

北里 2013 生物

略解

- I** 1-① 2-⑤ 3-⑤ 4-④ 5-① 6-⑥ 7-⑦ 8-⑤
9-⑤ 10-① 11-② 12-⑥ 13-⑤ 14-⑦
- II** 15-⑧ 16-⑩ 17-⑥ 18-③ 19-⑭ 20-⑤ 21-①
22-⑨ 23-⑨ 24-⑤ 25-③ 26-⑥ 27-⑦ 28-③
29-① 30-③
- III** 31-⑭ 32-⑨ 33-⑫ 34-① 35-⑭ 36-⑭ 37-⑧
38-⑬ 39-⑥ 40-② 41-② 42-⑥ 43-⑨ 44-③
45-⑥ 46-② 47-⑦

I

原則1. メンデルの法則とサットン染色体説 → 問1・問2に利用

メンデルは、エンドウの交配実験にもとづき、メンデルの法則（下記）を導き出した。

- ・優劣の法則：対になる形質の交配により、雑種第1代では優性形質が顕在化し、劣性形質は潜在化する。
- ・分離の法則：対になる形質の交配により、雑種第2代では優性形質と劣性形質の割合は3:1に分離して現れる。
- ・独立の法則：2つ以上の異なる形質については、それぞれ独立に遺伝する。

また、メンデルは、遺伝を担う粒子状の物質（※後にベイトソンにより「遺伝子」と命名されたもの）の存在を仮定した。なお、1902~1903年にサットンは、減数分裂の研究結果にもとづき、メンデルが仮定した遺伝子は染色体に存在する、という染色体説を提唱した。

原則2. DNA・RNAと遺伝暗号表 → 問4~問10に利用

遺伝情報は、DNAからmRNAへ、mRNAからtRNAへと伝達される。また、rRNAは、タンパク質と結合することでリボソームを形成している。これらのDNAやRNAは、いずれも塩基、リン酸、糖の3つからなるヌクレオチド（※塩基は糖に結合している）を構成要素とするヌクレオチド鎖（※リン酸と糖が交互に結合して鎖を形成している）からなるが、DNAが2本のヌクレオチド鎖からなるのに対し、RNAは1本のヌクレオチド鎖からなる。なお、DNAでは、2本のヌクレオチド鎖の塩基どうしが弱く結合することで二重らせん構造を作っている。また、DNAの糖がデオキシリボースであるのに対し、RNAの糖はリボースである。DNAの複製においては、DNAを構成する2本のヌクレオチド鎖のそれぞれが鋳型となって、2つの新しいDNA分子を複製する（注1）。このとき、新しいDNAヌクレオチド鎖の形成はDNAポリメラーゼ（DNA合成酵素）等により行われる。なお、DNAのヌクレオチド鎖形成に使われる塩基は、A（アデニン）、T（チミン）、C（シトシン）、G（グアニン）の4種類（注2）であるが、RNAでは、T（チミン）の代わりにU（ウラシル）が用いられる。そのため、tRNAの塩基配列は、DNAの塩基配列のTをUに置き換えたものと等しくなる。

（注1）これを半保存的複製と言う。メセルソンとスタールは、DNAの複製様式が半保存的複製であることを実験により証明した。

（注2）塩基のうちで分子量が大きいものは、プリン塩基（アデニン（A）とグアニン（G））である。なお、T（チミン）、C（シトシン）、U（ウラシル）はピリミジン塩基である。

タンパク質形成に関与するアミノ酸は20種類あるが、tRNAにおける4種類の塩基（A、U、C、G）が3個で1組となり、1つのアミノ酸を指定する（塩基3個ごとに順番に翻訳され、翻訳において重なりや飛びは起こらない）。この対応関係を表したものが、遺伝暗号

