3. 比較的規模の大きい崩壊事例における土壌雨量指数の検討

3.1 土砂災害 WG 設置の目的と活動の概要

3.1.1 WG 設置の目的・背景

気象庁による大雨警報（土砂災害）・注意報基準値について 2008 年 5 月 28 日より「土壌雨量指数」の導入が開始された。「土壌雨量指数」は、これまでの地上に降る雨の量で決まる 24 時間雨量とは異なり、土壌中に溜まった雨の量に基づき、降雨時の土砂災害発生の危険性を示す指標である。

一方、『大雨警報（土砂災害）の発表後、命に危険を及ぼす土砂災害がいつ発生してもおかしくない状況となったときに、市町村長の避難指示の発令判断や住民の自主避難の判断を支援するよう、対象となる市町村を特定して警戒を呼びかける情報で、都道府県と気象庁が共同で発表している』（気象庁ホームページ）とされる「土砂災害警戒情報」の全国運用が 2008 年 3 月までに開始され、その発表基準としても「土壌雨量指数」が使われている。

さらに近年、局地的な集中豪雨が増加し、土砂災害が頻発しており従来の出現確率を超えるような降雨量がみられる。

こうした現状を踏まえ、本 WG は、降雨と土砂災害の関係について調査し、北海道における今後の道路管理上の留意点などについて地域特性も考慮して検討を行い、その成果を道路管理者へ提言することを目的とする。

3.1.2 検討の対象

ここで扱う土砂災害は、気象庁の「土砂災害警戒情報」の対象と同様に『土石流や集中的に発生する急傾斜地崩壊』とし、岩盤崩壊や山体崩壊、地すべり、融雪災害は対象としない。

なお、2016～2020 年度までは広義の土砂災害に含まれる降雨に伴う盛土災害も検討の対象とし、2020 年度末には今後の道路管理を行う上での参考資料として盛土災害事例集を発刊している。

3.1.3 活動の概要

本 WG は、2008 年度から活動を開始し、WG 委員の構成および活動の概要は以下に示す通りである。

(1) WG 委員の構成

本 WG は、表 3.1 に示す委員により構成される（所属および役職は 2025 年度時点）。

表 3.1 委員の構成

氏　　名	所属	備考
木幡　行宏 （座長）	室蘭工業大学大学院　工学研究科　教授	2008年度～
中川　光弘	北海道大学大学院　理学研究院　特任教授	2008年度～
山下　聡	北見工業大学　工学部　地球環境工学科 教授	2008年度～
石川　達也	北海道大学大学院　工学研究院　教授	2019年度～
川村　志麻	室蘭工業大学大学院　工学研究科　教授	2014年度～
石丸　聡	地方独立行政法人　北海道立総合研究機構 産業技術環境研究本部　エネルギー・環境・地質研究所 地域地質部シニアアドバイザー兼主査（地表変動）	2014年度～

(2) WG 活動の概要

■2008・2009 年度：既往資料の収集・整理

1. 各機関における降雨による通行規制基準の現況整理。
   （各地方整備局、日本旅客鉄道株式会社、高速道路株式会社）
2. 降雨量、土壌雨量指数、既往の土砂災害、研究事例の収集など。
   （活動結果はその 4 報告書参照）

■2010～2012 年度：既往資料調査に基づき、土壌雨量指数と降雨強度の関係の検討、道路維持管理上の課題・留意点整理。
（活動結果はその 5 報告書参照）

■2013～2015 年度：過去の土砂災害警戒情報発令時の災害発生状況から渡島半島、日高地域、留萌地域の災害現場を対象に斜面の土質や地形状況等の確認。災害発生と地形・地質的特徴との関連性について検討。
（活動結果はその 6 報告書参照）

■2016～2018 年度：道路防災有識者検討会が対応した災害を中心に現地部会を開催し、降雨による盛土災害発生現場の特徴について整理。また、これ以外の降雨による盛土災害事例を含め道路管理上の参考になるような事例集を作成することを目的に、とりまとめ方針や掲載項目などについて検討。
（活動結果はその 7 報告書参照）

■2019～2021 年度：以下の 2 項目を実施。

- 道路管理上参考となるような降雨による盛土災害事例集を作成し発刊。
- 過去 10 年の災害申請を行った土砂災害事例（融雪災害を除く斜面や盛土の崩壊を対象）を収集。現地部会での知見を踏まえ、斜面災害に関して土壌雨量指数と土砂災害の関連を検討。

（活動結果はその 8 報告書参照）

■2022～2024 年度：以下の 2 項目を実施。

- 過去 10 年の災害申請を行った土砂災害事例を対象に、土砂災害と土壌雨量指数の関連について地形地質による傾向を検討。（2022～2023 年度）
- 道路管理における大雨時の初動体制構築や解除時等の参考値として土壌雨量指数活用の可能性について検討。（2024 年度以降継続）

（活動結果は本報告書参照）

3.2　土壌雨量指数と土砂災害発生危険基準線

3.2.1　土壌雨量指数とは

土壌雨量指数とは、降った雨が土壌中にどの程度蓄えられているかを把握するための指数であり、タンクモデルと降雨量から算出される。

一般的に、長時間にわたり降雨が継続することで土壌中に水分が蓄えられ斜面の安定性が損なわれるが、断続的な降雨の場合においても、何日も前に降った雨（先行雨量）が土壌から抜け切らずにその後のわずかな降雨によって斜面の安定性を損なう場合がある。土壌雨量指数は、このような場合の評価に適していると考えられている。

図 3.1 は、土壌雨量指数のイメージを説明したものである。自然地山に降り注いだ雨は、斜面下部に流出するまでに次の 3 つの成分に分けられる。

① 土中に浸透せず、地表面を流れてすぐに流出するもの（表面流出）
② 表層近くの土中に浸透し、一定時間をおいて流出するもの（表層浸透流出）
③ 浸透水が岩盤（母岩）にまで達して、②よりさらに長い時間貯留されたのち流出するもの（地下水流出）

土壌雨量指数は、気象庁による手法と同様に図 3.1 の各タンクに残っている水分量（貯留量）の合計で求める。

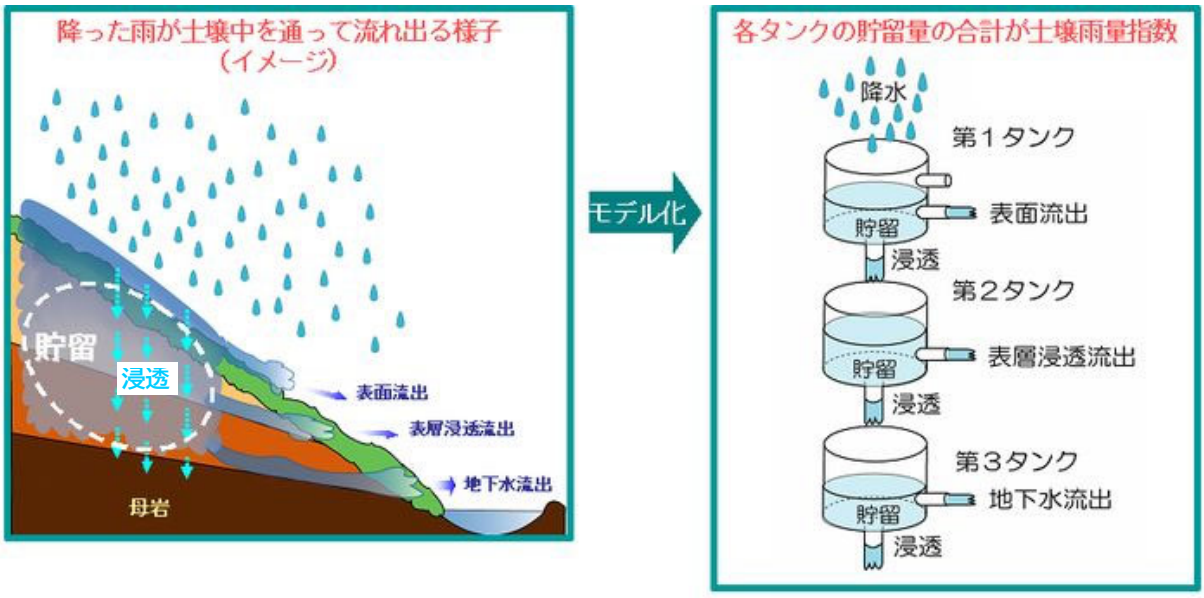


図 3.1　土壌雨量指数のイメージ（気象庁ホームページより）

なお、土壌雨量指数の算出方法や土壌雨量指数の計算に利用するタンクモデルの留意点を気象庁ホームページより引用し図 3.2 に示す。

【土壌雨量指数の計算式】

気象庁では図 a に示す Ishihara & Kobatake(1979)の直列 3 段タンクモデルを用いています。

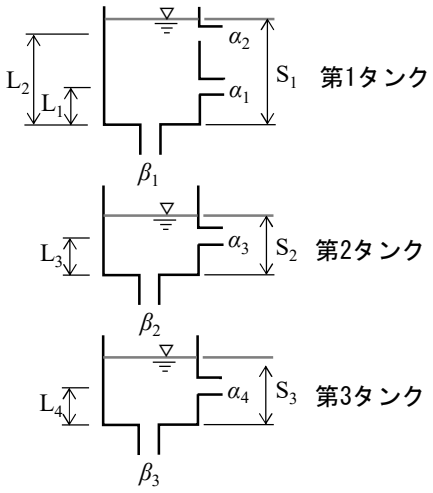


図 a　直列 3 段タンクモデル

土壌雨量指数の指数値は、各タンクの貯留高の和（$=S_1+S_2+S_3$）で定義します。

各タンクの貯留高（S_i：i=1,2,3）の計算式は以下のとおりです。

$$S_1(t+\Delta t)=(1-\beta_1\Delta t)\cdot S_1(t)-q_1(t)\cdot\Delta t+R$$

$$S_2(t+\Delta t)=(1-\beta_2\Delta t)\cdot S_2(t)-q_2(t)\cdot\Delta t+\beta_1\cdot S_1(t)\cdot\Delta t$$

$$S_3(t+\Delta t)=(1-\beta_3\Delta t)\cdot S_3(t)-q_3(t)\cdot\Delta t+\beta_2\cdot S_2(t)\cdot\Delta t$$

S_1、S_2、S_3　：各タンクの貯留高

β_1、β_2、β_3　：各タンクの浸透流出孔の浸透係数

q_1、q_2、q_3　：各タンクの側面孔からの流出量

ここで、時間刻み Δt は 10 分とし、R は解析あるいは予想される 10 分間当たりの降雨量です。

各タンクの側面孔からの流出量（q_i：i=1,2,3）は以下のように記述されます。なお、計算結果がマイナスになる場合は、流出量はゼロとしています。

$$q_1(t)=\alpha_1\{S_1(t)-L_1\}+\alpha_2\{S_1(t)-L_2\}$$

$$q_2(t)=\alpha_3\{S_2(t)-L_3\}$$

$$q_3(t)=\alpha_4\{S_3(t)-L_4\}$$

α_1、α_2、α_3、α_4　：各流出孔の流出係数

L_1、L_2、L_3、L_4　：各流出孔の高さ

各パラメータ（流出孔の高さ、流出係数、浸透係数）は表 a のとおりです。

図 3.2(1)　土壌雨量指数の計算式および土壌雨量指数の計算に利用する
タンクモデルの留意点（気象庁ホームページより）

表 a　タンクモデルのパラーメータ

	一段目	二段目	三段目
流出孔の高さ(mm)	L_1＝15 L_2＝60	L_3＝15	L_4＝15
流出係数 (1/hr)	α_1＝0.1 α_2＝0.15	α_3＝0.05	α_4＝0.01
浸透係数 (1/hr)	β_1＝0.12	β_2＝0.05	β_3＝0.01

（Ishihara & Kobatake(1979)による）

＜土壌雨量指数の計算に利用するタンクモデルの留意点＞

土壌雨量指数の計算に利用する「タンクモデル」には、以下の留意点があります。

①全国一律のパラメータを用いており、個々の傾斜地における植生、地質、風化等を考慮していません。

②比較的表層の地中をモデル化したものです。従って、深層崩壊や大規模な地滑りなどにつながるような地中深い状況を対象としたものではありません。

③降水は雨／雪に関わらず即時に第 1 タンクへ流入します。降った雪が積雪として地表に蓄えられる過程やこれが融けて地中に浸み込む過程は考慮していません。

〔参考文献〕

Ishihara, Y. and S. Kobatake (1979): Runoff Model for Flood Forecasting, Bull.D.P.R.I., Kyoto Univ., 29, 27-43

