

シリーズ・Series

日本の希少魚類の現状と課題

魚類学雑誌 61(1):33-35
2014年4月25日発行

ニホンウナギ：現状と保全

Current threats to and conservation of the Japanese eel (*Anguilla japonica*)

ニホンウナギ *Anguilla japonica* はウナギ科ウナギ属に属し、北海道太平洋岸から海南島（波戸岡，2013）にいたる東アジアに広く分布する降河回遊魚である。近年、世界ではじめて産卵親魚（Chow et al., 2009；Kurogi et al., 2011）および天然卵（Tsukamoto et al., 2011）が相次いで発見され、本種は西マリアナ海嶺南部海域の水深 200 m 前後の中層で、夏を中心とする時期の新月に産卵することがつきとめられた。葉形仔魚は北赤道海流、黒潮によって移送され、大陸棚近傍海域でシラスウナギへと変態後、冬を中心とする時期に東アジア沿岸に來遊する。沿岸域加入後、産卵回遊までの間、河川淡水域に遡上して定着するものの他に、一度も淡水域を経験せず海域に生息するもの（Tsukamoto et al., 1998）、一度河川淡水域に遡上して、再び汽水域や海域に戻るもの、海域、汽水域、淡水域を何度も行き来するもの（Tsukamoto and Arai, 2001；Kotake et al., 2003）など、成長期の生息場所は汽

水域が中心であるが、回遊生態は多様である。

種の全体的な危機状況と減少要因

ニホンウナギについては、農林水産省漁業・養殖業生産統計に全国の主要河川における天然ウナギの漁獲量データ（図 1）がある。前述のように本種には淡水生活期をもたず、海域で一生を過ごす個体（Tsukamoto et al., 1998）と、海域から河川（汽水域や淡水域）に遡上し成長した後、産卵のため再び海域へ下る個体の存在が知られている。環境省第 3 次レッドリスト（2007 年）では、漁獲量の明らかな減少がみられるものの、河川遡上個体が産卵に寄与しているかなど、生態に関して不明な部分が多いため、情報不足（DD）とされた（環境省，2013）。環境省第 4 次レッドリストでは、産卵場で採捕されたニホンウナギ親魚の耳石微量元素解析から、河川感潮域に生息していた証拠となる汽水履歴がすべての個体から確認され、淡水履歴がないものは 30% に限られること（Mochioka et al., 2012）、また日本の河川で生息していた可能性が高い個体が含まれていたこと（Otake et al., 2012）などの最新の知見から、河川へ遡上する個体が産卵に大きく寄与していることが確かめられ、前述の漁獲量データに基づき、3 世代の減少率は少なくとも 50% 以上と推定されることから、絶滅危惧 IB 類（EN）に掲載された（環境省，2013）。また、2013 年 7 月から

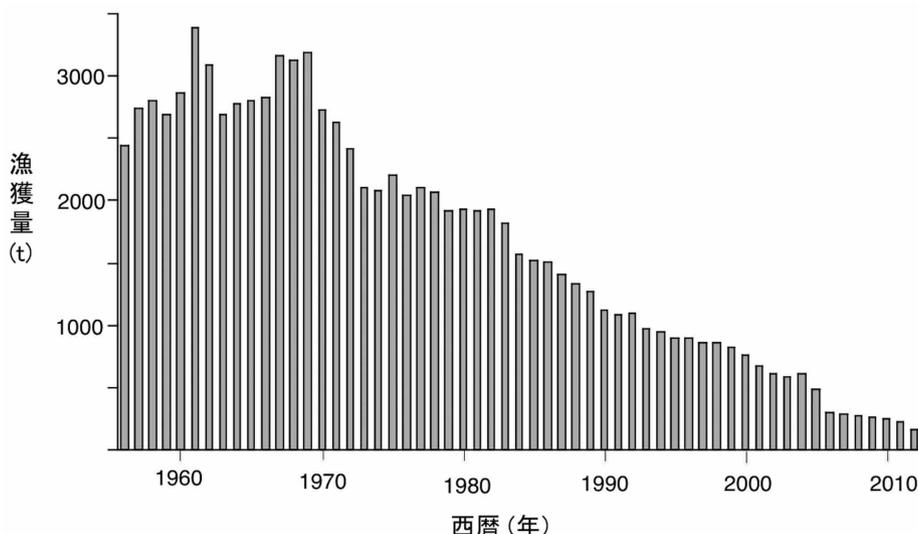


図 1. 日本におけるニホンウナギの漁獲量変化。統計値は農林水産省漁業養殖業生産統計内水面漁業・養殖業の部、全国年次別・魚種別生産量（2013 年 12 月 17 日公表）のデータを用いた。

