

生 物

学 部	学 科	配 点
理工学部	化学・生命理工学科	300 点
農 学 部	植物生命科学科，応用生物化学科，森林科学科，食料生産環境学科，動物科学科	300 点
	共同獣医学科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は，**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は，(5 の 1) から (5 の 5) までの計 5 枚です。解答は，すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに，本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後，問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 次の文章(I)と(II)を読み、問1～問5に答えよ。

(I) すべての生物は、遺伝情報を担う物質としてDNAを持っている。ヒト細胞の核内には約30億塩基対のDNA鎖が [ア] と呼ばれるタンパク質に巻き付いてヌクレオソームと呼ばれる構造を形成し、それがさらに規則的に折りたたまれて [イ] を形成している。このような構造をとることで、ヒトでは長さ約2mものDNA鎖を直径わずか数 μm の核内に収納することができる。細胞分裂に伴いDNAが複製される時は、半保存的複製と呼ばれる方法で複製される。

DNAを鋳型にしてRNAが合成される過程を転写という。転写は [ウ] と呼ばれる特定の塩基配列の部分に [エ] が結合することによって始まる。真核生物の遺伝子から転写されたmRNA前駆体は、スプライシングを受けて [オ] が切り出され、 [カ] が連結してmRNA(伝令RNA)となる。

mRNAの情報に基づいてタンパク質が合成される反応を翻訳という。mRNAは核膜孔を通して核外へ移動し、その一端が [キ] に付着する。 [キ] に付着したmRNAには、 [ク] が結合する。 [ク] には、それぞれ特定のアミノ酸が結合したものが存在し、そのアンチコドンの部分がmRNAのコドンと結合する。 [キ] がmRNA上を移動するにつれて [ク] によって運ばれてきたアミノ酸同士が結合し、タンパク質が合成されていく。

問1. (ア)～(ク)に適切な語句を入れよ。

問2. DNAとRNAを構成するヌクレオチドの構造上の違いを120字以内で説明せよ。

問 3. 下記の中から正しい内容の選択肢を 2 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 原核細胞が持つ 1 本の DNA には複製起点が数十箇所ある。
- (b) DNA リガーゼは DNA の二重らせん構造をほどくための酵素である。
- (c) DNA 複製の開始時には鋳型 DNA に相補的な短い RNA (プライマー) が合成される。
- (d) mRNA は 3' → 5' の方向に順に合成される。
- (e) 岡崎フラグメントは mRNA の合成過程でも作られる。
- (f) 開始コドン AUG はメチオニンを指定する。
- (g) ヒトゲノム上には、約 20 万個の遺伝子が存在している。

(II) マウスの皮膚細胞株を培養し、培養液中に変異原物質を入れ、細胞の DNA に変異を誘発した。もとの皮膚細胞株 (W) と、得られた 3 種類の変異細胞株 (A, B, C) からタンパク質を抽出して電気泳動を行い、ウエスタンブロット解析という方法で酵素 X を検出した結果を図 1 に示す。3 種類の変異細胞株から抽出した酵素 X の mRNA を調べると、どの細胞株でも mRNA の塩基数はもとの細胞株と同じであったが、それぞれタンパク質コード領域内の 1 塩基が別の塩基に置換されていた。

細胞株は通常、37℃ の温度で培養する。変異細胞株 C がつくる酵素 X の特性を詳しく調べるため、変異細胞株 C を 37℃ と 30℃ の 2 種類の温度で培養し、それぞれの変異細胞株 C から酵素 X を抽出した。もとの細胞株 W は 37℃ の温度で培養し、酵素 X を抽出した。この 3 種類の酵素 X を用いて、酵素 X の反応温度と反応速度との関係を調べたところ、図 2 の結果が得られた。なお、各細胞株からの酵素 X の抽出操作はすべて氷上で行い、抽出後の酵素 X は活性測定時まで 20℃ を越える環境にさらされなかったものとする。

