

ナガレホトケドジョウの腹部白色線形状による個体識別法

青山 茂

〒654-0049 兵庫県神戸市須磨区若宮町1-3-5 神戸市立須磨海浜水族園
(電子メール: shigeru_aoyama@kobe-ita.or.jp)

(1999年6月25日受付; 1999年12月20日改訂; 2000年1月14日受理)

キーワード: ナガレホトケドジョウ, 腹部の白色線状部, 形状変異, 自然標識, 個体識別

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2000

Shigeru Aoyama. 2000. A method for the individual identification using the variation in the natural white linear markings on the abdomen of the cobitid fish *Lefua* sp. Japan. J. Ichthyol., 47(1): 61-65.

Abstract A method for individual identification using the variation in the dual white linear markings naturally occurring on the abdomen of the cobitid fish, *Lefua* sp. sensu (Hosoya, 1993: Nagarehotoke-dojou), was developed by conducting an extensive field study and a photo matching test. Between March 1995 and December 1998, a total of 129-day investigations were conducted in the upper reaches of a river in Hyogo Prefecture, Japan. The linear markings on the abdominal region were photographed and then the captured fish were released at the capture point. All fish larger than 20 mm SL had the linear markings. All sampled fish on any one sampling day showed unique linear markings. The fish with the same unique caudal fin clipping showed the same linear markings, within two captures three to five months apart. The markings of which fish ranged from young to old did not change with long term growth. In the photograph-matching tests, all test-takers could identify individual fish with a high degree of accuracy. Therefore, each individual was effectively and permanently identifiable by the variation of the white linear markings and this simple method is applicable and may be fruitful for ecological studies.

Kobe Municipal Suma Aqualife Park, 1-3-5 Wakamiya, Suma, Kobe, Hyogo 654-0049, Japan (e-mail: shigeru_aoyama@kobe-ita.or.jp)

動物個体群を構成する各個体の成長, 移動, 繁殖成功などの生態要因を明らかにするには, あらかじめ個体識別が必要である. 魚類の個体識別法には, 自然標識によるものと, 人為標識によるものとがある. 自然標識には, たとえば生得的な斑紋 (Reese, 1973; Moyer and Bell, 1976; Matsumoto et al., 1997) や, 外部寄生虫による非生得的な斑点 (片野, 1999), 傷跡 (Karino, 1995) などがある. 人為標識には, 鰭の一部の切除 (長田, 1985), 鰭の棘や軟条の除去 (Goto, 1985), 入れ墨 (Watanabe, 1994), 凍印 (Sorensen et al., 1983), 焼き入れ (山口, 1993), 個体識別タグ (Heugel et al., 1977; Nakano et al., 1990) などがある. 人為標

識の欠点として, これらの標識時の魚の死亡や標識以後の死亡率の増加が, ブルックスティックルバク *Culaea inconstans* の稚魚 (Moodie and Salfert, 1982) およびハクレン *Hypophthalmichthys molitrix* (Pierson and Bayne, 1983) に対する蛍光色素の注入, 胎生メダカへのジアゾフィルムの挿入 (Heugel et al., 1977) において報告されている. ブラウントラウトに対する顎の標識では成長率の低下も認められ (Schuck, 1942), いずれにせよ標識が魚に与える影響は無視できない. 自然標識で個体識別できれば, 魚の成長, 捕食され易さ, 死亡率, あるいは行動に何ら影響を与えることなく, 個体を追跡することが可能である.

これまで自然標識による個体識別法は、レンテナヤッコ *Centropyge interruptus* (Moyer and Nakazono, 1978) やササノハベラ属魚類 (Matsumoto et al., 1997) の斑紋、クロソラスズメ *Stegastes nigricans* の傷跡 (Karino, 1995) のように、繁殖期など限られた期間に多くても数十個体を対象とした、主に行動観察が目的の研究に用いられている。さらにチョウチョウオ科魚類の斑紋 (Reese, 1973) のように捕獲を伴わない個体識別法として用いられる場合もある。一方、再捕を繰り返す必要が多い生活史の研究に効果的な、どの個体でも生涯に渡って個体識別できる自然標識はほとんど知られていない。

