

# 報告

## 2006年等に発生した鉄砲水に関する流出特性について

栗原 淳一\*・武澤 永純\*\*・山越 隆雄\*\*・田方 智\*\*\*・小田 晃\*\*\*\*・  
長谷川 祐治\*\*\*\*

### Hydrologic characteristics of recent flash floods in mountainous areas in Japan

Jun'ichi KURIHARA\*, Nagazumi TAKEZAWA\*\*, Takao YAMAKOSHI\*\*, Satoshi TAGATA\*\*\*, Akira ODA\*\*\*\* and Yuji HASEGAWA\*\*\*\*

#### Abstract

Flash floods occurred and killed people in Japan in 2006. We found several cases where meteorological radars had observed localized strong rainfall areas in the upper streams of the rivers where the flash floods had occurred. However, no rainfall had been observed in the down streams. Two types of flash floods were observed. One is characterized by its abrupt rise in the water stage just like a debris flow. The other does not appear with such a sudden water rise but as rapid as 50-100 cm per several tens minutes. The field surveys revealed that these two types might be caused differently.

キーワード：鉄砲水，天然ダム，水位上昇，決壊

Key words : flash flood, natural dam, water level rise, outburst

#### 1. はじめに

2006年は、日本各地で鉄砲水の災害が発生した。鉄砲水の定義は明確に定まったものはなく、

例えば広辞苑によると「降雨による雨水が、土砂などを伴いながら激しい勢いで流れ下るもの」とされている。海外で使われている Flash Flood は、

\* 長野県砂防課  
Nagano Prefecture  
\*\* 独立行政法人 土木研究所  
Public Works Research Institute

\*\*\* 日本工営(株)  
Nipponkoei Co. Ltd  
\*\*\*\* 財団法人 建設技術研究所  
Civil Engineering Research Laboratory  
本報告に対する討論は平成20年2月末日まで受け付ける。

いわゆる土石流も含むのに対し、我が国で「鉄砲水」という言葉を使う場合、土石流は含まないというのが一般的と思われる。また、海外において使われている Flash Flood も定義が統一されているわけではなく、例えば、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気圏局) では、豪雨により短時間 (一般的に6時間以内) に急激に引き起こされる洪水と定義している。ICIMOD (International Center for Integrated Mountain Development 国際総合山岳開発センター) では、数分から2、3時間でピークに至る洪水とし、集中豪雨に加え気温の上昇による雪氷の急激な融解、天然ダムや人工ダムの決壊などが原因であるとしている。また、インドネシアでは Flash Flood に相当する災害として Banjir-Bandang と呼ばれているものがある。Banjir とは flood (洪水)、Bandang とは large (大きい) という意味である。これは、洪水時の堤防決壊等により発生する急激な流水の氾濫に対して名付けられたものであるが、今では突然かつ急激な流れを伴う大規模な洪水は全て Banjir-Bandang と呼ばれ、土石流なども含めて用いられている<sup>1)</sup>。

写真1は、1987年にスイスの Zavrugia で発生した Flash Flood である<sup>2)</sup>。また、写真2は1999年にスイスの Saxtenbach で撮影された Flash Flood である<sup>3)</sup>。いずれも先端部を形成しながら突然発生している様子が分かる。特に写真2は、ほとんど土砂を含まないが土石流のような先端部が形成されている。



写真1 スイス Zavrugia の Flash Flood (1987)<sup>2)</sup>

このような点を整理していくと、鉄砲水は山地河川における急激な出水と位置づけることができるが、鉄砲水の災害から人命を保護していく対策を実践するためには、その実態をさらに明らかにしていく必要がある。ここでは、鉄砲水災害の特性を明らかにするために、2000年と2006年に国内で発生し、人的被害が発生した鉄砲水災害 (山地河川における急激な出水で、土砂濃度が極めて低いもの) を対象に、各災害の特性を整理した。その結果、水位上昇量、発生時の上流域での降雨特性などを明らかにするとともに、幾つかについては発生原因を推定することができた。

## 2. 対象とする鉄砲水災害

2000年の湯桧曾川 (群馬県) 及び2006年に発生した鉄砲水のうち人的被害を伴うもの、合わせて7事例について降雨や水位データ等及び報道資料を収集するとともに流量や水位の上昇割合などを整理した (表1)。このうち、2000年の湯桧曾川 (群馬県)、2006年志平沢川 (長野県)、富並川 (山形県)、清水 (佐賀県) の災害については、現地調査を行った。なお、志平沢川で発生した災害については、土石流災害とする報告もあるが、我々が行った調査の結果から土砂濃度は極めて低いと判断されたため、本検討の対象に含めた。

