

真駒内川における魚類の生息環境

Research on Fish Habitats in the Makomanai River

野上 毅¹・渡邊 康玄²・中津川 誠³

Takeshi NOGAMI, Yasuharu WATANABE and Makoto NAKATSUGAWA

¹正会員 北海道開発局 開発土木研究所 環境研究室 主任研究員 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

²正会員 工博 北海道開発局 開発土木研究所 環境研究室 室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

³正会員 工博 北海道開発局 開発土木研究所 環境研究室 副室長 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目)

An organism relies on its habitat to survive. For the promotion of rivers rich in organisms, it is therefore essential to establish a policy on how habitats should be maintained. In order to establish such a policy, it is important to clarify the relations among aquatic organisms and matter which forms the river environment. This report describes the results of our survey, which aimed to clarify the relations of the fish population with the discharge, water depth, bed material size, water temperature and material volume (suspended sediment, organic mater, nutrient salt, etc.). And it also describes the classification of riffle and pool by local Froude number.

Key Words : fish habitat, Makomanai River, riffle and pool, field ovservation, river enviroment

1. はじめに

生物相の豊かな川づくりを進めるためには、対象とする生物毎に、その生息環境を把握し、保全、再生する必要がある。特に魚類の生息は、水の流れや河床材料、水際の植生などと密接に関連し、魚類相の豊かさが生物相の豊かさの指標として有効と考えられる¹⁾。

現在まで魚類調査は、対象魚類における生息場の利用状況や利用生態に関する知見を得ることを中心に行われてきた²⁾。しかし魚類の生息環境を評価し、その改善に資することを目的とする魚類調査を考える上では、環境の変化や改善策を定量的に評価していくためにも、生息場の物理的・化学的環境要因の抽出が必要不可欠なものである。そこで近年、IFIM, PHABISM, HQIといった生息場評価法に関する研究が急ピッチで進められている^{2,3)}。

本調査も魚類の生息数の区間別評価や対象種の物理環境指標に対する生息密度の整理によって、総合的に生息環境を高めることを目標にしている。しかし、一般にPHABISMなどの生息場評価法は水理計算と適正曲線値を必要とし、現段階では、調査解析にある一定の技術レベルと時間を要すると考えられる。そのため本調査ではより簡易で、現場技術者が独力で考えながら分析できる調査解析手法の確立を目標にしている。

2章では、対象とする生物の特徴を把握するために、既往調査データから、北海道における主要魚種の一般的な

生息環境の特徴を整理した。3章では真駒内川で調査した魚類生息密度、流速、水深、粒径などのデータを区間別および魚種別に分析し、さらに各種生物量の分布を比較し、各生物の特徴の整理を行った。

調査の対象とした真駒内川には土砂災害防止を目的に流路工の設置区間がある。流路工は縦断勾配が緩やかで、川幅が自然状態に比較して広がっているため、流速が遅く、粒径が細かく、淵が少ないなどの自然環境への影響があり、ハナカジカの生息密度が少ないことがわかった⁴⁾。その要因を明らかにし、魚類の生息に適した川づくりをしていくための方法について検討を行った。

2. 魚類の生息環境の一般的な特徴

既往調査データを活用して、対象とする生物の一般的な特徴の把握を行う。表-1および図-1は1996年度の石狩川流域における水辺の国勢調査の28地点のデータ⁵⁾(各地点毎に主に6月、10月の2回行った調査の合計)を用いて、主要魚種3種の割合を示した表と地点別に魚類の種別構成を表したグラフである。これより後述する真駒内川で優占しているハナカジカは、広範な分布のみられるフクドジョウと比較すると、中小支川部でしか生息しておらず、石狩川流域では生息域が限定されている。

図-2は1996年度に行われた全道10河川の合計20データ⁶⁾(調査結果は、昼と夜の2回の平均値)を用いて、広範

表-1 石狩川における主要魚種

	構成割合の 28地点平均	28地点中生息が みられた箇所数	生息分布
ウグイ属	57%	22	中下流部
フクドジョウ	22%	25	上中流部
ハナカジカ	9%	11	中小支川

