

# 瀬切れ河川における河川整備計画段階の生息場所確保手法の提案

○兼頭 淳<sup>1)</sup>、三橋 弘宗<sup>2)</sup>、辻 光浩<sup>3)</sup>、瀧 健太郎<sup>3)</sup>、福永 智之<sup>3)</sup>、北村 裕二<sup>3)</sup>、竹内 義幸<sup>1)</sup>

1) 株式会社 建設技術研究所、2) 兵庫県立大学自然・環境科学研究所、3) 滋賀県

## 1. はじめに

河川整備計画では、「流水の正常な機能の維持」を目的として、各河川の正常流量を記述することとなっている（河川法第16条の2）。この検討は、「正常流量検討の手引き（案）」（国土交通省河川局河川環境課 平成19年9月）を参照し、10年に1回程度の渇水時においても確保すべき必要流量を設定されることが慣習的となっている。しかし、滋賀県の扇状地の天井川の多くは、毎年のように「瀬切れ」が発生し、手引きを適用した正常流量を確保することが難しい。また、正常流量の科学的な根拠も乏しいために、実際に全国の多くの河川で実現されていない。さらに、設定した正常流量の目標達成には、ダムなどの大型貯留施設の建設以外には実現できない場合が多く、「流水の正常な機能の維持」のために大規模な環境改変を強いるため、コスト高騰だけでなく、場合によっては河川法の理念に相反する恐れがある。現実に応じた効率的な河川整備を進めるには、地域ごとの河川の実状に応じた反証可能な技術開発が課題となっている。

本報告は、滋賀県の天井川における伏没・瀬切れ特性を踏まえ、河川整備計画における段階的な正常流量確保の確保と目標設定の方法論を検討する。検討に際し、滋賀県内のA川での瀬切れ実態、河道内地下水位の現地観測を実施し、「瀬切れ」の事象を再現できる予測モデルを構築し、河道形状の工夫（淵形成）により実現可能な対策についても検討する。この成果の汎用性を確保するために、「瀬切れ」予測モデルは、他河川にも適用できるように、現地観測データに基づき、水理・河道特性等を説明変量とした統計モデル構築のスキーム開発を行う。

## 2. 方法 : 現地調査・データ整理

瀬切れの有無を予測する統計モデルの構築および説明変量を得るために、河道微地形等のデータの収集整理、現地調査による瀬切れ実態、河道内地下水位、伏没量（地表水が地下へ流出する量）の現地調査を行った。各々の方法を以下に説明する。

### (1) 河川微地形データ整理

県管理河川で実施される定期縦横断測量データに加え、面的な河床微地形データを作成するため、LP（レーザープロファイラ）測量結果および航空写真から、予測モデルでの河道微地形を表現できるメッシュサイズ（5m×5m）の地盤高データ（高さの精度は±15cm程度）を整理した。

### (2) 瀬切れ実態調査

瀬切れ予測モデルの検討対象範囲（約10km）において瀬切れ実態調査を行った。調査時期は、過去データに基づき、A川で瀬切れが頻発する時期（6～8月、10月）を対象に、平成24年7月から平成25年10月の計14回、目視観測および定点写真撮影を実施し、河川流量と河道内の瀬切れの平面分布や瀬切れ箇所を把握した。この結果にあわせて、(1)で作成したメッシュ毎に水面の有無を整理し、河川流量

と水面分布の予測モデルの検証データを作成した。

### (3) 河道内地下水調査

瀬切れ・伏没後の河道内水位の低下範囲を把握するため、本検討では、最深河床高から約 3m 程度の深さ (T.P. +86.1m) にダイバー水位計を設置し、平成 24 年 7 月から平成 25 年 11 月の約 17 ヶ月間の地下水位の連続観測を行った(図 1)。

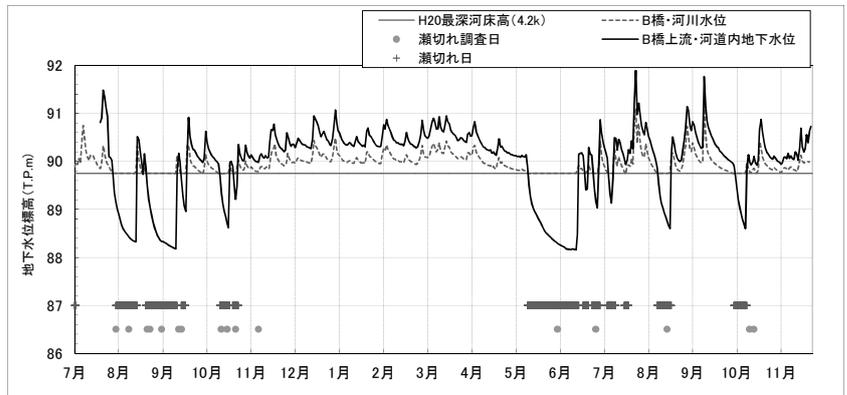


図 1 河道内水位の観測結果 (瀬切れ区間・下流部)

