

2015 年黒部川連携排砂時における流木の動態

富山県立大学工学部 学生会員 ○佐々木謙吾

富山県立大学大学院 正会員 手計太一, 下坂将史

京都大学防災研究所 正会員 角哲也, 竹門康弘, サメ・カントシュ, 小林草平

国土交通省黒部川河川事務所 正会員 藤田士郎, 森田賢治

1. はじめに

近年, 台風や集中豪雨によって引き起こされる流木災害は数多く発生している。例えば, ダム貯水池内への流入によるダム施設・機能への損傷や, 洪水時, 河川構造物を破壊し, それに伴った氾濫の拡大などがある¹⁾。既往の流木マネジメントでは, 各河川で発生時期毎の現場対応となっており, 体系化した処理計画や有効活用方法が十分であるとは言えない。

これまでに, ダム貯水池における流木流入の課題と効果²⁾, 局所的な流木の動態に関する検討³⁾, 生物学的観点からは, 流木の生物に対する役割⁴⁾などが研究されている。

本研究では, 流木動態の解明手法を提案するとともに, それを利用して黒部川下流部(宇奈月ダムから河口まで)における流木の動態を明らかにする。

2. 対象河川

黒部川は富山県東部に位置する一級河川である。日本有数の急流河川であり, 同時に上流域からの流出土砂量が非常に多いという特徴を有する。また, 国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所では連携排砂後に流木の回収を行っている。流木処理作業過去 11 ヶ年の実績では, 流域全体における平均流木処理重量が約 1400 t, 平均流木処理費用が約 2000 万円となっている。

3. 黒部川における流木の流下実験

(1) IC タグと GPS を用いた流木追跡

流木に IC タグと GPS を装着し, 連携排砂時の流木の動態を調べた。IC タグは SHARP 社の DS-3UT4, GPS は WillGPS 社の RT2300, MT6800 と Mobil Action 社の GT-600 を使用した。IC タグは UHF 無線での位置特定が可能である。また, 電池が不要であり, 安価である。予めナンバリングした IC タグを流木へ装着し, その上からシリコンを使い, 防水, 緩衝対策を行った。IC タ

グは本実験対象である全 128 本の流木に装着した。大きな流木には IC タグを複数個装着し, 流下中に流木が分裂しても番号が特定できるようにした。

GPS は準リアルタイム型 GPS とロガー型 GPS の 2 種類を使用した。準リアルタイム型 GPS は GPS 電波と基地局測位情報を用いて準リアルタイムでのデータの取り出しが可能である。稼働時間は約 2 週間であるが, ログ間隔時間が設定できないという欠点がある。一方, ロガー型 GPS は回収しなければデータが取り出せず, 稼働時間が約 6 日間と短い, 任意の時間でログ間隔が設定可能である。GPS 装着の際には流木に穴を加工し, 防水, 緩衝対策を行った GPS を埋め込んだ後, 木の板で蓋をして, その上からシリコンで更に防水, 緩衝対策を行った。GPS が完全に水没し, 通信に支障をきたさないように GPS は流木の側面に取り付けた。また, GPS は高価であるため, 本実験では対象である全 128 本の流木の内, 計 7 本の流木にのみ GPS を装着した。6 本(GPS-1~6)は準リアルタイム型とロガー型の両方, 1 本(GPS-7)はロガー型のみ装着した。

更に, 回収率を上げるため, 目視で確認しやすいよう全ての流木を赤く塗装した。

IC タグのみの流木は加工後, 平水時には流下しないように連携排砂の実施まで平水時の水位より標高が高い河原に放置した。GPS 付きの流木は電池が必要なため, 連携排砂が実施されてから河川へ投入した。連携排砂後, 黒部河川事務所による流木回収作業が行われる前に, 流木を探索し, 流下後の位置情報を記録した。

(2) 流木の形状と流下結果

表-1 は探索, 回収作業の結果である。連携排砂実施期間は H27 年 7 月 1 日~7 月 3 日であり, 7 月 9 日~11 日にかけて行った探索作業で, 72 本の流木を発見し, 位置情報を記録することができた。図-1 は流木の初期

キーワード 流木, GPS, マルチコブター, 連携排砂, 黒部川

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 TEL. 0766-56-7500 E-mail : t117018@st.pu-toyama.ac.jp

位置と発見位置を示したマップである。この検索後、7月15日から順次、黒部河川事務所による流木の回収が行われた。その回収作業において新たに23本の流木が発見された。しかし、それらの流木については流下後の位置情報は得られなかった。黒部河川事務所により、河道内におけるほぼ全ての流木が回収されたと推定されるため、本研究で使用した全128本の内、発見されなかった33本の大半は海へと流下した可能性が高い。

