

前期

理系

2020年度入学試験学力検査問題

理 科・地理歴史・数 学 ※数学は、数理科学科志望者のみ

理学部，都市環境学部：地理環境学科—150分  
都市環境学部(都市政策科学科 文系区分を除く)，  
システムデザイン学部(インダストリアルアート学科を除く) 75分

答案用紙

・物 理 3枚      ・化 学 3枚      ・生 物 3枚  
・地 学 3枚      ・地 理 3枚      ・数 学 3枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで，問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は，筆記用具のほか定規，コンパスの使用を認めます。  
ただし，分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は，答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合 →

		1	2	3
4	5	6	7	X

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し，必ず配付された答案用紙に記入してください。なお，化学は裏面にも解答欄があるので注意してください。  
答案用紙には，解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合，アルファベット及び数字は，1マスに2字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。  
・物 理 1ページ～8ページ      ・化 学 9ページ～15ページ  
・生 物 16ページ～31ページ      ・地 学 32ページ～39ページ  
・地 理 40ページ～49ページ      ・数 学 50ページ～51ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は，手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり，持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが，どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は，持ち帰ってください。また，試験終了時刻まで退室できません。

# 生 物

すべての問いについて、解答は答案用紙の指定された枠内に収めること。

**1** 次の文章を読み、以下の問1～問6に答えなさい。

動物細胞の細胞周期は  $G_1$ 、S、 $G_2$ 、M の4期に分けられる。このうち  $G_1$ 、S、 $G_2$  の3期が間期、M期が分裂期である。細胞周期を制御するしくみを調べるために以下の【実験1】を行った。ただし、卵母細胞はすべて一次卵母細胞をさす。

【実験1】 野外で採集したカエルを  $4^{\circ}\text{C}$  において冬眠状態にし、そのメスから卵巣を摘出して卵母細胞を採取した。卵母細胞は減数分裂第一分裂の  $G_2$  期で細胞周期の進行が停止しており、核膜が観察された。

卵巣から採取した卵母細胞を、プロゲステロン(卵母細胞の成熟を促進する物質)を含む溶液に20分間入れてから取り出すと、20時間後に核膜が崩壊し、30時間後に第一極体が放出された。40時間後には、減数分裂の第二分裂のM期に達した。

卵巣から採取した卵母細胞を2つのグループに分け、一方を上記のようなプロゲステロン処理群、もう一方を未処理群とした。そこで、プロゲステロン処理群の、処理して2時間後の細胞、15時間後の細胞、25時間後の細胞、40時間後の細胞のそれぞれから細胞質を取り出し、未処理群の卵母細胞に注入した。その後、細胞質が注入された卵母細胞を1時間観察し、核膜が崩壊して紡錘体が出現した卵母細胞の割合をまとめた結果が表1である。

表1 プロゲステロン処理群の卵母細胞から2, 15, 25, 40時間後に細胞質を取り出して未処理群の卵母細胞に注入したときの結果

注入する細胞質を取り出した時間	2時間後	15時間後	25時間後	40時間後
核膜が崩壊して紡錘体 が出現した卵母細胞の 割合(%)	0	72	5	0

問1 下線部①のプロゲステロン処理をしてから20～30時間の卵母細胞は、細胞周期G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub>, M期のどこにあると考えられるか、G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub>, Mの記号で答えなさい。

問2 【実験1】の結果から考えられる細胞周期を制御するしくみとして最も適切なものを以下の(ア)～(エ)の中から1つ選び、記号で答えなさい。また、それを選んだ理由についても説明しなさい。

- (ア) プロゲステロンは卵母細胞の細胞周期の進行に対して何の効果ももたない。
- (イ) 細胞質を注入した卵母細胞の細胞周期を進行させたのはプロゲステロンである。
- (ウ) プロゲステロン処理した卵母細胞内で細胞周期を進行させる因子が作られた。
- (エ) 卵母細胞内にあった細胞周期の進行を抑制する因子がプロゲステロン処理によって分解された。

