

5 砂防に関する技術

(1) 初期の直轄砂防

砂防事業は、山地や溪流から流出する土砂により引き起こされる直接的な土砂災害や流出土砂による河床上昇等に伴う洪水氾濫などの被害を防止又は軽減することを目的として実施されている。

北海道における直轄砂防事業は、昭和 46 年度から石狩川上流において、続いて昭和 47 年度からは十勝川上流域において着手された。

直轄砂防事業に着手した初期には、主に荒廃溪流上流域からの土砂生産・土砂流下を極力制御することを主眼においた事業が進められ、通常型（不透過型）のコンクリート堰堤が建設された。直轄砂防事業第 1 号の砂防施設は、石狩川上流のクツウンベツ川第 5 号ダムである。当初は砂防工事に関する歩掛や積算要領もなかったため、それらを整備しながらの施工であった。

これらの砂防堰堤は、溪谷部や山間部に建設されることが多かったため、地形条件、地質条件等を勘案し、条件が整った場合には、ハイダムとなる堤高 15m を越えるものが建設されることもあった。施工に当たっては、砂防施設は山間部で建設されることが多く、また、80mm 級コンクリートの確保が困難であったため、当初は現場練りコンクリートを使用し、打設についてもケーブルクレーンやタワークレーンを使用することが多かったが、昭和 50 年代に入ると、レディミックスコンクリートの使用、トラッククレーンによる打設が標準的となった。

構造については、ヒューム管によって水抜き孔を施工している。また、水通し部分の天端については、摩耗対策としてグラノリシックコンクリートを用いている。

昭和 50 年の天人峡温泉街の土砂災害をきっかけとして昭和 53 年に着工された忠別川羽衣ダムは、周辺景観に配慮した砂防施設としては、我が国最初期のものである。国立公園内に位置する天人峡温泉街に隣接し、羽衣の滝のすぐそばに建設されることから、環境庁等との協議を経て、極力観光客の視界に入らない位置とし、さらに、現地発生材の玉石によって堤体表面を覆うなどの様々な工夫を行っている。

(2) 黒岳沢川等の砂防

昭和 30 年代から観光地化が進んだ層雲峡温泉街は、土石流頻発溪流である黒岳沢川が流下、氾濫・堆積させた土砂の上に中心街が形成されていた。当時、黒岳沢川は、温泉街を蛇行流下していたが、昭和 55 年には豪雨によって発生した土石流が国道橋の桁下ぎりぎりに堆積し、温泉街に氾濫する直前の事態となった。これを受け、昭和 58 年から黒岳沢川



図 3-1-5-1 黒岳沢川の出口に広がる層雲峡温泉街

における直轄砂防事業が着手された。模型実験等による慎重な検討の結果、温泉街直上流に基幹施設として三つの副ダムを持つ黒岳沢川第1号ダム（堤高22m）を設置し、また、温泉街を蛇行流下していた黒岳沢川については断面を拡大し、スムーズな線形とした上で、石狩川までつなげることとなった。流路の付け替えに伴い、橋梁の掛け替えや温泉街における支障物件の補償・移転などが生じることとなり、これに合わせて温泉街のリニューアル計画「プラン65」



図 3-1-5-2 化粧ブロックを使っている黒岳沢川流路工

が進められることとなった。砂防施設の整備に当たっては、当該地区が国立公園の特別地域に含まれ、砂防施設が温泉街からよく見えることなどを勘案し、ダム堤体、流路工護岸及び床固工に柱状節理を模したブロック等を使用した。施設完成後においても度々土石流が発生しており、黒岳沢川1号ダムにおいても何度か満砂となっているが、地域の強い要望により、その都度、堆積土砂の掘削・搬出が行われている。また、小学校の沢では、地区で唯一の避難所となっている小学校跡地が土石流の氾濫範囲に含まれていたため、地区の安全度向上のため事業に着手した。平成28年出水の際には、整備した導流堤によって土石流の避難所への直撃をそらすなどの効果を発揮している。

