

2003年7月九州土砂災害の発生場

..水俣・菱刈地区..

千木良雅弘

Sidle, Roy, C.

要旨

2003年7月20日の豪雨で、熊本県水俣市および鹿児島県伊佐郡菱刈町で崩壊とそれに起因する土石流が多数発生し、水俣市宝川内地区で15名、深川地区で4名、菱刈町大山口地区で2名の方が亡くなった。宝川内地区で人名を奪った崩壊は、体積25650m³で、凝灰角礫岩の上に載る自破碎溶岩と柱状節理の発達した溶岩の崩壊であり、すべり面は、粘土質に風化した赤色酸化凝灰角礫岩上面か内部に形成された。大山口で人命を奪った崩壊は、体積4000m³で、熱水変質して粘土化した火山岩の上に安山岩が載り、その境界にすべり面が形成された。このように、難透水性の岩石の上に高透水性の物質が載っていることが、豪雨によって発生したこれらの崩壊の最大の素因であった。

キーワード：豪雨災害，崩壊，土石流，九州

1. はじめに

2003年7月20日の豪雨で、熊本県水俣市および鹿児島県伊佐郡菱刈町で崩壊とそれに起因する土石流が多数発生し、水俣市宝川内地区で15名、深川地区で4名、菱刈町大山口で2名の方が亡くなった。Fig. 1に崩壊を発生した降水状況を示し、Fig. 2に土砂災害の発生場所を示す。ここでは、千木良・Sidle (2004)、Sidle and Chigira (2004)で概要を報告した内容について、崩壊の地質と地形の調査結果をとりまとめ、崩壊発生の原因について考察する。

2. 水俣市宝川内集地区の崩壊

2.1 地形、地質、崩壊の概要

集地区周辺の地質図と崩壊分布図をFig. 3に示す。

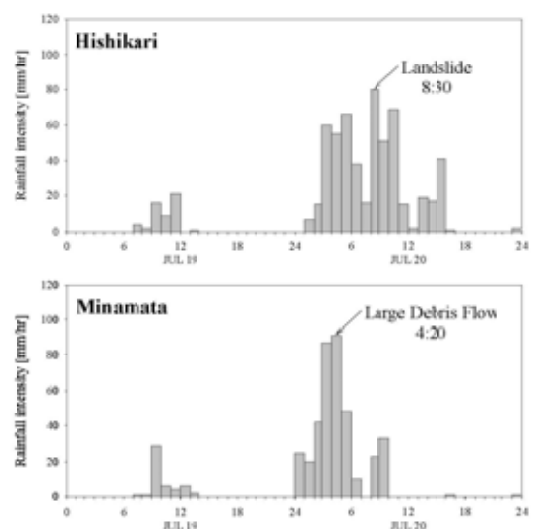


Fig. 1 Hourly precipitation

崩壊分布は、災害直後の7月21日にアジア航測株式会社によって撮影された空中写真（縮尺1：3000）から判読したものである。

集川周辺に分布する地層は、白亜紀の四万十層群の堆積岩、中新世 - 更新世の肥薩火山岩類(豊原他, 1987; 永尾他1999), それらを覆う扇状地堆積物, 河床堆積物, および岩屑である。

四万十層群の露出は河床付近の低標高部に限られ, その上に肥薩火山岩類が載る。両者の接触関係は, 集川で断層関係のところと不整合関係のところと認められた。四万十層群は, 硬質の泥岩と砂岩とからなり, 両者ともかなり破碎していた。

肥薩火山岩類は, 凝灰角礫岩, 火山礫凝灰岩, 自破碎溶岩, および自破碎していない溶岩(塊状溶岩)からなる。塊状溶岩には柱状節理が発達し, その透水性は特に高標高部のゆるんだ部分では高いと判断される。一方, その他の火砕岩と自破碎溶岩とは, 割れ目に乏しく, 低い透水性を持つと判断される。集川周辺では, 標高350m付近よりも低い部分に火砕岩と自破碎溶岩が分布し, その上に塊状溶岩がほぼ水平に載っている。

