

十勝川直轄砂防区域における崩壊地判読調査 について

LPデータ活用による崩壊地危険度判定

帯広開発建設部 治水課

池上 善晃

辻 珠希

吉川 契太郎

札内川・戸蔦別川・岩内川流域の地質は、上流部では深成岩・変成岩類、下流部は堆積岩類であり、土砂生産量は、凍結融解等によりそれぞれで大きく異なっている。このような地域で、生産土砂量を的確に把握し、効果的な施設配置を検討するためには、より精度の高い崩壊地判読調査が必要である。従来の航空写真測量に代えて、札内川流域の航空レーザープロファイル測量（LP）データを利用し、高精度地形情報による崩壊判読の精度を向上させ、3次元座標データによるGIS解析等で流域の荒廃状況を正確に把握した上で、土砂移動の危険度を評価し、施設整備の優先順位を設定した。

キーワード：防災、崩壊地判読、崩壊地危険度判定、水系砂防調査、水系砂防計画

1. 流域の概況

北海道3大河川の一つである十勝川は、その源を大雪山系十勝岳（標高2,077m）に発し、1市14町1村を流域とする幹川流路延長156km（全国17位）、流域面積9,010km²（全国6位）の一級河川である。流域の形状が扇状で流域形状係数が大きく、流域内の支川が集中して十勝川に合流する特徴を有している。

直轄砂防区域を有する札内川は、その源を札内岳（標高1,896m）とする十勝川の1次支川であり、幹川流路延長82km、流域面積725km²、河床勾配1/100～1/250と北海道有数の急流河川である。札内川の語源はサツ（乾いた）・ナイ（川）というアイヌ語から発している。

河道は網状をなし、湯水期になると上流で流水があっても伏流してしまい、河床が露出し文字通り乾いた川となる。これらの現象は上流域の荒廃が著しいため、永い年月にわたり土砂の流送があり、深い砂礫層が形成されたためと考えられている。河状がこれら堆積土砂のため皿状であり、河岸との高低差が少なく、いったん洪水が発生すれば氾濫し、沿川に多大の被害を与えてきた。

札内川の源である日高山脈の上流山岳地帯には氷河地形のカーラが見られ、地質的に脆弱な変成帯や中流山岳地帯日高累層群の不变成帯ともろい地質構成からなっており、山岳地帯を出てからは上札内扇状地が形成され十勝平野へと続いている。これら扇状地は日高山脈の隆起に伴う浸食作用の活発化により、著しい土砂生産が行われて形成されたと考えられている。このように以前から

