日本生態学会誌 69：201 - 207（2019）

学術情報特集 北日本の環境アイコン「サケ」の保全活動を考える

三陸におけるサケ資源像の再構築

峰岸　有紀*・青山　潤

東京大学大気海洋研究所

Reconstruction of the bioresource values of chum salmon in the Sanriku region

Yuki Minegishi* and Jun Aoyama

Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

はじめに

「サーモン」ではなく「サケ」（*Oncorhynchus keta*）といえば、我が国ではほとんどの場合、「北海道」が想起される。事実、北海道は日本のサケの沿岸漁獲量の 80％近くを占めるとともに、資源造成のための人工孵化放流事業では、全放流稚魚数の 50–60％を担う中核的な役割を果たしている。また、生態研究も、冷水性魚類であるサケ・マス類の国内の主要分布域にあたる北海道が長く牽引してきたと言える。一方、沿岸漁獲量の 10–15％、稚魚放流数の 20–25％を占め、国内第 2 位の地位にあるのが三陸・岩手県である。北海道と岩手県を合わせれば、沿岸漁獲および稚魚放流のいずれにおいても全国の 80％以上に達する。ところが、北海道と比較すると、「三陸のサケ」の全国的な知名度は、ほぼ皆無と言っても過言ではない。分布の南限域であることに加え、特異なリアス海岸地形や冬期の河川・沿岸水温など、北海道とは明瞭に異なる環境条件を有する三陸では、回帰から遡上、産卵および初期生活史など、沿岸および河川で繰り広げられるサケの行動・生態に独自の地域性があることが想定される。しかしながら、三陸では、一部の水産資源学的研究を除き、サケの地域的生態特性に着目した研究はほとんど行われていないのが実態である。また、これまでの民俗学研究も、北海道と産品を運ぶ北前船の経路にあたる東北・日本海側に研究努力が集中し、三陸沿岸の情報は極めて断片的である。北上山地と険しい海崖に隔てられ、人口も少ない三陸沿岸の集落では、歴史的に情報の分散が起こりにくかったうえ、繰り返される津波被害によって史資料が消失することも、こうした状況に拍車をかける一因と推察される。そこで、本州の東北太平洋岸のサケ資源の生物学的および文化的価値を再構築することを目的として、岩手県大槌町を中心に三陸のサケに関する研究を進めている。地域的生態特性については、特に野生サケに着目することで、自然産卵や稚魚の降河等、基礎知見が得られつつある。また、歴史文書や水産関係資料などの文献資料の閲覧・収集、三陸各地で行われている儀礼への参与観察、サケに関する民俗知などの聞き取り調査等を進めており、サケの文化的、社会的役割をはじめとした、三陸における人とサケの独自の関わりが少しずつわかってきた。本稿では、これまでの調査で明らかになった三陸のサケの生態、人との関わりについて紹介する。

*e-mail: y.minegishi@aori.u-tokyo.ac.jp

岩手県のサケと孵化放流事業

岩手県を含む三陸沿岸には、古くからサケが来遊していた。1600 年代初頭には岩手県内で漁が始まり、サケは地域住民の食糧、産物として利用されていただけでなく、塩蔵・荒巻にしたものは、江戸から大阪、長崎へ送られ、名産品「南部鼻曲がり鮭」として南部藩の貴重な財源でもあった。1700 年代には、早池峰山を源流とする津軽石川において、禁漁期間を設けることでサケ資源の保護・増殖を行っていたとされる（岩手県さけ・ます増養殖協会 1985）。さらに、1896（明治 29）年に遡上親魚を用いた人工孵化が宮古川（閉伊川）で初めて行われ、1905（明治 38）年に津軽石村に孵化場が県内で初めて建設された。その後、孵化場の経営体制の変更と水産増殖奨励規制を

