

# 2003年福岡豪雨による太宰府市原川流域の土石流と 斜面崩壊の地形・地質的特性

# Geomorphologic and Geologic Characteristics of Landslides and debris flows induced by 2003 Heavy Rainfalls, at Drainage Basin of Hara River, Dazaifu City

黒木貴一<sup>1</sup>・磯望<sup>2</sup>・後藤健介<sup>2</sup>

Takahito KUROKI, Nozomi ISO and Kensuke GOTO

<sup>1</sup>福岡教育大学 教育学部社会科教育講座（〒811-4192 宗像市赤間文教町1-1）

<sup>2</sup> 西南学院大学 文学部 児童教育学科 (〒814-8511 福岡市早良区西新 6-2-92)

## 1. はじめに

2003年7月19日の豪雨により背振山地および三郡山地では多数の斜面崩壊とともに土石流も発生した。特に、太宰府市では4時から5時までの1時間に99mmの豪雨が降り、北部にある四王寺山脈で斜面崩壊が多発し家屋被害や人的被害を生じた(2003年福岡豪雨災害)。このとき7溪流で土石流が発生し、国分と三条の2地点で家屋が損壊し1名が死亡した。四王寺山脈は高度410m以下の低山であるが、南東側は傾斜25度以上の斜面の占める割合の大きい花崗岩山地で、しばしば斜面崩壊と土石流を生じてきた<sup>1)</sup>。1973年7月31日の豪雨でも、春日市で1時間に115mmの豪雨を観測した。太宰府市内の四王寺山脈では7溪流で土石流が発生し、2地点で家屋が損壊し13名が死亡している。筆者らは、甚大な被害の生じた三条地区の土石流災害地及びその崩壊源頭部の調

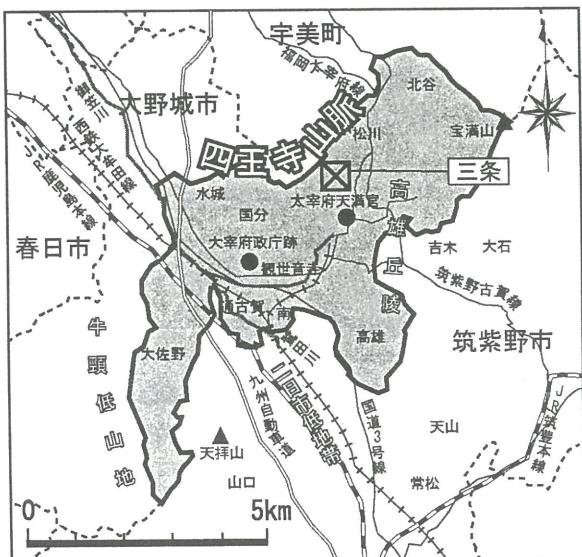


図1 研究対象地域

査を行い、山地斜面の不安定性について地形・地質学的検討を進めてきた(図1)。また、この地域で過去に生じた土石流の地点別発生回数を調べた。

本発表では、崩壊起源となる源頭部の地形・地質的特性と人的被害などを出した土石流について流域を単位としてまとめ報告する。またこの地区の土石流の再来周期についての検討結果も報告する。

## 2. 研究方法

### (1) 研究対象地域

三条地区(太宰府市三条一丁目)は、太宰府市原川の土石流扇状地に雛段状に造成された水田と宅地の混在する地区である。三条地区は2003年と1973年の2回とも土石流で被災しており、30年間という短期間で同様規模の土石流災害が再来した事例として注目される。本研究ではこの三条地区を含む原川流域を研究対象地域として、土石流災害の特性と土石流発生源となった崩壊地の特性について明らかにし、さらにその結果を1973年の土石流と比較する。

