

真駒内川における魚類の越冬環境について

ENVIRONMENT OF PASSING WINTER FOR FISH IN MAKOMANAI RIVER

研究第四部 主任研究員 北谷 啓幸
 企画広報部 部長 丸岡 昇
 企画広報部 参事 渡辺 洋一

サクラマスは、産卵・越冬・降下・遡上等、生息サイクルを通じて河川との係わりが極めて深く、人の手の入った河川と生態系との親和度を図る指標生物として適切なもの一つであると考えられる。とりわけ、国内外の研究によれば、サクラマスの越冬環境の確保が困難であり、生息サイクルのボトルネックになっているとの指摘がある。

本研究は、河川構造と越冬環境の係わりについて調査分析し、河川生態系と親和度の高い川づくりに資するためを行ったものである。

以下に、本年度の研究内容を示す。

札幌市南部を流れる真駒内川において、冬期間のサクラマス幼魚の生息環境について調査を実施した。調査方法は、河川を1mメッシュに区切り、その物理環境と生息状況を調査し、河川環境を構成する幾つかの空間スケールに着目した分析を実施した。

その結果、河川を勾配の変化点から区分した流路単位のスケールでは、越冬環境を明確に示すことが出来なかった。しかし、流況を示すフルード数によって区分したSub unitのスケールでは、淵や平瀬の河岸付近を形成するフルード数の小さな領域での生息密度が高く、また、その領域の面的な広がりと生息密度に正の相関が見られることが示された。さらに、1mメッシュで区分したMicro habitatスケールにおいては、平均流速が遅く、カバーが多く、底質が細かく、他に比べ水深、流速、底質にばらつきのある、メッシュに対する選好度がもっとも高かった。なお、そのメッシュの平均流速は $0.11 \pm 0.01\text{m/s}$ であった。また、各スケールの組み合わせに着目した分析により、フルード数の小さなSub unitと平均流速が遅く、カバーが多いMicro habitatの組み合わせが、サクラマスの越冬環境には重要な要素であることが示された。

キーワード：サクラマス、越冬環境、空間スケール、流速、カバー

The cherry salmon has extremely deep relations with the river, and is thought to be one of the appropriate living things suitable as an index which measures the degree of the affinity of the river and ecosystem taken care of by man. Especially, according to researches in and outside the country, securing the hibernation environment of the cherry salmon is difficult, and there is also indication that it is the bottleneck of the habitation cycle.

This research is the one that investigated and analyzed the relation of the structure of rivers and the overwintering environment, aiming to contribute to the river works to provide a high level of affinity with the ecosystem of the river.

The content of the research at the current fiscal year is shown as follows.

For the Makomanai River flowing in the southern part of Sapporo City, the investigation of cherry alevin salmon's native habitat during winter was executed. The search procedure delimited the river to 1m mesh, investigated the physical environment and the living situation, and executed the analysis which paid attention to some space scales which composed the river environment.

As a result, the environment of overwintering was not shown clearly by the scale of each passage where the river was divided from the change point of the inclination. However, by the sub-unit scale dividing by the Froude number indicating the flow condition, it was shown that the living density is high in the area near the shorefront of the deep water or rapids and shallows where the Froude number is small, and that a positive correlation is seen in a field-spread and habitation density of the domain.

Furthermore, in the Micro habitat scale classified by 1m mesh, the average flow velocity was slow, the cover was high, and the bottom quality was thin, and the selectivity to the mesh which is characterized with much fluctuation than others in depth, flow velocity, and bottom quality was the highest. The average flow velocity of the mesh was $0.11 \pm 0.01\text{m/s}$. Moreover, it was shown by the analysis which paid attention to the combination of each scale that the combination of a sub unit of a small Froude number and a micro habitat with a lot of cover is an important factor for the overwintering of cherry salmon.

Key Words : Cherry salmon, overwintering, spatial scale, flow velocity, cover

1. はじめに

河川生態系、特に魚類の生息に配慮した河川整備を行うためには、その生活史に着目した必要な生息環境を整備する必要がある。

本研究において調査対象とした北日本に生息する代表的な渓流魚であるサクラマスの生活史は、遡上→産卵→孵化→幼魚→越冬→降下（雄の約半数は上流域に残留する）→遡上のサイクルである。真駒内川ではサクラマスの生活史のうち、遡上→産卵→孵化→幼魚までは北海道開発土木研究所などが実施した既往の調査で確認されているが、春には0歳魚しか確認されておらず、また、冬期調査ではほとんど採捕されないことから、真駒内川には降海する個体の越冬環境はあるが、河川残留型の越冬環境（上流域）が乏しいと考えられる。

そこで、本研究では河川に残留するサクラマスが、冬期間どのような微生息環境を選好して越冬生息しているのかを明らかにすることにより、河川整備によってサクラマスの生息環境を向上させることに資するための調査を実施した。

