

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序

Stratigraphy and Lithologic Features of Borehole Core from Sobetsu Observation Well, Usu Volcano, Hokkaido, Japan

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序



防災科学技術研究所研究資料

- 第 400 号 日本海溝に発生する地震による確率論的津波ハザード評価の手法の検討(付録 DVD) 216pp. 2015 年 12 月発行
- 第 401 号 全国自治体の防災情報システム整備状況 47pp. 2015 年 12 月発行
- 第 402 号 新庄における気象と降積雪の観測(2014/15 年冬期) 47pp. 2016 年 2 月発行
- 第 403 号 地上写真による鳥海山南東斜面の雪渓の長期変動観測(1979～2015 年) 52pp. 2016 年 2 月発行
- 第 404 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震)における地震の概要と建物被害に関する情報収集調査報告 54pp. 2016 年 3 月発行
- 第 405 号 土砂災害予測に関する研究会－現状の課題と新技術－プロシーディング 220pp. 2016 年 3 月発行
- 第 406 号 津波ハザード情報の利活用報告書 132pp. 2016 年 8 月発行
- 第 407 号 2015 年 4 月ネパール地震(Gorkha 地震)における災害情報の利活用に関するインタビュー調査－改訂版－ 120pp. 2016 年 10 月発行
- 第 408 号 新庄における気象と降積雪の観測(2015/16 年冬期) 39pp. 2017 年 2 月発行
- 第 409 号 長岡における積雪観測資料(38)(2015/16 冬期) 28pp. 2017 年 2 月発行
- 第 410 号 ため池堤体の耐震安全性に関する実験研究－改修されたため池堤体の耐震性能検証－ 87pp. 2017 年 2 月発行
- 第 411 号 土砂災害予測に関する研究会－熊本地震とその周辺－プロシーディング 231pp. 2017 年 3 月発行
- 第 412 号 衛星画像解析による熊本地震被災地域の斜面・地盤変動調査－多時期ペアの差分干渉 SAR 解析による地震後の変動抽出－ 107pp. 2017 年 9 月発行
- 第 413 号 熊本地震被災地域における地形・地盤情報の整備－航空レーザ計測と地上観測調査に基づいた防災情報データベースの構築－ 154pp. 2017 年 9 月発行
- 第 414 号 2017 年度全国市区町村への防災アンケート結果概要 69pp. 2017 年 12 月発行
- 第 415 号 全国を対象とした地震リスク評価手法の検討 450pp. 2018 年 3 月発行予定
- 第 416 号 メキシコ中部地震調査速報 28pp. 2018 年 1 月発行
- 第 417 号 長岡における積雪観測資料(39)(2016/17 冬期) 29pp. 2018 年 2 月発行
- 第 418 号 土砂災害予測に関する研究会 2017 年度プロシーディング 149pp. 2018 年 3 月発行
- 第 419 号 九州北部豪雨における情報支援活動に関するインタビュー調査 90pp. 2018 年 7 月発行
- 第 420 号 液状化地盤における飽和度確認手法に関する実験的研究－不飽和化液状化対策模型地盤を用いた模型振動台実験－ 62pp. 2018 年 8 月発行
- 第 421 号 新庄における気象と降積雪の観測(2016/17 年冬期) 45pp. 2018 年 11 月発行
- 第 422 号 2017 年度防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)の構築と運用 56pp. 2018 年 12 月発行
- 第 423 号 耐震性貯水槽の液状化対策効果に関する実験研究－液状化による浮き上がり防止に関する排水性能の確認－ 48pp. 2018 年 12 月発行
- 第 424 号 バイプロを用いた起振時過剰間隙水圧計測による原位置液状化強度の評価手法の検討－原位置液状化強度の評価に向けた土槽実験の試み－ 52pp. 2019 年 1 月発行
- 第 425 号 ベントナイト系遮水シートの設置方法がため池堤体の耐震性に与える影響 102pp. 2019 年 1 月発行
- 第 426 号 蛇籠を用いた耐震性道路擁壁の実大振動台実験および評価手法の開発－被災調査から現地への適用に至るまで－ 114pp. 2019 年 2 月発行
- 第 427 号 津波シミュレータ TNS の開発 67pp. 2019 年 3 月発行
- 第 428 号 長岡における積雪観測資料(40)(2017/18 冬期) 29pp. 2019 年 2 月発行
- 第 429 号 配管系の弾塑性地震応答評価に対するベンチマーク解析 72pp. 2019 年 3 月発行
- 第 430 号 津波浸水の即時予測を目的とした津波シナリオバンクの構築 169pp. 2019 年 3 月発行
- 第 431 号 土砂災害予測に関する研究会 2018 年度プロシーディング 65pp. 2019 年 3 月発行
- 第 432 号 全国を概観するリアルタイム地震被害推定・状況把握システムの開発 311pp. 2019 年 3 月発行
- 第 433 号 新庄における気象と降積雪の観測(2017/18 年冬期) 51pp. 2019 年 3 月発行
- 第 434 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み－南西レスキュー 30 における活動報告－ 158pp. 2019 年 6 月発行
- 第 435 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み－みちのく ALERT2018 における活動報告－ 140pp. 2019 年 7 月発行
- 第 436 号 平成 30 年 7 月豪雨(西日本豪雨)の被災自治体における災害情報システムの活用実態に関する調査 60pp. 2019 年 9 月発行
- 第 437 号 SIP4D 利活用システム技術仕様書・同解説 142pp. 2019 年 10 月発行
- 第 438 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み－かもしか RESCUE2019 における活動報告－ 46pp. 2019 年 12 月発行

■表紙写真・・・北北西方向からみた有珠火山。手前の湖は洞爺湖。

防災科学技術研究所研究資料

- 第 439 号(1) 南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価 第一部 本編 575pp. 付録編 514pp. 2020 年 4 月発行
- 第 440 号 蛇籠を用いた建造物の合理的な設計手法のための変形メカニズムに関する実験研究－蛇籠の理論体系構築に向けた基礎的研究－ 26pp. 2020 年 1 月発行
- 第 441 号 長岡における積雪観測資料(41)(2018/19 冬期) 25pp. 2020 年 3 月発行
- 第 442 号 新庄における気象と降積雪の観測(2018/19 年冬期) 47pp. 2020 年 2 月発行
- 第 443 号 クラウドファンディングを活用した研究事例－ネパール組積造住宅の耐震補強実験を例として－ 32pp. 2020 年 3 月発行
- 第 444 号 南海トラフで発生する地震・津波を対象とした広域リスク評価手法の検討 163pp. 2020 年 3 月発行
- 第 445 号 SIP4D を活用した災害情報の広域連携に関する取り組み－01TREX/南海レスキュー 01 における活動報告－ 23pp. 2020 年 6 月発行
- 第 446 号 災害関連情報の効果的アーカイブ方法の検討－都道府県の公式ホームページから発信される情報・資料を対象に－ 81pp. 2020 年 7 月発行
- 第 447 号 土のう構造体を用いた道路盛土の新たな耐震補強工法に関する実大震動台実験－地震災害後の道路の早期復旧と中長期的な維持に向けての検証－ 68pp. 2020 年 7 月発行
- 第 448 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚(C1-2 橋脚)震動破壊実験研究報告書－主鉄筋段落としを有する RC 橋脚の耐震性に関する震動台実験－ 46pp. 2020 年 8 月発行
- 第 449 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚(C1-6 橋脚)震動破壊実験研究報告書－ポリプロピレンファイバーコンクリートを用いた高耐震性能橋脚の開発－ 36pp. 2020 年 9 月発行
- 第 450 号 令和元年東日本台風(台風第 19 号)による各県の被害概要および受援設備の整理 85pp. 2020 年 9 月発行
- 第 451 号 地震と降雨の作用を受ける蛇籠擁壁の安定性に関する実験的研究－蛇籠擁壁の粘り強さの検証－ 40pp. 2020 年 11 月発行
- 第 452 号 令和元年台風 15 号 千葉県における高齢者被災状況調査報告 83pp. 2021 年 2 月発行
- 第 453 号 2018 年度防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)の構築と運用 43pp. 2021 年 2 月発行
- 第 454 号 新庄における気象と降積雪の観測(2019/20 年冬期) 41pp. 2021 年 2 月発行
- 第 455 号 ISUT による災害情報の統合と共有－令和元年台風第 15 号(房総半島台風)および台風第 19 号(東日本台風)の事例－ 92pp. 2021 年 2 月発行

－編集委員会－		防災科学技術研究所研究資料 第 456 号
(委員長)	下川 信也	
(委員)		令和 3 年 2 月 16 日発行
木村 武志	姫松 裕志	編集兼 国立研究開発法人
河合 伸一	三浦 伸也	発行者 防災科学技術研究所
山崎 文雄	平島 寛行	〒 305-0006
中村いずみ	川嶋 一浩	茨城県つくば市天王台 3－1
(事務局)		電話 (029)863-7635
三浦 伸也	前田佐知子	http://www.bosai.go.jp/
池田 千春		印刷所 松枝印刷株式会社
(編集・校正)	樋山 信子	茨城県常総市水海道天満町 2438

© National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience 2021

※防災科学技術研究所の刊行物については、ホームページ (<http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/>) をご覧下さい。

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序

長井雅史*¹・大島弘光*²・中川光弘*³・吉本充宏*⁴・松本亜希子*³・
山本英二*⁵・棚田俊收*¹・檀原 徹*⁶・岩野英樹*⁶

Stratigraphy and Lithologic Features of Borehole Core from Sobetsu Observation Well, Usu Volcano, Hokkaido, Japan

Masashi NAGAI*¹, Hiromitsu OSHIMA*², Mitsuhiro NAKAGAWA*³, Mitsuhiro YOSHIMOTO*⁴,
Akiko MATSUMOTO*³, Eiji YAMAMOTO*⁵, Toshikazu TANADA*¹, Toru DANHARA*⁶, and Hideki IWANO*⁶

*¹ *Volcano Disaster Resilience Research Division,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan
mnagai@bosai.go.jp*

*² *Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, Japan*

*³ *Graduate School of Science, Hokkaido University, Japan*

*⁴ *Mount Fuji Research Institute, Yamanashi Prefectural Government, Japan*

*⁵ *Former affiliation, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan*

*⁶ *Kyoto Fission-Track Co.Ltd.*

Abstract

Borehole core samples from the Sobetsu observation well constructed by NIED at the northern foot of Usu volcano are described. The total depth of the borehole reached 201 m from the surface. On the basis of the lithologic features and fission track dating, the borehole cores can be divided into three stratigraphic groups. The upper part (0 to 22.8 m in depth) consists mainly of dacitic debris flow (lahar) deposits. The middle part (22.8 to 78.6 m in depth) consists mainly of basaltic and basaltic andesite lava flows. The lower units of lava flows have water-chilled features. The lower part (78.6 to 201.0 m in depth) consists of alternate conglomerate and pumice tuff layers. The upper part can be ascribed to the secondary debris flow (lahar) deposit of historic Usu eruption deposits distributed on the volcanic fan of Usu volcano. The middle part can be ascribed to subaqueous and subaerial lava flows of the Usu somma edifice. The lower part is interpreted to be a deposit of gravelly delta that occurred on the south margin of Toya caldera. The pumice tuff layers in the lower part are interpreted to be lahar deposits and the materials constituting them are Toya pyroclastic flow, Kuttara Kt-2, Shikotsu pyroclastic flow, Us-Ka and other Late Pleistocene tephra. The geological section obtained suggests that thick unconsolidated Late Pleistocene sediments may underlie the northern part of Usu volcano.

Key words: V-net, Borehole core, Usu volcano, Toya caldera, Lahar deposit, Subaqueous Lava flow, Eruptive History

*¹ 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 火山防災研究部門

*² 北海道大学大学院理学研究院附属 地震火山研究観測センター

*³ 北海道大学大学院理学研究院

*⁴ 山梨県富士山科学研究所

*⁵ 元・防災科学技術研究所

*⁶ 株式会社 京都フィッション・トラック

1. はじめに

防災科学技術研究所では、科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会において火山観測研究を重点化するとした16火山を対象にした基盤的火山観測網の整備を行うことになり、平成21年度は、浅間山、有珠山、岩手山、阿蘇山、霧島山において観測施設の整備に着手した。これらの基盤的火山観測施設では、孔井式地震傾斜観測装置を設置するため、深度約200mの観測井を掘削している。その際、観測井の地質状況の把握のために岩石コア試料の採取をおこなった。観測井の岩石コア試料は対象火山の噴火履歴を明らかにし、今後火山防災対策を策定する際に重要な資料となる。本研究資料では有珠山壮瞥火山観測施設において採取された岩石コア試料の岩相の記載と放射年代測定、予察的な岩石学的検討をおこない、層序を推定した。またその結果から推測される有珠火山の地下構造や周辺環境の変化について若干の議論をおこなった。

2. 有珠火山の概要

有珠火山は北海道南西部の洞爺カルデラの南縁に位置する第四紀火山で、東北東約45kmには支笏カルデラ、東南東方約30kmにはクッタラカルデラが存在する(図1)。山頂部に小カルデラを有する有珠外輪山成層火山と、カルデラ内や山麓に生じた溶岩ドームや潜在ドーム群からなる。17世紀以降の歴史時代に活動した記録を持ち、近年ではAD2000年に西麓で噴火があった。現在でも山頂地域での噴気や山麓での温泉活動が盛んである。

最近の有珠火山の地質学的な研究では、新たに歴史時代の噴出物の発見(中川ほか, 2005)や先史時代の堆積物やテフラ層の記載、年代推定が行なわれている(Goto *et al.*, 2013; Miyabuchi *et al.*, 2014; 藤根ほか, 2016など)。また、噴出物の岩石学的性質が解明されマグマ供給システムのモデル化が進んでいる(Tomiya and Takahashi, 1995; 2005; Matsumoto and Nakagawa, 2010など)、以下におもに曾屋ほか(2007)のまとめとその後の研究に沿って噴火史の概要を述べる。

有珠火山周辺地域の基盤岩は新第三紀～前期更新世の火山岩類や堆積岩類である。有珠火山東方の洞爺湖南岸地域には前期更新世の火砕流堆積物である壮瞥火砕流堆積物や滝ノ上火砕流堆積物が存在して

いる。中期更新世ごろには礫や砂からなる上長和層が堆積した。後期更新世の10.6～11.3万年前頃(東宮・宮城, 2020)に大規模な流紋岩質火砕噴火があり洞爺カルデラが誕生した。この際に洞爺火砕流堆積物が広範囲に堆積した。洞爺火砕流堆積物は長流川の東岸に火砕流台地を作っており、有珠火山の下にも広く分布していると考えられている。

