

## 1972年天草豪雨で発生した斜面崩壊の地質的特徴

西山賢一\*・千木良雅弘

\* 徳島大学総合科学部

### 要旨

1972年に発生した天草豪雨災害では、100mm/hを越える豪雨により、天草上島南東部一帯において斜面崩壊が多発した。地質調査と空中写真判読の結果、砂岩と泥岩との地質境界直下の泥岩の風化部で崩壊が多く発生し、砂岩の急崖における崩壊の発生は少ないことが分かった。砂岩との地質境界直下の泥岩で斜面崩壊が多発した地質的要因としては、(1) 泥岩は砂岩より初生的に軟質であり、風化による強度低下が著しいこと、(2) 高透水性と推定される砂岩の直下に難透水性の泥岩が分布し、両者の地質境界付近で地下水の浸透が遮断され、泥岩最上部における間隙水圧が上昇したこと、が挙げられる。

キーワード：斜面崩壊、天草豪雨災害、堆積岩類、透水特性

### 1. はじめに

1972年7月3～6日にかけて、九州各地で豪雨による災害が多発した。特に、7月6日は天草上島一帯で激しい豪雨となり、龍ヶ岳町では11-12時の1時間雨量が130mmに達したほか、上島各地で時間雨量が100mmを越える記録的豪雨となった。7/3～7/6の総雨量も、最大で500mmを越えた。降水量が特に多いのは天草上島の南東部（Fig. 1）であり、後述するように斜面崩壊・土石流が多発した地域と一致する。この斜面崩壊により、上島南東部に位置する倉岳町、龍ヶ岳町、姫戸町などで、死者・行方不明者115名を出す大災害となった。

災害発生後行われた研究により、斜面崩壊発生に関する地形・地質条件などの検討が行われた（自然災害科学の総合的研究班，1973；初倉，1973；羽田野，1973；木野，1973；鳥居ほか，1974；塚本・古谷野，1976）。被災地域周辺は主に堆積岩類からなり、地質構造を大きく反映した組織地形が認められる。自然災害科学の総合的研究班（1973）はそれを、ケスタ型、メサ型、火山岩貫入ケスタ型の3タイプに区分した。斜面崩壊は、これらの急崖をなすケスタ・メサ地形の傾斜変換線付近に分布する特定の場所で

特に多発したことが示された。このことから、堆積岩の地質構造ならびに岩石物性の差異が斜面崩壊発生に寄与した可能性が示唆されるものの、従来の研究では詳細な議論がなされていない。また、既存研究はいずれも速報的な内容であるため、用いられた地質図ならびに斜面崩壊分布図が小縮尺であり、地質分布と斜面崩壊との関係についての議論の精密さに欠けるという問題点がある。

天草豪雨災害は、褶曲構造が発達した堆積岩からなる山地斜面において発生した代表的な斜面災害である。同様の地質構造からなる山地は日本各地に分布することから、この災害の発生メカニズムの解明は、堆積岩山地における斜面崩壊発生メカニズムの解明および斜面崩壊発生場の予測にとって、重要な事例といえる。本報告では、地表地質調査によって堆積岩類の詳細な分布を把握するとともに、空中写真判読による詳細な崩壊分布図を作成し、斜面崩壊の発生に及ぼす地質的素因に関する議論を行った。

