

多自然型川づくりによる効果の

評価手法に関する考察¹

A Study of a Method of Evaluating the Effectiveness of Environmentally Conscious River Improvement Works

船木淳悟²・佐々木靖博³・齋藤大作⁴
Jungo FUNAKI, Yasuhiro SASAKI, Daisaku SAITO

1. はじめに

魚類・昆虫類といった動物から河畔林やヨシなどの植物に至るまで、河川空間における多様な生物生息環境に配慮した多自然型川づくりが全国的に展開されるようになってから、およそ10年程度経過した。この間、それぞれの現場においては多自然型川づくりの先進地域であるヨーロッパなどからその技術や考え方を導入し、また日本古来の河川改修技術を再評価しつつ現在の工法と融合を図りながら、事業が進められてきている。こうした、自然環境を重視した事業の展開は今日の社会的ニーズをふまえて実施されているのであるが、施工後において、果たして当初想定したような効果を上げているのかどうかの適正な評価は、環境という対象の要素の複雑さから十分行われているとは言えない。とくに実際面で事業の計画や施工に携わる河川技術者サイドから、自分たちが設計・施工した工事に対して客観的な評価を下し次の工事に反映させていくための、評価手法の確立の必要性が強く指摘されている。

本研究は、多様な河川の自然環境のうち、河川改修によって最も影響を受ける要素の一つである魚類について、施工による生息環境の変化や効果の程度を判断するための指標づくりを試みたものである。

2. 研究方法

工事と魚類の生息環境の変化との関係を考察するためには、まず、魚類がどのような条件の環境を生息空間としているのかを把握する必要がある。ところが河川工学や治水事業サイドから現在行われている調査は水辺の国勢調査のように河川の広い領域を対象とした、生息の有無を確認することに主眼を置いたものや、施工後の追跡調査としてどれだけの数や種類が回復したかを把握するもの、魚道などの構造物に関するものがほとんどであり、現況の河川について生息生物をその生息環境の物理的特性の面から関連づけて把握することはあまり行われていない。そこで、①比較的自然に近い環境が存在する、②水質が良好である、③流域全体を概略的に調査できる規模である、④河川幅・流速・水深等の調査条件が適当である、⑤過去の調査データが豊富である、という条件から後志利別川をモデル河川とし、魚類生息状況と生息場の環境特性との関係を把握するため流域3箇所に調査地点を設け、河川形態や流況等魚類の生息に適した河川の物理的特性を調査した。

一方、施工後の魚類生息環境の改善効果を評価するためには、生息数や種構成などの生息状況を把握する

1 キーワード：多自然型河川工法，評価手法，魚類生息環境，多様性

2 北海道開発局開発土木研究所河川研究室主任研究員（〒062 札幌市豊平区平岸1条3丁目）

3 同 河川研究室研究員

4 同 環境研究室研究員

とともに、どのような環境要素が変化したのかを把握し両者の関連性を考察する必要がある。本研究では、北海道内の12河川から、多自然型河川工法で施工されてから3年程度以上経過している箇所を13事例抽出し、捕獲調査と合わせて調査箇所の流速、地形の2つの環境要素を調べた。そしてこの要素と魚類の生息数との関連性を考察し、効果の評価手法の提案を行った。

3. 魚類生息環境調査

3. 1 調査概要

後志利別川は北海道南西部に位置し、幹川の延長は80.0km、流域面積720km²で日本海にそそいでおり、上流部には美利河ダムがある。図-1の住吉付近より上流は谷底平野であり、下流は自然堤防帯となっている。また、明確な扇状地が無く、河床勾配は全体的に緩やかなカーブを描いている。調査は流域内に200~500m程度の調査区間を3つ設けて行った。図-1のNo.1~3が調査区間である。調査時期は表-1に示すように夏・秋・冬季の昼間と夜間である。調査は投網・たも網等を用いて魚類を捕獲し、体長を測定し、魚類の生息が確認された場所については流速、水深、河床材料、河岸植生、流況及び周辺状況との関係（瀬及び淵の状態等）等の環境条件を記録した。