## (2) 崩壞地調査

- a) **遷急線判読**:朝日航洋株式会社撮影航空写真画像データを用いて遷急線を判読した。
  - b) **岩盤調査**:原川河床及び崩壊地に露頭する花崗岩の走向・傾斜を計測した。
  - c) **根曲り計測**:空中写真で位置が特定できる尾根筋の屈曲点、大きな傾斜変換点、崩壊地の特徴的な場所にある樹木を基準樹木としビニールテープを巻いた。基準樹木同士を結ぶ直線を基本測線とし、約3m間隔で根曲り度(cm)を計測し根曲り方向を認定した。計測した樹木は主に杉と檜である。根曲り度は、傾斜方向に直交する向きから見た胸高における幹の中心線の延長と根元の中

心点との間の鉛直距離<sup>2)</sup>で、それを5cm刻みに計測した。根曲り方向は根曲りの最大屈曲方向であり、それを認定した。

d) 地形調査：基準樹木を位置の目安とし、踏査により頂稜、深い凹型斜面、浅い凹型斜面、平坦地、崩壊地、急崖、遷急線、露岩を区分した。

e) 土層調査：土木研究所地質チームで開発された土層強度検査棒(通称：土検棒<sup>3)</sup>)で基準樹木による基本測線上を3m間隔で土層厚を計測した。これは先端角60度、コーン直径15mm、ロッド直径10mmのもので、50cm長のロッドを継ぎ足しながら深さ方向の土層構造を調べる機材である。軽量で人力での貫入力に優れるために急傾斜地での調査に有利なため使用した。本調査では先端コーンの貫入停止位置までの貫入長で土層厚を示す。

### (3) 土石流調査

a) 2003年土石流：土石流堆積地を踏査し、土石流の流下経路や構成礫を観察するとともに損壊家屋の特徴を読み取った。また空中写真や太宰府市資料から土石流経路と土石流堆積地を認定した。

b) 1973年土石流：太宰府市資料から土石流堆積物の構成礫の特徴を観察し、また土石流堆積地を認定した。さらに空中写真(1973年10月30日林野庁撮影)から土石流経路を認定した。

c) 比較：1973年および2003年に生じた2つの土石流の経路と土石流堆積地の広がり方等を比較検討し、両者の相違点を検討した。

d) 検討：土石流災害の特性と土石流発生源となった崩壊地の特性についてまとめ、崩壊地点の分布特性や土石流の再来周期などについて検討した。

### 3. 崩壊地分布と岩盤特性との大局的な関係

図2は原川上流域の遷急線と2003年土石流の崩壊地および土石流堆積地の分布を示す。個々の遷急線は円弧状を示す。それらは度重なる崩壊跡が集合した凹地形(谷壁)と凸地形(頂稜)との境界線に相当する<sup>4)</sup>。2003年の斜面崩壊は、それぞれこの遷急線以下の谷壁(以後、谷壁凹地と称す)内に生じた。

図3は計測した節理のステレオ投影である。主に節理系はNE-SW～NW-SE走向の南向き緩傾斜の節理①、N-S走向のほぼ垂直な節理②、ENE-WSW走向の北向き急傾斜の節理③に区分できる。節理②が節理全体のほぼ半数を占め、残りを節理①と③が等分している。谷方向と調和的な節理②は節理間隔が小さく、また劣化していることが多い。節理①は河床面を形成し、節理③は谷に直交する切り立った断崖を形成することが多く、ともに新鮮である。一方、各谷壁凹地は原川の左岸に多い長軸がN-S方向のものと右岸に多いE-W方向のものに二大別でき

