

火山噴火後に降灰分布を速やかに推定する手法

木佐洋志* 山越隆雄** 石塚忠範***

1. はじめに

火山噴火により火山灰等が流域斜面に堆積すると、流域斜面の浸透能が著しく低下し、小規模な降雨でも土石流が発生する危険性が高まることが知られている¹⁾。そのため、降灰後の降雨により発生する土石流対策のためには、降灰分布を速やかに把握することが重要である。

一般的に、火山噴火後の降灰分布は現地踏査を主体とした網羅的な降灰量計測調査により把握される。すなわち、火山灰等の現地計測とその結果のとりまとめ、等層厚線図の作成による。しかし、網羅的に降灰分布を調査することは時間を要するため、土石流発生危険性の高い溪流の把握を早期に進めることが難しい。さらに、火山活動の激化により火口近傍の調査ができない場合や、噴火後初めての降雨が間近に予想される場合などにおいては、降灰量の計測データが十分に得られていない状況も想定される。そのような状況においても、一定の精度を確保した上で速やかに降灰分布を推定することが求められる。

本稿では、降灰後の土石流発生危険性を判断するために、降灰範囲を速やかに推定する手法について、霧島山（新燃岳）2011年1月噴火を例として説明する。

2. 手法の概要

2.1 手法の概要

当手法は、任意の等層厚線に対して、式(1)に示す「面積－層厚の反比例関係」が成り立つと仮定して、既知の等層厚線から目標とする層厚（以下、目標層厚という）の等層厚線を推定するものである。

$$T \cdot S = \alpha \quad \dots \text{式(1)}$$

(T:層厚, S:等層厚線に囲まれる面積, α :一定)

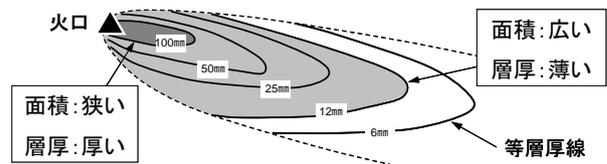


図-1 面積－層厚の反比例関係のイメージ

当手法の手順は以下の①、②のとおりである。

- ① 現地調査等により、任意の等層厚線をひとつ以上把握する。
- ② ①で把握した等層厚線と、目標層厚の等層厚線が相似形状にあると仮定し、「面積－層厚の反比例関係」から①で把握した等層厚線を火口方向に相似縮小して推定の目標等層厚線を得る。

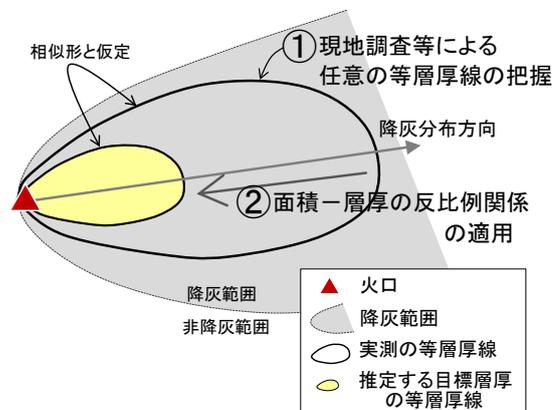


図-2 火山噴火後に降灰分布を速やかに推定する手法のイメージ

つまり、目標層厚以上の降灰量計測データが十分に得られていない状況においても、当手法による推定により目標層厚の推定等層厚線が得られる。

なお、「面積－層厚の反比例関係」は、ある層厚の等層厚線に囲まれる面積(S)とその層厚(T)は概ね反比例の関係にあるとする考えで、早川(1991)による経験式²⁾に基づく。

$$V = 12.2TS \quad \dots \text{式(2)}$$

(V:降下テフラ*の体積, T:降下テフラの層厚, S:面積)

Quick method to estimate distribution of volcanic ash after an eruption

*土木用語解説：テフラ

早川(1991)は、ある層厚の等層厚線に囲まれる面積(S)とその層厚(T)の積(TS)がほぼ一定値をとる関係にあることをいくつかの噴火事例(規模にして数十万 m^3 ~約1000億 m^3 、堆積厚として概ね1cm~数m)のデータを基に示している。

2.2 手法の適用範囲

当手法を適用するには、以下の条件を満たす必要がある(図-3参照)。

- ・ひとつ以上の等層厚線が得られていること。
- ・火口の位置がひとつに特定できること。
- ・降灰が火口から偏在して分布する場合は、降灰分布軸が途中で大きく屈曲しないこと。