## 3. 現地調査を行った鉄砲水災害の概要

### (1) 2000年湯桧曾川<sup>4)</sup>

2000年8月6日15時頃、群馬県水上町湯桧曾川



写真2 スイス Saxtenbach の Flash Flood (1999)<sup>3)</sup>

のマチガ沢付近で突然水位が上昇し、1名が死亡、1名が重傷を負った。現地調査や目撃者からの聞き取りの結果、土砂の流出はほとんどなく、「いきなり腰ぐらいまで水位が増した」「幅5 m程度であった湯桧曾川の川幅が15分程度の間で20～25 m程度まで拡大した」などの証言が得られた。当時、周囲では雨が降っていなかったものの、レーダー雨量計によると上流域で最大20mm/hrの降雨が記録されていた。当時の検討結果によれば、洪水流の計算を行ってもピーク流量を再現することは難しく、上流に残っていた雪渓が降雨の影響を受けて崩壊又は融解して鉄砲水が発生した可能性があるとしている。

(2) 2006年志平沢川

2006年7月19日3:50頃、長野県岡谷市の志平沢川で土石流のような突発的な出水が生じ、住宅が流され1名が死亡した(図1)。梅雨前線の停滞により長雨が続き、釜口観測所(長野県諏訪建設事務所)の観測によれば、最大24時間雨量は257mm(7月18日10時～19日10時)に達して観測

史上1位を記録した。流域面積は0.68km<sup>2</sup>であり、全体的に渓床勾配が緩く、崩壊発生地点では渓床勾配約15°であるものの、その下流から堆積域までは渓床勾配が8°～5°前後で続いている。現地調査の結果、源頭部には崩壊地がみられるものの、その崩壊量は600m<sup>3</sup>程度であり、その他渓床の侵食など流域全体での流出土砂量を合計しても1,100m<sup>3</sup>程度に過ぎなかったこと、また流下部や被災した家屋周辺ではほとんど土砂の流出跡が



写真3 志平沢川流下部の渓床の状況

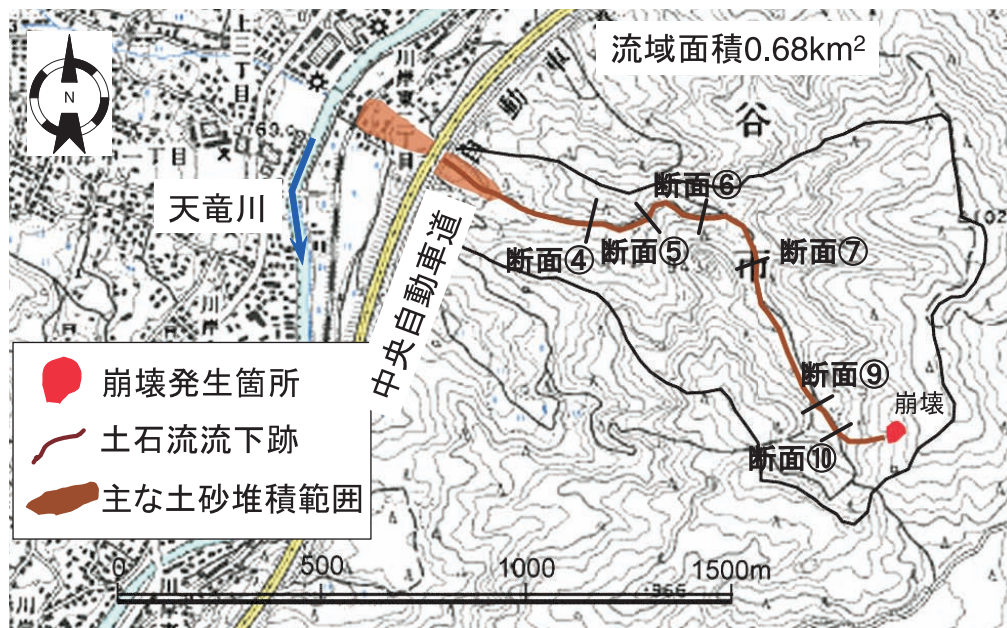


図1 志平沢川の平面図

表1 最近発生したFlash Floodsの特性

1	発生日時	2006年8月6日15時15分	群馬県水上市 湯檜曹川	22.0	観測されていない	長野県岡谷市 志平沢川	2006年7月19日4時30分	0.7	363	363.5	2006年8月17日11時	山形県村山市 置並川	2006年8月22日14時25分	44.0	16	148	2006年8月27日11時30分	三重県松坂市 山添町御田川	414.0	6.5	2006年9月16日8時30分	佐賀県伊万里市 黒川町清水	0.7	250	災害発生地点から上流
2	流域面積(km <sup>2</sup> )																								
3	総雨量(mm)																								
4	最大時間雨量(mm/hr)																								
5	最大時間雨量(mm/hr)																								
6	24時間連続雨量もしくは日雨量(mm)																								
7	水位上昇の割合																								
8	被害状況																								
9	ピーク流量(m <sup>3</sup> /sec) ( )は比流量(m <sup>3</sup> /sec/km <sup>2</sup> )																								
	算定方法																								
10	被害発生地点までの距離(km)																								
11	被害発生地点の勾配(°)																								
12	上流河道の露岩状況																								
13	洪水予報河川の該当の有無																								

