

十勝川流域における今後の土砂災害対策のあり方

～ 十勝川流域の特徴を踏まえた今後の方向性 ～

平成29年12月

十勝川流域砂防技術検討会

目 次

1. はじめに
2. 十勝川流域の特徴
 - 2-1 十勝川流域の気象・河川の特徴
 - ①流域の気象の特徴
 - ②十勝川の特徴
 - 2-2 地形的な特徴
 - 2-3 地質的な特徴
3. 平成28年8月出水の概要
 - 3-1 豪雨の概要
 - 3-2 被害の概要
 - ①出水による被害状況
 - ②砂防設備の被害状況
 - 3-3 砂防設備の効果
4. 平成28年8月豪雨時における土砂動態分析
 - 4-1 山地の崩壊状況（上流域の土砂動態分析）
 - ①崩壊地の判読
 - ②判読結果
 - ③崩壊地の特徴
 - ④まとめ
 - 4-2 各河川における土砂動態（中流域の土砂動態分析）
 - ①ペンケオタソイ川
 - ②ペケレベツ川
 - ③芽室川・造林沢川
 - ④戸蔦別川
 - ⑤まとめ
 - 4-3 下流河川での土砂堆積状況（下流域の土砂動態分析）
 - ①本川中上流部
 - ②本川下流部
 - ③まとめ
 - 4-4 各河川における土砂収支
 - ①ペンケオタソイ川

②ペケレベツ川

③芽室川・造林沢川

④戸蔦別川

⑤まとめ

4－5 各河川における流木収支

①ペンケオタソイ川

②ペケレベツ川

③芽室川・造林沢川

④戸蔦別川

⑤まとめ

5. 今後の土砂災害の防止に向けた課題とその方向性

6. おわりに

1. はじめに

平成 28 年 8 月、観測史上初めて 1 週間に 3 個の台風が北海道に上陸し、更に台風第 10 号の近接により、全道各地で記録的な大雨となった。全道各河川においても、氾濫が発生し、人的被害や住宅被害が発生するとともに、道路や鉄道の被災や橋梁流出等により交通網が途絶するなど、大規模かつ広域的な被害が発生した。

また、土砂移動現象も全道的に確認されており、石狩川上流の層雲峡地区では土石流の発生が確認されたが、砂防堰堤の効果により、土砂災害の発生を未然に防止した。更に、十勝川流域上流部の日高山脈東部では、上流域における土石流や扇状地における河床変動などを原因とした河道の変化による側岸侵食等が発生し、洪水被害とともに、市街地における住宅被害や橋梁流出等の被害が顕著であった。国が砂防事業を実施する戸蔦別川や、北海道が砂防事業を実施するペケレベツ川や芽室川等では、砂防堰堤等の砂防設備が上流からの流出土砂を捕捉したが、一部は被災して復旧が必要となった。

以上のとおり、今回の台風被害における土砂災害は、特に十勝川流域上流部である日高山脈東部において、卓越した土砂移動現象が確認されている。十勝川流域では山地下流に広大な扇状地が広がっており、上流山地から扇状地河川を一定の距離を経由した後に市街地等の資産集積地が広がるなど、本州各地とはやや異なった地勢を形成している。今回の出水では、上流山地からの土砂流入とともに、扇状地河川での側岸侵食等による中・下流部での土砂生産が特徴的である。このため、今後の土砂災害対策を検討するにあたり、十勝川流域の特徴や今回の出水時の土砂動態の実現象を踏まえた対応が必要不可欠である。

このような背景のもと、国土交通省北海道開発局と北海道は共同で「十勝川流域砂防技術検討会」を設置した。この検討会においては、十勝川流域の特徴や平成 28 年台風による出水時における土砂動態について議論・分析を行い、十勝川流域における今後の土砂災害対策のあり方について検討した。平成 29 年 6 月に現地視察を行った上で、同 7 月、同 11 月、同 12 月に検討会を開催し、ここに「十勝川流域における今後の土砂災害対策のあり方(案)」をとりまとめたものである。

2. 十勝川流域の特徴

2-1 十勝川流域の気象・河川の特徴

①流域の気象の特徴

十勝川流域における年間降水量の平均値は約 900mm であり、全国平均の約 1,600mm、全道平均の約 1,100mm に対して、比較的降水量が少ない地域である。

上流域の新得では年平均降水量が約 1,130mm、中流域の帯広では年平均降水量が約 920mm、下流域の大津では年平均降水量が約 1,080mm となっており、流域内では、上流

域の山地での降水量が多く、中流域の十勝平野では比較的降水量が少ない。※アメダス観測データ

平成 28 年 8 月出水における 3 日降雨量は、新得（気）観測所では 234mm であり、3 日で年平均雨量の 2 割以上の降雨となっており、非常に大規模な降雨であった。

②十勝川の特徴

十勝川は、その源を大雪山系の十勝岳に発し、山間溪谷を流れ、十勝平野に入っては広大な畑作地帯を流下しながら佐幌川、芽室川、美生川、然別川等の支川を合わせ、人口・資産が集積し流域最大の市街地である帯広市に入る。その後、急勾配である音更川、札内川、利別川等を合わせ、低平地に広がる畑作地帯を流下し、太平洋に注ぐ。幹線流路延長 156km（全国第 17 位）、流域面積 9,010km²（全国第 6 位）であり、河川延長に対する流域面積が大きく、支川が集中して十勝川に合流する特徴を有する。

主に平地となる十勝川の国管理河川区間の河床勾配は、上流部で 1/200～1/450、中流部で 1/600～1/1,200、下流部で 1/3,000～1/5,000 程度である。

また、札内川は、その源を札内岳に発し、戸蔦別川と合流して、広大な畑作地帯を蛇行しながら流下し、帯広市街地で十勝川と合流する。幹線流路延長 82km、流域面積 725km² の 1 次支川であり、国管理河川区間の河床勾配は 1/100～1/250 程度と比較的急勾配である。

2-2 地形的な特徴

十勝川流域の地形は、帯広市を中心とする盆地状の十勝平野と、それを囲む日高山脈、大雪山系、白糠丘陵及び豊頃丘陵等から形成されている。特に十勝平野では、十勝川本川に沿って、いくつもの扇状地や段丘、台地が形成されている。

