

第1問 次の文章を読み、下の問い(問1~4)に答えよ。[解答番号 ~]

骨格筋は、筋繊維とよばれる多核の細長い細胞からなり、その細胞質には多数の筋原繊維が存在する。筋原繊維には、サルコメア(筋節)とよばれる構造が長軸方向に繰り返し並んでいる。

運動神経がついたままの状態では筋肉を取り出した標本(神経筋標本)は、適切な条件下で神経に電気刺激を与えれば、筋収縮が起こり、筋肉の長さ(筋長)が短くなるとともに、引っ張り力(張力)が増加する。しかし、図1のように筋肉の上端と下端を固定して電気刺激すると張力は増加するが、筋肉の長さ(筋長)は変化しない。このような筋収縮を等尺性収縮という。

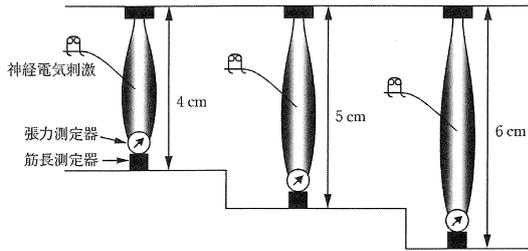


図1

等尺性収縮の際の、筋長と張力(相対値)を調べた結果が図2である。筋長4.0 cmのときの張力はaであり、電気刺激を1回与えると一過性にbに増加する。筋肉を5 cmに引き伸ばすと張力はcとなり、電気刺激を1回与えると一過性にdに増加する。このようにして得られた筋長と張力の関係(筋長-張力関係)をグラフに表したものが図3である。

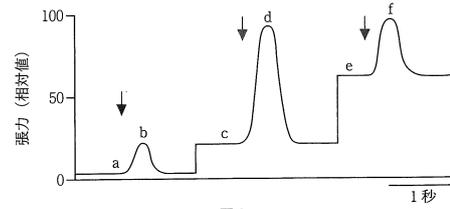


図2

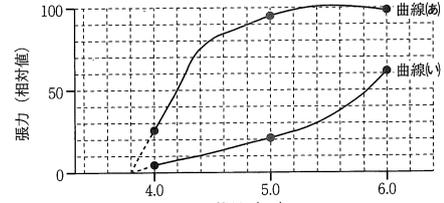


図3

問1 下線部(1)に関して、真核細胞では1個の細胞に1個の核が存在するのが一般的である。細胞が多核になる機構としては、核分裂を行うが細胞質分裂が起こらない様式と、単核細胞が融合する様式が想定できる。骨格筋が多核になる機構の様式を知る目的で、次の実験を行った。

【実験】

骨格筋細胞において特異的に発現し、二量体を形成してはたらくタンパク質Rは、結合と解離を繰り返すことができる。タンパク質Rには、大きさ(分子量)が異なるR1とR2の2種類があり、どの組み合わせでも二量体が形成される。

骨格筋の元となる細胞(以下、細胞X)を適切な条件下で培養することで、多核になった骨格筋細胞を分化させることができることを利用し、R1のみ

を産生する細胞XとR2のみを産生する細胞Xが混在した状態で、細胞を培養し、骨格筋細胞を分化させた。

可能性のある2つの様式について、それぞれが正しかった場合に得られると予想される結果はどのようなものか。予想について述べた文として最も適当なものを、次の①~⑥から1つ選べ。

- ① 核分裂のみが進行して多核化する場合はR1R1の二量体のみが検出され、細胞融合で多核化する場合はR2R2の二量体のみが検出される。
- ② 核分裂のみが進行して多核化する場合はR2R2の二量体のみが検出され、細胞融合で多核化する場合はR1R1の二量体のみが検出される。
- ③ 核分裂のみが進行して多核化する場合はR1R1およびR2R2の二量体が検出され、細胞融合で多核化する場合はR1R2の二量体のみが検出される。
- ④ 核分裂のみが進行して多核化する場合はR1R2の二量体のみが検出され、細胞融合で多核化する場合はR1R1およびR2R2の二量体が検出される。
- ⑤ 核分裂のみが進行して多核化する場合はR1R1およびR2R2の二量体が検出され、細胞融合で多核化する場合はR1R1、R2R2、R1R2の3種類の二量体が検出される。
- ⑥ 核分裂のみが進行して多核化する場合はR1R1、R2R2、R1R2の3種類の二量体が検出され、細胞融合で多核化する場合はR1R1およびR2R2の二量体が検出される。

問2 下線部(2)に関して、図4の上は、5つのサルコメアの模式図である。このような短い構造の繰り返し筋収縮にどのように影響するかを考えるために、図4の下のように、5つのサルコメアの長さと同じ長さを持つサルコメア構造を想定する。刺激を受けた筋の長さが短くなる際に、ミオシン分子がアクチンフィラメントをたぐり寄せ、Z膜とZ膜が近づくと、このミオシン分子がアクチンフィラメントをたぐり寄せる速度が同じであったとすると、図4に示す2つの構造の全長が短くなる速さ(短縮速度)はどのように異なるか。最も適当なものを、下の①~⑥から1つ選べ。

