

名古屋市立大学

令和 2 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 34 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。

試験開始後、全科目の解答用紙 8 枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

理 科 問 題

物	理	問題 1	3 ページ
		” 2	5 ”
		” 3	7 ”
		” 4	9 ”

化	学	問題 1	11 ページ
		” 2	15 ”
		” 3	17 ”
		” 4	19 ”

生	物	問題 1	21 ページ
		” 2	23 ”
		” 3	26 ”
		” 4	28 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	4 枚

生 物

生物問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

動物は、周囲の環境からさまざまな情報を受け取り、その情報に応じて多様な反応を示す。一般に、動物が情報を受け取る器官は受容器、反応を示すための器官は(①)器と呼ばれる。これら受容器と(①)器を結びつけているものは神経系である。発達した中枢神経系を持つ脊椎動物において、高次の情報処理と運動制御に関わる器官が脳である。成人の脳は1000億個以上のニューロンから構成されている。1つのニューロンで発生した興奮が軸索を伝わって神経終末に達し、^Aシナプスを介して別のニューロンへ伝わる過程^Bで、情報が高度に処理されていく。イソギンチャクやクラゲなど刺胞動物では、中枢神経系と末梢神経系は見られないが、神経繊維が相互に連絡しあって網目状になった(②)神経系が発達している。単細胞生物のゾウリムシは神経系を持たないが、受容器と(①)器の機能を1つの細胞に備えており、環境の変化に対応した行動を示すことができる。

動物が刺激を受け取った時、その刺激に近づく方向への移動行動を正の走性、刺激から遠ざかる方向への移動行動を負の走性と呼ぶ。例えば、立てた試験管内でゾウリムシが上方水面近くに集まる行動^Cは負の重力走性、雄のカイコガが風上にいる雌に向かって進む行動^Dは正の化学走性、メダカが流れの上流に向かって泳ぐ行動^Eは正の水流走性と考えられている。

動物が生まれてから受けた刺激によって行動を変化させたり、別の行動を新たに獲得したりすることを学習と呼ぶ。アメフラシが水管への接触刺激の繰り返しでえら引っ込め反射を低下させる慣れ^Fや、パブロフの犬で知られる古典的条件づけ、ガンやカモのふ化直後のひなが示す(③)も学習の一種と考えられ、その神経メカニズムが解明されつつある。

問1 文章中の空欄(①)～(③)にもっとも適切な語を答えよ。

問 2 文章中の下線部 A に関して、次の小問(1)～(2)に答えよ。

- (1) 興奮が軸索を伝わるしくみを簡潔に説明せよ。
- (2) 軸索において、興奮が一方向にしか伝導しないのはなぜか、簡潔に説明せよ。

問 3 文章中の下線部 B に関して、活動電位が到達した神経終末で神経伝達物質が放出されるしくみについて、以下の用語を用いて簡潔に説明せよ。

用語：シナプス小胞、シナプス前膜、電位依存性カルシウムチャネル

問 4 文章中の下線部 C の反応は「水面上の空気に対する正の化学走性」とも考えられる。この仮説を否定するためには、どのような実験を行い、どのような結果が得られればよいか、簡潔に説明せよ。

問 5 文章中の下線部 D の反応は雌のカイコガから放出される化学物質に対する応答と考えられる。次の小問(1)～(2)に答えよ。

- (1) その化学物質の総称を答えよ。
- (2) 雄のカイコガが示す下線部 D の反応が、雌のカイコガの形態や色を見たことによって生じたものではないことを示すには、どのような実験を行い、どのような結果が得られればよいか、簡潔に説明せよ。

問 6 文章中の下線部 E の反応は「視野内の景色を一定に保とうとする行動(保留走性)」とも考えられる。この仮説を証明するためには、どのような実験を行い、どのような結果が得られればよいか、簡潔に説明せよ。

問 7 文章中の下線部 F に関して、次の小問(1)～(2)に答えよ。

- (1) 慣れを起こしたアメフラシの尾部に、さらに強い電気ショックを与えると、ふつうでは生じないような弱い水管接触刺激でも、えら引っ込め反射が生じるようになる。この現象の名称を答えよ。
- (2) (1)の現象は、尾部への刺激によって水管の刺激による、えら引っ込め反射が増強されたものと考えることができる。このような増強のしくみについて、以下の用語を用いて 200 字程度で説明せよ。

