

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 15 ページで、解答用紙は 6 枚、白紙は 2 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、6 枚の解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は 6 題ある。応用生物科学部の受験生は 6 題すべてに解答すること。医学部の受験生は問題 1, 2, 3, 4 に解答すること。解答しない問題 5, 6 の解答用紙には、全紙にわたり大きく×印を 1 つ記すこと。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子と白紙は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率（％）を表示してある。

1

次の文章を読み、問1～3に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

私たちの身体は、主に抗体がはたらく 免疫と、抗体が関係しない 免疫により、ウイルスなどの感染からまもられている。抗原情報を認識したB細胞は分裂増殖して抗体産生細胞へと分化する。この細胞が産生する抗体は とよばれるY字形をしたタンパク質で、原則的に、自らの身体の中にはない異物に対して作られる。抗体を作る原因となる物質を抗原とよぶが、タンパク質が抗原である場合には、その数個～数十個のアミノ酸部分に対して抗体が作られる。抗体はH鎖（重鎖）およびL鎖（軽鎖）とよばれるポリペプチドが2本ずつ、計4本が結合してできている。抗原物質はH鎖とL鎖が合わさった とよばれる部分に結合するため、Y字形をした抗体は抗原と反応する ①つの部位を持っている。抗体を作る遺伝子はH鎖に1つ、L鎖に2つしかないにもかかわらず、実際には、多数の異なった抗体が作り出される。その仕組みを図1に示した。すなわち、H鎖ならびにL鎖の遺伝子は複数の種類のV断片、D断片、J断片と1種類の定常部からなり、B細胞の分化初期に各断片が をすることで1個のB細胞に1種類のH鎖とL鎖を作る情報が整えられる。次にDNAがmRNAに され、このmRNAを してポリペプチドが作られるため、多数の抗体が産生されることになる。mRNAの情報は抗体産生細胞の細胞内において、 に結合した で読み取られてタンパク質が合成され、 を通って分泌顆粒に運ばれて細胞外に分泌される。分泌された抗体は、血しょう中や分泌液中に存在している。

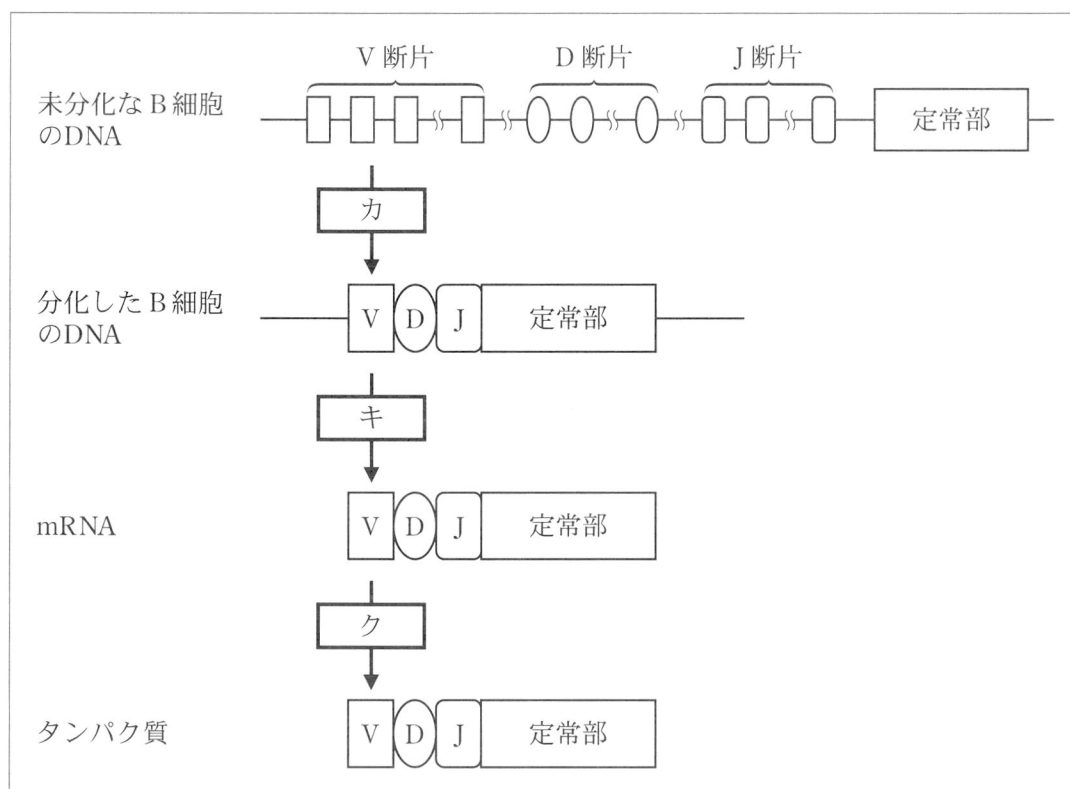


図1 H鎖およびL鎖が作られる仕組み

問 1.

