

二極化河道における粗度係数・代表粒径の設定と河道安定の評価方法の考察

正会員 ○堀岡 和晃

1. はじめに

河道の二極化とは、低水路内で水衝部の侵食・洗掘と水裏部の土砂堆積・植生繁茂が同時に経年的に発達し、河岸侵食や洗掘により護岸が損傷に至るか、砂州の樹林化により河積阻害に至る現象である。全国の多くの対策事例は、二次元河床変動計算等で効果を予測し実施しているが、実際は予測と異なり二極化が再発している¹⁾。本稿では、この原因として、小規模出水に限定し、粗度係数、代表粒径に着目し、融雪出水時の水位観測による粗度係数の設定や、河床表層の材料調査の必要性の検討を行い、粗度係数・代表粒径による河道安定の評価方法を立案した。

2. 二極化する流量条件

二極化が発達する流量は、計画規模の出水ほど大きくなく、積雪寒冷地で毎年発生する融雪出水や、洪水調節ダムが整備された河川での放流水など、継続時間が長く小規模の出水であり、10～20年かけて二極化が発達することを示した²⁾。逆に、低水路満杯流量まで大きいと、砂州の樹木等による攪乱の影響で二極化が衰退する²⁾。よって、小規模出水に特化した検討が求められる。

3. 低水路流れの抵抗の低減

低水路の流れの抵抗は、流量が大きいと砂州の樹木の抵抗や河床波の影響を受け、大きくなる場合があるが、融雪出水程度の小出水では、これらの影響を受けないため、小さな値で収まり、砂利河川で粗度係数 $n=0.02$ 付近まで低下する事例がある(河道計画検討の手引き P107)。二極化の緩急並列流³⁾が発生する場合も、水衝部の定型化・水衝部のアーマー化、瓦状構造(imbrication)⁴⁾、

高レイノルズ数乱流の発生⁵⁾により、礫径が大きいにも拘らず同様に粗度係数が小さくなることが確認されている。よって、対象となるこの条件下での水位観測が必要である。

4. 緩急並列流の流速帯に応じた河床材料の分布と適正な河床材料の計測方法

二極化した河道の河床材料は、緩急並列流により複数の流速帯を形成するため、水衝部がアーミングされた大礫、水際部(無立木の砂州)が小礫、水裏部(樹林化し始める砂州)が細砂と、流速帯に応じて異なることを確認した(図-1)。通常の河床材料調査は、計画規模の出水に対応した「容積法」を用い、表層を30cm程度掘り下げ一定量採取し粒度分布を測定する。しかし、河床がアーマー化されていると砂堆は発生しないため、表層材料を「線格子法」により測定する規定がある(河道計画検討の手引き P104)。よって、二極化に関しては、小規模出水に特化し、表層材料の「線格子法」も併せて測定すべきである。

5. 河道安定の評価方法

河床低下で河床材料が粗粒化した鈴鹿川の評価⁴⁾を参考に「日本の沖積河川の U^*2 乗と dr の関係」の河道安定ラインと比較した。全川で多く二極化しているA河川を対象とし、水位観測所の粗度係数 $n=0.023$ を全川に適用したグラフを図-2に示す。計画粗度係数 $n=0.03$ ・代表粒径の場合と、粗度係数 $n=0.023$ ・代表粒径の場合、ライン上部に大きく外れるが、粗度係数 $n=0.023$ ・水衝部粒径の場合は、ライン周辺に分布し、二極化しながら安定河道に向かうことが示された。水位観測と表層の粒径計測が進めば異常値はさらに減