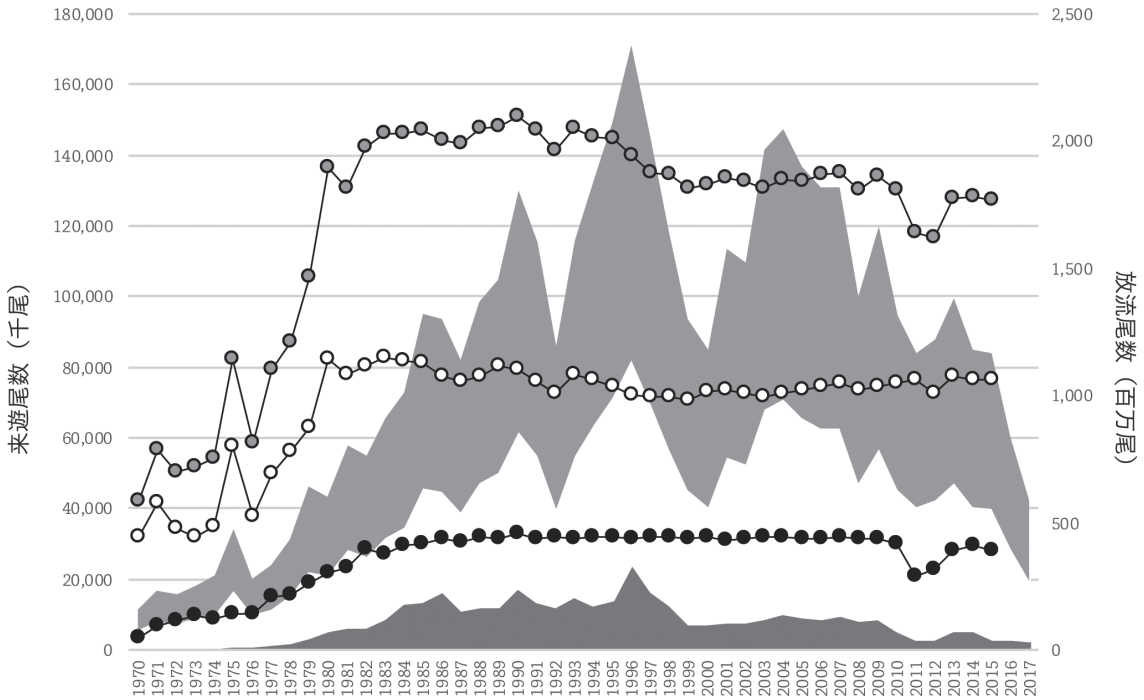

図 1. サケの来遊尾数（面グラフ，千尾；左軸）と放流尾数（線グラフ，百万尾；右軸）。来遊尾数、放流尾数ともに、グレーは全国、白は北海道、濃いグレーおよび黒は岩手を示す。（データ出典：北海道区水産研究所；サケの放流数と来遊数及び回帰率の推移、http://salmon.fra.affrc.go.jp/zousyoku/ok_relret.html）

経て、600 万粒の孵化放流を目指す増殖事業として人工孵化放流が実施されるようになった。1951（昭和 26）年に水産資源保護法が施行され、河川におけるサケ漁が人工孵化放流を目的とするものに限って許可されることになり、県や国からの補助金による援助と相まって、岩手県内の多くの河川でサケの人工孵化放流が導入され、増殖事業が拡大した。現在、岩手県には、沿岸に 20、北上川水系に 11 の計 31 の孵化場があり（平成 30 年度末現在）、現在のサケ漁は、人工孵化放流事業の実施を中心に行われている（小谷 2002）。

全国的な傾向と同様、岩手県の稚魚の放流尾数は 1970 年代から右肩上がりに増大し、1980 年代以降は、2011 年の震災直後を除き､約 4 億尾を維持してきた（図 1）。一方、回帰親魚は、1980 年代から 1990 年代にかけて増加し、1996 年には約 2400 万尾の来遊を記録した。海洋環境がサケの成長にとって好適であったことや北洋における遠洋漁業の操業縮小あるいは停止が重なったこともあるが（Morita et al. 2006）、サケ資源の増大は孵化放流の効果と言えるであろう。2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震では、岩手県内の多くの孵化場が被災した。ちょうど生産した稚魚の放流時期であったため、ほとんどの孵化場で早期に放流、あるいは放流を断念せざるを得なかったことから、この年は一時的に放流尾数が低下した。サケ親魚は 2-6 歳で回帰し、4 歳が最も多く、次いで 3 歳および 5 歳という年齢構成が一般的だが、2012 年から大槌湾の定置網で採捕されたサケ親魚の年齢構成を調べたところ、2013 年来遊群と 2014 年来遊群の年齢構成が大きく変わっていることが明らかとなった。すなわち、2013 年は 3 歳魚の、2014 年は 4 歳魚の割合がそれぞれ極端に低く、その分、5-6 歳の高齢魚の割合が高くなっていた（Kusakabe et al. 2018）。一方、大槌町の南隣の釜石市にある甲子川の孵化場は被災を免れ、2011 年も稚魚放流を行った。その甲子川の 2014 年来遊群の年齢組成は、例年通り 4 歳魚が主群であった（北川ほか 2017）。2013 年と 2014 年は、震災時に放流された稚魚がそれぞれ 3 歳および 4 歳魚となって回帰する年であり、大槌湾では、震災のために計画通り稚魚の放流を行うことができなかった影響が、回帰親魚の年齢組成の変化となって現れたと言える。言い換えれば、岩手県においても孵化放流事業がサケ資源に与える影響は大きく、今や、孵化放流事業と