### 2. 調査・分析の方法

災害発生後に撮影された空中写真（縮尺1/20,000，国土地理院撮影）の判読を行い、天草上島東部一帯

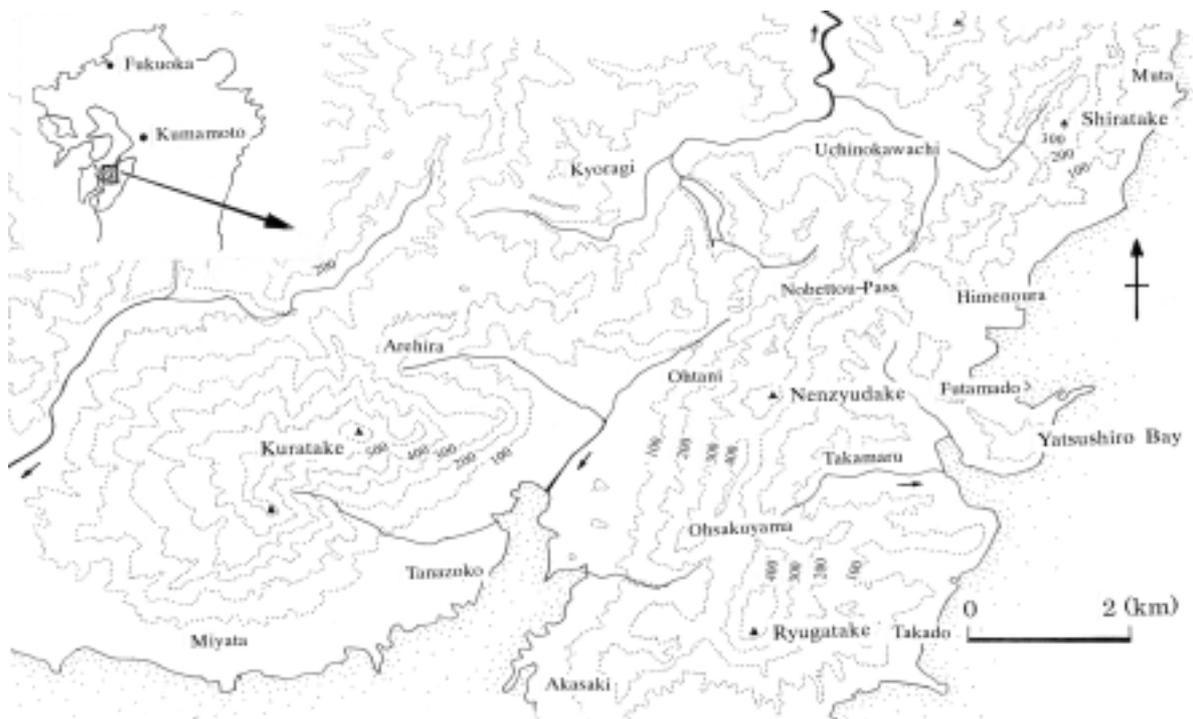


Fig. 1 Summit level map around Amakusa-Kamishima. Contour interval is 100 m

における斜面崩壊発生地の分布を把握するとともに、同地域の地質分布を明らかにするため、地表地質調査を実施して 1/10,000 の地質図を作成し、両者の重ね合わせを行った。

### 3. 地形・地質の概要

天草上島の東部一帯 (Fig. 1) の地形は、主に北東-南西方向に延びる数列の山稜 (標高 300~600m) で特徴づけられる。山稜部には、倉岳 (682m)、念珠岳 (503m)、龍ヶ岳 (470m)、白嶽 (373m) といったピークが存在する。倉岳の東斜面 (棚底) および龍ヶ岳の西斜面 (大作山) には数段の段丘が分布するほか、河川沿いにはわずかに谷底低地が分布している。海岸平野の発達は悪く、海成段丘も分布しない。山地の地形は、後述する地質構造を反映しており、龍ヶ岳と白嶽はメサ地形、念珠岳ではケスタ地形を呈する。また、山頂部の急崖は後述する白嶽砂岩よりなり、ケスタ地形の受け盤側では、山頂直下に比高数十 m に達するトアが顕著に発達するほか、トアの一部には径数十 cm~数 m におよぶ大小のタフォニやナマ (風化によって岩石表面に形成された楕円形の穴) が形成されており、それに伴うオーバーハング斜面も認められる。急崖直下の傾斜変換線付近には、トアから落下したと思われる径数十 cm~数 m 程度の白嶽砂岩の転石・落石が堆積していることが多い。

斜面崩壊が多発した天草上島東部一帯を対象として地質調査を行った。地質図を Fig. 2 に、地質断面図を Fig. 3 に、それぞれ示す。当地域の地質は、おもに白亜系~古第三系の堆積岩類からなり、一部には中期中新世の貫入岩体が分布している (日本の地質「九州地方」編集委員会, 1992)。堆積岩類の下位には、基盤である肥後変成岩類 (片麻岩・結晶質石灰岩) および宮の原花崗閃緑岩が分布するが、その露出は天草上島の南東端に限られる (日本の地質「九州地方」編集委員会, 1992)。堆積岩類は、下位の上部白亜系姫浦層群と、上位の挟炭古第三系に区分されており、両者の関係は傾斜不整合である (Miki, 1975)。姫浦層群は主に砂岩・泥岩互層からなり、泥岩ではスレーキングが生じやすい (建部ほか, 1996)。古第三系は、下位より、泥岩を主体とする赤崎層、粗粒砂岩を主体とする白嶽層 (以下「白嶽砂岩」と呼ぶ)、砂岩泥岩互層・泥岩を主体とする教良木層に分けられており、いずれも整合関係で累積する (Miki, 1975; 三木・鈴川, 1980)。これらの堆積岩類には、北東-南西方向に軸を持つ褶曲構造が発達しており、調査地域内では同一の層準が繰り返し露出している。また、明瞭なメサ地形を呈する白嶽および龍ヶ岳においては、向斜軸に沿う山稜部に硬質な白嶽砂岩が急崖をなして分布している。一方、明瞭なケスタ地形を呈する念珠岳付近においては、西に傾斜する同斜構造を呈する白嶽砂岩が山稜東側の急崖を構成している。これらの特徴的な急崖地形の平均勾配は約

60°にも達し、部分的には垂直ないしオーバーハン  
グ斜面となっている。急崖を構成する白嶽砂岩は、  
層理面と直交するクラックが発達した硬質な粗粒砂  
岩であり、石英の細礫を混入することも多い。一方、  
白嶽砂岩の下位に分布する赤崎層の分布域の地形は

比較的緩傾斜であり、平均勾配は20~30°程度とな  
っている。赤崎層は、赤鉄鉱を含むため特徴的な赤  
紫色を呈する軟質な塊状泥岩を主体とし、基底部~  
下部には礫岩・砂岩を伴う(三木, 1974)。

