

2004年台風14号による九州の土砂災害

千木良雅弘

要 旨

台風 14 号は、2005 年 9 月 6 日から 7 日にかけて九州を通過し、鹿児島、宮崎、大分を中心として甚大な災害を発生した。台風の進行方向右側の九州東側山地に強い雨雲が滞留し、宮崎県では累積雨量が1300mmを超える記録的降雨をもたらした。その結果、大淀川支流などの河川が各所で氾濫し、土砂災害による人家の直撃や山村の孤立が起こった。また、数万人に避難指示や避難勧告が出された。鹿児島県垂水市では沖積錘上の家屋の土石流による被災と、また、シラスの急崖の崩壊による被災によって5名が死亡した。また、耳川上流では非常に大規模な崩壊が5箇所発生し、一時的に耳川をせき止めた。これらの大規模な崩壊は、事前に変形していた山体に発生したことが明らかとなった。

キーワード： 2005年台風14号，土砂災害，土石流，大規模崩壊

1. はじめに

台風14号は、2005年8月29日に発生し、9月6日から7日にかけて九州を通過し、鹿児島、宮崎、大分を中心として甚大な災害を発生した。この台風の特徴は、時速約20km-30 kmと遅い移動速度のため、強い風雨が長時間続いたこと、また、台風の進行方向右側の九州東側山地に強い雨雲が滞留し、宮崎県では累積雨量が1300mmを超える記録的降雨をもたらしたことがある。その結果、大淀川支流などの河川が各所で氾濫し、土砂災害による人家の直撃や山村の孤立が起こった。また、数万人に避難指示や避難勧告が出された。死者行方不明者は23名で、四国で1名が自転車の転倒で死亡した以外はすべて土砂災害による。

この災害に対して、以下の地域に災害救助法と被災者生活再建支援法が適用された。

災害救助法：

宮崎県 - 東諸県郡高岡町・国富町・高城町、東臼杵郡北方町・東郷町・諸塚村・椎葉村・西郷村・北川町、宮崎市、延岡市、西都市、西臼杵郡日之影町

山口県 - 玖珂郡美川町、岩国市

東京都 - 中野区、杉並区

鹿児島県 - 垂水市

高知県 - 四万十市

被災者生活再建支援法：

宮崎県，山口県，鹿児島県，高知県の17市町村

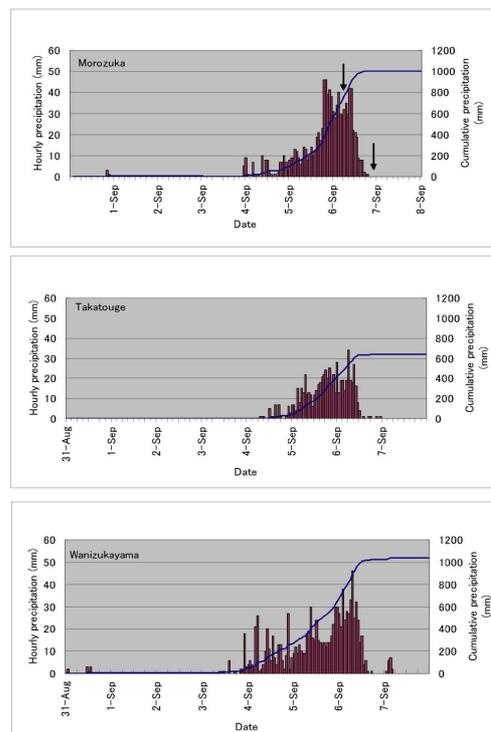


Fig. 1 Precipitations by Typhoon 0514. AMEDAS data by Japan Meteorological Agency. Arrows indicate the timings of large landslides along the Mimikawa.

九州・山口での土砂災害による死者は9月13日の国土交通省河川局砂防部の資料によれば、死者行方不明者は次の通り22名である。

- 鹿児島県垂水市 死者5名
- 宮崎県北諸郡三股町 死者2名
- 北諸郡郡山之口町 死者1名
- 西臼杵郡高千穂町（土呂久南地区） 死者4名
- 西臼杵郡高千穂町（土呂久地区） 死者1名
- 上椎葉地区 死者3名
- 大分県湯布院町 行方不明者1名
- 竹田市荻町 行方不明者2名
- 山口県岩国市 死者3名

Fig.1に土砂災害の著しかった地域の降雨状況を示す。これらは、鹿児島県垂水市高峠、宮崎県宮崎郡田野町鱈塚山、宮崎県諸塚村である。ここでは、鹿児島県垂水市の土砂災害と宮崎県耳川流域の東臼杵郡諸塚村－西郷村－椎葉村境周辺の土砂災害について述べる。調査日は、垂水市が9月21－22日、耳川流域が11月20－23日、12月2－5日である。

2. 鹿児島県垂水市

2.1 垂水市の降雨状況と地質・地形

垂水市の降雨状況はFig. 1に示すとおりである。9月5日の午後4：00から9月6日の午後3：00までに累計で約400mmの降雨があり、時間降雨量20mm前後の降雨が約18時間続いたことがわかる。崩壊と土石流は、6日の早朝、つまり、降雨の激しい時に多発したようである。

Fig. 2に垂水市周辺の地質図を示す。垂水市は鹿児島湾の東側、桜島の東に位置し、大きくみると、沿岸の市街地の東方に高隈山が聳え、その北、西、南に垂水市が位置している。高隈山の高標高部には白亜紀の四万十層群の堆積岩が位置し、それに高隈山花崗岩が貫入している。この堆積岩は花崗岩の近傍では接触変成を受け、ホルンフェルスとなり、侵食に対して高い抵抗性を持つことから山頂の山並みを形成している。花崗岩はホルンフェルスに囲まれるようにしてカルデラ様の窪みに分布している。堆積岩類の周囲はFig. 2にピンクで示されているシラスに覆われている。地形的には、堆積岩類が高い山をなし、それをとりまくシラスが丘陵をなしている。

