

# 令和3年度入学試験問題

## 理 科

### 注 意 事 項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、全部で55ページある。(落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は申し出ること。)

問題冊子の中に下書き用紙が1枚入っている。

物	理	1～12ページ	化	学	13～30ページ
生	物	31～44ページ	地	学	45～55ページ

- 3 解答用紙は、問題冊子とは別になっている。解答は、すべて解答用紙の指定された箇所に記入すること。
- 4 受験番号は、各解答用紙の指定された2箇所に必ず記入すること。
- 5 解答時間は、次のとおりである。
  - (1) 教育学部および工学部の受験者は、90分。
  - (2) 理学部および農学部の受験者は、次のとおりである。
    - ① 理科1科目の受験者は、90分。
    - ② 理科2科目の受験者は、180分。
  - (3) 医学部および歯学部の受験者は、180分。
- 6 問題冊子および下書き用紙は、持ち帰ること。

# 生 物

1 以下の文章 I， II を読み， 各問いに答えよ。

I

真核生物では， 遺伝子の転写が開始される時， 転写開始部位の近くに存在する 1 とよばれる領域に， 転写を行う 2 や転写の開始を助ける基本転写因子が結合する。そして， 転写の時期や量は， 遺伝子の周辺にある転写調節配列と， それに結合する転写調節タンパク質によって制御されている。

ある遺伝子 X の上流にある転写調節領域の働きを調べるために， 以下のような実験を行った。まず， 図 1 のように， 遺伝子 X 上流の DNA をさまざまな長さに切断し， 遺伝子 X の代わりに生物発光を触媒する酵素であるルシフェラーゼをコードする遺伝子 (*Luc*) と結合して， DNA 1 ~ DNA 5 を作製した。次に， これらの DNA を 1 種類ずつ， 培養した表皮細胞と神経細胞に導入した。これらの細胞で， 導入した DNA からルシフェラーゼが作られると， ルシフェラーゼの基質を与えたときに発光が起こる。DNA 1 ~ DNA 5 が導入された細胞の発光量をそれぞれ測定し， *Luc* の転写量を調べたところ， 図 2 のような結果が得られた。

ただし， この実験では， 表皮細胞と神経細胞への DNA 導入効率， および DNA 1 ~ DNA 5 がそれぞれ細胞に導入される効率は同じとする。

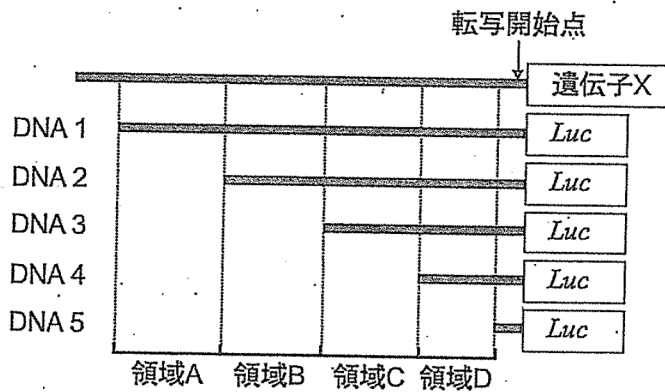


図1

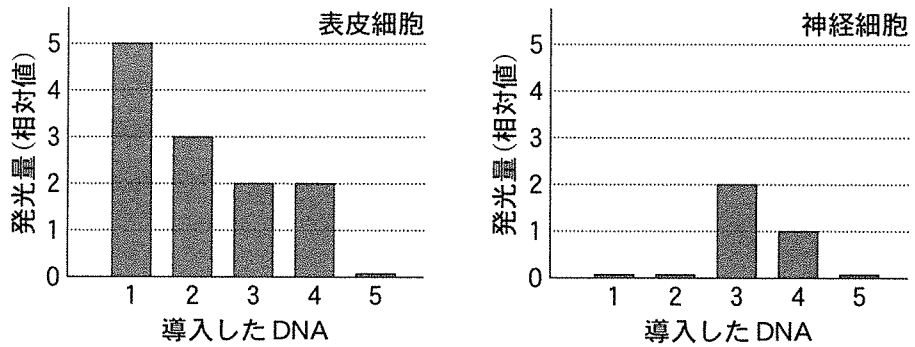


図 2

問 1 上の文章の 1 と 2 に入る適切な語句を答えよ。

問 2 図 2 から、表皮細胞と神経細胞のそれぞれにおいて、遺伝子 X の上流領域 A, B, C, D は転写にどのような作用を及ぼすと考えられるか。(a)~(c)から 1 つずつ選び、それぞれ適切な組み合わせを①~⑨から選べ。

