

北海道長沼町南長沼で掘削された 180m ボーリングコアのテフラ分析
Tephra analysis of the 180m-long borehole core drilled at Minami-Naganuma
of Naganuma-cho in the Naganuma lowland, Hokkaido

木村克己^{1*}・下川浩一²・康 義英¹・檀原 徹³

Kimura Katsumi, Shimokawa Koichi, Kou Yoshihide and Danhara Toru

*Correspondence

- 1 地質情報研究部門 (AIST, Institute of Geology and Geoinformation)
- 2 地質標本館 (AIST, Geological Museum)
- 3 (株) 京都フィッション・トラック (Kyoto Fission-Track Co. Ltd.)

Abstract: This article presents the petrography, reflectance of volcanic glass, mafic minerals of the tephra, which have been collected from 180m-long borehole sedimentary core drilled at Minami-Naganuma of Naganuma-cho (Shimokawa et al., 1993). The detailed data indicate that v-10 and v-12 tephra (GL-7.95 – -8.00m and -8.65 – -8.75m) are correlated to Spfl and Spfa-1, v-15 tephra (GL-8.75 – -8.82m) is done to Kt-1, and v-64 tephra (GL-23.00 – -23.05m) is done to Toya tephra, v-27 tephra could be Spfa7 – 10, respectively.

1. はじめに

工業技術院地質調査所（現在の産業技術総合研究所の地質調査総合センター）では、北海道石狩低地帯馬追丘陵地域地殻変動調査の一環として、長沼低地の長沼町南長沼にて 180m 長の層序ボーリング調査を実施した（図 1；下川ほか，1993）。下川ほか（1993）は、同コア（以下，180m ボーリングコア）の層序・岩相の概要とそれに含まれるテフラについて、支笏第 1 テフラ，洞爺（Toya）テフラ，クッチャロ羽幌（Kc-Hb）テフラの存在を指摘した。しかし、テフラの分析値の詳細はこれまで公表されていなかった。180m ボーリングコアの掘削地点や岩相の詳細は、工業技術院地質調査所（1993）の層序ボーリング調査報告書（未公表；以下，南長沼調査報告書）に記述されている。

長沼低地地下の第四系層序については、年代を示すデータが乏しく、180m 長のボーリングコアに含まれるテフラ試料の分析値とその同定結果の詳細は、同地域の第四系層序区分において重要な情報になるものと考えられる。木村ほか（2014）は、2,110 本の電子化された地盤ボーリングデータと既存の層序研究に基づいて、長沼低地の浅部地下地質構造の詳細を明らかにするとともに、中部更新統から完新統の層序を、上位から下位へ、沖積層，河成段丘堆積物，古期河成堆積物，茂世丑層，支笏火山碎屑物，北長沼層，そして、先北長

沼層に区分した(図 2)。先北長沼層は、北長沼層より下位の中～上部更新統を一括した暫定的な地層名とされている。同論文では、下川ほか(1993)と南長沼調査報告書、および本報告のテフラ分析結果に基づき、180m 長ボーリングコアの岩相柱状図とテフラ分析結果を明らかにし、長沼低地下の中～上部更新統の層序区分・対比の基準柱状図として参照している。

本報告では、共著者の下川浩一氏が同コアより採取し、前処理を行ったテフラ試料のうち、深度80m 以浅の主要なテフラ試料について、全鉍物の含有量比、重鉍物組成、火山ガラスの形態分類と屈折率、斜方輝石・角閃石の屈折率の観察・測定結果と、それらに基づくテフラの同定結果を報告する。なお、屈折率の詳細は、付属資料に示す。テフラの分析は、(株)京都フィッシュン・トラックに依頼した。

本報告は、産業技術総合研究所の「沿岸域の地質・活断層調査研究」の一環として実施した研究の成果に基づいている。

2. ボーリングコア試料の採取地点

テフラ試料を得たボーリングコアの掘削は、工業技術院地質調査所が(株)ダイヤコンサルタントに委託して、1992年6月～1993年3月に、長沼町南長沼の町道南5号線沿いで実施された(図1; 下川ほか, 1993)。調査の詳細は、南長沼調査報告書に記述されている。同報告書によれば、掘削地点は、北緯43度57分23秒、東経141度42分48秒(旧測地系)、孔口標高は、8.53mであり、1992年に実施された反射法地震探査測線(佃ほか, 1993)の測点850付近にあたる(図1)。ボーリングの総掘進長は、180mである。ボーリング調査の仕様はつぎのとおりである。すなわち、掘削機器には、ハイドロリックフィード型(油圧式)ロータリー式ボーリングマシン(スピンドル型)が利用され、無水掘りを基本とし、砂・粘性土では、径116mmのトリプルチューブサンプラーが、礫質部では、径84mm以上のシングルチューブコアバレルが、それぞれ用いられた。各コアは1m長毎に半割にしてコア箱に収納され、写真撮影、コア観察、試料採取が実施された。火山灰および火山灰質層は、観察されたもの全ての試料について採取された。コア観察は、1/20柱状図に記載され、1/100柱状図にとりまとめられている。