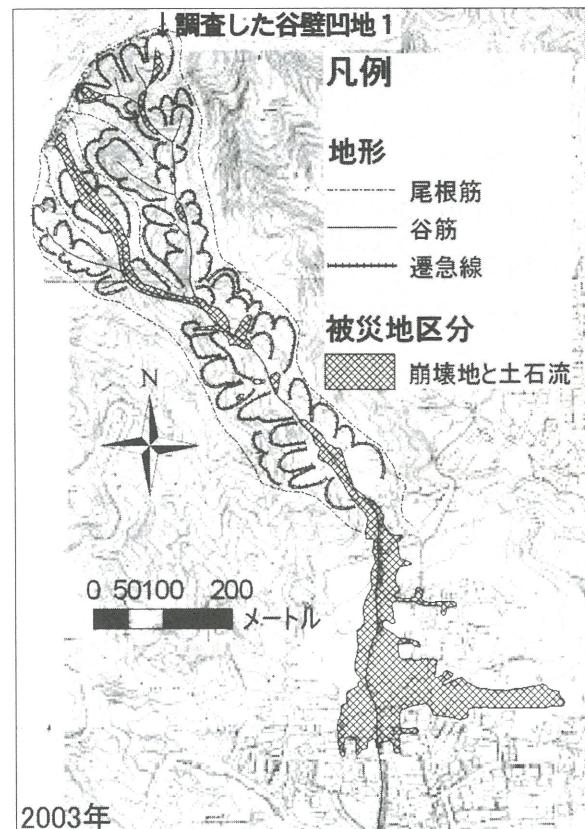


図2 遷急線と2003年土石流浸食堆積地域

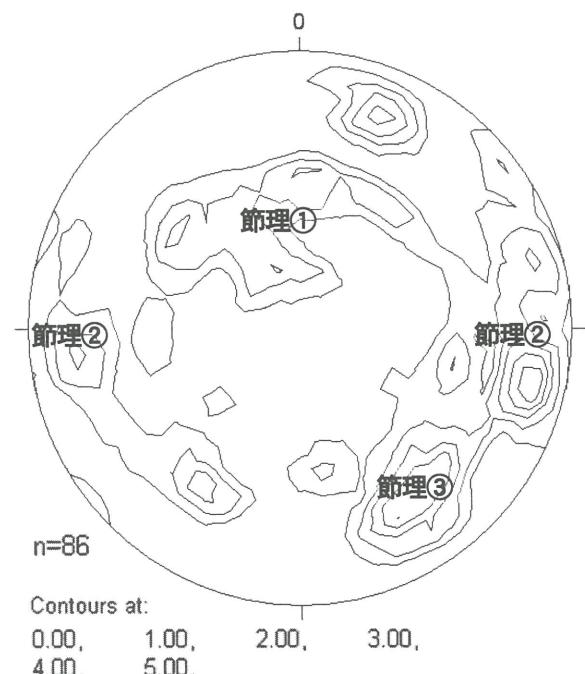


図3 節理のステレオ投影

る。このため谷壁凹地の長軸は、前者は節理①や③に後者は節理②に影響を受けていることが伺われる。

### 4. 谷頭部の詳細調査結果

#### (1) 地形状況

図4は2003年の崩壊地がある谷壁凹地1(図2)の地形

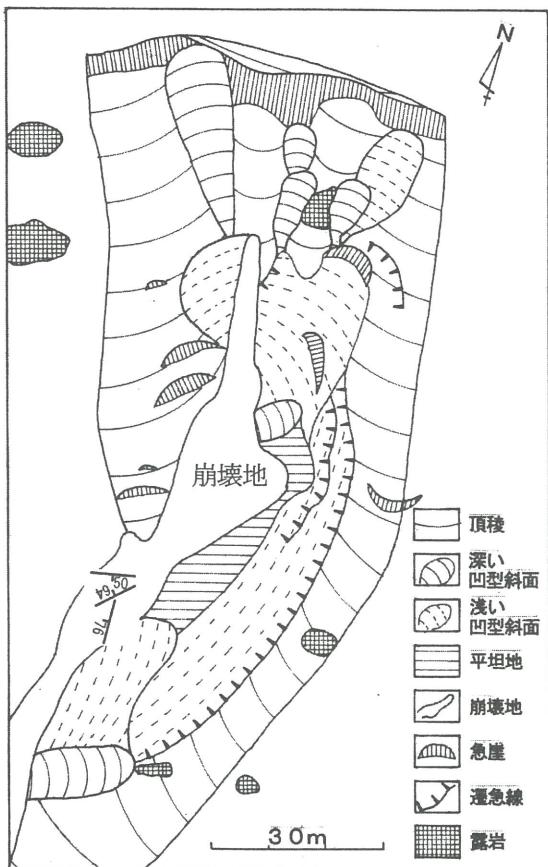


図4 谷壁凹地1の地形区分

区分図である。谷壁凹地1の東西南北端は頂稜である。北端には比高5m程度の急崖があり、大野城(史跡)の城壁をなしている。東側斜面では、深い凹型斜面と浅い凹型斜面が西側に比べて多い。また崩壊地に近い谷底部には平坦地が区分できる。西側斜面にはNE-SW走向の急崖が多い。一方、東側斜面には浅い凹型斜面の外周にN-S走向の急崖や遷急線が多い。所々に基盤岩が露出する。2003年の崩壊地は長軸がN-S方向である。

崩壊地は凹型斜面と平坦地に接することが多いため、今回の崩壊は主に浅い凹型斜面と平坦地に発生したと推定される。また急崖や遷急線の延長方向が節理①～③と調和的なものが多い。そのため谷壁凹地1では基盤岩の節理に規制された崩壊が生じたこと、またそのような崩壊準備ができつつあることが考えられる。

## (2) 表層クリープと根曲り度

図5は谷壁凹地1の樹木に見られる根曲り度の分布である。根曲り度は表層のクリープを示す指標である。場所によって樹木の根曲り度が著しく異なっている。谷壁凹地1を、崩壊地を境に東側と西側に、東西それぞれを、崩壊地中心を境に北側と南側に分けて考える。根曲り度は東側の北側で極めて大きく、最大で75cmある。西側は東側ほどではないが、その南半部で根曲り度が大きい。東側の根曲り度の大きい範囲は浅い凹型斜面に一致しており、根曲り度の大きい範囲と小さい範囲の急変化線が

