

地形・地質特性からみた 深層崩壊発生溪流の抽出手法の提案

PROPOSAL OF EXTRACTION METHOD OF DEEP COLLAPSE IN MOUNTAIN STREAM BASED ON TOPOGRAPHIC AND GEOLOGICAL FEATURES

酒井直樹¹・鈴木隆司²・栗原淳一³

Naoki SAKAI, Ryuji SUZUKI, Junnichi KURIHARA,

¹独立行政法人 土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム 研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6, E-mail: n-sakai@pwri.go.jp)

²独立行政法人 土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム 交流研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6, E-mail: rsuzuk44@pwri.go.jp)

³独立行政法人 土木研究所 土砂管理研究グループ 火山・土石流チーム 上席研究員
(〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6, E-mail: j-kuriha@pwri.go.jp)

Key Words: deep collapse, mountain stream, topographic and geographic features

1. はじめに

近年、台風の襲来や前線停滞に伴う集中豪雨によって、深層崩壊に起因する土砂災害の発生が目立っている。例えば、1997年の鹿児島県出水市針原川(約16万m³)、2003年の熊本県水俣市集川(約10万m³)、2005年の宮崎県宮崎市田野町の清武川水系別府田野川(一カ所あたり約38万m³)などである。これ以前にも、四国から九州にかけての西南日本外帯の四万十帯(例えば九州山地の泥質岩地域)や秩父帯(例えば九州山地の片状岩地域)などでも、しばしば深層崩壊が発生している。これらの災害に共通することは、斜面構成物質が火山噴出物起源の風化物や未固結の崖錐の厚い堆積層であり、崩壊面は深く、どの崩壊にも深層地下水が大きく関与している可能性があるという点である(地頭菌(2004)²)。このような深層崩壊の発生を予測する指標に関する調査・研究はこれまでも行われており(例えば、古くは羽田野(1974)³、岩松・下川(1987)¹、寺戸(1993)⁴、最近では、深層崩壊の発生危険区域を事前に抽出する調査手法の試案も検討されている(地頭菌ら(2000)⁵)。しかし、深層崩壊に関係すると思われる地形、地質の項目の多くが客観的に評価できないことや、崩壊メカニズムが明らかでないことなどから、未だ具体的な抽出手法は確立していない。

そこで本研究では、(独)土木研究所が検討している深層崩壊のおそれのある危険溪流の抽出手法(以下、「抽出案」という)を、2005年9月に宮崎県鱈塚山周

辺で発生した深層崩壊地に適用して、その妥当性を検証するとともに、地形・地質的な要因の中でも特に微地形に注目して抽出する場合の課題について検討する。

2 深層崩壊について

日本国内で過去に発生した深層崩壊の分布から、地質ごとの発生の特徴をあげる。図-1に浅井ら(1987)⁶によって抽出された国内の大規模崩壊地の事例を示す。

- タイプ1 グリーンタフ地域
- タイプ2 第四紀火山地域
- タイプ3 瀧原礫岩地域
- タイプ4 中生界地域(四万十帯など)
- タイプ5 古生界地域(飛騨、奥濃帯など)



図-1 大規模崩壊頻発地域の分布(浅井ほか(1987)⁶)

