

# 呉における崖くずれと降水現象との関連性について\*

根 山 芳 晴\*\*

## 要 旨

呉を取り巻く三方の傾斜地に住宅が密集し、しかも、その土壌は花崗岩の風化がかなり進んできたため、1951年以来急激に崖くずれが増発し、豪雨のたびに大きな社会問題を引き起こしている。そのため、本論では、一応、構造地質学の問題、林相等は考えず、降水現象との関連性を述べる。時間雨量 20 mm, 1時間実効雨量 150 mm を規準として、崖くずれが10件以上同時に起きた場合に対し考察したところ、150 mm 位に実効雨量が達すると崖くずれが同時的に発生することが分かり、さらに、150 mm に達し時間雨量が 10 mm を越え始めると1時間（ときには2時間）後に大幅な崖くずれの起きること等が分かった。また、1900年以降の時間雨量 20 mm 以上、日雨量 70 mm 以上の経年変化には、若干の周期性はあっても全般的には大きな違いがなく現われているのに、崖くずれの方は1900年～1910年代は全くなく、1920年代から年に数件程度でときどき現われてきたが、1951年以降は何百件と急増してきたことは、土質の風化作用が大きく効いてきたのではないかと推量される。

## 1. はしがき

呉は、700m 余の灰ヶ峯を北側に、放射状に500m 前後の山並みが連なり、その急斜面に家屋がひしめいている都市で、構造的には豪雨、長雨に伴う山・崖くずれに弱い体質を持っている。

一般的には、風化の進んだ花崗岩からなる急な丘陵は通常傾斜が30～50°の所で起き易く、豪雨による崖くずれは、地面の中の含水量の状態が問題となる。大滝は、1時間雨量と既往降水量指数を用いて崖くずれ件数との関係を調べ、 $n$  日前の降水量に0.5の定数の重みを加えたものと比較して、よく合った結果を報告している。その他、時間雨量 20 mm 以上の降雨強度、24時間雨量で200 mm以上となると崩壊が激増すると結論づけている。また、奥田は、10分間5 mm 以上の降雨強度の時間的変動の第3波を中心に崩壊が激発しているとも述べている。地形的にみて急な山腹ほど重力的に不安定であり、緩い山腹ほど降水量が滲透しやすいので、この相反する二つの条件を最もよく満足する地形に起こり易い。

呉は、主として黒雲母花崗岩より構成され、風化に対

し極めて弱い粗粒・中粒花崗岩類の分布の、中でも、38°内外の傾斜を持った場所で1件当たり約10カ所以上の山・崖くずれが起きており、傾斜の緩い所では起きても1件当たり数ヶ所以下の程度である。したがって、岩石分布や構造地質学の問題、林相さらに社会環境の変化等を全く無視することはできないが、一応、降水現象に注目し、過去の実地踏査結果から、10数時間ないし1日位前から降水が続いていると、傾斜地に階段式に住居が建てられているために、徐々に滲透して、地下保水量が増加した状態に、短時間強雨があると、階段式の先端部分がくずれていく場合が多い事実を認めて調査した。実効雨量は(当日雨量+前日実効雨量) $\times 0.9$ として24時日界で求め、毎時の実効雨量は前時刻の実効雨量にその時刻の時間雨量を加えて算出した。なお、0.9という係数を用いた過去20年間について、実効雨量と最もよく崖くずれ件数が対応していたので、これを採用した。結果的には、その係数で150 mmの実効雨量のところで対応が最もよかった。本論では、1時間雨量 20 mm そして1時間実効雨量 150 mmを一応の規準として、それに対する崖くずれが10ヶ所以上同時に起きた場合を、その前後を含めて主として解析し、呉の特性を求めた。さらに、1900年以降の崖くずれ出現と強雨、豪雨出現の回数との経年変化的実態をも調査した。

\* On Relationship between the Landslide and Rainfall in Kure.

