

## 1

## 問題

《情報伝達3》

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(25点)

神経細胞に生じた興奮が伝導され軸索末端に達すると、シナプス小胞内部の神経伝達物質が分泌され、隣接する神経細胞の樹状突起や効果器の細胞膜を刺激し、興奮が伝わる。すなわち、膜電位の変化が化学物質の分泌に変換されることで、興奮が細胞から細胞へと伝えられるのである。これを興奮の伝達とよぶ。一方、(a)細胞体や樹状突起に達した興奮は隣接する神経細胞には伝わらないので、興奮の伝達は一方向にのみ起こる。

化学物質による細胞間の情報伝達は、(b)ホルモンによる体内の恒常性維持の仕組みや、複雑な組織・器官を形づくる発生の過程など、さまざまな場面で重要な役割を果たしている。(c)発生における誘導についても、その実体は、特定の部位の細胞に局在する化学物質が、周囲の細胞に働きかけることである場合が多い。

問1 運動神経を構成する神経細胞の模式図を描き、細胞体、樹状突起および軸索がどの部分であるのかを示せ。(3点)

問2 下線部(a)について、なぜ興奮の伝達は一方向にのみ起こるのか、簡潔に述べよ。(4点)

問3 興奮の伝達の仕組みについて調べるため、次の実験を行った。

**実験** 座骨神経とふくらはぎの筋を分離し、座骨神経の軸索末端部分をすりつぶして抽出液を得た。この抽出液をさまざまな試薬で処理した後、ふくらはぎの筋の接合部（神経と筋の接合部）および接合部以外の部分に添加したところ、表1の結果を得た。なお、EDTAは水溶液からカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) やマグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ ) を除去する物質であり、コリンエステラーゼはアセチルコリンなどを分解する酵素、モノアミノキシダーゼはアドレナリンやノルアドレナリンなどを分解する酵素である。

表1

	接合部	接合部以外
抽出液	+	-
EDTAで処理した抽出液	+	-
コリンエステラーゼで処理した抽出液	-	-
モノアミノキシダーゼで処理した抽出液	+	-

コリンエステラーゼが、筋収縮に必要なものに影響を与えた。+：筋の収縮が起こった

-：筋の収縮が起こらなかった

この実験の結果（表1）について、次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 次の①～③の溶液を、ふくらはぎの筋の接合部に添加した場合の結果（筋の収縮の有無）はどのように考えられるか。表2の空欄ア～ウにあてはまる十、一の記号を答えよ。なお、これらの溶液を接合部以外の部分に添加しても筋の収縮は起きなかった。また、塩化物イオン（Cl<sup>-</sup>）は筋の収縮を引き起こさないことがわかっている。（3点）

表2

	接合部	接合部以外
① 塩化カルシウム水溶液	ア	—
② アセチルコリン	イ	—
③ ノルアドレナリン	ウ	—

- (2) この**実験**から、興奮の伝達の仕組みについて推定されることを説明せよ。なお、解答は「神経の興奮がその末端に達すると」という文から始めること。（4点）

問4 下線部(b)について、ホルモンが標的細胞に作用する仕組みを簡潔に説明せよ。（4点）

問5 図1はある種のサンショウウオ（両生類）の胞胚の断面図であり、図1の上方が動物極、矢印は将来の陥入位置を示している。下線部(c)に関連して、この胚を用いて次の**実験1～実験5**を行った。これについて、下の(1)～(3)の問いに答えよ。

**実験1** Aの部分のみを培養すると<sup>(d)</sup>表皮に分化した。

**実験2** V, L, Dの部分をもとの形のまままとめたまま培養すると<sup>(e)</sup>腸管に分化した。

**実験3** AとVを接着させて培養するとAの一部が血球に分化した。

**実験4** AとLを接着させて培養するとAの一部が血球に分化した。

**実験5** AとDを接着させて培養するとAの一部が脊索や体節に分化した。

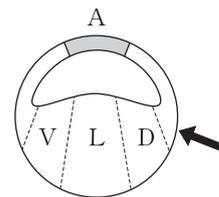


図1

- (1) 下線部(d)・(e)は、それぞれ内胚葉・中胚葉・外胚葉のうち、いずれから分化したものか答えよ。  
中胚葉性の組織はどれで、どのような条件で形成されるか？（2点）

