

学位論文

流域の地形発達史を取り入れた
土石流の警戒避難情報に関する研究

令和元年

岩手大学大学院連合農学研究科
生物環境科学専攻

こん としゆき
金 俊之

学位論文要旨

氏名 金^{こん}俊之^{としゆき}

題目 流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報に関する研究
(Information for warning and evacuation of debris flow
incorporating geomorphological development of river
catchments)

近年の土砂災害被災実態からは、土砂災害リスクに対する認知度が低く、有事においても避難行動を行わない住民の多いことが明らかとなっている。このような実態も踏まえ、本研究では、避難行動を促すためのソフト対策、とくに「土石流の警戒避難に有効と考えられる情報」について検討した。

まず、警戒避難を主導する市町村防災部局の実態について土砂災害実績が少ない北東北3県の市町村を対象にアンケート調査し、課題の抽出及び土砂災害警戒避難にかかる各種情報のうち、何が十分であり、何が不十分か、また今後どのような情報が必要か、を把握した。次に、住民が保有している点において身近な土砂災害ハザードマップを利用する上で、過去の土砂移動現象を表わす地形発達史を土石流の警戒避難情報の一つとして用いることを、岩手県北上山地及び鹿児島県根占地区における災害事例の分析により検討した。

以下に本研究で得られた知見をまとめる。

(1) 土砂災害警戒避難の現状及び課題の把握

- ・ 地域住民の自発的な避難行動を促すためには、土砂災害リスクを平常時から意識できる情報を提供する必要があるが、地方行政の土砂災害警戒避難体制の実態としては、人員や知識など不十分であることが明らかとなった。
- ・ 我が国における地域住民の防災体制については行政依存が指摘されているが、行政の体制不足を考慮すれば、地域住民自ら避難行動にうつせる情報が必要であり、既存の降雨予測等に関する情報以外で、地域特性に関する情報を平常時から持つことが有効と考えられた。

(2) 地形発達史からみた土砂移動の分析

- ・ 地域特性として、地形発達史を長期的視点「起こりうる現象（想定される現象）」と短期的視点「災害の起こりやすさ（どこが危険か）」の両面で警戒避難情報として活用できることを示した。
- ・ 長期的視点では、氷期の周氷河作用をうけて斜面が形成され土砂災害実績が少なかった岩手県北上山地において、平成28年8月台風第10号豪雨により多数の土石流が生じたことから、これを研究対象とした。航空レーザ計測データから作成された赤色立体地図判読と現地調査から崩壊発生域の状況を確認するとともに、山地流域を構成する7種類の地形要素に分類した。各地形要素に占める崩壊地の占有率は、高い順に「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」、「埋積谷」、「その他の斜面」であった。また、台風豪雨では深さ約1m程度の崩壊が大半であり、完新世前期に形成された事例の多い下位谷頭凹型斜面を新たに形成するような大きな地形変化は生じなかった。一方で、台風豪雨に伴う土石流と完新世前期のものを構成する礫径で比較した結果、後者で土砂移動規模が大きかったことがわかった。
- ・ 短期的視点では、過去数十年間に複数の土砂移動実績があり、平成22年7月豪雨で深層崩壊に伴う土石流が発生した鹿児島県根占地区での土石流災害を研究対象とした。過去2時期の微地形判読と階層構造分析法、GISを用いた解析により、対象地域において崩壊しやすい地形要素（崩壊地、凸型斜面、段差面、クラック）が特定された。これらの地形要素の分布状況から、流域の土砂生産ポテンシャル評価、その中での土砂生産危険箇所の抽出ができた。これにより、対象地域における流域ごとの相対的な土石流の発生しやすさの差が示された。

(3) 流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報に関する考察

- ・ 2つの災害事例の検討結果を踏まえ、既存の土砂災害ハザードマップと併用または併記するかたちで地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報を提案した。
- ・ 北上山地での検討結果を踏まえ、最終氷期以降の土砂移動と平成28年8月台風第10号に伴う土砂移動から、当該地域の地形形成過程と台風第10号を上回る規模の土石流が想定されることを示した。

- ・ 鹿児島県での検討結果を踏まえ、当該地域において崩壊しやすい地形の特徴、流域ごとの相対的な土石流の発生しやすさを可視化する形で示した。
- ・ 行政（主に市町村）においては人員・知識不足等があることから、これらの情報を加味した土砂災害ハザードマップ、すなわち対象流域の地形の成り立ちの理解を促す説明を付したハザードマップを作成し研修等で利用することを提案した。
- ・ 地域住民においては、地区防災計画の作成や住民自らが作成する土砂災害ハザードマップで過去の土砂移動による地形変化（地形発達史）について理解を深めることが警戒避難に有効であり、避難訓練や研修等で利用することを提案した。

（４）今後の課題

我が国では、土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域等が全国統一した考えの方により指定されている。しかし、本論で示したように、地域によってまた流域ごとに過去の土砂移動を反映した地形発達に差異が認められることから、今後は、地域特性である地形発達史に着目した情報を盛り込んで行政内部で活用するとともに、住民へ説明し、避難訓練等でも活用することが必要と考えられる。

目 次

1 はじめに.....	1
1.1 研究背景	1
1.2 既往研究成果と問題点.....	2
1.3 研究目的・構成.....	13
1.4 本研究で対象とする土砂移動現象.....	15
2 土砂災害警戒避難の現状及び課題の把握	19
2.1 序論	19
2.2 調査対象地域	19
2.3 調査手法・内容.....	24
2.4 調査結果	28
2.5 考察	40
2.6 砂防行政従事者の認識調査.....	44
2.7 結論	51
3 岩手県北上山地における平成 28 年台風第 10 号豪雨に伴う土砂移動の分析	53
3.1 序論	53
3.2 調査地域の概要.....	54
3.3 平成 28 年台風第 10 号の概要.....	58
3.4 台風第 10 号豪雨による崩壊と斜面地形分類との関係性.....	60
3.5 台風第 10 号豪雨による土砂生産が地形発達に果たした役割.....	94
3.6 完新世の土砂生産・移動.....	94
3.7 北上山地における台風第 10 号豪雨による土砂生産・移動の地形的背景.....	104
3.8 結論	108
4 鹿児島県阿多カルデラに位置する溪流における平成 22 年豪雨に伴う土砂移動の分析.....	109
4.1 序論	109
4.2 調査地域の概要.....	109
4.3 平成 22 年 7 月豪雨及び土砂移動の概要.....	114
4.4 近年の土砂移動実績.....	115
4.5 検討手順	117
4.6 検討結果および考察.....	119
4.7 結論	142

5 総合考察	143
5.1 土砂災害警戒避難の現状及び課題の把握（第2章）	143
5.2 地形発達史からみた土砂移動の分析（第3章，第4章）	143
5.3 流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報に関する考察.....	145
5.4 地形学分野におけるアウトリーチ.....	154
6 おわりに	155

謝 辞

引用文献

公表論文等

1 はじめに

1.1 研究背景

日本の国土は約7割が急峻な山地・山間地からなり、主に第四紀の脆弱な地質から構成されていることもあいまって年間約1,000件の土砂災害が発生している（たとえば国土交通省¹⁾）。年間降水量は世界平均の約2倍に相当する約1,700mmを有する温帯・温暖湿潤気候となっている。

このように災害大国の我が国ではこれまで「砂防法（明治30年3月30日法律第29号）」、「地すべり等防止法（昭和33年3月31日法律第30号）」、「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律（昭和44年7月1日法律第57号）」のいわゆる砂防三法を制定・施行し、主にハード対策の土砂災害対策を推進してきた。

平成11年広島県広島市で発生した土砂災害（平成11年広島豪雨災害）では、土砂災害リスクを潜在的に有する山地周辺まで宅地開発が進み、その結果、土砂災害が甚大化したとされている（たとえば、三浦ほか²⁾）。全国に約67万箇所ある土砂災害危険箇所のハード対策による整備率は約2割³⁾であり、整備率の早急的な向上は、予算や時間等により困難な状況に置かれている。このことから我が国の土砂災害対策は、平成11年広島豪雨災害を契機に適切な土地利用のあり方、不適当な土地利用の抑制といったソフト対策に主眼をおきたいいわゆる土砂災害防止法（土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律）が平成12年制定、平成13年に施行された。

土砂災害防止法では、基礎調査結果に基づき、土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域を都道府県知事が該当市町村長の意見を踏まえて指定することとなり、全国の各都道府県において順次、調査・指定が進んでいる。しかし市町村長からの意見聴取、土砂災害警戒区域等の指定による地価下落等の課題も指摘⁴⁾されており、このような中、平成26年8月に再び広島県広島市で土砂災害が発生した。この災害により土砂災害防止法は改正されるとともに土砂災害警戒区域等の指定が加速化し、平成31年度までに全国約67万箇所の指定を完了させる目標が立てられている。

一方、平成30年7月に生じた豪雨災害を対象とし、国土交通省「実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会」が令和元年5月にまとめた委員会最終報告書⁵⁾によれば、土砂災害警戒情報が発表され、避難勧告も概ね発令されていたが、受け手側の住民には土砂災害警戒区域等を含めて必ずしも認知されていないことが明らかとされた。

このような事態に鑑みれば、あらためて地域防災力の向上が必要と考えられる（たとえば、片田⁵⁾）。特に少子・高齢化が著しく、平地に比べて土砂災害リスクが高い中山間地域においては、いかにして有事に適切な避難行動へ結びつけるかが喫緊の課題である。すなわち現状、行政から

地域住民へ提供される土砂災害の警戒避難に関する情報以外で、地域住民が土砂災害リスクを認知でき、また避難へ活かせる情報について検討を進める必要がある。

1.2 既往研究成果と問題点

1.2.1 土砂災害ソフト対策に関する既往研究

急激な天候変化や局所的な降雨により発生する土砂災害が頻発しており、実効性の高い土砂災害警戒避難体制の早期確立が求められており、土砂災害の主誘因である降雨に関する研究が進められている。

佐藤ほか⁷⁾は、突発的な集中豪雨により土砂災害が発生した2013年8月に岡山県での災害事例を対象に土砂災害警戒情報の基準雨量の課題を明らかにした。土砂災害警戒情報の検討プロセスから局所的な集中豪雨では基準雨量の問題から発表されないため、このような突発降雨について今後を検証するとともに更新が必要であることを指摘した。

土砂災害警戒避難体制の早期確立に資する公的な情報として、平成17年度から気象台と都道府県の共同により発表が開始された土砂災害警戒情報がある。土砂災害警戒情報は、土壌雨量指数と降雨予測から当該地域において土砂災害の危険性が高まった場合に発表される情報である。土砂災害警戒情報等の全国的な運用実態等を調査した富田ほか⁸⁾によれば、土砂災害警戒情報は、市町村の防災担当者による避難勧告等の発令の参考情報とするための利用が中心であると推察し、一方で情報の受け手側が適切に判断することができるための情報の伝達方法、表現方法や適切な避難のための判断方法を示し、情報と行動の間を埋めるための取り組みが必要と指摘している。

青森県の市町村防災部局を対象として土砂災害警戒情報の活用実態を調査した金ほか⁹⁾は、土砂災害の発生的中率が低いことを理由に市町村は、避難勧告等の発令を検討する際、土砂災害警戒情報を重要視していないことを明らかにした。これらの傾向は、新潟県内を対象に調査した菊井ほか¹⁰⁾の結果においても同様である。

防災教育・避難訓練等による地域住民の地域防災力向上の研究を進めた河合ほか¹¹⁾は、地区防災計画作成にあたり防災マップと行動計画に関する対応事例を提案し、連絡体制の確認や災害対応能力向上の継続的な取り組みによる地域防災力の向上について示した。

一方、土砂災害警戒避難の基本的な情報である土砂災害ハザードマップについて海堀¹²⁾は、平成26年8月に発生した広島土砂災害（たとえば、海堀ほか¹³⁾）を踏まえ、作成して公開するだけでは不十分で、いざというときに利活用されるものにしていく工夫が必要と指摘している。

岩手県において、住民を対象に土砂災害ソフト対策の実態を調査した井長沢ほか¹⁴⁾によれば、調査した対象地域では、土砂災害ハザードマップの保持・保管状況のレベルは高いが、住民の半数以上が配布された時のみの閲覧という実態から、土砂災害ハザードマップの内容拡充と利用促

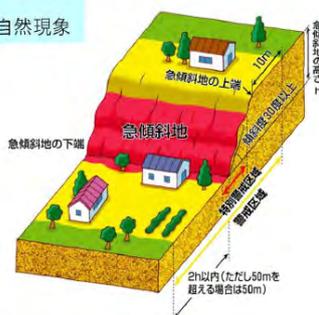
進を課題に挙げている。さらに今後、土砂災害ハザードマップ作成を進捗させるための方策として、住民の意見を取り入れるなどし、住民にとってわかりやすい土砂災害ハザードマップの作成、防災訓練など日常の活動で使われていくことが重要と指摘している。

土砂災害ハザードマップに使用される土砂災害の危険性を示す情報として、土砂災害防止法に基づき指定される土砂災害警戒区域等がある。この土砂災害警戒区域等は、マニュアルに沿って調査・指定がなされている（図－ 1.1¹⁵⁾）。指定内容は、土砂災害警戒区域（通称：イエローゾーン）と土砂災害特別警戒区域（通称：レッドゾーン）の二種類となり、土砂災害特別警戒区域については土地利用が規制される。

土砂災害の種類

急傾斜地の崩壊

※傾斜度が30°以上である土地が崩壊する自然現象



土石流

※山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が一体となって流下する自然現象



地滑り

※土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象



図－ 1.1 土砂災害警戒区域等の概要（国土交通省 HP¹⁵⁾）

市町村は、土砂災害警戒区域等の指定範囲に基づき、地域防災計画や土砂災害ハザードマップを作成する。土砂災害ハザードマップは、国土交通省公表の「土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案）平成17年7月¹⁶⁾」に基づき作成・公表されていると予想される。

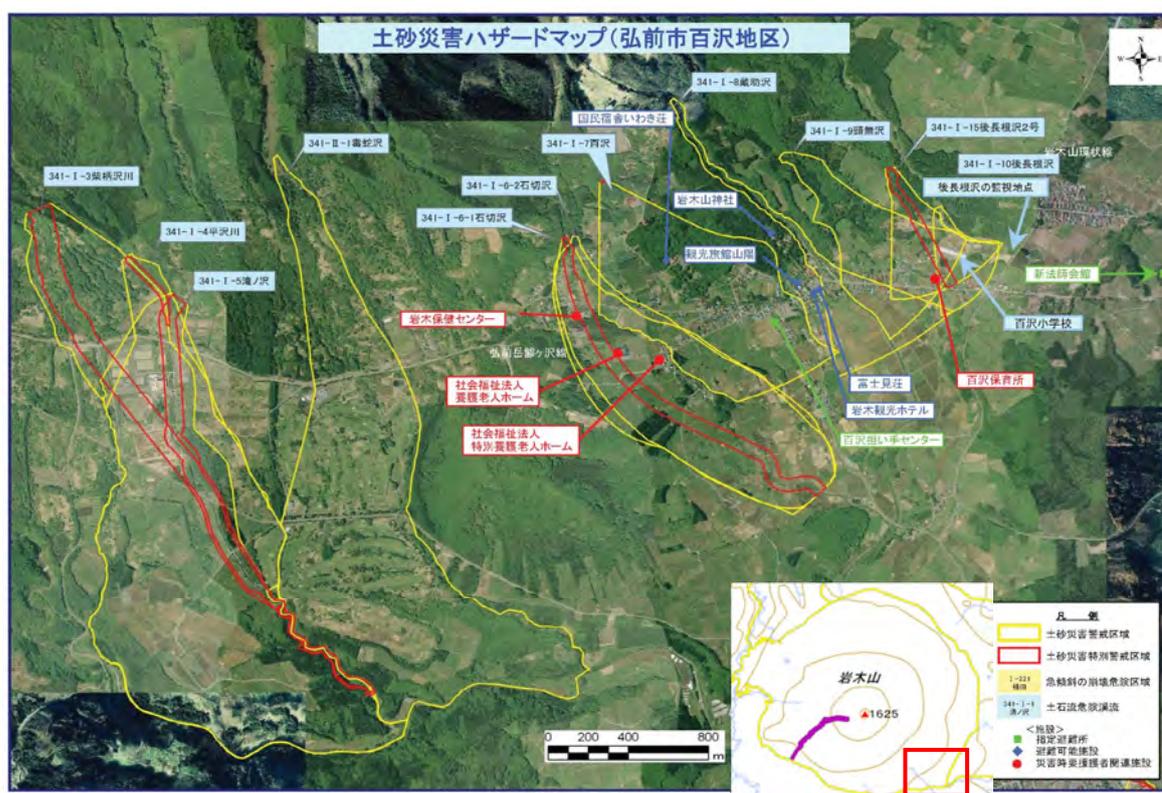
ハザードマップについて、（社）砂防学会¹⁷⁾は「何らかの現象に起因して危険が予想される区域を示した地図。（略）がけ崩れや土石流などでは日本では地形的な要因だけで描かれることが多かったが、平成13年4月に施行された土砂災害防止法では土砂の移動や堆積にともなう力と建物の強さとの関係も考慮して警戒区域や特別警戒区域の範囲が決められるようになったこと

から、この方式に基づくハザードマップもつくられている」としている。

(社)日本測量協会¹⁸⁾は「災害に対する危険箇所を危険程度も含めて図示したものがハザードマップとよばれるもの。自然災害を回避するために危険な地区を予測して表現したマップ」としている。

土砂災害ハザードマップに着目すると、国土交通省¹⁶⁾は「土砂災害ハザードマップ」を「土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域並びにこれらの区域における土砂災害の発生原因となる自然現象の種類（急傾斜地の崩壊，土石流，地滑り）を表示した図面に，土砂災害防止法第7条第3項に規定する事項（①土砂災害に関する情報の伝達方法②急傾斜地の崩壊等のおそれがある場合の避難地に関する事項③その他警戒区域における円滑な警戒避難を確保する上で必要な事項）を記載したもの」としている。

具体的な土砂災害ハザードマップの事例を図ー1.2に示す。これは青森県弘前市が平成22年に公表¹⁹⁾した土砂災害ハザードマップのうち，昭和50年8月豪雨に伴う土石流により22名が亡くなった土石流災害が発生した岩木山の南側斜面を示している（図ー1.2内に岩木山を示す図の赤枠）。この土砂災害ハザードマップは記載される内容から「土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案）平成17年7月¹⁶⁾」に基づき作成したものと推測される。記載される内容をみると土砂災害の危険性は，溪流名と土砂災害警戒区域等のみであり，土砂災害を引き起こす上流側の土砂生産源となる地形（崩壊地や地すべりなど）など流域情報は示されていない。



図ー1.2 土砂災害ハザードマップの例（弘前市役所HP¹⁹⁾から引用・加筆）

図- 1.3 には、図- 1.2 の土砂災害ハザードマップの裏面を示す。土砂災害の種類と前兆、過去の災害の発生状況、気象情報・避難情報の伝達について記載されている。青森県弘前市が公表している複数の土砂災害ハザードマップには、同じ市内の地域性が異なる場所であっても同じ内容が記載されている。

土砂災害に備えて

お問い合わせ先
 ■弘前市 企画課 企画課 電話番号0172-25-1111
 ■青森県 市町村地域長局地域整備課 河川砂防施設課 電話番号0172-22-1131
 ■青森県 県土整備部 河川砂防課 電話番号0172-722-1111

土砂災害や水害は大雨などに伴って発生しますが、いつどこで起きるかを予測することは困難です。私たちは、災害が発生しそうなときや災害が発生してしまったときに被害を最小限に止められるよう、日常から災害を意識し、これに対する訓練を心がけておく必要があります。

土砂災害ハザードマップ（防災地図）は、集中豪雨などによって「がけ崩れ」「土石流」「地すべり」などが発生した場合に、危害がおよぶおそれがある範囲や、各地区の避難場所などを示した地図です。

集中豪雨などにより土砂災害が発生するおそれがあるときには、テレビ・ラジオ等で最新情報に注意し、状況に応じて速やかに安全な場所へ避難してください。いざというときに備え、あなたの家の近くの安全な避難場所やそこまでの道順を確認しておきましょう。

なお、この地図に示した区域以外のところでも土砂災害は発生することがありますので、現地の状況には十分注意し、危険を感じたら近づくないようにしてください。

平成22年12月 弘前市

■気象情報や避難情報の伝わり方

いざというときに備えて、地区の連絡網などをもう一度確認しておきましょう。

■土砂災害の種類と前兆

土砂災害の3つのタイプ		こんな前兆には要注意！	
がけ崩れ	大雨によって土の抵抗力が弱まり、斜面が突然崩れ落ちる現象です。突発的に起こり、一瞬にして崩れ落ちるため、逃げ遅れる人も多く、大きな被害をもたらします。	がけ崩れの前兆 ●がけからの水がにごる ●がけに亀裂が入る ●小石が落ちてくる ●がけから異様な音が出る	地すべりの前兆 ●地面にひび割れができる ●井戸や沢の水がにごる ●斜面から水が湧き出す
土石流	谷や斜面に堆積した土砂が、大雨によって水といっしょに一気に流れ出す現象です。流れが速く、破壊力も大きいので、甚大な被害をもたらします。	 土石流の前兆 ●雨が降り続けているのに川の水位が下がる ●山鳴りがする ●立ち木のさける音、石のぶつかりあう音が聞こえる ●川の水が急ににごったり、流木が漂ぶ	
地滑り	比較的ゆるやかな斜面で起こりやすく、地下水などの影響によって斜面全体がゆっくりと動き出す現象をいいます。場合によっては一気に滑り出すこともあります。		

■弘前市における災害などの発生状況

弘前市では、過去に繰り返しの風水害などに襲われています。

西暦	年月日	災害種別	災害状況
1938	昭和13年8月	水害	集中豪雨(総雨量220mm)により岩木川の堤防が決壊、被害総額約14億円
1958	昭和33年9月	水害	台風21号の豪雨により各河川がはん濫、土淵川を中心に水害発生
1972	昭和47年7月	水害	集中豪雨により岩木川、平川流域で水害発生
1975	昭和50年8月	土砂災害、水害	集中豪雨により自派地区蔵前沢で土砂発生、各地で水害も発生
1975	昭和50年8月	水害	大雨により各河川がはん濫、被害総額約65億円
1977	昭和52年8月	水害	集中豪雨(総雨量243mm)により各地で水害発生、被害総額約90億円
1991	平成3年9月	風害	台風19号の暴風により森林倒壊を中心に風害発生、被害総額約40億円

※弘前市地域防災計画(風水害等)から抜粋

非常持ち出し品チェックリスト

非常持ち出し品チェックリスト	常備品		
飲料水(ペットボトル)	雨具	インスタント食品	消化薬
食料(缶・缶詰など)	ヘルメット	飲料水(ポリタンク)	園形燃料
缶切り/ナイフ	手巾	その他必要に応じて追加するもの	
緊急セット	懐中電灯・電池	介護用品	赤ちやん用品
下着・衣類	ろうそく・マッチ	常備薬	生理用品
タオル・毛布	携帯ラジオ(AM・FM放送)	あなたの命を守るために 万一、安全な場所へ避難できない場合でも、生命を守る最低限の行動として、近くで周囲の建物より比較的高い建物(壁面な建築物の2階以上に避難するよう)にしてください。このとき、斜面や深流に対して反対側の部屋にいる方がより安全です。	
貴重品	現金(電話用小銭)		
筆記用具	レジャーシート		

弘前市指定避難所・避難可能施設(百沢地区)

施設名	電話番号	施設名	電話番号
百沢担い手センター	83-2643	観光旅館山藤	83-2035
新浜新会館		富士見荘	83-2211
国民宿舎いわき荘	83-2215	岩木観光ホテル	83-2345
とん山神社	83-2135		

わが家の防災メモ

家族の連絡先

氏名	電話番号	メモ	連絡先	電話番号	メモ
			弘前市役所(代表)	25-1111	災害時連絡窓口 企画課
			弘前消防署西分署	82-3311	
			弘前警察署	32-0111	

いざというときの連絡先

氏名	電話番号	メモ

図- 1.3 土砂災害ハザードマップの例 (図- 1.2 の裏面)

図- 1.4 に示した国土交通省が平成 30 年 7 月豪雨による土砂災害を踏まえて「実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会」により令和元年 5 月にまとめた報告書(概要)⁶⁾では、同災害においては土砂災害警戒情報が発表され、避難勧告も概ね発令されていたが必ずしも認知されていない結果が得られている。また土砂災害警戒区域についても土砂災害の恐れがあることが認識されていない場合があったとされ、同じ区域内でも相当程度のリスクの違いがあったと指摘している。

これに対し、実効性のある避難を確保する取り組みとして、住民自らが作成する地区防災計画を通じた警戒避難体制の強化や土砂災害警戒区域等の認知度向上などの施策がとりまとめられている。

5

実効性のある避難を確保するための土砂災害対策のあり方について (報告書概要)

○ 平成30年7月豪雨による土砂災害の検証結果

結果Ⅰ 土砂災害警戒情報

- ▶ 死者のあった場所では、その箇所すべてにおいて土砂災害警戒情報が発表され、避難勧告も概ね発令されていたが、必ずしも認知されていない、もしくは切迫性が伝わらなかった。
- ▶ 発表から発災までの時間(リードタイム)が短い場合や長時間に及んだ場合は、避難勧告を発令できていない市町村があった。リードタイムが長かったケースでは、深夜・未明における避難所までの避難時に遭難するリスクを回避するため、あえて避難勧告の発令を避け、土砂災害警戒区域等に絞っての自主避難の呼びかけに切り替えた事例があった。

結果Ⅱ 土砂災害警戒区域

- ▶ 平成29年度末現在、基礎調査は約9割完了しているが、指定は約8割であり、指定の手続きに時間を要している都道府県がある。
- ▶ 死者の約9割は、警戒避難体制の整備が義務づけられている土砂災害警戒区域等内で発生しており、予め被害の恐れがある場所であることが公表されていた箇所であった。また、約1割は土砂災害警戒区域等外でも発生した。
- ▶ 土砂災害警戒区域の中でも、土砂災害の恐れがあることが認識されていない場合があった。
- ▶ 土砂災害警戒区域内でも、相当程度のリスクの違いがあった。

結果Ⅲ 避難行動

- ▶ 避難しようとした際には、すでに周辺の状況が危険になっていて避難場所には到達できない場合や、避難途中で被災したと思われる事例が数多くあったと推定される。
- ▶ 人的被害のあった地区では、避難場所までの移動経路に危険な状況がある場合があった。また、地区防災計画も策定されていなかった。
- ▶ 地域における共助により避難が行われ難を逃れた事例があった。
- ▶ 自宅以外の場所へ避難しなかった理由としては、「自宅の土砂災害の危険性は低いと思っていただけ」などであり、災害リスクを理解していないことにより、避難行動をとっていない可能性がある。
- ▶ 先進的な取り組みを行っている地方公共団体や、防災活動に熱心な地区がある一方、その取り組みが他の近隣の地方公共団体等にまで広がっていない。

結果Ⅳ その他の平成30年7月豪雨の土砂災害の特徴

- ▶ インフラ・ライフラインの被害により、地域住民や経済活動に及ぼす影響が長期間に及んだ。
- ▶ 土砂・洪水氾濫により、下流の市街地に広範囲に土砂が堆積し、救助活動、復旧活動の妨げになったほか、地域の社会経済にも長期間影響を与えた。
- ▶ 戦後もなく建設されたものをはじめとする、古い石積砂防施設が被災した。

○ 実効性のある避難を確保するために取り組むべき施策

検証の結果は、これまで進めてきた取組の方向性を支持するものと考えられることから、現在進めている取組をまずは早期に完了するよう努力すべき。さらに、公助と共助及び自助を有機的に機能させるためにも、まずは土砂災害に対する危険性の認知度を高めた上で、住民主体の「地区防災計画」の新しい歯車を、これまでの行政主体の「地域防災計画」の歯車にかみ合わせ、これまでよりも大きな防災力を生み出すことにより避難の実効性を高めるとともに、平成30年7月豪雨による土砂災害の特徴を踏まえて以下の対策を実施し、もって土砂災害による犠牲者を無くすべき。

① 土砂災害警戒情報の精度向上等

- 住民避難を呼びかける主体は市町村長であることに鑑み、市町村長が避難勧告を適時・適切に発令できるように土砂災害警戒情報の精度向上や土砂災害警戒情報を補完情報の改善などの技術開発・支援体制の強化を進めるべき。
- 危険度を時系列的に表示し市町村や住民が危険度の推移等を把握できる様にするなど、土砂災害警戒情報を補足する情報について改善すべき。
- 土砂災害警戒情報の発表基準については、土砂災害の発生の有無にかかわらず、不断の検証に努め、市町村と情報共有すべき。

② 土砂災害警戒区域等の認知度の向上等

- 土砂災害警戒区域等の指定を早期に完了させるべき。また土砂災害の被害実態を蓄積し区域指定の精度向上を図るべき。
- 土砂災害警戒区域等の認知度が低いため、地区において実効性のある防災計画を検討する前提となる。土砂災害警戒区域等の認知度を向上させる取り組みをなお一層進めるべき。であり、それを明示する看板等を現地に設置するなど住民が常日頃からリスクを意識できる取り組みを行うべき。
- レッドゾーンにある既存の建築物は、関係機関が連携し、所有者等による安全性の確認や補強・移転等の必要な安全対策が行われるよう促すべき。

③ 市町村の防災力向上の支援体制の構築

- 地域防災力の向上のため、市町村の防災担当者や自主防災組織等の防災リーダーが土砂災害に関する知識等の取得を支援する体制を強化すべき。
- 防災体制、防災意識の啓発、避難訓練等について、先進的な地公体・地区の取り組みの事例や情報の他への利活用を促進するための連絡会を設置するなどの体制を設けるべき。
- ハザードマップや土砂災害警戒情報等を利用して住民が避難等の防災行動に移れるように、国や県による支援体制の強化やガイドライン等の充実を図るべき。

④ 地区防災計画に基づく警戒避難体制の構築

- 土砂災害に備えた避難計画を準備していた地区において円滑な避難がなされていたことに鑑み、要配慮者への対応も含め、地区の住民自らが地区や個人の実情を踏まえた上で、ハザードマップや地区防災計画の作成・見直しを通じて警戒避難体制の強化を図り、実効性のある避難を確保すべき。
- 土砂災害の特殊性を考慮して、土砂災害の警戒避難は、指定緊急避難場所への避難が困難になった際に備え、土石流が流れてくると予想される区域や急傾斜地からできるだけ離れている場所や、できるだけ高い場所、堅牢な建物の上層階などの比較的危険度の低い避難場所を確保することや、「改善の策」としての避難路・避難場所を考えた柔軟性のある計画をあらかじめ策定することを原則とするべき。
- 地区防災計画の作成や、住民自らによるハザードマップの作成を通じた比較的安全な避難場所の確保等を支援するため、土砂災害警戒区域内の相対的な土砂災害の被害リスクを評価できるように、引き続き検討を深めるべき。評価手法の検討にあたっては、人命に係わることであり慎重に対応するべき。
- 土砂災害に関する避難勧告等の情報が土砂災害警戒区域内の住民に確実に伝わるようプッシュ型を積極的に導入する等情報伝達手段を予め検討し、地区ごとの警戒避難体制を構築すべき。
- 土砂災害対策技術者の知見を活用しつつ、住民1人ひとりが自ら取るべき行動を確認し、それらを地区防災計画に反映し反映させる取り組みを促進できるように、市町村を支援すべき。居住地等が土砂災害警戒区域等にあることを認識し、自らの防災計画を検討するきっかけとなるような取り組みを行うべき。

⑤ 地区防災計画と連携した砂防施設の整備

- 地区や個人の実情を踏まえた地区防災計画の策定を推奨し、それを活かして効果的に被害の防止軽減や避難路、避難場所の安全度を向上させるための砂防施設等の整備を積極的に進めるべき。

⑥ その他の平成30年7月豪雨の土砂災害の特徴を踏まえた対策のあり方

- 土石流や土砂・洪水氾濫等によるインフラ・ライフラインの被害や市街地の被害を踏まえ、これらを予防するための施設整備を強化すべき。
- 被災のおそれが高く地域への影響の大きな石積堰堤を調査し、改築・補強等の必要な対策を早急に取り組むべき。
- 気候変動による集中豪雨の増加に伴い、土砂・洪水氾濫が起きやすい条件の設定手法、生産土砂量が増大する素因環境を有する地域の把握等、生産土砂量の推定手法や影響範囲の推定手法の高度化を図るため、WGの意見を踏まえ引き続き検討を深めるべき。

図一 1.4 報告書概要⁶⁾を引用・加筆

1.2.2 土砂移動現象と地形に関する既往研究

鈴木²⁰⁾は、建設技術者を対象に地形図の読図手法を提唱し、その中で土砂災害の危険性などの一般的事項を整理している。

地形発達と現在の土砂移動現象の関係については大石²¹⁾は、砂防事業の必要性や説明責任に主眼を置き、空中写真から砂防微地形を判読し、砂防微地形に基づく砂防計画の有用性を提案している。

田村²²⁾は、斜面の各部分において生じる地形変化を微地形単位に区分し、その形態の特徴、構成物質、隣接地形面との関係性、形成時期を体系的にとりまとめた。代表的なものとして図一1.5に示す谷頭部の微地形単位の認定である。砂防分野に関連した微地形単位でいえば、新規の崩壊が認められるとした同図のf：谷頭凹地、g：下部谷壁斜面、h：下部谷壁凹斜面をあげている。テフクロロジーなどによりこれらの各微地形単位の形成年代がわかれば、斜面のどの部分が、いつ、どのような作用で形成されたかが明らかになり、近い将来の地形変化についてもどこで、どのような傾向の変化が起きやすいか推定できるとし、防災に対して有用な情報をもたらすとしている。

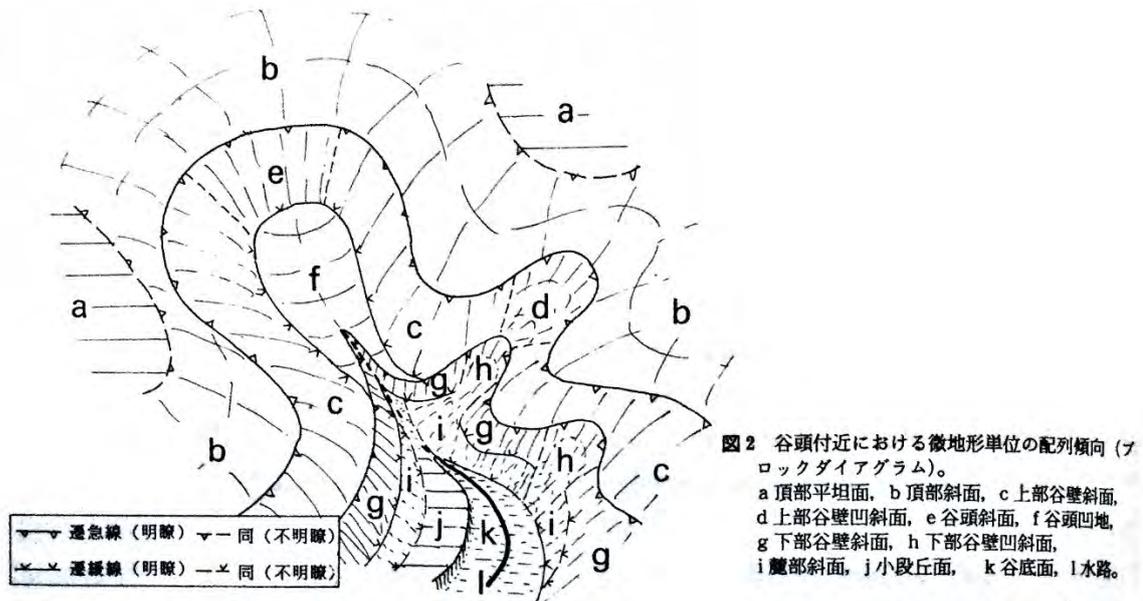


図2 谷頭付近における微地形単位の配列傾向（ブロックダイアグラム）。
a 頂部平坦面, b 頂部斜面, c 上部谷壁斜面,
d 上部谷壁凹斜面, e 谷頭斜面, f 谷頭凹地,
g 下部谷壁斜面, h 下部谷壁凹斜面,
i 麓部斜面, j 小段丘面, k 谷底面, l 水路。

図一 1.5 斜面を構成する微地形単位及び配列傾向（田村²²⁾）

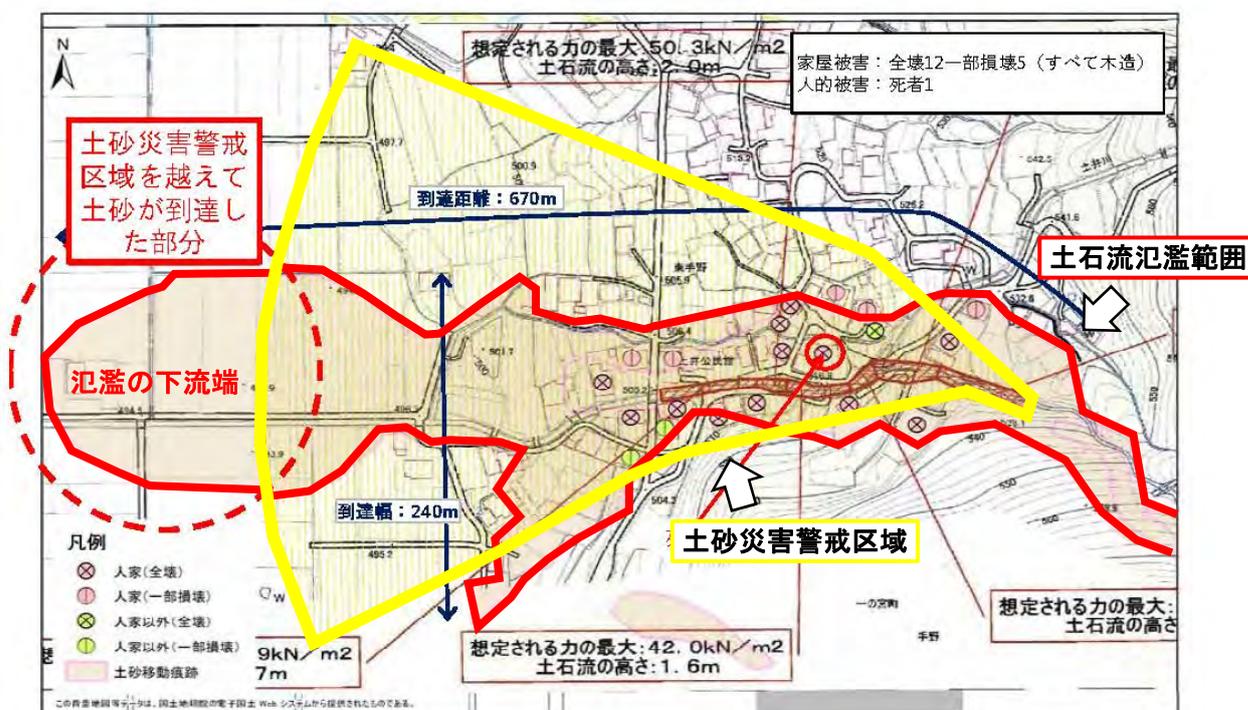
土砂移動現象の発生危険度については、八木ほか²³⁾が空中写真判読により地すべりの再滑動性に関わる微地形分布や侵食形態等を把握し、階層構造分析法（AHP法）により各指標の重み付けを評価する地すべりの再滑動危険度評価を提案している。

尾崎ほか²⁴⁾は、八木らの手法を応用して、火山地域における微地形に着目した空中写真判読で大規模崩壊や地すべりなど比較的規模の大きい土砂移動現象の発生危険箇所と微地形要素を用いた階層構造分析法で発生危険度を評価する方法を示している。

従来、砂防計画における広域調査は空中写真をベースに実施されてきたが、近年、航空レーザ計測の普及により高精度の地形測量データが全国的に整備され、砂防分野においても主として調査・計画に利用されるようになった（たとえば、坂井ほか²⁵⁾）。また高精度地形図と空中写真による微地形判読を併用して深層崩壊の発生危険度の評価手法の検討がなされている（たとえば土木研究所²⁶⁾）。さらに赤色立体地図²⁷⁾のように専門家以外でも視覚的に地形を把握しやすい表現方法を用いた情報も公表されている。

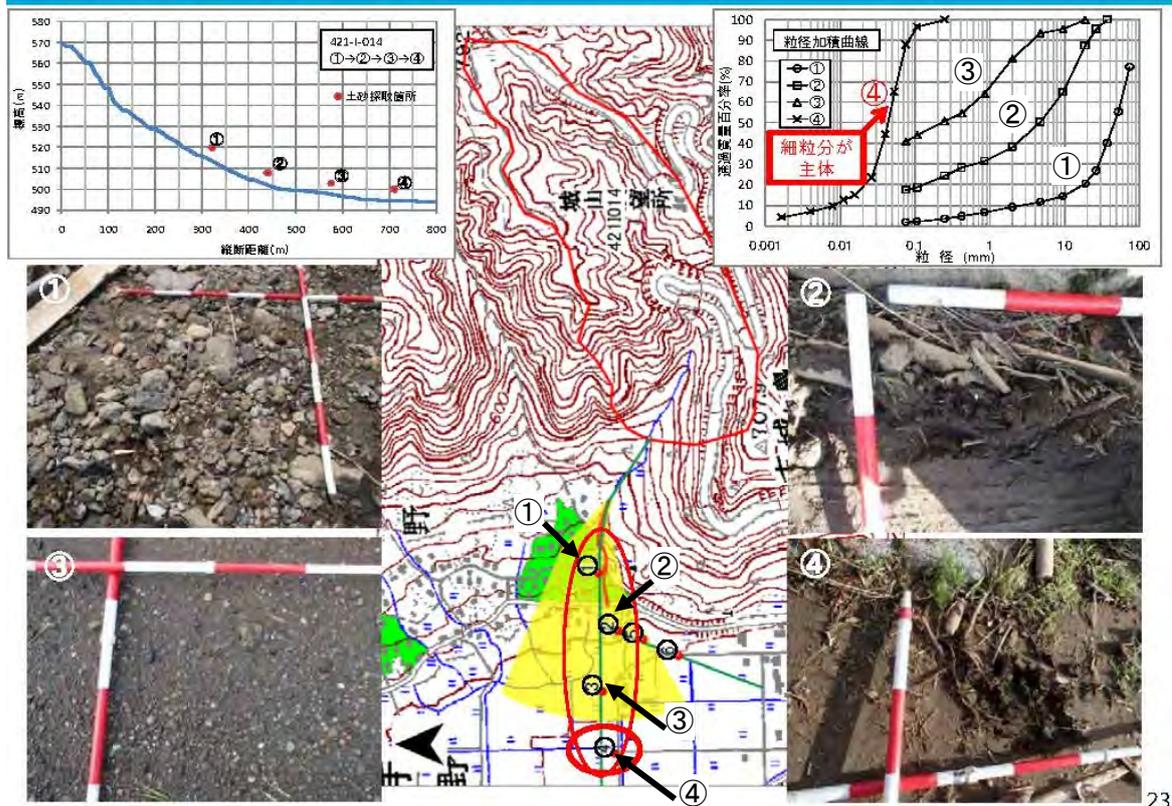
図－ 1.6 には土砂災害防止法に基づく基礎調査により指定した土砂災害警戒区域と平成 24 年九州北部豪雨により発生した土石流災害の氾濫範囲が相違する事例を示す²⁸⁾。本溪流は熊本県阿蘇火山地域のカルデラ壁に位置する溪流であるが、主に勾配と尾根地形を元に設定される土砂災害警戒区域を黄色線で、実際の土石流の氾濫範囲を赤色線で示した。図左側の赤破線丸は、土砂災害警戒区域を土石流が超えて氾濫した範囲である。図－ 1.7 には氾濫した土石流の粒度調査結果を示す。同図右上には同図中央に示された各調査地点の粒度分布調査結果が示されているが、氾濫範囲上流に位置する①地点に比べ、土砂災害警戒区域を超えた下流側の④地点では、堆積土砂の粒度が相対的に細かいことがわかる。同図に示される写真や地形図から、火山地域で生産された土砂は、土石流ないしは土砂流形態で流下し、下流の緩勾配な範囲になるにつれ土砂濃度が薄くなり、相対的に細かい礫径が泥流状に流下したものと推測される。

近年の重大災害で 2° 以下まで土砂が到達した事例（阿蘇市土井川の事例）



図－ 1.6 土砂災害警戒区域等と実際の土砂移動現象（国土交通省資料²⁸⁾を引用・加筆）

粒度分布の調査結果 土井川



図－ 1.7 粒度分布（国土交通省資料²⁸⁾ から引用・加筆）

1.2.3 既往研究の問題点

土砂災害ソフト対策では、土砂災害の主な誘因である豪雨との関係性が研究されている。公的情報としての土砂災害警戒情報も降雨予測をパラメータとして利用されているが、この情報の利用の中心は市町村防災担当者が中心であるとの指摘があるとともに、空振りがある実状から土砂災害警戒情報の精度向上について求められている。

土砂災害防止法に基づき指定される土砂災害警戒区域等は、平成 31 年度までに全国約 67 万箇所を指定を完了させる目標を立てられ随時、指定されつつある。この土砂災害警戒区域等は、市町村が作成する土砂災害ハザードマップの土砂災害の危険性を示す情報となっているが、公表されている土砂災害の一部を見ると、この他に土砂災害の危険性を示す内容、たとえば流域内の土砂災害につながる崩壊や地すべりと言った土砂生産地形、過去に土砂移動があった痕跡を示す情報などは示されていない。

一方、近年の災害からみると土砂災害警戒区域等の認知度が低いことが指摘されている。これに対して土砂災害の恐れがある箇所には、それを明示する看板等を現地に設置するなど住民が常日頃からリスクを意識できる取り組みを行うべきとの提案がなされている。

ここで、豪雨時等において発表される防災気象情報として気象庁²⁹⁾によれば、図－ 1.8 に示

すように複数存在する。同図では土砂災害、洪水、高潮の現象別に注意報、警報、予報、情報が付された各防災気象情報が示されているが、その他、同図右側には避難に関して行政が発令する情報も併記されている。複数の災害で多数の情報（ここでは一括した呼称とした）があり、これらの情報が発表された状況に対して発表機関以外の行政側（国・都道府県・市町村）と地域住民がどのような対応を行うことが最適なのかがわかりにくい。土砂災害に着目した場合、常日頃から土砂災害リスクを意識するために豪雨時にのみ発表される土砂災害警戒情報を取り上げても意識することは難しいと予想される。

そのため平常時の取り組みとしては、避難訓練等において使用される土砂災害ハザードマップの活用があげられる。

主な災害と防災気象情報 (: 命に危険が及ぶ区域)			
土砂災害	洪水 (例: 洪水予報河川)	高潮	
大雨警報(土砂災害)、 土砂災害警戒情報	指定河川洪水予報	高潮警報、暴風警報等	
土砂災害警戒判定 メッシュ情報が危険度が 高まっているメッシュ内の 土砂災害警戒区域等	洪水ハザードマップの 浸水想定区域	高潮警報・注意報等に 記載された 予想最高潮位に応じた 浸水想定区域	市町村や当該区域の住民の対応例 (: 避難勧告等の対象区域)
大雨注意報	氾濫注意情報	高潮注意報	[市町村]連絡要員を配置、避難準備・高齢者等 避難開始の発令を判断できる体制 [住民]警報等の発表に注意
大雨警報(土砂災害) かつ 土砂災害警戒判定メッシュ 情報の赤色	氾濫警戒情報	高潮注意報 (高潮警報への切り替えに言及)	[市町村]避難準備・高齢者等避難開始を発令 避難勧告の発令を判断できる体制 [住民]避難準備(高齢者等は避難開始)
土砂災害警戒判定メッシュ 情報の薄い紫色 又は 土砂災害警戒情報	氾濫危険情報	暴風警報 又は 高潮警報	[市町村]避難勧告を発令 災害対策本部設置 [住民]避難開始
土砂災害警戒判定メッシュ 情報の濃い紫色	(越水・溢水のおそれがあるとき)	(危険潮位を超えたとき)	[市町村]避難指示(緊急)を発令 [住民]避難完了 (まだ避難していない場合は避難開始。 大雨や暴風のために屋外を移動すると 命に危険が及ぶ場合は屋内安全確保。)
(土砂災害が発生したとき)	氾濫発生情報	(異常な越流が発生したとき)	

図一 1.8 防災気象情報の種類²⁹⁾

1.2.1 に前述したように主に国土交通省¹⁶⁾に準拠して作成された土砂災害ハザードマップをみると以下2点の危険性が不明な状態と考えられる。

(I) どのような現象が想定されるか：地域性を踏まえた土砂移動の情報

(II) どこが危険か：相対的な危険箇所の情報

(I) について、図一 1.1 に土砂災害の種類を示しているが、実際の土砂移動現象では地形や地質によって規模や想定される現象に差異が生じることが考えられる。しかし図一 1.2 や図一 1.3 にはこのような地域特性が反映されていない。

1.2.2 で述べたように土砂移動現象と地形に関する既往研究では事業説明や地形解析による

土砂移動危険度評価，これに基づく事業優先度など主に土砂災害のハード対策に利用されてきた。しかし現状では，土砂災害の警戒避難体制構築に役立てる，すなわち地域住民や行政の土砂災害時の警戒避難における課題の解決策として，地形解析結果を用いるところまでは至っていない。このような過去の土砂移動現象の評価を地形に着目して分析し，予測をたてることは土砂災害ハザードマップを通じて住民へ情報提供することは有効と考えられる。たとえば，土砂災害につながる可能性がある崩壊地等の土砂生産地形の分布状況，隣接または近傍の相対的な流域の状態（流域の開析状況や荒廃状況等の相違）を土砂災害ハザードマップと併記または別途の情報として平常時から住民へ伝えることができれば，住民自らが地域の土砂災害の危険性（想定される現象）を理解できるとともに，土砂災害のリスク（どこが危険か）を認知でき，その結果，緊急時において自発的な避難行動につながる可能性がある。

また前述した国土交通省の「実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会」が令和元年5月にまとめた報告書⁶⁾を図ー 1.9 に再掲するが，実効性ある避難のために「生産土砂量が増大する素因環境を有する地域の把握」も重要な検討項目としてあげられていることから流域特性である地形に着目することは有効と考えられる。

実効性のある避難を確保するための土砂災害対策のあり方について (報告書概要)

○ 平成30年7月豪雨による土砂災害の検証結果

結果Ⅰ 土砂災害警戒情報

- 死者のあった場所では、その箇所すべてにおいて土砂災害警戒情報が発表され、避難勧告も概ね発令されていたが、必ずしも認知されていない、もしくは切迫性が伝わらなかった。
- 発表から発災までの時間(リードタイム)が短い場合や長時間に及んだ場合は、避難勧告を発令できていない市町村があった。リードタイムが長かったケースでは、深夜・未明における避難所までの避難時に遭難するリスクを回避するため、あえて避難勧告の発令を避け、土砂災害警戒区域等に絞っての自主避難の呼びかけに切り替えた事例があった。

結果Ⅱ 土砂災害警戒区域

- 平成29年度末現在、基礎調査は約9割完了しているが、指定は約8割であり、指定の手続きに時間を要している都道府県がある。
- 死者の約9割は、警戒避難体制の整備が義務づけられている土砂災害警戒区域等内で発生しており、予め被害の恐れがある場所であることが公表されていた箇所であった。また、約1割は土砂災害警戒区域等外でも発生した。
- 土砂災害警戒区域の中でも、土砂災害の恐れがあることが認識されていない場合があった。
- 土砂災害警戒区域内でも、相当程度のリスクの違いがあった。

結果Ⅲ 避難行動

- 避難しようとした際には、すでに周辺の状態が危険になっていて避難場所には到達できない場合や、避難途中で被災したと思われる事例が数多くあったと推定される。
- 人的被害のあった地区では、避難場所までの移動経路に危険な状況がある場合があった。また、地区防災計画も策定されていなかった。
- 地域における共助により避難が行われ難を逃れた事例があった。
- 自宅以外の場所へ避難しなかった理由としては、「自宅の土砂災害の危険性は低いと思っていたから」などであり、災害リスクを理解していないことにより、避難行動をとっていない可能性がある。
- 先進的な取り組みを行っている地方公共団体や、防災活動に熱心な地区がある一方、その取り組みが他の近隣の地方公共団体等にまで広がっていない。

結果Ⅳ その他の平成30年7月豪雨の土砂災害の特徴

- インフラ・ライフラインの被害により、地域住民や経済活動に及ぼす影響が長期間に及んだ。
- 土砂・洪水氾濫により、下流の市街地に広範囲に土砂が堆積し、救助活動、復旧活動の妨げになったほか、地域の社会経済にも長期間影響を与えた。
- 戦後まもなく建設されたものをはじめとする、古い石積砂防施設が被災した。

○ 実効性のある避難を確保するために取り組むべき施策

検証の結果は、これまで進めてきた取組の方向性を支持するものと考えられることから、現在進めている取組をまずは早期に完了するよう努力するべき。さらに、公助と共助及び自助を有機的に機能させるためにも、まずは土砂災害に対する危険性の認知度を高めた上で、住民主体の「地区防災計画」の新しい歯車を、これまでの行政主体の「地域防災計画」の歯車にかみ合わせ、これまでよりも大きな防災力を生み出すことにより避難の実効性を高めるとともに、平成30年7月豪雨による土砂災害の特徴を踏まえて以下の対策を実施し、もって土砂災害による犠牲者を無くすべき。

① 土砂災害警戒情報の精度向上等

- 住民避難を呼びかける主体は市町村長であることに鑑み、市町村長が避難勧告を適時・適切に発令できるように土砂災害警戒情報の精度向上や土砂災害警戒情報を補う情報の改善などの技術開発・支援体制の強化を進めるべき。
- 危険度を時系列的に表示し市町村や住民が危険度の推移等を把握できる様にするなど、土砂災害警戒情報を補足する情報について改善するべき。
- 土砂災害警戒情報の発表基準については、土砂災害の発生の有無にかかわらず、不断の検証に努め、市町村と情報共有するべき。

② 土砂災害警戒区域等の認知度の向上等

- 土砂災害警戒区域等の指定を早期に完了させるべき。また土砂災害の被害実態を蓄積し区域指定の精度向上を図るべき。
- 土砂災害警戒区域等の認知度が低い場合、地区において実効性のある防災計画を検討する前提となる。土砂災害警戒区域等の認知度を向上させる取り組みをなお一層進めるべき。であり、それを明示する看板等を現地に設置するなど住民が常日頃からリスクを意識できる取り組みを行うべき。
- レッドゾーンにある既存の建築物は、関係機関が連携し、所有者等による安全性の確認や補強・移転等の必要な安全対策が行われるよう促すべき。

③ 市町村の防災力向上の支援体制の構築

- 地域防災力の向上のため、市町村の防災担当者や自主防災組織等の防災リーダーが土砂災害に関する知識等の取得を支援する体制を強化するべき。
- 防災体制、防災意識の啓発、避難訓練等について、先進的な公体・地区の取り組みの事例や情報の他への利活用を促進するための連絡会を設置するなどの体制を設けるべき。
- ハザードマップや土砂災害警戒情報等を利用して住民が避難等の防災行動に移れるように、国や県による支援体制の強化やガイドライン等の充実を図るべき。

④ 地区防災計画に基づく警戒避難体制の構築

- 土砂災害に備えた避難計画を準備していた地区において円滑な避難がなされていたことに鑑み、要配慮者への対応も含め、地区の住民自らが地区や個人の実情を踏まえた上で、ハザードマップや地区防災計画の作成・見直しを通じて警戒避難体制の強化を図り、実効性のある避難を確保するべき。
- 土砂災害の特殊性を考慮して、土砂災害の警戒避難は、指定緊急避難場所への避難が困難になった際に備え、土石流が流れてくると予想される区域や急傾斜地からできるだけ離れている場所や、できるだけ高い場所、堅牢な建物の上層階などの比較的危険度の低い避難場所を確保することや、「改善の策」としての避難路・避難場所を考えた柔軟性のある計画をあらかじめ策定することを原則とするべき。
- 地区防災計画の作成や、住民自らによるハザードマップの作成を通じた比較的安全な避難場所の確保等を支援するため、土砂災害警戒区域内の相対的な土砂災害の被害リスクを評価できるよう、引き続き検討を深めるべき。評価手法の検討にあたっては、人命に係わることであり慎重に対応するべき。
- 土砂災害に関する避難勧告等の情報が土砂災害警戒区域内の住民に確実に伝わるようプッシュ型を積極的に導入する等情報伝達手段を予め検討し、地区ごとの警戒避難体制を構築するべき。
- 土砂災害対策技術者の知見を活用しつつ、住民1人ひとりが自ら取るべき行動を確認し、それらを地区防災計画に反映し反映させる取り組みを促進できるよう、市町村を支援するべき。居住地等が土砂災害警戒区域等にあることを認識し、自らの防災計画を検討するきっかけとなるような取り組みを行うべき。

⑤ 地区防災計画と連携した砂防施設の整備

- 地区や個人の実情を踏まえた地区防災計画の策定を推奨し、それを活かして効果的に被害の防止軽減や避難路、避難場所の安全度を向上させるための砂防施設等の整備を積極的に進めるべき。

⑥ その他の平成30年7月豪雨の土砂災害の特徴を踏まえた対策のあり方

- 土石流や土砂・洪水氾濫等によるインフラ・ライフラインの被害や市街地の被害を踏まえ、これらを予防するための施設整備を強化するべき。
- 被災のおそれが高く地域への影響の大きな石積堰堤を調査し、改築・補強等の必要な対策を早急に取り組むべき。
- 気候変動による集中豪雨の増加に伴い、土砂・洪水氾濫が起きやすい条件の設定手法、生産土砂量が増大する素因環境を有する地域の把握等、生産土砂量の推定手法や影響範囲の推定手法の高度化を図るため、WGの意見を踏まえ引き続き検討を深めるべき。

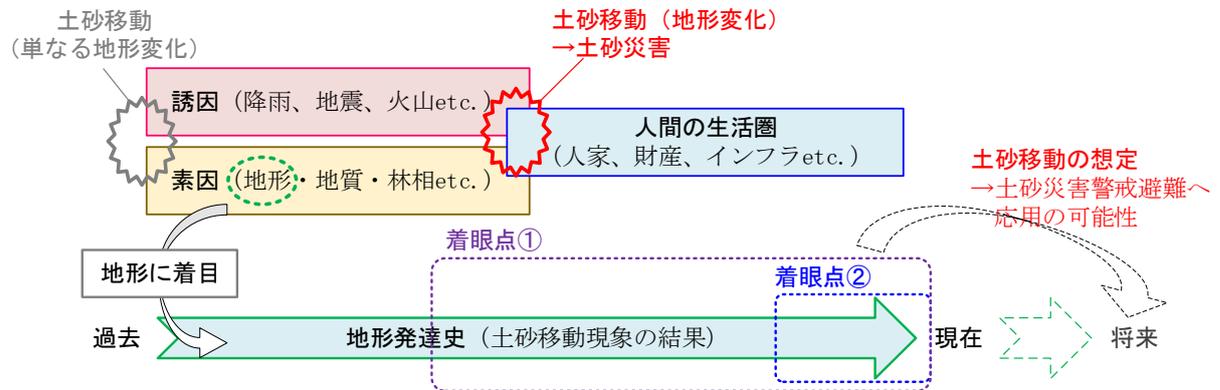
図－ 1.9 報告書概要⁶⁾を引用・加筆

1.3 研究目的・構成

本研究ではまず、前項までに整理した土砂災害のソフト対策における問題を踏まえ、土砂災害の警戒避難を主導する立場にある市町村防災部局の実態を調査し、課題を抽出する。この調査結果から土砂災害の警戒避難にかかる各種情報のうち、行政として何が十分であり、何が不十分か、また今後どのような情報があるべきかを考察する。なお市町村防災部局は、消防や総務部が所管する 경우가多く（たとえば増田ほか³⁰⁾）、本論ではこれら防災を所管する部局に対して調査を行うこととした。

