

日本における希少淡水魚の現状と系統保存の方向性

誌名	養殖研究所研究報告 = Bulletin of National Research Institute of Aquaculture
ISSN	03895858
著者名	細谷,和海 前畑,政善
発行元	水産庁養殖研究所
巻/号	23号
掲載ページ	p. 17-25
発行年月	1994年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



日本における希少淡水魚の現状と系統保存の方向性

細谷 和海・前畑 政善

(1994年1月17日受理)

Circumstances in Endangered Japanese Freshwater Fishes with Note on the Protection

Kazumi Hosoya*¹⁾ and Masayoshi Machata*²⁾

Ways to save endangered and vulnerable species of Japanese freshwater fishes are discussed in terms of concrete proposals. They can be classified into two current research categories, "conservation" and "preservation". In this paper, the goal for saving species at risk is clarified from both ecological and genetic points of view, with reference to the species definition.

The "conservation" approach aims to protect the habitat of extant natural forms, or the whole ecosystem. The release of fish to a location where a conspecific population exists, should be avoided to maintain the genetic differentiation within a species.

The advancement in biotechnology represented by the success of spermatofusion, androgenesis etc., has made fish sperm the *minimum* preservable unit of genomes. Also the ability to regenerate from preservant to individual, should be tested from physiological and ethological aspects.

Key words: conservation, cryopreservation, endangered species, local population, preservation

日本列島は南北に細長く、大小多くの島しょからなる複雑な地形や、黒潮と親潮がおりなす変化に富んだ気候など多様な自然環境に恵まれている。その生物相は、大陸との接続と分離が繰り返された地史を反映して、異なる系統や固有種を多数含んでいる。とりわけ、淡水域だけに生息する淡水魚は地理的に隔離されやすく、さまざまな遺伝的集団が生じている。しかし、近代文明の発展に伴ない生息環境は著しく損なわれ、すでに多くの種において絶滅が危惧されている。野生淡水魚の多くは産業的な価値がないために、十分な調査もなされないまま減じようとしている。これらの野生淡水魚が生息できることは、その生態系の維持に必要な諸条件の確保にとどまらず、我々人類をより豊かな環境に置くことができると言う指標としても重要なことである。一方、水産育種学の見地から見ても彼らが潜在的に持つ優良形質は未知数であり、学術的な価値のみならず遺伝資源として無視できない側面をもつ。そのため、野外での絶滅にそなえ、系統保存システムを早急に確立することが求められている。ここでは、最初に日本産淡水魚の生息状況と分布の現状について解説し、次いで、人為管理系を中心に希少種保護に向けた水産研究の可能性について検討する。

*¹⁾ 養殖研究所 (National Research Institute of Aquaculture, Nansei, Mie 516-01, Japan)

*²⁾ 滋賀県立琵琶湖文化館 (Department of Aquarium, Biwako-Bunkakan, 1-1 Uchidehama, Otsu, Shiga 520, Japan)

日本列島における淡水魚相の特徴

系統と種類数 日本列島に分布する淡水魚は、コイ目・ナマズ目を中心とする純淡水魚約90種、サケ亜目、ハゼ科、カジカ目からなる周縁性淡水魚約110種、合計約200種から構成される(川那部・水野, 1989)。日本産淡水魚は生物地理学的には北太平洋系、シベリア系、中国系、インドシナ系、日本固有系など5つの系統に由来するが(青柳, 1957; 後藤ほか, 1978)、純淡水魚の約80%は中国系とインドシナ系に属する小型の魚種によって占められる(Hosoya, 1982)。これらの多くは種以上の分化を成し遂げた結果、日本産淡水魚相における固有度はきわめて高いものとなっている。さらに、最近の系統解析技術の向上に伴い、さまざまな分類群において、従来同一種と思われていた淡水魚が実は複数の種を含む species-aggregate であることが明らかにされつつある。たとえば、スジシマドジョウ (*Cobitis taenia striata*) はその典型で、大型、中型および小型の各種族は十分に種のレベルの分化を遂げているという(Saitoh and Aizawa, 1987)。Okazaki ほか (1991) はいわゆるカワムツ A, B 両型間に生殖的隔離が成立していることを明らかにしている。また、本州産ギバチと九州産ギバチは、 $2n=56$ と $2n=48$ の染色体数を持つことから(上野, 1974, 1985)、それぞれ、ギバチ *Pseudobagrus tokiensis* とアリアケギバチ *P. aurantiacus* に別種として整理された(細谷, 1993)。その他、ホトケドジョウ (*Lefua echigonia*) とナガレホトケドジョウ (*L. sp.*)、トミヨ (*Pungitius sinensis*) の各生態型、カジカ (*Cottus pollux*) の降海型と陸封型など枚挙にいとまがない。このような分類研究における進捗状況から判断すると、日本産淡水魚では、今後少なくとも見積ってもコイ目などの純淡水魚で約10種、トゲウオ科やハゼ科などの周縁性淡水魚で50種以上が新種発表される可能性がある。加えて、インドシナ系要素で特徴づけられる八重山諸島の調査が進めば、日本産淡水魚の総数は、最終的には300種を越えるものと予想される。