表（下表）である。なお、下表に記載したように、UAA、UAG、UGA は、タンパク質合成の終点を指定する「終止コドン」であるため、アミノ酸を指定しない。また、メチオニンを指定する AUG は、タンパク質合成の始点を指定する「開始コドン」でもある。ちなみに、タンパク質合成が終わった後、先頭のメチオニンは取り除かれる。

		2番目の塩基				
		U	C	A	G	
1番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	3番目の塩基
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	
		ロイシン	セリン	(終止)	(終止)	
		ロイシン	セリン	(終止)	トリプトファン	
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	
		メチオニン(開始)	トレオニン	リシン	アルギニン	
	G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	
		バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	

(表は <http://www.neg-threequarters.jp/namazu/genetics/genetic-code01.png> より引用)

ところで、mRNA のコドン（遺伝暗号）に対し相補的な塩基配列を有する部分が tRNA には存在し、その部分をアンチコドンと言う。なお、DNA (RNA) においては、A と T (U)、C と G がそれぞれ相補の塩基ペアとなる。また、DNA は相補の塩基ペアで構成されるため、DNA を構成する塩基の量は、A と T、C と G がそれぞれ等しくなる（注3）。

(注3) シャルガフの経験則と言う。

また、真核生物の DNA においては、エキソンと呼ばれるタンパク質合成に関わる塩基配列と、イントロンと呼ばれるタンパク質合成に関わらない塩基配列の両方が含まれている。そのため、DNA の塩基配列が転写されたヌクレオチド鎖よりイントロンの部分を取り除く過程（スプライシング）を経て、mRNA はつくられる。なお、遺伝子によっては、遺伝子1つから転写される mRNA 前駆体に選択的スプライシングが行われて複数種の mRNA が生成されることがある。ところで、DNA 内の片側の1本鎖から RNA への転写（注4）は RNA ポリメラーゼにより行われるが、転写を始めるために RNA ポリメラーゼが結合する DNA の領域をプロモーターと呼んでいる。

(注4) 転写においては、DNA を構成する2つのヌクレオチド鎖の片方だけが使われる。

なお、DNA がヒストンに巻き付いた構造はヌクレオソームと呼ばれ、真核生物の染色体の基本構造となっている。

原則 3. グリフィス、アベリーらによる遺伝子研究 → 問 3 に利用

1928 年にグリフィスが行った実験により、バクテリアの形質転換が確認された。この実験は遺伝情報の転移を示唆するものであり、その後、アベリーらによって、病原性のある S 型菌の DNA により非病原性の R 型菌の遺伝形質が変わること（形質転換）が確認された。なお、R 型菌から S 型菌が発生する形質転換の起きる頻度は、およそ $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 位である。ちなみに、R 型菌が突然変異によって S 型菌に変わる頻度は 10^{-7} よりも小さい。

問 1・問 2

【方針】

いずれの設問もメンデルの法則や染色体説についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1. メンデルの法則とサットンの染色体説」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 1)

雌しべの一部の珠皮・子房壁がそれぞれ発達したものが種皮・さやであるから、同一株内においては全て同一形質である。よって、種皮やさやを含まない組合せである「① 子葉の色、種子の形」が最も適切である。ゆえに、解答は、1-①である。

(問 2)

「原則 1. メンデルの法則とサットンの染色体説」より、解答は、2-⑤である。

問 3

【方針】

「R 型菌のみを培養しても S 型菌が生じることがある。この際に起こった現象を Q とする。」と言う文言より、Q は「突然変異」と気づく。したがって、「原則 3. グリフィス、アベリーらによる遺伝子研究」の知識を利用して、P が何かを考える。

【解説】

「原則 3. グリフィス、アベリーらによる遺伝子研究」より、P は「形質転換」である。ゆえに、解答は、3-⑤である。

問 4・問 5

【方針】

いずれも DNA やタンパク質についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 2. DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問4)

「原則2. DNA・RNAと遺伝暗号表」より、DNAを構成する塩基は4種類で、タンパク質を構成するアミノ酸は20種類である。ゆえに、解答は、4-④である。

(問5)

