

# 大規模土砂災害の簡易監視手法（案）の 検討について

札幌開発建設部 河川計画課

○及川 晴久

吉田 裕敏

土師 健吾

近年、北海道では融雪期を中心に土砂災害が発生しており、土砂災害の発生に備える必要があるが、土砂災害については発生の予測が困難であるため監視が重要でありその手法の確立が必要である。

このため、北海道開発局では平成25年8月に設置した大規模土砂災害調査研究会（以下、調査研究会という。）において、「土砂災害の簡易監視に関する技術的資料【融雪期編】（案）」（以下、技術的資料という。）及び「土砂災害基本マップ案」（以下、基本マップという。）の検討が進められてきた。

本報は、技術的資料及び基本マップの作成の考え方、今後の監視等について報告するものである。

キーワード：河道閉塞、簡易監視、土砂災害基本マップ

## 1. はじめに

平成23(2011)年5月の土砂災害防止法の改正により、河道閉塞に伴う天然ダム(土砂ダム)や火山噴火に伴う土石流などの大規模な土砂災害が発生した場合、事業実施区域に限らず国が緊急調査を実施することが位置付けられた。

北海道内でも平成24(2012)年には後志利別川(今金町)、古丹別川(苫前町)、薄別川(札幌市)等で土砂災害が発生し、薄別川では翌平成25(2013)年にも土砂災害による社会的な影響が生じており、大規模土砂災害への平常時からの対応準備が急がれている。このため、札幌開発建設部では平成24年度から緊急調査を想定した各種の監視・観測機器を導入すると共に、大規模土砂災害監視システム設置や大規模土砂災害対応訓練を実施しており、その概要を佐々木ら、及川らが報告<sup>1)</sup>している。

一方、土砂災害に対して具体的にどのように警戒するのか、要注意箇所、監視の方法・場所、素因を整理した基本的なマップ等については必ずしも十分な整理がされておらず、事務所職員が平常時から対応準備する上で組織的に検討すべき課題であった。

そのため、北海道特有の融雪期における大規模土砂災害の簡易的な監視手法を確立することを目的に、平成25年度調査研究会において土砂災害の既存事例分析や簡易監視の手法等を取りまとめており、本報ではその内容を報告する。取りまとめた内容は、災害の発生への監視・警戒、発災時の早期検知、その後の円滑な対応に資するものとして、現在活用しているところである。

## 2. 対象現象と事例

本報の対象現象は、融雪期の土砂災害とし、河道閉塞等通常の土砂災害等に対する体制では限界があり社会的な影響が甚大などの治水に係る大規模な土砂災害とする。

全国の事例では、2011年の紀伊半島において17箇所の河道閉塞が発生したものが知られている。一方、北海道内では2012年4月19日の後志利別川における斜面崩壊、2012年4月26日の古丹別川における霧立地すべり及び、2013年4月8日のパンケ幌内川における斜面崩壊では河道の一部が閉塞する事例があり、いずれも融雪期に発生している。

