

千曲川水系の山地溪流におけるイワナの微小生息場所の物理的環境*

山本 聡・三城 勇・小原 昌和

Physical environment of the microhabitat of Japanese charr
Salvelinus leucomaenis in mountain stream of the Chikuma system

Satoshi Yamamoto, Isamu Sanjyo and Masakazu Kohara

河川の水生生物の生息環境を保全するためには、水質、流量、河川形態を良好に保つことが重要である。このうち、流量、河川形態を保全するためには、対象生物ごとに微小生息場所の水深、流速、河床材料などの物理的環境を知る必要がある。日本産淡水魚類では微小生息場所の詳細な物理的環境に関する調査例が少ない。このため、水生生物が生息可能な河川環境を維持するための河床の整備計画や、流量の算定の際に必要な基礎的知見が不足している。

溪流漁場の重要種であるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の物理的生息環境については、産卵場所についていくつかの記載¹⁻³⁾があるが、微小生息場所は稚魚について簡単な記載^{1,4)}があるのみで、大型個体についてはほとんど数値が知られていない。そこで本研究では山地溪流におけるイワナの微小生息場所を、体サイズ別に調べ知見を得たので報告する。

材料と方法

調査対象と調査水域

イワナを、浮上直後の0年魚と思われる小型個体(全長4cm未満)と、1年魚以上と思われる大型個体(全長7~20cm)に区分して調査を行った。

小型個体の調査は、南佐久郡小海町の千曲川水系相木川の支流である親沢川と、南佐久郡佐久町同水系抜井川支流の矢沢で行った。大型個体の調査は親沢川で行った(図1)。

親沢川の調査区間は最上流部にあたる延長300mの区間で、区間下端の標高が約1,200m、流れ幅が0.9~3.1m、河川勾配が1/14、河川形態型は可児⁵⁾の示すAa型である。生息魚種はイワナのみで、禁漁措置がとられている。矢沢の調査区間は、抜井川合流点から約400mの地点を下端とする200mの区間で、

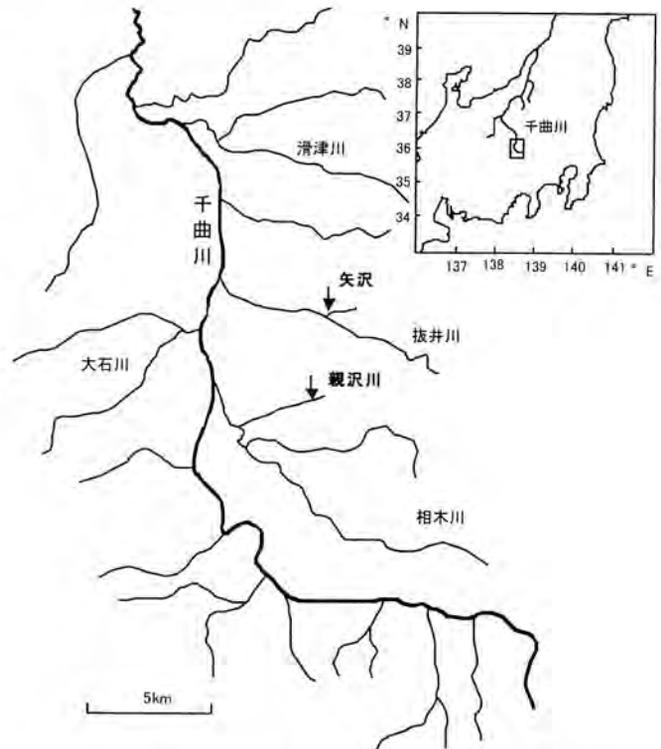


図1 調査水域の位置。矢印は調査区間を示す。

区間下端の標高が約900m、流れ幅1.8~4.3m、河川勾配が1/12、河川形態型はAa型である。生息魚種はイワナとカジカ *Cottus pollux* (河川型)で、一般の漁場として利用されている。両河川とも、溪畔林で囲まれ川岸に人工構造物はなく自然な状態が保たれている。

小型個体の微小生息場所調査

1998年5月12日に親沢川において、1999年5月26日に矢沢において、陸上からの目視により小型個体の微小生息場所を確認しながら採捕を行った。調査時の水温は親沢川が10.2℃、矢沢が11.8℃であった。採捕した個体は全長を計測し、ただちに定位

