

生物基礎・生物 (5 問)

注 意 事 項

字数制限のある設問については、句読点、アルファベット、数字を含めた字数で答えること。

〔 I 〕 酵母菌の代謝に関する次の問 1 ～問 5 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

問 1 酵母菌は、酸素を利用できない環境では、グルコースをエタノールと二酸化炭素に分解して、ATP を合成する。この ATP 合成過程の名前を何とよぶか、その名称を 5 ～ 9 字で答えよ。

問 2 図 1 は、酸素を利用できない環境で培養した酵母菌をすりつぶした搾り汁にグルコースを加え、半透膜であるセロハンの袋に入れた場合に、エタノールと二酸化炭素が作られるときの反応装置を示している。図 1 のようにグルコースを加えた酵母菌の搾り汁をセロハンの袋に入れて密封し、水に浸してしばらくおくと、セロハンの内液におけるエタノールと二酸化炭素を作る能力が低下した。セロハンの内液に反応後の外液を濃縮したものを混ぜると、エタノールと二酸化炭素を作る能力が回復した。一方、セロハンの内液をタンパク質のアミノ酸が変化しない条件(60℃、30分)で加熱した後、反応後の外液を濃縮したものと混ぜても、エタノールと二酸化炭素を作る能力が回復しなかった。セロハンは、タンパク質などの大きな物質は通さないが、小さな物質は通す。酵母菌の搾り汁を用いた実験について、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

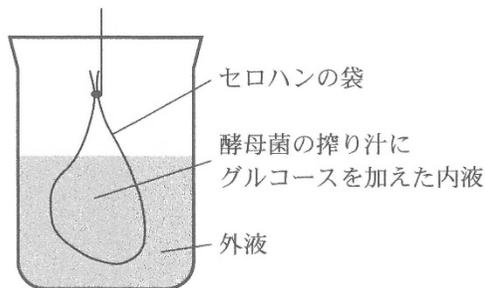


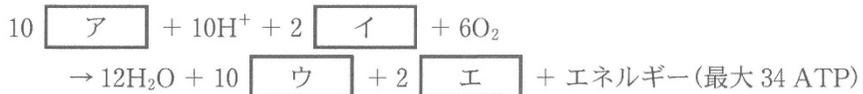
図 1

(1) 下線部(a)について、反応後のセロハンの外液には、エタノールと二酸化炭素を作るために必要な分子量の小さな有機物が存在する。酵素がその作用を発現するために必要としている分子量の小さな有機物の総称を何とよぶか、その名称を答えよ。

(2) 下線部(b)について、セロハンの内液を 60℃で加熱したことで、エタノールと二酸化炭素を作る能力が回復しなかった原因として正しく述べたものを次の①～⑤から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 酵素がその作用を発現するために必要な小さな有機物が分解されたため。
- ② グルコースが分解されたため。
- ③ セロハンの内液の pH が変化したため。
- ④ タンパク質の一次構造が変化したため。
- ⑤ タンパク質の立体構造が変化したため。

問 3 酵母菌は、酸素を利用できる環境では、電子伝達系などの反応によって、ATP を合成する。電子伝達系の以下の反応において、次の ～ にあてはまる最も適切な語句を記せ。



問 4 酸素を利用できる環境と酸素を利用できない環境のどちらで酵母菌を培養した場合も共通のグルコース代謝経路が使われる。この共通のグルコース代謝経路について、次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) この共通のグルコース代謝経路の名前を答えよ。

(2) この代謝経路を用いて ATP を産生する過程において、グルコースは最終的に何に変換されるか、その物質名を答えよ。

問 5 酸素を利用できる環境や酸素を利用できない環境で酵母菌を培養した場合のグルコース代謝について正しく述べた文を次の①～④から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 酸素を利用できない環境で培養した酵母菌では、ミトコンドリアが発達し、多く見られるようになる。
- ② 酸素を利用できる環境で培養した酵母菌では、ATP を合成する過程で乳酸が作られる。
- ③ 酸素を利用できる環境で培養した酵母菌では、アセチル CoA とオキサロ酢酸が結合してクエン酸が作られる。
- ④ 酸素を利用できない環境で培養した酵母菌では、酸化的リン酸化によって ATP が作られる。