国際自然保護連合 (IUCN) も本種を含むウナギ属 19 種について、絶滅の危険性に対する科学的検討を開始した。同年 11 月に公表された IUCN レッドリストに本種は掲載されなかったが、引き続き検討が行われている。

ニホンウナギは完全養殖に成功しているが (水産総合研究センター, 2010), コスト低減を含む大量生産技術は未確立であり, 現在, 養鰻用種苗は 100% 天然のシラスウナギに依存している。日本におけるシラスウナギの採捕量は 1960 年代始めに 200 トン以上を記録したが, 1980 年代以降は 30 トン以下で推移し, 2010 年からは 4 年連続の不漁 (10 トン以下) となり, 養鰻業に多大な影響を与えている。

ニホンウナギの産卵・回遊生態は近年, 急速に解明がすすんだが, 複雑な個体群変動のメカニズムを十分に説明できる段階には至っていない。東アジア鰻資源協議会 (2012) は, 短期 (数年以内), 中期 (10 年単位), 長期 (100 年単位) に分けて減少要因の可能性を次のように整理している。

短期的要因: 海洋環境の変動, 産卵時期のズレ, 回遊期間の延長等による仔魚死亡率の増大, 産卵地点の南下と北赤道海流の分岐 (バイファクション) 位置の北上による無効分散の増加。

中期的要因: シラスウナギ漁業を含む陸水・沿岸域における乱獲, 河川や沿岸域など, 成長期の個体の生息場所の減少と劣化。

長期的要因: 長期的な地球・海洋環境変動に対する種の生活史特性や分布域の適応的变化。

短期的要因は, はるか外洋で産卵し, 長期の浮遊仔魚期をもつウナギ類に特有のものである。提起された仮説の検証を行うため, 2013 年に水産庁照洋丸と海洋研究開発機構白鳳丸によってマリアナ諸島西方の広大な海域におけるニホンウナギ葉形仔魚の分布と物理環境に関する調査が実施された。短期的な減耗要因を明らかにするため, またシラスウナギの来遊量を予測し, 適切な個体群管理を行うために, このようなフィールド調査は長期にわたり継続して行う必要がある。

沿岸域に來遊したシラスウナギは, 沿岸の浅所や河口域において海洋での遊泳生活から定着生活に移行し, 摂餌を開始する。海岸や汽水域における護岸整備, 沿岸域の開発 (埋立など) による藻場や干潟の減少は, 稚魚の生残に影響を与えたと推察され, それらの要因はまた, その後のクロコ期と黄ウナギ期の生息場所および餌料生物の減少などを通じて, ニホンウナギ生息域の質的劣化や減少を招いたと考えられる (Itakura et al., 2014)。加えて, 河口堰, 取水堰, ダムなど河川横断構造物の建設は, 稚ウナギの河川への遡上を妨げ, 河川におけるニホンウナギの生息域の量的な減少につながったことが指摘されている (Tatsukawa, 2003)。また, 河川横断構造物は産卵回遊に向かう下りウナギの降河を阻害することも指摘されている (McCarthy et al., 2008, 2014)。

ニホンウナギ, ヨーロッパウナギ *Anguilla anguilla*,

アメリカウナギ *Anguilla rostrata* のシラスウナギ漁獲量 (Anonymous, 2003) が, 1970 年代から 1980 年代の経済発展にともなって減少に転じていることは, これらの個体数減少の背景に人為的な要因による生息環境の悪化の存在がうかがえる。一方, わが国のウナギ養殖生産量は, ほぼ一貫して増加し, 1980 年代にピークに達している (農林水産省, 2013)。シラスウナギの漁獲量が減少を続けていた 1970 年代から 1980 年代にかけての養鰻種苗の採捕が個体群の縮小に影響を及ぼした可能性は否定できない。

1980 年代後半, 中国で日本向けの養鰻業が盛んになり, 安価な加工品の輸入が急激に増え, 2000 年には過去最高の 13 万トンを越えるウナギ類が輸入された。その 7 年後, 中国経由で日本に多量に輸入されたヨーロッパウナギはワシントン条約の規制対象種となった。近年のニホンウナギのシラスの不漁をうけて, 生息状態や個体群サイズの把握もなされないまま熱帯ウナギ類の輸入と消費が加速しつつある。種類を問わず養殖ウナギはもともと野生生物である。現在も続く非持続的な消費がウナギ類の個体群に打撃を与えてきたことは否定できない。

