

平成 25 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日(月)(情—自然) 13:45—15:00

(理・医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、55 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 15 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚、地学 4 枚)、医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚、化学 5 枚、生物 3 枚)、工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚、化学 5 枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。

理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。

医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。

工学部志望者は、物理と化学の 2 科目を解答せよ。

6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の 2 箇所受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。



生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3題ある。3題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

生物 問題Ⅰ

問 1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

日本人の死亡原因は、戦後 70 年の間に大きく変化した。第 2 次世界大戦以前には結核が第 1 位であったが、このような感染症は次第に克服され、1981 年からはがん(悪性新生物)が第 1 位となった。長年の研究により、がんは基本的にゲノムの異常で起こる病気であることがわかってきた。その治療に関しては、従来法に加え、個別化医療が近年急速に発展してきたが、がんの予防法の開発に関しては、まだ十分とはいえない。

がんの原因にはいろいろあるが、太陽光からの紫外線は、皮膚がんの発生原因の 1 つであることが知られている。強い紫外線を細胞に照射したとき、傷害を受けながらも細胞が生存し、増殖が可能な場合、その細胞のゲノム DNA の **CC** という連続した 2 塩基よりなる配列が **TT** という配列に変化することが知られている。

設問(1)：このような突然変異とよばれる変化が起こった場合、以下の DNA 塩基配列はどのようなアミノ酸を指定するようになるのか記載せよ。ただし、以下に記載の DNA 塩基配列は、最初の塩基よりコドンを形成するものとし、スプライシングはなく、100 % の確率でこの **CC** から **TT** への突然変異が起こるものと仮定する。また、二重らせんの反対側の DNA 鎖については考慮しなくてよい。表の遺伝暗号表を参考にしてよい。解答は、解答欄に(セリン)(プロリン)(グリシン)のように記載すること。

a) ATTGTCCATTGCCAG

b) TTGCACCAAATTTAGCAGGCATTTCCA

表 mRNA の遺伝暗号表

1 番目の塩基	2 番目の塩基								3 番目の塩基
	U		C		A		G		
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U C A G
	UUC		UCC		UAC		UGC		
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	(終止)	UGA	(終止)	
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U C A G
	CUC		CCC		CAC		CGC		
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		
	CUG		CCG		CAG		CGG		
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U C A G
	AUC		ACC		AAC		AGC		
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	
	AUG	メチオニン(開始)	ACG		AAG		AGG		
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U C A G
	GUC		GCC		GAC		GGC		
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		
	GUG		GCG		GAG		GGG		

設問(2)：下線部①に関して、以下の記述が正しい場合には○を、誤っている場合には×を解答欄に記入せよ。

- (ア) ゲノムは DNA ポリメラーゼにより複製される。
- (イ) 1 人の男性の精子はすべて同じ遺伝情報を持つ。
- (ウ) 産まれたばかりの一卵性双生児の間では、肝細胞の DNA の塩基配列は同一であると考えられる。
- (エ) ヒトの染色体は細胞の分裂期のときに光学顕微鏡で観察しやすい。
- (オ) RNA の情報を DNA の情報に変換する酵素が自然界に存在する。

設問(3)：下線部①に関して、細胞分裂直後のヒトのリンパ球 1 個に含まれるゲノム DNA は、それらを二重らせんの状態のまま引き延ばして連結すると、全体でどのくらいの長さになるのかを計算し、有効数字 3 桁(単位はメートル)で答えよ。ただし、ヒト精子の全ゲノムは 30 億個の塩基対であり、DNA 二重らせんの 1 ピッチ(1 巻き)は 10 塩基よりなり 3.40 nm(ナノメートル、 10^{-9} m)と仮定する。

設問(4)：下線部②に関して，最近，ヒトにおけるがん治療法として，がん細胞の表面だけに存在する分子を標的とした抗体が使用されるようになってい
る。このような抗体薬は静脈内に繰り返し注射で投与される。その際
に発生が予想されるヒトへの副作用や問題点をできる限り避けるため
には，抗体薬をつくる時にどのような技術や設計が重要であると考えら
れるか，以下の3つの用語をすべて使用して解答欄の枠内で説明せよ。