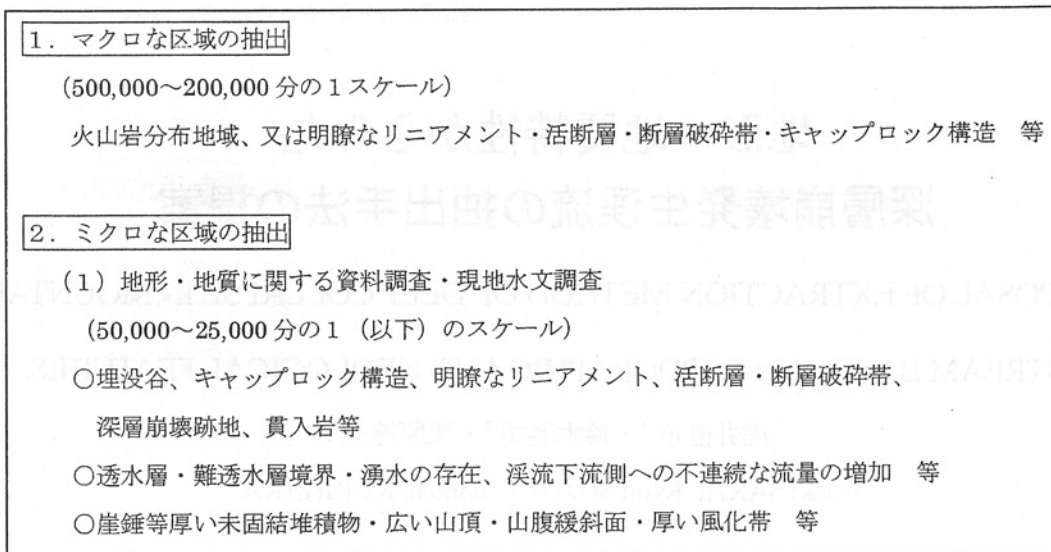


図-2 「抽出案」の概要

浅井らは、対象の崩壊を 10^5m^3 以上とし、崩壊地 (569 個) の分布を調べているが、誘因としては降雨に限らず地震等で発生したものが含まれている。そのうち 10^7m^3 以上の特に大規模な崩壊は、ほとんどが第四紀火山地域と堆積岩地域に含まれている。また、深層崩壊発生の素因として、起伏 (標高)、地質構造、火山の分布、侵食小起伏面の分布および活断層の分布の 5 項目をあげている。そして、深層崩壊が発生しやすい地域は、全国に一樣に分布しているわけではなく、地域的な偏りが認められるとしている。特に、地質構造との関係が強いようで、グリーンタフ地域、第四紀火山地域、濃飛流紋岩地域、中生界地域 (四万十帯など)、古生界地域 (飛騨帯、美濃帯など) が集中区域として挙げられている。更に大規模崩壊の多くは最近の地質時代に隆起量が大きかったところ (すなわち、長大かつ急勾配な斜面の存在するところ) であり、河谷の下刻作用が強く及んでいるところでもあると説明している (浅井ら (1987) ⑧)。

地頭菌 (2004) ⑨らは、深層崩壊と地下水の関係に対して、実際の深層崩壊地において 4 年にわたる長期の水文観測、地下水観測を行い、その結果を用いて流出解析を行い深層崩壊における地下水の重要性を示す一方で、水文観測の重要性も示している。一方、地形学的な既往研究 (町田 ⑩、羽田野 ⑪、岩松・下川 ⑫など) をまとめると、深層崩壊が発生している場所では、以下のようなことが指摘されている。

- 斜面の規模が大きい。また、広範囲にわたるクリープが認められ、場合によっては、別の流域も含むクリープが形成されていることもある
- 斜面が急峻である (第四紀の隆起変動が大)
- 前輪廻の山頂小起伏面と遷急線の存在
- 尾根部に二重山稜や線状凹地の存在

- 岩盤クリープ域斜面下方での末端崩壊の発生
- これらの研究より深層崩壊の危険箇所の抽出にあたっては、地形地質特性とともに水文特性の重要性が指摘されている。

なお、深層崩壊 (大規模崩壊) の定義については、様々な提案がなされているが、ここでは先に挙げられている災害、例えば、1997 年の鹿児島県出水市針原川 (約 16万 m^3)、2003 年の熊本県水俣市集集川 (約 10万 m^3)、2005 年の宮崎県宮崎市田野町の清武川水系別府田野川 (一カ所あたり約 38万 m^3) の規模の崩壊を対象とする。地震により発生するものや、 10^7m^3 以上のいわゆる巨大崩壊と呼ばれるものは、対象としていない。