DNAはP(リン)を含むがS(硫黄)を含まない。また、タンパク質はSを含むがPは含まない。よって、DNAは ^{32}P で、タンパク質は ^{35}S でそれぞれ標識される必要がある(※)。ゆえに、解答は、5-①である。

(※)自然界に多く存在するPやSは、 ^{31}P や ^{32}S である。

問6

【方針】

前問の結果より、DNAは ^{32}P で標識され、タンパク質は ^{35}S で標識されるから、 T_2 ファージの外殻(=タンパク質)は ^{35}S で標識されることに気づく。この点を踏まえて、「原則2. DNA・RNAと遺伝暗号表」の知識などを利用して解く。

【解説】

T_2 ファージが大腸菌の表面に付着すると、 T_2 ファージの頭部にあるDNAを大腸菌の中へ注入する。そのため、 T_2 ファージの外殻は大腸菌表面に残るが、攪拌(かくはん)によって外殻の大部分が振り落とされる。その後、遠心分離によって大腸菌と振り落とされずに残った外殻は沈殿して、振り落とされた外殻の方は上澄みに集まる。よって、適切な記述は、BとDである。ゆえに、解答は、6-⑥である。

問7・問8

【方針】

下線部eの「一定の規則性」とは、AとTが等量でCとGが等量と言う規則性であると気づく。この点を踏まえて、「原則2. DNA・RNAと遺伝暗号表」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問7)

1: 下線部eの規則性は「原則2. DNA・RNAと遺伝暗号表」のシャルガフの経験則であるから、TはAと同じ26%となり、CとGはいずれも24%($= (100\% - 26\% \times 2) \div 2$)となる。ゆえに、解答は、7-⑦、8-⑤、9-⑤である。

2: シャルガフの経験則は、二本鎖のAとT、GとCの間の相補性によるものであり、一本鎖においてはA、T、G、Cの含量比についての特別な規則性はない。また、塩基がUでなくTであるから、DNAである。ゆえに、解答は、10-①である。

(問8)

片方の鎖のCの含量比は20.5%であるから、相補性によりもう片方の鎖のGの含量比も同

じ 20.5%である。したがって、この二重らせん構造における G の含量比を計算すると、

$$(20.1 + 20.5) \div 2 = 20.3 \%$$

となる。ゆえに、解答は、11-②である。

問 9

【方針】

DNA の半保存的複製に関連した計算問題であると気づく。したがって、「原則 2. DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

1：半保存的複製を繰り返すと、位置④と位置⑤の DNA の量比 (DNA の本数比) は、複製の 1 回目で 0 : 1 (0 : 2)、複製 2 回目で 1 : 1 (2 : 2)、複製 3 回目で 3 : 1 (6 : 2) となり、複製 4 回目では 7 : 1 (14 : 2) となる。1 回の分裂には 50 分かかかるから、合計で $50 \times 4 = 200$ 分かかかる。

2： n 回目の分裂の後、DNA の全本数は 2^n 本となる。また、中間の密度の DNA (位置⑤の DNA) の本数は常時 2 本である。したがって、中間の密度の DNA が全 DNA に占める割合は、 $2 \div 2^n = \frac{1}{2^{n-1}}$ となる。ゆえに、解答は、12-⑥、13-⑤である。

問 10

【方針】

U の量は G の 5 倍であるから、人工 RNA を構成するコドンの中では、UUU が最も多くなり、GGG が最も少なくなると気づく。この点を踏まえて、「原則 2. DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識を利用して解く。