サケを切り離すことはできない。

ところが、孵化放流事業の拡大とともにサケ資源が増大したのは1990年代後半までで、それ以降は減少傾向にある。1996年のピーク以降、岩手県の来遊尾数は半減し（1000万尾程度）、2010年代後半にはさらに半減した（300-500万尾程度）。稚魚は毎年ほぼ一定の数が放流されているにも関わらず、である。ここ最近では、親魚の来遊尾数はピーク時の10％程度（200-300万尾）にまで落ち込んでいる。アリューシャン低気圧の強さや太平洋十年規模変動といった大規模な環境変動に加えて（Fukuwaka et al. 2011；Kaeriyama et al. 2014；Seo et al. 2011）、近年では、降海後の稚魚期の三陸沿岸水温と親魚の回帰率に関係があることが指摘されている（Wagawa et al. 2016）。また、1970年代以降、国内で顕在化して来た回帰親魚の体サイズの小型化および成熟年齢の高齢化（帰山 2004）も、大型個体の選択的な漁獲（Fukuwaka and Morita 2008）や過剰な孵化放流による密度効果（Ishida et al. 1993）のほか、環境変化に対する適応的な応答によると考えられている（Morita et al. 2001, 2005）。さらには、人工的な飼育環境に適応し、家魚化（domestication）することで適応度が低下することや、孵化放流に由来する放流魚が野生個体群に負の影響を及ぼすことなどが示されている（Araki et al. 2007；森田 2015）。このように、サケ資源の変動に海洋環境が大きく影響することが明らかになり、孵化放流の負の側面が指摘されるようになってきた今、決まった数の稚魚を放流し続ける岩手県の孵化放流事業とそれを中心としたサケ漁は、転換点に来ているのかもしれない。

三陸のサケの生態

三陸の環境は、北海道のそれとは大きく異なる。流程が長い河川が直接大洋に注ぐ北海道と対照的に、三陸のリアス海岸と呼ばれる地形は、急峻な海崖で隔てられた多数の半閉鎖的な小さな湾から成り、そこに短く幅の狭い河川が1本から複数本注ぐ。また、その河川の縁辺まで市街地化していることが少なくなく、河川も海洋も平均して水温が高い。沖合の環境についても、三陸は親潮前線域、あるいは黒潮と親潮の混合海域で、ここに沿岸に津軽暖水が流れ込む複雑な海洋構造をしているだけでなく、水温の季節・経年変動が大きい。さらに、北海道では同属他種のカラフトマスがサケと同所的に分布するのに対し、三陸にはカラフトマスはほとんど分布しない。このように、北海道とは異なる特異な三陸の環境は、そこに生息するサケに三陸独自の地域的生態学的特性をもたらすと考えられる。

大槌湾は岩手県沿岸の中程に位置し、大槌川、小鎚川、鵜住居川の3本の二級河川が注ぐリアス海岸の典型的な湾のひとつである。これらのいずれの河川においても古くから孵化放流が行われていたが、2011年の震災で孵化場が被災した。その後、大槌川と鵜住居川では孵化場が復旧し、例年10月後半から1月前半まで川止めを設置して遡上親魚を捕獲し、孵化場で人工授精・孵化を行い、翌春にそれぞれ1000-2000万尾の稚魚を放流している。一方、小鎚川では、震災以前は毎年700-1000万尾程度の稚魚を放流していたが、震災後は親魚の捕獲も孵化放流も実施されておらず、現在、本河川に回帰するサケ親魚は自然再生産を行っている。