2.2 土砂災害の状況

今回の土砂災害で大きな特徴と思われるのは、鹿児島島の土砂災害の典型ともいべきシラスの崩壊が比較的少なく、四万十層群の堆積岩類に崩壊・土石流が多かったことである。垂水市で人命が失われた

のは、Fig. 2に示す新御堂（1名）、新御堂（上の宮、1名）、新城小谷地区（3名）である。新御堂と新城小谷では土石流に民家が襲われ、また、新御堂上の宮ではシラス急斜面の崩壊によって家屋が破壊された。人名は失われなかったが、Fig. 2の黒三角で示した河川には土石流の流出があった。

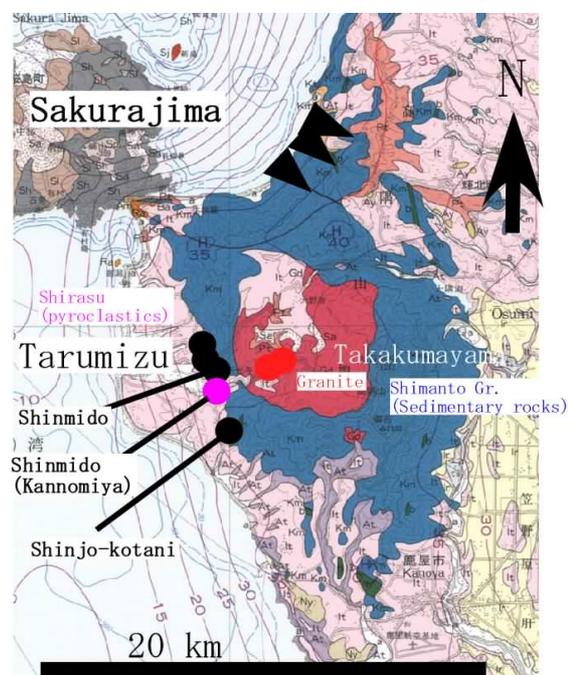


Fig. 2 Geologic map in and around Taramizu City. Black dots indicates slope failures and debris flow at the boundary between the Shimanto Group and the overlying pyroclastics (Shirasu). Pink dot indicates a slope failure of Shirasu. Black triangles indicate debris flows.

新御堂

谷の出口の沖積錐の扇頂にあった家屋が谷の奥から移動してきた土砂の直撃を受けた。土砂は、この扇頂から水平距離600m、比高160m離れた箇所へ頭部を持つ崩壊に端を発していた。土砂が通過した沢底にはほとんど四万十層群の砂岩と泥岩とが露出していた。この崩壊は、四万十層群の砂岩と泥岩の上に載る岩屑とロームの崩壊である。砂岩と泥岩とはシラスとの不整合の直下に位置しており、著しく風化して軟質・難透水になっていた。土砂は傾斜4度の扇頂から100m下方まで流出していた。流出土砂には1m程度の大きさの岩塊も含まれていたが、これらは流出経路で巻き込まれたものと考えられる。

新御堂（上の宮）

崩壊したのは、幅約8m、斜面長約15m、傾斜約60度の風化軟質化したシラス斜面であった (Fig. 4)。崩壊深さは1m前後で、崩壊土量はたかだか120m³程度とわずかであるが、住宅のあった箇所が斜面の直下であり、不運であった。今回の崩壊箇所の西隣斜面には法枠工が施されており、かつて崩壊した箇所であるとみられる。この周辺のシラス斜面には崩壊は少ない。



Fig. 4 Slope failure of Shirasu (unwelded ignimbrite) at Kannomiya



Fig. 3 Slope failures at Shinmido. Landslide scars (above) and the damaged house at the top of an alluvial cone (below).

新城小谷

ここの地形的状況は新御堂と同様であり、小規模で傾斜5度の沖積錘の扇頂から土砂が下方を襲った結果、3名の方がなくなった。扇頂から上方の沢は土砂に削り取られ、ところどころ四万十層群の砂岩と泥岩が露出していたが、その最上部にも崩壊は認められなかった。この最上部は遷急点となっており、風化した砂岩の上の岩屑と黒土が洗い流されていた。そして、下流に向けて岩の露出した沢が深くなっていた。ここの土石流は崩壊に起因するものではないかも知れない。

3. 宮崎県耳川流域

耳川流域では、特にその中上流にある諸塚村、西郷村、および椎葉村で被害が著しかった。人名が失

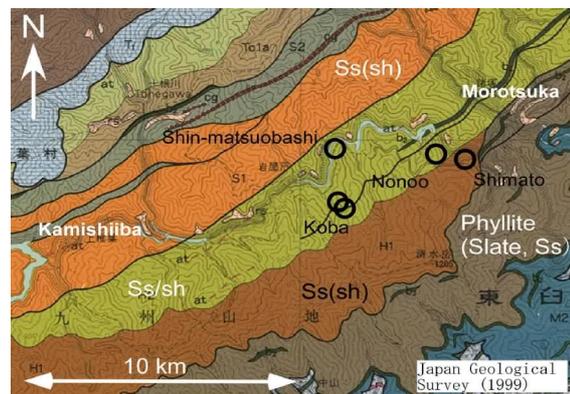


Fig. 5 Geologic map and the locations of large landslides along the Mimikawa. Black circles indicate the locations.