その後洞爺カルデラ内は洞爺湖の湖水で満たされた。後カルデラ火山活動によりカルデラ中央部に中島火山が誕生した。約4.8万年前頃にプリニー式噴火により中島長流川(Nj-Os)テフラ(山縣, 1994)が噴出し、有珠火山地域東部にも降下堆積した。4万年前頃までに現在みられる溶岩ドーム群が形成された(高嶋ほか, 1992)。

有珠火山は洞爺カルデラ南縁上に中島火山形成ののちに誕生したとされる。有珠火山活動初期に噴出した安山岩質の降下テフラ層は有珠上長和テフラ(Us-Ka)と命名された(山縣・町田, 1996)。その後Goto *et al.* (2013)はUs-Kaを水蒸気マグマ噴火の産物とし噴出年代を約1.8～1.9万年前頃とした。一方、Us-Kaは約3万年前に中島火山から噴出したとして中島関内テフラ(Nj-Sk)と改名するべきという考え(Miyabuchi *et al.*, 2014)も提出されている。

Us-Kaの堆積後、有珠火山は溶岩と降下スコリア・火山灰を繰り返し噴出し外輪山成層火山を形成した。大場(1964)によると7種に分類できる玄武岩-安山岩質の溶岩からなる。また、北東麓に側火山のドンコロ山スコリア丘も形成された。外輪山火山体は形成後に大規模な山体崩壊を起こし、南麓に善光寺岩屑なだれ堆積物を堆積させた。善光寺岩屑なだれ堆積物の形成年代については近年も多くの年代測定や議論があり(小杉編, 2006; 藤根ほか, 2016, 2017; 宇井, 2017; Goto *et al.*, 2019; 奥野ほか, 2020など)、確定していないが2.9万年～1.5万年前の間のどこかと考えられる。

その後有珠火山は長い休止期に入り、17世紀になって活動を再開した。AD1663年の噴火ではこれまでとは異なる流紋岩質マグマが大量に噴出し、大規模なプリニー式降下軽石層や火砕サージ堆積物からなるUs-bテフラ層が形成された。外輪山山頂のカルデラ地形はこの時に生じた可能性がある。

その後もデイサト質マグマの噴出活動が続き17世紀末、AD1769年、AD1822年、AD1853年に噴

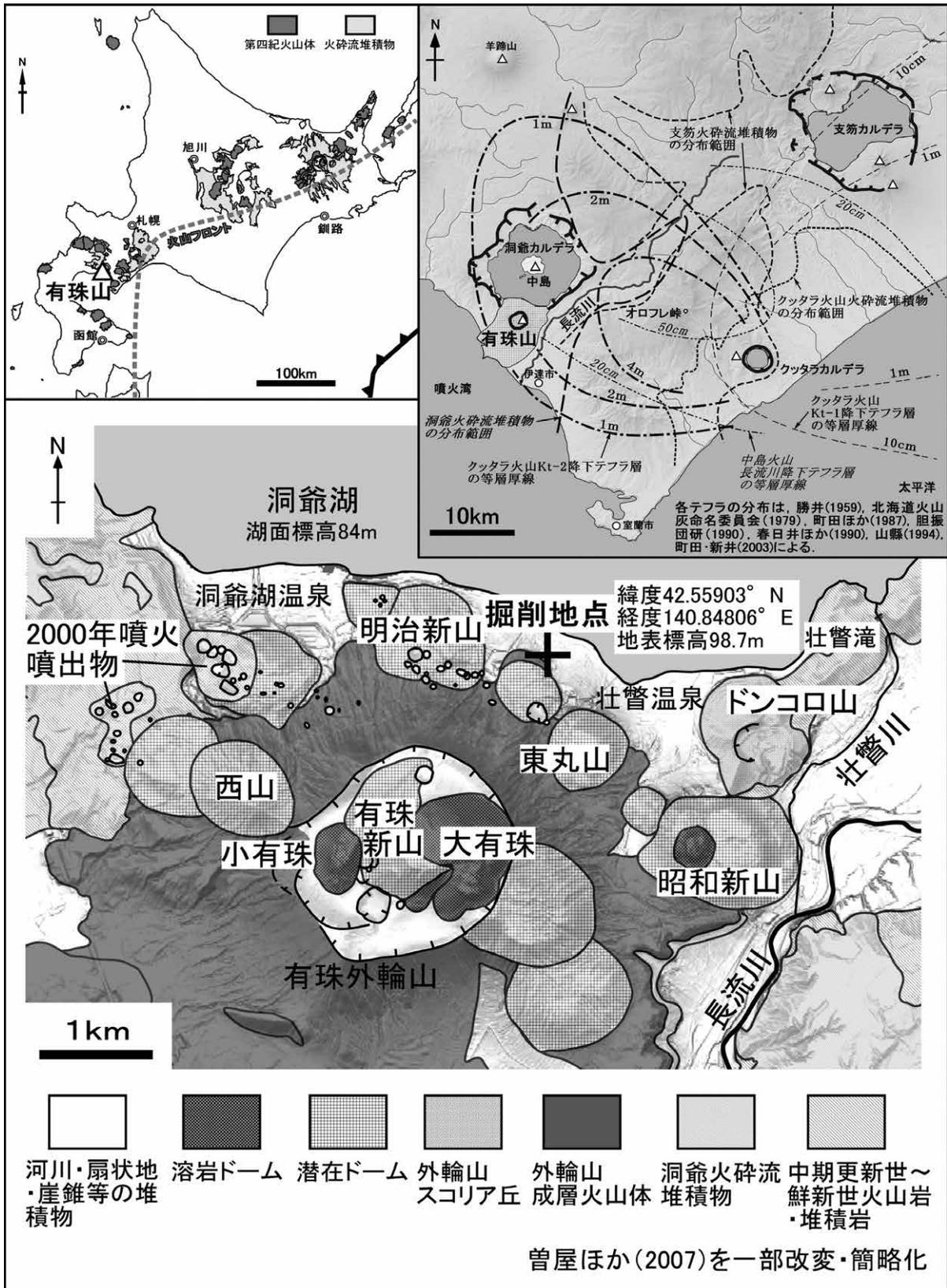


図1 有珠火山の位置と地質概略図。

地形陰影は基盤地図情報の標高 DEM を利用しカシミール 3D で作図した。

Fig. 1 Location and simplified geologic map showing volcanic products of Usu volcano and adjacent volcanoes. The geologic map was adapted from the original map of Soya *et al.* (2007). Kashmir3D and Fundamental Geospatial Data published by Geospatial Information Authority of Japan were used to draw the background relief.

火があり、降下テフラ層や火砕流堆積物が形成された。山頂カルデラ内の小有珠溶岩ドーム、オガリ山潜在ドーム、大有珠溶岩ドームはこれらの噴火の際に順次形成された。AD1910年噴火では水蒸気噴火により北麓に多数の火口が開口し降下火山灰や熱泥流を放出し、明治新山(四十三山)潜在ドームを形成した。AD1943-1945年噴火では東麓で水蒸気噴火・水蒸気マグマ噴火と潜在ドームの形成で始まり、最終的にデイサイト質の昭和山溶岩ドームが形成された。AD1977-1978年噴火では山頂カルデラ内のデイサイト質マグマのプリニー式噴火で始まり、水蒸気マグマ噴火を伴いつつ有珠新山潜在ドームを形成した。

AD2000年の噴火は北西山麓でのデイサイト質マグマによる水蒸気マグマ噴火で開始し、引き続いた水蒸気噴火により西山山麓や金比羅山付近に多数の火口が形成され、熱泥流が流出した。西山西麓は潜在ドーム状の隆起により約80m上昇した。

以上のように、有珠火山では噴火史の解明研究が進んでいる。しかし活動初期の噴出物については山体下に埋没しており情報が不足している。観測井のコア試料を解析することにより、有珠火山および洞爺カルデラ火山の噴火史や地質構造の解明が進むことが期待される。

3. 掘削工事の概要

有珠山壮瞥火山観測井の位置を図1、図2に示す。掘削地点は壮瞥温泉と洞爺湖温泉の間の壮瞥町町有地に設定された。有珠新山の北東約2.2kmにあり、有珠外輪山北麓の洞爺湖(湖面標高84m)に面した扇状地上にある。周囲には明治新山や東丸山などの潜在ドーム群や源太穴火口などの小火口群が存在する。掘削点の所在地、緯度、経度、高度は以下の通りである。

- 住所 北海道有珠郡壮瞥町字壮瞥温泉 69-122
- 緯度経度 北緯 42 度 33 分 32.51 秒 東経 140 度 50 分 53.02 秒(世界測地系)
- 地表標高 98.7 m (掘削基準面は地表より -0.7 m)

観測井は上山試錐工業株式会社(本社;北海道札幌市)により深度201mまで掘削された(図3)。コア試料採取は深度16.6mまではHQロッドに取り付けたロッドクラウンにて無水掘りで行い、深度16.6m以深は101mm径HQビットによるワイヤー



図2 有珠山壮瞥火山観測施設の位置図。地形図は地理院地図(淡色地図)を利用した。

Fig. 2 Location of the Sobetsu observation site. Topographic map: GSI Maps published online by Geospatial Information Authority of Japan.

ライン工法(採取コア直径63mm)で行った。その後各深度で設置されるケーシング管に見合う直径にトリコンビットで拡孔した。軟弱な未固結堆積物の地盤により掘削作業は難航した。特に礫質堆積物では硬質礫の供回りに起因するとみられる掘削コアの流失やコア詰まり、孔壁崩壊が頻発した。全量逸泥は深度31m, 37~50m, 56~77m, 79m, 87~96m, 100m, 102~106m付近において生じ、必要に応じて逸泥防止剤の使用等の対策を実施した。

観測井は最終的にオールケーシング・オールセメンチングで仕上げられた。深度10mごとに行なわれた孔芯傾斜測定では全区間で鉛直線より2°以内であることが確認された。なお、5"ケーシング管下端は深度200.38m、地震傾斜計設置ケースは深度198.20mに位置している。ケーシング後の温度検層(満水位、外気温15°C)の結果では、孔口深度の12°Cに対して深度とともに次第に上昇し、深度53m付近で最高の27.4°Cを示した。ここから孔底に向けて温度は次第に低下し深度198m付近では17.1°Cであった。完成した火山観測施設の全景を写真1に示す。

4. ボーリングコアの産状と柱状図

全長201.00mのオールコアボーリングのうち、全体の57%にあたる114.60m分についてコア状又は破碎しているが細粒分を保持した状態で採取され

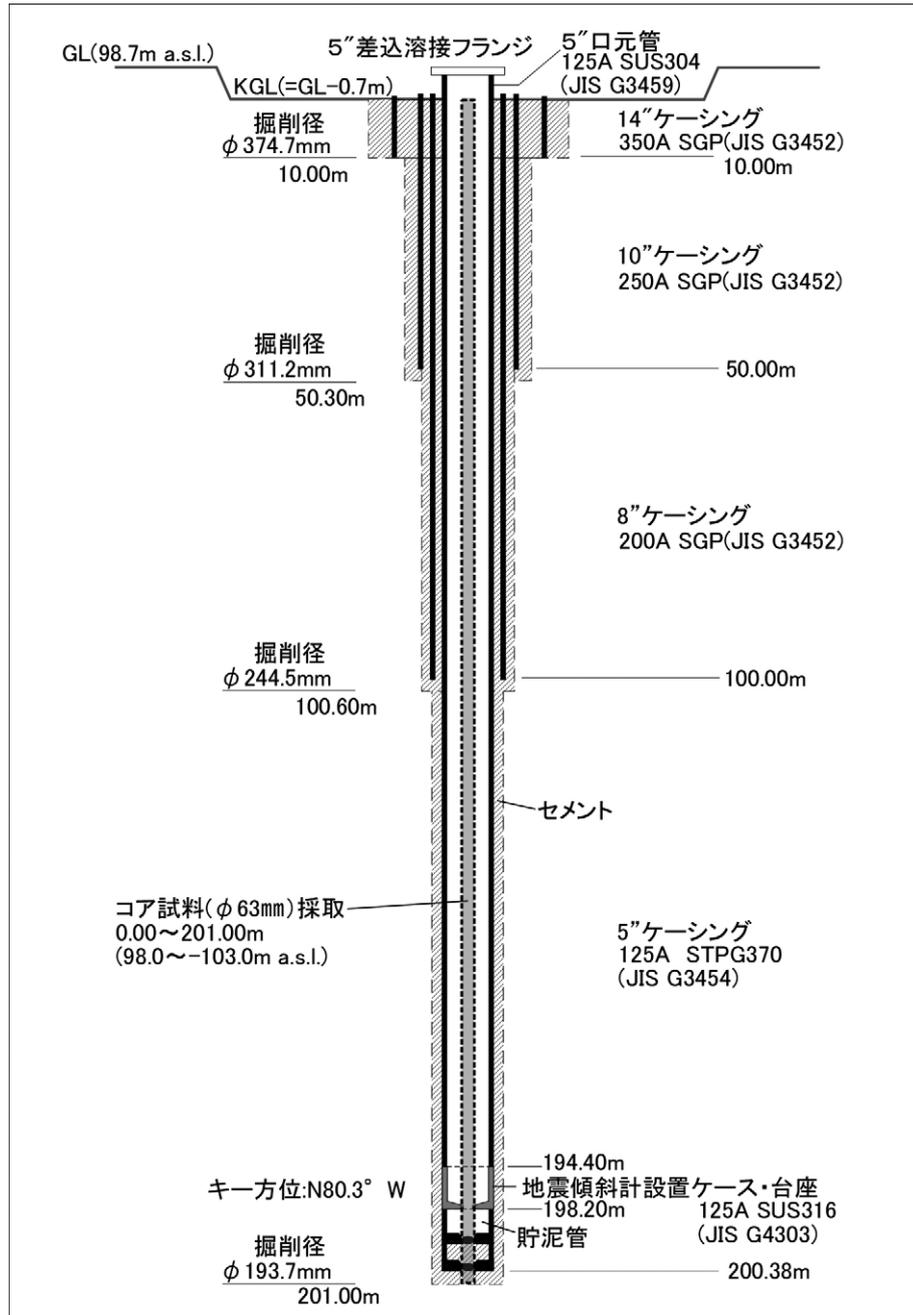


図3 有珠山壮瞥火山観測井の構造
Fig. 3 Well structure of the Sobetsu observation site.

