

# 現地情報解析による火山泥流の 流下・氾濫特性に関する研究

## 学位論文内容の要旨

火山災害は、1回の噴火に伴い発生する土砂移動の規模が大きく、加えて台風、大雨のような毎年発生する風水害に比べて発生頻度が低い。このため、住民の防災意識が低く避難行動が遅れがちになり、大きな被害を生じやすい。火山災害の中でも、特に噴火直後に発生する火山泥流は、山腹斜面を長距離にわたって流下し、発生地点からはるか下流に位置する市街地に到達して大きな被害を生じることが多い。1985年に南米ネバドデルルイス火山で発生した噴火に伴う融雪型火山泥流では、火口から50km以上も離れたアルメロ市を中心に約25,000人もの犠牲者が出た。また国内においては、1926年に十勝岳噴火に伴って融雪型火山泥流が発生し、火口から約25km離れた上富良野町と美瑛町において144人の犠牲者を出した。これは、犠牲者数において、20世紀の国内最大の火山災害と言われている。本研究は、この融雪型火山泥流に焦点をあて、1926年の十勝岳泥流(以下、大正泥流)を対象として、現地情報解析によって火山泥流の流下・氾濫特性を解明し、これに基づいて火山泥流の災害実績図の作成手法を提案することを目的としている。

火山泥流は規模が大きく頻度が低いため、流下時の観測事例や発生・氾濫・堆積区域での流下・堆積実態の詳細な調査事例は少ない。これまで、噴出物温度との熱平衡による融雪量の算出や発達時の侵食過程を平衡濃度で説明する研究、氾濫範囲・流動深・到達時間等を数値解析で求める研究などが行われているが、これらは多くの仮定条件のもとに成立しており、実現象を解析した研究が圧倒的に不足していると言える。

本研究では、まず大正泥流が発生・流下した十勝岳・富良野川流域を対象に、住民の目撃体験情報の収集・解析、溪流沿いの攪乱痕跡調査・解析、さらに氾濫域に残存する堆積物質特性の解析などの現地情報の解析から過去に起きた火山泥流の特性を考察する手法を開発し、これまで十分に明らかにされてこなかった火山泥流の流下・氾濫特性を解明した。また、防災、減災に大きな役割を担うハザードマップは、国内の多数の火山で作成されているが被災範囲図の域を脱していないため、住民に十分活用されないことが危惧される。そこで、現地情報解析によって明らかにされた火山泥流の流下・氾濫特性から、ハザードマップの高度化を図る上で必要な火山泥流災害実績図の作成手法を提示する。

具体的な現地調査として、まず火山泥流現象の特定のために堆積物の現地調査を行い、富良野川流域の火山泥流履歴を明らかにした。泥流の現地痕跡は、流域内では最新の大正泥流によるものが大部分を占めることから、研究対象を大正泥流にしぼることが適当と考えた。火山活動履歴に関する既往研究のほとんどは火口に近い山腹斜面での調査にもとづいているが、本研究では火山泥流が溪流沿いを長距離流下する点に着目し、山腹から山麓、氾濫域に至る溪流沿

いに調査地点を設定した。そして、泥流堆積物の縦断分布と堆積物に含まれる植物遺体の炭素年代測定、広域降下火山灰の判別、複数の泥流に影響を受けた木本の調査を行った。その結果、富良野川流域で過去 40,000 年に 14 回の火山泥流が発生し、最近 2,000 年間では 1 回/250 年の発生頻度、また現地を確認した大正泥流以前で最新の富良野川泥流 1 は、西暦 1740 年頃に発生して富良野盆地まで達していたことを明らかにした。

次に、大正泥流による被害実態を目撃した 19 名の体験者のヒアリング調査から泥流の流下・氾濫過程を分析した。その結果、家屋全壊率が上流から 94%→42%→26%→0%と変化していることがわかった。さらに、泥流が氾濫域で 2 方向に分流し、市街地に近い東側の流れは流速 5~9m/s で、流速 3~4m/s となった西側の流れより被害程度が大きいことを示し、各区域間での被害の差異を明らかにできた。また、現地攪乱痕跡から、上流の泥流発生・発達域の谷沿いには侵食作用が卓越し、この下流の勾配変化点下流には粗粒土砂が堆積し、それより下流で広範囲に薄く細粒土砂が分布していることから、侵食力と運搬力の卓越範囲を位置的に示した。

