

河川横断工作物のスリット化が魚類の生息に与える影響(4)

誌名	事業報告書
ISSN	02862166
著者名	加地,弘一
発行元	山梨県水産技術センター
巻/号	35号
掲載ページ	p. 24-33
発行年月	2008年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



河川横断工作物のスリット化が魚類の生息に与える影響Ⅳ

～スリット化3年後の河川環境および水生生物の変化～

加地弘一

渓流域には様々な目的で河川横断工作物（以下、堰堤）が多数設置されている。堰堤の多くは流路を完全に横断するため魚類の移動障壁となることや、土砂の堆積で上流側の環境が平坦化し水生生物の生息空間が減少することが知られている¹²⁾。

移動障害についてはその解決策として魚道が設置されることが多いが、魚道に水が流れない、土砂で閉塞するなどの問題点もある^{3,4)}。一方、上流側の環境の平坦化については魚道設置では解消されない。

近年砂防の分野では、新規に堰堤を構築する場合堤体の一部を切り欠き（以下、スリット）、上下流の連続性を保った堰堤が設置されるようになってきている⁵⁾。また、既設堰堤をスリット化する試みも行われ始めている^{6,7)}。この堰堤のスリット化は砂防機能の回復のみならず、移動障害の解消や土砂排出による生息空間の復元にも役立っていると考えられる。

既設堰堤のスリット化に伴う効果の調査としては、防災上の効果や土砂移動に関する調査、物理面での変化などの調査が見られるが、水生生物に対する効果を検証した調査は今のところあまりない。そこで、既設堰堤をスリット化した河川で、スリット化前後の物理環境と水生生物の変化について長期的にモニタリング調査を実施している^{8,9,10)}。本報では、スリット化されてから3年後の調査について報告する。

調査方法

調査場所および調査時期

調査は、富士川水系の大柳川で行った（図1）。大柳川では、平成8年度から本流との合流点から順次堰堤に魚道を整備する事業が実施されている。平成15年度には、魚道機能と生息環境の復元を目的に、9基目から12基目までの連続する堰堤をスリット化する事業が実施された。

調査は、スリット化される2基の堰堤で挟まれた流程約80mの区間（以下、スリット区間）、魚道もスリットもない2基の堰堤で挟まれた流程約50mの区間（以下、対照区間）で実施した。スリットの形状は下流側堰堤は天端側9.0m、底側2.0m、上流側堰堤は天端側7.2m、底側4.2mで、上下流の河床が連続する深さである（図2）。平成18年5月18日に魚類調査と底生生物調査を、平成18年11月2日に魚類調査と物理環境調査をそれぞれ実施した。

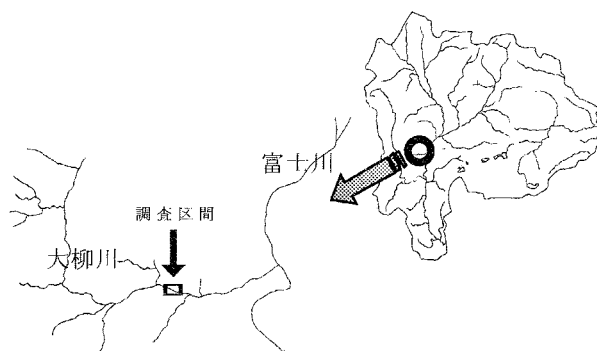


図1 調査河川および調査場所



図2 スリットの形状

物理環境の計測

河川の縦断方向5mごとに、法面と直行する調査ラインを設定した。さらに調査ライン上の流路内に1m間隔に測定点を設けた(図3)。測定点では、水深、流速、底質を計測した。水深は物差しで1cm単位、流速は2成分電磁流速計(ACM200-A、アレック電子株)を用い1cm/sec単位で計測した。なお、流速は調査ライン水平方向がX軸、垂直方向がY軸になるように計測し、調査ラインに対する角度(以下、流向)を求めた。底質は、目視で10段階(シルト、砂、0.5cm、1cm、3cm、5cm、10cm、30cm、50cm、100cm \leq)に区分し、測定点の直下で優占するものを記録した。適宜、平面測量と縦断測量を実施した。測量に際しては、河道内にある長径30cm以上の礫について、浮き石と沈み石の別に平面図上にプロットした。