このページは白紙です。

〔Ⅱ〕 DNA の解読技術と操作技術に関する次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

近年、DNA を解読する技術や操作する技術の開発が進み、外来遺伝子を組み込んだプラスミドベクター^(a)を大腸菌に導入^(b)することで組換えタンパク質を得たり、ゲノム編集技術を用いて生物や細胞が有するゲノム DNA の配列を直接改変したりすることが可能となった。ゲノム編集技術の登場により、特定の遺伝子の破壊^(c)や、1 塩基の置換^(d)、緑色蛍光タンパク質(GFP)を利用した遺伝子発現の可視化^(e)などが容易となったことで、遺伝子の機能解析が飛躍的に進展している。

問 1 下線部(a)の手法の一つとしてサンガー法(ジデオキシ法)がある。サンガー法について正しく述べた文を次の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 1 本鎖 DNA を鋳型とし、RNA ポリメラーゼの作用によって新たな DNA 鎖を合成する。
- ② 新生鎖の合成においては、鋳型となる DNA と相補的な DNA 鎖が合成される。
- ③ 合成された DNA 鎖は、次のサイクルにおける DNA 合成の鋳型となる。
- ④ DNA 合成の材料として、蛍光標識したデオキシリボヌクレオシド三リン酸と、蛍光標識していないジデオキシリボヌクレオシド三リン酸を利用する。
- ⑤ 合成された 2 本鎖 DNA 断片を電気泳動法で分離し、蛍光色素を読み取ることで塩基配列を同定する。

問 2 下線部(b)について、ヒトの遺伝子を大腸菌で発現させる場合、ヒトゲノム DNA 上の遺伝子配列をそのままクローニングするのではなく、mRNA から逆転写させた cDNA (相補的 DNA) をプラスミドベクターに挿入することが一般的である。この理由を 35 字以内で記せ。

問 3 下線部(c)に関する次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) ゲノム編集技術を使用すると、標的とする遺伝子配列に数塩基程度の欠失を誘導することができる。遺伝子 A の機能を破壊することを目的として、標的遺伝子配列上の特定の位置の 4 塩基を欠失した個体 X と、同じ位置の 6 塩基を欠失した個体 Y を得た。これらの個体の表現型を解析した結果、個体 X では遺伝子の機能が破壊されていたのに対し、個体 Y では遺伝子の機能が維持されていた。この理由を説明した次の文の空欄 に最も適切な語句を記せ。

理由：

個体 X では が生じたのに対し、個体 Y では が生じなかったため。

(2) 数塩基程度の欠失により遺伝子の機能を破壊することを目的とする場合に、遺伝子上に欠失を誘導する位置として最も効果的と考えられるものを次の①～④から一つ選び、番号で答えよ。ただし、標的とする遺伝子において機能する開始コドンと終止コドンは一つずつしか存在しないものとする。

- ① 開始コドンより上流の翻訳されない領域
- ② 開始コドンに近い翻訳領域
- ③ 終止コドンに近い翻訳領域
- ④ 終止コドンより下流の翻訳されない領域

問 4 下線部(d)に示す 1 塩基の置換が導入された場合、翻訳された後に生じ得るアミノ酸配列の変化として正しいものを次の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 終止コドンが出現する
- ② アミノ酸が一つ変化する
- ③ アミノ酸が二つ変化する
- ④ 新たなアミノ酸が一つ挿入される
- ⑤ 変化が生じない

問 5 下線部(e)に関して，調べたい遺伝子に GFP を連結し，GFP が融合したタンパク質を発現させることで得られる情報を 25 字以内で記せ。

このページは白紙です。

〔Ⅲ〕 ニューロンの興奮と伝導に関する次の文章を読み、問1～問6に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