\*\* Y. Neyama, 呉測候所 (現在 松山地方気象台)。

—1977年10月20日受領—

—1978年2月20日受理—

2. 崖くずれと気象状況

各年に起きた、主として降雨に関連した崖くずれについて調べ、第2表に10ヶ所以上一度に出現した場合の主なものを示した。一見して分かることは、1時間雨量20mm以下でも起きており、その場合は温暖前線か弱い低気圧による並雨であり、20mm以上になるとほとんどが寒冷前線の南下によるか熱低または台風の来襲、さらに、前線活動の活発化によるもので、雨の降り方も強雨か雷雨性である。風向はいずれの場合も大きな違いはなく、地形特性による西南西寄りないし北東寄りとなっている。結局、呉の場合は、20mm以上での崖くずれの対応には雷雨性強雨で、20mm以下で起きたときには長雨

第1表 型別の基準雨量との対比

基準	型					
	A	B	C	D	E	F
雨量 20mm(*)	≤	≤	>	>	≤	≤
実効雨量 150mm	≤	>	≤	>	≤	>

(\*) EF型については30mm

第2表 崖くずれ10ヶ所以上の主なケース

	年月日	原因	呉	
			天気	最多風向
時間雨量 20mm 以下	S. 26. 7.15	L	●	WSW
	35. 7. 5	WF	●	NNE, WSW
	39. 6.26	mL	▽	NNE, WSW
	40. 7. 5	WF	●	WNW~WSW
	42. 7. 9	WF	●	WSW
	44. 7. 8	WF	●	N~NE
	47. 7.12	mL	●	NNE
51. 9.13	L	●	WSW	
20mm 以上	S. 26. 7.14	TD	● <sup>ッ</sup>	NE
	27.10.15	CF	● <sup>ッ</sup>	WSW~NE
	28. 6. 7	T	▽	NE
	35. 7. 4	CF	⊠	WSW~NNE
	40. 6.20	TD	● <sup>ッ</sup>	SW~W
	41. 7. 1	CF	⊠	W~WNW
	44. 6.29	CF	● <sup>ッ</sup>	S-ly~W-ly
44. 7. 1	CF	⊠	〃	
44. 7. 8	WF	▽	N-ly~W-ly	
30mm 以上	S. 26.10.14	T	● <sup>ッ</sup>	ENE
	35. 7. 8	CF	⊠	WNW
	42. 7. 9	TD	⊠	WSW
	47. 7.10	CF	⊠	WSW~NNE

mL: メン低気圧

の中での一時的強雨(10分ないし20~30分間)が引き金となっているようである。すなわち、型の分類を1時間雨量と1時間実効雨量によって行えば第1表のようになる。

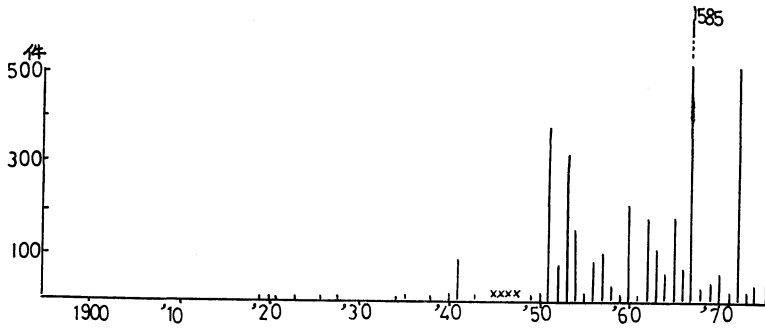
3. 崖くずれと時間雨量、実効雨量との関係

1951年以降1972年までの22年間について、崖くずれが10件以上ある日の中での、任意の1時間内の雨量と件数との経過状況に基づいて型を分類すると、6種類になった。すなわち、A型は1時間雨量20mm以上、1時間実効雨量150mm以上、B型は前者は以上、後者は以下、C型は以下と以上、D型は両者とも以下、E型は30mm以上で150mm以上、F型は以上と以下である。それを求めて表にしたのが第3表である。表から分かるように、C、D型が圧倒的に多く、しかも、C型は1969年、1967年と1960年代後半に、D型は1953年、1960年、1965年と1950年代から1960年代半ばにかけて多出現である。すなわち、崖くずれが多発になり始めた(後述する)1950年代は時間雨量も20mmを越え、しかも、実効雨量が150mm位を越えるという降水現象が土壌の保水量を増大させ多くの水が地中に含まれた所へ、短時間強雨が引き金作用をしたが、1960年後半以後は、実効雨量が150mm位を越えるような連続降雨があると時間雨量は強雨にならなくても崖くずれが多発していることを示しており、おそらく、これは花崗岩の風化現象の進み方の問題や林相の人工的变化がもたらしたものと推定される。したがって、最近では、崖くずれ防災は時間雨量20mm以上という雷雨性強雨ばかりに気をとられない警告を発している。