十勝平野は十勝川の流送土砂による堆積層で構成された扇状地であり、河川の侵食を繰り返し、次々と階段状の地形を刻み、現在の幾段もの段丘地形が形成されており、これまでの土砂災害の原因として、上流からの流出土砂とともに、扇状地を構成する堆積層の 2 次侵食によるものが多い。

また、十勝平野においては、近年、帯広市を中心に十勝川や札内川・音更川と平行する国道沿いに市街地が拡大している。上流山地周辺部の扇状地には農地等が広がり、市街地等の資産は、山地周辺部から扇状地河川を経由した下流に集積している。

土砂災害の軽減に向けて、堆積層の 2 次侵食、山地周辺部下流域での資産の集積などの特徴を考慮すると、河道の安定化の観点も重要である。

2-3 地質的な特徴

十勝川流域の表層地質は、十勝川、音更川、利別川上流域等の流域北部では、安山岩、軽石流堆積物や火山砕屑物等の火山性岩石が広がり、十勝川中・下流域では、ローム、砂礫等で構成される洪積層や沖積層が広がっている。

特に芽室川上流や札内川上流域における日高山脈北東部では、比較的風化しやすい花崗岩が広がっており、降雨等により侵食を受けた場合は、粒度が細かいマサ土として下流へ流出するものと考えられる。

また日高山脈の山地表層部では、氷河期に形成された周氷河堆積物と呼ばれる土砂層が斜面表層や谷筋に分布するとの報告例がある。本検討会における調査により、10m以上の土砂層の分布も確認されており、日高山脈の山地表層部においては、現状においても土砂層が広く分布していると推定される。

今後も強い降雨があった場合、侵食による土砂流出のリスクを有するものと考えられる。

3. 平成 28 年 8 月出水の概要

3-1 豪雨の概要

平成 28 年 8 月 17 日から 23 日の 1 週間に、台風第 7 号、第 11 号、第 9 号と 3 個の台風が相次いで北海道に上陸し、大雨による河川の氾濫や土砂災害が発生した。その 1 週間後、台風第 10 号が北海道に近接し、記録的な大雨をもたらした。

特に台風第 10 号は、北海道へ上陸するルートはとらなかったものの、長時間にわたって供給された暖かく湿った空気の影響で、日高山脈の東側で地形性降雨が発達した。

台風第 10 号による日高山脈周辺における各観測所の 3 日雨量については、戸蔭別観測所で 531mm、狩勝観測所で 507mm、日勝峠観測所で 485mm であり、いずれも既往最大の降雨量となっている。12 箇所の観測所のうち 3 日雨量では 8 箇所で既往最大の雨量を記録しており、うち 7 箇所は標高 400m 以上の観測所である。

今回の降雨については、日高山脈周辺部、特に標高の高い山地において既往最大を更新するなど、強い降雨であったことが特徴的であり、戸蔭別川雨量観測所の 24 時間雨量は最大 450mm を記録し、概ね 130~180 年確率規模と同等の降雨と推定された (*1)。また、戸蔭別川雨量観測所の 1 時間雨量は最大 41mm を記録している。

3-2 被害の概要

①出水による被害状況

十勝川水系における国管理河川では氾濫が発生し、特に上流域や支川において大きな被害が生じたほか、本川下流も含めて計画高水位を超過する地点が観測された。札内川では、支川戸蔭別川の決壊に伴う氾濫水により札内川の堤防が決壊し浸水被害が発生した。

北海道管理河川においても、堤防決壊や河岸決壊により、家屋の流出や多数の橋梁が被災した。ペケレベツ川やパンケ新得川等では、上流からの土砂の流出や側岸侵食等により、土砂が河道に堆積して河床が上昇するとともに河岸が決壊し、河岸沿いの家屋の流出のほか、河道幅が拡大して橋梁の橋台背面が流出するなどの被害が発生した。

また、流域においては、深層崩壊等の大規模な崩壊や河道閉塞は確認されていないが、山地の多くの溪流において土石流が発生している。その流下過程で河床洗掘・側岸侵食を伴いつつ下流へ土砂及び流木を運搬したと推察される。

②砂防設備の被害状況

国で砂防事業を実施中の札内川においては、支川戸蔦別川において砂防設備が被災した。特に事業区域下流部の平野部に設置した床固工群では、出水時の流路の変動に伴う袖部の越流による流出や施設直下の護床工の流出など 4 基の床固工に被害が発生した。更に、戸蔦別川に併走する林道や橋梁が被災するとともに、砂防区域下流部において側岸侵食が発生した。なお、札内川においては、砂防設備や橋梁等の被災は発生していない。

出水後の平成 28 年度においては、被災した 4 基の床固工の災害復旧工事を実施し施設機能の回復を図るとともに、平成 29 年度においては、砂防堰堤に堆積した土砂の除石や流木除去を行い、今後の出水に備えるとともに、上流域の砂防堰堤の着手のための工事用道路として林道の復旧を行っている。

北海道で砂防事業を実施中の広内川、パンケ新得川、九号川、パンケオタソイ川、ペケレベツ川、芽室川、渋山川においても砂防設備が被災した。各河川において、砂防堰堤や床固工の堤体袖部の流出や、堤体直下の河床の侵食による前庭工の被害が発生した。更に砂防区域下流部において河床洗掘や側岸侵食が発生し、家屋の流出や橋梁流出による JR の運休など住民生活に大きな影響を与えた。

出水後の平成 28 年度においては、被災した施設に対して災害復旧工事を実施し施設機能の回復を図るとともに、平成 29 年度においては、今般の出水を踏まえた新たな施設配置計画を作成し、新たな砂防設備の整備に着手している。

3-3 砂防設備の効果

戸蔦別川中上流部に設置されている 5 基の砂防堰堤（1 号、5 号、6 号、7 号、8 号）においては、流出土砂や流木を捕捉しており、下流への土砂流出や流木の流出による被害を軽減している。また下流部の床固工群では、床固工により流路変動を抑制し、拡幅部で土砂を堆積させて土砂流出を抑制した。また、札内川においては、札内川ダム上流域の砂防堰堤（12 号）においても流出土砂を捕捉しており、施設効果が確認されている。

