

地域性を考慮した大規模災害時地盤防災減災技術に関する  
調査研究

研究代表者 安福規之（九州大学大学院工学研究院）

実施機関 （公社）地盤工学会九州支部

# 地域性を考慮した大規模災害時地盤防災減災技術に関する調査研究

研究代表者 安福規之（九州大学）

## 1. 目的

平成 24 年 7 月の九州北部豪雨災害では、九州北部豪雨地盤災害調査団（地盤工学会）が実施した災害調査より、災害には地域性が著しく反映されることや、山間部での土砂災害がダムや河川の閉塞を引き起こし、下流域の河川災害を拡大する複合災害となることが示された。近い将来、九州・沖縄地域では、南海トラフ地震による河川堤防の液状化、津波災害、地球温暖化に起因した「過去に経験のないような」豪雨により大規模な土砂災害が懸念されている。本研究では、九州各地の地域の特性に着目して、今後発生するであろうこれらの大規模災害を防止・軽減する技術について総合的な調査研究を実施する。地域の災害対策ならびに防災減災に関連する技術開発に資する知見を提示することを目的とし、次の 5 つの課題に取り組む。(1)南海トラフ地震を想定した防災・減災マネジメントに関する調査では、東九州沿岸部地域を対象とした地震と津波の地盤構造物のリスク評価と対策技術に関する調査を行う。(2)災害履歴情報の整理と中山間地地盤情報データベースの構築に関する調査では、中山間地における斜面災害履歴と地盤情報を収集し、データベース化を行う。(3)豪雨時の土砂災害に関する警戒基準の地域特性に関する調査では、九州地域の各自治体で用いられている土砂災害警戒基準を地域性に着目して調査する。(4)既往の豪雨災害における降雨特性と地盤特性の関連性の調査では、九州地域で過去に発生した土砂災害の調査報告を基に、地形・地質・降雨特性といった災害因子に着目した分析を行った。九州各地域の警戒基準、災害形態別の降雨特性、地盤特性の整理分類する。(5)危険斜面のスクリーニングとハザード情報に関する調査では、平成 24 年 7 月の九州北部豪雨災害の崩壊斜面などを対象に、地盤調査、航空測

量データおよび現地調査を基に、危険斜面の再評価を行う。

## 2. 調査結果

### 2.1 南海トラフ地震を想定した防災・減災マネジメント

南海トラフ沖の巨大地震とその津波による複合災害を防止・軽減することは緊急に対応すべき課題である。ここでは新たな視点からの地盤防災・減災技術や適応技術の開発・適用を視野に入れている。これらの技術の効率化を目指して地域防災・減災に焦点をおいて、地盤工学の社会的な認知の高揚に繋がることを目標に、下記の点に関して調査を行った。

- 1)南海トラフ沖の巨大地震が予測されている対象地域（大分県、宮崎県、鹿児島県）の災害脆弱指標についてデータの収集・整理
- 2)地震および津波による対象地域の防波堤・防潮堤のリスク評価
- 3)液状化による対象地域における河川堤防のリスク評価
- 4)地盤構造物の耐津波対策に関する技術の分析およびそれらの適用に関する調査

たとえば、鹿児島では二つのレベルの津波を想定している。一つは、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する「最大クラスの津波」（L2津波）で、もう一つは、海岸堤防などの構造物によって津波の内陸への浸入を防ぐ海岸保全施設等の建設を行う上で想定する「比較的発生頻度の高い津波」（L1津波）である。現在、「最大クラスの津波」（L2津波）に対して総合的防災対策を構築する際の基礎となる、県としての津波浸水想定が作成され、HP上で公開されている。

<https://www.pref.kagoshima.jp/ah07/bosai/so>

nae/sonae/tsunami.html

鹿児島の特徴としては、南海トラフ沖巨大地震に加え、活断層、桜島の海底噴火、南西諸島海溝における地震による津波なども想定している。L1津波への対応もHP上で今後、公開される予定である。なお、図-1には鹿児島県における津波対策を講ずるために想定すべき津波レベルと対策の基本的な考え方を示す。