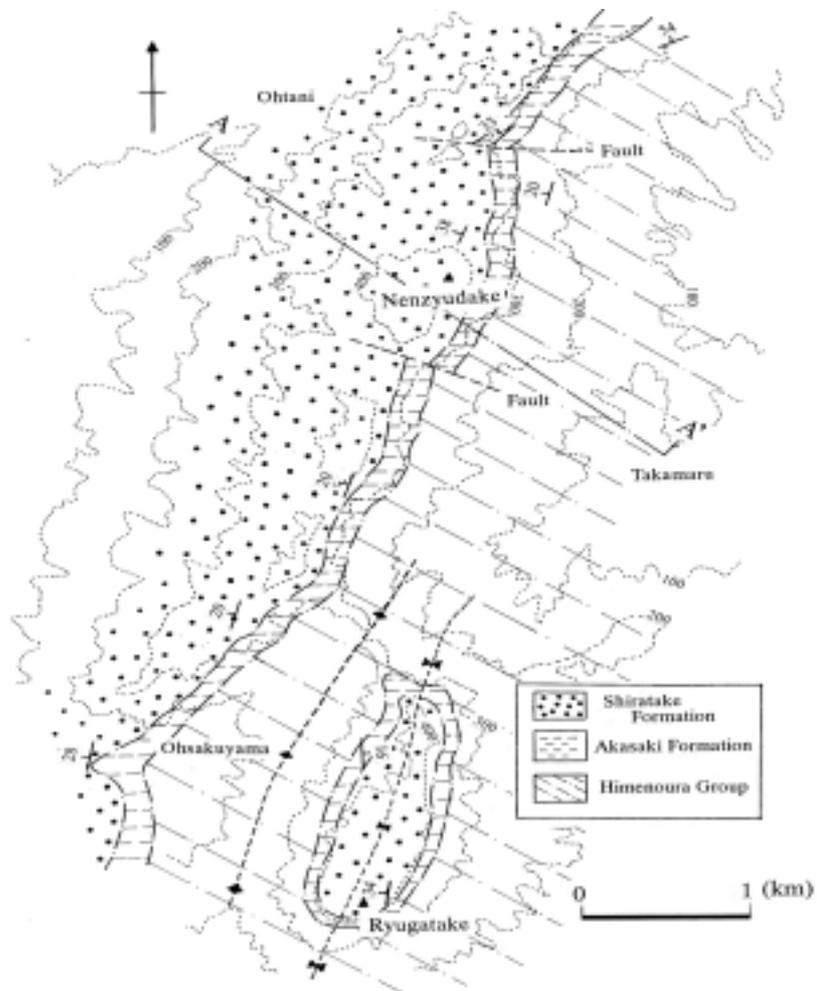


Fig. 2 Geological map

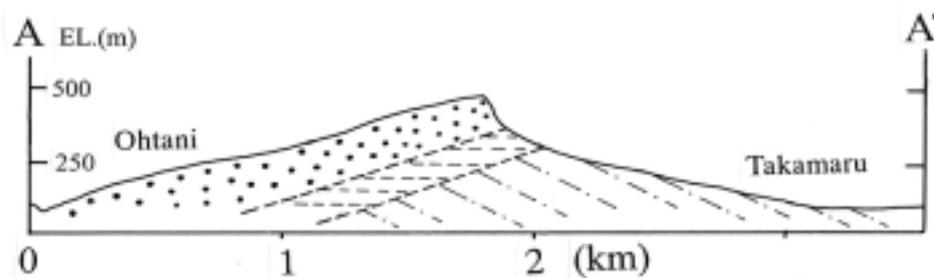


Fig. 3 Geological section

倉岳およびその周辺地域には、教良木層中に貫入した岩床状の火成岩体が、NE-SW 方向に伸びた形で分布している。このうち、倉岳山頂付近に露出する岩床状岩体は角閃石英斑岩であり、全岩の K-Ar 年代は  $16.7 \pm 0.3$  Ma である (濱崎, 1996)。同様の貫入岩体は、倉岳中腹にも分布する。貫入面のごく近傍を除くと、周辺の堆積岩には顕著なホルンフェルス化は生じていない。火成岩体のうち、特に天草下島の西部に分布するものは熱水変質により陶石化 (主成分鉱物はセリサイト, 石英, カオリナイト。中川, 1988) しているところがあるが、天草上島では一般に変質程度は弱い。

#### 4. 豪雨の特徴

天草豪雨災害が発生した 1972 年は、気象庁によるアメダスの稼働前ということもあり、雨量観測点の数が少ないため、豪雨の気象学的実態は明確となっていない。既存の報告 (山田・田中, 1996) によれば、斜面崩壊が多発した龍ヶ岳町と、斜面崩壊が少なかった松島町の時間雨量データがあり、このうちの龍ヶ岳町のデータをグラフ化したものが Fig.4 である。図中の棒グラフが時間雨量を、折れ線グラフが積算雨量を、それぞれ示す。時間雨量がピークに達したのは 7 月 6 日の 11-12 時で、 $130.0\text{mm/h}$  を記録している。10-13 時までの 3 時間雨量は、 $255\text{mm}$  にも達している。7 月 6 日の 24 時間雨量は、 $432\text{mm}$  となっている。一方、斜面崩壊の発生が少なかった松島町 (龍ヶ岳町の北、約  $15\text{km}$ ) では、最大 1 時間雨量は  $110\text{mm/h}$  と多いものの、最大 3 時間雨量は  $172\text{mm}$ 、24 時間雨量は  $267\text{mm}$  と、龍ヶ岳町よりかなり少ない。

日雨量分布図は、既存の報告には大縮尺のものがないものの、熊本県全域の雨量分布図 (7 月 6 日の日雨量) が猪瀬・橋本 (1973) にあり、これを一部改変したものが Fig. 5 である。日雨量が最も多かったのが、Fig. 4 で示した龍ヶ岳町である。図が小縮尺で判別しにくいものの、日雨量が  $400\text{mm}$  を超えたのは、ほぼ  $10\text{km}$  四方程度の狭い範囲であることがわかる。既存の報告でも、もっとも斜面崩壊が多かったのは、雨量が最も多かったこの範囲にほぼ一致する。そこで今回、もっとも降雨量ならびに斜面崩壊が多かった、姫戸町念珠岳 ( $503\text{m}$ ) ~ 龍ヶ岳町龍ヶ岳 ( $470\text{m}$ ) を中心とする範囲について、以下のように空中写真判読ならびに地質調査を行った。