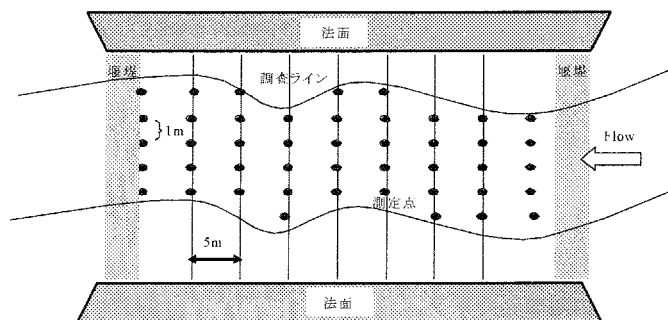


図3 環境測定点の模式図

魚類調査

魚類の採捕には電気ショックカー(エレクトロフィッシャー12A、Smith-Root, Inc.)を用いた。区間内の全域を下流側から上流側へ向かって採捕を行い、採捕した魚類を一時ストックした後再び下流側から上流側へ採捕を行い、合計2回の採捕を実施した(2パス)。採捕した魚類は、魚種別に体長、体重を計測した後に採捕地点付近に放流した。

底生生物調査

底生生物の採集は、区間の下流から均等に分けた4地点の流心で実施した。25cm \times 25cmの方形枠付きサーバーネットを用い、砂礫ごと5%ホルマリンで固定して持ち帰り、後日属レベルの同定を行い、分類群ごとに個体数を計測した。

結果

物理環境特性

両区間の物理環境の測定結果を表1に示した。流速は両区間で有意な差はなかったが、水深はスリット区間で有意に深かった(t-検定、 $p<0.01$)。

底質の頻度分布を図4に示した。スリット区間是对照区間に比べて砂が少なく大型の礫の比率が高かった(χ^2 検定、 $p<0.01$)。

表1 各物理環境要素の測定結果

	対照区間		スリット区間	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
水深(cm)	16.1	11.3	29.5**	22.7
流速(cm/s.)	43.3	31.6	38.4	29.6

** : 有意に大きい($p<0.01$, t-検定)

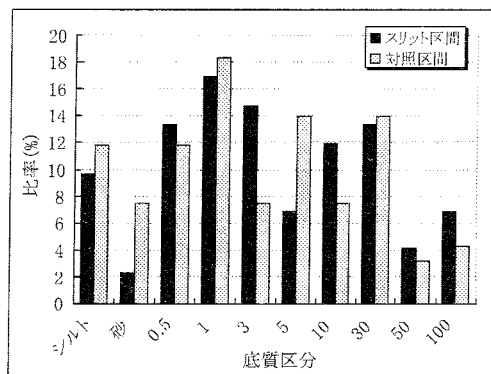


図4 底質頻度分布

両区間の流向の分布を図5に示した。対照区間の流れはほとんどが下流方向に一様であったが、スリット区間では横方向や上流方向の流れが多く見られ流れが複雑であった。特に、対照区間に比べて90度方向の流れが少なく、0度から45度の横方向の流れが多かった（図6）（ χ^2 検定、 $p < 0.01$ ）。

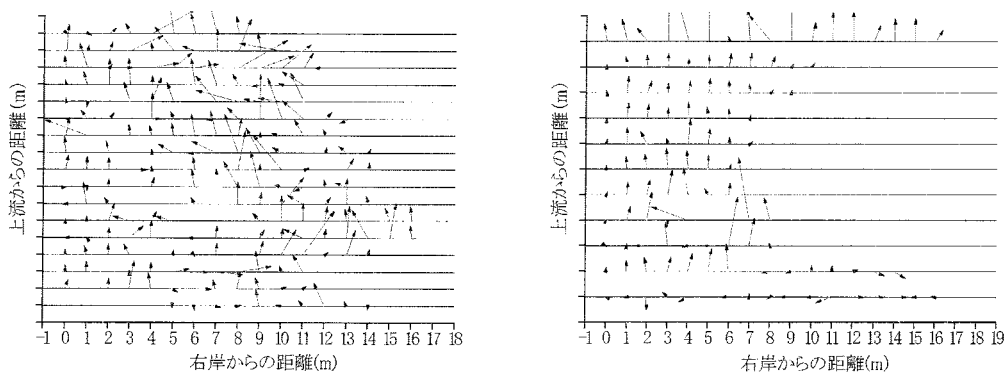


図5 スリット区間（左）と対照区間の流向分布（ベクトルの向きは流向を長さは流速を表す）

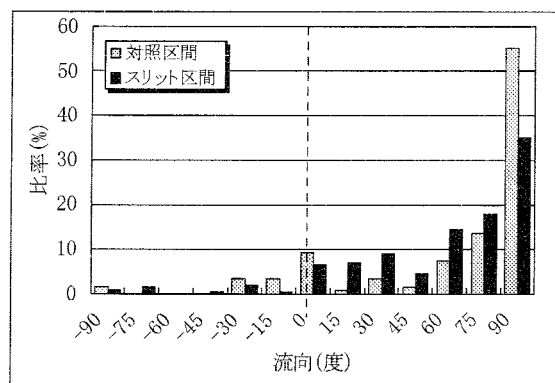


図6 流向分布の頻度分布

採捕された魚類

各調査時に採捕された魚類の採捕数、平均体長、肥満度を表1に示した。なお、体重の計測は11月1日の調査のみ実施した。採捕数は、アマゴ以外の魚種でスリット区間より対照区間で多く採捕された。また、両区間とも最も多く採捕されたのはカジカであった。体長では、5月22日のカジカとヨシノボリ、11月1日のアブラハヤとヨシノボリで両区間に有意差が見られ、いずれもスリット区間で有意に大きかった。11月1日の調査の肥満度では、カジカとアブラハヤで両区間に有意差が見られ、いずれもスリット区間で肥満度が高かった。