具体的な保全対策や活動

ニホンウナギは縄文時代から長年にわたり食資源として利用されてきた。食文化はもちろんのこと, 伝統漁法, 短歌, 浮世絵, 民話, 信仰はじめ, ニホンウナギはかけがえのない多様な文化を育ててきた魚である。また, 人工シラスウナギの大量生産の実現にはさらなる技術開発を待たねばならず, 少なくともそれまでの間, 天然のニホンウナギ資源に頼らざるを得ない。このような魚種の個体群回復策の立案にあたっては, 資源としての持続的な利用とのバランスを考慮しながら進める必要がある。本種の場合は個体群サイズの推定が難しいため, 個別の個体群回復策についてその効果を定量的に評価することは難しいが, 上記の減少要因のうち, 着手可能な中期的要因を低減することが管理方策につながることは自明である。東アジア鰻資源協議会 (2012) は本種の保護・保全方策として, 1) 河川・沿岸域における漁獲規制, 2) 河川・沿岸環境の保全・再生, 3) 放流技術の改良とその他の増殖対策の振興を提言している。

漁業管理による回復策としては, 産卵親魚 (下りウナギ), 黄ウナギ (河川などにおける成長期のもの), シラスウナギの漁獲規制などが挙げられ, 特に翌年の新規加入を支える下りウナギの保護は, 遊漁者も含めたステークホルダーの合意形成を経て, 急ぎ進める必要がある。2013 年から鹿児島県と宮崎県では 10-12 月の 3 ヶ月間, 熊本県では 10-3 月の半年間, 下りウナギ保護を主目的とした県内全河川での遊漁を含むニホンウナギの採捕禁止を実施した。また, 福岡・佐賀両県の有明地区河川では 2008 年から, 愛知県, 鹿児島県, 宮崎県, 熊本県, 高知県等では 2013 年からシラスウナギ採捕期間の短縮を実施している。

日本各地におけるニホンウナギのシラスの来遊の期間と量に関する科学的データは無いに等しい状態にある。東アジア鰻資源協議会は「鰻川計画」として、2009年より神奈川県から種子島に至る全国8ヶ所で周年のシラスウナギ調査を開始した。相模川では2010年と2011年の両年ともにシラス採捕期間外の6月に来遊のピークがみられたこと(Aoyama et al., 2012)や、黒潮から離れた場所ほど来遊開始が遅れること、それぞれの調査場所における来遊期間とピークには年による変動が大きいことも明らかになってきた。2013年からは鰻生息状況等緊急調査事業(水産庁)が始まり、茨城県から沖縄県石垣島にいたる主要河川で周年の来遊量調査が開始された。このようなシラスウナギ来遊量のモニタリング調査を行った上で、地域毎に一定量の取り残し確保をめざした適切な漁期設定の検討が必要である。また、シラスウナギ漁期の短縮は資源管理の第1段階であり、宮崎県がすでに進めているような量的規制の導入も早急に進める必要がある。

上述のような漁業規制に加え、生息場所の保全対策(質的、量的な改善)の同時進行の必要性は論をまたない。鹿児島県は2012年10月にステーキホルダーによる鹿児島県ウナギ資源増殖対策協議会を発足し、島嶼部を除く県内全内水面および海面において10-12月における採捕禁止およびシラスウナギ採捕期間の短縮を実施するとともに、多自然の河川に再生するまでの緊急処置として、コンクリート護岸の汽水域に石倉ガゴを設置し、ニホンウナギと餌生物のすみか再生の試みを開始した。

日本では40年以上にわたって養殖ウナギの放流が行われてきたにも拘わらず、その効果の科学的検証は行われていない。放流の目的は、第1に親魚候補の添加による自然個体群の増加にあり、放流を行う際には、天然ウナギ個体群や周辺生態系への影響について十分な科学的検討を行う必要がある。また、近年のニホンウナギのシラスの不足から、東アジア各地においてニホンウナギ以外の外来種の養殖が急増している。これら外来種の天然水系への散逸や放流ウナギへの混入には、厳重な監視が必要である。

ニホンウナギは、中国、台湾、韓国も同一の個体群を資源として利用しており、個体群変動要因を検討する上で、これらの国々における漁獲の状況や生息環境についても考慮しなければならない。ニホンウナギの個体群管理は関係国と歩調を合わせて取り組むことが必要であり、最大消費国の日本が率先して、ウナギ類の消費のあり方も含め、個体群の回復を図る責任と義務がある。

