

# 2017年度 センター試験 本試験 生物

## 第1問 ホルモンによるシグナル伝達，真核生物の転写調節

出題範囲	タンパク質，遺伝子発現
難易度	★★☆☆☆
所要時間	8分
傾向と対策	第1問は例年通り一番基礎的な分野からの出題だった。問1から問4までが知識を問う問題で，問5は考察問題であった。知識問題はやや細かい部分まで問われる問題であり，正確な知識がないと確実に正答することはできないだろう。問5は見たことのない考察問題かもしれないが，問題文を落ち着いて読めば簡単な問題である。考察問題は特に，焦らずに問題文を読むようにしよう。

A

問1  1  2 正解は③，⑦（順不同）

難易度 ★★☆☆☆

解説

タンパク質の構造に関する問題。選択肢が多く，また，2つ選択させる問題なので，正確に覚えていないと時間がかかるだろう。

各選択肢を見ていこう。

- ① 正 タンパク質は多数のアミノ酸がペプチド結合によってつながってできている。
- ② 正 タンパク質の立体構造はアミノ酸配列によって決まる。
- ③ 誤 タンパク質の一次構造とは，アミノ酸の配列順序のことである。ジグザグ状の構造（ $\beta$ シート構造）やらせん状の構造（ $\alpha$ ヘリックス構造）はアミノ酸が水素結合によって規則的に並んだ二次構造である。
- ④ 正 タンパク質を構成するポリペプチド鎖に見られるOとH，NとHなどが水素結合することで二次構造や三次構造ができ，タンパク質はより安定した構造になっている。
- ⑤ 正 タンパク質の三次構造とは，二次構造をとったポリペプチドがシステインの側鎖間に作られるジスルフィド結合（S-S結合）や，イオン結合，疎水結合，水素結合などによって折りたたまれてできたタンパク質分子全体の立体構造のことである。
- ⑥ 正 タンパク質の四次構造とは，ポリペプチド鎖（サブユニット）が複数組み合わせさせたもののことをいう。
- ⑦ 誤 タンパク質を高温処理すると水素結合や疎水結合などの弱い結合が切れ，立体構造が変化する。このように，タンパク質の立体構造が壊れてタンパク質の性質が変わることを変性という。
- ⑧ 正 タンパク質は強い酸や塩基にさらされても変性する。

以上より，解答は③，⑦。タンパク質の構造を段階的にわかっておけば，一次構造から四次構造まで間違えることはないだろう。

問 2 3 正解は③

難易度 ★★★★★

解説

ペプチドホルモンによる遺伝子発現調節のしくみがわかっているかを聞いている問題。ペプチドホルモンののはたらき方とステロイドホルモンののはたらき方の違いをきちんと覚えよう。

ペプチドホルモンとステロイドホルモンののはたらき方の違いは細胞膜の性質からきている。細胞膜は疎水部分と親水部分をもつリン脂質が、疎水部分を内側にして二重の膜を形成してできている。疎水部分になじみにくい水溶性の物質は細胞膜を通過しにくく、疎水部分になじみやすい脂溶性の物質は細胞膜を通過しやすい。

ペプチドホルモンは水溶性であるので、細胞膜を通過しにくい。そのため、ペプチドホルモンの受容体は細胞膜表面にある。細胞膜表面の受容体がペプチドホルモンを受容すると、細胞内でさまざまな反応や変化が起こり、細胞の活動が調節される。

一方、ステロイドホルモンは脂溶性であるので、細胞膜を通過することができる。そのため、ステロイドホルモンの受容体は細胞内にある。ステロイドホルモンと受容体が結合してできた複合体は、調節タンパク質として作用して、遺伝子発現を調節する。

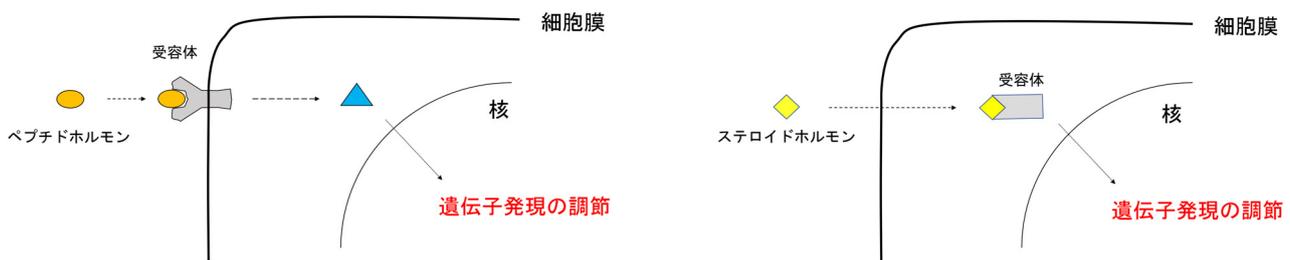


図 A ホルモンによる遺伝子発現調節のしくみ

以上を踏まえて選択肢を見ていこう。

- ①, ② 不相当 ペプチドホルモンは細胞膜を通過することはできず、受容体は細胞膜表面にある。
- ③ 相当 ペプチドホルモンが細胞膜の受容体に結合すると、細胞内にシグナルが送られ、細胞内の活動を調節する。
- ④ 不相当 ペプチドホルモンは受容体と結合しても細胞内への移行はしないので、調節タンパク質としてはたらくことはない。受容体と複合体を形成し調節タンパク質としてはたらくのはステロイドホルモンである。
- 以上より、解答は③。単語だけでなく、しくみも覚えておく必要がある。

## ◆Check!!

## ペプチドホルモンとステロイドホルモン

具体的に、それぞれのホルモンがペプチドホルモンとステロイドホルモンのどちらなのか確認しておこう。基本的には、副腎皮質と生殖器官で作られるホルモンがステロイドホルモン、それ以外はペプチドホルモンと覚えればよいだろう。

表 A ペプチドホルモンとステロイドホルモン

	内分泌腺	ホルモン
ペプチドホルモン	脳下垂体前葉	成長ホルモン 副腎皮質刺激ホルモン
	脳下垂体後葉	バソプレシン
	すい臓のランゲルハンス島	グルカゴン, インスリン
ステロイドホルモン	副腎皮質	糖質コルチコイド 鉱質コルチコイド
	精巣	アンドロゲン
	卵巣	エストロゲン, プロゲステロン

ただし、ホルモンはペプチドホルモンとステロイドホルモンだけではない。チロキシンとアドレナリンはどちらにも分類されない。チロキシンは脂溶性のため、受容体は標的細胞の中に、アドレナリンは水溶性のため、受容体は標的細胞の表面にある。

## B

問 3  正解は③

難易度 ★★★★★

## 解説

遺伝子発現の調節に関する問題。同じ個体の中でも細胞ごとに遺伝子発現が異なる原因を知っておこう。

- ①, ②, ④ 不相当 真核生物の体細胞はすべて 1 つの受精卵が細胞分裂してできたものである。細胞分裂でできる娘細胞は基本的に母細胞のクローンであり、体細胞はすべて同じ染色体、DNA をもつ。よって染色体数や、DNA の塩基配列である遺伝子やオペレーターは、すべての体細胞で共通である。
- ③ 相当 遺伝子の発現はその細胞内にある調節タンパク質の種類や量によって変化する。これによって細胞ごとの特徴が現れる。

よって、解答は③。

問 4 5 正解は④

難易度 ★★★★★

解説

転写調節領域とは調節タンパク質が結合する領域のことである。調節タンパク質はアクチベーター（活性化因子）とリプレッサー（抑制因子）の 2 つに分けられ、アクチベーターが結合すると転写は促進され、リプレッサーが結合すると転写は抑制される。

- ① 不適當 調節タンパク質は DNA から mRNA が転写されるのを調節する。  
 ② 不適當 転写調節領域は調節タンパク質が結合する部位である。  
 ③ 不適當 転写調節領域にはこのような機能はない。  
 ④ 適當 転写調節領域に結合した調節タンパク質は、基本転写因子と RNA ポリメラーゼがプロモーターへ結合して複合体を作ることを促進、あるいは阻害する。

よって、解答は④。

問 5 6 正解は④

難易度 ★★★★★

解説

記号が A から E まで出てきて複雑そうに見えるが、きちんと読めば非常に単純である。怖気づかずに落ち着いて読んでいけば簡単な問題だっただろう。

記号を確認していくと、A, B, C は遺伝子上の領域であり、D, E は調節タンパク質である。タンパク質 D が存在すると遺伝子 A の発現は促進され、タンパク質 E が存在すると遺伝子 A の発現は抑制される。タンパク質 E のはたらきはタンパク質 D のはたらきより強いので、タンパク質 D とタンパク質 E の両方が存在するときには遺伝子 A の発現は抑制される。また B, C は転写調節領域として説明されているが、問題を解くうえで考える必要はない。

以上をまとめると表 B のようになる。

表 A 遺伝子 A の発現

存在するタンパク質	D と E	D	E
遺伝子 A の発現	×	○	×

よって、解答は④。

(大橋陽樹, 西川尚吾)

# 2017 年度 センター試験 本試験 生物

## 第 2 問 マウスの眼の形成, イネの配偶子形成

出題範囲	発生, 遺伝子
難易度	★★★★☆
所要時間	11 分
傾向と対策	A は発生に関する問題であり, B は生殖や遺伝子に関する問題である。これらの分野や問題数はほぼ例年通りであるが, 難易度は標準~やや難程度である。問題 A は実験から読み取る問題であり, 実験を正しく理解する必要がある。また, 問題 B は知識問題である問 4 と表を読み取る問 5 があるが, こちらも難易度は標準~やや難程度である。全体として難易度がやや高いが, 時間をかければ解ききることができただろう。

A

問 1  正解は④

難易度 ★★★★★

解説

誘導に関する問題である。中胚葉誘導, 誘導の連鎖による目の形成, 神経誘導の 3 つの内容を理解している必要がある。それらの内容を Check!! にまとめたので, 参照してほしい。

- ① 不適當 胞胚期の予定外胚葉と予定内胚葉を合わせて培養すると, 予定内胚葉域は内胚葉に, 予定外胚葉のうち予定内胚葉に接している部分は中胚葉へと分化する。また, 神経管は予定外胚葉域から分化する。
- ② 不適當 表皮から角膜への分化は, 外胚葉由来の水晶体によって誘導される。
- ③ 不適當 水晶体は外胚葉由来であり, 内胚葉から分化することはない。
- ④ 適當 初期原腸胚期の原口背唇部は外胚葉の神経管への分化を誘導する形成体である。