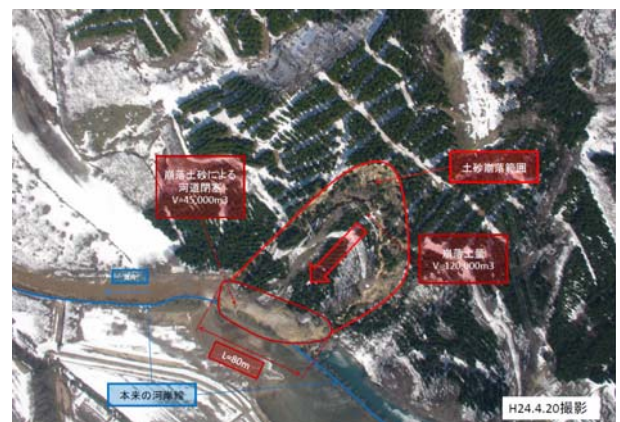


写真-1 後志利別川の崩壊事例（2012年4月19日発生）

### 3. 土砂災害の簡易監視手法の検討

簡易監視手法の検討手順は図-1 に示す通りである。

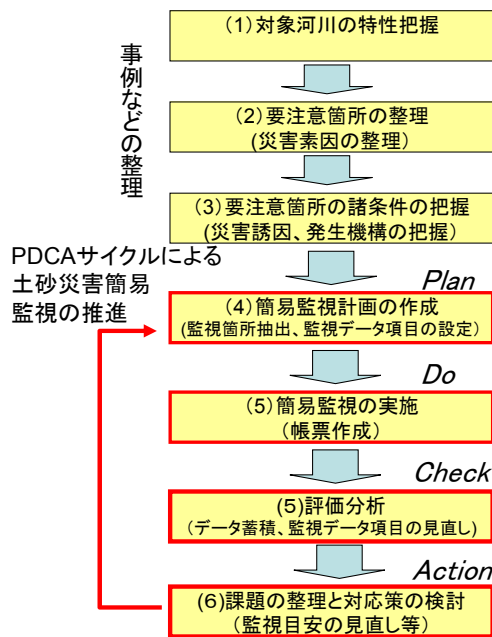


図-1 土砂災害の簡易監視手法の検討の流れ

#### (1) 対象河川の特性把握

要注意箇所を抽出するため、流域の危険箇所選定の基本情報となる地形、地質、深層崩壊に関する文献や検討結果等の資料収集、整理を行った。

#### (2) 要注意箇所の整理（災害素因の整理）

災害素因の分析は図-2 に示す5事例を用いた。なお、対象事例は、崩壊特性等の既往検討結果や観測データが

存在する事例を抽出した。

上記の災害事例を分析した結果、災害事例は以下の素因を有することが確認された。整理した結果を表-1 に取りまとめた。

- ・ 地形：地すべり地形、攻撃斜面等
- ・ 地質：第三紀堆積岩類（泥質岩）、火山岩類
- ・ その他：流れ盤構造、岩石の風化、火山活動に伴う岩石の変質

要注意箇所の選定条件として上記条件に着目することが妥当と考える。

#### (3) 要注意箇所の諸条件の把握（災害誘因等の把握）

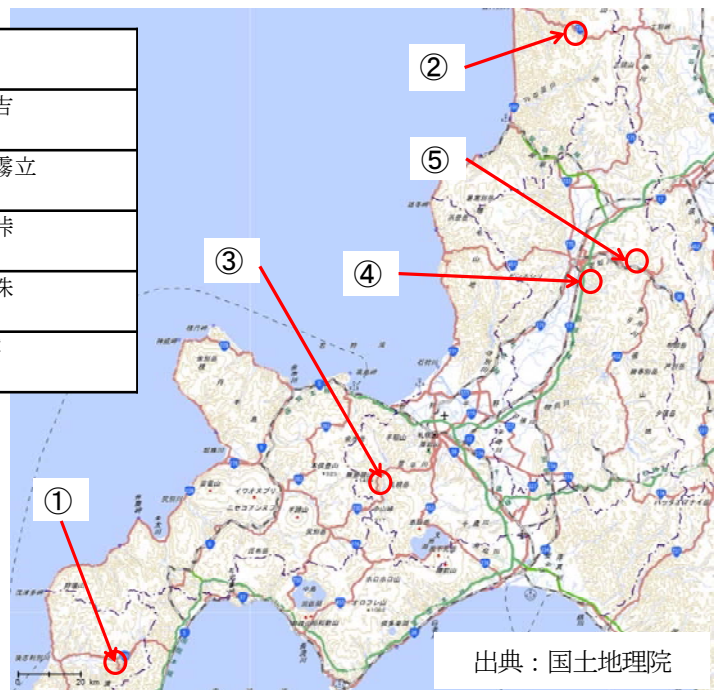
##### ①発生機構について

既往崩壊事例から分析した融雪期における大規模崩壊発生機構の模式図を図-5 に示す。誘因については、積算気温上昇による累加換算総雨量の増加や、降雨等による短期の換算総雨量の急増を確認した他、融雪洪水による斜面脚部浸食を想定した。

以上から、発生機構については、地下水位上昇による、間隙水圧の増加、河床低下による抵抗力の減少、斜面脚部侵食による抵抗力の低下で崩壊が発生していると想定した。

融雪期の地下水位上昇は融雪水量と雨量が関与すると既往観測データからも示唆されていることから、図-3 に示すように雨量+融雪水量である換算総雨量を算出し各既往事例の詳細な分析を行った。なお、積雪深の変化を雨量に換算する際に用いた積雪密度は融雪期が3月～5月であることを考慮して、しまり雪やざらめ雪の最大値である500kg/m<sup>3</sup>を採用した。