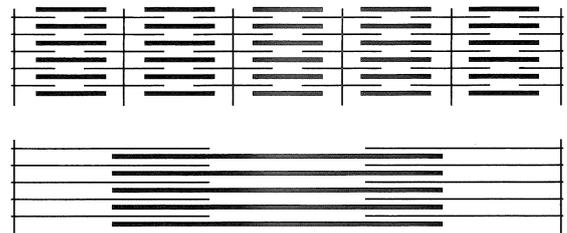


図4

- ① 上の構造の短縮速度は、下の構造の短縮速度の10倍である。
- ② 上の構造の短縮速度は、下の構造の短縮速度の5倍である。
- ③ 上の構造の短縮速度は、下の構造の短縮速度と同じである。
- ④ 上の構造の短縮速度は、下の構造の短縮速度の1/5倍である。
- ⑤ 上の構造の短縮速度は、下の構造の短縮速度の1/10倍である。

問3 下線部(3)に関して、運動神経に刺激を与えてから筋収縮が始まるまでの過程において、あるイオンが重要な役割を果たしている。このイオンは、骨格筋細胞内のある細胞小器官が特殊化したものから放出され、あるタンパク質に結合することではたらく。イオン・細胞小器官・タンパク質の組合せとして最も適当なものを、次の①～④から1つ選べ。 [3]

イオン	細胞小器官	タンパク質
① カルシウム	ゴルジ体	トロポミオシン
② カルシウム	ゴルジ体	トロポニン
③ カルシウム	小胞体	トロポミオシン
④ カルシウム	小胞体	トロポニン
⑤ カリウム	ゴルジ体	トロポミオシン
⑥ カリウム	ゴルジ体	トロポニン
⑦ カリウム	小胞体	トロポミオシン
⑧ カリウム	小胞体	トロポニン

問4 図3に関して、次の(a)・(b)に答えよ。

(a) 図3について述べた次の文章の空欄に入る語句・数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～④から1つ選べ。 [4]

刺激を与えていない状態での張力を静止張力といい、刺激を与えたときの張力の最大値をピーク張力という。筋長と静止張力の関係を示すのは(ア)、筋長とピーク張力の関係を示すのは(イ)である。それぞれの筋長におけるピーク張力と静止張力の差が、その筋長における筋収縮による張力(活動張力)であり、たとえば、筋長4.0 cmのときの活動張力の大きさ(相対値)は(ウ)であり、活動張力が最大になる筋長は(エ) cmである。

	ア	イ	ウ	エ
① 曲線(あ)	曲線(い)	2.0	5.0	
② 曲線(あ)	曲線(い)	2.0	5.6	
③ 曲線(あ)	曲線(い)	20	5.0	
④ 曲線(あ)	曲線(い)	20	5.6	
⑤ 曲線(い)	曲線(あ)	2.0	5.0	
⑥ 曲線(い)	曲線(あ)	2.0	5.6	
⑦ 曲線(い)	曲線(あ)	20	5.0	
⑧ 曲線(い)	曲線(あ)	20	5.6	

(b) 図5では、図1の筋肉と同じ筋肉の上端を固定し、下端には重さWの重りをぶら下げている。この状態で電気刺激すると筋肉は短縮するが、このとき、静止張力とピーク張力はともに40(相対値)であった。では、筋長は何cm短くなったと予想されるか。最も近い値を、下の①～④から1つ選べ。 [5]

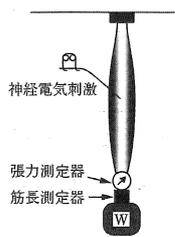


図5

- ① 1.6 cm ② 2.6 cm ③ 3.2 cm ④ 4.1 cm ⑤ 5.7 cm

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。[解答番号 6～11]

ヒトを含めた動物の内部環境は一定の状態が保たれるように調節されており、その調節には、情報伝達物質を利用した調節システムが重要な役割を果たしている。この調節システムの主要なものは、内分泌系と自律神経系であり、視床下部によって統合的に調節されている。

自律神経系は、交感神経系と副交感神経系とからなり、ふつう、交感神経の軸索末端からは(ア)が、副交感神経の軸索末端からは(イ)が、神経伝達物質として分泌される。自律神経系のニューロンの多くは、常に、自発的に活動(興奮)しており、この活動はトーンズとよばれる。トーンズは中枢の支配を受けて増減する。図1は、心臓につながる交感神経および副交感神経のトーンズと、心臓の拍動の関係を示している。

