

沖縄島におけるリュウキュウアユの絶滅と再導入

澤志泰正*

Extinction and reintroduction of Ryukyu-ayu in Okinawa Island in the middle of the Ryukyu Archipelago, southern Japan

SAWASHI Yasumasa

Abstract

Ryukyu-ayu in Okinawa Island in the middle of the Ryukyu Archipelago, southern Japan, was examined through a series of ecological survey in order to analyze its morphological and genetic variations from an aquatic resource viewpoint. Here, I describe (1) the history of extinction and reintroduction of Ryukyu-ayu in Okinawa Island, (2) identified problems with the process of reintroduction, and (3) the present condition of wild and reintroduced populations based on genetic analysis.

Key words: Ryukyu-ayu, extinction, reintroduction, Okinawa Island, genetic monitoring

1. はじめに

琉球列島、とくに中部琉球はその地理的位置や地史的背景から生物多様性が高く固有種や遺存種の多い地域となっている。琉球列島の島嶼に生息する様々な野生生物において近縁種間や種内地域集団間の遺伝的分化が研究され、地質学的研究から推定される陸域の陸橋化、分断化と関連付けて生物地理的な考察が行われてきた。リュウキュウアユ *Plecoglossus altivelis ryukyuensis* もその一つであり、アマミノクロウサギやノグチゲラ、イリオモテヤマネコ、ハブ類などと同様に琉球列島の成立を紐解く貴重な生き証人の一つに数えられている。

その一方でリュウキュウアユは水産資源的価値という側面を有することから、水産資源保護の観点から生態的研究や形態的分析および遺伝的分析が行われてきた種でもある。ここではリュウキュウアユの生物地理的概観については簡易に記すにとどめ、沖縄島における集団の絶滅から再導入に至った経緯や問題点、遺伝的分析等による現状把握を中心に述べる。

2. アユ類の分布とリュウキュウアユ

アユ *P. a. altivelis* は日本の重要な内水面水産魚種であることから様々な水産学的研究が行われてきた。その分布は日本列島、琉球列島、朝鮮半島、中国大陸沿岸部、香港、台湾であり、琵琶湖や一部の人工湖などに陸封された集団を除き、生活史において海と川を行き来するいわゆる両側回遊性の一年魚である。

琉球列島中部の沖縄島に生息するアユ集団も1972年の日本復帰以前から水産学的見地からの研究が行われており(伊野波・瀬底, 1965; 諸喜田・伊野波, 1969)、日本列島各地の地域集団とはその行動や形態に幾分の差異が認められた(川那部, 1972; Nishida, 1986)。さらに沖縄島産アユが目撃されなくなった1980年代には奄美大島産アユと日本列島や朝鮮半島など他地域の集団を用いたアイソザイム分析が行われ、他地域の集団との遺伝的特異性が明らかとなっていった。すなわち23~28酵素遺伝子座における分析において、5遺伝子座の対立遺伝子が置換しており、かつ他にもいくつかの遺伝子座における対立遺伝子頻度が大きく異なるなど際だった差異が認められたのである。それらの結果から求められた遺伝的距離は0.19~0.27となり、この

2003年9月23日受付, 2003年10月21日受理

* 〒905-1413 沖縄県国頭村比地263-1 環境省やんばる自然保護官事務所

値から奄美大島産アユは100万年以上の期間にわたって他地域の集団との遺伝的交流を断ち、独自に進化してきたものと考えられた (Nishida, 1986; 関・谷口, 1985; 関ら, 1988; 谷口・関, 1989)。行動、形態および遺伝的分析結果を元に奄美大島および沖縄島に分布するアユはリュウキュウアユ *P. a. ryukyuensis* として記載された (Nishida, 1988)。

リュウキュウアユの進化や生物地理に関する議論は、トカラ海峡やその位置に想定されている渡瀬線などとの関連でなされてきたが、琉球列島北部に分布するアユがその遺伝的・形態的特徴から模式亜種であることが明らかになったことから (澤志ら, 1993; 澤志・西田, 1998)、リュウキュウアユは琉球列島中部の固有亜種であることが明確となった。

