

シリーズ・Series 日本の希少魚類の現状と課題

魚類学雑誌 62(2):189-195
2015年11月5日発行

サケ：ふ化事業の陰で生き長らえてきた 野生魚の存在とその保全

Chum salmon: existence and conservation of wild fish that have persisted under hatchery programs

日本において、サケ *Oncorhynchus keta* は北日本の定置網漁業を支える大きな資源であり、決して「希少魚類」とはいえない。しかし、資源の多くがふ化放流魚であり、自然産卵で個体群を維持する「野生集団」という観点からは、希少性を有する場合がある。本稿では、野生魚と放流魚を区分し、主に野生サケ資源の現状と課題について論じる。

野生魚と放流魚

サケは縄文時代より人間に利用されてきた漁獲の対象種である。江戸時代から明治時代にかけては、自然産卵を保護する種川制によって資源増殖が行われていたが、1888年に千歳ふ化場が開設して以降、自然産卵保護から人工ふ化放流事業への転換が図られた（半田, 1938）。そのため、サケと言えば「ふ化放流」をイメージする人が多いであろう。しかし近年、生物多様性保全の機運の高まりに伴い、野生魚への関心が高まっている。野生魚とは、1世代以上にわたり自然再生産している個体を指すことが近年では一般的である（表1）。放流魚も野生魚も、その両親が放流魚であったか野生魚であったかを判別することは困難なことが多い。また、特に溪流魚な

どでは、放流魚が一切混ざったことがない場合を特に区分して、天然魚と呼ぶ（中村, 2009）。これらは試験研究機関や学術論文で用いられている定義であるが、水産業界において日本のサケが販売される際には、チリやノルウェー産の養殖魚と区分する目的から、放流魚も含めた日本のサケを天然や Wild Salmon と称して流通されることも多い。

野生魚と放流魚で何が違うのだろうか。放流魚は、ふ化放流を継続して行うことによって、人工的な環境に適応する家魚化が生じると懸念されている（森田, 2015a）。幾つかのサケ属魚類では、自然産卵しなくなることによって、性選択や繁殖行動に係わる外部形態や卵数・卵サイズが変化するとされる。ギンザケ *Oncorhynchus kisutch* では、人工授精される場合は繁殖闘争がなくなるので、体高を高くするといった二次的性徴や闘争に配分するエネルギーを少なくし、逆に生殖腺重量に配分する割合が増す結果、卵数・卵サイズは放流魚の方が大きくなると指摘されている（Fleming and Gross, 1989）。一方、マスノスケ *Oncorhynchus tshawytscha* では、ふ化事業を継続して行うことによって、卵サイズが小型化したと指摘されている（Heath et al., 2003）。これは、稚魚期の餌が豊富な人工環境下では、卵1粒あたりへのエネルギー配分を少なくしても、ふ化後の生存が良いことによると考えられている。このような家魚化は野外での適応度を下げる方向に作用すると考えられ、実際、自然界における適応度は放流魚の方が野生魚よりも低くなる傾向にある（Araki et al., 2008）。ただし、日本のサケでそのような実証研究はない。

表1. 一般的に用いられているサケ科魚類の区分の定義（Araki et al., 2008；中村, 2009；森田ほか, 2013b；市村, 2015などを参考）

名 称	定 義
野生魚 (Wild fish)	自然産卵で生まれた個体。一世代以上にわたり自然再生産している個体で、その両親は野生魚か放流魚かは問わない。
放流魚 (Hatchery fish)	ふ化場から野外に放流された個体。人工授精に用いられた親魚は野生魚か放流魚かは問わない。
養殖魚 (Farmed fish)	養殖場で飼育されている個体。数世代にわたり人工再生産されているものを特に継代飼育魚 (Captive broodstock) という。
天然魚, 在来魚 (Native fish)	過去に人為的な放流によって他個体群や放流魚が混ざったことが無く、遺伝的な固有性を有している個体。
自然産卵魚 (Natural spawning fish)	野生魚か放流魚かは区別できないが、野外で自然産卵している個体。

生物学的特性

サケは環北太平洋に流入する河川に産卵のために遡上する。アジア側の南限は佐賀県の松浦川で、佐賀県レッドリストには絶滅の恐れのある地域個体群として掲載されている（佐賀県環境生活局, 2003）。その他、京都府の由良川や島根県の高津川など西日本を流れる複数の河川にも放流が行われる以前から天然魚が遡上していた（藤原ほか, 1983；後藤ほか, 1985）。しかし、日本での主な分布域は東北以北であり、北海道ではほとんどの河川にサケが遡上する。繁殖後の翌春に4~6 cmで降海したサケ稚魚は、おおむね3~5年間を北太平洋で索餌回遊したのち、50~80 cmに成長して繁殖のために晩夏から冬にかけて河川に遡上する。産卵は主に河川で行われるが、湖沼産卵も知られている（後述）。成熟したオスは上顎が伸長し、体高が高くなり、赤みを帯びた柵状の婚姻色（bar color pattern）を示す個体もいる（図1）。一方、成熟したメスは黒い帯状の縞模様を示す。しかし、劣位のオスはメスのような黒い帯状の縞模様（stripe color pattern）を示し、メス擬態することで繁殖成功度を高めることが指摘されている（Schroder, 1981）。体サイズは雌雄でほとんど差がないが、若干どちらかの性が大きい程度である。ただし、体サイズの分散はオスの方が大きい。1回繁殖であり、繁殖期に入ったサケはおおむね2週間で死亡する。

サケの回遊経路は、ロシア系、北米系、日本系など集団によって大きく異なるが、索餌海域が集団間で重複することも少なくない。日本系のサケの回遊経路については、1950~80年代に大規模な標識放流によって調べられ、春季にはアラスカ湾を含む北太平洋東部に分布するが、夏季には北緯60度以北を含むベーリング海に分布することが明らかにされた（近藤ほか, 1965；米盛, 1975；Myers et al., 1996）。初夏に日本近海でも索餌回遊中のサケ（トキシラズと呼ばれる）は漁獲されるが、それらはアムール川等の極東ロシアを起源とするものが多い（近藤ほか, 1965；Myers et al., 1996）。また、近年では遺伝分析等によってより詳細な回遊経路が分かりつつあり、特に1年目は主にオホーツク海に分布することが明らかとなった（浦和, 2000）。

サケ科魚類は母川回帰性を有するため、それぞれの河川環境に局所適応した個体が高い適応度を得ることができ、河川間で遺伝的にも生態的にも異なる集団になる場合が多い（Taylor, 1991）。日本のサケにおいても、河川間で体サイズ、卵サイズ、遡上時期、年齢組成などの生物学的特徴に相違が見られている（能勢, 1987；岡本ほか, 2015；斎藤ほか, 2015）。また、同じ河川で捕獲されたサケでも、野生魚と放流魚で成熟年齢・サイズに違いが認められる例も報告されている（長谷川ほか, 2013；有賀ほか, 2014）。特異な個体群の例としては、湖沼産卵型が国後島の東沸湖や北海道胆振地方の秋味沼（錦多峰川上流）で報告されている（坂野, 1960~1962；辻, 1993；Kaev and Romasenko, 2010）。錦多峰川では雌雄で

