

ハマトビウオ属（トビウオ科魚類）6種/亜種の核型

Karyotypes of 6 species and subspecies in the genus *Cypselurus*
(Teleostei, Beloniformes, Exocoetidae)

上田 高嘉¹, 米沢 純爾², 橋本 浩²,
UEDA Takayoshi¹, YONEZAWA Junji², HASHIMOTO Hiroshi²
長山佐知子³, 上田裕紀枝³
NAGAYAMA Sachiko³, UEDA Yukie³

概要 (Summary)

The flyingfish (family Exocoetidae) comprises about 50 species and subspecies. The flyingfish is important as fishery resources in Asia. The karyotype of the flyingfish has not been reported. From May to July in 2009, six species and subspecies in the genus *Cypselurus* were collected at Oshima (Tokyo Prefecture), Hachijojima (Tokyo Prefecture) and Iejima (Okinawa Prefecture), Japan. The chromosome slides were made by the blood culture method. *C. hiraii*, *C. doederleini*, collected at Oshima, and *C. agoo*, collected at Hachijojima, had 48 chromosomes ($2n$), consisting of 2 M (metacentrics) / SM (submetacentrics) and 46 ST (subtelocentrics) / A (acrocentrics). *C. pinnatibarbatulus japonicus*, collected at Hachijojima, *C. poecilopterus* and *C. unicolor*, collected at Iejima, had 48 chromosomes ($2n$), consisting of 48 ST/A. *C. agoo* had two big M/SM, and *C. hiraii* and *C. doederleini* had two small M/SM. Ag-NORs (Ag-banded nucleolar organizer regions) in *C. hiraii* and *C. doederleini* were observed on the terminal region of the short arm in two small M/SM. *C. agoo* had Ag-NORs on the terminal region of the short arm in two ST/A and on the terminal region of the long arm in two ST/A. *C. pinnatibarbatulus japonicus* had Ag-NORs on the terminal region of the long arm in two ST/A. Ag-NORs in *C. poecilopterus* and *C. unicolor* were observed on the terminal region of the short arm in four ST/A.

キーワード：トビウオ科魚類, Exocoetidae, *Cypselurus*, 核型, Ag-NORs

1. はじめに

トビウオ類はダツ目トビウオ科 Exocoetidae に分類される海産魚で，世界に8属52種/亜種 (Nelson, 2006)¹⁾，太平洋に7属47種/亜種 (Parin, 1971)²⁾，日本には7属31種/亜種 (藍澤・土居内, 2013)³⁾ が生息するとされる。南北両半球の熱帯域から温帯域にかけて広域に出現するが (Parin, 1971)²⁾，熱帯域を起源とし中緯度方面に生息域を拡大したと考えることもできる。日本国内では，北海道などを除き多くの都府県で捕獲され (米沢, 2011)⁴⁾，重要な水産資源でもある。また，トビウオ類の大きな特徴は胸鰭が伸長し飛行能力を有することであるが，その形質の獲得の過程は系統分類や生物進化の面からも興味深いものがある。日本列島は南北に長いこともあ

¹⁾ 宇都宮大学教育学部 (連絡先: ueda@cc.utsunomiya-u.ac.jp 上田高嘉)

²⁾ 東京都島しょ農林水産総合センター

³⁾ 栃木県立馬頭高等学校

って気候帯は熱帯域から亜寒帯域に及ぶ。また、世界に分布するトビウオ類のうち半数以上の種/亜種が生息することから、トビウオ類の進化・分化と生息環境の関係を研究する上で、日本周辺域は極めて好適な地域の一つと考えられる。

トビウオ類の系統分類は、比較形態学をベースに進化分類学や分岐分類学的手法により検討されたものが主体であったが（松原, 1955⁵⁾; Dasilao and Sasaki, 1998⁶⁾）、近年、分子遺伝学的手法による研究も導入され始めている（Lewallen et al., 2011）⁷⁾。魚類の系統分類に当たっては核型分析も重要な情報を提供することが指摘されているが（井田, 1988）⁸⁾、これまでトビウオ類の核型に関する報告はない。そこで、東京都産および沖縄県産のトビウオ類6種/亜種について核型分析を行ったので報告する。

2. 材料および方法

2009年5～7月に採集されたハマトビウオ属 *Cypselurus* の6種/亜種、八丈島（東京都）産のハマトビウオ *C. pinnatibarbatus japonicus*, トビウオ *C. agoo*, 大島（東京都）産のホソトビウオ *C. hiraii*, ツクシトビウオ *C. doederleini*, 伊江島（沖縄県）産のアヤトビウオ *C. poecilopterus*, オオメナツトビ *C. unicolor* の核型分析を行った。船上で採血後、大学に冷蔵搬送し、血液培養法で染色体標本を作製した。通常のギムザ染色および銀染色を施し、光学顕微鏡にて観察した。銀染色は Howell and Black (1979)⁹⁾ の方法に従い、Ag-NORs（銀染色法により濃染される染色体上の核小体形成部位）を観察した。