図7に、採捕されたカジカの体長組成を示した。5月22日の調査では、スリット区間は対照区間に比べ80mm以上の大型個体の比率が高く小型個体の比率が低かった（ χ^2 独立性検定、 $p < 0.01$ ）。11月1日の調査では、50mm前後の個体の比率と100mm以上の大型の個体の比率が高かった（ χ^2 独立性検定、 $p < 0.01$ ）。

表2 採捕された魚類の測定結果

		5月22日		11月1日	
		スリット区間	対照区間	スリット区間	対照区間
カジカ	採捕数	79	256	148	225
	体長	65.9 **	54.4	52.4	55.2
	肥満度			20.9 *	20.1
アブラハヤ	採捕数	14	77	89	142
	体長	44.0	60.7	79.3 **	64.9
	肥満度			15.8 *	15
ヨシノボリ	採捕数	32	67	25	108
	体長	62.6 **	33.9	47.0 **	41.2
	肥満度			19.9	20
アマゴ	採捕数	9	1	28	4
	体長	61.3	54.0	107.9	116.8
	肥満度			13.2	13.4

*: スリット区間と対照区間を比較して有意に大きい($p < 0.01$, t-検定)
 **: スリット区間と対照区間を比較して有意に大きい($p < 0.05$, t-検定)

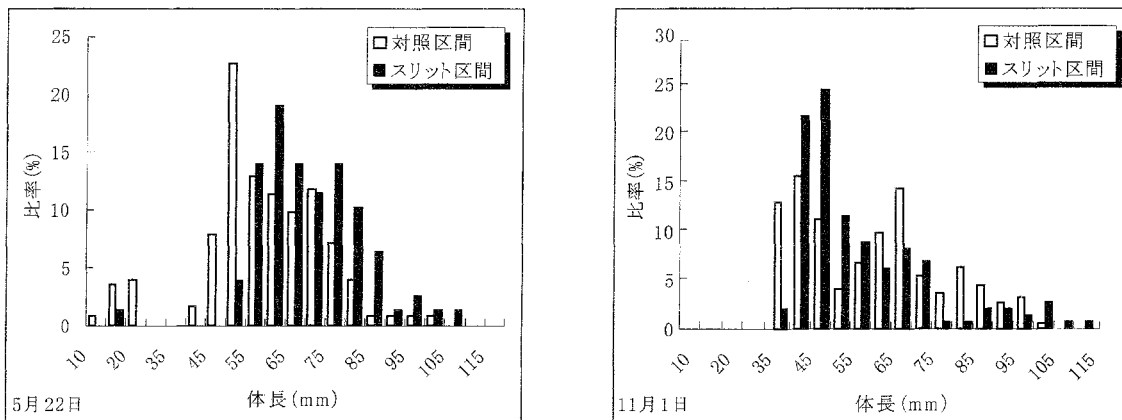


図7 カジカの体長頻度分布

底生生物

底生生物の採集結果を表3に示した。目別に見ると、スリット区間ではカゲロウ目が最も多く、トビケラ目、カワゲラ目、双翅目の順であった(図8)。対照区間では、カゲロウ目が最も多く、カワゲラ目、トビケラ目、双翅目の順であった。

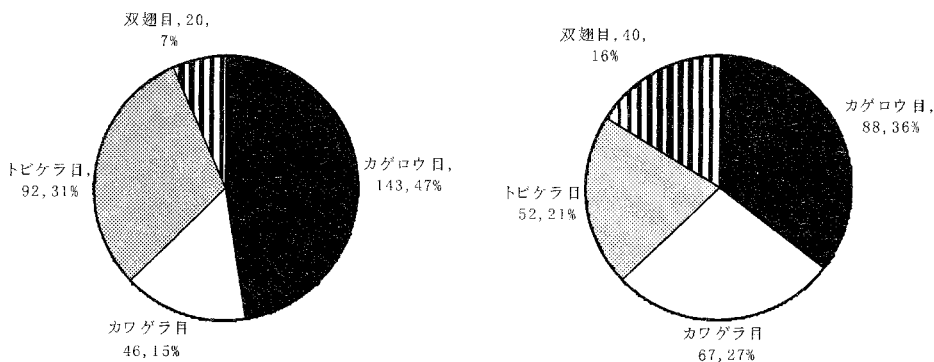


図8 分類群別の底生動物の頻度 (左:スリット区間、右:対照区間)

