

平成 31 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学・Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(月)(情—自然) 13:45—15:00

(情—コン・理・)
(医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、67 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には 20 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚、地学 8 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 12 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 4 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理を必ず含むこと。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。



生 物

(1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4題ある。4題すべてに解答せよ。

(2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

生物 問題 I

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

真核細胞の細胞分裂は、細胞周期と呼ばれる一連の秩序だった過程を経て行われる。通常の体細胞分裂の細胞周期は G_1 期、S 期、 G_2 期、M 期の 4 つの時期からなり、これら 4 つの時期が秩序だって進行することでゲノム DNA の複製、核分裂と細胞質分裂が行われる。ゲノム DNA の複製は S 期にのみ起こり、他の時期には起こらない。これを調節するしくみがどのようなものかを考えるため、ある動物の体細胞の集団を用いて実験を行った。この細胞集団は、同じ細胞周期の長さ(時間)で活発に細胞分裂を行っているが、個々の細胞の細胞周期の時期はばらばらであり、さまざまな時期の細胞を含んでいる。そこでまず、細胞を G_1 期、S 期、 G_2 期、M 期に分けて集めた。次に、 G_1 期、S 期または G_2 期のいずれかの 2 つの細胞を融合させて、1 つの細胞に 2 つの核をもつ細胞を作った。融合後の細胞を培養し、融合した直後から経時的に 2 つの核の DNA 複製を調べたところ、図 1 のようになった。

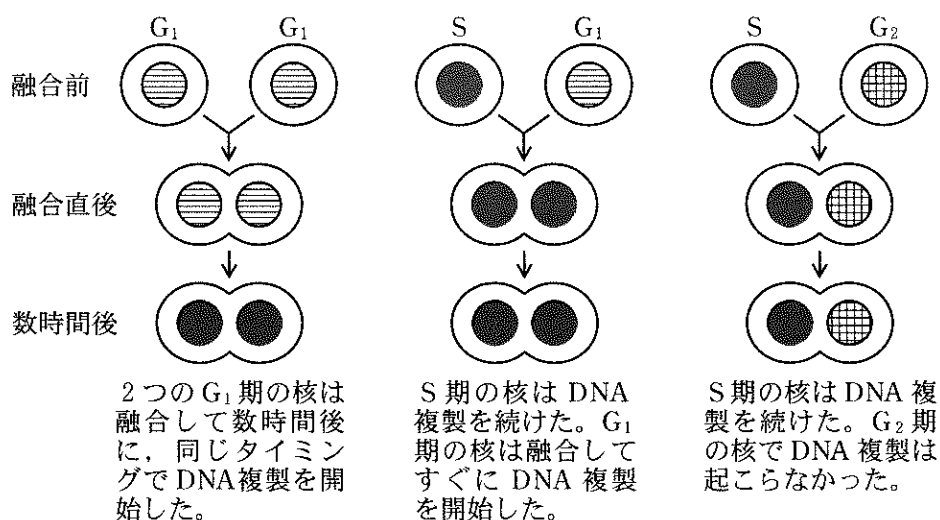


図 1 細胞融合の実験

設問(1)：真核細胞にはゲノム DNA の複製を開始させる因子が存在し、それによって DNA 複製が調節されることが知られている。図 1 の実験結果をふまえ、DNA 複製の調節について説明する以下の 1)～5) の文章のうち適切なものを 2 つ選び、解答欄に数字を記入せよ。

- 1) G_1 期に DNA 複製が起こらないのは、DNA 複製を開始させる因子は存在するが、核で DNA 複製の準備ができていないためである。
- 2) S 期に DNA 複製が起こるのは、S 期になると DNA 複製を開始させる因子が細胞質に現れ、これが核に作用して DNA 複製を開始させるためである。
- 3) S 期に DNA 複製が起こるのは、S 期になると DNA 複製を開始させる因子が核に現れ、これが核にとどまって DNA 複製を開始させるためである。
- 4) G_2 期に DNA 複製が起こらないのは、核で DNA 複製の準備はできているが、DNA 複製を開始させる因子がないためである。
- 5) G_2 期に DNA 複製が起こらないのは、核で DNA 複製を開始させる因子が作用できないようになっているためである。

設問(2)：図 1 と同じ体細胞を用いて、S 期、M 期、 G_1 期、 G_2 期のいずれかの異なる時期の 2 つの細胞を融合させ、融合直後の細胞のゲノム DNA の量を測定した。ゲノム DNA 量を G_1 期の値を 1 とした相対値で表したとき、相対値が 3 から 4 の間 ($3 < \text{相対値} < 4$) である融合細胞はどの時期の細胞どうしを融合させたものか。考えられるすべての組み合わせを以下の 1)～6) から選び、解答欄に数字を記入せよ。

- | | | |
|--------------|--------------|------------------|
| 1) S と M | 2) S と G_1 | 3) S と G_2 |
| 4) M と G_1 | 5) M と G_2 | 6) G_1 と G_2 |

設問(3)：有性生殖を行う生物が配偶子をつくる際には、体細胞分裂とは異なる細胞分裂が行われる。また、その際に、配偶子に親とは異なる多様な遺伝子の組み合わせを生ずるしくみがはたらく。これらについて説明する以下の文中の空欄 ～ に適切な用語または数字を記入せよ。

