

2017 年度 入学 試験 問題

生 物

(試験時間 13:15~14:45 90分)

1. この問題冊子が、出願時に選択した科目のものであることを確認のうえ、解答してください。
2. 解答用紙には、記述解答用紙とマーク解答用紙の2種類がありますので注意してください。
3. 解答は、必ず解答欄に記入およびマークしてください。解答欄以外への記入およびマークは無効となりますので注意してください。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に、マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。
5. 解答用紙を折り曲げたり、汚したりしないでください。また、マーク解答用紙を記述解答用紙の下敷きには使用しないでください。
6. 解答用紙には、必ず受験番号と氏名を記入およびマークしてください。
7. マーク解答用紙への受験番号の記入およびマークは、コンピュータ処理上非常に重要なので、誤記のないよう特に注意してください。

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
1100 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607-7073
TEL: (773) 936-3000 FAX: (773) 936-3000

(設問は次ページより始まる)

問題 I の解答は、マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題 II, III, IV, V の解答は、記述解答用紙の解答欄に答えなさい。

I 以下の A ~ C の設問に答えなさい。(20 点)

A 図 1 は生物界におけるエネルギー変換過程の一部と、それにもなう物質の流れを示したものである。以下の問い(1), (2)に答えなさい。

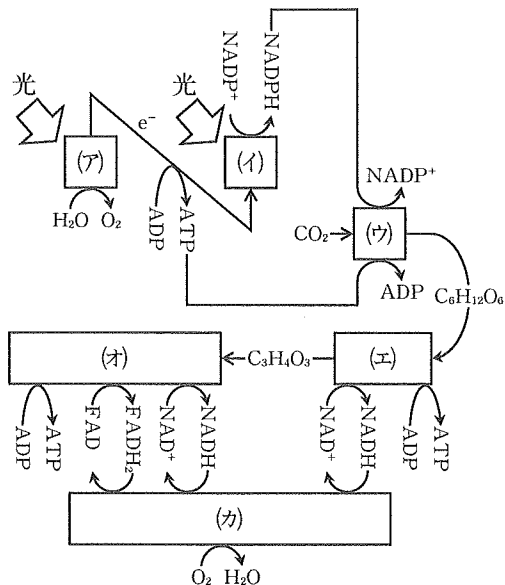


図 1 生物界におけるエネルギー変換過程

(1) (ア)~(カ)の反応系の名称としてもっとも適切なものを、語群からそれぞれ 1 つ選び、マークしなさい。

[語群]

- (a) 電子伝達系 (b) クエン酸回路 (c) カルビン・ベンソン回路
 (d) 光化学系 I (e) 光化学系 II (f) 解糖系
 (g) オルニチン回路

(2) (ア)~(カ)の反応は、細胞内のどこで行われるか。もっとも適切なものを語群からそれぞれ 1 つ選び、マークしなさい。

[語群]

- (a) 小胞体 (b) ミトコンドリア外膜 (c) ミトコンドリア内膜
 (d) マトリックス (e) チラコイド (f) ストロマ
 (g) ゴルジ体 (h) リボソーム (i) 細胞質基質

B 以下の問い(1)~(3)の記述について、(ア)~(エ)の正誤の組み合わせとして正しい選択肢を解答群の中から1つ選び、マークしなさい。

(1)

- (ア) 陽性植物の光補償点は、陰性植物の光補償点よりも高い。
- (イ) 陽樹は陽性植物である。
- (ウ) 生長しても樹高が林冠に達しない樹木を陰樹とよぶ。
- (エ) 陽性植物と陰性植物の性質を併せてもつ植物を中性植物とよぶ。

(2)

- (ア) 夏緑樹林は、温帯の中でも寒い地域に分布する。
- (イ) 雨緑樹林は、温帯の中でも暖かい地域に分布する。
- (ウ) 雨緑樹林は、主に落葉広葉樹で構成される。
- (エ) 硬葉樹林の優占種は、乾期に落葉する。

(3)

- (ア) 一次遷移初期の場所では、土壌の窒素分が不足していることが多い。
- (イ) 極相林の林冠では、陽樹が優占種となる。
- (ウ) 極相林にできたギャップの面積が大きいと陽樹の幼木が、小さいと陰樹の幼木が成長する場合が多い。
- (エ) 山火事などによって大規模に森林が破壊された場合、焼けた森林の土壌の栄養分が高く、地衣類やコケ植物などがすみやかに侵入する。

[解答群]

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(a)	○	○	○	○	(i)	×	○	○	○
(b)	○	○	○	×	(j)	×	○	○	×
(c)	○	○	×	○	(k)	×	○	×	○
(d)	○	○	×	×	(l)	×	○	×	×
(e)	○	×	○	○	(m)	×	×	○	○
(f)	○	×	○	×	(n)	×	×	○	×
(g)	○	×	×	○	(o)	×	×	×	○
(h)	○	×	×	×	(p)	×	×	×	×

C 以下の問い(1)~(5)に答えなさい。

(1) ウニの受精に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 精子が卵の表面にあるゼリー層に到達すると、先体突起（糸状突起）を伸ばし、べん毛を切り離す。
- (b) 精子がゼリー層に進入した反対側の卵表面に灰色三日月環が現れる。
- (c) 先体突起が卵の細胞膜に触れると、その部分からゼリー層の内面に卵黄膜とよばれる膜の合成が開始され、卵は二層の膜に囲まれる。
- (d) 卵の細胞膜と精子の細胞膜とが融合し、精核は卵の細胞質内に移り、卵核に向かって移動する。
- (e) 卵核と精核とが合体し受精が完了すると、卵黄膜は押し広げられて受精膜となり、他の精子との受精を防ぐ。

