

# 砂鉄川ショートカット区間における 水辺域修復工法の導入効果

EFFECTS OF THE SHORELINE REHABILITATION WORKS ON THE SHORT-CUT STRAIGHTENING CHANNEL IN SATETSU RIVER, JAPAN

佐川志朗<sup>1</sup>・萱場祐一<sup>2</sup>・田代喬<sup>3</sup>・真田誠至<sup>4</sup>・根岸淳二郎<sup>5</sup>

Shiro SAGAWA, Yuichi KAYABA, Takashi TASHIRO, Seiji SANADA and Junjiro NEGISHI

<sup>1</sup>農博 独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター 研究員  
(〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地)

<sup>2</sup>正会員 工博 独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター 上席研究員

<sup>3</sup>正会員 工博 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

<sup>4</sup>正会員 工博 独立行政法人土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター 専門研究員

<sup>5</sup>自然地理博 北海道大学大学院地球環境科学研究院 GCOE 特任助教  
(〒060-0810 札幌市北区北10条西5丁目)

We developed and implemented new shoreline rehabilitation techniques in the short-cut channel of the Satetsu River of the Kitakami River system in Japan. The river channel in the altered section had been straightened, causing habitat degradation only in the shore areas, which are indicated as biodiversity loss of the fish assemblage structure, steep bank slope, fast-flowing water and a monotonous riverbed. In order to restore this river section, we reduced the flow velocity by installing a group of wooden piles and we created gaps and slow-flowing backwaters by installing stone groynes. Within a year of completing the project, we confirmed that the fish diversity was similar to that in the natural sections of the Satetsu River. In addition to the restoration of the physical environment, the retention of woody debris and fine particulate organic matter and the establishment of the macroinvertebrate community in the rehabilitation area, are factors that contributed to a relatively rapid recovery of the fish community system.

**Key Words :** Bank protection, boulder habitat, lateral rehabilitation, wood-stake structure,

## 1. はじめに

河川改修に伴う流路の直線化は、瀬や淵を消失させ、縦横断形状が単調で流速が一樣な河道を出現させる<sup>1),2)</sup>。本来自然河道が有する多様な水深および流速分布は水生生物の生息に寄与しており、河道の直線化による環境の一樣化は、水生生物の生息種を制限し、現存量、密度、種多様性等を減少させる<sup>3),4)</sup>。我が国においても、直線区間の環境は自然区と比較すると、瀬、淵の連続構造の分化が不明瞭であり、単一魚種が優占する単調な魚類群集構造を示したことが報告されている<sup>5)</sup>。しかしながらこれらの報告は河川上流域での事例であり、中-下流域における研究報告は少ない。さらに、対象とした空間スケールは河道区間スケール(瀬や淵)以上であり、それ

よりも小さい空間スケールを対象として河道の直線化の評価を行った研究も少ない。直線河道において効果、効率的(部分的)にリハビリテーションを行うためには、既研究よりさらに小さな空間スケールにおいて環境劣化程度を把握する必要がある。

河道直線化による環境劣化の改善策として、近年、国内外において大きな空間スケールで河川を再蛇行化させる試みが行われており、河道環境の複雑化、定着生物の多様化等の成果をあげている<sup>6),7),8)</sup>。また一方で、土地的、予算的制約がある場所では、直線河道のまま部分的に工法を付加させることにより多様な環境要素を創出する試みが古くから試されており、諸外国ではその対応工法がマニュアル化されている<sup>9),10)</sup>。各工法に対する水生生物への定量評価事例は国内外で多く報告されているが<sup>11)</sup>、物理環境構造や単一動物群についての一視点からの

報告が多く、それらを含有しかつ生物群集および餌資源にまで目を向けた評価研究はみられない。

本研究は、河川中流域における河道の直線化の影響を水際および河道中央部といった小さな空間スケール単位で把握し、環境劣化部分を改善するために開発した新たなリハビリテーション工法（修復工法）を、物理環境構造、魚類群集構造、河床堆積有機物および底生動物といった多視点からの評価を行ったので、ここに報告する。

## 2. 方法

本研究の調査方法は修復工法導入前後で異なる（表-1）。従って各区間の評価については、事前事後の比較はせず、事前、事後それぞれで対照区間とショートカット区間を比較することを原則とした。