希少淡水魚 日本産淡水魚のうちクニマス (*Oncorhynchus nerka kawamurae*)、スワモロコ (*Gnathopogon elongalus suwae*)、およびミナミトミヨ (*Pungitius kaibare*) はすでに絶滅している。環境庁 (1991) はレッドデータブックにおいて、現存する日本産淡水魚を危険度に応じて、絶滅危惧種 (endangered species, 16)、危急種 (vulnerable species, 6)、希少種 (rare species, 17)、および保護に留意すべき個体群 (local population, 7) の4つのカテゴリーに分け、約40種を掲載している。したがって、単純に計算しても日本産淡水魚のうち約20%が絶滅に向かっていると見える。国の保護対策としては1974年にミヤコタナゴ (*Tanakia tanago*) とイタセンバラ (*Acheilognathus longipinnis*) が、1977年にアユモドキ (*Leptobotia curta*) とネコギギ (*Coreobagrus ichikawai*) がそれぞれ天然記念物に指定されている。その後、1993年4月、環境庁により施行された「種の保存法」ではミヤコタナゴが保存対象の国内希少種に指定されている。さらに、リュウキュウアユ (*Plecoglossus altivelis ryukyuensis*)、イタセンバラ、ムサシトミヨ (*Pungitius sp.*) も国内希少種の候補にあがっている。同法により一度希少種に指定されると、捕獲や売買の禁止はもちろんのこと、生息地への立ち入り禁止を含めた厳しい保護措置がとられることになる(環境庁野生生物保護行政研究会, 1993)。指定種以外にもアリアケヒメシラウオ (*Neosalanx reganius*)、シナイモツゴ (*Pseudorasbora pumila pumila*)、ウシモツゴ (*P. pumila* subsp.)、ヒナモロコ (*Aphyocypris chinensis*)、ニッポンバラタナゴ (*Rhodeus ocellatus kurumeus*) など、指定種以上に危険な状態にある魚種もあり、種の系統保存が強く望まれている。

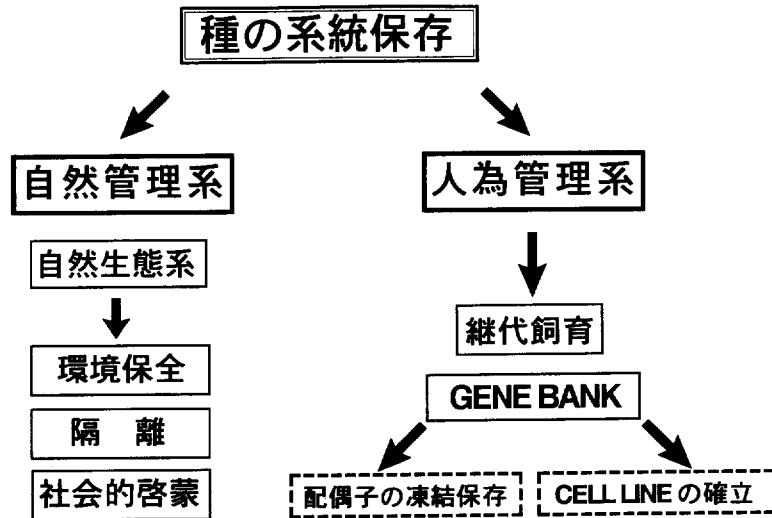


図1 種の系統保存の具体的展開

系統保存の具体的展開

種の系統保存法を生態系をそのまま保全する自然管理 (conservation) と、特定の種を研究施設に隔離する人為管理 (preservation) に整理する (図1)。