* 平成9~11年度 水産業関係地域重要新技術開発促進事業

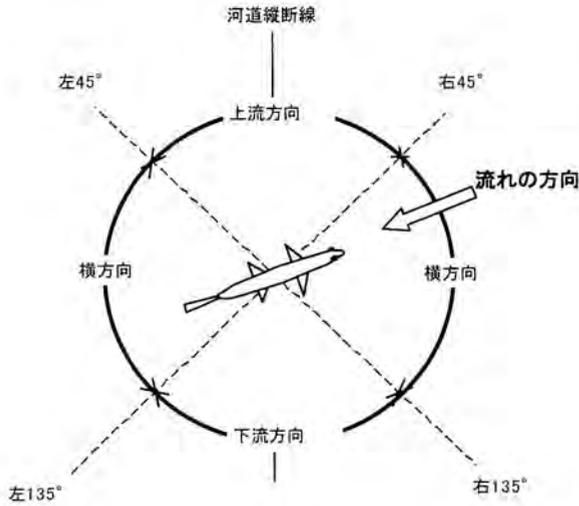


図2 流れの方向の記録区分。図の例では「横方向」からの流れとなる。

置の水深、流速、流れの方向、隠れ場所となる構造物であるカバー⁶⁾の有無、河床材料の状況を記録した。流速の計測には携帯流速計 (CR-7: コスモ理研) を用いた。なお、流速が極めて小さく、流速計のプロペラが回転しない場合は、計測限界である 5cm/秒として記録した。流れの方向は、河道の縦断線に対する方向から、上流方向、横方向、下流方向の3区分に分類した (図2)。すなわち河道の縦断線に対して上流側左右 45° の範囲からの流れを上流方向、45° から 135° までの範囲からの両側の流れを横方向、そして左右の 135° 線にはさまれた範囲からの流れを下流方向とした。カバーの有無は、定位地点の上方の水中あるいは水面上 1m 以内に、枝葉、岩等があるかで判断した。河床材料の名称区分は Platts et al.⁷⁾ に従い、巨礫 (大): >610mm、巨礫 (小): 305~610mm、荒石: 76~305mm、礫: 5~76mm、

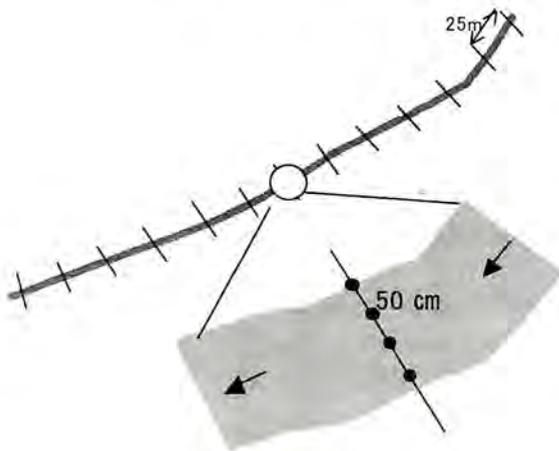


図3 周囲の物理的環境の計測点模式図

土砂 (粗): 1~5mm、土砂 (細): <1mm の6段階で表した。枝葉等が堆積していた河床はその他として

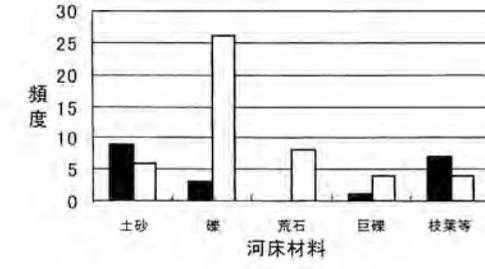
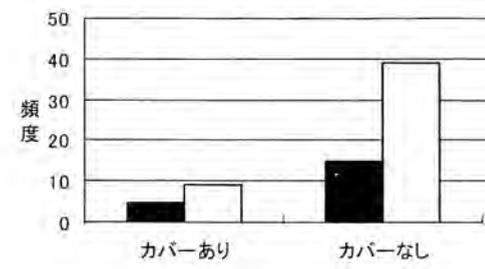
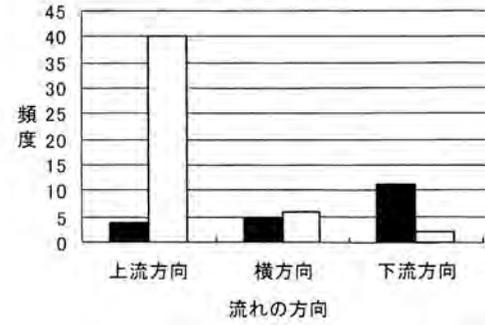
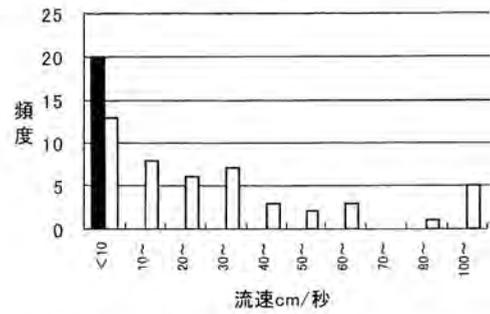
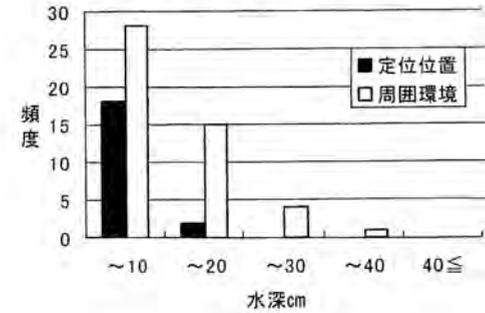