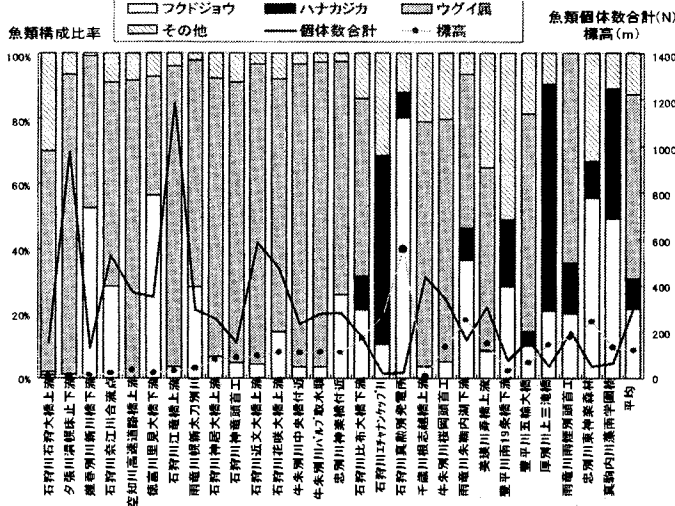


図-1 石狩川流域における魚種構成

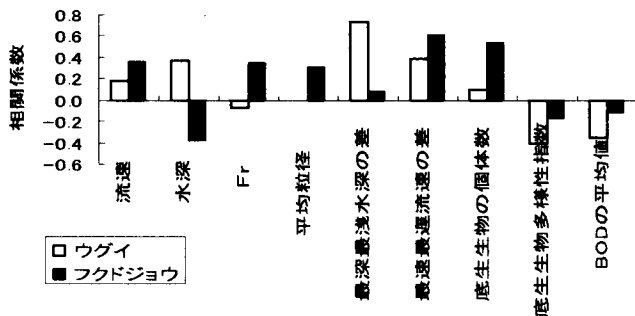


図-2 全道20地点における魚類生息密度と生息環境との相関

な生息分布の見られたウグイとフクドジョウについての生息密度と生息環境の指標との相関係数を示している。ウグイとフクドジョウでは生息密度と生息環境の各種指標との相関が異なることがわかる。

図-3は、後述するように生息場所(瀬淵)を表す指標として用いたフルード数($Fr = v/\sqrt{gh}$ v, h :それぞれ調査地点(おおむね25m四方)の平均流速および水深)と底生生物および魚類の生息密度との関係を示す。相関はほとんど見られなかったが、底生生物のグラフにおいて、 $Fr < 0.3$ の時、 Fr が大きいほど個体密度が大きい傾向がみられる。一般に流速が大きい程、栄養塩類の吸収頻度が高まり、付着藻類の生産速度が大きくなり⁷⁾、水深が小さい程、光量が多いため生産が大きくなると言われている。一方で、付着藻類の剥離が起きる流速を超えると、また新たに生産を始めなければならなくなり、生息密度が低くなると考えられる。同様に、藻類や流下物を採餌する底生生物にとって流速が速いほど採餌のチャンスが大きいが、ある流速の限界値を超えると、藻類や底生生物の剥離の頻度が高くなり、生息密度が低くなるのではないかと考えら

