

秩父山岳地帯における台風性豪雨による 崩壊発生とその後の推移 ——豆焼沢を例として——

執印 康裕*・西尾 邦彦*

The Occurrence of Landslides in the Chichibu Mountain Area Caused by Typhoon Rains ——The Case of Mameyakisawa——

Yasuhiro SHUIN* and Kunihiro NISHIO*

1. はじめに

現在の山地地形は、長い年月にわたる侵食輪廻の結果として形成されたものであり、自然の侵食営力との間に微妙なバランスを保ちながら現地形を保っている。したがって異常気象や地震、風化現象などの外力によって山地地形が崩壊し、その形を変えることは、決して不自然なことではなく、避けることのできない自然現象である。一方、人口増大に伴う人間社会の拡大が、次第に山地にまで開発を進めざるをえないこともまた自然の法則である。問題となるのは開発行為と侵食現象とが、その接点でバランスを失うとき、不幸な災害が発生することである。

自然災害の直接原因の多くが人為の及ばない所にあることは、誰もが認める所であるが、とにかく人為の及んだ場所で災害が発生した場合は、人に責任がある、と解釈されることが多い。すなわちわが国の開発状況からすると、純粹の天災ということはほとんどあり得ず、災害はことごとく社会現象であり、人間はその責任をすべて負わなければならないとする考え方が有力である。

山地における道路建設は、長期間の侵食力と抵抗力のバランスによって保たれている現地形を改変し、未開発山地と比較すれば崩壊現象が発生しやすい条件を作るので、災害防止の観点からの配慮が必要である。

一方、今日、単斜面における崩壊発生を地形、地質および降雨などの資料から正確に予測する方法は確立されていないが、人為的開発行為がある場合、その開発を含めて崩壊発生の危険性を予測することは必要である。

以上の観点から、当研究の目的は、秩父山岳地帯に建設される国道などの開発行為に伴う環境変化と、災害発生との関係を究明することにあるが、今回は既往の豪雨による山地崩壊の発生状況を調べ、さらに、トンネル、ズリの土捨場に予定されているワサビ沢（バケモノ沢を含む）、ト

* 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

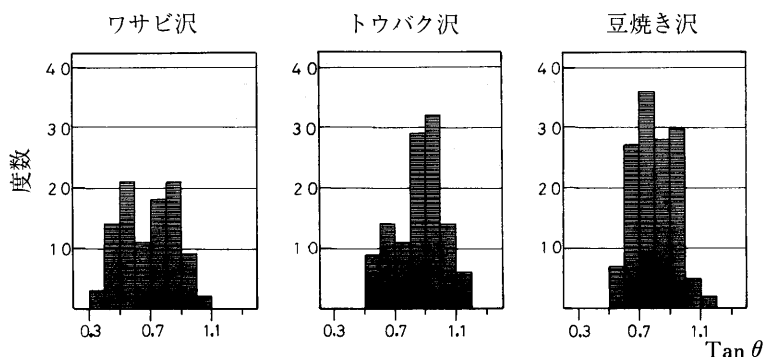


図-1 各流域の傾斜度数分布
注) ■, 崩壊地の傾斜度数分布 (昭和 34 年 10 月 23 日)

表-1 対象地の面積と傾斜分布

	ワサビ沢	トウバク沢	豆 焼 沢
対象地面積 (ha)	172	174	287
傾斜分布			
平均値 (tan)	0.68	0.86	0.80
分散	0.031	0.021	0.016
標準偏差	0.176	0.146	0.125