次に、市町村防災部局への調査結果も念頭に置きながら、土砂災害ハザードマップを利用する上で地形発達史、すなわち過去の土砂移動現象から想定される「起こりうる現象（想定される現象）」と「災害の起こりやすさ（どこが危険か）」を土石流の警戒避難の情報の一つとした場合の具体例を提案する。

具体的な地形発達史と土砂災害の関係性を図－ 1.10 に示す。素因と誘因の関係性により土砂移動は生じるが、灰色で示した範囲では地形変化としてのみ認識される。一方、赤線で示した人間の生活圏と重複する範囲では土砂災害として認識される。素因の地形に着目すると過去から現在にいたる土砂移動現象の結果、形成されている。



図－ 1.10 災害発生場と着眼点

図－ 1.10 に示した地形発達史を長期的な視点（着眼点①）と短期的な視点（着眼点②）でみた場合、次の情報が得られると考えられる。

（着眼点①：長期的地形変化）現在と同じ環境下、すなわち約1万年前から現在に至る完新世の地形発達から土砂移動実績をみることにより、対象地域において少なくとも今後、発生する可能性がある土砂移動現象（土石流・土砂流）が想定できる可能性がある。

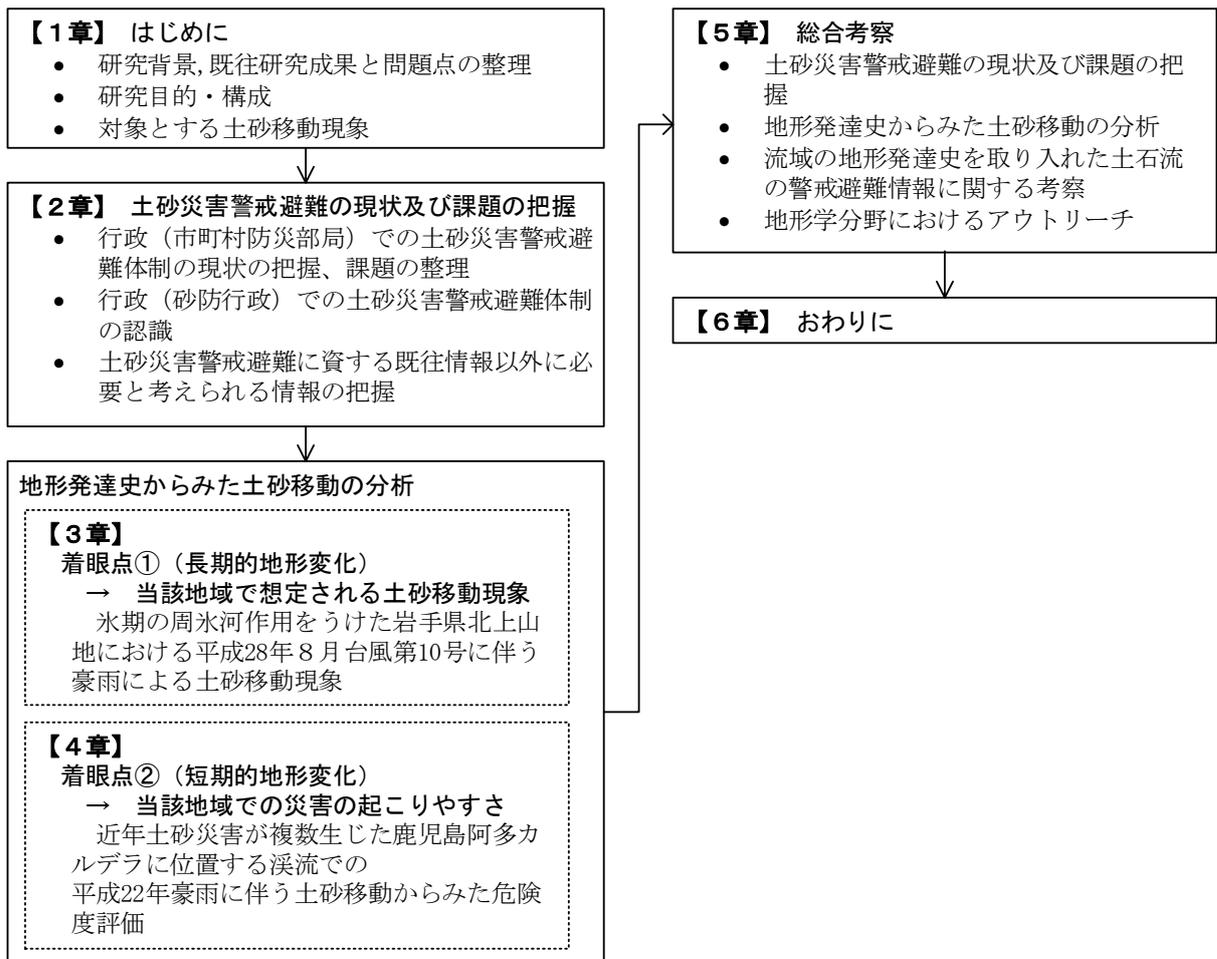
（着眼点②：短期的地形変化）防災事業において通常想定する50～100年よりも短い期間における地形発達（地形変化）から土砂移動実績をみることにより、対象地域において相対的に土砂移動（土石流）が生じやすい範囲を把握できる可能性がある。

この着眼点は、大石²¹⁾が提唱した砂防微地形から出発する砂防計画に着想を得たものである。具体的に大石は、現在みられる流域の荒廃特性は、当該流域で繰り返してきた土砂移動現象の結果であり、その履歴を示す現在の微地形を解析することにより将来の土砂移動現象を予測できるとし、これを砂防計画の基礎にすることを提案した。従来の砂防計画では「建設省河川砂防技術基準(案)³¹⁾」に示されるような計画生産土砂量等の土砂量をベースとして計画基準点から下流に対する有害な土砂の流出を抑制または抑止することを目的としていた。しかし、土砂量ベースの砂防計画では、荒廃地域や危険地点を抽出できない、流域の荒廃特性や土砂移動特性が消えてしまうなどの欠点を有することを指摘している。大石は空中写真判読により微地形を抽出してその分布や地形状態を広域・詳細微地形分類図(広域と詳細は縮尺の相違による呼称)として表現した。この作成過程における土砂移動実態、堆積構造調査により土砂移動特性を把握し土砂移動箇所や規模、危険度の予測を行うことを試みた。

本論は、従来砂防事業において活用されてきた大石²¹⁾に代表される地形発達史に基づく地形解析及びその結果をソフト対策：土石流の警戒避難情報に取り入れることを目的とした。

以上を踏まえた本論文の研究構成を図－1.11に示す。

1章では序論を述べ、2章において土砂災害警戒避難の現状及び課題を把握する。ここで今後検討すべき情報を明らかにし、3章では地形発達史からみた土砂移動現象の検討を行う。4章では、短期的な地形変化から土砂災害の起こりやすさ、把握について検討を行う。以上を持って5章において総合考察し、流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報の提案を行う。最後6章において結論をまとめる構成とした。



図－ 1.11 研究内容の構成

1.4 本研究で対象とする土砂移動現象

図－ 1.12 及び図－ 1.13 には、（一財）砂防・地すべり技術センターが1982年（昭和57年）から2014年（平成26年）までの33年間公表している土砂災害の実態³²⁾を元に作成した図を示す。詳細一覧を表－ 1.1に示す。

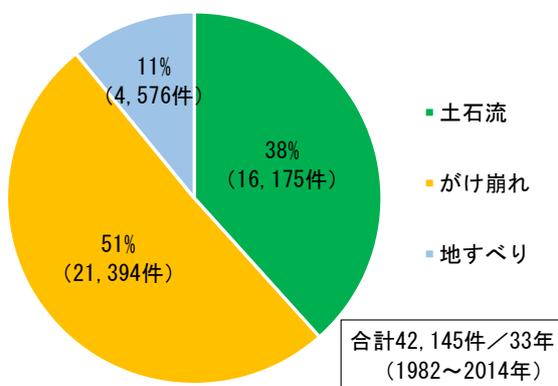
図－ 1.12 は、33年間の期間において発生した土石流、がけ崩れ、地すべりの3種類の災害件数の割合（各災害件数／33年間の合計）を示したものである。33年間で約42,000件（約1,300件／年）の土砂災害が発生しており、最も発生件数が多い現象は全体の半数を占めるがけ崩れであった。

一方、図－ 1.13 は、33年間の期間において発生した土石流、がけ崩れ、地すべりの3種類の災害別の死者・行方不明者数を示したものである。33年間で約1,500名の死者・行方不明者が招じており、現象別に見ると土石流とがけ崩れが同程度で全体の約8割を占める。

土砂災害の発生件数と死者・行方不明者数の関係から発生件数はがけ崩れに比べて少ない土石

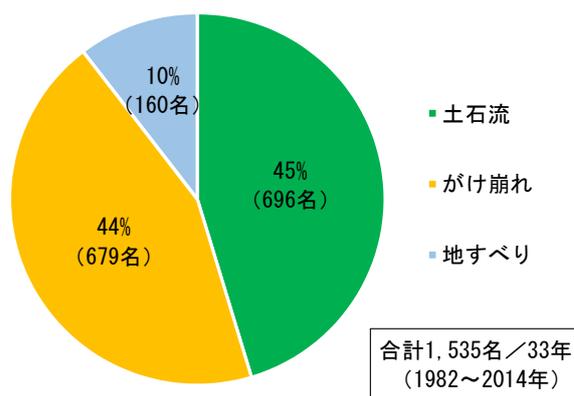
流が死者・行方不明者数で見ると同程度であることから、発生件数1件あたりの死者・行方不明者数が最も多い傾向にある。

そこで本研究では、土砂災害防止の軽減に最も寄与できると考え、1箇所あたりの死者・行方不明者が多い「土石流」を対象現象とした。



図一 1.12 発生した土砂災害の現象別割合

{ (一財) 砂防・地すべり技術センターを元に編集³²⁾ }



図一 1.13 死者行方不明者の現象別割合

{ (一財) 砂防・地すべり技術センターを元に編集³²⁾ }

表－ 1.1 土砂災害の発生状況と死者・行方不明者の実態

{ (一財) 砂防・地すべり技術センターを元に編集³²⁾ }

災害発生年		土砂災害発生状況				死者・行方不明者			
西暦	和暦	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計
1982	S57	293	1,567	147	2,007	152	185	-	337
1983	S58	352	1,093	119	1,564	10	78	19	107
1984	S59	67	103	51	221	15	16	14	45
1985	S60	165	538	145	848	5	15	36	56
1986	S61	104	356	102	562	1	26	3	30
1987	S62	165	185	70	420	3	4	-	7
1988	S63	181	291	102	574	17	12	-	29
1989	S64/H1	200	345	111	656	9	15	5	29
1990	H2	238	852	180	1,270	28	19	4	51
1991	H3	2,879	599	122	3,600	54	12	1	67
1992	H4	4,035	232	55	4,322	-	3	-	3
1993	H5	2,288	1,413	171	3,872	31	141	2	174
1994	H6	853	142	68	1,063				-
1995	H7	309	347	237	893	3	8	35	46
1996	H8	91	258	64	413	14	4	-	18
1997	H9	101	917	136	1,154	21	10	-	31
1998	H10	317	1,160	152	1,629	9	12	-	21
1999	H11	373	960	168	1,501	17	17	-	34
2000	H12	180	291	137	608	-	6	-	6
2001	H13	48	365	96	509	1	2	1	4
2002	H14	46	275	218	539	2	2	-	4
2003	H15	57	712	128	897	20	2	1	23
2004	H16	565	1,511	461	2,537	27	28	7	62
2005	H17	158	483	173	814	17	8	5	30
2006	H18	169	1,057	215	1,441	15	7	3	25
2007	H19	129	675	162	966	-	-	-	-
2008	H20	154	452	89	695	14	6	-	20
2009	H21	149	803	106	1,058	17	5	-	22
2010	H22	234	767	127	1,128	6	3	2	11
2011	H23	419	781	222	1,422	55	9	21	85
2012	H24	256	505	76	837	15	9	-	24
2013	H25	262	590	89	941	46	6	1	53
2014	H26	338	769	77	1,184	72	9	-	81
	合計	16,175	21,394	4,576	42,145	696	679	160	1,535
	平均値	490	648	139	1,277	22	21	5	47
	中央値	200	590	127	966	15	9	1	29
	標準偏差	872	396	77	984	30	40	10	63

2 土砂災害警戒避難の現状及び課題の把握

2.1 序論

土砂災害に対する警戒避難体制は、「土砂災害警戒避難ガイドライン」¹⁾によれば、住民と行政が土砂災害の特徴と各々の役割分担について共通認識を持って双方が協働して、構築する必要があるとしている。しかし、土砂災害発生実績が少ない地域では市町村防災部局の土砂災害対応体制は十分でない可能性もあり、豪雨の多発化など災害危険性の高まりが指摘される中、警戒避難体制構築に支障が生じることも想定される。

以降には、市町村防災部局に対して土砂災害警戒避難体制の実態調査を行い、調査結果から主に行政における現状の課題を明らかにし、土砂災害警戒避難体制を構築する両者にとって有効と考えられる情報を考察した。

2.2 調査対象地域

調査対象地域は、青森県、岩手県、秋田県の北東北 3 県における計 98 市町村とした（表一 2.1）。表一 2.2 には、北東北 3 県の土砂災害実績を整理したものを示すが、発生実績は全国の年平均土砂災害発生件数の約 2～3 割であり、隣接して地形・気候条件等は類似していても全国的には土砂災害発生実績が少ない地域とみられることから選定した。災害の詳細は表一 2.2 に示す。

表一 2.1 調査対象地域

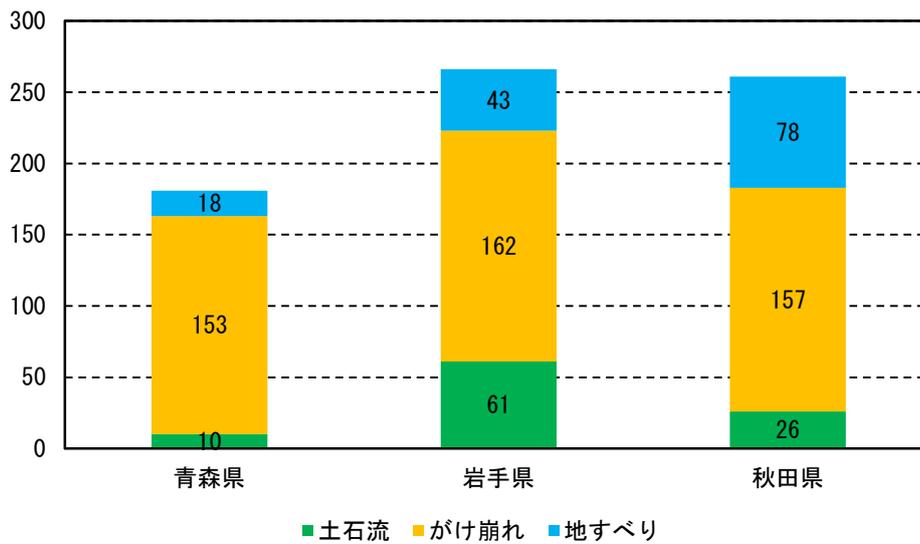
県名	面積 (km ²)	市	町	村	合計
青森県	9,646	10	22	8	40
岩手県	15,275	14	15	4	33
秋田県	11,638	13	9	3	25
合計	—	37	46	15	98

表一 2.2 調査対象地域における土砂災害実績（1）

県名	昭和57年～平成26年（33年間）				
	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	年平均
青森県	10	153	18	181	5
岩手県	61	162	43	266	8
秋田県	26	157	78	261	8
全 国	16,175	21,394	4,576	42,145	27

全国の年平均は、全国合計値を33年間・47都道府県で除した値。

（一財）砂防・地すべり技術センター発行「土砂災害の実態」²⁾を整理



図一 2.1 現象別の土砂災害発生実績

{ (一財) 砂防・地すべり技術センターを元に編集²⁾ }

表－ 2.3 調査対象地域における土砂災害実績一覧（1） {（一財）砂防・地すべり技術センターを元に編集²⁾}

災害発生年	青森県				岩手県				秋田県				備考 (件数：県・現象・誘引)	主な災害気象 特記事項	北東北				
	西暦	和暦	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ			地すべり	合計			
1982	S57	0	4	0	4	0	2	0	2	0	1	0	1	1:秋・が・S57.7豪雨 4:青・が・台風18号 2:岩・が・台風18号	昭和57年7月豪雨(長崎豪雨含む) 台風10号 台風18号	0	7	0	7
1983	S58	0	6	1	7	0	0	0	0	2	6	5	13		昭和58年7月豪雨 台風5号、6号 台風10号	2	12	6	20
1984	S59	0	4	0	4	0	2	0	2	0	3	2	5	2:青森・が・融雪 1:秋・地・融雪 2:秋・が・融雪 2:岩・が・融雪	昭和59年1～3月大雪 昭和59年6月熊本県五木村集中豪雨 昭和59年9月長野県西部地震	0	9	2	11
1985	S60	1	1	0	2	0	4	0	4	0	5	2	7	1:秋・が・融雪 1:青・土・梅雨 1:岩・が・梅雨 1:秋・が・梅雨 1:岩・が・台風6号	新潟県青海町の融雪 長野県長野市地附山の梅雨	1	10	2	13
1986	S61	0	0	0	0	0	12	2	14	1	2	4	7	1:秋・が・融雪 1:岩・が・梅雨 10:岩・が・台風10号 2:岩・地・台風10号	大雪(S60.12～S61.3) 梅雨前線豪雨 台風10号	1	14	6	21
1987	S62	0	2	1	3	0	9	1	10	0	9	6	15	1:岩・が・融雪 2:青・が・梅雨 1:青・地・梅雨 1:秋・が・梅雨	山形県温海町の局地的豪雨 台風19号 千葉県東方沖地震	0	20	8	28
1988	S63	1	0	1	2	1	7	4	12	0	0	1	1	1:青・土・融雪 1:青・地・融雪 1:岩・地・融雪 1:岩・が・梅雨 3:岩・が・台風18号	九州中部を中心とする大雨災害 西日本を中心とする大雨災害	2	7	6	15
1989	S64/H1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	1	2	1:秋・が・融雪 1:秋・が・融雪	台風12号 秋雨前線による大雨	0	3	1	4
1990	H2	0	10	0	10	0	13	1	14	1	21	9	31	6:秋・地・融雪 1:秋・土・梅雨 4:秋・が・梅雨 2:秋・地・梅雨 1:青・が・台風19号 1:岩・が・台風19号 16:秋・が・台風19号 1:秋・地・台風19号	梅雨前線 台風19号	1	44	10	55
1991	H3	0	1	0	1	0	3	0	3	0	9	4	13	1:青・が・融雪 1:岩・地・融雪 7:秋・が・梅雨 2:秋・地・梅雨	梅雨前線 台風17～19号 秋雨前線 局地的集中豪雨(9月関東から伊豆半島)	0	13	4	17
1992	H4	0	2	0	2	0	1	1	2	0	0	2	2	2:青・が・融雪 2:秋・地・融雪 1:岩・土・梅雨 1:岩・が・梅雨	梅雨前線 台風10号	0	3	3	6
1993	H5	0	7	0	7	1	4		5	0	0	1	1	1:青・が・融雪 7:青・が・台風 4:岩・が・台風	梅雨前線 台風13号	1	11	1	13
1994	H6	0	8	1	9	0	1	0	1	1	1	1	3	1:秋・地・融雪 2:青・が・地震	記録的猛暑・少雨 台風26号 北海道東方沖地震、三陸はるか沖地震等	1	10	2	13
1995	H7	0	2	2	4	0	0	0	0	2	9	3	14	1:青・が・融雪 1:青・地・融雪 1:秋・地・融雪 1:青・地・融雪 1:青・が・地震	梅雨前線 台風14号	2	11	5	18
1996	H8	0	1	0	1	0	2	0	2	1	2	6	9	1:秋・地・融雪 4:秋・が・梅雨 1:秋・地・梅雨 1:岩・が・台風 1:青・が・降雨 1:岩・が・降雨 1:秋・土・降雨 2:秋・が・降雨	梅雨前線 台風12号	1	5	6	12

表一 2.3 調査対象地域における土砂災害実績一覧（2） {（一財）砂防・地すべり技術センターを元に編集²⁾}

災害発生年		青森県				岩手県				秋田県				備考 (件数：県・現象・誘引)	主な災害気象		北東北			
西暦	和暦	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計		特記事項	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	
1997	H9	0	4	1	5	2	6	1	9	2	5	4	11	1: 秋・地・融雪 2: 岩・土・梅雨 1: 青・が・台風 6: 岩・が・台風 3: 青・が・降雨 1: 岩・地・降雨 2: 秋・土・降雨 5: 秋・が・降雨 3: 秋・地・降雨	梅雨前線 台風19号	4	15	6	25	
1998	H10	3	20	0	23	1	2	23	26	1	2	10	13	1: 青・が・融雪 1: 青・土・梅雨 5: 青・が・梅雨 2: 岩・が・梅雨 1: 秋・土・梅雨 6: 秋・が・梅雨 2: 秋・地・梅雨 4: 青・が・台風 2: 岩・が・台風 1: 秋・が・台風 2: 青・土・降雨 10: 青・が・降雨 1: 岩・土・降雨 19: 岩・が・降雨 2: 岩・地・降雨 2: 秋・が・降雨	8月末豪雨 台風7号、8号	5	24	33	62	
1999	H11	1	17	2	20	2	17	3	22	0	0	1	1	1: 青・地・融雪 2: 岩・地・融雪 1: 青・が・梅雨 2: 岩・が・梅雨 10: 岩・が・台風 1: 青・土・降雨 16: 青・が・降雨 1: 岩・地・降雨 1: 岩・土・降雨 5: 岩・が・降雨 1: 岩・地・降雨 1: 秋・地・降雨	梅雨前線 台風18号	3	34	6	43	
2000	H12	0	0	1	1	0	1	1	2	0	0	1	1	1: 青・地・融雪 1: 岩・が・台風	停滞前線、台風による豪雨 鳥取県西部地震	0	1	3	4	
2001	H13	0	9	1	10	0	5	1	6	0	6	1	7	1: 岩・地・融雪 1: 青・地・梅雨 1: 岩・が・梅雨 1: 秋・が・梅雨 1: 秋・地・梅雨 8: 青・が・台風 1: 岩・が・台風	前線、低気圧による大雨 台風15号	0	20	3	23	
2002	H14	0	7	2	9	7	9	1	17	0	17	2	19	1: 青・地・融雪 1: 岩・地・融雪 1: 秋・地・融雪 2: 岩・が・梅雨 4: 青・が・台風 1: 青・地・台風 7: 岩・土・台風 9: 岩・が・台風 3: 秋・が・台風 1: 青・地・台風	梅雨前線、台風6号 前線による大雨(8月豪雨)	7	33	5	45	
2003	H15	0	0	0	0	0	5	0	5	0	1	1	2	2: 岩・が・融雪 1: 秋・地・融雪 1: 岩・が・梅雨 2: 岩・が・地震	前線による大雨 台風10号と前線による大雨 7月静岡県における大雨 11月大分県における大雨 5/26宮城県沖の地震 7/28宮城県北部の地震	0	6	1	7	

表一 2.3 調査対象地域における土砂災害実績一覧(3) { (一財) 砂防・地すべり技術センターを元に編集²⁾ }

災害発生年		青森県				岩手県				秋田県				備考 (件数：県・現象・誘引)	主な災害気象 特記事項	北東北			
西暦	和暦	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計	土石流	がけ崩れ	地すべり	合計			土石流	がけ崩れ	地すべり	合計
2004	H16	0	1	0	1	0	5	0	5	1	6	3	10	2:秋・地・融雪 1:岩・が・梅雨 1:秋・土・梅雨 3:秋・が・梅雨 1:秋・地・梅雨 1:青・が・台風 2:岩・が・台風 2:秋・が・台風	新潟・福島豪雨 福井豪雨 台風10号 台風15号 台風21号 台風23号 新潟県中越地震	1	12	3	16
2005	H17	0	5	0	5	0	0	0	0	0	2	1	3	5:青・が・融雪 1:秋・地・融雪	前線による大雨 台風14号 福岡県西方沖の地震 (土砂災害警戒情報 鹿児島県で日本初運用開始)	0	7	1	8
2006	H18	0	3	2	5	1	2	2	5	0	2	1	3	2:岩・地・融雪 2:秋・が・融雪 1:秋・地・融雪 1:青・地・台風	大雪(平成18年豪雪) 前線による大雨 台風13号	1	7	5	13
2007	H19	1	4	1	6	1	8	0	9	3	8	0	11	1:青・が・融雪 1:青・地・融雪 1:岩・土・台風 7:岩・が・台風 1:秋・土・台風 6:秋・が・台風	大雪 梅雨前線及び台風4号 隠岐を中心とした大雨 東北北部を中心とした大雨(台風11号) 台風4号 台風5号 台風9号 台風11号 台風20号	5	20	1	26
2008	H20	0	2	2	4	14	11	2	27	0	1	0	1	1:岩・土・融雪 1:青・が・梅雨 1:岩・が・梅雨 1:青・が・地震 2:岩・土・地震 7:岩・土・地震 2:岩・地・地震 1:秋・が・地震	四国、中国地方から東北地方にかけての大雨 西日本から北日本にかけての大雨(平成20年8月末豪雨) 近畿地方、東日本、東北地方の大雨 台風13号 岩手・宮城内陸地震	14	14	4	32
2009	H21	0	6	0	6	0	2	0	2	2	9	1	12	1:秋・地・融雪 3:青・が・梅雨 1:秋・地・梅雨 8:秋・が・梅雨 3:青・が・台風	中国地方および九州北部での大雨(平成21年中国・九州北部豪雨) 台風9号 台風18号	2	17	1	20
2010	H22	0	10	0	10	7	11	0	18	4	15	3	22	2:秋・地・融雪 1:青・が・梅雨 7:岩・土・梅雨 5:岩・が・梅雨 4:秋・土・梅雨 10:秋・が・梅雨	梅雨前線による大雨 前線による奄美地方の大雨 台風9号	11	36	3	50
2011	H23	1	2	0	3	1	7	0	8	0	4	0	4	1:青・土・梅雨 3:秋・が・梅雨 3:岩・が・台風 1:青・が・地震 1:岩・土・地震 3:岩・が・地震	平成23年7月新潟・福島豪雨 台風6号 台風12号 台風15号 東北地方太平洋沖地震	2	13	0	15
2012	H24	0	2	0	2	0	0	0	0	0	4	1	5	1:青・が・融雪 1:秋・地・融雪 2:秋・が・梅雨	平成24年7月九州北部豪雨 停滞前線による大雨 台風16号	0	6	1	7
2013	H25	2	12	0	14	22	8	0	30	5	5	1	11	3:青・が・梅雨 14:岩・土・梅雨 7:岩・が・梅雨 5:秋・土・梅雨 4:秋・が・梅雨 1:秋・地・梅雨 2:青・土・台風 8:青・土・台風 1:岩・土・台風 1:秋・が・台風	大気不安定による島根県と山口県の大雨 大気不安定による秋田県と岩手県の大雨 前線による島根県の大雨 台風18号 台風26号 (青森県の土石流は後長根沢と虹貝新田沢)	29	25	1	55
2014	H26	0	1	0	1	1	1	0	2	0	1	0	1	1:青・が・台風 1:岩・土・台風 1:岩・が・台風 1:秋・が・台風	大気不安定による広島県の大雨 大気不安定による北海道の大雨 台風8号	1	3	0	4
合計(件)		10	153	18	181	61	162	43	266	26	157	78	261						
平均値(件/年)		0.3	4.6	0.5	5.5	1.8	4.9	1.3	8.1	0.8	4.8	2.4	7.9						

2.3 調査手法・内容

2.3.1 調査手法

調査手法は、調査対象地域における各自治体のホームページ等に掲載された問合せメールアドレスへアンケート様式を送信し、電子メールで回答する方式とした。平成 28 年 6 月中旬に表 2.4 に示す市町村へアンケート様式を送信した。

2.3.2 調査内容

表 2.5 には、質問内容、趣旨、概要を示す。具体的には、土砂災害警戒情報に対する行政の認識、行政・住民の土砂災害に関する知識習得の機会、市町村防災部局の土砂災害警戒体制の実態、市町村管内の災害実績の把握を目的に 10 の質問を設けた。

表－ 2.4 送信先一覧

No.	青森県市町村名 (10市22町8村)	岩手県市町村名 (14市15町4村)	秋田県市町村名 (13市9町3村)
1	青森市	盛岡市	鹿角市
2	弘前市	宮古市	小坂町
3	八戸市	大船渡市	大館市
4	黒石市	花巻市	北秋田市
5	五所川原市	北上市	上小阿仁村
6	十和田市	久慈市	能代市
7	三沢市	遠野市	三種町
8	むつ市	一関市	八峰町
9	つがる市	陸前高田市	藤里町
10	平川市	釜石市	秋田市
11	平内町	二戸市	男鹿市
12	今別町	八幡平市	五城目町
13	蓬田村	奥州市	八郎潟町
14	外ヶ浜町	滝沢市	潟上市
15	鱒ヶ沢町	雫石町	井川町
16	深浦町	葛巻町	大潟村
17	西目屋村	岩手町	由利本荘市
18	藤崎町	紫波町	にかほ市
19	大鰐町	矢巾町	大仙市
20	田舎館村	西和賀町	美郷町
21	板柳町	金ヶ崎町	仙北市
22	鶴田町	平泉町	横手市
23	中泊町	住田町	湯沢市
24	野辺地町	大槌町	羽後町
25	七戸町	山田町	東成瀬村
26	六戸町	岩泉町	
27	横浜町	田野畑村	
28	東北町	普代村	
29	六ヶ所村	軽米町	
30	おいらせ町	野田村	
31	大間町	九戸村	
32	東通村	洋野町	
33	風間浦村	一戸町	
34	佐井村		
35	三戸町		
36	五戸町		
37	田子町		
38	南部町		
39	階上町		
40	新郷村		

表記は総務省の全国地方公共団体コード順

表－ 2.5 調査内容・趣旨・概要

質問	内容	回答方式※	趣旨	概要
1	大雨警報や土砂災害警戒情報が発表された状況において、土砂災害防止を目的として避難勧告等の発令を検討する際に重要視する情報は何か。	記述式	行政の土砂災害警戒情報の認識・位置づけ	市町村防災部局における土砂災害警戒情報の活用状況を確認
2	土砂災害警戒情報の発表後、防災体制に変化はありますか。	選択式・記述式併用		
3	土砂災害ハザードマップ(HM)の作成状況と配布状況をお聞かせ下さい。	選択式・記述式併用	住民・行政の土砂災害に関する知識を習得する機会	行政・住民が土砂災害に関する知識を得る機会があるか。
4	土砂災害にかかる防災訓練の実施状況をお聞かせ下さい。	選択式		住民が土砂災害危険箇所や土砂災害警戒区域等を認知するために必要な情報(たとえば土砂災害ハザードマップ)が提供されているか。
5	土砂災害警戒体制にかかる情報として、「いつ危険か→土砂災害警戒情報」、「どこが危険か→土砂災害警戒区域等・土砂災害危険箇所」など整備されつつあります。一方、「管内で相対的にどこが危険か」・「どの程度危険か」・「なぜ危険か」といった情報は少ないのが現状です。不足する情報について、どのような情報があれば有益と考えますか。	記述式	土砂災害警戒避難に必要と考える情報	土砂災害警戒情報の他に降雨予測等、情報が高度化・複雑化している中で市町村防災部局がさらに必要と考えている情報を確認
6	土砂災害に関する防災担当職員についてお聞かせ下さい。	選択式	市町村防災部局の体制と取組状況	市町村防災部局の土砂災害へ対応する職員の職種・人数・年齢構成を確認
7	土砂災害防止に対する体制について不足していると感じますか。	選択式・記述式併用		土砂災害防止に関する体制の実態を確認
8	土砂災害に対する市町村独自の取り組みはありますか。	選択式・記述式併用		市町村が独自に取り組んでいる土砂災害の防災・減災に関する施策を確認
9	過去に管内で発生した土砂災害(特に土石流)の事例をお聞かせ下さい。	選択式・記述式併用	市町村管内における過去の土砂災害実績	管内の過去の土砂災害実績が、同市町村における現在の土砂災害の防災体制(職員数や施策)へ影響しているかどうかを確認
10	質問9と関連しますが、管内で発生した比較的大規模な土砂災害(広範囲にわたる災害、箇所は少ないが大規模な災害、いずれも地震による土砂災害も含みます)の事例をお聞かせ下さい。	選択式・記述式併用		

※選択式・記述式併用は、選択内容に応じて記述を求めるものである。

土砂災害警戒体制・実態等に関するアンケート調査

アンケートは10分程度で終わります。可能な範囲で何卒ご協力をお願いします。

記入月日 2016年 月 日
 県名 市町村名 (←コードもお付け願います)
 所属 職 氏名

質問1 大雨警報や土砂災害警戒情報が発表された状況において、土砂災害防止を目的として避難勧告等の発令を検討する際に重要視する情報は何か。

回答1

質問2 土砂災害ハザードマップ(HM)の作成状況と配布状況をお聞かせ下さい。

回答2 土砂災害HM ①作成済み ②未作成
 ①を選択→土砂災害HMの作成年月(西暦) 年 月
 ②を選択→未作成の理由
 住民への配布 ①地域毎(町内会毎)に配布 ②毎戸配布 ③その他
 ③その他を選択→

質問3 土砂災害にかかる防災訓練の実施状況をお聞かせ下さい。

回答3 ①1年に1回以上 ②2～5年に1回 ③未実施

質問4 土砂災害警戒情報の発表後、防災体制に変化はありますか。

回答4 ①有り ②無し
 ①を選択→内容

質問5 土砂災害警戒体制にかかる情報として、「いつ危険か→土砂災害警戒情報」、「どこが危険か→土砂災害警戒区域等・土砂災害危険箇所」など整備されつつあります。一方、「管内で相対的にどこが危険か」・「どの程度危険か」・「なぜ危険か」といった情報は少ないのが現状です。不足する情報について、どのような情報があれば有益と考えますか。

回答5

質問6 土砂災害に関する防災担当職員についてお聞かせ下さい。

回答6 事務職員 名・・・主な年齢層 ①30代未満 ②30～40代 ③40～50代 ④50代以上
 技術職員 名・・・主な年齢層 ①30代未満 ②30～40代 ③40～50代 ④50代以上

質問7 土砂災害防止に対する体制について不足していると感じますか。

回答7 ①はい ②いいえ
 ①を選択(複数回答可) 不足内容 A:人員 B:知識 C:資機材 D:住民の土砂災害への意識

 Aを選択の場合の具体的な内容→

質問8 土砂災害に対する市町村独自の取り組みはありますか。

回答8 ①はい ②いいえ
 ①はいを選択→

質問9 過去に管内で発生した土砂災害(特に土石流)の事例をお聞かせ下さい。

①有り ②無し
 ①有りを選択の場合↓へご記入下さい。
 発生年月, 場所, 災害内容, 被害状況(人的・物的被害), 避難勧告等の発令
 事例1:
 事例2:
 事例3:

質問10 質問9と関連しますが、管内で発生した比較的大規模な土砂災害(たとえばH20岩手・宮城内陸地震での地すべりやH26広島県土石流災害など)の事例をお聞かせ下さい。

①有り ②無し
 ①有りを選択の場合↓へご記入下さい。
 発生年月, 場所, 災害内容, 被害状況(人的・物的被害), 避難勧告等の発令
 事例1:
 事例2:
 事例3:

アンケートは以上となります。ご協力ありがとうございました。

自由欄

2.4 調査結果

2.4.1 有効回答数

平成 28 年 8 月上旬までに計 63 市町村（回答率約 64%）から回答が得られたが、うち 2 町は業務等により回答できない旨の返信であり、実質的な有効回答数は 61 市町村（有効回答率約 62%）であった。表－ 2.6 に各県ごとの回答状況内訳を示す（表－ 2.4 に回答状況示した）。

なお本調査は、回答市町村の傾向から対象市町村すべての傾向を把握することが目的ではなく、回答があった市町村での実態を把握するということが目的のため、有効回答率の妥当性について判断はしていない。

表－ 2.6 回答状況内訳

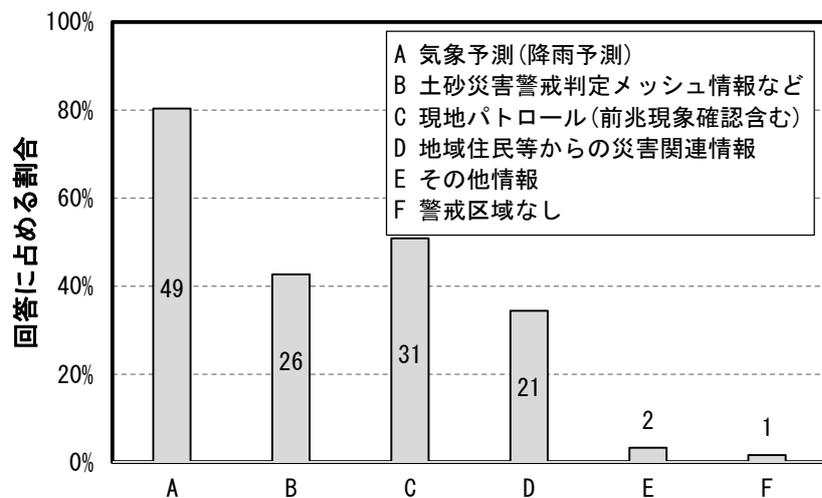
県名	市町村数	回答数	回答率	有効回答数	有効回答率
青森県	40	26	65.0%	25	62.5%
岩手県	33	23	69.7%	22	66.7%
秋田県	25	14	56.0%	14	56.0%
北東北	98	63	64.3%	61	62.2%

2.4.2 調査結果

(1) 質問 1

図－ 2.2 には、記述式の回答について、内容を A～F の 6 項目に分類した結果を示した。

避難勧告等の発令を検討する際に重要視する情報として、全体の約 8 割が土砂災害の主たる誘因の「A 気象予測（降雨予測）」をあげている。一方、土砂災害警戒情報に関連した「B 土砂災害警戒判定メッシュ情報など」について重要視している市町村は約半数にとどまり、「C 現地パトロール」からの災害関連情報を優位に評価していることが明らかとなった。

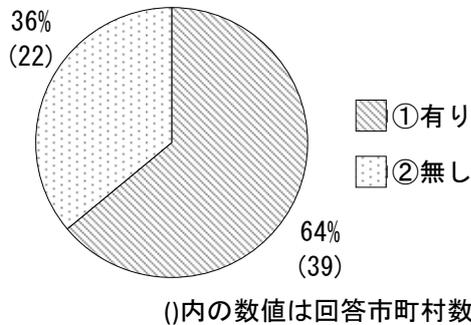


グラフ上の数値は記述内容を分類して集計した値（複数回答）

図－ 2.2 質問 1 に対する回答

(2) 質問 2

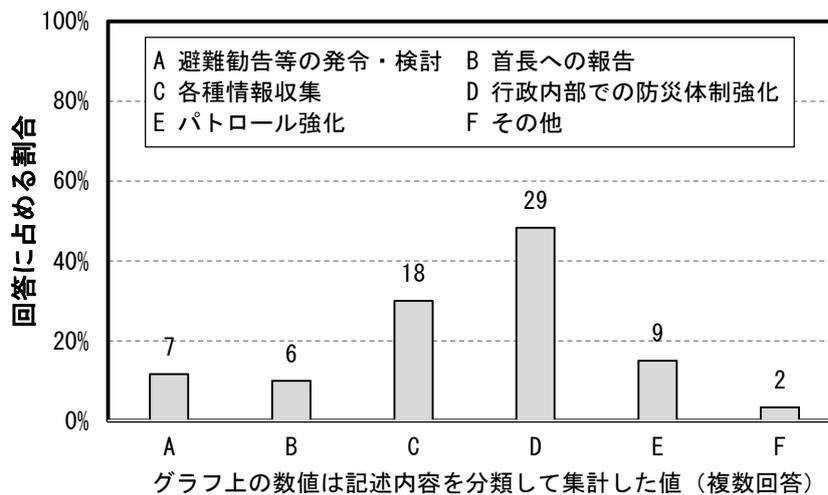
図－ 2.3 には、土砂災害警戒情報発表後における防災体制変化の有無を示すが、約 6 割の市町村において防災体制に「①変化有り」と回答している。



図－ 2.3 質問 2 に対する回答 (1)

また図－ 2.4 には、防災体制が変化した内容を A～F の 6 項目に分類したものを示すが、「①変化有り」と回答した市町村の半数が「D 行政内部での防災体制の強化」をあげている。次いで、「C 各種情報収集」をあげており、質問 1 の回答を踏まえると、収集する主たる情報は、質問 1 で最も多く回答されていた「A 気象予測（降雨予測）」と予想される。

「土砂災害警戒避難ガイドライン」⁶⁾ では、土砂災害警戒情報発表後、直ちに避難勧告等を発令することを基本としているが、「A 避難勧告等の発令・検討」を行うと回答した市町村は約 1 割であった。



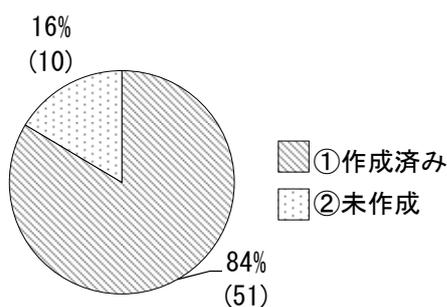
図－ 2.4 質問 2 に対する回答 (2)

(3) 質問 3

図－ 2.5、図－ 2.6 には土砂災害ハザードマップの作成状況及び配布状況を示す。約 8 割の市町村が「①作成済み」と回答し、そのうち「①地域毎に配布」、「②毎戸配布」を合わせると

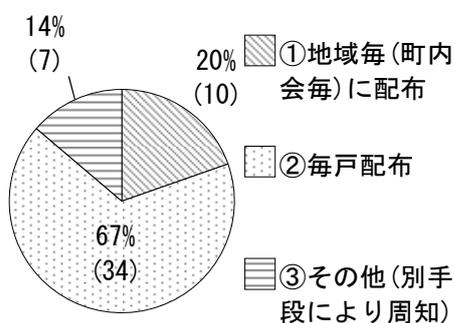
約 9 割が配布済みとなっている。また「③その他（別手段により周知）」は、市町村ホームページに掲載している、住民説明会時に配布という回答であった。このことから、作成済みと回答したすべての市町村で土砂災害ハザードマップを配布ないしは別手段で公表しており、住民は土砂災害の危険性を有する地域・箇所の情報は入手可能な状況に置かれている。

一方、「②未作成」と回答した市町村が約 2 割あるが、実態としては、土砂災害警戒区域が存在しない、作成中、県の「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（以降、土砂災害防止法と呼ぶ）」に基づく基礎調査が未完了等との回答であった。



()内の数値は回答市町村数

図－ 2.5 質問 3 に対する回答 (1)



()内の数値は作成済みと回答した市町村数

図－ 2.6 質問 3 に対する回答 (2)

(4) 質問 4

図－ 2.7 には、防災訓練の実施状況を示すが、約 4 割の市町村が「①1年に1回以上」防災訓練を実施していると回答しており、「②2～5年に1回」を合わせると 7 割弱が 5 年に 1 回は実施している。しかし、訓練を実施していると回答した市町村のホームページや広報を確認すると、全国統一的な防災訓練（総合防災訓練）やその他の訓練の一部で土砂災害への対応がなされているなど、土砂災害を主とした訓練ではない自治体が大半であった。

一方、毎年 6 月の土砂災害防止月間において全国的に開催される「土砂災害・全国防災訓練」に合わせて訓練を実施している市町村も存在した。しかし、「土砂災害・全国防災訓練」は、予

算や体制，日程の関係により，毎年実施している市町村は少なく継続性は少ないものと推測される。また約 3 割の市町村が「③未実施」と回答しており，行政・住民ともに有事において迅速かつ適切な対応・避難行動が可能か不透明な状態である。

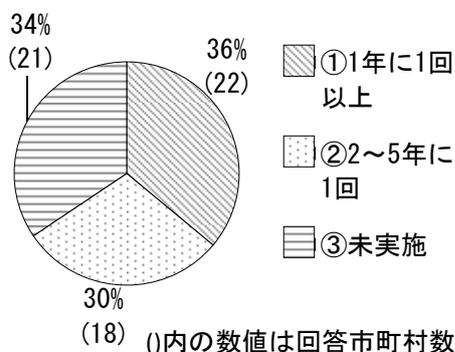


図- 2.7 質問 4 に対する回答

(5) 質問 5

記述式の回答に対し，61 市町村のうち，53 市町村が回答した（うち 5 市町村は意見なし，と回答）。回答の内容は多岐にわたるが，概ね表- 2.7 分類項目の A～J に示す 10 項目の内容に分類できる。

回答の傾向を把握するため，記述式の回答に含まれる内容のヒット数を同表に併記した。なお，1 つの回答に複数の内容が含まれる場合は，複数項目で計上した。

表- 2.7 分類項目

項目	内容	ヒット数
A	土砂災害の危険性	26
B	土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域等	17
C	災害実績・記録情報	23
D	降雨等の気象情報	18
E	土砂災害警戒情報（関連情報）	8
F	避難・避難勧告等の情報	6
G	現場情報	9
H	地形情報	2
I	地質・地盤情報	6
J	映像情報・観測情報	3

回答に占めるヒット数は，A～D に関する項目が大半であり，特にヒットした項目は，「A 土砂災害の危険性」であった。これは全体の 4 割強 26 市町村の回答に含まれていた。

不足する情報に“危険性”という抽象的な表現を使用し，具体的な内容を提示できない背景について，土砂災害発生の不確定要素に対する不安や基礎知識の不足があるものと考えられる。さらに B～D に示すような従来から存在する情報をあげたことについては，後述する質問 7 への回答

から人員・知識不足等の課題もあると推察される。「E 土砂災害警戒情報（関連情報）」については、発表単位、メッシュ情報の高度化を挙げる回答が大半であった。

表－ 2.8 には具体的な回答状況を示す。

表－ 2.8 内訳(回答原文を整理) (1)

No.	回答5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	リアルタイムでの現場状況（カメラ画像）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	過去の災害実績に関するデータとそれに基づく土砂災害危険箇所の危険性の度合い	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	災害記録がほとんどないことから、土砂災害危険箇所や警戒区域に指定されている場所毎に想定される被害や危険性	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	土砂災害危険箇所の現地確認による状況把握、災害記録が無い地域で土砂災害危険箇所や警戒区域が設定されている場合の土砂災害の危険性等。	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
5	・斜度、地質・地層別に総雨量との関係（崩落の危険判断資料）資料 ・管内の警戒区域ごとに、上に記載した内容が判断できる資料 「A地区、斜度33度、地層a、総雨量〇〇mm以上は危険」のようなもの。	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
6	どの土砂災害警戒区域等がより危険かといった情報	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	あとどのくらいで危険か。	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	比較的どの箇所が危険かといった情報、同じような降雨状況で過去にどのような災害が発生しているか	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
9	どの土砂災害危険箇所がより危険かといった情報(重点的にパトロールする箇所の把握)、過去の降雨と災害実績の関係(どの程度の雨が降ったら災害が発生しやすいか)、災害記録が少ないまたは無い地域で土砂災害危険箇所や警戒区域が設定されている場合の土砂災害の危険性	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
10	危険箇所の映像情報	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
11	地質等の詳細な調査結果	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	土砂災害実績と災害発生時の天候状況との相関関係を表した情報	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
13	過去における災害記録が無い場合、どの程度の降雨でどこが危険なのか情報があればよい。	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
14	どの土砂災害危険箇所がより危険かといった情報(重点的にパトロールする箇所の把握) ②過去の降雨と災害実績の関係(どの程度の雨が降ったら災害が発生しやすいか)	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
15	特になし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	土砂災害警戒区域が無い場合、特になし。	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	地盤のむろさに関する情報	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
18	特になし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	土砂災害警戒情報が発令され、どの程度危険な状況にあるかわからない。雨量等を考慮して、避難を判断する時に、危険箇所の現地の状況などの情報があるとパトロール時の危険性もなく、判断材料になる。	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
20	土砂災害危険箇所において特にパトロールする重点箇所の把握。	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
21	なし	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表一 2.8 内訳(回答原文を整理) (2)

No.	回答5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
22	現在土砂災害システムが現在5キロメッシュなので、1キロメッシュにする とどこのが危険なのか検討が着く。何処の土砂災害危険箇所がより危険かと いった情報。過去の災害データも大事だが、範囲を絞ってほしい。	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
23	過去の土砂崩れ箇所等のマップ化など	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
24	過去の降雨と災害実績の関係	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
25	何処でいつ起こるのかを判断することが難しい。監視とするとっても、市 内何百とある急傾斜地区や土石流危険箇所をパトロールすることは不可能に 近い。過去の災害状況などを検討しパトロールする事が必要と思われる。また、 県は斜面の角度だけで、一律に急傾斜地区として指定しているが、人口 切土と自然の急傾斜、さらに土質等の違いも考慮した危険度がの情報があれ ばと思います。	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
26	過去に観測された最大雨量と災害実績との関連性	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
27	危険な場所の特定については、都道府県で指定する土砂災害警戒区域等によ り、ある程度特定できることから、区域の指定を進めていただきたい	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28	自主避難のできる情報・ノウハウ。災害になる前の備えに関する情報。 ①自分の土地が危険であることの認識情報(場所)、②どのような前兆が あったら危険なのかの情報(時期)→その場所の住民が危険を察知できるこ とで2重3重の防災対策が理想。	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
29	「町内のどこが危険な状況になっているか、またはなりそうか」という情報	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	避難勧告等を行うための情報として、より詳細な危険範囲の情報が必要。	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
31	避難準備情報等の発令に当たり、一定時間内に危険度の上昇が予測される区 域、範囲を高精度で把握可能な情報など。	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
32	土砂災害メッシュ情報を細かくして欲しい(ピンポイントの情報を入 手したい)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
33	気象警報情報できめ細かく、「管内で相対的にどこが危険か」・「どの程度 危険か」・「なぜ危険か」等を全て。	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
34	危険箇所の中でも特に危険と思われる箇所の情報、過去の災害で危険だった 箇所の情報	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
35	避難勧告等を出すために必要な情報	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
36	土砂災害危険箇所のピンポイント的な気象情報。土砂災害警戒区域のどの程 度雨が降ったら土砂災害が起きやすいかなどの情報。	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
37	土砂災害警戒区域・危険箇所数が県内では少ない方であるが、これらの箇所 の危険度(発生度合い)が不明である。山地・山林が広大な地域でも土砂災 害の発生場所を事前に予想できるような精度の高い雨量予報があれば活用で きる。	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
38	災害はその時その時で発生の可能性も場所も異なるため、住民からの情報が 必要だが、避難に関してなど役場としても周知する周知手段が少ないため、 周知手段も多様化したものを導入したい	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
39	過去に土砂災害が発生している箇所の情報等	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
40	大雨時において、土砂災害危険箇所ごとに、近隣の雨量観測箇所の雨量デー タや過去の降雨、災害実績を基に、危険度が判別できる情報	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
41	斜面の動きを検知する情報	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	危険指定箇所はかなりあるが、過去に発生事例がないためよくわからない。	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

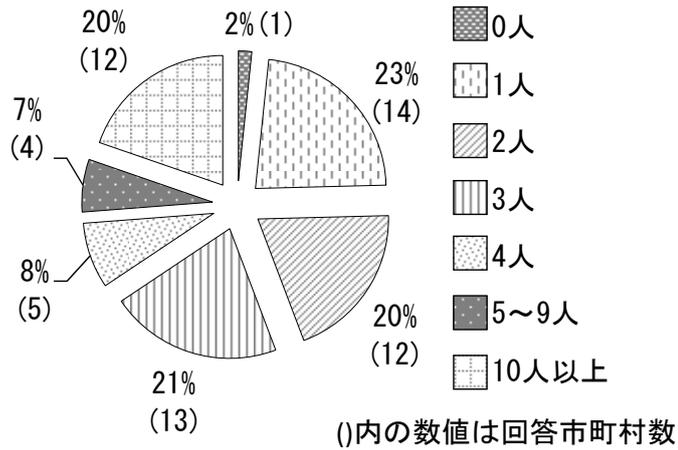
表一 2.8 内訳(回答原文を整理) (3)

No.	回答 5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
43	・重点的に警戒パトロールする箇所 ・過去の降雨と災害実績の関係 ・災害実績が無い地域の土砂災害の危険性	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
44	土砂災害警戒メッシュ情報が現状では5kmメッシュであるため、1kmメッシュ等狭い範囲に絞って欲しい。警戒区域ごとの雨量計があればなお良い。	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
45	「村内のどこの場所が危険か→土砂災害警戒情報」できるかぎり正確で迅速な情報があれば有益	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
46	①土壌雨量指数の範囲情報を努めて狭く、適切な時期の情報をお願いしたい。 ②予測に基づく警報等の発令時期を教えてください。現段階は、発令の要件が整ってから出されているが、それでは市の対応が遅れるので、予測の段階から情報提供をお願いしたい。	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
47	気象庁レーダー・ナウキャスト、土砂災害警戒判定メッシュ情報（土砂災害は、目視等による判定の困難さや、過去の災害履歴の有無は、あまり参考にならない面がある。）	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
48	過去の災害の実績やパトロールの実施	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
49	気象庁ホームページの土砂災害警戒判定メッシュ情報を参考に判断しているが、土砂災害警戒情報の発表単位がもっと細くなれば住民への周知もしやすい。	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
50	県において土砂災害危険箇所の見直しも行われており、現状においてこのような情報があれば有益というものはありません。	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	どの土砂災害危険箇所がより危険かといった情報(重点的にパトロールする箇所の把握)、過去の降雨と災害実績の関係(どの程度の雨が降ったら災害が発生しやすいか)、災害記録が無い地域のため、土砂災害危険箇所や警戒区域が設定されている場合の土砂災害の危険性	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
52	・多数ある土砂災害危険箇所の内、どこがより危険か・過去の降雨量と災害実績の関係	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
53	地質についての情報があれば有益であると考えます。	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	ヒット数	26	17	23	18	8	6	9	2	6	3

(6) 質問 6

図一 2.8 質問 6 に対する回答 (1) には、各市町村に配置されている土砂災害に関する防災担当職員数を示す。4 人以下の配置が全体の約 7 割 (45 市町村)、5 人以上の配置が約 3 割 (16 市町村) の状況である。

表一 2.9 質問 6 に対する回答 (2) には、これら土砂災害に関する防災担当職員を技術・事務職員に区分し、市町村数を示したものである。53 市町村において、技術職員は配置されておらず、事務職員が幅広く配置されている。回答した 61 市町村で平均 3.5 人の土砂災害に関する防災担当職員が配置されていた。

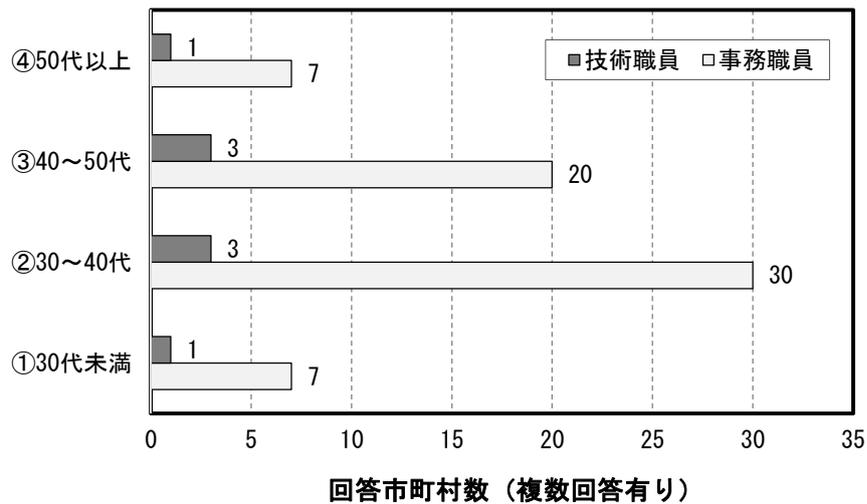


図一 2.8 質問6に対する回答 (1)

表一 2.9 質問6に対する回答 (2)

市町村数	事務職員						計
	0人	1人	2人	3人	4人	5人以上	
技術職員	1	14	12	13	3	10	53
0人					1		1
1人			2		1	1	4
2人			1		1		2
3人							0
4人						1	1
5人以上							
計	1	14	15	13	6	12	61

図一 2.9 には、土砂災害の防災担当職員の年齢構成を示す。技術職員・事務職員ともに 30～50 代の世代が多く配置されている。

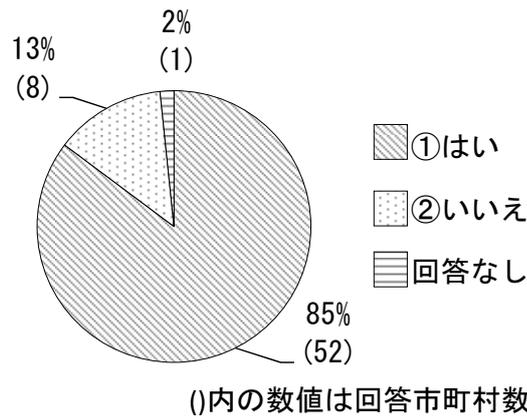


図一 2.9 質問6に対する回答 (3)

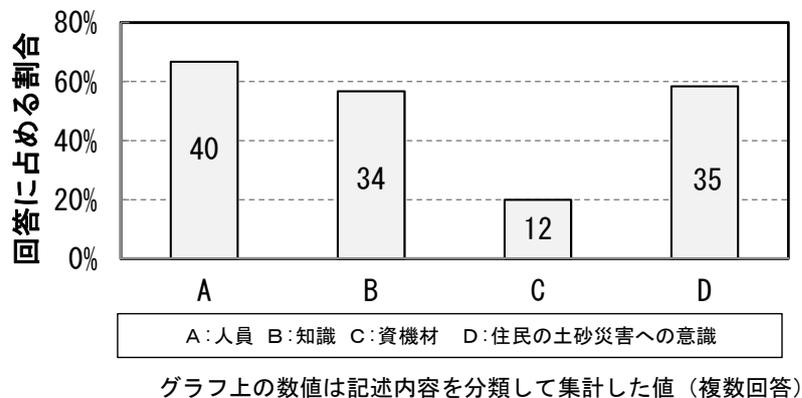
(7) 質問 7

図一 2.10 には、土砂災害防止に対する体制不足の有無を示すが、約 9 割弱の市町村は、体制不足があるか、との質問に「①はい」と回答している。体制不足に対し「②いいえ」と回答した 8 市町村のうち、3 市町村は土砂災害危険箇所が存在しない市町村が含まれている。

体制が不足していると回答した市町村の約 7 割が、図一 2.11 に示すように「A 人員」をあげている。次いで「D 住民の土砂災害への意識」や「B 知識」が体制として不足しているという回答が多数を占めた。



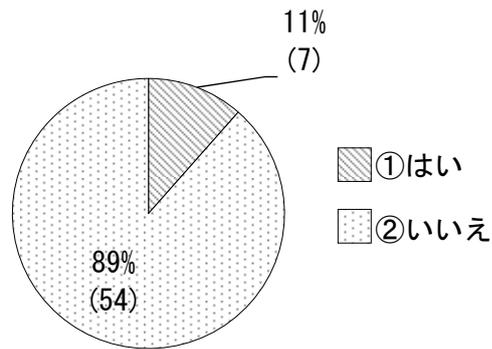
図一 2.10 質問 7 に対する回答 (1)