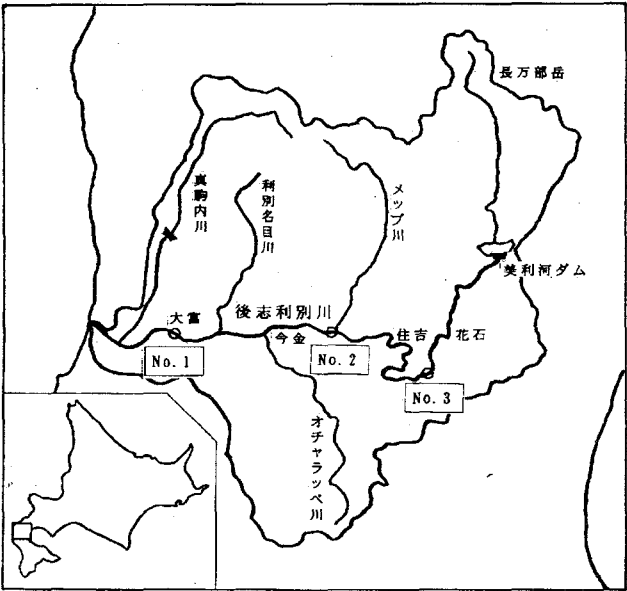


図-1 後志利別川流域図

3. 2 魚類の生息環境

調査区間及び季節変化を考慮した各調査結果を表-2にまとめた。表から魚類が確認できた地点の環境毎の生息魚種、生息区間及び時期が把握できる。本川の上流から下流にかけての変化を見ると、河床材料等の違いにより生息環境が変わっていることがわかる。

表-1 魚類生息環境調査時期

調査時期		調査地点		
		No.1	No.2	No.3
夏	昼	○	○	○
	夜	○	○	○
秋	昼	○	○	○
	夜	○	○	○
冬	昼	○	○	○
	夜	—	○	—

写真-1はNo.3地点に堆積した巨石周辺を撮影したものである。巨石によって流れが緩和され枝や枯れ葉がたまり、魚類の越冬場となっている。写真-2はNo.3地点の河岸の一部を撮影したものである。植生が繁茂した河岸は多くの魚が休息、越冬する環境である。写真-3はNo.2地点の河岸付近の流れを撮影したものである。河岸の変化により流れが乱れていることがわかる。この水面下には昼間ヤマメ、ウグイ等の遊泳性魚類が活動している。また、河岸の変化により形成されたよどみには夜間多くの魚類が休息している。写真-4はNo.2地点に形成されているワンドを撮影したものである。このような大きなワンドは仔魚、稚魚の生育場として重要である。さらに夜間には多くの魚類の休息場となる。

以上のように自然河川においては、河岸や河床地形の凹凸、障害物等により流れが乱されたり滞留したりすることによって、均一でない多様な流速分布が存在する箇所に魚類が多く分布していることが確認された。また、昼と夜では明らかに生息環境が異なっていることも確認された。