ウバク沢における豪雨時の崩壊危険性を検討した。

2. 対象流域

当研究では秩父山岳地帯の豆焼沢本流, およびその支流のワサビ沢, トウバク沢のそれぞれ隣接する 3 流域をその研究対象とした。

1) 地質

地質はいずれも中生層地帯に属し, 岩質は泥質岩, 中粒細粒の砂質岩が大半を占め, 珪質岩は極めて少く, 剝離性に富む黒色千枚岩が多くみられる³⁾。

2) 流域の斜面傾斜度数分布

対象流域の地形概況を知るために 1/12,500 の地形図に 1 cm のメッシュをかけ, ホルトン法によって傾斜分布を求めた。各流域の斜面傾斜度数分布を図-1 に, 平均傾斜, 分散, 傾斜の標準偏差を表-1 に示す。また斜面傾斜の累積相対度数分布を図-2 に示す。この図は正規確率紙に描かれているので, 正規分布の場合に直線で表わされる。

林¹⁵⁾は地形的にはっきりした特徴がなければ, 斜面傾斜は正規分布するとし, このような山地を「正規性の山地」, そうでない山地を「非正規性の山地」と名付けた。図-2 から分かるように, 各流域はいずれも急峻な山地地形を有している。豆焼沢は平均傾斜 39 度で, 侵食が進行した正規性山地である。分散の値は 0.016 と 3 流域の中では最も小さく, 比較的揃った斜面で形成されている。ワサビ沢は南側に位置するはっきりした急勾配斜面と, 北側支流バケモノ沢一帯の緩勾

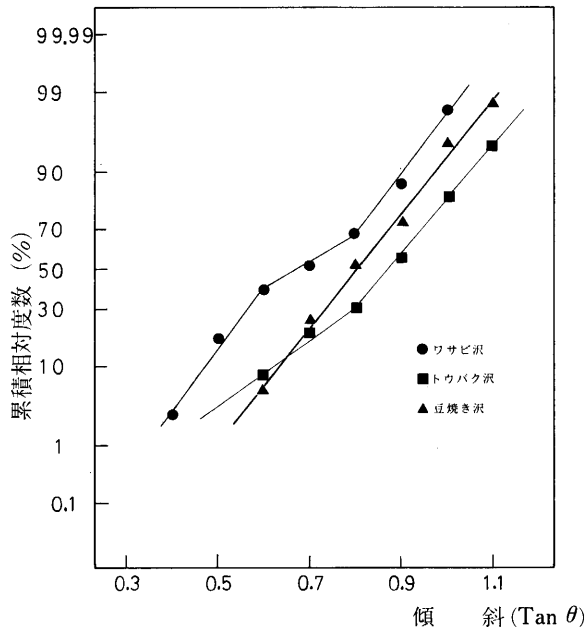


図-2 斜面傾斜の累積相対度数分布

配斜面よりなる非正規性山地である。したがって分散の値も大きく、また平均傾斜も 0.68 (約 34 度) と他の 2 流域と比べると小さい。トウバク沢も全体的な急勾配斜面の中に、一部、尾根沿いに小面積の緩勾配斜面を残す非正規性山地である。平均傾斜は 0.86 (約 41 度) で最も大きく、急峻であることを示している。

分散値の大小が凡そ侵食の過程を表わしていると仮定すれば、各流域の分散値は大きい方から、ワサビ沢、トウバク沢、豆焼沢の順であるが、侵食の進行は豆焼沢が最も著しく、トウバク沢、ワサビ沢の順になる。

3. 昭和 34 年の台風による豆焼沢上流崩壊発生状況

昭和 34 年に来襲した台風 7 号 (5907 号) 及び 15 号 (5915 号) によって秩父山岳地帯の豆焼沢上流部に崩壊地が発生した。先ずその誘因となった 2 つの台風の特性から述べる。