No.	発生年月日	発生場所
①	2012/4/19	北海道今金町字住吉 (後志利別川)
②	2012/4/26	北海道苫前郡苫前町霧立 (古丹別川)
③	2012/5/4	北海道札幌市中山峠 (豊平川)
④	2012/4/24	北海道歌志内市文珠 (ペンケ歌志内川)
⑤	2013/4/10	北海道芦別市常磐 (パンケ幌内川)



出典：国土地理院

図-2 素因分析箇所位置図

表-1 素因分析結果

No.	発生日月	発生場所(河川名)	地形判読(文献※)	基盤岩の地質(岩種)	想定された素因	備考
1	2012/4/19	北海道今金町字住吉(後志利別川)	地すべり地形	新第三紀堆積岩類(泥質岩・凝灰岩)	地すべり地形、攻撃斜面 泥質岩・凝灰岩 流れ盤構造	
2	2012/4/26	北海道苫前町霧立(古丹別川)	地すべり地形	新第三紀堆積岩類(泥岩)	地すべり地形 岩石の風化 攻撃斜面	
3	2012/5/4	北海道札幌市中山峠(豊平川)	周辺の類似地質に地すべり地形分布	新第三紀火山岩類(火山礫凝灰岩)	地すべり地形 火山活動に伴う 岩石の変質	
4	2012/4/24	北海道歌志内市文珠(パンケ歌志内川)	-	古第三紀堆積岩類	(崩壊は盛土の可能性あり)	廃棄物混入の可能性あり
5	2013/4/8	北海道芦別市常磐(パンケ幌内川)	地すべり地形	古第三紀堆積岩類(砂岩泥岩互層)	地すべり地形、攻撃斜面 流れ盤構造	

※1)北海道立総合研究機構 地質調査所 北海道の地すべり地質 2)防災科学技術研究所 地すべり地形分布図

$$\text{※換算総雨量} = R + Hs = R + \frac{\rho_s}{\rho_w} \times hs$$

R : 雨量(mm)

Hs: 融雪量(mm)

$\rho_s$ : 雪の比重 (=500kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_w$ : 水の比重 (=1000kg/m<sup>3</sup>)

hs: 融雪深(mm)

図-3 換算総雨量の算出

積算気温は日平均気温の積算値とし、図-4 に示すように、積算気温が最下点から上昇傾向を示す期間の累加換算総雨量と1日、2日、3日間換算総雨量について発災年と非発災年の傾向分析を行った。