パンケ新得川、九号川、パンケオタソイ川、北清水沢川、ペケレベツ川、芽室川に設置されているそれぞれの砂防堰堤においても、流出土砂や流木を捕捉しており、下流への土砂流出や流木の流出による被害を軽減している。また、パンケ新得川、パンケ新得川、ペケオタソイ川、ペケレベツ川、芽室川、渋山川においては溪流保全工が整備されており、砂防区間では流路が固定されており、側岸侵食による土砂流出を防止している。特に、ペケレベツ川においては、下流河川区域において側岸侵食が発生しており、溪流保全工の有無により側岸侵食の様相が異なり、溪流保全工による効果が明確に現れた。

4. 平成 28 年 8 月豪雨時における土砂動態分析

4-1 山地の崩壊状況（上流域の土砂動態分析）

①崩壊地の判読

平成 28 年 8 月豪雨時において、特に累積降雨量が多かった日高山脈東部を対象に、山地の崩壊状況を確認するため、衛星画像等による崩壊地の判読を行った。判読対象範囲は日高山脈東部のペンケ新得川から札内川までの支川流域の山地部である。

具体的には、豪雨後の 9 月、10 月に撮影された、ランドサット、ワールドビュー 3、スポット、LP オルソ画像を基に、目視により崩壊地、崩壊土砂を判読し、それらの面積を流域毎に算出した。

なお、算出した崩壊地、崩壊土砂は、今回の豪雨によるインパクトだけではなく、豪雨前に存在していた既存崩壊地も含めたものとなり、結果は現状の流域の荒廃状況を示すものであることに留意が必要である。

②判読結果

判読した結果として、対象区域の崩壊面積率は平均 0.2% であり、一度の豪雨での崩壊としては比較的大きく、最大が美生川上流域の 0.6%、また戸蔦別川では 0.5%、久山川では 0.4% と相対的に高い崩壊率であった。北海道が砂防事業を実施中のペケレベツ川や芽室川が 0.3% 程度の高い崩壊率であり、国が実施中の札内川が 0.1% 以下の低い崩壊率であった。札内川上流部は、他の流域と異なり上流部で変成岩が多く占めており、24 時間雨量は多いが 1 時間や 3 時間の短時間雨量は比較的小さいことが、崩壊が少なかった要因として考えられる。

また、箇所当りの崩壊地面積は平均 1,128m² であり、最大面積で 38,093m² であった。100~400m² 規模の崩壊地が一番多く確認されており、次いで 400~900m²、900~1,600m² の順となっており、10,000m² 以下の崩壊地が全体の約 99% を占めており、大規模崩壊地は少なく、大部分が小規模崩壊地である。

崩壊箇所としては、源頭部付近での崩壊が多い傾向にあり、特に谷筋や周辺斜面に多く分布しているように見受けられる。

③崩壊地の特徴

日高山脈の降雨分布をみると、山脈の山頂付近に近づくにつれて降雨量が多い傾向となっており、崩壊地の分布も同様に山頂付近に多い傾向が見られる。また戸蔦別川や美生川上流部における降雨量も多く、崩壊地の分布も同様の傾向が見られ、特に 24 時間雨量が 200mm 程度以上の分布範囲で崩壊面積率が高い傾向にある等、降雨量と崩壊規模には相関

が見られる。

また、地質との関係では、侵食に弱い深成岩（花崗岩等）や付加コンプレックス（砂岩泥岩混在層）の範囲において崩壊地の分布が多い傾向が見受けられる。また、どの地質でも数百 m² 規模の小規模崩壊地の箇所数が卓越する傾向は変わらなかった。

崩壊地の特徴として、谷筋に沿って源頭部付近から崩壊した箇所が数多く、谷筋では土石流として流下した形跡が見受けられる。また、崩壊地最上部では急斜面表層に厚さ 10m 以上の土砂層の分布が確認されており、それが崩壊・侵食したように見受けられる。

これは山地表層に堆積する周氷河堆積物と呼ばれる土砂層であり、強い降雨により最上流部で崩壊した土砂が、土石流に巻き込まれ谷筋を侵食しながら流下したものと想定される。

崩壊の大きい溪流の土砂流出状況を確認したところ、美生川は付加コンプレックスの地質分布範囲で大きな崩壊が発生しており、崩壊深の浅い表層崩壊により、小さな礫が主体で流出していると見受けられる。これは渋山川も同様の傾向である。美生川、渋山川ともに土石流は下流まで到達せずに停止している。久山川は深成岩の地質分布範囲で比較的大きな崩壊が発生しており、数 m 程度の大きな礫の流出が確認され、周氷河堆積物が谷状に流出する形態と類似している。久山川の土石流は下流まで到達している。また、美生川、渋山川、久山川の下流域では、軟岩層の分布が推定されることから、豪雨時における軟岩侵食の発生に留意が必要である。

データが存在する戸蔦別川流域における崩壊面積の変遷を確認したところ、流域の崩壊面積率は、昭和 20 年代から概ね 0.5% 前後で推移している。今回の出水の判読結果では約 0.5% であり、昭和 30 年豪雨、昭和 37 年豪雨後では 0.6% を超え、しばらく豪雨がなかった平成 5 年では約 0.2% であった。流域の崩壊面積の変遷として、豪雨直後は増加する傾向があるが、豪雨がない期間においては植生回復等により減少する傾向にある。また、今回の豪雨後の崩壊面積率もこれまでの平均的な値となっており、経年的には、流域内で特段荒廃が進行した状況にはないと言える。

④まとめ

- ・現状として、小規模崩壊地が大部分を占め、戸蔦別川流域の崩壊面積率も経年的な変動の範囲内であり、今回の豪雨により特段流域が荒廃している状況にはない。
- ・降雨・地質と崩壊地との関係から、強い降雨の範囲では崩壊が発生し、特に日高山脈東部の山頂付近や戸蔦別川や美生川上流域の地質は、相対的に崩壊が発生しやすいと推測される。
- ・強い降雨により、源頭部の崩壊とともに、谷筋の土石流が発生したものと推察される。
- ・山地斜面には、依然として 10m 以上の周氷河堆積物である土砂層が分布しているものと推定される。
- ・以上より、今後も強い降雨により、源頭部での崩壊や谷筋での土石流が発生した場合、流