1) 台風 5907 号¹⁾

昭和 34 年 8 月 14 日 0 時 30 分ごろ駿河湾から富士川河口に上陸した台風は富士川沿いに北進し、山梨県甲府市の西方、長野県上田市、川中島を通過して、14 日 10 時ごろ、新潟県直江津から日本海に抜けた。この台風自身もかなりの豪雨をもたらしたが、豪雨による被害をさらに大きくした原因は、台風 5907 号に先だって 12 日から本州南岸沿いに停滞していた前線が台風接近に伴って北上し、近畿、中部、関東地方にしゅう雨性豪雨を降らせたことにある。すなわち約 3 日間にわたる前線性豪雨と、台風性豪雨の相乗効果が、各地に大災害をもたらしたと考えられる。とくに富士川上流の釜無川、笛吹川両流域の災害は激甚を極め、釜無川支流大武川では土石流が発生、武川村を押し流した。また暴風によって秩父山岳地の尾根沿い一帯では大量の風倒木が生じ、下流の災害を拡大させた。

各地の総雨量を表-2 に示す。

表-2 台風 5907 号による各地の総雨量

観測地名	総雨量 (mm)	最大時間雨量 (mm)
大蔵山 (山梨県)	603	58
大 川 (静岡県)	519	
身 延 (山梨県)	428	60
鰍 沢 (山梨県)	357	
栃 本 (埼玉県)	330	30
韭 崎 (山梨県)	294	48
甲 府 (山梨県)	218	

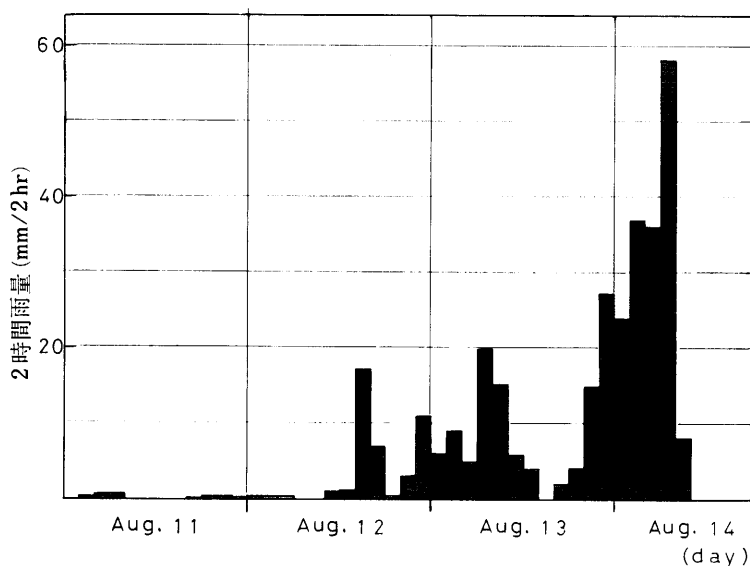


図-3 台風 5907 号による降雨状況

2) 秩父山岳地帯の降雨状況^{4~14)}

台風通過コースに近い秩父地方も暴風雨にみまわれ、東京大学栃本気象観測所で11日から14日までの間に総雨量 330 mm を観測している。そのハイトグラフを図-3 に示す。

この豪雨の規模を知るために、栃本観測所における過去 52 年間の年最大日雨量資料から確率雨量を求めた。各年の最大日雨量を表-3 に示す。その結果は、年最大日雨量の平均値 128.4 mm, モード雨量 88.9 mm, 標準偏差 71.8 mm, 分布の歪係数 1.1 である。超過確率日雨量は図-4 に示した。この図より、台風 5907 号に伴う日雨量 228.6 mm は、再現期間 11 年の確率降雨であることがわかる。なお既往最大日雨量は 364.5 mm, 台風 5907 号による最大時間雨量は 29.9 mm である。

3) 台風 5915 号 (伊勢湾台風)¹⁾

9 月 26 日午後 6 時ごろ紀伊半島潮岬付近に上陸した台風 5915 号は伊勢湾地方一帯に、高潮による大災害をもたらし、死者、行方不明者は名古屋地方だけでも 1851 名にのぼった。上陸後

