神通川水系高原川流域における流木流出率に関する一考察

国土交通省北陸地方整備局神通川水系砂防事務所　石井崇，岡嶋康子※1，高嶋啓伍
（一財）砂防・地すべり技術センター　○天野祐一朗※2，小野寺智久，宮瀬将之，深見文哉
※1：現　国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所
※2：現　砂防エンジニアリング株式会社

1. はじめに

近年の大雨による土砂・洪水氾濫災害では，土砂と併せて大量の流木が流出し，被害を拡大させる事例が見られる。土砂・洪水氾濫時の流木被害を防止するためには，計画規模時に流出する流木量（計画流出流木量）を想定することが重要である。令和 5 年には国土交通省より「土砂・洪水氾濫時に流出する流木の基本的な考え方（試行版）」（以下「試行版」という）が発表されたが，計画流出流木量を算定するためには，今後の観測を通して，更なる知見の蓄積が必要であるとされている。

神通川水系高原川流域では，令和 2 年 7 月に発生した大雨により高原川下流の西里橋地点で既往最大流量を観測し，高原川の渓岸や砂州に繁茂していた植生の流出が確認された。そこで，出水前後の空中写真判読，現地調査結果を基に，令和 2 年 7 月出水時の流木流出率（堆積率）を分析し，計画流出流木量を試算した結果と課題について報告する。

2. 令和 2（2020）年 7 月出水の状況

高原川流域では 2020 年 6 月 11 日から断続的な降雨が発生し，7 月 6 日から雨が強まり，7 月 8 日に 30mm/h を超える降雨を観測した。平湯雨量観測所では，8 日に最大時間雨量 32mm，最大 24 時間雨量 266mm（7 日 8 時～8 日 8 時）を観測した（図 1）。西里橋流量観測所では 1,735m3/s を観測し，既往最大流量となった。出水後の調査より，流木の主な生産源は雨域が集中した蒲田川・平湯川流域および高原川と推定される。

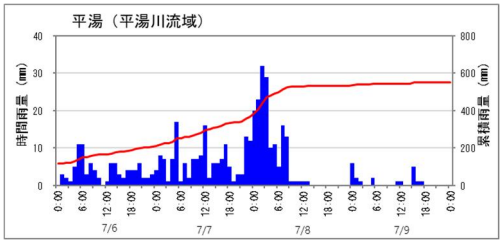

図 1　雨量観測結果（平湯観測所）

3. 流木流出率（堆積率）の算定

令和 2 年 7 月出水による流木発生・堆積状況から流木流出率の分析を行った。流木流出率の推定は，出水後に堆積している流木量から流木堆積率を求めた上で，流木流出率＝1－流木堆積率として評価した。

3.1 流木の発生・堆積状況の分析

堆積流木の分析は，オルソ画像では判読が困難であったため，出水後に UAV による調査が実施されている蒲田川・平湯川～浅井田ダムまでを対象範囲とした（図 2）。UAV 画像から単木の本数と，流木がまとまって堆積している流木群の面積を判読し，現地調査による単木一本当たりおよび流木群の単位面積当たりの材積量を乗じることで堆積流木量を算定した。

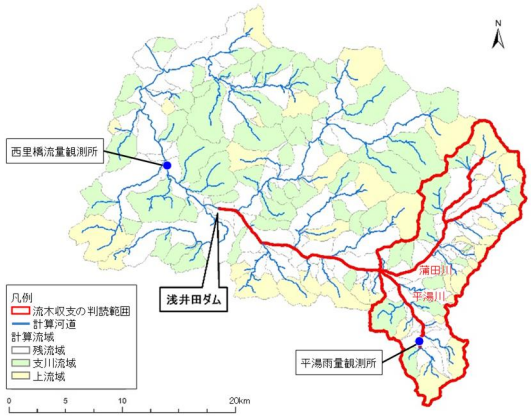

図 2　分析対象範囲

発生流木量は出水前後のオルソ画像から立木流出面積を判読し，現地調査による単位面積当たりの平均材積量を乗じることにより算定した。

3.2 流木流出率の算定

流木堆積率は谷時数毎に堆積流木量を発生流木量で除することにより算定した（表 1，A）。しかし，後述する計画流出流木量の算定において，流木堆積率に距離の概念がなく流木量の算出が煩雑になることや，地形条件による堆積傾向が反映できない等の課題が見られた。そこで，河道延長あたりの堆積率（表 1，B），判読により流木堆積が確認された区間延長あたりの堆積率（表 1，C）を併せて算定した。算定の結果，谷次数毎の平均値で見ると，流出率は全て 96%以上となった。空中写真の撮影時点で堆積流木の一部が流出している可能性があること，高山地帯の材積量の調査結果が無いため発生流木量が過大に算出されている可能性があること等の理由から，流出率が過大に算出されたと推定する。

