

# 砂防溪流における河床状況と水生生物の生息環境との関係

栢木敏仁 はしのき としひろ  
 (財)砂防・地すべり技術センター  
 総合防災部 課長代理

## 1 はじめに

近年、公共事業において自然環境との調和が一つのテーマとなり、事業ごとに、いかに事業目的と自然環境とを調和させていくかの検討がなされている。地域を土砂災害から守るとともに地域の活性化を支援する砂防事業も例外でなく、溪流や山腹における砂防工事において自然環境との調和を図ってきたところである。

一方で、砂防事業が対象とする山地の渓流域においては、これまで国土交通省が実施している溪流環境影響調査による自然生態系の調査結果以外に資料が少なく、とくに1回の出水やそれに伴う土砂移動現象による水環境への影響についての資料がきわめて少ない。山地溪流はその特性である急勾配でかつ出水頻度が高いという水理条件を有しているため、より詳細な水環境への影響の実態把握は必要不可欠となっている。

本研究では、山地溪流の河床状況と河川生態系、とくに魚類の生息環境との関係を明確にすることにより、今後の砂防事業として実施すべき対策を示すことを目的

とする。本稿では愛媛県重信川流域における砂防施設配置区間と自然河道区間において、魚類に着目して、生物の生息状況と場の情報(物理環境・水量・植生等)を定量的・定性的に関連づけるため調査・分析を実施したので報告する。本稿は当センター自主研究として平成16年度から平成18年度の3カ年実施した結果の一部をとりまとめたものである。

なお、調査期間における山之内観測所(重信川流域内)の最大日雨量は156mm、最大時間雨量は49mm/hr、表川観測所(表川流域内)の最大日雨量は182mm、最大時間雨量は40mm/hrであった。この期間内では河床が大きく変動するような土砂流出は見られなかった。

## 2 調査範囲及び調査内容

### 1 ……調査範囲

調査流域は、砂防施設の有無による違いを比較するために、自然河道区間として愛媛県重信川流域上流域(以下、「重信川」という)を、砂防施設配置区間として表川支川井内川(以下、「井内川」という)を選定した。図-1に調査対象流域および調査位置を示す。

調査箇所調査対象区間下流端までの重信川流域面積は約30km<sup>2</sup>、井内川流域面積は約16km<sup>2</sup>である。調査区間は重信川でA～C区間、井内川でD～F区間の3区間ずつ設定した。また、それぞれの区間において、調査対象となる淵(または浅い淵状の区間)を各々2～7地点(合計31地点)を選定し、それらの直上流の瀬(早瀬・平瀬)と併せて調査地点を選定した。表-1には調査区間の概要を示し、図-2には調査地点イメージを示す。

