

平成31年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	9
生	物	18
地	学	30

注 意

1. 問題冊子は1ページから40ページまでである。
2. 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

生 物

次ページ以降の問題Ⅰ～Ⅳについて解答せよ。解答はすべて解答用紙の所定欄に記入すること。解答文字数を指定している設問については、数字、アルファベット、句読点、括弧、その他の記号とも、すべて1文字として記入せよ。ただし、濁点および半濁点は1文字とはしないこと(たとえば、「が」を「かゝ」とはしない)。

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

季節の変化に応じて花を形成する植物には、日長や気温を環境情報として感知し、花芽の形成を促進する物質 を葉で合成するものがある。長日植物や短日植物のように、生物が日長を感知して反応する性質は とよばれ、植物に限らず、鳥類などの動物においても知られている。一方、一定期間の低温によって花芽の形成が促進される現象は とよばれている。葉で合成された は、師管を通じて茎頂へ輸送され、花芽を形成する情報を伝達する。その結果、茎頂分裂組織に変化が生じ、やがて花芽の原基が形成される。一般的な被子植物の花芽の原基には4つの花器官が形成され、それぞれが発達して花を完成する。これら4つの花器官の形成のしくみとして、3種類の調節遺伝子(A, B, C各クラス)による、ABCモデルが提唱されている。これらの調節遺伝子の突然変異は、 突然変異とよばれる形態形成の異常を示す。 突然変異は、植物に限らず、昆虫などの動物においてもみられ、発生学や進化学などに重要な知見を与えている。

問1 空欄 ~ に当てはまる適切な語を記せ。

問2 下線部(a)の長日植物とは何か、限界暗期という語を用いて40字以内で説明せよ。

問3 下線部(b)に関連して、師管とはどのような器官であるか、道管と対比させて60字以内で記せ。

問 4 下線部(C)に関連して、ABCモデルに関する図1を参照し、設問(1)~(3)に答えよ。

(1) ABCモデルは、多くの被子植物の花の形態形成にあてはまるが、ユリ科の一部の植物では、がく片が花弁になっている。このような花では、Bクラス遺伝子は、どの領域で発現しているか。この番号で答えよ。

(2) シロイヌナズナの野生型に、遺伝子組換え技術を用いて、全ての領域でBクラス遺伝子を発現させたら、どのような花が形成されるか。領域1~4に形成される花器官の名称を記せ。ただし、Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子の発現には変化が生じないものとする。

(3) シロイヌナズナのCクラス遺伝子の欠失変異体に、遺伝子組換え技術を用いて、全ての領域でBクラス遺伝子を発現させた。その結果、すべての領域で花弁が形成された。このことから、Cクラス遺伝子とAクラス遺伝子の間にどのような関係があると考えられるか。40字以内で記せ。ただし、Bクラス遺伝子単独では花弁を形成しないものとする。

