

橋脚周辺における流木の挙動監視調査

OBSERVATION ON BEHAVIOR OF FLOWING DIRIFTWOODS AROUND BRIDGE PIER

佐藤徳人¹・渡邊康玄²・白井博彰³

Norito SATO, Yasuharu WATANABE and Hiroaki SHIRAI

¹正会員 寒地土木研究所 寒地河川チーム (〒 062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)
²正会員 博(工学) 寒地土木研究所 寒地河川チーム (〒 062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目)
³株式会社福田水文センター 環境計量部 (〒 001-0024 札幌市北区北 24 条西 15 丁目 2-5)

It is very important to recognize the behavior of driftwoods for taking measure to prevent destruction of river structure and overflowing bridge area. Because of heavy rains or flowing in melting water of snow in spring season, soft ground slope of mountain or shore of river or sandbanks are collapsed or scraped off. Then the Trees in these area flow into the river and become driftwood. We tried to know the behavior of driftwood around the pier under flood condition using remote-controlled surveillance camera at Kouseihashi-bridge in Shimukappu village in Hokkaido. In this observation at high water level flow we get many pictures of colliding driftwood with pier and behavior of flowing driftwood in the river.

Key Words : Driftwood, field observation, bridge pier, disaster, surveillance camea system

1. 調査目的

降雨出水, 融雪出水時などに発生する斜面浸食崩落, 河岸浸食, 砂州の破壊などにより, 山地樹木, 河畔林, 砂州上の樹木が流水中にもたらされ, 橋脚, 取水施設などへ集積する。これらは, 橋脚の流亡, 堰上げによる氾濫など非常に危険な状態を招き多大な被害を及ぼす¹⁾²⁾。これらの災害防止のためには, 流木集積機構の解明が必要不可欠である。本調査は, 橋脚への流木集積機構を解明することを目的に, 出水時に河道内にもたらされた流木が橋脚に集積する挙動を監視カメラにより把握することを試みたものである。



図-1 調査位置

2. 調査概要

(1) 観測地点

観測地点は, 橋脚に集積する流木の映像を効果的に収録には中小規模の河川で橋脚が中央部に位置している箇所が適している。このことを踏まえ, 過去に流木の集積が認められた一級河川鶴川水系の支川パンケシュル川の図-1 及び図-2 に示す更生橋を観測地点とした。更生橋のあるパンケシュル川は勇払郡占冠村で鶴川と合流する河川流路延長が 12.4km, 流域面積は 73km² の中小河川である。更生橋は鶴川との合流点から 300m 上流に位置し, 橋長約 60m 橋の中間部 (河道中央部) に幅 1.8m の橋脚が配置されている。

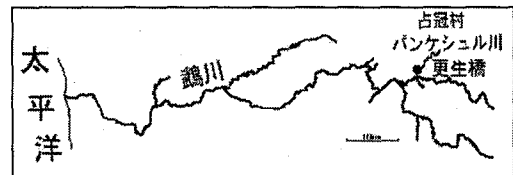


図-2 河川流域と観測地点

(2) 現地観測機器の配置

流下流木を監視するため, 光学 26 倍, 垂直 0~90° 水平 340° の可動範囲を持ちデータサーバー内蔵の簡易防水防塵容器に収納された監視カメラシステム (キャノ