図 3.2(2)　土壌雨量指数の計算式および土壌雨量指数の計算に利用する
タンクモデルの留意点（気象庁ホームページより）

3.2.2　土砂災害発生危険基準線（CL）とは

土砂災害発生危険基準線（CL：クリティカルライン、以下 CL と呼ぶ）とは、土砂災害警戒情報を発表するための基準値で、過去に発生した土砂災害と発生時の降雨状況等を基に、土砂災害が発生してもおかしくない境界を示したものである。

CL の設定は、「国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法（案）」（国土交通省河川局砂防部　気象庁予報部　国土交通省国土技術政策総合研究所，2005 年 6 月）において提案されている手法をもとに行われている。

具体的には、都道府県と気象庁が、過去の降雨状況と災害履歴から平面的に 1km メッシュに区切った地域を設定後、各地域の CL を算出したものが、各都道府県のホームページで公開されている（なお、2019 年 6 月から、従来の 5km メッシュの土壌雨量指数から 1km メッシュの土壌雨量指数の利用を開始）。

ただし、自然的、社会的条件等の観点から勘案して、土砂災害の危険性が認められない降雨メッシュについては、CL 適用地域から除外することになっている。

公開されている CL は、おおよそ図 3.3 のようになっており、「60 分間の積算雨量」と「土壌雨量指数」の関係で表現され、図の赤実線が CL である。

ここに、ある降雨の状況をプロットするとき、赤破線のように 1 時間毎の降雨量と土壌雨量指数の関係が折れ線で示される。折れ線は蛇のような形状のためスネークラインと呼ばれる。降雨が強まるとスネークラインは図の右上方向に延び、弱まると原点方向へ下がる。降雨が弱まっても、土壌中に水分が貯留されるため、土壌雨量指数はすぐには下がらない。

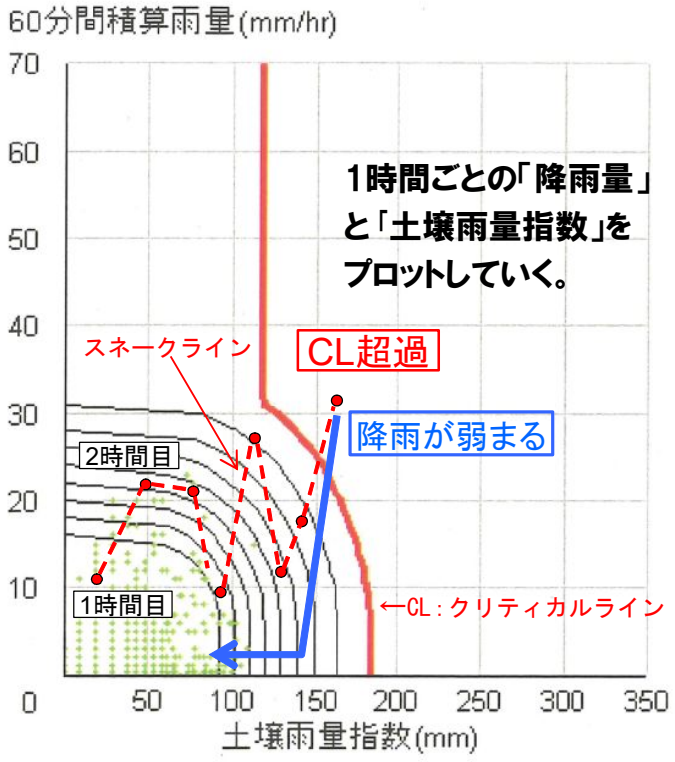


図 3.3　土砂災害発生危険基準線（CL：クリティカルライン→赤の実線）の例

3.3　降雨による斜面災害と土壌雨量指数の関連

本検討は災害発生時刻が特定できた降雨による土砂災害事例を基に、土砂災害現場における災害発生時の土壌雨量指数や地形地質的な特徴および傾向を整理し、道路管理における土壌雨量指数の有効性について検討する。

3.3.1　斜面災害事例収集

土砂災害 WG では 2008～2014 年の活動において、災害発生時刻が特定できた降雨による土砂災害（9 事例）と土壌雨量指数の関連性を検討し、概ね土壌雨量指数 100 以上で崩壊に至ることが確認されたことから、土壌雨量指数が道路管理基準の指標として有効であることを報告している。

また、降雨による土砂災害に関しては、過年度の活動以降も災害が頻発しており、降雨による土砂災害に関するデータが蓄積されている。

以上を踏まえ 2020 年度以降は、過去 10 年の災害申請を行った土砂災害事例の中から、切土のり面災害、自然斜面災害、土石流災害について全 31 箇所を抽出し、これらの災害事例より斜面災害と土壌雨量指数の関連性について検討した。

収集したデータの位置図を図 3.4 に示し、また収集箇所の詳細は表 3.2 のとおりである。

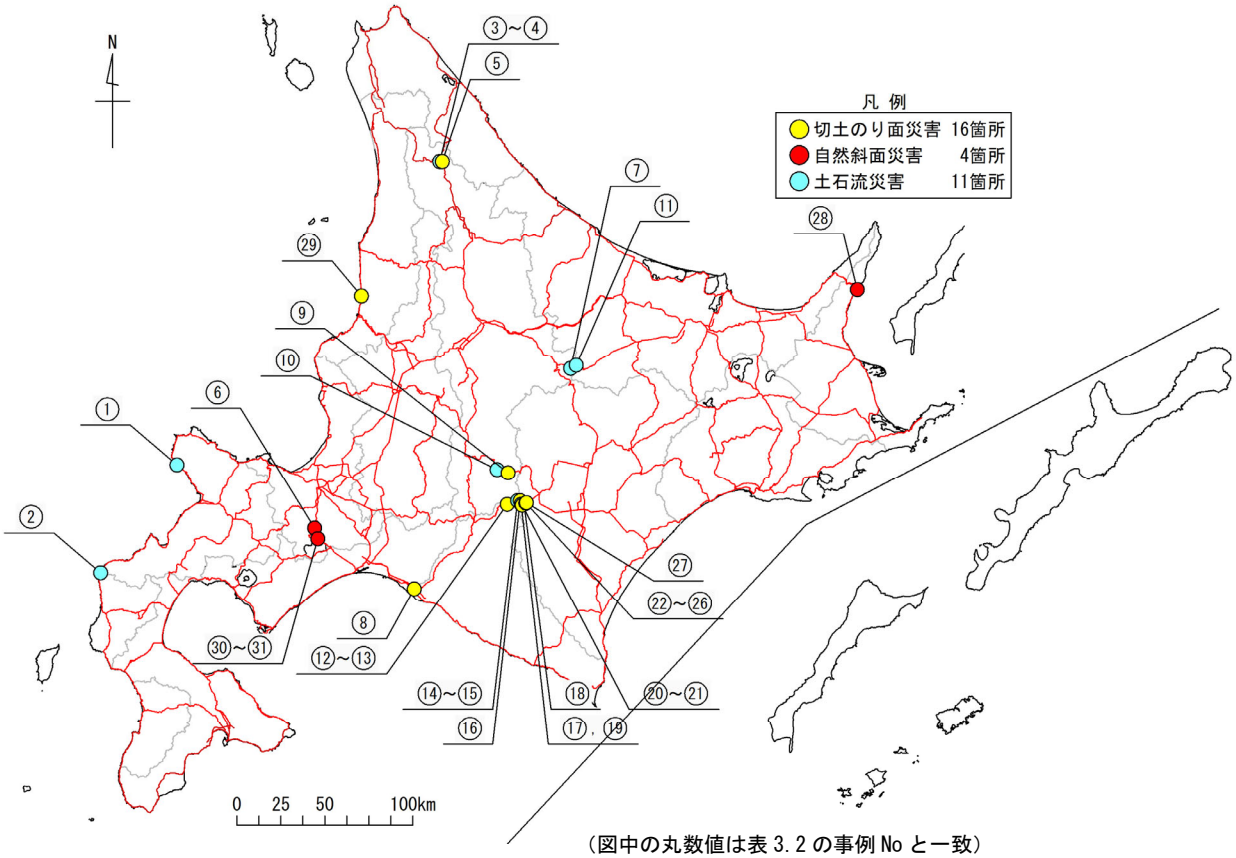


図 3.4　降雨による斜面災害事例収集箇所図

表 3.2(1)　斜面災害収集事例一覧表

No	発生日時			場所				被災形態	災害発生時の降雨状況				主な基盤地質	
	発生年	発生日	発生時刻	地名	開建	路線（一般国道）	距離票（km）		TM観測所	土壌雨量指数	連続雨量（mm）	時間雨量（mm/h）		
1	2010	7月29日	9:20	古平郡神恵内村大字珊内村	小樽	229号	64.565～66.789	土石流	大森TM	80.5	66	22	新第三紀火山砕屑岩	
2	2010	7月29日	10:46	島牧郡島牧村字持田	小樽	229号	186.771～186.912	土石流	須築TM	105	90	27	新第三紀火山砕屑岩	
3	2010	8月13日	23:15	中川郡音威子府村字物満内	旭川	40号	130.180～130.233	土石流	音威子府TM	116.5	75	62	蛇紋岩	平成22年8月豪雨災害
4	2010	8月13日	23:15	中川郡音威子府村字物満内	旭川	40号	130.618～130.656	土石流	音威子府TM	116.5	75	62	蛇紋岩	
5	2010	8月13日	23:15	中川郡音威子府村字物満内	旭川	40号	130.974～131.010	切土のり面崩壊	音威子府TM	116.5	75	62	蛇紋岩	
6	2014	9月11日	6:00	恵庭市国有林57林班	札幌	453号	25.5439～25.5604	自然斜面崩壊	北奥漁TM	256.6	31.6	68	溶結凝灰岩	
7	2016	8月22日	0:00	上川郡上川町字層雲峡国有林61林班	旭川	39号	86.347～86.375	土石流	カルシュナイTM	125	103	21	粘板岩	
8	2016	8月23日	12:00	沙流郡日高町富川字平賀	室蘭	日高自動車道（235号）	37.116～37.143	切土のり面崩壊	みどり橋1TM	162.6	76	40	新第三紀堆積岩	
9	2016	8月30日	20:00	空知郡南富良野町字落合	旭川	38号	109.460～109.600	切土のり面崩壊	狩勝峠TM	151.8	217	16	段丘堆積物	
10	2016	8月30日	22:00	空知郡南富良野町字幾寅	旭川	38号	102.835～102.874	土石流	狩勝峠TM	176.4	255	24	白亜紀堆積岩	
11	2016	8月31日	8:50	北見市留辺蘂町富士見	網走	39号	94.120～94.650	土石流	イトムカTM	122.7	171	4	粘板岩	
12	2016	8月31日	0:00	沙流郡日高町字千栄国有林57林班	室蘭	274号	146.079～146.151	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	深成岩	日勝峠災害
13	2016	8月31日	0:00	沙流郡日高町字千栄国有林57林班	室蘭	274号	146.370～146.450	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	深成岩	
14	2016	8月31日	0:00	沙流郡日高町字千栄国有林68林班	室蘭	274号	151.370～151.440	土石流	日勝峠TM	278.2	460	55	深成岩	
15	2016	8月31日	0:00	沙流郡日高町字千栄国有林68林班	室蘭	274号	151.561～152.790	土石流	日勝峠TM	278.2	460	55	深成岩	
16	2016	8月31日	0:00	沙流郡日高町字千栄国有林70林班	室蘭	274号	153.181～153.286	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	深成岩	