3. ボーリングコアの岩相柱状図

ボーリングコアの岩相柱状図については、南長沼調査報告書に掲載されている1/100縮尺と1/20縮尺の柱状図記載に基づいて、簡略化した岩相柱状図を図3に示し、今回分析したテフラを含む深度81mまでの岩相の概略的な説明を以下に記述する。なお、以下の記述におけるv-12～v-98は、本報告で分析したテフラの試料番号を示す。

深度0～1.00m 盛土

深度 1.00～6.36m 厚さ 20～50cm の腐植土層を挟むシルト層からなる。最下部に軽石が濃集する厚さ 8cm のテフラを挟む。

深度 6.36～7.62m 火山灰が混じる中砂からなる。

深度 7.62～9.03m 上部から、軽石質火山灰 (7.65～8.00m; **v-10**), 中砂 (8.00～8.34m), 軽石質火山灰 (8.34～8.75m; **v-12**), 中粒砂質火山灰 (8.75～8.82m; **v-15**) からなり, 8.82～9.03m はコア欠如である。

深度 9.03～15.57m 細・中砂が主体で、腐植土層を挟む。砂には火山灰質な層準が認められる。

深度 15.57～24.71m 主に腐植土層と火山灰質シルトとの互層からなり、火山灰層を挟む。火山灰層は、特に最上部の 15.0～16.2m 間と最下部付近の 22.8～23.6m 間に多く挟まれる。最上部の区間では、軽石からスコリア質の薄い火山灰が濃集しており、15.57～15.86m, 15.79～82m の軽石～スコリア質火山灰, 15.82～86m のスコリア質火山灰, 16.00～16.06m と 16.15～16.18m (**v-27**) の軽石～スコリア質火山灰が観察されている。最下部付近の区間では、22.82～22.86m, コア欠損部を挟んで、23.00～23.05m のガラス質火山灰 (**v-64**), 23.58～23.61m の火山灰 (**v-66**) が認められている。

深度 24.80～31.81m 細～中砂主体で、24.8～25.2m 間は腐食混じり細砂、25.2～26.0m 間は火山灰質細砂であるが、深度 26m 以深では生痕による著しい乱れが観察されている。

深度 31.81～44.64m シルトが卓越し、38.35～39.96m 間は細砂を挟む砂質シルトを伴う。上部の深度 34.22m 以浅では生痕、深度 34.2～37.4m 間は軽石の点在、深度 38.0～38.35m 間には生痕、深度 40.0m 以深では、有機物が濃集する薄層がそれぞれ観察されている。

深度 44.64～48.32m 上部は細砂が主体で、深度 45.68m 以深の下部は中砂が主体で砂礫・粗砂を伴う。生痕はなく、火山灰や有機物が含まれる。

深度 48.32～53.75m シルトと腐植土層との互層で、深度 50.98～51.23m (**v-92**), 深度 53.06～53.10m (**v-95**), 深度 53.20～53.25m (**v-98**) には火山灰の薄層を挟む。シルトはしばしば火山灰質である。

深度 53.75～65.52m 細砂とシルトの互層で、全般に著しい生痕による乱れが認められる。

深度 65.52～66.70m 非常に硬質な緑灰色の火山灰質シルトからなる。

深度 66.70～81.21m 主に砂礫からなる。礫には最大径 8cm 以上のものが含まれる。

4. テフラ試料の採取とその前処理

ボーリングコア試料について、観察された火山灰および火山灰質層はすべて採取されており、その数は v-1～v-113 の 113 個である (南長沼調査報告書)。これらのテフラ試料の多くはボーリング調査後すぐに、下川浩一氏によって、水洗い、篩別、比重分離、電磁分離の前処理が実施され、前処理後の試料を 120～250 メッシュの粒径試料として、処理途中段

