

G 3 物理 G 4 化学 G 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 16 ページまであります。

化学の問題は、17 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・受験番号を記入してください。解答用マークシートには受験番号及び氏名を記入し、さらに受験番号・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(H B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) 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 がんは、制御不能になった細胞が秩序を無視して一方的に増殖し、他の細胞の領域に侵入してその機能を破壊し、個体を死に追いやる病気である。がんは日本では1981年以来死因の第1位を占め、おおよそ3人に1人はがんで亡くなっており、今後も増加すると考えられている。しかしながら、近年、がんの諸性質および発症の危険因子やメカニズムが明らかになってきた。それに伴って、効果的な診断法や予防法および特定の分子を標的とした副作用の少ない抗がん剤が開発されている。がんについて、以下の設問に答えなさい。(30点)

- (1) 公衆衛生の諸記録より、がんの発生率は20歳以降年齢と共に指数関数的に上昇することが示されている。また、ある種のがんの発生率は、国々の間で大きく異なることが示されている(表1)。さらに、類似した遺伝子構成を有する人口集団について調べると興味深い現象が見られる(図1)。日本人男性の胃がんの発生率は米国人より高いが、日本人がハワイに移住して定住すると、1世代のうちに周辺に住む米国人と同様に胃がん発生率は低下した。一方、移民する前の日本人男性の前立腺がん、大腸がん、女性の乳がんの発生率は低いですが、移民後は、これらのがんの発生率は米国人と類似したレベルに上昇した。また、宗教的な理由で喫煙や過度の飲酒を慎み、肉を食べないなど節制した生活をしているモルモン教徒では、がんの発生率は一般米国人の半分に過ぎないことが報告されている。さらに、特定の癌の、特定人口集団内(喫煙の有無や職業など)でのがんの発生率の解析から、がんの約80%において、環境因子(主に発がん物質)が関わっていることが明らかとなった。たとえば、自動車の排ガスやタバコの煙に含まれるベンゾ[a]ピレンとよばれる化合物や建築材料として用いられていたアスベスト(石綿)には発がん性がある。これらをもとに、設問(A)と(B)に答えなさい。

がんの 部位	高率発生国	高率発生国で の発生率(%)	低率発生国	発生率の比 高率発生国/低率発生国
皮 膚	オーストラリア (白人)	20	インド	>200
食 道	イラン	20	ナイジェリア	300
肺	イギリス	11	ナイジェリア	35
胃	日 本	11	ウガンダ	25
前立腺	米 国 (黒人)	9	日 本	40
肝 臓	モザンビーク	8	イギリス	100
乳 房	カナダ	7	イスラエル	7
子 宮	米 国	3	日 本	30
大 腸	米 国	3	ナイジェリア	10

表1 がんの国別発生率 (The Causes of Cancer 1981 より一部引用)

がん発生率の高い国と低い国は、75歳までに特定のがんにかかる人口の割合(%)に基づいて決定された。前立腺は男性の副生殖腺で、分泌液は精子の機能保持に参与している。なお、子宮および乳房のデータは女性、他は男性のデータである。

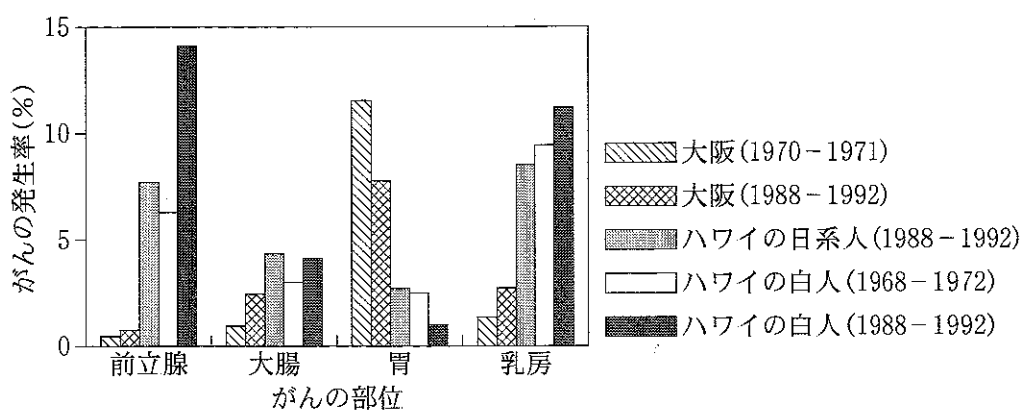


図1 移民によるがん発生率の変化 (Nature 2001 より引用)

1970年と1990年前後での日本人(大阪)とハワイの白人および1990年前後でのハワイの日系人の75歳までに特定のがんにかかる人口の割合(%)を示している。なお、乳房のデータは女性、他は男性のデータである。

(A) がんの発生に関する次の記述の中で誤りのあるものが2つある。その組み合わせはどれか。解答群A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。

- (ア) がんの発生には、遺伝因子よりも生活習慣を含めた環境因子が大きく関わっている。
- (イ) がんの発生には、環境因子よりも遺伝因子が大きく関わっている。
- (ウ) 加齢(老化)はがん発生の危険因子である。
- (エ) 気候や地形などの特性は、がん発生の危険因子ではない。
- (オ) カナダの女性がイスラエルに移住してイスラエル人女性と同じような生活習慣を身につければ、おおよそ50%の乳がんの発生を避けることが可能と考えられる。
- (カ) がんの危険因子として喫煙、受動喫煙、脂肪の多い食事、肥満、過度の飲酒などが考えられる。

解答群A

- | | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| 00 (ア)―(イ) | 01 (ア)―(ウ) | 02 (ア)―(エ) | 03 (ア)―(オ) |
| 04 (ア)―(カ) | 05 (イ)―(ウ) | 06 (イ)―(エ) | 07 (イ)―(オ) |
| 08 (イ)―(カ) | 09 (ウ)―(エ) | 10 (ウ)―(オ) | 11 (ウ)―(カ) |
| 12 (エ)―(オ) | 13 (エ)―(カ) | 14 (オ)―(カ) | |

(B) ある種のがんの発生には、環境因子に加えて、内因性の因子が深く関わっている。表1および図1に記載されている複数のがんにおいては、生殖などにおいて重要な役割を果たしている性ホルモンが、がんの発生に関与していることが知られている。これらのがんの部位の組み合わせはどれか。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 皮膚—食道—肺 | ① 食道—肺—胃 |
| ② 肺—胃—前立腺 | ③ 胃—前立腺—肝臓 |
| ④ 胃—前立腺—乳房 | ⑤ 前立腺—肝臓—乳房 |
| ⑥ 前立腺—乳房—子宮 | ⑦ 前立腺—肝臓—大腸 |
| ⑧ 肝臓—乳房—子宮 | ⑨ 乳房—子宮—大腸 |