茎頂分裂組織を上から見た概念図
花器官が形成される領域を示す

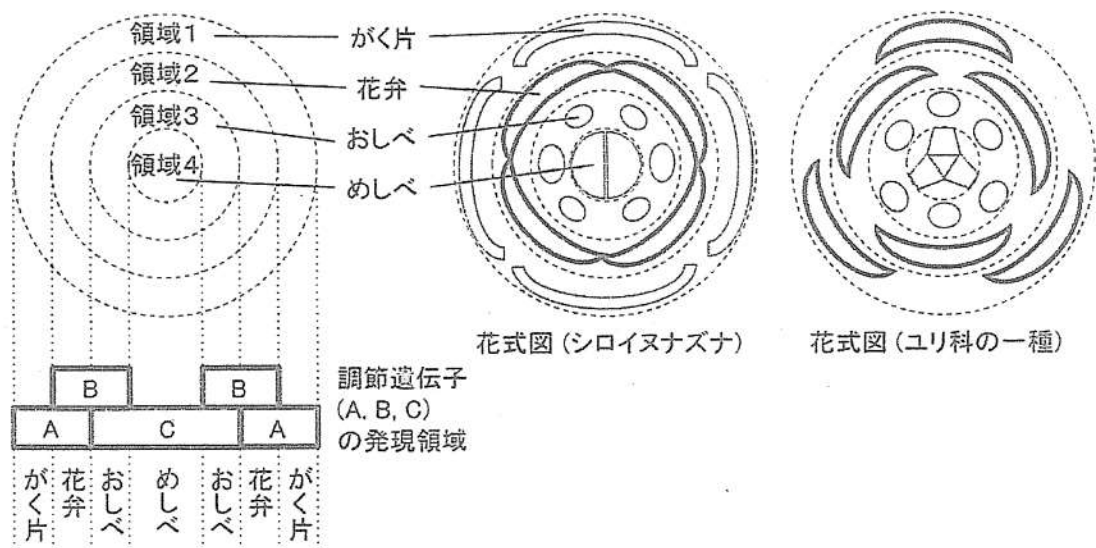


図1

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

免疫とは、外来の病原菌や体内で生じた異常な細胞などを、自己ではない異物、すなわち非自己として認識し、排除する仕組みである。免疫には、生まれつき備わっていてトル様受容体を介する **1** 免疫と、異物の特徴に応じて対応する獲得免疫(あるいは適応免疫)がある。さらに獲得免疫は、抗体とよばれるタンパク質に基づく **2** 性免疫と、抗体を介さずに細胞が直接に異物を攻撃する細胞性免疫^(a)とに大別される。

抗体は、免疫 **3** と呼ばれる Y 字状のタンパク質である。1 種類の抗体は、抗原に存在する特定の部分(エピトープ)にのみ結合する特異性をもつ。ヒトの血中に存在する抗体の多くは 2 本の H 鎖と 2 本の L 鎖 からできている。H 鎖と L 鎖は、認識するエピトープ^(b)に応じて異なるアミノ酸配列をもつ可変部^(c)と、すべての抗体に共通するアミノ酸配列を持つ **4** から構成される。これらの構造は、図 1 のように模式的にあらわすことができる。

抗体による免疫が適切に機能するために、ヒトは多種多様な抗体を作ることができる。しかし、ヒトのゲノムに存在するタンパク質をコードする遺伝子はおおよそ 2 万個にすぎない。では、なぜヒトは膨大な種類の抗体を産生することができるのだろうか。その基本的な仕組みは、ノーベル賞受賞者である利根川進博士らによって以下のように解明された。可変部のアミノ酸を指定する遺伝子は、複数の断片に分かれて存在している。ヒトにおいては、H 鎖の可変部を構成する V、D、J という 3 つの断片は、それぞれ 65 個、27 個、6 個存在し、いずれも異なるアミノ酸配列を指定する。また、L 鎖の可変部を構成する V と J という 2 つの断片は、それぞれ 40 個、5 個存在し、やはりいずれも異なるアミノ酸配列を指定するⁱⁱⁱ。抗体産生細胞の分化に伴って、これらの可変領域の断片が 1 つずつ選ばれて、個々の細胞では 1 種類の抗体を作るための遺伝子が再構成される。多数の抗体産生細胞のそれぞれにおいて遺伝子断片が任意に組み合わせることで、あらゆる抗原に対応できる多種多様な抗体^(d)をヒトは産生できるのである。

ⁱⁱⁱ 可変部の遺伝子断片の数は、Janeway ら著『Immunobiology: The Immune System in Health and Disease, 5th Edition』(Taylor & Francis, 2001)の記述に基づく。

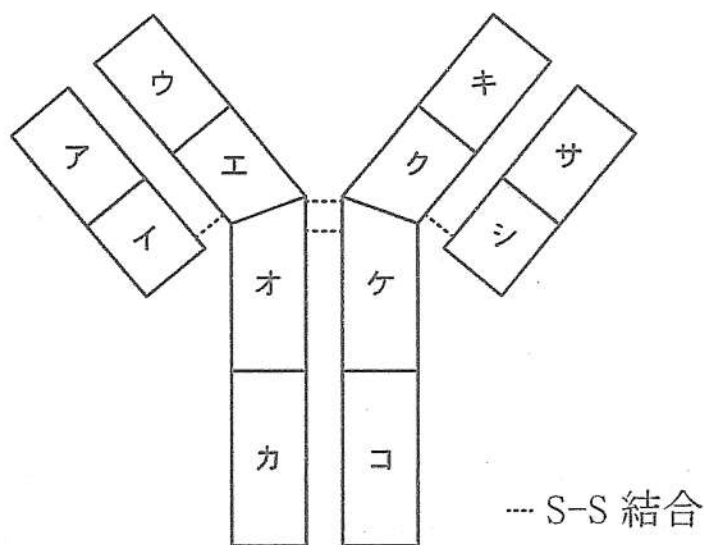


図1

問1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問2 下線部(a)に関与すると考えられる細胞の種類を、以下のア~カからすべて選び記号で記せ。

