

平成30年北海道胆振東部地震による厚真川水系 日高幌内川における大規模河道閉塞対策について

室蘭開発建設部 厚真川水系砂防事業所 ○門脇 光治
山口 昌志
佐々木 晋

平成30年北海道胆振東部地震では最大震度7を記録し、北海道勇払郡厚真町の厚真川流域を含む広範囲で山腹崩壊が発生した。厚真川水系日高幌内川では大規模な河道閉塞が確認され、湛水位の上昇による越流水で河道閉塞土砂が侵食されて決壊することにより大規模な土砂災害が発生するおそれがあった。本報告では、緊急的に実施した河道閉塞土掘削や水路工、砂防堰堤等から構成される大規模河道閉塞対策について報告するものである。

キーワード：土砂災害，河道閉塞，災害復旧

1. はじめに

平成30年(2018年)9月6日午前3時7分に、北海道胆振地方中東部を震源として、マグニチュード6.7、最大震度7を記録する「平成30年北海道胆振東部地震」が発生した。この地震により震源近くの苫東厚真発電所をはじめとする道内全ての発電所が一時停止し、午前3時25分北海道内全域約295万戸の大規模停電(ブラックアウト)が発生した。地震や停電の影響により、交通機関や物流、インフラへ多大な影響を及ぼした。北海道で初めて震度7を観測した北海道勇払(ゆうふつ)郡厚真(あつま)町の厚真川(あづまがわ)流域を含む広範囲で山腹崩壊が発生し、地震による死者44名のうち、土砂災害によるものが36名に及ぶなど地域に甚大な被害をもたらした。

2. 厚真町および厚真川の概要

今回の地震で甚大な被害が発生した厚真町は、北海道の南西部に位置し、南北に細長く、面積約405km²、人口約4,600人で、北海道の空の玄関口である新千歳空港に近接するとともに、苫小牧東港を有し、平野部の多くは基幹産業である水田や畑として利用され、11自治体で構成される胆振地方でも有数の穀倉地帯となっている。

厚真川水系厚真川は、その源を夕張山系夕張岳南麓に発し、日高幌内川(ひだかほろないがわ)、ハビウ川、東和川(とうわがわ)、ウクル川、チケツペ川等を含わせ北東から南西へ向かって流れ太平洋に注ぐ、流域面積382.9km²、幹線流路延長52.3kmの二級河川である(図-1)。

3. 厚真川流域における土砂災害状況

地震発生翌日の9月7日、航空写真により厚真川水系日高幌内川において山腹崩壊による大規模な河道閉塞が確認され9月8日、9日に国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所等の土砂災害専門家により緊急的にヘリ調査および現地調査が行われた。



図-1 厚真川(厚真町市街地より上流域)

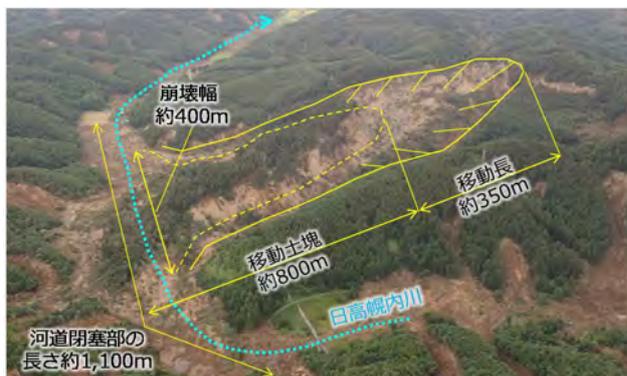


図-2 日高幌内川の大規模河道閉塞

同時にヘリからレーザー距離計による河道閉塞部の計測を行った。この結果、日高幌内川の右岸側斜面が幅約400m、長さ約800mに渡って崩壊し、崩壊の移動長が約350mあり、約1.1kmに渡る大規模な河道閉塞が確認された(図-2)。河道閉塞部の一番低い箇所ですり地盤から約50m程度の高さ(EL130m)まで崩落土が堆積し、閉塞土砂量は約500万m³と推定された。右岸斜面の大規模崩壊は、地震動により岩盤を主体とするすべり面沿いに発生し、対岸まで移動したと思われる(図-3)。

