

## 低水路内の比高拡大・二極化の要因分析と対策の検討

株式会社ドーコン 正会員 ○堀岡 和晃

## 1. はじめに

近年、低水路内の比高拡大・二極化（図-1）が多数発生し、河岸侵食による堤防洗掘、樹林による河積阻害など洪水被害リスクが増大することが治水上の課題となっている<sup>1)</sup>。本稿では、早期課題解決に向け、2章で類似事例の既往研究の整理、3章で比高拡大の条件と検討手順の提案、4章で検証方法と対策の効果と対策事例を検討した。

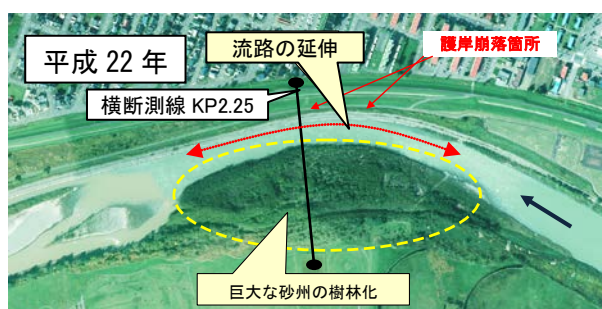


図-1 空知川の低水路内比高拡大・二極化

## 2. 類似事例の既往研究

山本<sup>2)</sup>は、ダム築造に伴う流量変動などで①洪水流量が減少（下線番号は、3章の検討項目）すると、③浮遊砂が砂州頂部付近に堆積し、③草本類が進入するが、平均年最大流量程度以上の洪水があると草本の生育基盤が破壊され砂州に戻るとしている。

既論文<sup>3)</sup>で、積雪寒冷地の河川では、河状係数（最大・最小流量比）が小さく、梅雨や台風などの①大洪水の発生が少ない半面、融雪出水等の中小の洪水が毎年発生し、低水路内の河道変化を助長していることを示した。なお、積雪寒冷地以外の地域でも、①ダムによる洪水調節効果が高い河川は、同様である。

既論文<sup>4)</sup>で、北方系のヤナギ類は、融雪出水で形成された裸地に大量に種子散布し、流されず残った稚樹から③樹林形成するといった植物の適応戦略を持ち、積雪寒冷地の河川での①融雪出水後夏季の出水が少ない特性を巧みに利用していることを示した。

長田ら<sup>4)</sup>は、②護岸工を設置すると、護岸際の⑤流速が増大するため、護岸前面の②河床を洗掘させる。また、護岸に接している④流路が下流側に移動（延伸）

するとしている。

## 3. 比高拡大の条件と検討手順の提案

## 3-1. 比高拡大の発生条件

2章の山本<sup>2)</sup>と既論文<sup>3)</sup><sup>4)</sup>は、流量条件の河道・植生変化であり、長田ら<sup>5)</sup>は、河岸条件の河道変化であるが、①積雪寒冷地の河川で大出水が無く②水衝部に一樣な護岸を持つ場合など、流量と河岸の条件が重なると比高拡大が発生するものと推察した。なお、ダム直下など土砂諫止で土砂移送が不均衡な区間は、対策効果が見込めないため対象外とする。

## 3-2. 検討手順の提案

流量条件と河岸条件を重ねると、比高拡大の要因は、①低水路内の中小出水が、水衝部の②平滑な河岸に沿うことで⑤流速が増大する。出水の度、②洗掘・③浮遊砂堆積・植生繁茂を促し、④河岸流路を延伸するものと推察する。軟岩洗掘や砂州の堆積・拡大、礫河原減少、樹林化、瀬・淵の減少が生じている河川も比高拡大の可能性が高い。そこで、比高拡大の可能性のある箇所に対し、①～⑤全項目の条件が合致した場合のみ⑥対策に進むといった検討手順を図-2に取りまとめた。対策の考え方は、④定型流路で形成される高速流の④延伸を抑えるべく⑥流路途中に小規模の突起物（凹凸）を配置することと考えた。留意点として、洗掘・堆積・樹林化が進行した場合は、河道整正を併用する必要がある。なお、②平滑河岸は、護岸以外にも、水制工群において間隔が狭く先端の深掘れが連続した面や、平滑な侵食河岸面、岩盤面

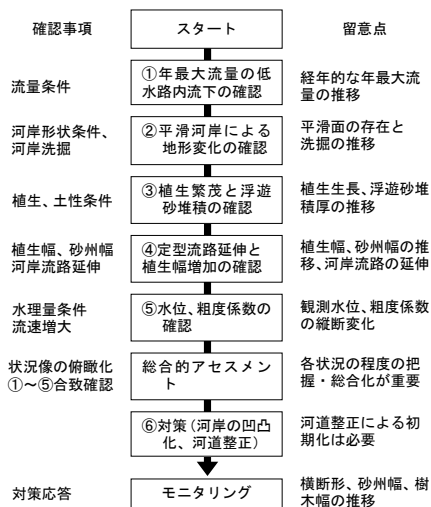


図-2 比高拡大対策に向けた手順

キーワード 比高拡大、二極化、河岸洗掘、土砂堆積、樹林化、河畔林繁茂

連絡先 〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央1条5丁目（株）ドーコン 河川環境部 TEL 011-801-1532