### (1) 調査地

調査河川の砂鉄川は北上川の支流であり、延長46Km、流域面積375Km<sup>2</sup>を有する一級河川である。ショートカット区間（以降、「カット」と記載）は北上川の合流点から約2Km上流に位置する（図-1）。本区間の低水路横断面は台形状に成形され、河床と高水敷の比高差が大きい。また、瀬と淵が不明瞭で平瀬が卓越する。一方、対照区間（以降、「対照」と記載）は、2004年と2006年では設置場所が異なるものの、いずれの対照も平均河床勾配は1/600とカットと類似する。カットとの相違点は、水面幅が20-30mと広く、高水敷との比高差が小さく、瀬と淵が比較的明瞭であることが挙げられる。

### (2) 改修の経緯

カットは治水対策として2003年3月に延長約1Km、平均河床勾配1/885が、延長約600m、勾配1/500にショートカットされることにより出現した。その後、2004年秋の出水により右岸側低水路法面の洗掘被災をうけたため、環境に配慮した修復工法として、カゴマットに覆土を施したもの（カゴ覆土区：以降、「カゴ覆」と記載）および、木杭と碎石水制を複合させたもの（木杭と水制区：以降、「木杭水制」と記載）の2工法が考案、採用された（図-2；2006年3月完成）。後者については径150mmの松杭と中間径300mmの巨碎石を用いて、著者らが事務所と協働で考案したものであり、開発のコンセプトとしては、水際部における低流速域の創出と河床材料の多様化、および巨礫設置による間隙環境の創出である（「ショートカット河道の魚類群集構造の規定要因」項参照）。特に、10cm/sec以下の低流速域を広く創出するために、木杭群密度、設置幅、設置場所を変化させて水理計算を試行し（田代ほか 未発表）、最適パターンを抽出した<sup>12)</sup>。

### (3) 調査時期

表-1 各区間における調査地点数と方法

	修復工法導入前	修復工法導入後	
	ショートカット区間	ショートカット区間	対照区間
水際部	<b>【調査地点数:3】</b> 1調査地点にコードラート(1m×5m)を2箇所設置。 <b>【魚類確認方法】</b> コドラートを網で仕切り、電気ショッカーで範囲内の魚類を全数捕獲。 <b>【物理環境測定方法】</b> コドラート内に格子状、等間隔に設けた9測点で測定。	<b>【調査地点数:3】</b> (カゴ覆土区) <b>【調査地点数:3】</b> (木杭と水制区) 1調査地点にコードラート(2m×10m)を2箇所設置。    1調査地点にコードラート(2m×10m)を2箇所設置。    1調査地点にコードラート(2m×10m)を1箇所設置。	<b>【調査地点数:3】</b> 1調査地点にコードラート(3m×3m)を1箇所設置。 <b>【魚類確認方法】</b> 潜水観察により、範囲内の生息魚類を記録する。 <b>【物理環境測定方法】</b> コドラート内に格子状、等間隔に設けた9測点で測定。
河道中央部	<b>【調査地点数:3】</b> 1調査地点にコードラート(3m×3m)を1箇所設置。 <b>【魚類確認方法】</b> 潜水観察により、範囲内の生息魚類を記録する。 <b>【物理環境測定方法】</b> コドラート内に格子状、等間隔に設けた9測点で測定。	調査せず  調査せず  調査せず	調査せず

