

# 昭和42年7月豪雨による呉市休山周辺の 山地崩壊について

大石 道夫

国立防災科学技術センター第2研究部地表変動防災研究室

## On the Mountain Landslides Around Mt. Yasumiyama, Kure City, From the Heavy Rainfall in July 1967

By

Michio Oishi

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

### Abstract

Many landslides around Mt. Yasumiyama were caused by the heavy rain of July 1967 in Kure city, Hiroshima Prefecture. Some characteristics of the landslides observed in the basins of the rivers Hamada, Dainyu and Kamurazaki are analyzed from the topographical standpoint, mainly using the topographical maps and the air photos taken after the disaster.

The northwestern side and the southern part of the Yasumiyama peninsula show a high density of landslides, namely 8 to 14 landslides per 0.5 ha in the areas where talus and heavily weathered granite are developed. In such areas the urban expansion has excited landslides.

Among the three basins mentioned above, that of the Kamurazaki river is most dissected, while that of the Hamada at the youngest topographical stage is greatly damaged by mudflow.

In the areas of landslides the sides of mountains and the bottoms of valleys are of partially gentle slope, and on these gentle slopes there are accumulated the debris from the landslides in the past. As to the landslides of this time, many of them are caused by detailed features of the ground surface, that is, in some cases the landslide crowns exist on the gentle slope and/or in other cases the debris derived from the past landslides are spread and accumulated on the slope. These gentle slopes are distributed, following the summit level which is made by the filling up of a valley 250 m wide.

From the observation of these phenomena, it seems valid in disaster prevention to distinguish the varieties of the debris.

### 目 次

1. まえがき .....	142	6. 調査流域の侵食のステージ (相異点の	
2. 休山半島の崩壊の分布 .....	143	1) .....	144
3. 調査流域における崖錐の発達 (共通点の		7. 緩傾斜面の分布の状況 (相異点の2) .....	147
1) .....	143	8. 土地利用状況 (相異点の3) .....	147
4. 緩傾斜面の発達と崩壊との関係 (共通点の		9. まとめ — 地形条件と崩壊, 土砂流出現	
2) .....	143	象との関係 .....	148
5. 主として本川左岸側の崩壊 (共通点の3) .....	144	注および参考文献 .....	148

1. まえがき

昭和42年7月9日の豪雨により発生した呉市休山、三津峯山を中心とする半島部、とくに後線南東側の浜田川、大入川、冠崎川3流域の崩壊について、2, 3の考察を行なった。

この3流域をとりあげたのは、3者がたがいに隣接し、流域の規模も基盤の地質条件もほとんど相異なるにもかかわらず、浜田川では土石流が発生し、下流の扇状地にはらんして大きな被害を出したが、ほかの2流域にはそのような現象がみられなかったのは、崩壊あるいは土砂の流出現象に対する3流域の地形条件が異なるためではな

いかと考えたからである。

解析の方法は、この総合研究で災害直後国立防災科学技術センターが撮影した縮尺1万分の1空中写真、縮尺3千分の1空中写真の観察と、呉市役所が災害前に作成した縮尺1万分の1呉市地形図による地形解析を主とした。

その結果、休山半島北西部の崩壊の特徴<sup>1)</sup>前記3流域の山地地形の共通点、相異点を知ることができ、また、後者が崩壊あるいは土石流の発生に関連をもつことが明らかとなったので、簡単に報告することとしたものである。