最後に、市街地氾濫域において残存する堆積物の粒径調査と泥流接触者の感触実験に基づく泥流密度推定、泥流試料の水と土砂成分の分離実験を行った。その結果、大正泥流の流下・氾濫特性として、堆積物は主に細粒成分 (0.1~2mm) と微細成分 (0.1mm 未満) で構成 (両成分で全体の 75%) され、流下時・堆積直後の泥流密度は 1.7g/cm<sup>3</sup> 程度と大きく、水と土砂が分離しにくい性状であったことを明らかにした。これら堆積物質特性と新たな記録資料解析による氾濫域の泥流堆積量の推定、現地攪乱痕跡調査による発生・発達域と流下域の侵食・堆積量の推定、ならびに既往研究との比較検討から大正泥流を定量的に把握した。結果として、氾濫域に流入した泥流量 (最大泥流通過量) は 690 万 m<sup>3</sup> (土砂 305 万 m<sup>3</sup>、水 385 万 m<sup>3</sup>) と推定された。また、泥流通過量は、上流山腹の発生・発達域において最大泥流通過量の 94% まで急激に増加し、その下流域での緩やかな増加を経て、氾濫域上流端の谷出口で泥流通過量は最大となっていた。谷出口を通過した泥流は氾濫域に 46% が堆積し、残りはさらに下流へと流出した。また泥流に含まれる土砂の粒径成分は、主な供給源である発生・発達域と流下域の土層の粒度分布に依存すること、主成分である微細成分 (0.1mm 未満) が発生・発達域で約 50% (47%~54%)、流下域で約 60% (54%~61%)、氾濫域で約 70% (61%~85%) を占めることを明らかにした。

流動特性については、一般的な土石流の停止勾配である 0.03 (1/30) より緩勾配 0.02~0.002 (1/50~1/460) 地点で 2~17m/s と比較的大きい流速を示し、この値がマンシングの粗度係数 0.02~0.05 (平均 0.03) を用いて説明できることから、洪水流に近い高流動性の乱流応力が卓越した流れとみなせることを明らかにした。また、泥流の流速、流動深、密度から推定した泥流の流体力を用いて、流下・氾濫域を高被災度域 (1,000kN/m 以上)、中被災度域 (100~1,000kN/m)、低被災度域 (10~100kN/m 以下) に区分し、これらが被災実態とよく一致することを示した。

以上の結果から、①発生・発達域から流下・氾濫域にかけての堆積物縦断分布と年代特定からの火山泥流履歴解析による現象と規模の推定、②住民の目撃体験情報や漂流沿いの攪乱痕跡、氾濫域堆積物質特性などの現地情報解析による、流下・氾濫実態を基にした氾濫範囲、到達時間、流体力の推定により、災害実績図を作成する手法を提示した。

# 学位論文審査の要旨

主査 教授 丸谷 知己  
副査 教授 中村 太士  
副査 准教授 黒木 幹男 (工学研究科)  
副査 准教授 山田 孝

(三重大学大学院生物資源学研究科)

学位論文題名

## 現地情報解析による火山泥流の 流下・氾濫特性に関する研究

本論文は6章からなり、図42、表21、引用文献93を含む127ページの和文論文で、他に参考論文4編が添えられている。

南米ネバドデルルス火山(1985年)や十勝岳(1926年)などで発生した噴火に伴う融雪型火山泥流は、規模が大きく頻度が低いために流下時の観測事例や氾濫・堆積区域での被害実態に関する調査事例が少なく、実現象に基づいた研究が圧倒的に不足している。1926年に我が国で発生した十勝岳泥流(以下、大正泥流)は、流下・氾濫・堆積区域である十勝富良野川流域に、住民の泥流目撃・体験情報、地表攪乱痕跡、泥流堆積物などの多くの現地情報を残している。そこで、本研究では、これら現地情報の調査・解析に基づいて、大正泥流の特性を解明する手法を開発し、大規模な火山泥流の流下・氾濫特性を明らかにすることを目的とした。加えて、防災・減災に大きな役割を担うハザードマップの高度化を図るために、現地情報を考慮した火山泥流災害実績図の作成手法を提示した。

