

平成28年度

平成28年豪雨による土砂流出と石狩川上流の 砂防施設について －減災効果と今後の課題－

旭川開発建設部 治水課

○吉川 契太郎

近藤 雄一

旭川開発建設部 旭川河川事務所

村上 泰啓

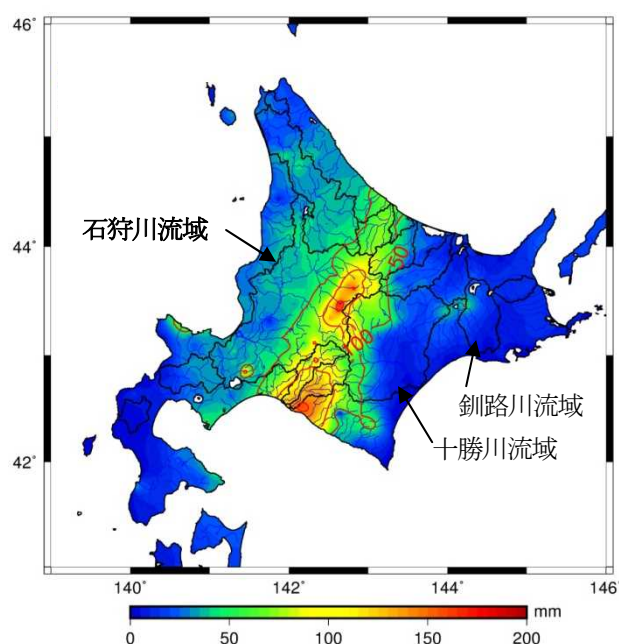
平成28年8月の台風9号・11号がもたらした短時間降雨により北海道内では斜面崩壊や浸食による通行止め、土石流、農地への河川氾濫、床上浸水、橋梁被害、大量の流木流出などの被害が発生した。豪雨に伴い、一部の溪流では土石流や流木流出が発生したが、砂防施設が効果を発揮し下流への影響を軽減した。ここでは、先般の豪雨災害の状況を概観しつつ、今後の土砂災害軽減に向けた最新の知見と課題を報告する。

キーワード：安全安心、砂防施設、土石流、流木

1. はじめに

平成28年8月中旬以降、北海道内は台風、前線の影響で例年に比べ極めて多い降雨量を観測した。その中でも石狩川上流で土砂流出が多く発生した8月23日の雨量分布を図－1に示す。図－1はアメダス、河川系、道路系の雨量データを用い、GMT(Generic Mapping Tool)¹⁾により雨量分布図を作成したものである。石狩川上流域を見ると日雨量で150mmを超えた雨量がもたらされている。

ここでは、本出水を受けて、直轄砂防事業を実施している石狩川上流、忠別川上流、美瑛川上流を対象に、気象概況として雨量状況を整理し、事業によって整備した

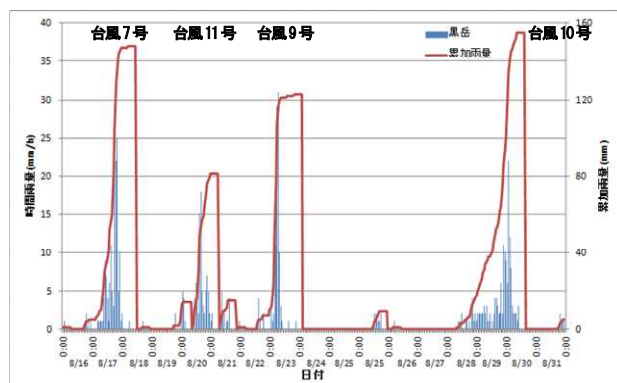


図－1 8月23日雨量分布（1日雨量）

砂防施設の効果状況を把握する。また、今回の土砂流出状況を踏まえ、今後の土砂災害軽減に向けた課題について報告する。

2. 気象概況

石狩川上流域では台風7号に伴う8月16日～17日にかけての降雨、台風11号に伴う8月19日～21日にかけての降雨、台風9号に伴う8月22～23日にかけての降雨により災害が発生している。台風10号に伴う8月30～31日にかけての降雨は南部ほど降雨量が大きい状況であり、対象地域では目立った災害は発生していない。図－2に黒岳雨量観測所の雨量状況を示した。累加雨量は6時間無降雨で消失とした。それを見ると4つの台風に連動して4つの降雨のピークが見られ、総雨量80mm超が1回、120mm超が3回と、8月16日から31日までの約半月で550mmを越える雨量が観測された。いずれの降雨ケースにおいても、時間降雨強度が10mmを越える豪雨が短時間にもたらされていることが分かる。



