

95 天明3年吾妻泥流の流下過程と流動機構

(財)砂防・地すべり技術センター○安養寺信夫

国土防災技術 ㈱ 小菅 尉多

住 鉦 コンサルタント ㈱ 山下伸太郎

1. はじめに

火山泥流は火山噴火に伴って噴出する火砕物が水と混合して流下するものである。その発生メカニズムを見ると、融雪型泥流や降雨型泥流、火口湖溢水型泥流など多様である。

火山噴火に対応した砂防計画を検討する上で、わが国のような多雨多雪地域では火山泥流災害の発生を十分考慮する必要がある。そこで、火山泥流による被害区域の想定や砂防施設効果の評価手法に統一的な考え方を導入し、災害実績のない火山周辺において泥流被害を想定する際に有効な手法の確立が重要と考えられる。本研究は、火山泥流の流下過程から推定される流動特性を具体的な事例から検討し、泥流対策計画の策定に資することを目的として実施したものである。

2. 火山泥流の流動機構

火山泥流は大きく、1)火山噴火そのものが誘因となって発生する泥流と2)火山噴出による堆積物が降雨等の他の誘因で発生する泥流とに分けることができる。この泥流の発生形態の違いによる泥流の規模および流動機構の相違を、宮本ら(1989)の研究をもとにとりまとめると表-1のとおりとなる。

表-1 火山泥流の発生要因とその規模・流動機構の分類

泥流発生要因	泥流総流量	ピーク流量	流動形態	流動モデル	備考
火山噴火が 直接誘因	10^7 m^3 以下	$10^3 \sim 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$	乱流	マニング則 (洪水流と同じ流れ)	巨礫の移動は 掃流状集合流動 → 掃流
降雨等が誘因 (火山噴出物の 堆積物が 再移動する)	$10^3 \sim 10^5 \text{ m}^3$ (土砂量 数 10^4 m^3)	数 $10^2 \text{ m}^3/\text{s}$	層流	ダイラタント流体 (土石流的な流れ) ビンガム流体 (高粘性流体の流れ)	巨礫の含有率が 高い場合 巨礫の含有率が 小さく微細粒子 を多く含む場合

1783年浅間山の鎌原火砕流に起因して発生した吾妻泥流は、その発生・発達過程については今なお議論を呼ぶところであるが、流下・氾濫過程をみると、総流量約 $1.1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定される非常に大きなものであり、表-1に示される乱流の応力が働く領域であったと考えられる。つまり、このような領域では、平均流速式としてマニング則が適用でき、また、泥流に含まれる巨礫の移動は掃流形態をとる。

3. 天明3年吾妻泥流の流下過程

浅間山の1783年吾妻泥流は吾妻川を流下し、下流の前橋市、高崎市付近まで到達した。これについては多くの記録が残されており、萩原の集大成した文書等から泥流の諸特性を表す記事を抽出し、さ

らに泥流によって運搬されたとされる浅間石の分布や堆積物の現状などを調査して、泥流の流下特性を整理した。

1) 泥流の到達時刻；吾妻川泥流

の到達時刻を火口からの距離で整理し、泥流の観察地点の横断面より推定した水位からマニング則($n=0.05$)を用いて計算した時間と比較すると図-1のとおりである。図からも明らかなようにマニング則によって実績をよく説明できる。

