

L 3 物理 L 4 化学 L 5 生物

この冊子は、**物理**，**化学** および **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は、物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は、物理・化学・生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 14 ページまであります。 化学の問題は、15 ページより 33 ページまであります。 生物の問題は、34 ページより 67 ページまであります。
--

〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用紙に志望学科と受験番号を記入してください。また、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号と志望学科をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
 - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
 - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
 - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえで、新たにマークしてください。
 - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。2 箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
 - ⑤ 解答用マークシート上部に記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。

生 物

1 DNA およびウイルスに関する以下の問いに答えなさい。

(34 点)

- (1) DNA と RNA の構造および機能に関する以下の文章中の空欄にあてはまる最も適切な語句を解答群 A から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

DNA を構成するヌクレオチドは、塩基と糖、そしてリン酸基から構成されている。DNA では、塩基は、アデニン(A)、グアニン(G)、チミン(T)、シトシン(C)の4種類である。RNA を構成している糖は (ア) であり DNA を構成している糖は (イ) である。2本鎖 DNA 分子のそれぞれの鎖には方向性があることが知られている。これらの糖は5個の炭素原子を含んでおり、それぞれの炭素原子には、1' から 5' までの番号がふられている。ヌクレオチドにおいては、5' の炭素原子にリン酸基が結合している。DNA が複製されるときには、3' の炭素原子に、次のヌクレオチドが結合していくため、DNA 合成反応は 5' から 3' 方向に進行する。

ウイルスが感染する宿主細胞においては、細胞内の主要な RNA 分子として、mRNA、tRNA そして rRNA の三種類がある。ヒトやマウスの細胞においては、遺伝子の配列は分断されており、最初はイントロンを含む mRNA 前駆体が (ウ) の中で合成される。この後、スプライシング反応によりイントロンが除かれると、mRNA は、さまざまな細胞内小器官が存在している (エ) へと運ばれる。次に、mRNA によって運ばれた遺伝情報をもとにして翻訳によってタンパク質が合成される。この翻訳の反応は、rRNA とタンパク質によって構成されている (オ) において行われる。

ウイルスは、タンパク質などでできた殻と遺伝物質からなる非常に小さな粒子である。ウイルスは細胞構造を持たず、それ自身では代謝を行わず、増殖することもできない。しかしながら宿主細胞に感染することで、ウイルスは増殖

できる。ウイルスは、その遺伝物質が DNA のものと RNA のものとに分けられ、前者は DNA 型ウイルスとよばれ、後者は RNA 型ウイルスとよばれる。DNA 型ウイルスが細胞に感染した後、ウイルス遺伝子の転写反応は宿主細胞の転写機構を用いて行われる。また、ウイルス遺伝子の mRNA 前駆体には宿主細胞遺伝子の mRNA 前駆体同様にイントロンをもつものが存在することが知られている。

解答群 A

- | | | | |
|----------|---------|------------|--------|
| ① ガラクトース | ① リボソーム | ② リボース | ③ ゴルジ体 |
| ④ 核 | ⑤ グルコース | ⑥ チミン | ⑦ ウラシル |
| ⑧ 細胞質 | ⑨ 細胞膜 | ⑩ デオキシリボース | |

- (2) S ウイルスとサル細胞を用いておこなった以下の実験に関する問いに答えなさい。

DNA 型ウイルスの 1 種である S ウイルスはアフリカミドリザルとよばれるサルから見つかったウイルスであり、その遺伝物質は二本鎖の DNA であり、環状の形をしている。また、S ウイルスのある遺伝子は、細胞の癌化を引き起こす能力を有している。シャーレで培養したアフリカミドリザルの細胞(以後、サル細胞とよぶ)にウイルス液(ウイルス粒子を含んでいる培養液)を加えると、図 1 に示したようにウイルスは細胞内に入り込み、細胞内で効率よく増殖した後、細胞を死滅させる。その過程を細かくみると、感染の初期にウイルス DNA の複製が行われ、次いで、ウイルス粒子の殻を構成するタンパク質が合成され、細胞内でウイルス粒子が多数できあがる。その後、細胞は破壊されて、多数のウイルス粒子が細胞から飛び出して、周辺の細胞に感染する。このようにウイルスの増殖と細胞の破壊そして再感染が次々とおきるため、シャーレいっぱい増やしたサル細胞に 1 個のウイルス粒子を加えるだけで、シャーレ全体の細胞が死滅してしまう。野生型の S ウイルスにおいては、サル細胞中で増殖してできたウイルス粒子の全てが感染能力をもつものとする。

細胞を死滅させるためにはウイルスの増殖が効率よく進み、大量のウイルス粒子ができることが必要である。サル細胞では、ウイルスは効率よく増殖し全ての細胞を死滅させるが、ウイルス液を加える細胞の種類によって、一部の細胞のみ死滅する場合、あるいは全く死滅しない場合があることが知られている。

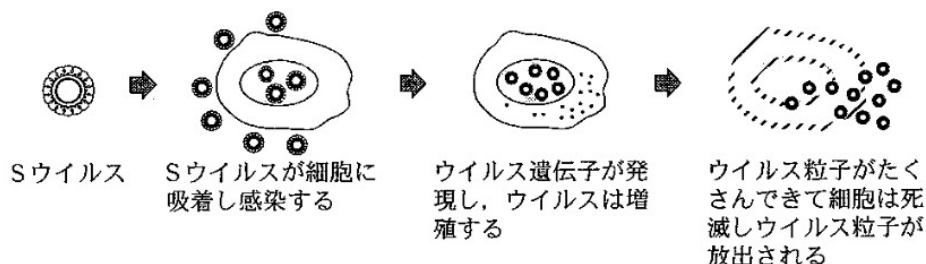


図1 Sウイルスを含むウイルス液を培地に加えた後における現象

実験1 ウイルス粒子数の測定

最初に、以下のような方法で、ウイルス粒子数を測定する実験を行った。マルチウエルプレート(横12列、縦8列で合計96個の穴があいているプレート)は、96個のシャーレを一枚のプレートにまとめたような構造をしており、個々の穴(ウエル)は1枚のシャーレと見たてることができる。図2に示したように各ウエルはAからHまでの記号と1から12までの番号とによって指定することができる。

1) ウイルス液の段階的希釈

測定対象のウイルス液に含まれているウイルス粒子数を調べるために、このウイルス液を段階的に希釈した。希釈には細胞培養用の培地を使用して、1回の希釈により濃度が十分の一になるように希釈した。すなわち、1 mLのウイルス液の原液に対して9 mLの細胞培養用の培養液を加えてよく混ぜることにより、ウイルス液は10倍に希釈される。この希釈を繰り返して行うことにより、 10^2 倍希釈液、 10^3 倍希釈液、 10^4 倍希釈液というように10倍ごとに希釈されたウイルス液ができる。1ウエルには0.2 mLのウイルス液を加える。ウイルスの粒子は液体中では均一に分布しており、濃度が十分に低くなると、1

個のウイルス粒子が含まれるウエルとウイルス粒子が全く含まれないウエルがでてくる(図2のF列参照)。ここでは、複数のウイルス粒子が塊になることはなく、1つのウエルに2個のウイルス粒子が含まれる確率をゼロと見なすこととする。

2) マルチウエルプレートでの細胞の培養とウイルス感染

ウイルス感染を行うのに先立ち、サル由来のX細胞を図2に示したマルチウエルプレートの各ウエルの中で培養しておく。右側の二つのウエル(左から11列目と12列目)はウイルスを感染させない対照実験用として使用した。

ウイルス液を各ウエルあたり0.2 mL加えた後、5日間、培養を続けると全ての細胞が死滅したウエルと変化が見られないウエルができて、その違いは肉眼でも判定することができた。またウイルスを感染させてから6時間後に細胞を電子顕微鏡で観察すると、ウイルスはさかんに増殖していて、感染直後と比べてウイルスの粒子数は大幅に増加していた。各ウエルに加えたウイルス液は以下の通りである。A1からA10まではウイルス液の原液を、B1からB10までは10倍希釈液を、C1からC10までは 10^2 倍希釈液を、D1からD10までは 10^3 倍希釈液を、E1からE10までは 10^4 倍希釈液、F1からF10間では 10^5 倍希釈液を、G1からG10までは 10^6 倍希釈液を、H1からH10までは 10^7 倍希釈液をそれぞれ加えた。図2に結果を示した。

