

# 2011年9月紀伊半島台風12号による災害緊急調査報告

Survey report of the Landslides caused by typhoon No. 12 in Kii Peninsula, Japan

川畑大作・斎藤眞

産業技術総合研究所 地質情報研究部門

## 要旨

2011年9月の台風12号による豪雨により、奈良、和歌山両県に多大な土砂災害が発生した。地質調査総合センターでは土砂災害発生地のうち4カ所の地質調査を行い、土砂災害と地質の影響について考察を行った。その結果、今回の大規模崩壊の誘因は記録的な豪雨だが、斑状花崗岩が分布している那智勝浦では小規模の崩壊が多発し、赤谷、伏菟野、熊野では地質構造や分布などの地質条件により、崩壊の規模や形態に大きく関与していることが明らかになった。また、どの地域も過去大規模崩壊が発生している地域であり、今後も詳細な調査を行うことで崩壊の詳細なメカニズム解明につながっていくと考えられる。

## 1. はじめに

2011年9月3日に四国、中国地方を北上した台風12号は、紀伊半島に豪雨を降らせ、各地で土砂災害を起こした。産総研地質調査総合センターでは、10月3-6の4日間で現地調査を行い、大規模崩壊発生地における地質について検討を行った。ここでは、大規模崩壊は少なかったものの、土石流などによって被害を受けた那智川流域の概要と、大規模崩壊が発生した3カ所について地質学的な見地から解説する。なおこの地域の地質概要は、<http://www.gsj.jp/hazards/landslide/kiihanto.html> を参照してほしい。

## 2. 調査結果

### 2-1. 和歌山県南部，那智勝浦町の那智の滝～那智川流域（概要）（2011年10月3日調査）

この付近の地質は、中期中新世前半に前弧海盆で堆積した熊野層群の上を、中期中新世中頃の熊野酸性岩類に属する斑状花崗岩が覆う（徳岡ほか，1982，図1）。斑状花崗岩の部分は熊野層群に比べて硬く浸食に強いいため、那智川沿いでは地形の傾斜が緩い低地の部分が熊野層群、標高の高い急峻な地形の部分が斑状花崗岩で構成されている。那智の滝は斑状花崗岩と熊野層群の硬さの違いによって境界部に懸かったものと考えられる。

この地域では、次節以降に述べるような大きな斜面崩壊は起きていない。しかし、多量の降水によって、斑状花崗岩の急傾斜地や急勾配の谷の部分で小規模な崩壊が発生し、それらの岩屑と谷に堆積していた砂利が土石流となって流出し、川沿いの低地に大きな被害をもたらしている（写真1，写真2）。



図1 那智勝浦町周辺の地質図. 20万分の1地質図幅「田辺」(徳岡ほか, 1982)

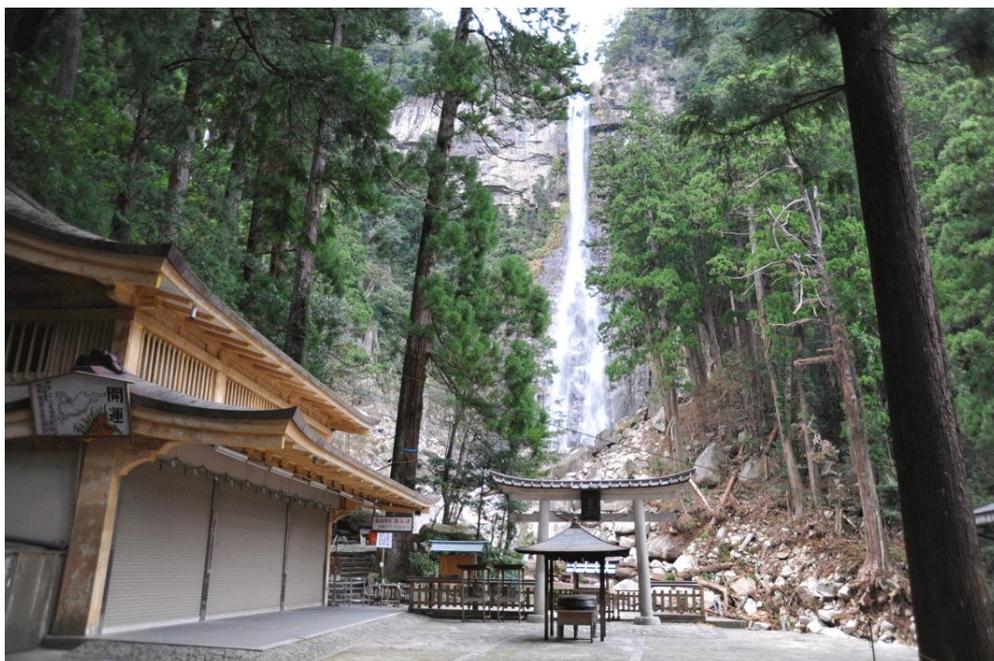


写真1 那智の滝の観瀑台 今回の崩落によると考えられる巨礫が散乱している. また, 写真右下の足下部分は削剥されて崩落している



写真2 下流の砂防ダムを飽和させている土砂

## 2-2.五條市赤谷の斜面崩壊(2011年10月4日調査)

この付近で今回の豪雨によって崩壊は、1889年の火ノ瀬山の崩壊地の再崩壊(十津川の支流、川原樋川の右岸の標高約800m付近からの崩壊)(写真3)と、その南西側の赤谷の右岸1050m付近から崩壊(写真4, 写真5)、及び南東側の長殿谷の3カ所である。今回、赤谷の崩壊地で崩壊地内の現地調査を行った。