域内の不安定土砂や周氷河堆積物を巻き込んで土石流を拡大することが推定され、依然として、下流へ土砂が流出するリスクが存在する。

- ・札内川では全体的に崩壊地が少なく、降雨や地質との明確な関連の評価は今後の課題であるが、深成岩と比較し風化しにくい変成岩が広く存在することが 1 つの要因と推察される。

4-2 各河川における土砂動態（中流域の土砂動態分析）

十勝川流域において、今回の出水による土砂動態が顕著であったペンケオタソイ川、ペケレベツ川、芽室川・造林沢川、戸蔦別川について、現地調査及び土砂動態分析を行った。

①ペンケオタソイ川

上流域では、源頭部付近から砂防堰堤が整備されている付近までの区間において、土石流が発生しており、流下してきた最大径 2.0m 程度までの礫や流木は砂防堰堤により捕捉されている。また源頭部付近では、花崗閃緑岩及び花崗岩の基岩上部に周氷河堆積物とみられる土砂層が見受けられる。支川と本川の合流点付近での土砂の異常堆積や河道閉塞は見られない。これは、合流点付近には砂防堰堤が整備されており、支川からの流出土砂が施設上流に堆積され、細粒分が下流へ流送されているためと考えられる。

扇状地となる砂防堰堤下流では、河床勾配が $3^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 程度であり床固工群が設置されているが、側岸侵食が発生している。その下流では、溪流保全工が設置されており、河川水位と周辺の扇状地との比高差が比較的小さい区間では側岸侵食により洪水の氾濫が発生しているが、氾濫箇所は一部にとどまっている。

市街地が形成されている砂防基準点下流の河川区間では河川改修により護岸工が設置されており、側岸侵食や洪水の氾濫等の被害は発生していない。

②ペケレベツ川

上流域では、源頭部付近から 1 号砂防堰堤付近までの区間において、土石流が発生しており、流下してきた最大径 2.5m 程度までの礫や流木は砂防堰堤により捕捉され、溪流狭窄部の上流でも礫の堆積が見られる。また源頭部付近では、花崗閃緑岩及び花崗岩の基岩上部に周氷河堆積物とみられる土砂層が見受けられる。特に、土石流が流下した区間では川幅が 10~20 倍程度に広がっている箇所もあり、側岸侵食により多量の土砂が生産・流下したと推察される。1 号砂防堰堤を通過した土石流は、現地の流下痕跡等からピーク流量は約 $480\text{m}^3/\text{s}$ 、土石流の流体力は約 $61\text{kN}/\text{m}$ 、巨礫の衝撃力は約 $305\text{kN}/\text{m}$ と推定された（※²）。支川と本川の合流点付近における土砂の異常堆積や河道閉塞は見られない。これは、出水中の本川流量が大きく合流点で堆積をせずに流下したことや、支川の曲線区間等で土石流が停止したこと等が考えられる。

扇状地となる 1 号砂防堰堤下流から 2 号砂防堰堤までの土砂の流下および堆積区間では、泥岩が露岩する狭窄部で土砂移動形態が土石流から掃流に変化しているが、比較的大規模

な側岸侵食が発生しており、2号砂防堰堤では細粒土砂が捕捉されている。その下流では、溪流保全工が設置されており、この区間では顕著な側岸侵食は発生していない。

市街地が形成されている砂防基準点下流の河川区間では、河床勾配は 2° ～ 1° 程度であるが、側岸侵食が顕著であり、清水町市街地の家屋の流出等の被害が発生した。洪水時に川の流れを拡幅して側岸侵食が発生し、その結果発生した土砂の影響で河道変化が助長されたものと推定される。砂防基準点の直下では、粒径が小さい池田層まで侵食が及んだことにより、局所的な河床洗掘も見受けられる。また、河川水位と周辺の扇状地との比高差が比較的小さい区間では、洪水氾濫も見られ、道路橋やJR橋が流出し、社会生活に大きな影響を与えた。当該区間の出水後の河道状況は、側岸部を中心に河床の侵食があり、河道中央部には土砂の堆積した箇所が見受けられる。

昭和22～23年の空中写真より、微地形判読を行った結果、扇状地上流部では高位段丘が存在し、その範囲内で過去の河道跡が確認されており、現況の河道は概ね固定されている。同様に扇状地下流部では、現況河道周辺に低位段丘や河道跡が確認されており、特に平成28年出水時の氾濫範囲である左岸部では、過去から同様な側岸侵食や氾濫が発生していた可能性がある。

③芽室川・造林沢川

上流域で、源頭部付近から3号砂防堰堤付近までの区間では、土石流が発生しているが、3号砂防堰堤堆砂敷では河畔林が残っており、土石流の発生区間は更に上流部と考えられる。また源頭部付近では、花崗岩の基岩上部に周氷河堆積物とみられる土砂層が見受けられる。支川と本川の合流点付近では、支川の土石流が本川の流路を変動させていると思われる箇所も見受けられるが、土砂の異常堆積や河道閉塞は見られない。これは、本川の流量が大きく、合流点に到達した土砂を流出させたためと考えられる。3号砂防堰堤直下では、粒径が小さい古期扇状地堆積物層まで侵食が及んだことで700mにわたり最大約10mの深さで河床が深掘れしており、強い流れが作用したものと想定される。

扇状地となる3号砂防堰堤下流では、河床勾配が 2° ～ 1° 程度であり砂防堰堤や床固工が設置されているが、側岸侵食が発生している。その下流では、遊砂地や溪流保全工が設置されているが、この区間でも側岸侵食が発生し、溪流保全工は埋没している。また、河川水位と周辺の扇状地との比高差が比較的小さく、洪水が氾濫しながら流下している。

砂防基準点下流の河川区間においても、連続的に側岸侵食が発生し、洪水の氾濫が発生している。

昭和22～23年の空中写真より、微地形判読を行った結果、扇状地上流部では高位段丘が存在し、平成28年出水時においてもその範囲内で河道の変化が見受けられる。同様に扇状地下流部では、過去の河道跡や低位段丘が広く確認されており、平成28年出水時においては遊砂地や溪流保全工の効果により、氾濫や河道の変化は発生していない。更に下流部では、広範囲にわたり過去の河道跡や低位段丘が確認されており、平成28年出水時の氾濫範囲は