図4 親沢川 (98年5月)におけるイワナ小型個体の定位位置 (N=20) と周囲環境 (N=48) の水深、流速、流れ方向、カバーの有無、河床材料の比較

扱った。

大型個体の微小生息場所調査

夏季調査として1997年8月27日に、春季調査として1998年5月13日に親沢川において潜水目視調査を行った。春季調査は小型個体調査の翌日にあたる。また、1999年9月8日にも同様の調査を行った。これは1999年8月12日から15日にかけて、調査水域周辺に50年から100年に一度と推定される量の雨が降り、親沢川の流量が平常の60倍近くとなり*河川形態が大きく変化したことを受けてのものである。調査時の水温はそれぞれ12.4℃、9.6℃、11.7℃であった。

各調査時ともイワナを脅かさないように接近し、採餌行動が繰り返されるまで観察した。流れ方向に向かって一点に留まるように泳いでいる位置を定位位置とした。観察後ただちに、定位位置の水深、流速、流れの方向、カバーの有無、河床材料の状況を記録した。計測の方法は小型個体における方法と同じである。イワナの全長は、観察時に個体に隣接する倒木などの構造物と比較しておき、その構造物を後に計測することで推定した。

周囲の物理的環境

1997年8月28日、1998年5月14日、1999年9月9日に親沢川において、1999年5月26日に矢沢において、調査区間の物理的環境条件をそれぞれ計測した。この調査日は微小生息場所の調査日あるいはその翌日にあたる。河道に沿って25m間隔で、右岸を起点として横断方向に50cmおきに計測点を設け(図3)、計測点毎に水深、流速、流れの方向、カバーの有無、河床材料の状況を記録して周囲の環境を代表させた。計測点数は、それぞれの調査日で46、48、59、41である。流速および流れの方向は、水底から水深の40%の位置で計測した。その他の測定方法は生息場所の計測方法と同様である。

結果

小型個体

親沢川の小型個体調査で20尾(全長2.4~3.3cm)の微小生息場所が確認された。小型個体の定位位置の水深(図4)は2cmから14cmの範囲にあり、平均水深は6cmであった。一方、調査区間の水深計測値は3cmから39cmの範囲にあり、平均水深は10cmであった。両者の平均値間には有意差があった(t検定、 $t=3.65$ 、 $p=5.2 \times 10^{-4}$)。定位位置の流速(図4)は全て流速計の計測限界以下で5cm/秒と記録した。一方、調査区間の流速計測値は計測限界(5cm/秒)以下か