2014-2015年シーズンの調査で、孵化放流河川である大槌川において、河口から1-4 km上流の約3 kmの区間に計160床の産卵床が確認され、孵化放流事業が大規模化して以降、本河川に野生魚が存在することが初めて明らかになった（Aoyama 2017）。2017-2018年シーズンに同河川で著者らが行った調査でも、計204尾の遡上親魚と計106床の産卵床が確認されており（峰岸ほか 未発表）、人工孵化放流を行っている大槌川においても野生魚が存在し、多少の年変動はあるものの、毎年100床程度から成る自然産卵を維持していることが明らかになった。一方、現在、非孵化放流河川である小鎚川においては、人工孵化放流事業中断以降、定量的なデータがなかったが、2017-2018年シーズンに行った著者らの研究で初めて、本河川の野生魚と自然産卵に関する基礎情報を得ることができた。小鎚川では、このシーズンを通じて計2044個体の遡上親魚および最低でも363床の産卵床が確認され（図2、3A、B）、河口から1-1.5 km上流の約500 mの区間と、河口から3-4 km上流の約1 kmの区間が本河川の主たる産卵場であることが明らかになった（峰岸ほか 未発表）。さらに、大槌川と小鎚川いずれの河川においても、親魚の遡上は12月をピークに、9月末から2月初旬までの4ヶ月余りの期間で、産卵は10月上旬から1月下旬までの約3ヶ月余りの期間であることがわかった。2017-2018年シーズンの大槌川における孵化場による捕獲親魚は2787個体であるので（「平成29年度捕獲・採卵速報　河川そ上予測・実績［表］（一般社団法人　岩手県さけ・ます増殖協会）」、http://www.echna.ne.jp/~isz/shiryou/29sojyou.pdf、2019年3月12日確認）、小鎚川では、孵化放流を実施していなくても、大槌川と比較して、決して少なくない数の親魚が遡上し、自然再生産を行っていると推察される。