また、日高幌内川以外の支川においても、数多くの土砂災害が発生し、チケッペ川、チケッペ川支川チカエツ川、東和川では、大規模な山腹崩壊の発生によって、河道内に不安定土砂が大量に堆積している(図-4)。今回の地震による山地崩壊面積は、明治以降の全国の主要な地震災害では最も大きい規模となっている。

4. 緊急的な監視体制の構築

この状況を受けて、北海道開発局では、緊急的に日高幌内川河道閉塞箇所において、湛水位の把握と状況の遠方監視が早急に必要と判断し、河道閉塞部および湛水池の監視として、上下流部に監視カメラ、湛水池に水位計を設置する計画とした。

町道上の崩落土砂はトラフィカビリティが低く、道路啓開が未完了で一般車両の通行が不可能であったため、北海道開発局所有の無限軌道の災害対策車「多目的支援車」を現地に派遣し、下流側カメラ機材を運搬した(図-5)。河道閉塞箇所上流部については、崩落土砂及び大量の倒木により、下流側から徒歩でも資材運搬が困難な状況であったため、荷物運搬用ヘリをチャーターし、上流側カメラ機材と投下型水位観測ブイを搬入した。

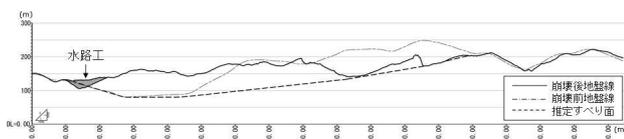


図-3 大規模崩壊断面図

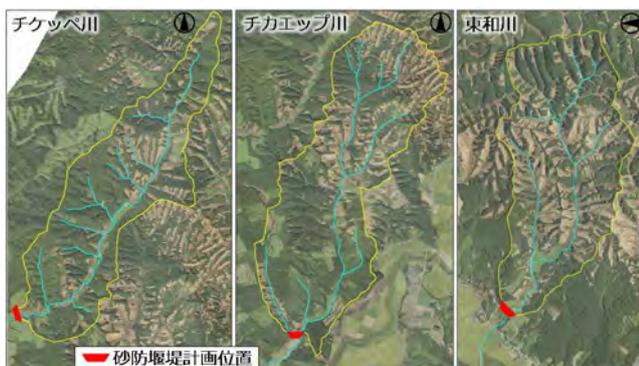


図-4 チケッペ川・チカエツ川・東和川の山腹崩壊状況

これにより9月12日下流側監視カメラ、9月14日投下型水位観測ブイ(図-6)、9月15日上流側監視カメラ(図-7)を順次設置し、監視・観測体制を迅速に構築することができた。その後、湛水池までのアクセスルートを確認するため、下流側から重機による倒木処理を行いながら、上流部までの工事用通路を造成した(図-8)。

5. 緊急対策工の着手

9月25日、北海道知事から国土交通大臣に対し、山腹崩壊により河道が閉塞している日高幌内川や、厚真町市街地に近い、チケッペ川、チカエツ川、東和川の土砂災害に対し、大規模な土砂災害対応実績、高度な技術力を有する国直轄事業による緊急的な対策と迅速な体制の確保について要請がなされた。

こうした要請を踏まえ、北海道開発局では10月2日に厚真川水系日高幌内川、11月2日にチケッペ川、チカエツ川、東和川において、国直轄による緊急的な砂防事業として直轄砂防災害関連緊急事業に着手した。