(2) 正常な細胞の増殖は、多くの遺伝子によって制御されている。遺伝子は生命を維持するためには必須であるが、その中に変異を起こすとがんの発生に関わる遺伝子があり、がん原遺伝子とよばれている。がん原遺伝子は、化学発がん物質、紫外線、DNA複製のミスなどによって変異を受けると、がん遺伝子に変化する。がん遺伝子は、秩序を無視して細胞分裂を促進するので、がん発生の一因となる。一方、がん抑制遺伝子とよばれる遺伝子があり、不必要な細胞分裂を抑制している。がん原遺伝子を自動車のアクセル役、がん抑制遺伝子をブレーキ役とすると、両方に変異が生じると、アクセルが入り放しで、ブレーキが壊れた状態となり、細胞は暴走して無秩序に増殖するようになる。その結果、これら細胞の一部は、がん細胞に変化(がん化)することがある。細胞のがん化においては、がん原遺伝子の変異は優性形質を示し、がん抑制遺伝子の変異は劣性形質を示す。

がんは、いくつもの段階を経て発生、進行するが、この過程で、がん抑制遺伝子とがん原遺伝子の両方に変異が生じる。ほとんどのがんは1個のがん細胞から発生するが、正常細胞ががん化するためには、同一細胞内でこれら遺伝子のうちの複数に変異が生じることが必要である。図2は、大腸がんの多段階発がんモデルを示しており、各段階に関与しているがん原遺伝子Kおよびがん抑制遺伝子A, S, Pの変異を示している。大腸がんの多段階発がんモデルでは、正常粘膜細胞のがん抑制遺伝子Aに変異が生じることによってポリープ(図2の説明文参照)が形成され、その細胞のがん原遺伝子Kおよびがん抑制遺伝子Sに変異が生じることで早期がんに進化する。さらにその細胞のがん抑制遺伝子Pに変異が生じると進行がんとなる。なおここでは、ポリープ、早期がん、進行がんは、単一の細胞における遺伝子変異が原因で生じるものとする。これらをもとに、以下の設問(A)から(C)に答えなさい。

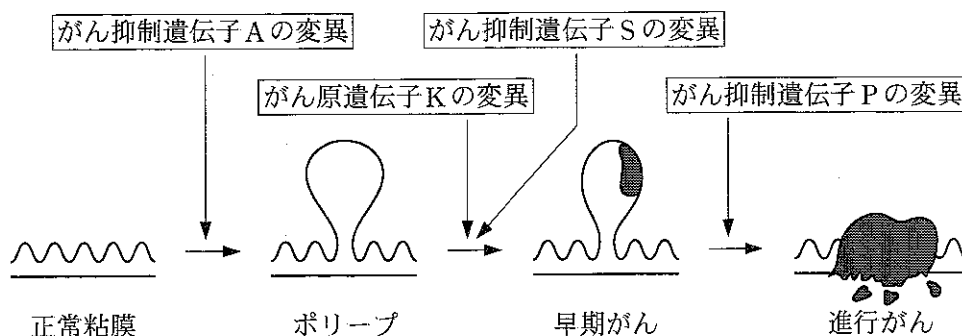


図2 大腸がんの多段階発がんモデル

ポリープ：粘膜細胞が過剰に増殖して“きのこ状”に突出したもので 将来がんに変化する可能性がある。早期がん：組織内で異常に増殖するが、周囲の組織には侵入しない。進行がん：周囲の組織に侵入し さらに離れた組織に転移する。黒色部は、がん病変部であることを示す。

(A) がん細胞で見られるがん原遺伝子およびがん抑制遺伝子の変異は、これら遺伝子産物の機能にどのような変化を与えと考えられるか。(2)の冒頭の記事を参照して、空欄 (a) と (b) に最も適切なものを解答群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。

がん原遺伝子の変異		(a)
がん抑制遺伝子の変異		(b)

解答群C

- | | |
|------------------|------------------|
| ① 高い細胞融合能の獲得 | ① 細胞融合能の喪失 |
| ② DNA の保存的複製能の獲得 | ③ DNA の保存的複製能の喪失 |
| ④ 細胞分裂抑制能の獲得 | ⑤ 細胞分裂抑制能の喪失 |
| ⑥ 高い細胞分裂促進能の獲得 | ⑦ 細胞分裂促進能の喪失 |

(B) 次の設問(a)から(c)に最も適切な数値を解答群D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。ただし、がん原遺伝子 K およびがん抑制遺伝子 A, S, P は、それぞれ異なる染色体に存在するものとする。

- (a) 正常な大腸粘膜組織がポリープを形成する組織に変化するためには、正常大腸粘膜細胞のがん抑制遺伝子 A の変異は最低何回必要か。
- (b) ポリープを形成する大腸粘膜組織が早期がん組織に変化するためには、がん原遺伝子 K の変異およびがん抑制遺伝子 S の変異は、合計して最低何回必要か。
- (c) 正常な大腸粘膜組織が進行がん組織に変化するには、がん抑制遺伝子 A, S, P およびがん原遺伝子 K の変異は、合計して最低何回必要か。

解答群 D

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|
| ① 1 | ① 2 | ② 3 | ③ 4 | ④ 5 |
| ⑤ 6 | ⑥ 7 | ⑦ 8 | ⑧ 9 | ⑨ 10 |

(C) 大腸の粘膜細胞を用いた実験から、細胞のがん化の頻度を考えよう。化学発がん物質を含む培地中で、がん抑制遺伝子 A の対立遺伝子の一方が変異している大腸粘膜細胞、およびポリープを形成している大腸粘膜細胞を培養すると、1 回の細胞分裂につき 1 つの遺伝子当たり (対立遺伝子のどちらか一方) に、0.01 % の割合で変異が生じるものとする。次の設問(a)から(b)に最も適切な数値を解答群 E 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。ただし、前述したように、がん原遺伝子の変異は優性形質を示し、一方がん抑制遺伝子の変異は劣性形質を示す。また、これら遺伝子は異なる染色体に存在し、培養細胞中での変異の割合はこれらの遺伝子で同じとする。

(a) がん抑制遺伝子 A の対立遺伝子の一方が変異している個体由来の大腸粘膜細胞 1×10^{12} 個を化学発がん物質を含む培地中で 1 回分裂させたとき、ポリープを形成する細胞に変化すると予想される細胞数を求めなさい。

(b) ポリープを形成している大腸粘膜細胞 1×10^{12} 個を化学発がん物質を含む培地中で 1 回分裂させたとき、早期がん細胞に変化すると予想される細胞数を求めなさい。ただし、使用した細胞は、正常大腸粘膜細胞をまったく含まないものとする。

解答群 E

- | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|
| ① 1 | ① 2 | ② 4 | ③ 6 | ④ 8 |
| ⑤ 1×10^6 | ⑥ 2×10^6 | ⑦ 1×10^8 | ⑧ 2×10^8 | |