切土のり面災害	16箇所
自然斜面災害	4箇所
土石流災害	11箇所

表 3.2(2)　斜面災害収集事例一覧表

No	発生日時			場所				被災形態	災害発生時の降雨状況				主な基盤地質
	発生年	発生日	発生時刻	地名	開建	路線（一般国道）	距離票（km）		TM観測所	土壌雨量指数	連続雨量（mm）	時間雨量（mm/h）	
17	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林23林班	帯広	274号	156.467～156.812	土石流	日勝峠TM	278.2	460	55	深成岩
18	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林24林班	帯広	274号	157.763～157.869	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
19	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林24林班	帯広	274号	158.500～159.163	土石流	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
20	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林24林班	帯広	274号	159.565～159.594	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
21	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林25林班	帯広	274号	159.990～160.272	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
22	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林25林班	帯広	274号	161.005～161.188	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
23	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林25林班	帯広	274号	161.413～161.430	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
24	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林25林班	帯広	274号	161.855～161.886	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
25	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林26林班	帯広	274号	162.500～162.527	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
26	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林26林班	帯広	274号	163.030～163.232	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
27	2016	8月31日	0:00	上川郡清水町字清水国有林25林班	帯広	274号	166.562～166.611	切土のり面崩壊	日勝峠TM	278.2	460	55	風化花崗岩
28	2016	9月9日	20:00	目梨郡羅臼町礼文町	釧路	335号	2.550～2.643	自然斜面崩壊	春日TM	108.7	118	2	新第三紀堆積岩
29	2018	7月3日	6:15	留萌郡小平町花岡	留萌	232号	115.018～115.059	切土のり面崩壊	花岡TM	133.3	134	24	新第三紀堆積岩
30	2018	9月5日	10:00発見時	千歳市幌美内	札幌	453号	41.517～41.562	自然斜面崩壊	北奥漁TM	172.5	215	51	降下軽石堆積物
31	2018	9月6日	6:30発見時	千歳市幌美内	札幌	453号	39.895～39.959	自然斜面崩壊	北奥漁TM	172.5	215	51	降下軽石堆積物

日勝峠災害

切土のり面災害	16箇所
自然斜面災害	4箇所
土石流災害	11箇所

3.3.2　土壌雨量指数と土砂災害の関連

過年度活動（2008～2014 年度）の 9 事例と新規に収集した災害申請を行った土砂災害事例（31 事例）について、災害発生時の土壌雨量指数に着目し図 3.5 に示す時間雨量と土壌雨量指数の関係図を作成した。なお、図 3.5 の作成に際し、災害発生時に降雨が観測されていない事例（No.30, 31）では、CL 近接値を採用するものとし、さらに CL の設定が無い箇所（No.7，8，9）では被災前の時間雨量最大値の土壌雨量指数をプロットした。

これによると、土壌雨量指数が概ね 100 を超えてから災害が発生しており、過年度活動報告と同様の傾向が確認できた。

なお、ここで用いた降雨データは、過年度災害については災害箇所近傍のアメダスを、新規の災害については、近傍のテレメータを用いた。

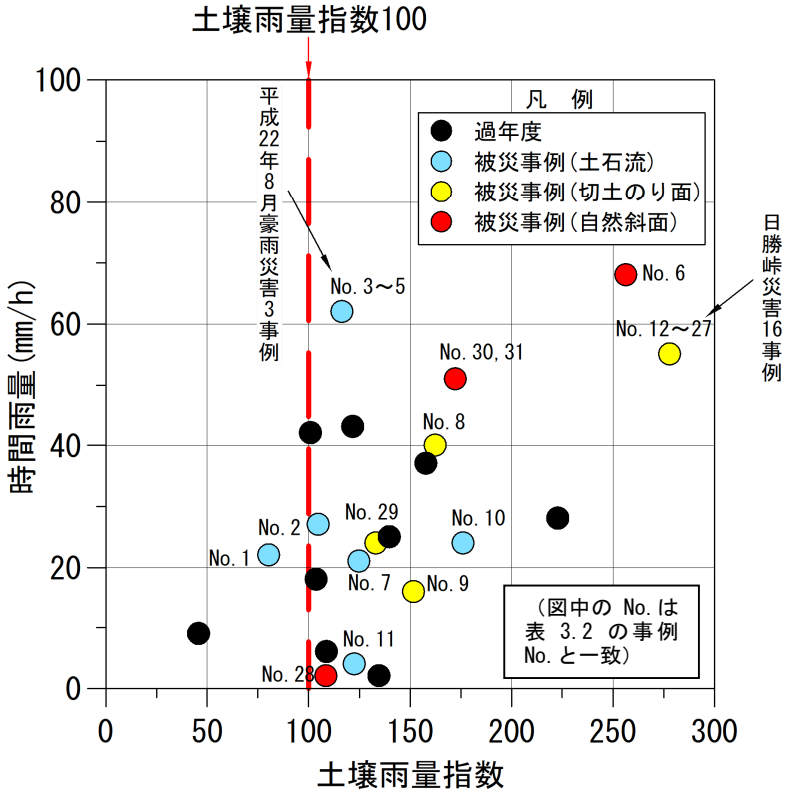


図 3.5　時間雨量と土壌雨量指数の関係

3.3.3　土砂災害と土壌雨量指数の関連における地質による傾向

ここでは、土砂災害と土壌雨量指数の関連について地質による傾向を整理した。

なお、各被災箇所の地質条件は、「災害申請資料」や「北海道地方土木地質図および同解説書，一社）応用地質学会北海道支部，2017 年 5 月」を参考に設定した。

この結果、「新第三紀火山砕屑岩」「新第三紀堆積岩」および「未固結層（崖錐堆積物、段丘堆積物）」は土壌雨量指数が比較的小さくても崩壊にいたる傾向が見られた。一方、風化花崗岩や深成岩は記録的豪雨となった日勝峠災害のみ被災事例が確認された（図 3.6 参照）。

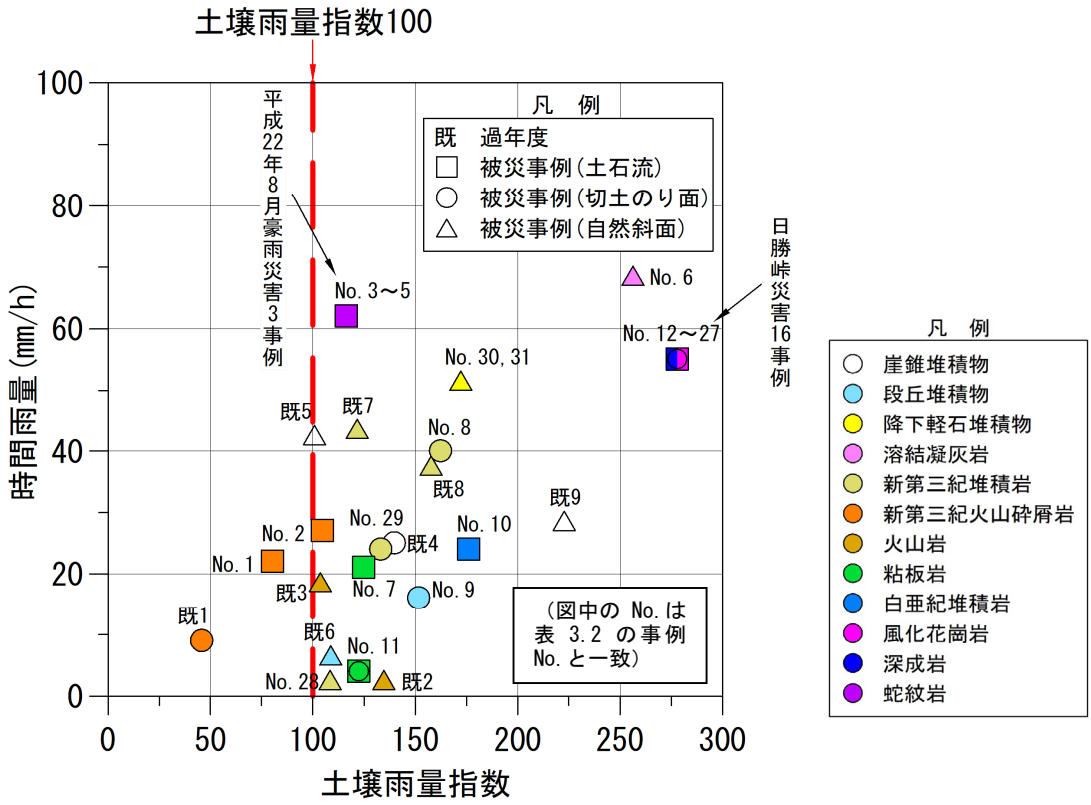


図 3.6　地質別に見た時間雨量と土壌雨量指数の関係

また、地質条件による傾向の内、道路等に堆積した崩積土に着目して土砂災害と土壌雨量指数の関連について整理した（図 3.7 参照）。

これによると、崩積土の土質分類では特に関連する傾向が見られなかった。

その要因として、崩積土の土質分類は災害申請資料に記載されている情報をもとに区分している。これは、被災直後の現地確認時に目視で判定した土質分類であるため、室内土質試験等で定量的に判定された土質分類でないことが考えられる。

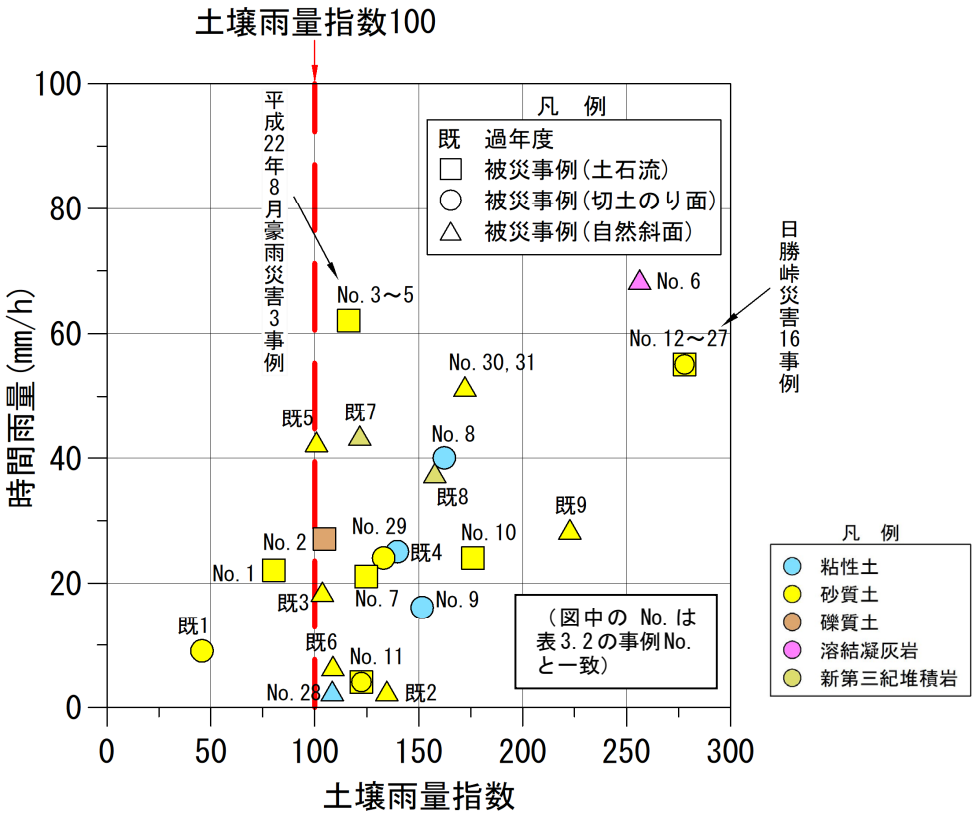


図 3.7　崩積土別に見た時間雨量と土壌雨量指数の関係

3.3.4　土砂災害と土壌雨量指数の関連における地形による傾向

ここでは、土砂災害と土壌雨量指数の関連について地形による傾向を整理した。

図 3.8 には地質別に見た時間雨量と土壌雨量指数の関係に、地すべり地形箇所（赤枠）を明記したものを示す。

これによると、国立研究開発法人防災科学技術研究所の地すべり地形分布図から、比較的崩壊規模の大きい今回収集データでは 31 箇所の内 9 箇所（日勝峠災害を除く 15 箇所の内 7 箇所）が地すべり地形または沢部上流に地すべり地形が分布していることが明らかとなった。一方、地すべり地形の有無による災害発生時の降雨状況（時間雨量および土壌雨量指数）に明瞭な違いは見られなかった。

また、図 3.9 には切土のり面と自然斜面を対象に崩壊箇所の斜面勾配による傾向を整理しているが、これに関しても降雨状況（時間雨量および土壌雨量指数）の関連性は見られなかった。