引用文献

Anonymous. 2003. Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action: Québec declaration of concern. *Fisheries* 28: 28-30.
Aoyama, J., A. Shinoda, T. Yoshinaga and K. Tsukamoto. 2012. Late arrival of *Anguilla japonica* glass eels at the Sagami River estuary in two recent consecutive year classes: ecology and socio-economic

impacts. *Fish. Sci.*, 78: 1195-1204.
Chow, S., H. Kurogi, N. Mochioka, S. Kaji, M. Okazaki and K. Tsukamoto. 2009. Discovery of mature freshwater eels in the open ocean. *Fish. Sci.*, 75: 257-259.
波戸岡清峰. 2013. ウナギ科 *Anguillidae*. 中坊徹次(編), p. 240, 1783-1784. 日本産魚類検索全種の同定. 第三版. 東海大学出版会, 東京.
東アジア鰻資源協議会 緊急提言. 2012. http://eassec.info/EASEC_WEB/index.html. (参照 2014-1-20).
Itakura, H., T. Kitagawa, M. J. Miller and S. Kimura. 2014. Declines in catches of Japanese eels in rivers and lakes across Japan: Have river and lake modifications reduced fishery catches? *Landscape. Ecol. Eng.* DOI 10.1007/s11355-014-0252-0.
環境省. 2013. 第4次レッドリストの公表について(汽水・淡水魚類). <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16264>. (参照 2014-1-20).
Kotake, A., T. Arai, T. Ozawa, S. Nojima, M. J. Miller and K. Tsukamoto. 2003. Variation in migratory history of Japanese eels, *Anguilla japonica*, collected in coastal waters of the Amakusa Islands, Japan, inferred from otolith Sr/Ca ratios. *Mar. Biol.*, 142: 849-854.
Kurogi, H., M. Okazaki, N. Mochioka, T. Jinbo, H. Hashimoto, M. Takahashi, A. Tawa, J. Aoyama, A. Shinoda, K. Tsukamoto, H. Tanaka, K. Gen, Y. Kazeto and S. Chow. 2011. First capture of post-spawning female of the Japanese eel *Anguilla japonica* at the southern West Mariana Ridge. *Fish. Sci.*, 77: 199-205.
McCarthy, T. K., P. Frankiewicz, P. Cullen, M. Błazkowski, W. O'Connor and D. Doherty. 2008. Long-term effects of hydropower installations and associated river regulation on River Shannon eel populations: mitigation and management. *Hydrobiologia*, 609: 109-124.
McCarthy, T. K., D. Nowak, J. Grennan, A. Bateman, B. Conneely and R. MacNamara. 2014. Spawner escapement of European eel (*Anguilla anguilla*) from the River Erne, Ireland. *Ecol. Freshw. Fish*, 23: 21-32.
Mochioka, N., R. Wakiya, H. Kurogi, S. Chow, K. Morishita, T. Inai, J. Aoyama, T. Otake and K. Tsukamoto. 2012. Migratory history of Japanese eels collected from their spawning area. 6th World Fisheries Congress. Book of Abstract: 124.
農林水産省. 2013. 漁業養殖業生産統計 内水面漁業・養殖業の部 全国年次別・魚種別生産量. http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html. (参照 2014-1-20).
Otake, T., K. Shirai, Y. Amano, N. Mochioka, T. Takahashi and K. Tsukamoto. 2012. The growth areas of spawning Japanese eels estimated by otolith Sr isotope ratios. 6th World Fisheries Congress. Book of Abstract: 220.
水産総合研究センター. 2010. ウナギ完全養殖達成. *FRANEWS*, 23: 4-21.
Tatsukawa, K. 2003. Eel resources in East Asia. In: Aida K, Tsukamoto K, Yamauchi K (eds) *Eel biology*. Springer, Tokyo, pp 293-298.
Tsukamoto, K. and T. Arai. 2001. Facultative catadromy of the eel *Anguilla japonica* between freshwater and seawater habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 220: 265-276.
Tsukamoto, K., I. Nakai and W.-V. Tesch. 1998. Do all freshwater eels migrate? *Nature*, 396: 635.
Tsukamoto, K., S. Chow, T. Otake, H. Kurogi, N. Mochioka, M. J. Miller, J. Aoyama, S. Kimura, S. Watanabe, T. Yoshinaga, A. Shinoda, M. Kuroki, M. Oya, T. Watanabe, K. Hata, S. Ijiri, Y. Kazeto, K. Nomura and H. Tanaka. 2011. Oceanic spawning ecology of freshwater eels in the western North Pacific. *Nat. Com.*, 2: 179. Doi:10.1038/ncomms1174.

(望岡典隆 Noritaka Mochioka : 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院農学研究院 e-mail: mochioka@agr.kyushu-u.ac.jp)

図2. 愛媛県内の釣具店で販売されていたドジョウ. 上下ともに同一ロットから得た個体. 斑紋や尾柄の肉質隆起, 背鰭条数などに差異がみられる.