写真3 火ノ瀬山の崩壊地の再崩壊の現場



写真4 赤谷崩壊地の全景



写真5 赤谷崩壊地の土砂の対岸側への乗り上げ

## 《地質》

この地域は、白亜紀付加体の美山層からなっており、多くのスラストシートからなっていることが知られている(図 2)。これらは海洋プレート上を移動しながら a→b の様に堆積が進行してできた上方粗粒化の層序を持つ堆積物(b)が、海溝近傍でスラストによって積み重なってできる場合(A)とやや深い位置でデュプレックス構造をつくっていく場合(B)があるとする考え方が一般的である。どちらもスラストシートの下部には玄武岩やチャートを含むメランジュが存在し、上部に向けて泥岩、タービダイト(砂岩, 砂岩泥岩互層)が存在することが知られている。泥岩、タービダイトの部分もしばしば構造変形を受け、砂岩泥岩互層は破断していることがある。

本崩壊地の上部は層状の泥岩で白色層状の珪長質凝灰岩を含む。この地層は破断しておらず変形は比較的弱い。全体的な走向はほぼ東西方向で、傾斜は北に 60 度程度である。崩壊地の中上部 900m 付近から下は一部破断した変形した砂岩が分布する。両者の間に変形した砂岩優勢の混在岩～破断した砂岩泥岩互層が存在する。崩壊地に北から登る登山道のうち標高 700m～800m の尾根筋には、チャートが存在する。このチャートは、白亜紀付加体の美山層のスラストシートのうち、下底面を画するスラストの直上にメランジュのブロックとして存在するものと考えられるが、崩壊地には露出しない(図 3)。

崩壊地上部の上部から構造的上位に向かって砂岩優勢になっていくことから、崩壊地は泥岩から砂岩になる白亜紀付加体の一つの上方粗粒化の層序(海洋プレート層序)からなるスラストシートである可能性が高い。北側には北西傾斜の厚い砂岩が作るリッジがあることから、チャートは崩壊地と北側の砂岩のリッジの間に分布する、ないしはスラストだけが存在してチャートを含む部分は存在しない可能性もある。