### (4) 確率規模別の地下水位の設定

実測した河道内地下水位と長期観測が実施されている近傍の堤内地地下水位データとの相関関係 ( $r=xxx$ ) をもとに、月別の河道内地下水位を推定した。その結果、瀬切れが頻発する 7~8 月の最低水位に対し、たとえば概ね 2 年に 1 回程度の発生確率 (図 2) で評価すると、最深河床高から深さ約 1m が河道内地下水位となる。以上より、1m 以深の淵 (深み) を形成すれば、瀬切れ時も水面が出現し、魚類のシェルター (避難場) 機能が確保できると予想した。

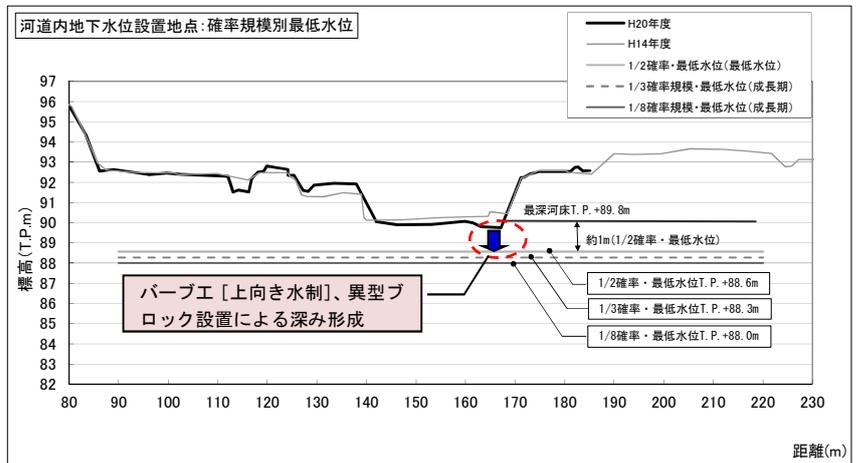


図 2 確率規模別河道内地下水位と最深河床高との関係

### (5) 予測モデルの構築

瀬切れ現象の予測モデルには、表流水と地下水を一体化した水理モデル (詳細モデル) ではなく、より簡便で短時間にモデル構築が可能な統計モデルとして、一般化線形混合モデル (GLMM) により、水面の出現状況の有無を推定した。

本検討では、「河川流量」や「河道形状の工夫 (淵形成)」の組合せに応じて、瀬切れ対策を評価することが可能なモデルを構築するため、目的変数を瀬切れ実態調査のメッシュ毎の水面出現状況とし、説明変数を調査時の P 頭首工放流量 ( $x_1$ )、河川微地形データより算出したメッシュ毎の地盤高 ( $x_2$ )、水面との比高差 ( $x_3$ )、縦断距離区分 ( $x_4$ ) および、低水路幅 ( $x_5$ ) を説明変数として、メッシュ毎に求めた水面出現確率から水域分布を推定した。なお、説明変数間に強い相関関係が存在する場合は予測モデルの信頼性が低くなることから、分散拡大係数 (VIF) を事前に算出し、VIF が 10 以上の説明変数については、目的変数との関係が強い方を採用した。さらに、得られた統計モデルをもとに瀬切れ区間を推定するほか、正常流量の設定目標を検討すると同時に、水制工の導入等による淵の形成によって瀬切れ解消が期待できる区間の推定を行い、河川整備計画における対応方策についても検討した。

### 3. 結果

解析の結果、水面の出現状況と有意な相関関係 ( $P<0.05$ ) のみられる説明変数として、河川流量、水面と地盤の比高差、縦断距離区分、低水路幅が選択された (表 1)。水面出現確率に対して水面の出現・非出現を判断する閾値は ROC 解析を行い、最も識別力が高くなる閾値を求めた結果、水面出現確率 41% 以上となった。この予測モデルを用いて作成した水面分布図と現地調査結果を比較した結果、瀬切れが顕著な 3.4k~11.0k における予測結果の正解率 (現地調査と予測結果が一致したメッシュ数/全メッシュ数) は 80.9%であり、現状を再現推定することができた (図 3)。

