



令和 2 年度 (後期日程)

入学者選抜学力検査問題

総合問題

(120 分)

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は 10 ページからなっています。また、解答用紙は 4 枚、下書用紙は 2 枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、この冊子、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ 2 箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙(合計 4 枚)の受験番号欄(合計 8 箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この冊子の白紙と余白は、適宜下書きや計算などに使用してよい。
5. 解答は、必ず別紙「解答用紙」の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。
6. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子と下書用紙は、持ち帰りなさい。

I 次の文章を読み、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

植物は、土壌中の水に溶解している様々なイオン類を養分として根から吸収して成長する。イオン類の土壌中における拡散速度はイオンの種類により異なっている(表1)。根によるイオンの吸収速度は、イオンの拡散速度よりも大きい。そのため、根の周辺には次第にイオン類の濃度が低い領域が形成されていくことになる。^{a)}

表1 様々なイオン類の土壌中における拡散係数

イオンの種類	拡散係数 (cm/sec)
カリウムイオン	10^{-7}
カルシウムイオン	10^{-7}
硝酸イオン	10^{-6}
マンガンイオン	10^{-8}
リン酸イオン	10^{-10}

土壌中に養分となるイオン類が十分に存在している場合には、植物によるイオンの吸収量は5つの要因によって影響を受ける(表2)。土壌中のイオン類が欠乏している場合は、イオンの輸送タンパク質のはたらきが重要となる。イオンの輸送タンパク質には、植物にも動物にも似たような働きをするものが存在する。細胞膜などに存在するこのようなタンパク質は、輸送しようとする物質の(ア)に従って拡散による輸送を行い、門(ゲート)をもつ(イ)と、(ア)に逆らって輸送を行う(ウ)とに大別することができる。(ウ)が行う輸送にはエネルギーが必要であり、その原動力は(エ)のエネルギーである。またこのような輸送のことを(オ)という。

表2 それぞれの要因が2倍になったときの植物あたりのイオンの吸収量

要因	植物あたりのイオンの吸収量 (mmol)
イオンの拡散速度	0.33
根の伸長速度	0.49
根の直径	0.40
イオン輸送タンパク質の能力	0.26
根への水の流入速度	0.25

植物は、根から吸収した窒素化合物を用いてタンパク質やアミノ酸などを合成する。大気中の窒素はそのままではほとんどの植物は利用できないが、マメ科の植物は根の細胞で増殖した根粒菌のはたらきにより、窒素を還元して植物が利用できるような化合物に変えることができる。^{b)}

問 1. 空欄(ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

問 2. 表 1 に示されたイオン類の中で、植物にとって最も不足しがちになるものはどのイオンで
あると考えられるか、理由とともに答えなさい。

問 3. 下線部 a) と表 1 に関連して、拡散係数が大きいイオン類の吸収効率を最大にするために
は、根の形態や分布をどのようにすればよいと考えられるか、次の(1)～(4)の中から適切なもの
を選び、番号で答えなさい。

- (1) 根を間隔を空けて配置する。
- (2) 根を主根近くに集まるように配置する。
- (3) 多数の細い根を形成する。
- (4) 少数の太い根を形成する。

問 4. 表 2 について、イオン類の吸収速度に最も大きな影響を与える要因を大きい方から順に 2
つ答えなさい。また、これらの要因はなぜイオン類の吸収速度に大きく影響するのか、その
理由を根の形態に着目して説明しなさい。

問 5. 下線部 b) で、このはたらきを何というか、答えなさい。また、このはたらきによって、
マメ科の植物が得るもの、根粒菌が得るものをそれぞれ答えなさい。

問 6. 異種の生物間の関係は、互いにどのように利益を受けるかによって区別できる。下線部
b) のマメ科の植物と根粒菌の関係、ケヤキとヤドリギの関係、マツ科の樹木と菌根菌の関
係について、それぞれどのように呼ぶか、答えなさい。

II 次の文章を読み、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

シュペーマンは、ウマカイチュウやウニ卵の細胞系譜を研究した著名な発生学者であったボヴェリの弟子である。シュペーマンは最初カエル胚でレンズの形成に脳の一部として生じる眼杯の作用が必要であることを詳細な実験で明らかにして、誘導の考え方を発生学に導入した。ついでイモリの受精卵を毛髪で緊縛し、前後軸に沿った正中線で縛ると体の前半部が重複した胚が生じ、またきつく縛ると独立した2つの胚を生じることなどを発見した。その後、胚の各部の移植実験を行い、有名なオーガナイザーの発見に至った。最初の報告は1918年であり、1924年にはよき協力者であったマンゴルド夫人と共著で、オーガナイザーによる誘導を疑問の余地なく示した論文を発表した。シュペーマンはこれらの業績により、1935年にノーベル生理医学賞を受けた。