過去の河道跡と重複しているように見受けられ、過去から同様な側岸侵食や氾濫が発生していた可能性がある。

支川の造林沢川では、砂防設備が未設置のため、大量の土砂が流下し、谷出口で氾濫したことで農地被害が発生した。

④戸蔦別川

1号砂防堰堤から上流部では、本川及び支川の源頭部において土石流が発生している。土石流により流下した2.0m以下の礫等の一部は、主要な支川や本川狭窄部上流において堆積している。1次支川であるピリカペタヌ沢川やオピリネップ川では、河床は堆積傾向にあり、さらにそれぞれの2次支川の河床は侵食傾向であることから、2次支川において土石流が発生し、1次支川の堰堤などに堆積したものと考えられる。一方で1次支川である清水沢の河床は侵食傾向であり、戸蔦別川合流部において土石流堆とみられる扇状地が見られる。清水沢合流部の対岸に土石流堆積物が見られることから、洪水時には一時的に戸蔦別川が流出土砂により河道閉塞された可能性を示している。清水沢は急勾配であり施設等も存在しないため、土砂が大量に流出したものと考えられ、同様の条件の支川では本川合流点での河道閉塞に留意が必要である。一方で、ピリカペタヌ沢川やオピリネップ川では、施設等により土砂を堆積させたことで流出土砂が少なく、本川河道を閉塞するような異常な堆積は見られなかった。また本川の各砂防堰堤では土砂や流木を捕捉している。最上流部の8号砂防堰堤では堰堤直上流部には土砂が堆積しておらず、更に上流の狭窄部に堆積している。他の砂防堰堤では堆砂域に土砂が堆積しており、特に1号砂防堰堤上流部では広範に堆積している。戸蔦別川では支川源頭部を中心に花崗閃緑岩及び花崗岩の基岩上部に周氷河堆積物とみられる土砂層が見受けられ、支川源頭部からの土砂流出が顕著と考えられる。

扇状地となる1号砂防堰堤下流では、河床勾配は 3° ～ 1° 程度であり、床固工群が設置されているが、側岸侵食や土砂の堆積により流路が拡大している箇所が見受けられる。

当該床固工群では、15基の床固工が設置されており、床固工設置箇所においては河道幅を狭窄部として固定し、床固工間の区間には一定の河道幅の変化を許容し、河畔林も活用した流下土砂量の調節効果を期待しつつ、土地利用に配慮した整備がなされている。当該区間の河道変化については、施設整備前の昭和31年から昭和52年までの間では、中州や川幅の変化が大きいが、施設整備後の平成16年以降では、川幅が縮小し流路も固定され、大きな変化は見られない。

今回の出水により、4号、5号、7号、8号床固工箇所では、流路が拡幅しているが、その他の床固工箇所では、流路が固定されている。またそれぞれの床固工間においては、川幅の変化が確認されている。特に4号、8号、9号床固工上流部の区間で大きく拡幅するとともに、土砂の堆積傾向が顕著であり、期待されている土砂の調節効果が発現されているものと考えられる。また、出水により顕著に堆積した箇所を中心に土砂の粒径を調査したところ、局所的に粒径が大きくなる箇所が確認され、引き続き、堆積土砂の粒径と河道の変化箇所、

地形条件、施設配置等との関連の検討を行うことも重要と考えられる。以上より、床固工群の機能・効果について、今回の出水を踏まえて改めて検証することが必要である。

岩内川合流点から札内川合流点までの河川区間においては、側岸侵食が発生しており、道路橋の流出や堤防の侵食による破堤が発生するなどの被害が発生している。また流路が拡幅しており、拡幅箇所では土砂の堆積傾向が顕著である。

⑤まとめ

- ・上流域では、源頭部付近において土石流が発生しており、下流への土砂流出が発生している。源頭部には花崗閃緑岩及び花崗岩の基岩上部に周氷河堆積物とみられる土砂層が見受けられる。また既存の砂防堰堤により最大 2.5m 程度の礫を中心に土砂の捕捉効果が確認される。
- ・扇状地となる中流域では、形成されていた低位段丘の中で、河床変動などを原因に河道が変化し、大規模な側岸侵食による土砂生産が特徴的である。また、溪流保全工等の施設整備区間では概ね流路が固定され、その施設効果が確認される。
- ・砂防基準点下流など下流河川区間では河道が変化し、大規模な側岸侵食が発生し、市街地区間などでは家屋や橋梁の流出、洪水の氾濫や破堤等の被害が発生している。
- ・以上より、上流域では引き続き、源頭部や支川の谷筋において土石流が発生し、下流への土砂流出が発生するリスクが存在する。更に、上流部の砂防堰堤では最大径 2.5m 程度の礫等を捕捉するものの、下流へは細粒分を中心に土砂が流下することが想定される。
- ・低位段丘が形成されている中流域でも、洪水による河床変動などを原因に河道が変化し、側岸侵食が発生し、多量の土砂が生産・流出するリスクが存在する。
- ・下流域の資産集積地では、家屋や橋梁の流出など直接的な被害が発生するリスクの低減のために流路の安定化が必要である。
- ・戸蔭別川の清水沢のように、支川の土石流が本川に到達し、合流点で土砂が扇状地状に堆積して河道を閉塞するリスクも存在する。
- ・流域面積や勾配が同程度の芽室川と小林川を比較すると、砂防設備が存在する芽室川では砂防設備により土砂を捕捉し流路を固定しているが、砂防設備が整備されていない小林川では河道の変化が激しく広範囲で氾濫が発生しており、砂防設備による効果が明確に確認できる。
- ・過去に河道跡や低位段丘の地形が確認される範囲において、氾濫の発生に対して留意が必要である。

4-3 下流河川での土砂堆積状況（下流域の土砂動態分析）

上流域からの流出土砂の動向を把握するため、十勝川流域における下流河川における出水後の土砂の堆積状況について確認した。下流河川においては、一般的に掃流力が低減する傾向にある本支川の合流部、及び本川下流部における出水後の河道断面を確認した。