用語：介在ニューロン、カリウムチャネル、興奮性シナプス後電位

生物問題 2

次の文章を読み、問 1 ～問 4 に答えよ。

生物が外界から物質を取り入れて分解したり、新たな物質を合成することを代謝と呼ぶ。この代謝の過程において、エネルギーの受け渡しには主に ATP が用いられる。グルコースなどの有機物が酸素で酸化されて ATP が合成される反応は (ア) と呼ばれ、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の 3 つの反応過程で進行する。

クエン酸回路はミトコンドリアの (イ) で進行する。解糖系で生じた (ウ)
A は、酸化とともに B CO₂ を奪われた後に、コエンザイム A と結合して (エ) になる。この (エ) はオキサロ酢酸と結合してクエン酸になる。1 分子のグルコースから出発したとき、クエン酸回路では 6 分子の CO₂、2 分子の ATP、(オ) 分子の NADH と H⁺、2 分子の (カ) が生ずる。

電子伝達系は、ミトコンドリアの内膜で進行する。解糖系やクエン酸回路で生じた NADH と (カ) は電子伝達系に電子を受け渡し、同時に H⁺ を遊離する。電子は電子伝達系を構成するタンパク質に次々に受け渡され、この際に放出されるエネルギーを用いて、ミトコンドリアの内膜と外膜の間の空間 (膜間腔) に H⁺ が輸送される。この結果、内膜を挟んで H⁺ の濃度勾配が形成される。この濃度勾配に従って H⁺ が (イ) 側に流入しようとするエネルギーを利用して、ATP 合成酵素は ADP から ATP を合成する。電子伝達系から受け渡された電子は、最終的に O₂ の還元に使われて H₂O となる。

問 1 文中の空欄 (ア) ～ (カ) にあてはまる最も適切な用語または数字を入れよ。

問 2 下線部 A について，次の問いに答えよ。

クエン酸回路ではクエン酸(C₆)がいくつかの反応を経て，オキサロ酢酸(C₄)になる。複数酵素によるこの反応系は，発見当初は直線的であると考えられていたが，以下の実験などにより回路であることが明らかになった。下の実験の記述を読み，表の空欄(キ)～(コ)を埋めよ。ただし，(キ)～(コ)には同じ有機分子の名前が入りうる。また，そのように有機分子が蓄積したと考える理由(150 字程度)を述べよ。

実験

クエン酸からオキサロ酢酸にいたる反応の途中において，コハク酸はコハク酸脱水素酵素によってフマル酸になる。クエン酸回路の各反応に必要な基質や酵素を全て含む反応液に，コハク酸脱水素酵素のはたらきを阻害するマロン酸を加えたものを反応液 A とする。もしクエン酸回路が直線的であるならば，反応液 A に過剰なクエン酸を加えれば有機分子(キ)が蓄積し，過剰なフマル酸を加えれば有機分子(ク)が蓄積すると想定される。しかし実際には回路であるため，反応液 A に過剰なクエン酸を加えれば有機分子(ケ)が蓄積し，過剰なフマル酸を加えれば有機分子(コ)が蓄積した。

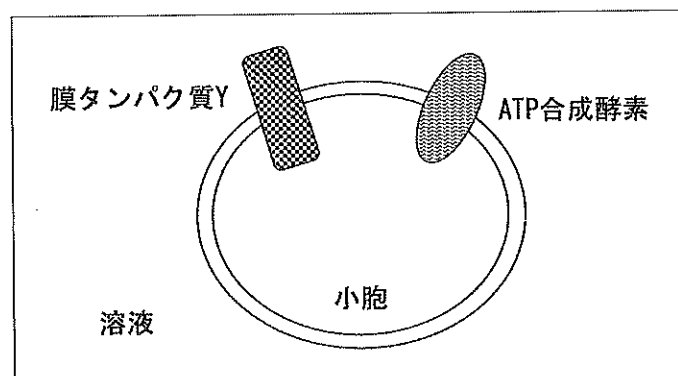
		過剰に加える有機分子	
		クエン酸	フマル酸
反応系	直 線	(キ)	(ク)
	回 路	(ケ)	(コ)