竹門¹¹⁾に従い採捕された底生動物を生活型に区分した(図9)。スリット区間では対照区間に比べ、掘潜型や匍匐型の頻度が低く、遊泳型や滑行型、造網型の頻度が高かった。竹門¹¹⁾は、固着型、造網型、滑行型は浮き石の多い「浸食卓越環境」に適した水生昆虫、掘潜型を砂泥の多い「堆積卓越環境」に適するとしている。スリット区間は対照区間に比べ、浸食卓越の割合が多く堆積卓越は少なかった(図10)。

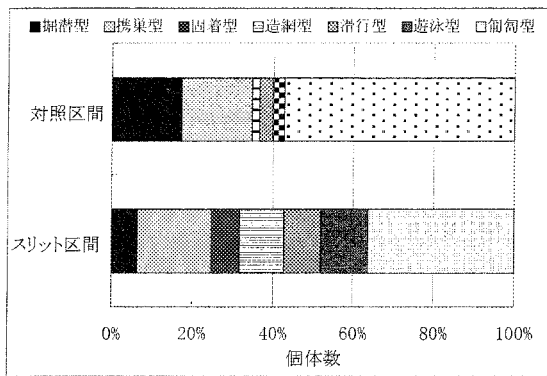


図9 底動物の生活型別の頻度

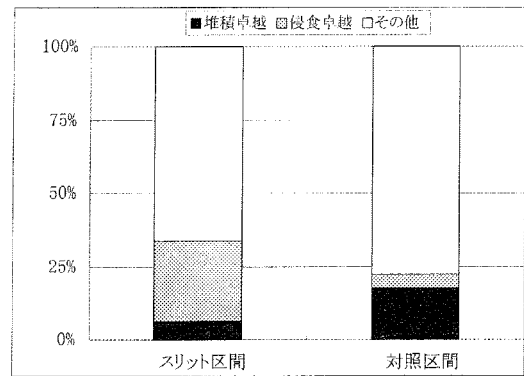


図10 底動物の適応環境型別の頻度

表3 採捕された底生動物と個体数

目名	科名	属名	スリット区間	対照区間
Ephemeroptera (カゲロウ目)			143	88
	フタオカゲロウ科	不明属	6	6
	コカゲロウ科	フタバコカゲロウ属	49	20
		コカゲロウ属	29	7
	ヒラタカゲロウ科	タニガワカゲロウ属	27	12
		ヒラタカゲロウ属	15	8
	マダラカゲロウ科	トゲマダラカゲロウ属	61	43
		マダラカゲロウ属	7	28
		トウヨウマダラカゲロウ属	1	1
		不明属	10	10
	モンカゲロウ科	モンカゲロウ属		2
Plecoptera (カワゲラ目)			46	67
	ミドリカワゲラ科	不明属	46	46
Trichoptera (トビケラ目)			92	52
	ヤマトビケラ科	ヤマトビケラ属	53	35
		ヒゲナガカワトビケラ属	1	1
		ヒゲナガカワトビケラ属	1	1
	カワトビケラ科	不明属	1	1
	シマトビケラ科	シマトビケラ属	31	3
		シマトビケラ属	1	7
		ココクツツトビケラ属	1	7
	不明科	不明属	5	6
Diptera (双翅目)			20	40
	Chironomidae (ユスリカ科)	不明属	16	34
	Simuliidae (ツエ科)	不明属	1	1
	Tipulidae (ガガシボ科)	不明属	3	6

