

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。

第1問 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

私たち人間の体にはウイルスや細菌などの病原体から身を守る生体防御機能が備わっており、これを免疫という。免疫では白血球やリンパ球が重要な役割を果たしており、特異性の低い免疫現象である ① と、特異性の高い免疫現象である ② が存在する。

① では、体内に侵入した病原体を、③、④、⑤ による食作用により排除する。

一方、② には⑥と⑦が存在する。⑥では、病原体を取り込んで活性化した④がリンパ節に移動し、断片化された病原体の一部（抗原）を細胞表面に提示する。④が提示した抗原と適合する T 細胞は活性化して増殖し、⑧や⑨となり、血管に戻る。⑧は同一の抗原情報を提示している感染細胞を見つけると、これを攻撃する。また、⑨は⑤を活性化させ食作用を促進する。

⑦では⑩が関わる。⑩は自身が認識できる異物と出会うとこれを取り込み、⑨へ提示する。提示を受けた⑨は⑩を活性化させ、⑩は増殖し、その多くは⑪となる。⑪は抗体を産生して体液中に分泌する。分泌された抗体は抗原と特異的に結合し、病原体の感染力や毒性を弱める。

なお、増殖した⑧、⑨、⑩の一部は記憶細胞として残るため、再び同じ抗原が侵入した場合、素早く活性化して働くことができる。

※ 図1は免疫の仕組みに関する模式図であり、図1中の①～⑪には、上の文章の①～⑪と同じ語句が入る。

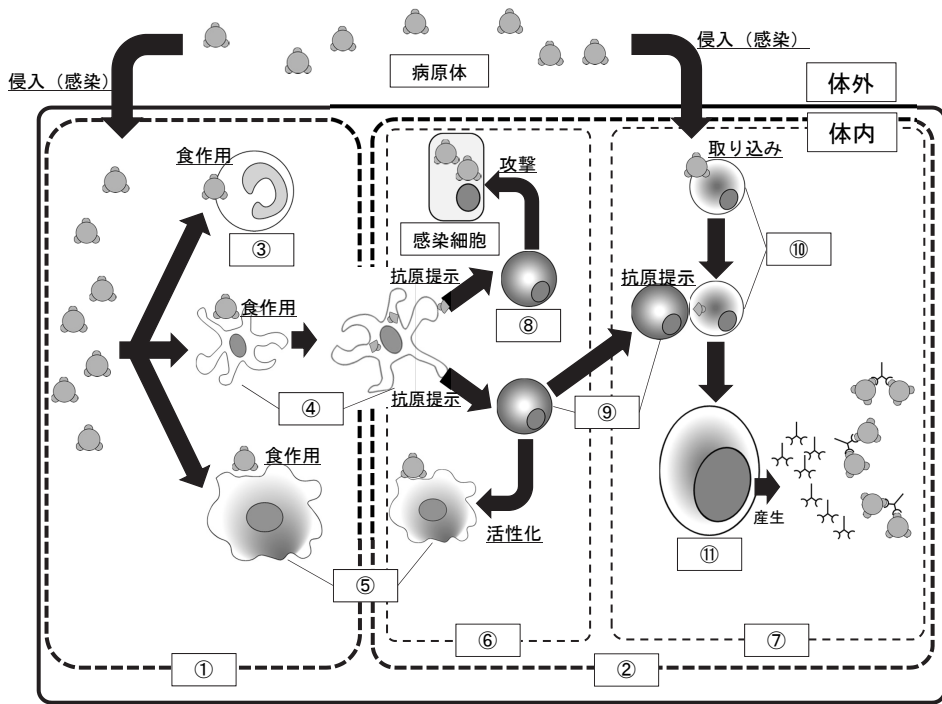


図 1

問 1 ① ~ ⑪ に入る語句について以下の(ア)～(ソ)より選びなさい。

- | | | | |
|------------------|----------|-------------|---------|
| (ア) 細胞性免疫 | (イ) 自然免疫 | (ウ) B細胞 | (エ) 好中球 |
| (オ) 適応免疫(獲得免疫) | | (カ) キラー T細胞 | (キ) 赤血球 |
| (ク) マクロファージ | (ケ) 樹状細胞 | (コ) 造血幹細胞 | (サ) 内分泌 |
| (シ) 形質細胞(抗体産生細胞) | | (ス) 体液性免疫 | (セ) 血小板 |
| (ソ) ヘルパー T細胞 | | | |