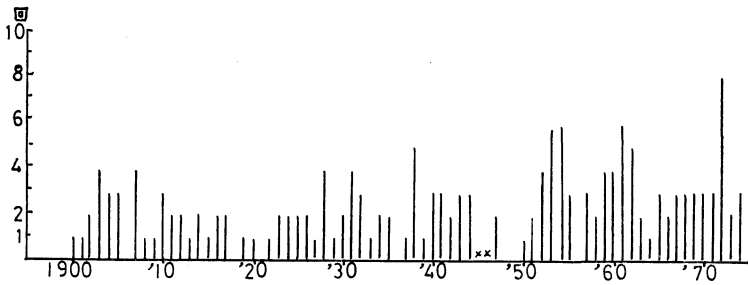
これに関連して、さらに詳細に眺めるために、第1図に、1900年からの崖くずれの各年の総件数を示した。終

第3表 型別出現表

型	件数	年 代
A	6	1951, 1953, 1960, 1969
B	3	1960, 1965
C	25	1953, 1960, 1967, 1969, 1970, 1972
D	21	1951, 1952, 1953, 1960, 1964, 1965, 1966, 1972
E	2	1967
F	4	1958, 1972



第1図 崖くずれ件数の経年変化

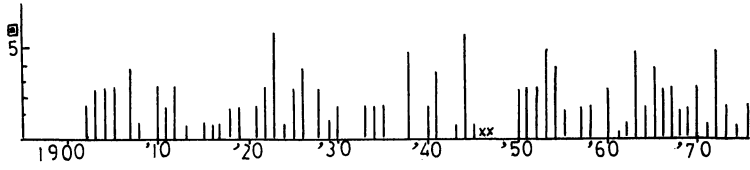


第2図 強雨 (20 mm/h 以上) の出現回数の経年変化

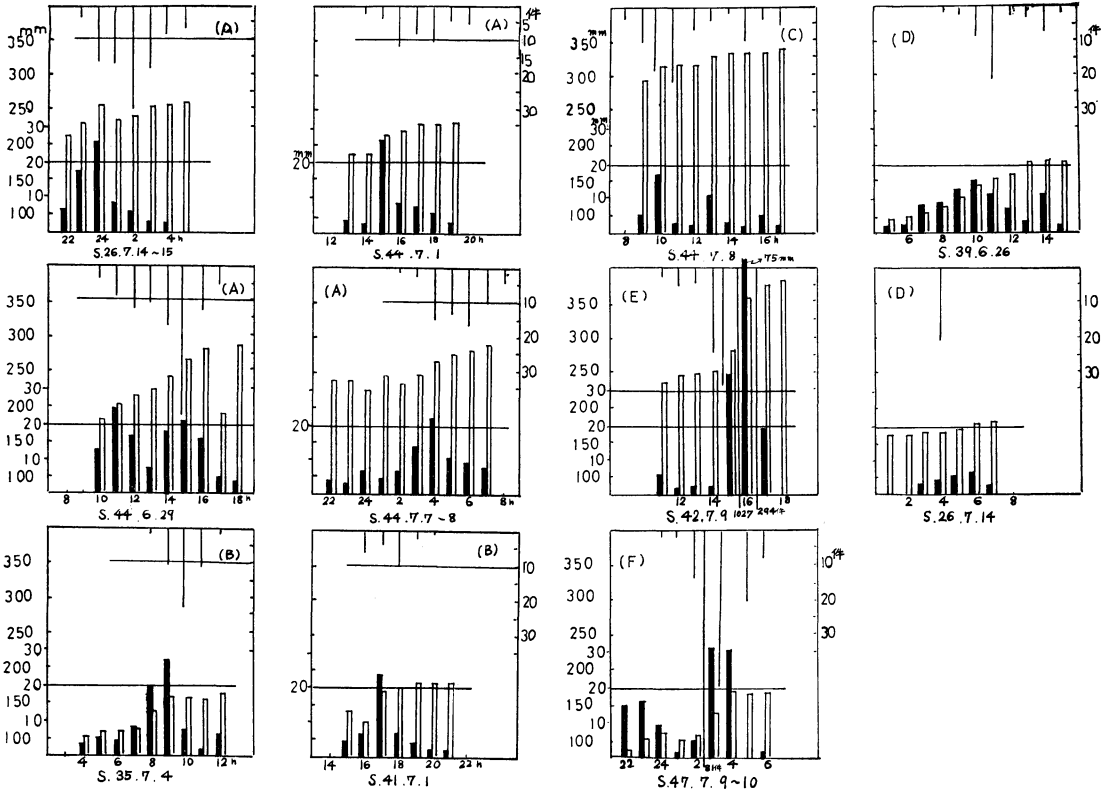
戦直後は一部資料の欠如のため不明になっているが、一般的な特徴は、1951年以降急激に崖くずれが多出現し、1950年代後半と1970年はやや減っているが、1967年と1972年には飛び抜けて多発している。1900年～1910年代には全く起きなかった崖くずれが、1920年代から数件程度のオーダでぼつぼつ現われ始めているが、年間として見れば大したことはない。これに対応させて、時間雨量20mm以上の出現日数の経年変化を第2図で見ると、この程度の強雨は1900年代からすでにしばしば現われており、著しく1950年代以後増加したとは見えない。ただ、若干周期的な出現の仕方をしており、1905年頃、1930年頃、1944年頃、1954年頃、1961年頃、1972年頃に平均的にピークが現われている。ただ言えることは、1951年前には時間雨量20mm以上の短時間強雨の出現に対して、必ずしも崖くずれが対応して起きてはいないことである。明治時代から1951年までの間に大きく変わったのは、戦前と戦後で人口の増減の度合の著しかったこと(旧海軍基地の解散のため)だけで、斜面地帯の宅地造成や山林の乱伐などではなく、むしろ、市の調査によると、造成地の開発は1960年代に入って郊外の山間部で行なわれ出したとのことで、ここで述べる1件