(2) 被子植物の受精に関する以下の記述の中で、正しいものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 胚珠の中で減数分裂が起こり、胚のう母細胞がつくられる。
- (b) 胚のうには8個の核が存在し、その1個が卵細胞の核となり、他は極核、助細胞の核、あるいは反足細胞の核となる。
- (c) おしべの先端にある成熟した花粉の中には3個の核、すなわち1個の花粉管核と2個の精核が含まれている。
- (d) 花粉がめしべの柱頭に付くと、花粉管が伸長し、胚のうに達する。2個の精核のうちの1個は卵細胞の核と融合し、もう1個は消滅する。
- (e) 花粉管核と2個の極核が融合し、 $3n$ の胚乳核となる。

(3) 植物の配偶子に関する以下の記述の中で、間違っているものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 乗り換えは、減数分裂の最初の分裂時に起きる。
- (b) シダ植物の雄性配偶子は孢子のうでつくられる。
- (c) コケ植物の雄性配偶子は精子である。
- (d) 裸子植物の雄性配偶子は、花粉あるいは精子である。
- (e) 前葉体から、減数分裂なしに雌性配偶子や雄性配偶子がつくられる。

(4) 動物の分類に関する以下の記述の中で、間違っているものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) カイメンには神経がない。
- (b) 刺胞動物は内胚葉と外胚葉の細胞層からできている。
- (c) 三胚葉の動物は、旧口動物と新口動物とに分類される。
- (d) 節足動物であるエビや昆虫はすべて旧口動物である。
- (e) ウニやウミウシは脊索をもたない新口動物である。

(5) 原核生物に関する以下の記述の中で、間違っているものを1つ選び、マークしなさい。

- (a) 古細菌（アーキア）は、細菌よりも前に地球上に出現し、その後、細菌や真核生物が出現した。
- (b) 古細菌には 100℃を超える環境など、初期生命の誕生の場であったと考えられている極限環境で生育できるものが多く存在する。
- (c) メタン菌は、古細菌である。
- (d) 細菌には 100℃を超える環境で増殖できるものは存在しないが、光合成を行うものなど、多様な種類が存在する。
- (e) 真核生物のミトコンドリアおよび葉緑体は、好気性細菌とシアノバクテリアの祖先からそれぞれ由来したと考えられている。

II 以下の文章を読み、問い(1)~(6)に答えなさい。(20点)

ニューロン(神経細胞)は特殊な細胞で、電気的な信号を情報として伝えて処理することができる。ニューロンは一般的に細長い形状をしており、核のある細胞体とそこから伸びる突起状の構造から成り立っている。このうち樹状突起は、複雑に枝分かれをして、他の細胞から信号を受け取る。一方、軸索は細長く伸びた繊維状の神経突起で、離れた細胞に信号を伝える。

ニューロンは静止状態と興奮状態という2つの状態をとる。静止状態のニューロンでは、基準となる細胞外の電位を0mVとしたとき、細胞内が約 $-80\sim-60$ mVの電位となっており、この電位を(ア)という。一方、ニューロンが外部からの刺激や他の細胞からの信号を受け取ると、その部分の膜電位が一時的にマイナスからプラスへと変化し、約1ミリ秒後にはマイナスの値に戻る。このような急速な膜電位の変化を活動電位という。また、活動電位が生じることを興奮という。ニューロンが外部より受けた刺激によって起こる膜電位の変化が小さく、ある閾値未満の場合には、活動電位は発生しない。一方、膜電位の変化が閾値以上になると、活動電位が発生する。また、膜電位の変化がこの閾値より大きくなるような刺激が与えられても、活動電位の大きさは変わらない。このような性質を(イ)の法則という。

ニューロン内では、興奮は細胞膜に沿って伝わっていき、やがて軸索の末端に到達する。軸索の末端で、信号を伝達する先の細胞と狭い隙間を隔てて接している部分をシナプスという。ニューロン内では信号は電氣的に伝わるが、シナプスでは神経伝達物質^①を介して、次の細胞に信号が伝わる。神経伝達物質を放出する側の細胞をシナプス前細胞^②、受容する側の細胞をシナプス後細胞という。神経伝達物質の伝達を介してシナプス後細胞で生じる膜電位の変化をシナプス後電位という。シナプス前細胞の神経終末に活動電位が到達してから、シナプス後電位が発生するまでには、約1~2ミリ秒(1/1,000秒の単位)の時間がかかる。

一般的に、1つのニューロンは、他の多数のニューロンから入力を受ける。樹状突起や細胞体に入力されたシナプス後電位は、軸索の付け根にある軸索小丘という部位で統合される。通常、1つのシナプスで発生した単独のシナプス後電位は、閾値以下の大きさであるため、活動電位を生じない。しかし、異なるシナプスからほぼ同時に^③

入力が起こると、シナプス後電位が重なって大きくなり、活動電位が生じる。この現象を (ウ) という。また、^④短い時間間隔で連続したシナプス後電位が発生した場合にも、シナプス後電位が重なって大きくなり、活動電位が生じる。この現象を (エ) という。

ニューロンには受容器からの情報を伝える (オ) ニューロンと、筋肉を作動させる (カ) ニューロンがある。さらに、これらのニューロンの間に存在する (キ) ニューロンがある。多数の (キ) ニューロンが密集した中枢神経系では、(キ) ニューロンがシナプスを介してネットワークを形成し、^⑤様々な情報統合処理が行われている。

- (1) 文章中の空欄 (ア) ~ (キ) にあてはまるもっとも適切な語を解答欄に書きなさい。
- (2) 下線部①について、語群に示した物質の中から、神経伝達物質としてはたらくものをすべて選び、記号を答えなさい。

[語群]

