

平成 29 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 37 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	6 ”
	” 3	8 ”
	” 4	10 ”

化 学	問題 1	12 ページ
	” 2	15 ”
	” 3	18 ”
	” 4	21 ”

生 物	問題 1	24 ページ
	” 2	28 ”
	” 3	32 ”
	” 4	35 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

細胞内では様々なタンパク質が、生命現象に重要な働きを持っている。タンパク質はアミノ酸がペプチド結合により複数連結した巨大な分子(ポリペプチド)である。アミノ酸は1個の 原子に水素原子、アミノ基、 基、側鎖が 結合した基本構造をしている。アミノ酸はまた、それぞれの側鎖の違いにより生体内では全部で 種類存在し、疎水性や親水性などの特徴を示す。タンパク質を構成するアミノ酸の並び順、つまりアミノ酸配列は一次構造と呼ばれ、それらが一定の法則性に従った場合に部分的に特徴的な立体構造からなる二次構造を形成する。ポリペプチド鎖は、さらに高次な立体構造である三次構造と四次構造を形成し、その結果として形作られた全体の立体構造がタンパク質に固有の特徴を与える。

タンパク質の機能を調べる研究は、生命現象を解明する上でとても重要である。例えば、ある病気の原因が特定のタンパク質に起因することが少なくない。多くのタンパク質は細胞中にわずかな量しか含まれていないが、その構造や活性を分析するためには、均質で大量のタンパク質合成が必要になる。タンパク質の大量合成技術は、生きた大腸菌などの細胞を培養して作らせる方法と、細胞構造を壊して得られた細胞質抽出物に含まれる翻訳活性を使って無細胞的に作る方法がある。またタンパク質の研究は、その分子の持つ構造や活性などの特徴を明らかにすることの他に、タンパク質が細胞内のどこで、いつ、どの程度合成されるのか、その制御を調べることも重要である。このような研究を発現解析という。

問1 空欄 ～ に適切な用語を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、図 1 のグラフは哺乳動物細胞に含まれる物質成分のおおよその値を示したものである。タンパク質と脂質が相当する部分を記号 A ~ F から選び答えよ。

哺乳動物細胞を構成する物質の平均的な質量比(%)