Fig. 3に示したように, 崩壊は, 集地区西側の尾根の東側に特に数多く並んで発生した。このことは, 地層が東に緩傾斜していることと関係していると考えられる。崩壊M-1は, 最も規模の大きなもので, これが



Fig. 2 Location of the hazards

Table 1 A list of the landslides in Hishikari and Minamata

Area	Landslide Number	Source area					Runout		Slid material	Material beneath the slid material in the source area
		Slope gradient (°)	Width (m)	Length (m)	Depth (m)	Volume (m ³)	Runout from the bottom of the source area (m)	Apparent friction angle		
Hishikari	H-1	24	15	15	3	675	57	14	Diamicton of mudflow deposits with andesite	Ignimbrite
	H-2(cut slope)	40	30	16	5	2400	Did not flow	Unidentified	Hydrothermally altered tuff breccia	Hydrothermally altered andesite
	H-3	18-28	25	40	4	4000	103	17	Andesite lava and andesite debris	Hydrothermally altered tuff breccia and andesite
	H-4	32	15	20	3	900	Stopped by trees	Unidentified	Loosened, weathered andesite	Weathered andesite underlain by hydrothermally altered tuff breccia
	H-5	20	10	10	2	200	Not determined	Unidentified	Andesite debris	Weathered andesite underlain by hydrothermally altered tuff breccia
	H-6	30	14	20	2	560	73	20	Andesite debris	Andesite debris and weathered andesite underlain by hydrothermally altered tuff breccia
	H-7	26	12	19	1.5	342	92	20	Andesite debris	Andesite debris and weathered andesite underlain by hydrothermally altered tuff breccia
	H-8(cut slope)	24	27	19	3	1539	Did not flow	19	Hydrothermally altered tuff breccia	Hydrothermally altered tuff breccia
	H-9	28	38	25	1.5	1425	450	18	Andesite debris	Ignimbrite
	H-10	16	23	26	1.5	897	36	13	Andesite debris	Hydrothermally altered andesite
	H-11	24	15	22	4	1320	100	21	Andesite debris	Hydrothermally altered tuff breccia
H-12(cut slope)	28	26	53	5	6890	Did not flow	19	hydrothermally altered andesite	Hydrothermally altered andesite	
Minamata	M-1	20	60	95	4.5	25650	1700	12	Andesite lava	Weathered tuff breccia
	M-2	32	10	30	2	600	100	30	Andesite debris	Lapilli tuff (clayey)
	M-3	38	7	24	1.5	252	Not determined	Unidentified	Andesite debris	Lapilli tuff (clayey)
	M-4	30	5	15	1	75	Not determined	Unidentified	Andesite debris	Lapilli tuff (clayey)
	M-5	33	8	11	1	88	Not determined	Unidentified	Andesite debris	Tuff (clayey)
	M-6	31	18	28	2	1008	192	22	Andesite debris	Tuff (clayey) and autobrecciated

土石流に移り変わり，集の集落を直撃した。これに比べて，その他のものは比較的規模も小さく，崩壊物質の流動距離も短かった。これらの特徴の一覧を Table 1 に示す。