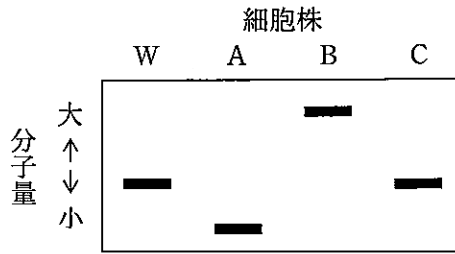


図 1. 各細胞株 (W, A, B, C) から抽出したタンパク質を、分子量の大小により分離する電気泳動法と、酵素 X に特異的に結合する抗体を用いて検出する方法 (ウェスタンブロット法) を組みあわせて分析した結果の模式図を示す。酵素 X タンパク質の存在は黒く帯のように見えるバンドで判断できる。酵素 X の分子量はバンドの位置で判断でき、下にあるほど分子量は小さい。

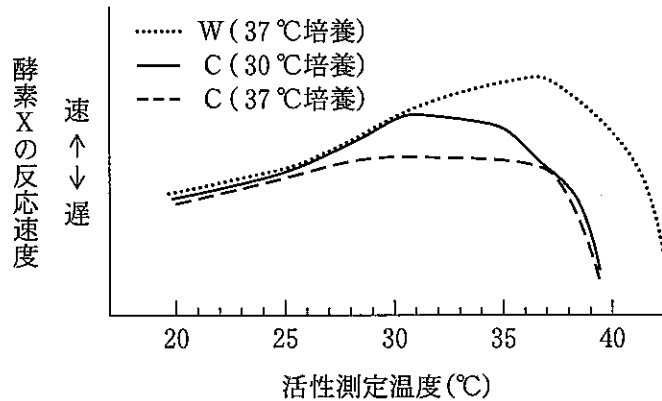


図 2. 3 種類の酵素 X の反応速度と活性測定温度の関係を示した。黒点線は 37 °C で培養した細胞株 W から抽出した酵素 X, 黒線は 30 °C で培養した変異細胞株 C から抽出した酵素 X, 黒破線は 37 °C で培養した変異細胞株 C から抽出した酵素 X の結果を示している。

4. 変異細胞株 A, B では, どのような 1 塩基置換の変異が起きていると考えられるか。それぞれ 50 字以内で説明せよ。
5. 図 2 の実験結果から読み取れることを, 次の中からすべて選び記号で答えよ。
- (a) 変異細胞株 C では, 酵素 X の発現量が低下している。
 - (b) 変異細胞株 C の酵素 X は, 40 °C で失活する。
 - (c) 変異細胞株 C の酵素 X は, 細胞株 W に比べて酵素基質複合体の形成頻度が高い。
 - (d) 変異細胞株 C よりも細胞株 W の酵素 X の方が, 最適温度は高い。
 - (e) 活性測定温度 30 °C では, 37 °C で培養した変異細胞株 C の酵素 X は, 30 °C で培養した変異細胞株 C の酵素 X と同等の酵素活性を有する。
 - (f) 活性測定温度 30 °C では, 30 °C で培養した変異細胞株 C の酵素 X は, 37 °C で培養した細胞株 W の酵素 X と同等の酵素活性を有する。
 - (g) 活性測定温度 37 °C では, 2 種類の培養温度の変異細胞株 C から抽出した酵素 X は, 同等の酵素活性を有する。
 - (h) 変異細胞株 C がつくる酵素 X が反応を触媒する基質の種類は, 培養温度によって変化する。

2 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

神経系を構成する基本単位は神経細胞(ニューロン)であり、核のある細胞体とそこから伸びた多数の突起からなり、長く伸びた突起を (ア) という。

(ア) 末端では、他の神経細胞と隙間をおいて接続しており、この隙間は (イ) 間隙と呼ばれる。この構造では、刺激の送り手側の神経細胞から (ウ) が放出され、それを別の神経細胞が (エ) というタンパク質を介して受け取ることで、情報のやり取りが行われる。

網膜では、光情報が視細胞で受容され、網膜内の様々な神経細胞で情報調節が行われ、最終的には網膜神経節細胞(視神経細胞)に伝えられる。網膜神経節細胞の (ア) は視神経を構成し、網膜神経節細胞の脱分極^①により光情報が脳へ送られる。最初に光を受容する錐体細胞^{すいたい}や桿体細胞^{かんたい}といった視細胞が失われると、ものを見ることができない。以下、ラットを用いて実験を行った。