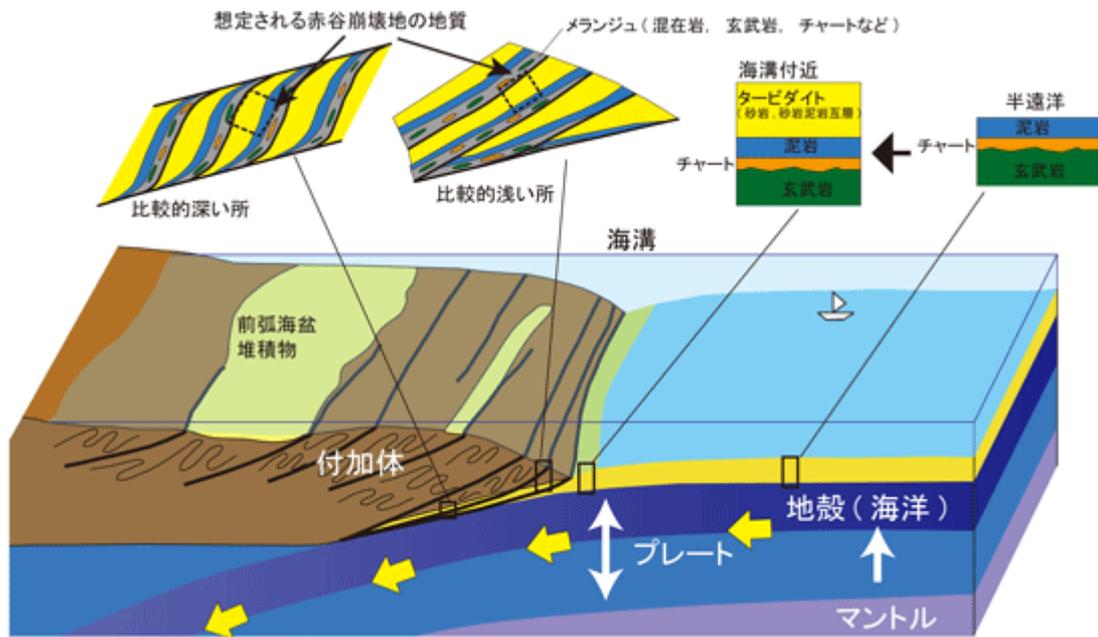


図 2 本地域付近の付加体に推定される形成プロセス

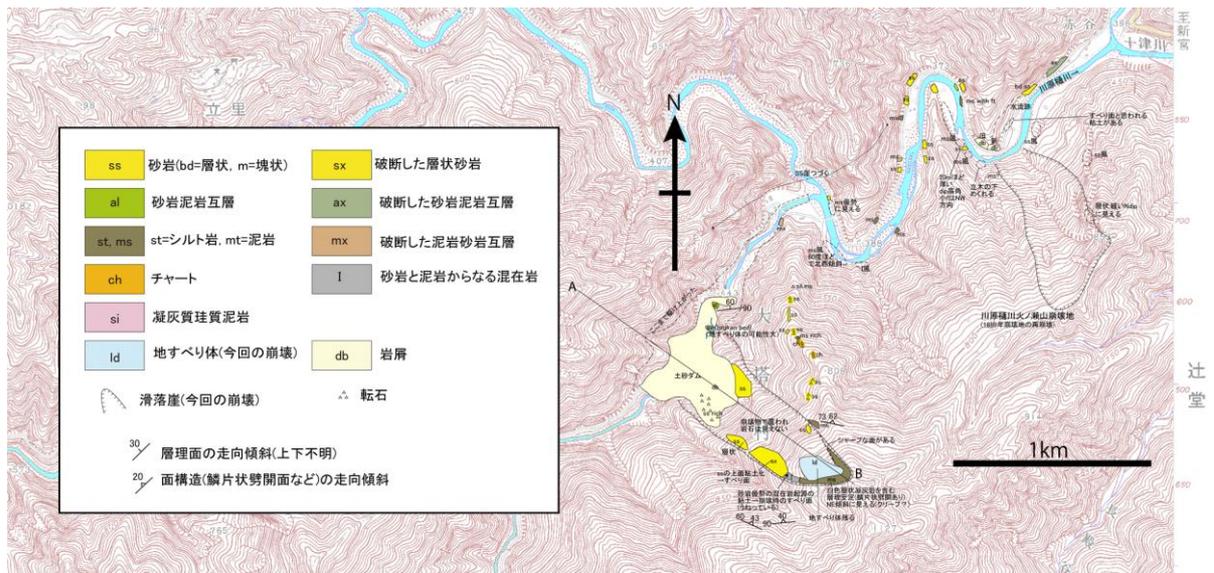
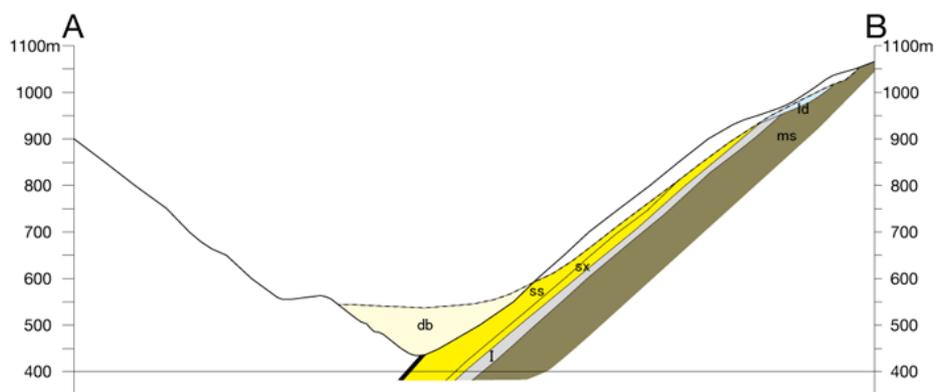


図3 赤谷崩壊地周辺のルートマップ

《崩壊状況と地質との関連についての考察》

赤谷の崩壊地内の地形断面(図4)に、崩壊地付近の一般的な層理面(ないし鱗片状劈開面)を東西走向、北傾斜60度として地質を投影すると、斜面とほぼ平行であることがわかる。また、標高900m付近の崩壊地南西側には混在岩の鱗片状劈開とほぼ平行にすべり面となったと考えられる粘土が存在する。また、南西部の標高800-900m付近の変形した砂岩の上面の砂岩は凹凸がなくなめらかな表面をしており(写真6)、この面がすべり面になったことが考えられる。崩壊地内に残る粘土の存在を考慮すると、層面すべりによって崩壊が発生した可能性が高いことがわかる。



