

1889年8月豪雨による十津川災害の再検討

——とくに大規模崩壊の地質構造規制について——

平野昌繁・諏訪 浩・石井孝行・藤田 崇・後町幸雄

REEXAMINATION OF THE TOTSUKAWA HAZARD IN AUGUST 1889 WITH SPECIAL REFERENCE TO GEOLOGIC CONTROL OF LARGE-SCALE LANDSLIDES

By Masashige HIRANO, Hiroshi SUWA, Takayuki ISHII,
Takashi FUJITA and Yukio GOCHŌ

Synopsis

The Totsukawa hazard occurred in August 1889 was triggered by heavy rainfall, and it is famous at the report of the hazard published two years after the occurrence. The report consists of 11 volumes, and the each contains the detailed description on characteristics of weather condition and landslides associated with the statistical tables. Reexamination of the record from scientific point of view was carried out this time.

The weather condition which brought this hazard was confirmed by the early weather maps. A small typhoon travelled the Shikoku and Chugoku districts from south to north slowly and caused heavy rainfall at Kii Peninsula. Though measurement of precipitation had not been carried out at that time in Nara Prefecture, it is speculated that the maximum daily precipitation was at least about 1000 mm, by analyses of the data along the coast at that day and of the distribution pattern of precipitation accompanied by recent typhoons which followed almost the same course as in 1889.

It is shown from quantitative consideration that the frequency of landslides is reciprocally proportional to the logarithmic area of them. Data concerning the depth of landslides was collected too, and the regression line for area-depth relationship was obtained, by which estimation of the volume of landslides was carried out. The largest volume of landslides in this area have order of magnitudes over 10^7 m^3 . The large landslides often show a particular plan shape, namely, a rectangle considerably close to a square.

Sites of the largest landslides which dammed up the river below are limited on the slopes facing north or northwest in this area. In relation to geologic structure, they have been occurred on dip-slope of layered mesozoic system. It is pointed out too that the situation like minor syncline on the major fold flank, fault crossing the slope, or under-cutting of the slope by river has had the slide occur easier. Conclusively, it should be emphasized, in comparison to the other similar case of landslides occurred in the terrain where Mesozoic layered rocks are distributed, that heavy rain is more important than earthquake as the trigger of large-scale mass-wasting of this type.

1. はじめに

1889年(明治22年)8月に発生した十津川災害は未曾有の風水害として著名であり多くの史料に記述がみられるが、とくに災害直後に作成された吉野郡水災誌¹⁾は極めてすぐれた記録であり、その後の多くの研

究のよりどころとなっている。その記述内容の検討により、降雨や崩壊の特性がいろいろ明らかとなるので、これまでに多くの人々がとりあげていて、特に崩壊現象を中心としたものでは宮本 (1958)²⁾、千葉 (1975a³⁾, b⁴⁾), 籠瀬 (1976)⁵⁾, 瀬尾 (1977)⁶⁾, 藤田 (1983)⁷⁾ などがある。このうち特に瀬尾 (1977) は崩壊発生時刻に関するまとめを行っている。また、小出 (1955)⁸⁾ も本地域の大規模崩壊を破砕帯地すべりの例としてとりあげている。

しかし問題点がないわけではなくて、たとえば災害をもたらした降雨については明確な資料が示されていない。崩壊の規模・頻度などについても、旧村ごとに記載のレベルが揃っていないと思われる事もある。十分な解析が行われていたとは言えない。さらに、現地調査の結果、とくに天然ダムと新湖を形成したような大規模崩壊については地質構造の規制を強く受けていることが明らかである。この点は、水災誌第11巻中に巨智部忠承氏によって指摘されていたにもかかわらず、その後は一般論として言及されるにとどまり、その詳しい実態については意外にふれられていない。

筆者らは文部省科学研究費、自然災害特別研究(1)「災害史料にもとづく崩壊災害の研究」(代表者 奥田節夫, 課題番号 58020026) の一環として十津川災害の再検討を試み、今回はとくに上に述べたような観点から、十津川災害の問題点について資料の収集解析ならびに数次にわたる現地調査を行い、一部の崩壊地については吉野郡水災誌に記載された小字名との対応も行ったので、その結果について以下に報告したい。

2. 降 雨 特 性

吉野郡水災誌によれば、雨は8月17日に降り始めたが、雨量は少なかった。翌18日には強風を伴う豪雨となり、19日にはさらに強くなって、特に夜は雷を伴う激しい豪雨となったようであるが、20日に天気は回復した。その間、風向は東から南へ、さらには南西へ変わったことが記されている。たとえば旧南十津川村平谷では「八月十七日午後六時豪雨アリ十八日午前十一時東風稍々暴ナリ后八時風南ニ転シテ后十一時益々猛烈ヲ加フ十九日午前十一時強雨…(略)…后八時…(略)…急激ヲ極ム廿日午前十一時乍晴雨廿一日放晴」とあり、旧西十津川村においても「暴風ノ方位タルヤ玉垣内ハ初メ東北風ナリシガ遂ニ西南ニ転ズ」、また、旧北十津川村の内野でも風は「正東ヨリシ…(略)…然レドモ十九日午後四時ニ至テ…(略)…風位南ニ転セリ」とある。このような降雨と風向の特性から、一般には、この風雨をもたらしたのは熱帯低気圧もしくは台風で、それに前線が伴った可能性がある⁹⁾ と考えられていた。

わが国では天気図は1885(明治18)年より中央气象台で印刷され残されているが、関係者を除いてそれらのことが確認されていなかった。残されている天気図は日に3回(6, 14, 21時)のものであるが、観測点も少なく、海上の資料も全くなかったので、太平洋上は解析されていない。Photo 1 は8月19日14時の E. Knipping の作成した天気図の原図のコピーである。台風の中心は四国北部にあり、中心気圧は約 740mmHg (987 mb)、また中心に近い境では北東の 15-29m/sec の強風が観測されているが、和歌山および大阪では風速は 10m/sec 以下で、台風としては弱いものであった。しかし、中心よりやや離れた津で南東の強風が観測されている。台風の最低気圧は同じく19日6時、高知で観測された 978 mb (738 mmHg) であった。Fig. 1 には8月19日14時の天気図に加えて18日21時から20日6時までの中心の位置を示してある。海上の中心位置の精度はよくないが、18日から19日朝にかけて台風は四国の南海上