われたのは椎葉村であり、急斜面の崩壊の直撃を家屋が受け、3名が死亡した。しかしながら、この崩壊は小規模なものであった。人的被害には及ばなかったが、西郷村と椎葉村では、近年では最大のものとして数えられるような大規模な崩壊が発生した。その他の小規模な崩壊は、降雨量に比較すると多くはなかったが、林道を崩壊の頭にする小規模な崩壊が比較的多く発生した。谷沿いの土砂流出も著しいものではなかった。大規模な崩壊は5カ所で発生した。これらは、上流から椎葉村畑、畑北、新松尾橋西、西郷村野々尾、島戸である。それらの一覧をFig. 5とTable 1に示す。規模の推定は、縮尺2万5千分の1地形図を1万分の1の縮尺に拡大したものと、現地でのレーザー距離計によるものであり、多少不正確であることは否めない。野々尾の崩壊は最大で330万m³と見積もられ、高さ約50mの天然ダムを形成して、耳川を一時的にせき止め、その湛水は塚原発電ダムに下流から迫り、また、下流に決壊洪水の危険性を生じた。また、新松尾橋西の崩壊は、塚原ダム貯水

Table 1 List of large landslides along the Mimikawa.

| Location | Slope length (m) | Slope gradient (°) | Volume (m ³) | Geology | Causes | Precursory landform |
|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|--|--------------------------|---------------------------|
| Koba | 260 | 30 | 429,000 | Mudstone | Shear zone | Scarplet and convex slope |
| KobaNorth | 250 | 35 | 1,125,000 | Sandstone | High angle fault surface | Scarplet and convex slope |
| Matsuoshinbash | 304 | 34 | 863,000 | Alternating beds of sandstone and mudstone | Cataclinal slope creep | Scarplet and convex slope |
| Shimato | 140 | 46 | 333,000 | Sandstone | Shear zone | Scarplet and convex slope |
| Nonoo | 500 | 45 | 3,300,000 | Alternating beds of sandstone and mudstone | Creep | Scarplet and convex slope |

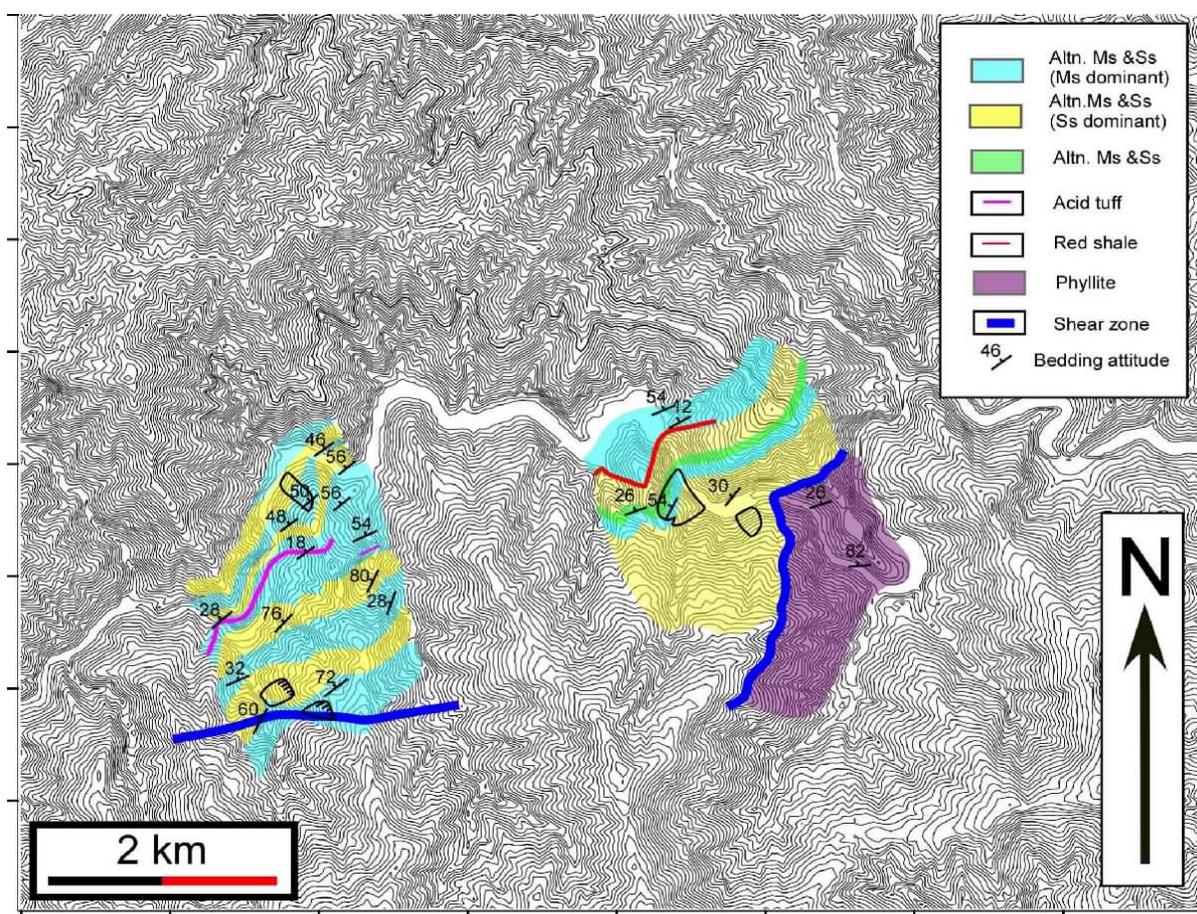


Fig. 6 Geologic map and the distribution of landslides along the Mimikawa.

