

研究ノート

絶滅危惧種イトウの河川上流域におけるフィールドワーク
—命を奪わない調査方法—

鈴木 享子*・川原 満**

東京学芸大学 環境教育研究センター *

東京大学 大学院農学生命科学研究科 水圏生物科学専攻 *

猿払イトウの会 **

**Field survey on the critically endangered Sakhalin taimen in headwater habitats:
Non-lethal research methods**

Kyoko SUZUKI*, Mitsuru KAWAHARA**

Field Studies Institute for Environmental Education, Tokyo Gakugei University*

Department of Aquatic Bioscience, Graduate School of Agricultural and Life Science,

The University of Tokyo*

Sarufutsu Sakhalin taimen Association**

Populations of Sakhalin taimen (*Parahucho perryi*) have decreased drastically to near extinction. The species has been designated as CR (Critically Endangered) —the highest category of extinction danger on the IUCN Red List. There is an urgent need to establish an effective conservation strategy based on ecological knowledge. It is necessary to give full consideration to a method of researching Sakhalin taimen that minimizes any damage to the fish. This paper shows some non-lethal methods of conducting a field survey on Sakhalin taimen in northern Hokkaido. We introduce five survey methods in headwater habitats: sampling, environment survey, morphometry, spawning bed survey, and feeding habit. These methods are focused on a field survey in headwater habitats.

Key Words: field survey, Sakhalin taimen, endangered species, non-lethal, conservation

1. はじめに

イトウ *Parahucho perryi* は、サケ科イトウ属（現在は、*Parahucho*属とすることが主流になりつつある。Shed'ko et al. 1996）に属し、日本では北海道にのみ生息する国内最大級の遡河回遊魚である（Fig. 1）。本種は一生の間に複数回産卵する繰り返し産卵型で、他の在来サケ科魚類が秋に産卵するのに対し、春季の融雪出水終期に河川最上流域で産卵する。近年、河川改修等による生息域の分断化や生息・産卵環境の劣化により個体数の減少が著しく、環境省及び北海道が発行するレッドリストにおいては、それぞれ絶滅危惧IB類（EN）（環境省 2017）、絶滅危機種（CR）（北海道 2001）に登録されている。また、国際自然保護連合（IUCN）のレッドリストでは、絶滅の危険が最も高いとされるCR（Critically Endangered）に選定されている（IUCN 2017）。イトウの保全が喫緊の課題であるが、生態や生息場に関する知見は乏しく、実践的な保全策の立案に向けた生態学的知見の収集が求められている。これらの科学的知見を得る際には、本種が絶滅危惧種であることに十分配慮し、魚体へのダメージが最小限となるよう調査方法や実験方法に配慮する必要がある。

本論文では、オホーツク海に面する北海道北部の河川におけるイトウのフィールドワークについて、著者らが行った命を奪わずに行う調査方法を紹介する。様々な調査方法があるが、今回は上流域を中心としたフィールドワークとして、採集・環