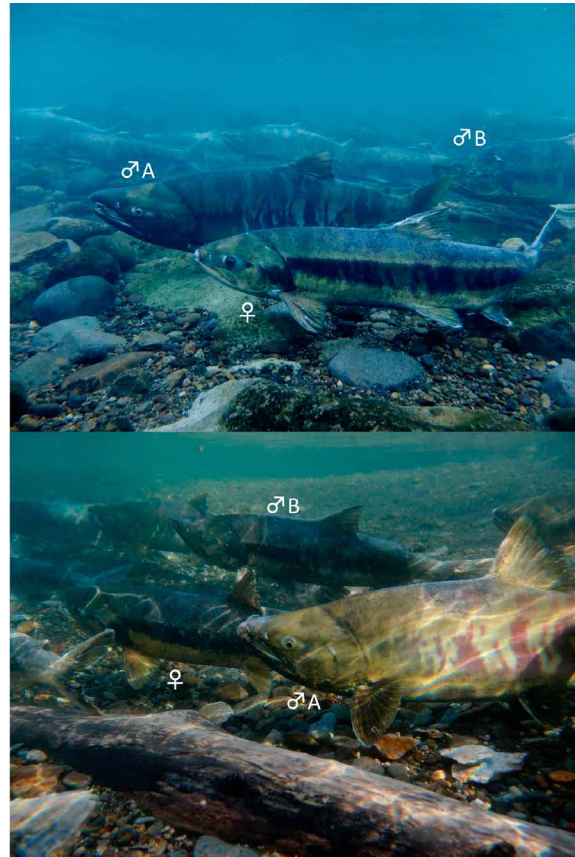


図1. 千歳川上流で自然産卵するサケ（後期群）。上：2015年1月，下：2014年1月。この時期に遡上するサケの大半は野生魚である（本文参照）。♂A: Bar color pattern, ♂B: Stripe color pattern（Schroder, 1981）。

体サイズが顕著に異なっていたことも報告され、特に小型のオスが出現していたことは興味深い（図2）。明治末期から大正期には釧路川水系の屈斜路湖にも多くのサケが遡上し産卵していたとされ（黒萩, 1987）、釧路川水系にもアキアジ沼と称せられる沼が存在する（アキアジ=サケの地方名）。また、中流域にウトナイ湖を有する勇払川に遡上するサケは、3年魚が70%近くをしめ、3年魚の割合が特異的に高かったとされている（坂野, 1964）。このような稀有な特徴を持った個体群は、その多くが現在は失われてしまった可能性が高い。

また、遡上時期（繁殖時期）による遺伝的分化（isolation by time）が存在することもサケの特徴である。日本のサケでは、秋季に遡上する‘前期群’と晩秋や冬季に遡上する‘後期群’が存在することが古くから知られていた（半田, 1924；佐野・久保, 1946；佐野, 1982）。ロシア連邦のアムール川では‘夏サケ’と‘秋サケ’と呼ばれる生態的に大きく異なる2つの系統が存在し、産卵期が遅い系統である秋サケは冬季でも水温が高く維持される湧水に産卵する（大熊・鈴木, 2002；斎藤, 2003）。日本においても後期群は湧水で産卵する傾向にあり、冬季でも水温が高い湧水のおかげで卵の発生が早く、そのため、

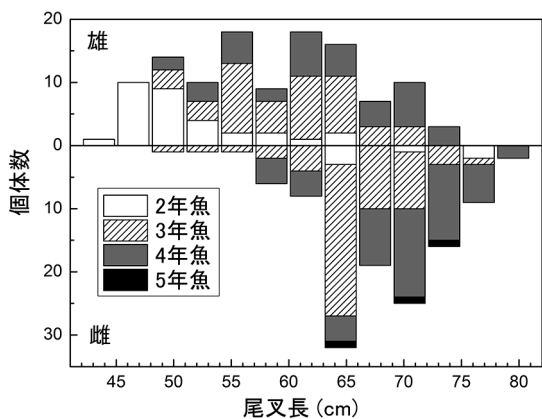


図2. 1960-1961年に錦多峰川に遡上したサケの尾叉長組成 (坂野, 1961-1962).

稚魚の浮上時期は前期群と後期群で大きな差は見られなくなる (鈴木, 2008; 卜部ほか, 2013). アムール川の夏サケと秋サケでは産卵時期のピークは大きく2つに分かれるにもかかわらず、両者で稚魚の降海時期に大きな差はないという。これらは、サケ稚魚の降海には最適な時期があり、それに適応した結果であると考えられる。近年になって、採卵日 (=繁殖時期) ごとに異なる標識を付した稚魚の放流試験によって、親子間で遡上時期に高い相関があることも明らかにされている (高橋, 2013). サケの遡上時期もまた河川によって固有の特徴が見られるが、ふ化事業にともなう移植によって、新たな漁業資源が造成された一方で、本来の遡上時期とは異なった遡上群が形成され、河川間の多様性が低下したと考えられる例も少なくない (能勢, 1970; 岡崎, 1982).

後期群の冬サケ

現在、ふ化事業は前期群が主な対象となっているため、サケと言えば前期群を指すことが多い。しかし、秋に遡上する前期群とは別に、晩秋から冬に遡上する後期群のサケが存在することは古くから知られていた (図3). 岩手県の津軽石川、北海道の千歳川と西別川では特にそのパターンが顕著であるとされ、千歳川と西別川では遡上時期のピークが2つ分かれていたとされる (佐野・久保, 1946; 能勢, 1970; 斎藤ほか, 2015). 千歳川と西別川はいずれも湧水が豊富な河川で、厳冬期でも結氷するようなことはない。千歳川では前期群と後期群の生物学的特徴について古くから興味を持たれ、鱗軟条数や鰓耙数 (川上, 1934; 片山, 1935), 年齢毎の体長・体重 (岡田・後山, 1939), オスの吻長 (阪本, 1935) について相違があると報告されている。また、後期群にはギラと呼ばれる銀色味の強い個体が多いことも知られており (佐野, 1946), 現在でも稀にそのような鱗が剥がれやすい銀色のサケが12月以降に見られることがある (長谷川ほか, 2014). また、戦前の千歳川では12月以降に遡上する後期群は前期群よりも大型であると報告されている

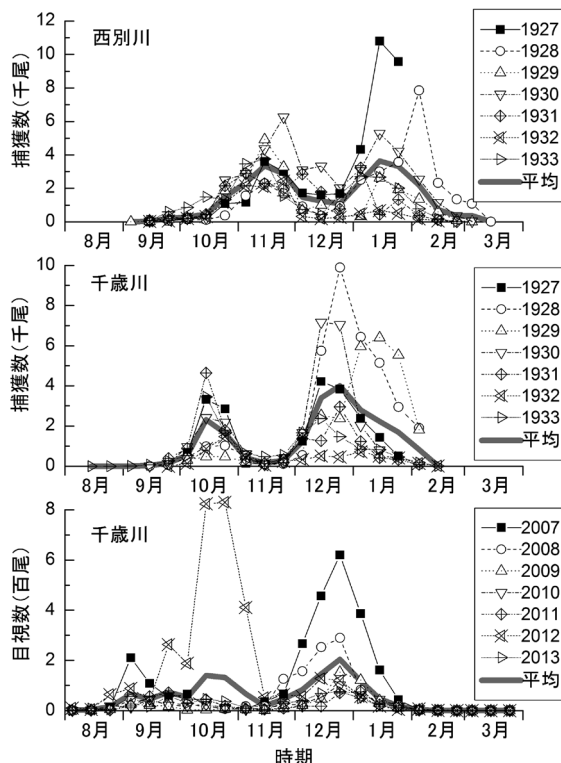


図3. 西別川と千歳川における月別別のサケ捕獲数 (北海道庁, 1929-1935) 及びサケのふるさと千歳水族館の水中観察窓 (菊池, 2012) で目視されたサケ個体数。千歳川では、1930年頃までは前期群が野生魚であったが、現在は前期群が放流魚、逆に後期群が野生魚となっている (Morita, 2014).

