

洪水時での流木流下特性と流水型ダム貯水地内 における流木集積状況

FLOWING SITUATION OF DRIFTWOODS DURING FLOOD AND ACCUMULATING CONDITION IN RESERVOIR OF DRYTYPE DAM

木村 祐輔¹・渡邊 康玄²・小泉 健太³・永多 朋紀⁴・赤堀 良介⁴
Kimura YUSUKE, Yasuharu WATANABE, Kennta KOIZUMI, Tomonori NAGATA, Ryosuke
AKAHORI

¹ 学生会員 北見工業大学大学院工学研究科 土木開発工学専攻 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

² 正会員 博 (工) 北見工業大学 社会環境工学科 教授 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

³ 学生会員 北見工業大学工学部 土木開発工学科 (〒 090-8507 北海道北見市公園町 165 番地)

⁴ 正会員 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 (〒 062-7602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)

In recent years, large-scale flooding has been increasing due to concentrated heavy rain. The outlet of a dry dam is located at the same height with the riverbed, so a dry dam assumedly gives less impact on water environment. One of the problems of a dry dam is that drift wood may stop up the dam opening at the time of floods and cause the dam to overflow and/or break down. However, it has not been clarified how drift wood accumulates in a dry dam reservoir. The purpose of this study is to look into the way drift wood accumulates by examining how it flows down the river and how it moves in the reservoir at the time of floods. First, video clips of flowing wood were analyzed. It was shown that the amount of the flowing wood is the largest at the beginning of floods. Second, we had a field work to investigate where in the reservoir the flowing wood accumulates. It was found out that the wood is most likely to accumulate at the uppermost point of the peak water level.

Key Words : Dry dam, Drift wood, Field work

1. はじめに

近年全国で局所的集中豪雨や台風の強大化による大規模洪水の発生が増加傾向にある。更に、環境影響評価法の制定や環境問題の顕在化によって、環境破壊を促進させるとして多目的ダムの建設計画・施工が困難な状況となってきた。そこで現在、数あるダム機能の中でも治水機能に特化し、水環境への影響も少ないとされている治水専用流水型ダム（以下、流水型ダム）が注目されている。流水型ダムは現在既存するダムとは異なり、河床とほぼ同じ高さに設置された放流口を通して水が常時流れるため、平常時では水を貯めない。これによりダムがない場合と同じ状態となるため、平常時の水質変化、貯水地内の環境変化、景観変化がほとんどないことから環境への負荷が少ないと言われている。また、洪水時においては開口部から一定流量の洪水を放流しながら、その流量を上回る流入水を一時的に貯水し、洪水減水期に徐々に下流へ放流するため、下流域の洪水被害を軽減できるといった特徴を有している。



図-1 二風谷ダム流木災害状況 (2003 年 8 月撮影)

一方では大規模洪水に伴って発生する大量の流木が貯水地内に流入し、ダムの開口部を閉塞させるといった問題点が懸念されている。北海道胆振日高地方で 2003 年 8 月に起きた洪水で沙流川の二風谷ダムに大量の流木が流入し、ダム直上流まで集積した。二風谷ダムの事

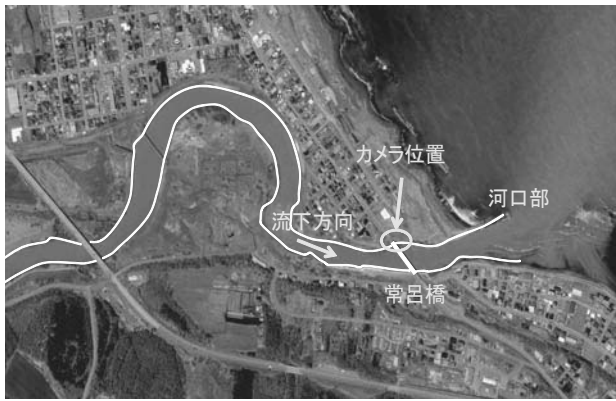


図-2 常呂川河口部での映像撮影地点



図-3 天塩川菅平水位観測所での映像撮影地点

例¹⁾のように大規模洪水によって流水型ダム貯水地内に大量の流木が流入し、開口部を閉塞させるといった可能性がある。最悪の場合は、ダム本体を越流しダムの決壊を引き起こす。こうした流木災害の軽減・防止のためには、貯水地内での流木集積状況の解明が必要不可欠である。しかしながら、流水型ダム貯水地内での流木の集積状況は未だ明確になっていない。