なお、融雪期に発生した大規模崩壊発生の分析はリアルタイムで確認できるデータとし、使用したデータは、気温、雨量、積雪深とした。

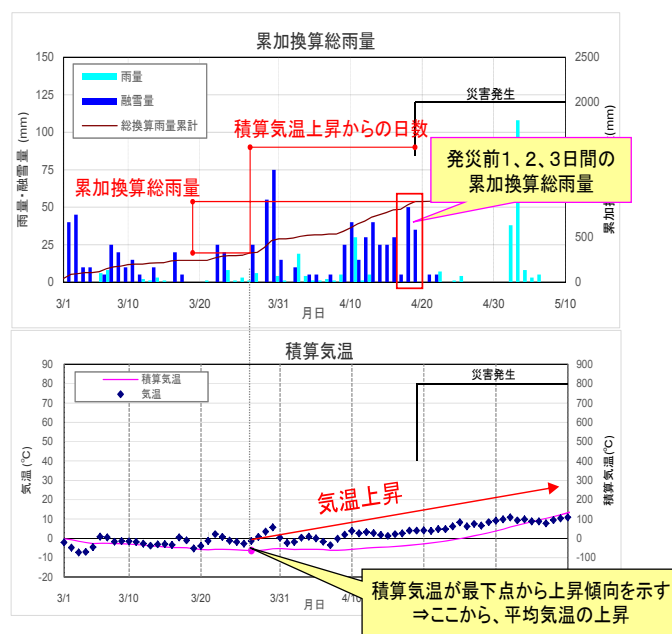


図-4 分析項目について

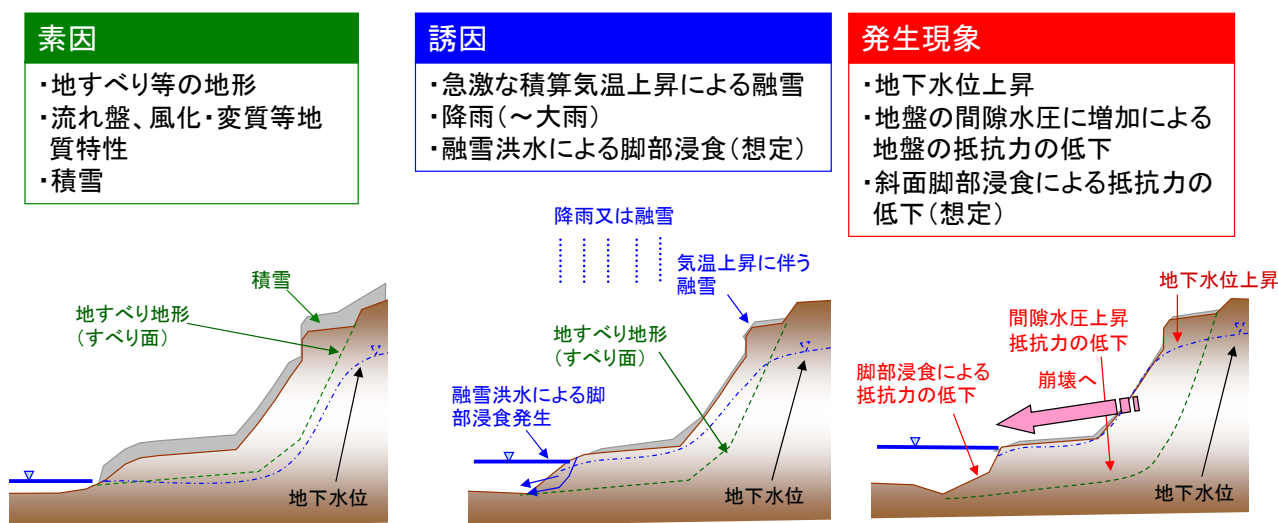


図-5 既往事例から分析した融雪期における大規模崩壊発生機構の模式図

②発生機構を踏まえた過去の災害の分析結果

過去の災害の分析事例を図-6、7、結果を表-2 に示し、概要を以下に述べる。

- パンケ幌内川を除き発災年は、積算気温上昇日が例年より遅れ、気温上昇による累加換算総雨量が増加する。
- 積算気温上昇日から災害までの日数は、パンケ幌内川が最も小さく13日で、豊平川が最も大きく24日。
- 1日、2日、3日間換算総雨量で最大値を示すのは、5事例中それぞれ2事例、3事例、2事例となる。(最も多いのは2日間換算総雨量の3事例)。
- 積算気温上昇日から災害発生までの期間の累加換算総雨量で最大値を示すのはパンケ幌内川を除く4事例。

③簡易監視の項目(気温、積雪深、降雨量)

以上の結果を参考として、今後、道内の各観測所のデータから以下の項目について簡易監視をすることとした。

- 1) 積算気温が上昇を開始する日からの日数
- 2) 積算気温上昇開始日からの累加換算総雨量
- 3) 1、2、3日間の換算総雨量

また、今後、実際に運用したデータや新たな崩壊事例が発生した場合のデータ整理を行い、監視目安の見直しを適宜実施することとした。

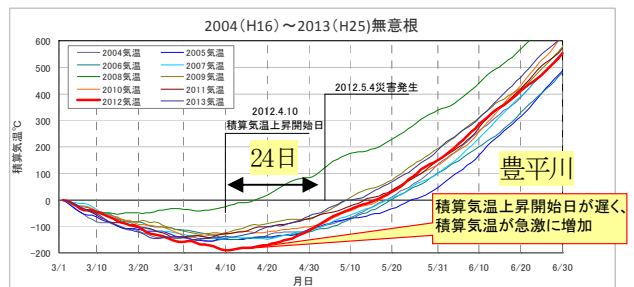
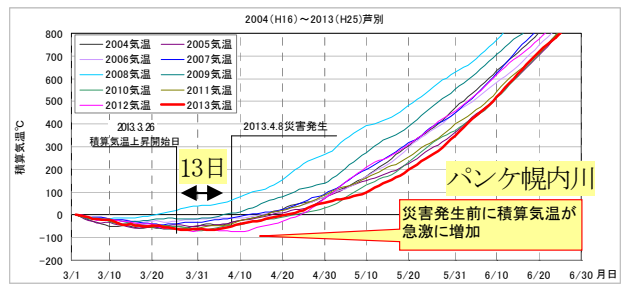