た(付録写真)。残りの部分については礫サイズの試料のみ、あるいは掘削時のカッティングス試料(粗粒砂～細礫サイズ)が採取された。RQD値は低く全体平均で1.5、比較的硬質な22.80～78.60mの区間の平均においても約4.0である。

コア試料は主として火山円礫岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩、溶岩からなり、そのほかにシルト岩などが含まれる。今回は岩相から14層に分類した。なお、

コア状溶岩試料について、それらの上下隣接区間を含めて溶岩流断面として期待される構造が確認できず、流れ堆積物の基質にシャープな境界で囲まれるような場合は、土石流や火砕流の堆積物に含まれる礫と判断した。概略柱状図を図4に、柱状図を図5にしめす。

コア試料に含まれる代表的な試料、特に溶岩流と火山礫凝灰岩中の軽石礫について予察的に全岩化学

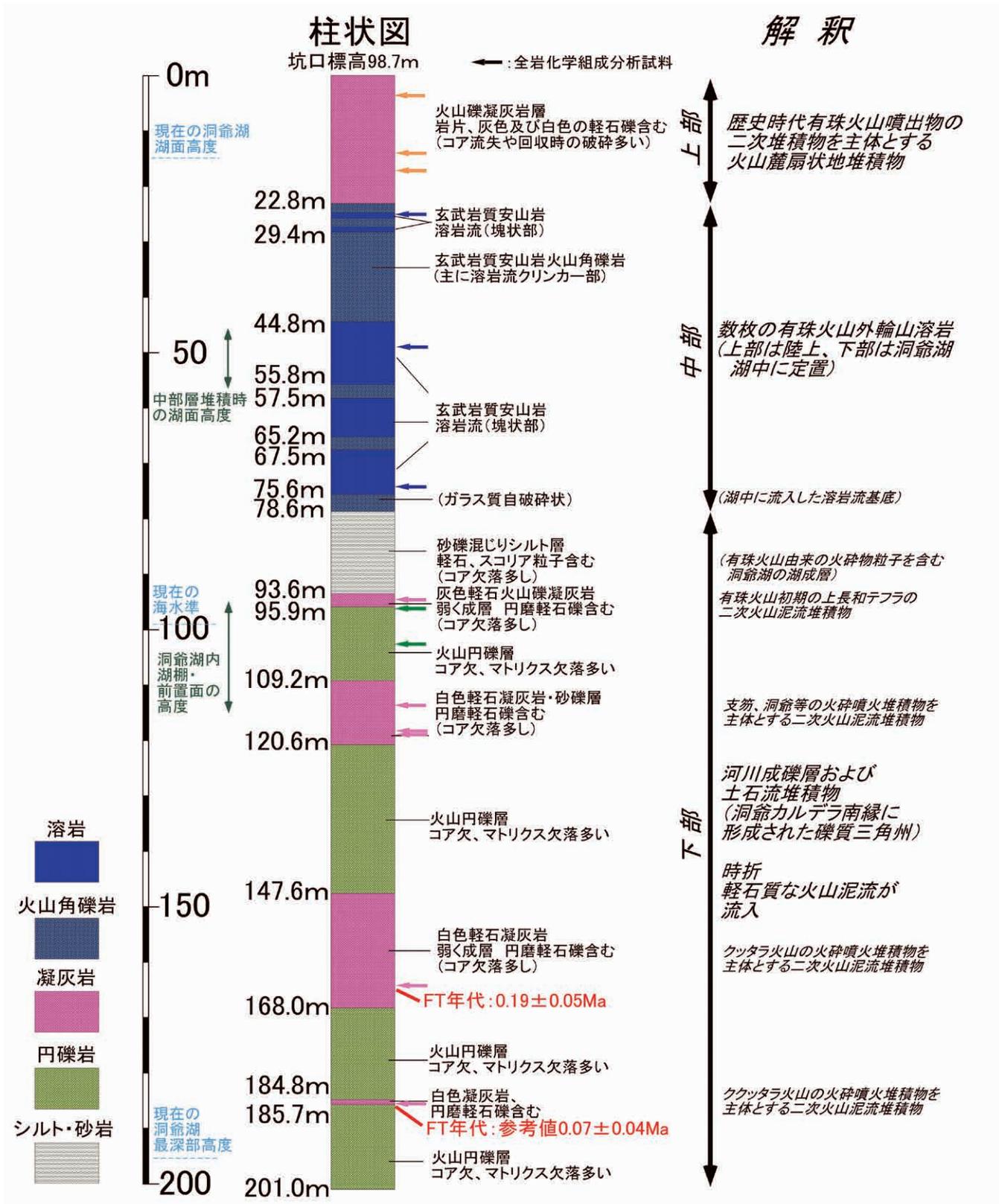


図4 有珠山壮瞥火山観測井コアの柱状図概要

Fig. 4 Schematic columnar section of the borehole core taken at the Sobetsu observation site.

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

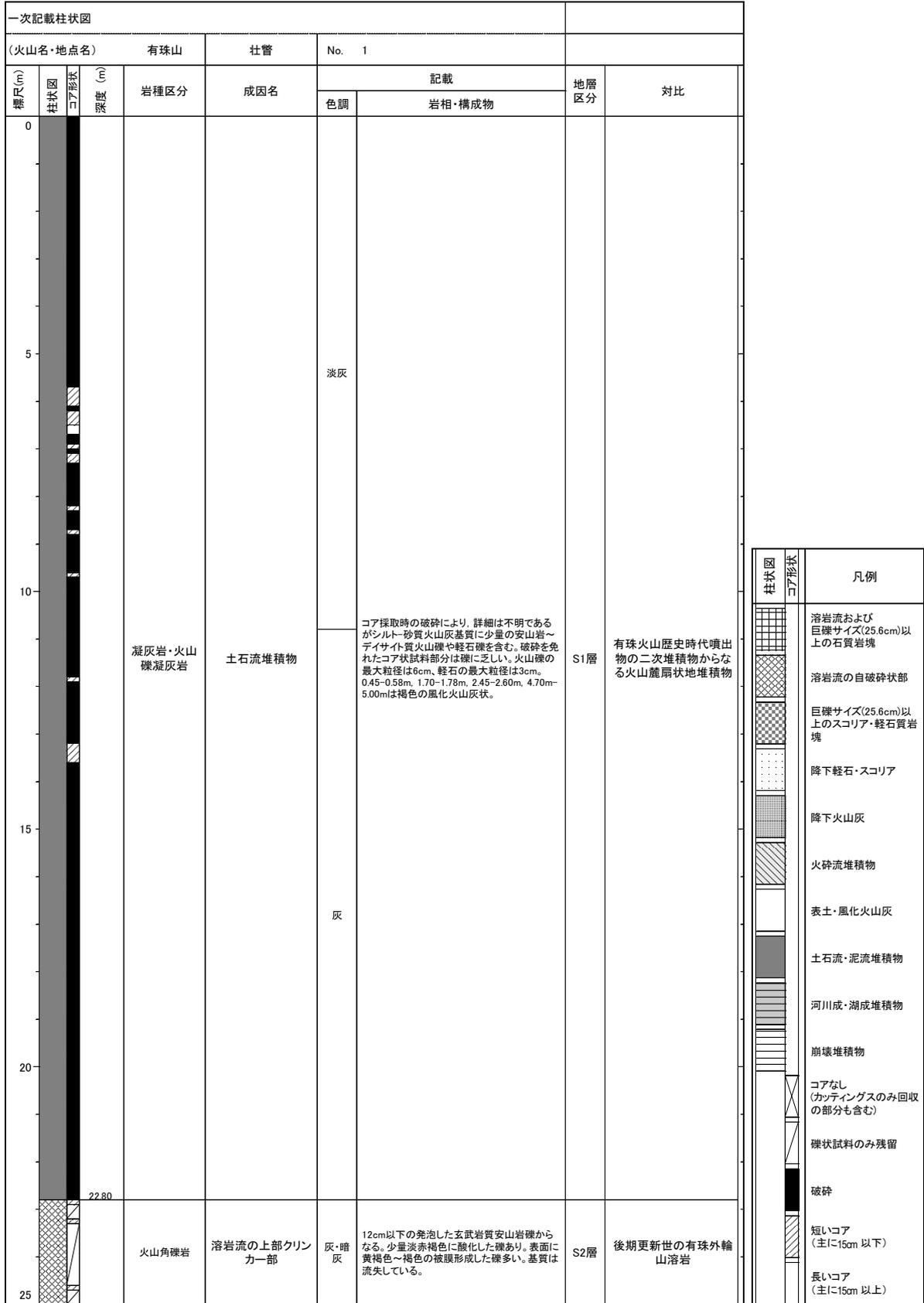


図5 有珠山壮瞥観測井コアの柱状図

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site.

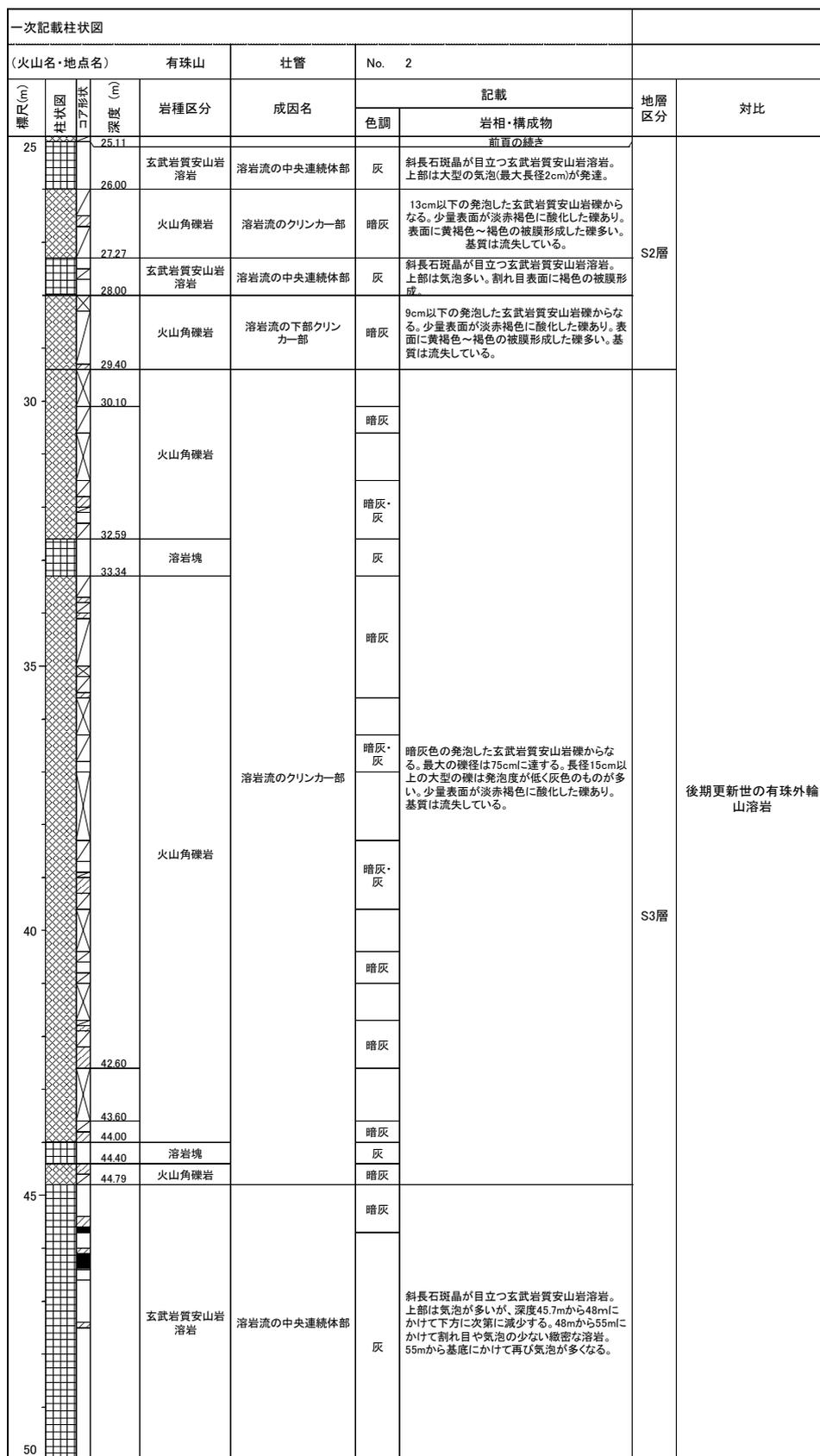


図5 有珠山仕管観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

一次記載柱状図						
(火山名・地点名)		有珠山	壮瞥	No. 3		
標高(m)	柱状図	岩種区分	成因名	記載		地層区分
				色調	岩相・構成物	
50		玄武岩質安山岩溶岩	溶岩流の中央連続体部	灰	斜長石斑晶が目立つ玄武岩質安山岩溶岩。上部は気泡が多いが、深度45.7mから48mにかけて下方に次第に減少する。48mから55mにかけて割れ目や気泡の少ない緻密な溶岩。55mから基底にかけて再び気泡が多くなる。	S3層
55		55.76 56.32 56.76 57.00 57.50	火山角礫岩 溶岩塊 火山角礫岩 溶岩流の上部クリンカー一部	灰・暗灰 暗灰	暗灰色の発泡した玄武岩質安山岩礫からなる。最大の礫径は40cmに達する。表面に黄褐色の被膜を持つ礫多い。基質は流失している。S4層との境界深度は暫定。 14cm以下の暗灰色の発泡した玄武岩質安山岩礫からなる。基質は流失している。	S3層
60		玄武岩質安山岩溶岩	溶岩流の中央連続体部	灰	斜長石斑晶が目立つ玄武岩質安山岩溶岩。割れ目が発達し径数cm～5cm程度の角礫状になった部分が多い。上端部と下端部は気泡が多い。割れ目表面に黄褐色の被膜を持つ部分は少ない。	S4層
65		65.21 66.40	火山角礫岩 溶岩流の下部クリンカー一部	暗灰	暗灰色の発泡した玄武岩質安山岩礫からなる。最大の礫径は20cmに達する。表面に黄褐色の被膜を持つ礫がある。基質は流失している。S5層との境界深度は暫定。	後期更新世の有珠外輪山溶岩
		67.30 67.49	溶岩流の上部クリンカー一部 火山角礫岩	暗灰	6cm以下の暗灰色の発泡した玄武岩質安山岩礫からなる。表面に部分的に黄褐色の被膜を持つ礫がある。基質は流失している。	S4層
70		71.50 72.00 72.70 74.10	玄武岩質安山岩溶岩 溶岩流の中央連続体部	灰 暗灰 暗灰 暗灰	斜長石斑晶が目立つ玄武岩質安山岩溶岩。割れ目が発達し径数cm～5cm程度の角礫状になった部分が多い。69.10m～70.78m付近と74.37～74.70m付近は割れ目少なく比較的連続的。上端部深度67.70mまでと下端部75.40m以深は気泡が多い。割れ目表面に黄褐色の被膜を持つ部分は少ない。	S5層
75				暗灰 灰 暗灰		

