

学位論文題名

Tephrostratigraphy and Tephrochronology of Proximal Deposits from Stratovolcanoes: Implications for Understanding of Growth Process of a Stratovolcano

(成層火山近傍堆積物のテフラ層序・年代学・成層火山の成長プロセスの理解に向けて)

学位論文内容の要旨

成層火山は爆発的な噴火によってもたらされる火山砕屑物(テフラ)と溶岩流とが重なり合って形成される。成層火山はこれまでテフラと山体で別々に研究が行われる事例が多く、山体では極表層部の完新世の活動を中心に研究されてきた。これらの研究では、成層火山全体の形成史を編むことが困難であった。これを解決するためには、山体に加え山麓のテフラをできるだけ過去にさかのぼって精度良く編年し、山体構成物と対比する必要がある。そこで、北海道でも代表的な成層火山の一つである羊蹄火山を例に、同火山のテフラと山体の両方を精度よく編年し、テフラと山体構成物を、岩石学的手法を用いて対比することにより一つの成層火山全体の構造と形成史を明らかにすることを目的とした。また、十勝岳火山では融雪型火山泥流と考えられている「大正泥流」という一つの火山現象を取り上げ、堆積物の層序と古地磁気学を用いた定置温度の推定から、その詳細な噴火推移と発生機構を検討した。本論文は次の3部で構成されている。第1部は「南西北海道、羊蹄火山の活動史と構造」、第2部は「羊蹄火山の完新世噴火史の再検討：長期噴火予測に向けて」、第3部は「融雪型火山泥流の発生機構：十勝岳火山1926年大正泥流を例に」である。

第1部では、山麓のテフラおよび山体を高精細に調査し、岩石学的手法を用いて山体とテフラを対比することにより、編年が困難である富士山型の成層火山である羊蹄火山を編年し、その成長過程および噴火史を明らかにした。年代値は新たに立てたテフラ層序に基づき、土壌や土壌中の炭化木細片から放射性炭素年代値を得た。羊蹄火山山麓の羊蹄火山起源のテフラは43層認識された。これらは時間間隙を示す厚い土壌と岩石学的特徴により、先羊蹄火山テフラと羊蹄火山テフラに大別でき、さらに羊蹄火山テフラは前期と後期に区分できる。これらの区分に対応して、岩石学的特徴から山体構成物も3つのステージに区分できる。上記から、各ステージの噴出物の体積を見積もり、時間-積算体積階段ダイヤグラムを作成すると、これらの時代区分と噴出率、岩石の特徴、噴火様式が対応して変化していることがわかった。すなわち、先羊蹄火山(50~40 ka)は、岩石がカルクアルカリ系列で爆発的な噴火が多く噴出率は $0.79 \text{ km}^3/\text{ky}$ 未満であったのに対し、7000年の休止期の後、羊蹄火山前期(33~17 ka)の活動が始まるとソレアイト系列の岩石が高い噴出率(平均 $1.5 \text{ km}^3/\text{ky}$)で噴出し、急激に山体が成長した。さらに、羊蹄火山後期(~14~2.5 ka)の活動はソレアイト系列で P_2O_5 や Na_2O に富み低い噴出率(平均 $0.05 \text{ km}^3/\text{ky}$)で溶岩流主体の噴火をしたことが明らかになった。また、羊蹄火山前期の噴出率は世

界の安山岩質成層火山の中でも屈指の噴出率である。

第2部では、羊蹄火山山頂周辺の完新世の噴火堆積物に着目し、その活動史を明らかにした。山頂周辺の火口群とそれらに対応する噴出物はそれぞれ全岩化学組成の特徴により区別できる。これらのことから、山頂周辺では火口とマグマ系を変えながら、それぞれ 0.1 km^3 以上の溶岩流出を伴ったことがわかった。このうち最新の活動は完新世中頃から約 2,500 年前まで活動した北山火口群の活動であり、この活動はすでに 0.1 km^3 の溶岩流出を伴った噴火をしていることから、その活動は終了した可能性が高い。よって、次の噴火は火口とマグマ系を変えて山頂周辺で噴火する可能性が高いと考えられる。

第3部では、大正泥流堆積物の層序、岩相および古地磁気学的検討による定置温度の推定から大正泥流は熱水を噴出した可能性が高いことを明らかにした。大正泥流は山体崩壊によって融かされたと考えられる融雪水のみではその総水量を説明できない。さらに、大正泥流発生時に熱水系が爆発し熱水が噴出したという構築したモデルを基に、熱水量の見積もりを試みた。過去の泥流の速度の記録と重力モデルの計算との比較から、岩屑なだれの初速度を見積もり、爆発のエネルギーを計算した。見積もられたエネルギーのすべてが熱水によって与えられたと仮定して熱水量の計算を試みたが約 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 程度であり、その量は大正泥流を発生するのに必要な量(約 $5 \times 10^6 \text{ m}^3$: 融雪水以外に必要な水量)と比較して二桁以上小さかった。しかし、これは最低値であり、さらに検討の余地がある。一方、近年の十勝岳 62-II 火口での電気比抵抗からの推定では、大正泥流を発生させられるだけの熱水量(約 $4 \times 10^6 \text{ m}^3$)を蓄えている可能性を示していることから、大正泥流を発生させた熱水系も同等の熱水量を蓄えていた可能性も十分考えられる。これらのことは、大正泥流形成に熱水が大きく関与したことを強く示唆している。

