

中小河川における低水路の形成について

Formation of Low Water Channels in Small Streams

研究第二部 主任研究員 美 寺 寿 人

The issue of flat shallows that appear in restored small streams after river engineering works has become a major problem in projects which seek to create a nature-rich environment in such rivers. This report details the formation and characteristics of low water channels in small streams.

Keywords: small streams, flat shallow, projects for creating nature-rich rivers, low water channels

1. はじめに

中小河川の改修後に、瀬と淵のない平瀬化した薄い流れが生じ、河道内にも寄州やそれに続く植生も少ない河道が出現することがある。このような河道は、魚類等の水生生物の生息環境に悪影響を与えると同時に、河岸植生による浮遊砂の捕捉機能も減少し、水際の湿地帯から乾燥帯へとつづく連続した植生も発達しにくいといわれている。こうした形態を見せる河川は、拡幅などの改修後に数多く報告されている。

しかし一方で、改修後に平瀬化が持続する河川もあるが、土砂が堆積し植生が根づいてしだいに自然の河岸が形成され、河道内に多様性が

回復してゆく河川もある。また、現在平瀬化している河川でも河岸が形成され低水路が安定する途中であったりする。

改修後に河道内の多様性がどのような過程を経て回復するのかはまだ未解明の部分が多く、都市域の河川等では、改修することに対する地域住民の懸念の対象となることもある。改修による平瀬化の問題にどう対処してゆくかは、中小河川の多自然型川づくりを進めてゆくうえで大きな課題となっている。

そこで本研究報告は、様々な制約のある中小河川の低水路（水際部）の形成とその特徴について述べる。

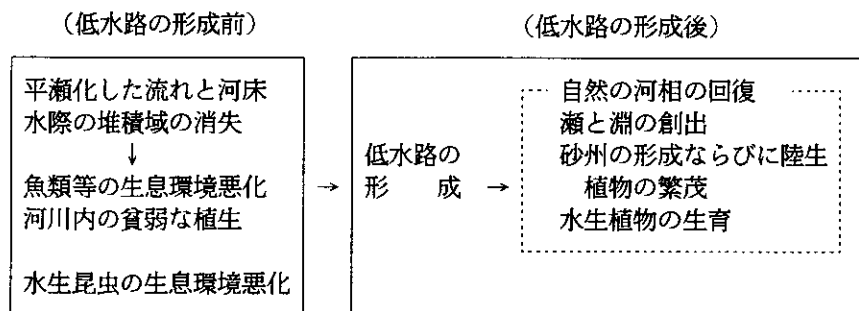


図-1 中小河川の多自然型川づくりでの低水路形成の役割

Figure 1 Role of Low water channels in the creation of small and medium sized rivers richly endowed with nature.



図-2 A. 未改修区間の川又川（茨城県）
Figure 2 Unrestored Section of Kawamata River (Ibaraki Pref.)

土手の改修後。礫床河川で瀬と淵が形成され、堆積域にはツルヨシが群生している。

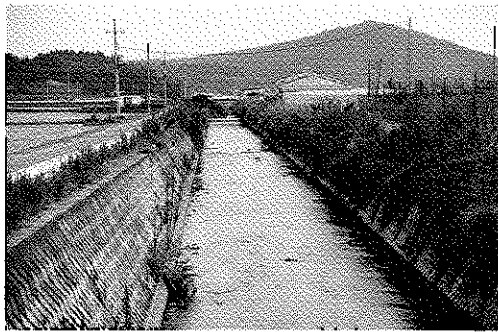


図-3 B. 改修後に平瀬化した状態が続く
川又川

Figure 3 Flat shallow in the Kawamata River after the restoration.