試算1	流出率が小さい場合																								
	ピーク流出率(想定)	0.75	0.75	0.5	0.45	0.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	有効雨量強度 re (mm)	4.5	59.0	3.0	4.5	3.0	59.0	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5
	洪水到達時間 T (min)	140.2	26.5	298.3	162.9	298.3	26.5	298.3	162.9	298.3	26.5	298.3	162.9	298.3	26.5	298.3	162.9	298.3	26.5	298.3	162.9	298.3	26.5	298.3	162.9
	流量 Q(m <sup>3</sup> /sec)	27.4	11.1	304.5	55.1	304.5	11.1	304.5	55.1	304.5	11.1	304.5	55.1	304.5	11.1	304.5	55.1	304.5	11.1	304.5	55.1	304.5	11.1	304.5	55.1

試算2	流出率が大さい場合																								
	ピーク流出率(想定)	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	有効雨量強度 re (mm)	5.2	68.7	4.9	8.4	4.9	68.7	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4	4.9	8.4
	洪水到達時間 T (min)	132.9	25.1	251.2	131.2	251.2	25.1	251.2	131.2	251.2	25.1	251.2	131.2	251.2	25.1	251.2	131.2	251.2	25.1	251.2	131.2	251.2	25.1	251.2	131.2
	流量 Q(m <sup>3</sup> /sec)	31.8	13.0	497.7	102.3	497.7	13.0	497.7	102.3	497.7	13.0	497.7	102.3	497.7	13.0	497.7	102.3	497.7	13.0	497.7	102.3	497.7	13.0	497.7	102.3

注) 1) 「4. 最大時間雨量」は地上雨量計による観測値  
 2) 「5. 最大時間雨量」はレーダ雨量計による観測値  
 3) 「7. 水位上昇の割合」のうち、※印があるものは水位観測所のデータ、それ以外は聞き取り等によるもの  
 4) 「9. ピーク流量」のうち、☆印はランショナル式による計算値を上回るもの、△印はランショナル式による計算値と同程度が下回るもの  
 5) 「13. 洪水予報河川の該当の有無」は平成18年10月11日現在

ないことから、土砂濃度が低く水が主体となって流れたものと考えられる。写真3は、流下域の溪床の状況であるが、多少草が流された跡がみられるものの、大きな侵食は生じていない。このような状態が鉄砲水の流下した区間における流路の大半で見られた。次に鉄砲水の規模であるが、現地で洪水痕跡調査を行い、ピーク流量を推定したところ約 $170\text{m}^3/\text{s}$ と算定された。図2に推定された流量と各地点までの集水面積の縦断変化を示す。本来、屈曲部での偏流から流量や粗度係数を算出するが、今回の調査では屈曲部で明確な水位差が確認できなかったため、粗度係数を土石流の後続流と同程度とみなして0.06とし、マンニング式にて流量を算定した。図2では崩壊直下の断面⑩では流量が大きくなっているが、それより下流では $170\text{m}^3/\text{s}$ 前後を推移している。断面⑩で流量が大きくなるのは、崩壊地から流下した土砂が対岸にせり上がったことなどが影響していると考えられる。一方、上流部は平坦地(多少の陥没地形)で、水が集積しやすい地形となっており、流域外の水が志平沢川方向に流れ込んだ可能性がある(図3)。これは、災害前日から大量の水が溪床を流れていたとする地元住民の証言に沿うものであ

る。

ここで、発生原因についていくつかの考察を述べる。鉄砲水の発生原因として、1993年に鹿児島県吉田町のしらす地域で発生した鉄砲水について下川ら<sup>5)</sup>は、崩壊斜面に直径1 m以上の湧水孔を確認し、ここから大量の地下水が噴出し鉄砲水になった可能性があるとする報告をしていることから、当該地点でも同様の斜面状況が確認されるか調査を行ったが、大きな湧水孔は発見されなかった(写真4)。一方、小田ら<sup>6)</sup>は志平沢流域を対象にKinematic Wave法による流出解析を行いピー