大規模な河道閉塞が発生した日高幌内川においては、湛水位の上昇による越流水で、河道閉塞土砂が侵食されて決壊することにより土砂災害が発生し、下流域に被害を及ぼすことが懸念された。このため、図-9に示すように河道閉塞土砂の一部を掘削し、安全に越流水を流下させる水路工の設置を計画した。また、河道閉塞部の安定を図る基幹砂防堰堤を配置することとし、その下流に流出土砂を捕捉する砂防堰堤を計画した。

チケッペ川、チカエツ川、東和川については、河道内に堆積した不安定土砂等が降雨により再移動するおそれがあったことから二次災害を防ぐため、図-4に示すようにそれぞれの溪流に砂防堰堤を1基ずつ計画した。



図-5 多目的支援車

図-6 投下型水位観測ブイ



図-7 上流側監視カメラ

図-8 工事用通路造成

6. 関係機関等との対応

大規模な土砂崩落は、大量の倒木を伴い大部分が道路を横断し、農地や宅地まで達していたため、農業事業、道路事業、治山事業、河川事業、砂防事業、各災害復旧事業など様々な事業との事業間調整が生じた。地方自治体で予定している災害申請箇所が直轄砂防事業と重複する箇所については、将来的な計画を見据えた復旧事業計画による事前調整が必要となり、多数の関係機関と協議を行った。大量の倒木については、北海道や厚真町と協議して森林組合などの地元団体と協力して約4,800m³の倒木を処理し、木材やバイオマス発電の燃料にするなど有効活用することで山林の早期復旧と再生可能エネルギーなどへの再利用を図った。後にこの取り組みについては、平成31年3月7日に北海道、北海道開発局及び厚真町と協力会社において「北海道胆振東部地震により発生した倒木等の有効利用に関する協定」として締結に至っている。また、緊急対策工施工箇所の地権者との交渉や関係する土地改良区など関係団体との協議なども行った。災害発生直後であり、地域の方や遺族の方の心労に配慮し、地権者等の確認作業については、厚真町役場から被災情報等を頂き慎重に対応を進めた。

7. 日高幌内川における大規模河道閉塞対策

ここからは、厚真川水系で実施した国直轄の緊急的対策のうち、日高幌内川で緊急的に実施した大規模河道閉塞対策工について述べる。

(1) 緊急対策工実施内容

図-9に示す緊急対策工を計画するにあたり、湛水容量を小さくすることで土砂災害発生時のリスクを低減させることができるため、まずは河道閉塞部の高さを低下させるために河道閉塞土砂を切り下げることが計画された。掘削土については、河道閉塞部下流側に盛土をすることで、閉塞土砂下流側法面の勾配を緩勾配化し、湛水時の浸透路長の確保と越流時の流速低減による侵食対策を図った。



図-9 日高幌内川緊急対策工の概要

河道閉塞部の越流対策として、安全に越流水を流下させるため、水路工を計画した。河道閉塞部の切土区間における水路工については、元河床勾配と同程度の約1/80勾配とし、下流側の盛土区間の水路工については掘削土量見合いとなるが、崩壊直後の約1/11から約1/16まで緩やかにする計画とした(図-10)。河道閉塞土砂の抑止を目的として、河道閉塞部下流端に脚部固定のための基幹砂防堰堤を配置することで河道閉塞部の安定化を図り、さらに約1km下流に、土砂流出時に土砂を捕捉し下流への被害軽減を目的とした待ち受け型の下流砂防堰堤の配置を計画した(図-9)。計画した砂防設備の主な諸元は、河道閉塞部の掘削土量約34万m³、切土法面整形26,000m²、水路工延長約830m(内コンクリートブロック水路約760m)、基幹砂防堰堤高さ3.8m、長さ約144m、下流砂防堰堤高さ3.1m、長さ約94mである。