### 2 ……調査実施日及び調査内容

調査は表-2に示すとおり、2005年12月、2006年6月、

図-2 調査地点イメージ

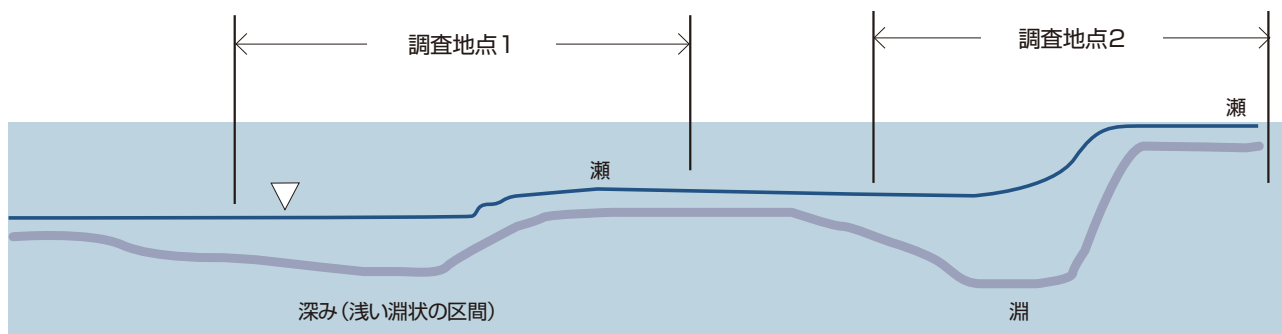


図-1 調査対象流域及び調査位置

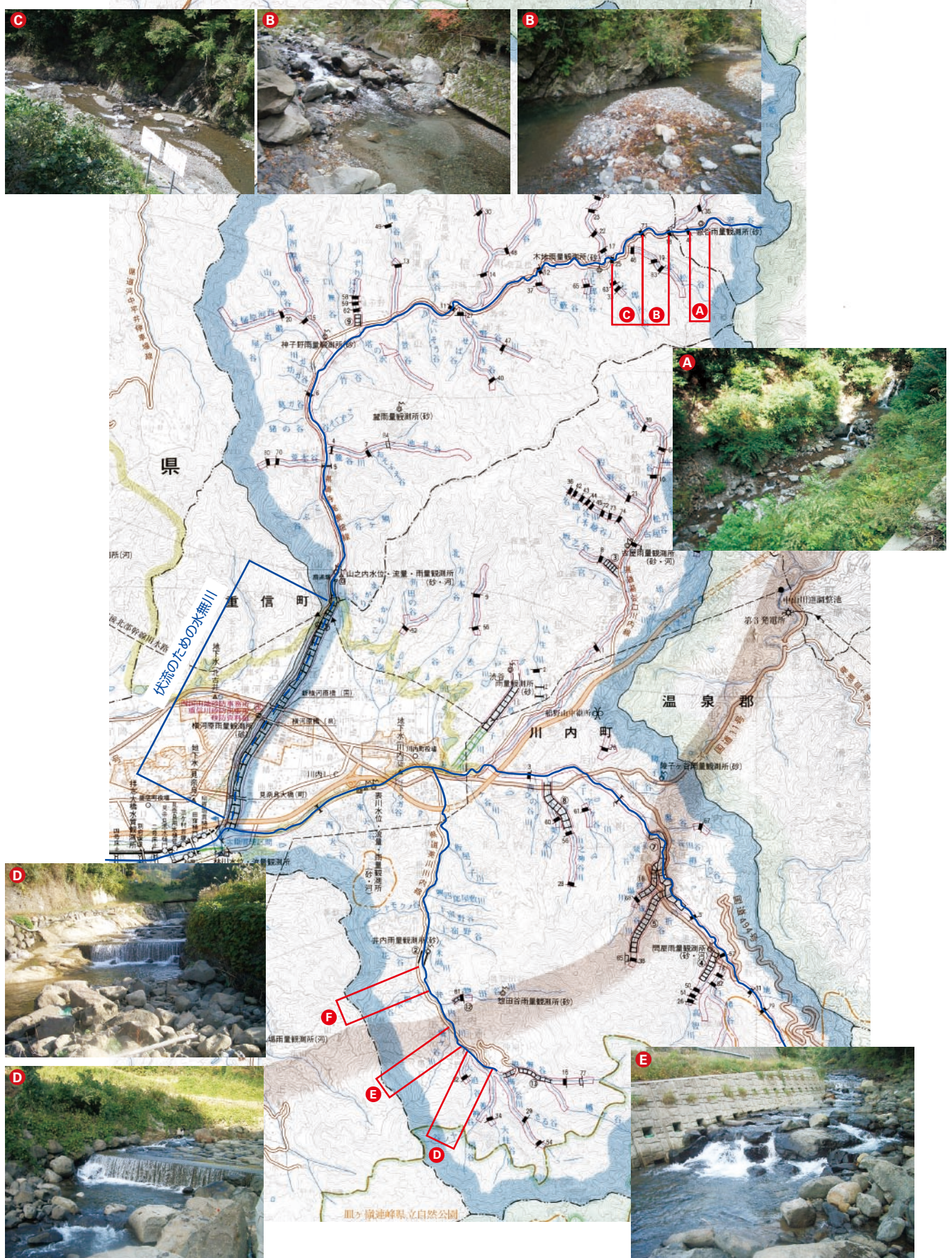


表-1 調査区間の概要

区間	調査地点数	構造物の有無	連続性	川幅等	土地利用	流れの概況
A	4	区間内に横断構造物はなく、護岸もない	区間内の魚類の移動は十分に可能であるが、区間下流端に大規模な砂防えん堤があり、下流からの移動はない	川幅 5m~8m  代表粒径 30mm~100mm	峡谷の谷底を流れている	急勾配で比較的瀬と淵が明確であり、谷底を流れ兩岸は山地斜面が迫っており、平地部が少ない区間で比較的自然的要素が残されている。しかし、川幅は他区間よりも狭く、伏流のため水量も少ない
B	8	区間内に横断工作物はなく、護岸もない	区間内の魚類の移動は十分に可能であるが、上流端および下流端に大規模な砂防えん堤があり、他区間との連続性はなく、下流側の淵はえん堤の影響で砂礫が堆積している	川幅 5m~12m  代表粒径 20mm~100mm	峡谷の谷底を流れている	上流部は明確な瀬・淵が見られ、比較的自然な要素が残されている。下流部は重信川第2号えん堤上流の堆積土砂の中を伏流しながら流れており明確な瀬・淵はあまり見られない
C	5	区間内に横断工作物はないが、左岸側は一部道路工事のためか護岸がある。また、上流端は砂防えん堤直下流にあたり、護床工がある	区間内は下流側で砂礫が堆積し、淵の規模が小さくなるとともに伏流しており、魚類の生息環境は上流側によっている。上流端、下流端に砂防えん堤があり、他区間との連続性はない	川幅 7m~15m  代表粒径 100mm~200mm	山間地の谷底を流れているが、区間A Bよりも広い	重信川第2号えん堤下流で、河床も人為的改変が見られる箇所があり、流速はあまり大きくない
D	8	落差工・護岸があり、人為的改変があるが、工事実施後比較的新しい	急流であり落差工が連続しているため、小型魚の移動は困難と考えられる。下流端のえん堤により他区間との連続性はない	川幅 7m~20m  代表粒径 200mm~700mm	山間地を流れているが、農地等が見られる	護岸、落差工が連続する区間であるが、河床部には巨石が見られ、渓流保全整備区間のなかでも比較的自然的要素を残し川幅もやや広く河道内にも樹木の繁茂が見られる区間である
