

(2020 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～15
生 物	16～25
地 学	26～31

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20点)

遺伝物質としてDNAを持つ生物は、その遺伝情報を細胞から細胞へと伝えるため、DNAの配列情報を半保存的複製^(A)という様式で複製する。DNAの複製反応を担うDNAポリメラーゼは、鋳型となるDNAの配列と相補的なヌクレオチドを重合するが、まれに鋳型と相補的でないヌクレオチド^(B)を重合してしまう。また、細胞内の代謝で生じる活性酸素や環境に由来する紫外線などによりDNAは絶えず損傷を受けている。複製の誤りやDNAの損傷は遺伝情報を変化させる原因となり、生物に様々な影響^(C)をおよぼす可能性がある。

問1 下線部(A)に関して、半保存的複製におけるラギング鎖の合成について、以下の語句を全て用いて100字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

岡崎フラグメント DNAリガーゼ DNAヘリカーゼ

問2 下線部(A)に関して、以下の問いに答えなさい。

放射性同位元素で標識した塩基の前駆体を含む培地で大腸菌を培養すると、増殖の過程で大腸菌のゲノムに標識塩基が取り込まれ、結果的にゲノムが標識される。このような条件で一晩培養した大腸菌を集め、培地成分をよく洗い落としたのち、放射性同位元素を含まない培地で再び短時間培養してからゲノムを回収した。図1-1は、複製中のある一つの大腸菌のゲノムを撮影した電子顕微鏡画像のイメージ図である。図1-2は、同じゲノムから放出される放射線を検出した画像のイメージ図で、太線は放射線量が多い領域を示している。この大腸菌ゲノムについて、(ア)複製起点、(イ)複製中のDNAポリメラーゼ、(ウ)複製終結点のそれぞれの位置として、適切な記号すべてを図1-3のA～Iから選び、記号で答えなさい。

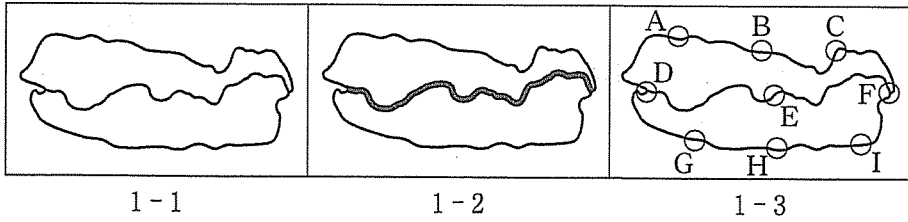


図 1

問 3 下線部(B)に関して、以下の問いに答えなさい。

- (1) DNA ポリメラーゼが DNA 複製の際に基質とするヌクレオチドとして、最適なものを図 2 (ア)～(カ)から選び、記号で答えなさい。なお、(P) はリン酸を表している。

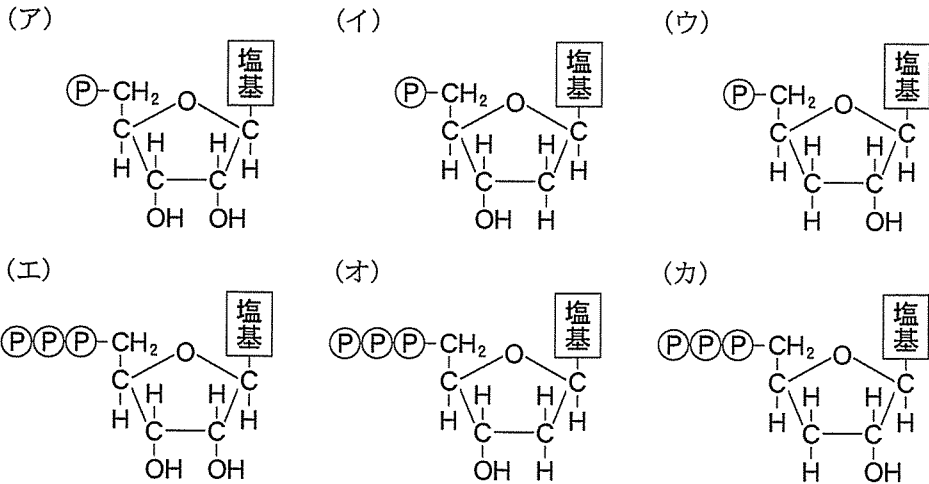


図 2

- (2) ある生物において、ゲノムの分子量が 1.6×10^9 であった。この生物のゲノムを構成するヌクレオチドの平均分子量を 3.2×10^2 とする。この生物のゲノムの長さは何塩基対かを求めなさい。