(3) 大腸がんなどの固形がんは、がん細胞が異常に増殖して形成される。このため、正常組織と同様に、がん組織は成長や組織を維持するために血管を必要とし、血管の周囲でよく成長する。がんが血管に近接している場合は、拡散によって酸素や栄養が供給される。しかし、血管から離れるにしたがって酸素濃度は低くなるので、がんは成長を低下させたり、一部は死んだりする。それ故、進行がんは低酸素状態を克服して増殖するために、呼吸の仕方などを変化させて、正常組織が生き延びることができない低酸素状態や酸性条件下でも生存できる能力を獲得している。また、他の組織を無視して爆発的に増殖するために、徐々に血管を新生する能力を獲得するようになる。図3は、がんの血管からの距離と、その場における酸素分圧(P_{O_2})およびpHを示している。血管から200 μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$)以上離れると酸素分圧は0まで低下し、pHは6.8以下になる。図4は、がん細胞が出現してからの週数と、生体内におけるがんの大きさ(直径)およびがん細胞の増殖曲線を示している。がん細胞が出現した直後では、生存や増殖するための準備などをしなければならず、増殖速度は遅くなると考えられている。なお、混合気体の場合、各気体の濃度は分圧で表される。分圧の単位は、ここではmmHgで表している。760 mmHgは大気圧(1気圧)に等しい。これらをもとに、設問(A)から(C)に答えなさい。

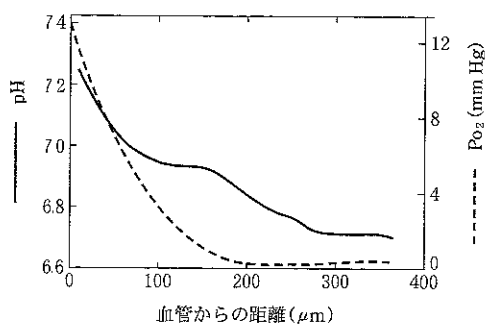


図3 酸素分圧およびpHの血管からの距離に対する変化

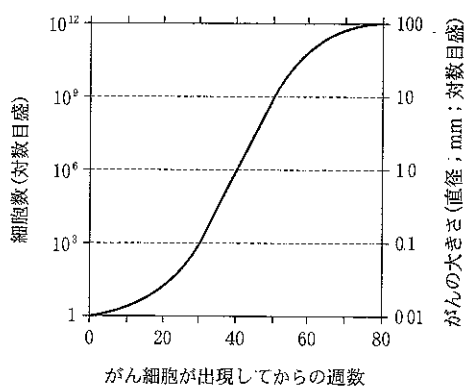


図4 がん細胞の増殖およびがんの大きさ(直径)

- (A) 図3に示されているように、血管から離れるにつれて、がんが存在する微小環境のpHが低下する。その理由について、どのようなことが考えられるか。45文字以内で説明しなさい。なお、解答は所定の解答用紙に記述しなさい。
- (B) 図4に示されている生体内でのがんの大きさとがん細胞の増殖に関する次の記述のうち、誤りのあるものがある。(3)の冒頭の文章、図3ならびに図4から判断して、それはどれか。解答群F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F

- ① がんの直径が100 mmに近づくと酸素や栄養が不足して、細胞分裂の減少や細胞死が生じて増殖速度は低下すると考えられる。
- ① がんの直径が0.1 mmから10 mmの間では、がん細胞の増殖速度は一定の割合で増大する(対数増殖期)。この主な理由として、がんの周囲に血管が新生されて酸素や栄養が十分供給されるためと考えられる。
- ② すべての細胞が分裂をくり返し、かつ細胞死が生じないものと仮定すると、理論的には十分な酸素、栄養、空間が与えられれば、1個のがん細胞は、 n 回の細胞分裂により 2^n 個へと指数関数的に増殖すると考えられる。
- ③ がんの直径が0.01 mmから0.1 mmの間では、がん細胞の平均増殖速度は対数増殖期の増殖速度の半分である。
- ④ がんの周囲での血管新生を抑制すれば、がん細胞の増殖を低下させることが可能であると考えられる。

- (C) 図 4 を用いて、がんの直径が 0.1 mm から 1.0 mm の間での、がん細胞の倍加日数(1 個の細胞が 2 個に増殖する日数)はおおよそどれくらいになるか。最も適切な数値を解答群 G 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。ただし、すべての細胞が分裂をくり返し、かつ細胞死が生じないものとする。

解答群 G

- | | | | |
|-----|-----|-----|------|
| ① 3 | ④ 4 | ⑦ 5 | ⑩ 6 |
| ② 7 | ⑤ 8 | ⑧ 9 | ⑨ 10 |

右のページは白紙です。

2

真核生物におけるタンパク質の生合成、および遺伝病に関する以下の設問に答えなさい。

(40 点)

(1) タンパク質は DNA の塩基配列に書き込まれた情報をもとに、次の 3 つの過程を経て合成される。まず、DNA の塩基配列を RNA 合成酵素が写しとり伝令 RNA (mRNA) の前駆体が合成される(過程 1)。多くのタンパク質の場合、この mRNA 前駆体からイントロンが切り取られ、エキソンがつなぎあわせられ成熟した mRNA となる(過程 2)。この mRNA をもとにタンパク質が合成される(過程 3)。

(A) 本文中の過程 1 ～ 3 はそれぞれ何とよばれているか。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。

過程 1 は とよばれる。

過程 2 は とよばれる。

過程 3 は とよばれる。

解答群 A

- | | | |
|------------|----------|-----------|
| ① セントラルドグマ | ① 触媒 | ② スプライシング |
| ③ DNA 合成 | ④ 伸長 | ⑤ 翻訳 |
| ⑥ 転流 | ⑦ アミノ酸運搬 | ⑧ 編集 |
| ⑨ 転写 | | |

- (B) 過程 2 に関する記述で正しいものを解答群 B の中から 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 イントロンが切り取られて生成した成熟 mRNA は、塩基と結合したデオキシリボースがリン酸を介して、エキソンどうしがつながった構造をとる。
- ② 1 つの mRNA 前駆体に含まれる各エキソンの長さ(塩基数)および各イントロンの長さは同じである。
- ③ 成熟した mRNA のなかにつながれたエキソンに対応する部分のならば、遺伝子中のならばとは異なり、ほとんどの場合順序が違っている。
- ④ 過程 2 は mRNA 前駆体が核のなかにある状態で行われ、成熟 mRNA となったのち、核膜孔から細胞質に出る。
- ⑤ 原核生物でもイントロンの存在が一般的にみられ、成熟 mRNA が完成したのちに、タンパク質の合成が開始する。

- (C) 過程 2 は、1 つのイントロンをはさむエキソンどうしをつなぎあわせるだけではない。いくつかのイントロンとエキソンに隔てられた、2 つのエキソンをつなぎあわせることもある。^(x) また、いくつかのイントロンが切りとられずに残されることもある。^(y) このような過程 2 を「選択的過程 2」とよぶことにする。