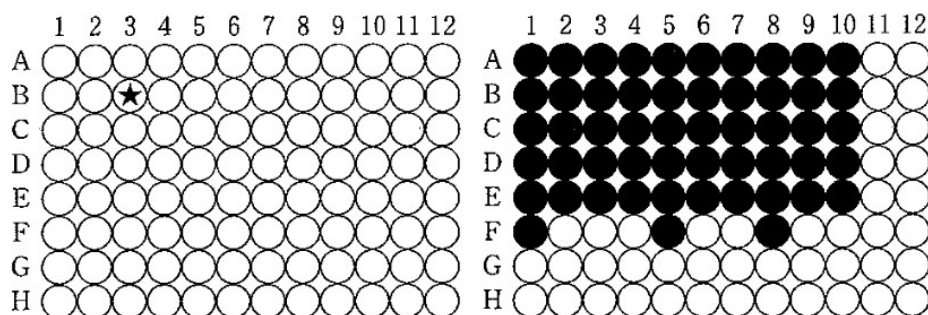


図2 96穴マルチウエルプレートの模式図

上の図にあるように、各ウエルはアルファベットと数字により特定される。例えば、左から3列目で上から2列目のウエル(★)はB3のウエルと呼ばれる。実験結果は図の右に示した。●で示されたウエルでは全ての細胞が死滅しており、細胞の残骸のみが観察された。

この実験をさらに3回繰り返して行ったところ、図2と異なる結果が得られたウエルはF1からF10のウエルのみであった。第2回目の実験および第3回目の実験では、10ウエル中4つのウエルで細胞が死滅していた。第4回目の実験では、第1回目と同様、3つのウエルで細胞が死滅していた。

これら4回の実験結果から、この実験で使用したウイルス液の原液1 mLに含まれるウイルス粒子数はいくらかを計算し、以下の空欄にあてはまる最も適した数字をマークしなさい。小数点以下については四捨五入すること。なお解答値が1桁の場合には、10、100の位に0を入れ、2桁の場合には100の位に0を入れなさい。

100の位 10の位 1の位

(ア)
(イ)
(ウ)
 $\times 10^4$

- (3) Sウイルスとヒト細胞およびマウス細胞を用いて行った、以下の実験に関する問いに答えなさい。

実験2 発癌活性の検出実験

あるマウスの細胞(ここではY細胞とよぶ)は、シャーレの底の一面に単層状態で増えると増殖を停止する。ところが、細胞を癌化する機能を有する遺伝子、いわゆる発癌遺伝子を導入すると容易に癌化し、一定の割合で、一層構造から盛り上がって多層化して増える細胞が出現する。このようにして、細胞を癌化する機能を持つ遺伝子を効率よく見つけることができる。このように盛り上がって増える細胞はかたまり状になり、出現した細胞塊はフォーカスとよばれる。発癌遺伝子を持つ癌ウイルスを感染させることでもこのようなフォーカスの形成が見られる。

Y細胞がシャーレの底の一面まで増えた時点で、実験1で使用したウイルス液の原液を10 mL加えて、シャーレ全面に均一に広げた後に、細胞を培養して観察を行った。ウイルスを培地に加えてから6時間後の細胞内のウイルス粒子の数を電子顕微鏡で調べると、その個数は、細胞あたり1~2個程度であり、翌日もその数がふえることはなかった。細胞をさらに1週間ほど培養したところ、シャーレのあちこちにフォーカスが見られるようになった。シャーレ5枚で同様の実験を行ってみたところ、その個数はシャーレあたり平均20個であった。このとき、フォーカスを形成している細胞でも、フォーカスから離れている細胞でも、細胞内にウイルスの粒子は観察されなかった。

同様の実験をヒト由来の細胞であるZ細胞を用いて行った。加えたウイルス液、培地の量、培養時間などはY細胞での実験と同じ条件とした。実験1で使用したウイルス液の原液を実験1と同様にシャーレに加えてから1時間後に細胞内のウイルス粒子の有無を調べたところ、全ての細胞内にウイルス粒子が存在することが電子顕微鏡による観察で明らかとなった。その後、経時的に観察するとマウス細胞の時とは異なる現象が観察された。すなわち、ウイルス液を加えた後、2割程度の細胞は3日後には細胞の形態が崩れて、シャーレから離れて死んでしまった。生き残った細胞を電子顕微鏡で観察したところ、マ

ウス細胞の場合と同様にウイルス粒子が観察されたが、細胞あたりのウイルスの粒子数は、細胞あたり 100 個程度であった。さらに 1 週間、培養を続けたところ、死ななかつた細胞は増殖を続け、やがてシャーレ一面に広がって増殖を停止した。ヒト細胞でもフォーカスは観察されたが、マウス細胞での実験よりも、その数ははるかに多く、シャーレあたり、100 個を超えていた。

実験 1 および実験 2 の結果を以下の表にまとめた。表の空欄を埋めるのに最も適した語句を解答群 B から選びその数字を解答用マークシートにマークしなさい。

	S ウイルスの 感染能力	S ウイルスの 細胞内での増殖
サル X 細胞	感染できる	増殖できる
マウス Y 細胞	(ア)	(ウ)
ヒト Z 細胞	(イ)	(エ)

解答群 B

- ① 感染できる ① 感染できない ② 増殖できる
③ 増殖できない ④ どちらともいえない

- (4) S ウイルスの各遺伝子を個々にクローニングして行った、遺伝子導入に関する実験について、以下の設問に答えなさい。

実験 3 個々の遺伝子による形質転換

ウイルスの殻を構成するタンパク質、ウイルス DNA の複製反応において宿主細胞のタンパク質とともに機能するタンパク質、上記のように細胞の癌化において重要な働きをしているタンパク質の遺伝子が S ウイルスには存在している。

Sウイルスには、図3に示したように、遺伝子M1、遺伝子M2、遺伝子M3、遺伝子M4、遺伝子N1、遺伝子N2そして遺伝子N3という7つの遺伝子が存在している。これら7つの遺伝子に対応するDNA断片A～Gを二つずつ組み合わせてマウス由来のY細胞に導入した。なおこれらのDNA断片はウイルス遺伝子のイントロンを除いたものである。

遺伝子導入を行ってから10日後にシャーレごとのフォーカスの数を数え、その結果を表1に示した。

導入した DNA断片	A	B	C	D	E	F	G
A	0	0	0	15	0	0	0
B		0	0	16	0	0	0
C			0	13	0	0	0
D				15	26	14	15
E					0	0	0
F						0	0
G							0

表1 マウス細胞に2種類(同じものどうしも含む)の遺伝子を導入した実験の結果。

(A) Sウイルスにおいては、N1遺伝子がマウス細胞におけるフォーカス形成に重要な役割を担っており、N2は、それ単独では、フォーカス形成能力はないが、N1のはたらきを増強することがわかっている。Sウイルスの遺伝子N1、N2に相当する最もふさわしいDNA断片を解答群Cから選び、解答用マークシートにその番号をマークしなさい。

遺伝子N1 (ア)

遺伝子N2 (イ)

解答群C

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ① DNA 断片 A | ① DNA 断片 B | ② DNA 断片 C |
| ③ DNA 断片 D | ④ DNA 断片 E | ⑤ DNA 断片 F |
| ⑥ DNA 断片 G | | |

(B) 図3には、Sウイルスの遺伝物質の構造と各遺伝子の mRNA 構成を示した。遺伝子 N1、遺伝子 N2そして遺伝子 N3は共通の転写開始点をもつが、スプライシングで除かれる部分や、転写終結点が異なることにより、異なるタンパク質ができあがる。以下の記述において正しいものには①を、間違いを含むものには②を選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (a) mRNA が翻訳されてタンパク質ができるときには、開始コドンである AUG から翻訳が始まる。開始コドンに対応するアミノ酸は、システインであり、このアミノ酸は SH 基を含んでいる。
- (b) Sウイルスの DNA の複製反応は図3において ori で示した部分から始まるが、ウイルス DNA 複製反応は両側に進むことはなく、宿主細胞の DNA 複製反応と同様に、ランダムに選ばれた一方向に進行する。
- (c) 遺伝子 N3 の最初のエクソンに対応する部分に1塩基欠失するような突然変異がおきると、遺伝子 N3 の第一エクソンは、他の二つの遺伝子の第一エクソンに含まれるため N1 から N3 の全ての遺伝子に突然変異がおきることになる。
- (d) 遺伝子 N1 の二番目のエクソンに対応する部分の DNA に、ある塩基が別の塩基に置き換わるような突然変異を導入すると、突然変異を導入する場所によってはウイルス DNA の塩基配列が変化しても、最終的に合成される N1 タンパク質のアミノ酸配列には変異が生じない場合がある。
- (e) 遺伝子 N1 から遺伝子 N3 では、mRNA の最初の配列は全て AUG となっているため、mRNA の末端から翻訳反応がおきる。このウイルスの宿主であるサル細胞の全ての遺伝子の mRNA の最初の配列は、やはり、AUG である。