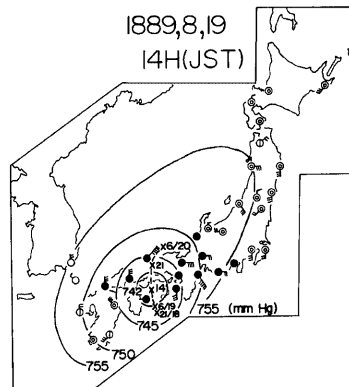


Fig. 1 Rewritten weather map of Photo 1 and course of typhoon

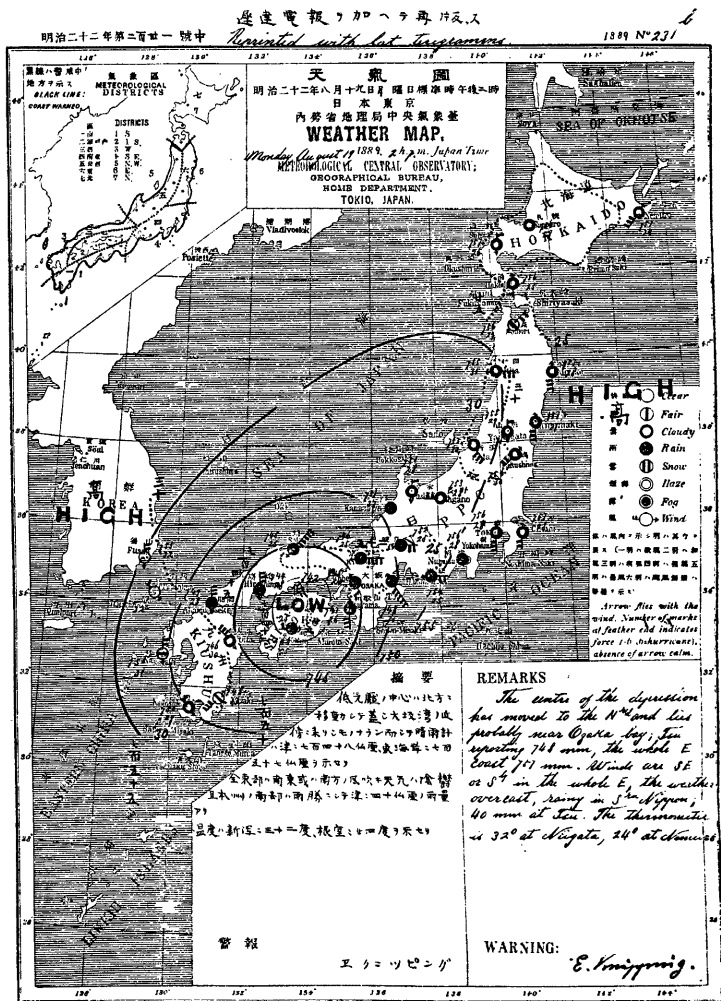


Photo 1 Weather map for 14h (JST), on 19, Aug. 1889

にほとんど停滞しており、19日朝から20日朝にかけて時速 10～15 km でゆっくり四国、中国地方を北上した。Fig. 2 に天気図から読みとった和歌山、大阪、津、浜松の気象状況を示したが、同水災誌の記録とほぼ一致している。この間台風が急速に弱まりつつあったことは明らかである。

Table 1 にはこれまでに把握し得た各地の日雨量と、「和歌山県災害史」⁹⁾ にあった田辺と十津川の 1 時間雨量の値（恐らく推定された最大値）を示す。注目すべき日雨量は、よく知られているように、19日の田辺の 901.7 および湯浅の 520.7 mm であるが、田辺では 18 日も 368.3 mm のかなりの豪雨があった。天気図

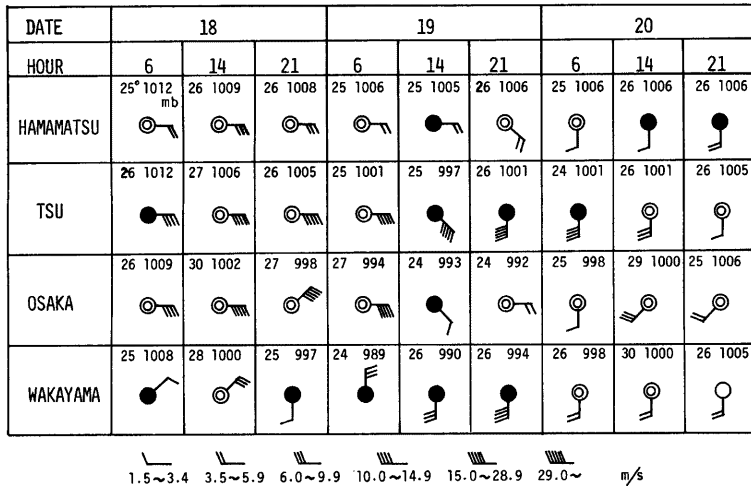


Fig. 2 Weather conditions at Hamamatsu, Tsu, Osaka and Wakayama for 18-20, Aug. 1889

Table 1 Daily precipitations in Kinki district for 18 and 19, Aug. 1889, and the speculated maximum rainfall rate for Tanabe and Totsukawa.

POINT DATE	WAKAYAMA	SHIMIZU	YUASA	TANABE	SONOURA
18	32.4	104.1	127.0	368.3	180.0
19	78.1	38.1	520.7	901.7	NO DATA

POINT DATE	MYOJI	SHINGU	OSAKA	KYOTO	TSU
18	98.0	94.0	11	1.7	0.8
19	110.0	NO DATA	135	127.0	55.7

MAX RAINFALL RATE: 170 mm/h (TANABE)

130 mm/h (TOTSUKAWA)

から、紀伊半島上の対流圏下層では、台風の進行の遅いこともあって、19日には南の強風が長時間持続したことが推測され、南風に直接面した和歌山県から奈良県に激しい豪雨が降る、しかも長時間続いたと考えることができる。この時この付近に前線があったかどうかは、これだけの資料でははっきり言えない。中部日本以西では台風くずれの低気圧で豪雨の起ることは屢々ある。また、台風が四国付近を北上している時、この地域に豪雨のあった例をいくつか挙げる事ができるが、いずれの場合でも田辺や湯浅のような海岸地域よりも、雨量は東の山岳地域に多い。そのような顕著な例を2つ Fig. 3 に示す。これらのことから、この十津川災害の時も、この地域は田辺の雨量以上の、つまり日雨量で 1,000mm 程度、あるいはそれ以上の記録的な雨量があったのではないかと推測される。雨量強度も、原記録は尺貫法で記載され精度をどう評価すべきか問題ではあるものの、田辺および十津川でのそれぞれ170および 130 mm という値は (Table 1 参照)、十分に起る可能性のある記録であるが、この地方ではこれまでに他の例はないと思われる。

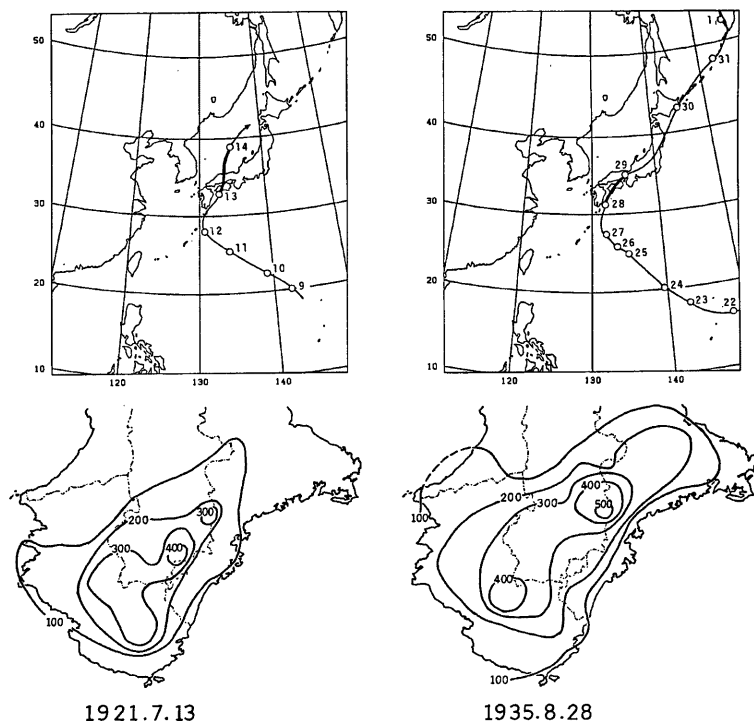


Fig. 3 Courses of typhoon and distributions of daily precipitation for (a) 13, July 1921, and (b) 28, Aug. 1935.