Fig. 1 産卵遡上したイトウ成魚

境調査・形態計測・産卵床調査・食性調査の5項目に絞りまとめた。

2. 調査地

調査地は、北海道北部猿払村を流れる河川である (Fig. 2)。なお、イトウの保護のため、具体的な採集地点の記述は避けることとする。

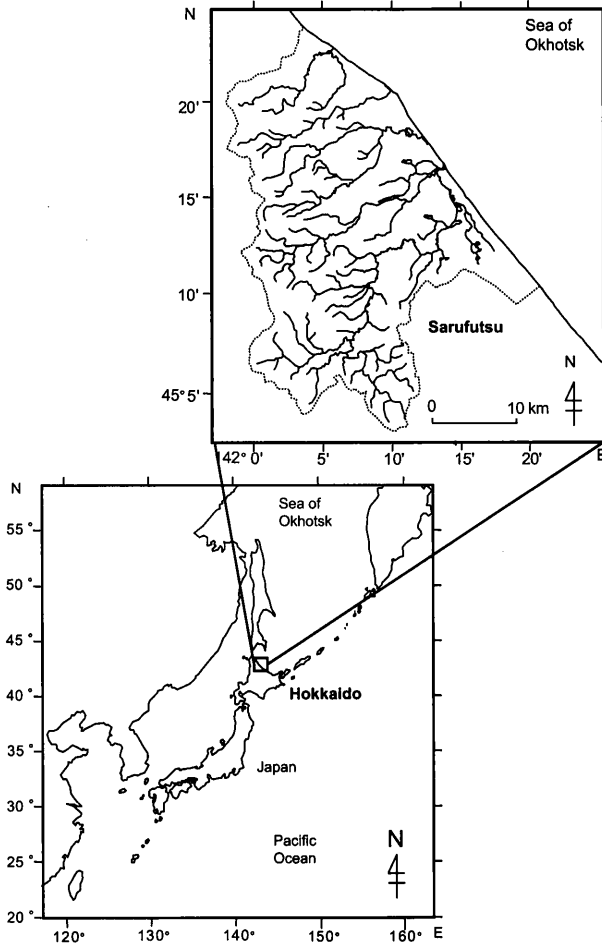


Fig. 2 調査地の地図

調査は、蛇行河川が残る上流域で行った (Fig. 3)。河畔林は主に、ケヤマハンノキ (*Alnus hirsuta*) やヤナギ類 (*Salix* spp.)、ハルニレ (*Ulmus japonica*)、エゾマツ (*Picea jezoensis*)、トドマツ (*Abies sachalinensis*) 等で構成される針広混交林である。林床は、ササ類 (*Sasa* spp.) が密生し、河畔にはフキ (*Petasites japonicus*) が群生している。

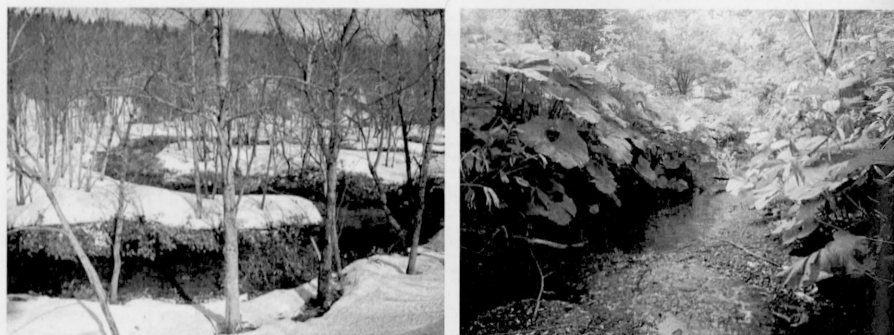


Fig. 3 蛇行河川が残るイトウの生息河川上流域

3. 採集

河川での魚類生態研究では、エレクトリックショッカー (フィッシュショッカー、電気ショッカー等の呼称がある。以下、ショッカーと記す) を用いて、川に電気を通電し魚類を捕獲する方法が多く用いられており、捕獲効率やダメージの少なさからも有効な捕獲ツールとされている。また、倒木や水際の植物材料等が入り組んでいる箇所など、障害物が多い地点では特に効果的である。しかし、ショッカーは、高価で所有者が限定されることや10-20 kg程度の重量があることから、調査地点周辺の環境や調査地までのアクセス状況等によっては、使用が困難なケースもある。

河川の上流域でのイトウのフィールドワークは、入渓や脱渓に際し急勾配の斜面を登る必要がある他、調査では河畔林の藪をかき分けながら進む“藪漕ぎ”が必要である。また、上流域の小河川の中を遡行しながらフィールドワークを行うため、ショッカーを背負っての移動は困難な場合も多い。上流域での調査では (Fig. 4)、たも網 (口径: 28 cm、網目: 1mm) とさで網 (口径: 80cm、深さ: 70cm、網目: 10mm) を用いた。なお、採集は北海道の許可 (特別採捕許可) を得て行う必要が



Fig. 4 上流域でのフィールドワークの様子

ある。著者らの調査でも、幼魚は十分に捕獲可能であり、成魚についても40cm程度の個体はさで網で採捕することができた (Fig. 5)。

本論文の対象区域ではないが、中下流域では、幼魚・成魚ともに釣りによる捕獲が可能である。餌 (魚卵・ミミズ・魚) やルアー・毛針等の疑似餌を使用するが、河川サイズ・地理的要因・釣法により用具を変更する必要がある他、季節・気象条件等で釣り場所・時間・釣法を選定するため、経験や技量が釣果に顕著に影響する。また、魚が針に掛かってから確保するまでの時間、調査・計測を含め放流するまでの取り扱いにより、魚体へのダメージが大きく左右される。釣針の掛かる位置 (鰓等) によっては死亡するリスクがあるため、注意を要する。多くのサンプル数を必要とする場合は、釣り人に調査協力を依頼する方法が効率的かつ効果的であるが、