表-2 魚類の生息環境

生息環境	昼夜	生息魚種	生息時期(月)			調査区間 No.		
			7	10	12	1	2	3
河岸の変化やよって波立っている流れのある淵	昼	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ	◎	○		◎	○	○
	夜							
巨石によって乱れが生じている流れ	昼	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ	◎	○		—	—	◎
	夜					—	—	
瀬に続く淵頭	昼	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ	◎	○		◎	◎	◎
	夜							
水深のある大きめの淵	昼	サクラマス、アメマス	○	○	○	○	○	○
	夜	サクラマス、アメマス	○	○	○	○	○	○
流れのある瀬(玉石)	昼	アユ	○			○		
		フクドジョウ	◎	◎	○	◎	◎	◎
	夜	フクドジョウ	◎	◎	○	◎	◎	◎
礫底の瀬(浮き石)	昼	ウキゴリ、フクドジョウ	◎	○		◎	◎	◎
	夜	アユ(流れ緩い)	○			○		
巨石や大きな玉石に枯れ葉が詰まっている空間	昼	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ、フクドジョウ			◎	○	○	◎
	夜	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ、フクドジョウ			◎	○	○	◎
植生の繁茂した河岸	昼	スナヤツメ、カワヤツメ、ウキゴリ、ヨシノボリ	◎	◎	○	○	◎	◎
		モツゴ	○	○	○	○		
		ウグイ類		○	◎	◎	◎	◎
	夜	スナヤツメ、カワヤツメ	◎			◎		
河岸の変化によって形成された河岸のよどみ	昼	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ	○	○	◎	○	○	○
	夜	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ	◎	◎	◎	◎	◎	◎
入り江の浅瀬(ワンド等)	昼							
	夜	ウグイ、エゾウグイ、ウグイ類、ヤマメ	◎	◎	◎	◎	◎	○

注) 太字は今回の調査で確認できたことを示す。

◎は多く確認できたことを示す。

—はその区間には無い環境を示す。



写真-1 巨石によるよどみ (No. 3)

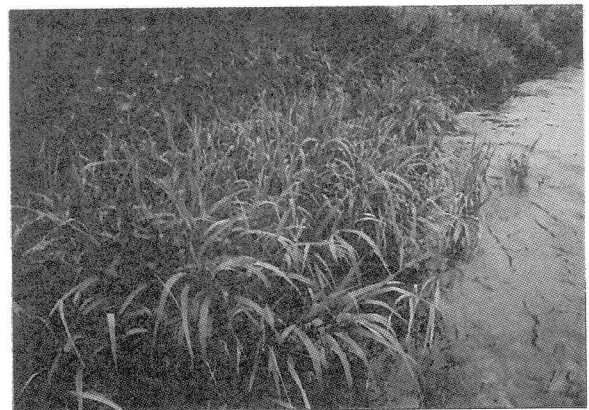


写真-2 植生の繁茂した河岸 (No. 3)

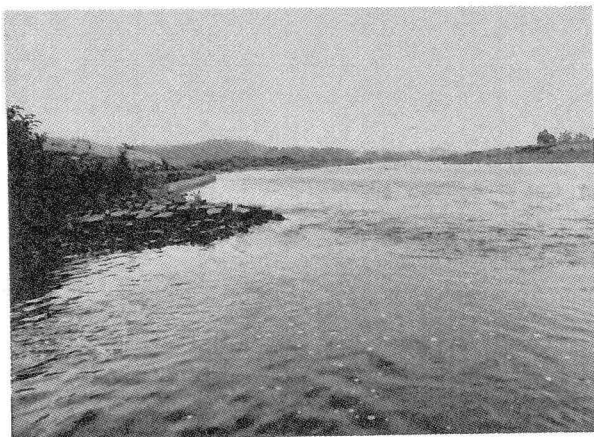


写真-3 河岸の変化によるよどみ (No. 2)



写真-4 入り江の浅瀬(ワンド) (No. 2)

4. 施工箇所における魚類生息環境の評価

4. 1 調査概要

表-3に調査を行った河川とその工法を示す。選定した工法はいずれも河岸部に突起や引き込みを作ることによって、流速の緩急や流向の乱れを誘導し、またそれによって生ずる堆積や洗掘を魚類にとって好ましい生息環境として期待しようとするものである。

