

学 位 論 文 題 名

Tephra identification and tephrostratigraphy of the late Quaternary pelagic sediments in the Northwest Pacific

（北西太平洋における後期更新世遠洋性堆積物に
介在するテフラの同定と層序）

学位論文内容の要旨

テフロクロノロジーは、火山が噴火した際に広域に分布する火山灰を同定することにより、遠隔地の地層を対比し年代を決定する、地質学上きわめて有効な手法である。日本では多くの第四紀火山が分布していることから、テフラ（火山性碎屑物）を年代決定の重要な鍵層として利用する研究が発達してきた。各地でテフラの層序を確立する研究が進んできたが、その際に広域に分布するテフラを基準にしてきた。日本の広域テフラは九州を起源とするものが多い。そのために西日本から関東、東北地方南部までは、九州起源の広域テフラを基準に各地のテフラ層序を結びつけることが可能であった。

ところが、東北や北海道では共通して分布が認められている広域テフラは最終間氷期以降では九州起源の阿蘇 4（Aso-4）と北海道起源の Toya の 2 枚のみである。また、東北地方と北海道地方に分布する火山を起源とするテフラは、地理的に陸上で重なり合って分布することがない。そのため、本研究では東北地方と北海道の火山を起源とするテフラの層序を北西太平洋の連続性のよい遠洋性堆積物を用いて解明した。

テフラの層序研究において最も重要な点はその同定手法の確立である。これまで北西太平洋の遠洋性堆積物に多くのテフラが分布していることは知られていたが、給源火山が不特定多数であること、珪質軟泥や赤色粘土の詳細な年代決定ができないという理由から、テフラの給源の推定すらなされていなかった。そこで、遠洋性堆積物中の未知のテフラ（marine tephra）すべてについて、1）岩石学的記載、2）火山ガラス及び鉱物の屈折率測定、3）火山ガラスについて電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて化学組成分析をおこなった。同定するためには、これらの結果をこれまでに報告されている陸上の模式地のテフラ試料（type tephra）と比較する必要がある。type tephra の 1）と 2）については多くの研究報告とその成果がカタログとしてまとめられているが、火山ガラスの化学組成についてはまとめられていない。そこで、type tephra を模式地（もしくはそれに準ずる地点）で採取し、その火山ガラスについて marine tephra と同一条件下で化学分析を行った。type tephra は広域テフラ 16 試料、東北起源と北海道の火山を起源とする大規模火砕流及び火山爆発指数（VEI）5 以上と考えられている巨大噴火による噴出物（東北地方；16 試料、北海道；24 試料）の合計 56 試料の火山ガラスの化学組成を分析した。

同定の手順としては 1）化学組成のデータを比較して、marine tephra と対比される可能性のない type tephra を削除する、2）残った候補の中で鉱物の特徴が一致しない type tephra を削除する、3）層序学的に矛盾するテフラを削除し、最終的に残った type tephra

を **marine tephra** と対比可能テフラ、もしくは同一火山起源のテフラとした。

1) の段階では、**type tephra** と **marine tephra** の化学組成の特徴を総当りで客観的に比較するために、**Similarity Coefficients (SC ; Borchard, 1972)**と多変量解析の一種で重判別分析の2通りの方法を用いた。いずれの方法でも、化学組成から対比される可能性のない **type tephra** を削除するという点では変わらない。また、1) の段階で候補が1つに絞り込まれたテフラについても、2) と3) の段階を経ることで、同定が間違っているか否かをクロスチェックすることができる。

SC では計算過程が比較的単純なため、同定されなかったテフラについてもコア間の **marine tephra** を対比の可能性を考えることがたやすい。ただし、SC は各テフラの主成分の平均値について比を計算しているのに対し、重判別分析は **type tephra** の分散を計算しており、火山ガラスの化学組成の不均質性を考慮した解析方法である点で優れている。