以上より, 解答は④である。

## ◆Check!!

### 分化と形態形成

胚のある領域が隣接する他の領域に作用して特定の組織への分化を引き起こすはたらきを誘導という。

#### 【中胚葉誘導】

ニューコープは次のような実験を行った。両生類の胞胚を次ページの図のように切り分ける。動物極側の A の領域は単独で培養すると表皮性の外胚葉に分化する予定外胚葉域で, アニマルキャップと呼ば

れる。B は予定中胚葉域である。C は単独で培養すると内胚葉に分化する予定内胚葉域である。A と C の領域を下図のように接着して培養する。すると、A の C に接している部分が中胚葉性の組織に分化した。このことから、予定内胚葉域が予定外胚葉域を中胚葉に誘導することがわかった。この現象を **中胚葉誘導** という。

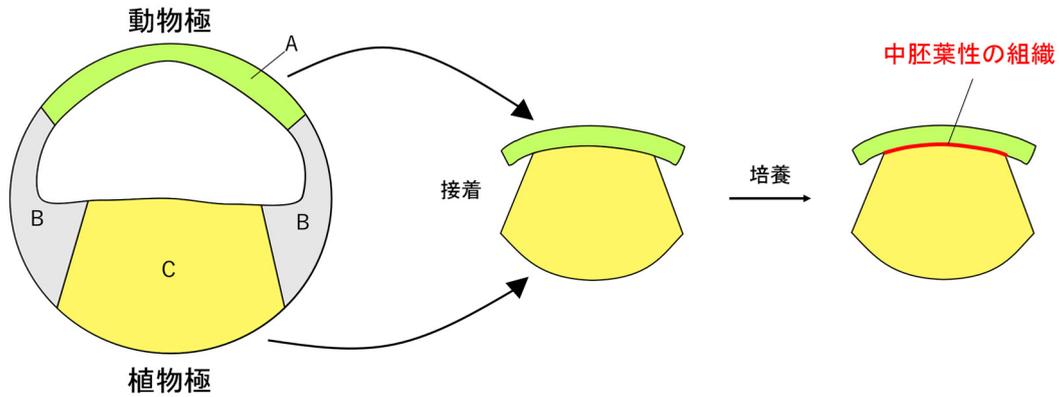


図 A 中胚葉誘導

**【神経誘導】**

初期原腸胚の背側の中胚葉域には、**原口背唇部**とよばれる領域がある。原口背唇部を含む中胚葉域は、原腸胚期の陥入により外胚葉域の内側に入り込むようになる。この時に、原口背唇部が予定外胚葉域を神経管に誘導する。このように、原口背唇部を含む中胚葉域が外胚葉域を神経組織に誘導することを神経誘導という。この時の原口背唇部のように、形態形成の中心となるような誘導を行う部分を**形成体(オーガナイザー)**とよぶ。

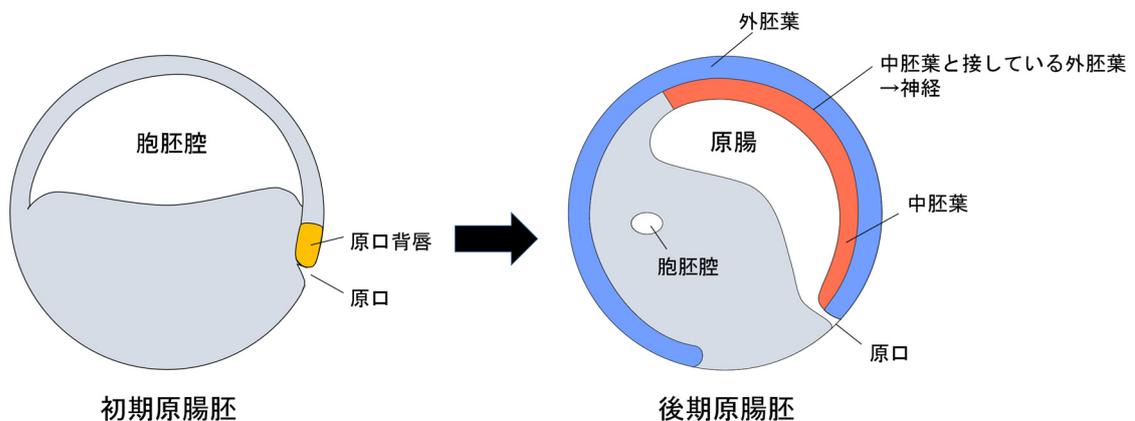


図 B 神経誘導

## 【眼の形成】

神経管の前方は脳に、後方は脊髄に分化する。後期神経胚期に脳の両側に**眼胞**という膨らみが生じ、その後**眼杯**という構造になる。眼杯は表皮を**水晶体**へと誘導し、眼杯自体は**網膜**などへと分化する。水晶体は表皮を**角膜**へと誘導する。これにより、眼という構造が形成される。これを図にまとめると下のようになる。

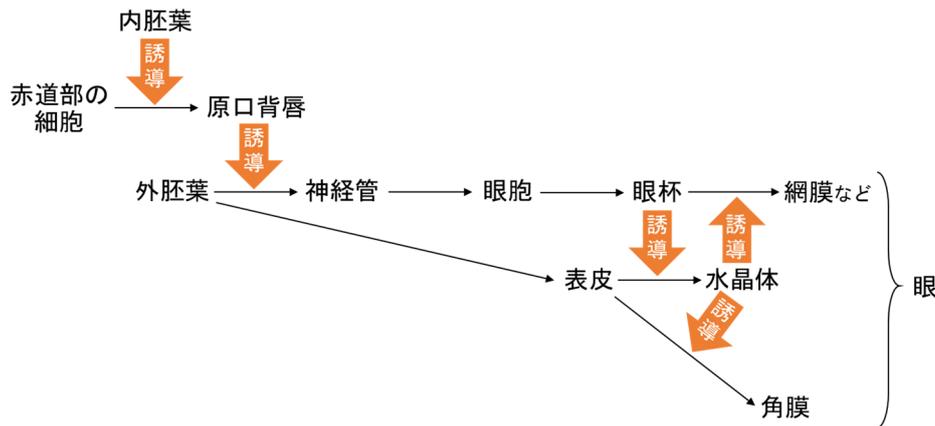


図 C 誘導の連鎖による眼の形成

このように、動物の発生過程では**誘導の連鎖**によって複雑な構造が作られる。

問 2  正解は①

難易度 ★★★★★

## 解説

実験 1, 2 において、予定水晶体域が水晶体に分化しなかった培養の組合せの共通点は眼杯が胚 X 由来という点である。一方、予定水晶体領域が胚 X 由来でも眼杯が胚 W 由来ならば、予定水晶体領域は水晶体に分化している（実験 2）。よって、突然変異体マウス X で水晶体が形成されないのは、胚 X の眼杯に異常があるためであろう。眼杯が表皮から水晶体の分化を誘導する形成体であることを考慮すると、胚 X の眼杯は水晶体への分化を誘導できないと考えられる。

これらを踏まえて各選択肢を見ていこう。

- ① 適当 上述のとおり、胚 X の眼杯は水晶体への分化を誘導できないと考えられる。誘導とは、胚のある領域が隣接する領域を特定の構造に分化させるはたらきのことである。この誘導は、ある領域の細胞が分泌する誘導物質が隣接する領域の細胞に受容されることにより起こる。よって、胚 X の眼杯が水晶体への分化を誘導できないのは、誘導物質を分泌できないためと考えられる。
- ② 不適當 実験 2 の「眼杯：胚 W, 予定水晶体領域：胚 X」の組合せで水晶体への分化が起こっている。よ

って、胚 X の予定水晶体領域は水晶体に分化する能力をもつ。すなわち、誘導物質を受容する能力ももっている。

- ③、④ 不適當 胚 W は野生型マウスの胚である。野生型マウスは正常な発生が可能であるので、水晶体への分化も正常である。よって、眼杯は誘導物質を分泌することができ、予定水晶体領域は誘導物質を受容できる。また、③は実験 1 および実験 2「眼杯：胚 W，予定水晶体領域：胚 X」の結果から、④は実験 1 の結果から誤りであることがわかる。

以上より、解答は①である。

問 3  正解は②

難易度 ★★★★★

解説

実験 3 では、胚 W から作った ES 細胞をある条件で培養すると神経性外胚葉に分化し、その後眼胞、眼杯を経て網膜まで分化した。しかし、水晶体は形成されなかった。この時水晶体が形成されなかったのは、水晶体が表皮性外胚葉由来のためである。

また、ES 細胞とは、動物の胚盤胞の内部細胞塊を取り出し、多分化能（さまざまな器官や組織に分化する能力）と分裂能（細胞分裂を行い増殖する能力）を維持したまま確立された培養細胞のことである。ES 細胞は培養の条件によってさまざまな器官や組織に分化させることができる。

これらを踏まえて選択肢を見ていこう。

- ① 不適當 胚 W は野生型であり、胚 W から作った ES 細胞から形成された眼胞は胚 W の眼胞と同様に正常にはたらく。そのため、眼杯に分化した後、水晶体への分化を誘導する物質を産生していると考えられる。これを胚 W の予定水晶体領域と合わせて培養すれば、予定水晶体領域は水晶体へと分化すると考えられる。
- ② 適當 実験 3 では、すべての ES 細胞が神経性の外胚葉細胞に分化している。そのため、そこから生じた眼胞は表皮性外胚葉の予定水晶体領域とは合わせて培養されていない。しかし、眼胞は眼杯に分化しているので、眼胞が予定水晶体領域と接することは眼胞の眼杯への分化に不要である。
- ③ 不適當 胚 X の眼胞は水晶体の分化を誘導できないのに対し、胚 W から作った ES 細胞から形成された眼胞は正常にはたらく（問 2 より）。そのため、それらを交換移植すれば胚 X で水晶体の分化が起こる。
- ④ 不適當 眼胞は眼杯を経て網膜へと分化する。そのため、網膜は眼胞が眼杯へ分化するときに存在せず、その分化を誘導する形成体としてはたらくはずがない。

以上より、解答は②である。

B

問 4    正解はア：①，イ：②，ウ：④

難易度 ★★★★★

解説

イネの体細胞（核相は  $2n$ ）における染色体数が 24 本であるから、 $2n=24$  である。精細胞は核相が  $n$  であるから、染色体数は 12 本である。胚のう母細胞は減数分裂前の細胞であるから核相は  $2n$  であるので、染色体数は 24 本である。胚のう母細胞の減数分裂後の細胞である胚のう細胞（核相は  $n=12$ ）が 3 回核分裂したものが胚のうであるから、核相が  $n$  の核を 8 個もち、胚のうの染色体数は  $12 \times 8=96$  本である。

以上より、アには①、イには②、ウには④が入る。

◆Check!!

