

## 洪水対策および水生生物の生態系に考慮した河道に関する二、三の検討

A few investigations about river roads taking account of both flood control and ecosystem of aquatic animals

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田陽一  
日本大学理工学部土木工学科 学生会員 ○町田隼人  
一般社団法人流域生態研究所 非会員 妹尾優二

### 1. はじめに

全国の河川において、治山・治水対策・土地利用を主体として河道整備が行われ、蛇行河川の河道が直進化されたり、氾濫原が喪失されたり、河道が複断面化されたり、蛇行河川のインコース側が埋め立てられ土地利用が進んだりしている。その結果、河道内の流れが分散されず、中小洪水または年最大の出水が生じても冠水幅が広がらず流れが集中するため、樹林化が進み、河床低下が進行している箇所が生じることが多い。樹林化と同時に河床低下が進行しても、治水の観点から河積が確保されているという判断から問題認識がないことがある。河床低下に伴って露岩、河岸侵食、輸送される砂礫の流出が進行し、水生生物の生態系保全の観点から、水温調整機能、洪水時の避難環境、産卵環境、生息環境が喪失する課題は無視できない。河川を排水路としてではなく、水生生物の生態系が保全できる河川環境に改善することが必要不可欠である。ここでは、河床低下が進行している場合と進行していない箇所との違いを河道の整備事例から検討した。また、河道断面形状の違いにより、流量規模の変化に伴い河道断面内の流速がどのように異なるのかを明らかにするために、模型実験を通して実験的に検討を行った。

### 2. 河道整備された事例から見た河床低下有無の違い

#### 2.1. 河床低下が認められない河道の事例

写真1は平水時の急流河川の河道の事例を示す。急流河川では洪水時に射流の流れが形成されやすく、掃流力が大きくなることが推定されるが、写真2に示されるように、洪水の流れによって河床の礫同士が組まれた状態になると、掃流されにくくなる。様々な急流河川の現地観測から、河道断面が拘束されることなく、中小洪水に至るまで頻繁に冠水幅が変化する断面形状を有し、河道幅が平水時の水面幅の2~3倍程度確保される場合、河床低下が生じることなく河道の状態が維持できる。平常時では冠水していない箇所で植生が繁茂し、写真3に示されるように、中小洪水時に冠水する状態が確保されることによって、植生内のSS(濁度)が軽減され、増水時の水生生物の避難場所になる。

以上のことから、平水時から中小洪水時にかけて冠水幅が変化する河道断面形状とし、平水時の冠水幅の2,3倍程度の河道幅を確保することが治水に影響することなく水生生物の生態系への配慮が可能となる。

#### 2.2 河床低下が認められる河道の事例

写真4~8は河床低下した河道の状態を示す。写真4に示されるように、橋脚周辺の侵食対策として巨礫による護岸が整備され、河道断面が狭くなり、平水時と中小洪水時の冠水幅の違いが小さくなっている。このため、中小洪水流の流速が増大し、掃流力が大きくなり、砂礫が掃流され、橋梁設置箇所から上流側の河床が低下し露岩した状態となっている。すなわち、露岩された箇所の摩擦抵抗が小さくなり、洪水によって輸送された礫が堆積せず、水生昆虫を含む水生生物が生息しにくい環境を造り出している。また、中小洪水流中の水生



写真1 河床低下が生じない状態が維持される急流河川 写真2 礫同士が組まれている状態

キーワード：洪水流，樹林化，河床低下，河道断面，生態環境

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL：03-3259-0409, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp



写真3 河道内に繁茂した植生内に冠水した状態



写真4 河道が狭くなって生じた河床低下



写真5 中小洪水流の流れが分散できない状態



写真6 樹林化および低水路内の平坦箇所の砂礫の堆積によって生じた河床低下



写真7 河床低下に伴い地下水が滝のように流れている様子



写真8 本川の河床低下に伴う支川の侵食



写真9 水制工による河床低下

生物の避難環境についても喪失される。写真5に示す河道の場合、平水時の水面幅の1.2~1.3倍程度の通水幅になった状態で護岸が整備されている。このため、中小洪水時に冠水幅が広がらず流速が増大し、掃流力が大きくなり、砂礫が掃流され、一部露岩した箇所が現れるほど河床低下が生じている。写真6に示す河道の場合は、高水敷と低水路からなる複断面として整備された箇所であり、高水敷上では樹林化、低水路内の平坦箇所では堆積が進行し、中小洪水の流れが分散することなく集中して流れるようになったため、6m以上の河床低下が生じている。このことによって、河床に堆積された砂礫が掃流され、露岩した箇所が現れている。本来、湧水としての役割となる地下水が、写真7に示されるように、侵食された河岸の途中から滝のように落下している。すなわち、河川の水温調整機能を失った状態となっているため、水生生物の生