実験1 ラットの網膜の特徴を理解するために、ラット網膜における視細胞の分布を調べた。図3のようにラットの眼球を角膜と平行なラインで切除し、網膜を含む半球を得た。これをさらに図3のように展開した。錐体細胞を赤色に、桿体細胞を緑色に染色し、顕微鏡下でこれらの細胞の分布を観察した。その結果、図3に示すように観察したすべての箇所^①で、錐体細胞と桿体細胞の分布に偏りは見られなかった。

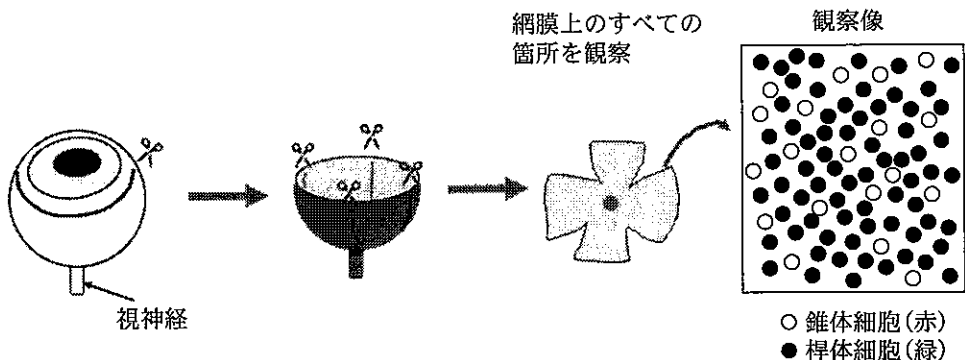


図3. ラット網膜の視細胞の観察

実験2 近年、光感受性タンパク質が発見されており、オプトジェネティクス（光遺伝学）という研究分野が生まれた。光感受性タンパク質(mVC)を神経細胞に作らせると、光により脱分極を起こすことが可能となる。

実験的にラットの視細胞を消失させ、失明モデル動物を作製した。このラットの網膜神経節細胞に光感受性タンパク質(mVC)を作らせた(発現させた)。その後、光に対する網膜の応答について調べるため、視覚誘発電位を測定し、図4の結果が得られた。視覚誘発電位とは、網膜で光を受容すると大脳皮質において発生する微弱な電気応答である。P1は脳に光情報が到達した時間を表す。