問2 下線部の反応について示したグラフ(図2)について、以下の(A)～(C)より最も適したものを選びなさい。

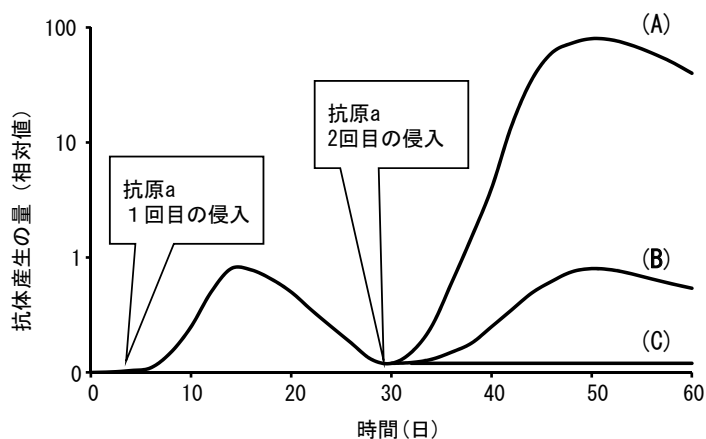


図2

問3 (ア)～(オ)に示す免疫反応に関する説明のうち、下線部の反応と関連するものを全て選びなさい。

- (ア) アナフィラキシーショックとは、ハチの毒や、食物などアレルギーを引き起こす物質(アレルゲン)に対して、全身性のアレルギー反応が引き起こされ、血圧の低下や意識状態の悪化が出現した状態を指す。
- (イ) 臓器移植において、移植された臓器を異物として判断し、免疫反応によって移植臓器が機能喪失や壊死に陥ることを拒絶反応という。
- (ウ) 自身の免疫系によって関節の構造が攻撃され、軟骨や骨が破壊されてしまう病気を関節リウマチという。
- (エ) ワクチンとは、殺したり毒性を弱めたりした病原体、またはその産物などのことを言う。季節性インフルエンザなどの感染症において、ワクチンを予防接種することにより、発症を防ぐ、または発症しても症状を軽減することが可能となる場合がある。
- (オ) マムシなどに噛まれた際、他の動物に作らせておいた抗体を含む血清を患者に注射して治療する方法を血清療法という。

第2問 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

遺伝子の本体であるDNAはリン酸、糖、塩基を規則正しく連結した2本の鎖（DNA鎖）が、らせんを描いて結合した構造である。このDNAは細胞ごとに1セット以上で存在し、細胞が分裂する際は、事前に細胞内のDNAも倍加する。これをDNA複製という。その際、2本のDNA鎖がそれぞれ鋳型となって、新しいDNA鎖を合成するが、これを可能にしているのは4種類の塩基（A, G, C, T）が持つ相補性である。つまり、2本のDNA鎖間の結合はそれぞれに含まれる2種類の塩基の間（A-T, G-C）で正しく結合することから、1本のDNA鎖を鋳型として正しくもう一本のDNA鎖が合成されるのである。

さて大腸菌を $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ ^{注1}を含む培地で何代も培養し（継代培養）、大腸菌DNAに含まれる窒素をほとんど ^{15}N に置換した。この大腸菌のDNA（ ^{15}N -DNA）は $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ を含む培地で継代培養した大腸菌のDNA（ ^{14}N -DNA）と比較してやや密度が大きいことになる。そのため、特殊な遠心分離（塩化セシウム密度勾配遠心分離^{注2}）を行うと、遠心管の中で異なる位置にDNAのバンドが形成される（図1）。

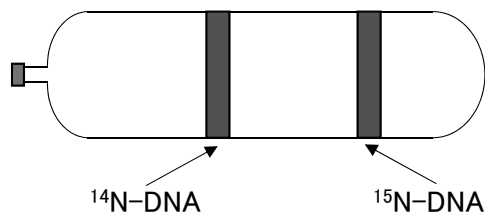


図1 ^{15}N -DNAと ^{14}N -DNAを塩化セシウム密度勾配遠心分離した結果

上記の ^{15}N -DNAを持つ大腸菌を新しく $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ を含む培地で培養し、1回分裂したと思われるタイミングでDNAを抽出した後、上記の遠心分離を行ったところ、aの位置にDNAバンドを検出できた。2回分裂をしたと思われるタイミングで抽出したDNAを遠心分離したところ、aに加えてbの位置にもDNAのバンドが検出できた。