改修から約8年が経過したがアーミングが発生し平瀬化した状態が続く。

Bの地点はAの地点の約200m下流である。

2. 中小河川の河岸と低水路の特徴

2-1 形成過程からみた低水路のタイプと河岸の構造

中小河川の河道は、主として2つの部分に分けられる。ひとつは、常時流水が流れているか、また流れている頻度が高い低水路と、出水が発生したときには冠水する低水路以外の堆積域である。大河川の高水敷は、年1回以下程度の冠水頻度であるが、中小河川の河道内の堆積域は

冠水頻度が高く、出水となればすぐ冠水する。この点は大河川とは大きく異なる。

また、一級河川の拡幅後の川幅の変化をみると、建設省土木研究所で調査したいくつかの河川で、拡幅前の U_{*2} へと変化する動きを見せていることが報告されている。山本¹⁾らは『川には、拡幅しても拡幅する前の川幅に戻る性質がある（拡幅前の掃流力を持った河道に戻る）』という知見を裏付ける調査結果を得ており、中小河川の調査結果ではないものの十分参考となるデータである。

山本らによれば、拡幅後の川幅縮小による低水路の形成にはいくつかのタイプがあることが報告されている。中小河川特有の平瀬化した河道を加え、中小河川で見られる典型的な低水路のタイプを整理すれば、概ね4タイプに分類される。

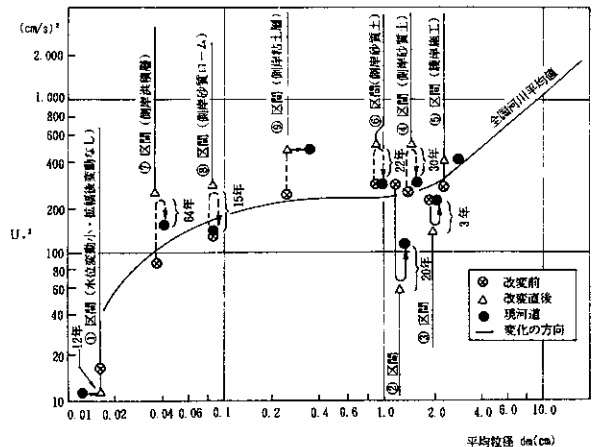


図-4 一級河川における拡幅後の川幅の変化¹⁾

Figure 4 Changes in River Width after Widening of First Class Rivers

2-2 河岸と低水路の特徴

(1) タイプI（ウォッシュ・ロード堆積タイプ）

自然堤防帯～デルタ地帯の河川では、河床材料よりも細かい細砂やシルトが堆積した河岸をもつことがあり、一見して複断面河道の様相を

U_{*2}) 摩擦速度 (U_{*}) の2乗で、掃流力の強さをあらわす。

表-1 形成過程からみた河川構造と低水路のタイプ

Table 1 Types of Low Water Channels and River Structures from the Point of View of the Formation Process.

	横断図	説明
タイプⅠ (ウォッシュ・ロード 堆積タイプ)		低水路の一部に堆積がはじまり、しだいに川幅をせばめ、低水路を形成したもの。拡幅しても戻の川幅に戻ろうとする性質をもつ。 低水路河岸の堆積物は、基部は河床材料だが、その上部はシルト、細砂等の河床材料よりなり、植生が繁茂している。河岸は比較的急な横断勾配をもっている。
タイプⅡ (砂礫堆積 タイプ)		礫床上に植生が繁茂して安定し、流水のある区域が低水路となったもの。陸域の堆積物は上層部に薄く細粒分がのっているが、基本的には河床材料と同じもので構成されている。 低水路が安定し、河床の一部が低下すると水際部河岸も急な勾配をもつようになるが、中小河岸では事例は少ない。
タイプⅢ (河床低下 安定タイプ)		河床の一部が低下し、低下せずに残った分に堆積がおこり植生が繁茂し、低水路が安定するタイプ。 堆積物はシルトや細砂分で構成される。
タイプⅣ (平瀬化 タイプ)		拡幅後も河道内に堆積が発生せず、川幅の縮少や低水路の形成にまで至らない。 このタイプには、細粒分が少なくアーミングした河床をもつ河川と、アーミングはしておらず細粒分も含む河床材料をもつ河川の2タイプがある。