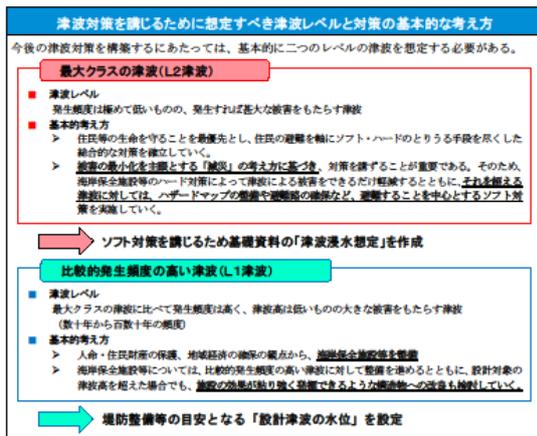


図-1 津波対策を講ずるために想定すべき津波レベルと対策の基本的な考え方

図-1 津波対策を講ずるために想定すべき津波レベルと対策の基本的な考え方  
(<https://www.pref.kagoshima.jp/ah07/bosai/sonae/sonae/tsunami.html>から抜粋)

これまで経験したことがない南海トラフ沖の巨大地震などはL2津波で、ソフト対応となり、避難することが主となる。一方、L1津波では過去に起きた津波や地震を想定し、ハード対応を考えている。ただ、災害の痕跡等は少なく、シミュレーションに頼っているところはある。鹿児島県の特徴としては、台風が多いため、津波対策よりは高潮、老朽化対策を並行して実施してきている。高潮対策では新たに護岸を造ったり、かさ上げするのではなく、離岸堤を設置することが多い。また、老朽化対策では海岸構造物が設置後50年以上経過し、その機能を果たさなくなっており、急務な課題となってきている。なお、鹿児島の海岸堤防などの構造物は高潮対策のため、少し高く設定されてきた。

次に、津波防災マップなども市町村レベルで作

成されてきている。そこでは、標高分布が色分けされ、避難場所や避難方向が示されているが、浸水想定はされていない。

河川堤防などに関しては、河川改修がまず先で、地震対策である耐震化などはその次となっている。さらに、鹿児島県においても、海岸線の砂が侵食によりなくなっており、養浜なども防災面からも重要となってきている。なお、志布志や吹上砂丘ではマツ林などが見られ、今後、海岸林を活用した津波防災対策などもより積極的に取り入れていく予定である。

## 2.2 災害履歴情報の整理と中山間地地盤情報データベースの構築

台風の襲来や、梅雨時期等の集中豪雨によって、大規模な地盤崩壊が発生する場合がある。大規模な地盤崩壊では、表層の崩壊に比べて崩壊面が深く、崩壊土量が大きくなるため、大規模な土砂崩壊や土石流、それによって河道閉塞等を引き起こして、災害被害が甚大になる場合がある。ここでは、このような大規模な地盤災害の防災・減災を目的とするために、九州地盤情報共有データベースを援用して、大規模地盤崩壊が発生する危険度の高い箇所の推定や、実際に地盤崩壊が発生した場合に、迅速な復旧工事に取りかけられるような資料の整理のために、宮崎県を事例として、災害履歴情報の整理と中山間地地盤情報データベースの構築を行った。

九州地盤情報共有データベースに収集されているボーリングデータについて、平野部あるいは盆地部を除いた中山間部のデータを抜き出してみた。しかし、災害後に対策工のために実施されたボーリングは皆無であった。そのため、今回は平成17年台風14号の大規模土砂災害で、対策工のため、種々の調査が行われた2箇所で、紙ベースのボーリングデータを入力し、九州地盤情報共有データベースに収納した。その一箇所を図-2に示す。400万m<sup>3</sup>が崩壊した諸塚村の島戸地すべりである。

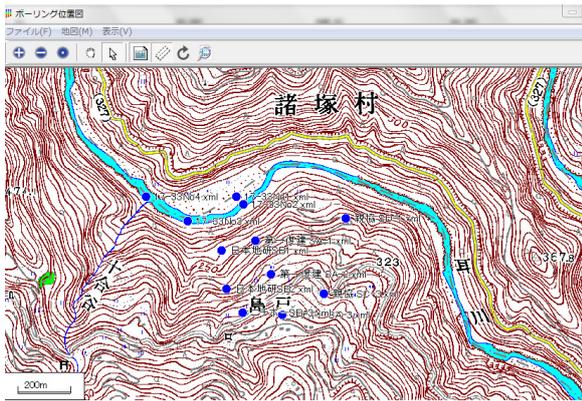


図-2 中山間部のボーリングデータを九州地盤情報共有データベースに収納した事例

今後は、このようなデータの収集を地道に行っていき、九州地盤情報共有データベースに取り込んで、災害履歴情報の整理と中山間地地盤情報データベースの構築を行っていく必要がある。