【解説】

U : G = 5 : 1 であるから、塩基の配列順序をランダムにして合成された人工 RNA のコドン (トリプレット) の量比は、UUU : UUG : UGU : GUU : UGG : GUG : GGU : GGG = 125 : 25 : 25 : 25 : 5 : 5 : 5 : 1 となる。よって、表 2 より、この人工 RNA から生成されるポリペプチドに取り込まれるアミノ酸のうち、最も多いものはフェニルアラニンで、最も少ないものはトリプトファンであるから、その量比は $125 : 5 = 25 : 1$ となる。ゆえに、解答は、14-⑦である。

II

原則4. 光合成と葉緑体 → 問1に利用

光エネルギーを用いて二酸化炭素 (CO₂) と水 (H₂O) から有機物をつくる過程のことを光合成と言う。光合成をする生物としては、緑色植物、光合成細菌、シアノバクテリアなどが挙げられる。光合成が行われる葉緑体は、二重膜で包まれた 3~10μm の大きさの細胞小器官で独自の DNA を有する。この葉緑体の内部には、チラコイドと言う袋状構造があり、その膜の中に光合成色素 (クロロフィル a、クロロフィル b、カロテン、キサントフィル、等) が存在している。また、葉緑体の中でチラコイドの間にある液状部分をストロマと言う。また、チラコイドが重なり合った箇所をグラナと言う。

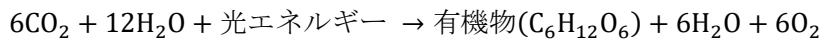
光合成は、下記に示した4つの過程に分かれて行われる (下図参照)。

- (1) 光合成色素を用いた光エネルギーの捕集 (チラコイドでの反応)
- (2) NADPH (注1) (還元物質) の生成 (チラコイドでの反応)
- (3) 電子伝達系での光リン酸化 (注2) による ATP の生成 (チラコイドでの反応)
- (4) カルビン・ベンソン回路による CO₂ の還元と有機物の合成 (ストロマでの反応)

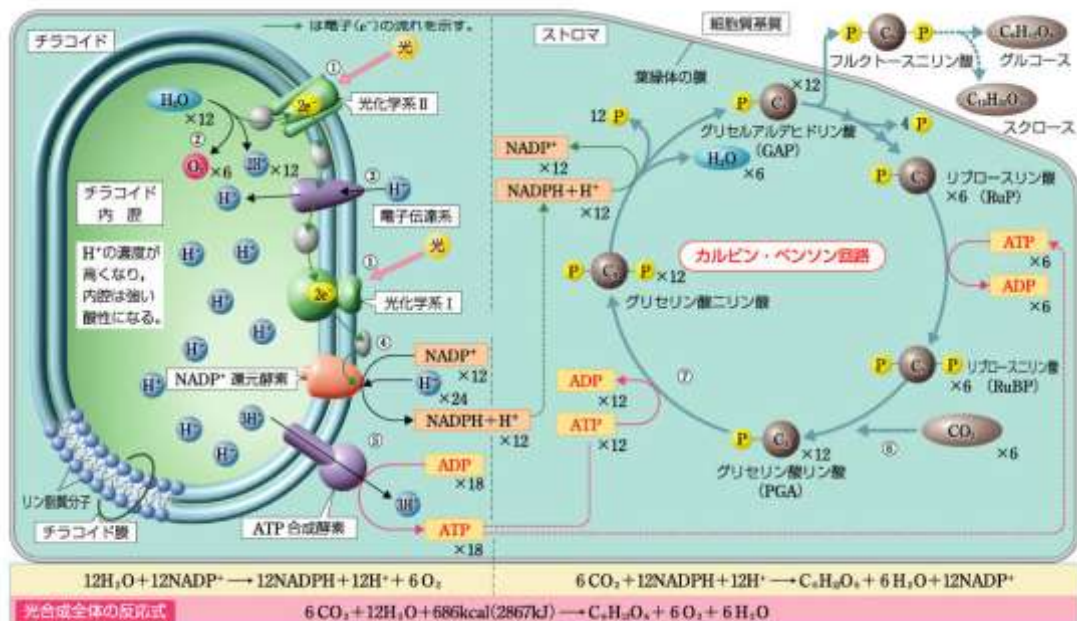
(注1): 脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素で、NADPH はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸の略である。