ある真核生物の遺伝子 G には前駆体 mRNA が最初に合成される方から順に領域 1 ～ 9 と呼ばれる 9 つの部分領域があり、その部分領域には、5 つのエキソン(合成される順にエキソン 1, 3, 5, 7, 9)と、それらの間に 4 つのイントロン(合成される順にイントロン 2, 4, 6, 8)があるものとする。また最初のエキソン 1 には、その途中に開始コドン进行指定する塩基配列がある。一方、最終のエキソン 9 の途中には選択的過程 2 に関わる終止コドン进行指定する塩基配列があるものとする。例えば、遺伝子 G をもとにつくられた前駆体 mRNA から、エキソン 1—5—7—9 がつながった成熟 mRNA-1 が作られるのは、選択的過程 2 の一つの結果である。その他に、発生の段階や細胞の違いに応じて種々の組み合わせをもつ成熟 mRNA がつくられる可能性がある。

- (a) 下線部(x)に関連して、遺伝子 G からすべてのエキソンがつながったものの以外に、選択的過程 2により、最大いくつの成熟 mRNA 種が作られる可能性が考えられるか。ただし 4 つのイントロンのすべて、およびエキソンの少なくとも 1 つは切りとられるものとする。また、エキソン 1 およびエキソン 9 は成熟 mRNA のなかに含まれるものとする。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。なお、解答値が 1 桁の場合は 10 の位に 0 を入れなさい。

ア	イ
---	---

 種

(b) 下線部(y)に関連して、遺伝子 G からすべてのエキソンがつながったものの以外に、選択的過程 2により、最大いくつの mRNA 種が作られる可能性が考えられるか。ただし、下線部(x)の選択的過程 2に加えて、4つのイントロンのいずれか1つが必ずエキソンとして使われるものとする。また、エキソン 1 およびエキソン 9 は成熟 mRNA のなかに含まれるものとする。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。なお、解答値が1桁の場合は10の位に0を入れなさい。

ア	イ
---	---

 種

(2) あるタンパク質をコード(指定)する DNA の塩基配列の一部(で囲む部分配列)を図 1 に示した, なお mRNA の合成は, 図 1 に示した鋳型鎖をもとに, 左から右方向に進行するものとする。

. . . CGTTTATGACGTATAACAGCGGC . . . (非鋳型鎖)
 . . . GCAAATACTGCATATTGTCGCCG . . . (鋳型鎖)

図 1

また, タンパク質を構成するアミノ酸の mRNA (伝令 RNA) の遺伝暗号表を図 2 に示した。

遺伝暗号表(伝令 RNA のコドンに対応するアミノ酸)

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU シス테인	U
	UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC シス테인	C
	UUA ロイシン	UCA セリン	UAA 終 止	UGA 終 止	A
	UUG ロイシン	UCG セリン	UAG 終 止	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
	CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン	C
	CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン	A
	CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
	AUC イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン	C
	AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン	A
	AUG メチオニン	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
	GUC バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン	C
	GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン	A
	GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン	G

図 2

- (A) 図1のタンパク質をコードするDNAの全塩基配列は、4つの塩基のうちアデニンを35%含む。このDNAが含むグアニンの割合は百分率(%)でいくらか。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。なお、解答値が1桁の場合は10の位に0を入れなさい。また解答値に少数点以下の数値が生じた場合は四捨五入しなさい。

(ア)	(イ)
-----	-----

 %

- (B) 図1の部分塩基配列(

 で囲む部分配列)から3通りのアミノ酸配列が推定される。その中で最も長いアミノ酸配列の先頭および最後に位置するアミノ酸は何か。最も適切なアミノ酸を解答群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。

アミノ酸配列の先頭に位置するアミノ酸 (ア)

アミノ酸配列の最後に位置するアミノ酸 (イ)

解答群C

- | | | |
|-------------|----------|------------|
| ①① フェニルアラニン | ①① ロイシン | ①② イソロイシン |
| ①③ メチオニン | ①④ バリン | ①⑤ セリン |
| ①⑥ プロリン | ①⑦ トレオニン | ①⑧ アラニン |
| ①⑨ チロシン | ①⑩ ヒスチジン | ①⑪ グルタミン |
| ①⑫ アスパラギン | ①⑬ リシン | ①⑭ アスパラギン酸 |
| ①⑮ グルタミン酸 | ①⑯ システイン | ①⑰ トリプトファン |
| ①⑱ アルギニン | ①⑲ グリシン | |

- (C) 上記(B)で選んだ最長アミノ酸配列に対応する DNA の塩基配列は合わせて何通りあるか。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。なお、解答値が 1 桁の場合は 10, 100, 1000 の位に 0 を入れ、2 桁の場合は 100, 1000 の位に 0 を入れ、3 桁の場合は 1000 の位に 0 を入れなさい。

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
-----	-----	-----	-----

 通り

- (D) 上記(B)で選んだ最長アミノ酸配列を指定する DNA に 1 塩基の変異が起こり、mRNA の 1 コドンが終止コドンになった。このとき合成されるタンパク質の最後のアミノ酸は何か。最も適切なアミノ酸を解答群 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。

右のページは白紙です。

(3) マウスの遺伝病 F, M および N について調べた。これらは、それぞれ異なる 1 つの遺伝子の異常が原因であり、いずれも生後発病する。また、これらの遺伝病は生殖には影響しない。遺伝病 F と M の原因遺伝子は、異なる常染色体上に存在し、遺伝病 F は優性の形質であり、遺伝病 M は劣性の形質である。一方、遺伝病 N は伴性の劣性の形質である。マウスの遺伝子を調べたところ、これらの遺伝病は、遺伝子 Q, R, S, T の 4 つの遺伝子の、いずれか 1 つに生じた変異が原因であることが明らかとなった。

これらの遺伝病の原因となる遺伝子を特定するために、マウス(I-1)とマウス(I-2)を交配した。マウス(I-1)は遺伝病 F, M あるいは N のうち、いずれか 1 つを発病していることが分かっている。一方、マウス(I-2)は、いずれかの遺伝病の原因遺伝子をもっているが発病していない。

図 3 は生まれてきたマウスの家系図を示している。正方形はオスを、円形はメスを示す。I, II, III は第 1 世代, 第 2 世代, 第 3 世代を示し, “1, 2, 3 … 7” と合わせて個体識別番号を示している。また、これらの遺伝病のいずれか 1 つを発病したマウスを黒で(●, ■), 遺伝病を発病しているかどうか不明のマウスを斜線(⊙, ⊗)で示している。これらに加えて、それぞれのマウスにおける遺伝子 Q, R, S, T の遺伝子型を表示している。この際、大文字は野生型の遺伝子、小文字は変異型の遺伝子を示す。また、- (マイナス) は対立遺伝子が存在しないことを示している。なお、3 種の遺伝病の表現型は、明確に異なり、見分けることが可能である。

