

# 高度な記述式問題（生物） 【サンプル問題】（解答時間 40 分）

以下の文章を読み、問 1～6 に答えよ。

盛夏のアユは、川の上流域で縄張りをもち、盛んに川底の石の表面の付着藻類を食べる。秋になり産卵期を迎えると、ほとんど摂餌せず下流域に移動し、そこでオスもメスも繁殖を終えて死ぬ。孵化した稚魚は冬の間、海で育ち、翌年の春にまた川を遡上する。アユの一生はこのように 1 年である。アユのように産卵後に死を迎える生活史をもつ脊椎動物としては、他にサケ・マスの仲間が有名である。

表 1 は、ある河川に生息していたその年の 7 月と 9 月のアユの体重・体長・生殖腺体指数（1 個体における体重あたりの精巣あるいは卵巣の重量の割合）の平均値を雌雄別に示したものである。

表 1

	オス		メス	
	7 月	9 月	7 月	9 月
体重 (g)	46.6	46.0	44.0	45.6
体長 (cm)	15.5	15.9	15.2	15.1
生殖腺体指数 (%)	0.5	10.8	0.2	21.8

【1】7 月のアユに比べ、9 月のアユは肉質が柔らかい（筋肉タンパク量が少ない）ため、食用魚としての水産価値は低いとされている。そこで水産研究施設の研究員は、この性成熟に伴う肉質軟化の原因を調べるため、以下のような解析を実施した。

その年の 7 月（生殖腺未成熟期）と 9 月（産卵期前）に河川で採取され、冷凍保存されていたアユを実験に用いた。各時期それぞれ 8 個体（雌雄それぞれ 4 個体）より筋肉の一部を一定量採取して、時期ごとに混合し、ホモジェナイザーを用いて破碎し、抽出物を得た。その抽出物を遠心分離し、沈殿物や脂質分を除去して水溶性タンパク質溶液（タンパク粗抽出液）を準備した。その後、このタンパク粗抽出液を図 1 に示す「ゲルろ過」と呼ばれるクロマトグラフィーを用いて分画した。ゲルろ過では、多孔性のビーズ（樹脂）を詰めた専用の筒（カラム）を通過させることで、物質の分子量に応じて分画させることができる。この場合、分子量の大きなタンパク質が先に分画され、小さなタンパク質は時間をかけて分画される。カラムからの滴下液を一定時間ごと、一定量ずつ試験管に集め、計 50 本の試験管に分画液をためた。その 50 本の試験管に順に番号（No. 1～50）を付

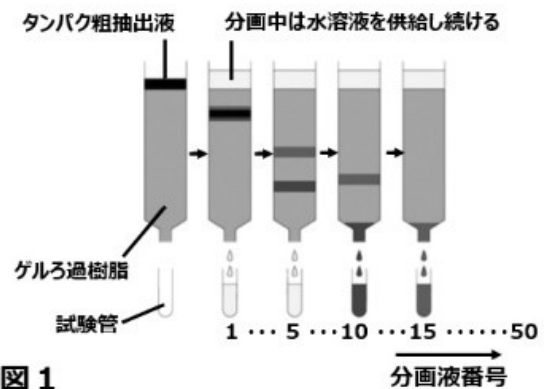


図 1

け、各分画液を1本ずつ解析に供した。すべての操作は、タンパク質の活性が損なわれないよう低温下で実施した。

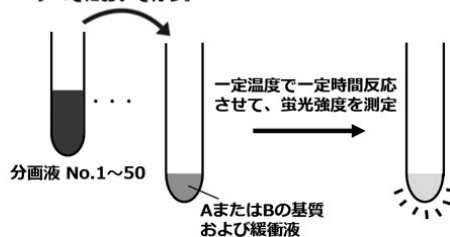
【解析①】

筋肉に存在していることが知られているタンパク質分解酵素 A と B の活性を、No. 1～50 の各分画液において測定した。タンパク質分解酵素 A と B それぞれの基質特異性を利用し、分解されると蛍光を発するような特別な合成ペプチドを基質に用い、図2に示すように、各分画液から一定量ずつとり、それぞれ反応させた。各分画液における A および B の活性は、検出された蛍光強度で表した。その結果を図3に示す。

【解析②】

別途アユ筋肉から抽出し精製しておいたタンパク質分解酵素 A と B を用いた。解析①と同様の基質を用いて、図2に示すように、各分画液より一定量ずつとり、一定量の精製 A または B とともにそれぞれ反応させた。各分画液における A および B の活性は、検出された蛍光強度で表した。その結果を図4に示す。

解析① 各分画液を一定量ずつ加えては反応させる。それを分画液50本すべてにおいて行う。



解析② 一定量の精製AまたはBとともに、各分画液を一定量ずつ加えては反応させる。それを分画液50本すべてにおいて行う。

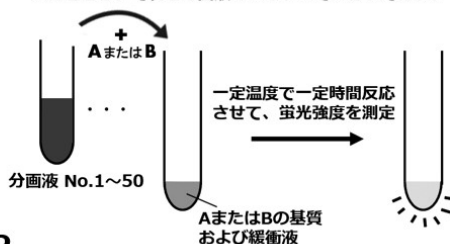


図2

問1. 解析結果から判断し、23番前後の分画液(図にPとマーク)と45番前後の分画液(図にQとマーク)に存在していたものは、それぞれタンパク質分解酵素AあるいはBに対し、どのような性質を有する物質か、述べよ。また、そのように判断した理由をそれぞれ記せ。

