解酵素（ヒドロラーゼ）  
除去付加酵素（リアーゼ）  
異性化酵素（イソメラーゼ）  
合成酵素（リガーゼ）
3. 逸脱酵素とは、ある特定の細胞や組織で働いている酵素がなんらかの理由で流出したものである。酵素の流出が組織障害や疾患と関連するため、臨床検査の一環として利用される。
4. 同一個体中において、同じ化学反応を触媒する、構造の異なる酵素のこと。
5. 2-3-3を参照。
6. 縦軸に  $1/v_0$  , 横軸に  $1/[S]$  をプロットすると傾きが  $K_m/V_{max}$  の直線になる。このとき、縦軸、横軸の切片はそれぞれ  $1/V_{max}$  および  $-1/K_m$  となる。それを利用すると  $K_m=6.4(\text{mM})$  , と  $V_{max}=0.085(\text{mM}/\text{min})$  と求められる。
7. 酵素の基質は、反応後に酵素から遊離する必要があるが、酵素と基質の親和性が高すぎると、基質が酵素から遊離しにくい。そのため、つぎの基質が結合することができなくなるため阻害剤として働くことになる。
8. キモトリプシンの活性セリン残基は、ほかのセリン残基とは異なり、近接するヒスチジンの影響でヒドロキシ基の求核性が高まっている。この求核性のため、活性セリン残基のヒドロキシ基は基質および DFP を結合する。基質は酵素から遊離する。しかし、DFP は活性セリン残基のヒドロキシ基と共有結合を形成し、酵素の活性部位を不可逆的にふさぐため、酵素活性を阻害してしまう。
9. 見かけの  $K_m$  値は増大する。 $V_{max}$  値は変わらない。基質濃度を上げると、活性部位が基質で満たされるようになり、阻害作用が減少する。

**3章 章末問題解答**

- 1.(1) ○  
(2) ×  
(3) ×  
(4) ○  
(5) ○  
(6) ○
2. 1位の立体配置のみが異なる立体異性体をアノマーとよぶ。 $\alpha$ -D-グルコースと $\beta$ -D-グルコースは互いにアノマーである(図3-4)。1つの不斉炭素原子の立体配置のみが異なる糖をエピマーとよぶ。D-グルコースに対してD-ガラクトースは4位の立体配置が異なるエピマーであり、D-マンノースは2位のエピマーである(図3-6)。
3. 六炭糖(ヘキソース)のアルドースの例：D-グルコース(構造式は図3-2を参照)。  
六炭糖(ヘキソース)のケトースの例：D-フルクトース(構造式は図3-3を参照)。
4. トリアシルグリセロールは、グリセリン1分子と脂肪酸3分子から水が3分子とれてエステル結合した化合物である(図3-11)。主にエネルギー貯蔵物質としての役割を担う。  
グリセリン脂質は、グリセロールの1位と2位に脂肪酸がエステル結合し、3位にリン酸が結合し、さらにそのリン酸基にコリン、セリン、エタノールアミンなどの極性基が結合したものである(図3-12)。生体膜の主要な成分で、ホスファチジルイノシトールのようにシグナル伝達に関わるものもある。
5. ステロイドの基本骨格はA・B・C環とよばれる3つの六員環、D環とよばれる1つの五員環からなる(図3-16)。コレステロールは生体膜の構成成分である。テストステロンやエストラジオールなどは性ホルモンとして働く。
6. ヌクレオチドに含まれる糖(リボース)の3'位のヒドロキシ基がリン酸基とエステル結合を作っている。このリン酸基が隣のヌクレオチドの糖5'位ヒドロキシ基に結合して、リン酸ジエステル結合を形成して、DNA鎖を作っている(図3-19)。DNAの末端は、リボースの5'位または3'位のどちらであるかにより5'末端または3'末端とよばれ、これによりDNAの方向性が表される。
7. DNAの主な役割は、遺伝情報の保存である。二重らせん構造をとり、同じ塩基配列をもつDNAが複製される。RNAは、DNAの塩基配列情報から特定のアミノ酸配列をもつタンパク質を作り出す転写・翻訳に主な機能がある。これらの過程では、mRNA、rRNA、tRNAが働く。

