

フラッシュフラッドの発生に繋がりやすい降雨特性に関する一考察

関東地方整備局富士川砂防事務所：吉川 知弘

関東地方整備局：村松 悦由（前 富士川砂防事務所）

関東地方整備局湯西川ダム工事事務所：熊田 泰幸（前 富士川砂防事務所）

パシフィックコンサルタンツ株式会社：○松田 如水、飛岡 啓之、坂島 俊彦、

河上 展久、今城 貴弘、花田 良太

1. はじめに

近年、記録的な短時間豪雨が多発するなど降雨パターンの変化から、フラッシュフラッド等（土石流、鉄砲水）による災害の増加が懸念され、その対応が要求されている。本検討では、土砂生産が活発で、親水利用の盛んな釜無川右支大武川流域を対象として、レーダ解析雨量および数値解析を用いて降雨条件（強雨強度、継続時間等）の違いによる降雨流出、土砂流出の関連性について評価を行い、フラッシュフラッドの発生に繋がりやすい降雨特性について考察を行ったものである。

2. 全国的な発生事例からみた考察

フラッシュフラッドを発生させた事例の多くは、短時間豪雨に起因し、土砂移動の大きいものと、土砂移動の小さいものに大別される。近年発生した鉄砲水災害事例^{※1}を基礎データとして、フラッシュフラッドの発生に繋がりやすい降雨特性について考察を行った。

フラッシュフラッドを発生させた15事例の降雨波形を比較した結果を図-1に示す。土砂移動の大きい事例では、継続時間4時間程度、降雨ピーク60mm/h以上のものが多く、土砂移動の小さい事例では、継続時間1～2時間未満、降雨ピーク40～50mm/h未満であることが分かった。

3. 数値解析モデルの構築

大武川流域（ $A=68.5\text{km}^2$ ）を対象に、フラッシュフラッドの特性（降雨継続時間、降雨強度により流出および土砂移動が異なる）を表現できる数値解析モデルを構築した。解析モデルは、降雨流出と土砂移動モデルを組合せた“高橋ら（2000）”のモデル（SERMOW）^{※2}を採用した。

本解析モデルは、対象流域を河道網とそれに接続する複数の斜面群によって表現する。各斜面要素は、レーダ解析雨量による降雨を入力条件として、分布型降雨データを扱えるkinematic wave法にて流出過程を解析し、斜面下流端における流出流量を求める。河道網では、流路の土砂を取り込んで土石流、掃流状集合流動及び掃流砂の形態で流下していく過程を計算し、斜面からの流入流量を考慮しながら、1次元の河床変動計算を行うものとした。

4. レーダ解析雨量を用いた流出特性の把握

レーダ解析雨量を用いた流出解析により対象流域の降雨特性の把握を行った。図-3に、降雨パターンA（局地的大雨・集中豪雨の代表的な事例）と、降雨パターンB（台風の通過に伴い当該流域の広範囲で降雨が発生した事例）について、降雨ピーク時のレーダ解析雨量図と流域平均雨量ハイトグラフを示す。

流域平均雨量のみでは降雨特性の違いがわかりにくい、降雨パターンAは流域内の降雨のバラツキが大きく、同一地点における降雨継続時間も短い。これに対して、降雨パターンBは流域全体に降雨が発生しており、降雨特性が明らかに異なる。

本モデルにより、降雨Aに比べ、降雨Bでは、ピーク流量として約1.3倍、土砂流出量としては約2倍となる結果が得られた（表-1参照）。なお、河床変動調査測定の結果では、降雨Bにより、源流域において土砂移動現象が発生していたものと捉えられ、降雨特性による土砂流出特性の違いを表現するものとして評価できる。

