

# 福島県立医科大学

平成 30 年 度  
医学部前期入学試験問題

## 理 科

〔「物理基礎・物理」「化学基礎・化学」「生物基礎・生物」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ	選 択 方 法
「物理基礎・物理」	1～2	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
「化学基礎・化学」	3～4	
「生物基礎・生物」	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

# 生物基礎・生物

〔1〕 脊椎動物の発生に関する次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

カエルの未受精卵には最初から卵内の物質分布に偏りがあり、受精時に表層回転が生じてまず **ア** 軸が決定する。その後、受精卵は卵割を繰り返して桑実胚を形成し、やがて胚の中心に大きな腔所を有する **イ** 胚となる。次に植物極側に原口が出現し原腸の陥入が生じて原腸胚へと進む。この時期から胚は三つの胚葉(外胚葉、中胚葉、内胚葉)を持つようになり、それぞれの胚葉からは決まった器官が派生する。原腸の陥入が終わると胚の背側には神経板が形成され、神経胚と呼ばれる。神経板は後に神経管となり、将来、脳や **ウ** などの中枢神経へと分化する。やがて胚は前後に伸びて **エ** 胚となり、体内ではさまざまな器官が形成される。

問1 文中の **ア** ～ **エ** に適切な語句を記せ。

問2 下線部①について、ショウジョウバエの未受精卵においても特定の mRNA が胚の内部に局在し、発生過程において重要な役割を果たしている。この mRNA の名称を二つ挙げ、両者の分布の差によって決定する体軸の名称を記せ。

問3 下線部②について、各胚葉から形成される器官に関する記述として正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

1. 赤血球や白血球などの血液細胞は内胚葉に由来する
2. 胃の上皮は内胚葉由来だが、胃の筋肉は中胚葉由来である
3. 中胚葉から生じる側板は内外二層に分かれ、隙間に体腔を形成する
4. 鰓や気管、肺の上皮は外胚葉に由来する
5. 水晶体や角膜は外胚葉由来だが、網膜は中胚葉由来である

問4 下線部③について、次の図はカエルにおける神経管の形成の模式図である。以下の問いに答えよ。

(1) 図中 A～C の名称を記せ。

(2) 図中の細胞 B は将来、胚の内部に遊走してさまざまな細胞に分化する。次のうち細胞 B 由来のものをすべて選び、数字で答えよ。

1. 副交感神経
2. 始原生殖細胞
3. グリア細胞
4. ランゲルハンス島 A 細胞
5. 色素細胞

(3) 神経管の形成には細胞接着因子カドヘリンが重要な役割を果たしている。図には E 型カドヘリンと N 型カドヘリンの分布を示した。カドヘリンの機能を知るために行った実験 1～4 について、以下の問いに答えよ。

実験 1：通常の培養条件下では細胞同士が接着性を示さない細胞 X に E 型カドヘリン遺伝子を導入し、発現させた。この細胞を  $Ca^{2+}$  存在下で培養したところ、細胞同士の接着が観察された。一方、 $Ca^{2+}$  非存在下では細胞の接着は観察されなかった。また、この細胞は、導入前の細胞 X とは  $Ca^{2+}$  の有無に関わらず接着しなかった。

実験 2：実験 1 の E 型カドヘリン遺伝子導入細胞株の実験系に、E 型カドヘリンの抗体を加えたところ、 $Ca^{2+}$  の有無に関わらず細胞の接着は観察されなかった。

実験 3：細胞 X に、E 型とは異なる組織に発現する P 型カドヘリン遺伝子を

導入した。その結果、実験 1 と同様の結果を得た。そこで E 型カドヘリン発現株と P 型カドヘリン発現株を混合したところ、両者の間で接着は観察されなかった。

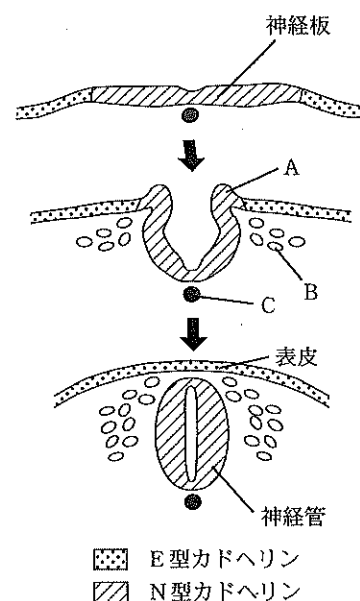
実験 4：E 型カドヘリンのアミノ末端 120 残基を P 型カドヘリンのアミノ末端 120 残基に改変した遺伝子を細胞 X に導入した。この変異株を E 型カドヘリン遺伝子導入細胞株と混合したところ、両者の間で接着は観察されなかった。