縦横比1:1

上部は45°北西傾斜、下部は60°北傾斜とすると、全体で45°程度で傾斜する。この結果、ほとんど、地形面に見かけの層理面が平行になる。

図4 赤谷崩壊地の断面図



写真6 赤谷崩壊地中部の変形した砂岩の上面に付くなめらかな面

崩壊地南部の崩壊地南西側の小尾根に沿った部分、また崩壊地北部の小尾根付近には、岩盤が露出している。一方、本崩壊地は、元々全体として緩い谷状構造をしており、崩壊後も中央部には、岩盤は露出していない。またこの場所には小さい崩壊地形が地形図に記されている。さらに本崩壊地の南西側にも、小尾根と小尾根の間のややゆるい地形の部分に崩壊跡が認められる。地質の走向傾斜が斜面の傾斜に則した流れ盤の構造にあることを考えると、もともと、この斜面の岩盤には亀裂が入ってゆるんでいた、ないしは一度崩壊した岩石が存在しており、これらが多量の雨によって、崩壊した可能性が考えられる。

現在、崩壊地の上部には、層状泥岩の地すべり体が残っている(写真7, 写真8)。崩壊後の降水によりガリーができるほど、崩壊後の斜面中部～下部に崩壊物が存在している(写真9, 写真10)。このため、川原樋川火ノ瀬山の崩壊地のように、再度崩壊することを考える必要がある。

また崩壊物は赤谷を横切って、赤谷左岸の標高 580m 付近まで達し、赤谷を埋積して土砂ダムを形成した。調査時で、土砂ダムの下を水が抜けて流れている(写真11)。これは、砂岩を起源とする角張った岩塊が多いために、隙間が多いためと考えられる。



写真7 赤谷崩壊地上部に残る地すべり体



写真8 赤谷崩壊地上部の滑落崖上からみた地すべり



写真9 赤谷崩壊地上部からみた崩壊地全景。中央部にガリーができている。谷の向こう側に土砂が乗り上げたところまで、岩石が露出している



写真10 赤谷崩壊地中上部に残る崩壊物



写真 11 赤谷崩壊地の底から流れ出る伏流水。水量は多い

### 2-3. 田辺市伏菟野前谷の斜面崩壊(2011年10月5日調査)

伏菟野前谷の崩壊地では、標高 340m 付近が最高点で北西側に伸びる尾根と西の 277m ピーク方向に伸びる小さな尾根との間が崩壊した (図 5, 写真 12)。

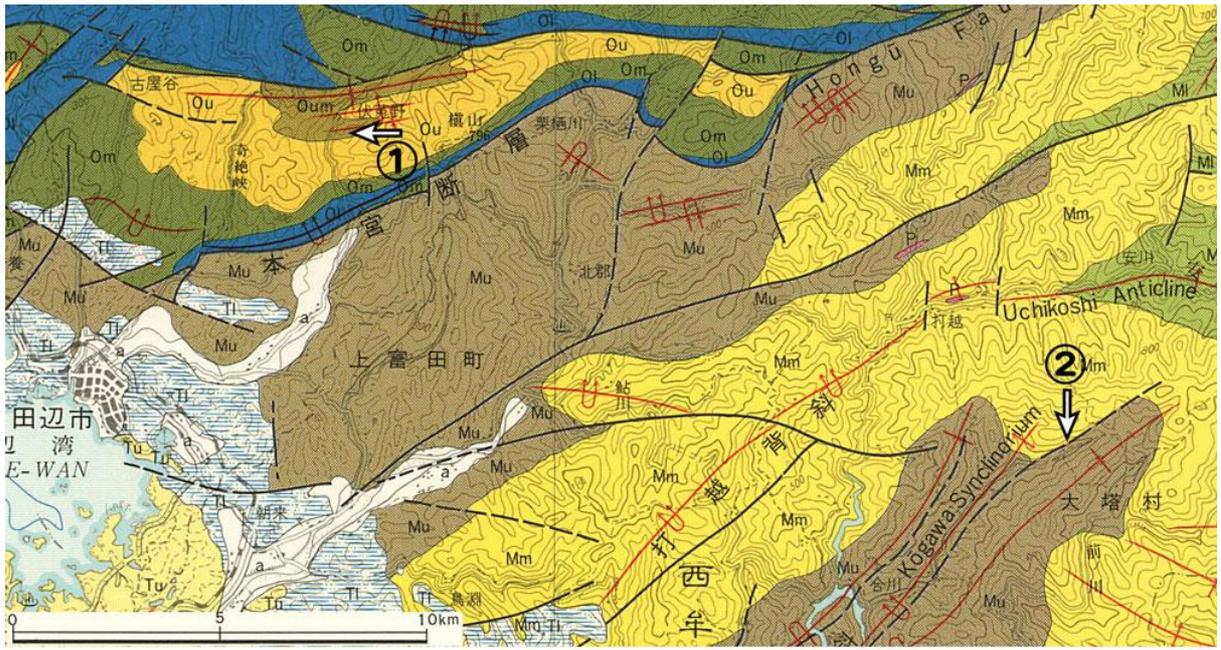
#### 《地質》

この付近では、これまでの研究から古第三紀の音無川層群の上部の砂岩(礫岩を含む)の上位に、砂岩泥岩互層があり、それらが褶曲するとされている(図 6)。

今回崩壊地とともに、崩壊地の東側から北東側の調査を行った。滑落崖(写真 13)には泥岩優勢の細粒砂岩泥岩互層に厚さ数 m の層状の砂岩が挟まっている。細粒砂岩泥岩互層は波長数 m の褶曲しているものが多く(写真 14)、褶曲した泥岩には弱い鱗片状劈開がある(写真 15)。褶曲していない部分は劈開に乏しくボソボソに風化する。