考察

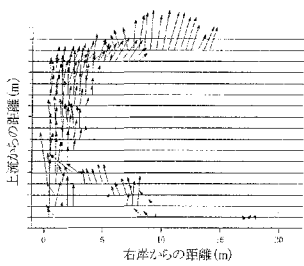
スリット化から3年後までの環境変化

河道の形状物理的環境の変化

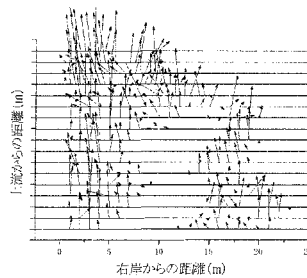
スリット区間では、スリット化前は左岸を一様に流れていた河道が、スリット化直後に流れが2分され、1年後に流路が網状化し以後その状態は3年後も維持されていた(図11上段)。また、スリット化前は一様に下流方向に流れていたが、スリット化直後には横方向の流れが若干見られるようになり、1年後以降は流れの向きが複雑化した(図11下段)。底質は、スリット化前は10cm以下の小さな礫が中心であったのが、スリット化後は30cm以上の大型の礫が多数出現しその後も維持されている(図13)。また、底質を浮き石と沈み石の状態別に見ると、スリット化前はほとんど無かった浮き石がスリット化後に出現し、3年後まで増加し続けている(図14)。また、沈み石もスリット化直後に急激に増加している。以上のように、既設の堰堤をスリット化することで、スリット化の直後から環境の多様化と底質の大型化が見られ、以後緩やかに変化しながらもその状態は3年後まで維持されていた。このことは、スリット化によって堰堤上流に堆積していた土砂が排出され、本来の河床勾配と河床材料が復元されたことによると考えられる。また、スリットの存在により、上流から供給される土砂の流下が促進されるため、その後の土砂堆積による環境の再単純化が起らないことが確認された。なお、スリット化から3年の間に毎

時 86^ト (年平均水量約 1.5^ト) の出水が一度あったが、大規模な出水は経験していないことから、大規模出水の後の河川環境の変化や堤体の強度については検証が必要である。

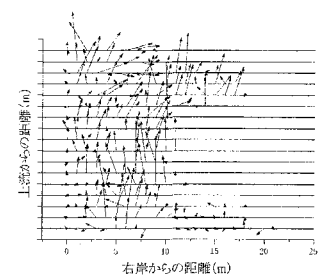
一方、対照区間では、河道形状の顕著な変化は見られず(図14上段)、流向の複雑化もなかった(図14中段)。しかし、スリット化直後から底質の大型化が若干見られた(図13)。このことは、対照区間がスリット区間の下流に位置したため河道は変化しないものの上流から礫が供給され、流路内の流れが変化したためと考えられた。スリット化によりスリットのない下流側の環境も変化することが明らかになった。



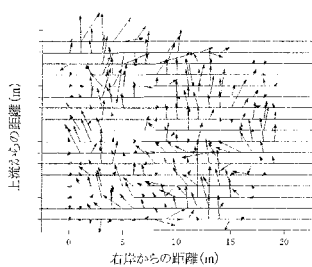
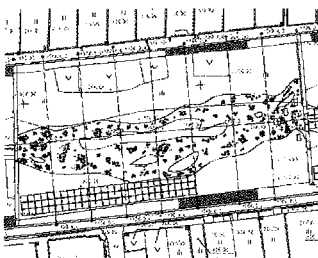
A) 事前調査



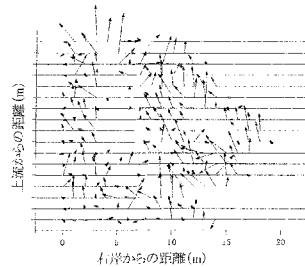
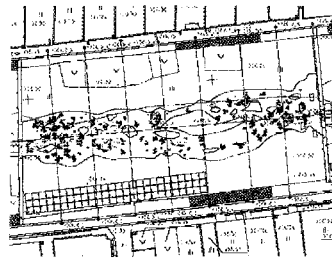
B) 直後調査



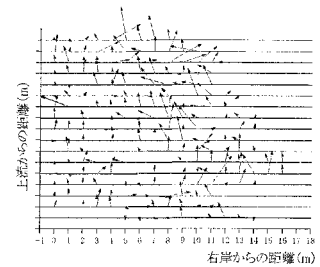
C) 1年後調査 (A)



D) 1年後調査 (B)

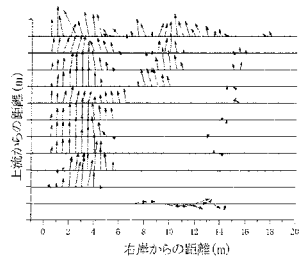
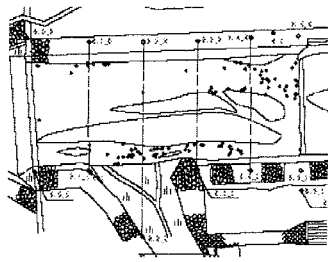


E) 2年後調査

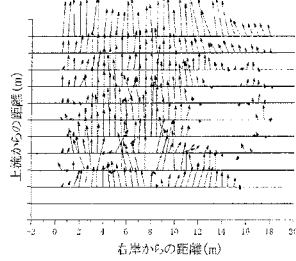
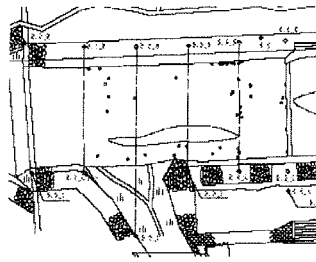