### 2.3 降雨時の土砂災害に関する警戒基準の地域特性

九州地域の各県や各市町村がどのような土砂災害警戒情報を用いているかについて調査し、土砂災害発生危険基準線（Critical Line：CL）の設定方法などについて、地域性が見られるかについて調査・分析した。今回の調査は、福岡県、福岡市、北九州市、熊本県、鹿児島県について実施した。また、平成24年7月九州北部豪雨を例として、土砂災害の要因について分析した。

#### (1)九州各県で用いられる土砂災害警戒情報

現在の土砂災害警戒情報については、県と地方気象台が共同で土砂災害警戒情報（連携案方式）と連携案方式を使用することが難しい場合に都道府県砂防局の土砂災害警戒避難基準と地方気象台等の土壌雨量指数の2つの指標をAND条件又はOR条件で運用するAND/OR方式の二種類があり、今回の調査では、福岡県では連携案方式、熊本、長崎、宮崎、鹿児島ではAND/OR方式が用いられていることがわかった。将来的には、客観的な土砂災害と降雨の相関性を表すことが可能な連携案方式への移行が進んでいくものと

思われる。

#### (2)土砂災害発生基準線（CL）の地域性について (2.1)土砂災害警戒情報の発表および警戒避難基準の設定に関わるブロック区分

ここでは、AND/OR方式で実効雨量を用いている熊本県、鹿児島県のCLについてまとめる。県内のCLの設定に関しては、土砂災害履歴と土砂災害の素因（地形、地質、植生、土地利用など）や誘因（降雨特性）との相関について検討した上で、類似した地域に区分している（熊本：17区分、鹿児島29区分）。地質については、熊本県では火成岩類、堆積岩類（第三紀以前）、堆積岩類（第四紀）、付加体で分けられ、鹿児島県では、シラス、安山岩、第四紀火山岩類、花崗岩、四万十層群、石灰岩で分類されている。

#### (2.2)土砂災害発生基準線（CL）

CLについては、土石流とがけ崩れのそれぞれで設定されるが、熊本県では土石流とがけ崩れでCLに違いがあまりなかったため、同一のCLとしている。地質とCLの関係について、熊本県では、その特性が大きく4つに分けられることがわかった。また、鹿児島県では地質ごとに傾きが設定され、各ブロック区分で切片を変化させることでCLが設定されていることがわかった。熊本県と鹿児島県の県境の地区のCLを比較したが、類似した特徴は見られず、鹿児島県の方がより少ない雨量でがけ崩れが生じる傾向にある可能性が高いことがわかった。AND/OR方式を用いている県では、土砂災害発生危険度基準線の設定には提言案による雨量指標（縦軸：1.5時間半減期実効雨量、横軸：72時間半減期実効雨量）を用いて設定がなされ、それぞれの県単位での特性が出やすくなるが、広域での特性については、わかりづらい結果となると思われる。今後は、連携案方式に移行する傾向にあり、土砂災害履歴と降雨指標の関係性について客観的に分析できる手法（雨量指標は縦軸：60分間雨量、横軸：土壌雨量指数、土砂災害と雨量指標との相関についてはRBFNで行われる。）が用いられることで、より

地域性が明確になってくると思われる。

### (3)土砂災害の要因分析 (平成 24 年 7 月九州北部豪雨, 熊本県阿蘇市を例として)

九州北部豪雨で被災した熊本県阿蘇市を対象に, 土砂災害の誘因と素因に着目して分析を行い, 降雨と土砂災害発生との関係および土砂災害の発生しやすい斜面について検討した。自己組織化マップを用いて行った素因分析では, 阿蘇市については南部および東部の土砂災害の危険度が高かった。平成 24 年 7 月九州北部豪雨では阿蘇市全域で土砂災害発生基準を超過しており, 土砂災害が実際に発生した箇所と発生しなかった箇所の誘因の差は小さく, 発生非発生には素因の影響が大きいことが分かった。

## 2.4 既往の豪雨災害における降雨特性と地盤特性の関連性の調査

近年, 異常気象や梅雨期における集中豪雨が多発し, それに伴う土石流など数多くの土砂災害が発生している。しかし, 土砂災害は様々な要因により発生するため崩壊予測や発生場所の特定は困難な状況である。現在, 気象庁や県が発表する土砂災害危険度情報は雨量のみの解析結果情報であり, 地域特有の地盤情報が加味されていない。ここでは, 過去に発生した土砂災害の調査報告を基に地形・地質・降雨特性といった災害因子に着目した分析を行った。