土砂の生産・流出の著しい地域である（図-2）。

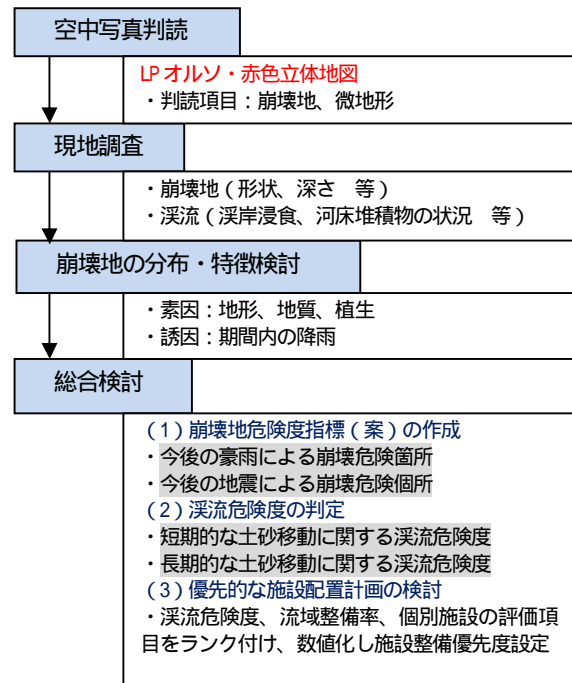


図-1 フロー図

2. 流域荒廃状況の把握

今回使用した、レーザープロファイル測量データは、



図-2 対象地域

レーザー光を使った高精度の3次元の計測データであり、複数の反射パルスを識別することによって、樹冠部の高さや地面の高さを区別して測定できる利点がある。

(1) 空中写真判読

航空レーザー計測時に同時取得されたオルソ画像¹⁾とDEMデータを利用して作成した赤色立体地図(特許:第3670274)を用いて、崩壊地及び微地形を判別した。

a) 崩壊地の判読

平成5年時点²⁾の崩壊地の状況と今回(H14-16時点)の状況を比較し、新規崩壊地、拡大崩壊地、継続崩壊地、縮小崩壊地、消滅崩壊地の5種類に分類した(図-3)。

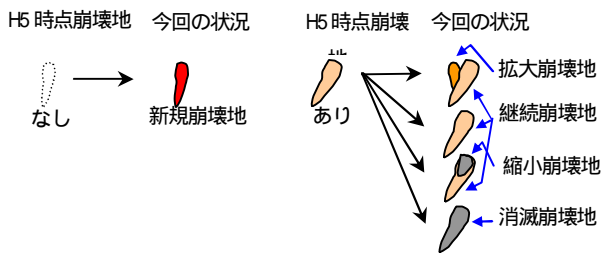


図-3 崩壊地判読の定義

崩壊地面積率を見ると札内川が最も大きい(0.93%: H14-16時点)。岩内川、戸蔭別川では、上流域(一般防災区域)が下流域(地域防災区域)に比べ圧倒的に崩壊地の数多く、面積率も大きい(表-1)。平成5年時点と比較すると、岩内川、戸蔭別川は、箇所数、面積ともに増加しており、札内川は箇所数は増加しているが逆に面積は微減している(図-4)。

b) 微地形判読

赤色立体地図により、崩壊と関係が深い微地形である「地すべり」「二重山稜・多重山稜」「リニアメント」「岩盤クリープ」を判読した。

地すべり地形、岩盤クリープは、札内川および戸蔭別川の中上流部に多く分布しており、リニアメントはほぼ流域全体に分布していることが分かる。二重山稜・多重山稜は全体的にあまり多く見られない(図-5)。

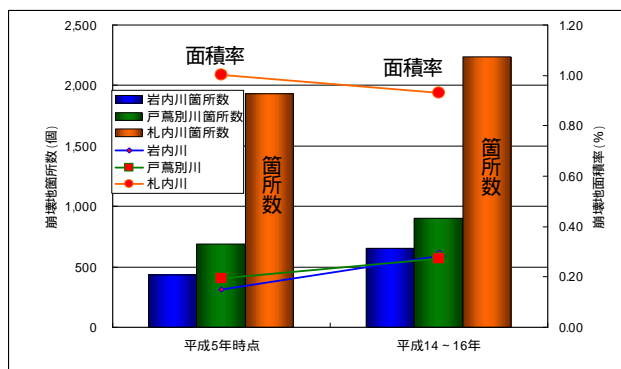


図-4 崩壊地箇所数・面積率の推移 (折線: 面積率 棒: 箇所数)

(2) 現地調査

a) 崩壊地調査

空中写真判読結果の妥当性の確認および崩壊深の設定を目的とする。各地質、崩壊地形区分ごとに代表的な箇所を19箇所選定して、崩壊地現地調査を実施し、崩壊地形区分及び崩壊面積別の平均崩壊深を設定した(表-3)。

表-1 崩壊地判読結果(流域ごと総括)