3. リュウキュウアユと人々との関わり

1988年に亜種記載されるまで、奄美大島ではヤジという独特な方言があったのに対して沖縄島ではアーユーやアーイユーと呼ばれ (ちなみに「イユ」は沖縄方言で魚のこと)、リュウキュウアユは本土産アユと同一視されていた。そのため本項以降は本亜種が記載されるまでの年代に関してはアユと表記する。

琉球王朝時代の名門・久米村 (現在的那覇市久米) の「程氏家譜」には、時の聖人・名護親方 (程順則) が1706年に王家から賜った品目の中に「アユ10尾」が記録されている。献上された産地は不明であるが、王朝時代には高級魚であったことが伺える (幸地, 1991)。

1902年以降、沖縄島北部にアユが生息しており、それらが行楽としてのアユ漁など庶民にも利用されていたことが再三新聞記事となっている。このことから沖縄島北部のアユは明治後半から県民に知られ始めたものと思われる。1902年の記事には羽地村 (現名護市北部) の羽地大川と源河川の2河川がアユの名産地であるが、すでに乱獲のためか生息数が減少し保護の必要性があることが記されている (澤志, 1997)。

1930年には羽地村当局による源河川のアユの人工孵化計画、1940年には沖縄県が源河川を禁漁区に指定するとともに県予算にアユ増殖奨励費7600円が計上され、源河川で孵化放流実験が行われた。1941年にも人工採卵による孵化放流が行われ、1942年には本土でアユの採れない時期にダグラス機で東京や大阪に空輸する計画も立てられた。しかし、太平洋戦争の勃発により水産増殖によるアユの利用は途絶えてしまった (幸地, 1991; 澤志, 1997)。

戦争によって沖縄島は焦土と化し、戦後復旧のため沖縄島北部の山々では木炭や建築資材のための伐採が盛んに行われた。新聞紙上で再びアユの記事が確認できるのは1955年のことである。源河川を公園化しアユ

の密漁を防ごうというものであったが、その後も公園化には至らず、1960年代後半には毒流しなどによる密漁でアユに絶滅の恐れが指摘されている。なお源河川のアユは琉球政府時代の漁業調査委員会指示によって1957年から日本復帰の1972年までの期間、捕獲禁止にされていた。

1969年には琉球水産研究所八重山支場が種苗生産に成功したが (諸喜田・伊野波, 1969)、飼育用淡水の確保ができなかったことや日本復帰の混乱によりアユに対する水産的立場での関わりが再び途絶えてしまった (澤志, 1997)。

復帰前後の沖縄の河川は、1960年代にはパイナップル畑の開墾による赤土流入の増加が河床環境の悪化を引き起こすとともに、砂防ダム建設によってアユをはじめとする多くの両側回遊魚が回遊阻害を起こし河川での生息域を縮小した。1970年代には復帰や海洋博覧会と関連した大規模な山地開発やダム開発が行われた他、養豚場の急増により水質が悪化した。アユの産卵期である年度末にはその産卵場となる中下流域で河川改修工事が施され繁殖環境の破壊が進んだ (幸地, 1991)。このように複合的な要因によってアユの生息河川の環境は悪化し、沖縄島北部におけるアユは1980年代以降の調査では1個体も確認されなかった。現存する標本のうち最も新しいものは、1978年に国頭村与那川で採集された越年の1個体である (西田ら, 1992)。

4. 絶滅から再導入へ

源河区では戦前から終戦間もない頃までアユを投網などで採集し利用した。戦前には避暑で訪れた首里や那覇方面の人達を相手に、一投網ごとに金を取り村の歳入に充てていたという (諸喜田, 1999)。アユは源河区民にとって身近な存在であるとともに、源河小学校の校章や校歌にも登場するなど源河区にとってシンボルであった。しかし1970年代後半には源河川にアユはほとんど見られなくなった。1980年代には、源河区の郷友会から源河川の環境を改善しアユを呼び戻そうという声が上がリ、1986年、「源河川にアユを呼び戻す会」が結成された。啓蒙活動が行なわれ、川沿いに建設された養豚団地のうち70%を移転し残りも廃水の浄化処理に努め、源河川の水質は改善された。しかし、アユは戻らず、他地域から再導入することが検討され始めた。