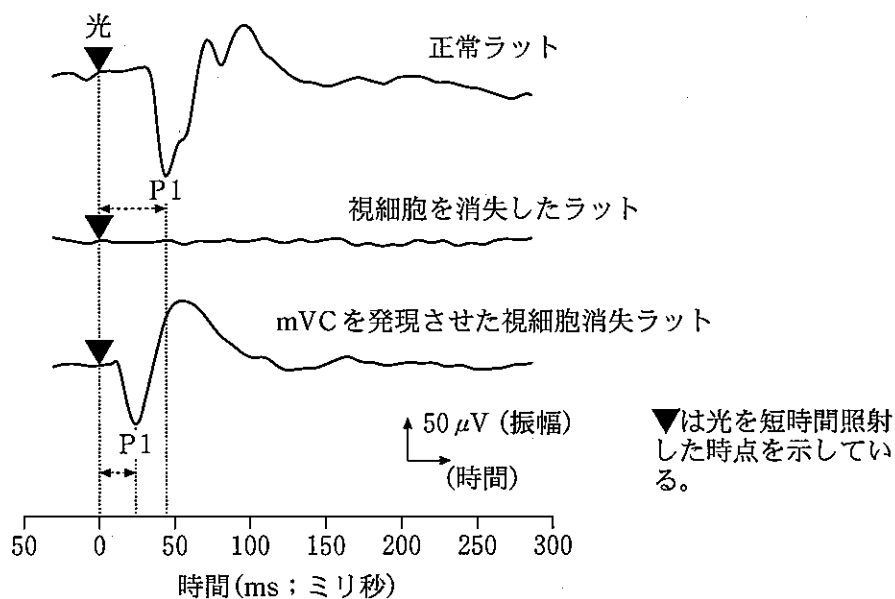


図4. ラットの視覚誘発電位の記録

問 1. 文章の空欄(ア)~(エ)に適切な語句を入れよ。

問 2. 下記は、下線部①脱分極を含む神経細胞の電位変化に関する文章である。

静止状態の神経細胞では [カ] の働きによって、細胞膜の外側には [キ] イオンが多く、内側には [ク] イオンが多い状態にある。また [ク] イオンは一部の [ク] チャネルを通過して細胞外に漏れ出ているため、細胞内が細胞外に対して [A] となる電位が発生しており、これを [ケ] という。

神経細胞が刺激を受けると、電位依存性 [キ] チャネルが開き、細胞内に [キ] イオンが流入し、膜内外の電位が逆転する。この電位依存性 [キ] チャネルはすぐに閉じ、遅れて電位依存性 [ク] チャネルが開き、[ク] イオンが細胞外に流出し、細胞内外の電位はもとに戻る。この一連の電位の変化を [コ] という。

(1) (カ)~(コ)に適切な語句を入れよ。

(2) (A)に入る最も適切な値を、次の(a)~(g)から一つ選び、記号で答えよ。

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| (a) $-230 \sim -190 \text{ mV}$ | (b) $-160 \sim -120 \text{ mV}$ |
| (c) $-90 \sim -50 \text{ mV}$ | (d) $-20 \sim +20 \text{ mV}$ |
| (e) $+50 \sim +90 \text{ mV}$ | (f) $+120 \sim +160 \text{ mV}$ |
| (g) $+190 \sim +230 \text{ mV}$ | |

問 3. 実験 1 について、以下(1)~(3)の設問に答えよ。

(1) 明るい所から暗い所に入ると、最初はものが見えないが、しばらくすると見えるようになる。この現象を以下の語句を使用し、60 字以内で説明せよ。

語句：ロドプシン，感度

- (2) 明条件において、夜行性動物のラットの視力はヒトより劣る。その理由として、ラットとヒトの視細胞数の違いがある。これ以外の理由を、桿体細胞と錐体細胞の分布の違いから 50 字以内で説明せよ。
- (3) ラットとヒトに共通し、網膜上で光を受容できない部位が存在する。この部位の名称を答えよ。

問 4. 実験 2 について、以下の問いに答えよ。

- (1) 図 4 の結果より、光感受性タンパク質 (mVC) を発現させた視細胞消失ラット (mVC ラット) では、発現させる前の視細胞消失ラットに比べ、どのような変化が起きたと予想されるか、15 字以内で記せ。
- (2) 図 4 の正常ラットの P1 は、光照射から約 45 ms (ミリ秒) であった。これに対し、光感受性タンパク質 (mVC) を発現させた視細胞消失ラット (mVC ラット) では P1 が早くなる現象が見られた。考えられる原因の説明として適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。
- (a) mVC ラットでは網膜神経節細胞の不応期が長いため、網膜神経節細胞に刺激が伝わるとすぐに活動電位が発生する状態となるため。
- (b) 毛様筋の収縮を誘導し、水晶体の厚みが薄くなり、より光を透過しやすくなり、情報伝達が増したため。
- (c) 視細胞から網膜神経節細胞への情報伝達時間が不要となったため。
- (d) 少数の神経細胞が興奮することで、情報伝達が鋭敏化されたため。
- (e) 興奮性シナプス後電位 (EPSP) と抑制性シナプス後電位 (IPSP) が同時に網膜神経節細胞を興奮させたため、活動電位をより発生しやすくなったため。

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

植物は、温度や光などといった生育場所の環境の変化を感知し、反応する仕組みを備えている。種子は、水、温度、酸素などの発芽の条件がそろうと、それを感知して発芽する。しかし、ある種の植物の種子は発芽の条件がそろっていても、光が照射されないと発芽しない。このような性質を示す種子を [ア] と呼ぶ。 [ア] の発芽には、^①光受容体の1つであるフィトクロムが関わっている。フィトクロムがある種の光を感知すると、その分子構造が変化し、胚の細胞に作用して植物ホルモンの [イ] の合成を促進する。 [イ] は、別の植物ホルモンの [ウ] による発芽抑制を解除して発芽を促進する。