配偶子を作るための細胞分裂である 分裂の細胞周期では、体細胞分裂とは異なり、2回の 期が引き続いて起こる。その間に 期を経ないため、配偶子の染色体数は体細胞の になる。配偶子に分配される染色体の組み合わせは多様であり、染色体数 $2n = 46$ であるヒトでは、卵や精子に 染色体のどちらかが無作為に分配されるとすると、卵や精子のもつ染色体の組み合わせは の 乗通りになる。これに加え、 分裂では、 次卵母細胞や 次精母細胞において 染色体の が起こり、その結果、遺伝子の組み合わせが親の細胞とは異なる染色体が作られる。

設問(4)：ウニ、カエル、ヒトなどの動物では、卵母細胞が行う細胞質分裂には、精母細胞や通常の体細胞が行う細胞質分裂と異なる特徴がみられる。どのような特徴かを答えよ。また、卵母細胞がそのような細胞質分裂を行うと胚発生にどのような利点があるか、解答欄の枠内で述べよ。

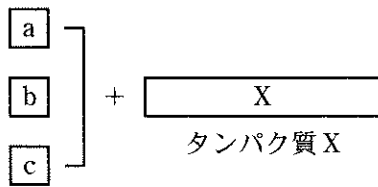
文2

真核細胞では、細胞質と核では必要とされるタンパク質が異なる。それに対応して、真核細胞は、特定のタンパク質を細胞質や核に配置するためのしくみを備えている。そのしくみの1つとして、タンパク質を構成するアミノ酸の特定の配列が、タンパク質を細胞質から核へ、または核から細胞質へと移動させたり、細胞質にとどめる、または核にとどめるはたらきをすることが知られている。ここでは、そのようなはたらきをするアミノ酸配列を「荷札」と呼ぶこととする。例えば、細胞質から核へ移動させる荷札をもっているタンパク質は細胞質から核に運ばれ、核から細胞質へ移動させる荷札をもつタンパク質は核から細胞質に運ばれる。1つのタンパク質が複数の荷札をもつ場合もある。ここでは、核にとどめる荷札と細胞質にとどめる荷札は、細胞質と核のどちらかに移動させる荷札より優位にはたらくこととする。例えば、細胞質から核に移動させる荷札と細胞質にとどめる荷札の両方をもつタンパク質が細胞質にあるとき、タンパク質は細胞質から移動することができない。また、核から細胞質に移動させる荷札と核にとどめる荷札の両方をもつタンパク質が核にあるとき、タンパク質は核から移動することができない。

図2のように、3種類の荷札a、bおよびcと、荷札をまったくもたないタンパク質Xがある。タンパク質Xを細胞の細胞質に注射して、十分な時間が経過した後には、タンパク質Xがどこに存在するかを調べたところ、細胞質に分布していた。また、タンパク質Xを核に注射して同様に調べたところ、核に分布していた。この実験結果を、以下の下線部①のように表すこととする。

X[細胞質→細胞質, 核→核]
①

次に、荷札とタンパク質Xを、さまざまな組み合わせでつないだタンパク質を作った。図2の[例]のように、aとタンパク質Xをつないだものはa-Xと表し、aとbとタンパク質Xをつないだものはa-b-Xと表すことにする。荷札をつけたタンパク質Xを、核または細胞質に注射して十分な時間が経過した後に観察したところ、以下の実験1～6のような結果が得られた。



荷札(アミノ酸配列)

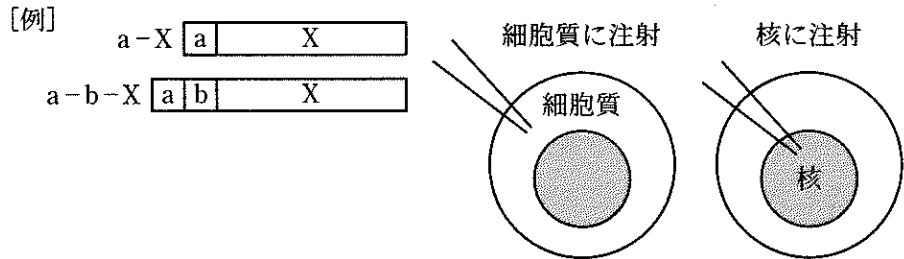


図2 タンパク質を細胞質または核に注射する実験

実験1. a-X [細胞質→核, 核→核]

実験2. b-X [細胞質→細胞質, 核→細胞質]

実験3. c-X [細胞質→細胞質, 核→核]

実験4. a-b-X [細胞質→細胞質と核の両方, 核→細胞質と核の両方]

実験5. a-c-X [細胞質→細胞質, 核→核]

実験6. b-c-X [細胞質→細胞質, 核→細胞質]

設問(5): 荷札 a, b および c のはたらきを説明せよ。また, a-b-c-X を細胞質と核に注射するとどのような結果が予想されるか, 下線部①にならって答えよ。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

カビ・細菌・ウイルスなどの病原体が原因で作物が病気になると、その収量が20%以上減少してしまうことがある。一方で、植物は病原体から身を守るために、独自の防御応答のしくみを発達させてきた。