図1は、ニューロンの膜電位を測定するための実験装置を模式的に示している。この実験では、ニューロンの膜電位を測定するため、ある動物からニューロンを取り出して適切な生理的塩類溶液に浸した。次に、記録電極と基準電極をオシロスコープに接続し、記録電極の先端がニューロンの外側にあるとき、オシロスコープが示す電位が0(ゼロ)mVになるように実験装置を調整した。その後、記録電極の先端をニューロン内へ挿入したところ、オシロスコープが示す電位が瞬間的に -60 mV になり、そのまま安定した。この時の電位を **ア** とよぶ。^(a)次に、電流発生装置から刺激電極にある大ききの電流を流したところ、図2に示すように、オシロスコープが示す電位が一過的に約 $+40\text{ mV}$ となり、数ミリ秒以内に元の電位に戻った。このような電位を^(b)**イ** とよび、ニューロンが **イ** を発生することを「ニューロンの興奮」とよぶ。

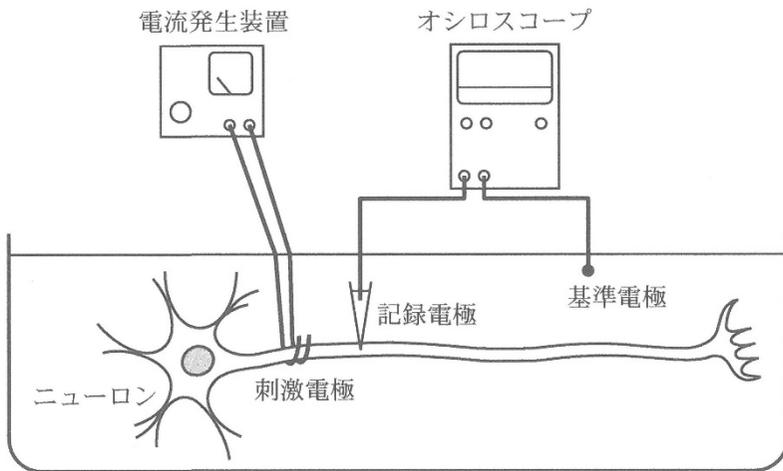


図1

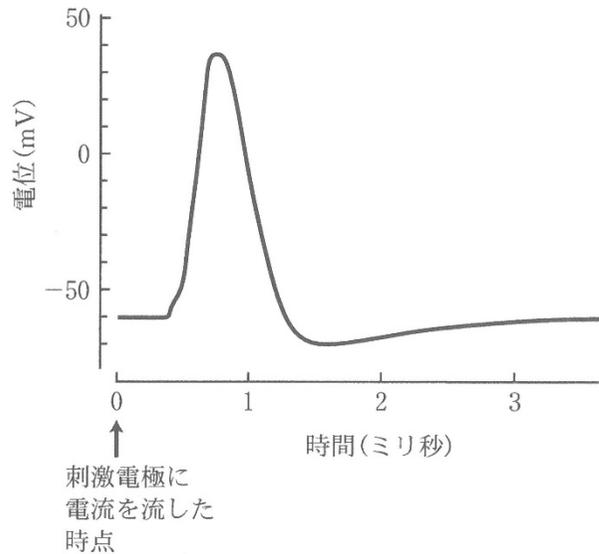


図 2

問 1 文章中の と に最も適切な語句を答えよ。

問 2 ニューロンを浸した生理的塩類溶液の Na^+ (ナトリウムイオン) の濃度を下げ、 K^+ (カリウムイオン) の濃度を上げたとき、下線部(a)の電位はどのように考えられるか。最も適切なものを次の①～⑤から一つ選び、番号で答えよ。

- ① K^+ がチャネルを通過してニューロン内に入りやすくなるので、電位がより上昇する。
- ② K^+ がチャネルを通過してニューロン内に入りやすくなるので、電位がより低下する。
- ③ ニューロンの膜はイオンを通しにくいので、電位は変化しない。
- ④ Na^+ がチャネルを通過してニューロンの外へ出やすくなるので、電位がより上昇する。
- ⑤ Na^+ をニューロンの外へくみ出すポンプの働きが弱くなるので、電位がより低下する。

問 3 下線部(b)の電位変化は、刺激電流によってニューロンの膜にある二つのチャンネルを通して膜を横切るイオンの流れが変化することで生じる。図 3 は、下線部(b)の電位変化が発生しているときのニューロンの膜にあるチャンネル A とチャンネル B を通るイオンの量を示している。それぞれのチャンネルを通るイオンの名前を記せ。ただし、イオンの流れる向きが同じとは限らないものとする。