- (3) (2)の生物において、DNA ポリメラーゼの合成速度は 800 ヌクレオチド / 秒である。この生物のゲノムは環状で、1 箇所複製起点から一定の速度で複製されるものとする。複製が完了するまでに要する時間は何分かを求めなさい。なお、小数点以下は切り捨てる。

- (4) 遺伝物質として RNA を利用するウィルスのなかには、RNA を鋳型として相補的な配列の DNA を合成する酵素を持つものがある。この酵素を何と
いうか、答えなさい。

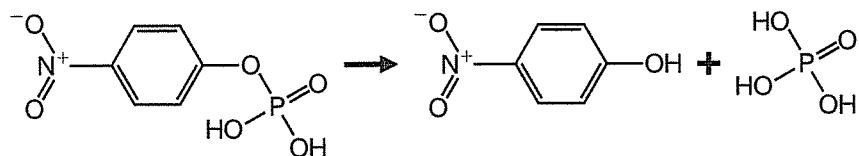
問 4 下線部(C)について、以下の問いに答えなさい。

DNA の塩基配列の変化として、タンパク質のアミノ酸配列を指定するコドンにおける変化がある。コドンの変化がアミノ酸配列に影響をおよぼす具体例を 2 つあげ、変化と影響の関係がわかるように、それぞれ 50 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。



Ⅱ 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点15点)

様々な生体分子の脱リン酸化反応を触媒する酵素をフォスファターゼ(またはホスファターゼ)と呼ぶ。このうち最適 pH が 5.6 のコムギ酸性フォスファターゼの反応速度を以下の実験 1 から 3 で調べ、図 1, 2 の結果を得た。いずれの実験も、脱リン酸化反応は酵素溶液と基質の *p*NPP (*p*-ニトロフェニルリン酸) 溶液をすばやく混合して、各 pH で正確に 25℃、5 分間行い、水酸化ナトリウム溶液を加えて反応を停止し、生成した *p*NP (*p*-ニトロフェノール) の量を反応時間で割って反応速度を求めた。



(参考：*p*NPP の脱リン酸化による *p*NP の生成)

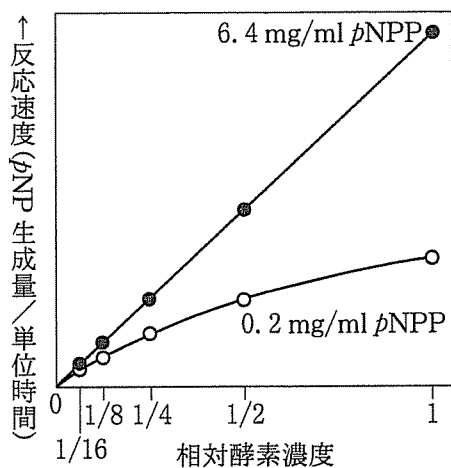


図 1

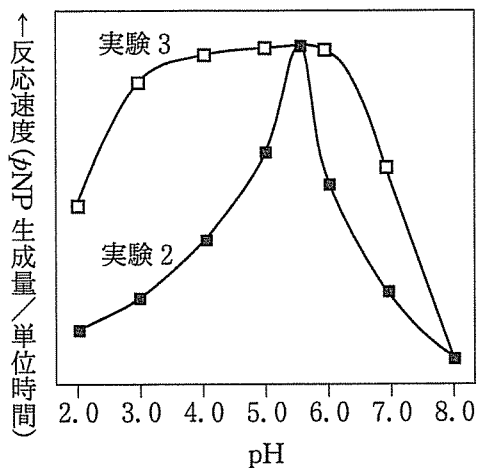


図 2

[実験 1] 反応時の濃度が 0.2 mg/ml あるいは 6.4 mg/ml の *p*NPP と、反応時の濃度が 0.8 mg/ml の酵素原液(相対酵素濃度 1)あるいは 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 倍希釈の酵素を pH 5.6(最適 pH)で 5 分間反応させた。相対酵素濃度を横軸、反応速度を縦軸に図 1 のグラフを得た。白丸実線(○—○)は 0.2 mg/ml の *p*NPP, 黒丸

実線(●—●)は6.4 mg/ml の *p*NPP での反応結果である。

[実験 2] 酵素活性の pH 依存性を検証するため、反応時の濃度が 6.4 mg/ml の *p*NPP と、反応時の濃度が 0.2 mg/ml の酵素液を異なる pH(2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 5.6, 6.0, 7.0, 8.0)で 5 分間反応させた。反応時の pH を横軸、反応速度を縦軸に図 2 のグラフの黒四角実線(■—■)を得た。