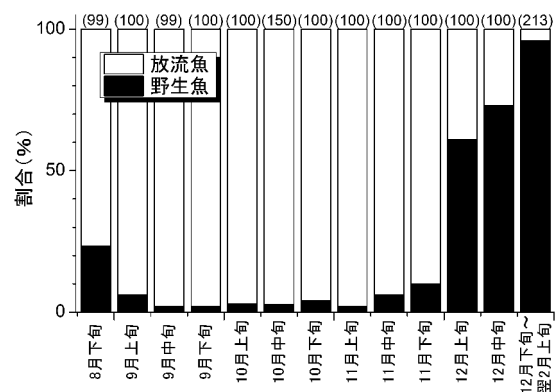


図4. 2014年の千歳川における遡上時期別の放流魚と野生魚の割合。放流魚か野生魚かは耳石温度標識の有無で判別される (森田ほか, 2013b). 8月下旬~12月中旬はウライで捕獲された個体, 12月下旬~翌2月上旬は上流域で収集された繁殖後の個体。括弧内の数値は標本数。

が (岡田・後山, 1939), 同様のパターンは現在でも確認されている (長谷川ほか, 2013). 北海道では、1980年頃からはふ化事業に必要な採卵数が計画に達した12月中旬以降は‘特々採’という再生産を目的としない捕獲措置がとられるようになり、各地の河川で後期群が主体的に取り上げられた。1980~1991年度の期間には、



図5. 後期群のサケが遡上している河川の周辺に集まった希少ワシ類 (2015年1月, 北海道).

北海道の河川で年間20万尾程度(最大43万尾)の後期群が取り上げられ(北海道さけ・ますふ化場, 1983-1993), そのため, 多くの後期群は消滅したか個体数を著しく減じたと考えられる。しかし, 千歳川では, 少なくとも1998年以降は後期群がまとまって遡上していることが報告されている(Ito and Nakajima, 2009)。現在, 千歳川では1月を盛期に産卵する後期群のサケが見られ(森田ほか, 2013a; 長谷川ほか, 2014), それらの大半が野生魚である事が確認されている(図4)。一方, 斜里川でも冬季にサケは見られるが, それらのほとんどが放流魚であることが確認された(2014年12月下旬~2015年1月に採集されたサケに占める放流魚の割合=99%, $n = 95$)。また, 岩手県においては, 現在も1月以降に遡上する後期群を対象としたふ化放流事業が行われている。しかし, サケの遡上数が最も多い北海道の河川では12月中旬以降に捕獲が行われなくなったため, 後期群の遡上数や遡上河川など, 後期群の現状に関する知見は限られている。

千歳川の歴史, 後期群の保全と意義

現在, 野生サケの後期群がまとまって遡上する千歳川は貴重である。千歳川は石狩川水系の支流であるが, 石狩川本流や支流の豊平川に遡上するものは前期群で, 後期群は主に湧水の豊富な千歳川に遡上することが古くから知られていた(半田, 1924; 三原, 1954)。1882年に内村鑑三が提出した復命書には, 千歳川における産卵の盛期は12月中旬より1月中旬と記されている(山田, 2004)。成熟が進行しておらず脂の乗ったサケは二次性徴にともなう吻部の伸長が進んでいないことからメジカ(目近)と呼ばれ高級品とされるが, 三原(1954)は千歳川の後期群を目近(メジカ)と称していた。1888年に千歳ふ化場が開設してから昭和初期までは後期群のみを対象としたふ化事業が行われてきたが, 前期群の漁獲量減少が著しかったことから, 1927年(昭和2年)からは千歳川においても前期群をふ化放流することとなり,



図6. 2013年9月の増水直後に斜里川上流で自然産卵する前期群のサケ。差し込み写真は2014年5月に同地点で夜間に採集された野生の稚魚(サケの他にサクラマスとカラフトマスを含む)。2014年9月は増水が無かったため, 同じ場所で全くサケは見られなかった。

同年に初めて10月から捕獲がなされた(図3)。当時, 千歳川には前期群はほとんど存在しないと考えられていたようで, 1927年の事業報告書には「従来の説によれば千歳川には早期親魚の遡上するもの極めて僅少なりと称せられたるも事實はこれを見事に裏切り意外の成績を取め得たり」と記されている(北海道庁, 1929)。その後, 千歳川のふ化事業の対象は前期群が中心となり, 現在に至っている。近年, 千歳川では後期群の遡上の前半にあたる12月中旬までウライ(上り築)が設置され捕獲が行われるようになったが, それらに占める野生魚の割合が高いうえ(森田ほか, 2013b), 後期群は採卵に用いられる雌親魚の割合も低いため(おおむね2割以下), 北海道区水産研究所では保全対策として, 同河川で増殖のために捕獲を行っている(一社)日本海さけ・ます増殖事業協会の協力を得て, 12月中旬に捕獲されたサケ親魚を上流へ再放流し, 自然産卵を促進する試験をおこなっている(2013年1413尾, 2014年1024尾の親魚を再放流)。

千歳川に限ったことではないが, 後期群のサケは越冬期の野生動物の重要な餌となることが指摘されている。特に, オオワシなど希少ワシ類の餌として冬場のサケは利用され(鎌内ほか, 2012), 実際, 後期群のサケの産卵場にはワシ類が集まる姿が各地で観察されている(図5)。また, 「サケのふるさと千歳水族館」内にある水中観察窓からは, 後期群のサケが自然産卵する姿が観察され, 観光資源としてだけではなく, 環境教育の材料にもなっている(菊池, 2012)。

野生集団の危機状況

放流魚を含むサケという種で見た場合, サケは危機的な状況にはないだろう。しかし, 自然再生産する野生魚については, 人間活動による攪乱を被っており, 危機的な状況と言える。昔からサケが多く遡上し, サケの産卵

場を多く有する河川のほとんどは、ふ化事業の対象となっているため、遡上時期になると河口付近にウライが設置され、遡上したサケのほとんどがふ化事業のために捕獲される。大雨などの増水がない場合は、上流域の産卵場まで到達できるサケは一部に限られる(図6)。そのため、上流域に存在する産卵場が未利用になっている事例も多く(卜部ほか, 2013; 市村, 2015), 支流単位での個体群構造は失われたと考えられる事例は多い。千歳川では、大雨による増水が見られた年には上流域で自然産卵するサケが多く観察され(Ito and Nakajima, 2009), その年に生まれたサケが回帰する4~5年後には自然産卵由来の野生魚が多いことが明らかとなった(森田ほか, 2013a)。元来、漁業資源になるほどの高い個体群増加率を有する魚種であることから、自然産卵が十分に行われた場合には大きな資源となり、ふ化事業用の親魚として野生魚が底支えする場合もあることが分かってきた(森田ほか, 2013b)。一方、ウライがない川でも、沿岸の定置網漁業による漁獲率は高く、9割近くに及ぶと考えられる。しかし、このような河川捕獲が行われていない河川やふ化放流事業自体が行われていない小河川において、野生魚の遡上が見られる河川は少なくない(小宮山, 1988; 宮腰ほか, 2011)。