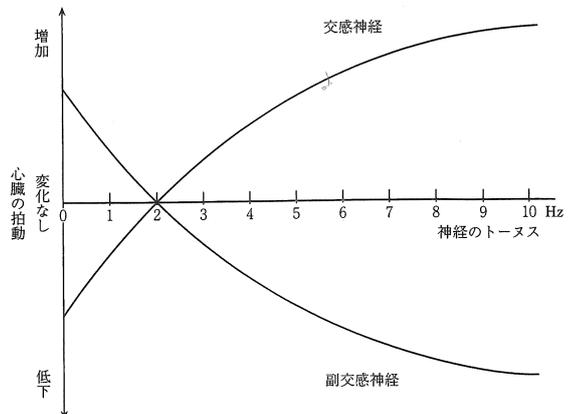


図1

内分泌系で利用される情報伝達物質はホルモンとよばれ、内分泌腺で合成され、血液中に分泌される一方、肝臓などで分解されたり、尿中に排出されたりして、血液から除かれてゆく。⁽¹⁾ホルモンの実体は、タンパク質やアミノ酸の誘導体、ステロイド類など多様であるが、いずれのホルモンも受容体との特異的な結合を介して標的細胞に作用する。⁽²⁾内分泌腺のひとつである脳下垂体前葉は、視床下部の神経分泌細胞が分泌するホルモンによる調節を受け、甲状腺刺激ホルモンや副腎皮質刺激ホルモンなどの刺激ホルモンや成長ホルモンを分泌する。⁽³⁾内分泌腺のはたらきが自律神経によって調節されている場合もあり、交感神経のはたらきが高まると、(ウ)からの(エ)の分泌が増加する。

問1 空欄(ア)～(エ)に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 6

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----------|----------|------|----------|
| ① | アセチルコリン | ノルアドレナリン | 副腎皮質 | 糖質コルチコイド |
| ② | アセチルコリン | ノルアドレナリン | 副腎皮質 | アドレナリン |
| ③ | アセチルコリン | ノルアドレナリン | 副腎髄質 | 糖質コルチコイド |
| ④ | アセチルコリン | ノルアドレナリン | 副腎髄質 | アドレナリン |
| ⑤ | ノルアドレナリン | アセチルコリン | 副腎皮質 | 糖質コルチコイド |
| ⑥ | ノルアドレナリン | アセチルコリン | 副腎皮質 | アドレナリン |
| ⑦ | ノルアドレナリン | アセチルコリン | 副腎髄質 | 糖質コルチコイド |
| ⑧ | ノルアドレナリン | アセチルコリン | 副腎髄質 | アドレナリン |

問4 下線部(2)に関して、ステロイドホルモンの受容体は、細胞質基質や核内に存在し、細胞膜には存在しないことが知られている。このことから推論できることを述べた次のオ～キの文のうち正しいものを、過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。 9

- オ ステロイドホルモンは、細胞膜を透過できる。
 カ ステロイドホルモンは、受容体をもたない細胞の中には入らない。
 キ ステロイドホルモンの受容体も、その実体はステロイドである。

- ① オ ② カ ③ キ ④ オ・カ
 ⑤ オ・キ ⑥ カ・キ ⑦ オ・カ・キ

問5 下線部(3)に関して、甲状腺から分泌されるチロキシンは、不可欠な成分としてヨウ素を含むため、ヨウ素がないと合成できない。そのため、摂取するヨウ素が不足すると、甲状腺が肥大することになる。ヨウ素の欠乏が原因で、最終的には甲状腺が肥大する理由について述べた次のク～コの中の、正しいものを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。 10

- ク チロキシン濃度が低下したため、脳下垂体前葉からの甲状腺刺激ホルモンの分泌が抑制されず、最終的には甲状腺が肥大する。
 ケ チロキシン濃度の低下を視床下部が感知し、甲状腺刺激ホルモンの分泌を促す放出ホルモンの分泌を高め、最終的には甲状腺が肥大する。
 コ チロキシン濃度が低下したため、全身の代謝が促進され、結果的に甲状腺が肥大する。

- ① ク ② ケ ③ コ ④ ク・ケ
 ⑤ ク・コ ⑥ ケ・コ ⑦ ク・ケ・コ

問2 図1に関して、図1から推論できることとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 7

- ① 交感神経の活動が変化すると心臓の拍動が増加し、副交感神経の活動が変化すると心臓の拍動が低下する。
 ② 交感神経の活動が変化すると心臓の拍動が低下し、副交感神経の活動が変化すると心臓の拍動が増加する。
 ③ 副交感神経の活動が変化せず、交感神経の活動が変化するだけでは心臓の拍動が低下することはない。
 ④ 交感神経の活動が変化せず、副交感神経の活動が変化するだけでは心臓の拍動が増加することはない。
 ⑤ 交感神経の活動と副交感神経の活動の両方が高まっても、心臓の拍動が変化しないことがある。

問3 下線部(1)に関して、このはたらきが、情報伝達物質を利用した調節システムにとっても意味について述べた文として最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 8