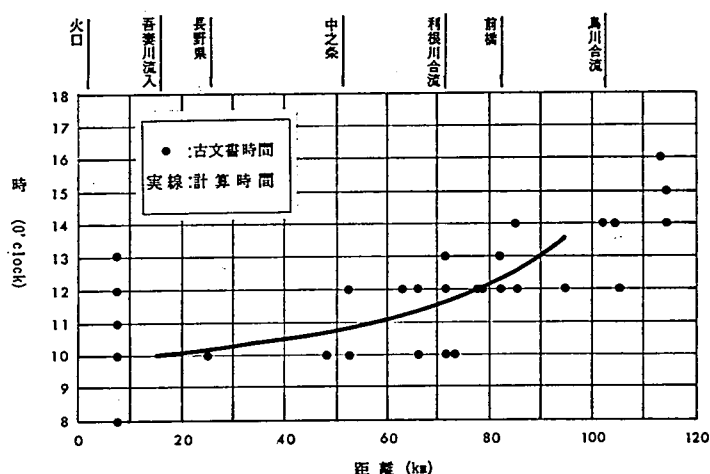


図-1 1783年火山泥流の到達時間

2) 泥流段波と波高；吾妻泥流は

段波状に流下したことが記録から類推できる。数値の信憑性の問題は残るが、火口より約45kmの原町付近で15~30mであり、100km下流の烏川合流点付近まで段波が次第に波高を落としながら流れたものと思われる。

3) 泥流の継続時間；泥流の継続

時間（段波の到達から元の河川水位に戻るまで）は、45km付近で2時間、80km付近で4時間、165km付近で20時間程度と下流に流下するに従って長くなる。

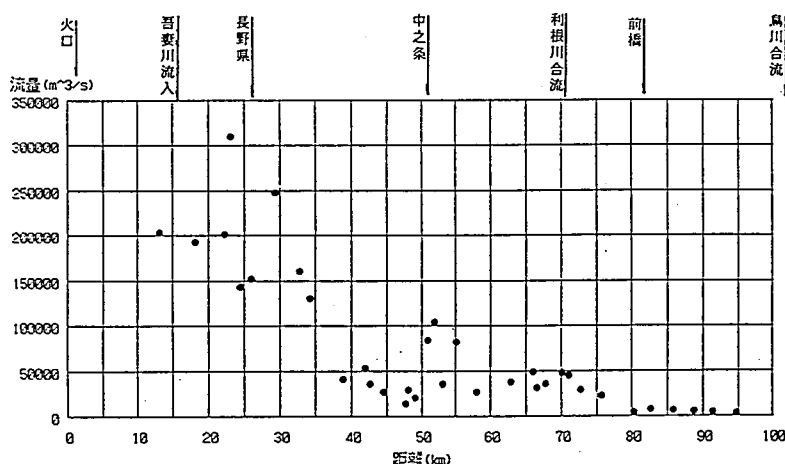


図-2 火山泥流の流下流量（ピーク時）

4) 泥流の流量の推定；河道の主

要地点の流下断面の推定とマニング則による流速から流量を推定した。火口より30km付近までは $Q=150,000\sim300,000\text{m}^3/\text{s}$ と非常に大きくなり、マニング則の適用が妥当かどうか疑問が残る。40kmから下流では $Q=50,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度まで減少する。80kmより下流の前橋北部あたりではさらに減少して $Q=5,000\text{m}^3/\text{s}$ 以下になる（図-2）。

5) 泥流の堆積深；吾妻泥流は吾妻川河道内で河床変動を起こしながら流れている。堆積物の岩種構成

をみると、火口から遠ざかるにつれて本質岩塊の構成比が減少し、河床の円礫が増加する。また、堆積深の縦断分布を見るとほぼ一律である。

4. 天明3年吾妻泥流の数値シミュレーション

4.1 数値シミュレーションの概要

1978年に吾妻川で発生した火山泥流のハイドログラフは、古文書等の記録により原町地点において継続時間約2時間、ピーク流量約 $30,000\text{m}^3/\text{s}$ と推定された(図-3)。これが、当時の泥流のハイドログラフを予測可能な、吾妻川最上流地点の値といえる。そこで、火山泥流のシミュレーション計算では、原町に近い温川合流点～利根川合流点の泥流流下域において、現在の地形条件下で吾妻泥流規模の火山泥流が発生した場合について、次元不定流計算を行い、吾妻泥流の流下過程との比較を行った。不定流計算は、洪水波形が連続式のみで伝播するようなkinematic wave理論にもとづいた。