図一 2.11 質問 7 に対する回答 (2)

(8) 質問 8

図一 2.12 には市町村が独自に取り組む土砂災害への取り組み状況を示したものであるが、約 9 割の市町村が「②いいえ」と回答している。一方、約 1 割の市町村が「①はい」と回答した。



()内の数値は回答市町村数

図－ 2.12 質問 8 に対する回答

「①はい」と回答した 7 町村の具体的な取組内容を表－ 2.10 に示す。なお、市町村名として付したアルファベットは、市町村名の頭文字を示すものではない。

秋田県 A 市では、避難情報の電話連絡システムを構築しており、住民を含めた土砂災害警戒避難体制の早期確立に対し、即効性がある取組をしている。一方、秋田県 A 市を除く市町村の取組内容は、住民への防災教育や土砂災害に関する啓発活動であり、地域防災力向上に資するものである。

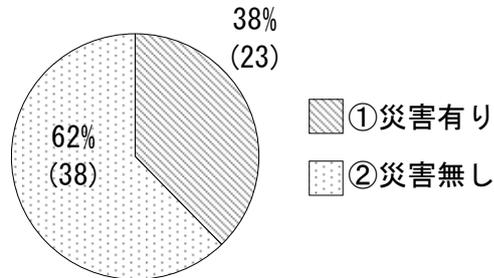
青森県 B 町以外の市町は、後述する土砂災害実績に関する質問への回答から過去に被災履歴があるが、被災履歴があっても取組をしていない市町村が多数を占めることから、被災履歴があるところが独自の取組を行っているとは言い難い。

表－ 2.10 具体的な取組内容

県名	市町村	取組内容
青森県	A 市	防災マイスター育成講座（講座内で土砂災害に関する講義を実施）、出前講座（講座の中で土砂災害について説明）
	B 町	毎年 1 回小、中学校 3 校で防災教室を行っている。（津波、土砂災害と交互に実施）
岩手県	A 市	土砂災害ハザードマップを住民と共同で作成していく取組
	B 町	土砂災害を想定した訓練を実施
	C 市	自主防災組織や消防団の研修会での説明
	D 市	洪水・土砂災害に関する住民懇談会
秋田県	A 市	土砂災害危険箇所周辺住民に対する避難情報の電話連絡システム

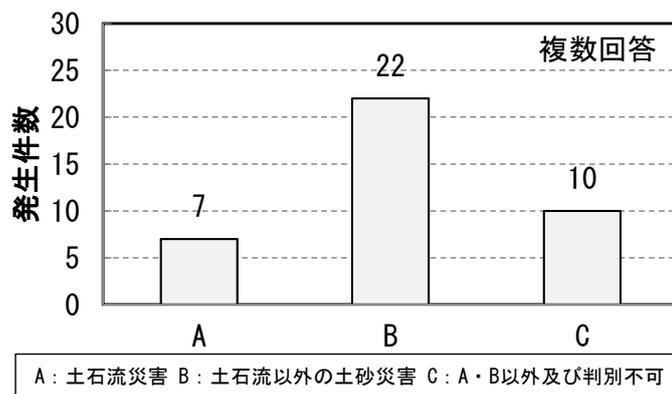
(9) 質問 9

図一 2.13 は、市町村管内における過去の土砂災害実績を確認したものである。約 4 割の市町村が「①災害有り」と回答しており、その内訳を図一 2.14 に示しているが「B：土石流以外の土砂災害」が多く、土石流災害は少ない。



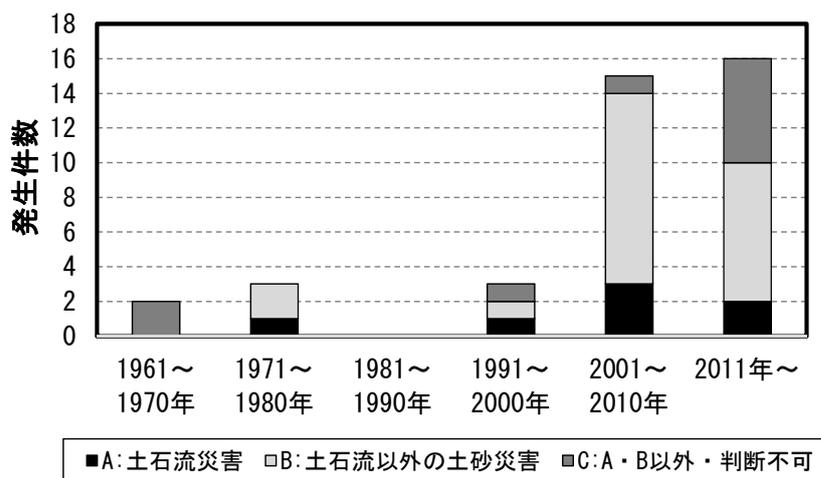
()内の数値は回答市町村数

図一 2.13 質問 9 に対する回答 (1)



図一 2.14 質問 9 に対する回答 (2)

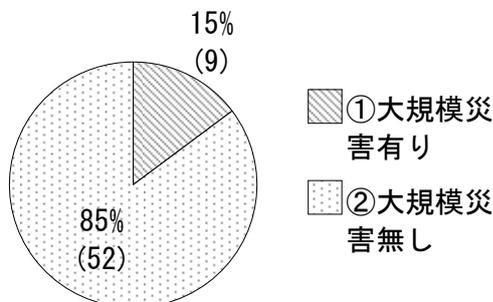
図一 2.15 には、年代ごとに災害種別の発生件数を示した。土砂災害は 2000 年以降、発生件数が過去に比べて相対的に多い。この理由として、平成 11 年広島土砂災害を契機に制定された土砂災害防止法に関連し、基礎調査実施時に土砂災害実績を整理しているのも一つの要因と推察される。一方、「C：A・B以外・判別不可」は、土砂災害か否かを判断できない、豪雨による公共土木施設災害や床上・床下浸水などの回答であった。



図－ 2.15 質問 9 に対する回答 (3)

(10) 質問 10

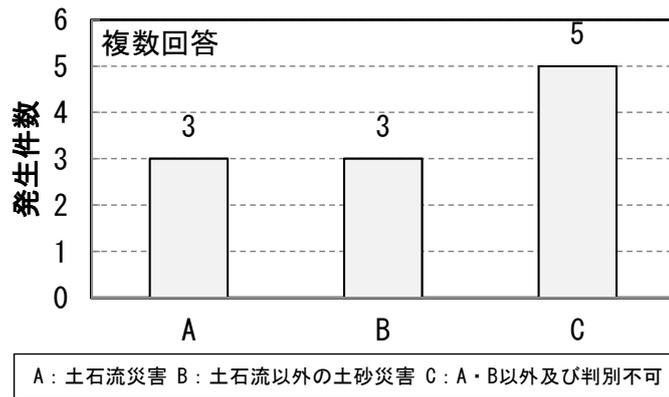
図－ 2.16 は、市町村管内における過去の“大規模な”土砂災害実績を確認したものである。「①大規模災害有り」と回答した市町村は約 1 割であり、青森県では死者 22 人を出した昭和 50 年 8 月の岩木山百沢で発生した土石流災害（たとえば、道淵³⁾），岩手県では平成 20 年岩手・宮城内陸地震による土砂災害（たとえば井良沢ほか⁴⁾），秋田県では死者 6 人を出した平成 25 年田沢湖供養佛地区での土石流災害（たとえば井良沢ほか⁵⁾）をあげている。



()内の数値は回答市町村数

図－ 2.16 質問 10 に対する回答 (1)

図－ 2.17 には大規模土砂災害実績の内訳を示す。発生実績はA～Cいずれも同件数程度であるが、質問 9 で回答した内容を含んでいる市町村も存在する。



図一 2.17 質問 10 に対する回答 (2)

2.5 考察

2.5.1 避難勧告等の発令について

市町村防災部局は現状、土砂災害警戒情報に比べ、降雨予測を中心とした気象予測等を重要視して避難勧告等の発令の検討を行っている。避難勧告等は、市町村の地域防災計画において発令基準の目安等が記載されており、これに基づき発令される。

地域防災計画は、災害対策基本法に基づき市町村の防災会議により定められるものであり、適時改定される計画であるものの、改定にあたっては、防災会議での審議やパブリックコメントによる意見公募など時間を要する。このことから、前述したガイドラインに示される内容が現時点では大半の市町村において、市町村地域防災計画へ反映されていない結果、土砂災害警戒情報が避難勧告等の発令や検討へ活用される事例が少ない状況にあるものと推察される。

一方、土砂災害警戒情報の運用開始後に気象庁が調査した「防災気象情報の満足度に関する調査報告書 平成 19 年 3 月」⁶⁾によれば、市町村等から土砂災害警戒情報について「予測精度の向上」や「発表地域（単位）の絞込」が改善要望として挙げられている。また、平成 26 年度、青森県内の市町村防災部局を対象に土砂災害警戒避難体制を調査した金ほか⁷⁾の結果においても、土砂災害警戒情報の災害的中率が低い実態から市町村が避難勧告等の発令を決定づける判断材料にしていないと推察している。

以上のことから、市町村地域防災計画へ土砂災害警戒情報の活用が現在以上に明記されたとしても、土砂災害の的中率が低い状況では、有効に機能しない可能性がある。

2.5.2 土砂災害危険箇所等の理解について

土砂災害ハザードマップは、約 9 割の市町村が配布済と回答していることから、行政・住民は、

土砂災害警戒区域等を認識する機会はあるものと判断される。土砂災害ハザードマップは、防災訓練における利用が考えられるが、土砂災害を含む防災訓練は、7割弱の市町村が5年に1回は実施しており、また総合防災訓練の一部で実施している市町村も存在した。熊本県の市町村防災部局を対象に洪水ハザードマップの利用実態を調査した榎村⁸⁾によれば、洪水ハザードマップの活用は、配布時が最も高く、次いで防災訓練であった。土砂災害ハザードマップについても同様の傾向があるとすれば、配布時以外では防災訓練での活用が想定されるものの、防災訓練頻度が前述した状況であることを踏まえると、行政・住民双方が土砂災害ハザードマップの内容を理解し、土砂災害警戒避難体制の早期確立へ繋げる知識を有しているとは言い難い。

2.5.3 現状、不足する情報について

土砂災害警戒避難体制を確立する上で、現状で不足する情報、すなわち今後必要と考えられる情報を記述式により求めた。

表－2.11には、記述式回答を表－2.7に示す用語に分類し、同じ回答内に出現する用語を確認した結果を示す（項目A～Jは表－2.7と対応）。本表は、意見なしを除く48市町村の回答について、一つの回答内にある用語が出現する際、従属的に出現する用語を集計し、その頻度を確認したものである（同じ項目同士の欄に示した値は表－2.7と対応）。出現頻度の相違を表すためここでは便宜的に、各項目に対して5回答以上出現する用語欄を薄灰色で、10回答以上で出現する用語欄を濃灰色で示した。

同表から「A 土砂災害の危険性」、「B 土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域等」、「C 災害実績・記録情報」、「D 降雨等の気象情報」が、同じ回答内に出現する頻度が、その他の項目に比べて多く、現状でまだ不足する情報と認識されている。

次いで「G 現場情報」が、「A」及び「C」に対して5回答以上で出現しているが、具体的な回答として「重点的にパトロールするため、より土砂災害の危険性の高い箇所に関する情報」という意見が多数を占めた。

特に回答が多かった「A 土砂災害の危険性－B 土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域等－C 災害実績・記録情報」が記載された回答では、「災害実績が少ない・無い地域において、どの土砂災害危険箇所等がどの程度危険か」が挙げられており、土砂災害対策を講じる上での難題に対する要望となっている。

表－ 2.11 回答に出現する用語の頻度

項目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	26	14	14	12	3	4	6	2	3	0
B		17	11	7	1	0	4	2	3	1
C			23	12	2	0	6	1	1	0
D				18	3	1	4	1	2	0
E					8	1	1	0	0	0
F						6	2	0	0	0
G							9	1	1	0
H								2	2	0
I									6	0
J										3

(項目 A～J は、表－ 2.7 の分類項目に対応)

「H 地形情報」及び「I 地質・地盤情報」は、合わせて8件と少ないことから、現状で、土砂災害警戒避難体制を確立する上では十分な情報と認識されている。これら土砂災害の素因となる地形や地質情報は、土砂災害防止対策に関わる国や都道府県の技術者、学識者や専門家が常識的に必要とする情報（たとえば、松村ほか⁹⁾）であるが、市町村が土砂災害警戒避難体制を確立する上では、十分と認識している。しかし、平成9年7月、鹿児島県出水市の針原川源頭部での崩壊・土石流は、降雨がほとんどなくなった後に発生しており、また崩壊が発生した範囲は凹状地形（過去の崩壊地）の特徴を有する斜面であったことが指摘（たとえば、遠藤ほか¹⁰⁾）されていることから、土砂災害警戒避難体制を確立する上では、降雨などの誘因に加え、素因である地形や地質に関する情報についても目を向ける必要がある。

これらの情報が十分と認識されている背景として、たとえば「土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案）国土交通省砂防部」¹¹⁾によれば、土砂災害ハザードマップには、土砂災害危険箇所や土砂災害警戒区域等は示されるものの、流域の崩壊地や地すべり地形の存在などそれらの下流での土砂災害につながる地形・地質情報が示されていないことから、これらの素因情報と接する機会が少なく、結果的に土砂災害警戒区域等や誘因である降雨について関心が集まり、素因への着目が低くなっている可能性がある。

土砂災害ハザードマップについて中筋¹²⁾は、地形・地質・災害事例等の地域性を加味することにより実用性の高い土砂災害ハザードマップが作成できることを提案している。

以上のことから、従前の土砂災害ハザードマップに加え、土砂災害の素因となる地域の地形や地質などの基礎的な情報をわかりやすい形で行政または住民へ提供し理解されれば、体系的な知識習得につながり、土砂災害警戒避難体制の充実化が図れる可能性がある。

2.5.4 市町村防災部局の実態

表一 2.12 下の全体欄に土砂災害に関する防災担当職員の平均値を示すが 3.5 人の配置であった（最大 19 人，最小 0 人）。質問 9 および 10 において，市町村管内の過去の土砂災害実績を確認したところ，半数未満の市町村において土砂災害を含めて実績があると回答した。表一 2.12 は，土砂災害実績の「有り」・「無し」ごとに土砂災害に関する防災担当職員数をまとめたものである。質問 9 の平均値をみると，土砂災害実績が有る市町村は，無い市町村に比べて 2 倍弱の配置数となっているが，標準偏差が 4.2 人を示し，最大 19 人を配置している自治体が含まれていることから，この影響を受けているとみられる。質問 10 の平均値をみると，大規模な土砂災害実績の有無によらず，ほぼ同程度の職員が配置されていることがわかる。

これらのことから過去の市町村管内における土砂災害の有無が，同市町村の土砂災害に関する防災担当職員数へ影響しているとは考えにくい。

表一 2.12 土砂災害実績と土砂災害に関する防災担当職員

質問	土砂災害 実績	職員数 (人)	市町村数	平均値 (人/市町村)	標準偏差
質問9	有り	113	23	4.9	4.2
	無し	103	38	2.7	1.8
質問10	有り	33	9	3.7	1.8
	無し	183	52	3.5	3.3
全体		216	61	3.5	3.1

比較的規模の大きい自治体を除く市町村において，職員の異動は，同一公署内が大半である。特定の職種で入庁する技術職員に比べ，事務職員は多数の行政職種を担当する可能性が高い。

今回のアンケート調査結果では 9 割弱の市町村において土砂災害に関する防災担当職員は，事務職員のみ配置であった。防災部局に配置され，土砂災害，その他防災に関する知識や経験を培ったとしても，その後異動することを想定すれば，持続的な防災知識・経験の継承，体制の維持が困難な状況が窺える。実際，質問 7 に対して，9 割弱の市町村が体制不足と回答しており，そのうち約 7 割が「人員」，次いで「住民の土砂災害への意識」，「知識」をあげている。また「人員」の主な不足内容として「人事異動により防災に詳しい職員が他課へ異動」，「技術も知識もない職員が辞令により担当になる」，「専門知識を有する職員の不足／技術職員が不在」との回答が挙げられている。このことから，回答のあった市町村防災部局においては十分な体制を構築できていないと推察される。

一方，全国的に地方自治体の職員数は，地方行政改革等により減少傾向にあり（たとえば，総務省自治行政局地方公共団体定員管理調査結果¹³⁾），土砂災害に関する防災担当職員の年齢構成において空洞化世代の存在が懸念されたものの，回答した全市町村でみると 30～50 代の配置

が最も多く、空洞化は認められなかった。しかし前述した防災体制不足を踏まえると、次世代の防災を担う 30 代未満の職員へ知識や経験を持続的に引き継ぐことが可能な組織づくりが必要と判断される。

2.5.5 市町村防災体制を踏まえた地域での取組み

片田ほか¹⁴⁾は、我が国において行政主導の防災対策を推進してきた結果、住民の防災対応は、行政へ依存する認識が形成されたと指摘している。この行政依存意識を払拭するための提案の一つとして、あらためて「自分の命は自分で守る」という方向性で主体的な自助意識の向上を挙げている。

質問 8 では、少数ながら市町村独自に地域住民に対する防災教室や育成講座、土砂災害ハザードマップの共同作成など自助や共助につながる施策を実施している市町村があった。

本論 2.5.4 で述べたようにアンケート結果から市町村防災体制は不足している状況が認められたが、この十分ではない市町村防災体制に対して、住民は防災対応を依存している可能性がある。この点からは、片田ほか¹⁴⁾が指摘するように住民が自助意識を向上できる地域の取組が、今後より重要になってくるものとみられる。たとえば本論 2.5.5 で示した土砂災害ハザードマップと住民の身近な地域特性情報の併用があげられる。金ほか¹⁵⁾は、流域の微地形解析により隣接する複数流域で相対的な土砂生産ポテンシャルを評価しており、このような地域特性を簡略化して地域の住民や行政が土砂災害ハザードマップと併用・理解できれば、土砂災害リスクを推測でき、豪雨時等にはそのリスクを踏まえた避難行動に寄与できると考える。

2.6 砂防行政従事者の認識調査

青森県では、県職員のうち、土木職員を対象として毎年「河川一般研修」を開催している。河川一般研修において、前述した北東北 3 県における土砂災害警戒避難にかかる現状を説明し、行政職員の認識をアンケート形式により調査した。対象者は平成 28 年 11 月 25 日に開催した河川一般研修に参加した青森県県土整備部職員 14 名である。説明状況を写真－ 2.1 に示す。



写真－ 2.1 説明状況

説明後、アンケートを実施し、結果をとりまとめた。以降には実施したアンケートのサンプルとアンケート結果を整理した。

(土砂災害)警戒避難に関する現状 アンケート

H28.11.25

砂防G 金俊之

あてはまる回答に○をつけてください。

問1. (受講前) 県職員として土砂災害対策に関してどのように考えていましたか。

答1. ①考え方ことがない。

②考えたことはあるが、具体内容はわからない。

③その他(

問2. (受講後) 講義を聞いた後、認識は変わりましたか(複数回答可)。

答2. ①変わった(具体内容:

②わからない(わからなかった点:

問3. 市町村の警戒避難体制を支援する立場の「県職員側の体制」はいかがですか
(自分の所属部局における防災体制についてで OK)

答3. ①不足していると思う(具体内容:

②十分だと思う。

③よくわからない。

問4. 現在、警戒避難対策を講じる上でどのような課題があると思いますか。

答4. ①わからない

②課題(

問5. 自分の家が「土砂災害の恐れがある区域」に住んでいると仮定し、豪雨時等に
自分が警戒避難対策を講じようとした際、どのような情報があれば良いですか。
(今ある、降雨予測などの情報以外であれば良いな、とあなたが考える情報)

答5. (“特になし”等ではなく、自由意見で良いので記載願います)

(

(土砂災害)警戒避難に関する現状 アンケート

H28.11.25

砂防G 金俊之

あてはまる回答に○をつけてください。

問1. (受講前) 県職員として土砂災害対策に関してどのように考えていましたか。

答1. ①考え方がない。

②考えたことはあるが、具体内容はわからない。

③その他(ソフト対策が"せいぜい"弱で、ハード対策が"焼けるに水の状態"であるので、ソフト対策を強化する"きた"とは考えている)

問2. (受講後) 講義を聞いた後、認識は変わりましたか(複数回答可)。

答2. ①変わった(具体内容: 思っていた以上にソフト対策が弱いと感じて驚いた。)

②わからない(わからなかった点:)

問3. 市町村の警戒避難体制を支援する立場の「県職員側の体制」はいかがですか。

(自分の所属部局における防災体制についてでOK)

答3. ①不足していると思う(具体内容: 専門用語が他の人にも通じると思っているが、

②十分だと思う。説明会等でも然りとされることも多いので。

③よくわからない。

問4. 現在、警戒避難対策を講じる上でどのような課題があると思いますか。

答4. ①わからない

②課題(用語があまりにも多くて覚えにくく、連絡がつきにくい。防災無線や広報車による周知は無い。)

問5. 自分の家が「土砂災害の恐れがある区域」に住んでいると仮定し、豪雨時等に自分が警戒避難対策を講じようとした際、どのような情報があれば良いですか。

(今ある、降雨予測などの情報以外であれば良いな、とあなたが考える情報)

答5. ("特になし"等ではなく、自由意見で良いので記載願います)

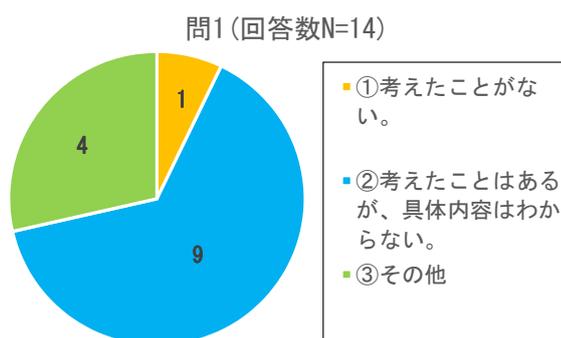
○ 平気でわかりやすい表現。

○ 我が家の裏は一年前れたたからたので"不天た"という自信を
見事に打ち上げたい。

アンケート結果を図－ 2.18～図－ 2.21、表－ 2.13 に示す。

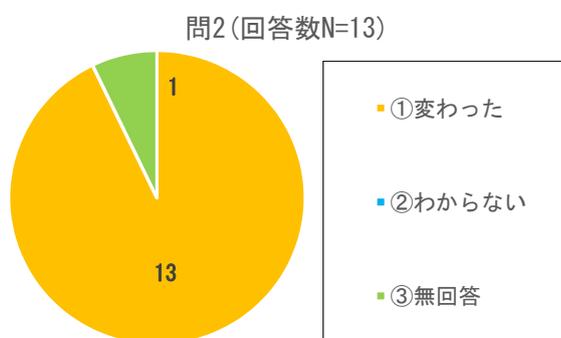
図－ 2.18 から土砂災害対策についての考えを質問したところ約7割が「考えたことがない」、または「考えたことはあるが具体的内容はわからない」と回答していた。またこれに関して図－ 2.19 に講義後の認識を確認すると回答した職員で言えば100%が変わったと回答している。すなわち 2.5 までに示した内容を概説することで基本的な土砂災害警戒避難体制の状況は理解できると考えられる。

問1. (受講前) 県職員として土砂災害対策に関してどのように考えていましたか。



図－ 2.18 結果1

問2. (受講後) 講義を聞いた後、認識は変わりましたか(複数回答可)。



図－ 2.19 結果2

市町村の警戒避難体制は、2.5 で整理したようにアンケートを得た市町村の防災部局においては十分ではない体制であった。一方、この市町村を支援する立場にある県職員の体制についての認識を確認した結果が図－ 2.20 である。約4割が不足していると回答し、約2割がわからないと回答している。不足する内容として、市町村防災部局と同様、体制や知識不足をあげる職員が半数を超えた。

図－ 2.21 には認識調査の総括として現在の警戒避難対策の状況を踏まえた課題の有無とその

内容を求めたところ、約9割弱は課題があると回答し、その内容をまとめると「情報提供の内容とそのあり方」を指摘する回答が大半であった。

問3. 市町村の警戒避難体制を支援する立場の「県職員側の体制」はいかがですか。

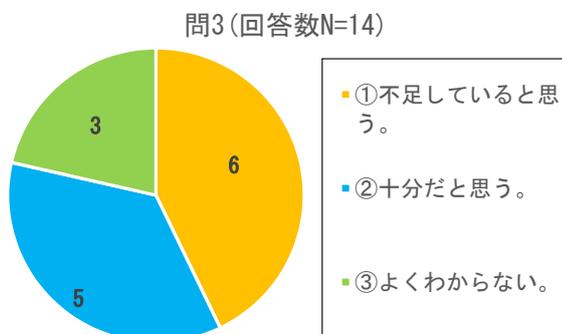


図- 2.20 結果3

問4. 現在、警戒避難対策を講じる上でどのような課題があると思いますか。

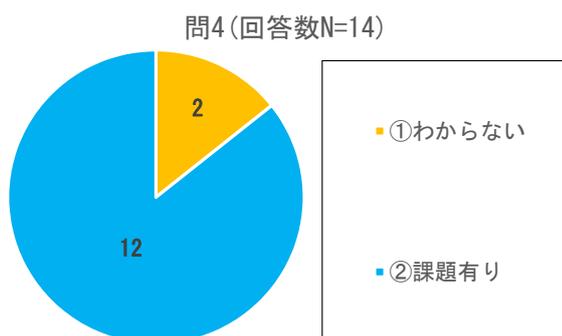


図- 2.21 結果4

表－ 2.13 回答一覧

受講者 質問No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	①	③ 生活の安全を確保 するため必要不可 欠なもの	②	②	②	②	③ ソフト対策がせい 弱で、ハード対策 が焼け石に水の状 態であるので、ソ フト対策を強化す べきだとは考えて いた。	②	②	③ 砂防施設整備を進 めることが重要と 考えている。	②	②	③ 大雨災害対策の中 に土砂災害対策が 含まれている。	②
2	－	① 住民の理解や危機 感を持つこと (持ってもらえる ような努力)が大 事	① 注意する点、危機 感について認識が 変わった。	① 砂防えん堤などを 作る事が目的では なく、なぜそれを 作らなければいけ ないかを考えよう と思った。	① 市町村職員が土砂 災害に対しての 知識、意識などが 不足している点	① 最終目的に応じた 土砂災害対策が大 切だと思った。	① 思った以上にソフ ト対策が弱いと感 じて焦りを感じ た。	① 土砂災害は予想よ りもはるかに大き い規模で起きる可 能性もあることを 考えなければなら ないと感じまし た。	①	① 映像を通して土石 流の恐ろしさを学 んだ。	① 職員としての責務 も重要だが、住民 側に入った考え方 も必要では。	① 災害危険箇所の認 知度の低さ	① 大規模な災害が起 きた場合、対応す るのが難しい。	① 渡された情報だけ で判断せず、自分 で考える。
3	① 各マニュアルに対 する習熟	②	②	① 自分も現地の雨量 予測を気にしてい た。	②	②	① 専門用語が他の人 にも通じると思っ ているのか、説明 回答であらんとされ ることが多いの で。	③	③	② 地域特性や知識不 足	① 人員不足、知識不 足	① 土砂災害警戒情報 の発表だけでは支 援が足りないと思 う。	③	
4	② 職員・住民の警報 等に対する行動内 容の理解	② 県及び市町村職員 の判断力や理解度 の判断	② 災害が起こらない ことが一番ではあ るが、経験を積む 必要があると思っ た。	② 対策をとる側(自 治体等)の知識の 習得	①	② 住民の避難に対す る意識と土木職の 知識不足	② 用語があまりにも 多くて難しく、連 想がつきにくい。 防災無線や広報車 による周知は無 力。	② 予算などの関係も あるが、最悪な状 況を予想してやり すぎないの対 策が重要だと思 いました。	①	② 市町村と県との認 識の差異をなくす こと。	② 県、市町村それぞ れの役割について (明確化、細分 化)	② 住民の理解度を高 めること。	② 大雨、洪水、土砂 災害等警戒避難情 報がばらばらで住 民にとってわかり にくい。	② ソフト対策の充 実、周知、理解 (住民の)。情報 の活用仕方
5	各地区ごとの避難 場所、経路	具体的な情報より も簡潔な情報が 大事	周辺地域の地形と 現在の状況。危険 性の高さ。	その区域の地質や 地盤構造からの ような被害が発生 し得るのか。具体 的にどんな対策を とればいいのかの アドバイスのよう な情報	現在、スマホ、イ ンターネット等の 情報化社会である が、大きな豪雨 時、地震時等には 機能しない恐れが あるのでパトラン プ、プザー、有線 放送などあれば良 いなと思いまし た。	その土地の地質や 雨量に対して発生 する可能性のある 土砂災害の大まか な発生率	平易でわかりやす い表現。我が家の 裏は～年崩れな かったので大丈夫 だ！という自身を 見事に打ちやぶる 教材。	災害の規模の予測 の情報	どの程度の災害が 起こる可能性がある のか。地形や地 質など、地域に よって変化するも の、地域ごとの情 報もふまえた情報 があれば自分が住 んでいる地域は危 険だと判断しやす くなると思う。	近隣での既往の被 災状況。対策の具 体例。危機意識を 持たせるための映 像資料など。	仮に一般住民であ るとすれば専門的 な知識がないた め、既往の災害履 歴や予兆について 知りたい、土砂災 害警戒情報は市町 村ごとに出される ため、近年の局所 集中的な豪雨には 対応できていない のではないか。田 は雨が降って いても自分のところ は大丈夫と思うこと に繋がる。	地盤情報のデー タ。地形変状のつ みかさなデータ 等	市町村単位の情報 ではなく、より身 近に思える小さな 集落単位や避難場 所が同じ区域に対 して土砂災害警戒 情報を発令したら 近所に声をかけな がら避難するよう になるかもしれま せん。	被害発生した場合 の規模

2.7 結論

北東北 3 県の市町村防災部局へ土砂災害警戒避難体制に関するアンケート調査を行った。その結果、土砂災害警戒区域等や土砂災害警戒情報は認識として深まりつつあるが、ハザードマップの活用や防災訓練実施の機会が少ない実態や担当職員数などからみて、大半の市町村で土砂災害に関する担当職員や知識の不足といった防災体制が十分でないことが分かった。また、土砂災害警戒情報の市町村の地域防災計画への記載が進まないことに加え、的中率の低さもそれが進まない原因となっている可能性がある。

次に、回答から、土砂災害警戒避難体制を確立するために現在提供されている各種情報のほかに必要と考える情報について分析した結果、土砂災害の危険度合いについて不足していると捉えていた。また、専門家等が必須と考える地形・地質といった土砂災害につながる地域特性の情報は十分であると認識していた。しかし、過去の土砂災害状況を考慮すれば、土砂災害につながる地域特性にも目を向ける必要があり、市町村防災体制の課題を踏まえると、行政・住民双方が土砂災害ハザードに加えて地形・地質などの地域特性を理解することでより充実した土砂災害警戒体制の構築につながる可能性がある。とくに、土砂災害実績の少ない地域では、過去の土砂移動現象の痕跡や起こりやすさを示す地形・地質情報は危険度評価に有効な情報となりうる。これら具体的な情報提供のあり方や使用方法は、今後さらに検討が必要と考えている。

警戒避難を主導する市町村防災部局の体制は以上示したとおりであるが、砂防のハード対策を主に担当する青森県職員に対して警戒避難体制の認識と課題を確認した。その結果、市町村を支援する立場の県職員側の体制についても人員や知識に不足するという回答もあり、また現状の警戒避難体制の課題として「情報提供の内容とあり方」を指摘する回答が得られた。具体的には、わかりやすい・簡潔な情報、地質・地形など地域の情報、土砂災害予測情報などが挙げられた。

3 岩手県北上山地における平成 28 年台風第 10 号豪雨に伴う土砂移動の分析

3.1 序論

岩手県では、平成 28 年 8 月の台風第 10 号により東部を中心に累積雨量 200mm を越える強雨域が形成され、岩泉雨量観測所（下閉伊郡岩泉町）では時間雨量 62.5mm（毎正時）の観測史上最大値を観測する等、各地で豪雨となった¹⁾。

岩手県内の河川では、岩泉町を流れる二級河川小本川において洪水氾濫が発生し流域全体で死者 19 人、行方不明者 2 人を出した²⁾。この豪雨によって岩手県内で 155 件の土砂災害が発生している³⁾。大河原⁴⁾は、国土地理院による空中写真判読結果⁵⁾や現地調査結果を元に岩泉町において約 1,400 箇所崩壊を含む土石流が発生し、土石流により流出した土砂の多くが溪床堆積物起源であったと報告している。井良沢ほか⁶⁾は、岩手県内での土砂災害調査結果から大規模な崩壊による土砂流出は発生しておらず、前述の大河原⁴⁾同様、主に溪床堆積物や溪岸崩壊により生産された土砂が土砂流形態で流出したものと推定している。岡本ほか⁷⁾は、年超過確率 300 年を超えた時間雨量が発生し、この降雨による斜面崩壊は山腹斜面に比べて谷頭凹型斜面などの集水地形で多く発生していることを指摘した。

ところで、本台風で土砂災害が多発した岩泉町や宮古市が位置する北上山地の斜面地形の発達過程を調査した檜垣⁸⁾は、同山地は最終氷期の寒冷な気候下において、中・古生代の硬質な基盤岩が凍結破砕を受けて小礫となって斜面を被覆し、これらの斜面堆積物は完新世の崩壊や土石流物質になったとしている。

この点で、北上山地は、土砂災害実績が少なく、また最終氷期の周氷河作用と完新世の崩壊・土石流の影響を受けて斜面地形が形成されたとされる特徴的な地域⁸⁾である。

平成 28 年 8 月台風第 10 号に伴う豪雨は、観測史上最大の降雨をもたらし、小本川の氾濫により高齢者グループホームで死者を出すなど洪水氾濫による被害が注視されている^{2) 3)}。一方、これまで土砂災害実績が少ない北上山地において、約 1,400 箇所崩壊を含む土石流が発生し、岩手県内では約 160 箇所土砂災害が生じたことは、今後の土砂災害警戒避難体制を考える上で重要な土砂移動イベントであったと判断される。井良沢ほか⁶⁾は、北上山地が氷期の周氷河作用を受けて斜面地形が形成されていることを踏まえ、最終氷期の寒冷気候下で凍結破砕を受けて生産された径の小さい礫が崩壊・土石流物質となり、豪雨時に運搬されやすい土砂として現在溪床周辺に堆積していると考察を加えている。

本研究では、同地域における今後の土砂災害警戒避難体制の構築に役立てるため、北上山地の地形的背景から台風第 10 号豪雨による土砂生産・移動実態を明らかにすることを目的とする。

3.2 調査地域の概要

調査地域は、図－ 3.1 に示す北上山地中央部に位置する岩手県下閉伊郡岩泉町の二級河川小本川流域である。

3.2.1 調査地域の選定

調査地域は、概ね同じ地質分布域〔古生代後期～中生代の粘板岩及び砂岩（チャート薄層を伴う）主体〕で台風第 10 号豪雨による土砂移動が発生した範囲、かつ以下に示す①及び②の基礎データが存在する範囲を対象とした（図－ 3.1 に破線で図示）。

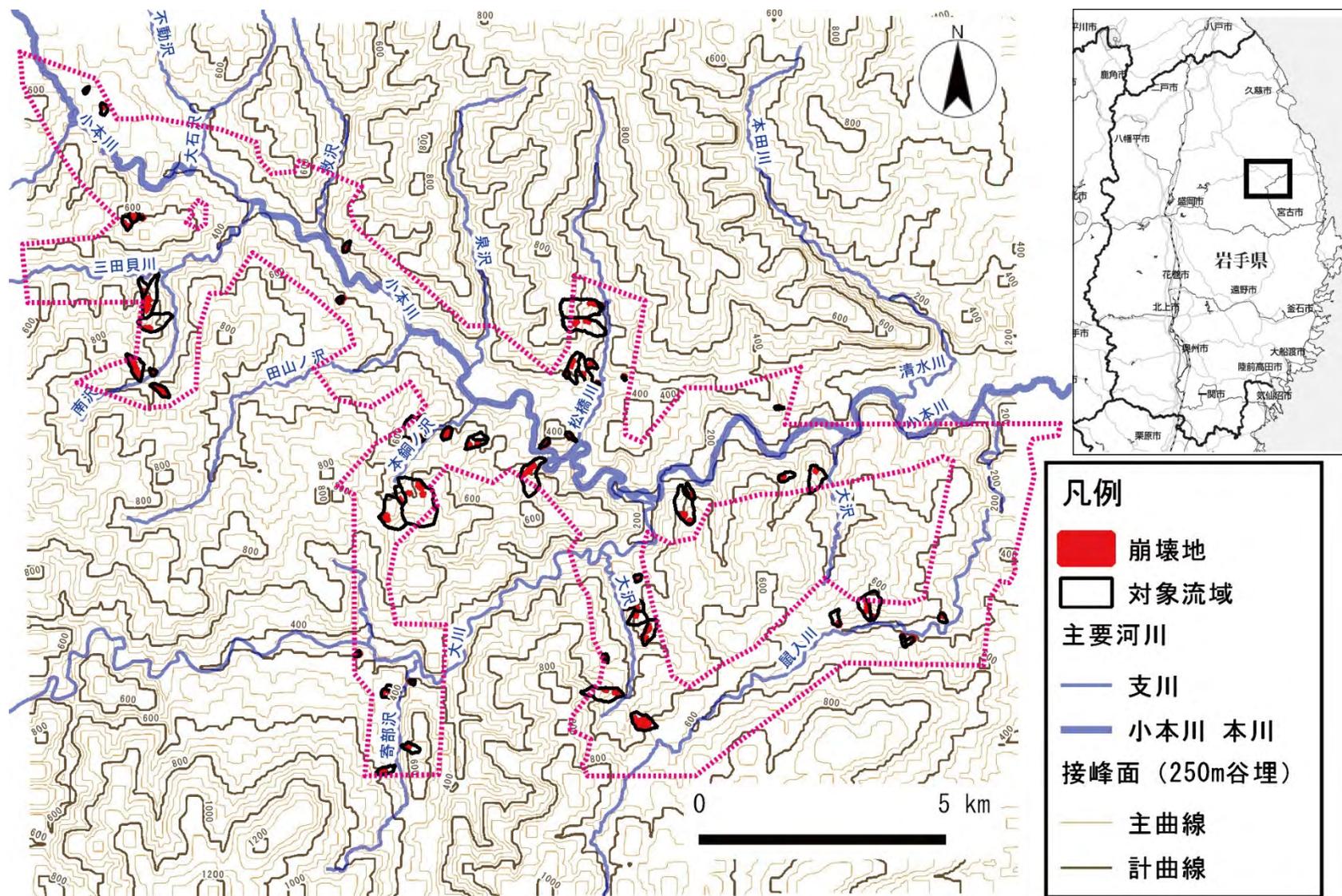
- ① 台風第 10 号が通過した後、岩手県により航空レーザ計測がなされた範囲
- ② 国土地理院の写真判読結果において土砂移動が確認でき、かつ明瞭な崩壊地が認められる範囲

3.2.2 地形

北上山地の地形は、早池峰山（標高 1914m）とその周辺を除くと、標高 1400m 以下の起伏の小さな山地で構成されている（たとえば、田村ほか⁹⁾）。図－ 3.1 に調査地域の 250m 谷埋めの接峰面を示すが、調査地域においては、南側に標高 1200m 前後の峰が分布しており、北上山地の全体的な傾向と同様に起伏に乏しい地形が分布する。調査地域中央部には二級河川小本川が西から東へ流下し、南北から支川が入る。当該地域は、一般に土砂災害の発生が少ない地域として知られ（川村ほか¹⁰⁾）、また谷密度¹¹⁾からみても開析が進んでいない地域¹²⁾であり、尾根・谷の比高が小さく斜面崩壊が生じにくい地域の特徴を有している。

3.2.3 地質

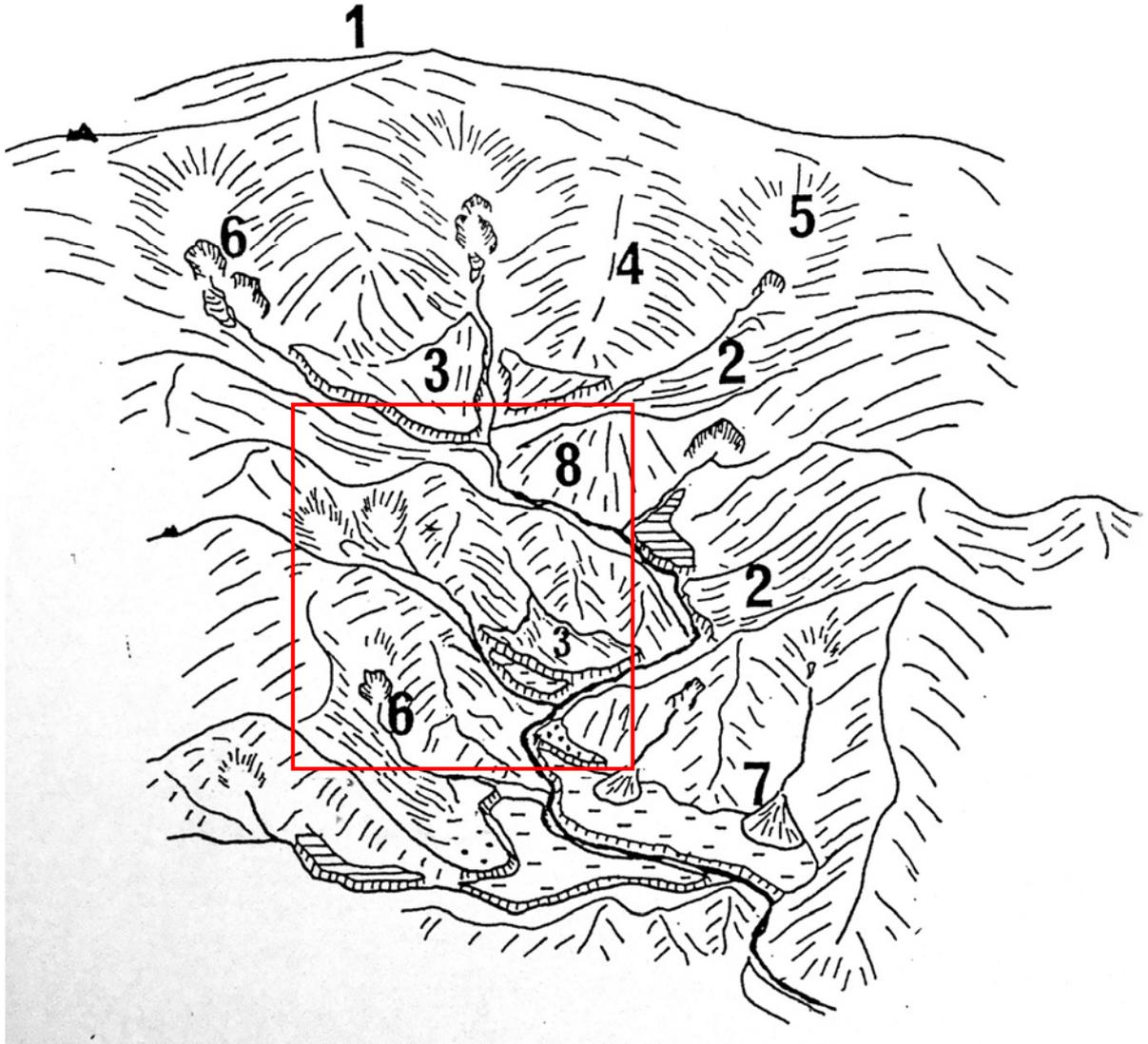
調査地域を含む北上山地北部の地質は、図－ 3.2 に示すように古生代後期～中生代の粘板岩及び砂岩（チャート薄層を伴う）、これらに貫入する中生代の花崗岩を主とする（吉田ほか¹³⁾）。調査地域を概観すると、概ね上述の粘板岩及び砂岩が主体であり、まとまった石灰岩の岩体や花崗岩は分布していない。



図一 3.1 調査位置図

3.2.4 北上山地の斜面地形発達

檜垣⁸⁾は、北上山地における最終氷期以降の斜面地形発達を明らかにするにあたり図-3.3に示す8つの斜面地形を区分し、各斜面の地形及び斜面物質の特徴、また示標テフラと地形形成期の関係を検討している。



1 : 山頂緩斜面, 2 : 山麓緩斜面, 3 : 扇状地状緩斜面, 4 : 平滑尾根型斜面, 5 : 上位谷頭凹型斜面, 6 : 下位谷頭凹型斜面, 7 : 崖錐・沖積錐, 8 : その他の山腹斜面

図-3.3 北上山地の斜面地形概念図⁸⁾ (図中の口は後述する図-3.15に対応)

各斜面地形や斜面堆積物と示標テフラとの関係から、北上山地では、寒冷環境下における凍結融解による面的な斜面物質の移動期が少なくとも3回存在した。それらは最終間氷期以前の氷期、5万年前前後の時期、3~4万年前から1万数千年前頃の最終氷期後半と推定され、その前後の時期は、斜面物質の移動が相対的に不活発であったと推察している。

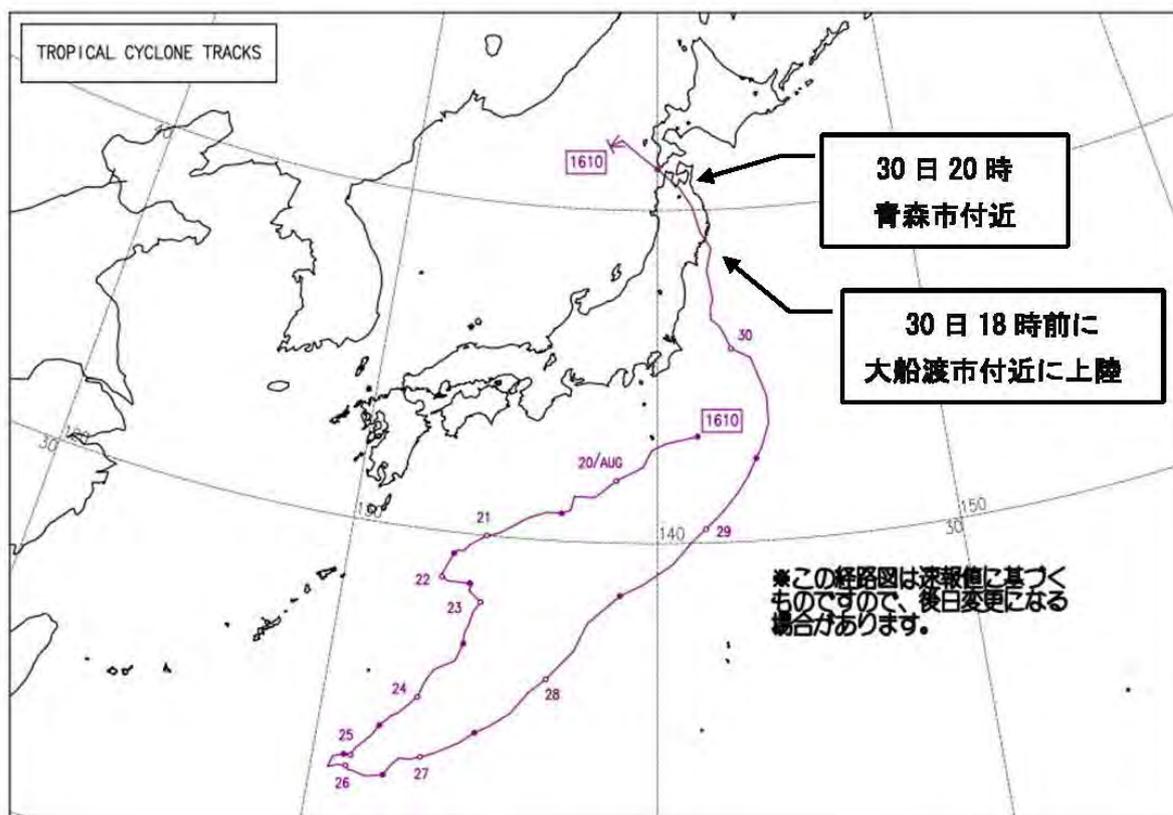
これらのうち完新世、すなわち現在の環境(土砂生産・移動)で形成された山地斜面地形とし

では、最終氷期後半のソリフラクションを主とする斜面物質移動が終了した後に発生した崩壊によって形成された下位谷頭凹型斜面が挙げられる（図－ 3.3 の6）。また小溪流の谷出口には沖積錐が形成されていることを踏まえ、氷期の凍結融解により生産され斜面に残存している岩層が、完新世における崩壊予備物質としての役割を果たしているとした。

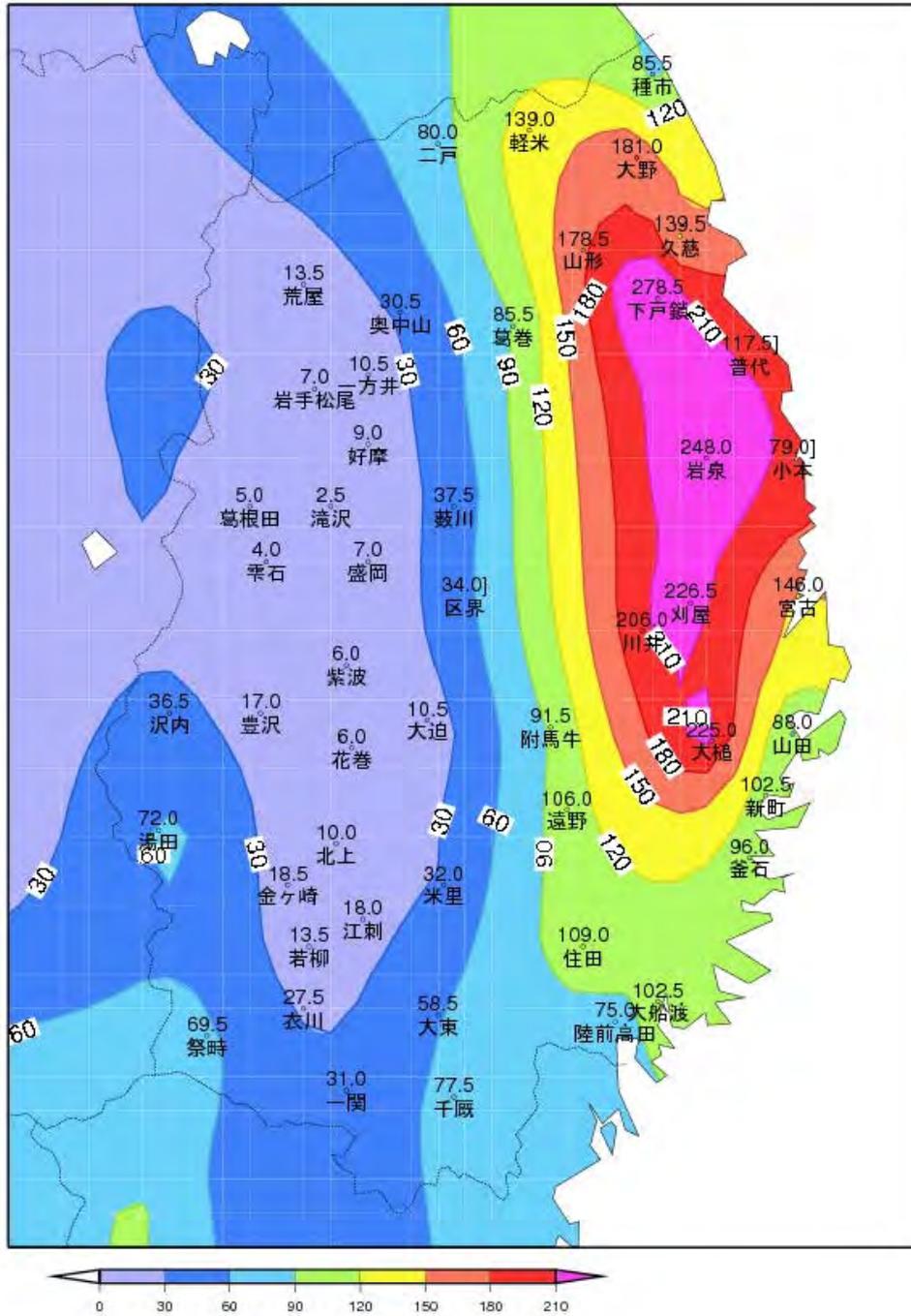
3.3 平成 28 年台風第 10 号の概要

3.3.1 降雨概要

盛岡地方気象台¹⁾によれば、調査地域周辺において8月29日0時から8月31日12時まで降雨が観測されている（図－ 3.4）。調査地域近傍の岩泉雨量観測所では248mmを観測し、周辺地域に比べて多量の降雨があった（図－ 3.5）。また同観測所における日最大1時間降水量70.5mm（8月30日17:21から18:21まで）は、1976年に統計を開始して以来、観測史上1位の記録を更新している。

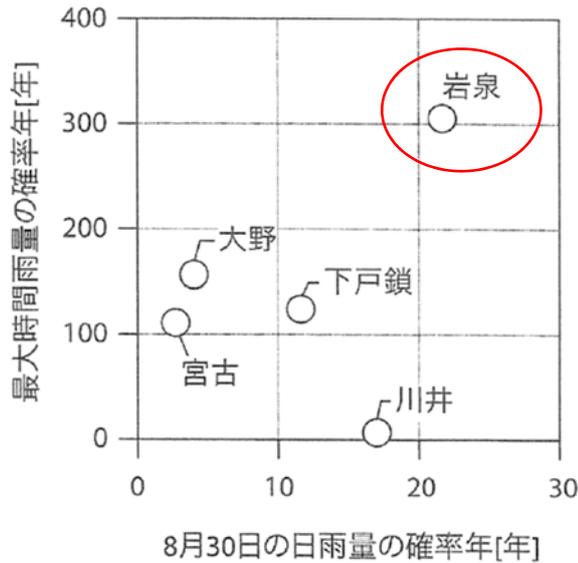


図－ 3.4 台風第 10 号の経路¹⁾



図一 3.5 総雨量線図¹⁾

岡本ほか⁷⁾は、本台風に伴う降雨について確率年を分析して岩泉雨量観測所の最大時間雨量は、図一 3.6 に示すように 305 年、日雨量は 21.7 年と算出し、300 年に 1 度程度しか起こりえない極めて激しい時間降雨があったとしている（図一 3.6 に赤丸で表記）。なお同図の確率計算は、30 年以上の降雨資料があるアメダス観測所を対象にして実施している。ただし川井観測所以外における最大時間雨量の年超過確率は、100 年を超えておりこれらはいずれも外挿扱いのため、結果の取扱・解釈は留意する必要がある。



図一 3.6 確率降雨（岡本ほか⁷⁾を引用・加筆）

3.3.2 台風第10号豪雨による土砂生産・移動

台風第10号豪雨による北上山地での土砂生産・移動状況を既往報告から以下にまとめる。

大河原⁴⁾、井良沢ほか⁶⁾は、現地調査から大規模な崩壊による土砂流出は発生しておらず、河床堆積物の再移動や溪岸崩壊による土砂流出が主体であることを確認した。岡本ほか⁷⁾は、地質条件から同地域は保水力が少ない地域であり、また現地で山腹斜面の表土層が薄いことを確認した結果から、降雨は速やかに渓流域に流出して溪岸崩壊や溪床堆積物の侵食により大量の土砂が流出したと推定している。一方で滝澤ほか¹⁴⁾は、流出形態は土砂流が総じて多いが、土石流形態による土砂移動も一部の溪流で確認している。渡辺ほか¹⁵⁾は、氾濫域の被災家屋等の大半は、原形を留めていることを指摘し、これは井良沢ほか⁶⁾が指摘した土砂流が主体であったことと符合する。

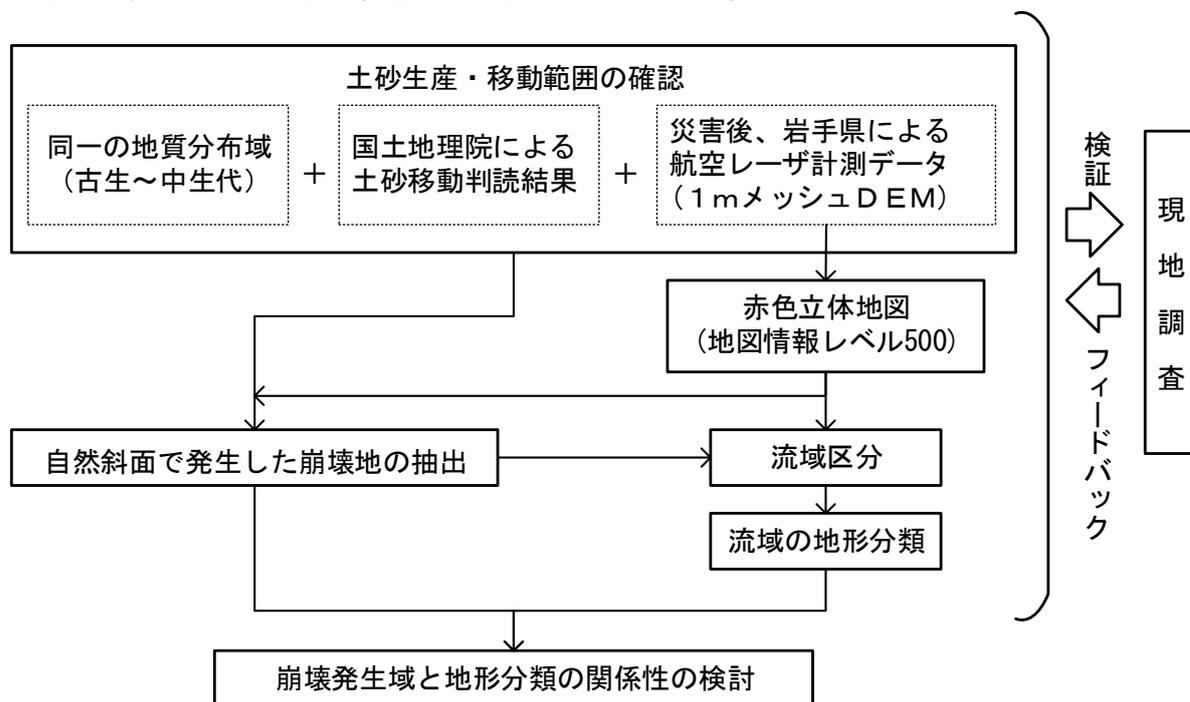
3.4 台風第10号豪雨による崩壊と斜面地形分類との関係性

3.4.1 研究方法

図一 3.7に研究フローを示す。土砂生産・移動範囲の確認は、0に前述した範囲で行った。土砂生産・移動が認められた範囲において、岩手県が台風第10号後に計測した航空レーザ計測データ（地図情報レベル500、1mメッシュDEM）¹⁶⁾から作成した赤色立体地図を元に崩壊地を抽出し、さらに当該崩壊地が発生した流域の区分及び地形分類を行い、分類された地形と崩壊発生域の位置関係を検討した。

本論において「土砂生産」は豪雨等の誘因により斜面または谷底部から土砂が新たに発生する

現象（主に斜面での崩壊），「土砂移動」は生産された土砂が下流側へ移動する現象（堆積土砂の二次侵食は土砂生産に含み，移動には含めない）とする。



図－ 3.7 研究方法

3.4.2 対象とする崩壊地及びその範囲

(1) 対象崩壊地

崩壊地と地形分類の関係性を検討するため，対象は，人為影響の可能性のある崩壊を除外し，自然斜面において発生した崩壊地とした。なお調査地域における主な人為影響としては，林道沿いの人工斜面や排水不良に起因した崩壊が挙げられる。