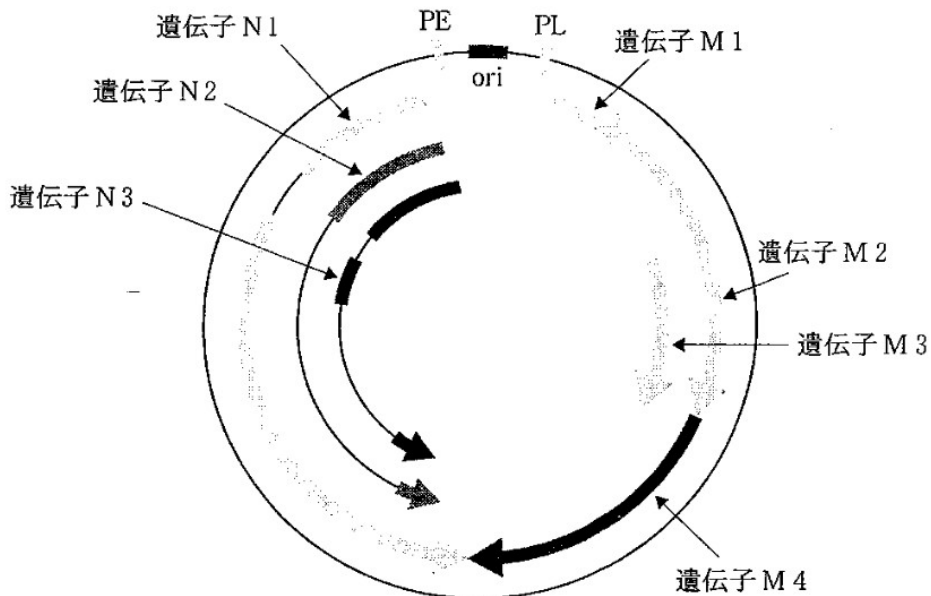


図3 Sウイルス粒子に含まれる遺伝物質の模式図

遺伝子 N1, N2, N3 の遺伝子の mRNA の転写開始点は共通である。遺伝子 N1 と N2 の第一エクソンの長さは同じであるが、N3 遺伝子の第一エクソンは、他の遺伝子よりも短い。図中の PE は遺伝子 N1, N2, N3 の転写に必要な配列であり、PL は同様に遺伝子 M1 ~ M4 の転写に必要な配列である。ori はウイルス DNA の複製反応が開始するために必要な配列である。図中の矢印の向きは転写の方向を示し、各遺伝子の太線はエクソンを細線はイントロンを示している。

(5) 突然変異型ウイルス DNA を用いた実験

複数の機能を有するタンパク質においては、それぞれの機能を担う部分が独立している例があり、N1 遺伝子においては、ウイルス DNA の複製において重要なはたらきをしている部分と、細胞の癌化において重要なはたらきをしている部分は独立してそれぞれがはたらく。そのため、それぞれの部分に突然変異を導入した 2 種類の変異株を細胞に同時に感染させると、突然変異によって失われたそれぞれの機能を補い合う。

実際、N1 遺伝子に突然変異を導入してみたところ、突然変異を導入する部位により、異なる結果が得られた。遺伝子 N1 のある特定の部分に突然変異を導入したウイルス(1 型変異株)を十分量含むウイルス液をヒト Z 細胞に加えてみたところ、野生型の S ウイルスを含むウイルス液をマウス Y 細胞に加えた時と同じ現象が観察された。一方、別の部分に突然変異を導入したもの(2 型変異株)をヒト Z 細胞に感染させてみたところ、感染後に 2 割程度の細胞は死滅したがフォーカス形成は見られなくなった。1 型変異株、2 型変異株を両方同時にヒト Z 細胞に加えると、ヒト Z 細胞に野生型ウイルスのウイルス液を加えた時と同じ現象が観察された。これら 2 種類の突然変異株のそれぞれをサル X 細胞またはマウス Y 細胞に感染させた時にどのような現象が見られるであろうか、以下の表にあてはまる最も適切な語句を解答群 D から選び、その番号を解答用マークシートにマークしなさい。

	S ウイルスの感染能力	S ウイルスの細胞内での増殖	感染後のフォーカス形成
サル X 細胞に 1 型ウイルス液を加えたとき	(ア)	(ウ)	フォーカスは形成される
マウス Y 細胞に 2 型ウイルス液を加えたとき	(イ)	(エ)	(オ)

解答群D

- ① 感染できる ① 感染できない ② 増殖できる
③ 増殖できない ④ フォーカスは形成される
⑤ フォーカスは形成されない ⑥ どちらともいえない

(6) S ウイルスがマウス細胞においてフォーカスを形成する時には、遺伝子 N1 がマウスの染色体 DNA の一部にとりこまれることがわかっている。S ウイルスの遺伝子 N1 がマウスの染色体に取り込まれているかどうかは細胞から染色体 DNA を抽出して、PCR 反応を行うことによって調べることができる。

図 4 に N1 遺伝子の塩基配列の一部を示した。なおここでは 4 種類の塩基、A, T, G, C をそれぞれ小文字で示している。

```
5' atggataaag ttttaaacag agaggaatct ttgcagctaa tggaccttct aggtcttgaa  
aggagtgcct gggggaatat tcctctgatg agaaaggcat atttaaaaaa atgcaaggag  
tttcatcctg ataaaggagg agatgaagaa aaaatgaaga aaatgaatac tctgtacaag  
aaaatggaag atggagtaaa atatgctcat caacctgact ttggaggctt ctgggatgca 3'
```

図 4 N1 遺伝子の塩基配列の一部

この DNA 全体を PCR 法によって増幅するために必要な、二種類のプライマーを用意した。プライマーのうちの 1 種類の塩基配列が

5' atggataaag ttttaaacag 3'

であるとき、もう一つのプライマーの塩基配列を左端が 5' 末端になるように記入しなさい。プライマーの長さは通常 20 塩基程度であるが、5' 末端から 10 塩基分を解答用紙の該当する解答欄に記入しなさい。

2 細胞の分裂と細胞周期に関する以下の設問に答えなさい。

(33 点)

(1) 細胞周期の研究に関する以下の文章を読み、設問に答えなさい。

細胞周期に関わる遺伝子の多くは酵母の変異体を用いた実験により発見された。酵母は一倍体として増殖することができる。ヒトの細胞のような二倍体細胞では片方の対立遺伝子に突然変異が生じて、それが劣性の表現型である場合、野生型の対立遺伝子によりその表現型が隠される。⁽ⁱ⁾これに対し、一倍体の酵母は変異による劣性の表現型を生じる。出芽酵母は哺乳類細胞と同じ細胞周期を持ち、さらに、細胞周期を解析しやすい次の特徴をもっている。まず、出芽酵母の細胞周期は 25℃ で培養した場合、2 時間であり、ヒトの細胞に比べて非常に短い。また、細胞周期の初期の G₁ 期(合成準備期)の終わりのころに、新しい娘細胞が母細胞の表面に芽として出てくる(出芽)。母細胞の分裂周期が進むにつれ、芽の大きさは次第に増していき、ある程度の大きさになると分裂する(図 1)。このように、芽の大きさは細胞周期の進み具合を示す指標として使うことができる。