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| ア. B細胞 | イ. ヘルパーT細胞 | ウ. キラーT細胞 |
| エ. マクロファージ | オ. 赤血球 | カ. 樹状細胞 |

問3 図1に示した抗体の構造の模式図において、下線部(b)はどの領域に相当するか、図中に示したア~シからすべて選び記号で記せ。

問4 図1に示した抗体の構造の模式図において、下線部(c)はどの領域に相当するか、図中に示したア~シからすべて選び記号で記せ。

問5 下線部(d)に関して、ヒト抗体の可変部のアミノ酸を指定する遺伝子断片の数に基づくと、ヒト1個体は計算上何種類の抗体を作り出すことができるか。問題文中に示された遺伝子断片の数に基づいて答えよ。

問 6 血中や試料中に含まれている抗体がどのような抗原に反応するのかを調査する方法として、二重免疫拡散法(オクタロニー法)がある。この方法は、抗原と抗体の両者をシャーレに入れた寒天培地に置き、抗原抗体反応を観察するものである。抗原と抗体は寒天培地中を拡散によって広がっていき、抗原抗体反応が起こると、それによって生じた複合体が白濁した線として観察される。図 2～6 は、抗原抗体反応による複合体を太線により模式的に表した図である。

例えば、抗原 a を寒天培地の 2 か所に置き、さらに抗原 a に特異的に反応する抗体 A を a からやや離れた位置に置くと、a と A の間に複合体が図 2 のように観察される。また、2 種類の異なる抗原 a と b を寒天培地に別々に置き、さらに、抗原 b に特異的に反応する抗体 B と抗体 A とを混合したものを抗原からやや離れた位置に置くと、複合体が図 3 のように観察される。

いま、3 種類の抗原 x, y, z, およびこれらの抗原にそれぞれ特異的に反応する抗体 X, Y, Z を用意した。そして、x, y, z を組み合わせた混合抗原液 p と q, および、X, Y, Z を組み合わせた混合抗体液 R, S, T を用意した。これらの p, q, R, S, T を組み合わせて寒天培地に置いたところ、複合体が図 4～6 のように観察された。この場合、p, q, R, S, T に含まれる抗原および抗体の組み合わせとしてありうるものはどれか、表 1 のア～オからすべて選び記号で記せ。



図 2

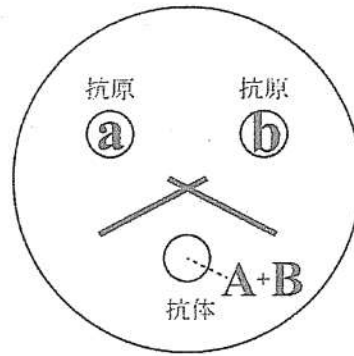


図 3

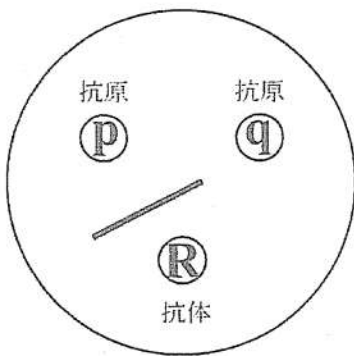


図 4



図 5

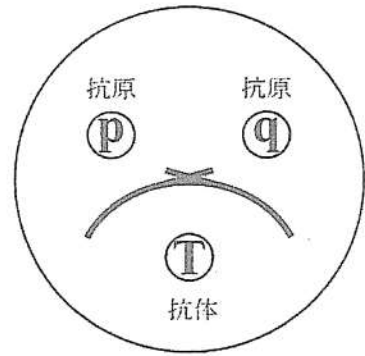


図 6

表 1

	p	q	R	S	T
ア	xとy	yとz	X	XとY	XとYとZ
イ	x	y	X	XとY	XとZ
ウ	xとy	xとz	X	YとZ	XとYとZ
エ	xとy	y	Y	XとY	XとYとZ
オ	xとz	xとy	Z	XとZ	XとYとZ

