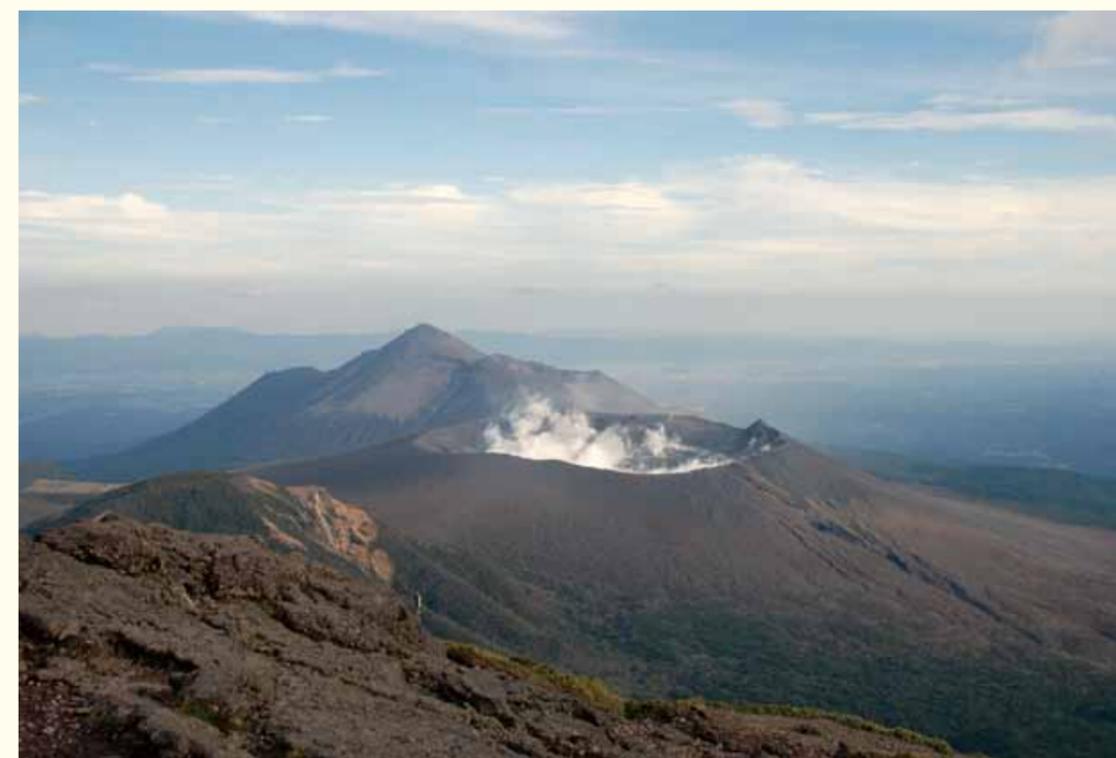


霧島山万膳および夷守台火山観測井コア試料の岩相記載

Lithologic Features of the Borehole Cores from the Manzen and Hinamoridai Observation Wells, Kirishima Volcano, Southwestern Japan



防災科学技術研究所研究資料

- 第 304 号 アジア・太平洋国際地震・火山観測網構築計画に関する事前調査 96pp. 2007 年 3 月発行
- 第 305 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2005/06 年冬期) 45pp. 2007 年 3 月発行
- 第 306 号 地震荷重を受ける減肉配管の破壊過程解明に関する研究報告書 78pp. 2007 年 3 月発行
- 第 307 号 根尾谷断層水鳥島地区における深層ボーリング調査と地殻応力測定 (付録 CD-ROM) 33pp. 2007 年 8 月発行
- 第 308 号 地すべり地形分布図 第 32 集「松山・宇和島」26 葉 (5 万分の 1). 2007 年 9 月発行
- 第 309 号 地すべり地形分布図 第 33 集「大分」18 葉 (5 万分の 1). 2007 年 11 月発行
- 第 310 号 Geological and Logging Data of the NIED wells, Japan -Active fault, Seismogenic zone, Hingeline – 29pp. 2008 年 3 月発行
- 第 311 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2006/07 年冬期) 35pp. 2007 年 11 月発行
- 第 312 号 地すべり地形分布図 第 34 集「延岡・宮崎」19 葉 (5 万分の 1). 2008 年 3 月発行
- 第 313 号 微動探査観測ツールの開発 その 1 – 常時微動解析ツール – (付録 CD-ROM) 133pp. 2008 年 3 月発行
- 第 314 号 距離減衰式による地震動予測ツールの開発 (付録 CD-ROM) 66pp. 2008 年 3 月発行
- 第 315 号 地すべり地形分布図 第 35 集「八代」18 葉 (5 万分の 1). 2008 年 3 月発行
- 第 316 号 地すべり地形分布図 第 36 集「熊本」15 葉 (5 万分の 1). 2008 年 3 月発行
- 第 317 号 2004 年新潟県中越地震による斜面変動分布図 (付録 CD-ROM) 37pp. 2008 年 3 月発行
- 第 318 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 23 (平成 19 年 No. 1) (CD-ROM 版). 2008 年 3 月発行
- 第 319 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 24 (平成 19 年 No. 2) (CD-ROM 版). 2008 年 3 月発行
- 第 320 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 木造建物実験 - 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 152pp. 2008 年 3 月発行
- 第 321 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクト 実大 6 層 RC 建物実験報告書 (付録 CD-ROM) 46pp. 2008 年 3 月発行
- 第 322 号 地すべり地形分布図 第 37 集「福岡・中津」24 葉 (5 万分の 1). 2008 年 8 月発行
- 第 323 号 地すべり地形分布図 第 38 集「長崎・唐津」29 葉 (5 万分の 1). 2008 年 9 月発行
- 第 324 号 地すべり地形分布図 第 39 集「鹿児島」24 葉 (5 万分の 1). 2008 年 11 月発行
- 第 325 号 地すべり地形分布図 第 40 集「一関・石巻」19 葉 (5 万分の 1). 2009 年 2 月発行
- 第 326 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2007/08 年冬期) 33pp. 2008 年 12 月発行
- 第 327 号 防災科学技術研究所 45 年のあゆみ (付録 DVD) 224pp. 2009 年 3 月発行
- 第 328 号 地すべり地形分布図 第 41 集「盛岡」18 葉 (5 万分の 1). 2009 年 3 月発行
- 第 329 号 地すべり地形分布図 第 42 集「野辺地・八戸」24 葉 (5 万分の 1). 2009 年 3 月発行
- 第 330 号 地域リスクとローカルガバナンスに関する調査報告 53pp. 2009 年 3 月発行
- 第 331 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-1 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 -1970 年代に建設された基部曲げ破壊タイプ
の RC 橋脚震動台実験 - (付録 DVD) 107pp. 2009 年 1 月発行
- 第 332 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 25 (平成 20 年 No. 1) (CD-ROM 版). 2009 年 3 月発行
- 第 333 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 26 (平成 20 年 No. 2) (CD-ROM 版). 2009 年 3 月発行
- 第 334 号 平成 17 年度大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 地盤基礎実験 - 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 62pp. 2009 年 10 月発行
- 第 335 号 地すべり地形分布図 第 43 集「函館」14 葉 (5 万分の 1). 2009 年 12 月発行
- 第 336 号 全国地震動予測地図作成手法の検討 (7 分冊 + CD-ROM 版). 2009 年 11 月発行
- 第 337 号 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討 (付録 DVD). 2009 年 12 月発行
- 第 338 号 地すべり地形分布図 第 44 集「室蘭・久遠」21 葉 (5 万分の 1). 2010 年 3 月発行
- 第 339 号 地すべり地形分布図 第 45 集「岩内」14 葉 (5 万分の 1). 2010 年 3 月発行
- 第 340 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2008/09 年冬期) 33pp. 2010 年 3 月発行
- 第 341 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 27 (平成 21 年 No. 1) (CD-ROM 版). 2010 年 3 月発行
- 第 342 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 28 (平成 21 年 No. 2) (CD-ROM 版). 2010 年 3 月発行
- 第 343 号 阿寺断層系における深層ボーリング調査の概要と岩石物性試験結果 (付録 CD-ROM) 15pp. 2010 年 3 月発行
- 第 344 号 地すべり地形分布図 第 46 集「札幌・苫小牧」19 葉 (5 万分の 1). 2010 年 7 月発行
- 第 345 号 地すべり地形分布図 第 47 集「夕張岳」16 葉 (5 万分の 1). 2010 年 8 月発行
- 第 346 号 長岡における積雪観測資料 (31) (2006/07, 2007/08, 2008/09 冬期) 47pp. 2010 年 9 月発行
- 第 347 号 地すべり地形分布図 第 48 集「羽幌・留萌」17 葉 (5 万分の 1). 2010 年 11 月発行

■ 表紙写真・・・ 韓国岳山頂からみた新燃岳・高千穂峰 (2011 年 9 月 22 日小園撮影)