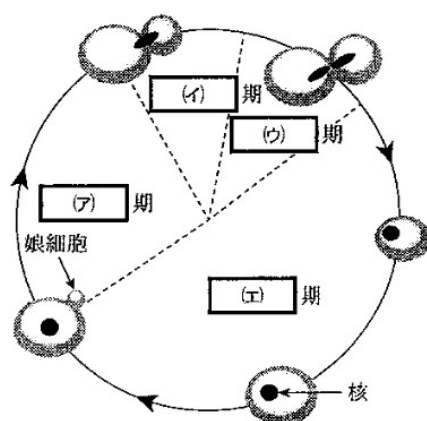


図 1 出芽酵母の細胞周期の模式図。酵母細胞は G₁ 期が終わるころに娘細胞を出芽し、娘細胞が母細胞とほぼ同じ大きさになった後、分裂する。

細胞は細胞周期を繰り返すことによって増殖しているのに、細胞周期を完了することができない変異をもつ細胞は増殖することはできない。しかしながら、細胞周期に欠陥をもった変異体でも増殖できることがある。これらの変異体は、増殖にとって最適な温度である 25℃ (許容温度) で培養したときは生育し、細胞分裂に必要な変異タンパク質は普通に機能するが、高温 (37℃, 非許容温度) にするとそのタンパク質は機能を失い、生育が止まる。許容温度では、変異体はほとんど正常に増殖するが、非許容温度では増殖できない。これらの変異体は、25℃ では芽が出ていない細胞や、芽の大きさがさまざまなもの全てが含まれている。しかしながら、変異株を 37℃ で増殖させると、細胞の形はほぼ均一になる (図 2)。

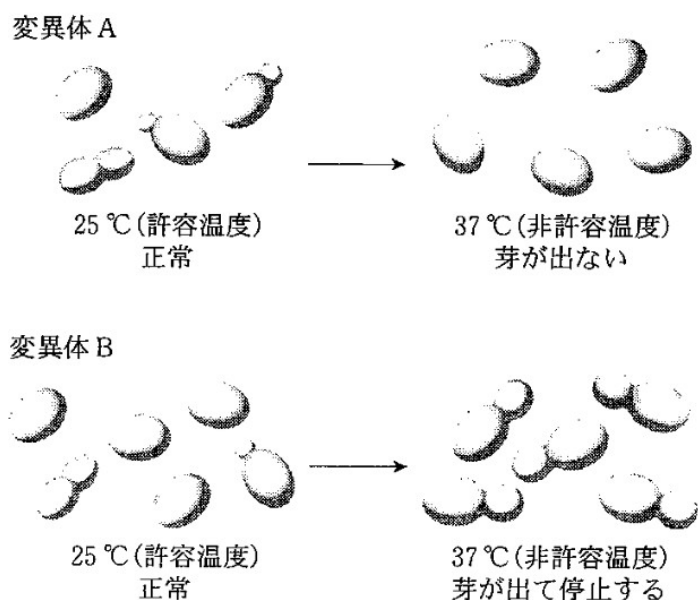


図 2 細胞周期に関連する遺伝子に変異のある温度感受性変異体の模式図。これらの変異体は 25℃ では娘細胞を出芽し、正常に分裂するが、37℃ にすると細胞はほぼ均一な状態となり、分裂が停止する。変異体 A は 37℃ で培養すると出芽なくなり、変異体 B は娘細胞がほぼ母細胞と同じ大きさになった状態で停止する。

- (A) 出芽酵母の細胞周期について、図1中の(ア)~(エ)はそれぞれ何期になると考えられるか。最も適切なものを解答群Aの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群A

- | | | | |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① (ア) G ₂ 期 | (イ) S 期 | (ウ) M 期 | (エ) G ₁ 期 |
| ② (ア) S 期 | (イ) M 期 | (ウ) G ₂ 期 | (エ) G ₁ 期 |
| ③ (ア) S 期 | (イ) G ₂ 期 | (ウ) M 期 | (エ) G ₁ 期 |
| ④ (ア) M 期 | (イ) G ₂ 期 | (ウ) S 期 | (エ) G ₁ 期 |
| ⑤ (ア) M 期 | (イ) S 期 | (ウ) G ₂ 期 | (エ) G ₁ 期 |
| ⑥ (ア) G ₂ 期 | (イ) M 期 | (ウ) S 期 | (エ) G ₁ 期 |

- (B) 下線部(i)の対立遺伝子に関する以下の(a)~(d)の記述のうち、内容的に正しいものは①を、誤りを含むものは②を選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (a) 形質が対になっていることを対立形質といい、対立形質を担う遺伝子を対立遺伝子という。対立遺伝子は相同染色体上の同じ遺伝子座に対になって存在する。
- (b) ある優性形質の遺伝子をA、劣性形質の遺伝子をaで表わし、これらの遺伝子が対立遺伝子である場合、これらの遺伝子の純系を交配して得られるF₁(雑種第一代)を自家受精させて得られるF₂の表現型の割合と遺伝型の割合は等しくなる。
- (c) 対立遺伝子の組換えは第一減数分裂の中期において、相同染色体の間で乗換えにより起こる。この対立遺伝子の組換え体は第二分裂において1つずつ配偶子に分配される。
- (d) ある1つの遺伝子座において、対をなす相同染色体のそれぞれで、同一の配列を持つ場合をホモ接合体といい、同一の塩基配列でない場合をヘテロ接合体という。対立遺伝子は常にヘテロ接合体となり、ホモ接合体になることはない。

(C) 野生型細胞と図 2 で得られた変異体 A を許容温度である 25℃ で一晚培養した後、これらを培養液で適度に希釈し、2 つに分け、25℃ と 37℃ で 2 時間培養した。培養後の野生型および変異体 A の細胞 400 個を用いて、細胞の DNA 量を測定したところ、図 3 に示すような結果が得られた。図 3 は 25℃ と 37℃ で培養した細胞の DNA 量の相対値を横軸に、それらの DNA 量を持つ細胞の数を縦軸に示している。図 3 をもとに、以下の設問に答えなさい。

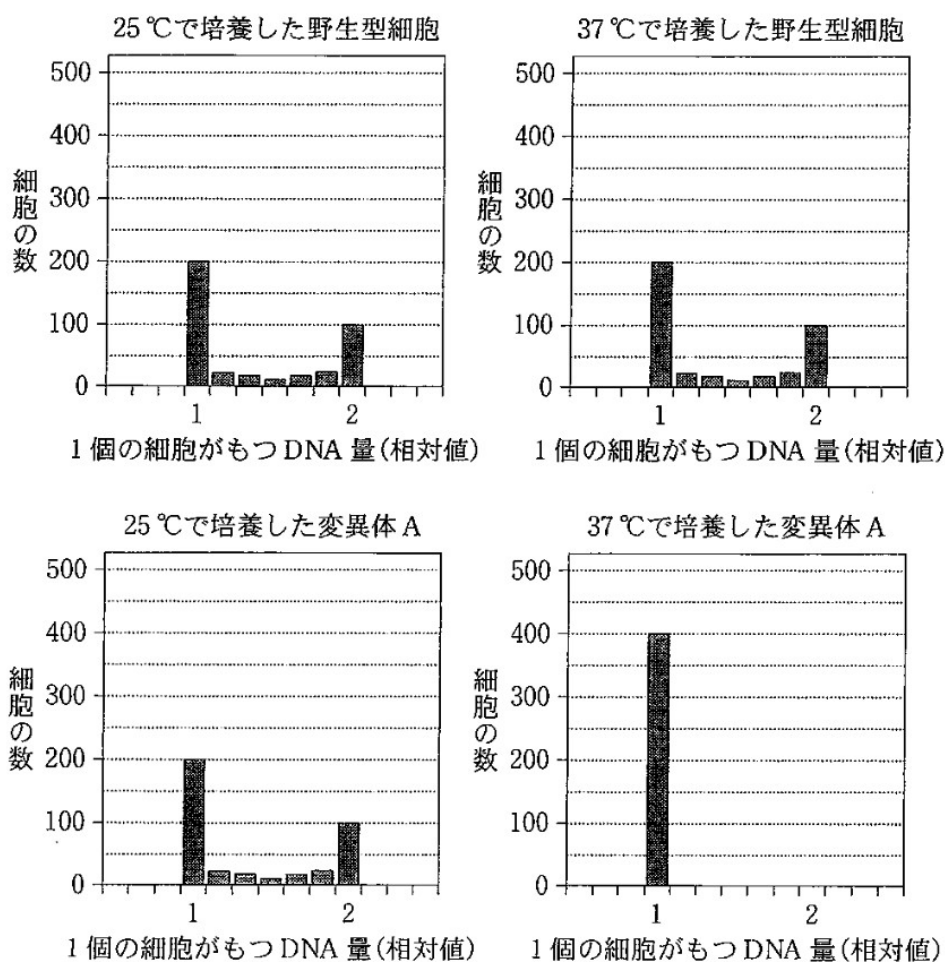


図 3 野生型細胞と変異体 A を 25℃、もしくは 37℃ で 2 時間培養した際に、1 個の細胞がもつ DNA 量をもとに分類した細胞の分布を示すグラフ。

(ア) 野生型細胞および変異体 A の増殖についての記述のうち、内容的に正しいものは①を、誤りを含むものは②を、どちらともいえないものは③を選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(a) 野生型細胞を 25℃ で培養した場合、DNA 量の相対値が 1 である細胞が約 50 % 存在する。このことから、出芽酵母がゲノムの複製を開始してから分裂を完了するまでには約 1 時間かかると考えられる。