流域名	渓流名	崩壊地個数(個)					崩壊箇所数	崩壊地面積率(%)	H5時点崩壊箇所数	H5時点崩壊地面積率(%)
		継続	新規	拡大	縮小	消滅				
岩内川	上流域	122	361	100	71	190	483	0.59	312	0.30
	下流域	55	114	7	0	62	169	0.06	117	0.04
	合計	177	475	107	71	252	652	0.28	429	0.15
戸蔭別川	上流域	217	575	152	132	443	792	0.34	660	0.25
	下流域	16	94	3	2	11	110	0.07	27	0.02
	合計	233	669	155	134	454	902	0.27	687	0.19
札内川	合計	1,086	1,148	265	300	848	2,234	0.93	1,934	1.00

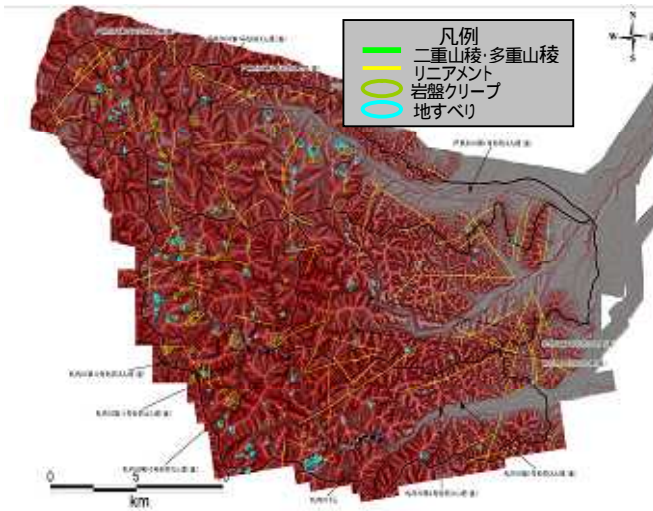


図-5 赤色立体地図による微地形判読結果

表-2 現地調査結果から算出した崩壊深

崩壊面積	表土・基盤岩風化部		周水河性斜面堆積物		周水河性谷埋堆積物	
	流域	崩壊深	流域	崩壊深	流域	崩壊深
0~200m ²	札8	0.5	岩2	1.0	岩3	0.5
200~500 m ²	岩1	1.0	戸7	0.4	岩6	0.8
	札6	0.5				
	戸3	0.6				
	岩4	1.1				
500~3,000 m ²	戸6	1.0	戸1	1.5	岩5	1.4
	札7	1.0				
	戸1	0.4				
	戸2	0.6				
	岩3	0.8				
	岩8	0.8				
戸4	2.5					

表-3 崩壊地形区別の平均崩壊深

崩壊面積 m ²	表土・ 基盤岩 風化部	周水河性 斜面堆積物	周水河性 谷埋堆積物	2次移 動堆 積物	氷河・融 氷河堆積 物
0~200	0.5	1.0	0.5	1.3	2.5
200~500	0.8	2.1	0.8		
500~3,000	0.8	2.0	1.4		

b) 渓流調査

施設配置計画箇所の確認、渓流内に堆積する不安定土砂量の設定根拠を明確にすることで、渓流危険度の判定に資することを目的に実施する。現地調査項目は、渓流内の不安定堆積物の状況（露岩箇所・渓岸浸食箇所・植生状況・段丘の状況など）の確認、施設施工箇所の状況調査である。

(3) 崩壊地の分布・特徴検討

崩壊地判読結果および現地調査結果に基づき、流域ごと（戸蔦別川、岩内川、札内川）に現在の崩壊地の分布状況を把握し、平成5年時点との比較を行った。また、平成5年から現在までの新規・拡大崩壊土砂量（崩