なお、供試魚の種判別は藍澤（2000）¹⁰⁾ に、学名は藍澤・土居内（2013）³⁾ に従った。

3. 結果および考察

核型および Ag-NORs の結果は Table 1 に示す通りとなった。

Table 1. Karyotypes of 6 species and subspecies in the flyingfish.

| Species | Localities | Karyotypes | Metacentrics/ Submetacentrics | Ag-NORs | Distribution Areas |
|-------------------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|---------|---------------------------|
| <i>C. hiraii</i> | Oshima | 2n=48: 2 M/SM + 46 ST/A | 2 small M/SM | 2a | Subtropical~ Temperate |
| <i>C. doederleini</i> | Oshima | 2n=48: 2 M/SM + 46 ST/A | 2 small M/SM | 2a | Subtropical~ Temperate |
| <i>C. agoo</i> | Hachijojima | 2n=48: 2 M/SM + 46 ST/A | 2 large M/SM | 2b + 2c | Subtropical~ Temperate |
| <i>C. pinnatibarbatus japonicus</i> | Hachijojima | 2n=48: 48 ST/A | — | 2c | Temperate |
| <i>C. poecilopterus</i> | Iejima | 2n=48: 48 ST/A | — | 4b | Tropical~ Temperate |
| <i>C. unicolor</i> | Iejima | 2n=48: 48 ST/A | — | 4b | Tropical~ Subtropical |

a; M/SM with Ag-NORs on the terminal region of the short arm: b; ST/A with Ag-NORs on the terminal region of the short arm: c; ST/A with Ag-NORs on the terminal region of the long arm.

大島産のホソトビウオ、ツクシトビウオおよび八丈島産トビウオの染色体数は 48本 (2n) で、メタセントリック染色体 (M) /サブメタセントリック染色体 (SM) が2本、サブテロセントリ

ック染色体 (ST) /アクロセントリック染色体 (A) が46本であった。八丈島産ハマトビウオおよび伊江島産アヤトビウオ、オオメナツトビの染色体数は48本 ($2n$) で、48本全てST/Aであった。Fig. 1 にハマトビウオの、Fig. 2 にツクシトビウオの核型を示した。トビウオは2本の大型の M/SM を持ち、ホソトビウオおよびツクシトビウオは2本の小型の M/SM を持った。

これまでトビウオ類の染色体に関する報告はトビウオ *C. agoo* の染色体数 ($2n=48$) に限られ (Ojima and Yamamoto, 1990)¹¹⁾、核型に関しては本論が初めの報告になる。

Ag-NORs を持つ染色体には3つのタイプ、即ち、短腕の端部に濃染を持つ小型M/SM の a-タイプ、短腕の端部に濃染を持つ ST/A の b-タイプ、長腕の端部に濃染を持つ ST/A の c-タイプが認められた。ホソトビウオ、ツクシトビウオは2本の a-タイプ、トビウオは2本の b-と2本の c-タイプ、アヤトビウオ、オオメナツトビは4本の b-タイプが観察された (Table 1, Figs. 3と4)。小型の M/SM には濃染が観察されたが、大型の M/SM には濃染は認められなかった (Table 1, Figs. 3と4)。

米沢 (2014)¹²⁾ に基づき、本研究に用いたトビウオ類6種/亜種の主要な分布域を Table 1 に示した。魚類においては、ST/Aから成る $2n=48$ の染色体構成が基本核型と考えられている (Ebeling and Chen, 1970)¹³⁾。トビウオ類は熱帯域を起源にすると考えることもできると上述したが、本研究における6種/亜種の中ではオオメナツトビとアヤトビウオの2種が熱帯域～亜熱帯域に分布する。これら2種では核型が基本染色体構成である48 ST/A で、Ag-NORs はいずれも c-タイプであった。一方、主に日本周辺の温帯域に分布するホソトビウオとツクシトビウオはいずれも2 M/SM + 46 ST/A で、Ag-NORs はいずれも a-タイプであった。これらのことから、トビウオ類の地理的分布と種分化に、核型が関与している可能性も示唆される。