(3) 豊平川の砂防

昭和56年に北海道各地で大きな水害を引き起こした豪雨は、豊平川上流域においても死者を含む甚大な土砂災害を発生させた。このことを契機として、昭和57年から豊平川上流域において直轄砂防事業が着手された。昭和56年の土砂災害に



図 3-1-5-3 昭56洪水時の豊平川上流支川での氾濫状況

においては、豊平川支川溪流の中流域に堆積していた土砂が豪雨による増水によって大規模に再移動し、及びこれらの溪流が市街化のために屈曲した平面形状になっていたことが、大きな被害を出した原因であったため、中流部の堆積土砂のコントロール及びスムーズな線形の河道への付け替えから着手した。具体的な工種としては、流出土砂のコントロールのための遊砂地、河床堆積物の再移動抑止のための護岸、床固・落差工を実施し



図 3-1-5-4 昭56洪水時の豊平川上流支川での氾濫状況

た。通常、砂防事業においては、土砂生産源とされる上流域からの流下土砂をコントロールする砂防堰堤から整備を進め、一定程度の整備が終わってから下流域の整備に着手することが多いが、豊平川においては過去の災害実態の分析から、独自の計画論により事業を進めたことが特筆される。

開拓の歴史が浅く、居住域や耕作域が谷深くまで進入していないという北海道の地域特性や、火山地が多く、比較的降水量が少ないなどの自然特性を踏まえた、北海道としての砂防事業についての考え方が、大学、国及び北海道の砂防関係者の手により取りまとめられた「北海道砂防計画論」が昭和 63 年に発刊された。これは、全国的にも前例のない取組であった。

また、豊平川においては砂防事業を実施している溪流の周辺が市街地であり、当該溪流が貴重な水と緑の空間であることから、施設整備に当たっては、景観や公園的な利用

等にも配慮しており、穴の川遊砂地及びオカバルシ川遊砂地については、札幌市の公園事業と連携して整備を行い、札幌市の公園としても位置付けられている。オカバルシ川においては、中流部の河道屈曲部が昭和 31 年に開村された「小鳥の村」（緑地環境保護地区）に隣接し、一部の施設が「小鳥の村」に含まれることから、鳥類の生息地として貴重な環境となっている屈曲部を直線化するに当たって、極力現況の環境が保全されるよう、旧河道への分水工、自然石を使った護岸等を採用している。

豊平川においては市街地が隣接していることから、構造物による土砂災害対策に併せて、当時、全国的にも取組が本格化してきたばかりの避難警戒対策が進められた。

(4) 十勝岳火山砂防

昭和 63 年 12 月に十勝岳が 26 年ぶりに噴火活動を再開した。十勝岳を源流に持つ美瑛川水系においては、これに先立つこと 2 年前の昭和 61 年から水系砂防としての直轄工事に着手しており、また、昭和 62 年には十勝岳周辺火山泥流対策検討委員会を立ち上げて、十勝岳の火山活動によって発生することが想定される泥流対策の検討を進めていたため、昭和 63 年 12 月の噴火後に、迅速な対応を執ることができた。

同検討委員会による十勝岳火山泥流対策基本計画では、144 名の死者・行方不明者を出した大正 15 年の火山泥流（通称、大正泥流）と同規模の泥流が発生することを想定している。十勝岳の山腹斜面上部は平坦であり、噴火の位置や方向の微妙な違いにより泥流の流下方向が大きく変わる可能性があ