被子植物の配偶子形成と重複受精

被子植物では、おしべのやくの中で花粉が、めしべの子房内で胚のうが作られる。花粉と胚のうではそれぞれ配偶子である精細胞と卵細胞が形成される。詳しい配偶子形成は図 D のとおりである。図 D にあるとおり、減数分裂は花粉母細胞から花粉四分子への過程と、胚のう母細胞から胚のう細胞への過程で起こる。そのため、その後の細胞の核相は  $n$  であり、もっている遺伝子は同じである。

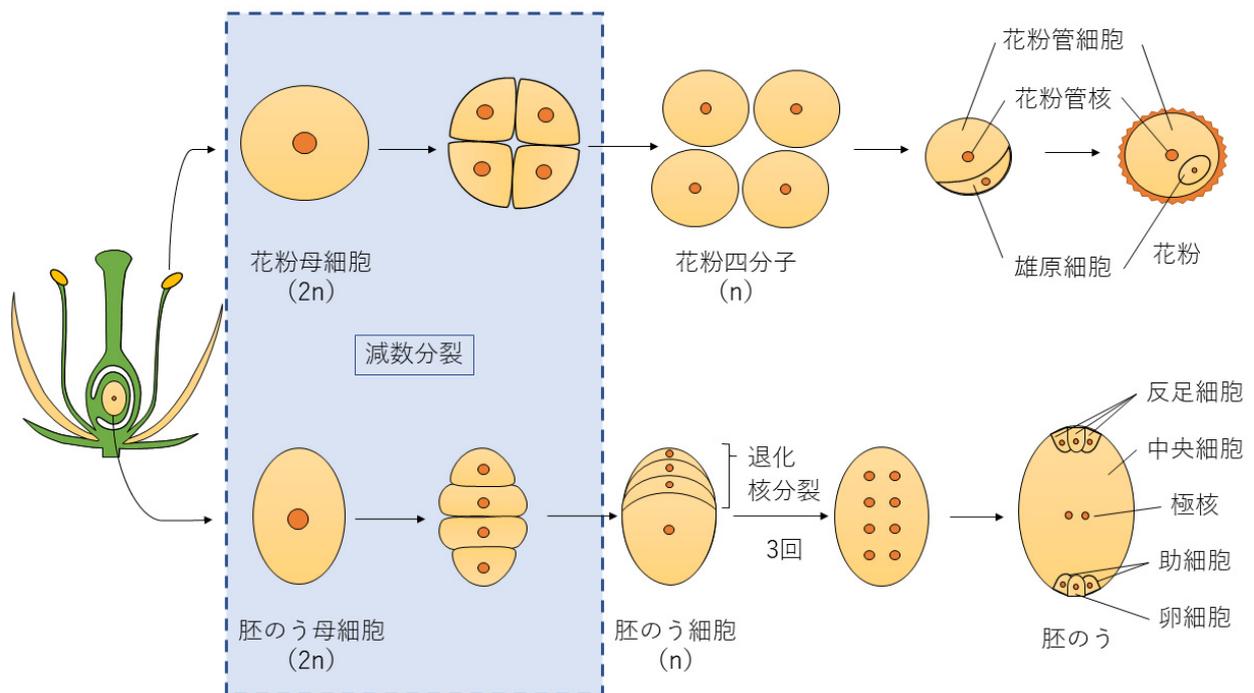


図 D 被子植物の配偶子形成

また、花粉は柱頭につく（受粉）と発芽して、花粉管を胚珠に向かって伸ばす。雄原細胞は体細胞分裂により 2 個の精細胞となる。これらの精細胞はそれぞれ胚のうの中央細胞、卵細胞と合体して胚乳と胚になる。中央細胞は核相が  $n$  の核を 2 つもつため、それらと精細胞の核が合体すると核相が  $3n$  とな

る。重複受精の詳しい経過は図 E を参照してほしい。

花粉管が胚のうへと接近する際、助細胞が花粉管を誘引する。花粉管は助細胞の 1 つを破壊して、精細胞を卵細胞と中央細胞へと進入させる。図 E で 1 つの助細胞がなくなっているのはそのためである。

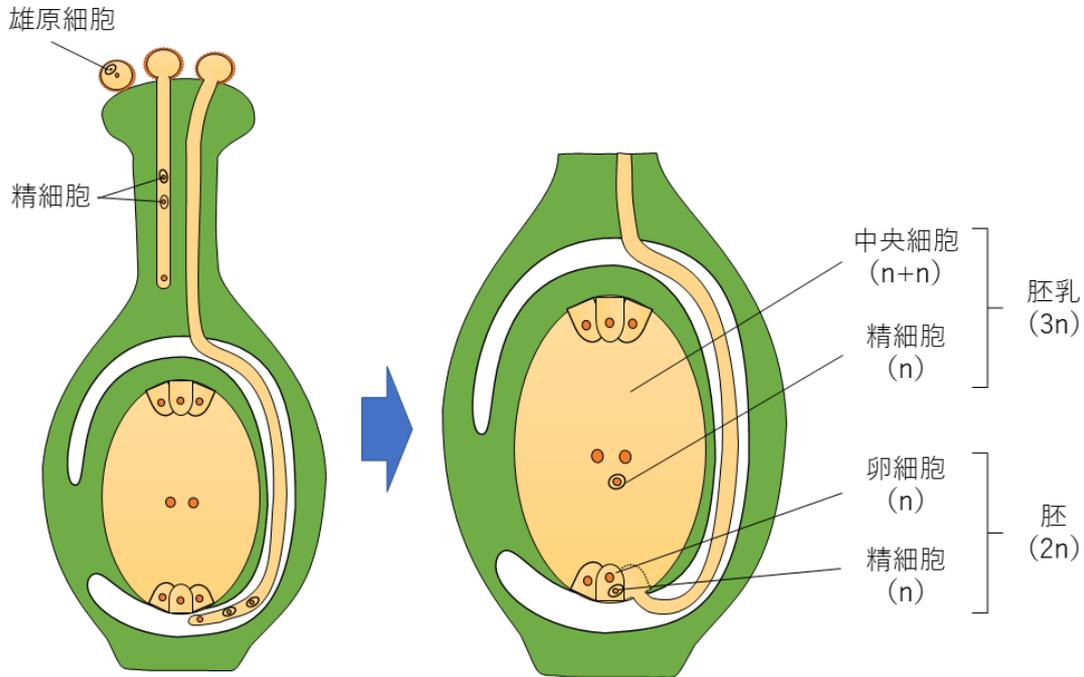


図 E 重複受精

問 5 7 正解は③

難易度 ★★★★★

解説

純系 A の遺伝子型は WW，純系 B の遺伝子型は ww である。卵細胞（核相は n）と精細胞（核相は n）が合体して核相が 2n の胚となり，中央細胞の極核（核相は n）2 つと精細胞（核相は n）が合体して核相が 3n の胚乳となる。胚のうは減数分裂後の細胞が核分裂したものであり，すべての核の遺伝子型が同じであるため，極核 2 つの遺伝子型が同じであることに注意すると交配により得られる種子と胚乳の遺伝子型は表 A のようになる。

表 A 各交配における胚と胚乳の遺伝子型とヨウ素液での呈色

	雌親の遺伝子型	雄親の遺伝子型	胚の遺伝子型	胚乳の遺伝子型	ヨウ素液での呈色
交配 1	WW	ww	Ww	WWw	青紫色
交配 2	ww	WW	Ww	Www	青紫色
交配 3	ww	Ww	Ww	Www	青紫色
			ww	www	赤紫色
交配 4	Ww	ww	Ww	WWw	青紫色
			ww	www	赤紫色

この表を踏まえ、各選択肢について見てみよう。

- ① 不適當 交配 1 で実った種子の胚乳の遺伝子型は  $WWw$  であるのに対し、交配 2 は  $Www$  である。
- ② 不適當 交配 1 で実った種子の胚乳の遺伝子型は  $WWw$  であるのに対し、交配 3 で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は  $Www$  である。
- ③ 適當 交配 2 で実った種子の胚乳の遺伝子型と、交配 3 で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型はどちらも  $Www$  である。
- ④ 不適當 赤紫色は劣性形質であるため、赤紫色に呈色する胚乳の遺伝子型は  $www$  しかない。よって、交配 3、交配 4 で赤紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は同じである。
- ⑤ 不適當 交配 3 で青紫色に呈色した種子の胚乳の遺伝子型は  $Www$  であるのに対し、交配 4 では  $WWw$  である。

以上より、解答は③である。

(西川尚吾, 後藤暁彦)

## 2017 年度 センター試験 本試験 生物

## 第 3 問 神経系とニューロン，レタスの種子の光発芽

出題範囲	神経系，ニューロン，種子の発芽，植物ホルモン
難易度	★★★★☆
所要時間	8分
傾向と対策	問 1 から問 4 は単なる知識問題，問 5 は図と問題文を読み取る問題，問 6 は実験結果を考察する問題で，全体を見ると比較的取り組みやすい大問であった。A は神経に関する基本的な知識問題であった。時間をかけず素早く解きたい。B は光受容体と発芽に関する問題で，実験の考察をする問題であった。こちらの考察は教科書の知識がしっかりあれば難しいことはなかっただろう。実験 2 の図は一見すると限界暗期に関する問題のようにもみえるが，限界暗期は花芽形成に関するものであり，ここでは関係ない。気を付けよう。

A

問 1  正解は⑤

難易度 ★★★★★

解説

神経に関する問題。神経に関する体系的な理解が求められる。

中枢神経系は脳と脊髄からなる。延髄は脳の一部であるため，中枢神経系ではあるが  には適さない。末梢神経系は体性神経系と自律神経系からなる。感覚や運動に関与するのは体性神経系で，消化や循環などの調節を行うのは自律神経である。