- (2) 次の文は、**実験1～実験5**の結果から、中胚葉性の組織が形成される過程についてわかることを示した文である。文中の空欄工～力に入る最も適当な語を、「予定内胚葉域」「予定外胚葉域」より選び、それぞれ答えよ。（3点）

工 が オ へ働きかけることによって 力 から中胚葉性の組織が形成される。

- (3) **実験1～実験5**の結果のみから考察して、このサンショウウオにおける中胚葉形成について正しく説明しているものを、次の①～④の中からすべて選び、番号で答えよ。（2点）

- ① 中胚葉性の組織への分化は、特定の物質の濃度差による作用である。
- ② 中胚葉性の組織への分化には、Lの部分が必要である。
- ③ 脊索や体節は周囲の細胞の影響を受けずに、独自に形成される。
- ④ 脊索や体節は周囲の細胞の影響を受けて形成される。

## 解答

問1 右図

問2 シナプス小胞は軸索の末端側にのみ、神経伝達物質の受容体は樹状突起の細胞膜にのみ存在するから。

問3 (1) ア…ー イ…+ ウ…ー

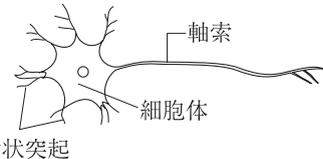
(2) 神経の興奮がその末端に達すると、神経の末端からアセチルコリンが分泌される。神経と筋の接合部にはアセチルコリンに対する反応性があり、筋は神経の末端から分泌されるアセチルコリンに反応して収縮する。

問4 標的細胞は特定のホルモンとのみ結合する受容体をもっており、ホルモンはその受容体に結合することで作用する。

問5 (1) (d)…外胚葉 (e)…内胚葉

(2) エ…予定内胚葉域 オ…予定外胚葉域 カ…予定外胚葉域

(3) ④



## 解説

### 🎯 のつけどころ

「化学物質による細胞間の情報伝達」の例として、興奮の伝達、ホルモンの作用機構、誘導について扱った。問1～4では、興奮の伝達やその方向性など、『導入』で学んだ重要な基礎知識を引き出せるかどうか確認するとともに、リード文で与えられた条件に沿って考え、考察問題の経験値を高めてほしい。問5は、中胚葉誘導を題材とした内容である。各胚葉はどのような組織に分化するのかについて押さえておこう。

問1 「解答」参照。運動神経の神経細胞の特徴は、多数の**樹状突起**をもつ**細胞体**から1本の長い**軸索**が伸びていることである。

問2 シナプス小胞が軸索末端にしかなく、神経伝達物質の受容体が樹状突起や効果器の細胞膜にしかないことが、一方向にのみ伝達が起こる理由である。

神経伝達物質を放出する側の神経細胞を**シナプス前細胞**、受け取る側の神経細胞を**シナプス後細胞**という。興奮がシナプス前細胞の軸索末端まで伝導されると、電位依存性のカルシウムチャネルが開き、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) が軸索内に流入する。 $\text{Ca}^{2+}$  の刺激によって、シナプス小胞の膜が細胞膜と融合し、小胞内の**神経伝達物質**がシナプス間隙に放出される。放出された神経伝達物質が、拡散によりシナプス後細胞にある**伝達物質依存性イオンチャネル**に結合すると、イオンチャネルが開き、膜電位が変化する。これによって興奮が伝達される。

### ☑ 覚えておきたい

感覚神経の神経細胞は、樹状突起と軸索の区別が形態的に明確でないものが多い。神経細胞の模式図としては、「解答」の運動神経の神経細胞の図を押さえておこう。

**問3** 抽出液を神経と筋の接合部に添加すると筋収縮が起こった。

これは、神経の軸索末端に含まれる何らかの物質が筋収縮を誘発する、つまり興奮を筋に伝達することを示している。この物質が神経伝達物質である。

- (1) **実験**にあるとおり、EDTAには $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ を除去する性質がある。したがって、抽出液をEDTAで処理しても筋収縮の作用が失われなかったという実験結果は、 $\text{Ca}^{2+}$ や $\text{Mg}^{2+}$ が神経伝達物質ではないことを示している。よって、接合部に塩化カルシウム( $\text{CaCl}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ )を与えても、筋収縮は起こらないと考えられる。