また、現地調査時に瀬切れ区間で確認した点在する淵 (深み) の再現性を検証した結果、現地調査で水面が確認された箇所とほぼ同じ箇所でも水面出現を予測できた。

表 1 多変量ロジスティック回帰分析結果

変数	係数	標準誤差	Z 値	P 値
(切片)	-4.90	0.071	-68.8	<0.001
P 頭首工放流量 (x1)	0.67	0.004	167.5	<0.001
水面と地盤の比高差 (x3)	0.93	0.023	40.4	<0.001
縦断距離区分 (x4)	0.08	0.002	36.2	<0.001
低水路幅 (x5)	-0.02	0.001	-11.5	<0.001
random effects	2.20			

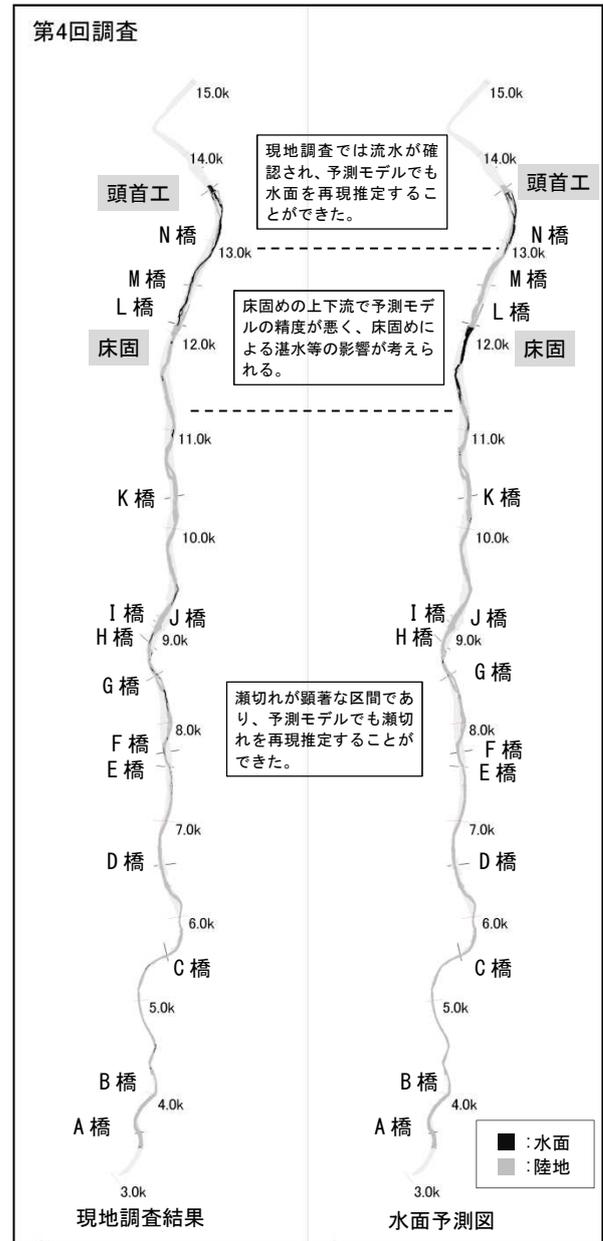


図 3 現地調査結果と予測の比較

### 4. 考察：河川整備計画段階における瀬切れ対策手法の検討

瀬切れ時に点在する淵は、渇水時に魚類等の水生生物が避難場所 (シェルター) として利用できる。予測モデルを用いて、河川流量、水面と地盤の比高差 (河床メッシュの地盤高) を変動させて、「河川流量」と「河道形状の工夫 (淵形成)」の組合せにより、河川整備計画段階における生態系維持に必要な水面の確保を検討した。

河道形状の工夫としては、水制工設置による淵形成を想定した。これに対応するため、河床メッシュの地盤高を 0.5m~2.0m 下げたケースを想定し、現況では 2~3m<sup>3</sup>/s で瀬切れが発生することから河川流量 0.0 から 5.0m<sup>3</sup>/s までの 0.5 m<sup>3</sup>/s 間隔で水面出現確率を算出した。