表-3 秩父栃本, 年最大日雨量

昭和	雨量 mm	起生日	昭和	雨量 mm	起生日
9	73.9	11. 2.	38	74.8	8. 28.
10	147.0	9. 26.	39	103.0	9. 24.
11	122.7	9. 27.	40	169.8	8. 22.
12	83.5	2. 2.	41	157.7	9. 24.
13	364.5	9. 1.	42	83.3	10. 27.
14	60.6	10. 27.	43	91.1	7. 27.
15	178.9	8. 26.	44	54.9	8. 4.
16	243.8	7. 22.	45	80.4	6. 15.
17	65.0	8. 30.	46	114.1	8. 30.
18	57.3	10. 9.	47	123.7	9. 16.
19	153.5	10. 7.	48	64.5	6. 14.
20	211.0	10. 4.	49	182.5	8. 31.
21	66.6	4. 24.	50	59.0	8. 16.
22	215.4	9. 14.	51	44.0	9. 9.
23	145.5	9. 15.	52	119.0	9. 19.
24	244.2	8. 31.	53	95.0	10. 28.
31	63.3	9. 26.	54	69.0	10. 19.
32	81.3	5. 27.	55	62.5	10. 14.
33	229.2	9. 17.	56	195.0	8. 22.
34	228.6	8. 13.	57	282.5	8. 1.
35	72.9	8. 19.	58	155.5	8. 15.
36	132.5	6. 27.	59	47.5	10. 12.
37	114.0	8. 19.	60	121.5	7. 19.

昭和 25-30 年, 欠測

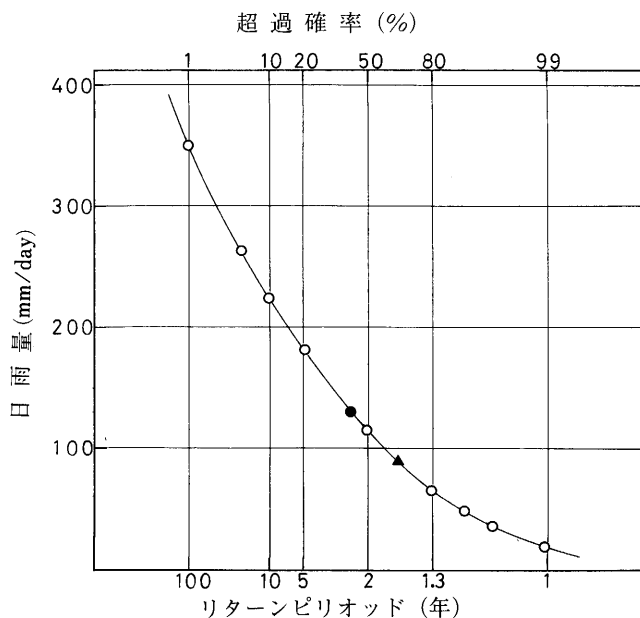


図-4 超過確率日雨量 (秩父)