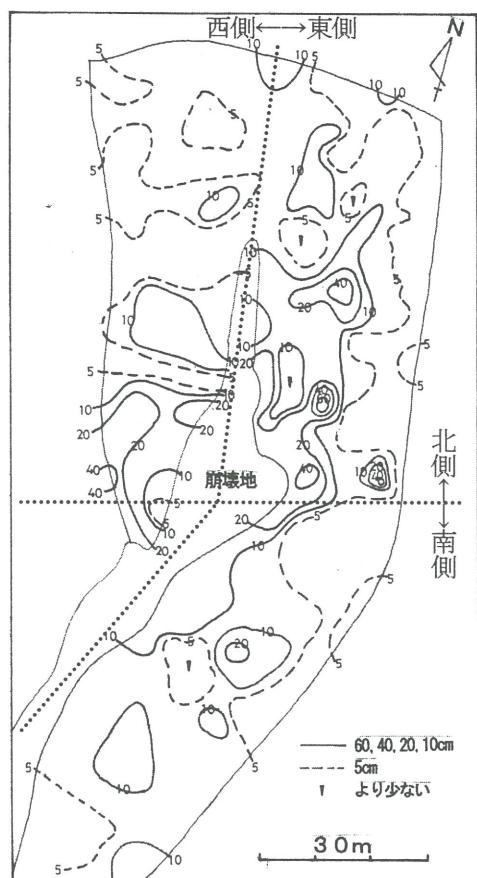


図5 谷壁凹地1の根曲り度

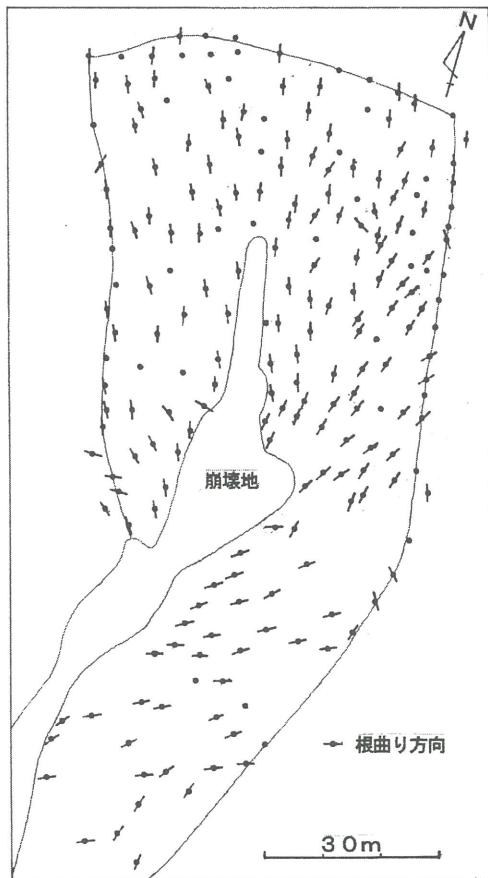


図6 谷壁凹地1の根曲り方向

遷急線に一致する。したがって、浅い凹型斜面の形成には表層のクリープが大きく関与していることが考えられる。西側の根曲りの大きい範囲には、急崖が多いため、頂稜ではあっても節理③による階段状になるような地すべり状の表層の動きが想定できる。図6は谷壁凹地1の樹木に見られる根曲り方向の分布である。根曲り方向は表層のクリープ方向を示す指標である。東側の北側の根曲りはSSW方向で、西側の根曲りはSSE方向で、全体としては主にS方向である。しかし東側の南側ではSW方向である。これらクリープの方向から考えて、浅い凹型斜面だけではなく平坦地形とクリープは密接に関連しているものと思われる。また東側の北側の根曲り方向は露岩の周囲で一部乱れているが、これは露出する基盤岩により表層のクリープが影響を受けていることが原因と思われる。

まとめると谷壁凹地1では、崩壊土砂となる表層の物質は、主にS～SW方向に移動している。その移動によって谷底部には平坦地が形成されその背後には浅い凹型斜面が形成されてきた。そして、今回の斜面崩壊はこの両地形の構成物質が中心となって発生したと推定される。

### (3) 土層の分布

谷壁凹地1の崩壊地の地質は、上位よりマサが多く含まれる黒土、マサ主体のゆるいローム質砂層、粘着性のあるローム主体の砂質ローム層、花崗岩の角礫層あるいは風化マサ、基盤(花崗岩)である。斜面崩壊は谷底部の崩壊地頭部Aと東側部Bから生じている(図7)。崩壊地の崩壊底に露出する地質は、A付近では角礫層と風化マサが目立ち、Bに近づくと次第に砂質ローム層が多くなる。一方Bでは、角礫層に近い砂質ローム層内に生じた不連続面より上位の土層が原形をとどめたまま移動し崩壊地内にとどまっていた。まさにそこが平坦地断面のBの崩壊壁ではローム質砂層と砂質ローム層が極めて厚く両者あわせると2m以上ある。土石流の起源となった源頭部の崩壊物質は、浅い凹型斜面と平坦地にクリープによって蓄積された黒土、ローム質砂層、砂質ローム層である。以上より谷壁凹地1では角礫層やマサよりも上位の土層が浸透水により不安定化し崩壊したと考えられる。

図7は土層厚分布である。別途実施した土壤貫入試験結果から、土検棒の貫入限界は礫層あるいは風化マサ直上にある。全体的に見ると、土層は谷壁凹地1の流域界となる頂稜では比較的薄くそれ以外では厚い。また北側では土層が厚く南側では薄いともいえる。最大の土層厚は3mある。特に、浅い凹型斜面と平坦地の位置で厚い。頂稜と地形区分された場所でも、崩壊地のすぐ北側では土層が厚い。深い凹型斜面の位置では土層が薄い。