問 3 プロゲステロン処理群の卵母細胞から未処理群の卵母細胞への細胞質の注入実験では、「注入」という機械的刺激により卵母細胞の成熟が始まったのではないか、という批判が提示された。そうではないことを、この実験結果を用いて説明しなさい。

問 4 細胞周期の S 期を特徴づける細胞内の現象を 1 つ挙げなさい。

問 5 減数分裂において形成される娘細胞のうち、極体では、その細胞の大きさが著しく小さくなるが、その理由として、誤りであるものを次の(ア)~(エ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 細胞周期を再開するため
- (イ) 中心体をすべての卵から排除するため
- (ウ) 卵黄を卵に多く分配するため
- (エ) 第一極体の染色体数を卵母細胞の半分にするため

問 6 M 期の後期から終期にかけてみられる紡錘体の伸長には、紡錘体の微小管上にあるモータータンパク質が重要な働きをする。図 1 A の破線で囲まれた部分を拡大すると、図 1 B のような構造がみられる。微小管が 2 本相對しており、その間にある 2 個のモータータンパク質どうしは互いに結合している。微小管には方向性があり、中心体に結合している側を - 端、その反対側を + 端と呼ぶ。モータータンパク質(ア)とモータータンパク質(イ)が微小管上を移動することによって、微小管上の 2 点 P と Q が離れると、紡錘体は伸長する。図 1 C には、微小管上を移動する 2 種類のモータータンパク質 a とモータータンパク質 b を示す。矢印はそれぞれの移動方向を示す。以下の(1)~(2)に答えなさい。

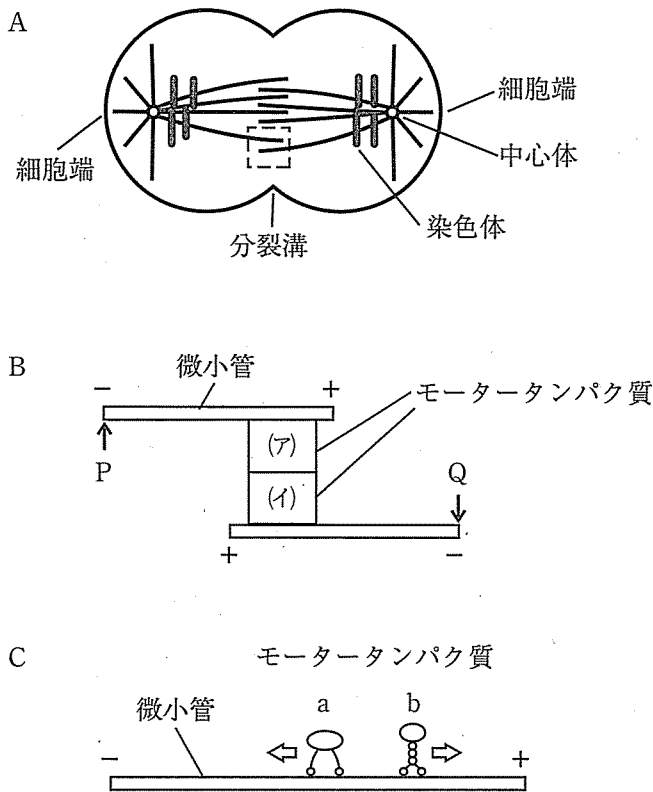


図1 M期後期から終期にかけてみられる細胞構造(模式図)

A：紡錘体(中心体とそこから伸びる微小管)と染色体

B：Aの破線で囲まれた部分の拡大図。PとQはそれぞれ微小管上の位置

C：微小管上の2種類のモータータンパク質(矢印はそれぞれの移動方向)

(1) 図1Bの(ア)および(イ)に入るモータータンパク質をそれぞれaおよびbから選び、記号で答えなさい。

(2) 中心体は細胞端に常に引き寄せられている。これは、紡錘体の細胞端側の微小管上のモータータンパク質が細胞膜に結合しているためである。このモータータンパク質はaまたはbのどちらと考えられるか。記号で答えなさい。