また、トビウオ類においても48 ST/A が基本構成であるとすれば、ホソトビウオ等に存在する M/SM は逆位によって ST/A から生じたものと考えられる。さらに、ホソトビウオとツクシトビウオの小型 M/SM は Ag-NORs を持つ ST/A から派生したものと考えられることもできる。

しかし、現状では分析事例が乏しいことから、今後、採集地を広げ、種数、個体数を増やし詳細な分析を加え、核型進化、種分化機構の解明につなげたい。

4. 謝辞

本研究の一部は、琉球大学熱帯生物圏研究センター平成21年度共同利用研究で行わせていただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

5. 要約

トビウオ科魚類は世界に約50種/亜種が生息するとされる。東京都産および沖縄産のハマトビウオ属6種/亜種について、血液培養法によって染色体標本を作製した。ホソトビウオ、ツクシトビウオおよびトビウオの染色体数は48本 ($2n$) で、M/SM が2本、ST/Aが46本であった。ハマトビウオ、アヤトビウオ、オオメナツトビの染色体数は48本 ($2n$) で、48本全てST/Aであった。Ag-NORs を持つ染色体には、短腕の端部に濃染を持つ小型M/SM の a-タイプ、短腕の端部に濃染を持つ ST/A の b-タイプ、長腕の端部に濃染を持つST/A の c-タイプの3つのタイプが認められた。ホソトビウオ、ツクシトビウオは2本の a-タイプ、トビウオは2本の b-と2本の c-タイプ、

アヤトビウオ、オオメナツトビは4本のb-タイプが観察された。トビウオ科魚類の核型については、本論が初めての報告になる。

6. 文献

- 1) J. S. Nelson, *Fishes of the World* (4th ed.), A Wiley-Interscience Publication, New York (2006).
- 2) N. V. Parin, 太平洋魚類, ソ連科学アカデミー研究所編, 阿部宗明ほか訳, ラテイス, 東京 (1971).
- 3) 藍澤正弘・土居内龍, 日本産魚類検索 全種同定, 第3版, 東海大学出版会, 神奈川 (2013).
- 4) 米沢純爾, 第59回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告: 183-188 (2011).
- 5) 松原喜代松, 魚類の形態と検索 I, 石崎書店, 東京 (1955).
- 6) J. C. Dasilao and K. Sasaki, *Ichthyol. Res.* 45: 347-353 (1998).
- 7) E. A. Lewallen, R. L. Pitman, S. L. Kjartanson and N. R. Lovejoy, *Biological J. Linnean Society* 102: 161-174 (2011).
- 8) 井田齊, 現代の魚類学, 朝倉書店, 東京 (1988).
- 9) W. M. Howell and D. A. Black, *Copeia* 1979: 544-546 (1979).
- 10) 藍澤正弘, 日本産魚類検索 全種同定, 第2版, 東海大学出版会, 神奈川 (2000).
- 11) Y. Ojima and K. Yamamoto, *La Kromosomo*, II, 57: 1871-1888 (1990).
- 12) 米沢純爾, 第62回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告: 214-226 (2014).
- 13) A. W. Ebeling and T. R. Chen, *Trans. Amer. Fish. Soc.* 99: 131-138 (1970).

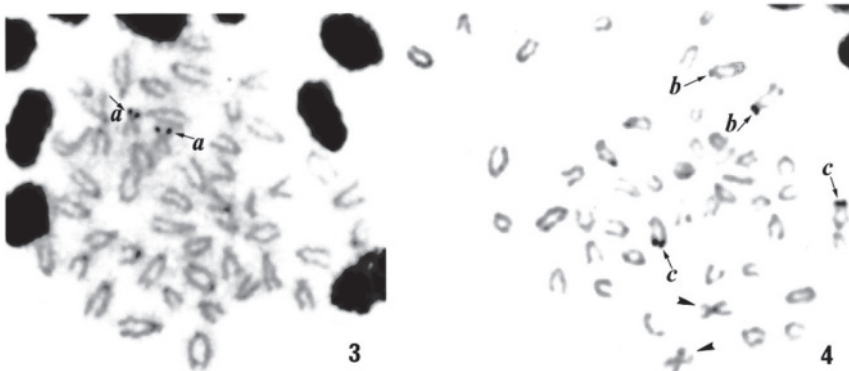
平成28年9月30日受理



Fig. 1. Karyotype of *C. pinnatibarbatus japonicus*.



Fig. 2. Karyotype of *C. doederleini*.



Figs. 3 and 4. Two Ag-banded metaphase figures of *C. doederleini* (Fig. 3) and *C. agoo* (Fig. 4). Arrows indicate a-, b-, and c-types of Ag-NORs in Table 1. Arrowheads indicate two large M/SM without Ag-NORs.