

希少淡水魚類の保全に必要な河川環境構造と ハビタット造成に関する研究

要旨

1. はじめに
2. スナヤツメの生息環境とハビタット選好性
 - 2-1. 山形県月光川水系牛渡川における産卵場の物理環境
 - 2-2. 北海道南部の紋別川における生息環境とハビタット選好性
3. ウケクチウグイの生活史特性と生息環境
 - 3-1. ウケクチウグイの生活史特性
 - 3-2. ウケクチウグイの回遊履歴と生活環境
 - 3-3. ウケクチウグイ保全のために必要な河川環境構造
4. 東北地方のハナカジカ個体群の生息場所と分布制限要因
 - 4-1. 月光川におけるハナカジカの分布パターンと生息環境
 - 4-2. 月光川におけるハナカジカの分布制限要因
5. 各希少淡水魚類の保全施策とハビタット造成
6. おわりに

参考文献

北海道大学 大学院 水産科学研究科	後藤 晃
独立行政法人 水産大学校	酒井 治己
富山大学 理学部	山崎 裕治

要旨

本研究では、希少な冷水性淡水魚類の保護・保全を図るために、それぞれの魚種の生活史・生態的特性を明らかにすることを基盤に置き、また各魚種の生活にとって好適な生息環境要因を解明することによって、「生物多様性保全型」の生息環境保全施策を確立することを目的とした。

調査対象魚種には、底質埋没生活種のスナヤツメ（絶滅危惧II類）、遊泳生活種のウケクチウグイ（絶滅危惧I B類）、および底生生活種としての東北地方のハナカジカ（絶滅のおそれのある地域個体群）をモデルケースとして選定した。スナヤツメとハナカジカに関しては、調査河川における分布の現状を把握するとともに、生息環境条件についての詳細な調査を実施した。一方、ウケクチウグイに関しては、これまで生活史や生態についての情報がきわめて少ないため、それらの基礎的調査を行うことに加え、耳石のストロンチウムとカルシウム比の解析によって回遊履歴と生息環境条件を推定した。

その結果、スナヤツメの河川における生息場所は、主に中—下流域の流程に沿って局在する砂泥底パッチであり、その微生息環境条件としては水深が比較的浅い岸部で、砂泥の堆積が深いことが重要であることが示された。ウケクチウグイでは、比較的大きい規模の河川の中—下流域で一生を送る河川性種であることが解明されたことに加え、河川内での個体成長が早く、河川内回遊の行動特性を持つことが推定された。また、ハナカジカでは、河川においてどこにでも生息するのではなく、湧水が豊富に供給される場所にパッチ状に分布することが示された。そして、この分布を規定する物理的環境要因としては夏季の最高水温が18℃以下であることが最も重要であること、およびその生息密度には岸部のカバー量が多いことと川幅が狭いことが関与することが明らかになった。

以上の調査成果をもとに、それぞれの希少魚種の環境保全施策とハビタット造成についての具体策を提示するとともに、希少魚種の保全には地域あるいは生態系スケールでの環境保全が不可欠であることを指摘した。

1. はじめに

日本各地の河川は、1960年代の高度経済成長政策以降、炭酸ガスの増加による温暖化をはじめ、主に治水や利水の名のもとに実施された中・下流域での護岸ブロック化、上流域での砂防堰堤や各種用途のダムの建設などによって、その自然環境は著しい人為的改変を被ってきた¹⁾。こうした経緯の中で、河川を単に水路として物理的に捉えるのではなく、魚類をはじめ多様な水生生物の生息の場として、また森林—河川—沿岸海洋という相互に連鎖した複合生態系の一部として理解することが重要であると指摘されはじめている²⁻⁴⁾。

日本列島はその比較的温暖な気候にもかかわらず、発達した山岳地帯と豊かな湧水源を有するため、本州北部や北海道にはその分布南限域となる北方系の冷水性淡水魚類が数多く分布している。これらの多くの魚種は気候が寒冷であった氷期の遺存種とみなされており、その分布南限域の個体群は生息地毎に固有の生態的・遺伝的特徴を持っている魚種もあり、また幾つかの魚種の個体群においては別種あるいは亜種に分化したものも見出されている。これらの冷水性淡水魚類の個体群はいずれも湧水に依存した比較的小規模な地域・場所に生息するが故に、環境変動の影響を最も受けやすい動物であると言える。

本研究では、河川に生息し絶滅が危惧される幾つかの冷水性淡水魚類（スナヤツメ、ウケクチウグイ、東北地方のハナカジカ：いずれも環境庁レッドリストで指定された絶滅危惧種あるいは個体群）を対象

種に選び、その生活空間や個体群サイズの保全だけでなく、それらの集団の遺伝的多様性の維持にも留意した「生物多様性保全型」とも言うべき好適な河川環境構造とハビタットの回復・造成に必要な基本施策を確立することを目的として調査を実施した。その意義は、近年における河川の物理的な環境改変によって、絶滅に瀕している希少淡水魚類やその他の生息個体数が減少したり生息場所が縮小している魚種を生物学的に「健全に」維持・保全することに直接役立つこと、および多様な魚種から構成される魚類群集を維持し育むことが可能な多様で複雑な構造と機能を持つ、真に「豊かな川」づくりに役立つことにある。

2. スナヤツメの生息環境とハビタット選好性

スナヤツメ (*Lethenteron reissneri*) はカワヤツメ属の1種と分類されてきた非寄生・河川性種であり、絶滅危惧II類に指定されている。しかし、近年のアロザイム解析やミトコンドリアDNA解析による分子系統学的研究によって、高度に遺伝的分化を遂げ、また同所の生息地でも互いに生殖的隔離が存在する2種、スナヤツメ北方種 (L. sp. N) とスナヤツメ南方種 (L. sp. S) の存在が報告されている^{5, 6)}。その日本における分布域は、前種では北海道から本州滋賀県まで、後種では本州山形県から九州までである。本研究では、冷水性のスナヤツメ北方種を調査対象に選定し、山形県月光川水系と北海道南部の紋別川で、それぞれ産卵場の物理環境条件、非繁殖期の生息環境とハビタット選好性について調査した。

2-1. 山形県月光川水系牛渡川における産卵場の物理環境

山形県遊佐町箕輪の月光川水系牛渡川において、川幅約3m、流路延長50mの調査区を設定して、産卵床の立地条件および産卵群を構成している個体組成を調査した。調査は、2001年と2002年の4月上旬に行った。まず、調査区において、スナヤツメ北方種の産卵群を昼夜に渡り探索した。産卵群が確認された場合には、産卵床の形状、長径と短径、岸からの距離、底質、水深、流速を計測した。また、産卵群を構成している個体の全長、性別、成熟度を調べた。さらに産卵床の環境特性を検出するために、調査区全域に渡って10m毎に流路に直行する等間隔の3地点を設定し、各地点における環境条件(底質、水深、流速)を計測した。

調査の結果、調査区全体の環境条件については、底質が砂泥、小礫、中礫から成り、水深は4～30cm、流速は2～16cm/secであることが示された。この調査区において、11の産卵床が観察された。それらの産卵床のほとんどは、小礫底、水深10～15cm、流速7～16cm/secの場所に造られていることが認められた。この結果から、スナヤツメ北方種は産卵に適した場所を選択して産卵床を形成すると思われる。また、産卵群の個体組成については、オス：メス比が1：1～3：1の範囲にあり、オス個体は全て放精可能な個体であったのに対し、メス個体には成熟個体と放卵後個体から構成されることが観察された。

2-2. 北海道南部の紋別川における生息環境とハビタット選好性

非繁殖期の生息場所の環境条件とハビタット選好に関する野外調査は、北海道長万部町の紋別川（流路延長約13km）で実施した。

まず、紋別川中流域の流程4.5kmに調査区を設定し、その流路に存在する砂泥底のパッチを計数した（図1）。その後、各砂泥底において、魚類用電気ショッカー（Fish Shocker II Light Model、フロンティアエレクトリック社製）を用いてスナヤツメ北方種の幼生を捕獲した。採集調査後に、スナヤツメ幼生が生息していた砂泥底パッチと生息していなかった砂泥底パッチで、それぞれ物理的環境要素（水深、泥深、流速、砂泥の粒度組成、堆積落葉量）を計測した。

