

2.3 水俣市宝川内地区集川および太宰府市市原で発生した土石流 の実態

次ページ以降に掲載した下記論文については、所定の規定に従い（社）砂防学会による
転載許可を得ています。

『2003年7月の梅雨前線豪雨によって発生した九州地方の土石流災害（速報）』
砂防学会誌 Vol.56 No.3, p36~43, 2003

水俣市宝川内地区集川及び太宰府市原川で発生した土石流災害の実態

水野秀明

国土交通省
国土技術政策総合研究所
危機管理技術研究センター
砂防研究室

今日の話

- 水俣市宝川内地区集川で発生した土石流の土砂量と速度
- 太宰府市原川で発生した土石流の土砂量と速度
- まとめ

水俣市宝川内地区集川で発生した土石流の土砂量

土石流発生域(原堆地) 土石流流下域 土石流堆積域

①侵食量 42,700m ³	②増積量 12,200m ³	③流出量 30,500m ³	④侵食量 61,600m ³	⑤増積量 2,500m ³	⑥流出量 89,600m ³	⑦侵食量 0m ³	⑧増積量 76,500m ³	⑨流出量 13,100m ³
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------------	------------------------------

※①侵食量は崩壊により発生した土砂量のこと。
③=①-②
⑥=④-⑤
⑨=⑧-⑦

土砂収支 宝川内川へ流出

水俣市宝川内地区集川で発生した土石流の特徴と流速

流速の推定
土石流が通過した痕跡から流速を推定する。

推定式 $U = \sqrt{\frac{\Delta h g \cdot R_c}{\alpha B_s}}$
 U : 流速[m/s] Δh : 落差[m] R_c : 曲率半径[m] B_s : 痕跡の流下幅[m]
 α : 重力加速度 (9.8[m/s²])
 R_c : 曲率半径[m] B_s : 痕跡の流下幅[m]

流速の推定値 ⇒ 9~15m/s

流れの特徴
1) 2種類の流れ
- 流木の堆積状況
- 流れ①
- 流れ②
2) 泥流部と石礫部
- 林道の破壊状況
- 流れ① ⇒ 泥流部
- 流れ② ⇒ 石礫部

拡大写真

太宰府市原川で発生した土石流の土砂量

土石流発生域(原堆地) 土石流流下域 土石流堆積域

①侵食量 15,000m ³	②流出量 15,000m ³	③侵食量 0m ³	④増積量 3,000m ³	⑤流出量 12,000m ³	⑥侵食量 0m ³	⑦増積量 12,000m ³
------------------------------	------------------------------	-------------------------	-----------------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------------

※①侵食量は崩壊等により発生した土砂量のこと。
②=①
⑤=④-③

太宰府市原川で発生した土石流の流速

断面	曲率半径 r_c [m]	川幅 b [m]	水位差		
			痕跡高さ 左岸[m]	右岸[m]	Δh [m]
No.1	37.5	20.0	12.3	1.2	11.1
No.2	91.3	18.0	4.7	8.2	3.5

流速の推定値 ⇒ 13~15m/s
 $\alpha=1$ とした場合

まとめ

- 水俣市宝川内地区集川で発生した土石流によって89,600m³の土砂が堆積域(住宅地)にまで流出した。
- 水俣市宝川内地区集川で発生した土石流の流速は9~15m/sと推定できた。
- 太宰府市原川で発生した土石流によって12,000m³の土砂が堆積域(住宅地)にまで流出した。
- 太宰府市原川で発生した土石流の流速は13~15m/sと推定できた。

2003年7月の梅雨前線豪雨によって発生した 九州地方の土石流災害（速報）

The debris flow disasters caused by localized rainfall of seasonal rain front
in Kyusyu region in July, 2003 (prompt report)

水野 秀明*¹
Hideaki MIZUNO

原 槇 利 幸*¹
Toshiyuki HARAMAKI

杉 浦 信 男*¹
Nobuo SUGIURA

曾我部 匡敏*¹
Masatoshi SOKABE

小山内 信智*²
Nobutomo OSANAI

寺 田 秀 樹*¹
Hideki TERADA

桜 井 亘*²
Wataru SAKURAI

武 澤 永 純*²
Nagazumi TAKEZAWA

内 田 太 郎*¹
Taro UCHIDA

西 本 晴 男*²
Haruo NISHIMOTO

土 井 康 弘*²
Yasuhiro DOI

Abstract

Debris flows occurred in Kyushu region due to localized rainfall which was caused by a seasonal rain front from 18th to 20th July, 2003, causing 20 dead person, 7 injured person and 63 damaged houses. Authors made investigations at Hougawachi-Atsumari district, Minamata city, Kumamoto Pref. and Sanjyou 1-choume, Dazaifu city, Fukuoka Pref., where were damaged by debris flows. In both cases, the debris flows were initiated by landslides. In order to estimate the volume of sediment discharge and velocity, authors surveyed geometry in both site. The volume of sediment discharge plunging into the village of Hougawachi-Atsumari district was estimated from about 98,000 m³ to 107,000 m³, and the velocity of debris flow was estimated from about 2.9 m/s to 23.5 m/s. The volume of debris flow plunging into the village of Sanjyou 1 choume district was estimated about 12,000 m³. And the velocity of debris flow was estimated from about 4.2 m/s to 14.3 m/s.