シュペーマンの実験は、イモリ胚の(A)を、他の胚の胞胚腔に移植すると、移植体自身は脊索と体節の一部に分化し、周囲の本来なら皮膚などに分化する宿主の細胞を、神経、体節などに分化させ、ときには宿主胚にかなりよく似た(B)を作らせる、ということである。すなわち、移植された(A)は、周囲にある宿主の細胞の発生運命を変更させ、本来存在しない構造を創出する。シュペーマンはこのような働きを、コイルにおける磁場の影響による電流の誘導になぞらえ、同じ述語をあてたのである。また誘導を起こす本体をオーガナイザーと命名した。日本語では形成体、編制体などいろいろによばれるが、本書ではオーガナイザーとしよう。

シュペーマンの研究は実験発生学に劇的な展開をもたらし、弟子のマンゴルド、ホルトフレーターなどを中心に、膨大な研究が続いた。とくにホルトフレーターは、(A)を未分化の外胚葉などで包んで培養する「サンドイッチ」法を開発し、それによって誘導作用の時間的、地域的特性が明らかにされた。この方法は現在でも両生類初期胚における誘導の研究では、重要な解析手段となっている。

もう1つの重要な方法が、フォークトによって開発され、多用された。それは(C)で、適当な色素を染み込ませた寒天の小片を胚の表面におしつけて表面の細胞を染色し、染色された細胞がその後どこに移動してどの細胞に分化するかを観察する方法である。これによって生きた正常胚で、ある細胞が何に分化するかという地図を描くことができ、(D)とよばれた。個々の細胞が正常発生でたどる運命を予定運命^{のう}という。たとえば囊胚期の動物極側の外胚葉細胞の予定運命は皮膚である。しかし上述のように、この外胚葉はオーガナイザーの存在下では、発生運命を変更して神経にもなり得る。ある細胞が適当な条件下で発生し得る方向を予定意義とよぶ。発生は、実に、細胞が自らの予定意義の中から予定運命を選択していく過程と定義することができるし、この選択のメカニズムとして誘導という後成的な働きが重要であることを、シュペーマン、フォークト、ホルトフレーターなどの研究が教えてくれたのである。

シュペーマンの「誘導」の概念は、その後の発生学に決定的な影響を与えた。それはこの分野の研究に大きな網をかけてしまったともいえるし、その後の研究は結局のところお釈迦様^{しゃか}の手の中

で駆け回った孫悟空のようなものだともいえよう。スーパーマン以後の誘導の研究は大きく分けて2つの方向に区別することができる。1つはこのすぐ後に述べる誘導物質の探索の研究であり、もう1つは器官形成における誘導の研究である。初期胚における誘導は第一次誘導、器官形成における誘導は第二次誘導とよんで区別することもある。第二次誘導などの研究でもスーパーマンのレンズの研究が模範になっていることを我々は学ぶであろう。

スーパーマンは1938年の英文の書物の末尾に、「…きわめて多様な可能性を与えられた胚の一部が、胚の「場」の中でおこす適切な反応は…普通の化学的反應ではない。発生のこれらの諸過程は、すべての生命過程同様、互いに関係していて、そのありさまは、たとえば心理的な過程のように我々がもっともよく知っているどのような生命過程とも比較し得ない」と述べた。

しかしかにかに錯綜^{そう}していようと、第一次誘導に関わる物質を同定しようという試みは、世界中の発生学者の間に広がった。最初の試みは、オーガナイザー自体が生きている必要があるかどうか、ということであった。オーガナイザーは、アルコール処理、エーテル処理、凍結、乾燥などによって殺された後でも、外胚葉に神経を誘導することができた。それゆえ、オーガナイザーは何か化学的物質を放出し、それが神経を誘導することが予想された。

(A)から実際に有効成分を抽出しようとする試みは、胚の小ささなどが原因して、なかなか進捗しなかった。そこで、天然にある種々の物質の効果から、オーガナイザー物質を推定しようという研究が多くなされた。両生類ばかりでなく、無脊椎動物の組織を含めて、多くの生体組織が用いられ、また有機・無機の種々の化学物質が試された。そのうちあるものは有効であるものは無効であったが、このような研究から、予定外胚葉細胞は非常にいろいろな刺激によって容易に神経に分化することが明らかになった。少し浸透圧の異なる液につけるだけでも、また培養液のpHを5.0以下あるいは9.2以上にするだけでも神経組織が分化した。⁽²⁾

(「発生と誘導現象(UP BIOLOGY)」 八杉貞雄 著、東京大学出版会、1992年、一部改変)

