

建設省土木研究所 門間 敬一 武士 俊也  
アジア航測株式会社 ○中島 達也 北原 一平

## 1. はじめに

福島県磐梯山は、1888年に大規模な爆発を起こし、山体の北側は大きく破壊され、莫大な量の土砂を山腹に流下させた。その際に生産された土砂量は、約15億 $m^3$ といわれている<sup>1)</sup>。中村(1980)によれば、この大規模な崩壊は、崩壊の発生及び堆積状況からⅠ火口地域、Ⅱ主流通過地域、Ⅲ側流通過地域、Ⅳ主堆積地域、Ⅴ周辺堆積地域に区分されている<sup>2)</sup>(図-1)。Ⅰ火口地域は、崩壊土砂の主となる部分であり、土砂はⅡ主流通過地域を侵食しながら流下し、Ⅳ主堆積地域に堆積した。また、Ⅲ側流通過地域は、土砂の主流の通過の影響を受け、表面を侵食され、結果的に全体的に侵食を受けた。これらⅠ～Ⅳの地域は、ほとんど水分を含まず形成されたとしている<sup>2)</sup>。一方、Ⅴ周辺堆積域は、既存の谷地形に沿って流動しているが、この一部は、河川水と混じって泥流化したとしている<sup>2)</sup>。磐梯山の崩壊について流送形態に若干触れて分類した堆積分布図は他では丸田<sup>3)</sup>によるものもあるが、その分類は類似しており、その他ではほとんどない。ところで、図-1の分布図では、発生域と通過域と堆積域を明瞭に区分しているが、発生域かつ堆積域、流下域かつ堆積域などの地域についてどちらかに限定している。しかしながら、実際の現象は、いずれかに分類されるものではない。