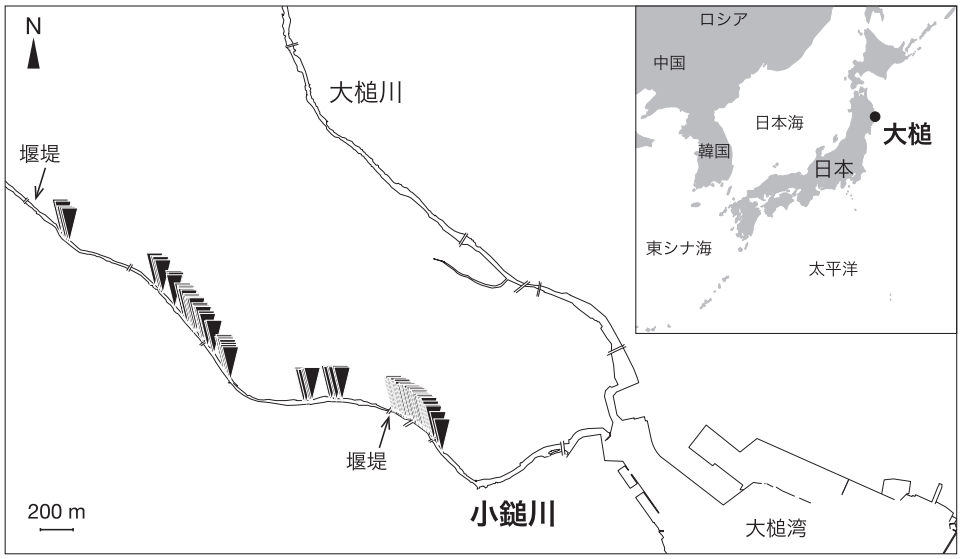

図 2.　2017-2018 年シーズンに小鎚川で確認された産卵床の分布。

さらに詳細に見ていくと、小鎚川では、産卵場所の分布に時期的な変化があることがわかった。産卵時期の初めから 11 月半ばまでは、約 3 km に亘る調査区間全体で産卵床が確認されたのに対し、それ以降は、産卵床は下流でのみ確認された。このようなサケの産卵場の分布の変化は国内外の河川でも見られ、北海道の豊平川などでは、早期に遡上した親魚は上流の河川水温に近い場所に、後期に遡上した親魚は下流の地下水が湧出し、河川水温より高い場所をそれぞれ産卵場所として利用する。こうすることで、卵や仔魚の発生・発育をコントロールし、浮上する稚魚の流下のタイミングを調節していると考えられている（鈴木 2008）。また、親魚の遊泳能力と水温は密接に関連し、それぞれの遡上時期の水温に応じた最大酸素摂取量を示す（Abe et al. 2019）。加えて、最大酸素摂取量と河口からの距離の間には正の相関があることから（Eliason et al. 2011）、高水温の早期に遡上する個体群は上流まで遡上できるが、低水温の後期に遡上する群は上流まで遡上しないと考えられる。ただし、本研究で見られた小鎚川の産卵場所の分布の変化は、河口からわずか数 km の範囲であり、河川の規模もその水温環境も、北海道とは大きく異なる。小鎚川の産卵場所の物理環境については、現在、詳細な環境計測を進めているところだが、例えば、小鎚川の河川水温は調査期間中の最も低い時でも 4℃ 程度で、地下水が湧出する場所との温度差が北海道ほど大きくない可能性がある。その場合、卵・仔魚の発育を調節するための水温に応じた産み分けはさほど重要でなくなる。一方で、三陸前期群のサケは最終成熟に達する前に遡上を開始するが（野畑ほか 2016）、後期群に当たる 11 月から 12 月に大槌川に遡上する個体は最終成熟を迎えていることが知られており（Onuma et al. 2003）、三陸のサケは、親魚の遡上時期と生理状態にばらつきがあるようである。このことから、早期に小鎚川に遡上し、最終成熟に達していない個体は上流まで上って産卵する一方、後期に成熟してから遡上する個体は、河口により近い下流で産卵する可能性も考えられる。小鎚川における産卵場所の分布の時期的な変化には、上記の理由に加えて、もしかしたら、三陸特有の別のメカニズムもあるのかもしれない。

一方、稚魚についても河川と大槌湾内で調査を行っており、三陸のサケ稚魚の生態が少しずつ見え始めた。2017 年春に行った河川でのネット調査の結果（図 3C）、大槌川における稚魚の流下時期は 2 月上旬から 5 月上旬の約 3 ヶ月間で、この間に、孵化場からの稚魚の放流と同期した複数回の流下のピークが認められた。これに対し、小鎚川では、稚魚の流下は 1 月下旬から 5 月下旬までの約 4 ヶ月間に亘り、そのピークは 4 月初めの 1 回のみであった。また、稚魚の平均尾叉長は、大槌川では 54.1 mm で流下時期全期に亘って大きなばらつきが認められたが、小鎚川で採集された稚魚の平均尾叉長は 40.8 mm で、流下時期の終盤にやや大きくなる以外は、シーズンを通じて、ほぼ一定の体サイズであった（川上ほか未発表）。このことから、大槌川における稚魚の流下は、孵化場からの放流のタイミングと量が大きく影響するのに対し、自然産卵に由来する小鎚川の稚魚は、生理・生