ら169cm/秒の範囲にあり、平均流速は37cm/秒であった。両者の平均値間には有意差があった(t検定、

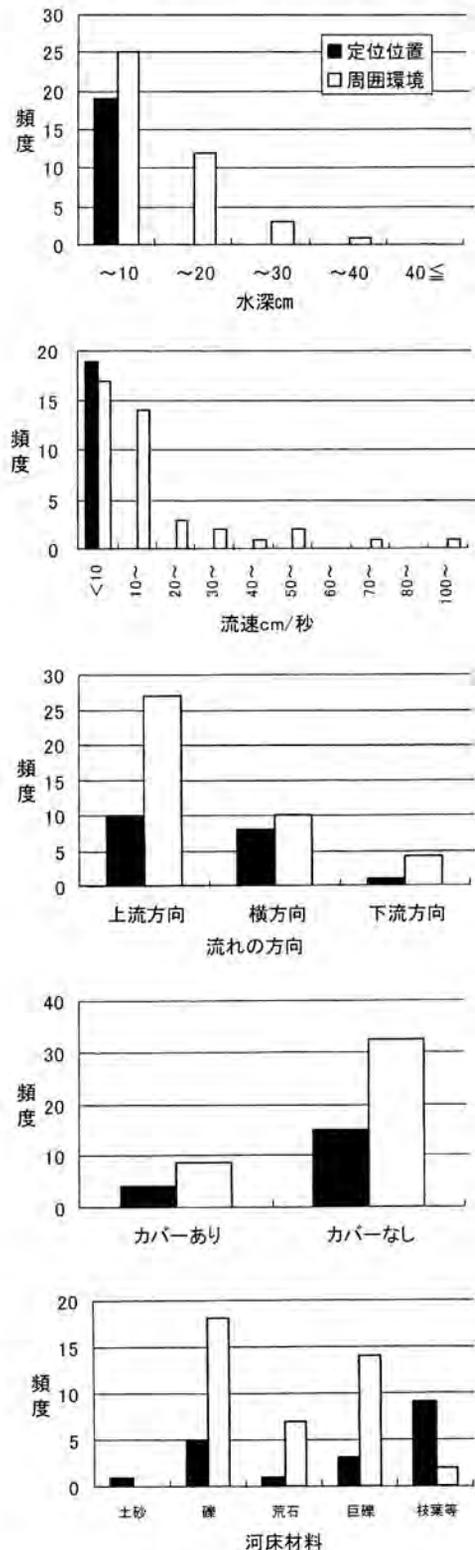


図5 矢沢(99年5月)におけるイワナ小型個体の定位位置(N=19)と周囲環境(N=41)の水深、流速、流れ方向、カバーの有無、河床材料の比較

* 長野県土木部白田建設事務所 調べ

$t=5.51$, $p=6.6 \times 10^{-8}$)。流れの方向(図 4)については、周囲の環境では上流方向からの流れにモードがあったが、定位位置では下流方向からの流れにモードがあった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があった(χ^2 検定、 $\chi^2=28.2$, $p=4.6 \times 10^{-7}$)。カバリの有無を比較したところ(図 4)、定位位置、周囲環境ともカバーがないポイントが多かった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=1.2$, ns)。河床材料の区分を比較すると(図 4)、定位位置は河床が土砂や枝葉が堆積しているポイントが多かったが、周囲環境では礫が多かった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があった。(χ^2 検定、 $\chi^2=21.6$, $p=2.4 \times 10^{-4}$)。

矢沢の小型個体調査では 19 尾(全長 2.9~3.7cm)の微小生息場所が確認された。小型個体の定位位置の水深(図 5)は 1cm から 9cm の範囲にあり、平均水深は 5cm であった。一方、調査区間の水深計測値は 1cm から 35cm の範囲にあり、平均水深は 10cm であった。両者の平均値間には有意差があった(t 検定、 $t=3.80$, $p=3.4 \times 10^{-4}$)。定位位置の流速(図 5)は流速計の計測限界以下(5cm/秒と記録)から 10 cm/秒の範囲にあり、平均は 5.3 cm/秒であった。一方、調査区間の流速計測値は計測限界(5cm/秒)以下から 110cm/秒の範囲にあり、平均流速は 41cm/秒であった。両者の平均値間には有意差があった(t 検定、 $t=4.01$, $p=1.7 \times 10^{-4}$)。流れの方向(図 5)については、定位位置、周囲の環境とも上流方向からの流れにモードがあり、両者間で独立度の検定を行ったところ差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=2.04$, ns)。カバリの有無を比較したところ(図 5)、定位位置、周囲環境ともカバーがないポイントが多かった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=4.84$, ns)。河床材料の区分を比較すると(図 5)、定位位置は枝葉等が堆積しているポイントが多かったが、周囲環境では礫が多かった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があった。(χ^2 検定、 $\chi^2=18.9$, $p=8.2 \times 10^{-4}$)。

大型個体

親沢川において 1997 年 8 月 27 日に 18 尾(全長 8~20 cm)、1998 年 5 月 13 日に 18 尾(全長 8~20cm)、1999 年 9 月 8 日に 25 個体(全長 7~20 cm)の微小生息場所を確認した。淡水性サケ科魚類では体サイズの大きな個体が有利な場所を占有することが知られている⁸⁾。そこで、水深、流速、流れの方向、カバリの有無、河床材料の各項目について、全長との相関の有無を検討したところ、全ての項目でそれぞれ有意性がなかったため、得られたデータを一括して大型個体の微小生息場所の物理的環境条件として解