(b) 変異体 A を 25℃ で培養した場合、全体の 75 % 以上の細胞が間期にあると考えられる。これに対して、37℃ で培養した場合はほとんどすべての細胞が間期の時期にあると考えられる。

(c) 変異体 A を 25℃ で培養した場合、DNA 量の相対値が 1 である細胞と 2 である細胞の間にも少し細胞が存在するが、ここに見られる細胞の大部分は細胞分裂に失敗した細胞であると考えられる。これに対して、37℃ で培養した場合は、分裂に失敗した細胞はほとんど見られない。

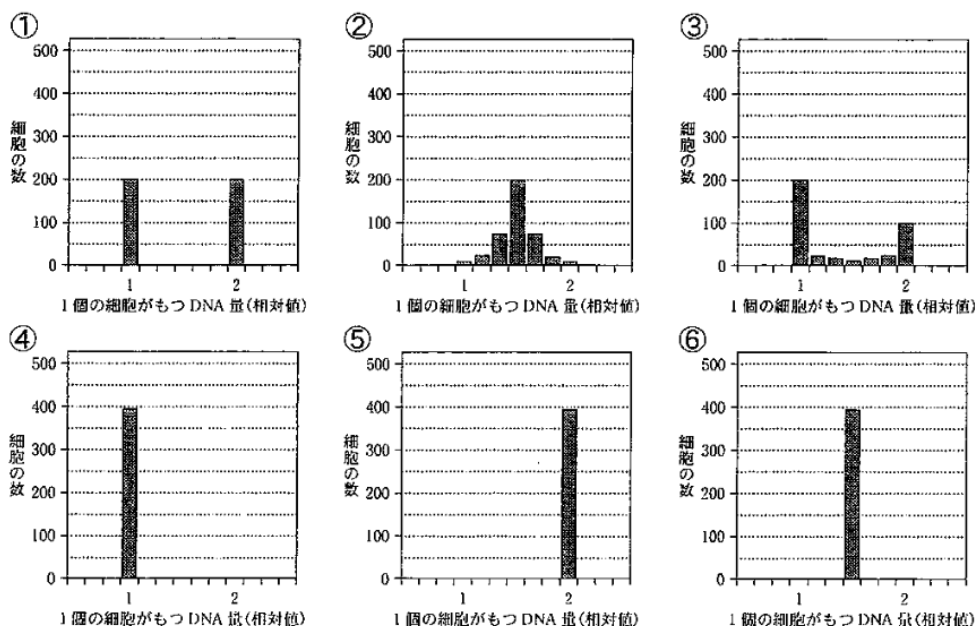
(d) 変異体 A を 25℃ で培養した場合、DNA 量の相対値が 1 である細胞の割合が最も多く、37℃ で培養した場合はその割合はさらに高くなる。このことから、37℃ において変異体 A は分裂期の前期に入るのに必要な遺伝子に変異があると考えられる。

(イ) 25℃ で培養した変異体 A に、紡錘体の形成を阻害する薬剤を 2 時間加えた後、細胞 400 個について DNA 量を測定すると、野生型細胞に薬剤を同様に加えた場合と同様の結果になった。1 個の細胞がもつ DNA 量の相対値と細胞数はどのような関係になると予想されるか。最も適当なものを解答群 Bの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(ウ) (C)の実験と同様に、変異体 B を許容温度である 25℃で一晩培養した後、細胞を培養液で適度に希釈し、2つに分け、25℃と 37℃で培養した。培養中の変異体 B の細胞を用いて、細胞の DNA 量を測定したところ、25℃では変異体 A と同様の結果が得られた。37℃で培養した時に予想される結果として、最も適当なものを解答群 B のの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(エ) 図 2 で得られた変異体 A と変異体 B について、それぞれの変異をあわせ持つ二重変異体を作製した。この二重変異体について、(C)の実験と同様に 25℃で一晩培養した後、紡錘体の形成を阻害する薬剤を 2 時間加えた後、その薬剤を取り除いた。その後、全ての細胞が G₁ 期に入ったことを確認後、37℃で培養した。培養後の二重変異体の細胞 400 個を用いて、細胞の DNA 量を測定したときの予想される結果として、最も適当なものを解答群 B のの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群 B



(2) DNA 複製期の細胞の培養液に水素の放射性同位体である ^3H を含むチミジンを加えると、 ^3H チミジンは複製中の DNA に取りこまれ、DNA を標識することができる。 ^3H は放射線を出すため、 ^3H チミジンを取込んだ細胞は取込んでいない細胞と区別することができる。(C)の実験と同様に、変異体 A を増殖にとって最適な温度である 25°C で一晚培養した後、細胞を培養液で適度に希釈し、2 つに分け、 25°C と 37°C で 2 時間培養した。その後、培養液に ^3H チミジンを加え、5 分間培養した後、 4°C に冷やした ^3H チミジンを含まない培地に換えることにより、細胞周期を停止させた。この時、細胞 400 個の中で ^3H により標識された細胞は何個になると考えられるか。 25°C と 37°C のそれぞれの場合について、最も適切な数値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。解答値が 1 桁の場合は 10, 100 の位に 0 を入れ、2 桁の場合は 100 の位に 0 を入れなさい。ただし、細胞当たりの DNA 量の相対値が 1 の細胞には DNA を複製中の細胞は含まれておらず、また、 ^3H チミジンを加えている 5 分間において細胞周期の進行はないものとする。

	百の位	十の位	一の位
25°C で培養した場合	(ア)	(イ)	0

	百の位	十の位	一の位
37°C で培養した場合	(ウ)	(エ)	0

右のページは白紙です。

- (3) 細胞周期の制御のしくみについて調べるために次のような実験を行った。実験の結果をもとに以下の問いに答えなさい。

(実験1)

ヒト培養細胞のS期のはじめとG₂期(分裂準備期)のはじめにある細胞集団を準備し、図4に示すように融合促進剤を用いて、これらの細胞を融合した。この際、細胞融合を行う前に、それぞれの細胞集団は³Hチミジンを少量含む培地で短時間、培養した。細胞を融合した後、放射標識したチミジンをもとに、融合細胞を分類したところ、図4に示すように3種類の2核の細胞がそれぞれ図に示した割合で得られた。図中のLは放射標識された核を、Uは放射標識されていない核を示している。また、2核の細胞以外の細胞は全て単核であり、それらの中には、放射標識された核を持つものと、標識されていない核を持つ細胞が存在した。融合後、2核の細胞について、さらに放射標識したチミジンを細胞培養液に添加し、時間経過ごとの放射標識されている核の種類について、全ての細胞に占める割合を調べたところ、図5に示すような結果を得た。