ナガレホトケドジョウ *Lefua* sp. はコイ目ドジョウ科に属する淡水魚で、本州、四国の瀬戸内斜面を中心に分布し、山間の河川の上流域に生息する (細谷, 1993)。全長 7 cm に達し、水産庁から希少種に選定されている (細谷, 1998)。本研究では、ナガレホトケドジョウの腹部を胸鰭基部から腹鰭基部にかけて走る 2 本の白色線状部 (膠原繊維が密に集まった緻密結合組織、以下白線と呼ぶ) の形状変異を利用した個体識別法の有効性を、1) 白線の形状が個体ごとに異なること、2) 成長に伴って変化しないこと、3) 観察者が異なっても確実に識別できること、について野外調査と研究室での識別テストにより検討した。

材料と方法

調査は 1995 年 3 月–1998 年 12 月のうち 1996 年 2 月と 1997 年 1 月を除く期間に毎月 1–7 日間行った。調査場所は瀬戸内海に流入する兵庫県下の河川の上流域 (標高約 300 m) で、調査区間の流程は約 300 m、川幅は 1–2 m であった。なお、ナガレホトケドジョウの保護上の観点から調査河川名は明らかにしない。魚の採集は、たも網 (2 mm メッシュ) とモンドリトラップ (口径 2 cm, 直径 7 cm, 長さ 13 cm) で行った。採集した魚は、0.0075% オイゲノール (4-Allyl-2-methoxyphenol) で麻酔後、50 mm マクロレンズで腹部の白線を写真撮影し、ノギスで標準体長を 0.1 mm の単位で測定した。その後、ナイロン網地の袋に魚を入れて川の中に置き、麻酔から完全に覚めたのを確認した後、採集場所に放した。白線の形状の確認は現像した写真を以前の写真と照合することにより行った。性別判定は腹部の皮膚から透けて見える生殖腺が、雄では白く見え、雌では灰色に見えるか、卵が直接見えることより行った。以上の調査によって白線の形状

が個体ごとに異なっているか、それが変化しないかということについて検討した。1998 年 11 月と 12 月に採集した 65 個体については、以上の操作と併せて、尾鰭を様々な形に切除し、写真に記録した。その上で 3–5 カ月後にあたる 1999 年 3 月と 4 月に再捕し、白線の形状による個体識別が尾鰭の切除の形状による個体識別と一致するかを確認した。

この個体識別法で、観察者が異なっても同じ識別結果が得られるかどうかを調べるため、次のようなテストを行った。採集個体の多かった 1996 年 8 月の 129 個体から、前後に 4 回以上採集経歴のある 20 個体を選び、5 個体ずつ 4 グループに分けた。個体識別写真を第 1 グループの個体は 1 枚ずつ、第 2 グループの個体は 2 枚ずつ、第 3 グループは 3 枚ずつ、第 4 グループは 4 枚ずつというように 1–4 枚をあてはめ、合計 50 枚を用意した。なお、第 2 グループ以降の写真は個体ごとに異なる採集月の写真を用意した。また、第 2 グループの 5 個体のうち 2 個体は、水槽で飼育していたもので、飼育開始当初とほぼ 1 年後の写真を使った。選んだ写真を順不同にして、重ねたまま被験者に渡し、個体ごとに分けてもらった。そして、1 個体分の写真が完全に識別された場合を正解、それ以外を不正解として 20 個体分の正解率を計算した。

結果および考察

腹部の白色線状部は体長 20 mm 以上のすべての個体で確認できた。約 4 年間の調査期間中、延べ 129 日の調査で延べ 5009 個体、1 日平均 38.8 個体 (最大 122 個体、最小 2 個体) を採集したが、同じ採集日に同一の形状と判断される個体が採集されることはなかった。このことから、白線の形状は個体ごとにすべて異なっていると考えられる。

鱗切標識した 65 個体のうち 3–5 カ月後に再捕された個体は 41 個体であった。これらの個体の白線の形状はすべて前回と変わらなかった (Fig. 1)。以上の結果から、異なる採集日に採集された同じ白線の形状を示す個体が同一個体である可能性がきわめて高い。したがって、白線の形状を用いた個体識別が有効であることを示している。調査期間終了時点の識別個体数は 1100 個体に達した。