析した。

1997 年 8 月における定位位置の水深(図 6)は 13~

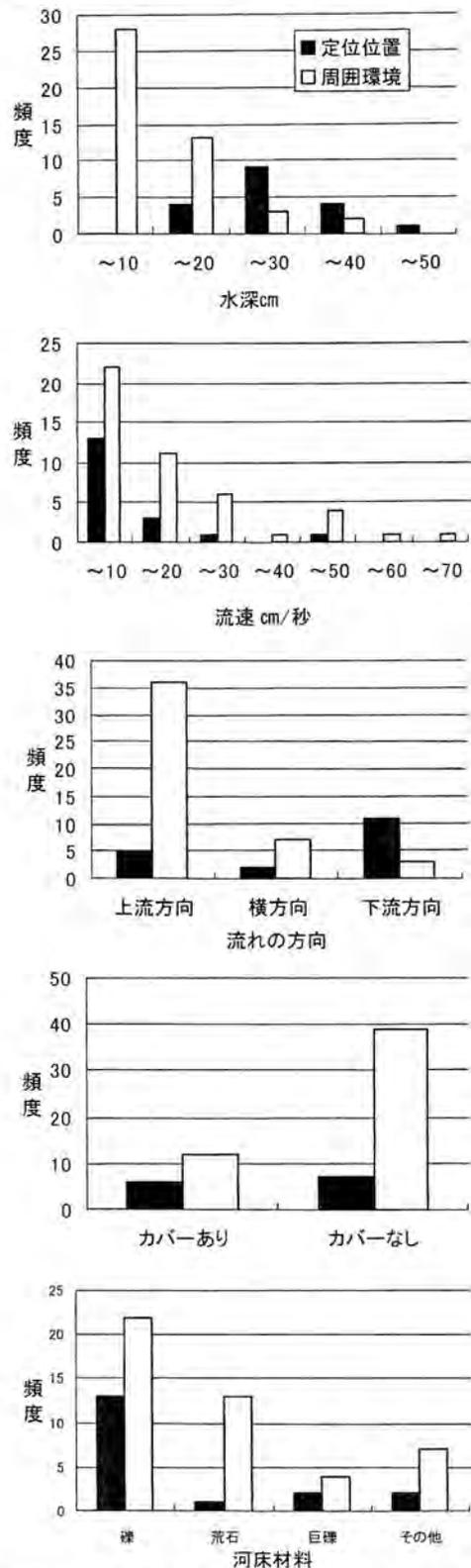


図 6 親沢川(98年8月)におけるイワナ大型個体の定位位置(N=18)と周囲環境(N=46)の水深、流速、流れ方向、カバリの有無、河床材料の比較

43cmの範囲にあり、平均は27cmであった。周囲の環境の水深は1~33cmの範囲にあり、平均は10cmであった。両者の平均値間に有意差があった(t 検定、 $t=5.0 \times 10^6$ 、 $p=2.0 \times 10^{-8}$)。定位位置の流速(図6)は5~43cm/秒の範囲にあり、平均流速は11cm/秒であった。周囲の環境の流速は5~65cm/秒の範囲にあり、平均流速は17cm/秒であった。両者の平均値間に有意差があった(t 検定、 $t=2.05$ 、 $p=0.04$)。流れの方向(図6)をみると、周囲の環境では上流側からの流れにモードがあったが、定位位置では下流側からの流れにモードがあった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があった(χ^2 検定、 $\chi^2=20.2$ 、 $p=0.4 \times 10^{-4}$)。カバーの有無(図6)は両者間で有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=2.6$ 、ns)。河床材料の区分(図6)は定位位置、周囲環境とも礫が多く、両者間での有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=4.7$ 、ns)。

1998年5月における定位位置の水深(図7)は19~71cmの範囲にあり、平均は37cmであった。周囲の水深計測値は3cmから39cmの範囲にあり、平均水深は10cmであった。両者の平均値間に有意差が認められあった(t 検定、 $t=5.0 \times 10^6$ 、 $p=2.4 \times 10^{-7}$)。定位位置の流速(図7)は7~27cm/秒の範囲にあり、平均流速は14cm/秒であった。周囲の流速は計測限界以下から169cm/秒の範囲にあり、平均流速は37cm/秒であった。両者の平均値間には有意差があった(t 検定、 $t=4.0$ 、 $p=1.8 \times 10^{-4}$)。流れの方向(図7)は、周囲の環境では上流方向からの流れにモードがあったが、定位位置では上流方向と横方向からの流れの頻度が等しく、周囲環境と比較して横方向からの流れに定位していた頻度が高かった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があった(χ^2 検定、 $\chi^2=7.9$ 、 $p=3.7 \times 10^{-3}$)。カバーの有無(図7)については、定位位置、周囲環境ともカバーがない地点が多く、両者間で独立度の検定を行ったところ有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=1.8 \times 10^{-1}$ 、ns)。次に河床材料の区分を比較すると(図7)、定位位置、周囲環境とも礫の地点が多く、両者間で独立度の検定を行ったところ有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=1.6$ 、ns)。

