

河道内微地形による河川環境の評価について

Evaluation of river environment based on channel microtopography

研究第四部 主任研究員 北谷 啓幸
 審議役 小川 鶴蔵
 独立行政法人土木研究所
 自然共生研究センター センター長 萱場 祐一
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 林 尚
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 高木 茂知

河川整備による環境への影響評価は、生物の生息・生育状況の変化を指標として用いられることが多い。しかし、事業計画策定段階からその影響を予測・評価するためには、河川環境を規定する物理環境に着目し、その変化を予測することが必要であり、また、物理環境と生物の生息・生育状況の関連を明らかにすることが重要である。

本研究は、河川環境を規定する物理環境を抽出するため、より小さな空間スケール、特にハビタットの構成要素である河道内微地形の調査を行ない、予測・評価など一連の検討を実施したものであり、河川環境評価方法の確立及び事業計画の立案に資することを目的とするものである。

本研究では、北上川の支川で河川整備により一部蛇行区間がショートカットされる砂鉄川をケーススタディとして河道内微地形の調査を実施した。調査方法は、ショートカットによる影響区間において平水時の物理環境を調査し、ショートカット後の変化を予測することにより河川環境の影響評価分析を実施した。

その結果、水面勾配がハビタットを区分する重要な要素の一つであることが示され、ショートカット後の河床変動計算結果による水面勾配の変化予測から、生物の生息・生育環境の変化の予測も試みることができた。

キーワード：河道内微地形、ハビタット区分、水面勾配

Changes in habitat conditions are often used as indicators for environmental impacts of river improvement projects. In order to predict and evaluate the impact of a river project on the river environment at the planning stage, however, it is necessary to predict changes in the physical environment and it is important to investigate the relationship between the physical environment and habitat conditions.

In this study, to extract the physical environment attributes by which to evaluate the river environment, a smaller-scale unit of space, namely, channel microtopography, which is one of the components of habitat, was investigated. In order to establish a method of river environment evaluation and contribute to project planning, a series of studies was conducted on prediction and evaluation.

In the study, channel microtopography of the Satetsu River (a tributary of the Kitakami River) whose meanders were to be short-cut under a river improvement project was investigated. In the investigation, the physical environment in times of normal flow of the river section that was likely to be affected by short-cutting was investigated. Then, the impact on the river environment was evaluated and analyzed by predicting changes taking place after short-cutting. The investigation indicated that water surface slope is one of the important factors determining the type of habitat.

An attempt was made to predict changes in habitat conditions from changes in water surface slope predicted from calculated amounts of riverbed aggradation or degradation after short-cutting.

Key words : channel microtopography, habitat type, environmental evaluation

1. はじめに

河川生態系に配慮した河川整備を行うためには、まず河川の物理環境及び河川特性の分析と、生物の生息・生育環境の関連の把握を行い、これらのデータをもとに河川整備による物理環境・河川特性の変化の予測から生物群集の影響分析を検討することが重要である。

しかし、これまで行われてきた河川整備において、生物の生息・生育環境に関連する河道の物理特性等の情報は、基本的な情報であるにも関わらず、事前および事後を比較して評価できるデータは存在していない状況にある。

本研究は、河道の物理特性を把握する方法を見出すことを一つの目的とし、生物の生息・生育環境（以下「ハビタット」という）の分布や構造を規定する平常時の流れをより簡易に表現する試みとして河道内微地形測量を行い、魚類の生息場所の分布・構造との関連の把握と河川整備によるハビタット変化の予測を行ったものである。

2. 文献レビュー

現在、河川ハビタット特性の把握は、瀬・淵・ワンド等、主に定性情報を中心に行われ、そのポテンシャルを定量的に評価するには至っていないのが現状で

あるが、ハビタットの把握に関する既往文献のレビューにより、生物調査を行う際に把握すべき物理環境の調査項目選定の参考とした。

その結果、水域では、河道内の一つの瀬や淵を特徴づけるような一定の物理特性を有する河道地形単位（Channel Geomorphology Units、以下CGU）に着目した河床形状と水面形状、水面幅の縦断的な微地形、また、水際域では、河岸形状のタイプ、浅場の範囲、河畔林の張出し等の重要性が示された。（表-1）

これにより、流水域の調査として、ハビタットを構成する最も基本的な要素である河道内微地形を対象とし、各測定点において、河床高、水深、水面幅及び測定地点の位置座標を把握することとし、CGUの代表箇所では、横断上のデータも測定し、代表的なハビタット特性の把握に努めることとした。

また、水際域では、ハビタットの重要な構成要素である河岸形状のタイプ、浅場の範囲、河畔林の張出しを測定し、さらに、ハビタットの代表地点では、河床変動の影響を受けやすい瀬の部分における河床材料を把握するため河床表面の材料調査を行うことにした。また、流水域ハビタット特性と河岸状況（特に河畔林カバーの状況）の関係について把握するため、植生被覆（開空率）、日射量（照度）を測定の対象とした。