防災科学技術研究所研究資料

- 第 348 号 平成 18 年度 大都市大震災軽減化特別プロジェクト実大 3 層 RC 建物実験報告書 (付録 DVD) 68pp. 2010 年 8 月発行
- 第 349 号 防災科学技術研究所による深層掘削調査の概要と岩石物性試験結果 (足尾・新宮・牛伏寺) (付録 CD-ROM) 12pp. 2010 年 8 月発行
- 第 350 号 アジア防災科学技術情報基盤 (DRH-Asia) コンテンツ集 266pp. 2010 年 12 月発行
- 第 351 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2009/10 年冬期) 31pp. 2010 年 12 月発行
- 第 352 号 平成 18 年度 大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 木造建物実験 - 震動台活用による構造物の耐震性向上研究 - (付録 CD-ROM) 120pp. 2011 年 1 月発行
- 第 353 号 地形・地盤分類および常時微動の H/V スペクトル比を用いた地震動のスペクトル増幅率の推定 242pp. 2011 年 1 月発行
- 第 354 号 地震動予測地図作成ツールの開発 (付録 DVD) 155pp. 2011 年 5 月発行
- 第 355 号 ARTS により計測した浅間山の火口内温度分布 (2007 年 4 月から 2010 年 3 月) 28pp. 2011 年 1 月発行
- 第 356 号 長岡における積雪観測資料 (32) (2009/10 冬期) 29pp. 2011 年 2 月発行
- 第 357 号 浅間山鬼押出火山観測井コア試料の岩相と層序 (付録 DVD) 32pp. 2011 年 2 月発行
- 第 358 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 29 (平成 22 年 No. 1) (CD-ROM 版). 2011 年 2 月発行
- 第 359 号 強震ネットワーク 強震データ Vol. 30 (平成 22 年 No. 2) (CD-ROM 版). 2011 年 2 月発行
- 第 360 号 K-NET・KiK-net 強震データ (1996 – 2010) (DVD 版 6 枚組). 2011 年 3 月発行
- 第 361 号 統合化地下構造データベースの構築 <地下構造データベース構築ワーキンググループ報告書> 平成 23 年 3 月 238pp. 2011 年 3 月発行
- 第 362 号 地すべり地形分布図 第 49 集「旭川」16 葉 (5 万分の 1). 2011 年 11 月発行
- 第 363 号 長岡における積雪観測資料 (33) (2010/11 冬期) 29pp. 2012 年 2 月発行
- 第 364 号 新庄における気象と降積雪の観測 (2010/11 年冬期) 45pp. 2012 年 2 月発行
- 第 365 号 地すべり地形分布図 第 50 集「名寄」16 葉 (5 万分の 1). 2012 年 3 月発行
- 第 366 号 浅間山高峰火山観測井コア試料の岩相と層序 (付録 CD-ROM) 30pp. 2012 年 2 月発行
- 第 367 号 防災科学技術研究所による関東・東海地域における水圧破碎井の孔井検層データ 29pp. 2012 年 3 月発行
- 第 368 号 台風災害被害データの比較について (1951 年～ 2008 年, 都道府県別資料) (付録 CD-ROM) 19pp. 2012 年 5 月発行
- 第 369 号 E-Defense を用いた実大 RC 橋脚 (C1-5 橋脚) 震動破壊実験研究報告書 - 実在の技術基準で設計した RC 橋脚の耐震性に関する震動台実験及びその解析 - (付録 DVD) 64pp. 2012 年 10 月発行
- 第 370 号 強震動評価のための千葉県・茨城県における浅部・深部地盤統合モデルの検討 (付録 CD-ROM) 2013 年 3 月発行
- 第 371 号 野島断層における深層掘削調査の概要と岩石物性試験結果 (平林・岩屋・甲山) (付録 CD-ROM) 27pp. 2012 年 12 月発行
- 第 372 号 長岡における積雪観測資料 (34) (2011/12 冬期) 31pp. 2012 年 11 月発行
- 第 373 号 阿蘇山一の宮および白水火山観測井コア試料の岩相記載 (付録 CD-ROM) 48pp. 2013 年 2 月発行

－ 編集委員会 －		防災科学技術研究所研究資料 第 374 号
(委員長)	納口恭明	平成 25 年 3 月 29 日発行
(委員)		編集兼 独立行政法人
實淵哲也	鈴木真一	発行者 防災科学技術研究所
本吉弘岐	田原健一	〒 305-0006
(事務局)		茨城県つくば市天王台 3－1
吉田則夫	根岸弘明	電話 (029)863-7635
鈴木比奈子		http://www.bosai.go.jp/
(編集・校正)	樋山信子	印刷所 朝日印刷株式会社
		茨城県つくば市東 2-11-15

© National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention 2013

※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。

霧島山万膳および夷守台火山観測井コア試料の岩相記載

長井雅史*・小園誠史*・中田節也**・小林哲夫***・金子隆之**・藤田英輔*・武尾 実**

Lithologic Features of the Borehole Cores from the Manzen and Hinamoridai Observation Wells, Kirishima Volcano, Southwestern Japan

Masashi NAGAI*, Tomofumi KOZONO*, Setsuya NAKADA**, Tetsuo KOBAYASHI***,
Takayuki KANEKO**, Eisuke FUJITA*, and Minoru TAKEO***

* *Earthquake and Volcano Research Unit,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan
mnagai@bosai.go.jp*

** *Volcano Research Center, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan*

*** *Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, Japan*

Abstract

NIED drilled two 200.5 m-deep observation wells at Kirishima volcano. Based on lithologic characteristics, the borehole core from the Manzen observation well located on the western flank of the Kirishima volcano is composed mainly of five thick pyroxene-andesite lava flows and contains intercalated hydrothermal altered pyroclastic rocks. The shallowest lava flow is correlated with products of Mt. Ebinodake volcano that are distributed on the surface around the drilling site. The lava flow at 175.1 to 177.9 m depth is correlated with products of Mt. Kurinodake volcano since it contains a small amount of hornblende crystal that is rare in this volcano group. The pyroclastic rocks mainly consist of debris flow deposits and/or the autoclastic part of lava flows. The breccia at 115.3 to 120.0 m depth is likely to be a pyroclastic flow deposit, however. Similar to the above borehole, the core from the Hinamoridai observation well located on the eastern flank of the Kirishima volcano is composed mainly of seven thick pyroxene-andesite lava flows and contains intercalated hydrothermally altered pyroclastic rocks mainly consisting of the autoclastic part of lava flows and/or debris flow deposits. The breccia at 101.8 to 102.1 m depth is likely to be a pyroclastic flow deposit. The shallowest lava flow is correlated with products of Mt. Maruokayama volcano that are distributed on the surface around the drilling site. Noticeably different from the Manzen site, the part shallower than 19.0 m consists of thick alternating beds of air fall tephra and buried soil deposited during the past about 25,000 years, including undescribed volcanic ash layers.

Key words: Kirishima volcano, Borehole core, Eruptive history, Lava flow, Lahar deposit, Pyroclastic flow deposit, Airfall tephra

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っている。平成21年度は、有珠山、

浅間山、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

* 独立行政法人 防災科学技術研究所 地震・火山防災研究ユニット

** 東京大学地震研究所火山噴火予知研究センター

*** 鹿児島大学大学院理工学研究科

行った。本研究資料は、霧島山万膳および夷守台火山観測施設において採取された岩石コア試料に関するものである。

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。霧島山の噴火履歴に関する基礎的知見の拡充のため、今回得られた観測井岩石コアの岩相の記載と層序対比に関わる若干の資料をここに報告する。

2. 霧島火山の概要

霧島火山は鹿児島県と宮崎県の県境に位置する第四紀火山群の総称である(図1)、最高峰の韓国岳(海拔1,700 m)をはじめとする大小20以上の独立した噴出中心を持つ成層火山や単成火山体が密集している。いくつかの火山は歴史時代に活動した記録を持ち、近年では2011年に新燃岳で爆発的な噴火活動が生じた。噴気や温泉活動も盛んである。

最近の霧島火山の地質学的な研究では多数存在する火山体の噴出物の分布や層序が解明され(Imura, 1992; 井村, 1994; 井村・小林, 2001; 筒井ほか, 2007; 田島ほか, 2008など)、テフラ層と給源火山

体との詳細な対比が行なわれつつある。以下に主に井村・小林(2001)に沿って噴火史の概要を述べる。なおテフラの噴出年代については奥野(2002)や長岡ほか(2010)で採用されている値を使用した。

霧島火山の基盤岩は白亜系の付加コンプレックスである四万十累層群の堆積岩類、加久藤火山岩類(山本, 1960)などの更新世前期～中期の火山岩類である。鹿児島湾から人吉盆地地域にかけては鹿児島地溝(露木, 1969)と呼ばれる大規模カルデラを伴う沈降地域が延びており、霧島火山はその中に噴出している。霧島火山の北西には加久藤カルデラ、北東には小林カルデラと呼ばれる盆地があり、それぞれ中期更新世の大規模火砕流堆積物(約52万年前の小林火砕流堆積物, 田島・荒牧, 1980; 約34万年前の加久藤火砕流堆積物, 荒牧, 1968)の給源とされている。大深度のボーリングコア試料の観察から霧島火山の直下にも霧島溶結凝灰岩(田口ほか, 1981)と呼ばれる古い火砕流堆積物が存在するとされている。これらの火山活動と霧島火山初期噴出物の前後関係は明らかになっていないが、火山群の南西部に露出している古期霧島火山噴出物は広く伏在し、その噴出時期は加久藤火砕流の噴出よりも古いとされ

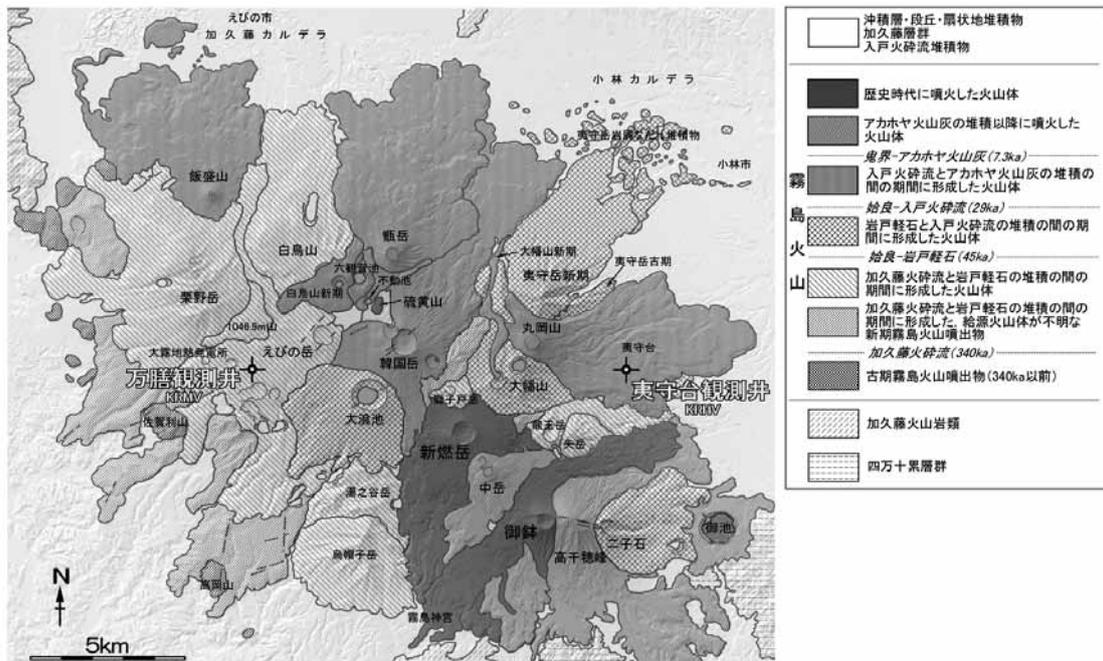


図1 霧島山火山群の地質概略図

井村・小林(2001)の地質図を筒井ほか(2007)、長岡ほか(2010)にしたがって噴出物の分布と指標テフラの年代値を修正した。地形陰影図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 Simplified geologic map showing volcanic products of Kirishima volcano. The map was edited from the original geologic map of Imura and Kobayashi (2001) using the geologic map around Ohachi volcano from Tsutsui *et al.* (2007) and estimated ages of key-marker tephra from Nagaoka *et al.* (2010). Kashmir 3D and Fundamental Geospatial Data published by Geospatial Information Authority of Japan were used for drawing the relief map.