2

次の文章を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

陸上に生育している緑色植物の多くは、光エネルギーを用いて二酸化炭素と水から有機物を合成する光合成を行っている。一般に光エネルギーは植物体内の色素分子によって吸収される。光合成に使われる色素は光合成色素と呼ばれ、緑色植物にはクロロフィルやカロテノイドなどがある。光エネルギーはこれらの光合成色素群によって捕集され、吸収された光エネルギーは最終的に光化学系の反応中心にある特殊なクロロフィルに伝達されて光化学反応が駆動される。この光化学反応は葉緑体のチラコイド膜にある光化学反応系によって行われるが、光化学反応系には光化学系Ⅰ(PSⅠ)と光化学系Ⅱ(PSⅡ)の2種類が存在する(図2)。それぞれの光化学反応中心に存在する特殊なクロロフィルは、光合成色素群によって捕集された光のエネルギーを利用して活性化され、電子受容体へ電子 $e^-$ を供与することによって、吸収した光エネルギーを化学エネルギーに変換する。光化学反応中心に存在する特殊なクロロフィルは電子を供与すると酸化された状態になるが、それが再び還元される際、PSⅠではプラストシアニンというタンパク質が、PSⅡでは水が電子を供与する。

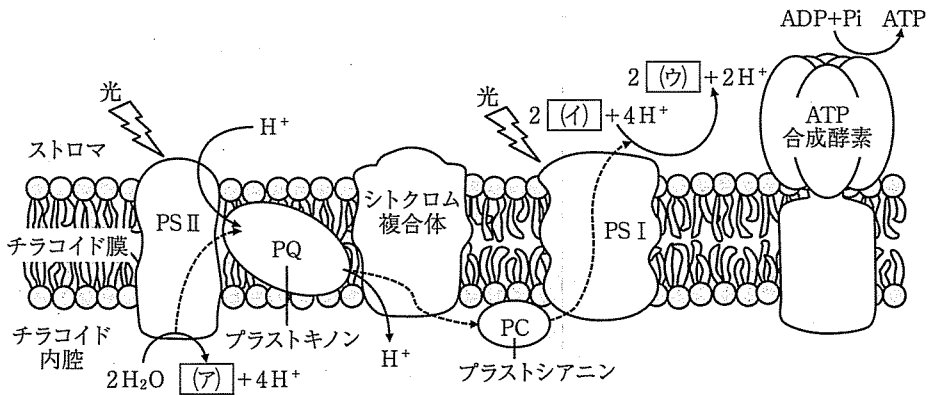


図2 チラコイド膜で起こる反応

電子 $e^-$ は破線で示すように、光化学系Ⅱから放出され、プラストキノン、シトクロム複合体、プラストシアニンの順に伝達され、光化学系Ⅰに渡される。PSⅠは光化学系Ⅰを、PSⅡは光化学系Ⅱを、Piはリン酸を示す。

問 1 図 2 の空欄(ア)～(ウ)に入る最も適したものを以下の中から選びなさい。

$\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{NADP}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{NADPH}$ ,  $\text{ADP}$ ,  $\text{ATP}$ , 電子  $e^-$

問 2 光化学反応と電子伝達系により、チラコイド膜の内外で  $\text{H}^+$  の濃度勾配が生じる。この現象について以下の(1)～(2)に答えなさい。

(1) チラコイド内腔側とストロマ側では、どちらの  $\text{H}^+$  濃度が相対的に高くなっているか答えなさい。答えは、「チラコイド内腔側」あるいは「ストロマ側」とすること。

(2) 図 2 に示す光合成過程では、光のエネルギーを利用して、物質(ウ)と ATP が生成される。 $\text{H}^+$  の濃度勾配を解消する物質を加えて光を照射した場合どのようなことが起こると考えられるか。以下の(a)～(d)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 物質(ウ)と ATP の両方が生成される。
- (b) 物質(ウ)は生成されるが ATP は生成されない。
- (c) 物質(ウ)は生成されないが ATP は生成される。
- (d) 物質(ウ)も ATP も生成されない。