ゴ *Pseudorasbora parva* が輸入・販売されている (齊藤ほか, 2011) (図2). 清水・高木 (2010a) は, 愛媛県内で中国産として販売されているドジョウと同じミトコンドリア・ハプロタイプを自然水域から確認しており, 高木ほか (2010) はそれらがマイクロサテライト・マーカーにおいても近似していることを示している. これらのことから, 国内へ輸入されているドジョウがなんらかの過程を経てすでに一部の在来個体群と混合していることは明らかである. 中国産と推定されるドジョウの遺伝子はドジョウ養殖場からも確認されており (清水・高木, 2010a), 輸入種苗が食用や釣り餌のみならず, 養殖用種苗としても用いられていると推定される. このことは, 休耕田を利用した養殖地が起源となり, 非在来性のドジョウを大量に自然水域へ流出させる可能性を示している.

非在来性のドジョウの自然水域への侵入過程としては, 食材や釣り餌の放逐, 養殖地からの逸散のみならず, 鳥類のトキ *Nipponia nippon* やコウノトリ *Ciconia boyciana*, ナベヅル *Grus monacha* の餌としての他産地からの導入 (総務省, 2013; 吉郷, 2007; 景平ほか, 2009; Kano et al., 2011), 仏教儀式の放生会における市場等で販売されているドジョウの放流 (例えば, 梅原總山墓相研究所ホームページ, <http://www5b.biglobe.ne.jp/~bosou/intoku/intoku2.htm>, 2013-8-19 参照) などがあり, 非在来性の遺伝子系統の拡散要素は多方面にわたっている.

食材として中国から輸入されるドジョウの取扱量は近年, 減少傾向にあり (例えば大内, 2011), 今後の動向によっては更なる国外遺伝子の侵入は徐々に抑えられる可能性もあるが, すでに侵入した個体を起源として在来

個体群との交雑や繁殖が進むと推定されるため, 一旦攪乱を受けた地域での在来個体群の検出・復元はきわめて困難である. また, 交雑個体が形態情報の識別に著しく困難をきたし, 分類学的な検討の障害となることは想像に難くない. 加えて, 輸入されるドジョウには, 国内で確認されていない多様な倍数性の個体が含まれており (Zhao et al., 2012), これらの逸出は多様な配偶子接合の様式を通じて自然個体群の繁殖システムをも変貌させる恐れがある. もちろん, 国外からの個体の導入には, 外来性の病原体の拡散を促進する可能性があることも, 重要な問題のひとつである.

ドジョウ個体群の保全に向けて

我が国において, 様々な流域開発により河川の氾濫源が減少する中, 一時的水域を繁殖の場とする魚類では, 広大な水田とその周辺環境が重要な位置を占めてきた (齊藤ほか, 1988; 片野, 1998). 河川と水田環境との繋がりには, ドジョウ個体群の保全に有効であり, 本種の生活史における水域ネットワークの利用実態については様々な報告がある (例えば田中, 1999; Fujimoto et al., 2008; 田中ほか, 2011). 近年の稲作形態の変化や圃場における水利用の変化によって, 河川と水路, 水田における水域ネットワークは不連続化してきており, そうした水域では水田周辺で魚類の多様性が乏しくなることが報告されている (片野, 1998; 片野ほか, 2001). 河川と水田を往来して生活史を完結している水生生物保全のために, 現在では水田魚道の設置によりネットワークを復元させる試みが各地で行われ, その有効性が検証されている (楠田・笠原, 2009; 農林水産省中国四国農政局土地改良技術事務所, 2011; 佐川, 2012). 水生生物

の多様性を米作の地域ブランドとして付加価値をみだす取り組みもなされており、そうした場所では今後、ドジョウ個体群の保全も進んでいくと思われる。しかし、本稿で述べたように本種には、種の多様性や固有性の消失に繋がる人為移植という重要な懸案事項が内在されており、まずドジョウという種の位置づけを明らかにすること、そして自然水域における本種個体群の攪乱の実態を把握し、在来個体群の保全に取り組むことが今後の課題といえる。また、すでに攪乱が進行している水域では、個体の自然分散による影響の範囲を明らかにした上で、在来個体群の生息水域との間で意図的・非意図的な人為による個体の交流が発生しないような配慮をおこなうことが重要である。

