

令和 7 年 1 0 月入学・令和 8 年 4 月入学
医学薬学府修士課程入学試験問題 Question Sheet
基礎科目 (生物化学 Biochemistry)

令和 7 年 8 月 7 日 (木) 実施

日本語または英語で解答しなさい。(Answer in Japanese or English)

問 1 脂質二分子膜による細胞膜の形成は細胞の内外を隔離し細胞内外の物質透過を制限している。これに関連して以下の問に答えなさい。

Q1 The formation of the cell membrane by lipid bilayers isolates the inside and outside of the cell and limits the permeation of substances into and out of the cell. Answer the following questions.

- (1) 生体の脂質二分子膜の厚さは 6~10 () である。カッコ内に入る単位を答えなさい。
The thickness of lipid bilayers in living organisms ranges from 6 to 10 (). Answer the units in parentheses.

- (2) 以下の A~E に当てはまる語句を答えなさい。

細胞膜を作るリン脂質は、(A) の頭部と (B) の炭化水素鎖の尾部を持っている。(A) と (B) の両方の性質を持っていることを (C) という。脂質二分子膜中のリン脂質の脂質二分子膜の同じ面内では脂質分子の移動である (D) は素早く起こるが、片面から反対側の膜への脂質分子の移動である (E) は、自発的にはめったに起こらない。

Answer the words that apply to A to E below.

Phospholipids, which make up cell membranes, have a (A) head and a (B) tail of hydrocarbon chains. Phospholipids with both (A) and (B) properties are called (C) phospholipids. The movement of phospholipids within the same leaflet of a lipid bilayer, known as (D), happens rapidly. On the other hand, the movement of phospholipids within a membrane layer from one side to the opposite side, known as (E), rarely occurs spontaneously.

- (3) D と E の起こりやすさが大きく異なるはなぜか。60 文字以内で説明しなさい。
Explain why likelihood of occurring of D and E are very different within 30 words.

- (4) 脂質二分子膜における膜透過性について、以下 5 つの物質について膜透過係数の大きい順に並べなさい。

グルコース、インドール、 Na^+ 、 H_2O 、トリプトファン

Arrange the substances in order of their membrane permeability coefficient.

glucose, indole, Na^+ , H_2O , tryptophan

- (5) Na^+ および K^+ は細胞内・細胞外のどちらで濃度が高いか、それぞれ答えなさい。
Answer whether Na^+ and K^+ are more concentrated intracellularly or extracellularly, respectively.

- (6) 細胞内外の Na^+ と K^+ の濃度勾配を維持する仕組みについて 60 文字以内で説明しなさい。

Explain a mechanism for maintaining concentration gradients of Na^+ and K^+ between inside and outside of cells within 30 words.

- (7) (6) で生み出すイオン濃度勾配を利用して、別の物質を輸送する仕組みは何というか答えなさい。

What is the name of the mechanism that uses the ion concentration gradient created by mechanism (6) to transport another substance?

令和 7 年 1 0 月入学・令和 8 年 4 月入学
医学薬学府修士課程入学試験問題 Question Sheet
基礎科目 (生物化学 Biochemistry)

令和 7 年 8 月 7 日 (木) 実施

問 2 ATP 産生に関する以下の問に答えなさい。

Q2 Answer the following questions regarding ATP production.

グルコース 1 分子は解糖系でピルビン酸 2 分子に代謝される。ピルビン酸は好气的条件では (A) となってクエン酸回路に入る。この反応はピルビン酸デヒドロゲナーゼ (PDH) 複合体を介して進む。クエン酸回路で (A) はオキサロ酢酸と反応し (B) が生じる。① (B) から複数の反応で 2 個の炭素原子が (C) の形で失われてスクシニル CoA へと代謝され、この過程で生じた電子は NADH の形で捕捉される。スクシニル CoA はいくつか段階を経てオキサロ酢酸へと再生され、この過程で生じた電子は NADH や FADH_2 の形で捕捉される。NADH や FADH_2 として捕捉された電子がミトコンドリア電子伝達系で (D) に伝達される際に、マトリックスから膜間腔へ (E) が輸送され勾配が形成される。ATP 合成酵素はこの (E) 勾配を利用して ATP 合成を行う。一方で、飢餓状態などでは、脂質からも ATP が合成される。トリアシルグリセロールから脂肪分解によって生じる②脂肪酸から (A) が生じ、クエン酸回路で処理され ATP が合成される。