2. 文献レビュー

サケ科魚類の冬期間の生態に関する研究例は少ないが、冬期（越冬時期）におけるサクラマス幼魚および

サケ科魚類の越冬について、生理、生態、行動、摂餌、生息環境および生息環境の造成事例等について既存の文献等を収集・整理した。（表-1）

3. 調査概要

3-1 調査対象地

(1) 調査対象河川の概要

調査の対象とした石狩川水系豊平川支川の真駒内川は、流路延長20.8km、流域面積37.1km²、平均河床勾配1/20の急流河川であり、豊平川合流点から上流の3.6km区間の改修を完了し、また、上流域では砂防事業が実施され、約2.0kmの流路工が完成している。

既改修区間の14基の落差工には、全て魚道工が整備され、上流端における魚類調査でサクラマスの産卵床が確認されていることから、魚道工は機能していると判断される。また、砂防区間の落差工にも全て魚道工が設置されており、真駒内川における魚類遡上機能の未整備区間は、5基の魚道工未整備の落差工がある既改修区間の上流2.6km区間のみである。

(2) 調査区間

調査は、河岸にヤナギの枝や根、河岸のえぐれなどのカバー構造が比較的多く見られ、サクラマスの遡上が阻害されている落差工の上流域に位置する未改修の

表-1 文献レビュー結果の概要

区分	越冬に関する行動
生理	<ul style="list-style-type: none"> ○越冬時は、サクラマス幼魚は成長することなく（河村ほか 1994）、栄養状態が低下する（真山 1995）。 ○冬季に貯蓄エネルギーの消費により死に至ることはカワマスで推定されており、平均体サイズが大型、また水温が高いほど生残率が高くなる傾向がある（Hunt 1969）。
行動	<ul style="list-style-type: none"> ○越冬に向けての移動は基本的には上流から下流のおだやかな勾配の地点に向けての移動が中心と考えられる（真山 1992）。 ○本格的な越冬状態を呈すのは日最高水温が5℃を超える日が皆無となる期間（真山 1995）であり、水温が5℃以下に低下すると活動が不活発になり、ものかげに潜むようになる（Seelbach 1987）。
採餌	<ul style="list-style-type: none"> ○水温が0℃近くまで低下する北海道の河川でもサクラマス幼魚は各種水生動物を摂食することが知られており（井上・石城 1968、真山・大熊 1983）、冬季にエサとして利用されるものは、流れに泳ぎでることなく利用可能な河岸のよどみに生息する小型の無脊椎動物（真山 1992）や越冬場所に流れ込むユシリカの幼虫も良く利用されている（真山 1992）。
越冬環境	<ul style="list-style-type: none"> ○越冬場所は、夏場と異なり流域全面に分布せず、河岸の局部的なところ、特に草木等によって遮光され水流が極度におさえられた（0.05m/s以下）の場所である（小林 1998）。 ○越冬場所にはカバー、遅い流速、遮光の3点が越冬に関する主な環境因子である（小林 1999）。 ○流下小動物の供給されるところが越冬場所として選ばれる（真山 1995）。 ○水中にブッシュ状に張り出したヤナギ枝の下、ヨシが倒伏して形成された流れが緩いわんど地形や雪によって没したササの葉間に多く越冬していた（柳井 1999）。
越冬環境創出	<ul style="list-style-type: none"> ○越冬環境を保全、創出する際には、カバーの構造の複雑性が重要な事項になる（McMahon and Hartman 1989）。 ○河川に投石して人工の隠れ場所を造成することにより、数種のサケ科魚類の冬期を前にしての移動量を減少させた事例（Bjornn 1971） ○北海道内では、積丹川、及部川にて設置したカバー沈床や木工沈床などの構造物に越冬が確認されている。

自然河道区間において実施した。なお、この区間にサクラマス幼魚は自然分布していないため、放流により調査を実施した。(図-1)

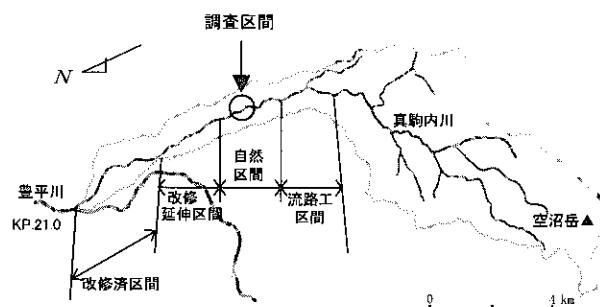


図-1 調査区間

3-2 調査方法

真駒内川におけるサクラマス幼魚の必要な越冬環境の把握と、あわせて、他河川において越冬が確認されている施設・工法（カバー沈床：木工沈床の上部に粗朶によるカバーを設置した構造物）を真駒内川に設置し、その効果を検証した。(写真-1) (写真-2)