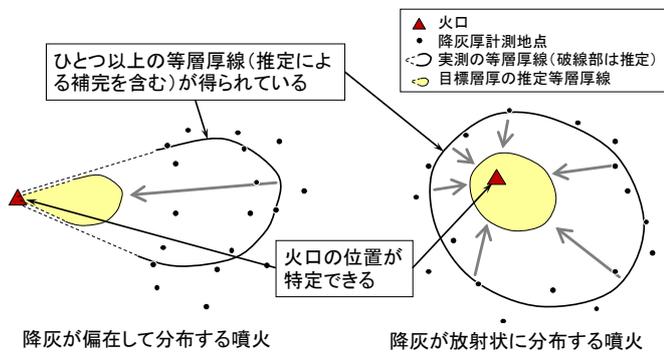


図-3 当手法が適用できる条件のイメージ

一方で、以下のような場合においては当手法が適用できない。

- ・ひとつも等層厚線が把握できない場合。
- ・火口の位置がひとつに特定できない場合(複数の火口が形成される場合や、新規に火口が形成される噴火において、天候不良等により火口位置が特定できない場合。図-4a)
- ・風向の変化や地形的な制約により、降灰分布軸(噴煙の流向)が途中で大きく屈曲する場合(図-4b)。
- ・火砕流に伴う降灰の場合。

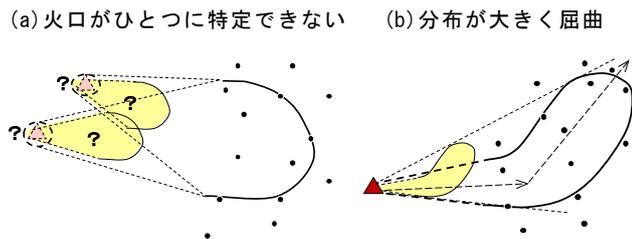


図-4 適用できないケースのイメージ

3. 霧島山(新燃岳)2011年1月噴火における降灰分布

3.1 現地調査による降灰分布の把握

霧島山(新燃岳)は2011年1月26日に本格的なマグマ噴火を開始し、多量の火山灰を噴出した(写真-1)。1月26、27日噴火による降灰は新燃岳火口より南東から東方向に分布しており、火山噴火予知連絡会の2011年6月7日の発表によると、1月26、27日のテフラ噴出量は2,400万トンと推定されている。この噴火による降灰により、新燃岳の南東から東側に位置する流域斜面に火山灰等が堆積した(写真-2)。

国土交通省九州地方整備局が2011年1月28、29日に実施した降灰調査データをもとに作成された1月26、27日噴火による降灰分布図を図-5に示す。



写真-1 霧島山(新燃岳)2011年1月噴火の様子(2011年1月27日撮影)

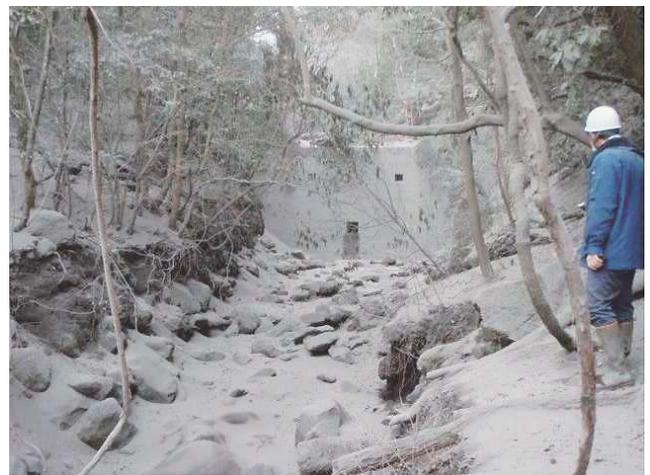


写真-2 火山灰が堆積した溪流の様子(横尾川、2011年1月29日撮影)

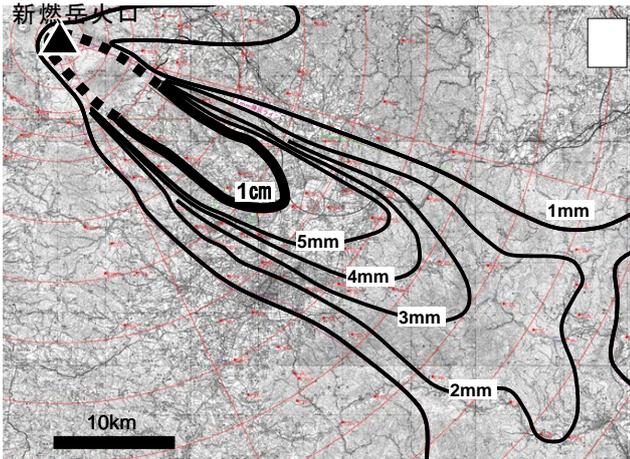


図-5 霧島山(新燃岳)2011年1月26、27日噴火による降灰分布(国土交通省九州地方整備局1月28、29日調査)

