

# 生 物

(生物基礎・生物)

(注意事項)

1. 解答開始の指示があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子と解答用紙は別になっています。
3. 解答用紙の各ページの所定欄に受験番号、氏名を記入しなさい。
4. 計算等が必要な場合は問題冊子の余白を利用しなさい。
5. 試験終了後は問題冊子を持ち帰りなさい。

# 生物

## 第1問 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

地球上には多くの生物が生息している。生物を分類する基本的な単位は種であり、種より高次の分類には、(a) 階層的分類が用いられ、生物は階層的に整理・分類されている。生物に関する多様さは、生物多様性とよばれる。生物多様性は、種のみがその対象ではなく、同じ種内での 、生態系の多様性の3つの階層で考えることができ、相互に関連している。

生物多様性が損なわれると、人間は生態系サービスを失うことになりかねない。しかし、さまざまな人間活動の影響（例．土地や海洋の利用の変化、乱獲など）により、生物多様性の低下が引き起こされている。例えば、人間活動（例．森林開発）により生物の移動が妨げられ、小さな生息域に分かれていくことを生息域の分断化という。ある動物種が小さな集団に分断されると、その個体群は生息地ごとに孤立しやすくなる。孤立した個体群では、個体群内の  が低下し、(b) 血縁度の高い個体間での近親交配が起きやすくなる。これが続くと、生存力や繁殖力が低下することがある。この現象を  とよぶ。また、  が低下すると、環境の変動に対する抵抗性の幅が減少し、絶滅が起りやすくなる。さらに、その個体群の個体数が減少すると  効果がはたらかなくなり、個体群の成長速度が低下する。

上述のような要因などで絶滅の淵にある生物は多数存在し、また、生物種が絶滅するスピードは加速している。そのため、私たちは、絶滅危惧種の再導入<sup>\*1</sup>や補強<sup>\*2</sup>などの取り組みを進め、生物多様性を保全していく必要がある。絶滅危惧種の保全方法は、生息域内保全と生息域外保全の大きく2つに分類することができる。生息域内保全は、(c) 特定外来生物<sup>\*3</sup>の根絶や保護区を設定することなどをおし、野生個体群の存続を目標としている。一方、生息域外保全は、動物園や水族館などで行われる飼育個体群の長期的な維持活動をあげることができる。近親交配による悪影響を緩和するために野生下へ個体の導入を行うこともある。

例えば、(d) コウノトリは乱獲、生息地の環境悪化、農業の近代化に伴う圃場<sup>\*4</sup>整備（例．農水田の乾田化、水路のコンクリート化）や農薬使用による食物となる生物（魚類、小型哺乳類、両生類、爬虫類、昆虫類など）の減少などが原因で1971年に日本では野生絶滅をした。その後、生息域外保全により、飼育下での繁

## 生物

殖に成功し、2005年に5羽が放鳥され、野外に再導入された。その後、2024年4月までに、362羽の個体が野外に生息している。コウノトリは生息域外保全や再導入が成功した事例である。

- ※1 「再導入」とは、飼育や栽培下で増殖させた個体がかつて生息していた場所に導入することを指す。
- ※2 「補強」とは、現在生息している場所に個体数を追加的に導入し、絶滅リスクを減らす試みのことを指す。
- ※3 「特定外来生物」とは、外来生物(海外起源の外来種)であり、生態系、人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすもの、または及ぼすおそれがあるものの中から指定される。指定された生物の取り扱いについては、外来生物法(特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律)により輸入、放出、飼養、譲渡し等の禁止といった厳しい規制がかかる。
- ※4 「圃場(ほじょう)」とは、水田や畑、菜園のことを指す。