河川生態学の分野では、河川生物にとって重要な生息空間要素として“瀬”と“淵”を取り上げている。瀬や淵の定義、区分についてはいくつかの考え方があるが、一般には相対的に水深が浅く流れが速い場所を瀬、逆に水深が深く流れの遅い場所を淵としている¹⁾。現地調査では13事例それぞれにおいて、構造物によって前述の瀬と淵に相当するような流れや地形が形成されている箇所を調査地点（以降工事区と表記）として一対設定した。また、工事箇所の環境条件の程度を比較検討するため、工事箇所の上流側近傍の未施工区間にも同じく瀬と淵に相当する調査地点（以降対照区と表記）を一対設定した（図-2）。

調査は7月から8月にかけて、出水の直後や著しい濁水が生じていない、できるだけ流況が安定している時期をねらって実施した。13事例各4箇所の調査地点で午前10時頃と午後8時頃を目安にそれぞれ1回、投網などを用いて魚類を捕獲し、魚種構成と尾数を計測した。さらに捕獲地点の表面流速分布と地形測量を行った。

表-3 調査対象河川

河川名	工法
豊平川・米里護岸（石狩川）	水制
鷗川	巨石投入
音別川	水制
下頃辺川（十勝川）	巨石投入
間寒別川（天塩川）	魚巣ブロック
後志利別川	魚巣ブロック
天塩川	木工沈床
石狩川（秋月橋上流）	木工沈床
増幌川	木工沈床
尻別川	木工沈床
湧別川	木工沈床
音更川（十勝川）	木工沈床
豊平川・雁来護岸（石狩川）	木工沈床