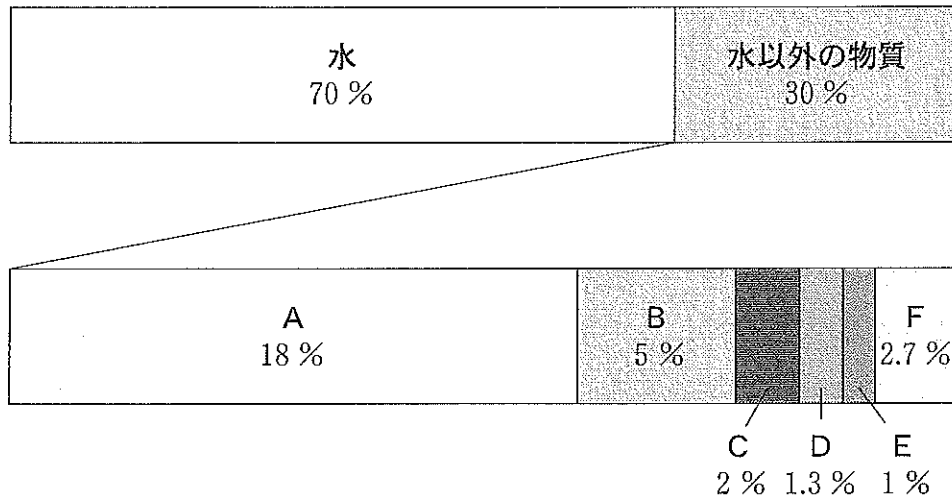


図 1

問 3 下線部(イ)に相当する名称を 2 つ答えよ。

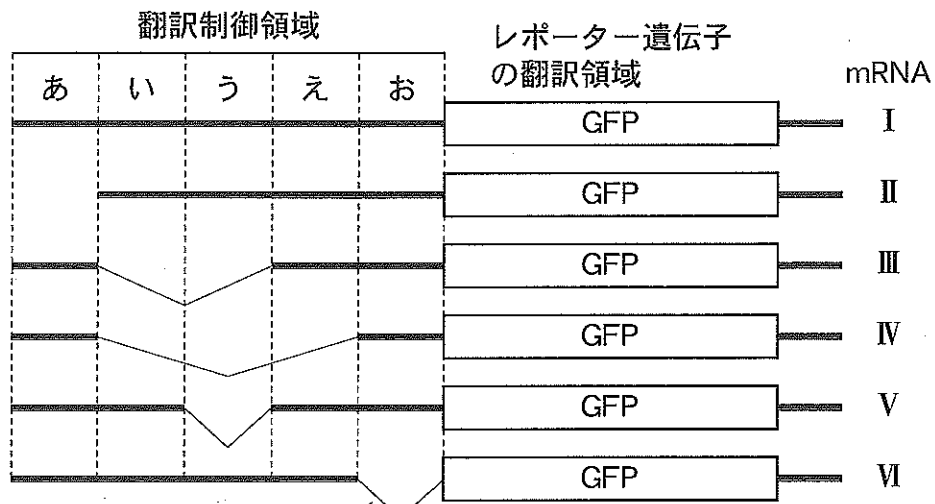
問 4 下線部(ウ)について、それぞれ 60 字以内で説明せよ。

問 5 下線部(エ)について、例えば大腸菌に哺乳類のタンパク質を作らせるためには、大腸菌で機能するプロモーター配列にアミノ酸のコドン情報を含む DNA 配列(翻訳領域)を連結し、大腸菌由来の環状 DNA(プラスミド)に組み込み、それを用いて大腸菌を形質転換する必要がある。その際、ほとんどの場合で導入する翻訳領域配列として cDNA 配列(mRNA を逆転写することで得られた配列)を用いなければならない。その理由を 80 字以内で説明せよ。

問 6 下線部(オ)について、細胞抽出液に含まれる翻訳活性に必要な成分のうち mRNA 以外のものを 3 つ答えよ。

問 7 下線部(カ)について、以下の文章を読み設問に答えよ。

mRNA からタンパク質が作られる翻訳過程の制御を解析するために、無細胞タンパク質合成法が利用されることがある。図 2 に示すように、解析対象 mRNA の翻訳制御領域の働きを調べる目的で、レポーター遺伝子の翻訳領域と連結した mRNA を 6 種類作成した。レポーター遺伝子とは、翻訳量を評価できるようにするための特別な遺伝子であり、この実験では紫外線照射で緑色に光る緑色蛍光タンパク質 (GFP) の遺伝子を用いた。作成した mRNA は細胞質抽出液中で翻訳され、反応液中で新しく GFP が作られるため、その量を検出器で蛍光の強さとして計測すれば、翻訳制御領域の持つ翻訳誘導活性を数値化して比較することができる。それぞれの mRNA を用い、翻訳反応後に作られた GFP の蛍光強度を測定した値を、図 3 のグラフに示す。このグラフを読み解き、mRNA の翻訳制御領域の区分(あ～お)を、それぞれ翻訳を促進する区分、翻訳を抑制する区分、翻訳に影響しない区分に分類せよ。