(注2): H⁺の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。

また、光合成全体の反応式は、



となる。



(図は <http://livedoor.blogimg.jp/crazybio/imgs/d/3/d3a2766f.jpg> より引用)

原則 5. 呼吸の過程と反応式 → 問 1 に利用

酸素を用いて有機物を分解することで生じるエネルギーを ATP (アデノシン三リン酸) として取り出すことを、呼吸と言う。この呼吸の過程は、(1) 解糖系→(2) クエン酸回路→(3) 電子伝達系の順で進行する。各過程の反応する場所や反応式などを下表に示す。

呼吸の過程	反応する場所	反応式
(1) 解糖系	細胞質基質	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{NAD}^+ \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{NADH} + 2\text{H}^+ + 2\text{ATP}$ ※グルコースを分解しピルビン酸等を生じ (注 2)
(2) クエン酸回路	ミトコンドリアのマトリックス(基質)	$2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{NADH} + 8\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2 + 2\text{ATP}$ ※上記反応の途中、クエン酸等に変化する
(3) 電子伝達系	ミトコンドリアのクリステ (内膜)	$10\text{NADH} + 10\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2 + 6\text{O}_2 \rightarrow 10\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} + 12\text{H}_2\text{O} + \text{最大 } 34\text{ATP}$ ※ H^+ の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。酸化リン酸化と言う。

(注 1) : NAD と FAD は脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素である。また、NADH や FADH_2 は NAD や FAD の還元型である。なお、NAD はニコチンアミドアデニンジヌクレオチド、FAD はフラビンアデニンジヌクレオチドの略である。

(注 2) : 解糖系では、グルコース (ブドウ糖) 1 分子当たり、まず、2 分子の ATP が消費され、その後、発生したエネルギーにより 4 分子の ATP が作られるから、解糖系全体としては差し引き 2 分子の ATP が生成される。

原則 6. 光合成細菌・化学合成細菌など → 問 2 に利用

光合成細菌とは、紅色硫黄細菌や緑色硫黄細菌などの光合成を行う細菌のことである。光合成細菌は、バクテリオクロフィルをもち、酸素を発生しない光合成を行う。また、化学合成細菌とは、亜硝酸菌、硝酸菌、鉄細菌、硫黄細菌などの無機化合物の酸化を行う細菌のことである。例えば、亜硝酸菌は NH_4^+ から NO_2^- をつくり、硝酸菌は NO_2^- から NO_3^- をつくる。なお、光合成細菌も化学合成細菌も原核生物である。また、光合成を行うシアノバクテリア (ラン藻) も原核生物であるが、クロロフィル a をもち、光合成の際に酸素を発生するので、通常、光合成細菌には分類されない。

問 1

【方針】

いずれの設問も光合成や葉緑体などについての知識問題であると気づく。また、設問 2 では、光合成反応と呼吸反応の共通点について問うていることに気づく。これらの点を踏まえて、「原則 4. 光合成と葉緑体」や「原則 5. 呼吸の過程と反応式」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

1：葉緑体のチラコイドにおける反応は、主色素のクロロフィル a が光によって励起して、高エネルギーの電子（15-⑧）の放出が起きることによって始まる。すなわち、光化学反応が始まる。光化学系 II においては、水（20-⑤）が分解されて、水素イオン（ H^+ ）（18-③）・電子（ e^- ）・酸素（ O_2 ）（21-①）が生じる。光化学系 I においては、補酵素 X（NADP）から還元型補酵素 X（ $NADP \cdot 2[H]$ ）（16-⑩）が生成される。光化学系 II から光化学系 I へ電子が流れる電子伝達系（19-⑭）においては、チラコイド内に水素イオン（ H^+ ）が取り込まれることで濃度勾配が生じ、この H^+ がチラコイド膜中の ATP 合成酵素を通りストロマに拡散することに伴って ATP（17-⑥）が合成される。これを光リン酸化反応と言う。以上より、解答は、15-⑧、16-⑩、17-⑥、18-③、19-⑭、20-⑤、21-①である。