写真4 志平沢川上流の崩壊地の状況

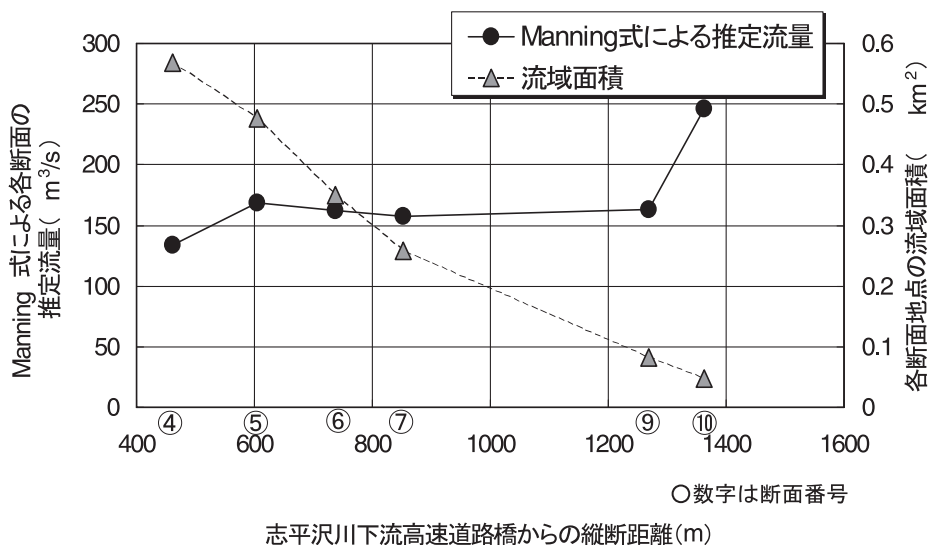


図2 志平沢川の各断面の推定流量と流域面積の関係

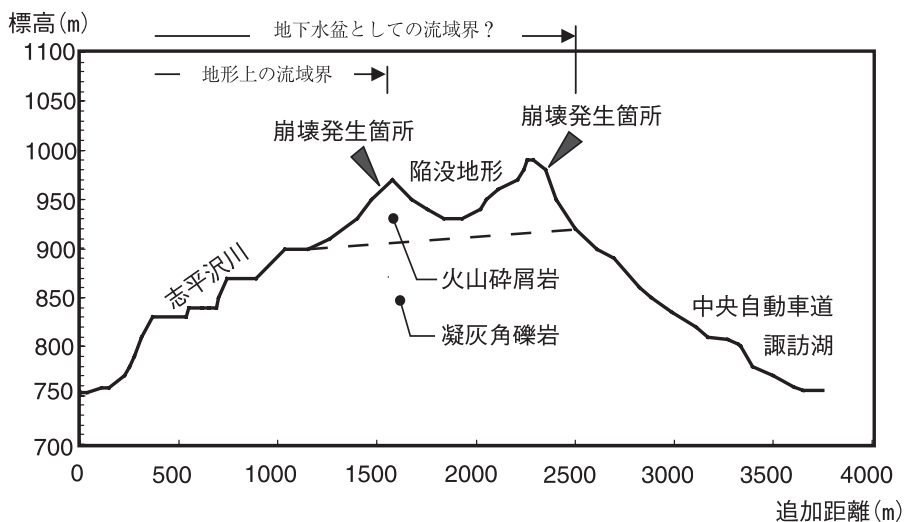


図3 志平沢川の地質断面図

ク流量の算定を行ったが、降雨強度が小さいこともあり  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  となり、痕跡から求めた値とは大きく異なる結果となった。さらに、天然ダムの決壊跡を確認するために現地調査を行ったが、天然ダムの痕跡は認められなかった。推定ピーク流量約  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  は流域の規模から考えると極めて大きなものであり、単なる降雨とその流出ではなく天然ダムの決壊などがなければ生じない規模であると考えられるが、現地調査の限りでは天然ダムを形成した痕跡は認められなかった。また、上述の流出解析結果を基に田畑らの式<sup>7)</sup>を用いて  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  程度のピーク流量を発生させるための天然ダムの規模を逆算すると、高さ約10mの天然ダムが想定されることになり現地の状況とも整合しない。結果として、当該鉄砲水の発生原因については、確定するまでに至らなかった。なお、この規模の天然ダムへの田畑らの式の適用については今後検討の余地がある。

### (3) 2006年富並川<sup>8)</sup>

2006年8月22日14:30頃、山形県村山市を流れる富並川の下流で、突然水位が上昇し川遊びをしていた小学生2名が流され亡くなった(写真5)。流域図を図4に示す。上流域はカルデラ地形を有



写真5 富並川の被災現場

しており、降雨時には河道に集中しやすい地形形状であるといえる。現場から約1km上流に設置されていた水位計のデータによれば、14:30頃に10分間で約70cmの水位上昇が記録されている。また、当時、現場では雨は降っていなかったものの、レーダー雨量計では上流域で12時から13時に  $100 \text{ mm/hr}$  を示す雨量が観測されている。現地調査の結果、土石流の発生や天然ダムが形成された形跡は見あたらなかった。ただし、上流部には溪流を横断するように流木が堆積している箇所が数カ所確認され、この流木の影響により一時的な天