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

異なる生物種が互いに行動的あるいは生理的に緊密なつながりを保って一緒に生活している現象を共生という。

1 植物は栄養分の乏しいやせた土地でもよく育つことが知られている。これは根に共生する根粒菌が、空気中の窒素を取り込んでイオンにし、 1 植物に供給しているためである。子の菌類や担子菌類の中には、菌糸からなる組織の間に主に 2 類やシアノバクテリアの細胞を取り込んで共生体をつくるものがある。この共生体は 3 類とよばれ、菌類は菌糸によって 2 類やシアノバクテリアの細胞を保護し、水分や無機塩類を供給する一方、 2 類やシアノバクテリアがつくる 4 を得ている。このような生物間相互作用により、 3 類は有機物の少ない岩、コンクリート、樹木の幹の上や、乾燥地や極地の寒冷地にも生息できる。高級食材と知られるイワタケも 3 類の一種である。また、菌類の中には植物と共生し、根に菌根とよばれる共生体をつくるものがある。菌根を形成する菌類は菌根菌とよばれる。この菌根から土壤中に伸びる菌糸の巨大なネットワークが、植物の根よりも効率的に土壌から栄養分を吸収できるため、菌根は水や無機塩類をより効率的に植物体地上部へ供給する。一方、植物は菌根菌に 4 を与えている。菌根菌には、菌糸が根の内部に侵入し、 樹枝状体とよばれる構造を形成するアーバスキュラー菌根菌や、菌糸組織が根の外表面をおおい、さらに根の中に侵入して皮層細胞を外側から包む、マツタケに代表される外生菌根菌などがある。

以上のような異種生物間の共生は、それぞれの種の適応と繁栄に影響をおよぼす生物現象であり、その関係性を解明することは生物の進化を理解する上でもたいへん重要である。

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を以下のア~ケから
選び、記号で記せ。

- | | | |
|----------|----------|--------|
| ア. 紅藻 | イ. アブラナ科 | ウ. 地衣 |
| エ. 光合成産物 | オ. C_4 | カ. 緑藻 |
| キ. 粘菌 | ク. マメ科 | ケ. 葉緑体 |

問 2 下線部(a)でみられる根粒菌のはたらきを何というか記せ。また、このはたらきにおいて窒素から生成されるイオンの名称を記せ。

問 3 下線部(b)の共生体の生態系における役割として正しくないものを以下のア~オから1つ選び、記号で記せ。

- ア. 分解されることで土壤に窒素を供給する。
- イ. トナカイなどの動物のエサや、鳥類の巣材となる。
- ウ. 生産者として主に二酸化炭素を供給する。
- エ. 岩石などの風化を促し、無機栄養分の供給と土壤形成を担う。
- オ. 土壤表面を覆うことで、水分や栄養分の保持、土壤の流出や温度上昇の抑制といった働きを担う。

問 4 下線部(c)に関連し、表1は、リンの施肥量とアーバスキュラー菌根の有無が、植物の成長におよぼす影響を調べた実験の結果を示したものである。この結果について、菌根の有無による植物の成長量の違いに着目し、それをリンの施肥量と関連づけてグラフにあらわせ。また、縦軸の目盛を付して、それが何をあらわすかを記すこと。さらに、植物の成長に対するアーバスキュラー菌根の影響について、生物間相互作用の観点から考察されることを、100字以内で記せ。なお、植物の根中の菌根菌の重さは無視できるものとする。また、この実験は、同じ大きさの植木鉢と同じ量の土壤を用い、菌根の有無とリンの施肥量以外は全て同じ条件の下で行われ、実験開始時の植物の重さは同じであるとする。

表1 異なるリンの施肥量においてアーバスキュラー菌根が植物の生長に
およぼす影響

土壌1 kg 当たりの リンの施肥量(mg)	アーバスキュラー 菌根の有無	植物の乾燥 重量(mg)
0	無	75
0	有	109
19	無	120
19	有	147
38	無	167
38	有	164
64	無	218
64	有	187