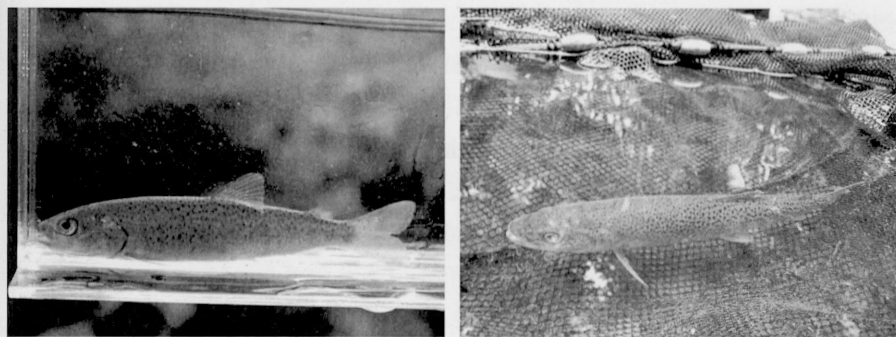


Fig. 5 たも網とさで網により捕獲したイトウの幼魚と成魚

その際は釣り人（協力者）への調査目的・意義の説明を含めた意思疎通の場を設けることが重要である。

4. 環境調査

4-1. 物理環境調査

生息場所の物理環境を調べることは、対象魚の微生息場所の特性を理解する上で重要である（井上・中野 1994；中野 2003；中田ら 2016）。また、これらの知見は、環境が劣化した河川で魚類の生息場所の再造成を試みる際に不可欠である（Nickelson et al. 1992）。本項では、イトウの生息場所の物理環境調査について、著者らのフィールドワークと佐川ら（2002、2003）の報告を参考に記述する。

イトウ幼魚の調査では、個体の採集地点において、水温（°C）、水深（cm）、流速（m/sec）、樹冠被覆度（%）、カバー（cm）、河床材料等を計測・記録し、得られた結果を統計解析する。河畔林の樹冠は、魚類への餌資源の供給源になっている他（Edward and Huryn 1996; Kawaguchi and Nakano 2001）、日射遮断機能を有し河川水温を低く保つ効果があるため、冷水性のサケ科魚類には重要な物理環境となる。また、カバーは、稚魚期の生息場や捕食者からの避難場、休憩場として機能する。

樹冠被覆度（Canopy Shade: CS）の測定は、河畔林及び河床を覆う植生であり、測量点直上の直径 3m の円内の状態により、次の 4 段階のカテゴリーを定義し目視で区分する（佐川ら 2003）。「1：被覆がみられない（CS = 0 %）、2：被覆が天空面積の半分未満（0 % < CS < 50 %）、3：被覆が天空面積の半分以上（50 % ≤ CS < 80 %）、4：天空のほとんどが被覆される（80 % ≤ CS ≤ 100 %）」カバーは、河川横断方面に対する張り出し長を最小単位 1 cm で計測し、水面直上高 50 cm 以内に分布するえぐれ（undercut bank）と植物材料（brush）に分類し計測を行う（佐川ら 2003）。河床材料は、礫径によって以下のように分類する。「1：粘土から砂（礫径 < 2mm）、2：小礫から中礫（礫径 2-64 mm）、3：大礫から巨礫（礫径 > 64mm）」

成魚の生息場所利用の調査においては、佐川ら（2002）の報告では、水底面積（m²）や河岸自然度（%）、屈曲度についても併せて計測している。

4-2. 魚類相調査

魚類相調査は、調査区間の魚類の生息・分布状況を把握するために用いられ、調

河川の生息魚類を把握する上で最も直接的且つ基礎的な手法である。河川水辺の国勢調査 (<http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo/>、2018年2月20日)でも魚類相調査が実施されており、一般的に広く普及している。