One molecule of glucose is metabolized to two molecules of pyruvate in glycolysis. Pyruvate enters the citric acid circuit as (A) under aerobic conditions. This reaction proceeds via the pyruvate dehydrogenase (PDH) complex. In the citric acid circuit, (A) reacts with oxaloacetic acid to produce (B). Then, ① (B) is metabolized to succinyl CoA by the loss of two carbon atoms in the form of (C) in multiple reactions, and electrons produced in this process are carried in the form of NADH. Succinyl CoA is regenerated into oxaloacetate through several steps, and the electrons generated in this process are carried in the form of NADH and FADH_2 . Electrons in the forms of NADH and FADH_2 are transferred to (D) by the mitochondrial electron transfer system, which in turn transports (E) from the matrix to the inter membrane space, forming a (E) gradient. On the other hand, ATP is also synthesized from lipids during starvation and other conditions. Fatty acids that are produced by lipolysis from triacylglycerols, then ② fatty acids are broken down to generate (A), which is used to produce ATP.

1. (A) ~ (E) に適切な語句を入れなさい。

Answer the words that apply to (A) to (E) above.

2. ピルビン酸デヒドロゲナーゼ (PDH) の活性はどのように調節されているか、80 文字以内で答えなさい。

Answer how the activity of pyruvate dehydrogenase (PDH) is regulated within 30 words.

3. 下線①の過程の反応の名称を答えなさい。

Answer the name of the reaction in the process underlined ①.

4. クエン酸回路が 1 回転すると、(A) 1 分子当たり NADH と FADH_2 はそれぞれ何分子生成されるか答えなさい。

How many molecules of NADH and FADH_2 are produced per one molecule of (A) when the citric acid circuit makes one rotation?

令和 7 年 1 0 月入学・令和 8 年 4 月入学
医学薬学府修士課程入学試験問題 Question Sheet
基礎科目 (生物化学 Biochemistry)

令和 7 年 8 月 7 日 (木) 実施

5. 電子伝達系は I~IV の 4 つのタンパク質複合体から構成される。この I~IV のうち、(E) を輸送するものはどれか答えなさい。
The electron transfer system consists of four protein complexes I-IV. Answer which of these I-IV transport (E).
6. ATP 合成酵素は F0 と F1 サブユニットで構成されている。F0 はどのような機能を有するか答えなさい。また単離した F1 は試験管内でどのような機能を有するか答えなさい。
ATP synthase is composed of F0 and F1 subunits. Answer what function F0 subunit has. In addition, answer what function isolated F1 subunit has in vitro.
7. ATP 合成酵素が二量体のオリゴマーを形成する過程でクリステと呼ばれるミトコンドリア内膜が曲がった構造が形成される。この構造が ATP 合成にどのように寄与するか、80 文字以内で答えなさい。
In the process of ATP synthase forming dimeric oligomers, a structure with a bent mitochondrial inner membrane called a cristae is formed. Explain how this structure contributes to ATP synthesis within 40 words.
8. 下線②の過程の反応の名称を答えなさい。
Answer the name of the reaction in the process underlined ②.
9. 下線②は 4 つの反応が繰り返しにより (A) が生じる。この 4 段階の反応の順序が正しいものを以下から一つ選び記号を答えなさい。
Four reactions are repeated to produce (A) in the process of underlined ②. Choose one of the following that has the correct sequence of reactions in these four steps and answer with a symbol.
- a. 酸化→酸化→水付加→チオール開裂
 - b. 酸化→水付加→酸化→チオール開裂
 - c. 酸化→水付加→還元→チオール開裂
 - d. 酸化→還元→水付加→チオール開裂
 - e. 酸化→還元→酸化→チオール開裂
-
- a. Oxidation→Oxidation→Hydration→Thiol cleavage
 - b. Oxidation→Hydration→Oxidation→Thiol cleavage
 - c. Oxidation→Hydration→Reduction→Thiol cleavage
 - d. Oxidation→Reduction→Hydration→Thiol cleavage
 - e. Oxidation→Reduction→Oxidation→Thiol cleavage