Key words : seasonal rain front, debris flow, hillside failure

はじめに

平成 15 年 7 月 18 日から 20 日にかけて、活発な梅雨前線の活動により、福岡県から熊本県、鹿児島県に及ぶ九州の広い範囲が豪雨に見舞われた。この豪雨により、7 月 19 日には福岡県太宰府市で、7 月 20 日には熊本県水俣市で死傷者を伴う大規模な土石流災害が相次いで発生した。福岡県太宰府市三条一丁目地区（図-1）で発生した土石流では、死者 1 名、住宅の全半壊 20 戸、また熊本県水俣市宝川内（ほうがわち）集（あつまり）地区（図-2）で発生した土石流は、死者 15 名、家屋の全半壊 15 戸という甚大な被害をもたらした（被害家屋数は国土交通省砂防部調べ）。

国土技術政策総合研究所砂防研究室および独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループは、災害発生後、7 月 21 日から 7 月 25 日にかけて、福岡県太宰府市、熊本

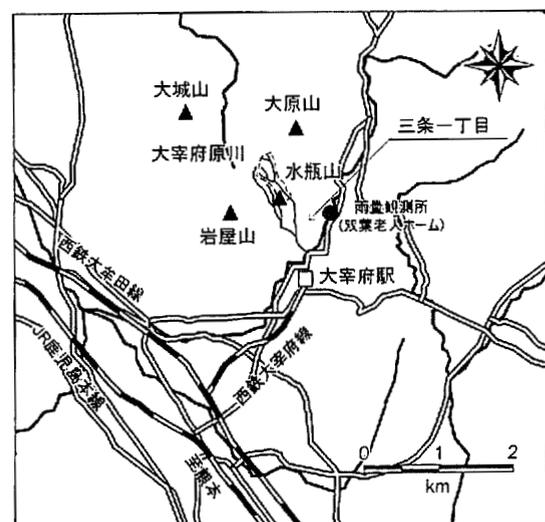


図-1 福岡県太宰府市原川位置図

Fig.1 Location map of Harakawa, Dazaifu city, Fukuoka pref.

*1 国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室 Erosion and Sediment Control Division, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport *2 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ Public Works Research Institute Erosion and Sediment Control Research Group (w-sakura@pwri.go.jp)

県水俣市で発生した土石流について、緊急調査を行い被害実態の把握と警戒避難体制整備等の緊急対策の指導支援等を行うとともに、土石流の発生・流下・堆積特性を把握し、今後の土石流対策の基礎資料とするため、被災地の現地調査を実施した。以下にその概要を記す。なお、本文中、土石流の規模に関する数値は、地形図の判読や巻き尺、クリノメータを使用した簡易測量により求めた結果であり、今後の精査により数値は変わる可能性がある。

1. 熊本県水俣市宝川内集地区の土石流災害

1.1 流域の概要

土石流は、熊本県水俣市宝川内集地区において水俣川支流の宝川内川に合流する流域面積 1.14 km² の集川（土石流危険溪流）で発生した（図-3）。

集川流域の地質は、表層地質図⁴⁾によると、安山岩が広く分布している。現地では、崩壊地末端から溪床部にかけて凝灰角礫岩、砂岩が分布しているのが見られたこ

とから、これらの堆積岩を基岩として、その上部を安山岩が広く覆う地質構造であると推測される。

地形上の特徴としては、1/25,000 地形図の判読によると、源流域は矢城山を山頂（標高 586 m）として、標高 400 m 付近までは起伏が比較的少ない平坦な地形が形成されるが、標高 300 m~400 m 付近は勾配 30° 以上の急斜面となり、所々、急崖を伴う。それより下部は 20°~30° 程度と比較的緩斜面となる（図-3）。これは、上部の安山岩が下部の凝灰角礫岩等を覆うキャップロック構造に由来するためと考えられる。そのため、集川の勾配も、このような地形を反映し、標高 300~400 m 付

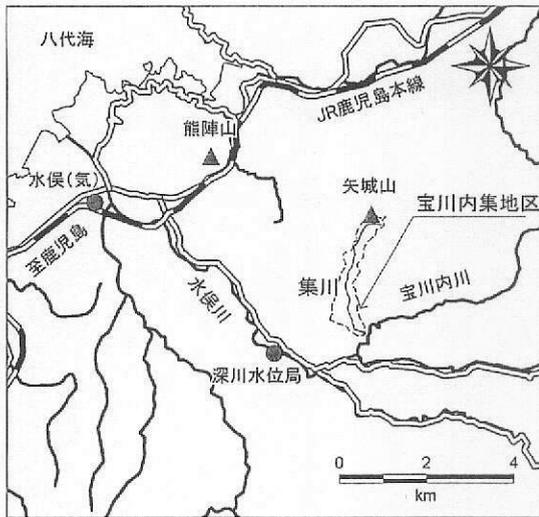


図-2 熊本県水俣市集川位置図

Fig. 2 Location map of Atsumarigawa, Minamata city, Kumamoto pref.