図5 有珠山壮瞥観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

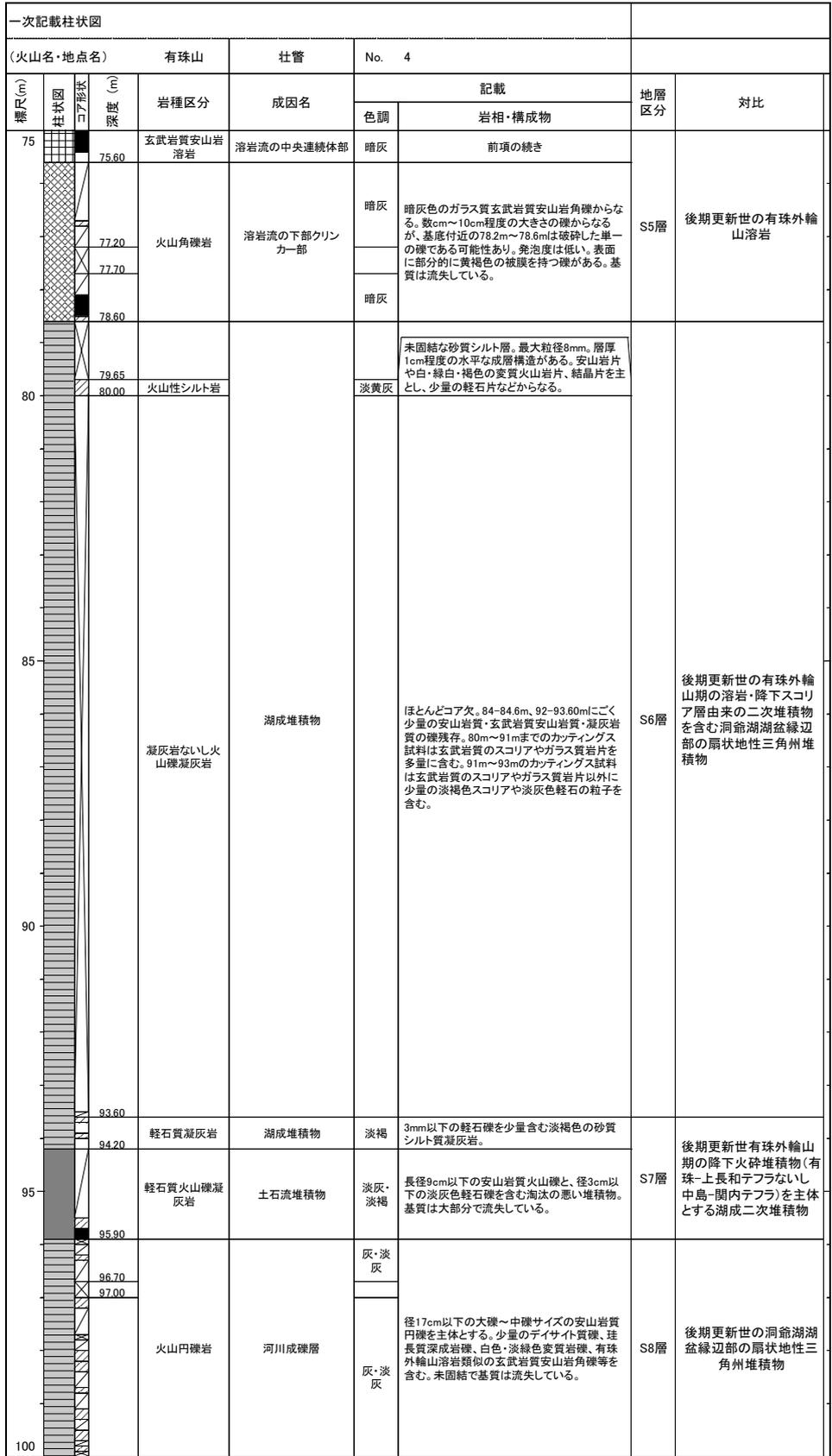


図5 有珠山壮管観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

有珠山壯瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

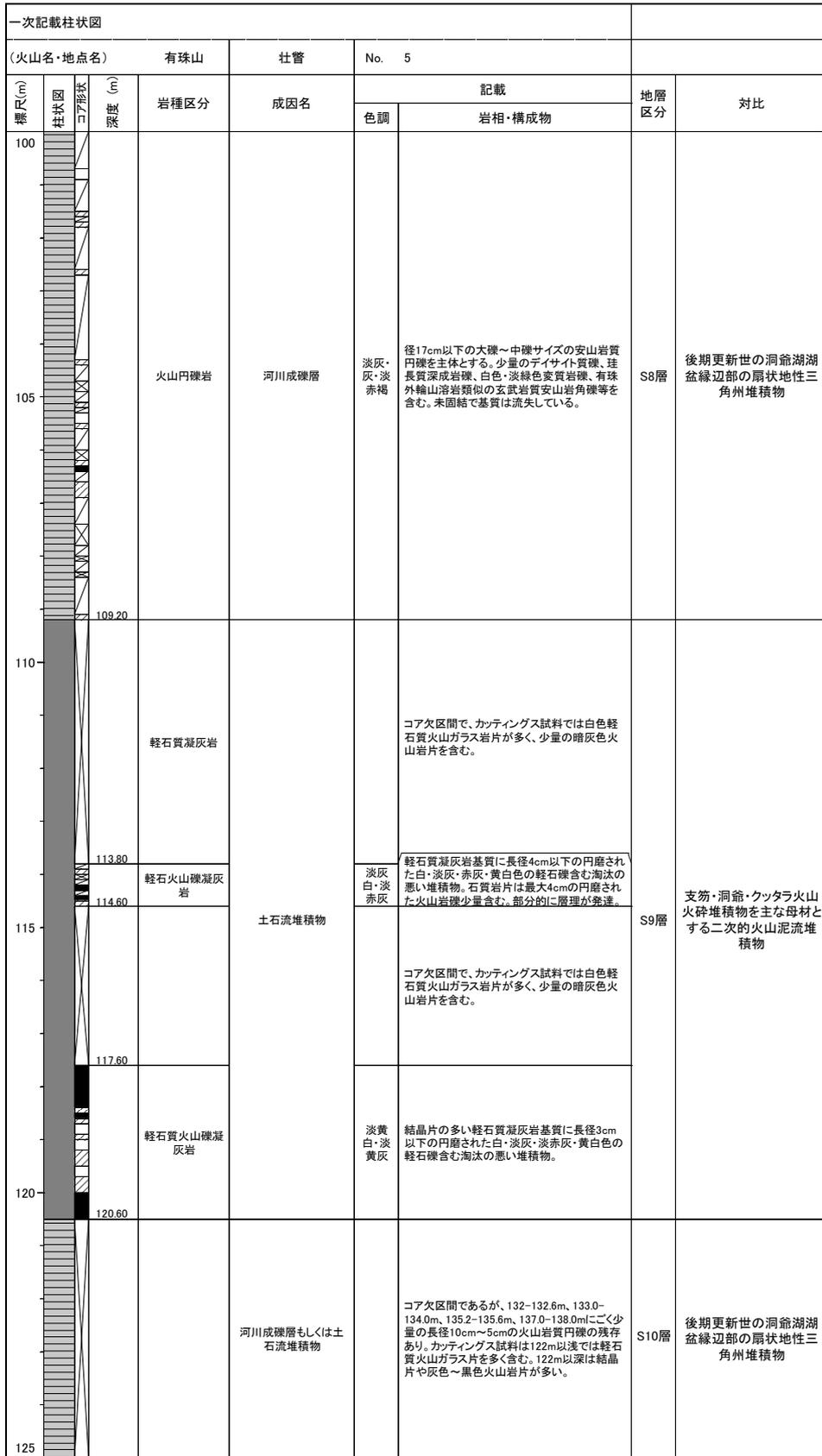


図5 有珠山壯瞥観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

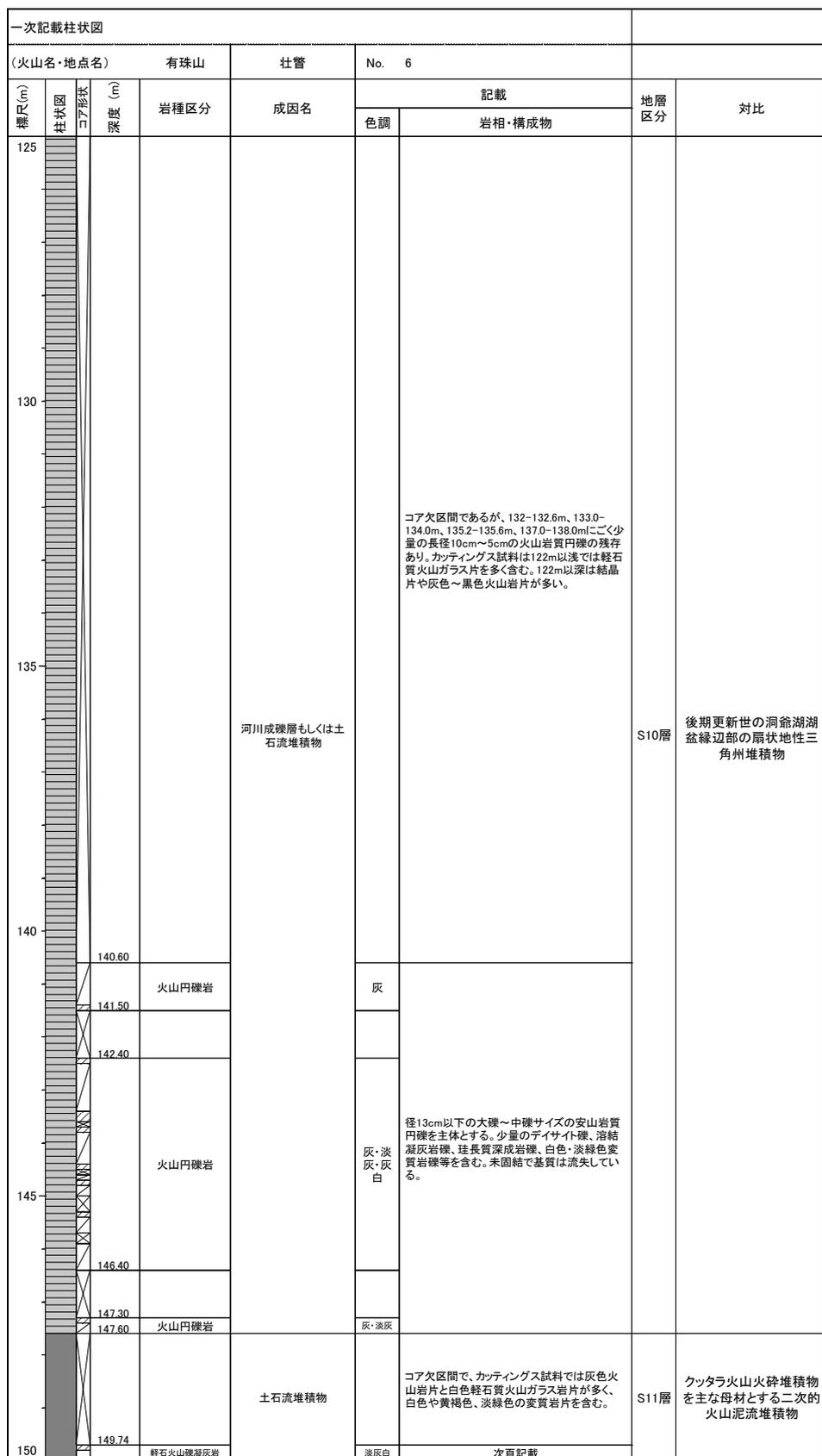


図5 有珠山壮管観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

有珠山壮警火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

一次記載柱状図								
(火山名・地点名)		有珠山	壮管	No. 7				
標高(m)	柱状図	コア形状	岩種区分	成因名	記載		地層区分	対比
					色調	岩相・構成物		
150		150.60	軽石火山礫凝灰岩	土石流堆積物	淡灰白	軽石質凝灰岩基質に長径0.8cm以下の円磨された白・淡灰色の軽石礫含む淘汰の悪い堆積物。	S11層	クッタラ火山火砕堆積物を主な母材とする二次的火山泥流堆積物
			152.40		軽石火山礫凝灰岩	淡灰白・淡黄灰		
165		164.67	軽石火山礫凝灰岩	土石流堆積物	淡灰白	軽石質凝灰岩基質に長径3cm以下の円磨された白・淡灰・淡橙色の軽石礫含む淘汰の悪い堆積物。石質岩片は最大径2.5cm。	S11層	クッタラ火山火砕堆積物を主な母材とする二次的火山泥流堆積物
			165.60		軽石火山礫凝灰岩	淡灰白		
170		170.80	火山円礫岩	河川成層もしくは土石流堆積物	淡灰・灰	径16cm以下の大礫～中礫サイズの安山岩質円礫を主体とする。少量のダイヤモンド礫、珪長質深成岩礫、白色・淡緑色変質岩礫等を含む。未固結で基質は流失している。	S12層	後期更新世の洞爺湖湖盆縁辺部の扇状地性三角州堆積物
			171.60		火山円礫岩	淡灰・灰		
175		173.40	火山円礫岩	河川成層もしくは土石流堆積物	淡灰・灰	軽石質凝灰岩基質に長径2.5cm以下の円磨された白・淡灰色の軽石礫含む淘汰の悪い堆積物。	S12層	後期更新世の洞爺湖湖盆縁辺部の扇状地性三角州堆積物
			174.00		火山円礫岩	淡灰・灰		

図5 有珠山壮警観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

一次記載柱状図								
(火山名・地点名)		有珠山	壮管	No. 8				
標高(m)	柱状図	コア形状	岩種区分	成因名	記載		地層区分	対比
					色調	岩相・構成物		
175			火山円礫岩	河川成礫層もしくは土石流堆積物	淡灰・灰	径16cm以下の大礫～中礫サイズの安山岩質円礫を主体とする。少量のデイサイト礫、珪長質深成岩礫、白色・淡緑色変質岩礫等を含む。未固結で基質は流失している。カッティングス試料では灰色～暗灰色火山岩片が多く、白色・黄褐色・淡緑色などの変質岩片、輝石・斜長石などの結晶片を含む。白色軽石質火山ガラス岩片は少量含まれる。	S12層	後期更新世の洞爺湖盆地縁部の扇状地性三角州堆積物
179.10								
179.80								
180.10	火山円礫岩	灰・淡灰						
182.50		灰・淡灰						
183.60			火山円礫岩					
184.50			火山円礫岩		灰・淡灰			
184.80			火山円礫岩		灰・淡灰			
185.00			軽石質凝灰岩	土石流堆積物	淡灰白	薄い軽石質砂質～シルト質凝灰岩と軽石質凝灰岩基質に長径2cm以下の円磨された白・淡灰色の軽石礫を少量含む淘汰の悪い堆積物の互層。石質岩片は最大径2cm。成層構造は45°程度傾いている。	S13層	クッタラ火山火砕堆積物を主な母材とする二次的火山泥流堆積物
185.70			火山円礫岩		灰・淡灰			
189.90			火山円礫岩		灰・淡灰			
190.60			火山円礫岩		灰・淡灰			
191.20			火山円礫岩		灰・淡灰			
192.65			火山円礫岩	河川成礫層もしくは土石流堆積物	灰・淡灰	径15cm以下の大礫～中礫サイズの安山岩質円礫を主体とする。少量のデイサイト礫、珪長質深成岩礫、白色・淡緑色変質岩礫等を含む。未固結で基質は流失している。カッティングス試料では灰色～暗灰色火山岩片が多く、白色・黄褐色・淡緑色などの変質岩片、輝石・斜長石などの結晶片を含む。白色軽石質火山ガラス岩片は少量含まれる。	S14層	後期更新世の洞爺湖盆地縁部の扇状地性三角州堆積物
193.20								
194.70								
195.30	火山円礫岩	灰・淡灰						
196.60		灰・淡灰						
196.90	火山円礫岩	灰・淡灰						
200								

図5 有珠山壮管観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole cores taken at the Sobetsu observation site (continued).