 ～

 に適切な語を入れよ。ただし、

 には数字を入れよ。

問 2. 下線部①と図 1 から、ヒトの抗体は何通り作られるか、記せ。ただし、遺伝子断片の数は、ヒトの H 鎖で $V = 40$, $D = 25$, $J = 6$, L 鎖で $V = 70$, $D = 0$, $J = 9$ とする。また、遺伝子の変異、欠失、付加などの変化は起きないものとする。

問 3. 免疫反応の原理を理解するために次の実験を行った。以下の (1) ～ (3) について答えよ。

【実験 1】 モルモットにニワトリの卵白からとったアルブミンというタンパク質を、抗体産生を増強する物質と混ぜて少量注射した。1 ヶ月後にこのモルモットの血液をとり、その血清に卵白アルブミンを混ぜると、白い沈殿物が認められた。

【実験 2】 モルモットにモルモット自身の血清アルブミンを抗体産生を増強する物質と混ぜて少量注射した。1 ヶ月後にこのモルモットの血液をとり、その血清にモルモットのアルブミンを混ぜると、白い沈殿物は認められなかった。

【実験 3】 何も注射していないモルモットの血液をとり、その血清に卵白アルブミンを混ぜると、白い沈殿物は認められなかった。

(1) 実験 1 で白い沈殿物が認められた理由を 80 字以内で記せ。

下 書 き 用 (80 字)

5				10				15				20			

(2) 実験 2 で白い沈殿物が認められなかった理由を 60 字以内で記せ。

下 書 き 用 (60 字)

5				10				15				20			

(3) 実験 3 が必要な理由を 50 字以内で記せ。

下 書 き 用 (50 字)

5				10				15				20			

2 次の文章を読み、問 1 ～ 4 に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

動物胚では、発生段階に応じて、胚の特定の部分が他の部分の分化の方向を決定させる ア という現象を次々に引き起こすことによって、さまざまな組織や器官ができる。この ^① ような過程によって、眼のような複雑な器官が形成される。

眼の網膜には、錐体細胞とかん体細胞の 2 種類の視細胞がある。錐体細胞には、明るい場所 ^② で 各々の光の波長の違いを識別する働き があり、細胞中に含まれている色素により吸収する光の波長が異なることから、ヒトでは イ 錐体細胞、 ウ 錐体細胞および エ 錐体細胞の 3 種類に分類されている。一方、かん体細胞には、暗い場所でも光の強弱を識別する働き ^③ があり、ビタミン A が不足するとかん体細胞の働きが弱くなることから オ 症になることが知られている。網膜には、錐体細胞が特に多く集まっている黄斑や、光を受容することができない盲斑も存在する。 ^④

問 1. ア ～ オ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①に示した現象の一部を明らかにするために、以下の 2 つの実験を行った。これらの実験から、どのような結果が得られるのか、60 字以内で記せ。

【実験 1】 イモリの尾芽胚から眼胞を取り出し、別の尾芽胚の胴部表皮下に移植して、表皮の変化を観察した。

【実験 2】 イモリの尾芽胚から眼杯を取り出し、眼杯だけを培養した場合と分化中の水晶体と接触させて一緒に培養した場合に分けて実験をし、培養後の各々の眼杯の違いを観察した。

下 書 き 用 (60 字)

問 3. 暗い場所から急に明るい場所に出ると、最初はまぶしいが、しばらくすると見えるようになる。この現象名を記せ。また、この現象が起こる理由について、下線部②と③に示した網膜の錐体細胞とかん体細胞の働きをふまえて 80 字以内で記せ。

下 書 き 用 (80 字)

5					10					15					20				

問 4. 下線部④に関して以下の (1), (2) について答えよ。

(1) 盲斑で光を受容できない理由について、40 字以内で記せ。

下 書 き 用 (40 字)