自然管理系 自然管理は保護対象となる魚種の生息環境を保全するもので、自然環境がそこに住む生物の最適に近い生息条件を備えているという生態学理論に基づく。希少種を脅す主な要因には人工構築物、護岸工事、水質汚染、農薬、富栄養化といった物理・化学的要因がある。近年、自然環境の保全が叫ばれるなか、河川改修や水環境の管理にあたり、ようやく川魚のすみよい川をめざした工法が取り入れられるようになってきている (玉井ほか, 1993)。一方、わが国の稲作用農薬の使用状況は農薬使用金額で比較すると、世界の中でも抜きん出て多く、1986年には世界全体の約55%を占めたという (川合・山本, 1993)。このことは、水田を産卵場や仔稚魚の生育場として利用する多くのコイ目魚類にとって (齊藤ほか, 1988)、強いストレス要因になっているものと予想される。さらに、外来魚による食害や餌をめぐる種間競争など生態系の攪乱といった生物的要因も見逃せない。琵琶湖へのブラックバス (*Micropterus salmoides salmoides*) の移入で示されるように、移入種による在来種の駆逐は生物的環境の改悪とも考えられ、たびたび大きな問題を引き起こしてきた (中村, 1993)。同様に、ニッポンバラタナゴやシナイモツゴ・ウシモツゴでは移殖された近縁種との交雑が大きな問題となっている。たとえば、タイリクバラタナゴ (*R. ocellatus ocellatus*) は中国長江原産で、第2次世界大戦の食料難時にソウギョ (*Ctenopharyngodon idellus*) やハクレン (*Hypophthalmichthys molitrix*) 種苗に混じって関東地方へ移殖され (中村, 1955, 1977)、その後、西南日本のニッポンバラタナゴの分布域にも侵入している。両者は同種別亜種の関係にあり、 F_1 および F_2 ともに十分に稔性がある。現在、タイリクバラタナゴによる遺伝子攪乱により、ニッポンバラタナゴの純系の分布域は、大阪府八尾市のため池、香川県栗林公園および九州西北部のごく

一部にせばめられている(長田, 1992)。このような場合には地元住民の社会的啓蒙を行い、彼らの協力のもと生態系を完全に隔離してフィッシュサンクチュアリを設定し、外来魚の侵入を防ぐことも必要となる。

人為管理系 自然管理は安定した生態系の環境保全が前提となり、人為管理は種の保存技術の開発が研究目標となる。本来、系統保存をめざす姿勢としては自然管理を人為管理より優先させなければならないが、早晚絶滅が危惧される種に対しては人為管理はやはり急務である(岩槻, 1991; WRI・IUCN・UNEP, 1993)。氷河遺存種として知られるタイワンマス(*O. masou formosanus*)は(西村, 1974)、当初、台湾政府によって自然管理されていたが、個体数の著しい減少に伴い、急遽、人為管理を検討し始めたという。一般に、魚類の系統保存は集団の継代飼育によることが多い。わが国でも希少淡水魚の系統保存についての情報・技術交流をめざし、各地の水族館や動物園間でネットワークを作る動きがある。すでにウシモツゴとヒナモロコの室内繁殖に成功している(前畑ほか, 1986; 前畑, 1990)、希少種の継代飼育はある程度期待できよう。しかし、継代飼育は設備・飼育管理の点で限界があるうえ、魚類が代を重ねるごとに近交度が進み、遺伝的劣化は避けがたいという問題を持つ。最近、継代飼育に代わる系統保存法として受精卵や配偶子を液体窒素中に保存しておいて、適宜個体へ発生させるといふ、家畜育種学の技術的応用が試みられている。ただし、魚卵は卵黄を多く含む強端黄卵であるために、凍結中に組織が変性しやすく保存が著しく困難である。一方、細胞工学の発展にともない、精子同士の細胞融合、近縁種の卵細胞質を借りての雄性発生が可能となり、遺伝子資源として精子が注目されるようになってきた(小野里, 1989, 1992)。一旦液体窒素に保存した精子は、少なくとも20年以上その受精能を低下させないまま維持し得ることが明らかにされている(白山ほか, 1986; 太田, 1992)。精液を採取することにより、遺伝的多型を保ちながら、しかも大量の遺伝子を効率よく収集できる。したがって、希少種が長期の継代飼育によって近交弱勢の影響を受けるようになっても、保存精子により遺伝的多様性を瞬時に回復させうる。加えて、精子は細胞質をほとんど持たないために凍結保存が容易で、廉価かつ簡便な器具で保存が可能であるなど、系統保存の対象としてきわめて有望である(黒倉, 1990)。