これらの調査の結果、調査区内には39の砂泥底パッチが存在し、そのうち10パッチには幼生が生息していたが、残りの29パッチでは幼生の生息が認められなかった（図2）。幼生は調査流域内の砂泥底に主に分布することが示され、Jacobsの選択指数による解析を行った結果、幼生は水深が浅く、流れが緩やかで細かい底質粒度からなる場所を選択的に生息することが明らかになった（図3）。また、幼生の生息した砂泥底パッチ（以下、生息パッチと略す）と幼生が生息しなかった砂泥底パッチ（以下、非生息パッチを略す）の間で、各物理的環境要素を比較したところ、小型幼生（ $\leq 50\text{mm TL}$ ）では、砂泥の粒度組成の細かさに有意差が見出された（Mann-Whitney U -test, $z = -2.702$, $P < 0.01$ ）。一方、他の4つの環境要素には、生息パッチと非生息パッチ間で有意な差異は認められなかった（Mann-Whitney U -test, 水深 $z = -0.997$, $P = 0.318$; 泥深 $z = -0.338$, $P = 0.736$; 流速 $z = -0.257$, $P = 0.797$; 堆積落葉量 $z = -0.129$, $P = 0.898$ ）（図4）。これに対し、大型幼生（ $> 50\text{mm TL}$ ）では、生息パッチと非生息パッチ間で砂泥底の水深および泥深に有意さが認められた（Mann-Whitney U -test, 水深 $z = -2.379$, $P < 0.05$; 泥深 $z = 2.393$, $P < 0.05$ ）（図5）。以上の結果は、小型幼生は粒度組成の細かい砂泥底パッチを選好するのに対し、大型幼生は水深が浅く（ $< 30\text{cm}$ ）、泥深が深い（ $> 6\text{cm}$ ）砂泥底パッチを選好することを示している。

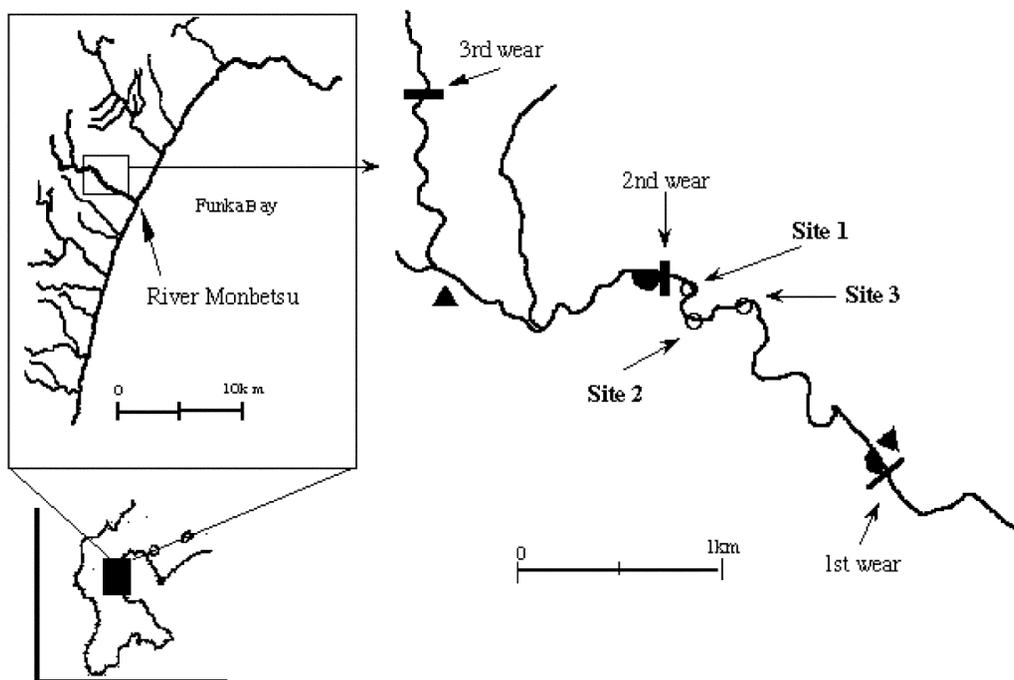


図1 北海道南部の紋別川におけるスナヤツメ幼生の生息環境調査区
▲-▼ 調査流域 ○ 調査区

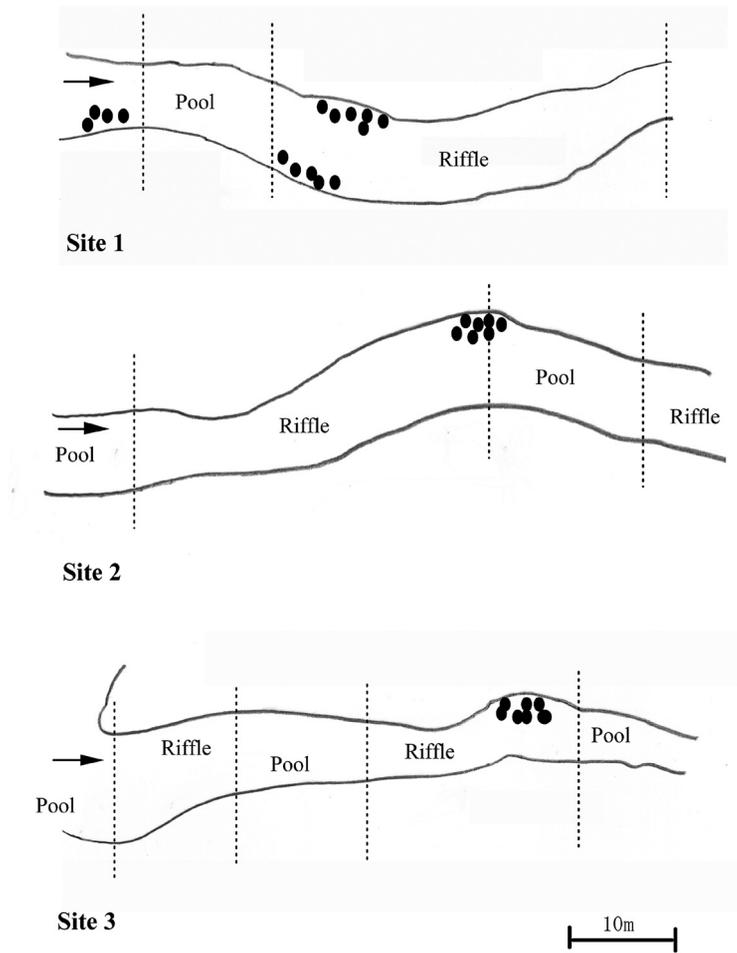


図2 紋別川の3調査区におけるスナヤツメ幼生の分布パターン
 ● 幼生の生息する砂泥底パッチ → 流水方向

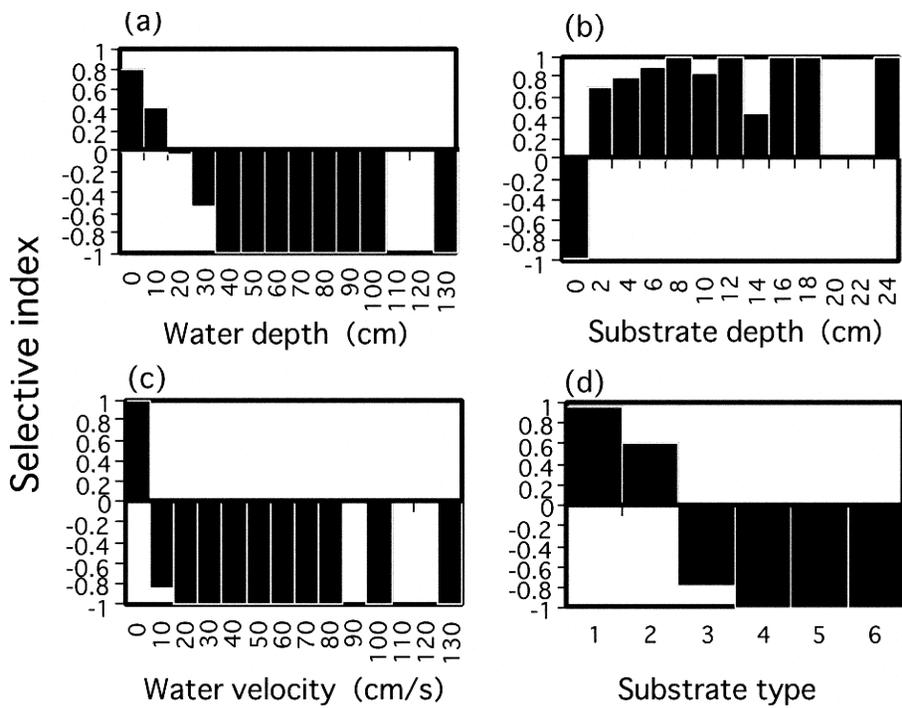


図3 紋別川におけるスナヤツメ幼生の生息場所選択

次に、幼生の生息密度と物理的環境要素（水深、泥深、流速、砂泥底の粒度組成）との間の相関関係を明らかにする目的で、幼生の生息していた15の砂泥底パッチを選択して、50cm×50cmのコドラートを34箇所を設置し、各コドラートで幼生を捕獲するとともに、物理的環境要素の計測を行った。解析には、幼生の生息密度を目的変数、各物理的環境要素を説明変数とし、単回帰分析およびステップワイズ重回帰分析を用いた。その結果、単回帰分析では小型幼生と大型幼生とも、生息密度と各物理的環境要素の間に有意な相関が認められなかった（いずれの要素でも $P > 0.05$ ）。また、ステップワイズ重回帰分析でも、同様に、幼生の密度と各物理的環境要素の間に有意な相関が見られなかった。これらの結果から、スナヤツメ幼生の密度を規定する要因には、今回の調査では計測されなかった他の要因（例えば、砂泥底の経時的安定性、有機物含有量、産卵床からの各砂泥底パッチまでの距離など）が関与している可能性が示唆される。