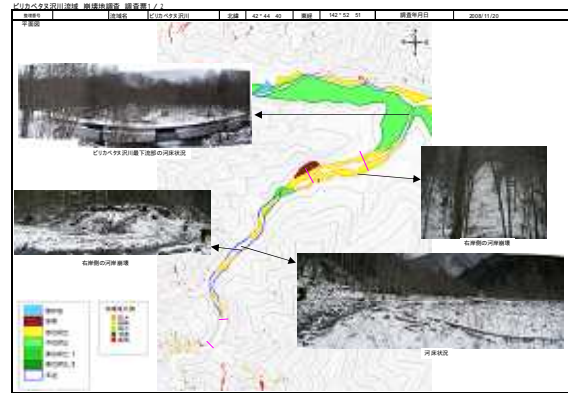


図-6 渓流現地調査票の例

壊地面積（新規 + 拡大）× 地形区別平均崩壊深）を算出した。

a) 戸蔦別川流域

流域全体の崩壊地面積率は0.27%、個別では最上流及び大正の沢他が大きく、0.60~0.56%。新規崩壊地面積は大正の沢他で最も大きい（0.43%）。

流域全体の崩壊地個数は5.91個/km²、崩壊地個数が多いのは最上流で12.2個/km²

H5~H14-16年の崩壊生産土砂量（新規崩壊および拡大崩壊）は約293,000m³

単元流域では、最上流が最も多く、90,000m³。次いで中流のピリカペタヌ沢他も59,000m³と多い。

b) 岩内川流域

流域全体の崩壊地面積率は0.28%、個別では最上流及び南岩内沢他が大きく0.75~0.57%。下流域は小さく0.1%以下。新規崩壊地面積は最上流で最も大きい（0.41%）。

流域全体の崩壊地個数は5.67個/km²、崩壊地個数が多いのは最上流で13.3個/km²

H5~H14-16年の崩壊生産土砂量（新規崩壊および拡大崩壊）は約201,000m³

単元流域では、最上流が最も多く、113,000m³

c) 札内川流域

流域全体の崩壊地面積率は0.93%、七ノ沢他が大きく2.15%。札内川ダムより下流では小さく0.34%以下。新規崩壊地面積率は七ノ沢他で最も大きい（0.41%）。

流域全体の崩壊地個数は13.2個/km²、崩壊地個数が多い

いのは七ノ沢他で21.7個/km²

H5～H14-16年の崩壊生産土砂量（新規崩壊および拡大崩壊）は約562,000m³

単元流域では、七ノ沢他が最も多く、184,000m³

表-4 戸蔦別川における各崩壊地の面積(H5からの増減)

	流域全体の崩壊地面積	最大値をとる流域	
継続崩壊地	86,800m ²	最上流	30,500m ²
新規崩壊地	235,400	最上流	61,000
拡大崩壊地	91,400	最上流	34,200
縮小崩壊地	77,100	最上流	57,200
消滅崩壊地	133,400	最上流	74,100

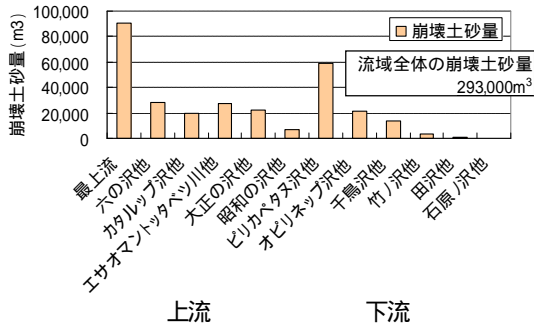


図-7 戸蔦別川における新規・拡大崩壊土砂量

表-5 岩内川における各崩壊地の面積 (H5からの増減)

	流域全体の崩壊地面積	最大値をとる流域	
継続崩壊地	78,300m ²	最上流	29,200m ²
新規崩壊地	170,700	最上流	96,900
拡大崩壊地	45,000	最上流	80,900
縮小崩壊地	34,300	最上流	18,300
消滅崩壊地	60,600	最上流	23,200

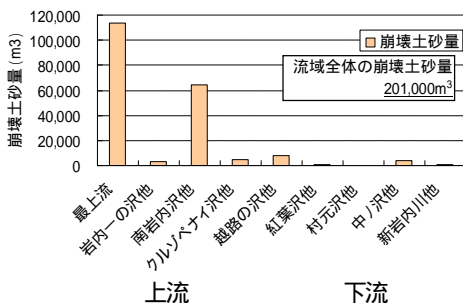


図-8 岩内川における新規・拡大崩壊土砂量

表-6 札内川における各崩壊地の面積 (H5からの増減)