- ① 血液からホルモンが除かれることで、不必要になった命令が伝わらなくなる。
 ② 血液からホルモンが除かれることで、ホルモン合成を続けることが可能になる。
 ③ ホルモンが常に除かれていないと、血液によって酸素を運搬することが不可能になる。
 ④ ホルモンが常に除かれていないと、血液によって二酸化炭素を運搬することが不可能になる。
 ⑤ ステロイドホルモンが尿として排出されることで、尿を用いたさまざまな検査が可能になる。
 ⑥ ペプチドホルモンを分解してアミノ酸を再利用することで、アミノ酸の不足を防ぐことができる。

問6 下線部(4)に関して、次の文章の空欄(サ)・(シ)に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。 11

副腎皮質刺激ホルモンの標的は副腎皮質であり、刺激を受けると(サ)を分泌する。(サ)は、さまざまな器官の(シ)の分解を引き起こし、グルコースの合成を促す。

- | サ | シ |
|------------|--------|
| ① 糖質コルチコイド | グリコーゲン |
| ② 糖質コルチコイド | 核酸 |
| ③ 糖質コルチコイド | タンパク質 |
| ④ アドレナリン | グリコーゲン |
| ⑤ アドレナリン | 核酸 |
| ⑥ アドレナリン | タンパク質 |

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。[解答番号 12]～
16]

ニワトリの受精卵は、37℃に保たれた状態では21日で孵化する。37℃であたため始めてから6日経過した胚(6日胚)では、頭部や翼、肢などの体の各部分は形成されているが、羽毛やうろこなどの構造はまだ形成されていない。13日経過した胚(13日胚)では、体表面の羽毛や肢のうろこが形成されている。羽毛もうろこも、皮膚の表皮と真皮の相互作用によって表皮から形成される。この相互作用について知るために、いくつかの実験を行った。

実験1 ニワトリ6日胚から背中と肢の皮膚を切り出し、表皮と真皮に分離したものを、表1のように組み合わせ再結合して培養したところ、羽毛またはうろこが形成された。ただし、表皮と真皮を別々に培養した場合は、羽毛もうろこも形成されなかった。

表1

表皮の由来	真皮の由来	形成されたもの
背中	背中	羽毛
肢	肢	うろこ
背中	肢	羽毛
肢	背中	羽毛

実験2 ニワトリ6日胚の眼から角膜を切り出し、6日胚の背中または肢の皮膚の真皮と組み合わせて培養したところ、表2の結果を得た。

表2

真皮と組み合わせた組織	真皮の由来	形成されたもの
角膜	背中	羽毛
角膜	肢	羽毛

問1 下線部(1)に関して、真皮はどの胚葉に由来するか。また、同じ胚葉から生じる構造にはどのようなものがあるか。由来する胚葉と同じ胚葉から生じる構造の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑨から1つ選べ。 [12]

由来する胚葉	同じ胚葉から生じる構造
① 外胚葉	脊髄
② 外胚葉	腎臓
③ 外胚葉	肝臓
④ 中胚葉	脊髄
⑤ 中胚葉	腎臓
⑥ 中胚葉	肝臓
⑦ 内胚葉	脊髄
⑧ 内胚葉	腎臓
⑨ 内胚葉	肝臓

実験3 ニワトリ6日胚の角膜および背中⁽¹⁾の皮膚の表皮を切り出し、ニワトリ13日胚の背中および肢の真皮と組み合わせて培養したところ、表3の結果を得た。ただし、単独で培養した場合には、羽毛もうろこも形成されなかった。

表3

角膜・表皮の由来	真皮の由来	形成されたもの
6日胚の背中	13日胚の背中	羽毛
6日胚の角膜	13日胚の背中	羽毛
6日胚の背中	13日胚の肢	うろこ
6日胚の角膜	13日胚の肢	うろこ

哺乳類の場合、皮膚には羽毛やうろこはないかわりに体毛をもつ。受精から12日経過したマウスの胚(12日胚)はニワトリの6日胚とほぼ同様な発生段階にあり、体表面に体毛はまだはえていない。ニワトリの羽毛とマウスの体毛は同様のしくみによって形成されることが考えられたので、次の実験を行った。

実験4 ニワトリ6日胚およびマウス12日胚から、背中⁽¹⁾の皮膚の真皮と角膜を切り出し、これらを組み合わせて培養したところ、表4の結果を得た。

表4

角膜の由来	真皮の由来	形成された構造物
ニワトリ	ニワトリ	羽毛
ニワトリ	マウス	羽毛
マウス	マウス	体毛
マウス	ニワトリ	体毛

問2 実験1～3に関して、(a)・(b)に答えよ。

(a) 真皮に関して、実験1～3⁽¹⁾だけから判断して、正しいと推論されるものを、次の①～⑨から2つ選べ。 [13]

- ① 背中の真皮は、6日目から13日目の間に、羽毛を誘導する能力が強まる。
- ② 背中の真皮は、6日目から13日目の間に、羽毛を誘導する能力が弱まる。
- ③ 背中の真皮は、6日目から13日目の間に、うろこを誘導する能力が強まる。
- ④ 背中の真皮は、6日目から13日目の間に、うろこを誘導する能力が弱まる。
- ⑤ 肢の真皮は、6日目から13日目の間に、羽毛を誘導する能力が強まる。
- ⑥ 肢の真皮は、6日目から13日目の間に、羽毛を誘導する能力が弱まる。
- ⑦ 肢の真皮は、6日目から13日目の間に、うろこを誘導する能力が強まる。
- ⑧ 肢の真皮は、6日目から13日目の間に、うろこを誘導する能力が弱まる。