5					10					15					20				

(2) 網膜上の盲斑の位置や面積の近似値を調べるために、以下の実験を行った。

被検者の右眼から 50 cm 前の位置に、記録用紙 (図 1) の + 印を置いた。被検者には、左眼を左手で完全に覆わせてから、+ の位置に置いた指示棒の先端を右眼でじっと見つめさせた。その後、被検者に + 印を見つめさせたまま、検者は図 1 のように + の位置から指示棒を直線に沿ってゆっくりと右に動かし、指示棒の先端が被検者に見えなくなった位置 A と再び見えはじめた位置 B を直線上に記録した。また、AB 間の上下にも見えない部分があったので、さらにその範囲を C として、記録用紙に描いた。

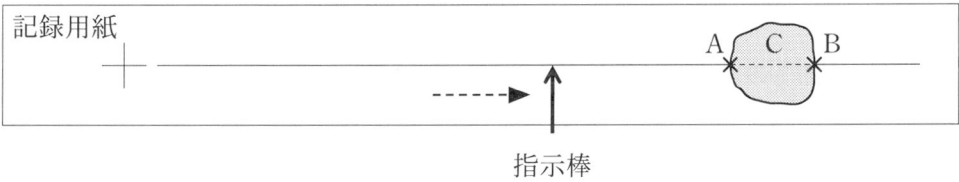


図 1 盲斑の記録用紙と検査結果

以上の実験の結果から、盲斑の中心と黄斑の中心の距離 (a)、または盲斑の面積 (b)、を計算する場合、まず各々に相当する値を記録用紙上で計測しなければならない。これらの計測値は、被検者の網膜上での (a) と (b) の実測値に比べてそれぞれ何倍に算出されるのか、水晶体から網膜までの距離を 2 cm と仮定して答えよ。

3 次の文章を読み、問 1～4 に答えよ。(配点比率 医：25％，応生：17％)

気孔は、一對の向かい合った **ア** にはさまれた隙間で、陸上の植物では葉の裏面に多い。一般に、気孔は光合成が盛んに行われる晴天時の昼間に開いて、夜間に閉じる。気孔からの **イ** には、根から養分の取り込みを促進し、葉から熱を逃がして日中の葉の温度の上昇を防ぐ役割がある。また、気孔から光合成に必要な二酸化炭素を取り込む。

気孔は、 **ア** の間にできる隙間の大きさを変えることによって、これらの働きを調節している。気孔の開閉は主にホルモンにより調節されており、植物体内の **ウ** が不足すると **エ** が合成される。この **エ** の働きによって、 **ア** の **オ** が低下することで、 **ア** の **カ** が低下し、気孔が閉じる。乾燥地の植物では日中の気温が高いため、昼間に気孔を開くと **イ** によって **ウ** が失われる。ベンケイソウ科の中には、これを防ぐため夜間に気孔を開いて二酸化炭素を取り込む種類が知られている。^①

植物の個体の中で、^② 光のよくあたる位置につく葉は陽葉、日陰の位置につく葉は陰葉とよばれる。陽葉では **キ** 組織が発達し、陰葉では散乱された光を利用するため葉面積が広い。このように個々の葉の構造には、葉のつく位置による違いがみられるが、いずれの葉でも、植物が取り込んだ二酸化炭素は葉緑体での光合成に使われる。葉緑体では、平たい袋状の構造の **ク** があり、これらが積み重なってグラナという構造を作っている。 **ク** には光合成色素があり、光エネルギーを吸収する反応を行う。 **ク** をとりまく液状部分を **ケ** という。光合成色素の吸収スペクトルと光合成の作用スペクトルは似ていることが知られており、クロロフィルでは赤色と **コ** 色の光が主に光合成に利用されている。植物は光から吸収したエネルギーによって作られた ATP を使って二酸化炭素を有機物に変えている。植物にはこのような光合成を行う同化器官と、これを支える茎や根などの非同化器官がある。

問 1. **ア** ～ **コ** に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①のような植物の総称を記せ。

問 3. 下線部②のような陽葉と陰葉をくらべたときの光—光合成曲線の特徴について、40 字以内で記せ。

下 書 き 用 (40 字)

問 4. 植物 A と植物 B における光の強さと二酸化炭素吸収量の関係を測定したところ、図 1 のような結果が得られた。以下の (1) ～ (4) について答えよ。