	流域全体の崩壊地面積	最大値をとる流域	
継続崩壊地	991,600m ²	最上流	245,300m ²
新規崩壊地	377,600	最上流	112,400
拡大崩壊地	209,200	七ノ沢地	78,000
縮小崩壊地	378,200	七ノ沢地	106,300
消滅崩壊地	331,600	最上流	97,600

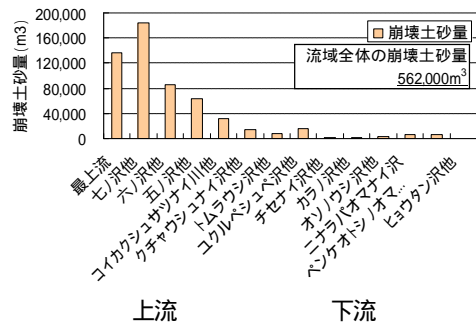


図-9 札内川における新規・拡大崩壊土砂量

全体的に見ると、崩壊地面積や面積率などは上流側が大きな傾向にある。崩壊地土砂量も同様であるが、戸蔦別川については他の流域に比べて中流域の崩壊土砂量が多い。

3. 土砂移動の危険度評価

(1) 崩壊地危険度判定指標（案）の作成

崩壊地判読データをもとに豪雨または地震等を誘因として、崩壊地が拡大または新規に発生する可能性のある箇所の危険度を判定するための崩壊地危険度判定指標を検討した。

a) 豪雨時崩壊危険度判定指標（案）の検討

使用するメッシュサイズ：新規・拡大崩壊地面積の分布状況から10mメッシュに設定

評価項目：対象範囲全域の新規・拡大崩壊地の素因から5つに設定

基準値（ランク）：各々の評価項目の分析結果から3ランクに設定

（表-7 及び表-8）

豪雨時崩壊危険度判定指標として、各項目の得点（崩壊地形区分得点、基盤地質得点、標高得点、斜面傾斜得点、斜面方位得点）をGIS上で合計した。

満点は25点で、上位3%にあたる得点18点以上を崩壊危険メッシュと定義した。

b) 地震時斜面崩壊危険度評価指標（案）の検討

地震時崩壊危険度（F）は、国土技術政策総合研究所の砂防研究室により提案された下記式を用いるものとする。

$$F = 0.075 \times [\text{勾配}(\text{°})] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] + 0.056 \times [\text{最大加速度}(\text{cm/s}^2) - 3.2]$$

想定する地震：帯広市地域防災計画改定素案（地震災害対策編）平成19年11月帯広市防災会議12頁より抜粋

地震の規模：阪神・淡路大震災と同程度
（マグニチュード7.2 震度7）

震源地：市外地東部

地震時斜面崩壊の起こりやすいエリアは岩内川全域と札内川の下流域・中流域に多く分布している。地震時に斜面崩壊が「起こりやすい」メッシュと現況崩壊地の分布は特に関連性はない。比較的崩壊地の少ない岩内川中流・下流域と札内川ダムの下流域でも危険度が高く、大規模地震発生時には多量の新規崩壊土砂が生産される可能性が高い。

表-7 評価項目およびランク

評価項目	評価の仕方
崩壊地形区分	新規・拡大崩壊地が分布する崩壊地形区分ごとに評価 (A:表土・基盤岩風化部、B:周水河谷埋堆積物、氷河・融氷河堆積物、C:周水河性斜面堆積物、2次移動堆積物、その他)
基盤地質	新規・拡大崩壊地が分布する基盤地質ごとに評価 (A:片麻岩およびホルンフェルス、B:カンラン岩、ハンレイ岩、花崗岩、日高累層群、C:第四紀)
最高標高	新規・拡大崩壊地が分布する最高点の標高で評価 (A:1500m以上、900~1000m、B:1000~1500m、500~600m、C:100~500m)
斜面傾斜	新規・拡大崩壊地が分布する斜面の最高傾斜で評価 (A:60~80度、B:40~60度、C:その他)
斜面方位	新規・拡大崩壊地が分布する斜面方位(平均、8方向)で評価 (A:南、B:南東、南西、北、C:北東、東、西、北西)