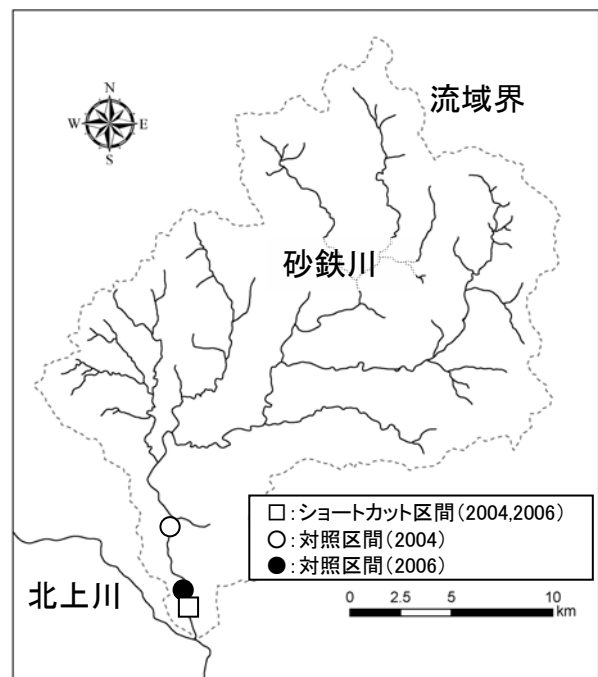


図-1 調査区間の位置と環境状況

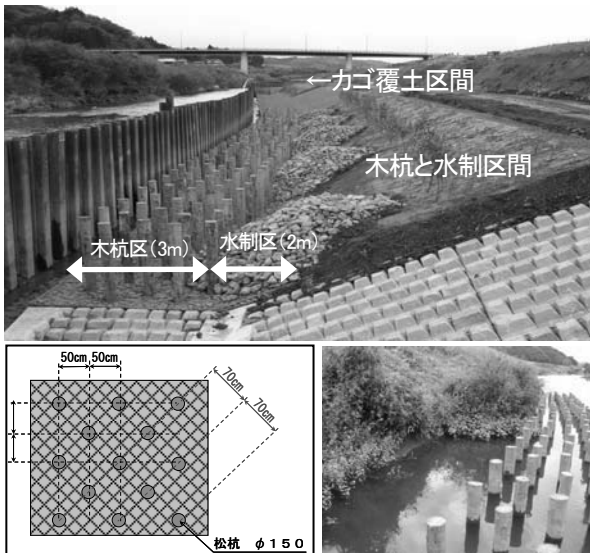


図-2 修復工法導入状況

カットの評価のための調査（修復工法導入前調査：魚類調査と物理環境調査）を2004年7月、8月および10月の3回実施した。修復工法の評価のための調査（修復工法導入後調査：魚類調査と物理環境調査）を、工法導入後5ヶ月以上経過した2006年8月と10月の2回、有機物および底生動物の調査を2008年8月に1回実施した。

#### (4) 調査方法

##### a) 修復工法導入前調査（ショートカット区間の評価）

カットと対照において、それぞれ3調査地点（河道区間）を設定した（表-1）。各調査地点の水際部に、1m（横断）×5m（縦断）のサイズを2コドラート、河道中央部に1コドラート（3m×3m）を設けて、前者は捕獲により、後者は潜水観察により生息魚類を把握した。物理環境の測定箇所はコドラートに設定した9測点において、水深および水深の6割深度部の流速を測定するとともに、測点の周囲1m方形範囲に被覆優占する河床材料を粒径により目視判定した。材料区分は、粘土（軟岩）、シルト（<0.062mm）、砂（<2.00mm）、小・中礫（<64mm）、大礫（<256mm）、巨礫（>256mm）とした。

##### b) 修復工法導入後調査（修復工法の評価）

カゴ覆、対照の水際部において、それぞれ3調査地点を設定し、各地点に1コドラート（2m×10m）を設けた（表-1）。木杭水制の水際部でも3調査地点を設けたが、木杭環境と水制環境の幅が5mあることを勘案して（図-2）、各地点において両環境にコドラートを設けた。魚類調査は除去法を採用し、解析ソフトCPTUREを用いて個体数密度を推定した。物理環境の測定箇所はコドラートに設定した30測点において、前項と同様に行った。

##### c) 有機物および底生動物調査（修復工法の評価）

前項で設定したコドラート内に小コドラート（25cm×25cm）を設定して、表層より4cm深度の堆積物をサー

バーネットで採取した。サンプルは実態顕微鏡下で底生動物をソート、カウントするとともに、残ったサンプルの強熱減量を有機物（小）量（CPOM以下のサイズの微細有機物）とした。また、各調査区間の水際部に、幅5m、縦断距離20mの踏査範囲を設定し、長さ20cm以上の倒流木（＝有機物（大））を計数した。枝を直径5cm以下、倒木を直径5cm以上と定義し、長さおよび直径の計測値から総材積を算出した。