E	2	落差工・護岸があり、河床はまだ移動が認められ、遷移中であると考えられる	落差工が連続しているが、落差は小さくなく、区間内の連続性はあるものと考えられる。他区間との連続性はない	川幅 12m~18m  代表粒径 200mm~500mm	周辺は農地である	区間最下流部に落差の大きいえん堤があり上下流の連続性は遮断されている。このえん堤上流部で堆砂しているためか、瀬・淵の明確な判別が困難であり、水深も浅い区間である
F	4	落差工・護岸があり、河床は比較的安定しているように見受けられ、工事実施後十分に時間が経過していると考えられる	落差工が連続しているため、小型魚の移動は困難と考えられる。下流端のえん堤により他区間との連続性はない	川幅 10m~13m  代表粒径 100mm~300mm	周辺は農地である	渓流保全整備区間であり、落差工下流部に淵がみられるが、やや平坦な流れであり、明確な瀬は判別が困難である。一般的な渓流保全整備後の河川の様相を呈している

表-2 調査実施日

調査実施月	調査日	魚類調査
2005年12月調査	12月 5日	重信川(B区間)
	12月 6日	重信川(A区間、C区間)
	12月 7日	重信川(B区間) 井内川(E区間)
	12月 8日	井内川(D区間、F区間)
	12月 9日	井内川(D区間)
2006年6月調査	6月 7日	重信川(B区間、C区間)
	6月 8日	井内川(D区間、E区間)
	6月 9日	井内川(F区間)
2006年11月調査	11月 9日	重信川(B区間、C区間)
	11月10日	井内川(D区間、E区間)
	11月11日	井内川(F区間)



魚類調査時の状況(潜水と観察)

調査箇所のアマゴ

11月の計3回実施した。

物理環境・水理量等調査項目は、各区間において、測量(横断・縦断)、簡易的な平面調査、平常時の川幅・水深・流速、河床材料(目視による最大粒径・代表粒径等)および河床の状況、水温・電気伝導度等である。

魚類調査は各調査地点の淵を対象に潜水観察により

行った。潜水目視によって魚類が確認された場合には、魚種別個体数と体長(5cm間隔のランクで記録)を記録した。観察時間は淵当たり5分程度としたが、淵の規模や魚類密度に応じて適宜調節した。また、潜水後には、測量調査で把握できない淵の最大水深や河床の状態(河床材料やリターの有無)についても測定・記録した。