(3-1) 実験 1 よりカドヘリンを介した細胞接着には  $Ca^{2+}$  が必須であることがわかる。細胞接着以外で生体内における  $Ca^{2+}$  の役割には何があるか、例を挙げて簡潔に説明せよ。

(3-2) 実験 2 において接着が見られなかった理由を、抗体の認識部位の観点から考察せよ。

(3-3) 実験 3 および実験 4 の結果から、E 型及び P 型カドヘリンにおけるアミノ末端の構造および機能について考察せよ。

(3-4) 図中の細胞 B は図中の構造 A から遊離したものである。図中の神経板および神経管におけるカドヘリンの発現の分布をもとに、細胞 B におけるカドヘリンの発現の変化について考察せよ。



図

〔2〕 大腸菌の遺伝子発現調節に関する次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

大腸菌は環状ゲノム DNA を有し、また、それ以外にも細胞内に<sup>①</sup>プラスミドを保持している。培地に炭素栄養源としてラクトースのみが含まれている場合、大腸菌はラクトース代謝に関わる3種類の酵素( $\beta$ -ガラクトシダーゼなど)を合成する。これら3種類の酵素をコードする遺伝子(*lacZ*など)は、1本の mRNA として転写される。これをラクトースオペロンと呼ぶ。この mRNA の発現は、転写開始のレベルで調節されている。*lacZ* 遺伝子などの構造遺伝子の<sup>②</sup>上流には、RNA ポリメラーゼが結合して転写を開始するプロモーター領域およびリプレッサーが結合して転写を抑制するオペレーター領域が存在する。ラクトースの代謝産物 X が誘導物質としてリプレッサーに結合すると、mRNA の転写が始まる。

問1 下線部①について、プラスミドは遺伝子組換え技術に広く用いられている。遺伝子組換え技術に関する次の選択肢の中から正しいものをすべて選び、数字で答えよ。

1. 制限酵素と DNA リガーゼを用いて、プラスミドと外来 DNA の切断・連結を行い、組換え DNA を作ることができる
2. 組換え DNA 導入にはプラスミドの他に、ウイルスやアグロバクテリウムなどが用いられる
3. 遺伝子組換え大腸菌によって作られたインスリンは、アレルギーを引き起こすためヒトには用いることができない
4. 副腎皮質ホルモン遺伝子を挿入した組換え DNA を用いて、医薬品の製造が行われている
5. 植物細胞に遺伝子導入を行い、除草剤に耐性のあるダイズなどの新品種がつけられている

問2 下線部②について、 $\beta$ -ガラクトシダーゼはラクトース存在下で合成される。 $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性を有することがエネルギー獲得に関してどのような利点があるか述べよ。

問3 ラクトースオペロンの変異型を用いた実験1～3について、以下の問いに答えよ。

実験1：野生型および変異型1～4の5種類の大腸菌について、誘導物質 Y を含まない培地(条件1)および誘導物質 Y を含む培地(条件2)で培養し、それぞれの $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性を測定した(表)。なお、誘導物質 Y は人工的に合成された物質で、培地中に常に一定量存在する。

実験2：野生型および変異型1～4の5種類の大腸菌に野生型のリプレッサー遺伝子を含むプラスミドを導入し、実験1と同様に活性測定を行った(表)。

実験3：変異型1～4のゲノム DNA について塩基配列を調べたところ、変異型1ではオペレーター領域に、変異型2～4はリプレッサー遺伝子に変異が生じていた。しかし、変異型2～4の変異で途中で終止コдонは生じていなかった。なお、ゲノムとプラスミドからの遺伝子発現量はほぼ同等であると仮定する。

表：実験1、2の結果

	実験1		実験2	
	条件1	条件2	条件1	条件2
野生型	—	+	—	+
変異型1	+	+	+	+
変異型2	+	+	—	+
変異型3	—	—	—	—
変異型4	+	+	+	+