F) 3年後調査

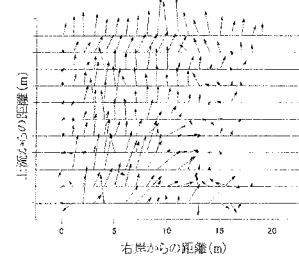
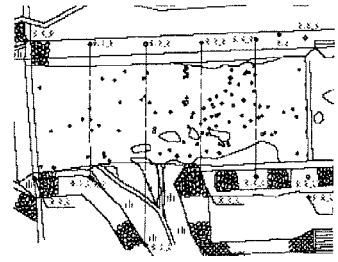
図11 スリット区間の平面図(上段)、流向(下段)の経時変化



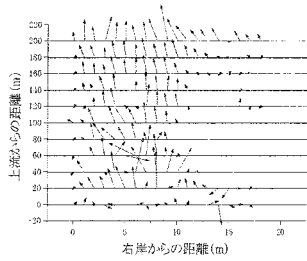
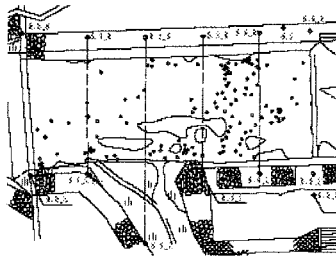
A) 事前調査



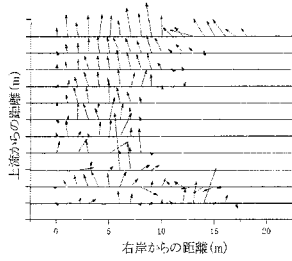
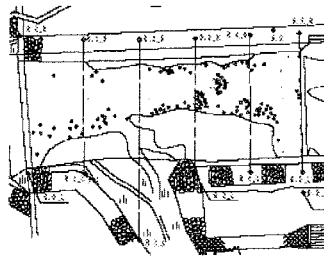
B) 直後調査



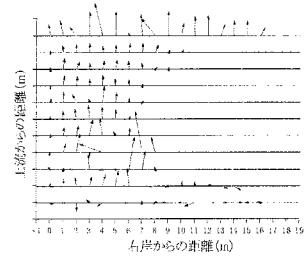
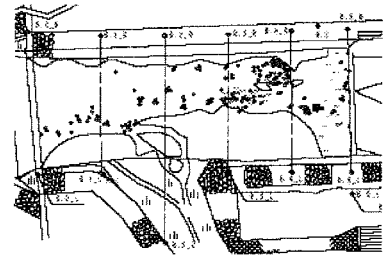
C) 1年後調査 (A)



D) 1年後調査 (B)



E) 2年後調査



F) 3年後調査

図 12 対象区間の平面図 (上段)、流向 (下段) の経時変化

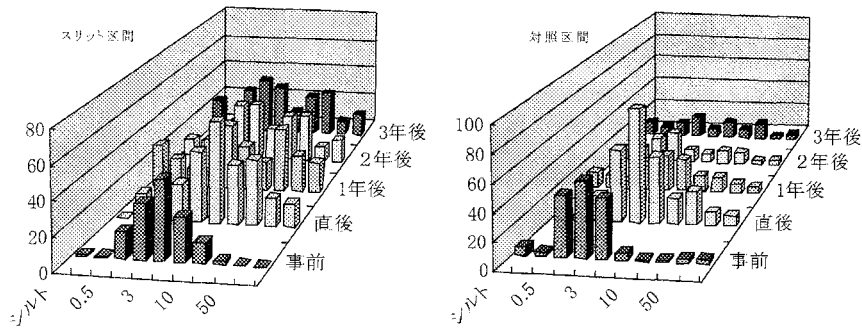


図13 底質顆度分布の経年変化

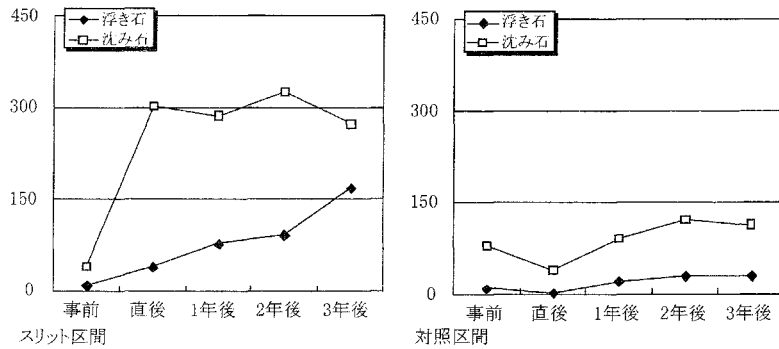


図1 浮き石と沈み石の個数の経年変化

生物環境

魚類については、スリット区間ではスリット化直後に一時的にカジカが減少した（図15）。これは、スリット化の工事により河床が大きく変化し、底生魚であるカジカの生息環境が攪乱された影響と考えられた。しかし、1年後には個体数は再び増加し、以後増減はあるもののスリット化前より個体数が増加している。また、スリット化以前には見られなかった底生魚のヨシノボリ類と遊泳魚であるアブラハヤが、スリット化の1年後から確認されるようになった。このことは、スリット化前にはこれらの魚種の生息適所が少なかったが、スリット化による環境の変化により生息適所が増加したためと考えられた。また、魚類の個体数増加は対照区間でも見られた。前述のように、対照区間はスリット区間の下流に位置しており、上流から礫が供給された可能性が示唆されており、このことで魚類の生息環境が好転したと考えられた。