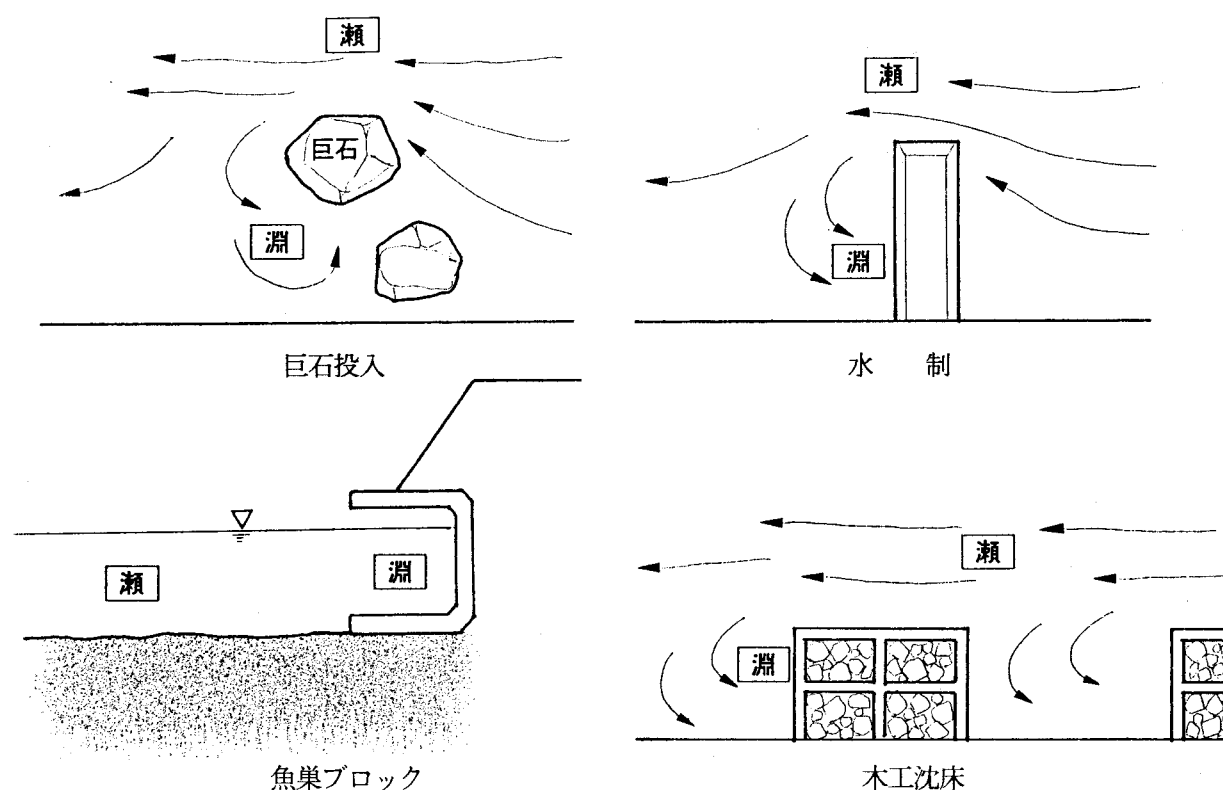


図-2 調査対象工法と調査場所のイメージ

4. 2 多様度指数による施工箇所の評価

生態学の分野では、生物群集の構造的特性を記述する指標として様々な多様度指数が提案されている。ここでは、群集に含まれる種の数と個体数の関係に基づいて群集構造の複雑さを評価する方法として、McIntosh index of diversity (DI)²⁾を用いて、各地点の各動物群集の多様性について検討した。

$$DI = \{ N - \sqrt{(\sum ni^2)} \} / (N - \sqrt{N})$$

ここで、N：総個体数，ni：各種類の個体数

図-3は調査を行った13箇所における工事区と対照区での魚類多様度指数と捕獲数の関係をプロットしたものである。図中の矢印は対照区に対して工事区がどの位置になっているのかを示している。多様度指数は大きくばらついているが、河川別に見るとその差は大きくても0.2程度である。このことは、魚類の多様度は河川毎の個性があり、その環境はよほど破壊的な行為をしない限り大きくは変化しないことを示していると考えられる。

対照区と施工区との位置関係を見ると極端に変化しているものは少なく、全体的には今回調査した工事区間での魚類生息環境は概ね施工前の状

況と同等かそれに近い状態に回復していると言える。また対照区から工事区への変化の方向は、右上向きと左向きのグループに分けられる。右上向きのグループは種間の均衡が保たれたまま全体に生息数が増加しているものとする。また、左向きのものは全体の生息数はほとんど変わらないものの、魚種構成において従来のバランスが崩れてきた結果と考えられる。

4. 3 生息空間の多様性

前項では生物群集の構造に着目した多様性の表現手法について述べたが、ここでは魚類が生息する空間そのものが有する複雑さを表現する方法について考える。後志利別川での生息環境調査でも確認されたように魚類は均一でない多様な流速が分布する空間を好んで生息していた。また、流速分布は地形の影響を強く受けるから、地形の変化つまり多様な水深分布も魚類生息環境にとって良い条件であると推測される。そこで今回の捕獲調査地点における流速と水深について、以下のような指標を考える。

- ・流速幅 (m/s)：最大流速－最小流速
- ・水深幅 (m)：最大水深－最小水深

この指標によって流速や水深の多様性を表そうとするときに、どれだけの範囲を対象とするのかが問題となる。範囲を広くすると砂州スケールの情報まで拾うことになり、狭めればそれだけ微地形要因によって生ずる現象が対象となる。また、調査を行う河川の規模によっても適正な範囲が当然存在する。本研究では多自然型河川工法によって形成された流れや水深の複雑さを対象としていることから、構造物のスケール程度を想定した。すなわち捕獲調査した箇所において、流速コンター図及び水深コンター図から半径5mの円内の範囲で流速と水深を読みとり、その最大値と最小値の幅を流速幅及び水深幅とした(図-4)。

