

博士（地球環境科学）中村有吾

学位論文題名

Identification of Marker Tephra Based
on Petrographic Properties and its Contribution
to Quaternary Research in Hokkaido, Japan

(岩石学的特徴にもとづく北海道の示標テフラの同定と第四紀学的意義)

学位論文内容の要旨

給源火山付近のテフラと遠隔地のテフラは、岩石学的特徴にもとづいて同定される。町田・新井(1992)による「火山灰アトラス」は日本列島に分布するほぼ全てのテフラを網羅し、給源、年代、分布などを示した点ですすぐれた業績である。しかし、岩石学的特徴については、テフラ同定に必要な情報は十分ではない。たとえば、テフラ同定の有力な示標である火山ガラス、斜方輝石、普通角閃石の屈折率は、レンジとモードが示されているだけで、データの詳しい分布は把握できない。また、完新世テフラの火山ガラスに与える水和の影響やフォールユニットごとの岩石学的特徴の変化の問題についても検討されていない。本研究の目的は、北海道の主要な広域テフラについて、第1に、鉱物組成および温度変化法で測定した屈折率（火山ガラス、斜方輝石、普通角閃石）をテフラ特性ダイアグラムとして提示すること、第2に、完新世テフラの火山ガラスに与える水和の影響を明らかにし、火山ガラスの脱水処理方法を確立すること、第3に、多数のフォールユニットをもつテフラについて、フォールユニットごとの岩石学的特徴の相違を検討すること、第4に、岩石学的特徴にもとづいて北海道各地のテフラを実際に同定し、テフラ同定方法の有効性やその第四紀学的・火山学的意義を検討することである。

北海道の主要テフラについてテフラ特性ダイアグラムを作成するために、過去の研究ですでに層序が明らかにされた地点において肉眼で確実に同定できるテフラを、全層準からなるべく均等に採取した。採取した試料は、実験室内において洗浄（軽石および溶結テフラの粉碎）、篩別、検鏡作業をおこなった。3-4φ試料を100粒子以上偏光顕微鏡下で計測して全岩粒子組成を、2-3φ試料を200粒子実体顕微鏡下で計測して重鉱物組成を求めた。火山ガラスおよび鉱物の屈折率は、温度変化型屈折率測定装置（RIMS86）を用いてそれぞれ30粒子以上測定し、測定結果をヒストグラムで示した。脱水処理法検討のための試料は、統計処理の精度を上げるため、1試料につき60粒子を測定した。

噴出年代が約2万年前以降のテフラの火山ガラス屈折率は、測定値が著しくばらつく傾向にある。この原因是、新しい火山ガラスは水和が未完了であるため、水和ガラスと未水和ガラスからなる二重構造が存在することによる。樽前火山起源の樽前aテフラ(Ta-a: AD1739)、樽前bテフラ(Ta-b: AD1667)、樽前cテフラ(Ta-c: 3ka)について検討した結果、火山ガラス屈折率の標準偏差はそれぞれ $s=0.0034$ 、 $s=0.0033$ 、 $s=0.0036$ であり、大きなばらつきを示した。この問題を解決するために、①フッ化水素酸による水和ガラス除去、②400°Cでの加熱（1時間および12時間）による脱

水を、Ta-a, Ta-b, Ta-c, 各 30 試料について試みた。その結果、フッ化水素酸処理をおこなった火山ガラス（鏡下で脱水を確認）の屈折率と、400°C12 時間加熱をおこなった火山ガラスの屈折率には有意な差がみられなかった。400°C12 時間加熱による Ta-a, Ta-b, Ta-c の火山ガラス屈折率の標準偏差は、それぞれ $s=0.0014$, $s=0.0018$, $s=0.0014$ であり、ばらつきは小さい。400°C以下または 12 時間未満の加熱も試験したが、いずれもフッ化水素酸処理試料の屈折率との間に、有意な差がみられた。以上の事実から、フッ化水素酸処理により火山ガラス内部の未水和ガラスを取り出すこと、400°C12 時間熱処理により比較的簡単に火山ガラスを脱水することが可能である。