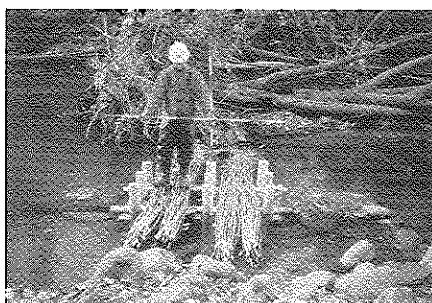


写真-1 カバー沈床

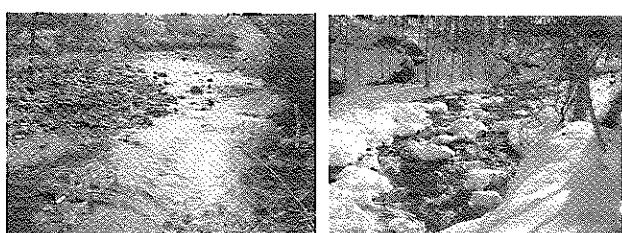


写真-2 カバー沈床（設置時、冬季）

(1) 物理環境調査

○水深・流速

調査区間を、 $1\text{m} \times 1\text{m}$ メッシュで区切り、メッシュを構成する交点において、水深、流速を計測した。

水深は 1cm 単位で計測し、流速は6割水深箇所1点にて3次元流速計を用い、流向とともに計測した。

○河床材料

河床材料は、水深、流速と同様の観測点の周辺に優占する河床材料を1岩盤、2砂($\sim \phi 2\text{mm}$)、3小

礫($\phi 2\sim 30\text{mm}$)、4中礫($\phi 30\sim 100\text{mm}$)、5大礫($\phi 100\sim 250\text{mm}$)、6巨礫($\phi 250\text{mm}\sim$)の6段階に区分し、さらに、サクラマス幼魚が体を隠すことが可能な中礫($\phi 100\text{mm}$)以上については浮き石、沈み石を目視により判別した。

○カバー

カバーは、植物に起因する材質のものを対象とした。

$1\text{m} \times 1\text{m}$ セルをさらに横断方向に4分割した長方形のコドラーートを設定し、各コドラーートにおけるカバーの種類、長さおよびその密度（空隙の広さ、カバーの複雑ぐあいの状態）を3段階に区分した。

また、これらの項目について、 1m セルの交点のほかに、サクラマス幼魚を確認した箇所においても同様に計測した。(図-2)

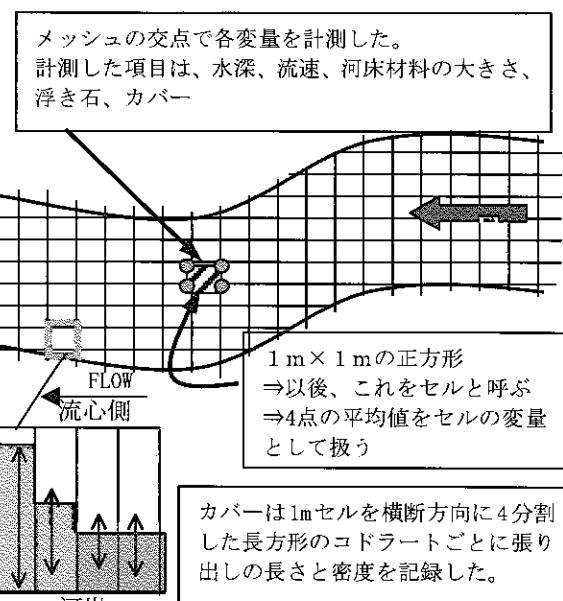


図-2 物理環境調査概念図

(2) 魚類調査

冬期におけるサクラマス幼魚の生息場所を把握するため、潜水観察（主に流路中央での遊泳の確認）とエレクトロ・フィッシャー（主に河岸）を用いた捕獲調査を併用しておこなった。(写真-3) (写真-4)

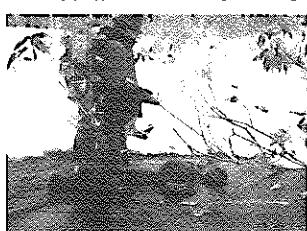


写真-3 潜水観察とエレクトロ・フィッシャー



写真-4 捕獲調査

3-3 分析方法

(1) 分析の視点

河川環境はいくつかの異なる空間スケールによって捉えることができ、また、魚類の生息環境として捉える制限要因は、各空間スケールによって異なると考えられる。よって、サクラマス幼魚の越冬環境を異なる空間スケールごとに整理した。(図-3)

- Channel unit スケール～縦断勾配から環境を区分
- Sub unit スケール～水理量（フルード数）から環境を横断的に区分
- Micro habitat スケール～ $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ セルを類型化することで環境を区分