図7では、東側に等層厚線が細長く延びる複数の帯状構造が見える。まずNE-SW方向の①と②の場所には、

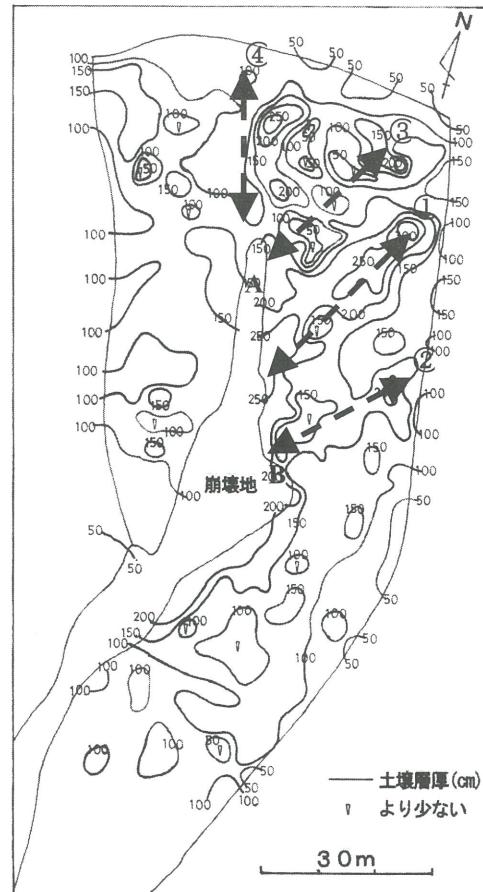


図7 谷壁凹地1の土層厚分布

埋没した谷があり、そこに多くの土層が蓄積され、まだ崩壊には至っていないものと思われる。また土層の厚い場所と薄い場所が交互に連なる場所③では、土層の厚い場所が浅い凹型斜面と頂稜にあたり、薄い場所は深い凹型斜面にあたる。これは、周囲に比べて土層の薄い場所④が深い凹型斜面であることとも調和的である。したがって③の構造は、埋没するNE-SW方向の谷に蓄積された土層が近い過去に崩壊し、その場所にその後土層が不均一に蓄積されつつあるための帶状構造であると考えられる。なお、①、②、③、④の方向性はそれぞれ、節理②および節理③の方向性と調和的である。なお、西側斜面および東側の南側には局所的に土層の厚い場所はあるが、それらが連続するように見えない。

## 5. 土石流堆積地の詳細比較調査結果

### (1) 土石流発生域の崩壊地と渓床

図8は、1973年土石流の崩壊地および土石流による堆積地の分布を示す。1973年土石流発生源の崩壊地と、図2の2003年土石流発生源の崩壊地の位置は、ほぼ異なることが判明した。また、原川の最上流部には、1973年でも2003年でも全く崩壊しなかった渓流もある。

