

シラス崩災の一型式-1976年6月梅雨前線豪雨による 鹿児島市紫原台地周縁部の崖崩れについて-

著者	岩松 暉
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	9
ページ	87-100
別言語のタイトル	A Type of the So-called “ Shirasu Disasters ” -Slope Failures at the Margin of the Murasakibaru Plateau, Kagoshima City, Owing to the Heavy Rain of a Baiu Front in June, 1976-
URL	http://hdl.handle.net/10232/00001703

シラス崩災の一型式

—1976年6月梅雨前線豪雨による鹿児島市

^{むらさきばる}
紫原台地周縁部の崖崩れについて—*

岩松 暉**

(1976年9月30日受理)

A Type of the So-called "Shirasu Disasters" — Slope Failures at the
Margin of the Murasakibaru Plateau, Kagoshima City, Owing
to the Heavy Rain of a Baiu Front in June, 1976 —

Akira IWAMATSU**

Abstract

Many slope failures have occurred in the Kagoshima district due to the heavy rain of a Baiu front in June, 1976. Much of them have the same features, so that I investigated in detail the Murasakibaru plateau, Kagoshima City, as a model field.

The plateau is mainly composed of "Shirasu", i.e. pumice tuff breccia of the Pleistocene Sakamoto pumice flow. Younger volcanic ash and pumice fall beds cover the "Shirasu" with unconformity.

Slope failures occur at the slopes covered with the loose pumice fall bed. At the top and toe of the slope, the pumice fall bed is stripped away in order to build houses on the "Shirasu". Therefore rainwater penetrates so easily into the bed at the top of the slope that interstitial water pressure increases and that shear strength of the slope decreases, while piping phenomena occur at the toe. As a result, landslides or landfalls have occurred along the pumice bed. And the "Shirasu" itself does not break down in these landslide areas. On the contrary, slope failures have scarcely been observed at the slopes which are not covered with the pumice fall bed. The bed lies horizontally on the top of the slopes, so there is no slip zone as seen in the former slopes.

The former slopes are situated in the older valley which had been formed before the pumice fall bed was deposited, while the latter slopes are in the younger gully formed after the deposition of the pumice bed. Therefore it is possible to predict slope failures by distinguishing the older valley from the younger. Namely, most of the slope failures occur at the slopes covered with the pumice fall bed in the older valley. In order to prevent the slope failures, the moisture content of the pumice fall bed must be decreased by draining with horizontal boring.

I. はじめに

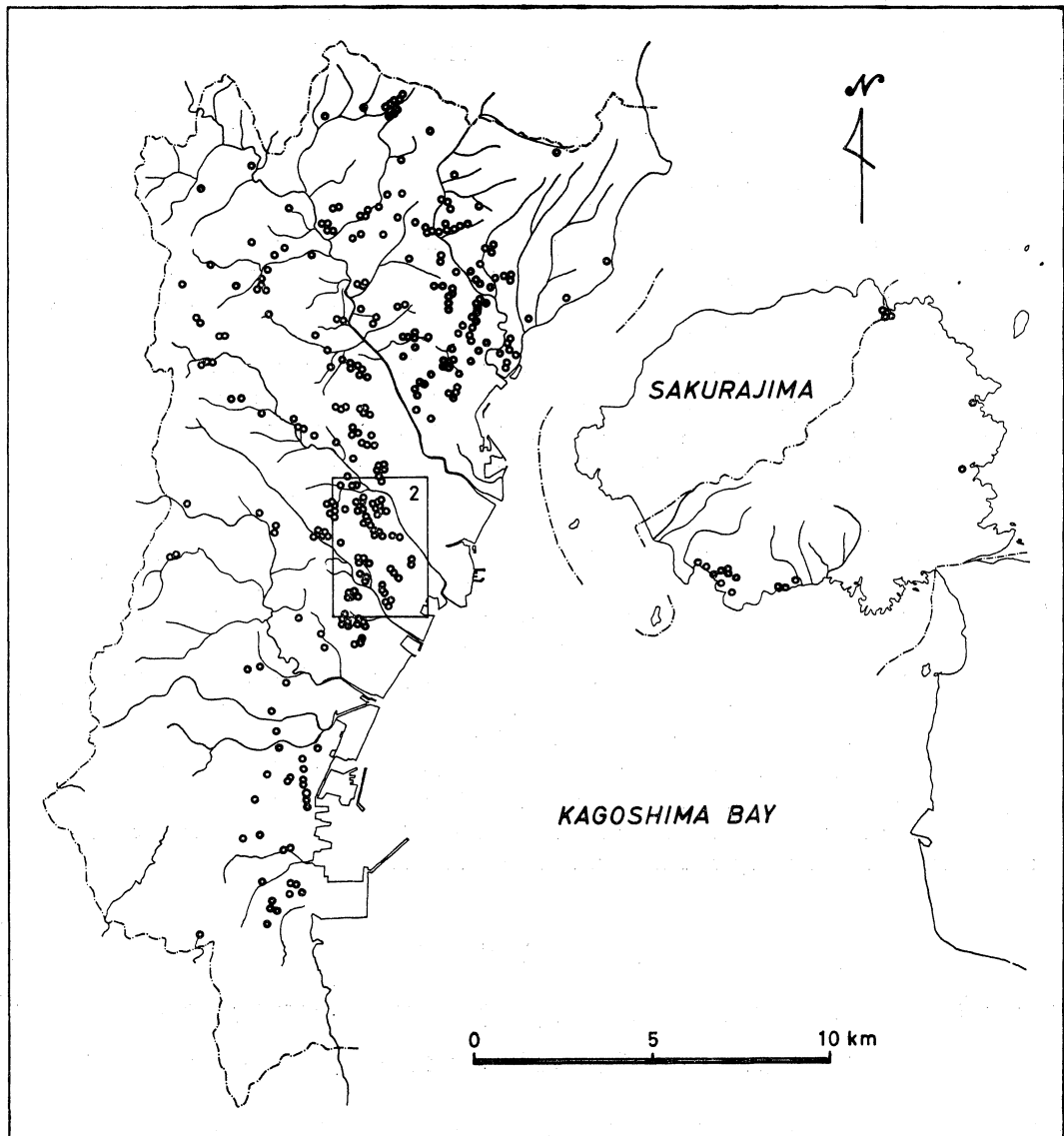
1976年6月22日から26日にかけて、鹿児島県地方は記録的な豪雨に見舞われた。とくに鹿児島市・^{たるみず}垂水市を中心とする薩摩・大隅地方に集中的に降り、この4日間の総雨量が500 mm