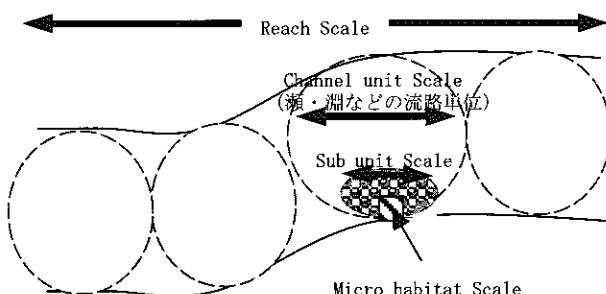


図-3 空間スケールの概念

(2) 分析の方法

■ Channel unit スケール

現地での観察および河床勾配の変化点をもとに、調査区間を縦断的に瀬、平瀬および淵といった流路単位に区分して、各流路単位（瀬、淵）におけるサクラマス幼魚の越冬魚の生息密度を算出し、どういうところに越冬しているかを、広角的視野で把握した。

■ Sub unit スケール

各流路単位においても、流れの状態が横断的に異なることから、瀬・淵を構成する流れの状態に着目し、フルード数（Fr）を環境区分の基準とし、Sub unit として区分した。区分された各Sub unit タイプにおける生息密度を算出し、どのような流れの状態に多く越冬しているかを把握した。また、Sub unit の面積と生息密度の関係に着目した。

■ Micro habitat スケール

$1\text{ m} \times 1\text{ m}$ セルを対象とし、このスケールにおける物理環境に着目した。物理環境は変量が独立した単变量の構造ではなく、各変量が独立していない多变量の構造として捉え、クラスター分析によって類型化を行った後、選好性をJacobs (1974) の選好度指数を用いて解析した。

(分析の手順)

① 変量の絞込み（Z検定）

全セルを対象に、Kolmogorov-SmirnovのZ検定（ノンパラメトリック検定）により、サクラマスが利用していたセルと利用していなかったセルの物理環境の比較をおこなった。

② 主成分分析

複数ある物理変量を少数の要因に集約し、物理環境を評価するため、相関行列を使った主成分分析をおこなった。

③ クラスター分析

主成分分析によって得られた主成分得点を変数として、クラスター分析によってMicro habitatの類型化をおこなった。

④ Jacobsの選好度指数

各Micro habitatタイプへの選好度をJacobs (1974) の選好度指数 $D_a = (r_a - p_a) / (r_a + p_a - 2r_a p_a)$ を用いて解析した。ここで、 D_a は微生息環境（セル） a への選好度、 r_a はサクラマスに利用されたセルのうち a が占める割合、 p_a は調査区間のうちセル a が占める割合とする。

(3) カバー沈床の評価

設置したカバー沈床を、サクラマスの生息密度に着目し、自然河岸との比較及びカバーのある自然河岸との比較により評価した。

4. 結果

4-1 Channel unit スケール

このスケールでは、流況および河床勾配の変化点から、瀬、平瀬および淵といった流路単位に区分し、どの流路単位に多く越冬しているかを調べた。

平瀬、淵の生息密度が比較的高かったが、平瀬においても越冬が見られる平瀬と見られない平瀬があった。(図-4)

流路単位の区分

流路単位	早瀬	瀬	平瀬	淵
河床勾配	~1/30	1/40～ 1/80	1/100～ 1/250	1/250～ Level

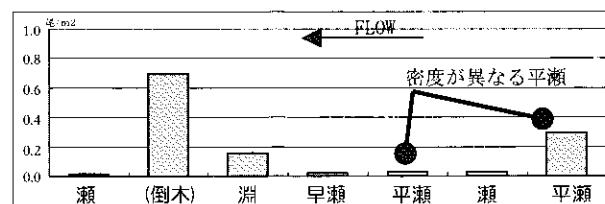


図-4 流路単位における生息密度

4-2 Sub unit スケール

このスケールでは、流路単位（瀬、淵）の中においても流れの状態が異なることから、瀬、淵を構成する流れの状況に着目して分析をおこなった。

(1) Sub unit の区分

流れの状況を示す区分をおこなうため、水深と流速を变量としたフルード数 ($Fr = v/\sqrt{gh}$) を用い、Sub unitの区分をおこなった。ここで、 v は平均流速 (m/s)、 h は水深 (m)、 g は重力加速度9.8 (m/sec²) とする。

ここでは、土屋十園著「都市河川の総合親水計画第5章流水形態からみた環境水理特性」を参考に、タイプI ($Fr < 0.125$)、タイプII ($0.125 < Fr < 0.250$)、タイプIII ($Fr > 0.250$) の3区分で分割した。

その結果、河床勾配により区分した流路単位内に、フルード数によって区分される異なる流れの状態 (Sub unit) があることが示された。

また、各Sub Unitは次のように流路単位を横断的に区分していた。

Sub unitタイプI：淵や平瀬の河岸付近を形成

Sub unitタイプII：平瀬や淵に広く分布

Sub unitタイプIII：早瀬や流心部分を形成

(2) Sub unitごとの生息密度

各Sub unitタイプにおける生息密度を整理した。

Sub unitタイプIに対する生息密度が他のタイプに比べて高かった。(図-5)