表 1 代表的試料の全岩化学組成

全鉄は FeO で表され、主成分酸化物は合計が 100% になるように再計算されている。

Table 1 Representative whole-rock chemical compositions of volcanic rocks of core samples from the Sobetsu observation site. All the analysis values for major elements have been normalized to 100% volatile-free with total iron calculated as FeO.

深度	試料名	対比	wt%											ppm							
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	total	FeO*/MgO	Rb	Sr	Ba	Y	Zr		
4.30m	S1層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu4.30mPm01	歴史時代噴出物(グループ2)由来	72.14	0.30	14.95	3.03	0.17	0.70	3.21	4.33	1.05	0.10	100.00	4.29	15.0	346	475	44	136	
14.72m	S1層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu 14.72mPm01	歴史時代噴出物(AD1663)由来	74.61	0.18	14.33	2.27	0.17	0.43	2.30	4.48	1.17	0.06	100.00	5.22	21.6	316	519	43	144	
17.00m	S1層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu17.00mPm01	歴史時代噴出物(グループ2)由来	71.39	0.36	14.96	3.46	0.18	0.88	3.42	4.22	1.02	0.12	100.00	3.94	15.3	336	461	40	129	
25.07m	S2層玄武岩質安山岩溶岩	Usu25.07m	有珠外輪山溶岩	54.03	0.88	18.76	10.02	0.17	3.03	9.90	2.50	0.54	0.17	100.00	3.31	4.8	350	247	32	67	
48.90m	S3層玄武岩質安山岩溶岩	Usu48.90m	有珠外輪山溶岩	53.39	0.82	17.20	10.89	0.20	5.20	9.45	2.24	0.45	0.15	100.00	2.09	1.9	316	205	31	58	
74.71m	S5層玄武岩質安山岩溶岩	Usu74.71m	有珠外輪山溶岩	54.12	0.84	18.39	9.97	0.18	3.59	9.93	2.37	0.47	0.13	100.00	2.78	3.7	339	202	31	57	
94.60m	S7層火山礫凝灰岩中の軽石礫	UsuCo94.6mPm01	上長和テフラ由来	61.88	0.68	17.42	6.84	0.24	2.50	6.46	3.17	0.65	0.16	100.00	2.74	5.9	440	288	37	89	
94.60m	S7層火山礫凝灰岩中の軽石礫	UsuCo94.6mPm02	上長和テフラ由来	61.21	0.72	17.73	7.04	0.25	2.58	6.62	3.08	0.62	0.15	100.00	2.73	9.3	433	282	34	83	
96.10m	S8層火山円礫岩中の玄武岩質安山岩礫	Usu96.10m	有珠外輪山溶岩由来?	53.83	0.85	18.30	10.32	0.19	3.54	10.05	2.32	0.46	0.13	100.00	2.92	2.0	339	213	30	58	
102.56m	S8層火山円礫岩中の安山岩礫	Usu102.56m	新三系火山岩類由来?	61.87	0.64	15.51	8.00	0.21	3.33	6.69	2.34	1.32	0.08	100.00	2.40	24.1	219	337	39	98	
114.10m	S9層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu114.1mPm01	支笏火砕流堆積物由来	76.39	0.20	13.44	1.89	0.08	0.21	1.47	3.68	2.61	0.02	100.00	8.80	63.2	154	821	54	193	
118.30m	S9層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu118.3mPm02	クッタラ火山噴出物(Kt-1)由来	70.96	0.35	15.59	3.15	0.09	0.83	3.88	3.29	1.80	0.06	100.00	3.79	44.6	242	529	42	140	
118.49m	S9層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu118.49mPm01	洞爺火砕流堆積物由来	76.43	0.05	14.15	0.84	0.10	0.12	0.56	4.81	2.93	0.01	100.00	6.76	68.1	60	1016	78	98	
118.49m	S9層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu118.49mPm02	支笏火砕流堆積物由来	76.10	0.18	13.84	1.59	0.08	0.31	1.63	3.71	2.54	0.02	100.00	5.12	71.5	167	771	51	195	
118.60m	S9層火山礫凝灰岩中の軽石礫	UsuCo118.6mPm01	中島火山噴出物由来?	62.84	0.63	17.63	6.01	0.17	2.39	5.81	3.26	1.15	0.13	100.00	2.52	19.5	345	471	36	111	
165.00m	S11層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu165.00mPm02	クッタラ火山噴出物(Kt-1or2?)由来	66.62	0.37	17.89	3.38	0.08	1.01	6.30	3.14	1.13	0.07	100.00	3.34	27.2	293	354	39	107	
165.00m	S11層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu165.00m Pm03	クッタラ火山噴出物(Kt-1or2?)由来	66.06	0.42	18.36	3.80	0.08	0.90	6.16	3.02	1.13	0.08	100.00	4.21	22.7	264	362	39	100	
185.15m	S13層火山礫凝灰岩中の軽石礫	Usu185.15mPm02	クッタラ火山噴出物(Kt-1or2?)由来	66.09	0.45	17.10	4.66	0.11	1.63	5.75	2.88	1.24	0.09	100.00	2.87	27.4	251	383	40	104	

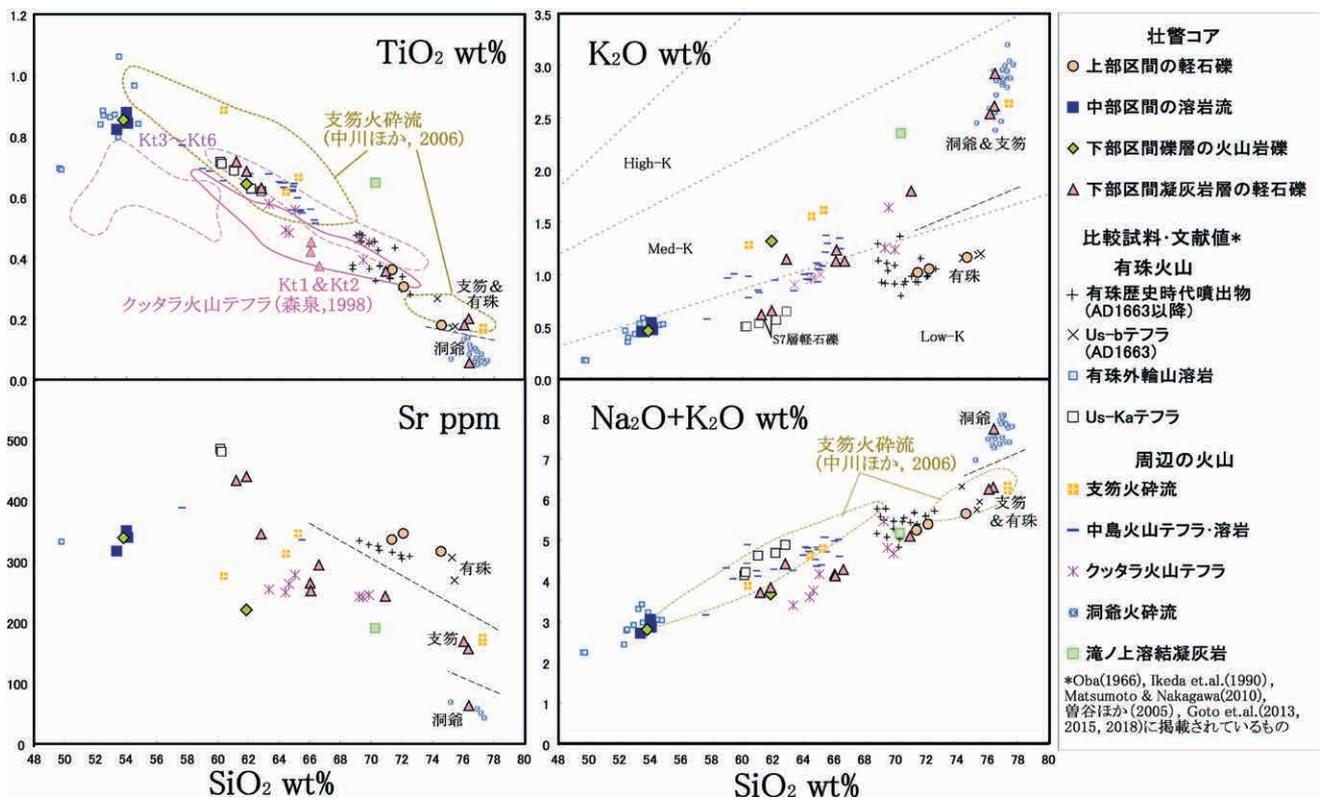


図 6 有珠山壯瞥観測井で採取されたコア試料の全岩化学組成変化図

Fig. 6 Variation diagrams showing representative whole-rock chemical composition of core samples from the Sobetsu observation site.

組成を明治大学黒曜石研究センター設置の波長分散型蛍光 X 線分析装置 (RIGAKU 製 RIX1000 型) を用いて測定した (表 1 および図 6)。測定条件等は長井ほか (2008) による。また、一部層準の火山礫凝灰岩中の火山ガラスと重鉍物斑晶 (直方輝石, ホルンブレンド) の屈折率を明治大学黒曜石研究センターの設置の温度変化型屈折率測定装置 (京都フィッシュン・トラック製 RIMS2000 型) を用いて Danhara et

al. (1992) の方法で測定した (図 7)。

以下に各層の岩相について深度別に記載する。

(1) 深度: 0.00 ~ 22.80 m (S1 層)

本来は複数の地層からなると推測されるが、コア採取時の破碎により構造が破壊されており詳細は明らかでない為、今回は一括して S1 層としておく。淡灰色のシルト - 砂質火山灰基質に少量の安山岩 ~ デイサイト質の火山礫や軽石礫を含む (写真 2) 火山

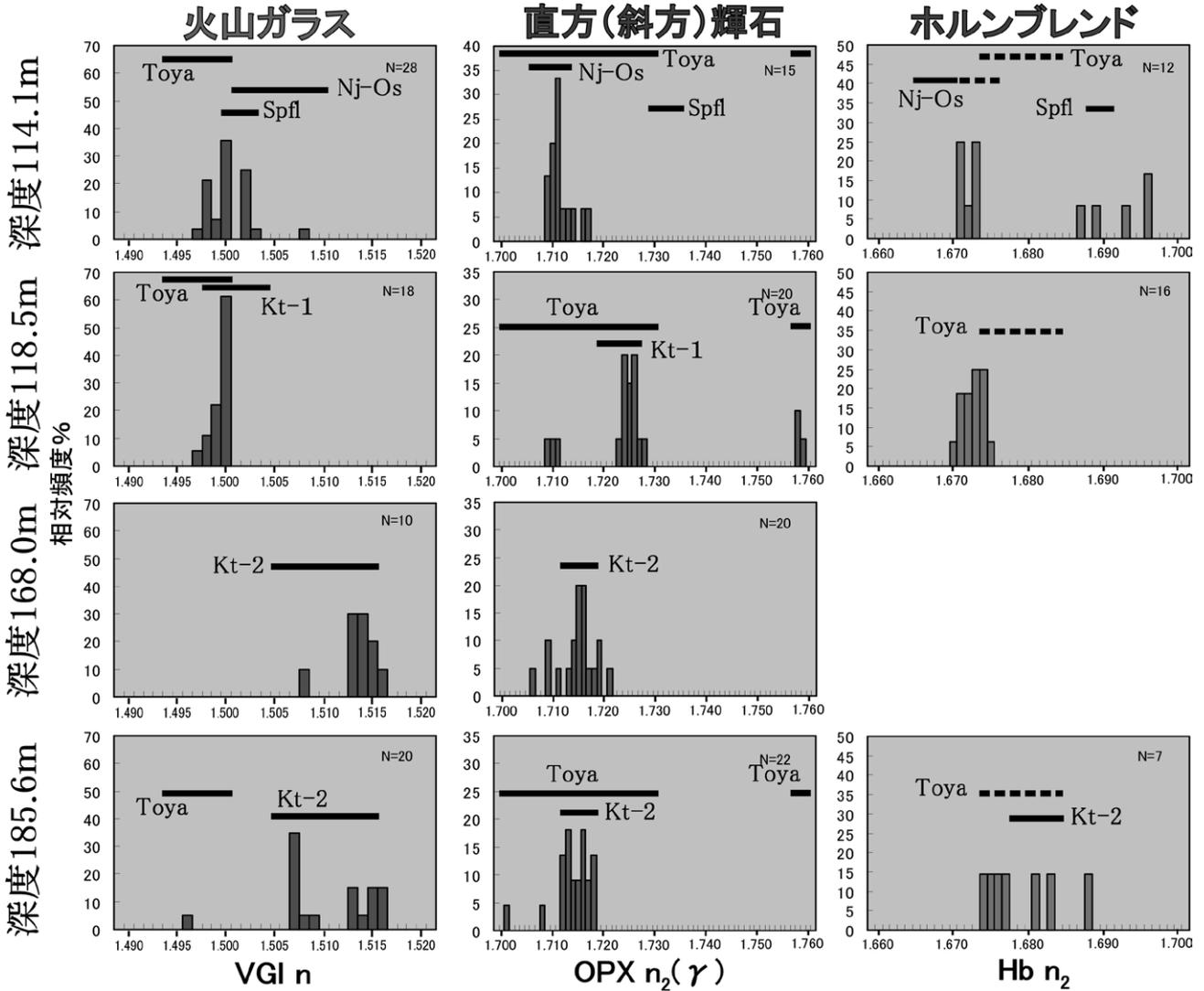


図7 壮瞥コアの凝灰岩中の火山ガラスと重鉱物粒子の屈折率ヒストグラム
有珠山地域に分布する指標テフラの屈折率範囲(春日井ほか, 1990; 山縣, 1994; 町田・新井, 2003; Goto *et al.*, 2018 より編集)も示す。

Fig.7 Refractive index histograms of volcanic glass and cleavage fragments of heavy minerals of tuff beds from borehole core taken at the Sobetsu observation site. The solid bars show the range of the refractive index of the marker tephras (Kasugai *et al.*, 1990; Yamagata, 1994; Machida and Arai, 2003; Goto *et al.*, 2018).