ている。

霧島火山の現在みられる火山地形の大部分は中期更新世以降に噴出した新期霧島火山噴出物に属する。南側の始良カルデラや鬼界カルデラ地域からもたらされた岩戸軽石層(長岡, 1984; 約4万5000年前), 入戸火砕流堆積物(荒牧, 1969)および始良-丹沢火山灰層(町田・新井, 1976; 約2万9000年前), 鬼界-アカホヤ火山灰層(町田・新井, 1978; 約7300年前)はよい鍵層となっており, 新期霧島火山の時代区分に利用されている。

新期霧島火山では10万年前頃までに烏帽子岳や栗野岳, 湯之谷岳や矢岳等の現在浸食の進んだ火山体が形成された。その後休止期を挟んで10万年前以降にえびの岳や白鳥山, 龍王岳, 大幡山などの火山体が形成された。7-4万年前頃には爆発的な火山活動が活発で, アワオコシスコリア層やイワオコシ軽石層(遠藤ほか, 1962)などのプリニー式のテフラ層が形成されている。大浪池や夷守岳, 二子石などの火山体はこの頃形成された。

丸岡山, 飯森山, 甕岳, 韓国岳, 新燃岳, 中岳, 高千穂峰などの火山地形が明瞭な火山体は2.9万年前の入戸火砕流の堆積後に活動を開始した火山体である。約1万6700年前の小林軽石層(伊田ほか, 1956)は韓国岳火山, 1万400年前の瀬田尾軽石層(井ノ上, 1988)は新燃岳火山から噴出したプリニー式ないし準プリニー式噴火のテフラである。

およそ7600年前頃には高千穂峰火山が活動を開始し, 断続する火山灰放出によって7100年前頃までに牛のすね火山灰層を形成した。鬼界-アカホヤ火山灰層はこの活動中に降下したため牛のすね火山灰層中に挟まれる産状を示す。

鬼界-アカホヤ火山灰層降下以降は山体の南東部を中心に活動が続き, 御池, 御鉢, 大幡山新期, 不動池や硫黄山の火山体が形成され, 新燃岳や中岳でも活動が続いた。これらの火山体では火山微地形が明瞭に残っている。御池火口は約4600年前にベースサージ堆積物(金子ほか, 1985)とプリニー式テフラである御池軽石層(沢村・松井, 1957)を噴出した。御鉢火山ではAD788年に片添スコリア層(井ノ上, 1988), AD1235年に高原スコリア層(遠藤・小林ローム研究グループ, 1969)の噴出があり, 大正時代まで断続的に爆発的噴火活動が続いた(筒井ほか2005; 2007)。新燃岳では1716-1717年に享保

軽石層を噴出する活動があり, この際には火砕流も発生した(井村・小林, 1991)。AD2011年の噴火では準プリニー式の爆発的噴火ののちに山頂火口内に溶岩が流出・蓄積され, その後半年ほどの間ブルカノ式噴火やマグマ水蒸気噴火が続いた(Nakada *et al.*, 投稿中)。えびの高原ではAD1768年の噴火記録が硫黄岳の形成に対応するとされている。

以上のように, 霧島火山では噴火史の研究が進んでいる。しかし火山体すべてにおいて層序関係の直接的な確認や放射年代測定がなされているわけではなく, また地表下に埋没している噴出物については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, 霧島火山の長期的な噴火史の解明が進むことが期待される。

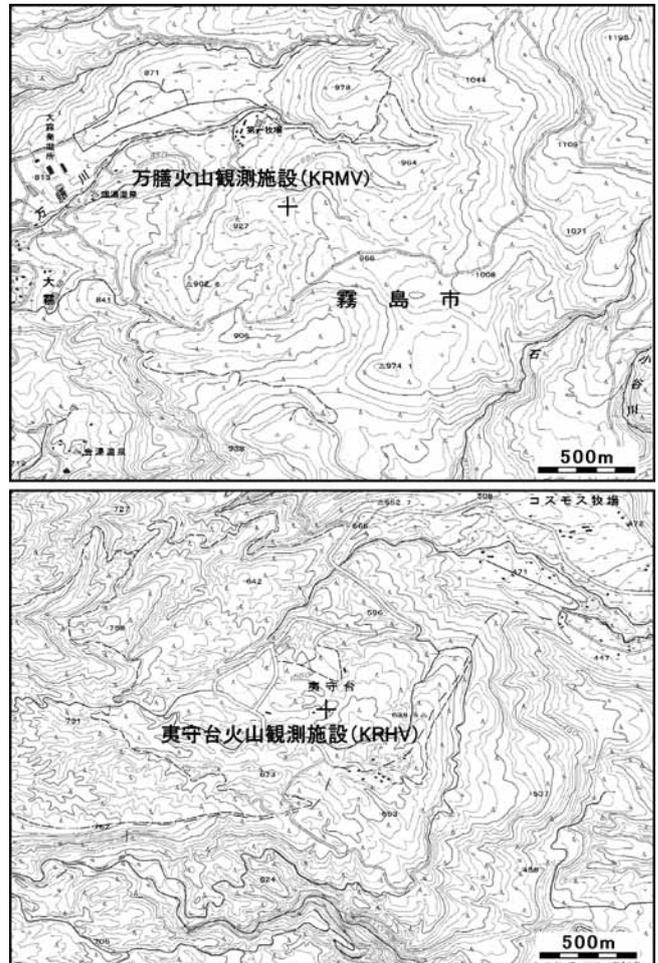


図2 霧島山火山観測施設の位置図
地形図は1:25,000国土地理院発行「韓国岳」「日向小林」を利用した。

Fig. 2 Location of the Kirishima observation site. Topographic map: "Karakunidake" "Hyuga kobayashi" 1:25,000 scale published by Geospatial Information Authority of Japan.

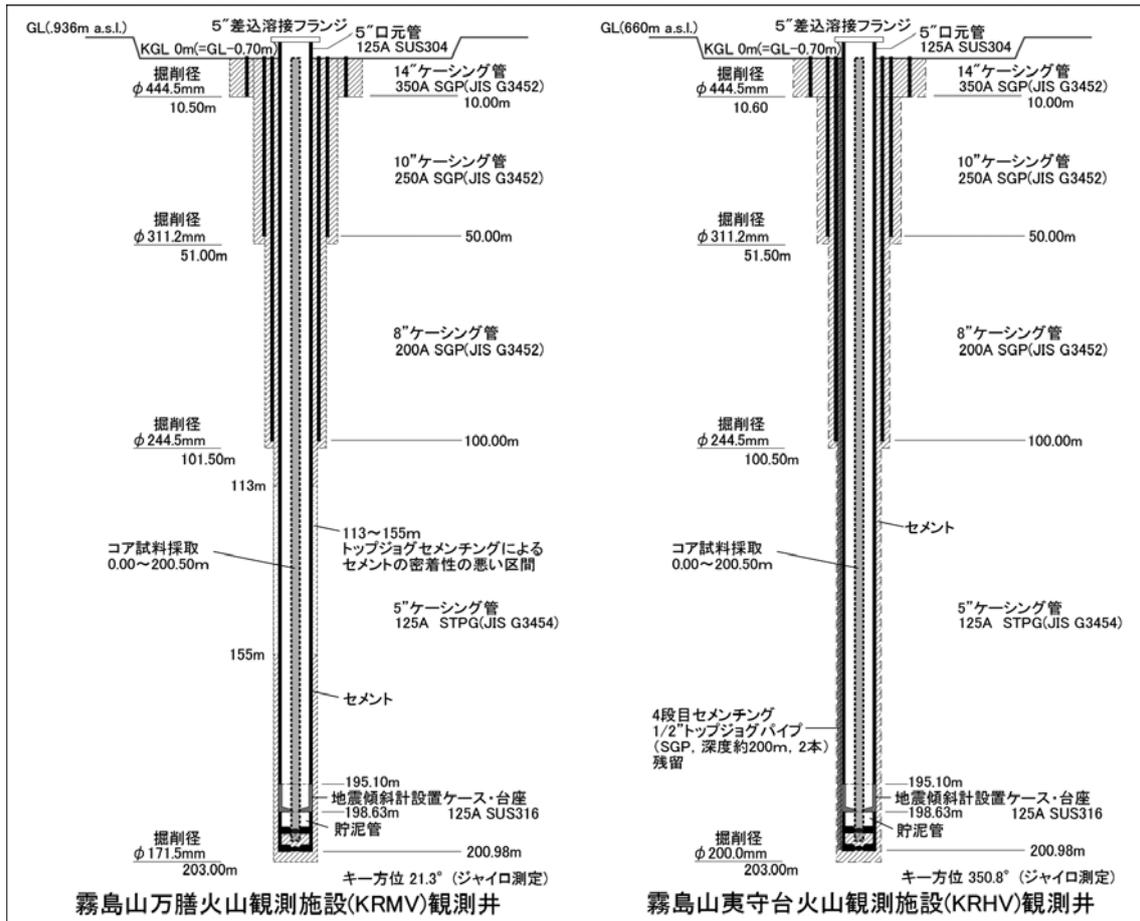


図 3 霧島山火山観測井の構造

Fig. 3 Well structures of the Kirishimayama Manzen and Hinamoridai observation sites.