文献2) 山本、藤田他「川幅縮少機能についての考察」を参考に作成

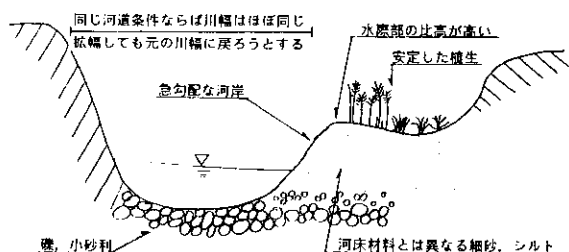


図-5 ウォッシュ・ロード堆積タイプの河川の低水路の特徴

Figure 5 Characteristics of Low Water Channels in Wash Load Sediment Type Rivers



図-6 ウォッシュ・ロード堆積タイプの低水路 (茨城県園部川)

Figure 6 Wash Load Sediment Type Low Water Channels

拡張した後、堤防法尻からしだいに堆積がはじまり、低水路が形成されていった。川幅はほぼ一定である。

なしている。

しかし、低水路そのものの流下能力は小さく、堆積域は頻繁に冠水する。

そのため、洪水の流下では単断面の水理的特性をもち、平常時では複断面の様相を呈している。このような河川の河岸はウォッシュ・ロード(注)の堆積によるものであることが、藤田1)らによって報告されている。ウォッシュ・ロードの堆積による河岸の形成機能はまだ未解明な部分が多いが、藤田らは実河川での観測及び植生領域内及びその近傍の流水の混合効果を考慮した解析をもとに、次のような推測を行っ

【ウォッシュ・ロードの堆積による河岸形成の特徴】

- ア. 河岸の形成は、河床を構成する材料の移動特性や供給量ではなく、ウォッシュ・ロードの供給量が大きな影響をもっている。
- イ. 冠水頻度が少ない法尻等に生育した植生が流水の活発な混合を発生させ、ウォッシュ・ロードの堆積を促進させる。
- ウ. 植生が粗で混合が小さければ、ウォッシュ・ロードの堆積量は少ない。

ている。

すなわち、ウォッシュ・ロードで構成されている河岸をもつ河川では、流域開発等によるウォッシュ・ロードの供給量が変化しないかぎり、冠水頻度が少ない陸域に生育した植生を切っ掛けとして、流れの混合が発生し土砂の堆積が進んで最終的には改修前と同じU²をもつ低水路に戻ってゆくものと考えられる。なお、戻るまでの期間ならびにそれを決定する要因については、まだ十分に明らかになっていない。また、流れの混合についてはタイプⅢで後述する。

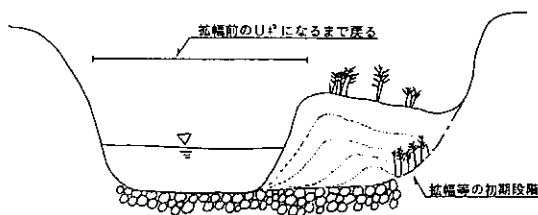


図-7 ウォッシュ・ロード堆積タイプの河岸の形成過程

Figure 7 Formation Process of Wash Load Type Sediment River Banks

注) 河床材料よりはるかに細粒で常に浮遊状態で生産域から河川に供給される。

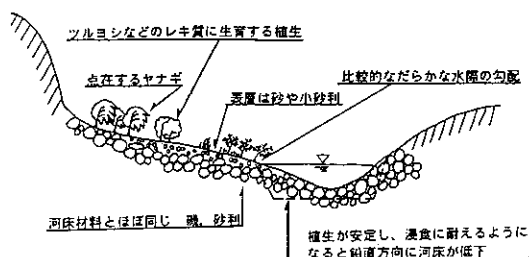
流送量は河道の水理量(例えば掃流力)に応じて決まるのではなく、主に流量と関係があると云われている。

(2) タイプⅡ(砂礫堆積タイプ)

砂礫質の河床をもち、ウォッシュ・ロード堆

積を発生させる河川よりも強い掃流力をもつ河川では、ウォッシュ・ロードの堆積が発生せず、そのため河道内の植生も川原に見られる植物となる。ツルヨシ、ネコヤナギなどが代表的な植生で、出水が発生すれば砂礫の移動とともに頻繁に植生も破壊される。