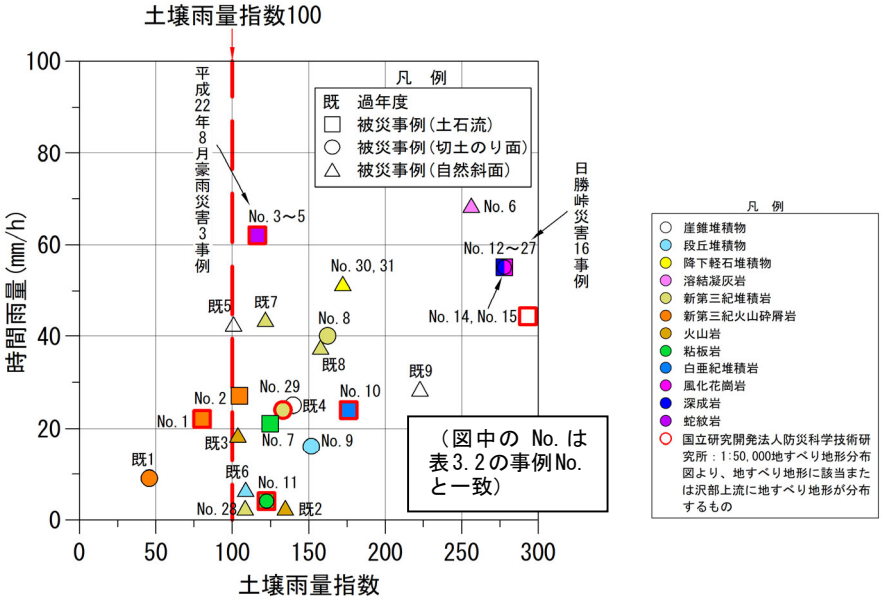


図 3.8　地質別に見た時間雨量と土壌雨量指数の関係（地すべり地形箇所明記）

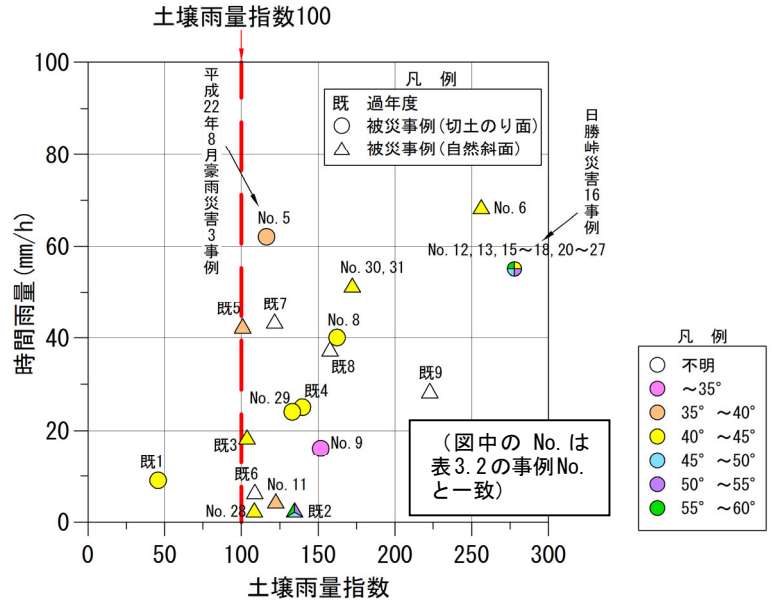


図 3.9　切土のり面および自然斜面の斜面勾配別に見た時間雨量と土壌雨量指数の関係

3.3.5 地形地質によるタイプ分類

2016 年発刊の道路管理技術委員会報告書（その 6）では、地形地質パターンの違いによって、以下のようにタイプ分類を行っている。

地形地質タイプ A：斜面上部の段丘堆積物が表層崩壊し流走したもの
地形地質タイプ B：厚い未固結な堆積物が崩壊を起こしたもの
地形地質タイプ C：基盤岩が火成岩で山腹斜面や段丘崖の斜面堆積物（崖錐堆積物、表土、強風化岩盤等）が表層崩壊したもの
地形地質タイプ D：基盤岩が堆積岩で山腹斜面や段丘崖の斜面堆積物（崖錐堆積物、表土、強風化岩盤等）が表層崩壊したもの

本報告書では、過年度の事例に加え、新たに収集した災害申請を行った土砂災害事例(31 事例）の中から降雨データ（テレメータデータ）が欠損している日勝峠災害や土石流災害を除いた自然斜面、および切土のり面災害（8 事例）を対象にタイプ分類を行った（表 3.3 参照)。分類結果は表 3.4、図 3.10 に示すとおりであり、図 3.11 には各事例について地形地質タイプ別における災害発生時の土壌雨量指数を示した。

これによるといずれの地形地質タイプ（A、B、C、D）においても土壌雨量指数 100 以上で崩壊した事例が多いものの、タイプ A、C、および D では一部の被災事例で土壌雨量指数 100 未満でも崩壊した事例が見られる。

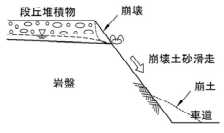
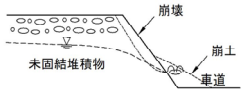
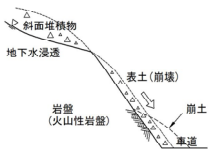
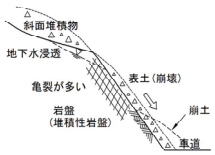
特にタイプ D では 2013 年に留萌地域において、土壌雨量指数 100 未満でも災害が発生した事例はあるが、その後は 100 未満で大規模な斜面崩壊の事例がない。

これは、タイプ D の基盤岩である堆積岩は風化の形態から亀裂に沿って降雨水が浸透しやすい地質であることが特徴であり、このことが他の地形地質タイプよりも少ない雨量で崩壊しやすい要因の 1 つと考えられる。また、留萌地域を含む道北地方は比較的降雨量が少ない地方であったが、2012 年頃までの豪雨により潜在的に崩壊しないで残っていた箇所が 2013 年に崩壊した可能性がある。そのため、近年は土壌雨量指数 100 未満で崩壊している事例が減少していると考えられる。

表 3.3　地形地質によるタイプ分類検討データ一覧表

	地域	番号	地形地質タイプ	場所		観測所	土壌雨量指数	連続雨量	時間雨量	崩壊発生日
過年度事例	函館	2011①	C	せたな町	R229　KP=200.3	瀬棚	92	109.0	26.5	2010/7/29 時刻不明
	函館	2011②	A	せたな町	R229　KP=192.271	瀬棚	112	114.5	15.5	2011/7/16時刻不明
	函館	2011③	D	乙部町豊浜	R229　KP=269.3	潮見	142	203.0	42.5	2010/8/12 時刻不明
	函館	2011④	B	上ノ国町汐吹	R228　KP=133.93	石崎	154	99.0	34.0	2008/8/3 17:28
	函館	2011⑤	A	乙部町鳥山	R229　KP=277.6～279.3	潮見	142	203.0	42.5	2010/8/12時刻不明
	室蘭	2012⑥	C	平取町岩知志	R237号KP=136.1	仁世宇	223	235.0	46.0	2006/8/19 2:00
	室蘭	2012⑨	A	新ひだか町	R235号近傍民家裏山	静内	114	90.0	12.0	2000/5/15 1:10
	室蘭	2012⑩	A	浦河町	R236号浦河町月寒	浦河	64	40.5	19.5	2009/7/27時刻不明
	留萌	2013⑪	D	増毛町阿分	R231号KP=120	増毛	87	76.0	49.5	2012/8/26 20:00
	留萌	2013⑫	D	小平町臼谷	R232　KP=119.8	留萌	97	71.0	35.0	2012/8/1 2:00
	留萌	2013⑬	D	小平町鬼泊	R232　KP=115	留萌	96	113.0	21.0	2011/9/3時刻不明
	留萌	2013⑭	D	苫前町霧立	R239KP=154.65	古丹別	70	48.5	14.0	2012/8/1 2:00
	留萌	2013⑯	A	初山別村金駒内	R232　KP=56.04～56.58	初山別	110	98.0	67.5	2010/8/14時刻不明
新規事例	旭川	2020⑤	B	中川郡音威子府村字物満内	R40　KP=130.974-131.010	音威子府TM	116.5	75	62	2010/8/13 23:15
	札幌	2020⑥	D	恵庭市国有林57林班	R453　KP=25.5439-25.5604	北奥漁TM	256.6	316	68	2014/9/11 6:00
	室蘭	2020⑧	A	沙流郡日高町富川字平賀	R235　KP=37.116-37.143	みどり橋1TM	162.6	76	40	2016/8/23 12:00
	旭川	2020⑨	A	空知郡南富良野町字落合	R38　KP=109.460-109.600	狩勝峠TM	151.8	217	16	2016/8/30 20:00
	釧路	2020㉘	D	目梨郡羅臼町礼文町	R335　KP=2.550-2.643	春日TM	99.8	97	12	2016/9/9 20:00
	留萌	2020㉙	D	留萌郡小平町花岡	R232　KP=115.018-115.059	花岡TM	133.3	134	24	2018/7/3 6:15
	札幌	2020㉚	B	千歳市幌美内	R453　KP=41.517-41.562	北奥漁TM	172.5	215	51	2018/9/5 10:00発見
	札幌	2020㉛	B	千歳市幌美内	R453　KP=39.895-39.959	北奥漁TM	172.5	215	51	2018/9/6 6:30発見

表 3.4　地形地質によるタイプ分類

タイプ	地形地質タイプA	地形地質タイプB	地形地質タイプC	地形地質タイプD
場所	2011②→R229（せたな） 2011⑤→R229（乙部町鳥山） 2012⑨→R235（新ひだか） 2012⑩→R236（浦河町月寒） 2013⑯→R232（初山別金駒内） 2020⑧→R235（日高町富川平賀） 2020⑨→R38（南富良野町落合）	2011④→R228（上ノ国町潮吹） 2020⑤→R40　（音威子府村物満内） 2020㉚→R453（千歳市幌美内） 2020㉛→R453（千歳市幌美内）	2011①→R229（せたな） 2012⑥→R237（平取町岩知志）	2011③→R229（乙部町豊浜） 2013⑪→R231（増毛町阿分） 2013⑫→R232（小平町臼谷） 2013⑬→R232（小平町鬼泊） 2013⑭→R239（苫前町霧立） 2020⑥→R453（恵庭市国有林57林班） 2020㉘→R335（羅臼町礼文） 2020㉙→R232（小平町花岡）
地形 地質的特徴	・急崖な岩盤斜面の上部に段丘堆積物が分布 ・概ね集水地形 ・上部の段丘堆積物が崩壊 ・崩壊規模は大きくないが，高い位置から崩土が滑落（滑走）するため，土砂が車道まで達する	・厚い土砂(段丘堆積物・火山灰等）の切土斜面 ・集水地形 ・比較的崩壊土量が多く崩土が車道まで達する	・急崖な火山性の岩盤斜面に表土(崖錐堆積物）が分布 ・集水地形 ・表土または強風化岩盤のみが薄く崩壊 ・比較的崩壊深度は浅く規模は小さい	・急崖な堆積性の岩盤斜面に表土(崖錐堆積物）が分布 ・集水地形および非集水地形 ・表土または強風化岩盤のみが薄く崩壊 ・比較的崩壊深度は浅く規模は小さい
パターン 模式図				
土壌雨量指数	64～162.6	154～172.5	92～223	70～256.6

