

## 学 位 論 文 題 名

Geological and Petrological Study of Caldera-forming  
Eruptions of Akan Volcano, Eastern Hokkaido, Japan:  
Formation Processes and Structure of Composite Caldera(北海道東部, 阿寒火山におけるカルデラ形成噴火の地質学的および  
岩石学的研究: 複合カルデラの形成過程と構造)

## 学位論文内容の要旨

火砕噴火を伴って形成されるカルデラは円形の輪郭を示す場合が多いが、北海道東部の阿寒カルデラは長方形に近い輪郭を示す。このことは、阿寒火山の複雑な噴火史を反映していると考えられるが、詳細は不明である。本研究では、阿寒火山の周縁に堆積する多数の火砕堆積物に注目し、これらの地質調査および岩石学的検討によって阿寒カルデラの形成過程を解明した。地質調査では、火砕物の岩相、層序・分布などを詳しく記載した。室内分析では火砕物中の本質物（軽石）について、斑晶モード組成、全岩およびガラス組成、鉱物化学組成などの岩石学的特徴を明らかにした。各噴火の火口位置を推定するため、火砕物が噴火時に取り込んだ基盤岩（石質岩片）の分析も行った。さらに、阿寒カルデラの内部構造を解析するため、周密な重力測定を行った。

阿寒カルデラ起源の火砕堆積物（阿寒火砕堆積物）は、古土壌などの介在によって 40 の噴火ユニットに分けられる。さらにこれらは、層序が連続し、かつ岩石学的特徴が類似する 17 の噴火グループにまとめられる（上位から Ak1~Ak17）。阿寒火砕堆積物の間には、東隣の屈斜路カルデラから噴出した屈斜路火砕流および北海道中央部の十勝地域を起源とする広域テフラが複数認められた。このうち Ak2 と Ak3 の間に堆積する屈斜路火砕流は 34 万年前、Ak14 の中に狹在する十勝地域起源の火砕物は 140 万年前の放射年代が報告されている。これらのことから、阿寒火山のカルデラ形成期は 100 万年以上にわたり、その間 40 回の火砕噴火が発生していたことが分かった。

SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O 図において、阿寒火砕堆積物は噴火グループごとに概ね平行な組成トレンドを示し、これらの組成範囲はほとんど重ならない。このことは、各噴火グループのマグマ系がそれぞれ独立していたことを示唆している。特に Ak6→Ak5 および Ak3→Ak2 の間には、大きな組成ギャップが認められ、より大きなマグマ系の変化があったと考えられる。

降下軽石中の石質岩片の構成物量比からみて、最新の噴火である Ak1~Ak7 は、以下の 3 タイプに分けられる：タイプ A (Ak1~Ak2, 変質岩片が卓越)、タイプ B (Ak3~Ak5, デイサイト質岩片卓越) およびタイプ C (Ak6~Ak7, 安山岩片が卓越)。各タイプは取り込んだ基盤岩の特徴が異なることから、火口地域が異なっていたと考えられる。新しい重力異常図には、阿寒カルデラ内に 3 つ

の低重力異常域が認められた。これらの低重力異常域は、タイプ A～C の噴火によって形成された個々の陥没ブロックに対応すると考えられる。また、Ak6→Ak5 および Ak3→Ak2 の時期に火口地域が移動したという推測は、この時期にマグマ系が大きく変化したことと調和的である。

以上のことから、阿寒火山では、少なくとも 3 つの地域で火口位置を変化させながら、カルデラ形成噴火を繰り返していたと結論できる。火口地域の移動にはマグマ系の更新も伴っていた。そして 3 つのカルデラが接合した結果、現在の長方形カルデラが形成されたと考えられる。本研究により、阿寒カルデラが複合カルデラであること、そしてその長期で複雑な形成過程が明らかとなった。

# 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 笠 原 稔

副 査 准教授 新井田 清 信

副 査 助 教 吉 本 充 宏

副 査 教 授 奥 村 晃 史 (広島大学大学院文学

研究科)

## 学位論文題名

### Geological and Petrological Study of Caldera-forming Eruptions of Akan Volcano, Eastern Hokkaido, Japan: Formation Processes and Structure of Composite Caldera

(北海道東部，阿寒火山におけるカルデラ形成噴火の地質学的および  
岩石学的研究：複合カルデラの形成過程と構造)

