

真駒内川における底生魚類生息環境の改善 についての現地実験

FIELD EXPERIMENTS FOR IMPROVING BENTHIC FISH HABITATS IN THE MAKOMANAI RIVER

野上 毅¹・渡邊 康玄²・中津川 誠³・土屋 進⁴

岩瀬 晴夫⁵・渡辺 恵三⁵・加村 邦茂⁶

Takeshi NOGAMI, Yasuharu WATANABE, Makoto NAKATSUGAWA, Susumu TSUCHIYA,
Haruo IWASE, Keizo WATANABE and Kunisige KAMURA

¹正会員 北海道開発土木研究所 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)

⁴フェロー会員 (財)リバーフロント整備センター 専務理事(〒102-0075 千代田区三番町3-8)

⁵(株)北海道技術コンサルタント (〒062-8602 札幌市東区苗穂町4丁目2-8)

⁶北海道大学大学院 農学研究科 (〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目)

It is important to clarify the relationships of aquatic organisms and matter which make up the river environment. This report describes the impact of channel work on fish habitat. Next it presents field experiments for improving benthic fish habitats and shows environmental effects of said improvements. The report also describes the classification of riffles and pools by local Froude number. Therefore, it shows changes to benthic fish habitats elucidated by environment indexes of Froude numbers and proportions of loose stone.

Key Words : fish habitat, Makomanai River, riffle and pool, field experiment, river environment

1. はじめに

良好な河川環境の保全・復元を行うためには、河川改修や砂防事業など人為的インパクトに対する河川生態系への影響を定量的に把握し、どのような保全復元措置が効果的かを調査検討することが重要な課題である¹⁾。

石狩川流域において生息地が支川の上流部に限定されているハナカジカを対象に、石狩川水系豊平川の支川である真駒内川において、生息環境調査を1998～99年に実施した。その結果、下流側の河川改修の実施後約30年経過している改修区間、無施設である自然区間と比較して、施工後約20年経過している流路工区間においてハナカジカの生息密度が低かった²⁾。

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、粒径が細かい。また、河道が平坦で瀬や淵といった河床形状の変化が少ない。2章では、流路工区間においてハナカジカの生息密度が低い要因を明らかにし、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。3章では、その結果に基づきハナカジカの生息のための環境条件が劣ると判断された流路工区間において2000年に行われた環境条件を人為的に変化させる現地実験の結果について、河川生態系への影響を定量的に把握することを試みた。

2. 真駒内川における魚類調査

(1) 石狩川流域におけるハナカジカの生息域

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³⁾(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種の構成割合を地点別に示したグラフである。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、中小支川部でしか採捕されておらず、石狩川流域では生息域が限定されていると考えられる。この章ではハナカジカを対象に生息環境の改善について検討を行う。またハナカジカは北海道全域および東北地方の一部の