崩壊地周辺では、崩壊地に露出する泥岩優勢の細粒砂岩泥岩互層と、礫岩を伴う砂岩が分布する(写真 16)。砂岩に伴われる礫岩は、泥岩の角礫を多く含む礫岩で、細粒砂岩泥岩互層の上位に砂岩(礫岩を伴う)が分布する(写真 17)。砂岩及び礫岩には、細粒の砂岩泥岩互層より波長の長い地質図オーダーの褶曲が存在すると考えられるが、小断層で地層の向きが異なっている可能性も否定できない。崩壊地の東側の谷では、南側の砂岩と、崩壊地に分布する細粒砂岩泥岩互層との間に、これまで知られていなかった北東走向の数 10cm の破碎帯を伴う断層が認められた(写真 18)。この断層はこれまでの地質図では知られておらず、細粒砂岩泥岩互層と礫岩を伴う堅固な砂岩の分布に影響を与えたと考えられる。





中期始新世の付加体(音無川層群)

Oum	砂岩泥岩互層 Alternation of sandstone and mudstone
Ou	砂岩優勢の砂岩泥岩互層, 砂岩及び礫岩 Alternation of sandstone and mudstone rich in sandstone, sandstone, and conglomerate
Om	泥岩優勢の砂岩泥岩互層 Alternation of sandstone and mudstone rich in mudstone
Oi	泥岩 Mudstone

中期～後期始新世の前弧海盆堆積物(牟婁層群)

Mu	泥岩, 砂岩泥岩互層, 砂岩, 礫岩及び含礫泥岩 Mudstone, alternation of sandstone and mudstone, sandstone, conglomerate, and pebbly mudstone
Mm	砂岩及び砂岩優勢の砂岩泥岩互層 Sandstone and alternation of sandstone and mudstone rich in sandstone

図 6 伏菟野周辺の地質図(20 万分の 1 地質図幅「田辺」(徳岡ほか, 1982) )

[http://www.gsj.jp/Gtop/topics/kihanto/map\\_03.jpg](http://www.gsj.jp/Gtop/topics/kihanto/map_03.jpg)



写真 13 伏菟野前谷の崩壊地の滑落崖. 泥岩優勢で風化が進んでもろい

崩壊地周辺には、過去の崩壊地形が多く存在する。向垣内付近には崩壊地形や移動体とみられる地形が見られ、前谷から南方にかけて標高 200-300m の緩斜面が広がり、これらは崩壊堆積物で構成されている可能性がある。

#### 《崩壊状況と地質との関連についての考察》

伏菟野前谷の崩壊地では、標高 340m 付近が最高点で北西側に伸びる尾根と西の 277m ピーク方向に伸びる小さな尾根との間が崩壊した。

滑落崖には、過去に崩壊した堆積物はない。滑落崖の下には、今回の崩壊による移動体が残存しており、移動体の下部が崩壊物となって住宅を押しつぶした。また、滑落崖の下には標高 277m の地形的に不自然な高まりがあり、過去の移動体ないしは、崩積物の削り残しと考えられる。この高まりが、今回の崩壊地の下流の谷を狭めており、移動体をせき止めた形になっている。この標高 277m の地形的な高まりがなければ、より広範囲に崩壊物が流下したと考えられる。

この地域は五條市赤谷と異なり、流れ盤構造ではない。波長数 m の褶曲泥岩優勢の細粒砂岩泥岩互層部が崩壊している。泥岩優勢の細粒砂岩泥岩互層には、褶曲による劈開が発達して周囲の急峻な地形をなす砂岩(礫岩を伴う)に比べて脆弱であり、このような地質の部分に多量の降水があって浸透し、崩壊したものと考えられる。