1984年末には研究者らが琉球列島産アユの特異性とその生息環境の悪化について沖縄県庁で記者発表を行なった。1988年に沖縄島産アユが琉球列島産亜種リュウキュウアユとして記載されたのを受けて、源河区では1989年末から同一亜種である奄美大島産リュウキュウアユの導入に向けた調査を開始した (幸地, 1991)。

おりしも奄美大島では生息主要河川流域における大規模な森林伐採や河川への捨土が原因となり河川環境が著しく悪化し、奄美大島のリュウキュウアユの存続も危惧され始めていた。

一方、沖縄島北部には生活用水等の確保や洪水調整などの目的で福地ダムをはじめ5つの国設の多目的ダムが建設されている。沖縄島での河川環境が改善されるまでのストックとして、さらに奄美大島の自然個体群の絶滅が回避できなかった際のストックとして、ダム湖環境を用いてリュウキュウアユを陸封化するための計画が沖縄総合事務局北部ダム事務所によって立てられた。1991年には奄美大島からの導入が試みられたが、導入時に行政上のトラブルがあり中止した。また源河区の活動と一本化されていなかったため、名護市にてフォーラムが開催され話し合いが持たれた。そして、琉球大学の研究者が中心となり、「リュウキュウアユを蘇生させる会」が設立され、研究面からの活動に対するフォローアップや関連する機関の調整が行われるようになった。

奄美大島南東部の住用湾南側に注ぐ役勝川産親魚に由来する人工種苗が水産資源開発研究のために高知大学で飼育されていたが、それらが源河川沿いに設立された種苗センターに届けられ、採卵するための親魚育成が試みられた。しかし、この親魚から採卵された卵は卵質が悪く孵化には至らなかった。1992年、高知大学から和歌山県内水面漁業センターに移され継代飼育されていた人工種苗の一部が源河川と福地ダムに放流され、残りは次年度の人工授精に用いる親魚として継代飼育された(澤志, 1997)。さらに1993年に住用湾北側の内海に注ぐ川内川に由来する人工種苗が鹿児島県栽培漁業センターから譲渡され、福地ダムに放流された。

5. 再導入における問題点

沖縄島北部へのリュウキュウアユ再導入に対して、生態研究者や自然保護団体からいくつかの指摘があった。日本本土ではアユの放流に伴って様々な問題点が認められるからである。リュウキュウアユの保護のための論議は再導入が始まる前に澤志ら(1992)が行なっているが、本項では沖縄島への再導入について述べる。

第1の指摘は、再導入個体群が直接やんばるの河川生態系に及ぼす影響はないかというものであった。奄美大島のリュウキュウアユは沖縄島の在来集団と同一亜種ではあるものの若干異なっていた可能性は高く(Nishida, 1986)、その違いが沖縄の他の河川生物に与える影響についても注意を払う必要がある。幸いなことにアユ類は基本的に藻食性であるため他の水生動物

の存続に大きな影響を与えるとは考えにくい。万が一問題が発生するようであれば面積が制限される産卵場所に集まる繁殖個体の除去や産卵床を破壊することで排除することも可能である。現在、琉球大学理学部立原研究室や北部ダム事務所による再導入集団の生態的モニタリングが継続的に行われている。

第2の指摘は、奄美大島の個体群保護は生息環境の悪化により生息数が急減しており、捕獲を行えばその個体群維持に重大な影響を及ぼすのではないかといいものであった。当初、北部ダム事務所では300個体の成魚を捕獲する計画を立てていたが奄美大島の生息河川における生息状況調査を行なった結果捕獲数を30個体に計画修正していた。最終的にはすでに水産研究に用いられていた人工種苗が用いられ、それらが継代飼育されている。なお奄美大島の野生個体群の現状把握は鹿児島大学水産学部四宮研究室が実施している。