- (a) 促進する
- (b) 抑制する
- (c) どちらでもない、あるいはどちらともいえない

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
表皮細胞	(a)	(a)	(a)	(b)	(b)	(b)	(c)	(c)	(c)
神経細胞	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)

問 3 上記の実験から、遺伝子 X の転写調節領域の働きについてどのようなことが考えられるか、80 字程度で答えよ。

## II

ここに細胞周期が 20 時間の培養細胞がある。全ての細胞が盛んに分裂増殖をしている時、M 期にある細胞の割合は 6 % であった。この培養細胞に、チミジン(チミンと糖が結合したもの)の代わりに複製中の DNA に取り込まれる臭素化デオキシウリジン(BrdU)を短時間だけ加えた。BrdU で処理した直後に、BrdU を取り込んだ細胞を蛍光標識した抗 BrdU 抗体で検出したところ、間期の細胞の 40 % が標識されていた。その後、BrdU を含まない培養液に細胞を戻して培養を続けたところ、標識の 2 時間後から BrdU を取り込んだ細胞が M 期に出現し始めた。

ただし、全ての細胞の細胞周期の長さは同じとし、BrdU は細胞周期の進行に影響しないものとする。また、この実験で細胞を BrdU で処理した時間は短いので、便宜的に 0 時間とする。

問 4 上記の実験結果から、この培養細胞の G1 期、G2 期、S 期、M 期の所要時間はそれぞれ何時間だと推測されるか。小数第 2 位を四捨五入して小数第 1 位まで答えよ。

問 5 この培養細胞を、チューブリンに結合して微小管の形成を阻害するコルヒチンという薬剤で 6 時間処理すると、M 期の細胞は全細胞の何%になると考えられるか、答えよ。

問 6 生体内には、長期間にわたって細胞周期を停止し、G0 期とよばれる休止状態に入っている正常細胞が多く存在する。細胞が G0 期にある意義は何か、60 字程度で答えよ。

2 は次ページ

2 以下の文章を読み、各問いに答えよ。なお、下線部(イ)～(オ)には誤った記述が含まれている。

ウニの精子は、主に [ 1 ] からなる頭部、 [ 2 ] からなる中片部、 [ 3 ] からなる尾部に大きく分かれ、頭部の先端にはゴルジ体由来の先体という構造がある。ウニの受精では、まず精子が卵を取り巻くゼリー層に達すると先体反応が始まる。卵の細胞膜の外側には卵黄膜(卵膜)がある。先体反応で形成された先体突起が卵黄膜に達すると、先体から放出された酵素により膜の一部が溶かされ、先体突起は卵細胞膜と結合する。続いて卵細胞膜直下で [ 4 ] 反応が起き、それによって卵黄膜が卵細胞膜から離れ、受精膜が形成される。やがて受精卵は卵割を開始するが、ウニ卵は卵黄の分布が卵細胞質内で均質な端黄卵のため部分割を行い、卵割の様式はらせん卵割を示す。受精膜は胞胚期まで維持されるが、この時期にウニ胚には骨片が生じ、細胞膜を破って変態して泳ぎ出す。<sup>(イ)</sup>続く原腸胚期には胚の [ 5 ] 極側から細胞層が陥入し、原腸が形成される。その陥入部を原口というが、 [ 6 ] 動物門の一員であるウニは新口動物(後口動物)に属し、原口が将来的に [ 7 ] として機能する。この時期に一次および二次間充織が細胞分化してくるが、三胚葉性動物であるウニでは、これらの間充織細胞は将来 [ 8 ] 胚葉となる。やがて骨片の形状が複雑化し全体の形が変形して、胚から幼生へと変化する。骨片がさらに発達して腕が生じ、口と肛門が消化管でつながった幼生をプリズム幼生とよぶ。この幼生の体内に新しい体が作られ、それが稚ウニへ、さらには成体へと成長する。成体のウニは、生殖期になると各個体の生殖巣が成熟し、やがて放卵・放精による体内受精を行って次の世代を生み出し、ウニの生活史が完結する。<sup>(オ)</sup>