恵庭 a テフラ (En-a : 恵庭火山起源, 17ka) は、採取地点によって火山ガラス屈折率が異なる場合がある。また、模式露頭で採取した試料の火山ガラス屈折率は、ばらつきが大きい ($s=0.0024$)。その原因是、フォールユニットごとに火山ガラス屈折率が異なるためである。石狩低地帯では、En-a には 3 つのフォールユニットが認められる。下位ユニットの火山ガラス屈折率は $n=1.509-1.511$ 、中位ユニットでは $n=1.505-1.510$ 、上位ユニットでは $n=1.510-1.513$ であった。大雪御鉢平テフラ (Ds-Oh : 大雪火山起源, 30ka) でも、給源付近では Ds-Oh の火碎流堆積物（いわゆる「層雲峠溶結凝灰岩」）の下位に 6 つのフォールユニットをもつ降下軽石が存在し、ユニットごとに火山ガラス屈折率が異なる。これらの En-a および Ds-Oh の事例から、一輪廻のテフラでも火山ガラス屈折率が変化するものが存在すること、その場合変化は段階的に起こること、火山ガラス屈折率以外の特徴はほぼ一定であることが明らかとなった。なお、これまで大雪山周辺で Ds-Oh に対比されてきたテフラの中には、鉱物組成、火山ガラスおよび斜方輝石屈折率のいずれも Ds-Oh と異なるものがある。分布、層序を検討した結果、これらは Ds-Oh より古いテフラと考えられる。多数のフォールユニットは、支笏 1 テフラ (Spfa-1 : 支笏カルデラ起源, 40ka) にも存在するが、ユニットごとの火山ガラス屈折率の相違はごく小さい。

以上の問題点を考慮した上で、北海道の主要指標テフラ 31 枚（完新世 12、更新世 19）について、模式試料の岩石学的特徴を明らかにし、テフラ特性ダイアグラムを作成した。完新世テフラの火山ガラス屈折率は、400°C12 時間加熱による脱水ガラス屈折率を測定した。本研究で扱った完新世テフラには、重鉱物組成や斜方輝石屈折率の類似したものが多い。しかし、脱水ガラス屈折率はテフラごとに特徴的な値を示す。したがって、脱水ガラス屈折率に注目し、他の岩石学的特徴を組み合わせれば、ほとんどの完新世テフラの同定が可能である。更新世テフラについては、鉱物組成、火山ガラス屈折率、斜方輝石屈折率、普通角閃石屈折率のデータを組み合わせれば、ほぼ全てが同定可能である。テフラ特性ダイアグラムにより、複数の岩石学的特徴を総合的に検討でき、類似するテフラの判別が容易になったといえよう。

火山ガラス脱水方法およびテフラ特性ダイアグラムを用いて、北海道各地のテフラを実際に同定した結果、十勝平野南部、石狩低地帯北部（札幌付近）および大雪山高山地域の完新世テフラ層序が明らかになった。また、日高山脈、十勝平野南部、白滝盆地では、更新世テフラ層序が明らかになった。テフロクロノロジーの手法を用いて、完新世の現象として十勝平野沿岸地域の津波堆積物、札幌付近の古地震、擦文時代遺跡、大雪山高山地域における小氷期および小温暖期の諸現象の編年を検討した。更新世については、日高山脈の氷河堆積物、白滝盆地周辺の旧石器時代遺跡、十勝平野南部の海成段丘面などの編年について検討した。さらに、テフラ特性にもとづく火山噴火の推移の考察も可能なことを指摘した。

学位論文審査の要旨

主査 教授 平川 一臣
副査 教授 小野 有五
副査 教授 大場 忠道
副査 助教授 渡邊 悅二

学位論文題名

Identification of Marker Tephras Based on Petrographic Properties and its Contribution to Quaternary Research in Hokkaido, Japan

(岩石学的特徴にもとづく北海道の示標テフラの同定と第四紀学的意義)

給源火山付近のテフラと遠隔地のテフラは、主として岩石学的特徴にもとづいて同定される。しかし、岩石学的特徴だけではテフラの同定には十分ではない。たとえば、テフラ同定の有力な示標である火山ガラス、斜方輝石、普通角閃石の屈折率は、レンジとモードのみが数値で示されることが多く、データの詳しい分布は把握できない。また、完新世テフラにおける火山ガラスに与える水和の影響、フォールユニットごとの岩石学的特徴の変化の問題はほとんど検討されていない。このような欠点を克服するために、この研究では、北海道の主要な広域テフラについて、以下の4課題に焦点が当てられた。①温度変化法による屈折率（火山ガラス、斜方輝石、普通角閃石）および鉱物組成を総合的に示したテフラ特性ダイアグラムを作成すること、②完新世テフラの火山ガラスに与える水和の影響を明らかにするとともに、その脱水処理方法を確立すること、③多数のフォールユニットをもつテフラについて、フォールユニットごとの岩石学的特徴の相違を検討すること、④岩石学的特徴にもとづいて北海道各地のテフラを同定し、その第四紀学的・火山学的意義を検討すること。