使用する用語：免疫グロブリン，細胞融合，ヒト

問 2 次の文章を読み，以下の設問に答えよ。

大学院生の名古屋さんは，がんの発生原因と「がんへのかかりやすさ」を決めて
いる因子を，別個に評価する必要があると考えて，以下のような実験をおこなっ
た。ラット(ダイコクネズミ)は同じ親から産まれた子同士の交配(兄妹交配)が可
能である。20 世代以上に渡って兄妹交配を繰り返していると，性染色体以外は
ゲノム情報がほぼ同じラットを人工的に作ることができる。これらを近交系(純
系)動物と呼ぶ。このようにして作成した近交系ラットの多数の系統の中から，
名古屋さんは紫外線を含む通常光の飼育条件で皮膚がんにかかりやすい白色毛色
の Z 系統を見出した。Z 系統と同じ毛色をした C 系統では皮膚がんへのかかり
やすさは観察されない。また，両系統ともに他の種類のがんへのかかりやすさや
かかりにくさは認められない。

Z 系統と C 系統のラットに紫外線を離乳直後より 3 ヶ月間繰り返し照射し，そ
③
のあと 1 年間観察すると，Z 系統は C 系統に比べ皮膚がんが明らかに早く発生し
た。ところが，Z 系統と C 系統をかけあわせた F₁(雑種第 1 代)世代ではこの皮
膚がん発生の④
④
早期化は認められなかった。次に，F₁ 世代同士をかけあわせた F₂
(雑種第 2 代)世代を使用して，同様の紫外線照射実験をおこなった。すると，名
古屋さんは，皮膚がんが早く発生する個体からなる群と遅く発生する個体からな
る群の 2 群にはっきり分かれることに気が付いた。これまでのすべての実験結果
⑤
⑤
に雌雄差は認められなかった。F₂ 世代のラットの血液から DNA を抽出して，
ラットの系統に特徴的なゲノム内繰り返し配列の繰り返し数を PCR 法で調べ
ると，染色体の特定部位が Z 系統由来なのか，それとも C 系統由来なのかを決め

ることができる。このような実験を繰り返した結果、この皮膚がん発生の早期化はゲノムの中の1つの遺伝子により決まっていることが明らかになった。

設問(5)：下線部③に関して、紫外線を全く含まない光のもとでZ系統のラットを2年間以上飼育した場合、皮膚がんは発生しないことがわかった。このことより、この皮膚がん発生の早期化を決めている遺伝子産物のはたらきを推測して、解答欄の枠内で説明せよ。

設問(6)：下線部④の実験結果より、Z系統のもつ皮膚がんへのかかりやすさの遺伝様式を答えよ。

設問(7)：下線部⑤に関して、十分に多い数のラットを使って実験をした場合、皮膚がんが早く発生する個体と遅く発生する個体の分離比はどのようになるか。文章中の情報をもとに、発生が早い動物数：発生が遅い動物数の分離比を1：□としてこの□にあてはまる数字を答えよ。

(次頁に続く)

設問(8)：図は、5匹のF₂世代のラットから得られたデータをもとに、各ラットの細胞分裂直後の1対の相同染色体を模式的に示したものである。皮膚がんが早期に発生する形質が観察された個体を○で、その形質が認められなかった個体を×で示している。この結果より、皮膚がん発生の早期化を決めている遺伝子の位置は、(a)から(e)のどの部位にもっとも近いと考えられるか、記号で答えよ。