3. 掘削工事の概要

霧島山万膳および夷守台火山観測井の位置を図 1、図 2 に示す。万膳観測井の掘削地点は鹿児島県霧島市の霧島第一牧場内に設定された。活動火口である新燃岳火口の西北西約 7.1 km にあり、えびの岳の緩やかな溶岩流地形上に位置する。付近の熱水活動はさかんであり、約 1 km の距離には大霧地熱発電所が稼働している。掘削点の所在地、緯度、経度、高度は以下の通りである。

- 住所 鹿児島県霧島市牧園町万膳 1476-8
- 緯度経度 北緯 31 度 55 分 48.15 秒 東経 130 度 48 分 36.29 秒(世界測地系)
- 地表標高 936 m(掘削基準面は地表より -0.70 m)

観測井は日鉄鉦コンサルタント株式会社(本社; 東京都港区)により深度 203.0 m まで掘削された(図 3)。コア試料採取は 97.5 mmHQ-WL ビット(採取コア直径 67 mm)で行い、その後各深度で設置されるケーシング管に見合う大きさにトリコンビットで拡

孔した。透水性の高い地盤により掘削作業は難航し、全量逸泥は深度 15 m, 18.7 m, 35.7 m, 62.2 m, 108.6 m, 115.8 m, 168.1 m, 171.6 m, 180 m, 182.1 m において生じ、その都度必要に応じてセメンチング等による逸泥対策を実施した。

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。しかし 4 段目のセメンチングの際にセメント回帰が得られず、深度 100 m までパイプを挿入してトップジョグセメンチングを行ったため、深度 113 ~ 155 m はセメントの密着性の悪い区間となった。深度 10 m 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 3° 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 200.98 m、地震傾斜計設置ケースは深度 198.63 m に位置している。ケーシング後の温度検層の結果では、孔口深度の 6 °C に対して孔底付近の深度 198 m では 15.3 °C であった。完成した火山観測施設の外観を写真 1 に示す。

夷守台の観測井掘削地点は宮崎県小林市の宮崎県ひなもり台県民ふれあいの森内に設定された。活動火口である新燃岳火口の東北東約 5.7 km, 御鉢火口の北北東約 5.6 km にあり, 丸岡山から流下した厚い溶岩流がつくる平坦な台地上に位置する。掘削点の所在地, 緯度, 経度, 高度は以下の通りである。

- ・ 住所 宮崎県小林市大字細野字山中之前 5739-14
- ・ 緯度経度 北緯 31 度 55 分 46.92 秒 東経 130 度 56 分 21.78 秒(世界測地系)
- ・ 地表標高 660 m(掘削基準面は地表より-0.70 m)

観測井は日鉄鉱コンサルタント株式会社(本社; 東京都港区)により深度 203.0 m まで掘削された(図 3)。コアリング後の拡孔時にコア試料採取は 97.5 mmHQ-WL ビット(採取コア直径 67 mm)で行い, その後各深度で設置されるケーシング管に見合う大きさにトリコンビットで拡孔した。透水性の高い地盤により掘削作業は難航し, 全量逸泥は深度 21.5 m, 24.0 m, 67.0 m, 78.0 m, 96.5 m, 134.5 m, 145.6 m, 177.2 m, 199.4 m において生じ, その都度必要に応じてセメンチング等による逸泥対策を実施した。

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 10 m 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 3° 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 200.98 m, 地震傾斜計設置ケースは深度 198.63 m に位置している。ケーシング後の温度検層

の結果では, 孔口深度の 13 °C に対して孔底付近の深度 198 m では 16.2 °C であった。完成した火山観測施設の外観を写真 2 に示す。

4. ボーリングコアの産状と柱状図

4.1 万膳コアの記載

全長 200.50 m のオールコアボーリングのうち, 全体の 90 % にあたる 180.30 m 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た(付録写真 1)。残りの部分については礫サイズの試料のみ, あるいは拡孔時のカッティングス試料が採取された。コア試料の種類は主として溶岩流からなり, そのほかに火砕流堆積物, 土石流(ラハール, 火山泥流)堆積物, 風化火山灰層, 土壌層などが含まれる, 岩相から大まかに 12 層に分類された。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。概略柱状図は図 4 に, 柱状図は図 5 に示す。

コア試料に含まれる代表的な岩石について全岩化学組成を東京大学地震研究所の波長分散型蛍光 X 線分析装置(RIGAKU 製 ZSX Primus II 型)で測定した。結果については本稿では概略 SiO₂ 量のみ報告にとどめ, 詳細は別報で記述する予定である。

以下に各層の岩相について深度別に記載する。

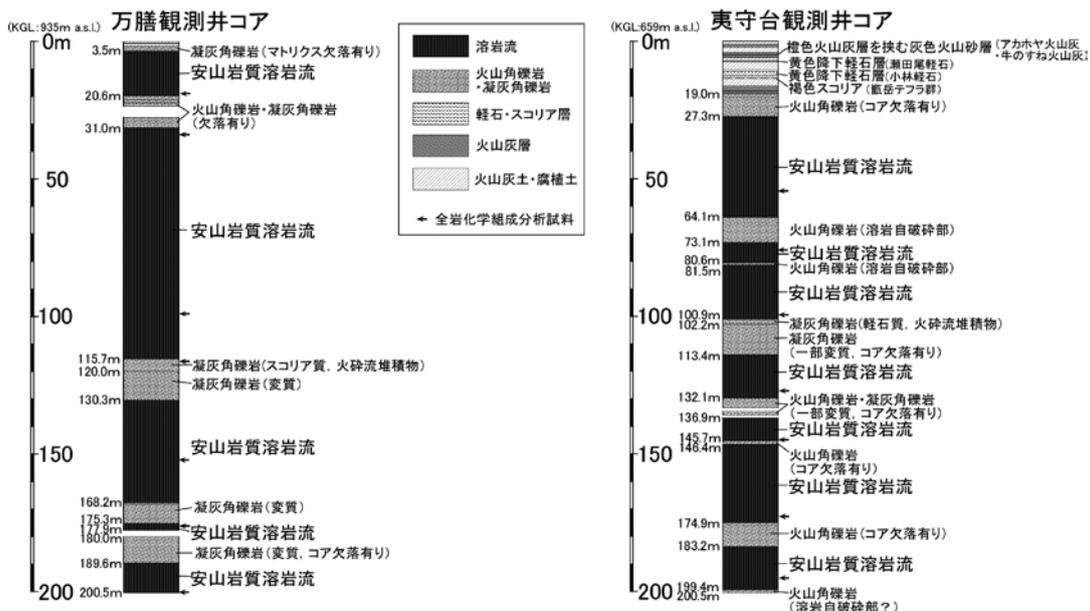


図 4 霧島山火山観測井コアの柱状図概要

Fig. 4 Schematic columnar sections of the borehole cores taken at the Kirishimayama Manzen and Hinamoridai observation sites.

(1) 深度：0.00～1.80 m (M1層)

上部はいわゆるクロボク土にあたる黒褐色の腐植質土壌である。軽石礫をわずかに含む。下部は明褐色～灰白色の風化火山灰土に漸移する。なお、深度の基準である掘削基準面(KGL)と地表(GL=KGLより70 cm上方)の間には腐植質土壌に挟まれる形で鬼界-アカホヤ火山灰の可能性が高い火山灰層が露出した(写真3)。このことからM1層は大部分が完新世の堆積物であると推測される。

(2) 深度：1.80～3.45 m (M2層)

コア採集時の破壊でほとんど堆積構造をとどめていないが、淘汰が悪く凝灰角礫岩であるとみられる。黄褐色-褐色の変質した基質に最大径7 cmの安山岩質の角礫や円礫を含む。土石流堆積物であると考えられる。

(3) 深度：3.45～20.60 m (M3層)

厚い灰色の安山岩質溶岩流(写真4)で、深度10 m付近より上部と20 m付近より下部は紫灰～赤褐色に酸化している。割れ目にそって部分的に黄褐色～明灰色に変質している。割れ目表面には黄褐色、褐色、白色の変質物が付着している。深度19.00 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約57 wt%であった。

(4) 深度：20.60～31.00 m (M4層)

熱水変質した凝灰角礫岩ないし火山角礫岩で、土石流堆積物と考えられる。上部は変質したM3層溶岩流の基底自破碎部である可能性がある。赤褐色、灰色と灰白色の安山岩礫を主に含む(最大径170 cm)。これらは周縁部や割れ目にそって変質している。深度23-28 m付近では大部分の基質が流失している。

(5) 深度：31.00～115.73 m (M5層)

厚い灰色の安山岩質溶岩流。割れ目にそって変質し割れ目表面や気泡壁に黄褐色や褐色の変質物が付着している。深度42.0-45.0 m, 55.5-57.0 m, 65.0-65.5 m付近は破碎が著しく、周辺を含め全体に淡赤灰色を呈し赤褐色や黄褐色の変質物が生成している。下部の深度95-101 m付近には板状節理が発達している。深度34.00 m, 98.81 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約60-61wt%であった。溶岩内部に暗灰色や淡緑灰色の楕円状～角礫状のいわゆる同源包有岩(最大径6 cm)を含む(写真5)。

(6) 深度：115.73～120.00 m (M6層)

灰色基質に黒灰色の発泡の悪いスコリア質安山岩片(最大径20 cm)を含むmonolithologicな凝灰角礫岩(写真6)であり、火砕流堆積物と判断される。上部と下部は変質によりスコリア礫は赤褐色、基質は黄褐色を呈する。深度115.96 mで採取した両輝石安山岩質スコリア礫のSiO₂量は約60 wt%である。

(7) 深度：120.00～130.30 m (M7層)

灰色、赤褐色、淡灰色など様々な安山岩片(最大径30cm)を含む凝灰角礫岩であり、土石流堆積物と考えられる。基質は上部では赤褐色、下部では黄褐色に変質している。砂-シルト質のレンズ状の薄いはさみ(写真7)があり、流水による堆積物も含まれる可能性がある。

(8) 深度：130.30～168.24 m (M8層)

厚い灰色の安山岩質溶岩流(写真8)。最大径2 cm程度の気泡を含む。割れ目にそってわずかに変質し褐色の変質物が付着している。上部の深度137 m付近までは破碎が著しく、褐色～黄褐色の変質物の付着も多い。下部の深度150-165 m付近には緩く傾く板状節理が発達している。深度152.13 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約60 wt%であった。溶岩内部に暗灰色や淡緑灰色の楕円状～角礫状のいわゆる同源包有岩(最大径20 cm)を含む。

(9) 深度：168.24～175.30 m (M9層)

発泡した灰色の安山岩を含む凝灰角礫岩であり、土石流堆積物もしくは溶岩流の自破碎部と考えられる。基質は黄褐色～褐色に変質している。岩塊は部分的に褐色～黄褐色に変質している。最大の岩塊は径2.9 mに達しているが、これは薄い溶岩流かもしれない。

(10) 深度：175.30～177.93 m (M10層)

灰色の安山岩質溶岩流(写真9)。下部では割れ目に沿って部分的に変質し、表面には赤褐色の変質物が付着している。深度175.87 mで採取した両輝石安山岩はSiO₂量が約60 wt%で、集斑晶中にごく少量のホルンブレンドを含む。

(11) 深度：177.93～189.60 m (M11層)

基質の流失が著しいが、部分的に褐色～黄褐色に変質している発泡した灰色安山岩(最大径30 cm)を含む凝灰角礫岩であり、変質した土石流堆積物と考えられる。基質は黄褐色～褐色に変質しており、黄色の脈状やパッチ状の変質物も生成している。

(12) 深度：189.60～200.50 m (M12層)

厚い灰色の安山岩質溶岩流(写真10)。割れ目にそって変質し褐色～赤褐色、黄色の変質物が付着している。深度193 m付近よりも上部は発泡し赤褐色～赤灰色に酸化しており、破碎や変質も進んでいる。深度200.45 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約60 wt%であった。淡褐色や淡緑灰色の楕円状～角礫状のいわゆる同源包有岩(最大径5 cm)を含む。