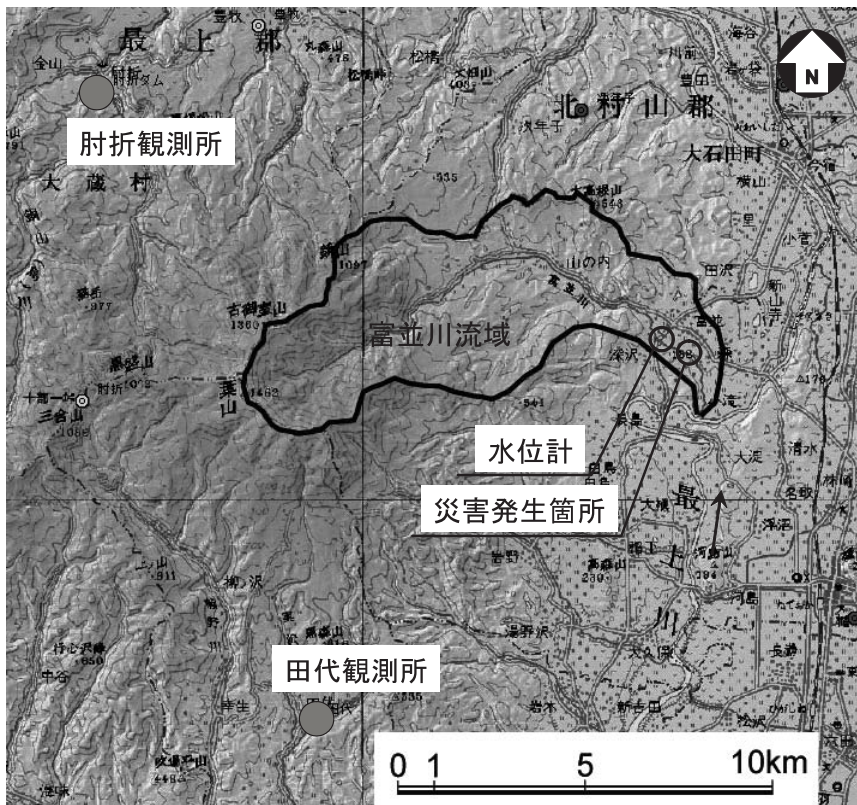


図4 富並川の平面図

然ダムの形成・決壊が起きた可能性もあるが、土砂の流出跡はなかった。一方、上流部では河床や斜面が露岩しており、前述のカルデラ地形と合わせ降雨に対する流出率が非常に高い地形と判断される。突発的な水位上昇が天然ダム等の決壊ではなく、集中豪雨だけで発生するかどうかは、今後流出解析を行い検証する予定である。

(4) 2006年清水<sup>9)</sup>

2006年9月16日、九州地方は台風13号の北上に伴い局地的な集中豪雨に見舞われ、同日8:30頃佐賀県伊万里市黒川町清水の渓流で鉄砲水が発生し、偶然に市道を通行中の車両が鉄砲水に巻き込まれ、同乗していた親子2名が亡くなった。現場から約1 km離れた立目雨量観測所では、災害発生時120mm/hr (16日7時~8時)の豪雨が観測されている。図5に被災現場とその上流域の状況を



写真6 佐賀県清水の天然ダム跡



図5 天然ダムの形成箇所と被災箇所位置図  
(九州地方整備局撮影の写真に加筆)

示す。現地調査の結果、車が流された地点から上流600mの区間に天然ダムの決壊跡（写真6）が3カ所で確認され、また、step-poolも見つかり、1m前後の礫や流木が流下する過程で小規模の天然ダムを連続的に形成しては決壊を繰り返して鉄砲水を発生させたと考えられる。

このように、現地調査により鉄砲水の発生原因として、天然ダム等の決壊が確認された。鉄砲水の発生原因として、写真1や写真2に示すような段波を伴う先端部が形成されるようなものについては天然ダムの決壊や斜面崩壊により大量の地下水が噴出することによるものが考えられ、これとは別に10分から20分の間に水位が上昇するようなものは天然ダムの決壊を伴わなくても降雨条件と

地形条件により発生することが考えられる。いずれにしる、これらについては引き続き事例の収集・分析、あるいは実験や流出解析を通じて検討が必要である。

#### 4. 解析結果

2.に示すデータ等を整理し、基本的な水理・水文データを表1にまとめた。鉄砲水の特性に関係すると思われる考察を以下に示す。

##### (1) 発生日時

発生時期は、7月から9月中旬に分布している。後述するが、土石流と異なり鉄砲水の影響は溪流の外まで及ぶことはほとんどなく、被災者は魚釣



りやハイキングなど川の中で被災していることから結果的に夏に集中していると考えられる。従って、志平沢川を除けば、人的被害の発生日時も人間が溪流の中で活動する昼間に集中している。

**(2) 流域面積**

流域面積は、人的被害が生じている地点を基準点としその上流域の面積を算出している。志平沢川や清水のように 1 km<sup>2</sup>以下のものもあれば、400 km<sup>2</sup>以上の流域面積でも発生している。従って発生条件として流域面積はあまり関係ないと思われる。

**(3) 総雨量 (地上雨量計)**

地上雨量計による総雨量は、最大で363mm、最小で16mmとなっている。ただし、最小を示す富並川では、後述するように地上雨量計の設置地点では小降雨しか記録していないが、レーダー雨量計では発生の2～3時間前に50～100mm/hrの降雨が上流域で記録されており、これが原因になったものと思われる。鉄砲水は局所的な降雨により発生する可能性が高く、点的な地上雨量計だけでは原因となる降雨の把握は難しい事が改めて示された。同様の傾向は、酒匂川 (神奈川県) で

も見られた。

**(4) 最大時間雨量 (地上雨量計)**

最大で120mm/hr、最小で16mm/hrである。最小の16mm/hrは、(3)と同じく富並川である。鉄砲水の発生と最大時間雨量の発生がほぼ同じタイミングであり、両者の関係が深いと考えられる。ただし、櫛田川 (三重県) では、両者の時間差が7時間となっており、見かけ上、流出がかなり遅くなっている。