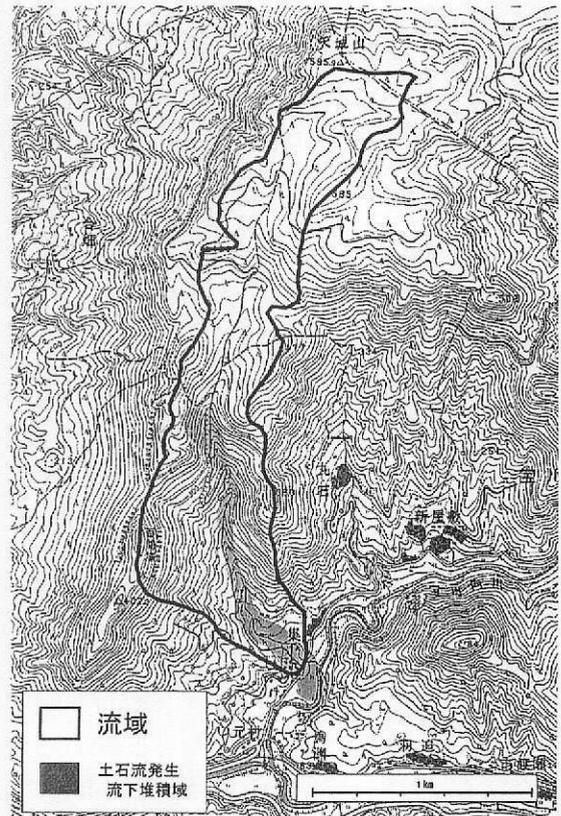


図-3 集川流域の概要（国土地理院数値地図 1/25,000 を使用）

Fig. 3 Topographic map of Atsumarigawa river basin

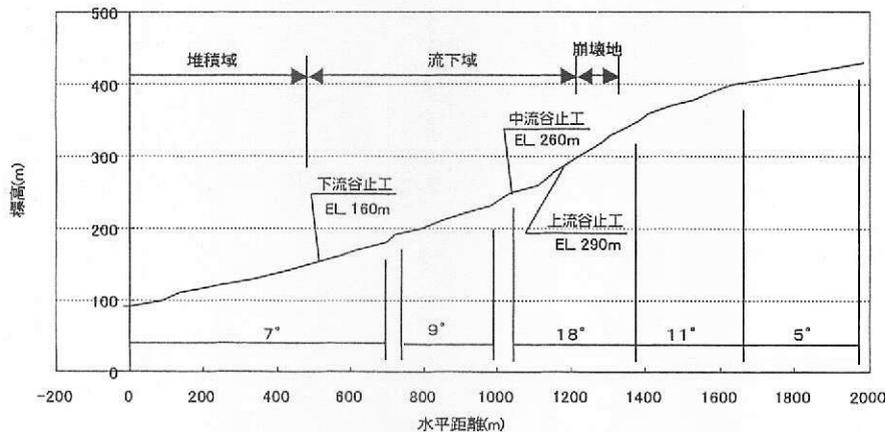


図-4 集川縦断面

Fig. 4 Longitudinal profile of Atsumarigawa river

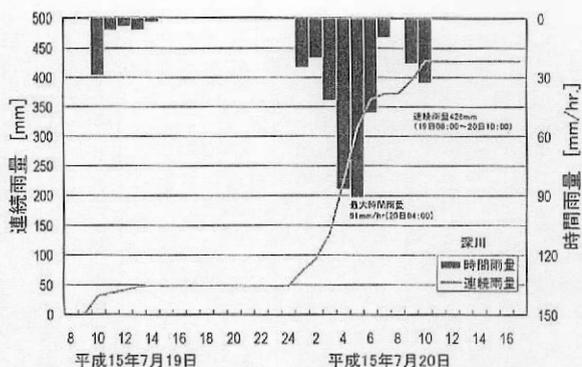


図-5 降雨の状況

Fig. 5 Precipitation at Fukagawa sta., Minamata city, Kumamoto pref. (July 19 8:00-July 20 16:00, 2003)



写真-2 崩壊地と尾根部の状況 (2003年7月21日撮影)
Photo 2 Landslide scar, 21. July. 2003

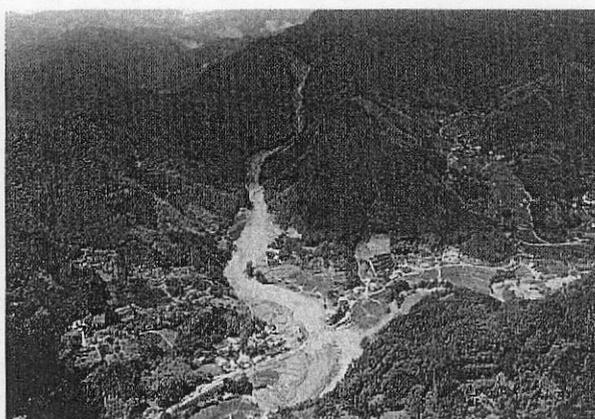


写真-1 土石流発生・流下・堆積域の全景 (2003年7月21日撮影)

Photo 1 Overview of debris flow hazard, 21. July. 2003



写真-3 崩壊地末端にスラブ状に露出している凝灰角礫岩と思われる基岩 (2003年7月24日撮影)