4.2 夷守台コアの記載

全長200.50 mのオールコアボーリングのうち、全体の92%にあたる184.60 m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た(付録写真2)。残りの部分については礫サイズの試料のみ採取された。コア試料の種類は主として溶岩流からなり、そのほかに土石流堆積物、降下テフラ層、風化火山灰層、土壌層、火砕流堆積物などが含まれる、岩相から大まかに27層に分類された。概略柱状図は図4に、柱状図は図6にしめす。さらに細かくテフラ層が累重する最上部20 m分については別に柱状図を作成した(図7)。

コア試料に含まれる代表的な岩石については万膳コアと同様に全岩化学組成を求め、概略SiO₂量を記述した。

以下に各層の岩相について深度別に記載する。

(1) 深度：0.00～1.00 m (H1層)

灰白色の軽石質火山礫凝灰岩で白色透明な泡壁状・軽石状の火山ガラス片を大量に含む。入戸火砕流堆積物に似ているが、アカホヤ火山灰等の層位と矛盾する。掘削現場が公園施設の置かれた平坦地であることから、整地の際に持ち込まれた人工埋土であると考えられる。

(2) 深度：1.00～3.92 m (H2層)

主に暗褐色腐植質土壌～褐色風化火山灰質土壌からなる。深度1.80～2.13 mおよび3.00 m付近に計4枚程度の火山砂層を挟む。深度2.4～3.0 m, 3.45～3.70 m付近には黄褐色軽石が散在する。層位からみて4600年前頃の御池軽石や5600年前頃の前山軽石層(井ノ上, 1988)の粒子が混入している可能性がある。

(3) 深度：3.92～6.07 m (H3層)

灰色の石質火山砂質の降下火山灰層で、最大径0.5 cmの火山礫を少量含む。高千穂火山起源の牛のすね火山灰層に対比される。間に挟まれる橙灰色の細粒火山灰層は泡壁状の火山ガラス片を大量に含むので鬼界-アカホヤ火山灰層(7300年前)に対比される。

(4) 深度：6.07～6.85 m (H4層)

風化火山灰質土壌で、深度6.60～6.68 mに降下火山灰とみられる灰色火山砂層を挟む。

(5) 深度：6.85～7.50 m (H5層)

上部は灰色～黄灰色の降下火山灰層で、最大径0.5 cmの黄灰色軽石礫を少量含む。下部は黄灰色～黄褐色の軽石礫(MP=1.5 cm)を主体とする上方細粒化する降下軽石層からなる。新燃岳火山起源の瀬田尾軽石層(約1万400年前)に対比される。

(6) 深度：7.50～10.35 m (H6層)

上部は暗褐色腐植質土壌、下部は褐色風化火山灰質土壌からなる。深度8.65～8.74 m付近に黄灰色の火山砂層を挟む。深度8.88～9.50 mには径1 cm以下の青灰色火山礫や黄褐色軽石が散在する(写真11)。層位からみて1万2800年前の桜島-薩摩テフラ層(小林, 1986)の粒子が混入している可能性がある。

(7) 深度：10.35～12.87 m (H7層)

黄灰色～黄褐色の軽石礫(MP=3.7 cm)を主体とする4ユニット程度の軽石層と、それらと互層する灰色～黄灰色の火山砂層からなる厚い降下テフラ層。韓国岳火山起源の小林軽石層(1万6700年前)に対比される。

(8) 深度：12.87～15.30 m (H8層)

主に褐色の風化火山灰質土壌からなる。深度13.0～13.4 m付近に褐色のスコリア礫(MS=0.4 cm)を散在する(写真12)。これは層位からみて2万2000年前頃の甕岳テフラ群(田島ほか, 2008; 韓国岳スコリア, 井村・小林, 1987)の粒子が混入している可能性がある。

(9) 深度：15.30～16.42 m (H9層)

風化火山灰質土壌層とそれと互層する7枚以上の黄褐色～灰色・灰白色の砂ないしシルト質の降下火山灰層からなる(写真13)。火山灰層の一部は流水により再堆積していると考えられる。土壌層中には青灰色の細粒岩片(0.2 cm以下)が散在している。深度15.88～16.07 mにはスコリア礫や石質岩片(1.0 cm以下)が散在している。

(10) 深度：16.42～19.00 m (H10層)

灰色・灰褐色・明灰色の火山砂層を主体とする互層(写真13, 写真14)。二次的に流水で移動したと考えられる淘汰のよい砂層や垂角礫～円礫状の安山岩礫がみられる。深度17.16～17.40 m付近にはスコリア礫(1.2 cm以下)が散在している。

(11) 深度：19.00～20.00 m (H11層)

変質粘土質基質をもつ凝灰角礫岩層で、安山岩角礫(最大径12 cm)も強く変質している。最上部は灰白色の変質粘土からなる砂-シルト層となっている。

(12) 深度：20.00～27.30 m (H12層)

黄褐色-褐色の基質に最大径30 cmの発泡した灰色安山岩礫を含む火山角礫岩ないし凝灰角礫岩。土石流堆積物であると考えられる。

(13) 深度：27.30～64.07 m (H13層)

厚い灰色の安山岩質溶岩流(写真15)で、上端部と下端部は発泡し赤褐色～黒褐色に酸化している。割れ目表面には褐色・灰白～黄灰色の変質物が付着している。深度31-41 m付近は大きな気泡(径3 cm以下)が多い。深度50.5-62.5 m付近は水平方向の板状節理が発達している。深度54.57 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約62 wt%であった。灰白色や淡褐色の角礫状の細粒堆積岩源捕獲岩(最大径3 cm)を少量含む。一部は引き延ばされレンズ状になっている(写真15)。

(14) 深度：64.07～73.07 m (H14層)

基質が大部分流失した凝灰角礫岩ないし火山角礫岩で、66.55 mより上部は発泡した赤褐色～灰色溶岩塊ないしスコリア質岩塊(最大径26 cm)、下部はやや発泡に乏しい大型の灰色安山岩塊(最大径1.2 m)を含む。赤褐色の基質が68.8 m付近に残存している。岩塊表面には部分的に褐色や灰白色の変質物が生成している。同質の礫が多いことから溶岩流の自破砕部もしくは火砕流堆積物である可能性が高い。

(15) 深度：73.07～80.55 m (H15層)

灰色の安山岩質溶岩流で、上部の深度74.00 mまでは紫灰～赤褐色に酸化している。45-60°程度に傾いた流理状縞状構造がみられる。割れ目にそってわずかに変質し褐色の変質物が付着している。深度75.90 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約61 wt%であった。

(16) 深度：80.55～81.48 m (H16層)

基質がほぼ流失している火山角礫岩で、溶岩流の自破砕部であると思われる。発泡した赤褐色・灰色安山岩塊(最大径13 cm)を含む。

(17) 深度：81.48～100.89 m (H17層)

灰色の厚い安山岩質溶岩流(写真16)。割れ目表

面には黄褐色の変質物が付着している。深度82.3 m付近より上部は赤褐色～赤灰色に酸化している。深度92.5-100.4 m付近は縞状の流理構造が発達している。基底部の深度100.63-100.89 mは同質の安山岩角礫からなり自破砕部と考えられる。深度99.90 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約62 wt%であった。

(18) 深度：100.89～102.20 m (H18層)

黒灰色の火山砂-シルト質基質に黄灰色軽石(径1.5 cm以下)、黒灰色スコリア質岩片(径4 cm以下)、類質安山岩岩片(径15 cm以下)を含む凝灰角礫岩(写真17)であり火砕流堆積物と判断される。上部は赤褐色に酸化しているが、これは直上のH17層溶岩流により焼かれたものかもしれない。

(19) 深度：102.20～113.37 m (H19層)

灰色・赤灰色の安山岩角礫(径130 cm以下)を含む凝灰角礫岩で、土石流堆積物と判断される。礫の表面には赤褐色の付着物がみられる。基質は風化変質した灰白色・黄灰色火山灰で、大部分で流失している。

(20) 深度：113.37～132.05 m (H20層)

厚い灰色の安山岩質溶岩流(写真18)。割れ目の表面には褐色～黄褐色の変質物が付着している。深度114.03 mより上部は赤褐色に酸化している。水平方向の流理が発達している。深度124-129.8 mは気泡が少なく緻密。深度129.8 m以深は不均質な発泡構造をもち強溶結火砕岩状。基底部の深度131.5付近-132.05 mは同質の安山岩角礫と変質した赤褐色基質からなり自破砕部と考えられる。深度129.70 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約60 wt%であった。灰白色の角礫状の細粒捕獲岩(最大径5 cm)を少量含む。

(21) 深度：132.05～136.87 m (H21層)

発泡度や酸化度の異なる灰色～赤褐色安山岩角礫(最大径100 cm)が灰褐色基質に含まれる凝灰角礫岩(写真19)。基質は部分的に緑灰色・黄褐色・赤褐色に変質している。土石流堆積物と判断される。

(22) 深度：136.87～145.70 m (H22層)

(写真20)。割れ目には黄褐色の変質物が付着している。深度139.6 m付近より上部は発泡しており気泡内が赤褐色に酸化している。深度144.4-145.7 mは気泡が少ない。深度144.86 mで採取した両輝石安山岩のSiO₂量は約60 wt%であった。灰白色の角

礫状の細粒捕獲岩(最大径 2 cm)を少量含む。

(23) 深度：145.70～146.35 m (H23 層)

灰色や赤褐色など数種の色調や発泡度をもつ安山岩礫(最大径 6 cm)が残存し、基質が流失している凝灰角礫岩ないし火山角礫岩。おそらく土石流堆積物であると思われる。

(24) 深度：146.35～174.85 m (H24 層)

厚い灰色の溶岩流(写真 21)。一部の割れ目には黄褐色の変質物が付着している。上部深度 147.5 m 付近以浅と基底部の深度 174.6 m 付近以深は発泡し赤褐色～赤灰色に酸化している。上部の深度 146.35～146.56 m は破碎し自破碎状になっている。深度 163～174 m 付近は板状節理が発達している。深度 172.88 m で採取した両輝石安山岩の SiO₂ 量は約 61 wt% であった。径 3 cm 以下の淡褐色の同源包有岩を少量含む。

(25) 深度：175.00～183.20 m (H25 層)

最上部を除き基質が流失した凝灰角礫岩ないし火山角礫岩で、上部は発泡した赤褐色、下部は灰色のやや発泡した安山岩角礫(最大径 65 cm)を主とする。一部の礫は表面に黄褐色の付着物がある。土石流堆積物と考えられるが溶岩流の自破碎部も含まれる可能性がある。

