

学 位 論 文 題 名

Spatial and Temporal development of Neogene
volcanism in Central-Eastern Hokkaido

– Beginning and evolution of arc volcanism at Southwest Kuril arc
and Northeast Japan arc –

(北海道中央部～東部の新第三紀火山活動の時空変遷

– 千島弧南西部～東北日本弧における、島弧火山活動の成立と進化 –)

学位論文内容の要旨

北海道では、新第三紀以降、火山活動域が大きく変化してきたことが、近年の研究により明らかとなってきた。火山の噴火様式や火山岩の化学組成は、その当時の周辺地域のテクトニクスを敏感に反映し、北海道においても火山活動にテクトニクスの変化が記録されている可能性が高い。しかしながら、これまでの多くの研究では、火山岩化学組成のみに興味が向けられ、テクトニクスを検討する上で不可欠である、火山分布や噴出量、火山噴火様式からみた広域応力場やマグマの熱源の時空分布についての検討はほとんど無かった。本研究では、千島弧南西部に位置する北海道中央部～東部の 19 Ma 以降の火山活動について、本研究で新たに測定された 47 個の K-Ar 年代を含む 348 個の K-Ar 年代値と 61 個のフィッシュントラック年代値、火山岩層序、火山地質学的パラメータ（噴出量、噴出率、噴出様式、火山体の形態）、本研究で測定された主成分化学組成分析値 456 個、微量元素化学組成分析値 485 個を含む、主成分化学組成分析値 2,392 個、微量元素化学組成分析値 903 個に基づいて、その時間的・空間的な変遷を検討した。また、隣接する千島弧-東北日本弧会合部、北海道西南部及び東北日本についても、新分析値（K-Ar 年代 49 個、主成分化学組成分析値 537 個、微量元素化学組成分析値 237 個）を含む K-Ar 年代値 285 個、フィッシュントラック年代値 101 個、主成分化学組成 3,084 個（北海道西南部：1,511 個、東北日本：1,573）、微量元素化学組成 2,162 個（北海道西南部：834 個、東北日本：1,328 個）により同様の検討を行った。

北海道中央部～東部の広域応力場は伸長（19-14 Ma）から、伸長～差応力の小さい状態（14-1 Ma）、圧縮（1-0 Ma）へと変化した。19-14 Ma の火山活動のスケールは $8 \text{ km}^3/\text{My}$ と、14 Ma 以降（ $150\text{-}300 \text{ km}^3/\text{My}$ ）に比べ著しく小規模であり、単成火山の活動とバイモーダル火山活動、高 $\text{TiO}_2 \cdot \text{Nb}$ のアルカリ玄武岩からなる非島弧的火山岩で特徴づけられる。19-14 Ma の火山活動は、プレートの沈み込みによるものではなく背弧海盆形成に伴うマントルプルームの上昇に伴って発生した可能性がある。これに対し、14-9 Ma の火山岩は島弧的な火山岩で特徴づけられるが、化学組成の広域変化が存在しないことや、14 Ma に全域で突然火山活動が開始し、9 Ma に火山活動域が南方へ大きくジャンプすること、噴出量の極大がオホーツク海側に存在することなど、9 Ma 以降の火山活動とは著しく異なった特徴を持ち、太平洋プレートの沈み込みではない他のテクトニクスに伴って発生していることを示唆する。しかしながら、このステージに形成された可能性があり、もしそうならば火山活動に大きな影響を与えることが予想される千島海盆の形成年代が不明であるため、現時点では 14-9 Ma におけるテクトニクスと火山活動との関連の検討は困難である。9 Ma 以降の火山活動は、化学組成の明瞭な広域変化が存在すること、低 TiO_2

安山岩が卓越すること、太平洋側で噴出量が大きいことで特徴づけられ、明らかに沈み込みに伴い発生した火山活動であると結論できる。ただし、9-1 Ma には一部に高 TiO_2 安山岩やアイスランドサイト質デイサイト（島弧・引張タイプ）が出現すること、1 Ma 以降は低 TiO_2 のカルケアルカリ安山岩（島弧・圧縮タイプ）が卓越することで特徴づけられる。