礫凝灰岩層ないし凝灰岩で、火山礫の最大粒径は6 cm、軽石の最大粒径は3 cmである。深度4.30 m、14.72 m、17.00 mで採取した軽石礫のSiO₂量は約72~75 wt%である(表1)。下部では暗灰色の玄武岩質安山岩粒子が増加し灰色を呈する。S1層は全体的に淘汰が悪いことから火砕流もしくは土石流堆積物の可能性が高い。ただし深度0.45~0.58 m、1.70~1.78 m、2.45~2.60 m、4.70~5.00 mは褐色の風化火山灰状で土壌層も含まれる可能性がある。

(2) 深度: 22.80~29.40 m (S2層)

斜長石斑晶が目立つ灰色の両輝石玄武岩質安山岩溶岩である。破碎が進んでおり基質の流失やコア欠落が多い。このため下位のS3層との境界深度は暫定である。深度25.11~26.00 mと27.27~28.00 mは溶岩連続体部分で、それぞれ上部に大きな気泡が濃集した構造を持つことからS2層はさらに上下に二分するべきかもしれない。それら以外の火山角礫岩部分は溶岩流の上下のクリンカー部に相当する部分で、暗灰色、灰色、赤褐色の径13 cm以下の発泡した玄武岩質安山岩角礫からなる。

連続体部分の割れ目やクリンカー礫の表面には変質による黄褐色～褐色の被膜が形成されている。深度 25.07 m で採取した両輝石安山岩の SiO_2 量は約 54 wt% である(表 1)。

(3) 深度：29.40～57.00 m (S3 層)

斜長石斑晶が目立つ灰色のカンラン石両輝石玄武岩溶岩である。破碎が進んでおり基質の流失やコア欠落が多い。このため上下の S2 層、S4 層との境界深度は暫定である。深度 44.79 m までは上部クリンカー部に相当する火山角礫岩で最大径 75 cm に達する比較的大型で灰色の発泡度のやや低い角礫と径 15 cm 以下の暗灰色、灰色、赤褐色の発泡した角礫からなる(写真 3)。深度 44.79～55.76 m は溶岩連続体部分で、上部と下部で気泡が多い傾向がある。深度 48 m から 55 m 付近にかけては割れ目が少ない比較的緻密で石基結晶度の高い溶岩となっている(写真 4)。深度 55.76 m 以深の火山角礫岩部分は溶岩流の下部クリンカー部に相当する部分で、暗灰色、灰色の径 40 cm 以下の発泡した角礫からなる。下部のクリンカー礫の表面には変質による黄褐色～褐色の被膜が形成されている。深度 48.90 m で採取したカンラン石両輝石玄武岩の SiO_2 量は約 53 wt% である(表 1)。

(4) 深度：57.00～66.40 m (S4 層)

斜長石斑晶が目立つ灰色のカンラン石両輝石玄武岩溶岩である。破碎が進んでおり基質の流失やコア欠落が多い。このため上下の S3 層、S5 層との境界深度は暫定である。深度 57.50 m までは上部クリンカー部に相当する火山角礫岩で径 14 cm 以下の暗灰色の発泡した角礫からなる。深度 57.50～65.21 m は溶岩連続体部分で上部と下部で気泡が多い傾向がある。しばしば密に割れ目が発達し 5 cm 以下の角礫状部分も多い。深度 55.76 m 以深の火山角礫岩部分は溶岩流の下部クリンカー部に相当する部分で、暗灰色、灰色の径 20 cm 以下の発泡した角礫からなる。連続体部分の割れ目や下部のクリンカー礫の表面には変質による黄褐色の被膜が形成されている部分がある。

(5) 深度：66.40～78.60 m (S5 層)

斜長石斑晶が目立つ灰色～暗灰色の両輝石玄武岩溶岩である。破碎が進んでおり基質の流失やコア欠落が多い。このため上下の S4 層、S6 層との境界深度は暫定である。深度 67.49 m までは上部クリン

カー部に相当する火山角礫岩で径 6 cm 以下の暗灰色の発泡した角礫からなる。深度 67.49～75.60 m は溶岩連続体部分で、比較的ガラス質の石基を持ち(写真 5)、上部と下部で気泡が多い傾向がある。割れ目が発達し 5 cm 以下の角礫状部分も多い。深度 75.60 m 以深の火山角礫岩部分は溶岩流の下部クリンカー部に相当する部分で、暗灰色の径 10 cm 以下のガラス質角礫からなる(写真 6)。連続体部分の割れ目や破碎した礫の表面には変質による黄褐色の被膜が形成されている部分がある。深度 74.71 m で採取した両輝石玄武岩の SiO_2 量は約 53 wt% である(表 1)。

(6) 深度：78.60～93.60 m (S6 層)

ほとんどがコア欠落した区間のため上下の S5 層、S7 層との境界深度は暫定である。深度 80 m 付近にわずかに残存したコアでは水平な成層構造を持つ淡黄灰色の砂質シルト層からなる(写真 7)。そのほか 84.0～84.6 m、92.0～93.6 m にごく少量の径 7 cm 以下の安山岩質・玄武岩質安山岩質・凝灰岩質の円礫が残存する。深度 80～91 m のカッティングス試料は粗粒砂程度の粒径を持ち、S2～S5 層に類似した玄武岩質のガラス質岩片やスコリアを多量に含む。深度 91～93 m のカッティングス試料はそれらに加えて S7 層に類似した淡褐色スコリアや淡灰色軽石の粒子を少量含んでいる。

成因を推定するための情報に乏しいが、水流に強弱のある河川や湖沼に堆積した火山岩由来物質の未固結な二次堆積物とみられる。

(7) 深度：93.60～95.90 m (S7 層)

淡灰色の軽石礫粒子を特徴的に含む層準で、上部の深度 94.20 m までは径 3 cm 以下の安山岩礫や 3 mm 以下の軽石礫を少量含む、コア状の淡褐色の砂質シルト質凝灰岩からなる(写真 8)。下部の深度 94.20 m 以深は基質が大部分で流失しているが、径 9 cm 以下の火山岩礫と径 3 cm 以下の淡灰色軽石礫を含む淘汰の悪い堆積物からなる。軽石礫は多角形状の角礫もしくは亜角礫状で、気泡のサイズが小さく発泡度が低い(写真 8)。斑晶重鉱物に少量の直方輝石、単斜輝石、ホルンブレンドを含む特徴がある。深度 94.6 m で採取した軽石礫の SiO_2 量は約 61～62 wt% である(表 1)。火山岩礫は主に安山岩質円礫で他に珪長質深成岩や白色変質岩の円礫、玄武岩質安山岩角礫等を含む。

本層は比較的同質の火砕物粒子に富むが、粗粒な円礫も大量に含むことから噴火に直接由来するのではなく二次的な堆積物である可能性が高い。下部は淘汰が悪いことから土石流堆積物と考えられる。上部はS6層と同様に水流に強弱のある河川や湖沼の未固結堆積物と考えられる。

(8) 深度：95.90～109.20 m (S8層)

ほとんどが基質の欠落した区間のため上下のS7層、S9層との境界深度は暫定である。灰色や淡灰色の径17 cm以下の大礫～中礫サイズの様々な特徴を持つ安山岩質円礫を主体とし、少量のデイサイト質礫、珪長質深成岩礫、白色・淡緑色変質岩礫、玄武岩質安山岩角礫等を含む(写真9, 写真10)。未固結で基質は流失している。深度102.56 mで採取した安山岩礫のSiO₂量は約62 wt%である(表1)。

成因を推定するための情報に乏しいが、火山岩を主体とする多岩種の円礫に富み、流失した基質の量はもともと比較的少ないと考えられるため、火山岩由来物質を主体とする未固結な河川成礫層とみられる。

(9) 深度：109.20～120.60 m (S9層)

ほとんどがコア欠落した区間のため上下のS8層、S10層との境界深度は暫定である。未固結な軽石質凝灰岩基質に長径4 cm以下の円磨された白・淡灰・赤灰・黄白色の軽石礫を含む淘汰の悪い火山礫凝灰岩層(写真11)。部分的に水平的な層理面が観察される。重鉱物斑晶は主に単斜輝石と直方輝石でホルンブレンドも含まれる場合がある。軽石礫は色調だけでなく斑晶量など異なる様々な種類のものからなる。深度114.1～118.6 mで採取した軽石礫のSiO₂量は約63～76 wt%である(表1)。石質岩片は最大4 cmの円磨された火山岩礫を少量含む。

軽石や火山ガラス粒子に富むが、同一深度でも性質が異なる数種類以上の円磨された軽石礫を含むことから、噴火に直接由来するのではなく数種程度の火砕堆積物が混合した二次的な堆積物である可能性が高い。淘汰が悪いことから土石流堆積物と考えられる。

(10) 深度：120.60～147.60 m (S10層)

ほとんどがコア欠落した区間のため上下のS9層、S11層との境界深度は暫定である。灰色や淡灰色の径13 cm以下の大礫～中礫サイズの様々な特徴を持つ安山岩質円礫を主体とする。少量のデイサイト質

礫、珪長質深成岩礫、白色・淡緑色変質岩礫等を含む。未固結で基質は流失している。成因を推定するための情報に乏しいが、火山岩を主体とする多岩種の円礫に富むことから火山岩由来物質を主体とする未固結な河川成礫層か土石流堆積物とみられる。

(11) 深度：147.60～168.60 m (S11層)

ほとんどがコア欠落した区間のため上下のS10層、S12層との境界深度は暫定である。未固結の軽石質凝灰岩基質に長径3 cm以下の円磨された白・淡灰色の軽石礫を含む淘汰の悪い火山礫凝灰岩層である(写真12, 写真13)。部分的に不明瞭な水平的な層理面が観察される。重鉱物斑晶は主に単斜輝石と直方輝石で少量のホルンブレンドも含まれる場合がある。軽石礫は色調だけでなく斑晶量など異なる数種類のものからなるが、輝石斑晶が目立ついわゆるゴマシオ状のものが多い。深度165.0 mで採取した軽石礫のSiO₂量は約66～67 wt%である(表1)。石質岩片は最大2.5 cmの円磨された火山岩礫を少量含む。

軽石や火山ガラス粒子に富むが、円磨された軽石を大量に含むことから、噴火に直接由来するのではなく二次的な堆積物である可能性が高い。淘汰が悪いことから土石流堆積物と考えられる。

(12) 深度：168.60～184.80 m (S12層)

ほとんどがコア欠落した区間のため上下のS11層、S13層との境界深度は暫定である。灰色や淡灰色の径16 cm以下の大礫～中礫サイズの様々な特徴を持つ安山岩質円礫を主体とする。少量のデイサイト質礫、珪長質深成岩礫(写真14)、白色・淡緑色変質岩礫等を含む。未固結で基質は流失している。成因を推定するための情報に乏しいが、火山岩を主体とする多岩種の円礫に富むことから火山岩由来物質を主体とする未固結な河川成礫層か土石流堆積物とみられる。

(13) 深度：184.80～185.70 m (S13層)

上下のS12層、S13層との境界深度はコア欠落した区間のため暫定である。未固結で45°程度傾斜している成層構造が顕著であり、細粒な凝灰岩部分と軽石質凝灰岩基質に長径2 cm以下の円磨された白・淡灰色の軽石礫を含む淘汰の悪い軽石火山礫凝灰岩部分との互層状になっている(写真15)。重鉱物斑晶は主に単斜輝石と直方輝石で少量のホルンブレンドも含まれる場合がある。軽石礫は色調だけでなく斑

であるが、礫層が主体で軽石凝灰岩層と互層する。礫は大部分がこの地域の基盤火山岩類に類似した安山岩円礫である。

壮瞥コア下部の最上部のS7層の軽石火山礫凝灰岩部分は発泡の悪い安山岩質の軽石礫を主体とするが、これは外観的特徴だけでなく斑晶鉱物組み合わせや全岩化学組成(図6, 表2)の点からも有珠-上長和テフラ(ないし中島-関内テフラ)とよく似ており対比されると考えられる。ただし二次的な堆積物の可能性が高いため、S7層の堆積年代は上長和テフラの噴出年代の約2~3万年前頃かそれよりもやや新しい時期と考えられる。壮瞥コアでは有珠-上長和テフラの下位からも有珠外輪山溶岩由来と考えられる礫が少量採取されている(表1, 図6)ので、外輪山溶岩の活動開始のほう为上長和テフラ噴出よりも古い可能性も考えられる。しかし上長和テフラも溶岩礫も初生的な堆積物でないと判断されることや、この深度付近のコア試料は欠落が多くて掘削ツールス揚降時の孔壁崩落による上位からの礫混入の可能性が否定できないことから、本コアでの産出深度をもって上長和テフラと外輪山溶岩基底の層位関係を厳密に決定することはできない。