(b) 表皮に関して、実験1～3だけから判断して、正しいと推論されるものの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑩から1つ選べ。 [14]

6日胚の背中 の表皮	6日胚の肢の 表皮
① 羽毛に分化する能力もうろこに分化する能力ももつ。	羽毛に分化する能力もうろこに分化する能力ももつ。
② 羽毛に分化する能力もうろこに分化する能力ももつ。	羽毛に分化する能力をもつが、うろこに分化する能力はもたない。
③ 羽毛に分化する能力もうろこに分化する能力ももつ。	羽毛に分化する能力をもたないが、うろこに分化する能力はもつ。
④ 羽毛に分化する能力をもつが、うろこに分化する能力はもたない。	羽毛に分化する能力もうろこに分化する能力ももつ。
⑤ 羽毛に分化する能力をもつが、うろこに分化する能力はもたない。	羽毛に分化する能力をもつが、うろこに分化する能力はもたない。
⑥ 羽毛に分化する能力をもつが、うろこに分化する能力はもたない。	羽毛に分化する能力をもたないが、うろこに分化する能力はもつ。
⑦ 羽毛に分化する能力をもたないが、うろこに分化する能力はもつ。	羽毛に分化する能力もうろこに分化する能力ももつ。
⑧ 羽毛に分化する能力をもたないが、うろこに分化する能力はもつ。	羽毛に分化する能力をもつが、うろこに分化する能力はもたない。
⑨ 羽毛に分化する能力をもたないが、うろこに分化する能力はもつ。	羽毛に分化する能力をもたないが、うろこに分化する能力はもつ。

問4 下線部(2)に関連して、羽毛形成にはたらく細胞とうろこ形成にはたらく細胞の違いについて述べた次のオ～キの文のうち、可能性が高いと考えられるもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～④から1つ選べ。 [16]

- オ 羽毛形成にはたらく細胞とうろこ形成にはたらく細胞では、核DNAに含まれる情報が大きく異なる。
 カ 羽毛形成にはたらく細胞とうろこ形成にはたらく細胞では、細胞内に存在する転写調節タンパク質の種類と量が異なっている。
 キ 羽毛形成にはたらく細胞とうろこ形成にはたらく細胞では、細胞内に存在する mRNA の種類が完全に異なっており、共通に存在する mRNA は存在しない。

- ① オ ② カ ③ キ ④ オ・カ
 ⑤ オ・キ ⑥ カ・キ ⑦ オ・カ・キ

問3 実験4に関して、次の文は、実験1～4をもとに、マウスの体毛の形成について考察したものである。文中の空欄に入る語句の組合せとして最も適当なものを、下の①～④から1つ選べ。 [15]

実験4の結果から、マウスの体毛は、(ア)からの作用を受けた細胞から形成されることが推論できる。つまり、正常発生では、(ア)が放出した物質を(イ)が受容し、(ウ)の細胞がもつ遺伝子がはたらくして形態形成が起こると考えられる。また、実験結果から、作用を担う物質は(エ)可能性が高いと考えられる。

	ア	イ	ウ	エ
① 表皮	真皮	表皮	ニワトリの物質と同じ	
② 表皮	真皮	表皮	ニワトリの物質とは異なる	
③ 表皮	真皮	真皮	ニワトリの物質と同じ	
④ 表皮	真皮	真皮	ニワトリの物質とは異なる	
⑤ 真皮	表皮	表皮	ニワトリの物質と同じ	
⑥ 真皮	表皮	表皮	ニワトリの物質とは異なる	
⑦ 真皮	表皮	真皮	ニワトリの物質と同じ	
⑧ 真皮	表皮	真皮	ニワトリの物質とは異なる	

第4問 次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。[解答番号 17～21]

生物は、さまざまな生命活動を行って、生存し増殖している。生命活動の中には、エネルギーの出入りをともなうものが多くあり、直接のエネルギー源としてATPを利用する反応も多い。そのため、生物には、生存・増殖に必要なエネルギーを供給するATPを合成する反応系が備わっている。

ATPを獲得する反応系の1つが解糖系である。解糖系は(ア)で行われ、1分子のグルコースが2分子のピルビン酸に分解される。より高い効率でATPを獲得できるのは、ミトコンドリアの(イ)にある電子伝達系とATP合成酵素による反応系である。解糖系で生じたピルビン酸はミトコンドリア内で脱水素・脱炭酸を受けてアセチルCoAとなり、ミトコンドリアの(ウ)にあるクエン酸回路での水の付加と脱水素反応により、二酸化炭素にまで分解される。そして、脱水素反応で生成したNADHやFADH₂から電子伝達系に渡された電子が、最終的に酸素に受容され、水素イオン(H⁺)とともに水となる。