なお、得られた測定値は整数とし、光合成の結果生成されるものはグルコースのみとする。また、呼吸量は光の強さによらず一定とする。(1) ～ (3) の解答は、小数点以下第 2 位を四捨五入し、小数点以下第 1 位まで記せ。

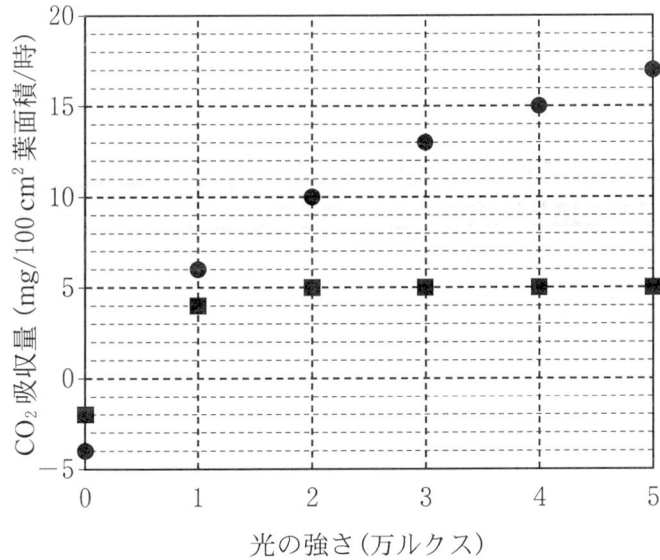


図 1 植物 A (●) と植物 B (■) の光の強さと二酸化炭素吸収量の関係

- (1) 光の強さが 4 万ルクスの時の植物 A の光合成速度は、植物 B の光合成速度の何倍か記せ。
- (2) 3 万ルクスの光を一定時間照射した場合、植物 A と植物 B の葉のグルコースの増加量が同じになるためには、植物 B は、植物 A の何倍の葉面積が必要か記せ。なお、転流については考えないものとする。
- (3) 葉面積 10 cm² の植物 A に 2 万ルクスの光を 20 時間照射し、その後、一定時間暗所においたところ、葉面積 10 cm² の植物 B に 2 万ルクスの光を 12 時間照射した場合のグルコースの増加量と同じとなった。暗所においた時間を記せ。なお、転流については考えないものとする。
- (4) 植物 B の植物個体の鉢植えを図 1 における二酸化炭素吸収量が 0 となる光の強さで、長期間生育させたところ、枯死した。その理由を 70 字以内で記せ。なお、温度、水、酸素、二酸化炭素、養分は最適な条件にあるものとし、すべての葉に同じ強さの光が照射されているものとする。

下 書 き 用 (70 字)

5					10					15					20				

4

次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

海産の固着動物であるホヤは、古くはギリシアの哲学者であるアリストテレスが記載しており、その後も多様な生物学研究の対象となってきた。しかし、外観がカイメンや貝などにも類似していることから、その系統分類上の位置については現在と異なった解釈がなされていた。たとえば、「自然の体系」を著し、近代分類学の基本となる命名法である を確立した でさえも、ホヤを軟体動物門に分類している。現在の動物についての系統分類では、各生物の発生過程が比較的重視されているが、ホヤにおいても発生様式についての知見が系統分類に決定的な役割を果たした。

ホヤは雌雄同体であり、生殖様式の異なる、単体ホヤと群体ホヤの2つのグループに分けられる。^①単体ホヤは 生殖のみで繁殖するが、群体ホヤは 生殖と 生殖の両方を行う。ホヤ卵が受精によって発生を開始すると、最初の卵割によって卵が二分される前に、細胞質成分の再配置が行われる。この再配置によって、割球の予定運命が受精後の早い時期に決定されるため、ホヤ卵は 卵の特徴を示すようになる。さらに卵割が進行すると、^②複数の胚葉が分化し、ついには運動性を有するオタマジャクシ幼生としてふ化する。このオタマジャクシ幼生には、筋肉組織や神経組織などがすでに分化しているだけでなく、脊椎動物にも一時期は形成される が頭尾軸に沿って存在している。こうしたオタマジャクシ幼生の構造や発生過程は、脊椎動物にきわめて類似しているため、ホヤが脊椎動物に近縁であることが明らかになった。このためホヤは現在では 動物門に分類されている。