S7層より下位の軽石凝灰岩に含まれる軽石礫は重鉱物として輝石やホルンブレンドを含み、白色~淡桃色で発泡がよく、いずれもよく円磨されている。予察的に求めた全岩化学組成(表1, 図6)ではデイサイト質から流紋岩質にわたる多様な組成を示し、近隣火山由来の後期更新世テフラ(支笏火砕流堆積物・洞爺火砕流堆積物・中島長流川テフラ・クッタラ火山のKt-1やKt-2テフラ)に類似した軽石礫からなる。

軽石凝灰岩基質に含まれる火山ガラスや重鉱物粒子(63-125 μm サイズ)について求めた屈折率の分布(図7)では、深度165 mより深い試料ではクッタラ火山Kt-2とよく似た特徴を示す。深度118.5 mではKt-1と似ており、さらに洞爺火砕流堆積物に特徴的な高屈折率直方輝石が確認できる。深度114.1 mの試料では近隣火山テフラの既報値との対応は明瞭でないが、火山ガラスにおいては各テフラ由来のピークが重なり合っているようにもみえる。

以上の測定結果はどちらも測定数が少なく概観程度であるものの、S9層~S13層の軽石凝灰岩は上記の近隣火山テフラから由来した軽石礫や火山灰粒

子が様々な割合で混合したものである可能性を強く示している。フィッション・トラック年代測定結果も母材テフラ由来のジルコン粒子を主に測定したとすれば説明できる。これらの母材テフラはKt-1テフラを除けば現在も有珠火山地域に多量に分布しており(図1)、堆積後に二次的に土石流として移動したとしても矛盾はない。Kt-1テフラについては、長流川上流域に堆積した降下テフラが流水により長流川を伝って有珠火山周辺まで移動してきたのかもしれない。これらの軽石凝灰岩の堆積時期は見出された母材テフラのうち最も新しいものの噴出年代よりも新しい時期と考えられる。すなわちS11層~S13層では少なくともKt-2テフラの約5万年前(中川ほか, 2018)よりも新しく、S9層では支笏テフラの4.6万年前(Uesawa *et al.*, 2016)より新しいことになる。

以上より壮瞥コア下部区間を構成する堆積物は古い基盤岩の一部ではなく、洞爺カルデラ形成後から有珠火山の活動初期にかけてカルデラ縁に堆積したものと推定される(図4)。粗粒な円礫を主体とすることからファンデルタ等の礫質三角州を形成していたものであろう。成層構造が大きく傾斜している部分は前置葉理をなす初生的な構造かスランプなどの堆積後の変形が考えられる。

7. 壮瞥観測井コア試料から示唆される洞爺湖の水位変化

有珠火山においては隣接する洞爺湖の存在がマグマと地表水の相互作用や噴出物の定置環境に影響を与えている可能性があり、また逆に火山活動を反映して洞爺湖の環境が変化した可能性がある。例えば洞爺湖の湖面高度は有珠火山の形成によって大きく上昇したことが推定されている(Goto *et al.*, 2015)。洞爺湖岸で掘削された壮瞥コアの岩相の変化は洞爺湖の水位変化と密接に関係している可能性が高く、その推移や原因について理解する助けになると考えられる。なお、以下の議論では壮瞥観測井の位置では潜在ドーム形成などの地殻変動の影響が無視できるものとしている。

壮瞥コア下部区間の最上部は有珠火山の形成初期に堆積しているが、水平な成層構造が三角州頂置層にあたるとすれば、その上面に近い深度(現在の洞爺湖の水深で60~70 m前後)に当時の湖水面があったと考えられる。なお洞爺湖内の水深70~100 m

付近には数段の湖棚地形(例えば Goto and Danhara, 2018 の Fig.2 で確認できる)があり, かつて現在よりも 70 m 以上湖面が低い時期が存在していた可能性は高い。

壮瞥コア中部区間の有珠外輪山溶岩はすべての層準で現在の洞爺湖面より低い, 水冷構造をもつ溶岩流は現在の洞爺湖の水深で 30~40 m 付近までで, それより上位では陸上溶岩流である。このことから水位は壮瞥観測井の位置への水中溶岩の到達以前に水深 30~40 m 付近まで上昇しており, その後陸上溶岩の定置以降に水深 10 m 以浅まで上昇したと考えられる。大まかには外輪山山体の形成と同時期に湖面高度が次第に上昇しており, これは外輪山の成長に伴い湖水出口の未詳河川が段階的に堰き止められた結果であろう。湖面高度は壮瞥観測井の孔口標高を超える海拔 130~140 m 付近まで上昇し, その後低下したと考えられている(太田, 1956; Goto et al., 2015)が, コア上部区間の堆積構造の保存が悪いことから, この間の水位変化の過程を示唆する情報はまだ得られていない。

8. おわりに

今回の壮瞥観測井コア試料の解析の結果, 有珠山北麓の有珠火山噴出物は厚さが薄く, その直下に洞爺カルデラ湖盆南縁を埋め立てた厚い未固結堆積物が伏在する可能性が高くなった。有珠火山地域の坑井資料から水理地質構造をまとめた大島・松島(1999)では和田ほか(1988)の層序観に基づき検討していることもあり, 対応するような後期更新世の地層は推定されていない。しかし厚い未固結堆積物が伏在するとすれば, そこに地下水が多量に涵養されて火道のマグマと地下水の接触が促進されたり, あるいは火道周辺母岩の変形が容易となり潜在ドーム群形成の要因となったりした可能性がある。今後は壮瞥コアで推定された層序を念頭に有珠火山地域の地質構造について再検討する必要があると考えられる。

9. まとめ

防災科学技術研究所が有珠山北麓で掘削した壮瞥火山観測井コア試料は深度ごとに特徴の異なる3つのグループに大別される。

コア試料の上部区間是有珠火山歴史時代噴出物の二次的な堆積物, 中部区間是有珠外輪山成層火山形

成期の溶岩流がそれぞれ主体となっている。中部の溶岩流のうち上部は陸上で, 下部は水中で定置した特徴を持つ。

コア試料の下部区間はこの地域に広く存在する安山岩類起源の円礫を多く含む河川成の礫層ないし砂礫層を主体とする。数層準に含まれる軽石凝灰岩層はクッタラ火山 Kt-2 テフラや洞爺火砕流堆積物, 支笏火砕流堆積物, 有珠上長和テフラ等の火砕物粒子を主体とする二次的な土石流(火山泥流)堆積物と判断される。したがって下部区間の堆積時期は洞爺カルデラ形成後から有珠火山活動初期までの間と考えられる。

今回得られた地質断面から, 有珠火山噴出物は洞爺湖岸で 100 m 程度の厚さしかなく, その下位には未固結の堆積物が厚く存在している可能性が示唆される。

謝辞

有珠山壮瞥火山観測施設の工事にあたっては壮瞥町をはじめとする関係機関や地元の住民の皆様に御理解・御協力を頂いた。蛍光 X 線分析と鉱物屈折率測定に関して明治大学黒曜石研究センターの皆様のお協力を頂いた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) Danhara, T., Iwano, H., Yoshioka, T., and Tsuruta, T. (2003): Zeta calibration values for fission track dating with a diallyl phthalate detector. *The Journal of the Geological Society of Japan*, **109**, 665-668. (<https://doi.org/10.5575/geosoc.109.665>)
- 2) 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. ([https://doi.org/10.1016/1040-6182\(92\)90013-R](https://doi.org/10.1016/1040-6182(92)90013-R))
- 3) Galbraith, R. F. (1981): On statistical models for fission track counts. *Math. Geol.*, **13**, 471-478. (<https://doi.org/10.1007/BF01034498>)
- 4) Goto, Y. and Danhara, T. (2018): Subsurface structure of Toya caldera, Hokkaido, Japan, as inferred from CSAMT resistivity survey. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **127**, 139-156. (<https://doi.org/10.5026/jgeography.127.139>)

- 5) Goto, Y., Danhara, T., and Tomiya A. (2019): Catastrophic sector collapse at Usu volcano, Hokkaido, Japan: failure of a young edifice built on soft substratum. *Bulletin of Volcanology*, **81**:37. (<https://doi.org/10.1007/s00445-019-1293-x>)
- 6) Goto, Y., Matsuzuka, S., Kameyama, S., and Danhara, T. (2015): Geology and Evolution of the Nakajima Islands (Toya Caldera, Hokkaido, Japan) Inferred from Aerial Laser Mapping and Geological Field Surveys. *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*, **60**, 17-33. (https://doi.org/10.18940/kazan.60.1_17)
- 7) Goto, Y., Sekiguchi, Y., Takahashi, S., Ito, H., and Danhara, T. (2013): The 18-19ka Andesitic Explosive Eruption at Usu Volcano, Hokkaido, Japan. *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*, **58**(4), 529-541. (https://doi.org/10.18940/kazan.58.4_529)
- 8) Goto, Y., Suzuki, K., Shinya, T., Yamauchi, A., Miyoshi, M., Danhara, T., and Tomiya, A. (2018): Stratigraphy and lithofacies of the Toya Ignimbrite in southwestern Hokkaido, Japan: Insights into the caldera-forming eruption at Toya caldera. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **127**(2), 191-227. (<https://doi.org/10.5026/jgeography.127.191>)
- 9) 藤根久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木茂・中村賢太郎・伊藤茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉康(2016): 有珠山善光寺岩屑なだれの発生年代の再検討—有珠南麓の過去2万年間の環境変遷との関連で—。第四紀研究, **55**(6), 253-270. (<https://doi.org/10.4116/jaqua.55.253>)
- 10) 藤根久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木茂・中村賢太郎・伊藤茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉康(2017): 宇井(2017)の「討論: 藤根ほか(2016)有珠山善光寺岩屑なだれの発生年代の再検討」への回答。第四紀研究, **56**(5), 245-247. (<https://doi.org/10.4116/jaqua.56.245>)
- 11) 北海道火山灰命名委員会(1979): 石狩低地帯における火山灰を中心とする表層地質。61p. 北海道開発局土木試験所。
- 12) 胆振団体研究会(1990): クッタラ火山の火砕堆積物—支笏火山のテフラ層序の検討とテフロクロノロジー—。地球科学, **44**, 95-112. (https://doi.org/10.15080/agcjchikyukagaku.44.3_95)
- 13) Ikeda, Y., Ikeda, T., and Kagami, H. (1990): Caldera-formation from geochemical aspects: A case study of the Toya caldera, southwestern Hokkaido, Japan. *JOURNAL OF MINERALOGY, PETROLOGY AND ECONOMIC GEOLOGY*, **85**, 569-577. (<https://doi.org/10.2465/ganko.85.569>)
- 14) 春日井昭・前田寿嗣・岡村聡(1990): クッタラ・支笏両火山のテフラの層序と編年(2)。北海道教育大紀要(第二部・B), **40**, 111-126. (<http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/6464>)
- 15) 勝井義雄(1959): 支笏降下軽石堆積物について—特に支笏カルデラ形成直前の活動について—。火山, **4**(1), 33-48. (https://doi.org/10.18940/kazanc.4.1_33)
- 16) 小杉康編(2006): 北海道伊達市 有珠6遺跡発掘調査報告書—噴火湾岸域における後氷期の自然環境の変動と人類適応—。212pp.
- 17) 中川光弘・北川淳一・若狭寛子(2006): 北海道, 支笏火山のマグマ供給系の構造と噴火推移—カルデラ形成期の複数マグマ溜りの同時噴火—。月刊地球, **28**, 88-93.
- 18) 中川光弘・松本亜希子・田近淳・広瀬亘・大津直(2005): 有珠火山の噴火史の再検討: 寛文噴火(1663年)と明和噴火(1769年)に挟まれた17世紀末の先明和噴火の発見。火山, **50**(2), 39-52. (https://doi.org/10.18940/kazan.50.2_39)
- 19) 中川光弘・宮坂瑞穂・三浦大助・上澤真平(2018): 南西北海道, 石狩低地帯におけるテフラ層序学: 支笏-洞爺火山地域の噴火履歴。地質学雑誌, **124**(7), 473-489. (<https://doi.org/10.5575/geosoc.2018.0038>)
- 20) 町田洋・新井房夫(2003): 新編 火山灰アトラス。336pp. 東京大学出版会。
- 21) 町田洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史(1987): 北日本を広くおおむね洞爺火山灰。第四紀研究, **26**(2), 129-145. (https://doi.org/10.4116/jaqua.26.2_129)
- 22) Matsumoto, A. and Nakagawa, M. (2010): Formation and evolution of silicic magma plumbing system: Petrology of the volcanic rocks of Usu volcano,

- Hokkaido, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal research*, **196**, 185-207.
(<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.07.014>)
- 23) Miyabuchi, Y., Okuno, M., Torii, M., Yoshimoto, M., and Kobayashi, T. (2014): Tephrostratigraphy and eruptive history of post-caldera stage of Toya Volcano, Hokkaido, northern Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal research*, **281**, 34-52.
(<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.05.019>)
- 24) 森泉美穂子 (1998) : クッタラ火山群の火山発達史. *火山*, **43**, 95-111.
(https://doi.org/10.18940/kazan.43.3_95)
- 25) 長井雅史・嶋野岳人・杉原重夫 (2008) : 蛍光 X線分析装置による火成岩の主成分・微量成分の定量分析ルーチンの作成とその評価－石器石材の産地推定に関する基礎的研究－. *明治大学博物館研究報告*, **13**, 69-80.
(<http://hdl.handle.net/10291/12923>)
- 26) Oba, Y. (1966): Geology and petrology of Usu Volcano, Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV*, **13**(2), 185-236.
(<http://hdl.handle.net/2115/35948>)
- 27) 奥野 充・宇井忠英・加賀谷にれ (2020) : 有珠火山, 善光寺岩屑なだれの ^{14}C 年代測定. *福岡大学理学集報*, **50**(2), 108-113.
(https://fukuoka-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=5116&item_no=1&page_id=13&block_id=39)
- 28) 大島弘光・松島喜雄 (1999) : 有珠山浅部の水環境 : 既存資料の解析. *北海道大学地球物理学研究報告*, **62**, 79-97.
(<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/14280>)
- 29) 太田良平 (1956) 5 万分の 1 地質図幅「虻田」及び同説明書. *地質調査所*, 76pp.
(<https://www.gsj.jp/Map/JP/geology4-4.html#04050>)
- 30) 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子・東宮昭彦 (2007) : 有珠山山地質図 (第 2 版). *火山地質図*, No.2, 地質調査所.
(https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/usu/index.html)
- 31) 高島 勲・山崎哲良・中田英二・湯川公靖 (1992) : 北海道洞爺湖周辺の第四紀火砕岩及び火山岩の TL 年代. *岩鉱*, **87**(5), 197-206.
(<https://doi.org/10.2465/ganko.87.197>)
- 32) 東宮昭彦・宮城磯治 (2020) : 洞爺噴火の年代値. *火山*, **65**(1), 13-18.
(https://doi.org/10.18940/kazan.65.1_13)
- 33) Tomiya, A. and Takahashi, E. (2005): Evolution of the magma chamber beneath Usu volcano since 1663: A natural laboratory for observing changing phenocryst compositions and textures. *Jour. Petrol.*, **46**(12), 2395-2426.
(<https://doi.org/10.1093/ptrology/egi057>)
- 34) Uesawa, S., Nakagawa, M., and Umetsu, A. (2016) : Explosive eruptive activity and temporal magmatic changes at Yotei Volcano during the last 50,000 years, southwest Hokkaido, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal research*, **325**, 27-44.
(<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.06.008>)
- 35) 宇井忠英 (2017) : 藤根ほか (2016) 「有珠山善光寺岩屑なだれの発牛年代」の再検討. *第四紀研究*, **56**(5), 243-244.
(<https://doi.org/10.4116/jaqua.56.243>)
- 36) 和田信彦・八幡正弘・大島弘光・横山英二・鈴木豊重 (1988) : 西胆振地域の地質と地熱資源. *地下資源調査所調査研究報告*, 19, 93pp, 北海道立地下資源調査所.
- 37) 山縣耕太郎 (1994) : 支笏およびクッタラ火山のテフクロノロジー. *地学雑誌*, **103**(3), 268-285.
(<https://doi.org/10.5026/jgeography.103.268>)
- 38) 山縣耕太郎・町田 洋 (1996) : 北海道伊達における洞爺テフラとその上位の諸テフラ. *日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編, 第四紀露頭集－日本のテフラ*, **50**, 日本第四紀学会.
(2020 年 11 月 19 日原稿受付, 2020 年 11 月 19 日原稿受理)