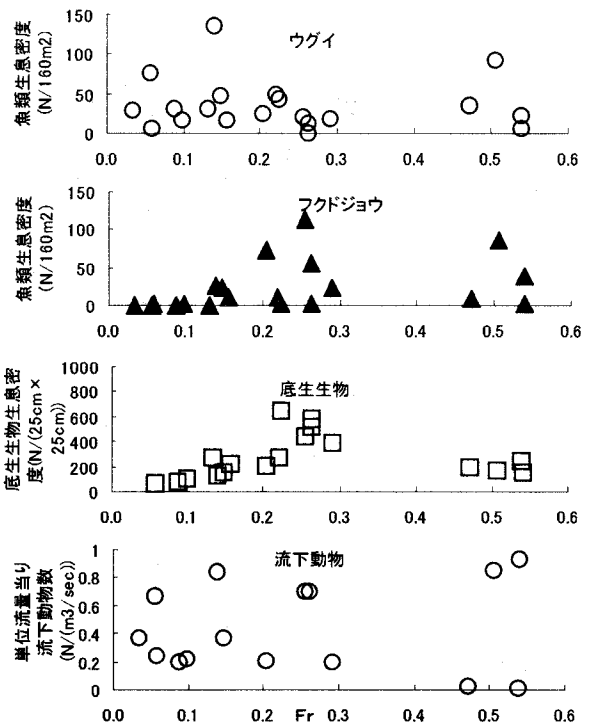


図-3 Fr と底生生物および魚類

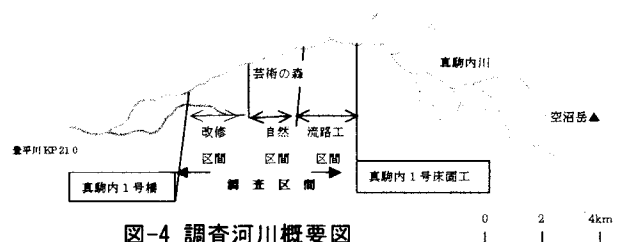


図-4 調査河川概要図

れる⁸⁾。

またフクドジョウの分布が底生生物の分布に似ており、主に底生生物を摂食する食性の傾向と矛盾しない。一方、ウグイは Fr が小さい所にも分布しており、流下動物と底生生物および付着藻類を摂食する雑食性の傾向と矛盾しない。

3. 真駒内川における魚類調査

(1) 流域の概要

本調査の対象とした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1/19の急流河川であり、豊平川のKP.21.0地先に豊平川に合流している。1975年に続き1981年8月には、土砂災害が発生している。その後、砂防事業が重点的に実施され、現在、上流部に砂防ダム8基、中流部に流路工が整備されている。

(2) 調査概要

豊平川合流点上流3.6km地点から10.4km地点までを調査区間とし、15の調査地点を設けた。各調査地点では、瀬淵が1対存在する砂州の規模を調査の基本単位として、

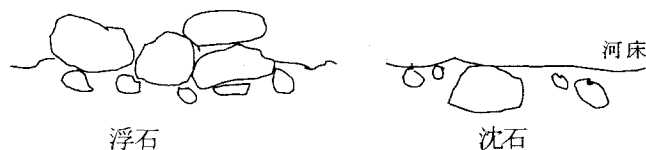


図-5 浮石、沈石の違い

魚類調査（1ユニット＝川幅4～21m×縦断方向7～44m；瀬、淵の形成状況を考慮し、個所毎に縦断方向の距離が異なる。）と底生生物調査（1ユニット＝1m×1m）を行い、それぞれ各地点で流速、水深、河床材料など生息環境について調査した。

なお本調査における瀬、淵の分類は視覚的な人間による判断手法で、比較的浅くて流れが速く、波が立っている早瀬、それに対して水深が約2倍、流速が約半分の部分を淵とし、両者以外の個所を平瀬として瀬に含めた。

調査区間は、上流から流路工区間、自然区間、改修区間の3区間に分けられる。流路工区間は延長2kmで17基の落差工が設置され、すでに完成から20年経過している。自然区間はほとんど手が入っていない区間で、切り立った自然河岸を持つ河道が特徴である。改修区間は河川改修済区間で、一部護岸や5基の落差工が設置されているが、改修から約30年経過しており、流路工区間と比較して河岸植生がかなり回復している。

(3) 調査方法

1998年9月、12月、1999年5月、7月の昼間に15の調査地点の瀬と淵において（15×2×4回＝120地点）、3本の横断測線を設け、建設省河川砂防技術基準（案）⁹⁾を参考に1m（水面幅の広い流路工区間では2m）間隔で底質（粒径および浮石or沈石）、水深、流速（6割水深）を測定した。そして地点ごとに平均あるいは、構成割合を算出した（3250サンプル÷120地点＝平均27サンプル/地点）。

遊泳性の高い魚を対象に投網を10回ほど投げるとともに、調査箇所内全面にわたりエレクトロフィッシャーとサデ網を併用し、下流から上流に向かって魚類の採捕を行った。5月にのみ3回の採捕を行い、魚の個体数と体長を測ることにより魚類調査とした。本検討ではこの方法により、調査箇所におけるほとんどの魚類を捕獲したと仮定し、調査箇所面積で割って生息密度（ N/A ）を算出した。また5月以外は1回のみの採捕だったため、5月の採捕率（1回目の捕獲数/合計捕獲数）を各調査地点毎に除して、 N を推定した。

(4) 瀬と淵の定量的な分類

魚の生息に瀬と淵が非常に重要だと言われており、釣り師は直感的に水理的条件と魚類生息との対応を現地で読み取る。瀬や淵などの流相の細かい区分を、水深と流速により水理学的に区分する試みもみられる¹⁰⁾。ここでも同様に、魚の生息にも影響を持つと言われている流速と水深を考慮し、生息場所を表す指標として Fr を用い、瀬と淵の区分を行った。 Fr はサクラマス¹¹⁾の生息密度と正