オタマジャクシ幼生は遊泳の後、適当な場所に付着し変態することによって、脊椎動物とは外見が大きく異なる固着性の成体となる。成体のホヤには、消化系や神経系などの他に内柱と呼ばれる特殊な器官が存在する。内柱はホヤとその近縁動物にのみ見いだされており、ヨウ素を蓄積することや分泌機能を有することから、脊椎動物においてチロキシンを分泌する の 器官であると考えられる。こうした事実もホヤと脊椎動物の系統的類縁性を示している。

最近では、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列によって系統を推定することが可能になってきた。表1は、ホヤを含めたいくつかの動物のシトクロムcというタンパク質のアミノ酸配列を比較し、対応する部分のみについて異なるアミノ酸の数(アミノ酸置換数)を表示したものである。アミノ酸置換数は進化の時間経過に伴って増加していくので、分岐後の時間が短い近縁の生物間ほど置換数は少ない。したがって、ある前提条件が成立する場合には、アミノ酸配列^③の比較から生物の進化経路や分岐した年代を推定することができる。

問 1.

ア

 ～

ク

 に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①について、ホヤでは同一個体における自家受精は回避されている。このことの生物学的意義は何か、50 字以内で記せ。

下 書 き 用 (50 字)

5	10	15	20																

問 3. 多細胞動物は下線部②に示すような胚葉の分化の程度などにより、いくつかの分類群に分けられている。下の (a) ～ (g) のうち、ホヤが属する分類群を 3 つ選んで記号で答えよ。

- (a) 胚葉が未分化な動物 (b) 旧口動物 (c) 三胚葉動物
(d) 真体腔をもつ動物 (e) 二胚葉動物 (f) 新口動物
(g) 偽体腔(原体腔)をもつ動物

問 4. 下線部③の前提条件として、比較対象の生物が共通の祖先から進化したということの他に、どのような条件が必要か、30 字以内で記せ。

下 書 き 用 (30 字)

5	10	15	20																

問 5. 表 1 の生物種について、アミノ酸置換数から系統関係を推定し、図 1 の系統樹の空欄
① ~ ③ に生物種の記号 (A, B, D) を入れよ。

問 6. 図 1 で生物種 C と ① が 3 億年前に分岐したとすれば、② と生物種 C が
 分岐したのは何億年前と推定されるか。小数点以下第 2 位を四捨五入し、小数点以下第 1 位
 まで記せ。

表 1 シトクロム c のアミノ酸置換数 (生物間で異なるアミノ酸数)

	生物種 A	生物種 B	生物種 C	生物種 D (ホヤ)
生物種 A	0			
生物種 B	55	0		
生物種 C	16	54	0	
生物種 D (ホヤ)	34	60	27	0

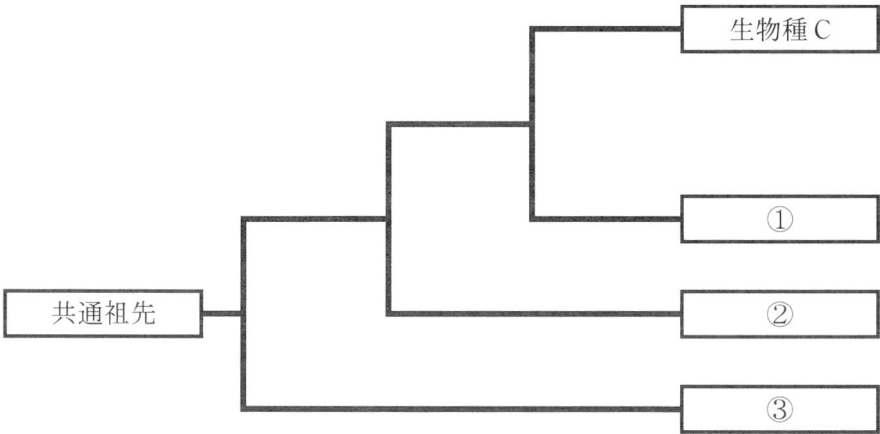


図 1 系統樹

5 次の文章を読み、問 1～3 に答えよ。(配点比率 応生：16%)

生物に対する外部環境からの刺激は、感覚神経細胞の興奮として脳や脊髄に伝えられる。そして、 神経細胞の興奮として効果器に送られることで、個体にさまざまな反応を引き起こす。たとえば、ヒトは熱いものに手を触れると熱いと感じる前に無意識で手を引っ込めてしまう。これは脊髄反射の一つであり、 反射という。ひざの関節のすぐ下を軽くたたくと、ひざが伸びてつま先が上がる。これを 反射という。このような反射では、感覚神経細胞の興奮は主に 伝導によって神経繊維を伝わり、脊髄に入り、 神経を経て、骨格筋に伝えられる。末梢神経系には自律神経系と 神経系があるが、骨格筋は意志によって収縮させることのできる 筋であり、 神経系に支配されている。