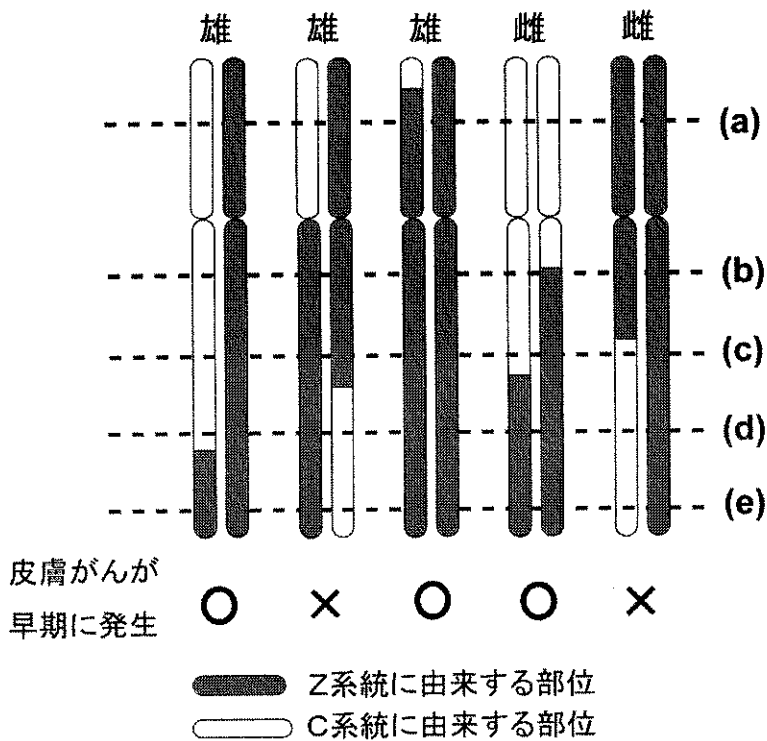


図 F₂(雑種第2代)世代のラットにおいて、この形質を決定している遺伝子が存在する染色体に関して得られた実験結果(染色体地図)

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅱ

問 1 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

動物は外部環境や内部環境を感じとり、自らのおかれた状況に即した適切な行動をとる。眼は光の受容器であり、外胚葉に由来する。神経管の前方部分から と呼ばれるふくらみができ、やがて眼杯となる。眼杯が表皮に作用し① て水晶体(レンズ)が形成され、さらに水晶体が表皮に作用して が形成される。眼杯から網膜が形成される。

網膜において光を受容する細胞は と総称される。 には形態と機能の異なる と の2種類の細胞が存在する。 は弱い光に対して感受性が高く、 は強い光ではたらき、色覚に関与している。

によって受容された光刺激は網膜内で情報処理された後、視神経を通して脳のいくつかの場所に伝えられ、さまざまな行動の制御が行われる。カエルにおいて、視神経は主に中脳の視蓋に到達し、そこでシナプスを形成する。カエルに虫を提示すると、視蓋に送られる視覚情報にもとづいて、正確に虫がいる方向に対して捕食行動を示す(図1)。後方や下方に虫がいる場合にはその方向に体を向けてから、捕食行動をとる。特定の方向からの光刺激は網膜の特定の場所に投影されており、網膜の特定の場所からの情報は、視神経を通して視蓋の特定の領域に送られている(図2、表1)。