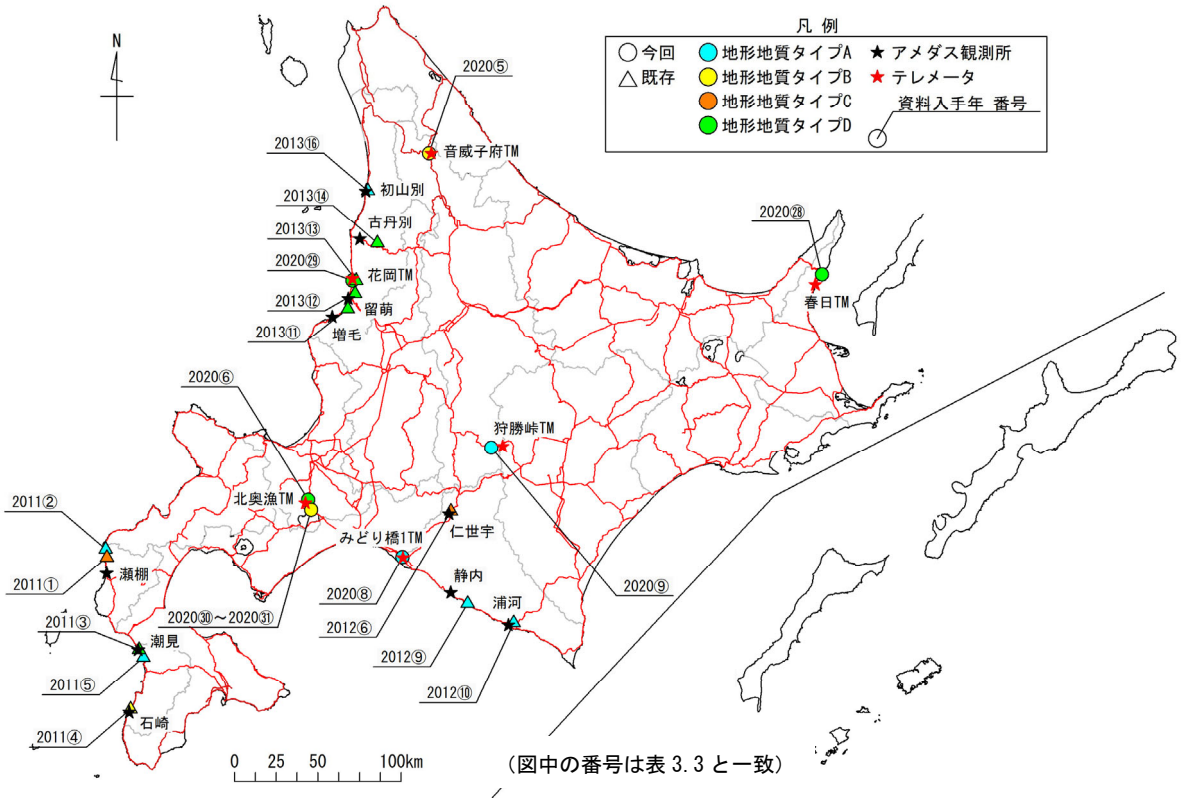


図 3.10　地形地質によるタイプ分類位置図

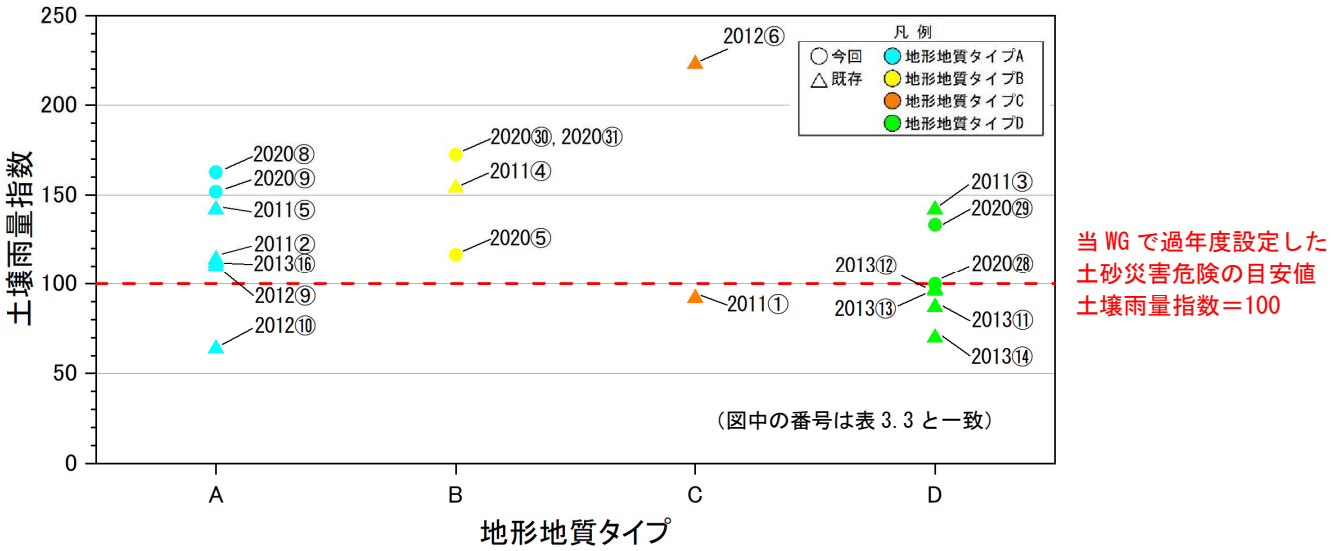


図 3.11　地形地質タイプと災害発生時の土壌雨量指数

3.4　道路管理における土壌雨量指数の活用

本検討は土壌雨量指数を道路管理における大雨時の初動体制構築や解除時等の参考値として活用できるかについて検討するものである。

3.4.1　大雨時の初動体制構築の参考値としての活用検討

(1) 道内の TM（テレメータ）における過去 20 年の土壌雨量指数履歴からの検討

令和 5 年度（公社）日本地すべり学会北海道支部・北海道地すべり学会特別講演および研究発表会予稿集「太田英将：実測値のみを用いた斜面解析と対策工，2023 年」によると、崩壊があった場所を検証すると土壌雨量指数履歴順位第 1 位～3 位の時に崩壊していることが極めて多いと報告している。

また、本 WG において 3.3.1 で収集した比較的災害規模の大きい災害申請を行った事例の大半で、災害発生時の土壌雨量指数は歴代 1 位を記録していることが分かる（表 3.5 参照）。

表 3.5　収集事例における災害発生時の土壌雨量指数歴代順位

No	発生日時			場所				被災形態	降雨状況		過去20年の降雨状況から見た災害発生時の降雨イベントにおける土壌雨量指数歴代順位
	発生年	発生日	発生時刻	地名	開建	路線（一般国道）	距離票（km）		TM観測所	降雨イベントにおける土壌雨量指数最大値	
R2①	2010	7月29日	9:20	古平郡神恵内村大字珊内村	小樽	229号	64.565～66.789	土石流	大森TM	140	1
R2②	2010	7月29日	10:46	島牧郡島牧村字持田	小樽	229号	186.771～186.912	土石流	須築TM	115.9	2
R2③	2010	8月13日	23:15	中川郡音威子府村字物満内	旭川	40号	130.180～130.233	土石流	音威子府TM	136.9	1
R2④	2010	8月13日	23:15	中川郡音威子府村字物満内	旭川	40号	130.618～130.656	土石流	音威子府TM	136.9	1
R2⑤	2010	8月13日	23:15	中川郡音威子府村字物満内	旭川	40号	130.974～131.010	切土のり面崩壊	音威子府TM	136.9	1
R2⑥	2014	9月11日	6:00	恵庭市国有林57林班	札幌	453号	25.5439～25.5604	自然斜面崩壊	北奥漁TM	274.4	1
R2⑦	2016	8月22日	0:00	上川郡上川町字層雲峡国有林61林班	旭川	39号	86.347～86.375	土石流	カルシュナイTM	142.7	1
R2⑧	2016	8月23日	12:00	沙流郡日高町富川字平賀	室蘭	日高自動車道(235号)	37.116～37.143	切土のり面崩壊	みどり橋1TM	197.1	1
R2⑨	2016	8月30日	20:00	空知郡南富良野町字落合	旭川	38号	109.460～109.600	切土のり面崩壊	狩勝峠TM	220.5	1
R2⑩	2016	8月30日	22:00	空知郡南富良野町字幾寅	旭川	38号	102.835～102.874	土石流	狩勝峠TM	220.5	1
R2⑪	2016	8月31日	8:50	北見市留辺蘂町富士見	網走	39号	94.120～94.650	土石流	イトムカTM	124.9	1
R2㉘	2016	9月9日	20:00	目梨郡羅臼町礼文町	釧路	335号	2.550～2.643	切土のり面崩壊	春日TM	110.8	1
R2㉙	2018	7月3日	6:15	留萌郡小平町花岡	留萌	232号	115.018～115.059	切土のり面崩壊	花岡TM	133.3	1
R2㉚	2018	9月5日	10:00 発見時	千歳市幌美内	札幌	453号	41.517～41.562	自然斜面崩壊	北奥漁TM	187.3	4
R2㉛	2018	9月6日	6:30 発見時	千歳市幌美内	札幌	453号	39.895～39.959	自然斜面崩壊	北奥漁TM	187.3	4

切土のり面災害
自然斜面災害
土石流災害

（TM データ欠損箇所や地震災害は除く）

さらに、図 3.12 と図 3.13 には、2023 年度現地 WG 対象災害である国道 232 号花岡災害（2018 年 7 月 3 日発災：花岡 TM）、力昼災害（2014 年 8 月 5 日発災：上平 TM）について過去の降雨状況を整理した。

これによると、いずれも 2000 年以降では土壌雨量指数 1 位の時の降雨で災害が発生しており上記報告と合致する。特に花岡災害では 2018 年 7 月 3 日災害発生以前にも降雨イベントで土壌雨量指数の歴代 1 位が更新され、その都度斜面変状が発生している。このことからも歴代 1 位の土壌雨量指数に着目することは道路管理における大雨時の初動体制構築の参考値として有効であることが伺える。

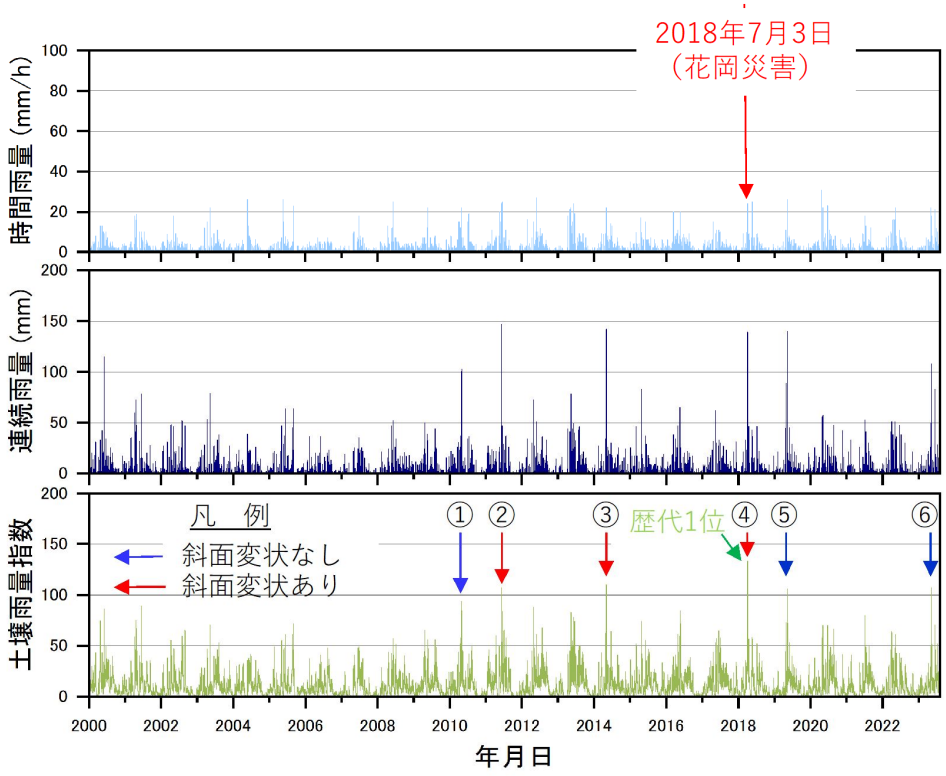


図 3.12　2000 年以降の降雨状況（国道 232 号花岡災害：花岡 TM）

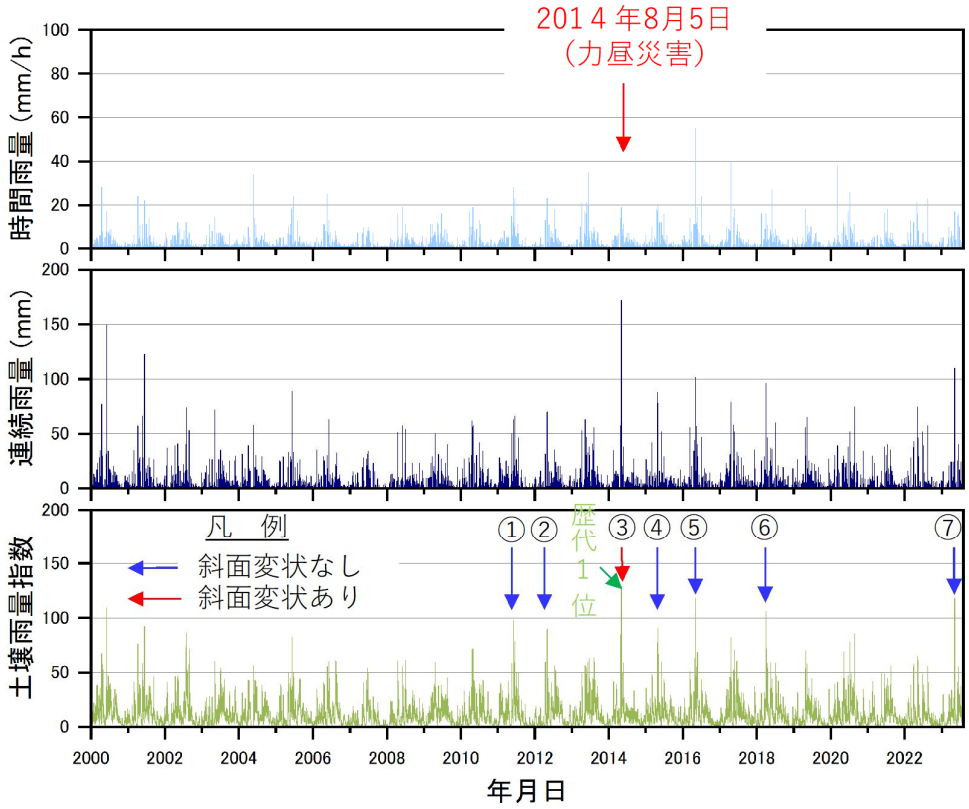


図 3.13　2000 年以降の降雨状況（国道 232 号力昼災害：上平 TM）

以上のように過去の被災実績を考慮すると土壌雨量指数履歴順位は斜面崩壊の危険性を想定できる可能性が示唆された。本検討では上記の被災実績と土壌雨量指数履歴順位の傾向を踏まえ、降雨データに特化して全道の TM290 箇所（欠測地点除く）について 2000～2022 年の土壌雨量指数を算出し、歴代 3 位までの値を整理した。