この領域の配列を含まずにつながっていることを表す

図 2

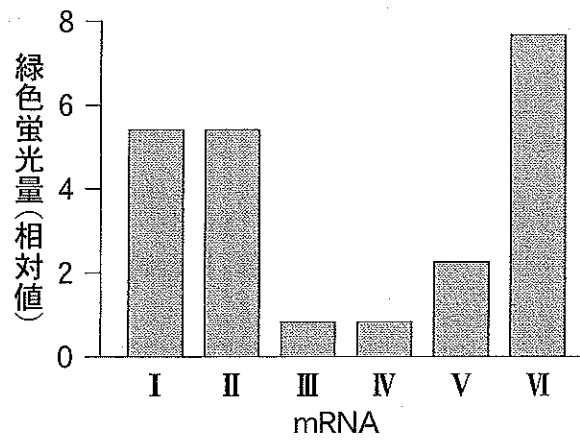


図 3

生物問題 2

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物の体内には細菌やウイルス、がん細胞などの異物を排除する免疫というしくみがあり、主に抗体を産生する(①)免疫と直接異物に対して攻撃をする(②)免疫に分けられる。異物は樹状細胞やマクロファージなどの抗原提示細胞によって貪食され、(③)細胞に情報が提示される。(①)免疫では(③)細胞が(④)細胞を活性化し、抗体産生細胞へと分化誘導し、増殖させる。(②)免疫ではキラーT細胞が抗原に対して直接攻撃する。

一方で自己抗原に対する免疫反応をしないように、また過剰な免疫反応を回避するために(⑤)というシステムを有している。T細胞の(⑤)には胸腺^(a)で行われる中枢性の機構と、リンパ組織などで行われる末梢性の機構がある。中枢性の機構は、まず修飾された自己抗原と胸腺内の抗原提示細胞上の主要組織適合遺伝子複合体(MHC)^(b)との複合体が未熟T細胞に提示される。そして、その複合体を強く認識してしまうと多くのものはアポトーシスなどで除去される。しかし、胸腺に発現する自己抗原には限りがあり、組織特異的な自己抗原に反応するT細胞が末梢に出ていく可能性がある。そのため、末梢性の(⑤)^(c)により、自己抗原を認識した成熟T細胞がそれ以降の抗原に対する応答性を示さなくなる。近年がん細胞の一部で類似した機構を有することが報告され、それを標的とした治療薬の臨床応用が始まっている。また、(⑤)^(d)の破綻は自己抗原に対して過剰な免疫応答を引き起こす。これによって引き起こされる疾患を自己免疫疾患という。

問1 空欄(①)～(⑤)に適切な用語を入れよ。

問2 下線部(a)に関して、実験動物として胸腺の欠損したヌードマウスが多用される。ヌードマウスを使用する利点と原理を80字程度で述べよ。

問 3 下線部(b)に関して、主要組織適合遺伝子複合体(MHC)は骨髄移植時に重要であるが6種類もの遺伝子から規定されているため一致率が低い。そのため同じ両親から生まれた兄弟・姉妹同士の移植が多いが、理論的に期待される兄弟・姉妹間でのMHCの一致率を答えよ。

問 4 下線部(c)について以下の実験1, 2を行った。各々の設問に答えよ。

実験1

マウスにリンパ球性脈絡髄膜炎ウイルス(LCMV)を感染させると、感染細胞を貪食した樹状細胞がタンパクA、またはBを細胞膜に発現することによりT細胞性の免疫反応を誘導する。ある遺伝子改変マウス(Tg1マウス)は、LCMVの感染の有無に関わらず、一部の樹状細胞の細胞膜にタンパクAを発現する特徴を持つ。そこでTg1マウスと野生型マウス(Wtマウス)にLCMVを感染させた後、脾臓を取り出し、脾臓内全キラーT細胞中のタンパクA、B各々に反応性を示すキラーT細胞の割合(%)を調べた。結果を図1に示す。

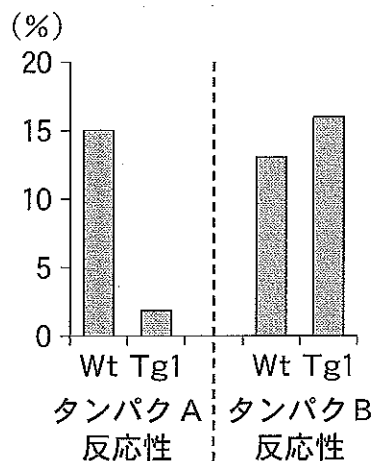


図1

実験 2

キラー T 細胞に発現している受容体 P と樹状細胞の膜に発現している受容体 P 結合タンパク (PL タンパク) の働きに着目して実験を行った。まず、受容体 P の発現を欠損させたマウス (Tg2) を作製した。さらに、Tg2 マウスと実験 1 で使用した Tg1 マウスの両者の形質を有したマウス (Tg3 マウス) を作製した。Tg1, Tg2, Tg3 マウスに LCMV を感染させた後、脾臓を取り出し、タンパク A, B 各々に反応性を示すキラー T 細胞の割合 (%) を調べた。その結果を図 2 に示す。