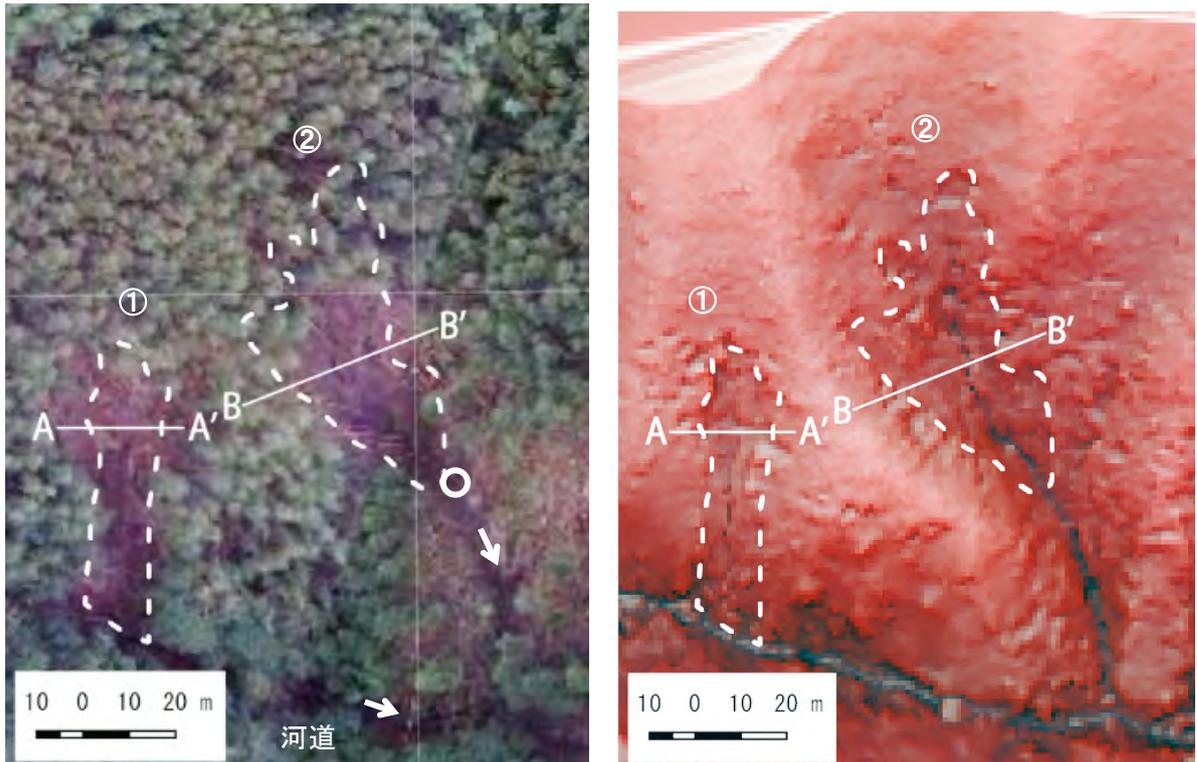
(2) 対象崩壊地の抽出範囲

崩壊地については，発生域だけではなく，周囲の斜面との高低差すなわち傾斜変換線（遷急線）が形成された崩壊は流送域を含めて抽出した。台風第 10 号豪雨による崩壊は後述するように崩壊深が約 1m であるが，現地調査において周囲の非崩壊斜面と明瞭な遷急線により概ね分けられることを確認した。この遷急線の有無を目安とし，赤色立体地図において傾斜変換線が確認できる範囲は，今回崩壊したものと判断した。

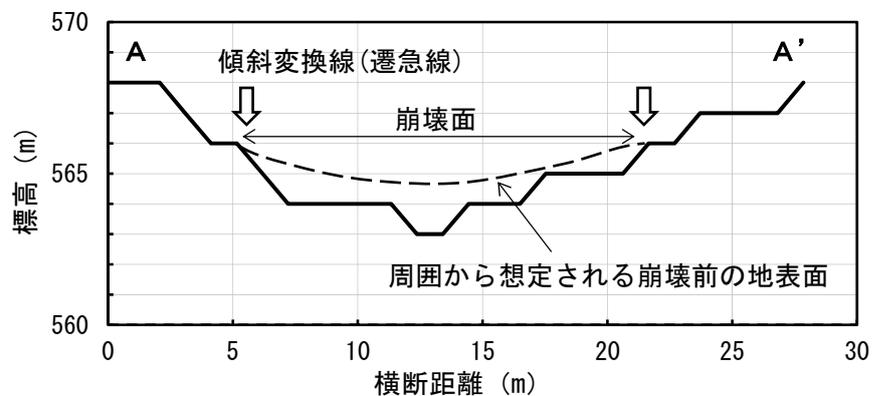
図－ 3.10 には，国土地理院撮影の空中写真，赤色立体地図，崩壊地の横断図を用いた具体的な崩壊地の抽出事例を示す。空中写真及び赤色立体地図には抽出した崩壊地の範囲を点線で示した。同図①は崩壊面の下方が直接河道に接し，一連の斜面が崩れた崩壊地，②は谷頭部の斜面が崩れて崩積土が流下した崩壊地である。いずれの崩壊地も空中写真では，崩壊地縁辺部がやや樹

木に覆われているが、赤色立体地図では傾斜変換線が形成されている。これを図－ 3.9① A-A' 及び図－ 3.10② B-B' 横断図でみると非崩壊斜面と崩壊面の境界部には矢印で示した傾斜変換線が形成されている。横断図には周囲から想定される崩壊前の地表面を破線で示したが、この図からも平均的な崩壊深が1 m程度とみられる。

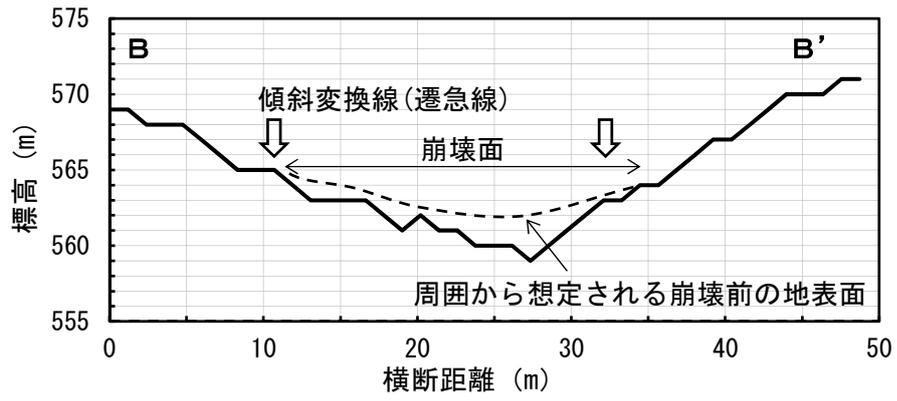
崩壊範囲として、①は斜面上部の崩壊頭部から河道までの範囲を抽出した。②は、下方斜面へ移行するにつれて崩壊幅が狭くなり斜面から河道に遷移するので、赤色立体地図に丸で示した地点までを崩壊範囲として抽出した。



図－ 3.8 崩壊地の抽出事例

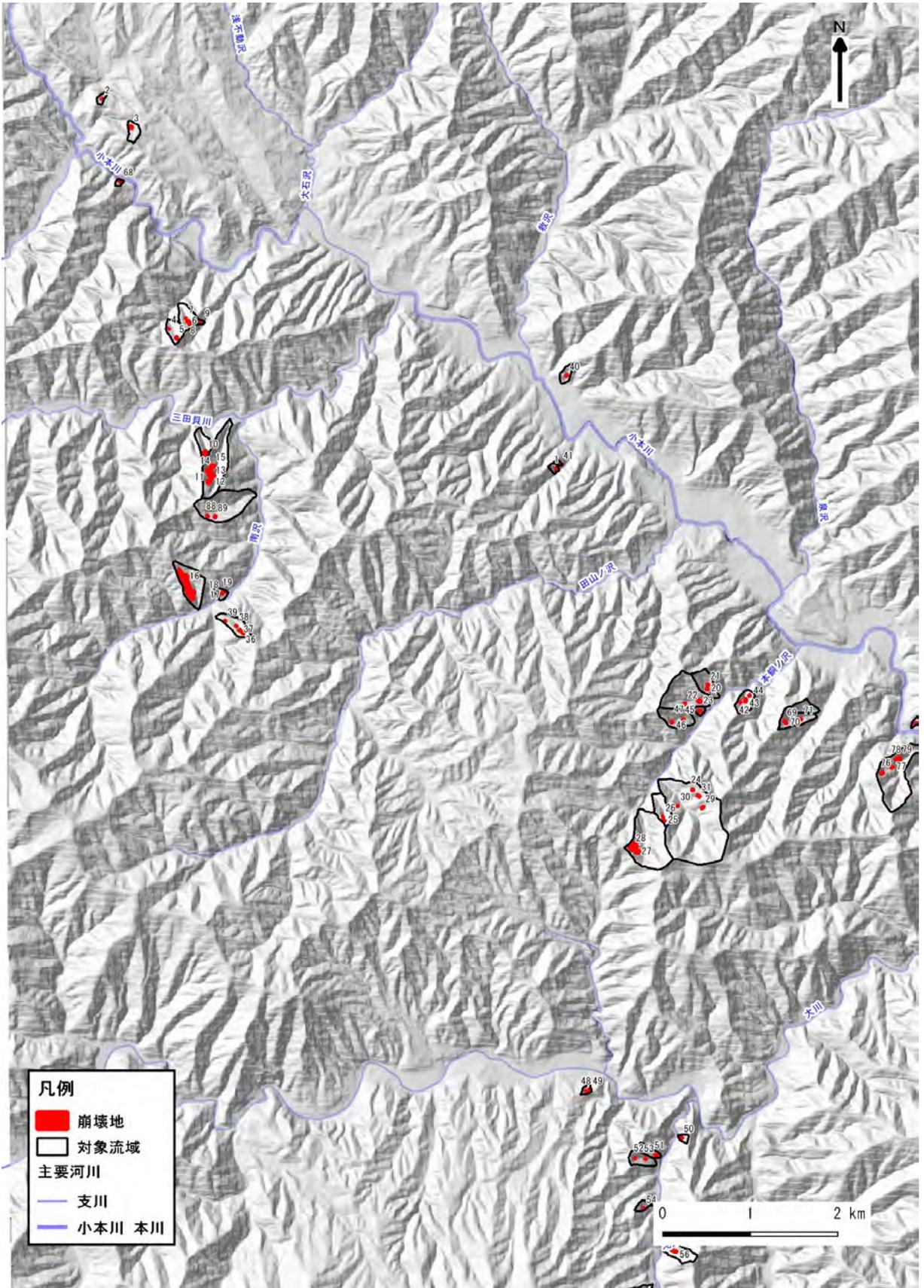


図－ 3.9 ①崩壊地の抽出事例

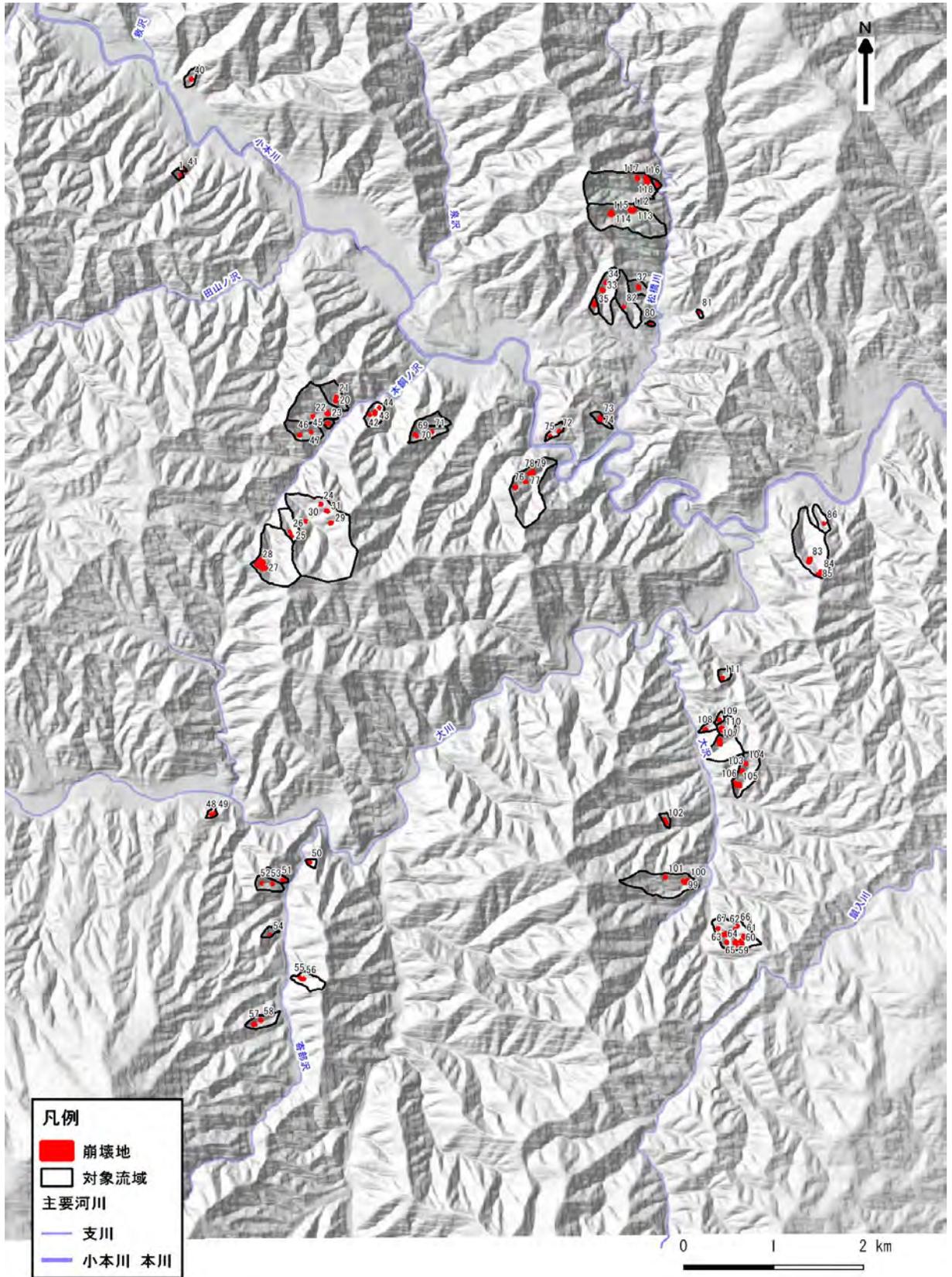


図一 3.10 ②崩壊地の抽出事例

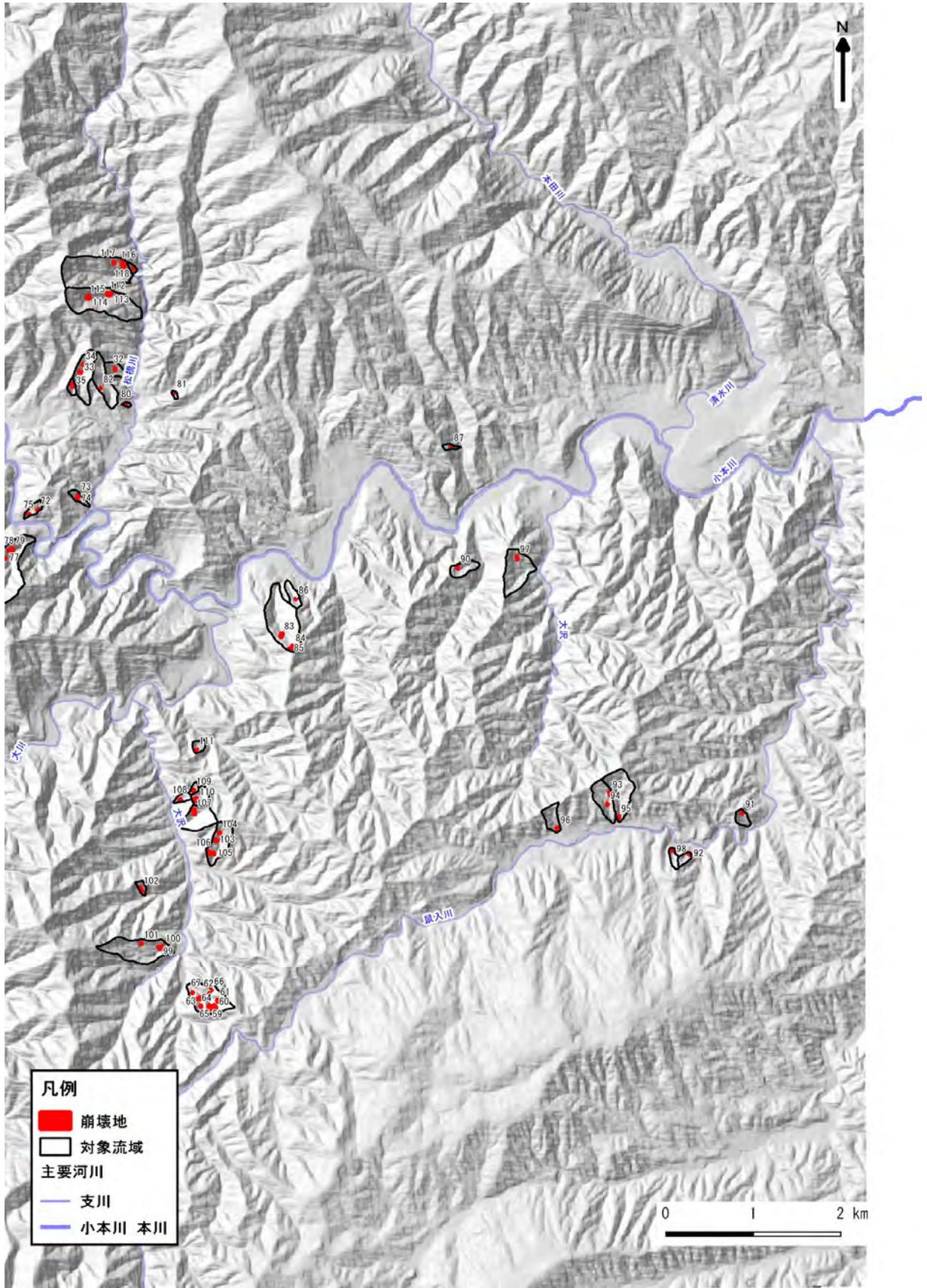
以上示した抽出の考え方に基づき抽出した崩壊分布図を図一 3.11 に示す。同図に示した崩壊地には後述する表一 3.2 に対応する崩壊地 ID を付記している。



图一 3.11 崩壊分布図 (①対象地域西)



图一 3.11 崩塌分布图 (②对象地域中央)



图一 3.11 崩壊分布図 (③対象地域東)

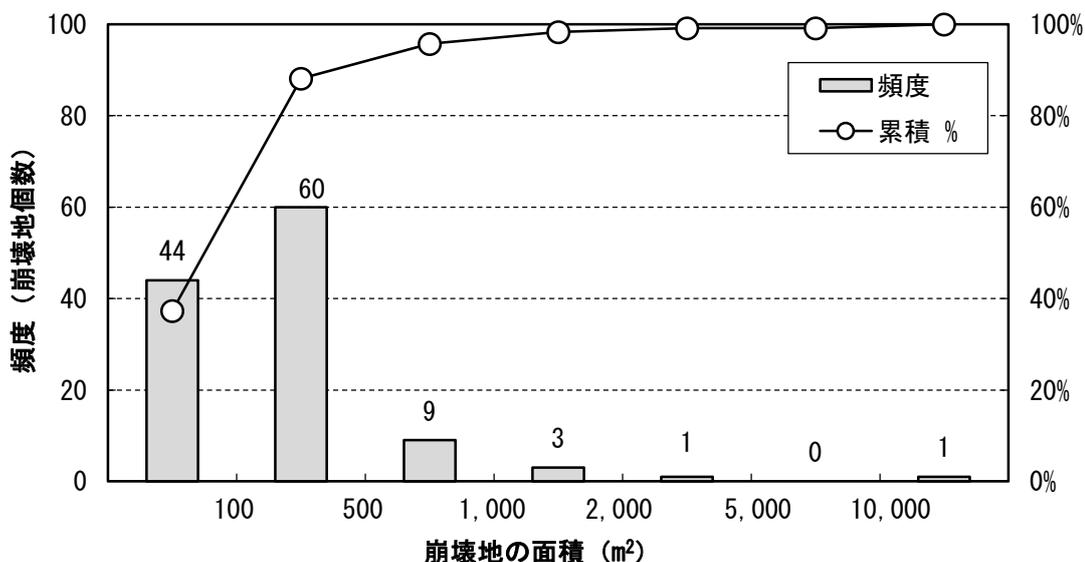
以上、本論で定義づけた対象崩壊地の抽出結果を表－ 3.1 に示す（図－ 3.11 には、分布状況を図示）。崩壊地の全数は 118 個、全崩壊面積は 43,800m² となった。ただし、図－ 3.12 に示す崩壊地の面積ごとの頻度分布をみてわかるように、崩壊面積が 10,000m² を超える崩壊地（面積約 14,500m²）1 箇所が全面積の約 1/4 を占めることから、これを異常値として取り扱った場合、平均面積は 250m²/個、標準偏差 390m² となる（表－ 3.1 下欄）。なお異常値と判断した崩壊は、空中写真において複数の崩壊が密に発生している範囲であり、赤色立体地図で確認すると空中写真で非崩壊範囲とみられた崩壊地間の地表面も一連で乱れていることから、崩壊地の区分が困難と考え、一括として取り扱ったものである。

表－ 3.1 崩壊地の抽出結果

崩壊箇所数	全崩壊面積 (m ²)	平均面積 (m ² /個)	標準偏差 (m ²)
(全数) 118	43,800	370	1,360
117※	29,400	250	390

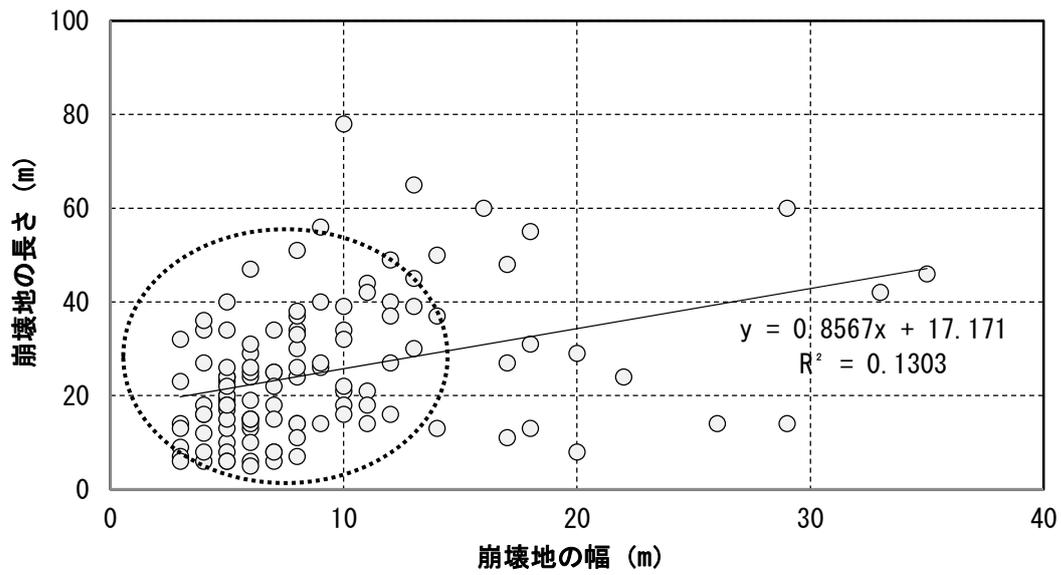
※異常値（1箇所の崩壊地）を除いた場合の崩壊地面積等

図－ 3.12 から崩壊面積 500m² 以下が全体の約 9 割を占める。この結果は、井良沢ほか⁷⁾、岡本ほか⁸⁾ の大規模な崩壊が少なかったとの報告と調和的である。



図－ 3.12 崩壊地面積の頻度分布

崩壊地の平均的な幅と長さを GIS（オープンソースソフトウェアソフト QGIS）により個別に計測しプロットしたものを図－ 3.13 示す（異常値を除く）。長さは斜面方向の長さ、幅はそれに直交する方向で平均的な箇所を計測している。図－ 3.13 に破線の楕円で示す幅 10m 以下、長さ 50m 以下に集中しており、縦長の比較的小規模な崩壊地が多数を占める。



図－ 3.13 崩壊地の幅と長さの関係

抽出した崩壊地の一覧表を表－ 3.2 に示す。

表－ 3.2 崩壊地一覧表（1）

ID	面積 (m ²)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊地の詳細状況（地形分類との関係についても詳述）
1	410	17	27	その他斜面での崩壊。斜面脚部には崖錐が形成されており、度々薄い崩壊が発生している斜面と推測。ただし、下部谷壁斜面と評価するには凹型の度合いが相対的に低いと判断。
2	69	8	14	その他斜面を含む崩壊。その他斜面は相対的に凹型形状を呈する。
3	216	8	34	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー状に侵食を受けた崩壊している。下部谷壁斜面上部にガリー侵食は及んでいない。
4	31	5	10	下部谷壁斜面内での崩壊。やや深掘れした形での崩壊だが、上部に位置するその他斜面を含む崩壊には至っていない。
5	166	10	21	やや平滑な形状を示すその他の斜面での崩壊。崩壊深は薄く、下部谷壁斜面と連続するほどの規模ではない。
6	77	6	13	下部谷壁斜面内での崩壊。やや深掘れした形での崩壊だが、上部に位置するその他斜面を含む崩壊には至っていない。
7	34	5	8	下部谷壁斜面内での崩壊。やや深掘れした形での崩壊だが、上部に位置するその他斜面を含む崩壊には至っていない。
8	163	5	40	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー状に侵食を受けた崩壊している。下部谷壁斜面上部にガリー侵食は及んでいない。
9	422	12	40	下部谷壁斜面の表層が薄く崩壊。下部谷壁斜面上部に位置するその他の斜面（平滑形状）の拡大には至っていない。
10	1,015	35	46	その他斜面での崩壊。崩壊深はやや深く、その他斜面をえぐる形態で崩壊している。崩壊地下部は、ガリー侵食が認められる古い埋積谷が存在する。その埋積谷の下部には下部谷壁斜面が存在し、徐々に侵食が進んでいるものと推測される。
11	866	18	55	その他斜面での崩壊。下部谷頭凹型斜面として評価できないが、周囲斜面に比べてやや凹型の斜面内での崩壊であり、下部谷頭凹型斜面の拡大に寄与しているものと推測。谷出口には沖積錐が段丘化している。
12	110	17	11	下部谷頭凹型斜面内での崩壊。No. 11崩壊の土砂流出によって側方斜面が侵食されて崩壊したものと推測。
13	753	16	60	その他斜面での崩壊。崩壊地を含む斜面は、やや凹型の集水地形を呈する。
14	1,561	29	60	その他斜面での崩壊。下部谷頭凹型斜面として評価できないが、周囲斜面に比べてやや凹型の斜面内での崩壊であり、下部谷頭凹型斜面の拡大に寄与しているものと推測。
15	474	14	50	その他斜面での崩壊。下部谷頭凹型斜面として評価できないが、周囲斜面に比べてやや凹型の斜面内での崩壊であり、下部谷頭凹型斜面の拡大に寄与しているものと推測。
16	14,462	380	40	その他斜面において、斜面形状によらず広範囲に崩壊している。斜面を深くえぐる形態ではなく表層が薄く崩壊したものと推測。
17	113	14	13	平滑形状に近いその他斜面での崩壊。No. 17～19は頭部の標高が同程度。
18	42	8	7	平滑形状に近いその他斜面での崩壊。No. 17～19は頭部の標高が同程度。
19	18	6	6	平滑形状に近いその他斜面での崩壊。No. 17～19は頭部の標高が同程度。
20	67	5	17	埋積谷末端部におけるガリー状の崩壊（土砂流出）。埋積谷は下部谷壁斜面の下部に位置することから崩積土や崖錐の可能性が高い。

表－ 3.2 崩壊地一覧表（2）

ID	面積 (m ²)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊地の詳細状況（地形分類との関係についても詳述）
21	94	8	14	No. 20と同様だが、No. 20が発生した埋積谷に比べて傾斜がやや急である。下流側から侵食が及び、埋積谷上部・急勾配の範囲に及んだ崩壊である。
22	86	5	20	その他斜面での崩壊。下部谷壁斜面として評価はできないが、ガリー侵食が形成されつつある。
23	444	20	29	その他斜面での崩壊。下部谷壁斜面として評価はできないが、斜面横断方向に不明瞭な連続する遷急線が形成されつつある。
24	123	7	25	下部谷壁斜面内でのガリー状の侵食。その他斜面まで影響は及んでいないが、徐々に下部谷壁斜面を拡大している（掘れこんだ崩壊地）。
25	97	10	18	下部谷壁斜面内でスプーンでえぐったような崩壊。崩壊地は流域における下部谷壁斜面上流部で発生しているが、その他斜面まで侵食はほぼ及んでいない。
26	64	5	19	下部谷壁斜面内でのガリー状の侵食。崩壊地は下部谷壁斜面上部に位置するが、その他斜面まで侵食は及んでいない。
27	485	13	39	下部谷壁斜面内でのガリー状の侵食。崩壊地上部がその他斜面において発生している。
28	3,475	33	42	形状が明瞭な崩壊地としては、対象範囲で最も大きい崩壊地。その他斜面で広範囲に崩壊しており、当該崩壊地の末端部（下流端部）が元の下部谷壁斜面に位置する。
29	160	6	29	埋積谷末端部付近のガリー状の崩壊（土砂流出）。埋積谷は下部谷壁斜面の下部に位置することから崩積土や崖錐の可能性が高い。埋積谷により上流側への侵食が抑えられている。
30	69	6	15	下部谷壁斜面内でのガリー状の侵食。脚部には沖積錐が形成されており、ガリーはこの沖積錐を侵食している。崩壊地上部の下部谷壁斜面は比較的平滑な斜面形状を呈しており、その他斜面まで侵食も及んでいない。
31	127	4	34	下部谷壁斜面内でのガリー状の侵食がその他斜面に及んで崩壊している。ガリーの脚部には沖積錐が形成されており、ガリーはこの沖積錐を侵食している。
32	228	12	27	やや尾根形状を呈するその他斜面での崩壊。下部谷壁斜面からその他斜面にいたる範囲で崩壊している。
33	202	8	37	下部谷壁斜面での崩壊。ガリー侵食が拡大して面的に崩壊している。
34	60	4	16	下部谷壁斜面での崩壊。スプーンでえぐったような崩壊。
35	407	11	44	下部谷壁斜面での崩壊。ガリー侵食が拡大して面的に崩壊している。
36	106	7	18	その他斜面に拡大する崩壊。下部谷壁斜面から筋状にガリー侵食が形成され、その谷頭部で崩壊（その他斜面に位置）
37	44	7	8	下部谷壁斜面内での崩壊。沢筋に近いところで崩壊していることから側方侵食により発生したものと推測。
38	17	4	6	下部谷壁斜面内での崩壊。沢筋に近いところで崩壊していることから側方侵食により発生したものと推測。
39	78	6	14	その他斜面におけるガリー状の崩壊。
40	67	3	32	下部谷壁斜面と谷中に形成された埋積谷における崩壊。ガリー侵食が及び谷頭部で崩壊している。その他斜面に及ぶものではない。

表－ 3.2 崩壊地一覧表（3）

ID	面積 (m ²)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊地の詳細状況（地形分類との関係についても詳述）
41	149	5	23	下部谷壁斜面内のでガリー状の侵食（側方斜面にその他斜面が分布）。谷出口には沖積錐が形成されており、度々崩壊ないしはガリー侵食が生じているものと推測。
42	71	7	15	攻撃斜面に谷出口が位置する流域であり、下刻を直接受けた下部谷壁斜面の上部で発生した崩壊。その他斜面には若干及んでいないもの大きく崩壊するまでには至っていない。
43	195	8	38	攻撃斜面に谷出口が位置する流域であり、下刻を受けた流域・下部谷壁斜面で発生した崩壊。やや掘れこんで崩壊しているが、その他斜面には及んでいない。
44	47	5	13	攻撃斜面に位置し、下刻を直接受けた下部谷壁斜面の上部で発生した崩壊。その他斜面には及んでいないが、侵食前線と判断される。
45	84	5	24	下部谷壁斜面内のでガリー状の侵食。斜面脚部に形成された崖錐も当該ガリーに侵食されつつある。
46	78	6	15	下部谷壁斜面内のでガリー状の侵食。その他斜面まで影響は及んでいないが、徐々に下部谷壁斜面を拡大している（掘れこんだ崩壊地）。
47	25	4	8	溪床と下部谷壁斜面境界部における崩壊。小規模であり、溪岸侵食により生じた可能性もある。
48	113	9	14	下部谷壁斜面での崩壊。深くえぐられているが、当該崩壊地の上部には過去の崩壊跡地が確認できる（当該崩壊地よりも崩壊深が深い・地質の違いも想定される）。
49	152	10	16	下部谷壁斜面での崩壊。下部谷壁斜面が徐々に広がり、その他斜面が侵食を受けている（今回の崩壊では影響なし）。
50	242	7	34	攻撃斜面に位置し、下刻を直接受けておりガリーが発達している。当該崩壊地上部には過去の崩壊跡地も確認できる。その他斜面には及んでいない。
51	92	4	27	埋積谷におけるガリー状の崩壊（土砂流出）。埋積谷はその他斜面から緩やかに連続しており、傾斜変換線は不明瞭な状況である。
52	41	4	12	下部谷壁斜面の脚部でのガリー状の崩壊。崩壊地上位には平滑な下部谷壁斜面、それより上部も平滑なその他斜面が広がる。
53	25	3	14	下部谷壁斜面の脚部でのガリー状の崩壊。崩壊地上位にはやや凹型のその他斜面が広がる。
54	51	6	10	下部谷壁斜面での崩壊。やや深くえぐられているが、その他斜面には影響が及んでいない。当該流域の谷出口からガリー侵食が形成されつつあるが、本崩壊地には至っていない。
55	41	7	6	下部谷壁斜面でのガリー状の崩壊。深くえぐられているが、その他斜面に拡大するまではいたっていない。
56	100	5	24	下部谷壁斜面でのガリー状の崩壊。深くえぐられているが、その他斜面に拡大するまではいたっていない。
57	172	8	30	下部谷壁斜面でのガリー状の崩壊。その他斜面（凹型斜面）に拡大するまではいたっていない。
58	120	5	24	下部谷壁斜面でのガリー状の崩壊。その他斜面（凹型斜面）に拡大するまではいたっていない。
59	502	8	51	下部谷壁斜面内での崩壊。谷頭部は凹地状のやや埋積された緩傾斜の斜面であり、ガリー侵食が及び崩壊したものと推測
60	307	6	47	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー侵食が及び崩壊したものと推測。

表－ 3.2 崩壊地一覧表（4）

ID	面積 (m^2)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊地の詳細状況（地形分類との関係についても詳述）
61	185	8	24	下部谷壁斜面内での崩壊。やや深掘れする形態での崩壊だが、その他斜面には至っていない。
62	24	3	9	ガリーが認められる下部谷壁斜面での谷頭部（斜面下方の支流的な位置づけ）における崩壊。
63	169	7	25	下部谷壁斜面内での崩壊。やや深掘れする形態での崩壊であり、崩壊地上部にも崩壊跡地が認めれる。その上方のその他斜面には至っていない。
64	70	8	11	ガリーが認められる下部谷壁斜面での谷頭部における崩壊。谷頭部は下部谷壁斜面とその他斜面の境界部に位置していることから、今後、その他斜面への拡大が想定される。
65	120	5	20	その他斜面での崩壊。ガリー侵食が及ぶ谷頭部における崩壊であり、崩壊深は比較的浅い。
66	19	3	7	ガリーが認められる下部谷壁斜面での谷頭部（やや埋積した緩傾斜地形の端部）における崩壊。
67	41	3	13	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー侵食が及ぶ谷頭部において発生している。崩壊地上部は急勾配の埋積谷を呈し、下部谷壁斜面が徐々に埋積谷を開析している。
68	239	18	13	その他斜面に侵食が及び下部谷頭凹型斜面が広く形成、その脚部に形成されたやや急勾配（30～45°）の崖錐（一部崩積土）における崩壊
69	18	3	6	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー侵食が及ぶ谷頭部においてスプーン状にえぐれている。
70	25	5	6	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー侵食が及ぶ谷頭部においてスプーン状にえぐれている。
71	45	7	8	側方侵食により溪岸部に位置する崖錐・その他の斜面が侵食を受けて崩壊が生じたものと推測。
72	137	6	24	集水地形を呈する下部谷壁斜面の下方・埋積谷における崩壊。集水箇所を開始点で崩壊している。
73	90	5	18	下部谷壁斜面における崩壊。流域谷出口からガリー侵食が認めれ、その侵食の谷頭部における崩壊である。
74	86	4	18	下部谷壁斜面における崩壊。流域谷出口からガリー侵食が認めれ、その侵食の谷頭部における崩壊である。
75	64	3	23	谷出口におけるガリー侵食状の崩壊。崩壊地上部は埋積谷での崩壊となっている。
76	216	11	21	No. 70から続くガリー侵食が下部谷壁斜面に及びその谷頭部での崩壊が発生。斜面下方には崖錐（氷期性？）が認められ、ガリーはそれを侵食している。
77	77	4	16	ガリー侵食が及ぶ下部谷壁斜面での崩壊。斜面情報には崖錐（氷期性？）が認められ、崖錐が侵食をうけて形成される下部谷壁斜面での崩壊。
78	143	6	25	その他斜面における崩壊。崩壊地の情報斜面は凹型の集水地形を呈し、その下端で発生している。
79	138	5	26	その他斜面における崩壊。崩壊地の情報斜面は凹型の集水地形を呈し、その下端で発生している。
80	95	6	15	下部谷壁斜面の谷頭部における崩壊。谷頭部がやや深くえぐられている。

表－ 3.2 崩壊地一覧表（5）

ID	面積 (m^2)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊地の詳細状況（地形分類との関係についても詳述）
81	80	5	15	ガリー侵食が及ぶ下部谷壁斜面での崩壊。崩壊地上部はその他斜面に及んでいる。
82	22	5	6	下部谷壁斜面内での崩壊。崩壊規模は小さい。斜面下方の沖積錐は、下部谷頭凹型斜面に対応したものと推測される
83	771	17	48	下部谷壁斜面内での崩壊。斜面内で深くえぐれている箇所の隣接地（過去の崩壊跡地）の隣接範囲が斜面を削るように崩壊している。その他斜面への影響はない。
84	375	10	34	下部谷壁斜面内での崩壊。下部谷壁斜面の面的拡大（その他斜面への拡大）ではなく、鉛直方向（掘れる）への拡大。
85	84	5	18	下部谷壁斜面の下方斜面における崩壊。上方斜面は集水地形を呈し、その下端で発生している。
86	26	6	5	その他斜面における崩壊だが、注視すると溪岸侵食による崩壊と推測される。
87	164	11	18	V字谷のガリーが形成された下部谷壁斜面の谷頭部における崩壊。その他斜面にはいたってはいないものの、今後、その拡大が想定される。
88	125	11	14	規模・崩壊深ともに相対的に小さいが、その他の斜面に侵食が徐々に及んでいる崩壊。
89	92	6	19	規模・崩壊深ともに相対的に小さいが、その他の斜面に侵食が徐々に及んでいる崩壊。
90	132	6	26	その他斜面での崩壊。ガリー状にその他斜面を侵食している。
91	123	7	22	下部谷壁斜面に形成されるガリー谷頭部での崩壊。下流域はガリーによる線の侵食であり、上流域は谷頭部の崩壊による面的な侵食である。
92	315	22	24	急勾配の下部谷壁斜面での崩壊。その他斜面を侵食するほどではない。
93	312	9	40	埋積谷からその他斜面にいたる斜面での崩壊。埋積谷は平均傾斜30°程度と急勾配であり、その上方がその他斜面と一緒に崩壊している。
94	157	20	8	溪床に近い下部谷壁斜面での崩壊。側方侵食により崩壊したものと推測される。
95	366	26	14	その他斜面での崩壊。崩壊形態は面的に薄く崩壊しており、深掘れなどは認められない。
96	513	29	14	総じて緩勾配の埋積谷における崩壊。比較的規模の大きい埋積谷において、急勾配斜面が崩壊したものと推測される。
97	278	10	39	ガリー侵食が及ぶ下部谷壁斜面からその他斜面での崩壊。溪床沿いであり流水に側方侵食による崩壊と推測される。
98	286	5	34	下部谷壁斜面内での崩壊。徐々に斜面上方に位置する埋積谷とその他斜面を開析し始めているが、今回の崩壊は斜面鉛直方向への崩壊である。
99	193	6	31	下部谷壁斜面におけるガリー状の崩壊。崩壊地脚部の土砂堆積も少なく、表土が薄い斜面下方であることから崩壊深は薄いものと推測される。
100	131	4	36	下部谷壁斜面におけるガリー状の崩壊。崩壊地脚部の土砂堆積も少なく、表土が薄い斜面下方であることから崩壊深は薄いものと推測される。

表－ 3.2 崩壊地一覧表（6）

ID	面積 (m^2)	幅 (m)	長さ (m)	崩壊地の詳細状況（地形分類との関係についても詳述）
101	138	5	22	下部谷壁斜面におけるガリー谷頭部での崩壊。やや深掘れする形態での崩壊だが、その他斜面には至っていない。
102	520	9	56	下部谷壁斜面内における崩壊。ガリー状の地形が面的に崩壊している。流域谷出口には過去の土砂移動で形成された沖積錐が認められる。今回の生産土砂は、沖積錐を下刻する流路内を流会したものと推測される。
103	445	14	37	下部谷壁斜面とその他斜面に及ぶ崩壊。その他斜面の勾配は緩く、下部谷壁斜面との協会で明瞭な遷急線が形成されている。その斜面での崩壊深は薄いものと推測される。
104	181	9	26	下部谷壁斜面とその他斜面に及ぶ崩壊。その他斜面を深掘れする形態で崩壊しており、今後、下部谷壁斜面の拡大が想定される。
105	284	10	32	その他斜面での崩壊。溪床に近い斜面下方であり、崩壊深は薄いものと推測される。
106	504	13	45	やや埋積された下部谷壁斜面の谷頭部での崩壊。斜面下方からガリー侵食が及んでおり、その谷頭部に位置する。その他斜面への影響は少ない。
107	926	13	65	下部谷壁斜面に形成されたガリー侵食が拡大し、面的に崩壊したものと推測。斜面は相対的に深掘れしているが、谷頭部の侵食はその他斜面に及んでいない。
108	260	8	26	下部谷壁斜面下方における崩壊。ガリー侵食も認められ、その周辺が面的に崩壊したものと推測される。崩壊地上方は集水地形を呈し、その下端で発生している。
109	243	13	30	下部谷壁斜面からその他斜面に至る崩壊。その他斜面での崩壊深は全体的に薄く、谷頭部が相対的に深掘れしている。
110	587	18	31	下部谷壁斜面内での崩壊。ガリー状に侵食されていた範囲が面的に深掘れする形態で崩壊している。
111	182	12	16	下部谷壁斜面内での崩壊。その他斜面への影響は少ない。
112	373	11	42	下部谷壁斜面からその他斜面に至る崩壊。不明瞭なガリー侵食が認められ、その谷頭部において崩壊している。
113	311	8	33	下部谷壁斜面からその他斜面に至る崩壊。不明瞭なガリー侵食が認められ、その谷頭部がその他斜面に位置し、崩壊している。
114	405	12	49	下部谷壁斜面内に認められるガリー侵食とその谷頭部が面的に崩壊している。やや深掘れしている。
115	233	9	27	下部谷壁斜面内に認められるガリー侵食が面的に崩壊している。ガリー谷出口には小規模ながら堆積地形が形成されており、過去から徐々に侵食を受けているものと推測される。
116	1,061	10	78	その他斜面を主体とした崩壊。ガリー侵食が下流から及び下部谷壁斜面を形成しているが、さらに侵食が進みその谷頭部で崩壊している（谷頭部がその他斜面に位置）。
117	315	12	37	その他斜面における崩壊。ガリー侵食が及んだ谷頭部での崩壊。崩壊深は浅く、崩壊規模も小さい。
118	197	10	22	その他斜面における崩壊。ガリー侵食が及んだ谷頭部での崩壊。

(3) 崩壊が生じた流域

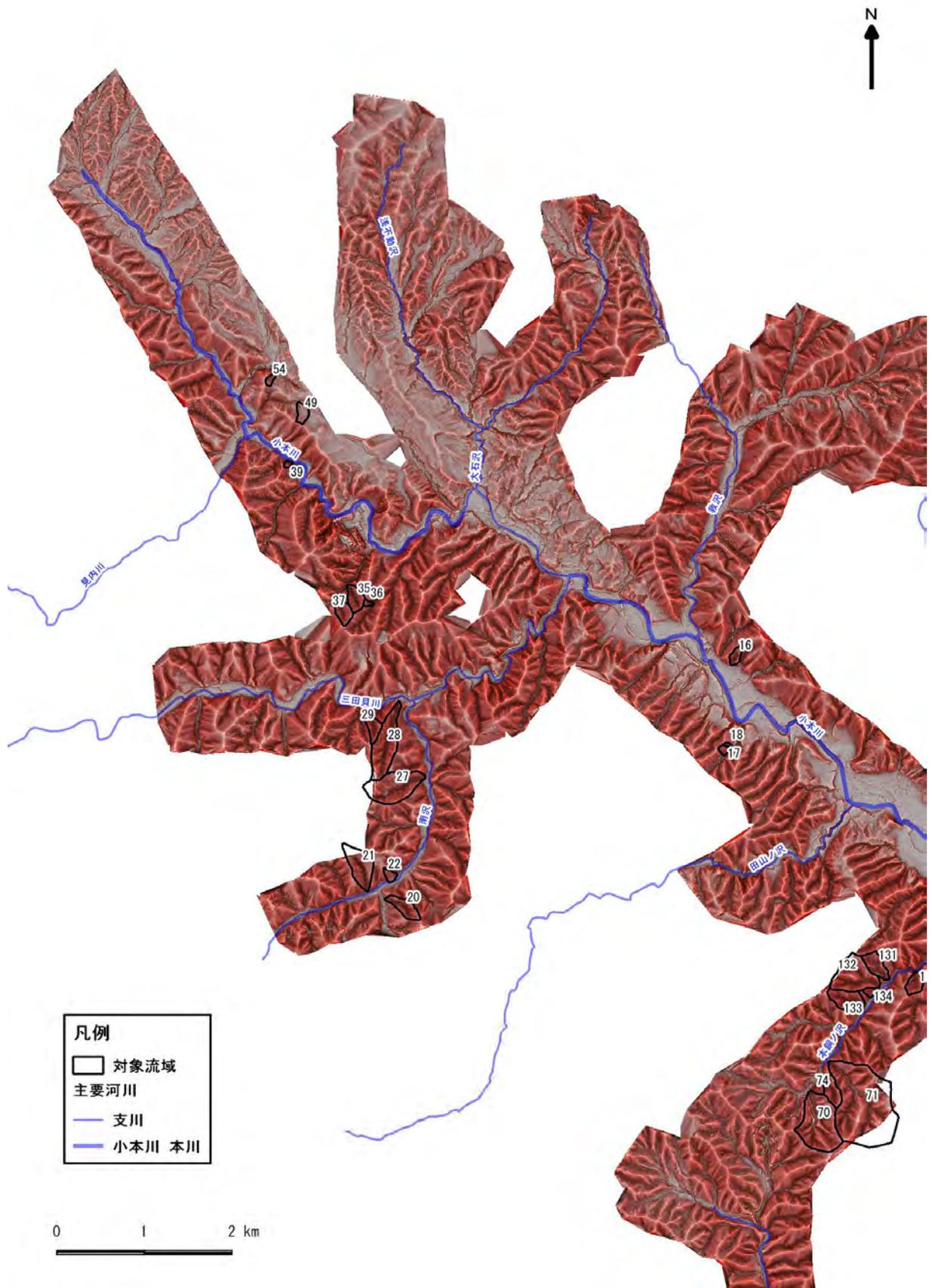
自然斜面で崩壊が発生した流域数を表一 3.3 上欄に示す（図一 3.14 に分布状況を図示）。調査地域において合計 63 流域が抽出された。また、表一 3.3 下欄には林道沿いで崩壊が発生している流域、すなわち今回の崩壊が人為的な影響で発生している可能性がある流域数を併記した。対象地域内でみれば、自然斜面で崩壊が発生した流域数と同程度存在している。

表一 3.3 流域区分結果

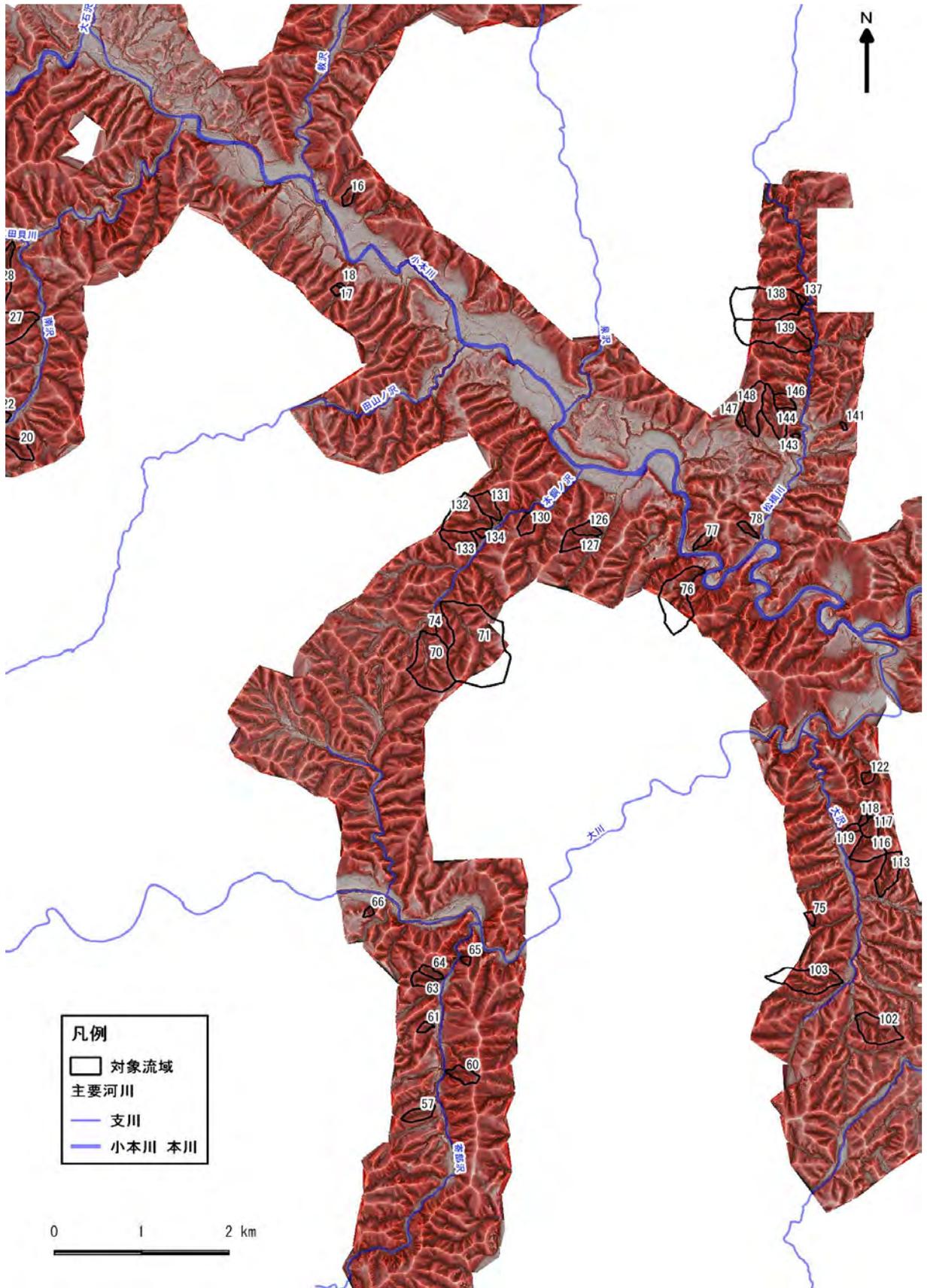
流域数	合計流域面積 (km ²)	平均値 (km ² /溪流)	標準偏差 (km ²)
63	4.43	0.07	0.09
67	4.17	0.06	0.07

上欄：自然斜面で崩壊が発生した流域

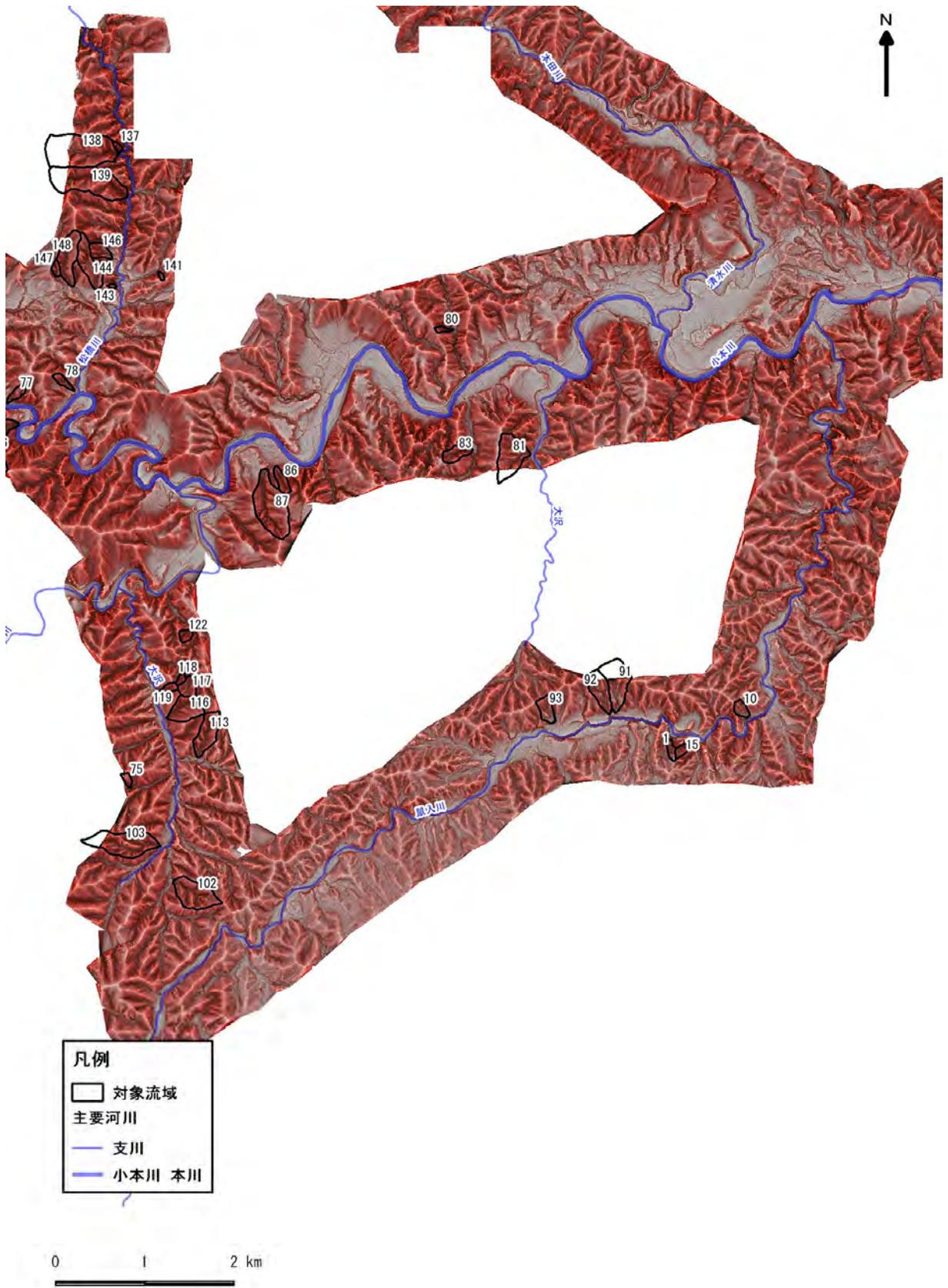
下欄：人為的な影響で崩壊が発生した可能性がある流域



图一 3.14 流域区分图 (①对象地域西)



図一 3.14 流域区分図 (②対象地域中央)



図一 3.14 流域区分図 (③対象地域東)

3.4.3 流域の地形分類

小本川沿いでは岩手県¹⁶⁾により災害直後、航空レーザ計測が実施され、赤色立体地図が作成されている。赤色立体地図による地形判読（たとえば（国研）土木研究所¹⁷⁾、高山ほか¹⁸⁾）の事例もあることから、本論においても同図を用いた地形判読により流域の地形分類図を作成することとした。

ここで図－ 3.3のうち、台風第10号豪雨により土砂移動が生じた範囲における主たる地形要素に対応した地形概念図を図－ 3.15に示す。

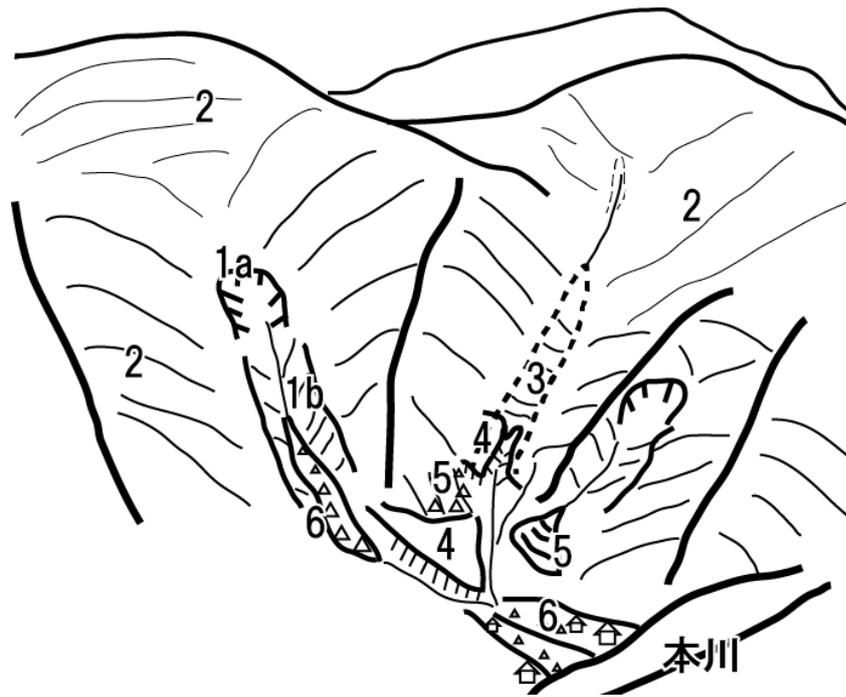
本論では北上山地の地形的背景と台風第10号豪雨による土砂移動の関係を検討することから、檜垣⁸⁾が分類した地形要素（図－ 3.3に前述）のうち、完新世に形成された「下位谷頭凹型斜面」に注目した。下位谷頭凹型斜面は、谷頭部に形成された凹型の斜面と流域の下流側でそれに連続する斜面が形成されていることから、この凹型斜面に連なる一連の斜面を「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる下方斜面」として判読した。下位谷頭凹型斜面に連なる下方斜面は、田村¹⁹⁾の分類による「下部谷壁斜面」や「下部谷壁凹型斜面」に相当するが、北上山地においては「下位谷頭凹型斜面」と同じ完新世に形成された一連の地形要素として取り扱うことが適当と考え、一つの地形要素として設定した。