調査では、たも網等によりイトウを含めた生息魚類を捕獲し、調査区間ごとに魚種や個体数、捕獲方法、調査努力量等を記録する。魚類相調査では、調査河川の魚種・分布・優占種等を把握できるだけでなく、河川間や河川環境、地理的構造による差異や季節変化・年変動も調べることができる。特に、イトウの稚魚浮上期(夏季)の魚類相調査は、浮上時期の年変動や産卵河川の特定、孵化率の変化を把握するのに最適である。また、外来種の進入についても把握することができる。

イトウは河川最上流域で産卵するため、河川工作物や遡上障害物はイトウの回遊や再生産に直接的な影響を及ぼす。また、イトウだけでなく、他の生息魚類の遡上・降下も妨げる要因となる。本調査区域において、イトウの保全に向けた河川工作物等の撤去・改善の事例もあり、魚類相調査はその事前事後のモニタリング調査として不可欠である。

調査の際は、魚種の偏りがないう、調査区間内の様々な河川環境(瀬淵構造、水深など)において捕獲する配慮が必要である。また、安価な道具(たも網・バケツ等)による調査が可能で、場所の選定により安全に実施できる調査である。定量的調査でない場合には、一般市民・子供等の参加による持続的な調査も比較的容易で、環境教育や野外教育にも適している。

5. 形態計測と採鱗

形態は、生物とそれを取り巻く環境がどのように関わっているのかを解き明かすための重要な指標であり、形態観察は生態学研究の第一歩と考えられている(渡邊2010)。形態は遊泳行動や採餌行動、生息場所等と密接に関連しており、生物の特性を理解する上で、形態計測は重要な手法の一つである。

幼魚の形態計測では(Fig. 6)、ノギスとデジタル重量計により、全長(cm)、尾叉長(cm)、標準体長(cm)、体重(g)、頭長(cm)、吻長(cm)、眼径(mm)、口顎長(cm)、体高(cm)、体幅(cm)、尾柄長(cm)、尾柄高(cm)、背鰭前長(cm)を測定する。また、体各部と尾叉長との比、および体幅と体高の比について、測定することで、プロポーシオンを把握することができる。さらに、本調査地は、イトウ



Fig. 6 形態計測と胃内容物調査を兼ねたフィールドワークの様子



Fig. 7 サクラマス幼魚

ウ幼魚と同所的にサクラマス幼魚 (Fig. 7) が生息しており、同所的に生息する他種の形態も併せて計測し比較することで、両種の形態的特徴だけでなく、それぞれの生態特性や生息場所についても議論を深めることができる。なお、成魚の計測では、麻酔の施行及び覚醒に際し大型の容器 (プラスチック製衣装ケース等) が必要となる。

形態計測の際には、年齢査定に用いるため、同時に採鱗を行う。成魚では、ピンセット、ペンチ等により背鰭前方の側線上部から採鱗する。幼魚では、剃刀の刃（フェザー剃刀S片刃、フェザー安全剃刀株式会社）の背部分でこすり取ることで、傷をつけず、魚体への負担を抑えるよう工夫した。なお、成魚は年齢が高いために再生鱗を採取する可能性があるため、体側両面から10枚程度採鱗する。

稚魚から成魚まで、形態計測や鱗を用いた年齢査定データを積み重ねていくことにより、イトウの成長に関する基礎知見が得られる。絶滅危惧種の場合は、サンプルの採集自体が難しいため、成長に関する知見を蓄積するには長い年月を要するが、生物の特性や生活史戦略などを理解する上では重要な要素となる。

形態計測に必要な道具は、バット、ノギスや巻き尺、デジタル重量計、記録用のフィールドノート程度であり、フィールドワーク中の持ち運びの負荷も小さい。計測に際しては、魚体へのダメージを最小限とするため、手を河川水につけ冷やしてから魚体に触れるよう留意する。なお、調査項目が多い場合には麻酔が必要になる。麻酔の施行に関しては、7-1に記載する。

6. 産卵床調査

イトウの産卵床調査は、1980年代から現在まで研究者や各地の保護団体により産卵床分布の把握や個体群推定を目的として行われている。

イトウの産卵期は日本産サケ科魚類では唯一春期に産卵し、河川上流部で河床を掘って産卵する（Fig. 8）。産卵床の基本形状は他のサケ科魚類と同様、産室の上流側の窪み（Pot）と、それに続く下流側のマウンド状の盛り上がり（Tail）で構成されるが（Ottaway et al. 1981）、完成したイトウの産卵床はV字型の窪み（V-shaped pot）を有することが特徴であるため（Edo et al. 2000）、本種の産卵床は時期及び形状から判別が比較的容易である（Fig. 9）。また、本種は1回の産卵に平均3個の産卵床をつくることから、産卵河川内のメスの数を推定することが可能である（江戸2002）。