(26) 深度：183.20～199.34 m (H26 層)

灰色の厚い溶岩流(写真 22)。一部の割れ目には褐色～黄褐色の変質物が付着している。上部深度 183.4 m 以浅と基底部の深度 199.3 m 以深は発泡し赤色に酸化している。深度 183.5～187 m 付近では 45° 程度に傾いた流理状構造、板状節理がみられる。深度 187～188 m 付近、深度 192.3～198 m 付近は気泡が少なく水平方向の板状節理が発達している。深度 194.00 m で採取した両輝石安山岩の SiO₂ 量は約 61 wt% であった。

(27) 深度：199.34～200.50 m (H27 層)

発泡した赤褐色・黒灰色の安山岩角礫(最大径 6 cm)からなる。基質の流失した火山角礫岩ないし凝灰角礫岩で、溶岩流の自破碎部である可能性がある。

5. 霧島山火山観測井コア試料の岩相変化

今回の観察結果では万膳観測井コアは 5 枚程度の厚い輝石安山岩質溶岩流が主体をなしており、その間に火砕岩(主に凝灰角礫岩や火山角礫岩)が挟まっていた。火砕岩は熱水変質している場合が多いため

詳細は不明瞭であるが、大部分が溶岩流のクリンカーに相当する自破碎部や二次的な土石流堆積物からなると考えられる。ただし深度 115.3～120.0 m の凝灰角礫岩はスコリア質本質岩片に富む火砕流堆積物の可能性があり、火砕流の発生も伴われていたとみられる。

最上位の溶岩流(M3 層)は観測井周辺の地表に分布しているえびの岳火山の噴出物(約 7～10 万年前)に対比されると思われるが、それ以深の溶岩流については類似した輝石安山岩を主体としているため、記載的・全岩化学組成的な特徴だけでは対比は難しいと思われる。ただし上位から 4 枚目の溶岩流(M10 層)にはごく少量ながらホルンブレンドが含まれている(写真 25)。これまでホルンブレンドは霧島火山では御池火山のデイサイト軽石と栗野岳火山の安山岩質噴出物でのみ記載されている(井村・小林, 2001)ことから、この溶岩流については近接する栗野岳火山に属する可能性が高い。

夷守台観測井コア試料では地表から深度約 15 m までは土壌層と降下テフラ層の互層からなり、約 2 万 2000 年前頃に噴出した甕岳テフラ群以降の主要なテフラ層が確認できる。深度約 15～19 m に含まれる火山砂層群については明らかな二次堆積物も存在しているため注意が必要であるが、約 2 万 5000～3 万年前頃の爆発的噴火活動を示すものとして注目される。深度約 19 m 以深では 7 枚程度の厚い輝石安山岩質溶岩流が主体をなしており、その間に変質した火砕岩(凝灰角礫岩や火山角礫岩)が挟まっている。火砕岩は万膳コアと同じく大部分が溶岩流の自破碎部や土石流堆積物からなると考えられる。ただし深度 101.8～102.1 m の凝灰角礫岩は軽石やスコリア質本質岩片を含む火砕流堆積物の可能性が高い。

最上位の溶岩流(H13 層)は観測井周辺の地表に分布している丸岡山火山の噴出物(約 2～3 万年前；入戸火砕流堆積物よりも上位)に対比される。下位の H17 層までの溶岩流についても間にはさまれる火砕岩が時間間隙を示すものではない可能性が高いので一連の活動の可能性はある。しかしコア試料全体が類似した輝石安山岩(写真 27～写真 29)を主体としているため、それ以深の溶岩流と記載的・全岩化学組成的な特徴で区別や対比をするのは難しいと思われる。なお、霧島火山の安山岩質噴出物ではカンラン石斑晶が含まれる場合があるとされているが、今

回の検討では夷守台コアの最下位の溶岩流(H26層; 写真29)のみで確認された。

今回掘削された両観測井地域では、限定された範囲の観察とはいえ地下においても厚い安山岩質溶岩流が主体となっており、噴火様式に大きな変化がなかったことを示唆している。このことは霧島火山の地表の火山地形が溶岩流地形で主に構成されていることと調和的である。

6. まとめ

霧島山西麓で掘削された万膳火山観測井(深度約200 m)のコア試料は5枚程度の厚い輝石安山岩質溶岩流が主体をなしている。最上位の溶岩流はえびの岳火山に、深度175.1-177.9 mの溶岩流についてはホルンブレンドをごく少量含む岩石学的特徴から栗野岳火山に属する可能性が高い。溶岩流の間に挟まる火砕岩は変質した溶岩流の自破砕部や土石流堆積物と思われる。約115-120 mには火砕流堆積物が存在する可能性が高い。

霧島山東麓で掘削された夷守台火山観測井(深度約200 m)のコア試料では地表から深度約19 mまでは約2万5000年前以降の土壌層と降下テフラ層の互層からなり、より古い未記載の火山灰質テフラ層も確認される。深度19 m以深では7枚程度の厚い輝石安山岩質溶岩流が主体をなしており、その間に万膳コアと同じく変質した溶岩流の自破砕部や土石流堆積物が挟まっている。深度約101-102 mには火砕流堆積物が存在する可能性が高い。溶岩流の対比は類似した噴出物が多いため現段階では難しいが、最上位の溶岩流は観測井周辺の地表に分布している丸岡山火山の噴出物に対比されると思われる。

以上の結果は厚い溶岩流の流出を主とする火山活動が過去においても行われてきたことを示唆している。今後は岩石の放射年代測定などの情報を元に正確な形成年代の決定を行ない、精密な噴火史の構築を進める必要がある。また、どちらのコア試料もほとんどの深度で熱水変質を受けていたことから、変質鉱物の解析を進めることで霧島火山の熱水系の構造についても知見が得られると考えられる。

謝辞

霧島山の火山観測施設の設置にあたっては、霧島第一牧場と宮崎県ひなもり台県民ふれあいの森管理

事務所の皆様には用地の確保と工事の進行に際し多大なご協力をいただいた。日鉄鹿児島地熱株式会社鹿児島事業所の皆様には万膳地域の地下地質についてご教示いただいた。分析試料調整の際には明治大学黒曜石研究センターの金成太郎氏、弦巻賢介氏、峯崎智美氏に、蛍光X線分析に関しては東京大学地震研究所の外西奈津美氏にご協力いただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 荒牧重雄(1968): 加久藤盆地の地質 — えびの・吉松地域の地震に関して —。地震研究所彙報, **46**, 1325-1343.
- 2) 荒牧重雄(1969): 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物。地震学雑誌, **75**, 425-442.
- 3) 遠藤 尚・小林ローム研究グループ(1969): 火山灰による霧島溶岩類の編年(試論)。霧島山総合調査報告, 13-30, 宮崎県。
- 4) 遠藤 尚・杉田 剛・法元紘一・児玉三郎(1962): 日向海岸平野を構成する段丘について。宮崎大学学芸学部紀要, **14**, 9-27.
- 5) 伊田一善・本島公司・安国 昇(1956): 宮崎県小林市付近天然ガス調査報告。地質調査所報告, **168**, 1-46.
- 6) Imura, R. (1992): Eruptive history of the Kirishima volcano during the past 22,000 years. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, **27**, 71-89.
- 7) 井村隆介(1994): 霧島火山の地質。地震研究所彙報, **69**, 189-209.
- 8) 井村隆介・小林哲夫(1987): 霧島火山韓国岳の形成史。火山, **32**, 360-361.
- 9) 井村隆介・小林哲夫(1991): 霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動。火山 **36**, 135-148.
- 10) 井村隆介・小林哲夫(2001): 霧島火山地質図。火山地質図, No.11, 地質調査所。
- 11) 井ノ上幸造(1987): 霧島火山群高千穂複合火山の噴火活動史。岩鉱, **83**, 26-41.
- 12) 金子弘二・大下倉 靖・湊 啓輔(1985): 霧島火山群御池軽石層のグラウンドサージの性質について。宮崎大学教育学部紀要, 自然科学, **57**, 9-21.
- 13) 小林哲夫(1986): 桜島火山の形成史と火砕流。

- 文部省科研費自然災害特別研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流(火砕流等)の特質と災害」(研究代表者荒牧重雄), 137-163.
- 14) 町田 洋・新井房夫(1976): 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義. 科学, **46**, 339-347.
- 15) 町田 洋・新井房夫(1978): 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰. 第四紀研究, **17**, 143-163.
- 16) 町田 洋・新井房夫(1992): 火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 278pp, 東京大学出版会.
- 17) 長岡信治(1984): 大隈半島北部から宮崎平野に分布する後期更新世テフラ. 地学雑誌, **93**, 1-24.
- 18) 長岡信治・新井房夫・檀原 徹(2010): 宮崎平野に分布するテフラから推定される過去 60 万年間の霧島火山の爆発的噴火史. 地学雑誌, **119**, 121-152.
- 19) Nakada, S., Nagai, M., Kaneko, T., Suzuki, Y., Maeno, F., and Ichihara, M. (in review): The outline of the 2011 eruption at Shinmoe-dake (Kirishima), Japan.
- 20) 奥野 充(2002): 南九州に分布する最近約 3 万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, **41**, 225-236.
- 21) 沢村孝之助・松井和典(1957): 5 万分の 1 地質図幅「霧島山」および同説明書, 58pp, 地質調査所.
- 22) 田口幸洋・林 正雄・山崎達雄・松本征夫・藤野敏雄(1981): 南九州霧島火山の地熱構造. 火山, **26**, 124.
- 23) 田島広一・荒牧重雄(1980): 霧島火山周辺の Bouguer 異常. 地震研究所彙報, **55**, 241-257.
- 24) 田島靖久・松尾雄一・松岡 暁・庄司達弥・伊藤英之・小林哲夫(2008): 霧島火山群, えびの高原周辺における最近 10,000 年間の活動史. 日本火山学会講演予稿集, No.2, 40.
- 25) 筒井正明・奥野 充・小林哲夫(2007): 霧島・御鉢火山の噴火史. 火山, **52**, 1-21.
- 26) 筒井正明・富田克利・小林哲夫(2005): 霧島・御鉢火山における 2003 年 12 月以降の噴気活動と明治～大正時代の火山活動. 火山, **50**, 475-489.
- 27) 露木貞利(1969): 九州地方における温泉の地質学的研究(第 5 報), 特に温泉貯留体について. 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), **2**, 85-101.
- 28) 山本 敬(1960): 肥薩火山区の火山地質学的並びに岩石学的研究. 90pp.