3 深層崩壊抽出案の概要

土木研究所では、深層崩壊の発生のおそれのある溪流を抽出する調査手法の検討 (図-2) を行っている。ここでは、その概要について述べる。

この抽出案は、針原川、姫川支川蒲原沢などの火山地域における災害事例を解析して、深層崩壊に関係する地形・地質及び水文特性の要因を検討し、とりまとめているものである。検討は現在も行っており、確定しているものではないことを注記しておく。

抽出手順は、大きく分けて 2 つの手順に分かれており、まず、地形地質の特徴をマクロな面から判別することで大まかに対象地域を絞り、そしてミクロな面から危険斜面を抽出する。そこで抽出された地域において、水文調査および現地調査を行い、総合的に判断するものである。

(1) 地形地質の調査項目の概要

1) マクロな区域の抽出のための項目

火山岩分布地域は、溶岩と火山砕屑物が互層し不安定な斜面を形成しやすいこと、また実際に火山岩分布地域において、多くの深層崩壊が発生していることから、該当項目と判断する。また、大規模なりニアメント、活断層、断層破碎帯は、地盤構造を乱し、不連続な面を生成しやすいこと、キャップロック構造は、泥岩などの上を溶岩などの風化抵抗のあるものが覆い、下部地層が風化を受けやすく崩壊しやすくなり、また上部に残った岩塊がオーバハング状になり崩壊しやすくなることからこれらの項目も抽出要因として挙げている。

2) ミクロな区域の抽出のための項目

地形図、空中写真を用い、詳細な地形判読を行う。注意する項目は、マクロな場合と同じものが多いが、マクロでは見つけにくい地形項目について説明する。崖錐等の厚い未固結堆積物や、広い山頂や山腹の緩斜面、厚い風化帯などは、深層崩壊の発生に必要となる大量の地下水の貯留の可能性を示す。深層崩壊のおそれのある脆弱な地盤を示す地形特性といえる。埋没谷

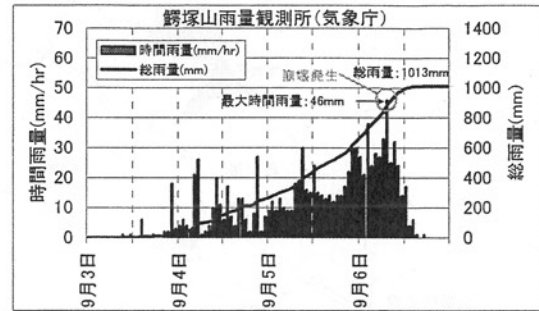


図-3 ハイエトグラフ (気象庁鰐塚山)

は、旧河川のあったような低い場所を溶岩や火砕流など埋め、これらは透水性がよいために集水地形を作りやすく、崩壊の素因となりやすい地形である。

ここでは以上のような項目に対して抽出の妥当性を検討する。

(2) 水文調査

深層崩壊が発生する場では、山体内に大量の地下水が滞留していると考えられ、流出の遅れや水質が他の溪流のものと異なることが報告されている²⁾。このため本調査では、机上調査により抽出された区域を対象



