

火砕流の発生様式と火砕堆積物の到達範囲に関する考察

国立研究開発法人土木研究所 ○藤村直樹 泉山寛明* 高橋佑弥 水野秀明

株式会社地圏総合コンサルタント 佐伯響一 大坪隆三

※現 国土交通省国土技術政策総合研究所

1. はじめに

火山噴火に伴い生じる土砂移動現象のなかで火砕流は、特に危険な現象である。火砕流は高温の岩石がガスとともに地表面を一団となって流下する現象で、ひとたび発生すると数百度の温度を伴い高速で斜面を流下し甚大な被害をもたらさう。このような特性から、火砕流が発生する可能性のある噴火が始まったら、危険区域から避難することが有効な対策となる¹⁾。そのためには、火砕流の到達範囲を示したハザードマップの整備が求められる。火砕流の到達範囲の予測については、数値計算による方法が考えられるが、これまでに雲仙普賢岳の事例における火砕流の流動・堆積モデルの提案がなされ、数値計算により火砕流本体部の堆積範囲などの実現象の再現計算が行われた（たとえば高橋（1997）²⁾など）。これらの再現計算は、火砕物の供給量やパラメータなど実現象をもとに推定された値を用いた。一方で、ハザードマップの検討を行おうとする火山で、近代における火砕流の発生事例がない場合は、既往の計算事例を参考に計算条件を与えるか、他火山での事例を参考にどの程度の範囲が危険となりうるか想定する必要がある。今後、活動火山対策特別措置法の改正により、火山ハザードマップの整備が促進されることを踏まえ、参考としうる既往の火砕流の事例を体系的に整理することは重要である。また、火砕流は発生形態と流下形態は、いくつかのタイプに分類されることから、その違いを踏まえて到達範囲を予測する必要がある。そこで、本研究は、発生形態とその到達距離の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 調査項目と調査方法

文献から調査する項目は「火砕流の発生様式」、「火山体の構造」、「噴火型式」、「火砕流の到達範囲」、「火山噴火の噴出物量または火砕流到達範囲」とし、火砕流の発生事例ごとに整理した。

文献の収集は、「火砕流」や「pyroclastic flow」をキーワードに含む論文を対象に検索を行った。調査対象の文献は平成以降の噴火事例を中心とし、火山名が記されているものに限定した。

3. 火砕流の発生様式とその発生状況

3. 1 火砕流の発生様式の分類

火砕流の分類には、いくつかの考え方があり。発生様式と

しては、ダイレクトブラストおよび溶岩円頂丘崩壊型（形成中の溶岩円頂丘が崩壊して発生）、低圧ふきこぼれ型（上昇してきたマグマが浅所で急に発砲して火口のまわりに吹きこぼれて発生）、噴煙柱崩壊型（上空に吹き上げた噴煙柱が崩壊して発生）といった3つの分類が示されることがある³⁾。そのほか、溶岩円頂丘の崩壊（メラピ型）、爆発（プレー型）および吹き上げた火砕物の崩落や火砕流の吹きこぼれ（スフリエール型）に分類されることがあり⁴⁾、近年ではさらにこれらを溶岩ドームに起因するものと噴煙中に起因するものとして「溶岩ドーム崩壊型」と「噴煙柱崩壊型」の2つに大別することがある⁵⁾。

前者の分類における低圧ふきこぼれ型の代表事例として示されているラミントン火山の火砕流については、プレー式噴火により発生したという報告がある⁶⁾。プレー式噴火は、溶岩ドームの爆発によって生ずる噴火形態である。これらより、低圧ふきこぼれ型として分類されていた火砕流は溶岩ドームがその発生に寄与しているものと考えられ、広義には溶岩ドーム崩壊型に分類することができると考えた。これらを踏まえ、本報告では、表-1のように火砕流の発生様式を「溶岩ドーム崩壊型」と「噴煙柱崩壊型」に大別し、火砕堆積物の到達範囲等について整理を行った。

3. 2 文献調査結果

「溶岩ドーム崩壊型」については3火山23火砕流事例、「噴煙柱崩壊型」については、7火山10火砕流事例の諸元が収集できた。また、調査項目についてある程度の調査ができたものの、文献からは火砕流の発生様式が判然としない事例も4火山10火砕流事例が収集できた。ただし、これらの火砕流の諸元については複数の文献を整理しても必ずしも網羅できない調査項目があった。

表-2に「溶岩ドーム崩壊型」と「噴煙柱崩壊型」の調査事例から得られた各調査項目の概要を示す。ただし、火砕流速度、火砕流堆積物堆積深、火砕流温度については、

表-1 火砕流の発生様式の分類

本報告の分類	分類1 ³⁾	分類2 ⁴⁾
溶岩ドーム崩壊型	・ダイレクトブラスト 及び溶岩円頂丘崩壊型 ・低圧ふきこぼれ型	・メラピ型 ・プレー型
噴煙柱崩壊型	・噴煙柱崩壊型	・スフリエール型