この結果は図 3.14～図 3.16 のそれぞれの歴代順位に応じた土壌雨量指数コンター図に示すとおりであり、これにより過去の降雨履歴から各地域での雨慣れの概況を把握でき、道路管理を行う際の初動体制構築の判断材料の 1 つとして用いることができる可能性がある。

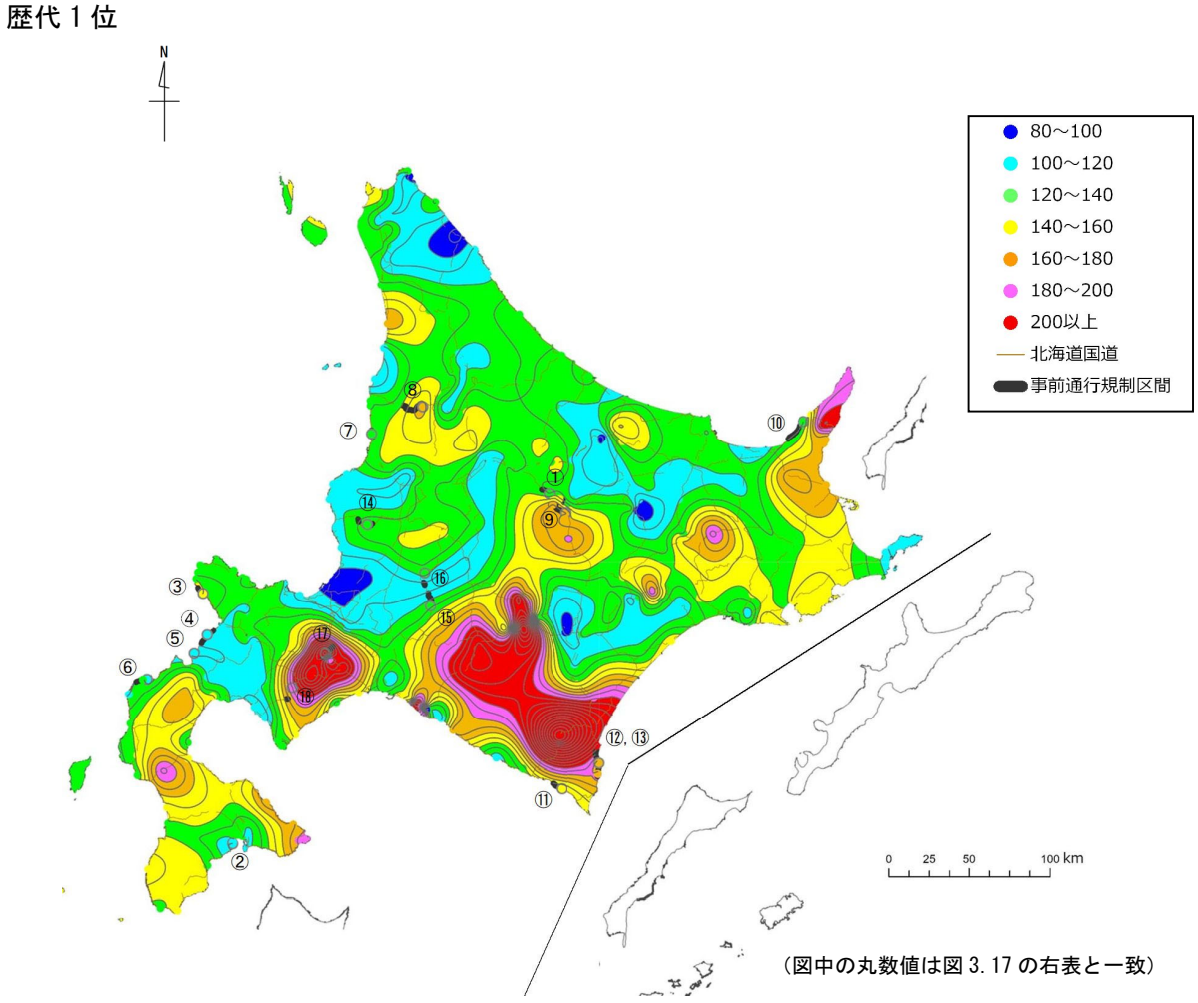


図 3.14　土壌雨量指数歴代 1 位コンター図

歴代 2 位

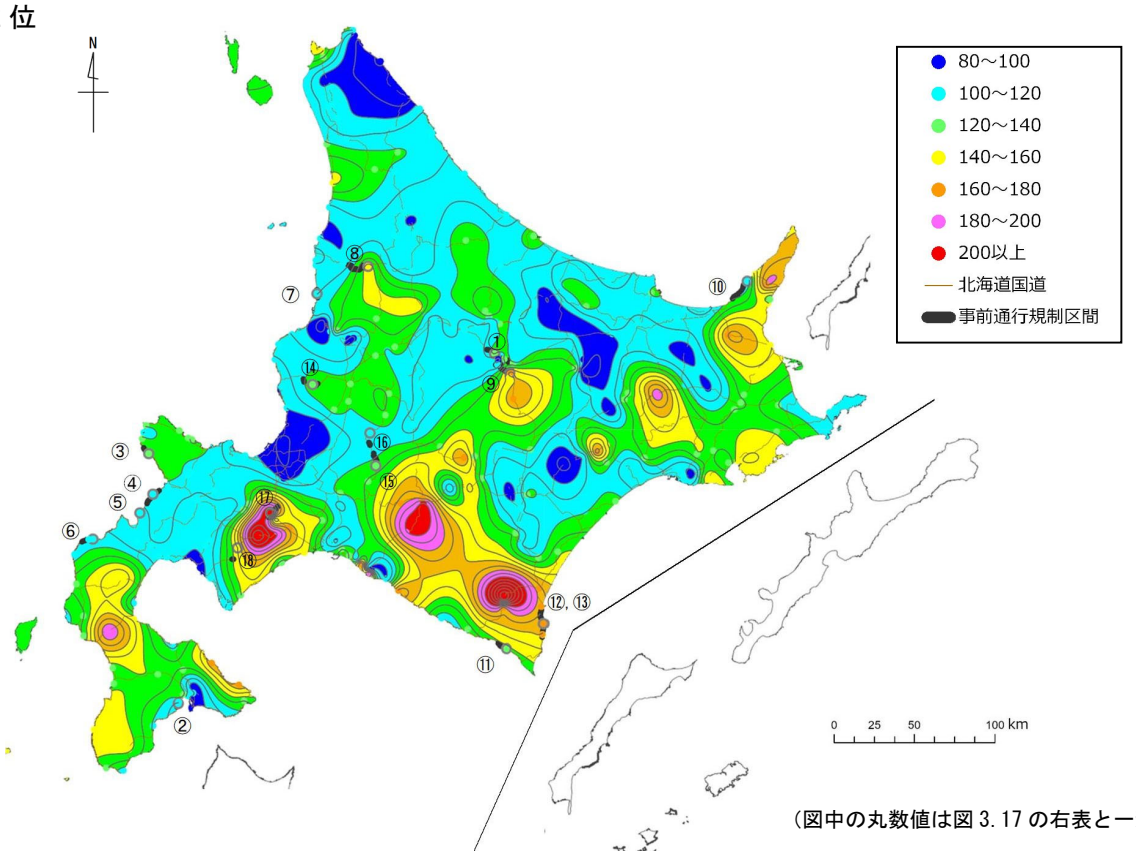


図 3.15　土壌雨量指数歴代 2 位コンター図

歴代 3 位

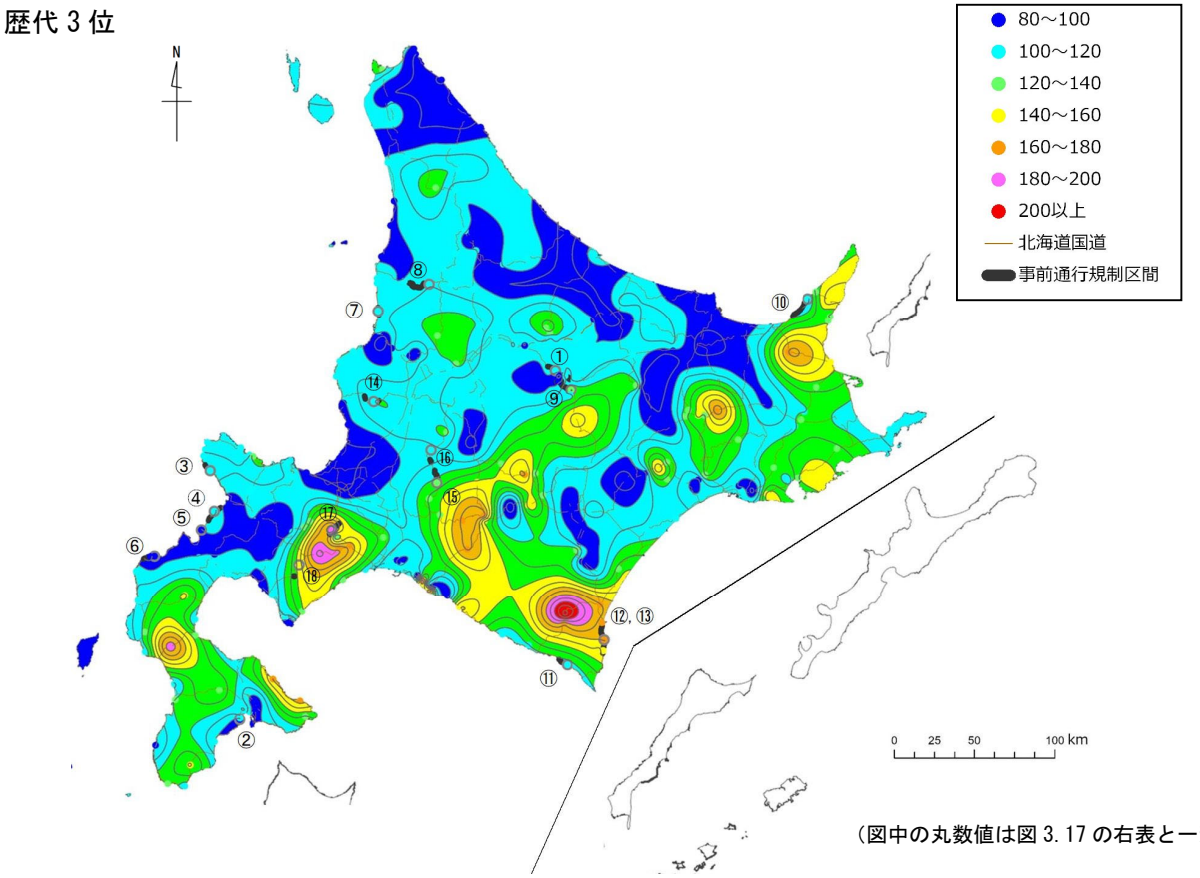


図 3.16　土壌雨量指数歴代 3 位コンター図

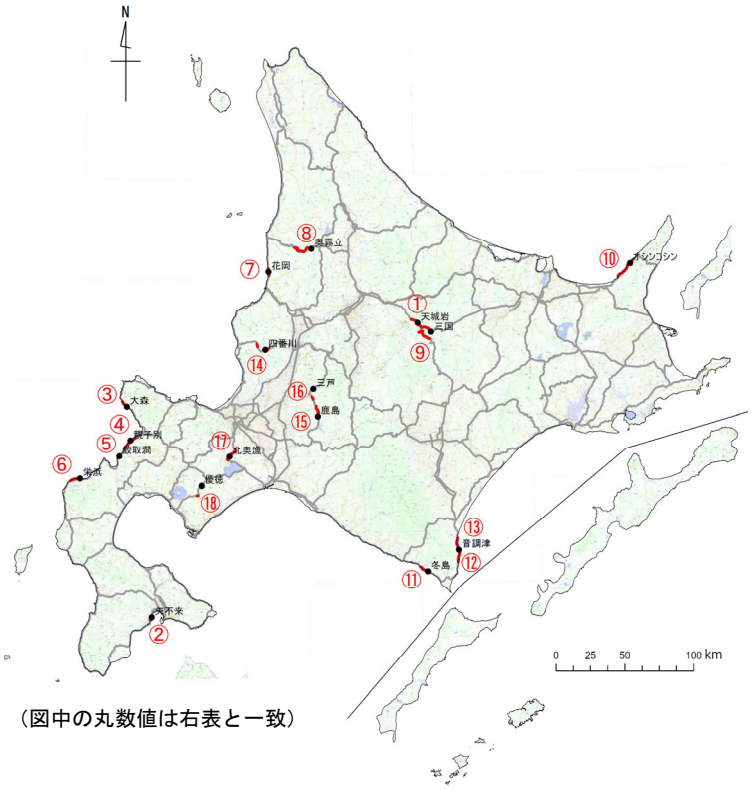
(2) 事前通行規制区間における過去のスネークラインに基づいた CL の調整による検討

現行の CL はある一定の範囲で同時多発的に発生する土石流やがけ崩れを降雨に基づいて評価する指標であるが、個々の急傾斜地等における地形地質および植生等の影響を直接的に考慮して土砂災害の危険度を評価するために設定するものではない。

このため、現行の CL では個別の災害発生箇所・規模等を詳細に特定することはできず、局所的で比較的規模が小さい災害が多い道路の土砂災害に現行 CL を直接適用することは困難である。

そこで、本 WG では過去の降雨データを基に道路の土砂災害の危険性を判断するための 1 つの手法として CL の活用の可能性について検討した。

検討にあたっては、事前通行規制区間（図 3.17 参照）の 18 区間を対象とした。対象区間は現時点で各路線の被災履歴状況が不明なことから、降雨データに特化した CL の活用について検討した。



（図中の丸数値は右表と一致）

No	路線名	距離標	延長	規制基準雨量（連続雨量mm）	TM
①	39	KP 67.2 ～ 86.3 km	19.1 km	100	天城岩
②	228	KP 14.2 ～ 16.5 km	2.3 km	110	矢不来（館野）
③	229	KP 63.5 ～ 68.7 km	5.2 km	100	大森
④	229	KP 102.7 ～ 114.3 km	11.6 km	120	親子別
⑤	229	KP 120.3 ～ 122.6 km	2.3 km	100	鮫取澗
⑥	229	KP 173.5 ～ 179.6 km	6.1 km	80	栄浜
⑦	232	KP 111.6 ～ 116.5 km	4.9 km	120	花岡
⑧	239	KP 126.4 ～ 145.0 km	18.6 km	80	奥霧立
⑨	273	KP 58.0 ～ 70.0 km	12.0 km	100	三国
⑩	334	KP 33.9 ～ 51.6 km	17.7 km	140	オシンコシン
⑪	336	KP 15.1 ～ 23.2 km	8.1 km	100	冬島
⑫	336	KP 60.4 ～ 72.0 km	11.6 km	150	音調津