表-8 各評価項目のランクと得点

崩壊地形区分	1km2あたり崩壊地個数(個/km2)	ランク	得点	基盤地質	1km2あたり崩壊地個数(個/km2)	ランク	得点
周水河性斜面堆積物	1.339	C	1	カンラン岩	5.831	B	3
周水河性谷埋堆積物	7.382	B	3	ハンレイ岩	6.307	B	3
表土・基盤岩風化部	9.917	A	5	花崗岩	7.663	B	3
2次移動堆積物	1.903	C	1	第四紀	0.605	C	1
氷河・融氷河堆積物	6.058	B	3	日高累層群	4.529	B	3
その他	0.527	C	1	片麻岩およびホルンフェルス	12.231	A	5

標高(m)	単位面積当たり崩壊地個数(個/km2)	ランク	得点	傾斜(°)	単位面積当たり崩壊地個数(個/km2)	ランク	得点
0-100	0.0	C	1	0-10	0.1	C	1
100-200	0.7	C	1	10-20	0.6	C	1
200-300	0.6	C	1	20-30	1.6	C	1
300-400	1.3	C	1	30-40	3.5	C	1
400-500	3.1	C	1	40-50	13.5	B	3
500-600	4.4	B	3	50-60	16.3	B	3
600-700	5.9	B	3	60-70	18.7	A	5
700-800	7.9	B	3	70-80	23.8	A	5
800-900	9.0	B	3	80-90	0.0	C	1
900-1,000	10.0	A	5				
1,000-1,100	9.9	B	3				
1,100-1,200	9.6	B	3				
1,200-1,300	8.5	B	3				
1,300-1,400	5.7	B	3				
1,400-1,500	7.6	B	3				
1,500-1,600	10.3	A	5				
1,600-1,700	14.5	A	5				
1,700-1,800	21.7	A	5				
1,800以上	13.4	A	5				

斜面方位	単位面積当たり崩壊地個数(個/km2)	ランク	得点
北	7.0	B	3
北東	2.9	C	1
東	4.1	C	1
南東	9.1	B	3
南	14.4	A	5
南西	10.0	B	3
西	2.7	C	1
北西	2.0	C	1