図－2 黒岳雨量観測所の雨量状況（上川町）



図－3 美瑛川第1号えん堤（左2015/10/3、右2016/8/30）

3. 被害概況

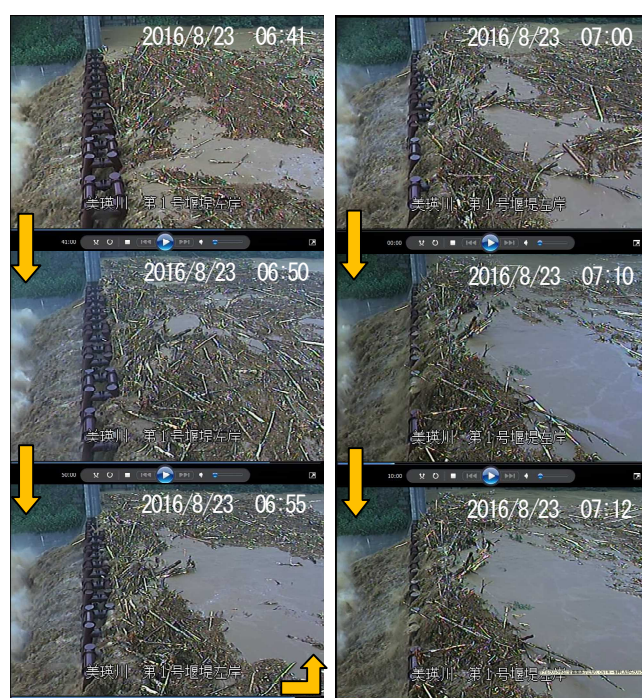
石狩川上流域では台風7号、11号、9号に伴う降雨により、上川町で重傷者1名の人的被害が発生している。物的被害は、8月23日に国道39号石北峠で法面崩壊、国道273号で高原大橋の損傷等が発生したほか、8月20日に忠別川沿いの道道213号の決壊により天人峡温泉で観光客等約90名が一時孤立した。その他、8月23日美瑛川を渡る砲台橋崩落などの町道被害や2,244haに及ぶ農地被害が発生した²⁾。

4. 砂防施設効果

石狩川上流では水系砂防計画に基づき黒岳沢川、小学校の沢、白水川、リクマンベツ川、テンマク沢川、白川、パンケフエマナイ川、ペイトル川、安足間川の7河川で建設中も含め13施設が整備されている。忠別川では水系砂防計画に基づき砂防えん堤を直轄で3基整備している他、道道213号に近い下流では河床の安定のため床固工を設置しており、平成22年7月出水時による道道欠損箇所の安定化も図っている。美瑛川では主に火山砂防計画に基づき砂防えん堤及び遊砂地の整備が進められているほか、流木対策として鋼製スリットえん堤を導入している。

(1) 美瑛川上流

図－3に出水前後の美瑛川第1号えん堤の堆砂数の状況を示した。出水後、捕捉した流木量は約10,000m³と推定され、現在撤去・処分作業を進めているところである。美瑛川第1号えん堤の計画流木捕捉量は5,285m³であり、計画規模を上回る効果を発揮したといえる。出水当時、筆者らは美瑛川第1号砂防えん堤袖部に設置してあるCCTVカメラを鋼製スリット方向に操作し、動画を記録した。図－4は動画の一部を時系列で示したものである。8月23日6時41分頃、鋼製スリット上端と、上流側水面は概ね同じ高さにあったものと推定されるが、6時50分には流木堆積面が鋼製スリットよりも高い位置に上昇し、