9-1 Ma の沈み込み帯火山活動は太平洋プレートの斜め沈み込みのもとで発達した。太平洋プレートからの水平圧縮応力は斜め沈み込みのために、島弧伸長方向にも大きな成分を持つ前弧スリパーが横すれ運動することにより島弧横断方向の成分は相対的に減少する。このため、当時の千島弧背弧域において島弧・引張タイプ火山岩が出現したと考えられる。太平洋プレートの斜め沈み込み成分は現在まで次第に減少し、現在は非常に小さい。このために、現在は島弧・圧縮タイプ火山岩が卓越する。

東北日本弧の北方延長である北海道西南部の後期新生代火山活動は少なくとも 12 Ma 以降現在まで、低 TiO_2 ・Nb 火山岩の活動と火山岩化学組成の水平変化の存在で特徴づけられる。火山岩層序の解析から、この地域の新生代火山活動は 12 Ma 以前、12-5 Ma、5-1.7 Ma、1.7-0 Ma の 4 ステージに区分できる。12-5 Ma の火山活動は第四紀に比べ著しく北方まで伸び、東北日本弧火山フロントを構成する K_2O に乏しい火山岩の分布もまた同様に北方へ延長される。このことは、当時の千島弧・東北日本弧会合部が現在よりも約 100km 北方に位置していたことを意味する。5-1.7 Ma には、東北日本弧・千島弧会合部の背弧側で局所的な伸長応力場が形成され、アルカリ玄武岩質単成火山群と安山岩質成層火山の共存で特徴づけられる滝川単成火山群が活動した。この単成火山群の活動開始前後に、東北日本弧北端は約 100km 南下した。これは、千島・東北日本弧会合部が 5 Ma までに 100km 南下したことを示しているのかもしれない。第四紀火山活動は地域南部に限定される。

千島弧南西部と東北日本弧北部の火山活動は極めて複雑であり、背弧海盆である日本海（千島海盆？）の形成、太平洋プレートの千島弧への斜め沈み込み、北海道中軸部から日本海東縁へのプレート境界のジャンプ、など多様で変化に富んだテクトニクスの影響を受けていると考えられる。日本海形成がほぼ終了した 14-13 Ma 以降、この 2 つの島弧はそれぞれ異なったテクトニクス場にあった。千島弧と千島弧・東北日本弧会合部は太平洋プレートの斜め沈み込みの影響を大きく受けたのに対し、東北日本弧である北海道西南部主部と東北日本ではその影響は大きくなかった。1 Ma 以降、北海道中軸部から日本海東縁へのプレート境界ジャンプに伴い、北海道中央部～東部、西南部、東北日本はいずれも同じ北アメリカプレート上に位置するようになり、比較的良好な圧縮応力場のもとで島弧・圧縮タイプ火山活動の場へと変化したと考えられる。

このように、本研究による新第三紀火山活動の解析から、千島弧・東北日本弧会合部付近において、19 Ma、12~9 Ma、1 Ma にテクトニクスが大きく変化した可能性があること、千島弧南西部が第四紀初頭まで太平洋プレートの斜め沈み込みに伴う伸長応力場に置かれていたことが明らかとなった。これらは、北西太平洋の沈み込み帯における新第三紀以降のテクトニクスを検討する上で大きな制約条件と成るであろう。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宇 井 忠 英
副 査 教 授 渡 辺 暉 夫
副 査 助教授 在 田 一 則
副 査 助教授 新井田 清 信
副 査 教 授 木 村 学 (東京大学大学院理学研究科)
副 査 教 授 高 橋 正 樹 (茨城大学理学部)

学 位 論 文 題 名

Spatial and Temporal development of Neogene volcanism in Central-Eastern Hokkaido

– Beginning and evolution of arc volcanism at Southwest Kuril arc
and Northeast Japan arc –

(北海道中央部～東部の新第三紀火山活動の時空変遷
– 千島孤南西部～東北日本孤における、島孤火山活動の成立と進化 –)

