室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

サクラマスの生息環境向上のための河川物理環境の評価

メタデータ	言語: jpn 出版者: 土木学会 公開日: 2012-08-24 キーワード (Ja): キーワード (En): Oncorhynchus masou, river physical environment, habitat 作成者: 矢部, 浩規, 中津川, 誠, 卜部, 浩一, 中島, 美由紀 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/1539

室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

サクラマスの生息環境向上のための河川物理環境の評価

その他（別言語等）のタイトル	ASSESSMENT OF A RIVER PHYSICAL ENVIRONMENT TOWARD ITS IMPROVEMENT AS A HABITAT FOR ONCORHYNCHUS MASOU
著者	矢部　浩規，中津川　誠，卜部　浩一，中島　美由紀
雑誌名	河川技術論文集
巻	11
ページ	477-482
発行年	2005-06
URL	http://hdl.handle.net/10258/1539

河川技術論文集，第11巻，2005年6月

サクラマスの生息環境向上のための河川物理環境の評価

ASSESSMENT OF A RIVER PHYSICAL ENVIRONMENT TOWARD ITS IMPROVEMENT AS A HABITAT FOR ONCORHYNCHUS MASOU

矢部 浩規[1]・中津川誠[1]・卜部浩一[2]・中島美由紀[3]
Hiroki YABE , Makoto NAKATSUGAWA , Hirokazu URABE and Miyuki NAKAJIMA

[1]正会員 博(工学) (独)北海道開発土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)
[2]修(地環) 北海道立水産孵化場 (〒043-0402 北海道爾志郡熊石町字鮎川189-43)
[3]修(水産) 北海道立水産孵化場 (〒061-1433 恵庭市北柏木3丁目373)

The Oncorhynchus masou, which are stream-dwelling salmonids, spend much of their life in rivers. As is true for any organism, the population of Oncorhynchus masou is influenced by the habitat. This study investigated the relationship between the population of young cherry salmon and the river environment, toward gaining knowledge necessary for conservation, improvement, and restoration of the river environment. Based on a survey of the Meppu River in the Shiribeshi Toshibetsu River system, we assessed variables in the physical environment, including flow velocity, water depth, Froude number, area of pools and riffles, amount of food supplied from the upstream, position and elements expressing a location's suitability as a resting place for Oncorhynchus masou , and we clarified the optimal environmental conditions for Oncorhynchus masou .

Key Words : *Oncorhynchus masou , river physical environment, habitat*

1．背景と目的

近年，漁業的な価値が高いサクラマスの資源量が減少しており，その原因のひとつに河川環境の変化が指摘されている．河川性サケ科魚類であるサクラマスは，河川での生活が長期間必要であり，その生息量は河川での生息環境の特性に影響を受けやすいためである．河川の生活は，産卵，孵化及び浮上，稚幼魚，越冬，降海，産卵のための遡上期に大きく分けられ，生活史に応じてその生息生育環境特性は変化する．孵化した稚魚は１～２年は河川で生活しており，稚幼魚期の生息環境の向上は生残率の上昇につながると考えられる．そのため，本研究は，この幼魚の生息量と河川環境特性との関係を把握し，生息にとって好適な河川環境の保全，管理や河川環境を改善，再生するための知見を得ることを目的とする．

サクラマス幼魚の生息量と河川環境との関係は，例えば越冬期における好適な物理環境条件を把握した既存研究事例[1), 2)]では，いずれも流速の緩やかな被覆度の高い場所が重要であることが示されている．一方，移動しやすい幼魚の微生息場所を特定することが難しい夏～秋季にかけての生息環境の直接的な把握事例は少ない．北海道の問寒別川水系パンケナイ川を対象とした研究[3)]では，区間及び河床単位スケールにおける生息密度と環境変量の解析により，淵量やカバー量など河畔林と関連した要因の重要性を明確にしている．また、実際に淵を創出して生息環境の改善効果を検証した事例[4)]がある．しかしながら，淵の質や淵以外の瀬等の河道環境特性の詳細な解析は十分とはいえない．

