

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

令和7年 4月 30日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 農学研究科

職 名 准教授

氏 名 田川 正朋

助 成 の 種 類	令和6年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	ヒラメの左右非対称性に不可欠な遺伝子の特定と、カレイ類を用いた実験系の構築			
上記以外で助成金を 充 当 した 研 究 内 容	ヒラメの卵および孵化仔魚における浸透圧調節機構			
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名) ありません。			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) 田川正朋・後藤千佳・松田泰平. 甲状腺ホルモン投与がマツカワの形態異常の出現に及ぼす影響. 令和7年度日本水産学会春季大会. 2025年3月27日. 北里大学相模原キャンパス			
成果の概要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,200,000	円	
	使用した助成金額	1,200,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		水産学会参加とその旅費	69,220	
		NGSの解析外注	141,900	
		顕微鏡と蛍光装置(合算使用)	600,000	
		倒立顕微鏡の修理	87,109	
塩分計と試薬類(合算使用)		183,641		
研究用消耗品類(合算使用)	94,810			
ヒラメ受精卵購入	23,320			
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) 科研費が不採択となり研究費が極めて不足していた年度に、研究費を助成して頂けて本当に助かった。また助成金の使途が申請時の研究内容だけに限定されておらず、大きな柔軟性が認められていたため、あわせて萌芽的な研究の準備ができたことも大変有り難かった。今後もこのような研究助成が継続されることを期待します。有難うございました。			

成果の概要 / 田川正朋

ヒラメやカレイ類の種苗生産においては、眼の有る側（表側、有眼側）が白くなる白化や、眼が左右対称な低い位置にあって左右ともに黒い両面有色、眼の無い側（裏側、無眼側）に黒い着色が徐々に出現してくる着色型黒化などの形態異常個体の出現が広く知られる。これらは事業所や飼育年度によっては数%から数十%も出現することがあり、原因究明や防除のための研究が精力的に行われてきた。そのため現在では多くの知見が集積され、これらの出現機構における飼育環境の影響の概要が明らかになりつつある。一方、私達の研究グループでは、ヒラメでは、無眼側の全面黒化の出現が遺伝的影響による事例を見つけている。そこで、本研究では、助成金を活用して次の3点について、今後の形態異常の研究を進展させるための重要な布石となる研究およびサンプル収集を実施した。それぞれについて、研究内容と成果、および今後の展望を記す。

1) ヒラメの逆位個体の出現における遺伝的影響

ヒラメであるにもかかわらず、カレイのように体の右側に両眼のある個体（逆位個体）、が、ときおり10%程度の高頻度で出現することが知られている。私達はたまたま出現したヒラメの逆位個体のサンプルを入手していたため、これを用いてヒラメの逆位における遺伝的影響を検討することにした。逆位個体約140尾、および逆位個体と同一水槽で育ってきた正常個体約80尾、および採卵を行った親魚水槽に収容されていた全親魚から、定法によりDNAを抽出した。これらを比較的安価に多数のSNPが取得できる新しい方法（dpMIG-seq法）を用いて分析を行ったところ、極めて血縁の濃い集団であったにも関わらず、また、予備的な分析ではあるものの、その後の分析に用いることのできる約900座位のゲノムワイドのSNP情報が得られた。これらからColony2を用いて親子判別をおこない、全同胞群の推定を行った。また、水槽中での逆位出現率をもとに全同胞群中の逆位の出現比率を補正した。この結果、本飼育事例の逆位個体は、特定の親魚ペアから出現していること、すなわち逆位について初めて極めて強い遺伝的影響により出現していた事例であったことが確認できた。さらに全同胞群中の逆位個体の出現比率は、メンデル遺伝から予想される出現比率に近い値となっていたことから、強い影響を有する少数の原因遺伝子の存在が強く示唆された。現在、全同胞群の信頼確率をより高めるため、親子判別にもちいるSNPのフィルタリング条件の最適化を進めている。

今後は、本事例における原因遺伝子の数と、それらが存在する染色体を特定するため、遺伝情報をさらに解析する。これらにより、異体類の逆位個体の出現における原因遺伝子、すなわちヒラメやカレイ類において体の左右を異なった色や形にする根源的な遺伝子を初めて特定することができると期待している。

2) 原因遺伝子の特定に適したヒラメの白化個体サンプルの入手

これまでの研究から、ヒラメやカレイ類の白化については、餌料を適切に栄養強化することで、ほぼ防除が可能となっている。一方、適切な栄養強化を行っているにもかかわらず、ときおり高い比率で白化個体が出現することも、現場レベルでは知られている。もし、これらの白化個体が遺伝的な影響で出現していた場合は、私達の持っている分析手法を活用して、原因となっている親魚を特定できれば、ときおり高頻度で出現する白化を防除できるようになると期待できる。令和6年度にある事業所で飼育されていたヒラメ稚魚の1ロットに白化個体が多数出現したという情報を得た。そこで、サンプリングと水槽中の白化個体率の調査を依頼した。これにより通常は2-3%程度の白化個体が出現する飼育条件において、8.8%の高率で白化が出現した飼育事例の正常稚魚約80尾と白化稚魚約60尾を確保することができた。

このサンプルについても、今後、逆位個体と同様の分析を行う予定である。もし強い遺伝的な影響が確認できた場合には、将来的には、ヒラメやカレイ類で体の左右が決まった後に、どのようにして無眼側体表の鱗が無眼側の形質をとるか、すなわち成魚型の黒色素胞の出現が抑制され、また円鱗という棘のない鱗の形状を維持し続けるか、に関する重要な遺伝子が特定できる可能性がある。

3) マツカワの形態異常における生理学的な基礎的知見の拡充

ヒラメやカレイ類の形態異常について、遺伝的影響よりも研究が進んでいるのが水温など飼育環境の影響である。これらが形態異常の出現頻度の大きな影響を持つことは知られているが、どのような機構で各種の形態異常の出現に影響を与えるか明らかにされていなかった。私達は「甲状腺ホルモンの分泌時期」と「甲状腺ホルモンに反応して無眼側形質が作られるような感受性の存在時期」が、体の左右で異なった期間存在すると仮定することで、白化と両面有色の出現を説明できるとする作業仮説、タイミング説を提唱してきた。一方、逆位やその他の形態異常についてはタイミング説での説明が可能かどうか不明であった。そこで、北海道総合研究機構栽培水産試験場との共同研究として、マツカワ仔稚魚に甲状腺ホルモンを投与する予備的な実験を実施した。その結果、マツカワにおいても甲状腺ホルモンによって白化や逆位白化などの形態異常個体が有意に増加することを確認した。この結果は従来とは異なり、左右だけでなく眼位と体色についても感受性の存在時期が独立していると考え、きわめてシンプルに説明することができた。

今後、本格的な飼育実験が必要であるが、本研究の結果からはカレイ類で見られる多様な形態異常についてもタイミング説によって統一的に理解できる可能性を強く示唆する。