(2) 溪流危険度の判定

溪流危険度の判定は、短期的な土砂移動に関する溪流危険度と、長期的な土砂移動に関する溪流危険度の2点について実施した。

a) 短期的な土砂移動に関する溪流危険度の評価

豪雨を誘因とし、新規発生する崩壊及び渓床不安定

Yoshiaki Ikegami, Tamaki Tuji, Keitaro Yoshikawa

土砂の2次移動「土石流、土砂流状態を想定」による土砂移動現象を想定する。

評価項目は 崩壊危険メッシュの集計値 渓床不安定土砂量 現況流出土砂量 微地形 保全対象とした。

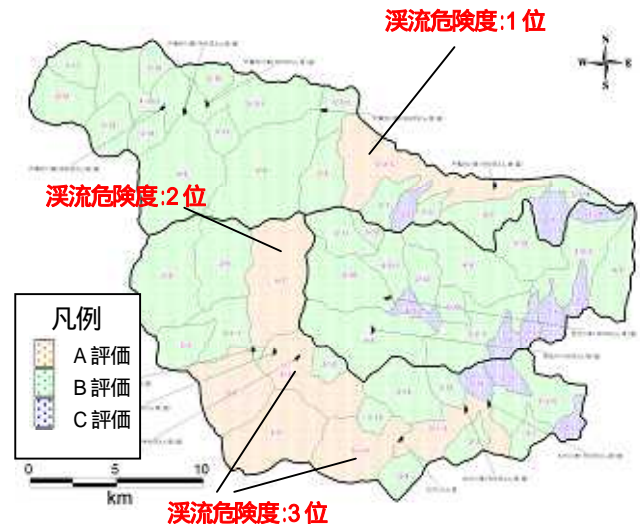


図-10 短期的な土砂移動に関する溪流危険度の設定

表-9 短期的な土砂移動に関する溪流危険度の高い流域

順位	流域名	流域番号	合計得点
1	戸蔭別川 残流域	5-3-3	80
2	札内川 六ノ沢	4-2	71
3	札内川 残流域	5-1-1	70
3	札内川 残流域	5-1-2	70
5	札内川 コイカクシュサツナイ川	3-5	65
5	札内川 残流域	5-1-3	65
7	札内川 七ノ沢	3-6	61

b) 長期的な土砂移動に関する溪流危険度の評価

平均的な降雨や凍結融解等を誘因とし、既存崩壊地の浸食、渓床不安定土砂の2次移動による土砂移動現象を想定する。

評価項目は 現況崩壊地面積 渓床不安定土砂量 現況流出土砂量 微地形 保全対象とした。

表-10 長期的な土砂移動に関する溪流危険度の高い流域

順位	流域名	流域番号	合計得点
1	札内川 六ノ沢	4-2	71
2	戸蔭別川 残流域	5-3-3	70
2	札内川 残流域	5-1-1	70
4	札内川 コイカクシュサツナイ川	3-5	65
4	札内川 残流域	5-1-3	65
4	札内川 残流域	5-1-4	65
7	札内川 七ノ沢	3-6	61

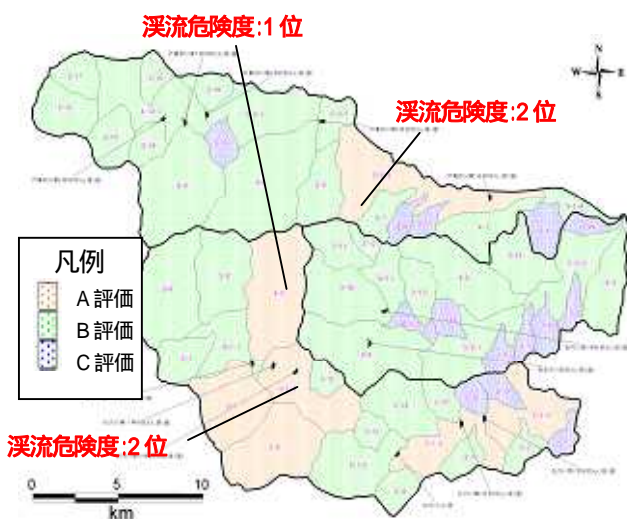


図-11 長期的な土砂移動に関する溪流危険度の設定

短期的・長期的ともに戸鶯別川残流域、札内川上流域の危険度が高い状況にある。

4. 優先的な砂防施設配置計画の検討

計画施設において、早期に対策を実施することが望まれる施設を明らかにするため、事業を実施する砂防施設の優先度について検討を行った。

評価対象施設：「平成19年度十勝川直轄砂防事業の内砂防施設配置計画検討業務」において計画された戸鶯別川、札内川の14施設

優先度設定方法：計画施設に関して、計画施設施工箇所の溪流危険度・流域整備率及び個別施設の評価項目（施設効果量、保全対象、安全性、経済性、対外要素）についてランク付け・数値化し施設整備優先度を設定。

5. まとめ

今回の検討では、LPデータを活用したことにより、これまでの航空写真等による分析に加えて、さらに精度良く流域の荒廃状況を把握、分析し、崩壊地及び溪流の危険度を数値化することができた。その結果を集計して、計画中の砂防施設の優先順位を設定した結果、今回は上下流の優先順位なども整合が図られている結果が得られた。