本報では、磐梯山の山体崩壊に岩屑流シミュレーションを適用してⅠ～Ⅲの土砂発生域と考えられるところを対象に再現計算を実施し、再現性を検討したので報告する。

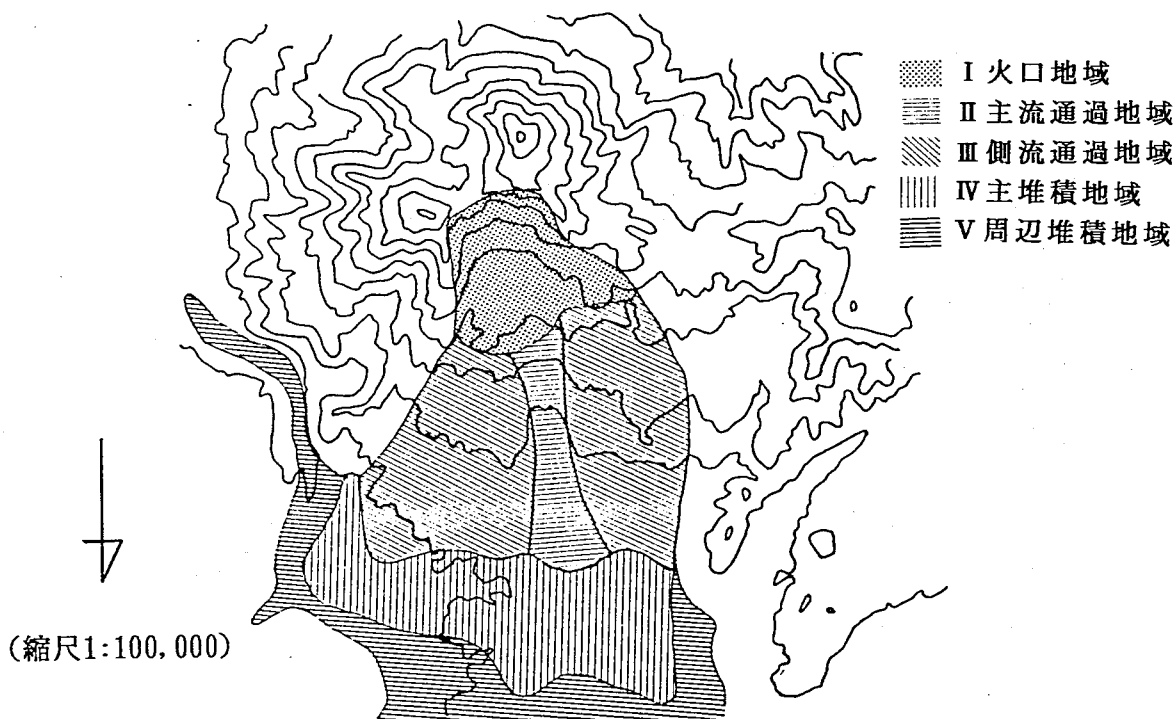
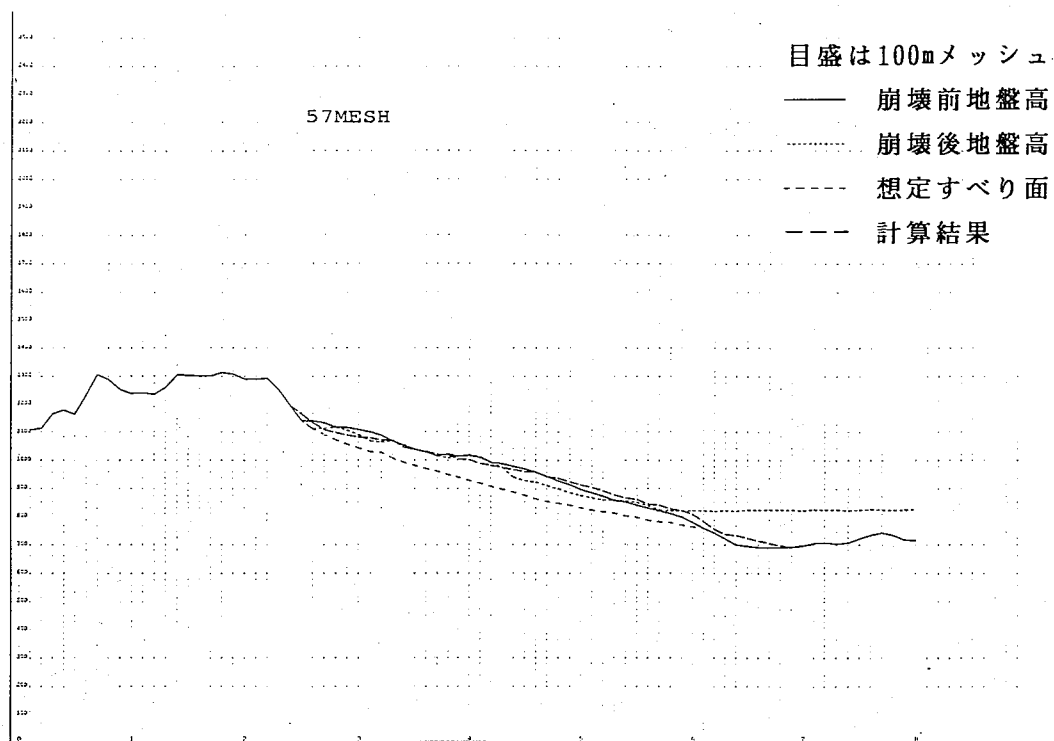