第3の指摘は、第2の指摘とは逆に再導入個体群は少数の親魚を用いることで近親交配が進み遺伝的に均質となることで近交弱性が起こり、定着しないのではないかというものである。少数の親魚を用いることで遺伝的劣化が起こることを避けるには、第2の指摘に留意しながら奄美大島における野生集団の河川遡上数の多い年に親魚候補を捕獲する必要がある。遺伝的に均質と考えられる再導入集団の遺伝的状況を把握することは奄美大島集団の未来を占う上でも重要であり、再導入集団の遺伝的モニタリングが必要である。

第4の指摘は、再導入にともなう他種の混入が心配されるというものである。本土ではアユの放流にともなってオイカワなど他魚種が分布域を広げたり、冷水病など魚病が蔓延している。また徳之島でも鹿児島産アユの放流が行われオイカワが侵入した(澤志, 1995)。国内移入種が島嶼域の脆弱な生態系に及ぼす影響は計り知れず慎重に対処すべき問題である。リュウキュウアユの再導入については、種苗生産した個体を用いることで他種の混入を防除するように努めている。

第5の指摘は社会的な問題である。たとえリュウキュウアユの再導入について第1～4の課題を克服してもその告知が不十分であれば、一般市民による他の水生動物の不用意な放流を招くというものである。マスコミ等を通じてリュウキュウアユの再導入はむやみやたらに行っているものではなく、再導入の是非について十分に議論し放流後はモニタリング等を実施していることを訴えているが、沖縄島の河川における国外移入種の急増や産地の不明なメダカなどの無責任な放流が後を絶たない。今後も再導入の意義や課題について十分な告知が必要である。

6. リュウキュウアユの現状

リュウキュウアユの現状を把握するためには生態的モニタリングとともに遺伝的モニタリングが必要である。

生態的モニタリングは、奄美大島と沖縄島の双方で行われている。奄美大島野生集団は1986年の推定数約4万個体(西田ら, 1992)を最大に, 1990年12月に約1600個体(澤志ら, 1992), 1992~1994年以降は数千~3万個体の増減があり, 個体数の推移は不安定である。保護対策として鹿児島県では産卵期と遡上期の河川工事を停止し, 住用村では産卵期と遡上期の禁漁, それ以外の期間でも網漁, 引っかけ漁, 夜間の捕獲を禁じている(四宮, 1993)。

沖縄島での再導入集団の推移については立原(1999)が詳細に記している。沖縄島では2003年までに源河川, 国頭村比地川および支流の奥間川, 与那川, 奥川の4河川と, 福地ダム, 安波ダム, 辺野喜ダムの3ダムに流入する河川に放流された。3つのダム湖では年度による数の増減はあるものの人工種苗の放流をしなくても個体群が維持されている。それに対し, 沖縄島北部の64河川で行われた調査では13河川に天然稚アユの遡上が確認されているものの, 源河川以外の河川はいずれも河口近くに堰や砂防ダムといった遡上を阻害する河川構造物が存在し, 再導入を成功させるためには放流河川だけでなく周辺河川的环境整備も重要な意味を持つことが明らかとなった(立原, 1999)。

遺伝的モニタリングは過去の遺伝的分析結果を元に試行錯誤している。奄美大島のリュウキュウアユ野生集団は見かけ上南西部と南東部の2地域に不連続に分布することが明らかになってきた(西田ら, 1992; 澤志ら, 1992; Sawashi & Nishida, 1994)。沖縄島への再導入後, アイソザイムでそれら2地域の集団(南東部の役勝川, 南西部の河内川)を分析したところ, それらが遺伝的に異なる集団構造を有していること, どちらの遺伝的多様性も模式亜種のそれと比べて低く, 特に近年の生息数が多い南東部の集団の多様性が南西部のそれより低いことが示唆された(Sawashi & Nishida, 1994)。