池の最上流部付近に直接すべり落ちた。畑の崩壊は人家の斜面下方で発生した。ここでは、それらの概要、特に地質と地形について述べる。

これらの崩壊に最も近いAMEDAS観測点である諸塚村では、Fig. 1に示したように、降雨は9月4日から開

始し、5日から強くなり、6日深夜までの間に1000mmの雨が降った。諸塚町での耳川の水位は、おそらく河床から10m以上の高さにまで達し、諸塚町の住居の多くが浸水し、一部は破壊された。

畑の崩壊は、近傍の住民の話から午前7:30に発生

したことがわかっている(谷口, 2005)。つまり、これは1時間あたり30mm前後の雨が14時間続いた後の発生であった。ここでは46年前にも斜面に亀裂が入り、斜面内にあった家は移転したという。野々尾では、西郷村役場情報では、対岸の集落で9月6日午後9:30頃土砂が崩れる音が聞こえたので、下流の老人ホームに午後10:00頃に避難指示が出されたとのことであり、翌朝には地すべりは終わっていたとのことである。したがって、おそらく午後9:30に地すべりが起

こったものと考えられる。Fig.1に示したように、諸塚村では降雨が強かったのは6日の午後1:00までで、降雨は午後8:00には終わっていたので、降雨終了後に野々尾の大規模崩壊が発生したことになる。

耳川には、椎葉村から諸塚村にかけて、上流から上椎葉ダム、岩戸屋ダム、塚原ダムと3つの発電用ダムがあるが、これらはいずれも2006年2月現在発電を停止している。

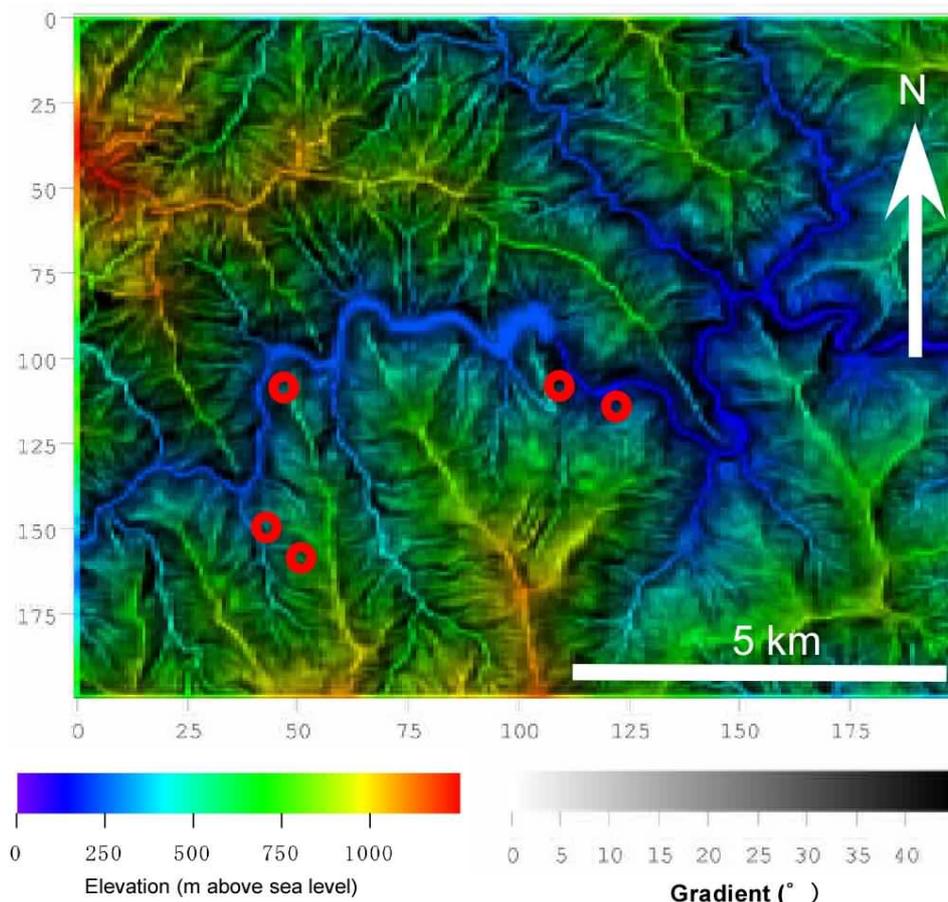


Fig. 7 Overlaying of elevation map and gradient map along the Mimikawa. Red circles indicate large landslides, which are aligned along a slope break.

3.1 地形・地質概要

Fig.6に地質図を示し、その中に大規模崩壊の位置を示す。椎葉村岩屋戸から諸塚村までの東西10km間で、耳川は急峻な山の間を蛇行を繰り返しながら西から東に流下している。兩岸の尾根の最高点の標高は800mから1100mである。一般に高標高部はなだらかで、耳川に向かって下る尾根には、標高400mから500mの間に明瞭な傾斜変換点(遷急点)が認められる(Figs.7, 8)。これらの尾根は遷急点よりも上では 10° から 20° 傾斜し、以下では 30° から 40° 以



Fig. 8 Slope breaks around the Nonoo slide.

上の傾斜をもっている。崩壊はいずれもこれらの遷急点付近から急斜面にかけての斜面で発生した。これらの遷緩点の並びは耳川に沿って10km以上も追跡できる。これは、国土地理院発行の50mメッシュのDEMデータから作成した傾斜分布図と標高図との重ね合わせからも明瞭に読み取ることができる(Fig. 7)。

当地域には、白亜系四万十層群が北東-南西方向の走向をもって分布している。大規模崩壊が発生した地域には諸塚層群が北西部に、槓峰層群が南東部に分布し、両者の間は塚原衝上断層が境しているとされている(村田, 1988)。図に示した範囲内では、諸塚層群は、砂岩を主体として泥岩を挟む地層と泥岩を主体とする地層とからなり、両者が100m-300mの厚さで繰り返している。一部には、酸性凝灰岩を共在している。塚原ダム付近には赤色頁岩とチャートが認められ、また、塚原ダム下流には砂岩泥岩の規則的な互層が分布する。槓峰層群は、強く変形した砂岩と泥岩とからなり、変形の弱い諸塚層群の岩石とは容易に見分けられる。