図 3-1-5-5 オカバルシ川遊砂地



図 3-1-5-6 小鳥の村付近の整備状況



図 3-1-5-7 昭和 63 年 12 月の十勝岳噴火

るため、基本計画においては大正泥流の分流実績を踏まえ、発生泥流の最大7割が、美瑛川方面又は富良野川方面に流下するものとして、施設計画等を立案・検討している。

美瑛川方面における施設計画は、火口から5kmほどしか離れていない白金温泉街を泥流の直撃から防護するために、山腹斜面最上流部において導流堤によって、できるだけ泥流を硫黄沢方面に導き、それでも白金温泉方面に流れ込む分については、床固め工で泥流の発達を抑止し、沢地形に入った箇所ですでに大径レキを捕捉、その後、温泉街上流域においてできるだけ泥流を捕捉・貯留しつつ、貯留しきれない分は流路工により温泉街を安全に流下させるというものであった。また、美瑛市街に対しては、白金温泉を通過せず、硫黄沢川などから美瑛川に流入する大量の火山泥流を美瑛川中流河道において極力貯留し、下流市街地には到達させないというものであった。

白金温泉街を縦断する流路工の施工に当たっては、温泉街内の宿泊施設等を移転させることが必要であり、また、温泉街内の道路の位置が変わり、新たに橋梁も設置されるなど、温泉街を一変させる事業となるため、地元美瑛町を中心に白金温泉街再編計画委員会が設置され、温泉街の再建と復興に向けた検討が進められた。さらに、当該地区は国立公園内であり、かつ、白金温泉街を二分して大規模な砂防施設が建設されるということから、景観検討委員会についても設けられた。



図 3-1-5-8 砂防施設設置後の白金温泉街

本省庁における調整等も踏まえ、十勝岳山腹の最上流部の国有林エリアについては治山事業が行われることとなり、小規模な導流堤等が建設された。白金温泉に至る尻無沢川の最上流部には、通常型のコンクリート製床固め工が4基設置された。その下流の堰堤群の最上流に設置された尻無沢川第3号ダムは、計画に基づき、大径レキを捕捉するため、北海道内における直轄砂防施設としては初の鋼製格子柵による透過型の砂防堰堤とした。尻無沢川は、その名のとおり、通常は表流水が見られない枯れ沢であるが、降雨等により表流水が生じた場合は、かなり酸性が強いものと想定されたため、格子柵の鋼材に通常時の表流水が接触しないように、格子柵基部を切り欠き、表流水を流すための水路を設けている。その下流に設置された尻無沢川2号ダム及び1号ダムは、いずれも不透過型のコンクリート堰堤を採用している。噴火前に着工していた1号ダムは火山泥流対応のために再設計され、その結果、堤体断面を拡大することが必要となったため、元堤体の表面をはつり、その後、ゆるんだ骨

材等を丁寧に除去した上にコンクリートを打設して一体化した。これらの3基の砂防堰堤は、温泉街並びに温泉街及び望岳台を結ぶ道路からよく見えるため、各種の景観上の配慮を行った。1号ダムは鉄平石張りのコンクリート板を堤体表面に張り、2号ダムは型枠兼用のカラマツパネル（コンクリート打設後も残置）を採用し、3号ダムは型枠兼用の鉄平石張りコンクリートパネル（コンクリート打設後も残置）及び護床ブロックの着色を行っている。

温泉街を分断する十勝岳流路工は、内部を公園的に利用するため、緑化や遊歩道の設置、鉄平石張りの護岸ブロックの使用、現地発生材の掘削岩で落差工による被覆をし、さらに、元々水が流れていない枯れ沢であったところに湧水を利用した低水路を設けるなど、随所に様々な工夫を行っている。これらの景観・利用への配慮は、ほとんど前例のない全国に先駆けたものであり、災害対応という極めて時間的制約の厳しい中で、これらのことが実現されたことは特筆に値する。関係機関の理解はもとより、何よりも担当者の奔走や努力、地域の熱意のたまものであり、この整備が噴火活動沈静後の温泉街の復興にも一定の役割を果たしていることは、防災事業として非常に重要な点であろう。

