

令和 5 年度
入学者選抜学力試験問題
前期日程

理 科

注 意

1. 解答は、科目ごとに別冊の解答用紙の所定の解答欄に書くこと。
2. 各学部志望者は、以下のとおり選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入すること。
理学部志望者——理科 3 科目の中から 2 科目
生活環境学部及び工学部志望者——理科 3 科目の中から 1 科目
3. 選択した科目の解答用紙の表紙の※印欄に、本学受験番号・氏名を記入すること。
受験番号は、本学受験票の受験番号を記入すること。
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
4. 解答用紙の表紙の選択別欄に指定科目数をこえて○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
5. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。
6. 問題冊子総ページ数——23
物 理——1～8 ページ 化 学——9～15 ページ
生 物——16～23 ページ
7. 解答用紙ページ数
物 理——10 ページ 化 学——6 ページ
生 物——3 ページ

問 題 訂 正

理科「生物」

16 ページ

大問Ⅰの間Ⅰについて、「(エ)」を解答不要とし、採点から除外する。

補 足 説 明

理科「生物」

21 ページ 大問Ⅲ 本文 上から10行目

「孵化」に、次のとおりふりがなを加える。

^ふ
「孵化」

生 物

I 次の文章を読み、あとの問に答えよ。

生体内では、酵素のはたらきによってさまざまな化学反応が効率的に進行している。酵素の本体は一般に(ア)である。酵素が作用する物質を(イ)といい、作用した後にできる物質を(ウ)という。酵素のように、化学反応の前後でそれ自体は変化しないが化学反応を速める物質のことを、一般に(エ)という。酵素による化学反応が起こるときには、まず、酵素の(オ)に(イ)が結合して(カ)が形成され、次に(オ)に結合した(イ)が(ウ)へと変化し、酵素から離れる。この反応が繰り返されることにより、化学反応が促進される。一般に、酵素には特定の物質だけに作用する性質があり、このような性質を(キ)という。

問 1 (ア)~(キ)に最も適切な用語を入れよ。

問 2 ブタのレバーに含まれるカタラーゼという酵素(過酸化水素を水と酸素に分解する反応を促進する)を対象として、酵素がはたらくための条件を調べる実験を行った。7本の試験管の底にブタのレバー片(米粒大)を入れ、それぞれ以下のA~Gのような処理を行い、泡の出方を比較した。これらの実験の結果について、あとの(1)~(3)に答えよ。

- A : レバー片が入った試験管に蒸留水 1 mL を入れ、3% 過酸化水素水を 5 mL 加え、37℃ に保った。
- B : レバー片が入った試験管に蒸留水 1 mL を入れて十分煮沸した後、冷ましてから 3% 過酸化水素水を 5 mL 加え、37℃ に保った。
- C : レバー片が入った試験管に 3.5% 塩酸 1 mL を入れた後、3% 過酸化水素水を 5 mL 加え、37℃ に保った。
- D : レバー片が入った試験管に 4% 水酸化ナトリウム水溶液 1 mL を入れた後、3% 過酸化水素水を 5 mL 加え、37℃ に保った。
- E : レバー片が入った試験管に蒸留水 1 mL を入れ、0℃ の氷水に 5 分間浸した後、同様に 0℃ の氷水で冷やしておいた 3% 過酸化水素水 5 mL をレバー片が入った試験管に加え、0℃ に保った。
- F : レバー片が入った試験管に蒸留水 1 mL を入れ、37℃ のお湯に 5 分間浸した後、同様に 37℃ のお湯に浸しておいた 3% 過酸化水素水 5 mL をレバー片が入った試験管に加え、37℃ に保った。
- G : レバー片が入った試験管に蒸留水 1 mL を入れ、70℃ の熱湯に 5 分間浸した後、同様に 70℃ の熱湯に浸しておいた 3% 過酸化水素水 5 mL をレバー片が入った試験管に加え、70℃ に保った。