これらの地層は、北東-南西方向の走向をもって分布し、一般に北西に30°から70°傾斜している。全般に緩傾斜のところが多く、それを反映して地層のトレースはぎくしゃくと折れ曲がったトレースになっている。砂岩主体層と泥岩主体層との間にはしばしば破碎帯が認められ、地層に平行な破碎帯がかなり発達していることを示唆している。塚原衝上断層は直接観察できなかったが、後に述べる島戸の崩壊の下部で、それに相当する破碎帯が観察され、それは断層ガウジと角礫からなっていた。また、その対岸では、東に槓峰層群の面構造の発達した砂岩泥岩互層があり、その西側に20m間の露頭欠如区間を挟んで諸塚層群の砂岩泥岩互層が認められたことから、破碎帯の幅は20m前後と推定される。

3.2大規模崩壊地

畑(こば) (体積429,000m³)

畑の崩壊の空中写真、崩壊前後の鳥瞰図をFigs. 9, 10に示す。崩壊前後の鳥瞰図は、それぞれ、国土地理院1976撮影の1:10,000の写真と、アジア航測株式会社が2005年9月17日に撮影した1:10,000の空中写真の比較から作成した。ここは南から北に伸びる尾根が北西に向きを変える場所付近の傾斜30°の西側斜面にあたる。この尾根は緩傾斜で幅が広く、尾根の緩斜面と西側の崩壊した斜面との間には明瞭な遷急線が認められた。空中写真判読によると、遷急線の下には事前に小滑落崖とその下に凸形斜面が認められ、この凸形斜面が滑落したことがわかる。崩壊上部は北西-南東方向のアスファルト道路を切

断しており、崩壊地内では、このアスファルトは約100m斜めに滑り落ちていた。冠頂には1.5mの落差の亀裂が認められたが、その背後の水田には亀裂は認められなかった。



Fig. 9 Oblique view of landslides of Koba (right) and Koba-North (middle). Photo by Asia Air Survey Co. Ltd.

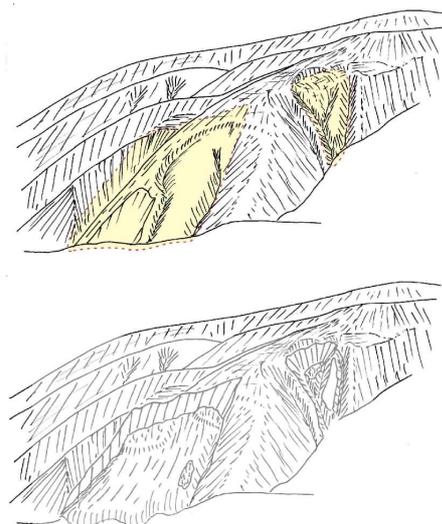


Fig. 10 Topographic sketches before (above) and after (below) the landslides of Koba and Koba-North.

崩壊地は、大きくみると北側の頂点と南側の東西方向の底辺を持つ二等辺三角形の平面形態をもつ。この三角形の底辺にほぼ平行で東西方向で南に急傾斜する広い破碎帯が崩壊地内に確認された(Fig. 11)。これは黒色で粉碎されたガウジからなる。明瞭な断層面には乏しいが、全体に粘土質で低透水性である。

この破碎帯の幅は最大で50mと見積もられ、その北側の頁岩が崩壊した主体である。崩壊中央部には、

この破碎帯の上に不規則形状に破碎された頁岩の塊が載り、両者の境界から湧水しているのが見られた。崩壊地中央上部では、おそらくこの破碎帯内部の岩盤と思われるが、N34E/26NWの層理面を持ち、層理面に高角で交わる開口割れ目に富む頁岩が認められた。崖の北西には小規模な頁岩の露頭があり、ここではN54E/70Nの層理面を持つ地層がN44E/30Nの複数の衝上断層に切断され、繰り返している様子が観察された。頁岩の層理面自体もせん断されて剥離性をもっている。

以上の地形・地質的特徴から、この崩壊は、事前に変形していた岩盤の崩壊であり、その発生の直接の原因は、斜面下部の破碎帯による浸透水の遮水とそれによる岩盤内の水圧の上昇にあると推定される。

畑北（体積1,125,000m³）

畑北の崩壊の空中写真、崩壊前後の鳥瞰図をFigs. 9, 10に示す。ここでは、西に傾斜する傾斜35°の三角形状斜面が崩壊した。地質は塊状砂岩である。崩壊の平面形態はほぼ台形で、滑落崖は北北西方向の急崖で、小断層面に沿っている。小断層はN35E/70Wで、合流分岐を繰り返す複数の断層面からなり、全体の幅は2m程度である（Fig. 11）。この断層の東側（斜面上方）には亀裂の発達した砂岩が露出している。これらの亀裂の多くは開口し、最大開口幅は5cmに達するが、岩塊相互はジグソーパズルのように連続性を残している。一方、断層の西側（斜面下方）で、崩壊の北縁（右側方崖）に露出する砂岩は岩片相互がかなりずれ動き、もともとの連続関係を失っている箇所も多い。これらのことから、崩壊前にすでに岩塊が破断していたことが伺える。崩壊の堆積物の上面には木が傾いてはいるが立っているもので、地表面はあまり乱されることなく、塊として斜め下方に移動したことがわかる。

崩壊地の南側2/3には崩壊前の空中写真に小滑落崖と凸形斜面が認められるが、崩壊後に残された滑落崖は前の小滑落崖よりもやや斜面上方にずれていた。崩壊の北側1/3は西に延びる尾根の南半分であり、その最上部にまでは前述の小滑落崖は伸びていなかった。

以上の地質・地形的特徴から、崩壊前に斜面上部を横断し、斜面方向に急傾斜する小断層が存在し、その上位岩盤のクリープが進んでいたと推定され、その部分が崩壊したと判断される。この崩壊の北に尾根を介して隣接する斜面は何年か前に崩壊した。この崩壊の頭部もこの小断層に沿っているように見える。

松尾新橋西



Fig. 11 Landslide scarps of Koba (above) and Koba-North (below). Dark gray area in the above picture indicates a shear zone. High-angle shear surfaces are seen in the lower picture.

