チャレンジ問題

－薬剤師・管理栄養士の国家試験対策にも最適－

（解答と解説は巻末にあり）

第１部　構造編

１章　糖　質

問 1-A　糖質に関する記述のうち、正しいのはどれか。1 つ選べ。

(1) グルコースの大部分は、環状エステルであるピラノース形として存在する。

(2) D- グルコースの鎖状構造と D- フルクトースの鎖状構造は、互いにエピマーの関係である。

(3) スクロース（ショ糖）は、D- グルコースと D- フルクトースがグリコシド結合した二糖である。

(4) 非還元糖の定量には、酸化第一銅の赤色沈殿を指標とするフェーリング反応が用いられる。

問 1-B　糖質に関する記述のうち、正しいのはどれか。2 つ選べ。

(1) ガラクトースは、六炭糖のケトースである。

(2) D 体と L 体の区別は、鎖状構造の構造式におけるアルデヒド基またはケトン基から最も遠い不斉炭素の立体配置でなされる。

(3) キシリトールは、キシルロースの還元で生じる糖アルコールである。

(4) グルクロン酸は、グルコースの酸化で生じるウロン酸である。

問 1-C　多糖に関する記述のうち、正しいのはどれか。2 つ選べ。

(1) セルロースは、D- グルコースが β-1,4- グリコシド結合した多糖である。

(2) アミロースは、D- グルコースが α-1,6- グリコシド結合した多糖である。
(3) ヒアルロン酸は、硫酸基をもつ。
(4) コンドロイチン硫酸は、二糖のくり返し構造をもつ。
(5) デキストリン、ペクチン、キチンはそれぞれ多種類の糖からなるヘテロ多糖である。

2章　脂　質

問 2-A　脂質に関する記述のうち、正しいのはどれか。2 つ選べ。
(1) オレイン酸やリノール酸は、いずれも不飽和脂肪酸である。
(2) ジアシルグリセロールは、もっとも重要なエネルギー貯蔵物質である。
(3) ステロイドホルモンは、コレステロールから生合成される。
(4) 細胞膜とミトコンドリア膜の脂質組成は、同じである。

問 2-B　脂質に関する記述のうち、正しいのはどれか。1 つ選べ。
(1) エイコサペンタエン酸は、炭素数 20 の飽和脂肪酸である。
(2) パルミチン酸は室温で固体の飽和脂肪酸である。
(3) オレイン酸の略号は、18:2 (9,12) である。
(4) α- リノレン酸は、人体内で生合成可能な不飽和脂肪酸である。
(5) 天然の不飽和脂肪酸の大部分はトランス形である。

問 2-C　次の脂質 a ～ d に関する記述ア～エについて、正しいものの組合せは、(1) ～ (5) のうちどれか。

a ホスファチジルコリン　　b コレステロール脂肪酸エステル
c スフィンゴミエリン　　d トリアシルグリセロール（トリグリセリド）

ア　生体内の代表的なエネルギー貯蔵体である。
イ　主要な生体膜成分である。
ウ　セラミドを含む複合脂質である。

第１部

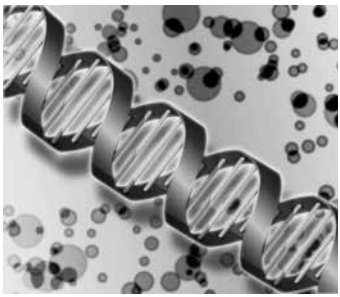
構 造 編

１．糖　質…… 2

２．脂　質…… 13

３．タンパク質とアミノ酸…… 27

４．核酸とヌクレオチド…… 40



写真提供：PIXTA（ピクスタ）

1 糖　質

糖質は自然界に最も多く存在する有機物であり、生物界で最も基本となるエネルギー源である。また、核酸などもっと複雑な生体物質の構成成分でもある。糖質では、化学的性質や生理的役割の理解とともに、単糖の異性体や立体化学、および少糖（オリゴ糖）や多糖の結合の組合せにまつわるやや数学的な考察も要求される。また、化学反応における反応物や生成物の量を求める計算問題もある。