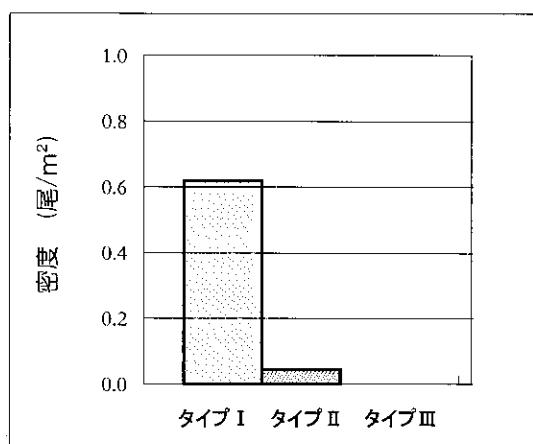


図-5 Sub unit における生息密度

(3) Sub unitの広がりと生息密度

Sub unit I の連続した広がり（大きさ）が越冬環境としての要因であるかを見るために、Sub unit I の面積と生息密度の相関関係を調べた。

相関分析の結果、Sub unit I の面積に対して、正の相関がみられ ($P < 0.01$)、Sub unit の面的な広がり

（大きさ）がサクラマスの越冬環境に重要であることが示された。(図-6)

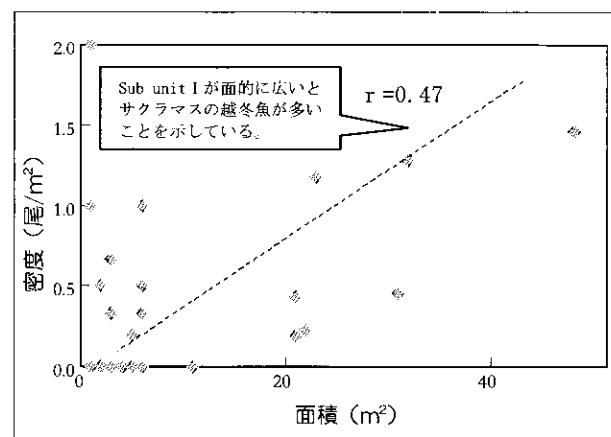


図-6 Sub unit I の面積と生息密度

4-3 Micro habitat スケール

このスケールでは、サクラマス幼魚の冬期における微生息環境に着目し、1 m × 1 mセルを対象に分析をおこない、越冬環境の要因を把握した。

(1) 利用していたセルと利用していないかったセルの違い～Kolmogorov-SmirnovのZ検定の結果～

計測した水深、流速、河床材料、カバーに関する各変量についてサクラマスが生息していたセルと生息していないかったセルの違いについて検討した。(表-2)

表-2 各変量の平均値と標準誤差

変量	いたセル	いないセル	差
平均水深 (m)	0.30 ± 0.001	0.31 ± 0.002	無
水深変動 (%)	36.6 ± 1.95	27.3 ± 0.42	有
平均流速 (m/s)	0.19 ± 0.01	0.33 ± 0.004	有
流速変動 (%)	75.4 ± 2.83	56.3 ± 0.64	有
底質粗度	3.57 ± 0.12	4.46 ± 0.02	有
底質変動 (%)	47.7 ± 4.81	20.6 ± 0.52	有
浮き石 (%)	16.0 ± 0.02	20.0 ± 0.01	無
カバー値	0.88 ± 0.08	0.11 ± 0.01	有

その結果、有意な差が認められた変量は、水深変動、平均流速、流速変動、底質粗度、底質変動およびカバーの6つの変量であった。また、平均水深および河床の空隙を示す浮き石の割合には有意な差は認められなかった。ここで、平均はセルを構成する4点の平均値、変動は4点のばらつきを示す値、底質粗度は6段階の区分、カバー値はカバーの面積に3段階のカバー密度を乗じた値とする。

(2) セルの類型化～主成分分析とクラスター分析の結果～

サクラマス幼魚が生息していたセルと、生息してい

なかったセルに違いのみられた6つの変量を用いて、セルの類型化をおこなった。

用いた変量は、水深変動、平均流速、流速変動、底質粗度、底質変動、カバーである。

主成分分析によって複数ある物理変量を少数の要因に集約し、クラスター分析によってセルの特徴により大胆に類型化をおこなった結果、4つ(A、B、C、D)に区分された。なお、各クラスターの境界についてはそれぞれの特徴を加味し、おおよそのラインを設定した。

類型化されたクラスター(Micro habitatタイプ)は、次のような特徴をもっていた。

Micro habitatタイプの特徴

- A ■ : どの変量においても中間的な値を示す
- B ■ : 平均流速が遅く、カバーが多い
- C ■ : 平均流速が早く、カバーが少ない
- D ■ : 水深、流速、底質の変動係数が大きい
(平均流速は比較的遅く、カバーも2番目に多い)