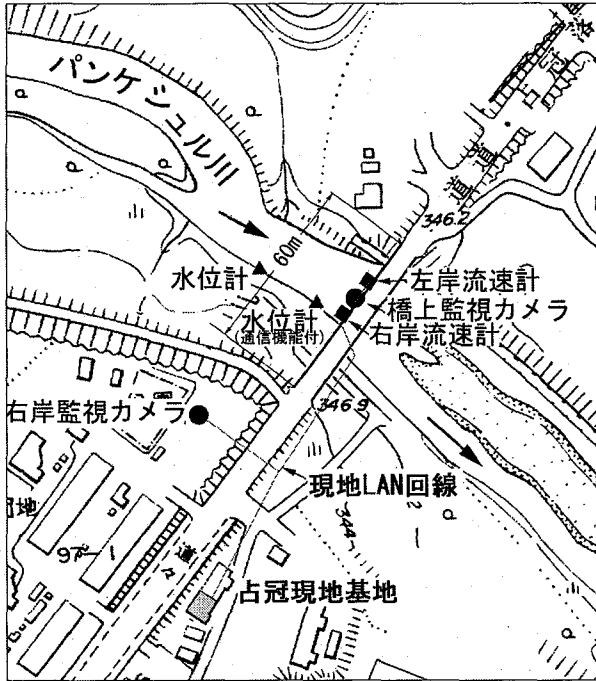


図-3 現地観測機器の配置



図-4 橋上の観測機器

ン製カメラ, KES 社製サーバー) を橋脚直上と右岸堤内側の高さ 10m のポール上に各 1 台設置した。

連続水文データを得るため, 各種機器を設置した。流速観測として, 橋脚の左右側の橋上に各 1 台小出力のマイクロ波流速計 (アジア海援隊社製 MWH-17) を設置した。水位については, 水圧式水位計を橋の上流側に縦断方向 20m の間隔で設置し, その内 1 台は計測値の E-mail 送信機能付の機種とした。図-3 に観測所の機器配置を, 図-4 に設置後の現地状況を示す。

(3) 現地観測機器の配置

図-5 に示すように観測されたデータは, 現地観測基地内に設置した映像管理・監視カメラ制御用パソコンと流速データ集計・WEB データベース用パソコンへ,

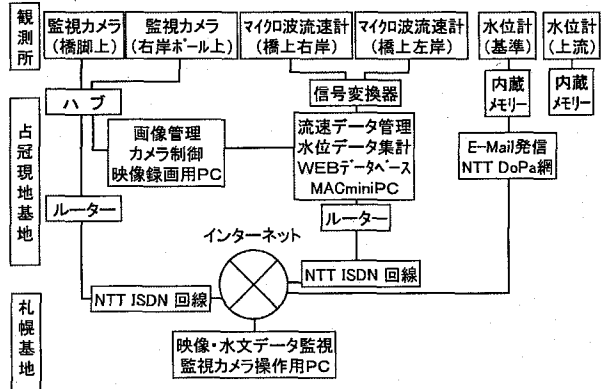


図-5 橋脚周辺流木監視システムの通信系統構成

観測機器から LAN ケーブルを介して転送収録される。現地基地では NTT の ISDN 回線経由でインターネットに接続されている。基準水位計のデータは直接 WEB データベースへ E-mail で送信される。現地観測所の状況として現地静止画像と水文データを 10 分毎に表示する WEB データベースで, インターネット上で札幌基地内において閲覧できるシステムを開発した。現地監視カメラの操作とライブ映像の確認は専用ソフトによりインターネット経由で行い, 現地画像管理用パソコンと札幌基地内の監視用パソコンを用いてリモートソフトで制御している。なお, 監視カメラの映像は通信回線の制約から現地のパソコンの増設ハードディスク内に収録する方法とした。

(4) 流木監視方法

流木監視システムによる監視は, 札幌の監視基地で毎日 WEB データベースの閲覧により行う。監視カメラ映像は出水時以外 3 日間ごとの上書き録画を行う。出水時は札幌の監視基地からの遠隔操作で連続録画に切り替え, 2 台のカメラアングルは橋脚周辺を撮影するように調整する。撮影した映像は, 出水後に回収交換し札幌基地へ持ち帰り, 画像再生用の専用ソフトで再生して映像の確認を行い, 確認後は洪水時の映像データとして保管する。

(5) その他の調査

流木監視のほか, 比較的規模の大きな降雨出水時には流量観測をおこない, 出水後には横断測量により河道形状変化を把握した。また, 橋脚に流木が集積した場合は樹種, 大きさ, 集積部位などの調査も行った。