例題 1.1

下は糖質の基本構造に関する文章である。かっこ内に最適な語句を埋めよ。

1 糖質は重合度によって 3 群に分類される。単量体を【①　　】、オリゴマーを【②　　】、多量体を【③　　】という。

2 単糖分子は、アルデヒド基かケトン基のいずれか 1 つと、複数の【④　　】基をもつ。アルデヒド基をもつ糖を【⑤　　】、ケトン基をもつ糖を【⑥　　】とよぶ。化学式の一般式は【⑦　　】と表せる（ただしここで $n \geqq 3$）。$n = 3$ の糖を三炭糖あるいは【⑧　　】とよび、$n = 4$ の糖を【⑨　　】あるいはテトロースという。

3 アルドヘキソースには、不斉炭素が【⑩　　】個あるので、立体異性体が【⑪　　】個ある。ヒトの「血糖」ともよばれる代表的な単糖は、そのうちの【⑫　　】である。

4 アルデヒド基やケトン基は反応性の高い官能基であり、分子内の【④　　】基と反応して結合し、分子が環化することがある。環化により不斉炭素が【⑬　　】個増える。それに伴って増える異性体を【⑭　　】という。【⑫　　】の場合、環状構造の分子を【⑮　　】という。

解答　**1** ①単糖、②少糖（オリゴ糖）、③多糖。
2 ④ヒドロキシ、⑤アルドース、⑥ケトース、⑦ $C_nH_{2n}O_n$、⑧トリオース、⑨四炭糖。
3 ⑩ 4、⑪ 16、⑫グルコース。
4 ⑬ 1、⑭アノマー、⑮ピラノース（あるいはグルコピラノース）。

解説　**1** 3 章のタンパク質・アミノ酸や 4 章の核酸・ヌクレオチドにも同様に**重合度の 3 分類**があるので、統一的に理解すること。

2 ヒドロキシ基（-OH）をもつ炭化水素をアルコールという。糖のように、それを複数もつ場合は多価アルコールという。糖の語尾は共通に -ose 。有機化学で学ぶ有機化合物と、生化学で学ぶ生体物質の関係をまとめておくこと。とくに、**数を表す接頭辞**や**物質の種類を表す接尾辞**（親本 図 4.2 参照 → p.75）を理解すると、系統的に把握しやすい。

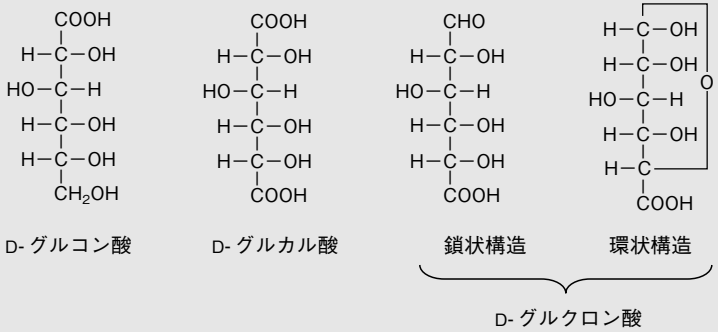
3 炭素原子数 n 個のアルドース分子には、不斉炭素は $(n-2)$ 個あり、それによる構造異性体は 2^{n-2} 個ある。アルドヘキソースだと、$n=6$ で、異性体数は $2^{6-2}=2^4=16$ 個（親本 図 1.1 には、そのうち半数の 8 個を示す→ p.5）。**異性体の数は計算で求まる**ので、ここでの鎖状構造の場合と次の環状構造の場合に分けて理解しておくこと。

生化学は「暗記もの」として嫌われがちだが、実際には理屈や計算に基づいて合理的・法則的に理解できる部分も多いので、系統的に勉強するよう心がけたい。

例題 1.2

D- グルコースを酸化して得られるアルドン酸・アルダル酸・ウロン酸の 3 つについて、それぞれの名称と構造を書け。構造はフィッシャーの投影式で示すこと。

解答　アルドン酸：D- グルコン酸、アルダル酸：D- グルカル酸、ウロン酸：D- グルクロン酸。



解説　酸化されてできる 3 種の誘導体のうち、環化しうるのはアルデヒド基が残るウロン酸だけ。ウロン酸の環状分子には α と β のアノマーがあり、そのうち α アノマーを**ハースの投影式**で書き表したのが親本の図 1.9(b)（→ p.16）である。

