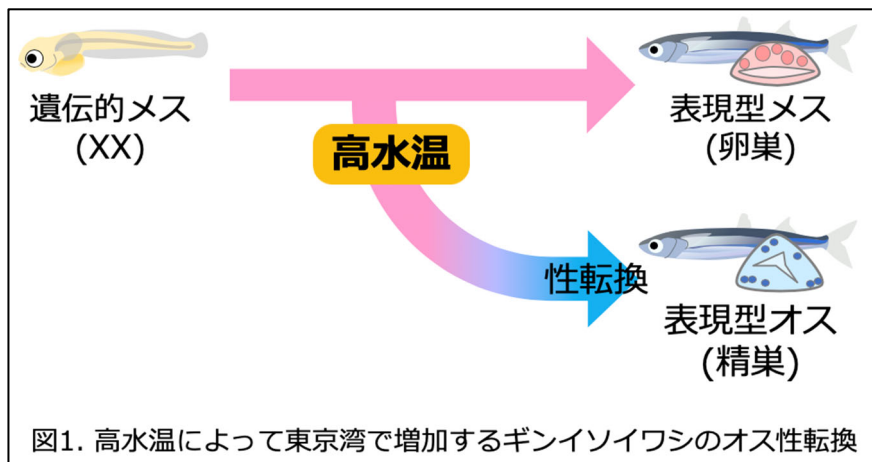


「高水温によってオス化が進む魚たち」 -東京湾で高水温によるオス性転換魚の増加を証明-

生物の性別は、受精時の性染色体の組み合わせによって遺伝的に決まるのが一般的です。しかし、魚類では、孵化前後の性分化時期に経験した水温の影響で、遺伝的な性（例：XX、XY）と表現型の性（卵巣、精巣）が一致しない、いわゆる性転換個体が出現してしまう種が数多く知られています。近年、世界規模の問題となっている地球温暖化は、このような性決定が水温の影響を受けやすい魚種の「種の存続」そのものを脅かしかねません。しかし、この「環境水温による遺伝型性の上書き」という現象は、これまで飼育環境下での報告例はありましたが、野生環境下では証明されていませんでした。東京海洋大学の山本洋嗣准教授らの研究チームは、東京湾に生息するトウゴロウイワシの仲間であるギンイソイワシが、実際に高水温の影響を受けて、遺伝的なメス（XX）がオス（精巣を持つ）に性転換していることを初めて証明しました（図1）。今後、このような魚を指標種として利用することで、地球温暖化・気候変動が、魚類野生集団の性に与える影響を評価・予測するうえで重要な情報が得られると期待されます。



【背景】

多くの生物の性別は、受精時の性染色体の組み合わせ（例えば、ヒトでは XX は女性、XY は男性）によって遺伝的に決まります。しかし、魚類の性は、他の脊椎動物と比較して生息環境の影響を受けやすく、性が分化する孵化前後に経験した環境水温の影響によって、受精時に決まっていた遺伝的な性が上書きされてしまうことがあります。特に飼育環境下では、孵化前後の仔稚魚を高水温に晒すと、遺伝的なオス（XY）はそのままオスに分化しますが、遺伝的なメス（XX）がオス（精巣を持つ）に性転換してしまう事例が多くの魚種で報告されています。近年、地球温暖化・気候変動に起因する水温上昇が世界規模で懸念されています。通常、海水温上昇が続いた場合、回遊性が高い魚類では、分布域の北上が予想されます。しかし、回遊性の乏しい沿岸性魚類



ギンイソイワシ *Hypoatherina tsurugae*

では、仔稚魚が異常水温を経験することで、著しい雌雄比の攪乱が起こる可能性が危惧されます。もし実際に野生集団において、高水温によりオスの割合が増え、雌雄比が著しく偏ってしまうと、その生物集団の繁殖能力が低下し、結果としてその生物集団の絶滅、ひいては周辺生態系へ悪影響を及ぼしかねません。しかし、これまで、魚類の「環境水温による性転換現象」は、野生環境下では全く証明されていませんでした。そこで本研究では、世界中に広く分布しているトウゴロウイワシ目魚類に着目し、東京湾に生息するギンイソイワシ（写真）の性転換現象と環境水温の関係性を明らかにすることを目指しました。