問 3 光合成の過程では ATP が合成される。ATP は一般的に生体内で様々な役割を果たすことが知られているが、以下の(e)~(h)の中から ATP が使われていないものを 1 つ選び、記号で答えなさい。また、それを選んだ理由についても説明しなさい。

- (e) 解糖系におけるグルコースからピルビン酸への反応
- (f) DNA の構成単位
- (g) 細胞膜にあるナトリウムポンプによる能動輸送
- (h) 筋収縮におけるアクチンフィラメントとミオシンフィラメント間の滑り運動

問 4 光合成におよぼす光の波長の効果を調べる目的で、ある緑色植物を用いて以下の【実験 2】~【実験 4】を行った。

【実験 2】 植物に 640 nm から 700 nm までの波長の光をそれぞれ照射して、吸収された光当たりの光合成活性を波長ごとに測定した。その結果、680 nm から 700 nm までの長波長側の光では、640 nm から 680 nm までの短波長側の光に比べ、光合成活性が低下することが示された。

【実験 3】 長波長側である 690 nm の光は葉緑体のシトクロム複合体を酸化するのに非常に効果的であった。この 690 nm の光と同時に短波長側の 650 nm の光も照射すると、図 3 のように、シトクロム複合体の一部が還元されることが示された。



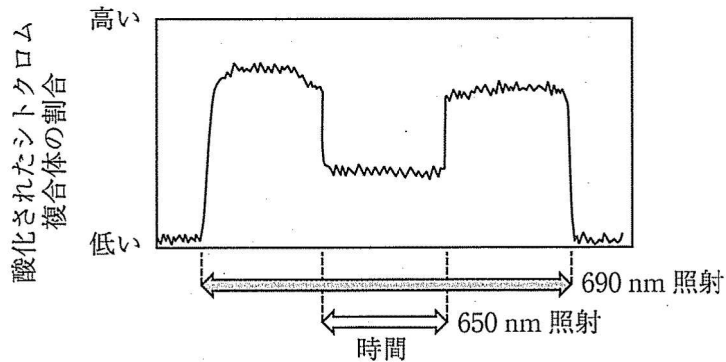


図3 光照射条件を変えた時のシトクロム複合体の酸化・還元状態の変化

図の下に示す灰色の矢印は 690 nm の波長の光を照射していた時間帯を、白色の矢印は 650 nm の波長の光を照射していた時間帯を示す。矢印のない部分は光を照射していない。

【実験4】 短波長側の 650 nm の光と長波長側の 690 nm の光を、それぞれ単独、または同時に照射して光合成速度を比較した。その結果、図4に示すように、同時照射の場合の光合成速度が、それぞれの単独照射の場合の光合成速度の和よりも大きくなることが分かった。

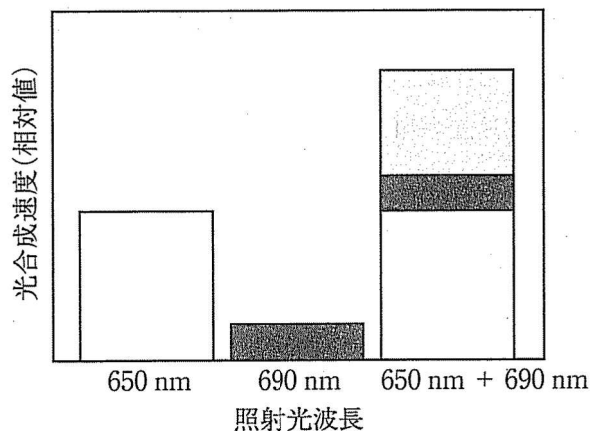


図4 650 nm 単独照射, 690 nm 単独照射, 650 nm と 690 nm の同時照射における光合成速度の比較

灰色の部分が同時照射による光合成速度の増加分である。

【実験2】～【実験4】の結果および図2に示されているチラコイド膜での反応の模式図を参考にして、以下の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 2つの光化学系であるPS IとPS IIに関する記述として正しいものを以下の(i)～(k)の中から1つ選び、記号で答えなさい。また、その理由も説明しなさい。