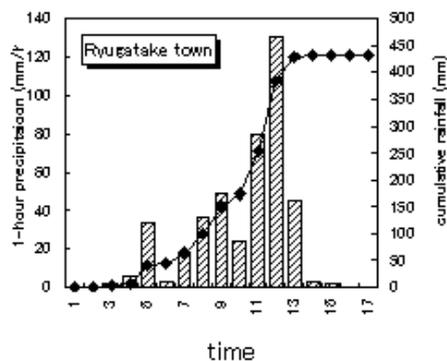


Fig. 4 Rainfall data at Ryugatake



Fig. 5 Cumulative rainfall distribution (After Inose and Hashimoto, 1973)

#### 5. 斜面崩壊の地形・地質的特徴

災害後に撮影された空中写真の判読に基づく斜面崩壊分布図を Fig.6 に、もっとも斜面崩壊が多かった念珠岳東側の空中写真 (縮尺  $1/10,000$ , 国際航業株式会社撮影) を Fig. 7 に、それぞれ示す。崩壊は調査地域全体に密に分布しており、特に白嶽~念珠岳~龍ヶ岳にかけて多発していることが分かる。斜面崩壊の発生は主に天草上島の南東部の比較的狭い範囲に限られるものの、空中写真で確認された斜面崩壊の発生個数は約  $4,600$  箇所達し、 $1\text{km}^2$  あたりの崩壊発生個数は、もっとも多い場所で  $100$  箇所を越える (鳥居ほか, 1974) とされているが、今回判読した結果では、使用した写真と地形図が小縮尺であったため、最大で約  $70$  箇所となった。崩壊発生場所は谷頭部 (1 次谷~0 次谷) に集中しており、そこから崩壊土砂が土石流となって下流へ流下したと考えられる。

念珠岳地区では、ケスタ地形をなす山体の受け盤斜面では、傾斜変換線付近での規模の大きな崩壊発生例が多く、崩壊源はほぼ同じ標高にそろって分布する。特に、念珠岳南東斜面には規模の大きな崩壊が集中しており、土砂の流下距離も長い。1km<sup>2</sup>あたりの崩壊発生個数は約20~30箇所である。一方、ケスタ地形の流れ盤斜面においては、崩壊は斜面の全域にわたってまんべんなく発生しており、樹枝状の形態を呈するが、崩壊の規模は全般に小さい。1km<sup>2</sup>あたりの崩壊発生個数は約50~60箇所(最大で約70箇所)である。白嶽および龍ヶ岳地区では、メサ地形の山頂部を構成する白嶽砂岩分布域での崩壊発生数は比較的少なく、規模も小さいが、メサ地形の急崖直下の赤崎層分布域で発生した崩壊は数が多く、崩壊規模が大きく、土砂の流下距離が長い。

また、豪雨時ないしその直後に、いくつかの地すべりも発生した。天草地域には中~小規模の地すべりが多く分布することが知られている(荒牧ほか, 1984, 1986, 1987)が、1972年豪雨災害時に顕著な土砂移動が発生した地すべりは10箇所程度である(鳥居ほか, 1974)。倉岳北東の荒平地区、念珠岳南東部の高丸地区の南方などで規模の大きな地すべりが発生した。

## 6. 考察

地質分布と斜面崩壊分布図とを重ね合わせた図を、Fig. 8に示す。念珠岳の東側斜面(ケスタの受け盤側)では、斜面崩壊は赤崎層の上部~上位の白嶽層との地質境界付近において集中して発生している。このタイプの崩壊は概して規模が大きく、崩壊深が4~5mにも達するものがある。このタイプの斜面崩壊の発生には、赤崎層(泥岩)と白嶽砂岩と岩石物性の差異、特に透水性のギャップが影響した可能性が考えられる。すなわち、降水は、硬質であるが粗粒かつクラックが多いため高透水性と推定される白嶽砂岩中を容易に浸透しやすいものの、その下に分布する難透水性と推定される赤崎層の泥岩との地質境界付近で地下浸透が遮断され、地下水の一部はケスタの受け盤側にオーバーフローすることが考えられる。また、硬質な白嶽砂岩と違って、赤崎層は初性的に固結度が低く軟質であり、特に赤崎層の上部の層準はスレーキングを起こしやすい泥岩を主体としており、露頭における泥岩は、スレーキングにより碎片化していることが多い。以上のような地質