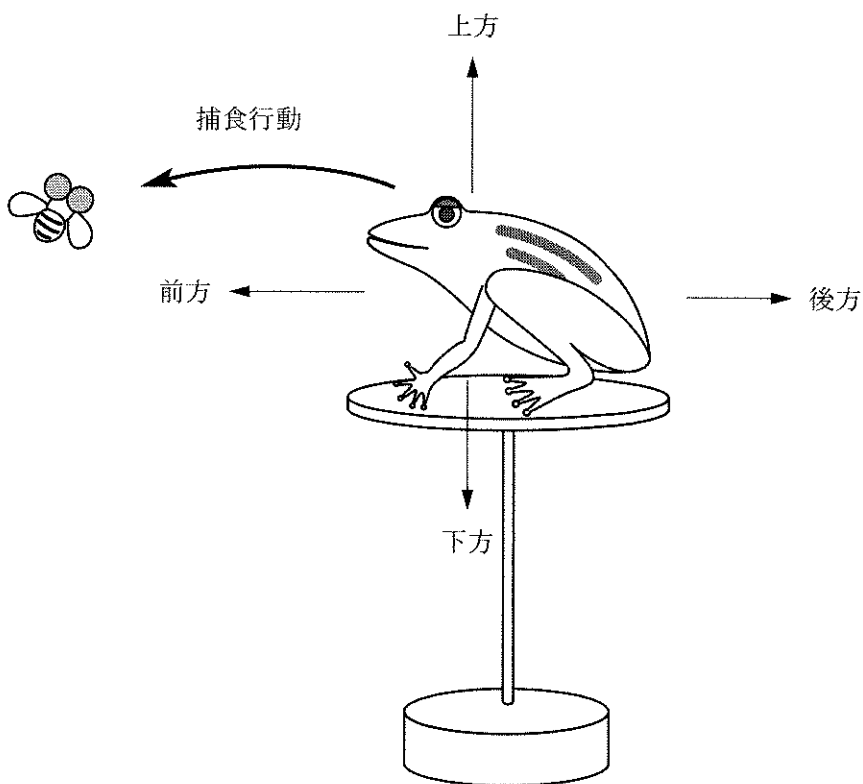


図1 カエルの捕食行動

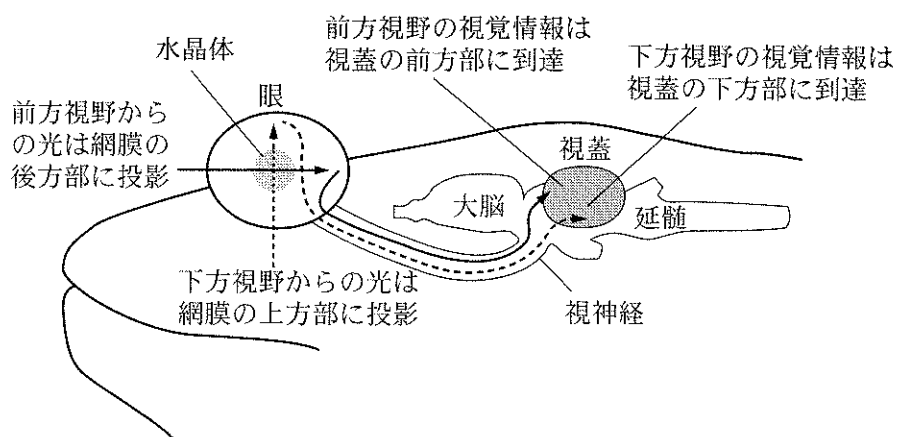


図2 視野、網膜、視蓋の対応関係を示すカエル頭部の模式図

表1 視野、網膜、視蓋の対応関係

視 野	視野が投影される網膜の場所	視覚情報が到達する視蓋の場所
上方視野	下方部	上方部
下方視野	上方部	下方部
前方視野	後方部	前方部
後方視野	前方部	後方部

設問(1)：空欄 ～ に適切な用語を記入せよ。

設問(2)：下線部①と同様の現象は、さまざまな器官や組織の発生過程でみられる。これらの現象を何と呼ぶか答えよ。また、このような現象に関連した以下の記述が正しい場合には○を、誤っている場合には×を解答欄に記入せよ。

- a) カエルの胞胚において、動物極側の細胞が赤道付近の細胞に作用して、中胚葉が生じる。
- b) イモリの初期原腸胚において、原口背唇部の作用によって、外胚葉から神経管が形成される。
- c) イモリの尾芽胚の水晶体と眼杯を切り出し、両者を接触させたまま培養すると、眼杯から網膜が形成される。
- d) ニワトリの13日胚の後肢の真皮を、ニワトリの6日胚の背中表皮と密着させて培養すると、表皮はうろこに分化する。
- e) イモリの尾芽胚の眼杯を取り出して、別の個体の頭部の表皮の下に移植すると、移植片の近くの表皮から水晶体が形成される。

問 2 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

カエルの視神経は高い再生能力を持つ。視神経を切断すると、眼球側の断端から再生し再び視蓋に到達する。視神経を切断した後、左右両方の眼の向きを180度回転させて固定し(図3)、^②視神経を再生させた。このようなカエルの後方に虫を提示すると、前方に向かって捕食行動が見られた(図4、表2)。また虫を前方、上方、下方に提示した場合には、表2に示す結果が得られた。一方、視神経を切断した後、眼を回転させないで本来と同じ向きに固定して視神経を再生させた場合には、正常の個体と同様に虫に向かって正確な捕食行動が見られた。