多様な形で現在資源利用され続けている本種は、その状況が続く限り自然水域での攪乱を完全に防ぐことは困難である。特に、休耕田を利用した粗放的な水田養殖の現場においては、本種以外にもコイ・フナ類やナマズ、また、近年ではメダカ類やホンモロコ *Gnathopogon caeruleus* など、多様な魚種が利用されており、種苗の由来によってはそれらの逸出による自然個体群の攪乱が予測される。しかし、現状ではそうした観点から水田養殖や養殖用種苗を規制する動きはない。一方で、現在一部で取り込まれているドジョウの屋内無泥養殖のような形態では（内海, 2012）、個体の自然水域への逸出を抑えることが期待できるため、今後の動向が注目される。釣具店等で販売されているドジョウの拡散については、購入後の利用者のモラルに委ねられる部分も大きい。今後こうした攪乱実態等について普及・啓発が必要であろう。

おわりに

ドジョウは日本の風景とともにあり、人々になじみ深い魚として、古くから積極的に資源利用されてきた。このことが今日の地域固有性の危機へと繋がっている点は、日本産純淡水魚類の中でコイ・フナ類と並ぶ特徴的な事情である。また、本種については国外および国内外来魚問題という2つの側面を合わせもつことも注目される。いわゆる「ドジョウ」が生態系の構成メンバーとして河川と一時的水域のネットワークの中にあることは、生物多様性保全の点から、また失われつつある日本の原風景保全の観点から重要である。しかし、保全すべきは進化的背景をもつ地域固有の個体群であり、アイコン化した「ドジョウ」でないことは、今日の我々にとって論をまたないといえよう。

引用文献

- Abilhoa, V., H. Bornatowski and J. R. S. Vitule. 2013. Occurrence of the alien invasive loach *Misgurnus anguillicaudatus* in the Iguacu River basin in southern Brazil: a note of concern. *J. Appl. Ichthyol.*, 29: 257–259.
- Berra, T. M. 2001. *Freshwater fish distribution*. Academic Press,

- California. xxxviii+604 pp.
- Bleeker, P. 1860. Zesde bijdrage tot de kennis der vischfauna van Japan. *Acta Societatis Regiae Scientiarum Indo-Neerlandicae*, 8: 1–104, 2 pls.
- Boeseman, M. 1947. Revision of the fishes collected by Burger and Von Siebold in Japan. E. J. Brill, Leiden. viii+242 pp., 5 pls.
- Cantor, T. 1842. General features of Chusan, with remarks on the flora and fauna of the island. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, Ser. 1, 9 (58): 265–278, 361–370, 481–493.
- Chen, J.-X. 1981. A study on the classification of the subfamily Cobitinae of China. *Trans. Chin. Ichthyol. Soc.*, (1): 21–32.
- 董 仕・谷口順彦・石田力三. 1999. 茨城県東連津川で見られたドジョウの2型. *魚類学雑誌*, 46: 83–90.
- Fujimoto, Y., Y. Ouchi, T. Hakuba, H. Chiba and M. Iwata. 2008. Influence of modern irrigation, drainage system and water management on spawning migration of mud loach, *Misgurnus anguillicaudatus* C. *Environ. Biol. Fish.*, 81: 185–194.
- 藤田朝彦. 2007. 本邦で確認されている“カラドジョウ”の学名について. *魚類学雑誌*, 54: 243–244.
- Günther, A. 1868. *Catalogue of the fishes in the British Museum*. Volume seventh. Trustees of the British Museum, London. xx+512 pp.
- 細谷和海. 2013. 79. ドジョウ科. 中坊徹次(編), pp. 328–334, 1819–1822. *日本産魚類検索 全種の同定 第三版*. 東海大学出版会.
- 石田力三. 1969. ドジョウ. 大島泰雄・稲葉伝三郎(監), pp. 109–187. *養魚講座 5 ヘラブナ・ドジョウ・スッポン・ブラックバス*. 緑書房, 東京.
- Jordan, D. S. and H. W. Fowler. 1903. A review of the Cobitidae, or loaches, of the rivers of Japan. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 26 (1332): 765–774.
- 景平真明・中村匡聡・土岐章夫. 2009. ミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列に基づく兵庫県円山川におけるドジョウ在来集団由来の遺伝的組成. *大分県水試調研報*, (2): 33–35.
- Kano, Y., K. Watanabe, S. Nishida, R. Kakioka, C. Wood, Y. Shimatani and Y. Kawaguchi. 2011. Population genetic structure, diversity and stocking effect of the oriental weatherloach (*Misgurnus anguillicaudatus*) in an isolated island. *Environ. Biol. Fish.*, 90: 211–222.
- 鹿野雄一・中島 淳・水谷 宏・仲里裕子・仲里長浩・揖 善継・黄 亮亮・西田 伸・橋口康之. 2012. 西表島におけるドジョウの危機的生息状況と遺伝的特異性. *魚類学雑誌*, 59: 37–43.
- 加納光樹・今井 仁. 2008. *魚類*. 多紀保彦(監), pp. 121–176. 決定版 *日本の外来生物*. 平凡社, 東京.
- 加納光樹・斉藤秀生・洲上聡子・今村彰伸・今井 仁・多紀保彦. 2007. 渡良瀬川水系の農業水路におけるカラドジョウとドジョウの出現様式と食性. *水産増殖*, 55: 109–114.
- 片野 修. 1998. 水田・農業水路の魚類群集. 江崎保男・田中哲夫(編), pp. 67–79. *水辺環境の保全—生物群集の視点から—*. 朝倉書店.
- 片野 修・細谷和海・井口恵一郎・青沼佳方. 2001. 千曲川流域の3タイプの水田間での魚類相の比較. *魚類学雑誌*, 48: 19–25.
- Khan, M. R. and K. Arai. 2000. Allozyme variation and genetic differentiation in the loach *Misgurnus anguillicaudatus*. *Fish. Sci.*, 66: 211–222.
- Kimura, S. 1934. Description of the fishes collected from the Yangtze kiang, China, by late Dr. K. Kishinouye and his party in 1927–1929. *J. Shanghai Sci. Inst.*, Sect. 3, 1: 1–247, 6 pls.
- Kitagawa, T., Y. Fujii and N. Koizumi. 2011. Origin of the two major distinct mtDNA clades of the Japanese population of the oriental weather loach *Misgurnus anguillicaudatus* (Teleostei: Cobitidae). *Folia Zool.*, 60: 343–349.
- 小出水規行・竹村武士・渡部恵司・森 淳. 2009. ミトコンド