写真 14 褶曲した泥岩優勢砂岩泥岩互層。ここでは褶曲軸面はほぼ水平



写真 15 褶曲した泥岩優勢砂岩泥岩互層に見られる変形



写真 16 礫を多く含む砂岩



写真 17 ハンマーより右上が層状の砂岩，左下が泥岩優勢砂岩泥岩互層．境界部はわずかにスリ  
ップしているが，ほぼ整合



写真 18 崩壊地の東側の谷に見られる断層．ハンマーが断層の部分，そこより右が層状の砂岩，左  
が泥岩優勢砂岩泥岩互層

## 2-4. 田辺市熊野の斜面崩壊(2011年10月6日調査)

### 《地質》

本崩壊地付は始新世の牟婁層群からなる。岩相は砂岩及び泥岩片を多く含む礫岩と、層状の泥岩(写真19, 写真20)からなり、田辺市伏菟野の崩壊地の地質と似る。5万分の1地質図幅「来栖川」では、この付近の地質構造は八丁坂向斜の北翼で、泥岩部分になっている(鈴木ほか, 1979, 図7)。しかし現地調査では、崩壊地周辺で層状の泥岩が存在するのは谷沿いに限られ、谷の北側の斜面の大部分は砂岩であることが判明した(図8)。崩壊地西端下部では、北傾斜の逆転層で、層状泥岩が砂岩を整合関係で覆う露頭がある(写真21)。これらをもとに断面図(図9)に示すような南に転倒した褶曲構造が推定される。

崩壊地中部～上部には、南傾斜の堅固な層状の砂岩・礫岩層があり(写真22)、その上に、それらの崖錐が厚く堆積していた。滑落崖北東部にはその断面が見られ(写真23)、そこから北東方向に向けて地形的に傾斜がやや緩くなっている部分には崖錐が連続して存在すると考えられる。また、崩壊地西部には風化が進んで脆弱な砂岩や礫岩の崩壊物が存在する。

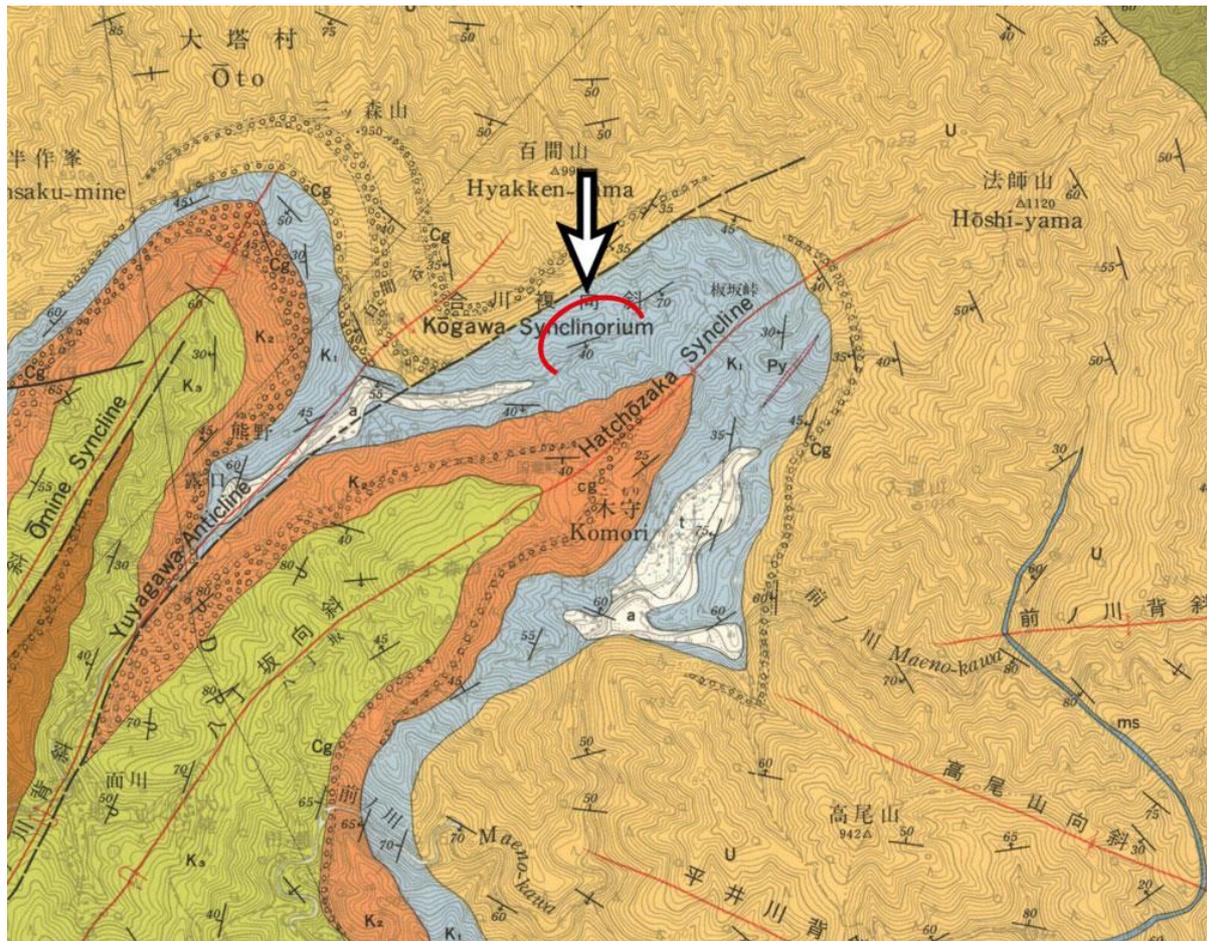
本崩壊地とその北側では、南向き斜面の傾斜が緩く、北向き斜面の傾斜が急であることから、南傾斜の地層が推定できる。