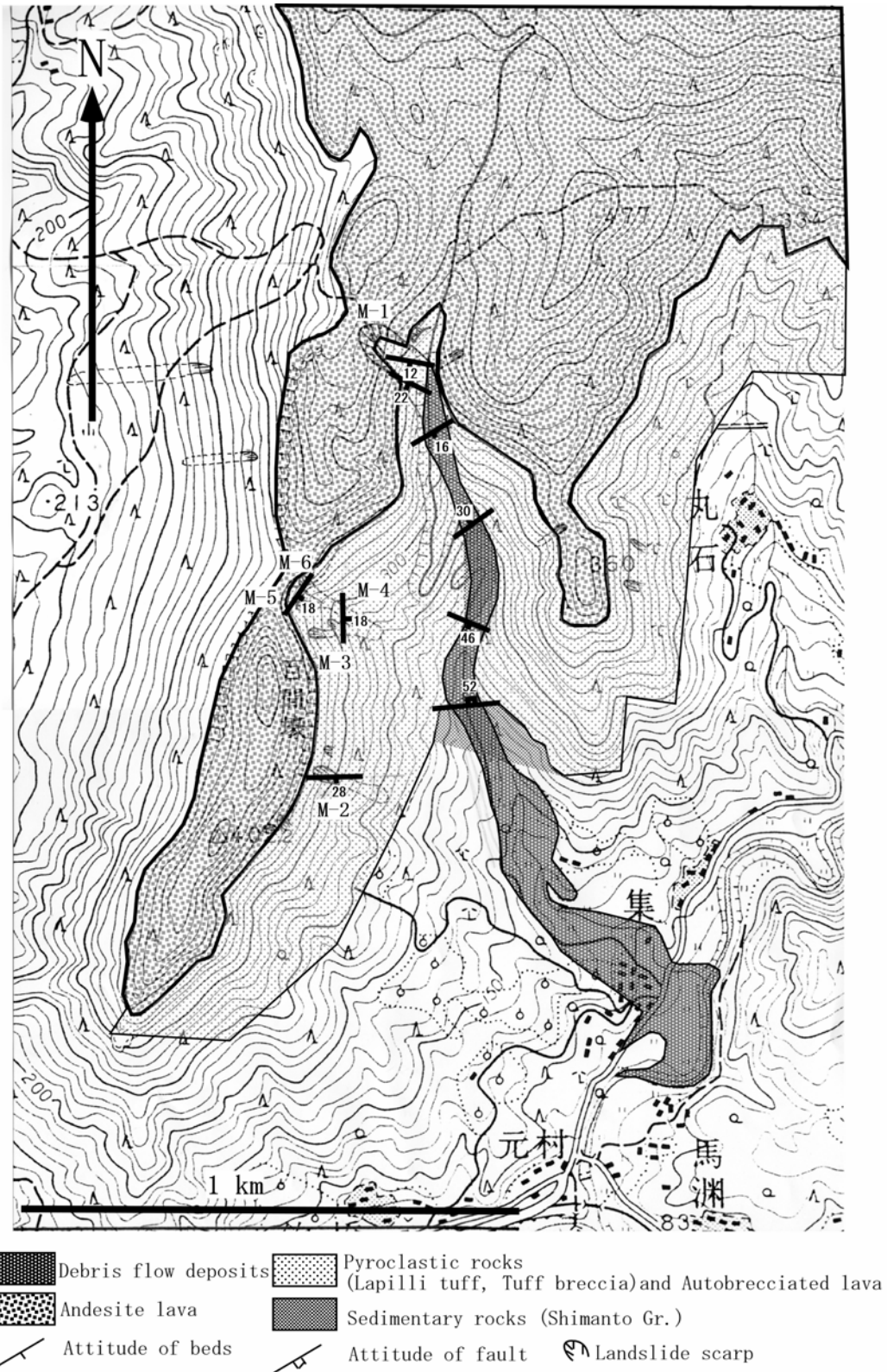


Fig. 3 Geologic map and the distribution of landslides in Hogawachi , Minamata.