植物は、日長や温度などの変化を感知して、花芽を形成し花を咲かせる。この花芽の形成は、1日の昼の長さや夜の長さの変化に応答していることが多い。このように、日長の変化に反応する性質を [エ] という。花芽形成に必要な連続した暗期の長さを [オ] といい、1日の連続する暗期が [オ] よりも短くなると花芽形成する植物や、連続する暗期が [オ] よりも長くなると花芽形成する植物などがある。日長を感知した葉は、花成ホルモンあるいは [カ] と呼ばれる物質をつくり、その物質が茎頂分裂組織に移動し、花芽形成を促進している。花芽の形成は日長だけでなく、温度の影響をうけることもある。ダイコンの花芽形成には、長日条件のほかに、あらかじめ植物が一定の期間、^②低温にさらされる必要がある。このように植物の花芽形成が、一定の低温状態を経験することによって促進される現象を [キ] という。

問1. 文中の [ア] ~ [キ] に入る適切な語句を答えよ。

問 2. 表 1 は、暗所で吸水させたレタスの種子に、波長 660 nm 付近の赤色光(赤)と波長 730 nm 付近の遠赤色光(遠)を順番に短時間照射した後に、再び暗所に移して培養し、発芽した種子の割合を示したものである。次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 下線①について、光を感知するフィトクロムには、赤色光を吸収する Pr 型と遠赤色光を吸収する Pfr 型の 2 つの光吸収型がある。表 1 の結果から、レタスの種子の発芽の促進にはたっているのはどちらの光吸収型か答えよ。
- (2) 表 1 の結果から、レタスの種子は発芽において光をどのように捉えて利用していると考えられるか、50 字以内で説明せよ。
- (3) レタスの種子にみられる赤色光、遠赤色光に対する発芽特性が、野外での生育にどのように有利にはたらくのか、80 字以内で説明せよ。

表 1 赤色光(赤)と遠赤色光(遠)の照射と発芽の関係

処 理	発芽率(%)
暗所	2
赤	78
赤→遠	2
遠→赤	80
赤→遠→赤	79
遠→赤→遠	2
赤→遠→赤→遠	1
遠→赤→遠→赤	80

問 3. 図 5 は 3 種類の植物 A～C について、異なる暗期の長さで生育させた時の、花芽形成までに要する日数をグラフで示したものである。次の(1)～(3)に答えよ。

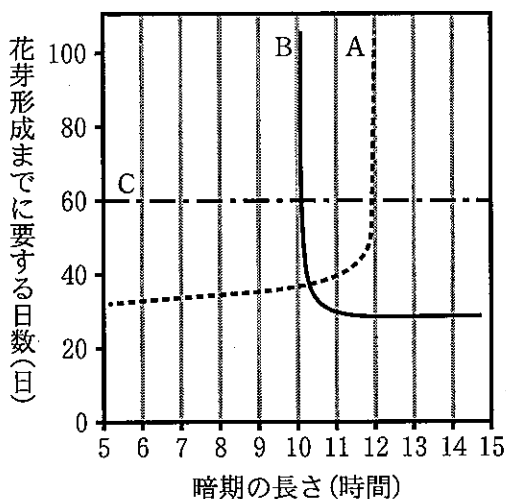


図 5. 暗期の長さ と 花芽形成までに要する日数

- (1) 植物 C は、暗期の長さに関係なく、一定の大きさになると花芽を形成する植物である。このような植物の総称を答えよ。
- (2) 植物 A と同じようなグラフを示すタイプの植物を次から 2 つ選び、記号で答えよ。
- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| (a) ホウレンソウ | (b) トマト | (c) キク |
| (d) カーネーション | (e) サツマイモ | (f) トウモロコシ |