重判別分析を用いても、同一火山起源のテフラを識別することは難しいが、降下軽石—火砕流を細かく区分し、複数地点でサンプルを採取してデータベースを用意した **type tephra** (十和田起源テフラ) ほど判別率が上がる傾向が見られる。今後、火山ガラスの化学組成についてデータベースをさらに地域と時代を拡大して充実させる必要があるが、その際には1枚のテフラに関連する一連の噴火の噴出物をすべて分析することが望ましい。

北西太平洋から採取された海底コア中に介在するテフラについて以下のような結果が得られた。北海道起源の支笏第1テフラ (**Spfa-1**)、屈斜路カルデラ起源の **Kc-1** 火砕流 (**Kc-Sr ; クッチャロ庶路**) 及び **Kc-4** 火砕流 (**Kc-Hb ; クッチャロ羽幌**)、少なくとも2枚のクッタラカルデラ起源テフラ (**Kt-2~6**)、阿寒下部火砕流 (**ALP**) が同定された。東北地方起源のテフラは十和田カルデラ起源の十和田中掬 (**Tb-Cu**)、十和田八戸 (**Tb-H**)、十和田大不動 (**To-Of**) の3枚、鳴子カルデラ起源の鳴子柳沢 (**Nr-Y**)、鳴子荷坂 (**Nr-N**) の2枚が同定された。広域テフラは中部地方御岳起源の御岳第1軽石 (**On-Pm1**)、九州起源の阿蘇4 (**Aso-4**) 阿多鳥浜 (**Ata-Th**) が同定された。

上記のテフラは阿蘇4 (**Aso-4**) を除くと、いずれも現在最も給源火山から離れた地点で見つかったものである。特に支笏第1テフラ (**Spfa-1**) は層厚が最低でも8cmと見積もられることから、さらに広範囲に分布していると考えられる。

北西太平洋の三陸海岸の気仙沼沖で採取された海底コア **KH94-3, LM-8** には九州、北海道起源の広域テフラが3層、十和田カルデラ起源と考えられるテフラが6層、その他の火山から供給されたテフラが5層確認されている。この **LM-8** コアに介在する14枚のテフラについて、酸素同位体比層序のどの層準に位置しているのかを明らかにした上で、各テフラの噴出年代を推定した。その結果、十和田八戸テフラ (**Tb-H**) は、ステージ2後期の急速に温暖化の始まった時期 (**14.9 ka - 15.3 ka**)、十和田大不動はステージ3末期の寒冷化した時期 (**29.0 ka - 29.6 ka**)、支笏第1テフラはステージ3中期 (**39.5 ka - 40.0 ka**) にそれぞれ相当する。これらの年代と遠洋性堆積物中のテフラ層序から、北海道道東起源の **Kc-1** 火砕流は放射性炭素年代で同時代の噴出物である十和田大不動テフラ (**Tb-Of**) の下位であることが判明し、噴出年代を **31.7 - 32 ka** と推定した。また、これまで陸上のテフラ試料の熱ルミネッセンス法やフィッシュトラック法で測定された年代の幅が広く (**44 - 63 ka**) 噴出年代が曖昧だった鳴子柳沢テフラが、支笏第1テフラ (**40 ka**) の下位であることが確定し、年代は **67.6 - 68 ka** と推定される。さらに、鳴子柳沢テフラの下位に北海道のクッタラカルデラ起源のテフラが2枚分布していることがわかった。本研究により、東北地方と北海道のテフラ層序が解明された。また、それらのテフラの噴出年代を用いることで、北西太平洋の遠洋性堆積物を研究する上で広域対比が可能な、極めて有益な年代軸を入れることができた。今後はさらに研究海域の拡大と最終間氷期以前の **type tephra** データベースの充実を図ることにより、古環境復元への貢献が期待される。

学位論文審査の要旨

主査	教授	大場	忠道
副査	教授	南川	雅男
副査	助教授	山本	正伸
副査	名誉教授	町田	洋（東京都立大学）
副査	教授	長谷川	四郎（熊本大学理学研究科）