図-3 アマゴの淵別確認状況

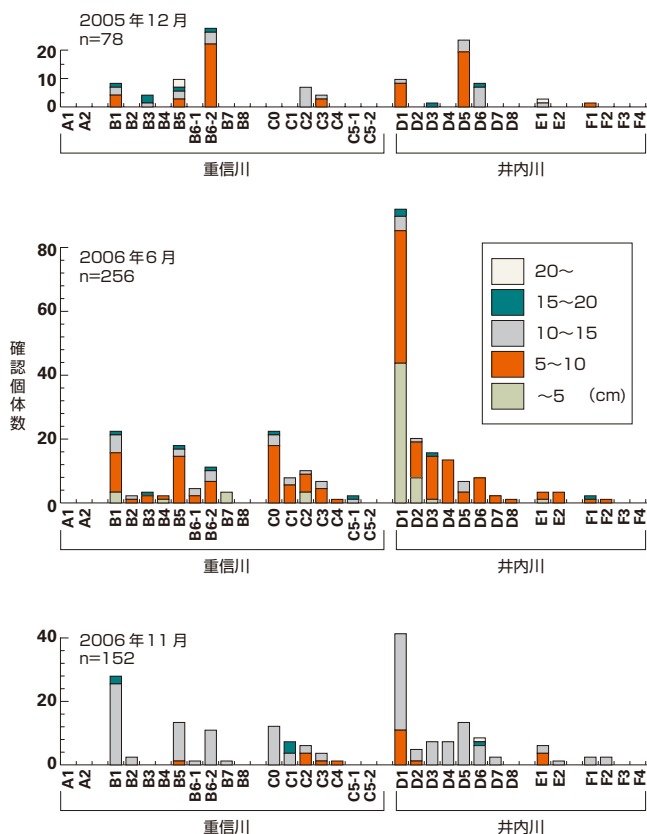
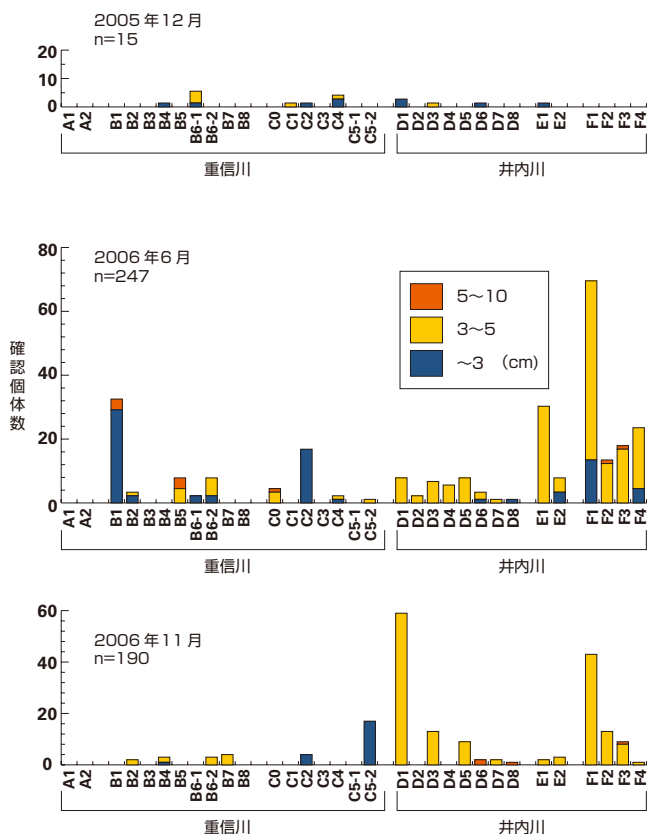


図-4 タカハヤの淵別確認状況



### 3 調査結果

#### 1 ……魚類調査結果

魚類調査の結果、全調査区間を通じて4目4科6種(オイカワ、カワムツ、タカハヤ、アマゴ、カワヨシノボリ、ヒナイドジョウ)の魚類が確認された。確認種のうち、もっとも広域に分布した種はタカハヤで、A～F区間のすべての区間で確認された。同様に、アマゴ、カワヨシノボリの2種も広域に分布する傾向がみられ、A区間を除くすべての区間で確認された。

図-3～5にはアマゴ、タカハヤ、カワヨシノボリの淵別確認状況を示す。アマゴは、6月調査、11月調査では移動障害となる横断工作物直下の淵に高い密度で分布する傾向がみられた。なお、全種とも水温が高く活性の高い6月調査時には大部分の淵に分布していたのに対して、水温が低く活性の低い12月調査時には特定の淵に分布が偏る傾向がみられた。