コリンエステラーゼは、アセチルコリンを酢酸とコリンという物質に分解することにより、アセチルコリンの働きを失わせる作用がある。この酵素で処理した抽出液が接合部での作用を失うということは、アセチルコリンが神経伝達物質であることを示唆しており、接合部にアセチルコリンを添加すれば筋収縮が起こると考えられる。

モノアミンオキシダーゼはアドレナリンやノルアドレナリンを酸化することにより、アドレナリンやノルアドレナリンの働きを失わせる作用がある。この酵素で処理した抽出液が作用を失っていないということは、アドレナリンやノルアドレナリンが神経伝達物質ではないことを示唆しており、接合部にノルアドレナリンを添加しても筋収縮は起こらないと考えられる。

- (2) この**実験**において、神経伝達物質はアセチルコリンであることが推定される。また、接合部と接合部以外の部分で反応が違ったことから、筋はどの場所でもアセチルコリンに対して反応できるわけではないということも推定される。最低限この2点を押さえた解答を作成しよう。

**問4** 「解答」参照。

### 発想の鍵

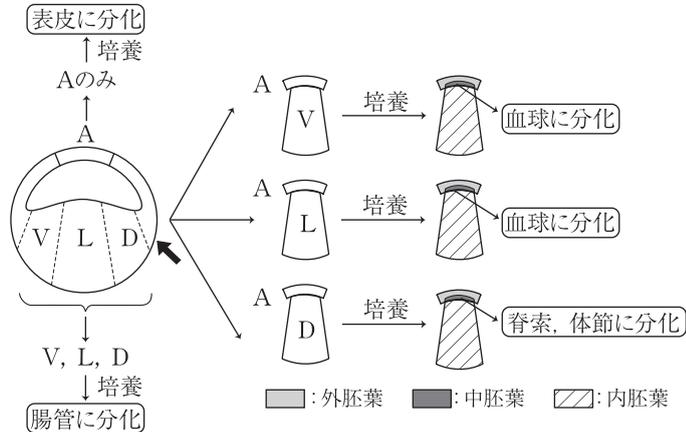
EDTAなど耳慣れない物質が登場することで、「この問題は難しい」という先入観をもってしまわないようにしたい。それぞれの物質の作用はリード文に提示されているので、その内容を丁寧にチェックし、実験にどう関わるのか考えよう。

◀ なお、 $\text{Ca}^{2+}$ は筋収縮にとって必要不可欠なイオンであるが、 $\text{Ca}^{2+}$ は細胞の外側ではなく、筋繊維(筋細胞)の内部で働くイオンである。細胞外から $\text{Ca}^{2+}$ を与えても筋収縮は起こらない点に注意しよう。

### 発想の鍵

「受容体に結合することで機能する」という仕組みは、ホルモンだけでなく、細胞が分化する際に働くタンパク質などでもみられる。タンパク質の作用機構について考察する際には、知識として引き出せるようにしよう。

問5 実験1～実験5をまとめると、次のようになる。



- (1) 表皮は外胚葉，腸管は内胚葉から分化する。よって，Aは予定外胚葉域，V，L，Dは予定内胚葉域であることがわかる。また，**実験3～実験5**でAから分化した血球，脊索，体節は，すべて中胚葉性の組織である。
- (2) **実験1**より，本来Aは外胚葉に分化するが，**実験3～実験5**より，予定内胚葉域と接着させるとAの一部から中胚葉性の組織が形成されることがわかる。このことから，予定内胚葉域が予定外胚葉域へ働きかけることで，予定外胚葉域から中胚葉性の組織が誘導されたと考えられる。
- (3) ①については，この実験からでは特定の物質の濃度差による作用かどうかを確認することはできない。たとえば細胞どうしの接触という物理的な原因でAから中胚葉性の組織への分化が起こることも考えられるからである。

**実験3，5**より，Aと接触させたものがVまたはDの場合でも中胚葉性の組織が生じる。よって，②は誤りである。

脊索や体節は**実験5**より，予定外胚葉域と予定内胚葉域を接触させないと分化しない。よって，③は誤りで④が正しい。