1995 年–1998 年の個体の成長が、白線発現以後の魚の体長範囲である 20–70 mm をほぼ満たすように選んだ 4 個体において、それらはおおよそ 22 から 41 mm, 45 から 54 mm, 56 から 64 mm, 64 から 67 mm へとそれぞれ成長を示したが、各個体の白線の形状は初回と変わらなかった (Fig. 2)。このことから、

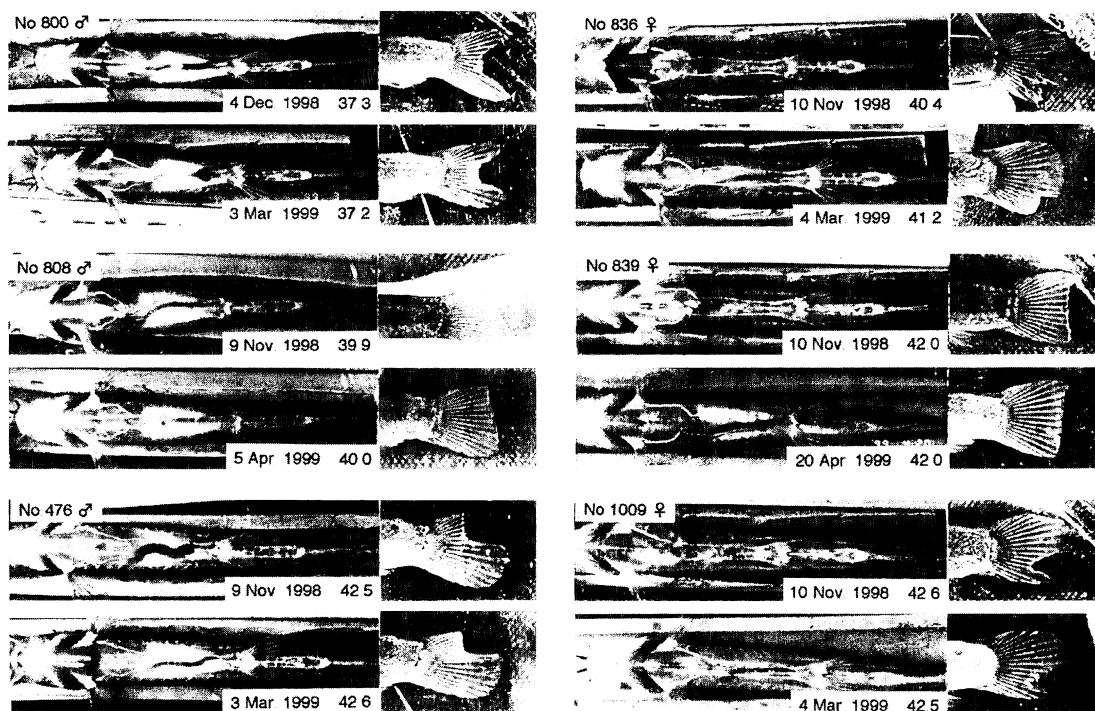


Fig. 1. Individuals of *Lefua* sp. distinguished both by natural markings (white linear patterns) and artificial markings (caudal fin by clippings). Individual number and sex are shown on the first photo of each pair. Date and standard length (mm) of each individual when captured are shown in each photo. Male gonads look white through abdominal skin. Female gonads look pale gray, or ova are seen directly.