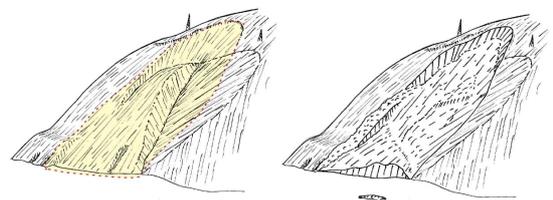


Fig. 12 Topographic features before and after the landslide (above) and oblique air photo of Shin-Matsuobashi W slide. Air photo was taken by Asia Air Survey Co. Ltd.

崩壊の平面図と模式断面図、崩壊前後の鳥瞰図を Fig. 12 に示す。ここでは北に伸びる尾根の西側斜面が崩壊した。この斜面の大部分には砂岩泥岩の互層が分布し、最上部に砂岩が分布していることが周辺マッピングと崩壊地縁の露頭からわかる。その走向傾斜は、崩壊北側縁と耳川左岸の露頭によれば、N43E/50NWである。この斜面は45度西傾斜で、下部はわずかに急である。地層の走向は斜面の走向よりもやや東に偏っており、また、その傾斜は斜面の傾斜よりもやや急で、斜面に対して逆目である。しかしながら、これらの地層には、地層の傾斜よりも緩傾斜の小断層が認められ、この断層は斜面に対して柱目をなしている。崩壊の滑落崖は南北の尾根筋に沿い、右側方崖と左側方崖はほぼ北西-南東方向の斜面最大傾斜方向を向いている。崩壊の深さは右側方崖で深く、左側方崖は崖の比高自体が不鮮明になっている。滑落崖の北側縁近くには北西-南東方向で南に80度傾斜する鏡肌のついた節理面が認められ、また、その崩壊斜面下方にも同方向(N40W/58W)で少し崩壊地にずれた同様の鏡肌を有する節理面が認められた。これらの節理面が右側方崖を決めたものと考えられる。

右側方崖が高く、左側方崖が低い、つまり崩壊の深度が右(北東側)で深い理由は、層理面の走向が斜面の走向よりも東に偏っているために、ある層準を考えるとその位置は北東側で深くなっているためであると考えられる。そして、この深くなった側で地層が上述の節理面で切断されていたために、このような形態で崩壊が発生したものと考えられる。

滑落崖では岩盤クリープによる変形が著しく発達していることが認められた。これは、デコルマンを伴う褶曲である。デコルマンは大規模なものは2条あり、N33°E/50°NWである。それらの中には小規模なデコルマンが認められ、これらは50cmから1m間隔で発達し、それらの間の頁岩および砂岩頁岩互層は北フェルゲンツの小褶曲を繰り返している。これらの小規模デコルマンは、幅3-5cmの破碎帯を有し、破碎帯と上盤および下盤との境界は明瞭なせん断面ではなく、不規則な凹凸を有している。褶曲した岩盤には不規則形状の開口割れ目が発達し、割れ目の形状と褶曲の形状とは、割れ目が開口しながら、岩片がずれ動いて褶曲が形成されたことを示している。つまり、これらの褶曲は極めて浅いところで形成されたことがわかる。これらのデコルマンは斜面に比べて急傾斜であるが、斜面内部でより低角のすべり面に連続している可能性がある。

崩壊前の地形を空中写真で観察したところ、今回の崩壊の滑落崖にほぼ沿って小滑落崖が認められた

(Fig. 12)。そして、崩壊斜面の南西側は古い崩壊地の地形をなしていた。つまり、不安定になっていた地塊の内南西側半分はすでに崩壊し、残った北東側が今回崩壊したと考えることができる。

以上に記述したことから、崩壊発生の原因を整理すると、斜面と地層の走向がわずかに斜交する流れ盤構造があったこと、崩壊した地層の側部を事前に切断する高角節理面が存在したこと、事前のクリープ変形が進んでいたことが挙げられる。そして、この変形は小滑落崖として地形的に現れていたことがわかった。



Fig. 13 North-facing nontectonic fold and a decollement dipping to the north (left). Shin-matsuo bashi W.

島戸の崩壊

崩壊の斜め空中写真、崩壊前後の鳥瞰図を Fig. 13 に示す。これは島戸の集落がのる緩斜面と遷急線で接する北西向き46°傾斜の斜面で発生した。崩壊の断面形はいす形をしており、いすの底は河床から20m程度高くなっており、そこよりも低標高部には破碎物質が散点的に露出していることから斜面内部にも存在しているものと考えられる。崩壊面には諸塚層群の砂岩が露出している。この砂岩は成層しており、崩壊中央には高角の砂岩層が座屈して不安定になった領域が残存している。崩壊の下部に露出している黒色破碎物質は、千枚岩と強く変形した砂岩との岩片を含む砂質粘土であり、諸塚層群の砂岩は認められなかった。この破碎物は耳川の堆積物の上にしぼり出されるようにして載っている箇所があった。

この崩壊の下部の破碎帯は、塚原衝上断層が北東-南西走向で通過する箇所にあたっており、その破碎帯であると判断される。塚原衝上断層は、その北西の諸塚層群と南東の榎峰層群とを境する断層である。前述したように諸塚層群の砂岩は変形の程度が弱く、

槇峰層群の砂岩は強く変形しているため、両者は容易に区別できる。この破碎帯の方向は、直接観察できないが、周辺のマッピングの結果から、当斜面と同様の走向を有しており、 30° 程度の低角であると考えられる。

図に示したように、今回の崩壊の南西と北東にはそれと同様規模、同様形態の古い崩壊が並んでいる。これらの崩壊は塚原衝上断層に沿って並んでおり、いずれも同様の地質構造であると判断される。すなわち斜面内部に破碎物質があり、その上に成層した砂岩が覆うように載っている。

今回の崩壊地の崩壊前の地形を空中写真で詳細に観察すると、前述の遷急線よりもやや下方に小滑落崖があり、その下の斜面が凸型になっていることがわかる。

以上のことから、崩壊の原因は、斜面下部に流れ盤の軟弱な破碎帯が存在し、その上に諸塚層群の砂岩が斜面とほぼ平行かやや急傾斜の傾斜を持って載っており、崩壊以前にすでに変位していたことにあると考えられる。そして、この変位は空中写真で小滑落崖と凸型斜面として認められた。これと同様の地形はこの崩壊の南西に隣接する崩壊にも認められるので、将来、ここも崩壊する可能性がある。



Fig. 15 Buckling of a sandstone bed (above) and a squeezing out of gouge (below) at Shimato slide.