図-1 中村(1980)による崩壊の発生・堆積分布図<sup>2)</sup>

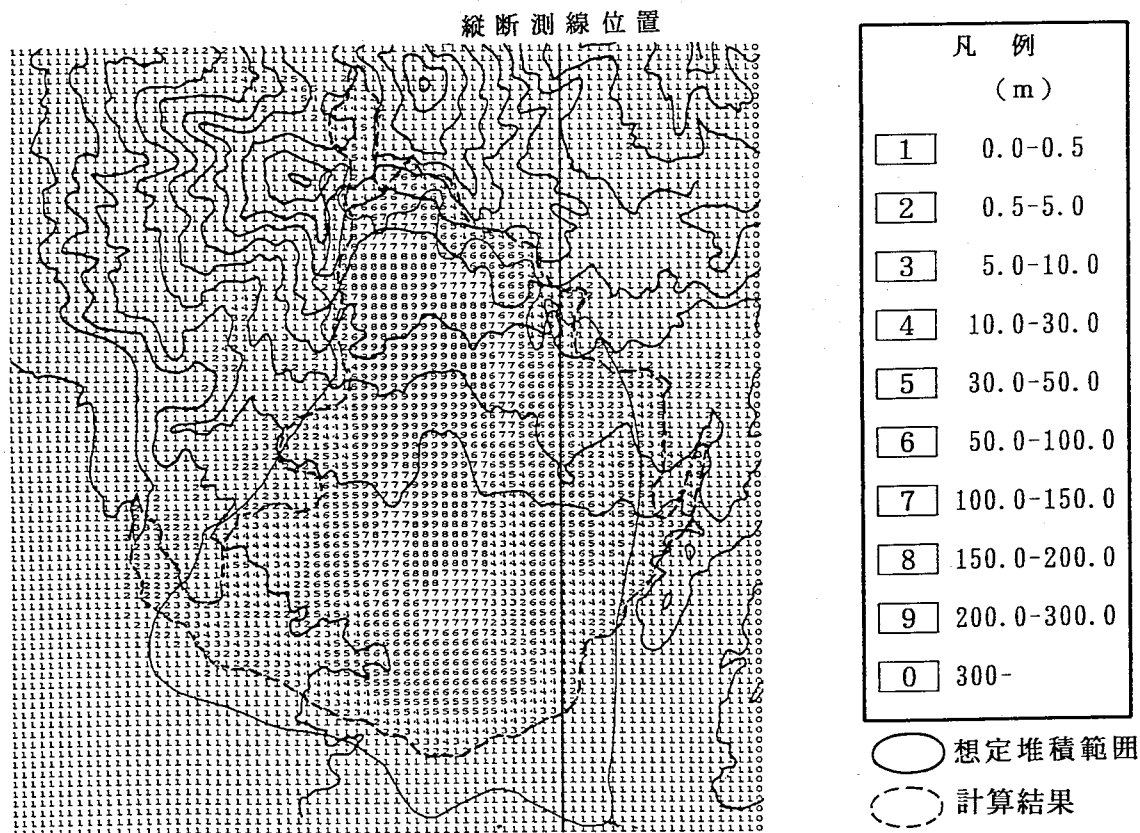
－1のⅢの地域を通る縦断面図により比較した。

### 3. 2 計算結果と考察

図－2に計算結果縦断面図、図3に計算結果平面図を示す。なお、縦断面図の位置は、図－3に記載した。



図－2 計算結果縦断面図



図－3 計算結果平面図

## 2. シミュレーション手法の概要

岩屑流モデルとして、粒子が整然と高い濃度を保って運動するような場合を考える。この場合、流れの応力は、粒子の接触に起因する静的な応力と粒子の衝突により生じる動的な応力の形で表現される。流れの抵抗抗としては、前者はクーロン摩擦力として、後者は粒子の非弾性的な性質により生じる剪断応力として表される。両者のうちクーロン力が全体の8～9割を占め、残りの応力で流動現象が決まっている。クーロン摩擦力は固体摩擦力であるから、重力、慣性力、動的応力の合力がクーロン摩擦力を下回ると流動は停止する。流れや応力の構造、モデル、具体的な停止条件の取扱いなどは、高濱ら<sup>4)</sup>に説明をゆずるが、シミュレーションに必要な物理的なパラメータは、表1の通りであり、それぞれ表1の値を用いた。計算の境界及び初期条件は、それぞれ以下のように取り扱っている。流れの境界条件、すなわち底面の取扱いは、固定床を仮定し、侵食も堆積もしないことを仮定している。これは、流れの停止がクーロン摩擦力によって達成されることに関係している。もし、侵食を許せば、常に流動の内部のすべり面を検討しなければならず、すなわち土塊の中の任意のすべり面を検討しなければならない。これは、現段階では非常に難しい。

固定床面は、崩壊前後の地形を基に運動を開始した崩壊土塊が同一のすべり面上を滑動して、今ある地形で停止したとして、得られるすべり面を想定している。崩壊前後の地形は、国土地理院で作成された25m×25mメッシュのDTMを用いた。なお、計算にはこのDTMをもとに100m×100mメッシュに編纂したものをを用いている。初期条件は、仮想すべり面の上に崩壊前の地形として土塊が載っているとし、初速度0で計算を開始した。

表-1 物理諸量一覧表

| 項目 | 内部摩擦角 | 粒子衝突角 | 粒子密度 | 堆積濃度 | 流動濃度 | 反発係数  | 粒径   |
|----|-------|-------|------|------|------|-------|------|
| 値  | 20度   | 30度   | 2.7  | 0.6  | 0.6  | 0.808 | 0.2m |