・・・・・・・・・・・演習問題・・・・・・・・・・・

問 1.1　糖質を「炭水化物（carbohydrate）」ともよぶのはなぜか。語源を説明せよ。

問 1.2　五炭糖（ペントース）にはいくつの異性体があるか。

2 脂　質

脂質には、単純脂質の脂肪や複合脂質のリン脂質などがある。このうち脂肪はエネルギー貯蔵物質すなわち代謝燃料としてはたらき、リン脂質は生体膜の主要な構成成分となっている。前者では重量とエネルギー量の関係が、後者では膜面積の計算が問われることもある。脂肪やリン脂質には誘導脂質の脂肪酸が含まれており、その多様性や、分子構造と化学的性質の関係を理解しておこう。

生体では油と水の関係も重要であり、疎水性・親水性、脂溶性・水溶性の対概念も整理しておこう。また、水溶液で重要な官能基の解離や緩衝液に関する計算法も、ここで修得する。

例題 2.1

下は脂質と水に関する文章である。かっこ内に最適な語句を埋めよ。

1 脂質は構成によって 3 群に分類される。脂肪酸などを【①　　】脂質、トリアシルグリセロールなどの脂肪を【②　　】脂質、リン脂質や糖脂質を【③　　】脂質という。脂肪と脂質は、それぞれ英語で【④　　】と【⑤　　】という。

2 水と油は溶け合わず、激しく振って無理やり混ぜ合わせても、静置すると自然に上下 2 層に分離する。油の方が比重は【⑥　　】いので【⑦　　】層にくる。水層によく溶ける物質を【⑧　　】性物質とよび、油層によく溶ける物質を【⑨　　】性物質という。1 分子内の部分構造でも、水になじむ部分を【⑩　　】性、油になじむ部分を

【⑪　　】性と区別できる。

3【⑨　　】性の脂肪は分子全体が【⑪　　】性であるのに対し、リン脂質は【⑩　　】性のリン酸基や【⑪　　】性の脂肪酸残基を分子内に合わせもつ。このような物質の性質を【⑫　　】性という。

4【⑪　　】性の脂肪は、生体内で水和せずコンパクトに集合するため、かさばらない【⑬　　】貯蔵物質としての役割を果たす。一方【⑫　　】性のリン脂質は、【⑩　　】性部分を外に向け【⑪　　】性部分を内に隠した脂質【⑭　　】層という構造に会合する。このような脂質【⑭　　】層に膜タンパク質などが結合したものが、細胞の【⑮　　】膜である。

解答　**1** ①誘導、②単純、③複合、④ fat、⑤ lipid。

2 ⑥小さ、⑦上、⑧水溶、⑨脂溶、⑩親水、⑪疎水（あるいは親油）。

3 ⑫両親媒。

4 ⑬エネルギー、⑭二重、⑮生体（あるいは「細胞」など）。

解説　**1** 日本語の「脂肪」と「脂質」はよく似ているが、英語がまったく異なる単語であることからもわかるように、意味する範囲は全然違う。このように英語は、概念を明瞭に理解する助けにもなる。

2 親水性 - 疎水性の対概念は、細胞の構造や人体の機能に深く関わる。

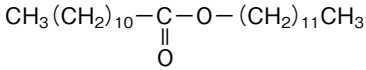
3 脂質のすべてが油脂のように水と相いれない物質なのではなく、リン脂質のように水相中で独特の役割を果たすものもあることに注意。