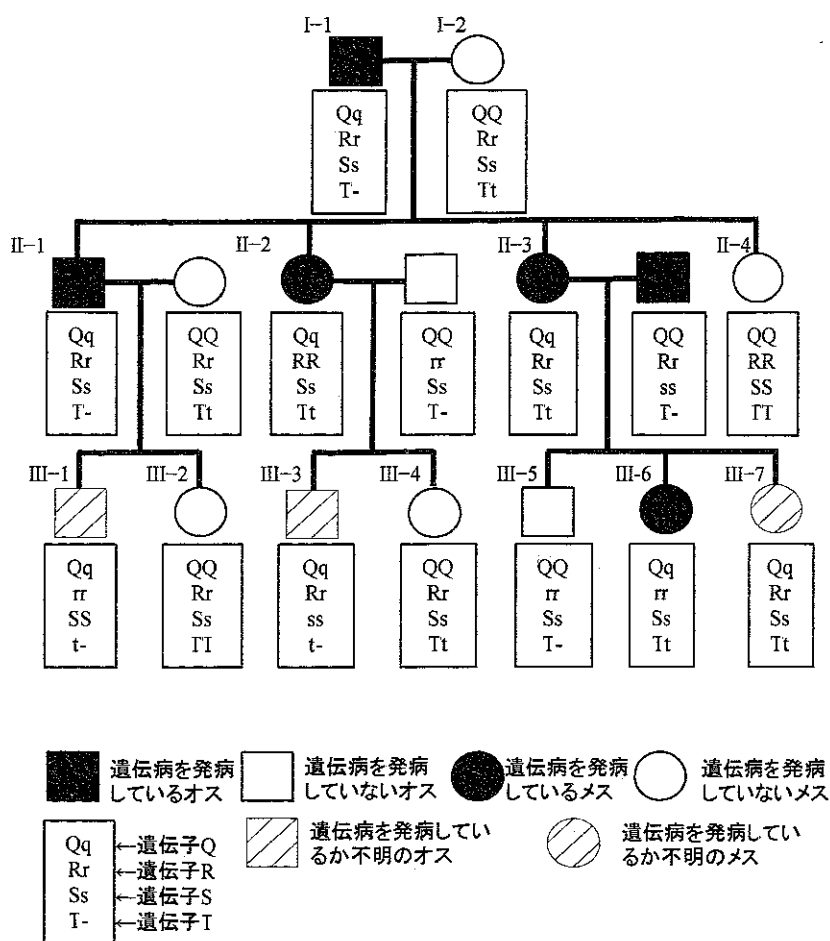


図3 遺伝子型と遺伝病発病の関係

- (A) 図3の遺伝子型と遺伝病の発病の関係から判断して、遺伝病F、MあるいはNを引き起こす遺伝子はそれぞれどれか。(a)から(c)に最も適切なものを解答群Dから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。

遺伝病Fの原因遺伝子 (a)

遺伝病Mの原因遺伝子 (b)

遺伝病Nの原因遺伝子 (c)

解答群D

- | | | | | |
|-----|-----|-----|---------|-----|
| ① Q | ① q | ② R | ③ r | ④ S |
| ⑤ s | ⑥ T | ⑦ t | ⑧ 特定不可能 | |

- (B) 識別番号Ⅲ-1の個体で発病している遺伝病をすべて示しなさい。正しいものを解答群Eから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E

- | | | |
|---------|---------|-------|
| ① Fのみ | ① Mのみ | ② Nのみ |
| ③ FとM | ④ FとN | ⑤ MとN |
| ⑥ F、MとN | ⑦ 特定不可能 | |

- (C) 識別番号Ⅲ-1, Ⅲ-3, Ⅲ-7の個体すべてに共通して発病している遺伝病があれば, それは何か。正しいものを解答群Fから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F

- | | | |
|----------|---------|-------------|
| ① Fのみ | ② Mのみ | ③ Nのみ |
| ④ FとM | ⑤ FとN | ⑥ MとN |
| ⑦ F, MとN | ⑧ 特定不可能 | ⑨ 共通するものはない |
- (D) 識別番号Ⅲ-1の個体を識別番号Ⅲ-4の個体と交配した。生まれたメスのうち遺伝病Nを発病する割合は百分率(%)でいくらか。最も適切な数値を解答用マークシートの指定した欄にマークしなさい。なお解答値が2桁の場合は100の位に0を入れ, 解答値が1桁の場合は10と100の位に0を入れなさい。また解答値に小数点以下の数値が生じた場合は四捨五入しなさい。

ア	イ	ウ
---	---	---

 %

(4) ある種の血友病は遺伝子 U の変異が原因であり，伴性かつ劣性遺伝する。

図 4 に血友病を発病しているある個人(患者)の家系図を示している。正方形は男性を，円形は女性を表し，“I，II，III，IV”は第1世代，第2世代，第3世代，第4世代を示し，1，2は個人識別番号を示している。血友病を発病した個人を黒(■)で示し，網かけを付した正方形および円形(▨，●)は血友病を発病しているかどうか不明であることを示している。なお，保因者とは遺伝子 U の対立遺伝子に変異しているが，血友病を発病していない個人を示す。また，血友病の形質は生殖には影響を及ぼさない。この家系図をもとに，設問(A)から(F)を答えなさい。各々に最も適切な値を解答群G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。なお，同じ番号を何度選択してもよい。

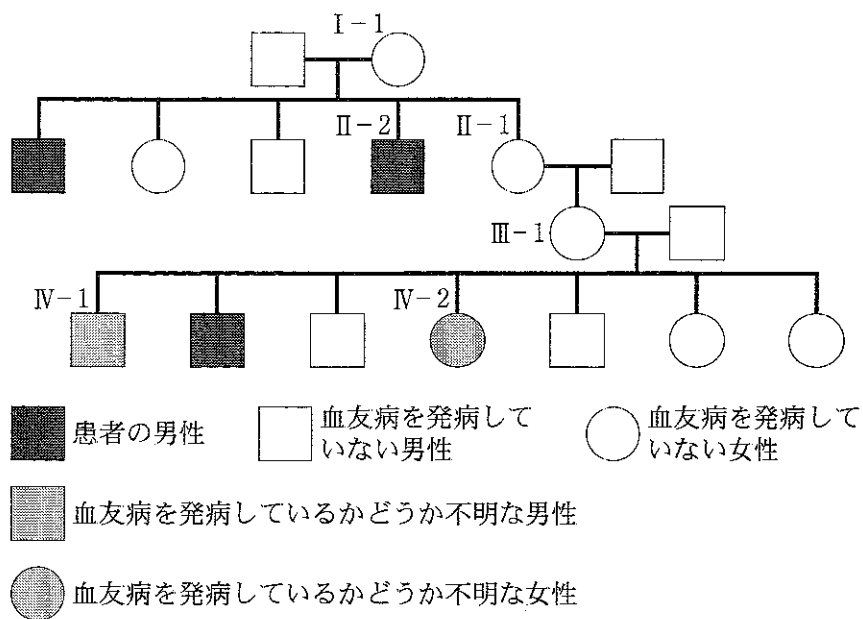


図 4 ある血友病患者の家系図

- (A) I-1 が血友病の保因者である確率。
 (B) II-1 が血友病の保因者である確率。
 (C) IV-1 が発病する確率。
 (D) IV-2 が発病する確率。
 (E) II-2 が、保因者でない女性と結婚した場合、生まれてくる男子が発病する割合。
 (F) II-2 が、保因者の女性と結婚した場合、生まれてくる女子が発病する割合。