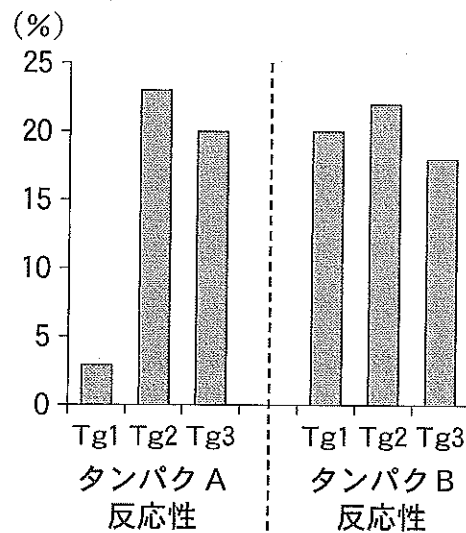


図 2

- (1) 実験 1, 2 に対して以下の考察を行った。当てはまる最適な用語を括弧内から選択し記入しなさい。

実験 1 から、Wt マウスと比べて Tg1 マウスではタンパク A に対する免疫反応は (A : 抑制されている・変わらない・活性化されている)。一方実験 2 の結果から、キラー T 細胞の細胞膜に発現した受容体 P が欠損すると、異物に対する免疫反応は (B : 抑制される・変わらない・促進される) が、末梢性の機構が働いていたタンパクに対しての免疫反応は (C : 抑制されている・変わらない・活性化される)。つまり末梢性の機構には、受容体 P と PL タンパクの結合によって免疫反応に対して (D : 抑制性・促進性) のシグナルを伝えることが重要であると考えられる。