(3) 植物 B を図 6 に示す明暗条件 1～4 で栽培した。条件 3 は暗期の途中に赤色光のみを照射して光中断し、条件 4 は赤色光と遠赤色光の 2 種類の波長の光を照射して光中断を行った。これらの条件下で予想される植物 B の花芽形成について、花芽を付ける場合を○、付けない場合を×で答えよ。

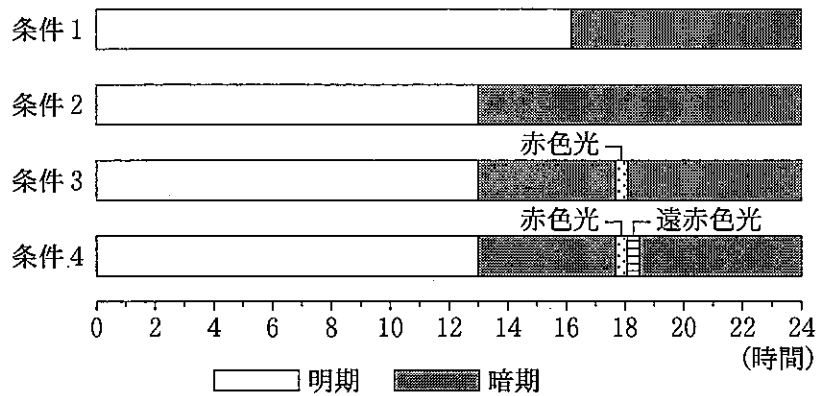


図 6. 明暗の処理条件

問 4. 下線②のような植物の多くは長日植物である。これらの植物が (キ) を必要とする理由を、以下の語句を用いて 80 字以内で説明せよ。

語句：秋の日長，結実

4

問1～問3に答えよ。

問1. 次の文中の [ア] ~ [コ] に入れる適切な語句を、以下の
 <選択肢>から選び、解答せよ。

<選択肢>

里山 流域 伐採 葉群 窒素固定能力 希少種 明るい 明るく
 樹高 耐陰性 つる植物 外来種 夏緑雨林 攪乱 陽樹 ニッチ
 水平分布 環境形成作用 暗く 裸地 すみ分け 標高域 復元力
 暗い 光補償点 近交弱勢 競争 共生 ギャップ 陰樹 夏緑樹林

日本の [ア] を代表するブナ林は、生育する [イ] を変えながら北海道南西部から九州にかけて分布する。ブナ林の林冠にはブナ以外の樹種も混交するが、林冠構成樹種の多様性(以下、樹種多様性)は南のブナ林ほど高いわけではない。日本の森林は台風などの強風によって [ウ] を受けることが多く、風倒などによって林冠に [エ] が形成されることで樹木が更新する。ブナ林の樹種多様性は、その地域における強風の再来間隔によって大きな影響を受けていると考えられている(図7)。すなわち、強風の再来間隔が短いか、または長いと樹種多様性が低下し、再来間隔が中程度のときに樹種多様性が最大となる。この理由として、強風の再来間隔が長いと [ウ] による [エ] の形成頻度が低くなり、 [オ] が高い [カ] は [キ] 林内に出現しにくくなるため樹種多様性が低くなると説明できる。一方、強風の再来間隔が短いと [エ] の形成頻度が高くなることで林内が [ク] なり、 [オ] が高い [カ] でも林内に生存可能になる。そして、 [ケ] に比べて成長が早い [カ] が先に [エ] を埋めて林冠構成種となる可能性が高くなるため、樹種多様性が低くなると説明できる。強風の再来間隔が中程度の場合、 [ケ] も [カ] との [コ] によって排除されにくい環境になるため樹種多様性が高くなると説明できる。