階の試料もそれぞれビニール袋ないし管瓶にて保管されている。分析にあたって、前処理済み試料の量が足りない場合は、適宜、処理途中段階の試料も利用した。

全テフラのうちから、深度 60m 以浅の中・上部更新統で、保存状態がよく、試料の量が分析可能なほどに残存しているテフラ全 9 試料、v-10 (深度 7.95-8.00m), v-12 (深度 8.65-8.75m), v-15 (深度 8.75-8.82m), v-27 (深度 16.15-16.18m), v-64 (深度 23.00-23.05m), v-66 (深度 23.58-23.61m), v-92 (深度 51.20-51.23m), v-95 (深度 53.06-53.10m), v-98 (深度 53.16-53.25m) を分析用に選択した。分析したテフラの産出層準を図 2 に示す。

5. テフラの分析方法

前処理済みのテフラ試料のうち、120~250 メッシュ (1/8~1/16mm) 粒径試料について、封入剤 (Nd=1.54) を使って封入薄片を作成するとともに、ガラス片の形状、重鉍物組成、火山ガラスの屈折率などの記載岩石学的特徴を検討した。分析結果を図 3 と表 1 にそれぞれ示す。

全鉍物組成分析 封入薄片を用いて、鏡下で、火山ガラス、軽鉍物・重鉍物、岩片、その他の 5 項目について、1 薄片中の各粒子を無作為に 200 個まで係数し、量比百分率を求めた (図 3)。

重鉍物組成 封入薄片を用いて、主要重鉍物であるカンラン石 (Ol), 斜方輝石 (Opx), 単斜輝石 (Cpx), 褐色普通角閃石 (Bhb), 緑色普通角閃石 (Ghb), 不透明鉍物 (Opx), カミントン閃石 (Cum), ジルコン (Zr), 黒雲母 (Bt), アパタイト (Ap) を鏡下で識別し、ポイント・カウンターを用いて無作為に 200 個体計数して、その量比百分率を求めた (図 3)。一部のものは 200 個体に満たないものがある。

火山ガラス形態分類 封入薄片を用いて、鏡下において、吉川(1976)にしたがい、火山ガラスの形態を扁平型 (Ha, Hb), 中間型 (Ca, Cb), 多孔質型 (Ta, Tb) に区分し、これらの形態に属さないものを不規則型 (It) とした。また、火山ガラスの形態では、バブル (bw) 型と軽石 (pm) 型とにも分けた (町田・新井, 2003)。おおよそ、扁平型はバブル型に、中間型と多孔質型とは軽石型にそれぞれあたると考えられる。1 薄片中の火山ガラスを無作為に 200 個まで係数し、吉川(1976)にしたがって、各ガラス形態の量比百分率を求めた (図 3)。

火山ガラス屈折率測定 前処理された 120~250 メッシュ (1/8~1/16mm) 粒径試料を対象に、温度変化型屈折率測定装置 (RIMS) (横山ほか, 1986 ; Danhara et al., 1992) を用いて火山ガラスの屈折率を測定した。1 試料あたり、50 個以上の火山ガラスの屈折率を求めたが、一部には含有量が少なく、それ以下の個数になったものがある。図 3 には、測定した火山ガラスの屈折率値の頻度分布を示している。なお、測定値のデータシートは、付属資料に添付している。

鉍物の屈折率測定 前項の火山ガラスの屈折率と同様の方法で、斜方輝石と角閃石の屈折率を求める。1 試料 1 鉍物あたり、30 結晶の屈折率を求めたが、一部には含有量が少な

く、それ以下の個数になったものがある。屈折率の求め方の詳細は、鎌田ほか（1994）に準じている。図3には、測定した斜方輝石と角閃石の屈折率の頻度分布を示している。なお、測定値のデータシートは、付属資料に添付している。

6. 結果と考察

以下、主に、火山灰アトラス（町田・新井，2003）を参照して、各テフラ試料の対比について考察する。

v-10 テフラ（深度 7.95-8.00m） 屈折率 $n=1.5002-1.5026$ （モード 1.502）の珪長質火山ガラスを主とする軽石質火山灰層であり、輝石として $\gamma=1.731-1.734$ （モード 1.733）の特徴的なフェロハイパーシンを含むことから、支笏第1 (Spf1 と Spfa-1) テフラに対比されるものと判断される。

v-12 テフラ（深度 8.65-8.75m） v-10 とほぼ同様な分析値を示し、その直下にあることから、支笏第1 (Spf1 と Spfa-1) テフラに対比されるものと判断される。