白金温泉と望岳台を結ぶ道道は尻無沢川に沿って設置されており、十勝岳流路工、1・2・3号ダムと一部干渉するため付け替えられることとなったが、道道の付け替え工事は、路線選定や橋梁工事などのため数年掛かることが想定された。このため、道道が切り替えられるまでの当面の措置として、流路工は一部暫定断面で、砂防堰堤は袖部の一部に切り欠きを設けて現道道を通した状態の暫定型で施工することとなった。その後、道道付け替え完了後にそれぞれ追加工事を行い、完成型としている。

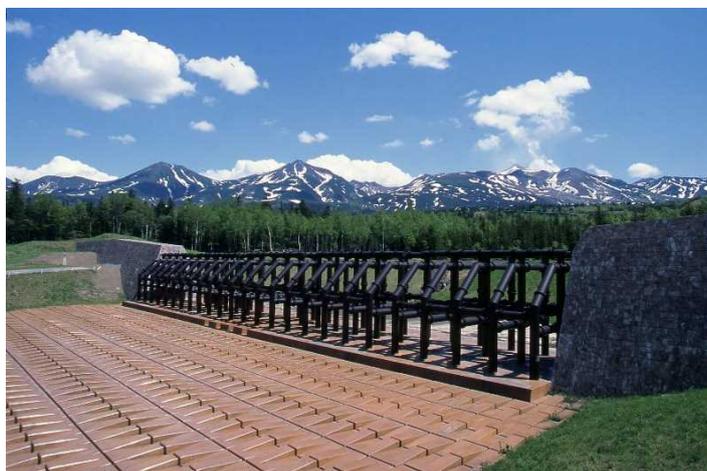


図 3-1-5-9 尻無沢川第3号ダム

これらの砂防施設の設置箇所は標高 600m を越える高所であったが、火山噴火を踏まえた緊急的な事業であるため、夏期の夜間工事はもちろん、冬期間についても工事を継続して行った。冬期は非常に積雪が多く、また、気温が氷点下 20 度を下回ることもある厳寒地であるため、凍害対策としてコンクリート打設に際しては温水練りのレディミックスコンクリートの使用等の対応とともに、現地においては厳重に防寒養生を行った。

十勝岳の火山泥流は高温の火山噴出物等が積雪を溶かすことで発生すると想定されていたことから、美瑛町の市街地部への火山泥流被害を軽減するための施設を、平成元年の積雪期の前に設置することが求められた。そのため、短期間に設置可能な施設として大型ブロックを積み上げて作るブロックダム（H=6.9m、L=637.5m、使用ブロック 3~9t 型 9,229 個）が美瑛川に建設された。恒久施設ができるまでの暫定的な施設という位置付けであった。短期間に必要なブロックの数量を確保するため、主要部分だけでも3種類のブロックを使用している。設置したブロックでは左岸袖部に美瑛川の水が貯まるようになり、青く見える美瑛川の水と立ち枯れした白樺による幻想的な風景は「青い池」と呼

ばれ、地域の観光スポットとなっている。

白金温泉街を泥流の直撃から防護するための事業に続き、美瑛町市街地を防護するための施設整備が実施された。当初は、美瑛川沿いに設置されている道道を移設して、大規模な砂防堰堤を建設することも検討されたが、最終的には河道整正及び複数の堰堤工、床固工を連続設置することとなった。昭和 63 年の十勝岳噴火以前に着工されていた美瑛川第 1 号堰堤、第 2 号堰堤は火山泥流対策施設として改築されることとなり、第 1 号堰堤は水通部に鋼製格子枠の流木止めを設置し、ダム高、堤体断面及び袖部をそれぞれ拡大する工事を進めている。