系統保存の方向性と課題

水産ジーンバンク 水産研究に求められている社会的要請が多様化してきている今日、人為管理による系統保存、たとえばジーンバンクは1つの方向性を示唆しているものと思われる。特に、凍結保存(cryopreservation)は遺伝子の活動を抑える点で他の保存方法と根本的に異なり、ジーンバンクの目的にかなっている。現在、水産生物の凍結保存は技術的には試行段階にある。精子凍結保存の成功のカギは、凍害保護物質の種類とその濃度、凍結速度、および解凍速度において、融解後の精子の生存率を最大にする値を知ることにかかっている。これら3つの要素は相互に関連しあっており(高橋, 1990)、保存の最適条件は、淡水魚と海水魚、あるいはコイ目とスズキ目といった生態や系統の異なるグループ間で大きく異なることが予想される(黒倉, 1983, 1987)。そのため、今後、希少種の精子の凍結保存を進めるためには、個々の魚種について精子の生理的特性を事前に把握することが望まれる。一方、精子以外の保存例として、メダカ(*Oryzias latipes*)のう胚の凍結に成功したAriiほか(1987)の研究は、個体の凍結保存の可能性を示唆する点で注目し得る(解凍後の生存率57.1%)。以上のように、水産ジーンバンクにおける魚類への展開は凍結保存の技術開発にかかっており、対象として精子から卵、胚、個体へ広がる可能性を持つと言える。狭いス

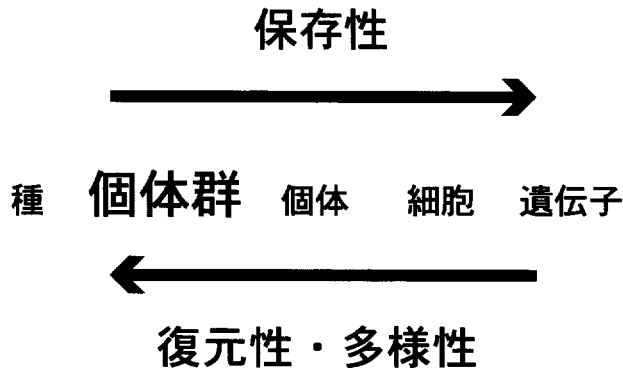


図2 種から遺伝子までの保存性、復元性および多様性の関係

ベースで済み凍結可能な精子や細胞レベルの保存は、広いスペースを要し継代飼育しなければならない個体や個体群レベルのそれにくらべて、確かに保存性に優れている（図2）。その反面、精子や細胞はわずかな数の親魚から採取されるので、遺伝子プールは種や個体群全体とくらべて多様性が著しく低い。したがって、水産ジーンバンクを用いて種の系統保存をはかるためには、種や個体群が内在する遺伝的多様性をいかに保持するかが課題となる。同時に、精子や細胞から個体への復元性、さらには復元個体の生殖能力についても生理生態学的観点から検査する必要がある。また、水産ジーンバンクが技術的に確立されたとしても、復元個体の生存を保障するような、自然環境が残されていることが前提になることも忘れてはならない。

