

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

株式会社ドーコン 正会員 ○堀岡 和晃

1. はじめに

北海道内での2016年8月の4つの台風による出水で、十勝川水系の小支川ペケレベツ川等で砂防施設からの細粒土砂により、滞筋低下区間から土砂流出が生じ、下流河道で河床上昇とともに堤防決壊等が発生した。また、十勝川本川や大支川においても、類似した災害が発生した。滞筋低下区間からの土砂流出の原因について、砂混入による礫の移動限界の低下との関連性を推察した。滞筋低下の元となる比高拡大・二極化について要因と対策を考察した。

2. 河道内土砂流出による災害と要因区分

2-1. 小支川の災害状況と要因区分

十勝川水系の小支川のうち、戸蔭別川、ペンケオタソイ川について記述する。戸蔭別川流域では、70年間で6回のマサ土を含む山地崩壊が発生していた。崩壊面積率は0.5%前後で推移しており、2001年災害以来15年間のブランクがあった。その間、下流河道では、砂防施設の長期間の粗粒土砂抑制による滞筋低下や、砂州の浮遊砂堆積、砂州上の樹木繁茂が進行していた。十勝川上流の砂防小支川に対し、被災要因を確認する¹⁾と、滞筋低下の有無が災害と関係していた(表-1)。(○：有、×：無)

表-1 支川の被災要因表

小支川名	洪水調節施設	土砂発生	横断構造物による細粒化	滞筋低下	被災状況
パンケ新得川	×	○溪岸侵食あり	○砂防施設	○護岸深掘れ	○JR橋被災
ペンケオタソイ川	×	○溪岸侵食あり 13万m ³	○砂防施設	×床固工群 滞筋低下無し	×河道内 堆積のみ
ペケレベツ川	×	○溪岸侵食あり +真砂土流出 40万m ³	○砂防施設	○護岸深掘れ	○市街地で 氾濫
小林川	×	○溪岸侵食あり	○砂防施設	○自然蛇行	○畑地で氾濫
芽室川・造林 沢川	×	○溪岸侵食あり 51万m ³	○砂防施設	○護岸深掘れ	○市街地で 氾濫
久山川	×	○溪岸侵食あり	○砂防施設	○護岸深掘れ	○畑地で氾濫
美生川	×美生ダム(灌漑)	○一部あり	○砂防施設	○自然蛇行	○畑地で氾濫
戸蔭別川	×	V溪岸侵食あり 261万m ³	○砂防施設	○護岸深掘れ	○橋台洗堀 堤防洗堀

ペンケオタソナイ川だけが、下流で土砂・洪水氾濫しておらず、その原因として、河道に床固工群が設けられて滞筋が低下せずに土砂堆積していること

が見受けられた。

2-2. 滞筋低下区間からの土砂流出の原因の推察

山地で発生した土石流は、砂防施設等で粗粒土砂が捕捉され、細粒土砂を多く含む出水が、滞筋低下した河道を通過する。その際に、「河床の礫層に砂が4割混入すると礫の移動限界掃流力が半減することで、河床材の粗粒土砂を大量に移動する作用がある」ことが示されている²⁾。後述する埋幹樹木群は、滞筋が低下した河床より上に根があるため、砂州の土砂とともに流出し大規模な河床低下をもたらした可能性がある。下流の勾配変化点では、流送土砂が堆積し河床上昇と合わせて側岸侵食を助長していた。

即ち、十勝川水系の小支川の災害は、10数年来の豪雨で土石流が発生した際、上流の砂防施設が土砂流出をしっかりと抑制したものの、細粒土砂を伴った出水が流下し、滞筋低下した河道からの大量の土砂流出との連鎖があって発生したものと推察した。

2-3. 本川・大支川の災害状況

支川の土砂流出を受ける十勝川本川も被災していた。佐幌川合流点下流区間において、出水前は滞筋低下と砂州の樹林化が進行していた。出水後、本川の滞筋低下区間から大量の土砂が流出していた。さらに滞筋低下区間の下流(KP78.1左岸)では、砂州樹木が流れを対岸に固定化し、河岸侵食が発生していた。十勝川水系直轄河川において、同様な被災を受けた箇所が6箇所抽出された(表-2)。

2-4. 砂州埋幹樹木の流路固定による対岸河岸侵食

二極化した河道では、砂州の発達過程で河畔林は稚樹が徐々に埋まりながら生育する。この場合、樹木は、土砂に埋まった幹から不定根を出して生育する「埋幹樹木」となり、流水による耐性が通常の樹木の10倍程度に高くなる³⁾。さらに、滞筋が低下していない区間では、埋幹樹木の基部の根は、元の砂

キーワード 土砂流出、河岸侵食、滞筋低下、埋幹樹木、二極化、被災要因
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