問 1. ～ に適切な語を入れよ。

問 2. 表 1 は、さまざまな神経繊維の興奮の伝導速度について調べたものである。表 1 から推測される興奮の伝導速度の特徴を 60 字以内で記せ。

表 1 興奮の伝導速度

神経繊維	神経の直径(μm)	測定温度($^{\circ}\text{C}$)	伝導速度(m/秒)
有髄神経 a	5	37	30
有髄神経 b	15	37	100
有髄神経 c	20	24	40
有髄神経 c	20	37	150
無髄神経 d	5	37	3
無髄神経 e	15	37	10
無髄神経 f	20	24	2
無髄神経 f	20	37	25

下 書 き 用 (60 字)

問 3. 図 1 はカエルのふくらはぎの筋肉に神経がついた神経筋標本である。この標本を用いて次の実験を行った。以下の (1), (2) について答えよ。

- (1) 神経に異なる刺激の強さの電流を流すと、図 2 の A～C のような筋の収縮が観察された。刺激電流の強さに従って収縮が大きくなった理由を 50 字以内で記せ。

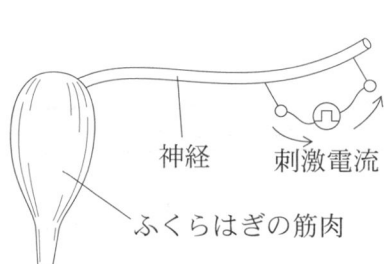


図 1 神経筋標本

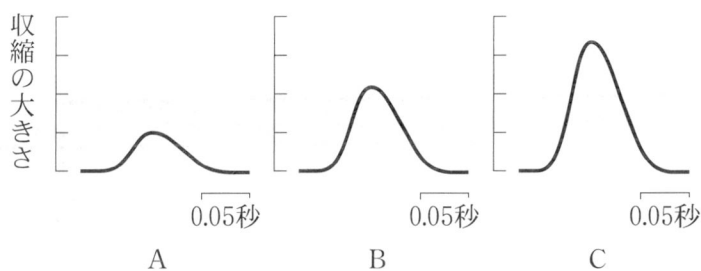


図 2 神経に対する電気刺激によって誘発された筋収縮の記録

(刺激の強さは A がもっとも弱く、C がもっとも強い。)

下書き用 (50 字)

				5					10					15					20

- (2) 別のカエルから神経筋標本を作り、図 3 のように神経から単一の神経繊維を分離し、1 本の神経繊維を残してそれ以外の繊維をすべて切断した。この 1 本の神経繊維に図 2 の A と同じ強さの電流を流したところ、A と同じ大きさの収縮が記録されたと仮定する。この標本の神経に図 2 の C と同じ強さの電流を流した場合、どのような収縮が発生すると考えられるか、次のページの選択肢 (あ) ～ (お) から選び記号で答えよ。また、そのように考えた理由を 60 字以内で記せ。ただし、選択肢の時間と収縮の大きさの目盛りは図 2 と同じである。