解答群 G

- | | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| ④ 1 | ① $\frac{1}{2}$ | ② $\frac{1}{3}$ | ③ $\frac{1}{4}$ | ④ $\frac{1}{7}$ |
| ⑤ $\frac{2}{7}$ | ⑥ $\frac{3}{16}$ | ⑦ $\frac{7}{16}$ | ⑧ $\frac{9}{16}$ | ⑨ 0 |

- (1) 白い砂浜に、美しい造礁サンゴ(以下「サンゴ」と呼ぶ)の群生、魚類、えび、貝、繁茂する海藻類と、そのなかを出入りする原色の小魚たち。これが日本人の抱くサンゴ礁の海である。サンゴの繁殖に適している海は、25～30℃の水温、3～4%の塩分濃度、水深30 mまでの浅くて透明度の高いきれいな海域である。日本では南西諸島や伊豆諸島、小笠原諸島など南部の島嶼部でサンゴ礁が多く見られる。

サンゴ礁に囲まれた礁池や礁湖は、外礁が天然の防波堤となり穏やかである。礁の内側には、あちらこちらで海草が繁茂している。藻場は様々な小型動物の生息場になり稚魚の抛り所となる。サンゴ礁では多くの生物が生息する多様な環境が作られている。サンゴのすき間や転石の下は小型の魚やさまざまな無脊椎動物の隠れ場所となる。

サンゴは刺胞動物に分類される動物である。イソギンチャクに似た小さなポリープがたくさん集まって群体をなす。サンゴは1カ所で口が開いた袋状の体を持ち、刺胞と呼ばれる毒針が口の周りの触手に入っており、触手を用いて動物プランクトンを捕らえ、口から体内に取り込む。サンゴはまた、小さな褐虫藻と呼ばれる単細胞藻類(渦鞭毛藻類)を体内に棲まわせて共生している。

褐虫藻は、サンゴが供給する二酸化炭素やチッ素、リンなどを利用して光合成をおこない、生産された脂質や炭水化物をサンゴに栄養分として提供する。褐虫藻の生産物はサンゴが必要とする栄養分の50～90%をカバーするといわれている。サンゴは褐虫藻から受け取った栄養分の約半分を使って「粘液」を作り、それを体外に分泌する。分泌された粘液はサンゴの体を覆い、適度にはがれることで、サンゴの表面をきれいに保つ役割をはたす。これにより褐虫藻は効率的に光合成することができる。サンゴの粘液にはタンパク質や糖類などの栄養分が含まれるため、これを餌にする微生物やカニなどの小さな生物が集まる。さらにこれらの生物を餌にする魚などが集まるという食物連鎖が形成される。またサンゴは増えすぎた褐虫藻を放出する。これも植物プランクトンとして小動物の餌となる。

サンゴの本体は透明なものが多く、黄褐色の褐虫藻が抜け出してしまうと純白に見える。褐虫藻が共生できる温度範囲は意外と狭く、住み心地が悪くなるとサンゴの体から褐虫藻が抜け出すことが知られている。白いサンゴは褐虫藻がいない状態のサンゴであり、褐虫藻が戻らないと栄養分が得られなくなり死に至る。

- (A) 以下の生物のうち、刺胞動物に分類されるものはどれか。最も適切なものを解答群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。

解答群A

- | | | |
|----------|--------|-------|
| ① クラゲ | ① ウミウシ | ② ワムシ |
| ③ ムラサキウニ | ④ ゴカイ | |

- (B) サンゴ礁にはなぜ多くの動物が棲息しているのか。その理由として正しくないものを解答群B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

- ① サンゴ礁は年間を通じて温暖であり、多くの生物が成育するのに適している。
- ① 板状や枝状のサンゴはさまざまな大きさの隙間を作り、生物の隠れ家を提供する。
- ② サンゴ礁の海水は陸地から流入するチッ素やリンなどの栄養分が非常に多く、植物性プランクトンの増殖に適している。これらはサンゴにとって重要な栄養源となる。
- ③ サンゴに共生する褐虫藻は多量の酸素を発生し、動物の呼吸を助ける。
- ④ 褐虫藻と共生しているサンゴは、サンゴ礁に棲息する生物の餌を安定的に供給している。

(C) 図1はあるサンゴ礁で見つけた生物を概略的に描いたものである。褐虫藻を含めたサンゴを生産者とした場合、図に示す(ア)～(ク)の生物のうち、(ア)～(カ)は、この生態系における食物連鎖では、おもにどのような位置づけになっていると考えられるか。それぞれに該当する最も適切なものを解答群C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。

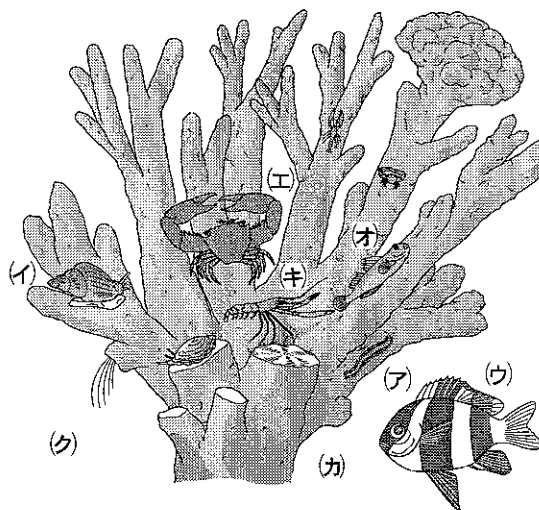


図1 サンゴの周辺に存在している生物

(ア)ゴカイ：サンゴの粘液やポリープを食べる，(イ)サンゴヤドリガイ：サンゴの組織を溶かして食べる，(ウ)スズメダイ：動物プランクトンなどを食べる，(エ)サンゴガニ：おもにサンゴの粘液を食べる，(オ)ダルマハゼ：おもに動物プランクトンを食べる，(カ)動物プランクトン：植物プランクトン(サンゴから出た褐虫藻など)やサンゴの粘液を食べる，(キ)サンゴテッポウエビ：おもにサンゴの粘液を食べる，(ク)植物プランクトン：サンゴから出てきた褐虫藻など，(カ)と(ク)は小さいため存在することだけを示している)