(2) 緊急対策工の留意点および工夫点

河道閉塞高を下げることは、移動土塊の末端を掘削することになるため、掘削箇所によっては移動土塊が不安定になるおそれがあった。また、移動土塊上に水路工を設置することは、侵食や不等沈下が発生する可能性が高くなる。そこで、崩壊部の対岸側となる左岸側斜面の地山部分に水路工を設置し、なおかつ移動土塊が不安定にならないよう、極力移動土塊の掘削を小さくする平面線形を設定した。掘削高については、移動土塊上に堆積している火山灰質や破砕された崩落土であれば除去可能と想定して設定した。しかし、水路工線形検討時点では、地質調査が完了していなかったために地質データが得られず、崩壊前後の地形データや現地踏査結果から左岸側斜面の地山および崩落土の土質や堆積高を推定し、これより閉塞土砂を約25m掘削する計画とし(図-10下の縦断図参照)、掘削土量は約34万m³と試算された。その後、施工途上で得られた地質調査結果と照らし合わせた結果、ほぼ当初の想定通りであった。図-11の右岸側切土法面下部に見える黄土色の露頭が左岸側斜面の地山部分であり、この上に水路工が設置されていることがわかる。灰色の露頭は移動土塊であり、左岸側斜面の地山に乗り上

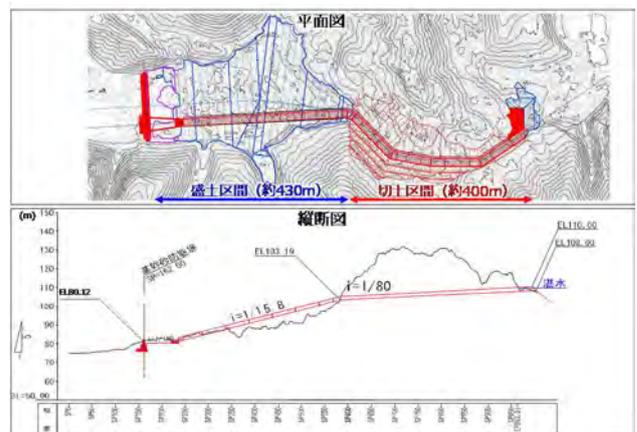


図-10 日高幌内川緊急対策工の平面図および縦断図

げている。この掘削により、湛水池が満水となった場合に当初1330万 m^3 となる湛水量を210万 m^3 まで縮減し、被害リスクを大幅に軽減することができた。

水路工については、地震発生後、工事実施時期が積雪寒冷期にかかり、なおかつ面積が13,000 m^2 と大きいことから、融雪期前の完成を目指すためにコンクリート打設による冬期養生などの制約条件を伴わない工法を検討した。その結果、水路工断面に大型連節ブロックを敷設し、その下には遮水シートを敷設することで遮水性を確保する工法を採用した（図-12）。

基幹砂防堰堤および下流砂防堰堤についても、積雪寒冷期施工および施工効率を勘案し、コンクリートブロックによるブロック堰堤を採用し、ブロック堰堤下には、ジオテキスタイルを敷設し、不等沈下防止を図った。コンクリートブロックの調達や製作には時間を要するため、厚真川の西方約50kmに位置する樽前山において、北海道開発局が備蓄している火山噴火緊急減災対策コンクリートブロック（4t）を利用する計画とした。基幹砂防堰堤で約2,600個、下流砂防堰堤で約1,300個使用し、早期に完成させることができ、緊急時の備蓄資材が有効に活用される事例となった（図-13）。

(3) 工事中の安全管理

水路工造成のために、河道閉塞土砂の一部を掘削することから、移動土塊の更なる崩壊の誘発や水位上昇による越流、湧水発生等の可能性が考えられた。

そのため、掘削時の安全管理上から、施工中監視用として上下流水位計を始めとして、雨量計、監視カメラ、崩壊検知センサー、GNSS観測、孔内傾斜計、パイプひずみ計、孔内水位計等の監視計画を策定し、機器を配置した（図-14）。