v-15 テフラ（深度 8.75-8.82m） 直上の v-12 下位にあたり、火山ガラスの屈折率が $n=1.5010-1.5041$ （モード 1.502）とやや高く、一方、斜方輝石の屈折率が $\gamma=1.723-1.728$ （モード 1.726）と明瞭に低いことから、クッタラ第1 (Kt-1) テフラに対比される。

v-27 テフラ（深度 16.15-16.18m） 火山ガラスの屈折率値には、少なくとも4種類以上の火山ガラスの混在が推定されるが、斜方輝石の屈折率は比較的集中し、屈折率が $\gamma=1.710-1.720$ （モード 1.716）を示す。これらの特徴と本テフラをはさむ上下テフラの対比を考慮すると、支笏第7~10 (Spfa-7~10) テフラに相当すると推定される。

v-64 テフラ（深度 23.00-23.05m） ガラス質テフラであり、重鉱物では斜方輝石が卓越し、単斜輝石、緑色角閃石をわずかに伴う。火山ガラスは、屈折率が $n=1.4934-1.4969$ （モード 1.496）と特徴的に低い値を示し、その透明度が高く、肉厚な pm 型を主とする。斜方輝石の屈折率では主にユーライトを示す $\gamma=1.756-1.762$ （モード 1.759）と $\gamma=1.699-1.717$ （モード 1.707）のバイモーダルな特徴を示す。以上の点から、本テフラは、洞爺 (Toya) テフラに特定できる。

v-66 テフラ（深度 23.58-23.61m） 火山ガラスは、珪長質で肉厚ブロック状から軽石状の塵状物質の特徴を示すことが多く、重鉱物としては、GHb を主として、Opx, Bt, Cum, Zr, BHb などを含む。これらの特徴は、銭亀女那川 (Z-M) テフラに似ているが、Hb と Cum の屈折率はそれぞれ $\gamma=1.679-1.693$ （モード 1.687）、 $\gamma=1.670-1.678$ （モード 1.674）を示し、銭亀女那川 (Z-M) テフラより有意に高く、層序的にも洞爺 (Toya) テフラの下位にあることから、別種のテフラであると判断できる。文献調査でも、同種のテフラにあたるものがなく、初出のテフラの可能性はある。

v-92 テフラ（深度 51.20-51.23m） 火山ガラスの屈折率が $n=1.5032-1.5066$ （モード

1.505) の珪長質 pm>bw 型ガラスを主とするガラス質テフラであり, 0px の屈折率の頻度分布は3つのクラスター分布を示す. 対比できる既存のテフラは不明である. 下川ほか(1993)で対比されたクッチャロ羽幌(Kc-Hb)とは, 火山ガラスおよび斜方輝石の両屈折率の値が明らかに異なる.

v-95 テフラ (深度 53.06-53.10m) 火山ガラスの屈折率は $n=1.5007-1.5036$ (モード 1.502) で, 0px の屈折率は $\gamma=1.709-1.712$ (モード 1.710) を示す. 対比できる既存のテフラは不明である.

v-98 テフラ (深度 53.16-53.25m) 火山ガラスと 0px の屈折率は, v-95 試料と非常に類似している. 対比できる既存のテフラは不明である.

7. まとめ

長沼町南長沼の長沼低地で実施されたボーリング調査(1992-1993年; 下川ほか, 1993)のボーリングコアから採取され, 保存されていた前処理済みテフラ試料を利用して, テフラ分析を行い, 鉱物組成, 火山ガラス屈折率, 斜方輝石と角閃石の屈折率の測定結果の詳細を報告した. そして, これらの結果に基づき, v-10とv-12テフラは, 支笏第1(SpfalとSpfa-1)に, v-15テフラは, クッタラ第1(Kt-1)テフラに, v-64テフラは, 洞爺(Toya)テフラに, それぞれ対比できることが明らかになった. また, v-27テフラは, 支笏第7~10(Spfa7~10)が混在したテフラに対比できる可能性を示した. 下川ほか(1993)によるテフラ同定との対比では, v-12テフラ, v-15テフラ, v-27テフラ, v-64テフラは同一の対比結果であり, v-92テフラでは結果が異なる. 下川ほか(1993)では, v-92テフラをKc-Hbテフラに対比されるとしたが, 今回の分析結果は, 火山ガラスと0pxの屈折率ともに, 同テフラには類似していない. 以上のテフラの分析結果に基づいて, 木村ほか(2014)は, 180mボーリングコアの岩相柱状図(図3)において, 深度1.00~7.62mの軟弱なシルトと砂を沖積層, 深度7.62~9.03mの支笏第1(Spf1とSpfa-1)テフラが卓越する火山灰層を支笏火山砕屑物, 深度9.03~24.71mの腐植土と火山灰質シルトが卓越し, 中部に支笏第7~10(Spfa-7~10)テフラが, 最下部に洞爺(Toya)テフラが挟まれる層準を北長沼層, 直下の生痕が著しい砂層とそれ以下が, 先北長沼層と, 層序区分した.