Photo 3 Exposed tuff-braccia at the lower end of landslide scar, 24. July. 2003

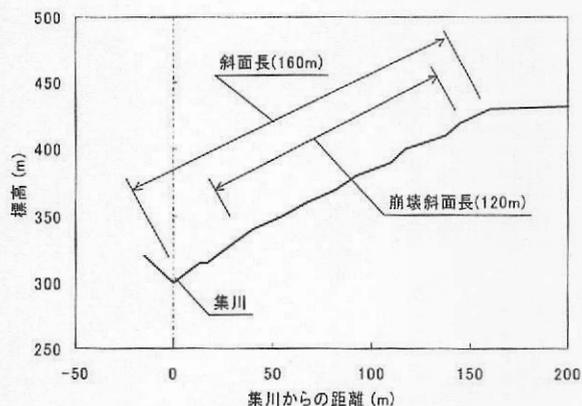


図-6 崩壊地縦断面図

Fig. 6 Longitudinal profile of the collapsed slope

近で大きく変わり、上流部は5°程度と比較的緩勾配であるが、中部は最大20°近い急勾配である(図-4)。また、崩壊地周辺の植生は、樹高15m程度のスギの造林地が大半を占めている。

1.2 降雨の状況

7月19日から20日にかけて、梅雨前線が朝鮮半島から南下し、熊本県には南西から暖かい湿った空気が流れ込み、大気の状態は非常に不安定となっていた。そのた

め、土石流が発生した宝川内地区から1km程度と最も近い雨量観測所(深川水位局:熊本県所管)では、土石流が発生した時間帯に当たる4時から5時の1時間には91mm/hの猛烈な豪雨を観測し、19日8時から20日10時までの連続雨量は428mm、また、20日の日雨量は379mmに達した(図-5)。

1.3 土石流の発生・流下・堆積の状況

土石流は、宝川内集地区背後の矢城山(標高586m)から南に延びる尾根の標高410m付近で発生した大規模な山腹崩壊の崩土が土石流化し、約1.5kmを流下し、集地区で氾濫したものである(写真-1)。土石流の発生日時は、新聞報道などから、降雨ピークである平成15年7月20日の午前4時18分~4時35分までの間と推測される。

1.3.1 崩壊地の状況

(1) 地質構造

崩壊地の頂部は、矢城山から延びる尾根の遷急線付近に位置し、滑落崖頂部の尾根は平坦面を形成している(写真-2)。崩壊地末端から溪床にかけて、広い範囲で風化が進んだ凝灰角礫岩が露出しており(写真-3)、崩壊地



写真-4 上流谷止工～中流谷止工間における河床の基岩の露出状況（2003年7月24日撮影）

Photo 4 Exposed bedrock at stream bed between upper and middle check dam, 24. July, 2003

中部～上部にかけては風化した安山岩が見られることから、崩壊地一帯は、凝灰角礫岩が基岩を構成し、その上部を風化安山岩が広く覆う地質構造であると考えられる。安山岩は、風化が進み、鉛直方向（約90°）の節理が発達している。また、凝灰角礫岩は、風化が進み一部では粘土化しているため、難透水層を形成していると考えられ、現地調査（7月24日）の際にも、上部の崩壊残土と基岩の間には複数の湧水箇所が認められ、合計で20ℓ/min程度の湧水が確認された。しかし、滑落崖には湧水やパイプ孔の存在は確認されなかった。

地形図判読結果から、崩壊地は集川が緩勾配区間から急勾配の溪谷区間への変換点に当たることから（図-4）、崩壊地は安山岩の侵食前線に位置すると考えられる。

(2) 崩壊地の規模

崩壊地の縦横断測量の結果、崩壊地は、溪床から160m程度の斜面のうち、遷急線から10m程度下方を上端、溪床から30m程度上部を下端とし、崩壊斜面長は約120m（図-6）、崩壊幅は平均70m程度である。崩壊深は、崩壊地右岸側が深くなっており、左右岸を平均すると10m程度と推測される。

崩壊土砂量は、縦横断測量結果を用いて平均断面法で求めた結果、9.2万m³～9.6万m³程度と推測される。

崩壊残土の堆積深は、崩壊地末端の基岩の分布や、堆積形状から概ね2～3m程度と推測され、平均断面法を用いて残土量を推測すると、2.4万m³～2.8万m³程度と推測される。そのため、崩壊地から下流へは6.8万m³程度の土砂が流出したと推測される。



写真-5 偏流と溪岸侵食の状況（2003年7月24日撮影）

Photo 5 Super-elevated flow and stream bank erosion, 24. July, 2003

(3) 崩壊発生機構の考察

崩壊の発生については、次のように考えられる。崩壊地は、(2)で述べたように安山岩の侵食前線と考えられること、基岩が凝灰角礫岩の流れ盤と考えられること、上部の安山岩の風化が著しいことなどから、元々不安定な地質構造であったと考えられる。また、安山岩にはほぼ鉛直方向に顕著な節理が発達しているため、降雨が浸透しやすい地質構造であったと考えられる。そのため、日雨量379mm（7月20日）、最大時間雨量91mm/hという豪雨により、大量の降雨が凝灰角礫岩より上部の安山岩を主体とする土塊に供給されて土塊重量が増加し、土塊が一層不安定になったこと、また凝灰角礫岩からなる難透水層上に大量の降雨水が供給されたことから、上部の安山岩が崩壊したと推測される。