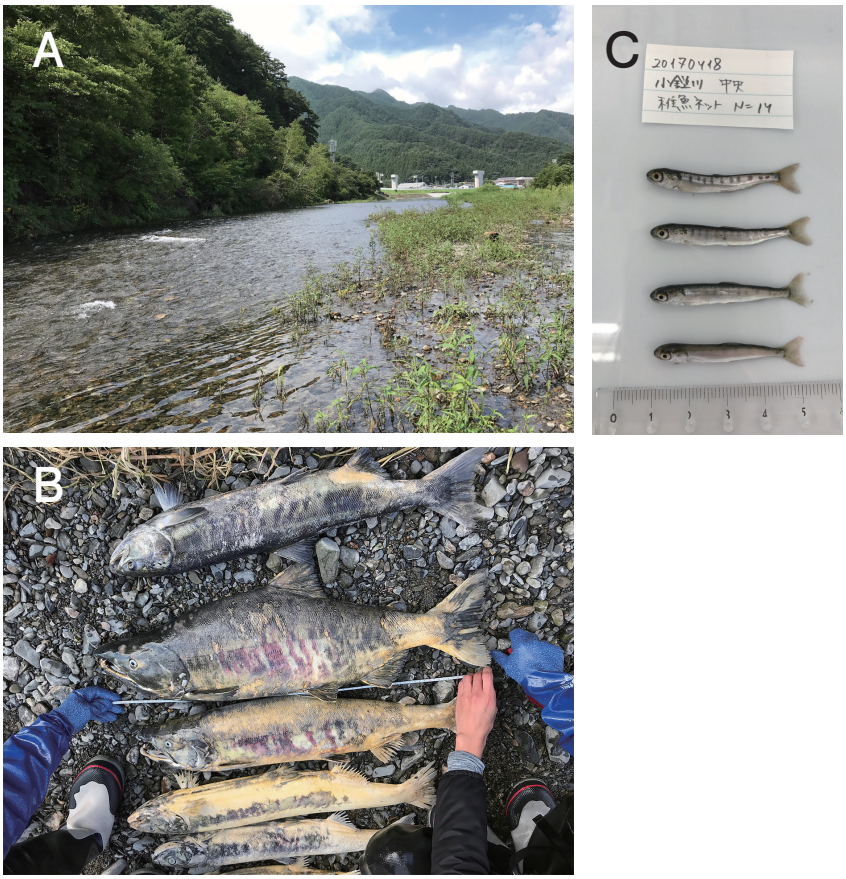

図 3. 岩手県小鎚川の様子（河口から 2.5 km 程度上流）（A）、2017-2018 年シーズンに小鎚川に遡上した野生魚のホッチャレ（B）、2017 年春に小鎚川で採集された野生稚魚（C）。

態学的特性に基づく独自のスケジュールで流下しているものと考えられた。

さらに、河川内の異なる場所で採集された稚魚の体サイズを調べたところ、小鎚川では、流心部と岸寄りで体サイズの組成に差異が認められなかった。一方、大槌川では、尾叉長 40 mm 前後の小型個体は、河川のどの場所でも大きな偏りなく採集されたのに対し、尾叉長 60 mm 前後の大型の個体は流心部では少なく、岸寄りで多く採集された。野生魚のみの小鎚川の稚魚の尾叉長から、大槌川の小型個体は野生魚、大型個体は放流魚と推定されるので、大型の放流魚は岸寄りを好んで流下することが示唆される（青山 未発表）。北海道のママチ川で行われた研究によると、放流稚魚は流下の際に、河川内の流速の速い箇所を選択的に利用する（Hasegawa and Takahashi 2013）。これらのことから、放流魚と野生魚では、流下するタイミングや場所など、河川内における生態が異なる可能性がある。さらに、これまでの大槌湾内における海でのネット採集調査の結果、岸からの距離が遠くなるほど、体サイズが大きくなることがわかって来た。調査回数が少なく、調査器具の違いもあるため、追加の調査が必要だが、サケ稚魚は、流下直後は主に波打ち際に生息し、成長に伴って徐々に岸から離れ、沖合へ移動すると考えられる（川上ほか 未発表）。環境 DNA を用いた定点定期調査の結果からも、降海後、サケ稚魚が湾奥部の渚帯に分布することが示された（Minegishi et al. 2019）。さらに、サケ稚魚の大槌湾からの離脱は 3 月下旬に始まり、6 月半ばまでに終えることや、その離脱が親潮の湾内への流入と関連する可能性があることなどが明らかになってきている（Minegishi et al. 2019）。

三陸のサケと人のかかわり

三陸サケの地域的な生態特性が明らかになる一方で、文献資料や参与観察、聞き取り調査などから、三陸におけるサケと人のかかわりについても様々なことが明らかになって来た。ひとつは、食物としてのサケの価値の変

遷である。冒頭で触れた通り、江戸時代、三陸のサケは「南部鼻曲がり鮭」として江戸から長崎に送られ、地域の財源として機能していた。盛岡藩の雑書（盛岡藩家老席の日記）には、寛永 21（1644）年 7 月（現在の 8 月）に「初鮭一尺　於三戸大留ニ　昨十六日之朝留　亦次郎取上今日巳下刻持参　即時江戸へ上ケ　右之御祝ニ三戸御蔵米壱駄被遣」との記載がある。亦次郎という者が獲った初鮭が藩に届けられ、藩はそれをすぐに江戸幕府（将軍）に献上、その亦次郎には祝いの品として約 135 kg の米を出していたという。これは、かつて、サケがいかに貴重であったかを示す好例と言えよう。仙台藩でも将軍への献上品として、初鮭と塩鮭の 2 種類があったとされ、将軍以外にも、親交の深い大名家や伊達家内でもサケは贈答品として珍重された（小谷ほか 2003）。時代は下って、大正や昭和、岩手県重茂地方では「正月の御馳走は、米の飯に鮭の魚」と言われた（赤羽 2006）。現在も一般に「年取り魚」は、西はブリで東はサケと言われる。つまり、サケは、いわゆる「ハレの日」の食べ物、縁起物である。かつてはサケが極めて貴重で、特別な時のみの食べ物だったことを示しており、サケの価値が現在とは全く異なっていたことが窺える。