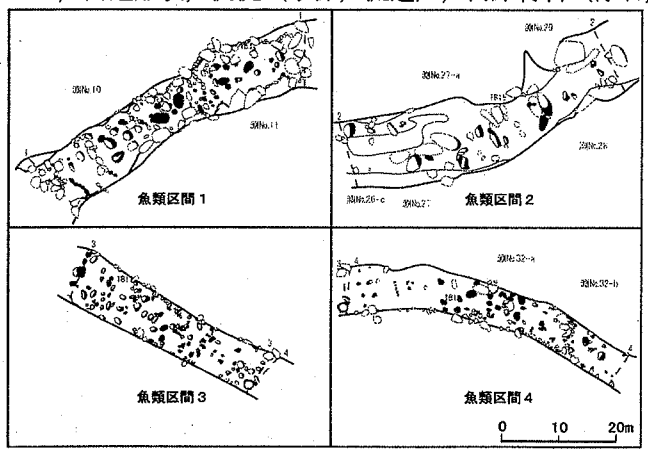
本研究では，夏～秋季にかけてのサクラマス幼魚の生息量と環境変量の関係，特に河川物理環境変量を詳細に明らかにするため，河畔林等河川空間環境をできるだけ同一の区間を設定し，調査を行った．複数の瀬淵構造を含む区間スケールでの生息密度と物理環境変量との関係分析，また，区間スケールでの生息と変量関係の妥当性を，河床単位スケールでの水位，流速，餌の取り易さと，定位，休息しやすさ等魚類が利用する場所での環境変量要因で検討する．さらに，調査期間中の河川水位，河道状況の変化からも検討を加える．

2．調査方法

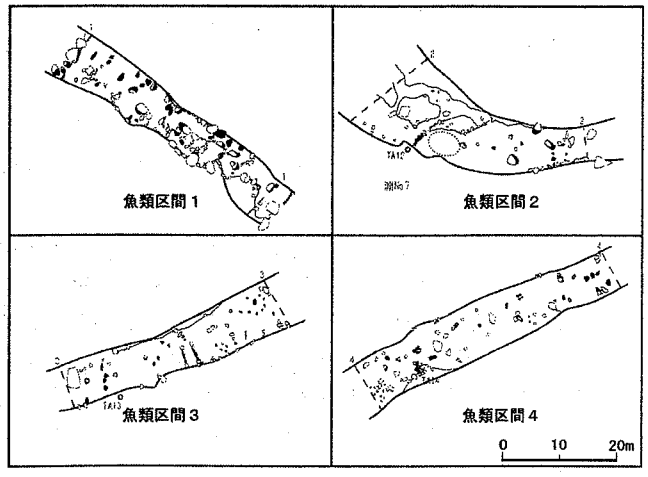
全ての水産動植物の採捕を禁じる保護水面に指定され，北海道内でサクラマスの生息密度が非常に高く生態調査に適した後志利別川水系メップ川（北海道今金町）の支川である左股川，右股川各１ｋｍを対象とした．調査区域の河道状況を把握し，魚類生息調査区間を８区間（左股川1～4，右股川1～4の各４区間，約50m）設定し，魚類，流下昆虫，河川物理環境調査等を，2004年7月下旬～10月上旬の２回実施した．図－１に左股川，図－２に右股川での調査区間を示す．

魚類調査は，各調査区間において，可能な限り生息数の直接把握を行うために，投網による採捕とエレクトリックショッカーによる採捕を組み合わせ実施した．約15分間の投網調査の後，下流側から上流側へ向けてエレクトリックショッカーによる採補を行い，10分の間隔をおいてこれを３セット繰り返し魚類の採捕を行った．採補した魚類は，魚種別に体長，重量の計測を行っている．

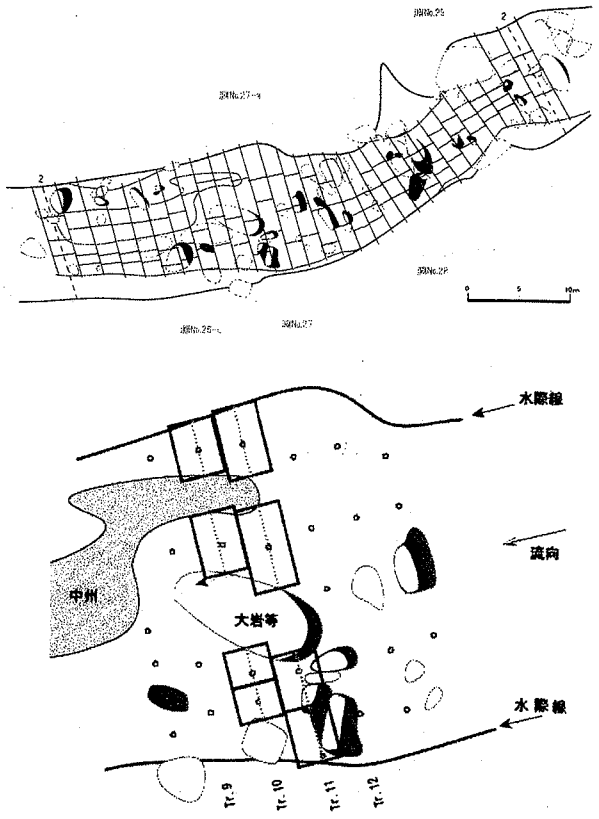
河川物理環境調査（図－３）は，細かいセルに分割し，河道形状，流況（水深，流速），河床材料（浮石，沈石，粒度組成）等を計測した．各調査区間で，流心に垂直な横断線を等間隔に30本設定し，横断線に沿って水域を等分する測点を４地点とし120地点を設定した．各測点において，河岸からの距離，水深，60%水深流速，底層流速の物理環境計測を行い，底質の概況，瀬・淵等河川ユニットの区分，天空の開放度（閉塞されているかいないかの0，1区分）を調査，記録した．