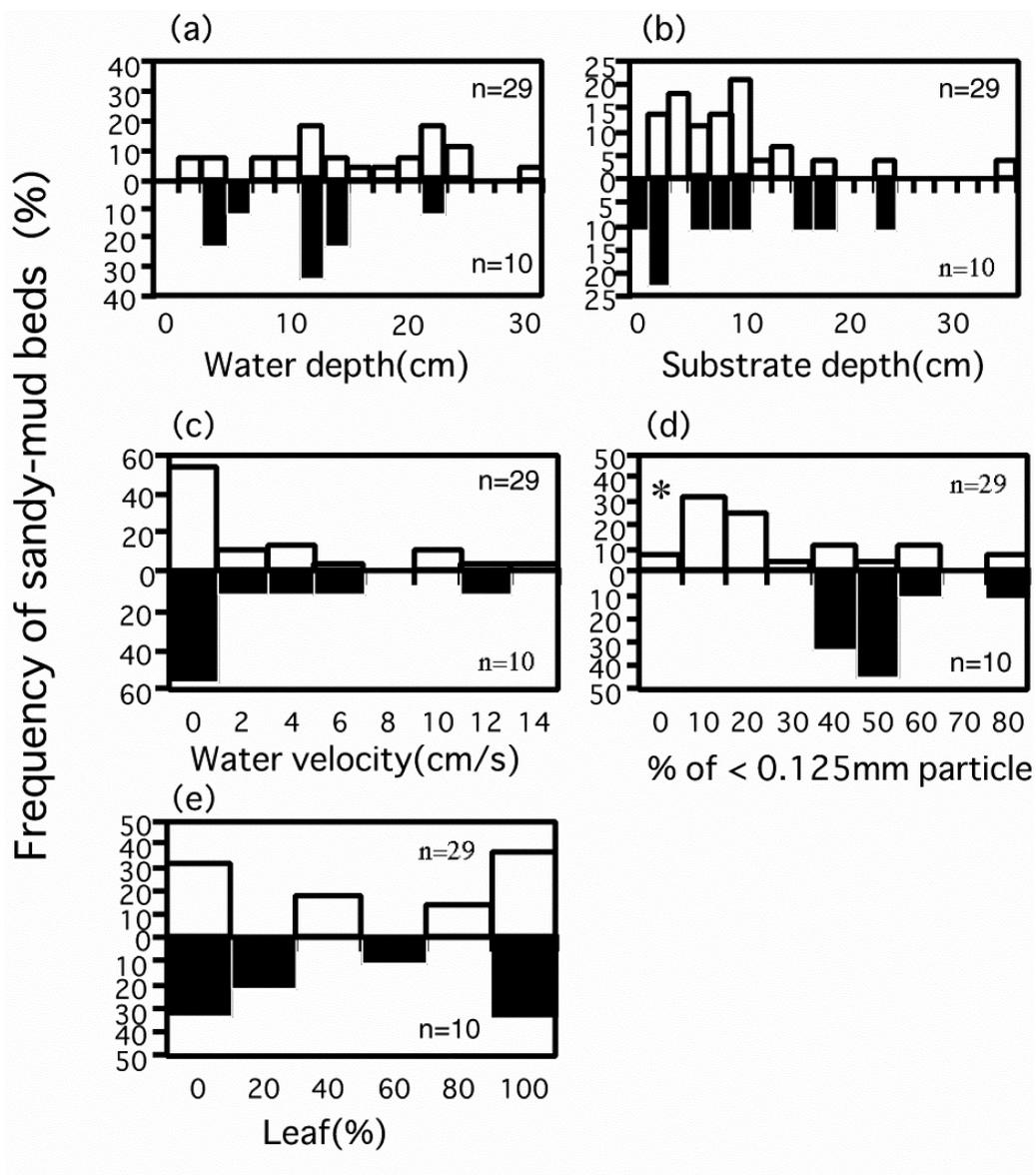


図4 スナヤツメ小型幼生が生息する砂泥底パッチ（黒棒）と生息しない砂泥底パッチ（白抜き棒）間での物理環境要素の比較 *生息砂泥底と非生息砂泥底間での有意差を示す ($P < 0.05$)

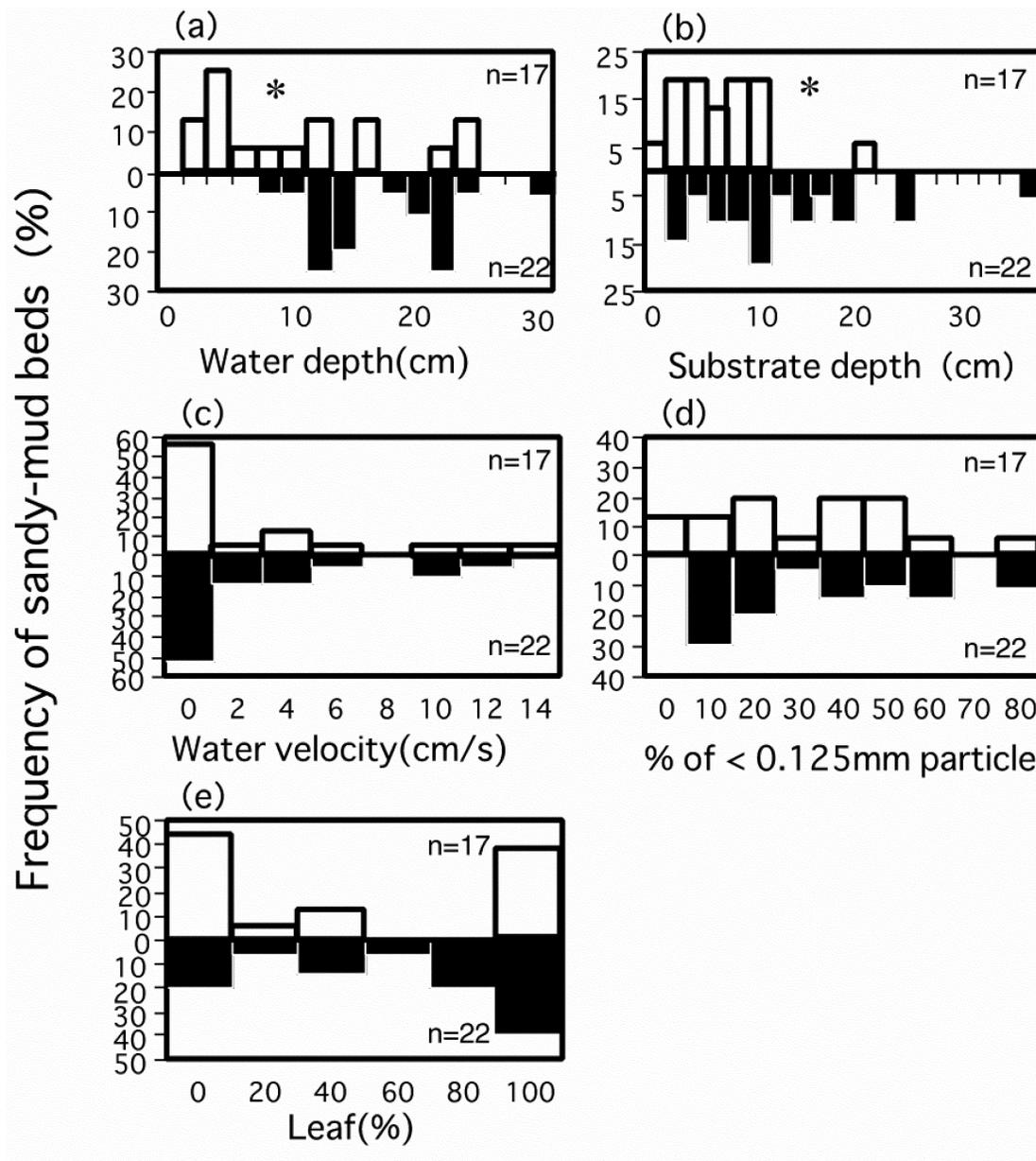


図5 スナヤツメ大型幼生が生息する砂泥底パッチ (黒棒) と生息しない砂泥底パッチ (白抜き棒) 間での物理環境要素の比較 *生息砂泥底と非生息砂泥底間での有意差を示す (P < 0.05)

スナヤツメ北方種の幼生における好適な生息場所の物理的環境特性についての本研究結果は、希少種に指定されている本種の個体群の保全に必要な好適な生息場所復元の試みに役立つと考えられる。

3. ウケクチウグイの生活史特性と生息環境

ウグイ属 *Tribolodon* は、純淡水魚のグループであるコイ科のなかで、降海性を発達させた変わりものである。ウグイ属には4種が含まれているが、そのなかで、希少種ウケクチウグイ *T. nakamurai* は特殊な存在であり、環境庁レッドリストでは絶滅危惧IB類に指定されている⁷⁾。まず、分布が北陸から東北地方の一部大河川に限定されている。大型なので、1個体あたり相当数の卵を産むはずだが、稚魚はあまり発見されない。本種だけ下顎が突出し、他種との食性の違い(動物食性?)をうかがわせる。普段は姿を見ないのに、産卵場に集結して産卵したあとは散ってしまう。しかし海から来る、という証拠は今のところない。本種は、大型の河川を上流から下流まで移動するような生活史をもっている可能性もある。すなわち、本種の生活史のあり方によっては、河川環境の改変がウケクチウグイの存在に大きな影響をおよぼす可能性がある。したがって、本種の保全に必要な河川環境構造を知るためには、基礎的な知識として本種の生活史を明らかにする必要がある。