生 物

I のつづき

- (1) 処理Aでは勢いよく泡が発生した。処理B～Dではどのような結果になると予想されるか。理由とともに答えよ。
- (2) 処理E～Gにおける泡の発生する様子を比較した結果、処理Fにおいて最も勢いよく泡が発生していた。この結果から、カタラーゼの性質についてどのようなことが言えるか。また、そのことから想起される、酵素がもつ一般的な性質・特徴はどのようなものか。
- (3) レバー片の代わりに少量の酸化マンガン(IV)を用いて処理E～Gと同様の操作を行うと、どの条件で最も勢いよく泡が出ると予想されるか。理由とともに答えよ。

問 3 以下の文章は、「特定の物質に作用する」という性質に関与する、酵素の中の重要な部位を調べるための実験について書かれたものである。この文章を読み、あとの(1)～(3)に答えよ。

ある生物は、L-トリプトファン(Trp)を特異的に分解する酵素(酵素Ⅰ)と、Trpによく似た化合物である5-ヒドロキシ-L-トリプトファン(5-HTP)を特異的に分解する酵素(酵素Ⅱ)をもつ。これら2つの酵素はアミノ酸配列や遺伝子の塩基配列が互いに極めてよく似ていることから、両者には共通の祖先型酵素が存在し、進化の過程でその祖先型酵素の遺伝子が重複しそれぞれが変異を蓄積することでこれら2つの酵素の遺伝子が生じたのだと考えられた。そこで、祖先型酵素のアミノ酸配列とその遺伝子の塩基配列を推定して、遺伝子組換え技術によって祖先型酵素を大腸菌につくらせ、その活性を調べたところ、祖先型酵素は5-HTPではなくTrpを特異的に分解することが分かった。そこで次に、酵素Ⅱにおいて5-HTPを特異的に分解する性質に関与する酵素の部位を特定するため、遺伝子組換え技術によって酵素Ⅱの配列の一部を祖先型酵素の配列に置き換えた酵素を6種類づくり(組換え酵素①～⑥、図1)、各酵素の5-HTP分解活性を調べた(図2)。

- (1) 下の文は、外来遺伝子を大腸菌で発現させるための遺伝子組換え技術の一般的な方法について、簡潔に記したものである。(ク)～(サ)に最も適切な用語を入れよ。

目的とする外来遺伝子のDNAを、(ク)と呼ばれる遺伝子の運び手のDNAに連結する。その際、DNAの特定の塩基配列を識別してその部分を切断する(ケ)という酵素を使ってDNAを切断し、(コ)という酵素を使ってDNAの断片どうしをつなぎ合わせる。こうしてできた組換えDNAを用いて大腸菌を(サ)し、目的遺伝子の発現を誘導する。

生 物

I のつづき

- (2) 酵素Ⅱのさまざまな領域のアミノ酸配列を祖先型酵素の該当する領域の配列に置き換えると(図1), 組換え酵素の5-HTP分解活性は酵素Ⅱに比べさまざまな程度に変化した(図2)。この実験の結果から, 5-HTPを分解する活性に特に重要なのは, 酵素Ⅱのどの領域だと考えられるか。理由とともに述べよ。
- (3) 上記(2)で解答した領域について酵素Ⅱと祖先型酵素のアミノ酸配列を比較したところ, 6か所のアミノ酸が異なっていることが分かった。酵素Ⅱの5-HTPを分解するという性質に特に重要な部位をさらに絞りこむために, あなたなら次にどのような実験を行うか。簡潔に述べよ。