要 旨

防災科学技術研究所が有珠山北麓で掘削した壮瞥火山観測井のコア試料は深度ごとに特徴の異なる3つのグループに大別される。コア試料の上部区間(深度0～22.8 m)は歴史時代噴出物の二次的な堆積物、中部区間(深度22.8～78.6 m)は外輪山成層火山形成期の水中および陸上の溶岩流が主体となっている。下部区間(深度78.6～201.0 m)はこの地域に広く存在する安山岩類起源の円礫を多く含む河川成の礫層を主体とし軽石凝灰岩層を狭在する。軽石凝灰岩層は洞爺火砕流堆積物、クッタラ Kt-2、支笏火砕流堆積物、有珠上長和などの洞爺カルデラ形成期から有珠火山形成初期に噴出したテフラ由来の火砕物粒子を主体とする二次的な土石流堆積物と考えられる。今回得られた地質断面から有珠火山北部の直下には未固結の堆積物が厚く存在する可能性が指摘される。

キーワード：V-net, ボーリングコア, 有珠火山, 洞爺カルデラ, 火山泥流, 水中溶岩流, 噴火履歴

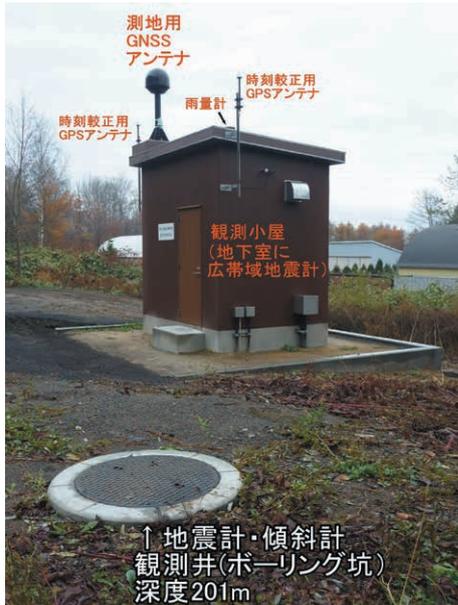


写真1 有珠山壮瞥火山観測施設全景
Photo 1 Full view of the Sobetsu observation site.



写真2 上部の深度14～22m付近に含まれる軽石礫(左:Us-bテフラに類似)とデイサイト質岩片(右).
Photo 2 Pumice (left: similar to the tephra of AD 1667) and dacitic clasts (right) in lapilli tuff (debris flow deposit): 14-22 m in depth.



写真3 深度40.6mの赤色酸化したクリンカー礫.
Photo 3 Reddish oxidized clinker fragments of lava flow: 40.6 m in depth.

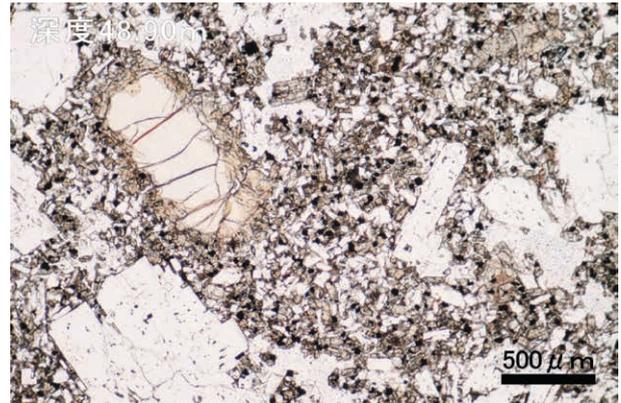


写真4 深度48.9mのカンラン石両輝石玄武岩質安山岩溶岩.
Photo 4 Polarized-light micrograph of olivine two pyroxene basaltic andesitic lava: 48.9 m in depth.

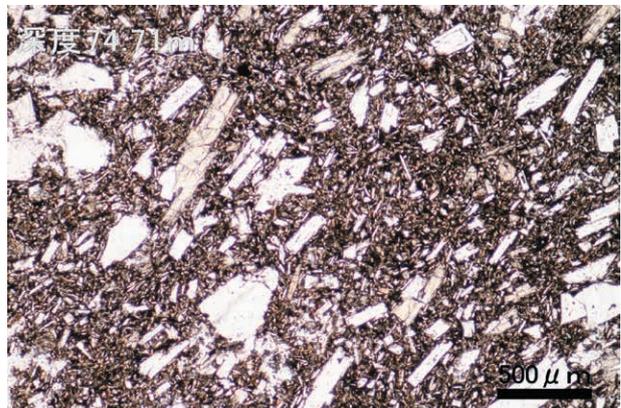


写真5 深度74.7mの両輝石玄武岩質安山岩溶岩.
Photo 5 Polarized-light micrograph of two pyroxene basaltic andesitic lava: 74.7 m in depth.



写真6 深度76.8m付近のガラス質な玄武岩質安山岩溶岩基底の破碎部
Photo 6 Basal autoclastic breccia part of vitreous basaltic andesite lava flow: 76.8 m in depth.



写真7 深度79.8-79.9 m付近の砂質シルト層。
Photo7 Sandy siltstone (lacustrine sediment):
79.8-79.8 m in depth.



写真9 深度96.1 m付近の火山岩円礫。有珠外輪山溶岩類似の亜角礫を含む。
Photo9 Volcanic gravel at 96.1 m depth including Utsunohira lava-like subangular pebble.

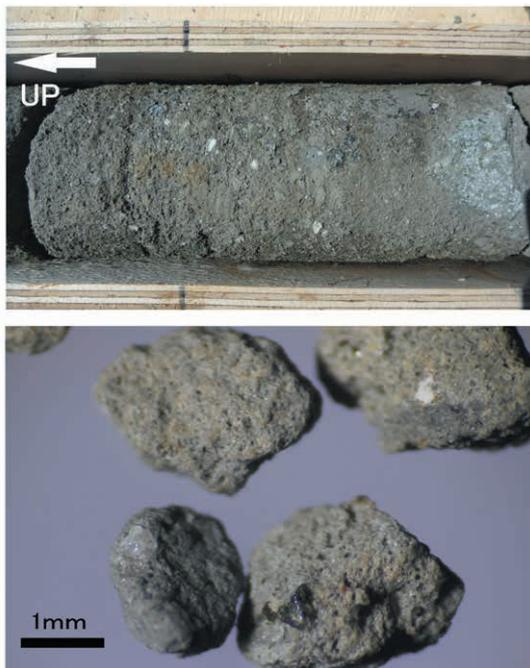


写真8 深度94.1 m付近の凝灰岩(上)。淡灰色軽石岩片(下)を含む。
Photo8 Tuff bed at 94.1 m depth (upper: reworked tephra deposit) and its included light gray pumice fragment (lower).



写真10 深度99.4 m付近の安山岩質円礫
Photo10 Andesitic volcanic gravel at 99.4 m depth.



写真 11 深度 114 m 付近の軽石質火山礫凝灰岩(上).
様々な形態の火山ガラス片を含む(下).
Photo 11 Pumiceous lapilli tuff (upper: debris flow
deposit) and its included volcanic glass
fragment (lower): 114 m in depth.

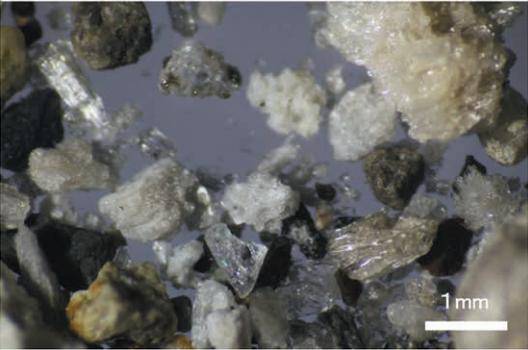


写真 14 深度 178.1 m 付近の閃緑岩質深成岩礫.
Photo 14 Diolitic gravel at 178.1 m depth.



写真 15 深度 185 m 付近の成層した凝灰岩層.
Photo 15 Alternating layers of pumiceous tuff and lapilli
tuff (debris flow deposit) : 185 m in depth.

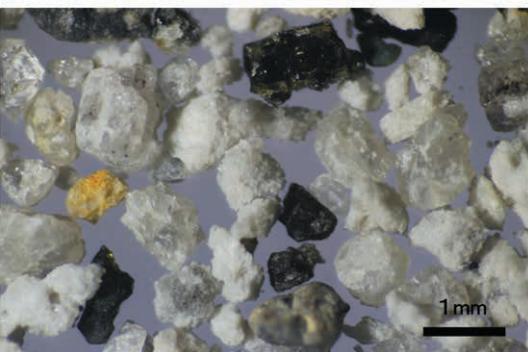


写真 12 深度 165 m 付近の円磨された軽石礫を含む火山礫凝灰岩層.
Photo 12 Pumiceous lapilli tuff (upper left: debris flow deposit) and its included rounded
pumice (right) and volcanic glass fragment (lower left) : 165 m in depth.

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

深度	コア	深度
0m		1m
1m		2m
2m		3m
3m		4m
4m		5m
5m		6m
6m		7m
7m		8m
8m		9m
9m		10m
10m		11m
11m		12m
12m		13m
13m		14m
14m		15m
15m		16m
16m		17m
17m		18m
18m		19m
19m		20m
20m		21m
21m		22m
22m		23m
23m		24m
24m		25m

付録1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真
 Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site.

深度	コア	深度
25m		26m
26m		27m
27m		28m
28m		29m
29m		30m
30m		31m
31m		32m
32m		33m
33m		34m
34m		35m
35m		36m
36m		37m
37m		38m
38m		39m
39m		40m
40m		41m
41m		42m
42m		43m
43m		44m
44m		45m
45m		46m
46m		47m
47m		48m
48m		49m
49m		50m

付録1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

深度	コア	深度
50m		51m
51m		52m
52m		53m
53m		54m
54m		55m
55m		56m
56m		57m
57m		58m
58m		59m
59m		60m
60m		61m
61m		62m
62m		63m
63m		64m
64m		65m
65m		66m
66m		67m
67m		68m
68m		69m
69m		70m
70m		71m
71m		72m
72m		73m
73m		74m
74m		75m

付録 1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).

深度	コア	深度
75m		76m
76m		77m
77m		78m
78m		79m
79m		80m
80m		81m
81m		82m
82m		83m
83m		84m
84m		85m
85m		86m
86m		87m
87m		88m
88m		89m
89m		90m
90m		91m
91m		92m
92m		93m
93m		94m
94m		95m
95m		96m
96m		97m
97m		98m
98m		99m
99m		100m

付録1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

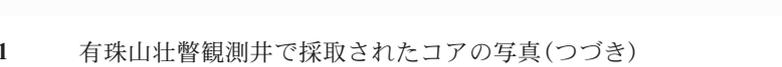
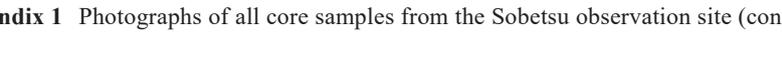
Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

深度	コア	深度
100m		101m
101m		102m
102m		103m
103m		104m
104m		105m
105m		106m
106m		107m
107m		108m
108m		109m
109m		110m
110m		111m
111m		112m
112m		113m
113m		114m
114m		115m
115m		116m
116m		117m
117m		118m
118m		119m
119m		120m
120m		121m
121m		122m
122m		123m
123m		124m
124m		125m

付録 1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).

深度	コア	深度
125m		126m
126m		127m
127m		128m
128m		129m
129m		130m
130m		131m
131m		132m
132m		133m
133m		134m
134m		135m
135m		136m
136m		137m
137m		138m
138m		139m
139m		140m
140m		141m
141m		142m
142m		143m
143m		144m
144m		145m
145m		146m
146m		147m
147m		148m
148m		149m
149m		150m

付録1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).

有珠山壮瞥火山観測井コア試料の岩相と層序－長井ほか

深度	コア	深度
150m		151m
151m		152m
152m		153m
153m		154m
154m		155m
155m		156m
156m		157m
157m		158m
158m		159m
159m		160m
160m		161m
161m		162m
162m		163m
163m		164m
164m		165m
165m		166m
166m		167m
167m		168m
168m		169m
169m		170m
170m		171m
171m		172m
172m		173m
173m		174m
174m		175m

付録 1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).

深度	コア	深度
175m		176m
176m		177m
177m		178m
178m		179m
179m		180m
180m		181m
181m		182m
182m		183m
183m		184m
184m		185m
185m		186m
186m		187m
187m		188m
188m		189m
189m		190m
190m		191m
191m		192m
192m		193m
193m		194m
194m		195m
195m		196m
196m		197m
197m		198m
198m		199m
199m		200m
200m		201m

付録1 有珠山壮瞥観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of all core samples from the Sobetsu observation site (continued).