リュウキュウアユの遺伝的多様性が低いことから, アイソザイム分析により再導入集団の遺伝的状況を把握することは困難である。一方, 近年PCR法とダイレクトシーケンスによる特定DNA断片の塩基配列決定が容易となり, より詳細な遺伝的集団構造の解析が可能となってきた。奄美大島の両地域集団では, 比較的進化速度の速いmtDNAの調節領域前半部で複数のハプロタイプがあることが明らかになった(井口ら, 1997)。一般に集団サイズが大きく遺伝的に安定した集団では, その集団の有するハプロタイプ数は多く,

年度間におけるハプロタイプの割合が安定しており, 集団サイズが小さく遺伝的に不安定な集団ではハプロタイプ数が少なかったり, 年度間におけるハプロタイプの割合に変化が認められやすいと考えられる。

そこで井口ら(1997)の情報を元にPCR-SSCP法を用いて簡便的に大量の個体のハプロタイプの分析を試みた。その結果, 奄美大島の自然集団の分析では, 南西部の集団は5つのハプロタイプを有し, 2つしか出現しない南東部の集団より多かった。さらに同一集団内の年度間におけるハプロタイプの割合を調べると, 南西部の集団では5つのハプロタイプの割合はほとんど変わらなかったが, 南東部の集団ではたった2つのハプロタイプの割合が異なった(澤志, 2000)。

次に沖縄島のダム湖に定着している再導入集団をPCR-SSCP法で分析したところ, 1992年に導入した住用湾南側由来の37個体は全てが同一のハプロタイプであったのに対し, 1993年に導入した住用湾北側由来の47個体では3つのハプロタイプが現れた, そしてダム湖に再導入した集団は年度によってハプロタイプの頻度に差異が認められた。1993年に導入した個体(南東部のうち住用湾の北側に由来)の一部で認められたハプロタイプの1つはこれまでに調査分析が進められた奄美大島の南西部および南東部(のうち住用湾の南側)の両地域で未確認のものであった。このことは奄美大島南東部において1つと見られていた集団が, 実際には南北にいびつで北部の川内川河口が内海となっている住用湾の地理的形狀の影響を受け, 十分な遺伝的交流を行っていない2つの集団で構成されていることを示唆し(澤志, 1999), 住用湾南北地域間における分析が待たれるところである。

集団サイズが現在比較的大きな奄美大島南東部の南側の集団と, 集団サイズの小さな沖縄島再導入集団において, ハプロタイプの割合に年度変化が見られた。このことは奄美大島南東部のうち住用湾南側の集団が過去に極端に集団サイズが小さくなった時期があったか, あるいはハプロタイプ数が多くその割合が年度間で安定している南西部集団の集団サイズが比較的近年まで大きかったことを示すのかも知れない。集団サイズが小さく遺伝的に不安定な沖縄島の再導入集団の遺伝的モニタリングが継続されれば, 今後も奄美大島の野生集団を保護するための指針となる様々な遺伝的情報を得ることが期待できるであろう。

7. おわりに

リュウキュウアユをはじめ琉球列島の固有動物は遺伝的分析手法を用いて生物地理学的研究が行われ, 琉球列島の地史と結びつけた議論がなされてきた。本亜種はすでに沖縄島集団が絶滅し, 奄美大島の地域集団

も個体数変動が激しく絶滅が危惧されているため、遺伝的分析手法を用いたより短いスパンにおける遺伝的多様性の変化の追跡も行なわれている。その研究成果は生態学的研究とともに沖縄島への再導入や奄美大島の野生集団保護の指針に反映されようとしている。沖縄島の河川への再導入を成功させるにはこれら研究を推進するとともに、今後も地域住民による自然の川を取り戻す熱意と行政への参加など、一般市民はじめ産官学が一丸となって取り組む必要があり、莫大な資金と時間および努力が必要である。この報文が各地の地史の変遷の生き証人でもある絶滅に瀕する野生動物の保護管理にとって参考になれば幸いである。