図－4 流木堆積状況時系列

流水が鋼製スリット上端に流下している状況が読み取れる。その後も6時55分、7時00分と鋼製スリット上端よりも水位が上昇していることが読み取れる。

筆者らは、流木の発生源について、無料で公開されているLANDSAT画像を用いて解析を試みた。米国地質調査所で運営しているLANDSAT Look Viewerサイト³⁾では、1970年代から撮影されているLANDSAT画像が無料で公開されている。LANDSAT画像はマルチスペクトル画像であるが、米国パデュー大学WEBサイトで公開されているMultiSpec⁴⁾と呼ばれる無料の衛星画像解析ソフトを用いることで、加工・閲覧が容易になる。ここでは出水前後で撮影されたLANDSAT画像を植生が赤く、裸地が灰色に見える画像に加工し、図－5に示した。これにより、出水後に河道が拡大した様子が読みとれ、美瑛川第1号えん堤に堆積した流木の大半は河畔林由来であったことが推察される。ただし、LANDSAT画像の解像度は30mであ



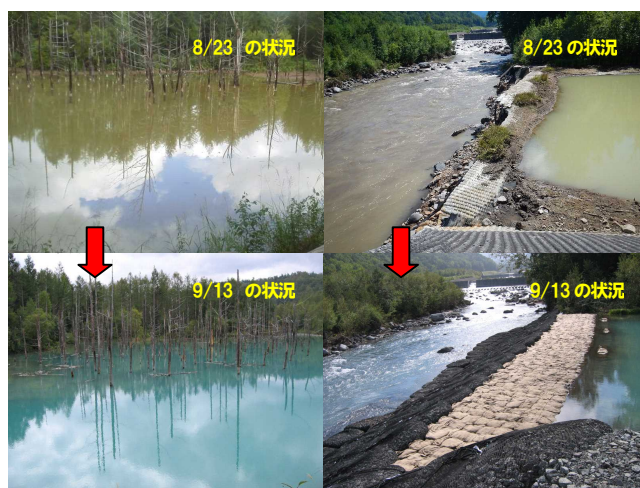
図－5 美瑛川上流部の川幅の拡大状況 (LANDSAT)

るため、小規模な斜面崩壊は把握されていない可能性が高い。このため、流木発生源の絞り込みのためには、より解像度の高い画像による解析が必要である。しかしながら、LANDSAT画像は撮影後、早ければ一か月以内に更新されているため、災害後の広域な状況確認を行う上で有効であるといえる。

十勝岳火山砂防事業を実施している硫黄沢川及び尻無沢川では目立った土砂流出は見られておらず、施設の被災も確認されなかった。

また、美瑛川ブロックえん堤において、通称「青い池」の低水路の護岸の一部が流出する被害が生じ、通路の一部が危険な状態となったため、8月23日～9月13日に亘って見学者の立入を制限した。その間、復旧工事を実施し、通路の安全を関係機関と確認した上で、14日に見学者の立入を再開した。図－6に「青い池」復旧状況を示す。

今回の出水では美瑛川の濁水が青い池に流入したことにより濁ったが、目立った土砂の流入はなかった。復旧工事が進み、美瑛川の河川水が流入し、青さを取り戻すことができた。青い池は3週間にわたって立入を制限したが、再開当日から300人を超す見学者が集まるなど観光資源としての地域振興への効果がみとめられた。