注) ●, 平均日雨量; ▲, モード日雨量

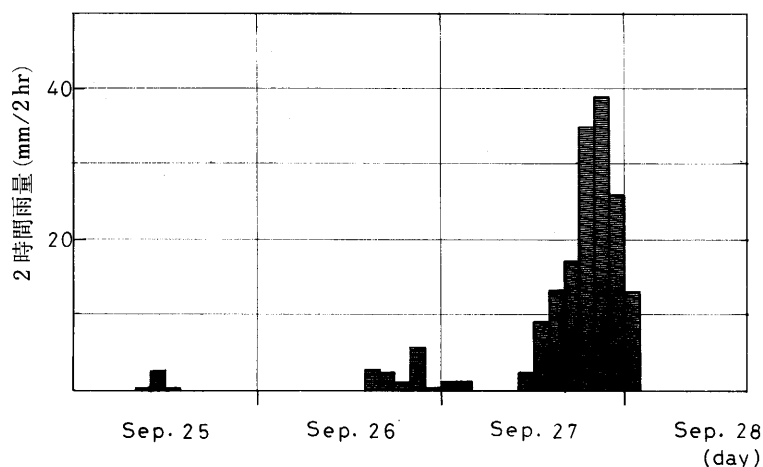


図-5 台風 5915 号による降雨状況

表-4 空中写真から読み取った崩壊地面積、箇所数、崩壊面積率

	ワサビ沢	トウバク沢	豆焼沢
対象地面積 (ha)	172	174	287
S. 34. 6. 27.			
崩壊地面積 (ha)	0.4375	1.7838	(2.87)
崩壊地個数 (個)	3	12	-
崩壊面積率 (%)	0.25	1.03	(1.0)
S. 34. 10. 23.			
崩壊地面積 (ha)	0.8188	5.3675	11.7963
崩壊地個道 (個)	4	15	14
崩壊面積率 (%)	0.48	3.09	4.11
S. 60. 5. 27.			
崩壊地面積 (ha)	0.1375	0.4262	3.9625
崩壊地個数 (個)	1	6	6
崩壊面積率 (%)	0.08	0.24	1.38

()は推定値

台風は亀山、岐阜、富山を通過して 27 日 0 時ごろ日本海に抜け、さらにそのまま日本海沿岸にそって北上した。秩父地方でもこの台風の影響で豪雨があり、栃本観測所で日雨量 187.5 mm を観測した。この時の日雨量は再現期間 5 年の確率降雨に相当する。栃本におけるハイトグラフを図-5 に示す。

4) 秩父豆焼沢における崩壊地発生状況

以上の 2 つの台風性豪雨により豆焼沢上流一帯に崩壊地が発生した。しかしいずれの台風によって崩壊が発生したのかは明らかでない。確率降雨としては再現期間がそれぞれ 11 年と 5 年であり、工事計画雨量として用いられる 100 年確率雨量 (350.3 mm となる) に比べると小さい値であるが、台風 5907 号の場合は前線性の先行降雨があり、山体が十分に湿潤し、崩壊発生し