文献

- 赤松守雄・山田悟郎・北川芳男・矢野牧夫(1981)野幌丘陵の地質と古生物の変遷. 北海道開拓記念館研報, 6, 17-24.
- Danhara, T., Yamashita, T., Iwano, H. and Kasuya, M. (1992) An improved system for measuring refractive index using the thermal immersion method. Quaternary International, 13/14, 89-91.

鎌田浩毅・檀原 徹・林田 明・星住英夫・山下 透(1994) 中部九州の今市火砕流堆積物と類似火砕流堆積物の対比および噴出起源の推定. 地質学雑誌, **100**, 279-291.

木村克己・康 義英・花島裕樹(2014) ボーリングデータ解析に基づく長沼低地と隣接地域の浅部地下地質モデル. 海陸シームレス地質図 S-4 (海陸シームレス地質情報集), 地質調査総合センター.

工業技術院地質調査所(1993; 未公表) 第2次北海道石狩低地帯馬追丘陵地域地殻変動調査工事報告書 平成5年3月. 17p., 巻末資料付き.

町田 洋・新井房夫(2003) 火山灰アトラス[日本とその周辺]. 東京大学出版会, 276p.

能篠 歩・金川和人・星野フサ・岩見沢団体研究グループ(2008)北海道中央部石狩低地帯東縁長沼地域の上部更新統層序と古環境変遷, 地球科学, **56**, 252-268.

下川浩一・佃 栄吉・奥村晃史(1993) 北海道馬追丘陵における後期更新世の地殻変動とその速度について. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨集, **504**.

佃 栄吉・下川浩一・杉山雄一・横倉隆伸・阿蘇弘生(1993) 北海道馬追丘陵のブラインドスラストの評価. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨集, **505**.

横山卓雄・檀原 徹・山下 透(1986) 温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定. 第四紀研究, **25**, 21-30.

吉川周作(1976) 大阪層群の火山灰層について. 地質学雑誌, **82**, 497-515.



図1 180m ボーリングコアの掘削地点
国土地理院の2.5万分の1地形図「南長沼」を利用.