図－6 「青い池」復旧状況

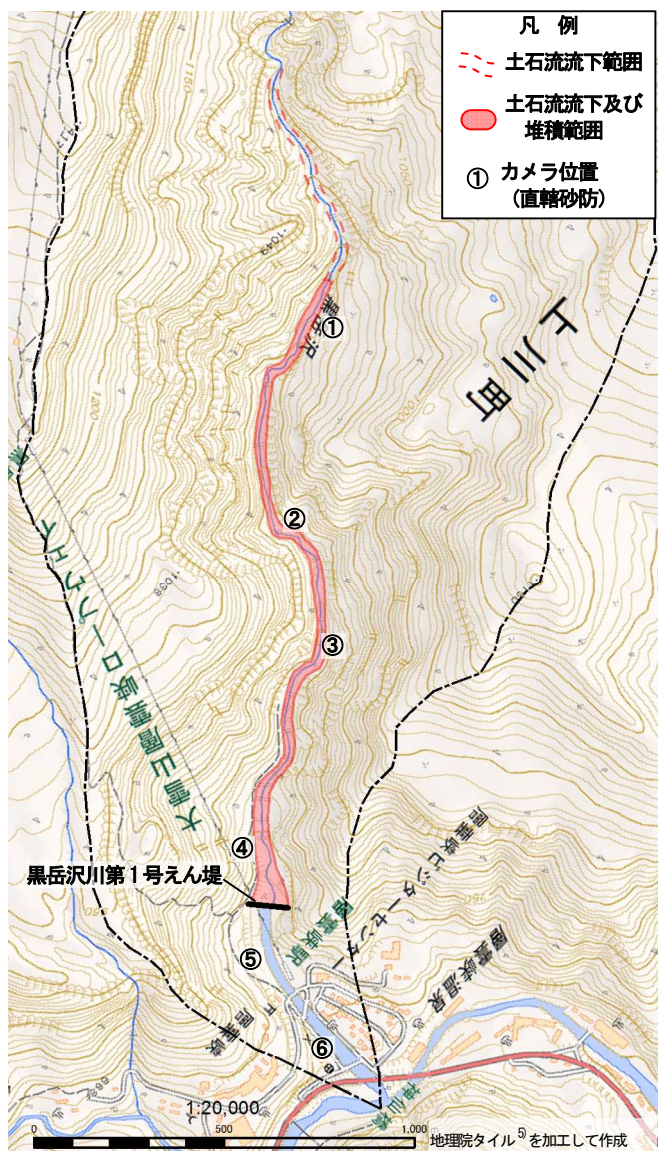
(2) 石狩川上流

a) 黒岳沢川

黒岳沢No. 2カメラの8月23日6:56:52の画像を図－7に示した。まさに土石流が流下してくる瞬間の画像である。こうした状況では避難する時間的余裕も無いため、事前の避難がなによりも重要であることを気づかせてくれる貴重な画像といえる。しかしながら、スケールがわかりにくいいため、今後、現地調査し、可能であれば土石流の水深や速度を推定し、危機管理上の資料としていく必要がある。図－8に黒岳沢川における土石流流出範囲を示した。残念ながら、CCTVカメラNo. 1は回線不具合のため画像が入手できなかったが、No. 2より下流のカメラは稼働していたため、土石流の状況は観察可能であった。カメラ画像より、上流のV字谷に沿って土石流が発生・流下し、黒岳沢川第1号えん堤まで及び、停止したものと推定できる。黒岳沢川第1号えん堤の出水前後の状況を図－9に示した。黒岳沢川第1号えん堤では平成25年度に除石工事を実施し、空き容量を確保していたところであったが、本出水による土石流ではほぼ満砂状態となった。図－10に黒岳沢川第1号えん堤の左岸側の袖に設置したインターバルカメラの画像を示した。本カメラでは10分毎に同じアングルを撮影している。8/17 16:20が台風7号の降雨前の画像であり、土砂が堆積していない。8/23 7:30の画像ではほぼ満砂している状況であり、大量の巨礫流下により、巨礫フロントが形成されていることが分かる。えん堤に堆積した土砂量の推定は、堆砂直後の8/24にUAVによる空中写真を撮影し、その画像からPHOTOSCANを用いて堆砂面の標高を推定した。出水前の6/24の堆砂敷の標高との比較を行い、堆砂量を推定したところ堆砂量は約72,000m³という規模であった(図－11)。黒岳沢川第1号えん堤直下には北海道有数の温泉保養地である層雲峡温泉街があり、砂防えん堤、流路工の整備により、土石流災害の減災に寄与できたものと考えられる。現在、旭川開発建設部では満砂した砂防えん堤の除石工事を実施中であり、今年度以降の土石流災害減災に向けた容量確保を進めている。