学位論文審査の要旨

主査	教授	中川光弘
副査	教授	竹下徹
副査	教授	村上亮
副査	特任准教授	新井田清信
副査	助教	吉本充宏
副査	教授	遠藤邦彦 (日本大学文理学部)

学位論文題名

Tephrostratigraphy and Tephrochronology of Proximal Deposits from Stratovolcanoes: Implications for Understanding of Growth Process of a Stratovolcano

(成層火山近傍堆積物のテフラ層序・年代学:成層火山の成長プロセスの理解に向けて)

成層火山の成長プロセスを理解するためには、成層火山を編年したり、個々の噴火現象を詳しく理解したりしなければならない。成層火山では、山体構成物と山麓のテフラ（火砕物）を対比すれば火山体を編年でき、より山体近傍のテフラの産状からその噴火様式や推移が理解できる。しかし、成層火山はその山体近傍での露頭条件の悪さから、山体の表層のごく一部しか編年が進んでおらず、個々の噴火推移の詳細についても理解が進んでいないのが現状である。そこで、本研究は北海道でも代表的な成層火山の一つである羊蹄火山を例に、成層火山全体の構造と形成史を明らかにすることを目的とし、テフラと山体の高精細な地質学的調査に加え、大量の岩石学的データを用いて両者を対比し編年することに成功した。また、一つの噴火現象の推移を理解するための例として、十勝岳の大正泥流を取り上げた。大正泥流の研究では、泥流を発生させた広義の火口近傍テフラである岩屑なだれ堆積物の層序と分布を詳細に記載し、加えて古地磁気学を用いた定置温度の推定から、その噴火推移と発生機構を明らかにした。この研究から、火山における熱水変質体の崩壊・堆積という、現在の羊蹄火山表層部では見られない成層火山の成長プロセスが理解できた。

第1部では羊蹄火山の全体の形成史を検討した。羊蹄火山山麓の羊蹄火山起源のテフラは43層認識された。これらは長い時間間隙を示す厚い土壌と岩石学的特徴により、3つのグループに分けられる。一方、山体構成物も層序と岩石学的特徴から3つのステージに区分できる。この3つのテフラグループと山体構成物グループは岩石学的特徴によって下位よりそれぞれ対比できる。このことから、羊蹄火山の活動は7,000年以上の休止期を境に、先羊蹄火

山(>5~42ka)と羊蹄火山に、さらに約 3,500 の休止期を境に羊蹄火山は前期(33~17.5ka)と後期(14~2.5ka)に分けられる。そして、これらの活動期ごとに噴出率、噴火様式、マグマタイプが異なることがわかった。また、このことは一つのマグマ系が一つの活動期に対応していることを指摘した。噴出物の積算階段図から、羊蹄火山前期の噴出率は 1.5km^3 と高く、33~17.5ka の間に急激に山体を成長させていることがわかり、安山岩質成層火山としては世界的に大きな噴出率である。このように、山麓のテフラおよび山体を高精細に調査し、岩石学的手法を用いて山体とテフラを対比することにより、編年が特に困難な円錐形成層火山である羊蹄火山を編年し、その成長過程および噴火史を明らかにした。

第 2 部では、羊蹄火山山頂周辺の完新世の噴火堆積物を新たに発見しその活動史を明らかにした。さらに、噴火履歴から長期噴火予測を試みている。山頂周辺の噴出物は層序、火口位置および岩石学的特徴により区別できる。山頂周辺では火口とマグマ系を変えながら、それぞれ 0.1km^3 以上の溶岩流出を繰り返したことを明らかにした。この活動履歴から、次の噴火は火口とマグマを変えて山頂周辺で噴火し、山麓まで到達するような溶岩流出をする可能性が高いと結論づけた。

第 3 部では、大正泥流堆積物の層序、岩相および古地磁気学的検討による定置温度の推定から大正泥流は熱水を噴出した可能性が高いことを明らかにした。大正泥流は山体崩壊によって融かされたと考えられる融雪水のみではその総水量を説明できない。さらに、本研究では大正泥流発生時に熱水系が爆発し熱水が噴出したという構築したモデルを基に、熱水量の見積もりを試みている。過去の泥流の速度の記録と重力モデルの計算との比較から、岩屑なだれの初速度を見積もり、爆発のエネルギーを計算した。見積もられたエネルギーのすべてが熱水によって与えられたと仮定して熱水量の計算を試みたが、約 $1 \times 10^4\text{m}^3$ 程度であり、その量は大正泥流を発生するのに必要な量(約 $5 \times 10^6\text{m}^3$:融雪水以外に必要な水量)と比較して二桁以上小さかった。しかし、これは最低値であり、さらに検討の余地がある。一方、近年の十勝岳 62-II 火口での電気比抵抗からの推定では、大正泥流を発生させられるだけの熱水量(約 $4 \times 10^6\text{m}^3$)を蓄えている可能性を示していることから、大正泥流を発生させた熱水系も同等の熱水量を蓄えていた可能性も十分考えられる。これらのことから、大正泥流形成に熱水が大きく関与したことを強く示唆していることを指摘した。

このように、本研究では、高精細な地質学的データに加え、大量の岩石学的データを自ら収集し、従来編年がほとんどなされてこなかった円錐形成層火山の全体を編年することに成功している。さらに、大正泥流の研究ではこれまでの発生メカニズムを覆す結果を得ている。これらの成果は、火山学・岩石学的に重要であるだけでなく、長期的な噴火予測の基礎的研究となり、防災対策など社会的要請にも貢献でき高く評価できる。

よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格があるものと認める