出典：宮下直「絶滅危惧種の“導入”：危機対応としての取り組みと課題」『科学』2024年。

本田裕子「地域社会におけるコウノトリの野生復帰：住民の受け入れとその将来像」『科学』2024年。

問1 空欄  ～  に入る語句を答えなさい。なお、文中の同じカタカナの空欄には、同じ語句が当てはまる。

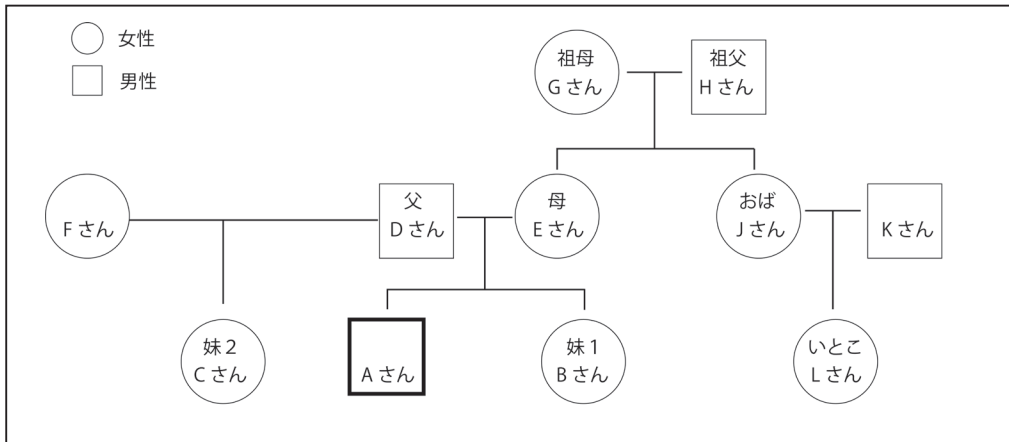
問2 下線部(a)の階層的分類では、最上層に3つの「ドメイン」(細菌(バクテリア)、アーキア(古細菌)、真核生物(ユーカリア))が配置している。ドメイン・界・【 】・【 】・【 】・【 】・【 】・種のカテゴリについて、「ドメイン」以下の、「界」から「種」の間にある以下の①～⑤の階級を正しい順に左から並べ、その並び順に該当する記号を答えなさい。

- ①科 ②属 ③綱 ④目 ⑤門

## 生物

問3 下線部 (b) の血縁度とは、個体間で共通の祖先に由来する特定の遺伝子とともに確率をいう。下図は、ある国のあるヒト（2倍体生物）の家系図である。次の(1)~(5)の血縁度はそれぞれいくらか。次の選択肢（あ）～（お）の中からそれぞれ1つずつ選び、その記号を答えなさい（同じものをくり返し選んでもかまわない）。

（あ） 1   （い）  $\frac{3}{4}$    （う）  $\frac{1}{2}$    （え）  $\frac{1}{4}$    （お）  $\frac{1}{8}$



- (1) Aさんと母親 (Eさん)
- (2) Aさんとおば (Jさん)
- (3) Aさんといとこ (Lさん)
- (4) Aさんと同じ父母をもつ妹1 (Bさん)
- (5) Aさんと同じ父をもつ妹2 (Cさん)

## 生物

問4 下線部(c)にある特定外来生物について、次の選択肢①～⑫の中から特定外来生物を、2つ選び、その記号を答えなさい。

- ①ライチョウ ②ウシガエル ③アホウドリ ④イリオモテヤマネコ
- ⑤ブナ ⑥オオワシ ⑦ツキノワグマ ⑧ナズナ ⑨アナグマ ⑩ミズナラ
- ⑪ミナミメダカ ⑫カダヤシ

問5 下線部(d)のコウノトリは、生態系においてアンブレラ種として知られている。アンブレラ種とは、広い生息地を必要とし、その生育環境を守ることによって、他の多くの生物の生息地も守ることができる種のことである。コウノトリの絶滅原因を考慮に入れつつ、コウノトリをかつて生息していた場所に再導入する際に導入先の環境整備として必要だと考えられることを、100字以内で記述しなさい。