問 3 下線部Bについて、元々独立していた好気性細菌が別の細胞内に共生を始めた結果としてミトコンドリアができたと考える「細胞内共生説」が提唱されている。

- (1) 細胞内共生説を支持する最も重要な根拠を2つ、それぞれ簡潔に述べよ。
- (2) 元々は独立して生存していたと考えられるミトコンドリアであるが、ミトコンドリアを単離して培養しようとする試みは成功していない。ミトコンドリアが単独では生存できない理由として考えられることを60字程度で述べよ。

問 4 下線部Cについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 化合物Xはミトコンドリア内膜に作用し、電子伝達系によるATP合成を著しく阻害する。しかし化合物Xは電子伝達に関わるいかなるタンパク質の活性も阻害せず、またATP合成酵素の活性も阻害しない。化合物XがATP合成を阻害するしくみを考え、40字程度で述べよ。
- (2) 膜タンパク質Yは、青色光があたると脂質二重層に対して特定の方向に H^+ を輸送する。溶液中の小胞の脂質二重層に膜タンパク質YとATP合成酵素を存在させると(図)、青色光をあてた時のみに、溶液中にATPの蓄積が観察された。この実験において、どのようなしくみによってATP合成が引き起こされたのかを60字程度で述べよ。ただし、反応に必要な基質は全て溶液および小胞中に存在すると仮定する。



図

生物問題 3

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

私たちの体には、外部環境からのウイルスや細菌(病原体)などの異物の侵入を防いだり、侵入した異物を認識して速やかに排除する自然免疫と獲得免疫とよばれる防御機構が備わっている。皮膚や粘膜などの組織には、異物の侵入を防ぐための物理的および化学的な防御機構^Aが存在している。しかし、異物が体内に侵入した場合には、マクロファージ、(①)、(②)が異物の侵入した部位に集まり、食作用によって異物を排除する。このように、異物の侵入を防いだり食作用により異物を排除する免疫を自然免疫という。獲得免疫では、生体に異物が侵入すると主に(②)が食作用によって取り込んだ異物を断片化して細胞の表面に抗原として提示し、近くの(③)に移動する。この抗原情報を受け取った(④)は、活性化して増殖し、同じ抗原を認識したB細胞やキラーT細胞を活性化させることで異物を排除する。

これらの自然免疫と獲得免疫の担当細胞は、体内に侵入してきた異物(非自己)^Bと、もともと体の中にあるもの(自己)とを見分けるしくみをもっている。自然免疫の担当細胞は(⑤)というタンパク質を発現して異物を識別している。また、獲得免疫の担当細胞の表面にも異物を識別するタンパク質が発現している。

免疫応答は、生体の恒常性を維持するために不可欠な反応であるが、時には免疫が過敏な反応を示して、花粉症やじんましん、ぜんそくなどの病気を引き起こすこともある。また、免疫機能が低下して感染症にかかりやすくなる状態を免疫不全^Cと^Dいう。

免疫のしくみを応用することで、感染症の予防と治療などが発展してきた。予防接種は、人工的に免疫を獲得させる方法で、その時に用いられるのがワクチン^Eである。一方、毒ヘビなどにかまれたときなどの治療に用いられる方法が血清療法^Fである。

問1 文中の空欄(①)～(⑤)に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部Aについて、皮膚の角質層がウイルスの侵入を防いでいるしくみを 70 字程度で答えよ。

問 3 下線部Bについて、次の問いに答えよ。

- 1) 私たちの体の細胞表面には、自己の細胞であることを示す目印として固有の膜タンパク質が存在している。このようなタンパク質の名称を答えよ。
- 2) 自然免疫の担当細胞に発現している(⑤)が認識する物質を 3 つ答えよ。