### 《崩壊状況と地質との関連についての考察》

本崩壊地の滑落崖の頂部は標高730-740m付近の尾根付近である。本崩壊地の上部は今回の崩壊前から西側に比べて地形的に緩斜面である。また崩壊地の中部には東側の595.4mの三角点のある平坦地からつづく緩斜面部分がある(図9)。この緩斜面部分が崩壊し、土砂ダムを形成し、熊野川をせき止めた(写真24)。移動体は、原型をある程度とどめており、移動体の先端部は持ち上がって、立木が北側に傾いている(写真25, 写真26)。さらに崩壊地上部の表層にあった、南傾斜の砂岩や礫岩の風化物や、それらが崩壊して表層を覆っていた崖錐も崩壊した(写真27)。

一部は土石流となって下流に流れ、熊野川と百間谷の合流点の対岸(左岸)では土石流は10m強の尾根を乗り越え、集落の橋を押し流した付近で止まった(写真28)

595.4mの三角点を含む緩斜面が厚い崖錐でできていたところに、多量の降水があり、崖錐堆積物が南傾斜の流れ盤である堅固な砂岩との間をすべり面として崩壊を起こしたと考えられる。この崩壊によって、崩壊地上部の表層にあった、砂岩や礫岩の風化物や、それらが崩壊して表層を覆っていた物も、下部の支えを失って、安定した岩盤との間で流れ盤すべりを起こしたと考えられる。



1km

合川累層  
Kōgawa Formation

中期～後期始新世の  
牟婁層群(前弧海盆堆積物)

打越累層  
Uchikoshi Formation

K <sub>5</sub>	泥岩優勢の砂岩泥岩互層 (泥質フリッシュ) Alternation of sandstone and mudstone rich in mudstone (muddy flysch)
K <sub>4</sub>	礫岩・含礫泥岩・砂岩および泥岩 Conglomerate, pebbly mudstone, sandstone and mudstone
K <sub>3</sub>	砂岩泥岩互層 (フリッシュ) Alternation of sandstone and mudstone (flysch)
K <sub>2</sub>	砂岩および礫岩 Sandstone and conglomerate
K <sub>1</sub>	泥岩 (礫岩を挟む) Mudstone (intercalating conglomerate)
U	砂岩および砂岩優勢の砂岩泥岩互層 (砂質フリッシュ) Sandstone and alternation of sandstone and mudstone rich in sandstone (sandy flysch)
Cg	礫岩 Conglomerate
ms	泥岩 Mudstone

図7 5万分の1地質図幅「栗栖川」(鈴木ほか, 1979) [http://www.gsj.jp/Gtop/topics/kiihanto/map\\_04.jpg](http://www.gsj.jp/Gtop/topics/kiihanto/map_04.jpg)