息環境・産卵環境の確保が厳しい状態となっている。

写真8は本川の河床低下によって、支川の河道が侵食し、上流部で2m以上の段差が生じた場合を示す。支川は洪水流中の避難場所、生息・産卵場所として水生生物の生態系に重要な役割を果たすが、本川との段差によってその機能を失っている。写真9は水制工を設置したことによって河床低下した状態を示す。水制工の高

さ、設置状況によっては、写真に示されるように、水制工の先端部の流速が出水時に過剰に速くなり、河床低下が生じ、砂礫が堆積せず露岩が進み、産卵環境および生息環境を喪失することとなる。

### 3. 河道の断面形状による流速場の違い

河道断面形状の違いにより、流量規模の変化に伴い河道断面内の流速がどのように異なるのかを明らかにするために、矩形断面水路（長さ 15 m、水路幅 80 cm、水路高さ（下流部の高さ）60 cm）に粒径 1cm~3cm の混合粒径を用いた河道模型を設置して実験を行った。模型のスケールを 20 分の 1 として想定し、フルードの相似則に基づいて検討を行った。なお、実験で用いた礫径が相対粗度に換算すると大きいものとなるが、ここでは実河川の微地形を考慮した河道断面形状（図 1, 2 参照）を整形しやすくするために砂利を用いた。また、急流河川を想定し、水路勾配は 1/272 とした。

流速測定には KENEK 社製のプロペラ流速計を用いた（時間平均 30 秒）。河床形状・水深測定については、ポイントゲージを用いている。

断面形状の比較の前提として、平水時の冠水幅、断面形状をほぼ同じ状態とし、緩傾斜型の場合、中小洪水までの流量変動に伴う冠水幅の変化を大きくし、複断面型の場合には、中小洪水時においても平水時の冠水幅と大差が生じない状態とし、その後、中水敷で平坦な箇所まで冠水幅が急に広がる状態とした。図 1, 2 に示されるように、流量規模による水深の変化について、緩傾斜型断面と複断面とを比較すると、同一の流量規模における河道断面形状の違いによる水深の違いは小さい。