2：「原則 4. 光合成と葉緑体」と「原則 5. 呼吸の過程と反応式」より、「光合成における下線部の反応とミトコンドリアで起こる下線部とよく似た反応の両方にあてはまる」記述は、C と E である。ゆえに、解答は、22-⑨である。

3-⑴・⑵：葉緑体のストロマにおける反応は、まず、取り込んだ二酸化炭素（ C_1 ）6 分子が RuBP（=ア）（ C_5 ）6 分子と結合して PGA（=イ）（ C_3 ）12 分子となった後、カルビン・ベンソン回路へ取り込まれる。12 分子の PGA は、12 分子の ATP によるリン酸化、12 分子の $NADP \cdot 2[H]$ による還元を経た後、GAP（=ウ）（ C_3 ）12 分子となる。この 12 分子の GAP の $\frac{1}{6}$ からグルコース（ C_6 ）1 分子が合成され、残る $\frac{5}{6}$ は RuP（=エ）（ C_5 ）6 分子となった後、6 分子の ATP を用いることで再び RuBP 6 分子となる。よって、グルコース 1 分子が合成されるとき、GAP 10 分子が RuP 6 分子に変換されることがわかる。以上より、解答は、23-⑨、24-⑤、25-③である。

3-⑶： C_4 植物としては、トウモロコシ・ススキ・サトウキビなど 1000 種類以上があり、高温・強光・乾燥の環境条件下での生育に適している。よって、適切な記述は、B と F である。ゆえに、解答は、26-⑥である。

問 2

【方針】

光合成細菌や化学合成細菌などについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 6. 光合成細菌・化学合成細菌など」の知識などを利用して解く。

【解説】

1：シアノバクテリア（ラン藻）を選べばよい。シャジクモは真核細胞で構成される多細胞

生物である。よって、ユレモ (G) だけが該当する。ゆえに、解答は、27-⑦である。

2：光合成細菌の紅色硫黄細菌 (C) だけが該当する。ゆえに、解答は、28-③である。

3：化学合成細菌の亜硝酸菌 (A) だけが該当する。ゆえに、解答は、29-①である。

4：光合成細菌の紅色硫黄細菌 (C) だけが該当する。ゆえに、解答は、30-③である。

III

原則7. 神経の種類とニューロンについて

→ 問1・問2に利用

まず、神経の種類を、下表に示す。

中枢神経系	脳 (注1)		感覚の知覚・判断・命令、等
	脊髄		脳・末梢神経間の中継、反射の命令、等
末梢神経系	体性神経系	感覚神経 (注2)	感覚器官からの刺激を中枢神経へ伝達
		運動神経	中枢神経からの命令を筋肉へ伝達
	自律神経系	交感神経	体が活発に活動するときに働く (注3)
		副交感神経	体がゆったりとしているときに働く (注4)

(注1) 人間の脳は、大脳・間脳 (視床・視床下部)・脳幹 (中脳・後脳・延髄)・小脳からなる。

(注2) 感覚神経の細胞体は、脊髄背根側の神経節にある。

(注3) 例えば、瞳孔の散大、血圧の上昇、気管支の拡張、心臓の拍動促進、発汗の促進、等の際に働く。なお、交感神経の興奮を起こす神経伝達物質は、アドレナリンやノルアドレナリンである。

(注4) 例えば、胃酸の分泌、胃腸のぜん動促進、瞳孔の縮小、ぼうこうの収縮、等の際に働く。なお、副交感神経の末端からは、神経伝達物質のアセチルコリンが分泌される。このアセチルコリンは、副交感神経だけでなく、運動神経と骨格筋の接合部などにおける神経伝達物質としても使われている。