3-1. ウケクチウグイの生活史特性

山形県最上川では、1991年に初めてウケクチウグイの生息が確認され⁸⁾、1995年には、人工受精によって受精卵を得、卵と仔魚の発育を観察した^{9, 10)}。しかし、その後の生活については不明である。そこで、まず山形水試で飼育された53個体の1~5年魚と、16個体の天然魚の耳石(星状石)を用いて、本種の成長解析を試みた。

その結果、星状石の高さ(OH)は、ゴンペルツのモデルによる以下の式で体長(L)に換算することができた。

$$L = 70.0 \times \exp\{-\exp(-0.55(OH - 2.73))\}$$

飼育1~5年魚の耳石の透明帯の観察から、それが年輪であることを確認した。その資料から天然魚の年令を推定したところ、体長37.0~48.1cmの個体が7~10才魚であることが判明した。年令(t)は、以下のアロメトリー式で最も良く表すことができた。

$$t = 1.33 \times OH^{1.37}$$

ウケクチウグイの成長は緩やかなS字カーブを描き、以下のゴンペルツのモデルによる成長式が最も良くあてはまった。

$$Lt = 60.1 \times \exp\{-\exp(-0.26(t - 4.70))\}$$

この式からすると、ウケクチウグイは十数年で体長約60cmにまで成長すると考えられた。

3-2. ウケクチウグイの回遊履歴と生活環境

ウケクチウグイがどのような生活史を送り、またどのような環境条件下で一生を送るのかは、これまで不明であった。そこで、本種の回遊履歴と生活環境を明らかにする目的で、耳石におけるストロンチウムとカルシウムの比 (Sr/Ca ratio) を調査した。なお、近縁種との比較のために、山口県粟野港産とロシア・ピョートル大帝湾産の降海性ウグイ、東京湾産マルタ、および最上川産のエゾウグイの標本も解析に用いた (表1)。

耳石の解析には、星状石を用い、それらをエポキシ樹脂で包埋した後、ダイヤモンドカッティングゲスクで約0.8mm厚の耳石長軸に垂直な断面を切り出した。切断した断面をさらに耐水研磨紙で研磨した後、耳石中心から縁辺部まで3 μ mごとにSrとCaの濃度を測定した。

その結果、ウケクチウグイのそれは、個体によって比の差異はあるものの、中心から縁辺にわたって比較的一定の値を示していた (図6)。河川性であることが判明しているエゾウグイの場合も全く同様で、むしろ縁辺に向かって値の低下する個体も存在した (図7)。一方、降海性のウグイ (図8) とマルタ (図9) では、中心部はウケクチウグイやエゾウグイのレベルと同等の低い値であったが、縁辺に至る途中ではほぼ倍かそれ以上に比が上昇していることが認められた。

海水中のストロンチウム濃度は、河川水の約100倍も高いことが知られ、魚類の耳石中の濃度も環境水の濃度を反映し、特にカルシウム濃度との比の変化は、その個体の回遊履歴によく一致するとされている。すなわち、耳石縁辺に至る途中で比の上昇していたウグイやマルタは、その時点で河川から海域に移動したものと考えられる。一方、エゾウグイと同様に比較的値の安定していたウケクチウグイは、どの個体も降海した履歴を有していないと判断される。

表1 耳石のストロンチウム (Sr) とカルシウム (Ca) 比の計測に用いられたウグイ属魚類の標本

Individual number	Locality	Date of collection	Standard length (cm)
<i>T. nakamurai</i>			
Nk-1	Ten-no River, Mogami R. basin, Yamagata Pref.	May 1995	38.4
Nk-2	Ten-no R., Mogami R. basin, Yamagata Pref.	May 1995	43.0
Nk-3	Ten-no R., Mogami R. basin, Yamagata Pref.	May 1995	46.2
Nk-4	Kurose R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	June 1998	21.5
Nk-5	Kurose R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	June 1998	11.8
<i>T. hakonensis</i>			
Hk-1	Awano Harbor, Yamaguchi Pref.	June 1998	25.2
Hk-2	Awano Harbor, Yamaguchi Pref.	June 1998	27.8
Hk-3	Peter the Great Bay, Russia	September 1995	17.2
Hk-4	Peter the Great Bay, Russia	September 1995	16.3
Hk-5	Peter the Great Bay, Russia	September 1995	15.9
<i>T. brandti</i>			
Br-1	Tama R., Tokyo	June 1997	35.0
Br-2	Tama R., Tokyo	June 1997	33.3
Br-3	Tama R., Tokyo	June 1997	26.5
Br-4	Tokyo Bay, Tokyo	June 1998	29.8
Br-5	Tokyo Bay, Tokyo	June 1998	34.4
<i>T. ezoe</i>			
Ez-1	Tsukinuno R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	October 1997	21.5
Ez-2	Tsukinuno R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	October 1997	20.8
Ez-3	Tsukinuno R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	October 1997	20.1
Ez-4	Tsukinuno R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	October 1997	11.9
Ez-5	Tsukinuno R., Mogami R. b., Yamagata Pref.	October 1997	10.9