なお、湯桧曾川、酒匂川、富並川では災害発生時に現場では降雨は観測されていなかった。

**(5) 最大時間雨量 (レーダー雨量計)**

レーダー雨量計の記録によると、鉄砲水の発生直前に、大半の溪流で、流域内の一部で50mm/hr以上の降雨を記録している。ただし、櫛田川では鉄砲水の発生時刻とレーダー雨量計が最大時間雨量を記録した時刻との間に8時間の差が生じている。これは、地上雨量計の場合と同様の傾向である。

**(6) 水位上昇の割合**

鉄砲水の特徴が短時間における急激な水位の上昇であることから、本項目については鉄砲水が否

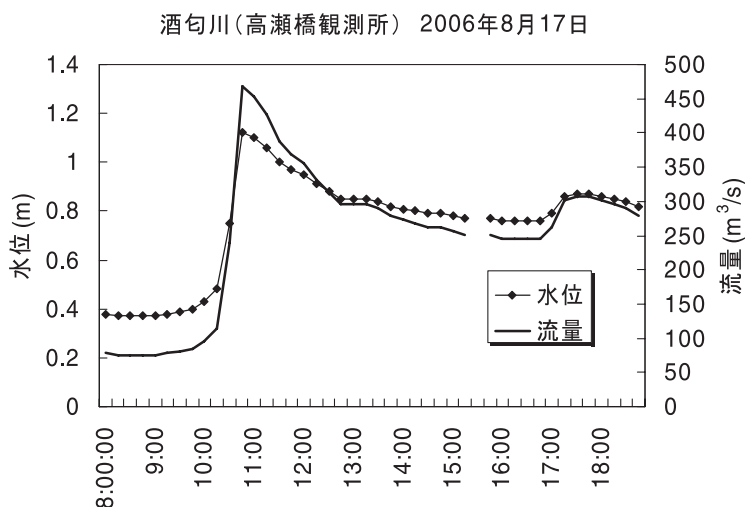


図6 酒匂川の水位と流量の状況

かを判断する重要な指標となる。水位計が設置され水位の計測に成功しているのは、酒匂川、富並川、櫛田川、見市川（北海道）であり、水位並びに等流計算で求めた流量の推移を図6～9に示す。これをまとめると、10分から30分で50cmから100cm上昇ということになる。櫛田川は90分で28cmと、他の事例に比べ上昇割合が小さいが、