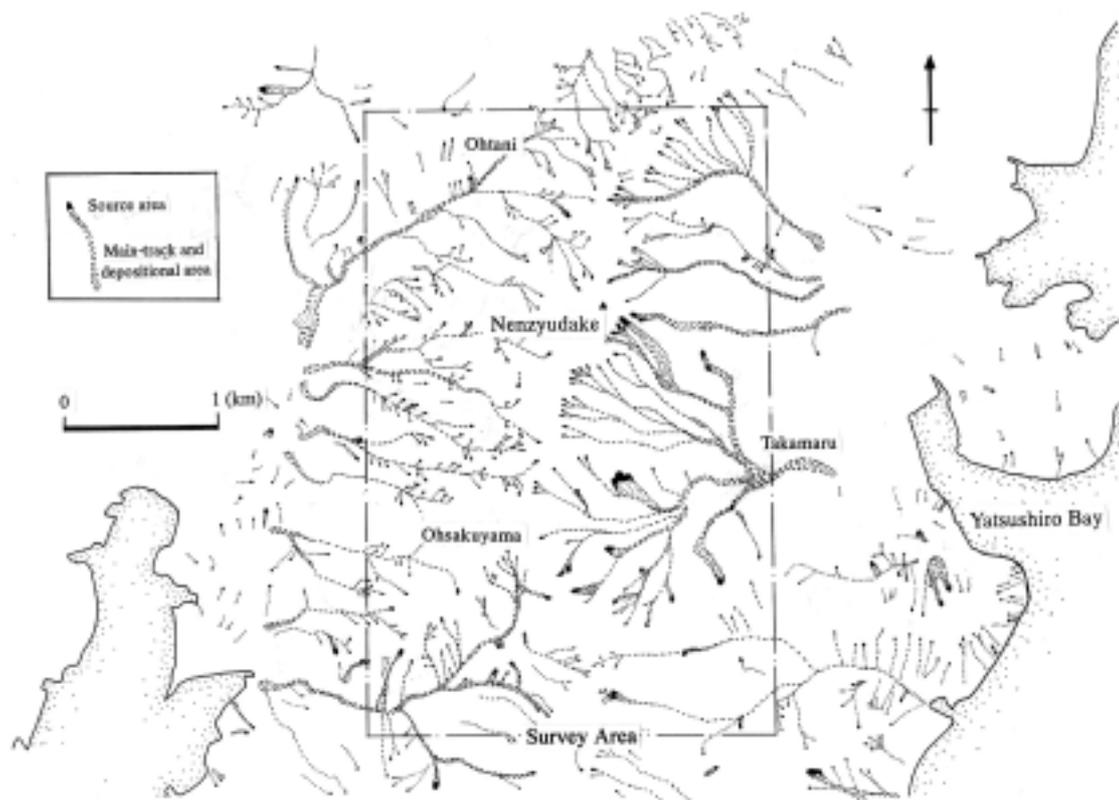


Fig. 6 Distribution of slope failures

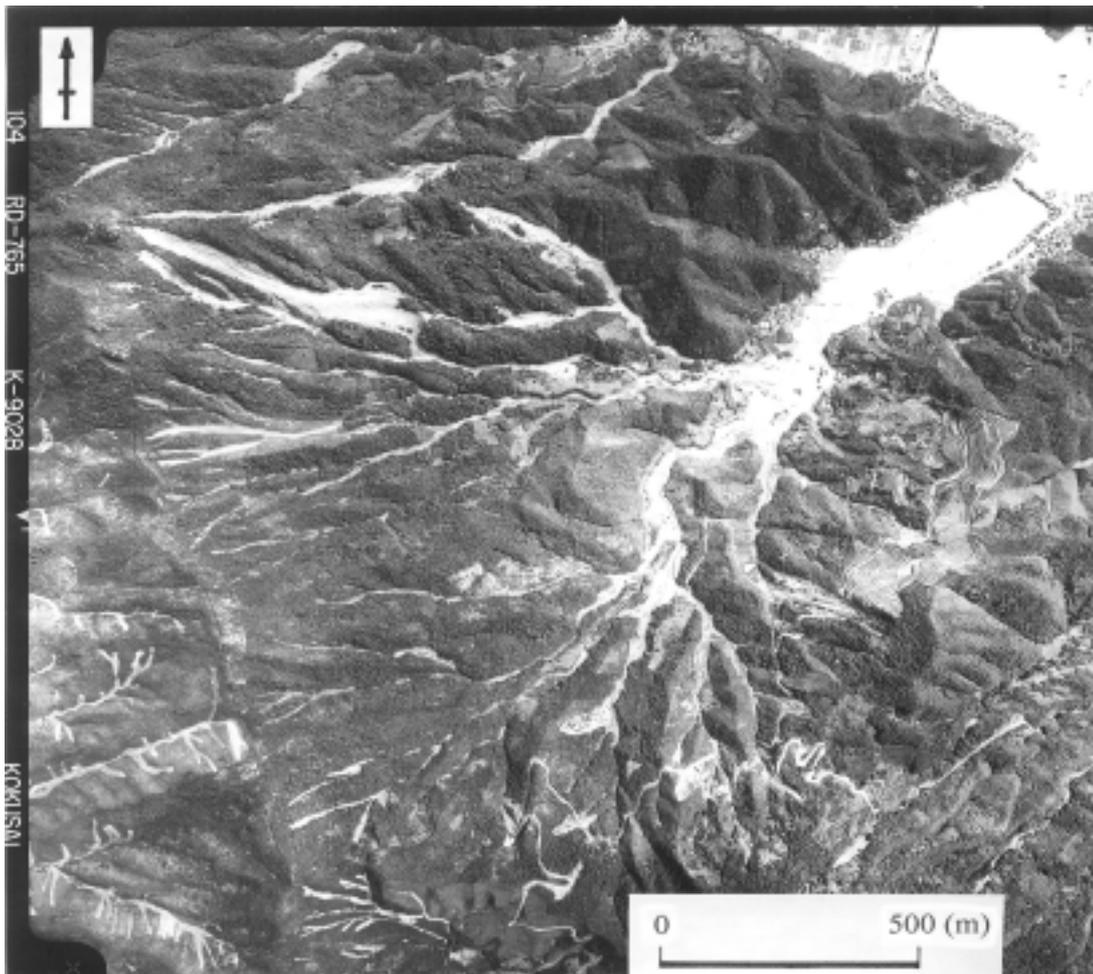


Fig. 7 Aerial photograph of Amakusa disaster area

的条件を反映して、白岳砂岩直下に分布する赤崎層上部の泥岩が分布する斜面における地中水の間隙水圧が増加し、泥岩が低強度であることも影響して斜面崩壊の発生が多発したと推定される。なお、Fig. 8から読みとれるように、赤崎層直上の白岳砂岩を崩壊源とする斜面崩壊も複数発生しているが、これは足下の赤崎層の崩壊が上方に分布する白岳砂岩からなる斜面の不安定化を招いて発生したものか、あるいは白岳砂岩の表層風化帯が薄く剥落するタイプの崩壊が発生したものと推定される。このタイプの崩壊の規模は、いずれも小さい。