3.2 降灰の面積と層厚の関係

1月26、27日噴火による降灰分布図をもとに、ある等層厚線に囲まれる面積(S)とその層厚(T)の関係性を調べた結果を図-6に示す。面積と層厚が概ね反比例の関係にあることが分かる。

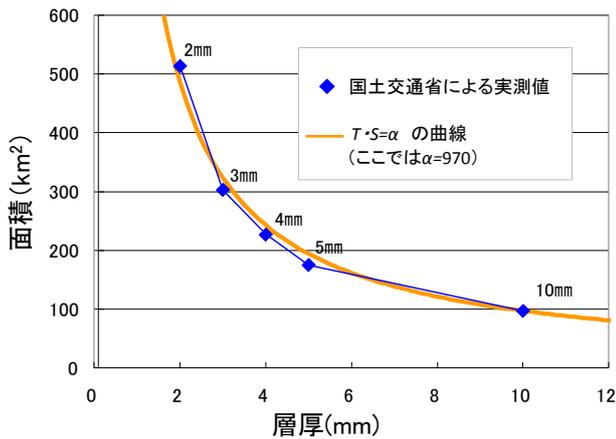


図-6 1月26、27日噴火の層厚と面積の関係

4. 降灰分布推定の例

4.1 現地立入が制限される場合への適用例

霧島山(新燃岳)1月26日、27日噴火における降灰計測データをもとに、当手法を用いて目標層厚の等層厚線を推定する例を示す。国土交通省九州地方整備局は1月28日、29日に128地点で火山灰等(軽石及び火山灰)の堆積層厚を計測し、等層厚線図を作成した。それにより、目標層厚として1cm以上の降灰範囲を把握した。

ここでは、火山活動の影響など何らかの理由により、目標層厚以上の降灰範囲の調査データが全く得られなかったという仮想的な状況を考えるこ

ととした。図-7に示すような計測データが得られていると仮定し、目標層厚を1cmとして、当手法により目標層厚の等層厚線の推定を行った。

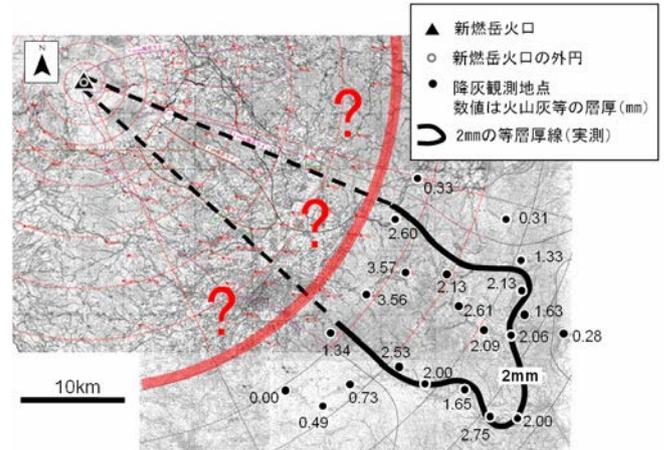


図-7 降灰計測データ(九州地方整備局が実際に計測した降灰量データの一部を用いている)

なお、早川(1991)により示された「等層厚線に囲まれる面積(S)とその層厚(T)の積(TS)はほぼ一定値をとる関係」は、概ね1cm～数mの堆積厚計測データが基となっている。そのため、層厚が数mmの領域における適用性は未検証であるが、ここでは層厚数mmの領域も適用できるとした。

4.2 目標層厚の等層厚線の推定

まず、任意の等層厚線の把握であるが、図-7に与えられる調査データからは、2mmの等層厚線(縁辺部のみ)が最もよく描ける。調査範囲より火口寄りの降灰分布は不明とし、2mmの等層厚線の2つの端点からそれぞれ火口の outer rim への接線(図-7中の破線)を引き、これを2mmの等層厚線とした。なお、ヘリ空撮写真や衛星画像などの情報から、火口近傍の等層厚線形状が明瞭に推定できる場合は、それを反映させると良い。