しかしながら、新規に施設を施工するものと、既設の施設を改良するもの（スリット化）を区別して設定したものではない。また、スリットえん堤については、

場の条件やスリット形状などに対する数値シミュレーションや水理模型実験などの知見も加える必要がある。実施においてはこれらも踏まえた上での施工順序を設定していきたい。

表-11 施設整備の優先順位

順位	計画施設名称	諸元	溪流名	溪流番号	点数合計
1	B砂防えん堤	新設 (H=9.0m)	本川	5-3-3	46
2	D砂防えん堤	新設 (H=8.5m)	本川	5-3-3	44
2	E砂防えん堤	新設 (H=12.5m)	本川	5-3-1	44
4	戸鶯別川8号砂防えん堤	スリット化	本川	4-10-1	41
5	戸鶯別川7号砂防えん堤	スリット化	本川	4-10-1	39
6	1号砂防えん堤	新設 (H=12.0m)	ピリカベタ川	4-8	38
6	2号砂防えん堤	新設 (H=11.0m)	ピリカベタ川	4-8	38
8	札内川1号床固工	新設 (H=4.5m)	本川	5-1-4	37
9	戸鶯別川6号砂防えん堤	スリット化	本川	5-3-1	35
10	1号砂防えん堤 (鋼製)	新設 (H=13.0m)	オヒリネツ川	3-8	34
11	1号砂防えん堤	新設 (H=12.0m)	エサオマントツタベツ川	4-9	33
12	2号砂防えん堤 (鋼製)	新設 (H=11.0m)	エサオマントツタベツ川	4-9	32
12	2号砂防えん堤 (鋼製)	新設 (H=12.0m)	オヒリネツ川	3-8	32
12	3号砂防えん堤 (鋼製)	新設 (H=11.0m)	オヒリネツ川	3-8	32

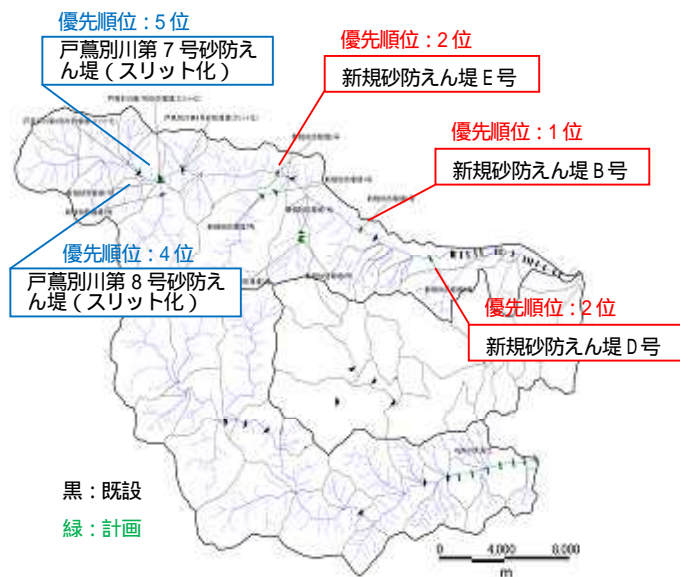


図-12 計画施設の整備優先度

参考文献

- 1) 平成 14 年度十勝川直轄砂防事業の内札内川砂防区域航空測量業務報告書 / 平成 14 年度十勝川直轄砂防事業の内戸鶯別川砂防区域航空測量業務報告書 / 平成 16 年度十勝川直轄砂防事業の内岩内川砂防区域外航空測量業務報告書
- 2) 平成 8 年度十勝川直轄砂防事業の内荒廃状況調査計画検討業務報告書
- 3) 平成 19 年度十勝川直轄砂防事業の内崩壊地判読調査とりまとめ業務報告書
- 4) 平成 20 年度十勝川直轄砂防事業の内札内川流域崩壊地判読調査とりまとめ業務報告書。