図－１　魚類調査区間（左股川）



図－２　魚類調査区間（右股川）



図－３　河川物理環境計測方法

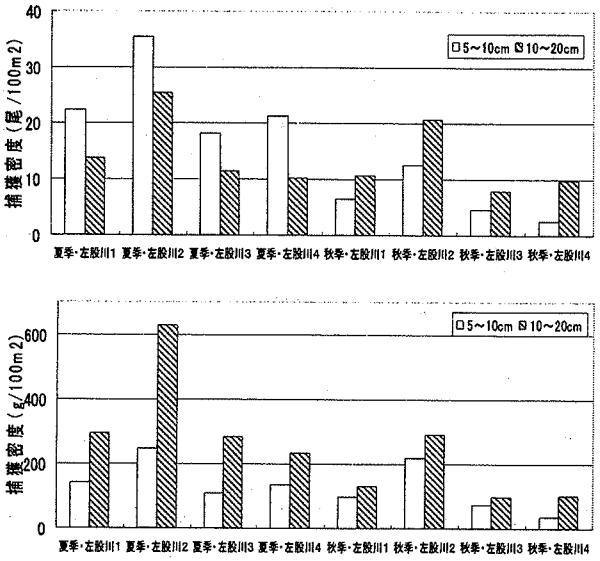
流下昆虫調査は，ドリフトネット（50×50cmまたは25cm×25cm）を平瀬に30分間設置し，流下昆虫の採捕を行った．平瀬の水深は，ドリフトネットの高さと同程度の場所を選定した．また，ネット前面における流速，濾水量を計測し，流下昆虫量が一日のうちで最も多くなると考えられる早朝（午前6時頃）の時間帯に実施した．

落下昆虫調査は，各区間の両側の河岸に水盤トラップを設置し，捕獲される落下昆虫の調査を行った．トラップの設置期間は１昼夜とし，高温で晴天の日を選定して行った．通常時の落下量を把握するために，誘因剤等は使用せずトラップの色は黒色とした．また、底生動物調査は、各調査区間上流の平瀬で25cm×25cmのサーバーネットで5サンプル採取した．付着藻類についても同様の地点でクロスによる剥ぎ取り法で採取している．その際、底質、浮石、日照等物理環境をなるべく同一にして行った．

魚類調査区間の河畔林植物調査は，植生の階層構造等・日照阻害状況を把握するために，植生断面図を作成し，河岸の群落組成の相違等を定量的に把握した．日影調査は，魚類調査区間において，１日３回日影面積の計

測を行った．また，日照時間等を定量的に把握するため，２断面の左右岸と中央の３地点で画角180°の魚眼レンズを用い全天の天空写真を撮影した．撮影した写真は，デジタル化し，各地点の天空率，冬至，夏至，春分・秋分及び夏季及び秋季の調査時の太陽軌道から日照時間を算出した．

流量観測は，左股川，右股川で各６回実施し，流量，水面勾配を把握した．測量調査は，魚類調査区間を含む1kmの区間で平板測量（1/500縮尺），横断測量（10m間隔），縦断測量を，魚類調査時の２回実施した．調査期間中（７～10月）の日最大降雨（今金観測所）は，48mm/日(8月20日)，50mm/日（9月13日）があり，また，8月下旬～9月上旬にかけて30mm/2日，10mm/2日程度の降水量があった．両河川とも，降水のピークから約２時間後に水位のピークがあり，水位の上昇量は最大60cm程度であった．



