

機関番号：18001

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20570019

研究課題名（和文） メダカにおける性淘汰圧の緯度勾配に関する研究

研究課題名（英文） Latitudinal gradient in sexual selection pressure in the medaka

研究代表者

山平 寿智 (YAMAHIRA, KAZUNORI)

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・教授

研究者番号：20322589

研究成果の概要（和文）：低緯度のメダカほどオスは二次性徴の発現が顕著であることが知られている。室内飼育実験の結果、低緯度のオスは鰭の伸長が速い代わりに成長が遅いことが明らかとなり、顕著な二次性徴は成長を犠牲に達成されることが示唆された。また、低緯度のメスはオスの抱接を受け入れにくく抱接後も抱卵を拒否する傾向にあり、配偶者選好性が強いことがわかった。これらの特性は、低緯度の長い繁殖期間に起因する強い性淘汰によって進化したと考えられる。

研究成果の概要（英文）：It has been reported that lower-latitude males have more conspicuous secondary sex characteristics in the medaka *Oryzias latipes*. Laboratory breeding experiments revealed that low-latitude males have higher fin elongation rates but grow slowly, suggesting that the conspicuous secondary sex characteristics are achieved at the expense of fast growth. It was also revealed that low-latitude females tend not to accept males' courtships, indicating that they are more choosy. Probably, these characteristics have been evolved by strong sexual selection due to long breeding seasons at low latitudes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学 生態・環境

キーワード：進化生態・性淘汰

1. 研究開始当初の背景

地球規模で見ると、多くの分類群において、その種多様性は赤道付近で高く、北と南へ緯度が増すにつれて低下するというパターンが見られる。では、なぜ熱帯の生物はかくも多様なのだろうか？種多様性の緯度パターンを説明する要因は様々挙げられているが、中でも、「種分化仮説」が近年注

目を集めている (Mora et al. 2003, Mittelbach et al. 2007)。すなわち、多様性の高い地域は種分化速度が速いというのである。種分化仮説は、その妥当性が近年活発に検証・議論されている (Bellwood & Hughes 2001, Mora et al. 2003)。しかし、そもそもなぜ低緯度地域は種分化が速いのだろうか？そのコンセンサスは未だ得られ

ていない。

メダカ属 (*Oryzias* 属) 魚類は東アジア・東南アジアに 25 種以上生息しており、その多くが熱帯域に分布している。特に、赤道直下のスラウェシ島には 11 種ものメダカが生息しており、多様性のホットスポットとなっている。これら熱帯に分布するメダカの特徴はオスの派手な二次性徴とそれに起因する顕著な性的二型にあり、いずれも強い性淘汰にさらされていると考えられている (山平 2009)。近年、性淘汰が種分化に寄与しているという理論/実証研究がアフリカンシクリッドやショウジョウバエをモデルに蓄積しつつあるが (Higashi et al. 1999, Doi et al. 2001, Seehausen et al. 2008), 我々は、この強い性淘汰こそが、低緯度地域の生物多様性の創出に関与していると考えている。

では、なぜ低緯度ほど性淘汰が強いのだろうか? 性淘汰圧の緯度勾配は、地理的分布域が南北に広い 1 つの種の中にも見られる: 我々は、日本のメダカ *O. latipes* 種内において、低緯度集団のオスほど二次性徴 (各鰭の伸長や光沢鱗の出現など) の発現が遺伝的に顕著で (図 1), 性的二型の程度が大きいことを明らかにした (山平 2009, Kawajiri et al. 2009)。その理由として、低緯度の集団ほど繁殖期間が相対的に長いいため、オス間の生涯獲得メス数の差が潜在的に大きいことが挙げられる。そのような環境では、①オスは他の適応度形質を犠牲にしても二次性徴形質への資源配分を増やすよう進化する and/or ②メスは配偶者を強く選り好みするよう進化する結果、性的二型が大きくなると考えられる。