植物の葉に病原菌(カビ)が感染すると、植物細胞の細胞膜に存在する受容体は病原菌細胞壁の多糖やキチンなど、多くの病原菌成分を認識する。受容体からのシグナルを受けた活性化因子は、核内に移行した後に調節タンパク質を活性化する。図1では1つの遺伝子のみを示すが、活性化した調節タンパク質によってさまざまな遺伝子が発現し、多岐にわたる防御応答が起こる。その結果、植物は病原菌に対する抵抗性を発揮し、病原菌は感染できなくなる(図1左)。しかし、病原菌は受容体からの情報伝達や活性化因子を妨げるエフェクターと呼ばれる複数のタンパク質を植物細胞内に送り込むことで、再び感染できるようになる(図1右)。

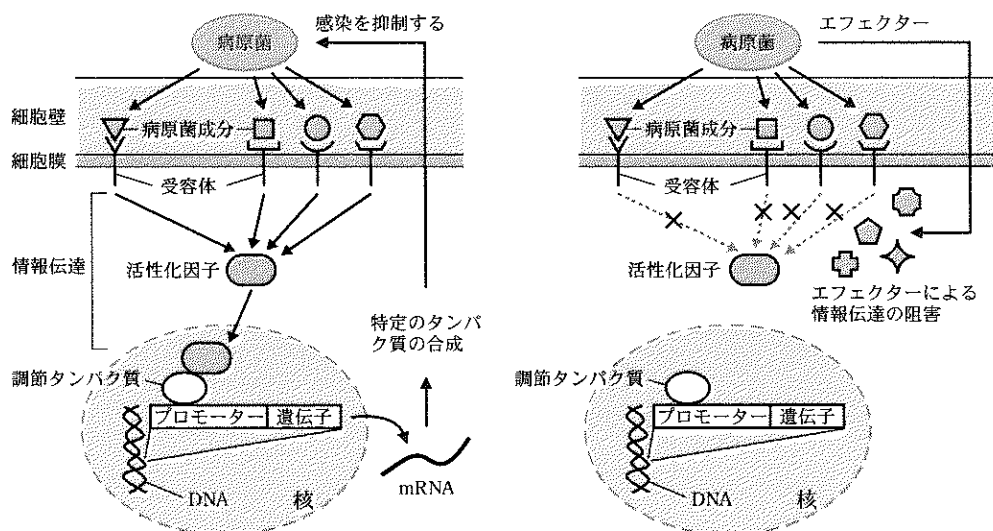


図1 植物における防御応答の概念図

設問(1)：図1左に示すように、遺伝情報はDNAからmRNAに写し取られ、その配列をもとにアミノ酸配列が指定されてタンパク質が合成される。この流れに関する原則を何というか述べよ。

設問(2)：下線部①で述べたように、防御応答の過程で発現する遺伝子は多数あることが知られている。このなかで、ある1つの遺伝子のプロモーターに、緑色蛍光タンパク質(GFP)を連結させた遺伝子のある植物に導入した「GFP組換え植物」を作製した。この組換え植物は、病原菌成分に応答してGFPが発現する。その後、この組換え植物から病原菌の細胞壁成分の1つであるキチンを認識する受容体を欠損させることによって「キチン受容体欠損 GFP組換え植物」を作製した。これら2つの組換え植物の葉に病原菌を接種し、接種後の時間を追ってGFPに由来する緑色蛍光の強度を測定した結果が図2である。キチン受容体がないにも関わらず、接種30分後のピークにおけるGFP蛍光強度は、GFP組換え植物に比べてわずかしこ減っていなかった。この理由を解答欄の枠内で述べよ。

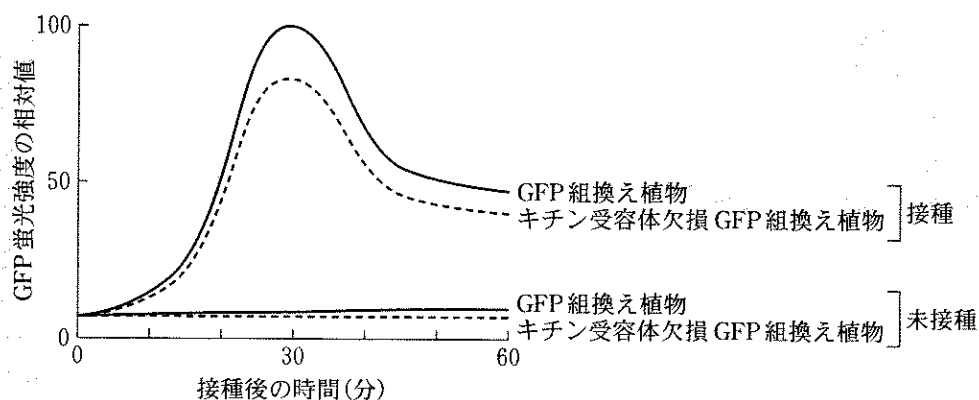


図2 防御応答によって誘導されるGFP蛍光に及ぼすキチン受容体の影響

設問(3)：下線部②に関して，ある病原菌 X から，エフェクターをコードすると予想される 30 種の候補遺伝子が見つかった。これらの遺伝子のうち，どれが実際にエフェクターとしてはたらく遺伝子かはわかっていない。候補遺伝子の中からエフェクターとしてはたらく遺伝子を明らかにするための実験を計画せよ。ただし，以下の用語をすべて用いて解答欄の枠内で述べよ。なお，「GFP 組換え植物」は設問(2)で作製したものを示す。