表-2 火砕流の発生様式と火砕堆積物の状況

	溶岩ドーム崩壊型	噴煙柱崩壊型
火山体の構造	・過去の溶岩ドームを持つ	・成層火山
噴火型式	—	・ストロンボリ式噴火（1965タール火山） ・ブルカノ式噴火（1963アグン火山） ・プリニー式噴火（1929北海道駒ヶ岳、1991ピナツボ火山）
火砕流の到達範囲	・2.5km（1991雲仙普賢岳） ～16km（2010メラピ火山）	・2.5km（1989スメル火山） ～30km（1815タンボラ火山）
火砕流速度	・約50～400km/h（1991雲仙岳普賢岳、1984メラピ火山）	・約20～220km/h（1989スメル火山）
火砕流堆積物堆積深	・数mm～30m程度	・数cm～200m程度
火砕流温度	【熱風部】 ・約300～400℃、900℃（1991雲仙普賢岳） 【堆積物】 ・約300℃（1991雲仙普賢岳） ・約500℃（2006メラピ火山）	【熱風部】 ・300℃以下（1965タール火山）

その調査結果を示した文献が少なく、計測場所や計測方法も一定でないことに留意が必要である。

火山体の構造を見ると、いずれも成層火山であるが、溶岩ドーム崩壊型の火砕流を生じた火山については過去に形成された溶岩ドームを有するものがほとんどである。

噴煙柱崩壊型の噴火型式は、噴火の開始時の型式をみると、ブルカノ式噴火やプリニー式噴火の事例が多いものの、タール火山のようにストロンボリ式噴火から噴火が始まる事例もあった。

当該調査項目の情報が文献から得られた9火山16火砕流事例について、図-1に噴出物量または火砕流堆積物量と到達範囲の関係を示すが、これらに一定の傾向が見られた。火砕流の発生様式についてみると、噴煙柱崩壊型の方が、溶岩ドーム崩壊型よりも噴出物量が大きく、より到達距離が大きくなる傾向であった。また、噴煙柱崩壊型では、山頂周辺の広い範囲に到達する事例が見られる一方、溶岩ドーム崩壊型では、谷などの地形の規制を受ける事例が見られた。なお、ここでは、火砕流本体部と火砕サージの範囲は区別していない。

火砕流の速度については、文献で報告されている調査の精度にもよるが整理結果からは、噴煙柱崩壊型（約20～

220 km/h）よりも溶岩ドーム崩壊型（約50～400 km/h）の方が速度の最大値は大きい。

火砕流の堆積深については、最大値は噴煙柱崩壊型の方が大きい。これは、噴煙柱崩壊型の方がより大量の火砕流堆積物を噴出する可能性を有していることに起因するものと考えられる。

火砕流の温度は計測事例が少なく、発生様式による差異は本調査ではわからなかった。

4. おわりに

火砕流は、その発生様式により火砕流の到達範囲や流下・堆積状況に差異が生じる可能性があることを確認した。これまで雲仙普賢岳の事例をもとに溶岩ドーム崩壊型の火砕流に関しては多くの文献が示されてきたものの、噴煙柱崩壊型に関する文献は限られていた。本報告における文献調査により海外の事例から、噴煙柱崩壊型の火砕流の諸元を収集することができた。火砕流の発生様式は事前に断定的に予測することは難しいと考えられるが、いずれの様式の発生の可能性が高いかや発生しうる火砕流の特性も吟味した火砕流の被害範囲の検討が行えることが望ましい。本報告の文献調査で火砕流の諸元の情報を収集できた事例は依然として少なく、今後も継続的な事例の収集・蓄積が重要である。

参考文献

- 1) 宇井忠英(1997)：火山噴火と災害，p.57
- 2) 高橋保ら(1997)：火砕流の流動・堆積シミュレーション，砂防学会誌，Vol.50，No.2，pp.20-25，1997
- 3) 下鶴大輔ら(1995)：火山の事典，p.176
- 4) 宇井忠英(1997)：火山噴火と災害，p.34
- 5) 内閣府他(2013)：火山防災マップ作成指針，p.13-14
- 6) マウロ・ロッシ他(2008)：世界の火山百科事典(2008)，pp.172-173

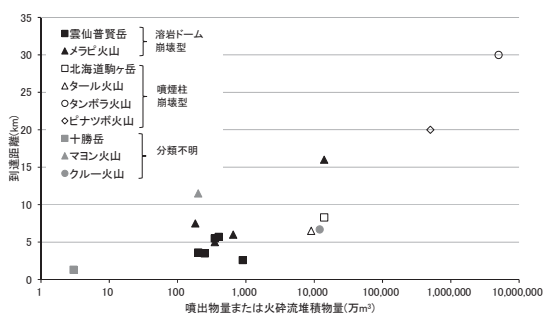


図-1 火砕流の噴出物と到達距離