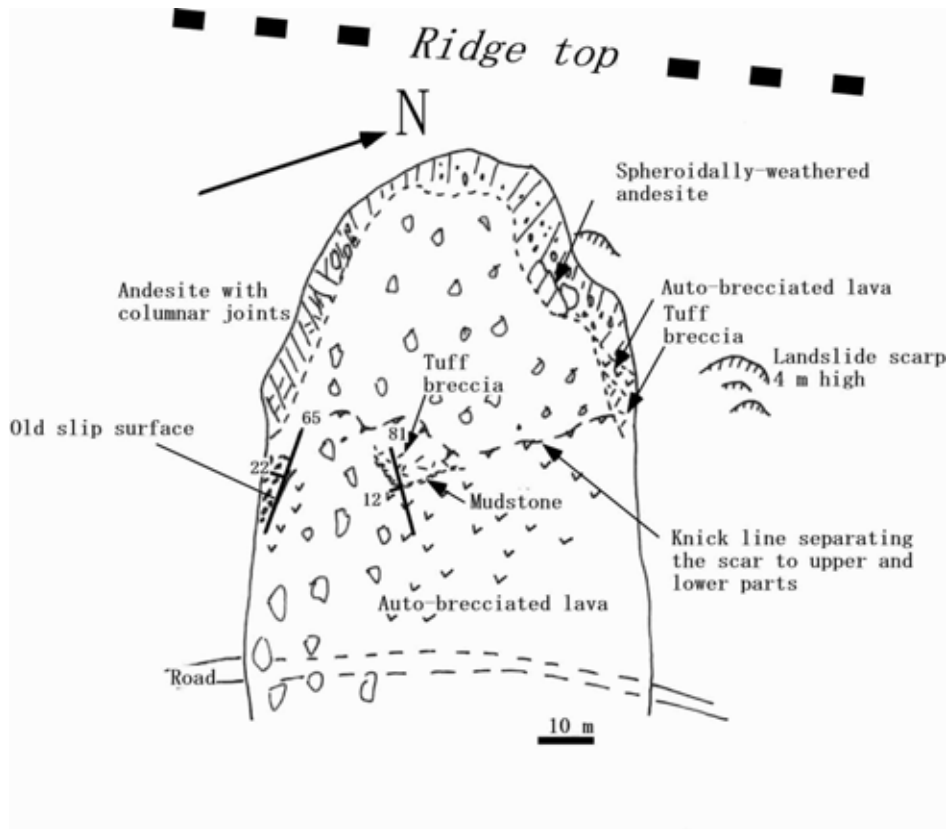


Fig. 4 Geologic sketch of the landslide M-1.

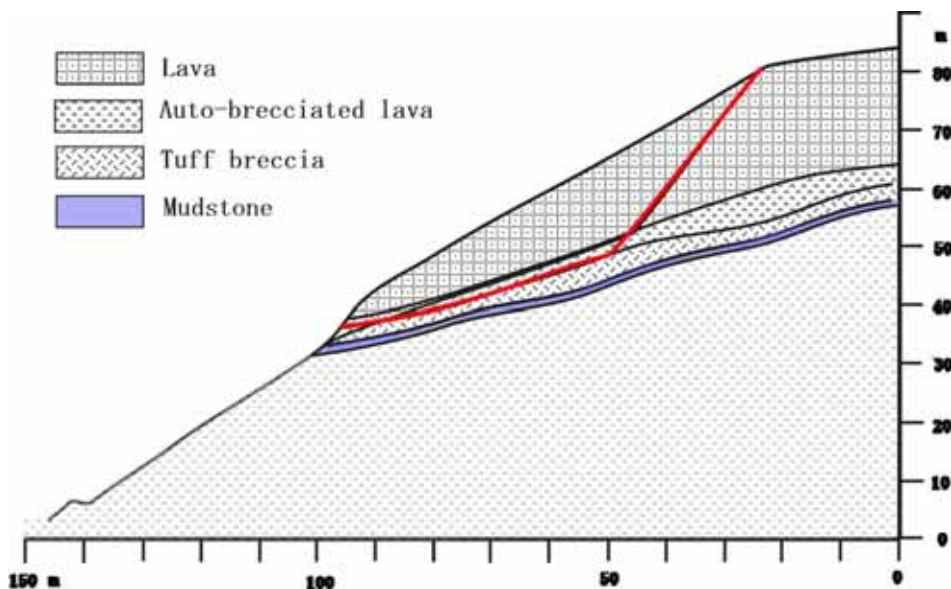


Fig. 5 Geologic cross section of the landslide M-1.

2.2 崩壊の形状と地質 (M-1, 最大規模のもの)

この崩壊は、南に流下する集川の右岸にあり、東南東に向いた斜面に発生した。この崩壊の模式スケッチをFig. 4に示し、その断面図をFig. 5に示す。この

崩壊は、形態から上部と下部とに分けられ、下部は斜面表層土壌が削剥されたのみであり、崩壊の主体は上部である。両者の境界は遷急線となっている。崩壊の滑落崖は斜面下方に向かって比高を小さくしており、崩壊の両側ともに、ほぼこの遷急線との交