3. 調査結果

本観測システムによる現地観測を平成 18 年の融雪期の 4 月中旬から 12 月上旬までの 8 ヶ月間実施した。以下に今回の調査で得られた内容について述べる。

表-1 平成 18 年の出水イベント

回	更生橋水位 (m)	ピーク水位至起日時	備考
1	341.48	4月13日9時	融雪+降雨
2	341.69	5月1日20時	融雪+降雨
3	342.09	5月11日8時	融雪+降雨
4	341.48	5月23日20時	融雪+降雨
5	341.48	6月23日18時	降雨
6	341.52	6月27日22時	降雨
7	341.69	7月12日10時	降雨
8	341.43	7月18日13時	降雨
9	343.35	8月19日4時	降雨
10	341.53	9月20日10時	降雨
11	341.46	9月28日2時	降雨
12	342.04	10月8日2時	降雨
13	341.99	10月11日13時	降雨
14	341.82	11月10日4時	降雨

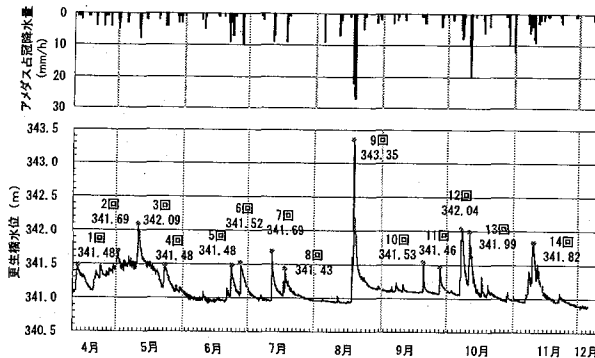


図-6 平成 18 年観測の降水量と水位状況

(1) 観測期間中の降雨、水位状況と出水イベント

平成 18 年の気象庁アメダス占冠時刻降水量と更生橋時刻水位の変動状況を図-6 に、発生した出水イベントの諸元を表-1 に示す。融雪期には 4 月中旬から 5 月下旬に融雪のなだらかな水位上昇に乗せた形の降雨を伴った規模の大小を含めた出水イベントが 4 回、夏期から秋期には降雨による出水イベントが 10 回程度あった。

8 月 18 日から 19 日早朝にかけての出水は、停滞前線によるアメダス占冠観測所の累加降水量 201mm、最大時間降水量 27mm の大雨で、8 月 19 日午前 4 時に更生橋観測所の最高水位 343.35m を記録し、観測期間中の最大規模の出水であった。この出水を含め平成 18 年は観測期間中に毎月 1 回から 3 回の出水イベントがあり、規模の異なる出水時の流木の状況が観測された。

(2) 出水イベント時の監視映像

図-7 に出水イベントで収録した映像から静止画像として抽出した橋脚周辺の状況を示す。写真の左側が橋上カメラの映像、右側が右岸カメラの映像である。種々な大きさや形態の流木が、橋脚に向かい衝突あるいは橋脚の両脇をすり抜けて通過する状況が観察されている。