そこで本研究では、流水型ダム貯水地内での流木集積状況を明らかにするために、洪水時での流木の流下形態および流水型ダム貯水地内での流木の挙動の解明を試みたものである。

2. 洪水時映像での流木挙動解析

(1) 映像解析概要

本来であれば貯水地上流域での洪水時における河道内の流木流下状況を把握する必要があるが、山間地等の理由で観測が困難である。このため、下流河道の洪水時の映像を用い、流木の挙動について把握を行った。映像は、北海道道東に位置する常呂川河口部(河口から0.2km地点)および北海道道北に位置する天塩川菅平水位観測所(河口から59.08km地点)で撮影されたものである。常呂川、天塩川の各撮影地点を図-2、図-3に示す。映像の

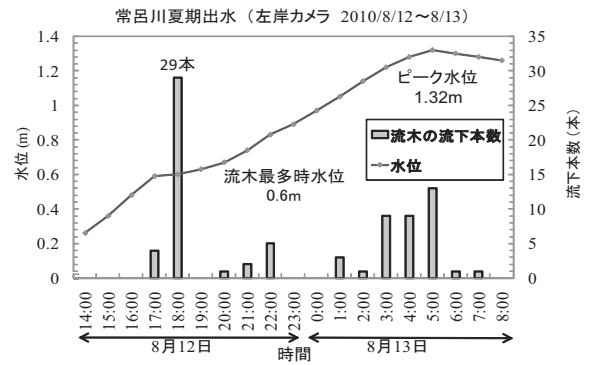


図-4 常呂川河口部(河口から0.2km地点)の水位及び流下流木本数

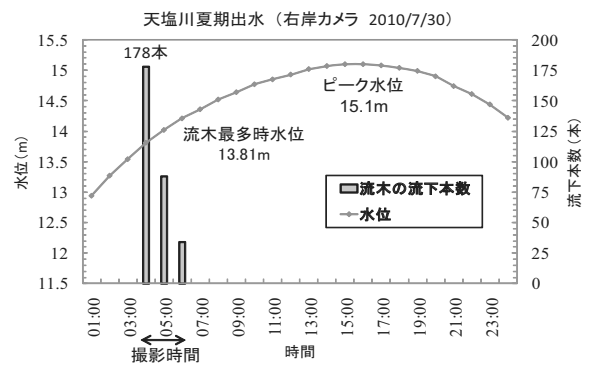


図-5 天塩川菅平水位観測所(河口から59.08km地点)の水位及び流下流木本数

撮影時間は常呂川では、出水が起きた2010年8月12日14時から2010年8月13日8時まで、天塩川では、出水が起きた2010年7月30日の4時から6時30分までで、それぞれの出水中の最も流木が通過していた時間帯を含む映像である。流木挙動に関する分析項目は、以下の通りである。

- a) 各流木の流下時刻
- b) 各流木の流下している向き
- c) 各流木の横断方向の流下位置

b)については、流木の幹方向の角度を河川の流下方向に対して0度とし、そこから流木の幹方向の角度が時計回りに何度回転しているかを測定した。また、c)については、低水路を6つの区間に区切り、右岸側から各区間に1～6の番号を順番に割り振り、流下してきた流木が何番目の区間を流れているかを測定した。なお、a)～c)の解析項目は全て撮影された映像から目視で行っている。