(2012 年 12 月 28 日原稿受付,
2012 年 12 月 28 日原稿受理)

要 旨

防災科学技術研究所によって霧島山西麓で掘削された深度約 200.5 m の万膳火山観測井のコア試料は 5 枚程度の厚い輝石安山岩質溶岩流が主体をなしている。最上位の溶岩流はえびの岳火山に、深度 175.1–177.9 m の溶岩流についてはホルンブレンドをごく少量含む岩石学的特徴から栗野岳火山に属する可能性がある。溶岩流の間に挟まる火砕岩は変質している場合が多いため詳細は不明瞭であるが、大部分が溶岩流のクリンカーに相当する自破砕部や二次的な土石流(火山泥流)堆積物からなると思われる。ただし深度 115.3–120.0 m の凝灰角礫岩は火砕流堆積物の可能性がある。霧島山東麓で掘削された深度約 200.5 m の夷守台火山観測井コア試料では地表から深度約 19.0 m までは主に土壌層と降下テフラ層の互層からなり、未記載の火山灰層を含む最近約 2 万 5000 年間のテフラ層が確認できる。深度約 19.0 m 以深では 7 枚程度の厚い輝石安山岩質溶岩流が主体をなしており、その間に変質した火砕岩が挟まっている。少なくとも最上位の溶岩流については丸岡山火山の噴出物に対比されると思われる。火砕岩は万膳コアと同じく大部分が溶岩流の自破砕部や土石流堆積物からなると思われる。ただし深度 101.8–102.1 m の凝灰角礫岩は火砕流堆積物の可能性がある。

キーワード：霧島火山, コア試料, 噴火履歴, 溶岩流, 火山泥流, 火砕流堆積物, 降下テフラ

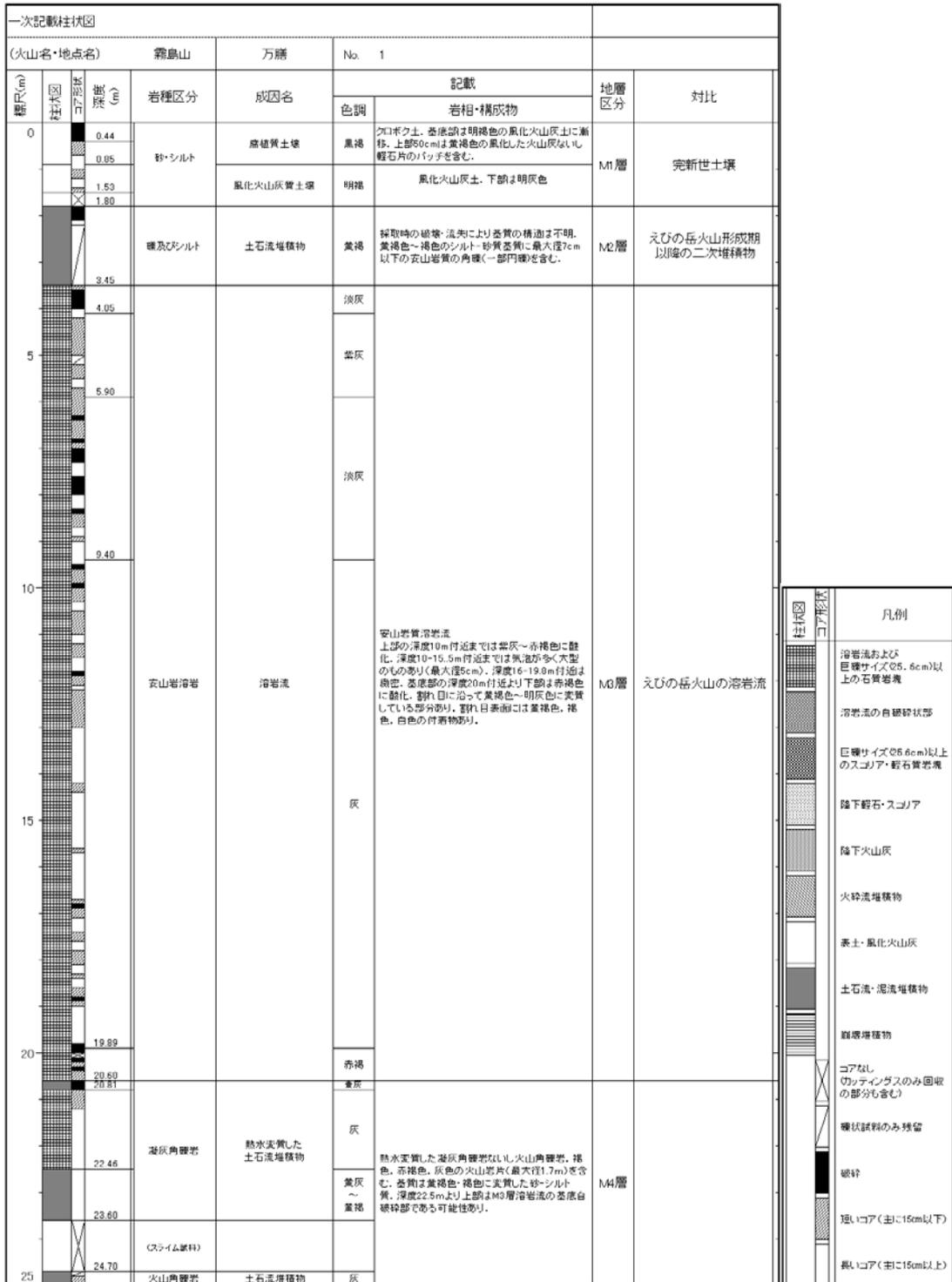


図 5 霧島山万膳観測井コアの柱状図

Fig. 5 Columnar section and description of the borehole core taken at the Manzen observation site.