4 人体における脂質の 2 大機能は、脂肪が受け持つエネルギー貯蔵と、リン脂質が担う生体膜の構成。

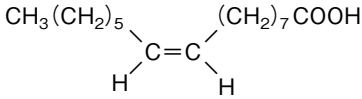
例題 2.2

次の脂質は、それぞれどの分類に属するか。

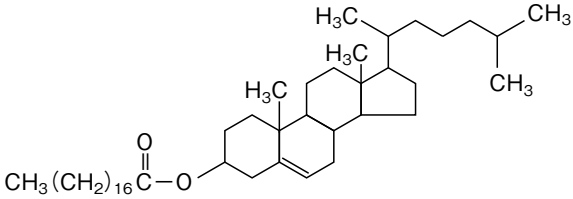
1



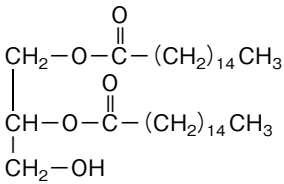
2



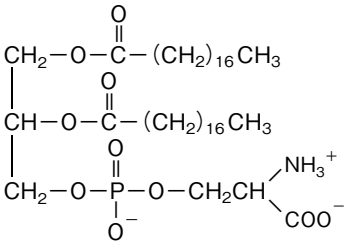
3



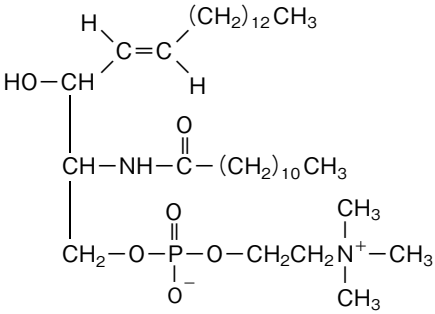
4



5



6



・・・・・・・・・・演習問題・・・・・・・・・・

問 3.1　20 種類の標準アミノ酸について、次の問に答えよ。アミノ酸は名称のほか、一文字表記と三文字表記も示せ。

(1) 硫黄原子を含むアミノ酸はどれか。

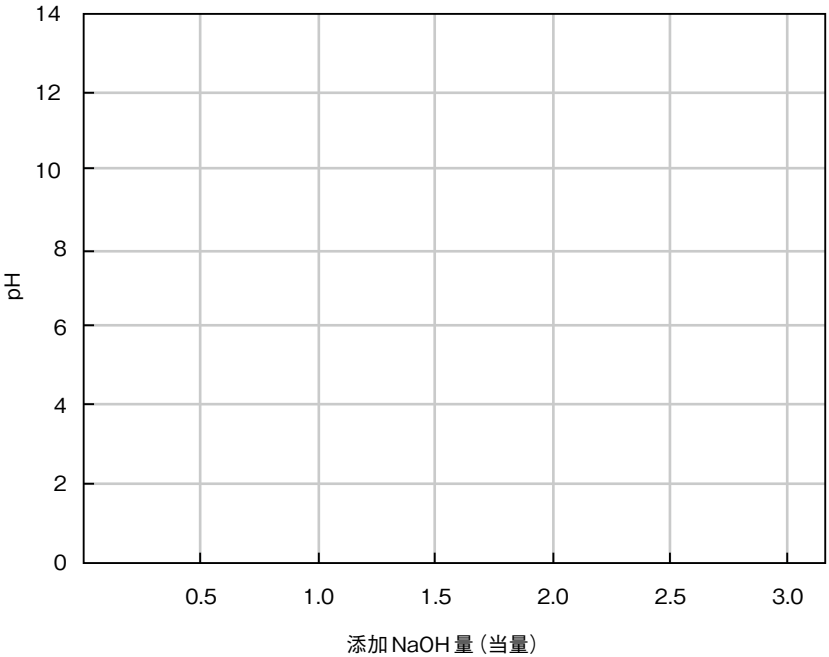
(2) 酸性が最も強いアミノ酸はどれか。

(3) 塩基性が最も強いアミノ酸はどれか。

(4) 分子量が等しいのはどの組み合わせか。

(5) ヒトの必須アミノ酸はどれか。

問 3.2　アルギニンを NaOH で滴定する際の滴定曲線を下の図に書き込め。また、グラフの変曲点それぞれについて、pK_a の値あるいは主たる分子種の化学式を示せ。