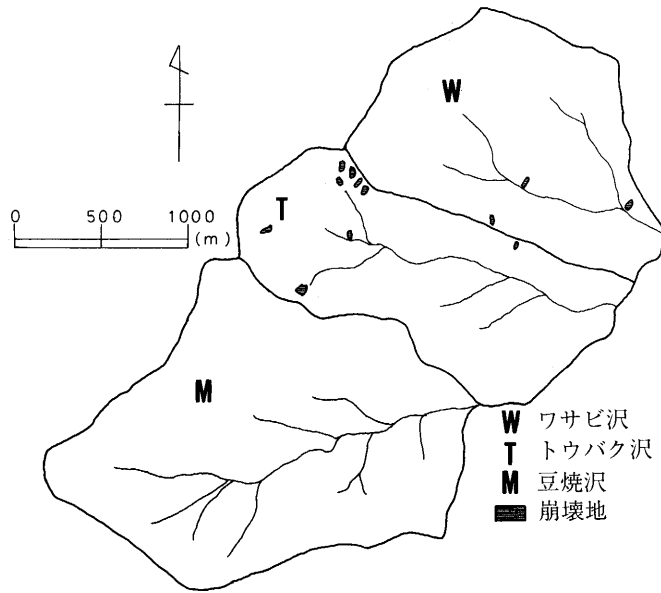


図-6.1 各流域の崩壊地分布状況（昭和 34 年 6 月 27 日）

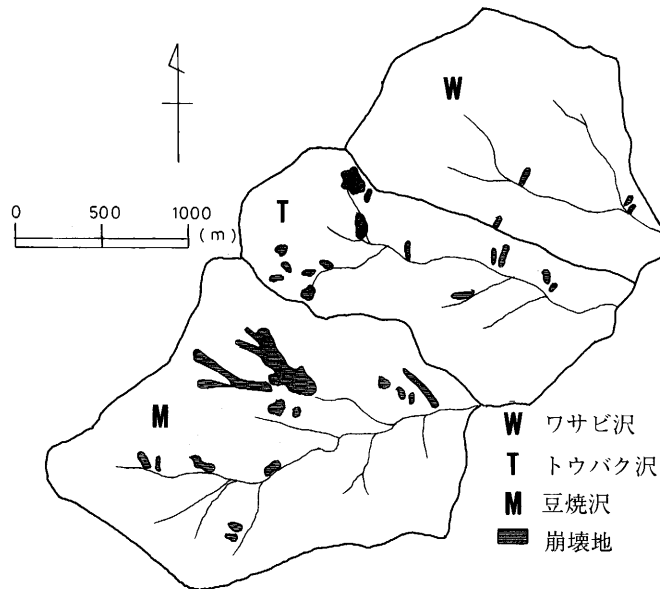


図-6.2 各流域の崩壊地分布状況（昭和 34 年 10 月 23 日）

やすい条件が与えられていたこと、および強い暴風によって樹木が揺すられ、崩壊しやすい条件が与えられたと考えられる。

崩壊地面積は、台風 5907 号来襲直前の昭和 34 年 6 月 27 日に撮影された空中写真、台風

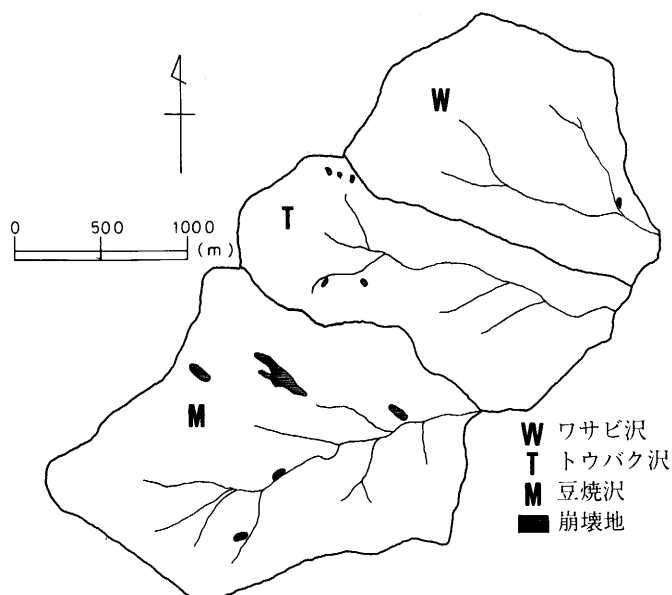


図-6.3 各流域の崩壊地分布状況（昭和60年5月27日）

5915号直後の昭和34年10月23日に撮影された空中写真、およびそれから約26年を経過した昭和60年5月27日に撮影された空中写真、の3種類の写真から判読した。その結果を表-4に示す。また各流域の崩壊地分布図を図-6に示す。

4. 崩壊状況の推移と崩壊危険率の判定

各流域の崩壊地を読み取った写真は年代の古いものから順に写真A、写真B、写真Cとし、また、写真A、写真B、写真Cにおける崩壊地面積をそれぞれA、B、Cとした。さらに写真A撮影時から写真B撮影時までの期間を第1期、同様に写真B撮影時から写真C撮影時までの期間を第2期とした。X1、X2はそれぞれ第1期と第2期における新生・拡大崩壊地の面積（拡大面積と呼ぶ）を示すことにする。同様に、Y1、Y2はそれぞれの期間に崩壊規模が変化しなかった崩壊地の面積（不変面積と呼ぶ）を、また、Z1、Z2はそれぞれの期間に崩壊規模が縮小、あるいは完全に復旧した崩壊地の面積（復旧面積と呼ぶ）を示すことにする。