解答群C

- | | | |
|-----------------|---------|---------|
| ⑤ 生産者 | ① 一次消費者 | ② 二次消費者 |
| ③ 三次消費者 | ④ 四次消費者 | |
| ⑤ この食物連鎖には関係しない | | |

(D) サンゴ礁が白化することの引き金となる要因と考えられるものは何か。
適切なものを2つ選び、その組み合わせに該当する番号を解答群D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) 土地の改変工事などにより陸地から栄養分の供給が途絶え、サンゴの
餌となる植物プランクトンが減少した。
- (イ) 土木工事などにより、陸地から流れ込んだ土砂などが海水を濁らせ、
褐虫藻の光合成を妨げた。
- (ウ) 海水温が上昇したため、褐虫藻がサンゴと共生できなくなった。
- (エ) 海温の変化にともなって海流が変化し、サンゴを食する大型の魚類が
大量発生した。
- (オ) 海水温と二酸化炭素濃度の上昇により、褐虫藻の光合成能力が増加し、
サンゴと共生する必要がなくなった。

解答群D

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① (ア)と(イ) | ① (ア)と(ウ) | ② (ア)と(エ) |
| ③ (ア)と(オ) | ④ (イ)と(ウ) | ⑤ (イ)と(エ) |
| ⑥ (イ)と(オ) | ⑦ (ウ)と(エ) | ⑧ (ウ)と(オ) |
| ⑨ (エ)と(オ) | | |

- (2) 次の文章の から に当てはまる最も適当な語句を解答群 E 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。

褐虫藻は 1/100 mm ほどの大きさの非常に小さな単細胞の渦鞭毛藻と呼ばれる生き物である。渦鞭毛藻類は 2 本の を持ち、動きまわることのできるものが多い。渦鞭毛藻には光合成を行うものが多く存在するが、約半分の種では光合成を行わず、従属栄養性の生活をする。また、光合成を行う渦鞭毛藻のなかにも活発な捕食行動を行うものがある。渦鞭毛藻類のような単細胞藻類は に分類される。 には、ゾウリムシやミドリムシなどの単細胞生物が含まれている。これらの生物は、遺伝子を調べたところ、たがいに類縁性が高いことが明らかとなった。ミドリムシはミドリムシ植物門ミドリムシ ミドリムシ目に属する生物の総称である。ミドリムシは細胞壁を持たず、 を動かして動物のように動き回ることができるが、葉緑体を持ち光合成をする。このことから、褐虫藻やミドリムシは植物の性質と動物の性質の両方をもっているといえる。

生物の学名は 名と種小名からなる。リンネ式の分類体系によれば、属をまとめて となり、さらに は目、 , 門、界と順次大きな単位にまとめられる。五界説による生物の分類では、渦鞭毛藻が含まれる の生物群には、ミドリムシなどの光合成を行う生物とアメーバなどの光合成を行わない生物の両方が存在する。

解答群 E

- | | | |
|--------|-------------|------------|
| ① 原核生物 | ① エディアカラ動物群 | ② バージェス動物群 |
| ③ 原生生物 | ④ 真正細菌 | ⑤ 原口生物 |
| ⑥ 旧口動物 | ⑦ 新口動物 | ⑧ 植物 |
| ⑨ 菌糸 | ⑩ 鞭毛 | ⑪ 偽足 |
| ⑫ せん毛 | ⑬ 類 | ⑭ 族 |
| ⑮ 属 | ⑯ 項 | ⑰ 科 |
| ⑱ 綱 | ⑲ 課 | |

(3) ゲノム DNA の塩基配列はそれぞれの種により違いがある。共通の祖先から進化した 2 種類の生物のゲノム DNA の塩基配列は、祖先型のゲノムから変異したものであると考えられ、それぞれの変異の様式から生物進化の道筋を知ることができる。図 2 は核ゲノムに含まれるリボソーム RNA 遺伝子の塩基配列を調べ、それぞれにおける変異の度合いを基に作成した系統樹を概略的に示すものである。このようにさまざまな遺伝子の変異の度合いにより作成した系統樹を分子系統樹という。この分子系統樹から、ヒトと節足動物は共通の祖先から分岐して進化したことや、ヒトと節足動物の分岐は、ヒトと線虫の分岐よりも後で起こったことが示唆される。このような 1 つのかたまり (遺伝的類似性を示す集団) をクレードとよぶ。なお、この系統樹では、枝の長さは、おおよそその生物進化の時間を示している。

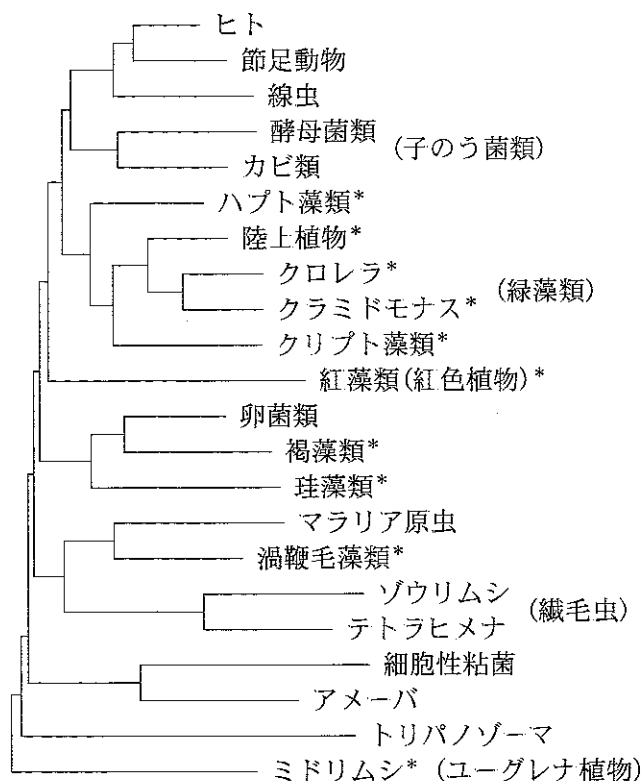


図 2 真核生物のリボソーム RNA にもとづく分子系統樹
 わかりやすくするため、一部の生物種以外は一般的な名称で表している
 (* 光合成を行う生物を含むものを示す)

(A) 図2から考えられる事項として、何がいえらるだろうか。次の(ア)～(オ)より適切なものを2つ選び、その組み合わせに該当する番号を解答群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) 光合成を行う渦鞭毛藻類と光合成を行わないマラリア原虫の核ゲノムは、共通の祖先から分岐した同じクレードに属する。
- (イ) 陸上植物は緑藻類であるクロレラから進化した。
- (ウ) 子う菌類は、ヒトなどの高等動物と植物が分岐する以前に共通の祖先から分岐した。
- (エ) クロレラ、ミドリムシ、珪藻類は光合成能力をもつ共通の祖先から分岐して進化した。
- (オ) ミドリムシ、渦鞭毛藻類、テトラヒメナには共通の祖先があり、これらの共通の祖先から、ミドリムシの祖先と、渦鞭毛藻類とテトラヒメナの祖先が分岐し、その後で渦鞭毛藻類とテトラヒメナのそれぞれに分岐した。