過去に九州地方で発生した災害に関する 6 件の調査報告書に記載されているデータを基に, 降雨・地質・地形との関係を整理した。図-3~5 は自然斜面, 図-6 は切土斜面における降雨地質・地形との関係である。総降雨量とは, 雨が降り始めて崩壊に至るまでの降雨量のこと, 連続 3 時間最大雨量とは崩壊に至るまでに, 連続した 3 時間雨量の中で最大の 3 時間雨量のことである。図-3 と図-5 より, 火山岩類は崩壊深さが比較的深く, 連続 3 時間最大時間雨量が 100~150 mm のときに崩壊していることが分かる。火山岩類はマグマが地表付近で急冷却し, 固結時に体積収縮を

起

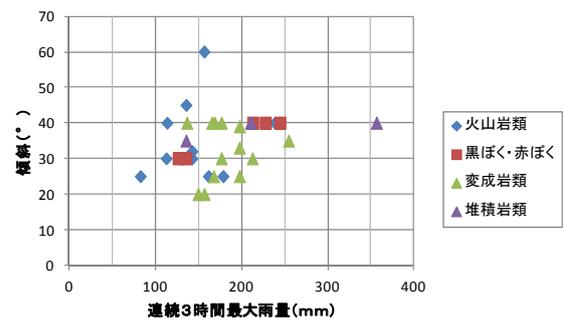


図-3 自然斜面における連続 3 時間最大雨量-傾斜-地質の関係

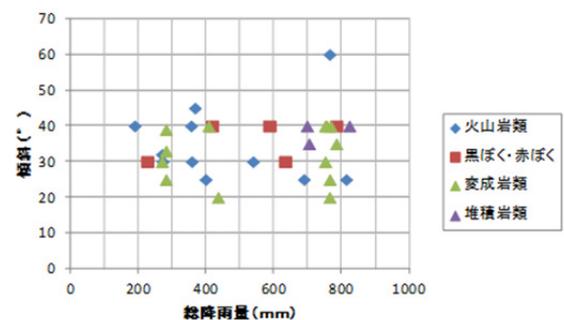


図-4 自然斜面における総降雨量-傾斜-地質の関係

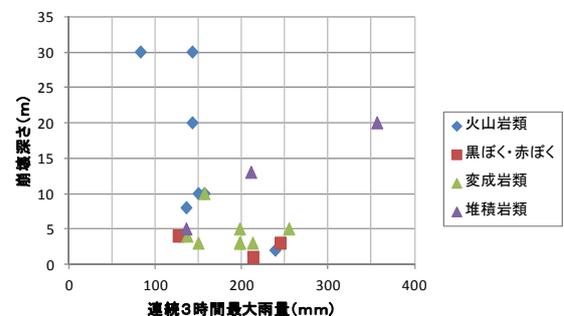


図-5 自然斜面における連続 3 時間最大雨量-崩壊深さ-地質の関係

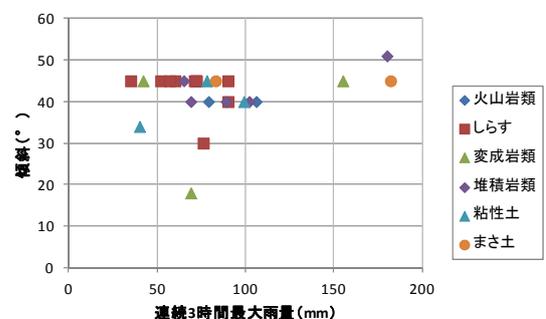


図-6 切土斜面における連続 3 時間最大雨量-傾斜-地質との関係

こし節理面が多い。そのため、火山岩類は浸透性が高く、下層に難透水性の地盤があると、高透水性と難透水性との境界に地下水流が形成されやすく、地滑りを起こし斜面崩壊を引き起こすことが考えられる。変成岩類、黒ぼく・赤ぼく、しらすでは比較的崩壊深さは浅いことが分かる。これは、透水性が低く降雨時に、地下にあまり浸透せず、地表面を流れガリーを形成するためである。これらは、ガリー侵食が多いため、連続3時間最大雨量が多い方が崩壊しやすい。また図-3と図-6より、切土斜面の方が低い雨量で崩壊していることが分かる。これは、掘削時は硬くのり面は安定していても、時間の経過と共に急速に風化が進み、強度が低下するためであると考えられる。加えて、切土により取り除かれた土の重量がなくなるため、押えられていた土が膨らむリバウンド現象が生じ、強度が低下するとともに、間隙量が増大し水が浸透しやすくなるためであると考えられる。