後期群のサケに野生魚が多いことが指摘されているが、これは後期群の主たる遡上時期である12月中旬以降になると、近年では多くの河川でふ化事業のためのウライが撤去され、河川での捕獲率がほとんどないことによるものと考えられる。また、後期群の主群が沿岸に來遊する時期には定置網漁業も終漁しており、後期群に対する人間の捕獲率は前期群と比べると相当低い。ただし、近年の標識放流の結果から、12月中旬に遡上した群から採卵し放流された標識魚も9月下旬~10月にかけて沿岸域で少なくとも量が漁獲されていることも判明し(北水研, 未発表資料)、今後は後期群が沿岸漁業にどの程度寄与しているのかについても明らかにする必要がある。

前期群のサケは人間の高い捕獲率に晒されている。沿岸域に來遊した段階では、野生魚も放流魚も関係なく漁獲されるだろう。昔からサケの遡上数が多い川では、沿岸漁獲と河川捕獲でほとんどが人間に捕獲されると考えられる。サケの遡上が多くない中小河川では河川捕獲が行われていないため、河川内でのサケの遡上は妨げられない。しかし、およそ9割のサケが沿岸域で漁獲されていると考えられ、河川内における捕獲がなかったとしても、沿岸域で高い漁獲率を受けることになる。そのため、前期群の野生集団は存続が困難であるという意見は根強い。しかし、札幌市を流れる豊平川で行われた調査では、前期群の方が野生魚の割合が高く、遡上魚の約7割が野生魚であることが判明した(有賀ほか, 2014)。豊平川の天然個体群は前期群主体であったことが知られており、前期群は高い漁獲率を受けながらも、豊平川の産卵環境特性により生き残りが相対的に良いため、前期群に野生魚が多くなったと考えられている(有賀ほか, 2014)。

また、ふ化事業が目覚ましい発展を遂げた中、皮肉にも放流魚が野生魚の個体群存続性に負の影響を及ぼすことが近年は懸念されるようになった。放流魚が野生魚に及ぼす潜在的な影響として、遺伝的に家魚化した放流魚が野生魚と交雑することによる遺伝的リスク、環境収容力を上回る放流魚が放流された場合に生じる野生魚との競争などの生態的リスクの他、魚病の蔓延などが指摘されている。

なお、かつては水質汚濁、ダム建設、密漁などの影響がサケの自然産卵を妨げる主たる原因であったが、近年は水質も著しく改善し、ダムや堰堤に魚道の設置が進むなど、河川環境の側面では改善が進んでいると言える(Morita et al., 2006)。しかし、堰堤に魚道が付設されたり、河川環境の再生事業が進む一方で、その下流にふ化事業のための捕獲施設(ウライ等)が設置されている場合もあり、上流域にサケを遡上させたいと思う人々の気持ちを十分満たすにはまだ道のりは遠い。また、河道の範囲が堤防で固定された日本の川では、ロシアなどの原生の自然環境でサケの産卵場として重要な機能を果たしている網状の二次流路の発達は期待できない(森田, 2013)。加えて、近年では地球温暖化がサケの生活史や個体群過程に影響を及ぼす可能性も懸念されていることから(森田, 2015b)、野生集団の個体群存続性を向上させるためには、河川環境のさらなる改善と、人間の捕獲率をどのように調整するかが課題となるだろう。

おわりに~野生魚をどう捉えるか

サケは漁業資源であり、漁業資源を造成するために日本で実施されているふ化放流事業は、世界に類を見ない高度な技術と綿密なふ化放流計画によって管理がなされている。昭和30年代頃までは自然産卵も加味して資源造成が図られていたが、現在はふ化放流だけで資源造成を行う計画になっており、河川で捕獲されたサケはふ化事業に使用するしないにかかわらずほとんどが取り上げられている(北海道の河川で捕獲された雌サケの使用率=35%; 1997~2012年の平均値)。つまり、日本のサケ資源管理上は、自然産卵するサケは認められていないことになっているとも言える(中野, 1994)。そのため、現在、特にサケの自然産卵の保全対策もない。しかし近年、家魚化の問題を回避し遺伝的に健康な放流種苗を担保することや、自然再生産そのものを活用した漁業資源造成も検討する必要があると指摘されている(鈴木, 2008; Morita, 2014)。サケが自然産卵した場合の卵から稚魚までの生存率は10~20%と推定され(森田ほか, 2013a; 有賀ほか, 2014)、この値は人工ふ化放流における卵から稚魚までの生存率の約1/8~1/4に過ぎない。それでも、雌サケ1尾を自然産卵させることは、約4年後には約5~10尾が沿岸漁業の対象になることに繋がると見積もられる(森田ほか, 2013a)。河川捕獲をふ化事業に必要な個体数に留めれば、野生集団の保全のみならず、漁業資源を造成する効果も期待されるだろう。

また、環境教育としてのサケ稚魚の放流が日本各地で行われているが、保全の意味が正しく理解されているとは言い難い例も散見される。生物多様性の保全を目的とした放流には細心の注意が必要である（日本魚類学会, 2005）。サケは地域ごとに遺伝的特徴が見られる場合があり、京都府由良川では遡上時期に南限域に応じた遺伝的な適応が考えられることや（藤原ほか, 1983）、石川県の能登半島の河川では北日本には存在しなかったmtDNAハプロタイプも発見されている（坂井ほか, 2011）。しかし、分布南限域で環境教育として実施されている放流は、他地域からの移植卵が用いられることが少なくない。その場合、野生集団をさらに窮地に追い込むことになりかねない。また、サケは完全養殖はなされていないので、ふ化放流に用いる卵は、自然河川に遡上したものの産卵に至る前に捕獲された親魚に由来する。環境教育としての放流は、生物多様性の保全を教育する目的なのか、それとも、漁業資源を造成する産業教育の目的なのか、明確に意識して行う必要があるだろう。

最後に、一つ付記しておきたい。サケは母川回帰性があるから、絶滅したら放流しなければ復活しないという考え方で放流が行われてきた経緯は多い。しかし、近年になってそれを覆す事実が多く報告されており、広く一般市民に普及させる必要がある（SWSP, 2015）。たとえば、北海道大学苫小牧研究林内を流れる幌内川では、堰堤に魚道が付設されたことによって、迷入魚を起源としてサケが自然復活した事例が報告されている（斎藤, 2000）。生態系の復元には、放流など人為を加える「能動的復元」と、自然の回復力を活用する「受動的復元」の2つのアプローチがあるが、まずは自然の自己回復を妨げている人為的要因を取り除き、生態系のシステムが自己再生するのを待つ受動的復元が大切であると指摘されている（有賀, 2015）。つまり、野生集団の復活には環境の復元が最重要である。復活には少し時間がかかるかも知れないが、自然産卵で命を繋ぐサケ個体群の存在が大切であると感じたならば、やるべきことは見えてくるだろう。