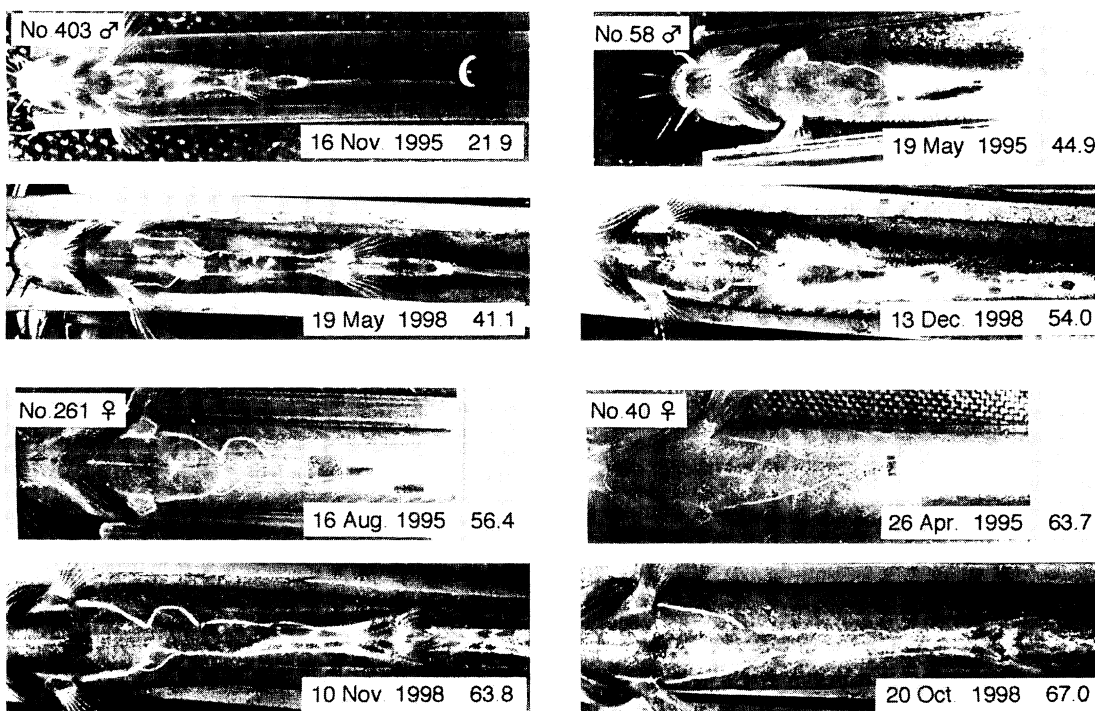


Fig. 2. Long term stability of natural white linear markings in individuals of *Lefua* sp.

魚が成長しても白線の形状は変わらないと判断される。このような4年に渡って採集された個体は153個体であり、このうち最長の再捕期間はNo. 6(♂)における1995年3月23日から1998年11月9日までの1355日であった。

第三者による識別テストの結果では、被験者10人中4人が100%識別できた。残り6人のうち3人が95%の正解率であったが、不正解はいずれも第4グループの1個体4枚の写真を2個体1枚と3枚というように2つに分けた場合であった。残り3人の被験者も80%以上の正解率で、全体的に高い識別結果が得られた (Table 1)。

これまで自然標識による個体識別法には、識別できる個体の範囲や期間が限られることや、識別の容易さに問題があった。たとえば、斑紋の変異を用いて個体識別した場合、カワムツ *Zacco temmincki* (片野, 1999)、ササノハベラ属魚類 (Matsumoto et al., 1997) では、そのような特別な斑紋を持たないなどの理由で識別できない個体に対しては人為標識が用いられている。今回、ナガレホトケドジョウの腹部の白線は体長20mm以上の全採集個体で見られ、その形状は個体ごとに異なっていると判定された。このことから、本報告の個体識別法はほぼすべての個体に適用できると考えられる。

行動観察の際に斑紋による個体識別が行われているベラ科 (Matsumoto et al., 1997)、スズメダイ科 (Moyer and Bell, 1976)、キンチャクダイ科 (Moyer and Nakazono, 1978) などでは、幼老や性転換によって一生の間に斑紋が変化する種の存在が報告されている (益田ほか, 1975)。一方、傷跡は治癒にしたがい不明瞭になったり、消える場合がある。このように成長する魚を斑紋や傷跡で長期に渡って個体識別するのは難しいと予想される。また、人為標識でも、入れ墨法では色素 (Brunken, 1987;