十勝岳ではこれらの火山泥流対策の構造物に加え、全国初となる火山砂防情報センターが設置された。センターには監視カメラ、泥流センサー等からの情報が集約されている。また、当該施設は白金温泉地区に隣接しつつも、火山泥流の影響エリア外である美瑛川の対岸側の高台に建設されており、一部フロアは白金温泉街からの一時避難場所とされた。あわせて、白金温泉から当該施設まで避難するため、美瑛川を横断する橋梁と、河岸斜面を上り同施設に至る避難階段が地元の手により建設されている。



図 3-1-5-10 火山砂防情報センター

なお、この十勝岳の噴火がきっかけとなり、平成元年度から、これまでの通常の砂防事業の中から火山砂防事業が分離・創設されることとなった。

(5) 十勝川の砂防

日高山脈主稜線を源流とする札内川上流部からの土砂をコントロールするため、上流域に通常型のコンクリートダムの建設を進め、その後、戸蔭別川中流部に大量に堆積している不安定土砂の安定化のために、床固工群を施工している。環境に対する関心の高まりを受け、昭和の終わり頃から環境に配慮した砂防事業が各地で進められるようになったが、既述の豊平川の砂防事業以外にも比較的、居住地域に近接した地

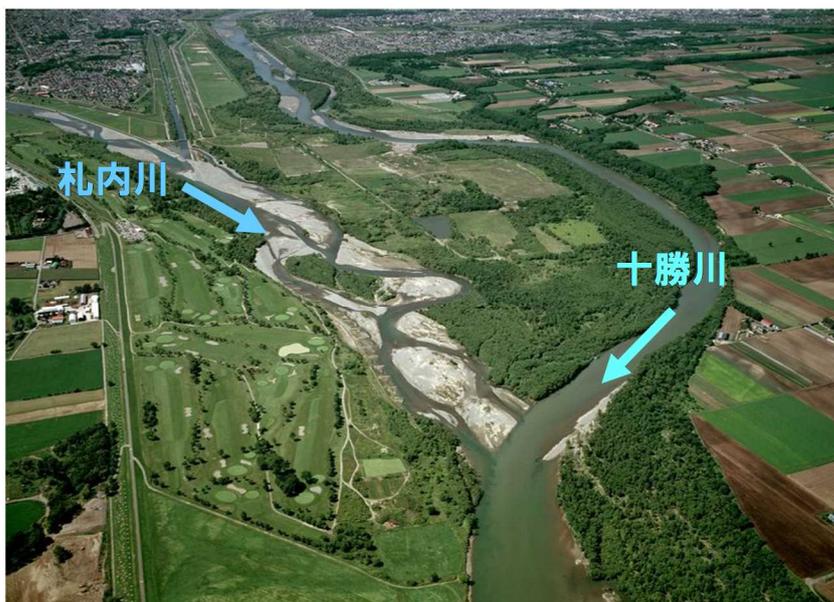


図 3-1-5-11 土砂生産の激しい札内川と十勝川本川の合流点

域で展開されることになった戸蔭別川床固工群（昭和 63 年着工）においても、環境や景観への取組が

行われた。床固工群最上流部の1号ダム付近は帯広市によって公園として整備され、その下流に続く各床固工や帯工は、カヌーの通行（流下）や景観に配慮した構造を採用している。あわせて、周辺の工事跡地は自然林の再生促進、緑化等の対策が採られている。

破堤や落橋等の多くの被害を出した平成28年の出水では、上流域だけでなく下流の溪岸からも多量の土砂が生産されるという特異な現象が確認された。これを受け北海道庁とともに有識者を交えた砂防技術検討会を開き、最新の知見を踏まえた新たな砂防計画に変更している。

(6) 樽前山の砂防

樽前山は過去から度々火山活動を繰り返し、北海道の地域社会に大きな影響を与えてきた火山である。山麓には新千歳空港、苫小牧港、道央自動車道、国道36号、JR室蘭本線など、北海道の経済・社会を支える重要インフラが集中し、山頂から10kmの距離には苫小牧市が位置している。