⑬	336	KP 72.5 ～ 79.0 km	6.5 km	120	音調津
⑭	451	KP 16.4 ～ 18.4 km KP 28.4 ～ 31.4 km	2.0 km 3.0 km	100	四番川
⑮	452	KP 24.4 ～ 34.4 km	10.0 km	100	鹿島
⑯	452	KP 41.6 ～ 43.6 km	2.0 km	100	三戸
⑰	453	KP 21.7 ～ 33.7 km	12.0 km	160	北奥漁
⑱	453	KP 102.6 ～ 103.6 km	1.0 km	100	優徳

図 3.17　事前通行規制区間と近傍 TM 位置図

図 3.18 は事前通行規制区間 18 区間近傍の TM を基に、過去 20 年の降雨データからスネークラインを作成した。

これを見ると、CL とスネークラインの離隔が大きい箇所（例えば②R228 矢不来 TM，④R229 親子別 TM など）が複数存在し、現行の CL をそのまま道路管理基準に活用しようとした場合には、かなり危険側の評価となることが明らかになった。

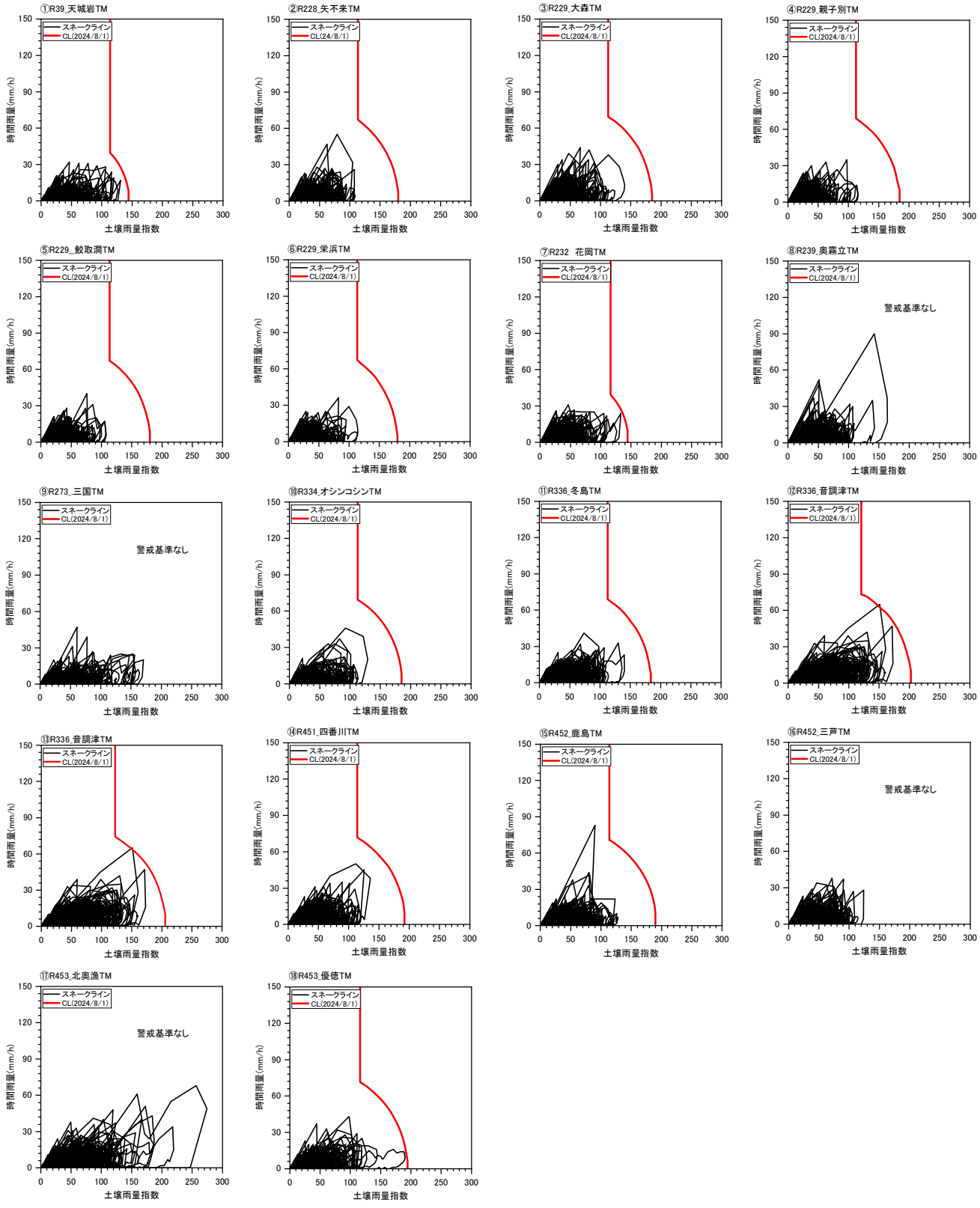


図 3.18　事前通行規制区間近傍 TM のスネークライン

ここで､本検討では現行 CL とスネークラインの離隔が大きい事前通行規制区間のうち国道 229 号（積丹半島西側）について、過去の降雨状況に応じて CL を図 3.19 のように調整することで、現行 CL より安全側の設定ができると考えた。

今回検討した路線において道路管理指標として CL を活用するには､最低でも現行 CL より 25%～40%程度、安全側に移動させた CL とすることが必要と考えられる。

ただし、本検討は被災実績を考慮しておらず、被災の見逃しが発生する恐れがあるため、今後は被災実績も踏まえて調整値を検討する必要がある。

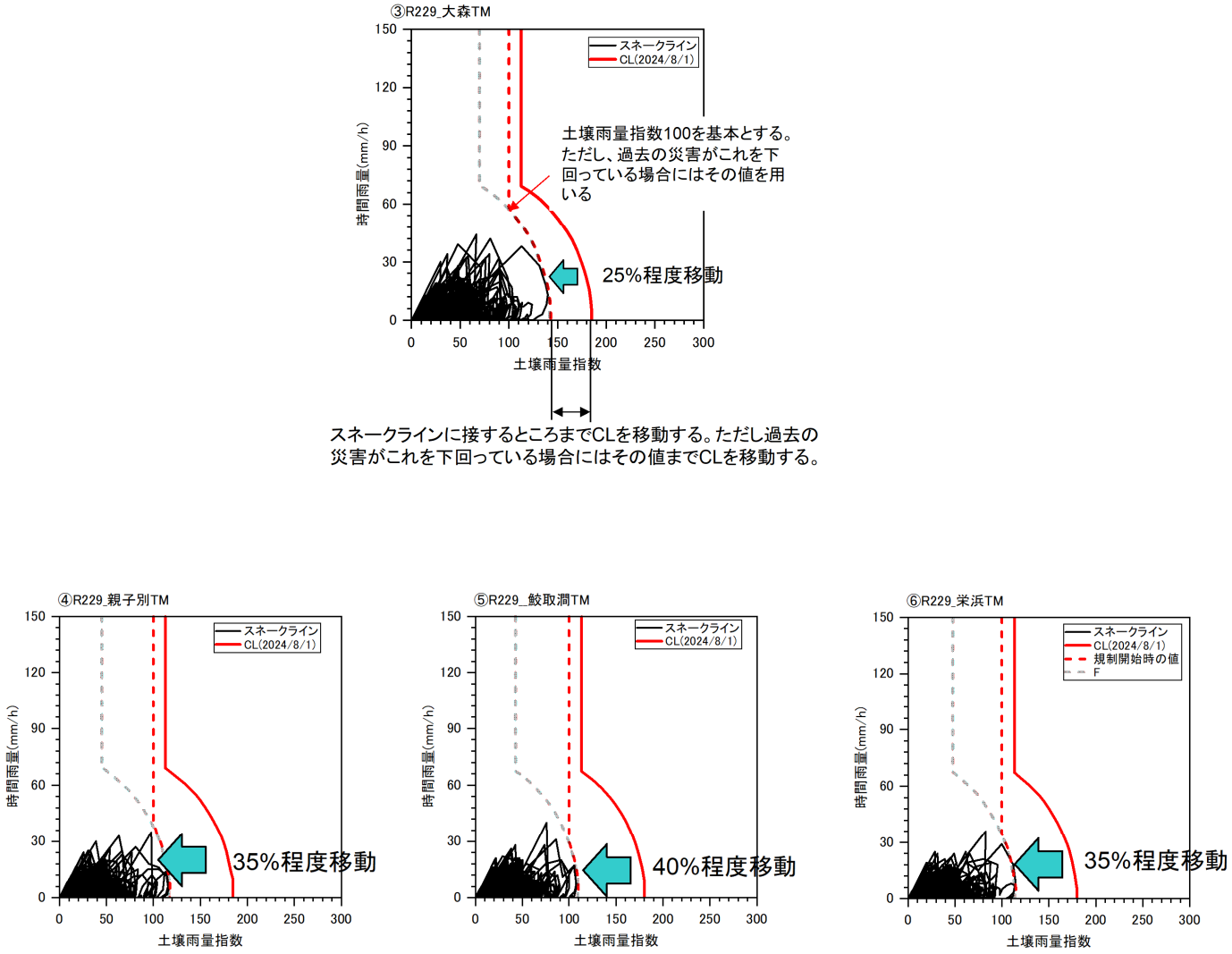


図 3.19　過去の降雨状況に応じた CL の調整案（国道 229 号（積丹半島西側））

3.4.2　実際の通行規制時における解除時の土壌雨量指数の活用に関する検討

道内の国道の事前通行規制区間における通行規制解除条件は、0mm/h 連続 4 時間または 2mm/h 以下連続 3 時間とされていることが多い。

本 WG では通行規制解除基準に土壌雨量指数が活用可能か、以下のように検討を行った。

検討は、事前通行規制区間（一部自主通行規制区間含む）の内、国道 453 号（支笏湖周辺）、国道 232 号（小平周辺）、国道 239 号（霧立峠）、国道 229 号（積丹半島西側周辺）および国道 336 号（黄金道路）を対象に、過去の降雨による通行規制が行われた期間の降雨データを図 3.20 のように整理した。そして、通行規制期間の土壌雨量指数について、最大値と規制解除時の数値から、下式のように解除時土壌雨量指数割合※を算出し、土壌雨量指数最大値との関係図を図 3.21 のように作成した。