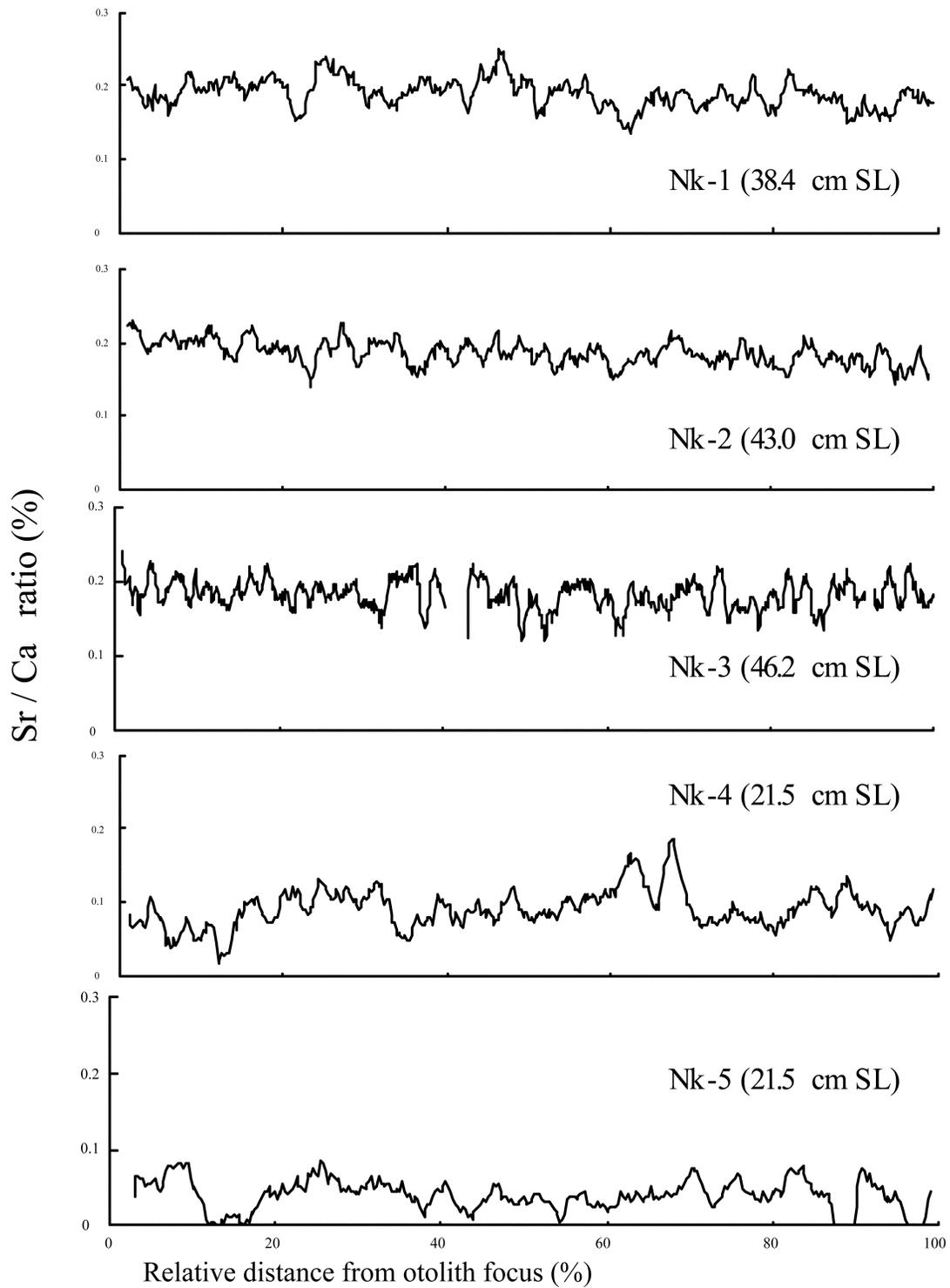


図6 ウケクチウグイの耳石中心から縁辺部までのSr/Ca比 (%) の変動

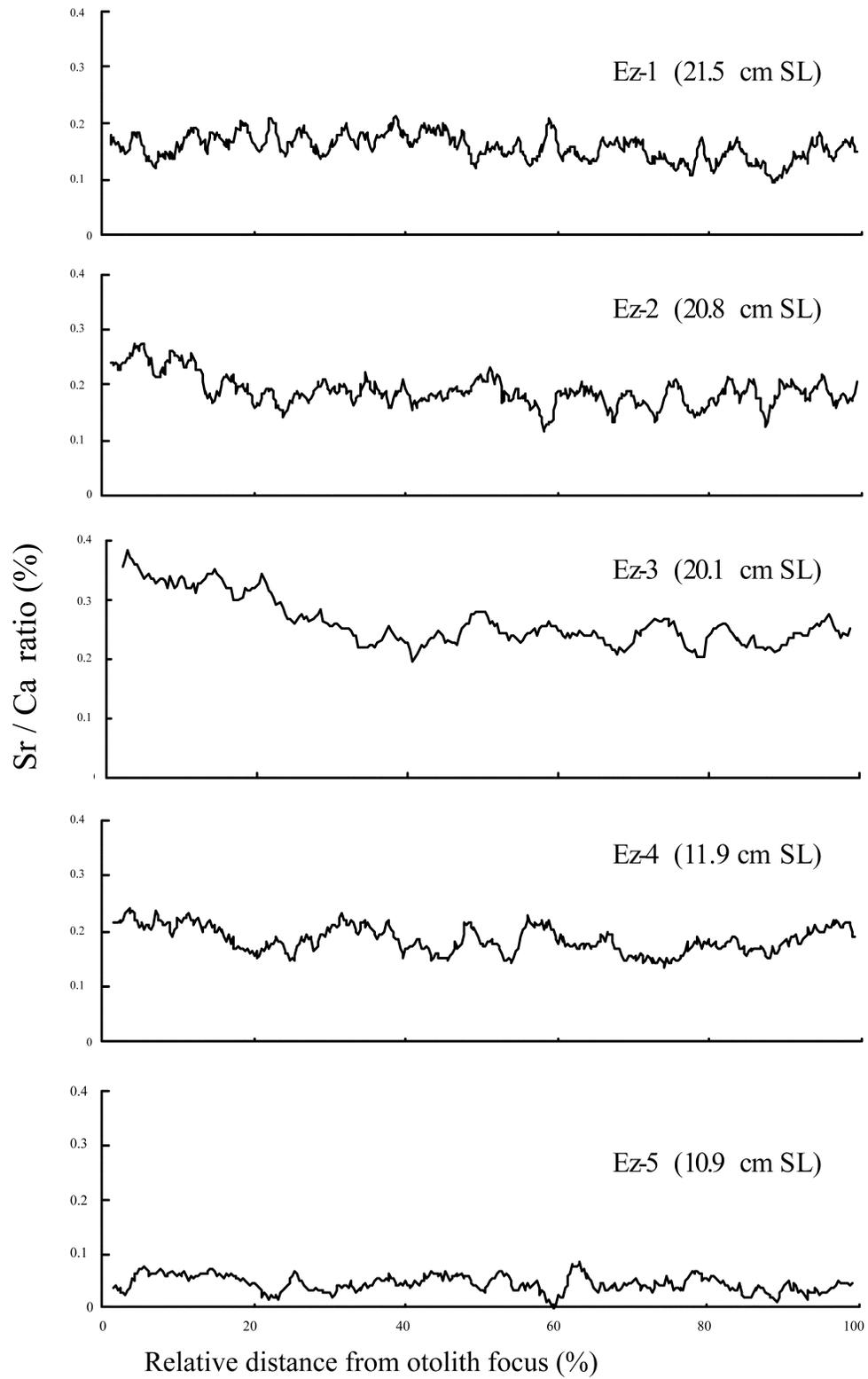


図7 エゾウグイの耳石中心から縁辺部までのSr/Ca比(%)の変動

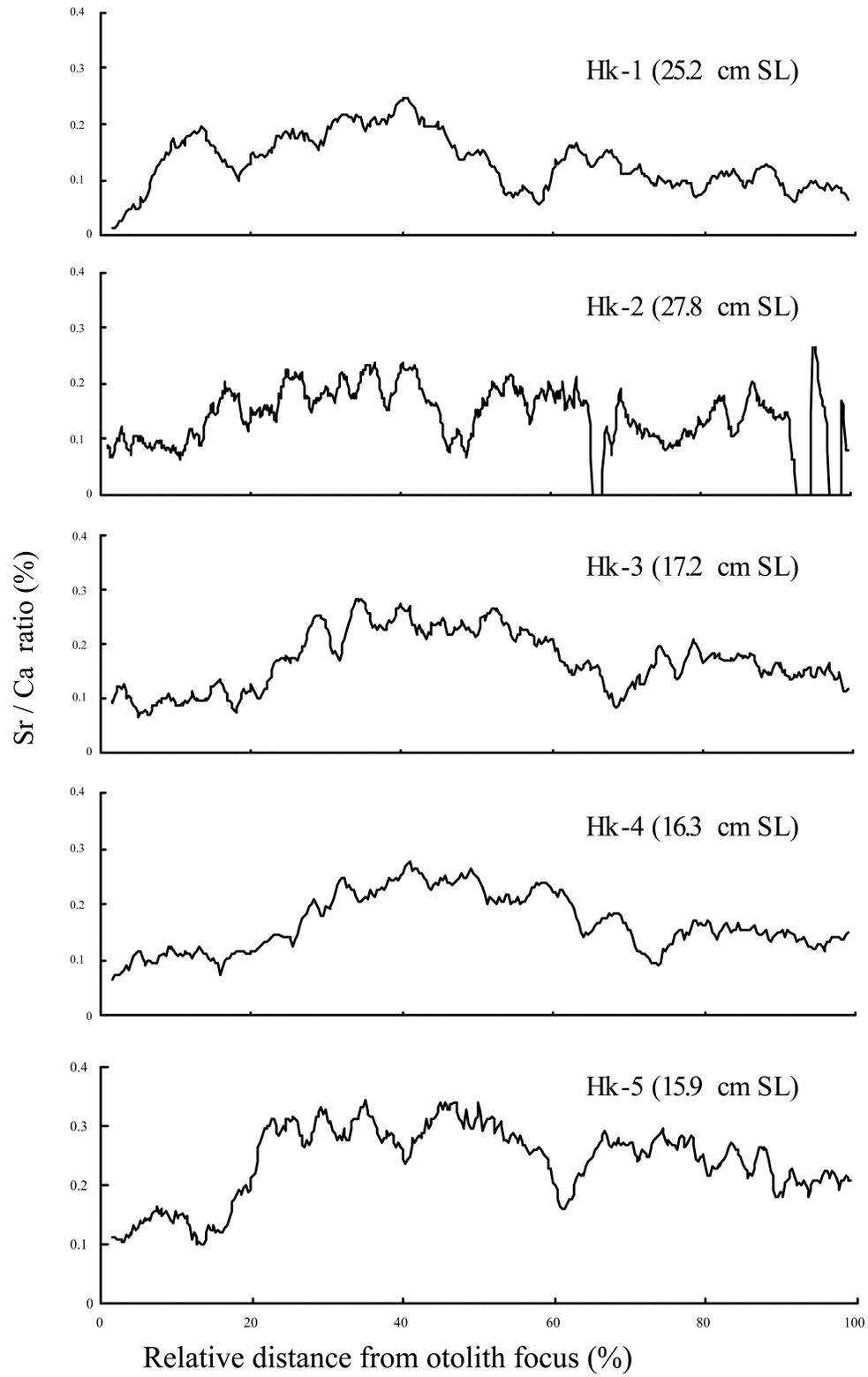


図8 ウグイの耳石中心から縁辺部までのSr/Ca比(%)の変動

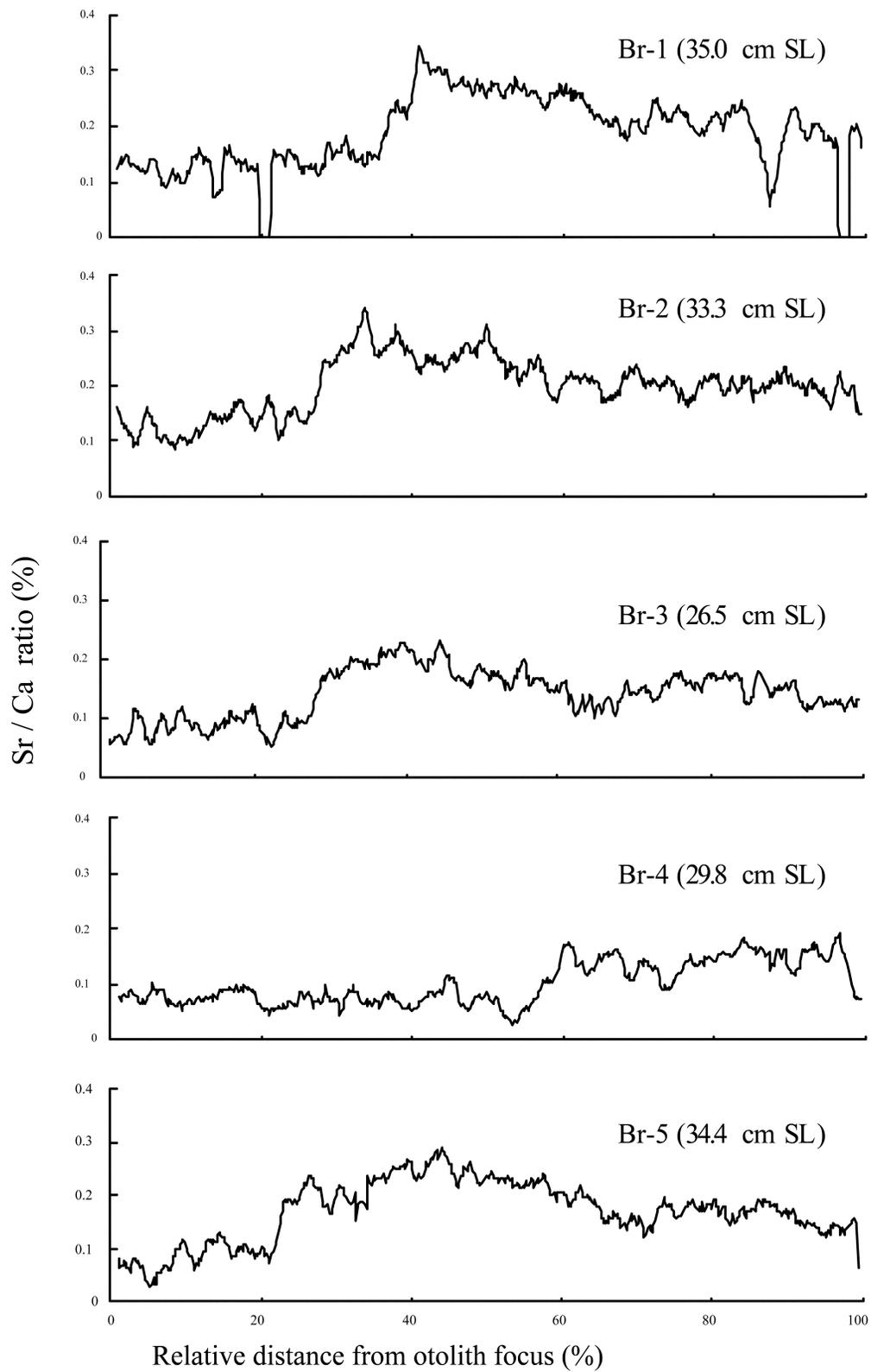


図9 マルタの耳石中心から縁辺部までのSr/Ca比(%)の変動

ウケクチウグイは、ウグイ属のなかでもっとも大型に成長する魚類で、東北地方日本海側の大河川にのみ分布する。この度の結果は、ウケクチウグイの少なくとも多くの個体が河川性の生活史を有していることを示していると考えられるが、これは、同時に本種の移動性が限られていることを示しており、その局所的な分布域にも反映しているであろう。本種は、大型に成長するため、降海することはないものの、河川支流などにおいて定住的な生活を送るのではなく、大河川において河川内回遊をしているものと考えられる。

3-3. ウケクチウグイ保全のために必要な河川環境構造

山形県最上川では、ウケクチウグイは河川上流部から下流部まで広く生息し、下流域の特に水田用水路などに小型魚が多く生息することが分かっている¹¹⁾。一方、産卵場は上流部に多く⁹⁾、本種は産卵と生育のため河川内を上下に大きく移動する生活史を持っている可能性が高い。さらに、秋田県子吉川で1個体のみ捕獲されている大型個体^{8, 12)}については、最上川で生まれたものが沿岸を通じて子吉川まで移動した可能性も指摘されている¹¹⁾。ウケクチウグイは少なくとも十数年以上の寿命があり、体長60cmと大型に成長することが明らかになったため、いずれにせよ、一生のうちには少なくとも河川内を大きく移動する可能性はきわめて高いと考えられる。

4. 東北地方のハナカジカ個体群の生息場所と分布制限要因

ハナカジカ *Cottus nozawae* は、北海道と東北地方にのみ分布する日本固有種である¹³⁾。本種は河川性の生活史を送る底生性魚類であり、北海道ではほぼ全域に分布し、各河川の中—上流域に連続的に生息する。一方、東北地方では、青森県、岩手県、秋田県、山形県、新潟県に局所的に分布し、河川における生息場所は山地渓流域あるいは湧水河川に限られる。