また、調査当日には、崩壊地直下の溪床、溪岸には、背水域の痕跡等、天然ダムが形成された形跡は確認できなかった。

1.3.2 流下・堆積域の状況

(1) 流下域の状況

図-7は土石流の流下・堆積域の概況図である。現地調査の結果、上流谷止工から上流約100m程度の区間では、基岩が露出していた。上流谷止工から下流谷止工の上流約40mの地点までの区間では、基岩の露出（写真-4）や湾曲部での偏流（写真-5）、溪岸の侵食痕跡が見られた。下流谷止工からその上流約40mの地点までは、谷止工の堆砂域と思われる土砂の堆積が見られた。下流谷止工から下流約60mの地点までは、基岩が露出していた。また、この区間における溪岸の侵食深は0.5m～1m程度と推定された。これらのことから、上流谷止工から下流谷止工までの溪床に堆積していた土砂はほぼ全てと、溪岸の侵食された土砂が流出したと推測される。なお、地形図から、上流谷止工（標高290m）と下流谷止工（標高160m）間の勾配は12°程度となる。

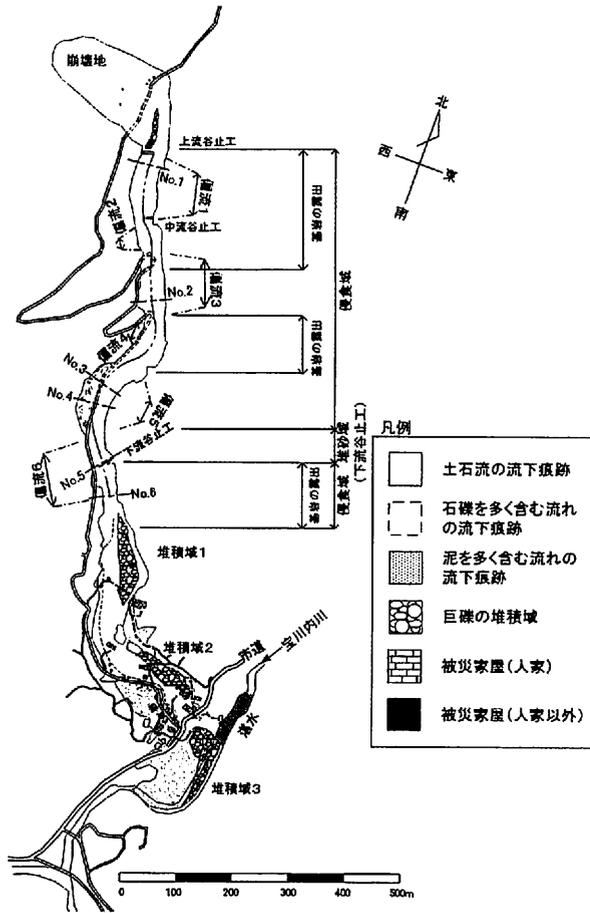


図-7 土石流の流下状況

Fig.7 Traces and deposits of debris flow at Atsumarigawa, Minamata city, Kumamoto pref.

既存資料によると、土石流発生前の溪流幅は15m程度、不安定土砂の厚さは2m程度であった。このことから上流谷止工から上流の溪流の侵食土砂量は約100mの区間があるので0.3万m³程度と推定される。また、空中写真を判読したところ、上流谷止工から下流谷止工までの区間長は流心線沿いに約600mであったので、この区間の侵食土砂量は1.8万m³程度と推定される。さらに、この区間における土石流が流下した範囲は2.7万m²程度であるので、溪岸が侵食された面積は1.8万m²程度となり、溪岸が侵食された深さが0.5m~1m程度とすると、溪岸の侵食土砂量は0.9万~1.8万m³程度と推定される。従って、上流谷止工から下流谷止工までの侵食土砂量は2.7万~3.6万m³程度となり、崩壊地からの流出土砂量と合わせると下流谷止工から下流への流出土砂量は9.8万~10.7万m³程度と推定できる。

図-7には偏流が生じた箇所を計測した横断測線の位置を示した。土石流発生後の偏流の痕跡高さは最深河床位から外湾側で8.1~21.7m、内湾側で4.5~11.6mの範囲であった(図-8)。土石流は湾曲部に流れ込むと、左右岸で水位差を生じる。その水位差の最大値を式(1)で推定することが提案されている²³⁾。また、式(1)中の α の値は土砂を含まない流れで湾曲の中心方向で遠心力と

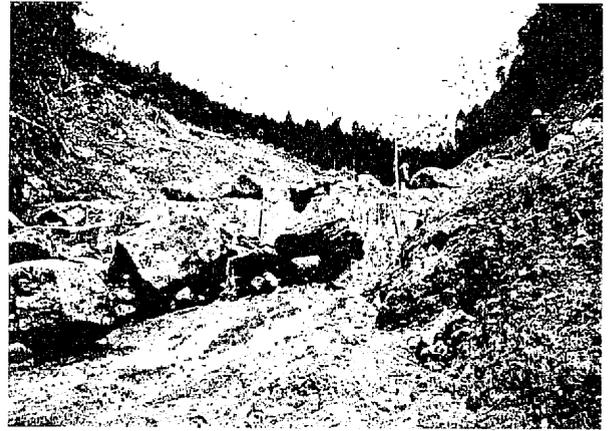


写真-6 コンクリート谷止工(上流谷止)の破損状況(2003年7月24日撮影)