* 1976年9月、自然災害科学総合研究班西部地区部会シンポジウムで講演。

** 鹿児島大学理学部地学教室。Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima, 890 Japan.

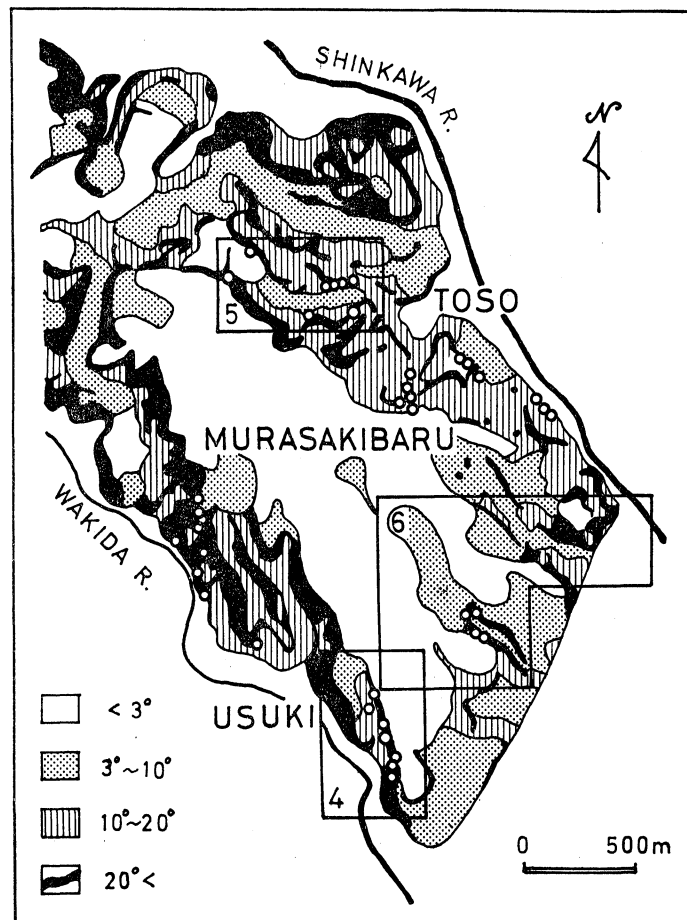
を越える地域もあった。また、時間雨量が 50 mm を越えるときもあった。これは梅雨前線が同地方に停滞したためであって、この雨量は鹿児島気象台始まって以来 9 番目に相当する。

この梅雨前線豪雨によって、各地に崖崩れが発生し、死者 32 人、重軽傷者 37 人の大きな犠牲者を出した。また、建物をはじめ、農作物・道路・河川・橋梁・鉄道なども大きな被害を受け、物的被害の総額は 234 億円にものぼった。鹿児島市内にも多くの崖崩れが発生したが（第 1 図）、人口密集地のためとくに人的被害が大きく、14 人の死者を出した。これは、月々約 1,000 人の割合で急増を続ける人口を吸収するために、シラス台地を切り開き、無秩序でズサンな宅地造成を行った当然の結果であった。現在、50 戸以上の新興団地は 86 カ所を数え、その大部分はシラス台地の上にある。今回 13 人の犠牲者を出した宇宿町と唐湊の被災現場は、共にこうした団地の中でも最大級の^{うすきとそ}紫原団地の^{むらさきばる}両すそに当たっている。



第 1 図 1976 年 6 月梅雨前線豪雨による鹿児島市内の崖崩れ個所（鹿児島市消防局警防課調べ）
枠内は第 2 図の位置を示す。

それでは、このようなシラス悲劇は鹿児島島の宿命なのであろうか。否である。たとえ、記録的な豪雨であっても、乱開発による自然破壊がなかったならば、このような大規模な災害は起こらなかったはずである。二度とこのようなことのないよう、今回の災害から教訓を引き出し、今後の防災対策や開発の指針にしなければならない。そこで、その第一歩として、まず今回の災害の地学的素因について研究を行った。被災地全域にわたる調査が望ましいが、時間的關係もあるので、一番多くの犠牲者を出した鹿児島市紫原台地（第2図）をモデルフィールドとして研究を行った。したがって、そこから得られた結論は、地域が限定されていることからくる特殊性をまぬがれることはできないが、すくなくとも、地質・地形条件の類似している鹿児島市街地のシラス崩災については、共通して適用できるものを含んでいると考える。



第2図 鹿児島市紫原台地傾斜区分図
○印は調査した崖崩れ個所，枠内の数字は付図の番号を示す。

II. 紫原台地の地形地質

(1) 地形

紫原台地は、旧市街地の狭い平野部をとりまくシラス台地のひとつで、そのすぐ南西に位置している。NW-SE 方向の長軸をもつ、長さ 2.5 km、幅 1 km の狭長な台地である。高度は北西側でもっとも高く海拔 115 m、もっとも低い南東端でも 50 m ある。すなわち、平均傾斜 1.5° で南東へなだらかに傾斜している。台地の北東側は唐湊の谷、南西側は脇田川によって


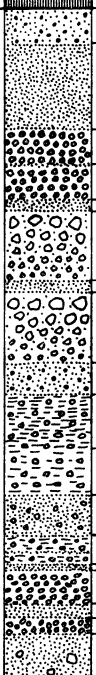


境され、いずれも傾斜 10° 以上の斜面から成っている。なかでも傾斜 20° 以上の急崖に今回多くの崖崩れが発生した (第2図)、南東側は急な海食崖をもって平野に面していたが、鹿児島南港の築港に際して、埋立用土砂の採取のために大規模にくずされ、現在では宅地になっている。なお、台地の南東端中央部付近に彦四郎谷とよばれるきわめて深いガリが発達している。北西側は天神カ瀬戸で田上の台地と接している。

(2) 地 質

この台地は、シラス・降下軽石層および黒色火山灰層から構成されている (第3図)。最下位のシラスは、非溶結の灰白色ないし暗灰色軽石質凝灰角礫岩で、直径 $3\sim 5\text{ cm}$ の軽石片および安山岩類などの角礫を不規則に含んでいる。基質は大部分細粒の火山ガラスおよび軽石片からなり、その他、少量の斜長石・紫蘇輝石および石英を含む。しかし、新鮮なシラスでは、粘土鉱物をまったく含まないのが特徴である (山内, 1971; 富田・大西, 1976)。淘汰は不良で無成層に近く、軽石の発泡度は比較的良好である。このように、本層は陸上火砕流堆積物の特徴をよく示しており、大木 (1974) によれば、荒牧 (1969) の入戸火砕流の非溶結部、大木・早坂 (1970) の坂元軽石流に相当する。本層の最上部 $20\sim 30\text{ cm}$ はいちじるしく風化されていて、暗褐色ないし黒褐色の土壌になっている (図版 6-1)。これは、降下軽石層堆積以前にシラス層が長い間侵食にさらされていたことを物語っている。シラスの絶対年代が約 16,000 年~26,000 年前 (荒牧, 1965; 一色・他, 1965; 横山, 1971) で、降下軽石層のそれが約 11,000 年前 (石川・他, 1972) であるから、この古土壌が形成されたのは主ウルム氷期後半ということになる。本層の層厚は 100 m 前後で (大木, 1974)、紫原台地の主部を構成している。構造はほぼ水平である。

このシラス層を不整合におおって、降下軽石層が堆積している。層厚は $50\sim 200\text{ cm}$ で、一般に台地上で薄く谷斜面上で厚い。第3図に示してあるように、一般に $10\sim 20\text{ cm}$ の軽石層と $5\sim 20\text{ cm}$ のルーズな粗粒火山灰層の互層から成っている (図版 6-1・6-3)。軽石は直径 $0.5\sim 4\text{ cm}$ で、あまり円磨度はよくない。淘汰は比較的良好であるが、谷斜面では逆級化層理を示すこともある。軽石は風化がいちじるしく、褐鉄により茶褐色に汚染されていて、とくに細粒のものは指でかるくつぶれて、ややネバつくことが多い。最下部の $1\sim 2$ 層はとくに粘土化がいちじるしく、軽石もつぶれて乳白色粘土層になっていることもある。これらの特徴は、この降下軽石層が地下水のきわめて良好な透水層であったことを示している。粗粒火山灰層は、直径 $1\sim 2\text{ mm}$ の円磨度の悪い暗灰色ないし黒灰色の安山岩片からなっている。分級は非常によくサラサラで、まったく固結していない。本層の構造は、台地上ではほとんど水平であるが、谷斜面では斜面にほぼ平行で、 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の傾斜をもっている。以上述べた特徴から、本層は明らかに陸上降下堆積物であることがわかる。このような降下軽石層は、地元では俗に赤ボラないし単にボラ層とよばれ、しばしば災害の主役となっている。本層は、大木・早坂 (1970) の新期火山灰および軽石層の下半部に相当する。彼らによれば、その噴出源は桜島付近に求められるとのことである。