#### (5) データ解析

物理環境測定で得られたデータを用いて、コドラートごとに、水際部の河岸勾配および河床材料区分ごとの被覆率を算出した。魚類の捕獲データを用いて、修復工法導入前においては、調査地点ごとに設けた全コドラート（水際部2箇所、河道中央部1箇所）の捕獲および潜水目視魚類の累積値（個体/19m<sup>2</sup>）を解析に供した。工法導入後においては、各調査地点における1コドラート（個体/20m<sup>2</sup>）あたりの個体数密度を算出して解析に供した。統計解析は、区間と調査月の2要因を二元に配置したデザインを用いた。河岸勾配、水深および流速については繰り返しのある、河床材料の区分ごとの被覆率については繰り返しのない分散分析を行った。調査地点ごとの魚類個体数密度を用いて、要因間の群集構造を比較するために、Bray-Curtis類似度指数行列に基づく非計量的多次元尺度構成法（NMDS）および類似度行列分析（ANOSIM）、非加重群平均方式のクラスター分析をおこなった。さらに、群集構造の差異に寄与している種を検出するため、優占種（各区間の全確認個体数の90%までを占める上位確認種）を対象に、類似度百分率分析（SIMPER）をおこなった。底生動物個体数および有機物（小）については3区間で一元配置分散分析を行った。解析にあたっては、データの正規性および等分散性を確保するために、魚類個体数および底生動物個体数は平方根変換、河岸勾配と河床材料は逆正弦変換、その他については対数変換を行った。分散分析後の単純主効果および交互作用検定にはTukey-Kramer法を用いた。

### 3. 結果と考察

#### (1) ショートカット河道の環境劣化箇所

河道の直線化による流速や河道形状の短調化は、河道単位スケールでの現象として報告されているが<sup>1),2)</sup>、本研究では水際と河道中央部というより小さい空間スケールでの影響検出を試みた。分散分析の結果、要因による主効果のみが検出され、カットは対照よりも河岸勾配が急で、水際部の流速が大きいことが明らかとなった（表-2）。また、水際部の河床材料は露出した粘土軟岩が多く、小礫-中礫が有意に少なかった。しかし一方で、河道中央部ではすべての物理環境項目で相違はみられな

表-2 物理環境の比較 (修復工法導入前)

		ショートカット区間			対照区間		
		7月	8月	10月	7月	8月	10月
水際部	河岸勾配 (%)	46±23	35±16	48±24	36±14	30±14	41±19
	水深 (cm)	26±25	20±19	33±23	19±18	17±15	23±22
	流速 (cm/sec)	14±14	15±19	21±20	12±20	9±9	14±15
	河床材料 (%)						
	粘土	33	17	33	0	0	0
シルト	0	17	0	0	0	0	
砂	50	50	50	67	57	67	
小礫-中礫	6	17	0	17	26	17	
大礫	11	0	0	17	17	17	
巨礫	0	0	17*	0	0	0	
河道中央部	水深 (cm)	77±19	65±34	71±37	61±11	60±16	84±17
	流速 (cm/sec)	82±14	61±16	75±20	89±36	78±38	66±39
	河床材料 (%)						
	粘土	0	0	0	0	0	0
	シルト	0	0	0	0	0	0
砂	33	0	0	33	33	0	
小礫-中礫	67	100	100	33	33	100	
大礫	0	0	0	0	0	0	
巨礫	0	0	0	33	33	0	

†: 区間で有意な差がみられた環境要因: 0.01<†<0.05, 0.001<††<0.01, †††<0.001  
\*: 河岸侵食の一時的対策として入れられた土壌を巨礫として扱った。

かった。以上より、本ショートカット事業は、水際部の物理環境構造を顕著に改変したことが示唆される。従って、本直線河道のリハビリテーションにおいては、水際部に対策を講じることが最も効果的であり、それにより河道全体の多様性も増加することが考えられる。

(2) ショートカット河道の魚類群集構造の規定要因

魚類調査では全調査を通じて、18種類の魚類が確認された(付録-1)。NMDSの結果、カットと対照の魚類群集構造は有意に異なり(図-3, 表-3), 両区間で7以上の高い非類似度を示した種としては、アブラハヤ、コイ科稚魚、スナヤツメ(幼生)およびウグイの4種が該当した(図-4)。これらの種の生息密度はカットの方が低く、スナヤツメ(幼生)およびカマツカはカットでは確認されなかった。また、調査月ごとの総個体数と種数に着目すると、カットでは調査月ごとにばらつきがあり、特に8月では、30m<sup>2</sup>あたり2種24個体と魚類相が極端に貧弱であった(付録-1)。しかし、対照は7-10月をとおして種数6-7種、個体数73-414個体と多くの魚類が確認された。以上のように、カットは対照よりも魚類相が貧弱で時間的にも不安定であり、生息種の生息場所特性を考慮すると、その要因としては、前項に記載した物理環境構造の差異に起因していることが考えられる。すなわち、カットでは低流速域が少ないことにより、小型魚類であるアブラハヤやコイ科の稚魚が定着できず、河床に粘土軟岩が露出しており、礫材料が少ないことにより、河床に依存するスナヤツメ(幼生)やカマツカが定着できなかったことが推測され、水際部における低流速域の創出と河床材料の多様化はこれらの魚種の定着に寄与することが考えられる。また調査区間の魚類相違の特徴として、カットでは唯一10月にギバチ(環境省のレッドリスト絶滅危惧II類)が確認されたことが挙げられる(付録-1)。ギバチは河岸の侵食箇所にて10月に応急的に設置した複数の土嚢の隙間で11個体が確認されたものであり、表-2の巨礫の17%は土嚢を意味する。カット水際部は粘土軟岩が露出しており、本種の隠れ家となる隙間が形成される巨礫が存在しない。また、対照も大礫はあるものの巨礫