写真-1 台風14号 (H17年9月) 豪雨により宮崎県鰐塚山で発生した別府田野川右支溪、幅200m、深さ10m以上ある深層崩壊事例

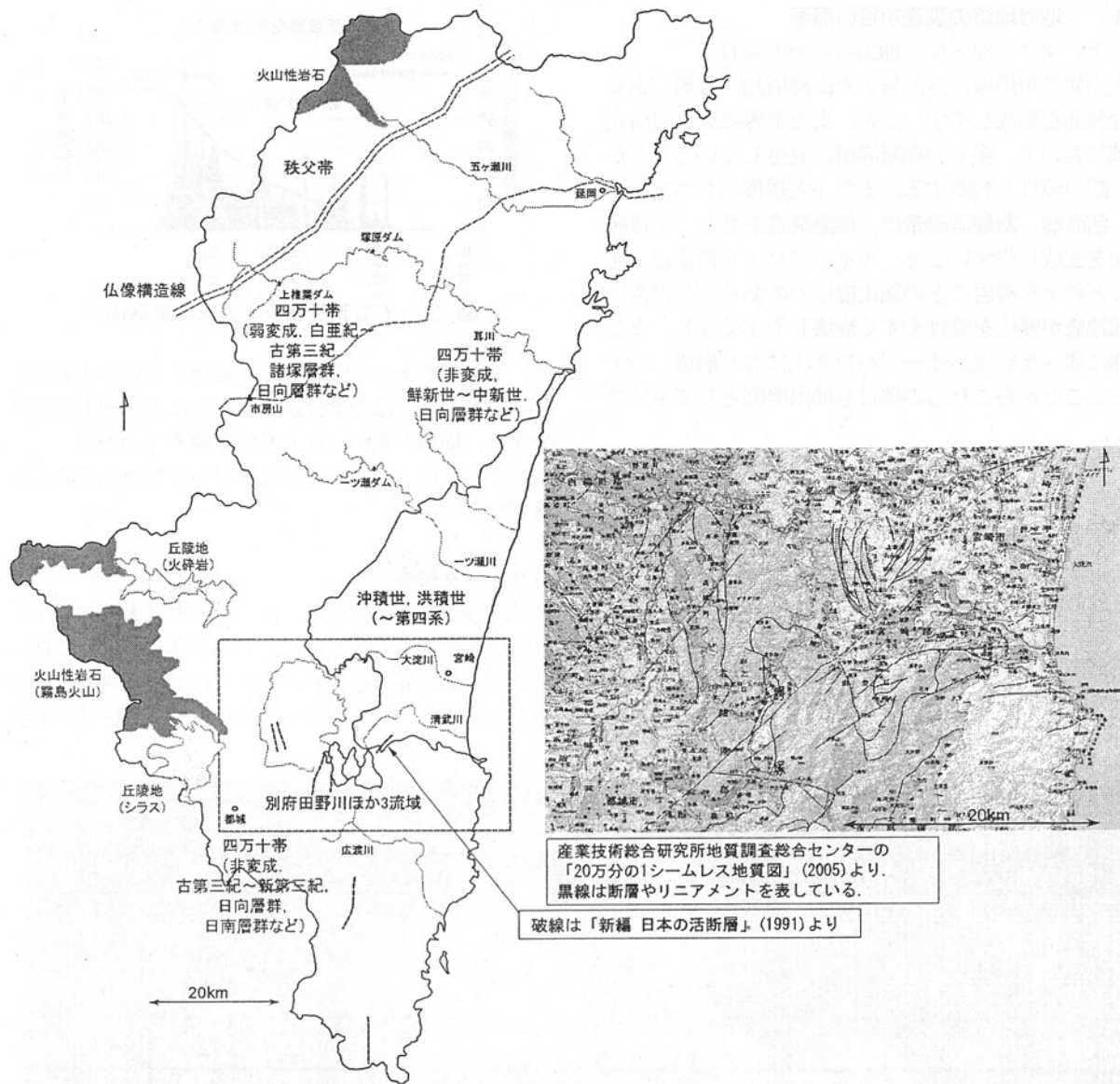


図-4 マクロな区域の抽出（鱈塚山への適用事例）

に現地で水質や流量の調査を行い、深層崩壊のおそれのある溪流の抽出精度を高めようというものである。

流が発生した（写真-1）。

表-1 別府田野川における「抽出案」の適用性

4. 鱈塚山への「抽出案」の適用

2005年9月4日～7日にかけて日本に上陸した台風14号による大雨は、記録的なものとなった。鱈塚山アメダスの降水量は、降り始めの3日午前10時から6日18時までに累積雨量1,013mmとなり、5日の日降雨量は388mmで過去最大値を更新した（図-3）。この記録的な豪雨により宮崎県南部に位置する鱈塚山周辺では、清武川水系別府田野川流域ほか多数の溪流で深層崩壊起因型土石

①マクロ的抽出

	抽出項目	評価
地質	火山岩分布地域	—
	大規模な(明瞭な)リニアメント	○
地質構造	活断層	△
	断層破砕帯	△
	キャップロック構造	▲
地形	深層崩壊発生履歴が認められる地域	▲
	水系網	△
	組織地形(ホッグバック、ケスタ、メサ)	▲