## 2.5 危険斜面のスクリーニングとハザード情報の検証

土砂災害を無くしていくためには、斜面の調査・点検を行い、ハード対策を行うことが必要であるが、一気にまた全斜面に施すことは困難であり、避難等のソフト対策と併用して災害の安全性を確保する必要がある。安全性の確保には、「いつ」、「どこで」、「どのくらいのもの」が発生するのかを予知することが求められている。ここでは、平成24年7月九州北部豪雨災害の崩壊斜面の再評価を行い、「どこで(場所)」の抽出技術と「どのくらい(規模)」の予測について検討を実施した。平成24年7月の九州北部豪雨で崩壊した星野川流域の斜面を対象に、斜面形状、地質データを用いて崩壊原因分析を行った。同流域の斜面崩壊ならびに地すべりは、攻撃型斜面側にて多く発生しており、崩壊地点は結晶片岩分布域に集中している。さらに、土砂災害危険区域外で発生している箇所が多い(図-7)。笠原川流域では土石流が

危険箇所内外で数多く発生して

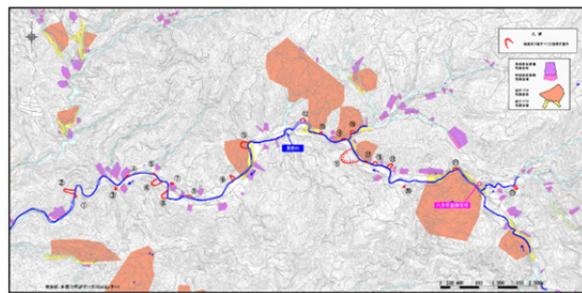


図-7 星野川流域における崩壊・地すべり発生箇所の分布と土砂災害危険箇所との分布関係

いる。砂防ダムが設置されている溪流でも土石流が発生しているが人的被害は無く、ハード対策の効果が確認できる。今回対象とした地点では、土石流発生箇所の地質・地形の類似性は確認できなかったが、今後は現地調査と組み合わせた検討が必要であろう。

大分県耶馬渓市柿坂ならびに佐伯市米水津を対象エリアとして、現地調査結果とLPデータを利用して崩壊の危険性について検討した。佐伯市米水津では、津波避難経路に危険性の高い斜面が多く存在する。それらの崩壊の危険性について、1mメッシュLPデータと現地試験を行って検討した。1mメッシュLPデータによる地形図を基に微地形判読を行い、大分県が公開している土砂災害危険箇所(5千分の1森林基本図から抽出)と重ねあわせ、危険度の高い斜面の抽出を行った。また、地形図から崩壊発生と密接な関係を有する斜面の傾斜、水平断面形、縦断面形を整理した。宮野浦地区は、5千分の1森林基本図で判読されなかった箇所と既存の土砂災害危険箇所を細分化し、併せて26箇所の崩壊地の抽出を試み、そのうち指定された既存の土砂災害危険箇所に該当しないものは11箇所であった(図-7)。更に地形条件を表-1に整理した。抽出した26斜面は凹状または平面形状の地形で、そのうち21箇所が勾配30°以上の急傾斜地であった。50°程度の非常に急峻な斜面は3箇所、いずれも岩盤が露出する。一般的に崩壊発生率が高い勾配35°~40°付近の斜面は9箇所あり、勾配30°~35°の斜面