以上より  は脊髄，  は体性神経，  は自律神経である。解答は⑤である。

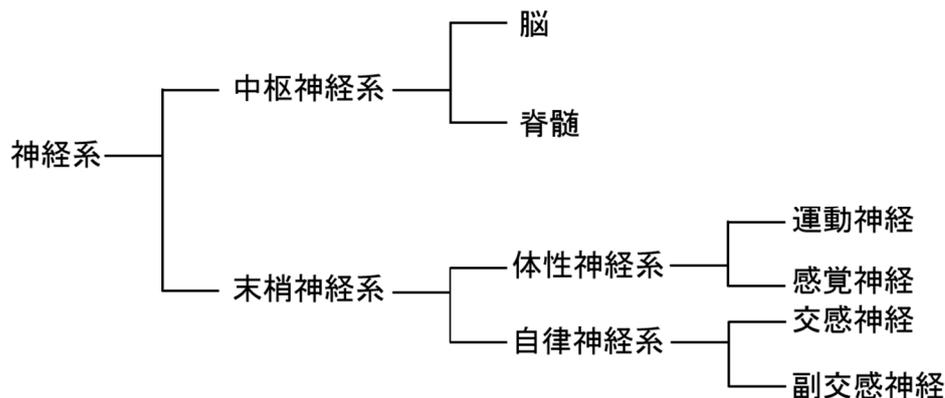


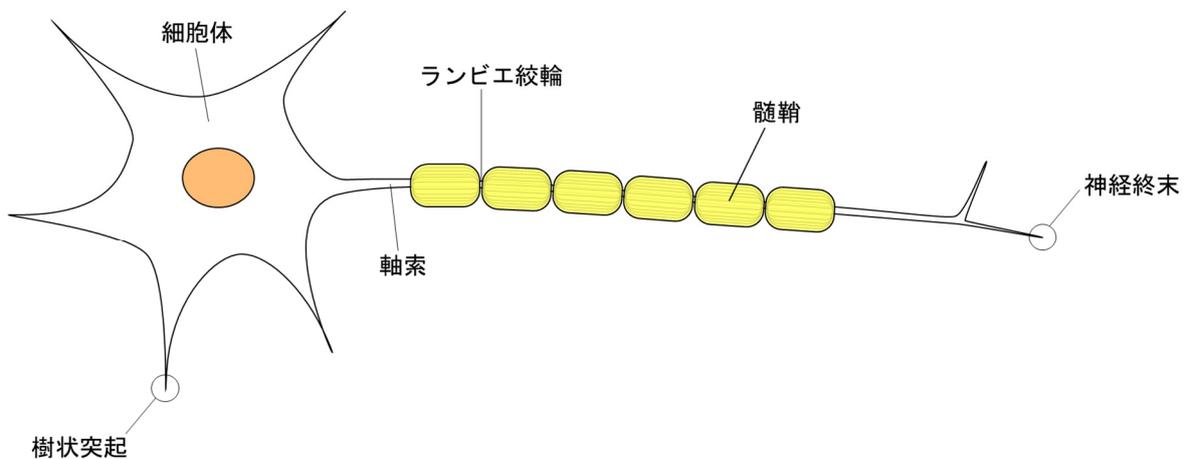
図 A 神経系の分類

問2 2 正解は③

難易度 ★★★★★

## 解説

神経のネットワークを構成している基本単位はニューロン（神経細胞）という細胞で、感覚器官で受け取った刺激や脳から出される信号はニューロンの軸索部分を電気信号の形で伝えられる。ほとんどのニューロンの軸索は、シュワン細胞などのグリア細胞でできた神経鞘といわれる膜状の構造に包まれている。軸索とそれを包む細胞を合わせて神経繊維といい、シュワン細胞やオリゴデンドログリアが幾重にも巻きついてできる髄鞘とよばれる構造をもつ有髄神経繊維と、髄鞘のみられない無髄神経繊維がある。脊椎動物の神経繊維の多くは有髄神経繊維であり、無脊椎動物の神経繊維は無髄神経のみからなる。



図B 有髄神経のニューロン

以上を踏まえて選択肢を見ていこう。

- ① 不適当 無髄神経繊維も有髄神経繊維と同様に、一度興奮した部位は膜内外のイオン分布が元に戻るまでしばらく興奮できなくなる。そのため、両者の活動電位の伝導速度の違いには影響しない。活動電位を発生できない時期を不応期といい、これにより興奮は直前に興奮した部位側に向かって伝わることはない。
- ② 不適当 静止状態においては膜外の電位が膜内に比べて正になっているのは、無髄神経繊維も有髄神経繊維と同様である。そのため、これは両者の活動電位の伝導速度の違いを生む原因ではない。
- ③ 適当 有髄神経繊維の髄鞘部分は絶縁性のため、活動電位は電気を通すランビエ絞輪のみを飛び飛びで伝わっていく（跳躍伝導）。そのため無髄神経繊維より有髄神経繊維のほうが活動電位の伝導速度が速い。
- ④ 不適当 閾値よりも強い刺激を受けてはじめて興奮が生じるのは、無髄神経繊維も有髄神経繊維と同様であるため、両者の活動電位の伝導速度の違いを生む原因ではない。神経細胞が閾値以上の刺激で決まった大きさの興奮を示し、閾値未満の刺激では興奮が起こらないことを、全か無かの法則という。
- ⑤ 不適当 有髄神経繊維と同様に無髄神経繊維も活動電位が生じるときは神経細胞内にナトリウムイオンが

流入するので、これは両者の活動電位の伝導速度の違いには影響しない。

- ⑥ 不適当 ①で説明したとおり、有髄神経繊維も無髄神経繊維も活動電位の伝導は刺激を受けた位置から両方向に起こり、直前に興奮した部位に向かって伝わることはないので、両者の活動電位の伝導速度の違いには影響しない。

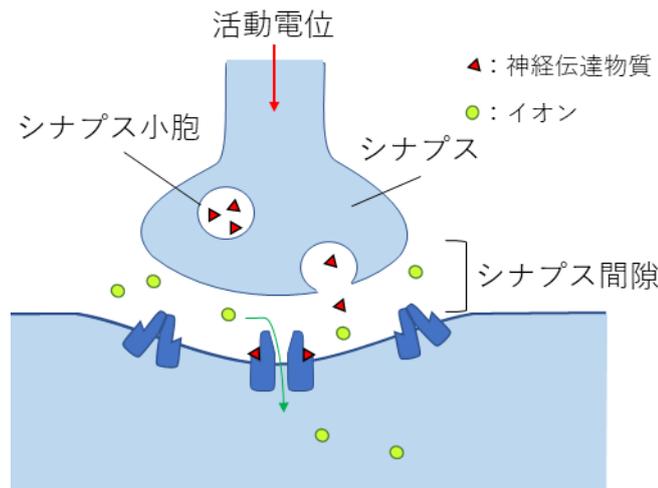
以上より、解答は③である。単語だけでなく、しくみも覚えておく必要がある。

問3 3 正解は②

難易度 ★★★★★

解説

活動電位が軸索の末端に到達すると軸索内にカルシウムイオンが流入する。カルシウムイオンのはたらきで軸索末端のシナプス小胞が軸索の膜と融合し、シナプス小胞内部の神経伝達物質がシナプス間隙に放出される。神経伝達物質は興奮を受け取る側の神経細胞の樹状突起や細胞体にある受容体に結合し、膜上のイオンチャネルを活性化する。膜上のイオンチャネルが活性化して開くとイオンが神経細胞内部に流入し、電位変化が起こる。



図C シナプスにおける神経伝達

以上より、エはシナプス小胞、オは神経伝達物質、カはイオンチャネル。解答は②である。

### ◆Check!!

#### 膜電位の発生

ニューロンの興奮は細胞内外の膜電位の変化によって伝達される。ニューロンの興奮が信号として伝わるしくみを確認しておこう。

- ①刺激を受けていないニューロンは、細胞膜のナトリウムポンプのはたらきにより細胞外に  $\text{Na}^+$ 、細胞

内に  $K^+$  が多い状態が保たれている。細胞膜上には電位変化に依存しないで  $K^+$  を通過させるカリウムチャネルが存在する。この電位に依存しないカリウムチャネルを通して、イオンの濃度差に従い  $K^+$  が細胞外へ常に流出しているの、ニューロン内部は細胞外と比較して負の電位がある。このような電位差を静止電位といい、膜外を基準 (0mV) とすると膜内は  $-90 \sim -50$ mV になっている。

②ニューロンの膜上には電位変化に依存して開くチャネルが存在する。軸索に刺激が伝えられると、電位依存性ナトリウムチャネルが開いて  $Na^+$  が細胞内に流入し、その後ナトリウムチャネルは直ちに閉じる。 $Na^+$  の流入により膜内外の電位は逆転する。

③電位依存性ナトリウムチャネルが開くのに少し遅れて電位依存性カリウムチャネルが開き  $K^+$  が細胞外へ流出する。これに伴い電位が元に戻る。

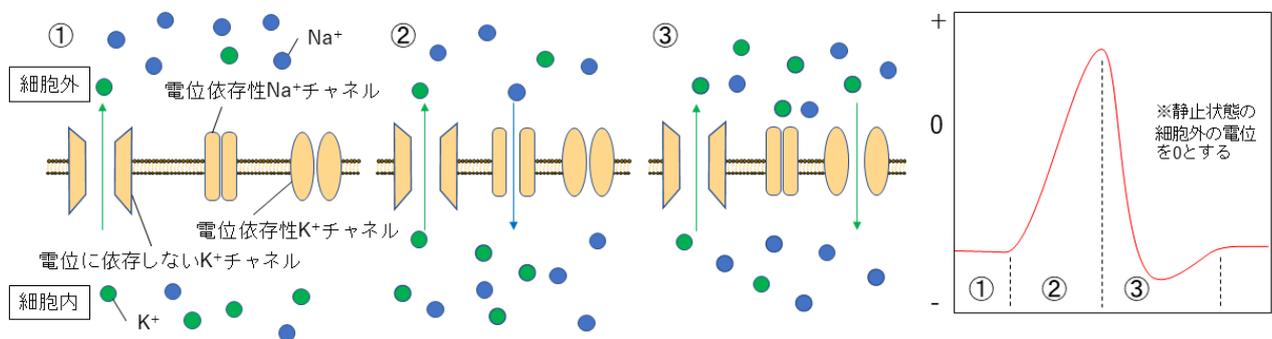


図 D 活動電位の発生

その後、ナトリウムポンプの能動輸送によって  $Na^+$  の排出と  $K^+$  の取り込みが起き、イオンの分布が元に戻る。能動輸送によってイオン分布がもとに戻るまでの間は刺激に反応できない不応期となる。このため、興奮は直前に興奮した場所に戻って伝わることはなく、隣接する静止部位へ単一方向に伝わる。

## B

問 4 4 正解は①

難易度 ★★★★★

解説

下線部(C)「レタスの種子の光発芽では、フィトクロムが光受容体としてはたらく」とあるため、光受容体の知識が必要に思えるが、この問題は植物ホルモンの知識さえあれば解答できる問題であった。