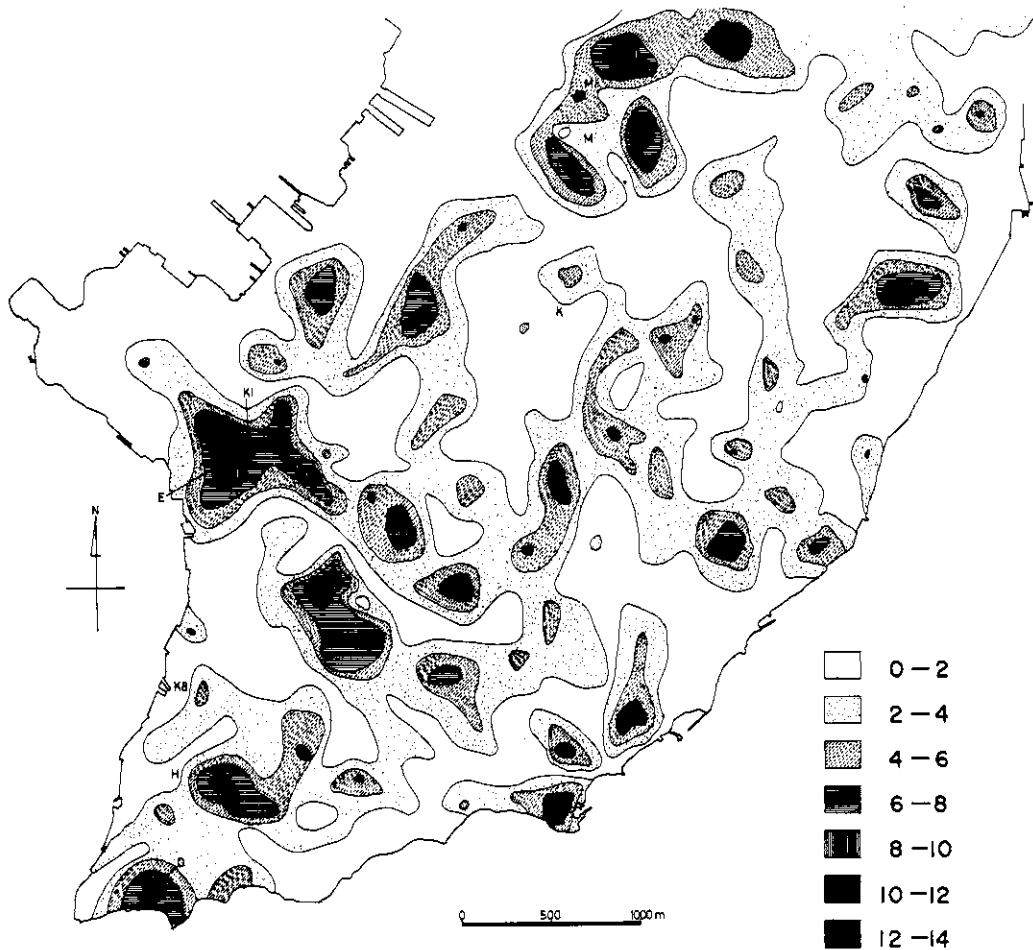


図-1 休山半島崩壊密度図(5ha当)

E; 江本町, H; 日の出町, K; 神原川上流部, K1; 警固屋通1丁目, K8; 警固屋通8丁目, M; 室瀬町, M1; 官原町1丁目 O; 音戸ロッジ

## 2. 休山半島の崩壊の分布

図-1は今回の総合研究で建設省国土地理院が作成した崩壊分布図から、半島主要部の面積5ha当りの崩壊密度を求めたものである。これによれば警固屋通1丁目、江本町の一画で密度は最も高く、これから北東にかけての半島北西側と音戸ロッジの両側斜面等に密に分布している。

文献<sup>2)</sup>によれば、休山半島の地質はいわゆる広島型花崗岩で、主として粗粒花崗岩からなるが、警固屋地区から三津峯山、休山を結ぶ稜線と、音戸の瀬戸から半島南岸沿いには音戸岩脈群が分布する。半島山地部の北西斜面山麓部と節理系の発達する半島南端部は、半島内で最も風化の進んだ地域であるとともに、崖錐の発達する地域でもある。著者は警固屋通1丁目の崩壊面で厚くしかもルーズなマサ状の崖錐<sup>3),4)</sup>を認めたが、これは風化した基岩ではなく、二次的な堆積層と観察された。また、日の出町の台地上の平坦面は径30~50cmの礫をもつ堆積面で、これは地形的な条件から背後の山地部から供給されたものと考えられる。これは赤木のいわゆるベディメント緩斜面<sup>5)</sup>であろうか。警固屋通8丁目の崩壊では、その上部南端寄りの基岩(マサ状に風化している)上の崩積土のなかに円磨度のよくない礫が存在した。室瀬町、宮原通1丁目周辺、前述の警固屋通1丁目、江本町など、半島北西斜面の崩壊は崖錐あるいはベディメント緩斜面に市街地が進入し、宅地造成のための極端な切り取りが行なわれたことと豪雨時に急こう配の道路側溝を雨水が越流したことによるものであり、この地域では今後もこのような自然的、人為的条件による災害が繰り返されるであろう。

半島南東斜面の浜田川、大入川、冠崎川3流域では、それぞれの下流部に崩壊密度の高い部分が見られるが、これは崖錐あるいは古い崩土層の崩壊である。本報で扱った上記3流域上流地域は、むしろ比較的崩壊密度の低い地域である。

## 3. 調査流域における崖錐<sup>6)</sup>の発達(共通点の1)

休山半島北西斜面に崖錐の発達することは前述したが、この傾向は多かれ少なかれ半島稜線部付近にもみることができる。少なくとも著者の調査したルート沿い、すなわち冠崎川上流部の大入川との稜線近くでは、林道沿いのほとんどの露頭に崖錐を認め、崖錐とその下部の風化花崗岩との間

からはわずかながら浸潤水がみられた。大入川では中流部道路工事中の切取面に、ほぼ現在の地表面に平行して厚さ1.0~2.0mの崖錐が認められ、これと類似した露頭は休山北西の神原川上流部標高250mの道路切取面でも鮮やかに観察された。大入川上流部の標高300m前後の緩斜面は崖錐や比較的新しい崩土におおわれてなだらかな山谷を呈している。図-3中のP点付近(送電線の鉄塔付近)の2か所で溝状の崩壊を認めた。この斜面のこう配は10~20°と緩く、写真-1に示すように、立木が原位置で乱れて落ち込んでおり、珍しいタイプの崩壊である。どのような原因、機構で生じたか明らかでない。ここでも陥没によって生じた崖面に厚さ1.0~1.5mの崖錐が見られた。