## 生物

**第2問** ヒトのホルモンの働きについて説明した(ア)～(ク)の記述を読み、以下の問いに答えなさい。

- (ア) 脳下垂体前葉から分泌される刺激ホルモンにより分泌が促進される。タンパク質からのグルコース合成を促進し、血糖濃度を上昇させる働きをもつ。
- (イ) ほとんどの組織に作用し、細胞でのタンパク質合成を促進する働きをもつ。
- (ウ) 組織でのグルコースの消費を促進し、血糖濃度を低下させる働きをもつ。
- (エ) 腎臓でのナトリウムイオンの取り込みとカリウムイオンの排出を促進する働きをもつ。
- (オ) 血糖濃度が低下すると、その情報が視床下部から交感神経を介して伝えられ、分泌が促進される。グリコーゲンを分解し、血糖濃度を上昇させる働きに加え、骨格筋の血流量や酸素消費量を増加させる働きをもつ。
- (カ) 血糖濃度が低下すると、その情報が視床下部から交感神経を介して伝えられるだけでなく、分泌細胞自体が血糖濃度の低下を直接感知し、分泌が促進される。グリコーゲンの分解を促進し、血糖濃度を上昇させる働きをもつ。
- (キ) 腎臓の集合管での水の再吸収を促進する働きをもつ。
- (ク) 全身の代謝を促進させる働きをもつ。

問1 (ア)～(ク)に示したホルモンの名称を答えなさい。あわせて、その分泌部位を以下の①～⑧より1つずつ選び、記号で答えなさい(同じものをくり返し選んでもかまわない)。

- |                  |         |                  |
|------------------|---------|------------------|
| ①副腎皮質            | ②副腎髄質   | ③すい臓のランゲルハンス島A細胞 |
| ④すい臓のランゲルハンス島B細胞 | ⑤視床下部   | ⑥甲状腺             |
| ⑦脳下垂体前葉          | ⑧脳下垂体後葉 |                  |

## 生物

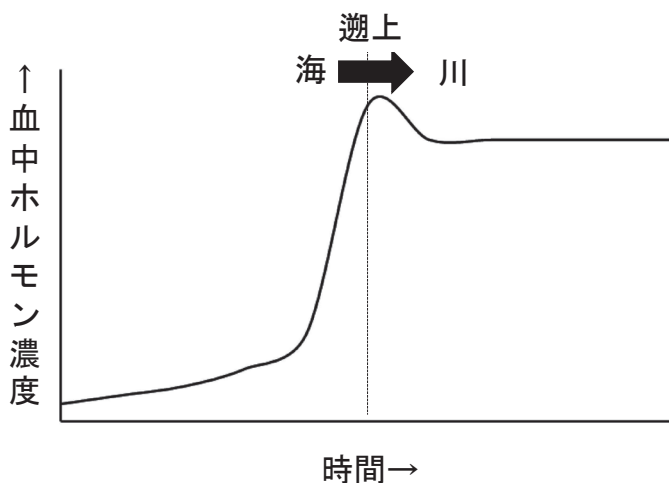
問2 糖尿病は、あるホルモンの分泌量が不足したり、標的細胞の反応が低下したりすることにより起こる疾患である。そのホルモンを（ア）～（ク）より1つ選び、記号で答えなさい。また、そのホルモンの分泌量が不足している糖尿病患者の尿中のグルコース濃度が高くなる要因を、腎臓の働きに着目して80字以内で説明しなさい。

問3 （ク）のホルモン濃度が高すぎる際に起こる負のフィードバック調節について、以下の用語を用い、100字以内で説明しなさい。

視床下部、脳下垂体前葉

問4 硬骨魚類の塩類濃度の調節においてもホルモンの作用が大きく関与している。脳下垂体前葉より分泌されるホルモンAとホルモンBは、塩類濃度の調節において互いに拮抗する作用をもつ。ホルモンAはえらなどの塩類細胞に働きかけ、体液中の塩類の排出を促す作用をもつのに対し、ホルモンBはえらなどの塩類細胞に働きかけ、体液中への塩類の取り込みを促す作用をもつ。

下に示すグラフは、サケが海から川に遡上する際の血液中のホルモン濃度変化を示している。このグラフはホルモンA、ホルモンBどちらの濃度変化を示しているか、記号（AまたはB）で答えなさい。また、そのように答えた根拠を100字以内で説明しなさい。