視蓋に電極を設置して適切な強さの電気刺激をすると、虫に対する捕食行動と同様の行動を引き起こすことができる。視神経切断手術を行っていない正常の個体では、視蓋の前方部を刺激すると前方に向かって捕食行動が起こる。上方部、下方部、後方部を刺激すると、それぞれ上方、下方、後方への捕食行動が引き起こされる。視神経を切断して、眼を正常の向きあるいは180度回転させて固定し、^③視神経を再生させた個体で視蓋の電気刺激実験を行ったところ、いずれの場合も視蓋の刺激場所と捕食行動の方向の関係は、手術をしていない正常個体と同じであった。

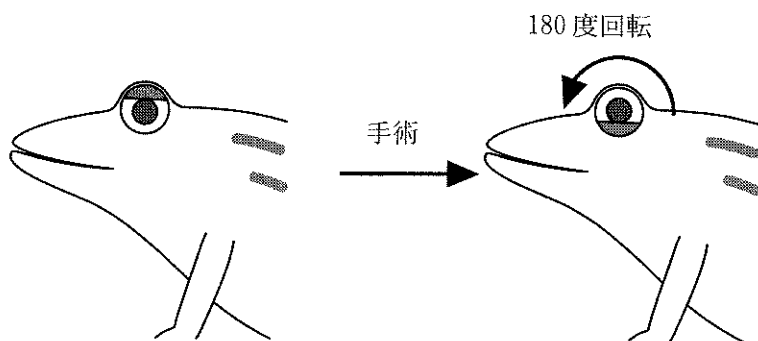


図3 眼を180度回転させる手術

方向がわかりやすいように、眼の上縁を黒く描いてある。

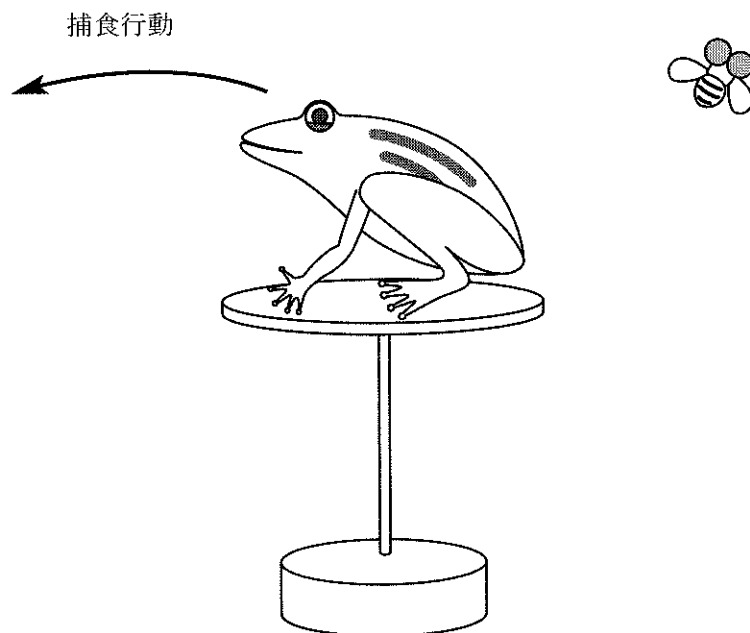


図4 眼の回転手術をしたカエルの捕食行動

眼を180度回転させて視神経を再生させた個体の後方に虫を提示すると、前方に向かって捕食行動を示す。

表2 眼を180度回転する手術をして視神経を再生させたカエルの捕食行動

虫を提示した方向	捕食行動の方向
前方	後方
後方	前方
上方	下方
下方	上方

設問(3)：下線部②に関して、眼を180度回転する手術をして視神経を再生させたカエルの後方に虫を提示した時に、なぜ前方に向かって捕食行動を示したのか、網膜と視蓋の対応関係に留意して80字以内で説明せよ。

設問(4)：下線部③に関して、なぜ視蓋の電気刺激実験を行なったのか、その理由を75字以内で説明せよ。

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

多くの植物は1日の連続暗期の時間変化を感じて花芽を形成する。このような性質を (ア) という。たとえば、キク科の (イ) は短日植物である。また、イネ科に属する (ウ) は長日植物であり、同じくイネ科の (エ) は (ア) を示さない中性植物である。接ぎ木や (オ) の実験結果から、暗期の長さの変化を感じた葉で (カ) が作られ、 (キ) を経由して茎頂まで運ばれて花芽が分化する、と以前から提唱されていた。この詳しい機構は長いあいだ不明であったが、最近ある遺伝子が葉において (ク) されたあとタンパク質に (ケ) され、そのタンパク質が移動して茎頂における花芽形成に必要な遺伝子発現を活性化する (コ) のひとつとして機能する、と報告された。