GFP 組換え植物 30 種のエフェクター候補遺伝子
エフェクターを植物細胞内に送り込むことができなくなった病原菌 X

設問(4)：植物の防御応答は，病原細菌や昆虫に対しても起こる。植物は，昆虫が葉を食べる時に分泌する消化液の成分を感知して，防御応答としてタンパク質分解酵素の阻害物質を生産する。その結果，昆虫は葉を消化できなくなり，食べることをやめてしまう。しかし，病原細菌と共生することで，この防御応答を回避して葉を食べる昆虫 Y が存在する。昆虫 Y が葉を食べることができる理由について，「エフェクター」という用語を用いて解答欄の枠内で述べよ。

文2

病原菌からのエフェクターによって病原菌に対する抵抗性が (ア) された植物は、エフェクターを認識する新たな細胞内受容体をつくり、より強い防御応答を誘導する。この防御応答は過敏反応と呼ばれ、抗菌物質を生産して (イ) 障壁を構築し、さらに細胞死を起こすことによって病原菌が隣接する細胞に侵入しないように、その部位に封じ込めてしまう。

一方で、植物の過敏反応からのがれるため、病原菌はエフェクターのアミノ酸配列の一部を変化させて細胞内受容体による認識を (ウ) するように進化する。このように、植物と病原菌との間には競争にもとづく (エ) の関係が成立している。

設問(5)：空欄 (ア) ～ (エ) に当てはまる適切な用語の組み合わせを以下の a)～e) から1つ選び、その記号を記入せよ。

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
a) 誘導	化学的	受容	共生
b) 誘導	物理的	受容	共進化
c) 抑制	化学的	回避	共進化
d) 抑制	化学的	回避	共生
e) 抑制	物理的	回避	共進化

文 3

植物の防御応答に植物ホルモンであるエチレンが関与していることが知られている。^③エチレンをつくり出す過程では、ACS と呼ばれる酵素が中心的な役割をはたしており、ACS 遺伝子の発現はエチレンが生産されることを意味する。以下の実験に用いた植物は、7 個の ACS 遺伝子(ACS 1 ～ACS 7)をもち、感染刺激に応じて複数の ACS 遺伝子を発現させることによってエチレンの生産量を調節することができる。7 つの ACS 遺伝子のうち、どの ACS 遺伝子が防御応答に関わっているかを明らかにするため、次の 2 つの実験を行った。

(実験 1)

ACS 遺伝子を欠損させた植物変異体に、病原菌を接種して 48 時間後までに生産されたエチレン量を測定し、その結果を図 3 に示した。ここでは、ACS 遺伝子欠損変異体を *acs* と表記し、*acs 1/2* は ACS 1 と ACS 2 の両方を欠損した変異体であることを示す。なお、エチレンの生産量は、もとの植物に病原菌を接種して得られたエチレンの生産量を 100 とした場合の相対値で示した。

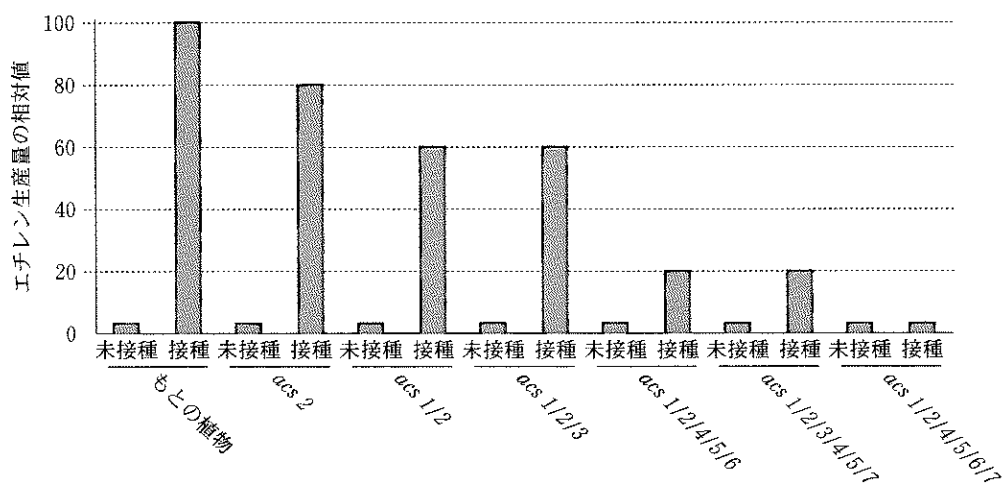


図 3 ACS 遺伝子の欠損変異が病原菌接種によるエチレン生産量に及ぼす影響

(実験2)

もとの植物に病原菌を接種した場合と、未接種の場合のそれぞれの葉における ACS 2～ACS 5 遺伝子の mRNA 生産量を測定し、その結果を図4に示した。ただし、ACS mRNA の生産量は、各未接種での mRNA 生産量を1とした場合の相対値で示した。