このタイプの河川の低水路の大きな特徴は、堆積物の構成材料が河床とほぼ同じであり、堆積域の上層部に薄く堆積したシルト分、砂、小砂利を利用してツルヨシなどが、また水際にはミゾソバやネコヤナギなどが生育する。



図－８ 砂礫堆積タイプの河川の低水路の特徴

Figure 8 Characteristics of Low Water Channels in Gravel Sediment Type Rivers

砂礫堆積タイプには砂州形成型と非砂州型の2タイプがある。

交互砂州（以下砂州と称す）の発生条件下にある河川では、きれいに蛇行した低水路が形成されることがある。また、交互砂州の発生条件下にない河川では、比較的掃流力の弱い河岸よりに薄い堆積域が発生することがある。堆積域の比高は砂州により形成されたほうが高く、冠水頻度が少ないことから陸生の植物がよく成育する。

前者は瀬と淵をもち低水路も安定しているが後者は堆積域の比高も小さく冠水頻度が高いことや堆積域上部の砂や小砂利も少ないので植生も安定しない。低水路は形成されているが、低水路の水深や流速の変化、すなわち瀬や淵の形成も砂州形成型に比べて弱い。堆積域の高さが高いときは植生も根づくことがあるが、タイプ

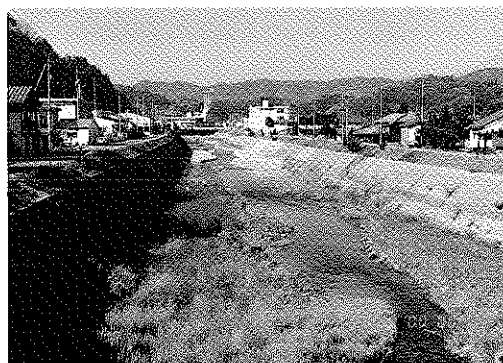
Ⅳ（平瀬化タイプ）の延長上にあるタイプである。



図－９ 砂礫堆積タイプ(砂州形成型)の低水路 (茨城県川又川)

Figure 9 Gravel Sediment Type(Sandbar Formation) Low water Channels (Ibaraki Prefecture, Kawamata River)

堆積物にはツルヨシやミゾソバが群生し、流れには瀬と淵がある。河床は礫質であるが、堆積域の上層部は砂や小砂利である。



図－10 砂礫堆積タイプ(非砂州型)分類される河川 (島根県久野川)

Figure 10 Rivers Classified as Sand and pebble Sediment Type (No Sandbank Formation) (Shimane Prefecture, Kuno River)

砂州形成型に比べ堆積域の比高が低く、植生が安定しない。水深も浅く流れが薄い。

(3) タイプⅢ（河床低下安定タイプ）

タイプⅢは、河岸の構造はタイプⅠと類似しているが、河岸が形成される誘因が異なる。河

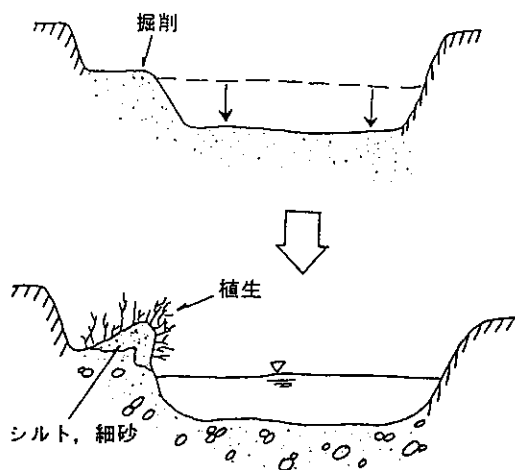


図-11 河床低下安定タイプの河川の特徴

Figure 11 Characteristics of Rivers with Stable River Beds

床の一部やある区間が低下した場合に、低下せず残った部分にシルト質や細砂が堆積し、そこに植生が繁茂し河岸が成長してくるものである。

河床低下の要因はさまざまであるが、中小河川では河床の掘削や低水路工事、上流の砂防ダムなどの建設といった人為的な要因が強く影響する。

河床低下が発生した部分の河道の早い流れと、河床低下していない部分の相対的に遅い流れの間には、混合現象が発生しこの境界部に土砂が堆積しやすくなり河岸が発達する。河床の低下量に比較して出水時の水位が高ければピーク流量発生時の混合の作用は小さいが、出水の減衰期や中小規模の出水では混合作用が働くことになる。