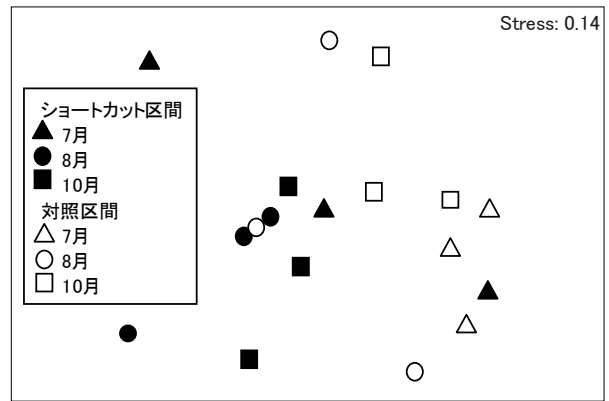


図-3 NMDS散布図 (修復工法導入前)

表-3 二元配置ANOSIMの結果 (修復工法導入前)

グループ	R値	有意確率 %
ショートカット区間, 対照区間	0.222	1.7
8月, 7月	0.370	1.0
8月, 10月	0.333	4.0
7月, 10月	0.259	8.0

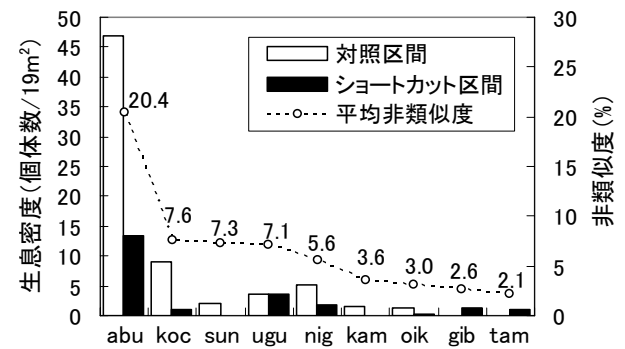


図-4 SIMPERの結果: 優占種の区間別生息密度と非類似度の平均値 (修復工法導入前): アルファベット略名は付録-1参照

表-4 物理環境の比較 (修復工法導入後)

		ショートカット区間				対照区間	
		カコ覆土区間		木杭と水制区間		8月	10月
		8月	10月	8月	10月	8月	10月
水際部	河岸勾配 (%)	46±1 <sup>a</sup>	44±3 <sup>ab</sup>	39±3 <sup>bc</sup>	35±8 <sup>cd</sup>	40±4 <sup>bc</sup>	28±11 <sup>e</sup>
	水深 (cm)	29±25	26±21	25±20	20±21	24±23	30±21
	流速 (cm/sec)	16±7 <sup>ab</sup>	20±8 <sup>a</sup>	6±5 <sup>d</sup>	6±6 <sup>d</sup>	6±5 <sup>d</sup>	13±12 <sup>bc</sup>
	河床材料 (%)						
	粘土	0	0	0	0	0	0
シルト	2	0	40	14	28	2	
砂	2	46	31	45	52	63	
小礫-中礫	76	54	2	2	0	25	
大礫	20	0	12	2	2	6	
巨礫	0	0	14	37	19	4	

†: 有意な交互作用がみられた環境要因: 0.01<†<0.05, 0.001<††<0.01  
数値右肩のアルファベットが違う場合は有意な差があることを示す。

の存在は認められない。以上より巨礫による間隙が本種の生息場所として機能していることが考えられる。さらに土嚢箇所における本種の定着経過を鑑みると、人工的な巨礫投入は本種の定着に即効果を与えられらる。