図－４　左股川生息密度（上：尾数，下：重量）

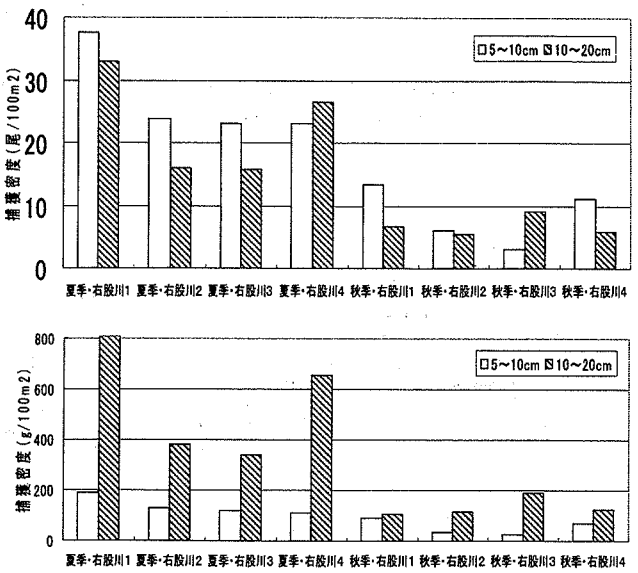
３．魚類調査区間の調査結果

(1) サクラマス生息分布

夏季調査を実施した７月下旬（夏季）は，当歳魚と河川残留魚の成長期であり，秋季調査を実施した10月初旬（秋季）は，親魚の産卵後であった．調査区間別の結果を図－４，５に示すが，各調査区間の水面面積で除し算出した単位面積当たりの捕獲尾数，捕獲重量ともに，秋季は夏季に比べ減少している．夏季は，左股川では区間２が，右股川では区間１が尾数，重量ともに最大であった．秋季は，左股川では同様に区間１が最大で，右股川では体長が小さいものが区間１，大きいものが区間３でやや多かった．

(2) 河川物理環境

表－１に，河川物理環境の区間ごとの平均値を示す．なお，8月10～12日の実施した落下昆虫量は極めて少な



図－５　右股川生息密度（上：尾数，下：重量）

表－１　河川物理環境の調査結果（調査区間別）

項目＼調査区間	左股川				右股川			
	区間1	区間2	区間3	区間4	区間1	区間2	区間3	区間4
河床勾配	1/33	1/35	1/52	1/48	1/44～1/47	1/55	1/40	1/57
水面面積	274～247m2	229～233m2	183～177m2	207～205m2	133m2	163m2	165m2	205m2
平均水深	35～32cm	36～32cm	26～23cm	30～25cm	28～32cm	29～28cm	26～25cm	22～24cm
平均流速(60%水深)	56～39cm/s	47～34cm/s	73～48cm/s	67～46cm/s	48～45cm/s	58～47cm/s	63～48cm/s	57～43cm/s
平均流速(底層)	30～18cm/s	28～16cm/s	45～20cm/s	43～18cm/s	28～19cm/s	34～20cm/s	35～25cm/s	33～22cm/s
浮き石率	71～61%	73～49%	83～39%	74～55%	47～65%	82～72%	71～81%	65～77%
流下昆虫	0.004～0.025g/10000L	0.003～0.107g/10000L	0.003～0.017g/10000L	0.003～0.017g/10000L	0.003～0.077g/10000L	0.002～0.022g/10000L	0.002～0.022g/10000L	0.002～0.022g/10000L
底生動物(湿重量)	2.09～0.94g	2.81～3.55g	3.29～1.69g	2.12～2.01g	0.41～0.29g	0.49～1.18g	2.79～0.72g	1.23～1.78g
開空面積	83～170m2	63～207m2	90～109m2	191～38m2	101～88m2	156～129m2	50～166m2	158～153m2
天空率	20%	34%	20%	18%	15%	12%	25%	21%
日照時間	237～167分	329～241分	208～45分	277～145分	175～48分	148～93分	206～96分	193～96分

い結果であり、陸生昆虫類等の活性がすでに低下していた可能性がある．各区間の特徴は，左股川の区間１は巨石の多い急流区間，区間２は巨石，淵，中州の存在する区間，区間３，４は瀬の連続する直線区間である．右股川は，区間１が巨石の散在する直線区間，区間２は巨石，淵，中州の存在する右曲がり区間，区間３，４は瀬の連続する直線区間である．河畔の樹林地は両河川とも149～160種と大きな差はみられず，種構成の大きな変化は無かった．