以上のことから、魚類は季節によって利用する淵を変え、とくに活性の高い時期には淵の形状によらず多様な

図-5 カワヨシノボリの淵別確認状況

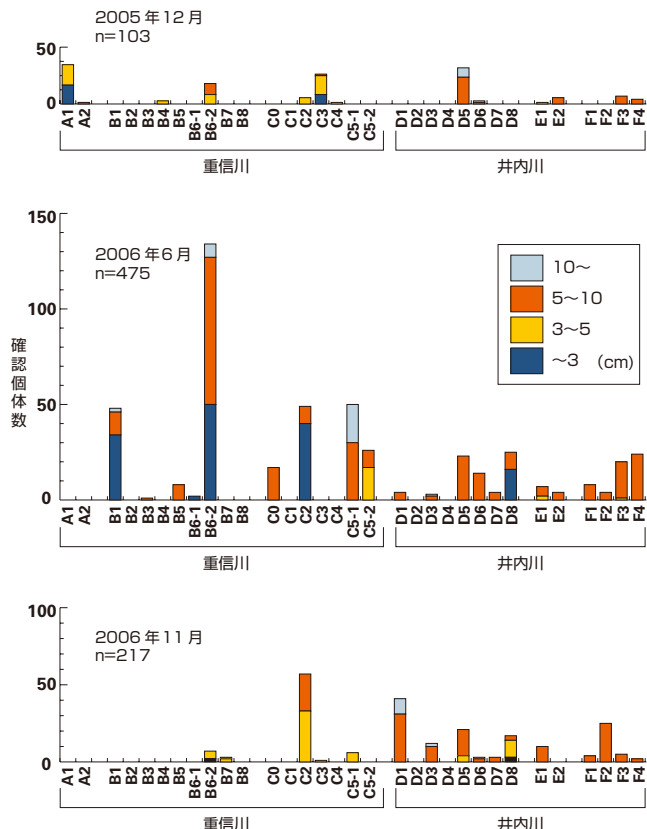
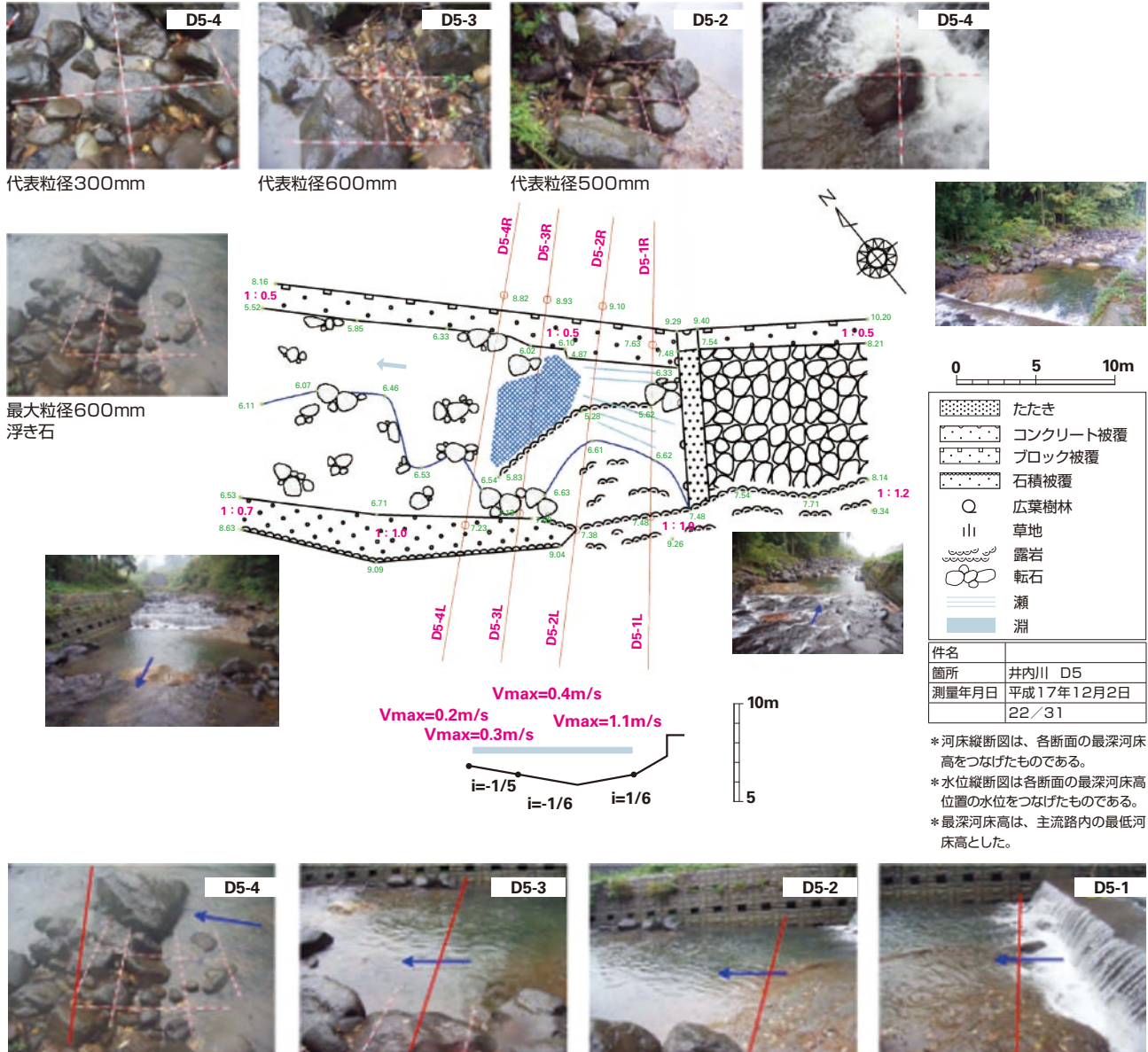


図-6 調査区間D5における流況平面図



淵を利用し、活性の低い時期には特定の淵を選好して利用していると考えられた。また、アマゴについては活性の高い時期には横断工作物による移動障害が、分布の制限要因となっていると考えられた。

2 ……環境要因結果

魚類調査と併せて工作物の有無、護岸の有無、河床材料、安定性(はまり石、浮き石などの河床の安定性)淵の形態、水中カバー(淵中における間隙の状況)の状況を調査した。また、別途実施した測量調査により流量、流速、水深、淵の長さ、水面幅、面積、体積、を計測した図-6。