(2) 映像解析結果

各項目ごとの結果について述べる。

- a) 各流木の流下時刻：洪水時の流木流下本数と水位

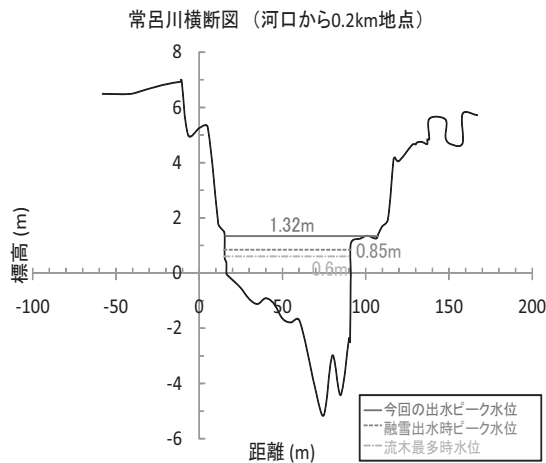


図-6 常呂川横断面図 (河口から 0.2km 地点)

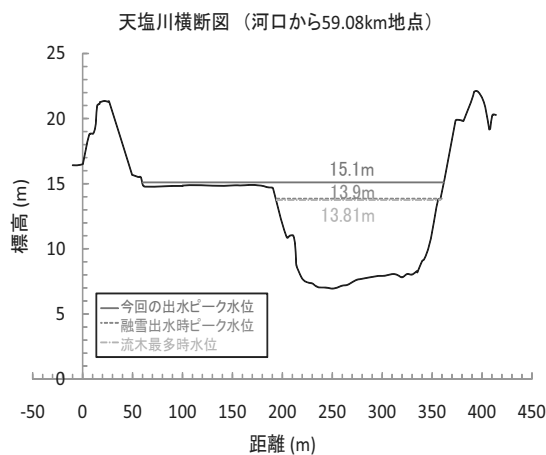


図-7 天塩川横断面図 (河口から 59.08km 地点)

との関係を把握するため、2010 年 8 月の常呂川河口部の夏期出水時における流木流下本数と水位の経時変化を図-4 に、天塩川菅平水位観測所の 2010 年 7 月出水における流木流下本数と水位の経時変化を図-5 にそれぞれ示す。ここで、水位データは、国土交通省水文水質データベース²⁾の任意期間水位表から常呂川河口（河口から 1.2km 地点）および天塩川菅平（河口から 58.93km 地点）における日水位データを利用した。常呂川河口における水位は 2010 年 8 月 13 日 5 時にピークを示したのに対し、流木流下本数のピークは水位ピーク前の 8 月 12 日 18 時であった。また、天塩川菅平水位観測所における水位は 2010 年 7 月 30 日 15 時・16 時にピークを示したのに対し、流木流下本数のピークはそれより以前の 7 月 30 日 4 時であった。なお、天塩川洪水時映像は 4 時から 6 時 30 分の約 2 時間 30 分の映像で、2010 年 7 月 30 日全体の流木流下本数は把握できていないが、最も流木が流下していた時間帯の映像を使用していることから、ピーク水位前に流木流下本数がピークであったこと

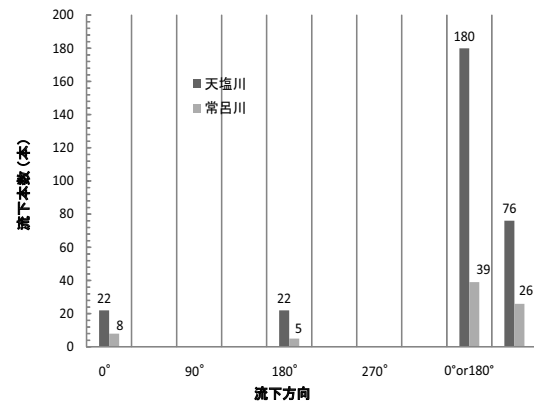


図-8 流下した流木の本数と向き (常呂川・天塩川)