(i) PS Iは主に690 nmの長波長側の光で駆動され、PS IIは主に650 nmの短波長側の光で駆動される。

(j) PS Iは主に650 nmの短波長側の光で駆動され、PS IIは主に690 nmの長波長側の光で駆動される。

(k) PS I、PS IIともに短波長側および長波長側の両方の光で駆動され、波長に対する応答性は両光化学系に差はない。

(2) 【実験2】において、680 nmから700 nmまでの長波長側の光だけを照射した時に光合成効率が低下するのはなぜか。その理由を説明しなさい。

(3) 【実験4】において、650 nmと690 nmの2つの波長の光を同時照射した場合の光合成速度が、それぞれ単独の波長の光を照射した場合に得られる光合成速度の和よりも大きくなるのはなぜか。その理由を説明しなさい。



3 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えなさい。

ある細菌Aにとって、物質Yは増殖に欠かせない物質である。図5に示すように、細菌Aにおいて、物質Yは物質Xから3つの物質ア、イ、ウを經由して、4つの酵素E1～E4の働きで作られる。遺伝子e1～e4は、酵素E1～E4の各遺伝子である。

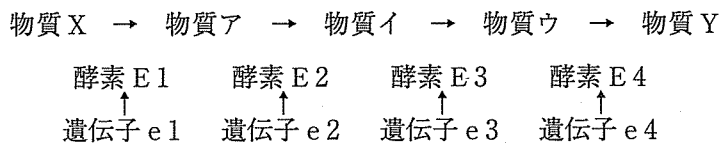


図5 細菌Aにおける物質Xから物質Yが作られる過程

細菌Aの野生株を放射線処理し、4つの変異株(M1～M4)を得た。それぞれの変異株では、遺伝子e1～e4のいずれか1つに突然変異が起こり、その遺伝子から合成される酵素が機能を失っていた。表2は野生株と得られた4つの変異株に関して、培地に添加した物質と各細菌株の増殖との関係を示している。

表2 培地に添加した各物質が、細菌Aの野生株と4つの変異株(M1～M4)それぞれの増殖におよぼす影響(○は増殖したことを、×は増殖しなかったことを示す)

細菌株	培地に添加した物質				
	X	ア	イ	ウ	Y
野生株	○	○	○	○	○
M1	×	×	×	○	○
M2	×	×	○	○	○
M3	×	×	×	×	○
M4	×	○	○	○	○

問 1 変異株 M1～M4 のそれぞれにおいて、突然変異が起こったと思われる遺伝子名を e1, e2, e3, あるいは e4 の記号で答えなさい。

問 2 酵素 E1 と E3 の両方の機能を失った変異株があるとする。培地に表 2 と同じ各物質を添加してこの株の増殖を調べた場合、予想される結果を解答欄に○, ×で答えなさい(○は増殖したことを, ×は増殖しなかったことを示す)。

問 3 遺伝子 e2 に突然変異が起こった変異株および遺伝子 e3 に突然変異が起こった変異株のそれぞれを、培地に物質 X を大量に添加して培養すると、e2 の変異株の細胞内には物質 A が、e3 の変異株の細胞内には物質 I が大量に蓄積した。しかし、遺伝子 e4 に突然変異が起こった変異株を、培地に物質 X を大量に添加して培養しても、物質 U は少量しか蓄積せず、物質 X の量もわずかに減っただけであった。どのようなフィードバック調節のしくみが存在すると、物質の蓄積の仕方がこのように変異株ごとに異なると考えられるか説明しなさい。ただし、それぞれの遺伝子の突然変異により酵素の機能は失われたものとする。

問 4 細菌 A の野生株を放射線で処理し、さらに 2 つの変異株 (M5 および M6) を得た。これらの変異株はどちらも遺伝子 e1 に突然変異が起こり、酵素 E1 の機能が失われていた。そこで、以下の【実験 5】を行った。この実験結果に基づき、以下の (1)~(4) に答えなさい。