河道は計算区間(延長約27km)を200m間隔に分割し、境界条件となる泥流ハイドログラフの形状は、これまでの火山泥流に関する調査・研究等を参考に、ピーク位置が泥流継続時間の0.2(24分)となるような三角形ハイドログラフとした。その他の計算条件は、マンニングの粗度係数を0.05とし、基底流量および泥流流下中の河床変動は無視した。

4.2 シミュレーション計算結果

図-3には、温川を計算開始点とした洪水追跡計算による、ハイドログラフの変化を示した。図をみると下流に向うほどハイドログラフのピーク流量は漸減していき、利根川合流点では、ピーク流量は約 $24,000\text{m}^3/\text{s}$ にまで低下している。しかし、ハイドログラフの形状に大きな変化はなく、やや継続時間が長くなっていくもののほぼ相似形を保っているといえる。また、泥流は利根川合流点まで約1時間強で達しており、これは、古文書等による泥流の到達時間とよく一致している。

図-4には洪水中の最大水位および水深の比較を示した。泥流流下中の最大水深は、計算開始点の温川合流点から原町間は20～30mと高く、それより下流ではほぼ15～20mとなる。そして、利根川合流点に近づくとき水深は約10mにまで低下している。計算結果は吾妻泥流の最大水深より浅い傾向があるが、これは泥流流下中の河床変動を考慮していないこと、河道データが現地形によること等が原因と考えられる。

5. おわりに

以上のように、火山泥流はマンニング則による洪水追跡でよく説明でき、砂防計画においても想定した泥流規模に応じた数値シミュレーションが威力を発揮すると考えられる。今後は河床変動や曲流部における挙動などについてもより詳細に被害を想定できるよう研究を進めたい。

なお、本研究は建設省利根川水系砂防工事事務所、群馬県および長野県からの委託による調査成果の一部である。さらに浅間山火山砂防計画検討委員会(芦田和男委員長)のご指導を得た。記して感謝の意を表する。

文 献

萩原進；浅間山天明噴火史料集成 I (1965), II (1966), 浅間山麓埋没村落総合調査会；天明三年浅間山噴火史料集(1989), 利根川水系砂防工事事務所；浅間山火山調査報告書(1991)
宮本他；火山泥流の流動機構とそのモデル化(1988)