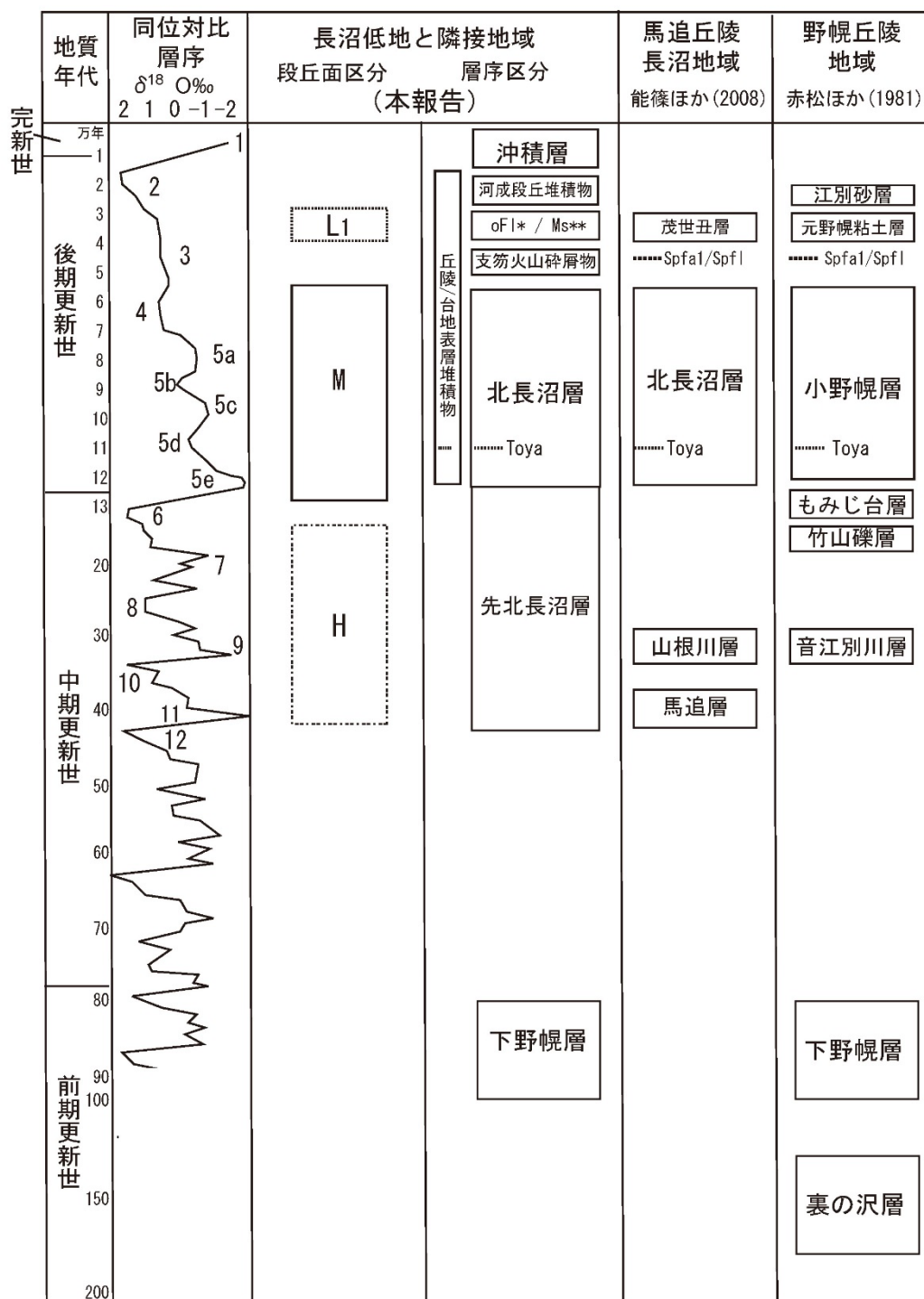


図2 長沼低地および隣接する馬追丘陵と野幌丘陵における第四系層序
(木村ほか, 2014 より)