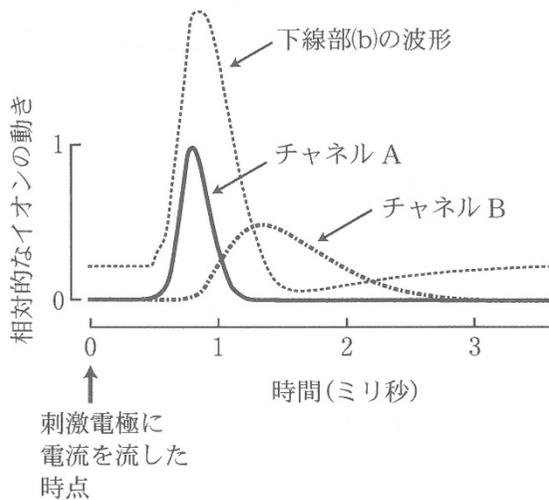


図 3

問 4 記録電極と刺激電極との間隔は変えずに刺激電極により大きい電流を流したとき、および、記録電極と刺激電極との間隔をさらに大きくして同じ大きさの電流を流したとき、下線部(b)で示した電位変化の開始時間と波形はどうなると考えられるか。それぞれの実験結果として最も適切なものを次の①～⑤から一つずつ選び、番号で答えよ。

- ① 電位変化の開始時間は変化せず、波形の高さがより大きくなる。
- ② 電位変化の開始時間は変化せず、波形の持続時間が長くなる。
- ③ 電位変化の開始時間と波形のどちらも変化しない。
- ④ 波形は変化しないが、電位変化の開始時間が早くなる。
- ⑤ 波形は変化しないが、電位変化の開始時間が遅くなる。

正しくは「極」

問 5 刺激の間隔を十分に長く取って刺激電流から同じ大きさの電流を2回流したところ、それぞれの刺激に応じて下線部(b)の電位変化が発生した。次に刺激の間隔を徐々に短くして同様の実験を繰り返したところ、ある時点で2回目の刺激に対する下線部(b)の発生が見られなくなった。その理由を50字以内で記せ。

問 6 ゼリガニとイカのニューロンの軸索で興奮の伝導速度を測定したところ、ゼリガニの軸索では約18 m/秒、イカの軸索では約35 m/秒であった。このような伝導速度の違いを生じた理由として最も適切なものを次の①～⑥から一つ選び、番号で答えよ。

- ① ゼリガニの神経鞘は髄鞘をもつが、イカの神経鞘は髄鞘をもたないから。
- ② イカの神経鞘は髄鞘をもつが、ゼリガニの神経鞘は髄鞘をもたないから。
- ③ ゼリガニの神経もイカの神経も髄鞘をもつが、イカの神経の方がランビエ絞輪の間隔が広いから。
- ④ ゼリガニの神経もイカの神経も髄鞘をもつが、ゼリガニの神経の方がランビエ絞輪の間隔が広いから。
- ⑤ ゼリガニの神経もイカの神経も髄鞘をもたないが、イカの神経の軸索の方が太いから。
- ⑥ ゼリガニの神経もイカの神経も髄鞘をもたないが、ゼリガニの神経の軸索の方が太いから。

〔IV〕 植物の成長に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

植物の成長は複数種の植物ホルモンによって制御される。植物の草丈は、茎を構成する細胞が縦方向に伸びやすく、横方向に伸びにくくなると高くなりやすい。この性質は植物ホルモンの一種であるジベレリンによって制御される。ジベレリンは、茎を構成する細胞の細胞膜のすぐ内側に存在する [ア] の向きが横方向に揃うように制御する。それによって、[ア] によって制御される [イ] 繊維の向きも横方向に揃う。[イ] 繊維は、植物細胞において細胞膜の外側を囲む構造である [ウ] を構成する主成分である。

ジベレリンとは別のホルモン X は [ウ] の構造をゆるめることにより茎の細胞の吸水を促進する。その際に [イ] 繊維は伸びにくいので細胞もその向きには伸びにくく、細胞は直交する縦方向へ伸びやすい。対照的に、気体の植物ホルモンとして知られるホルモン Y は [ア] の向きを縦方向へ制御するので細胞は横方向に肥大しやすくなる。