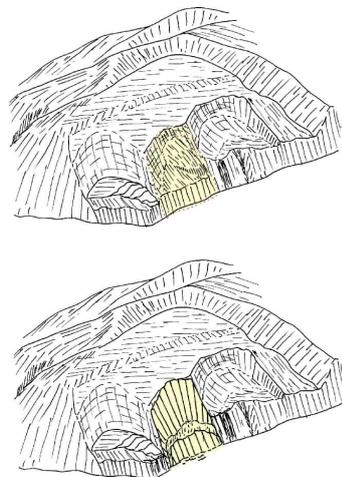


Fig. 14 Topographic features before and after the landslide (above) and an oblique view of Shimato slide.

野々尾

崩壊の斜め空中写真、崩壊前後の鳥瞰図をFig. 16に示す。ここでは北北西に延びる尾根の東斜面が崩壊した。崩壊の堆積物は厚さ約50mで、耳川をいったんせき止めた後に侵食された。崩壊の滑落崖は平面上ではギザギザした形態をなしており、北西側で高い。崩壊地の中央上部には遷緩線があり、そこから上には重力変形した岩盤が露出し、そこから下には土砂が露出していて岩盤は露出していない。しかしながら、この斜面は、傾斜 30° で平面性が良く、一部はその下方の堆積物の下位に連続しているように認められることから、ほぼすべり面に近いものと考えられる。この斜面の下方には明瞭な傾斜変換線(遷緩線)をもって堆積物がある。この堆積物の上面はかなり平坦で、亀裂があるものの、樹木がそのまま載っており、物質があまり乱されることなくすべり落ちたことを示している。

崩壊地内の地質構造は大分乱れているが、周囲の地質構造から推定できる。崩壊地の最下部には砂岩頁岩互層、中部には頁岩、上部には再び砂岩頁岩互層が分布している。これらの地層は北東-南西走向で北西に 30° から 50° 傾斜している。崩壊深度はそ

の北西側で深く、南東側で浅い。北西側には砂岩頁岩互層が露出している。ただし、その上に上方から来た土砂が付着しているために、これは識別しにくい。崩壊地中央に震出する頁岩には岩盤クリープによる破碎帯が形成されている (Fig. 17)。この破碎帯の幅は2mで、不規則形状の角礫からなり、角礫相互の間には空隙が生じている。この破碎帯の走向傾斜は、 $N60^{\circ}E/44^{\circ}NW$ である。崩壊の北西崖下部には $N32^{\circ}W/44^{\circ}NE$ 方向で鏡肌のついた平面が幅5m、長さ10mにわたって露出しており、その面の上の岩石は岩片状に破碎しており、古い地すべりのすべり面である可能性がある。ただし、ほとんどの岩片の長辺は層理面であり、それはこの鏡肌面と平行であることから、地層が重力によって変形していき、ほぼ崩壊面と平行になり、すべり面が形成されたものと考えられる。

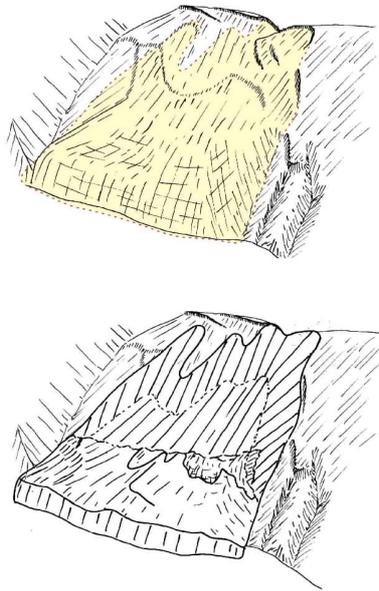


Fig. 16 Topographic features before and after the landslide (above) and oblique air photo of Nonoo slide. Air photo was taken by Asia Air Survey Co. Ltd.



Fig. 17 Gravitational faulting in the scar of the Nonoo slide (top), deposits once dammed the Mimi River and later eroded (second), the bottom of the deposits on opposite side slope (third), and the close up of the bottom of the deposit (fourth)

崩壊物質の内部構造とその底部が堆積物末端の耳川兩岸で観察できた。右岸側、つまり崩壊側は、ほとんどすべて砂岩頁岩の互層からなっている。堆積物上面には杉などがほぼ直立しており、表面の亀裂や段差も多くない。断面に露出する砂岩・頁岩互層の層理面は湾曲するものの、10mていどは追跡できる。層理面は最下部では山側に急傾斜するが、それ以外は低角である。対岸では、旧地表面であった岩盤の上に移動地塊がのり上げている。この旧地表岩盤面は60°前後谷向きに傾斜している。この上にのり上げた地塊の最下部、つまりこの岩盤面に接するところにははたいてい破碎物質が認められた(Fig. 17)。これは厚さ10cmていどから2mで、頁岩と砂岩の岩片を含み、主体は砂質の粘土であり、ガウジよりも粗粒のようである。流理様の構造は発達しないが、細粒なバンドがわずかに認められることもあった。また、扁平な岩片の底面が一定方向に並んでいることが多く、これはせん断の方向を示すと考えられる。また、せん断時に生じた粒子の回転も認められた。破碎帯の中にはデュープレックスも認められた。以上のいずれの構造も破碎帯の上盤が上るようなセンスを示していた。破碎帯の上(川側)の砂岩・頁岩の層理面はほとんど直立に近かった。これらの形態は、地すべり体が対岸にぶつかり、その底面が対岸にのり上げ、地すべり体自体は大きく後方回転したことを示している。破披帯の構造は、今回のすべりと以前のすべりによって形成されたと考えられるが、それらの構造を区別することはできない。