1999年9月における定位位置の水深(図8)は13~50cmの範囲にあり、平均は30cmであった。周囲の水深計測値は1cmから32cmの範囲にあり、平均水深は10cmであった。両者の平均値間に有意差があった(t 検定、 $t=5.0 \times 10^6$ 、 $p=2.3 \times 10^{-7}$)。定位位置の流速(図8)は5~40cm/秒の範囲にあり、平均流速は15cm/秒であった。周囲の流速は計測限界(5cm/秒)以下から70cm/秒の範囲にあり、平均流速は24cm/

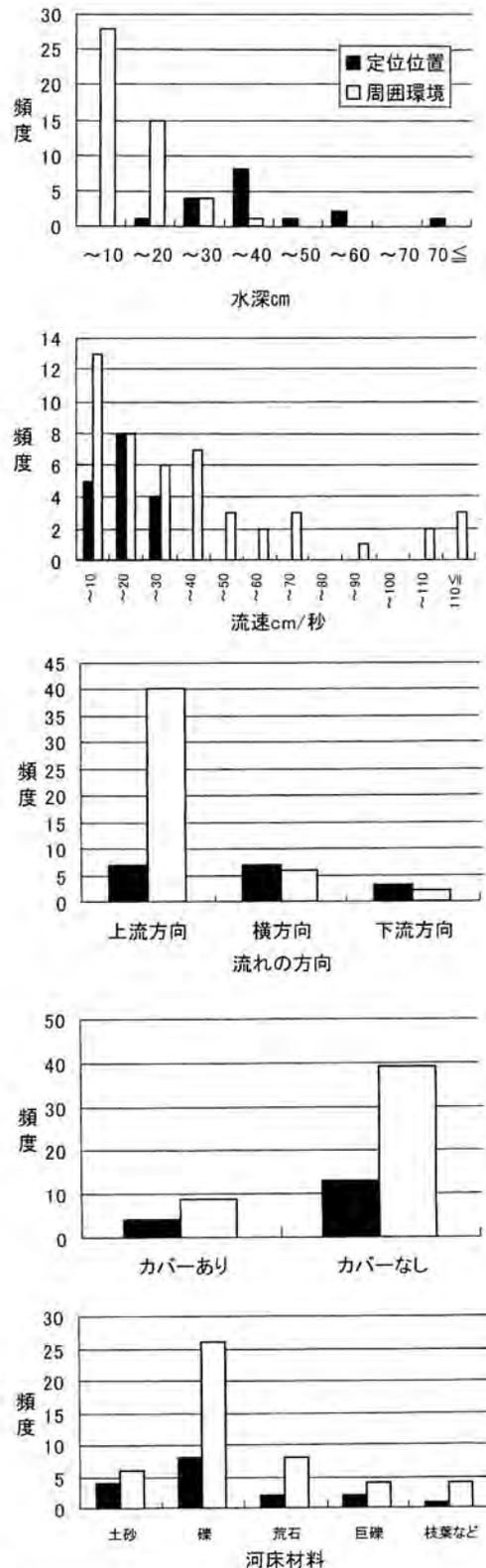


図7 親沢川(98年5月)におけるイワナ大型個体の定位位置(N=18)と周囲環境(N=48)の水深、流速、流れ方向、カバーの有無、河床材料の比較

秒であった。両者の平均値間には有意差があった(t 検定、 $t=2.21$ 、 $p=0.03$)。流れの方向(図8)は、周囲の環境では上流方向からの流れにモードがあったが、定位位置は横方向からの流れの頻度が高かった。両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があった(χ^2 検定、 $\chi^2=19.4$ 、 $p=6.1 \times 10^{-5}$)。カバーの有無(図8)については、定位位置、周囲環境ともカバーがない地点が多いが、両者間で独立度の検定を行ったところ有意差があり(χ^2 検定、 $\chi^2=8.0$ 、 $p=4.7 \times 10^{-3}$)、定位位置ではカバーのあるポイントが多い傾向があった。次に河床材料の区分を比較すると(図8)、定位位置、周囲環境とも礫の地点が多く、両者間で独立度の検定を行ったところ有意差はなかった(χ^2 検定、 $\chi^2=1.8$ 、 ns)。

考 察

Nakano⁹⁾は、イワナとヤマメが同所的に生息すると、イワナが大型であっても体重差が20%未満の場合には常にヤマメが競争において優位となるとしている。今回の調査区間に生息するサケ科魚類はイワナのみなので、種間競争の影響は考慮しなくてよい。イワナの採餌行動は、定位状態から周囲に流下する餌をとる流下動物採餌のほかに、川底の底生動物を直接捕食する底生動物採餌が観察されている^{9,10)}。今回観察されたのは、前者の採餌行動のみである。