学位論文題名

Tephra identification and tephrostratigraphy of the late Quaternary pelagic sediments in the Northwest Pacific

（北西太平洋における後期更新世遠洋性堆積物に
介在するテフラの同定と層序）

日本では多くの第四紀火山が分布していることから、テフラ（火山性碎屑物）を年代決定の重要な鍵層として利用する研究が盛んに行われてきた。東北や北海道では共通して分布が認められ基準となる広域テフラは最終間氷期以降では九州起源の阿蘇4（Aso-4）と北海道起源のToyaの2枚のみである。また、東北地方と北海道地方に分布する火山を起源とするテフラは、地理的に陸上で重なり合って分布することが少ない。これに対して、北西太平洋の遠洋性堆積物に介在するテフラの層序を明らかにすることで、東北地方と北海道の火山を起源とするテフラの層位関係を直接解明することができる。また、北西太平洋に広く堆積している珪質軟泥や赤色粘土の詳細な年代決定を行うためにもテフラ層序の確立が必要である。

テフラの層序研究において最も重要な点はその同定手法の確立である。これまで北西太平洋の遠洋性堆積物に多くのテフラが分布していることは知られていたが、その起源や年代はあまり明らかではなかった。そこで、陸上の模式地のテフラ試料（type tephra）と遠洋性堆積物中のテフラ（marine tephra）すべてについて、1）岩石学的記載、2）火山ガラス及び鉱物の屈折率測定、3）火山ガラスについて電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて主要元素分析をおこなった。type tephraは広域テフラ16枚と、東北起源と北海道

の火山を起源とする大規模火砕流及び火山爆発指数 (VEI) 5 以上と考えられている巨大噴火による噴出物 (東北地方; 16 試料, 北海道; 24 試料) の合計 56 枚, 91 サンプルについて, 1600 点の火山ガラスの主要元素組成を分析し, さらに鉱物及びガラスの屈折率を測定して, 各テフラを識別する基準を得た. *marine tephra* は 16 本の海底コアに介在する 168 サンプルについて同様の分析をし, かつ陸上のタイプテフラとコア間のテフラの対比を行った. テフラの対比・同定には, ガラスの主要元素組成の重判別分析, 類似係数を主要基準とし, 屈折率, 鉱物組合せ, 層序を考慮して総合的に判断した.

その結果, 後期更新世テフラについては Aso-4 が最も広域に分布し, 特異な性質から基準層となることがわかった. また, 北西太平洋から採取された海底コア中に介在するテフラについて以下のような結果が得られた. 北海道起源の支笏第 1 テフラ (Spfa-1), 屈斜路庶路テフラ (Kc-Sr) 及び屈斜路羽幌テフラ (Kc-Hb), 少なくとも 2 枚のクッタラカルデラ起源テフラ (Kt-2~6), 阿寒下部火砕流相当テフラ (ALP) が同定された. 東北地方起源のテフラは十和田中振 (To-Cu), 十和田八戸 (To-H), 十和田大不動 (To-Of), 鳴子柳沢 (Nr-Y), 鳴子荷坂 (Nr-N) の 5 枚が同定された. 広域テフラは中部地方起源の御岳第 1 軽石 (On-Pm1) と TE-5, 九州起源の阿蘇 4 (Aso-4) 以外に阿多鳥浜 (Ata-Th) が同定された. これらの同定によって陸上で知られていた層序の一部が改良された.

さらに, 北西太平洋の三陸海岸の気仙沼沖で採取された海底コア KH94-3, LM-8 の海洋酸素同位体比層序とテフラ層序を組合せることにより, 各テフラの噴出年代が推定されて従来の知見を改良でき, 本研究は今後の我が国のテフラ層位学の発展に寄与することが期待される.

審査委員一同は, これらの成果を高く評価し, また研究者として熱心であり, 大学院課程における研鑽や取得単位等も併せ, 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質を有するものと判定した.