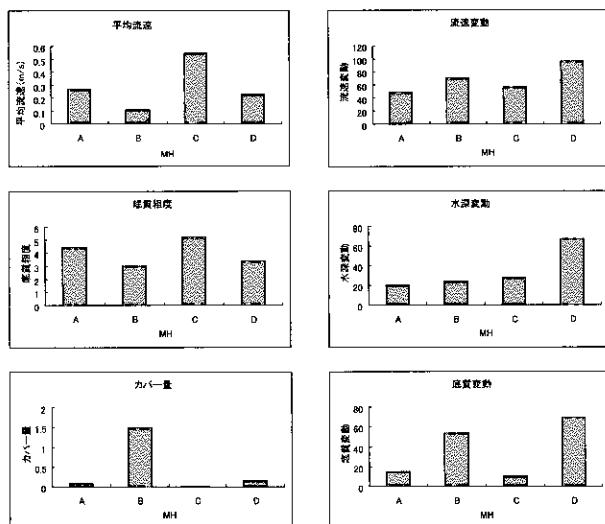


図-7 各クラスターの特徴

(3) セルに対する選好性と回避性～Jacobsの選好度指数を求めた結果～

Jacobsの選好度指数は1から-1までの値をとり、1が最も選好性が高く、逆に-1は選好性が低い環境と判断される。

各クラスターに対する選好度指数を求めた結果、Aタイプ:-0.42、Bタイプ:0.82、Cタイプ:-0.50、Dタイプ:0.31となり、サクラマス幼魚は、各クラスターのうち、もっとも平均流速が遅く、カバーが多く、底質が細かく、さらに、他のセルに比べ水深、流速、底質のばらつきのあるセルであるクラスターBに選好性が示された。(図-8)

なお、クラスターBの平均流速は $0.11 \pm 0.01 \text{m/s}$ であった。

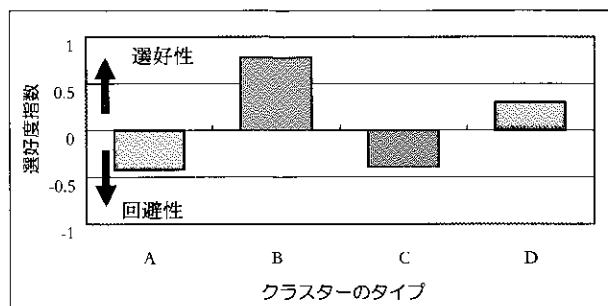


図-8 各クラスターの選好度

4-4 Sub unitとMicro habitatの組み合わせ

以上の分析から、河川環境をいくつかの異なる空間スケールによって捉えた、各スケールにおける越冬環境は次のように示すことが出来る。

(Channel Unitスケール)

平瀬、淵で比較的生息密度が高かったが、同じ流路単位においても生息密度は異なる箇所があり、このスケールでは越冬環境を明確に示すことが出来ない。

(Sub unitスケール)

平瀬や淵の河岸を形成しているSub unitタイプIに対する生息密度が高く、また、Sub unitタイプIの面的な広がりと生息密度に正の相関が見られ、その面積が重要であることが示された。なお、Sub unitタイプIは、 $\text{Fr} < 0.125$ を示す区域である。

(Micro habitatスケール)

サクラマス幼魚は、クラスターBに対する選好度がもっとも高かった。クラスターBは、各クラスターのうち、もっとも平均流速が遅く、カバーが多く、底質が細かく、さらに、他のセルに比べ比較的水深、流速、底質のばらつきのあるセルであった。なお、クラスターBの平均流速は $0.11 \pm 0.01 \text{m/s}$ であった。

そこで、サクラマスの越冬環境として捉える必要なスケールを分析するため、Sub unitスケールとMicro habitatスケールの組み合わせについて検討した。検討は、Sub unitスケールとMicro habitatスケールの組み合わせに対する選好度と、生息密度の比較により行った。(図-9)

その結果、生息密度の高いSub unit I のなかでは、Micro habitat B以外のタイプも選好しており、I-BとII-Bに対する選好度指数が、それぞれ0.83、0.65と高かった。しかし、生息密度を比較すると、I-Bは $2.0 \text{尾}/\text{m}^2$ に対して、II-Bは、 $0.4 \text{尾}/\text{m}^2$ と低い値であった。