こうした局所的で、パッチ状の分布パターンを示すこと、および北海道の個体群とは大きな遺伝的分化を示すことから^{14, 15)}、東北地方のハナカジカ個体群は環境庁のレッドリストで絶滅のおそれのある地域個体群に指定されている。近年の温暖化の進行や各種の河川工事に伴って、東北地方、とくに分布南限域にあたる新潟県と山形県の個体群では、生息場所の縮小、生息環境の悪化を被り、絶滅の危惧が増大している。

そこで本研究では、東北地方のハナカジカ個体群の保全を図るモデルケースとして、山形県の月光川水系において、その生息環境の現状と分布を制限する物理的環境要因を明らかにする目的で調査を行った。

4-1. 月光川におけるハナカジカの分布パターンと生息環境

山形県遊佐町の月光川水系（流路延長約24km）において、本流と6支流（牛渡川、滝淵川、南折川、左折川、百々沢川、山田川）の25調査域（各流路30-70m）を設定し、ハナカジカの生息の有無を魚類用電気ショッカーを用いて調査した（図10）。その後、4つの支流（滝淵川、南折川、百々沢川、山田川）に流程に沿ってほぼ等間隔に4-8の調査区を設けた。各調査区では、最低・最高水温、川幅、水深、流速、濁度、底質の粒度組成、底質の粒度組成の異質性、植生量、カバー量を計測あるいは計算した。また、各調査区毎に魚類用電気ショッカーを用いて標識—再捕法によるハナカジカの生息個体数推定を行った。推定された個体数を各調査区の面積で除すことによって、個体数密度を求めた。個体数密度と各物理的環境要素との関係を単回帰分析およびステップワイズ重回帰分析を用いて解析した。

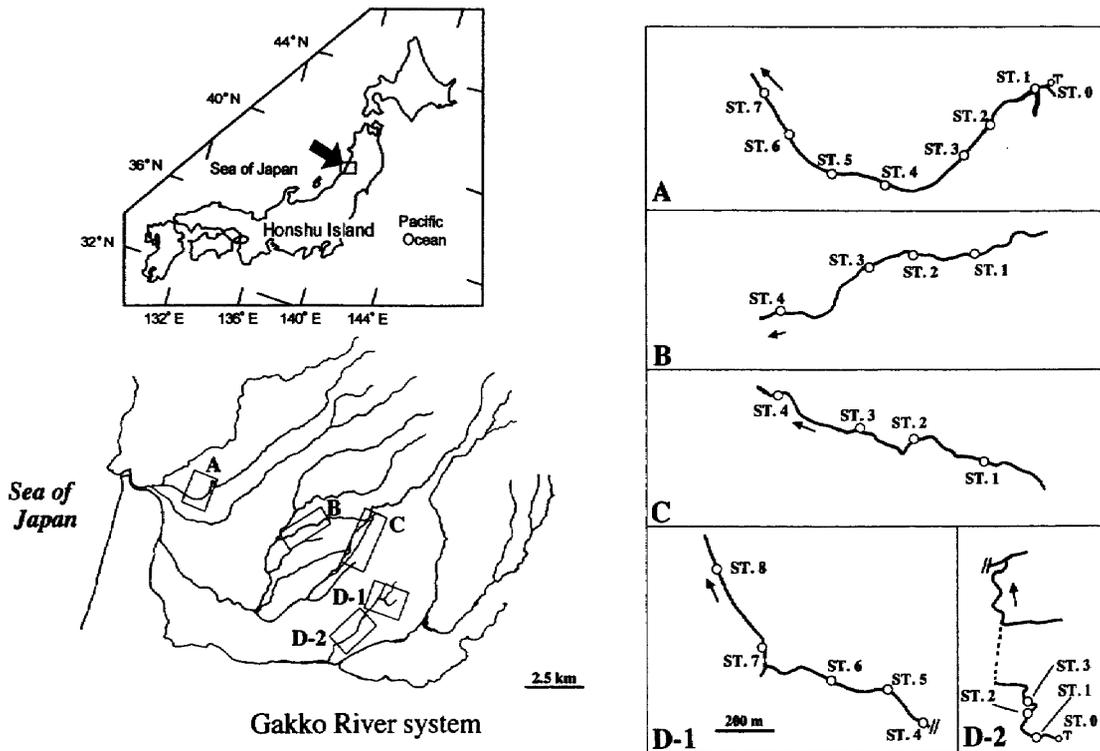


図10 山形県月光川水系におけるハナカジカの生息環境調査場所
 A：滝淵川 B：南折川 C：百々沢川 D-1, D-2：山田川

本流および6支流25調査域におけるハナカジカ個体の生息確認調査の結果、本流域にはハナカジカはまったく生息せず、本種に近縁なカジカ (*C. pollux*) の分布が認められた。一方、6つの支流調査域においては、ハナカジカが生息する場所と生息しない場所が明瞭に区分され、パッチ状の分布を呈することが明らかになった(図11)。具体的には、ハナカジカの生息場所は、付近に湧水源を有する流路に限られることが示された。また、ハナカジカの生息場所内では、底質が礫で構成され、大一中の礫石が散在する所、および岸部にカバーが多く存在する所に、個体数が多く生息することが観察された(表2)。