Lotrich and Meredith, 1974; McIlwain and Christmas, 1975) や魚種 (Rinne and Deacon, 1973; Pierson and Bayne, 1983) の違いによって識別可能期間が異なった例が報告されている。たとえば、魚の体側に蛍光色素を注入した場合、ソウギョ *Ctenopharyngodon idella* では238日後まで色素が確認できたが、ハクレンでは174日後までしか色素が確認できなかった (Pierson and Bayne, 1983)。タグでは調査期間中の脱落 (Jefferts et al., 1963; Joswiak et al., 1978; Nakano et al., 1990) が報告されている。Goto (1985) はカンキョウカジカ *Cottus hangiongensis* で鱭の棘や軟条の除去による個体識別法が永久標識になると報告している。ただし、この場合魚体を傷つけることは避けられず、また体長50mm以下の個体では技術的に難しい (Goto, 1985)。本報告の方法では、幼若個体から老成個体までが長期間を経て成長しても白線の形状が変化せずに識別できたことから、個体の死亡まで識別が可能であると考えられる。

小型魚類では色彩や模様は判別できないことが多い (桑村, 1996)。また行動観察時の個体識別に斑紋が利用できる場合でも、クマノミ *Amphiprion clarkii* (Moyer and Bell, 1976) やレンテンヤッコ (Moyer and Nakazono, 1978)、ミナミアカエソ *Synodus dermatogenys* (Donaldson, 1990) では個体の生活場所や体長、行動と組み合わせで識別している。今回の識別テストでは、被験者が各個体の写真の枚数や体長、性別など他の情報を伴わない白線の形状だけを示され、さらに練習なしに初めて識別を試みたにもかかわらず高い識別結果が得られた。このことは、本報告の個体識別法は観察者が異なっても容易に個体識別できることを示しており、少し訓練を積めばほぼ確実に識別できると考えられる。

ナガレホトケドジョウの腹部に見られる白線の形状はヒトの指紋のように個体に固有であると考えられる。魚を麻酔してこの自然標識を写真に記録するという簡単な個体識別法は、魚に悪影響を与えず、体長20mm以上の個体において死亡まで識別可能で、観察者が異なっても容易かつ確実に識別できることから、生活史などの生態調査にきわめて有効である。現在、コンピューターに白線の形状を読み込み、画像解析処理することでより多くの個体を効率よく識別することを検討中である。また、兵庫県加古川水系産のホトケドジョウ *Lefua echigonia* 51個体について調べたところ、ナガレホトケドジョウと同様に腹部に白線が見られ、

Table 1. Results of the photo-matching tests*

Number of test-takers	Correct identification (%)
4	100
3	95
3	80

* Ten test-takers tried to match photographs of natural white linear markings of *Lefua* sp. taken in different months.

Details of the test process is given in the text.

すべての個体でその形状が異なっていた(青山, 未発表資料)。このことからホトケドジョウでも、この個体識別法の適用が可能と考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり懇切なご助言と励ましをいただき、原稿のご校閲をいただいた大阪教育大学教授の長田芳和博士、兵庫県立人と自然の博物館の坂田宏志博士、およびナガレホトケドジョウについてさまざまな情報をいただいた水産庁中央水産研究所の細谷和海博士に深く感謝の意を表す。腹部の白線の組織学的なご教示をいただいた長崎大学水産学部教授の吉越一馬博士に深く感謝の意を表す。