3.3 地形条件と流木流出率の分析

流木流出率を高原川の他流域へ適用することを想定し，地形と流木流出率の関係を分析した。平湯川にて流木流出率，発生流木量，堆積流木量，河幅，屈曲度，縦断図，勾配を整理した結果を図 3 に示す[1)]。河幅の変化点や堰堤の堆砂敷に比較的堆積量が多い傾向はみられるが，その他明瞭な相関は確認できなかった。課題として，堆積傾向を定量的に示すためには，水位等を含めた複合的な指標による分析が必要であると考える。

4. 計画流出流木量の試算

計画流出流木量は，推定された計画発生流木量に流木

表 1 流木流出率(堆積率)の算定結果

谷次数	項目	平湯川	蒲田川 左俣谷	蒲田川 右俣谷	蒲田川本川	高原川本川（蒲田平湯合流点～浅井田ダム）	平均 流木堆積率	平均 流木流出率
4次谷	流入流木量(m³)	2,004	2,948	800	—	—	—	—
	堆積流木量(m³)	26	18	1	—	—	—	—
	A 堆積率(%)	1.30	0.61	0.11	—	—	0.68	99.32
	B 1kmあたりの堆積率(%)	0.42	0.09	0.04	—	—	0.18	99.82
	C 堆積区間1kmあたり堆積率(%)	0.93	0.28	0.47	—	—	0.56	99.44
5次谷	流入流木量(m³)	8,087	3,555	5,497	—	—	—	—
	堆積流木量(m³)	223	5	17	—	—	—	—
	A 堆積率(%)	2.75	0.15	0.31	—	—	1.07	98.93
	B 1kmあたりの堆積率	0.37	0.16	0.08	—	—	0.20	99.80
	C 堆積区間1kmあたり堆積率	0.49	0.37	0.42	—	—	0.43	99.57
6次谷	流入流木量(m³)	—	—	—	13,735	—	—	—
	堆積流木量(m³)	—	—	—	81	—	—	—
	A 堆積率(%)	—	—	—	0.59	—	0.59	99.41
	B 1kmあたりの堆積率	—	—	—	0.07	—	0.07	99.93
	C 堆積区間1kmあたり堆積率	—	—	—	0.16	—	0.16	99.84
7次谷	流入流木量(m³)	—	—	—	—	25,364	—	—
	堆積流木量(m³)	—	—	—	—	802	—	—
	A 堆積率(%)	—	—	—	—	3.16	3.16	96.84
	B 1kmあたりの堆積率	—	—	—	—	0.19	0.19	99.81
	C 堆積区間1kmあたり堆積率	—	—	—	—	0.25	0.25	99.75