令和 7 年 1 0 月入学・令和 8 年 4 月入学
医学薬学府修士課程入学試験問題 Question Sheet
基礎科目 (生物化学 Biochemistry)

令和 7 年 8 月 7 日 (木) 実施

問 3 DNA 複製に関する以下の問に答えなさい。

Q3 Answer the following questions regarding DNA replication.

生理的条件のもとでは、①二本鎖 DNA は右巻きのらせん構造を形成し、塩基はらせん軸にそってほぼ垂直に配置され、隣り合った塩基同士のらせん軸方向の距離は $3.4 \text{ \AA}$ で、らせん構造は $34 \text{ \AA}$ ごとに繰り返している。ヒトでは 1 細胞あたり約 3.6 m の DNA が含まれ、(A) 本の染色体に分かれて、直径約 $5 \text{ }\mu\text{m}$ の核の中に収められている。核内では、塩基性タンパク質である (B) が 8 量体を形成し、その周りに約 200 bp の DNA が巻きついて膨大な数の (C) を形成している。(C) はらせん状に並んで積み重なり、さらにそれがループ状に高次に折りたたまれて染色体の高次構造が形成されている。

②DNA が複製される際には、二重らせん構造のそれぞれの鎖が鋳型となり、新しい鎖が合成される。このことは、以下に示す大腸菌を用いたメセルソンとスタールの実験によって証明された。

【実験】

- (1) 窒素源として $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地で何世代にもわたって大腸菌を培養し、DNA 分子中の ^{14}N を ^{15}N に置換した。
- (2) その後、大腸菌を窒素源として $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移し替えて培養を開始し、経時的に集菌して DNA を抽出した。
- (3) (2) で得られた DNA を (D) 法によって分離し、そのバンドの位置を ^{14}N DNA および ^{15}N DNA のバンドの位置と比較した。

二本鎖 DNA 分子が複製される際には、二重らせんの 2 本の鎖が (E) とよばれる酵素によって分離される。鋳型となる DNA が露出したのちに、(F) とよばれる RNA ポリメラーゼが鋳型 DNA 鎖の一方と相補的な 10 ヌクレオチド程度の短い RNA 鎖を合成する。この RNA 鎖が DNA 合成のプライマーとして働き、DNA 鎖にデオキシリボヌクレオチド単位を 1 個ずつ順番に付加する反応を触媒する酵素である (G) によって、DNA 合成が行われる。(G) は、 $5' \rightarrow 3'$ の一方向にしか DNA を伸長することができないことから、複製の起こる部位である複製フォークにおいては、③親 DNA の一方の鎖は $5' \rightarrow 3'$ の方向に連続的に合成されるが、④親 DNA のもう一方の鎖は、⑤複製フォークに短時間だけ存在する短い DNA 断片として $5' \rightarrow 3'$ の方向に合成されたのちに、DNA 断片をつなぐ酵素である (H) の働きによって連結され、切れ目のない娘鎖となる。

Under physiological conditions, ①double-stranded DNA forms a right-handed helical structure, with the bases arranged almost perpendicular to the helical axis. The distance between adjacent bases in the helical axis direction is $3.4 \text{ \AA}$, and the helical structure repeats every $34 \text{ \AA}$. Humans contain about 3.6 m of DNA per cell, which is divided into (A) chromosomes and contained in a nucleus with a diameter of about $5 \text{ }\mu\text{m}$. Inside the nucleus, a basic protein called (B) forms octamers, around which about 200 bp of DNA is wound to form a huge number of (C). (C) are arranged in a helical shape and stacked, which are further folded into higher-order loops to form the higher-order structure of the chromosome.