浜田川最上流部西側から本川につながる大崩壊の崩壊面では、角礫を含む厚さ1.0m前後の崩積土の下に厚さ0.5~1.0mの崖錐があり、両者のあいだにわずかに湧水がみられ、さらにこの下に接するマサ状の風化基岩との境界面にも湧水を認めた。最上流部には小さなため池があり、用水に利用されている。これらの事実から、崖錐はかなりの保水性があり、それが今回の山腹崩壊と関係をもったであろうことが想像される。

## 4. 緩傾斜面の発達と崩壊との関係(共通点の2)

調査3流域上流部の山腹に共通する特徴として山腹緩斜面、緩傾斜谷の存在があげられる。図-2に浜田川、冠崎川流域のそれらの分布を、写真-2に浜田川上流右岸側の例を示した。大入川にも同じ地形をみるができる。

山腹緩斜面は過去の山腹崩壊の崩土がそこに堆積したものか、あるいは岩質的な要素によってできたものか明らかではないが、おそらく前者によるものと思われる。緩傾斜谷についても山腹緩斜面と同じ疑問がもたれるが、いくつかの観察例から谷型斜面に過去の崩土が厚く堆積した部分であることは確かである。緩傾斜谷のほとんどはかなり人工が加えられ、階段状の水田として利用されてきた。

現地調査の際にこれらの水田が少なくとも3段ないし4段、ある高度に水平に分布しているのが印象的であった。図-2中の点線は空中写真から同じ高度の緩傾斜面を結んだものである。この線のパターンは250m谷埋め法による接峯面図

冠崎川上流部

浜田川上流部



図-2 緩傾斜面の分布

(図-3)の等高線図のパターンときわめて類似している。このことは幅250mの谷を埋めて復元した地形と緩傾斜面(とくに山腹緩斜面)の形成との間になんらかの関係があることを示唆しているのではなからうか。

今回の崩壊のうち、これらの緩傾斜面と関連して発生したものが多くは崩壊の位置についての大きな特徴である。すなわち、①ある緩傾斜面より高い位置で発生した崩壊がこの緩傾斜面に拡散し堆積するもの、②この緩傾斜面に頭部をもつもの、③あるいは比較的規模が大きく、崩壊が高い位置の緩傾斜面に発生し、一段低い位置の緩傾斜面に達して拡散堆積するもの、④さらに規模が大きく、崩土が緩傾斜面にいったん拡散堆積しながらも、なお下方に崩壊が続くものなど、緩傾斜面の存在が崩壊の発生位置、崩土の残積位置に関連をもつことである。

このような崩壊の特徴は、下流流域への土砂の供給の仕方にそれなりの影響をもつことが考えられる。

### 5. 主として本川左岸側の崩壊(共通点の3)

浜田川本川最上流部の崩壊は3流域中最大の規模であり、しかもその崩土は直接本川に流下している。また、大入川中流部左岸側の崩壊も本川の谷底低地にはらん堆積している。同じ傾向は冠崎川左岸の山腹崩壊にもみられる。概していえば、浜田川本川上流部と3流域本川左岸側は右岸側に比して山腹傾斜は急で、支谷の長さも短い。この山腹の崩壊は主として谷頭の崩壊で、本川に対する位置的な関係と傾斜の点から本川に対する影響度は大きい。