カルデラの形成過程に対する理解は、ここ数十年間の研究によって大きく進歩してきた。しかしながら、複数の陥没構造から構成される「複合カルデラ」の形成過程については、地質学的調査の困難さのため、いまだ検討の余地が多い。世界で最もよく研究されているニュージーランドのタウポ複合カルデラでは、最近3万年の噴火史や複数のマグマ溜まりの存在が議論されているが、それ以前の活動全体を通した長期のプロセスについては検討が不十分である。また、マグマ系のタイプとその変遷と、カルデラの構造および火口推移との関連性は、ほとんど議論されていない。本研究では、北海道東部に位置する阿寒カルデラ (24×13 km) を対象とし、複合カルデラの長期の形成過程とその構造を明らかにすることを目的とし、地質学的手法に加え、岩石学的および地球物理学的手法を用い、多岐にわたる大量のデータをもとに、議論を展開した。

本研究では、まず阿寒カルデラの噴火層序と活動年代を検討した。阿寒カルデラの形成に伴って噴出した火砕堆積物 (阿寒火砕堆積物) は、古土壌などが示す噴火の休止期によって40回の噴火堆積物に分けられる。さらにこれらは、層序が連続し、かつ岩石学的特徴が類似する17の噴火グループにまとめられる (上位から順に Ak1～Ak17)。阿寒火砕堆積物の間に

は、東燐の屈斜路カルデラから噴出した火砕流および北海道中央部を起源とする広域テフラも数多く挟在する。このうち、Ak3 と Ak2 の間に堆積する屈斜路カルデラ噴出物は 34 万年前、Ak14 と指交する広域テフラは 140 万年前の放射年代がそれぞれ報告されている。これらのことから、阿寒火山のカルデラ形成期は、100 万年以上の長期におよんでいたことが明らかとなった。さらに上記以外の広域テフラの年代や放射年代も加味して、100 万年以上におよぶ多数の噴火層序を詳しく解明した。

次に本研究では、岩石学的手法によってマグマ供給系の変遷を検討した。阿寒火砕堆積物は、噴火グループによって、本質物質の斑晶量や火山ガラス組成などの岩石学的特徴が異なる。全岩化学組成の  $K_2O$  のハーカー図においては、各噴火グループで異なる平行な組成トレンドを示す。これらのことから、阿寒カルデラでは、噴火グループごとに独立したマグマ供給系が活動していたことが明らかとなった。特に、Ak6 と Ak5 の間、および Ak3 と Ak2 の間には、大きな組成ギャップが認められ、これらの時期に大きなマグマ系の変換があったことが示唆される。

さらに本研究では、各噴火の火口推移を検討するため、降下軽石が基盤から取り込んだ外来岩片の構成物分析を行った。分析にあたっては、降下軽石の露出がよい Ak1~Ak7 (0.8 Ma~0.2 Ma) の噴火を対象とした。これらの噴火は新しく、比較的規模が大きいことから、現在の阿寒カルデラの輪郭を決定づけた噴火と考えられる。含まれる外来岩片の構成物と量比の特徴から、Ak1~Ak7 の噴火は、次のような 3 つのタイプに大別できる；タイプ A (Ak1~Ak2, 変質岩を多く含む)、タイプ B (Ak3~Ak5, デイサイトを多く含む) およびタイプ C (Ak6~Ak7, 無斑晶質安山岩を多く含む)。この分析結果は、3 つのタイプが、それぞれ異なる火口地域から噴出したことを強く示唆している。そして、火口地域の移動は Ak6 と Ak5 の間、および Ak3 と Ak2 の間で起こった。この時期に火口地域が移動したことは、この時期にマグマ供給系が大きく変換したと調和的である。また、本研究で新しく作成した重力異常図には、阿寒カルデラ内に 3 つの低重力異常域が認められ、カルデラの内部に大きな 3 つの陥没中心が存在することが推定できる。これらの陥没中心は、タイプ A~C の噴火を発生させた 3 つの異なる火口地域にそれぞれ対応すると考えられる。以上のことから、阿寒火山では、少なくとも 3 つの地域で、火口とマグマ供給系を次々と変化させながら、カルデラ形成噴火を繰り返していたと結論できる。そして、独立した 3 つのカルデラが接合した結果、24 × 13 km の、複雑な輪郭を持つ複合カルデラが形成されたと結論づけた。

このように、本研究では、多岐におよぶ大量のデータを自ら収集し、それをもとに従来解明が困難であった長期におよぶ複合カルデラの形成過程を、はじめて詳しく明らかにした。本研究で提示された複合カルデラの形成モデルは、これまでのカルデラ火山に関する概念に一石を投ずるものである。また、その成果は、火山学・岩石学的に重要であるだけでなく、長期におよぶ巨大噴火の発生予測の基礎的研究となり、防災対策や地層の安定性の評価など社会的要請にも貢献でき、さまざまな点から高い評価を受けるものである。

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