## 生物

### 第3問 同種の生物個体間および異種の生物個体間の相互関係に関する次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

「生物群集」とは、複数種の個体群（個体の集まり）の集合のことである。ある空間に同時に存在する生物群集において、同種・異種に関わらず各生物個体間には、なんらかの相互関係が存在する。その関係は大きく「被食－捕食の関係（被食者－捕食者相互関係）、「資源（動物にとっての食物や光合成のための日光や水など）をめぐる競争」、「共生」、「寄生」などに分けることができるが、直接的な関係にとどまらずに、複数の生物個体間の関係がもたらす、複雑なネットワークが存在している。

ランカウとストラウス（Lankau and Strauss, 2007）は、アブラナ科クロガラシ（*Brassica nigra*）のシニグリンというカラシ油配糖体の含有量における遺伝的変異に注目した。さまざまな種からなる植物群集に、シニグリンを特に多く含むクロガラシ株の種子を播種（種を播くこと）したとき、それらは同種・異種の種子に比べてもっとも定着率が高かった。しかし、クロガラシのみの群落に播種したとき、シニグリンを多く含む株の種子はほとんど定着せず、異種の種子と低シニグリンのクロガラシの種子の方が定着率が高くなった。さらに、低シニグリンのクロガラシだけの群落の場合には、異種の種子がもっとも定着率が高くなった。すなわち、1）種多様性の高い植物群集では、シニグリンを多く産生する方向にクロガラシが変異する、2）シニグリンによってクロガラシの優占度が高くなり、植物群集の種多様性が低くなる、3）種多様性の低い群集になると、シニグリンを産生しない方向にクロガラシが変異する、4）クロガラシのシニグリン含有量が少なくなると、異種の植物が定着して種多様性が高くなる。

クロガラシのシニグリン含有量の変化と植物群集の間の相互作用には、隠れたプレイヤーとして菌根菌が関連している可能性が指摘されている。カラシ油配糖体は菌根菌を含む菌類への防御物質として知られ、クロガラシの根から土壤に滲出したシニグリンも、土壤の殺菌作用を持つ。そのため、多くの植物に共生して、その植物の成長に必要な栄養物質を供給するかたちで利益を与える菌根菌が、高シニグリンのクロガラシが優占することによって土壤からいなくなってしまう。それは、他の植物種を排除する効果をもつだろう。一方、クロガラシは成長に菌根菌を必要としないが、シニグリンの生産にはコストがかかる。そのため、クロガラシが優占す

## 生物

るときには、シニグリンを多く生産することは種内競争の点で不利になる。実際にランカウとストラウスは、それぞれの実験区から採取した土壌で菌根菌の共生が有利に働くモロコシを栽培し、土壌の菌根（菌根菌が共生した根）形成ポテンシャルを調べている。予測通り、低シニグリンのクロガラシのみや複数の植物種の実験区の土で栽培するとモロコシの菌根形成率が高く、高シニグリンのクロガラシのみの土で低かった。

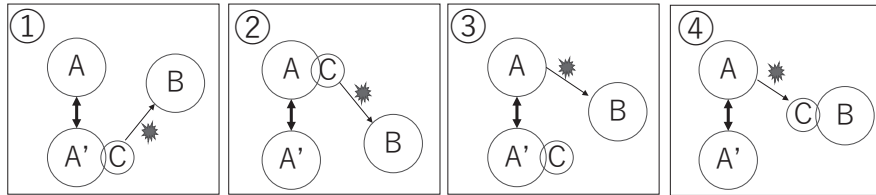
出典：門脇浩明・立木佑弥 編「遺伝子・多様性・循環の科学」2019年 より一部改変・省略

問 1 以下の生物間相互関係は、①被食－捕食の関係、②資源をめぐる競争、③共生、④寄生のうち、いずれの相互関係に分類されるか。最適なものを①～④の中から1つずつ選びなさい。（同じものを繰り返し選んでもかまわない）

- (1) カクレクマノミがイソギンチャクの触手内をすみかとしている。
- (2) スギの樹林帯で、スギが密生している場所では、スギの幼木が育ちにくい。
- (3) 大型の魚食魚（捕食魚）が現れると、複数種の小型の魚が密集して一緒に泳ぐことで捕食されにくくなる。
- (4) コマユバチは、チョウの幼虫に卵を産み、孵化したコマユバチ幼虫は、チョウ幼虫から養分を得て成長する。
- (5) 雑食性のアメリカザリガニが池の水草を摂食・切断・破壊することにより、ヤゴ（トンボの幼虫）の隠れ家が減少し、ザリガニの成長が良くなった。