問 3.3 次はアミノ酸とタンパク質に関する文章である。かっこ内に最適な語句や記号を埋めよ。

1 アミノ基とカルボキシ基が同一の炭素原子に結合しているアミノ酸を【① 】- アミノ酸という。一つ離れた炭素原子に結合するものは【② 】- アミノ酸、さらにそのとなりだと【③ 】- アミノ酸という。グルタミン酸も【① 】- アミノ酸の一種だが、【① 】位のカルボキシ基が脱離してできた物質は【④ 】とよばれ、【③ 】- アミノ酸の一種である。【④ 】はヒトの体内で【⑤ 】としてはたらく。

2 数個のアミノ酸が【⑥ 】結合で連なった重合体を【⑦ 】ペプチドといい、多数連なった重合体は【⑧ 】ペプチドという。【⑦ 】ペプチドの一種であるオキシトシンは、標準アミノ酸の 1 種である【⑨ 】を 2 つ含み、その側鎖どうしで【⑩ 】結合をしている。

3 タンパク質の主要成分は【⑧ 】ペプチドだが、そのほかに金属原子や【⑪ 】鎖などを含む【⑫ 】タンパク質も多い。タンパク質は通常、特定の立体構造をとっているものが多いが、酸や塩基などの化学物質にさらされたり、【⑬ 】されたりすると天然の構造がくずされる。この現象を【⑭ 】という。

問 3.4 標準アミノ酸からできるペンタペプチド（五量体）は何種類考えられるか。

問 3.5 ブラジキニンは、アミノ酸配列を一文字表記で RPPGFSPFR と表せるナノペプチドであり、血圧降下作用や発痛作用を示す生理活性物質である。この構造を三文字表記で示せ。また、ヒトの生理的 pH7.4 において、この分子の実効電荷はいくらか。pH4 や pH10 ではどうか。

⑤ 核酸の構成単位である物質。信号伝達やエネルギー変換などにも多彩にはたらく。

⑥ 炭水化物や [④　　] 類、[⑤　　] 類に並んで、細胞に含まれる量が多い。4 大生体物質の 1 つ。

⑦ タンパク質に結合して、そのはたらきを助ける低分子有機化合物。

⑧ 核酸に含まれるが、タンパク質にはふつう含まれない元素。

⑨ タンパク質には含まれるが、核酸には含まれない元素。

⑩ DNA の生合成。　⑪ RNA の生合成。　⑫ タンパク質の生合成。

＊　⑩・⑪・⑫ はいずれも「分子生物学のセントラルドグマ」の用語。

◇◇◇◇◇◇◇演習問題の解答と解説◇◇◇◇◇◇◇

問 14.1 解答　1）ペントースリン酸経路。

(a) リボース：核酸（DNA や RNA）。　NADPH：脂肪酸、ステロイド。

(b) リボース：精巣、卵巣、乳腺。NADPH：脂肪組織、副腎皮質。これらのうちから 2 つを答える。

2）糖新生。

(a) 直鎖状（直線状）。

(b) 解糖系の全酵素反応；10 段階。迂回する酵素反応；3 段階。

3）尿素回路。

(a) 回路状。

(b) 細胞質ゾルとミトコンドリア（のマトリクス）。

(c) 尿素、$(NH_2)_2CO$ 。

4）β 酸化系。

(a) らせん状。

(b) ミトコンドリア（のマトリクス）。

(c) アセチル CoA。クエン酸回路。

(d) 還元力を集める補酵素：NAD^+ と FAD。供給する補酵素：NADPH。

解説　第 3 部に登場したいろいろな代謝経路の役割、生成物の種類と数、細胞内局在、経路の形状などを、対比しながら簡潔にまとめておくこと。

問 14.2 解答　① 多糖　② 糖新生　③ アセチル CoA　④ 脂質　⑤ グリセロール　⑥ β 酸化系　⑦ 二酸化炭素（CO_2）　⑧ NAD（NADH）　⑨ 呼吸鎖　⑩ 酸素（O_2）　⑪ ミトコンドリ（のマトリクス）　⑫ 翻訳　⑬ 複製　⑭ 転写　⑮ 核酸　⑯ glycosidase　⑰ lipase　⑱ protease あるいは proteinase　⑲ deoxyribonuclease　⑳ ribonuclease