最上流部を除くと、1973年と2003年の土石流通過域は重なる。1973年土石流は巨礫を大量に堆積させたが

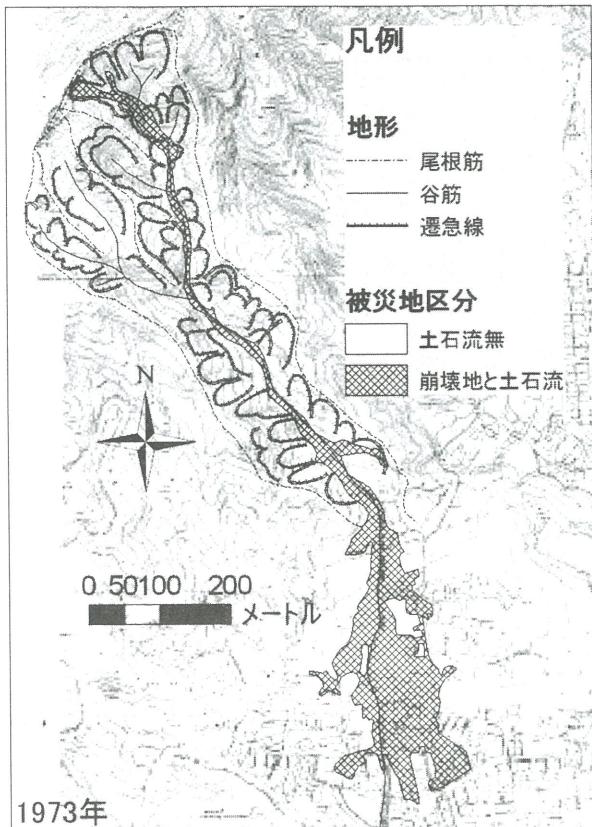


図8 1973年土石流浸食堆積地域

2003年土石流は泥流的性格が強く、砂防ダム中の堆積物中にも花崗岩の巨礫をあまり含まないと報告されている<sup>5)</sup>(写真1参照)。

## (2) 土石流堆積域の特徴

写真1は三条一丁目地区のほぼ同一地点の被災状況を比較している。1973年土石流の堆積物では巨礫が多く含まれ(a), 末端でロープ状に分岐して多数の死傷者を生じた(図8)。2003年土石流堆積物は巨礫が少量であるが大量の泥土と樹木を含み(b), 末端は著しく側方に分岐して被害区域を広げたが, 人的被害は軽減した(図2)。

被害区域の分布は1973年と2003年はよく類似しているが, 堆積物の礫径の差異や堆積域の多少の差異は, 溪床堆積物の堆積期間, 土石流に含まれた水の量, 砂防堰堤の有無, などの差違によって生じたものと考えられる。

写真2に1973年および2003年の土石流氾濫堆積区域の斜めおよび垂直空中写真を示した。2003年には三条一丁目地区の土石流扇状地部分の宅地化が進行しており, 被災戸数の増加に繋がったことがわかる。

## (3) 土石流発生確率と再来周期の検討

太宰府市域の四王寺山脈から発生した土石流被害について, 1950年前後から1999年までについて福岡県那珂土木事務所ほか(2000)<sup>6)</sup>によって明らかにされている。この資料および2003年の土石流調査から, 1950年から現在までの53年間の土石流被災渓流の位置と渓流別発生回数を特定した。その一部は磯ほか(2004)で暫定値を報



(a) 1973年 (太宰府市所蔵)



(b) 2003年

写真1 三条地区の被災跡地写真 (その1)

告したが, その後発生位置などを詳細に検討した結果, 渓口まで達した土石流の発生回数は, 延べ20渓流であることがわかった。

この地域の渓流数は60渓流である。従って1渓流あたりの平均土石流発生確率は, この53年間で0.33となる。土石流回数別渓流数の分布は, ポアソン分布に近似しているが, ポアソン分布からは発生回数1回の渓流は少なめ, 発生回数2回以上の渓流は多めの値を示す(表1)。

表1 土石流発生回数別渓流数分布

土石流回数	渓流数(観察数)	渓流数(計算値)
0回	46渓流	43.1渓流
1回	9渓流	14.2渓流
2回	4渓流	2.35渓流
3回以上	1渓流	0.28渓流

1渓流1年間あたり平均土石流発生確率は, 0.0063であり, 各渓流は159年の再来周期で土石流を生じたことになる。この値は, 磯ほか(1980)<sup>7)</sup>が同様手法で解析した岐阜県高原川流域における土石流再来周期の約半分であり, 本州中部より発生頻度が高いことが明らかになった。なお, 土石流発生にエルゴード性があるかどうかは判然としないが, 発生事例はこの取扱でかなりよく適合した。