点で消失する (Fig.4)。上部は、比高35mで傾斜46°の馬蹄形滑落崖とその下の傾斜22°の平滑な部分からなる。この平滑な部分には後述する崩積土が残存するが、その形態が平滑であることから、残存する崩積土の量は少ないと判断される。レーザー距離計と傾斜計を用いた現地での簡易測量断面によれば、崩壊の幅は60m、斜面方向長さ95m、平均深さは4.5m、崩壊土量は26000m³である。

崩壊下部は、傾斜40°の斜面であり、ほぼ平滑で、その上には堆積物はほとんど残存していない。また、その上流側と下流側との斜面と崩壊面との間の段差は、高々1m以下の土層分程度であり、この部分では薄い土層が崩壊したのみであると判断される。

この崩壊地に分布する岩石の層序は、崩壊地内部の露頭から概ね把握することが可能である。下位から、自破碎溶岩、泥岩、凝灰角礫岩、自破碎溶岩、溶岩の順である。地層の層理面は、Fig.3, 4に示したように、ほぼ東西走向で南に12 - 22度傾斜する。

自破碎溶岩は、割れ目に乏しく、緻密で、難透水層である。この自破碎溶岩は泥岩層に覆われ、泥岩層はさらに凝灰角礫岩に覆われている。泥岩と凝灰角礫岩とは風化してやや軟質となっているが、やはり緻密で難透水性である。この凝灰角礫岩の上部は赤色に酸化し、また、その上の自破碎溶岩との境界から少なくとも1.5mまで風化して粘土質になっていた。この自破碎溶岩も風化してやや軟質となっていた。下位の凝灰角礫岩に比べると、亀裂が認められ、やや透水性が高いと考えられる。この自破碎溶岩の上に、柱状節理が発達して、一部で強く球状風化を受けた安山岩溶岩(厚さ約20m)が覆っていた。

崩壊のすべり面

上述した崩壊の形態と地質分布から、崩壊の主部、すなわち崩壊上部のすべり面は、凝灰角礫岩の上部

に形成されたと推定される。崩壊の右側方崖の下部には、強く赤色酸化した凝灰角礫岩の上面に平面的なすべり面が7m以上にわたって追跡できた(Fig. 6)。この凝灰角礫岩は、強く風化して粘土質になっており、すべり面から下20cmは破碎され、もとの岩石構造を失っていた。さらに、前述したように左側方崖の下部にもこの凝灰角礫岩の延長が確認されたが、この部分では、すべり面は確認できず、崩壊下面は凝灰角礫岩内部にあると推定される。おそらく崩壊移動物質によって凝灰角礫岩が削りとられたものと推定される。右側方崖で観察されたすべり面の傾斜は南方に約22°であり、Fig. 4に示した断面線の方法は北西 - 南東方向なので、断面図上の見かけ傾斜角度はもっとゆるやかになると考えられる。層理面自体がかなり湾曲するため、その詳細な形態は不明であるが、大きくみて、すべり面は斜面の傾斜方向に緩やかに傾斜していることは明らかであり、斜面は、流れ盤の構造をしているといえる。

2.3 崩壊発生のメカニズム

前述したように、崩壊したのは、凝灰角礫岩の上に乗る自破碎溶岩と柱状節理の発達した溶岩であり、すべり面は、自破碎溶岩の下の粘土質に風化した赤色酸化凝灰角礫岩上面か内部に形成されたと判断される。崩壊の発生の素因は、

- 1) 風化赤色酸化凝灰角礫岩が軟弱であったことと、
 - 2) この層および下位の岩石が難透水性であり、その上に載る厚い安山岩溶岩が高透水性であったこと、
 - 3) 今回の崩壊発生前に、わずかではあったが、すべりが始まっていたこと、
- にある。

このような地質構造(力学構造、および水理構



Fig. 6 Slip zone of the landslide M-1. A red band is seen in the middle of the pictures. It is made within the weathered tuff breccia, which had been oxidated beneath the overlying autobrecciated lava.