②ミクロ的抽出

	抽出項目	評価
地質地形素因	埋没谷	—
	キャップロック構造	—
	明瞭なリニアメント	○
	活断層	—
	断層破砕帯	△
	深層崩壊跡地形	○
脆弱な地質	貫入岩	—
	崖錐等の厚い未固結堆積物	△
	広い山頂、山腹の緩斜面	○
	厚い風化帯	▲

○：該当する， △：一部該当する， ▲：この段階では判断が困難， —：該当しない

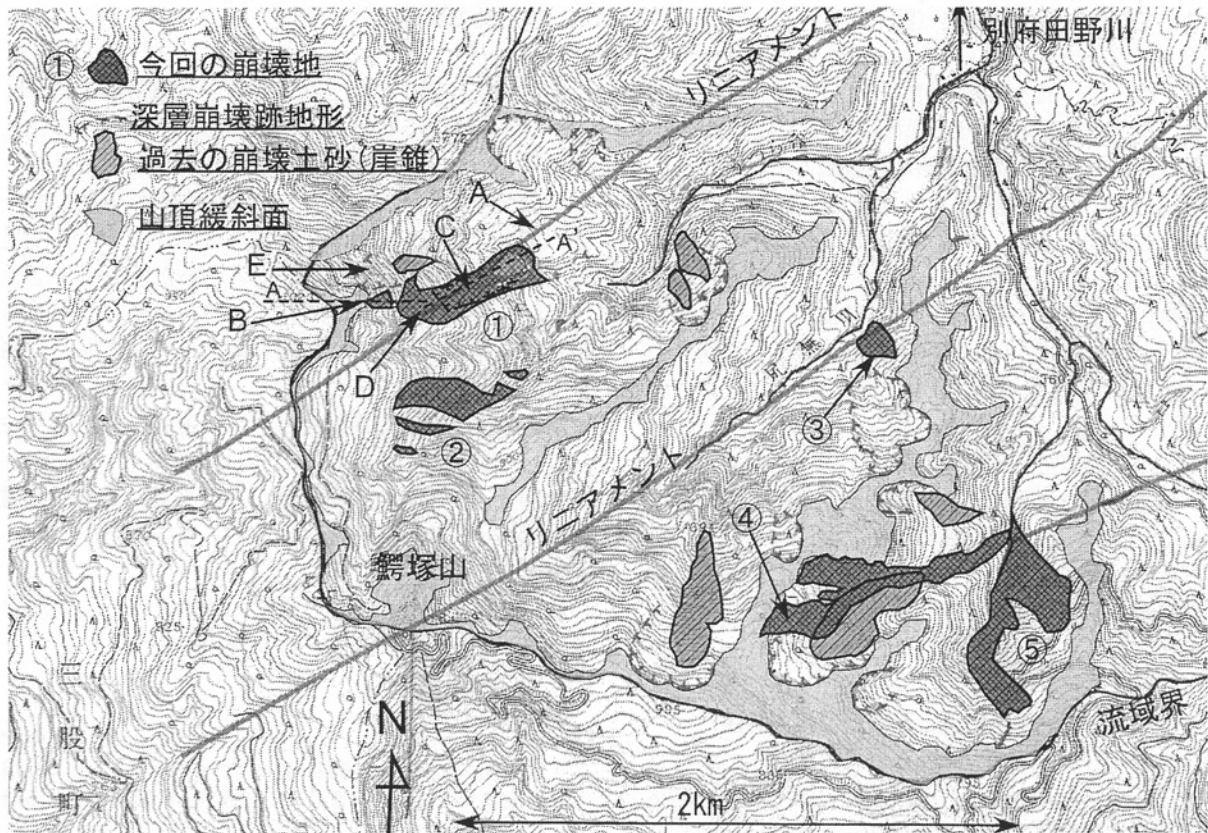


図-5 ミクロな抽出における適用事例（鰐塚山別府田野川上流）

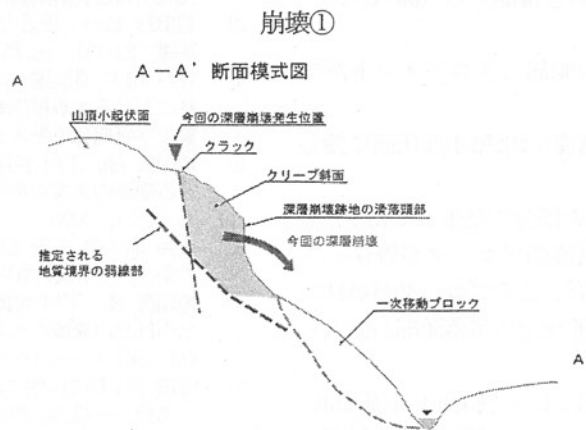


図-6 模式断面図

ここでは、3(1)に示した抽出案を別府田野川上流に適用し、その関係を考察する。

(1) マクロな抽出 (図-4)

1/20万の地質図等^{9),10),11)}より、当該地域は「第三系堆積岩地域」であることを確認した。抽出案の地質要因は「火山岩分布地域」のみであり、この地質要因から判断すると当該地は該当しない。抽出案を検討するにあたり参考とした過去の深層崩壊の事例では火山岩分布域が多かったことから、このような抽出要因を設定したが、平成16年の三重県春日谷(崩壊量50万 m^3)¹²⁾や徳島県阿津江地区(崩壊量100万 m^3)¹³⁾

深層崩壊など、最近発生している深層崩壊は火山岩地域以外の地質構造でも発生しており、この点については今後検討の余地がある。

この地域において、この他のマクロな抽出指標のうち地質構造要因をみると、「明瞭なりニアメント」, 「活断層」, 「断層破碎帯」の3項目が認められる。一方、地形では、「水系網」が該当し、これは、鰐塚山周辺の水系網が断層により分断されていることが抽出要因である。従って、当該地域は、マクロな抽出案に基づき抽出することが可能であることが確認された(表1-①)。

(2) ミクロな区域の抽出 (図-5)