3. 崩壊の一般特性

前章でのべた台風に伴う豪雨によって発生した崩壊の数や規模あるいは被害状況については、水災誌本文中に記載され、さらに各巻末の表にまとめられている。とくに各巻末の表によれば、たてよこそれぞれ50間以上の大崩、新湖、死者、流失全壊家屋などについて、Table 2 に示すような旧村ごとの被害の実態が得られる。ただし、この数字に問題がないわけではなくて、一例として水災誌中に縦50間横50間以上のいわゆる「大崩」と記されているものの数をとってみても、本文中の数と巻末表の数が一致しないものがある。たとえば、旧西十津川小山手について巻末表では「大崩」は105ヶ所とあるが本文中では205ヶ所となっており、野迫川村全体では巻末表では11ヶ所とあるのが本文中では縦80間横50間以上のものが35ヶ所となっている(千葉 1975a³⁾の表1は本文中に記載の数値を用いているが、旧南十津川村谷垣内、野迫川村全村が省かれているというように、食違いがある。さらに、旧南芳野村笠木の大崩壊80余の評価の問題もあり、これを除いた巻末表の集計は1147ヶ所(瀬尾, 1977)⁶⁾であるが、記録にある最大数をとると1287ヶ所、十津川流域内で1268ヶ所となる。このような点から、「大崩」の数は1200~1300ヶ所と考えるのが妥当であろう。被害については全域で死者245名、流失家屋364戸、全潰家屋193戸となるが、災害前の人口21,792人、戸数4,558戸(いずれも巻末表による)であったから、未曾有の災害であった割には被害は少なかったといえるかもしれない。

Table 2 Statistics of the damages caused by the heavy rain in August 1889, in Totsukawa and the adjacent area

巻	村名	戸数	人口	死者	流失家屋	全壊家屋	大崩	新湖
1	天川村	564	3279	10	7	2	12	4
2	大塔村	468	2150	35	43	20	25	5
3	野迫川村	375	1739	27*	16	3	11**	4
* 立里鉱山埋没による死者 23 をふくむ								
** 本文中に縦 80 間横 50 間以上のもの 35 とあり								
4	北十津川村	410	2193	86	134	19	203	13
5	十津川花園村	303	1613	11	74	13	46*	4
* 本文中と巻末表で不一致, 本文中の数の合計は 39								
6	中十津川村	387	1844	5	9	12	106	2
7	西十津川村	533	3061	42	6	49	486*	11
* 本文と巻末表で不一致, 本文中の数の合計はこれより 115 ふえる								
8	南十津川村	379	2014	21	23	64	207	4
9	東十津川村	391	1237	3	21	2	32	3
10	宗検村	751	3562	5	13	14	0	1
(南芳野村笠木に大崩壊 80 余との記述あり)								
11	賀名生村*	84	510	0	8	2	19	2

* 被害のあった 2 つの大字についてのみ示す

このときの災害パターンの特性として, 大規模崩壊による崩土が河川を横塞し, 天然ダムによる新湖を現出, それが後に決潰して下流に 2 次的被害をもたらしたことが特に有名である。このときの新湖の分布や発生時刻については水災誌中の記述をもとに多くの論文がふれているが, これらの大規模崩壊については特に地質構造との関係から次章で述べることにし, ここでは崩壊全般についてその一般特性, すなわち, 規模, 形状, あるいは崩壊土量について考察する。

3.1 崩壊の規模と頻度

吉野郡水災誌中には崩壊地の規模が縦横の間数で記録されている。測定は目視(目測)であるが, かなりの精度だと考えられている。ただし, 小さなものについてはどの規模まで記録したか, あるいは, 小規模なものの記載もれの程度については, 旧村ごとに必ずしも一定していないように思われ, 全城を同一視することはできない。

そのうち特に旧南十津川村のデータは記載数が多く, 小規模なものまでの記載が詳細になされていて, 崩壊地の面積規模と頻度の関係を検討するのに好都合である。旧南十津川村について記録にある崩壊地の縦(長さ) L と横(幅) W をメートルに換算し, $A=L \times W$ を計算してその頻度分布特性を調べた。その結果, 面積が $A(\text{m}^2)$ と $A+4A(\text{m}^2)$ のあいだに含まれる崩壊地の数を n として, 横軸に面積 A の対数, 縦軸に頻度 n の対数をとると, Fig. 4 がえられる。ただし, 図では $\Delta \log_{10} A = \log_{10} (A+4A) - \log_{10} A = 0.5$ とした。

Fig. 4 において小規模な崩壊の数が減っているが, これは記載に当って, 水災誌中にも小規模なものは「無数」と記されているように, 小規模なものがいちいち記録されなかったことに対応している可能性がある。面積 A が約 $3,200 \text{m}^2$ 以上, すなわち, $\log_{10} A \geq 3.5$ のものでは面積規模と頻度のあいだには右下りのほぼ直線的な関係がみられ, 回帰式は

$$\log_{10} n = a + b \log_{10} A \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。最小 2 乗法できめた係数は区間 $3.5 \leq \log_{10} A < 5$ に対して

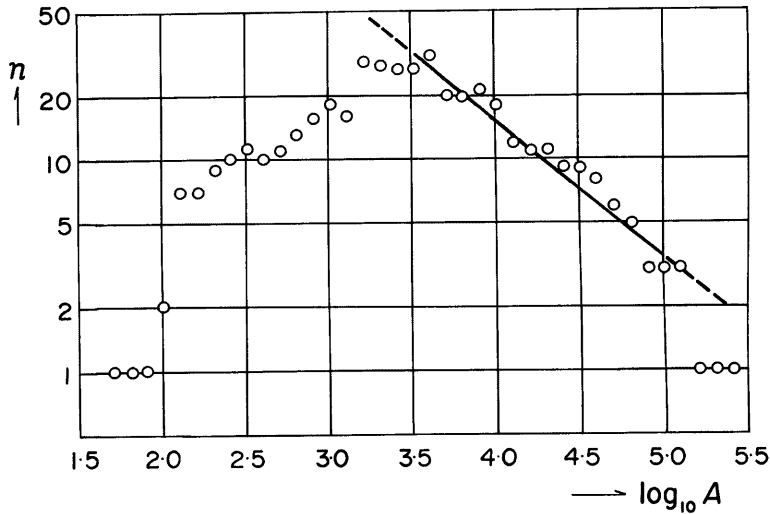


Fig. 4 Relationship between the logarithmic area A (m^2) and the number n of landslides. The number n was calculated for the reach of $\log_{10} A = 0.5$.

$$a = 3.75, \quad b = -0.64 \quad \dots \dots \dots (2a)$$

であり、相関係数は -0.974 と極めて高い値を示す。

ここで(1)において $n=1$ とすれば、 $A_1 = 10^{-a/b}$ は崩壊の数が1となる(最大の崩壊が含まれる)区間の下限面積をあらわし、上記の a, b に対してそれはおよそ 10^6 m^2 となる。また、 $A=1$ に対応する $n_1 = 10^a$ は面積の下限が 1 m^2 である区間(すなわち、 $1 \text{ m}^2 \leq A < 3.16 \text{ m}^2$)に含まれる崩壊地の数を与える。上記の a に対しては $n_1 \approx 3,500$ 、すなわち、 2 m^2 程度の崩壊は旧南十津川村で3500ヶ所程度発生したことになるが、(1)で与えられる分布則が小規模なものまでそのまま成り立つかどうかの問題がある。

一方、十津川流域におけるいわゆる「大崩」($A \geq 8,250 \text{ m}^2$)の数が比較的正しく把握されているものとすれば、それはすでにのべたように約1,250ヶ所と考えてよいであろう。分布則(1)が全域の「大崩」について成り立つことを前提とすれば、次節でべるように信頼できる最大規模の崩壊地の換算面積が $A \approx 1.43 \times 10^6 \text{ m}^2$ であるので係数 a と b を決定することができる。それを求めてみると

$$a = 15.5, \quad b = -2.4 \quad \dots \dots \dots (2b)$$

となり、とくに b の値は規模が大きくなると数が急激に減少することを意味している。その結果、崩壊規模別の土量を比較すると小規模なものほど大きいということになるので、分布則(1)の適用範囲についてはこの点からも今後の検討を要すると思われる。

3.2 崩壊深と崩壊土量

崩壊現象の解析においては、たとえば崩土の流走距離の推定におけるように、崩壊土量がしばしば問題とされる(Hsü, 1975)¹⁰⁾。崩壊土量(体積)の計算のためには崩壊深に関するデータが不可欠であるが、残念ながら水災誌中にも崩壊深に関する記録はほとんどない。ただひとつの例外は旧北十津川村の記録で、これには11例にのぼる記載がある。すなわち、後呂上エ山(沼田原)、中山、黒尾山、奥地野山、下谷、瓦谷(以上いずれも高津)、津井谷山、三郎坊山、赤高山、タカラカウ山(以上いずれも内野)、松本山(山天)の11ヶ所がそれで、これ以外では全11巻中に旧南十津川村七色に1例(弓向井山)があるのみである。