また、神経系を構成する単位であるニューロン (神経細胞) には、以下の3種類がある。

- ・感覚ニューロン：受容器から中枢へ興奮を伝達
- ・運動ニューロン：中枢から効果器へ興奮を伝達
- ・介在ニューロン：感覚ニューロンと運動ニューロンを介在 (連絡)。中枢を構成。

なお、刺激を受けていない状態 (静止状態) でのニューロンの膜外との電位差 (約 $-50\sim-90\text{ mV}$) を静止電位と言い、刺激を受けたとき瞬間的に (1ミリ秒程度) 生じる膜外との電位差 (約 $+20\sim+40\text{ mV}$) を活動電位と言う。また、活動電位が生じることを興奮と言う。この興奮のメカニズムを簡単に説明する。ニューロン細胞に閾値以上の刺激を与えると、 Na^+ チャネルが開き、 Na^+ が細胞内に流入して、細胞内外の電位が逆転して、静止電位から活動電位になる。この電位逆転後、 Na^+ チャネルは即座に閉じる。 K^+ チャネルは Na^+ チャネルよりやや遅れて開き、細胞内から K^+ が流出する。これに伴い、電位はもとの静止電位にもどる。また、興奮の伝導速度は、神経繊維の太さ (軸索の直径)、髄鞘の有無、温度、閾値の影響を受ける。例えば、直径が太い神経繊維ほど、その伝導速度は速くなる。また、閾値が高い神経繊維ほど、その伝導速度は遅くなる。ところで、有髄神経繊維では、グリア細胞 (末梢神経に存在するシュワン細胞はグリア細胞に属する) の細胞膜が軸索に何重にも巻き付いて、電流を通しにくい絶縁性の髄鞘を形成している。また、髄鞘が欠落

して軸索がむき出しになっている部分は、ランビエ絞輪（こうりん）と呼ばれる。髄鞘は絶縁性があるため、活動電位はランビエ絞輪からランビエ絞輪へとびとびに伝わる跳躍伝導をするので、その伝導速度は著しく大きくなる。しかし、強い刺激の場合、興奮頻度は増すものの、伝導速度には関係しない。

原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて → 問 1・問 2 に利用

まず、脊椎動物における筋肉の種類を、下表に示す。

横紋筋	骨格筋	骨格を動かす筋肉	随意筋（体性運動神経）
	心筋	心臓壁の筋肉	不随意筋（自律神経）
平滑筋	内臓筋	消化管、血管壁、内臓の筋肉	

つぎに、筋肉を神経と一緒に取り出し、閾値以上の電気刺激を与える実験を行うと、1回の刺激に対して約 0.1 秒間の単収縮（単一の収縮）が起こる。また、1 秒間に約 30 回以上の刺激を与えた場合、完全強縮が起こり、1 秒間に 15 回前後の刺激を与えると、不完全強縮が起こる。完全強縮や不完全強縮では、筋収縮は連続的になる。

なお、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの滑りによって、筋収縮は起きる。また、ミオシンフィラメントどうしの重なりにより暗帯ができるが、収縮時においてはアクチンフィラメントがその中に滑り込んでいる。ところで、筋原線維の太いフィラメントがミオシンフィラメントで、長さは約 1.7 μm である。このミオシンフィラメントの存在する帯域が暗帯（A 帯）であり、筋の収縮時においてもその長さ（幅）は変化しない。また、筋原線維の細いフィラメントは Z 膜に付着している。

ところで、筋収縮にはナトリウムポンプも関わっている。筋細胞膜のナトリウムポンプの働きにより、細胞膜の内と外で K^+ （カリウムイオン）の濃度勾配が形成され、電位の変化が生じることで、筋収縮や筋弛緩の制御が行われるからである。