Photo 6 Broken concrete small check dam (Upper dam), 24 July, 2003

水位差が釣り合うとした場合の値である1²⁾から、土砂を含む流れに対する10²⁾までの範囲を考える必要がある。表-1には横断測線と空中写真から判読した曲率半径をもとに式(1)により推定した土石流の流速を示した。

$$\Delta h = \alpha \frac{V_z^2 b}{g r_c} \dots \dots \dots (1)^{2)}$$

ここで、 α :係数、 Δh :水位差(m)、 V_z :平均流速(m/s)、 b :流路幅(m)、 g :重力加速度(=9.81 m/s²)、 r_c :曲率半径(m)である。その結果、土石流の流速は $\alpha = 1$ とすると9.1~23.5 m/s、 $\alpha = 10$ とすると2.9~7.4 m/sと推定された。これらのうち、No.3とNo.4は同じ偏流区間であるが、両者の流下痕跡が異なった高さや位置にあった。また、No.3では礫の堆積があり林道が破壊されていたが、No.4では礫の堆積は少なく林道は破壊されていなかった(写真-5)。これらのことから、各々別の土石流の痕跡である可能性があり、後述するようにNo.4の痕跡は泥流、No.3は石礫を主体とした流れと推定される。

また、現地調査の結果、コンクリート谷止工はいずれも破損していた。特に、上流谷止工と中流谷止工は、袖部、堤体上部は兩岸共にほぼ流失し、基岩から2m程度の高さまでの堤体が残存していた(写真-6)。

(2) 堆積・氾濫の状況

下流谷止工の下流側60m付近からは土石流の堆積域となる。堆積域全体の流下方向の総延長は約700m、幅は最大で約100m、面積は40,000m²程度であった。堆積域は、泥を主体とした堆積域と石礫を主体とした堆積域(これらの堆積域を形成した流れをそれぞれ「泥流部」、「石礫部」と呼ぶ)の2種類に大別できる(図-7、写真-1)。

泥流部である下流谷止工の約400m下流の右岸側では、外湾側にある比高10m程度の尾根状の高台を流下し、高台上の家屋を破壊した(写真-7)。この泥流部の



写真-7 尾根を乗り越えた泥流部 (2003年7月24日撮影)
Photo 7 Mud flow overflowed ridge, 24. July, 2003



写真-8 堆積域1の巨礫の堆積状況 (2003年7月25日撮影)
Photo 8 Huge rock on the depositional area 1, 25. July, 2003

流下方向の堆積長は約320 m、堆積面積は約12,000 m²である。全壊家屋14戸のうち5戸がこの泥流部の堆積域に位置していた(図-7)。

石礫部では、最大4~5 m程度の巨礫が、谷地形に沿って厚く堆積しており、3箇所に巨礫の堆積域が確認された。ここでは、これらの巨礫堆積域を上流から堆積域1, 2, 3とそれぞれ呼ぶことにする。なお、堆積域3は調査日(7月24日)現在、搜索活動中であったため詳細な調査は実施していない。そこで、ここでは堆積域1, 2に関しては現地で行った簡易な測量結果、堆積域3に関しては空中写真の判読による計測結果を報告する。

堆積域1は、下流谷止工の下流側に直線距離で約90 mの地点から左岸側に位置する棚田等の平坦面に広がっている。この堆積域の流下方向の堆積長は約100 m、幅は30~40 m、堆積域表面の流下方向の勾配は4~5°であった。また、右側面は、比高約3 mで急激に河道へ落ち込んでいる。石礫の最大礫径は5 m程度であり(写真-8)、長さ5 m、幅1.5 m程度の下流谷止工右岸側の一部と思われるコンクリート塊が見られた(写真-9)。

堆積域2は、下流谷止工の下流側に直線距離で約350

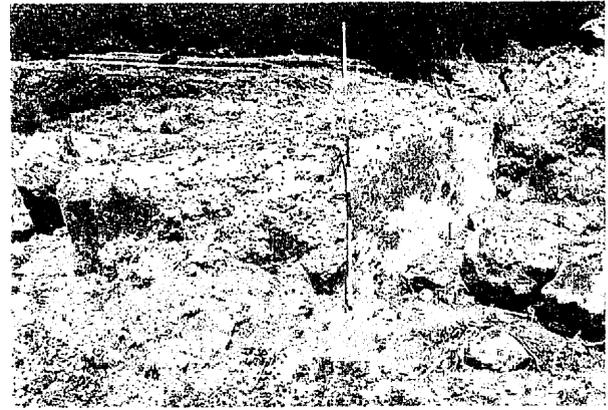


写真-9 堆積域1内のコンクリート塊 (2003年7月25日撮影)

Photo 9 Concrete block on the depositional area 1, 25. July, 2003

表-1 集川の偏流区間の流下痕跡から推定した流速

Table 1 Debris flow velocities estimated by the flow traces of superelevated flow at Atsumarigawa river, Minamata city, Kumamoto pref.