- リア DNA によるドジョウの遺伝特性—チトクローム *b* 遺伝子の塩基配列による系統解析—, 農業農村工学会論文集, 259: 7-16.
- Kottelat, M. 2012. *Conspectus cobitidum: an inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitidae)*. Raffles Bull. Zool., Suppl. 26: 1-199.
- Kottelat, M. and J. Freyhof. 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Publ. Kottelat, Switzerland. xiii+646 pp.
- 幸地良仁. 1991. トーイユからリュウキュウアユまで とおきの話 沖縄の川魚. 沖縄出版. 165 pp.
- 楠田 聡・笠原 昇. 2009. 水田魚道を用いたドジョウの遡上. 魚と水, 45 (3): 19-22.
- 松沢陽士・瀬能 宏. 2008. 日本の外来魚ガイド. 文一総合出版, 東京. 160 pp.
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦. 1976. 全改訂新版 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社, 大阪. 462 pp.
- Morishima, K., Y. Nakamura-Shiokawa, E. Bando, Y. J. Li, A. Boron, M. M. Khan and K. Arai. 2008. Cryptic clonal lineages and genetic diversity in the loach *Misgurnus anguillicaudatus* (Teleostei: Cobitidae) inferred from nuclear and mitochondrial DNA analyses. *Genetica*, 132:159-171.
- 向井貴彦・梅村啓太郎・高木雅紀. 2011. 岐阜県におけるカラドジョウの初記録と中国系ドジョウの侵入. 日本生物地理学会会報, 66: 85-92.
- 中茎元一・水谷正一・塩山房男. 2007. ドジョウの市場取扱量と消費者意識. 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 2007: 524-525.
- 中村守純. 1963. 原色淡水魚類検索図鑑. 北隆館, 東京. 260 pp.
- Nichols, J. T. 1925. An analysis of Chinese loaches of the genus *Misgurnus*. *Amer. Mus. Novit.*, 169: 1-7.
- Nichols, J. T. 1943. The fresh-water fishes of China, Vol. IX of Natural history of central Asia. *Amer. Mus. Nat. Hist.*, New York. 322 pp.
- 農林水産省中国四国農政局土地改良技術事務所. 2011. 水田魚道に取り組みのための手引き～楽しい水田魚道へのいざない～. 農林水産省. 128 pp.
- Oliva, O. and K. Hensel. 1961. Some remarks on Asiatic loaches of the genus *Misgurnus* (Cobitidae). *Japan. J. Ichthyol.*, 8: 86-91.
- 大内善光. 2011. ドジョウの市場取扱状況について. 石川県水産総合センター (編), 水産総合研究センターだより, (46): 15.
- Perdices, A., V. Vasil'ev and E. Vasil'eva. 2012. Molecular phylogeny and intraspecific structure of loaches (genera *Cobitis* and *Misgurnus*) from the Far East region of Russia and some conclusions on their systematics. *Ichthyol. Res.*, 59: 113-123.
- Rendahl, H. 1936. Untersuchungen über die *Misgurnus*-Formen von Japan und Formosa. *Mém. Mus. R. Hist. Nat. Belgique (Sér. 2)*, 3: 295-309.
- Richardson, J. 1846. Report on the ichthyology of the seas of China and Japan. *Rep. Meet. British Ass. Adv. Sci.*, 1845: 187-320.
- 佐川志朗. 2012. 魚道付き水田における魚類の自然再生産に寄与する要因. *野生復帰*, 2: 83-88.
- 斉藤英俊・丹羽信彰・河合幸一郎・今林博道. 2011. 西日本における釣り餌として流通される水生動物の現状. 広島大学総合博物館研究報告, 3: 45-57.