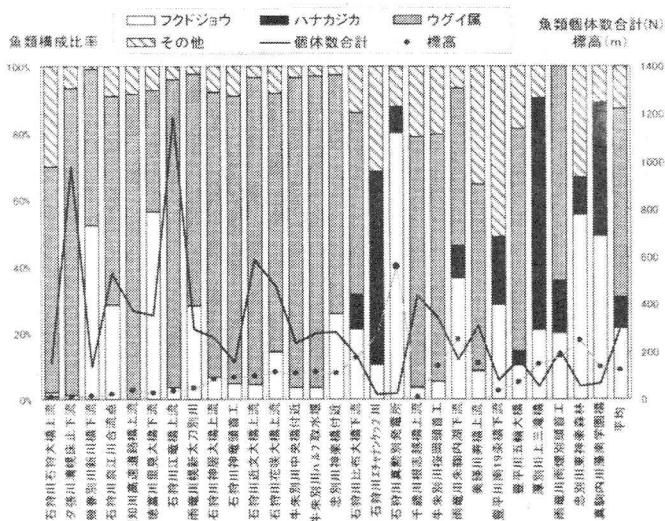


図-1 石狩川流域における魚種構成

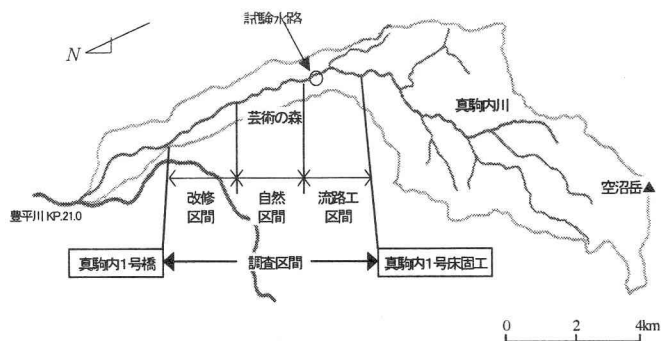


図-2 調査河川概要図

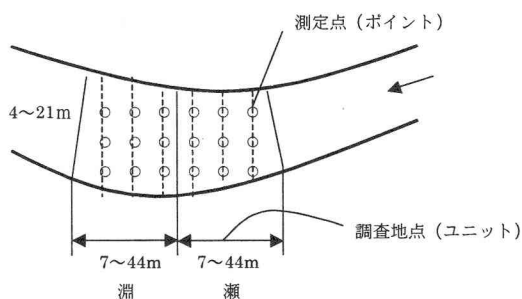


図-3 調査地点の設定

川に分布し、河川の中流から上流域に生息する。また一生を河川内で生活する陸封型の純淡水魚であり、平瀬の石礫底に多く生息する底生魚である⁴⁾。

(2) 真駒内川流域の概要

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地先にて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。

(3) 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

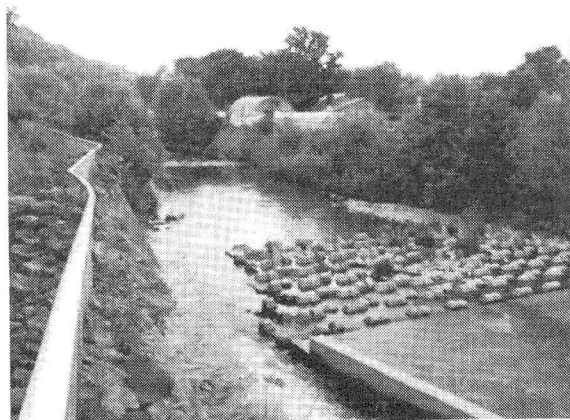


写真-1 流路工区間



写真-2 自然区間



写真-3 改修区間

調査区間とし、15の調査地点を設けた。各調査地点(ユニット)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、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。)を行い、それぞれ各調査地点で流速、水深、河床材料など生息環境について調査した。

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基の魚道のある落差工が設置され、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

表-1 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) 1/100(施設勾配)					1/72					1/61				
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				
		9月	12月	5月	7月	平均	9月	12月	5月	7月	平均	9月	12月	5月	7月	平均
10%表面 粒径(mm)	瀬	6	44	23	35	27	29	98	30	87	61	75	97	51	57	70
	淵	9	32	11	33	21	1	37	11	35	21	1	42	1	9	13
60%表面 粒径(mm)	瀬	50	156	182	154	136	275	239	222	263	250	367	210	224	193	249
	淵	88	189	192	221	173	100	186	179	169	159	174	143	85	108	128
90%表面 粒径(mm)	瀬	134	242	360	325	265	481	375	437	466	440	504	317	435	382	410
	淵	206	392	399	446	361	345	416	395	405	390	418	203	303	250	294
浮石の割合	瀬	0.09	0.25	0.45	0.14	0.23	0.41	0.64	0.59	0.76	0.60	0.44	0.70	0.52	0.61	0.57
	淵	0.12	0.22	0.61	0.22	0.29	0.24	0.29	0.31	0.22	0.27	0.40	0.11	0.54	0.26	0.33
平均流速 (m/sec)	瀬	0.36	0.26	0.39	0.36	0.34	0.41	0.40	0.55	0.50	0.47	0.41	0.47	0.65	0.45	0.50
	淵	0.21	0.16	0.28	0.26	0.23	0.28	0.18	0.32	0.31	0.27	0.26	0.22	0.31	0.21	0.25
水面幅 (m)	瀬	16.7	14.2	18.1	16.2	16.3	10.3	10.2	12.0	11.2	10.9	8.2	6.7	10.1	7.8	8.2
	淵	14.0	13.1	14.0	13.0	13.5	8.6	7.1	9.0	8.2	8.2	9.9	8.8	11.0	10.3	10.0
ハナカジカ生息 密度(N/100m ²)	瀬	24.7	12.3	24.6	12.0	18.4	65.7	37.6	80.3	57.3	60.2	70.9	34.7	114.8	137.3	89.4
	淵	18.7	11.6	28.4	13.4	18.0	32.2	18.1	33.1	30.3	28.4	28.0	30.8	48.0	22.9	32.4
フナコノシロ生息 密度(N/100m ²)	瀬	53.9	8.0	35.2	27.8	31.2	23.9	8.2	36.4	44.3	28.2	27.4	5.4	42.2	75.8	37.7
	淵	29.0	12.6	42.4	27.7	27.9	15.2	7.6	15.8	21.8	15.1	7.8	7.1	24.6	18.5	14.5