多くの細菌はクエン酸回路と電子伝達系をもち、ミトコンドリアと同様に酸素を利用して、有機物を基質とした呼吸を行うことができる。ところが、細菌がもつ電子伝達系は多様性に富んでおり、細菌の中には、電子の最終の受容体として酸素以外の物質を利用できるものもある。そこで、ここでは、有機物を基質とし、酸素以外の物質を最終の電子受容体とする電子伝達系によりATPを獲得する反応系を嫌気呼吸とよび、酸素を利用する呼吸は酸素呼吸とよぶことにする。たとえば、細菌(脱窒素細菌)は、酸素呼吸と嫌気呼吸の両方を行うことができる。⁽³⁾この嫌気呼吸では、硝酸イオンが最終電子受容体となり、気体の窒素(N₂)が生成されるため、硝酸呼吸とよぶこともできる。細菌の中には、無機物(アンモニアや硫化水素など)から取り出した電子を電子伝達系に流してATPを合成できる細菌もいる。これが化学合成細菌であり、電子の受容体としてはさまざまな物質が利用される。

問1 空欄(ア)～(ウ)に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 17

	ア	イ	ウ
①	細胞質基質	マトリックス	内膜
②	細胞質基質	マトリックス	外膜
③	細胞質基質	内膜	マトリックス
④	細胞質基質	外膜	マトリックス
⑤	細胞液	マトリックス	内膜
⑥	細胞液	マトリックス	外膜
⑦	細胞液	内膜	マトリックス
⑧	細胞液	外膜	マトリックス

問2 下線部(1)に関して、酸素が存在しない条件におかれた酵母では、ピルビン酸は脱炭酸と還元反応を経て、エタノールへと変換される。この過程について述べた文として最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 18

- ① ピルビン酸を脱炭酸してアセトアルデヒドにする過程でATPが生産される。
- ② ピルビン酸を脱炭酸してアセトアルデヒドにする過程でNADHが生じる。
- ③ ピルビン酸を脱炭酸してアセトアルデヒドにする過程でNAD⁺が生じる。
- ④ アセトアルデヒドを還元してエタノールにする過程でATPが生産される。
- ⑤ アセトアルデヒドを還元してエタノールにする過程でNADHが生じる。
- ⑥ アセトアルデヒドを還元してエタノールにする過程でNAD⁺が生じる。

問4 下線部(3)に関して、脱窒菌(脱窒素細菌)は、酸素と硝酸イオンの両方がある条件において、酸素呼吸と硝酸呼吸のどちらを行うのかを知るため、硝酸イオンの有無にのみ違いのある条件で、どのように増殖が異なるかを調べた。培養は、液体培地を静かに置いた状態で、空気中の酸素が培地に溶け込む速度をできるだけ小さくした。ただし、培養開始前に培地から酸素を除く処理は行わなかった。表1に培養20時間目と44時間目の結果を示す。なお、硝酸イオンありの条件では、培養44時間目では気体の生成が泡として観察されたが、20時間目には観察されなかった。また、それぞれの値は、培養開始時の菌が何倍に増殖したかを相対値で示している。

表1

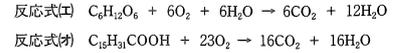
硝酸イオンの有無	培地中の菌体の量(相対値)	
	培養20時間目	培養44時間目
なし	25	27
あり	25	63

この結果について述べた次のカ～クの文のうち、正しいものだけを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。 20

- カ 硝酸イオンの有無に関係なく、培養開始から20時間目までは、ほとんど酸素呼吸だけが行われた。
- キ 硝酸イオンなしの場合、培養開始から20時間目以降は、基質となる有機物がなくなったため増殖が抑えられた。
- ク 硝酸イオンがある場合、培養20時間目までは主に酸素呼吸が、培養44時間目の時点では主に硝酸呼吸が行われていた。

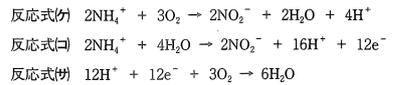
- ① カ ② キ ③ ク ④ カ・キ
- ⑤ カ・ク ⑥ キ・ク ⑦ カ・キ・ク

問3 下線部(2)に関して、アセチル CoA は、脂肪酸を基質とする酸素呼吸でも生じる。グルコースが、解糖系とミトコンドリアでの酸素呼吸で分解された場合は、下に示す反応式(ア)のようになり、脂肪酸の一種であるパルミチン酸が酸素呼吸で分解された場合には反応式(イ)のようになる。では、グルコース(分子量180)とパルミチン酸(分子量256)が、等しい量(分子数)だけ利用された場合、呼吸商はいくつになるか。最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。 19