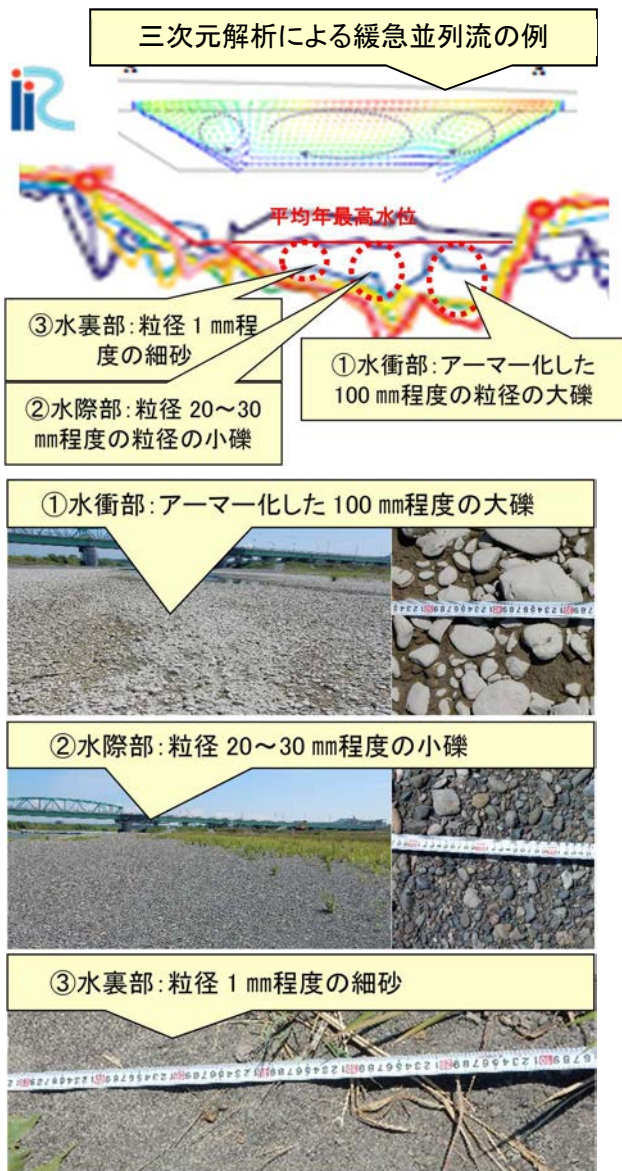


図-1 二極化した河道の河床材料の分布状況

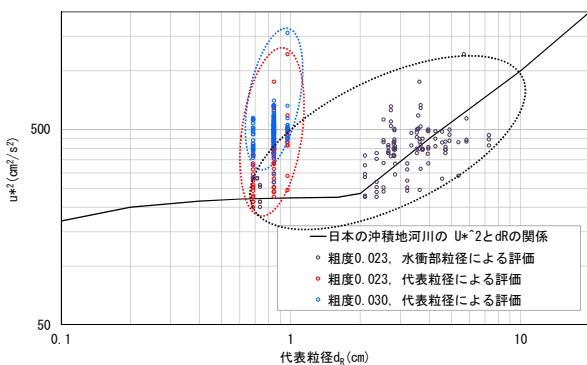


図-2 日本の沖積河川の U_*^2 乗と dr の関係図

少し、河道安定の評価の精度が増す。このグラフを基に砂州掘削後の U_*^2 乗を算出すると、これまでとは異なり、ラインの下領域に入り、河道変化として再堆積に向かうことが予測できる。

6. 二極化対策としての水制工の評価方法

二極化対策の河道整正と水制工は、緩急並列流を解消させることで、河道の抵抗と河床材料を正常に戻す効果がある。対策後の正常化した粗度係数と河床材料の設定は、近傍の二極化していない区間も含めて現地観測し、値を採用すると良い。

7. まとめ

二極化対策の多くの事例で、計画の粗度係数と容積法による代表粒径を用いるため、砂州掘削等の評価を見誤っている。二極化を適正に評価するためには、小規模出水に特化し、融雪出水時等に水位観測を行い、粗度係数を細かく設定することで二極化有無の違いを知り、河床材料の調査は、容積法に加え、表層材料の線格子法も併せて行うことで、河床表層と表層下の材料の差異やアーミングの程度を知ることができる。これにより、二極化の河道安定の有無の評価が可能になる。

8. おわりに

二極化対策の効率的・経済的な配置方法については検討済⁶⁾であり、特許「河川における二極化現象への対策方法」第 6776487 号を取得している。効率的・経済的な二極化対策は、河岸保護や流下能力確保・維持が可能となることから、河川整備に取り込むことで、出水時の危機管理や平常時の維持管理が容易となり、水害が減り人命・資産が守られ、河川環境も改善することが期待できる。

参考文献

- 堀岡和晃：河道内土砂流出による災害とその原因である二極化の要因と対策についての一考察，土木学会年次学術講演会集，No.74/II-207，2019.9
- 堀岡和晃，：低水路内の比高拡大・二極化の要因分析と対策の検討，土木学会年次学術講演会集，No.72/II-146，2017.9
- 堀岡和晃，長谷川覚也：報文：iRIC NaysCUBEによる開水路流れの二次流構造の再現検証，土木学会北海道支部論文報告集，No.73/B-35，2017.2
- 山本晃一：河道・環境特性情報の読み方と利用，河川環境総合研究所資料第18号，2007.2
- 堀岡和晃：河道特性分析に関する一考察～二極化対策による再度災害防止～，土木学会年次学術講演会集，No.75/II-168，2020.9
- 堀岡和晃：河道における二極化の要因分析と抜本的対策方法の考案，土木学会年次学術講演会集，No.76/II-14，2021.9