この降下軽石層をおおって、層厚 1.5 m 前後の黒色ないし黒褐色火山灰層が堆積している。非常に微粒であり固結していない。乾燥すると関東ローム層のように垂直な割れ目が無数に出来、下位の軽石層へ水を供給する絶好の通路となる。最下部 $20\sim 30\text{ cm}$ には直径 5 cm 前後の軽石片が散在する。また、最上部は土壌化している。本層は、地元では黒ボクとよばれ、大木・早坂 (1970) の新期火山灰および軽石層の上半部に相当する。構造は、降下軽石層とまったく同様に、現在の地形とほぼ平行である。

地層	柱状図	層厚 (cm)	岩 相
黒 色 火 山 灰 層			(最上部は土壌化)
		150	黒色微粒火山灰 (最下部にはこぶし大の軽石片が散在)
降 下 軽 石 層		10	や、風化した茶褐色極粗粒～細礫質火山灰、基質は粘土質
		25	黒灰色極粗粒火山灰、細粒軽石片を含むことあり。
		10	黄褐色軽石 (直径0.5～2 cm) 極粗粒火山灰
		10	黄褐色軽石 (直径0.5～2 cm)
		3	暗灰色極粗粒火山灰
		20	黄褐色軽石 (直径0.5～4 cm)、逆級化層理を示す。
		4	暗灰色極粗粒火山灰
		20	黄褐色軽石 (直径0.5～4 cm)、逆級化層理を示す。
		9	暗灰色極粗粒～細礫質火山灰
		16	黄褐色細粒軽石 (直径0.5cm±)、やや硬くネバつく。
		13	粘土化した乳白褐色細粒軽石 (直径0.5cm±)
		12	極粗粒火山灰、乳白色細粒軽石が混る。
		8	粘土化した白色細粒軽石
		2	極粗粒火山灰
		10	白色軽石 (直径1cm±)、あまり粘土化せず、固結もしていない。
シ ラ ス		4	極粗粒火山灰
		4	白色軽石 (直径1cm±)、あまり粘土化せず、固結もしていない。
		14	暗灰色極粗粒火山灰、ときにこぶし大の軽石片を含む。
シ ラ ス		25	土壌化した暗褐色シラス
		100+	新鮮なシラス、こぶし大の軽石片・安山岩片を含む。

第3図 地質柱状図 (鹿児島市宇宿町)

III. 崩壊地の実例

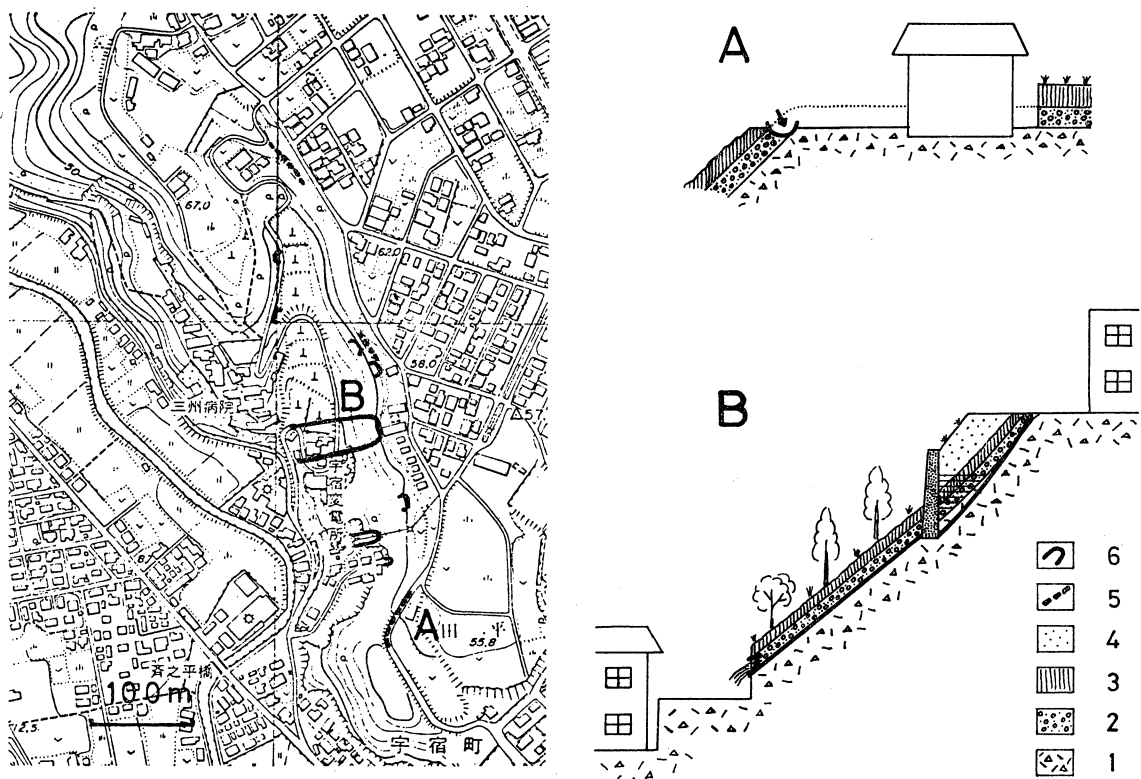
1976年梅雨前線豪雨による崩災は、主として、台地の南北両側を限る脇田川および唐湊の谷に発生した (第2図)。崖崩れの大部分は、後述するように、降下軽石層から上の表土が滑落

したもので、シラス自体はほとんど崩れていない。以下、その代表的な例を記載する。なお、(3)の二次シラスによる例、および(4)の水平な軽石層から上の盛土の崩壊は、件数としてはそれほど多くはない。また、(5)の旧谷地形の埋立の場合は、まだ事故は起きていないが、もしも谷をせき止めたダムが崩壊したときには大災害が予想されるので、あわせて記載する。

(1) 宇宿町

崖崩れ現場は紫原台地の南端に位置し、脇田川の支谷にある(第4図B地点)。6月25日午前6時頃、高さ約30m幅約50mにわたって崩れ落ち、崖下の民家5棟を押しつぶして9人の死者を出した(図版6-2)。新聞報道によれば、“午前0時30分頃から崩れ始めの兆候があった。同時刻、ものすごい勢いで濁流が崖を流れ落ち、何本かの樹木が押し倒されてバリバリと落ちた。また、午前5時頃、同様な2度目の兆候があった。それから約1時間後、ドーンという一大音響と共に一気に崩壊した。このとき、まず山腹のコンクリート擁壁が倒壊し、それと同時に斜面全体が崩落した”とのことである。