### 6. 調査流域の侵食のステージ(相異点の1)

3,4,5節にのべられたことは、3流域に共通してみられる現象であった。つぎに、異なる要素についてのべる。

まず、調査3流域の地形は開折の程度が異なる。すなわち、冠崎川流域は開折が最も進んだ地形、浜田川流域は最も若い地形である。

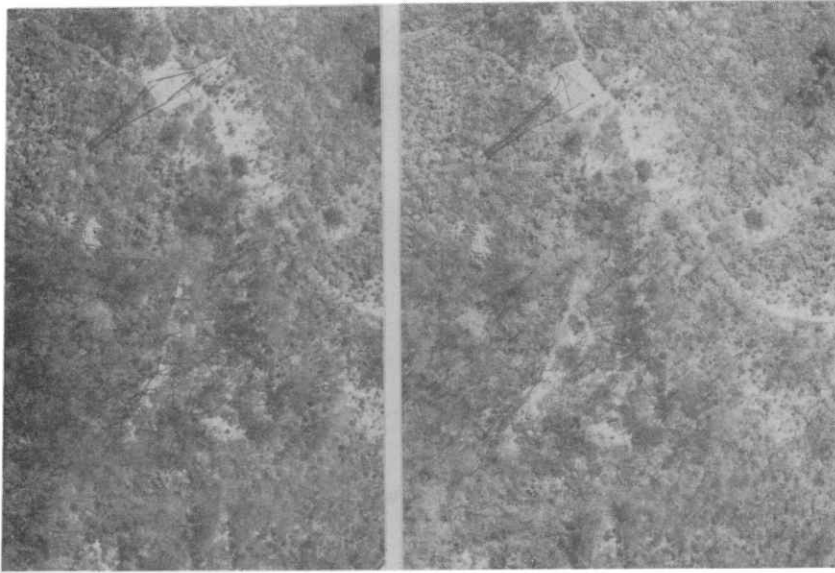


写真-1 大入川上流部の溝状の崩壊

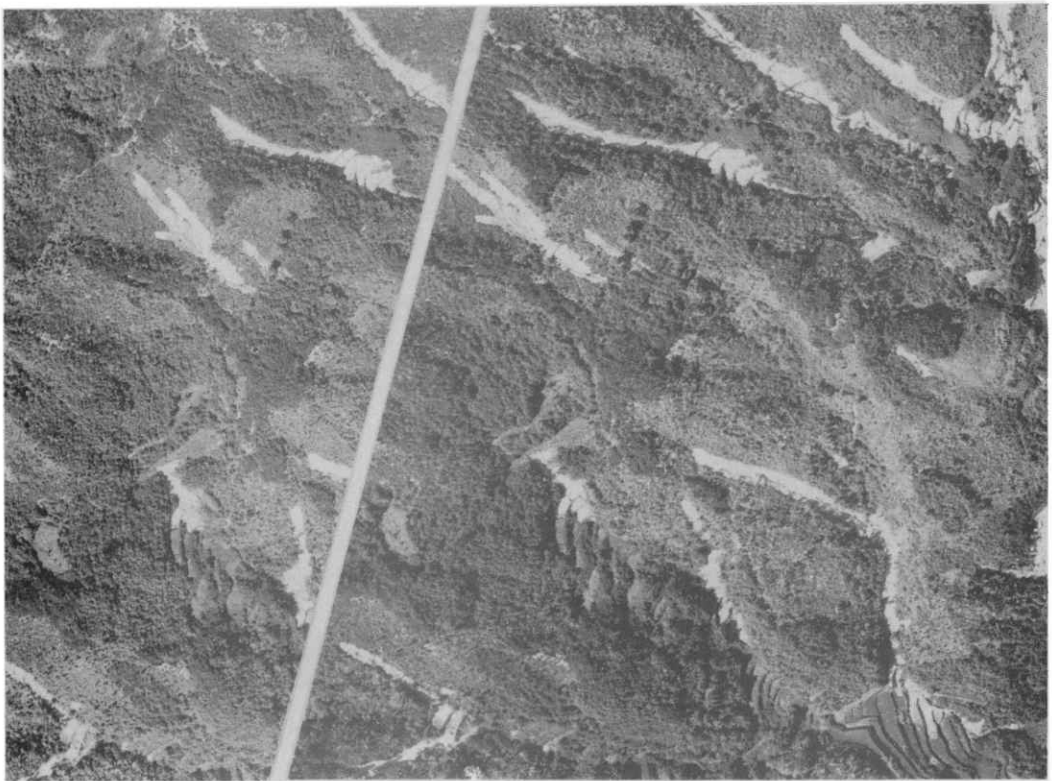


写真-2 浜田川上流部右岸側の緩傾斜面

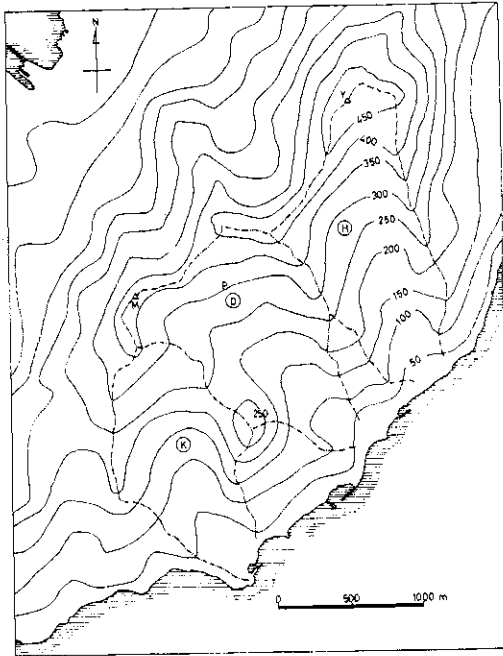
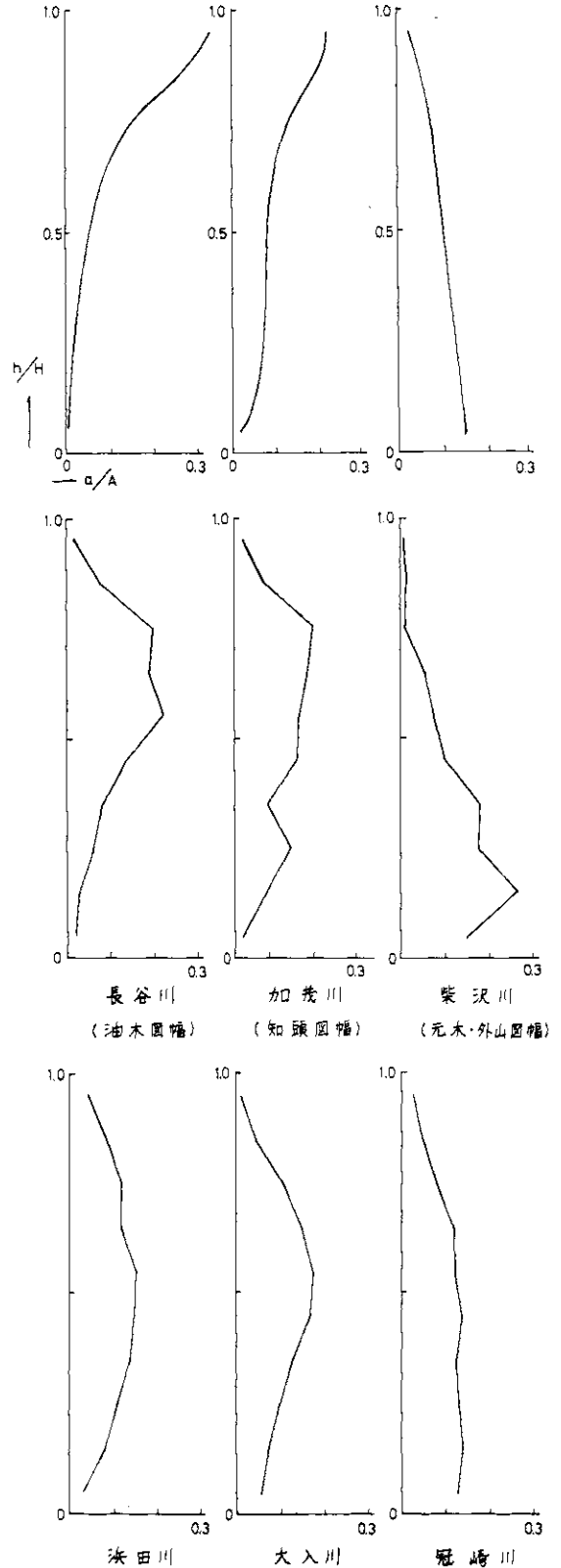


図-3 250 m谷埋め法による接峯面図  
 Y; 休山 M; 三津峯山  
 (H); 浜田川 (D); 大入川 (K); 冠崎川