問 4 下線部Cについて、花粉症を引き起こす免疫応答のしくみを 150 字程度で説明せよ。

問 5 下線部Dについて、後天性免疫不全症候群(AIDS)の発症の原因となるヒト免疫不全ウイルス(HIV)が免疫系にどのように作用するか、50 字程度で説明せよ。

問 6 下線部Eについて、予防接種(ワクチン接種)は獲得免疫のどのような性質を利用して感染症の予防に用いられるか、100 字程度で説明せよ。

問 7 下線部Fについて、血清療法とはどのような治療方法であるか、70 字程度で説明せよ。

生物問題 4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

「メタボ(メタボリックシンドローム)」という言葉は様々な場面に広く行き渡っているが、最近「ロコモ」という言葉にもしばしば接するようになってきた。「ロコモ(ロコモティブシンドローム)」は、骨格筋や骨など運動にかかわる器官のはたらきが低下して、日常の生活動作がうまくできなくなる状態をあらわしている。ロコモがひどくなると寝たきりになってしまうので、高齢化社会では非常に重要な健康課題である。

骨格筋は、運動神経の終末から分泌される(①)により情報伝達を受けた場合にのみ収縮する。この性質は、心臓や消化管をつくる筋肉が、これらの器官に分布する(②)神経からの情報伝達を受けなくても収縮する性質(自動性)を持つのは大きく異なる。骨格筋の中に存在する受容器である(③)は、骨格筋に加わった伸展刺激の強さを感知して、感覚神経によって脊髄の反射中枢にその情報を伝える。その結果、骨格筋を制御する運動神経の興奮の度合いを変化させることにより、収縮力を適切な強さに調節する。この(③)―感覚神経―反射中枢―運動神経―骨格筋で形成される経路は(④)と呼ばれる。運動神経の一つのニューロンは複数の筋繊維を収縮させ、さらに器官としての骨格筋は、複数の運動ニューロンによって制御されているため、必要に応じて収縮力を調節することができる。

運動ニューロンは、骨格筋の収縮力を制御するだけでなく、骨格筋繊維の性質(タイプ)をも決定する。骨格筋の繊維は、その筋繊維に分布する運動ニューロンのタイプに応じて、大きく2種類に分けられる。タイプS運動ニューロンが分布する筋繊維は、収縮力は弱いが疲れにくい性質を持つタイプI筋繊維になり、持久力が必要な有酸素運動や姿勢の維持に使われる。一方、タイプF運動ニューロンが分布する筋繊維は、収縮力が強いが疲れやすい性質を持つタイプII筋繊維になり、瞬発力や大きな力を必要とする無酸素運動において重要である。齢をとるにつれて骨格筋の量や筋力が減少し、また運動ニューロンでは、タイプSに比べてタイプFの減少の度合いが大きいことが知られている。そのため高齢者では特に素早い動きが難しくなり、転倒事故などを起こしやすくなる。