確認にあたり、出水後の横断図は LP 測量（平成 28 年）、出水前の横断図は定期横断測量（平成 22～23 年）によるデータを比較したが、平成 28 年出水前は大きな出水はなく、今回の出水以外の影響は限定的と考えられる。

また、出水前後の横断比較により堆積土砂量と洗掘土砂量を推計した。

①本川中上流部

本川中上流部の札内川、音更川、然別川、美生川、芽室川、佐幌川の合流部における出水前後の河道断面の変化について確認した。

札内川合流部では、侵食・堆積箇所が混在しており、顕著な土砂堆積は見受けられず、河道を阻害している状況ではない。また、高水敷の流路部において一部樹木の流出があるが、大きな変化は見受けられない。

音更川合流部では、主に低水路において侵食・堆積箇所が混在しており、高水敷では大きな変化は見受けられず、河道を阻害している状況ではない。

然別川、美生川、芽室川合流部では、低水路において侵食し、右岸高水敷の一部に堆積がみられるが、河道を阻害している状況ではない。

佐幌川合流部では、主に低水路では堆積し、右岸高水敷の一部で侵食がみられ、洪水時の主要な流路が影響したものと考えられるが、河道を阻害している状況ではない。

なお、十勝川本川において札内川合流点より上流の区間では約 580 万 m³ が堆積し、約 420 万 m³ が洗掘しており、やや堆積傾向にあるものと推察されるが、堆積土砂の発生源の特定には至らなかった。

以上より、本川中上流部では、流路変動などによる河道の変化は見受けられるが、顕著な土砂堆積は発生しておらず、支川からの流出土砂の多くは下流へ流送されているものと推察される。

②本川下流部

十勝川本川下流部に位置する茂岩基準点では、低水路では侵食・堆積箇所が混在しているが、高水敷では平均的に堆積が見受けられる。概ね河口付近から KP40 付近までは同様の傾向であるが、河道を阻害している状況ではない。なお、現地調査によっても高水敷への堆積状況が確認されている。

なお、十勝川本川の札内川合流点より下流の区間では約 800 万 m³ が堆積し、約 690 万 m³ が洗掘しており、堆積傾向にあるものと推察される。

以上より、下流部では、広範な高水敷に平均的な堆積傾向が見られ、出水時に細粒土が堆積したものと考えられる。上流山地からの流出土砂、河道での侵食土砂のいずれかと考えられるが、土砂発生源の特定には至らなかった。

③まとめ

・十勝川本川中上流部における河道変化は、侵食・堆積箇所が混在しており、顕著な土砂堆

積も見られないことから河道の障害は起こっておらず、今回の出水での流入土砂の多くは下流へ流送されているものと推察される。

- ・十勝川本川下流部における河道変化は、低水路内は侵食・堆積箇所が混在しているが、高水敷上には広範かつ平均的な土砂堆積がみられる。今回の出水による土砂の一部は海域へ流送されているものと推察されるが、土砂の発生源の特定には至らなかった。
- ・河口周辺部の出水前後の写真比較から、出水の影響による著しい汀線の変化は見受けられない。
- ・今回の出水では、下流部においても計画高水位を超過する大規模な出水であったが、中規模な出水の場合における河道への堆積状況は把握できておらず、引き続きモニタリングを行うことが望ましい。

4-4 各河川における土砂収支

土砂動態分析を行ったペンケオタソイ川、ペケレベツ川、芽室川・造林沢川、戸蔦別川において、出水前後の測量横断図やLPデータを用いて土砂量を定量的に算出し、土砂収支図を作成した。算出した土砂量は、各河川により調査データや算出方法が異なるため、その精度にばらつきがあることに留意が必要である。(※³)

①ペンケオタソイ川

砂防流域全体では約 40 万 m³ の土砂が発生したが、3 基の砂防堰堤により約 9 万 m³ の土砂を捕捉しており、床固工群の効果やその他の地形条件等によっても約 18 万 m³ の土砂が堆積したため、砂防基準点からの流下土砂量は約 13 万 m³ に抑えられている。

②ペケレベツ川

砂防流域全体では約 140 万 m³ の土砂が発生したが、1 号砂防堰堤により約 12 万 m³、2 号砂防堰堤により約 51 万 m³ の土砂を捕捉しており、その他の地形条件等によっても約 37 万 m³ の土砂が堆積したことから、砂防基準点からの流下土砂量は約 40 万 m³ に抑えられている。

③芽室川・造林沢川

砂防流域全体では、特に扇状地区間の側岸侵食が激しく約 200 万 m³ の土砂が発生したが、床固工や溪流保全工の効果等により約 140 万 m³ の土砂が堆積しており、5 基の砂防堰堤により約 10 万 m³ の土砂を捕捉したことから、砂防基準点からの流下土砂量は約 50 万 m³ に抑制されている。

④戸蔦別川

上流域の崩壊や侵食が激しく、特にピリカペタヌ沢等の支川からの流下土砂量が多い。扇状地区間では整備済みの砂防設備が効果を発揮しているが、側岸侵食も発生しており、結

果として生産土砂量が堆積土砂量を上回っていることから、扇状地区間での対策についての検討が重要である。砂防流域全体では約 400 万 m³の土砂が発生したが、砂防設備により約 40 万 m³の土砂を捕捉し、その他の地形条件等によっても約 100 万 m³の土砂が堆積したことから、砂防補助基準点からの流下土砂量は約 260 万 m³となっており、今後も効果的・効率的な施設整備が必要である。

⑤まとめ

- ・今回算出した 4 河川では、いずれも上流域の崩壊または溪床不安定土砂の再移動に起因する土石流による土砂生産、扇状地区間での側岸侵食による土砂生産が大きかったと推察される。
- ・代表 4 河川の流下土砂量と崩壊面積率から、日高山脈東麓域全体（ペンケ新得川～札内川）の流下土砂量を推計したところ約 500 万 m³であり（※⁴）、流下土砂量の一部は本川下流へ流下したものと推察される。
- ・本川の札内川合流部より上流区間では約 160 万 m³の土砂が堆積し、本川の札内川合流部より下流区間では約 110 万 m³の土砂が堆積したものと推定され、十勝川本川では堆積傾向と推察される。