- | | | |
|---------------------|--------------|------------|
| (a) エチレン | (b) ノルアドレナリン | (c) ジベレリン |
| (d) γ -アミノ酪酸 | (e) インスリン | (f) オーキシン |
| (g) チロキシン | (h) セロトニン | (k) バソプレシン |
| (m) アセチルコリン | | |

(3) 下線部②について、ニューロンの電気信号がシナプス前細胞の神経終末に伝わったときに起こる変化として、次の中からもっとも適切な記述を選び、その記号を答えなさい。

- (a) 電位依存性カルシウムチャネルが開き、カルシウムイオンが神経終末から外部に流出する。
- (b) シナプス前細胞のシナプス小胞で、神経伝達物質の合成が開始される。
- (c) シナプス間隙と接するシナプス前細胞の膜にシナプス小胞が融合する。
- (d) シナプス前細胞で、神経伝達物質がリガンド依存性イオンチャネルに結合し、チャネルが開く。

(4) 下線部②について、図1はあるニューロンの細胞外の電位を0 mVとしたときの、ニューロン軸索内の電位変化を示した模式図である。図1に示した、活動電位に関する状態 i-v の説明として、次の中から適切な記述をすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) i の状態では、一部のカリウムチャネルからカリウムイオンがニューロンの細胞外に流出し、膜電位を一定の値に保っている。
- (b) ii の状態では、ナトリウムチャネルが開いていて、ナトリウムイオンがニューロンの細胞外に流出するため、膜電位がよりプラスの値に変化する。
- (c) iii の状態では、ナトリウムチャネルが閉じていき、ニューロンの細胞内へのナトリウムイオンの流入が止まっていくため、膜電位がよりマイナスの値に変化する。
- (d) iv の状態では、全開していたカリウムチャネルが閉じていき、カリウムイオンの流出が減少するため、膜電位はよりプラスの値に変化する。
- (e) v の状態では、ナトリウムチャネルでカリウムイオンの流入とナトリウムイオンの排出が起こるため、膜電位は一定の値に保たれている。

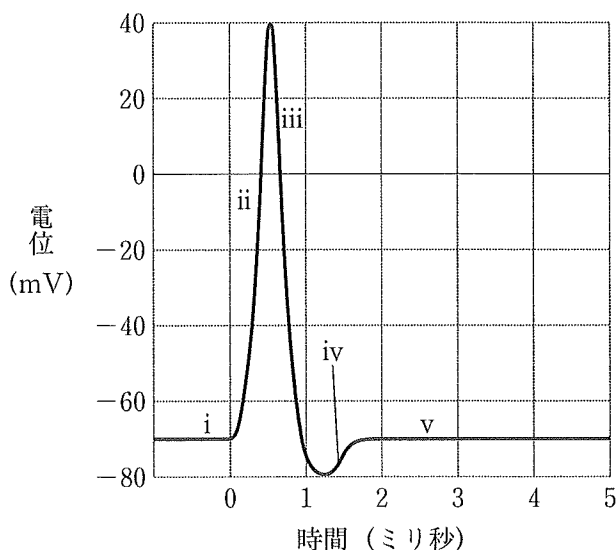


図1 活動電位の模式図

(5) 下線部③について、図2で示すように、あるニューロンで2つの興奮性シナプス後電位、E1とE2が同時に発生した場合を考える。ここでは、基準となる細胞外の電位を0 mVとしたときの、軸索内での膜電位の時間変化を示した。

一方、下線部④について、図2に示したものと同一ニューロンで、2つの興奮性シナプス後電位、E3とE4が2ミリ秒の時間間隔で生じたときの軸索内での膜電位の時間変化を図3に示した。

2つの興奮性シナプス後電位、E3とE4が2ミリ秒ではなく、0.5ミリ秒の時間間隔で生じたときの膜電位の変化を、図2と図3を参考にしながら予想して、解答欄に描きなさい。