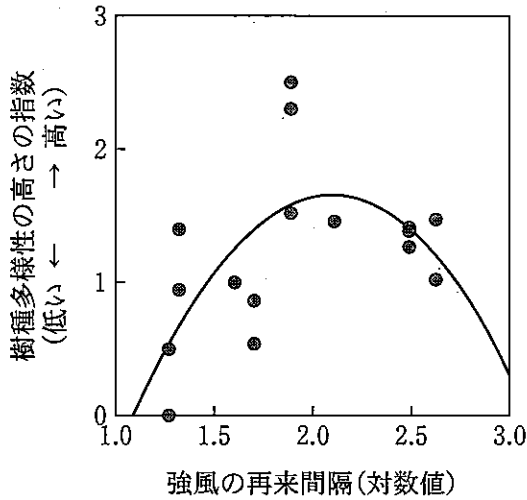


図 7. プナ林における強風の再来間隔と多種の共存

問 2. 陸地には植物を基盤としたバイオーム(生物群系)が発達し、多様な相観を示している。バイオームは、植物の分布に影響を与える2つの主要な気候条件に対応しており(図8)、大陸が異なっても、同じような気候条件の下では同じような相観をもつバイオームが出現する。

- (1) 図8の縦軸および横軸が表す気候条件を単位とともに示せ。
- (2) 縦軸の値で、針葉樹林が成立する最下限が、雨緑樹林が成立する最下限より低い理由を70字以内で説明せよ。

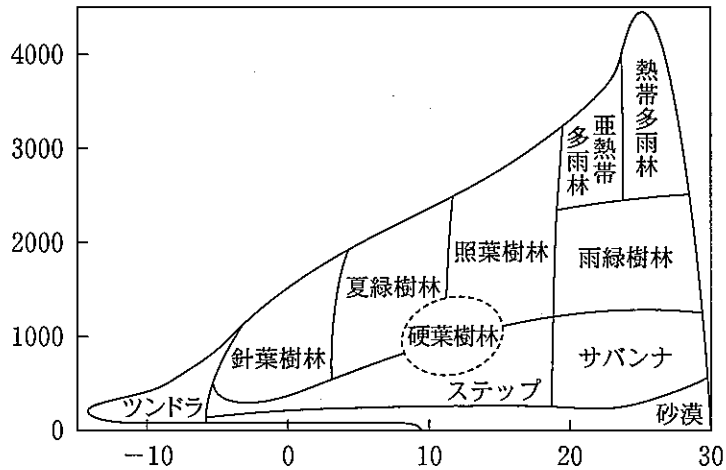


図 8. バイオームと気候の関係

問 3. 図 9 は日本のバイオームの水平分布を表している。北海道北東部には針葉樹林、北海道南部から東北地方には夏緑樹林、関東地方から九州地方には照葉樹林、屋久島より南の島々には亜熱帯多雨林と呼ばれるバイオームが分布する。一般にバイオームの分布範囲は暖かさの指数(WI)と良く対応すると言われており(表 2), とくに日本のバイオームは WI だけでほぼ説明できるとされる。ところが, 日本において夏緑樹林と照葉樹林の境界となる $WI = 85$ の等温線に注目すると, 現実のバイオームの水平分布と対応していない(図 9)。

- (1) なぜ日本のバイオームの分布に降水量が強く反映しないのか 30 字以内で説明せよ。
- (2) 図 9 に示した $WI = 85$ の等温線と現実のバイオームの水平分布が対応しない理由について, 暖かさの指数の算出方法をもとに 100 字以内で説明せよ。なお, 地球温暖化の影響は関係ないものとする。