赤崎層の泥岩を崩壊源として多発した斜面崩壊は、おそらく豪雨発生前に崩壊発生地点より上方から落下・堆積していた白岳砂岩の転石（直径数 m）を巻き込んで下流の集落に流下し、大きな被害を出した。この原因としては、ケスタ地形の受け盤側の稜線に分布する白岳砂岩がしばしば比高 20~30 m にも達する岩盤が露出したトアをなすとともに、タフォニによって部分的なオーバーハング斜面となっており、

こういった不安定なオーバーハング斜面では転倒モーメントが増すことから、岩盤崩落や落石が発生しやすいと推定される。また、実際に、赤崎層分布域の沢では、しばしば径数 m におよぶ白岳砂岩の巨礫が転石として堆積していることが多い。このことは、ケスタ地形をなす念珠岳に限らず、メサ地形をなす白嶽・龍ヶ岳といった山地の斜面においても同様である。

一方、念珠岳の西側斜面（ケスタの流れ盤側）には、全域にわたって白岳砂岩が分布しているが、斜面崩壊の発生場所は特定の標高や層準で起こっているのではなく、斜面の広い範囲にわたって群発している。谷の次数との関係を見ると、いずれも 1 次谷ないし 0 次谷といった谷の源頭部~尾根直下に位置しており、崩壊の空間分布は典型的な樹枝状の形態をなす。斜面崩壊が特定の層準に集中した念珠岳東斜面とは対照的である。このタイプの崩壊は概して規模が小さく、崩壊深は 1m 以下の表層剥離型であることが多い。尾根部や切土のり面などで観察され

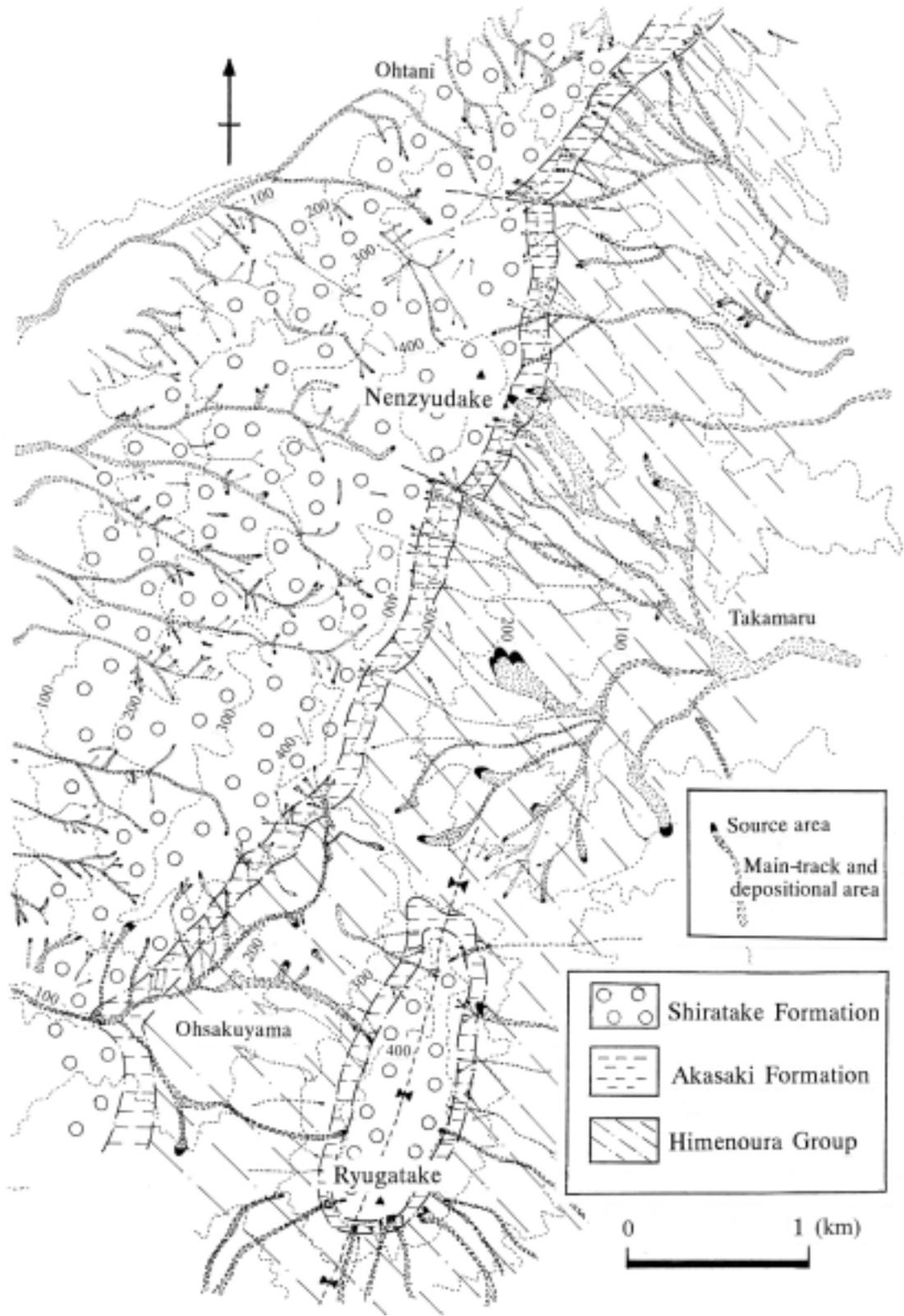


Fig. 8 Relationships between slope failures and distribution of sedimentary rocks