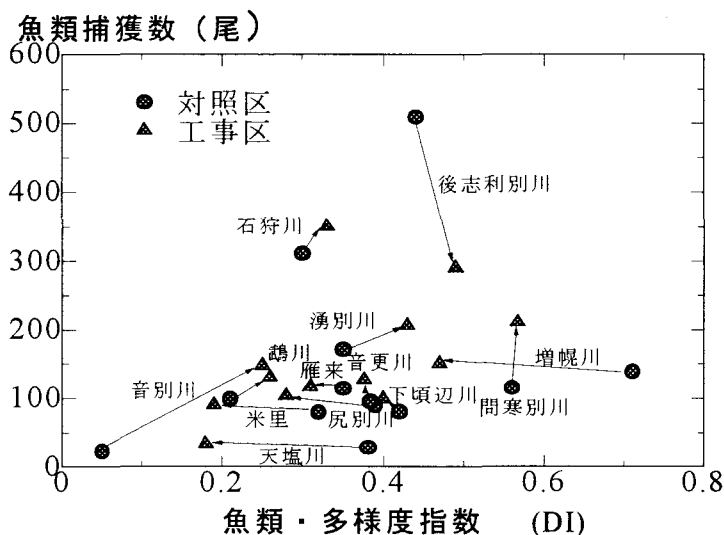


図-3 魚類の多様度指数と捕獲数

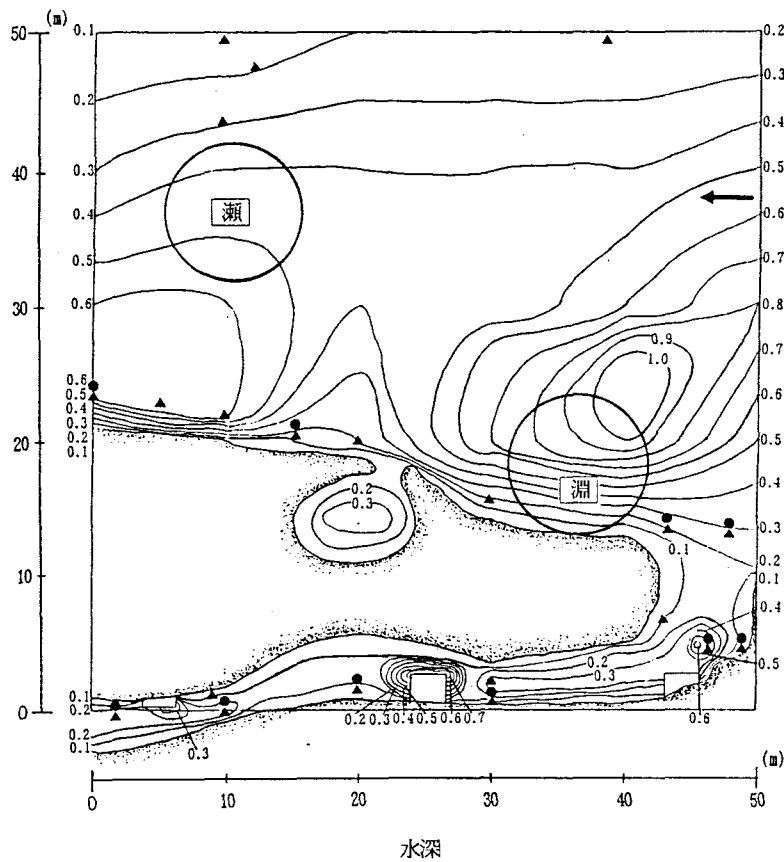


図-4 水深幅の読みとり方

魚類の主な活動域は魚種によって違っている。例えばサクラマスやウグイでは流速の相対的に遅い淵の部分を中心に、水深の中層から上層域を活動の場としているが、フクドジョウは浅瀬部分の河床部が活動域である³⁾。今回の調査ではウグイ属が13箇所全てで確認され、捕獲全魚数3,861尾の49%を占めた。そこで日中の活動時間帯における生息空間の条件を考察するため、昼に捕獲されたウグイの捕獲数と流速幅および水深幅との関係を調べた(図-5、6)。

ウグイは流速が一樣な場所よりも幅を持った場所のほうに多数生息しており、流速幅が1.5m/sを超えるような条件下でも高い生息密度の箇所があった。この流速幅1.5m/sの箇所は、流速がほとんど無い淀みの状態と速い流れとが隣接している場所であり、流速分布