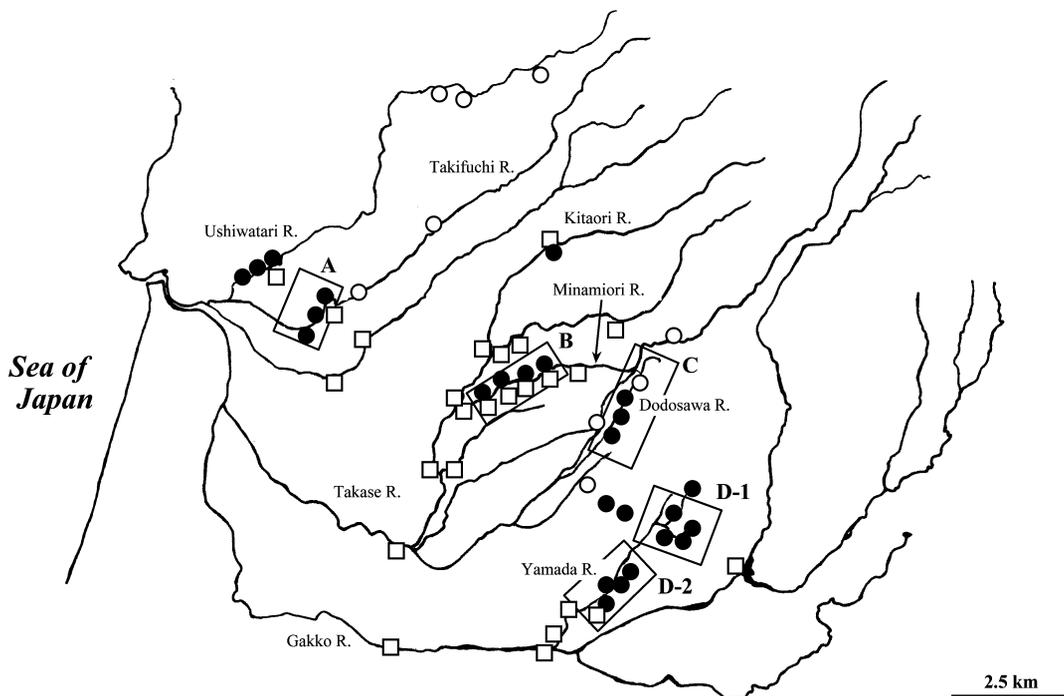


図11 月光川水系におけるハナカジカ (●) とカジカ (□) の分布パターン

表2 月光川水系の23調査区におけるハナカジカとカジカの生息個体数と密度
(個体数/100 m³)

River	Station	CN-L*		CN-S**		CP-L***		CP-S****	
		No.	density	No.	density	No.	density	No.	density
Takifuchi R.	ST.1	89.0	205.1	271.8	626.5				
	ST.2	400.1	165.2	1048.5	432.8	1.0	0.4		
	ST.3	95.0	57.8	11.0	6.7				
	ST.4	144.8	74.2	19.0	9.7	4.0	2.0		
	ST.5	11.0	4.6	68.0	28.6				
	ST.6	3.0	0.6	120.0	23.9				
	ST.7			5.0	0.9				
Minamiori R.	ST.1	7.0	3.5	1.0	0.5	61.5	30.9	9.0	4.5
	ST.2	7.0	4.1	2.0	1.2	35.0	20.7	1.0	0.6
	ST.3	11.0	5.8			79.0	41.8	26.5	14.0
	ST.4	2.0	0.7			137.0	45.9	167.0	56.0
Dodosawa R.	ST.1								
	ST.2	2.0	3.4						
	ST.3	100.3	135.9	2.0	2.7				
	ST.4	46.7	62.2	5.0	6.7				
Yamada R.	ST.1	157.9	282.7	23.0	41.2				
	ST.2	23.4	53.6	69.0	158.2				
	ST.3	48.0	106.7						
	ST.4	49.3	40.0						
	ST.5	44.0	37.8						
	ST.6	1.0	0.7						
	ST.7					4.0	1.8	2.0	0.9
	ST.8					5.0	2.6		

*CN-L, *Cottus nozawae* of large size; **CN-S, *Cottus nozawae* of small size;

CP-L; *Cottus pollux* of large size; *CP-S, *Cottus pollux* of small size

以上の結果から、月光川水系におけるハナカジカの生息環境条件として、湧水が存在すること、および個体の隠れ場所としての礫石や岸部のカバー量が豊富にあることが重要であると考えられる。

4-2. 月光川におけるハナカジカの分布制限要因

ハナカジカの生息密度と各物理的環境要素との関係を単回帰分析したところ、最高水温、底質の粒度組成、および川幅でのみ有意な相関が認められた(表3)。すなわち、この結果は川幅が狭く、カバー量が多く、最高水温が低いほど、ハナカジカの生息密度が高いことを意味する。

一方、ハナカジカの生息密度を目的変数に、最高水温、底質の粒度組成、川幅を説明変数としてステップワイズ重回帰分析を行った結果、最高水温がハナカジカの密度を規定する最も重要な要因であることが示された(表4)。すなわち、この結果は夏季の最高水温が18℃以下であることが、ハナカジカの生息密度にとって重要な制限要因となっていることを意味する。

以上のことから、東北地方のハナカジカ個体群の生息環境保全においては、豊富な湧水供給源を確保することによって、夏季の河川水の最高水温を18℃以下に維持することが、個体群の絶滅を防ぐ上で最も大切であると言える。また、岸部に掘れ窪んだ場所や倒木を多く確保することによってカバー量を全体として増やすこと、および各支流の川幅の狭い流域を多く残すことが、生息密度を高く維持する上で重要であると考えられる。

表3 月光川水系におけるハナカジカの生息密度と物理環境要素との単回帰分析の結果

Independent variable	Regression coefficient	Constant	r^2	F	p
Elevation	0.002	0.964	0.035	0.736	NS*
\log_{10} (Stream width)	-2.631	2.560	0.395	14.727	0.001
\log_{10} (Depth)	0.324	0.738	0.002	0.043	NS
\log_{10} (Current velocity)	0.692	0.182	0.044	0.927	NS
\log_{10} (Current complexity)	-0.801	2.678	0.030	0.627	NS
Substrate coarseness	-0.062	1.458	0.008	0.152	NS
Substrate heterogeneity	0.015	0.791	0.090	3.065	NS
Arcsin(Aquatic vegetation area)	0.857	0.928	0.109	3.573	NS
Arcsin(Canopy area)	0.167	1.059	0.016	0.319	NS
Arcsin(Cover area)	17.561	0.815	0.197	6.149	0.022
Maximum water temperature	-0.160	3.507	0.430	16.833	<0.001

*NS>0.05.

表4 月光川水系におけるハナカジカの生息密度と3つの物理環境要素（夏季最高水温，カバー量，川幅）との重回帰分析の結果

Independent variable	Regression coefficient	Standardized regression coefficient	Model		
			r^2	F	p
Maximum water temperature	-0.160	-0.676	0.43	16.833	<0.001
Constant	3.507	3.507			

5. 各希少淡水魚類の保全施策とハビタット造成

近年の地球環境規模での環境の急激な改変によって、年間1－2万種の野生生物が絶滅しているとも言われる。そうした野生生物種の絶滅には、乱獲などによる個体群サイズの著しい減少、生息地の縮小と消滅、生息環境の悪化、移入種による生態的・遺伝的攪乱、寄生虫や病原菌の侵入・蔓延、気候の温暖化、環境攪乱物質の拡散など、様々な要因が関与している¹⁶⁾。