は河川改修済区間で、一部護岸や魚道のない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。

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、流速が約半分部分を淵とし、両者以外の個所を平瀬として瀬に含めた。ここで淵以外の区分を瀬としてまとめた理由は、前述したように瀬淵の対を調査の基本単位として、3つの区間の比較を行うことが主目的であり、より小さな単位で生息場の確認を行うことを主眼としていないからである。

(4) 調査方法

1998年9月、12月、1999年5月、7月の平水時の昼間に15の調査地点の瀬と淵において(15地点×2×4回=120ユニットデータ)、図-3のように3本の横断測線を設け、建設省河川砂防技術基準(案)⁵⁾を参考に1m(水面幅の広い流路工区間では2m)間隔で底質(表面粒径および浮石or沈石)、水深、流速(6割水深)を測定した。検討では地点ごとに平均あるいは、構成割合を算出した値を用いている(3250測定点(ポイント)÷120ユニットデータ=平均27測定点/ユニットデータ)。

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い、魚の個体数と体長を計測した。1999年5月の調査時のみ3回の採捕を行い、採捕率を把握した。また5月以外は1回のみ採捕だったため、5月の採捕率(1回目の捕獲数/合計捕獲数)を各調査地点(ユニット)毎に除して、Nを推定し、各調査地点の面積で割って生息密度(N/A)を算出した。また50mm以下の当年産まれの稚魚については、捕獲した網の目合いから抜けるため個体数から外した。

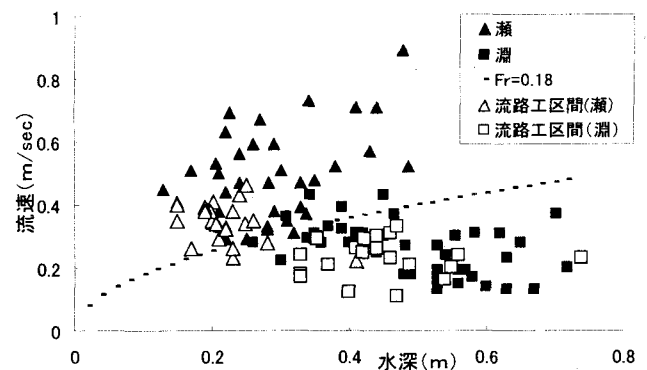


図-4 調査地点の水利条件

(5) 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利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利学的に区分する試みもみられる⁶⁾。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フルード数(Fr)を用い、瀬と淵の区分を行った。Frはサクラマス生息密度と正の相関があるとされている⁷⁾。

図-4は前述したように視覚的な人間による瀬淵を1対とする調査地点(ユニット)の設定後に、瀬、淵の各調査地点(1ユニット=川幅4~21m×縦断方向7~44m)の平均水深、平均流速を示した図である。フルード数(Fr)と瀬淵との関係を見ると、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、フルード数による区分とほぼ一致していた。