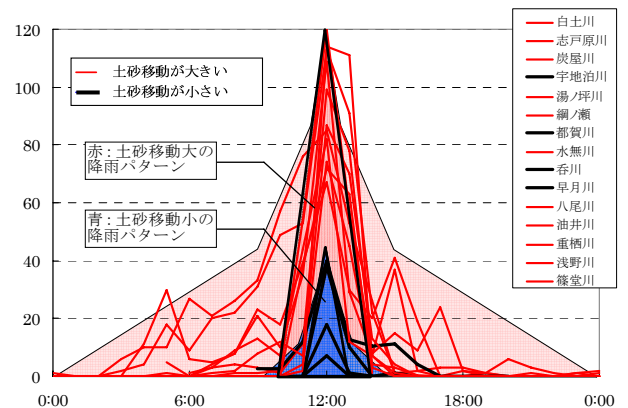


図-1 フラッシュフラッド等を発生させた降雨波形

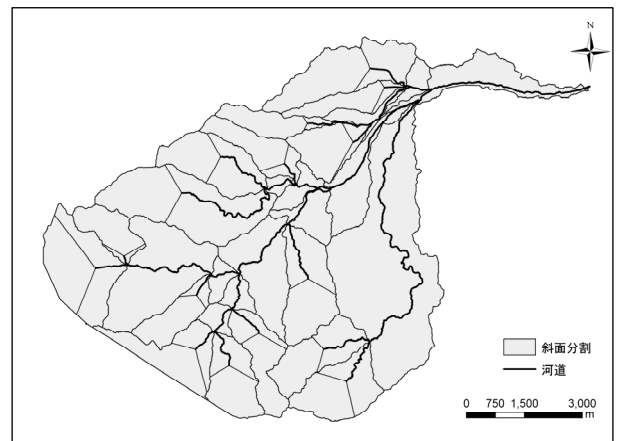


図-2 斜面、河道モデル分割図

表-1 代表的な降雨パターンにおける解析結果

	降雨パターンA	降雨パターンB
ピーク流量	170m ³ /s	227m ³ /s
流出土砂量	104,400m ³	199,400m ³

5. 親水利用区間における影響検討

5.1 影響検討の考え方

レーダ解析雨量による分析の結果、対象流域では、夏季の親水利用シーズンに、降雨パターンAに代表されるような局地的大雨や集中豪雨による降雨の偏在（小スケールの強い降雨域の偏在）が発生していること、当該流域での局地的大雨の多くは中下流域にて発生していることがわかった。

しかし、局地的大雨が上流域にて発生した場合は、親水利用のある中下流区間では上流域での降雨そのものを捉えにくい。また、急な増水が発生した場合には、親水利用者の人的被害に繋がるおそれがある。このため、降雨実績を踏まえ、上流域に局地的大雨が発生した場合を想定し、降雨パターン（降雨強度と継続時間）の違いによる親水利用区間における流出傾向の把握を試みた。

5.2 解析結果

(1) 急な増水

降雨強度が強く継続時間の短い降雨では流出波形がシャープになる結果が得られた。レーダ解析雨量の分析により、当該流域での上流域平均雨量40～60mm/hが最大値として捉えられたが、上流域平均雨量30mm/hに相当する局地的大雨（降雨継続時間1時間）でも、人的被害に繋がり得るような急な増水が発生する危険性がある結果が得られた。

図-4に示す上段2つは、上流域平均雨量30mm/hと60mm/hの降雨（降雨継続時間1時間）による下流地点（親水利用拠点）ハイドログラフである。前者では降雨開始後2.5時間後に、後者では降雨開始後1.5時間後に急な増水が発生している。

(2) 土砂流出

降雨継続時間が短い場合には、降雨強度が大きくとも土砂の移動は小さい。土砂の移動は、降雨継続時間が長い場合に顕著となる（図-4に示す下段2つのハイドログラフ参照）。

6. まとめと考察

対象流域におけるレーダ解析雨量の分析により、時間的空間的な降雨状況を把握することができ、局地的大雨の発生状況や降雨分布特性を明らかにすることができた。また、対象流域では局地的大雨は中下流域での発生が多いが、上流域で局地的大雨が発生した場合、親水利用の盛んな中下流区間では、降雨開始から1.5～2.5時間後に急な増水が発生し得ることが明らかとなった。このため、河道内の工事従事者や親水利用者に向けて、上流域での局地的大雨による増水の危険性の周知方法について検討する必要がある。