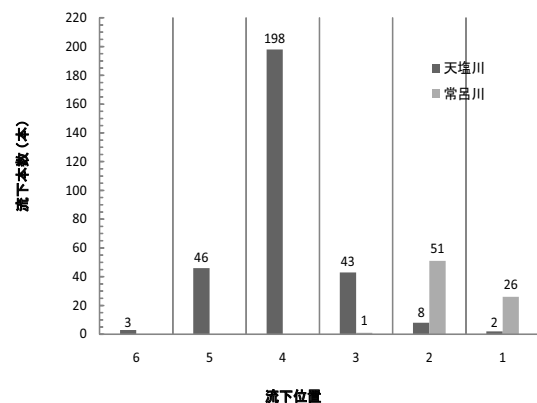


図-9 流下した流木の横断位置毎の本数

が推定できる。以上の解析結果より、流木は洪水初期に最も多く流下する傾向があるとする既往の結果³⁾を裏付けする結果を得た。今回の出水時ピーク水位、流木最多時水位、及び 2010 年 5 月に観測された融雪出水時ピーク水位と横断面図との関係を図-6、図-7 に示す。2010 年 5 月の融雪出水時に、融雪出水時ピーク水位までの位置に堆積していた河道内の流木が流れたと考え、流木最多時水位が融雪出水時ピーク水位よりも低いことから、洪水初期に河道内等に生えている樹木が新たに流木化して流れだしたとも考えられる。

今後、はさらに上流の各横断面と水位との関係から流木の流下時間帯についての詳細な検討が必要である。

b) 各流木の流下方向：常呂川及び天塩川の各流木流下方向の解析結果を図-8 に示す。なお、映像内で流木幹方向が判別できないものは不明とした。向きが判別できたもののうち、常呂川及び天塩川とも流木幹方向が、0°、180°、及び 0° か 180° のものがほとんどであった。以上より、流木の流下方向は河川の流向と平行して流れる傾向にあることが判明した。



図-10 調査位置図

c) 各流木の横断方向の流下位置：常呂川及び天塩川の各流木の横断方向流下位置での解析結果を図-9に示す。流木の流下位置は、常呂川では右岸側に集中し、天塩川では中央部に集中して流れている。常呂川河口部では図-2からわかるように河道が湾曲してるとともに、河口部の横断図から右岸側の河床が深く掘れていることがわかる。つまり、常呂川では河道の湾曲に伴い、流れが右岸に偏倚し流木の位置も右岸側に集中したものと考えられる。一方、天塩川菅平水位観測所では図-3からわかるように河道が直線であるとともに、図-7から河床が概ね平らになっていることがわかる。このことから流れが中央部に集まり流木の位置も中央部に集中したものと考えられる。以上より、流木は河川の流心に沿って流下することが示された。

3. 流水型ダム貯水地内での流木集積状況の把握

(1) 現地調査概要

a) 調査地の概要：現地調査地として、図-10に示される岩手県岩手郡雲石町矢櫃山に位置するレン滝ダム及び外柵沢ダム2カ所の流水型ダム貯水地内を調査対象とし調査を行った。レン滝ダムは南畑川上流に建設された防災ダムで、規模は堤高37.7m、堤長170m、集水面積14.1km²、満水面積22.9ha、サーチャージ水位303.1mとなっている。外柵沢ダムは外柵沢川上流に建設された防災ダムで、規模は堤高22.5m、堤長169m、集水面積7.5km²、満水面積12.72ha、サーチャージ水位300.3mとなっている。レン滝ダム貯水地の特徴として図-11に示すように、ダム上流域において平常時の河道が直線的である。外柵沢ダム貯水地の特徴として図-12に示すように、ダム上流域において平常時の河床が湾曲している。

b) 調査内容：貯水地内の流木集積状況と貯水地内の地形を把握するために、流木調査、現地測量の2つの



図-11 レン滝ダム平面図



図-12 外柵沢ダム平面図

調査項目で調査を行った。流木調査では貯水地内の流木集積状況の把握を目的とし、河道内に滞留する長さ2m以上の流木を対象に樹種、流木長(m)、流木径(cm)を計測した。流木径は幹上端・下端の中心部で計測した。また流木幹の方向をコンパスで計測した。流木の位置はDGPSにて記録し、同時に河道及び砂州の形状をDGPSで計測した。測量では貯水地内の地形と流木堆積位置との関係を把握するため縦断測量及び横断測量を行った。なお、レン滝ダムでは縦断測量を河道長686m地点まで、横断測量を5ライン行い、外柵沢ダムでは縦断測量を828m地点まで、横断測量を5ライン行った。