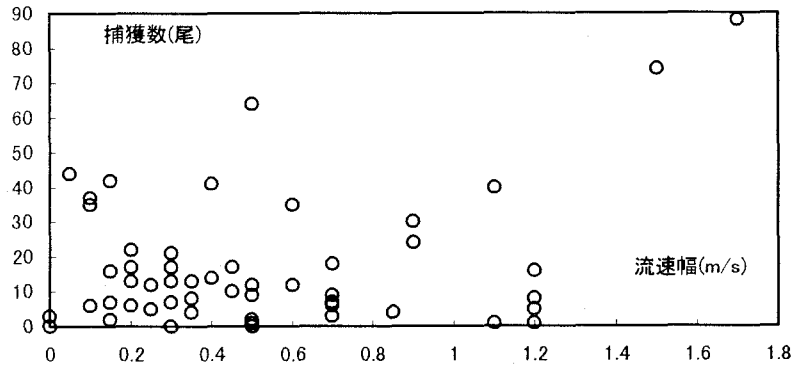


図-5 流速幅とウグイ捕獲数

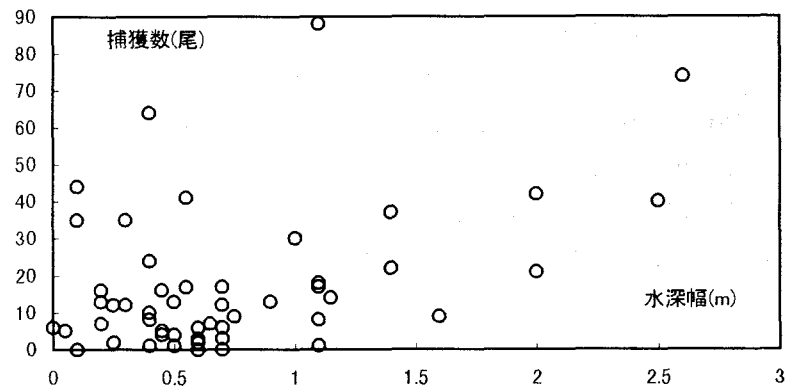


図-6 水深幅とウグイ捕獲数

が非常に多様性を持った環境であると言える。水深幅についても、流速幅ほど明確ではないが水深に変化がある場所での生息数が多かった。これらのことから昼間活動するウグイは、単に流れの遅い場所や水深の深い場所よりも、流速や水深において多様性の高い場所を活動空間としているものと思われる。

次にウグイが昼と夜でどのような流速環境に生息しているのかを図-7に示した。夜間のほうが昼間より生息数が増加する場所は、最小流速が0.5m/s以下の範囲にほぼ限定されている。つまり、昼の活動時間帯には多様な流速帯に分布していても、夜間は休息するのに適した流速の遅い場所に移動しているものと考えられる。したがって、ウグイの生息環境を用意してやるためには、流速の多様性や水深の多様性をうまく生み出すとともに、夜間の休息場所として流速がほとんどない部分も合わせて作り出すことが条件となる。

4. 4 施工箇所の評価

図-8、9に、対照区より工事区での魚類捕獲数が多かった問寒別川と、反対に少なかった後志利別川について、流速、水深の多様性が両調査区でどのように変化したのかを示した。この2河川において施工された多自然型工法はいずれも魚巣ブロックである。

問寒別川では対照区の流速幅、水深幅がともに0.5程度と小さく、多様性に乏しい空間であることがわかる。一方工事区では流速もしくは水深の幅が大きく、対照区に比べて多様性に優れていた。このことから、問寒別川の事例では魚巣ブロックの設置が流速や水深により変化を与えるように働き、魚類の生息数が増加した