- ① 適当 ジベレリンは種子の発芽を促進する植物ホルモンである。フィトクロムはジベレリンの合成を活性化することで発芽を促進する。
- ② 不適当 アブシシン酸は種子の発芽を抑制する。
- ③ 不適当 フロリゲン(赤花ホルモン)は植物の花の花芽形成を促すホルモンである。植物の発芽との関連はない。

- ④ 不適当 春化とは、植物が一定期間冬の低温の環境下にさらされることにより花芽形成できるようになる現象のことである。これを人工的に行うことを春化处理とよぶ。

以上より、解答は①である。フィトクロムのはたらきを知らなくても、発芽が起こる条件としては①のジベレリン量の増加だけが適するので①が正解だとわかる。

問 5  正解は②

難易度 ★★★★★

解説

実験結果を考察して文章中の空欄に入る語句を選択する問題。問題文には、「実験 2 において図 2 の I~IV の結果から導かれる考察である。」と書いてあるが、実験①の結果も参考にして解答するとわかりやすかったはずだ。また、植物がどの波長の光を光合成に利用しているかの知識があるとかなり答えやすかっただろう。

上方を覆う植物が吸収する光は、実験 1 の結果である図 1 の日なたの光の強さと日かげの光の強さの差を見ればよい。すると、上方を覆う植物は 600~700nm 付近の光を多く吸収しているとわかる。よって、に当てはまるのは 660nm である。次に、フィトクロムの吸収波長である 660nm と 730nm に着目すると、日かげでの光の強さは 660nm のほうが弱い。つまり、日かげでは 660nm の光を吸収することが難しくなるため、X 型から Y 型への変化が起こりにくくなり Y 型のフィトクロムは少なくなる。

以上より、解答は②である。

問 6  正解は④

難易度 ★★★★★

解説

種子の発芽に関する問題。問 5 で行った実験 2 の考察をもとに図 2 中の実験結果を推測したい。

V は暗所に置く直前には日なたにさらされている。最後に日なたにさらされていればフィトクロムの Y 型が十分にありと考えることができる。問 5 の問題文の考察に従うと、X 型のフィトクロムは発芽を抑制し、Y 型のフィトクロムは発芽を促進するため、V では発芽が促進される。暗所に置く直前に日なたにさらされている II, III は発芽率 100%であるので、キに入るのは 100%である。

よって、解答は④。なお、図を見ただけで判断するのは早計だが、これは有名な実験であり入試でも出題されやすいため、暗所に置く前に受けた光が何であるかが重要であるということは覚えておくとよいだろう。

(後藤暁彦, 大橋陽樹)

## 2017 年度 センター試験 本試験 生物

## 第 4 問 ハリガネムシと生態系，攪乱と種間競争

出題範囲	動物の行動，生態系，個体群，種間関係
難易度	★★★☆☆
所要時間	11 分
傾向と対策	第 4 問は A が種間関係と生態系に関する実験考察問題，B が攪乱に関する問題であった。A の問 1，2 は実験の結果を整理することができれば比較的容易に解答できる。文中や図中から必要な情報を抜き出すことに少し時間がかかるかもしれないが，丁寧に解答したい。B の始めの 2 問は語句の知識問題であるため覚えていれば解答しやすかっただろう。最後の問は中規模攪乱説を理解していれば解きやすい。全体的に量が多く長めの印象だが，時間をかけすぎずに素早く解きたい。

A

問 1  正解は③

難易度 ★★★★★

解説

実験 1 の結果を考察する問題。解答のためには実験の結果を適切に読み取る能力が必要であった。ハリガネムシに寄生されたバッタと寄生されていないバッタの行動を比較しながら考えていこう。

実験 1 の結果をまとめると表 A のようになる。

表 A ハリガネムシの寄生とバッタの行動（個体数）

	通路 1	通路 2（水に飛び込んだ個体）
寄生あり	21	21 (21)
寄生なし	19	19 (0)

表 A を眺めながら，選択肢を確認していこう。まず，選択肢①と②では水が見えない状態でのバッタの行動が問われている。ここで，水が見えない時にバッタが水辺に近づくならば通路 2 に進む個体が多くなり，水辺から遠ざかるならば通路 1 に進む個体が多くなると考えることができる。しかし，表 A を見ると，ハリガネムシの寄生ありとなしで通路 1，2 に進む個体の割合は変わらないことがわかる。よって，ハリガネムシの寄生は水が見えない時のバッタの行動に影響を及ぼさないといえ，①，②は不適である。また，表 A からハリガネムシがバッタに寄生したことで起きた変化を探すと，通路 2 において寄生されていないバッタはどの個体も水には飛び込んでいないが，寄生されたバッタはすべて水に飛び込んでいることがわかる。よって，「④バッタは目の前の水を避けるようになる。」という記述が不適切であることから，解答は③である。

以上より、解答は③。

### ◆Column

#### 宿主をコントロールする寄生者

問 1 で出題されたバッタとハリガネムシは寄生の関係にある。寄生される生物は宿主と呼ばれ、寄生者の住みかや栄養源として利用される。

寄生者は成長段階で宿主となる生物を変えるものもあり、今回の問で出てきたハリガネムシもその一つである。寄生者は寄生のために宿主に体を固定するための構造が発達する一方、運動器官などが退化するため宿主間の移動が困難となる。そのため、寄生者の中には宿主の行動を操作するものもいる。デイクロコエリウムという寄生虫に寄生されたアリは植物の葉の先端に上るようになり、葉と一緒にウシなどの植食動物に食べられる。ロイコクロリディウムという寄生虫に寄生されたオカモノアラガイ（カタツムリ的一种）は植物の葉の表面に出てくるようになり、鳥に捕食される。これらの行動はそれまでの宿主を殺してしまうことになり一見無駄に見えるかもしれないが、次の宿主に移ることができるため成長段階によって宿主を変える寄生者にとって非常に合理的な行動である。

問 2   正解は④、⑦（順不同）

難易度 ★★★★★

解説

実験 2 の内容を確認すると、X、Y、Z の 3 つの河川で異なる条件はハリガネムシの寄生率だけであるとわかる。ハリガネムシに寄生されているバッタの数の割合は川 Z が最も高く、次に川 Y、川 X と続く。

以上を踏まえて選択肢をみていこう。

- ① 不相当 図 3 より、ハリガネムシに寄生されているバッタの割合は川 Z、川 Y、川 X の順に高いが、淡水魚 A がバッタ以外の陸生無脊椎動物を食べる重量割合はその順だと低くなっている。
- ② 不相当 淡水魚 A が水生無脊椎動物を食べる重量割合は川 X、川 Y、川 Z の順に高い。
- ③ 不相当 淡水魚 A がバッタを食べる重量割合は川 Z、川 Y、川 X の順に高い。
- ④ 相当 淡水魚 A がバッタを含む陸生無脊椎動物を食べる重量割合は川 X で約 75%、川 Y で約 90%、川 Z で約 95%となっており、いずれも水生無脊椎動物を食べた重量割合よりも高い。
- ⑤ 不相当 実験 1、2 からはハリガネムシが水中で他の生物に寄生するかどうかは示されておらず、その他の寄生者が川に存在するかどうかはわからない。また、寄生者の存在が食物網の安定に関与するかはわからない。
- ⑥ 不相当 バッタやその他陸生無脊椎動物が川に飛び込み、それを淡水魚が捕食することで、陸の生態系から川の生態系にエネルギーが流入する。

- ⑦ 適当 ハリガネムシが寄生することでバッタが川に飛び込みやすくなり、陸の生態系から川の生態系にエネルギーが流入する。
- ⑧ 不適当 生産者とは植物などの独立栄養生物のことを指す。水に落ちて魚に食べられたからといって従属栄養生物のバッタが生産者になることはない。

以上より、解答は④、⑦（順不同）。

B

問3  正解は④

難易度 ★★☆☆☆

解説

攪乱の具体例として適当なものを解答する問題。攪乱の意味をきちんと理解していれば難しくない。

攪乱とは、問題文にもあるとおり、外部要因によって既存の生態系やその一部が破壊される現象である。攪乱を引き起こす外的要因としては台風や洪水、火事のような非生物的なものから外来種の進出や伝染病の蔓延など生物的なものまでさまざまである。

選択肢を見ていこう。

- ① 不適当 草原が森林になる変化は遷移の例である。
- ② 不適当 アユが侵入した他個体を追い払う行為は縄張りの防衛である。
- ③ 不適当 根粒菌と植物の関係は相利共生の例である。
- ④ 適当 ヤンバルクイナが激減したのは人間によるマングースの導入(外的要因)が原因である。すなわちこれは攪乱の一例といえる。
- ⑤ 不適当 コノハチヨウが樹木の葉に似た翅で捕食を逃れるのは擬態の例である。
- ⑥ 不適当 ムクドリが集団で生活するのは群れの一例である。

以上より、解答は④である。

◆Check!!

### 個体群間の相互関係

同じ場所に生息する異種の生物個体群の間にはさまざまな相互作用が生じる。ここでは個体群間の相互作用について確認しておこう。

#### 【相利共生】

異種の生物が互いに、または一方が他方の存在によって利益を受けるとき、この関係を共生という。特に、双方が利益を受ける共生を相利共生という。

例 根粒菌とダイズ、アブラムシとクロオオアリ

【片利共生】

共生のうち、一方のみが利益を受け、他方は利益も不利益も受けない関係を片利共生という。

例 コバンザメと大型海洋生物

【寄生】

一方は利益を受けるものの他方は不利益を受ける関係。

寄生する方を**寄生者**、される方を**宿主**という。寄生者の中には最終的に宿主を殺してしまう者もあり、それらは捕食寄生ともよばれる。

寄生者の例 ヤドリギ、ダニ、コマユバチ

【片害】

一方が害を受け、他方は利益も害も受けないことを片害<sup>へんがい</sup>という。セイタカアワダチソウと周辺の植物などが挙げられる。セイタカアワダチソウは根から植物の生育を抑制する物質を分泌する。この作用はアレロパシー（他感作用）とよばれ、他の植物にとって害になる。一方、他の植物の存在はセイタカアワダチソウに対して中立であり、害にも利益にもならない。

【種間競争】

生物は環境の中で餌や空間などの資源を利用することにより生存している。ある種の生物が環境の利用において生態系の中で占める位置を**ニッチ**、あるいは**生態的地位**とよぶ。資源をめぐる相互作用である**競争**が起こる。ニッチが類似した生物種間では共通の資源をめぐる競争が起こる。この異なる生物種間の競争を**種間競争**という。安定した環境では原則的に、類似したニッチをもつ複数の生物種は安定的に共生できない。そのため、類似したニッチをもつ生物種が複数存在する場合、1つの生物種以外は種間競争によって排除されてしまう（**競争的排除**）。