調査は、産卵期及び産卵期終了直後（5月中旬頃）に徒歩で河川を遡行しながら目視により産卵床を確認し、産卵床の計数・分布を携帯型GPSロガーに記録する形式で行う。本調査は、個体の捕獲を行わないため、再生産への影響、薬剤等の使用や個体識別用マーキングによる死傷等、調査によるダメージがほとんどない。また、



Fig. 8 産卵行動の様子

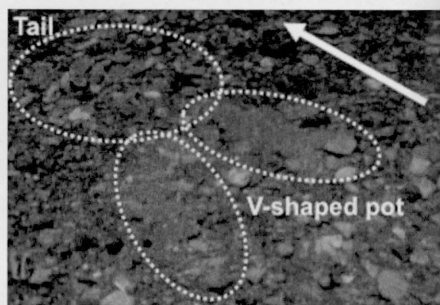


Fig. 9 産卵床の形態 矢印は流れの方向を指す。

高価な機材の設置や調査期間中の機材の運用・メンテナンス、調査後の解析等のコスト・労力を伴わず、携帯型GPSロガー等の記録機材、偏光メガネ、カメラ等の比較的安価で一般的な機材を用い、一定の努力量で安定した結果を得られるコストパフォーマンスの高い調査手法である。フィールドワークは、実際にイトウの生息河川を遡行しながら行うため、河川形態や山林等周辺環境の状態、河川工作物の位置、動植物の生息状況等を同時に記録・把握できることも利点である。

調査で得られた産卵床数および分布をもとに、経年変化や河川工作物の影響、周辺環境の変化等、本種の生息へのマイナス要因をいち早く把握でき、得られたデータにより、河川管理者や山林等土地所有者への提言、また環境保全策の実践も可能であることから、イトウの保護を視野に入れた調査には欠かせない手法である。

7. 幼魚の食性調査

食性を明らかにすることは、対象魚の生物学的特性や行動特性、生息環境の把握に寄与するだけでなく、同所的に生息する他種との比較により、それぞれの生態特性や共存機構について理解を深めることができる (Nakano and Furukawa-Tanaka 1994; Nakano et al. 1999; Miyasaka et al. 2002)。

食性調査の方法として、胃内容物調査がある。胃内容物調査は、解剖により胃に存在する餌生物を摘出し同定する方法が多いが、この方法は個体の命を奪う必要があるため、絶滅危惧種の研究手法には適しているとは言えない。河川に生息するサケ科魚類の稚魚・幼魚はスタマックポンプを適切に使用することにより、個体を殺

さずに、フィールドワークの現場で胃内容物を摘出することが可能である。

7-1. 麻酔の施行

ストマックポンプによる胃内容物の摘出では、苦痛を最小限にするため、麻酔の施行は不可欠である。麻酔剤には、魚類・甲殻類麻酔剤FA100（田村製薬）を用いる。麻酔の濃度は、調査の前に、上述の麻酔剤に記載されている濃度を基準として、基準値の前後で濃度を段階的に変えた予備実験を行う必要がある。麻酔溶液中で魚体が傾いたときを麻酔の効果が現れたと判断し、麻酔が深くなり過ぎず、且つストマックポンプによる胃内容物の摘出が可能である濃度を最適濃度とする。なお、麻酔の最適濃度は種により異なるため、対象種ごとに濃度を設定する必要がある。

フィールドワークでは、麻酔剤を個体の採集地点の河川水で希釈し、麻酔を施す。麻酔剤の効果・影響は個体差があるため、終始丁寧な観察することが不可欠である。魚体を麻酔薬から上げた際、麻酔の効きが悪い場合には再度麻酔薬に浸漬し、麻酔の効果が確認できしてから作業を行う。また、深い麻酔により個体が死亡しないように、細かく観察しながら調査を進めることが重要である。調査終了後は、幼魚を河川水の入ったバケツに入れ、麻酔から覚醒するのを待ち、採集地点で放流する。著者らの調査においては、いずれの個体も放流後に正常に泳ぎ出し、死亡した個体はいなかった。