また、親水利用者の人的被害は、河道からの迅速な避難の可否が大きく影響する^{※3}。このため、中下流区間の親水利用区間では、緊急避難の視点を持った整備が有効であると考えられる。例えば、親水利用者の視点から緊急避難の安全点検を実施し、どこからでも緊急避難可能な河岸にすることが課題である。

参考文献：※1：独）土木研究所（2000）：近年発生した鉄砲水災害事例。 ※2：高橋保（2006）：土砂流出現象と土砂災害対策：近未来社。 ※3：松田ら：鉄砲水による人的被害の軽減に向けた考察：水工学論文集，第54巻，2010。

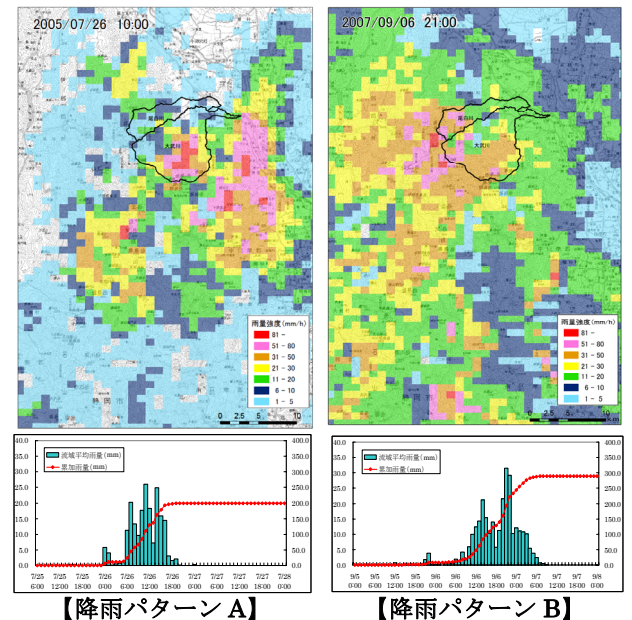


図-3 代表的な降雨パターン

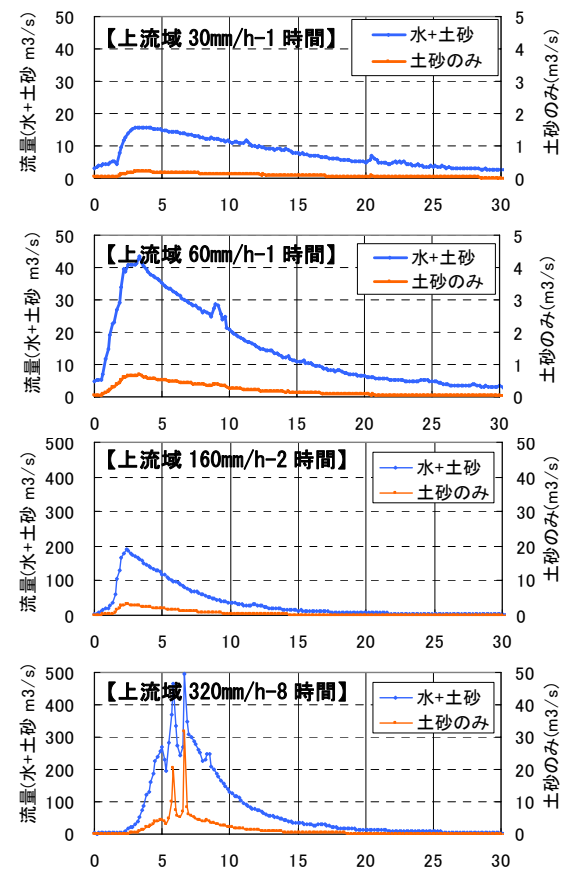


図-4 降雨量の違いによるハイドログラフ