著者は、かつて従来文献などで幼年期地形、壮年期地形、老年期地形などの代表的地域としてあげられてきた地域につき、国土地理院発行の5万分の1地形図幅から、代表的な28河川流域(流域面積100 km<sup>2</sup>前後のもの)を選び、各流域について「面積比-標高比曲線」を作成した<sup>7)</sup>。これは流域の最高点と最低点との比高を10等分して得られる各標高階の標高比と、その標高階の占める流域全面積に対する面積比との関係を示したものである。図-4 の中段にその代表的な一例を示した。これによれば、面積比の最大値は若い地形ほど標高の高い標高階のところにくる。壮年期の場合には曲線は楕状になり、面積比の最大値は幼年期、壮年期の場合より小さい。図-4 の上段は単純な流域形状、斜面形、侵食モデルを想定して求めた「面積比-標高比曲線」で、流域の開折が進むにつれてこの曲線の形は左から右に移行する。

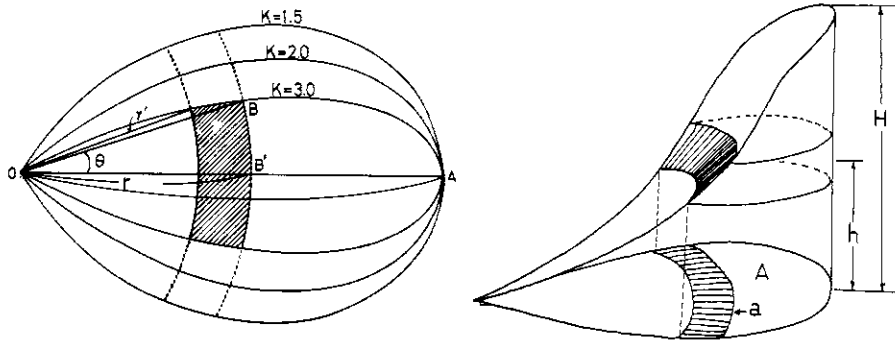
浜田川、大入川、冠崎川の3流域の「面積比-標高比曲線」は図-4 下段のごとくである。図によれば、冠崎川は3者中最も開折の進んだ状態を表わすものと考えられる。浜田川は壮年期地形で