(a) 1973 年 (太宰府市所蔵)



(b) 2003 年 (朝日航洋撮影)

写真 2 三条地区の被災跡地写真 (その 2)

## 6. おわりに

太宰府市原川上流域の崩壊地を調査した結果以下の 3 点が明らかとなった。

- 1) 2003 年の斜面崩壊は角礫層やマサよりも上位で、浅い凹型斜面と平坦地を構成する土層が浸透水により不安定化し崩壊し、河床の堆積物を巻き込み土石流化した。
  - 2) 浅い凹型斜面では土層のクリープ度が大きく、浅い凹型斜面の背後にある遷急線はクリープ度の急変線である。これらの状況とクリープ方向から、斜面崩壊起源の平坦地と浅い凹型斜面の形成に、クリープが密接に関係している。
  - 3) 谷壁凹地の形態、谷壁凹地内の地形配列、クリープから推定される浅い凹型斜面と平坦地の形成過程、土層の蓄積量分布から考えて、基盤岩の節理は斜面崩壊に関わる地形形成プロセスに強く影響を与えていている。
- 三条地区の土石流被災地を調査した結果、以下の 5 点が明らかとなった。
- 1) 同一被災地点の写真を比較すると、1973 年土石流堆積物には巨礫の含有比率が大きく、2003 年は、巨礫をほとんど含まず、マトリックスとなる水や泥土の比率が大きく、泥流的性格が強い。
  - 2) 1973 年土石流は末端で数本のロープ状に分岐しているが、2003 年土石流は、最大傾斜方向に流下したほか、雛壇状に東西に造成された道路や水田に沿ってほぼ水平な西方向に直角に分流し、土石流被害想定のされていない地区まで泥土が流入した。
  - 3) 土石流の発生源となった崩壊地は、1973 年は原川東側の源流部にあり、その崩壊と土砂移動によって下流の溪床堆積物が一挙に流动化して下流に運搬されている。2003 年土石流の源流部は、原川西側の崩壊地で生じ、溪床堆積物も上流区間では侵食されているが、1973 年土石流の通過区間では顕著な侵食は認められない。
  - 4) 原川上流域には 1973 年災でも 2003 年災でも崩壊して

いない渓流が残されており、次の土石流は、これらの渓流が崩壊源となる可能性が高い。

- 5) 土石流の再来周期を求めるに 159 年であり、渓流別発生数はほぼポアソン分布に従う結果となったが特定渓流で発生頻度が大きくなる傾向が認められた。

**謝辞：**本調査に際しては、赤木祥彦氏（福教大元教授）および太宰府市に災害関連資料を提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 磯望ほか(2004)：太宰府市四王寺山脈南東斜面における土石流災害. 西南学院大学教育・福祉論集, 第 3 卷, 第 2 号, 23-37.
- 2) 河上真一(1976)：根曲がりに関する地理学的考察. 地理学報告, 45 号, 124-131.
- 3) 佐々木靖人ほか(2002)：斜面の土層深とせん断強度の簡易試験法の開発. 日本応用地質学会平成 14 年度研究発表会講演論文集, 359-362.
- 4) 田村俊和(1996)：微地形分類と地形発達-谷頭部斜面を中心-, 恩田裕一ほか編：水文地形学-山地の水循環と地形変化の相互作用-, 古今書院, pp.177-189.
- 5) 日本応用地質学会九州支部土砂災害ワーキンググループ太宰府班(2003)：太宰府市三条地区の崩壊・土石流, 応地学会九州支部 2003 土砂災害シンポジウム論文集, 36-37.
- 6) 福岡県那珂土木事務所ほか (2000)：土石流危険渓流カルテ作成委託報告書 (太宰府市).
- 7) 磯望ほか(1980)：岐阜県高原川流域における土石流による岩屑供給と沖積錐の成長速度, 地理学評論, 第 53 卷, 699-720.

(2004. 6. 18 受付)