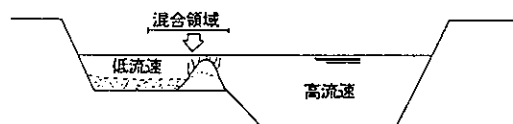


図-12 混合作用により発達するタイプⅢの河岸

Figure 12 Type III River Banks Developed by Mixing Phenomena

(4) タイプⅣ（平瀬化タイプ）

中小河川では、改修にともなう断面の拡幅や掘削により、低水路をそれまで形づくっていた河岸がとりはらわれたり、植生が伐採されたりしてしまう。そのため、改修直後は土砂の堆積や植生のない単調な河道が出現する。また、こうした河道の状況が長期間にわたったり、またいっこうに土砂の堆積やそれに続く植生の成育がみられずに多様性が回復しない河道もある。こうした河道は、一般に『平瀬化した河川』と呼ばれており、自然河川にはみられずに人為的な手が加わった河川特有のものである。平瀬化した河川の出現には、河川のタイプごとに理由が異なる。

① ウォッシュ・ロード堆積により河岸が形成されるはずの河川（自然堤防帯～デルタ地帯の河川）

このタイプの河川では拡幅後、植生の土砂捕捉作用をきっかけとして従前のU²に戻るように河岸や低水路が形成されてゆくと考えられるが、形成されつつある堆積河岸が破壊されたり、河岸を形成するウォッシュ・ロードの供給が少ない等の理由で平瀬化した状態となっている。

こうした平瀬化の状態は、次のような河道の特性に応じたある要因、またはそれらの複合的な要因が重なって生じているものと考えられる。

ア、河道内の植生繁茂区域の減少

ウォッシュ・ロード堆積による河岸の形成には、流れの混合を誘発する水際部の植生の繁茂が重要な役割を果たす。そのため、下記のような条件下では、河岸に陸生植物が繁茂する機会が失われ、河岸や低水路が形成される方向に向かいづらな河道となる。

改修後の成形された中小河川では、河道中央と護岸近くの掃流力の差が小さいので、河岸寄りに土砂が堆積しにくい。

【河道内の植生繁茂区域の減少要因】

- ブロック護岸で植生の発芽するスペースが少ない。
- 成形された河道では河岸沿いに土砂が堆積しにくい。
- 河床が岩盤で平常時の流れも薄く速い流れで河岸に土砂が堆積しない。
- 平水時でも水量が多く河道いっぱいに水面が形成されている。

イ. ウォッシュ・ロードの供給量減少

流域の都市化等により地被状態が変化し、裸地や林地が著しく減少した河川では、ウォッシュ・ロード堆積も発生しにくいことが藤田らの解析によって報告されている。現段階では、定量的な知見は十分でなく、今後の研究を待たねばならないが、ウォッシュ・ロードの供給量の減少は河岸が形成されにくい大きな要因と考えられる。

ウ. ウォッシュ・ロードの成分の変化

イと同様に、流域の地被状態の変化などで、ウォッシュ・ロードの構成成分が変化し、特に粘着性の高いシルト分が減少したりすると、河岸の耐侵食力も弱くなり河岸が破壊されやすくなる。やはり、現段階では定量的な知見は十分でなく、今後の研究を待たねばならない。

② 砂礫堆積により河岸が形成されるはずの河川（礫床河川）

ア. 掃流力の低下によるアーミングの発生
河道の拡幅が行われると、発生する流量に対して U_c^2 が拡幅前に比べて低下し、同一のハイドログラフに対して河床材料が移動する時間が減少する。