報道資料によると水位の上昇により1名が流されて亡くなったとされている。

### (7) 被害状況

冒頭に述べたように志平沢川は土石流的な氾濫により下流人家が全壊し1名が死亡したが、それ以外は川の中で被害が生じている。犠牲者は、ハ

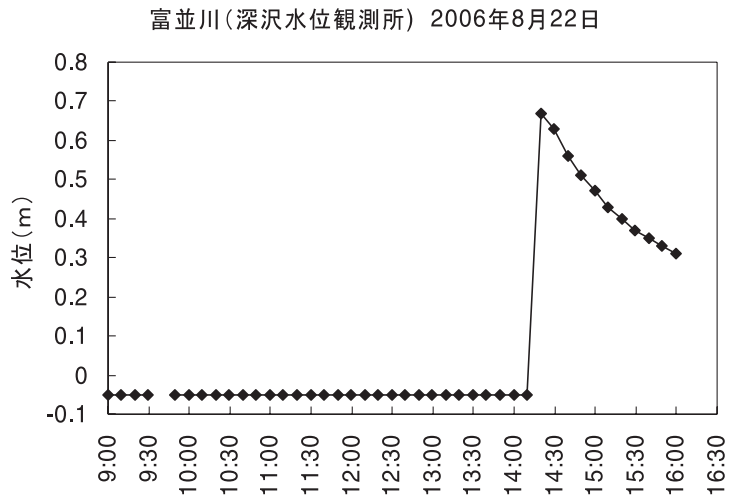


図7 富並川の水位の状況

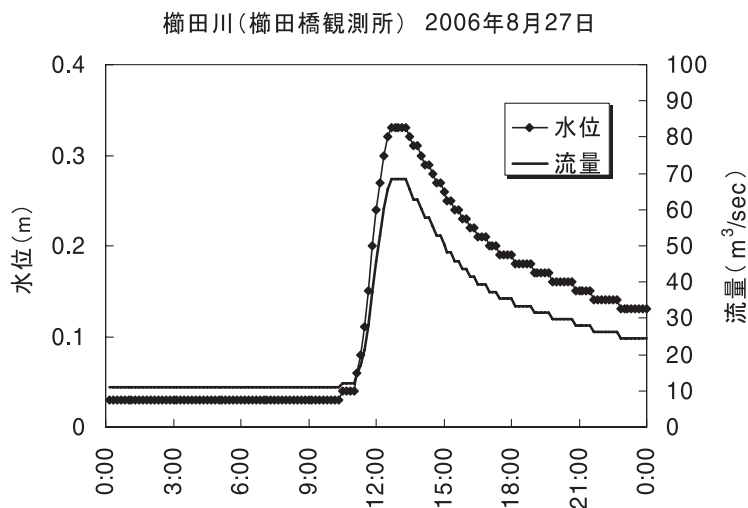


図8 櫛田川の水位と流量の状況

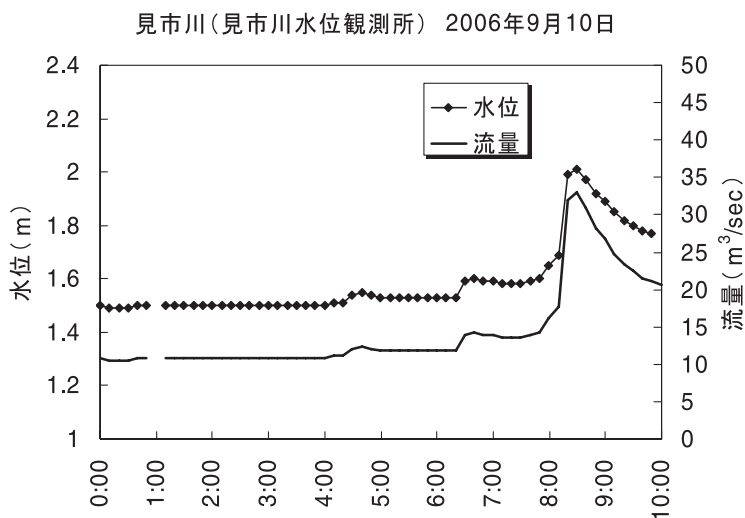


図9 見市川の水位と流量の状況

イキング、魚釣りなどで川に遊びに来た人がほとんどである。従って、鉄砲水の発生に対する対策としては、溪流内の人間を対象に対応策を考えていくのが優先されると考える。

#### (8) ピーク流量

表1には観測水位や洪水痕跡から推定したピーク流量とその比流量を記した。比流量を見ると、志平沢川や清水のように土石流的な形態をしたものの比流量が大きくなっている。それに対し、10分から30分かけて水位上昇したと思われるタイプの比流量は1前後になっており、両者に差があるように思われる。

#### (9) 被害発生地点までの流下距離

下流に流れるに従い段波としての先頭部の水位は次第に平滑化されるため、鉄砲水の影響は一定の範囲内に限定されるのではないかと考え整理したものである。清水以外、鉄砲水の発生地点が明確には分かっていないため、今回は開始点を流域の最上流部として計算している。結果を見ると、最長で60km以上(櫛田川)、酒匂川でも20km以上にまで達しており、遠くまで影響が及ぶことが明らかとなった。一方、レーダー雨量計の強雨域

を示した区域との距離を計測すると、櫛田川で50km、酒匂川で10~20kmであった。

#### (10) 被害発生地点の河床勾配

最小で櫛田川の0.1度であった。それ以外は、概ね1度以上である。

#### (11) 上流河道部の露岩状況

現地調査を行ったものに限ってみると、志平沢川を除き全ての溪流で一部に露岩が確認された。露岩しているような溪流では降雨と流出との相関は強く、急激な降雨があればほとんど浸透せず、シャープな流出を促していると思われる。

一方、志平沢は、前述のように源頭部が平坦になっており大量の雨水が貯留されやすい地形になっていたのが特徴である。この結果、志平沢川に大量の水が流れ込み、斜面の崩壊により斜面内に含まれていた大量の地下水が一気に流出して鉄砲水を形成したことを考えたが、3章(2)で述べたように、そのような現象の跡は見られなかった。

#### (12) 洪水予報河川の該当有無

洪水予報河川に指定されているかを確認した

が、直轄管理区間となっている櫛田川を除き対象外となっていた。

### (13) ラショナル式から求めた流量との比較

鉄砲水の定義として「急激な水位上昇」だけでなく定量化の試みとして、通常想定される流量に比べ鉄砲水の実ピーク流量がどれだけ大きいかわ両者の比較を行った。

通常想定される流量についてはラショナル式より求めることとし、計算に必要となる有効降雨強度は地上雨量計もしくはそのデータがない場合はレーダー雨量計の24時間雨量データ等を用いて、土石流対策技術指針(案)<sup>9)</sup>(以下、「土対針」という。)に定める式から求めた。洪水到達時間は、求めた有効降雨強度を用いて土対針に記されている水山らの式<sup>10),11)</sup>から算定した。流出率は特定できないため、現地の状況を勘案し、一定の幅を持たせて試算した。試算結果を表1の「試算1」及び「試算2」の欄に示す。

その結果、志平沢川、見市川、清水ではラショナル式で求めた計算流量よりも実績流量が大きく上回った。ここで計算している出水は、土石流と形態が異なるので一概に比較はできないが、これら3渓流の鉄砲水は通常想定される土石流の規模をも上回る結果となっている。これに対し、その他の渓流の実績流量は、ラショナル式で求めたものと同程度か下回る結果となった。結果的に、ラショナル式による値を上回ったのは、土石流的な流出形態を示した志平沢川や清水である。すなわち、鉄砲水の流量は、土石流的な流出形態のものを除き、ラショナル式で求める流量と概ね同じオーダーとして表現されることが結果として得られた。なお、大幅に下回る結果となった櫛田川については、流域面積414km<sup>2</sup>に対して1地点(栗谷雨量観測所)の降雨データにて代表していることが原因となっているものと考えられる。