【内容と成果】

本研究では、2014年から2016年に千葉県館山市周辺で、それぞれの年に生まれた野生のギンイソイワシを捕獲し、全ての捕獲個体の表現型性を組織学的に調べました。その結果、2014年度から2016年度にかけて、野生集団におけるオスの割合が年々増加していることが明らかとなりました（図2）。次に、ギンイソイワシで既に発見しているY染色体のマーカ―遺伝子 *amhy* (Bej et al., 2017) を用いて、全個体の遺伝型性を調査したところ、年を追うごとに、遺伝的にはメス (XX) であるにもかかわらず、精巣を持つオスへと性転換している個体の割合が増加していることがわかりました（2014年は7.3%、2015年は17.9%、2016年は52.0%）。そこで、このオス性転換が実際に高水温によって誘起されたのかを明らかにするため、魚の内耳に存在する耳石の輪紋（1日1本形成される）を計数し、各個体の孵化日を推定しました。そして、稚魚の生育海域周辺の実測水温と照合することで、性が分化する時期に、各個体がどのような水温を経験したのかを推定しました。その結果、2016年は産卵期が例年より遅く、孵化した稚魚が2014年、2015年の個体群より高い水温を経験していたことが明らかとなりました。この野生環境下におけるオス性転換の出現頻度の上昇と高水温との関係性は、統計学的（一般化線型モデル）にも支持されました。さらに、飼育実験においても、ギンイソイワシは水温が上昇すればするほど、オス性転換の割合が増加することが再現されました。

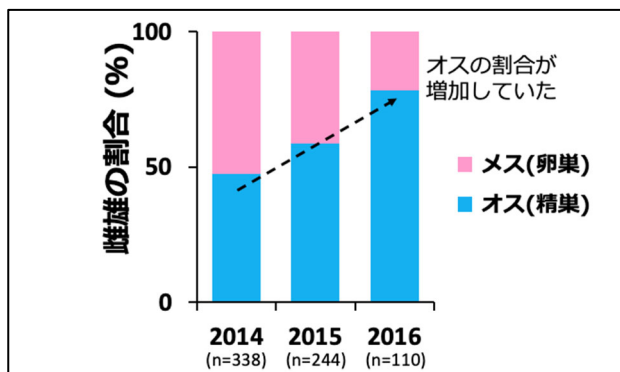


図2. 東京湾におけるギンイソイワシの雌雄の割合

【本研究の意義と今後の展望】

魚類の性別が環境水温の影響を受け、雌雄の割合がどちらかに偏るといった現象は古くから研究されてきました。しかし、野生環境下では、様々な環境要因が複雑に相互作用しているため、たとえ雌雄の偏りを検出できても、その現象と水温の因果関係を証明することが困難でした。本研究では、東京湾に生息するギンイソイワシをモデルに用い、遺伝型性判別マーカ―である *amhy* 遺伝子と耳石輪紋解析を用いて、個体レベルで性転換と経験水温の因果関係を調査しました。その結果、ギンイソイワシは、野生環境下において、高水温になれば遺伝的メス (XX) のオスへの性転換が増え、その結果、オスの割合が増加するということが証明されました。この事実は、ギンイソイワシのような「性の温度感受性」が高い魚類は、地球温暖化・気候変動に起因した水温変動の影響を真っ先にうけるということの意味しています。今後、このような魚を指標種として利用することで、地球温暖化・気候変動が、魚類野生集団の性に与える影響を評価・予測することが可能であると期待されます。

【参考文献】

Bej et al. (2017), G3-Genes Genomes Genetics, 7(8):2489-2495.

【研究助成】

本研究は、JSPS 科研費（15K18728、15KK0277、26241018、19H01162）の支援により行いました。

【発表論文】

本研究成果は、分子生態学の学術誌「Molecular Ecology」に 2020 年 5 月 31 日付でオンライン先行公開されました。

[タイトル] Phenotypic/genotypic sex mismatches and temperature-dependent sex determination in a wild population of an Old World atherinid, the cobaltcap silverside *Hypoatherina tsurugae*

[著者] Kaho Miyoshi, Ricardo S. Hattori, Carlos A. Strüssmann, Masashi Yokota, Yoji Yamamoto.

[雑誌] Molecular Ecology

[DOI] 10.1111/mec.15490

[URL] <https://doi.org/10.1111/mec.15490> [外部サイトに接続します]

【機関の情報】

国立大学法人東京海洋大学（東京都港区港南 4 丁目 5 番 7 号、学長 竹内 俊郎）

<本件に関するお問い合わせ先>

«リリースの問い合わせ先»

東京海洋大学海洋生物資源学部門

准教授 山本 洋嗣 yoji@m.kaiyodai.ac.jp

ご連絡をいただければ詳細を説明いたします。

【発信元】

国立大学法人東京海洋大学総務部総務課広報室

TEL : 03-5463-0355 E-mail : so-koho@o.kaiyodai.ac.jp

<http://www.kaiyodai.ac.jp/>

以上