(3) 橋脚の流木集積状況

今回の調査において、出水による流木集積は出水後の水位が低下した時点で橋脚下部で認められた。図-8 は、融雪出水後の 5 月末に確認されたものであり、全長

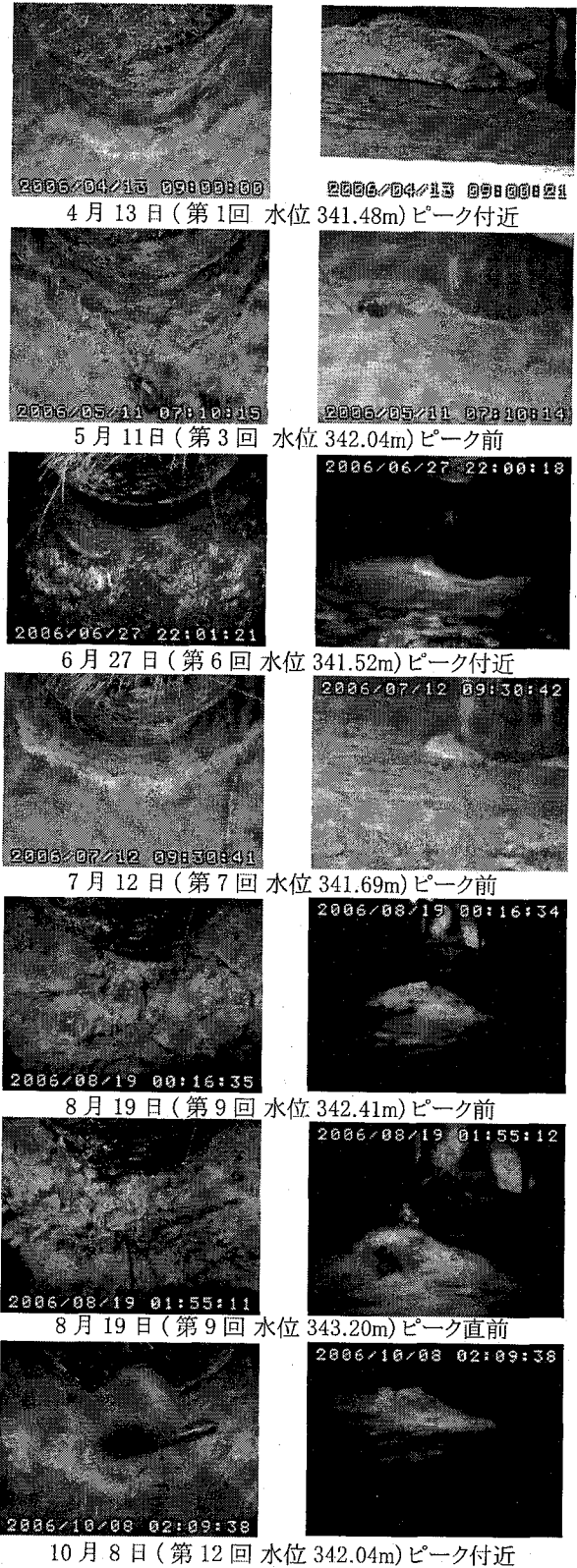


図-7 平成 18 年観測の出水時映像の一例

1.5m 前後で 5 本程度の沈木であった。しかし、これらは 8 月中旬の出水で流去した。その後、図-9、図-10、表-2 に示すように新たに根部を上流側に向けた全長 8 m 前後のヤナギと古木が 9 月 15 日に実施した堆積量調

表-2 流木堆積量調査結果 (9月15日実施)

流木	樹種	全長 (m)	直径 (中央部) (m)	備考
No.1	ヤナギ	9.5	0.04	葉付き
No.2	ヤナギ	6.0	0.02	葉付き
No.3	ヤナギ	7.2	0.04	葉付き
No.4	不明	1.2 以上	0.05	古木 (一部地中)