生物

注1：自然界には同一の元素であっても質量の異なる原子が存在しており、これを同位体と呼ぶ。窒素の場合原子量14の窒素 (^{14}N) が99.6%を占めるが、それより重い原子量15の窒素 (^{15}N) が微量に存在している。

注2：塩化セシウム水溶液と密度を知りたい試料を遠心管に入れ、長時間高速回転（遠心分離）すると、塩化セシウムの密度勾配が形成されると同時に、試料は同じ密度の位置にとどまることになる。

問1 DNAを構成する糖の名称を答えなさい。

問2 DNAを合成する際に塩基の由来となり得る化合物を下記の中から選びなさい。

- ① CTP ② dATP ③ Gln ④ GTP ⑤ NADPH ⑥ RNA

問3 次の文章の中から内容が誤っているものを全て選びなさい。

- ① DNA合成は酵素反応であり、鋳型となるDNA鎖（鋳型DNA）、DNA鎖の材料となる化合物、触媒する酵素を試験管に入れて適切な反応条件を与えれば、鋳型DNAを複製することができる。
- ② DNA鎖を構成するリン酸、糖、塩基の中で窒素を含む化合物は塩基のみである。
- ③ DNA鎖を構成している糖は5個の炭素原子を含む5炭糖であり、構造式において酸素を基準として時計回りに出現する炭素に1、2、3・・・と番号をつけた場合、5番目の炭素にリン酸が、3番目の炭素に塩基が結合している。
- ④ 大腸菌を含む原核生物は細胞分裂に際して、紡錘体が形成される。

問4 大腸菌の実験において、aとbのDNAバンドの位置を解答用紙の遠心管上に記しなさい。なお、各バンドに含まれるDNA量の違いは考えなくてよい。

生物

問5 ある海底堆積物中のメタノール資化細菌（メタノール CH_3OH を唯一の炭素源として増殖できる一群の細菌）のDNA塩基配列を研究するために以下の実験を行いたいと思う。 $^{13}\text{CH}_3\text{OH}$ （自然界では99%が ^{12}C であり、それより密度が大きい ^{13}C は1%以下しか存在しない）を用いた実験を考案し、150～300字で記述しなさい。

第3問 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

自然の世界に生きる生物は、生物間の相互関係や環境の影響を受けてその個体数を変化させている。個体数変化のパターンは大まかに「平衡」「周期変動」「カオス」の3つに分けられる。「平衡」は一定の個体数が続く安定した状態、「周期変動」はある周期で増減を繰り返すパターン、「カオス」は規則性がわかり難い複雑な変化パターンである。これまでの野外調査の観察例では、平衡やそれに近い変化が7割、周期変動が3割で、カオスははっきりとは認められないことがわかってきた。(注1)

(A) 種間の相互作用の中で、捕食者と被食者の個体数の周期変動を示す古典的な例にオオヤマネコとカンジキウサギの個体数の変動サイクルが知られている。図1はこれら2種の個体数の変動サイクルをそれぞれ実線と破線とで示したものである。