区分	ハビタットの特性に関する記述	キーワード	文献名
水域	平瀬の量がイトウの産卵場の量を制限している。	面積	生物と環境
水域	ハビタットと対象魚の個体数や個体密度の関係を調査している。ハビタットを調査する指標として面積を選択し、淵における個体密度は瀬に対して5～10倍との結果を示している。	瀬と淵の面積	Can.J.Fish.Aquat.Sci.Vol.43
水域	ホトケドジョウの生息密度は、淵の大きさとその水深、河床の性状に影響される。この中で淵の諸元として長さ、川幅（水面幅）、水深を調査している。	淵の長さ、幅、水深、底質	横浜市環境科学研究所、環境研資料 No. 106
水域	淵と瀬の評価手法を取りまとめている。淵は最大水深、流れ（速い、適切、遅い、渦等）、形態（淵と早瀬の幅を比較）の3つが、瀬は水深（平均的な水深と最大水深）、底質（安定、不安定、はまり具合等）が挙げられている。	淵の最大水深、流速、平面形態、瀬の平均・最大水深と底質	Biological Criteria For Protection of Aquatic Life : Volum III
水際域	各魚種にとって必要な、河畔林の河道にかかる面積の割合と推奨される瀬の淵に対する面積の割合、淵の深さについて記述。	瀬と淵の面積割合、淵の深さ	Rehabilitation of Rivers Principles and Implementation edited by Louise C. deWaal, Andrew R. G. Large and P. Max Wade./John Wiley and Sons Ltd.
水際域	水際における低流速域を「淀み」とし、淀みにおける流速と水深とオイカワの仔・稚魚の生息状況との関係を調べた。仔・稚魚に利用される淀みは水深10cm以下、流速0～5 cm/sであった。	水際域の淀みにおける水深と流速	成長、Journal of Growth33(駒田格知、山田久美子、鈴木興道)

表-1 ハビタットの把握に関する文献レビューの概要

2. 調査概要

2-1 調査対象地

(1) 調査対象河川の概要

調査の対象とした砂鉄川は一級水系北上川の左支川で、岩手県南部に位置する流域面積375.1km²、流路延長46.0kmの河川である。現在、平成16年度完成を目指して床上浸水対策特別緊急事業が進められており、一部、蛇行流路約1kmが直線化され、約600mの新たなショートカット河道が生じる。(写真-1)



写真-1 砂鉄川のショートカット区間

(2) 調査区間

調査対象範囲は、ショートカットによるハビタット変化の予測を考慮し、河床変動予測計算による影響範囲を踏まえて、ショートカット区間とその上下流1kmを含む区間を対象とした。(図-1) なお、当該区間の特徴としては次の点が挙げられる。

- ・河川形態：Bb型（河道内微地形の視認性が高い）
- ・セグメント：2-1（単一流路）
- ・平均河床勾配：1/885
- ・平水時の流量：7～9m³/s
- ・滯筋部の平均水深：0.09～2.33m（概ね渡河可能）

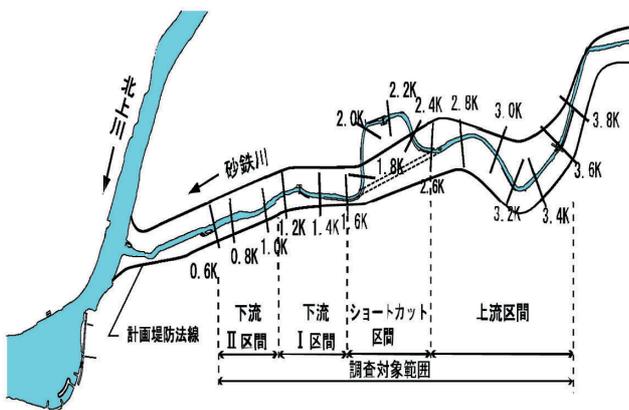


図-1 調査区間

2-2 調査方法

(1) 調査項目

調査は、河道を流水域および水際域に分割し、各域における微地形調査を実施するとともに、代表地点調査として河床材料分布調査等を実施した。(図-2)