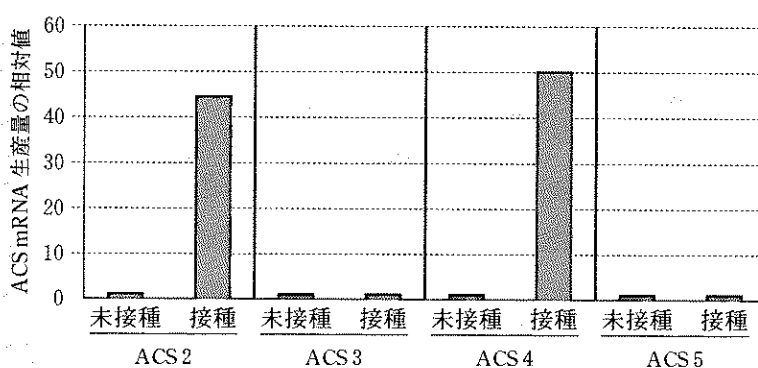


図4 病原菌接種で誘導された ACS mRNA の生産量

設問(6)：下線部③に関して、エチレンは植物に防御応答を誘導するだけでなく、さまざまなはたらきをもつ。エチレンによるはたらきとして、正しい項目を以下の a)～f) から 2 つ選び、その記号を記入せよ。

- | | | |
|---------|--------|---------|
| a) 発芽 | b) 光屈性 | c) 花芽形成 |
| d) 果実成熟 | e) 落葉 | f) 休眠 |

設問(7)：実験1と実験2の結果から、防御応答に関与すると考えられる ACS 遺伝子に○、関与しない ACS 遺伝子に×を解答欄につけよ。

ACS 1	ACS 2	ACS 3	ACS 4	ACS 5	ACS 6	ACS 7

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

血液凝固反応は血管壁の損傷、異物との接触などを契機にして始まり、複数の凝固因子の活性化を経て①フィブリンの形成に至る反応である。血液が凝固する能力を測定する検査として、採血した血液から血しょうを分離し、②凝固反応開始物質添加後からフィブリン形成までの時間を測る検査があり、測定方法によりいくつか種類があるが、ここではまとめて血液凝固時間と呼ぶ。血友病など遺伝的に特定の凝固因子の産生が低下している疾患(凝固因子欠乏型疾患)では血液凝固時間が延長する。図1は健康者の血しょうを生理食塩水で段階的に希釈したものをを用いて血液凝固時間を測定した時の血しょう濃度と血液凝固時間の関係を示すグラフである。希釈により凝固因子の濃度が低下するにつれて血液凝固時間が延長している。

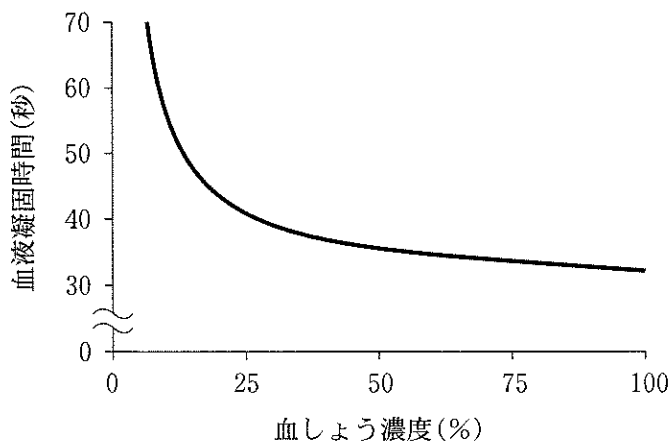


図1 血しょう濃度と血液凝固時間の関係

凝固因子の欠乏以外でも、体内に凝固因子の作用を阻害する物質(インヒビター)が作られる疾患(凝固因子インヒビター型疾患)においても血液凝固時間は延長する。患者血しょうにさまざまな比率で健康者の血しょうを混ぜた状態で血液凝固時間を測定

する検査(交差混合試験)を行い、その変化のパターンを見ることで両者を区別することができる。凝固因子欠乏型疾患は (ア) のパターンを示し、凝固因子インヒビター型疾患は (イ) のパターンを示す。

凝固因子インヒビター型疾患は、患者体内で凝固因子に対する抗体が産生されることが原因であることが多く、こうしたことは凝固因子の補充療法を受けている血友病患者に多く認められる。このような場合、病気の経過中に交差混合試験が (ア) のパターンから (イ) のパターンを示すように変化することでわかる。このような患者には、補充する凝固因子の量を増やしたり、補充する凝固因子の種類を変更するなどの治療の変更が必要になる。

設問(1): 下線部①について、フィブリンが形成される反応とフィブリン形成から止血にいたる過程について記した以下の文章の空欄 (ウ) から (キ) に当てはまる適切な用語を記入せよ。

複数の凝固因子活性化を経て (ウ) が活性化されて (エ) という酵素となり (エ) の作用で (オ) がフィブリンに変化する。フィブリンは繊維状のタンパク質で (カ) をからめとって (キ) を形成し、 (キ) が血管損傷部位をふさぐことで出血が止まる。

設問(2): 下線部②について、血しょうの凝固反応開始物質として使用されることもあり、多くの凝固因子活性化に必要とされる電解質(イオン)は何か。解答欄の枠内に記入せよ。

設問(3)：下網部③について、空欄 ア と イ として適切な結果を図2の(a)～(f)から1つずつ選び、その記号を記入せよ。ただし凝固因子インヒビター型疾患においてはインヒビターが多く産生された時の結果を選ぶ。