監視カメラについては、当初設置したカメラの他にも設置台数を増やし、準動画、静止画合わせて計5台のカメラで遠方監視を行っている。

リスクマネジメントとして次の体制を構築した。①崩壊検知センサーにより地盤の傾斜角度を24時間自動計測し、閾値を超えた場合は自動警報システムと連動して警

報音や回転灯により現場内に周知することとした。②計測を担当するコンサルタントから、発注者および工事・地質調査担当者のメールアドレスに、各箇所を設置した崩壊検知センサーの経時変化とその結果により現地で想定される危険情報を毎日定時に通知することとした。

湛水位については、当初は緊急的に設置した投下型水位観測ブイにより衛星携帯を用いてデータ送信し、WEB上でリアルタイムに確認できるようにした。

現在は水圧式水位計を2基設置し、衛星携帯と携帯回線の2系統でデータを送信し、二重化を図っている。

湛水位の変化について、平成30年9月30日から10月2日にかけて、台風24号より変化した温帯低気圧の通過に伴い総雨量で82mmを観測した。降雨終了後24時間までの湛水池への流入量は約11.6万 m^3 であり、水位はEL91.5mからEL94.8mまで上昇した。10月27日から29日にかけて前線を伴う低気圧の接近により総雨量81mmの降雨を観測し、約17.7万 m^3 の流入量があり、水位はEL98.6mからEL100.0mまで上昇した。この2降雨は総雨量が同程度にもかかわらず、流入量に差があるのは、上流域内に大量に存在している崩落土への降雨浸透や崩落土により多数発生している窪地への湛水によるものと考えられる。

その後も水位上昇を続け12月20日時点で102.36mのピークを迎えた（図-15）。冬期における渇水期であることと、掘削作業の工事中安全管理のために4 m^3/min のポンプを設置し排水を開始したこともあり、その後徐々に水位が低下し、平成31年3月下旬の融雪開始まで水位低下傾向は継続した。その後は、融雪出水により水位上昇したが、ポンプ排水を20 m^3/min まで増強したこともあり、融雪期において越流には至らなかった。台風期に備え、湛水位予測のためには、降雨予測および降雨による流入

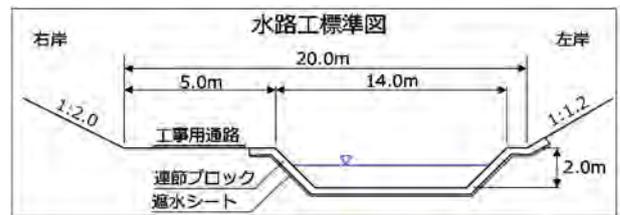


図-12 水路工標準図

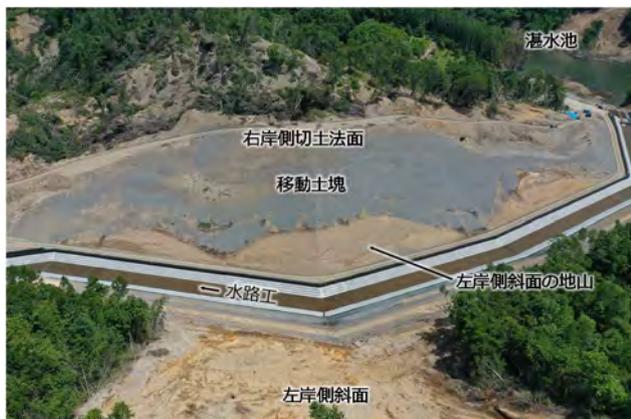


図-11 左岸斜面の地山上に設置された水路工



図-13 基幹砂防堰堤

量予測が重要であり、(一財)日本気象協会の降雨予測データから流出計算モデルを用いた流出解析および湛水位予測を行う体制を構築した。結果として、令和元年においては、降雨予測を実施したものの比較的規模の大きな出水がなかったこともあり、越流には至らず非出水期を迎えた。

(4) 作業効率の向上

掘削土量34万m³、法面整形26,000m²、大型連節ブロック敷設13,000m²と工事量が多く、融雪期までの約半年間という短い期間で施工する必要があることから、掘削に