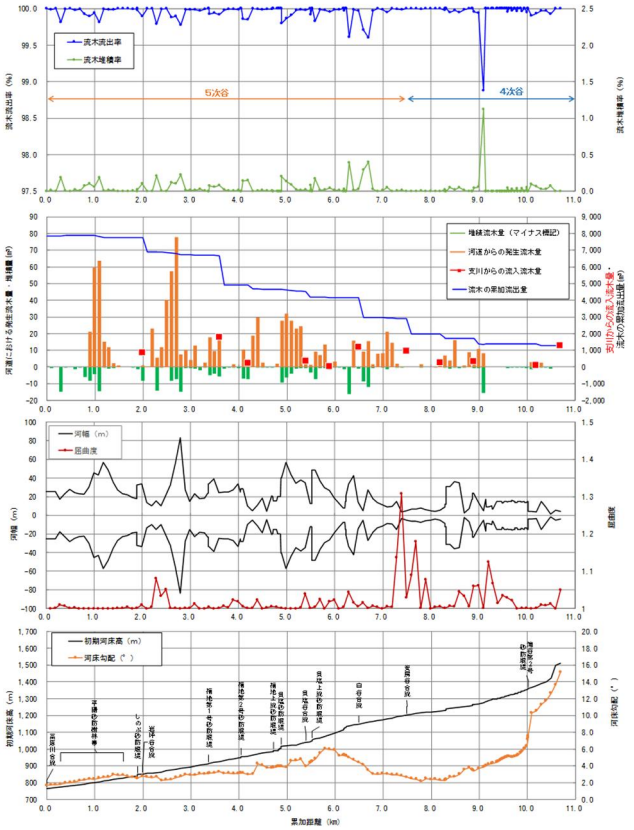

図 3 平湯川における流木堆積と地形条件の比較

流出率を乗じることで算出した。なお「試行版」に準拠し，河床勾配 10° 以上の区間と 10° 未満の区間に分けて分析を行った。河床勾配 10° 以上の区間は土石流等に伴う流木生産が想定されるため，「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説 H28.4」に準拠し，谷次数毎の侵食幅，渓流距離，単位面積当たりの材積量を乗じて発生流木量を算定し，さらに流出率 0.8 を乗じて計画流出流木量とした。渓床勾配 10 度未満の区間は，計画規模の一次元河床変動計算結果による最大侵食深が根茎長以上の区間，流体による外力が立木の耐力を上回る区間における植生面積と単位面積当たりの材積量を乗じて発生流木量とし，前章にて算定した流木流出率を乗じることで計画流出流木量とした。なお，流木発生の判定に使用する根茎長は，根が露出している樹木や流木を対象とした現地調査結果を使用した（表 2）。

表 2 根系長の調査結果

調査地点	1～3次谷 針葉樹(m)	1～3次谷 広葉樹(m)	4～7次谷 針葉樹(m)	4～7次谷 広葉樹(m)
平均根茎長	1.4	1.4	0.8	1.2

蒲田川，平湯川における計画流出流木量の試算結果を表 3 に示す。堆積率は表 1 における堆積率 C を用いて算定を行った。堆積区間は一次元河床変動計算により堆積傾向がみられる区間とした。距離見合いの堆積率を用いることで，トラブルスポットや堰堤等の施設に到達する流木量を効率的に算定することができると考える。

表 3 計画流出流木量の試算結果

流域	計画発生流木量(m³)	計画流出流木量(m³)
蒲田川	27,241	20,860
平湯川	20,263	14,282

5. 流木流出率（堆積率）の算出に関する課題

検討の中で以下のような課題が見られた。

- 流木群は流木の密度が高く，材積量を適切に把握することが困難であった。砂州の立木に捕捉されるように堆積している箇所も見られ，堆積形状によって材積量の傾向も異なると考えられる。
- 流木の堆積状況は小規模な降雨による流量の増加でも変化すると考えられる。出水により流木流出が確認された際には直ちに UAV 等を用いて，河道内の流木堆積状況を観測することが重要である。
- 出水前のデータとして，定期的に空中写真を撮影し，データを蓄積しておくことが大切である。
- 出水後に観測できる堆積流木は，出水後半で水位が低下した際に堆積した可能性が考えられるため，出水のピーク時を想定した被害想定では堆積率の適用方法を検討する必要があると考える。そのために，時系列的な流木流下状況の観測が必要であると考える。

6. おわりに

令和 2 年 7 月出水における流木流出率を分析し，計画流出流木量を試算した結果を報告した。今回明らかとなった課題を踏まえて今後も調査・分析を継続しデータを蓄積することで，精度を向上させていく必要がある。また，今後施設配置計画を検討する際は，他事業の施設効果量も踏まえた検討を行う必要があると考える。

【謝　辞】本検討には，国土交通省北陸方整備局神通川水系砂防事務所より受託した業務成果を用いています。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】1）黒岩知恵，藤村直樹，木下篤彦，水野秀明，今森直紀，福田和寿：平成 23 年台風 12 号土砂災害における和歌山県那智川支川流域の流木の発生と流出実態，第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集 pp. 127-132，2016