保存対象としての地方集団 淡水魚は地理的に隔離されやすく、同種であっても集団の遺伝的構成は水系ごとに異なるのがふつうである。とりわけ、一生を閉ざされた淡水域内で過ごす純淡水魚の地理的分布は、水系の地史を忠実に反映するとも言われている。たとえば、Shimizu ほか (1993) はカワヨシノボリ (*Rhinogobius flumineus*) の地理的変異をアイソザイム分析し、各河川の集団間の遺伝的分化は周縁性魚類より大きな値をとり、その差の原因として、カワヨシノボリが両側回遊型から陸封型へ生活史を転換したことを挙げ、現在の分布は洪積世以降の日本列島の地史を反映していると推測している。また、日本列島に広く分布するウグイ (*Tribolodon hakonensis*) は北日本、琵琶湖、南日本の3地方集団に分けられ、各地方集団はすでに約20～60万年に相当する遺伝的分化を遂げているという (Hanzawa ほか, 1988)。このように、淡水魚の種が進化的背景のやや異なるいくつかの集団に分けられるということは、種を潜在的に生殖し得るいくつかの個体群の寄せ集めとする Mayr (1969) の定義にそのままあてはまる。したがって、変異性を念頭に種の系統保存を計るためには、亜種や地方集団を保護の単位として行うのは当然である。その意味で、環境庁 (1991) がすでにレッドデータブックにおいて、地域個体群も保護対象としていることは評価できる。ただし、掲載された個体群数は日本産淡水魚の総種類数に比較してあまりにも少ないので、本報では最新の情報を加えて補足しておく (表1)。淡水魚が内在する地理的変異や遺伝的多様性を人為管理下で維持するためには、精子などの遺伝子サンプルを水系ごとに採取しなければならない。さらに、膨大な遺伝子サンプルを保管するためには、大規模な希少種ジーンバンクの設立を検討する必要があるだろう。

表 1. レッドデータブック未掲載で、保護が必要と思われる日本産淡水魚の亜種または地方個体群

和 名	学 名	保護対象水域	減少要因	備 考
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	鹿児島県屋久島	河川改修	本土産アユの南限
ヤマナカハヤ	<i>Phoxinus lagowskii yamamotis</i>	山梨県山中湖・本栖湖	富栄養化?	アブラハヤの亜種
セボシタビラ	<i>Acheilognathus tabira</i> subsp.	長崎県壱岐島	河川改修	九州産個体群と形態的に異なる。
スジシマドジョウ小型種	<i>Cobitis</i> sp.	岡山平野	河川改修 都市化	斉藤(1993)による。
アジメドジョウ	<i>Niwaella delicata</i>	大阪府安威川	不明	永井(1985)による。 南限分布域
ナガレホトケドジョウ	<i>Lefua</i> sp.	兵庫県六甲山系	都市化 砂防ダム構築	
アリアケギバチ	<i>Pseudobagrus aurantiacus</i>	長崎県壱岐島	不明	森(1937)以来記録がない。
オガサワラヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. BI	東京都小笠原諸島	水質悪化	鈴木(1992)による。 クロヨシノボリの地方個体群?
キバラヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. YB	沖縄島北部河川	河川改修 ダム建設	
キバラヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. YB	沖縄県八重山諸島	不明	局在分布
アオバラヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. BB	沖縄島北部河川	河川改修 ダム建設	
トビハゼ	<i>Periophthalmus modestes</i>	東京湾流入河川	干潟消失	

移殖による遺伝子攪乱 魚類の放流が内水面資源の増殖をはかるうえで、きわめて重要な産業的行為であることは否定できない。とりわけ、サケ (*O. keta*) とコアユ (*P. altivelis altivelis*) の種苗放流による経済効果ははかりしれない。一方、移入種による淡水魚相攪乱の深刻さは、経年的に増えるばかりである。自然分布のありようは長い年月をかけた種の変遷の結果であり、各地の淡水魚資源はかけがえのない文化財でもある。亜種や地方集団の保護、つまり地理的変異や遺伝的独自性を考慮にいれた放流政策への転換が急務である (君塚, 1990)。このことから、希少種の個体数の増加を目的として種苗を野外へ放流する場合にも、養殖親魚は常に既存の分布域から採取することが強く望まれる。反対に、在来集団が放流水域に存続するならば、放流集団が在来集団にいかなる遺伝的影響を与えるのか、事前に調査しておく必要がある。同種別亜種の関係にあるヤマメ (*O. masou masou*) とアマゴ (*O. masou ishikawae*) は、かつて西日本において日本海側と太平洋・瀬戸内側にすみ分けていたが、塩焼きには朱点のあるアマゴが好まれるため、ヤマメ域へのアマゴの放流が活発に行われた結果、著しい遺伝子攪乱が起こったという (松原, 1982; 利重, 1982)。加えて鈴木 (1982) は、ヤマメとアマゴの F₁ 雑種がセッソウ病に対して強い抵抗力を持つものの、雑種子孫が自然集団に与える悪影響は大きいと断じている。近年、日本での自然破壊の進行とともに、減少した淡水魚を増殖して遠隔の水系へ意図的に放流することが多くなってきている。村おこしやリゾート地の人集めに希少淡水魚を放流することもある。また、溪流釣師がイワナ (*Salvelinus*