平成6年度、樽前山直轄火山砂防事業が採択され、火砕流を原因とする融雪型火山泥流及び豪雨による2次泥流を対象に、遊砂地及び堰堤工による構造物対策並びに監視機器等によるソフト対策を進めることとなった。

樽前山は近年まで活発に火山活動を続け多量の噴出物を放出していることなどから、周辺の地形が平坦で、一部を除き谷地形が発達していないこと及び南麓の各溪流の中下流部は既に市街化が進んでいることから、大量の火山泥流を溪流途中で貯留し、又は安全に海まで流下させることは容易ではない。さらに、山麓は火山噴出物が厚く堆積する軟弱な地盤が広がっており、大規模な構造物の基礎としては不向きな地質である。一方、いつ起こるか分からない火山活動に備えて早急に地域の安全度を向上させることが求められる。

これらの条件を踏まえ、樽前山火山砂防基本計画検討委員会において、火口外輪山が一番低くなっている箇所を源流とする覚生川



図 3-1-5-12 苫小牧市街から樽前山を望む



図 3-1-5-13 鋼製セル構造を採用した砂防施設



図 3-1-5-14 錦多峰川2号遊砂地

から整備に着手すること、また、いずれかの溪流を集中整備するのではなく、泥流流下の危険性がある溪流にまずは1基ずつ、順次砂防施設を整備していくことなどの整備方針が確認された。また、砂防施設の構造としては、火山泥流の外力に耐え、基礎地盤への応力も少なく、圧密沈下にも追随可能であり、施工期間についても自由度が高く、さらに、基礎掘削土砂を有効に活用することができる工法として、全国的にも使用実績の少なかった鋼製セルタイプを採用することとなった。

また、樽前山の直轄砂防施設は火山噴火による土砂移動を計画対象としていることから、通常時の土砂移動による堆砂容量への土砂貯留を避け、かつ、平常時の魚類等の移動を妨げないように、スリット構造を採用している。北海道内において初の鋼製セルタイプの砂防施設となる覚生川第3号遊砂地（堤高14.5m、堤長482m）は、平成7年に着工、平成12年に本体が完成した。

樽前山火山砂防計画においては、構造物による火山泥流対策と合わせて、非構造物のソフト対策についても推進することとされている。噴火等の際の地域社会等への影響が大きい樽前山南側の直轄砂防事業エリアにおいては、ソフト対策についても直轄事業により実施しているが、それ以外のエリアにおいても、北海道（補助砂防事業）が同一の計画に基づいて事業を実施している。ソフト対策についても、センサー類に係る情報の相互提供、地元自治体への提供等を行っている。樽前山は山腹が容易に侵食されるため、ケーブル類の埋設が難しいことに加え、過去に設置されたケーブル類は誘雷により機能を失うことが多かったことから、山頂部への商用電源の引込みは困難とされていた。そのため、山頂部に設置された監視・観測機器は太陽電池により駆動可能な低消費電力のものに限られていたが、ヒーターを省いた防雪機構や消費電力の徹底見直し、LAN技術等の新技術の積極的活用や開発により、平成16年に山頂部を近接監視するカメラの設置に成功した。そのほか、平成12年の有珠山噴火の際の対応を教訓に、樽前山、十勝岳等の火山を中心に、ソフト対策の一環として自治体、教育機関等と連携し、広い範囲を対象とした防災啓発活動を推進している。

(7) 厚真川の砂防

平成30年北海道胆振東部地震の発生により、厚真川水系を中心として、大規模な山腹崩壊やそれに伴う土砂災害、河川への土砂流入等が発生した。特に、日高幌内川では右岸側斜面が幅約400m、長さ約800mに渡って崩壊し、河道を約1.1km閉塞する大規模な河道閉塞が発生したことや、チケッペ川流域及び東和川流域においては大量の不安定土砂が堆積し、今後の降雨等によっては二次災害の発生のおそれがあったことから、北海道知事の要請を踏まえて、地震発生から約4週間後に厚真川水系土砂災害復旧事業所を設置し、直轄砂防災害関連緊急事業により緊急対策工を実施した。