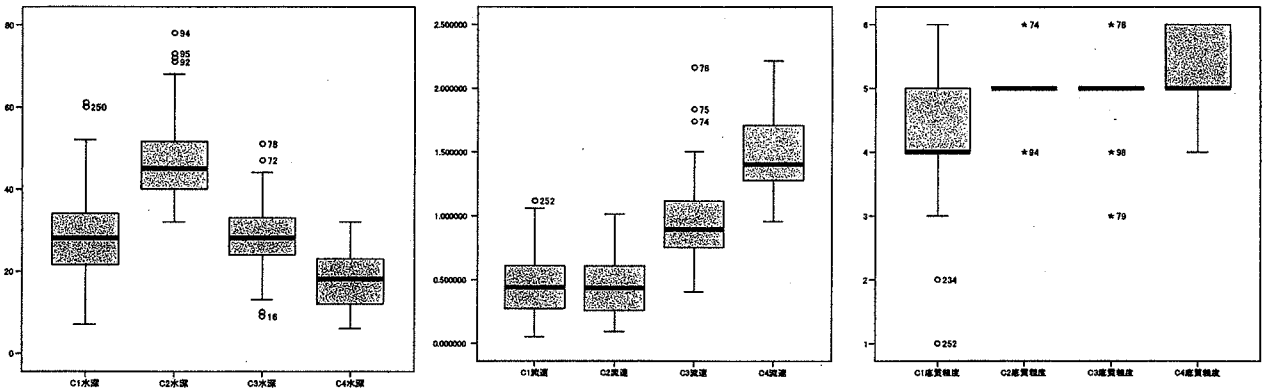
４．サクラマスの生息と物理環境の関係分析

(1) 分析方法

本研究においては，夏，秋季の幼魚の捕獲位置を特定することは難しく，個々の個体の生息と物理環境を定量的にセットでは把握していない．そのため，魚類調査区間全体を対象とした捕獲現存量としての把握と，区間の物理環境との関係を区間，河床単位スケールで分析する．表－１で魚類調査区間毎に把握されている物理環境要因の数値，分布面積等との比較を行い，サクラマスの現存量と関連があると考えられる要因を抽出する．

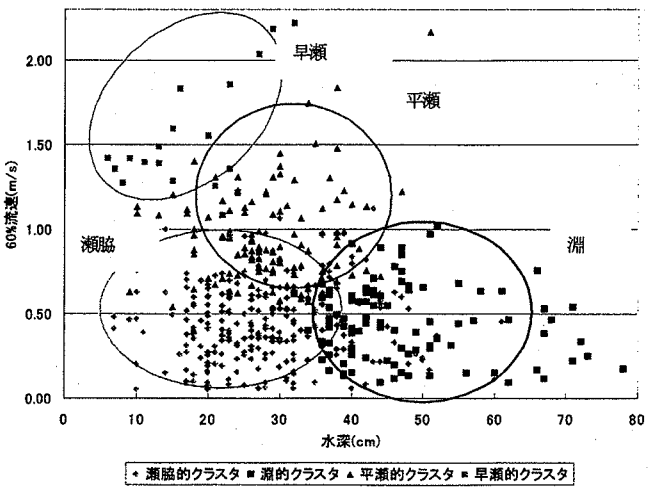
また，サクラマス幼魚の生息かつ河川環境区分にとって重要な瀬，淵等の物理的条件の類似した空間を定量的に分類する．河川の流速はサクラマスの遊泳力や餌である流下昆虫量と関係があり，水深は遊泳範囲を決定することが知られている．流速と水深で表されるフルード数に基づく類型化は，河床単位での連続的変量評価が可能である．しかし，フルード数による区分では，流速の寄与が大きく，水深の効果が相対的に小さいため，淵的環境と瀬脇の浅瀬の分離が単独では十分でない場合がある点を，微少な区画を評価する際には考慮する必要があると考えられる．

そこで，本研究では，物理情報により河川物理環境の類型化を試みた．主成分分析を行った結果，新たに全体の変動を説明することのできる合成変数（主成分）は抽出されなかった．そのため，主成分得点等を用いず，物理計測値（水深，60%流速，底層流速，底質，浮き石）を用いてクラスター分析を行っている．非類似度の算出にあたっては，ユークリッド平方距離に基づき，クラスター間の非類似度はウォード法を用いた．解析の対象とした地域は，河川単位として右股川，左股川各々の夏季，秋季４ケースの解析を行った．変数間のデンドログラムから、右股川、左股川の夏季、秋季とも、60%水深と底