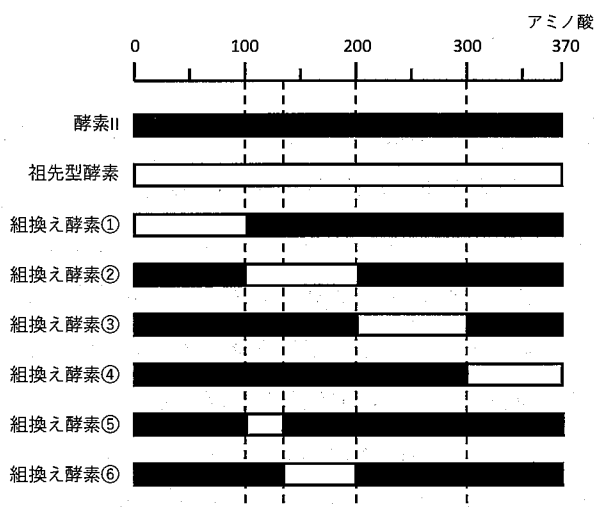


図1 各酵素の構造の模式図

黒は酵素Ⅱと同じアミノ酸配列, 白は祖先型酵素と同じアミノ酸配列の領域を示す。

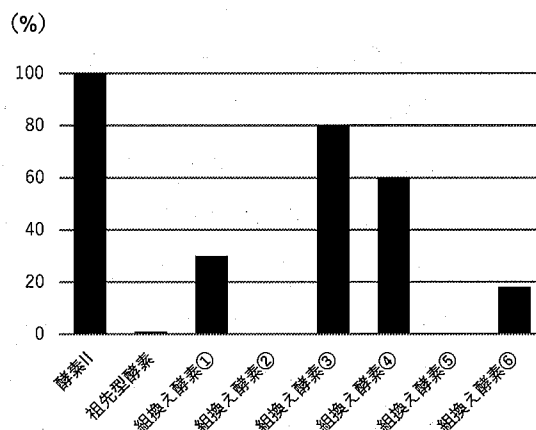


図2 各酵素の5-HTP分解活性

酵素Ⅱの活性を100%とする相対値で示す。

Hajime J. Yuasa, Mayumi Sugiura, Terue Harumoto

"A single amino acid residue regulates the substrate affinity and specificity of indoleamine 2,3-dioxygenase"(2018)

Archives of Biochemistry and Biophysics, vol. 640, pp.1-9

を参考に問題を作成

生 物

II 次の文章を読み、あとの問に答えよ。

一般に、植物とは「光合成を行い、陸上で生活する多細胞の真核生物」である。現生の植物は、維管束の有無や種子形成の有無などの違いに基づいて、コケ植物、シダ植物、^①種子植物に大別される。種子植物はさらに裸子植物と被子植物に分けることができる。植物は、シャジクモ類や接合藻類のような淡水藻類から進化してきたと考えられている。陸上は水中に比べ光が豊富に得られるという利点はあるが、乾燥にさらされ、温度変化も激しく、浮力が得られないため重力の影響を強く受けるなど、生物にとっては厳しい環境である。こうした陸上の環境は、植物の体のつくりだけではなく、生殖の仕方にも大きな影響を及ぼしている。

生物の一生を、生殖細胞を仲立ちとして環状に図示したものを生活環という。コケ植物、シダ植物、種子植物の生活環を比較すると、一見互いにかなり異なっているものの基本的なパターンは共通していることと、シャジクモ類のような藻類の生活環とは大きく異なる点があることの2つが分かる。

一例として、コケ植物の生活環について説明する。我々が普段目にするコケの植物体は配偶体、すなわち、配偶子を形成することで有性的に生殖を行う世代の植物体である。配偶体の核相は単相(n)で、配偶体上には造精器や造卵器が形成され、造精器中では精子が、造卵器中では卵が作られる。鞭毛をもつ運動性の小型配偶子である精子は、雨の日などに体外の水中を泳いで造卵器に達し、不動性の大型配偶子である卵と接合(受精)して受精卵を形成する。受精卵は造卵器中で配偶体から栄養供給を受けつつ多細胞化し(この過程を胚発生と呼ぶ)、多細胞の植物体を形成する。ここで形成されるのは孢子体、すなわち、孢子を形成することで無性的に生殖を行う世代の植物体である。孢子体の核相は複相(2n)で、孢子体上には孢子のうが形成され、その内部で孢子母細胞が減数分裂を行うことで単相(n)の孢子が作られる。孢子が散布され、発芽・多細胞化すると再び配偶体^③が形成される。