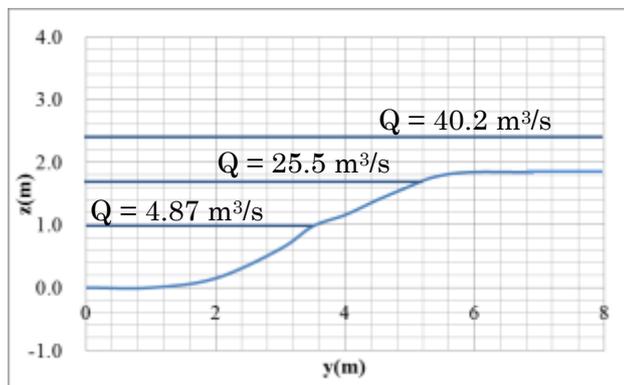


図 1 原型換算した複断面型の河道形状と寸法（半断面のみ表示）

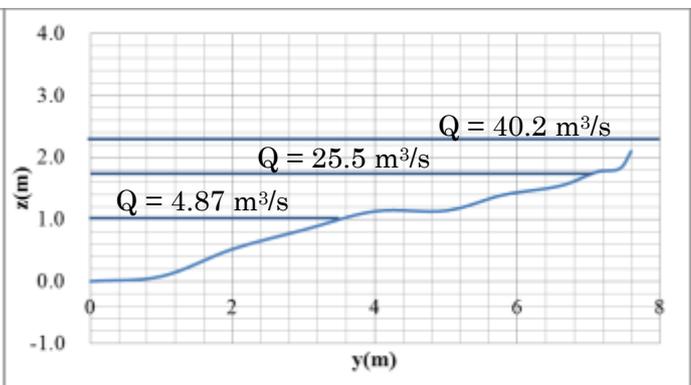


図 2 原型換算した緩傾斜型の河道断面形状と寸法（半断面のみ表示）

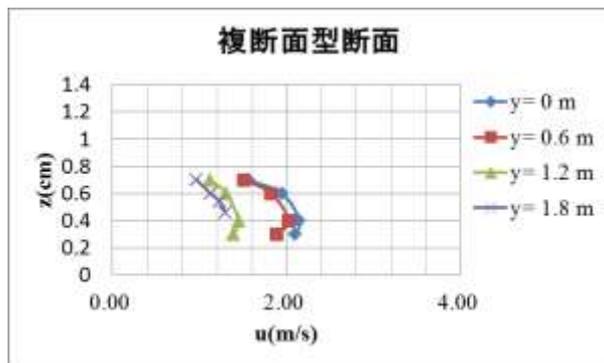


図 3 Q = 4.87 m³/s の流速分布（複断面型の場合）

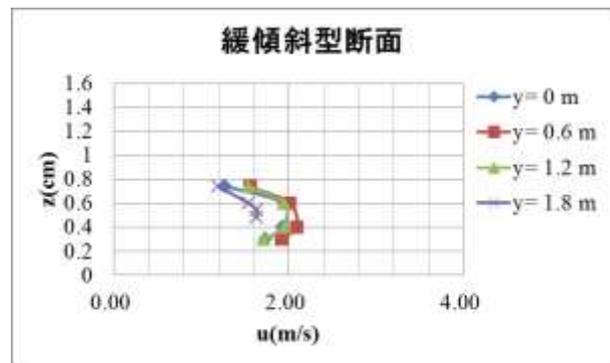


図 4 Q = 4.87 m³/s の流速分布（緩傾斜型の場合）

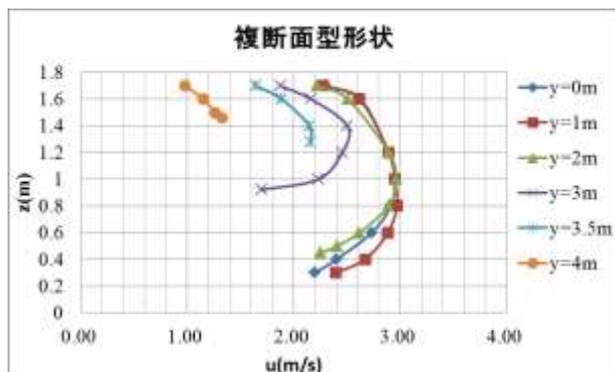


図 5 Q = 25.5 m³/s の流速分布（複断面型の場合）

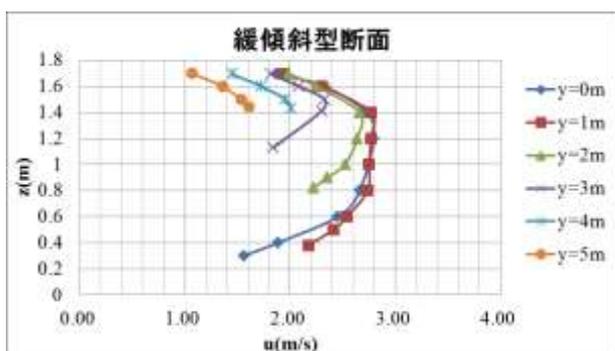
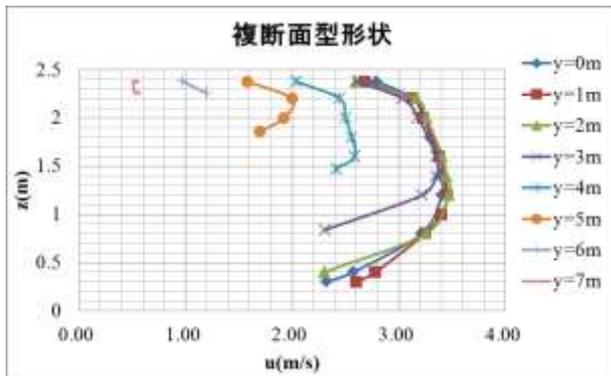
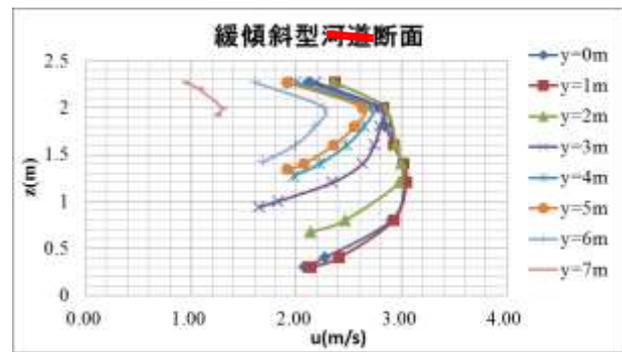


図 6 Q = 25.5 m³/s の流速分布（緩傾斜の場合）

図7  $Q = 40.2 \text{ m}^3/\text{s}$  の流速分布（複断面型の場合）図8  $Q = 40.2 \text{ m}^3/\text{s}$  の流速分布（緩傾斜の場合）