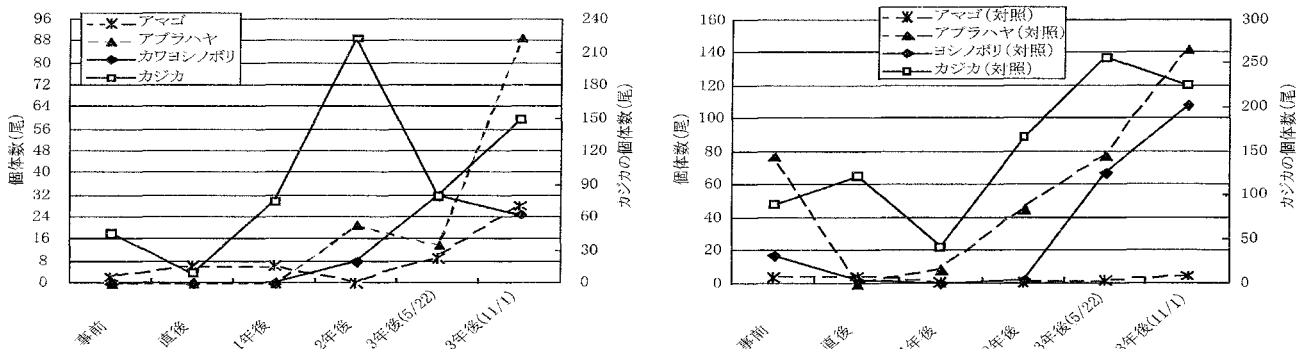


図15 採捕魚類の個体数経時変化（左：スリット区間、右：対照区間）

水生昆虫については、個体数、出現属数ともにスリット区間と対照区間で同様の変化を示した（図16、図17）。そこで、竹門¹¹⁾に従い、生活型による整理を行い、浸食卓越環境に適した昆虫と、堆積卓越環境に適した昆虫に区分したところ、スリット区間と対照区間ではその比率に有意な差が見られた（図18）。すなわち、スリット区間では、スリット化前は堆積卓越環境の昆虫の比率が高かったのが、スリット化直後から浸食卓越環境の昆虫が増加