他の植物やシャジクモ類の生活環を、コケ植物の生活環と比較してみよう。コケ植物の生活環では配偶体が優勢で、孢子体は配偶体に寄生している。シダ植物になると孢子体が大型化・複雑化して優勢になり、独立して生活するようになる。配偶体は小型化・単純化するが、まだ独立して生活する能力を保っている。種子植物になると配偶体の簡略化がさらに進み、孢子体がより一層優勢となる。孢子に相当する細胞は存在するものの、もはや散布されないため、その存在は認識されにくい。一方、シャジクモ類では、生活環の中に現れる多細胞体は配偶体(核相はn)のみである。配偶体上には造精器と造卵器(正確には生卵器)が形成され、それぞれの内部で精子と卵が作られる。精子は水中を泳いで造卵器に達し、受精する。受精卵は成熟すると「卵孢子」と呼ばれる孢子になる。卵孢子は減数分裂を行って核相を単相(n)に戻しつつ発芽・多細胞化して、再び配偶体を形成する。

生 物

Ⅱ のつづき

問 1 下線部①について、コケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物の特徴を簡潔に記述せよ。

問 2 下線部②について、本文の記述内容を参考にしつつ、次の(1)~(4)に答えよ。

(1) 以下の用語の全てと矢印や直線などの記号を用いて、コケ植物の生活環を描け。その際、特定の用語や記号を複数回使用して構わない。

用語：配偶体，雄性配偶子(精子)，雌性配偶子(卵)，孢子体，孢子，

発芽，胚発生， $2n$ ， n ，受精，受精卵，減数分裂

(2) 上記(1)と同様にして、シヤジクモ類の生活環を描け。ただし、上記の用語を全て用いる必要はない。

(3) 上記(1)と(2)で描いた生活環を比較し、シヤジクモ類のような藻類が陸上に進出し植物へと進化していく過程で生活環に生じた大きな変化を指摘せよ。

(4) 配偶子(卵や精子など)と孢子はいずれも生殖細胞であるが、両者の間には本質的な違いがある。上記(1)と(2)で描いた図を参照しつつ、両者の違いを簡潔に指摘せよ。

問 3 下の文は、下線部③にある「減数分裂」と通常の「体細胞分裂」の違いを説明したものである。

(ア)~(カ)に最もよく当てはまる言葉をあとの用語(a)~(j)から選び、記号で答えよ。

(ア)では1回の(イ)により(ウ)が倍加した後に(エ)を伴う(オ)が1回起こるため、娘細胞における(ウ)は維持される。それに対し、(カ)では1回の(イ)による(ウ)の倍加に続いて(エ)を伴う(オ)が2回連続して起こるため、娘細胞における(ウ)は半減する。

用語：(a) 体細胞分裂，(b) 減数分裂，(c) DNA 複製，(d) 転写，(e) 染色体数，

(f) 二価染色体の形成，(g) 染色体の分配，(h) 細胞質分裂，(i) 核相交代，

(j) 世代交代

問 4 下線部④，⑤について、次の(1)，(2)に答えよ。

(1) シダ植物の配偶体，種子植物の雄性配偶体(精子または精細胞を形成する配偶体)，および種子植物の雌性配偶体(卵を形成する配偶体)は、それぞれ一般に何と呼ばれるか。名称を記せ。

(2) 種子植物において、雄性配偶体が上記(1)で解答したような形態になったことは、陸上環境下での生殖においてどのように役立ったと考えられるか。簡潔に説明せよ。

生 物

Ⅲ 次の文章を読み、あとの問に答えよ。

アリと植物の間にはさまざまな相利共生関係が成り立つことが知られている。例えば、熱帯地域に生育する一部の植物は、アリに対して餌とすみかを提供し、アリは植物に対して植食者からの防衛を提供している。

北米のある高山地域に生育するキク科の草本植物 *Helianthella quinquenervis* (以下、アスペンサンフラワー) は通常、花柄(花序を支える軸)あたり1つの頭花(小花が集まった頭状花序)をもつ。アスペンサンフラワーの植物体上には開花前から多くのアリがみられ、それらのアリは糖やアミノ酸が豊富な花外蜜(新葉や花芽から分泌される蜜)を集めている。このアリは同地域の多くの植物の花蜜を集めることが知られているが、アスペンサンフラワーの小花から花蜜を集めることはない。また、アスペンサンフラワーの小花には、散布前種子食者である数種のみバエやハモグリバエなどが開花前から卵を産み付け、孵化したハエの幼虫は種子(未受精の胚珠や発達中の種子を含む)を餌として利用する。