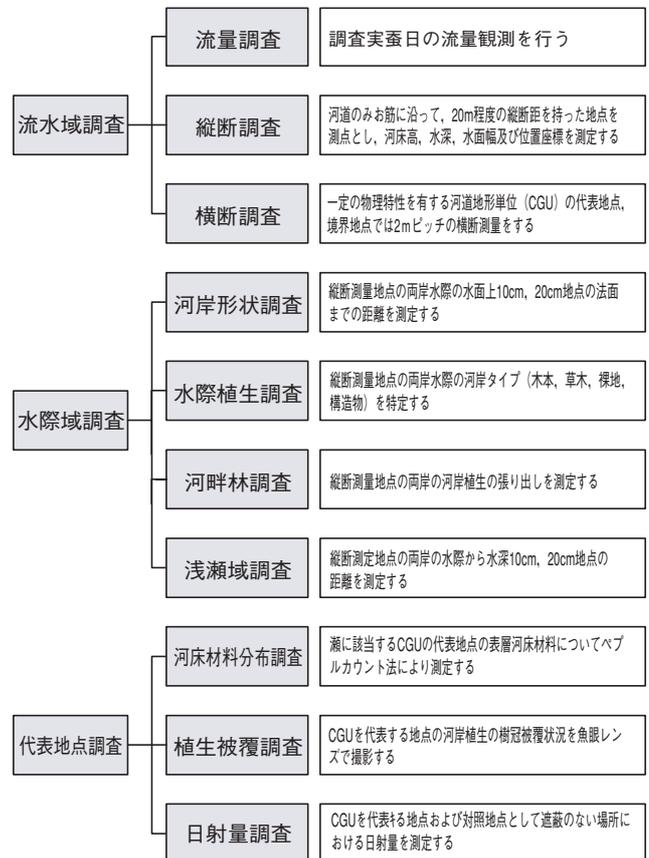


図-2 河道内微地形の調査項目

(2) 流水域調査

流水域調査では、CGUに着目し、縦断測量と横断測量を組み合わせで行った。(図-3)

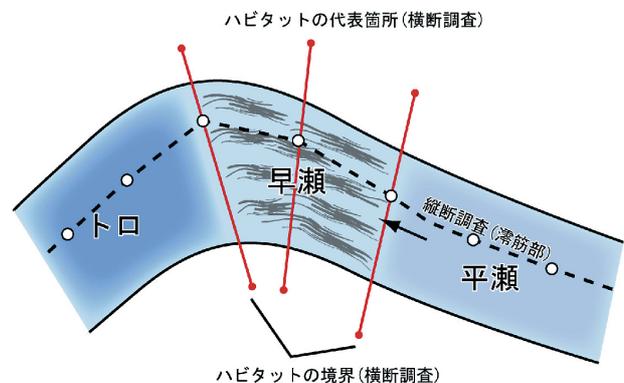


図-3 流水域調査における調査地点設定

縦断測量は水面幅程度の間隔（砂鉄川の平常時の水面幅程度でおよそ20mピッチ）でみお筋に沿って実施し、河床形状と水面形状、水面幅の縦断的な幾何形状を測定した。横断測量は各CGUの代表箇所及び境界で実施し、縦横断測量により各ハビタットの三次元的な構造の把握に努めた。各CGUは現地にて早瀬、平瀬、淵、トコのいずれかのハビタットに特定し、ハビタット別に面積や水面勾配等の整理を行った。(図-4)

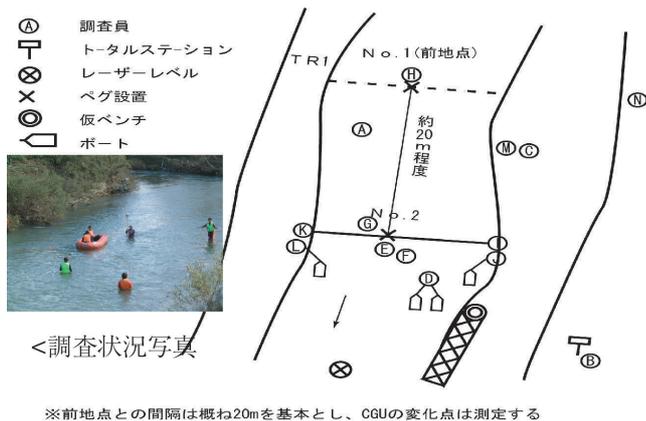


図-4 流水域調査の方法

(3) 水際域調査

水際域では、中流域におけるハビタットの重要な構成要素である浅瀬域の調査を実施した。浅瀬域は稚魚のハビタットとして機能し、体長が大きくなるにつれて水際から流心方向に分布域が変化することが一般に知られている。例えば、オイカワの仔稚魚期の分布域を調査した研究ではオイカワの仔稚魚が水深10cm以下、流速5cm/sの水域を選択的に利用していることが報告されている。

そこで本調査では、この報告例を参考に、水際から水深10cmの位置と20cmの位置までの距離を測定し、浅瀬域の量を示す指標とした。(図-5)