leucomaenis) の資源回復を名目に、分水嶺を越えて他水系に移殖することも珍しくない。あるいは、自然との触れ合いを目的に、地方分化の著しいメダカを系統を無視したまま児童・生徒に放流させる行為は、本来の理科教育の範疇から逸脱しているように思える。残念なことに、このような移殖による攪乱が、科学的な検証を受けることもなくほほえましいニュースとして取り上げられることが多い。希少種の増殖を目的として、もともと生息していた水系に他の水系に由来する個体をむやみに移殖すると、健全な遺伝子資源を損なうばかりか、将来、遺伝子の研究が進んだ段階で混乱をまねくことは必至である。バラタナゴで見られるように、交雑個体群の出現による遺伝子攪乱は在来の希少種にとって致命的で、物理化学的の干渉よりはるかに重篤な質的破壊をもたらす危険性がある。在来集団を祖先にもつ種苗であっても、閉鎖された水系に大量に放流されれば、在来集団の遺伝子頻度を変化させうる。また、養殖池で何世代も繁殖を繰り返せばホモ化がすすみ、在来集団と交配させた場合、野生のヘテロ接合個体を減らすことになる。ホモ接合は劣悪遺伝子の表現化を許すことがあり、淘汰圧の高い野外ではしばしば資源量の減少をもたらす。そのため、放流種苗の特性評価と、在来集団や生態系に与える影響評価は、今後、希少種保護に向けた水産研究の重要課題となろう。

希少種の系統分類学的検討 淡水魚の種を自然管理系または人為管理系に従って系統保存するためには (図 1)、淡水魚の多様性について正確な情報を得ることが不可欠である (WRI・IUCN・UNEP, 1993)。しかし、日本産淡水魚の分類や生態に関する知見は絶対的に不足している。たとえば、環境庁 (1991) がレッドデータブックに掲載した41の淡水魚のうち、5種または亜種 (キリクチ、ウシモツゴ、ムサシトミヨ、ウケクチウグイ、シンジコハゼ) が未記載である。同時に、レッドデータブックでは保護すべき魚種の選定規準が依然曖昧である。希少種のタイワンキンギョおよび地域個体群の沖縄のタウナギは、自然分布とするには明確な論拠を欠いている。保護目標、言い換えるならば生物の多様性保全に関わる立脚点を見失わないためにも、移殖の可能性がある魚種についてはその帰属をめぐって遺伝学的に精査することが先決である。かつて、国内では絶滅したミナミトミヨを韓国産ミナミトミヨの移殖により復活させるという動きがあったが (淡水魚保護協会, 1982)、その後の研究で韓国産の種はミナミトミヨと別種であることが判明し (田中ほか, 1982; 細谷, 1993)、移殖計画は実施にうつされなかった経緯がある。さらに、日本で希少種とされているアユモドキ、ゼニタナゴ (*Acheilognathus typus*) およびヒナモロコは中国からも報告されている (陳, 1980; 成・邦, 1987)。今後、大陸に分布する近縁種との関係をめぐり、分類学的観点から精査することが不可欠である。紀伊半島に局在するキリクチはレッドデータブックにおいて絶滅危惧種に格付けられているが、独立種とは考えにくいので、ヤマトイワナ系 (*S. leucomaenis japonicus*) の保護すべき地域個体群として対処すべきである。同じく、絶滅危惧種として登録されたイワメ (*O. iwame*) はアマゴないしはヤマメの色彩変異型に過ぎず、その発現はサケ科では珍しくなく、すでに単純なメンデル遺伝に従うことが明らかにされている (山内, 1982)。このことからイワメを独立種と見なすことは困難であるので (細谷, 1993)、本種のレッドデータブックにおける格付けについては再検討を要する。生物地理学的に特異な位置を占める沖縄県西表島については、豊かな両側回遊性淡水魚相を持つにもかかわらずリストは不完全で、本格的な調査が望まれる。