問2. 解析結果から判断し、アユの筋肉内でどのような変化によって、性成熟に伴う肉質の劣化が引き起こされたと考えられるか、そしてその結果、9月のアユの生殖腺体指数がどのようにして増大したと考えられるか、考察せよ。

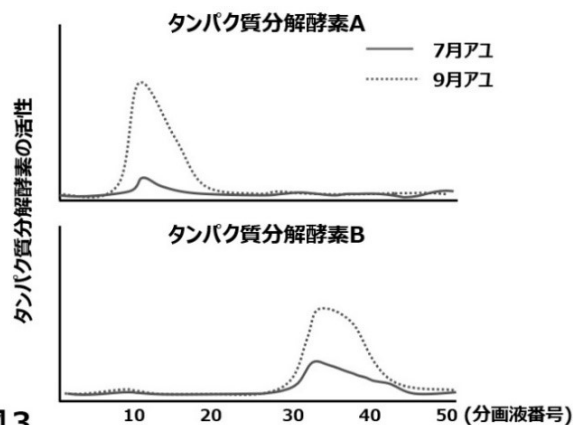


図3

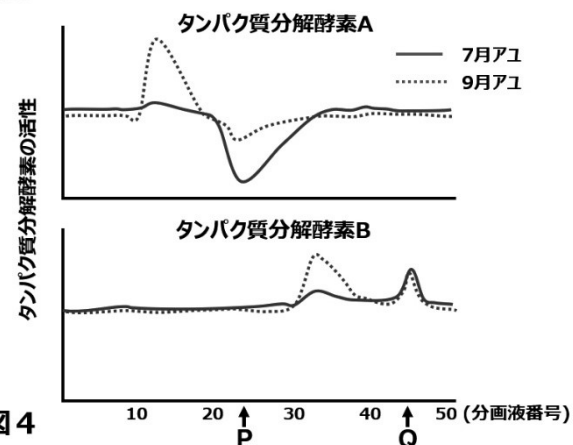


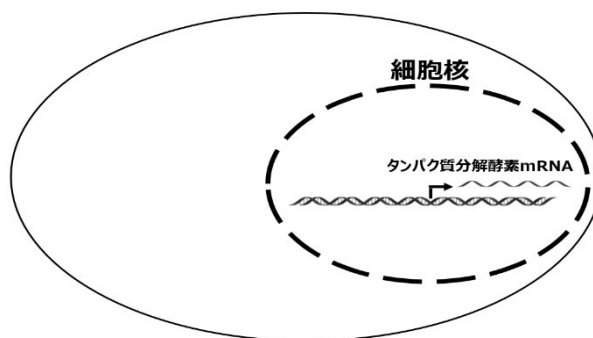
図4

問3. 解析①と②の結果を受け、このアユの肉質劣化にはタンパク質分解酵素 A が必須であるかどうかを証明したいと考えた。どのような実験を実行すればそれを確かめることができるか、述べよ。なお、げっ歯類のようにアユにもすべての遺伝子工学技術を応用することが可能であり、飼育下でも日照条件・水温等を野外と同一にすれば、9月にアユは性成熟するものと仮定する。

**【2】** 研究員は、この性成熟に伴う肉質の劣化機構には、ステロイド系ホルモンである性ホルモンの影響が大きいのではないかと考えた。実際、7月と9月のアユ血清中のアンドロジェンおよびエストロジェンの濃度を、それぞれオスとメスで測定すると、7月の個体と比較し9月の個体においては、数倍に増加していることが判明した。さらに近年、哺乳動物を用いた実験で、ある条件下で性ホルモンがタンパク質分解酵素の遺伝子発現を誘導するという報告が為されている。そこで研究員は、アユにおいても性ホルモンがこの肉質劣化機構の引き金になるのではないかと考えた。

問4. オスのアユにおいて、アンドロジェンのひとつであるテストステロンが、タンパク質分解酵素 A の活性を上昇させるかどうかを確認したい。どのような実験を計画すれば、それを確かめることができるだろうか。具体的な実験計画を述べよ。なお、この研究施設には養殖アユの飼育設備が整っており、7月には生きたオスの養殖アユを市場から入手でき、テストステロンも市販品を使用できるものとする。

問5. 細胞の模式図を用いながら、ステロイド系ホルモンである性ホルモンがタンパク質分解酵素の遺伝子発現を誘導する機構を、細胞内受容体の存在を考慮しながら、図示して説明せよ。細胞の模式図は解答欄にある。



問6. アユのように、寿命が1年で性成熟・産卵後に死を迎える脊椎動物は極めて稀である。アユが持つ生存戦略としての利点は何か。考えられることを述べよ。