図－7 黒岳沢No. 2カメラキャプチャ画像



図－8 黒岳沢川における土石流流出範囲

b) 小学校の沢

黒岳沢川からほど近い層雲峡小学校の沢では、8月23日、小規模ながら土石流が発生した。小学校の沢は土石流危険渓流に位置づけられており、導流堤、砂防えん堤、流路工が計画され、H25年度より施工中である。H25年度、H26年度に、施設上流部に土石流対策のための導流堤を設置済みであったため、今回の豪雨で発生した土石流は導流堤により層雲峡温泉街唯一の避難所である旧小学校への直撃を免れた。図－12に導流堤による効果状況を、図－13にその拡大写真を示した。現地状況から本出水で流出した土砂量は約2,000m³と推定されている。

c) リクマンベツ川

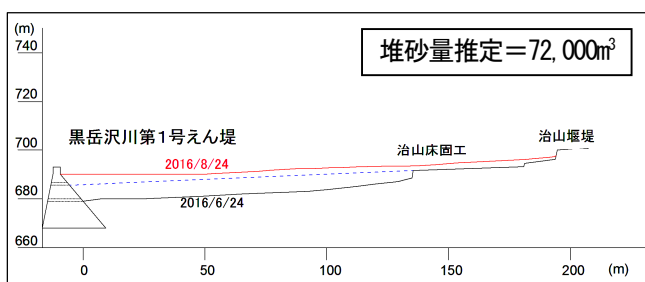
リクマンベツ川では8月23日に流木を伴う土砂流出が発生し、リクマンベツ川砂防えん堤で捕捉した。図－14にえん堤の出水前後の堆砂敷の写真を示した。出水後、堆砂敷は満砂状態となり、流出土砂とともに多くの流木を捕捉していることが分かる。リクマンベツ川砂防えん堤の効果により、石狩川本川に土砂が直接流入せず水系砂防施設としての効果が発揮されたと考えられる。



図－9 黒岳沢川第1号えん堤
(上2016/6/24、下2016/8/24撮影)



図－10 インターバルカメラ画像



図－11 黒岳沢川第1号えん堤堆砂状況

(3) まとめ

本出水において、石狩川上流域では3回の降雨により、特に直轄砂防事業を実施している河川で、土砂や流木の流出が見られた。その結果、美瑛川では美瑛川第1号えん堤及び美瑛川第1号床固工で流出した流木のほぼ全量を捕捉し、下流の河川区間への流出を防いだ。黒岳沢川及び小学校の沢では土石流の発生から層雲峡温泉を保全し、指定避難場所である旧層雲峡小学校の被災を防いだ。リクマンベツ川では土砂や流木を石狩川本川への流入を防いだ。特に、小学校の沢導流堤、リクマンベツ川鋼製スリット、美瑛川第1号えん堤鋼製スリットはここ数年以内に整備した施設であり、期待される効果を速やかに発揮した事例と言える。

5. 今後の課題

(1) 被災後の施設調査

今回、直轄で整備した砂防施設の施設調査時に、途中の林道が浸食され、陸上からの調査が困難な箇所があった。このため、防災ヘリ「ほっかい」、UAV等で砂防施設の被災状況を確認した。ほっかいに搭乗して上空から砂防施設を監視する場合、事前にGPSに位置座標を入力しておくことで、パイロットに飛行方向の細かい指示ができ、対象施設の確認が容易に実施できた。今後、災害調査用のGPS付きタブレット端末と地図アプリを配備することで、現地調査、ヘリからの調査が容易になると考えられる。

一方、忠別川最上流部の砂防えん堤を確認する際、陸路が無く、「ほっかい」による調査も気候や機材操りの関係で実施が困難であった。このため、天人峡からの登山路を利用し、徒歩で滝見台に到達、そこからUAVを離陸させ、水平距離で約1.3kmの位置にある忠別川第2号えん堤の確認を実施した。豪雨後の砂防施設の確認を行う場合、特に山岳地帯の狭隘な地形で徒歩による接近が困難な場合、軽量で、長距離を飛行可能なUAVによる調査が有効であった。特に、災害協定会社の保有するUAVは機能が多様であるため、調査ケースに応じて、利用可能な機種を事前に把握しておくことが重要といえる。

(2) 電気伝導度(EC)による深層崩壊リスク評価

石狩川上流域には、深層崩壊危険度の相対的に高い溪流が分布しており、近年全国各地で発生している深層崩壊やそれに伴う天然ダム災害が発生する可能性があるといえる。そのような大規模災害に対して、現況の砂防施設では対応できない可能性があり、深層崩壊発生の予兆を捉えることが重要とされている。深層崩壊の発生は地下水の集中との関連がひとつの因子といわれており、地下水が流出している付近の渓流水は電気伝導度(EC)が高くなると考えられている⁹⁾。そこで、今年度、石狩川上流を対象にECの広域調査を行い、黒岳沢川、白水沢川、R-12(層雲峡の石狩川を挟んで対岸の小溪流)で詳細調査を実施した(図-15)。それによると黒岳沢川