そのサケ漁の中心は、古来は川だったと考えられている。そこには、遡上してくる川（陸）のサケを利用し、秋から冬の農閑期の収入源としていた農家との兼業漁師と、沿岸漁業を生業とし、定置網で海のサケを獲る専業漁師との間にせめぎ合いがあった。岩手県重茂半島では、豊漁祈願のひとつとして、例年漁期始めの 11 月末に月山詣りという神事が行われる。宮古湾の守り神とされる重茂半島の月山神社と黒崎神社に参拝し、漁場で獲れたオスとメスのサケを 1 尾ずつ奉納する。このとき、オスの精子とメスの卵を祠に塗りつける。こうすることで、神を怒らせ、宮古湾を荒れさせるという。海が荒れて、定置網を上げなくてはならなくなれば、より川にサケが上がり豊漁になると考えられているのである。この神事は、専業漁師に見つからぬよう、かつては夜中や明け方にひっそり行っていたという。人工孵化放流事業のためにサケ漁が行われている現在は、海のサケを利用する者と陸のサケを利用する者が同じになり、サケをめぐる人間同士の関わり方も変化している可能性がある。

さらに、三陸を始めとする東北各地に残るサケに関する伝承では、サケと石が関連づけられるものが頻繁に見受けられる。岩手県津軽石川の「弘法の石」伝説では、村を訪れたみすぼらしい旅の僧（弘法大師）を手厚くもてなしたところ、この僧が御礼に石を置いていったという。その石を川に投げ入れたところ、その年の秋からサケが川に上るようになり、村は繁栄したという。それが現在の津軽石川と言われる。逆に、僧が石を持って行った後、サケが川に上らなくなったという話もある。何れにせよ、このようなサケと石の関連は、環境条件が整っていれば、サケが毎年同じ産卵場所を利用することを河川の流域の住民がよく観察しており、彼らが産卵のために遡上する親魚が石を目指すと考えていたことに起因すると思われる（小谷ほか 2003）。

終わりに

本稿で紹介した三陸のサケ調査はいずれも現在も継続している。これまでの調査で見えて来た事象も含め、三陸のサケ独自の生態学的特性を明らかにすることは、地域個体群の理解や保全に資するだけでなく、三陸のサケにより適した孵化放流技術の開発・改良を通じて、サケ資源の維持および回復の一助となるかもしれない。一方、民俗学的研究からは、三陸におけるサケの文化的・社会的地位や人との関わり方がより明らかになるであろう。水産資源保護法の施行以降、サケは「資源」となったが、サケの価値は、本来、単なる水産資源に止まらない。三陸で著者らが進める多面的なサケ研究から得られる知見は、いずれも「ストーリー」のある地域の魅力的な教育資源・観光資源の素材でもある。回帰親魚の低迷が深刻な今、サケの価値を見直し、その生物資源像を再構築することで、人工孵化放流事業だけに頼らないサケと人間の未来に繋がることが期待される。

謝　辞

本稿で紹介した研究は、川上達也氏、吉村健司氏を始めとする多くの方々と共同で実施しているもので、彼らの多大なる協力に感謝する。また、本稿作成にあたり、森田健太郎氏から大変有益な助言を頂いた。本研究は、東北マリンサイエンス拠点形成事業、JST CREST 課題番号 JPMJCR13A4、JSPS 科研費 16KT0027、17K07904 の助成を受けて実施した。

引用文献

Abe KT, Kitagawa T, Makiguchi Y, Sato K (2019) Chum salmon migrating upriver adjust to environmental temperatures through metabolic compensation. Journal of