文 2

マメ科植物は、根に共生窒素固定根粒を形成するため、窒素不足の土壌においても生育できる。このとき、植物は根粒が増えすぎないように制御している。この制御機構を研究する過程で、植物ゲノムにあるひとつの遺伝子の塩基配列が変化したために異常に根粒数が増加した突然変異体を得た。そこで、野生型もしくは突然変異体の根を図1のように均等に分けて窒素肥料を含まない土壌に入れ、分割根 A に根粒菌を接種して10日間育てた。そのあとに分割根 B に同量の根粒菌^①を接種し、根粒菌以外の微生物は存在しない環境でさらに30日間育てた。その結果、根粒数は表1のようになった。また、野生型と突然変異体の幼植物を茎の下部で切断し、種々の組み合わせで台木(主に根部)と穂木(地上部)を1本ずつ切断部位で接ぎ木した(図2参照)。そのあと、分割していない各々の根に同量の根粒菌を接種して40日間育てたところ、表2のように根粒が形成された。以上の実験を含めたこれまでの研究結果から、野生型において過剰な根粒形成が妨げられるためには、根粒形成に応じて第1の体内移動性シグナル物質が植物によって産生され、それが植物の受容体で認識され、その認識^②

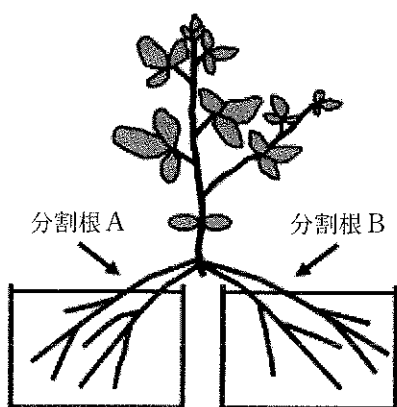


図1 根分け実験

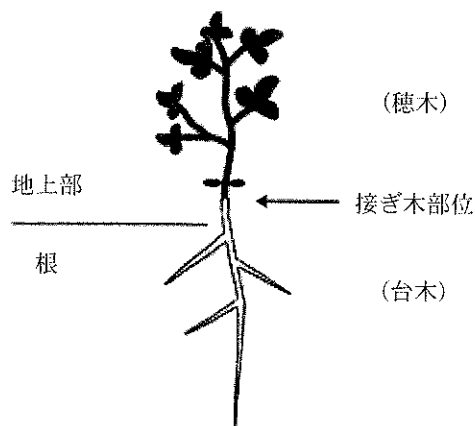


図2 接ぎ木実験

表1 時間差接種のあと形成された根粒数の平均値

植 物	40 日後における 分割根 A の根粒数	30 日後における 分割根 B の根粒数
野生型	8	2
変異体	40	41

表2 接ぎ木のあと形成された根粒数の平均値

組み合わせ (穂木/台木)	個体あたりの 根粒数
野生型／野生型	9
野生型／変異体	8
変異体／野生型	52
変異体／変異体	50

が起こる器官で第2の体内移動性物質である根粒形成抑制シグナル物質が産生されて最終的に根で機能することが必要であると考えられた。なお、窒素源不足の土壤で根粒を形成した野生型の草丈は根粒を形成しないときより大きくなったが、逆に、突然変異体の草丈は根粒を形成することにより小さくなった。また、十分な濃度の窒素肥料が土壤に存在するときには、野生型植物に根粒菌を接種しても根粒は形成されなかった。

設問(1): 空欄 ~ に最も適切な用語を以下より選び、a ~ uの記号で答えよ。

- a) 師管, b) 伸長ホルモン(ジベレリン), c) アサガオ, d) 限界暗期,
- e) 道管, f) イネ, g) 複製, h) オナモミ, i) 転写,
- j) トウモロコシ, k) 休眠ホルモン(アブシジン酸),
- l) 調節タンパク質, m) コムギ, n) 花成ホルモン(フロリゲン),
- o) 光周性, p) 翻訳, q) 走光性, r) 酵素タンパク質, s) 環状除皮,
- t) 合成, u) 頂芽除去