(2) 現地調査結果⁴⁾

レン滝ダム、外柵沢ダム貯水地内での流木堆積位置の内訳を図-13に示す。図-13における河岸(右岸・左岸)とは、平常時に水が流れている箇所の水際部分を示す。また、砂州・中州とは、平常時で水流によって形成される地形としている。なお、これらの河岸や砂州・中州は、出水時には、ダムの貯水により完全に水没する箇所にある。図-13より、貯水地内では、ほとんどの流木が平常時での河道内に堆積していることが確認された。

4. 流木堆積位置の物理的解明

次に、貯水地内における流木堆積位置の詳細な検討を行うために、レン滝ダムと外柵沢ダム貯水地内での河床勾配、河道の蛇行度、過去の貯水位変動の3つの項目から流木堆積位置との関係を考察した。

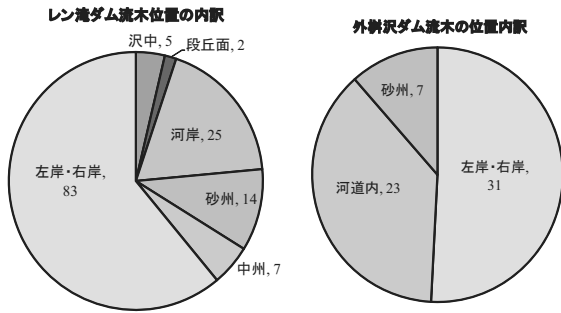


図-13 ダム上流部の流木集積位置内訳, 左: レン滝ダム, 右: 外樹沢ダム

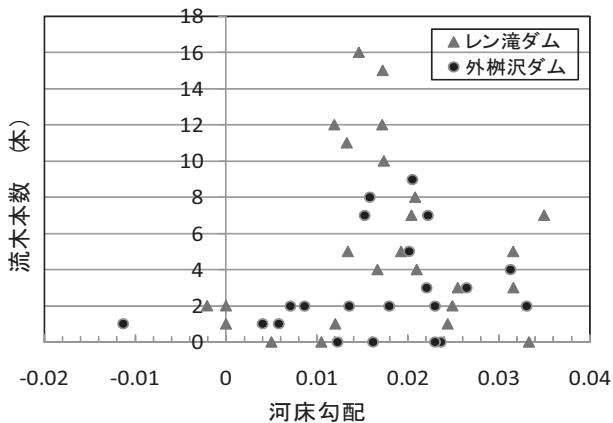


図-14 河床勾配と集積流木本数の関係

(1) 河床勾配と流木堆積との関係

図-14 は, レン滝ダム及び外樹沢ダムの 50 m 毎ごとの各河床勾配と流木堆積本数との関係を示したものである。これより, それぞれのダムの河床勾配と流木堆積本数との関係を見てみると, 河床勾配が急になるにつれ流木堆積本数も少なくなるといった弱い負の相関関係が見られるが, 明確な関係はないと考えられる。

(2) 蛇行度と流木堆積との関係

蛇行度の算出方法は, 現地調査で DGPS で測量した縮尺 1/2000 の流木堆積位置図から, 特に蛇行が強い地点の曲線距離と直線距離を測定し, その比で蛇行度とした。レン滝ダム及び外樹沢ダムの蛇行度と流木堆積本数との関係を図-15 に示す。図-15 より, それぞれのダムの蛇行度と流木堆積本数に相関性は見られなかった。よって蛇行度の影響によって流木堆積位置が決まるとは言えない。