謝 辞

サケのふるさと千歳水族館の水中観察窓の記録データを提供して下さった菊池基弘館長に心から感謝する。千歳川における調査にご協力頂いた日本海さけ・ます増殖事業協会および千歳さけます事業所の皆様に深く感謝する。原稿の作成にあたり有益な助言を頂いた有賀望氏と永沢亨氏に感謝する。千歳川及び斜里川におけるサケ後期群の調査はJSPS 科研費 26292102 の助成を受け、荒木仁志氏および佐藤俊平氏との共同調査で得られたものである。

引用文献

Araki, H., B. A. Berejikian, M. J. Ford and M. S. Blouin. 2008. Fitness of

- hatchery-reared salmonids in the wild. *Evol. Appl.*, 1: 342–355.
- 有賀 望. 2015. 生態系の保全と再生. 日本生態学会・森田健太郎・池田浩明（編）, pp. 231–248. 人間活動と生態系. 共立出版, 東京.
- 有賀 望・森田健太郎・鈴木俊哉・佐藤信洋・岡本康寿・大熊一正. 2014. 大都市を流れる豊平川におけるサケ *Oncorhynchus keta* 野生個体群の存続可能性の評価. *日本水産学会誌*, 80: 946–955.
- Fleming, I. A. and M. R. Gross. 1989. Evolution of adult female life history and morphology in a Pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*). *Evolution*, 43: 141–157.
- 藤原正夢・大橋 徹・生田哲郎. 1983. 南限域における天然サケの産卵および降海回遊と水温との関係について. 京都府立海洋センター研究報告, 7: 1–8.
- 後藤悦郎・田中伸和・山本孝二. 1985. さけ・ます増殖事業振興調査報告書（親魚回遊経路調査）, 島根県水産試験場資料 No.28. 24 pp.
- 半田芳男. 1924. 石狩に於ける鮭の回帰率に就いて. 第四回民設孵化場経営者技術者打合せ要報, 北海道水産試験場, 11 pp.
- 半田芳男. 1938. 北海道に於ける鮭鱒孵化事業. *陸水学雑誌*, 3–4: 505–512.
- 長谷川功・宮内康行・清水智仁. 2014. 北海道千歳川で冬季に自然産卵する野生サケの現状. *魚類学雑誌*, 61: 125–127.
- 長谷川功・森田健太郎・岡本康孝・大熊一正. 2013. 人工ふ化放流河川におけるサケの成熟年齢・サイズの野生魚—放流魚間比較. *日本水産学会誌*, 79: 657–665.
- Heath, D. D., J. W. Heath, C. A. Bryden, R. M. Johnson and C. W. Fox. 2003. Rapid evolution of egg size in captive salmon. *Science*, 299: 1738–1740.
- 北海道庁. 1929–1935. 昭和2年度—昭和8年度鮭鱒孵化事業報告, 札幌.
- 北海道さけ・ますふ化場. 1983–1993. 昭和56年度—平成3年度事業成績書, 札幌.
- 市村政樹. 2015. 根室地域におけるサケの自然再生産の現状と評価に関する研究. 北海道大学大学院水産科学院, 学位論文. 105 pp.
- Ito, T. and M. Nakajima. 2009. Abundance of salmon carcasses at the upper reaches of an adult salmon trap: Ten years of observation at a tributary of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 63: 1–7.
- Kaev, A. M. and L. V. Romasenko. 2010. Morphobiological specific features of the river and lake forms of chum salmon *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) on the southern Kuril Islands. *J. Ichthyol.*, 50: 285–294.
- 鎌内宏光・佐藤修一・林 大輔・岡部芳彦・勝山智恵・福島慶太郎・吉岡 歩・佐藤拓哉・徳地直子・仲岡雅裕. 2012. 北海道東部における初冬のホツチャレ消費者. *森林研究*, 78: 81–87.
- 片山正夫. 1935. サケの生物測定学的研究. *日本水産学会誌*, 4: 171–173.
- 川上四郎. 1934. 魚体計測学的方面より見たる本道産サケの系統的關係に就て. 北海道水産試験場事業旬報, 第244号. 8 pp.
- 菊池基弘. 2012. 千歳サケのふるさと館. *日本水産学会誌*, 78: 510.
- 小宮山英重. 1988. 札幌の淡水魚たち. 札幌市教育委員会（編）, pp. 240–262. さっぽろ文庫44川の風景. 北海道新聞社, 札幌.
- 近藤平八・平野義見・中山信之・三宅 真. 1965. 標識放流試験からみた太平洋さけます (*genus Oncorhynchus*) の沖合分布と回遊 (1958–1961). 北太平洋漁業国際委員会研究報告, 17: 1–193.
- 黒萩 尚. 1987. カルデラの湖とアイヌの伝説（摩周湖・屈斜路湖）, 生物相の変遷. 今西錦司・井上 靖（監修）, pp. 40–