(2) 近年ある種のがん細胞は PL タンパクを発現していることが明らかとなってきた。この事実を基に以下の設問に答えよ。

(i) PL タンパクを発現したがん細胞は発現していないがん細胞と比較して生存や増殖活性の点でどう異なるか。理由を付して 60 字程度で考察しなさい。

(ii) PL タンパクを発現したがんに対する治療戦略として推察される正しい選択肢を全て選べ。

(a) 受容体 P の阻害薬を用いることでがんの進行を抑制できる。

(b) PL タンパクの阻害薬を用いることでがんの進行を抑制できる。

(c) 受容体 P 刺激薬を用いることでがんの進行を抑制できる。

(d) PL タンパクの活性を増強させる薬を用いることでがんの進行を抑制できる。

(e) 受容体 P や PL タンパクはがんの治療標的にならない。

問 5 下線部(d)の機序で起こる自己免疫疾患を下記の中から全て選べ。

関節リウマチ, エイズ, バセドウ病, 花粉症,

ぜんそく, I 型糖尿病, II 型糖尿病

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

現代の進化論では、チャールズ・ダーウィンの(①)説、ド・フリースの(②)説、木村資生の(③)説をもとに、進化のしくみが説明されている。

進化についてさらに詳しく知るために、野外調査を行なった。クモA種はアリB種ととても似た形、大きさであるため、アリに(④)していると考えられた。クモA種が(④)する利点として、「アリを捕食するため」という仮説と、「アリに似せることで捕食者から身を守るため」という2つの仮説を立てた。最初に、複数の場所で野外観察を行なったところ、クモA種もアリB種も、同じ種の中に、黒色型と茶色型という2つの型があった(図1)。公園Xで、クモA種とアリB種の個体数の調査を行なったところ、表1の結果を得た。次に、公園Yで同様の調査を行なったところ、この公園のアリは、他のアリ種への攻撃性の高い外来種のアリC種に置き換わっており、アリB種は見つけることができなかった。この公園Yでは表2の結果を得た。2つの公園での調査中に、クモA種がアリB種とアリC種を捕食する行動がみられるかを、クモA種を見つける度に5時間観察したが、そのような行動は一度もみられなかった。表2の結果から、公園Yでは、アリC種が原因となってアリB種が淘汰され、クモA種の集団内の遺伝的構成に偏りが生じる(⑤)効果と呼ばれる効果が働いたと考えられた。

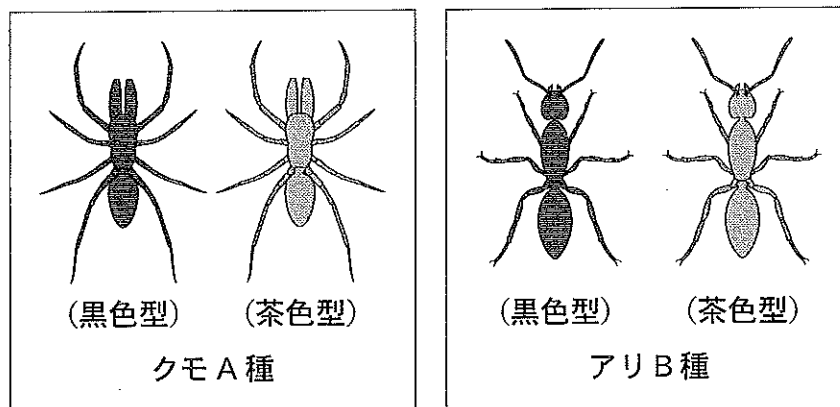


図1 クモA種とアリB種における色の多型

表 1 公園 X での観察結果

多型	クモ A 種(匹)	アリ B 種(匹)
黒色型	18	51
茶色型	18	58

表 2 公園 Y での観察結果

多型	クモ A 種(匹)	アリ C 種(匹)
黒色型	0	0
茶色型	20	89

問 1 空欄①～⑤に適切な用語を入れよ。

問 2 観察の結果、クモ A 種に関する 2 つの仮説がどのように考察されたか、下記の(a)～(d)のうちから最も適切なものを選び。

- (a) 「捕食者から身を守るため」でも「アリを捕食するため」でもないと考えられる。
- (b) 「捕食者から身を守るため」も「アリを捕食するため」も正しいと考えられる。
- (c) 「アリを捕食するため」であるとされる。
- (d) 「捕食者から身を守るため」であるとされる。

問 3 観察の結果の正しい考察として、不適切なものを下記の(a)～(d)のうちから 2 つ選べ。

- (a) アリ C 種が公園 X に侵入した場合、クモ A 種の茶色型が絶滅すると予想される。
- (b) アリ C 種が公園 X に侵入した場合、クモ A 種の黒色型が減少すると予想される。
- (c) データからアリ C 種は茶色型のみで、黒色型はないと考えられる。
- (d) アリ B 種はアリ C 種との競争に強い種と考えられる。

問 4 クモ A 種の黒色型と茶色型は一つの遺伝子座で遺伝的に決まっており、黒色型が対立遺伝子 M の優性形質、茶色型が対立遺伝子 m の劣性形質であるとする。以下の 5 つの条件を前提に問題に答えよ。

- ・ 公園 X と Y に生息する生物はランダムに交配をしているとする。
- ・ 他の集団からの流入や流出、洪水などの環境の攪乱要因はないとする。
- ・ 公園 X と Y は広く、そこに生息する生物の集団は十分に大きいとする。
- ・ 突然変異はないとする。
- ・ クモ A 種の捕食者、クモ A 種、アリ B 種、アリ C 種以外の生物の効果はないとする。