[実験 3] 酵素液を 25 °C で 1 時間、異なる pH(2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 5.6, 6.0, 7.0, 8.0)で前処理したあと、すみやかに pH 5.6 に戻して、反応時の濃度が 6.4 mg/ml の *p*NPP と、反応時の濃度が 0.2 mg/ml の前処理酵素液を 5 分間反応させた。前処理の pH を横軸、反応速度を縦軸に図 2 のグラフの白四角実線(□—□)を得た。

問 1 実験 1 で、反応時の *p*NPP 濃度が 6.4 mg/ml の時、調べた酵素濃度範囲においてグラフ(●—●)は原点を通る直線になった。一方、反応時の *p*NPP 濃度が 0.2 mg/ml の時は、グラフ(○—○)の実線のように酵素濃度が低い一定範囲で原点を通る直線上にあったが、やがてゆるやかな曲線となった。グラフ(○—○)が原点を通る直線上から下側に外れた理由を「基質」と「酵素」の両方を使って、句読点含め 30 字以内で説明しなさい。

問 2 実験 2 のように各酵素には最適 pH がある。ヒトのペプシンを例に、どの器官で働き、どのような活性をもち、最適 pH がどのあたりの酵素か、を句読点含め 40 字以内で説明しなさい。ただし、「pH」は 1 文字とする。

問 3 実験 3 の結果(□—□)を実験 2 の結果(■—■)と比較し、この酵素の構造と活性の関係について「構造変化」、「変性」、「可逆的」を全て使って、句読点含め 40 字以内で説明しなさい。ただし、「pH」は 1 文字とする。

Ⅲ 次の文章(Ⅲa)と(Ⅲb)を読んで、問1～5に答えなさい。(配点20点)

(Ⅲa)

任意交配をし、秋に大量の種子をつける2倍体の一年生被子植物Zにおいて、タンパク質Sは、通常、根特異的に合成される。しかし、周囲から隔離されたある島において、Zの集団では、葉でもSを合成する個体が見つっている。葉でSを合成する表現型を示す個体とSを合成しない表現型を示す個体を交配してできた雑種第一代(F_1)においては、すべての個体が、葉でSを合成しなかった。更に、 F_1 個体を自家受粉して得られた雑種第二代(F_2)の分離比から、単一の遺伝子によって表現型が決定されていると考えられた。そこで、この表現型を決定する遺伝子を遺伝子Xとし、その対立遺伝子を優性Aおよび劣性aとした。

^(A)ある研究グループが、この島で、葉でSを合成する個体数を4年にわたって夏に調査した。1年目の調査で、700個体を採集したところ、252個体が葉でSを合成していた。調査結果をもとに遺伝子平衡が成立するときのAとaの遺伝子頻度を計算してみるとAは であり、aは であった。その結果、次の年に期待される葉でSを合成する表現型の頻度は であると推定された。実際に、2年目の調査でのSを合成する表現型の頻度は、遺伝子平衡が成立時に期待された表現型の頻度と一致した。

一方、3年目の調査においては、葉でSを合成する個体を見つけることができなかった。^(B)調査に入る前に、Zの葉に感染する外来の病原菌が大発生した。この病原菌は、感染確立に宿主植物のタンパク質Sを必要とするため、幼苗期の葉でSを合成する個体に寄生し、葉でSを合成する個体全てを枯らしてしまったと推測された。この病原菌は、この島で越冬できないので、3年の春に何らかの要因で外部から持ち込まれたと考えられる。4年目の調査では、葉でSを合成する個体を再び^(C)見つけることができた。

問1 空欄 と空欄 に入る遺伝子頻度と、空欄 に入る葉でSを合成する表現型の頻度を答えなさい。

問 2 下線部(B)の 3 年目における S を合成する表現型の頻度は、遺伝子平衡が成立するとして前年度の遺伝子頻度から推定された表現型の頻度と一致しない。ハーディー・ワインベルグの法則においてどの前提が崩れたのか、最も可能性のあるものを句読点含め 30 字以内で答えなさい。

問 3 下線部(C)の 4 年目においてなぜ S を合成する個体を再び見つけることができたのかを句読点含め 50 字以内で説明しなさい。

(Ⅲb)

実験室に戻り、タンパク質 S の合成がどのように調節されているのかを調べるために、葉で S を合成しない純系個体を作成し、その個体に塩基置換を引き起こす変異原を処理したところ、S の合成において野生型と異なる 2 種類の変異株が得られた。これらの変異株では、調節遺伝子 I 又は調節遺伝子 II の機能が失われていた。調節遺伝子 I と調節遺伝子 II の変異型の対立遺伝子を b と c、野生型の対立遺伝子を B と C とした。様々な遺伝子型において、S の合成を、葉と根で調べたところ表 1 のような結果が得られた。調節遺伝子 I と調節遺伝子 II は、タンパク質 S を合成する遺伝子 S の上流で機能する調節タンパク質 I と調節タンパク質 II をコードすることが想定された。