表 B 個体群相互関係一覧

		種 A		
		+	0	-
種 B	+	相利共生	片利共生	捕食・寄生
	0	片利共生	中立	片害
	-	捕食・寄生	片害	競争

問 4 5 正解は①

難易度 ★★★★★

解説

種間競争に関する問題。Check!!で確認したとおり、種間競争とは生息環境や餌など生物の成長、繁殖に必要な

な資源が重複している場合に起こる異種の生物間で生じる競争のこと。問 3 と同じく、種間関係に関する基本的な語句の意味を知っていれば難しい問題ではなかっただろう。

- ① 適当 窒素吸収効率の違いにより 2 種の草本植物のうち一方が定着し、他方は排除されているので、これは種間競争の一例といえる。
- ② 不適当 キツネとウサギは捕食と被食の関係である。
- ③ 不適当 このようなアブラムシとアリの関係は相利共生である。
- ④ 不適当 このようなハチとチョウの関係は寄生である。
- ⑤ 不適当 このようなコバンザメと大型のサメの関係は片利共生である。
- ⑥ 不適当 マラリア原虫とヒトの関係は寄生である。カはマラリア原虫を媒介している。

以上より、解答は①。

問 5 6 正解は②

難易度 ★★☆☆☆

解説

中規模攪乱説についての問題。

設問文にあるとおり、サンゴの被度が低いほど攪乱が大きいということに注意して領域ごとの特徴をみていこう。領域Ⅰはサンゴの被度が低く種数も少ない。領域Ⅱのサンゴの被度は中程度で種数は最も多い。領域Ⅲはサンゴの被度は高く種数は少ない。被度に着目すると、Ⅰは㉓、㉔から、Ⅱは㉕、㉖から、Ⅲは㉗、㉘から選択すればよいとわかる。

植物の遷移をイメージすればわかるとおり、大規模な攪乱後には新たな環境に素早く侵入できる種が定着すると考えることができる。よって領域Ⅰの説明をしているのは㉓。領域Ⅲは攪乱が少なくサンゴの被度が高い、つまり生息地をめぐる激しい種間競争が起きていると考えられる。このような場所で生存できるのは種間競争に強い種である。よって領域Ⅲの説明をしているのは㉘。領域Ⅱで種数が多いのは、中程度の攪乱が起こることにより領域Ⅰ、領域Ⅲで定着する各々のサンゴが混在できるからである。よって、領域Ⅱの説明をしているのは㉖。このように、中程度の攪乱が起こっていると多様な生物が共存できるようになる。これを中規模攪乱説という。

以上より、解答は②。

(後藤暁彦, 西浦佑香)

## 2017 年度 センター試験 本試験 生物

## 第 5 問 哺乳類の系統分類，ハーディ・ワインベルグの法則

出題範囲	生物の変遷，系統分類，進化
難易度	★★★★☆
所要時間	12 分
傾向と対策	2016 年度と同様，第 5 問では生物の進化と系統の分野から出題された。問 1 は生物の変遷に関する知識問題で，正確な暗記をしていないと正解するのは厳しいだろう。しかし，問 2～問 6 は比較的やさしい知識問題や思考問題で構成されているので，この分野の暗記が不十分でも解くことができちゃったかもしれない。近年のセンター試験ではこのように思考力が試されるような出題が多くなされていて，深く考えずに解けてしまう問題も多くあるかもしれないが，それに慢心し暗記をおろそかにしてしまうと，痛い目を見るかもしれない。やはり，この分野の問題は教科書に書いてあることをしっかりと暗記して臨む必要があるだろう。

A

問 1  正解は⑤

難易度 ★★★★★

解説

アには三畳紀が入る。哺乳類の祖先は中生代の三畳紀に出現した。最初の哺乳類は，ネズミのような小型の動物であり，中生代の終わりまではあまり多様化がみられなかったと考えられている。哺乳類の繁栄が始まったのは新生代の初めであり，多様化および大型化が進んだ。

イにはジュラ紀が入る。鳥類は中生代のジュラ紀に出現した。ゲノム解析の結果から，鳥類は羽毛をもつ恐竜から誕生したと考えられている。

ウには 6600 万が入る。中生代は今からおよそ 6500～6600 万年前に終了し，新生代が始まった。ちなみに，中生代が始まったのは今からおよそ 2 億 4500～2 億 5000 万年前である。

以上より，解答は  に三畳紀， にジュラ紀， に 6600 万を選択している⑤。次の表で地質時代の流れとそれに伴う生物の変遷を確認してほしい。

表 A 地質時代と生物の変遷

地質時代		年代	主な出来事
先カンブリア時代	冥王代	46 億年前～	・地球の誕生 [46 億年前]
	始生代	40 (38) 億年前～	・原始的な生物の出現 [40 億年前] ・生物の炭化物の痕跡 [38 億年前] ・最古の細胞化石 [35 億年前]

			<ul style="list-style-type: none"> <li>・シアノバクテリアの出現と繁栄 →ストロマトライト, 縞状鉄鉱層の形成 [30~20 億年前]</li> </ul>
	原生代	25 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最古の真核生物化石 [21 億年前]</li> <li>・最初の真核多細胞生物 [12 億年前] エディアカラ生物群 [6~5.5 億年前] (現生のクラゲのような軟らかく扁平な体をした生物)</li> </ul>
古生代	カンブリア紀	5.4 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カンブリア紀の大爆発</li> <li>・バージェス動物群 (三葉虫, 脊索動物など) [5 億年前]</li> <li>・チェンジャン動物群 (無顎類など) [5 億年前]</li> <li>・オゾン層がほぼ完全に形成される [5~4 億年前]</li> </ul>
	オルドビス紀	4.9 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・顎をもつ魚類の出現</li> <li>・植物の陸上進出</li> <li>・フデイシ, 三葉虫の繁栄 (←示準化石として利用可能)</li> <li>・末期に大量絶滅が起こり, 三葉虫が衰退</li> </ul>
	シルル紀	4.4 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最古の陸生の植物出現 (クックソニア)</li> <li>・昆虫類の出現 (動物の陸上進出) [4.2 億年前]</li> </ul>
	デボン紀	4.2 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・維管束植物の出現 (リニアなど, シダ植物の祖先) [4.2 億年前]</li> <li>・大型のシダ植物出現</li> <li>・裸子植物の出現 (シダ種子類)</li> <li>・両生類の出現 (イクチオステガなど) [3.6 億年前]</li> <li>・末期に大量絶滅</li> </ul>
	石炭紀	3.6 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シダ植物 (ロボク, リンボク, フウインボク) の大森林</li> <li>・は虫類の出現 [3.5 億年前]</li> </ul>
	ペルム紀 (二畳紀)	3.0 億年前~	<ul style="list-style-type: none"> <li>・は虫類が発展, 放散</li> <li>・末期に最大の大量絶滅 (海洋生物種のうち最</li> </ul>

			大 96%が絶滅)
中生代	三畳紀(トリアス紀)	2.5 億年前～	・哺乳類の出現 ・末期に大量絶滅(のちの恐竜の発展につながる)
	ジュラ紀	2.0 億年前～	・裸子植物の繁栄 ・は虫類(恐竜など)の繁栄 ・アンモナイト類の繁栄(←示準化石として利用可能) ・鳥類の出現
	白亜紀	1.4 億年前～	・被子植物の出現 ・末期に大量絶滅(恐竜類, アンモナイト類が完全に絶滅)
新生代	古第三紀	6600 万年前～	・被子植物の繁栄 ・哺乳類の多様化と繁栄
	新第三紀	2300 万年前～	・草本植物の発達と草原の拡大 ・人類の出現[700 万年前]
	第四紀	260 万年前～	・ヒト(ホモ・サピエンス)の誕生[20 万年前]

問 2 2 正解は②

難易度 ★★★★★

解説

図 1 を次のように簡略化して考えるとわかりやすい。

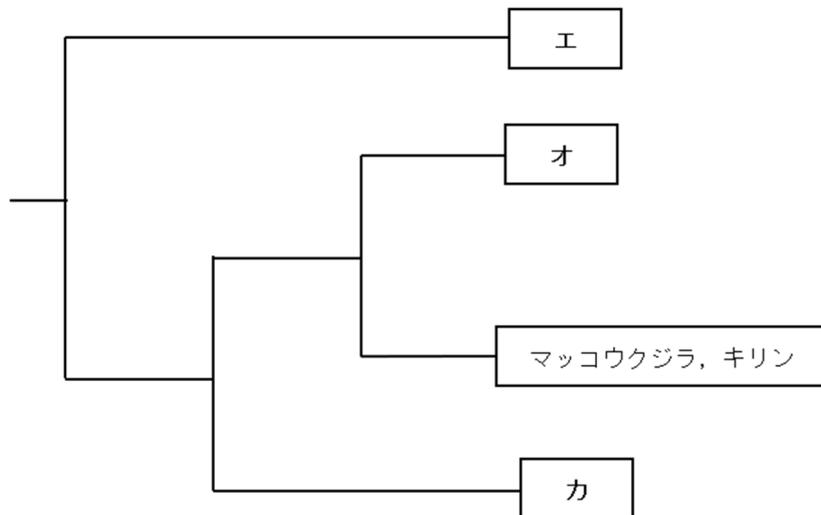


図 A 図 1 の簡略図

この図のように、マッコウクジラとキリンをまとめて考えると、④と⑥の条件から、マッコウクジラとキリンに近縁な生物から順に、イヌ、ハツカネズミ、アフリカゾウとなる。よって、マッコウクジラおよびキリンとも系統的に離れている（分岐が早い）**エ**がアフリカゾウ、次に離れている**カ**がハツカネズミ、最も近い**オ**がイヌとなる。

以上より、解答は②。このように、系統樹は整理するとわかりやすくなることがあるので覚えておくとういだろう。

問 3 **3** 正解は②

難易度 ★★★★★

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 正 シーラカンスは総鱗類そうきんに分類される硬骨魚類である。サメやエイの仲間は軟骨魚類じょうきに分類され、マダイやマアジなど普段スーパーで見かけるような魚は硬骨魚類の条鱗類じょうきんに分類される。
- ② 誤 イチョウは精子をつくるが、裸子植物である。胚珠が子房に包まれていないのが裸子植物であり、包まれているのが被子植物である。前者の代表例として、イチョウ、ソテツがよく挙げられるので、しっかりと覚えておくようにしたい。
- ③ 正 ソテツは裸子植物であり、胚珠が子房に包まれていない種子を作る。ソテツはイチョウと同様に精子をつくる植物であり、雌株と雄株が存在する。雄株の雄花で作られた花粉は、風によって運ばれ雌株の雌花に受粉すると、花粉管を伸ばす。その後花粉管から放出された精子が卵細胞に泳いで到達することで受精が起こる。受精卵は胚となり、種子が形成される。
- ④ 正 カモノハシは子に乳を与えて育てる哺乳類であるが、卵を産む卵生の動物である。現存する哺乳類ではカモノハシ目に属する動物のみが卵生である。