問 1. 文章中の空欄(A)～(D)に入る適切な語句を下記から選び記入しなさい。

神経板、免疫染色法、二次胚、原基分布図、中胚葉、原口背唇部、一次胚、細胞学的地図、局所生体染色法

問 2. 下線部(1)に関する以下の文章の空欄(ア)～(カ)に、適切な語句を下記から選び記入しなさい。

外胚葉から誘導された(ア)は、前部が(イ)となり後部が(ウ)となる。更に、(イ)の一部が左右に突出し(エ)となり、その先端が内側にくぼんで眼杯となる。眼杯は、接している表皮を(オ)へと誘導し、眼杯は(カ)となる。このように誘導が連続的に起こることを誘導の連鎖と呼ぶ。

水晶体、腸管、口、脳、軸索、脊髄、角膜、肛門、網膜、眼胞、神経管

問 3. 下線部(2)は、予定外胚葉から神経組織への分化にどんな物質の関与を予想して行った実験か、物質の総称を答えなさい。また、下線部(2)で神経組織に分化した理由を答えなさい。ただし、pHが中性の培養液中では、予定外胚葉は神経組織に分化しなかった。

問 4. 胞胚期のイモリの胚より、予定内胚葉の背側周辺と予定外胚葉の一部を切り取り、両者が接するように培養すると中胚葉が誘導される。ここで、予定外胚葉が一層の細胞層であると仮定した場合、誘導された中胚葉が、予定内胚葉、予定外胚葉どちらの細胞由来であるか調べるためには、どのような実験をしたら良いか、本文を参考に 80 字以内で説明しなさい。

問 5. イモリと同じ両生類に分類されるカエルと棘皮動物であるウニの 8 細胞期までの発生過程で、形態的に異なる特徴をいつの時期にみられるかも含めて 40 字以内で答えなさい。

III 次の文章を読み、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

生体を構成する主要な成分元素である炭素は、地球温暖化に関与するといわれる二酸化炭素やメタンガスをはじめ、炭酸塩、有機化合物として地球の表面に存在する。大気中の炭素は大部分が二酸化炭素として存在するが、陸上ではこの二酸化炭素は植物の(ア)によって有機物に合成される。一方、人間が石炭や石油などの(イ)を消費することで、古い時代に蓄積された有機炭素が大気中に放出されている。また、20世紀中盤までは冷媒や溶剤として便利に利用してきた物質が地球温暖化の原因となることがわかり回収処理が進められている。人間の活動による環境への負荷が、さまざまな問題を起こしているが、環境への負荷の少ない持続可能な(ウ)社会の形成が課題である。京都は1997年のCOP3で(エ)が採択されたことで国内外に広く知られている。京都市では、このことにちなんで「環境にいいことしていますか?」という意味の「DO YOU KYOTO?」を合言葉に、京都から世界に向けて発信するエコ活動を推進している。

最近、日本全国でニホンジカ(シカ)の個体数の増加にともなう生息域の拡大が問題視されている。このことは近年の人間の生活様式の変化や気候変動が身近な自然環境へ影響したものであり、さまざまな生物の生活環境や生息域へ変化をもたらしている。シカによる過剰な食圧(動物が植物を食べる強度)は森林の下層植生の衰退につながり、昆虫などの植食者が減少することで、それらをエサとしているヘビなどが減少し、さらには猛禽類などの捕食者にもその影響がおよぶことが知られている。京都の祇園祭に欠かせない「厄除けちまき」の材料である通称チマキサは京都市北部に自生しているもので、2004年から数年にわたり一斉開花が起こりその群落のほぼ全てが枯死してしまった。通常は、開花後に結実する種子から次世代が再生されるが、一向に回復がみられない。その重要な要因の一つもシカによる食害である。

地球上には現在1,000万種をこえる種類の生物が生息していると考えられている。国際自然保護連合(IUCN)では、絶滅のおそれがある生物を選び出し、絶滅のおそれの程度を評価して、そのリストを(オ)として出版している。近年、(カ)とよばれ、本来は分布していなかった場所に人間の活動を通じて侵入して定着した生物について、問題が指摘されている。これらの生物は、もともと存在していた在来種にとって強力な競争者になったり、捕食者になったりする場合がある。在来種の中には、絶滅種や絶滅のおそれのある(キ)となるものも少なくない。

人間の活動は、生態系のバランスに大きな影響を与えているが、以前の日本では、人が暮らす集落近くにある森林や田畑は、人の手で管理・維持されてきた。このような地域は(ク)とよばれ、人によるおだやかなかく乱によりその環境が維持され、さまざまな生き物が暮らし生命の基盤となっていることから生物多様性の保全のためにも重要である。最近では、人間と自然が持続的に共生するシステムとして注目されている。