「その他の斜面」は、檜垣⁸⁾における山頂緩斜面や上位谷頭凹型斜面などの氷期起源の斜面も含めて一括りとしたものである。「埋積谷」とは、氷期の凍結融解作用により破碎された小礫がソリフラクションにより谷方向へ移動して谷を埋積して形成された地形、または完新世に斜面から崩落した岩屑が谷を埋積して形成された地形を指す。前者は斜面と谷の傾斜変換線が不明瞭であり円滑に接続しているが、後者は不明瞭な傾斜変換線で区分されることが多い。

判読した地形要素の特徴及び判読時の目安を表－ 3.4に示す。地形分類の考え方については、大石²⁵⁾及び鈴木¹²⁾を参考に設定した。同表には左から赤色立体地図、中央に判読例、右には国土地理院の電子地形図25000を図示した。本論では、ある程度の面的広がりを持つ流域を対象として検討を進める目的から縮尺1/2,500の赤色立体地図により判読を行うこととした。なお地形分類結果については現地調査により検証した上で検討を進めた。

図－ 3.16には崩壊地抽出から微地形分類図の作成までの状況を例示する。またこのように作成した微地形分類図を図－ 3.17に示す。

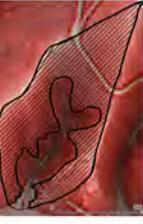
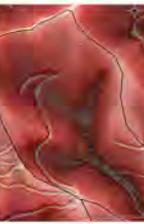
表－ 3.5には対象流域における地形要素ごとの面積を、表－ 3.6には抽出した崩壊地における地形要素ごとの面積をそれぞれ示した。なお、表－ 3.5の流域IDは、表－ 3.3に示した人為的な影響がある流域IDと通し番号で作成した関係で飛び番号となっている（図－ 3.17の番号と対応）。



1 : 下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面 (1a : 下位谷頭凹型斜面, 1b : 連なる遷急線下方斜面) , 2 : その他の斜面, 3 : 埋積谷, 4 : 段丘, 5 : 崖錐・沖積錐, 6 : 溪床堆積土砂

図一 3.15 台風第10号豪雨により土砂移動が生じた範囲の地形概念図

表－ 3.4 地形要素とその特徴

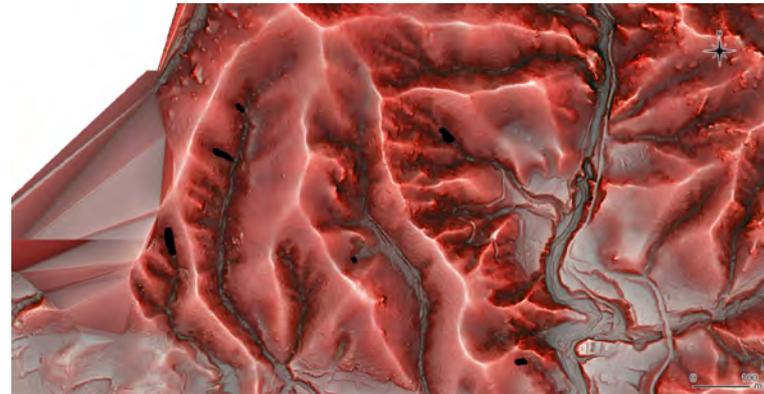
ID	地形要素※	説明・判読目安	判読例		
			赤色立体地図	判読例	1/25000図示
1	下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面 (下斜)	完新世の侵食（崩壊等）により形成されたとみられる谷頭部の凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面			 石畑
2	その他の斜面 (他斜)	「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下部斜面」以外の山腹斜面を「その他の斜面」に分類。 本斜面には更新世に形成された上位谷頭凹型斜面や形成時期が不明な平滑斜面、尾根斜面を含む。			 石畑
3	埋積谷 (埋谷)	谷が埋積されてなだらかな範囲を「埋積谷」とした。判読においては斜面との接続が円滑で傾斜変換線が形成されていない周氷河性の地形を想定しているが、現地レベルで不明瞭な傾斜変換線が形成された崖錐と類似した地形である。			
4	段丘 (段丘)	溪床堆積土砂などの堆積地形で段丘化した地形を「段丘」とした（段丘崖含む）。			
5	崖錐・沖積錐 (崖沖)	崖または急斜面から崩落した岩屑によって形成された平滑な斜面。 扇状地の小規模急傾斜なもので流域谷出口や流域内の支溪谷出口で扇状に形成された堆積地形を「沖積錐」とした。			
6	溪床堆積土砂 (溪土)	溪床部で起伏（凹凸）がある堆積土砂範囲を「溪床堆積土砂」に分類。局所的に見られる段丘状の地形は洪水時に土砂や水が氾濫する範囲とみなし、溪床堆積土砂に分類。			
7	人工改変地 (人工)	人工的な法面や平場等。調査地域で多数認められる林道は大局的にみれば面積規模が小さいことから人工改変地に分類していない。			 移動体 滑落崖

※地形要素欄の（）内に記載した用語は略称

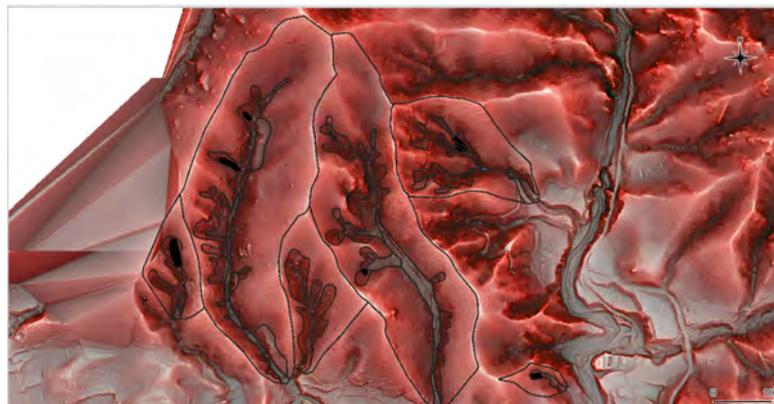
①赤色立体地図



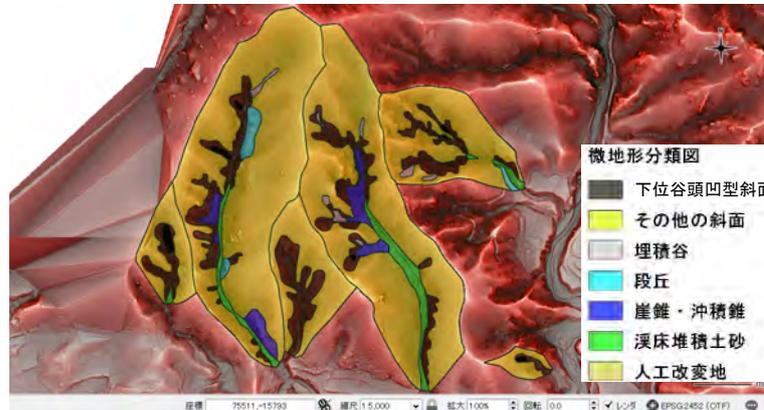
②崩壊地の抽出 (下図黒色範囲)



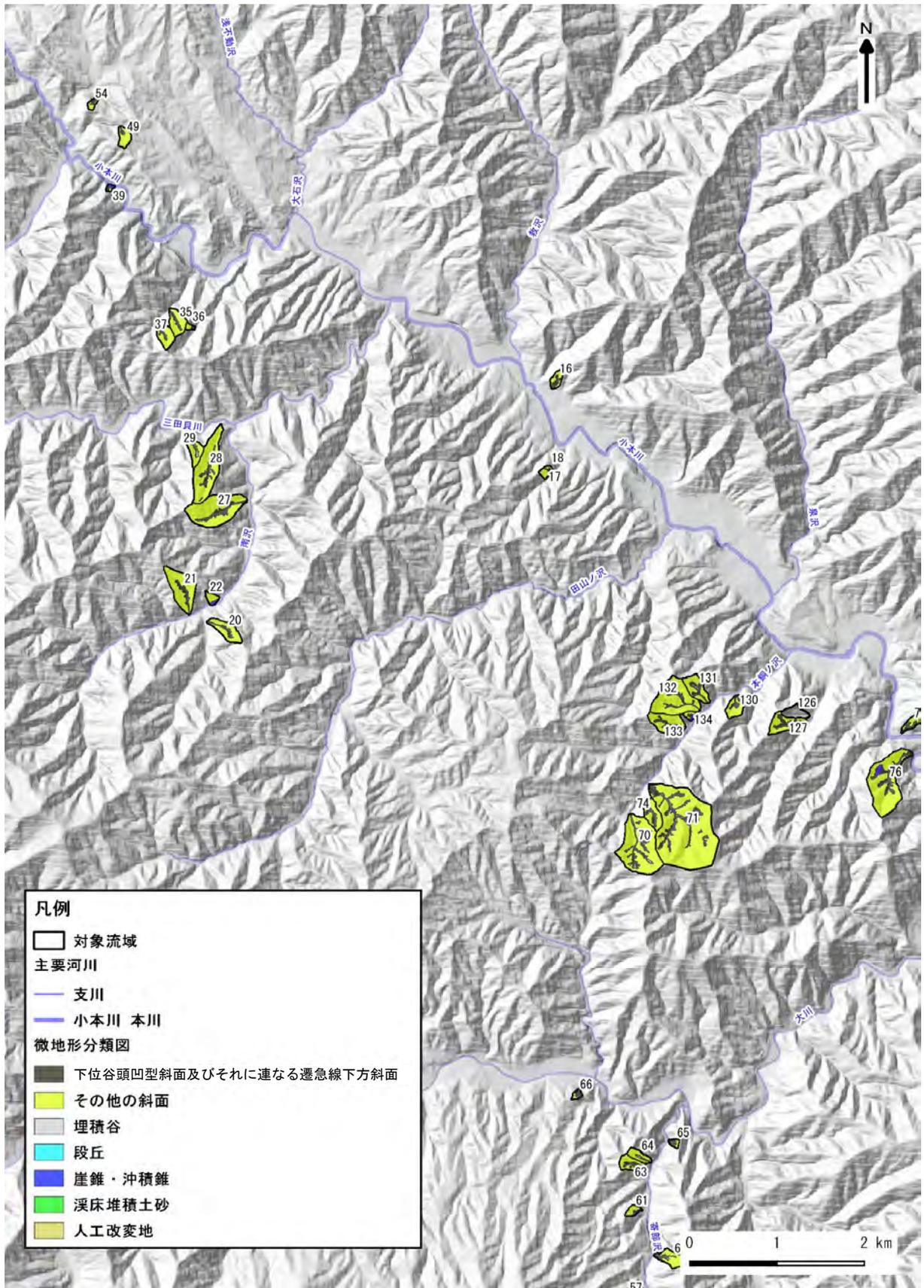
③地形分類



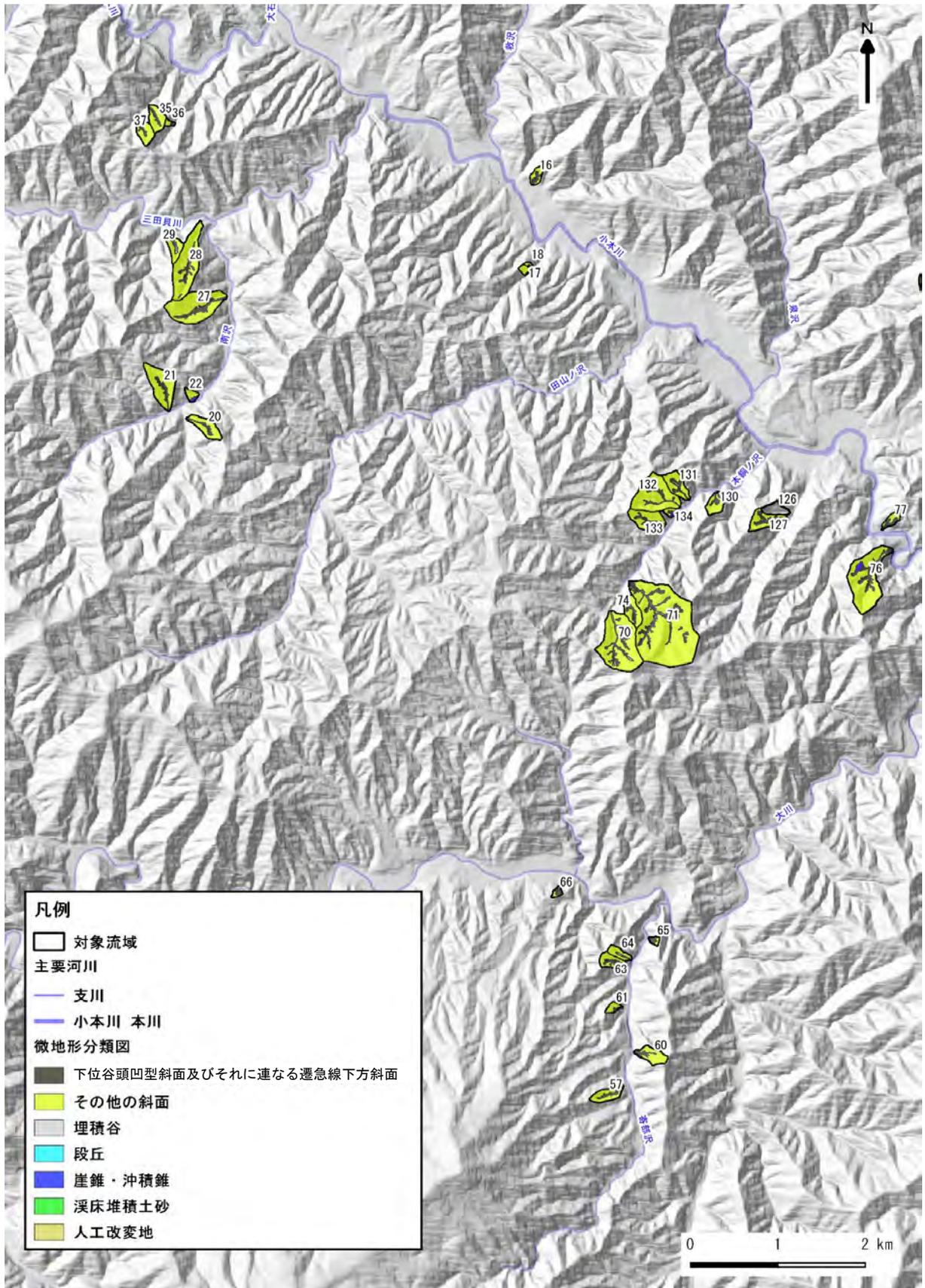
④地形分類図の作成 (黒色範囲が崩壊地)



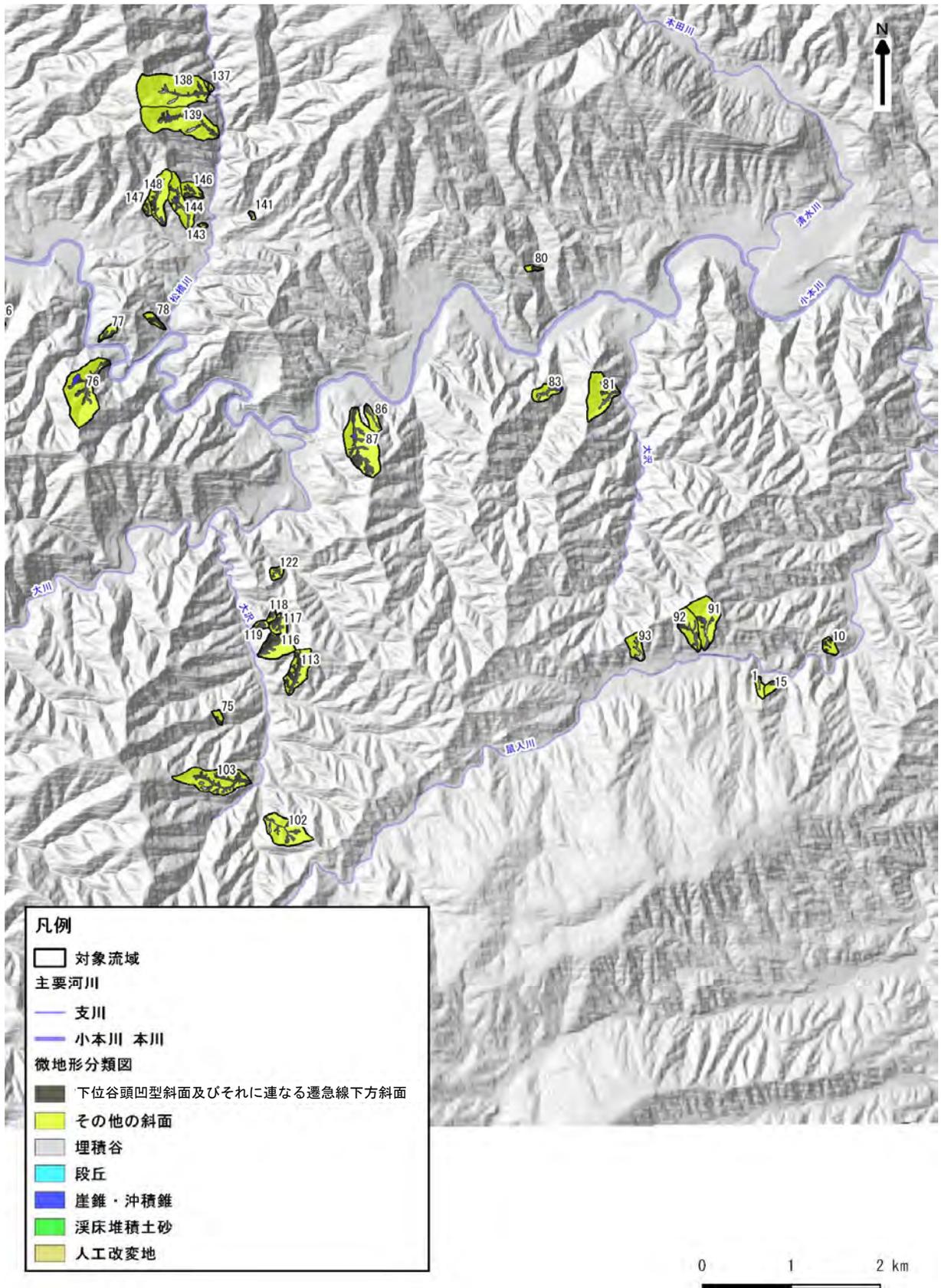
図一 3.16 崩壊地の抽出から地形分類までの手順事例



図一 3.17 微地形分類図 (①対象地域西)



図一 3.18 微地形分類図 (②対象地域中央)



図一 3.18 微地形分類図 (②対象地域東)

表－ 3.5 流域緒元一覧表

単位はm²

流域ID	1. 下斜	2. 他斜	3. 埋谷	4. 段丘	5. 崖沖	6. 溪土	7. 人改	合計
1	1,140	15,250	1,170	0	0	0	0	17,560
10	6,170	19,790	0	0	0	0	0	25,960
15	1,810	13,860	0	0	0	0	570	16,240
16	4,340	16,520	250	150	0	600	0	21,860
17	0	8,880	0	0	430	0	0	9,310
18	320	3,130	0	0	70	0	0	3,520
20	10,230	46,100	0	520	0	1,960	0	58,810
21	9,740	95,300	0	0	0	1,560	0	106,600
22	0	11,930	0	0	2,960	0	0	14,890
27	16,150	153,360	0	820	0	3,170	0	173,500
28	12,690	150,060	430	0	0	2,030	0	165,210
29	5,490	33,790	2,040	310	0	150	0	41,780
35	6,110	39,220	0	0	0	0	0	45,330
36	790	5,550	0	0	0	0	0	6,340
37	4,660	34,600	0	0	0	150	0	39,410
39	1,030	2,220	0	0	2,350	0	0	5,600
49	2,360	24,090	0	0	0	0	0	26,450
54	1,610	8,000	170	0	0	0	0	9,780
57	5,250	35,320	230	0	0	2,090	0	42,890
60	4,820	40,510	1,180	0	0	0	0	46,510
61	1,670	12,270	0	0	0	0	0	13,940
63	9,530	30,200	0	0	0	0	0	39,730
64	0	22,850	2,390	0	0	0	0	25,240
65	5,200	3,620	0	0	0	0	0	8,820
66	3,930	4,330	1,270	0	0	0	0	9,530
70	21,690	208,150	4,390	0	920	4,520	0	239,670
71	46,500	492,280	3,360	3,240	6,410	11,170	0	562,960
74	11,670	40,950	0	0	100	450	0	53,170
75	1,900	9,770	0	0	490	0	0	12,160
76	23,620	177,560	0	0	6,690	3,540	0	211,410
77	5,750	13,880	1,080	0	0	0	0	20,710
78	6,930	11,820	0	0	0	0	0	18,750
80	1,690	7,410	0	0	0	0	0	9,100
81	9,130	111,310	320	0	2,130	1,900	0	124,790
83	5,870	33,410	2,020	0	1,750	0	0	43,050
86	4,180	25,310	0	0	900	1,160	0	31,550
87	41,930	150,940	0	0	3,070	5,240	0	201,180
91	6,650	105,210	4,860	1,190	1,480	0	0	119,390
92	11,740	62,260	2,450	440	570	1,520	0	78,980
93	2,360	35,860	6,150	0	0	0	0	44,370
102	24,190	108,270	1,610	730	210	1,870	0	136,880
103	28,300	125,020	3,610	0	770	6,790	0	164,490
113	23,190	62,300	0	1,130	2,720	1,670	0	91,010
116	25,290	55,810	0	0	1,990	1,210	0	84,300
117	10,730	24,450	0	0	0	610	0	35,790
118	2,480	7,040	0	0	0	310	0	9,830
119	7,310	7,410	0	0	0	310	0	15,030
122	3,440	14,100	0	0	0	280	0	17,820
126	740	27,790	6,190	50	1,010	740	0	36,520
127	10,540	46,950	0	300	1,170	1,540	0	60,500
130	6,030	33,520	0	0	0	650	0	40,200
131	7,880	45,020	2,670	0	0	1,630	0	57,200
132	9,080	150,350	0	0	290	1,710	0	161,430
133	6,930	61,520	170	1,000	120	600	0	70,340
134	860	7,080	0	0	2,700	0	0	10,640
137	1,890	5,810	0	0	0	0	0	7,700
138	8,860	237,190	7,100	0	3,630	1,930	0	258,710
139	26,680	188,360	6,160	0	2,730	1,970	0	225,900
141	1,250	3,170	0	0	0	0	0	4,420
143	770	3,170	0	0	0	0	0	3,940
144	9,220	70,890	910	0	3,520	4,530	0	89,070
146	5,810	26,670	530	460	0	830	0	34,300
147	3,730	9,450	0	0	0	230	0	13,410
148	9,470	79,350	450	2,320	3,210	2,620	0	97,420
	551,320	3,717,560	63,160	12,660	54,390	73,240	570	4,472,900

表－ 3.6 崩壊地一覧表

単位はm²

崩壊地ID	1.下斜	2.他斜	3.埋谷	5.崖沖	6.溪土	7.人改	合計	崩壊地ID	1.下斜	2.他斜	3.埋谷	5.崖沖	6.溪土	7.人改	合計
1	0	410	0	0	0	0	410	61	370	0	0	0	0	0	370
2	40	30	0	0	0	0	70	62	50	0	0	0	0	0	50
3	220	0	0	0	0	0	220	63	340	0	0	0	0	0	340
4	30	0	0	0	0	0	30	64	100	20	0	0	0	0	120
5	0	170	0	0	0	0	170	65	0	120	0	0	0	0	120
6	80	0	0	0	0	0	80	66	40	0	0	0	0	0	40
7	30	0	0	0	0	0	30	67	40	0	0	0	0	0	40
8	160	0	0	0	0	0	160	68	0	0	0	240	0	0	240
9	410	10	0	0	0	0	420	69	20	0	0	0	0	0	20
10	0	900	120	0	0	0	1,020	70	30	0	0	0	0	0	30
11	130	740	0	0	0	0	870	71	0	20	0	30	0	0	50
12	90	20	0	0	0	0	110	72	50	0	90	0	0	0	140
13	170	590	0	0	0	0	760	73	90	0	0	0	0	0	90
14	960	600	0	0	0	0	1,560	74	90	0	0	0	0	0	90
15	110	370	0	0	0	0	480	75	60	0	10	0	0	0	70
16	770	13,690	0	0	0	0	14,460	76	220	0	0	0	0	0	220
17	0	110	0	0	0	0	110	77	80	0	0	0	0	0	80
18	0	40	0	0	0	0	40	78	0	140	0	0	0	0	140
19	0	20	0	0	0	0	20	79	0	140	0	0	0	0	140
20	0	0	70	0	0	0	70	80	100	0	0	0	0	0	100
21	10	0	90	0	0	0	100	81	60	20	0	0	0	0	80
22	0	90	0	0	0	0	90	82	20	0	0	0	0	0	20
23	0	440	0	0	0	0	440	83	700	0	0	0	70	0	770
24	120	0	0	0	0	0	120	84	370	0	0	0	0	0	370
25	80	10	0	0	0	0	90	85	80	0	0	0	0	0	80
26	60	0	0	0	0	0	60	86	0	20	0	0	10	0	30
27	320	170	0	0	0	0	490	87	160	0	0	0	0	0	160
28	680	2,800	0	0	0	0	3,480	88	60	70	0	0	0	0	130
29	10	0	150	0	0	0	160	89	20	70	0	0	0	0	90
30	40	0	0	30	0	0	70	90	0	130	0	0	0	0	130
31	90	30	0	0	0	0	120	91	120	0	0	0	0	0	120
32	130	100	0	0	0	0	230	92	230	0	0	0	0	90	320
33	200	0	0	0	0	0	200	93	0	140	170	0	0	0	310
34	60	0	0	0	0	0	60	94	160	0	0	0	0	0	160
35	410	0	0	0	0	0	410	95	0	370	0	0	0	0	370
36	30	90	0	0	0	0	120	96	0	0	510	0	0	0	510
37	90	0	0	0	0	0	90	97	90	190	0	0	0	0	280
38	30	0	0	0	0	0	30	98	290	0	0	0	0	0	290
39	0	80	0	0	0	0	80	99	190	0	0	0	0	0	190
40	50	0	20	0	0	0	70	100	130	0	0	0	0	0	130
41	110	40	0	0	0	0	150	101	140	0	0	0	0	0	140
42	50	20	0	0	0	0	70	102	510	10	0	0	0	0	520
43	200	0	0	0	0	0	200	103	140	300	0	0	0	0	440
44	50	0	0	0	0	0	50	104	120	60	0	0	0	0	180
45	80	0	0	10	0	0	90	105	0	280	0	0	0	0	280
46	80	0	0	0	0	0	80	106	480	20	0	0	0	0	500
47	0	30	0	0	0	0	30	107	930	0	0	0	0	0	930
48	70	0	50	0	0	0	120	108	260	0	0	0	0	0	260
49	150	0	0	0	0	0	150	109	70	180	0	0	0	0	250
50	240	0	0	0	0	0	240	110	580	10	0	0	0	0	590
51	0	0	90	0	0	0	90	111	180	0	0	0	0	0	180
52	40	0	0	0	0	0	40	112	260	110	0	0	0	0	370
53	30	0	0	0	0	0	30	113	200	110	0	0	0	0	310
54	50	0	0	0	0	0	50	114	310	100	0	0	0	0	410
55	40	0	0	0	0	0	40	115	230	0	0	0	0	0	230
56	100	0	0	0	0	0	100	116	80	990	0	0	0	0	1,070
57	170	0	0	0	0	0	170	117	0	320	0	0	0	0	320
58	110	10	0	0	0	0	120	118	0	200	0	0	0	0	200
59	990	10	0	0	0	0	1,000	合計	17,630	25,760	1,370	310	80	90	45,240
60	610	0	0	0	0	0	610								

3.4.4 崩壊発生域と地形分類の関係

3.4.3 で述べた方法で分類した地形要素とその構成面積を表一 3.7 に示す。同表では地形要素ごとの崩壊面積も併記した。表一 3.7 から「2：その他の斜面」の面積が対象流域全体の約8割を占め、次いで約1割が「1：下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」となっており、この2種類の地形要素が大半の面積を占める。また崩壊はこれらの地形要素において、全体の約9割が発生している。

次に崩壊地の抽出及び地形分類結果を元に図一 3.18 には地形要素ごとの面積率、崩壊地の分布面積率、地形要素に占める崩壊地の占有率（表一 3.7 の②÷①の百分率）を示した（人工改変地の表記は省略）。崩壊地が複数の地形にまたがる時は、それぞれの面積を算出している。

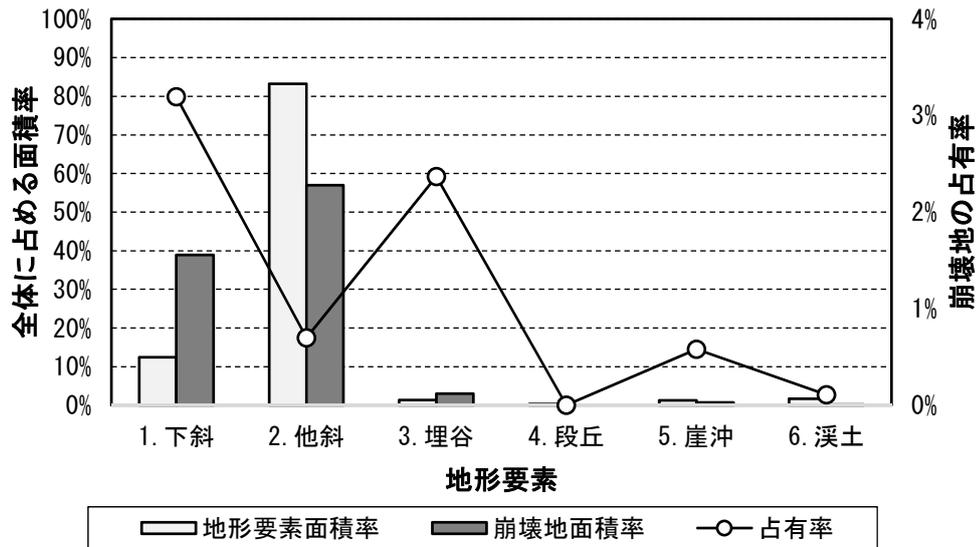
崩壊地の占有率は、表一 3.7 地形要素の面積率から逆転し、「1：下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」において最も高く、次いで「3：埋積谷」、「2：その他の斜面」の順に高い。

これは、占有率の点で台風第10号豪雨による崩壊が流域上部に分布する「2：その他の斜面」に比べて完新世に形成された「1：下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」において多数生じていることを意味する。羽多野^{21) 22) 23)}は、崩壊の発生位置と遷急線との関係を「後氷期開析前線」として提唱したが、調査地域においてもこれと同様に完新世に形成されたとみられる地形要素で崩壊が相対的に多く発生している。

表一 3.7 地形要素及び崩壊地の面積

地形要素	分布面積 (1,000m ²)		面積率 (%)	
	①地形要素	②崩壊地	地形要素	崩壊地
1 下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面	550.5	17.6	12.4%	39.0%
2 その他の斜面	3,689.8	25.7	83.2%	57.0%
3 埋積谷	57.0	1.4	1.3%	3.0%
4 段丘	12.6	0.0	0.3%	0.0%
5 崖錐・沖積錐	53.4	0.3	1.2%	0.7%
6 溪床堆積土砂	72.5	0.1	1.6%	0.2%
7 人工改変地	0.6	0.1	0.0%	0.2%
合計	4,436.4	45.2		

(表一 3.5 および表一 3.6 に表記した面積と端数処理により表記に相違がある)



図－ 3.18 崩壊の発生した地形要素

地形要素，抽出した崩壊地 118 個について，発生域の地形分類との関係，現在の侵食状況，周囲の地形面との差異を赤色立体地図により詳細に確認したデータベース（表－ 3.2 に前記）を作成し，この情報を元に現地調査をおこなった結果を以降にまとめる。

(1) 「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」における崩壊地の状況

赤色立体地図で詳細にみると地表面を削り込むような発生形態の崩壊は少なく，元来凹型斜面であり，ガリー状に侵食されていた斜面の谷頭部が崩壊する形態がよく見られた。これらの崩壊地を調査したところ写真－ 3.1 に示すように，表土層の厚さが 1m 未満の斜面が崩壊・流出している状況が確認された。溪岸沿いの崩壊地は溪床土砂の移動に起因し侵食を受けて発生した状況も認められた。総じて崩壊面や溪岸沿いには，写真－ 3.1 破線で示すように基岩（粘板岩）が確認でき，崩積土が斜面内で残存した場所は少ない。



写真－ 3.1 崩壊地の事例

(2) 「その他の斜面」における崩壊地の状況

赤色立体地図で詳細に確認すると大小様々な崩壊形態であるが、共通して言えることは崩壊深が基岩の深部に及ぶ崩壊は発生しておらず、斜面での多量の土砂生産が発生して、それらが大規模に流出する現象は今回の豪雨で生じていない。この点では、「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」での崩壊と同様である。

「2：その他の斜面」で発生した崩壊地の一部において、崩壊面に褐色風化火山灰層が認められた〔写真－ 3.2 の破線〕。これは、檜垣⁸⁾が北上山地中部一帯で確認した分褐色風化火山灰（大上ほか²⁴⁾）と推定される。このテフラの下に礫が認められることも踏まえると、「2：その他の斜面」の構成物質には檜垣⁹⁾が指摘した氷期の凍結融解により生産された斜面堆積物も含まれる可能性がある。



写真－ 3.2 崩壊地の事例

写真－ 3.2 の崩壊地において、今回の崩壊による流出土砂、崩壊地脚部に残存する土砂、分褐色風化火山灰層に覆われる土砂、それぞれの礫径を計測した。礫径は、平均的な礫径の堆積物範囲に1m四方のコドラートを設け、そのコドラート内の礫を最大礫径から順に20個、短辺と長辺を計測し、その平均を平均礫径とした。調査位置図を図－ 3.19 に示す。



図－ 3.19 調査位置図

各地点の調査状況写真を写真－ 3.3～写真－ 3.5に示す。また礫径を計測した詳細位置図を図－ 3.20に示す。



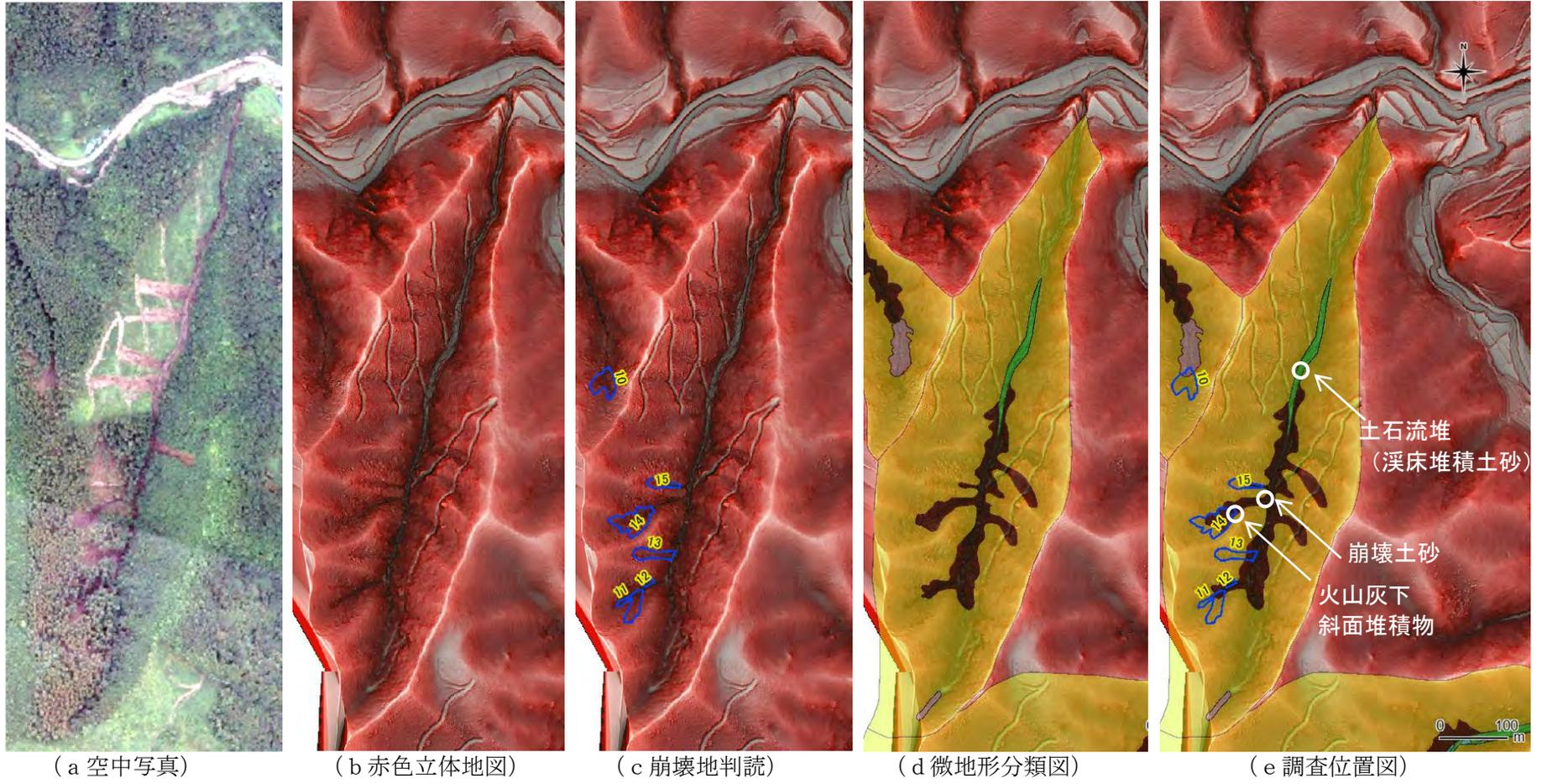
写真－ 3.3 調査状況：①火山灰下の斜面堆積物



写真－ 3.4 調査状況：②崩壊土砂（脚部堆積）

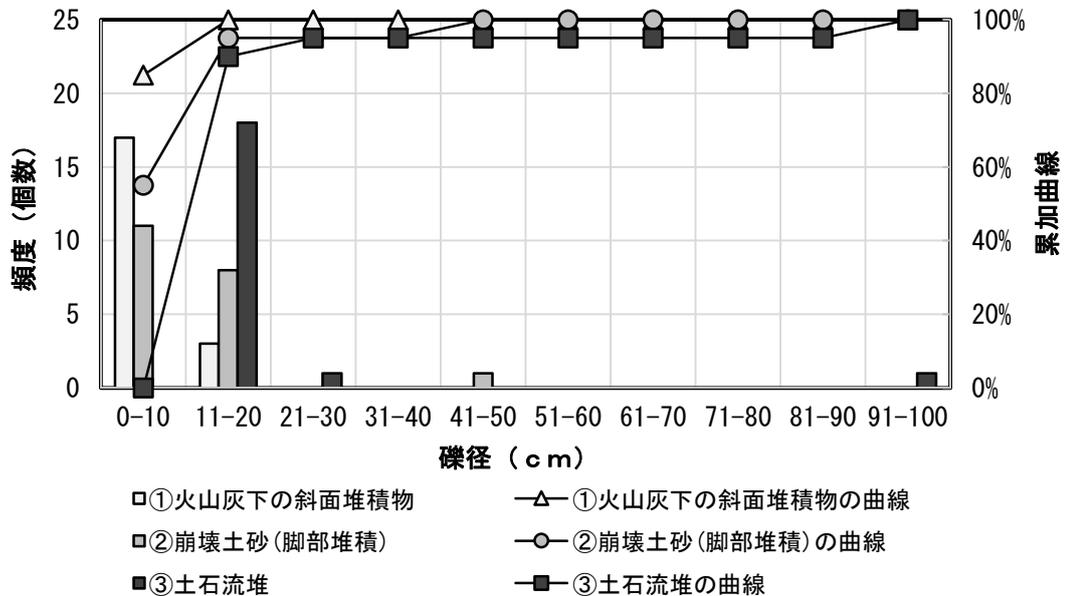


写真－ 3.5 調査状況：③土石流堆



図一 3.20 詳細位置図

図－ 3.21 に平均礫径と頻度, 累加曲線を示す（個数基準）。分褐色風化火山灰層下の斜面堆積物は、粘土混じりの角礫により構成され礫径は 10 cm以下が主体である。一方、今回の崩壊土砂及び土石流堆は、これに比べて大きく角礫～亜角礫から構成され、角礫主体の土石流堆では最大 100 cmの礫も確認された。このことから分褐色風化火山灰層下の斜面堆積物と今回の崩壊土砂及び土石流堆は、土砂生産及び運搬プロセスが異なるものと推定される。



図－ 3.21 礫径の粒度分布

(3) 「埋積谷」における崩壊地の状況

周囲の斜面から傾斜変換線を持たずに連続する埋積谷は、調査地域における小渓流谷底部において比較的良好に認められ、傾斜は 25° ～35° の勾配を呈する。今回の災害では、埋積谷の下流端部で崩壊した事例が多く認められる。これらの崩壊地を調査したところ、湧水地点となる埋積谷下流端部で崩壊している状況が認められた。

埋積谷を構成する堆積物は礫径 20 cm前後の角礫が主体であることから、周辺斜面からの岩屑が谷を埋めたものと推定される。



写真－ 3.6 埋積谷での崩壊

3.5 台風第 10 号豪雨による土砂生産が地形発達に果たした役割

台風第 10 号豪雨により発生した崩壊は、完新世に形成された「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」、完新世以前の地形面を含む「その他の斜面」、岩屑等により谷底部が埋積された「埋積谷」において発生していた。これらの崩壊地の細部を現地調査及び赤色立体地図により確認したところ、崩壊深 1 m 未満の表層崩壊が大半を占めていた。このことから年超過確率 300 年を超える降雨があったものの、流域内の地形を大きく変化させるような土砂生産現象にはいたらなかったと言える。一方、氷期に凍結融解で生産された斜面堆積物が「その他の斜面」の一部で確認されたことから、これら小礫からなる斜面堆積物の一部も今回の崩壊で流出した可能性がある。

3.6 完新世の土砂生産・移動

3.6.1 完新世の土砂移動痕跡

小本川や調査地域南側に位置する閉伊川の本川沿いには何段かの河岸段丘が存在し、それぞれ形成年代が把握されている²⁵⁾。このうち「S-1 段丘」は、現河床から約 5~10m 前後の高さで本川・支川によく分布し、非常に連続性が良い段丘である（図- 3.23~図- 3.24 に赤□で示した段丘）。S-1 段丘は、To-Cu 火山灰²⁶⁾（十和田中掬軽石：約 5,500 年前降下）に相当する安家火山灰（町田ほか²⁷⁾、菊池ほか²⁸⁾）を載せ、約 10,000~12,000 年前降下の分褐色風化火山灰（岩泉町²⁹⁾、町田³⁰⁾）が載らないことから完新世に形成されたと推定されている。

赤色立体地図を用いて小本川及び閉伊川の支川に分布する河岸段丘面を判読したところ、本川に分布する S-1 段丘に連続する高さの段丘がいくつかの流域で認められた。これらの段丘は、背後斜面からの崖錐に覆われることもあるが、表- 3.8 に示す 3 地点では、段丘面を構成する土石流堆積物が認められた。これらの土石流堆積物は、黄灰色~紫灰色のガラス質の火山灰（層相

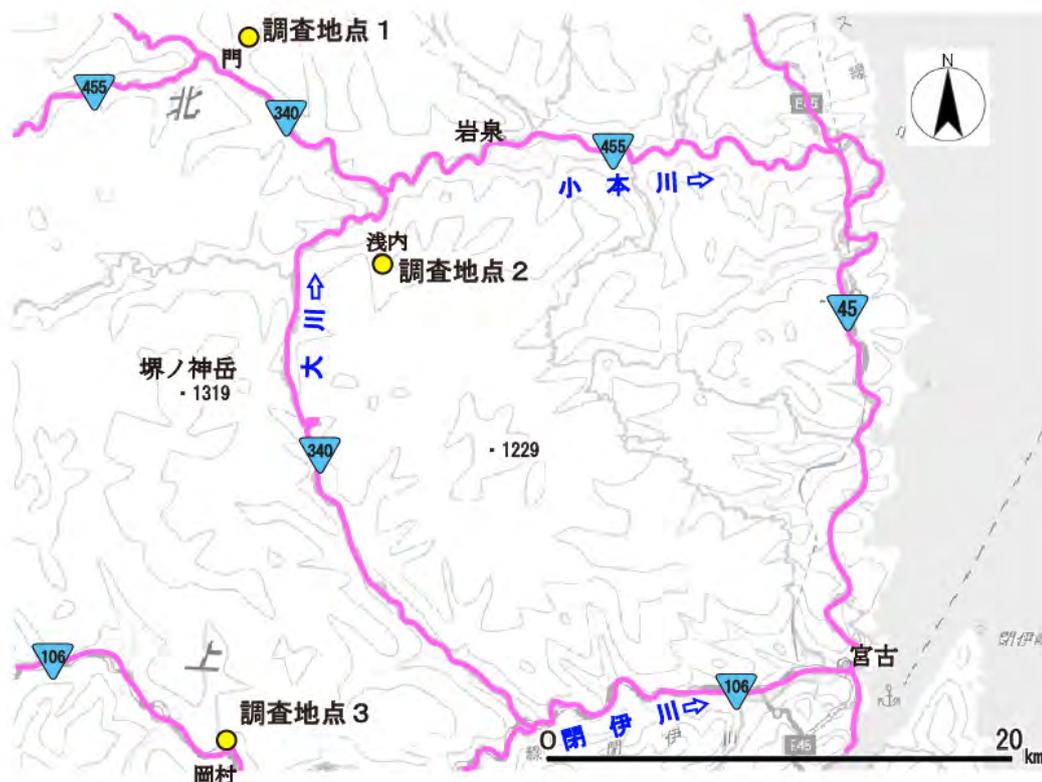
や層位、厚さの点で To-Cu 火山灰に相当) に覆われていた。

調査地点の概要を表－ 3.8 に示す。これらの段丘化した土石流堆積物がみられた地点上流の流域面積は、全て約 2 km² 前後である。段丘面の勾配と現河床の溪床勾配に大きな差はなく、現河床の溪床勾配³¹⁾ からみると、調査地点 1, 2 は土石流の堆積区間、調査地点 3 は流下・堆積区間に相当すると考えられる。いずれの調査地点でも台風第 10 号豪雨による土砂流出が認められた(井良沢ほか⁶⁾) ことから各地点で段丘を構成する堆積物、今回の土砂移動及びそれ以前に堆積していた河床堆積物の礫径を調査・分析した。礫径は、4.4 で用いた方法と同じ手法により調査し、個数基準で評価及び表記した。

表－ 3.8 調査地点概要

調査地点	本川名	支川名 () 内の値は調査地点のJGD2000 平面直角座標系第10系座標値	流域面積※ (km ²)	溪床勾配
1	小本川	左支川救沢 (70837.933, -11978.786)	1.60	1/9(6°)
2	小本川	右支川大川 (76611.618, -21785.711)	2.06	1/13(4°)
3	閉伊川	左支川巢喰沢 (69889.682, -42568.601)	2.10	1/5(11°)

※流域面積は調査地点上流の面積を計測した。



図－ 3.22 調査位置図

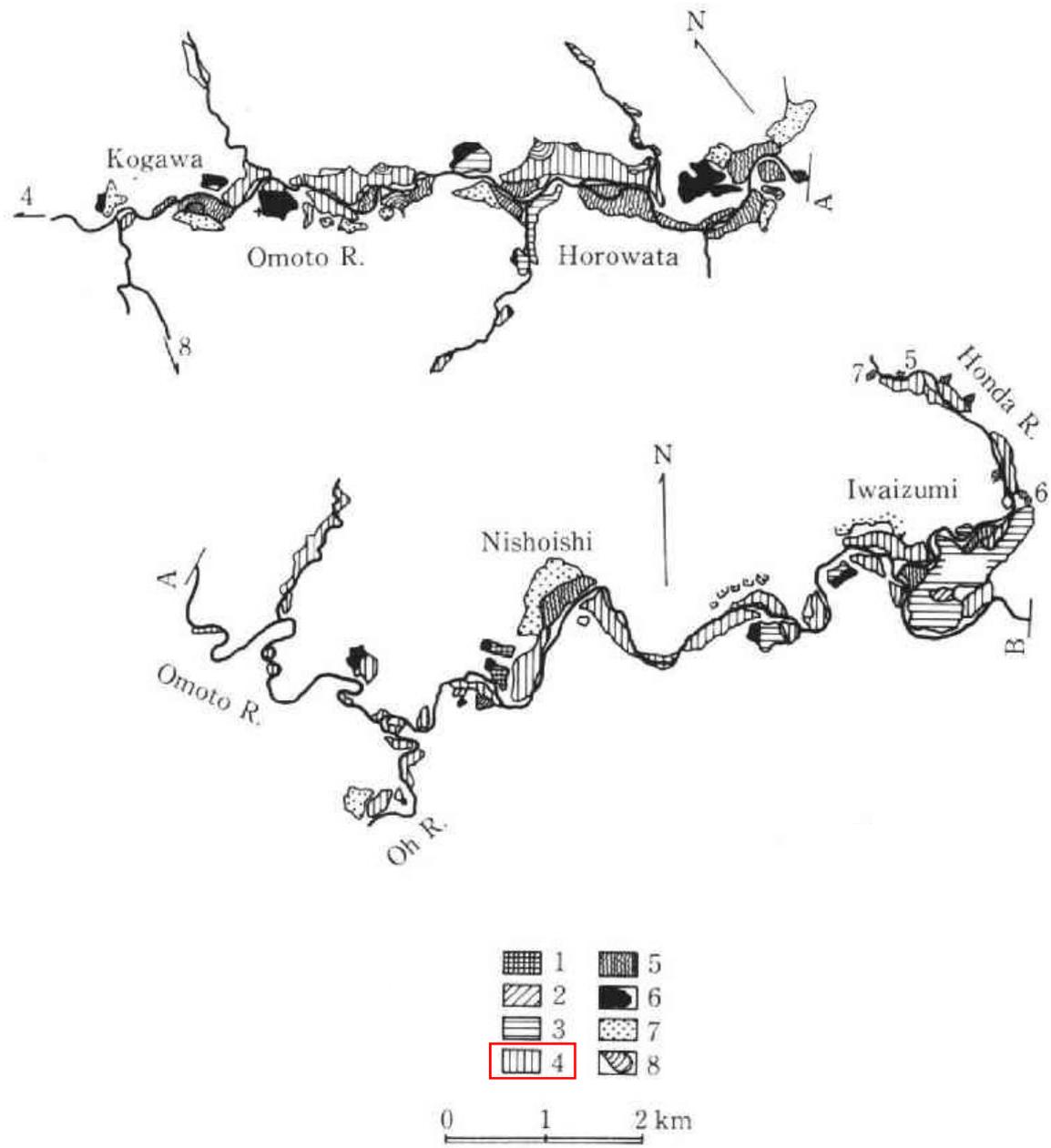
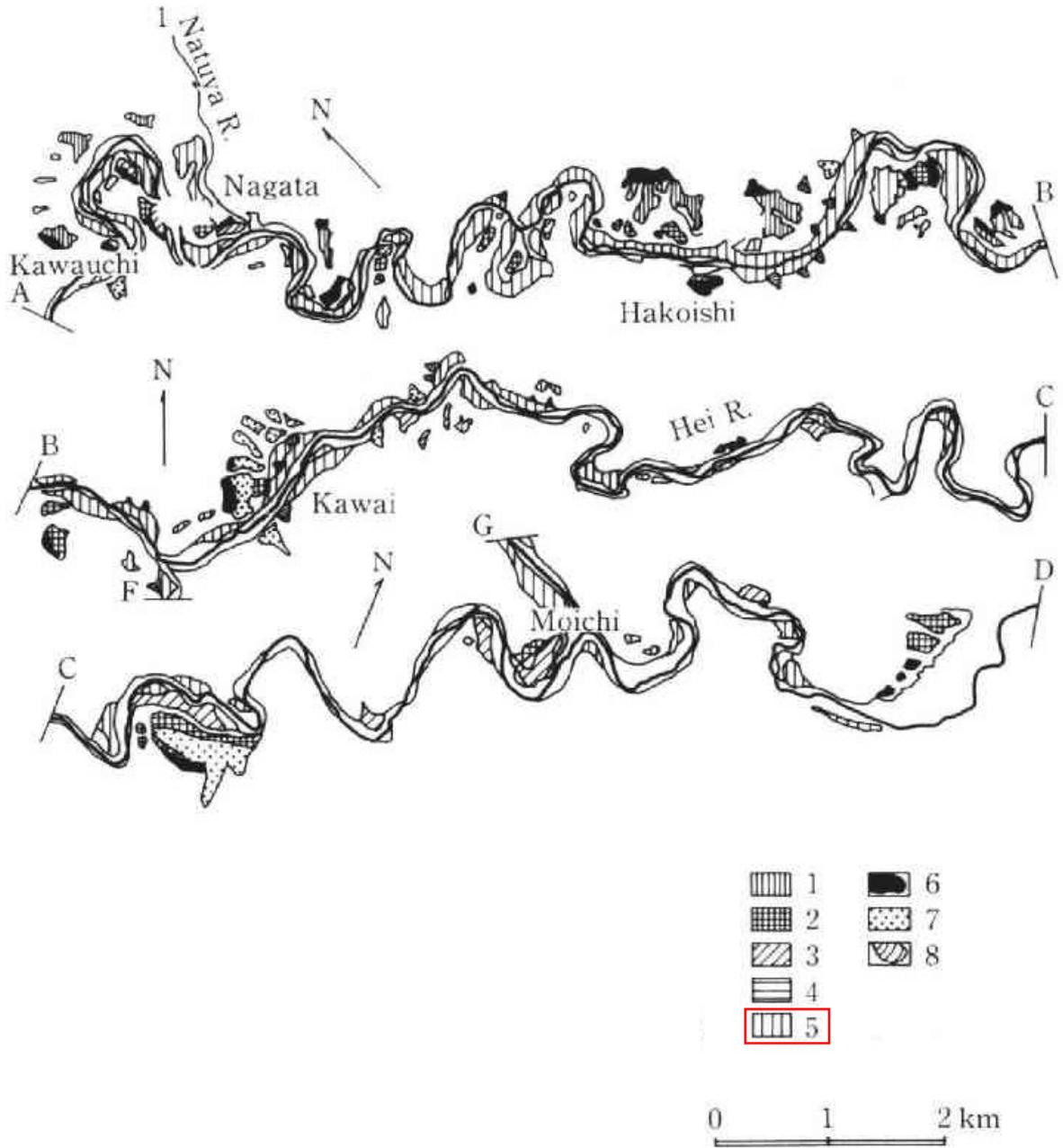


図- 3.23 小本川沿いの河岸段丘 (Higaki²⁵) を引用・加筆)



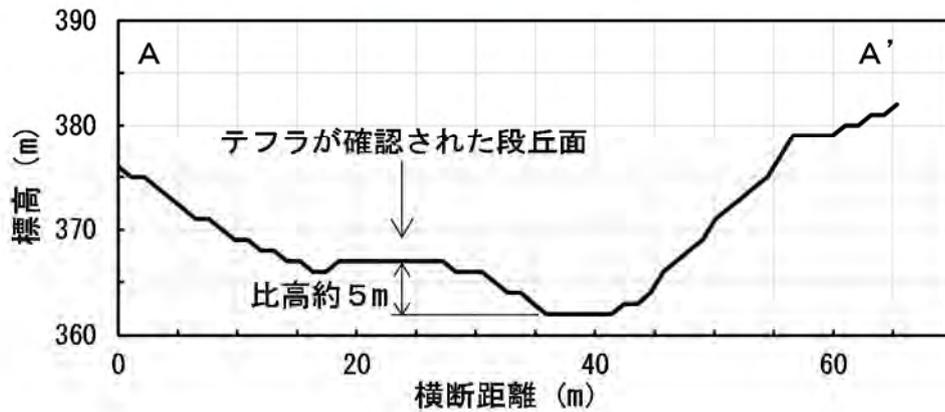
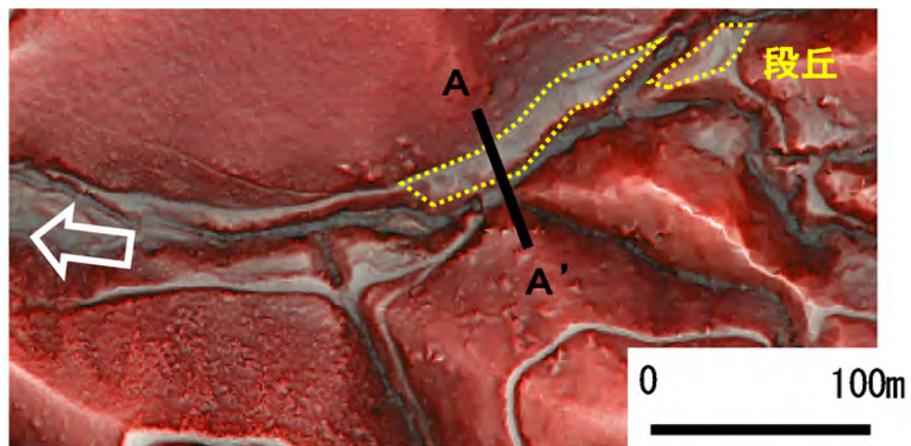
- 1 Highest river terrace
- 2 F-1 river terrace
- 3 F-2 river terrace
- 4 F-3 river terrace
- 5 S-1 river terrace**
- 6 Piedmont gentle slope
- 7 Fan-like gentle slope
- 8 Talus and alluvial cone

図- 3.24 閑伊川沿いの河岸段丘 (Higaki²⁵⁾ を引用・加筆)

3.6.2 調査地点の状況

調査地点1から3の平面図を図－ 3.25, 図－ 3.27, 図－ 3.29 にそれぞれ示す。破線で示す範囲がS－1段丘に相当する段丘面である。各地点における現河床から段丘面までの比高は、調査地点1及び2で約5m, 調査地点3で約7mである。調査地点3で確認できる段丘面は背後斜面からの岩屑に覆われており、一部では崖錐が形成されていた。

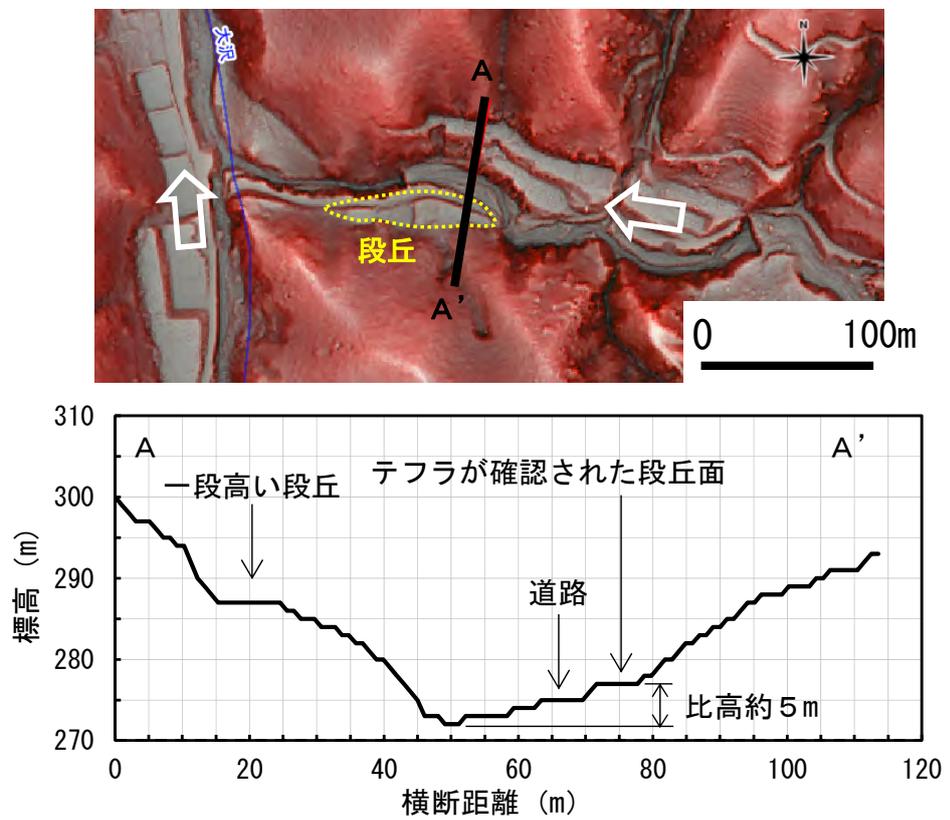
図－ 3.26, 図－ 3.28, 図－ 3.30 には各調査地点における段丘面を覆う To-Cu 火山灰 (図－ 3.26 の褐色風化火山灰) 及びその下位に堆積する礫層の柱状図を示す。いずれも段丘面上の黒色土下位に層厚の差異はあるものの To-Cu 火山灰が礫混じり粘土マトリクスの垂角礫層を覆っている状況が認められた。