長谷川 (油木図幅) 加茂川 (知頭図幅) 柴沢川 (元木・外山図幅)

浜田川 大入川 冠崎川

図-4 流域の「面積比-標高比曲線」



$$r = l \cos k\theta$$

$$-\frac{\pi}{2k} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2k}$$

$$OAB - A_1 = -\frac{l}{2} \int_0^{\frac{\pi}{2k}} (l \cos k\theta)^2 d\theta = -\frac{l^2}{4k} (\sin k\theta \cdot \cos k\theta + k\theta)$$

$$OB'B - A_2 = \frac{l}{2} \theta r^2 = \frac{l^3}{4k} 2k\theta \cdot \cos^2 k\theta$$

$$\cos k\theta = r, \quad \sin k\theta = \sqrt{1-r^2}, \quad k\theta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-r^2}}{r}, \quad l = 1$$

$$A_1 - A_2 = \frac{l}{4k} \left\{ \sqrt{1-r^2} \cdot r + \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-r^2}}{r} - 2 \left( \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-r^2}}{r} \right) r^2 \right\}$$

$$\frac{A_1}{2} = \frac{\pi}{rk}, \quad \frac{a}{A} = \frac{1}{r} \left\{ g(r, k) \right\}$$

図-5(1) 侵食モデル(I)

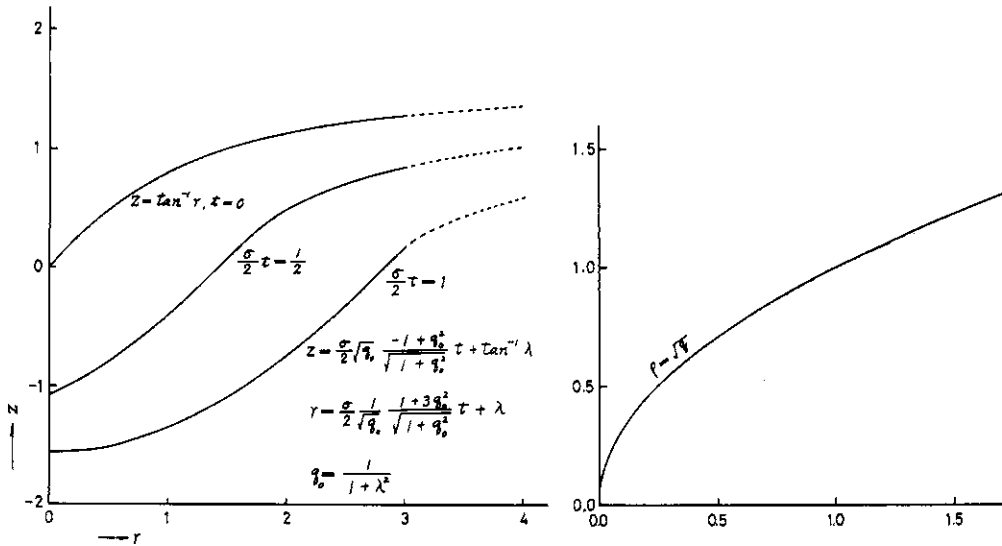


図-5(2) 侵食モデル(2)

ある加茂川の曲線に類似しており、大入川は浜田川よりやや開析が進んだ状態を示している。

ここで、著者の侵食モデルを紹介しておく<sup>8)</sup>

まず、流域の形状はリチャードらの示したように<sup>9)</sup>次式で表わされるレムニスケートの一つのループで近似されるものとする(図-5(1)参照)。

すなわち、

$$r = l \cos k\theta$$

$$-\frac{\pi}{2k} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2k}$$

$k$  : 流域の形状係数

このとき図中の斜線部分で示される標高階の全

流域面積に対する面積比は

$$a/A = 2/\pi \cdot \{g(r, r')\}$$

となり、 $k$ の値すなわち流域の形状には関係しないこととなる。

つぎに、流域の地表面の形は座標系 $(r, \theta, z)$ における曲線 $z = z(r, \theta)$ を $z$ 軸のまわりに回転させ、この曲線が前述のレムニスケートの柱を切る曲面であるとし、また削剝作用は斜面に垂直方向に働くとして仮定すれば、 $dt$ 時間後には $z$ 方向に

$$\rho \sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dr}\right)^2} \cdot dt \quad \rho : \text{侵食係数}$$

だけ低下する。これから

$$f = p + \rho \sqrt{1 + q^2} = 0 \quad (1)$$

$$p = \frac{\partial z}{\partial t}, \quad q = \frac{\partial z}{\partial r}$$

なる微分方程式が得られる。

いま、 $\rho$ は斜面こう配の $1/2$ 乗に比例するとすれば、(1)式は

$$f = p + \sigma \sqrt{q} \sqrt{1 + q^2} = 0 \quad (2)$$

となる。そこで、この微分方程式を満足させ、初期条件にかなう解をみいだすため、つぎの特性微分方程式を解く。

$$\frac{dt}{1 - \frac{\sigma}{2\sqrt{q}} \frac{1}{\sqrt{1+q^2}}} = \frac{dr}{\frac{dq}{0} = \frac{dq}{0} = ds} \quad (3)$$

$$= \frac{dz}{\frac{\sigma}{2\sqrt{q}} \frac{-1+q^2}{\sqrt{1+q^2}}} = \frac{dp}{0} = \frac{dq}{0} = ds$$