(3) 修復工法ごとの物理環境構造の差異

水際部の物理環境因子について分散分析を行った結果、河岸勾配と流速の2因子について有意な差が確認された

(表-4) . 両因子とも、8月には木杭水制および対照には差がなく、両区間ともカゴ覆より有意に小さかった。また、10月には木杭水制および対照はカゴ覆より有意に小さかった。すなわち、木杭水制は対照と遜色ないほど河岸勾配および流速が小さいのに対して、カゴ覆は導入前と変わらず勾配および流速が大きいことを示している。一方、河床材料には3区間で有意差が検出されず、両修復工法区間とも対照と類似した底質組成を示した。特筆点としては、両修復工法とも修復前に露呈していた粘土軟岩はみられず、また、水制部の巨碎石により巨礫の割合が増加したことがあげられる。また、カゴ覆では小中礫の被覆度が卓越した。これは、フトンカゴ内の栗石の隙間が流下運搬土砂のトラップ機能を有したことに起因する。以上より、両修復工法とも河床材料の改善には効果があったが、流速と河岸勾配の低減には木杭水制のみが効果的であり、総じて、木杭水制が水際部の物理環境構造の修復に効果的であったと判断される。

#### (4) 修復工法ごとの魚類群集構造の特長と規定要因

解析の結果、3区間の魚類群集構造は有意に異なった(図-5, 表-5)。非類似度をみると、カゴ覆と対照、カゴ覆と木杭水制との間で数値が高い(7以上の)種が多かったのに対して、対照と木杭水制との間では該当種はタモロコ1種に留まった(図-6)。以上のカゴ覆と他2区間の群集相違は付録-1からも伺え、カゴ覆は他2区間よりも確認種数が5種以下、生息密度が16個体/30m<sup>2</sup>以下と極端に貧弱であった。工法導入後にカゴ覆では河床材料の改善は認められたものの、流速や河岸勾配には効果が認められていない(前項)。従って、流速および河岸材料の条件が相違の規定要因となっていることが考えられ、河床材料の改善だけでは魚類群集の復元効果が得られない可能性を示唆する。一方、対照と木杭水制の間にも群集構造の差異が確認されたが(表-5)、これには調査月間の群集多様性の類似性が起因していることが考えられる。クラスター分析の結果からは、対照の調査地点は8月の1調査地を除き1つのクラスター(Cra-4, 図-7)にまとまっており、Cra-4には木杭水制の10月も内包されている。これらの調査地区の確認種数は8種以上、生息密度は70.5個体/30m<sup>2</sup>以上と大きく、工法導入前にはみられなかったスナヤツメ(幼生)やギバチも出現した(付録-1)。一方、木杭水制の8月は違うクラスターに内包され(Cra-3)、種数や個体数密度はCra-4より小さかった。すなわち、対照は空間的、時間的に群集構造が安定していたのに対して、木杭水制は時間的に不安定だったことがANOSIM有意差検出の背景に存在する。木杭水制では10月になって対照と類似する群集多様性を持つに至ったが、8月が貧弱だった要因としては工事後間もないために、復元の遷移途中だった可能性が考えられる。

#### (5) 有機物と底生動物量の魚類群集への寄与

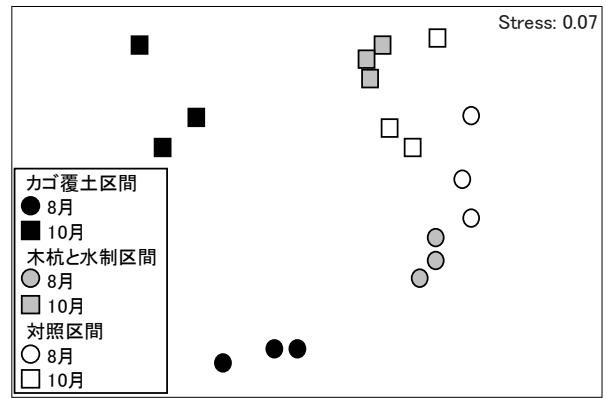


図-5 NMDS散布図(修復工法導入後)

表-5 二元配置ANOSIMの結果(修復工法導入後)

グループ	R値	有意確率 %
対照区間, 木杭と水制区間	0.556	1.0
対照区間, カゴ覆土区間	1.000	1.0
木杭と水制区間, カゴ覆土区間	1.000	1.0
8月, 10月	0.753	0.2