- 斉藤憲治・片野 修・小泉顕雄. 1988. 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵. *日本生態学会誌* 38: 237-248.
- 清水孝昭・高木基裕. 2010a. ミトコンドリア DNA による愛媛県を中心としたドジョウの遺伝的集団構造と攪乱. *魚類学雑誌*, 57: 13-26.
- 清水孝昭・高木基裕. 2010b. 愛媛県に侵入したカラドジョウ集団内に見られた起源の異なる 2 つの遺伝子系統. *魚類学雑誌*, 57: 125-134.
- 清水孝昭・鈴木寿之・高木基裕・大迫尚晴. 2011. 沖縄島と西表島より得られたドジョウの形態的・遺伝的特徴. *日本生物地理学会会報*, 66: 141-153.
- Šlechtová, V., J. Bohlen and A. Perdices. 2008. Molecular phylogeny of the freshwater fish family Cobitidae (Cypriniformes: Teleostei): Delimitation of genera, mitochondrial introgression and evolution of sexual dimorphism. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 47: 812-831.
- 総務省. 2013. コウノトリと共に生きるまちづくり, 豊岡市環境経済戦略: http://www.soumu.go.jp/main_content/000063253.pdf (参照 2013-8-19)
- 高木基裕・大山昭代・清水孝昭. 2010. 愛媛県におけるドジョウの遺伝的多様性と攪乱. *水産増殖*, 58: 113-120.
- 田中道明. 1999. 水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響. *魚類学雑誌*, 46: 75-81.
- 田中 亘・鹿野雄一・山下奉海・齊藤 慶・河口洋一・島谷幸宏. 2011. 佐渡島の河川のドジョウ密度を決定する要因とその保全策への応用. *応用生態学*, 14: 1-9.
- Temminck, C. J. and H. Schlegel. 1846. *Pisces (Part 5)*, P. F. Von Siebold (ed.), pp. 173-269. *Fauna Japonica*. Leiden, 323 pp., 144 pls.
- 内海訓弘. 2012. ドジョウ 高度化した管理を実現する屋内無泥養殖の概要. 養殖 2012 年 3 月号臨時増刊号 2012 年度版 ニッチな魚種の養殖技術. 緑書房, 49: 32-35.
- Vasil'eva, E. D. 2001. Loaches (genus *Misgurnus*, Cobitidae) of Russian Asia. I. The species composition in waters of Russia (with a description of a new species) and some nomenclature and taxonomic problems of related forms from adjacent countries. *J. Ichthyol.*, 41: 553-563.
- Yang, C., L. Cao, W. Wang, Y. Yang, K. Abbas, B. Yan, H. Wang, L. Su, Y. Sun and H. Wang. 2009. Comparative and evolutionary analysis in natural diploid and tetraploid weather loach *Misgurnus anguillicaudatus* based on cytochrome *b* sequence data in central China. *Environ. Biol. Fish.*, 86: 145-153.
- 野生生物調査協会・Envision 環境保全事務所. 2012. 日本のレッドデータ 検索システム. <http://www.jpnrdb.com/index.html> (2013-8-19 参照)
- 安間繁樹. 1982. 琉球列島 生物にみる成立の謎. 東海大学出版会, 東京. V+208 pp.
- 吉郷英範. 2007. 山口県東部で採集された外来の可能性のあるドジョウ属 (コイ目ドジョウ科). *比叢科学*, 223: 7-20.
- Zhao, Y., M. Toda, J. Hou, M. Aso and K. Arai. 2012. The occurrence of hypertetraploid and other unusual polyploid loaches *Misgurnus anguillicaudatus* among market specimens in Japan. *Fish. Sci.*, 78: 1219-1227.
- (清水孝昭 Takaaki Shimizu: 〒799-3125 愛媛県伊予市森 121-3 愛媛県水産研究センター栽培資源研究所 e-mail: simizu-t@sky.hi-ho.ne.jp)