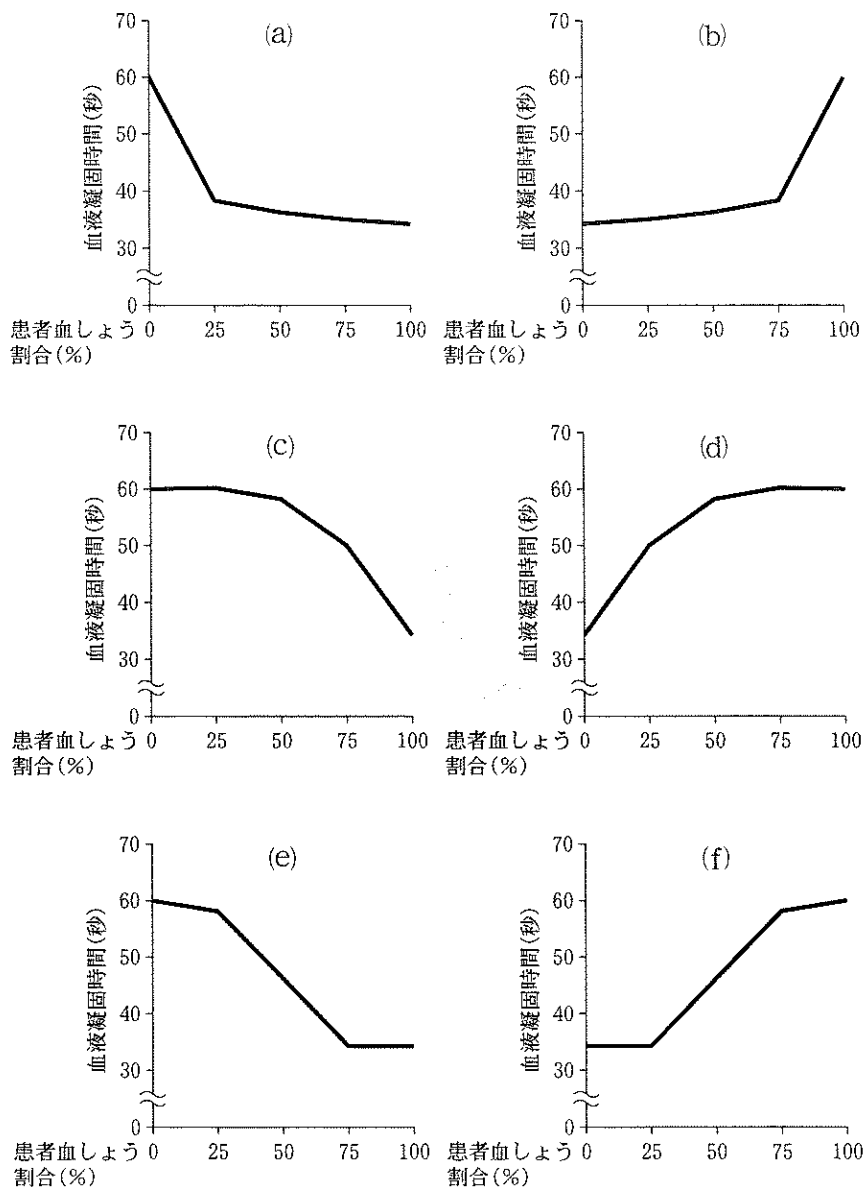


図2 交差混合試験の結果

設問(4)：下線部④について、血友病患者に凝固因子の投与を行うと凝固因子に対する抗体が産生されるようになる頻度が高いのはなぜか。この理由を「免疫寛容」という言葉を用いて説明せよ。

文2

ほ乳類では肺に取り込まれた酸素は、赤血球中のヘモグロビンと結合して体の各部へ運ばれる。ヘモグロビンは (ケ) 本のポリペプチド鎖が結合してできている。それぞれのポリペプチド鎖は、鉄を含む色素である (ケ) を含んでいる。酸素は鉄に結合することにより運搬される。鉄はヘモグロビンの合成に不可欠のものであり、ヒトはこれを食物から摂取している。月経など慢性的な出血がある場合、出血により失われる鉄の量が食物から摂取する鉄の量を上回る状態が長く続くと鉄欠乏状態が生じ、ヘモグロビンの合成が低下する。これを鉄欠乏性貧血と呼ぶ。鉄欠乏性貧血患者に治療として鉄を投与すると健常者以上の速度でヘモグロビンの合成が行われる。一方、赤血球を含む血液細胞は (コ) で作られるが、 (コ) に存在する造血細胞が減少することにより貧血が起こることもあり、このような病気に再生不良性貧血がある。再生不良性貧血では造血能力の低下が特徴であり産生された赤血球は健常者とかかわらない。造血能力の低下を調べるために体内での鉄の動態を調べる検査がある。 ^{59}Fe は鉄の放射性同位体であり、微量の放射線を発する。静脈内に注射されると通常の鉄と同じように血しょう中から速やかに (コ) に吸収されヘモグロビンの合成に利用され、赤血球中に存在するようになる。採血した血液に含まれる赤血球が発する放射線量を測定することで体内の全赤血球中に存在する ^{59}Fe の量を知ることができ、これにより注射した ^{59}Fe の何%が赤血球産生に利用されているかを知ることができる。これを赤血球鉄利用率という。 ^{59}Fe を患者の静脈内に注射したのち経時的に採血し、赤血球鉄利用率の変化を観察することで赤血球を造血する能力を知ることができる。^⑤産生された赤血球が (コ) から血液中へ移動した後、なんらかの理由で破壊されると赤血球鉄利用率が低下するため、この検査により産生された赤血球の安定性を知ることでもある。それにより溶血性貧血という (コ) での赤血球造血は正常以上に活発でありながら、産生後の赤血球の破壊が強く起きていることによる貧血を診断することも可能である。