し、3年後まで同様の状態が継続した。一方、対照区間では、全調査時期を通して堆積卓越環境の昆虫が優占していた。

以上のように、スリット化による水生生物の影響は、魚類よりも水生昆虫で顕著に表れていた。

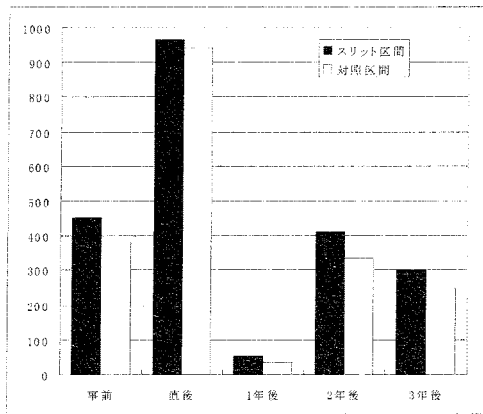


図 16 底生生物の個体数経時変化

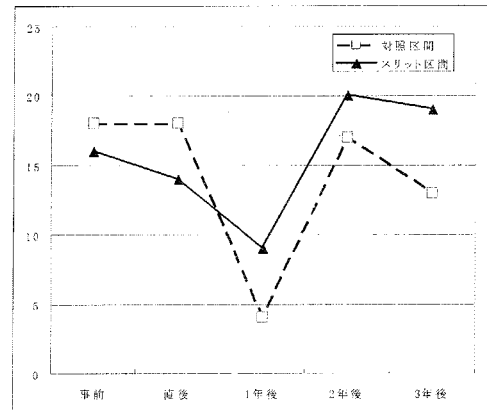


図 17 底生生物の出現属数経時変

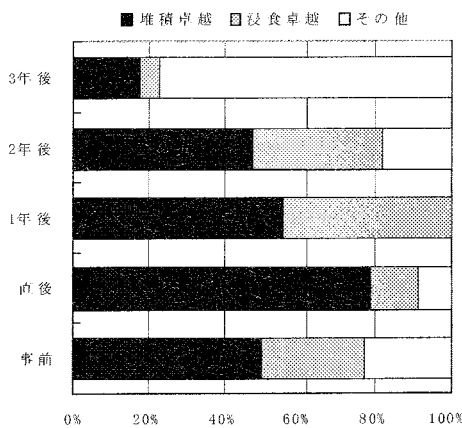
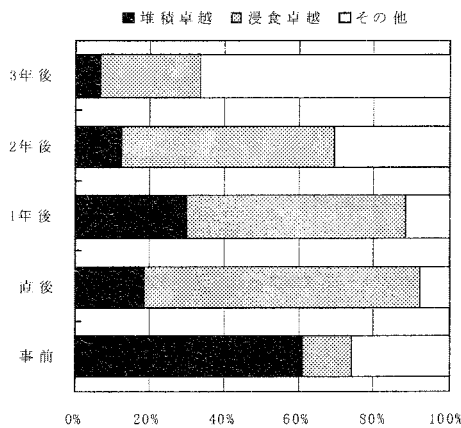


図 19 底生生物の適応環境別頻度の経時変化

(左：スリット区間、右：対照区間)

まとめ

堰堤は、河道を分断し河川環境を単純化させる。河道の分断に対してはこれまで魚道の設置が多く行われてきたが、分断化の解消と河川環境の復元のためには、堰堤にスリットを入れることも有効な手段と考えられる。しかし、既設の堰堤にスリットを入れる試みは今のところそれほど多くとは言えない。今回の調査から、既設堰堤のスリット化は、単純化した環境が再び複雑化（復元）され、水生生物の現存量の増加や種組成を変化させ、水生生物の生息環境の改善につながった。

既設堰堤のスリット化は始まったばかりである。防災上の安全性のさらなる確認など、今後多くの知見を蓄積し既設堰堤のスリット化のマニュアルを作り、生物の移動阻害や生息環境を改善する方法としてスリット化が促進されることを期待したい。

要約

1. 既設の床固工をスリット化した河川において、スリット化前後の物理環境（水深、流速、底質）と生物環境（魚類、水生昆虫）についてモニタリングを実施した。
2. スリット化の直後から物理環境の複雑化が見られ、その状態は3年後も維持されていた。
3. 特に、大型の砂礫の出現による河川の網状化と、それに伴う流向の複雑化が顕著であった。
4. スリット化による環境の変化は、スリット区間の下流側にも及んでいた。

5. スリット化の工事の影響で、カジカの個体数が一時的に減少したが、その後個体数は回復した。
6. スリット化により、浸食卓越環境に適した底生生物昆虫の比率の増加が見られた。
7. 以上のことから、既設の堰堤をスリット化することで、水生生物の生息環境が改善されることが明らかになった。
8. 今後、既設堰堤のスリット化のマニュアル作りが必要と考えられた。

文 献

- 1) 中村俊六・水野信彦・玉井信行 編 (1993) : 河川生態環境工学、東京大学出版会。
- 2) 森 誠一 編 (1998) : 魚から見た水環境、信山社サイテック。
- 3) 山本 聡・三城 勇・沢本良宏 (2001) : 砂防ダムの階段型魚道の設置がイワナ資源に与えた影響。長野県水産試験場研究報告、5,13-16.
- 4) 中村俊六 (1999) : 溪流生態砂防における砂防ダムと魚道。溪流生態砂防学 (大田猛彦・高橋剛一郎 編)、東京大学出版会、東京、pp150-17
- 5) 大久保駿・阿部宗平・水山高久 (1996) : スリットを有する砂防ダム、床固めの建設実態。新砂防、48(5),16-20.
- 6) 白江健造・平松晋也・水山高久 (2000) : 既設床固工のスリット化に伴う土砂排出。砂防学会誌、53(3),37-42.
- 7) 河村忠次・藤田 明・本田正和 (2000) : 既設砂防ダムへのスリット設置による水質改善と魚道効果について。北陸地方整備局管内技術研究会論文集、93-96.
- 8) 加地弘一・大浜秀規 (2005) : 河川横断工作物のスリット化が魚類の生息に与える影響。山梨県水産技術センター事業報告書、32,12-23.
- 9) 加地弘一 (2006) : 河川横断工作物のスリット化が魚類の生息に与える影響Ⅱ～スリット化1年後の河川環境および水生生物の変化～。山梨県水産技術センター事業報告書、33,13-23.
- 10) 加地弘一 (2007) : 河川横断工作物のスリット化が魚類の生息に与える影響Ⅲ～スリット化2年後の河川環境および水生生物の変化～。山梨県水産技術センター事業報告書、34,18-25.
- 11) 竹門康弘 (2005) : 底生動物の生活型と摂食機能群による河川生態系評価。日本生態学会誌、55, 189-197.)