図-6 積算気温上昇から災害までの日数 (パンケ幌内川と豊平川の過去10年比較事例)

後志利別川災害発生 1日、2日、3日間換算総雨量が過去10年の最大値を示すデータ  
 後志利別川災害発生 累加換算総雨量が過去10年の最大値を示すデータ

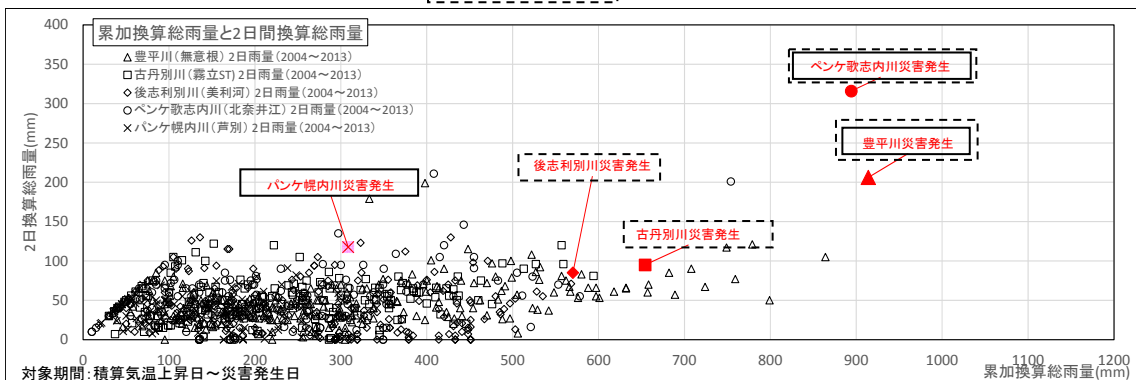


図-7 換算総雨量の分析結果(累加換算総雨量と2日間換算総雨量の事例)

表-2 各事例の発生誘因の分析結果(近年10ヶ年データ)

河川名	①積算気温上昇日から災害までの日数	換算総雨量(mm)								災害誘因
		②災害発生までの累加換算総雨量		③発生前の累加換算総雨量						
		換算総雨量	最大値	1日	最大値	2日	最大値	3日	最大値	
後志利別川	23	570	○	35	×	85	×	90	×	融雪
豊平川	24	914	○	135	○	206	○	209	×	降雨+融雪
古丹別川	18	654	○	60	×	95	×	141	×	融雪
パンケ歌志内川	16	894	○	140	×	316	○	341	○	融雪
パンケ幌内川	13	309	×	61	○	143	○	143	○	降雨+融雪

※ 表中の○は最大値になるケース

**(4) 簡易監視計画の策定**

具体的な監視にあたり、図-8 に示す手順で各河川の要注意箇所、観測所位置、方法等を検討し、簡易監視計画を定めることとした。以下に概要を述べる。

**(4)-1 要注意箇所の設定**

地すべり箇所や深層崩壊危険度が高い小流域など既存資料、知見を活用するとともに、既に要注意として現地巡視している箇所や地すべり・斜面对策を実施している箇所等を要注意箇所と考えた。

今後、より詳細な要注意箇所の設定を検討する際は、以下の①～④に留意することが望ましいと考える。

①地形素因による抽出

文献で危険度が高いと評価された小流域で、河川沿いの攻撃斜面等を抽出する。

②地質素因による抽出

第三紀堆積岩地域や火山岩変質帯や蛇紋岩地域等を優先的に抽出する。

③保全対象との位置関係

上下流に重要保全対象がある箇所は優先的に抽出する。

④その他考慮すべき点

斜面周辺河道の狭窄部の有無を考慮する。

**(4)-2 観測所の設定**

監視データを取得する観測所を選定する際は、後述する基本マップで要注意箇所を把握したうえで、選定することが望ましい。

観測所は、山間部など標高の高いところ、地形・地質の既存資料、深層崩壊マップ、被災実績等を考慮し、観測項目として必要な雨量、積雪、気温を観測できる箇所を設定することとした。