イワナの微小生息場所の物理的環境を表1にまとめた。小型個体は、カバーの有無については選んでいる傾向はなかった。水深については浅い地点を、流速についてはごく遅い地点を選ぶ傾向があった。河床材料は土砂や枝葉の堆積した地点が多かった。これらは親沢川と矢沢で共通しており、イワナ小型個体の微小生息場所を持つ特性と考えられる。流れの方向は、親沢川では岸近くに生じる下流からの流れを選んで定位する傾向があったが、矢沢では岸近くに定位しているものの流れの方向については選択している傾向はなかった。

大型個体は、河床材料について選んでいる傾向はなく、水深については深い地点を、流速については遅い地点を選ぶ傾向があった。流れの方向は、河床内の岩や倒木などによって生じる下流あるいは横方向からの流れを選ぶ傾向があった。1999年9月の調査結果は河川形態が大きく変動した後であるが前2回の結果と共通しており、水深、流速、流れの方向の物理的特性は、イワナ大型個体を持つ微小生息場所の特徴と考えられる。カバーについては3回の調査のうち2回が選択的には利用していない結果となった。これは、親沢川が溪畔林に覆われており、直

射日光が水面にほとんどあたらないことが影響したと思われ、遮蔽がない河川では結果が異なる可能性

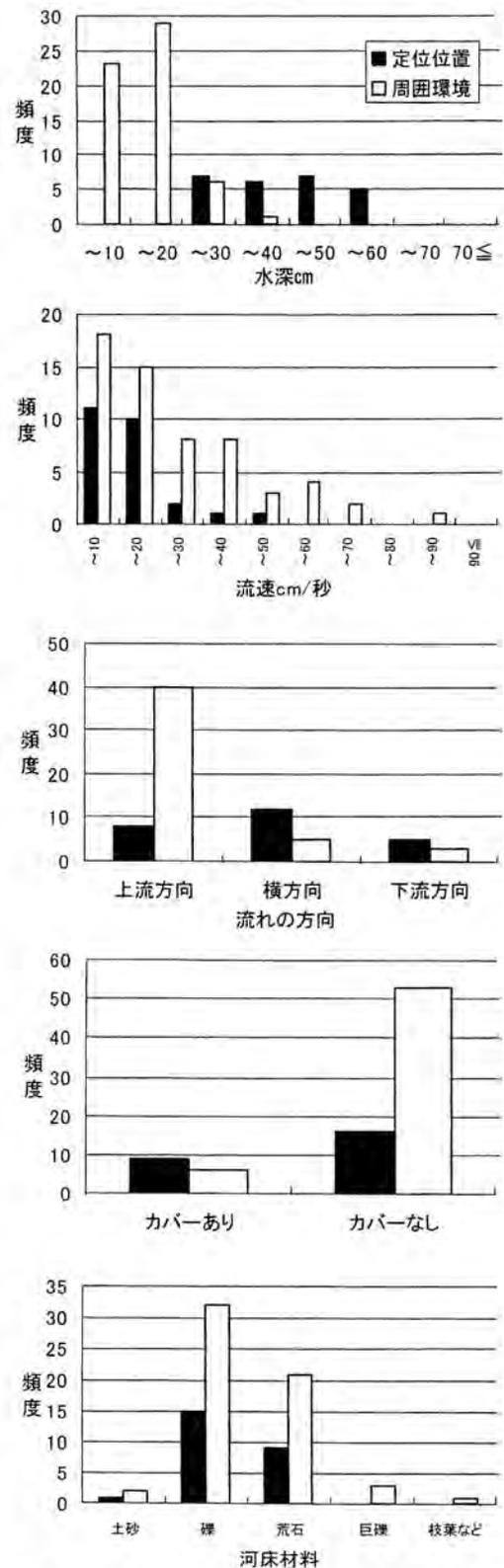


図8 親沢川(99年9月)におけるイワナ大型個体の定位位置(N=25)と周囲環境(N=59)の水深、流速、流れ方向、カバーの有無、河床材料の比較

表1 イワナの微小生息場所の物理的環境

大きさ	小型(全長: 2~4cm)		大型(全長: 7~20cm)		
	親沢川	矢沢	親沢川	親沢川	親沢川
河川	親沢川	矢沢	親沢川	親沢川	親沢川
年月	1998.5	1999.5	1998.5	1997.8	1999.9 (出水後)
水温	10.2°C	11.8°C	9.6°C	12.4°C	11.7°C
水深	浅い(2-14cm)	浅い(1-9cm)	深い(19-71cm)	深い(13-43cm)	深い(13-50cm)
流速	ごく遅い (<5cm/秒)	ごく遅い (<10cm/秒)	遅い (7-27cm/秒)	遅い (5-43cm/秒)	遅い (5-40cm/秒)
流れの 方向	下流方向が 多い	選択性なし	横方向が多い	下流方向が 多い	横方向が多い
カバー の有無	選択性なし	選択性なし	選択性なし	選択性なし	カバーを選択
河床 材料	土砂・枝葉	枝葉	選択性なし	選択性なし	選択性なし