このことから、Sub unit I と Micro habitat B の組

み合わせが、サクラマスの越冬環境にとって重要であることが示された。

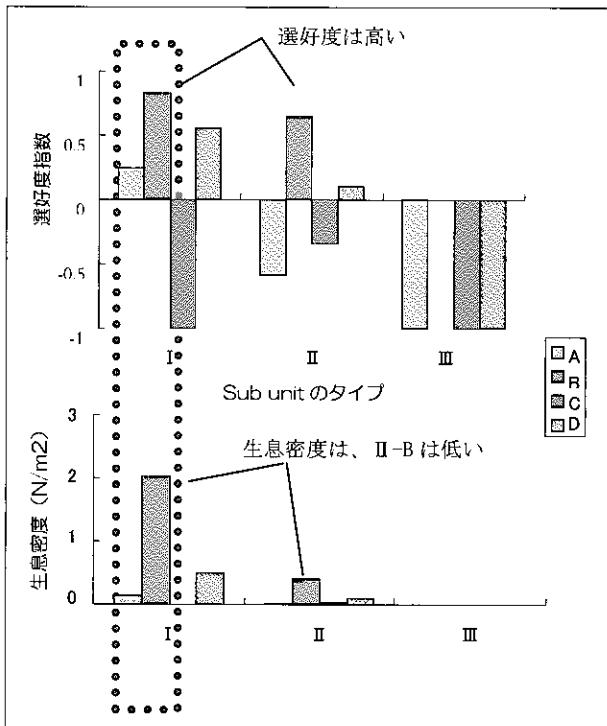


図-9 Sub unit と Micro habitat の組み合わせ

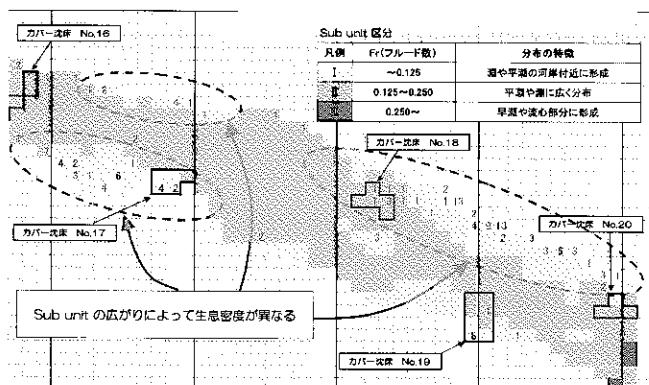


図-10 Sub unit と確認個体数

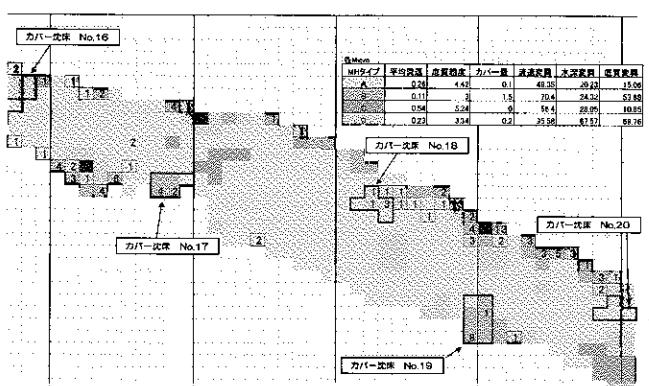


図-11 Micro habitat と確認個体数

4-5 カバー沈床の評価

(1) 自然河岸との比較

サクラマス幼魚は河岸から多く採捕されたことから、カバー沈床および自然河岸を構成するセルの総数と、採捕されたサクラマス幼魚の個体数に着目した。

カバー沈床を構成するセルの総数と、自然河岸を構成するセルの総数の比率は、カバー沈床：自然河岸=2：8であった。また、カバー沈床、自然河岸それぞれ採捕されたサクラマスの個体数の比率は面積の割合の比較結果と同様に、カバー沈床：自然河岸=2：8であった。(図-12)

このことから、1つのセルに対するサクラマス幼魚の個体数は、カバー沈床と自然河岸の間では大きな差がないことが示された。

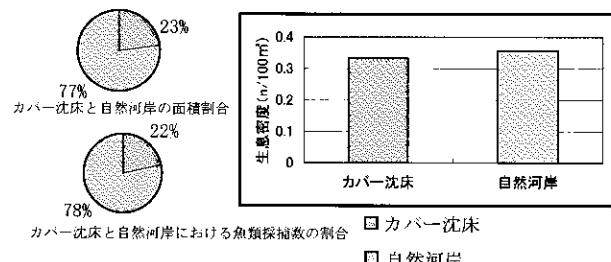


図-12 自然河岸との比較

(2) カバーの有無による自然河岸との比較

さらに、カバー沈床におけるカバーの機能を検証するために、自然河岸のうちカバーのあるセル、ないセルとの比較を行った。

カバー沈床とカバーのある自然河岸との面積比率はおよそ1：1であるのに対し、採捕されたサクラマスの個体数の比率は3：7であった。また、生息密度については、カバー沈床が0.33尾/m²であるのに対して、カバーのある自然河岸は0.78尾/m²であった。(図-13)