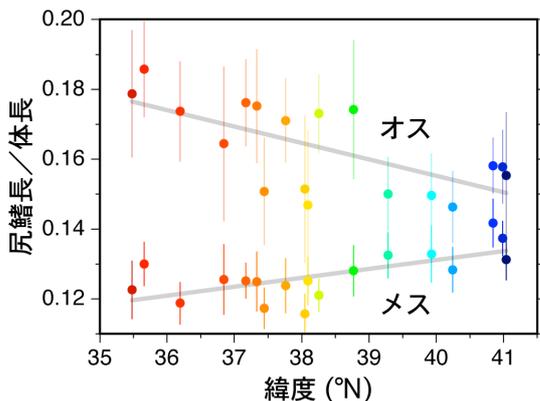


図 1 メダカの尾鰭長の緯度勾配

2. 研究の目的

本研究は、メダカ *O. latipes* をモデルに、①低緯度のオスほど二次性徴形質を強く発現する代わりに他の適応度形質への投資が少ない、ならびに②低緯度のメスほど配偶者選好性が強いことの検証を目的とする。

そのために、緯度の異なる複数の集団から得られたオスの二次性徴形質の発生過程ならびに成長のスケジュールを、実験室の共通環境下で比較する。また、異なる緯度から得られたメスを、それぞれ派手 (低緯度) vs. 地味な (高緯度) オスモデルにさらし、メスの配偶者選択に関わる行動の集団間の差異を記録する。ならびに本研究では、緯度の異なる複数の野生集団を対象に、野外における繁殖期の長さを特定・比較し、③低緯度の集団ほど繁殖期が長いことを示す得られた結果をもとに、性淘汰圧に緯度勾配が生じる生態的背景について論じる。

3. 研究の方法

(1) 成長・発生スケジュールの集団間変異の解析

青森 (青森市馬屋尻), と福井 (敦賀市樫曲) からそれぞれメダカの成魚を雌雄 10 個体ずつ採集し、繁殖ペアとして実験室で飼育・繁殖させた。各繁殖ペアから受精卵を採取し、孵化した仔稚魚を 26°C のもとで個別に飼育した。各仔稚魚は成長過程に応じて一定間隔で繰り返しデジカメで撮影し、画像解析ソフトを用いて各個体の標準体長と各鰭の長さを測定した。成長曲線と鰭の発生曲線を集団間で比較した。また、近縁種のハイナムメダカ (ベトナム・ハノイ) を用いて、同様の飼育実験を予備的に行った。

(2) 配偶者選好性の集団間変異の解析

青森と福井からそれぞれ成魚雌雄 10 個体ずつ採集し、実験室で飼育・維持した。水槽 (26°C) 内をアクリル板で 2 区画に区切り、一方の区画にオス 1 個体、もう一方にメス 1 個体を入れた。一定時間後アクリルの仕切りを外して雌雄を自由に交配させ、その配偶行動をビデオ撮影により観察した。雌雄の組み合わせを変えてこの観察を繰り返し、メスの配偶者選好性を集団間で比較した。

(3) 野外における繁殖期間の集団間変異の解析

青森と福井に調査定点を設置し、2003 年 4 月から 9 月にかけて、各地点月 1 回、10-20 個体の成魚を採集しホルマリンで固定した。本研究では、それらの標本を用い、各個体の体重と生殖腺重量を測定した。生殖腺指数の季節変化から、各集団の繁殖時期を特定・比較した。

4. 研究成果

(1) 成長・発生スケジュールの集団間変異の解析

低緯度集団 (福井) の仔魚は、高緯度集団

(青森)の仔魚に比べ、尻鰭および背鰭の伸長が始まる体長が大きいことがわかった。さらに、低緯度のオスではある体長を境に体長に対する鰭条の伸長率が急激に増加するのに対し、高緯度のオスではそのような伸長率の変化は見られなかった(図2)。しかし、低緯度のオスは成長が遅く、小さな体サイズで成長が頭打ちになる傾向にあることもわかった。同様の傾向はメダカ(温帯種)とハイナンメダカ(熱帯種)の間にも見られた。これは、低緯度における強い性淘汰のもと、顕著な二次性徴が、成長への投資を犠牲に進化したことを示唆している。今後は、成長と発生との関係を個体レベルで解析し、両者の間のトレードオフ関係の有無を検証する必要がある。