初期帯として、 $s=0$ のとき $t_0=0, r_0=\lambda,$

$$z_0 = f_0(\lambda), \quad q_0 = \frac{\partial z_0}{\partial r_0} = \frac{\partial f_0}{\partial \lambda}$$

を与え

$$\begin{cases} t = s \\ r = \frac{\sigma}{2\sqrt{q_0}} \frac{1}{\sqrt{1+q_0^2}} s + \lambda \\ z = \frac{\sigma}{2\sqrt{q_0}} \frac{-1+q_0^2}{\sqrt{1+q_0^2}} s + f_0(\lambda) \end{cases}$$

が得られる。

ここに $f_0(\lambda)$ は任意関数で、図-5(2)は $f_0(\lambda) = \tan^{-1} \lambda$ とし、 $\sigma/2 \cdot t = 0, 1/2, 1$ について求めた斜面形である。

この斜面形のそれぞれについて「面積比—標高比曲線」を求めたのが図-4上段の曲線である。

### 7. 緩傾斜面の分布の状況 (相異点の2)

調査3流域に緩傾斜面の分布することは3者に共通してみられる現象であった。しかし、図-2からも明らかのように、浜田川では山腹緩傾斜面が多く、緩傾斜谷は少ない。逆に冠崎川では、山腹緩傾斜面は最上流部に点々と残っているが、中流域にはみられず、緩傾斜面の多くは、谷のなかの堆積面である。このことは、さきにもべた山体の開析の程度と関連するものと考えられる。

### 8. 土地利用状況 (相異点の3)

1万分の1呉市地形図に表わされた水田、畑地、集落の分布を図-6に示した。

浜田川流域では本川中流部の緩傾斜谷にわずかに水田がみられるが、その他はほとんど林地または荒地である。上流部の山腹緩傾斜面は浜田川の場合に限らずほとんど手が加えられていない。

大入川上流流域は緩傾斜谷が多数分布しており、その多くが水田として利用されている。これは緩傾斜谷の発達という地形的な条件に加え、それが形成される過程で山腹や谷に広く残積した崩土や、

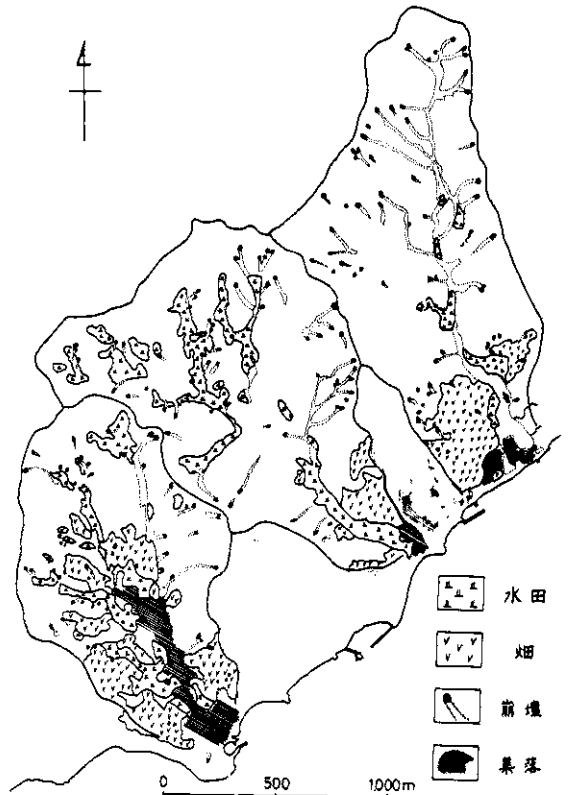


図-6 土地利用図



さきにのべた崖錐に涵養された豊富な用水の存在を反映したものである。

このような条件は冠崎川の場合にも当然考えられるが、山体そのものの開析が進んだため、大入川との稜線近くの水田でさえ2個のため池によってその用水がまかなわれている(このようなため池は開析の進んだ風化花崗岩地帯や、第三紀層地帯に多くみられる)。しかし、中流部が畑地として広く利用されているのは崩土の厚いことを示すものではなからうか。

本川の谷沿いでは、広い谷底をもつ冠崎川に集落が発達し、大入川では水田が、なお土砂の生産、流送が活発な浜田川では下流の扇状地にごく最近に集落が立地した。

#### 9. まとめ — 地形条件と崩壊、土砂流出現象との関係

昭和42年7月9日に発生した呉市休山周辺、とくにその南東側斜面の浜田川、大入川、冠崎川流域の山地崩壊現象と地形条件との関係を考察した結果、つぎのことが明らかとなった。