GPS-1, 2, 5, 7は投入位置から約0.1 km下流の位置で堆積していた。GPS-3は初期位置から下流へ約16.2 km, GPS-6は約7.7 km流下した地点で発見された。本実験の流木試料の内、43本が初期位置から0.1~0.2 km下流の範囲に堆積していた。また、河川全体を通して、橋梁や堰堤などの河川構造物に堆積している流木の有無を優先的に確認したが、発見されなかった。

図-2は準リアルタイム型GPS付き流木の移動距離(以下、MD)、流下距離(以下、FD)と連携排砂時における宇奈月観測所(19.90 kp)の水位である。MDは設置から回収までの全GPS情報間の距離を累積し算出した。FDは滞留後も取得し続けていた回収地点付近のGPS情報を1点にまとめ、MDと同様にGPS情報間の距離を累積し算出した。全てのGPS付き流木は水位が低下するよりも先に滞留したことが示された。

次に、流木の全長、代表周長(各流木における最大の周長)、重量と流下距離の関係を調べた。全長、代表周長を測定した流木は53本である。重量測定では三方良し社のクレーンスケールデジタル量り246910-01を用いた。重量が大きく、測定できないものは、最小周長・最大周長を測定し、推定最小体積・最大体積を求めた。それらに、測定ができた流木から算出した平均密度を乗じ、推定最小重量・最大重量を算出した。重量が測定可能であった流木は33本であり、13本の測定不可能であった流木は推定重量を用いた。残りの流木は連携排砂後に発生した別の出水により見失ったため、今回の実験では発見した全流木を測定できなかった。

図-3は全長、代表周長と流下距離をそれぞれ横軸、縦軸、青～赤の濃淡で示した図である。図中の白点はそれぞれの流木の測定値を示し、Kriging法で内挿補間して描いている。実験に用いた各流木に全長、代表周長の相関関係はない。全長が小さく、代表周長が小さい流木の流下距離が長いという定性的な結果が示された。黒部河川事務所による、黒部川での流木の堆積状

表-1 流木の設置本数と回収本数

		ICのみ	GPS付き	合計
設置した流木数		121本	7本	128本
発見された流木数	発見位置が明確な流木数	66本	6本	72本
	発見位置が不明な流木数	23本	0本	23本
発見されなかった流木数		32本	1本	33本



図-1 流木の初期位置と発見位置

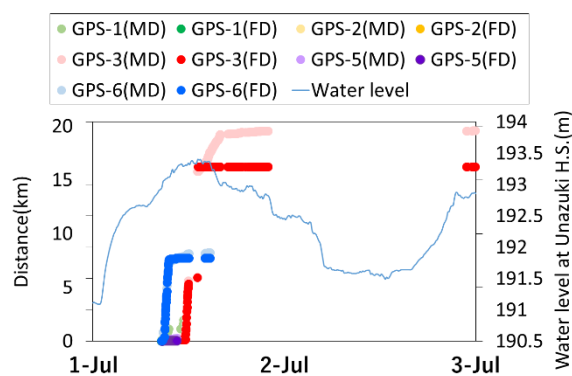


図-2 GPS付き流木の移動距離、流下距離および、連携排砂時における宇奈月観測所の水位

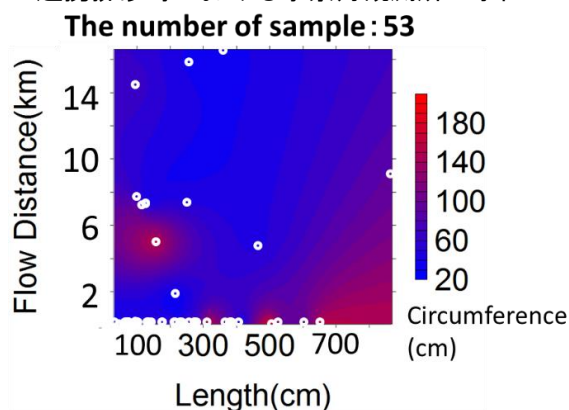


図-3 全長、代表周長と流下距離の関係

況の特徴として、宇奈月ダムから河口にかけて、幹径が小さくなっているという報告⁵⁾がある。これはH27年連携排砂における結果とも概ね一致している。

図-4は重量と流下距離の関係を示した図である。この図から、重量が小さい流木は流下距離が長いという

ことが示された。また H27 年連携排砂における規模の流量では、推定最大重量が 312 kg の流木が約 9.1 km 流下することがわかった。

4. マクロ的な流木の動態観察

(1) マルチコプターによる空撮

連携排砂直後、マルチコプターを使用し、宇奈月温泉駅裏(約 19.6 kp)から愛本堰堤(約 13.6 kp)まで空撮を行った。その空撮動画から流木が多く堆積している地点を調べた。

また、平水時の空撮画像から点群データ、TIN データ、DEM データを作成して流木の位置特定を試みた。撮影条件は撮影面積：0.10 km²、河川からの高度：約 70 m、撮影枚数：204 枚、撮影間隔：約 3.6 m とした。