これらの観察事実から、ある研究者らは、「アスペンサンフラワーの花外蜜に引き寄せられたアリは、ハエなどによる散布前の種子食害を減らすことに役立つのではないかと考えた。そこで、北米の高山地域において次の3つの調査を行い、表1～3に示す結果を得た。

調査1：調査地を設置し、自然に生育しているアスペンサンフラワーを複数選び、その個体上にアリがいるかどうか確認し、アリがいた個体とアリがいなかった個体に分けた。また、選んだ全ての個体において、頭花における種子食害の割合(全種子数に対する、種子食者によるダメージを受けた種子数の割合)と、頭花あたりの種子食者数を記録した。

調査2：調査1と同じ調査地内に生育している、種子食害をまだ受けていないアスペンサンフラワーのうち、隣接して生育している2個体ずつをペアとして、複数のペアを任意に選んだ。各ペアの一方の個体については、頭花の直下にアリ忌避材を塗り付け、アリが頭花に到達できないようにした(処理個体)。もう一方の個体には処理を行わず対照とした(対照個体)。一定期間経過した後に観察し、アリ忌避材が効果的にはたらいおり処理個体の頭花でアリはみられないことを確認したうえで、調査1と同様に、各個体の頭花における種子食害の割合と頭花あたりの種子食者数を記録した。

調査3：調査1と調査2を行ったのとは別の、より標高の低い調査地において、調査2と同様の調査を行った。

生 物

Ⅲ のつづき

表 1 調査 1 の結果。平均値を示す。

	アリがいた個体	アリがいなかった個体
頭花における種子被害の割合 (%)	10	50
頭花あたりの種子食者数	2	13

表 2 調査 2 の結果。平均値を示す。

	対照個体	処理個体
頭花における種子被害の割合 (%)	37	72
頭花あたりの種子食者数	5	14

表 3 調査 3 の結果。平均値を示す。

	対照個体	処理個体
頭花における種子被害の割合 (%)	79	93
頭花あたりの種子食者数	32	33

問 1 異なる方法で行われた調査 1 と調査 2 について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 表 1 に示されている調査 1 の結果を、文章で簡潔に表現せよ。
- (2) この研究者らが調査 1 だけでなく調査 2 も行っているのは、調査 1 の結果だけでは「アリの存在が原因で種子被害が減少している」とは言いきれないためである。調査 1 と調査 2 の調査方法の違いに着目しつつ、調査 1 にはどのような問題点があるかを考察し、簡潔に説明せよ。
- (3) この研究者らのたてた、「アスペンサンフラワーの花外蜜に引き寄せられたアリは、ハエなどによる散布前の種子被害を減らすことに役立つ」という仮説は正しいと言えるか。仮説の元となった観察事実、および調査 1 と調査 2 の結果に基づいて判断し、理由とともに簡潔に述べよ。

生 物

Ⅲ のつづき

問 2 標高の異なる調査地で行われた調査 2 と調査 3 について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 表 2 と表 3 の結果を比較し、数値の大きさと処理の効果の程度に着目して、どのような違いがあるか述べよ。
- (2) 上記(1)の解答で述べたような違いが生じた理由について、考えられる可能性を述べよ。
- (3) さらなる野外調査を行った結果、調査 3 を行った標高の低い調査地の方が、調査 2 を行った標高の高い調査地よりも、アスペンサンフラワーの花外蜜の分泌量が多いことがわかった。標高の低い調査地の方が花外蜜の分泌量が多かったのはなぜだと考えられるか。問 1 (3) と問 2 (2) の解答を踏まえて、進化学的・生態学的な観点から考察を述べよ。

David W Inouye & Orley R. Taylor Jr.

"A TEMPERATE REGION PLANT-ANT-SEED PREDATOR SYSTEM: CONSEQUENCES OF
EXTRA FLORAL NECTAR SECRETION BY HELIANTHELLA QUINQUENERVIS" (1979) *Ecological Society of America*

を参考に問題を作成