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，以下の問いに答えよ。

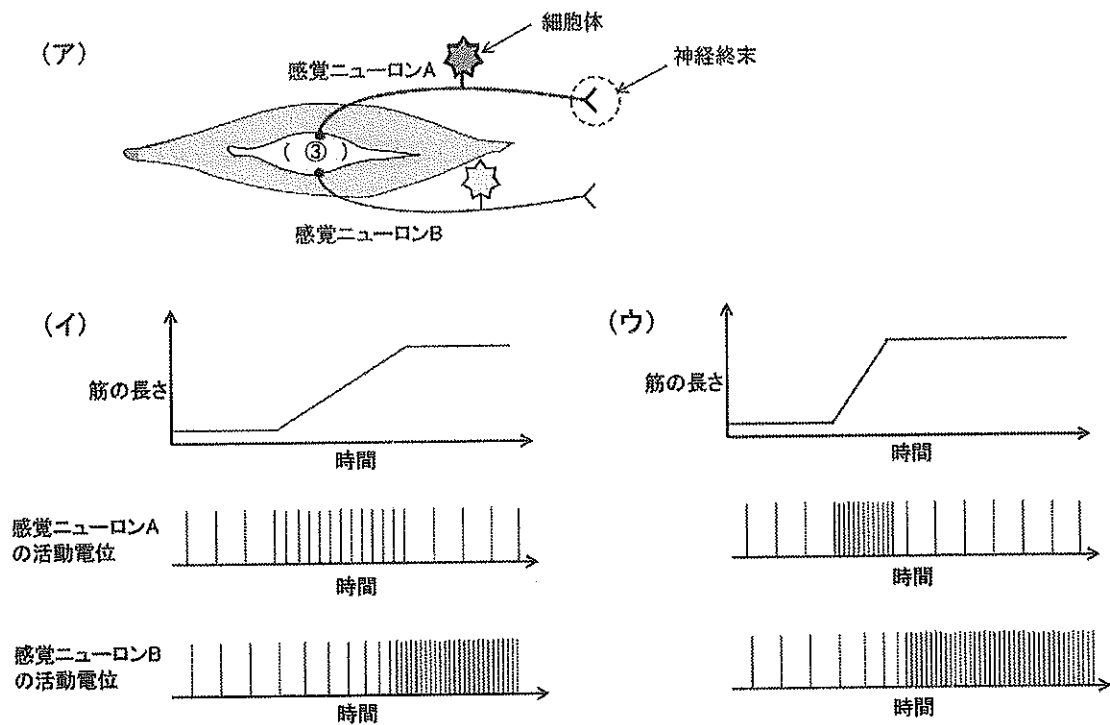


図 1

図 1 (ア)は，筋肉内の(③)から脊髄につながる感覚ニューロン A と B を示した模式図である。図 1 (イ)および(ウ)は，筋の長さを異なる速さで変化させた(伸展刺激)時の，感覚ニューロン A と B における活動電位の発火頻度の時間経過を示している。なおグラフ中の上向き信号の 1 つ 1 つは，それぞれ活動電位を示している。

(1) 感覚ニューロン A および B の伸展刺激に対する応答には、それぞれどのような性質があるか説明せよ。

(2) 上記設問(1)のように、単一の感覚ニューロンでは、刺激の程度の違いは活動電位の発火頻度の変化として中枢に伝えられる。生体内での感覚神経は、図 2 の模式図のように、少しずつ性質の異なる複数の感覚ニューロンからなるグループとして構成される。このような感覚ニューロンのグループでは、刺激の程度の違いは、どのように中枢に伝わると考えられるか、理由とともに答えよ。