設問(2)：下線部①と並行して、分割根 A、B に根粒菌を同時に接種して 40 日間育てた。その結果、接種後 30 日までに野生型では両方に約 8 個、突然変異体では両方に約 40 個の根粒が形成され、それ以後根粒数に変化はなかった。また、分割根 A にのみ根粒菌を接種して 40 日間育てたところ、野生型においても突然変異体においても、分割根 B に根粒は形成されなかった。表 1 の結果に関する以下の解釈が正しい場合には○を、誤っている場合には×を、解答欄に記入せよ。

- a) 野生型においては、分割根 A における根粒形成に伴って分割根 B に根粒形成抑制シグナルが作用した結果、分割根 B の根粒数が減少した。
- b) 突然変異体においては、いずれの分割根においても根粒形成抑制シグナルが作用していないため、両方の根における根粒数が増加した。
- c) 突然変異体においては、分割根 A から分割根 B への根粒菌の移動が容易になったため、両方の根における根粒数が増加した。
- d) 野生型では分割根 B のみならず分割根 A でも根粒形成抑制シグナルが作用したため、突然変異体に比べて根粒数が減少した。
- e) 分割根 A、B のいずれにも根粒菌を接種しない対照実験が行われていないため、表 1 からは何の結論も導きだせなかった。

設問(3)：下線部②に関連して、根粒が形成されたことを伝える第 1 の物質はポリペプチドである。次の文章のうち、表 1、2 の結果の解釈として最も可能性の高いものを選び記号で答えよ。

- a) 第 1 の物質は根粒を形成した根で作られ、根で受容体に認識される。
- b) 第 1 の物質は根粒を形成しない根で作られ、根で受容体に認識される。
- c) 第 1 の物質は根粒を形成した根で作られ、地上部で受容体に認識される。
- d) 第 1 の物質は根粒を形成しない根で作られ、地上部で受容体に認識される。
- e) 第 1 の物質は地上部で作られ、地上部で受容体に認識される。
- f) 第 1 の物質は地上部で作られ、根で受容体に認識される。

設問(4)：突然変異体は、受容体遺伝子のアミノ酸を指定する領域において、野生型にはない終止コドンが開始コドンの直後に生じたものであった。突然変異の結果どのようなしくみで最終的に根粒数が増加したと考えられるか、70字以内で説明せよ。

設問(5)：突然変異体の穂木を接ぎ木した野生型台木の根を図1のように分割し、下線部①のように根粒菌の時間差接種を行って、さらに30日間育てた。分割根A、Bの根粒数はどのようにになると考えられるか、40字以内で記せ。

設問(6)：下線部③に関連する以下の文章の空欄 ～ に最も適切な句を選び、a～hの記号で答えよ。ただし、記号は一度しか使用できない。

植物は太陽の光エネルギーを光合成産物の化学エネルギーとして一旦蓄え、物質の合成、呼吸、みずからの生育などに利用している。ところで、私たちが工業的に窒素ガスをアンモニアに転換する反応は、化学触媒の存在下に高温・高圧でようやく進行する。一方、根粒内の窒素固定反応は 。しかし、野生型と突然変異体の草丈の変化からも示唆されるように、根粒形成やその機能維持のためには、 。そのため、十分な窒素肥料が土壌にあれば野生型マメ科植物は窒素肥料を根から直接吸収するが、この方が根粒を形成するより からである。窒素源不足の土壌における野生型マメ科植物は、窒素固定を行いつつ旺盛な生育を成し遂げるために、根粒数を調節することによって と考えることができる。

- a) 高温・高圧で進行する
- b) 常温・常圧で進行する
- c) 低温・低圧で進行する
- d) 多量のエネルギーが必要である
- e) エネルギー消費が少なくすむ
- f) エネルギー消費を片方に集中させている
- g) エネルギー消費のバランスを保っている
- h) エネルギー消費を両方向に増加させている

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙

(切りはなしてはならない)