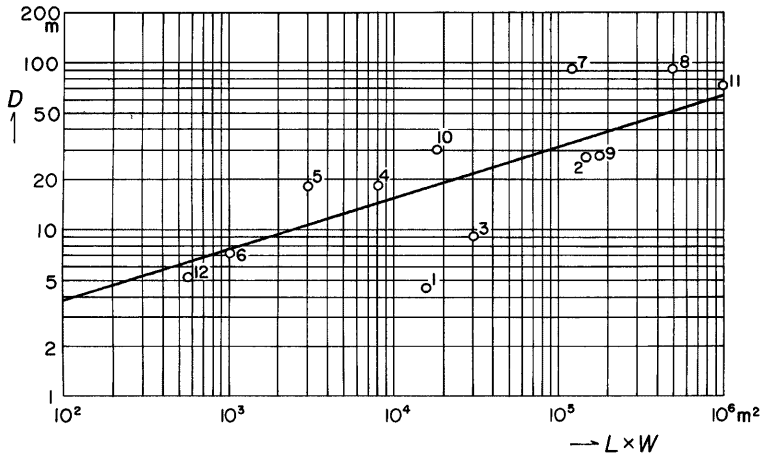


Fig. 5 Relationship of the landslide area in the abscissa to its depth in the ordinate. Area and depth are represented in the unit of m^2 and m, respectively.

これら12例について崩壊面積 (A) と崩壊深 (D) の関係をプロットすると Fig. 5 がえられる。点はかなり分散するが、一般傾向として関係

$$\log_{10} D = \alpha + \beta \log_{10} A \quad \dots\dots\dots (3)$$

がなりたつ。ただし、崩壊面積は m^2 、崩壊深は m であらわす。最小2乗法で係数をきめると、

$$\alpha = -0.033, \quad \beta = 0.307 \quad \dots\dots\dots (4)$$

がえられる。ただし、相関係数は0.66で必ずしも高いとはいえない。

前節でのべたように崩壊地の幅を W 、長さを L 、さらに深さを D とすれば、体積 (崩壊土量) は一般に

$$V = kLWD$$

となる。ここで係数 k の値は崩壊地の平面形状、断面形状、さらに崩壊に伴う体積増加率 (いわゆるフケ率) によって変化する。体積増のないとき、崩壊部が長方形かつ板状であれば $k=1$ 、三角錐状であれば $k=1/6$ となり、一般には k はこの両者の中間的な値をとるものと考えられる。ここで定数 k を見積るひとつの方法として高津中山の崩壊 (Fig. 5 の点2) を用いることができる。この場合、崩土が幅80~90間、高さ130~140間、長さ370~380間の堤防を作って十津川を横塞したことが記録されている。崩土は谷壁斜面上に崖錐状に堆積したと考えられるので、堤体を三角錐で近似すれば、堆積土量は $4.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ となる。一方、崩壊地は長さ180間、幅240間、深さ15間と記録されているので、 $k=1.0$ とすれば崩壊土量は $3.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ となり、さきほどの値とよく一致する。 $k=1.0$ という値であるが、この崩壊では板状に近いブロックが滑落していること、体積増加率を1.5ぐらいには見積る必要があること、崩土の見積りが過大だとしてもその堆積形状が必ずしも三角錐でなかった可能性があること、などからさほど不当ではないし、少なめに見積っても $k=0.5$ は十分可能な値であろう。Fig. 5 の中では最大級の点8と点11について $k=0.5$ として求めた土量はそれぞれ $2.26 \times 10^7 \text{ m}^3$ 、 $3.62 \times 10^7 \text{ m}^3$ となる。

ちなみに、Table 3 には水災誌に記載のある崩壊のうち面積からみて上位11ヶ所を掲げた。このうち1位と2位はいずれも谷 (溪) の奥であり目測という当時の状況からやや信頼性に欠けると思われるので除外しても、3位のもの (小川古屋山、後出) の面積は $1.45 \times 10^6 \text{ m}^2$ であり、 $1.43 \times 10^6 \text{ m}^2$ のものは3ヶ所ある。これらについて(3)式から深さ D を求めると72m程度となり、 $L \times W \times D$ は 10^8 m^3 のオーダーとなる。

Table 3 List of the large-scale landslides described in the hazard report. The larger 11 examples which are over or near 10^6 m^2 in area have been given here.

順位	旧村名(大字)	字	縦×横(間)	換算面積(m^2)	註
1	北十津川村	榎谷奥ダラ亦山	1500×1200	5.9×10^6	小字名ダラマタは広域にわたる
2	野迫川村(立里)	赤谷奥	1080×600	2.1×10^6	現在は大塔村
3	東十津川村(小川)	古屋山	900×360 480×240	1.45×10^6	‘小川新湖’を形成(合算)
4	十津川花園村(川津)	跡谷山	900×480	1.43×10^6	‘野広瀬新湖’形成
5	大塔村(清水)	火ノ瀬山	660×600 (900×480)	1.32×10^6 (1.43×10^6)	‘河原樋新湖’形成 カッコ内は北十津川村(長殿)に記載の数字
6	北十津川村(杉清)	麓谷山	900×480	1.43×10^6	
7	北十津川村(杉清)	山葵山	800×500	1.32×10^6	‘山葵新湖’形成
8	東十津川村(高滝)	(記載なし)	720×500	1.19×10^6	
9	十津川花園村(池穴)	岩井谷山	700×500	1.16×10^6	
10	北十津川村(山天)	松本山	1500×200	9.9×10^5	崩壊の深さ40間, ‘山天新湖’形成
11	北十津川村(山天)	大塔山	600×480	9.5×10^5	

さらに、深さが垂直方向に、長さが斜面沿いに、それぞれ測定されていたとして傾斜 45° の斜面において必要な補正0.7を加えても、 $k=0.5$ であれば、土量は $3.5 \times 10^7 \text{ m}^3$ 程度となる。この数字が少し過大な見積りであるとしても、信頼できる最大規模のものは土量で1,000万 m^3 を優にこえているといえよう。

3.3 崩壊地の規模と形状

本地域で発生した崩壊のタイプについては、水災誌第11巻中に「其形三様アリ第一ハ地層ノ斜面ヲ切り落チタルモノ」…(略)…「第二ハ平素水ノ有無ニ拘ワラズ小溪若クハ谷ニ所謂底合ノ地の崩壊セルモノ」…(略)

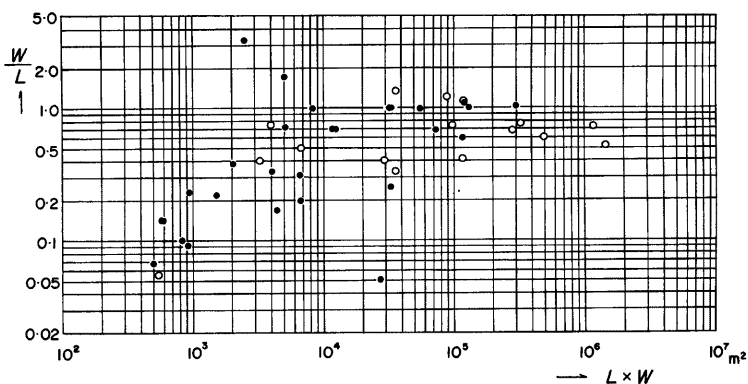


Fig. 6 Relationship between the area and the shape ratio ($R=W/L$) of landslides. The area is plotted on the unit of m^2 on the horizontal axis, and the shape ratio on the vertical axis. It should be noted that the landslides with the area of 10^4 m^2 or more show the nearly constant value of 0.7 in the shape ratio.