## 5. その他

以上、近年発生した鉄砲水の特性について考察を行ったが、このほかにも我々が把握している鉄砲水災害を列挙すると、2006年7月宮崎県えびの

市で農業用のため池が決壊して鉄砲水が発生した事例、同年9月には沖縄で河川の増水で子供が犠牲になった事例(雨量データ等が不明だったので今回の検討からは外した)がある。また、2006年9月末にはマニラ近郊で1950年頃に施工された農業用のダムが決壊して約30名が死亡した事例もあった。このような人工のため池やダムの決壊による出水も鉄砲水として呼ばれている。

## 6. まとめ

以上の検討から明らかになった鉄砲水の特性は以下のとおりである。

1. 高強度の降雨を原因とする鉄砲水は昼夜問わず発生していると思われるが、被害が発生するのは大半が渓流内であり、結果的に人的被害が発生しているのは人間が渓流内で活動する昼間に集中している。
2. 流域の一部に高強度の降雨があっても鉄砲水が発生するため、地上雨量計では降雨の把握が困難であり、レーダー雨量計の活用や上流域に水位計を設置することが必要になる。
3. 鉄砲水の発生と降雨との時間的関係を見ると、大半が降雨ピークの直後に発生している。
4. 鉄砲水のピーク流量は、土石流的なものを除けば比流量が1前後で規模的には極端に大きくはないものの、10分から30分の間に50cmから100cmの水位上昇が生じるために人的被害につながりやすい。
5. 鉄砲水は、天然ダムの決壊の他に富並川のように天然ダムの決壊が無くても局地的な集中豪雨によって発生するようである。ただし、流下中の流木が一時的に閉塞して決壊したことなども考えられるが、災害後の現地調査からは判断が付きにくく、単なる降雨集中だけで発生するかどうか、更なる検討が必要である。
6. 鉄砲水による被害は山地河川にとどまらず、下流の河川のエリアまでおよぶ。  
今後の課題は次のとおりである。

①天然ダムの決壊がなく、上流域での豪雨だけで実際に発生した水位上昇が起きうるかどうかの検証を流出解析により行う。

- ②天然ダムの規模とその決壊により発生する鉄砲水の流量との関係を明らかにする。
- ③天然ダムが形成されなくても豪雨が原因で鉄砲水が発生する場合、流域の形状が水位上昇の形成に与える影響を明らかにする。
- ④流木が一時的に河道を閉塞して鉄砲水の発生原因となりうる可能性が考えられるが、その可否について明らかにする。

## 謝 辞

検討にあたり、京都大学大学院農学研究科水山教授には多大なご指導を頂いた。現地調査にあたり、国土交通省東北地方整備局新庄河川事務所、九州地方整備局、山形県河川砂防課、神奈川県砂防海岸課、佐賀県河川砂防課には大変お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 栗原淳一・山越隆雄・寺田秀樹：世界における Flash Flood の特性と今後の研究課題，土木技術資料，48-10，pp.60-65，2006。
- 2) Demands on flood protection '95: Federal office for Water Management Federal Department of Transport, Communications and Energy
- 3) Felix Naef, Petra Fackel, Carla Thoma and Simon Scherrer, Canyoning Unglück im Saxetenbach wie die tödliche Flutwelle entstand, <http://www.wsl.ch/staff/petra.schmocker/saxeten/saxetenbach.html>, 2007年1月30日
- 4) 仲野公章・山越隆雄・笹原克夫・長井義樹・城ヶ崎正人・吉柳岳志・池谷浩・三木洋一：2000年8月6日に谷川岳・湯桧曾川で発生した出水について(速報)，砂防学会誌，Vol.53，No.5，pp.37-43，2001。
- 5) 下川悦郎・地頭蘭隆・加藤昭一・岩本賢司：しらす谷における鉄砲水発生の地質，地形的背景，火山地域における崩壊の斜面水文学的研究とその予測，平成6年度～平成8年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))成果報告書，pp.42-48，1997。
- 6) 小田晃・栗原淳一・桜井亘・長谷川祐治：平成18年7月豪雨による長野県岡谷市志平沢川の土石流現地調査報告，建設技術研究所所報，pp.63-71，2006。
- 7) 田畑茂清・池島剛・井上公夫・水山高久：天然ダム決壊による洪水のピーク流量の簡易予測に関する研究，砂防学会誌，Vol.54，No.4，pp.73-76，2001。
- 8) 栗原淳一・桜井亘・武澤永純・田方智・鈴木隆司・盛伸行：2006年に発生した鉄砲水災害の発生原因について，砂防学会誌(投稿中)
- 9) 建設省砂防部砂防課：土石流対策技術指針(案)，pp.6-7，2000。
- 10) 水山高久・瀬尾克美：山地小流域の洪水到達時間および短時間降雨強度と継続時間の関係，新砂防，Vol.37，No.3，pp.20-22，1984。
- 11) 水山高久：山地小流域の洪水到達時間および短時間降雨強度と継続時間の関係の修正，新砂防，Vol.39，No.1，pp.16，1986。

(投稿受理：平成19年2月5日  
訂正稿受理：平成19年5月17日)