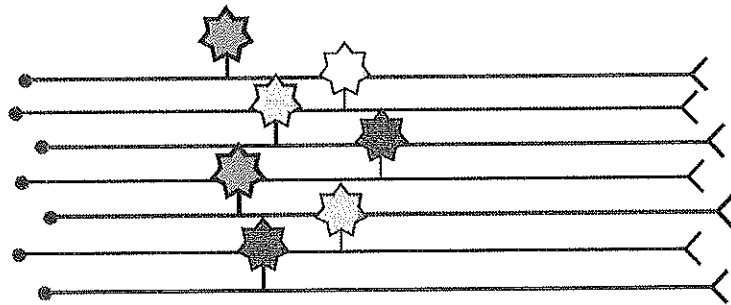


図 2

問 3 下線部 B について，以下の問いに答えよ。

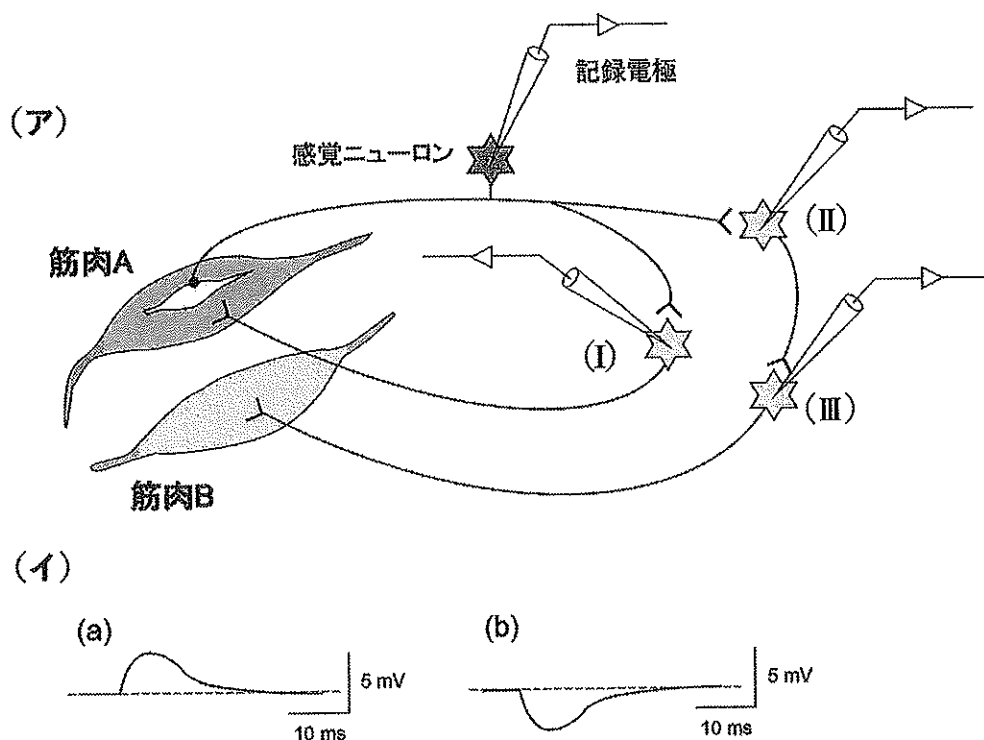


図 3

(ア)は，「しつがい腱反射」として知られる経路の模式図を示している。いま，大腿の伸筋である筋肉 A に伸展刺激を加えると，筋肉 A が収縮して下腿（ひざから下の部分）がはね上がった。一方，大腿の屈筋である筋肉 B の収縮は抑制された。この時，筋肉 A から脊髄に向かう感覚ニューロンでは，活動電位が発生して伝達物質が放出された。この伝達物質の放出に引き続き，ニューロン (I) ～ (III) では，図 3 (イ) に示された (a)，(b) いずれの電位変化が生じたと考えられるか，理由とともに答えよ。

問 4 下線部Cについて、以下の問いに答えよ。

器官としての骨格筋は、(1)「収縮力の大きさを変える」、また(2)「長時間、一定の収縮力を持続する」こともできる。(1)および(2)の収縮力調節は、それぞれ運動ニューロンのどのような活動によると考えられるか説明せよ。ただし、それぞれの骨格筋繊維の収縮は、以下の条件を満たす。

- (i) 完全強縮である。
- (ii) 「疲労」を生じるため、収縮力を長時間持続できない。

問 5 下線部Dについて、以下の問いに答えよ。

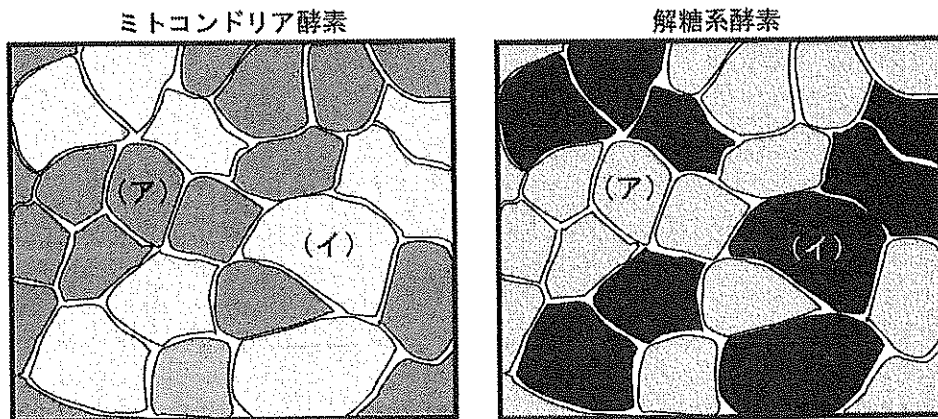


図 4

図 4 は、ある筋肉の連続した横断面切片を、ミトコンドリアの酸化的リン酸化を進める酵素および解糖系の反応を進める酵素で染色した結果を示している。いずれも濃く染まる筋繊維は、その酵素を多く含むことを示している。また 2 種類の染色において、各筋繊維の位置関係は対応している。