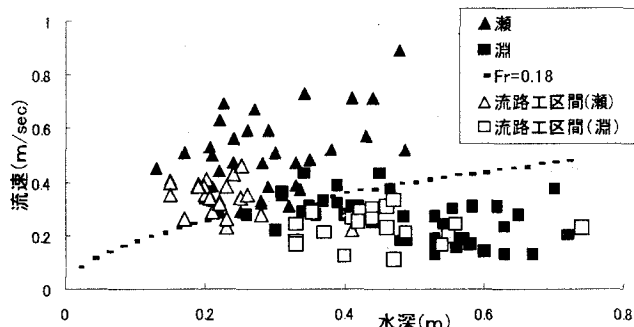


図-6 調査地点の水理条件

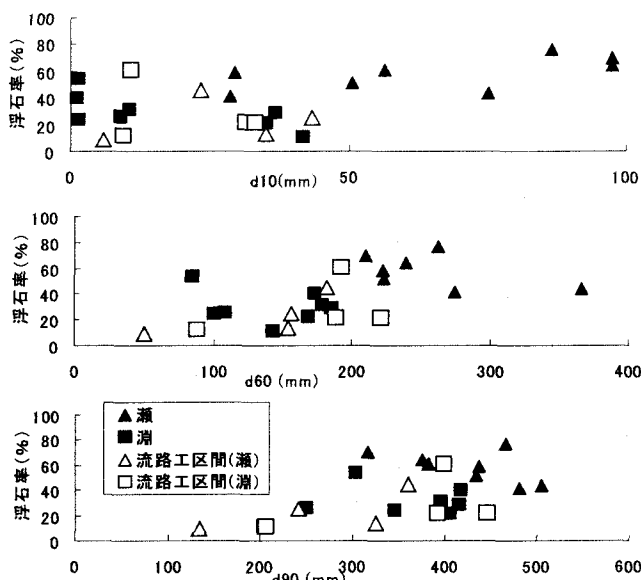


図-7 調査地点の粒径と浮石率

の相関があると言われている¹¹⁾。

図-6は前述したように視覚的な人間による瀬、淵の区分後に、水深と流速を調査した結果の分布を表したものであるが、今回の調査においては、 $Fr < 0.18$ が淵、 $Fr > 0.18$ が瀬という分布傾向が見られ、視覚的情報による区分は、 Fr による区分とほぼ一致していた。

(5) 生息環境の縦断的分布

魚類調査の結果、調査区間の魚種構成は、ハナカジカが60%、フクドジョウが36%であった。すなわち2種で96%の魚種構成を占め、本節ではその2種を対象に区間別の生息環境と分布状況を示す。魚種数の少ない原因の1つとして、改修区間に存在する落差工の影響で下流側から遊泳性魚類が遡上できないことが考えられる。このことは、最下流端の落差工下流に、サクラマスの産卵床が複数存在していることから想定される。

表-2で魚類の空間的な縦断分布を見ると、流路工区間でフクドジョウが優占し、下流の自然区間、改修区間でハナカジカが優占している。なお昼間の調査であったため魚類の生息密度は、瀬が高くなる結果を示した。また、流路工区間は、流路工の影響により、勾配が1/100と緩やかで、瀬に対する淵の面積割合が他区間の1/1.5～1/1.6と比較して1/7と小さく、瀬における60%粒径が他区間と

表-2 真駒内川の調査区間諸元

		流路工区間	自然区間	改修区間
河床勾配		1/45 (区間勾配)	1/72	1/61
		1/100 (施設勾配)		
区間長		2.0 km	2.2 km	2.6 km
流域面積(下流端)		29.7 km ²	31.7 km ²	33.7 km ²
(淵・瀬)の面積割合		1/7	1/1.5	1/1.6
10% 粒径	瀬	27 mm	61 mm	70 mm
	淵	21 mm	21 mm	13 mm
60% 粒径	瀬	136 mm	250 mm	248 mm
	淵	173 mm	158 mm	127 mm
90% 粒径	瀬	265 mm	440 mm	410 mm
	淵	361 mm	390 mm	294 mm
平均 流速	瀬	0.34 m/s	0.47 m/s	0.49 m/s
	淵	0.23 m/s	0.27 m/s	0.25 m/s
水面幅	瀬	16.3 m	10.9 m	8.2 m
	淵	13.6 m	8.3 m	10.0 m
ハナカジカの生息密度 (N/A)	瀬	18.4	60.2	89.4
	淵	18.0	28.4	32.4
フクドジョウの生息密度 (N/A)	瀬	31.2	28.2	37.7
	淵	27.9	15.1	14.5
特徴		流路工	面状流路	河川改修、堤防