43. 日本の湖沼と渓谷 I 北海道 I 摩周・サロマ湖と日高の渓谷。ぎょうせい, 東京。
- 三原健夫. 1954. 石狩川に於ける鮭捕獲時期の変遷に就て (昭和 29 年 10 月). 北海道立水産孵化場, 3 pp.
- 宮腰靖之・卜部浩一・安藤大成・實吉隼人・坂本博幸・春日井潔・永田光博. 2011. 北海道におけるサケ自然産卵個体群の分布 (資料). 北海道水産試験場研究報告, 80: 51-64.
- 森田健太郎. 2013. アムール川支流の野生サケ産卵場を視察. 日本水産学会誌, 79: 483.
- Morita, K. 2014. Japanese wild salmon research: toward a reconciliation between hatchery and wild salmon management. NPAFC Newsletter 35: 4-14.
- 森田健太郎. 2015a. 漁業の特性と生物の適応. 日本生態学会・森田健太郎・池田浩明 (編), pp. 149-166. 人間活動と生態系. 共立出版, 東京.
- 森田健太郎. 2015b. 水温に左右されるサケ科魚類の生活～地球温暖化の影響を考えるために～. SALMON 情報, 9: 3-11.
- 森田健太郎・平間美信・宮内康行・高橋 悟・大貫 努・大熊一正. 2013a. 北海道千歳川におけるサケの自然再生産効率. 日本水産学会誌, 79: 718-720.
- Morita, K., T. Saito, Y. Miyakoshi, M. Fukuwaka, T. Nagasawa and M. Kaeriyama. 2006. A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan. ICES J. Mar. Sci., 63: 1353-1363.
- 森田健太郎・高橋 悟・大熊一正・永沢 亨. 2013b. 人工ふ化放流河川におけるサケ野生魚の割合推定. 日本水産学会誌, 79: 206-213.
- Myers, K. W., K. Y. Aydin, R. V. Walker, S. Fowler and M. L. Dahlberg. 1996. Known ocean ranges of stocks of Pacific salmon and steelhead as shown by tagging experiments, 1956-1995. North Pacific Anadromous Fish Commission Doc. 192.
- 中村智幸. 2009. 消えゆく天然魚. 中村智幸・飯田 遥 (編), pp. 18-19. 守る・増やす溪流魚. 農文協, 東京.
- 中野正貴. 1994. 人工ふ化放流事業と自然産卵の関係. フライの雑誌, 28: 77-79.
- 日本魚類学会. 2005. 生物多様性の保全をめざした魚類の放流ガイドライン. <http://www.fish-isj.jp/iin/nature/guideline/2005.html>. (参照 2015-08-10).
- 能勢幸雄. 1970. サケの遡上生態と品種改良. 化学と生物, 8: 738-744.
- 能勢幸雄. 1987. サケの系統の登録に関する研究 (研究課題番号 60560190). 昭和 61 年度科学研究費補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書. 東京大学農学部. 261 pp.
- 岡田 雋・後山一夫. 1939. 北見及石狩沿岸遡上鮭ノ系統調査 (第二次) 復命書. 北海道鮭鱒孵化場, 北海道庁.
- 岡本康孝・森田健太郎・大熊一正. 2015. サケ属魚類における卵重一卵径換算式の作成と卵サイズの地理的変異に関する予察的結果. 日本水産学会誌, 81: 465-467.
- 岡崎登志夫. 1982. シロサケの集団構造. 遺伝, 36: 61-70.
- 大熊一正・鈴木俊哉. 2002. アムール川の秋サケー 2000 年の日ロ共同調査結果概要とアムール川サケ資源の現状ー. さけ・ます資源管理センター技術情報, 168: 33-46.
- 佐賀県環境生活局. 2003. 佐賀県レッドリスト, 佐賀県. 60 pp.
- 斎藤寿彦. 2000. 幌内川におけるサケの自然繁殖: 他のサケ科魚類との産卵床形成の空間的隔離. さけ・ます資源管理センター研究報告, 3: 15-24.
- 斎藤寿彦. 2003. ロシア, アムール川における夏サケ調査. さけ・ます資源管理センター技術情報, 169: 33-48.
- 斎藤寿彦・岡本康孝・佐々木系. 2015. 日本系サケの生物学的特性. 水産総合研究センター研究報告, 39: 85-120.
- 坂井恵一・甲斐嘉晃・中坊徹次. 2011. ミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列に基づく石川県のサケ個体群の遺伝的変異. 日本生物地理学会会報, 66: 155-163.
- 阪本勝一. 1935. 鮭の鼻曲りに就ての一観察. 養殖会誌, 5: 137-138.
- 坂野栄市. 1960-1962. 錦多峰川に於ける鮭の生産に関する試験 (調査). 水産庁北海道さけますふ化場, 札幌.
- 坂野栄市. 1964. 勇払川に於ける鮭稚魚の降河移動 (1) ウトナイ沼での稚魚の滞留と成長. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 18: 17-25.
- 佐野誠三. 1946. 遡河鮭中通称ギンケ鮭に関する調査 (予報 1). 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 1: 39-43.
- 佐野誠三. 1982. 石狩川サケの前期群と後期群. pp. 119-122. サケ・マスの仲間. つり人社, 東京.
- 佐野誠三・久保達郎. 1946. 北海道各河川遡上鮭 (*O. keta*) の生態調査 1. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 1: 1-11.
- Schroder, S. L. 1981. The role of sexual selection in determining overall mating patterns and mate choice in chum salmon. Ph.D thesis, University of Washington. 274 pp.
- 鈴木俊哉. 2008. 自然再生産を利用したサケ資源保全への取り組み. SALMON 情報, 2: 3-5.
- SWSP. 2015. 札幌ワイルドサーモンプロジェクトニューズレター 第 2 号.
- 高橋 悟. 2013. サケの採卵時期の違いによる親魚の回帰時期と回帰年齢. SALMON 情報, 7: 16-18.
- Taylor, E. B. 1991. A review of local adaptation in Salmonidae, with particular reference to Pacific and Atlantic salmon. Aquaculture, 98: 185-207.
- 辻 敏. 1993. VI. 北方四島の湖沼と河川, pp. 115-118. 北方四島における水産業の実態—北海道水産試験場調査復命書集成—明治末期～昭和 10 年代. 北海道立中央水産試験場, 余市.
- 卜部浩一・三島啓雄・宮腰靖之. 2013. 十勝川水系におけるサケ・サクラマスの産卵環境評価 (資料). 北海道水産試験場研究報告, 84: 47-56.
- 浦和茂彦. 2000. 日本系サケの回遊経路と今後の研究課題. さけ・ます資源管理センターニュース, 5: 3-9.
- 山田伸一. 2004. 千歳川のサケ漁規制とアイヌ民族. 北海道開拓記念館研究紀要, 32: 119-142.
- 米盛 保. 1975. 北海道起源シロザケに対する標識放流から得られた結果の分析についての試み. 北太平洋漁業国際委員会研究報告, 32: 123-151.
- (森田健太郎 Kentaro Morita・大熊一正 Kazumasa Ohkuma: 〒062-0922 北海道札幌市豊平区中の島 2 条 2 丁目 4-1 国立研究開発法人水産総合研究センター北海道区水産研究所 e-mail: moritak@affrc.go.jp; ohkuma@affrc.go.jp)

魚類学雑誌 62(2):195-198
2015 年 11 月 5 日発行

ヒメマス—複雑な移殖の歴史をもつ水産重要種

Kokanee – an important recreational and commercial salmonid fish with frequent translocations among hatcheries and natural habitats over several decades

ヒメマス *Oncorhynchus nerka* はサケ科タイヘイヨウサケ属魚類の一種であり, ペニザケの湖沼陸封型(コカニー)



図1. 産卵のために遡上するヒメマス親魚（栃木県中禅寺湖：東京新聞提供）。

である（図1）。ヒメマスは、北太平洋沿岸に広く分布し、太平洋西岸では北海道本島、東岸ではカリフォルニア州を南限として、それより北方の湖沼に生息する。降海性ベニザケの分布南限は択捉島とされており、北海道本島では希に迷い込み個体、あるいは移殖放流由来の個体が確認されるものの、恒常的な自然分布は存在しない。北海道におけるヒメマスの自然集団は、阿寒湖と網走川支流のチミケップ川上流にあるチミケップ湖の2集団のみである。

ヒメマス移殖の歴史

ヒメマス移殖の歴史は、1894年（明治27年）の阿寒湖から支笏湖への種卵の導入から始まる（徳井，1964）。次いで、1902年（明治35年）に支笏湖から十和田湖へ、1906年（明治39年）には十和田湖から中禅寺湖に種卵が導入されている（北村，2005）。この3つの湖が種卵の供給拠点となり、これまで北海道および本州北中部地方の60以上の湖沼にヒメマスの移殖が試みられたが（徳井，1964）、本種の適水温が8～13℃と低いために、標高の低い湖や水深の浅い湖では定着できないことが多く、現在の生息場所は北日本および山間地のおよそ22の湖沼・ダム湖に限られている（北村，2005；日本水産資源保護協会，2005）。また、支笏湖、十和田湖、中禅寺湖には過去数回にわたり択捉島ウルモベツ湖、同じく択捉島ルベツ湖、カナダ・フレーザー川産のベニザケ卵が導入されている。我が国の自然分布である阿寒湖にも、1928年（昭和3年）に択捉島ウルモベツ湖からベニザケ卵が、チミケップ湖には1942年（昭和17年）に支笏湖からヒメマス卵が移殖され（日本水産資源保護協会，2005）、これにより厳密な意味での日本固有の2つのヒメマス集団は遺伝的に異質なものに変化、または消失してしまったと考えられている。

ヒメマスが生息する湖沼では支笏湖、十和田湖、および中禅寺湖からの種卵を中心として、湖沼間の移殖放流が過去頻繁におこなわれてきた。この移殖入の歴史を反映して、ミトコンドリアDNAやマイクロサテライト