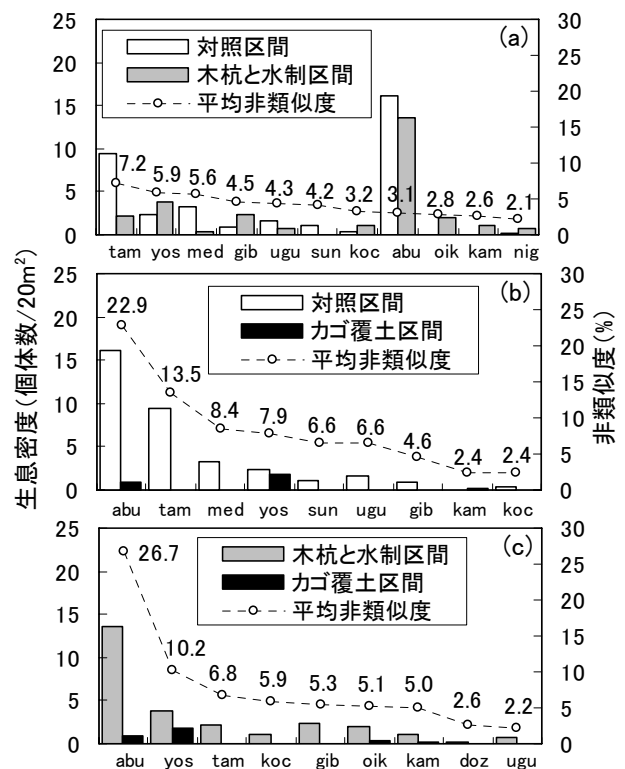


図-6 SIMPERの結果: 優占種の区間別生息密度と非類似度の平均値(修復工法導入後): アルファベット略名は付録-1参照

底生動物の個体数には有意差はみられなかったものの木杭水制が多かった(表-6)。また、有機物(小)は木杭水制がカゴ覆よりも有意に多く、有機物(大)の量も木杭水制が突出した。水制区のワンド状の水域(図-2)においては微細有機物、木杭群においては倒木の貯留効果が顕著に確認され、それに伴い底生動物も定着した可能性がある。底生動物や有機物(小)は魚類の餌資源と

して機能し、有機物（大）の存在は魚類の好適な隠れ場所を提供する。従って、木杭水制における魚類群集多様性の向上は、物理環境の改善の他、餌環境および避難場所の増加にも起因している可能性がある。

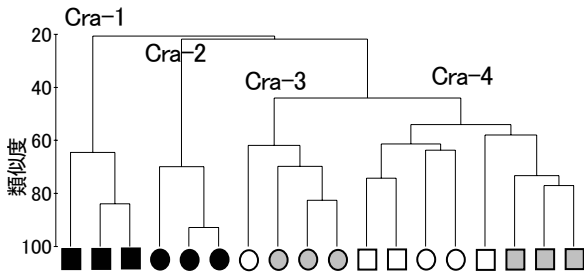


図-7 Bray-Curtis類似度によるクラスター分析

表-6 有機物および底生動物の比較（修復工法導入後）

	カゴ覆土区間	木杭と水制区間	対照区間
底生動物(個体/1000cm <sup>3</sup> )	20±12	25±12	18±9
有機物(小):強熱減量(g/1000cm <sup>3</sup> ) <sup>†</sup>	1.01±0.53 <sup>b</sup>	2.53±0.76 <sup>a</sup>	3.24±1.00 <sup>a</sup>
有機物(大)(本/100m <sup>2</sup> )			
枝	1	130	11
倒木	0	21	1
総材積(m <sup>3</sup> )	0.00	0.52	0.12

†:区間で有意な差がみられた環境要因:0.001<付<0.01  
数値右肩のアルファベットが違ふ場合は有意な差があることを示す。

#### 4. おわりに

本研究では、新たに開発した木杭水制が水際部の物理環境構造を改善し、有機物の堆積や底生動物の定着を促し、これらの変化が魚類群集構造を多様にしたと考えられた。しかし本研究では、すべての因子調査を同時に行っておらず、各因子間の寄与度や因果関係を明確にするまでには至っていない。また、2007年に当地で実施した調査では、木杭表面に付着した藻類のクロロフィルaの値は河床礫に付着した値より大きいことが確認されている（佐川 未発表）。今後は、多因子を含めた調査、解析デザインによる研究を行い、各因果関係を明確にすると共に、対象河川の河道特性に併せた、効果、効率的なりハビタレーション工法を検討する必要がある。