②When DNA is replicated, each strand of the double helix structure serves as a template to synthesize a new strand. This was proven by the experiment by Meselson and Staal using *Escherichia coli* shown below.

令和 7 年 1 0 月入学・令和 8 年 4 月入学
医学薬学府修士課程入学試験問題 Question Sheet
基礎科目 (生物化学 Biochemistry)

令和 7 年 8 月 7 日 (木) 実施

[Experiment]

- (1) *E. coli* was cultured for several generations in a medium containing only $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ as a nitrogen source, and ^{14}N in the DNA molecules was replaced with ^{15}N .
(2) The *E. coli* was then transferred to a medium containing only $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ as a nitrogen source to begin culturing, and the bacteria were harvested over time to extract DNA.
(3) The DNA obtained in experiment (2) was separated by the (D) method, and the position of the band was compared with the positions of the ^{14}N DNA and ^{15}N DNA bands.

When a double-stranded DNA molecule is replicated, the two strands of the double helix are separated by an enzyme called (E). After the template DNA is exposed, an RNA polymerase called (F) synthesizes a short RNA strand of about 10 nucleotides that is complementary to one of the template DNA strands. This RNA strand acts as a primer for DNA synthesis, and DNA synthesis is carried out by an enzyme called (G), which catalyzes the reaction of adding deoxyribonucleotide units to the DNA strand one by one in sequence. Since (G) can only extend DNA in one direction from 5' to 3', at the replication fork where replication occurs, ③one strand of the parent DNA is synthesized continuously in the 5' to 3' direction, while ④the other strand of the parent DNA is synthesized in the 5' to 3' direction as ⑤short DNA fragments that exist only for a short time at the replication fork, and then linked by the action of an enzyme called (H) that links the DNA fragments to form an unbroken daughter strand.

1. (A) ~ (H) に適切な語句または数字を入れなさい。

Answer the words or numbers that apply to (A) to (H) above.

2. 下線部①の二本鎖 DNA はらせん軸にそって塩基 1 個につき何度回転するか答えなさい。
What is the angle at which the double-stranded DNA described in the underlined part ① rotates along its helical axis per base?

3. メセルソンとスタールの実験に関する以下の問いに答えなさい。

Answer the following questions about Meselson and Staal's experiment.

- a. 下線部②のような DNA 複製の様式を何とよぶか答えなさい。

What is the name for the mode of DNA replication like the underlined part ②?

- b. (2) で大腸菌の培養を開始後、1 世代後には DNA のバンドが 1 本みられた。この DNA の密度はどのようになるか。 ^{14}N DNA および ^{15}N DNA の密度と比較して答えなさい。

After starting the cultivation of *E. coli*, one DNA band was observed after one generation. What is the density of this DNA? Compare it with the densities of ^{14}N DNA and ^{15}N DNA.

- c. (2) で大腸菌の培養を開始後、5 世代後にはどのような密度のバンドがどのような比で生じるか答えなさい。

After starting the cultivation of *E. coli* in (2), what density and ratio of bands will appear after five generations? Answer both their density and ratio.

4. 下線部③、④の鎖は、それぞれ何とよばれるか答えなさい。

What are the strands described in the underlined part ③ and ④ called, respectively?

令和7年10月入学・令和8年4月入学
医学薬学府修士課程入学試験問題 Question Sheet
基礎科目（ 生物化学 Biochemistry ）

令和7年8月7日（木）実施

5. 下線部⑤の短いDNA断片は、何とよばれるか答えなさい。

What is the name of the short DNA fragment described in the underlined part ⑤?