**(4)-3 観測データの入手**

観測データは開発局の雨量テレメータ等から入手し、表-3 の帳票に入力する。帳票データは入力値からグラフが自動作成され、前述した監視目安の値を超過した場合にハッチの色が警戒色に変わる等の工夫を行った。

**(4)-4 常時確認及び適宜観測すべきデータの整理**

上記観測データを含め、土砂災害が発生に至るまで常

時監視すべきデータ、必要に応じて適宜監視すべきデータを整理した。

観測データが目安を上回った場合には目視による現地確認や、必要に応じて適宜観測すべきデータの監視を強化する等の対応が想定される。

①常時監視すべきデータ

- ・気温上昇開始日と開始日からの累積日数
- ・累加換算総雨量及び強度
- ・3日間累加換算総雨量及び強度
- ・水位、流量データ

②必要に応じて適宜監視すべきデータ

- ・大規模土砂移動検知センサーによる大規模土砂移動を示す振動波形の有無
- ・現地モニタリング機器の異常値の有無(ひずみ計や傾斜計等の斜面観測機器の異常や顕著な地下水位上昇)

**(5) 監視の実施と評価分析**

札幌開発建設部では、各河川事務所で最低1観測所を試行的に選定し、平成26年度の融雪期に実際の観測データを基に一日一回観測値を入力し簡易監視を実施した。観測所の選定にあたっては、山間部の峠などの積雪の多いところ、深層崩壊マップ、被災実績等を考慮した。なお、観測目安を上回った場合には、事務所職員による現地確認、水位・流量の監視を実施した。平成26年は結果として全道的に融雪による土砂災害の発生は無かったが、簡易監視計画は継続的な気象観測データや、土砂災害の発生、非発生情報の整理分析の結果を踏まえて、監視警戒目安の妥当性等の評価を今後行う予定である。

**(6) 課題の整理と対応策の検討**

運用面での精度や利便性の向上を図るため、必要に応じて、観測所追加等の検討を行うことが考えられる。

当初設定している監視警戒目安は、数少ない事例を基に想定しているため、今後の土砂災害の発生事例等や、監視区域の継続的なデータの蓄積を基に継続的に見直す必要がある。

表-3 帳票様式

**気象状況入力・確認シート**

平成25年度～平成26年度 融雪期  
北海道開発局 ●●開発建設部 ●●河川事務所

観測所名	日平均気温	日雨量	積雪深
備考	▲▲	■	▲▲ ●時

—データ読み取り時間は任意で設定

雪密度 0.5 —0.5で固定

3/1からの積算気温最低値 -62.9℃  
↑入力した期間での積算気温最低値が自動表示

気象データ

月日	入力			入力値より算出									
	日平均気温(℃)	日雨量(mm)	定時の積雪深(cm)	3/1からの積算気温(℃)	融雪による換算雨量(mm)	換算総雨量(mm)	累加換算総雨量(mm)	累積日数	積算気温上昇開始日以降のデータ	累加換算総雨量(mm)	1日間換算総雨量(mm)	2日間換算総雨量(mm)	3日間換算総雨量(mm)
									要注量(600mm)	要注量(60mm)	要注量(90mm)	要注量(100mm)	
2014/3/1	-2.1	0	166	-2.1									
2014/3/2	-4.9	0	164	-7.0	10	10	10	1	10		10		
2014/3/3	-7.3	0	162	-14.3	10	10	20	2	20		20	20	
2014/3/4	-7.0	0	160	-21.3	10	10	30	3	30		10	20	30
2014/3/5	-4.6	0	160	-25.9	0	0	30	4	30		0	10	20
2014/3/6	0.8	6	159	-25.1	5	11	41	5	41		11	11	21