## 3. 計算結果と考察

### 3.1 検証資料

計算結果の再現性を検証するために平面図及び縦断図を用いる。その検証資料として中村<sup>2)</sup>による図-1と崩壊後の地盤データを用いた。しかしながら、図-1では、崩壊発生域(土砂発生域)の堆積分布が示されていない。また、IV主堆積域は、本シミュレーションで対象とした「粒子が整然と高い濃度を保って運動するような場合」以外の流送形態により堆積した地域を含んでいると考えられる。一方、崩壊後の地盤データでは、中村(1980)によると泥流の影響を含んだ地形となっている。したがって、いずれの場合も単独で本シミュレーションの再現計算結果と比較することはできない。そこで、堆積平面図では、前述したように多少の問題はあるものの再現計算結果と比較する堆積先端部を図-1のIVの地域とし、I～IVの範囲とした。ただし、I～IIIの範囲では、発生かつ堆積地域があると予想されるが、図-1では分からないので、崩壊後の地盤高で想定したすべり面に堆積がある範囲を用いた。以上のような考え方をもとに実績範囲を想定し、想定実績範囲とした。したがって、本シミュレーション結果の先端部は、想定実績範囲よりも小さく分布するはずである。縦断図は、やはり多少の問題はあるものの崩壊後の地盤高を検証資料とし、その位置は、本シミュレーションモデルで表現していると思われる図

再現計算の結果は、縦断図、平面図ともに良好な結果となった。その結果を以下に示す。

- ①計算結果の堆積勾配は、崩壊後の地盤高と比べ、ほぼ同様の傾向を示している（図-2）。
  - ②計算結果の堆積深は、崩壊後の地盤高と比べ、ほぼ同程度となっている（図-2）。
  - ③計算結果の堆積の先端部は、崩壊後の地盤高と比べ、堆積深が小さく、到達距離が短い（図-2）。
  - ④計算結果の堆積開始地点は、崩壊後の地盤高と比べ若干ではあるが、高い位置となっている（図-2）。
  - ⑤計算結果の堆積範囲は、想定実績範囲と比べ、全体的な傾向が一致している（図-3）。
  - ⑥計算結果の堆積範囲は、想定実績範囲と比べ、若干小さく分布している（図-3）。
  - ⑦計算結果の堆積範囲は、想定実績範囲に比べ上流部への土砂の移動が見受けられる（図-3）。
- ①から⑦の結果について考察すると次の通りとなる。
- ①、②、⑤は、本シミュレーションモデル及び境界条件が妥当であったことを示すものである。
  - ③は、前述したように泥流等の他の流動現象も含んだ堆積実績となっているため、当然の結果といえる。
  - ⑥も前述したように想定堆積実績としたIV主堆積部は、本シミュレーションモデルで対象としている流れとは別にもっと活発な流れの堆積範囲をも含んでいると考えている。したがって、計算結果の堆積範囲が、小さく分布しているのは、むしろ妥当な結果といえる。
  - ⑦は、初期条件の地盤高（崩壊前の地盤高）が流れ込んだ地域よりも高く、単に低いところに流れ込んだだけの結果である。しかしながら、実際の崩壊では、このような堆積は見られない。これは、本シミュレーションで想定しているような初速度0で、粒子が重力によって流下する流動形態でないことを意味するものである。例えば、すべり面に沿って、粒子流となる前に大きな一つの土塊として、滑動したとも考えられる。あるいは、火山活動により火山の山体内部からの力を受け爆発的に流動を開始したとも考えられる。いずれにしても、本モデルと異なった現象で流下したと考えられる。
  - ④は唯一、本モデルの結果と整合しない部分である。これは、縦断線の付近で、さらに上流から移動した土砂がこの断面の上部に流れ、その後、流れずに堆積したと考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、磐梯山崩壊を対象に計算を実施し、良好な計算結果を得た。今後、その他の崩壊地にも適用して、シミュレーションの精度の確認・向上を目指したいと考えている。

最後に、本研究を行うにあたり、御指導いただいた鳥取大学地域共同研究センターの宮本邦明助教授に厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 町田洋：巨大崩壊、岩屑流と河床変動、地形、第5巻、第3号、1984, pp. 155-178
- 2) 中村洋一、青木謙一郎：磐梯山、月刊地球、Vol. 2、No. 6、1980, pp. 430-441
- 3) 丸田英明：裏磐梯泥流に関する若干の考察、地理学評論、41-7、1968, pp. 465-469
- 4) 高濱淳一郎、中島達也：乾燥粒子流の数値シミュレーション、平成7年度砂防学会研究発表会概要集、1995