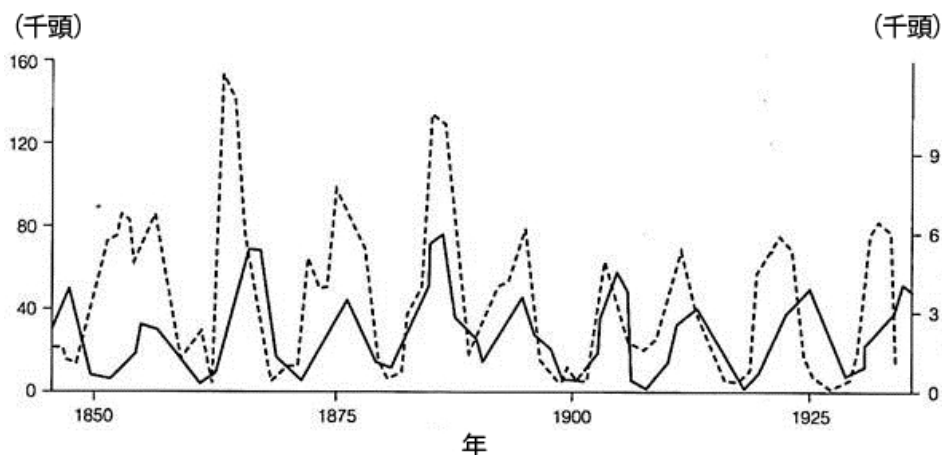


図1 カナダ、オンタリオ州調査区におけるオオヤマネコとカンジキウサギの個体数の変動

問1 図1の実線が示しているのはオオヤマネコとカンジキウサギのどちらの個体数か。

問2 問1の解答の理由を100字以内で述べなさい。

(B) 北海道の洞爺湖には湖の中央部に中島（面積5.2km²）と呼ばれる島がある。(a)シカが生息していなかった中島に1957～1965年にシカ3頭(オス1、メス2)が放された。途中で人為的な介入があったものの、シカは主に島に天然下で生育する植物に依存しながら個体数を変化させてきた。その個体数の変化を示したものが図2である。図2の中の白丸は推定値、黒丸は観察値、黒の棒グラフは観察された自然死亡数を示している。(注2)

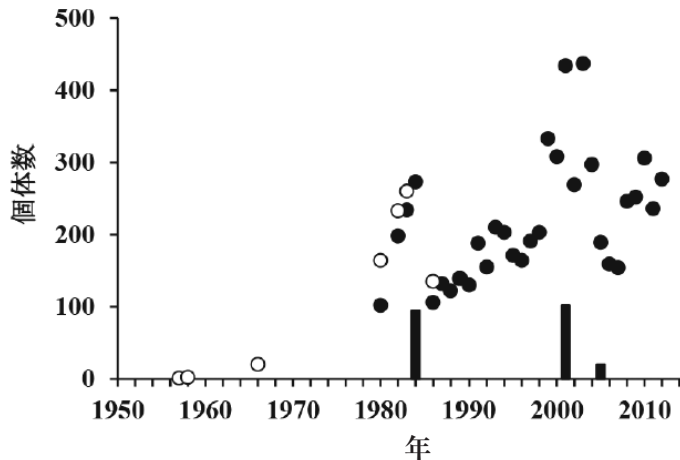


図2 洞爺湖中島におけるシカ個体数の変動

この調査研究に当たった梶光一氏は、この個体数の推移について概ね次のように説明している。「調査に着手した1980年には、シカによる植生への影響は認められなかったが、1984年には初回ピーク（52.5頭／km²）に達し、その後、群れの崩壊が生じて個体数は急激に減少した。この冬には自然死亡個体67頭が発見され、翌年、人為的に95頭が間引かれて個体数密度はピーク時から半減した。…(中略)…その後、個体数はゆっくりと増加を続けて2001年には2回目のピーク（83.5頭／km²）を迎えた。このピーク時には初回の1.6倍ほどの高密度となった。この年には自然死亡個体の発見が急増するなど直後に群れの崩壊が生じたが、その後は、50頭／km²前後で高止まり、安定した(図参照)…(後略)…」

最初のピーク時にはシカはササ、枝、樹皮を主要なエサとしていたということで、こうしたエサ(嗜好植物)を食い尽くし、資源の枯渇が顕在化したことが最初の群れの崩壊の要因だったと考えられる。一方、その後の個体数の増加は嗜好植物のササ群落が絶滅したことで、ハイイヌガヤと落ち葉をエサとして個体数を伸ばした。

生物

さらに、2回目の群れの崩壊後には落ち葉のみをエサとするようになった。シカは時間の経過とともに新たなエサを開拓して環境に適応して高密度を維持してきたことが明らかになった。

問3 (a)シカに関して、日本には在来種であるニホンジカの亜種が7種いる。このうち北海道と屋久島に生息するものの名称をそれぞれ答えなさい。

問4 上の文章と図2から判断すると、中島のシカ個体数を規定する「環境収容力」はどう変化したと考えられるか。植生及び食性の変化に着目して、150字以内で説明しなさい。

問5 中島のシカ個体数の推移のパターンを、「平衡」「周期変動」「カオス」のうちから一つ以上の言葉を選んで150字以内で説明しなさい。

(注1) 吉田丈人(2010年)「進化と生態のつながりを示す周期変動」生命誌ジャーナル2010年春号より引用

(注2) 梶光一(2018年)「科学的な野生動物管理を目指して：シカの爆発的増加と個体群管理」哺乳類科学58(1):125-134より引用