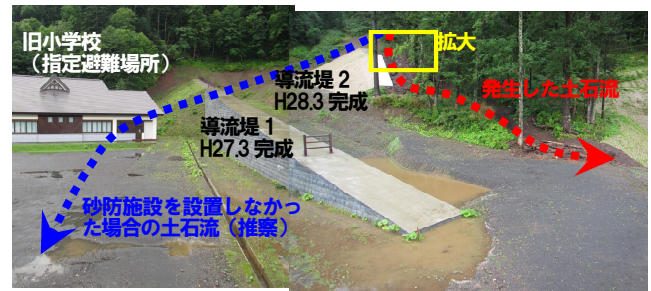


図-12 導流堤の効果



図-13 導流堤の効果(拡大)



図-14 リクマンベツ川砂防えん堤

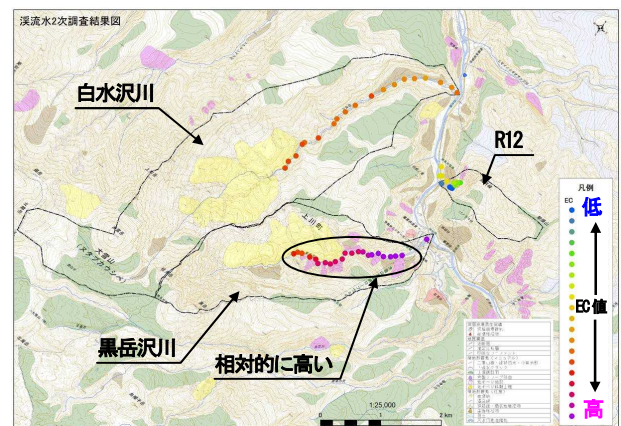


図-15 渓流水のEC分布(2016/11/1調査)

では全体的にECの値が高い傾向があることが分かった。また、黒岳沢川は下流に向かってEC値が高くなるのに対して、隣接する白水沢川では下流に向かって低下している。この2つの溪流は地形・地質的に比較的類似しているが、EC値の高い流水の供給地点が異なっていることを示唆している。今後、データの分析を行うと共に、継続的なモニタリングを実施していく必要がある。

(3) 降雨と土砂流出

図－１６～１８に旭川開発建設部で警戒基準雨量（70mm）、避難基準雨量（90mm）の設定に用いているスネーク曲線を示した。図－１６が台風7号、図－１７が台風11号、図－１８が台風9号による降雨を示しており、雨の降り始めた日の0:00から実効雨量が警戒基準雨量（70mm）を下回る時刻までを表示している。なお、実効雨量については半減期を1日としている。

図－１６に示す台風7号のケースでは、17日17:40に警戒基準雨量を超え、17:55に土砂災害警戒情報が発令される。夜間のためカメラ画像でははっきりしないが、18日4:20頃のカメラ画像で新しい土砂の堆積が確認されるため、17日夕方～夜にかけて土砂流出したと推定される。

図－１７に示す台風11号のケースでは8月20日12:03に土砂災害警戒情報が発令され、15:00に警戒基準雨量を超える。流量の増加とともに、16:20頃小規模な土砂流出がカメラ画像から確認された。

図－１８に示す台風9号のケースでは8月23日5:00に警戒基準雨量を超え、6:30に土砂災害警戒情報が発令される。その後7:00頃に巨礫を多く伴う大規模な土砂流出がカメラ画像から確認された。

いずれの降雨も土砂災害警戒情報や警戒基準雨量といった土砂流出を警戒する降雨情報が出されたのちに土砂流出が発生しており、危機管理上、土砂災害危険情報の信頼性が高いものであることが把握された。