また、淵の形態を表す指標として淵尻の傾斜角を算定

した。これらの12項目は、魚類(とくにアマゴ)の生息に関係する環境要素である可能性が高いため、各淵のアマゴの生息に関する環境要因として整理した。

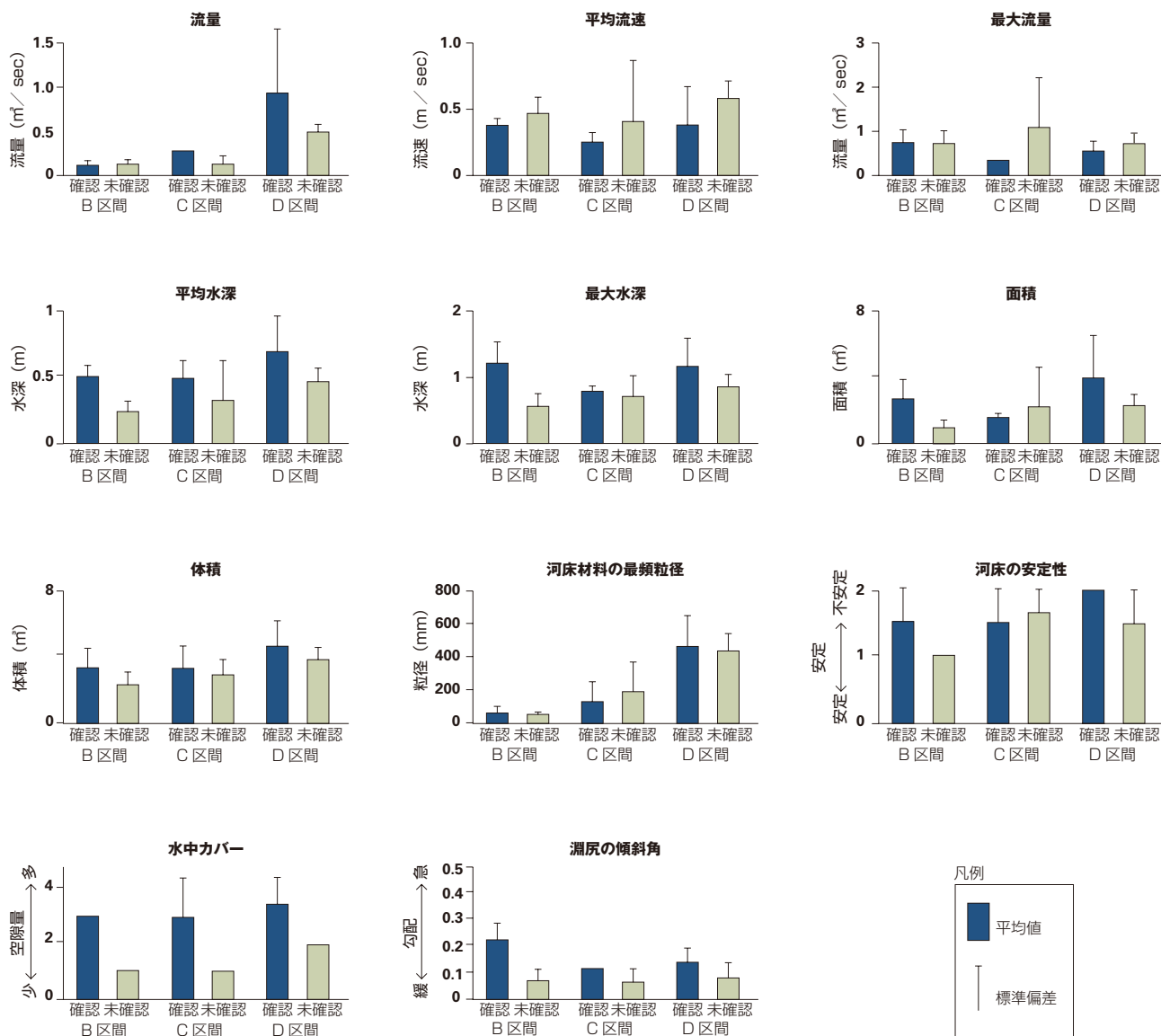
なお、水質(水温・濁度・溶存酸素量・pH・BOD・T-N・T-P・有機物)についても2007年6月と2007年10月に調査を実施したが、各区間、各淵ではほぼ同じ値を示したため、当該区間においてはアマゴの生息を左右する環境要因の対象外とした。

4 考察

1 ……単回帰分析

アマゴの生息個体数に対する物理環境要因の関係を

図-7 12月調査時におけるアマゴの確認された淵と確認されなかった淵の物理環境要因の比較



把握するために、計測した環境要因のうち、流量、最大流速、平均流速、平均水深、最大水深、面積、体積、河床材料、安定性、水中カバー、淵尻の傾斜角の12項目と、アマゴの生息個体数との間で単回帰分析を行った。

その結果、下記の結果が得られた。

- 水中カバーではすべての区間において有意な相関が認められた。
- 一方で、流速、体積、安定性については、いずれの区間も有意な相関は認められなかった。

また、水深、面積、淵尻の傾斜角、代表河床材料については区間によって相関係数の有意性の有無が異なり、アマゴの越冬にとって必要な条件であるか、または区間による物理環境特性の差を反映しているかを判断する