ついては、施工セット数の増加や施工機械の大型化で対応し、さらに24時間施工を行った(図-16)。夜間作業時に作業効率が低下することがないように丁張りが不要なICT施工機器を導入して施工した。測量には自動追尾型TSやRTK-GNSS測量機器を導入し、夜間でも正確に掘削を行うためGNSSによるマシンコントロール型のICT建設機械(0.8m³級バックホウ)を3台導入し掘削、法面整形を行った。土工量の進捗管理にはPPK-GNSS補正データによる位置情報取得で地上標定点を設置せずにUAV測量が行え、3次元データを高速で作成できるシステムを導入した。正確な出来型を把握した上で行程のフォローアップ

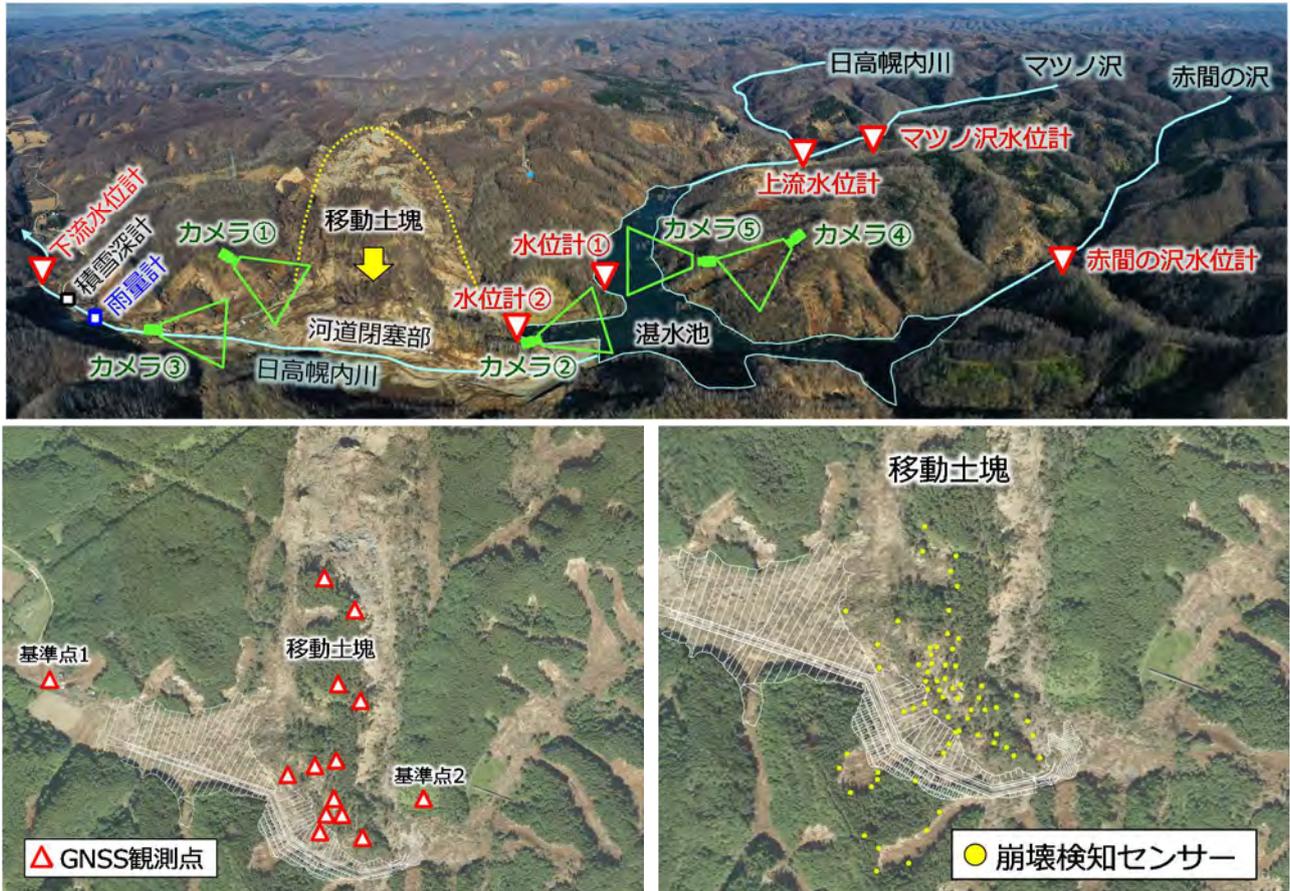


図-14 監視機器配置計画 (上: カメラ・水位計・雨量計等, 下左: GNSS 観測, 下右: 崩壊検知センサー)



図-15 湛水状況の変化



図-16 夜間施工状況 (ダンプは40t積アーティキュレイト)

が可能となり、適切に工程管理を行い、当初予定の工程を厳守することができた¹⁾。

護岸ブロックの設置は人力作業が主体となるため、昼間の作業で対応できるように施工セット数を増加した。護岸ブロックは、従来のアルミメッキ鋼線で結束するタイプと比較して施工性が大幅に向上するシャックル連結タイプの大型連節ブロックを採用した。また、ブロック施工に使用できるスペースは、管理用通路の4m程度と非常に狭いため、ブロック設置用のクレーンは18mのロングブームバックホウ（クレーン仕様）を使用した。これにより、油圧式クレーンのようにアウトリガを張り出す必要がなく管理用通路上を容易に移動ができ、護岸ブロック搬入車両の増車にも対応可能とした¹⁾。

8. おわりに

地質調査会社、設計コンサルタント、工事施工会社等には、砂防災害関連緊急事業という事から同時並行作業により、当該年度完成を目指して冬期を含む短期間の厳しい施工条件のなか、事業の進捗に協力頂いた。