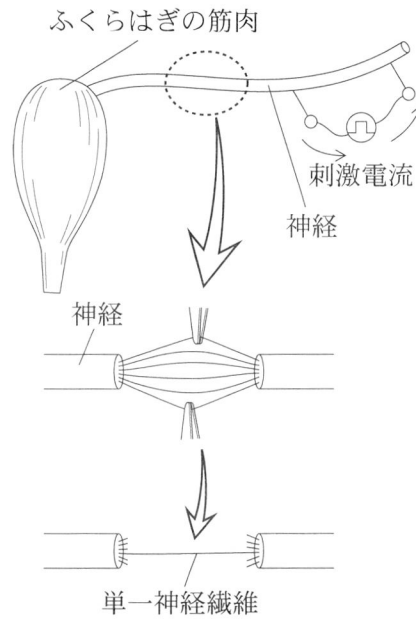
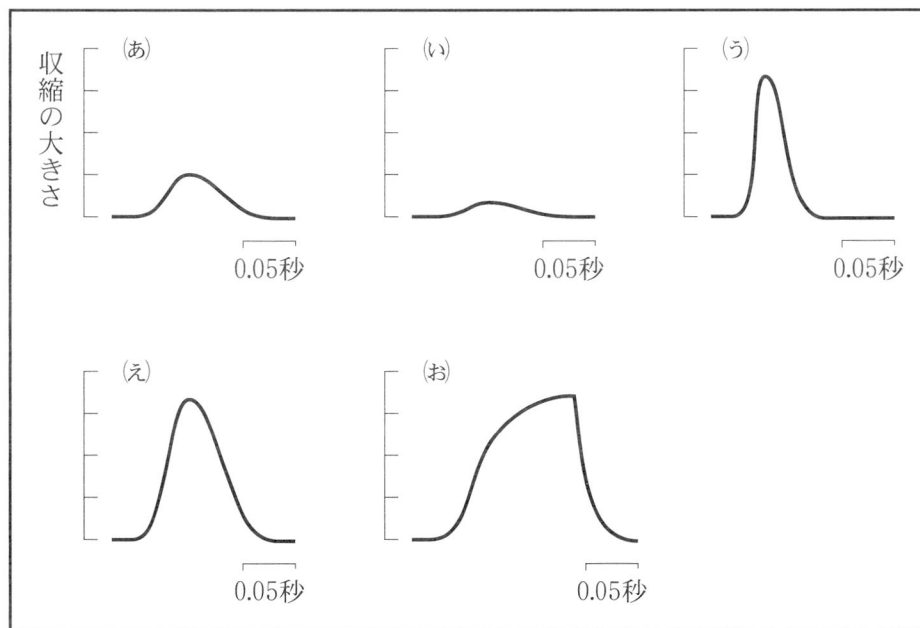


図3 単一神経繊維の神経筋標本

【選択肢】



下書き用(60字)

				5						10					15					20

6

次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 応生：16%)

日本に生育する落葉樹は、一般的に秋になると葉を落とし、冬芽を形成して越冬する。冬芽のような、植物の生育に適さない時期(寒さや極度の乾燥)をやり過ごすための芽を **ア** とよび、一年生植物以外のすべての維管束植物に見られる。デンマークの生態学者である **イ** は、植物の種類によって **ア** の位置が異なることに注目し、この形質に基づいて植物を地上植物、地表植物、半地中植物、地中植物、一年生植物などに類型化した。このような生物の適応形質に基づく類型を **ウ** とよぶ。

ア の位置は植物標本からでも認識できるので、ある群系に出現する植物種における各類型の頻度を簡単に知ることができる。図1には熱帯雨林に出現する植物種において、**ア** の位置による5つの類型の頻度分布を示し、図2には世界の主要な群系と、その分布域の年降水量、年平均気温との関係を示した。図1では地球全体の植物種の頻度分布との違いから、地上植物が特に多いという熱帯雨林の相観的な特徴を読み取ることができる。また、**ア** の位置は、植物が生育に適さない時期を過ごすための適応現象であるので、群系は地球レベルでの気温や降水量とよい対応関係を示す。

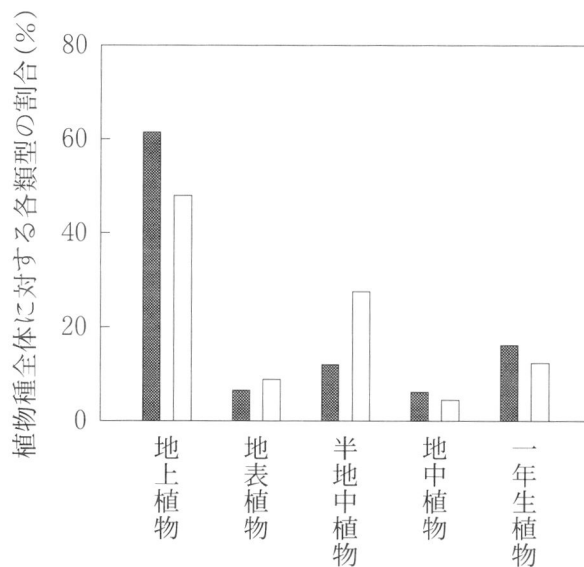


図1 熱帯雨林に出現する植物種における5つの類型の頻度分布

(熱帯雨林に出現する植物種の頻度を■で、地球全体の植物種の頻度を□であらわしている。)