ミクロな抽出のうち、今回は2003年の撮影の空中写真を用いて、机上調査で可能な項目についてのみ検討を行った。判読結果を地形図(縮尺S=1/12,500)に表現し、これに実際の深層崩壊地を重ねて示した。

このうち、当該地域において抽出案に該当した項目は、「明瞭なリニアメント」、「深層崩壊跡地形」、「広い山頂、山腹の緩斜面の分布」である。この他に、「断層破砕帯」、「崖錐等の厚い未固結堆積物」については一部確認された。一方、「埋没谷」、「キャップロック構造」、「活断層」、「貫入岩」については確認されなかった(表1-②)。

なお、適合率を高めるために抽出指標を増やすことは、深層崩壊のおそれのある箇所が結果的に増えることになり、真の適合率を高めることにはつながらない事が考えられる。このため、多少の空振りも覚悟の上、深層崩壊が発生しやすい要因を厳選していくことが今後必要と考える。

(3) 抽出された地形指標と深層崩壊との関係

今回の抽出案では、上流の西側のみに絞って該当した項目を表示した。いずれの溪流においても崩壊が発生しており、予測として十分の精度を備えていると思われる。判読結果より、以下に代表的な崩壊地の特徴を列記し、その崩壊プロセスを推測する(図-6)。

<崩壊①>

- A) 深層崩壊地の北西側の側部にリニアメントが認められる。
- B) 西端の崩壊地頭部(滑落崖)は山頂小起伏面に接している。
- C) 過去の深層崩壊跡地形の部分で発生しており、その時の深層崩壊の一次移動ブロックが残存しているが今回の深層崩壊は、このブロックが崩れたのではなく、過去の崩壊地形の滑落頭部が拡大したようである。
- D) 過去の深層崩壊の発生によって斜面下部(脚部)の重力バランスが崩れ、クリープ斜面(擾乱斜面；乱れた斜面)を形成していた箇所が発生素因となったと推定される。
- E) 今回は崩壊しなかったが、北西側にはこの崩壊地に接して深層崩壊跡地形が認められる。