問 1. 文章中の(ア)～(ク)に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部(1)の気体(ガス)は何とよばれているか答えなさい。

問 3. 下線部(2)の物質を答えなさい。また、その物質によりおこる①環境への影響と②人への影響について下記の用語の中からそれぞれ三つの適切な用語を選び、30字以内の文章で説明しなさい。

極地, オゾン層, ブラックホール, 皮膚ガン, 肺ガン, 白内障, 赤外線, 紫外線, 砂漠,
地層, オゾンホール

問 4. 下線部(3)に関してシカの生息域が拡大した理由として、シカの捕食者がいないことや狩猟者が高齢化により減少していることなどがある。その他の理由として考えられていることを、下記の用語の中から適当なものを選び、30字以内の文章で二つ答えなさい。

冬期, 夏期, 耕作放棄地, 積雪量, 死亡率, 温暖化, 河川, 農地, 過疎化, 海洋, 降雨量,
過密化

問 5. 下線部(4)の仕組みを個体数や生物量を積み重ねて説明する図を何というか答えなさい。

問 6. 下線部(5)について、下記の生物の中から最も種の数が多いものを番号で答えなさい。

① ほ乳類 ② 鳥類 ③ 魚類 ④ 昆虫類 ⑤ 植物

Ⅳ 以下の英文を読み，以下の問に答えなさい。

(配点率 25 %)

(著作権の関係で掲載しておりません)

(著作権の関係で掲載しておりません)

(出典：J. Watson ら著, Molecular Biology of the Gene, fifth edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press を改変)

(注) dissect：詳細に吟味する, genetically：遺伝学的に, ingenuity：発明の才能,
mutants：突然変異体, irrespective：無関係の, culminate：頂点に達する,
constitutive：恒常的な, complement：変異体が示す形質を補って野生型にする,
E. coli：大腸菌, inactivate：不活性にする, diploid：2倍体の, chromosome：染色体,
diffuse：~~拡散させる~~

「拡散する」に試験当日訂正済み。

問 1. 下線部 a) を日本語に訳しなさい。

問 2. Jacob と Monod は, 英文中の下線部 b) にあるような 2 種類のタイプの突然変異体を単離した。下線部 c) の突然変異体が有するラクトース分解酵素をつくる遺伝子内の発現調節領域の配列を野生型の配列に置換した。これらの遺伝子はラクトース非存在下で発現するか。予想される実験結果を理由とともに答えなさい。

問 3. 下線部 d) を日本語に訳しなさい。

問 4. 上の英文を参考にしながら, 以下の文章中の空欄(A)～(J)に適切な日本語を記入しなさい。

遺伝子の中にはどの細胞でも常に発現しているものがある。これを(A)という。これに対して細胞がおかれた環境に応じて発現が ON, OFF する遺伝子もある。この遺伝子発現の調節は, おもに転写開始段階の調節による。転写は, DNA の鋳型鎖にある(B)とよばれる特定の塩基配列に, (C)という酵素が結合して始まる。(B)周辺には, 特定のタンパク質が結合できる領域があり, そこにこのタンパク質が結合したり, 離れたりすることで遺伝子発現が調節される。このような調節を受ける酵素などを作る遺伝子は(D)

遺伝子とよばれる。原核生物では、互いに関連する機能を持つ複数の(D)遺伝子が隣り合って存在し、(E)という転写単位を構成している場合がある。この(E)を構成する遺伝子は、1つの(B)のもとで、まとまって転写調節を受け、1本の mRNA として転写される。このような転写調節のしくみは、英文にあるように Jacob と Monod により(E)説として提唱された。グルコースを含む培地で大腸菌を培養すると、ラクトース分解酵素は誘導されない。一方、糖としてラクトースしか含まない培地に移すと、これを分解する酵素が合成される。これら酵素の遺伝子は、ラクトースがないとき、(F)と呼ばれる調節タンパク質が(G)と呼ばれる調節領域に結合しているため、転写をおこなう酵素である(C)が(B)に結合できずに、転写が妨げられる。糖としてラクトースしかないときには、(F)にラクトースの代謝産物が結合することで(G)に結合できなくなる。その結果、(D)遺伝子が転写されるようになる。これに対して、真核生物の DNA は(H)というタンパク質と結合して、(I)構造を形成している。このような状態の DNA には、(C)が結合できず、そこにある遺伝子は転写されない。調節タンパク質の結合によりこの構造が解かれてから転写が始まる。真核生物の(C)は多くの(J)とともに転写複合体を作って(B)に結合する。

(以 上)