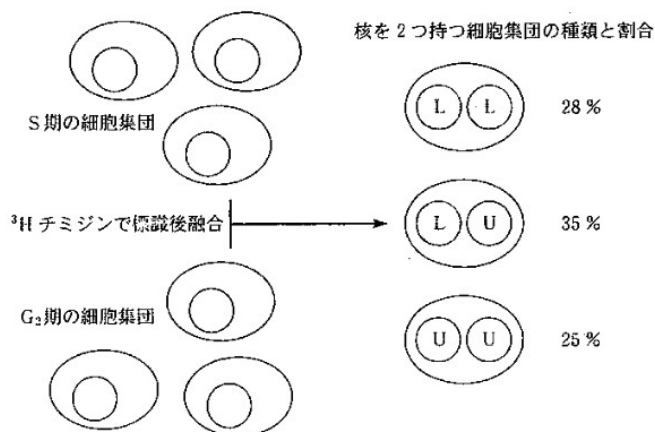


図4 細胞融合実験の模式図。2つの細胞を融合してできる核を2つ持つ細胞の種類と、それらの細胞の全細胞に占める割合を示している。

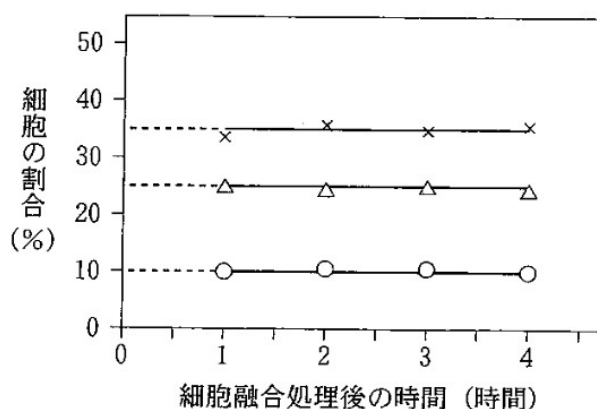


図5 各細胞の全細胞に占める割合の変化。×はLとUの核をそれぞれ1つ持つ2核の細胞，ΔはUを2つ持つ2核の細胞，○はUを1つ持つ単核の細胞を示す。

さらに、それぞれの細胞がM期に入る様子を観察したところ、図6に示すような結果を得た。これらの結果をもとに以下の設問に答えなさい。

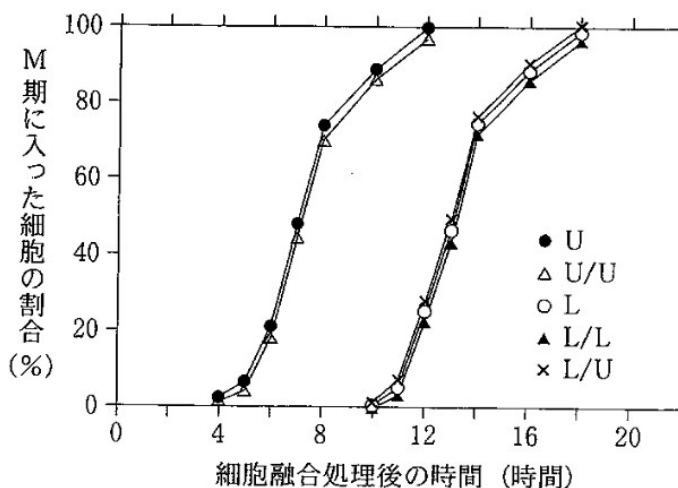


図6 細胞融合処理後の各時間における、M期に入った核を持つ細胞の割合を示すグラフ。UはUの核を持つ単核細胞，U/UはUの核を2つ持つ細胞，LはLの核を1つ持つ単核細胞，L/LはLの核を2つ持つ細胞，L/UはLとUの核を1つずつ持つ細胞を示す。

- (A) 実験 1 において、細胞融合に使用した S 期の細胞と G_2 期の細胞の総数を調べたところ 188 個であった。これらの細胞は最初にそれぞれいくつあったと考えられるか。最も適切な数値を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。解答値が 1 桁の場合は 10 の位に 0 を入れなさい。

	十の位	一の位
S 期の細胞数 =	(ア)	(イ)
G_2 期の細胞数 =	(ウ)	(エ)

- (B) 実験 1 の結果について述べた以下の記述のうち、内容的に正しいものは①を、誤りを含むものは②を、どちらともいえないものは③を選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (a) G_2 期の細胞は S 期の細胞と融合することにより、DNA 合成を開始する。
- (b) S 期の細胞は G_2 期の細胞と融合することにより、DNA 合成を停止する。
- (c) 図 5 の中で U を 2 つ持つ細胞の割合が変化しないのは、この融合細胞が再び単核の細胞にならないことと ^3H チミジンを取込まないからである。
- (d) 図 5 の中で L と U をそれぞれ 1 つずつ持つ細胞の割合が変化しないのは、この細胞が ^3H チミジンを取込まないからである。

- (C) 図 6 の結果より、これらの細胞の増殖サイクルにおける S 期の長さはおよそ何時間であると考えられるか。最も適切なものを解答群 C のの中から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群C

- ① 2時間 ① 4時間 ② 6時間 ③ 8時間
④ 10時間 ⑤ 12時間 ⑥ 14時間 ⑦ 16時間

- (D) 以下の記述は、図6で得られた結果にもとづいた考察である。内容的に正しいものは①を、誤りを含むものは②を、どちらともいえないものは③を選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。
- (a) S期の細胞とG₂期の細胞を比べると、G₂期の細胞がM期に入るまでにかかる時間は短い。これはG₂期の細胞ではすでにDNAの複製が完了しているからだと考えられる。
- (b) G₂期の細胞とS期の細胞を融合すると、S期由来の染色体が凝縮を開始する時間がはやくなる。これは、G₂期の細胞に染色体の凝縮を開始するのを促進する因子が存在するからだと考えられる。
- (c) G₂期の細胞とS期の細胞を融合すると、G₂期由来の染色体が凝縮を開始する時間は遅くなる。これは、S期の細胞に染色体の凝縮を開始するのを抑制する因子が存在するからだと考えられる。
- (d) G₂期の細胞とS期の細胞を融合すると、S期由来の染色体が凝縮を開始する時間は遅くなる。これは、G₂期の細胞に染色体の凝縮を開始するのを抑制する因子が存在するからだと考えられる。
- (4) ヒト培養細胞のS期のはじめとG₁期のはじめにある細胞を準備し、実験1と同様に融合促進剤を用いて、細胞を融合した。この際、S期の細胞については細胞融合を行う前に、放射標識したチミジンをDNAに少量とりこませた。融合後の細胞について、さらに放射標識したチミジンを細胞培養液に添加し、時間経過ごとの放射標識されている核の種類について、全ての細胞に占める割合について調べたところ、図7に示すような結果を得た。図中のLは放射標識された核を、Uは放射標識されていない核を示している。

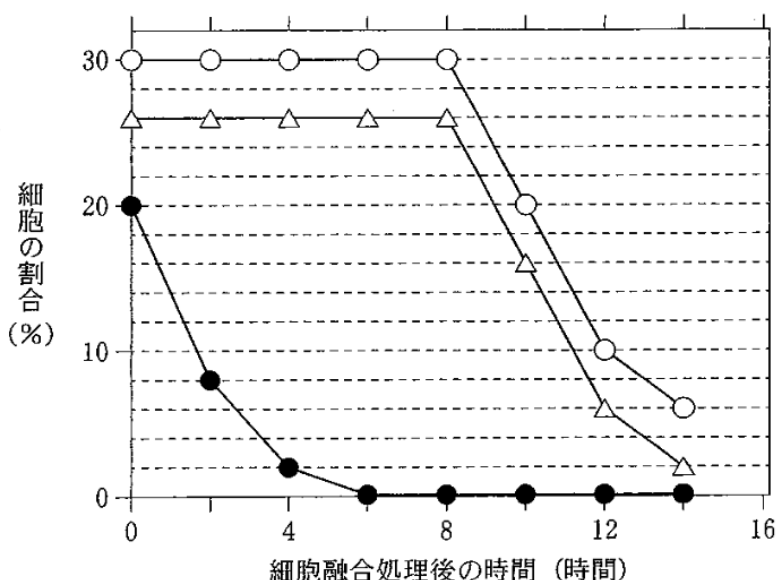


図7 各細胞の全細胞に占める割合の変化。●はLとUの核を持つ細胞，○はUを2つ持つ細胞，△はUのみを1つ持つ単核細胞を示す。

細胞融合直後において， G_1 期の細胞に由来する核は放射標識されていないが，融合後しばらくすると G_1 期由来の核に放射標識したチミジンが取込まれることが分かった。図7において， G_1 期由来の核を2つ持つ細胞について，2時間ごとに，それらの核が放射標識されている割合(G_1 期由来の核を2つ持つ細胞全体における割合)を調べたところ，図8に示す様な結果が得られた。この結果を参考にして，S期と G_1 期由来の核を持つ細胞について， G_1 期の細胞由来の核が放射性チミジンにより標識される割合がどのように変化するか，図8に描きなさい。解答は解答用紙の該当する解答欄に記入しなさい。