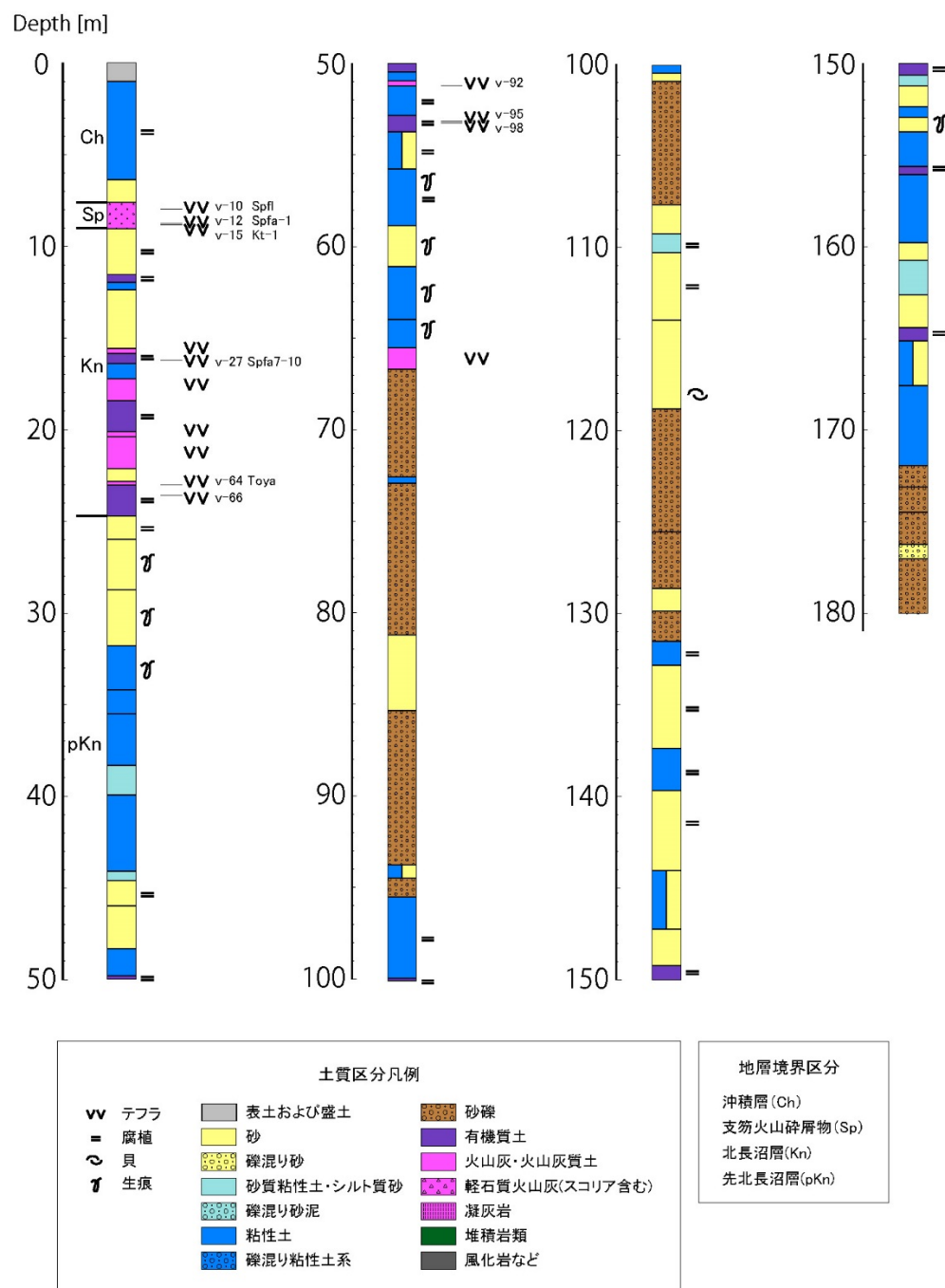


図3 長沼町南長沼で得られたボーリングコアの岩相柱状図(木村ほか, 2014)
 ボーリングコアの岩相は工業技術院地質調査所(1993)に基づく。

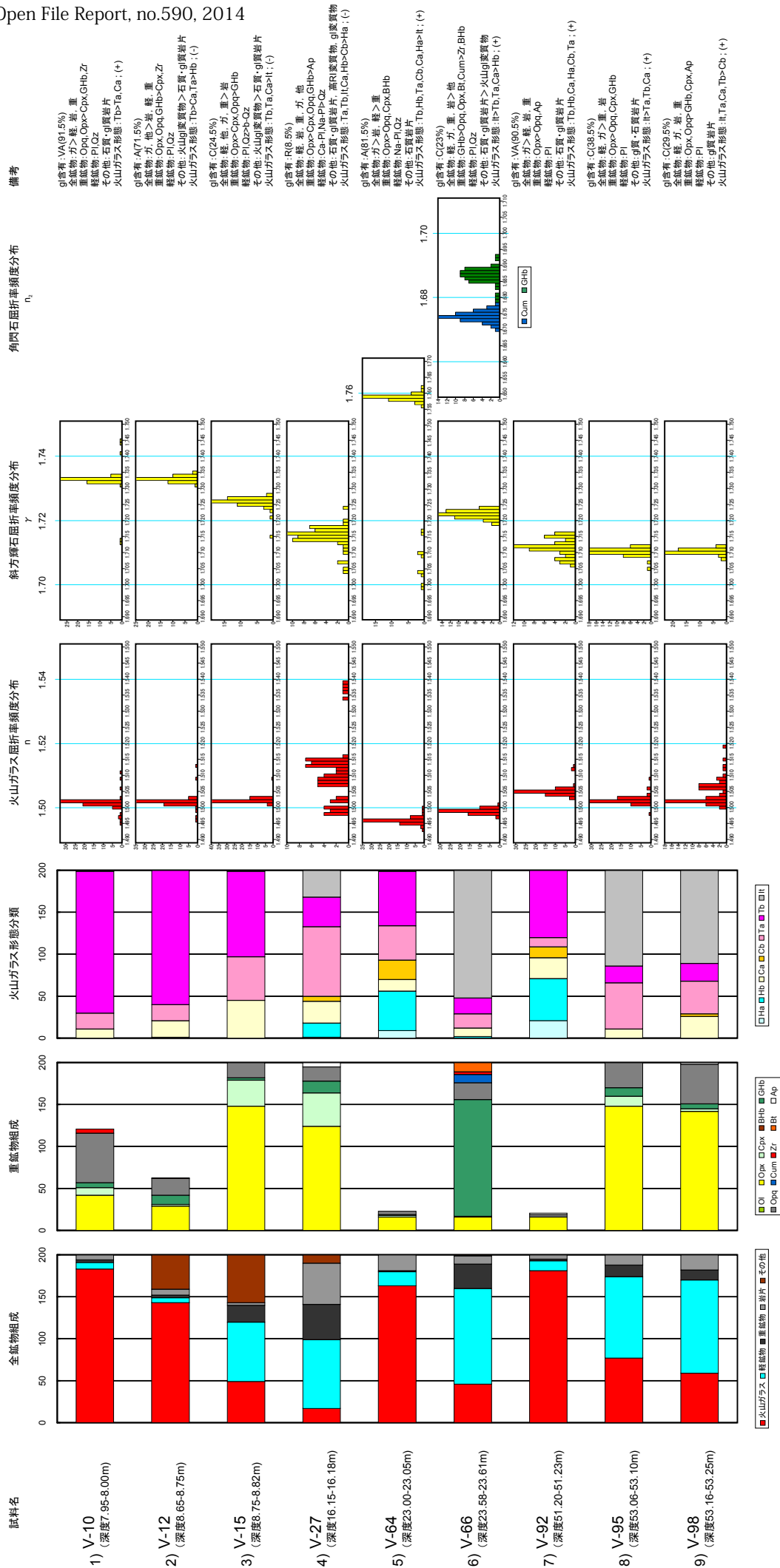


図4 テフラ分析結果の一覧 詳細は本文参照。

表1 火山ガラスと斜方輝石・角閃石の屈折率測定結果
詳細は本文参照.

試料No	火山ガラス屈折率範囲						斜方輝石					
	火山ガラス屈折率範囲			屈折率 平均値	測定 個体数	屈折率 最頻値	火山ガラス 形態	対比	斜方輝石屈折率範囲			鉱物の 種類
	最小	最大							最小	最大	標準 偏差	
v-10	1.4950	1.4984	1.4966	5			H,It,T		1.713	1.714	1.713	ハイパーシ
	1.5002	1.5026	1.5014	60		1.502	T>C>It	Spfl	1.731	1.734	1.733	フェロハイパーシ
	1.5059	1.5110	1.5086	3			T,C		1.741	1.745	1.743	フェロハイパーシ
v-12	1.4961	1.4987	1.4972	3			H,C		1.731	1.735	1.733	フェロハイパーシ
	1.4999	1.5033	1.5017	60		1.502	T>C>H	Spfa-1				
	1.5090	1.5127	1.5109	2			T,C					
v-15	1.5010	1.5041	1.5022	60		1.502	T, C>It	Kt-1	1.715	1.721	1.718	ハイパーシ
	1.5091	1.5091	1.5091	1			It		1.723	1.728	1.726	ハイパーシ~ フェロハイパーシ
v-27	1.4978	1.5033	1.5001	16		1.498-1.500	T>It, C, H		1.704	1.707	1.706	ハイパーシ