河道内地下水の現地観測より、約 1/2 年確率規模の地下水位に対し、約 1m 以上の淵（深み）を形成すれば、瀬切れ時も水面が出現することが推定された。水制工設置に伴う河床低下量を 1.0m と想定した場合には、流量  $1\text{m}^3/\text{s}$  で全体の約 50% が水面と予測されることから、連続性の閾値である 59%（パーコレーション理論）に近似する。このため、必要流量を  $1\text{m}^3/\text{s}$  程度をと見込むほか、よりポテンシャルが高い地区が集中している箇所を実施することで、1/2～1/3 確率規模相当の渇水年に対し、効果的であると考えられる（図 5）。

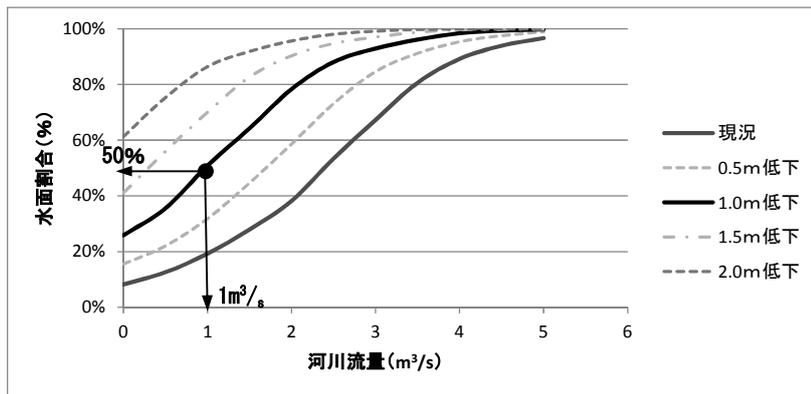


図 4 河床低下別の流量変化と水面の出現状況

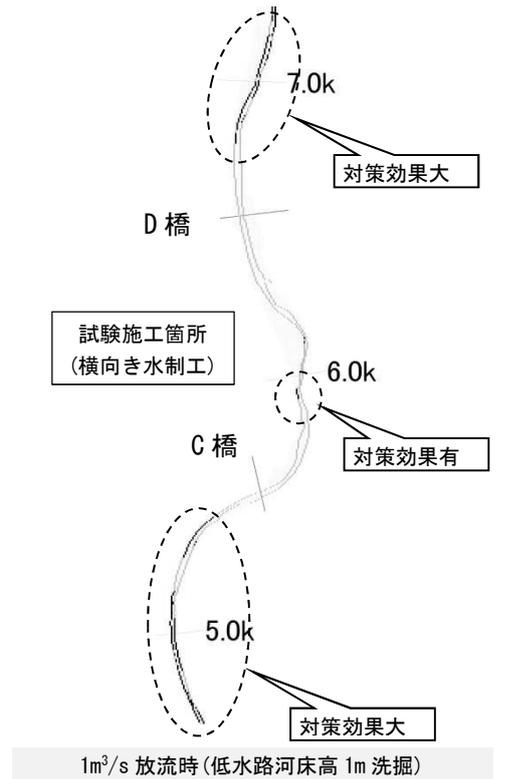


図 5 水面の出現予測結果（一部抜粋）

## 5. 河川整備技術の検討と課題

A 河川では、平成 26 年 2 月に河道形状の工夫による瀬切れ対策として、A 川 6k 地点低水路右岸（図 5 に位置を明示）に横向き水制工を 1 基試験施工した。予測モデルでは、河床低下 1m 時に水面が出現するとの予測に対し、同年 5 月の瀬切れ発生日の観測では河床が 70cm 程度低下し、水面確保およびアユ生息が観測された。引き続き、水面予測モデルによる淵形成の対策効果が高いと判断される箇所で、水制工の追加試験施工を実施し、水制の規模（高さ、長さ等）と洗掘深の関係、淵形成効果を確認していく予定である。

さらに、本検討の成果を踏まえ、滋賀県内の他河川での適用も想定した天井川での現実的な瀬切れ対策について、「河川維持河相の手引き（素案）」を作成しており、平成 26 年度に有識者ワーキングを開催し、同手引き（案）を用いて、各河川での河川整備計画に反映していく予定である。



写真 1 試験施工の実施（A 川・6.0k 付近、H26. 2. 12 施工）



写真 2 試験施工箇所のモニタリング・施工後約 3 ヶ月経過（H26. 5. 1 撮影）