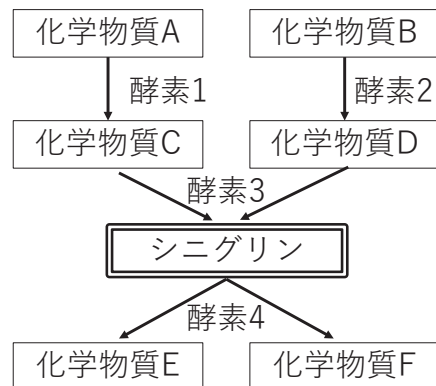
## 生物

問2 ランカウとストラウスの研究結果を模式化（モデル化）したものととして、最適なもの①～④の中から1つ選び、その記号を答えなさい。両矢印（ $\longleftrightarrow$ ）は資源をめぐる競争関係、片矢印（ $\longrightarrow$ ）はシニグリンの放出を表す。



A：クロガラシ（高シニグリン）  
 A'：クロガラシ（低シニグリン）  
 B：モロコシ  
 C：菌根菌  
 ※：シニグリン

問3 クロガラシによるシニグリンの生合成に4つの酵素（それぞれ酵素1～酵素4とする）が右の図の化学物質の変換過程に関わっていると仮定する。突然変異により、酵素1が失われた場合、酵素3が失われた場合、および酵素4の機能が失われた場合それぞれについて、シニグリンの含有量は「増加する」か「減少する」か判断し、答えなさい。



問4 問3の酵素4をコードする（指定する）遺伝子を「遺伝子A（顕性）」とする。この遺伝子はクロガラシの常染色体に配置しており、突然変異によって酵素4の機能を消失した「遺伝子a（潜性）」も存在していると仮定する。その場合、遺伝子型AAとAaでは、酵素4は生体内で機能をもつが、遺伝子型aaの場合、生体内で酵素4は働かない。多様な植物が生育する植物群集にすべての遺伝子型（AA, Aa, aa）を含むクロガラシの種子が飛来し、その植物群集内に定着した時、定着したクロガラシ株における遺伝子aの割合（頻度）は種子が飛来した時点での割合（頻度）と比較してどのようになると考えられるか、理由とともに150字以内で記述しなさい。

**第4問** イシサンゴ類に属するスツボサンゴとムシノスチョウジガイは、サンゴ骨格内部に共生したホシムシ<sup>※1</sup>がサンゴを引っ張ることで海底を移動できる（図1および2）。次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

砂レキや砂泥底に同所的に生息するスツボサンゴとムシノスチョウジガイは、その直径が1～2 cm程度で、海底に転がって生息しているサンゴである。このような環境では、小型の動物はとくに砂や泥に埋もれる危険が大きいと考えられる。これらのサンゴにはわずかな移動性はあるものの、底質に埋没すれば命取りになりかねない。両種ともに、ホシムシの一種と共生することによって、この問題を解決している。ムシノスチョウジガイとホシムシの棲み込み共生系の成立と、(a) ムシノスチョウジガイが底質への埋没の危険をホシムシの活動によってみごとに克服していることは、簡単な現場実験によって、すでに明らかにされている。

ここでは、ムシノスチョウジガイと同所的に生息するスツボサンゴの場合を例に紹介しよう。スツボサンゴとホシムシの棲み込み共生系は、大筋次のような経過で形成される。まず、微小な巻貝の死殻など孔の開いている小さな基質に、ヤドカリと同じようにホシムシの幼体が棲み込む。水の動きや他の動物による攪乱によって不安定な状態にあったものが、ホシムシの棲み込みによって常にその背面が上向きになるように条件付けられる。それは、ホシムシが移動や餌探索のために常に吻<sup>※2</sup>を砂泥の中に刺し込んでいるからである。そのため貝殻は安定し、サンゴ幼生の付着に適した状態になる。このことからスツボサンゴが本来固着性<sup>※3</sup>であることがわかる。