被災以前は、この付近は真西に面した傾斜 30° ほどの斜面で、広葉樹を主とする雑木林であった。上から約3分の1のところに高さ約2mのコンクリート擁壁があり、その内側はシラスで盛土されていた(第4図B)。この斜面の真下をアスファルト道路が横切っており、現在はこれより上が滑落崖、下は崩土の堆積の場になっている。滑落崖の下半部には新鮮なシラスが露出しているが、側壁には降下軽石層と表土の露頭がみられる(図版6-3)。降下軽石層は走向N-Sで西へ 25° 傾斜しており、ここの斜面とまったく平行である。崖崩れは、この軽石層



第4図 宇宿町崩壊地分布図および同概念図

1: シラス, 2: 降下軽石層, 3: 黒色火山灰層, 4: 盛土, 5: 亀裂, 6: 崩壊地

概念図の A, B は地形図の A, B 地点に対応する。また、概念図の太実線は崩壊後の現地形面を示す。

から上の部分がすべった表層すべりであって、シラス自体は崩壊していない。その際、軽石層最下部の粘土化のいちじるしい部分がすべり面の役割をはたしたと思われる。富田(談話)によれば、この部分の粘土鉱物はほとんどすべて10 Å ハロイサイト(加水ハロイサイト)でモンモリロナイトは含まれていないという。これより上の層には粘土鉱物は含まれていない。

また、この降下軽石層は崖下の道路わきにも連続して露出しており、その中には直径10~20 cmの深い孔があいていることがある(図版6-4)。しかも、その孔が数mにわたっていくつも連なっているところもある。これは、粗粒でルーズな軽石層が恰好の導水路となってパイピング現象を起こしたことを示している。

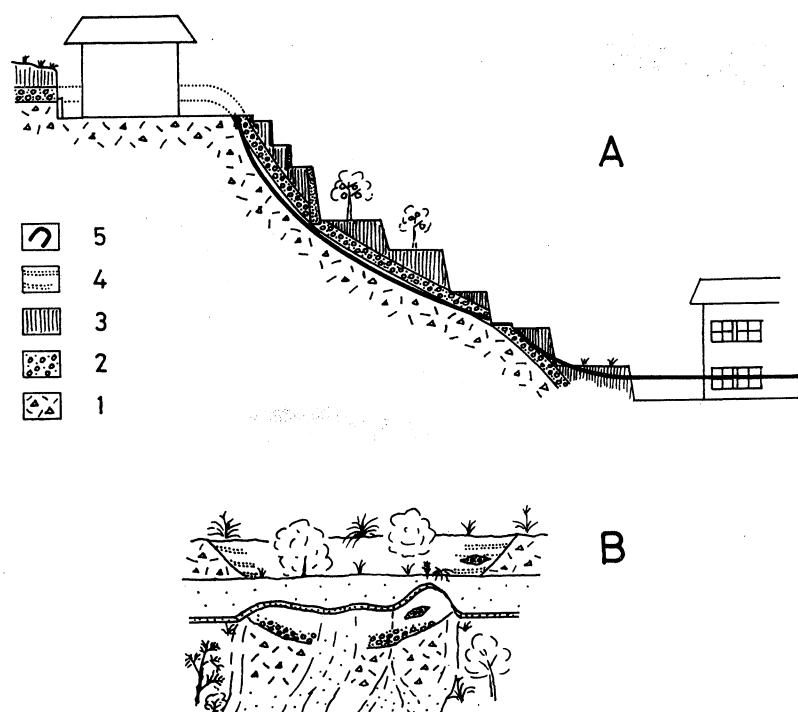
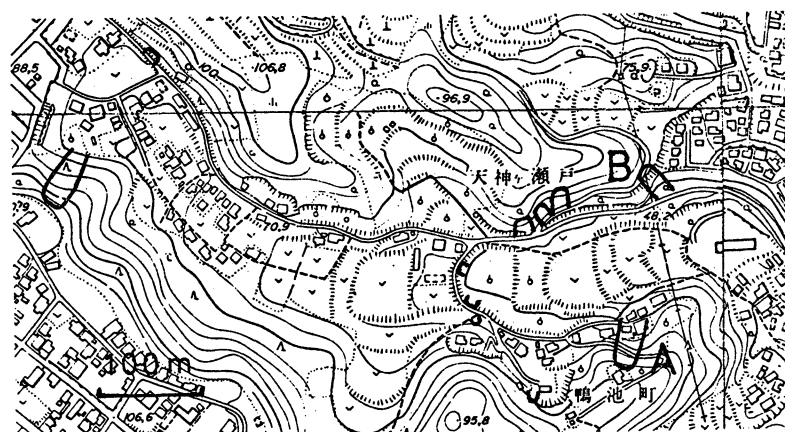
さらに、崩壊現場の上の台地上には、崖縁に沿って亀裂が100 mあまりにわたって観察される(第4図A地点)。災害当時、幅数10 cm 深さ数10 cmの陥没が起こったという(図版6-5)。このすぐ東側、台地よりの家の裏や畑の縁には、降下軽石層がほとんど水平に露出している(第4図)。この軽石層はルーズで建築基礎としては不適であり、しかも、容易に剝土できるので、これをはいでシラスを露出させ、道路面・宅地面としたものらしい。したがって、崖縁の亀裂は、降下軽石層が台地上から谷斜面へ向って傾斜しはじめる、そのちょうど傾斜変換点を人工的に露出させた露頭に相当する(第4図A)。同様の崖縁に平行な亀裂は、この谷に沿って数ヶ所で観察され(第4図)、なかには若干崩れているものもある。

以上記載した事実を総合すると、ここの崖崩れ発生のメカニズムは次のようにまとめることができる。この谷には、現在の地形とはほぼ平行に層厚約1.5 mの降下軽石層が斜面を広くおおっている。この軽石層はただでさえ粗しうで透水層として最適であるのに、台地上の崖縁で人工的に露頭を作ったため、ここから雨水の多量の浸透を許す結果となった。さらに、山腹に擁壁をこしらえる際に、この軽石層を切り取ってシラスに基礎を置いたため、浸透した多量の水はこの擁壁でせき止められる結果になり(ちなみに、このコンクリート擁壁には水抜きの穴が作られていない)、その重みで擁壁が倒壊した。また、この上に軟弱な盛土を行ったのもそれをさらに促進した。一方、降下軽石層の直下にはシラスの古土壌があり、これが不透水層の役割をはたしているため、浸透した多量の水はすべて軽石層中を流れることとなり、この層の含水比を高め、せん断抵抗をいちじるしく低下させた。また、同様にして地質時代を通じて常に水で洗われていたため、軽石層最下部は粘土化が促進されていた。しかも、この粘土層は斜面と平行に存在するから、これがすべり面としての役割をはたしたことは想像に難くない。さらにまた、崖下にも道路や宅地を造成して、この降下軽石層をやはり露出させたため、パイピング現象を誘発してしまった。このため、下方の支えがなくなり、足元をすくわれる結果になった。以上述べたようなことが相乗して、今回の崖崩れを発生させたのである。

(2) 唐湊

崖崩れ現場は、宇宿町のちょうど反対側、紫原台地の北端に位置している(第5図A地点)。6月25日午前7時頃、高さ約20 m 幅約20 mにわたって崖崩れが起き、崖下の民家1棟と学生アパート1棟を直撃し、1階にいた4人が死亡した(図版7-1)。なお、崖上の住人が午前5時すぎに、山肌にくいつもの亀裂が入っているのを発見し、崖下の人々に避難をすすめたという。その後、一時雨がやみホッとしていたところ、午前7時すぎ、崖の先端からドッとくずれたとのことである。