水深　　60％流速　　底質粗度

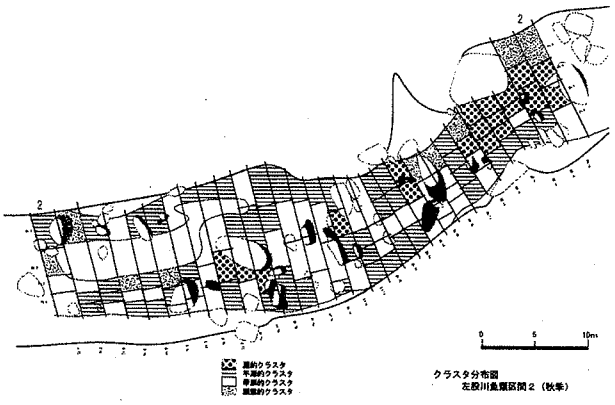
図－６　各クラスターの特徴（分析結果：左股川）



図－７　河川環境の類型化（水深，流速要因：左股川夏季）

層の流速的要素が近しく、水深と底質の要素も比較的近しい関係にあった．分析の結果、どのケースも水深と流速的要素及び底質によって非常に類似する以下の４グループに分類された（図－６）．水深は深く流速の遅い淵的クラスター，水深が浅く流速の速い早瀬的クラスター，水深，流速が中位程度の平瀬的クラスター，水深，流速，底質が小さい瀬脇の浅瀬的なクラスターである．例えば、左股川（夏季）の60%流速、水深の計測値をプロットすると、各クラスターは図－７のように分類される．図－８は各クラスターによって分類された調査区間の結果であるが、現地調査による河相図等の比較結果から再現性が確認された．さらに，この手法によって、目視観察上は分離しきれない横断方向の流速や水深等物理環境の違いを

反映し，流心から離れた瀬脇の浅瀬的部分の表現が可能となることがわかった．



図－８　早瀬・平瀬・淵・瀬脇の各クラスター分布図(左股川)