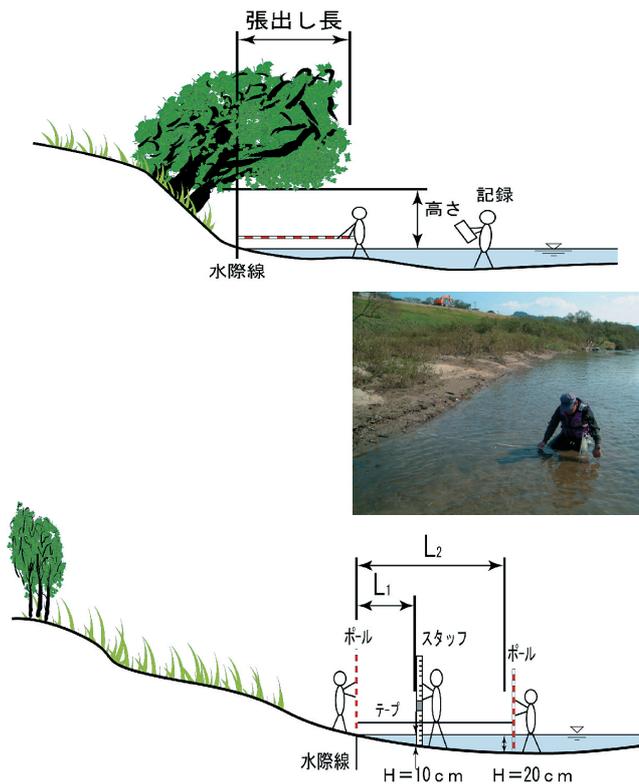


図-5 水際域調査の方法

(4) 代表地点調査

魚眼レンズを搭載したカメラで天空を撮影する植生被覆調査、照度計による日射量調査、瀬の部分ではペブルカウント法により河床材料調査を実施した。

調査範囲内をジグザグに歩行し、歩幅間隔ごとに河床を見ずに河床材料（礫であれば1個）を拾い上げその粒径を測定する。これを繰り返し行い100資料について測定を行う。(図-6)

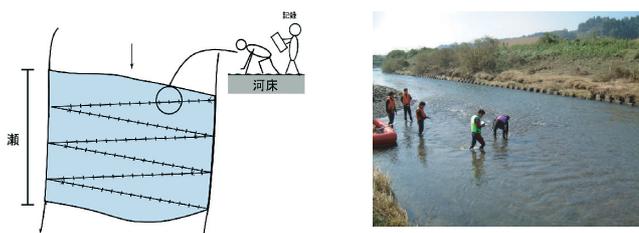


図-6 河床材料調査の方法

2-3 分析

(1) 河道内微地形調査

流水域、水際域調査の結果をとりまとめ、各ハビタットの分布状況を把握するとともに、ハビタット区分に寄与する物理環境項目の特定を試みる。

(2) ショートカット後のハビタット予測

河道内微地形調査で特定したハビタット区分を行う物理環境項目により、ショートカット後のハビタット分布を予測するとともに、一般的な知見から魚類相の変化を予測する。

3. 結果

3-1 河道内微地形調査

調査は、ショートカット前の現況把握を目的として、平成14年9月30日、10月9～11日の4日間に実施した。流量は平水流量程度の7～9 m³/sであった。

(1) 流水域調査

調査対象区間は20のCGU（早瀬5、平瀬8、トロ7）に分割でき、調査区間における各ハビタットの面積比は早瀬7.2%、平瀬30.4%、トロ62.4%であった。（図-7）（図-8）

本調査では淵を「河床が縦断的に凹状をなし、流速が小さく水深が大きい水域」としたが、砂鉄川ではこのような特徴を有する水域が見られなかった。これは、湾曲区間（ショートカットされる区間）における湾曲長が長く外岸側の洗掘域が長く続いたことが一因とし

考えられる。

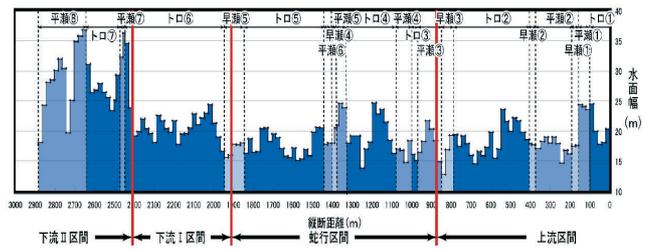
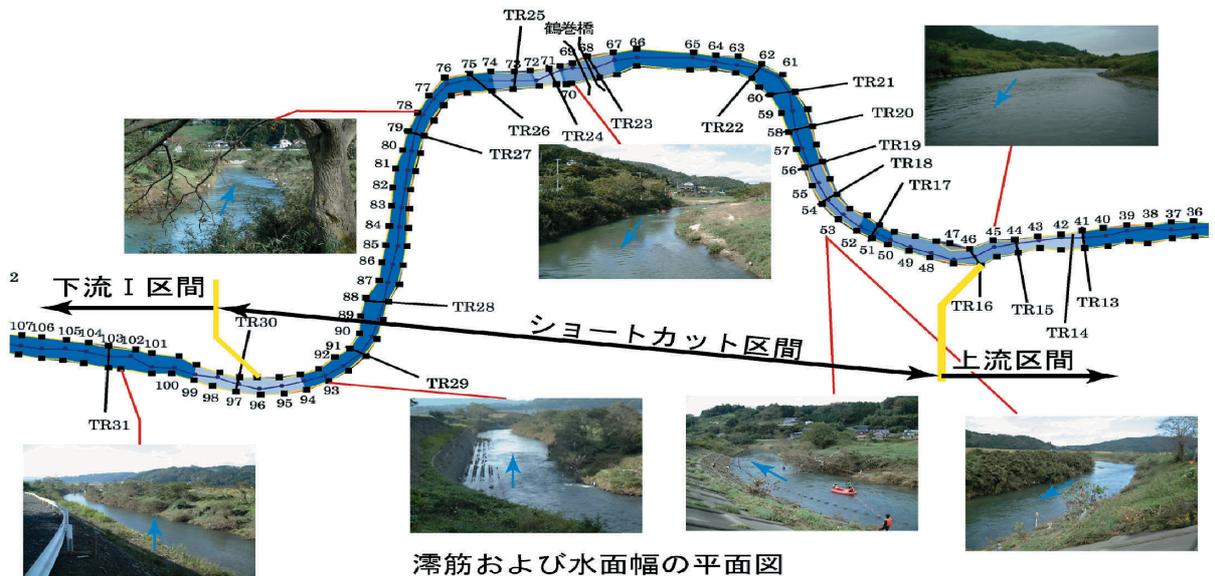