以上より、解答は②である。④で少し戸惑うかもしれないが、②の選択肢の記述に明確な誤りがあるので、正解したい。

B

問 4 **4** 正解は④

難易度 ★★★★★

解説

リード文に書いてある通り、遺伝子頻度とは、その集団における個々の対立遺伝子の割合である。本問では対立遺伝子 A と a の 2 つが登場し、求めるのは対立遺伝子 A の遺伝子頻度である。遺伝子型 AA には対立遺伝子 A が 2 つ、Aa には対立遺伝子 A と a が 1 つずつ、aa には対立遺伝子 a が 2 つ含まれるから、この集団において個体をもつ対立遺伝子の総数は、

$$250 \times 2 + 200 \times 2 + 50 \times 2 = 1000$$

であり、そのうち、対立遺伝子 A の数は、

$$250 \times 2 + 200 = 700$$

である。ここで遺伝子頻度は、

$$\frac{\text{頻度を求めたい対立遺伝子の集団内における数}}{\text{集団内における対立遺伝子の総数}}$$

で求められる。よって対立遺伝子 A の遺伝子頻度は、

$$\frac{700}{1000} = 0.70$$

と求められる。

以上より、解答は④。リード文をしっかりと読んでいれば、遺伝子頻度の意味がわからなくても解くことができるだろう。

問 5 5 正解は③

難易度 ★★★★★

解説

集団の遺伝子頻度は、ある条件下では理論上世代を超えても変化しない。これを、ハーディ・ワインベルグの法則という。ある条件とは、

1. 集団が十分に大きく、遺伝的浮動の影響が小さい。
2. 突然変異が起こらない。
3. 交配がランダムに行われる。
4. 自然選択が起こらない。
5. 個体の移出や移入がなく、外部との遺伝子の交流がない。

の 5 つである。

以上より、解答は③。ちなみに、①のシャルガフの法則とは、DNA 中のアデニン (A) とチミン (T)、グアニン (G) とシトシン (C) の割合がほぼ同じであるという法則である。②の全か無かの法則は、神経細胞などにおいて興奮が閾値以上の刺激によってのみ生じ、興奮の大きさは刺激の大きさに関わらず一定であるという法則である。④の分離の法則は 1 対の対立遺伝子は異なる配偶子に分配されるという法則である。⑤の優性の法則とは同一の遺伝子座に優性遺伝子と劣性遺伝子が存在していた場合、優性遺伝子によって表現型が決定されるという法則である。単純な知識問題なので、間違えたくない。

## ◆Check!!

## ハーディ・ワインベルグの法則の証明

前問でハーディ・ワインベルグの法則について扱ったが、実際にその証明をしてみるとより理解が深まる。簡単な式なので、苦手意識をもたないようにしたい。

集団内に 2 つの対立遺伝子 A と a が存在している場合を考えよう。A の遺伝子頻度を p、a の遺伝子頻度を q とおくと、考える対立遺伝子は A と a の 2 つですべてであるから  $p+q=1$  となる。

前問で挙げた条件③「交配がランダムに行われる」より、集団内で交配が起こると、その様子は次の式で表せるだろう。

$$(pA + qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

よって、次世代の遺伝子型の割合は、AA: Aa: aa =  $p^2: 2pq: q^2$  となる。

ここで、次世代の対立遺伝子 A の頻度は、

$$\frac{2p^2 + 2pq}{2(p^2 + 2pq + q^2)} = \frac{2p(p+q)}{2(p+q)^2} = \frac{2p \times 1}{2 \times 1^2} = p$$

となり、前の世代と遺伝子頻度が変わっていないことがわかる。ここで、 $p^2$  に 2 をかけているのは、遺伝子型 AA には対立遺伝子 A が 2 つ含まれているからである。

また、次世代の対立遺伝子 a の頻度は、

$$\frac{2pq + 2q^2}{2(p^2 + 2pq + q^2)} = \frac{2q(p+q)}{2(p+q)^2} = \frac{2q \times 1}{2 \times 1^2} = q$$

となり、こちらも前の世代と変化していないことが分かる。

以上より、対立遺伝子が 2 つの場合においてハーディ・ワインベルグの法則が成り立つことが確認できた。

問 6 6 正解は②

難易度 ★★☆☆☆

解説

選択肢を順に確認していけばよい。

- ① 正 自然選択がはたらく環境下では、環境に適する遺伝子をもつ個体が生き残って子孫を残すため、環境に適する遺伝子の頻度が大きくなる。
- ② 誤 十分に大きい集団内の個体が自由に交配すると、すべての個体の遺伝子が平等に残されることになり、遺伝子の頻度は保存される。
- ③ 正 集団内に突然変異が生じ、例えばそれが生存に有利な変異だったとすると、自然選択によって集団内に広がり、遺伝子頻度が増加する可能性がある。

④ 正 他の集団から個体の移出入が起こると、当然集団内の対立遺伝子の割合は変化してしまう。

以上より、解答は誤りを含む②。ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ条件を覚えていればすぐに正解できるだろう。覚えていなくても、それぞれの選択肢で述べられている状況が起きたらどうなるのかを考えれば正解できない問題ではないだろう。

(熊井勇介, 後藤暁彦)

## 2017 年度 センター試験 本試験 生物

## 第 6 問 遠心分離技術の利用

出題範囲	遺伝子, 細胞小器官
難易度	★★★☆☆
所要時間	6分
傾向と対策	細胞分野に関する問題で, 全体の難易度としては中程度である。問 1 と問 2 の 2 題からなり, 問 1 は定番の半保存的複製に関する問題で, 問 2 は細胞小器官に関する問題である。問 2 では細胞小器官 B, D を決定するのは受験生には厳しいところであったが, 問題文と選択肢の文章をしっかりと読めば解けるようになっている。文章の量が多いのでやや時間はかかってしまうかもしれないが, 逆に時間をかければ解ききることができただろう。時間への焦りもあるかもしれないが, 問題文を丁寧に読むようにしよう。

問 1 1 正解は⑤

難易度 ★★☆☆☆

解説

この問題の題材となったのは, メセルソンとスタールが行った実験である。この実験により, 二人は DNA の複製様式が半保存的複製であることを証明した。半保存的複製とは, DNA の二本鎖がそれぞれ鋳型となって, 新生鎖が合成されるという DNA の複製様式のことである。

大腸菌の 2 回の分裂によって大腸菌のもつ DNA は図 A のようになる。この図より, 2 回の細胞分裂後の大腸菌は,  $^{14}\text{N}$  のみを含むヌクレオチド鎖と  $^{15}\text{N}$  を含むヌクレオチド鎖からなる二本鎖 DNA と  $^{14}\text{N}$  のみを含むヌクレオチド鎖 2 つからなる二本鎖 DNA を同数もち,  $^{15}\text{N}$  を含むヌクレオチド鎖 2 つからなる二本鎖 DNA はもたない。

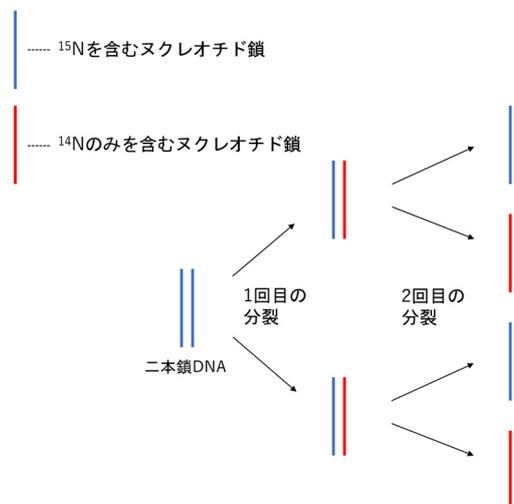


図 A 細胞分裂時の DNA の複製過程

ここで、 $^{15}\text{N}$ は $^{14}\text{N}$ よりも中性子を1つ多くもっているため、 $^{14}\text{N}$ と $^{15}\text{N}$ では $^{15}\text{N}$ の方が質量が大きい。そのため、 $^{14}\text{N}$ のみを含むDNAと $^{15}\text{N}$ を含むDNAでは $^{15}\text{N}$ を含むDNAの方が質量が大きい。そのため、二本鎖DNAでは、 $^{14}\text{N}$ と $^{14}\text{N}<^{14}\text{N}$ と $^{15}\text{N}<^{15}\text{N}$ と $^{15}\text{N}$ の順に質量が大きい。遠心分離では質量が大きいものほど下に分離されるため、上から $^{14}\text{N}$ と $^{14}\text{N}$ 、 $^{14}\text{N}$ と $^{15}\text{N}$ 、 $^{15}\text{N}$ と $^{15}\text{N}$ の二本鎖DNAの順に分離される。

以上より、解答は⑤である。

問2   正解は①, ⑦ (順不同)

難易度 ★★★★★

解説

細胞小器官 A は核、B はリソソーム、C はミトコンドリア、D はペルオキシソームである。

決定の過程を確認していこう。「ほとんどすべての遺伝情報を含む」という問題文中の表記からAは核、「ATPを合成する酵素が多く含まれる」からCはミトコンドリアと決定できる。「タンパク質を分解する酵素を多く含む」からBはリソソーム、「カタラーゼが多く含まれる」からDはペルオキシソームであると断定はできるが、難しい知識であり知らなかったという受験生も多いだろう。しかし、BとDがどの細胞小器官であるかがわからなくても、選択肢を見ていけば解けるようになっている。また、密度が大きい細胞小器官ほど底の近くに分離されるため、遠心管の底の近くからD、C、Bという順に分離する。以上のことと実験で用いている細胞がラットの肝細胞であるということを踏まえて、選択肢を見ていこう。