設問(5)：空欄 (ク) ～ (コ) に当てはまる適切な用語や数字を記入せよ。

設問(6)：下線部⑤について、鉄欠乏性貧血患者、再生不良性貧血患者、溶血性貧血患者が示すこの検査の結果として適当なものを図3の(a)～(d)の中から選び、その記号と、それを選択した理由を記せ。なお破線は健常者が示すこの検査の結果であり、いずれの患者もこの検査中に治療薬の投与(^{59}Fe の静脈内への注射は微量であり治療とは考えない)や輸血は受けず、検査結果に影響を与えるほどの出血は起こさなかったものとする。

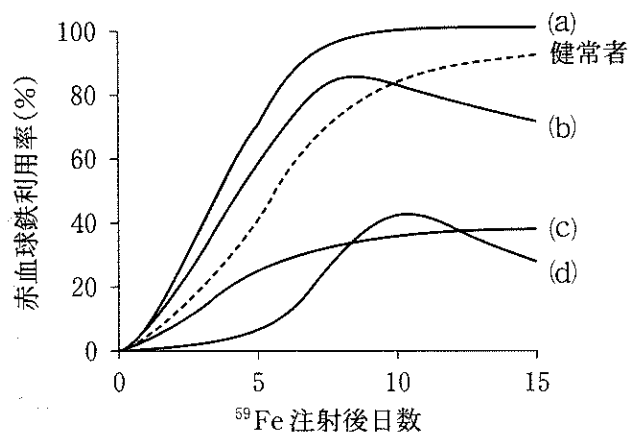


図3 赤血球鉄利用率の変化

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅳ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

メダカは江戸時代より愛玩動物として飼育され、日本に遺伝学が伝わった 20 世紀初頭には、すでに多くの純系が販売されていた。純系とは兄妹交配を何世代も続け、すべての遺伝子がホモ接合になっている系統である。会田龍雄は、さまざまな体色の純系メダカを飼育し、1921 年に実験結果を発表した。ここでは図 1 で示した、3 つの体色の遺伝の結果を説明しよう。

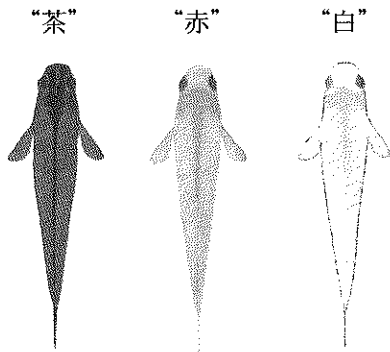


図 1 3 つの体色のメダカ系統

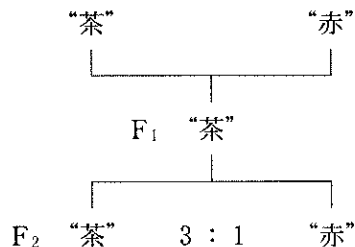


図 2 “茶”と“赤”の交配結果

“茶”は野生型で黒と赤の色素をもち茶色に見える。“赤”は赤だけもち、“白”は黒も赤ももっていない。なお、以下の交配では、体色による子孫の生存率に違いはなかった。“茶”と“赤”の純系どうしを交配して生まれた雑種第 1 代 (F_1) はすべて“茶”だった。 F_1 どうしの交配で生まれた雑種第 2 代 (F_2) では“茶”と“赤”の個体比がおおよそ 3 : 1 になった(図 2)。この結果は、“茶”と“赤”が、2 つの対立遺伝子、 B と b の組み合わせにより決まり、 B が b に対して優性と考えれば説明できる。純系“茶”の遺伝子型は BB 、純系“赤”の遺伝子型は bb である。 F_1 の遺伝子型は Bb で体色は“茶”， F_2 の遺伝子型の割合は $BB : Bb : bb$ が ア : イ : ウ になるので、“茶”と“赤”の個体比が 3 : 1 になる。次に“赤”と“白”の純系どうしの F_1 はすべて“赤”となり、 F_2 では“赤”と“白”の個体比がおおよそ 3 : 1 になった。この結果は、“茶”と“赤”と同様に、“赤”と“白”が、2 つの対立遺伝子、 R と r の組み合わせに

より決まり、R が r に対して優性と考えれば説明できる。

「対立遺伝子 B と b」と「対立遺伝子 R と r」の関係には、次の 3 つの可能性がある。

1) 別々の染色体上にある別の遺伝子、2) 同じ染色体上にある別の遺伝子、3) 同じ遺伝子。どの可能性が高いかは“茶”と“白”純系どうしの交配結果を調べればわかる。