謝 辞

本報をまとめるにあたり、養殖研究所の小野里 坦遺伝育種部長と岡崎登志夫遺伝資源研究室長には素稿をご校閲いただいた。京都大学農学部畜産学教室の内海恭三教授と西海区水産研究所の岡内正典博士からは精子の凍結保存技術についてご教示いただいた。大阪教育大学の長田芳和教授、碧南海浜水族館の長井健生副館長、東宮御所魚類研究室の岩田明久侍従、神奈川県立博物館（設立準備室）の瀬能宏博士、東北区水産研究所八戸支所の斉藤憲治博士、および養殖研究所育種研究室の河村功一技官からは希少種の地理的分布と保護に関する貴重なご意見を賜った。あわせて謝意を表し、お礼申し上げる。

文 献

- 青柳兵司 1957. 日本列島産淡水魚類総説. 大修館, 東京, 272 pp.
- Arii, N., K. Namai, F. Gomi and T. Nakazawa 1987. Cryoprotection of Medaka embryos during development. *Zool. Sci.*, 4: 813-818.
- 陳 景星 1980. 中国沙鰻科魚類系統分類学的研究. *動物学研究*, 1(1): 3-26.
- 成 庆泰・郑 葆珊 1987. 中国魚類系統検索, 上册. 科学出版社, 北京, xxiii+643+iii pp.
- 後藤 晃・中西照幸・宇藤 均・濱田啓吉 1978. 北海道南部の河川の魚類相についての予察的研究. *北大水産彙報*, 29: 118-130.
- Hanzawa, N., N. Taniguchi and K. Numachi 1988. Geographical differentiation in populations of Japanese Dace *Tribolodon hakonensis* deduced from allozymic variation. *Zool. Sci.*, 5: 449-461.
- Hosoya, K. 1982. Freshwater fish fauna of the Yoshii River, Okayama Prefecture. *Bull. Biogeogr. Soc. Japan.*, 37(5): 23-35.
- 細谷和海 1993. ギギ科, サケ科, トゲウオ科. Pages 236, 472, 1261~1262, 1266, 1291~1292 in 中坊徹次編, 日本産魚類検索. 東海大学出版会, 東京.
- 岩槻邦男 1991. 絶滅危惧種と潜在遺伝子資源. *遺伝*, 45(1): 11-14.
- 環境庁 1991. 日本の絶滅のおそれのある野生動物 (レッドデータブック), 脊椎動物編. 自然環境研究センター, 東京, 340 pp.
- 環境庁野生生物保護行政研究会編 1993. 絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律. 中央法規出版, 東京, 317 pp.
- 川合真一郎・山本義和 1993. 明日の環境と人間. 化学同人, 京都, ix+207pp.
- 川那部浩哉・水野信彦 1989. 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京, 720 pp.
- 君塚芳輝 1990. 放流による在来魚類相資源の攪乱——近頃の魚の悩み (上). *にほんのかわ*, (48): 29-40.
- 黒倉 寿 1983. 魚類精液の凍結保存 (総説). *水産育種*, (8): 42-53.
- 黒倉 寿 1987. 動物精液の凍結保存法——魚類. Pages 152-155 in 酒井 昭編, 凍結保存——動物・植物・微生物. 朝倉書店, 東京.
- 黒倉 寿 1990. 水産動物精液保存の実際. *月刊 海洋*, 22(3): 149-154.
- 前畑政善 1990. ヒナモロコ *Aphyocypris chinensis* の繁殖. 滋賀県立琵琶湖文化館紀要, 8: 13-18.
- 前畑政善・秋山廣光・松田征也・桑原雅之 1986. ウシモツゴ *Pseudorasbora pumila* subsp. の繁殖. 滋賀県立琵琶湖文化館紀要, 4: 66-67.
- 松原弘至 1982. ヤマメ・アマゴの分布の人為的攪乱. *淡水魚増刊ヤマメ・アマゴ特集*, pp. 87-91.
- Mayr, E. 1969. *Principles of systematic zoology*. McGraw-Hill, New York, 428 pp.
- 森 為三 1937. 沓崎島産淡水魚類. *朝鮮博物学会雑誌*, 22: 94-95.
- 永井元一郎 1985. 17年ぶりに再発見された安威川のアジメドジョウ. *淡水魚*, (11): 107.
- 長田芳和 1992. ニッポンバラタナゴの研究と保護の問題点. *どうぶつと動物園*. (2): 12-15.
- 中村 泉 1993. 魚と人間. Pages 58-82 in 藤原英司 責任編集, 地球と環境教育. 東海大学出版会, 東京.
- 中村守純 1955. 関東平野に繁殖した移植魚. *日本生物地理学会会報*, 16-19 (岡田彌一郎博士還暦記念号,