崩壊前の地形を見ると、今回の崩壊の滑落崖の上端にはすでに小滑落崖が認められた。これらの小滑落崖は、いくつかの列になっており、最上部のものは稜線に位置していた。ただし、崩壊前の小滑落崖がすべて今回の滑落崖の上限になったわけではなく、それらの一部にはまだ残存しているものもある。斜面の中上部にも小崖があり、そこから斜面の下部は次第に緩傾斜となり、この緩傾斜部分は古い地すべり地形であるとみなせる。この移動体は耳川に張り出しており、おそらく、かつて耳川をせき止めた時期があったものと考えられる。崩壊地最上部の尾根の南西側に南東から北西に流下する沢の最上流は争奪され、ウインドギャップとなっている。また、この沢の標高350mには遷急点が認められる。

この崩壊の原因は、崩壊に先立って重力による山体変形が進行しており、一部には斜面にほぼ平行するすべり面が形成され、また、斜面下部はすでに地すべりを起こしていたことである。そして、その変形は地形的に小崖として現れていた。ここに分布する地層は砂岩泥岩の規則的な互層と泥岩で、その姿

勢は、斜面の傾斜方向の走向を有し、耳川の上流側に30°から50°傾斜していたが、重力変形によってほぼ斜面に平行になっていた部分もあった。

4. 地形と地質からみた崩壊発生要因

前述したように、大規模崩壊は標高400mから500mの間にある遷急線付近からその下の斜面で発生した。これらの遷急線は、耳川沿いに10km以上追跡できるものであり、地質構造を横断していることから、おそらく削剥速度の増加によって形成されたものである。そして、これらの崩壊は、いずれも崩壊前に小滑落崖を伴い、その小滑落崖が今回の崩壊の縁の一部をなしていたことから、すでに変形していた岩盤の崩壊であることがわかった。ただし、これらの小滑落崖は空中写真を詳細に観察して初めて判読できるものであり、明瞭な地すべり地形とは言えない。これらは、いわば初生地すべりの前兆的な地形である。これらの小滑落崖は、前述の遷急線の下にあり、おそらく両者は関係している。すなわち、遷急線の形成は、ある時期からの削剥速度の増加を示しており、その近傍斜面の重力的不安定化を引き起こしたと考えられる。そして、地質的長期間にわたって、重力変形と崩壊とを繰り返して遷急線は後退してきたものと解される。空中写真判読によれば、今回崩壊したものの他にも、地すべり地形や小滑落崖が認められ、広い範囲で岩盤が変形していることが推定される。今回の初生地すべりも、このような侵食と地すべりの繰り返しによって不安定化し、変形してきた岩盤がすべったものである。

今回発生した大規模崩壊はいずれも規模の小さな滑落崖を伴っていた。正確な地形図が入手できないので詳細な計算はできないが、最大傾斜方向の断面で考えて、小滑落崖は全体の変形斜面の長さの数10分の1から100分の1程度のように考えられる。重力によって徐々に変形し、ひずみが蓄積していたところに豪雨があり、斜面が破壊して大きな応力降下が起こり、急激な崩壊が発生した可能性がある。今後、このような力学的な検討が必要である。

5. おわりに

2005年の台風14号によって発生した斜面移動現象による土砂災害について、垂水市と耳川上流の椎葉村、西郷村などの地域を対象にして述べた。前者では、大規模なものはなかったが、谷の出口の沖積錘上にあった家屋が土石流によって破壊されて4人の人命が失われ、また、数少ないシラス崩壊によって

も1人の人命が失われた。耳川上流では小規模な崩壊によって直下にあった家屋が被災し、3人の人命が失われた。その他に5箇所ですべて非常に大規模な崩壊が発生したものの、幸いにして人的被害はなかった。しかしながら、その内1箇所の最大規模のものは耳川を一旦せき止め、下流に夜間の非難指示が発令された。これらの大規模な崩壊地の地質特性と発生前後の地形比較によって、いずれも注意深い調査を行ってれば、発生場所を予測できた可能性が認めら

れた。

参考文献

- 谷口義信 (2005) : 2005年9月台風14号による宮崎県の土砂災害. 日本地すべり学会誌, 42: 354-357.
- 村田明広, 1998. 宮崎県の四万十帯の地質 (宮崎県地質図第5版説明書). 宮崎県.

Landslide Hazards Induced by the 2004 Typhoon 14 in Kyushu

Masahiro CHIGIRA

Synopsis

Typhoon 14 passed through Kyushu from 6 to 7 September 2005, and seriously damaged Kagoshima, Miyazaki, Oita and nearby countries. Thick rain cloud stayed on the east side of the Kyushu Mountains, which was located on the right of the moving direction of the Typhoon, generating record-making precipitation over 1300 mm. The Oyodo River and some other rivers flooded in many places, landslides and debris flows attacked houses or isolated villages in mountainous countries. Evacuation orders or recommendations were issued to tens of thousands people. Five people were killed on top of alluvial cones by debris flows and at a foot of a steep slope of Shirasu in Tarumizu city, Kagoshima Prefecture. Five very large landslides occurred in the upstream of the Mimi River, temporarily damming the river. These landslides occurred on slopes that had been deformed gravitationally before the event.

Keywords: Typhoon 14, debris flow, landslide, landslide dam