生息密度(N/A)はN/100m²

表-3 面積(A)および流路長(L)あたりの生息数の違い

		流路工区間	自然区間	改修区間	
瀬淵平均のN/A (N/100m ²)	ハナカジカ	18. 2	44. 3	60. 9	
	フクドジョウ	29. 6	21. 6	26. 1	
	ハナカジカ+フクドジョウ	47. 8	66. 0	87. 0	
N/L (N/100m)	ハナカジカ	瀬	201	486	530
		淵	179	152	215
	フクドジョウ	瀬	311	201	198
		淵	277	81	100
	ハナカジカ	273	446	529	
	フクドジョウ	444	216	227	
瀬淵平均のN/L (N/100m)	ハナカジカ+フクドジョウ	717	662	756	

比較して半分以下で、浮石率が低い。

また図-6で流路工区間と他区間の水利条件を比較すると、流路工区間の瀬および淵における水深は、他区間における瀬および淵よりも浅く、流速が遅いことがわかる。図-7は各区間毎(5地点平均)の粒径と浮石率(浮石の面積構成割合)の関係を表した図であるが、 d_{10} 、 d_{50} 、 d_{90} いずれにおいても瀬における粒径と浮石率が流路工区間で他区間よりも小さくなっている。また d_{50} 、 d_{90} と浮石率とは相関の傾向があるが、 d_{10} と浮石率とはあまり相関がない。

(6) 区間毎の生息評価

本調査では単位面積あたりの生息数つまり生息密度(N/A)と単位流路長あたりの生息数(N/L)の両面から、区間毎の生息評価について検討を行った。

N/Lは横断方向平均量(例えば断面平均水深、断面平均流速...)との関連をみることで、生息環境を縦断的に評価できる指標と考えられる。一方、瀬、淵など平面的局所的に生息環境を評価する場合にはN/Aを用いる必要がある。本調査では数km単位のスケールを持つ区間毎の総生息数を調べ、それに基づく整理を行っているため、生息環境の評価にはN/Lを用いるのが妥当と考える。

区間毎の生息評価以外にも、河川環境の構造的な改善策の1つとして、総生息数が最大値となる水面幅を求める場合等、流量が同一条件で水面幅が異なる複数地点の生息数の比較を行う場合には、N/Lを用いる方が比較を容易に行うことが可能である。

そのため表-3では、表-2から、単位流路長あたりの生

息数(N/L)を算出した。ハナカジカはN/A、N/Lともに、流路工区間で低い。一方、フクドジョウのN/Aは区間による違いは少ないが、N/Lは流路工区間で高い。またハナカジカとフクドジョウの合計のN/Aは流路工区間で低いのにに対してN/Lは大差がないことがわかる。ハナカジカとフクドジョウの平均体長に大差はなく、魚類の総生息数、総重量ともに、各区間で違いが少ないことがわかる。

しかし流路工ができる前の流路工区間の勾配は、自然区間や改修区間の現在の勾配とほぼ同じであり、他区間と似たような水利条件であったと想定すると、ハナカジカが優先していたと考えられる。また、表-1よりハナカジカの方がフクドジョウより希少性が高いことなどから、ここではハナカジカを対象に生息環境を評価することとし、次節でハナカジカの生息密度を高めるために生息環境を分析した。

(7) 生息環境の分析

流路工の生息環境を改善するために、ハナカジカの生息環境を具体的に分析して、どのような改善策が可能か検討を行った。図-8はN/Aと生息環境の指標との相関係数を示している。魚類は生活史があり、調査時期によって魚類の生息環境が異なるため、各調査月毎の相関係数の平均値を示している。全ての指標においてハナカジカの相関係数の絶対値はフクドジョウの相関係数の絶対値と比較して大きい。つまり、ハナカジカの生息密度が高い地点は、流速、Fr、 d_{10} 、 d_{50} 、浮石率の高い地点であり、水深、水面幅が小さい地点であることが明らかになった。一方、フクドジョウの分布はハナカジカほどの相関性は無く、まんべんな分布が見られる。