表 1 それぞれの遺伝子型と組織におけるタンパク質 S の合成の有無

		遺伝子型						
		BBCC	BBcc	bbCC	bbcc	BbCc	BbCC	BBCc
組織	葉	×	○	×	○	×	×	×
	根	○	○	×	○	○	○	○

○：タンパク質 S の合成有り ×：タンパク質 S の合成無し

問 4 文章(Ⅲa)中で示した下線部(A)の野外集団の遺伝子 X は、調節遺伝子 I または II であることが実験からわかっている。遺伝子 X は、調節遺伝子 I と調節遺伝子 II のどちらに対応するか答えなさい。

問 5 調節遺伝子 I と調節遺伝子 II による遺伝子 S の調節機構として最も適切であると思われるモデルを図 1 の(ア)～(ク)より選び、記号で答えなさい。そして、野生型において、根と葉で S の合成がどのように調節されているのかをそれぞれ 80 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。なお、図中の白抜ききの矢印は、遺伝子の発現をあらわす。



図 1



IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点20点)

海洋生態系、とくに外洋域の生産者である植物プランクトンは、藻類ともよばれる。藻類には陸上植物とは異なる光合成色素組成を持っているものも知られているが、真核生物のもつ葉緑体はすべて **ア** という細菌ドメインに属する生物が起源だと考えられている。およそ27億年前から、**ア** が光合成を行なった ^(A) 証拠が残っている。緑藻のような藻類は、**ア** を取り込み葉緑体を獲得したと考えられている。**ア** と全ての真核性藻類は、**イ** を光合成色素として共通してもっており、このことは **ア** が葉緑体の起源であることの証拠の一つとされる。

生態系の物質収支は、総生産量や純生産量、呼吸量などによって表される。生産者においては、総生産量の一部が成長量となり、一定期間が経過したのち、現存量へと加わる。表1に示めされているように、現存量と純生産量の関係は、生態系によって異なり、例えば、森林は草原に比べて10倍近い現存量を持つが、純生産量の ^(B) 平均値では2倍程度に過ぎない。海洋生態系では、現存量よりも純生産量の方が高い値をしめす。外洋域においては栄養塩が不足しやすいため、栄養塩が川などを通じ供給される浅海域の方が、外洋域に比べて純生産量の平均値が高い。

表1 陸域および海洋域における生産者、および消費者の現存量と純生産量の関係 (一部の数値は表示していない)。

	生産者			消費者	
	現存量 平均値 (kg/m ²)	純生産量 平均値 (kg/(m ² ・年))	世界全体 (10 ¹² kg/年)	現存量 平均値 (kg/m ²)	生産量 平均値 (kg/(m ² ・年))
陸域全体	12.3	0.77	115	0.007	0.006
森林	29.8	1.40	79.9	--	--
草原	3.1	0.79	18.9	--	--
海洋全体	0.01	0.15	--	0.003	0.008
外洋域	(ウ)	0.13	(エ)	0.002	0.008
浅海域(大陸棚)	0.01	0.36	9.6	0.060	0.016

問 1 , に最も適切な生物名,あるいは語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)の証拠として知られる鉄鉱層(しま状鉄鉱床)はどのように形成されたものか, 60字以内で説明しなさい。ただし, 句読点も字数に含める。

問 3 以下の式の に入る言葉を下の語群から3つ選び, 答えなさい。ただし, 解答は順不同でよい。

$$\text{生産者の成長量} = \text{総生産量} - (\text{ } + \text{ } + \text{ })$$

[語群: 被食量, 不消化排出量, 同化量, 摂食量, 呼吸量, 枯死量]

問 4 下線部(B)のような, 森林と草原における現存量と純生産量の比率の違いの原因となる樹木と草本の構造の違いを40字以内で説明しなさい。ただし, 句読点も字数に含める。

問 5 表1の(ウ), (エ)の数値として最も近い組み合わせを, 下の①~④の組み合わせから1つ選び, その記号を答えなさい。

	ウ	エ
①	0.03	10
②	0.03	40
③	0.003	10
④	0.003	40

問 6 表1の浅海域の生態系にみられる生態ピラミッドの特徴を, 下の語群の語句を全て用いて100字以内で説明しなさい。また, 生態ピラミッドにそのような特徴が現れる原因を40字以内で説明しなさい。ただし, 句読点も字数に含める。

[語群: 消費者, ピラミッド型, 生産量, 現存量]