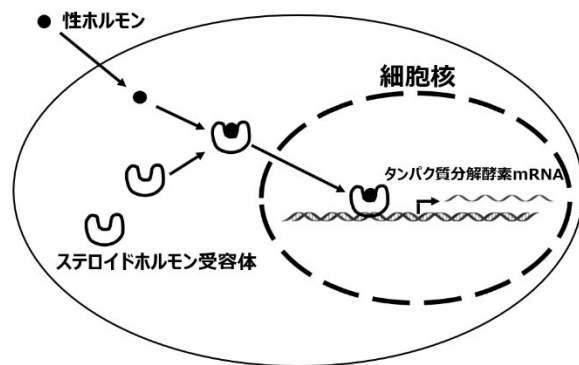


解答例

- 問 1. P 物質の性質：タンパク質分解酵素 A の活性を阻害する物質（阻害タンパク質；プロテアーゼインヒビター）である。
- P 判断理由：解析②において、タンパク質分解酵素 A の活性を特異的に阻害しているため。
- Q 物質の性質：タンパク質分解酵素 B の活性を上昇させる低分子補助因子（補酵素）である。
- Q 判断理由：解析②において、タンパク質分解酵素 B の活性を特異的に上昇させているため。
- 問 2. 9月のアユでは、タンパク質分解酵素 A と B の活性が増大して、そのタンパク質分解反応によって筋肉タンパク質が分解される。7月のアユでは、タンパク質分解酵素 A の活性は組織中に共存する阻害物質（阻害タンパク質）によって抑制されているが、9月にはその阻害物質の量も減るので、相乗的にタンパク質分解酵素 A の活性が増大していると考えられる。9月のアユは摂餌をしないこと、表 1 から体重・体長が7月のアユとほとんど変わらないことから、自身の筋肉の消化によって得られたアミノ酸等を、生殖腺を肥大させるために使用していると考えられる。
- 問 3. タンパク質分解酵素 A の遺伝子を欠失したノックアウトアユを作成する。そして野生種が性成熟するのと同じ条件で飼育し性成熟させ、その時期にノックアウトアユの肉質劣化を、同時に飼育していた野生型（遺伝子欠失のない）アユと比較し評価する。そこに大きな違いが出れば、タンパク質分解酵素 A が必須であることが判明する。
- 問 4. 7月に入手した複数匹の養殖アユを実験に用いる。その養殖アユにテストステロンを注射し、一定期間後に、解析①と同様の手順で酵素の活性を測定する。（あるいは抗タンパク質分解酵素 A 抗体を用いて、タンパク質分解酵素 A のタンパク量をウエスタンブロットで検出する。）対照区（コントロール区）として、テストステロンを注射する際に用いた溶媒のみ（あるいはステロイドホルモンのコントロールとしてコレステロール等）を注射した個体を用意し、それも同時に解析する。（このコントロールと比較することによって、投与したテストステロンの効果を評価できる。そうでなければ、内在性の性ホルモンの影響を除外することができない。）

問5. 性ホルモンはステロイド系ホルモンなので、細胞膜を透過し、細胞質中に存在するステロイドホルモン受容体に直接結合する。ステロイド系ホルモンが結合したステロイドホルモン受容体は核内に移動し、遺伝子発現調節タンパク質(転写因子)として機能し、それによってタンパク質分解酵素の mRNA の転写が促進される。

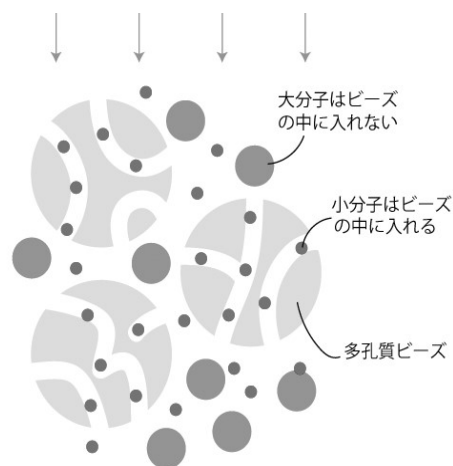


問6. 親と子が共存する時期がないので、食物をめぐる世代間の競争がない。また、親子間での交配も起こらないため、遺伝子の多様性を維持しやすい。さらに、産卵後まで親アユは生存する必要がないため、親アユは自身の体を維持するために必要なエネルギーまで節約することなく、すべて繁殖行動に投入できる。