	1.5067	1.5110	1.5087	21		1.507-1.509	T>It, C		1.710	1.720	1.716	ハイパーシ
	1.5119	1.5157	1.5138	23		1.513-1.515	T>It, C		1.724	1.724	1.724	ハイパーシ
v-64	1.4934	1.4969	1.4957	60		1.496	T, H, C>It	Toya	1.699	1.717	1.707	ブロンサイト~ ハイパーシ
	1.4982	1.5004	1.4993	3			T,H		1.756	1.762	1.759	ユーライト
	1.4973	1.5006	1.4990	60		1.499	It>T, C>H		1.719	1.724	1.722	ハイパーシ
v-92	1.5032	1.5066	1.5048	60		1.505	T, H, C		1.706	1.709	1.708	ハイパーシ
	1.5115	1.5130	1.5123	3			H,T,C		1.710	1.713	1.712	ハイパーシ
									1.714	1.716	1.715	ハイパーシ
v-95	1.5007	1.5036	1.5021	60		1.502	It, T>C		1.705	1.707	1.706	ハイパーシ
	1.5055	1.5086	1.5068	3			T,C		1.709	1.712	1.710	ハイパーシ
	1.5000	1.5038	1.5019	34		1.502	It, T, C		1.708	1.712	1.710	ハイパーシ
v-98	1.5052	1.5101	1.5069	23		1.506-1.507	T,C					
	1.5115	1.5188	1.5146	4			T					

	角閃石					
	屈折率範囲		屈折率 平均値	標準偏差	測定 個体数	鉱物の種類
	最小	最大				
v-66	1.670	1.678	1.674	0.002	50	カミグトンナイト
	1.679	1.693	1.687	0.003	50	緑色ホルンブレンド