この地点は、唐湊の谷に面したへこみ程度のごく小さな谷地形をなしている。被災以前には、数段の段々畑があって、キンカンなどの果樹園になっていた(第5図A)。上から約3分の1のところが一番広い畑で、そこに高さ2 mのコンクリート擁壁があった。下から約3分



第5図 唐湊崩壊地分布図および同概念図

1: シラス, 2: 降下軽石層, 3: 黒色火山灰層, 4: 二次シラス, 5: 崩壊地
概念図の A, B は地形図の A, B 地点に対応する。また, 概念図の太実線
は崩壊後の現地地形面を示す。

の1のところには道路が横切っており, 現在は, それから上が滑落崖, 下方が崩土の堆積の場となっている。宇宿町の場合とまったく同様に, 降下軽石層が斜面とはほぼ平行に存在しており, この軽石層から上の部分が表層すべりを起こしたものである。降下軽石層は層厚約 50 cm で, 崖の最上端, コンクリート擁壁のあった段, および道路の切割に露出している。道路ぎわにはパイピングによる穴が観察され, また, コンクリート擁壁のあった畑の縁には小規模な崩壊がみられる。

この地点の崖崩れも, 宇宿町とまったく同様のメカニズムで起きたものと推定される。すなわち, 降下軽石層が斜面にへばりつくような形で存在しており, これを人工的に切りくずして

3カ所で露出させてしまった。しかも段々畑にしたため、雨水の浸透が容易になった。その上、へこみ程度とはいえ谷地形のため、台地上の畑に降った雨水がここに集中した。これらの水がすべて軽石層を透水層として流れ、道路わきの露頭からパイピング現象を起こしたものとされる。これによって足元をすくわれた形で、軽石層をすべり面として全面表層すべりへと発展したものであろう。

このような降下軽石層から上の表層すべりによる崖崩れは、この唐湊の谷だけで大小数カ所観察される。その中の最大のもは、やはりことと同じく小さな谷地形のところで、かつ、山腹擁壁を作るなど人工の手が加わった地点に発生している。ただ幸いにしてまだ宅地造成中で民家がなかったため、犠牲者は出なかった。

(3) 天神カ瀬戸

前項で記載した唐湊の崖崩れ現場のちょうど対岸に当る（第5図B地点）。同じ頃崩壊したが、人家がなかったため被害はなかった。唐湊と異なる点は、ここでは逆に、ちょうど尾根の部分に当たっていることである。

現場は農道（砂利道）の中程から幅約10m、高さ約10mにわたって崩壊している。ここでは、第5図Bのスケッチに示されているように、幅16mほどの小さな旧谷地形が存在し、その中をほぼ水平に成層したいわゆる“二次シラス”が埋めている。降下軽石はその凹部にのみ残っており（層厚約40cm）、ときに二次シラス中にレンズ状にとりこまれている。崩壊はこの旧谷地形の凹部に発生している（図版7-2）。すなわち、台地上に降った雨は、この旧谷地形に沿って集中し、しかもその凹部に軽石層があったため、パイピング現象を起こして崩壊したものと考えられる。

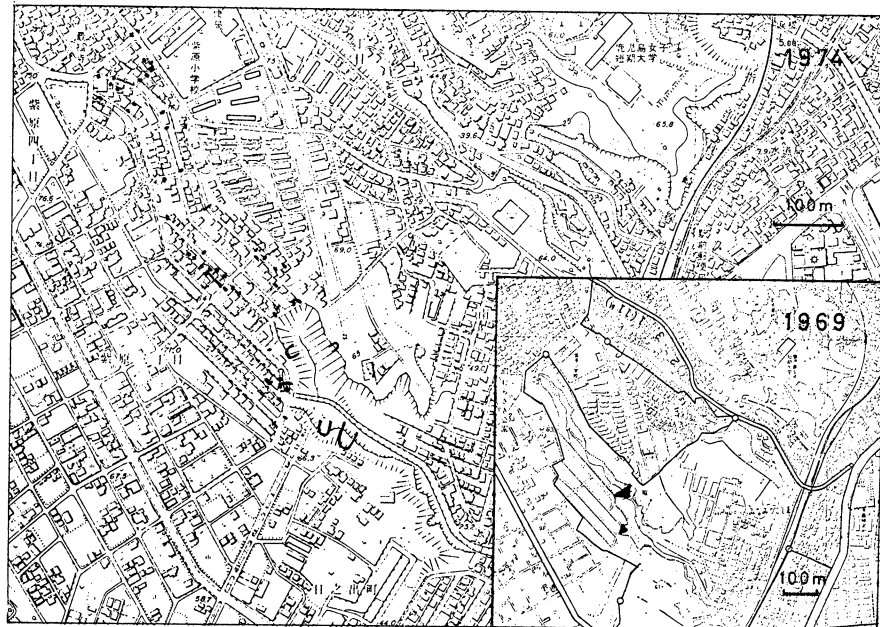
(4) 彦四郎谷

彦四郎谷は紫原台地のほぼ中央部を刻んだ深い谷で、兩岸とも高さ20mほどの切り立ったシラスの崖で出来ている（図版7-3）。降下軽石層は崖の最上端にほぼ水平に堆積しており、わずかに谷側に傾斜しているのが右岸の一部にみられるだけである。この谷全体としては、崖崩れはそれほど多く発生していないが（第6図）、崩壊の起きたところは降下軽石層が若干でも傾斜している部分か、その上に盛土など人工の手を加えたところである（図版7-4）。しかし、いずれもごく小規模なもので、軽石層から上の部分が法肩崩壊を起したものにすぎない。したがって、その上に盛土があるところ以外は、崩れた土量もごく少なく、被害はほとんどない。一方、降下軽石層が水平で、かつ、盛土など人工が加わっていないところでは、崩壊はほとんど発生していない（図版7-3）。このように、降下軽石層がほぼ水平なところは、後述するように、軽石降下時にはまだ台地だったところで、降下軽石層堆積後、新しく刻まれた谷であると考えられる。このような新しいガリは、たとえ垂直に近く切り立ったシラスの崖がむき出しになっていても、比較的安定で大規模な崩壊は発生しにくいものと思われる。

(5) 彦四郎谷埋立地

前項で述べた彦四郎谷の上流部は、人工的に埋め立てられ、団地として造成されている。ここに直接崖崩れが発生したわけではないが、憂慮すべき事態が観察されるので、ここにあわせて記載する。

第6図の1969年の地形図と1974年の地形図を比較すればわかるように、彦四郎谷の中程にダムを作り（図版7-5）、その上流部にシラスを埋め立てて宅地を造成した。現在は1974年当時より人家が建てこみ、空地はほとんどない。この人家のブロック塀やコンクリートの土台あ