同様に図-9はN/Lと生息環境の指標との相関係数を示している。この場合、水面幅、B/hのみ図-8と相関が異なることがわかる。前節でも述べたように水面幅の魚類生息数への影響を考える場合は、N/Lを用いるべきと考えられる。

図-10は水面幅別にN/Lの平均を求めたものである。ハナカジカが10~16mで高い生息数を示しているのに対し、フクドジョウは16~22mで高い生息数を示している。またN/Lによる水面幅の加重平均値($\sum B_i N_i / \sum B_i$; B_i :調査地点iにおける水面幅、 N_i :N/L)はハナカジカが11.6m、フクドジョウは13.0mだった。これより現在、他区間の水面幅と比べて、流路工区間(瀬)の平均水面幅が16.3mと広く、平瀬が続いている状況を改善し、10m前後の水面幅の区間が増えるように平面的な変化をつけるなどの工夫が必要と考える。

図-11はFrとN/Aの関連を示している。ハナカジカとは相関があるが、フクドジョウとは相関が少ない。またFr=0.18で瀬淵を分類できることから、ハナカジカはFrの高い瀬において生息密度が高い。

両種は底生魚という共通の生活スタイルを持っているが、一般に礫の間を主な生息場とするハナカジカは上流

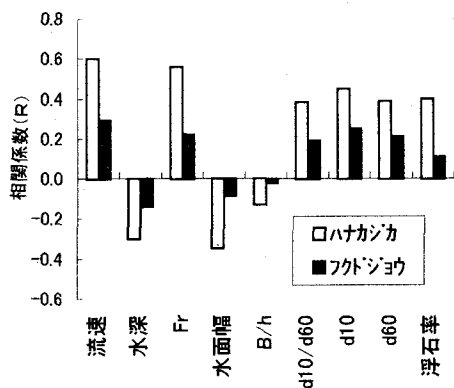


図-8 魚類生息密度(N/A)と生息環境との相関

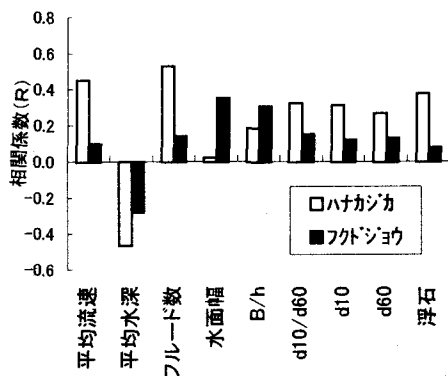


図-9 魚類生息数(N/L)と生息環境との相関

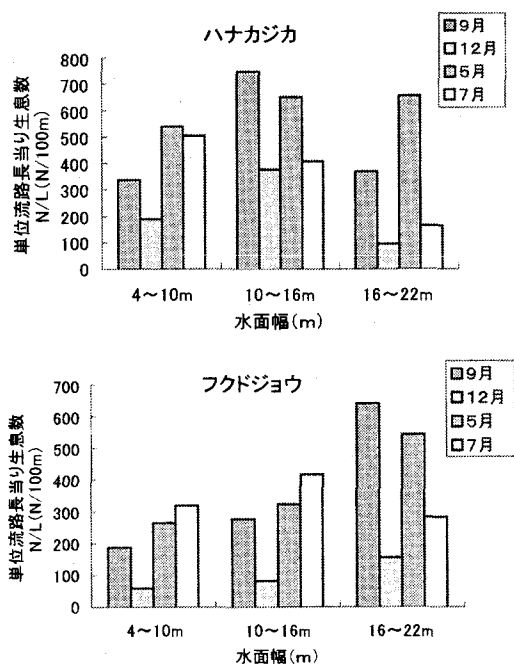


図-10 水面幅と単位流路長あたり魚類生息数(N/L)