ことはできなかった。

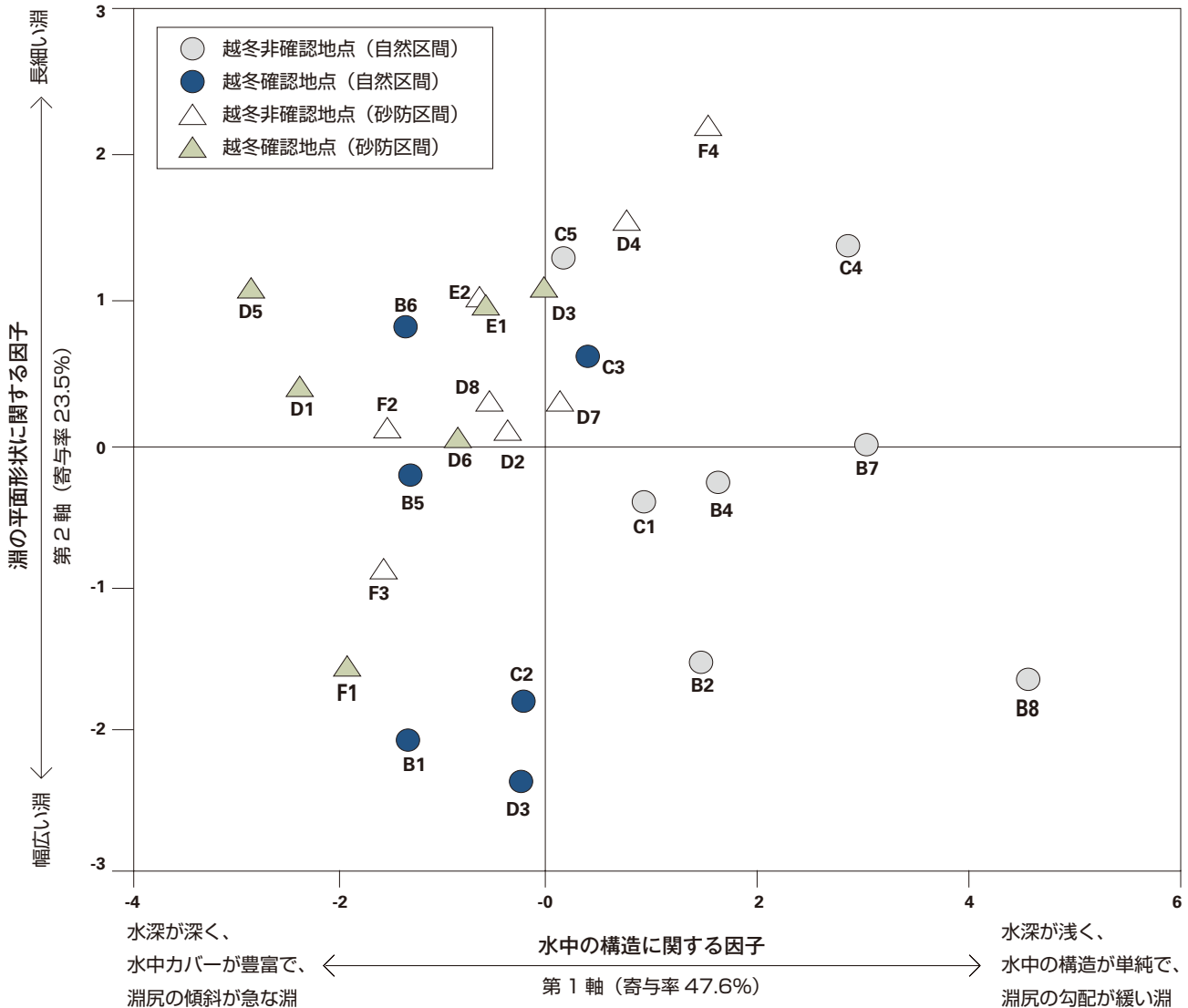
## 2 ……主成分分析

単回帰分析では、アマゴの越冬にとって必要な条件が十分に把握できなかったため、アマゴの越冬に利用している淵としていない淵との差と、区間における環境要因の違いの両方を把握するために、アマゴの確認の有無を因子1、区間を因子2として2元分散分析を行った。なお、分析は正規性および等分散性を満たすために、各要因の実測値を対数変換した値を用いた。

図-7にアマゴの確認の有無による淵の物理環境要因の比較を示す。

分散分析の結果、12月調査時にアマゴが確認された

図-8 主成分分析による各淵の座標付け



淵と、確認されなかった淵とで下記の結果が得られた。

- 最大水深が深い
- 水中カバーが豊富である
- 淵尻の傾斜角が急である
- 面積が大きい

以上のことから、アマゴの越冬条件としては最大水深、水中カバー、淵尻の傾斜角度という「水中の構造に関する要因」と、淵面積という「淵の平面形状に関わる要因」が関与していると考えられた。これらの要因は、いずれの要因も区間との間に交互作用が認められなかったことから、区間によらずアマゴの越冬環境の条件として作用していると考えられた。