面積-層厚の反比例関係 $T \cdot S = \alpha$ から、

$$2mm \cdot S_{2mm} = 1cm \cdot S_{1cm}$$

$$\text{よって、} S_{1cm} = \frac{1}{5} S_{2mm}$$

となる。これは、推定1cm等層厚線の面積が実測の2mm等層厚線の面積の5分の1となることを意味する。そこで、火口の中心を相似の中心として、2mmの等層厚線をその面積が5分の1となるように相似縮小させた範囲が推定1cm等層厚線となる(図-8)。

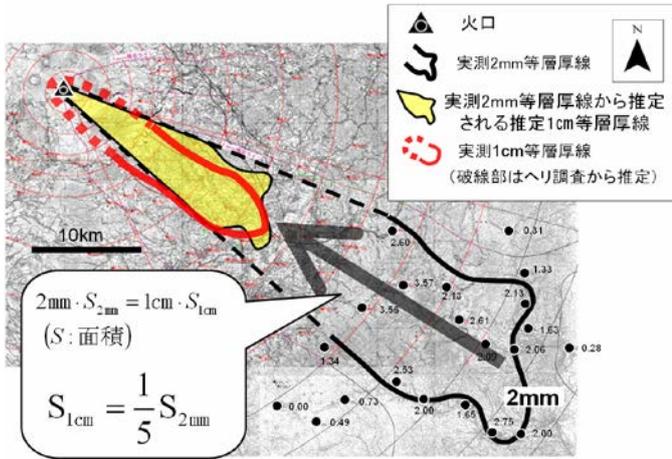


図-8 1cmの等層厚線を推定した結果

4.3 推定精度の検証

実測の1cm等層厚線と比較すると、火口近傍の降灰分布の形状は再現できていないものの、降灰分布の幅、先端部の位置等、分布の範囲は実測の1cm等層厚線を概ね良好に表現できている。参考までに推定の精度として、推定1cm等層厚線の範囲は、実測の1cm等層厚線の範囲の79%をカバーしている。一方で、実測の1cm等層厚線の範囲を超過した範囲は推定した面積全体の22%にあたる(図-9)。

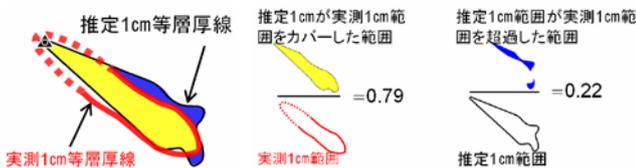


図-9 推定結果の精度の確認

5. おわりに

目標層厚以上の降灰計測データが得られていない場合においても、当手法を適用することで、概ね良好な精度で目標層厚の等層厚線を推定できた。当手法により速やかに目標層厚以上の降灰範囲を

推定することで、追加の降灰調査及びそのとりまとめを待つことなく、土石流発生危険性の判断に関わる作業に、速やかに着手することが可能となる。なお、追加の現地調査等により未調査範囲における目標層厚以上の降灰計測データがあらたに得られる場合は、推定降灰分布図の精度を向上させ、土石流発生危険性の判断の妥当性の確認、見直し等を行うことが必要である。

今後の課題としては、火口近傍の降灰分布の推定手法の検討などがある。

謝辞

本検討においては、霧島山新燃岳2011年1月26、27日噴火による降灰分布調査データの情報を国土交通省九州地方整備局よりご提供頂いた。また、現地立入調査の際などにも便宜を図って頂いた。ここに心から感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 田村圭司、山越隆雄、松岡 暁、安養寺信夫：火山噴火後に土石流が発生した事例、土木技術資料、第52巻、第3号、pp.34~39、2010。
- 2) 早川由紀夫：テフラとレスからみた火山の噴火と噴火史、第四期研究(The Quaternary Research) 30(5)、pp.391~398、1991。
- 3) 木佐洋志、山越隆雄、石塚忠範、瀧口茂隆、田島靖久：簡易な降灰分布推定手法による2011年霧島山(新燃岳)2011年1月噴火に伴う降灰範囲の推定、平成23年度砂防学会研究発表会概要集、pp.172~173、2011。
- 4) 第120回火山噴火予知連絡会資料(その1)霧島山(平成23年6月7日)、pp.64~65、新燃岳2011年1月26日以降のテフラ噴出量、(独)産業技術総合研究所・アジア航測(株)

木佐洋志*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 交流研究員
Hiroshi KISA

山越隆雄**



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 主任研究員、農博
Dr. Takao YAMAKOSHI

石塚忠範***



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム 上席研究員
Tadanori ISHIZUKA