【実験 5】 野生株、変異株 M5、変異株 M6 それぞれの細胞から DNA を抽出して PCR 法によって遺伝子 e1 を含む DNA 領域を増幅した (図 6A)。PCR 法により増幅した DNA を電気泳動法により分離し、DNA を染色した結果を図 6B に示す (ただし、DNA の 1 塩基対の長さの違いを区別することができる方法を用いた)。また、野生株、変異株 M5、変異株 M6 それぞれの細胞からタンパク質を抽出して酵素 E1 を精製した。精製された E1 を電気泳動法により分離し、タンパク質を染色した結果を図 6C に示す (ただし、タンパク質を構成するアミノ酸 1 つ分の長さの違いを区別することができる方法を用いた)。

図 6 右ページに示す【実験 5】の結果

- A : 遺伝子 e1 を含む DNA 領域の模式図。黒く塗りつぶした部分が遺伝子 e1 に相当する。PCR 法により増幅した DNA 領域の両端の塩基配列も示す。
- B : 野生株、変異株 M5、変異株 M6 それぞれの細胞から抽出した DNA をもとに上記 A の DNA を PCR 法により増幅した後、電気泳動法によって分離し、DNA を染色した結果 (図の灰色の帯) を示す。
- C : 野生株、変異株 M5、変異株 M6 それぞれの細胞から抽出して精製した酵素 E1 を電気泳動法によって分離し、タンパク質を染色した結果 (図の灰色の帯) を示す。

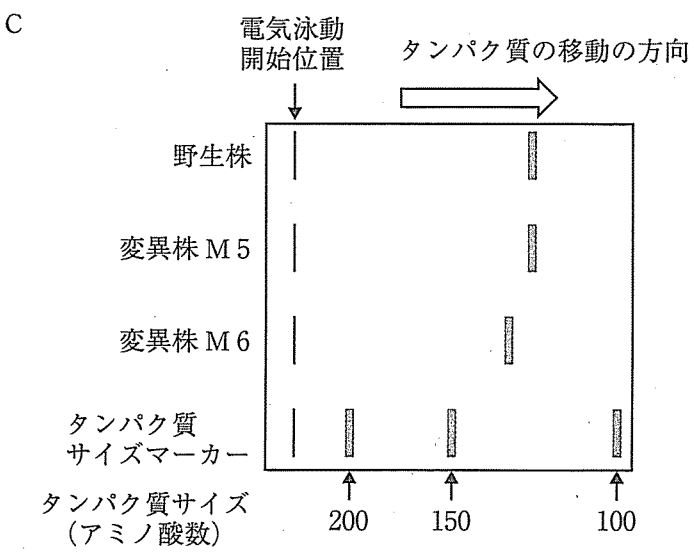
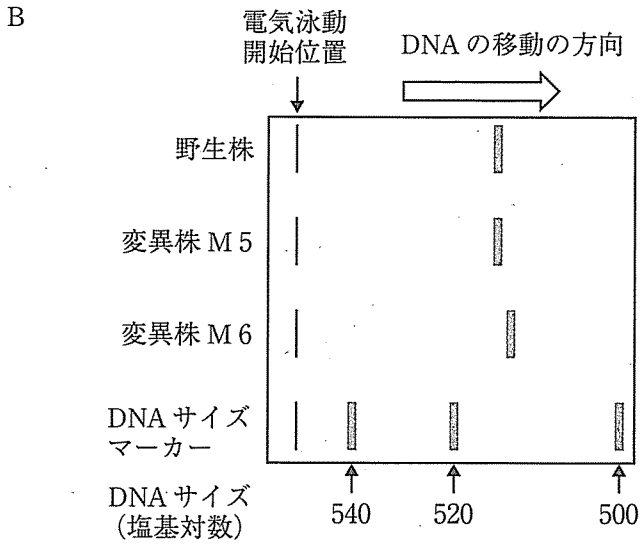


図6 (この図の説明は左ページ下段)