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ある種の細胞性粘菌では、飢餓刺激をきっかけとして細胞分化がおこる。この細胞性粘菌の野生株細胞は十分な栄養が存在する培養液中では未分化のまま細胞周期がそろそろことなく10時間ごとに定常的に分裂する。野生株細胞は、飢餓状態におかれると20時間後までに必ず一度だけ分裂し娘細胞を生じる。この娘細胞は、分泌された2種類の分化誘導因子^(a)の作用により、やがて顕微鏡観察で互いに区別できる形態Aをもつ細胞(A細胞)か形態Bをもつ細胞(B細胞)のいずれかに分化する。

この分化について詳しく調べるため、細胞性粘菌の野生株細胞を栄養培養液中で培養し、ある時点で栄養分を含まない無栄養培養液に移して飢餓刺激を与えた。その後、その野生株細胞を20時間飢餓状態においた(以下、これを飢餓処理とよぶ)。娘細胞が未分化な状態(未分化細胞)からA、Bどちらの細胞に分化したかについてすべて記録したところ、B細胞へ分化したのは、無栄養培養液に移した時点で細胞分裂期にあった細胞のみであった。^(b)

この野生株に対し、A細胞あるいはB細胞への分化誘導因子の分泌だけに関わる突然変異体X株とY株が得られた。X株とY株は、突然変異をおこしている遺伝子が互いに異なっており、突然変異をおこしている遺伝子はそれぞれ1つであった。これらの株を用いて、細胞性粘菌の分化誘導のしくみを調べるための実験をおこなったところ、以下の5つのことが観察された。

観察1 X株の細胞を飢餓処理すると、観察されたのはA細胞と未分化細胞のみでB細胞は観察されなかった。

観察2 Y株の細胞を飢餓処理すると、観察されたのは未分化細胞のみでA細胞とB細胞は観察されなかった。

観察3 野生株を飢餓処理した後、細胞を取り除いた培養液(飢餓上清)を用いてX株、Y株それぞれを飢餓処理したところ、いずれにおいても観察されたのはA細胞またはB細胞のみで未分化細胞は観察されなかった。

観察4 Y株の飢餓上清を用いてX株を飢餓処理したところ、観察されたのはA細胞と未分化細胞のみでB細胞は観察されなかった。

観察5 X株の飢餓上清を用いてY株を飢餓処理したところ、観察されたのはA細胞またはB細胞のみで未分化細胞は観察されなかった。

以上の観察から、飢餓上清には2種類の分化誘導因子が存在し、A細胞あるいはB細胞への分化にはどちらかの分化誘導因子が必要であることがわかった。

問 1 下線部(a)について、ある処理を飢餓上清におこなうことにより2種類の分化誘導因子は失活したため、これらの分化誘導因子はともにタンパク質であることが予想された。どのような処理をおこなったと考えられるか、処理の名称を記せ。

問 2 下線部(b)について、A細胞へ分化した未分化細胞は、飢餓状態におかれた時点で細胞周期の中でどの時期にあったと考えられるか、時期の名称を記せ。

問 3 下線部(c)について、文章中の観察結果をもとに以下の設問(1)~(3)に答えよ。

(1) 野生株において2種類の分化誘導因子はそれぞれどの細胞から分泌されるか、下記の中から最も適切なものを選び解答欄の空欄に記入し、文を完成させよ。

未分化細胞 A細胞 B細胞 A細胞とB細胞の両方

(2) 未分化細胞をA細胞あるいはB細胞へと分化させる2つの分化誘導因子のうち、X株、Y株それぞれが分泌できないのはいずれの分化誘導因子か、以下のア~ウから最も適切なものを1つずつ選び、記号で記せ。

ア. A細胞への分化誘導因子 イ. B細胞への分化誘導因子

ウ. A細胞への分化誘導因子とB細胞への分化誘導因子の両方

(3) 培養液中で未分化のまま細胞周期がそろそろことなく10時間ごとに定常的な細胞分裂をおこなっているX株の細胞とY株の細胞を十分な量混合し飢餓処理をおこなった場合、X株とY株の細胞分化に関して予想されることを、40字以内で記せ。