- 日本動物相の研究) : 333-337.
- 中村守純 1977. 迫られる外来魚の放流規制. 科学朝日, (12): 50-54.
- 西村三郎 1974. 日本海の成立. 築地書房, 東京, 227 pp.
- Okazaki, T., M. Watanabe, K. Mizuguchi and K. Hosoya 1991. Genetic differentiation between two types of dark chub, *Zacco temmincki*, in Japan. Japan. J. Ichthyol., 38(2): 133-140.
- 小野里 坦 1989. 雄性発生, Pages 60-69 in 鈴木 亮編, 水産増養殖と染色体操作. 恒星社厚生閣, 東京.
- 小野里 坦 1992. 魚類の希少種保存, バイオテクノロジーを応用した新しい試み. 淡水魚保護, (5): 134-137.
- 太田博巳 1992. 精子の凍結保存と精子活性. 養殖研ニュース, NO. 24: 2-5.
- 斉藤憲治 1993. スジシマドジョウ小型種と大型種の急減. 魚類学雑誌, 40(3): 394-397.
- Saitoh, K. and H. Aizawa 1987. Local differentiation within the striated spined loach (the striata type of *Cobitis taenia* complex). Japan. J. Ichthyol., 34(3): 334-345.
- 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: 35-47.
- Shimizu, T., N. Taniguchi and N. Mizuno 1993. An electrophoretic study of genetic differentiation of a Japanese freshwater goby, *Rhinogobius flumineus*. Japan. J. Ichthyol., 39(4): 329-343.
- 白山勝彦・入谷 明・西川義正・大西 宏 1986. 液体窒素で長期 (20年) 保存した牛凍結精液による受胎試験成績. 家畜人工受精研究会誌, 8: 18-20.
- 鈴木 亮 1982. ヤマメ・アマゴの交雑. 淡水魚増刊ヤマメ・アマゴ特集, pp. 74-78.
- 鈴木寿之 1992. 小笠原諸島父島で得られたヨシノボリの1種——オガサワラヨシノボリ (新称) (予報). 兵庫陸水生物, 42: 5-12.
- 高橋恒夫 1990. 海産無脊椎動物生殖細胞の凍結保存. 月刊 海洋, 22(3): 137-141.
- 玉井信行・水野信彦・中村俊六 1993. 河川生態環境工学. 東京大学出版会, 東京, viii+312 pp.
- 田中 晋・平井賢一・田 祥麟 1982. 韓国で発見されたミナミトミヨと京都産ミナミトミヨの形態の比較. 淡水魚, 8: 70-72.
- 淡水魚保護協会 1982. 日本産ミナミトミヨについて. 淡水魚, 8: 69.
- 利重正雄 1982. 中国地方の日本海側 (ヤマメ生息域) におけるアマゴの生態実態について. 淡水魚増刊ヤマメ・アマゴ特集, pp. 78-81.
- 上野紘一 1974. ギバチの地理的集団間にみられた染色体と酵素分子型の多型現象. 魚類学雑誌, 21(3): 158-164.
- 上野紘一 1985. 日本および韓国産ギギ科魚類の核型. 海洋科学, 17(2): 102-108.
- WRI・IUCN・UNEP in consultation with FAO and UNESCO 1993. 生物の多様性保全戦略 (Global Biodiversity Strategy, 佐藤大七郎 日本語監訳). 中央法規出版, 東京, 248 pp.
- 山内 晃 1982. イワメの人工ふ化とイワメ×アマゴの交配実験を終わって. 淡水魚増刊, ヤマメ・アマゴ特集, pp. 119-124.