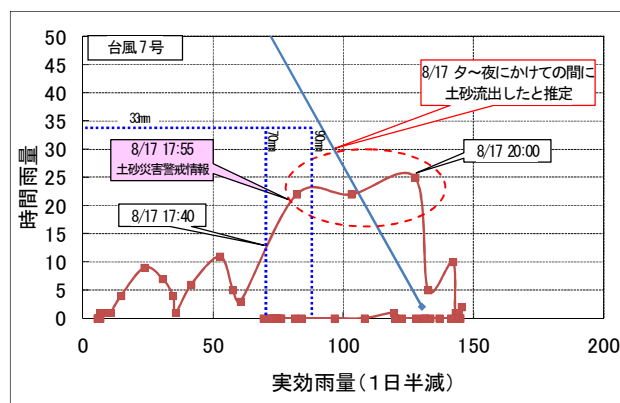
今回、インターバルカメラでは10分間隔での撮影に成功しており、近傍に黒岳雨量観測所のデータがあるため、水位や河床高の評価から雨の降り方と土砂流出の特性の関係を評価するなどの検討を行う事で、警戒避難や砂防施設の建設、工事中管理に役立てることが可能となるのではないかと考えている。

6. おわりに

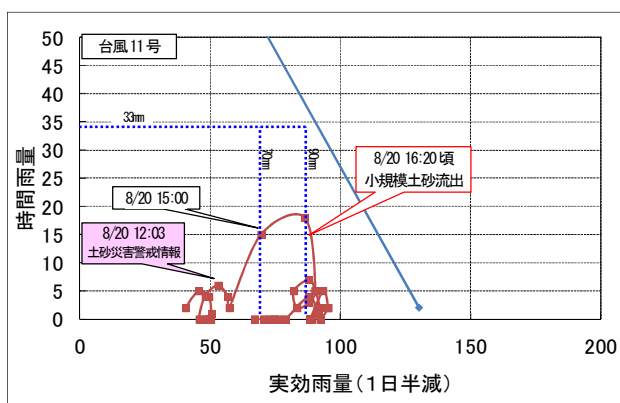
今回、8月の3つの台風に伴い発生した土砂や流木の流出に対する直轄砂防施設の効果の発現状況を整理した。ここ数年に整備した施設を含め、保全対象への減災効果は評価できるものと考えられる。災害調査に尽力いただいた関係各位に、ここに記して謝意を表する。

参考文献

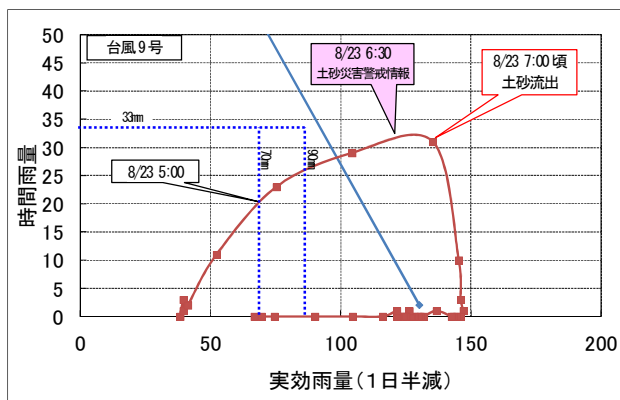
- 1) <http://gmt.soest.hawaii.edu/home>
- 2) 北海道：「平成28年8月から9月にかけての大雨等災害」に関する検証委員会（第1回）資料
- 3) <https://landsatlook.usgs.gov/>
- 4) https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec_Apps
- 5) 国土地理院ウェブサイト
- 6) 地頭菌隆：溪流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測，砂防学会誌 66(6)，56-59，20



図－１６ 8/17 0:00-8/19 10:00スネーク曲線



図－１７ 8/20 0:00-8/21 21:00スネーク曲線



図－１８ 8/23 0:00-8/24 9:00スネーク曲線

※その他、次の公表資料が本報告に関連するため参照されたい。

- ・石狩川（上流）黒岳沢川土石流発生状況について（第1報）～平成28年8月23日7:00時点～；旭川開発建設部
- ・石狩川（上流）小学校の沢川土石流発生状況について（第1報）；旭川開発建設部
- ・平成28年台風9号による美瑛川の砂防施設（通称「青い池」）の被災について；旭川開発建設部
- ・平成28年8月20日からの大雨による出水の概要（速報版）をとりまとめました；旭川開発建設部