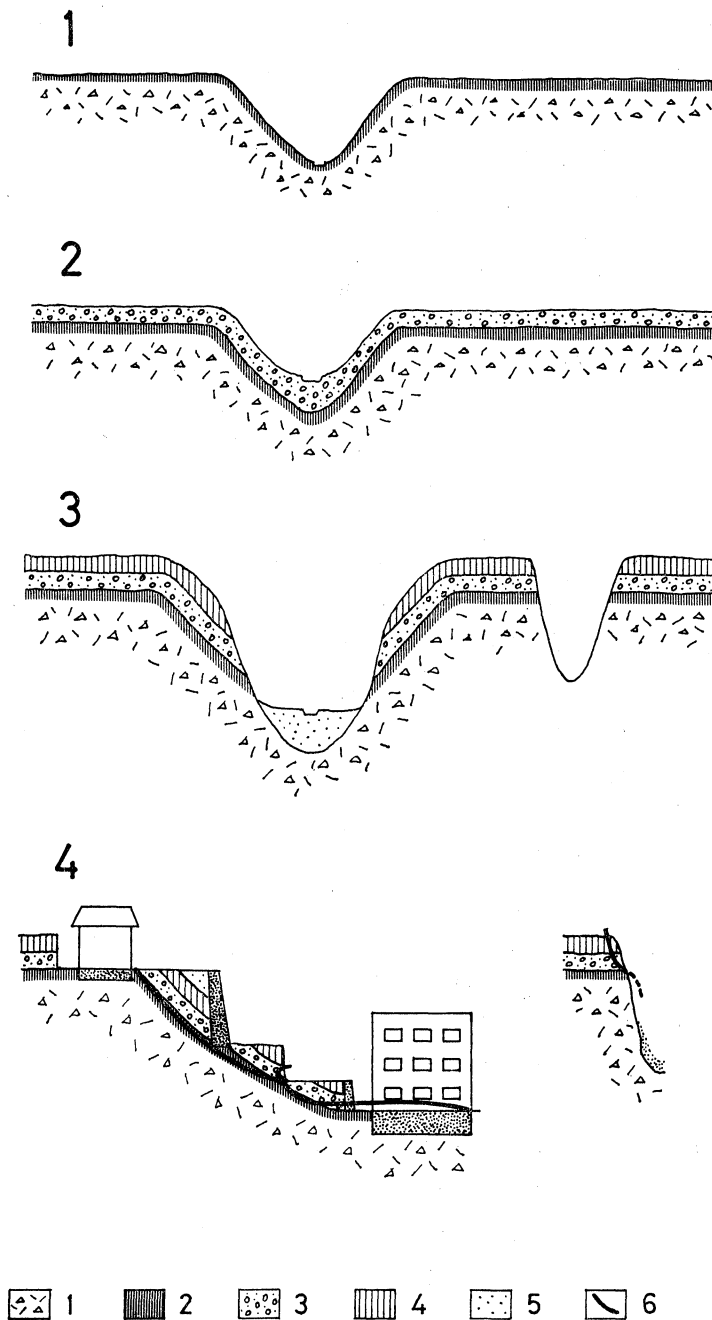
第6図 彦四郎谷崩壊地分布図および上流埋立地の亀裂分布図
1969年の地形図で黒三角印はダムの位置を示し、1974年の地形図で矢印は傾動の方向を示す。

るいはアスファルト道路に亀裂が多くみられる（図版 7-6）。これらの亀裂には、旧谷地形の方向に平行なものと直交するものとがある。また、旧谷の中心に向ってたわみさがっているところもあり、中にはその上にコンクリートをかさ上げして水平にし、ブロックを積みなおしているところもある（図版 7-6）。これら亀裂の観察された地点を地形図上にプロットすると、旧谷地形の縁辺部に集中していることがわかる（第6図）。つまり、切土と盛土の境界部分に亀裂が多く発生している。これは、埋め立てたシラスの圧密によって不等沈下したため、谷の中心に向ってたわみさがった結果であると考えられる。

このような現象は薩摩団地でも玉里団地でも観察され（大木談話）、旧谷地形の埋立地に共通してみられる。中にはダムの水抜穴から、埋め立てに使われたシラスが水と共に流失しているのが観察されるという。このようなところでは、万一ダムが決壊した場合には、大災害になるのは予想に難くない。とくに、地震時に埋め立てシラスが流砂現象を起こすなどして、ダムに急激な力が加わった場合、決壊しないという保障があるのであろうか。沖積シラスやかく乱した地山シラスは、普通砂よりも液状化しやすいという実験結果もあり（山内・他、1974）、抜本的な対策が望まれる。

IV. シラス崩災の地形発達史的考察

前章で詳述したように、紫原台地周縁部における崩災の大部分、とくに大規模なものは、シラス自体がくずれているのではなく、降下軽石層から上の部分が滑落した表層すべりである。したがって、降下軽石層が崖斜面と平行に存在しているか否かが、決定的に重要な意味をもってくる。宇宿町や唐湊のように斜面に平行に軽石層があるところは、軽石層堆積以前からの古い河谷であり、彦四郎谷のように軽石層が水平に堆積しているところは、それ以降に刻まれた新しいガリである。すなわち、谷の新旧とシラス崩災とは密接な関係がある。そこで次にシラス台地の地形発達について考察してみる（第7図）。



第7図 シラス台地の地形発達史模式図

1: シラス, 2: 古土壌, 3: 降下軽石層, 4: 黒色火山灰層,
5: 沖積層および盛土, 6: すべり面

(1) シラス台地の地形発達史

この地域のシラスは、前述したように、地質学的には坂元軽石流あるいは入戸火砕流とよばれ、約 22,000 年前に始良カルデラから噴出し、この付近一帯を厚くおおった。こうしてシラス台地が形成された。その後、約 11,000 年前に降下軽石層が堆積するまでの間、シラス台地は地表で侵食にさらされ、谷が形成された（第7図-1）。また、この間に、地表には古土壌も生成されていた。シラスの堆積した2万年前は、主ウルム氷期の最盛期で、海水面がもっとも

低下していた時期である(湊, 1973)。これ以降, 降下軽石層の堆積する1万年前までは, 海水面が急激に上昇した時期で, それに伴い侵食基準面も上昇しつづけた。また, まだ主ウルム氷期の最中であり, 気候も寒冷で雨も少なかった。このため, あまり深い谷は刻まれえなかった。したがって, この時期の地形は, シラス台地の中に, 30° 前後の斜面をもつ浅い谷の刻まれたゆるい起伏の幼年地形であったであろう。

ついで約11,000年前, 古桜島が大爆発を起こし, こうして出来た幼年地形の上に大量の軽石や火山灰をふらせ, 1m前後の降下軽石層が堆積した(第7図-2)。このとき, 谷斜面の傾斜は 30° 前後で, 堆積物の安息角よりもゆるかったため, 谷斜面にも降下軽石層が堆積した。

さらにその後も桜島は活動を続け, 黒色火山灰層がその上に堆積した。また, 地表には土壌も形成され現在に及んでいる(第7図-3)。一方, 河川侵食も進み, 以前の谷はさらに下刻され拡幅された。本流では氾濫原も形成され, 沖積層が堆積した。したがって, こうした古い谷はゆるい斜面をもち, 川幅の広い開けた地形をしているのが特徴で, 大部分の斜面には降下軽石層がへばりついている。前述したように, この降下軽石層は粗しょうで透水層として最適であるうえに, その直下の古土壌は不透水層のため, 浸透した水は主としてこの軽石層を流れ, それによって粘土化が促進されていた。これが今日みられるような災害の大きな素因となった。

また, 旧河川の下刻と同時に, 新しくガリも発達した(第7図-3)。このようなガリはもとの台地を新しく刻んだものであるから, 降下軽石層は崖の最上部にほとんど水平に堆積している。また, 斜面に堆積したものと異なり, その厚さは一般に薄いのが普通である。なお, 現在みられるような切り立った深いガリが発達したのは, 約5,000年前の縄文海進以降のことと思われる。その頃から海水面の上昇はやみ, 逆に海退に転じたからである。もちろん, 後氷期の湿潤温暖な気候もあずかって力があつた。