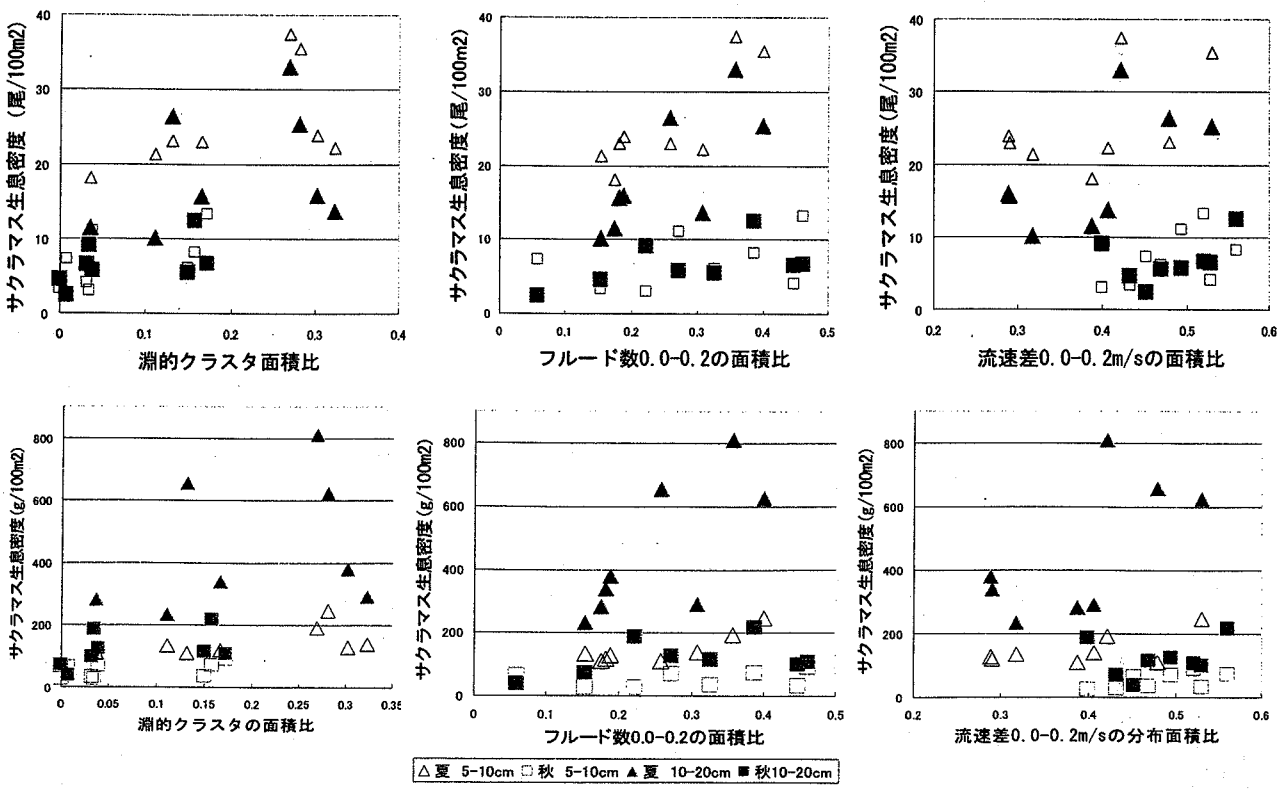
（２）生息密度に関連する物理環境変量

次に，河床単位スケールでの河川物理環境を把握するため，各測定地点（セル）での個々の物理環境要因（流速，水深，フルード数，60%水深と底層の流速差），サクラマス幼魚の生息環境変量として重要な餌の取り易さ（供給）と，定位，休息しやすさを表す要因を物理環境変量から作成して分析を行う．

直接計測された河川物理環境，空間環境要因の他，各要因及びクラスター別の分布（階級別）面積との相関分析の結果，生息密度と正の相関が得られた要因として，淵的クラスター，Fr数0～0.2，60%水深と底層の流速差0～0.2m/s区域の分布面積比（図－９），また，夏季の60%水深の流速0～0.2m/s，夏季の底層流速0～0.15m/s区域の分布面積比，10cm以上のサイズに対しFr0.4～0.6，10cm以下のサイズに対し水深の標準偏差が抽出された．逆に負の相関が認められたのは，60%水深の流速0.6m/s以上，底層流速0.45m/s以上区域，10cm以下のサイズに対し流速差0.4～0.6m/sの分布面積比，10cm以下のサイズに対しFr0.4以上分布面積比といった要因であった．これらはいずれも流れ的な要因であり，淵的な休み場所で流速が小さく，攪乱が少ない環境を好んでいる傾向がうかがえる．他に，10cm以上のサイズと流下昆虫量，開空面積，天空率との間で正の相関があった．生息密度が高い左股区間２を他区間と比較すると、淵的空間の単位面積当たりの容積が大きく、瀬脇的空間の流速差が小さい物理環境特性があった．水深が大きい淵的クラスター比率が高く、秋季には区間２に淵的クラスターが集中している．

幼魚にとって、休息空間と採餌空間とが同時に存在する環境が好ましく，同一次元での評価指標が望まれる．その前段階として、本研究では以下のように個々に指標を作成し分析を試みている．

採餌環境の指標として，魚類の餌のとりやすさは，流速，流下断面積が大きく，また，流下昆虫量が多ければ増加すると考えられる．そのため，以下の式のように環境計測地点（セル）での総量を単位面積あたりに換算した採餌可能量(F)を算出した．



図－９　淵的クラスター，Fr，流速差面積比と生息密度（上：尾数、下：重量）

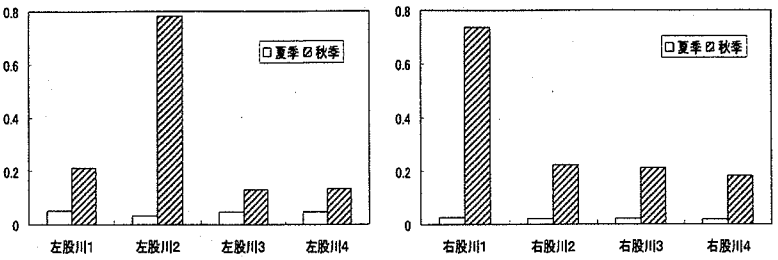
$$F = In/A\sum_{i}[(Va+Vb)/2\cdot h\cdot Ai]$$

(Va:60%流速, Vb=底層流速, h:セル水深, Ai:セル面積, In:流下昆虫量)