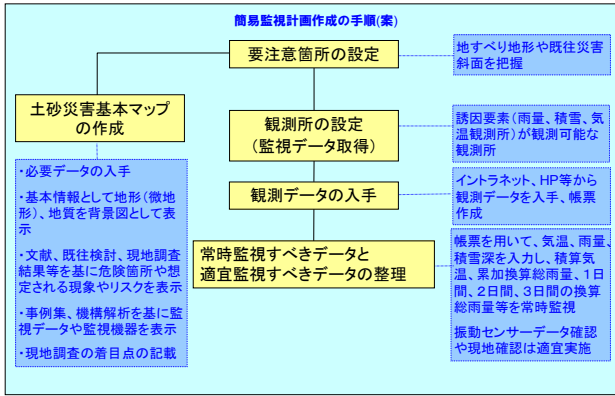


図-8 融雪期の簡易監視計画作成手順の流れ

#### 4. 土砂災害基本マップの作成

要注意箇所の位置情報、周辺状況等を整理し、常時監視すべきデータに異常が発生した際に確認できるよう図-9に示すような基本マップを作成した。構成については、地形（微地形）、地質を背景図とし、文献、既往検討、現地調査結果等を基に危険箇所や想定される現象やリスクを表示した。また、事例集、機構解析結果を基に必要な監視データや監視機器を併せて表示した。

##### ○平常時の利用方法例

- ・危険箇所の周知
- ・訓練への活用
- ・平常時対策の検討資料

##### ○融雪期の利用方法例

- ・災害予測、早期検知、応急対策検討資料
- ・応急対策検討資料

基本マップの整理とともに現地調査時の着目点についても整理を行った。着目点は調査のタイミングにより視点が変わることに留意し、次の3時期を意識して整理することで、平常時と緊急時の現地調査でそれぞれに活用できるように工夫を行った。

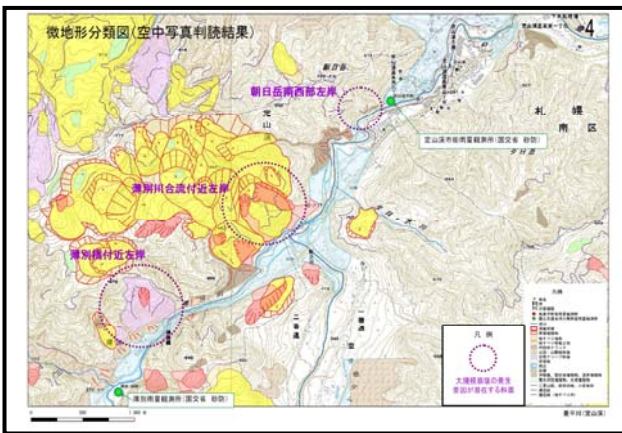


図-9 土砂災害基本マップ（豊平川の事例）

表-4 土砂災害基本マップへの記載情報例一覧

項目	項目
形式、サイズ	形式:shp、pdf サイズ:A1、A3
背景図データ	1/25000地形図、微地形分類図、オルソフォト等
掲載内容(案)	地質
	被災実績、事例集
	危険箇所
	浸水状況図
	既存監視機器
	河川名、溪流名、流域区分 ルートマップ、調査時の着目点 (調査結果がある場合)

- ①融雪期における平常時に調査を行う場合
- ②監視目安を超えた場合  
(土砂災害発生の可能性がある場合)
- ③土砂災害発生を確認した直後

#### 5. まとめ

現在、土砂災害の警戒情報は、気象庁や北海道が発表する大雨警報や土砂災害警戒情報及び土砂災害警戒判定メッシュ情報により市町村や一般住民に提供されている。また、大規模な土砂移動現象により河道閉塞等が発生した後の警戒情報は、国や道による緊急調査を基に土砂災害緊急情報が提供されることとなる。しかし、深層崩壊等の大規模な土砂災害の発生前の警戒時期については、発生メカニズムが明確に解明されていないことから、今日定められたものはない。

本報は融雪期という限定的な期間であるが、過去の災害データを基に、一定の警戒の目安となる監視手法を設定した。北海道の積雪地域の大规模土砂災害の警戒監視の精度向上という点で、さらなるデータの蓄積、目安値や運用方法の改善を図っていく必要がある。

また、大規模土砂災害の誘因は、融雪以外にも豪雨、地震が想定されており、これらの誘因に対する監視警戒の目安を整理することも必要である。今後は、実運用や融雪以外の誘因による監視目安を検討し、北海道内の全期間を通じた監視目安を整理していくことが重要であると考えられる。

##### 参考文献

- 1) 佐々木努, 山田拓也, 山崎猛: 大規模土砂災害対応の観測機器類導入について, 平成24年度北海道開発技術研究発表会
- 2) 及川晴久, 斉藤好生, 藤原清隆: 山間部の普通河川に出現した湛水池における大規模土砂災害対応訓練について, 平成25年度北海道開発技術研究発表会