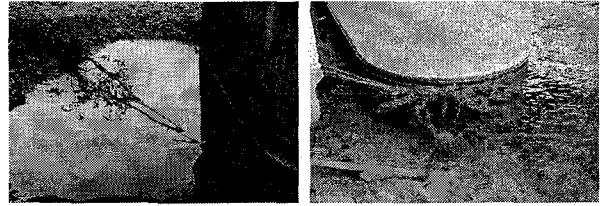


図-9 8月出水後の流木集積状況

表-3 流木本数と河川内の流下位置

出水ケース		5/11 出水	8/19 出水	10/8 出水
ピーク時刻 (月日時)		5/11 9:00	8/19 4:00	10/8 3:00
ピーク水位 (m)		342.09	343.35	342.04
ピーク流量 (m ³ /s)		56.98	174.96	34.54
計測開始時刻 (月日時)		5/10 13:00	8/18 5:00	10/7 10:00
計測終了時刻 (月日時)		5/12 16:00	8/20 4:00	10/8 16:00
計数時間 (時間)	ピーク前	20	23	17
	ピーク後	31	24	13
カメラ別 (通過位置)		流下本数	流下本数	流下本数
橋上カメラ (中央)	ピーク前	196	109	172
	ピーク後	57	82	50
	合計	253	191	222
単位時間換算 (本/H)	ピーク前	10	5	10
	ピーク後	2	3	4
	合計	12	8	14
右岸カメラ (左岸側)	ピーク前	16	22	6
	ピーク後	2	20	3
	小計	18	42	9
右岸カメラ (中央)	ピーク前	121	20	11
	ピーク後	16	32	5
	小計	137	52	16
右岸カメラ (右岸側)	ピーク前	22	8	3
	ピーク後	9	4	4
	小計	31	12	7
右岸カメラ 合計	ピーク前	159	50	20
	ピーク後	27	56	12
	合計	186	106	32
単位時間換算 (本/H)	ピーク前	8	2	1
	ピーク後	1	2	1

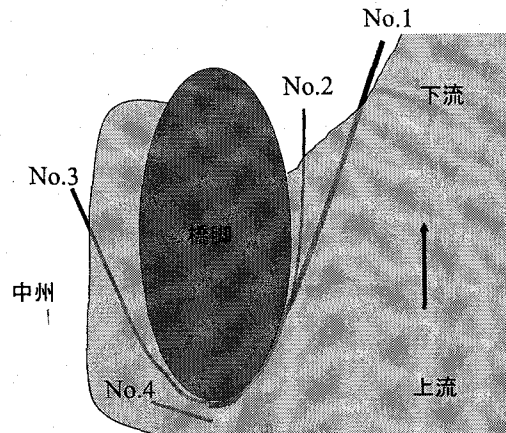


図-10 9月15日調査の集積流木のレイアウト

(4) 流下流木の計数

橋脚周辺を中心とした撮影を想定していたため、夜間の照明も橋脚周辺のみを対象とした能力しか有していない。したがって、河道全面を対象とした計数値とはならないが、流木監視システムによって撮影した出水時の映像を用いて、数例の出水について流木の流下本数の計数を試みた。対象とした出水は、融雪期間で最も規模の大きかった5月11日出水(ピーク水位: 342.09m, ピーク時流量: 56.98m³)、本年最大規模の出水であった8月19日出水(ピーク水位: 343.35m, ピーク時流量: 174.86m³)と秋期の10月8日出水(ピーク水位: 342.04m, ピーク時流量: 34.54m³)の3ケースとした。

流木の計数は、橋上カメラと右岸カメラの映像を用いて行った。橋上カメラは撮影される視野が狭いため、流木のサイズを考慮せずに視野内を通過する本数を時間帯ごとに集計した。また右岸カメラは橋上カメラに比べ視野が広いため、カメラ視野内を通過する流木の本数を、橋脚の左岸側を流下するもの、橋脚のある中央部を流下するもの、右岸側を流下するものに分けて計数した。その結果を表-3にまとめた。

なお、表-3には、河川を流下する流木量が水位および流量ピーク前後において差があるかどうかを見るため、水位のピーク生起時刻を基準としてその前後に区分して集計を行ったものも合わせて記してある。この結果を図-12に示すが、3つの出水の中で、最大規模の出水であった8月19日出水の流木本数が他のケース

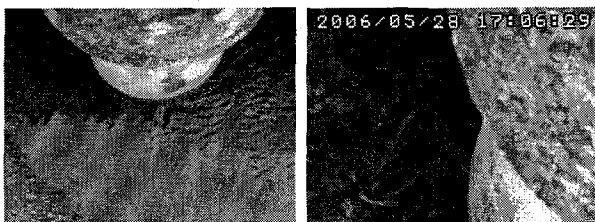


図-8 融雪出水後の橋脚周辺の沈木 (札幌監視基地での監視画像 右は左の拡大写真)