謝辞：現地調査およびデータとりまとめの際には、秋野淳一氏（共和コンクリート（株））、青木繁幸氏（岐阜県岐阜土木事務所）、大森徹治氏（中部地方整備局木曾川上流河川事務所）、宮下哲也氏（刈谷市建設部）に多大な御協力をいただいた。また、岩手河川国道事務所の職員諸氏には現場での工事施工に至るまで終始御協力をいただいた、ここに記して深謝の意を表す。

#### 付録-1 区間別時期別の捕獲魚類の密度

略名	種名	修復前				修復後											
		ショートカット区間		対照区間		ショートカット区間		カゴ覆土区		木杭と水制区		対照区間					
		7月	8月	10月	7月	8月	10月	8月	10月	8月	10月	8月	10月				
ayu	アユ				(3)	(3)							0.3				
sun	スナヤツメ(幼生)				5	9	4							0.3	4.5	2.5	
oik	オイカフ			2			12			2.0				11.5			
abu	アブラハヤ	100	6	15	314	13	95	4.0	1.0	37.3	43.8	39.0	58.0				
ugu	ウグイ	5	18	9	13	4(1)	7(7)										
tam	タモロコ	1		8		1				0.5	0.8	12.8	10.5	46.5			
kam	カマツカ						13			1.5				6.8			
nig	ニゴイ	17			44	2								4.8			1.5
koc	コイ科稚魚	9		1	38	44						1.8	4.5	2.0			
doz	ドジョウ	1					1				0.5	0.3		0.5			
gib	ギバチ			11								13.8	1.5	4.0			
med	メダカ	2										1.8	10.5	9.5			
yos	ヨシノボリ属	1		1			4		11.0			22.8	14.5				
num	ヌマチチブ			1													
una	ウナギ												0.3				
mot	モツゴ																0.5
tan	タナゴ																1.0
uki	ウキゴリ																0.5
総個体数		136	24	48	414(3)	73(4)	136(7)	4.0	16.0	40.5	127.0	70.5	146.0				
種数		8	2	8	6	7	7	1	5	5	13	8	11				

数値：水際部の密度(個体/30m<sup>2</sup>)。○数値：河道中央部の密度(個体/27m<sup>2</sup>)

#### 参考文献

- 1) Takahashi, G. and Higashi, S.: Effect of channel alteration on fish habitat, *Jap. J. Limnol.*, Vol.45, pp.178-186, 1984.
- 2) Brookes, A.: *Channelized rivers -Perspective for environmental management*, John Wiley & Sons Press, Chichester, 326pp, 1988.
- 3) Elser, A.A.: Fish populations of a trout stream in relation to major habitat zones and channel alterations, *Trans. Am. Fish. Soc.*, Vol.97, pp.389-397, 1968.
- 4) Swales, S.: Environmental effects of river channel works used in land drainage improvement, *J. Environ. Manage.*, Vol.14, pp.103-126, 1982.
- 5) 中野繁, 井上幹生: 河道の直線化改修がサクラマス幼魚の微生息場所に与える影響, 魚と卵, No.164, pp.23-32, 1995.
- 6) Kern, K.: Restoration of lowland rivers: the German experience, *Lowland Floodplain Rivers*, Carling, P.A. and Petts, G.E. eds., John Wiley and Sons Press, Chichester, pp.279-297, 1992.
- 7) Toth, L.A., Obeyseker, J.T.B., Perkins, W.A. and Loftin, M.K.: Flow regulation and restoration of Florida's Kissimmee River, *Regul. Rivers Res. Manage.*, Vol.8, pp.155-166, 1993.
- 8) 河口洋一, 中村太士, 萱場祐一: 標津川下流域で行った試験的な川の再蛇行化に伴う魚類と生息環境の変化, 応用生態工学, No.7, pp.187-199, 2005.
- 9) Gore, J.A., Bryant, F.L., and Crawford, D.J.: River and stream restoration, *Rehabilitating damaged ecosystems*, Cairns, J. eds., Lewis Publishers Press, Boca Raton, pp.245-275, 1995.
- 10) RRC: *Manual of River Restoration Techniques*, [http://www.therrc.co.uk/trc\\_manual.php](http://www.therrc.co.uk/trc_manual.php), River Restoration Centre Press, UK, 1999.
- 11) 佐川志朗, 中村太士: 河川改修と魚類の保全, 「野生生物保護の事典」, 朝倉書店, 2010.
- 12) 佐川志朗, 萱場祐一: 木杭群による水際部修復の試みとその効果~北上川水系砂鉄川への適用事例~, 土木技術資料, No.50(10), pp53-54, 2008.

(2010. 4. 8受付)