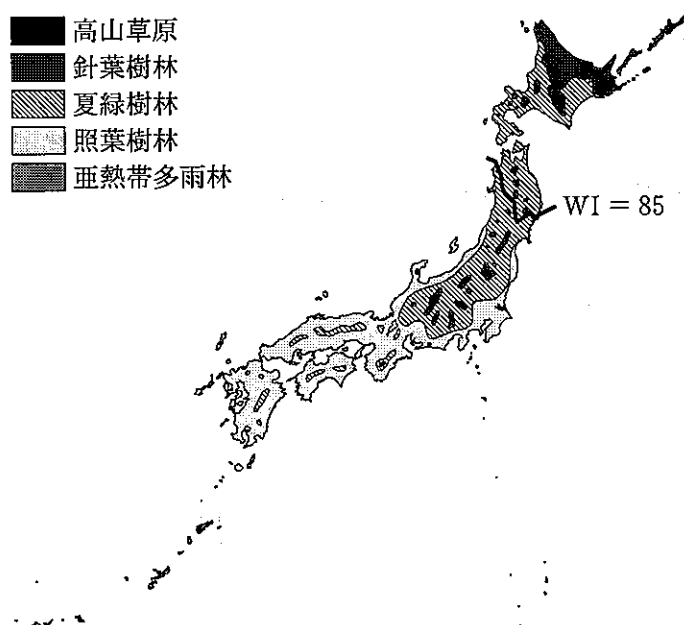


図 9. 日本のバイオーム

表 2

バイオーム	暖かさの指数の範囲
針葉樹林	$15 < WI \leq 45$
夏緑樹林	$45 < WI \leq 85$
照葉樹林	$85 < WI \leq 180$
亜熱帯多雨林	$180 < WI \leq 240$

5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

地球の誕生は約46億年前であるが、生物の誕生にはその後約10億年を必要とした。地球誕生から生物誕生までの物質変化の過程を (ア) 進化と呼ぶが、それに続く (イ) 進化の歴史は、地質に残された (ウ) が証明しており、現生生物は長い進化の歴史の産物といえることができる。地質学の分野では、岩石に含まれる (ウ) の特色によって、時代を (エ) から (オ) までの4つに区分し、これら全体を (カ) と呼んでいる。

(エ) では、シアノバクテリアが繁栄し、その後の他の生物の進化に大きな影響を与えるきっかけとなった。また、この時代の最後には地球全体が氷河におおわれた (キ) と呼ばれる現象が起こり、生物の多くは絶滅したが、一部の生物は絶滅をまぬかれ、温暖化にともない、多細胞生物である (ク) と呼ばれる生物の一群が現れた。

(エ) に続く (ケ) では、植物の陸上進出が始まり、それにつれて動物も陸上に生息域を広げていった。植物の場合、乾燥に耐える構造を持ったシダ類が繁茂した。

(ケ) に続く (コ) では、水辺にいなくても生活や繁殖が可能なハ虫類が繁栄したが、末期には大型ハ虫類はほとんど絶滅した。

(コ) に続く (オ) では、寒冷化や乾燥化が進むにつれて哺乳類が繁栄し、多様化した。

問1. 文中の (ア) ～ (コ) に適切な語句を入れよ。

問 2. (エ) の時代に関する次の記述文の中で、正しいものを1つ選び、その記号を答えよ。

- (a) 最初に現れた真核生物は従属栄養生物の珪藻で、その死骸が堆積して現在の珪藻土を作った。
- (b) 最初の光合成生物であるシアノバクテリアは硫化水素や水素を利用して炭水化物を作り、酸素を放出した。
- (c) ストロマトライトは、この時代に繁栄した真核生物の死骸が堆積してできた岩石で、現在も作られている。
- (d) シアノバクテリアによって放出された酸素は、当初の生物にとっては有毒物質であり、多くの生物が絶滅するなか、オゾン層ができることによって真核生物が誕生した。
- (e) ある細胞に好気性細菌や別の原核細菌が細胞内共生することで真核生物が生まれた。これを細胞進化説という。
- (f) 真核生物が生まれ、大きなエネルギーを得ることにより、それらは多細胞生物へと進化したが、この時代の終わりにはほとんどが絶滅したと考えられている。

問 3. (ケ) の時代に、動物が陸に上がるようになった理由には、食物となる植物の上陸や紫外線の減少も挙げられるが、他にも理由が考えられる。動物の行動や生態の面から考えて40字以内で答えよ。

問 4. (ク) の時代に、シダ類は大型化した。それは、どのような構造物が進化したから実現したのか、以下の中から2つ選んで記号で答えよ。

- (a) 種子 (b) 維管束 (c) 葉状体 (d) 気孔 (e) 胞子

問 5. (コ) の時代に、八虫類が乾燥に強い生物として出現したのは、両生類には見られない「うろこ」の他、外性器を持ち、体内受精を行うことができるようになったからである。さらに、卵の構造の変化も陸上での繁殖を可能にした。この卵の構造にはどのような特色があるか、20字以内で答えよ。