問 1 文章中の  ~  に適切な語句を入れよ。ただし  ~  には細胞小器官の名称が入る。

問 2 下線部(ア)の受精膜がもつ機能を 2 つ答えよ。

問 3 下線部(イ)~(オ)には、それぞれ誤った記述が含まれている。以下の「①」~「⑨」について、正しい用語の場合には解答欄に○を、誤った用語の場合には正しい用語を書け。なお「①」~「⑨」以外は全て正しい記述になっている。

(イ) ウニ卵は卵黄の分布が卵細胞質内で均質な「①端黄卵」のため「②部分割」を行い、卵割の様式は「③らせん卵割」を示す。

(ウ) この時期にウニ胚には「④骨片」が生じ、「⑤細胞膜」を破って「⑥変態」して泳ぎ出す。

(エ) 骨片がさらに発達して腕が生じ、口と肛門が「⑦消化管」でつながった幼生を「⑧プリズム幼生」とよぶ。

(オ) やがて放卵・放精による「⑨体内受精」を行って次の世代を生み出し、  
※大学からの指示：(イ) ③は問題を除外するため解答の必要なし

問 4 ウニのような動物の有性生殖では、卵と精子が一对一で合体することで受精が成立する。つまり 2 つの細胞が 1 つになるが、受精卵は、体細胞と同じ DNA 量を維持している。この DNA 量が世代を超えて維持されるしくみを、次の用語をすべて用いて、100 字程度で説明せよ。

減数分裂, 配偶子, 受精, 複製

3 植物の遺伝に関する[実験Ⅰ]と[実験Ⅱ]を行った。以下の文章を読み、各問いに答えよ。

[実験Ⅰ]

純系の P1 系統は草丈を高くする  $H$  遺伝子、純系の P2 系統はその対立遺伝子である草丈を低くする  $h$  遺伝子をもつ。それぞれの遺伝子内の増幅したい領域の末端と相補的な塩基配列をもつ [ 1 ] を用いて、P1 系統のゲノム DNA を鋳型として PCR 法で DNA 断片を増幅した。次に、それぞれの遺伝子が発現する組織から mRNA を抽出し、[ 2 ] 酵素で cDNA を合成した。その cDNA を鋳型として、ゲノム DNA 断片の増幅の際と同じ [ 1 ] を用いて PCR を行った。P1 系統のゲノム DNA と、P1 および P2 系統の cDNA から増幅した DNA 断片の塩基配列を比較した(図 1)。cDNA に存在しない塩基配列は [ 3 ] と考えられ、一致している部分の塩基配列は [ 4 ] と考えられた。塩基配列の比較では、図中の太字で示した G と T が異なる [ 5 ] (SNP) がみられた。P2 系統の cDNA の SNP 部位には、GAATTC の塩基配列が存在した。この 6 塩基配列を認識する [ 6 ] で増幅された DNA 断片を切断し電気泳動することによって、上記の SNP を検出することができた。また、 $H$  および  $h$  遺伝子の翻訳後のタンパク質の大きさを調べたところ、 $h$  遺伝子のコードするタンパク質は、 $H$  遺伝子のコードするタンパク質より小さかった。

[実験Ⅱ]

P1 および P2 系統は、 $H$  と  $h$  遺伝子をもつほかに、それぞれ色素を合成する  $A$  遺伝子と合成できない  $a$  遺伝子に対立遺伝子としてもつ。また、P1 および P2 系統は、それぞれ別の対立遺伝子である開花が遅くなる  $R$  遺伝子と早期開花する  $r$  遺伝子をもつ。これらの対立遺伝子はそれぞれ  $H$ 、 $A$ 、 $R$  遺伝子座に位置し、 $H-A-R$  の順に連鎖している。P1 および P2 系統を交雑した  $F_1$  は、色素をもち、草丈が高く、開花が遅い形質を示した。この  $F_1$  に P2 系統を交雑し検定交雑を実施したところ、表 1 のような形質分離がみられた。



```

P1ゲノムDNA 1:GGTGGCCTCCCCCTGCCATGGAAGTCAGCACACACAAACTTCGATCGCTCGTCGCTCGCT 60
P1cDNA      1:GGTGGCCTCCCCCTGCCATGGA----- 24
P2cDNA      1:GGTGGCCTCCCCCTGCCATGGAATTCAGCACACACAAACTTCGATCGCTCGTCGCTCGCT 60
          *****.....

P1ゲノムDNA 61:GACCGTCGTCGTCTTCAACTGTTCTTGATCATCGCATTGGATGGATGTGTAATGTTGTGT 120
P1cDNA      24:----- 24
P2cDNA      61:GACCGTCGTCGTCTTCAACTGTTCTTGATCATCGCATTGGATGGATGTGTAATGTTGTGT 120
          .....

P1ゲノムDNA 121:TCTTGTTCTTTGCAGGCGAATGGCCACAGGGTCATGGTGATCTCTCCTCGGTACGACC 180
P1cDNA      25:-----GCGAATGGCCACAGGGTCATGGTGATCTCTCCTCGGTACGACC 66
P2cDNA      121:TCTTGTTCTTTGCAGGCGAATGGCCACAGGGTCATGGTGATCTCTCCTCGGTACGACC 180
          .....*****

P1ゲノムDNA 181:AGTACAAGGACGCTTGGGATACCAGCGTTGGGTGGCCTCCATGCT 225
P1cDNA      67:AGTACAAGGACGCTTGGGATACCAGCGTTGGGTGGCCTCCATGCT 111
P2cDNA      181:AGTACAAGGACGCTTGGGATACCAGCGTTGGGTGGCCTCCATGCT 225
          *****