- ① 0.70 ② 0.72 ③ 0.74 ④ 0.76 ⑤ 0.78
- ⑥ 0.80 ⑦ 0.85 ⑧ 0.90 ⑨ 0.95

問5 下線部(4)に関して、代表的な化学合成細菌として亜硝酸菌がある。亜硝酸菌のエネルギー獲得反応は、反応式(イ)として示されることが多いが、(ロ)・(ハ)のように分けて示すこともできる。これらの反応式をもとに考えると、亜硝酸菌の電子伝達系における電子受容体は何だと判断できるか。最も適当なものを、下の①～⑥から1つ選べ。 21



- ① アンモニウムイオン(NH₄⁺) ② 酸素(O₂)
- ③ 水素イオン(H⁺) ④ 水(H₂O)
- ⑤ 亜硝酸イオン(NO₂⁻)

第5問 次の文章を読み、下の問い(問1~3)に答えよ。[解答番号 22 ~ 29]

遺伝子の本体がDNAであるという現代の常識は、1940年代から50年代にかけて行われた研究によって確立した。当時は、遺伝子の本体の候補としてタンパク質とDNAが想定され、どちらなのかを明らかにする研究が行われていた。これらの研究のなかで最も重要なものの1つはエイブリーらの行った肺炎双球菌の形質転換を利用した実験であり、もう1つはハーシーとチェイスによるT₂ファージの増殖実験である。

エイブリーらの実験の概略は、次のようなものである。

- ・肺炎双球菌のS型菌の抽出液を、R型菌と混ぜて培養すると、R型菌からS型菌に形質転換するものが出現し、形質転換した形質は子孫に伝わる。
- ・S型菌の抽出液をDNA分解酵素で処理してからR型菌と混ぜて培養すると、形質転換が起こらない。
- ・S型菌の抽出液をタンパク質分解酵素で処理してからR型菌と混ぜて培養すると、形質転換によりS型菌が出現し、形質転換した形質は子孫に伝わる。

しかしながら、この実験では遺伝子の本体がDNAであることを証明したというには不十分な点があった。不十分な点のひとつは、DNAが細胞内に入ったことが証明されていないことであり、DNAそのものが子孫に伝わったかどうかも証明されていない。

遺伝子の本体がDNAであることを明確にしたのがハーシーとチェイスの実験である。彼らの実験の概略は次のようなものである。

- ・放射性をもつリン(³²P)でDNAを標識したファージ(³²P標識ファージ)

問1 下線部(1)に関して、遺伝子の本体と形質転換の原因物質については、原理的には次のア~エの4つの可能性がある。エイブリーらの実験は、どの可能性を否定できていないか。否定できていない可能性のみを含む組合せとして最も適当なものを、下の①~⑥から1つ選べ。 [22]

- ア 遺伝子の本体はDNA、形質転換の原因物質もDNA
- イ 遺伝子の本体はDNA、形質転換の原因物質はタンパク質
- ウ 遺伝子の本体はタンパク質、形質転換の原因物質はDNA
- エ 遺伝子の本体はタンパク質、形質転換の原因物質もタンパク質

- ① ア・イ ② ア・ウ ③ ア・エ
- ④ イ・ウ ⑤ イ・エ ⑥ ウ・エ

ジ)と放射性をもつ硫黄(³⁵S)でタンパク質を標識したファージ(³⁵S標識ファージ)を作製する。

それぞれの標識ファージを、大腸菌を含む液(菌液)に加えて、吸着は起こるが増殖は起こらない短時間だけ培養する。その後、遠心分離で大腸菌を沈殿させ、上澄みを捨てて吸着しなかったファージを除去する。

沈殿した大腸菌を新しい培養液に懸濁させる。大腸菌の懸濁液をブレンダー(攪拌器)で激しく混ぜ合わせたのち、遠心分離で大腸菌をもう一度沈殿させ、その上澄みに含まれる放射能を測定、懸濁液に含まれる放射能を100%としたときの³⁵Sの上澄みに回収された放射能をもつリンや硫黄(放射性同位体)の割合(回収率・%)を調べる。

図1は、ブレンダー処理の時間が回収率にどのように影響するかを示したもので、この結果は、T₂ファージのDNAが大腸菌に入ったことを示していた。

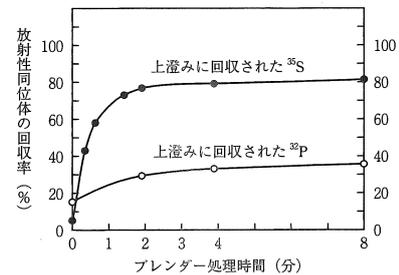


図1

問2 下線部(2)に関連して、(a)・(b)に答えよ。

(a) 図1の結果から、8分のブレンダー処理を行ったとき、ファージの何%がDNAを大腸菌内に注入したと推論できるかを述べた次の文章の空欄に入る数値として、最も適当なものを、空欄オ [23] ・カ [24] については選択肢群1の①~⑥から1つずつ、空欄キ [25] ・ク [26] については選択肢群2の①~⑥から1つずつ選べ。