4-5 各河川における流木収支

土砂収支と同様にペンケオタソイ川、ペケレベツ川、芽室川・造林沢川、戸蔦別川で発生流木量、堆積流木量を定量的に算出し、流木収支図を作成した。算出した流木量は、土砂量と同様に調査データや算出方法にばらつきがあることに加え、埋没した流木や空隙によっても誤差が発生しやすいことに留意が必要である（※⁵）。

①ペンケオタソイ川

砂防流域全体では約 6 千 m³の流木が発生したが、3 基の砂防堰堤により 3 千 m³の流木を捕捉し、床固工群の効果やその他の地形条件等によっても約 1 千 m³の流木が堆積したことから、砂防基準点からの流下流木量は約 2 千 m³に抑えられている。

②ペケレベツ川

砂防流域全体では約 9 千 m³の流木が発生したが、2 基の砂防堰堤により約 1 千 m³の流木を捕捉し、その他の地形条件等によっても約 5 千 m³の流木が堆積したことから、砂防基準点からの流下流木量は約 3 千 m³に抑えられている。

③芽室川・造林沢川

砂防流域全体では上流域の崩壊や扇状地区間の側岸侵食により約 1 万 m³の流木が発生したが、扇状地区間で約 4 千 m³の流木が堆積したことから、砂防基準点からの流下流木量は約 6 千 m³に抑えられている。

④戸蔦別川

上流域の崩壊や扇状地区間の側岸侵食が激しく、土砂流出の多い流域で同様に多くの流木が発生している。砂防流域全体では、約7万 m³の流木が発生したが、砂防堰堤や床固工等により約1万 m³の流木を捕捉・堆積しており、特に第1号砂防堰堤や床固工群等の緩勾配区間で砂防設備による効果が見受けられる。また、その他の地形条件等によっても約3万 m³堆積しており、砂防補助基準点からの流下流木量は約3万 m³に抑えられている。

⑤まとめ

- ・今回算出した代表4河川の単位面積あたりの流下流木量は、約160m³/km²であった。
- ・砂防設備等が流木の流出を抑制しているが、なお下流への流出も多く引き続き流木対策を検討することが重要である。

5. 今後の土砂災害の防止に向けた課題とその方向性

【上流山地からの土砂流出対策】

上流山地では、今回の強い降雨により土石流が発生し、下流へ土砂が流出しているが、依然として周氷河堆積物による土砂層が上流域に偏在している状況である。今後も、強い降雨が発生した場合、土石流等による多量の土砂流出のリスクを有する状況であることから、引き続き、砂防堰堤等による土砂流出対策の推進が必要である。

その際、今回の降雨規模を踏まえて、改めて既往の砂防基本計画及び施設配置計画の検証を行うべきである。

更に、砂防堰堤などの土砂流出対策が現在行われていない小林川、美生川、久山川等においても、今回の出水による土砂流出状況や被害の状況を踏まえ、改めて砂防設備等の必要性について検討すべきである。

【扇状地河川における土砂管理対策】

平成28年8月の出水では、十勝川流域の地形的な特徴から、特に山地周辺部の扇状地河川において、河床変動などを原因に河道が変化し、河床洗掘や側岸侵食が発生したことが特徴的であった。これにより多量の土砂が下流へ流出したものと考えられる。

十勝川流域においては、山地周辺部の扇状地河川から下流部に人口・資産が集積していることから、山地からの流出土砂だけではなく扇状地河川での河床洗掘や側岸侵食による土砂流出を抑制するための土砂管理対策の検討が重要である。

扇状地河川における床固工や溪流保全工等による河道安定化対策の実施にあたっては、土砂の調節効果の検証や、河道周辺部での遊砂効果など、幅広い観点での検証を行うべきで

ある。また、これまでの砂防事業区域にとらわれず、土砂発生源や保全対象を明確にして、砂防事業が必要な範囲を改めて検討すべきである。検証にあたっては、土砂生産対策の観点とともに、背後地の保全の観点も含めて、河川管理者や地域の関係者との連携を図ることが重要である。

【流木対策】

出水時においては、流木が橋脚等で捕捉され、河川水位のせき上げによる氾濫、河川管理施設への被害、海域への流出による周辺漁業への被害等が発生することから、流木対策の推進が重要であり、これまでも砂防設備の整備にあたり、流木対策がなされているところである。

平成 29 年 7 月の九州北部豪雨における流木被害も記憶に新しいところであるが、今回の出水においても多量の流木が発生し、様々な被害が確認された一方で、流域の砂防設備では流木の捕捉効果も確認されている。

今後の土砂災害対策の検討にあたり、現地の実態や施設の特性を踏まえて、透過構造を有する施設の整備や既設砂防堰堤の改良などの流木対策を引き続き推進すべきである。

なお、流木対策の検討・実施にあたっては、流域の各関係機関と情報共有を図るなど、積極的に連携することが重要である。

【継続的なモニタリング調査の実施】

本検討会においては、昨年出水における土砂動態分析を実施したが、今後の出水時における土砂災害に対する要因分析や対策の検討にあたっては、きめ細やかな出水前後のデータによる分析が重要である。

崩壊地や河道内での土砂変動状況などを把握するため、衛星写真の取得・分析、LP データによる河道内の状況把握、堆積土砂の性状把握などが重要であり、平常時からこれら調査を実施し、データの蓄積を図るべきである。また、上流域の堆積土砂が長期間にわたって流出してくることや、出水により流域の状況が変わっていることも踏まえた調査が重要である。

なお、これらモニタリング調査を行うにあたっては、北海道開発局と北海道による連携や、他事業との連携や既往研究の活用により、効果的・効率的に進めるべきである。

6. おわりに

本検討会においては、平成 28 年 8 月の出水を踏まえて、十勝川流域の特に降雨量が多かった日高山脈東部における土砂動態分析を行い、土砂動態の実態や特徴を整理するとともに、流域の特徴も踏まえて、土砂災害防止対策の今後の方向性をとりまとめたものである。また、土砂流出量や流木量などについて、現地調査等を行い、可能な限り定量化を行ったも

のである。

今回とりまとめた課題や留意点を踏まえ、今後、北海道開発局及び北海道において土砂災害被害の軽減に向けて、具体的な検討や取組を進めるにあたり国、北海道、市町村などの関係機関とともに、他部門との連携・調整を図ることが重要である。