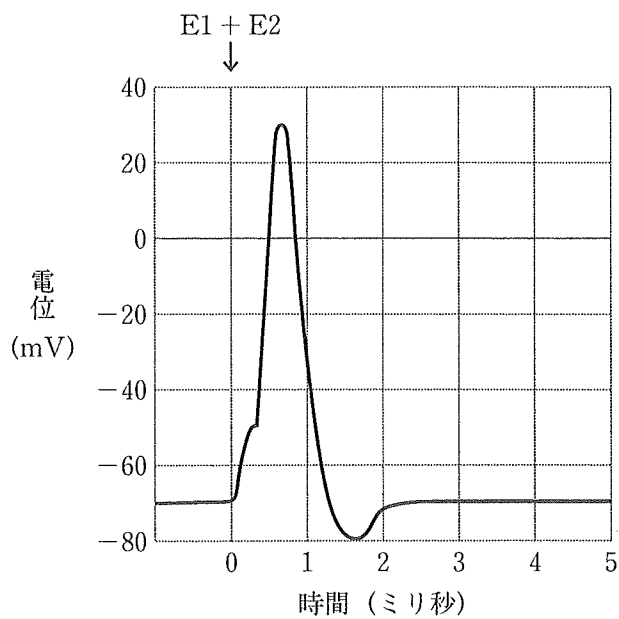


図2 2つの興奮性シナプス後電位が同時に発生した場合の膜電位

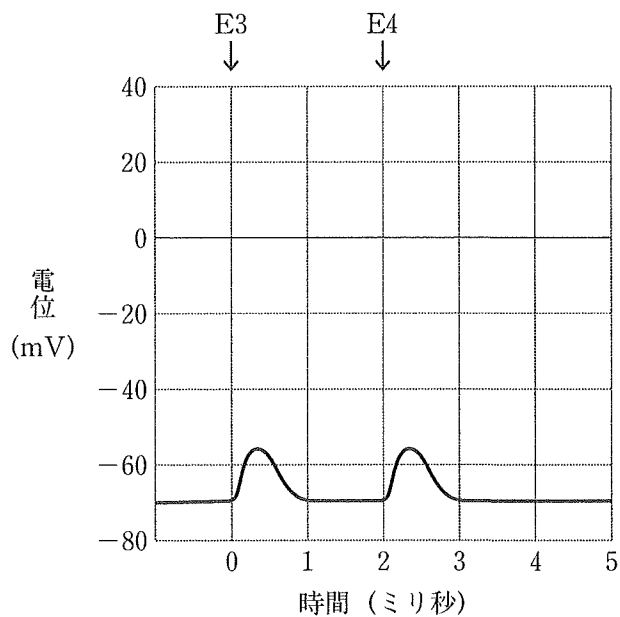


図3 2つの興奮性シナプス後電位が2ミリ秒の差で発生した場合の膜電位

(6) 下線部⑤について、図4は5つの興奮性ニューロン (N1~N5) からなる神経回路を示した模式図である。この神経回路では、N1はN2に信号を送り、N2はN3に信号を送る。N3の軸索は分岐して、N4とN5に信号を送る。一方、N4はN3に信号をフィードバックする。このとき、N1、N3、N5の興奮のパターンは図5のようになった。このN1、N3、N5の興奮のパターンを前提として、N2とN4の興奮のパターンとしてもっとも適切なものを図6の中から選び、その記号を答えなさい。