特に、産業や我々人間の生活などの人間活動にとって、身近に存在し、利用度の高い淡水環境は、こうした環境改変を最も被りやすい場所の一つである。このため、川や湖沼などの淡水環境を生息の場を利用する淡水魚類は、人間活動の発展に伴う環境の変化に影響を受けやすい動物群の一つである。日本に分布する在来性の淡水魚類約250種のうち、環境庁のレッドリストによって絶滅が危惧される魚種に指定されている希少種と地域個体群は、それぞれ88種と14地域個体群を数えるに至っている。そして、これらの絶滅危惧種の中には、11種（スナヤツメ、シベリアヤツメ、イトウ、ミヤベイワナ、オシロコマ、ヤチウグイ、ウケクチウグイ、エゾホトケドジョウ、エゾトミヨ、シロウオ、ハナカジカ）の北方由来の冷水性淡水魚が含まれており、他の比較的温暖な淡水環境に生息する魚種と比較して異なる生息環境を利用している^{17, 18)}。従って、希少な冷水性淡水魚類を保全するには、それらに固有の個体発生を通じた生息環境条件を満たした施策が必要となる。

本研究では、そのモデルケースとして泥底埋没生活種としてスナヤツメ、遊泳生活種としてウケクチウグイ、および底生生活種としてハナカジカを選定し、それぞれの魚種の生息環境とハビタット選好性に関する調査成果を得た。ここでは、それらの成果を基に、各種毎に保全施策を提唱する。

1) スナヤツメの保全施策とハビタット造成

河川におけるスナヤツメの生息場所は、主に中—下流域の流程に沿って局在する砂泥底パッチである。そして、その微生息場所としての条件は、水深20cmより浅く、泥深が6cmより大きいことが必要である。このような環境条件を備えた砂泥底パッチは一般に、河川の蛇行区に位置する淵の下流部(淵尻)の岸部や倒木の下流部に形成される。しかし、近年における治水を目的とした護岸ブロック化に伴う流路の直線化によって、砂泥やデトライタスが堆積される場所が著しく減少している。

こうした現状のなかで、スナヤツメにとって好適な生息場所を復元するには、洪水の頻度が少ないか、あるいは洪水が起こっても周辺に被害が少ない流域では、設置されているコンクリート護岸壁を取り壊して蛇行流路を復元することが最も重要な施策である。一方、蛇行流路を復元することが困難な直線的流域では、流程に沿って岸部から垂直方向に倒木や蛇籠を適切な間隔をとって設置し、新たに砂泥底パッチを造成することが望まれる。さらに、スナヤツメ幼生はデトライタスや微小動物を主に餌生物として利用し、生育するため、それらの餌生物を十分に河川に供給する広葉樹を中心とした森林および河畔林を保全・涵養することが必要となる。

2) ウケクチウグイの保全施策とハビタット造成

ウケクチウグイの個体発生を通しての詳細な生活史や生息環境要求については不明であるが、本研究によって本種は河川性の生活史を送り、河川内で回遊する行動特性を持つと推測された。したがって、河川横断構造物はウケクチウグイの生活環に大きな影響を与えることが考えられる。ダムや堰堤などの横断構築物を建築する場合は、稚魚から大型の産卵魚まで遡上できるような魚道の設置が必要であり、また、構築物が大型の場合は、稚魚の降下にも支障をきたさないような工夫が求められる。

3) 東北地方のハナカジカ個体群の保全施策とハビタット造成

本種の分布南限域にあたる東北地方に生息するハナカジカ個体群では、その生息場所の環境条件として、湧水源から冷涼な水が十分に供給され、夏季の最高水温が18℃以下に保たれることが最も重要であり、また個体の隠れ場所としてのカバーや大型の礫石が豊富に存在することが必要である。しかし近年、飲料水としての需要の高まりを背景に、過度に湧水が利用され、河川への供給量が減少している状況が見られる。また、河川流路に沿った観光用や産業用の道路建設工事に伴って、地下湧水路が遮断される事例も多発している。

こうした現状のなかで、氷期の遺存個体群である東北地方のハナカジカ個体を保全するには、言うまでもなく、まず第一に生息河川への湧水供給を十分に確保することである。さらに、本種の成育および繁殖条件としては砂礫底に散在する数多くの中—大砂礫石が不可欠である^{19, 20)}。また、大型の水鳥やアメマスなどによる本種への捕食圧を低下するうえで、隠れ場所となる岸部のえぐれや河床に位置する大型の浮き石の存在も必要である。こうした環境条件を備えた河川形態は一般に、中—上流域の瀬に位置するが、その瀬の環境を維持するには瀬—淵—瀬とつながる蛇行流路を復元することが望まれる。なお、生息場所付近に本種にとって好適な産卵環境が整っていない場合には、頭大サイズの扁平な礫石、あるいはスレートを多数設置することで産卵床の造成が比較的容易に可能となる。

6. おわりに

本研究では、北海道や東北地方に分布する冷水性淡水魚類の希少種のうち、スナヤツメ、ウケクチウグイ、東北地方のハナカジカを調査対象魚種に選定し、それぞれの種が成育過程で必要とする生息環境要因を明らかにするとともに、その成果に基づいて各魚種にとっての好適な生息環境の復元・造成について検討した。このような個々の希少魚種の保全とその生息環境改善を目的とした個別的・基礎的研究は、その他の希少魚類でも早急に実施することが望まれる。

また今後は、こうした個別的研究とは別に、地域全体の在来性淡水魚類群集の生物多様性を保全するため、流域全体での環境保全や森林—河川—沿岸海洋の生態系連鎖の修復をいかに図るかという地域あるいは生態系スケールでの保全研究が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 後藤 晃, 1997, 河川の自然環境と淡水魚類の多様性の保全. ワイルドライフ・フォーラム, 4, 127 – 133.
- 2) 玉井信行・水野信彦・中村俊六編, 1993, 河川生態環境工学—魚類生態と河川計画. 東京大学出版会, 東京, 309 pp.
- 3) 森 誠一編著, 1999, 淡水生物の保全生態学—復元生態学に向けて. 信山社サイテック, 東京, 247 pp.
- 4) Nakano, S. and M. Murakami. 2001. Reciprocal subsidies: dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 98, 166 – 170.
- 5) Yamazaki, Y. and A. Goto. 1998. Genetic structure and differentiation of four *Lethenteron* taxa deduced from allozyme analysis. *Env. Biol. Fish.*, 52, 149 – 161.
- 6) Yamazaki, Y., A. Goto and M. Nishida. Mitochondrial DNA sequence divergence between two cryptic species of genus *Lethenteron*, with reference to an improved identification technique. *J. Fish Biol.* (In press) .
- 7) Sakai, H., A. Goto and J. Sang – Rin. 2002. Speciation and dispersal of *Tribolodon* species (Pisces, Cyprinidae) around the Sea of Japan. *Zool. Sci.* 19, 1291 – 1303.
- 8) 酒井治己・桂和彦・小野沢茂好, 1991, 山形県最上川から得られたウケクチウグイ. 魚類学雑誌, 37, 424 – 426.
- 9) Katsura, K., W. Honto and H. Sakai. 1995. Embryonic development of *Tribolodon* sp. (Ukekuchi – ugui) . *Fish. Sci.*, 61, 882 – 883.
- 10) Honto, W., K. Katsura, Y. Hida and H. Sakai. 1998. Larval development of Japanese endangered cyprinids *Tribolodon* sp. *Fish. Sci.*, 64, 993 – 994.
- 11) 岡部夏雄, 2000, 庄内淡水魚探訪記. 無明舎出版, 秋田, 237 pp.
- 12) 杉山秀樹, 1997, 淡水魚あきた読本. 無明舎出版, 秋田, 183 pp.
- 13) Goto, A., R. Yokoyama, Y. Yamazaki and H. Sakai. 2001. Geographic distribution pattern of the fluvial sculpin, *Cottus nozawae* (Pisces:Cottidae) , supporting its position as endemic to the Japanese Archipelago. *Biogeography* 3, 69 – 76.
- 14) Yokoyama, R. and A. Goto. 2002. Phylogeography of a fluvial sculpin, *Cottus nozawae*

- from the northeastern part of Honshu Island, Japan. Ichthyol. Res., 49, 147 – 155.
- 15) Yagami, T., R. Yokoyama and A. Goto. 2002. Genetic fragmentation of populations of the fluvial sculpin, *Cottus nozawae* (Pisces: Cottidae) , in the southern margin of its native range. Can. J. Zool. 80, 873 – 881.
 - 16) Primack, R. B. 1995. A Primer of Conservation Biology. Sinauer Associates, Sunderland.
 - 17) Goto, A. and S. Nakano. 1993. Distribution and ecology of freshwater fishes in Hokkaido. p. 113 – 126. In S. Higashi, A. Osawa and K. Kanagawa, eds. Biodiversity and ecology in the northernmost Japan. Hokkaido Univ. Press, Sapporo.
 - 18) Goto, A. 2002. Diversity and conservation of the northern Far East Asian freshwater fishes, with a case study on freshwater sculpins. 57 – 62 in Proceedings of the International Symposium to Commemorate the 70th Anniversary of the Japanese Society of Fisheries Science. Yokohama. Fisheries Science 68, suppl. 1.
 - 19) Goto, A. 1993. Male mating success and female mate choice in the river sculpin *Cottus nozawae* (Cottidae) . Env. Biol. Fish., 37, 347 – 353.
 - 20) Goto, A. 1998. Life – history variations in the fluvial sculpin, *Cottus nozawae* (Cottidae) , along the course of a small mountain stream. Env. Biol. Fish., 52, 203 – 212.