(6) 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

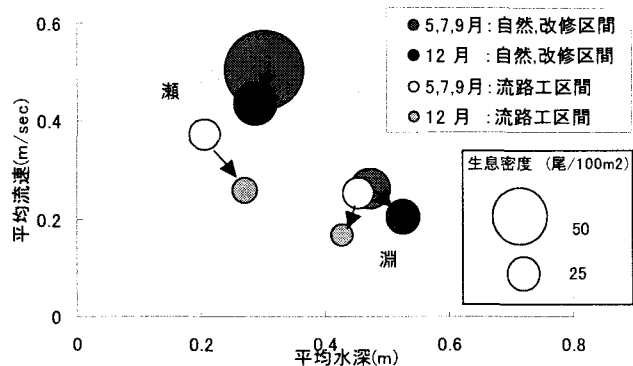


図-5 流路工区間における生息環境の特徴

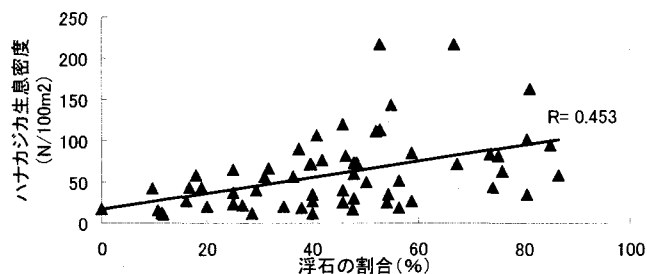


図-6 浮石の割合とハナカジカ生息密度

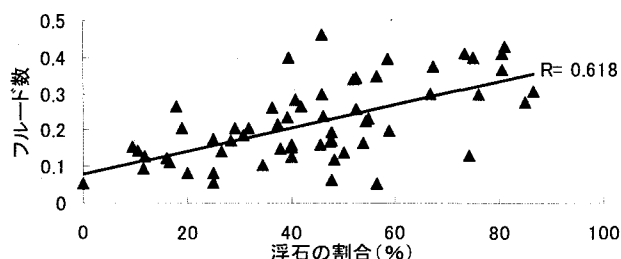


図-7 浮石の割合とフルード数

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、サクラマス産卵床が複数存在していることから想定される。

表-1は真駒内川の諸元と計測データの区間別平均値（5地点(ユニット)平均）を示したものである。同表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。なお両種とも河床材料の隙間などを主な生息場とする底生魚類であり、浮石の割合が大きい瀬において、生息密度は高かった。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%表面粒径が他区間と比較して半分以下で、浮石の割合が低い。

(7) 流路工区間の問題点の抽出

図-5は自然区間、改修区間と流路工区間の平均水深、

表-2 試験水路設置前後の比較

	2000年7月			2000年10月		
	実験区	対照区	TOTAL	実験区	対照区	TOTAL
採捕数 N	77	86	163	79	73	152
生息密度	12	19	16	13	18	16
浮石の割合	0.09	0.06	0.08	0.08	0.10	0.09
平均水深 m	0.22	0.31	0.27	0.32	0.28	0.30
平均流速 m/sec	0.19	0.12	0.16	0.22	0.21	0.22

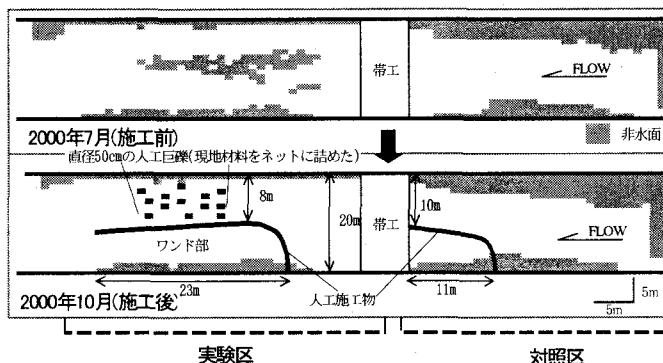


図-8 試験水路の設置

平均流速とハナカジカの平均生息密度の関係を示した図であり、円の大きさは平均生息密度を示している。ここで流路工区間の流速、水深およびハナカジカ生息密度が自然区間、改修区間と比較して小さいことがわかる。特に5, 7, 9月の調査と比較して、結氷前の12月においてハナカジカの生息密度が低いことがわかる。