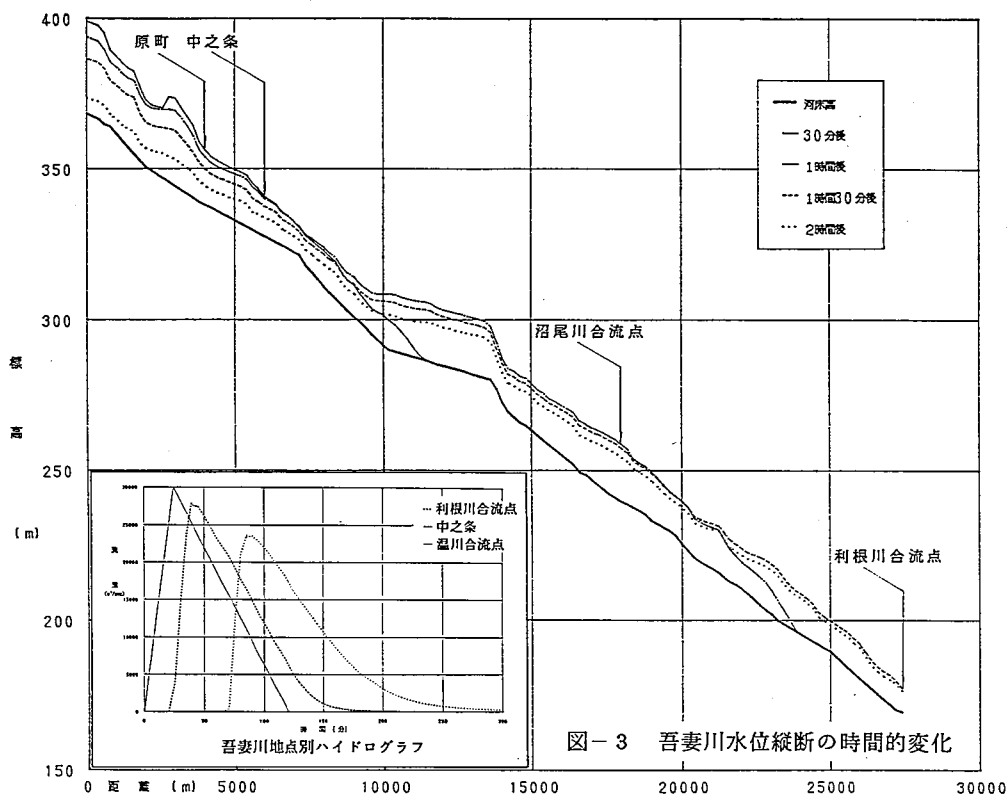


図-3 吾妻川水位縦断の時間的变化

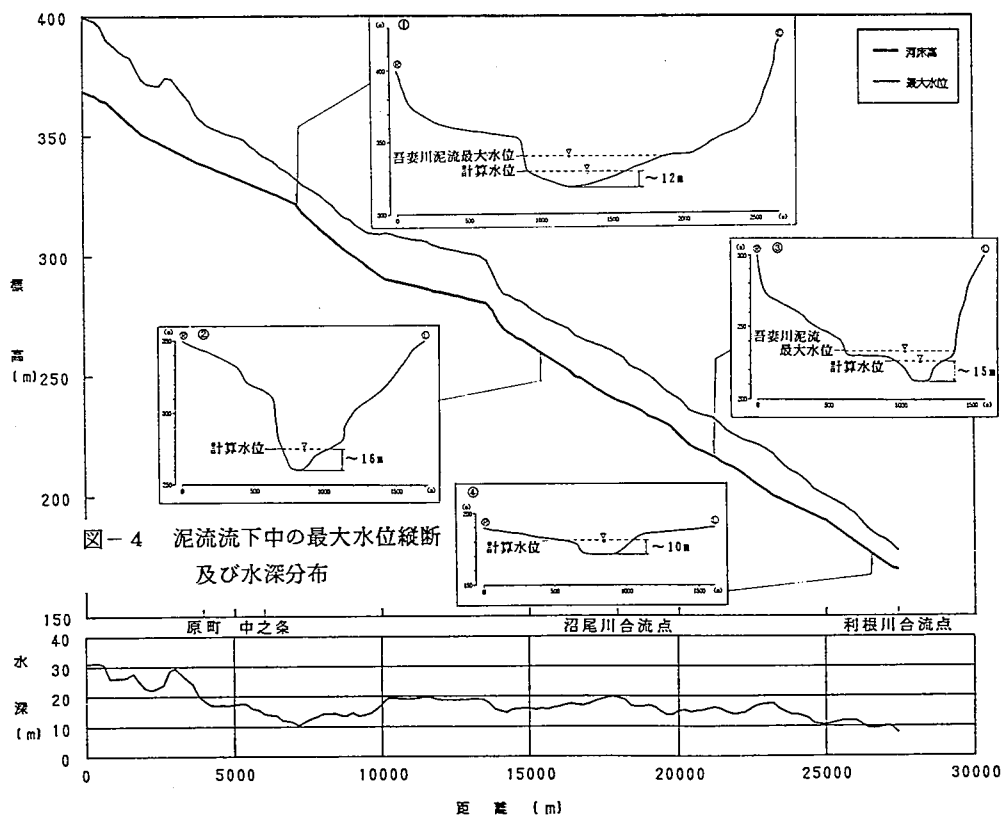


図-4 泥流流下中の最大水位縦断及び水深分布