…「第三ハ真ニ所謂山拔ケニシテ山腹ノ一部ニ横穴ノ如キ凹窪ヲ生ジ」……とある。この記述から、地山岩盤の層すべりにとよめるもの；溪流にそって、あるいは谷頭部が細長く侵蝕落下したもの；パイピング現象によるスランプと思われるもの；の3種が区別可能であったことが推測される。特に、現在もその地形をとどめているような岩盤すべりとそれ以外のものの違いは崩壊地の形状と規模に反映していると考えられる。このような観点から、小規模なものから大規模なものまで広い範囲にわたる崩壊が一樣に含まれている旧中十津川村(28例)と旧十津川花園村(16例)について、崩壊地の面積($L \times W$)と縦横比(形状比)、 $R = W/L$ 、の関係をプロットしたのがFig. 6である。

この図にみられるように、縦横各々50間以上(面積換算で約8,250 m^2 以上)の「大崩」においては形状比がほぼ一定となるのに対し、これより小規模なものでは面積が小さいほど細長い形状をとる(形状比が小さくなる)傾向がある。もちろん、かなりバラツキも大きく例外的なものも多数あってあくまで一般傾向にすぎないが、この事実は新湖を作ったような大規模崩壊の特性を考えるうえでひとつの問題を提供する。すなわち、大規模崩壊においては縦横比(形状比)が0.6ないし1.0、平均0.7程度で、比較的正方形に近い範囲が崩落していることになる。地形、地目等から判断してそれらはいずれも基岩山地に発生したものと判断され、斜面の一部が幅広く落下したいわゆる層すべりであることを裏付けている。

4. 大規模崩壊における地質構造規制

以上に述べたような特徴をもつ大規模崩壊のうち、今回現地調査の対象としたのは旧東十津川村小川の古屋山、大塔村河原樋川にそう火(樋)ノ瀬山、旧北十津川村高津の中山、天川村塩野の向い山、旧南十津川村の山手・殿井、旧西十津川村重里、である。これらは以下の図や写真に示すようにほとんどすべて北向または北西向斜面上に発生しているという著しい特色がある。しかし、誘因は台風に伴われる雨で、風向からはむしろ雨は南および東斜面に多く降ったと考えられ、これが降雨特性に依存したものである可能性は少ない。もうひとつ考えられるのは地質構造の影響で、十津川研究グループ(1980)¹¹⁾、徳岡ほか(1981)¹²⁾の資料を参考とし筆者らが現地調査を行った結果、以下に詳しく述べるようにこれらはいずれも四万十帯の砂岩あるいは砂質頁岩、チャート、緑色岩などの硬質の地層を下盤にして比較的強度の小さい頁岩が崩壊しており、いわゆる流れ盤斜面、ときに向斜部に連なる脚部にあたっていることがわかった。これらのうちのあるものはさらに河川の攻撃斜面に位置しており、地形因子がもうひとつの決定的因子となっている可能性もある。ただし、崩壊部分が必ずしも河川の洗掘をうける斜面基部に達していないという事実は、むしろ、完新世における下刻の促進による遷急点をもつ斜面であるという事実が長大な流れ盤斜面の不安定化因子として一層効果的であるという事を意味しているのかも知れない。

4.1 小川古屋山

これは吉野郡水災誌巻之九「東十津川村」に記載があり、8月21日午前10時に発生、崩壊部は2つの大字にまたがり、大字小川地内で縦900間横360間、大字上葛川地内で縦480間横240間、合算面積は $1.45 \times 10^6 m^2$ である。崩土は白谷川を横断し水深3町、上流へ1里、周囲2里10余町の「小川新湖」を現出、これは8月26日午後3時に決潰して下流に被害をもたらしている。

崩壊地及びその周辺部の地形・地質状況ならびに模式断面図は十津川村(1983)¹³⁾、平野(1983)¹⁴⁾によって示されている。それによれば北向き斜面が崩落しているが、該当部分は主に日高川層群の頁岩(一部は砂岩を含む互層)からなり、その中に石英斑岩質の岩床が侵入していて、明らかに流れ盤構造をなす。今回の現地調査でも、石英斑岩の岩床が従来示されているよりもやや急傾斜でむしろ岩脈に近いと考えられる点を除けば、同様の状況が確認された。さらに、崩壊部分が小さな向斜構造となっていることと、小断層が斜面西端付近を南北に横切って走っていることが、斜面の不安定化を一層促進していた可能性がある。

Photo 2には崩壊地周辺の空中写真を示すが、これは昭和28年冬期に林野庁が撮影したもので、左下方にある崩壊地は地すべり地形に類似した幅広い円弧状の形態を示している。崩壊地内の滑落崖付近には僅かに変位したと思われる流れ山状の地形が残し、山頂付近にはこのことを裏付ける様にクラックが発達している。

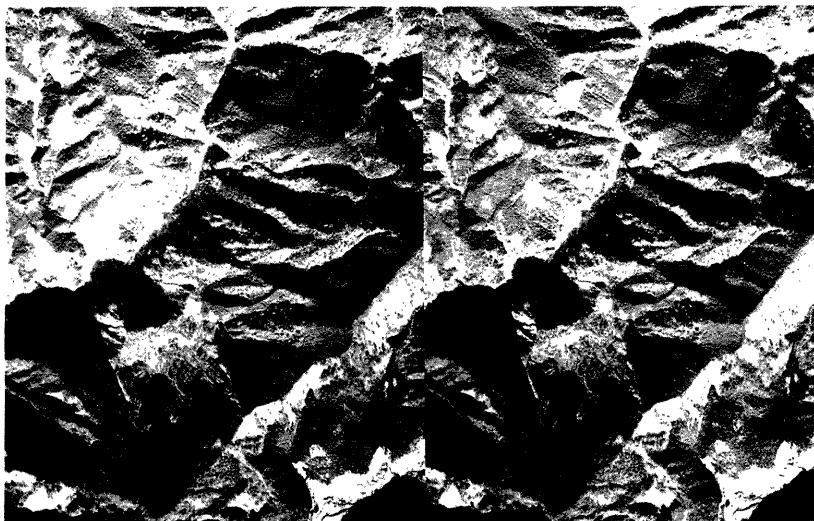


Photo 2 Airphotograph showing the landslide of Furuya-yama by the Ashinose river in the former East-Totsukawa village, Nara Prefecture. After Yama-6, C-29-43, 44 at Dec. 12, 1953.

この様に滑落崖付近には不安定な物質が一部残存しているものと考えられる。また、崩土の上には畦状の逆傾斜した小起伏地形の存在がよみとれる。さらに、Photo 2 に示された範囲の右上部分にも、植生に被われてはいるが大規模な崩壊地形が認められ、これも流れ盤斜面に発生したものと判断される。ただし、これについては吉野郡水災誌巻之九の中に明確な記載がなく、水災誌の付図の仙ヶ岳西方に記入された崩壊地とも場所的に必ずしも一致しないようなので、発生時期などについては今後の検討を要すると思われる。

4.2 河原樋火ノ瀬山

別名樋ノ瀬山とも書くが、水災誌巻之二「大塔村」清水の項に8月21日午後4時発生、崩壊は縦660間横600間（面積換算 $1.32 \times 10^6 \text{ m}^2$ ）、河原樋川を横塞、上流70余町、周囲3里強の「河原樋新湖」を現出、これは9月7日午前11時に決潰して十津川との合流点に牛ノ鼻新湖を現出せしめたとある。ただし、崩壊地の規模について水災誌巻之四「北十津川村」長殿の項には縦960間横480間（面積換算 $1.43 \times 10^6 \text{ m}^2$ ）とある。

Fig. 7 に地形・地質状況ならびに模式断面図を示す。現在の地形をみると、崩壊地の東側には裸岩の急斜面（free face）が連なるが、西側には古屋山の場合と同様にわずかに変位したと思われる流れ山状の地形が滑落崖付近にみられる。地質的には崩壊した部分は砂質頁岩を下盤にして頁岩が滑落崩壊した流れ盤構造をもち、かつ、河原樋川の攻撃斜面にあたるという地形配置を示している。崩土の一部は現在も川の対岸に残っていて、天然ダムはむしろ崩土を供給した斜面側で決潰したことがわかる。崩壊地上端と崩土の最高点を結んだ見通し線から求めた等価摩擦係数は0.25となる。