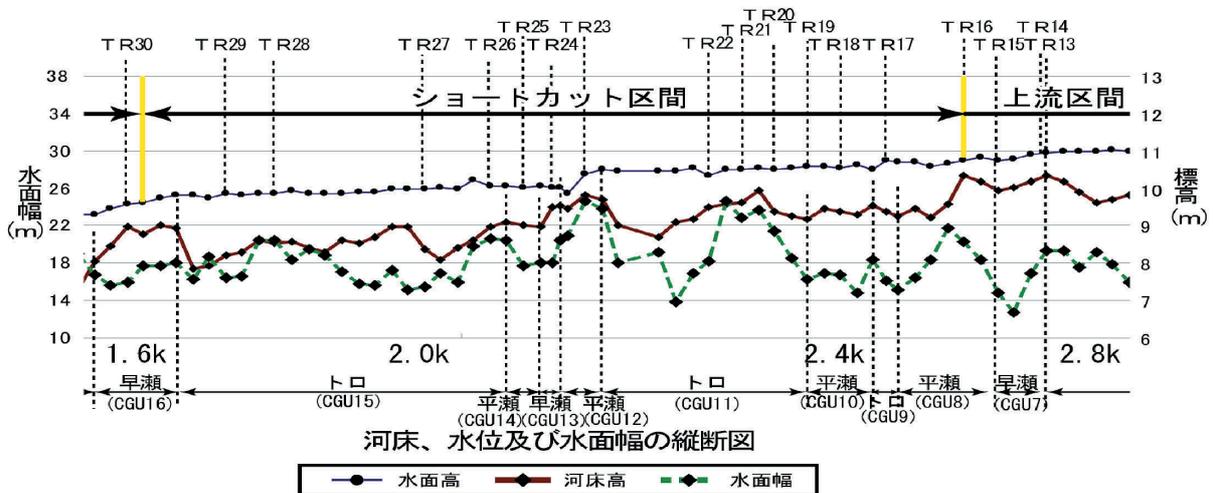
図-7 現況のハビタット区分

また、各ハビタットと水面勾配の関係を調べたところ、早瀬と平瀬は1/450、平瀬とトロは1/1,500がハビタットを区分する境界値であり、水面勾配がハビタットを区分する指標の一つとして考えられる。（図-9）

今回流水域における流速測定は実施しなかった



滞筋および水面幅の平面図



調査日：H14.9.30、H14.10.9～11

図-8 流水域調査結果

め、流水域調査で得られた横断形状を用いて不等流計算を実施した。計算結果は現況の水面形をほぼ再現し、各ハビタットの流速を概括的に把握する方法として微地形調査結果の活用が可能であることが解った。

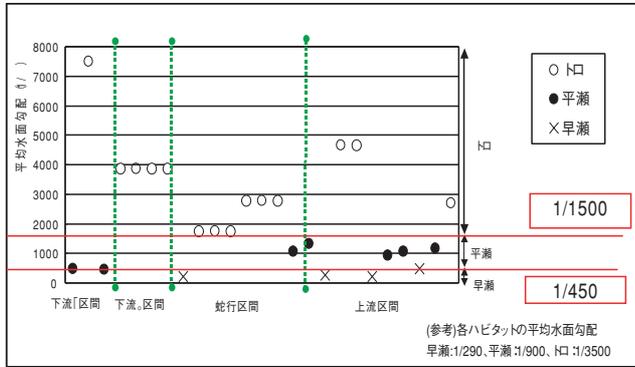


図-9 ハビタット区分と水面勾配

(2) 水際域調査結果

代表区間における左右岸の水深10cm、20cmの幅を示す。(図-10) 代表区間として選定したのは下流Ⅱ区間と蛇行区間下流部であり、前者区間は河川改修により拡幅が行われ交互砂州が発達しているが、後者は川幅が狭く砂州の発達は見られない。蛇行区間下流部は10cm、20cmの幅とも全体的に狭く最大でも片岸1m以下となっている。一方、下流Ⅱ区間は水深20cmの領域が5～10mとなる区間が出現している。