なお、筋組織への酸素供給が不十分な場合、解糖によりグリコーゲンから乳酸が生じる。

問 1

【方針】

いずれの設問も神経や筋についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」や「原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

- 1- (1) : 「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、31-⑭である。
- 1- (2) : 「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、32-⑨である。
- 1- (3) : 「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、33-⑫である。
- 1- (4) : 「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、34-①である。

2-(1) : 「原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて」より、解答は、35-⑭である。

2-(2) : 「原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて」より、解答は、36-⑭である。

2-(3) : 「原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて」より、解答は、37-⑧である。

2-(4) : 「原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて」より、解答は、38-⑬である。

問 2

【方針】

知識問題の設問 7 以外は、いずれの設問も神経と骨格筋の機能の実験についての考察問題や計算問題である。まず、設問 1 では「神経繊維束」を刺激したときの波形は、閾値の異なる多数の神経繊維の波形が重なったものになることに気づく。この点を最初の手掛かりとして、問題文の記述や図を注意深く読み取りながら、順に解いてゆく。なお、設問 7 では「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」の知識を利用して解く。また、設問 1~6 においても、「原則 7. 神経の種類とニューロンについて」や「原則 8. 筋肉の種類と筋収縮などについて」の知識などを参考にする。

【解説】

1 : 神経繊維が 1 本であるなら、全か無かのどちらかしかないので、波形は図 2 の⑧のようになるが、神経繊維束においては各神経繊維の閾値は異なるので、波形は図 2 の⑥のようになる。ゆえに、解答は、39-⑥である。

2 : 神経繊維が 5 本であるから、閾値の差異により②の様な波形になる。ゆえに、解答は、40-②である。

3・4 : 刺激が強くなるほど閾値に達する神経繊維の個数が増加し、その結果、興奮する筋繊維の個数が増えるため、骨格筋で発生する張力の大きさは増加する。ゆえに、解答は、41-②、42-⑥である。

5 : 脊髄背側神経は感覚神経であるから、骨格筋へは E2 からの刺激は伝わらない。ゆえに、解答は、43-⑨である。

6-(1) : 波形 β における刺激時点からの経過時間は、「記録電極 E4(ア)」で 2.5 ミリ秒、「記録電極 E5(イ)」で 4.5 ミリ秒であるから、E4 から E5 までの距離 L を伝導するのに要する時間は $2.0 (=4.5-2.5)$ ミリ秒となる。また、平均伝導速度は 18 m/秒 である。よって、距離 L は $18 \text{ m/秒} \times 2.0 \text{ ミリ秒} = 36 \text{ mm}$ と求まる。ゆえに、解答は、44-③、45-⑥である。

6-(2) : 波形 α における刺激時点からの経過時間は、「記録電極 E4(ア)」で 2.0 ミリ秒、「記録電極 E5(イ)」で 2.8 ミリ秒であるから、E4 から E5 までの距離 L を伝導するのに要する時間は $0.8 (=2.8-2.0)$ ミリ秒となる。距離 L は 36 mm であるから、平均伝導速度を計算すると、 $36 \text{ mm} \div 0.8 \text{ ミリ秒} = 45 \text{ m/秒}$ となる。同様に、波形 γ における刺激時点からの経過時間は、「記録電極 E4(ア)」で 3.0 ミリ秒、「記録電極 E5(イ)」で 6.6 ミリ秒であるから、E4 から E5 までの距離 L を伝導するのに要する時間は $3.6 (=6.6-3.0)$ ミリ秒となる。距

離 L は 36 mm であるから、平均伝導速度を計算すると、 $36 \text{ mm} \div 3.6 \text{ ミリ秒} = 10 \text{ m/秒}$ となる。よって、 $10 \text{ m/秒} \div 45 \text{ m/秒} = \frac{2}{9}$ 倍 が求める数値となる。ゆえに、解答は、46-②である。

7: 「原則7. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、47-⑦である。