引用文献

- Brunken, H. 1987. The suitability of acrylic colors for marking stone loach (*Noemacheilus barbatulus* L.). *J. Ichthyol.*, 3: 92-96.
- Donaldson, T. J. 1990. Lek-like courtship by males, and multiple spawnings by females of *Synodus dermatogenys* (Synodontidae). *Japan. J. Ichthyol.*, 37: 292-301.
- Goto, A. 1985. Individual identification by spine and ray clipping for freshwater sculpins. *Japan. J. Ichthyol.*, 32: 359-362.
- Heugel, B. R., G. R. Joswiak and W. S. Moore. 1977. Subcutaneous diazo film tag for small fishes. *Prog. Fish-Cult.*, 39: 98-99.
- 細谷和海. 1993. ドジョウ科. 中坊徹次(編), pp. 231-235, 1260-1261. 日本産魚類検索—全種の同定. 東海大学出版会, 東京.
- 細谷和海. 1998. ナガレホトケドジョウ. 水産庁(編), pp. 152-153. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック. (社)日本水産資源保護協会, 東京.
- Jefferts, K. B., P. K. Bergman and H. F. Fiscus. 1963. A coded wire identification system for macro-organisms. *Nature*, 198: 460-462.
- Joswiak, G. R., A. B. Eisenbrey and W. S. Moore. 1978. Rejection of diazo tag in cyprinids. *Prog. Fish-Cult.*, 40: 146-147.
- Karino, K. 1995. Effective timing of male courtship displays for female mate choice in a territorial damselfish *Stegastes nigricans*. *Japan. J. Ichthyol.*, 42: 173-180.
- 片野 修. 1999. カワムツの夏—ある雑魚の生態. 生態学ライブラリー1, 京都大学学術出版会, 京都. ix+230 pp.
- 桑村哲生. 1996. 魚類の繁殖戦略入門. 桑村哲生・中嶋康裕(編), pp. 1-41. 魚類の繁殖戦略1. 海游舎, 東京.
- Lotrich, V. A. and W. H. Meredith. 1974. A technique and the effectiveness of various acrylic colors for subcutaneous marking of fish. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 103: 140-142.
- 益田 一・荒賀忠一・吉野哲夫. 1975. 魚類図鑑—南日本の沿岸魚. 東海大学出版会, 東京. 379 pp.
- Matsumoto, K., K. Mabuchi, M. Kohda and T. Nakabo. 1997. Spawning behavior and reproductive isolation of two species of *Pseudolabrus*. *Ichthyol. Res.*, 44: 379-384.
- McIlwain, T. D. and J. Y. Christmas, III. 1975. A new batch marking technique for fingerling striped bass. *Prog. Fish-Cult.*, 37: 123-125.
- Moodie, G. E. E. and I. G. Salfert. 1982. Evaluation of fluorescent pigment for marking a scaleless fish, the brook stickleback. *Prog. Fish-Cult.*, 44: 192-195.
- Moyer, J. T. and A. Nakazono. 1978. Population structure, reproductive behavior and protogynous hermaphroditism in the angelfish *Centropyge interruptus* at Miyake-jima, Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 25: 25-39.
- Moyer, J. T. and L. J. Bell. 1976. Reproductive behavior of the anemonefish *Amphiprion clarkii* at Miyake-jima, Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 23: 23-32.
- 長田芳和. 1985. パラタナゴ *Rhodeus ocellatus* (Kner) の産卵効率に影響する要因に関する実験的解析. 大阪教育大学紀要 第III部門, 34: 81-101.
- Nakano, S., T. Kachi and M. Nagoshi. 1990. Restricted movement of the fluvial form of red-spotted masu salmon, *Oncorhynchus masou rhodurus*, in a mountain stream, central Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 37: 158-163.
- Pierson, J. M. and D. R. Bayne. 1983. Long-term retention of fluorescent pigment by four fishes used in warmwater culture. *Prog. Fish-Cult.*, 45: 186-188.
- Reese, E. S. 1973. Duration of residence by coral reef fishes on "home" reefs. *Copeia*, 1973: 145-149.
- Rinne, W. E. and J. E. Deacon. 1973. Fluorescent pigment and immersion stain marking techniques for *Lepidomeda mollispinis* and *Cyprinodon nevadensis*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 102: 459-462.
- Schuck, H. A. 1942. The effect of jaw-tagging upon the condition of trout. *Copeia*, 1942: 33-39.
- Sorensen, P. W., M. Bianchini and H. E. Winn. 1983. Individually marking American eels by freeze branding. *Prog. Fish-Cult.*, 45: 62-63.
- Watanabe, K. 1994. Growth, maturity and population structure of the bagrid catfish, *Pseudobagrus ichikawai*, in the Tagiri River, Mie Prefecture, Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 41: 15-22.
- 山口安男. 1993. 焼き入れ標識法の有効性について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 29: 112-117.