(3) 過去の貯水位変動と流木堆積との関係

2001 年 4 月 1 日から 2010 年 3 月 31 日まで観測されたレン滝ダム及び外樹沢ダムにおける過去の洪水ピー

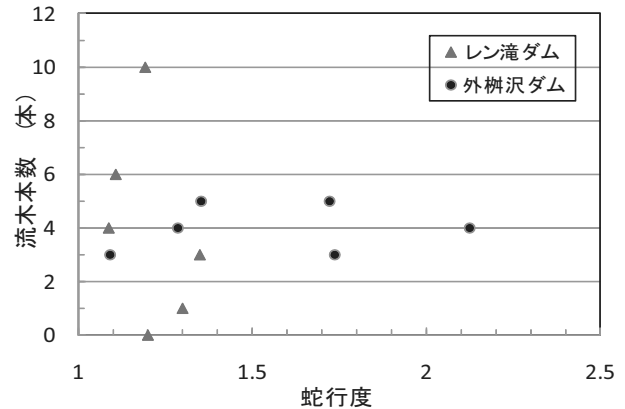


図-15 蛇行度と集積流木本数の関係

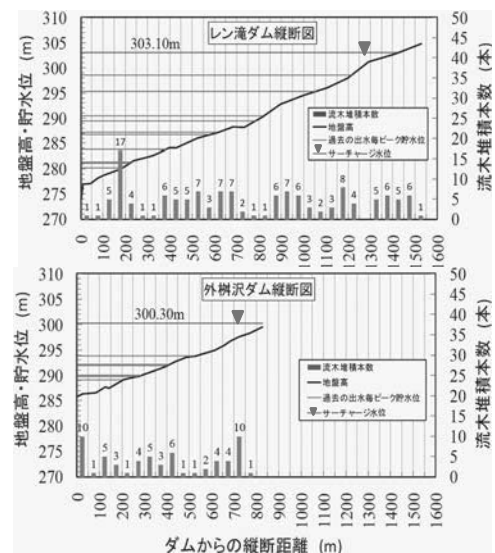


図-16 地盤高と集積流木の関係

ク貯水位のうち, それぞれ 280m 及び 288m 以上のものと流木堆積位置との関係を図-16 に示す。ここで貯水位データは, 御所防災ダム管理事務所が観測した貯水位データを利用した。また, 流木の堆積位置は縦断方向に 50m 毎にまとめた堆積本数を示した。また, レン滝ダムでの流木集積状況は比較的全域に分布し, 外樹沢ダムでの流木集積状況は, 現地測量よりダム上流側の湾曲部に分布している傾向があるよう考えられる。しかし, 詳細に見ると, レン滝ダムでは, 各出水毎ピーク貯水位の末端に流木堆積本数が多いことが確認できる。ここで, ダムからの縦断距離が 150m から 200m 間の流木堆積本数が他に比して著しく多い理由として, この区間での流木堆積集団は, 現地調査から河岸段丘上にあることが確認されているため, 2009 年の 3 月 20 日の 280.2m の貯水位を観測したときに多くの流木がその部分に堆積したと考えられる。外樹沢ダムも同様に, 各出水毎ピー