+は $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性あり、

—は $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性なしを示す。

- (1) 野生型のリプレッサー遺伝子は開始コдонから終止コдонまで1083塩基対からなる。リプレッサー遺伝子が転写・翻訳されてできるタンパク質に含まれるアミノ酸数を答えよ。なお、リプレッサータンパク質は4つのサブユニットからなる。
- (2) リプレッサータンパク質は、オペレーター領域への結合部位を持つが、誘導物質 Y が別の部位に結合することによって、その活性が調節されている。このようなタンパク質を一般的に何と呼ぶか。
- (3) 実験1の条件1において、変異型1が誘導物質 Y のない場合でも活性を持つ理由を考察せよ。
- (4) 実験1の条件1において、変異型2が誘導物質 Y のない場合でも活性を持つ理由を考察せよ。
- (5) 実験1の条件2において、変異型3が誘導物質 Y のある場合でも活性を持たない理由を考察せよ。
- (6) 実験1、2の結果から、野生型、変異型2、変異型3がもつリプレッサータンパク質の阻害の強さを比較した組合せのうち、正しいものを1つ選び数字で答えよ。
  1. 野生型 < 変異型2 < 変異型3
  2. 野生型 < 変異型3 < 変異型2
  3. 変異型2 < 野生型 < 変異型3
  4. 変異型2 < 変異型3 < 野生型
  5. 変異型3 < 野生型 < 変異型2
  6. 変異型3 < 変異型2 < 野生型
- (7) 変異型1と変異型4について、実験1、2の結果は同一であった。変異型4のリプレッサータンパク質には、どのような性質の変化が生じたと考えられるか。実験2の条件2の結果に注目して考察せよ。

〔3〕 生態系と植生の回復に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

大規模火山噴火やがけ崩れによって生じた裸地は窒素やリンといった栄養塩類をほとんど含まないため、植物の生育には厳しい環境である。しかし、裸地が形成されてしばらくすると、その表面に地衣類やコケ類がみられるようになり、さらに時間が経過すると、ススキやイタドリなどの草本植物が侵入してくる。このような草本性の **ア** 植物や地衣類、コケ植物などの遺骸が分解され土壤中の栄養塩類が増えてくると、アカマツやツツジ等の **イ** が侵入し、**ウ** 林を形成する。**ウ** 林の構成樹種は成長して **イ** 林となるが、やがてスタジイやカシ類などの **エ** が混ざった **オ** 林となる。新たな大規模攪乱がなければ、最終的には **エ** が優占する **カ** 林となり、森林は安定する。

問1 文中の **ア** ～ **カ** に適切な語句を記せ。

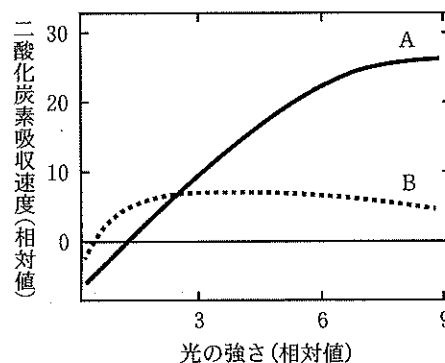
問2 火山島の植生遷移に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 三宅島や伊豆大島の遷移過程では、遷移初期の荒原にオオバヤシャブシが侵入することがある。本種が樹木であるにもかかわらず、他の樹種に先駆けて荒原に侵入できる理由を簡潔に説明せよ。
- (2) オオバヤシャブシの侵入がその後の植生遷移に及ぼす影響について、環境形成作用の観点から説明せよ。

問3 下線部について、これらの栄養塩類が植物の成長に必須である理由を簡潔に説明せよ。

問4 図は植生遷移の初期と後期の森林について、光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係を表した概念図である。

- (1) 曲線Aは遷移初期と後期のどちらを表すのか、理由とともに説明せよ。
- (2) 遷移が進むにつれて、優占する樹種が変化していく理由を、図をもとに説明せよ。



図

問5 表は、1881年から2010年までの、いわき市南部の月毎の平均気温である。

- (1) この地域における暖かさの指数を計算せよ。
- (2) (1)で求めた暖かさの指数から推定されるこの地域のバイオームを答えよ。
- (3) いわき市南部のとある山林で植生調査を行ったところ、アカマツの優占する森林であった。したがって、実際の優占樹種は暖かさの指数から推定されたバイオームと一致していなかった。その理由について、簡潔に説明せよ。なお、調査した山林では植栽や間伐のような人為的管理は行われていない。

表

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
4℃	4℃	6.5℃	11.5℃	15℃	18.5℃	22℃	24℃	21.5℃	16.5℃	11℃	6.5℃