- ① 適当 核ではスプライシングが起こる。
- ② 不適当 酸化的リン酸化はミトコンドリアで起こる。
- ③ 不適当 アルコール発酵は細胞質基質で起こる。
- ④ 不適当 光エネルギーを利用したATP合成が起こるのは葉緑体であるが、葉緑体はラットの肝細胞には存在しない。
- ⑤ 不適当 B、C、Dのうち遠心管の底から最も遠くに分離されるのはBである。しかし、クエン酸回路がはたらくミトコンドリアはBではなくCである。
- ⑥ 不適当 B、C、Dのうち遠心管の底から最も遠くに分離されるのはBである。しかし、カルビン・ベンソン回路がはたらく葉緑体はラットの肝細胞には存在しない。
- ⑦ 適当 B、C、Dのうち遠心管の底から最も近くに分離されるのはDである。Dには過酸化水素から水と酸素への分解を触媒する酵素であるカタラーゼが多く含まれている。
- ⑧ 不適当 B、C、Dのうち遠心管の底から最も近くに分離されるのはDである。Dにはアルコールを分解する酵素は含まれていない。カタラーゼは過酸化水素から水と酸素への分解を触媒する酵素である。

以上より、解答は①, ⑦。

## ◆Column

## リソソームとペルオキシソーム

リソソームとペルオキシソームはどちらも細胞内にある小胞である。それらの機能について簡単にまとめたので確認してほしい。

## 【リソソーム】

リソソームは0.4～数 $\mu\text{m}$ 程の大きさの一重膜の小胞である。リソソームの中には、タンパク質、核酸、脂質、糖などを分解するさまざまな種類の酸性加水分解酵素が存在し、ありとあらゆる生体物質を分解することができる。これらの酵素の活性を高めるために、リソソーム内は最適pHに近い酸性に保たれている。

リソソームは、エンドサイトーシスやオートファジーの過程で小胞内に取り込まれた異物や養分を分解する。エンドサイトーシスとは、細胞が細胞外から異物や養分を細胞内の小胞に取り込む機構である。オートファジーとは、細胞内の不要になったタンパク質やミトコンドリアを小胞で包み込み、その小胞がリソソームと融合することで内容物を分解する機構のことである。

## 【ペルオキシソーム】

ペルオキシソームは0.1～2 $\mu\text{m}$ 程の大きさの一重膜の小胞である。ペルオキシソームの中にはカタラーゼ、アミノ酸化酵素、尿酸酸化酵素などのさまざまな酸化酵素が含まれている。これらの酸化酵素は、長鎖脂肪酸の $\beta$ 酸化、コレステロールや胆汁酸の合成、アミノ酸代謝などに関与している。これらの過程では、有毒な活性酸素の一種である過酸化水素が発生する。これを水と酸素に分解するのが、カタラーゼである。

(西川尚吾, 後藤暁彦)

## 2017年度 センター試験 本試験 生物

## 第7問 ある海岸での生物観察

出題範囲	系統分類, 動物の行動
難易度	★★★★☆
所要時間	5分
傾向と対策	生物の問7はここ3年の間で内容がはっきりとは定まっていないが, 生物の分類や生態, 多様性に関する問題が出題されている。いずれの問題も知識問題であり, 知っていれば容易な問題である。問1,2は特にやさしく基本的な知識しか要求されていないので, 必ず正解してほしい問題である。一方で, 問3は決して難しい知識を問うているわけではないが, 苦手としている受験生が多いと思われる分野であろう。問3のような問題で正解できればほかの受験生にやや差をつけられるので, 知識の定着に努めよう。

問1  1  2 正解は(a)①, (b)⑥

難易度 ★★★★★

解説

アサリなどの貝類は**軟体動物**に分類される。軟体動物にはほかに, イカやタコ, ウミウシなどが含まれる。また, クラゲは**刺胞動物**に分類される。刺胞動物には他に, イソギンチャクやサンゴなどが含まれる。

以上より, 解答は(a)①, (b)⑥である。

問2  3 正解は④

難易度 ★★★★★

解説

(c)に適する語は「慣れ」である。刺激を何度も繰り返した際に, その刺激に対する反応が弱くなったり, なくなったりすることを**慣れ**という。また, (d)に適する語は「学習」である。動物が経験を通して行動を変化させることを**学習**という。慣れも**学習**の一種である。

以上より, 解答は④。

問3  4 正解は①

難易度 ★★★★★

解説

系統分類に関する適当な選択肢を選ぶ問題。それぞれの選択肢を見ていこう。

- ① 適当 ヒトデを含む棘皮動物は新口動物(後口動物)であり, 原口が将来の肛門となり, 口は新たに形成される。
- ② 不適当 タコを含む軟体動物は脊索をもたない。脊索をもつのは発生初期の脊椎動物と原索動物だけである。

- ③ 不適當 ウニを含む棘皮動物は三胚葉動物であり，原腸胚期の後期には外胚葉，内胚葉だけでなく中胚葉もみられる。
- ④ 不適當 本文中にあるとおり，アマモは被子植物に分類される。被子植物の胚珠は子房に包まれているのに対し，裸子植物の胚珠は裸出している。

以上より，解答は①。

### ◆Check!!

#### 動物の系統分類

生物をそれぞれが共通にもつ特徴にもとづいてグループ分けを行うことを**分類**という。特に，生物が進化してきた道筋（**系統**）によって分類を行うことを**系統分類**という。この系統分類を表す図は**系統樹**と呼ばれる。系統分類にはさまざまな方法が存在する。以下では動物の系統分類に関して，形態にもとづく系統分類と分子データにもとづく系統分類の2つを扱う。

##### 【形態にもとづく系統分類】

従来の系統分類は，形態的な形質を比較することにより行われてきた。現在，形態による系統分類は分子データによる系統分類に取って代わられているが，形態と遺伝子の関係を調べることは重要なことである。ここでは，それぞれの形態に注目して従来の系統分類を確認しよう。

胚葉・・・初期胚の領域によって区別される細胞の集まり。将来さまざまな組織や器官をつくる。

まず，胚葉の有無によって分類される。胚葉が分化しないものは**海綿動物**とよばれ，組織や器官をもたない。次に，内胚葉と外胚葉が分化する**二胚葉動物**とそれらに加えて中胚葉も分化する**三胚葉動物**に分類される。二胚葉動物には**刺胞動物**が含まれる。

体腔・・・体表と内臓諸器官の隙間。

三胚葉動物は体腔の有無によって分類される。体腔をもたない無体腔動物には**扁形動物**が含まれる。また，体腔は体腔を包む胚葉の種類によって，**偽体腔**（複数の種類の胚葉に包まれた体腔）と**真体腔**（中胚葉に包まれた体腔）に分けられる。偽体腔動物には**輪形動物**と**線形動物**が含まれる。

原口・・・原腸胚期の陥入によって生じる原腸の入口部分。

三胚葉動物のうち，原口がのちに口になり，その反対側に肛門が形成されるものを**旧口動物**とよぶ。三胚葉動物のうち，原口がのちに肛門になり，その反対側に口が形成されるものを**新口動物**とよぶ。

また，旧口動物と新口動物では卵割の様式が異なる。旧口動物は**らせん卵割**を行うのに対し，新口動物は**放射卵割**を行う。ただし，これらは全割を行う生物の場合のみであり，表割を行う脱皮動物（後述），盤割を行う魚類，は虫類，鳥類は当てはまらない。

脊索と脊椎・・・どちらもからだの支持器官である。脊椎には骨組織あるいは軟骨組織が含まれるが、脊索には含まれない。

新口動物は、一生のうちのいずれかの時期に脊索をもつか、脊索が退化し脊椎が形成されるか、によって 3 種類に分類される。脊索をもたないものは**棘皮動物**、一生のうちのいずれかの時期に脊索をもつが脊椎は形成しないものは**原索動物**、発生途中で脊索が退化し脊椎を形成するものは**脊椎動物**と呼ばれる。

体節・・・体軸方向の繰り返し構造の基本単位。脊椎動物の発生で中胚葉から生じる構造とは異なるので注意しよう。

**環形動物**と**節足動物**は体節をもつ。

【分子データにもとづく系統分類】

近年主流となっている方法は、DNA や RNA、タンパク質などの分子データをもとにした系統分類である。図 A は rRNA (リボソーム RNA) の塩基配列にもとづいて作成された系統樹である。リボソームは細胞のはたらきの基本となる構造であるため、その構造を担う rRNA の分子進化はゆっくりと起こる。そのため、遠い関係の生物の分類に用いることが多い。

図 A を見てわかるとおり、旧口動物は**脱皮動物**と**冠輪動物**に大別される。脱皮動物という名前は、外骨格をもち成長にしたがって脱皮をするという共通の特徴にちなんでいる。冠輪動物という名は、触手冠(繊毛の生えた冠状の触手)とよばれる構造をもつ生物やトロコフォア幼生を経て成体になる生物が含まれていることにちなんでいる。

形態による系統分類で重要視されていた体腔や体節は、系統とは関係がなく、収束進化によるもの(相似)であると考えられている。

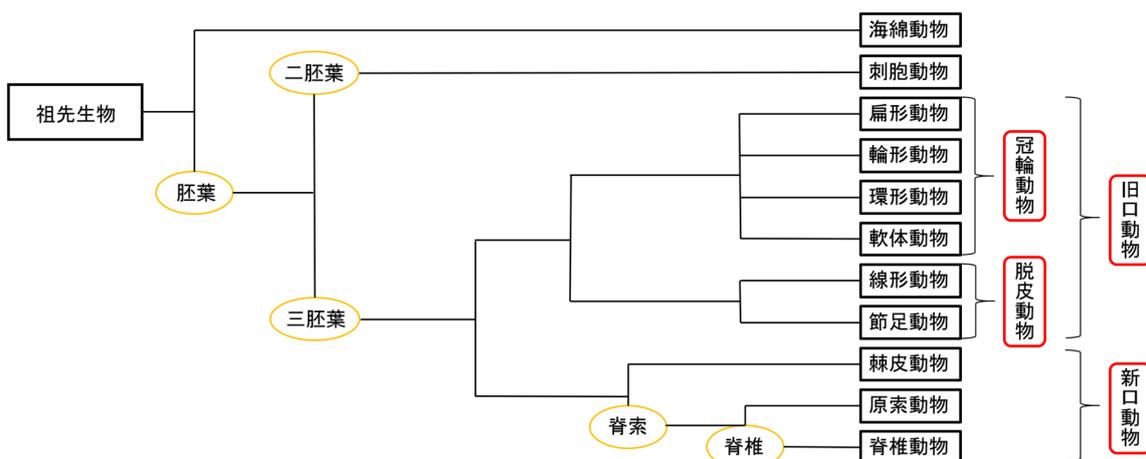


図 A rRNA の塩基配列による動物の分子系統樹

(西川尚吾, 西浦佑香)