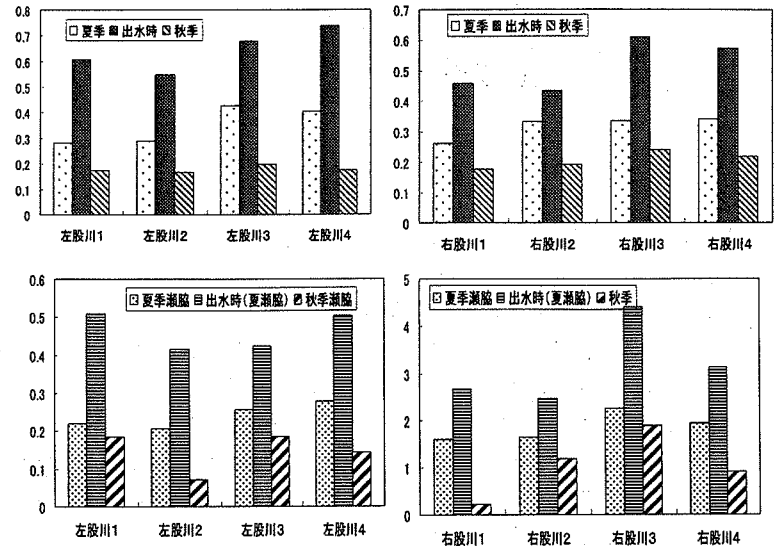
一方，サクラマス幼魚が流れに逆らって定位，休息するための消費量は，流速と魚類の体重に比例して大きくなると考えられる．ここでは魚類の体重を一定とし，定位，休息消費量（C）を次式で定義した．Min(Va, Vb)はVa, Vbの小さいほうの流速である．定位，休息評価は出水時の際にも重要と考えられることから，出水時についても解析を行った．8月20日出水を対象に不等流計算によって各調査区間5～6横断面（夏季測量断面結果を使用）の水位，流速から，各測定地点(セル）を推定，算出した．

$$C = 1/A\sum_{i}[Min(Va, Vb)\cdot Ai]$$

採餌可能量は図－10に示すように秋季では左股区間２，右股区間１が最大となり，生息密度との結果とは整合するが夏季では認められなかった．消費量は各季節，出水時において，左股区間２が他区間に比べ小さい傾向がある（図－11）．さらに，各クラスター別について検討を行った結果，瀬脇的クラスターにおいてその傾向が明確化する傾向がうかがえる．出水時における水深，流速の変化量からも，他区間に比べ水深の上昇に対し流速の上昇率が小さかった．右股川では，生息密度が高かった区間１，区間４（秋季）でも消費量が小さかったが，体長の大きい魚類生息密度が高い区間３（秋季）では消費量は大きく，体長に応じた分析が必要となると考えられた．



図－10　採餌可能量



図－11　定位，休息消費量（上:区間全体, 下:瀬脇的クラスター）

5．おわりに

サクラマス幼魚の好適な生息環境を，生息密度データのある区間単位と，セルに分割した物理計測及び瀬脇を含む瀬，淵の定量化による河床単位スケールにより，夏，秋の季節，出水時において分析した．その結果，定位，休息しやすい物理環境要因の条件，淵や瀬脇空間の分布，条件等との関係を明らかにした．

環境改善のためには定位、休息要因の他、採餌環境要因も同時に重要である．今後、サクラマス幼魚の体長，時期を考慮した分析、また、定位，休息要因と採餌環境要因との関係を同時に評価することが可能な指標の導入と，流速，水深等最適な物理環境変量，瀬，淵空間の分布，条件等について検討する必要がある．

謝辞：本研究は北海道開発局から受託研究による補助を受けた．また，本調査を進める際，渡島森林管理署，北海道土木現業所今金出張所，今金町，(独)さけ・ます資源管理センター真山紘氏，(株)パスコ捧一夫氏に御協力いただいた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

1) 真山紘：越冬時サクラマス幼魚の生活と河川環境，「魚と卵」北海道さけ・ますふ化場業績B第39号,pp33-40, 1995.
2) 中里享史, 巻口範人, 渡邊康玄：越冬期におけるサクラマス幼魚の好適物理環境条件, 土木学会, 河川技術論文集, 第10巻, pp441-446, 2004.
3) 中野繁：川と森の生態学, 北海道大学図書刊行会,pp171-192, 2003.
4) 柳井清治, 長坂有, 佐藤弘和：都市近郊渓流における木製構造物による流路とサクラマス生息環境の改善, 応用生態工学7(1), pp13-24, 2004.

(2005. 4. 7 受付)