解説　代謝系の全体像、すなわち種々の代謝経路の相互関係を把握しておくこと。とくに、生体高分子の生合成は、物質変化として生化学で扱われるだけでなく、むしろ遺伝情報の変換として分子遺伝学で扱われることが多いので、両者の相互関係も理解しておくこと。

問 14.3 解答　① 糖（グルコース）　② 酢（酢酸）　③ レーウェンフック　④ microscope　⑤ 酵母　⑥ 2　⑦ 2　⑧ CO_2　⑨ パストゥール　⑩ ドイツ　⑪ enzyme　⑫ アポ　⑬ 補　⑭ ホロ　⑮ ペプチド　⑯ ビタミン　⑰ 12　⑱ 鳥　⑲ 10　⑳ ピルビン　㉑ 解糖系　㉒ glycolysis

解説　生化学の歴史も心得ておくと、学問的な概念も把握しやすくなる。問題文の最後の段落に書いたように、目に見えない微生物から高等動物まで、分子レベルでは共通の反応がおこることがわかったことの意義は大きい。生化学が、醸造業のみならず発酵工業生産全般、医療・保健、環境問題など幅広く適用される普遍性をもつ学問になったことの淵源がここにある。

問 14.4 解答　① 酸化的リン酸化　② 解糖　③ クエン酸回路　④ アミノ酸　⑤ ヌクレオチド　⑥ 脂質　⑦ 補欠分子族　⑧ リン　⑨ 硫黄　⑩ 複製　⑪ 転写　⑫ 翻訳

解説　代謝は、生命現象全体の中で重要な役割を果たすので、酵素をコードする遺伝子はゲノムの中で大きな割合を占める。この問題で例示した細菌

チャレンジ問題の解答と解説

第 1 部　構造編

1 章　糖　質

問 1-A　正しいのは (3) 。

解説　(1) グルコースはエステル結合ではなく、ヘミアセタール結合で環化する（親本 1.1.2 項）*。　(2) エピマーとは、1 つの不斉炭素の立体配置だけが異なる立体異性体のこと（1.1.1 項）。D- グルコースはアルドース、D- フルクトースはケトースであり、官能基が異なる（図 1.1、図 1.2）。ジアステレオマーや鏡像異性体（エナンチオマー）も含め、種々の異性体は親本豆知識 1-3 を参照して整理を。　(3) 代表的な二糖や多糖の構成は、試験に頻出。それぞれ 1.2 節と 1.3 節で整理を。　(4) フェーリング反応は、非還元糖ではなく還元糖の定量や検出に用いる（1.1.4 項）。

問 1-B　正しいのは (2) と (4) 。

解説　(1) 六炭糖だというのは正しいが、ケトースではなくアルドースである（親本 図 1.1）。　(2) 単糖の異性体とその名称については、1.1.1 項参照。

(3) キシリトールは、キシルロース（ケトペントース）ではなくキシロース（アルドペントース）の還元で生じる（1.1.5 項②）。単糖の紛らわしい名前には、ほかにもリボース対リブロースなどがある。　(4) 糖の酸化誘導体では、ウロン酸・アルドン酸・アルダル酸を区別すること（1.1.5 項①）。

問 1-C　正しいのは (1) と (4)。

解説　(1) セルロース・デンプン（もとの漢字は「澱粉」で、分野によっ

---

*　引用先の親本とは『イラスト 基礎からわかる生化学』（裳華房、2012）を指します。

ては「でん粉」とも表記）・グリコーゲンは、いずれも D- グルコースがグリコシド結合した多糖である（親本 1.3 節）。デンプンは、アミロースとアミロペクチンからなる。これら多糖の結合の種類や分岐の有無・程度をまとめておくこと。 (2) アミロースは、D- グルコースが、α-1,6 ではなく α-1,4- グリコシド結合した多糖。 (3) ヒアルロン酸は *N*- アセチル -D- グルコサミンと D- グルクロン酸の二糖くり返し構造からなり、硫酸基はもたない（1.4 節）。硫酸基をもつのは、次のコンドロイチン硫酸など。 (4) コンドロイチン硫酸は、上のヒアルロン酸と同様、二糖くり返し構造をもつムコ多糖。 (5) デキストリン（9.4.1、9.4.2 項）とキチン（1.3 節）は、それぞれ D- グルコースと *N*- アセチルグルコサミンの 1 種類の糖からなるホモ多糖である。ペクチンは、おもにガラクツロン酸からなるが、一部がメチル化されたり、ラムノースなど他の単糖も含んだりするヘテロ多糖である。