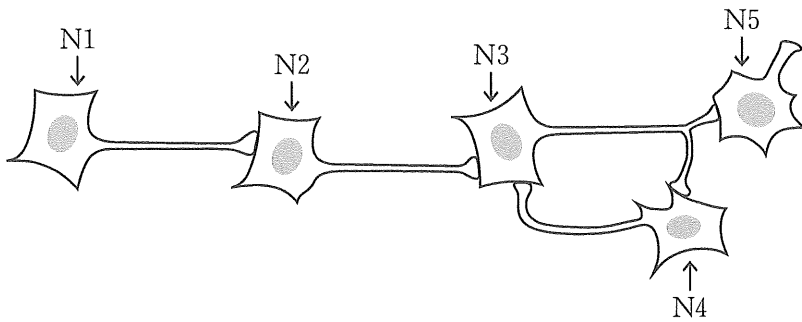


図4 5つの興奮性ニューロンからなる神経回路の模式図

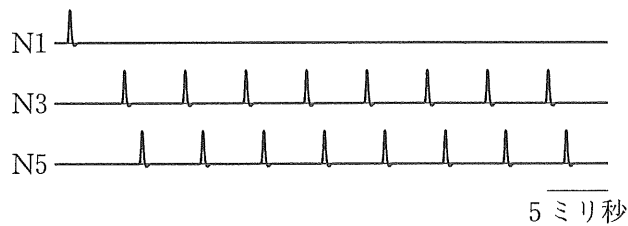


図5 5つの興奮性ニューロンからなる神経回路におけるN1、N3およびN5の興奮パターン

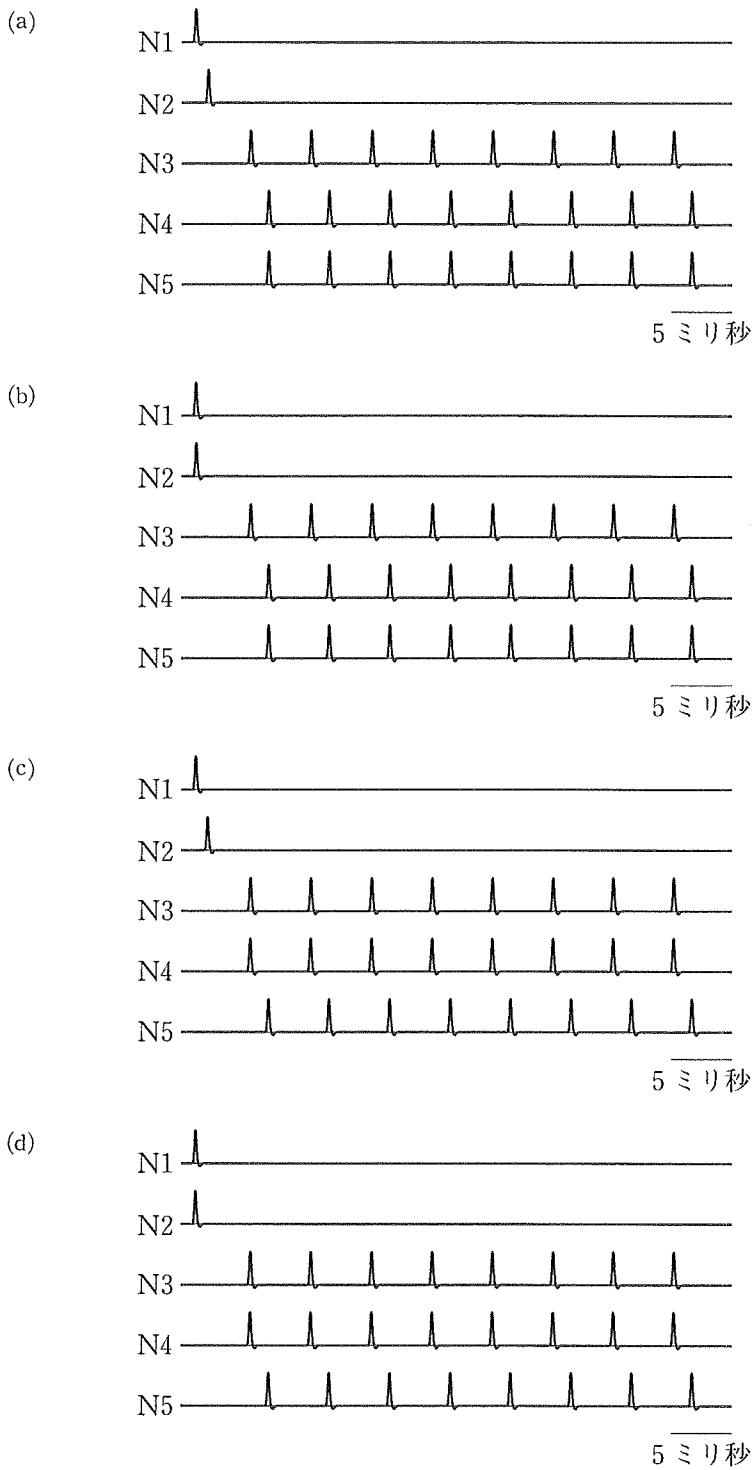


図6 5つの興奮性ニューロンからなる神経回路の興奮パターン

III 以下の文章を読み、問い(1)~(5)に答えなさい。(20点)

生物は、異物が体内に侵入するのを防いだり、体内に侵入した異物を排除したりする^①ためのさまざまなしくみを備えている。抗体(免疫グロブリン)は、このしくみに関係するタンパク質のひとつである。ほとんどの生物の抗体はH鎖とL鎖からなり、それぞれが2本、計4本で構成される(図1A)。H鎖とL鎖は別々の遺伝子から転写・翻訳された後に、会合した巨大な分子となる。図1の、灰色で示した部分^②は可変領域といい、ここで標的とする抗原と特異的に強く結合する。不思議なことに、ラクダやラマなどのラクダ科の動物は、このような通常の抗体以外に、H鎖だけの抗体も持っている(図1B:以下この抗体を「小さな抗体」とよぶ)。この抗体の可変領域は、H鎖1本だけで形成される。

抗体は、基礎科学研究において広く利用されるだけでなく、医薬品としての価値も高い。たとえば、がん細胞で過剰に発現するHER2というタンパク質に対する抗体を使って、がん細胞の増殖を抑制することができる。しかし、特定の抗体を安価かつ大量に生産するにはまだ多くの課題がある。ラクダ科の小さな抗体をもとにして、ナノボディとよばれるさらに小さな抗体が開発された(図1C)。現在、ナノボディを治療薬として用いる臨床試験が進められている。

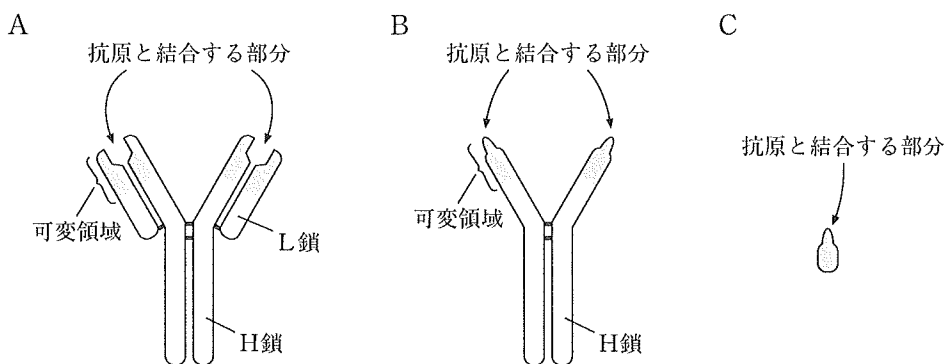


図1 通常の抗体(A)、ラクダ科の小さな抗体(B)、ナノボディ(C)の模式図

ナノボディの作成手順は以下のとおりである。まず抗原をラマに注射し、体内で抗体をつくらせた後、骨髄と血清をそれぞれ採取する。多数の抗体産生細胞を含む骨髄

からは RNA を取りだし、それに相補的な DNA (cDNA) を合成する。ここから、H鎖可変領域をコードする配列 (図2に示す部分) のみを PCR で増幅する。増幅したすべての PCR 産物の塩基配列を決定し、ここから各可変領域のアミノ酸配列を推定する。一方、血清中にはさまざまな抗体が含まれるが、その中から目的の抗原に対して結合性をもっとも高い「小さな抗体」を精製し、その抗体の可変領域を含む断片のアミノ酸配列を決定する。そして、決定した配列と合致するものを、cDNA 配列から推定したアミノ酸配列群の中から探し出す。こうして得られた配列を組換えタンパク質として大腸菌で発現させる。これがナノボディである。

- (1) 下線部①に示すしくみのうち、私たちが生まれながらにしてもつ機構を何とよぶか、答えなさい。また、この機構に関わる細胞の名称を一つ挙げなさい。
- (2) 下線部②に示す抗体分子の形成では、H鎖とL鎖に含まれるシステイン残基を介した共有結合が生じる。この結合を何とよぶか、答えなさい。
- (3) ヒトの全遺伝子数が数万程度であるにもかかわらず、数千万種類もの異なる可変領域をもつ抗体をつくることができる。そのためには、抗体産生細胞において、通常の細胞では起こらない特殊な現象が起こることがわかっている。これはどのような現象か説明しなさい。また、このしくみを明らかにし、1987年にノーベル賞を受賞した科学者の名前を答えなさい。
- (4) 下線部③に関連して、HIVなどのレトロウイルスから、RNAを鋳型にcDNAを合成する酵素が発見されている。このような酵素を何とよぶか、答えなさい。

(5) 図2は、ある抗原を投与して得られた10種類の小さな抗体(01~10)のH鎖の推定アミノ酸配列の一部を示している(下線部⑥)。部位Aと部位Eの配列は、すべての抗体で共通している。それ以外の部分は抗体によって少しずつ異なり、とくにB, C, Dの3つの部位は互いにまったく異なる配列である。