1降雨または非常に短期間に発生した一連の降雨による崩壊の発生・拡大率は次式で表わされる。

$$D1 = 100 (X - Y) / S \quad (1)$$

ただし、D1：崩壊発生・拡大率(%)、

S：対象面積(ha)、

X：拡大面積(ha)、

Y：不変面積(ha)。

第1期における各流域のD1の値を表-6に示した。すなわち前述のように再現期間11年の確率降雨によって、表-5に示した新生崩壊地が実際に発生した。

表-5 崩壊地面積の推移

	ワサビ沢	トウバク沢	豆焼沢
第1期 (S.34. 6. 27.-S.34. 10. 23)			
拡大面積 X(ha)	0.3813	3.5838	8.9263
不変面積 Y(ha)	0	0	(0)
復旧面積 Z(ha)	0	0	(0)
第2期 (S.34. 10. 23.-S.60. 5. 27.)			
拡大面積 X (ha)	0	0.1513	0.6813
不変面積 Y (ha)	0.1375	0	0
復旧面積 Z (ha)	0.6813	0.5093	8.5150

表-6 第1期, 第2期における崩壊発生率(%)

	ワサビ沢	トウバク沢	豆焼沢
D1 (第1期)	0.22	2.06	3.11
D2 (第2期)	-0.03	-0.22	-0.21
D31	0.06	0.56	0.85
D32	-0.03	-0.22	-0.21
D3	0.03	0.34	0.64

第2期では崩壊面積 B が 26 年間に C に変化した。長期間の崩壊面積の変化について竹田²⁾は各流域の崩壊危険率がそれぞれ X, Y, Z の 3 パラメータによって支配されるとの考えのもとに, 次式を提案している。

$$D2=100(3X-Y-2Z)/(T \cdot S) \quad (2)$$

ただし, T: 調査期間, S: 対象面積, Z: 復旧面積。

すなわち崩壊危険性に対し, X はプラスに, Y と Z はマイナスに作用することになり, D2 がプラスの場合は調査期間内の年平均崩壊速度を, またマイナスの場合は年平均復旧速度を表わすことになる。竹田はパラメータにかかる係数を経験的に決めているが, ここでもその値をそのまま用いることにする。

各流域の D2 の値を D1 とともに表-6 に示した

いずれの流域においても D2 はマイナスの値を示し, 復旧の傾向にある。

やや乱暴な推定になるが, 各流域の 1 年間の崩壊発生推定値 D3 を次の方法で求めてみる。まず第1期における D2 を求めて崩壊発生拡大速度 D31 とする。ただしその場合の T は前述の確率降雨の更現期間 11 年とする。また崩壊復旧速度 D32 として第2期における D2 をそのまま用いる。したがって $D3=D31-D32$ で求められる。D31, D32 および D3 の計算値は表-6 に示した。

5. 考 察

台風 5907 号および 5915 号によって発生した豪雨は, 秩父地方ではほぼ 10 年に 1 回は発生するであろうと予測される程度の, 特別大きな豪雨とはいえない降雨である。しかしこの一連の豪雨によって豆焼沢上流一帯ではかなり大きな山地崩壊が発生した。その発生面積は豆焼沢で新

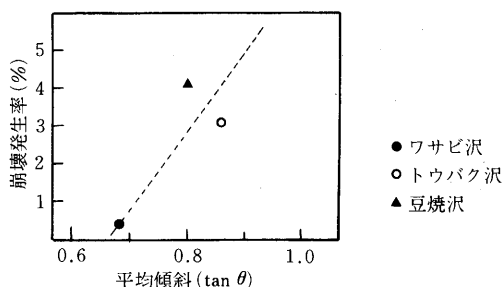


図-7 平均傾斜と崩壊発生率
(昭和34年10月23日)

生崩壊地 3.11%, 全崩壊地 4.11%と最も大きく、トウバク沢も新生崩壊地 2.06%, 全崩壊地 3.09%とトウバク沢に次いで大きい。ワサビ沢は新生崩壊地 0.22%, 全崩壊地 0.48%と小さく、この流域は崩壊発生に対して、比較的抵抗力の大きい流域といえることができる。