10ヶ所以上の崖くずれは、むしろ、旧市内の古くから社会環境の大きな変化のなかった地域である。したがって、住宅等の傾斜地への造成が急速に行なわれた地域でもない。この時期がちょうど花崗岩の風化に伴う土質の崩壊し易い状態への限界に達したものと推測される。これについては、1945年の大水害を調査した地質学者もこの可能性を推量した。ただ、1951年以降においても、1953年、1960年、1972年の大災害出現に対しては短時間強雨が対応しているが、1950年、1952年、1967年ではその傾向は逆になっている。また、1954年や1961年のように、強雨は比較的多く出現しているのに崖くずれは少ないという事実も見られる。以上のことから、短時間強雨に伴う崖くずれを見る限り、1951年を境として大きく相異していること、1951年以降の崖くずれ多発に対しても短時間強雨のみが必ずしも対応していないことが分かった。第3図には、日雨量70mm以上の豪雨の年回数を示したが、その経年変化の傾向の中では、1923年、1928年、1931年、1944年、1961年、1962年、1968年、1969年は時間雨量20mm以上の出現状況と相異しているが、それにしては両者の間での著しい違いは見られない。

そこで、さらにこれらのことについて吟味してみよ



第3図 豪雨 (70 mm/日 以上) の出現回数の経年変化

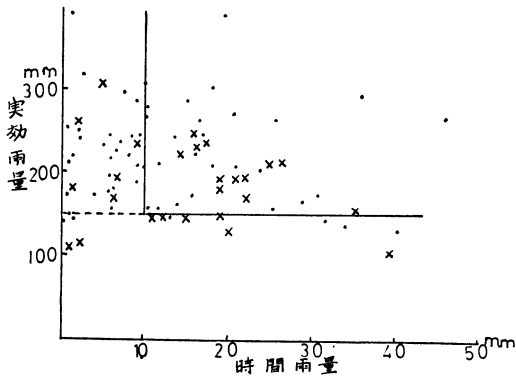


第4図 崖くずれ件数 (上), 時間雨量 (下黒線), 実効雨量 (下二重線) の型別時間変化図

う。  
 各型毎に典型的な例について、若干図示して状況を説明しよう。第4図はそれを示す。図の上段の棒線は下向きに件数を示し (右側に目盛), 下段に太線で1時間雨量, 二重線で1時間実効雨量を示し, 目盛はいずれも左側にあり外側が実効雨量を示す。横軸に時間がとってある。  
 まず、A型について見ると、実効雨量が150mmを越える頃から崖くずれが起き始め、時間雨量20mmを越えて1~2時間後に最多出現が見られる。ただ、A型の4番目の例のように、実効雨量はすでに200mmを越えているのに時間雨量20mm以下で出現し始めている場合もある。B型は、実効雨量が150mmに満たなくても時間雨量が20mmを越えると崖くずれの出現ピークは1~2時間後になっている。C型は、実効雨量は300mmを越えているが、時間雨量15mm余りが3~4時間毎に強まってその後1~2時間で崖くずれの出現ピークが見られる。D型は、実効雨量150mm前後以下、時間雨量も20mm以下の中でこの極大時後1時間で同時に崖くずれが起き、特に、2番目の例は両雨量との関係をどのように見ればよいか分からない。E型は、最も少ない出現タイプで、昭和42年呉豪雨の場合によると実効雨