のではないかと考えられる。これに対し後志利別川の場合は、対照区に比べ水深幅は増加したものの流速幅は小さくなっており、流れの多様性が乏しくなったと考えられる。

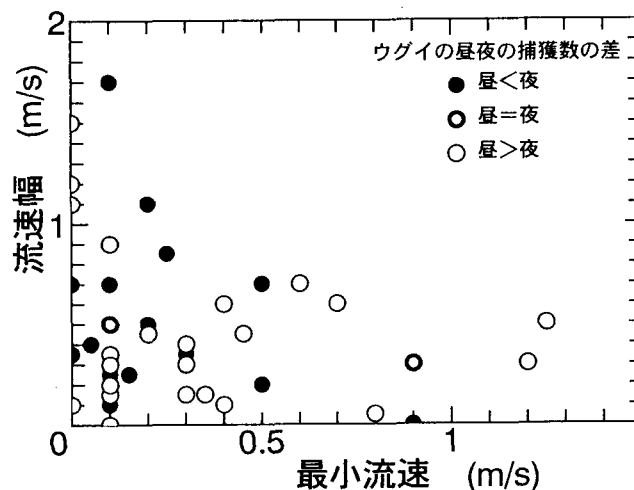


図-7 ウグイの昼・夜の捕獲数

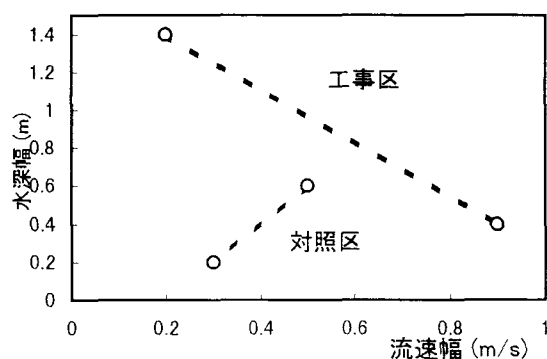


図-8 工事区・対照区での多様性の比較
(問寒別川)

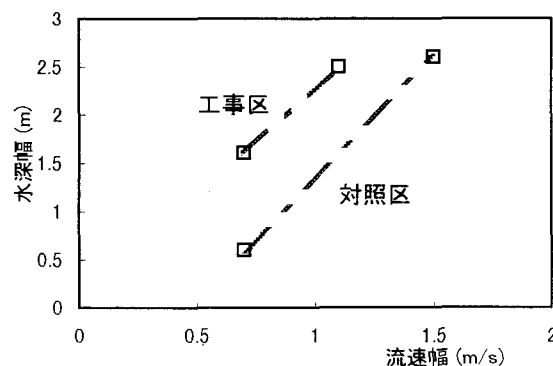


図-9 工事区・対照区での多様性の比較
(後志利別川)

5. おわりに

魚類の生息環境を形成する要素として、“空間的多様性”をキーワードに流速と水深に着目した。そして流速・水深の多様性の評価手法の提案とそれによる評価を、遊泳魚類を代表とするウグイについて行った結果、ウグイの生息環境に大きな影響を持っていることがわかった。しかし今回提案した流れ空間の多様性の表現手法は1次元方向のみの流速を取り扱っており、渦状の逆流や沸き上がり等の複雑な流れについては表

現できていない。また、多自然型川づくりを実施したことでどうして多様性が変化するのか、とくに流れの多様性については構造物周辺の3次元的な流れの構造と施工方法との関係を詳細に調査・研究し、多自然型川づくりをデザインする段階において、具体的な空間の多様性の誘導とそれによる魚類生息環境改善効果を描けるようにしていかなければならない。

参考文献

- 1) たとえば、玉井信行，水野信彦，中村俊六；河川生態環境工学，東京大学出版会，1993
- 2) 木元新作；生態研究法講座14 動物群集研究，共立出版
- 3) 山下彰司，渡邊和好；北海道河川の魚類生態調査について，河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，1995