日高幌内川の河道閉塞箇所においては、ライブ画像配信によるモニタリングを行いつつ、湛水の水位計測や排水作業、越水による閉塞土塊の土石流化を防止するための排土及び仮排水路、ブロックえん堤を緊急的に整備した。また、チケッペ川、チカエツ川及び東和川においては、ブロックえん堤を緊急的に設置し、直下流に砂防堰堤を整備した。

平成31年度（令和元年度）からは厚真川水系砂防事業所に改組し、直轄特定緊急砂防事業として、日高幌内川、チケッペ川、チカエツ川及び東和川において、恒久的な砂防設備の整備を進めている。

日高幌内川においては、水路工及び溪流保全工、また、ブロックえん堤の直下流に砂防堰堤等の整

備を進めている。なお、北海道庁において、湛水域の埋め戻しが行われている。

チケッペ川、チカエツ川及び東和川においては、緊急的に整備した砂防堰堤の嵩上げ・流木止めの設置を進めている。

(8) 新技術など

ア 無人化施工

平成2年に発生した雲仙普賢岳の噴火に伴う砂防施設施工や平成12年の有珠山噴火の際の緊急的な災害対策実施等の経験などから、火山周辺地域においては無人化施工（安全な場所からオペレーターが遠隔機器によって重機等を操作し工事等を行う）を求められることが認識された。このため、無人化施工の技術開発や様々な工種への適用性の確認等に向けて、平成14年から、樽前山の砂防工事現場をフィールドとして掘削工事、土砂運搬、ブロック敷設、冬期工事など様々な工種、条件下における無人化施工の試行を継続している。

イ スリットダム

技術的知見が定まってきたことなどを踏まえ、平成に入るとスリット型の砂防堰堤の建設が行われようになった。北海道内における直轄砂防事業として、初めてスリット型を採用したのは、昭和62年に石狩川上流パンケフェマナイ川において着工されたパンケフェマナイ川第1号ダムである。平常時の土砂供給に合わせ、水生生物の移動に配慮してスリット化されているため、スリット底部は自然石による。



図 3-1-5-15 戸蔦別川第5号ダム

十勝川においては、戸蔦別川第5号ダム（平成4年着工、平成8年完成）が初めてのスリット型堰堤である。その後、南岩内ダム（昭和62年完成。平成20年スリット化）等のように、既存堰堤のスリット化により調節容量を拡大する対策についても実施されている。

ウ 流木止工

土石流が発生した際、土砂及び水のほか、流木についても流出することが多く、流木が河道等を閉塞することによる氾濫域の拡大が生じていることから、近年、上流側で流木止工を整備することにより、事前に流木を捕捉し、砂防堰堤の機能を効果的に発揮させる動きが活発となった。

エ 砂防ソイルセメント

現地発生材にセメントを混合して固化させ、一定程度の強度を持った構造材として利用する砂防ソイルセメントは、掘削残土の有効活用や減量化によって環境負荷を縮小させ、コスト縮減にも寄与する新技術である。北海道内における直轄砂防事業では、寒冷地における凍結融解耐性など同技術の適用性等を確認するため、平成15年度に美瑛川の8号堰堤において最初の試験施工を行った。以降、美瑛川、リクマンベツ川、豊平川支川穴の川などにおける砂防施設に取り入れてきている。

オ 火山噴火緊急減災対策

平成 20 年から、十勝岳及び樽前山を対象として、火山が噴火した場合に緊急的に採るべき対策について事前に検討し、備えるための「緊急減災対策砂防計画」の策定に着手し、平成 22 年 3 月に取りまとめた。北海道内に存する他の七つの常時観測火山についても、北海道と協力して当該計画の策定に向けた検討を進めている。