よって、浅瀬域の発生は交互砂州の発達と関係しており、交互砂州が流水域だけでなく水際域のハビタットの分布と構造にも深く関わると考えることができる。

そこで、一般に交互砂州の発生を支配するパラメーターの一つである B/H (川幅水深比: 平均年最大流量370m³/s 流下時の水面幅 B と平均水深 H との比率) と河岸浅瀬域の分布との関係に着目した。(図-11) なお、ここでは浅瀬域の長さも B/H は横断調査を実施した地点において算定している。

その結果、浅瀬域の長さの最大値と B/H は正の相

関があることが示され、B/H は水際部のハビタットの浅瀬域の分布を示す指標の一つであると考えられる。

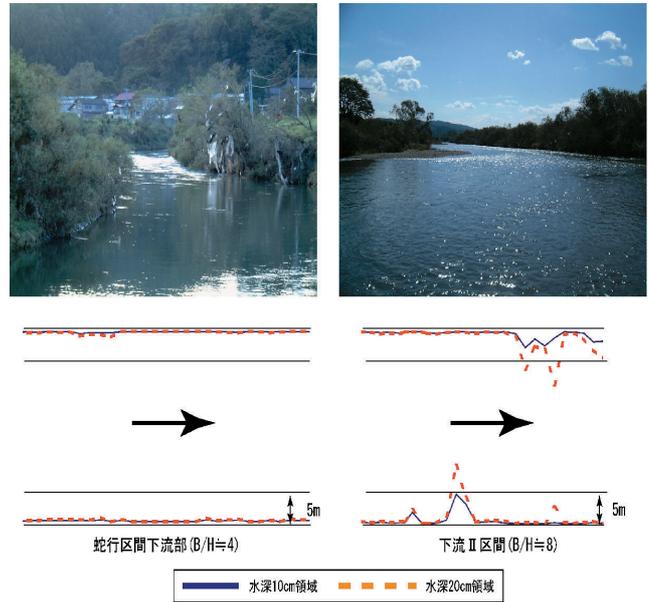


図-10 代表区間水際域調査

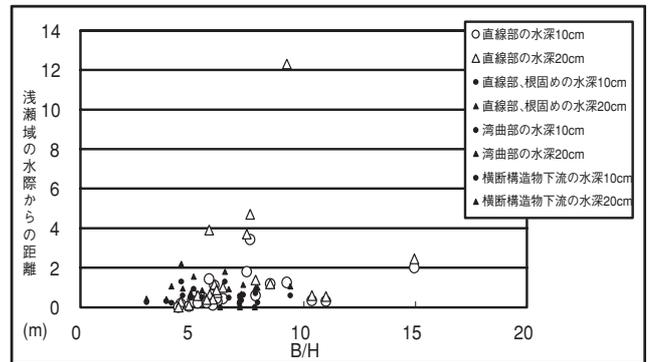


図-11 河岸浅瀬域と B/H

ここで、現況の環境の状態 (環境ポテンシャル) をレーダーチャートの形で示す。レーダーチャートは各要素の構成を表現することができ、その形を比較することにより視覚的に河川環境の状態を把握することができる。(図-12)

上流区間と蛇行区間の形状はよく類似しており、ほぼ同様の環境が形成されているものと考えられる。また、河畔林の張出しや B/H は下流区間で大きくなっている。

ここで、瀬淵の面積比は、それぞれ各区間ごとの合計面積を100%とし、それぞれのハビタットタイプの占める割合とし、河畔林の張出し長比は、現況における河畔林の張出し長 (区間平均) の全調査範囲の平均値 (1.32m) を100%とした比率、B/H (川幅水深比)

比は現況における全調査範囲の B/H の平均値 (6.85) を100%とした比率とする。

物理環境指標	上流区間	蛇行区間	下流 I 区間	下流 II 区間	
瀬淵の面積 (m ²)	早瀬	2,016.59	1,114.49	997.81	0.00
	平瀬	4,369.35	4,693.92	0.00	7,921.83
	トロ	8,946.75	12,062.74	9,279.42	5,368.98
河畔林の張出し長 (区間平均)	1.01	1.10	1.51	2.04	
B/H(区間平均)	5.94	5.93	7.84	10.08	

物理環境指標	上流区間	蛇行区間	下流 I 区間	下流 II 区間	
瀬淵の面積比 (%)	早瀬	13.15	6.24	9.71	0.00
	平瀬	28.50	26.27	0.00	59.60
	トロ	58.35	67.50	90.29	40.40
河畔林の張出し長比 (%)	76.81	83.61	114.02	154.74	
B/H比 (%)	86.67	86.53	114.46	147.09	