- (1) 図 4 の筋繊維(ア)、(イ)は、それぞれタイプ I、II のいずれの筋繊維と考えられるか、理由とともに答えよ。

(2) 筋肉には、ヘモグロビンと同じように酸素と結合する性質を持つミオグロビンと呼ばれるタンパク質が存在しており、筋肉の収縮に必要なエネルギーを作るための酸素を貯蔵している。図5はヘモグロビンおよびミオグロビンの酸素解離曲線を示しているが、ミオグロビンは(a)、(b)のいずれと考えられるか、理由とともに答えよ。

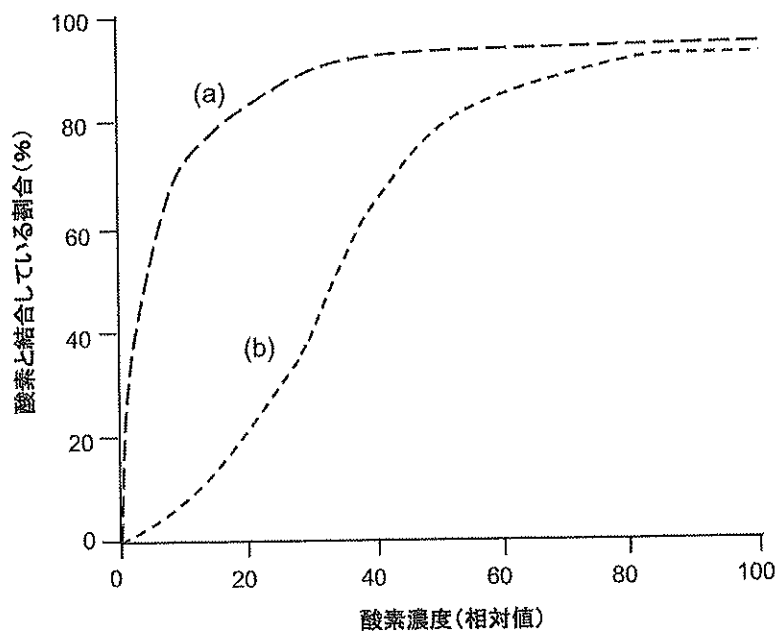


図 5

問 6 下線部Eについて、以下の問いに答えよ。

図6は、ある筋肉におけるタイプIおよびII筋繊維の横断面積と年齢の関係を
示している。タイプII筋繊維は(a)、(b)のいずれと考えられるか、理由ととも
に答えよ。

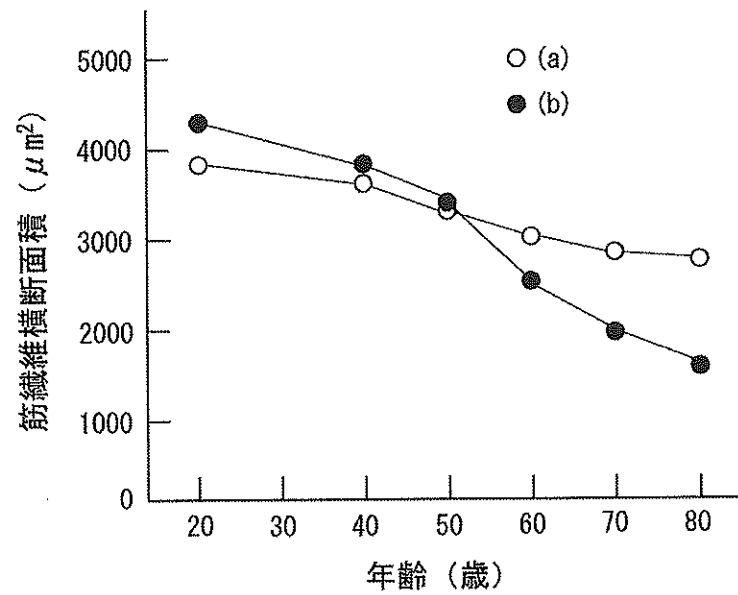


図 6