図2. 山梨県西湖で捕獲されたクニマス（上、オス；下、メス：山梨県水産技術センター提供）。

DNA領域において、国内の主要な産地間での遺伝的な差異が確認されていない（Yamamoto et al., 2011）。また、各地でベニザケ卵が導入されヒメマスと混交した結果、集団中のスモルト率が高まるなど、本来ヒメマスがもたない降海性の生態特性が現れている（帰山，1994）。したがって、次に述べる西湖のクニマスを除く現存する日本のヒメマス集団からは、本来有していた遺伝的および生態的な特性のいくつかが失われているとみるのが妥当である。なお、環境省の第4次レッドリストにおいて、ベニザケ（ヒメマス）は絶滅危惧IA類（CR）として扱われている。

西湖で発見されたクニマス

かつて秋田県田沢湖には、分類学的にヒメマスの亜種として位置づけられていたクニマス *O. nerka kawamurae* が生息していた（宮地ほか，1963）。田沢湖周辺の発電所建設事業により付近の川から強酸性水が湖内に流れ込み、それが原因して原産地のクニマスは1940年（昭和15年）に絶滅する。そのクニマスが、絶滅後70年経過した2010年に山梨県西湖で偶然に発見され、当時の大きなニュースとして世間の注目を浴びることとなる（Nakabo et al., 2011）。

西湖で発見されたクニマスは、1935年（昭和10年）田沢湖からの10万粒の発眼卵導入に由来するという（図2）。ほぼ同時期に山梨県本栖湖や琵琶湖にもクニマス移殖の記録が残されているが、今のところ西湖以外にクニマスの存在は確認されていない。クニマスは、鰓耙数、幽門垂数、黒い体色、産卵時期など、いくつかの形態形質や生態的特徴がヒメマスと異なり（Nakabo et al., 2011）、さらにミトコンドリアDNA塩基配列パターンに

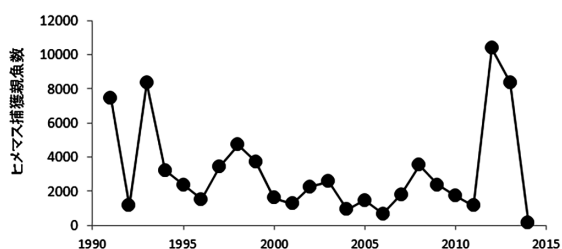


図3. 中禅寺湖における親魚捕獲数の年変化. 統計値は、中禅寺湖漁業協同組合資料および水産総合研究センター未公表データを集計したものである。

よりヒメマスと識別できる (Nakayama et al., 2013). また西湖において、ヒメマスとの生殖隔離を示唆する遺伝子データが示されており (Muto et al., 2012), 現在クニマスは独立した種として *Oncorhynchus kawamurae* の学名が与えられている (中坊, 2011). 山梨県水産技術センターが実施した調査によると、2012年および2013年のクニマス資源量は5000~7500尾とされ、ヒメマスとクニマスを併せた資源量のうちのクニマスの比率は7~14%と推定されている (青柳ほか, 2015). なお、環境省第4次レッドリストでは、「過去の分布域の明らかに外側で野生化した状態のみ生存している場合は野生絶滅」とする国際自然保護連合 (IUCN) の基準を参考に、クニマスは“野生絶滅 (EW)”に指定されている。

絶滅危惧種、国内外来魚、そして水産重要種としてのヒメマス

ヒメマスは、中山間域の地域特産種と位置づけられており、多くの産地で漁業・遊漁の対象、または自然教育素材として活用されている。農林水産省による漁業・養殖業生産統計によると、ヒメマスの単価は1kgあたり2500円を超え、海面の高級魚に匹敵する値段が付けられている。また、地域経済にとってもその貢献度は大きく、たとえば、中禅寺湖ではヒメマスををはじめとするマス類の遊漁者数は毎年1万数千人に上る。

現在、ヒメマスが生息するほとんどの湖沼で地域の水産関係者による稚魚放流がおこなわれているが、ヒメマスの資源変動は大きく、種苗の放流が必ずしも安定した漁業資源に結びついていない。たとえば、支笏湖でのヒメマス捕獲数の年変動は、ほぼ0尾から年によっては5万尾以上を記録している (日本水産資源保護協会, 2005). 同様に、十和田湖では、年による資源量の違いは800倍に及び、支笏湖と十和田湖いずれにおいても放流数と親魚数との間に明瞭な対応関係が認められていない (日本水産資源保護協会, 2004). また、十和田湖や中禅寺湖ではヒメマスの自然再生産が確認されているが、漁業資源への貢献度はいずれの湖でも低いと考えられている。中禅寺湖では、福島第一原子力発電所の事故により魚類から基準値を上回る放射性物質濃度が確認され (Yamamoto et al., 2014a, 2014b), 2012年から採捕自粛の

規制が敷かれている (ワカサギを除く)。ヒメマス種苗生産のための親魚捕獲数は、漁獲規制以降変動が大きくなり、2012年では1万尾以上が捕獲され1990年以降では最多であったが、2014年は最少の約100尾にとどまっている (図3)。このことは、ヒメマス資源量が漁獲量の多寡のみで説明できないことを示している。

ヒメマスの主な餌生物は動物プランクトンであるが、ユスリカなどの底生動物を捕食することもある (帰山, 1991; 紺野・坂野, 2010). 動物プランクトンの組成および現存量は、ヒメマス種苗放流後の生残や成長と関係し (Paragamian and Bowles, 1995; Teuscher and Luecke, 1996), 個体数変動の主要因と考えられている。同じくプランクトン食のワカサギは、ヒメマスと餌をめぐる競争関係にあり (徳井, 1964; 高村, 1999), プランクトン現存量とともにヒメマス個体数変動の一因となる。このため十和田湖では、かつて漁業関係者によりワカサギの駆除が行われたことがある。また支笏湖では、過剰なヒメマスの放流が卵巣異常や水カビ病の発生をもたらし、逆にヒメマス資源の極端な低下を招いたことがある (帰山, 1991; 日本水産資源保護協会, 2005).

ヒメマスは絶滅危惧種に指定されているものの、各地で移殖が繰り返された結果、保全の対象とする実体 (単位) が明確でなくなりつつある。十分な研究データが蓄積されているわけではないが、今のところ日本産ヒメマスに産地固有の遺伝的特性や生態的特性の存在は認められていない。また本種は、原産地 (阿寒湖・チミケップ湖) 以外の湖沼では「国内外来種」に相当するわけであるが、移殖先のほとんどの水面で重要な水産資源として利用されており、移殖がなければ資源が維持されない魚種でもある。前述したように、ヒメマス移殖の歴史は古く明治時代にまで遡り、それが今もほとんどの湖で連綿として行われている。一方、ヒメマスの移殖が魚類群集の極端な変化をもたらしたとする報告例は少なくとも日本の湖沼では見当たらず、明らかにヒメマスとの競合種であるワカサギも、ヒメマスの主要な産地である支笏湖、十和田湖、中禅寺湖ではもともと自然分布していなかった魚種である。また、ヒメマスと在来近縁種との交雑はこれまで確認されていない。