**4章 章末問題解答**

1. (1)× (2)○ (3)○ (4)×
2. (1)× (2)○ (3)× (4)×
3. (1)○ (2)○ (3)× (4)×
4. (1)× (2)× (3)× (4)○
5. アミノ酸の中で、脱アミノされたあと糖新生の経路に入りグルコースを生成する。このようなアミノ酸を糖原性アミノ酸とよび、ロイシンとリジン以外がこれに属する。また、アセチル CoA やアセト酢酸に変化するものは、肝臓でケトン体を生成する。このようなアミノ酸をケト原性アミノ酸という。
6. グリコーゲン分解によるグルコースの供給は約 1 日分のエネルギーしかない。そこで、飢餓状態でも血中グルコース濃度が低下しないように、乳酸・アミノ酸・グリセロールなどの糖質以外の材料からグルコースを生成する糖新生という代謝経路が存在する。
7. 脂肪酸代謝においては、脂肪酸がまずアシル CoA (炭素数:  $n$ ) に変換されてから、その  $\beta$  位の炭素が酸化され、炭素数が 2 つ短くなったアシル CoA (炭素数:  $n-2$ ) を生成するため、 $\beta$  酸化と呼ばれる。
8. アミノ酸の分解反応は以下の順に 3 段階で進む
  - ① 脱アミノ反応
  - ② 脱アミノ反応によって生じたアンモニアを代謝する尿素回路
  - ③ 残った炭素骨格の代謝

まず、アミノトランスフェラーゼの作用により、アミノ酸から  $\alpha$  位のアミノ基 ( $-\text{NH}_2$ ) が脱離する。脱離したアミノ基が 2-オキシグルタル酸に転移された結果、アミノ酸の一種であるグルタミン酸を生成する。生成したグルタミン酸は、グルタミン酸脱水素酵素により酸化的脱アミノ反応を受け、アンモニアを遊離して 2-オキシグルタル酸に戻り再利用される。生じたアンモニア分子は尿素回路によって無毒化され、尿素となる。最後に、残った炭素骨格が、固有の反応経路によりクエン酸回路で利用される物質に変換される。
9. メープルシロップ尿症という病気では、分岐鎖アミノ酸の分解が正常に行われない。患者の尿がメープルシロップの臭いがすることからこの病名がつけられ、重症な状態を放置すると死亡することもある。また、フェニルケトン尿症では、フェニルアラニンをチロシンへ変換する酵素が欠損しているため、フェニルアラニンが正常に代謝されず、血中で増加する。いずれの場合も生体に対して様々な症状が起こる。
10. まず、リボース 5-リン酸から 5-ホスホリボシル 1 $\alpha$ -二リン酸 (PRPP) が生じる。生成した PRPP を土台として、多段階の反応を経てイノシン酸となった後、プリンヌクレオチドの構造が組み立てられていく。

**5章 章末問題解答**

1.
  - (1) ○
  - (2) ×
  - (3) ×
  - (4) ○
  - (5) ×
  - (6) ○
  - (7) ○
  - (8) ×
  - (9) ×
  - (10) ×
2. 5-1-2 参照。①微生物が作る低分子量物質：発酵とよばれる物質代謝反応を利用して、比較的大量に得られる。エタノール、アミノ酸や抗生物質が例として挙げられる。②微生物が作る酵素類：微生物が自身の代謝のためにもっている酵素であり、細胞内に比較的多く含まれる。プロテアーゼやアミラーゼなどが例として挙げられ、食品や生活用品の製造に利用されている。③バイオ医薬品：遺伝子組換え法により微生物・培養細胞に生産させた希少なタンパク質類。例えば、抗体やホルモンなどであり、おもに医薬品として人体に投与される。
3. 5-1-5 参照。タンパク質は変性や分解を受けやすいので、低温下に置き、緩衝液を利用して安定に存在しうる pH を保ち、酸化防止剤やプロテアーゼ阻害剤を添加して保護するなどといった工夫をする。
4. 5-1-7 参照。粒子の大きさによる細胞抽出液からのオルガネラ、細胞膜、細胞質成分への分画や、タンパク質や核酸の沈殿分離のために用いる。
5. 5-1-7 欄外[14][15][16]参照。
6. 5-2-2、5-4-2 参照。親水性高分子ゲルの内部などに形成された網目構造をタンパク質や核酸などの高分子が通過する際に、分子の大きさに応じて通過速度の差が生じる現象を分子ふるい効果とよぶ。この原理に基づいた分離法の例として、ゲル電気泳動とゲルろ過クロマトグラフィーが挙げられる。
7. 5-2-3 参照。タンパク質の疎水性部分を SDS が覆うことで、タンパク質の立体構造を直鎖状にほどいて溶解度を高め、かつ全体に均一な負電荷をもたせる。
8. 5-2-5 参照。電気泳動でゲル中に分離された DNA やタンパク質を、泳動像そのままに丈夫なフィルター膜に写し取る操作のこと。これにより、さらなる分析に供することができる。DNA を対象としたものをサザンブロットティング、RNA を対象としたものをノザンブロットティング、タンパク質を対象としたものをウェスタンブロットティングとよぶ。
9. 5-4-2 参照。カラム中を移動する分子が、多孔質の担体微粒子の表面の細孔（ポア）に出入りする頻度の差により、移動速度が異なることを分離原理とする。すなわち、

大きな分子は細孔に入れなため移動距離が短く、カラム中を速く移動する。小さな分子は細孔のすみずみまで行きわたるため移動距離が長く、カラム中を遅く移動する。したがって、サイズの大きな分子ほど早くカラムから溶出する。