査で確認されたが、これも10月の出水により流去した。橋脚への流木集積は、流木監視映像の中では出水中に橋脚に捕捉され、逐次集積していくような状況は確認されなかったが、図-11に示すように流木の一時集積が8月19日11時41分から12時01分間に観察された。この図は1秒ごとのコマ送り画像として、収録した映像から抽出したもので、(1)は流木の漂着、(2)は橋脚に捕捉、(3)は流木が橋脚を中心にバランスを保ち、(4)は流水抵抗を受けながら橋脚の形状に合わせてたわみはじめている状態で、1時間20分間この状態を保ち、その後流去した。

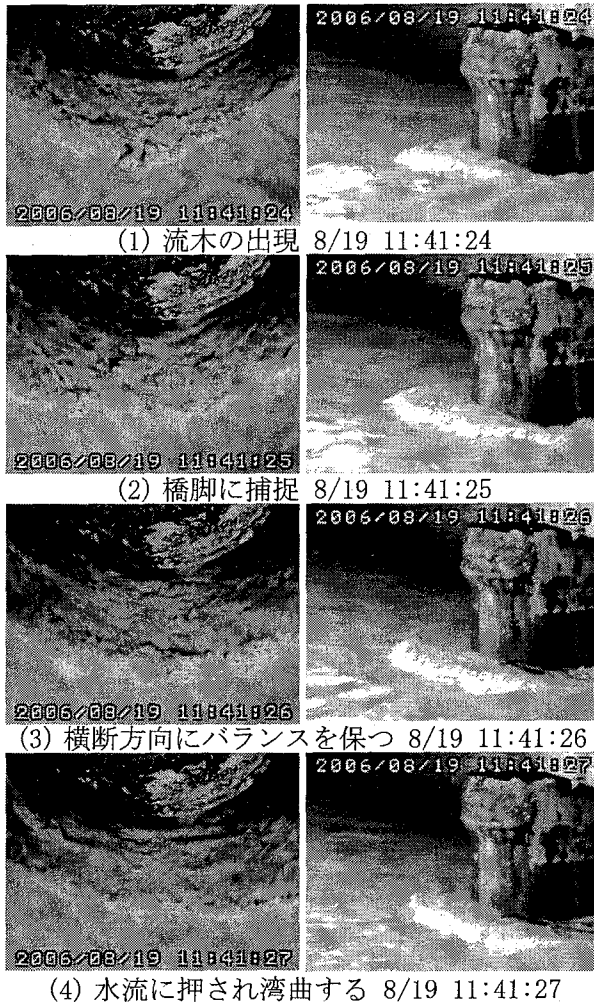


図-11 橋脚に一時的に集積した流木のコマ送り画像（左は橋上カメラ，右は右岸カメラからの映像）

よりかなり少ない結果となっている。この理由として、水位が高くなると橋上カメラと水面が近接して撮影範囲が狭くなると同時に強烈な水流の水しぶきにより流木の判別が難しくなることがあげられる。さらに、8月19日出水のピーク時が夜間であるため、照明の当たる範囲が狭くなったことにより、過小に計数されている可能性が高いと考えられる。同様に右岸カメラの計数結果についても水位上昇による照明範囲の狭小化によって過小に計数されているものと考えられる。また、10月8日の橋上カメラと右岸カメラの計数値に大差があるが、これについても、夜間にピークがあったため照明の照射範囲の影響と考えられる。

各出水ケースにおける計数値の背景について述べたが、橋上カメラと右岸カメラから計数された総本数を比較すると、橋上カメラによるものが右岸カメラによるものよりも多い結果となっている。これについても、夜間照明の範囲の限定による影響と水面からの距離の影響が大きいためと考えられる。また、右岸カメラによる流木の通過位置の把握では、5月出水においては右岸側、