Experimental Biology, 222:jeb186189
赤羽 正春 (2006) ものと人間の文化史　鮭・鱒Ⅱ. 法政大学出版局, 東京
Aoyama J (2017) Natural spawning of chum salmon *Oncorhynchus keta* within a hatchery stock enhancement program—a case in the Otsuchi River at the Sanriku coast—. Coastal Marine Science, 40:1-6
Araki H, Cooper B, Blouin MS (2007) Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. Science, 318:100-103
Eliason EJ, Clark TD, Hague MJ, Hanson LM, Gallagher ZS, Jeffries KM, Gale MK, Patterson DA, Hinch SG, Farrell AP (2011) Differences in thermal tolerance among sockeye salmon populations. Science, 332:109-112
Fukuwaka M, Kaga T, Azumaya T (2011) Regional differences in climate factors controlling chum and pink salmon abundance. ICES Journal of Marine Science, 68:1131-1137
Fukuwaka M, Morita K (2008) Increase in maturation size after the closure of a high seas gillnet fishery on hatchery-reared chum salmon *Oncorhynchus keta*. Evolutionary Applications, 1:376-387
Hasegawa K, Takahashi S (2013) Microscale environments along the seaward migration route of stocked chum salmon fry. Transactions of the American Fisheries Society, 142:1232-1237
Ishida Y, Ito S, Kaeriyama M, McKinnell S, Nagasawa K (1993) Recent changes in age and size of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the North Pacific ocean and possible causes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 50:290-295
岩手県さけ・ます増養殖協会 (編著) (1985) 岩手県のさけ・ます孵化場. 岩手県さけ・ます増養殖協会, 平泉
帰山 雅秀 (2004) 最新のサケ学. 成山堂書店, 東京
Kaeriyama M, Seo H, Qin YX (2014) Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon. Fisheries Science, 80:251-260
北川 貴士, 川上 達也, 野畑 重教, 峰岸 有紀, 伊藤 元裕, 大竹 二雄, 青山 潤, 兵藤 晋 (2017) 通し回遊魚に対する震災の影響. 日本水産学会誌, 83:681-684
小谷 竜介 (2002) 農家とサケ漁. 東北民俗, 36:1-7
小谷 竜介, 及川 宏幸, 中村 昌人, 佐藤 琴, 関口 重樹, 籠橋 俊光, 手塚 均 (編著) (2003) 東北歴史博物館図録 鮭－秋味を待つ人々. 東北歴史博物館, 仙台
Kusakabe M, Nobata S, Saito K, Ikeba K, Ogasawara S, Tanaka K, Takei Y, Hyodo S (2018) Body condition and reproductive status of chum salmon during homing migration in Otsuchi Bay, Japan, after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami. Fisheries Science, 85:43-51
Minegishi Y, Wong MKS, Kanbe T, Araki H, Kashiwabara T, Ijichi M, Kogure K, Hyodo S (2019) Spatiotemporal distribution of juvenile chum salmon in Otsuchi Bay, Iwate, Japan, inferred from environmental DNA. PLOS ONE, 14(9):e0222052
森田 健太郎 (2015) 漁業の特性と生物の適応. (日本生態学会 編) 人間活動と生態系, 149-166. 共立出版, 東京
Morita K, Morita SH, Fukuwaka M, Matsuda H (2005) Rule of age and size at maturity of chum salmon (*Oncorhynchus keta*): implications of recent trends among *Oncorhynchus* spp. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 62:2752-2759
Morita K, Saito T, Miyakoshi Y, Fukuwaka M, Nagasawa T, Kaeriyama M (2006) A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan. ICES Journal of Marine Science, 63:1353-1363
Morita SH, Morita K, Sakano H (2001) Growth of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) correlated with sea surface salinity in the North Pacific. ICES Journal of Marine Science, 58:1335-1339
野畑 重教, 青木 良徳, 伯耆 匠二, 北川 貴士, 佐藤 克文, 竹井 祥郎, 兵藤 晋 (2016) サケの母川回帰行動と性成熟との関係に関する研究. 平成29年度日本水産学会春季大会, 東京
Onuma T, Kitahashi T, Taniyama S, Saito D, Ando H, Urano A (2003) Changes in expression of genes encoding gonadotropin subunits and growth hormone/prolactin/somatolactin family hormones during final maturation and freshwater adaptation in prespawning chum salmon. Endocrine, 20:23-33
Seo H, Kudo H, Kaeriyama M (2011) Long-term climate-related changes in somatic growth and population dynamics of Hokkaido chum salmon. Environmental Biology of Fishes, 90:131-142
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
Wagawa T, Tamate T, Kuroda H, Ito S, Kakehi S, Yamanome T, Kodama T (2016) Relationship between coastal water properties and adult return of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) along the Sanriku coast, Japan. Fisheries Oceanography, 25:598-609