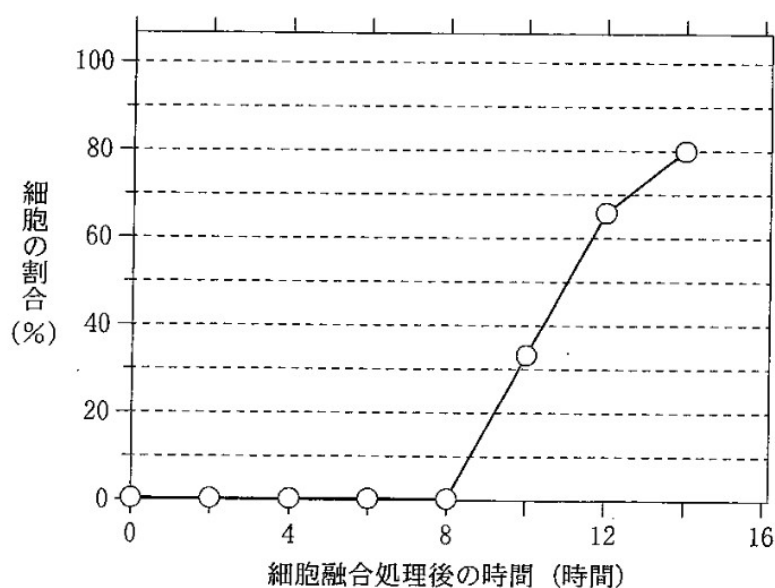


図8 細胞融合後に放射標識したチミジンが取込まれたG₁期由来の核を持つ細胞の割合を示すグラフ。○はG₁期由来の核を2つ持つ細胞全体に占める、放射標識された細胞の割合の変化を示す。

3

免疫と細胞、分子に関する以下の設問に答えなさい。

(33 点)

- (1) ヒトの体は体表を覆う皮膚や粘膜などによって通常は異物の侵入が防がれている。このような防御を突破して微生物などが体内に侵入した場合、これを異物と認識して排除する生体防御機構があり、このしくみを免疫という。免疫は、生まれつき備わっている遺伝情報や細胞の機能を使って異物に対して速やかに対応する自然免疫と、自然免疫だけで防ぎきれない異物に対して、それを排除するために後天的に⁽ⁱ⁾そなわる獲得免疫がある。さらに獲得免疫には、抗体が反応に関わる (ア) 免疫と、特定のリンパ球が感染を受けた細胞などに作用する細胞性免疫がある。

リンパ球には、複数の種類がある。 (イ) は骨髄中で分化し抗体となる (ウ) の遺伝子を再編成する。一方、 (エ) は骨髄から (オ) へ移動し、成熟の過程で機能をもたない細胞や自己と反応する細胞は除去される。

(イ) の中では (ウ) の遺伝子再編成⁽ⁱⁱ⁾がおこる。これによって、抗体は様々な抗原に対応することができる。抗体の可変部は抗体の種類によって異なるアミノ酸配列を持つことになる。抗体は2種類のポリペプチド、重鎖(H鎖)と軽鎖(L鎖)で構成されている。重鎖と軽鎖の可変部⁽ⁱⁱⁱ⁾に相当する遺伝子領域は、遺伝子断片が複数個存在し集団を形成している。すなわち、重鎖の可変部の遺伝子には、V、D、Jとよばれる3つの各集団の中に複数の遺伝子断片が存在し、抗体産生細胞へ分化する過程でV、D、Jの遺伝子断片がそれぞれの集団の中から1つずつ選ばれて連結し、重鎖の遺伝子が形成される。軽鎖の可変部では、VとJの2つの遺伝子断片が同様に再編成して形成される。重鎖・軽鎖とも、2つある対立遺伝子のうち一方において再編成が行われる。その結果、個々の抗体産生細胞では1種類のアミノ酸配列を可変部に持つことになる。

- (A) 文章中の ア ~ オ の空欄を埋めるのに最も適切な語句を解答群Aより選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群A

- | | | |
|------------|-----------|--------|
| ① 受容体タンパク質 | ① 免疫グロブリン | ② 記憶細胞 |
| ③ B細胞 | ④ T細胞 | ⑤ 単球 |
| ⑥ 可変部 | ⑦ 体液性 | ⑧ 自己 |
| ⑨ 定常部 | ⑩ 抗原結合部位 | ⑪ 肝臓 |
| ⑫ ひ臓 | ⑬ 胸腺 | ⑭ 心臓 |

- (B) 下線部(i)に示す自然免疫応答の一つに、食作用によって異物を取り込み消化する細胞の働きがある。好中球とともに食作用をもつ細胞として正しいものを解答群Bより1つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群B

- | | | |
|-----------|-------|----------|
| ① B細胞 | ① T細胞 | ② 赤血球 |
| ③ マクロファージ | ④ 幹細胞 | ⑤ 抗体産生細胞 |
| ⑥ リンパ球 | | |

- (C) 下線部(ii)に示す遺伝子再編成によって、抗体は抗原に対する多様性を持つことができる。重鎖遺伝子の可変部遺伝子断片が、V, D, Jそれぞれについて、40個、23個、6個であり、軽鎖遺伝子の可変部遺伝子断片は x (カッパー)と λ (ラムダ)とよばれ2つの異なる染色体に存在し、 x はV, Jそれぞれについて、35個と5個、 λ はV, Jそれぞれについて30個と4個であった場合、この組み合わせで可能な抗体は最大何種類あるか。最も適切な計算式を解答群Cより選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、遺伝子再編成は、 x と λ の間では起こらない。

解答群 C

- ① $40 \times 23 \times 6 \times 35 \times 5 \times 30 \times 4$
- ① $40 + 23 + 6 + 35 + 5 + 30 + 4$
- ② $40 \times (23 + 6) + 35 \times 5 + 30 \times 4$
- ③ $40 \times (23 + 6) \times (35 + 30) \times (5 + 4)$
- ④ $40 \times 23 \times 6 \times (35 + 30) \times (5 + 4)$
- ⑤ $40 \times 23 \times 6 \times (35 \times 5 + 30 \times 4)$
- ⑥ $40^{(23+6)} \times 35^5 \times 30^4$
- ⑦ $40^{(23+6)} + 35^5 + 30^4$

- (D) 抗体の模式図を図 1 に示す。図 1 に示すように抗体を 0 ～ 11 の部分にわけたときに下線部(Ⅲ)に示す抗体の可変部はどこに相当するか。解答用紙の該当するすべての番号を丸で囲みなさい。

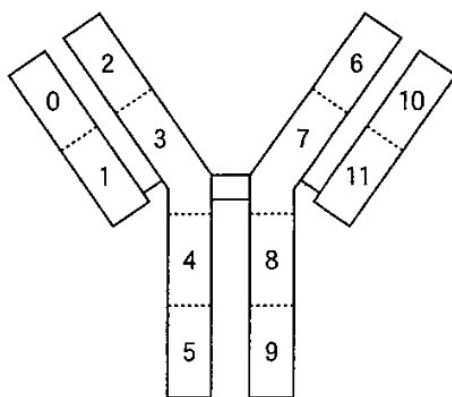


図 1 抗体の模式図

(E) 活性化刺激を受けて分化，増殖した抗体産生細胞(形質細胞)から抗体は産生される。抗原が侵入してから抗体産生細胞が分化，増殖するまでには，免疫担当細胞が関わるいくつかの過程が必要である。この過程に関する以下の(ア)～(オ)の記述のうち正しいものは①を，誤りを含むものは②を選び，解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(ア) 生体内に侵入してきた抗原は，マクロファージや樹状細胞などの表面に抗原提示され，これを B 細胞が抗原として認識する。

(イ) T 細胞は，生体内に侵入してきた異物をそのままの状態に抗原として認識し，同じ抗原を認識する B 細胞の増殖を促す。

(ウ) 再び同じ抗原が生体内に侵入した場合，その抗原に対して記憶細胞となった細胞がすみやかに抗体産生細胞になり，抗体を産生する。

(エ) 1 つの抗体産生細胞が作る抗体は，1 種類であり，可変部から定常部まで全て同じアミノ酸配列を持つ。

(オ) 抗体は抗原と特異的に結合する抗原抗体反応により抗原を無毒化する作用をもつ。また，抗体が結合した抗原は B 細胞によって認識され，B 細胞の食作用によって体内から排除される反応を促す効果もある。

(2) ほ乳類の生体内においてある種の細胞は、インターロイキンなどのサイトカインや、ホルモンなど、シグナルとなる分子(シグナル分子)を分泌することによって他の細胞へ情報を伝える。情報を受けとる細胞は、それぞれのシグナル分子を受容するタンパク質(受容体)を発現しており、その受容体に作用するシグナル分子が結合することによって細胞内へ情報が伝達される。細胞どうしの情報伝達では、このように分泌されているシグナル分子以外にも、細胞膜表面に発現している分子どうしが直接結合することもある。