図-12 (1) 現況の環境ポテンシャル

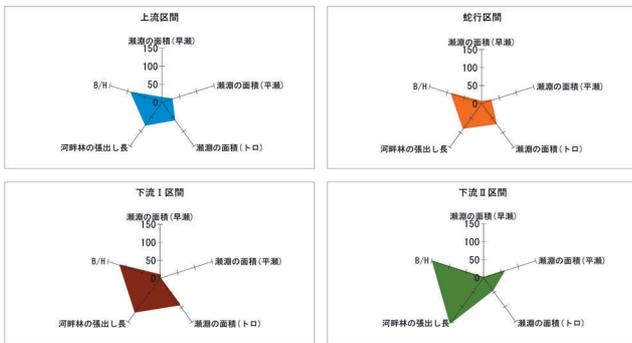


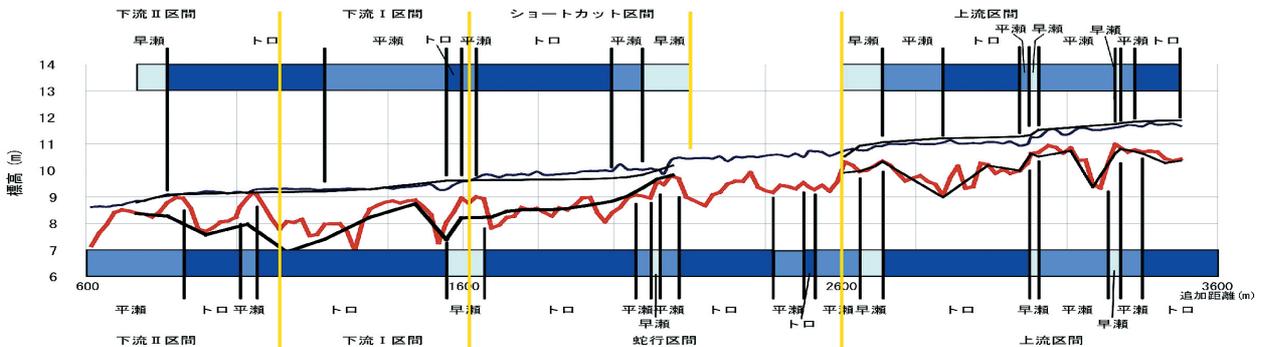
図-12 (2) 現況の環境ポテンシャル

3-2 ショートカット後のハビタット予測

(1) ハビタット区分の予測

蛇行部をショートカットした場合のハビタット予測は、二次元河床変動計算で得られた河床変動量と微地形調査結果とを組み合わせた不等流計算から推定した。先に示した水面勾配とハビタット区分との関係を

<ショートカット後予測>



<現況>

— 現地調査時(実測)の最深河床高 — 現地調査時(実測)の水位 — ショートカット後の最深河床高 — ショートカット後の計算水位

図-13 ショートカット後のハビタット分布予測

用いてハビタットの分布を予測した。(図-13)

ショートカット後の河道の環境ポテンシャルは、現況の環境ポテンシャルと同様にレーダーチャート上に整理を行う。(図-14)

物理環境指標	上流区間	ショートカット	下流 I 区間	下流 II 区間	
瀬淵の面積 (m ²)	早瀬	6,982.98	2,208.00	0.00	6,363.20
	平瀬	5,159.19	3,153.20	6,520.23	0.00
	トロ	4,351.76	10,497.40	5,095.55	6,226.89
河畔林の張出し長 (区間平均)	1.01	0.00	1.51	2.04	
B/H(区間平均)	6.76	14.66	7.80	9.90	

物理環境指標	上流区間	ショートカット	下流 I 区間	下流 II 区間	
瀬淵の面積比 (%)	早瀬	42.34	13.92	0.00	50.54
	平瀬	31.28	19.88	56.13	0.00
	トロ	26.38	66.19	43.87	49.46
河畔林の張出し長比 (%)	76.81	0.00	114.02	154.74	
B/H比 (%)	68.18	147.81	78.63	99.77	

図-14 (1) ショートカット後の環境ポテンシャル

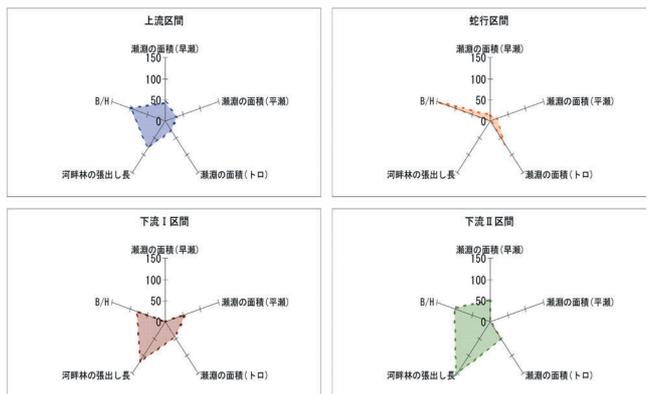


図-14 (2) ショートカット後の環境ポテンシャル

いずれの区間もグラフ形状は大きく変化しており、上流区間では早瀬域が増加、トロが減少し、ショートカット区間は新たに出現する区間であるが、B/Hが

極端に大きくなっているのが特徴であり、攪乱状態によっては、河岸の浅瀬域の創出が期待される。また、改変後暫くは河畔林の生育は考えられないため（植栽を行わない場合）、河畔林のカバーはまったくない状態となる。水域のハビタットについては、瀬とトロの構成では現況とほぼ同程度の水準が確保されるものと推測される。下流区間では、区間Ⅰで平瀬の分布が大きくなっており、生息環境の多様性は向上しているものと考えられる。