また、河床材料の移動に該当する洪水が少なくなるので、河床材料が移動する頻度も減少する。

そのため、河床の構成材料のうち細粒分は出水で洗われてしまうが、大粒径は移動せずに残るアーミングが発生し、河床表

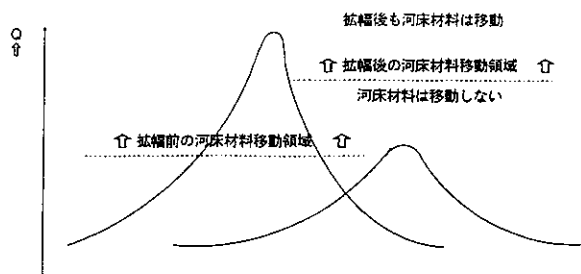


図-13 拡幅後の河床材料の移動時間ならびに移動機会の減少

Figure 13 Reducing the Time of and the Opportunity for Movement of Riverbed Material after Widening

面が固定化される。細粒分が河床にとどまりにくいのために、河道内の植生も根づかず、結果としてさらさらした薄流れの状態のままとどまることになる。

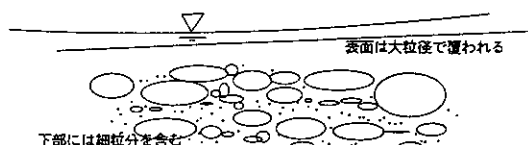


図-14 アーミングが発生した河床の構造
Figure 14 Structure of Riverbeds in which Armoring has Occurred

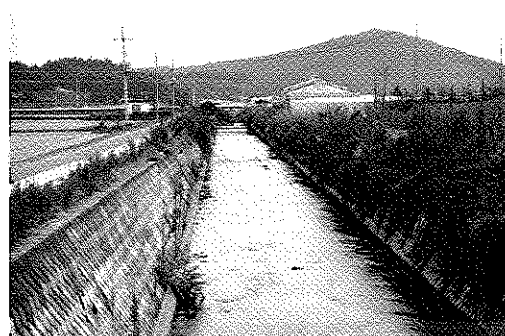


図-15 拡幅後にアーミングが発生し平瀬化した河川（茨城県川又川）

Figure 15 Rivers in which Armoring has Occurred after Widening, and which have Formed Flat Shallows (Ibaraki Prefecture, Kawamata River)