(2) 空撮データの解析

図-5 は約 18.2 kp における中州の空撮画像である。宇奈月温泉駅裏から音沢地区(約 16.0 kp)までの範囲では、このように、流木は滞筋に沿って中州に多く堆積していた。これは、連携排砂によって水位が上昇した後、回復する際に中州に張り付くように堆積したと考えられる。また、宇奈月温泉駅裏の河川では、蛇行部の外側に多くの流木が堆積していた。

流木の位置特定が可能であるか調べるため、流木が多く堆積していた宇奈月温泉駅裏の DEM データを空撮画像から作成した。図-6 は宇奈月温泉駅裏における空撮画像と、作成した DEM データである。DEM データから目視で確認できる流木の代表周長は①36.92 cm、②40.43 cm、③37.88 cm、④29.92 cm であった。本撮影条件では、代表周長 30 cm 以上の流木が確認できた。

5. 平面二次元河床変動解析による流木の動態推定

(1) 数値解析条件

平面二次元河床変動解析を利用して、流量の変化による流況の変化と地形の関係について調べた。本解析には iRIC[®]に含まれる Nays2DH ソルバーを使用した。また、地形データは国土交通省による約 200 m 毎の定期横断測量データを用いた。

(2) 流量規模による流木動態の特徴

毎年生起する出水の規模が 500~600 m³/s であることから、300~600 m³/s の間で定常計算を行い、粒子を可視化し、挙動を観察した。計算条件は表-2 に示す。

図-7 は 300~600 m³/s までの粒子の堆積結果である。流量が 300~500 m³/s の場合は中州に多くの粒子が堆積したが、流量が 600 m³/s になると粒子の堆積が少な

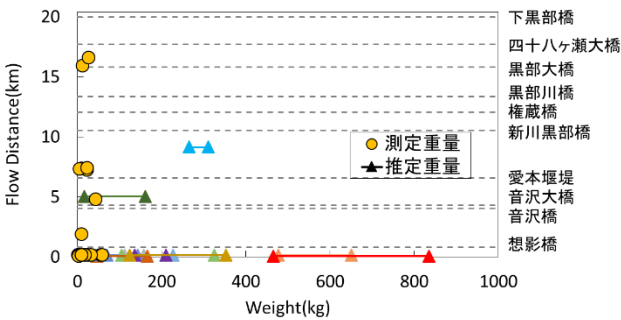


図-4 流木の重量と流下距離の関係



図-5 滞筋に沿って堆積している流木の例 (約 18.2kp)

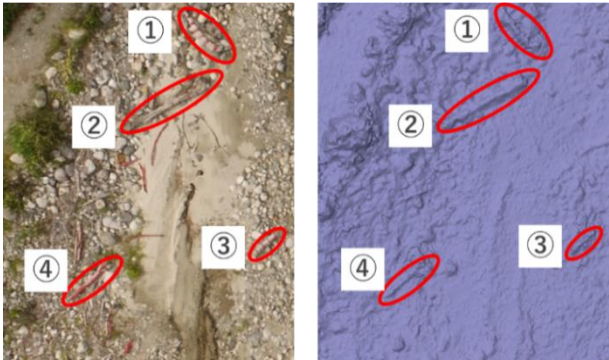


図-6 空撮画像(左)と作成した DEM データ(右)

表-2 定常計算の計算条件

平均格子サイズ	20m×20m	
格子数	i 743×j 25=18575 i：縦断方向，j：横断方向	
時間	10000秒	
Δt	0.1秒	
境界条件	上流端流量	300, 400, 500, 600 m ³ /秒 (定常)
	下流端水位	0m

くなった。黒部川の平均河床勾配は、山地部で 1/5~1/80、扇状地部で 1/80~1/120 と大きいため、洪水時の流れは非常に速い⁷⁾。Q=300~500 m³/s の時に粒子が堆積した地点付近の格子の流速を確認したところ、Q=300, 400 m³/s では、水深が 0 m であり、水が存在しなかった。Q=500, 600 m³/s では流速がそれぞれ 0.8, 1.1 m/s で、水深は 0.08 m から 0.12 m まで上昇していた。そのため、Q=600 m³/s という条件で粒子は中州に引っかかることなく、流下したと考えられる。

(3) H27 年連携排砂時の暫定流量を用いた非定常計算

連携排砂時の暫定流量を用いて、計算を行った。本解析で用いた H27 年連携排砂時の暫定流量とは H26 年の H-Q 式を用いて算出した宇奈月観測所における暫定流量である。計算条件は表-3 に示す。連携排砂実施期間は7月1日15時20分～7月3日9時20分であり、対象期間は6月30日1時～7月4日23時とした。