表-2 十勝川直轄河川の被災要因表

河川名	洪水調節施設	土砂発生	横断構造物による細粒化	滞筋低下	被災状況
十勝川	○十勝ダム 860m3/sのうちの820m3/sカット	○千代田分水路の土砂堆積（分道堰ゲートより土砂が移動）	○KP43.3：千代田堰堤、千代田分道堰	○河床低下区間（KP40～43）	○KP40左岸大規模河岸侵食発生 過去に多数被災実績あり。
		○KP82.6佐々川合流 芽室川、美生川合流（支川からの流入土砂）	○支川に流路工多数あり ×KP100+3km屈足ダム	○川幅縮小区間（KP64～73）	○KP63.0左岸河岸侵食発生 H30年8月被災実績あり。砂州掘削水路施工済。
		○KP82.6佐々川合流（支川からの流入土砂）	○佐々川の支川に多数あり ○KP100+3km屈足ダム	○河床低下区間（KP78～82.6）	H28年8月被災実績あり。二極化対策が必要
		○屈足ダム上流河道からの土砂発生	○KP100+3km屈足ダム	○河床低下区間（KP95～P103）	○KP88.4左岸護岸損傷 KP94.8左岸河岸侵食発生 H28年8月被災実績あり。二極化対策が必要
札内川	△札内ダム	△堰堤上流河道からの部分的な土砂発生	○第1、第2砂防堰堤	○二極化区間（KP40～KP42、KP44～KP47）	○KP40.5左岸堤防決壊 H28年8月被災実績あり。二極化対策が必要
菅夏川	×発電専用 の縦平ダム	○流域変更に伴う元小屈ダムの下流の樹林化した砂州河道	○KP27.56十勝頭首工	○二極化区間（KP23～P27）	○KP21.2左岸の堤防洗堀あり H28年8月被災実績あり。二極化対策が必要

州高以下にあり、2-2.の礫移動があっても洗掘が根に及ばない。砂州に残った埋幹樹木群は、群杭のように侵食に抵抗し、流木を捕捉、流れを固定化、流路を対岸に向ける作用をし、河岸侵食を助長する。

3. 二極化と災害の関係

埋幹樹木群を形成する砂州堆積や滞筋低下といった比高拡大・二極化は、大出水が少ない流量要因での砂州の堆積・樹林化^{4) 5) 6)}、および長田ら⁷⁾が示す水衝部における一様な護岸等の河岸要因で生じる河床低下、ヤナギ林等の生育期間10年以上に亘る時間要因による河道変化の蓄積で生じる。3要因（出水の平滑化、水衝部の定型化、時間経過による河道変化）の連鎖が生じ、出水を契機に被災が起きるものと推察^{8) 9)}した。図-1に二極化のフロー図を示す。

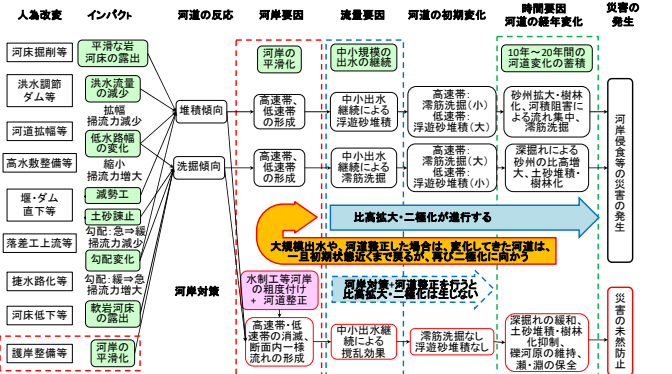


図-1 二極化のフロー図

4. 災害の対策検討

二極化は、出水頻度の少ない積雪寒冷地河川に多いが、全国の河川でも洪水調節ダムが整備されると、大出水が減り中小出水が長期化するため顕在化している。二極化対策は、流量要因ではダムの無害流量の改善が望ましいが対応が難しいので、河岸の粗度付けなど河岸要因を改善し、河道整正・樹木除去といった時間要因を初期化するのが抜本的対策である。

全国の二極化対策事例を調べた結果、河岸要因を改善できる「水制工（最適配置の条件付き）＋河道整正」は、二極化防止効果が高かった（表-3）。

表-3 全国の二極化対策事例調査結果

対策工法	事例数	工法の概要	対策の適用性
巨石付き盛土砂州＋河道整正	5事例中成功0件	巨石で被覆し対岸に向けた導流工	盛土砂州に沿った洗掘・侵食、砂州堆積あり、 不適
砂州掘削水路	7事例中成功0件	砂州を縦断する水路を掘削し、流れを分散	全てで予測解析結果と異なり、土砂堆積、不適
砂州掘削	6事例中出水有で成功2件	砂州の切り下げ	掘削後出水があれば維持傾向。出水が無ければ堆積傾向、 不適
水制工＋河道整正	4事例中成功3件	河道整正と合わせ水制工を配置	最適配置の条件付きで、 適
大礫錐＋河道整正	1事例中成功1件	河道整正と合わせ砂州頂部に礫の小山を配置	一部流失した。流失しない条件付きで、 適
合計	23事例中成功6件		

5. おわりに

2016年8月における河道内土砂流出による災害は、滞筋低下区間への砂混入による礫の移動限界の低下と埋幹樹木が原因と推察した。滞筋低下や埋幹樹木をもたらし二極化は、全国の河川で顕在化している。二極化対策は、河積確保と災害防止に寄与することから、河川整備計画の新たな対策メニューとすべきであろう。今後は、出水時観測や三次元解析による定型流路での高速流現象の解明が必要と考える。

参考文献

1) 北海道開発局, 北海道：十勝川流域砂防技術検討会資料
2) 三輪浩：ダム下流の礫床河川への置き土供給による河床上昇と流路変動に関する研究, 科学研究費助成金事業 研究成果報告, 2016.8
3) 臼田ほか：釧路川における河道内樹木の倒伏限界モメントについて, 第59回北海道開発技術研究発表会, 2016
4) 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
5) 堀岡和晃, 長谷川覚也：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
6) 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.
7) 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
8) 堀岡和晃：低水路内の比高拡大・二極化の要因分析及対策の検討, 土木学会第72回年次学術講演会集, 2017.9
9) 堀岡和晃：2016年8月北海道豪雨災害における比高拡大・二極化に着目したリスク管理の検討, 土木学会第73回年次学術講演会集, 2018.9