なお、横断工作物の有無や護岸の有無については、有意差が認められないため、縦断的な移動障害を除き、ア

マゴの越冬に関しては、これらの要素は関連性が低く溪流保全工の整備そのものが直接的に影響していないと考えられる。

### 3 ……溪流保全工整備区間とアマゴの越冬環境の関係

2元分散分析結果から、これら2つの条件と関連があると考えられる物理環境要因を用いて主成分分析を行い、B～F区間の各淵を座標付けすることによって各淵の特性について整理を行った。なお、主成分分析は「水中の構造」に関わる要因として、最大水深、水中カバー（淵内の礫間や岩盤の裂け目等の水中の間隙）、淵尻の傾斜角、「淵の規模」に関わる要因として面積、水面幅、長さの合計6つの要因を用いて行った。

図-8には主成分分析による各淵の座標付けを示す。寄

与率は第1軸で47.6%、第2軸で23.5%を示し、2軸までで全変動の70%以上が説明された。各序列軸と物理環境要因との関係を見ると、第1軸は「水中の構造」に関するすべての要因と絶対値が0.76以上の強い負の相関がみられたことから、「水深が深く、淵の傾斜が急で、水中カバーが多いほど低い値を示し、逆に水深が浅く淵の構造が単純であるほど高い値を示す軸である」といえる。また、第2軸については「淵の平面形状」に関する要因と比較的高い相関がみられ、とくに淵の長さとの相関、水面幅と負の相関がみられたことから淵の形状に関する因子であるといえる。

アマゴの越冬が確認された淵は第1軸が負の値を示す第2象限、第3象限に偏り、水深が深く、傾斜が急で、水中の河床構造が複雑であることが越冬場としての利用の有無に大きく影響していると考えられた。とくに、単回帰分析、2元分散分析ともアマゴの生息個体数と強い相関がみられた水中カバーについては、潜水観察時にも12月調査時には岩のえぐれの中に多数のアマゴがひそんでいることが観察されていることから、水中の間隙はアマゴの越冬場として非常に重要な物理環境要因であると考えられた。また、第1軸の値と確認個体数の相関を見ると、有意に負の相関がみられ( $R=0.51$ ,  $p<0.01$ )、水深が深く、最深部が複雑な構造の淵ほど多くの個体が越冬環境として利用していると考えられた。

次に、第2軸についてみると、越冬が確認された淵は-2.3~1.0までの広い範囲に分布し、淵の平面形状はアマゴの越冬場の条件として水中構造ほど強く影響してはいないと考えられた。ただし、C4、C5、D4、F4のように大きく正の値を示す淵では、いずれもアマゴの越冬は確認されていない。これらの淵はいずれも落差工直上流や水衝部の堆砂敷に形成されたトロ状の細長い淵であり、こうした平面形状を呈する淵はアマゴの越冬環境としては適さないと考えられた。

また、溪流保全工が連続して設置されているE、F区間の淵についてみると、F2、F3のようにアマゴの越冬環境としての条件を満たしていると考えられる淵においてアマゴが確認されていない淵があった。これは、この区間で潜水目視実施時の確認個体数が少ないことから推測できるように、生息するアマゴの個体数が他の区間と比較して著しく少ないためであると考えられる。

すなわち、E-F区間のように溪流保全工が整備されている区間であっても自然河道区間と同様に越冬環境と

して必要な条件を満たしている淵は存在し、そこで魚類は生息し、魚類にとってその環境は良好である。しかし、落差工による縦断的な移動障害や産卵環境の有無等の他の要因が淵における生息個体数に影響を及ぼす区間であるともいえる。

したがって、自然環境(ここでは魚類に対して)との調和が図れる砂防事業とは防災機能を確保しつつ、越冬環境に必要な条件を満たす淵を形成・維持し、魚道等によって移動障害を取り除くような対応を行うことであると考えられる。

## 5 おわりに

これまでの解析によって得られたアマゴの生息状況にかかわる物理環境要因の特性としてとりまとめると、下記のようなものである。

- 「水中の構造」と「淵の平面形状」の大きく2つの条件を満たしていることが重要
- 水深が深く、傾斜が急で、水中の河床構造が複雑であることが越冬場として適している
- 水中の間隙はアマゴの越冬場として非常に重要な物理環境要因である
- トロ状の平面的に広がった形状の淵はアマゴの越冬環境としては適さない
- 溪流保全工が整備されている区間であっても越冬環境として必要な条件を満たしている淵は存在する

アマゴの越冬に適している淵は、アマゴの生息環境に適する定着しやすい淵としてとらえることができる。溪流保全工の整備区間において、このような淵が形成されることも明らかであった。

今後は、溪流保全工を整備するうえではこのような淵が形成され、かつ消滅しないような対応を行うことが重要であると考えられる。