4.3 高津中山

旧北十津川村大字高津の南端にある中山が8月20日午前7時に縦180間横240間（面積換算 $1.43 \times 10^5 \text{ m}^2$ ）、深さ15間にわたって崩落、崩土はすでにふれたように幅80～90間、高さ130～140間、長さ370～380間の堤防を作って十津川を横塞、上流へ長さ3里強、周囲6里半の「林新湖」を現出、これはその日の夕方に決潰したという。現在も崩壊部分には大きな崖が残る、対岸には風屋ダムのバックウォーターに一部沈んではいるが崩土からなる小山が残っている。地形・地質状況ならびに模式断面図をFig. 8 に示すが、この場合にも約

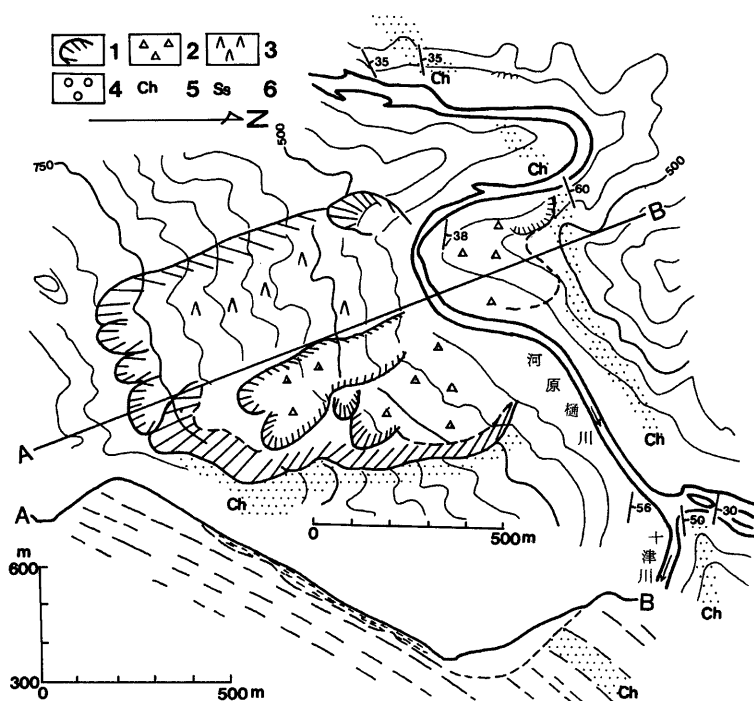


Fig. 7 Topography, geology and schematic cross-section of the landslide at Hinose-yama facing the Kitarabiki river, Nara Prefecture.

1; Main scarp 2; Slide debris 3; Head or slide block 4; Debris deposits after landslide 5; Chert 6; Sandstone

30° でほぼ北へ傾斜する砂岩層を下盤にして主として頁岩部分が崩落した流れ盤構造であり、かつ、十津川の攻撃斜面だといえよう。崩壊地上端と崩土の最高点の見通し線から求めた等価摩擦係数は0.29となる。

4.4 天川村塩野

水災誌巻之壹にあるように、天川村塩野の谷をはさんで向い側にある中井平山・戀ノ谷山・桑佐古山・日中佐古山が8月20日午前8時に縦480間横350間にわたって崩壊、天ノ川を横塞して塩野新潮が形成され上流の山西まで50余町にわたって湛水し、周囲3里強、水点(水深)50間以上であったという。これは同日午後3時に決潰している。

地形・地質状況ならびに模式断面図をFig. 9に示す。現在の崩壊地形は2つの部分、すなわち斜面上部のものと下部のもの、からなっている。前者は小規模であるが後者は大規模でさらにいくつかのユニットに細分される可能性がある。この崩壊地内でも古屋山におけると同様の流れ山状の地形がみられる。地質状況については露頭が多少とも十分でないこともあって必ずしも満足な結果は得られていないが、天ノ川に沿って不明瞭な向斜軸があると考えられ、崩壊部分はその南側の流れ盤斜面で、硬質のチャートを下盤にして頁岩優勢部分が崩壊したと考えられる。地形配置としては天ノ川の攻撃斜面に当たっている。

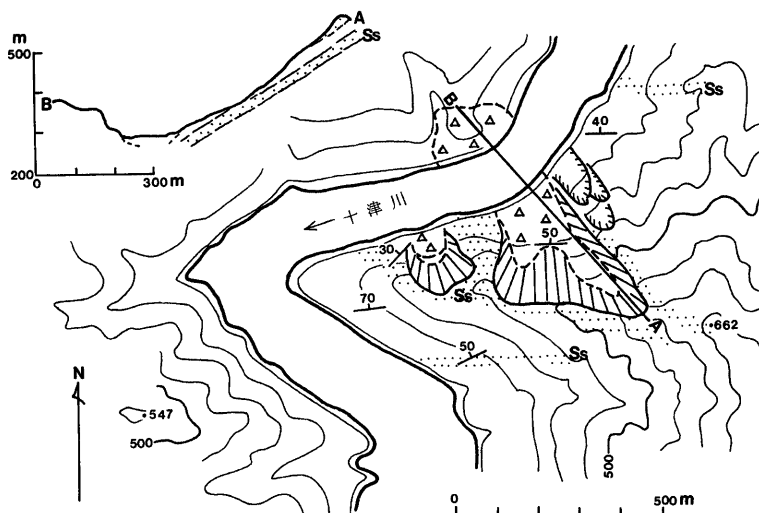


Fig. 8 Topography, geology and schematic cross-section of the landslide at Takohzu=nakayama facing the Totsu river, Nara Prefecture. Symbols refer to Fig. 7.

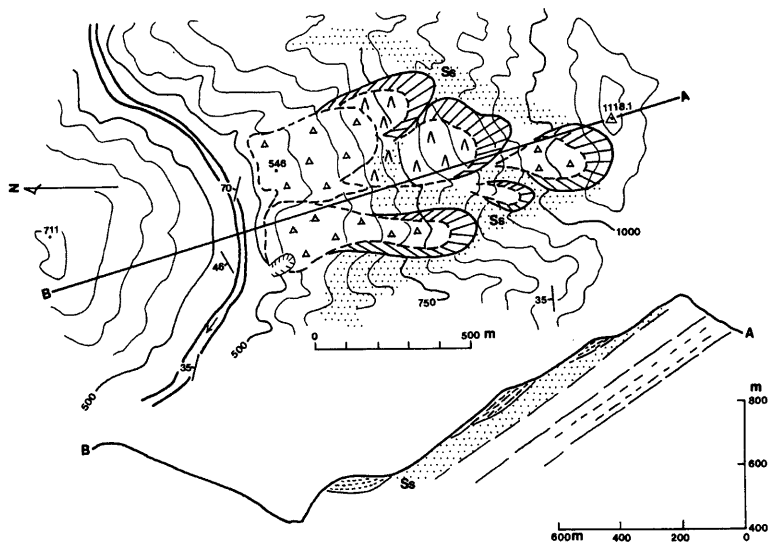


Fig. 9 Topography, geology and schematic cross-section of the landslide of Shiono=Mukaiyama, Tenkawa village, Nara Prefecture. Symbols refer to Fig. 7.