以上より、この崩壊は過去の深層崩壊跡地で、その場所が再度崩壊した。その原因は、過去の深層崩壊がクリープ斜面とリニアメントの重複箇所が発生し、そのことにより周辺部のクリープ斜面の不安定度が増大したためと推測される。

5. まとめと課題

地形地質に関する机上調査から、深層崩壊のおそれのある区域をある程度抽出することが可能であることを、鱈塚山で発生した深層崩壊に適用し確認した。しかしながら、本抽出(案)を、深層崩壊が発生していない広大なエリアを対象に適用した場合に、どの程度の区域が抽出されてしまうのかといった検討はまだ行っていない。本文でも述べたが、検討している「抽出案」は、過去に発生した深層崩壊に見られた地形・地質要因を幅広く取り入れており、全国に適用した場合に結果的に膨大な箇所が抽出される可能性もある。従って、今後はこれらの課題について検討を行った上で、机上調査に関する要因を厳選し、水文調査や地下水調査等の現地調査に要する労力を減らす方向の検討が必要と考える。

最後に、本検討にあたり資料の提供をいただいた宮崎県土木部砂防課の皆様には謝意を表します。

参考文献

- 1) 岩松 暉, 下川 悦郎:九州山地における片状岩のクリープ生大規模崩壊. 文部省科研費自然災害特別研究(1),「九州山地における土砂災害の消長と広域火山活動に関する研究」報告書, pp.93-99, 1987.
- 2) 地頭菌 隆, 下川 悦郎, 寺本 行芳:地下水が関与した崩壊発生場の予測法の開発, 平成16年度砂防地すべり技術研究成果報告会講演論文集, pp.41-64, 2004.
- 3) 羽田野 誠一:最近の地形学 8.崩壊性地形(その2), 土と基礎, 22(11), pp.85-93, 1974.
- 4) 寺戸 恒夫:四国島における大規模マスマーブメント一四国島における大規模崩壊地形の分布と地域特性一, 香川県土木工学研究会テキスト, pp.24-35, 1993.
- 5) 地頭菌 隆, 下川 悦郎, 寺本 行芳:南九州の火山地域における崩壊の水文地形学的検討, 地すべり, Vol.36, No.4, pp.14-21, 2000.
- 6) 浅井 涌太郎, 中野 公章, 寺本 和子:大規模崩壊の発生場の条件, 土木技術資料, vol.29, No.6, pp.287-292, 1987.
- 7) 地頭菌 隆, 下川 悦郎, 迫 正俊, 寺本 行芳:鹿児島県出水市針原川流域の水文地形学的特性と深層崩壊, 砂防学会誌, Vol.56(5), pp.15-26, 2004.
- 8) 町田 洋:荒廃山地における崩壊の規模と反復性についての一考察一 姫川, 浦川における過去約50年間の浸食史と1964-65年の崩壊・土石流一, 水利科学, Vol.11, No.2, pp.30-53, 1967.
- 9) (独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター:「日本シームレス地質図(数値地質図)」(縮尺1/20万), 2003
- 10) 活断層研究会編:「新編 日本の活断層」, 図幅「宮崎」(縮尺1/20万), 東京大学出版会, 1991.
- 11) 国土交通省 国土地理院:縮尺1/20万地勢図(数値地質図), 図幅「大分, 延岡, 八代, 宮崎, 鹿児島」, 1997.
- 12) 諏訪他:2004年台風21号豪雨で三重県宮川流域に発生した崩壊と土石流, 岩屑なだれ, 平成17年度砂防学会研究発表会概要集, pp.16-17, 2005
- 13) 日浦他:2004年台風10号豪雨による徳島県木沢村と上那賀郡における土砂災害緊急調査報告(速報), 砂防学会誌「新砂防」vol.57, No.4, pp.39-47, 2004

(2006. 5. 19 受付)