1) アリ C 種が公園 X に侵入したため、ある日調べたところ、公園 X では、クモ A 種における黒色型と茶色型の対立遺伝子の頻度は 1 対 1 のままであった。その後、アリ C 種が公園 X に広がり、クモ A 種の黒色型と茶色型の表現形質の比率が 1 対 2 となった。この時のクモ A 種の対立遺伝子 M の対立遺伝子頻度を計算せよ。答えは平方根を含んで良い。計算式は省略しないこと。

2) アリ C 種が公園 X に侵入しなかった場合、クモ A 種の次の世代における黒色型と茶色型の対立遺伝子の頻度はどのように変化すると期待されるか。また、そうなる理由を述べよ。

問 5 2 つの仮説を立てて野外観察を行なったが、仮説を検証するには観察だけでは不十分であると考えられたため、野外で実験を行なうことにした。どのような実験を行なえば良いか、仮説ごとに述べよ。また、その実験で得られた結果から、何が分かるのかも記述せよ。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

体内の約99%のカルシウムは骨に存在し、残り約1%が細胞内や細胞外液に分布している。骨は常にカルシウムの溶解(骨の破壊)と沈着(骨の形成)を繰り返し、負荷に応じた強度を維持してからだの運動を支えている。そのため運動選手では一般人よりも骨量が多く、宇宙に滞在した宇宙飛行士では骨量が著しく減少する。

細胞外液中のカルシウム濃度は厳密に調節されており、わずかな上昇や低下も補正されるしくみが備わっている。細胞外液中のカルシウム濃度が低下すると(①)からパラトルモンが放出され、骨からのカルシウム溶解、腎臓の(②)におけるカルシウム再吸収、食物として摂取したカルシウムの小腸からの吸収が促進され、カルシウム濃度は正常に回復する。小腸からのカルシウム吸収は脂溶性ビタミンである(③)によって促進されることが知られており^A、カルシウムの摂取や吸収が十分ではない場合には、細胞外液中のカルシウム濃度を維持するために骨からカルシウムが溶解して骨の強度が下がることになる。骨粗しょう症は、骨の形成が破壊に追いつかず骨量が減少して骨折を生じやすくなる病気である^B。もともとは閉経後の女性に多く見られる病気であるが、最近では過度な「痩せ」嗜好(いわゆるダイエット)、スナック菓子やインスタント食品の摂取の増加により、若い人での骨粗しょう症予備軍が問題になっている。

骨以外に存在する約1%のカルシウムはホルモンの分泌のほか、血液凝固^C、シナプス情報伝達^D、筋収縮^Eなど生体内でのさまざまな情報伝達の過程で重要な役割を果たしている。細胞の静止状態では細胞質のカルシウム濃度は細胞外液の1万分の1程度に保たれているが、細胞小器官である(④)の中には細胞外液と同程度の濃度でカルシウムが貯蔵されている。(④)から細胞質へのカルシウムの放出と細胞質からのカルシウム取り込みのサイクルは^F、細胞機能の調節において重要な役割を果たしている。

問1 空欄(①)～(④)にあてはまる適切な用語を入れよ。

問 2 下線部Aについて、緯度が高く日照時間の短い地域においては、カルシウム吸収の低下により骨形成が維持できなくなることを防ぐため、人々は上半身裸あるいは水着を着用して街中の公園等でも好んで日光浴をする。このことから日光は骨形成にどのように関わると考えられるか 50 字程度で答えよ。