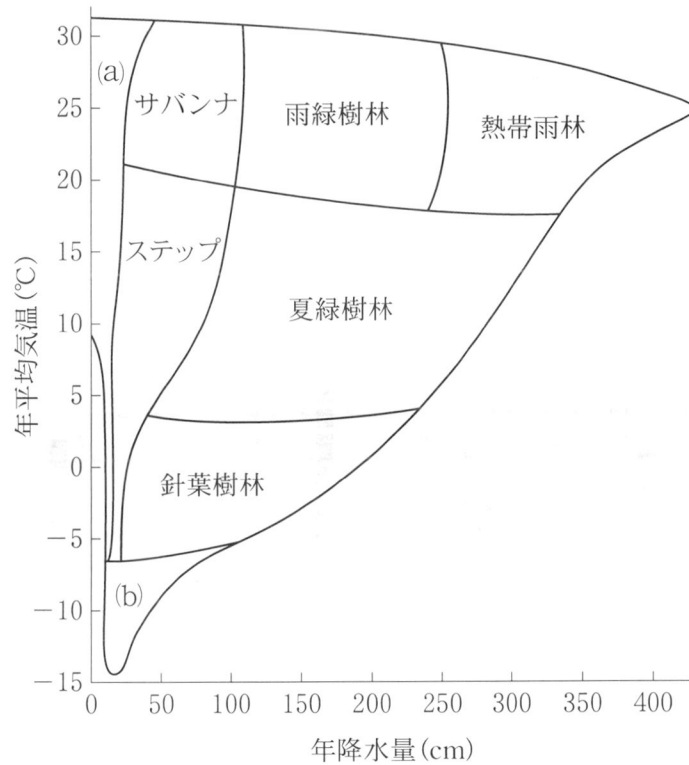


図2 世界の主要な群系の分布と、年平均気温および年降水量との関係

問 1. ア ～ ウ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①について、以下の3つの植物種はどの類型にあてはまるか記せ。

ススキ、ブタクサ、ブナ

問 3. 下線部②について、熱帯雨林で地上植物が多い理由を50字以内で記せ。

下 書 き 用 (50 字)

					5						10						15						20

問 4. 図 3 には、図 2 中の (a) と (b) の群系の頻度分布を示した。(a) と (b) の群系の名称を記せ。また、この頻度分布から読み取れる、(a) と (b) の群系の相観的な特徴をそれぞれ 50 字以内で記せ。

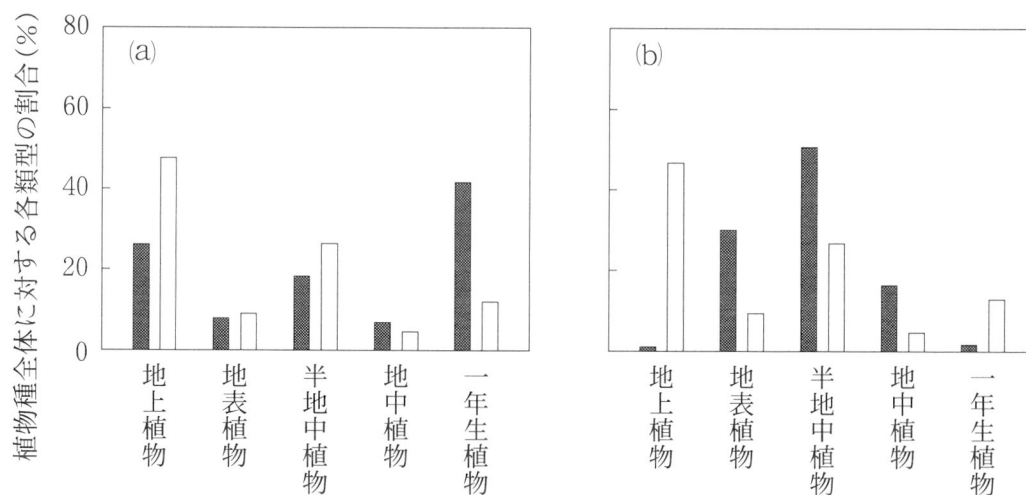


図 3 群系 (a) と (b) に出現する植物種における 5 つの種類の頻度分布

(それぞれの群系に出現する植物種の頻度を■で、地球全体の植物種の頻度を□であらわしている。また、地球全体の頻度分布は図 1 と同一である。)

下 書 き 用 (50 字)

5					10					15					20				

下 書 き 用 (50 字)

5					10					15					20				