	部位A	部位B	部位C	部位D	部位E					
01	QLVESGGGLV	...CAASGR	TFSNYAMG	WFRQAPGKERE	FVAAISW	TGVSTYYADSV	...YYCAA	VRARSFSD	TYSRVNEYD	YWGQGTQVTV
02	QLVESGGGLV	...CAASGR	TFSTSAMG	WFRQAPGRERE	FVAAITW	TGNTILGDSV	...YYCSA	RSRGYVLS	VLRSVDSYD	YWGGGTQVTV
03	QLVESGGGLV	...CAASGR	TFSTSAMG	WFRQAPGRERE	FVAAITW	TGNTIYGDSM	...YYCTA	RSRGFVL	SDLRSVDS	FDYKGGTQVTV
04	QLVESGGGLV	...CAASGR	TYSISAMG	WFRQAPGKERE	FVAGISR	SGTTYADPV	...YYCAA	RARGWT	-TFPAREI	EYDYGQGTQVTV
05	QLVESGGGLV	...CAASGR	TFSTSAMG	WFRQAPGKERE	FVAAGIT	WISSSTYYTDSV	...YYCAA	KSEGYFG	-FPRVENE	YPYWGQGTQVTV
06	QLVESGGGLV	...CAFSG	GFSTYAMG	WFRQAPGKERE	FVGGISR	SGATTNYEDSV	...YYCAA	RNN---	ILPVT	TIDKYEYWGQGTQVTV
07	QLVESGGGLV	...CEASG	GFSTVAMG	WFRQAPGKERE	FVAITWT	AGSTYYADSA	...YYCAQ	RVRGFF	PLRTP	PSWYEWGQGTQVTV
08	QLVESGGGLV	...CAASG	PTG---	AMAWFRQAPGKERE	FVGGISR	SGTDYVDSV	...YYCAA	RRSQ---	ILFTR	TDYEFWGQGTQVTV
09	QLVESGGGLV	...CAASGR	TFSTSAMG	WFRQAPGKERE	FVARITW	SAGTYA	SDSV	...YYCAS	RSAGYSS	SLTRRED-YAYWGQGTQVTV
10	QLVESGGGLV	...CAASG	EIASII	AIGWYRQAPGKQRES	VALITRS	-GMITYGDSA	...YYCNA	KNKVSFG	-----	DYWGQGTQVTV

図2 あるラマが産生する抗体のH鎖の推定アミノ酸配列の一部。それぞれのアミノ酸は、表1に示すように、1文字で表記されている。「-」は他の配列と比較したときの欠失箇所、「...」は途中の配列を省略した部分である。

表1 コドン表

		第2文字								
		U	C	A	G					
第1文字	U	UUU } フェニルアラニン UUC } F	UCU } セリン UCC } S UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } Y	UGU } システイン UGC } C UGA } (終止) UGG } トリプトファン W	U C A G				
		UUA } ロイシン UUG } L		UAA } (終止) UAG }						
		C		CUU } CUC } ロイシン CUA } L CUG }			CCU } CCC } プロリン CCA } P CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } H CAA } グルタミン CAG } Q	CGU } CGC } アルギニン CGA } R CGG }	U C A G
				A			AUU } AUC } イソロイシン AUA } I AUG } メチオニン (開始)M	ACU } ACC } トレオニン ACA } T ACG }	AAU } アスパラギン AAC } N AAA } リシン AAG } K	
	G		GUU } GUC } バリン GUA } V GUG }		GCU } GCC } アラニン GCA } A GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } D GAA } グルタミン酸 GAG } E	GGU } GGC } グリシン GGA } G GGG }	U C A G		

- (i) 以下は、PCR によって得られた可変領域の cDNA 配列の 1 つである（下線部⑤）。部位 B と D に該当する部分をそれぞれ実線と破線で示す。この配列から予想されるアミノ酸配列は、図 2 の 01 から 10 のうちのどれか。コドン表（表 1）を参考に答えなさい。

5'-GGG-GGC-GGA-CTC-GTG-CAG-CCC-GGA-GGC-TCC-CTG-AGG-CTG-AGC-TGC-GAG-GCC-
TCC-GGC-GGC-GCC-TTC-TCC-ACT-GTC-GCC-ATG-GGC-TGG-TTT-AGG-CAG-GCC-CCC-
GGC-AAG-GAG-AGG-GAA-TTT-GTG-GGC-GCC-ATC-ACC-TGG-ACC-GCT-GGC-AGC-ACC-
TAT-TAC-GCC-GAC-TCT-GCA-AAG-GGA-AGG-TTC-ACA-ATC-AGC-AGG-GAC-AAT-GCC-
AAG-AAC-ACC-GTG-CAC-CTC-CAG-ATG-AAC-AGC-CTG-AAA-CCC-GAA-GAT-ACC-GCA-
GTG-TAC-TAC-TGC-GCT-CAG-AGG-GTC-AGG-GGG-TTC-TTC-GGA-CCT-CTC-AGA-ACA-
ACT-CCA-TCT-TGG-TAC-GAG-TAC-TGG-GGC-CAG-GGC-3'

注) 「・」は読み枠の区切りとして示したものであり、塩基配列ではない。

- (ii) 以下のアミノ酸配列は、図 2 に示すラマ抗体、02 と 03、の部位 C のアミノ酸配列の一部である。コドン表（表 1）を参考に、この部分をコードする遺伝子 DNA の塩基配列を予想しなさい。ただし、1 種類の塩基に特定できない箇所は N で表しなさい。