解答群F

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① (ア)と(イ) | ④ (イ)と(ウ) | ⑦ (ウ)と(エ) |
| ② (ア)と(エ) | ⑤ (イ)と(エ) | ⑧ (ウ)と(オ) |
| ③ (ア)と(オ) | ⑥ (イ)と(オ) | |
| ⑨ (エ)と(オ) | | |

(B) 図2で示されているような分子系統樹は、真核生物だけではなく原核生物にも拡張することができる。遺伝子の塩基配列から導かれた新たな分子系統樹は、ヘッケルが提唱した系統樹と大きく異なる。次の(ア)～(オ)のうち、両者の違いを説明している最も適切なものを2つ選び、その組み合わせに該当する番号を解答群G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) ヘッケルの系統樹では生物を5つのグループに分けているが(五界説)、分子系統樹では動物、植物、原核生物の3つのグループに分かれる。
- (イ) ヘッケルの系統樹では生物を動物、植物、原生生物の3つのグループに分けているが(三界説)、分子系統樹では真核生物、真正細菌、古細菌の3つのグループに分かれる。
- (ウ) ヘッケルは細菌から酵母菌などの菌類が進化し、これから動物、植物が分岐して進化したと考えたが、分子系統樹では、菌類、動物、植物は、原核生物からそれぞれが別々に分岐して進化したと考えられる結果が得られた。
- (エ) 分子系統樹では、原核生物は古細菌と真正細菌に分かれ、それぞれは真核生物と同等の独立したドメインであると位置づけられるが、ヘッケルの系統樹では、原核生物は原生動物などとともに原生生物に分類された。
- (オ) ヘッケルの系統樹ではすべての生物が動物(光合成をしない生物)と植物(光合成をする生物)に分けられているが、分子系統樹では光合成をする原核生物と光合成をしない原核生物、植物、動物の4つに分類される。

解答群G

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① (ア)と(イ) | ④ (イ)と(ウ) | ⑦ (ウ)と(エ) |
| ② (ア)と(エ) | ⑤ (イ)と(エ) | ⑧ (ウ)と(オ) |
| ③ (ア)と(オ) | ⑥ (イ)と(オ) | ⑨ (エ)と(オ) |

- (4) 葉緑体で行われている光合成のシステムは、原核生物であるシアノバクテリア(ラン藻)の光合成と基本的に同じである。葉緑体には DNA(葉緑体ゲノム)があることが知られている。葉緑体ゲノムの遺伝子は、核ゲノムの遺伝子群とは構造的に異なり、原核生物の遺伝子と類似性が高いことがわかっている。葉緑体ゲノムに含まれるリボソーム RNA 遺伝子および原核生物のリボソーム RNA 遺伝子について分子系統樹を作成すると図 3 に示すようになる。

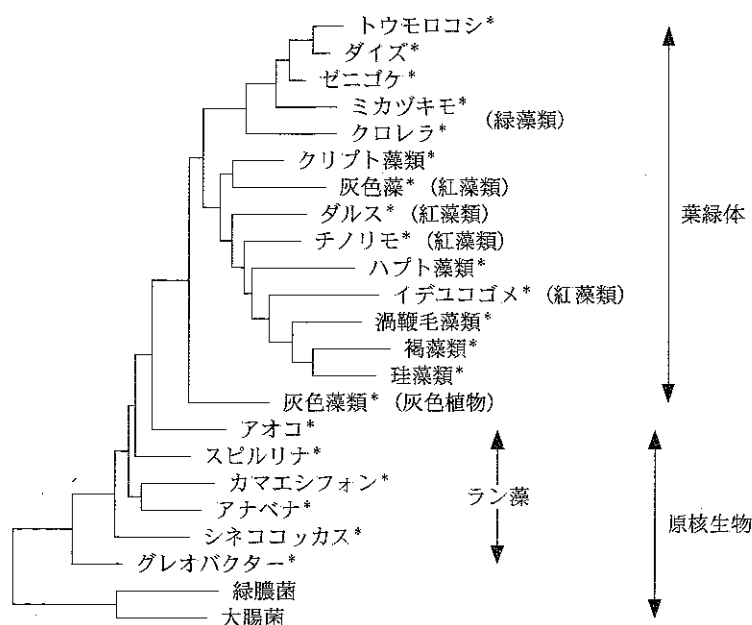


図 3 葉緑体および原核生物のリボソーム RNA にもとづく分子系統樹
わかりやすくするため、一部の生物種以外は一般的な名称で表している
(*光合成を行う生物を含むものを示す)

- (A) 藻類の葉緑体に含まれるクロロフィルには、クロロフィル a, クロロフィル b, クロロフィル c の 3 種の存在が知られている。以下の生物でクロロフィル a 以外にクロロフィル c をもつ生物はどれか。該当する生物を解答群 H 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 H

- | | | |
|---------|--------|---------|
| ① ミドリムシ | ① クロレラ | ② シャジクモ |
| ③ ワカメ | ④ テングサ | |

(B) 図3から考えられる事項として何がいえらるだろうか。次の(ア)～(オ)から適切なものを2つ選び、この組み合わせに該当する番号を解答群1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) 葉緑体からみれば、陸上植物と緑藻類は同じクレードに属することから、これらの葉緑体は共通の祖先から分岐し進化したといえる。
- (イ) 褐藻類と珪藻類はともに葉緑体を有し、ともに渦鞭毛藻類から進化した。
- (ウ) クロレラとクリプト藻類は、クロレラとミカヅキモよりも遺伝的に近縁な関係にある。
- (エ) 灰色植物を除く光合成真核生物の葉緑体ゲノムは、大きな2つのグループに分かれる。
- (オ) すべての藻類や陸上植物は、アナベナやシネココッカスなどのラン藻から進化した。

解答群1

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① (ア)と(イ) | ④ (イ)と(ウ) | ⑦ (ウ)と(エ) |
| ② (ア)と(エ) | ⑤ (イ)と(エ) | ⑧ (ウ)と(オ) |
| ③ (ア)と(オ) | | |
| ⑥ (イ)と(オ) | | |
| ⑨ (エ)と(オ) | | |

(C) 図2と図3を比較すると、2つの分子系統樹の間でいくつかの矛盾点が生じていることがわかる。図2からは、光合成を行う真核生物は複数のクレードに分散して存在していることが示される。これは、葉緑体の成り立ちに関連する。光合成を行わない真核生物が光合成の能力を獲得するに至った進化の過程で、これらの真核生物で起きたと考えられる事象を60文字以内で説明しなさい。なお、解答は所定の解答用紙に記述しなさい。