図-6は、自然区間、改修区間における5, 7, 9月の60データを用い、浮石の割合とハナカジカの生息密度の関連を示している。一般に底生魚の生息空間として河床材料の隙間が重要であると言われている。なお生息密度が低かった12月および人為的影響の大きい環境である流路工区間のデータは除外して示した。

図-7は図-6と同様に自然区間、改修区間における5, 7, 9月の60データを用い、 Fr と浮き石の割合との関連を表した図である。相関係数は0.62と比較的高かった。また Fr が真駒内川において瀬淵を分類する指標として有効であることから、 Fr と浮石率を主な指標として環境変化の考察が可能と考えられる。

3. 試験水路の設置とその結果

(1) 試験水路の設置

流路工区間(延長2.6km, 流路工幅20m)の中間付近に試験水路として実験区($L=40m$)と対照区($L=30m$)を設け、実験区の平常時の流れる幅を狭くし(図-8)、人工的な瀬の形成と浮石を増加させることにより、ハナカジカの生息分布がどのように変化するかを試験的に調査した。この際、実験区と対照区の生息数の違いを見るため、施工前の調査で採捕した生息数の約2倍の140尾ずつ実験区、対照区に放流した。

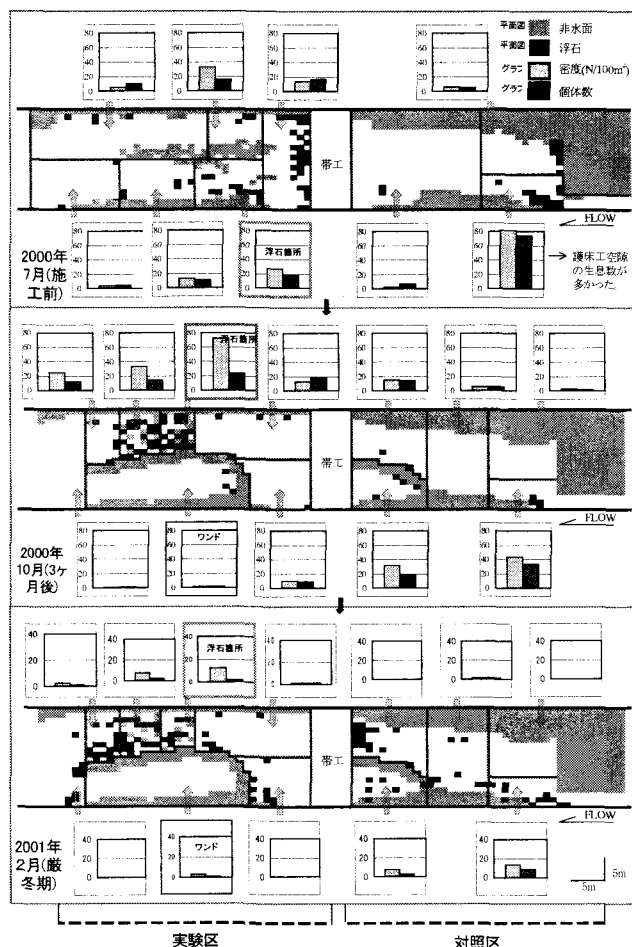


図-9 試験水路における施工前後の生息環境の平面的変化

施工時期は2000年7月であり、施工前後の調査は2000年7月および10月に実施した(写真-4,5)。なお施工前後の調査の間に流量 $20\text{m}^3/\text{sec}$ 程度の出水(魚類調査時は $1\sim 2\text{m}^3/\text{sec}$)を経験している。

表-2に施工前後の実験区、対照区のハナカジカの生息数や平均的な水量を示す。始点と終点の高さが落差工により固定されている条件の中での実験区の部分的改良であり、平均的な諸量において対照区と比較して実験区が改善されたとは言えないことがわかる。しかしより細かく見ていくと、場所によっては改善されている箇所が存在していることがわかる。図-9は試験水路設置前後の浮き石の分布と調査区画毎の個体数と密度を示した図である。他の箇所における生息密度が $1\sim 43\text{尾}/100\text{m}^2$ に対して、下流側右岸の浮石箇所において生息密度が $72\text{尾}/100\text{m}^2$ と高くなっている。