がある。季節変化がほとんどなかったことについては、5月~9月では水温差があまりなかったことによると思われ、低水温期には微小生息場所の特徴が変化する可能性がある。全長4cm未満の小型個体と、全長7~20cmの大型個体では、微小生息場所に差があり、イワナは成長に伴い異なった物理的環境を利用すると推定された。このような現象はアマゴ¹¹⁾、サクラマス幼魚¹²⁾、カジカ¹³⁾で知られている。河川改修の護岸工法の中には、低位護岸がそのまま水際となり、河川内に水深10cm未満の場所がない事例があるが、そのような環境では小型個体に適した微小生息場所が消失すると考えられる。逆に水深が大きく流れの緩やかな地点が消失しても、イワナ大型個体の生息に影響することが予想される。また、大型個体は河道の屈曲や河川内の構造物によって生じる横方向あるいは下流方向からの流れを利用しており、イワナ資源の保全のためには物理的に多様な流れを持った河川環境を保全することが必要と考える。

要約

1. 千曲川水系の山地溪流での観察により、イワナが選択する微小生息場所の物理的環境を調べた。
2. 全長4cm未満の小型個体は、水深が15cm未満、流速が10cm/秒未満と、浅くて流れがごく緩やかな場所を微小生息場所とし、その地点の河床は枝葉が堆積していることが多かった。
3. 全長7~20cmの大型個体は、水深が13~70cm、流速が7~40cm/秒と、深くて流れが緩やかな場所を微小生息場所としていた。流れの方向は、河

床内の岩や倒木などによって生じる下流あるいは横方向からの流れを選ぶ傾向があった。

4. イワナは成長に伴い異なった物理的環境を利用すると推定された。

文献

- 1) 中村一雄・上原武則(1976): 中部山岳河川とダム湖における魚類の動態、山岳地帯の自然環境と人間活動の影響、1-18, 信州大学教養学部。
- 2) 丸山隆(1981): ヤマメ *Salmo (Oncorhynchus) masou masou* (BREVOORT)とイワナ *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS)の比較生態学的研究 I. 由良川上谷における産卵床の形状と立地条件。日本生態学会誌, 31, 269-284.
- 3) 中村智幸(1999): 鬼怒川上流におけるイワナ、ヤマメの産卵床の立地条件の比較。水産増殖, 65(3), 427-433.
- 4) 山本聡・加藤憲司(1984): 日原川におけるイワナ *Salvelinus pluvius* 稚魚の食性。水産増殖, 32(3), 132-141.
- 5) 可児藤吉(1944): 溪流性昆虫の生態。「昆虫」上(古川晴男 編)。研究社、東京、pp 117-317.
- 6) 中村俊六(1993): 生態環境保全/改善の基本 避難場所の確保。河川生態環境工学(玉井信行・水野信彦・中村俊六 編)。東京大学出版会、東京、pp 167-171.
- 7) Platts S., W.F. Megahan and G. W. Minshall (1983): Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions, United States Department of Agriculture. (中村俊六・塚原健一・石川雅朗 監訳)。建設省豊橋工事事務所、豊橋、88p.
- 8) 中野 繁・谷口義則(1996): 淡水性サケ科魚類における種間競争と異種共存機構。魚類学雑誌, 43(2), 59-78.

- 9) Nakano, S. (1995): Competitive interactions for foraging microhabitats in a size-structured interspecific dominance hierarchy of two sympatric stream salmonids in natural habitat. *Can. J. Zool.*, **73**, 1845-1854.
- 10) Furukawa-Tanaka, T. (1985): The ecology of salmonid fishes in Japanese mountain streams I. Food condition and feeding habit of Japanese charr, *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS). *Jap. J. Ecol.*, **35**, 481-504.
- 11) 名越誠・中野繁・徳田幸憲(1988): 渓流域におけるアマゴの成長に伴う生息場所および食物利用の変化. *日本誌*, **54**(1), 33-38.
- 12) 真山紘(1993): サケ・マスの生態特性と河川. 河川生態環境工学(玉井信行・水野信彦・中村俊六 編). 東京大学出版会, 東京, pp 111-121.
- 13) 山本聡・沢本良弘(1998): 千曲川での河川型カジカ, *Cottus pollux* の微小生息場所の物理的環境. *水産増殖*, **46**(2), 231-236.