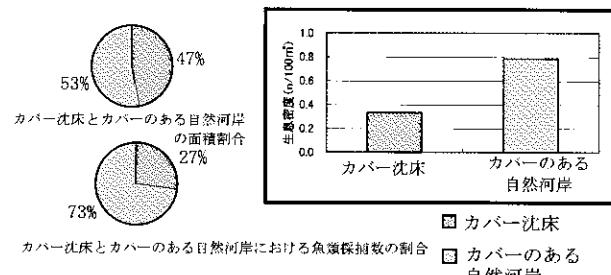


図-13 カバーのある自然河岸との比較

また、カバー沈床とカバーのない自然河岸との面積比率はおよそ3：7であるのに対し、採捕されたサクラマスの個体数の比率は1：1であった。生息密度に

については、カバー沈床が0.33尾/m²であるのに対して、カバーのない自然河岸は0.14尾/m²であった。(図-14)

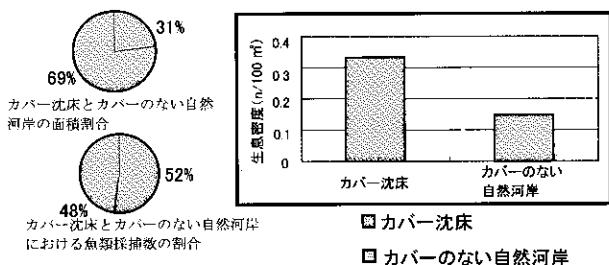


図-14 カバーのない自然河岸との比較

5. 考察

以上の検討の結果から、同じ流路単位においても、Sub Unit I が連続した広がりをもたない場合は、越冬環境として利用されにくく、Sub Unit I の広がりの中に、Micro habitat B が存在すると、高い生息密度が期待できることが示された。(図-15)

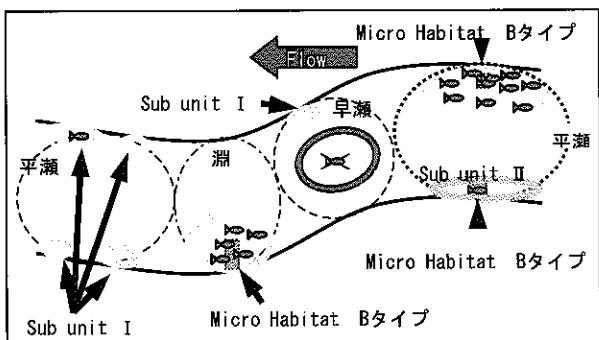


図-15 越冬環境の概要図

この結果を文献レビューによるサクラマスの越冬行動から考察すると、冬期間における水温低下とともに遊泳力が低下し、押し流されるのを防ぐためには、その周辺にも緩やかな水域が必要であることが考えられる。

また、越冬前には水温の低下とともに、瀬から渾の深みへ、そして岸のよどみの中へと生活の場を変えることが知られており、水温の低下にともなう生息場所をシフトする過程において、Sub unit - Micro habitat の組み合わせが重要であると考えられる。

さらに、冬季におけるサクラマス幼魚は、代謝を抑えMicro habitat スケールでじっとしている他に、渾の緩い流れ、開けた瀬の結氷した岸よりの浅瀬にも、幼魚が観察されている事例がある。Micro habitat に隣接するSub unit は、冬期間において摂餌場所として利用するために、Sub unit - Micro habitat の組み合わせが重要であるとも考えられる。

また、今回設置したカバー沈床については、カバーのある自然河岸と比較すると機能的に劣るが、カバーのない自然河岸と比較すると、倍以上の生息密度を有するなど、十分に越冬機能を創出している。

よって、さらに詳細な検討が必要であるが、過去に改修を実施して越冬環境が消失してしまった河川などに対しては、有効な手段になりうると考えられる。

6. おわりに

本検討は、真駒内川における魚類、特にサクラマスを対象とし、さらに、その生活サイクルのうち「越冬」に着目して、真駒内川における現状の把握、必要な河川環境について調査してきた。

その結果、サクラマスの越冬環境として、微生息空間 (Micro habitat) における遅い流速とカバー、及び渾や平瀬の水衝部の河岸を構成している流況 (Sub unit) の組み合わせ、広がりの重要性が示された。

今回の調査で得られたMicro habitat及びSub unitスケールにおけるサクラマスの越冬環境から、川づくりという更に広い視点に立っての調査検討が必要である。越冬環境の形成過程を解明した上で、この環境が継続的に維持出来る方策を確立することが望ましい。

謝辞

本研究は北海道札幌土木現業所が主催する「真駒内川の魚道等に関する検討委員会」の助言の下に進めたものである。

委員会を通じて、現地調査や分析手法等でご指導を頂いた北海道大学農学部中村太士教授、独立行政法人北海道開発土木研究所環境研究室渡邊康玄室長、北海道立水産孵化場資源管理部小林美樹主任研究員、北海道工業大学環境デザイン学科柳井清治教授、(社) 北海道栽培漁業振興公社米田隆夫企画設計課長や、多大なるご支援とご協力を頂いた北海道札幌土木現業所の関係者の方々、調査・解析に協力いただいた岩瀬晴夫氏、渡辺恵三氏はじめとする(株)北海道技術コンサルタントの関係者の方々の努力を多とするものである。