(2) 環境変化の縦断的な把握

図-10は図-9の平面的なデータを横断平均して、試験水路設置前後の環境変化を縦断的かつ定量的に把握するため、浮石の割合、ハナカジカの生息密度および Fr の縦断分布を示したものである。浮石箇所の5m区間で局所的に流路長あたり生息数が、 $4.6\text{尾}/\text{m}$ と、表-3で示した自然区間、改修区間の平均値 $4.46\text{尾}/\text{m}$ 、 $5.29\text{尾}/\text{m}$ に近い

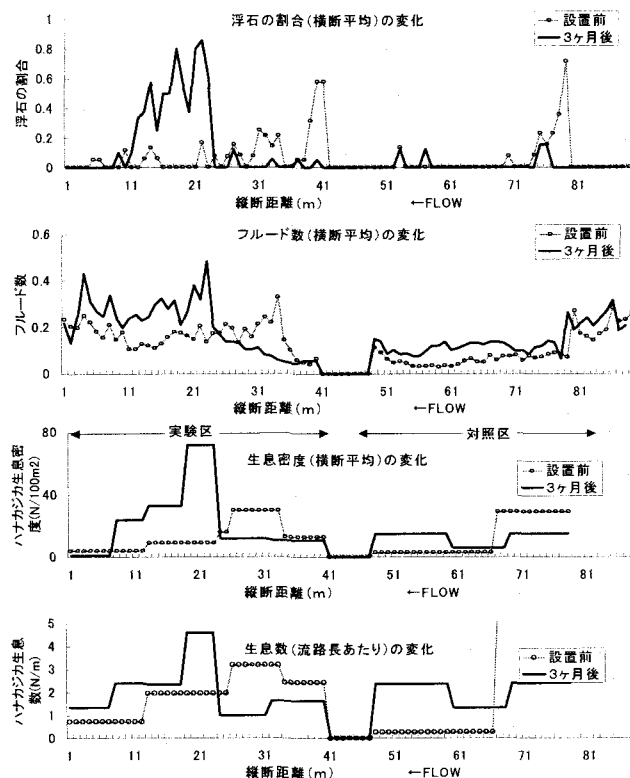


図-10 試験水路施工前後の浮石、 Fr 、生息数の縦断分布

表-3 流路長あたりの生息数

		流路区間	自然区間	改修区間
瀬淵平均の生息密度 ($N/100\text{m}^2$)	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
流路長あたり生息数 (N/m)	ハナカジカ	瀬	3.00	6.56
		淵	2.45	2.36
	フクドジョウ	瀬	5.09	3.07
		淵	3.79	1.25
瀬淵平均の流路長あたり生息数 (N/m)	ハナカジカ	2.72	4.46	5.29
	フクドジョウ	4.44	2.16	2.27
	ハナカジカ+フクドジョウ	7.16	6.62	7.56

た。実験区において平常時の流水幅を狭めたことにより、 Fr が高く、浮石の割合の高い浮石箇所が創出され、ハナカジカの生息密度および流路長あたり生息数が高まったことがわかる。また Fr が高い場所で浮石の割合が高かったことから、 Fr と浮石の割合の関係を分析することとした。その結果、真駒内川では $Fr=0.3$ 程度の早瀬を造成することが浮石の創出に効果的であると考えられる。底生魚の生息環境に関する指標として、浮石の割合とともに Fr が指標として有効であると考えられる。

(3) 越冬環境調査

寒冷地河川において魚類の越冬環境が極めて重要であり、越冬環境によって翌年の生存率が決まってくると言われている。しかしハナカジカの越冬環境について調査した事例はほとんど無い。そのため試験水路において2001年2月に厳冬期の調査を実施した。写真-6はその時の写真であり、非結氷期の水面の半分程度が結氷していた。