こうして完成された自然の地形に対して, とくに戦後人工の手が加えられていった。台地の上は整地され, 大規模な団地が造成された。その過程で軽石層は剝土され, シラスがむき出しにされた。また, 山をけずって谷が埋め立てられた。さらに開発が進むと, ついには台地上の崖縁や古い河谷の緩斜面まで利用されるようになった。すなわち, 人工的に段を作って, 段々畑や宅地が造成された(第7図-4)。その際に, 問題の降下軽石層が崖の上や途中で切り取られ露出させられた。これによって, 雨水の浸透が容易になり, パイピング現象が誘発させられた。こうして, 大規模な崖崩れの素地が作られた。しかも, 山腹擁壁のような重量構築物をのせたところでは, 崩壊発生の危険が大きくなり, 一たん崖崩れが起きた場合には, その被害は壊滅的なものになった。その上, 盛土を行ったところは, より一層災害を加速する結果になった。

一方, 降下軽石層が水平に堆積している新しいガリでは, 人工が加わらないかぎり, 垂直に切り立っていてもかなり安定で, ほとんど崩壊は発生していない。一般に, 火山放出物の崖は垂直に近いほど安定しているからである(小出, 1973)。また, たとえ崩壊が起きたとしてもごく小規模で, 軽石層から上の崖肩の部分がすこしずつくずれて, 崖下に小さな崖錐を作る程度ですんでいる(第7図-4)。

(2) 防災対策への提言

従来, 地質学者は地層の層理面に垂直に尺をあて, 柱状図を作成して, それから層序を編むことで事足りりとする傾向があつた。したがって, 台地上でも谷斜面でも地層の累重関係は同じであるから, 降下軽石層の傾斜などについてはほとんど注意が払われなかった。しかしながら, これは応用地質学的には大変重要な問題であって, 今までみてきたように降下軽石層のは

たす危険な役割が明らかになった以上、これと地形との関係を詳細に吟味する必要がある。

まず第一になすべきことは、崩壊危険箇所分布図の作成と危険度の予測であろう。そのためには、前項で述べたような地形発達史を考慮して、谷の新旧を区別する必要がある*。

古い谷については、降下軽石層が斜面に平行に堆積しているところをすべてチェックしなければならない。とくに、まだ開折されていない支谷については十分注意が必要である。また、二次シラスなどですでに埋積された旧谷地形についても極力発見に努めなければならない。このような降下軽石層が斜面にへばりついている要注意箇所が明らかになったら、次に微地形を観察して、そこに水の集中しやすい構造を示すところを探す必要がある。その際に、空中写真判読や電気探査などを併用して、地表水や地下水の流路を見出すとよい。このようにして見つけ出したところが崩壊危険箇所である。なおその上、人工的に降下軽石層を露出させたり、山腹擁壁など重量構築物をのせたりしたところ、あるいは盛土を行ったところはもっとも危険な箇所である。

また、台地を刻んだ谷を埋め立てたところは、潜在的な危険が存在するところであるから注意を要する。

第二に防災工事についてであるが、降下軽石層のへばりついた斜面は、まずなによりも自然のままにしておいて人工を加えないことが肝要である。台地上も崖縁ギリギリまで利用することなく、数 10 m の余裕をとっておくことが望ましい。当然、崖下に人家を作ることも避けるべきである。しかしながら、実際問題として、ここまで開発が進んだ以上、まったく新しく造成するところは別として、このようなことは不可能に近い。その場合、すでに降下軽石層を人工的に露出させてしまったところでは、まず台地上の崖縁にある軽石層の露頭（斜面へ向って傾斜しはじめるところ）をコンクリートなどでおおって、水の浸透を極力ふせぐ必要がある。それでも斜面上に降った雨はしみ込むわけであるから、軽石層の排水を良くし、その含水比をできるだけ小さくするようにしなければならない。この点では、地すべり地における横穴ボーリングによる排水工法などが参考になろう。また同時に、斜面末端におけるパイピング現象を防止する手だてを講ずる必要がある。大規模な土工を行うのなら、思い切って降下軽石層全体をはぎとるのも一法であろう。さらに、斜面全体をコンクリートでおおって、力でおさえつけてしまうのがよい（露木談話）。中途半端な山腹擁壁などは害があって益がない。

また、台地上に降った雨が崖に流れこまないよう、台地上の下水などを整備して、排水に努める必要がある。とくに今回のような豪雨に際して、宇宿町のように、ものすごい勢いで濁流が崖を流れ落ちるなどといった事態は絶対に避けなければならない。その点で、建設省で計画している団地の一時的雨水貯留施設というのも一法かも知れない。

V. お わ り に

以上、紫原台地を例にとって、シラス台地の崩壊について述べた。そこでは、シラス自体が崩壊したのではなく、降下軽石層から上の部分が滑落した表層すべりであった。もちろん、他地域にはシラス自体の崩壊も発生しており、その意味では、あくまでもシラス崩災の一型式にすぎない。しかしながら冒頭でも述べたように、紫原台地と類似の地質地形条件のところは鹿

* 露木・他 (1970) および大木・早坂 (1973) によれば、坂元軽石流堆積前の基盤の谷を下刻した谷もあるという。したがって、少なくとも谷筋の年代を3つに分類することができる。もしも谷筋が断層谷のような場合、断層の活動年代を推定する手がかりを与えることになる。実際にシラスを切る断層も存在する（大木談話）ことから、これはネオテクトニクスにとって有力な手段となりえよう。

児島市内に無数にあり、鹿児島市街地の災害にとって、共通する多くの教訓を含んでいるものとする。ここで述べたことを参考に適切な対策がとられることを切望する。防災のためにすこしでも役に立てば幸いである。