```

実験 I において増幅した DNA 断片の塩基配列の比較。‘\*’, ‘:’, ‘-’は、3つの塩基配列間で比較したときに、塩基が一致、塩基が不一致、塩基が存在しない箇所をそれぞれ示す。なお、ここに示す部分以外の塩基配列は、*H* および *h* 遺伝子間で同一とする。

図 1

表 1 P1 および P2 系統の検定交雑後代の形質分離

検定交雑後代の形質	個体数
草丈高い, 開花遅い, 色素あり	380
草丈高い, 開花早い, 色素なし	85
草丈高い, 開花早い, 色素あり	20
草丈高い, 開花遅い, 色素なし	3
草丈低い, 開花早い, 色素なし	400
草丈低い, 開花遅い, 色素あり	85
草丈低い, 開花遅い, 色素なし	25
草丈低い, 開花早い, 色素あり	2

問 1 本文中の 1 ~ 6 に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、考えられる理由を、次の用語をすべて用いて 80 字程度で答えよ。

スプライシング, 読み枠, トリプレット

問 3 実験Ⅱでは、検定交雑後代において表 1 のように様々な形質を示す個体が得られた。それぞれの形質を表す個体の遺伝子型を答えよ。なお、遺伝子の連鎖関係がわかるように遺伝子の並び順を正しく記述し、また染色体ごとの遺伝子型は“/”で区切ること(例: AbC/aBc)。