※　解除時土壌雨量指数割合＝ 解除時土壌雨量指数 ／ 降雨期間中の最大土壌雨量指数

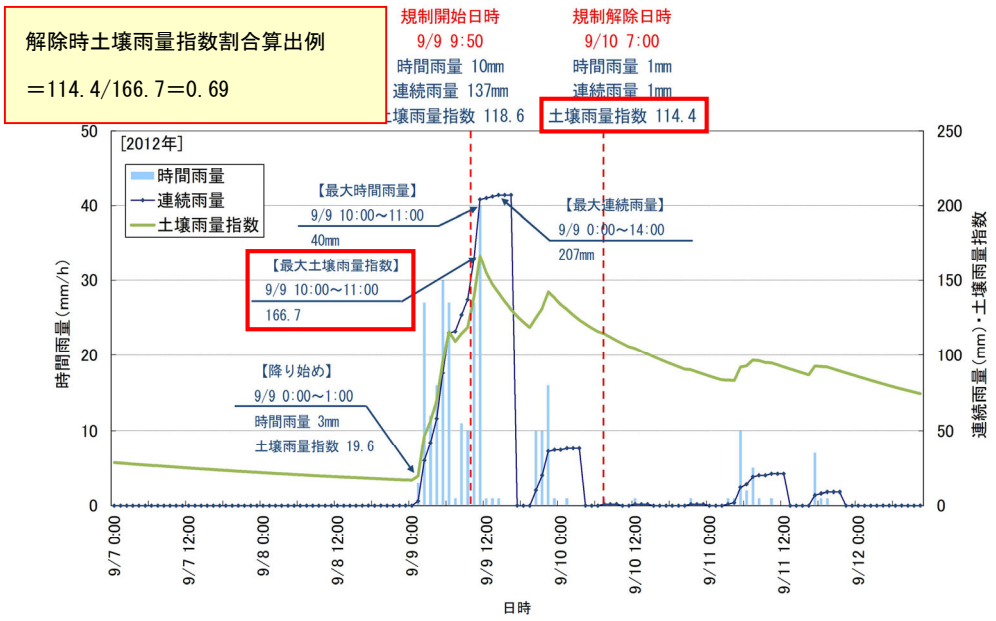
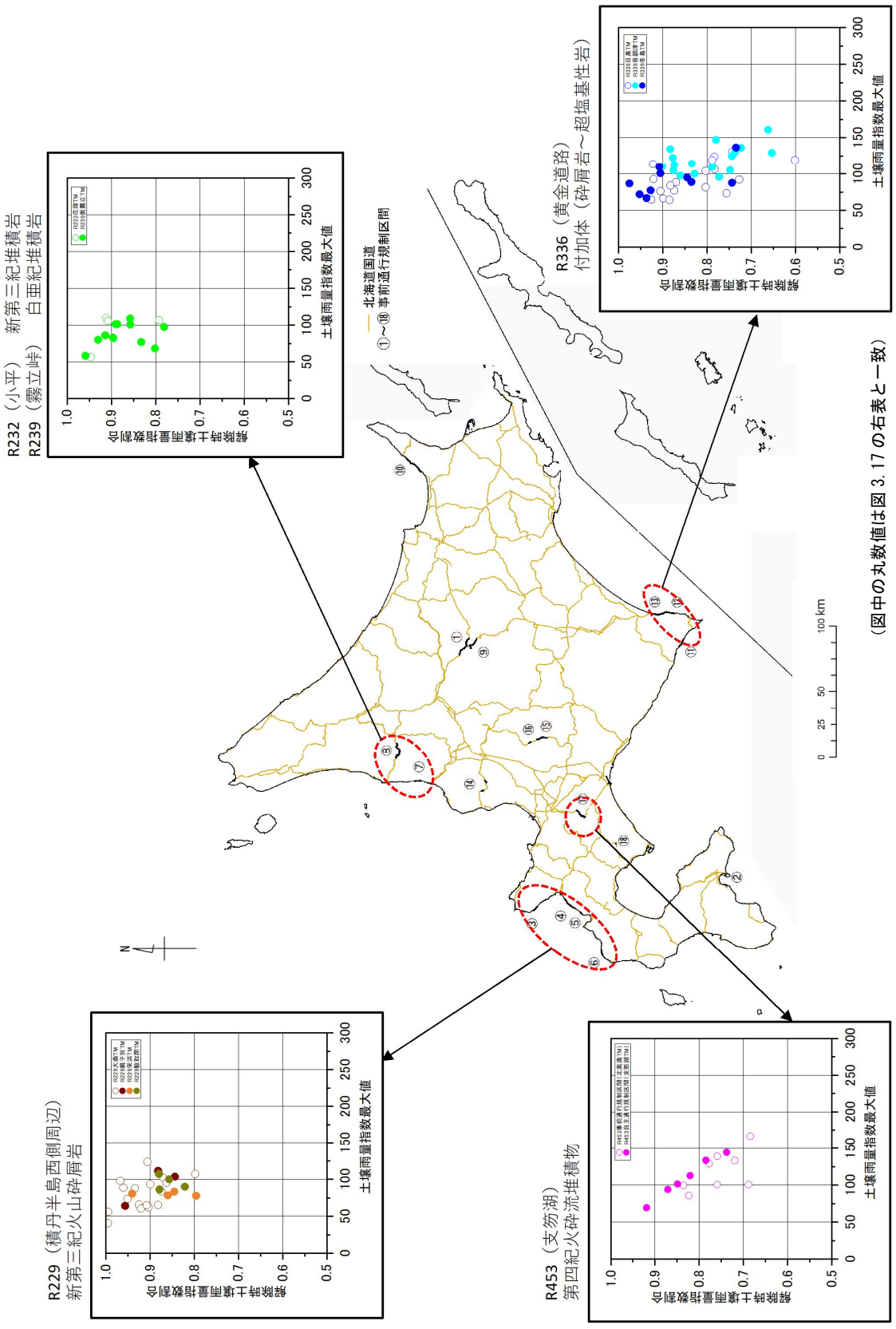


図 3.20　事前通行規制区間における通行規制発生時の降雨状況整理例



（図中の丸数値は図 3.17 の右表と一致）

図 3.21　解除時土壌雨量指数割合と土壌雨量指数最大値の関係

この結果から、得られた傾向は下記のとおりである。

①解除時土壌雨量指数割合と土壌雨量指数最大値の関係図より、土壌雨量指数最大値が大きいほど、解除時の土壌雨量指数割合は小さい傾向がある。

②解除時土壌雨量指数割合の最低値に着目すると、国道 453 号（支笏湖周辺）では 0.7 程度、国道 232 号（小平周辺）、国道 239 号（霧立峠）および国道 229 号（積丹半島西側周辺）では 0.8 程度、国道 336 号（黄金道路）では 0.6 程度となっており路線別で値が異なる。

以上より、通行規制解除に土壌雨量指数を活用する場合は、降雨状況や路線ごとに解除時土壌雨量指数割合の差が大きいことや、解除時の土壌雨量指数基準値の設定によっては、解除までの時間が長期化する可能性が想定される。このことから土壌雨量指数を解除時に利用するには、まだ解決すべき課題が多いと考えられる。

3.5　今後の活動方針

今後の活動方針を以下に列記する。

■過去の土壌雨量指数から想定される斜面崩壊の危険性評価や、土壌雨量指数の道路管理への活用について継続的に検討する。

■本 WG では 2010～2020 年の 10 年間に災害申請を行った土砂災害事例の中から、切土のり面災害、自然斜面災害および土石流災害（全 31 事例）を収集している（図 3.22 参照）。今後はこれらの災害について、被災形態や降雨状況、地質状況を整理し、今後の道路管理を行う上での参考資料として活用することを目的に事例集としてとりまとめる。

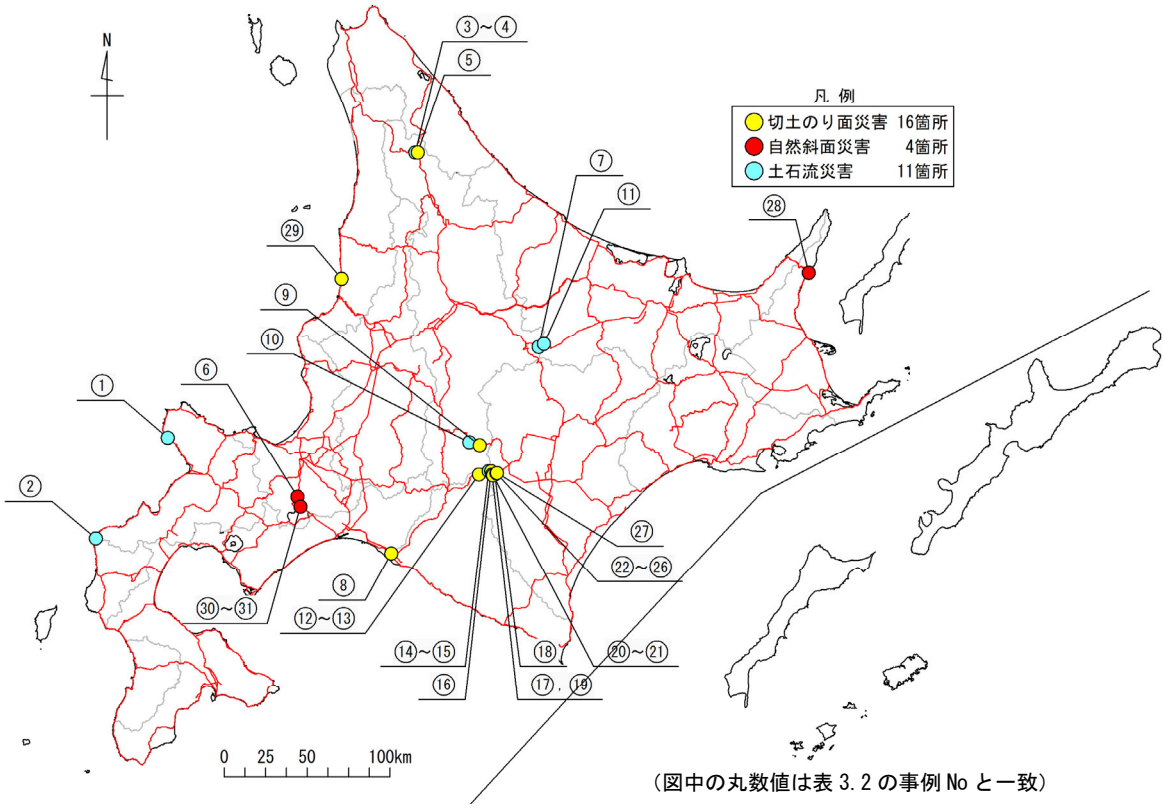


図 3.22　災害事例収集箇所（再掲）

■今後も豪雨による斜面災害が発生した場合には、現地調査を行い情報収集に努める。