その結果、日高幌内川については水路工、基幹砂防堰堤、下流砂防堰堤が平成31年3月26日に概成した（図－17～20）。チケッペ川、チカエツ川、東和川については、砂防堰堤の早期完成に向けて施工を進め、融雪出水等による土砂流出に対し、融雪期前までに仮設ブロックの設置を完了した上で、砂防堰堤については、チカエツ

川4月30日、東和川7月29日、チケッペ川8月22日に概成した（図－21～23）。さらに、緊急的に整備した対策工の恒久化を図る必要があることから、長期的な砂防計画に対応した砂防設備の整備が必要である。日高幌内川については、緊急対策工の基本方針と同様に、越流水に対する浸透および侵食対策を講じ、河道閉塞部の安定性を確保する対策工について計画し、大型水理模型実験により効果を検証し対策工を決定する予定である。チケッペ川、チカエツ川、東和川については、所定の堆砂容量を確保すべく、緊急対策で整備した砂防堰堤を嵩上げすることで対応する計画である。

緊急的な砂防事業の着手が決定してから、早急に住民説明会を地区毎に4回に分けて開催したが、地域の方への案内状の配布や会場確保など厚真町役場の復旧担当の皆様にご全面的にご尽力を頂いた。特に宮坂尚市郎町長にはお忙しい公務のなか、すべての説明会にご出席頂き、真摯に住民の方への復旧・復興の道標を示して頂いた事に対し、あらためてお礼申しあげたい。

最後に今回の地震で亡くなられた方々へのご冥福をお祈りするとともに、一日も早い厚真町を始めとする被災地の復旧・復興を祈念して本報告の結びとしたい。

参考文献

- 1) 碓井裕介（2019）：融雪期までに安全な水路を確保－厚真川水系日高幌内川斜面崩壊緊急対策工事－，土木施工，Vol. 60, No. 6, p.68-7



図－17 日高幌内川緊急対策工（上流側から）



図－18 日高幌内川緊急対策工（下流側から）



図－19 水路工



図－20 下流砂防堰堤



図－21 チカエツ川砂防堰堤



図－22 東和川砂防堰堤



図－23 チケッペ川砂防堰堤