問 4 分離世代での形質の分離比から、 $H-A-R$  遺伝子座の組換え価を求め、解答欄の括弧内に答えよ。

4 は次ページ

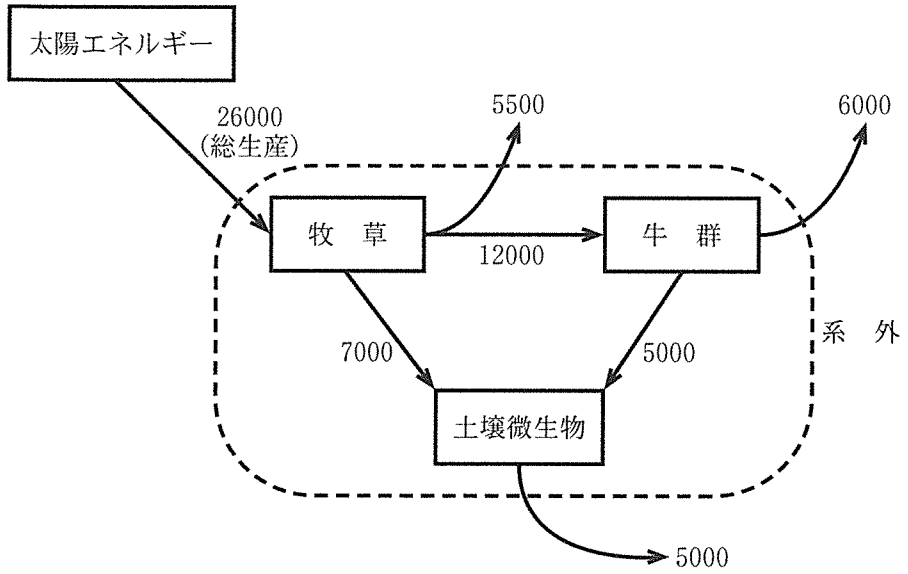
4 以下の文章を読み、各問いに答えよ。

イネ科の牧草が優占している草地 1 ha (ヘクタール)において、牛群を放牧した。この草地を1つの生態系としてとらえ、1年間の系内のエネルギーの流れを図1に示した。この草地では、生産者を牧草、消費者を牛群が占め、他の動物種や植物種の影響はないと仮定する。太陽エネルギーの一部は、光合成により牧草に吸収される。牧草の一部は牛群によって被食され、牛群の維持と成長に利用される。また、牧草の一部は枯死し、脱落したものは土壤微生物によって分解される。牛群からの不消化排出物もまた、土壤微生物により分解される。生態系を流れるエネルギーの一部は、牧草、牛群および土壤微生物の呼吸によって系外に排出される。

問 1 牧草、牛群および土壤微生物から、呼吸によって系外に排出されるエネルギーの形態を答えよ。

問 2 この生態系における1年間のエネルギー収支量について、次の(1)~(4)に答えよ。

- (1) 純生産量を求めよ。
- (2) 牛群の同化量を求めよ。
- (3) 牛群の成長量を求めよ。
- (4) 牧草の成長量を求めよ。



放牧草地生態系のエネルギーの流れ  
[単位  $10^4$  kJ/(ha・年)]

図 1

問 3 イネ科牧草の多くは、草原のように日当たりの良い場所でよく生育する陽生植物である。この陽生植物の光合成の特徴を、次の用語をすべて用いて 40 字程度で答えよ。

陰生植物，光補償点，光強度，二酸化炭素

問 4 図 2 は、草地の植物群集の植物量を地表面からの一定間隔の高さで調査し、植物群集の垂直的な空間分布を示したものである。図を見て、次の(1)～(5)に答えよ。

(1) この図を何とよぶか，答えよ。

(2) 図中の A は植物群落のある器官の重量を示している。このような器官を総じて何とよぶか，答えよ。

(3) 図中の B は植物群落のある器官の重量を示している。このような器官を総じて何とよぶか，答えよ。

(4) この図を作成するとき，植物量以外の項目が図中の破線 C で示すように計測される。Cは何を示しているか，答えよ。

(5) この図を作成するための調査方法を何とよぶか，答えよ。

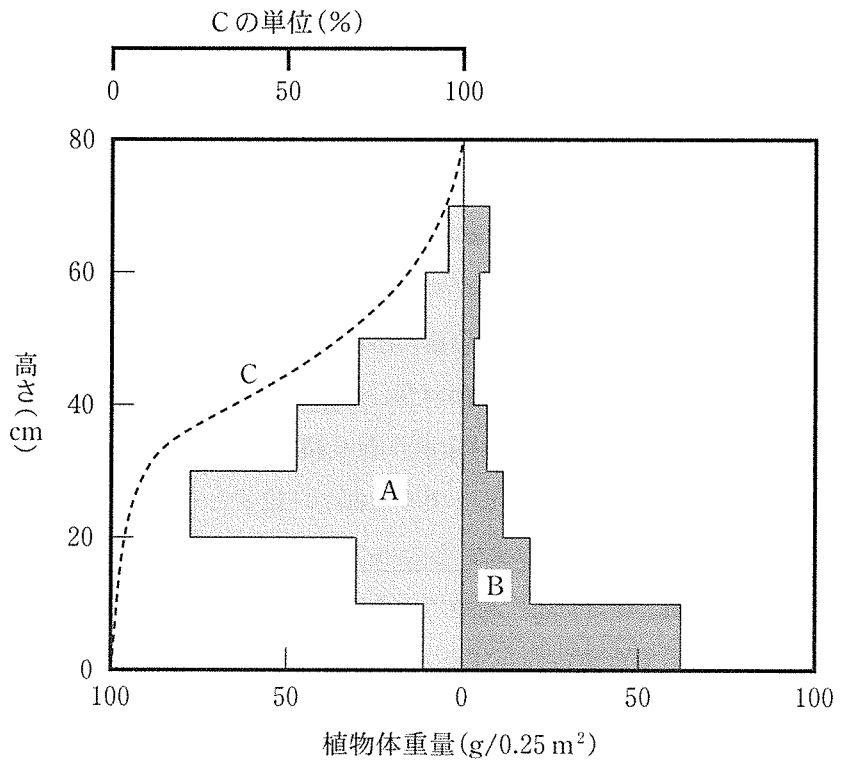


図 2