イ. 拡幅等による砂州の消失

中小河川において、砂州（交互砂州）が発生することは少ないが、発生した場合に

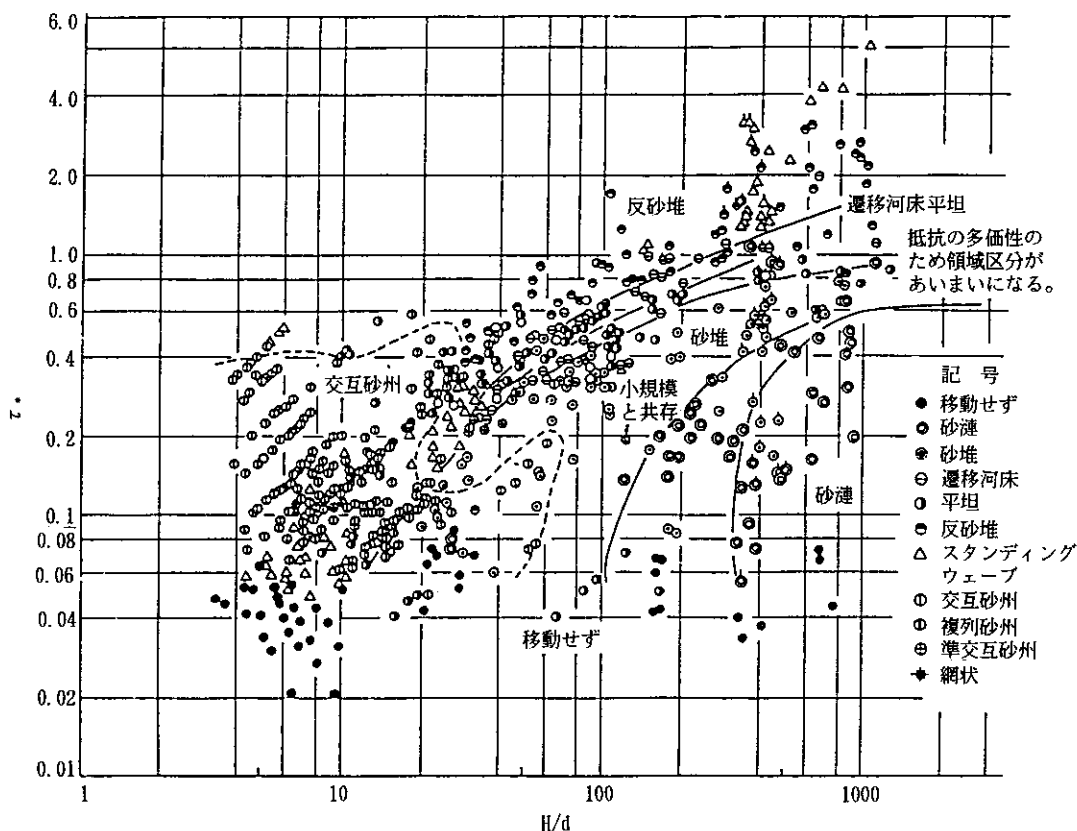


図-16 山本による交互砂州の発生領域

Figure 16 Areas of Occurrence of Alternating Sandbank Formation by Yamamoto

は瀬と淵のある、また砂州上にも植生が根づいて多様性のある自然豊かな河相となる。しかし、拡幅等によって砂州が発生する条件外になり、砂州が消滅したときには荒廃した河道が残されることになる。砂州の発生条件には、山本⁴⁾がまとめたものがあるが、中小河川の実態についてはよくわかっていない。

ウ. 成形成河道における掃流力の均一化による河床の平坦化

砂礫堆積タイプ（非砂州型）で、河岸よりなどの堆積が薄く平常時の治水域の水深も浅い河川では、堆積域の冠水頻度も高いので植生も根づかず平坦な河床のままとする。成形成河道で掃流力の横断分布が均一な場合に発生しやすい。

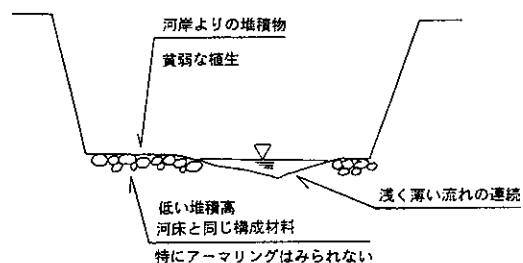


図-17 河床の平坦化の特徴

Figure 17 Characteristics of Leveled River Beds

3. 最後に 中小河川の多自然型川づくりにおける低水路創出の意義

以上、中小河川における低水路の形成過程について述べてきた。

単断面の中小河川で多自然型川づくりを進めるには、あまり広くない河道幅と法勾配の大きい河岸・護岸という制約の中で工夫をせざるをえない状況にあることが多い。特に、改修後に多くみられる平瀬化した河川に多様性を回復させることは、河川の生態系及び自然景観の保全と再生に大きく寄与する。平瀬化した河川を放置することは河川環境面で大きな損失である。

平瀬化した河川に低水路を形成することにより、多様性のある流れや河道内の堆積域が創出され、河道内の瀬と淵の形成、堆積域の陸生植物や水域から陸域へと続く植生帯等、良好な水際環境等の創出を図ることができるのである。本研究をベースにして低水路整備の方法を調査研究したいと思う。

〔参考文献〕

- 1) 山本, 藤田他: 河岸形成における水と植生の役割, 土木技術資料35-8, PP54~60, 1993.
- 2) 藤田, 宇多: 川幅縮小機構についての考察, 河道の水理と河川環境シンポジウム論文集, PP183~190, 1995. 6
- 3) 藤田, 宇多: ウォッシュ・ロードの堆積により河岸の高水敷が形成される水理条件について, 第40回水理講演会論文集, 1996. 2
- 4) 山本: 沖積河川学, 山海堂, PP449~450, 1994. 9