(2) 生物分布の予測

ショートカットの改変による環境の変化予測は前項において環境ポテンシャルの変化状況として示したとおりである。この環境ポテンシャルの変化に伴い、生物の生息空間であるハビタットも変化することになる。環境ポテンシャルの変化を砂鉄川の代表魚類の分布変化と関連付けることにより、生物分布の変化を予測することとした。(図-15)

○ 成魚について

ショートカット区間は現況蛇行区間に比べて早瀬の割合が増大しトロは大きな変化がないことから比較的流れのある流水域を主な生息環境とするウグイ、オイ

カワ、アユなどの種が増加するものと考えられる。また、平瀬域は減少するものの、トロの割合は大きく変化していることから、いずれの種も生息数が減少することはないものと推測される。

○ 稚仔魚について

稚仔魚は、河岸の浅瀬域が重要な生息環境であるが、ショートカット後はB/Hが6.85程度（現況5.93）となり、浅瀬域が出現すると考えられるB/H=6を上回る水準となる事から浅瀬域の分布も広がり、稚仔魚にとって好適な環境が創出されるものに推測される。

4. おわりに

本検討で河道内微地形の調査から魚類のハビタットとして重要な早瀬・平瀬・トロ・淵と、稚仔魚のハビタットとして重要な低水深・低流速域（浅瀬域）の分布と構造の把握を行った。また、今回対象とした3kmに近い区間延長に対して10名程度の調査員が4日間程度の日数で調査を完了していることを考えると、低コストで生息環境をある程度評価できる可能性を示した。さらに、微地形調査結果と不等流計算を組み合わせることにより各ハビタットの流速変化についてもある程度推定できることが解った。

一方、本調査においては、生物の生息状況を一般的な知見を基に行ったが、砂鉄川における具体的な生息分布については不明確なことが多く、今後、微地形調査とあわせ生物の生息状況調査を実施するとともに、他の同様の河川で調査を実施し、当該区間の河道特性と併せて相対比較を行う必要があるだろう。

謝辞

本研究は、現地調査や分析手法等でご指導をいただいた、独立行政法人土木研究所自然共生研究センターの千葉武生氏並びに力山基氏、多大なるご支援とご協力を頂いた東北地方整備局岩手工事事務所の関係者の方々、調査・解析に協力いただいたパシフィックコンサルタンツ（株）の関係者の方々の努力を多とするものである。

【ショートカット区間】

生育・生息環境	成魚（各代表魚の重み係数は捕獲個体数による）				稚仔魚	産卵場
	瀬 (早瀬+平瀬)	緩流域 (トロ)	ハビタット変動傾向	河畔林		
現況	32.5%	67.5%		1.10	5.93	2
ショートカット後	33.8%	66.2%		0.00	14.66	1
改変後の倍率	1.04	0.98		0.00	2.47	0.50
雑食性	アブラハヤ	0.886	0.114	→	103	×
	ウグイ	0.485	0.515	→	101	
	オイカワ	0.570	0.430	→	101	
	トウヨシノボリ	0.960	0.040	→	104	
草食性	アユ	0.429	0.571	→	101	
肉食性	ギバチ	0.215	0.785	→	99	
評価	・ほとんど変わらない ・河畔林は時間の経過によって増加してくるものと考えられるが、初期の段階では影響する。				浅瀬域の増加が想定される	箇所数としては減少する

【調査区間全体】

生育・生息環境	成魚（各代表魚の重み係数は捕獲個体数による）				稚仔魚	産卵場
	瀬 (早瀬+平瀬)	緩流域 (トロ)	ハビタット変動傾向	河畔林		
現況	37.2%	62.8%		1.32	6.85	5
ショートカット後	53.7%	46.3%		1.26	9.92	3
改変後の倍率	1.44	0.74		0.95	1.45	0.60
雑食性	アブラハヤ	0.886	0.114	↑	136	
	ウグイ	0.485	0.515	→	108	
	オイカワ	0.570	0.430	↑	114	
	トウヨシノボリ	0.960	0.040	↑	142	
草食性	アユ	0.429	0.571	→	104	
肉食性	ギバチ	0.215	0.785	↓	89	
評価	・瀬を主な活動領域にしている魚種が増えるため、全体としては生息環境は改善される。				浅瀬域の増加が想定される	箇所数としては減少する

図-15 代表魚類の変化予測