量が200 mmを越え始めて崖くずれが起き始め、時間雨量が30 mmを越して1時間後に時間雨量70 mm以上になったと同時に崖くずれが1,000件を越している。このようなタイプは、呉以外でもよく見られる崖くずれと報告されているが、呉では1967年に2回あっただけで異例に近い。F型は、実効雨量が150 mm以下の中で雷雨性の豪雨（時間雨量30 mm以上）が引き金になって同時に崖くずれが多発している。

各型の全部について見ると、実効雨量が150 mm位を越えることは崖くずれの一つのパターンではあるが、実効雨量が150 mmを越えなくても時間雨量が20 mmを越えて多出現となることもあり、さらに、両雨量が規準を越えなくても出現していることもある。また、崖くずれの始まりを、時間雨量、実効雨量の時間変化の過程で特性を見い出すことは困難の場合が多いようである。これらのことは、呉という特殊地形がかなり大きなウェイトで効いていることを示唆しており、降水現象だけから比較的簡単に崖くずれが決まってくるとは見えないが、一応の今後の予測補助法は出てきたので、最後にまとめて述べる。



第5図 崖くずれと雨量との関係。×：崖くずれ出現1時間前、・：同時出現。

#### 4. あとがき

崖くずれという災害には、バックグラウンドとして、傾斜地の傾角、土質の風化状況、林相の変化等自然環境と土地造成等の社会環境の変化が考えられ、そこでの含水量より多量の雨水が地中に含まれることが必要である。1951年以降の急激に増えた崖くずれに対しては、土質関係の調査の不明である現在では、今後の防災対策に対し、予測的には、第5図で見られるように、数時間降雨が続いて1時間実効雨量が150 mmを越したら崖くずれが越え始めると注意をし、その内に時間雨量10 mmを越すような一過性降雨でもあれば最低限の危険性を考え、1～2時間後に起きる崖くずれに対処する必要がある。ただ、予報的には、短時間強雨の局地的出現についてはかなり困難な面があるので、1時間実効雨量150 mmに達するとの予測でカバーすることになろう。

また、1951年以降の山、崖くずれの多発傾向は、少なくとも呉について見る限り、宅地造成による植生の乱開発の時期とは大きくずれており、しかも、戦前から社会環境の変化のない地域での崖くずれ（1件10ヶ所位以上）が多出現したことは、土質の風化現象の限界点に達しているものと見るべきであろう。

最後に、貴重な資料を貸与くださった呉市消防局に対し深謝する。

#### 文 献

- 畠山久尚編, 1966: 気象災害, 共立出版。
- 広島県土木部砂防課, 1951: 昭和20年9月17日における呉市の水害について。
- 呉市消防局編, 1977: 呉市内の火災と水災の記録。
- 奥田 稜, 1977: 台風による豪雨災害の型について, 日本気象学会関西支部例会講演集, 4, 7-8。
- 大滝俊夫, 1962: 横浜市内のがけくずれの予報, 研究時報, 4, 459-465。
- 田中 茂, 1977: 山くずれと地質地形構造の関連性に関する研究, 海と安全, 11, 自然災害科学総合研究班。