スツボサンゴが成長すると、やがてホシムシの入った貝殻を包み込む。この時点で、ホシムシとサンゴの棲み込み関係が逆転して、スツボサンゴは事実上非固着性になる。ホシムシはスツボサンゴの成長をうまく操作してサンゴの骨格の中に渦巻き状のトンネルを確保しつつスツボサンゴとともに成長し、両者の棲み込み共生系が完成して、底質上に転がって生活することになる。

ホシムシは吻を底質の中に挿入して、今や宿主であるスツボサンゴを引きずりながら移動を続ける。そのため、たとえサンゴが砂に埋まっても、横転したり逆さになったとしても、すぐに本来の上向きの姿勢に戻り埋没の危険から逃れ、砂泥がもたらす不都合を回避できる。

## 生物

ホシムシは、宿主であるサンゴの2倍もの重さを引きずることが可能である。自然状態のスツボサンゴを引きずることは、ホシムシにとって大きな負担にはなっていないようである。この棲み込み共生は、スツボサンゴが常に砂泥環境で生存していくために不可欠なものになっているようである。スツボサンゴが利益を得ていることは容易に推測できるが、ホシムシも成長とともに成長するサンゴの骨格内部に棲み込み続けることができると考えられることから、スツボサンゴとホシムシがともに利益を得ていると考えられる。しかし、この共生系が両者の身の安全を完全に保証しているものではないらしいことは、<sup>6)</sup> ヤドカリの入った生きたスツボサンゴが見られることや、生きた状態のサンゴの軟体部が付いたまま、ばらばらに壊されたスツボサンゴが見られることから明らかである。

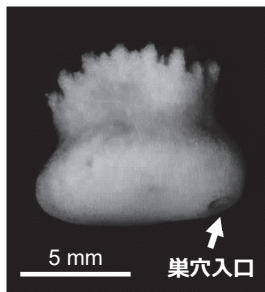


図1 スツボサンゴ

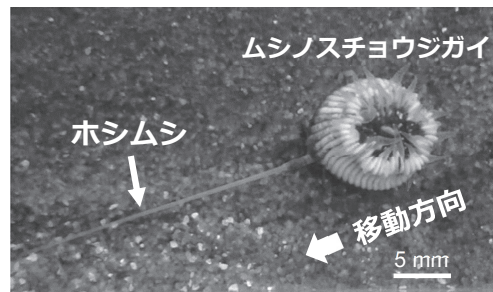


図2 ホシムシに引っ張られて移動するムシノスチョウジガイ

出典：西平守孝，2011，サンゴの生態，日本サンゴ礁学会編「サンゴ礁学 未知なる世界への招待」第5章，東海大学出版会，から抜粋・一部改変

※1 ホシムシ：環形動物に属する海産の無脊椎動物で、ミミズやゴカイのような細長い形態をしている。

※2 吻：伸び縮みするホシムシの先端部分のことで、この先に口がある。

※3 固着性：岩や他の生物の骨格上などの固い基盤にくっついて暮らす生態を有すること。

問 1

- (1) スツボサンゴとムシノスチョウジガイは系統的に大きく離れたサンゴであるが、ホシムシとの共生という、非常によく似た特徴をもつ。このことを取れんというが、これらのサンゴ以外で取れんがみられる動物の例を 1 組書きなさい。
- (2) スツボサンゴとムシノスチョウジガイで取れんが生じた理由を、適応という言葉を用いて 100 字以内で説明しなさい。

問 2

- (1) 下線部 (a) を確かめるため、ムシノスチョウジガイを砂泥底に埋め、その後の挙動を観察する実験を行う。どのような実験を行えば下線部 (a) を証明できる可能性があるか、その実験計画を立て 200 字以内で説明しなさい。
- (2) 想定されるその実験の結果を 100 字以内で書きなさい。

- 問 3 ホシムシとスツボサンゴの棲み込み共生系が両者の身の安全を完全には保証しているものではないことが、なぜ下線部 (b) からわかるのか、その理由を 150 字以内で具体的に説明しなさい。