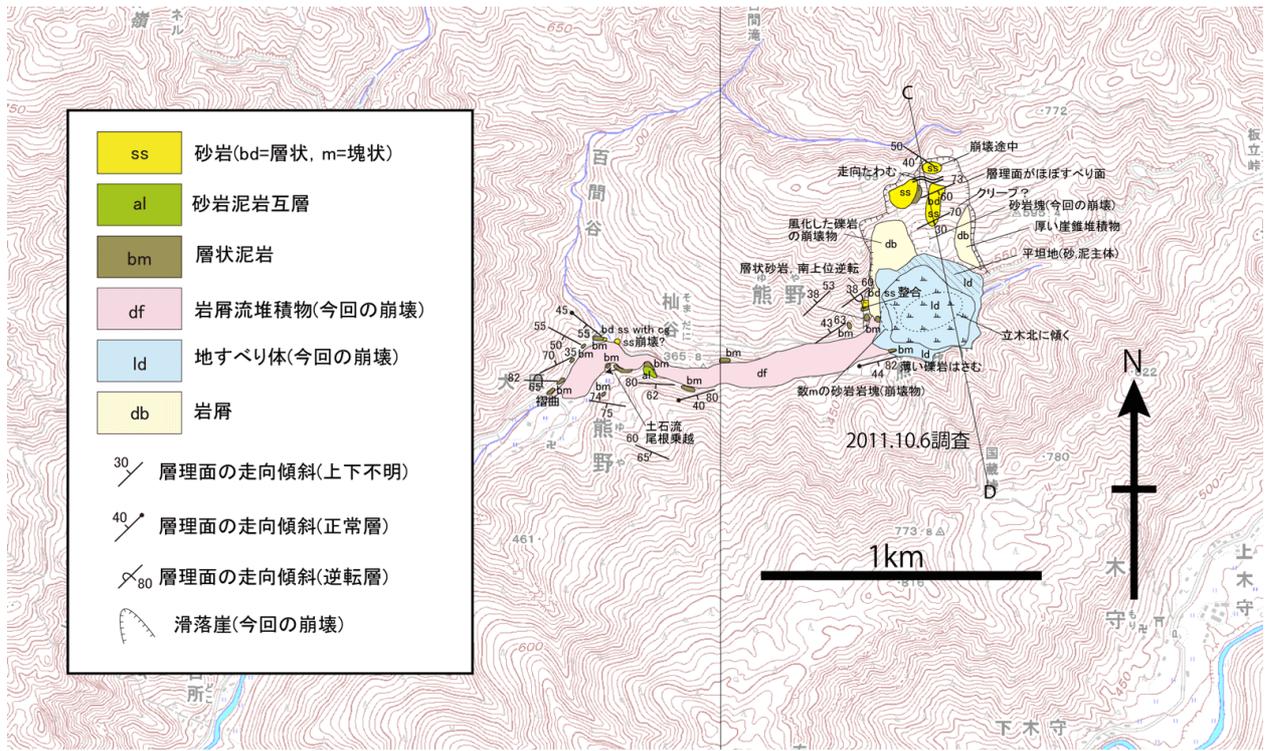


図 8 熊野の崩壊地周辺のルートマップ

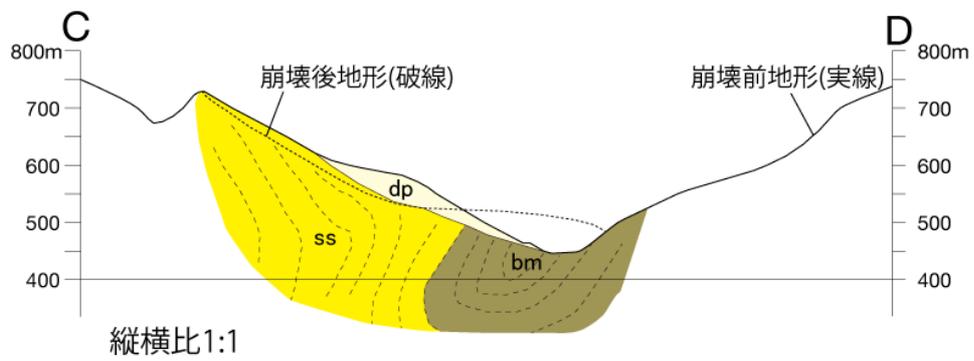


図 9 熊野の崩壊地の断面図



写真 19 熊野の層状泥岩. 土石流が小尾根を乗り越えた部分



写真 20 熊野の層状泥岩の拡大. 写真 4-1 の拡大. 砂岩泥岩互層に見えるが、やや粗い泥岩と泥岩の互層である



写真 21 層状泥岩の見かけ上位に層状砂岩が見られる露頭。写真奥が北。北傾斜だが逆転している



写真 22 崩壊地上部の層状砂岩。流れ盤になっている



写真 23 崩壊地東部の滑落崖に露出する厚い崖錐堆積物



写真 24 土砂ダムを下流側から見たところ。砂岩の大きな岩塊が数多く見られる



写真 25 崩壊地を上部から見たところ。平坦面の奥の林は地すべり体の上のもの



写真 26 崩壊地下部の平坦面を上流側(東部)から望む。地すべり体の林が崩壊地側(北)に傾いているのがわかる



写真 27 崩壊地を上部から西部の様子. 西部は砂岩の崩壊物が再度崩壊した



写真 28 赤谷崩壊地の底から流れ出る伏流水. 水量は多い

### 3. まとめ

2011 年紀伊半島で発生した斜面崩壊は、規模も数も多く、甚大な被害を与えた。産総研地質調査総合センターは特に地質的な見地から崩壊地の調査を行い、その結果について今回報告した。斜面崩壊の素因として、地質の影響が大きく関わっていることは今回の成果からも明らかであり、今後さらに付加体などの地質特性を認識した詳細な調査を行うことで斜面崩壊の詳しいメカニズムがわかる可能性がある。

最後に、被害を受けた住民の方々にはお見舞い・お悔やみを申し上げますとともに、今後の災害の軽減に向けて地質調査研究及び地質情報の効果的な提供を心がけたいと思います。

#### 文献

鈴木博之・原田哲朗・石上知良・公文富士夫・中屋志津男・坂本隆彦・立石雅昭・徳岡隆夫・井内美郎(1979) : 5 万分の 1 地質図幅「栗栖川」及び説明書(地域地質研究報告), 地質調査総合センター.

徳岡隆夫・原田哲朗・鈴木博之・八尾 昭・須田芳朗(1982) : 20 万分の 1 地質図幅「田辺」, 地質調査総合センター.