原型換算した流量規模が  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (平水時を想定) の流速分布の比較を図3, 4に示す. 図に示されるように, 断面形状による流速の違いは小さい. 原型換算した流量規模が  $25.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $40.2 \text{ m}^3/\text{s}$  のときの複断面型の河道断面内の流速分布を図5, 7に示し, 緩傾斜型の河道断面内の流速分布を図6, 8に示す. 複断面型の場合, 流量変化に伴い, 流速が最も大きい箇所では  $3.0 \text{ m/s}$  から約  $3.5 \text{ m/s}$  と増大し, 最深部の水深の  $47\sim 50\%$  の位置で流速が最大を示す. また, 流量規模が  $40.2 \text{ m}^3/\text{s}$  のときの中水敷に該当する平坦箇所 ( $y = 7 \text{ m}$ ) の流速は  $0.5 \text{ m/s}$  となる. このことから, 洪水時に輸送される土砂が平坦箇所に堆積しやすいことが推定される. また, 堆積の進行に伴い, 冠水頻度が減少し, 堆積中の土砂に含まれる種子が萌芽し, 経年的には樹林化が進み洪水流が分散されずに集中した状態で流れ, 河床低下が進行する可能性が懸念される. 緩傾斜型断面の場合, 流速が最も大きい箇所では  $2.8 \text{ m/s}$  から約  $3.0 \text{ m/s}$  と増大し, 最深部の水深の  $57\sim 82\%$  の位置で流速が最大を示す. 緩傾斜型断面の場合, 中水敷に該当する平坦箇所がないため, 流量規模が  $40.2 \text{ m}^3/\text{s}$  のときの  $y = 7 \text{ m}$  での流速は  $0.9\sim 1.3 \text{ m/s}$  となる. このことから, 中小洪水時において, 流量規模の増加に伴う流速の増大を最小限にとどめることが可能となり, 河道中央部の上方に洪水流の主な流れを位置させることが期待される. また, 年間に生じる洪水流の流量規模に応じた冠水幅が変化しやすく, 輸送される土砂・砂礫の過剰な堆積を抑制し, 輸送される土砂に含まれる種子の萌芽を抑えることが期待できる.

断面の拡幅は土砂移動のコントロールがある程度可能となるが, 自然河川では, 流水が形成した河道形状の中に, 流水エネルギーの吸収と分散作用が起こっている. これらの要素を考慮した河川整備が行われると土砂コントロールおよび河川生物の生息環境も確保されるものと考えられる. ここでは, 前述のうち河道低水路断面の拡幅による水深・流速の違いについて実験を行い, 断面拡幅による土砂移動の抑制について確認したところである. 今後は, 自然河川における水自身が形成した蛇行や川原の意味を解明しながら面的・線的な実験を行い, 河川が持つ本来の姿と治水上の安全性について考察する必要がある.

## 5. まとめ

急流河川を対象として, 河道の実態から河床低下が水生生物の生態環境に大きな課題を残すことを指摘し, 河床低下の発生原因を現地調査および模型実験から考察し, 河川に生息する水生生物の生態系保全と治水・治山のための洪水対策との調和がとれた河道の在り方について, 事例の紹介, ならびに模型実験からその方向性 (河道断面形状, 河道幅の提言など) を示した. すなわち, 平水時から中小洪水時にかけて冠水幅が変化する河道断面形状とし, 平水時の冠水幅の2,3倍程度の河道幅を確保することが治水に影響することなく水生生物の生態系への配慮が可能となることを河道の整備事例から考察した. また, 河道断面形状を緩傾斜型断面にすると, 中小洪水時において, 流量規模の増加に伴う流速の増大を最小限にとどめることが可能となり, 河道中央部の上方に洪水流の主な流れを位置させ, 年間に生じる洪水流の流量規模に応じた冠水幅が変化しやすく, 輸送される土砂・砂礫の過剰な堆積を抑制し, 輸送される土砂に含まれる種子の萌芽を抑える可能性を示した.

このように, 直線河道においても断面の拡幅によって流水の分散域が拡大し, 流速環境も多様化され土砂の流失が抑制されることが確認された. 今後は, 自然河川に見るように河道の蛇行と河川形態の関係による流水エネルギーの吸収と分散を考慮し, 河道構造の安全性や生態系創出を念頭においた実験を行いながら, 川本来の機能が創出可能な川づくり手法を検討したいと考える.

## 参考文献

- 1) 安田陽一, 技術者のための魚道ガイドライン—魚道構造と周辺の流れからわかること—, コロナ社, 154 pages, 2011.
- 2) 安田陽一, 水生生物の溯上行動からみた魚道からの流れ, ながれ, 日本流体学会, 第33巻, pp.343-348, 2014.
- 3) 安田陽一, 生態系保全と治山・治水との調和のとれた河川環境—えん堤周辺の連続性に考慮した河川技術—, フォレストコンサル, 森林部門技術士会, No.138, 3075~3090 (ISSN 1884-1570), pp.7-22, 2014.