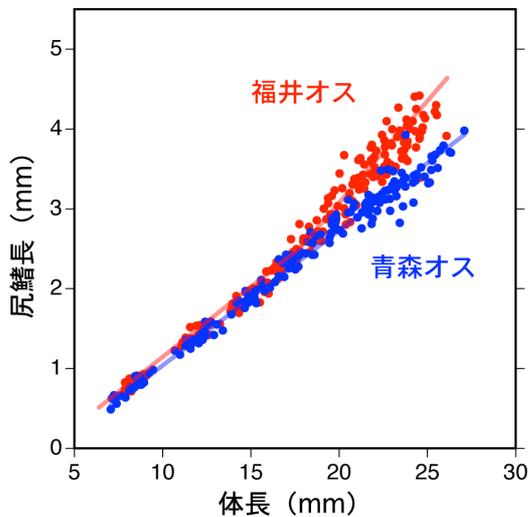


図2 オスの尻鰭の伸長過程の集団間変異

(2) 配偶者選好性の集団間変異の解析

低緯度集団のオスの方が、オス間競争やメスへの求愛行動をより頻繁に行うことがわかった。また、高緯度のメスも低緯度のメスも、低緯度のオスより高緯度のオスに対しての方が、抱接を受け入れ産卵に至るまでにより長時間を要する傾向にあったが、低緯度のメスの方が全体的にその時間が長かった。さらに低緯度のメスは高緯度のオスに対して頻繁に抱接拒否を行うのに対し、高緯度のメスはどちらのオスに対しても抱接をほとんど拒否しなかった(図3)。これらの結果は、低緯度のメスほど配偶者選好性が強いことを示唆している。低緯度における強い配偶者選好性は種分化を促進し、ゆえに熱帯の高い種多様性の創出に貢献しているかもしれない。

(3) 野外における繁殖期間の集団間変異の解析

高緯度のメスの生殖腺指数は6月にのみ高い値を示したのに対し、低緯度では5月か

ら8月まで高い値を維持していた(図4)。これは、低緯度の集団ほど繁殖期間が長いことを示している。低緯度における強い性淘汰圧は、この繁殖期間の長さ起因すると考えられる。今後は、実効性比の季節変化パターンを緯度間で比較する必要がある。

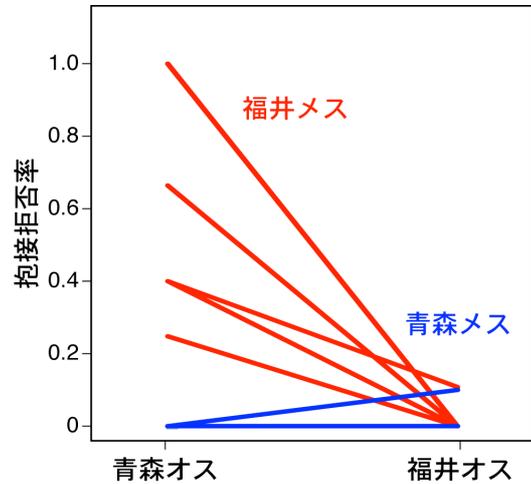


図3 メスの抱接拒否率の集団間変異

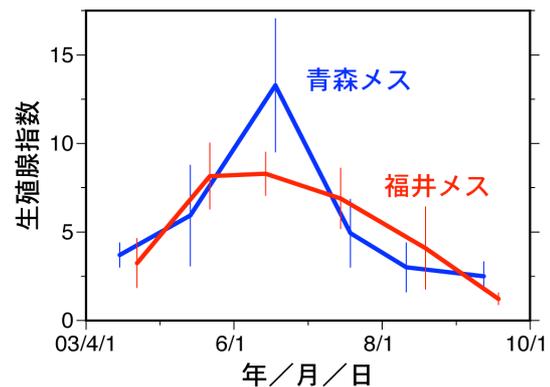


図4 メスの生殖腺指数の季節変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

① Kawajiri M, Yamahira K (2011) Ontogenetic variation in fin ray segmentation between latitudinal populations of the medaka, *Oryzias latipes* Environmental Biology of Fishes, in press 査読有

② 山平寿智 (2010) メダカにおける気候適応と地理的分布域の規定要因. 月刊海洋, 42:379-384. 査読無

③ Suzuki Y, Miyake T, Yamahira K (2010) Why do low-latitude ectotherms grow more slowly?: an acquisition trade-off with fast growth in a fish, the medaka *Oryzias*

latipes. Evolutionary Ecology, 24:749-759. 査読有

④ Kawajiri M, Kokita T, Yamahira K (2009) Heterochronic differences in fin development between latitudinal populations of the medaka *Oryzias latipes* (Actinopterygii: Adrianichthyidae) Biological Journal of the Linnean Society, 97:571-580. 査読有