4.5 山手・殿井

これらは旧南十津川村山手に属し、水災誌によれば8月20日午前5時に発生している。「殿井グエ中峯」の崩壊は縦300間横300間で山手谷を横塞し、山手新湖を形成、上流へ24,5町、那知谷口まで水をたたえ、水点45間であった。「南ノ上ミ山ヲ尾」の崩壊は縦240間横180間で山手谷の支流の柏溪を横塞して柏溪新湖を形成、上流15町にわたり湛水し、周回1里強、水深は40間であった。新湖はいずれも9月11日午後になって相前後して決潰した。

Fig. 10 には地形・地質状況と模式断面を示すが、現在の集落の位置との関係ならびに崩壊規模からみて図示された崩壊と水災誌の記述との対応関係には若干問題がある。すなわち、現在の殿井の集落到に近いものは規模は大きく形状からも「殿井グエ中峯」と考えると好都合だが、柏溪に面しており山手谷を横塞したという水災誌の記述とは矛盾する。一方、現在の山手の集落の少し上流右岸側のものは形状規模からみて「南ノ上ミ山ヲ尾」と考えると好都合だが、山手谷に面していて柏溪を横塞したという水災誌の記述と矛盾する。

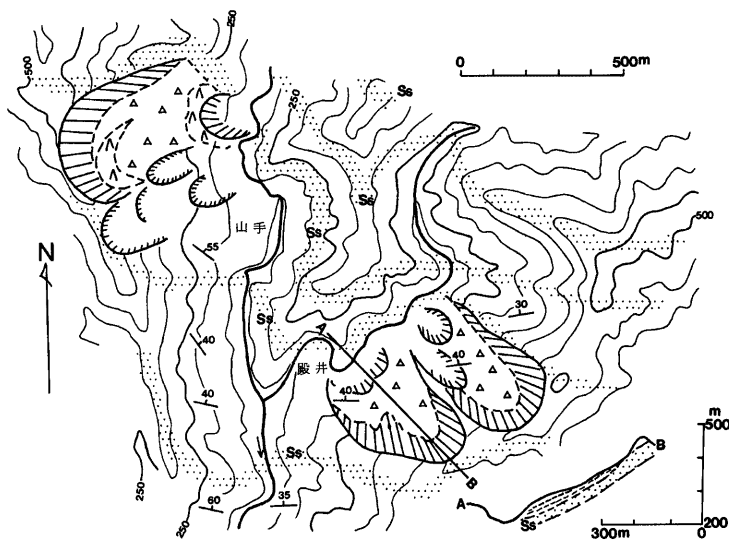


Fig. 10 Topography, geology and schematic cross-section of the landslides near Yamate-tonoi, Nara Prefecture. Symbols refer to Fig. 7.

このような問題点があるにせよ、2つの崩壊は近い距離にあり、かつ、地質構造との対応という点では典型的な事例である。この部分の地層は一貫して北おちで、部分的に急斜部をはさみ平均傾斜は $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ である。それに対して走向は系統的に変化し、図の西端付近の $N30^{\circ}W$ から東へゆくにつれて東西となり、やがて $N70^{\circ}E$ まで変化、東北端で再び $N60^{\circ}W$ 方向となる。このような地質構造に対応して崩壊地の発生した斜面の方位がそれぞれ $N60^{\circ}E$, $N20^{\circ}W$ となっている。崩壊地は、硬質の砂岩あるいは砂質頁岩を下盤にして主として頁岩部分が崩壊しており、地層の走向傾斜からみてもいずれも流れ盤構造である。とくに殿井の集落付近に発達する崩壊地は北東部と南西部の2つの部分にわかれ、林野庁の空中写真でみるかぎり北東部のものが地形的には新鮮かつやや大規模である。しかし、流れ山状の地形はいずれの部分にも発達していない。平面形はいずれの部分も短冊状であり、この点からも層すべりの場合の一典型ではないかと考えられる。

4.6 重里久保谷山

旧西十津川村重里は現在に至るまで当時の新湖が残っていることで有名な場所であるが、それを作ったのは久保谷山の崩壊で、縦250間横600間（西十津川村永井の項には縦350間横300間とある）、8月20日午前6時に発生し、崩壊の際には火光・振動・悪臭があったと記録されている。崩土は直下の久保谷を経て西川を斜断・横塞し、上流は西中におよぶ15,6町、周回30余町の久保谷新湖を作った。これは数日で決潰したが、現在残っているのは支流がせきとめられてできた新湖で、地元では「大畑瀬」とよばれている。崩壊部分は主として頁岩からなり、緑色岩類・硬質もしくは砂質頁岩に規制された流れ盤構造を示す。徳岡ほか(1981)¹²⁾によれば崩壊部分の東端よりN30°W方向の推定断層が記されているが、これは前節でのべた山手谷西方において走向がN30°W方向に急変する部分に連続していて、必ずしも断層とはいえないように思われ、今後の検討を要する。Photo 3には昭和28年林野庁撮影の空中写真（原縮尺1/20,000）を示すが、現在もここに示されたのとはほぼ同様の景観が残されている。

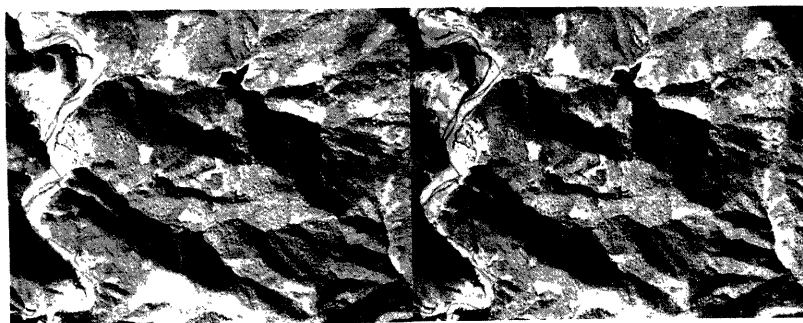


Photo. 3 Airphotograph showing the landslide of Kubotani-yama at Sigesato, the former Nishi-Totsukawa village, Nara Prefecture. After Yama-7, C-31-26, 27 at Nov. 21, 1953.

5. 有田川災害に関する補足

以上のべたように、十津川流域における初生的な大規模崩壊はほとんど例外なく主中生層の流れ盤に発生している。これに関連して、西南日本外帯における類似の破砕帯地すべり（小出, 1955）⁸⁾あるいは群発急性地すべり（小出, 1973）¹⁵⁾の例として十津川災害とよく比較されてきたのが、同じ紀伊半島で昭和28年7月に前線豪雨により発生した有田川災害である。この場合にも主として中生層（かつて外和泉層群と呼ばれたもの）の分布地域で大規模崩壊が多数発生し、そのあるものは有田川あるいはその支流をせきとめて天然ダムと新湖を形成した。そのうち特に花園村金剛寺のものは、武居ほか（1980）¹⁶⁾に発生前および発生直後の空中写真が示されているが、戦後最大規模で土量500万m³、ダムを作成して湛水域の全長は約6kmに及び、それが9月25日の台風13号の豪雨で決潰して下流に被害をもたらしたことで有名である。これらの大規模崩壊についても、現地調査の結果、前章で十津川流域のものについてのべたと同様の地質構造との対応関係が今回改めて確認されたことは極めて興味深い。

前述の金剛寺の崩壊の場合、南向きの従順長大斜面が崩落して足下の有田川本流を横塞したが、ほぼ有田川にそって向斜軸が走り、崩落した斜面の大部分は流れ盤である（Fig. 11 参照）。また、金剛寺の西方約3kmにある北寺の崩壊の場合も、一崩壊で96名（一説に97名）の死者を出しており、一崩壊による死者数では戦後最大であるが、有田川に沿う向斜軸が金剛寺から延長していて、その翼部にあたる流れ盤構造を示す。

有田川流域の場合には崩壊前（米軍撮影, 1/4万, 1947年）および崩壊直後（林野庁撮影, 1/2万, 1953年）の空中写真があって、崩壊前後の地形の比較検討が可能であることはすでにふれた。それによれば、大

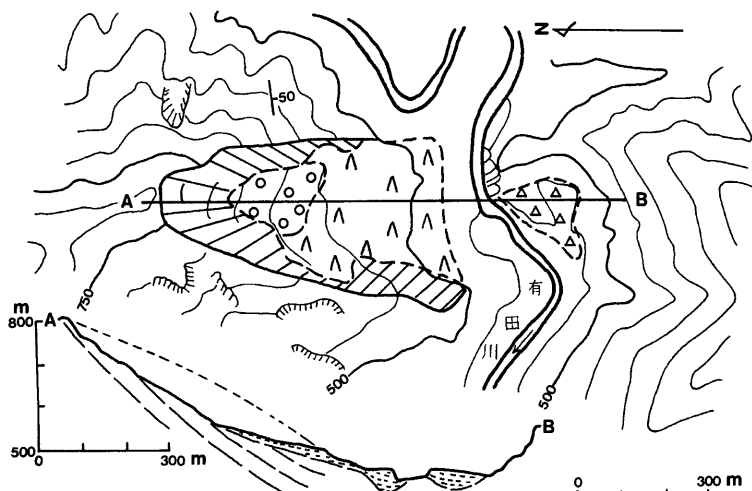


Fig. 11 Topography, geology and schematic cross-section of the Kongoji landslide facing the Arita River, Hanazono village, Wakayama Prefecture. Symbols refer to Fig. 7.