近年、火山活動の特徴をもとにした過去のテクトニクスの研究は国際的に見ても盛んに行われている。しかしその多くは、火山岩岩石学的な見地からテクトニクスの検討を行おうとするものであり、火山体の形態や噴出量の時空変化といった火山地質学的なアプローチも合わせてテクトニクスの解析を行おうとする研究は皆無であった。

本論文は、このような状況において、新たに測定した 47 個の K-Ar 年代値、456 個の主成分化学組成、485 個の微量元素化学組成分析値を含む膨大な放射年代値、火山体の形態、噴出量、鏡下観察、マグマ化学組成の時空変化についてデータ処理を行い、千島弧南西部 東北日本弧にわたり新生代以降の火山活動と広域応力場、テクトニクスの関係を初めて明らかにしたものである。

北海道中央部 東部の広域応力場は伸長 (19-14 Ma) から、伸長 差応力の小さい状態 (14-1 Ma)、圧縮 (1-0 Ma) へと変化した。19-14 Ma の火山活動のスケールは $8 \text{ km}^3/\text{My}$ と、14 Ma 以降 ($150\text{-}300 \text{ km}^3/\text{My}$) に比べ著しく小規模であり、単成火山の活動とバイモダル火山活動、高 Ti・Nb のアルカリ玄武岩からなる非島弧的火山岩で特徴づけられる。19-14 Ma の火山活動は、プレートの沈み込みによるものではなく背弧海盆形成に伴うマントルプリュームの上昇に伴って発生した可能性がある。14-9 Ma は島弧的な火山岩で特徴づけられるが、化学組成の広域変化が存在しないことや、5 My しか継続しないこと、噴出量の極大がオホーツク海側であることから、オホーツク海側に一時的な熱源を想定する必要がある。

る。候補としては、千島海盆の形成ないしはユーラシア-北アメリカプレートの衝突による太平洋プレートスラブ傾斜の変化があげられる。これは、9-1 Ma には斜め沈み込みのために、火山フロントより背弧側へ伝わる島弧横断方向の圧縮応力成分が相対的に減少したためと考えられる。1 Ma 以降は斜め沈み込み成分の減少により、低 Ti カルクアルカリ安山岩（島弧-圧縮タイプ）が卓越する。

北海道西南部の後期新生代火山活動は 12 Ma 以降現在まで、島弧圧縮タイプ火山岩と火山岩化学組成の水平変化の存在で特徴づけられる。火山岩層序の解析から、12 Ma 以前、12-5 Ma、5-1.7 Ma、1.7-0 Ma の 4 火山活動ステージに区分できる。12-5 Ma には火山フロントは第四紀に比べ約 100km 北方まで伸び、当時の千島弧-東北日本弧会合部が現在よりも約 100km 北方に位置していたことを意味する。5-1.7 Ma には、東北日本弧-千島弧会合部で局所的な伸長応力場が形成され、アルカリ玄武岩質単成火山群と安山岩質成層火山の共存で特徴づけられる滝川単成火山群が活動した。この単成火山群の活動開始前後に、東北日本弧北端は約 100km 南下した。これは、千島-東北日本弧会合部が 5 Ma までに 100km 南下した可能性を示す。第四紀火山活動は地域南部に限定される。

千島弧南西部と東北日本弧北部は、日本海形成がほぼ終了した 14-13 Ma 以降、それぞれ異なったテクトニクス場にあった。千島弧と千島弧-東北日本弧会合部は太平洋プレートの斜め沈み込みの影響を大きく受けたのに対し、東北日本弧である北海道西南部主部と東北日本ではその影響は小さく、日本海形成の影響が 5Ma 前後まで残る。1 Ma 以降、北海道中軸部から日本海東縁へのプレート境界ジャンプに伴い、北海道中央部 東部、西南部、東北日本はいずれも同じ北アメリカプレート上に位置するようになり、比較的良好似た圧縮応力場のもとで島弧-圧縮タイプ火山活動の場へと変化したと考えられる。

すなわち、著者は、北海道における新第三紀火山活動を火山地質学的手法および岩石学的手法の両面から解析することにより、既存の研究を遙かにしのぐ新知見を得、火山活動とテクトニクスの研究に大きく貢献した。

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。