造)のところに、時間約89mmという強烈な雨が2時間降った。その結果、おそらく最上部の安山岩溶岩の亀裂が水で満たされ、その下位の風化凝灰角礫岩の間隙水圧が急激に上昇して、せん断破壊が起こったものと判断される。

風化凝灰角礫岩のピークおよび残留強度と間隙水圧、およびせん断破壊発生との関係は、今後検討する必要がある。

このように、過去にすべりはあったが、このすべりは、地形をも顕著に変形させるほどのものではなく、少なくとも崩壊発生前の空中写真(熊本県が2000年に撮影した1万分の1白黒写真)では、今回の崩壊の兆候は読み取れなかった。

2.4 近傍の崩壊

Table 1 に示したように、M - 1以外の崩壊は、いずれも粘土質の火山礫凝灰岩あるいは凝灰岩の上に載る安山岩岩屑が崩壊したものであり、難透水性の物質の上に高透水性の非固結物質が載る、という水理地質構造のところ発生した。

3. 菱刈町の崩壊

菱刈町では、山田川沿いの地域で多数の流動性崩壊が発生した。特に、大山口では、崩壊した土砂に襲われ2名の方が亡くなった。菱刈町で崩壊が多発した付近の地質図と崩壊分布図をFig. 7に示す。また、それらの特徴はTable 1にまとめてある。

調査地域には、更新世の火山岩類が広く分布している。また、それらは、広く熱水変質を受けている。特に、地質図に示した火砕岩(P)は熱水変質して、広い範囲でスメクタイトに富むようになっている(茨城、鈴木、1990)。大山口で人名の失われた箇所では、崩壊が集中して発生していた。ここでは、たかだか400m²の中に6箇所の崩壊が集中して発生し、その中の1つが犠牲者を出した(Table 1の大山口)。これは、粘土質に熱水変質した安山岩と凝灰角礫岩の上に安山岩岩屑や安山岩のように透水性の高い物質が載り、それが崩壊して流動した。つまり、水俣の小規模な崩壊に非常に良く似た水理地質構造の個