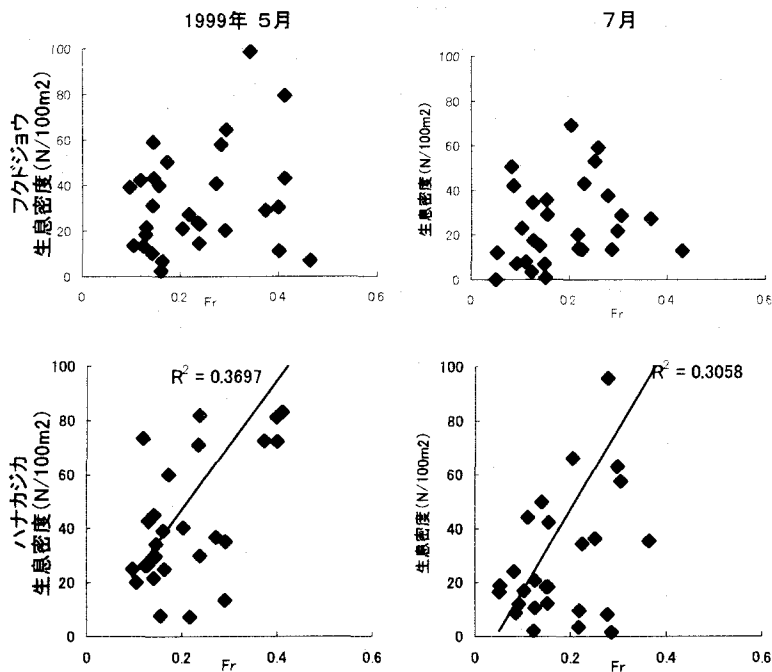


図-11 Frと魚類生息密度(N/A)

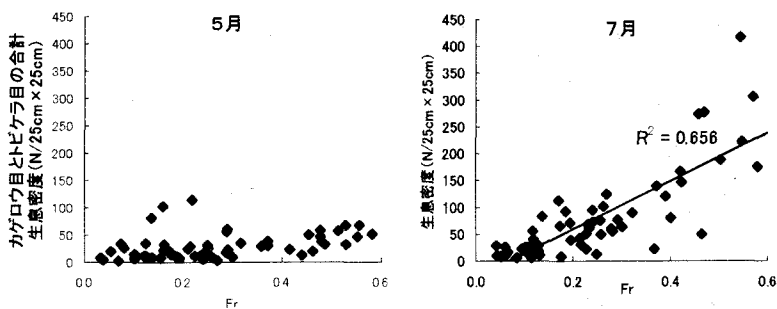


図-12 Frと底生生物生息密度

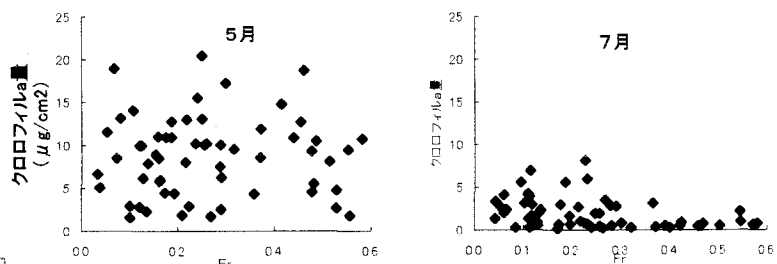


図-13 Frとクロロフィルa量(付着藻類)

表-4 今回、用いたデータの特徴

	今回の調査	水辺の国勢調査	全道10河川
対象区域	真駒内川	石狩川	北海道
流域面積 (km²)	3.7	14,330	83,451
調査地点数(標本数)	30	28	20
調査回数	4	2	2
標本数合計	120	56	40

に、フクドジョウは生息できる流程が広く中流域が主な生息場と言われており、本調査結果も同様な結果となった。これらより流路工区間においてハナカジカの生息密度を高めるためには、 d_{50} が他区間と同一すなわち400mm程度となるように大きな粒径の河床材料の確保とその浮き石状態を保つため水面幅を10m前後にし適度な流速を確保することなどが考えられる。

(8) 河川生態系の構造的な関連

最後に真駒内川における河川生態系の構造的な関連の把握について検討を行った。図-11, 12, 13は F_r を横軸に各生物量を縦軸にとった図である。なお底生生物調査は25cm×25cm区画から、付着藻類調査は5cm×5cm区画から採取した。5月から7月にかけて付着藻類のクロロフィルa量が激減しており、7月では $F_r>0.4$ でクロロフィルa量が少ないという傾向があった。これは7月の調査直前に水位上昇1m程度の出水があったことによる剥離の影響と考えられる。しかしながら、底生生物は、増えており、ハナカジカは横ばい、フクドジョウが減少といった状況で、食物連鎖との関連を読み取ることは困難である。

以上および2章より、水質、付着藻類と底生生物などと魚類の栄養塩の食物連鎖としての明確な関係を定量的に見いだすことは難しい。餌の量が十分である場合は、対応関係が明らかにならないことや、出水などの流量変動による影響、季節による生活史や食性の違いなど複雑な要因が絡み合っているため、河川生態系の構造的な関連を定量的に把握することは容易ではない。