なども含む。

#### 4. 比高拡大の検証方法と対策の効果・事例

##### 4-1. 流量条件、河岸条件、植生状況の検証方法

流量と河岸の条件が重なった事例を空知川で検証する。図-3で、空知川の年最大流量の推移を示すが、昭和58年の②護岸設置以降、①大きな出水が無く③砂州が拡大したが、平成13年出水で砂州が縮小した。図-4に平成13年出水前後の砂州の拡大・縮小状況を、平成10年・13年の空中写真で示す。平成13年以降、大きな出水が無く、2度目の砂州拡大が生じた。

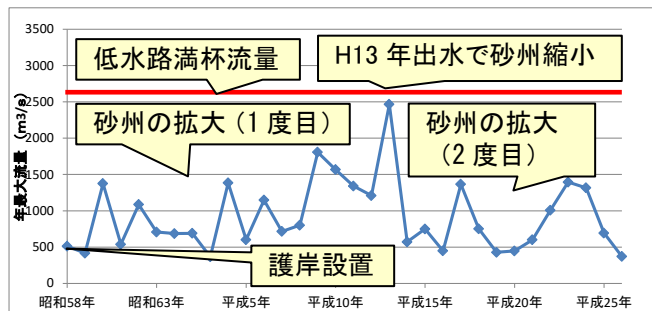


図-3 空知川の年最大流量の推移



図-4 空知川の砂州拡大・縮小の状況

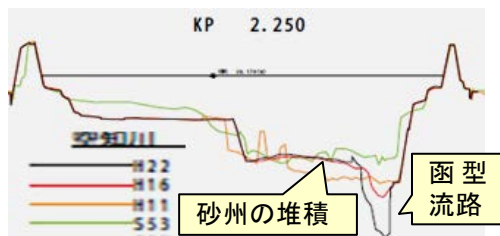


図-5 空知川の横断変遷

図-5に横断変遷を示すが、平成16年までに③砂州が堆積し(図中赤線)、それ以降、②流路が函型に掘れ(図中黒線)、図-1の④樹林化と流路延伸が進み、平成24年に護岸の一部が崩落し全面改修に至った。

即ち、河岸が平滑化しても、大きな出水があると砂州が攪乱され縮小するが、①出水規模が小さい流量条件と②平滑河岸条件が揃うと、10~20年かけて②河岸が洗掘し③砂州が土砂堆積④樹林化し、④深掘れた流路が延伸しやがて護岸崩落に至ることが示された。

##### 4-2. 流速増加・粗度係数低下の検証方法

⑤流速を検討指標にすると、横断形状の違いだけで流速が変化するための確な評価が難しい。そこで、

横断形状の違いに影響されない指標として粗度係数に着目した。比高拡大箇所⑤流速の増加は、底面せん断力を増加させるが、局所的な水面勾配の増大と水位低下から局所的な⑤粗度係数の低下に繋がる。

既論文<sup>3)</sup>で、平均年最大流量付近の出水時に縦断10地点で水位観測を行うと比高拡大区間の水位は、樹林化した砂州の河岸肩付近にあった。等流計算で粗度係数を算定し、粗度係数が $n=0.020$ 程度と、代表粒径から導かれる粗度係数<sup>6)</sup> $n=0.029$ に比べ十分に小さいことを示した。よって、粗度係数を指標とすることで流速増大の判断が可能となった。今後、比高拡大を扱う水理計算には採用すべきである。

##### 4-3. 植生幅増加の検証方法と対策の効果

④植生幅増加を検討指標とし、既論文<sup>3)</sup>で、低水路の両岸に護岸が施された一連区間の様々な河岸34地点に対し砂州幅や樹林幅を計測した。②一様な護岸の14地点は、④樹林幅と強い関係性を示した。一方、樋門吐口・排水路、支川合流部、河岸引き込み、小型水制工など、⑥護岸に小規模の凹凸がある20地点は、樹林幅が小さく比高拡大しておらず、⑥対策として定型流路の高速流の④延伸を抑える程度の⑥凹凸で十分効果があることが示された。また、⑥袋詰玉石工を施し礫河原が復元した事例を既論文<sup>3)</sup>で示した。

##### 5. おわりに

定型流路の高速流の解明は、出水時観測や三次元解析等が必要である。一方、被災後の現況復旧は、②河岸の新たな平滑化を促し、④被災箇所の移動を繰り返す。本稿を基とし事象を理解し目指すべき方向性を見定め、早期課題解決に向かうことを期待する。

##### 参考文献

- 1) 北海道開発局：北海道の急流河川における河川整備に関する研究(第2報)，北海道開発技術研究発表会 No. 59/SI-2, 2016.2
- 2) 山本晃一：流量変動と流送土砂量の変化が沖積河川生態系に及ぼす影響とその緩和技術，河川環境総合研究所資料，No. 16, 2002.10
- 3) 堀岡和晃，長谷川寛也：積雪寒冷地の河川における低水路内の比高拡大の一考察，土木学会北海道支部論文報告集 No. 73/B-41, 2017.2
- 4) 傳甫潤也，堀岡和晃，米元光明，伊藤昌弘：人為改変後の低地の河畔におけるヤナギ林の地域分布，応用生態工学 11 (1), P13-27, 2008.
- 5) 長田健吾，安部友則，福岡捷二：急流礫河川における低水路護岸沿いの深掘れ流路形成とその特性，河川技術論文集，No. 13, 2007.6
- 6) 国土交通省：美しい山河を守る災害復旧基本方針 巻末資料「設計流速に関する参考資料」, 2014.3