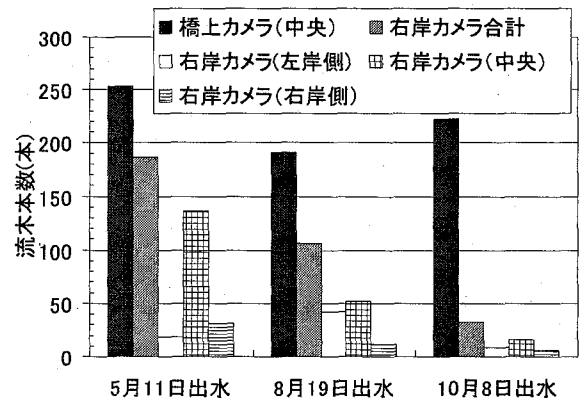


図-12 3出水における設置カメラ別の計数された流木本数の比較

8月出水では左岸側、10月出水では若干左岸側が卓越した結果を得ている。

(5) 流下流木数の時系列変化

前述の3出水について、流下流木数、流量と水位の時系列変化状況の関係を図-13に示す。

流木数が多く計数された橋上カメラの流木本数で時系列変化を見ると、流下流木数は、各ケースともに水位・流量ピークの前で1時間当たり30本程度の密度で流下し、ピーク以降徐々に本数が減少する傾向が見られる。このことから、ピーク前後での流木本数と水位・流量との関係を見たものが図-14である。各出水とも、同じ水位流量において流木数はピーク前のほうがピーク後に比べ多くなっている。また、ピーク前については、水位・流量と流木数にはある程度正の相関が認められるのに対し、ピーク後には明確な関係が認められない。このことは前述の表-3の橋上カメラのピーク前後の単位時間当たりの流下本数の比較でも現れており、ピーク前の流木本数はピーク後の流木本数の1.7から5倍となっている。このことから、出水時には水位ピーク前に流下流木数が増大する傾向があると考えられる。

4. 今後の課題

本調査は、橋脚周辺の流下流木挙動の把握が主目的の調査であるため、橋上カメラの位置を橋脚の直上に固定するとともに、照明設備は500Wの投光器をカメラの左右に各一台設置して観測を実施した。そのため監視カメラ映像について現状では時間帯によって視認範囲に制約があり、撮影範囲が橋脚の前方のみに限定され橋脚両側面が同時に観測できないことが明らかとなった。監視システムを有効に使うためには、橋上カメラの高さを含めた設置位置の変更、照明設備の改良が必要であることが判明した。