⑤ Yamahira K, Nishida T, Arakawa A, Iwaisaki H (2009) Heritability and genetic correlation of abdominal versus caudal vertebral number in the medaka (Actinopterygii: Adrianichthyidae): genetic correlations on evolution of axial patterning? Biological Journal of the Linnean Society, 96:867-874. 査読有

⑥ Yamahira K, Nishida T (2009) Latitudinal variation in axial patterning of the medaka (Actinopterygii: Adrianichthyidae): Jordan's rule is substantiated by genetic variation in abdominal vertebral number. Biological Journal of the Linnean Society, 96:856-866. 査読有

〔学会発表〕(計20件)

- ① 川尻舞子・鈴木雄也・山平寿智, 個体発生に伴うメダカの配偶行動の変化とその緯度間変異. 日本動物行動学会第29回大会, 2010.11.20, 沖縄県男女共同参画センター
- ② Yamahira K, Global pattern in species diversity of medaka fishes: why do so many *Oryzias* live in the tropics? JSPS Marine Fish Workshop at Okinawa, 2010.6.21, University of the Ryukyus
- ③ 鈴木雄也・山平寿智, メダカにおける遊泳能力と警戒性の緯度間変異に関する研究. 第57回日本生態学会, 2010.3.18, 東京大学
- ④ 阿部真和・山平寿智, メダカの成長速度の緯度間変異における種内および種間パターンについて. 第57回日本生態学会, 2010.3.18, 東京大学
- ⑤ 牧田拓・山平寿智, メダカにおける実効性比の季節変化について. 第57回日本生態学会, 2010.3.17, 東京大学
- ⑥ 山平寿智, 温度反応基準の進化とその制約について. 第57回日本生態学会, 2010.3.16, 東京大学
- ⑦ 山平寿智, メダカ的生活史の気候適応: エコゲノミクスへの展望と問題. 2009年度日本魚類学会年会, 2009.10.12, 東京海洋大学
- ⑧ 佐々木健・山平寿智, メダカにおける求愛行動および配偶者選好性の緯度間変異. 2009年度日本魚類学会年会, 2009.10.10, 東京海洋大学
- ⑨ 川尻舞子・山平寿智, メダカにおける鰭

条のセグメント形成の集団間変異. 第11回日本進化学会大会, 2009.9.3, 北海道大学
⑩ 三宅崇・山平寿智, 性的二型を示すメダカの尻鰭の成長パターンの雌雄および集団間の変異. 第11回日本進化学会大会, 2009.9.3, 北海道大学

⑪ Yamahira K, Inter- and intrapopulation variation in thermal reaction norms for growth rate: evolution of latitudinal compensation in ectotherms with a genetic constraint. 12th Congress of the European Society for Evolutionary Biology, 2009.8.25, Turin, Italy

⑫ 阿部真和・山平寿智, メダカの成長速度の緯度間変異におけるクレード内およびクレード間の変異について. 第56回日本生態学会大会, 2009.3.19, 岩手県立大学

⑬ 藤本真悟・山平寿智, メダカにおける配偶行動および性淘汰の緯度間変異. 第56回日本生態学会大会, 2009.3.19, 岩手県立大学

⑭ 山平寿智, 地球温暖化に伴うメダカ的生活史の可塑的变化と適応進化. 第10回日本進化学会大会, 2008.8.23, 東京大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

○テレビ出演(計1件)

① ちょっと変だそ!日本の自然, NHK総合テレビ, 2010.8.18

○専門雑誌への寄稿(計3件)

① 山平寿智(2011)メダカ属魚類の系統進化と地理的分布について. 月刊アクアライフ, 2011-5:22-23

② 山平寿智(2011)メダカの尻鰭の形態と機能の緯度間変異について. 月刊アクアライフ, 2011-5:30-31

③ 山平寿智(2009)メダカの系統進化と形態的多様性について. 月刊アクアライフ, 2009-5:56-57

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山平 寿智 (YAMAHIRA, KAZUNORI)

琉球大学・熱帯生物圏研究センター・教授

研究者番号: 20322589