図－ 3.25 調査地点1の土石流段丘 (破線内の範囲：土石流段丘)



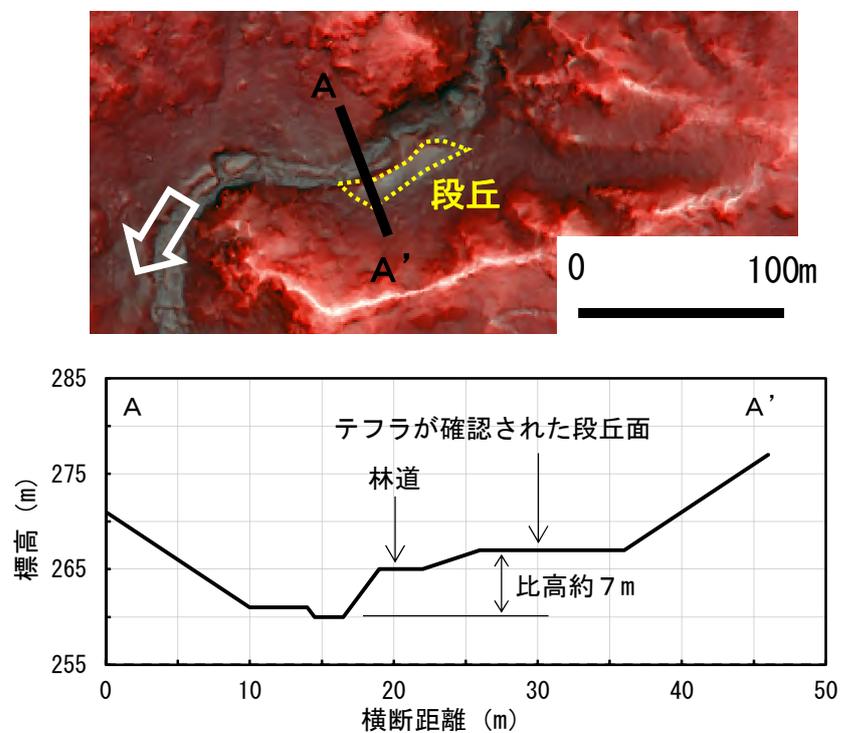
図一 3.26 調査地点1の露頭状況



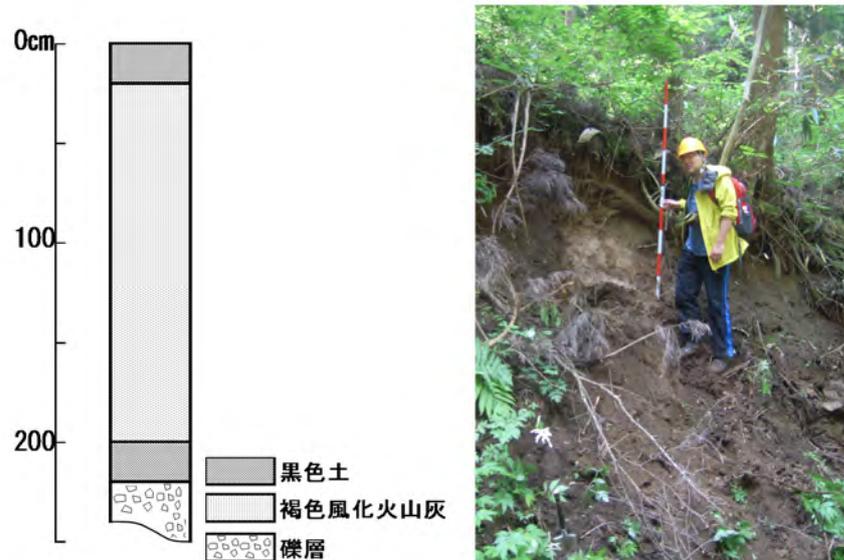
図一 3.27 調査地点2の土石流段丘（破線内の範囲：土石流段丘）



図一 3.28 調査地点2の露頭状況

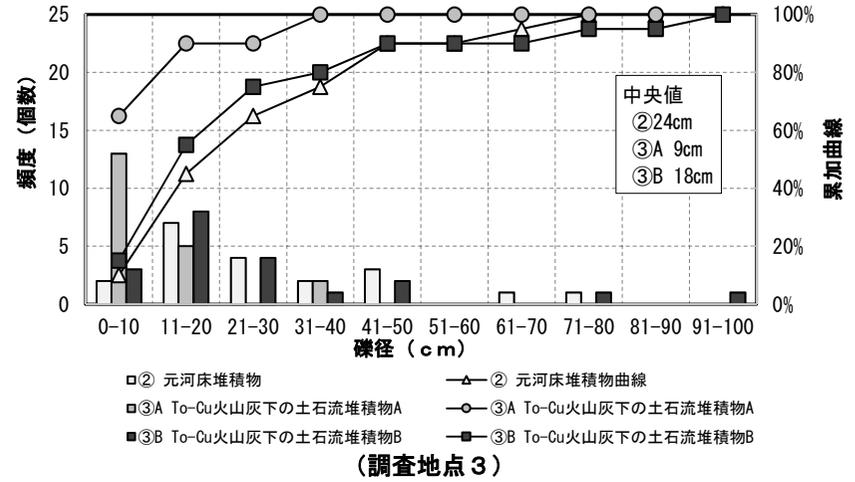
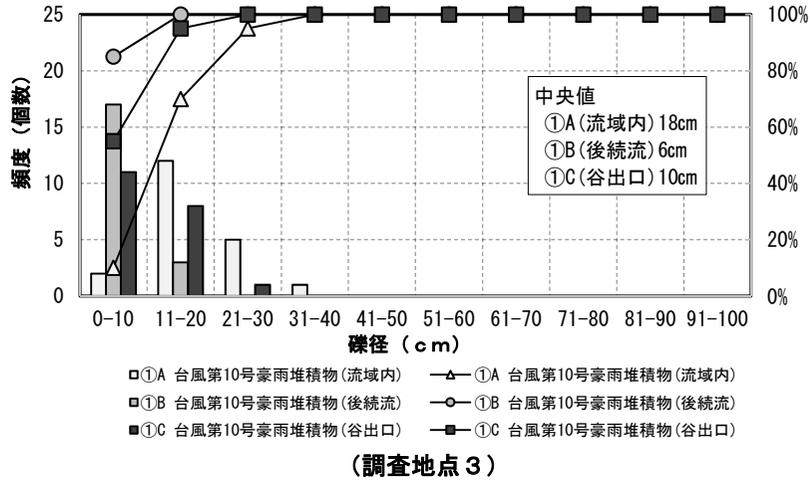
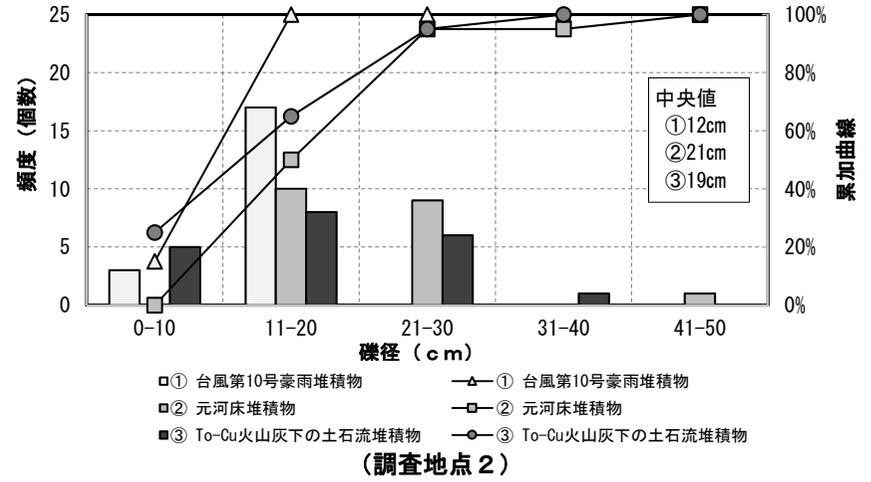
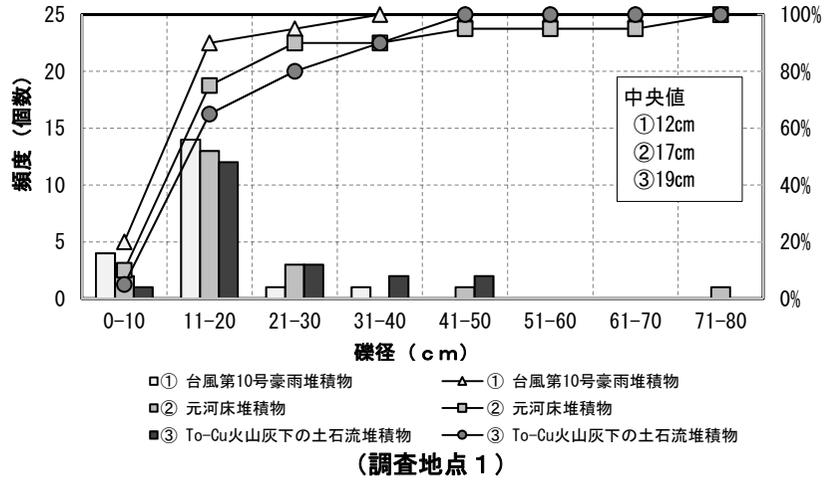


図一 3.29 調査地点3の土石流段丘（破線内の範囲：土石流段丘）



図一 3.30 調査地点3の露頭状況

図一 3.31 には各調査地点における①今回の土砂移動による堆積物，②それ以前に堆積していた河床堆積物，③To-Cu 火山灰に覆われる段丘堆積物の礫径調査結果を示す。なお調査地点3では台風第10号豪雨による流出土砂が複数（A：流域内の土石流堆，B：土石流堆の上流での後続流堆積物，C：谷出口の堆積土砂）認められ，また To-Cu 火山灰に覆われる土石流堆積物の礫径に上下流方向で差異が確認できたため，それぞれ礫径を計測した。ここで，台風第10号豪雨による流出土砂が堆積した河床よりもやや深い河床において礫径や形状が異なる堆積物を台風第10号豪雨より前の河床堆積物と判断し，礫径を計測した。



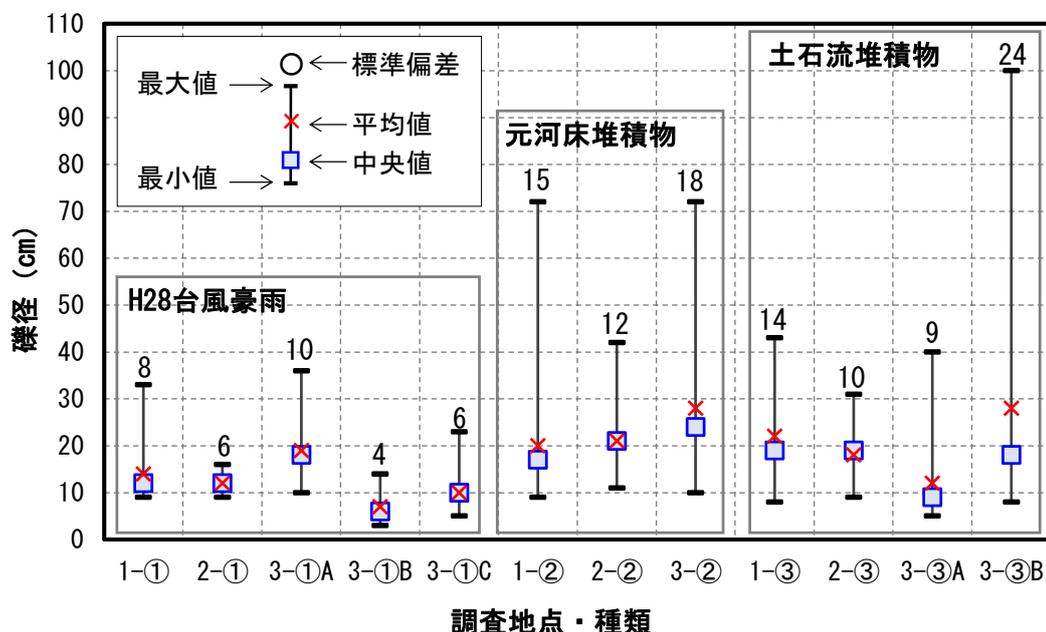
図一 3.31 礫径の粒度分布

調査地点 1 における台風第 10 号豪雨による土砂は、亜角礫～亜円礫で礫径 20 cm 以下が約 9 割を占める。一方、元河床堆積物及び To-Cu 火山灰下の砂礫層も亜角礫～亜円礫主体ではあるが、礫径 20 cm 以下は約 7 割であり、それより大きい礫を混在する。

調査地点 2 における台風第 10 号豪雨による土砂は、亜角礫～角礫の礫径 20 cm 以下の礫で構成されるのに対し、元河床堆積物及び To-Cu 火山灰下の土石流堆積物は亜角礫～亜円礫主体ではあるが、礫径 20 cm 以下は約 6 割であり、それより大きい礫を混在する。

調査地点 3 では、台風第 10 号豪雨による流出土砂は、総じて 20 cm 以下の礫が大半を占め、土石流堆を含めても 40 cm 以下の構成となっている。これに対して元河床堆積物と To-Cu 火山灰に覆われる土石流堆積物 B は、2 倍以上の径の礫も確認された。To-Cu 火山灰に覆われる土石流堆積物 A は、土石流堆積物 B のやや上流側に位置し、土石流堆積物 B の後続流である可能性がある。また台風第 10 号豪雨の堆積土砂に近い頻度分布を示すことから、今回と同規模の土砂移動で堆積した可能性がある。

図－ 3.32 には、堆積物の種類ごとに礫径の特徴を示す。横軸の番号は「調査地点－堆積物の種類」を表し、調査地点は図－ 10 の 1～3、堆積物の種類は前述した①～③、アルファベットに対応する。最小・最大値の差や標準偏差をみると、台風第 10 号豪雨による流出土砂は淘汰が良く、これ以外は淘汰が悪い傾向がある。



図－ 3.32 礫径分布の特徴

3.6.3 完新世の土砂生産・移動についての考察

3.6.2 で示したように、S-1 段丘に相当する段丘を構成する堆積物は、層状堆積ではなく、大礫を含む大小様々な石礫が混在し、粘土質マトリクス亜角礫が多いことから、土石流形態または土石流形態のプロセスによる移動・堆積と推定される。

土砂移動規模を堆積土砂の礫径からみると、台風第 10 号豪雨による流出土砂、それ以前の溪床堆積土砂、土石流段丘の中では、台風第 10 号豪雨による流出土砂が相対的に小さい礫を主体とした土砂移動であった。また崩壊よりも溪床・溪岸物質の二次移動が主体であった。

一方、台風第 10 号より前の溪床堆積土砂や土石流段丘の礫径は 50~100 cm を有しており、この点から台風第 10 号豪雨に比べて規模の大きい土砂移動が生じたものと考えられる。土石流段丘の形成時期は、約 5,000~5,500 年前の To-Cu 火山灰が堆積物を覆い、約 10,000~12,000 年前の分褐色風化火山灰に覆われていない状況から完新世前期と考えられる。分褐色風化火山灰層下の斜面堆積物は一般に小礫が多く、その時期に対応・形成した本川沿いの河岸段丘堆積物も大礫を含まないとの報告⁸⁾もあることから、最終氷期の土砂生産では大礫の割合が少なかった可能性がある。したがって土石流として運搬された土砂の生産時期は、最終氷期終了後、To-Cu 火山灰降下前の完新世前期と推定される。この時期は、檜垣⁹⁾が示した下位谷頭凹型斜面の形成時期に相当する。

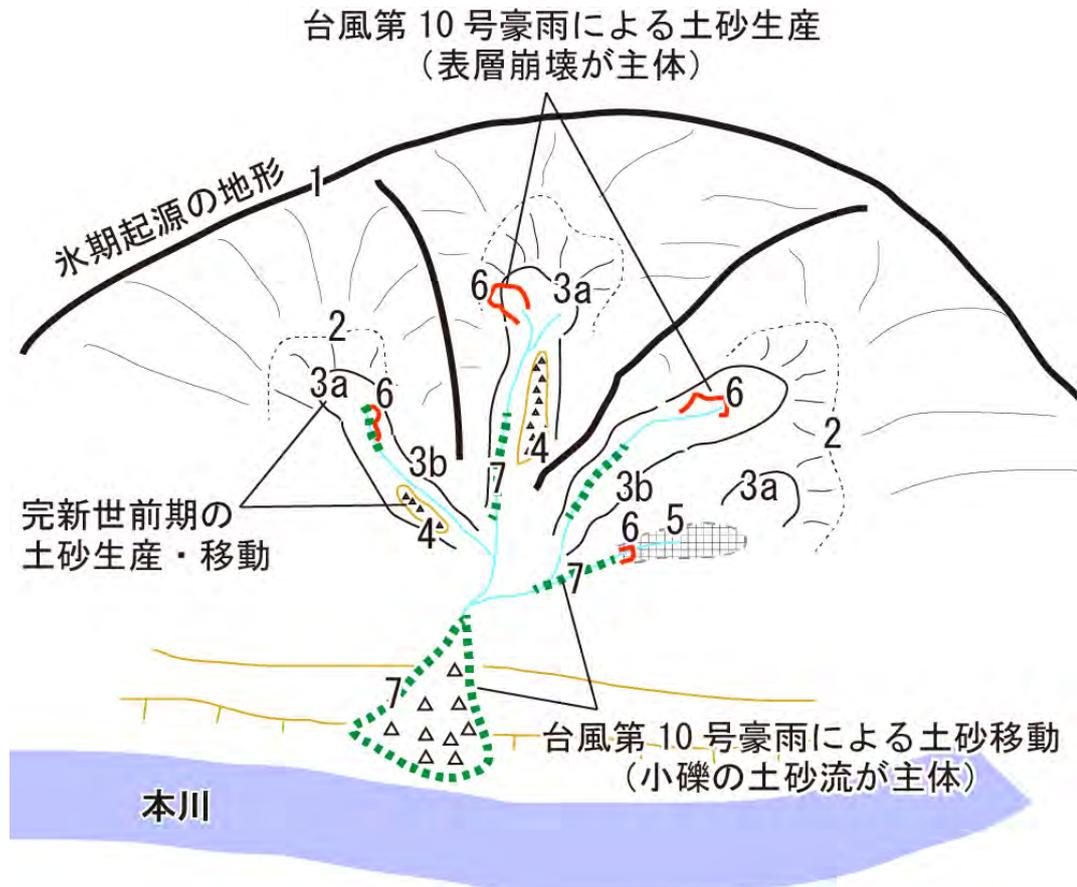
3.7 北上山地における台風第 10 号豪雨による土砂生産・移動の地形的背景

以上の検討結果を踏まえ、台風第 10 号豪雨、完新世の土砂生産・移動を地形的背景からまとめると図-3.33 のように考えられる。

平成 28 年台風第 10 号豪雨による崩壊は、崩壊発生率の高い地形要素でみると「下位谷頭凹型斜面とそれに連なる遷急線下方斜面」、「埋積谷」、氷期起源の斜面を含む「その他の斜面」が該当した。崩壊により生産された土砂は、溪床堆積土砂の侵食も合わせ、主に土砂流として移動し、下流域で災害を生じさせたと考えられる。台風第 10 号豪雨による崩壊が、地形発達に果たした主な役割として遷急線の後退や集水地形の拡大が挙げられるが、「下位谷頭凹型斜面」を新たに作るような大きな地形変化を伴う土砂生産規模にはなっていない。

一方、当該地域の地形的背景に着目すると、最終氷期後半の凍結融解で生産された小礫が、ソリフラクションを主とする斜面物質移動により平滑でなだらかな斜面を作るとともに上位谷頭凹型斜面を形成した⁸⁾。完新世に入り、斜面の開析が同時に進んだ同山地において、支川では主に崩壊が「下位谷頭凹型斜面」を形成した。土石流段丘を形成した時期を踏まえると、土石流として移動した土砂の一部は「下位谷頭凹型斜面」形成時の崩壊土砂が対応するものと推察される。

土石流の一部は河川の下刻・離水によって「土石流段丘」化し、段丘面に To-Cu 火山灰（約 5500 年前降下）を載せ、本川の S-1 段丘に対比できる段丘面として残存している可能性がある。このような完新世における崩壊は、現在まで断続的に発生し（たとえば田村³²⁾），これにより下位谷頭凹型斜面に連なる遷急線下の溪岸斜面（本論での下位谷頭凹型斜面に連なる下方斜面）が形成されたと考えられる。



1 : 山頂緩斜面・平滑尾根型斜面⁸⁾， 2 : 上位谷頭凹型斜面⁸⁾， 3 : 下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面（3 a : 下位谷頭凹型斜面， 3 b : 連なる遷急線下方斜面）， 4 : 支川の土石流段丘（本川の S-1 段丘に連続）， 5 : 埋積谷， 6 : 台風第 10 号豪雨による崩壊， 7 : 台風第 10 号豪雨による土砂移動

図一 3.33 台風 10 号豪雨による土砂生産・移動とその地形的背景の概念図

また地形発達史の視点から北上山地中央部における完新世の地形発達と台風第 10 号豪雨，完新世の土砂生産・移動をまとめると図一 3.34 のように考えられる。

最終氷期後半の凍結融解で生産された小礫がソリフラクションを主とする斜面物質移動により，平滑でなだらかな斜面を広く形成した。完新世に入り，斜面の開析が同時に進んだ同山地において，支川では主に崩壊によって「下位谷頭凹型斜面」を形成し，それに伴い生産された土砂は「埋積谷」，「崖錐」，「土石流」として本川方向へ移動した。土石流の一部は「沖積錐」や

「溪床堆積土砂」となり、「溪床堆積土砂」の一部が河川の下刻・離水によって「土石流段丘」化し、段丘面に To-Cu 火山灰（約 5500 年前降下）を載せた。完新世における崩壊は、現在まで断続的に発生し、これにより下位谷頭凹型斜面に連なる遷急線下の溪岸斜面を形成した。

土石流段丘を形成した時期や土石流として移動した土砂の生産時期から「下位谷頭凹型斜面」が土砂生産地形として相当し、完新世の地形発達過程において比較的規模の大きい土砂生産現象と推察される。

このような地形発達を経た北上山地において、平成 28 年台風第 10 号豪雨により土砂生産が生じた。崩壊発生率の高い地形分類でみると「下位谷頭凹型斜面とそれに連なる遷急線下部斜面」, 「埋積谷」, 「その他の斜面」が該当した。これらの中で崩壊の発生率が最も高かったのが「下位谷頭凹型斜面とそれに連なる遷急線下部斜面」であり、その次に「埋積谷」, 「その他の斜面が」がこれに次ぐ。「崖錐・沖積錐」での崩壊発生は比較的少なかった。これらから土砂生産により生産された土砂は主に土砂流として土砂移動し、下流域で災害を生じさせたと考えられる。台風第 10 号豪雨による土砂生産が、地形発達に果たした主な役割として遷急線の後退や集水地形の拡大が挙げられるが、「下位谷頭凹型斜面」を新たに作るような大きく地形変化を伴う土砂生産規模には至っていない。

地形発達史

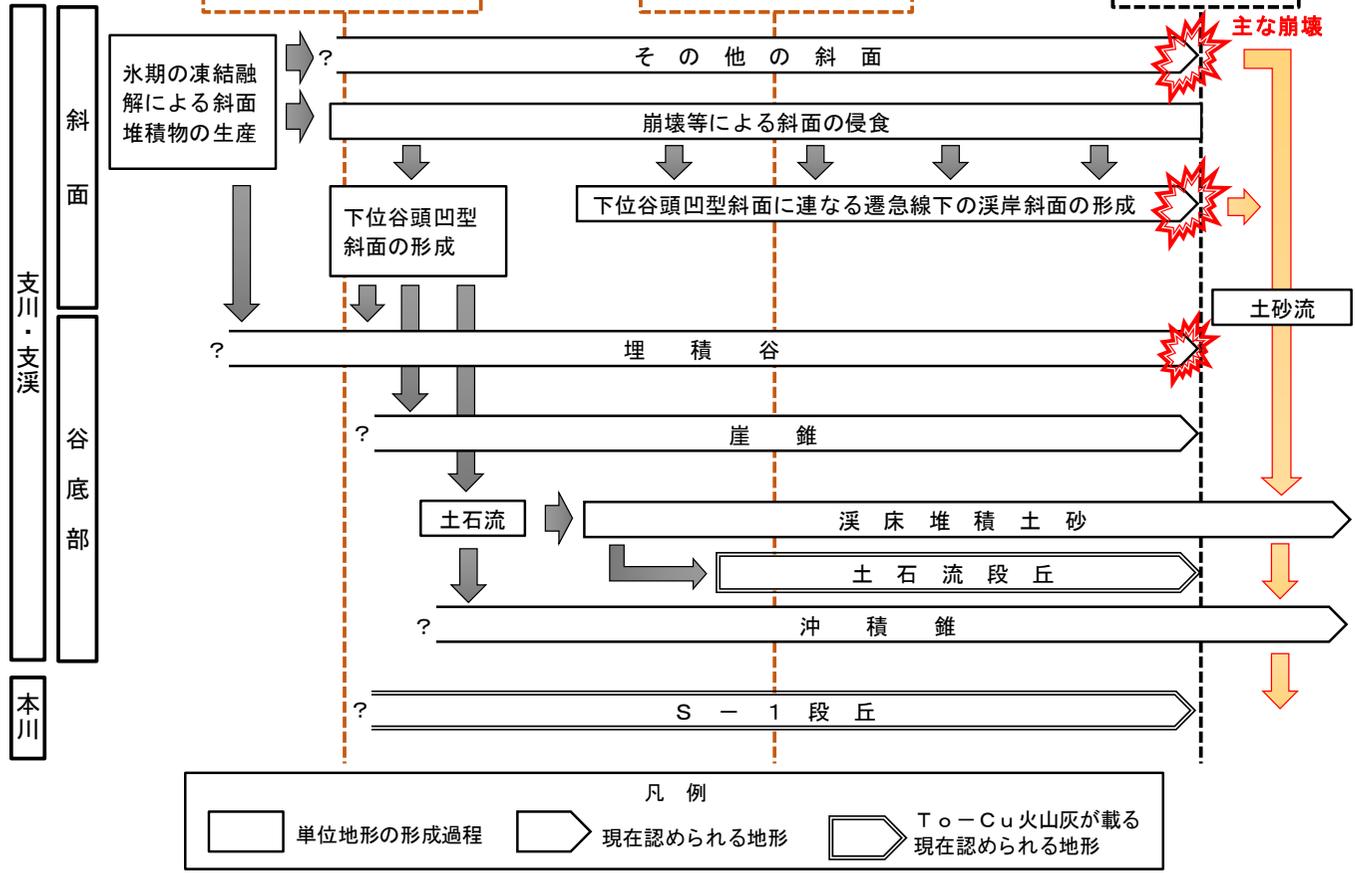
～最終氷期

完新世

分褐色風化火山灰
(約10,000～12,000年前)

To-Cu火山灰
(約5,000～5,500年前)

平成28年8月
台風第10号豪雨



凡例
 □ 単位地形の形成過程
 ◻ 現在認められる地形
 ◻ To-Cu火山灰が載る現在認められる地形

地形発達から見た台風第10号豪雨による土砂生産の役割

単位地形	発生域	役割
その他の斜面	小 ▼	表層部の流出, 集水地形の拡大
下部谷頭凹型斜面に連なる遷急線下部斜面	大 ▼	遷急線の後退, 集水地形の拡大
埋積谷	中 ▼	ガリ-侵食の伸長
崖錐	小 ▼	溪岸侵食, 斜面の後退
溪床堆積土砂	◻	溪床・溪岸侵食による堆積土砂の二次移動
沖積錐	小 ▼	溪岸侵食、流出土砂による新規堆積
↓		
土砂流による災害		

図一 3.34 北上山地の完新世の地形発達と台風10号豪雨による土砂移動

3.8 結論

平成 28 年 8 月の台風第 10 号豪雨により北上山地では 300 年超過確率を超える雨量により多数の土砂流出が生じた。同豪雨による土砂生産・移動について、北上山地の地形的背景に着目して検討した。

その結果、次のような知見が得られた。

1. 現地調査と赤色立体地図を用いた地形判読結果から、台風第 10 号豪雨による崩壊は「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」、「埋積谷」、「その他の斜面」において多く発生した。崩壊深 1 m 程度の表層崩壊が多数を占め、今回の土砂生産では、下位谷頭凹型斜面を作るような大きな地形変化をさせるまで至らなかった。
2. 支川・支溪において、To-Cu 火山灰に覆われ、完新世前期に形成されたと推定される大礫を含んだ「土石流段丘」が認められた。土石流段丘を構成する礫は台風第 10 号の土砂移動の礫に比べて 2 倍以上大きいものもあり、台風第 10 号豪雨による土砂移動規模に比べて大きい現象が完新世前期に発生したと考えられ、この土砂の一部は「下位谷頭凹型斜面」形成時の崩壊起源である可能性がある。

台風第 10 号豪雨による土砂生産は、地形発達から見ると大きな地形変化を伴わない現象であったと言える。しかし、北上山地の完新世における地形的背景からみると今回以上の土砂生産・移動が完新世の約 5500 年以上前に生じていることが古い土石流堆積物の分布から推定された。

また現状では侵食が及んでいない「その他の斜面」が広く分布し、完新世の地形発達を踏まえた土砂生産・移動現象を考慮すると、今後、規模の大きい土砂生産、これに伴う移動現象の発生も想定される。この点で、本地域における土砂災害警戒避難体制を構築する上では、台風第 10 号豪雨による土砂生産・移動現象だけではなく、本論から推察される過去の現象も注視すべき重要な情報と言える。

4 鹿児島県阿多カルデラに位置する溪流における平成 22 年豪雨に伴う土砂移動の分析

4.1 序論

砂防事業において、土砂生産ポテンシャルや土砂生産危険箇所など流域の荒廃特性は、航空写真や斜め写真、航空レーザ計測データ等を用いた砂防微地形要素に着目した地形発達の見直しから把握することがある（たとえば、大石¹⁾）。しかし微地形分類やこれに基づく地形発達の推定は定性的に評価される場合が多いが、客観性を担保することを目的に定量的かつ合理的に土砂生産危険箇所を抽出する手法の開発の検討が進められている（たとえば土木研究所²⁾、八木ほか³⁾、尾崎ほか⁴⁾）。

鹿児島県阿多カルデラの根占山本地区：船石川では、過去数十年間で複数の土砂移動が生じており（鹿児島県土木部ほか⁵⁾）、平成 22 年 7 月には豪雨を誘因として再度土砂移動が発生した（たとえば下川ほか⁶⁾）。この時の土砂移動形態は、深層崩壊とみられ、その移動土砂量は約 10 万 m³と見積もられている（島田ほか⁷⁾）。このように同じ地質域において、短期間のうちに度々土砂移動が生じていることから、隣接流域間で過去の土砂移動や地形発達状況が異なることが予想される。これら過去の土砂移動痕跡と現在発生している土砂移動の関係性がわかれば、流域ごとの土石流の発生しやすさの差が把握でき、警戒避難を講じる上で重要な情報となりうる。

そこで本研究では、短期間に複数回の土砂移動が生じた当該地域を対象として、崩壊が発生した範囲を含めた流域の砂防微地形解析を行った。具体的には、崩壊前・後の砂防微地形要素の分布から同地域における短期間の地形変化（地形発達史）を把握し、これらの微地形要素が土砂生産へ与えた影響を階層構造分析法（AHP 法）により定量化するとともに、GIS（ArcGIS）を用いて流域の土砂生産ポテンシャルとポテンシャルが高い流域内の土砂生産危険箇所の抽出を検討した。

4.2 調査地域の概要

対象地域は、鹿児島県根占山本地区に位置する（図－ 4.1 の赤丸）。土石流が発生した溪流は、土石流危険溪流 I（保全対象の人家戸数 5 戸以上、または公共施設 1 棟以上）の大浜川と船石川 2（図－ 4.2 及び表－ 4.1）であり、それぞれ流域面積は約 0.2km²、0.14km²である。

平成 22 年 6 月から 7 月上旬の降雨（6 月からの総雨量 900mm 以上）により、大浜川及び船石川 2 の上流域境界の火砕流台地縁辺部において深層崩壊（以降、「H22 崩壊地」と称す）が生じた。なお、4.3 に後述するように同地区では平成 19 年にも同様の崩壊が生じている。



図－ 4.1 位置図

図－ 4.2 には、大浜川と船石川の流域区分図を示す。各流域で急崖からなる上流域と緩傾斜の地形面からなる下流域に分割している。表－ 4.1 には各流域の緒元を示すとともに、過去の土砂移動実績を併記した（過去の土砂移動実績は 4.3 に詳述）。



図－ 4.2 流域区分図

表－ 4.1 流域緒元

溪流名	H19土石流	H22土石流	流域名	流域面積 (km ²)
大浜川		○	1-1流域	0.12
			1-2流域	0.06
船石川2	○	○	2-1流域	0.09
			2-2流域	0.03
			2-3流域	0.09
舟石川3			3-1流域	0.02
			3-2流域	0.12

4.2.1 地形

対象地域は、図－ 4.2 の流域区分図でもわかるように、溪流の上部は台地が広がっており、海に向かって急崖となる地形からなる。後述するようにこの台地は阿多火砕流堆積物の非溶結部および溶結凝灰岩（上位）からなり、地形的にはキャップロック構造を呈している。

写真－ 4.1 に溪流の上流側の状況を、写真－ 4.2 には溪流の下流側の状況を示す。写真－ 4.1 右には、溪流上流側の火砕流台地面の状況を示した。現在はお茶畑として土地利用がなされている。台地から海側にかけては写真－ 4.1 左に示すように急崖を呈し、今回の崩壊はこの範囲で発生した。

写真－ 4.2 右は船石川 2 の方向を、写真－ 4.2 左は大浜川の方を撮影したものだが、いずれも台地面から急崖を経て、やや緩い地形面が広がっている。



写真－ 4.1 上流域の状況

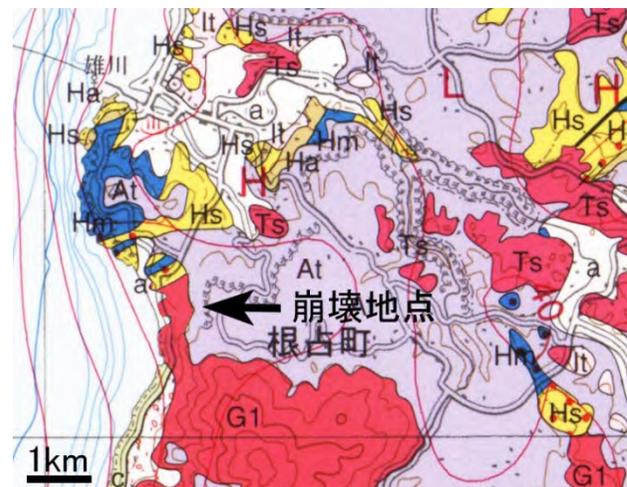
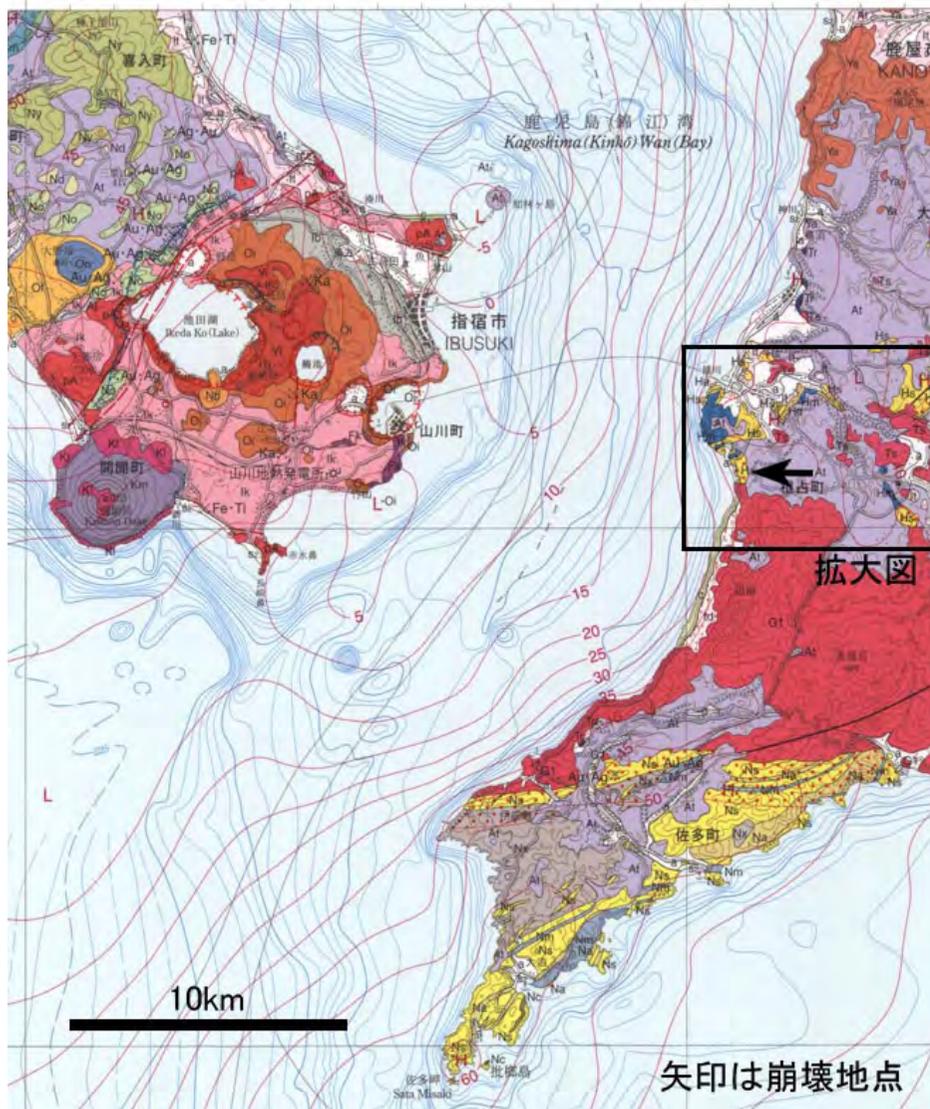


写真－ 4.2 下流域の状況

4.2.2 地質

対象地域の地質図（川辺ほか⁸⁾）及び現地状況を元に産総研地質調査総合センター⁹⁾が当該災害を考察した結果を図－ 4.3 に示す。

崩壊地周辺の台地の上部は、約 11 万年前に北西側の鹿児島湾内から噴出した阿多火砕流堆積物により形成されており、下部は約 1,400 万年前に貫入した花崗岩からなる。台地を形成する阿多火砕流堆積物は、下部の非溶結の軽石・火山灰と上部の溶結凝灰岩分けられ、強溶結の部分は柱状節理が発達し、急崖を形成している。



- 海浜堆積物**
 (後期更新世～完新世)
 - 礫
Gravel
- 沖積層**
 (後期更新世～完新世)
 - 軽石、礫、砂及び泥
Pumice, gravel, sand and mud
- 入戸火砕流堆積物**
 (後期更新世2.6-2.9万年前)
 - 普通輝石紫蘇輝石流紋岩火山灰及び軽石
Augite-hypersthene rhyolite ash and pumice
- 田代火砕流堆積物**
 (後期更新世)
 - 普通輝石紫蘇輝石サイト火山灰、軽石
Augite-hypersthene dacite ash and pumice
- 阿多火砕流堆積物**
 (後期更新世、約11万年前)
 - 普通輝石紫蘇輝石サイト溶結凝灰岩、及び非溶結の火山灰及び軽石
Augite-hypersthene dacite welded tuff and non-welded deposits of ash and pumice
- 鳥浜火砕流堆積物**
 (中期更新世、23-25万年前)
 - 角閃石紫蘇輝石流紋岩火山灰及び軽石
Hornblende-hypersthene rhyolite ash and pumice
- 南大隅花崗岩**
 (新第三紀中新世、約1,400万年前)
 - 黒雲母花崗閃緑岩及び黒雲母モンノ花崗岩
Biotite granodiorite and biotite monzogranite
- 日向層群(熊毛層群)**
 (古第三紀付加体、約4,200万年前)
 - 砂岩
Sandstone
 - 泥岩
Mudstone
 - 砂岩泥岩互層
Alternation of sandstone and mudstone
- 南大隅花崗岩の接触
 変成作用を受けた部分**
 - 接触変成帯
(黒輝石ホルンフェルス、黒雲母ホルンフェルス)
Contact metamorphic aureole
(Cordierite hornfels, biotite hornfels)

図- 4.3 地質図^{8) 9)}

4.3 平成 22 年 7 月豪雨及び土砂移動の概要

4.3.1 降雨概要

下川ほか⁶⁾は、対象地域から約 5km 南に位置する登尾観測所の日雨量と累積雨量を図- 4.4 のように整理しており、6 月中の降雨量は累積で約 1,000mm である。また、この土砂移動イベントに着目して時間雨量と土砂流出イベントの関係を図- 4.5 のように示した。図- 4.5 には No.1 ~7 までの土砂流出イベントを把握しているが、降雨がない期間で生じるイベントも認められる。

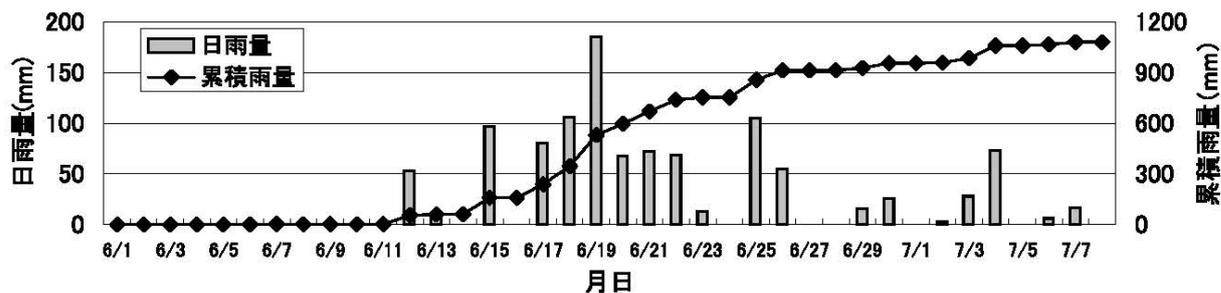


図- 4.4 登尾観測所（鹿児島県南大隅町）における 6/1 から 7/8 の雨量⁷⁾

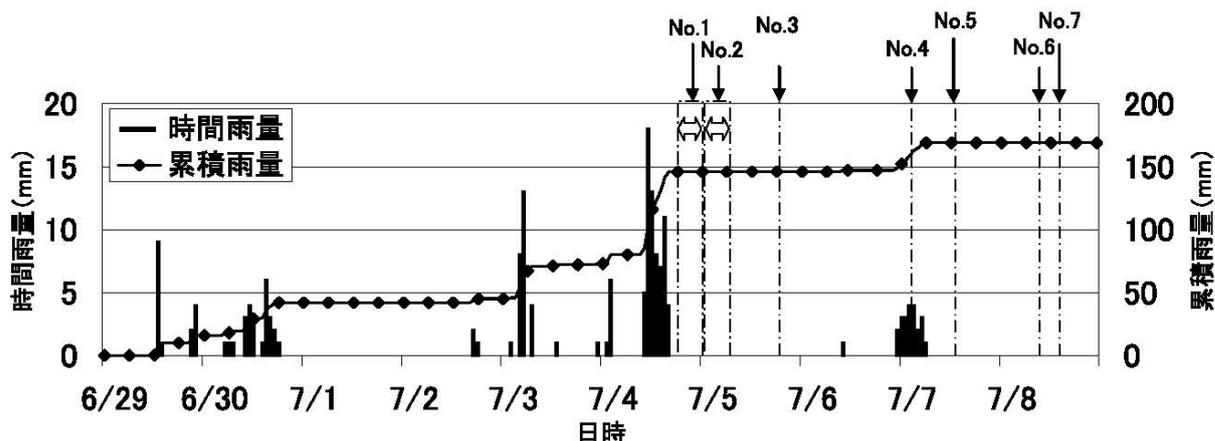


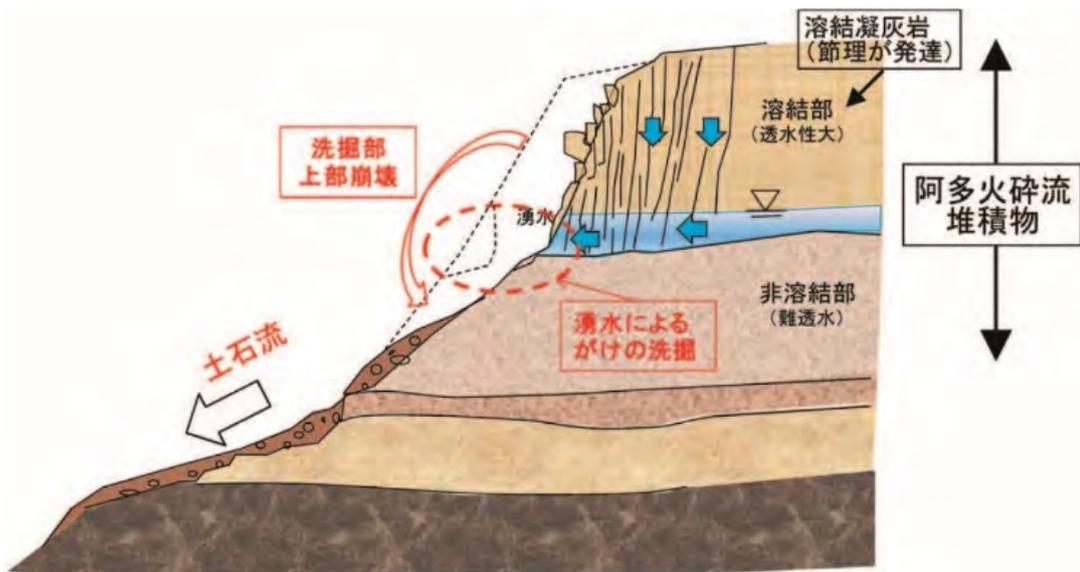
図- 4.5 雨量と土砂流出イベントの関係⁷⁾

4.3.2 土砂移動概要

平成 22 年 7 月の土砂移動について、下川ほか⁶⁾、国土交通省国土技術政策総合研究所¹⁰⁾、島田ほか⁷⁾による調査結果を以下にまとめる（崩壊プロセスを図- 4.6 のように示した）。

1. 崩壊は降雨時だけではなく、無降雨時(図- 4.5)にも発生している（合計 7 回のイベント）。降雨量は 6 月中で約 1,000mm に達し、これらの降雨が台地内を浸透して熔結凝灰岩層に貯留された。
2. 貯留された地下水は、熔結凝灰岩層とその下位の非熔結層（シラス層）との境界を流れ、境界面からの湧水が非熔結層を侵食した。溶結凝灰岩層は 50m 程度の厚さでキャップロック状の地形を呈する。

3. 湧水による非溶結層の侵食に伴い、上位の溶結凝灰岩層が不安定化し、崩壊が発生した。斜面内に落ち残ったブロックがトップリング形状で残存していることから、非溶結層の侵食により溶結凝灰岩層にトップリングを引き起こして崩壊につながったものと推測される。
4. 最大推定崩壊深は 20m 以上であり、最終的な崩壊土砂量は 10 万 m³ を超える深層崩壊であった。



図一 4.6 崩壊発生メカニズムの概念図⁶⁾

4.4 近年の土砂移動実績

下川ほか⁶⁾，鹿児島県^{5) 11)}，地頭菌¹²⁾によると，対象溪流のうち船石川において平成 2 年，平成 19 年にも土砂移動が生じており，今回の崩壊は既往崩壊の拡大崩壊であると報告されている。

図一 4.7 右下に平成 2 年 9 月台風第 20 号の豪雨に伴う土砂移動の状況を示す。平成 2 年の土砂移動は，鹿児島県⁵⁾ からみる限り平成 22 年豪雨崩壊のような火砕流台地縁辺部における大規模な崩壊は発生していない。火砕流台地縁辺部の脚部斜面を源頭とするような小規模な崩壊を起因として土石流化した土砂が流下し，その過程で溪岸斜面の崩壊が発生しながら谷出口から下流で氾濫したものと推測される。土砂移動規模等は不明である。

平成 19 年 7 月豪雨（6 日～15 日の累積雨量で約 800mm⁵⁾）に伴う土砂移動を図一 4.7～図一 4.9 に示す。火砕流縁辺部において発生した崩壊土砂は，図一 4.7 示された砂防設備により捕捉・堆積した土砂から φ3m を超える岩塊であることがわかる。また図一 4.9 の左に示される崩壊面の状況写真からも基岩が認められ，生産土砂が崩壊発生域より下流も基盤まで深くえぐるように崩壊・流下している。この崩壊による土砂移動規模は約 3 万 m³，砂防堰堤による捕捉量が 3 万 m³ と推定されている。



図一 4.9 平成 19 年と平成 22 年崩壊の比較（地頭菌¹²⁾ に加筆）

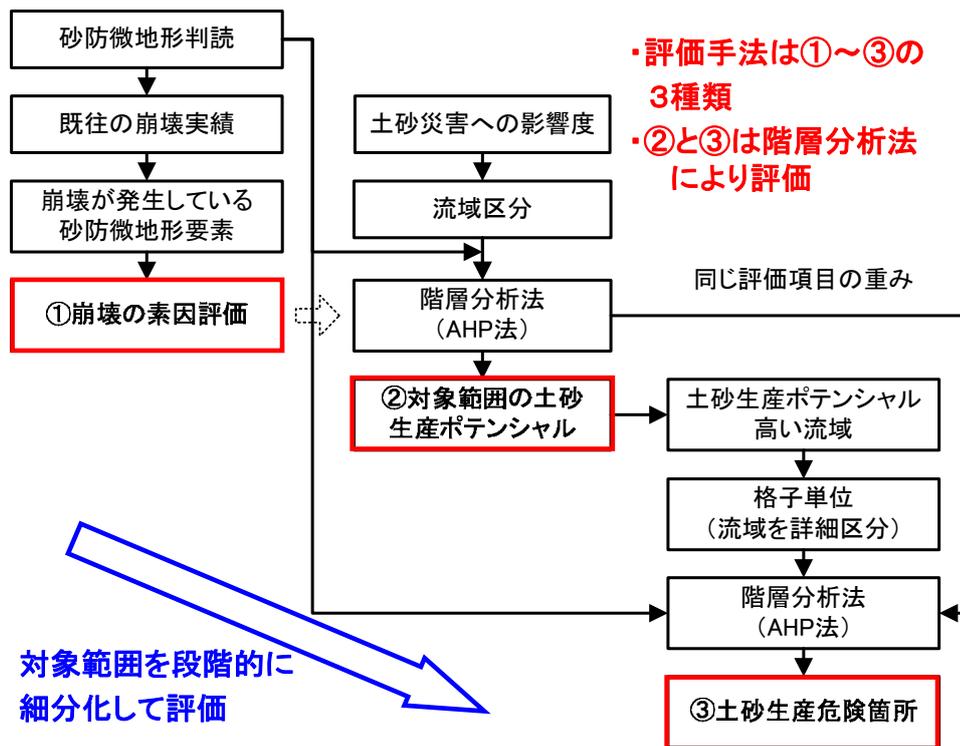
以上、4.3 及び4.4 に示したように対象流域では、度々土砂移動が生じている。このことから 1.3 に前述した着眼点②：防災事業において通常想定する 50～100 年よりも短い期間における地形発達（地形変化）を土砂移動実績からみることによって相対的に土砂移動が生じやすい範囲を把握できる可能性がある。

4.5 検討手順

検討手順・内容は、図一 4.10 に示すように①崩壊の素因評価、②流域単位での土砂生産ポテンシャル、③格子単位での土砂生産危険箇所の抽出の 3 項目からなる。

具体的には短期間での地形変化を把握するために微地形判読を行うとともに、既往の崩壊実績を把握する。この崩壊実績と微地形分布状況から崩壊が発生している地形要素（崩壊の素因としての地形要素）を評価する。なお微地形要素は当該崩壊が発生する前における微地形要素を指す。

次に、対象範囲における土砂生産ポテンシャルを土砂災害への影響度を踏まえ、流域単位で階層構造分析法（AHP 法）を用いて評価する。同様の手法を用いて格子単位により評価することで土砂生産危険箇所を抽出する。



図－ 4.10 研究フロー

4.5.1 ①崩壊の素因評価

崩壊素因評価は、過去の崩壊履歴、土砂移動痕跡・実績に基づき実施した。具体的には昭和49年の空中写真で確認された崩壊地および崩壊跡地や（H22）崩壊地等の面的な広がりを持つ微地形要素（以降、「面的微地形要素」と呼ぶ）が重複する範囲の面積率や現地状況等から評価するものとした。なお、この重複率が高いほど、崩壊が発生しやすい素因と評価できる。また、クラック、ガリー、遷急線、リニアメント等の線的微地形項目との位置関係（距離）も崩壊素因の可能性のあることから、各崩壊地と周辺の線的微地形要素との影響度の確認も行った。

4.5.2 ②対象範囲の土砂生産ポテンシャル

本検討における土砂生産ポテンシャルの評価項目の重み付けは、評価者の主観的判断を“数学的に定量化”（すなわち客観性を付加）する階層構造分析法を用いた一対評価を主体とした手法・手順で実施し、流域単位で評価するものとした。

4.5.3 ③土砂生産危険箇所

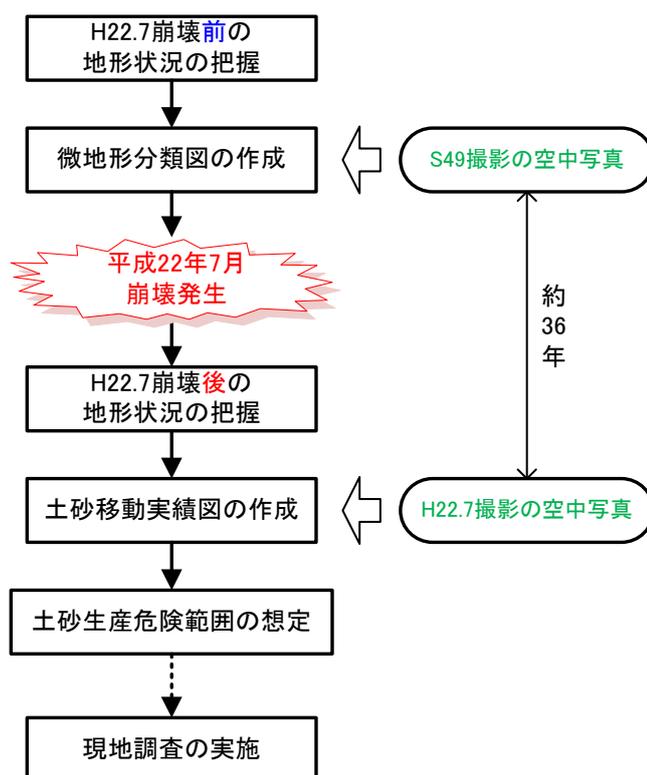
②の評価において、土砂生産ポテンシャルが高い流域を対象に、流域を格子単位（20m 格子：現地でみられるクラックや段差面の規模から設定）で詳細区分し、GISを用いて格子単位で②と同様の手法により設定した土砂生産ポテンシャルを集計し土砂生産危険箇所を抽出するものとした。

4.6 検討結果および考察

4.6.1 微地形分類図

(1) 空中写真判読の手順

空中写真の判読手順は、図－ 4.11 に示すとおりである。空中写真判読は、二時期実施し、土砂生産危険範囲または箇所を想定する。平成 22 年の土砂移動がどのような微地形要素において発生しているか把握することが目的であり、崩壊前後に撮影された空中写真を用いることが適当であるが、平成 22 年 7 月以前に撮影された空中写真が昭和 49 年撮影のみであったことからこれを用いることとした。



図－ 4.11 判読手順

判読に使用した空中写真は、表－ 4.2 のとおりである。地形図は、国土地理院発行の数値地図 25000 を 1/5,000 に引き伸ばした図面を使用した。

表－ 4.2 空中写真

撮影年代	撮影機関	縮尺	規格	コース
S49 年度	国土地理院 ¹³⁾ ※	1/15,000	カラー	C12-1~3 (CKU-74-15)
平成 22 年 7 月 6 日	鹿児島県 大隅地域振興局 ¹⁴⁾	1/8,000	カラー	C1-5019~5017

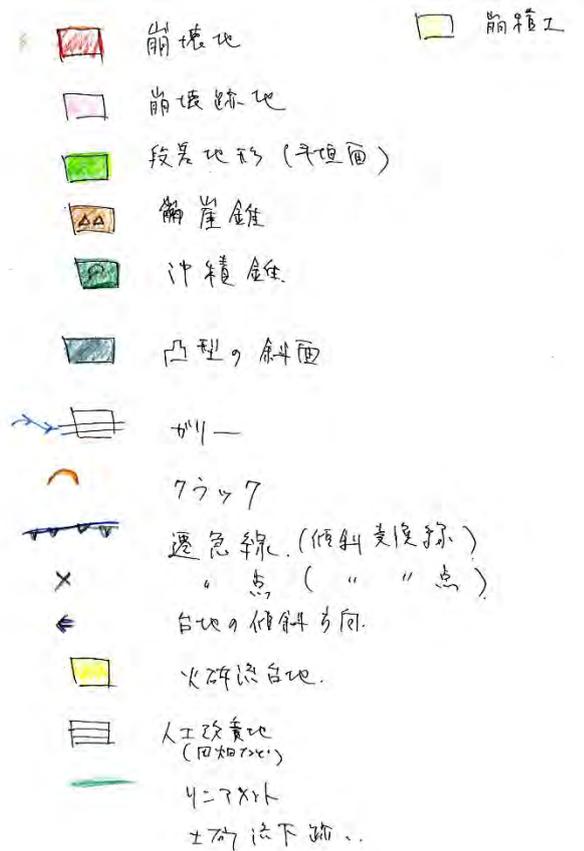
※国土情報ウェブマッピングから空中写真をダウンロードして使用

(2) 判読した地形要素

判読した地形要素を表－ 4.3, 図－ 4.12 に示す。前述したように平成 22 年の崩壊前後の空中写真を用いて判読したことから、平成 22 年崩壊地及び崩壊土砂堆積地以外の微地形要素については昭和 49 年撮影の写真により抽出した。また、同表右には今後の土砂災害（本溪流は土石流危険溪流であり、溪流谷出口には保全対象が存在することから土砂移動が災害に直結するため土砂災害という用語を使用）に及ぼす影響を示した。