植物の成長は光などの刺激によっても制御される。植物がある方向から光や重力などのさまざまな刺激を受けた際に、その方向と関連して決まる一定の方向へ向かって成長する性質を総称して [エ] という。ホルモン X は [エ] にも重要な役割を果たしている。植物細胞には複数の光受容体が存在するが、青色光を感知して [エ] を制御する光受容体は [オ] とよばれる。

茎の先端の芽(頂芽)が活発に成長している際には側芽の成長が抑制される。頂芽で合成されたホルモン X が側芽付近でのホルモン Z の合成を抑制し、その結果側芽の成長が抑制されることが解明されている。ホルモン Z には切り離れた葉の老化を抑える作用もある。植物が成長するには根と地上部の間で水や栄養分を輸送する必要がある。そのために働く組織系が [カ] である。[カ] は、根で吸収した水や栄養分を葉へ輸送する管を主要要素とする [キ] と、光合成産物を輸送する管を主要要素とする [ク] という2種類の領域に分けられる。

植物の成長は根に菌根菌が共生することで促進される。植物は光合成産物を菌根菌に供給する。一方菌根菌は、菌糸から吸収したリンなどの栄養を植物に供給する。
(a)

図1のように、菌根菌は地中で植物の根から分泌される化合物 A の存在を感知する^(b)と「生きた宿主の根が近傍に存在する」と判断し、共生のために菌糸を分岐させることが解明されている。

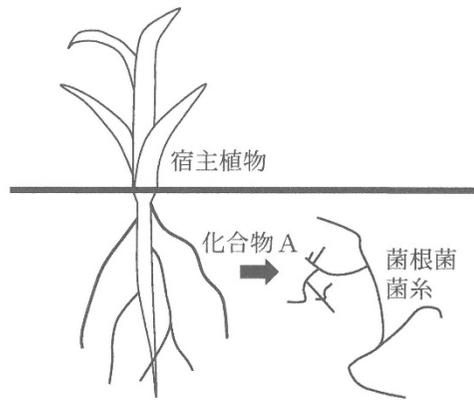


図1

問1 文章中の ～ に最も適切な語句を記せ。

問2 文章中のホルモン X, ホルモン Y, ホルモン Z の実体としてふさわしい名称をそれぞれ記せ。

問 3 下線部(a)について、生物または生態系におけるリンのはたらきについて正しく述べた文を次の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① 植物が根から吸収したリンは、グルタミン酸と結合し、その結果グルタミンがつくられる。
- ② リンなどの栄養塩の量は海洋において純生産量に対して与える影響が大きい。
- ③ 生体膜の基本構造はリン脂質がつくる二重層にタンパク質が埋め込まれた膜である。
- ④ 光合成では葉緑体の内膜にある ATP 合成酵素が ADP をリン酸化する。
- ⑤ ATP 合成酵素は、リン酸がその内部を流れることによるエネルギーを用いて ATP を合成する。

問 4 下線部(b)について、この化合物 A が、「生きた宿主の根が近傍に存在する」ことを示すシグナルとして働きうるために、もたなければならない性質として最も適切なものを次の①～④から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 化合物 A は土壌中で比較的不安定であり分解しやすい。
- ② 化合物 A は土壌中できわめて拡散しやすい。
- ③ 化合物 A は土壌中で安定であり分解しにくい。
- ④ 化合物 A は赤色光をよく吸収する。

このページは白紙です。

〔V〕 個体群と生態系に関する次の文章を読み、問1～問7に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

ある地域における同種の個体の集まりを個体群とよぶ。食物や生活空間などの資源の制限がなければ個体群は指数関数的に増加する。これを個体群の **ア** という。しかし、資源には限りがあることが多く、個体群の **ア** 曲線はS字状になり、個体数はその環境でとりうる上限である **イ** に近づいていく。一般に、個体群の大きさは環境の変化に影響を受け、ときには死亡率が高くなることで個体群が小さくなることもある。個体数が著しく増えたり減ったりすると、密度効果によって個体の形態や行動に著しい変化が生じることがある。これを **ウ** といい、トノサマバッタで確認されている。