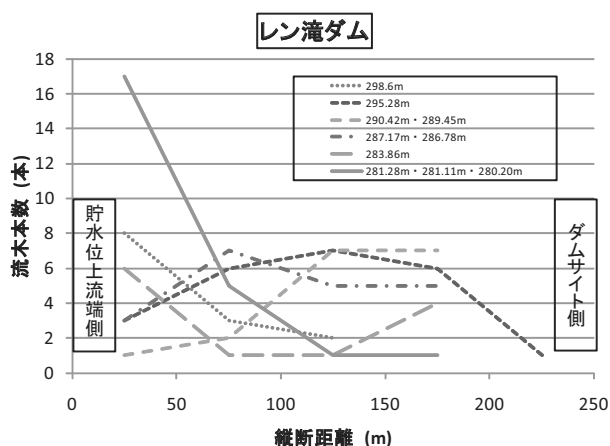


図-17 各洪水の貯水位上流端からの流木堆積本数（レン滝ダム）

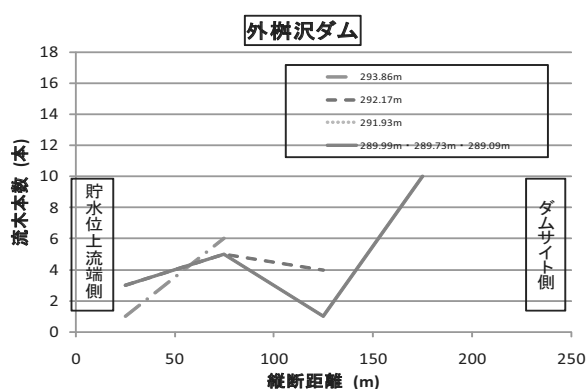


図-18 各洪水の貯水位上流端からの流木堆積本数（外柵沢ダム）

ク貯水位の末端に流木が多いことがわかる。また、縦断距離 0m から 50m 区間に 10 本の流木が堆積していた理由として、この区間での流木が現地調査から開口部周りにあることが確認されているので、度重なる小規模の洪水の際に通水孔に流木が流れ込み堆積したとも考えられる。以上より、貯水地内での流木は出水毎のピーク貯水位の末端付近に堆積する傾向があると考えられる。

図-17、図-18 のグラフは、それぞれのダムの各洪水での貯水位上流端からどのような位置に流木が堆積しているかを示したものである。図-17 より、貯水位上流端側で流木本数が増える傾向がみられた。図-18 より、貯水位上流端側に溜まる傾向が少しあるが、ダムサイト側に多く溜まることが確認できた。以上より、流水型ダム貯水地内での流木の挙動として洪水時の貯水位上流端とダムサイトに流木が堆積する傾向があると考えられる。しかし、レン滝ダムと外柵沢ダムでは年 2 回程度、大規模洪水後にダムサイト近傍に堆積した流木を除去している。このため、貯水位上流端とダムサイトでは流木本数の大小関係を明確にでき結果ではなかった。

5. おわりに

「洪水時における流木の流下形態」と「流水型ダム貯水地内における流木の挙動」の解析結果をまとめると、流水型ダム貯水地における流木の集積状況として、以下のことが推察される。湛水の影響がない箇所では、流木は河川の流心に沿って流下する。ダム貯水地の水位が上昇し始めると、流速の低減とともに流木はその箇所に停滞する。流量の減少とともにダム貯水位が下がり、横断形状で最も標高の低い平常時の河道部へ流木が徐々に移動し、一部はそのままの位置に堆積し、一部はダムサイトまで流下する。

今後の課題として、流水型ダム貯水地での効率的な流木対策を考える上で、ダムサイトまで来る流木本数と貯水位上流端に溜まる流木本数との大小関係を明確にするとともに、貯水地での流木の挙動を洪水中により正確に把握する必要があると考えられる。

謝辞: 本研究は、国土交通省実用化公募（代表：小松利光）の補助を受けて行われた。また、現地データに関しては北海道開発局ならびに岩手県盛岡広域振興局農政部農村整備室より貴重な調査のデータの提供を受けた。岩手県レン滝ダム及び外柵沢ダム現地調査では、株式会社森林環境リアライズより協力頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木学会水工委員会, 「平成 15 年台風 10 号北海道豪雨災害調査団 報告書」(代表者, 長谷川和義), 2004 山下彰司, 小林正隆, 宮昭彦, 平山健一: 北海道における河川の結氷特性と結氷下の水理特性について, 北海道開発局開発土木研究所 報文, pp.59-74, 2003.
- 2) 国土交通省, 水情報国土データ管理センター, 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>
- 3) 佐藤徳人, 渡邊康玄, 白井博彰; 橋脚周辺における流木の挙動監視調査, 河川技術論文集, 第 13 巻, pp409-414, 2007.
- 4) 株式会社 森林環境リアライズ, レン滝ダム・外柵沢ダム貯水地内流木調査報告書, 2010.

(2011.5.19 受付)