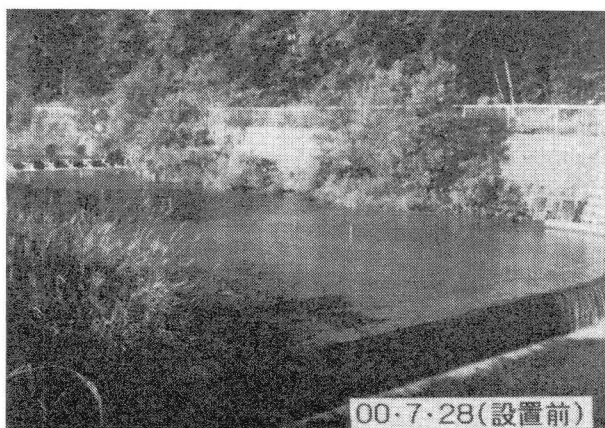


写真-4 試験水路施工前の状況

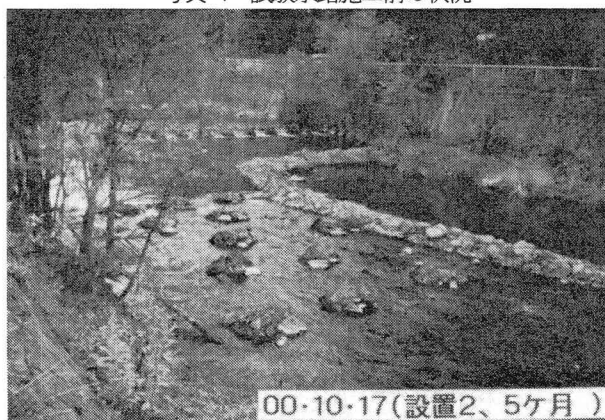


写真-5 施工後の状況



写真-6 越冬期調査時における試験水路の状況

設置後3ヶ月後から越冬期までの変化は、場所に関わらずハナカジカの採捕数が著しく減少し、試験水路全体で21尾の採捕であった。この採捕数の激減はブロック隙間の奥の方などに潜り込んでいて採捕できなかった可能性なども否定できず、越冬期の生存率が非常に低かったとは本調査のみでは結論づけることは難しく、その点について生活史を含めた検証と追跡調査が必要と考える。

また21尾のうち6尾が実験区間の浮石箇所の前後で採捕され、また9尾が対照区の上流側にみられた。なお10月には浮石箇所の前後で67尾、また対照区の上流側で35尾が確認されていることから、生息数の比では水深が0.2m前後の浮石箇所よりも水深が0.4m前後の対照区の上流側を越冬環境として選択していたと言える。

(4) 今後の課題

実験により局所的には生息密度および流路長あたり生息数は大きくなったが、試験水路全体では総個体数が変化していない点および結氷期において採捕数が低下した点について、追跡調査が必要である。

4. 結論

- 1) 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られた。
- 2) 試験水路設置後、3回の調査結果より、浮石箇所におけるハナカジカの生息密度、流路長あたりの生息数は高くなった。また局所的ではあるが、自然区間、改修区間の平均的な生息密度および流路長あたりの生息数に近い値に改善された。
- 3) フールド数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 を指標として生息環境の変化を検討した結果、河川形態を表す指標としての F_r の有効性について、浮石の割合などとの比較によってその可能性を示した。

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きました。(財)リバーフロント整備センター 渡辺洋一氏、八千代エンジニアリング(株)星博氏、アシア航測(株)佐野滝雄氏には現地調査にあたりご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 野上毅, 渡邊康玄, 中津川誠：真駒内川における魚類の生息環境, 水工学論文集No45, Feb, 2001.
- 3) 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
- 4) 後藤晃：日本の淡水魚, pp662, 山と溪谷社, 1989.
- 5) 建設省河川河床技術基準(案) 同解説一調査編, 山海堂, 1997.
- 6) 桜井善雄, 市川新, 土屋十郎：都市の中に生きた水辺を, pp181-189, 信山社サイテック, 1996.
- 7) 佐藤弘和, 道立林試・道立水産孵化場稚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の生息環境(II), 日林北支論44, Feb, 1996.
- 8) 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.
- 9) 加村邦茂, 中村太士：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.

(2001. 4. 16 受付)