規模崩壊を起した斜面はいずれも谷による開析をあまりうけていない従順長大斜面であり、とくに金剛寺の場合、その基部を有田川本流が深いV字谷を作って曲流していた。中生層の分布地にみられるこのような長大斜面は、流れ盤の部分に形成される一種のケスタ地形であることが指摘されている¹⁴⁾。さらに金剛寺の場合には、崩壊前の空中写真の判読によれば有田川の下刻によって斜面基部に近い中腹に遷急線をもつ凸型斜面となっていたことがわかる。これと同様の特性をそなえた斜面は、空中写真判読、場合によっては地形図のみの判読、によってそれと指摘できるので、紀伊半島の外帯の中生界の堆積岩という地質の共通性をもった地域において、初生的な大規模崩壊が起りうる場所の予測を問題とする場合にはこの事実は重要な意味をもつ。しかもこの事実は、この種の地形形成過程あるいは物質移動様式に地質構造が極めて大きく関与していることの証拠でもある。

6. あとがき

1889年8月、台風による恐らく1,000mmをこえる豪雨によって発生した十津川流域の大規模な崩壊は、かつては内帯の和泉層群分布地のもも含めて破碎帯地すべりと呼ばれ、あるいは群発急激性すべりとして分類されてきたものであるが、中程度(30°~40°)に傾斜した固結度の高い成層岩(主に中生層)の流れ盤斜面にみられる普通のなマスマーグメントの一形式だと考えられる。流れ盤斜面のなかでも、2次的な向斜構造をもつ部分、斜面を横切って小断層の発達する部分、地形配置が河川の攻撃斜面となっている部分、で発生例が多いと思われる。最大規模のものの土量は1,000万 m^3 以上であるが、崩土の流走距離から求めた等価摩擦係数は0.3程度で、奥田(1984)¹⁷⁾がまとめているように、世界の例からみても特殊なものではない。

とくに崩壊の誘因については、西南日本外帯はかなり地震の多いところで、史料からも南海道ぞいに100年または200~300年周期でマグニチュード8クラスの海洋型巨大地震が起っている(吉川ほか, 1964¹⁸⁾; 萩原, 1982¹⁹⁾)。それにもかかわらず、紀伊半島の十津川流域・有田川流域、さらには四国東南部の物部川・海部川流域など、この種の崩壊が地震よりは降雨を誘因として起っている場合が多いことは注目に値す

る。大規模崩壊の発生には地下水のはたす役割りが重要だと一般にいわれており、地下水位上昇による成層岩のみかけの強度低下が大きな因子となっていることを意味しているのかも知れない。この場合には崩壊(地すべり)は降雨後何日か遅れて発生することが指摘されている⁸⁾。第4章でとりあげた事例についても、古屋山は21日、火ノ瀬山は21日、中山は20日、塩野は20日、山手・殿井は20日、久保谷山も20日で、いずれも降雨の最も激しかった18・19日から一両日遅れて発生している。これは地下水位説をうらづけるひとつの証拠であるかもしれない。

いずれにせよ、十津川流域ではこのタイプのマスマーヴメントにより山地は変容・荒廃し、河川のダムアップに伴う河床の埋積によって河況は一変した。さらにこれに追い打ちをかけるように同年9月の台風の影響で再び被害が発生したこともあって、村人の多くはついに村を離れる決心をし、徒歩で3日あまりかかって高野山経由で五條に出、神戸から船で北海道へ渡って新十津川村(現在は新十津川町)を作るのである。その経緯は西田(1932)²⁰⁾などにも記録されているが、父祖伝来の土地に対する愛着の念のとくに強い奈良県人が大挙離村したというこの事実をとっても、これが如何に激甚な災害であったかが偲ばれるのである。

本研究を進めるにあたって、種々御協力いただいた十津川村役場と森林組合、未公表調査資料の提供をうけた地質調査所の木村克己氏と大阪市立大学の八尾 昭氏、小字地名の調査に協力いただいた大阪市立大学の川端基夫氏、さらに、現地で種々御討論いただいた京都大学防災研の奥田節夫・奥西一夫、千葉大学の古谷尊彦、神戸大学の柏谷健二、の諸氏に感謝の意を表したい。なお、冒頭にも記したが、本研究の一部は文部省科学研究費自然災害特別研究(I)(代表者 奥田節夫、課題番号58020026)の補助を得て行われた。

追記：本論投稿後の1984年8月19日、共著者の一人である後町幸雄氏が急逝された。謹しんで御冥福を祈りたい。

参 考 文 献

- 1) 巨智吉野郡役所：吉野郡水災誌，巻之壹～巻之十一，1891(1977・1981復刻)。
- 2) 宮本常一：十津川崩れ，水利科学，2巻3号，1958，pp. 83-94。
- 3) 千葉徳爾：明治22年十津川災害における崩壊の特性について (I)，水利科学，19巻2号，1975a，pp. 39-54。
- 4) 千葉徳爾：明治22年十津川災害における崩壊の特性について (II)，水利科学，19巻4号，1975b，pp. 20-38。
- 5) 籠瀬良明：明治22年十津川水害，歴史地理学紀要，第18号，1976，pp. 201-225。
- 6) 瀬尾克美：十津川災害について，新砂防，30巻2号，1977，pp. 11-15。
- 7) 藤田佳久：明治22年の十津川大水害，地理，28巻4号，1983，pp. 64-73。
- 8) 小出 博：日本の地とこ——その予知と対策——，東洋経済新聞社，1955，259+7p。
- 9) 和歌山県：和歌山県災害史，1963，582p。
- 10) Hsü, K.: Catastrophic debris streams (Sturzstorms) generated by rockfalls. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 86, 1975, pp. 129-140。
- 11) 十津川研究グループ：新宮川上流とくに十津川上流地域の地質，文部省特定研究報告書，1980，pp. 1-21。
- 12) 徳岡隆夫・原田哲朗・井内美郎・石井知良・木村克己・公文 富士夫・中條健次・中屋 志津男・坂本隆彦・鈴木博之・谷口純造：龍神地域の地質，地域地質研究報告(5万分の1図幅)，地質調査所，1981，69p。
- 13) 十津川村：古ノ野地区の地質，紀伊半島森林植物公園基本計画，1983，pp. 20-23。
- 14) 平野昌繁：空中写真で見える崩壊災害とその予知のための問題点——とくに初生的大規模崩壊の地質構造規制について——，自然災害科学，2巻1号，pp. 18-25。
- 15) 小出 博：日本の国土(上，下)，東大出版会，1973，556p. とくに pp. 434-454。
- 16) 武居有恒(監修)：地すべり・崩壊・土石流，鹿島出版会，1980，334p. とくに p. 275。
- 17) 奥田節夫：歴史的記録からみた大崩壊の土石堆積状態の特性，京大防災研年報，第27号 B-1，1984，

pp. 353-368.

- 18) 吉川虎雄・貝塚爽平・太田陽子：土佐湾東岸の海岸段丘と地殻変動，地理評，第37巻，1964，pp. 627-648.
- 19) 萩原尊礼（編著）：古地震，東大出版会，1982，312 p.
- 20) 西田正俊（編）：十津川郷，十津川村役場，1932，pp. 541-548.