表－ 4.3 微地形要素一覧（本論において設定）

判読微地形名		対象微地形の土砂災害に及ぼす影響等
(H22) 崩壊地	H22	平成22年に発生した崩壊地。潜在的に崩壊の発生しやすい素因を有するエリアと考えられ、豪雨時において拡大崩壊や、崩壊地内に残存する不安定土砂の流出が懸念される。
(S49) 崩壊地	S49	(S49) 崩壊地は、昭和49年に撮影された空中写真で確認された崩壊地。(H22) 崩壊地と同様に潜在的に崩壊の発生しやすい素因を有するエリアと考えられ、急崖部での崩壊が懸念される。
崩壊跡地	S49	過去の崩壊跡地で凹型の斜面。新しい崩壊地に比べて安定化が進んでいることが想定されるが、潜在的な崩壊要素を有しており、斜面内に残存する土砂の流出あるいは、拡大崩壊等による土砂流出が懸念される。
崩壊土砂堆積地	H22	平成22年に発生した崩壊土砂の流出・堆積範囲であり、不安定土砂が残存することから、二次侵食等による土砂流出が懸念される。
地すべり滑落崖	S49	地すべり滑落崖では急勾配を呈しており、過去に崩壊が生じている範囲も認められ、今後、同様の崩壊が発生することが懸念される。
地すべり移動体	S49	地すべり移動体に土砂の流下範囲やガリーが確認される、侵食が進行した後は、地すべりの再滑動が懸念される。
凸型斜面	S49	火砕流台地縁辺部に形成される遷急線の一部で不連続な谷側に張り出した凸型の地形面が認められる。一般的な凹凸型の斜面形状とは異なるものである。(H22) 崩壊地は、この凸型斜面の一部で発生していることから、今後崩壊の発生箇所となることが懸念される。
段差面	S49	段差面は、火砕流台地縁辺部で台地よりも低い斜面下方に形成された平坦面である。トップリングを含む重力等により斜面下方に落ちこみ形成された地形とみられるため、今後崩壊の発生箇所となることが懸念される。
崖錐	S49	火砕流台地縁辺部等の急崖から供給された岩屑が斜面脚部に堆積した微地形であり、出水時には侵食により流出することが懸念される。
沖積錐	S49	過去に土砂流出が生じた際の谷出口で堆積した痕跡を示す微地形。土砂流出時から現在に至るまで、一部が侵食されている可能性があるが、少なくとも土砂到達の危険度を有する範囲として認識する必要がある。
火砕流台地	S49	(危険度評価における要因とはしない)対象範囲上方で確認できる阿多火砕流により形成された平坦地形である。
クラック	S49	クラックは、火砕流台地または斜面内に確認できる連続的な線構造である。(H22) 崩壊地は、クラックに沿って発生していることから、段差面と同様に崩壊の発生箇所となることが懸念される。
ガリー	S49	ガリーは、急勾配でV字状の谷であるため、豪雨時には土砂流出を促す地形と考えられる。
遷急線	S49	遷急線は、主に火砕流台地縁辺部に形成されており、遷急線部には凸型斜面などの土砂生産源となりうる微地形が分布する。
リニアメント	S49	リニアメントは、空中写真等の画像上で認められる直線状の地形パターンである。節理や地層の硬軟が反映されていることがあることから、リニアメントに沿って土砂生産が生じることが懸念される。



図－ 4.12 微地形判読凡例（素図）

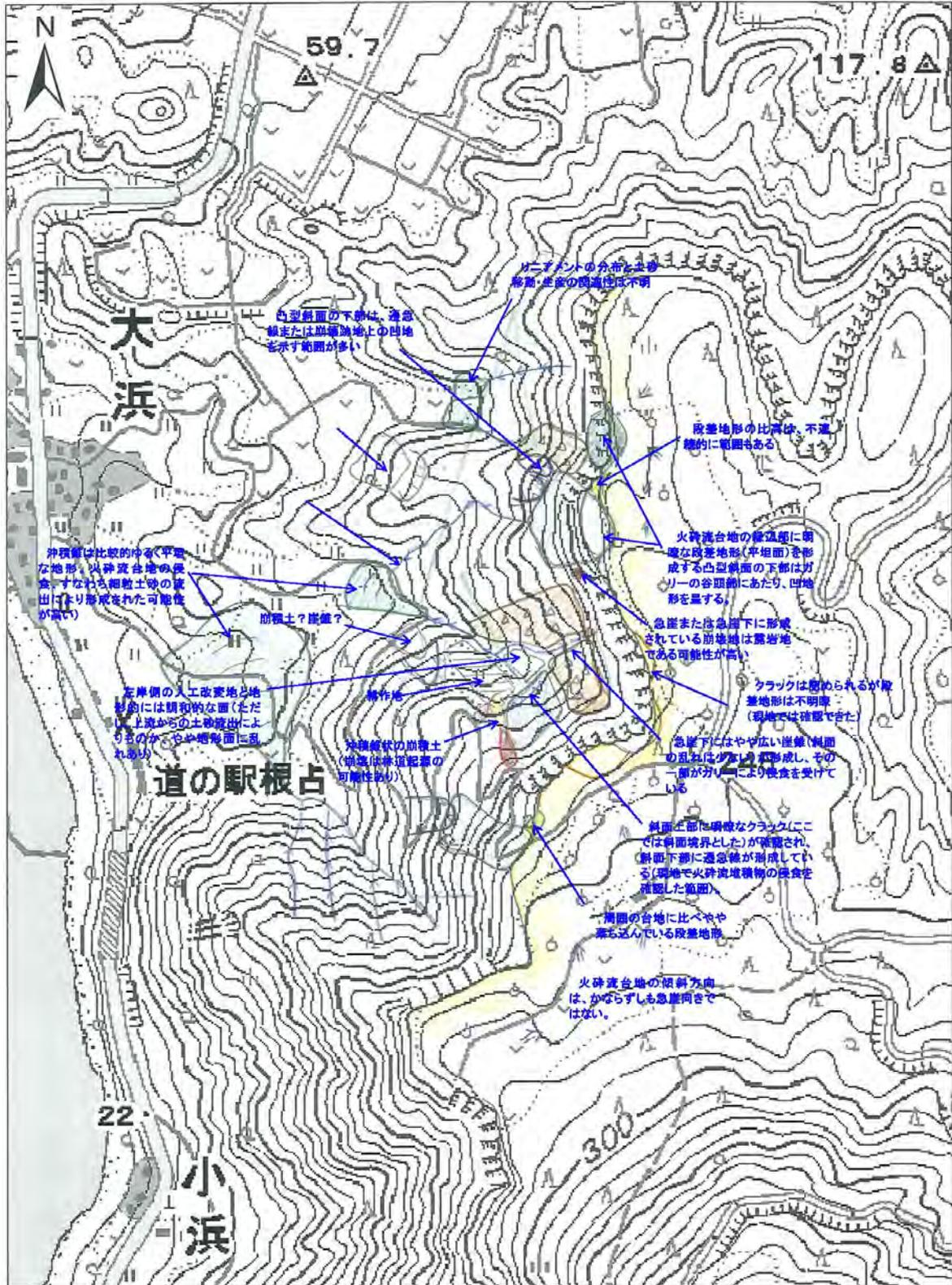
(3) 判読結果

図－ 4.13 には昭和 49 年撮影の空中写真を用いて判読した微地形分類図（素図）を示した。また、図－ 4.14 には平成 22 年 7 月災害直後に撮影された空中写真を用いて判読した土砂移動実績図（素図）を示す。同図には、概略の考察結果を併せて示す。また、図－ 4.15 には、微地形分類図（素図）および土砂移動実績図（素図）から想定される今後の土砂生産危険範囲を示した。判読した微地形要素写真－ 4.3 に示すように現地確認を行った。



写真－ 4.3 微地形の確認結果

以上、判読した結果を GIS データ化して作成した微地形分類図を図－ 4.16 に示す。

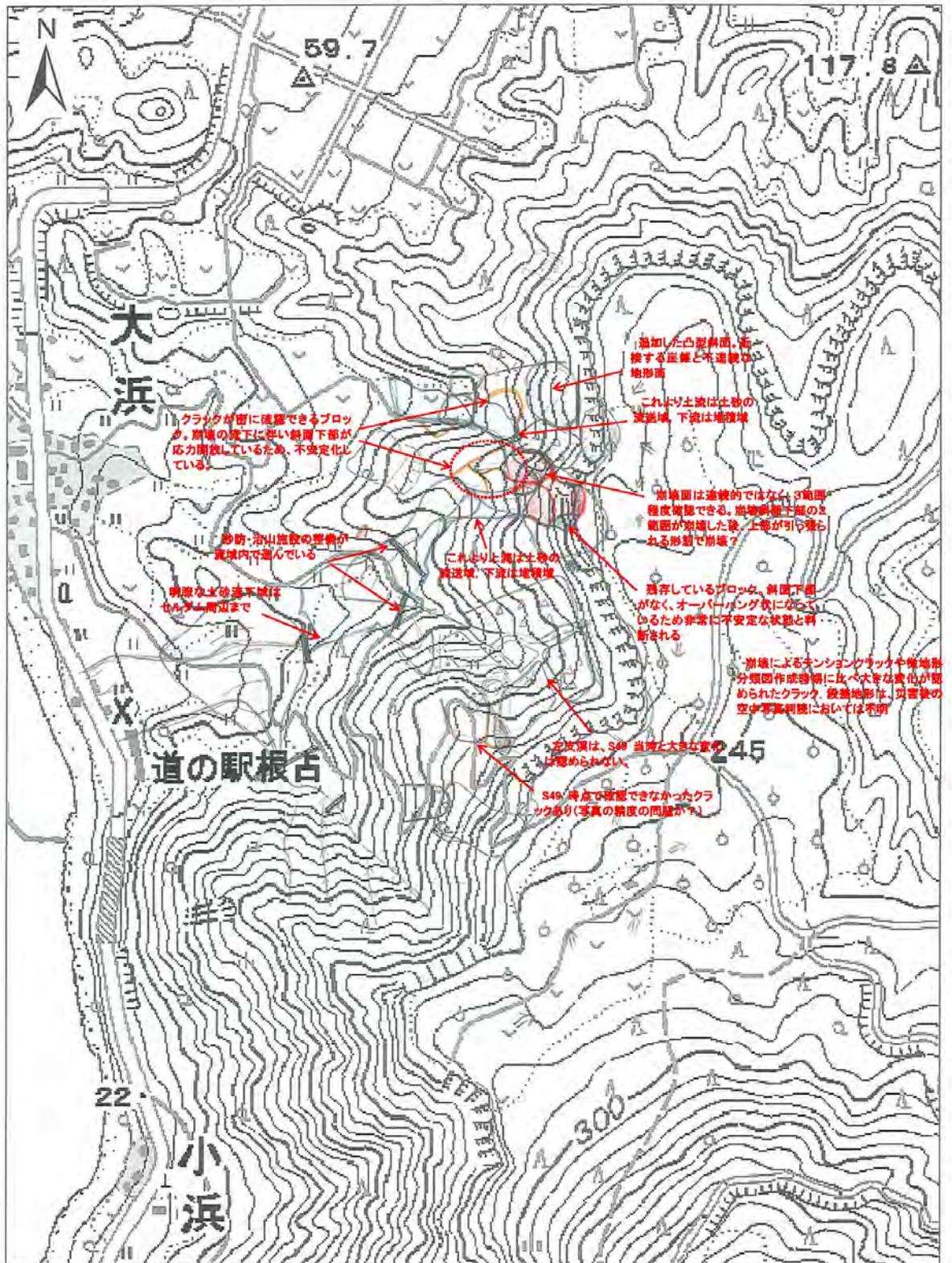


1979年 空中写真 1/15,000
 (140) (原=140000/70000)

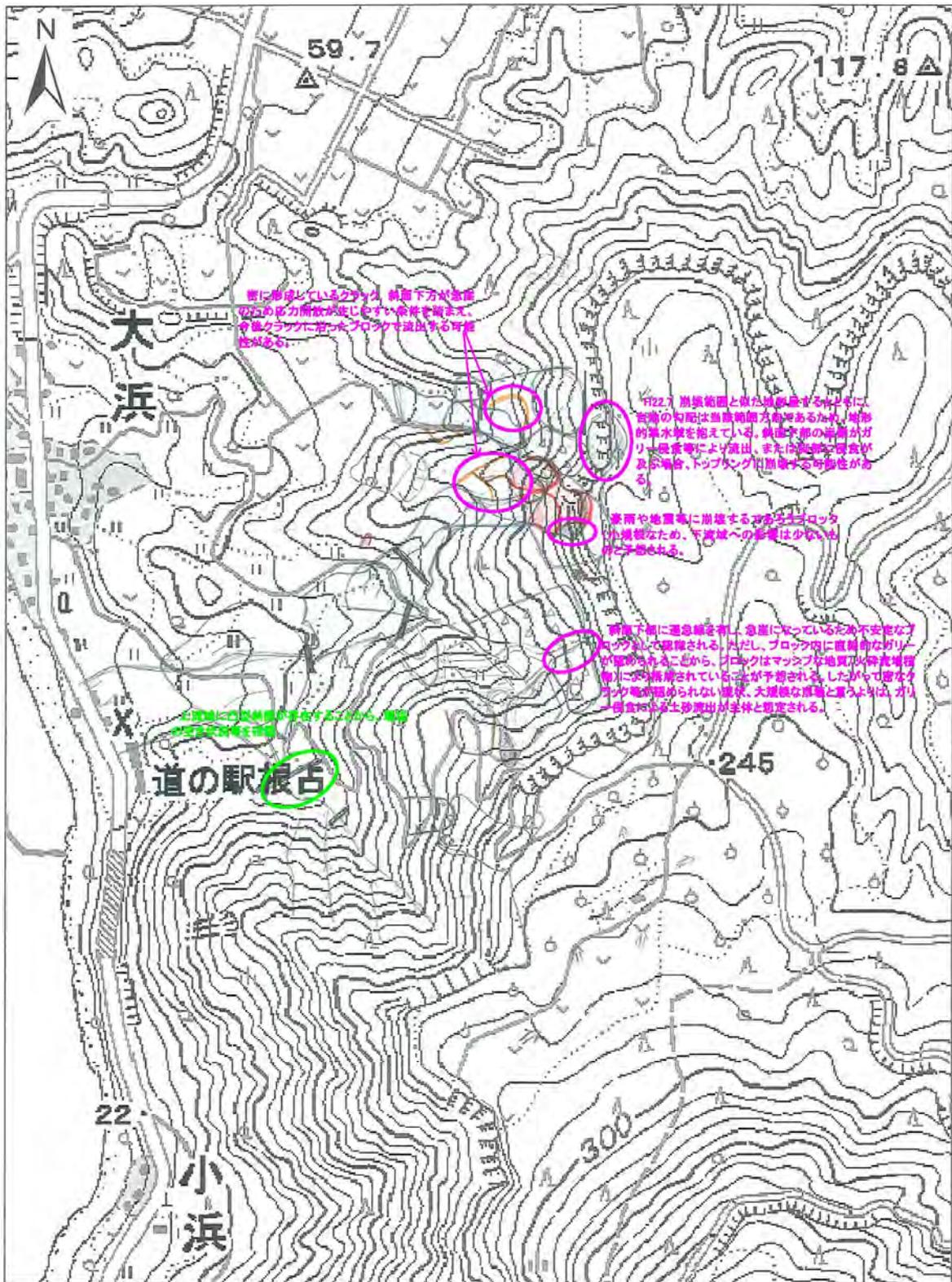
1:5,000
 0 50 100 200メートル

図3 微地形分類図

図一 4.13 微地形分類図 (考察素図)



図一 4.14 土砂移動実績図（考察素図）



2010年 国際親善会
 2010年 (株) 国土院
 国際親善会 Y2000

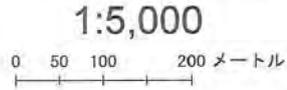
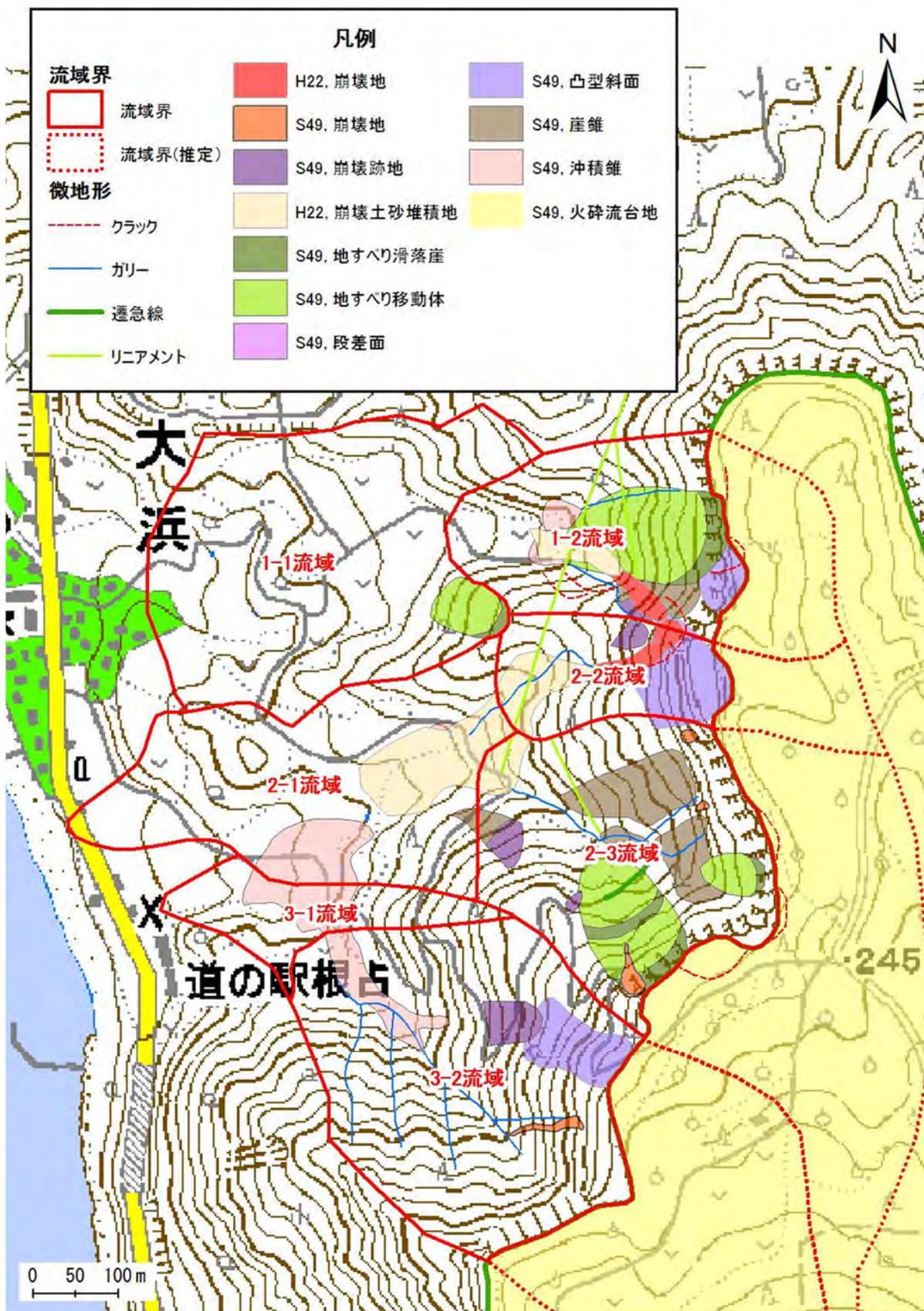


図- 4.15 土砂生産危険範囲 (考察素図)



図一 4.16 微地形判読図

4.6.2 崩壊の素因評価

表一 4.4 には崩壊が発生しやすい素因と土砂生産への影響度を示す。この影響度は、図一 4.13～図一 4.15 に示した砂防微地形判読における評価及び考察を踏まえて筆者が定性的に評価したものである（評価の根拠は同図に図示）。

例えば、(H22) 崩壊地は、過去の崩壊が拡大して生じた実績であることから今後においても同様の拡大崩壊が懸念されるため影響度が高い微地形要素と判断した。段差面は、既往崩壊地と重複がないものの急崖縁辺部においてトップリング等の影響で形成された地形面であり不安定化しているブロックとして評価できることから影響度は高いと判断した。同様な形成要因が想定される凸型斜面も影響度は高い評価とした。また、火砕流台地の縁辺部等でみられるクラックや遷急線を重要要素・項目と評価した。

表一 4.4 土砂生産への影響度（定性的評価）

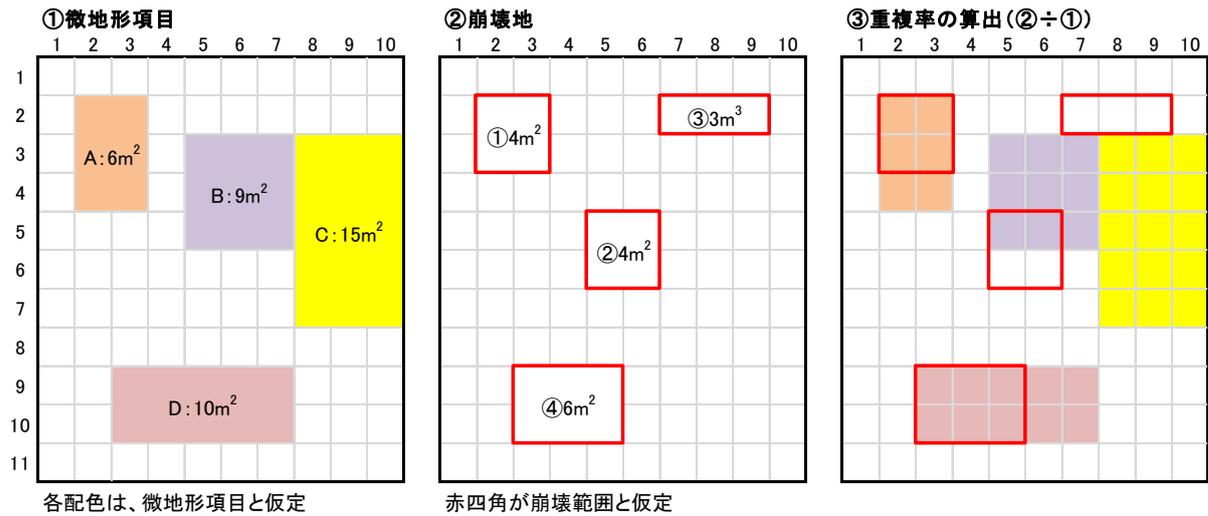
微地形区分	① (H22) 崩壊地	② (S49) 崩壊地	③ 崩壊跡地	④ 崩壊土砂堆積地	⑤ 地すべり 滑落崖
面的微地形	◎	△	△	△	○
	⑥ 地すべり 移動体	⑦ 凸型斜面	⑧ 段差面	⑨ 崖錐	⑩ 沖積錐
	×	◎	◎	△	△
微地形区分	① クラック	② ガリー	③ 遷急線	④ リニアメント	
線的微地形	◎	△	○	△	

影響度は、◎>○>△>×の順で大きいものとする。

以降に面的微地形要素と線的微地形要素の区分及び検討手順を示す。

(1) 面的微地形要素

面的微地形要素は、重複率により評価するが具体的な重複率の算出手順のイメージを図一 4.17 に示す。同図①に微地形項目を、②崩壊地を、①と②を重ね合わせて重複率を算出するイメージ図を③に示した。たとえば A 項目の微地形要素 (6m²) において①崩壊地 (4m²) が発生した場合、4m²/6m²=約 70%の重複率と評価できる。

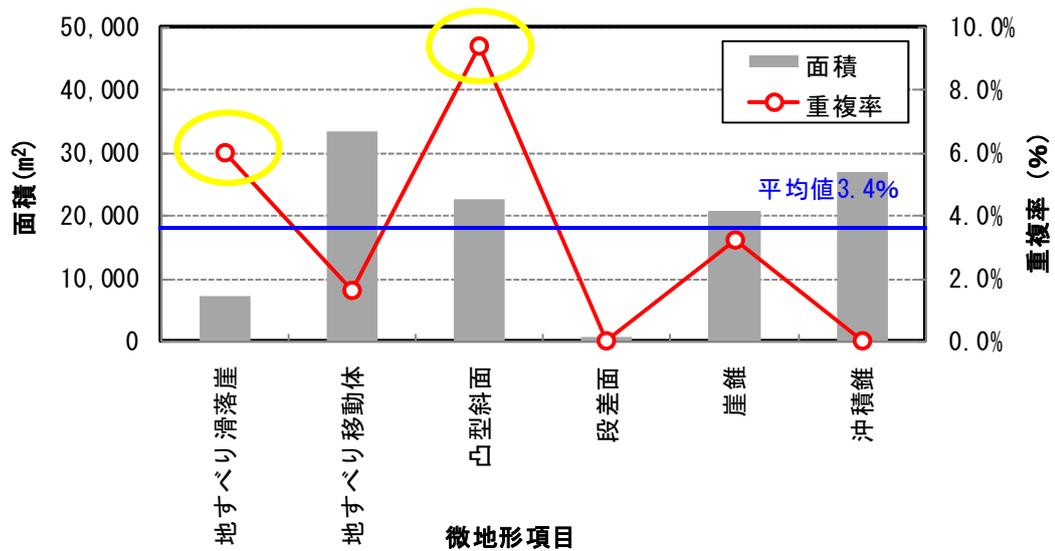


図－ 4.17 重複率の算出手順イメージ図

前述の重複状況の解析により得られた重複率を表－ 4.5 及び図－ 4.18 に示す。最も高い重複率は、火砕流台地縁辺部に分布する凸型斜面であり、9.4%を示した（S49 崩壊跡地，H22 崩壊地が重複）。次いで地すべり滑落崖の6.0%であった。

表－ 4.5 重複率一覧

微地形項目	面積 (m ²)	S49崩壊地 (m ²)	S49崩壊跡地 (m ²)	H22崩壊地 (m ²)	重複面積 (m ²)	重複率 (%)
地すべり滑落崖	7,200	434	0	0	434	6.0%
地すべり移動体	33,556	392	62	104	558	1.7%
凸型斜面	22,537	0	381	1,742	2,123	9.4%
段差面	907	0	0	0	0	0.0%
崖錐	20,945	0	0	680	680	3.2%
沖積錐	27,060	0	0	0	0	0.0%
ave						3.4%



図－ 4.18 微地形項目ごとの面積及び重複率

(2) 線的微地形要素

線的微地形要素は、面的微地形要素と異なり重複率で評価することは不適當なため、便宜的に崩壊地から一定距離の有無により評価した。具体的に、平成 22 年崩壊地の幅が約 50m であったことからこれを最小幅と考え、50m 範囲に存在する線的微地形要素を抽出することとした。

線的微地形要素と過去の崩壊地の分布状況を図－ 4.19 に示す。また先に述べた抽出条件に該当する線的微地形要素を表－ 4.6 に示す。

抽出結果から最も分布数が多かったのはガリーであり、これは流域の大半の流路に分布しているため崩壊地近傍で多数確認される結果となった。次いでクラックと遷急線があげられる。クラックは平成 22 年崩壊地周辺に、遷急線は崩壊地の大半が火砕流台地縁辺部の遷急線下部斜面で発生していることから抽出されたとみられる。



図－ 4.19 線的微地形要素

表－ 4.6 近傍の微地形分布状況（有無）

微地形項目	No.	面積(m ²)	クラック	ガリー	遷急線	リニアメント
(H22)崩壊地	1	1,680	○	○		○
	2	860	○	○	○	
	3	1,770	○	○		
(S49)崩壊地	4	240			○	
	5	120		○	○	
	6	830	○		○	
	7	710		○	○	
(S49)崩壊跡地	8	950	○	○		○
	9	1,010	○	○		○
	10	1,670		○		
	11	310			○	
	12	3,020				
○の合計			6	8	6	2

4.6.3 対象範囲の土砂生産ポテンシャル評価

(1) 階層構造分析法による土砂生産ポテンシャル評価

これまで、斜面の危険度評価においては地形学的な分析が多用されており、最も一般的な手法として地すべり地形の空中写真判読がある(たとえば、武田ほか¹⁵⁾)。大規模な土砂生産箇所や範囲を予測する手法として千木良¹⁶⁾は、決定論的手法とエキスパートジャッジによる方法をあげている。前者の決定論的手法では、斜面の安定解析による手法をあげ、広域で多数の地すべりを対象とした方法としては必ずしも適していないとし、後者のエキスパートジャッジによる方法ではAHPを用いた手法をあげている。

本論では空中写真判読に基づき崩壊の素因評価を行っており、この定性的評価を定量化する方法として階層構造分析法(AHP法: Analytical hierarchic process)を用いて土砂生産ポテンシャルを評価する(たとえば千木良¹⁶⁾)こととした。

ここで、階層構造分析法とは、1971年米国ピッツバーグ大学カーツ経営学大学院の主任教授トーマス・L・サーティが考案し、人間の主観的な判断プロセスを階層構造化し、多様な選択枝(要素)をそれぞれ重みとして表現することで最も合理的な意思決定を行おうとする手法である。

人は意思決定に際して多くの要素を独自の基準で評価し、主観的に判断している。たとえば消費行動がそれにあたる。消費者は購入したい商品について、性能、メーカー、価格など様々な要素について検討する。しかしそれらの要素のすべてが希望と一致するとは限らず、ある要素を重視し、別の要素については妥協するなど迷いながらも最も趣向に適したものを選択することになる。この過程で消費者は、選択基準となる各要素間でどれを優先するかという判断を無意識のうちに行っている。

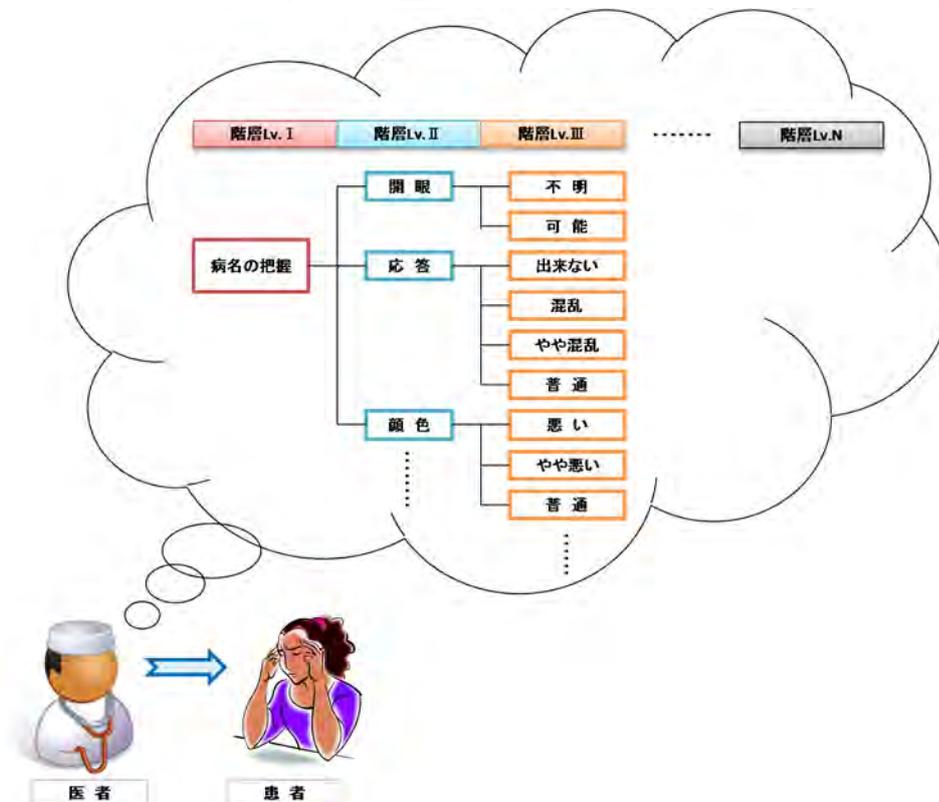
AHPは、それらの要素の関係を階層構造として捉え、決定の際にどの要素をどれだけ重視しているかを、「ウェイト」と呼ばれる数値で定量的に表現しようとするものである。なお、各要素はさらにその下位の階層(たとえばメーカーであればA社、B社、C社…)についてどれを重視するかも同様にウェイトで得点化する。

このようにAHPは、主観的な判断プロセスを階層構造化し、多様な選択枝をそれぞれの重みとして表現することで、合理的な意思決定を行おうとするものである。

その特徴として、以下の点があげられる。

- ① 尺度の違う要素・概念が比較可能である。
- ② 一対比較を用いるため評価が単調である。
- ③ 数量的な手法であるため、他の案と定量的に比較が可能である。
- ④ 目的に対して、どの要素が重要か定量化できる。

具体例を図－ 4.20 に示す。①はこの図の診療を例とすれば、病名を明らかにするための評価基準となる様々な診療行為（体温測定や目視による確認等），についても同一の評価基準として取り扱える点を示している。②・③・④は，①に関して評価基準として選定した項目を一対比較することで優劣を決定するため，項目の重要性が容易に判断出来る点を示している。



図－ 4.20 病院での診察例*

(2) AHP における一対比較

同一階級に属する各要素間の一対比較を行い，各要素のウェイトを決定する必要がある。一対比較にあたっては双方の重要度を比較して表－ 4.7 に示す値を用いて評価基準として選定した項目の優劣を決定する。逆の関係における評価値は逆数となる。すなわち，A の B に対する評価値が x の場合，B の A に対する評価値は $1/x$ となる。

表－ 4.7 評価基準*

評 価	得点	
	A	B
AはBに比べ非常に重要	7.0	0.14
AはBに比べかなり重要	5.0	0.20
AはBに比べやや重要	3.0	0.33
AはBと同程度	1.0	1.00

*鹿児島県大隈地域振興局建設部：平成 23 年度砂防激甚対策特別緊急設計委託（根占山本地区 14 工区）報告書から引用

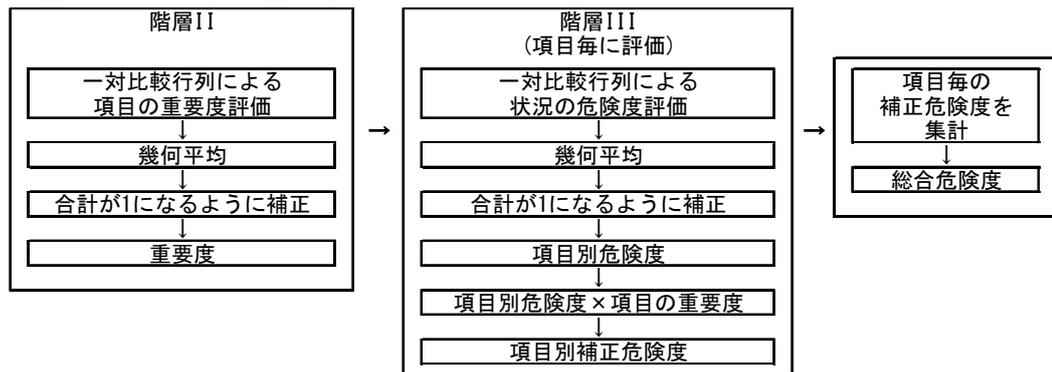
一対比較によるウェイトの設定事例を示す。青色セルが一対比較行列である。これらの横方向の評価値を幾何平均した値を算出する。この幾何平均値を縦方向の合計値で割り戻し、合計値が1となるよう補正したものがウェイトである。

表－ 4.8 AHP における一対比較の考え方*

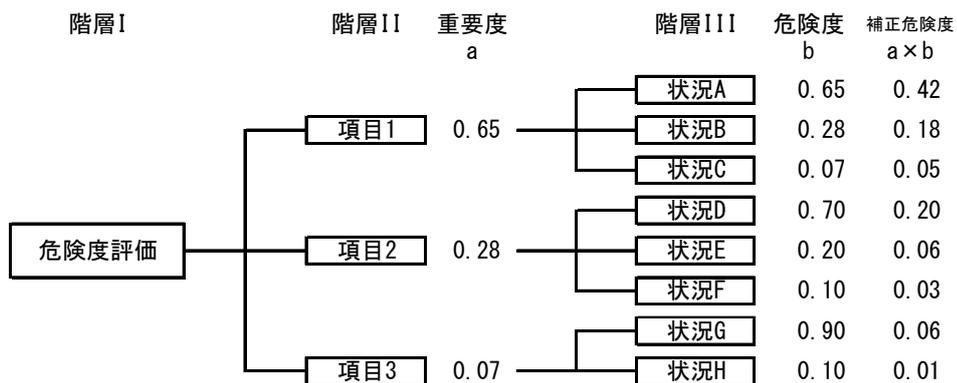
	要素1 a	要素2 b	要素3 c	幾何平均 $d = \sqrt[3]{abc}$	ウェイト $e = d / \sum d$	
要素1	1.00	3.00	7.00	2.76	0.65	要素1は要素2に比べやや重要
要素2	0.33	1.00	5.00	1.19	0.28	要素1は要素3に比べ非常に重要
要素3	0.14	0.20	1.00	0.31	0.07	要素2は要素3に比べかなり重要
計				4.25	1.00	

(3) AHP を用いた危険度評価の考え方

危険度評価の設定事例を図－ 4.21 に示す。階層 I は危険度評価となり、階層 II の各項目（要素）のウェイト（重要度）と階層 III の各項目（状況）のウェイト（危険度）を項目別の危険度×項目の重要度の合計値に基づき危険度評価を行う。



図－ 4.21 AHP による危険度評価のフロー*



図－ 4.22 AHP による危険度評価の概念*

一対比較による危険度評価事例を以降にまとめる。項目ごとに算出した危険度に項目の重要度を乗じて補正危険度とし、その合計値により全項目を総合した危険度を評価する。

表- 4.1 AHP による危険度の評価事例*

階層II (項目の重要度)

	項目1 a	項目2 b	項目3 c	幾何平均 $d=\sqrt[3]{abc}$	重要度 $e=d/\sum d$
項目1	1.00	3.00	7.00	2.76	0.65
項目2	0.33	1.00	5.00	1.19	0.28
項目3	0.14	0.20	1.00	0.31	0.07
計				4.25	1.00

階層III (状況の危険度)

項目1	状況A a	状況B b	状況C c	幾何平均 $d=\sqrt[3]{abc}$	危険度 $e=d/\sum d$	項目の重要度 f	補正危険度 $g=ef$
状況A	1.00	3.00	7.00	2.76	0.65	0.65	0.42
状況B	0.33	1.00	5.00	1.19	0.28		0.18
状況C	0.14	0.20	1.00	0.31	0.07		0.05
計				4.25	1.00		

項目2	状況D a	状況E b	状況F c	幾何平均 $d=\sqrt[3]{abc}$	危険度 $e=d/\sum d$	項目の重要度 f	補正危険度 $g=ef$
状況D	1.00	5.00	5.00	2.92	0.70	0.28	0.20
状況E	0.20	1.00	3.00	0.84	0.20		0.06
状況F	0.20	0.33	1.00	0.41	0.10		0.03
計				4.17	1.00		

項目3	状況G a	状況H b	幾何平均 $c=\sqrt{ab}$	危険度 $d=c/\sum c$	項目の重要度 e	補正危険度 $f=de$
状況G	1.00	9.00	3.00	0.90	0.07	0.06
状況H	0.11	1.00	0.33	0.10		0.01
計			3.33	1.00		

総合危険度 = \sum (項目毎の補正危険度)

項目1が状況A、項目2が状況E、項目3が状況Gの場合の総合危険度

$$0.42 + 0.06 + 0.06 = 0.54$$

(4) AHP 法を用いた微地形要素の重み付け

前項までにまとめた階層構造分析法を用いた微地形要素の重み付けを表- 4.9 に示す。また重みの大きい微地形、すなわち土砂生産ポテンシャルの高い3つの地形要素について以下にまとめる。

- ① (H22) 崩壊地：拡大崩壊が継続的に生じており、対象範囲における土砂生産の特徴を示す項目 (崩壊の継続性)
- ② クラック：クラックより下部斜面は不安定斜面としてみられ、今後の崩壊発生に寄与すると考えられる項目
- ③ 凸型斜面、段差面：今後崩壊が発生する可能性が相対的に高い不安定ブロックを示す項目
一般的に、崩壊は0次谷などで発生しやすいことが既往の実績や研究等 (たとえば塚本¹⁷⁾) から知られているが、対象範囲では、火砕流台地縁辺部の急崖において認められるクラック、凸型斜面、段差面など、相対的に不安定なブロックを示す微地形要素が重要な項目としてあげられ

た。設定結果は、対象範囲における土砂移動実績が反映されている。

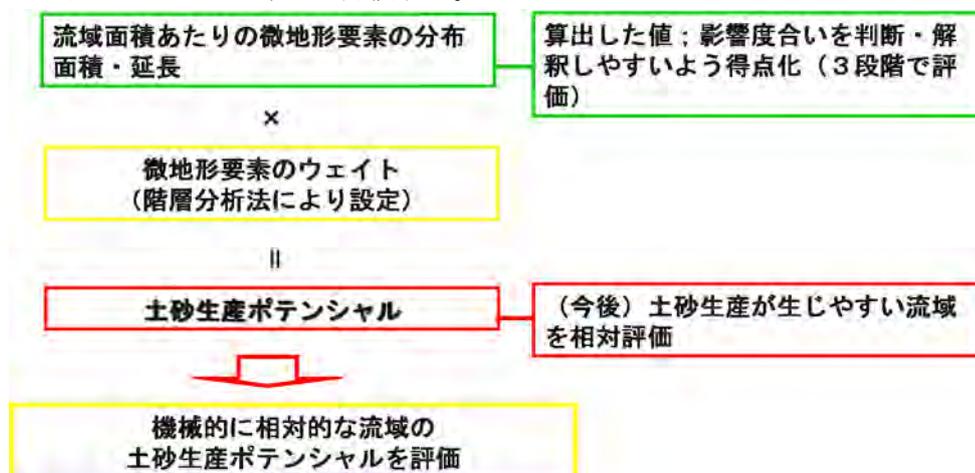
重み付けはこの研究に携わった砂防技術者3名（経験年数約20年、約15年、約10年）によるブレインストーミングにより協議・決定した。

表－ 4.9 階層構造分析法による微地形要素の重み付け

階層Ⅰ 評価項目	階層Ⅱ		階層Ⅲ		総ウエイト ①×②
	評価項目	①ウエイト	評価項目	②ウエイト	
対象微地形の 土砂災害に及 ぼす影響等	面的 微地 形	0.67	① (H22)崩壊地	0.30	0.20
			② (S49)崩壊地	0.09	0.06
			③ 崩壊跡地	0.09	0.06
			④ 崩壊土砂堆積地	0.02	0.01
			⑤ 地すべり滑落崖	0.06	0.04
			⑥ 地すべり移動体	0.04	0.03
			⑦ 凸型斜面	0.17	0.11
			⑧ 段差面	0.17	0.11
			⑨ 崖錐	0.04	0.03
			⑩ 沖積錐	0.02	0.01
	線的 微地 形	0.33	① クラック	0.51	0.17
			② ガリー	0.15	0.05
			③ 遷急線	0.26	0.09
			④ リニアメント	0.08	0.03
					1.00

(5) 土砂生産ポテンシャルの評価

図－ 4.23 に土砂生産ポテンシャルの評価手順を示す。具体的には、流域面積あたりの微地形要素の分布面積ないしは延長に対して基礎点を与え、前述した評価項目の重みを評価することで流域ごとの土砂生産ポテンシャルを評価する。



図－ 4.23 土砂生産ポテンシャルの評価手順

表－ 4.10 には微地形要素の評価基礎点を、表－ 4.11 には各流域内の微地形分布状況と基礎点を示す。また表－ 4.12 には表－ 4.11 において設定した基礎点に対して表－ 4.9 の重み付けを加味した評価点を示した。

表－ 4.10 微地形要素の評価基礎点

評 価 項 目			評価値の算出	『評価項目の基礎点』の設定目安		
				0 影響度 低	1 影響度 中	2 影響度 高
対象微地形の土砂災害に及ぼす影響等	面的微地形区分	① (H22) 崩壊地	評価単位内に含まれる評価項目の“単位面積当たりの面積”	(評価単位内に評価項目を有しない) 評価値が0	評価値が0より大きい〜平均値以下	評価値が平均値より大きい
		② (S49) 崩壊地				
		③ 崩壊跡地				
		④ 崩壊土砂堆積地				
		⑤ 地すべり滑落崖				
		⑥ 地すべり移動体				
		⑦ 凸型斜面				
		⑧ 段差面				
		⑨ 崖錐				
		⑩ 沖積錐				
	線的微地形区分	① クラック	評価単位内に含まれる評価項目の“単位面積当たりの長さ”			
		② ガリー				
		③ 遷急線				
		④ リニアメント				
評価項目の基礎点				0	1	2

表－ 4.11 各流域における微地形要素の分布と基礎点

流域名		① (H22) 崩壊地		② (S49) 崩壊地		③ 崩壊跡地		④ 崩壊土砂堆積地		⑤ 地すべり滑落崖		⑥ 地すべり移動体		⑦ 凸型斜面		⑧ 段差面		⑨ 崖錐		⑩ 沖積錐	
流域名	流域面積 (km ²)	(m ² /km ²)	基礎点																		
平均値		15.914		2,729		13,800		60,200		13,314		63,871		67,457		1,829		36,443		74,257	
1-1流域	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	5,300	1	34,700	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2流域	0.06	32,200	2	0	0	15,900	2	47,600	1	45,100	2	257,700	2	67,700	2	4,700	2	67,300	2	44,800	1
2-1流域	0.09	0	0	0	0	0	0	145,800	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5,300	1	138,800	2
2-2流域	0.03	79,200	2	0	0	33,600	2	194,900	2	0	0	0	0	332,300	2	3,000	2	0	0	0	0
2-3流域	0.09	0	0	13,200	2	22,000	2	33,100	1	42,800	2	154,700	2	5,400	1	2,800	2	182,500	2	5,800	1
3-1流域	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	283,000	2
3-2流域	0.12	0	0	5,900	2	25,100	2	0	0	0	0	0	0	66,800	1	2,300	2	0	0	47,400	1

流域名		①クラック		②ガリー		③遷急線		④リニアメント	
流域名	流域面積 (km ²)	(m/km ²)	基礎点						
平均値		857		3,043		2,643		1,914	
1-1流域	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2流域	0.06	4,000	2	3,800	2	4,800	2	6,500	2
2-1流域	0.09	0	0	600	1	0	0	100	1
2-2流域	0.03	2,000	2	6,000	2	4,000	2	4,900	2
2-3流域	0.09	0	0	3,900	2	6,400	2	1,900	1
3-1流域	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
3-2流域	0.12	0	0	7,000	2	3,300	2	0	0

表－ 4.12 重み付けを考慮した得点一覧

(A) 面的微地形区分

微地形項目		① (H22) 崩壊地		② (S49) 崩壊地		③ 崩壊跡地		④ 崩壊土砂堆積地		⑤ 地すべり滑落崖		⑥ 地すべり移動体		⑦ 凸型斜面		⑧ 段差面		⑨ 崖錐		⑩ 沖積錐		(A) 合計
微地形項目の重み		0.20		0.06		0.06		0.01		0.04		0.03		0.11		0.11		0.03		0.01		
流域名	流域面積 (km ²)	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	
1-1流域	0.12	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.04	1	0.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.07
1-2流域	0.06	2	0.40	0	0.00	2	0.12	1	0.01	2	0.08	2	0.05	2	0.23	2	0.23	2	0.05	1	0.01	1.19
2-1流域	0.09	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.03	2	0.03	0.08
2-2流域	0.03	2	0.40	0	0.00	2	0.12	2	0.02	0	0.00	0	0.00	2	0.23	2	0.23	0	0.00	0	0.00	1.00
2-3流域	0.09	0	0.00	2	0.12	2	0.12	1	0.01	2	0.08	2	0.05	1	0.11	2	0.23	2	0.05	1	0.01	0.79
3-1流域	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.03	0.03
3-2流域	0.12	0	0.00	2	0.12	2	0.12	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.11	2	0.23	0	0.00	1	0.01	0.59

(B) 線的微地形区分

微地形項目		①クラック		②ガリー		③遷急線		④リニアメント		(B) 合計
微地形項目の重み		0.17		0.05		0.09		0.03		
流域名	流域面積 (km ²)	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	基礎点	評価点	
1-1流域	0.12	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
1-2流域	0.06	2	0.34	2	0.10	2	0.17	2	0.05	0.67
2-1流域	0.09	0	0.00	1	0.05	0	0.00	1	0.03	0.08
2-2流域	0.03	2	0.34	2	0.10	2	0.17	2	0.05	0.67
2-3流域	0.09	0	0.00	2	0.10	2	0.17	1	0.03	0.30
3-1流域	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
3-2流域	0.12	0	0.00	2	0.10	2	0.17	0	0.00	0.27

表－ 4.13 は表－ 4.12 の得点を面的微地形要素，線的微地形要素に集約して整理したものである。

対象範囲内における相対的な評価となるが，対象範囲内での平均値は 0.82 であり，平均値以

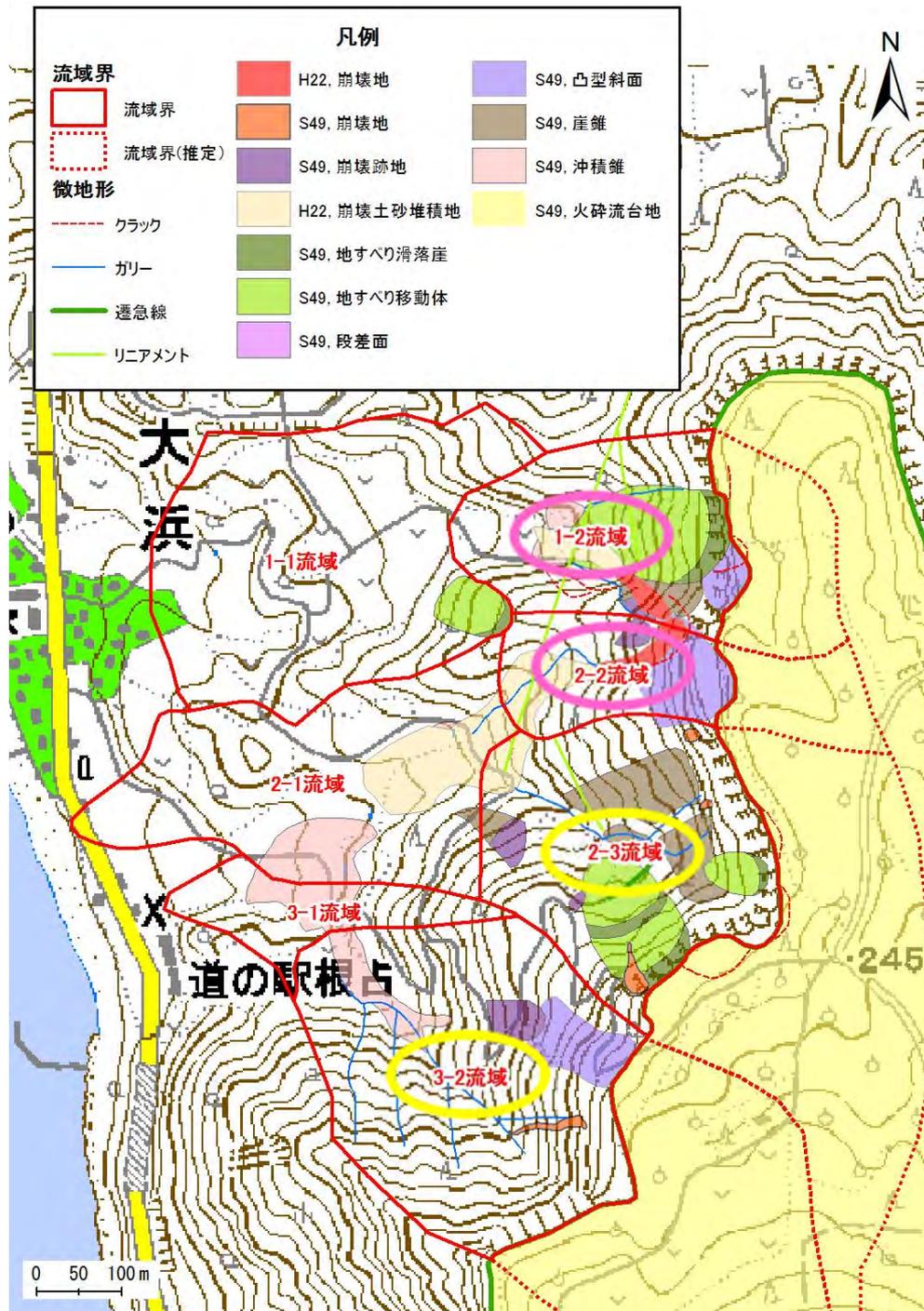
上の流域は、1-2, 2-2, 2-3, 3-2 流域の 4 流域（黄色, 桃色）であり、土砂生産ポテンシャルが高い流域と判断された。また表－ 4.13 に桃色で示した流域は、平均値の 2 倍以上の値を有する流域であり、特に土砂生産ポテンシャルが高い流域と考えられた。

表－ 4.13 流域の土砂生産ポテンシャル

微地形の区分		面的微地形区分 (A)	線的微地形区分 (B)	合 計
流域名	流域面積 (km ²)			
1-1流域	0.12	0.07	0.00	0.07
1-2流域	0.06	1.19	0.67	1.85
2-1流域	0.09	0.08	0.08	0.15
2-2流域	0.03	1.00	0.67	1.67
2-3流域	0.09	0.79	0.30	1.09
3-1流域	0.02	0.03	0.00	0.03
3-2流域	0.12	0.59	0.27	0.87
平均値	0.08	0.53	0.28	0.82

平均値の 2 倍以上の得点

平均値以上平均値の 2 倍未満



図一 4.24 土砂生産ポテンシャルの流域危険度評価

4.6.4 土砂生産危険箇所の抽出

4.6.3 では流域間の土砂生産ポテンシャルの高低を評価した。次に土砂生産ポテンシャルが高い流域を対象にどこが土砂移動の生じやすい範囲か、すなわち土砂生産危険箇所を抽出する。土砂生産危険箇所は、土砂生産ポテンシャルが高い流域を格子単位で分割し、土砂生産ポテンシャルと同様の手法により評価した。

格子単位は図一 4.25 に示すように火砕流台地縁辺部にみられるクラックや凸型斜面境界部の段差面が約 20m 未満主体であったことからこれを最小単位として設定した。図一 4.24 において土砂生産ポテンシャルが高いと評価した流域を格子単位に区分した結果を図一 4.26 に示す。



図一 4.25 土砂生産ポテンシャルの格子区分評価

図一 4.26 に示した格子単位を評価対象とし、4.6.3 と同様の手法により評価した結果を図一 4.27 に示す。

評価点が高いほど土砂生産ポテンシャルが高い危険箇所と考えられる。図一 4.16 で示した微地形要素に着目すれば、(H22) 崩壊地や火砕流台地縁辺部の急崖部（クラックや凸型斜面、段差面が分布）の範囲が危険箇所としてあげられ、今後土砂生産が生じる可能性が示唆された。

一方、火砕流台地縁辺部であっても分布する微地形要素の相違によって土砂生産ポテンシャルが低い格子が分布する、またもあることから、今後、土砂移動が生じた場合に検証が必要と考えられた。

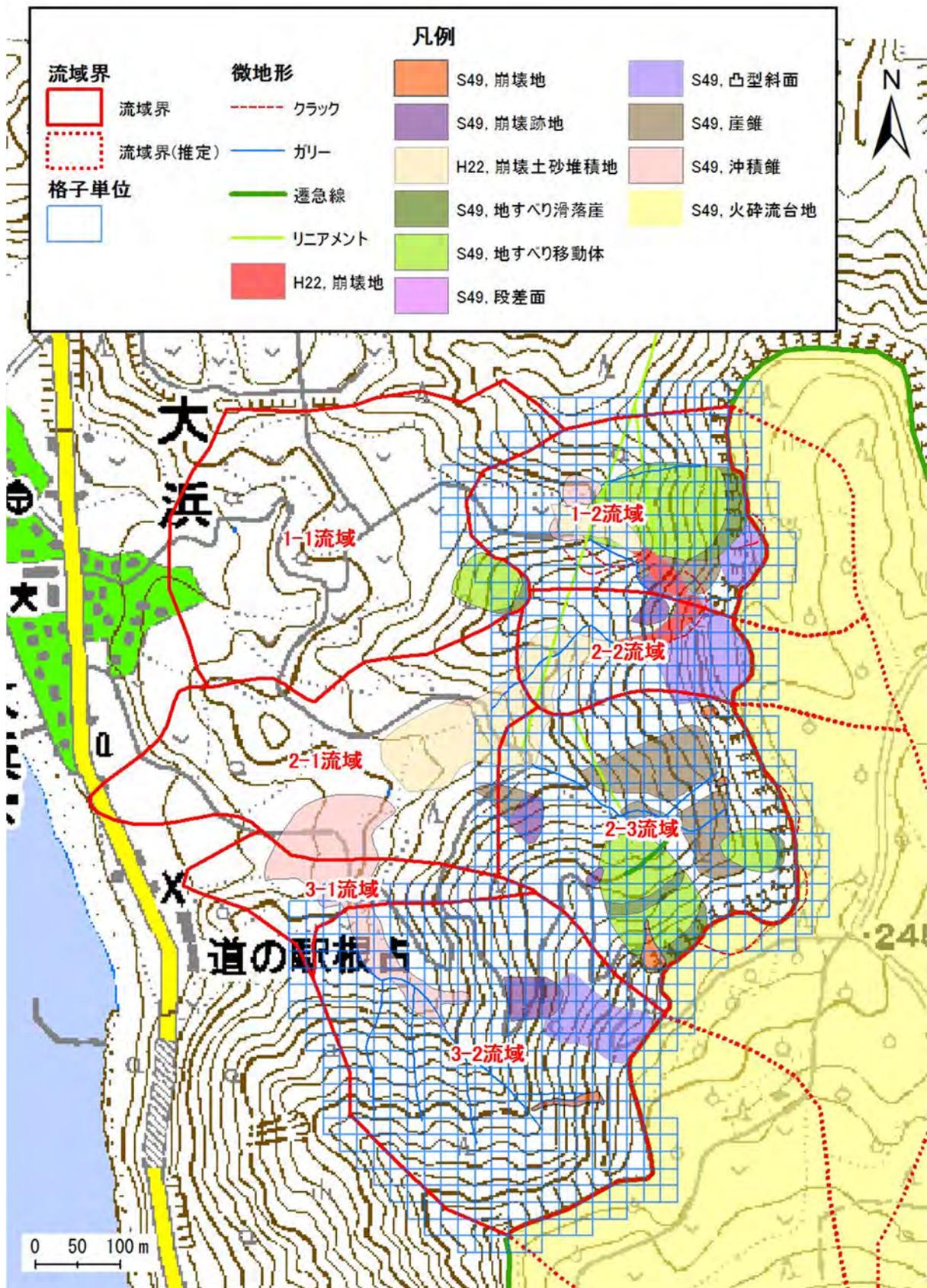
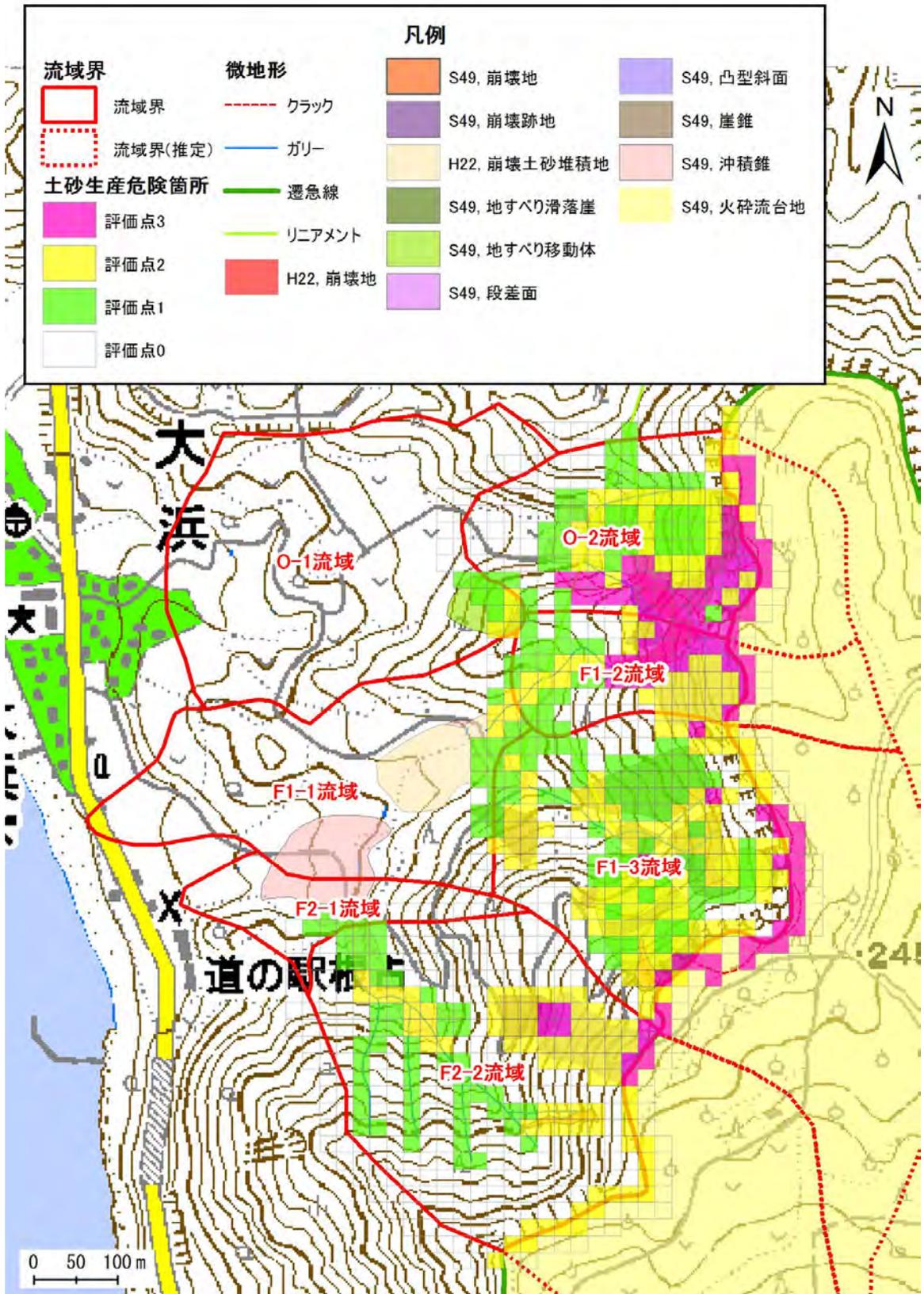