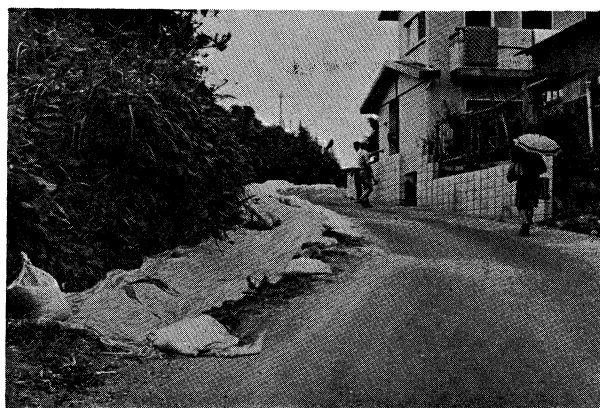
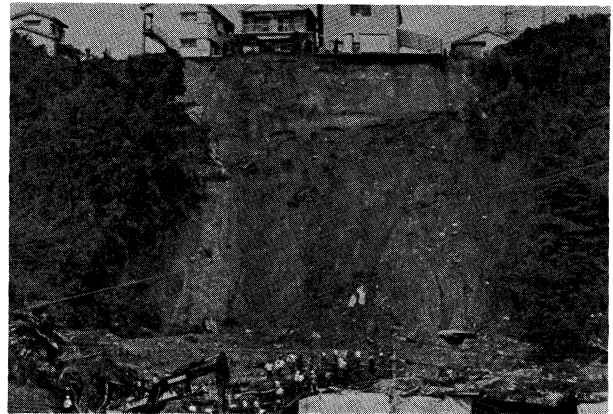
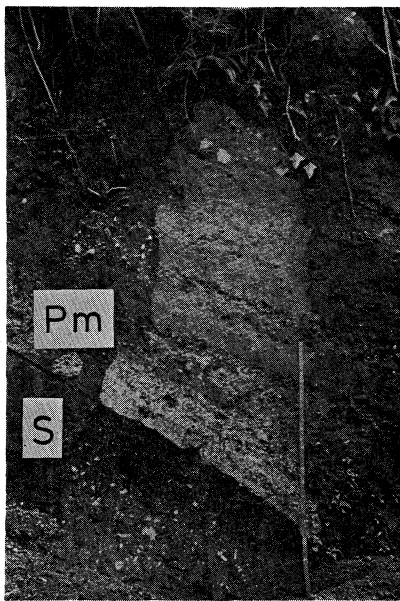
筆者は本年4月に鹿児島大学に赴任してきたばかりで、シラス崩災を目の当たりに見るのはまったくはじめての経験であった。その素人の筆者に「シラス“が”崩れるのではなく、シラス“も”崩れる」ことを教えてくださったのは鹿児島大学理学部の露木利貞教授であった。さらに、原稿を読んでくださり、いろいろ有益な助言ををいただいた。同じ鹿児島大学理学部の大木公彦氏には、野外において火砕流の見方をご指導いただいた。また、同富田克利助教授には、降下軽石層中の粘土鉱物についてご教示いただいた。これらの諸氏に厚く感謝の意を表する次第である。さらに、鹿児島市消防局警防課および鹿児島地方気象台には、貴重な資料を見せていただいた。とくに警防課には第1図の公表を許可していただいた。また、鹿児島市都市整備局都市計画課には、5,000分の1地形図を提供していただいた。これら諸機関に深く感謝する次第である。最後に、今回の災害で亡くなられた方々の霊に対して深く哀悼の意を表し、その冥福を祈るものである。

文 献

- 荒牧重雄 (1965), 始良カルデラ入戸火砕流の ^{14}C 年代——日本の第四紀層の ^{14}C 年代 XXII——, 地球科学, no. 80, p.38.
- (1969), 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物, 地質雑, vol. 75, no. 8, p.425-442.
- 石川秀雄・肥後精一・泊 芳英・大木公彦・浜崎和男 (1972), 蒲生軽石流および新期火山灰・軽石層の ^{14}C 年代, 地質雑, vol. 78, no. 10, p.563-565.
- 一色直記・小野晃司・平山次郎・太田良平 (1965), 放射性炭素 ^{14}C による年代決定, 地質ニュース, no. 133, p.20-27.
- 小出 博 (1973), 日本の国土——自然と開発——(上), 東大出版会, 287 p.
- 湊 正雄 (1973), 日本の第四系(16), 国土と教育, vol. 4, no. 4, p.186-192.
- 大木公彦 (1974), 鹿児島市西部地域における第四系の層序, 鹿大理紀要(地学・生物), no. 7, p.15-22.
- ・早坂祥三 (1970), 鹿児島市北部地域における第四系の層序, 鹿大理紀要(地学・生物), no. 3, p.67-92.
- ・—— (1973), 鹿児島県下における火砕流堆積物の堆積様式の一考察, 鹿大理紀要(地学・生物), nos. 5-6, p.7-17.
- 富田克利・大西一臣 (1976), シラス中の粘土鉱物“特にシラス崖くずれ予知の見地から”, 粘土科学, vol. 16, no. 2, p.56-62.
- 露木利貞・早坂祥三・前野昌徳・大木公彦・梶倉克幹 (1970), 鹿児島県十三塚原地域の地質——いわゆるシラス台地の地質構造の一型式——, 鹿大理紀要(地学・生物), no. 3, p.93-104.
- 山内豊聡 (1971), シラス——生成要因と基本的性質——, 施工技術, vol. 4, no. 6, p.
- ・松田 滋・一瀬久光, (1974), シラスの液状化とその対策工法, 自然災害科学特別研究研究成果 no. A-49-1, p.71-76.
- 横山勝三 (1971), 始良カルデラ入戸火砕流の ^{14}C 年代——日本の第四紀層の ^{14}C 年代(63)——, 地球科学, vol. 25, no. 1, p.45-46.

図 版 6 説 明

- 6-1) シラスの上に不整合にのる降下軽石層(宇宿町)。S: シラス(不整合直下の暗色の部分は古土壌), Pm: 降下軽石層。
- 6-2) 宇宿町崖崩れ現場(1976年6月26日撮影)。崖下は生き埋めになった人々の救出作業を行っているところ。
- 6-3) 宇宿町崖崩れ現場の降下軽石層。右下の明色の部分が粘土化した軽石層。
- 6-4) 降下軽石層のパイピング(宇宿町)。
- 6-5) 宇宿町台地上の亀裂。道路わきシートでおおってあるところが深さ数10cm 陥没した。



図版 7 説 明

- 7-1) 唐湊崖崩れ現場 (1976 年 6 月 26 日撮影)。学生アパート (2 階建) の 1 階と大家さん宅 (手前平家) が土砂で埋まっている。
- 7-2) 二次シラスで埋め立てられた旧谷地形の崩壊 (天神カ瀬戸)。S: シラス, Pm: 降下軽石層, 2nd: 二次シラス。
- 7-3) 彦四郎谷左岸のシラスの崖。S: シラス, Pm: 降下軽石層 (崖の最上端に水平に堆積していることに注意)。
- 7-4) 彦四郎谷右岸の崖崩れ。S: シラス, Pm: 降下軽石層, 最上端は盛土。
- 7-5) 彦四郎谷支流をせき止めたダム。
- 7-6) 彦四郎谷上流埋立地 (紫原 2 丁目) の民家ブロック塀の亀裂と撓曲。土留めのブロックが右方へたわみさがったため, その上にセメントをぬり, 水平に直して, ブロック塀を積んだもの (セメントの厚さが左方で薄く右方で厚いの注意到)。塀が完成した後も不等沈下が進行して, 亀裂 (C) が生じた。

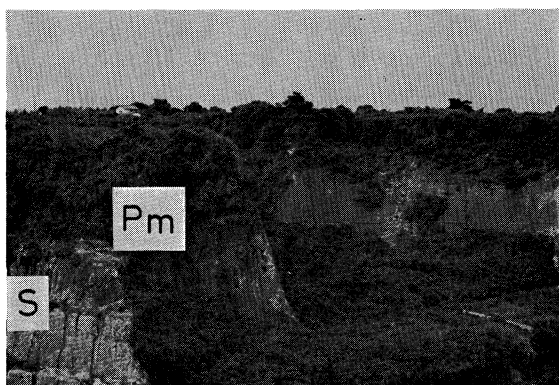
1



2



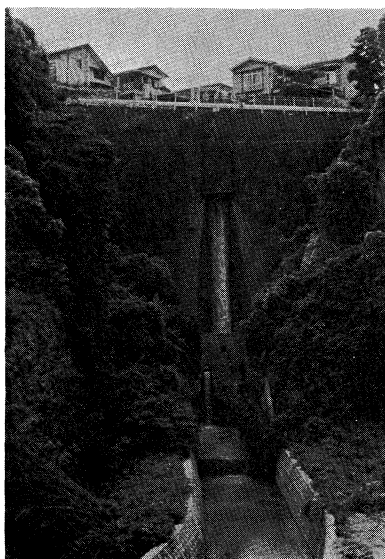
3



4



5



6