国試対策ノート デキストリン（dextrin）の類似物質にデキストラン（dextran）がある。これは乳酸菌が生産する D- グルコースのホモ多糖。この高分子デキストランを部分分解した産物が、産業上有用なデキストランである。デキストランやデキストリンは、デンプンやセルロースと異なり冷水によく溶ける利点があり、医薬品・化粧品・健康食品などに利用される。

2 章 脂 質

問 2-A 正しいのは (1) と (3) 。

解説 (1) これらは、α- リノレン酸やアラキドン酸などとともに、不飽和脂肪酸である（親本 表 2.1）。 (2) もっとも多く代表的なエネルギー貯蔵物質は、トリアシルグリセロールである（2.4 節）。ジアシルグリセロールは、刺激に応じて膜の脂質から切り出されセカンドメッセンジャーとしてはたらく。 (3) 副腎皮質ホルモンや性ホルモンのようなステロイドホルモンは、コレステロールから誘導される（2.3 節）。 (4) これらの膜の基本構造は共通で「生体膜」と総称されるが、脂質やタンパク質の組成はそれぞれ異なる（2.5 節、親本 豆知識 2-7）。

問 2-B 正しいのは (2) 。

解説 親本 2.3 節、とくに表 2.1 参照。 (1) エイコサペンタエン酸は、EPA と略される C_{20}- 五価不飽和脂肪酸。C_{22}- 六価不飽和脂肪酸のドコサヘキサエン酸（DHA）とともに、血栓症などを予防する成分とされている。 (2) 脂肪酸は、二重結合が少なく鎖長が長いほど、融点が高い。 (3) オレイン酸の略号は 18:1 (9) であり、18:2 (9,12) はリノール酸。同様に、上の EPA は 20:5 (5,8,11,14,17)、DHA は 22:6 (4,7,10,13,16,19)。IUPAC の組織的命名法ではこのように、二重結合の位置をカルボキシ基側から炭素の順番で番号付けする。

国試対策ノート 一方、逆のメチル基側（ω 位）から番号をつける場合もある。ω 位から見て最初の二重結合の位置によって、不飽和脂肪酸を ω3 系（あるいは *n*-3 系）と ω6 系（*n*-6 系）、ω9 系（*n*-9 系）の 3 群に分類することがある。これは脂肪酸の生合成が、メチル基側からの伸長で進むことによる。この分類によれば、オレイン酸は ω9 系（*n*-9 系）、リノール酸は ω6 系（*n*-6 系）、EPA や DHA は ω3 系（*n*-3 系）である。

(4) α- リノレン酸は、人体では生合成できない不飽和の必須脂肪酸である。ω3 系（*n*-3 系）であり、同じ ω3 系の EPA や DHA は、少量ながら人体内で α- リノレン酸から生合成される。

国試対策ノート 同様に ω6 系のアラキドン酸は、同じ ω6 系のリノール酸から合成される。アラキドン酸（C_{20}）からはプロスタグランジン・トロンボキサン・ロイコトリエンなどのエイコサノイド（C_{20}）が合成され、これらは細胞間信号伝達物質としてはたらく。

(5) 天然の不飽和脂肪酸はほとんどすべてシス形である。人工的に化学修飾した脂肪酸に含まれるトランス脂肪酸は、心臓疾患などの要因になることから規制が広がっている。

問 2-C 正しいのは (4) 。

解説 a, c は複合脂質（親本 2.5 節）で、b, d は単純脂質（2.4 節）である。a—イ；グリセロリン脂質で、代表的な膜脂質。 b—エ；エステル結合が