解析結果から連携排砂時に実際に流木が多く堆積していた中州の標高と水位を算出した。図-8 はその計算における標高と最大水位を表している。連携排砂直後に撮影した写真と比較すると、流木が堆積していない箇所では水位はほとんど上昇していなかった。

6. まとめ

本研究では3つの手法から流木の動態解明を試みた。

IC タグと GPS による流木追跡では流木の河川構造物への堆積はなく、全長、代表周長が小さく、重量が軽い流木の流下距離が長いという定性的な傾向が示された。また、GPS 付きの流木は水位低下よりも先に滞留したことが示され、本実験では74%の流木が河川で堆積し、26%が海へと流出したと考えられる。

マルチコプターを用いた流木動態の観察では、連携排砂直後、滞筋に沿って多くの流木が堆積していたことが確認された。また、空撮画像から作成した DEM データからは直径 30 cm 以上の流木は確認できたが、それよりも細いものは確認ができなかった。

平面二次元河床変動解析では流量の違いによって、ある地点における流速、水深が変化し、粒子の堆積結果の違いが見られた。また、連携排砂時の暫定流量を用いた計算で、実際に流木が堆積していなかった箇所では水位は上昇していなかった。

謝辞：本研究の一部は、京都大学防災研究所一般共同研究の助成を受けている。本研究の遂行にあたり、国土交通省黒部河川事務所からデータや情報などの提供を受けた。合わせて深謝いたします。

参考文献

- 1) 阿部修也，渡邊康玄，長谷川和義：2003 年台風 10 号出水における沙流川での橋梁被害，河川技術論文集，第 11 巻，pp109-114，2005。
- 2) 若林伸幸：全国のダム貯水池への流木流入の実態と課題整理，平成 26 年度京都大学防災研究所水資源セミナー，流域一貫の総合流木管理に向けて，pp.1-10，2014。

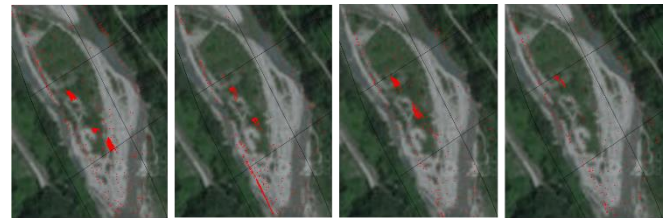


図-7 流量 300 m³/s から 600 m³/s までの粒子の堆積結果

表-3 連携排砂時の暫定流量を用いた非定常計算における計算条件

平均格子サイズ	20m × 20m
格子数	i 743 × j 25 = 18575 i：縦断方向，j：横断方向
時間	5日間
Δt	0.1秒

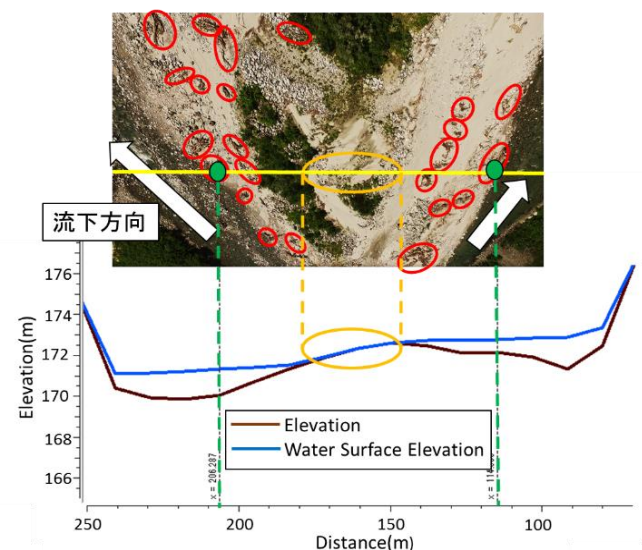


図-8 連携排砂直後の空撮画像と連携排砂の暫定流量を用いて算出した標高と最大水位

- 3) 赤堀良介，川村里美，土田宏一，白井博彰：実河川における流木観測データを用いた流れの空間構造と流木流下機構の検討，河川技術論文集，第 21 巻，pp.159-16，2015。
- 4) Seo, J.I., Nakamura, F., Akasaka, T., Ichianagi, H., Chun, K.W.: Large wood export regulated by the pattern and intensity of precipitation along a latitudinal gradient in the Japanese archipelago, Water Resources Research, VOL.48, W03510, doi:10.1029/2011WR010880, 2012。
- 5) 石川伸：黒部川ダム連携排砂と流木の実態，平成 26 年度京都大学防災研究所水資源セミナー，流域一貫の総合流木管理に向けて，pp.21-28，2014。
- 6) iRIC software：http://i-ric.org/ja/ (2016 年 1 月 16 日閲覧)
- 7) 国土交通省：黒部川水系河川整備基本方針，2006。