7-2. ストマックポンプによる胃内容物調査

胃内容物調査は、当初市販の最も小さいサイズのストマックポンプで試みたが、イトウ幼魚の喉の太さに合わなかったため、ストマックポンプのゴム部分をマイクロピペットのチップに装着した自作のストマックポンプを作製した (Fig. 10)。

まず、あらかじめ河川水を吸引したストマックポンプを、麻酔を施したイトウ幼魚の口から胃の突き当たり部分までゆっくりと挿入する。次に、ストマックポンプを突き当たった部分から少し手前に引き、幼魚の胃の中に勢い良く水を注入した後、そのまま引き抜き、胃内容物を吐出させる。上記の作業を、吐出物に胃内容物が確認できなくなるまで繰り返す。吐出させた胃内容物は、ただちに10%ホルマリン溶液の入ったバイアルびんに入れて保存し (Fig. 11)、餌生物の同定は研究室に持ち帰って行う。

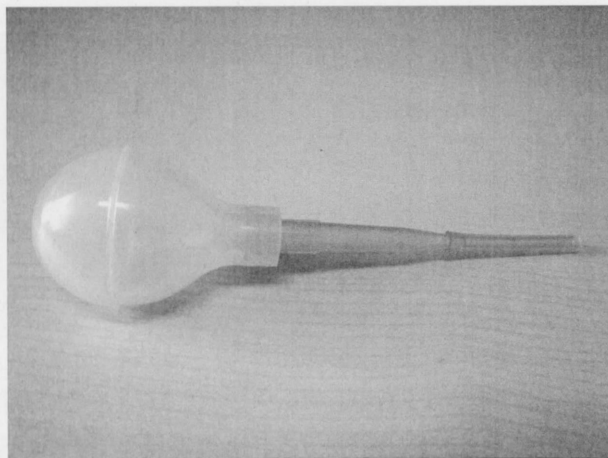


Fig. 10 自作のストマックポンプ



Fig. 11 摘出された胃内容物

なお、一連の調査は、魚体への負担を最小限に抑えるため、できる限り迅速に細心の注意を払いながら行う。イトウ幼魚は麻酔から覚醒するまで観察し、覚醒後採集地点に放流する。

山本ら（2009）は、同じサケ科魚類であるオシロコマ（*Salvelinus malma*）で、

ストマックポンプにより胃内容物を採取する際、10cm以上の個体については入れた水とともに胃内容物を吸引採取すると記述している。本調査においても、当初山本ら(2009)の方法に従って行ったが、吸引採取による胃の裏返りで死亡する個体が出現し、魚体への負荷が大きいたことが懸念された。自作のストマックポンプを用いて前述した方法を用いたところ、胃の裏返り現象はみられなくなり、魚体への負荷を軽減することができた。

ストマックポンプによる胃内容物の回収精度を調べるため、同様の方法で胃内容物調査を行ったサクラマス幼魚を解剖して胃内容物が残っているか否かを調査したところ、26個体中21個体(80.8%)では完全に胃内容物が回収されていた。そのほか5個体では、断片的で同定が困難な胃内容物の残渣が確認されたのみであった。よって、本法により、幼魚の胃内容物をほぼ完全に回収できることが確認できた。

ストマックポンプによる胃内容物調査は、個体の命を奪わずに済むだけでなく、解剖と比較して回収効率の点でも問題はなかった。また、実験までに胃内容物の消化が進行することもなく、冷凍・解凍による試料へのダメージもない。抽出した試料をきれいな状態で保存することができるため、分類や同定がしやすく正確な食性解析を行うことができる点でも優れた調査手法だと言える。

8. おわりに

絶滅危惧種の研究においては、解析に必要な個体数、データ量を取ることが難しく、採集という研究の初期段階から困難に直面するケースも少なくない。また、それらの中には、要求生息場所面積が広大なものや行動圏が広く追跡が困難なもの、大型で扱いが困難なものも多く、調査研究には多額の研究費と長い年月、労力が要求される(江戸 2002)。絶滅危惧種の保護や生物多様性に対する意識は近年高まりつつあるものの、上記のような研究上の特性により、研究の対象としては敬遠されることも多い。