A I T W T

- (iii) 図2に示した01~10の配列は、部位A (QLVES) と部位E (TQVTV) の配列がすべての抗体に共通していることを利用して、PCRによって増幅したH鎖遺伝子の一部のcDNA配列から推定されたものである(下線部④)。この際に用いたプライマーとしてもっとも適切なものを、部位A、部位Eのそれぞれについて選択肢から選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

部位A

部位E

(a) 5'-CAG·CTG·GTG·GAG·TCT-3'

(e) 5'-ACC·CAG·GTC·ACC·GTC-3'

(b) 5'-TCT·GAG·GTG·GTC·GAC-3'

(f) 5'-CTG·CCA·CTG·GAC·CCA-3'

(c) 5'-AGA·CTC·CAC·CAG·CTG-3'

(g) 5'-GAC·GGT·GAC·CTG·GGT-3'

(d) 5'-GTC·GAC·CAC·CTC·AGA-3'

(h) 5'-TGG·GTC·CAG·TGG·CAG-3'

注) 「·」は読み枠の区切りとして示したものであり、塩基配列ではない。

- (iv) 抗原に対してもっとも強く結合したラマ抗体の部位BとDの配列を決定したところ、以下の2つのペプチド配列が得られた(下線部⑦)。この抗体は、図2の01から10のうちのどれか、答えなさい。

配列1 : RTFSTSAM

配列2 : GYVLSVL

(設問は次のページにつづく)

IV 以下の文章を読み、問い(1)~(5)に答えなさい。(20点)

ある種の酵母は二倍体(核相が $2n$)あるいは一倍体(核相が n)で増殖することができる。また、一倍体の細胞は接合して二倍体になり、二倍体の細胞は栄養源が乏しくなると減数分裂を行い胞子を形成し一倍体となる。一倍体の胞子は栄養源が豊富にあると成長を開始し、そのまま一倍体として体細胞分裂を行う。酵母の野生株は、生育に必要な最小限の栄養素を含む培地(最少培地)で生育できる。

以下の文は酵母の変異株を用いて、アミノ酸Hの合成の順序および遺伝子産物のほたらく順序を決定する手順を述べている。アミノ酸Hを合成する経路には5段階あり、中間物質はJ~Nの5種類ある。また、各段階にはたらく酵素は5種類あり、遺伝子 $a \sim e$ の遺伝子産物のほたらくが必要である。表1に示すような遺伝的性質の異なる一倍体の酵母の変異株I~Vがあり、それらはアミノ酸Hを合成する経路ではたらく酵素の遺伝子にそれぞれ1つだけ変異があるとする。たとえば、変異株Iは遺伝子 a にのみ変異がある。正常な遺伝子を a^+ 、変異のある対立遺伝子を a^- とする。同様に変異株II, III, IVとVの正常な原因遺伝子を b^+ , c^+ , d^+ , e^+ とし、変異のある対立遺伝子をそれぞれ b^- , c^- , d^- , e^- とする。これらの酵母の変異株で蓄積する中間物質を調べたところ、表1のようになった。ただし、この表では、たとえばIの変異株では中間物質Lが蓄積することを示している。変異株Iの遺伝子型は $a^-b^+c^+d^+e^+$ であるが、正常な遺伝子は省略し、この遺伝子型を a^- とも表す。

アミノ酸Hを合成する経路の順序を決定するために、変異株IとIIを接合させ、減数分裂で次代の胞子を形成させ、遺伝子型 a^-b^- の2つの変異を同時にもつ一倍体の株(二重変異株)を作成した。この二重変異株は、 a^- と b^- の変異を共にもつ株である。変異株Iは遺伝子 a にのみ変異があり他は正常なので、変異株Iの遺伝子型は a^-b^+ とも表すことができる。同様に変異株IIは a^+b^- とも表すことができる。これらが接合すると $a^+a^-b^+b^-$ という接合子ができ、これが減数分裂して次代の胞子になる。 a^+ と b^+ は独立に遺伝するものとする、生じる胞子は

$$a^+b^+ : a^+b^- : a^-b^+ : a^-b^- = \boxed{(ア)} : \boxed{(イ)} : \boxed{(ウ)} : 1$$

となり、遺伝子型 a^-b^- の二重変異株は $\boxed{(エ)}$ %の割合で生じる。この中で最少培地で生育できるものは遺伝子型が $\boxed{(オ)}$ である。また、この中で中間物質Lが蓄積

するのは、表1、2より、遺伝子型が a^-b^+ と a^-b^- である。遺伝子型が a^-b^+ と a^+b^- 単独の変異では、それぞれ中間物質LとJが蓄積するが、二重変異株 (a^-b^-) ではLが蓄積しているので、(カ) より (キ) がアミノ酸Hの合成経路のより早い段階で必要であることがわかる。同様に、一倍体の変異株I～Vを、それぞれ接合させ、減数分裂を経て次代の胞子を形成させ、二重変異株を作成した。この二重変異株にどのような中間物質が蓄積されるか調べた(表2)。この表1と2から、アミノ酸Hの合成の順序及び遺伝子産物のはたらく順序を決定する。ただし、遺伝子産物は1ヶ所にのみ作用するものとし、遺伝子間の相互作用はないものとする。また、このアミノ酸Hを合成する経路は一つしかないものとする。

表1

変異株	I	II	III	IV	V
遺伝子型	a^-	b^-	c^-	d^-	e^-
中間物質	L	J	M	K	N

表2

遺伝子型	a^-b^-	a^-c^-	a^-d^-	a^-e^-	b^-c^-
中間物質	L	L	L	L	M
遺伝子型	b^-d^-	b^-e^-	c^-d^-	c^-e^-	d^-e^-
中間物質	K	J	K	M	K