文献

- 井口恵一朗・武島弘彦・濱崎志紀・澤志泰正・西田睦 (1997) 奄美大島産リュウキュウアユの遺伝的集団構造, 多様性保全の視点から. 平成9年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 127.
- 伊野波盛仁・瀬底正武 (1965) 辺野喜川, 比地川に於けるアユ棲息量, 並びに循環によるフ化実験について. 琉水研事報 (1964-65年度): 183-191.
- 川那部浩哉 (1972) アユの社会構造の進化的意義について (付) 分布南限における社会構造. 日生態会誌, 22: 141-149.
- 幸地良仁 (1991) とっておきの話 沖縄の川魚. 165pp., 沖縄出版, 沖縄.
- Nishida, M. (1986) Geographic variation in the molecular, morphological and reproductive characters of the ayu *Plecoglossus altivelis* (Plecoglossidae) in the Japan-Ryukyu Archipelago. Japan. J. Ichthyol., 33: 232-248.
- Nishida, M. (1988) A new subspecies of the ayu, *Plecoglossus altivelis*, (Plecoglossidae) from the Ryukyu Islands. Japan. J. Ichthyol., 35: 236-242.
- 西田睦・澤志泰正・西島信昇・東幹夫・藤本治彦 (1992) リュウキュウアユの分布と生息状況 - 1986年の調査結果 -. 日水誌, 58: 199-206.
- 澤志泰正 (1995) 日本列島西部と琉球列島の島嶼におけるオイカワの出現. 沖縄生物学会誌, 33: 11-18.
- 澤志泰正 (1997) 新聞記事に見るリュウキュウアユと地域住民の関わりの変化. 沖縄島嶼研究 (15) 1-62.
- 澤志泰正 (1999) リュウキュウアユ再導入集団の遺伝的モニタリング, 23-27, 水生生物保存対策調査委託事業総合報告書 (平成6~10年度) 第2分冊 リュウキュウアユの保存と復元. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 澤志泰正 (2000) リュウキュウアユ集団の遺伝的変異性とその保全. 月刊海洋, 32: 251-254.
- Sawashi, Y. and Nishida, M. (1994) Genetic differentiation in population of the Ryukyu-ayu *Plecoglossus altivelis ryukyuensis* on Amami-oshima Island. Japan. J. Ichthyol., 41: 253-260.
- 澤志泰正・佐藤尚二・西田睦 (1992) 奄美大島南部におけるリュウキュウアユの分布ならびに生息状況 1990年12月の調査結果. 沖縄島嶼研究 (10): 43-57.
- 澤志泰正・藤本治彦・東幹夫・西島信昇・西田睦 (1993) 琉球列島北部におけるアユの分布ならびにその遺伝的・形態的特徴. 日水誌, 59: 191-199.
- 澤志泰正・西田睦 (1998) 種子島におけるアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* (Temminck et Schlegel) の分布と生息状況. 南紀生物, 40: 61-67.
- 関伸吾・谷口順彦 (1985) 西南日本におけるアユ地方集団間の遺伝的分化. 高知大学海洋生物研究センター研究報告, 7: 39-48.
- 関伸吾・谷口順彦・田祥麟 (1988) 日本及び韓国の天然アユ集団間の遺伝的分化. 日水誌, 54: 559-568.
- 諸喜田茂充 (1999) 総合考察, 27-36, 水生生物保存対策調査委託事業総合報告書 (平成6~10年度) 第2分冊 リュウキュウアユの保存と復元. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 諸喜田茂充・伊野波盛仁 (1969) 沖縄産アユの種苗生産に関する研究 1. 琉水研事報 (1969年度) 70-74.
- 四宮明彦 (1993) リュウキュウアユ, 30-31, 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—4 汽水・淡水魚類. 環境省自然環境局野生生物課編. 自然環境研究センター, 東京.
- 立原一憲 (1999) 結果と考察, 4-23, 水生生物保存対策調査委託事業総合報告書 (平成6~10年度) 第2分冊 リュウキュウアユの保存と復元. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 谷口順彦・関伸吾 (1989) アユ, 352-370, 昭和61~63年度海洋生物集団の識別等に関する先導的評価手法の開発事業報告書, アイソザイムによる魚介類の集団解析. 水産資源保護協会, 東京.