問 3 下線部Bについて、骨粗しょう症を防ぐために心がけるべき生活習慣を 3 つ答えよ。

問 4 下線部Cについて、図1の(a)～(c)にあてはまる物質名を答えよ。ただし矢印(横方向)は物質の変化を、白矢印(たて方向)は促進作用を示している。

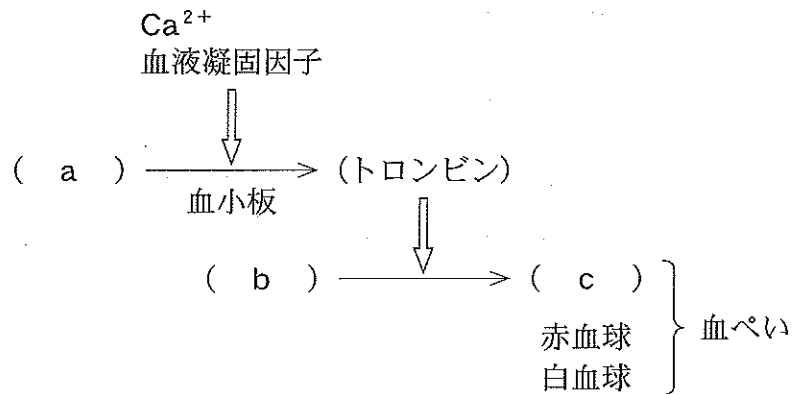


図 1

問 5 下線部Dについて、シナプスに活動電位が到達してから神経伝達物質が放出される過程に、カルシウムがどのように関わるか 75 字程度で答えよ。

問 6 下線部Eについて、心筋と骨格筋の収縮に必要なカルシウムの供給源を調べる実験を行った。カエルの心筋および骨格筋線維標本を作製してリンガー液に浸し、筋細胞が活動電位を発生する条件で電気刺激を与えて筋収縮の大きさを測定した。リンガー液中で一定の間隔で与えた刺激により、ほぼ同じ大きさの筋収縮が繰り返し起こることを確認した。その後、同じ間隔で刺激を与えながら、リンガー液の組成からカルシウムのみを除去した溶液に置き換えたところ、図2のような結果が得られた。図中のたて棒は1回の筋収縮を表している。

心筋、骨格筋それぞれにおいて、収縮に必要なカルシウムはどのような経路で供給されていると考えられるか 50 字程度で答えよ。

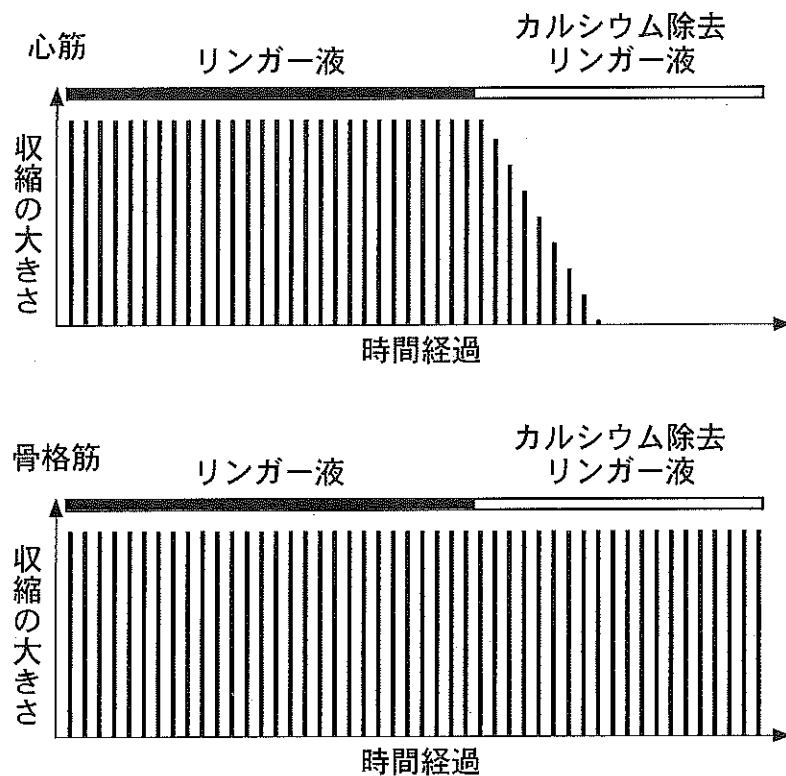


図 2

問 7 下線部Fについて、カルシウムの放出および取り込みはどのような機構で起こるか 75 字程度で答えよ。