- (1) (ア) ～ (エ) に数字を、(オ) には遺伝子型を、(カ) と (キ) には中間物質J～Nのいずれかを解答欄に書きなさい。
- (2) 中間物質J～Nはアミノ酸Hの合成経路において、どのような順序で合成されるかを表1、2をもとに推定し、その順序をJ～Nの記号で答えなさい。

- (3) 遺伝子産物のはたらく順序はアミノ酸Hの合成経路において、どのようになっているかを表1, 2をもとに推定し, その順序を $a \sim e$ の記号で答えなさい。
- (4) 遺伝子型 $b^-c^-d^-$ の一倍体の三重変異株ではどの中間物質が蓄積されるか。その中間物質を J ~ N の記号で答えなさい。
- (5) 変異株IIIとIVを接合させ, 減数分裂で次代の胞子を形成させた。生じた胞子の中で, アミノ酸Hや中間物質 J ~ N を含まない最少培地で生育できるものは何%か。ただし, 遺伝子 c と d は不完全に連鎖し, 組換え価は 10% であるとする。

(設問は次のページにつづく)

V 次の文章を読み、問い(1)～(9)に答えなさい。(20点)

窒素 (N) はタンパク質、核酸、ATP、クロロフィルなどに含まれる生命活動に必要な元素であり、図1に示すように生態系の中を循環している。動物や植物の枯死体・遺骸・排出物に含まれる有機窒素化合物は菌類・細菌類のはたらきで分解され、 NH_4^+ が生じる。土壤中に放出された NH_4^+ は [ア] によって NO_2^- に、ひきつづいて [イ] によって NO_3^- に変換される。窒素固定細菌は大気中の N_2 から NH_4^+ を合成する。 NO_3^- や NH_4^+ は植物に吸収され、吸収された NO_3^- や NH_4^+ からアミノ酸が合成される。^①アミノ酸をもとにタンパク質や核酸などが合成される。また、 NO_2^- や NO_3^- の一部は [ウ] によって N_2 に変換され、窒素は大気中に戻される。

大気中の N_2 は化学肥料の生産のために工業的に固定されており、その量は農耕地における窒素固定細菌による N_2 固定量に匹敵すると推定されている。化学肥料の利用で農業生産量は向上したが、環境に持ち込まれる窒素の量は増えた。人間活動から排出された栄養塩類は湖沼へ流れこむ。その量が自然浄化の範囲を超えると、水中の栄養塩類の濃度は増加する。^②栄養塩類を使って水面近くで植物プランクトンが大量に増殖すると^③水中に光が届きにくくなり、植物プランクトンの純生産量がゼロになる水深は^④しだいに浅くなる。^⑤この水深より下の水中では、エネルギーを獲得できなくなった植物プランクトンが死滅し、遺骸から放出された有機物を利用して細菌類などが増殖する。それによって魚介類の大量死が引き起こされることがある。^⑥

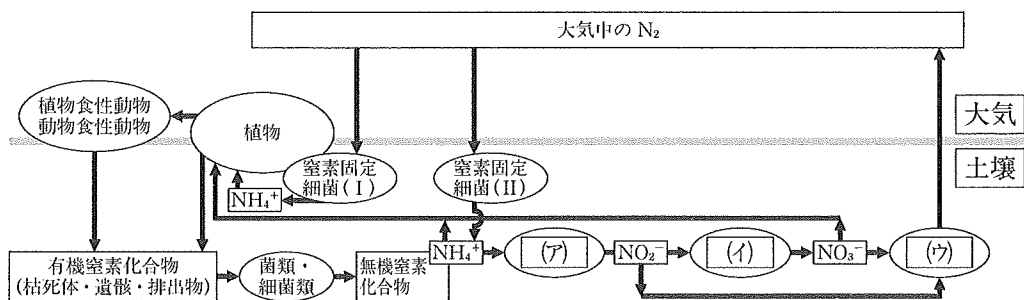


図1 生態系における窒素の循環。人工的な窒素固定と燃焼は含めていない。

- (1) 文章中と図1の ア ~ ウ にあてはまる生物群の名称を答えなさい。
- (2) 下線部①は何とよばれるか、答えなさい。
- (3) 「栄養塩類」(下線部②) とは何か、40字以内で書きなさい。
- (4) 下線部③の現象は何とよばれるか、答えなさい。
- (5) 下線部④の現象は何とよばれるか、答えなさい。
- (6) 下線部⑤について、次の問いに答えなさい。
- (i) 「植物プランクトンの純生産量」を示す式を解答欄に書きなさい。
- (ii) 「純生産量がゼロになる水深」は何とよばれるか、答えなさい。
- (iii) 水面から「純生産量がゼロになる水深」までの層は何とよばれるか、答えなさい。
- (7) 細菌類などの増殖が魚介類の大量死を引き起こすことがあるが(下線部⑥), その理由を60字以内で述べなさい。

(8) 窒素固定細菌について、次の問いに答えなさい。

(i) 植物の根に共生している窒素固定細菌（図1の窒素固定細菌(I)）は植物に NH_4^+ を供給している。一方、窒素固定細菌(I)も共生する植物から利益を得ているが、それはどのような利益なのか、25字以内で述べなさい。

(ii) 土壌中で単独生活を営む窒素固定細菌も存在する（図1の窒素固定細菌(II)）。そうした細菌の名称を2つ答えなさい。

(9) 植物が土壌から NH_4^+ などの窒素化合物を取りこむための、窒素固定細菌以外の他の生物との共生関係も知られている。それらについて、次の問いに答えなさい。

(i) 植物との共生関係にある、窒素固定細菌以外の生物は何とよばれるか、その名称を答えなさい。

(ii) 植物と共生するこの生物は、植物にとっては欠かせない、窒素以外の、ある栄養分を植物に供給できる点が重要である。それは何か、答えなさい。