る白嶽砂岩の強風化部（岩盤分類におけるD級程度）は約1~2m程度であることから、白嶽砂岩分布域で発生した斜面崩壊は、こういった表層風化帯が薄く剥落するタイプのもと考えられる。以上のことをモデル的に示したものがFig. 9である。

今後、斜面崩壊の発生メカニズムをより詳細に検討するためには、特に山体内部における透水挙動・流出特性といった水文学的性質を定量化することが必要になると考えられる。堆積岩に限らないが、表土に覆われた岩盤における不飽和浸透の研究例は限られており（渡辺・内野，1983；百田ほか，1987；内田ほか，2001），その実態解明が必要である。また、落石や岩盤崩落を発生させやすい地形・地質的素因のひとつである急崖斜面におけるタフォニの実態把握と形成プロセスについても、国内の岩盤斜面における実例がほとんど知られていない（横田ほか，2001；西山ほか，2003）ことから、今後詳細な調査を行う予定である。

## 7. まとめ

1972年7月豪雨における天草地域の斜面崩壊の地質的特徴を検討した結果、次のような結果が得られた。堆積岩の地質構造に規制されたケスタ地形をなす天草地域の山地斜面における斜面崩壊は、山体を構成する岩体の透水性・強度の差異や、表層風化帯の厚さといった地質的条件に強く影響されていることがわかった。すなわち、難透水性の泥岩の上位に砂岩が累積した地質構造をなすケスタの受け盤斜面の場合、斜面崩壊は透水性のギャップがある両者の地質境界付近で多発した。一方、砂岩からなるケスタの流れ盤斜面では、砂岩の薄い表層風化帯の厚さに規制された斜面崩壊が多発したと推定された。

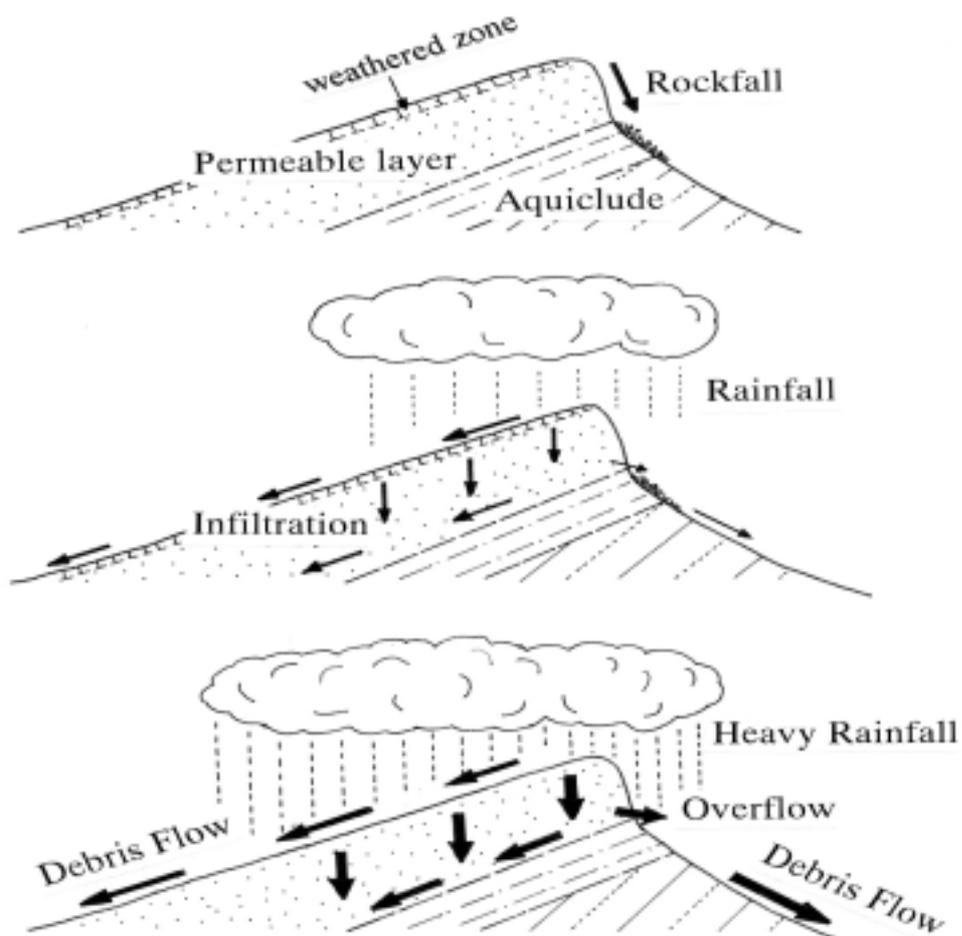


Fig. 9 Hydrogeological model of mountain slope

## 謝辞

熊本大学教育学部の横山勝三教授、ならびに島根大学総合理工学部の横田修一郎教授には、現地調査に際して大変お世話になった。独立行政法人防災科学技術研究所の井口 隆氏には、大縮尺地形図ならびに空中写真をお貸しいただいた。本研究を進めるに当たり、熊本自然災害研究会研究助成ならびに笹川科学研究助成を受けた。以上の方々ならびに機関に、心よりお礼申し上げます。