生態系の中では、ある種の個体群は捕食、共生、寄生、**エ** を通じて他種の個体群とさまざまな関わりをもっている。生態的 **オ** の重なりが大きい種の間では、同じ食物や生活空間などをめぐる **エ** の結果、一方の種がその空間からいなくなることがある。これを **カ** という。ただし、自然環境下では生活上の要求がわずかに異なるなどして共存する場合が多い。捕食被食関係においても、捕食者が食物となる生物を食べ尽くしてしまうことはまれである。このように、多くの生物種の個体群が互いにさまざまな関係をもちながら生物群集を構成している。

問1 文章中の **ア** ～ **カ** に最も適切な語句を記せ。

問2 下線部(a)に関連して、変化の大きい環境に生息する生物の相対的な特徴として最も適切なものを次の①～④から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 少数の大きな卵や子をつくり、個体数は安定する。
- ② 少数の大きな卵や子をつくり、個体数は大きく変動する。
- ③ 多数の小さな卵や子をつくり、個体数は安定する。
- ④ 多数の小さな卵や子をつくり、個体数は大きく変動する。

問 3 下線部(b)に関する次の①～④の記述の中から、誤りを含むものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 自然界において個体数の変動がほぼみられない生物については、分類群を問わず死亡率は同じとみなすことができる。
- ② 死亡率は、捕食や病気などの要因で年によって変化する。
- ③ 死亡率は、分類群によらず発育初期に高い。
- ④ 死亡率が高い生物種ほど多くの卵(子)を産む傾向にある。

問 4 ある魚が、1 個体あたり 20 万個の卵を産むとする。卵から満 1 歳までの年間死亡率が 99.9%，1 歳以降の年間死亡率が 90.0%である場合、1 個体の親が産んだ卵から満 3 歳まで生存する子は何個体と考えられるか、数値で答えよ。

問 5 下線部(c)に関連して、捕食者と被食者の個体数が周期的に変動することがある。これを表す図として最も適切なものを図 1 の①～④から一つ選び、番号で答えよ。なお、図の横軸は時間、縦軸は個体数、実線は被食者、点線は捕食者とする。

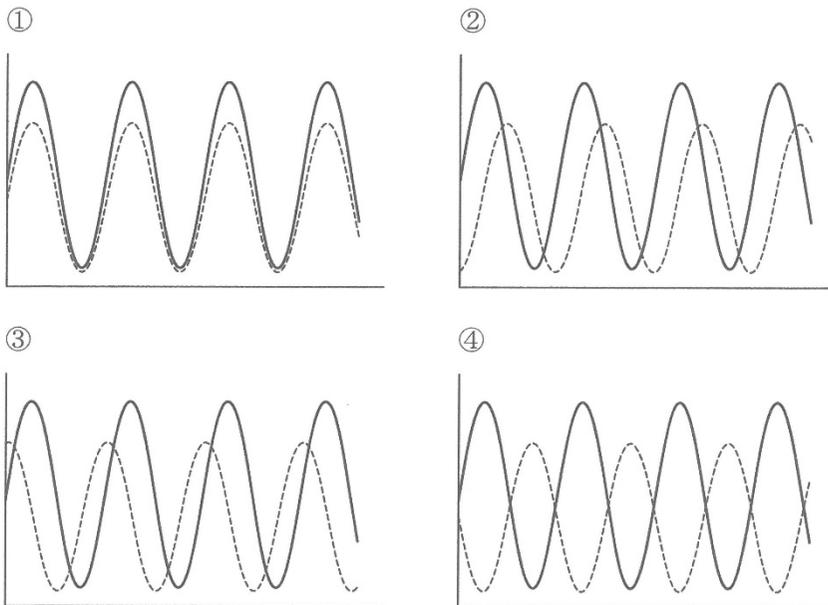


図 1

問 6 下線部(d)に関連して，生態系は生物群集とどう異なるのか，30字以内で記せ。

問 7 在来生態系における生物多様性を長期的に低下させる可能性が高いものを次の

①～④からすべて選び，番号で答えよ。

- ① 海域における魚類の漁獲量管理
- ② 宅地開発に伴う生息地の分断
- ③ 里山での草刈りや野焼き
- ④ 閉鎖空間における外来生物の侵入

このページは白紙です。

このページは白紙です。