まず研究対象とした大正泥流の流下・氾濫・堆積区域の特定のために、堆積物の現地調査を行い、富良野川流域の火山泥流履歴を明らかにした。これまで火山活動履歴に関する研究は、ほとんどが火口に近い山腹斜面を対象としているが、本研究では火山泥流が溪流沿いを長距離流下する点に着目し、山腹から山麓、氾濫域に至る河川・溪流沿いに調査範囲を広げた。その範囲で、泥流堆積物の縦断分布と堆積物に含まれる植物遺体の炭素年代測定、広域降下火山灰の判別、複数の泥流に影響を受けた木本調査を行った。この結果より、十勝岳の火山泥流は、過去40,000年では14回発生し、最近2,000年間では250年に1回の頻度で発生しており、1926年の大正泥流以前では1740年頃に富良野盆地にまで達する泥流が発生したことが明らかになった。

次に、大正泥流の被害を受けた体験者19名のヒアリング調査から泥流の流下・氾濫過程を分析した。その結果、富良野川上流から下流に向かい家屋全壊率が94%から0%へと段階的に変化していることがわかった。また、市街地で氾濫した泥流は東西2方向に分流し、東側の流

れが西側の流れの約2倍の流速で、被害程度にも明瞭な差異のあることがわかった。地表攪乱痕跡では、上流の泥流発生・発達域での谷地形の浸食、これより下流における勾配変化点通過後の粗粒土砂の堆積、その下流での広範囲の細粒土砂の分布を調査し、侵食運搬作用の卓越範囲を判別した。

最後に、氾濫域における堆積物の粒径調査と泥流体験者の感触実験に基づいて泥流密度を推定し、泥流試料の水と土砂成分の分離実験を行った。その結果、大正泥流は流下時には、主に2mm未満の細粒成分と0.1mm未満微細成分から構成され、堆積直後の密度は $1.7\text{g/cm}^3$ 程度と大きく、水と土砂が分離しにくい性状であったことがわかった。これら堆積物質特性と新たな記録資料から氾濫域に流入した最大泥流通過量を690万 $\text{m}^3$ （うち土砂305万 $\text{m}^3$ 、水385万 $\text{m}^3$ ）と推定した。また、発生域から氾濫域までの泥流通過量は、上流山腹の発生・発達域において最大泥流通過量の94%まで急激に増加し、その後緩やかな増加を経て、氾濫域上流端の谷出口で最大となった。さらに、谷出口を通過した泥流は46%を氾濫域に堆積し、残りはさらに下流へ流出した。また、泥流に含まれる土砂の粒度組成は、主な供給源である発生・発達域の表土層の粒度組成に依存することがわかった。泥流の流動特性については、流速と粗度との関係から、洪水流に近い高流動性の乱流応力が卓越した流れであったことを明らかにした。これら泥流の流速、流動深、密度から推定した泥流の流体力を用いて、流下・氾濫域を高被災度域（ $1,000\text{kN/m}$ 以上）、中被災度域（ $100\sim 1,000\text{kN/m}$ ）、低被災度域（ $10\sim 100\text{kN/m}$ 以下）に区分し、これらが被災実態とよく一致することを検証したうえで、泥流の氾濫範囲、到達時間、流体力に基づく災害実績図の作成手法を提示することができた。

以上のように、本研究は、1926年に発生した十勝岳大正泥流についての現地情報の調査・解析に基づいて、大規模な融雪型泥流の流下・氾濫特性を解明し、被災実態に基づく災害実績図の作成手法を新たに提示したものであり、関連学会等で高く評価されている。また、北海道などの積雪地域に特有の融雪型火山泥流の災害軽減対策にも重要な提案をした。よって、審査員一同は、南里智之が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。