解説

本問題は、1990年代に発表された京都大学のグループによる一連の研究結果をモデルに作成した。表1は福井県九頭竜川で採取された天然アユの実測値（論文に掲載されていたデータ）であり、またタンパク質分解酵素AやBは、筋肉組織に存在するタンパク質分解酵素の一種、カテプシン系のプロテアーゼを想定している。本問題の図3および図4も、論文に掲載されていたグラフのデータをもとに、それを簡素化したものであり、後半の設定における性ホルモンの投与実験も、実際に行われ報告されたものである。

前半部分（問1～3）においては、まず「ゲルろ過」という解析手法に戸惑った受験生が多かったかもしれない。「ゲルろ過」は生化学研究で頻繁に用いられるクロマトグラフィーの一種であり、決して特殊なものではないが、高校の教科書には記載がないため、図を用いて簡単な説明を施した。実際には右図のような原理で、分子量の小さなものほど多孔質ビーズの内部まで回り道して通過するため、ゆっくりと移動し、時間をかけて分画される。この分画様式は、均一な網目構造を有したゲルを用いて物質を分画した場合とは反対である（例えばアガロースゲルで分画すると、分子量の小さなものほど、網目構造に邪魔されないため早く移動し、先に分画される）ため、違和感があるかもしれない。しかし、本問題ではその分画原理自体が理解できていなくても問題には解答可能である。「ゲルろ過」によって分画されたものが、例えば透析膜等で分子量の大きなものと小さなものを分けた場合と同じであることがわかれば、酵素反応の問題も、比較的理解しやすいのではないだろうか。



酵素阻害物質（インヒビター）の活性は、阻害される側の酵素の活性が一定して検出される状態を作らなければ、測定することはできない。補助因子（補酵素）においても同様に、それ自身には活性がないため、本体である酵素の一定活性が存在して初めてその活性を検出することができる。そのあたりが理解できていたかどうかがかギであろう。

問2、問3に関しては、用意した解答例をそのまま解説に代えたい。なお、ノックアウトアユの作製は理論的には可能であるが、いまだ作製され報告された例はない。ノックアウトアユの作製以外にも、理論的に正しく証明できるような実験系が考案され記載されていれば、得点を与える。

後半部分（問4～6）については、問4において、実際に京都大学のグループが実行し論文に発表した解析を考察させ、説明させた。実際の報告では、養殖アユに性ホルモンを投与することにより、筋肉分解が有意に促進されたと記載されている。

さらに問5においては、ステロイド系ホルモンである性ホルモンの作用機序を図説させた。受容体が細胞膜上に存在するタンパク質ホルモンと異なり、ステロイド系ホルモンは細胞膜をそのまま通過するため、その受容体は細胞質内あるいは核内に存在し、それを受け取ると、核内で直接的な遺伝子発現調節機能を発揮するようになる。実際には、受容体が細胞質にある場合もあれば、最初から核内にある場合もあるので、どちらに書かれていてもよい（解答例では細胞質にある場合を記載した）。出題者側としては、細かな機序の説明は求めてはいない。教科書で学習した範囲の知識を図説できれば十分である。

問6に関しては、厳密な意味での正解はない。考えられる範囲のことを解答例にした。特殊な生活史を有するアユのような種の生存戦略を、これまでに得てきた生物学の知識でいかにとらえ評価するか、生物に対する興味の深さ、生命に対する視野の広さを評価したいと考えた。