(9) 今後の課題

表-4に示すように、真駒内川(流域面積37km²)を対象にした本調査をモデルケースとして、今後、北海道内(面積83,451km²)の多くの河川における魚類生息環境調査へ活用していけるように、面積的にも魚種数的にも充実していくことが課題であり、他河川の事例などを収集するなどして、調査手法、解析手法などの検討を進めていきたい。

4. 結論

- 1) 石狩川流域におけるデータより、ウグイ57%、フクドジョウ22%、ハナカジカ9%の分布割合(地点毎の構成割合の平均)で、フクドジョウは28地点中25地点で、ハナカジカは支川を中心に11地点で確認できた。
- 2) 真駒内川で瀬におけるハナカジカの生息密度(N/L)が、下流の自然区間の60.2尾、改修区間の89.4尾に比較して、流路工区間で18.4尾とかなり少ない。下流側と物理環境を比較すると、流速、 F_r (フルード数)、 d_{50} などが流路工区間では小さい。しかし単位流路長あたり生息数(N/L)のハナカジカとフクドジョウの合計値は全区間で大きな

違いはない。つまり、流路長あたりの魚類総生息数、魚類総重量は、区間における違いがほとんどない。

- 3) 流量が同一条件で水面幅の異なる複数地点での魚類の生息数を比較する場合、 N/L は水面幅の影響を受けるため、 N/L との併用が望ましい。同様に水面幅と魚類の生息との関連を調べる場合は N/L を併用すべきである。
- 4) ハナカジカの生息密度が少ない真駒内川の流路工区間において、ハナカジカを主要な対象魚種として生息環境を改善するために、ハナカジカと水面幅、流速、粒径など各種水理量との相関を調べた結果、流路工区間の流速や粒径を大きくする工夫が必要と考える。
- 5) F_r が大きくなればなるほど、瀬の傾向が見られ、小さくなると淵の傾向が強まることなどから、 F_r を指標として各種生物量の分布を表すことにより、各生物の生息場所の把握が可能であり、河川形態を表す指標としての F_r の有効性を明らかにした。

謝辞：北海道大学農学部中村太士教授には調査手法、現地調査等でご指導を頂いた。また(財)リバーフロント整備センター土屋進専務、(株)北海道技術コンサルタント岩瀬晴夫室長には現地調査にあたりご協力を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 砂防学会編：水辺域管理 古今書院 2000.
- 2) 玉井信行, 奥田重俊, 中村俊六編：河川生態環境評価法 東大出版会 2000.
- 3) リバーフロント整備センター：IFIM入門, 1999.
- 4) 野上毅, 渡邊康玄, 新目竜一：真駒内川における魚類の生息環境について、河川技術に関する論文集vol. 6, pp. 95-100, Jun 2000.
- 5) リバーフロント整備センター：平成8年度河川水辺の国勢調査年鑑 山海堂
- 6) 北海道開発局：魚類の生態と生息状況に与える施工空間の影響, 技術研究発表会概要集河川部門指定課題, Feb, 1997.
- 7) 赤松良久, 戸田祐嗣, 池田駿介：河床付着性藻類の増殖と剥離に関する実験的研究、河川技術に関する論文集vol. 6, pp. 113-118, Jun 2000.
- 8) ゲム水源地環境整備センター：水辺の環境調査, pp103, 技報堂出版, 1994.
- 9) 建設省河川砂防技術基準(案) 同解説一調査編 山海堂, 1997.
- 10) 桜井善雄, 市川新, 土屋十圓：都市の中に生きた水辺を, pp181-189, 信山社サイテック, 1996.
- 11) 佐藤弘和, 道立林試・道立水産孵化場積丹川共同調査グループ：人工改変された河川におけるサケマスが生息環境(Ⅱ), 日林北支論44, Feb, 1996.
- 12) 加味邦彦他：ハナカジカの生息環境についての一考察, 日林北支論48, Feb, 2000.
- 13) 渡辺恵三, 中村太士, 新目竜一, 渡辺正順, 山田浩之：真駒内川における改修工事が底生魚類に及ぼす影響 第3回講演集, 応用生態工学研究会, Sep, 1999.
- 14) 斎藤大作, 渡邊康玄, 妹尾優二, 橋本誠秀：後志利尻川の魚類調査に基づく生息環境の分類, 水工学論文集No43, pp. 953-958, Feb, 1999.

(2000. 10. 2受付)