図- 4.26 格子区分



図一 4.27 土砂生産危険箇所

4.7 結論

本検討は、空中写真判読に基づく砂防微地形要素を、土砂生産への影響度を階層構造分析法により客観性を持たせて定量化し、GISを用いて、流域および格子単位での土砂生産ポテンシャル・危険箇所を評価した。この絞り込みの手法・手順により、客観性を有する土砂生産危険箇所（エリア）の可視化を合理的に実施できた。

図-4.28には、平成23年春に発生した崩壊の状況を示す。同図左には土砂生産危険箇所を示すが、青丸で示した箇所においてトップリングが進行した結果、小規模に崩壊が発生したものと推測される。同様の状況は今後も予想されることから降雨によらず崩壊が発生する現象が同地域において懸念される。

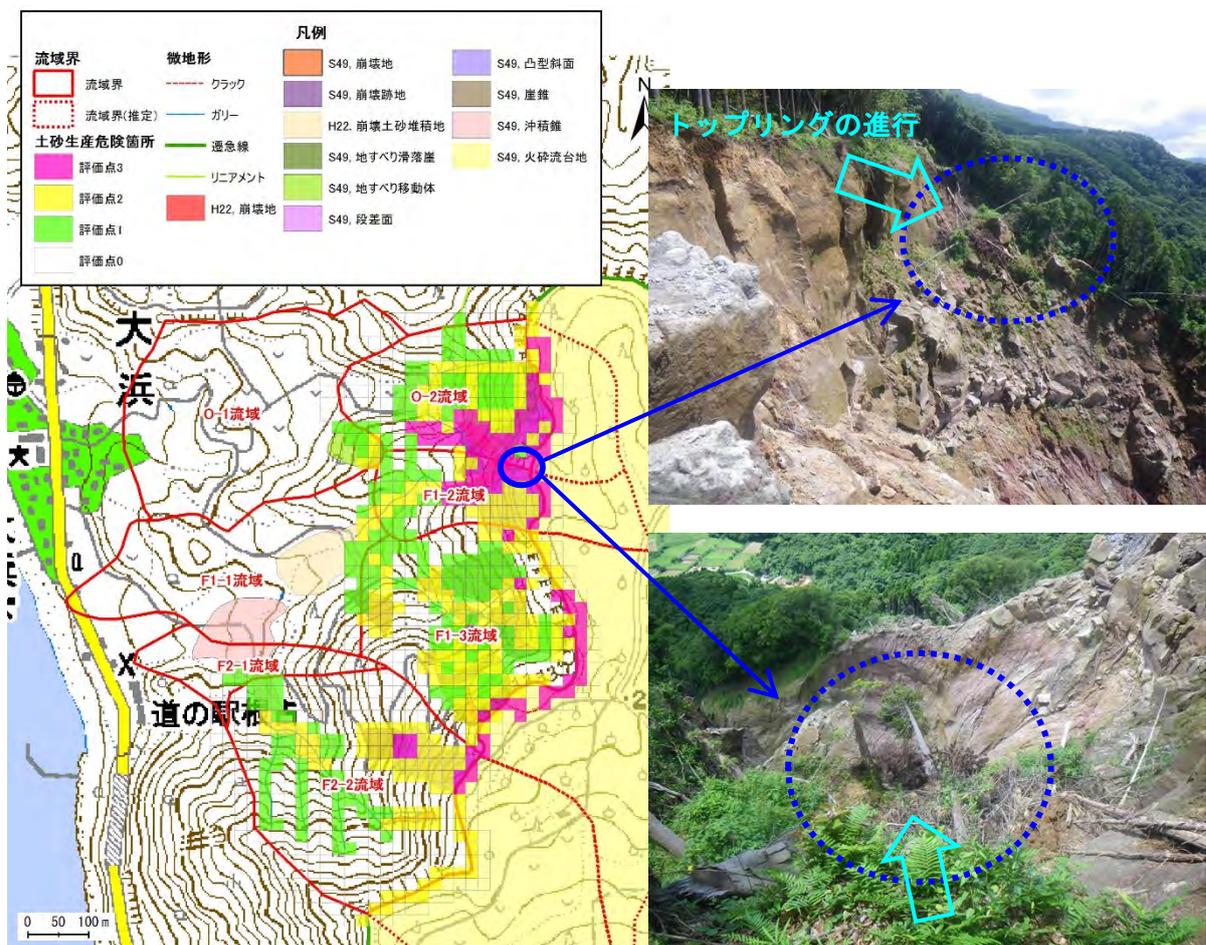


図-4.28 評価の妥当性

相対的な危険箇所が把握できたことは、土石流の警戒避難体制の構築に対して有効と考えられる。具体には1章で述べたように従来の土石流ハザードマップでは土砂災害警戒区域等のみの記載であり、流域特性が抜けていたが、本論で得られた相対的な土砂生産危険箇所を過去の実績や地形要素との関連を元に説明できれば地域住民の土砂災害リスクの理解につながるものと考えられる。

5 総合考察

以上の研究結果を元に総合考察を以下にまとめる。

5.1 土砂災害警戒避難の現状及び課題の把握（第2章）

本論では、市町村防災部局に対して土砂災害警戒避難体制の実態調査を行い、調査結果から主に行政における現状の課題を明らかにし、土砂災害警戒避難体制を構築する両者にとって有効と考えられる情報を考察した。考察をまとめると以下のとおりとなる。

- ① アンケートの回答が得られた北東北の市町村防災部局において、土砂災害警戒避難体制を講じる体制は、知識・人員ともに十分ではない。
- ② 土砂警戒避難体制を講じる上で今後、さらに必要な情報と考えているものとして、土砂災害の予測に関する内容が主体であった。
- ③ 地形・地質といった地域特性に関する情報は十分と認識されていた。しかし土砂災害の実績が少ない地域では、過去の土砂移動現象を示すこれらの情報が重要と考察した。
- ④ ハード対策を主導し、市町村を支援する県（河川砂防関係職員）においても市町村同様、人員・知識など体制が不十分な可能性が示唆された。

以上の検討結果より、土砂災害警戒避難体制を講じる市町村防災部局の防災体制は十分ではないことから、地域住民が自ら能動的に避難行動が可能となるよう地域の土砂災害リスクを常日頃から意識できる情報を提供することが必要と判断した。

降雨に関する情報は、降雨時にのみ発表されることから、常日頃から土砂災害リスクを意識できる情報として地域特性に関する情報の提供をあげ、その一つとして、特に土砂災害実績が少ない地域においては過去の土砂移動現象を示す情報、すなわち地形発達史に着目して検討することが有効と考えた。

5.2 地形発達史からみた土砂移動の分析（第3章、第4章）

国土交通省¹⁾のよる土砂災害ハザードマップにおいて土砂災害の危険性が土砂災害警戒区域等のみであり、その他、住民の自発的な避難行動につながる情報を平常時から提供する必要があると考えた。

また「2 土砂災害警戒避難の現状及び課題」及びその考察を通して、土砂災害が少ない地域において、地形発達史に着目して過去の土砂移動現象推察し「起こりうる現象（想定される現象）」と「災害の起こりやすさ（どこが危険か）」の2つの内容について検討を行った。

地形発達史に着目した場合、長期的な視点（着眼点①）と短期的な視点（着眼点②）による地形発達が想定される。

(着眼点①：長期的地形変化) 現在と同じ環境下，すなわち1万年前以降から現在に至る完新世の地形発達から土砂移動実績をみることにより，対象地域において少なくとも今後，発生する可能性がある土砂移動現象が想定できる可能性がある。

(着眼点②：短期的地形変化) 防災事業において通常想定する50～100年よりも短い期間における地形発達（地形変化）から土砂移動実績をみることにより，対象地域において相対的に土砂移動が生じやすい範囲を把握できる可能性がある。

着眼点①の検討は，平成28年8月の台風第10号に伴う豪雨により甚大な洪水氾濫，土砂災害が発生した岩手県北上山地を対象とした。北上山地は，土砂災害実績が少なく，また周氷河作用を受けた特徴的な地形を呈する地域である。同台風の降雨は，年超過確率300年を超える時間雨量，観測史上最大の日雨量を記録し，土砂移動も多数生じた。降雨実績を考慮した場合，今回発生した土砂移動が相当規模の現象だったのか，地形的な背景や過去の土砂移動現象から考察を加えた。

着眼点②の検討は，平成22年7月の降雨により崩壊・土石流が発生した鹿児島県根占地区を対象とした。鹿児島県根占地区は，阿多カルデラの縁辺部に位置し，カルデラ壁を開析する溪流となっている。溪流の上流域は火砕流台地で平坦面となっており，そこから柱状節理による急崖部を経て下流域にいくにつれ沖積錐による緩斜面が形成されている特徴的な地域である。対象とした溪流では平成2年，平成19年にも平成22年と同様に崩壊に起因した土石流が発生しており，短期間に土砂移動が生じていることから，相対的に土砂移動が生じやすい範囲の想定が可能と考えた。

以上の検討結果を踏まえた考察を以下にまとめる。

【着眼点①：長期的地形変化】

- ① 平成28年8月台風第10号に伴う降雨によって発生した崩壊は，現地調査と赤色立体地図を用いた地形判読結果から崩壊深1m程度の表層崩壊が多数を占め，完新世前期に形成された下位谷頭凹型斜面を作るような大きな地形変化をさせるまで至っていない。
- ② 支川・支溪において，To-Cu火山灰に覆われ，完新世前期に形成されたと推定される大礫を含んだ「土石流段丘」が認められた。土石流段丘を構成する礫は台風第10号の土砂移動の礫に比べて2倍以上大きいものもあり，台風第10号豪雨による土砂移動規模に比べて大きい現象が完新世前期に発生したと考えられる。
- ③ 現状では侵食が及んでいない「その他の斜面」が広く分布していることから，今後，前項で述べた今回の台風豪雨に比べて規模の大きい土砂生産，これに伴う移動現象の発生も想定される。

【着眼点②：短期的地形変化】

- ④ 崩壊した範囲の微地形要素に着目すると、火砕流台地縁辺部の急崖において認められるクラック、凸型斜面、段差面など、相対的に不安定なブロックを示す微地形要素が土砂移動を考える上で重要と考えられた。
- ⑤ 対象流域の微地形分布状況から相対的に土砂移動が生じやすい流域、すなわち土砂生産ポテンシャルが高い流域が示された。
- ⑥ 段差面の規模から対象流域を 20m メッシュに区分し、土砂生産危険箇所を検討した結果、今後土砂生産が生じる可能性が高いメッシュが評価された。

流域の地形発達史に基づき長期的な視点（着眼点①：長期的地形変化）により「起こりうる現象（想定される現象）」を検討した結果、今回生じた降雨規模（年超過確率は 300 年を超える、あるいは観測史上最大を記録）、その降雨に伴い発生した土砂移動現象だけをみて同地域における土砂災害警戒避難体制を講じることは、適切ではない可能性がある。

すなわち、周氷河作用を受けた地形面が現状で広く分布すること、台風第 10 号豪雨に伴う土砂移動よりも規模の大きい土砂移動が過去（現在と同様の環境下）に存在したこと、これは今後、今回以上の土砂移動現象が発生する可能性を示唆している。

次に短期的な視点（着眼点②：短期的地形変化）により「災害の起こりやすさ（どこが危険か）」を検討した結果、複数時期の土砂移動と微地形分布状況から短期的な地形発達を推察し、崩壊（その後の土石流）が発生しやすい微地形要素が特定できた。この微地形要素を元に複数ある流域間の相対的な土砂生産ポテンシャルの高さを流域ごとに評価でき、さらに詳細メッシュで評価して土砂生産危険箇所（ピンポイントで土砂移動が生じやすい箇所の推定）を抽出することができた。

すなわち相対的な土砂移動の生じやすい流域・箇所の評価が可能のため、保全対象を加味すれば災害の起こりやすさの評価に繋がるものと考えられる。

5.3 流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報に関する考察

流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報、土石流のハザードマップと併用する情報の事例を図－ 5.1～図－ 5.4 に 4 事例示す。

図－ 5.1 及び図－ 5.2 は、第 3 章：岩手県北上山地を対象地域として検討した結果を踏まえ、長期的な視点からみた場合、当該地域において発生しうる土石流現象はどのようなものがあるかを数万年前以降、現在に至るまでの地形発達史と平成 28 年 8 月に発生した土石流災害からまとめたものである。

図一 5.3 及び図一 5.4 は、第 4 章：鹿児島県根占地区を対象地域として検討結果を踏まえ、短期的な視点から見た場合、当該地域において相対的に崩壊・土石流が発生しやすい流域はどこか、すなわち土石流災害の可能性を過去複数発生した土石流災害と地形変化（地形発達史）からまとめたものである。

5.3.1 事例 1（図一 5.1）及び事例 2（図一 5.2）

図一 5.1 は、土砂災害ハザードマップと併用、たとえば土砂災害ハザードマップ裏面等に地形発達史から推察される土石流の警戒避難情報を示した図である。図一 5.2 は、土砂災害ハザードマップに併記したものである（図中破線内が既存の土砂災害ハザードマップに今回、土石流の警戒避難情報として追記した内容である）。

氷期の周氷河作用を受けて形成された北上山地の特徴的な地形や構成する表層土の状態を示して、当該地域の地形的特徴についてまず理解されることを意識して表現した。

次に前述した地形発達の中で現在と同じ環境下、すなわち完新世において発生した土石流の実績について説明を加えた。これは、この次に述べる平成 28 年 8 月台風第 10 号に伴う土石流の説明に対するものである。平成 28 年 8 月の台風第 10 号は、時間雨量 300 年超過確率を超える降雨が生じ、この降雨に伴って土石流がいくつかの溪流で発生しているが、φ10cm 未満の小礫による土砂流が多数であった。

降雨規模だけで言えば、平成 28 年台風第 10 号に伴う降雨は 300 年超過確率降雨を超える時間雨量、また土砂移動は土砂流が主体であったが、地形発達の点から見るとこれ以上の土石流も発生していることから今後、土石流の警戒避難を考慮する場合においては、これら 2 つの実績を情報として理解することの重要性を示している。

5.3.2 事例 3（図一 5.3）及び事例 4（図一 5.4）

図一 5.3 は図一 5.1 と同様、土砂災害ハザードマップと併用する案である。また図一 5.4 は図一 5.2 と同様、土砂災害ハザードマップに併記する案である（図中破線内が既存の土砂災害ハザードマップに今回、土石流の警戒避難情報として追記した内容である）。

第 4 章で示したように当該地域は過去 30 年程度の間には複数回の土石流発生実績がある。短期間に複数の土砂移動が発生していることを微地形要素に着目して検討した結果、特定の地形要素が土砂移動に関係している可能性が示唆された。

まず当該地域の地形的特徴を理解してもらうため火砕流台地、台地と錦江湾、人家等の位置関係を代表的な写真で示した。次に過去 30 年程度に発生した土石流災害の状況から繰り返し同じような範囲で崩壊・土石流が発生していることを説明するとともに、その規模がわかるよう土石

流により運搬された石礫の写真も掲載した。最後に崩壊しやすい地形が多数分布する流域を示すために図－ 5.3 では地形図に色分けを示し、図－ 5.4 では既存の土砂災害ハザードマップの流域界を色分けした。

当該地域の素因となる地形的特徴を理解してもらい、さらに近年の土石流実態、そしてこれらの土石流を引き起こした崩壊がどのような地形で発生し、また相対的にどこの流域が崩壊・土石流が発生しやすいのかを端的に示すことで、土石流に対する警戒避難に資する情報とした。

5.3.3 行政における作成・利用についての提案

行政、特に市町村は、1.2.1 で述べたように各種ハザードマップを作成する責務がある。2章では市町村防災部局の防災体制を調査した結果をまとめたが、このうち 2.4.2 (5) では土砂災害防止に関する情報として不足する情報、どのような情報があれば有益か記述式により求めて整理した。「土砂災害の危険性や危険箇所」、「災害実績」等が大半であった。誘因は主に降雨であるものの、どこで発生するのか、発生しやすいのか、危険なのかという情報を求めていることがわかった。

一方、2章の結果からは市町村防災部局における体制や人員、知識不足といった実態も明らかとなった。すなわち土砂災害に関する専門家もおらず、平常時は広範に災害一般を対象として実務を行い、豪雨時には関係部局と連携しながら洪水や道路被害というように他の災害情報にも目を配っている状況であった。

前者のどこが危険か、発生しやすいのか、といった必要情報としては、本論で示した地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難体制に関する情報は有効と考えられる。しかしこれら地形発達史に関する情報については、後者に示すように市町村防災部局の体制が不足している実態から早急に対応することは困難と考えられ、県や国が支援を強化する必要がある。

また市町村防災部局へのアンケート結果の青森県での河川砂防部局の職員研修での説明から、市町村防災部局の実態を把握しているとは言いきれず、県の防災体制も不十分な可能性がある。現状で不足する内容として、市町村防災部局と同様、体制や知識不足をあげる職員が半数を超えていた。これと同様の実状は、他県においても想定される。

以上示した行政の土砂災害警戒避難体制の実状を踏まえた土石流（土砂災害い）ハザードマップの作成・利用についての提案を以下にまとめる。

【行政における作成・利用についての提案】

1. 市町村防災部局の土砂災害警戒避難体制では、人員・知識が現状で十分ではないと考えられることから、土石流（土砂災害）ハザードマップの作成は、外部の専門家や学識

者、建設コンサルタントなどを交えて作成することはやむを得ないと考えられる。作規定の定型的なハザードマップを作成するだけでなく、本論で示したような地域特性（地形発達史）と危険度に関する情報を加味することで、より活用されるハザードマップとなりうる。

2. 市町村は、作成したハザードマップを住民へ配布するだけのものとはせずに、職員研修等において活用することで、地域特性すなわち当該地域の地形の特徴と形成背景の理解を促すことができる。具体的には、郷土の歴史・文化と同様に所管する管内の地形の成り立ちを、職員が知るべき情報と位置づけ、その理解を促す解釈をつけたハザードマップを資料とした研修の開催が考えられる。
3. 地域特性を加味したハザードマップに示される地域内の相対的な土砂災害の危険性を理解し、土砂災害現象が想定できれば、豪雨時等、緊急時におけるパトロールの重点箇所を選定、実践的な警戒避難体制の構築に寄与できる。
4. 市町村に比べて異動が多い県や国の職員については、業務上、所管する範囲の最低限押さえておくべき情報（歴史、文化 etc.）の一つとして土地の成り立ちを理解しておくことは、豪雨時における市町村への支援対応等において有効と考えられる。

5.3.4 地域住民における作成・利用についての提案

井良沢ほか⁴⁾、岩手県において土砂災害ソフト対策の実態を調査した結果、土砂災害ハザードマップの保持・保管状況のレベルは高いが、住民の半数以上が配布された時にのみ閲覧しているという実態から、土砂災害ハザードマップの内容拡充と利用促進を課題にあげている。このように一部事例においても利用実態に課題があることから、平常時におけるハザードマップの利用頻度や理解度は低い可能性がある。平常時における利用は、避難訓練の利用、自主防災組織等における研修等での利用が想定される。

一方、片田ほか⁵⁾が指摘した住民の防災対応が行政に依存する傾向を極力低減するため、「実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会 最終報告書⁶⁾」において実効性のある避難を確保するために取り組むべき施策に挙げられた内容のうち、地区防災計画に基づく警戒避難体制の構築が有効と考えられる。具体的には、地区防災計画の作成や住民自らによるハザードマップの作成が挙げられる。

以上示した土砂災害ハザードマップの利用実態や住民の防災対応意識、近年の土石流災害を踏まえて国が示した施策を踏まえた土石流（土砂災害）ハザードマップの作成・利用についての提案を以下にまとめる。

【住民における作成・利用についての提案】

5. 警戒避難体制構築に有効と考えられる地区防災計画の作成や住民自らが作成する土砂災害ハザードマップ作成時において、本論で示したように、これまで当該地域の地形を作ってきた過去の土砂移動による地形変化、すなわち地形発達史について理解を深めることが有効である。
6. 地形発達史の概説では、専門的用語の使用は避け、図や写真による平易な表現とし、住民の地域特性の理解を促す。この際、「これまで経験したことがないから大丈夫」といった正常化バイアスを回避するための見方として時間軸が長い地形発達史を知ることが有効であることを併せて理解してもらうことが肝要である。
7. 地形発達史を長期的、短期的な時間軸でみることで想定される土石流現象の形態や規模、危険箇所（頻度）について、住民がそのイメージを想像し、住民同士で共有することが重要である。
8. 作成した地区防災計画や土砂災害ハザードマップは、定期的に避難訓練や研修、説明会を実施することによる利用を通してブラッシュアップを図る必要がある。これにより更に実用的なものとなり、住民の土石流災害リスクの認知度向上、もって土石流の警戒避難体制構築に寄与できる。

—北上山地の特徴—

北上山地は数百万年に及ぶ侵食や隆起と今から1万年前まで寒い時期（氷期）が続いたことで区界高原に代表されるなだらかな山がつくられました。古くから高原や牧場として利用されています。山の表面は角ばった小さい石に覆われています。

寒冷な時期（氷期）を経て北上山地ができました。



なだらかな山がひろがる北上山地



山の表面は角ばった小さい石が被覆

後氷期の現在と同じ環境で径1mの巨礫を含む土石流も発生しています。



崩壊地

土石流で
たまった土砂



土石流は1mを超える石

溪流の中でみられる過去に発生した崩壊や土石流

—平成28年8月台風第10号豪雨—

これまで経験をしたことがない雨により土石流やがけ崩れが多く発生しました。また小本川などの河川も氾濫しています。

平成28年8月の台風時には多量の石が流れ出てきました。



今後

—北上山地で予想される土砂災害—

平成28年8月のように小さい石が多量に流れてくることもあれば、1mを超える巨大な石が土石流として流れてくることも予想されます！

図－ 5.1 土石流の警戒避難情報 事例 1

—南大隅町の特徴—

南大隅町の錦江湾沿いは、約11万年前に北西側の鹿児島湾内から噴出した阿多火砕流堆積物により形成された台地が広がっています。現在、この台地はお茶畑などとして利用されています。この台地は上が比較的硬い地質ですが、その下は火山灰など比較的もろい地質からできているため、降雨に伴い、度々崩壊が発生している地域です。



溪流の山手は火砕流台地がひろがっています。 台地と錦江湾の間に人家が密集しています。

—過去におきた土石流災害—

根占地区では、これまで度々、土石流災害が発生しています。以下の写真は、平成19年7月と平成22年7月に発生した土石流が発生した時のものです。



平成19年7月



平成22年7月



2mを超える土石流の石

—崩壊しやすい地形—

過去の土石流災害からみると、以下のような地形で崩壊が多く発生しています。これらの地形を多く有する流域では、崩壊に伴い土石流が発生する可能性が高いと考えられます。



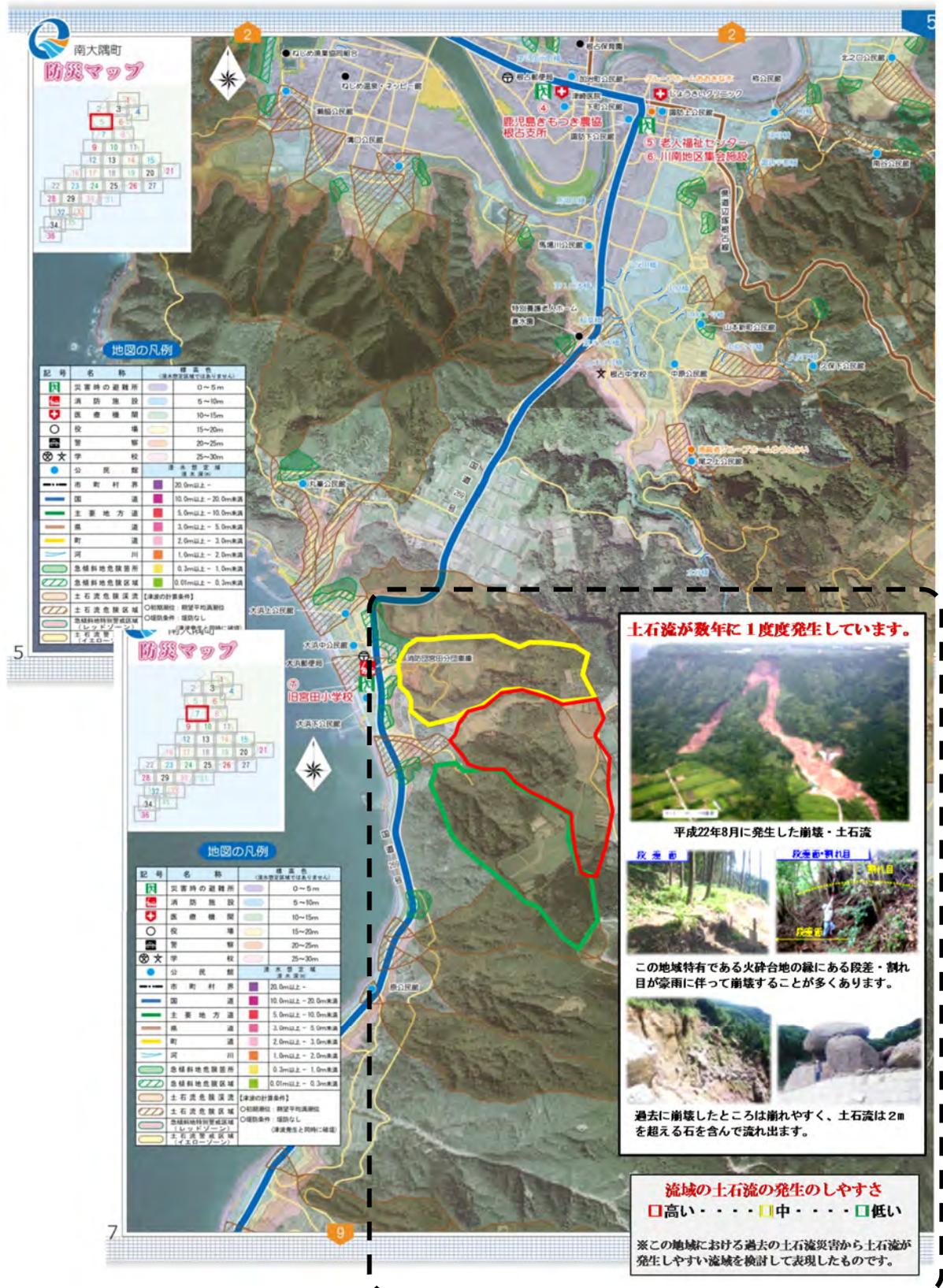
過去の崩壊地が拡大



地表の割れ目・段差面が新規崩壊



図一 5.3 土石流の警戒避難情報 事例3



図一 5.4 土石流の警戒避難情報 事例4 (南大隅町³⁾を編集・加筆)

5.4 地形学分野におけるアウトリーチ

本研究では、微地形解析やその結果から得られる考察を土砂災害のソフト対策、すなわち市町村を主体とする行政や地域住民の警戒避難体制構築に活用することを考えた。内容は、土砂災害のソフト対策へ地形学分野における地形発達史を応用したものであるが、裏を返して言えば、専門的な地形学の解析結果やその考察を非専門家である地域住民へ平易にわかりやすい表現を持って理解を促そうとしたものである。これは地形学分野におけるアウトリーチ活動としても解釈でき、学術分野の実社会への応用と考えることができる。

具体的には第3章においては、最終氷期以降の地形発達史、過去の土砂移動と現在の土砂移動を対比することで土砂災害をもたらした平成28年8月台風第10号の土砂移動の位置づけを明らかにし、さらに今後想定される現象を行政や地域住民が利用する土石流（土砂災害）ハザードマップとして表現した。

また第4章では、これまで熟練技術者が空中写真判読により地形を判読し、考察を加えて定性的に評価してきた地形発達や危険度評価の見える化を試みた。判読結果に基づく評価をベースとした階層構造分析法（AHP法）とGIS解析により、土砂生産ポテンシャルが高い流域の抽出やその中でも特に土砂生産が生じやすい箇所を色別に区分して表現した。

6 おわりに

近年の土砂災害被災実態からは、土砂災害リスクに対する認知度が低く、有事においても避難行動を行わない住民の多いことが明らかとなっている。このような実態も踏まえ、本研究では、避難行動を促すためのソフト対策、とくに「土石流の警戒避難に有効と考えられる情報」について検討した。

まず、警戒避難を主導する市町村防災部局の実態について土砂災害実績が少ない北東北3県の市町村を対象にアンケート調査し、課題の抽出及び土砂災害警戒避難にかかる各種情報のうち、何が十分であり、何が不十分か、また今後どのような情報が必要か、を把握した。次に、住民が保有している点において身近な土砂災害ハザードマップを利用する上で、過去の土砂移動現象を表わす地形発達史を土石流の警戒避難情報の一つとして用いることを、岩手県北上山地及び鹿児島県根占地区における災害事例の分析により検討した。

以下に本研究で得られた知見をまとめる。

(1) 土砂災害警戒避難の現状及び課題の把握

- ・ 地域住民の自発的な避難行動を促すためには、土砂災害リスクを平常時から意識できる情報を提供する必要があるが、地方行政の土砂災害警戒避難体制の実態としては、人員や知識など不十分であることが明らかとなった。
- ・ 我が国における地域住民の防災体制については行政依存が指摘されているが、行政の体制不足を考慮すれば、地域住民自ら避難行動にうつせる情報が必要であり、既存の降雨予測等に関する情報以外で、地域特性に関する情報を平常時から持つことが有効と考えられた。

(2) 地形発達史からみた土砂移動の分析

- ・ 地域特性として、地形発達史を長期的視点「起こりうる現象（想定される現象）」と短期的視点「災害の起こりやすさ（どこが危険か）」の両面で警戒避難情報として活用できることを示した。
- ・ 長期的視点では、氷期の周氷河作用をうけて斜面が形成され土砂災害実績が少なかった岩手県北上山地において、平成28年8月台風第10号豪雨により多数の土石流が生じたことから、これを研究対象とした。航空レーザ計測データから作成された赤色立体地図判読と現地調査から崩壊発生域の状況を確認するとともに、山地流域を構成する7種類の地形要素に分類した。各地形要素に占める崩壊地の占有率は、高い順に「下位谷頭凹型斜面及びそれに連なる遷急線下方斜面」、「埋積谷」、「その他の斜面」であった。また、台風豪雨では深さ約1m程度の崩壊が大半であり、完新世前期に形成された事例の多い下位谷頭凹型斜面を新たに

形成するような大きな地形変化は生じなかった。一方で、台風豪雨に伴う土石流と完新世前期のものを構成する礫径で比較した結果、後者で土砂移動規模が大きかったことがわかった。

- ・ 短期的視点では、過去数十年間に複数の土砂移動実績があり、平成 22 年 7 月豪雨で深層崩壊に伴う土石流が発生した鹿児島県根占地区での土石流災害を研究対象とした。過去 2 時期の微地形判読と階層構造分析法、GIS を用いた解析により、対象地域において崩壊しやすい地形要素（崩壊地、凸型斜面、段差面、クラック）が特定された。これらの地形要素の分布状況から、流域の土砂生産ポテンシャル評価、その中での土砂生産危険箇所の抽出ができた。これにより、対象地域における流域ごとの相対的な土石流の発生しやすさの差が示された。

(3) 流域の地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報に関する考察

- ・ 2つの災害事例の検討結果を踏まえ、既存の土砂災害ハザードマップと併用または併記するかたちで地形発達史を取り入れた土石流の警戒避難情報を提案した。
- ・ 北上山地での検討結果を踏まえ、最終氷期以降の土砂移動と平成 28 年 8 月台風第 10 号に伴う土砂移動から、当該地域の地形形成過程と台風第 10 号を上回る規模の土石流が想定されることを示した。
- ・ 鹿児島県での検討結果を踏まえ、当該地域において崩壊しやすい地形の特徴、流域ごとの相対的な土石流の発生しやすさを可視化する形で示した。
- ・ 行政（主に市町村）においては人員・知識不足等があることから、これらの情報を加味した土砂災害ハザードマップ、すなわち対象流域の地形の成り立ちの理解を促す説明を付したハザードマップを作成し研修等で利用することを提案した。
- ・ 地域住民においては、地区防災計画の作成や住民自らが作成する土砂災害ハザードマップで過去の土砂移動による地形変化（地形発達史）について理解を深めることが警戒避難に有効であり、避難訓練や研修等で利用することを提案した。

(4) 今後の課題

我が国では、土砂災害防止法に基づく基礎調査及び土砂災害警戒区域等の指定が進められてきており、土砂災害の恐れのある範囲を周知する目的で全国統一した調査の考え方により指定されている。しかし、本論で示したように、地域によってまた流域ごとに過去の土砂移動を反映した地形発達に差異が認められる。このことから今後は、地域特性である地形発達史に着目した情報を盛り込んで住民へ説明し、避難訓練等でも活用することが必要と考えられる。

本論では情報の内容に主眼をおいて述べたが、情報提供のあり方については表現方法、配布・説明方法等検討する余地があることから今後の課題としたい。

謝 辞

本論文をとりまとめるにあたり、着想から完成まで檜垣大助 前弘前大学農学生命科学部教授（現 弘前大学名誉教授、日本工営株式会社 理事・技師長）には多くの助言をいただきました。特に北上山地での現地調査では、同山地の地形発達過程や地形と示標テフラとの関係について多大なご指導をいただきました。私が平成 15～17 年に修士課程で檜垣教授の研究室に在籍したときから常に地形学的な現地の見方をご教示いただき、博士過程では更に踏み込んだ地形と防災の話ができたことは、自身にとって今後の実務に活かせる有意義な経験となりました。地形学を土砂災害防止の実務レベルへ応用させていく論文としてとりまとめることができたのは、両方の知識を有する檜垣教授のおかげだと改めて感じています。本当にありがとうございました。

弘前大学農学生命科学部 森洋 教授には、檜垣 前教授の退官後、主指導教員として、論文取りまとめについて助言をいただきました。岩手大学農学部 井良沢道也 教授には研究遂行に必須となる基礎データの収集にご協力いただき、また現地調査への同行、論文取りまとめについて多くの意見をいただきました。弘前大学農学生命科学部 鄒青穎 助教には現地調査への同行、論文取りまとめにあたっての基本的事項について助言をいただきました。山形大学農学部 奥山武彦 教授には博士論文取りまとめにあたり有益な意見をいただきました。

皆様からのご意見、助言のおかげで博士論文を改善でき、とりまとめることができました。ここに記して感謝申し上げます。

前職の砂防エンジニアリング株式会社では、大石道夫 博士をはじめ先輩技術者の皆様から現場の歩き方や微地形に基づく砂防計画の立案など、砂防に関わる数多くのご指導を頂きました。この経験が、私の今の礎となっています。ありがとうございます。

現所属の青森県県土整備部、地域整備部の関係各位には進学・在学にあたりご理解をいただきました。特に、福士祐治 元河川砂防課長、大崎順一 元砂防グループマネージャー、村田尚樹 元砂防グループサブマネージャーには受験を承諾いただき、激励の言葉をいただきました。ありがとうございました。

最後に、博士課程への進学を後押ししてくれ、いつも笑顔で元気をくれた妻：まゆみ、長男：悠太郎、次男：賢仁郎、三男：壮三郎のおかげで前向きに研究を進めることができました。有意義で充実した時間をくれたことについて、感謝します。本当にありがとう。

引用文献

－ 1 章－

- 1) 国土交通省 (2017) : 平成 29 年に発生した土砂災害 ,
<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h29dosha/H29dosyasaigai.pdf> (参照日 2018 年 7 月 14 日) .
- 2) 三浦清・阿南修司・藤本睦・新見健・植田哲司・岡村護 (1999) : 1999. 6. 29 広島・呉土砂災害速報 花崗岩地域における土砂災害, 応用地質, Vol. 40, No. 50, pp. 316-321.
- 3) 国土交通省 (2010) : 国土交通省 HP 土砂災害危険箇所の整備状況 (平成 21 年度末) ,
http://www.mlit.go.jp/river/sabo/taisaku_syojoho/kikenkasyo_seibijokyo.pdf (参照日 2019 年 5 月 23 日) .
- 4) 八木寿明 (2007) : 土砂災害の防止と土地利用規制, 国立国会図書館レファレンス,
Vol. 57, No. 7, pp. 21-38.
- 5) 国土交通省 (2019) : 実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会 最終報告書, http://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_jikkousei.html (参照日 : 2019 年 6 月 10 日) .
- 6) 片田敏孝・木下猛・金井昌信 : 住民の防災対応に関する行政依存意識が防災活動に与える影響, 災害情報, No. 9, p. 114-126, 2011.
- 7) 佐藤丈晴・中島翔吾 (2014) : 前期降雨のない集中豪雨に対する警戒避難の対応—2013 年 8 月岡山県の被災事例より—, 砂防学会誌, Vol. 67, No. 2, pp. 28-32.
- 8) 富田陽子・秋山怜子・岡本敦 (2013) : 「土砂災害警戒情報」及び「土砂災害警戒情報を補足する情報」の運用実態, 砂防学会誌, Vol. 66, No. 1, p. 53-57.
- 9) 金俊之・工藤富雄・宮下義史・鹿内修・佐々木大輔 (2015) 県内市町村防災部局を対象とした土砂災害警戒体制に関する調査報告, 平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集 A, pp. 56-57.
- 10) 菊井稔宏・佐野寿聰 (2008) : 土砂災害における住民等の意識と警戒避難対応について, 砂防学会誌, Vol. 60, No. 6, pp. 48-51.
- 11) 河合水城・亀江幸二・井上公夫・伊藤仁志・光永健男・安齋徳夫・守谷武史・渡辺正彦 (2017) : 土砂災害に対する地域防災力向上に関する提案, 砂防学会誌, Vol. 69, No. 6, pp. 56-60.
- 12) 海堀正博 (2017) : 防災は住民の協力無しにはあり得ない—砂防における古くて新しい課題—, 砂防学会誌, Vol. 69, No. 6, pp. 2-3.

- 13) 海堀正博・石川芳治・里深好文・松村和樹・中谷加奈・長谷川祐治・松本直樹・高原晃宙・福塚康三郎・吉野弘祐・長野英次・福田真・中野陽子・島田徹・堀大一郎・西川友章（2014）：2014年8月20日に広島市で発生した集中豪雨に伴う土砂災害，砂防学会誌，Vol. 67，No. 4，pp. 49-59.
- 14) 井良沢道也・佐藤宏幸・中村和作・伊藤綾乃・菅原明祥・山田谷聡太・長谷川亮太（2015）：岩手県における土砂災害対策の推進に係わるソフト対策の実態調査，第64回平成27年度砂防学会研究発表会概要集，pp. A4-A5.
- 15) 国土交通省：国土交通省 HP 土砂災害防止法（土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律），<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/linksinpou.htm>（参照日 2019年3月23日）.
- 16) 国土交通省砂防部（2005）：土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説（案）.
- 17) （社）砂防学会（2004）：改訂砂防用語集，山海堂，432p.
- 18) ハザードマップ編集小委員会編著（2005）：ハザードマップーその作成と利用ー，日本測量協会，234p.
- 19) 弘前市役所（2010）：弘前市 HP 土砂災害ハザードマップ（弘前市百沢地区），<http://www.city.hirosaki.aomori.jp/kurashi/kinkyu/iwaki10.pdf>（参照日 2016年2月23日）.
- 20) 鈴木隆介（2000）：建設技術者のための地形図読図入門 第1～3巻，古今書院.
- 21) 大石道夫（2014）：微地形砂防の実際：微地形判読から砂防計画まで，鹿島出版会，287p.
- 22) 田村俊和（1996）：微地形分類と地形発達ー谷頭部斜面を中心にー，水文地形学（恩田裕一・奥西一夫・飯田智之・辻村真貴編），古今書院，pp. 177-189.
- 23) 八木浩司・檜垣大助・（社）日本地すべり学会 堀絵師 14年度第三系分布域の地すべり危険箇所調査手法に関する検討委員会（2008）：空中写真判読と AHP 法を用いた地すべり地形再活動危険度評価手法の開発と阿賀野川中流域への適用，日本地すべり学会，Vol. 45，No. 5，pp. 358-366.
- 24) 尾崎順一・前海真司・金俊之・檜垣大助・鈴木啓介・櫻田勉・佐藤徹志（2011）：八幡平山系流域における AHP 法を用いた大規模な土砂生産場の評価，平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 90-91.
- 25) 坂井佑介・木下篤彦・柏原佳明・梶原あずさ・小川紀一郎（2012）：航空レーザ計測データを用いた流木発生箇所の特徴，砂防学会誌，Vol. 65，No. 3，pp. 47-51.
- 26) 土木研究所（2008）：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案），土木研究所資料，第 4115 号.

- 27) アジア航測株式会社 (2017) : 赤色立体地図 RRIM10_2016, <https://www.rrim.jp/> (参照日 2018年8月12日) .
- 28) 国土交通省 (2014) : 土砂災害対策の強化に向けた検討会ハード対策分科会 (第1回) (平成26年2月7日) 討議資料, http://www.mlit.go.jp/river/sabo/dosya_kyouka.html (参照日 : 2019年3月15日) .
- 29) 気象庁 : 気象庁 HP , https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/ame_chuui/ame_chuui_p8.html (参照日 : 2019年3月15日) .
- 30) 増田聡・村山良之 (2001) : 地方自治体における防災対策と都市計画, 地学雑誌, Vol. 110, No. 6, pp. 980-990.
- 31) 国土交通省河川局 (2005) : 国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編, 国土交通省河川局監修・日本河川協会編, 山海堂, 230p.
- 32) (一財) 砂防・地すべり技術センター : 土砂災害の実態, 昭和57年～平成26年.

－ 2 章 －

- 1) 国土交通省砂防部 (2015) : 土砂災害警戒避難ガイドライン.
- 2) (一財) 砂防・地すべり技術センター : 土砂災害の実態, 昭和57年～平成26年.
- 3) 道淵梯之助 (1976) : 岩木山蔵助沢土石流の概要, 新砂防, Vol. 29, No. 2, pp. 26-43.
- 4) 井良沢道也・牛山素行・川邊洋・藤田正治・里深好文・檜垣大助・内田太郎・池田暁彦 (2008) : 平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震により発生した土砂災害について, 砂防学会誌, Vol. 61, No. 3, pp. 37-46.
- 5) 井良沢道也・檜垣大助・伊藤英之・蒲原潤一・丹羽論・堀和彦・鈴木立男・山科真一・三嶋昭二 (2014) : 2013年7月下旬及び8月9日豪雨により東北地方で発生した土砂災害, 砂防学会誌, Vol. 66, No. 5, pp. 53-60.
- 6) 気象庁 (2007) : 平成18年度防災気象情報の満足度に関する調査報告書 平成19年3月, 72pp.
- 7) 金俊之・工藤富雄・宮下義史・鹿内修・佐々木大輔 (2015) : 県内市町村防災部局を対象とした土砂災害警戒体制に関する調査報告, 平成27年度砂防学会研究発表会概要集A, pp. 56-57.
- 8) 榎村康史 (2012) : 洪水ハザードマップの住民認知・理解向上に向けた改善に関する研究, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5, pp. 103-110.
- 9) 松村和樹・中筋章人・井上公夫 (1988) : 土砂災害調査マニュアル, 鹿島出版会, 253pp.

- 10) 遠藤浩子・大八木規夫 (2000) : 鹿児島県出水市における 1997 年針原崩壊の地形的特徴, 財団法人深田地質研究所年報 1, pp. 73-96.
- 11) 国土交通省砂防部 (2005) : 土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説 (案) .
- 12) 中筋章人 (2005) : なぜ「土砂災害ハザードマップ」はできないのか, 応用地質, Vol. 46, No. 5, pp. 250-255.
- 13) 総務省 (2016) : 平成 28 年地方公共団体定員管理調査結果.
- 14) 片田敏孝・木下猛・金井昌信 (2011) : 住民の防災対応に関する行政依存意識が防災活動に与える影響, 災害情報, No. 9, pp. 114-126.
- 15) 金俊之・上大田孝成・四元俊彦・上木崎涼一・中濃耕司・井上享郁 (2012) : 砂防微地形を用いた土砂生産危険箇所の抽出手法, 第 61 回平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 320-321.

－ 3 章 －

- 1) 盛岡地方气象台 (2016) : 岩手県災害時気象資料 平成 28 年台風第 10 号による大雨と暴風, 波浪 (平成 28 年 8 月 29 日～31 日), 平成 28 年 9 月 2 日, 26p.
- 2) 国立研究開発法人土木研究所水災害研究グループ (2016) : 平成 28 年 8 月台風 10 号豪雨による岩手県小本川洪水災害調査報告, 土木研究所資料, 第 4384 号, 80p.
- 3) 国土交通省砂防部 (2016) : 台風第 10 号による土砂災害発生状況, http://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/h28.dosha/161003%20900_taiфуu10gouniyorudosyasaigai.p (参照日 2018 年 7 月 14 日) .
- 4) 大河原正文 (2016) : 台風 10 号により岩泉町で発生した地盤災害の調査速報, 平成 28 年台風 10 号災害緊急調査報告会, 平成 28 年 10 月 15 日, 岩手大学地域防災研究センター.
- 5) 国土地理院 (2016) : 平成 28 年台風第 10 号に関する情報, 平成 28 年台風第 10 号 小本川 (岩手県岩泉町) (9/7 撮影), <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H28.taiфуu10gou.html> (参照日 2018 年 7 月 14 日) .
- 6) 井良沢道也・檜垣大助・小岩直人・高橋未央・岡本隆・安野雅満・多田信之・中島達也・新井瑞穂・落合達也・笠原亮一・齋藤彰朗・佐藤聡・広瀬伸二・講武学・佐藤達也・大坪俊介・真壁さくら (2017) : 2016 年 8 月 30 日台風 10 号による岩手県岩泉町及び宮古市における土砂災害, 砂防学会誌, Vol. 69, No. 6, pp. 71-79.
- 7) 岡本隆・阿部俊夫・大丸裕武・岡田康彦 (2017) : 平成 28 年台風第 10 号豪雨により岩手県内で発生した土砂災害の要因に関する検討, 東北森林科学会誌, Vol. 22, No. 2, pp. 43-48.

- 8) 檜垣大助 (1987) : 北上山地中部の斜面物質移動期と斜面形成, 第四紀研究, Vol. 26, No. 1, pp. 27-45.
- 9) 田村俊和 (1997) ならかな山地の形成とそこでの暮らし-北上山地と阿武隈山地-日本の自然, 地域編 2 東北 (小島圭二・田村俊和・菊池多賀夫・境田清隆編), pp. 72-91.
- 10) 川村寿郎・内野隆之・川村信人・吉田孝紀・中川満・永田秀尚 (2013) : 早池峰山地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査総合センター, 101p.
- 11) 国土交通省国土政策局国土情報課 : 国土数値情報 (統一フォーマット (SHP・GML)) 谷密度メッシュデータ.
- 12) 鈴木隆介 (1997~2000) : 建設技術者のための地形図読図入門 1~3 巻 (第 3 章, 第 11 章, 第 13 章, 第 14 章, 第 15 章, 第 17 章), 古今書院, 942p.
- 13) 吉田尚・大沢あつし・片田正人・中井順二 (1984) : 20 万分の 1 地質図幅 盛岡, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 14) 滝澤雅之・井良沢道也・菊地克典・新井瑞穂・落合達也・中島達也・(公社) 砂防学会東北支部台風 10 号による土砂災害緊急調査団 (2017) : 2016 年台風 10 号による土砂災害における土砂流出の実態, 第 66 回平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 700-701.
- 15) 渡辺智・鈴木篤・山下久美子・高橋研二・宇野沢剛 (2017) : 2016 年 8 月台風 10 号により発生した岩手岩泉地区土砂災害の特徴, 第 66 回平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 702-703.
- 16) 岩手県県土整備部河川課 : 2016 年災害後計測の航空レーザ計測データ及び赤色立体地図 (未公表) .
- 17) 国立研究開発法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム (2016) : 深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究 平成 28 年 3 月, 土木研究所資料, 第 4333 号, 参考資料 2, pp. 参考 1-参考-37.
- 18) 高山陶子・濱田耕平・花井健太・織田和夫・角田里美 (2018) : ディープラーニングと赤色立体地図を用いた微地形自動判読手法の検討, 第 67 回平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 697-698.
- 19) 田村俊和 (1996) : 微地形分類と地形発達-谷頭部斜面を中心に-, 水文地形学 (恩田裕一・奥西一夫・飯田智之・辻村真貴編), 古今書院, pp. 177-189.
- 20) 大石道夫 (1985) : 目でみる山地防災のための微地形判読, 鹿島出版会, 267p.
- 21) 羽田野誠一 (1974) : 崩壊性地形 (その 1), (最近の地形学 8)。土と基礎, Vol. 22, No. 9, pp. 77-84.

- 22) 羽田野誠一（1974）：崩壊性地形（その 2），（最近の地形学 8）。土と基礎, Vol. 22, No. 11, pp. 85-93.
- 23) 羽田野誠一（1979）：後氷期開析地形分類図の作成と地くずれ発生箇所の予察法，第 28 回昭和 54 年度砂防学会研究発表会要旨集, pp. 16-17.
- 24) 大上和良・土井宣夫（1978）：北部北上低地帯の鮮新-更新両統の層序について，岩手大学工学部研究報告, 31, pp. 63-79.
- 25) Higaki, D (1992) : History of Morphogenetic Environments of the Kitakami Mountains, Northeast Japan, in the Last Quaternary, The science reports of the Tohoku University. 7th series, Geography, Vol. 42, No. 2, pp. 129-162.
- 26) 早田勉・八木浩司（1991）：東北地方の第四紀テフラ研究，第四紀研究, Vol. 30, No5, pp. 369-378.
- 27) 町田洋・新井房夫・小田静夫・遠藤邦彦・杉原重夫（1984）：テフラと日本考古学—考古学研究と関係するテフラのカタログ—，古文化財編集委員会編「古文化財に関する保存科学と人文・自然科学」，pp. 865-928.
- 28) 菊池強一・檜垣大助・吉永秀一郎（1981）：北上山地東部に分布する縄文前期火山灰層について，1980 年東北地理学会学術大会発表要旨，東北地理, Vol. 33, No, 57, pp. 57-58.
- 29) 岩泉町（1971）：教育委員会竜泉洞新洞遺跡発掘調査報告，岩手県岩泉町文化財調査報告，第 2 集，pp. 1-80.
- 30) 町田洋（1977）：火山灰は語る，蒼樹書房，324p.
- 31) 建設省河川局砂防部砂防課（1999）：土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領（案），平成 11 年 4 月，p. 17.
- 32) 田村俊和（2004）気候地形発達史研究における「斜面不安定期」の概念，季刊地理学, Vol. 56, No. 2, pp. 67-80.

— 4 章 —

- 1) 大石道夫（2014）：微地形砂防の実際：微地形判読から砂防計画まで，鹿島出版会，287p.
- 2) 土木研究所（2008）：深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル（案），土木研究所資料，第 4115 号.
- 3) 八木浩司・檜垣大助・（社）日本地すべり学会堀絵師 14 年度第三系分布域の地すべり危険箇所調査手法に関する検討委員会（2008）：空中写真判読と AHP 法を用いた地すべり地形再活動危険度評価手法の開発と阿賀野川中流域への適用，日本地すべり学会，Vol. 45, No. 5, pp. 358-366.

- 4) 尾崎順一・前海眞司・金俊之・檜垣大助・鈴木啓介・櫻田勉・佐藤徹志 (2011) : 八幡平山系流域における AHP 法を用いた大規模な土砂生産場の評価, 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 90-91.
- 5) 鹿児島県土木部砂防課・(財)鹿児島県建設技術センター (2008) : 砂防メールかごつま, 第 9 号, 4p.
- 6) 下川悦郎・小山内信智・武澤永純・地頭菌隆・寺本行芳・権田豊 (2010) : 2010 年 (平成 22 年) 7 月鹿児島県南大隅町で発生した連続土石流災害, 砂防学会誌, Vol. 63, No. 3, pp. 50-53.
- 7) 鳥田英司・古閑美津久・前川哲志・堀川毅信・伊藤仁志・小川和久・北菌哲也・門前信一 (2011) : 時系列航空写真による深層崩壊の発生状況に関する一考察-船石川土石流災害より-, 第 60 回平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 378-379.
- 8) 川辺禎久・阪口圭一・斎藤真・駒沢正夫・山崎俊嗣 (2004) : 20 万分の 1 地質図幅「開聞岳及び黒島の一部」, 地質図幅, 1:200,000 産業技術総合研究所 地質調査総合センター.
- 9) 産業技術総合研究所 : 産総研地質調査総合センター HP , <https://www.gsj.jp/hazards/landslide/kagoshima.html> (参照日 : 2019 年 5 月 23 日) .
- 10) 国土交通省国土技術政策総合研究所 (2010) : 南大隅町土石流災害調査概要, http://www.nilim.go.jp/lab/rbg/saigai_info/1007kagoshima/100709reprt.pdf (参照日 : 2019 年 3 月 15 日)
- 11) 鹿児島県 : ホームページ 平成 19 年 梅雨前線豪雨及び台風 4 号に伴う大隅地方土砂災害, <http://www.pref.kagoshima.jp/ah08/bosai/dosya/saigai/documents/escdoshapanf1.pdf>, <http://www.pref.kagoshima.jp/ah08/bosai/dosya/saigai/documents/escdoshapanf3.pdf> (参照日 : 2019 年 3 月 15 日) .
- 12) 地頭菌隆 (2011) : 鹿児島県で発生した土砂災害と崩壊発生予測の研究, 鹿児島県平成 23 年度道路防災に関する技術講習会資料, 38p.
- 13) 国土情報ウェブマッピングシステム : <http://w3land.mlit.go.jp/WebGIS/index.html> (参照日 : 2011 年 11 月 20 日) .
- 14) 鹿児島県 : 災害関連緊急砂防測量設計委託 (根占山本地区) 平成 22 年 7 月 6 日 撮影成果 1 : 8,000 航空写真画像, 未公表
- 15) 武田裕幸・今村遼平 (1979) : 建設技術者のための空中写真判読, 共立出版, 219p.
- 16) 千木良雅弘 (2006) : 地すべり・崩壊の発生場所予測-地質と地形からみた技術の現状と今後の展開-, 土木学会論文集 C, Vol. 62, No. 4, pp. 722-735.
- 17) 塚本吉則 (1973) : 侵食谷の発達様式に関する研究 (I) , 豪雨型山崩れと谷の成長との関

係についての一つの考え方, 新砂防, Vol. 25, No. 4, pp. 4-13.

－ 5 章 －

- 1) 国土交通省砂防部 (2005) : 土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説 (案) .
- 2) 宮古市 : 宮古市ホームページ宮古市総合防災ハザードマップ ,
http://www.city.miyako.iwate.jp/kikikanri/miyako_hazardmap.html (参照日 : 2019 年 3 月 15 日) .
- 3) 南大隅町 : 南大隅町ホームページ防災マップ ,
<https://www.town.minamiosumi.lg.jp/soumu/kurashi/bosai/bosai/saigaitaisaku/bosai-map.html> (参照日 : 2019 年 6 月 4 日) .
- 4) 井良沢道也・佐藤宏幸・中村和作・伊藤綾乃・菅原明祥・山田谷聡太・長谷川亮太 (2015) : 岩手県における土砂災害対策の推進に係わるソフト対策の実態調査, 第 64 回平成 27 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. A4-A5.
- 5) 片田敏孝・木下猛・金井昌信 (2011) : 住民の防災対応に関する行政依存意識が防災活動に与える影響, 災害情報, No. 9, pp. 114-126.
- 6) 国土交通省 (2019) : 実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会 最終報告書, http://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_jikkousei.html (参照日 : 2019 年 6 月 10 日) .

公表論文等

【論文（査読有）】

金俊之・檜垣大助（2019）：地形的背景からみた岩手県北上山地における平成 28 年 8 月台風第 10 号豪雨の土砂移動，日本地すべり学会誌，Vol. 56，No. 3，pp. 104-114.

（2019 年 8 月 13 日付け （公社）日本地すべり学会 編集出版部長 転載許可済）

【研究ノート（査読有）】

金俊之・檜垣大助（2017）：市町村へのアンケート結果からみた防災部局の土砂災害警戒避難体制の実態と課題について，砂防学会誌，Vol. 70，No. 4，pp. 18-25.

（令和元年 8 月 19 日付け （公社）砂防学会 砂防学会誌編集委員長 権田豊 転載許可済）

【口頭発表】

金俊之・檜垣大助（2017）：流域の地形発達状況から考察される平成 28 年 8 月台風第 10 号による岩手県宮古市での土砂移動現象について，第 55 回（公社）日本地すべり学会研究発表会講演集，pp. 131-132.

金俊之・檜垣大助（2018）：岩手県北上山地の小本川・閉伊川支川の土石流段丘からみた完新世前期の土砂移動（2018 年度東北地理学会秋季学術大会），季刊地理学，Vol. 71，No. 1，pp. 20-21.

【口頭発表（参考）】

金俊之・上大田孝成・四元俊彦・上木崎涼一・中濃耕司・井上享郁（2012）：砂防微地形を用いた土砂生産危険箇所の抽出手法，第 61 回平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 320-321.