## 参考文献

- 荒牧昭二郎・北園芳人・中山 洋・鈴木敦巳・梶原光久 (1984) 熊本県天草上, 下島の地すべり型斜面崩壊危険図について, 応用地質, Vol. 25, No. 2, 47-58.
- 荒牧昭二郎・北園芳人・中山 洋・鈴木敦巳・梶原光久 (1986) 天草における第三紀層の地すべり解析, 地すべり, Vol. 23, No. 2, 17-24.
- 荒牧昭二郎・北園芳人・鈴木敦巳・梶原光久 (1987) 天草第三紀風化土の物理的性質について, 応用地質, Vol. 28, No. 4, 193-200.
- 濱崎聡志 (1997) 熊本県天草地域の火成活動の K-Ar 年代と九州内帯・外帯における中新世マグマ活動のレンジの比較, 資源地質, Vol. 47, 121-129.
- 羽田野誠一 (1973) 地すべり性崩壊と地形条件 ― 昭和 47 年 7 月豪雨による天草地区の事例, 第 10 回災害科学総合シンポジウム講演論文集, 277-278.
- 百田博宣・藤城泰行・青木謙治・花村哲也 (1987) 降雨浸透を考慮した岩盤中の地下水挙動に関する解析的検討, 土木学会論文集, 378/VI-6, 23-31.
- 猪瀬 賢・橋本 寛 (1973) 47 年 7 月災害報告, 新砂防, 86, 25-34.
- 西山賢一・横田修一郎・横山勝三 (2003) 1972 年天草豪雨災害地域の砂岩に見られるタフォニの形態的特徴と水分含有状態, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会 (CD-ROM) .
- 日本の地質「九州地方」編集委員会編 (1992) 日本の地質 9 九州地方, 371p. 共立出版.
- 木野義人 (1973) 天草の豪雨災害と地質, 地質ニュース, No. 222, 4-10.
- 中川昌治 (1988) 天草陶石の構成鉱物, 粘土科学, Vol. 28, No. 2, 11-29.
- 三木 孝 (1974) 西九州天草の赤崎層について, 九州大学理学部研究報告 (地質), No. 12, 27-40.
- 三木 孝・鈴川俊道 (1980) 天草上島のいわゆる教良木層, 九州大学理学部研究報告 (地質), No. 13, 285-293.
- 初倉克幹 (1973) 天草上島における 47. 7 山地災害の素因 ― 特に発生場所の予測と対策, 第 10 回災害科学総合シンポジウム講演論文集, 273-274.
- 自然災害科学の総合的研究班 (1973) 昭和 47 年 7 月豪雨災害の調査と防災研究, 昭和 47 年度文部省科学研究費報告書, 193-222.
- 建部精之・村上竜介・森田 寛 (1996) 石打ダム基礎岩盤のスレーキングについて, ダム工学, No. 23, 51-60.
- 塚本良則・古谷野秀明 (1976) 熊本県天草の地形と浸食タイプについて, 昭和 51 年度砂防学会研究発表会概要集, 12-13.
- 鳥居栄一郎・鶴見栄策・篠原安広・鈴木勝義・市川清次・霞原健治・木佐貫順二 (1974) 天草における 47・7 豪雨災害とそれに基づく山崩れ危険度判定について, 地すべり, Vol. 10, No. 3, 35-40.
- 内田太郎・浅野友子・大手信人・水山高久 (2001) 山地源流域の湧水の形成過程に及ぼす岩盤地下水の影響, 日本水文科学会誌, Vol. 31, No. 2, pp. 59-72.
- 渡辺邦夫・内野祐彰 (1983) 表土に覆われた岩盤中の不飽和浸透機構に関する基礎的考察, 応用地質, Vol. 24, pp. 46-54.
- 山田 隆・田中茂樹 (1996) 昭和 47 年熊本県「天草災害」, 砂防学会誌, Vol. 49, No. 3, 46-48.
- 横田修一郎・竹原和也・西山賢一 (2001) 新第三系砂岩地帯におけるタフォニから不安定オーバーハング斜面の形成, 地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会 (CD-ROM) .
- Takashi MIKI (1975) Formation and development of sedimentary basins during the Paleogene in Amakusa and its adjacent areas, Western Kyushu. Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, Geol., Vol. 23, 165-209.

# **Geological features of slope failures caused by 1972 heavy rainfall in Amakusa, Kyushu, Japan**

Ken-ichi NISHIYAMA\* and Masahiro CHIGIRA

\*Faculty of Integrated Arts and Sciences, University of Tokushima

## **Synopsis**

Many slope failures occurred in Amakusa Island, Japan, triggered by heavy rainfall on July 6th, 1972. Slope failures concentrated in mudstone based on the results of aerial photograph interpretation and field survey. Field evidence suggests that rainwater penetrated into permeable coarse sandstone with systematic joints superposed on poor permeable massive mudstone. Many slope failures occurred at poor permeable mudstone because of a rise in the groundwater level. The occurrences of slope failures of mudstone were controlled by hydrogeological structure of mountain slope.

**Keywords:** Slope failures, Amakusa disaster caused by heavy rainfall, Sedimentary rocks, permeability