6. 大腸菌が複製するDNAは460万塩基対だが、ヒトの2倍体細胞では60億塩基対である。また、大腸菌の遺伝情報は1本の染色体に収まっているが、ヒトの場合は複数の染色体に分かれて収まっており、大腸菌に比べて複製が困難である。これらの問題に対し、ヒトの細胞はどのように対応しているか説明しなさい。

The DNA that *E. coli* replicates is 4.6 million base pairs, whereas in diploid human cells it is 6 billion base pairs. Also, the genetic information in *E. coli* is contained in a single chromosome, whereas in humans it is split across multiple chromosomes, making replication more difficult than in *E. coli*. Explain how human cells deal with these problems.

試 験 解 答 用 紙

得点

基礎科目（生物化学 Biochemistry）

問 1 Q1

(1) nm

(2) A 親水性/hydrophilic B 疎水性/hydrophobic C 両親媒性/ amphipathic
D 側方拡散/ lateral diffusion E 横断拡散 or フリップフロップ / transverse
diffusion / flip-flop

(3) リン脂質の親水基が疎水性の脂質膜を越えて反対側まで移動するために高いエネルギー障壁を越える必要があるため

The movement of hydrophilic group of phospholipid across hydrophobic lipid membrane requires high energy

(4) H_2O > インドール > トリプトファン > グルコース > Na^+

H_2O > indole > tryptophan > glucose > Na^+

(5) Na^+ 細胞外/extracellular K^+ 細胞内/intracellular

(6) Na^+ - K^+ ポンプ（あるいは Na^+ , K^+ -ATP アーゼ）により Na^+ は細胞外に、 K^+ は細胞内に能動輸送されるため

Na^+/K^+ -ATPase, (sodium-potassium pump), is a transmembrane protein that actively transports sodium (Na^+) out of the cell and potassium (K^+) into the cell

(7) 二次性輸送/secondary transporter

出題の意図

生体膜および、生体膜の物質透過に関する基礎的知識を問う

問2 Q2

- 1 A アセチル CoA/acetyl CoA B クエン酸/citric acid C 二酸化炭素
D 酸素 E プロトン
- 2 PDH キナーゼによりリン酸化されると不活性となり、PDH ホスファターゼにより脱リン酸化されると活性となる
It becomes inactive when phosphorylated by PDH kinase and active when dephosphorylated by PDH phosphatase.
- 3 酸化的脱炭酸/oxidative decarboxylation
- 4 NADH 3 分子/ 3 molecules FADH₂ 1 分子/one molecule
- 5 I, III, IV
- 6 FO プロトンチャネル/proton channel F1 ATP アーゼ ATPase
- 7 電子伝達系のプロトンポンプが ATP 合成酵素の近くでプロトンを汲みだすことができるため、ATP 合成の効率が上昇する。
The efficiency of ATP synthesis is increased because the proton pumps in the electron transfer system can pump protons close to the ATP synthase.
- 8 β 酸化/ β oxidation
- 9 b

出題の意図

ATP 産生に至るエネルギー代謝の基礎的知識を問う

問3 Q3

1 A 46 B ヒストン/histone C ヌクレオソーム/nucleosomes
D 密度勾配遠心/density gradient centrifugation E DNA ヘリカーゼ/DNA helicase
F プライマーゼ/primase G DNA ポリメラーゼ/DNA polymerase
H DNA リガーゼ/DNA ligase

2 36 度/36°

3 a. 半保存的複製/semiconservative replication
b. ^{14}N DNA と ^{15}N DNA の密度の中間の密度になる。
c. ^{14}N DNA と ^{15}N DNA の密度の中間の密度の DNA : ^{14}N DNA = 1 : 15

4 ① リーディング鎖/leading strand ② ラギング鎖/lagging strand

5 岡崎フラグメント/Okazaki fragment

6 複製起点を多数利用することで対応している。
This is achieved by using many replication origins.

出題の意図

DNA 複製に関する基礎的知識を問う