10.5-4-3 参照。タンパク質は、等電点を境として酸性で正電荷、アルカリ性で負電荷をもつ。したがって、等電点より酸性では陽イオン交換担体に吸着し、逆にアルカリ性では陰イオン交換体に吸着する。

11.5-4-4、5-4-5 参照。疎水性クロマトグラフィーと逆相クロマトグラフィーは、いずれも疎水性の大きな分子ほど強く吸着する。疎水性クロマトグラフィーでは、ゲル担体に導入された疎水性リガンドの密度が低く、塩濃度により吸着の強さを調整するため、タンパク質を失活させない温和な条件で分離できる。一方、逆相クロマトグラフィーでは、担体に導入された疎水性基が密に導入されており、有機溶媒の混合比で吸着を調節する。逆相クロマトグラフィーの分離条件では、タンパク質が変性するため、タンパク質の分離には適さない。低分子量の有機化合物の分離が対象となる。

12.5-4-6 参照。生体分子間に働く分子認識（親和性：アフィニティー）を利用して分離するクロマトグラフィーのこと。アフィニティーには抗体と抗原、酵素と基質、レクチンと糖鎖、受容体とホルモンなどの組み合わせが挙げられる。例えば、細菌の産生するタンパク質の一種であるプロテイン A は抗体に高いアフィニティーをもつ。そこで、プロテイン A を表面に固定した担体は、血清中の抗体の精製にしばしば用いられる。

**6章 章末問題解答**

1. (1) ×  
(2) ×  
(3) ○  
(4) ○  
(5) ×  
(6) ×  
(7) ○  
(8) ○  
(9) ○  
(10) ○
2. まずデンプンに $\alpha$ -アミラーゼを作用させ、デキストリンにする。次いでデキストリンにグルコアミラーゼを作用させ、非還元末端からグルコースを遊離させる（図 6-6）。
3. 転化糖は、スクロースにインベルターゼを作用させ、グルコースとフルクトースの混合物にしたものである（図 6-8）。同量のスクロースと同等あるいはそれ以上の甘さがある。異性化糖は、グルコースにグルコースイソメラーゼを作用させた、グルコースとフルクトースの混合物のことである（図 6-9）。フルクトースが 50%以下のものはブドウ糖果糖液糖，フルクトース含量が 50%以上のものは果糖ブドウ糖液糖という。
4. 糊化デンプンからデンプンの結晶に入り込んだ水が分離し，元のデンプンに近い密な構造になることをデンプンの老化という（図 6-19）。冷やご飯や古いパンのようにパサパサ固くなった状態である。糊化デンプンを高温のまま乾燥したり，急速に冷凍したり，トレハロースを添加することで幾分デンプンの老化が抑えられる。デンプンを修飾した加工デンプンを用いることでも老化を抑えられる。
5. LM ペクチンのガラクトツロン酸のカルボキシ基やヒドロキシ基が牛乳のカルシウムイオンと複数の配位結合を形成し，エッグボックスモデルとよばれる構造を作るとゲル化する（図 6-21）。
6. 紙着色の原因になるのはリグニンである。リグニンが結合していることが多いキシランを分解するキシラナーゼを作用させ，リグニンをパルプから遊離させることで紙着色を解消する。
7. デンプンにアミラーゼとグルコアミラーゼを作用させ糖化し，生成したグルコースを酵母による発酵でエタノールにする（図 6-35）。得られたエタノール溶液を蒸留することでバイオエタノールを得る。セルロースは強固な構造をしているため，簡単に糖化ができず，糖化にコストがかかるため，セルロースを原料とするバイオエタノール生産はあまり行われていない。
8. 植物油，動物油脂，廃食用油などのトリアシルグリセロールを酸あるいはアルカリ触媒またはリパーゼにより，メタノールとのエステル交換反応を行い，脂肪酸メチルエ

ステル（バイオディーゼル）に変換する（図 6-36）。

9. アセチルサリチル酸は、炎症・発熱作用をもつプロスタグランジン  $H_2$  の合成酵素の 530 番目のセリン残基を特異的にアセチル化することで酵素を失活させる（図 6-39）。プロスタグランジン  $H_2$  の合成を抑制することで、抗炎症作用・解熱作用を引き起こす。
10. ペニシリンは、細菌細胞壁ペプチドグリカンのペプチド架橋の形成に関わるペプチド転移酵素のセリン残基を不可逆に修飾して、酵素を失活させる（図 6-40）。この作用により抗生物質としてはたらく。
11. タミフルやリレンザ（図 6-45）はインフルエンザウイルスのノイラミニダーゼの阻害剤である。インフルエンザウイルスが宿主で増幅したのち、宿主から離れるのに必要なノイラミニダーゼのはたらきを抑える。これによりインフルエンザ感染の拡大を防ぐ。