3) では 1 つの遺伝子の 3 つの対立遺伝子、B, b, r の組み合わせで“茶”、“赤”、“白”の 3 つの体色が決まる。b と R は同じ対立遺伝子、r は B に対して劣性と考えれば、F₁ の遺伝子型は Br、体色は (エ)、F₂ では体色 (オ) と (カ) の個体比がおおよそ 3 : 1 になる。1) では「対立遺伝子 B と b」が黒色素の有り無し、「対立遺伝子 R と r」が赤色素の有り無し、を決める遺伝子と考えられる。“茶”の遺伝子型は BBRR、“白”の遺伝子型は brrr となり、F₁ の遺伝子型は BbRr で体色は (キ) となる。F₁ の卵や精子には 2 つの遺伝子が独立に分配され、BR : Br : bR : br が 1 : 1 : 1 : 1 の割合で含まれる。したがって F₂ では体色の“茶”、“黒”(遺伝子型 BBrr または Bbrr で、黒色素だけもつ個体の体色)、“赤”、“白”の個体比が、おおよそ (ク) : (ケ) : (コ) : (サ) になる。最後に 2) の場合、同じ染色体上で、2 つの遺伝子の位置が近いと 3) と似た結果、2 つの遺伝子の位置が遠い①と 1) と似た結果となる。

実際の交配の結果は 1) で予測した結果と完全に一致した。つまり、図 1 に示した“茶”、“赤”、“白”、の 3 つの体色は、別々の染色体上にある別の遺伝子の、それぞれ 2 つの対立遺伝子の組み合わせにより決まると考えられる。

設問(1): 空欄 (ア) ~ (ウ) と (ク) ~ (サ) に入る適切な整数を記入せよ。また空欄 (エ) ~ (キ) には、図 1 の 3 つの体色の中から適切な体色を選び記入せよ。

設問(2): “茶”と“白”純系どうしの F₁ を交配させ、F₂ 400 匹を得た場合を考えよう。

下線部①で、「対立遺伝子 B と b」と「対立遺伝子 R と r」が組換え価 10 % の距離にあると仮定すれば、F₂ の体色、“茶”、“黒”、“赤”、“白”の理論上の個体比はどうか。解答欄に適切な整数を記入せよ。なお、組換え価 10 % の距離では精子 10 個または卵 10 個のうち、おおよそ 1 個で「対立遺伝子 B と b」と「対立遺伝子 R と r」との間で組換えが起きる。

文 2

文 1 で説明したように，“赤”と“白”の純系（純系ではすべての遺伝子がホモ接合になっている）どうしの交配で生まれた F_1 はすべて“赤”， F_2 では“赤”と“白”の個体比がおおよそ 3 : 1 になった。ところが F_2 の性を調べると面白いことがわかった。オスはすべて“赤”（76 匹），メスは“赤”と“白”の個体比がおおよそ 1 : 1（41 匹と 43 匹）になった（図 3）。

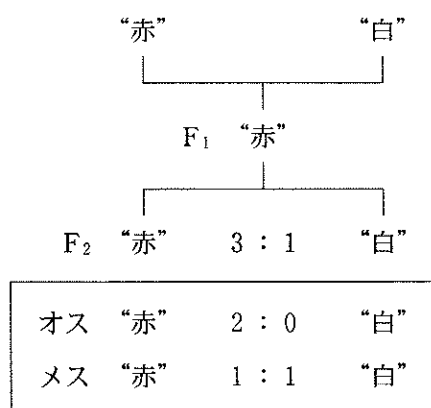


図 3 “赤”と“白”の交配結果（四角内は F_2 のオスとメスの個体比）

この結果から，赤色素の有り無しを決める遺伝子が性染色体上にあることが考えられた。同じ型の性染色体の組み合わせでメス，異なる型の性染色体の組み合わせでオスになる場合を XX-XY 型の性染色体と言う。会田はメダカの性染色体が XX-XY 型であることを明らかにするため，純系“赤”オスと純系“白”メスの交配（図 4 ①）で生まれた F_1 の“赤”オスに，純系“白”メスを交配した（図 4 ②）。

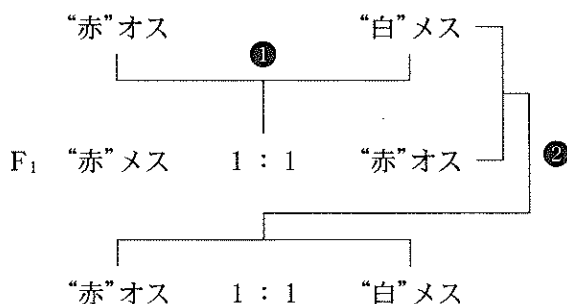


図 4 純系“白”メスと F_1 “赤”オスの交配

生まれた子孫では“赤”はほとんどオス，“白”はほとんどメスで、オスとメスの比はおおよそ1：1だった。この結果は、メダカの性染色体がXX-XY型であることを示している。^②

設問(3)：下線部②はどのように説明できるだろう。解答欄の枠内の空欄にRかrを記入し、説明を完成させよ。対立遺伝子RまたはrをもつX、Y染色体をそれぞれ X^R 、 X^r 、 Y^R 、 Y^r と表す。

設問(4)：図4②の交配では子孫の“赤”はほとんどオス，“白”はほとんどメスとなり、体色により子孫の性がおおまかに判別できる。それでは子孫の“赤”がほとんどメス，“白”がほとんどオスとなる交配を考えよう。対立遺伝子RまたはrをもつX、Y染色体をそれぞれ X^R 、 X^r 、 Y^R 、 Y^r と表す。解答欄の枠内の空欄にRかrを，“ ”内には体色をそれぞれ記入し、交配図を完成させよ。ただし解答欄の交配図で * を付けた3か所は純系“赤”か純系“白”を用いること。

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)