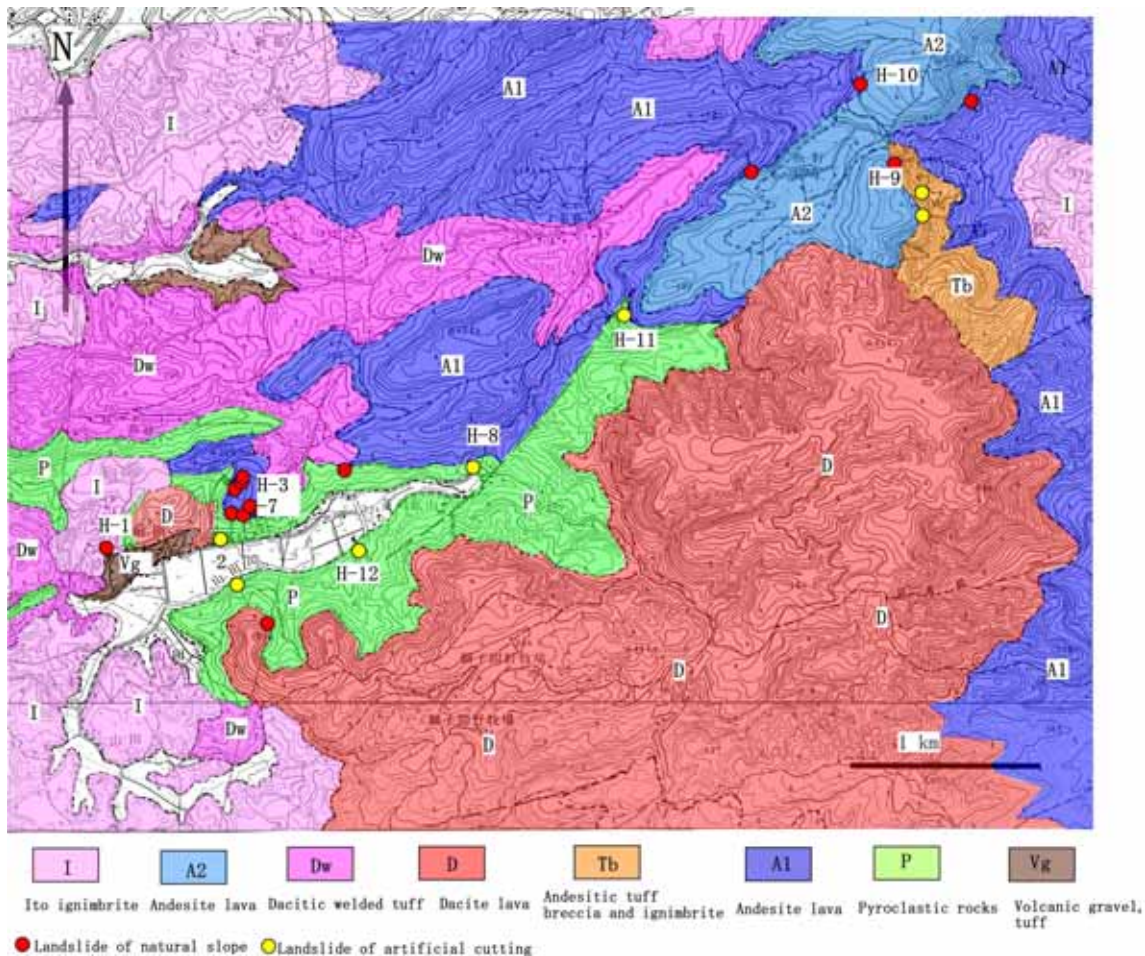


Fig. 7 Geologic map and the distribution of landslides in Hishikari area. Geologic map is made from Metal Mining Agency, Japan (1997).

所が崩壊したといえる。

Fig. 7に示したその他の崩壊もこのようなタイプの地質境界に多く発生した。熱水変質して粘土化した岩石に掘削された人工法面の崩壊もあったが、これらは長距離流動しなかった。