- (1) 図 6 A に示した遺伝子 e1 を含む DNA 領域を PCR 法で増幅するために必要な 2 種類のプライマーを以下の(a)~(f)の中から選び、記号で答えなさい。ただし、今回の PCR には 10 個のヌクレオチドがつながったプライマーを用いたとする。

- (a) 5'-AGCTATTCGC-3'
- (b) 5'-GCGAATAGCT-3'
- (c) 5'-TCGATAAGCG-3'
- (d) 5'-GGATGGCATC-3'
- (e) 5'-GATGCCATCC-3'
- (f) 5'-CCTACCGTAG-3'

- (2) 野生株の DNA をもとに遺伝子 e1 を含む DNA 領域を PCR 法で増幅しようとしたが、間違って 1 種類のプライマーしか反応液に加えなかった。その反応液を、まず 95℃に 2 分間置き、次に 95℃に 10 秒間、55℃に 30 秒間、72℃に 60 秒間置くというサイクルを 30 回繰り返した後、72℃に 3 分間置き、最後に 4℃まで冷却した。最初に加えた野生株の DNA の数を N 個としたとき、4℃に冷却した反応液の中に存在するプライマー以外の DNA を以下の(g)~(l)の中からすべて選び、記号で答えなさい。なお、DNA の合成は正常に行われたものとする。

- (g) N 個の一本鎖 DNA
- (h)  $30 \times N$  個の一本鎖 DNA
- (i)  $2^{30} \times N$  個の一本鎖 DNA
- (j) N 個の二本鎖 DNA
- (k)  $30 \times N$  個の二本鎖 DNA
- (l)  $2^{30} \times N$  個の二本鎖 DNA



(3) 図6Bおよび図6Cの結果をもとに、変異株M5の遺伝子e1には、塩基の置換、塩基の挿入、塩基の欠失のうち、どの突然変異が起こったと考えられるか答えなさい。また、その突然変異によって酵素E1のアミノ酸配列にどのような変化が起こったと考えられるか答えなさい。

(4) (3)と同様に、変異株M6の遺伝子e1には、塩基の置換、塩基の挿入、塩基の欠失のうち、どの突然変異が起こったと考えられるか答えなさい。また、その突然変異によって酵素E1のアミノ酸配列にどのような変化が起こったと考えられるか答えなさい。

問5 細菌Aは、植物Bの根から分泌される物質Xに引き寄せられて根の中に侵入し、植物Bの余剰な物質Xを利用していた。しかし、細菌Aに特異的に作用する抗生物質を植物Bに投与して細菌Aを除去すると、植物Bは枯れてしまった。以下の(1)~(3)に答えなさい。

(1) 一般的に、2種の生物の間関係を以下のように0, +, -の3つの記号で表わすと、表3に示すように6通りの種間関係が存在する。

0 : 種間で利益を得ることも、不利益を被ることもない。

+ : 相手の種から利益を得る。

- : 相手の種から不利益を被る。

表3の(m)および(n)には、0, +, -のどれが入るか。記号で答えなさい。

表3 2種の生物の間にみられる6通りの種間関係

番号	一方の種	他方の種	種間関係
1	0	0	無関係
2	0	+	片利共生
3	0	-	片害共生
4	+	+	相利共生
5	(m)	(n)	捕食または寄生
6	-	-	(o)

(2) 表3の番号6の種間関係を表す適切な語句(o)を答えなさい。また、その種間関係の具体例を以下の(p)~(u)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

(p) 大きなエイと、その腹側に付くコバンザメ

(q) レンゲという植物と、その花に来るミツバチ

(r) 餌台においたヒマワリの種子を食べに来るシジュウカラとヤマガラという2種の鳥

(s) 照葉樹林の樹冠を形成するシイとタブという2種の樹木

(t) アフリカのサバンナに棲むライオンとシマウマという2種の哺乳類

(u) ヒトにマラリアという病気を引き起こすマラリア原虫と、その原虫を媒介するハマダラカという蚊

(3) 細菌Aと植物Bの種間関係は、表3のどの関係に相当すると考えられるか。表3にある1~6の番号から1つ選び、数字で答えなさい。