現在、世界中のあらゆる地域の生物の個体数が激減し、絶滅危惧種に認定されるケースが増加しており、今後数十年間だけでも数千にのぼる生物種と数万にのぼる個体群が絶滅すると見積もられている(Lawton and May 1995; Levin 2001; Jackson 2002)。絶滅危惧種の保全や生態系機能の回復は人類の大きな課題の一つとなっており、それらを実現させるためには対象種の生物学的特性や生態学的特性、**生態学**

境に関する科学的知見の集積が不可欠である。本論文では、命を奪わずに行うイトウのフィールドワークについて、採集・環境調査・形態計測・産卵床調査・食性調査の5項目に絞って紹介した。今回紹介した手法以外にも、魚体に直接記録媒体を装着し行動を解析するバイオロギング手法によるイトウの行動生態研究（本多ら 2009；本多 2010；Honda et al. 2012）や音響ビデオカメラによるイトウの産卵遡上数の推定（Rand and Fukushima 2014）など、イトウの研究には様々な研究手法が導入されている。絶滅危惧種の研究の重要性が認識されつつある中では、目先の研究データの収集だけでなく、世代を超えて研究を引き継いでいくという長期的な視点に立つことが求められる。個体を殺さずに科学的知見を得る手法や少ないサンプル数の中でより多くの情報を抽出する手法の開発を並行して進めていく必要がある。

もう一点、絶滅危惧種のフィールドワークで特筆すべきは、科学的なフィールドワークだけでなく、人的ネットワークを構築することが研究の重要な柱となることである。上述のような科学的知見の収集に終始するのではなく、これらの知見に立脚した具体的な保全活動につなげることが肝要であるため、生態学や土工学、河川工学等の各専門家や保護団体、漁業者、行政、住民等が相互に連携し、議論することが不可欠となる。対象種に対する意識や考え方は、研究者、保護団体、漁業者、行政等立場が異なると考え方や利害も異なることから、不満や不信感を抱えたまま、対立構造を持つことも稀ではない。しかし、それぞれの考えや立場、職業観、日常生活を聞き取ると、多くの意見や考えは、人が自然や生態系から恩恵を受け、日々それぞれの場所で生活しているという事実の上に生じていることが多い。研究やフィールドワーク、保全活動を進める際には、立場の異なる人々がそれぞれの場所で生活することを尊重しながら、目的や意義、目指す方向を議論・共有し、どのように手を結ぶことができるかを考えることが重要ではないか。

謝辞

フィールド調査に際しては、猿払村漁協の清水泰氏にご協力いただきました。ここに心より感謝申し上げます。本研究は、日本学術振興会の特別研究員（DC1）制度ならびに科学研究費補助金（特別研究員奨励費21・10170）による研究支援を受けました。心から感謝申し上げます。

引用文献

- 江戸謙頭、2002、「希少種保全のための調査研究-イトウを例として-」、『生物と環境』、三共出版、東京、67-117.
- Edo, K., Kawamura, H. and Higashi, S., 2000, The structure and dimensions of redds and egg pockets of the endangered salmonid, Sakhalin taimen, *Journal of Fish Biology*, 56: 890-904.
- Edwards, E.D., and Huryn, A.D., 1996, Effect of riparian land use on contributions of terrestrial invertebrates to stream, *Hydrobiologia*, 337: 151-159.
- 北海道、2001、「魚類 北海道の希少野生動物」、『北海道レッドデータブック 2001』、196-209.
- 本多健太郎、2010、「道東別寒辺牛川水系に生息するイトウ (*Hucho perryi*) 成魚の季節的移動生態および生息場特性に関する研究」、『北海道大学博士論文』、pp. 157.
- Honda, K., Kagiwada, N., Takahashi, N., and Miyashita, K., 2012, Seasonal stream habitat of adult Sakhalin taimen, *ParaHucho perryi* in the Bekanbeushi River system, eastern Hokkaido, Japan, *Ecology of Freshwater Fish*, 21: 640-657.
- 本多健太郎・野田裕二・津田裕一・安間洋樹・宮下和士、2009、「超音波テレメトリーによるイトウ (*Hucho perryi*) 成魚の季節的移動パターンの解明」、『日本生態学会誌』、59: 239-247.
- 井上幹生・中野繁、1994、「小河川の物理的環境構造と魚類の微生息場所」、『日本生態学会誌』、44: 151-160.
- IUCN (International Union for the Conservation of Nature), 2017, *Hucho perryi*, The IUCN red list of threatened species, version 2017.3., <http://www.iucnredlist.org/details/61333/0>, 2018年2月24日.
- Jackson, R., 2002, *The Earth Remains Forever: Generations at a Crossroads*, University of Texas Press, Austin, TX.
- 環境省、2017、「汽水・淡水魚類」、『環境省レッドリスト』、<http://www.env.go.jp/press/103881.html>, 2018年2月24日.
- Kawaguchi, Y. and Nakano, S., 2001, Contribution of terrestrial invertebrates to the annual resource budget for salmonids in forest and grassland reaches of a headwater stream, *Freshwater Biology*, 46: 303-316.
- Lawton, J.H. and May, R.M. (eds.), 1995, *Extinction Rates*, Oxford University Press, Oxford.
- Levin, S.A. (ed.), 2001, *Encyclopedia of Biodiversity*, Academic Press, San Diego, CA.