Fig. 8に、2名の方がなくなった個所の写真を示す。ここでは、下位に熱水変質して粘土化した岩石があり、その上に安山岩溶岩が載っていた。

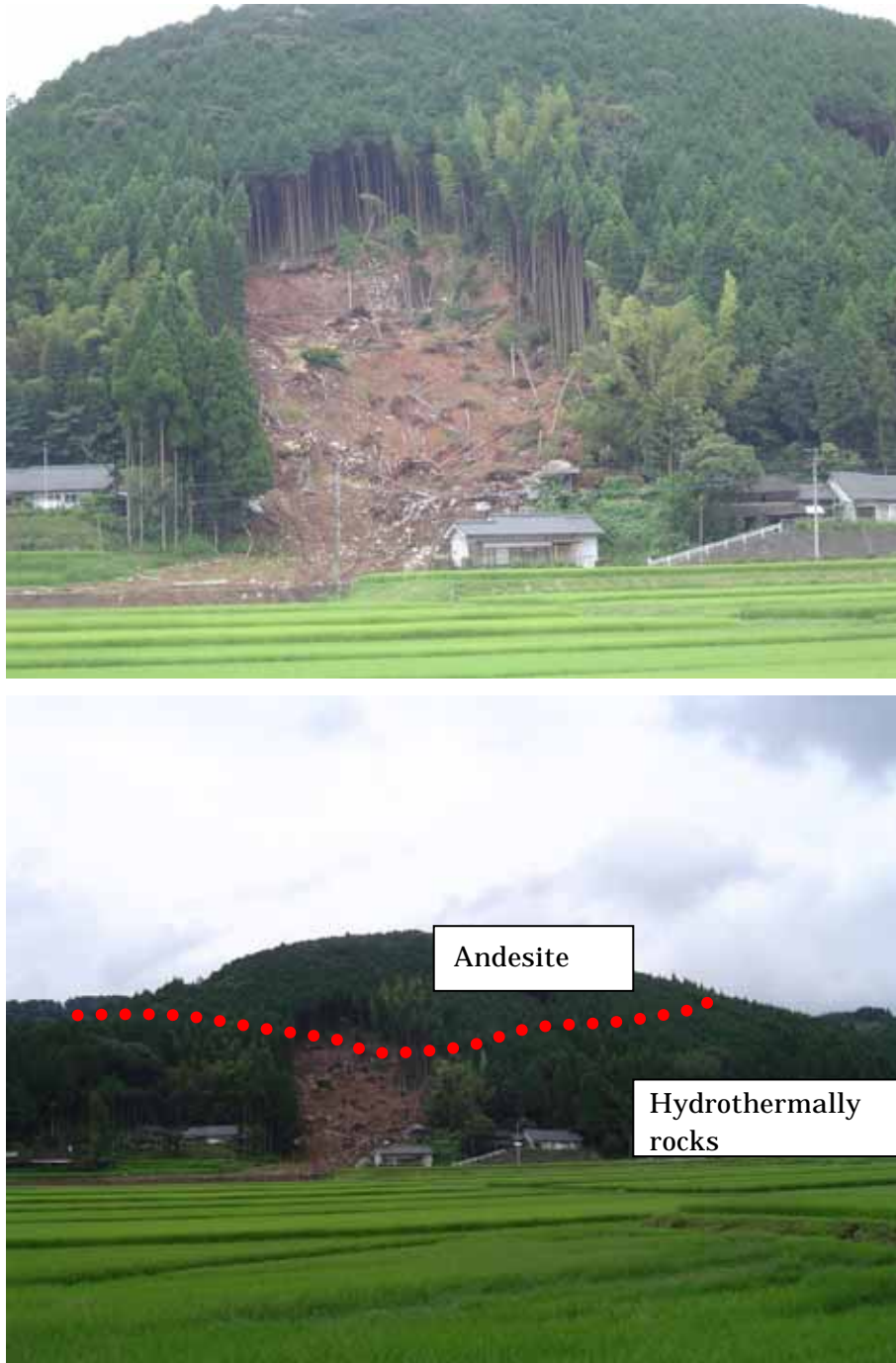


Fig. 8 View of the landslide at Oyamaguchi , Hishikari.

謝辞

本研究には、文部科学省科学研究費補助金（特別研究促進費（1）、研究代表者橋本晴行）を使用した。実地踏査にあたっては、鹿児島大学の井村隆介氏と住鉱コンサルタント株式会社の水落幸広氏に種類の助言をいただいた。ここに謝意を表します。

引用文献

- 茨城謙三，鈴木良一（1990）：菱刈鉱山鉱床母岩の熱水変質について。鉱山地質，40，97-106。
- 金属鉱業事業団（1997）：平成8年度広域地質構造調査（北薩・串木野地域地質調査データコンパイル）。
- 豊原富士夫，村田正文，長谷義隆（1987）：表層地質図「水俣・出水」。熊本県。
- 永尾隆志，長谷義隆，長峰智，角縁進，阪口和之（1999）：不均質なマグマソースから生成された後期中新世 - 中期更新世の肥薩火山岩類 - 火山岩の分布と化学組成の時空変化からの証拠 - .岩鉱，94，461 - 481。
- Sidle, R.C. and Chigira, M.(2004): Landslides and debris flows strike Kyushu, Japan. EOS, 85, 145, 151.

Site Characteristics of the Landslide Hazards of July 2003 in Southern Kyushu - Minamata and Hishikari -

Masahiro ,CHIGIRA and Roy, C. Sidle

Synopsis

Rainstorm of July 20 in 2003 generated landslides and subsequent debris flows in Minamata of Kumamoto Prefecture and Hishikari of Kagoshima prefecture, killing 15 people in Hogawachi, 4 people in Fukagawa, both in Minamata, and 2 in Oyamaguchi in Hishikari. The landslide of Hogawachi, which had a volume of 25650 m³, was a slide of autobrecciated lava and a lava with columnar joints. Its sliding surface was formed within or on top of tuff breccia, which had been oxidized probably by the overlying autobrecciated lava and had been weathered to be clayey materials. The fatal landslide of Oyamaguchi, which had a volume of 4000 m³, was a landslide of andesite lava overlying volcanic rocks which had been hydrothermally altered to be clayey materials. Hydrogeological structures described above, that is permeable rocks overlying impermeable rocks, were the major conditions of the landslides generated by the rainstorm.

Keywords: rainstorm, landslide, debris flow, Kyushu, 2003