上澄みに回収された³⁵Sが(オ)%あることから、吸着したファージの(カ)%が大腸菌から離れたと考えられる。上澄みに回収された³²Pが(キ)%しかないことから、離れたファージの一部はDNAを含むが、一部はDNAを含まないと考えられる。つまり、吸着したファージの少なくとも(ク)%は、大腸菌内にDNAを注入していたと判断できる。

選択肢群1

- ① 10 ② 20 ③ 30 ④ 40 ⑤ 50
- ⑥ 60 ⑦ 70 ⑧ 80 ⑨ 90

選択肢群2

- ① 15 ② 25 ③ 35 ④ 45 ⑤ 55
- ⑥ 65 ⑦ 75 ⑧ 85 ⑨ 95

(b) ハーシーとチェイスは、標識ファージを感染させた大腸菌を培養し続けてファージを増殖させ、DNAが親ファージから子ファージに伝わることも示した。どのような結果が得られたと考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 27

- ① ^{32}P 標識の実験では、すべての子ファージが放射能をもっていたが、 ^{35}S 標識の実験では、子ファージはまったく放射能をもっていなかった。
- ② ^{32}P 標識の実験では、すべての子ファージが放射能をもっていたが、 ^{35}S 標識の実験では、子ファージの一部が放射能をもっていた。
- ③ ^{32}P 標識の実験では、すべての子ファージが放射能をもち、 ^{35}S 標識の実験でも、すべての子ファージが放射能をもっていた。
- ④ ^{32}P 標識の実験では、子ファージの一部が放射能をもっていたが、 ^{35}S 標識の実験では、子ファージはまったく放射能をもっていなかった。
- ⑤ ^{32}P 標識の実験では、子ファージの一部が放射能をもち、 ^{35}S 標識の実験でも、子ファージの一部だけが放射能をもっていた。
- ⑥ ^{32}P 標識の実験では、子ファージの一部が放射能をもち、 ^{35}S 標識の実験では、すべての子ファージが放射能をもっていた。

問3 T_2 ファージの増殖のしくみは、その後の研究によって明らかにされたが、その土台となったのは、「プラーク数による定量法」と「一段増殖実験」であった。

プラーク数による定量法では、まず、ファージ粒子を含む液を十分な細菌を含む液と混合して、すべてのファージを細菌に吸着させる。その後、少量の混合液を、非常に多くの未感染の細菌を含む柔らかい寒天に加え、柔らかい寒天を固い寒天培地の上に上げて培養する。すると、未感染の細菌は柔らかい寒天の中で増殖して一面に広がる一方、ファージは細菌を破壊して外に出ると周辺の細菌に感染することを繰り返すので、寒天培地には、ところどころに細菌がない透明な部分(プラークという)が生じる。1個のプラークは1個のファージ感染菌から生じるとみなせるので、プラーク数は柔らかい寒天に加えた混合液中のファージの数に対応することになる。なお、実際の操作では、寒天培地でプラーク数を数えやすいように、混合液を希釈して用いることが多い。

一段増殖実験では、ファージと細菌を混ぜて感染させた後、時間を追ってファージの数を調べる。そのために、まず、ファージ粒子を含む液と十分な細菌を含む液とを混合してすべてのファージを感染させる。その後、培養を続け、一定時間ごとに混合液から少量(一定量)を取り、プラーク数による定量法を用いて、混合液中のファージの数を調べる。なお、この方法では、ファージの増殖が完了して細菌が破壊され、ファージが上澄みに放出された後、混合液中で細菌に感染しなかったファージも、柔らかい寒天中で細菌に感染してプラークを形成する。図2は、この方法で大腸菌における T_2 ファージの増殖を調べた結果の一例である。図2について(a)・(b)に答えよ。ただし、この実験では、1個の大腸菌に感染する T_2 ファージは1個だけと考えてよい。

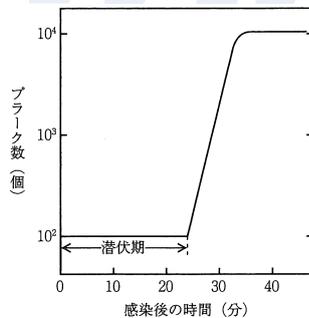


図2

(a) 図2から、 T_2 ファージが感染した1個の大腸菌内で、およそ何個の新しい T_2 ファージ(子 T_2 ファージ)が形成されたと推定されるか。最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 28

- ① 2個
- ② 10個
- ③ 20個
- ④ 100個
- ⑤ 200個
- ⑥ 1000個
- ⑦ 2000個
- ⑧ 10000個

(b) 図2には、プラーク数に変化しない期間(潜伏期)がある。この期間に起こっている現象として可能性がないものを、次の①～⑥から1つ選べ。

29

- ① T_2 ファージ遺伝子の mRNA が合成される
- ② 子 T_2 ファージが大腸菌外へ放出される
- ③ T_2 ファージの DNA が複製される
- ④ T_2 ファージ DNA が大腸菌へ注入される
- ⑤ T_2 ファージ DNA が殻に取り込まれる
- ⑥ T_2 ファージの殻を構成するタンパク質が合成される