1. 休山半島の崩壊の分布は、崖錐、ペディメントの発達する半島北西部および南端部に多く、市街地の進入が崩壊を促進している。

2. 調査3流域に共通してみられる現象は、①調査流域上流部に崖錐が発達すること、②山腹に山腹緩斜面、緩傾斜谷が分布すること、今回の崩壊の多くがこれらの緩傾斜面と関連して発生していること、③3流域とも本川左岸側の山腹は傾斜が急で、谷頭崩壊が多く、その崩土は多かれ少なかれ本川に影響している。

3. 3流域で相異なる現象としては、①流域の開析の程度が異なり、冠崎川が最も開析が進み、浜田川が最も若い地形であること、②3者に共通してみられる緩傾斜面が浜田川では主として山腹に、冠崎川では主として谷型地形のなかにあること、③土地利用のうえでも①②の現象を反映して、水田のほとんど見られない浜田川、水田の発達する大入川、畑地の多い冠崎川と3者そのパターンが異なることなどである。

4. 一方、これら3流域の土砂害についてみると、①山地崩壊によって田畑が埋没あるいは流失したことのほかに、②浜田川下流部では土石流による被害が、冠崎川では崩土の流出による被害が発生している。このような被害をもたらした自然現象はすでにのべてきたような3流域の地形的特

徴、あるいは崩壊の特徴を反映している。すなわち、田畑が埋没あるいは流失したことは、元来そのような現象の結果としての緩傾斜谷に田畑が立地していたために生じた当然の現象である。しかし、この緩傾斜谷が山腹緩斜面とともに、崩土を拡散し堆積する場となったことは、本川に流入する崩土を考えるととき大きな意味をもっている。冠崎川上流部や本川右岸側の崩壊、大入川上流部、浜田川右岸側の崩壊が直接本川に流入しなかったことは、今回の山腹崩壊の大きな特徴である。

これに反し、浜田川最上流部の大崩壊が直接本川に流入し、これがきっかけとなって土石流が発生し、河床に堆積していた土砂を扇状地にはらんさせたこと、冠崎川中流部左岸側の崩壊が直接人家に流入したことも先述の地形的な条件を反映したものといえることができる。

5. 以上によって、浜田川、大入川、冠崎川の地形条件の特徴と各流域の崩壊や土砂流出現象との関連が明らかとなった。このことは、また防災計画をたてるうえに示唆を与えるものである。

おわりに現地調査にあたり種々御配慮頂いた広島県砂防課前課長進藤七郎氏ならびに砂防課の方々、呉土木出張所、呉市役所の方々に厚くお礼申し上げる。また研究と原稿のとりまとめの過程でご指導、ご協力頂いた国立防災科学技術センター丸山文行部長、水谷武司研究員、内田哲男研究員に深く感謝する。

#### 注および参考文献

- 1) 昭和42年度科学技術庁特別研究促進調整費による「7.9豪雨災害に関する特別研究」
- 2) 文部省・科学研究費・災害科学・中国地区班、呉市(1967);昭和42年7月豪雨による呉市の災害の調査速報, p. 69
- 3) 本報でいう崖錐はマサ化した風化花崗岩に似ているが、いわゆる地山そのものではないマサ状の堆積層である。4)の文献で紹介されたものとはほぼ同質のものである。そのなかでは、崖錐は洪積世時代のある時期の崩壊に由来すると推定されているが、そこで紹介されている崖錐を著者が観察したところでは、かならずしもそれほど古いものばかりではなく、より新しい時期に形成されたと思われるものも多かった。厳密に「崩土」「崩積土」等と区別することはむずかしい。

- 4) 安藤武・黒田和男・柴藤喜平・三浦清  
(1968)；島根県大原郡地方における崩壊と  
それに関連する花崗岩の風化機構について，防  
災科学技術総合研究報告，第14号，p. 47
- 5) 赤木祥彦(1961)；中国山地のペディメン  
ト，地理評，Vol. 34，No.2，pp. 56-67  
赤木祥彦(1962)；安芸山地のペディメン  
ト，地理評，Vol. 35，No.11，p. 40
- 6) ここでいう崖錐も3)と同じ内容を表現して  
いる。
- 7) 大石道夫・皆川真(1961)；砂防調査にお  
ける地形解析(第4報)——地形の侵食輪廻の数  
量的表現についての試案，昭和36年度砂防学  
会において講演
- 8) 大石道夫(1969)；砂防調査における地形  
解析について(第5報)，昭和44年度砂防学  
会において講演
- 9) Richard J. Chorley, Donald E. G.  
Malm and Henry A. Pogorzelski(1957)  
；A new standard for estimating  
drainage basin shape, A. J. S., Vol.  
255, pp. 138-141