今後の対応については、速やかに実施すべきもの、引き続き議論を深めて検討すべきものなどがあるが、時間軸を意識しながらそれぞれの段階に応じて着実に進めることが必要である。

また、今後の取組を進めるにあたり、技術的な助言を行うため本検討会においては部会が設置されたところである。引き続き、個別河川の検討等を進めるにあたり、部会において議論を深めることも必要である。

最後に、北海道開発局及び北海道において、十勝川流域や今般の出水の特性を踏まえ、関係機関の連携のもと、土砂災害に対する取組が展開され、地域の安全性の向上及び発展に寄与することを期待する。

【参考】

※1) 確率雨量の推定には一般財団法人国土技術研究センター開発の「水文統計ユーティリティーV1.5」を用いている。戸蔦別雨量観測所の単独での推定であり、観測期間もまだ短い
ため、今回の出水を代表する降雨確率としては推定していないことに留意が必要である。

※2) 土石流ピーク流量は、現地計測した流下幅、流動深、流下勾配を用いて、マニング式により算出。土石流流体力および巨礫の衝撃力は土石流・流木対策設計技術指針に基づいて算出。

※3) 流下土砂量の算出

①ペンケオタソイ川

・出水前後の測量横断面図の比較により算出している。出水前は平成24年、出水後は平成28年の測量データを使用している。山腹においては、現地調査及び出水前後の空中写真比較により、崩壊面積等を計測して算出している。出水前は平成24年、出水後は平成28年の空中写真を使用している。

②ペケレベツ川

・出水前後の測量横断面図の比較、出水前の国土地理院10mDEMより作成した横断面図（現地調査により補正）と出水後の空中写真より図化した横断面図の比較、出水前の測量横断面図と出水後の空中写真より図化した横断面図の比較により算出している。出水前は昭和63年～平成19年、出水後は平成28年のデータを使用している。また、山腹においては出水前後のオルソ写真を比較して崩壊面積を計測し、現地調査による崩壊深を掛けて算出している。出水前は平成19年、24年、出水後は平成28年のオルソ写真を使用している。

③芽室川・造林沢川

・出水前後のLPデータの標高の差分、出水後のLPデータから作成した横断面図と現地調査から推定した出水前横断面図の比較、現地調査から推定した出水前後の横断面図の比較により算出している。出水前は平成18年、出水後は平成28年のLPデータを使用している。山腹においては、現地調査及び出水前後の衛星写真や空中写真比較により崩壊面積等を計測して算出している。出水前は平成28年7月、出水後は平成28年9、10月の写真を使用している。

④戸蔦別川

・出水前後のLPデータを活用し、地盤高の差分から算出している。出水前は平成25年、出水後は平成28年のLPデータである。

※4) 代表4河川合計の流下土砂量365万m³に対し、流域面積は245km²、崩壊面積率は0.5%であることから、日高山脈東麓域全体の流域面積920km²、崩壊面積率0.2%の割合に換算して、流下土砂量を約500万m³と推計。

※5) 流下流木量の算出

①ペンケオタソイ川

・出水前後の空中写真の比較により立木流出面積を計測し、現地調査結果による立木密度を

掛けて算定している。出水前は平成 24 年、出水後は平成 28 年の空中写真を使用している。山腹においては現地調査及び空中写真により崩壊面積を算出し、現地調査結果による材積量を掛けて算定している。出水前は平成 24 年、出水後は平成 28 年の空中写真を使用している。堆積流木量は、出水後の空中写真より堆積流木の面積を計測し、現地調査結果による材積量を掛けて算出している。出水後は平成 28 年の空中写真を使用している。

②ペケレベツ川

・出水前後のオルソ写真の比較により立木流出面積を計測し、現地調査結果による立木密度を掛けて算定している。出水前は平成 19 年、24 年、出水後は平成 28 年のオルソ写真を使用している。山腹においては出水前後のオルソ写真を比較して崩壊面積を計測し、現地調査結果による材積量を掛けて算定している。出水前は平成 19 年、24 年、出水後は平成 28 年のオルソ写真を使用している。堆積流木量は、代表箇所でも現地計測した単位距離当たりの材積量に流路延長を掛ける方法と、出水後のオルソ写真より堆積流木の面積を計測し、現地調査結果による平均堆積高と実積率を掛ける方法で算出している。出水後は平成 28 年のオルソ写真を使用している。

③芽室川・造林沢川

・出水前後の衛星写真や空中写真の比較により立木流出面積を計測し、現地調査結果による立木密度を掛けて算定している。出水前は平成 28 年 7 月、出水後は平成 28 年 9、10 月の写真を使用している。山腹においては出水前後の衛星写真や空中写真により崩壊面積を算出し、現地調査結果による材積量を掛けて算定している。出水前は平成 28 年 7 月、出水後は平成 28 年 9、10 月の写真を使用している。堆積流木量は、出水前後の衛星写真や空中写真により堆積面積を算出し、現地調査結果による材積量を掛けて算定している。出水前は平成 28 年 7 月、出水後は平成 28 年 9、10 月の写真を使用している。

④戸蔦別川

・出水前後のオルソ写真を活用して立木流出範囲を確認し、現地調査により算定した立木密度をかけて推定している。空隙率は河川砂防技術基準の値を用いた。出水前は平成 25 年、出水後は平成 28 年のオルソ写真である。堆積流木量は、出水後のオルソ写真から堆積範囲を確認し、LP データから堆積高さを算出して、範囲と高さを掛け合わせて求めている。出水後は平成 28 年のデータである。

十勝川流域砂防技術検討会

委員名簿

委員長	小山内信智	北海道大学大学院農学研究院	特任教授
委員	泉 典洋	北海道大学大学院工学研究院環境フィールド工学部門	教授
	岡本 敦	国土技術政策総合研究所	土砂災害研究部長
	笠井 美青	北海道大学大学院農学研究院	准教授
	船木 淳悟	土木研究所寒地土木研究所	水圏研究グループ長
	山廣 孝之	北海道建設部土木局河川砂防課	砂防災害担当課長
	米津 仁司	北海道開発局建設部	河川計画課長
	渡邊 康玄	北見工業大学工学部	教授

(敬称略 平成 29 年 12 月時点)