現状では、水産資源としての利用価値が高いヒメマスに、国内外来魚の問題を根拠とした「生息場所間の移殖を妨げる」強い理由はとくに存在しないと考える。ただし、防疫上の問題が明らかな場合や、過去にヒメマスが移殖されていない湖への新規導入は事前の十分な検討が必要である。絶滅危惧種としてヒメマスの保全を扱う場合は、対象を集団レベルというより、原産地である阿寒湖・チミケップ湖を中心として移殖先を含めた日本全体の湖沼を考慮に入れるべきと思われる。主要なヒメマス産地の個体群動向を注視しつつも、これからも必要に応じて移殖を実施していく方法が現実的と考える。ただし、降海性ベニザケの導入は日本産ヒメマスの生態的变化やさらなる遺伝的攪乱を促すものであり、今後はできる限り控え

るべきであろう。また、西湖ではクニマスの存在が意識されずに漁業や増殖がおこなわれてきた経緯があり、実際に近年の調査ではヒメマス漁の際に少なからずクニマスが混獲されていることが明らかとなっている(青柳ほか, 2015)。西湖においては、産卵場所などクニマスを取り巻く環境の保全はもちろんのこと、ヒメマスの利用とクニマス保全の両立を目指す管理体制の構築が必要である。ヒメマスおよびクニマスの野外個体群管理においては、まずは彼らの資源変動要因の解明や餌となるプランクトン現存量を指標とした環境収容力の評価方法の確立などが重要であると考え、さらには、生残率の高い種苗の生産技術開発、効果的な放流手法の確立、防疫技術を中心とした魚病研究など、ヒメマスおよびクニマスを対象とした増養殖研究分野のさらなる充実が望まれる。

引用文献

- 青柳敏裕・岡崎 巧・大浜秀規・三浦正之・谷沢広将・小澤 諒・長谷川裕弥・吉澤一家・坪井潤一・勘坂弘治・市田健介・Lee Seungki・吉崎悟朗・松石 隆. 2015. クニマスの生態解明及び増養殖に関する研究(第3報). 山梨県総合理工学研究機構研究報告書第10号(印刷中).
- 帰山雅秀. 1991. 支笏湖に生息する湖沼型ベニザケの個体群動態. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 45: 1-24.
- 帰山雅秀. 1994. ベニザケの生活史戦略—生活史パタンの多様性と固有性. 後藤 晃・塚本勝巳・前川光司(編), pp. 101-113. 川と海を回遊する淡水魚—生活史と進化—. 東海大学出版会, 東京.
- 北村章二. 2005. ヒメマス. 隆島史夫・村井 衛(編), pp. 77-82. 水産増養殖システム淡水魚. 恒星社厚生閣, 東京.
- 紺野香織・坂野博之. 2010. 福島県沼沢湖におけるヒメマスの動物プランクトン選択性. 水産増殖, 58: 121-126.
- 宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦. 1963. 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社, 東京. xii+275 pp.
- Muto, N., K. Nakayama and T. Nakabo. 2013. Distinct genetic isolation between "Kunimasu" (*Oncorhynchus kawamurae*) and "Himemasu" (*O. nerka*) in Lake Saiko, Yamanashi Prefecture, Japan, inferred from microsatellite analysis. Ichthyol. Res., 60: 188-194.
- 中坊徹次. 2011. クニマスについて—秋田県田沢湖での絶滅から70年—. タクサ, 30: 31-54.
- Nakabo, T., K. Nakayama, N. Muto and M. Miyazawa. 2011. *Oncorhynchus kawamurae* "Kunimasu," a deepwater trout, discovered in Lake Saiko, 70 years after extinction in the original habitat, Lake Tazawa, Japan. Ichthyol. Res., 58: 180-183.
- Nakayama, K., N. Muto and T. Nakabo. 2013. Mitochondrial DNA sequence divergence between "Kunimasu" *Oncorhynchus kawamurae* and "Himemasu" *O. nerka* in Lake Saiko, Yamanashi Prefecture, Japan, and their identification using multiplex haplotype-specific PCR. Ichthyol. Res., 60: 277-281.
- 日本水産資源保護協会. 2004. 湖沼の基盤情報整備事業報告書. 公益社団法人日本水産資源保護協会, 東京. 94 pp.
- 日本水産資源保護協会. 2005. 湖沼の基盤情報整備事業報告書. 公益社団法人日本水産資源保護協会, 東京. 181 pp.
- Paragamian, V. L. and E. C. Bowles. 1995. Factors affecting survival of kokanees stocked in Lake Pend Oreille, Idaho. North. Amer. J. Fish. Manag., 15: 208-219.
- 高村典子. 1999. ワカサギの侵入で透明度が悪化した十和田湖. 森 誠一(編), pp. 204-212. 淡水生物の保全生態学. 信山社サイテック社, 東京.
- Teuscher, D. and C. Luecke. 1996. Competition between kokanees and Utah chub in Flaming Gorge Reservoir, Utah-Wyoming. Trans. Amer. Fish. Soc., 125: 505-511.
- 徳井利信. 1964. ヒメマスの研究(V). 日本におけるヒメマスの移殖. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 18: 73-90.
- Yamamoto, S., S. Kitamura, H. Sakano and K. Morita. 2011. Genetic structure and diversity of Japanese kokanee *Oncorhynchus nerka* stocks as revealed by microsatellite and mitochondrial DNA markers. J. Fish Biol., 79: 1340-1349.
- Yamamoto, S., K. Mutou, H. Nakamura, K. Miyamoto, K. Uchida, K. Takagi, K. Fujimoto, H. Kaeriyama and T. Ono. 2014a. Assessment of radiocaesium accumulation by hatchery-reared salmonids after the Fukushima nuclear accident. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 71: 1772-1775.
- Yamamoto, S., T. Yokozuka, K. Fujimoto, K. Takagi and T. Ono. 2014b. Radiocaesium concentrations in the muscle and eggs of salmonids from Lake Chuzenji, Japan, after the Fukushima fallout. J. Fish Biol., 84: 1607-1613.

(山本祥一郎 Shoichiro Yamamoto : 〒321-1661 栃木県日光市中宮祠 2482-3 国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所 e-mail: ysho@affrc.go.jp)

書評・Book Review

魚類学雑誌 62(2):198-199
2015年11月5日発行

Reproductive Biology of Teleost Fishes. – R. J. Wootton and C. Smith. 2014. Wiley-Blackwell, Oxford. 496 pp. ISBN 978-0-632-05426-8. 199.95 USD.

脊椎動物の半数にあたるおよそ30,000種からなる真骨類は、形態や生活史、生息環境の変異もさることながら、その生殖様式の多様性には目を見張るものがある。生涯に一度しか産卵しないサケや好適な環境では毎日産卵するメダカ、一度に数個の

卵しか産まないピグミーシーホースに数億個の卵を産むマンボウなど、産卵ひとつとっても種間に著しい変異が見られる。他の脊椎動物ではほとんど報告のない、雌雄同体や雌性発生といった特異な生殖機構も、真骨類では様々な系統で見つかり、産卵のための大回遊、華麗な求愛・闘争ディスプレイや洗練された子の保護など、真骨類の見せる多様な繁殖行動は人々の興味を刺激し続けている。真骨類はいかにしてこのように多様な生殖様式を獲得したのだろうか。また、どのような機構が複雑で緻密な生殖の発達、生理および行動を支えているのだろうか。