以下の実験では、いくつかの抗体を用いているが、抗体にはいろいろな作用がある。分泌されているシグナル分子に対する抗体はシグナル分子に結合することによってその働きを止める効果をもつが、このような作用を中和と呼ぶ。一方、細胞表面に発現する受容体の機能を促進する作用をもつ抗体もあり、これをアゴニスト抗体と呼ぶ。細胞表面の受容体に対しては、逆に機能を阻害する働きを示す抗体もあり、これをアンタゴニスト抗体と呼ぶ。アゴニスト抗体は受容体の働きを促進する作動薬として、アンタゴニスト抗体は受容体の働きを抑制する拮抗薬として利用することもできる。

実験 1

マウスの細胞 X と同じマウスの細胞 Y を混合して培養すると培養液中にサイトカイン Z が検出された。細胞 X 単独、あるいは細胞 Y 単独で培養してもサイトカイン Z は検出されない。また、細胞 X を培養した培地を取り出し、その中に細胞 Y を移して培養しても、逆に細胞 Y を培養した培地を取り出し、その中に細胞 X を移して培養しても、いずれの場合もサイトカイン Z は検出されなかった。図 2 に示すように細胞 X は細胞表面に分子 C, D, E を発現し、細胞 Y は分子 F, G を発現している。C, D, E は必ず F, G のいずれか一方と相互作用する。分子 C, D, E, F, G を指定する遺伝子(遺伝子 C, 遺伝子 D, 遺伝子 E, 遺伝子 F, 遺伝子 G)のいずれかを生まれつき持たないマウスから細胞 X と細胞 Y をとりだして混ぜたところ、培地中のサイトカイン Z の検出は表の通りとなった。

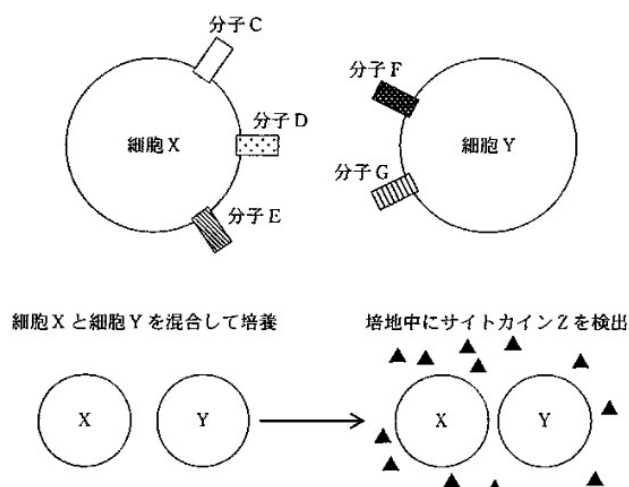


図2 細胞X表面に分子C, D, Eが, 細胞Y表面に分子F, Gが発現し, 細胞Xと細胞Yを混合して培養するとサイトカインZが培地中に検出される。

表1

欠損している遺伝子	サイトカインZの検出
C	検出なし
D	検出あり
E	検出あり
F	検出なし
G	検出なし

実験2

細胞Xと細胞Yを混ぜなくても, それぞれの表面分子に対する抗体をシャーレの底面に付着しておくことによって, 細胞表面分子同士の相互作用と類似した作用をもたらすことができる。図3に示すように抗F抗体と抗G抗体の両方を付着しておいたシャーレで細胞Yを培養した場合に培地中にサイトカインZが検出されたが, いずれか一方の抗体だけでは検出されなかった。さらに, 遺伝子Cを欠損しているマウスからとりだした細胞X

と細胞 Y を混ぜる時、シャーレに抗 F 抗体のみを底面に付着させておいた場合、培地中にサイトカイン Z が検出された。

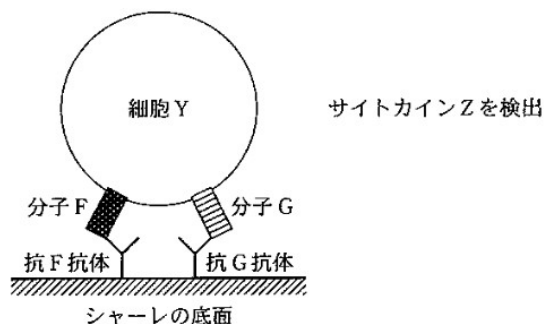


図 3 細胞 Y を培養するシャーレ底面に分子 F と G に対する抗体を付着させた様子。

実験 3

細胞 X と細胞 Y に発現している分子 H は、通常は細胞質中に存在しているが、サイトカイン Z を産生している間、細胞質の分子 H は核の中に移動し染色体 DNA に結合していた。分子 H の遺伝子をもたないマウスからとりだした細胞 X と細胞 Y を混合したところサイトカイン Z は検出されなかった。

- (A) 実験 1 と実験 2 の結果から、分子 C, D, E と分子 F, G について、相互作用する分子どうしをつなぎなさい。解答は所定の解答用紙に実線で記入しなさい。
- (B) 実験 3 でサイトカイン Z を指定する遺伝子について分子 H が結合している位置を調べたところ、遺伝子のプロモーターの周辺に多く結合していた。この結果から分子 H はどのような分子であると考えられるか。分子 H に関する記述のうち、もっとも適切と思われるものを解答群 D より 1 つ選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群D

- ① 分子HはサイトカインZ遺伝子から転写される mRNA (伝令 RNA) である。
- ① 分子HはサイトカインZ遺伝子の転写調節配列に結合する DNA ポリメラーゼである。
- ② 分子HはサイトカインZ遺伝子の転写調節配列に結合するリボソームである。
- ③ 分子HはサイトカインZ遺伝子の転写を促進する調節タンパク質である。
- ④ 分子HはサイトカインZ遺伝子の翻訳を促進する tRNA (転移 RNA) である。

実験4

細胞Xと細胞Yを混合培養した場合、細胞Yだけを培養した場合に比べて細胞Yの数が顕著に増加していた。この時、サイトカインZに対する抗体を培地に添加して抗原抗体反応によりサイトカインZの働きを止めたところ、細胞Yの細胞数の増加は観察されなかった。細胞Yだけを培養している培養液にサイトカインZを添加したところ、添加しない場合に比べて細胞Yの数は増加していた。

(C) 実験1から4の結果から、細胞Xまたは細胞Yに遺伝子の欠損があった場合、それぞれの組み合わせに対して観察される反応としてもっとも適切と思われるものを解答群Eから選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(ア) サイトカインZの遺伝子をもたない細胞Xと分子Fの遺伝子をもたない細胞Yの混合培養

(イ) サイトカインZの遺伝子をもたない細胞Yを抗F抗体と抗G抗体を底面に付着させたシャーレで培養

- (ウ) サイトカイン Z の作用を細胞内に伝達するのに必須である受容体の遺伝子をもたない細胞 Y を抗 F 抗体と抗 G 抗体を底面に付着させたシャーレで培養
- (エ) サイトカイン Z を過剰に発現する分泌型プラスミドで形質転換した細胞 Y のみを培養

解答群 E

- ① サイトカイン Z は培地中に産生されず，細胞 Y も増加しない。
 - ① サイトカイン Z は培地中に産生されないが，細胞 Y は増加する。
 - ② サイトカイン Z は培地中に産生されるが，細胞 Y は増加しない。
 - ③ サイトカイン Z は培地中に産生され，細胞 Y は増加する。
 - ④ 与えられた条件だけでは，いずれとも判断できない。
- (D) ペプチドホルモンであるインスリンは，インスリン受容体に結合する結果，グリコーゲンの合成を促し，血液中の血糖値を下げる作用をもつ。インスリン受容体に対して体内でアゴニスト抗体ができてしまう場合やアンタゴニスト抗体ができてしまう場合があり，いずれも病気を引き起こす。どのような症状が引き起こされると考えられるか。正しいものを解答群 F から選び，解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ア) インスリン受容体へアゴニスト抗体が作用した場合
- (イ) インスリン受容体へアンタゴニスト抗体が作用した場合

解答群 F

- ① インスリンが不足して起こるインスリン依存性糖尿病
- ① インスリンに対する反応性が鈍るインスリン抵抗性糖尿病
- ② 血糖値の著しい低下(低血糖)