横断面	曲率半径 [m] r_c	川幅 [m] b	水位差			流速 [m/s]	
			痕跡高さ		Δh [m]	V_z	
			左岸[m]	右岸[m]		$\alpha = 1$	$\alpha = 10$
No. 1	215	46.8	8.5	14.3	5.8	16.2	5.1
No. 2	321	47.3	11.6	16.9	5.3	18.8	5.9
No. 3	112	52.5	8.7	12.7	4.0	9.1	2.9
No. 4	112	58.1	9.5	21.7	12.2	15.2	4.8
No. 5	698	50.5	4.5	8.1	3.6	22.1	7.0
No. 6	698	43.5	13.3	9.8	3.5	23.5	7.4

mの地点から、約500 mの地点に位置する市道にかけての範囲で、堆積長150 m、幅40~50 mの範囲で広がっている。堆積域表面の流下方向の勾配は5~7°である。石礫の最大礫径は4~5 m程度であった。

堆積域3は、市道から下流に広がっており、流下方向の堆積延長は約150 m、幅は約10~50 mであった。また、宝川内川に流入し、河道閉塞を起こし、本川を上流約100 mにわたり、湛水させた(図-7、写真-1)。

これらの堆積域の堆積深は、被災前後の航空写真の判読等によると、被災前の二階建てと思われる家屋の二階屋根付近まで堆積していると考えられることから、およそ5 mと推測した。この推測に基づく、3つの巨礫堆積域の総堆積土砂量は、50,000~70,000 m³程度であると推定できる。また、泥流部の堆積深は、0.3~0.5 m程度であるため、堆積土砂量は3,600 m³~6,000 m³程度となる。したがって、泥流堆積物を含めると総堆積土砂量は、最大80,000 m³程度と推測される。

(3) 土石流の流下・堆積過程の考察

上述の流下、堆積域の状況から、上石流の流下・氾濫過程は以下のように推察される。

「偏流5」のNo. 3, No. 4地点で2つの異なる流れの流下痕跡が見られたこと、堆積域において泥流部と石礫

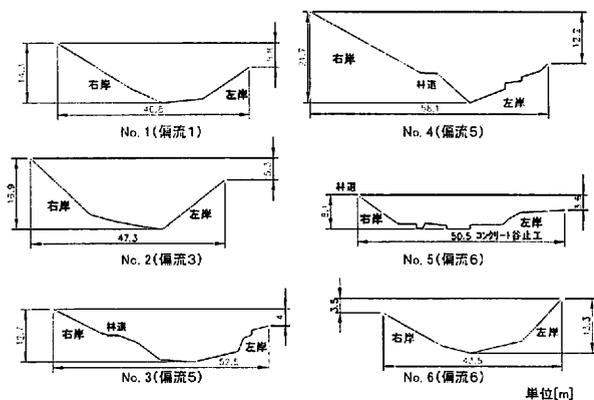


図-8 流下痕跡横断面

Fig.8 Cross sectional profile of the debris flow channel

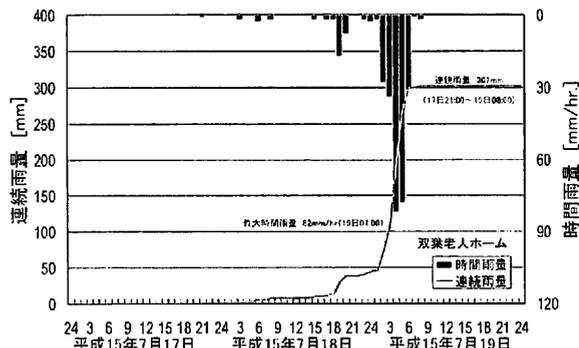


図-9 降雨の状況

Fig.9 Precipitation at Futaba home sta., Dazaifu city, Fukuoka pref. (July 17 0:00-July 19 24:00, 2003)

部の2つの異なる堆積域が見られ、泥石流堆積部は石礫堆積部に分断されるように左右岸方向の連続性が無いこと(図-7)、堆積域2に居住していた被災者から、住宅に水が入り家財が流されたという電話があった直後に連絡が途絶えた(7月21日 朝日新聞朝刊)ことから、土石流は泥流と石礫という構成物が異なる少なくとも2波程度の段波があり、泥流部が石礫部に先行したことが考えられる。「偏流5」地点の痕跡から推測した流速(表-1)を用いると、泥流部は崩壊地直下の上流谷止工から下流谷止工付近まで約1~2分未満で、石礫部は約2~4分未満で到達したと推測される。その後、堆積域では、泥流部は尾根状の高台まで氾濫したが、石礫部は谷地形に沿って堆積したと考えられる。また、堆積域2では、末端部の谷幅が約20mであり、湾曲部や狭さく部となっているため、石礫部の多くがここで堆積したと考えられる。その後、土石流の一部は堆積域2を流下し、道路を超え、堆積域3へ流下し、宝川内本川を閉塞した。

2. 福岡県太宰府市三条一丁目地区の土石流災害

2.1 流域の状況

土石流の被害を受けた三条一丁目地区は御笠川水系御笠川支川太宰府原川の下流に位置する(図-1)。土石流

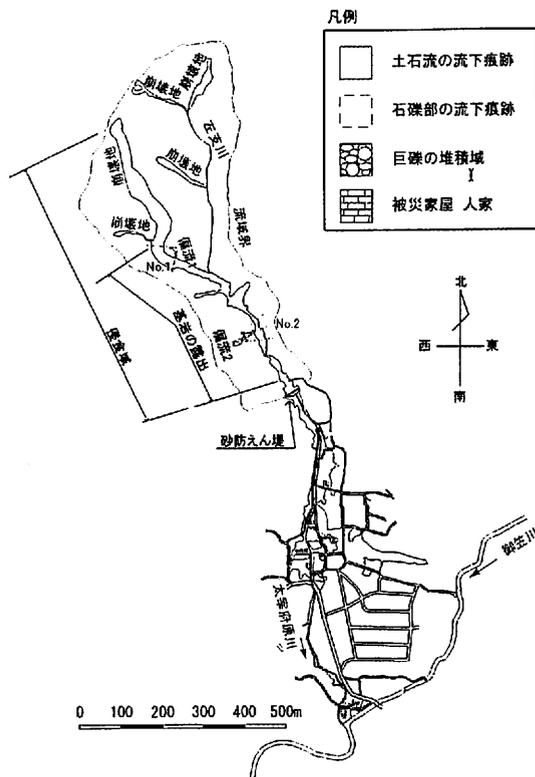


図-10 土石流の流下状況

Fig.10 Traces and Deposits of debris flow at Harakawa, Dazaifu city, Fukuoka pref.