噴出年代が約2万年より若いテフラの火山ガラス屈折率は、火山ガラスの水和が未完了であるため、測定値が著しくばらつくことが指摘されていた。樽前火山起源の樽前aテフラ (Ta-a : AD1739)、樽前bテフラ (Ta-b : AD1667)、樽前cテフラ (Ta-c : 3ka)について検討した結果、火山ガラス屈折率の標準偏差はそれぞれ $s = 0.0034$, $s = 0.0033$, $s = 0.0036$ であり、大きなばらつきを示した。この問題を解決するために、①フッ化水素酸による水和ガラス除去、②400°Cでの加熱（1時間および12時間）による脱水処理が試みられた。その結果、フッ化水素酸処理をおこなった火山ガラス（鏡下で脱水を確認）の屈折率と、400°C 12時間加熱をおこなった火山ガラスの屈折率には有意な差ではなく、400°C 12時間熱処理により簡便に火山ガラスの脱水が可能であることが明ら

かになった。

恵庭aテフラ (En-a : 恵庭火山起源, 17ka) は, 採取地点によって火山ガラス屈折率が異なる場合がある。また, 模式露頭で採取した試料の火山ガラス屈折率は, ばらつきが大きい ($s = 0.0024$)。それは, フォールユニットによって火山ガラス屈折率も分布域も異なるためであることが明らかにされた。大雪御鉢平テフラ (Ds-Oh : 大雪火山起源, 30ka) も6つのフォールユニットをもち, ユニットごとに火山ガラス屈折率が異なる。これらのEn-aおよびDs-Ohの事例から, 一輪廻のテフラでも火山ガラス屈折率が変化するものが存在すること, その場合変化は段階的であること, 火山ガラス屈折率以外の特徴はほぼ同じであることが示された。

以上のテフラ同定の根本的な問題点をクリアした上で, 北海道の主要指標テフラ31枚(完新世12, 更新世19)について, 模式試料の岩石学的特徴を記載し, テフラ特性ダイアグラムを作成した。この研究で扱われた完新世テフラは, 重鉱物組成や斜方輝石屈折率は類似したものが多い。しかし, 脱水火山ガラス屈折率に注目し, その他の岩石学的特徴を組み合わせれば, ほとんどの完新世テフラの同定が可能である。更新世テフラについては, 鉱物組成, 火山ガラス屈折率, 斜方輝石屈折率, 普通角閃石屈折率のデータを組み合わせれば, ほぼ全てが同定可能である。すなわちテフラ特性ダイアグラムに基づけば, 複数の岩石学的特徴が総合的に検討され, 類似するテフラの判別は, 従来に比べて飛躍的に正確・容易になったといえよう。

北海道各地のテフラを実際に同定した結果, 十勝平野南部, 石狩低地帯北部(札幌付近)および大雪山高山地域の完新世テフラ層序, ならびに日高山脈, 十勝平野南部, 白滝盆地の更新世テフラ層序が明らかにされた。この結果に基づいて完新世の現象として十勝平野沿岸地域の津波堆積物, 札幌付近の古地震, 擦文時代遺跡, 大雪山高山地域における小氷期および小温暖期の諸現象の編年が, 更新世については日高山脈の氷河堆積物, 白滝盆地周辺の旧石器時代遺跡, 十勝平野南部の海成段丘面の詳しい編年が検討された。さらに, テフラ特性にもとづく火山噴火の推移の考察も可能なことを指摘している。

この研究は, 第一に今後のテフラ研究における水和火山ガラスの脱水処理の必要性を示しただけでなく, その方法を確立したこと, 第二に北海道の多数のテフラについて最も基礎的で本質的な岩石記載学的特徴を正確に示したこと, 第三に, それらの知見に基づいて多岐にわたる第四紀学的諸問題を具体的に検討したこと, 以上三点においてきわめて重要な成果をもたらしたといえる。

審査員一同はこれらの成果を高く評価し, また研究者として誠実かつ熱心であり, 大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。