また、流木の流下方向、流下位置、流下速度、流下

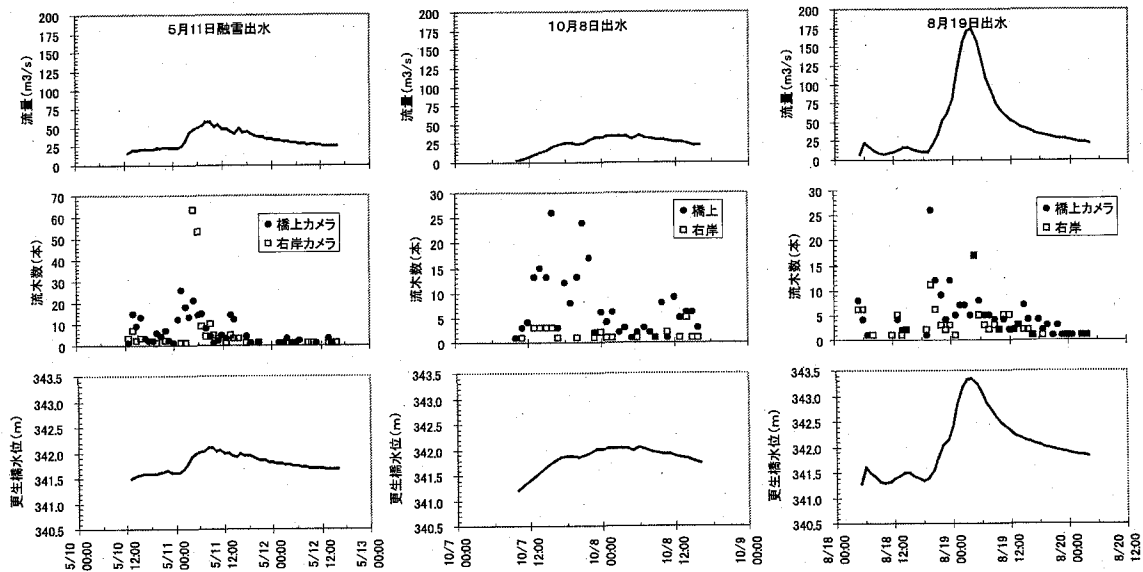


図-13 3 出水時の流量・流下流木数・水位の時系列変化

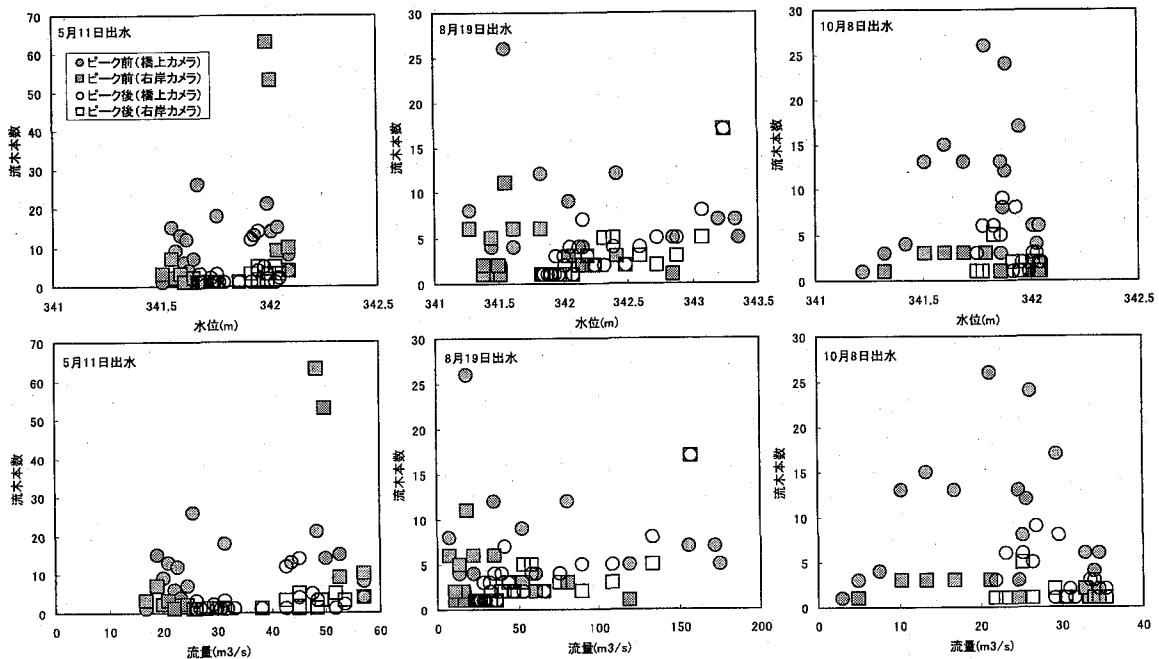


図-14 出水ピーク前後での流下流木数と水位・流量との関係

本数を効率的に解析するためには、画像処理技術を用いる必要がある。さらに、現状の使用機器を含めた観測方法、観測地点が適切であるかどうか調査を実施しながら再検討する必要があると思われる。

今回の調査では出水初期に流下する流木数が多い結果が得られているが、観測方法に上述のような課題も存在することから、観測方法の改善を図り、出水中における流木の挙動の観測事例を増やして検討を行う必要がある。

謝辞:本研究は、国土交通省北海道開発局の受託業務、国土交通省建設技術開発助成制度ならびに河川環境管

理財団河川整備基金助成による補助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) (社)土木学会水工学委員会：平成15年台風10号北海道豪雨災害調査報告会，2004。
- 2) 渡邊康玄・鈴木優一・小川長宏：2003年台風10号による沙流川洪水の橋梁被害と流木の挙動，自然災害科学 Vol.23 No.1, pp.107-116, 2004。

(2007.4.5受付)