は 9 箇所であった。1m メッシュ LP デー

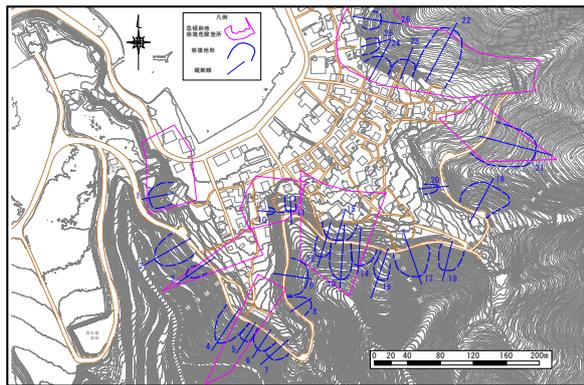


図-8 宮野浦地区の地形判読平面図（地形図は 1m メッシュ LP データ）

表-1 宮野浦地区の崩壊地抽出箇所の地形条件

| 縦断 No | 斜面形状 | 斜面勾配 (°) | 崩壊長 L (m) | 崩壊幅 W (m) | 崩壊深 D (m) = W / α <sup>(※1)</sup> |        |        | 急傾斜地崩壊危険箇所該当 |
|-------|------|----------|-----------|-----------|-----------------------------------|--------|--------|--------------|
|       |      |          |           |           | α=3.0                             | α=6.08 | α=10.7 |              |
| 1     | 凹形   | 35       | 30        | 28        | 9                                 | 5      | 3      | ○            |
| 2     | 平面   | 32       | 38        | 35        | 12                                | 6      | 3      |              |
| 3     | 平面   | 30       | 19        | 15        | 5                                 | 2      | 1      | ○            |
| 4     | 凹形   | 29       | 40        | 34        | 11                                | 6      | 3      |              |
| 5     | 平面   | 36       | 21        | 13        | 4                                 | 2      | 1      | ○            |
| 6     | 平面   | 40       | 21        | 26        | 9                                 | 4      | 2      |              |
| 7     | 平面   | 37       | 20        | 20        | 7                                 | 3      | 2      |              |
| 8     | 平面   | 33       | 20        | 24        | 8                                 | 4      | 2      |              |
| 9     | 平面   | 34       | 26        | 44        | 15                                | 7      | 4      |              |
| 10    | 平面   | 57       | 8         | 9         | 3                                 | 1      | 1      | ○            |
| 11    | 凹形   | 48       | 18        | 12        | 4                                 | 2      | 1      | ○            |
| 12    | 凹形   | 31       | 20        | 20        | 7                                 | 3      | 2      | ○            |
| 13    | 凹形   | 30       | 42        | 27        | 9                                 | 4      | 3      | ○            |
| 14    | 平面   | 29       | 25        | 28        | 9                                 | 5      | 3      | ○            |
| 15    | 凹形   | 25       | 20        | 37        | 12                                | 6      | 3      | ○            |
| 16    | 凹形   | 18       | 31        | 19        | 6                                 | 3      | 2      |              |
| 17    | 平面   | 38       | 35        | 42        | 14                                | 7      | 4      |              |
| 18    | 平面   | 39       | 30        | 29        | 10                                | 5      | 3      |              |
| 19    | 平面   | 35       | 35        | 46        | 15                                | 8      | 4      |              |
| 20    | 平面   | 33       | 19        | 10        | 3                                 | 2      | 1      |              |
| 21    | 凹形   | 32       | 60        | 52        | 17                                | 9      | 5      | ○            |
| 22    | 平面   | 23       | 71        | 45        | 15                                | 7      | 4      | ○            |
| 23    | 平面   | 37       | 19        | 27        | 9                                 | 4      | 3      | ○            |
| 24    | 平面   | 40       | 16        | 28        | 9                                 | 5      | 3      | ○            |
| 25    | 平面   | 51       | 16        | 18        | 6                                 | 3      | 2      | ○            |
| 26    | 平面   | 31       | 16        | 24        | 8                                 | 4      | 2      |              |

※1：上野将司，切土のり面の設計・施工のポイント，pp. 69-70，2004

基本図による判読に対し，危険箇所の特定の向上に有効であることがわかった。

### 3. まとめ

本研究では九州地方の「地域性」を切り口に，九州で発生する地盤災害を防止・軽減するための調査を行った。地盤災害は地域それぞれ様相が異なる。既に，自治体から各種ハザードマップが公開されたり，地域の事情に合わせて警戒基準が規定，運用されたりしており，地域性を反映させた取組がなされている。今回の研究では，中山間地ボーリングデータおよび過去の災害調査資料などの既存資料の有用性や，地質，地形の素因分析の重要性が示された。これらを反映させることによって，より高い精度で災害発生を予測し，効果的なハード・ソフト対策が行えるものとする。今後は，地域特有の素因情報を加味した警戒基準やハザードマップの作成と，それらを可能にする調査解析技術の開発，各種情報を効率よく収集する仕組みづくりが必要である。

タによる地形図での地形判読は，5 千分の 1 森林