傾斜分布と崩壊発生との関係は、ワサビ沢、豆焼沢では 35-39 度をピークとする正規分布に近い形を示すが、トウバク沢ではピークが 27-31 度および 39-42 度の 2

箇所に現われ、その他の傾斜地にもほぼ均等に崩壊が発生している。流域ごとの平均傾斜でみると、崩壊発生面積率と平均傾斜との関係は図-7 のようになり、およそ平均傾斜の大きい流域で崩壊発生率も大きくなる傾向がうかがわれる。

しかし、何れの流域も自然復旧力を有しており、その後の 26 年間で河床沿いを除いた山腹斜面はかなり復旧した。これらの復旧力をも考慮した 1 年間の崩壊発生に対する推定値も豆焼沢 0.64% が最も大きく、トウバク沢 0.34%, ワサビ沢 0.03% となり、これでも豆焼沢が崩壊しやすいことがわかる。

総合的な判断として、将来予測される 10 年確率降雨程度の雨では、ワサビ沢はほとんど崩壊のおそれはないと考えられる。トウバク沢は今回の崩壊発生率こそ豆焼沢より小さかったが、地形も急峻であり、将来崩壊発生の危険性は大きいと考えなければならない。豆焼沢は侵食の進行過程にあり、崩壊地発生の危険性が大きいので、依然として、注意が必要であると判断される。

この研究は今後、洪水時の流出解析と洪水にともなう土砂生産の検討を行ない、それに基づいて渓流に施工される諸施設の安全性、および全体的な砂防計画についての指針を求める予定である。

要 旨

山地が崩壊現象によって侵食されるのは、侵食輪廻からも自然の法則であるが、人間生活の短いタイムスケールでそれを捉えるとき、崩壊は突発的であり、そのためしばしば災害という社会現象に至る。したがって山地崩壊発生を完全に防止することはできないにしても、発生を予測し、それによって起こる災害にはあらかじめ対処しておかなければならない。当研究はこの度の秩父山岳地への国道建設に当たり、トンネル・ズリの土捨場となっているワサビ沢、トウバク沢の 2 流域とそれに隣接する崩壊多発性の豆焼沢流域について、空中写真と地形解析をもとに崩壊危険性を検討するものである。

検討の結果、ワサビ沢は崩壊の危険性は小さいが、トウバク沢流域の崩壊危険性はかなり高いと推定された。

引用文献

- 1) 水利科学研究所：水経済年報 1960 年版，1959.

- 2) 竹田泰雄：山地崩壊の推移による崩壊危険地帯予知に関する研究。日林誌，54(1), 1972.
- 3) 秩父地質研究グループ：秩父演習林付近の地質。演習林，Vol. 16, 1966.
- 4) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 2, 1940.
- 5) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 4, 1941.
- 6) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 8, 1951.
- 7) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 9, 1952.
- 8) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 11, 1956.
- 9) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 14, 1962.
- 10) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 16, 1966.
- 11) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 18, 1974.
- 12) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 22, 1981.
- 13) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 23, 1984.
- 14) 東大農演習林：秩父演習林気象報告。演習林，Vol. 25, 1987.
- 15) 林 拙郎：山地における斜面傾斜の度数分布と山地地形について。日林誌，58(8), 1976.

Summary

It is a law of nature in the erosion cycle that mountains are reduced by landslides. However, these phenomena often are disastrous to man. Therefore, even if landslides can not be prevented completely, Prevention plans and prevention works should be developed for anticipated occurrences. In this study, the possibility of landslides in connection with the construction of highways was investigated in the Chichibu mountains. The investigation was made by an analysis of aerial photography and topographic maps.

As a result, the subject area was found to have the characteristic weaknesses for landslides.