- Miyasaka, H., Nakano, S. and Furukawa-Tanaka, T., 2002, Food habitat divergence between white-spotted charr and masu salmon in Japanese mountain streams: circumstantial evidence for competition, *Limnology*, 4: 1-10.
- 中野繁、2003、「第8章 北海道小河川におけるサクラマス幼魚の生息量と生息環境との関係（翻訳：井上幹生）」、『川と森の生態学 中野繁論文集』、北海道大学図書刊行会、171-192.
- Nakano, S., Fausch, K.D. and Kitano, S., 1999, Flexible niche partitioning via a foraging mode shift: a proposed mechanism for coexistence in stream-dwelling charrs, *Journal of Animal Ecology*, 68: 1079-1092.
- Nakano, S. and Furukawa-Tanaka, T., 1994, Intra- and interspecific dominance hierarchies and variation in foraging tactics of two species of stream-dwelling charrs, *Ecological Research*, 9: 9-20.
- 中田和義・宮武優太・川井健太・小林蒼葉・成成南・齋藤稔・青江洋、2016、「岡山県南部の農業水路におけるスイゲンゼニタナゴの選好環境」、『応用生態工学』、19: 117-130.
- Nickelson, T.E., Solazzi, M.F., Johnson, S.L. and Rodgers, J.D., 1992, Effectiveness of selected stream improvement techniques to create suitable summer and winter rearing habitat for juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Oregon coastal streams, *Canadian Journal of Fish Aquatic Sciences*, 49: 790-794.
- Ottaway, E.M., Carling, P.A., Clarke, A. and Reader, N.A., 1981, Observations on the structure of brown trout, *Salmo trutta* Linnaeus, redds, *Journal of Fish Biology*, 19: 593-607.
- Rand, P.S. and Fukushima, M., 2014, Estimating the size of the spawning population and evaluating environmental controls on migration for a critically endangered Asian salmonid, Sakhalin taimen, *Global Ecology and Conservation*, 2: 214-225.
- 佐川志朗・山下茂明・中村太士、2002、「北海道天塩川水系一支流におけるイトウ成魚の夏季生息場所利用-イトウ生息地保全事項の提示-」、『日本生態学会誌』、52: 167-176.
- 佐川志朗・山下茂明・佐藤公俊・中村太士、2003、「北海道北部の河川支流域における秋季イトウ未成魚の生息場所と採餌様式」、『日本生態学会誌』、53: 95-105.
- Shed'ko, S.V., Ginatulina, L.K., Parpura, I.Z. and Ermolenko, A.V., 1996, Evolutionary and taxonomic relationships among far-eastern salmonid fishes inferred from mitochondrial DNA divergence, *Journal of Fish Biology*, 49: 815-829.
- 渡邊俊、2010、「第7章 形態観察」、『魚類生態学の基礎（塚本勝巳編）』、恒星社厚生閣、73-86.

山本敦也・鷹見達也・桑原連、2009、「市販のストマックポンプによる知床河川のオシヨロコマ *Salvelinus malma malma* の胃内容物採集効率」、『東京農業大学農学集報』、54: 28-36.