写真-10 崩壊地源頭部(右支川)(2003年7月23日撮影)
Photo 10 Head of landslide scar (Right tributary), 23. July, 2003

が発生した太宰府原川は、流域面積0.13km²の土石流危険溪流である。

2.2 降雨の概要

図-9は、太宰府原川付近(双葉老人ホーム)で観測された時間雨量の時間変化を示したものである。最大時間雨量は82mm/h(7月19日午前3時~午前4時)、連続雨量は302mm(7月18日午前2時~19日午前8時)であった。土石流の発生時刻は、福岡県の聞き取り調査から午前5時から午前6時までの間と推察されるが、現時点では正確な時刻は特定できていない。

表-2 太宰府原川の偏流区間の流下痕跡から推定した流速
Table 2 Debris flow velocities estimated by the flow traces of superelevated flow at Harakawa river, Dazaifu city, Fukuoka pref.

横断面	曲率半径 [m] r_c	川幅 [m] b	水位差			流速 [m/s] V_z	
			痕跡高さ		Δh [m]	$\alpha = 1$	$\alpha = 10$
			左岸[m]	右岸[m]			
No. 1	37.5	20.0	12.3	1.2	11.1	14.3	4.5
No. 2	91.3	18.0	4.7	8.2	3.5	13.2	4.2



写真-11 砂防えん堤の土砂・流木捕捉状況 (2003年7月22日撮影)

Photo 11 Trapped sediments and woods at Sabo dam, 22. July, 2003

2.3 土石流の発生・流下・堆積の状況

図-10は土石流の発生域（崩壊地を含む）から堆積域までの流下状況と被災家屋の分布を示したものである。崩壊は、右支川、左支川の源頭部付近5箇所で開催した。現地調査の結果、右支川の崩壊（写真-10）で発生した土砂は左支川との合流点から下流へ流出していたが、左支川の崩壊で発生した土砂は右支川との合流点まで到達しておらず、合流点から上流域に堆積していた。

土石流は溪流内を偏流しながら流下した。偏流区間の流下痕跡を2箇所計測すると、それぞれ水位差が11.1mと3.5mであり（表-2）、(1)式を用いて流速を求めると、4.2~14.3 m/s程度と推定できる。

その後、土石流は谷の出口に設置されていた砂防えん堤（高さ11m）によって一部捕捉されたものの（写真-11）、下流の流路（平均幅2.0m程度、高さ1.4m程度）から溢流し、住宅地に流れ込んだ。この土石流は谷の出口付近と太宰府原川と御笠川との合流点付近の2箇所に堆積していた。その堆積土砂量は全体で1.2万 m^3 程度と推定される。

谷の出口付近の堆砂域には最大で直径2m程度の巨礫や流木が堆積し、人家が全壊した。また、合流点付近



写真-12 谷出口付近の家屋の被災状況と巨礫の堆積状況 (2003年7月22日撮影)

Photo 12 Damaged houses and deposited huge rock at the exit of hollow, 22. July, 2003

の堆砂域にも直径1m程度の巨礫と流木が堆積し、人家が全壊した（写真-12）。

谷の出口付近の砂防えん堤は右岸側の袖部の一部を破損したものの、土砂や流木の一部を捕捉した（写真-11）。捕捉した土砂量は既存資料から0.3万 m^3 程度と推定され、土砂や流木の捕捉効果を発揮したと言える。

3. おわりに

以上、災害後の発生域、流下域、堆積域の調査の概要を報告し、その結果に基づいて、土石流の発生から流下・堆積の特性について考察を行った。しかし、災害後の限られた時間内の調査であったため、土石流の発生機構、人家等を含む構造物の破壊機構を解明するために十分な資料を得ることができなかった。今後、土石流の諸量を明らかにするための測量、堆積域における堆積構造等について、さらに詳査し、土石流の発生から流下、堆積に至るまでの過程や、人家等を含む構造物の破壊機構を明らかにするとともに、警戒避難体制等に関する調査を行い、今後の土石流対策に反映させていきたい。

謝 辞

最後に現地調査等にご協力を頂いた国土交通省九州地方整備局河川部および川辺川ダム砂防事務所、熊本県、福岡県のみなさんに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 経済企画庁総合開発局，土地分類図（熊本県），1973
- 2) 水山高久，上原信司（1981）：湾曲水路における土石流の挙動，土木技術資料，23-5，p.15-20
- 3) 諏訪浩（1997）：1996年12月6日蒲原沢土石流の復元，月刊地球，Vol.19，No.10，p.612-618
- 4) Knapp R. T（1951）：Design of channel curves for supercritical flow, Trans., ASCE, vol.116, p.296-325

〔原稿受理 2003年8月29日〕