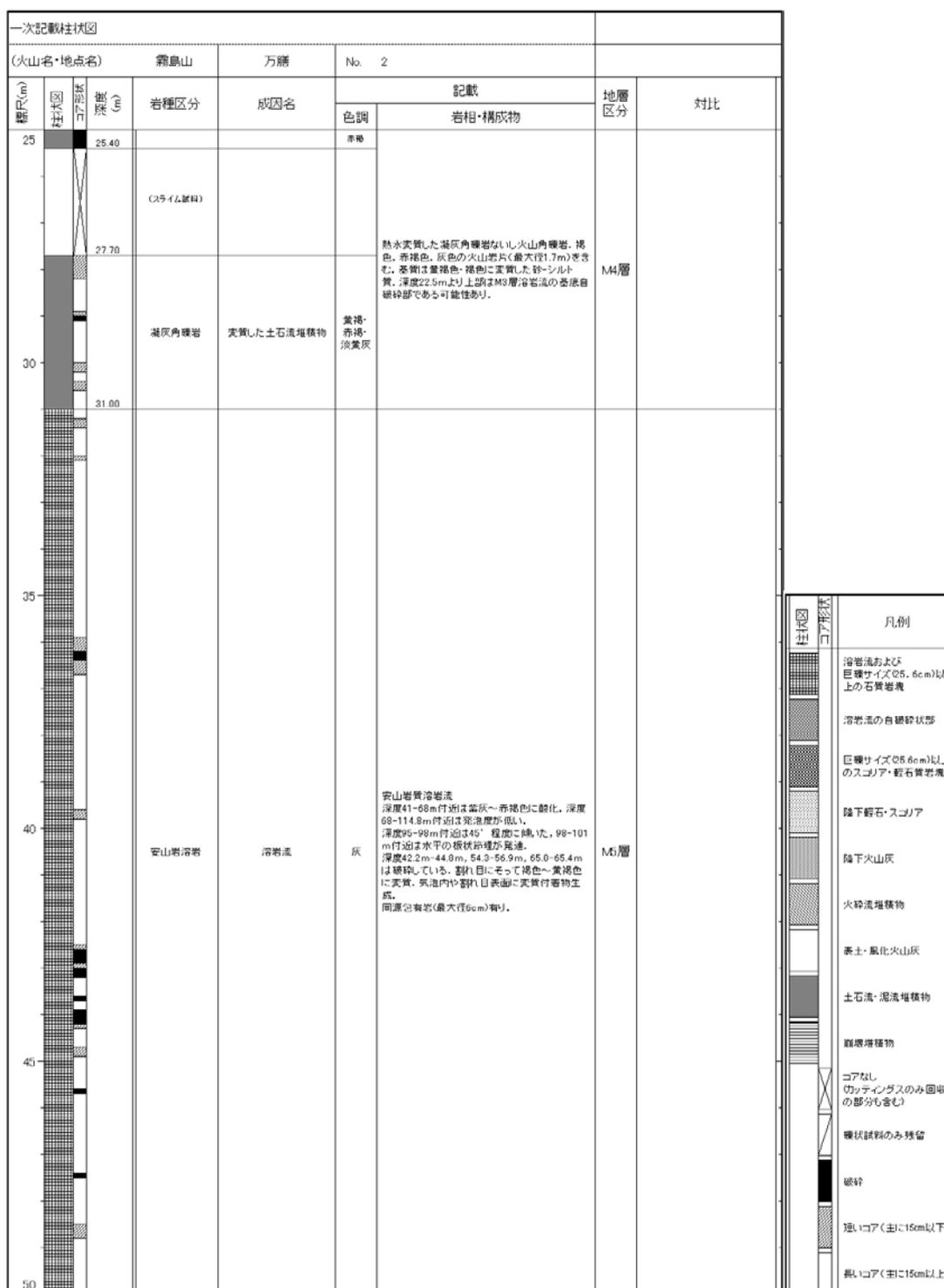


図5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

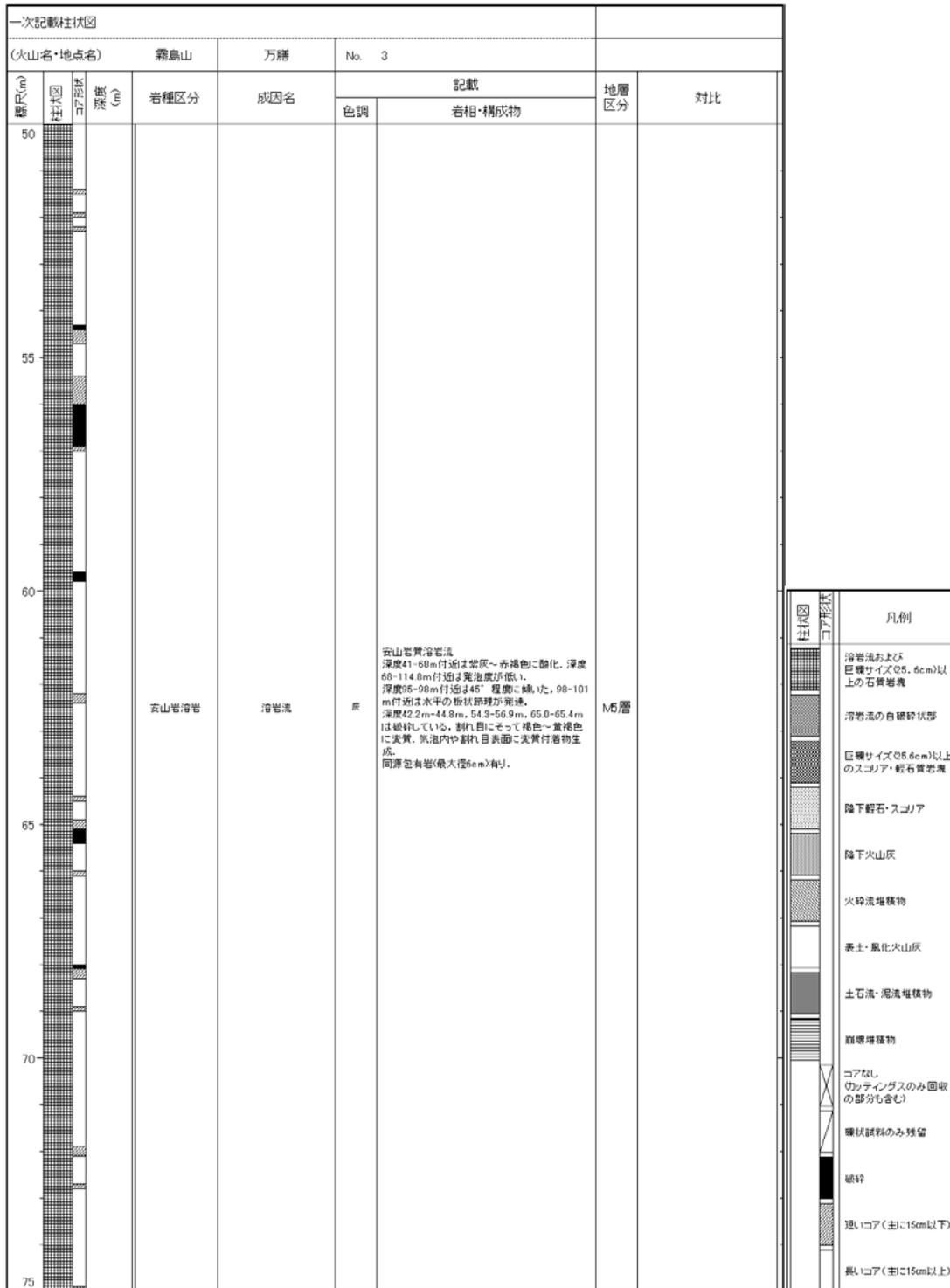


図5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

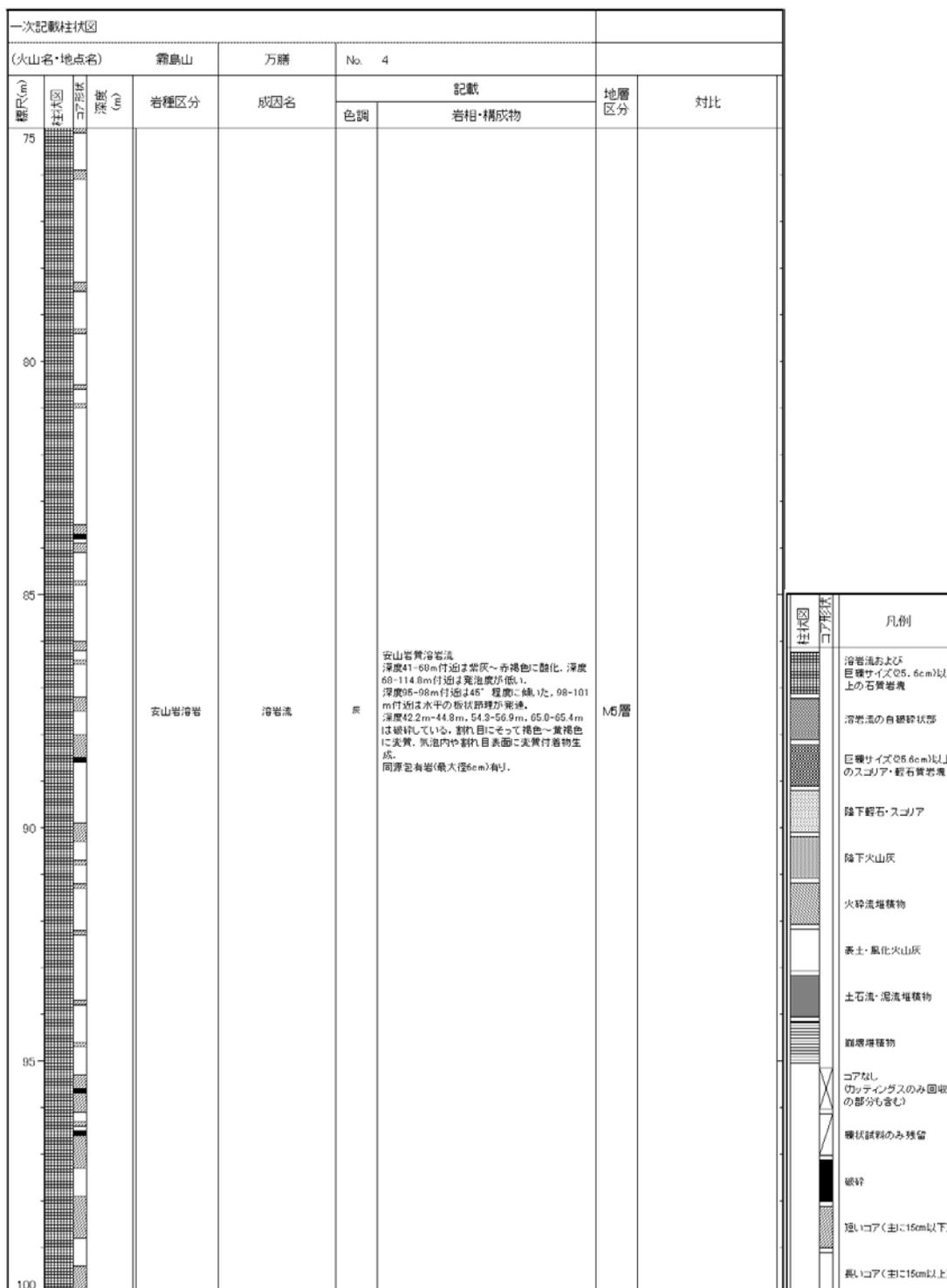


図5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

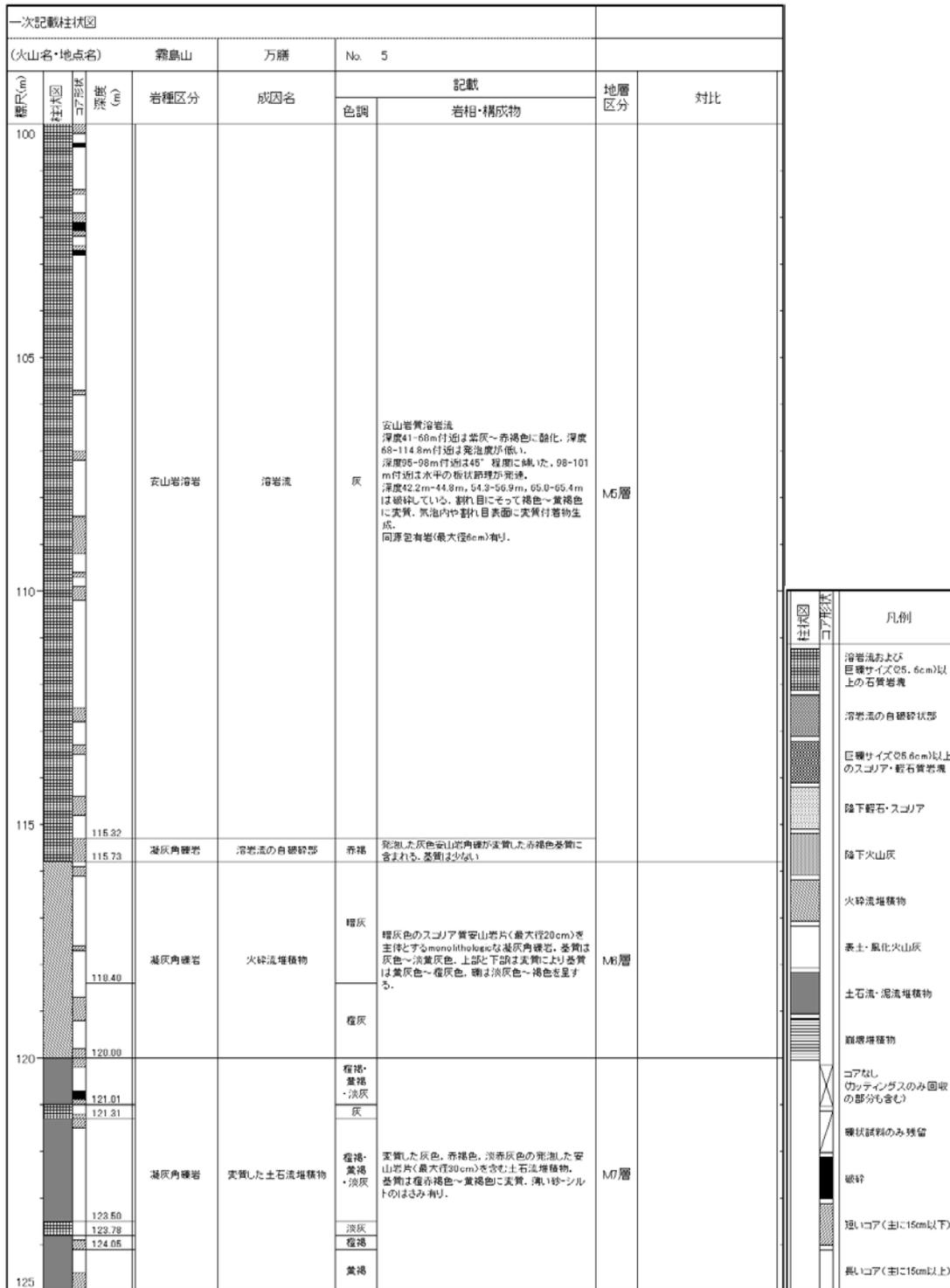


図5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

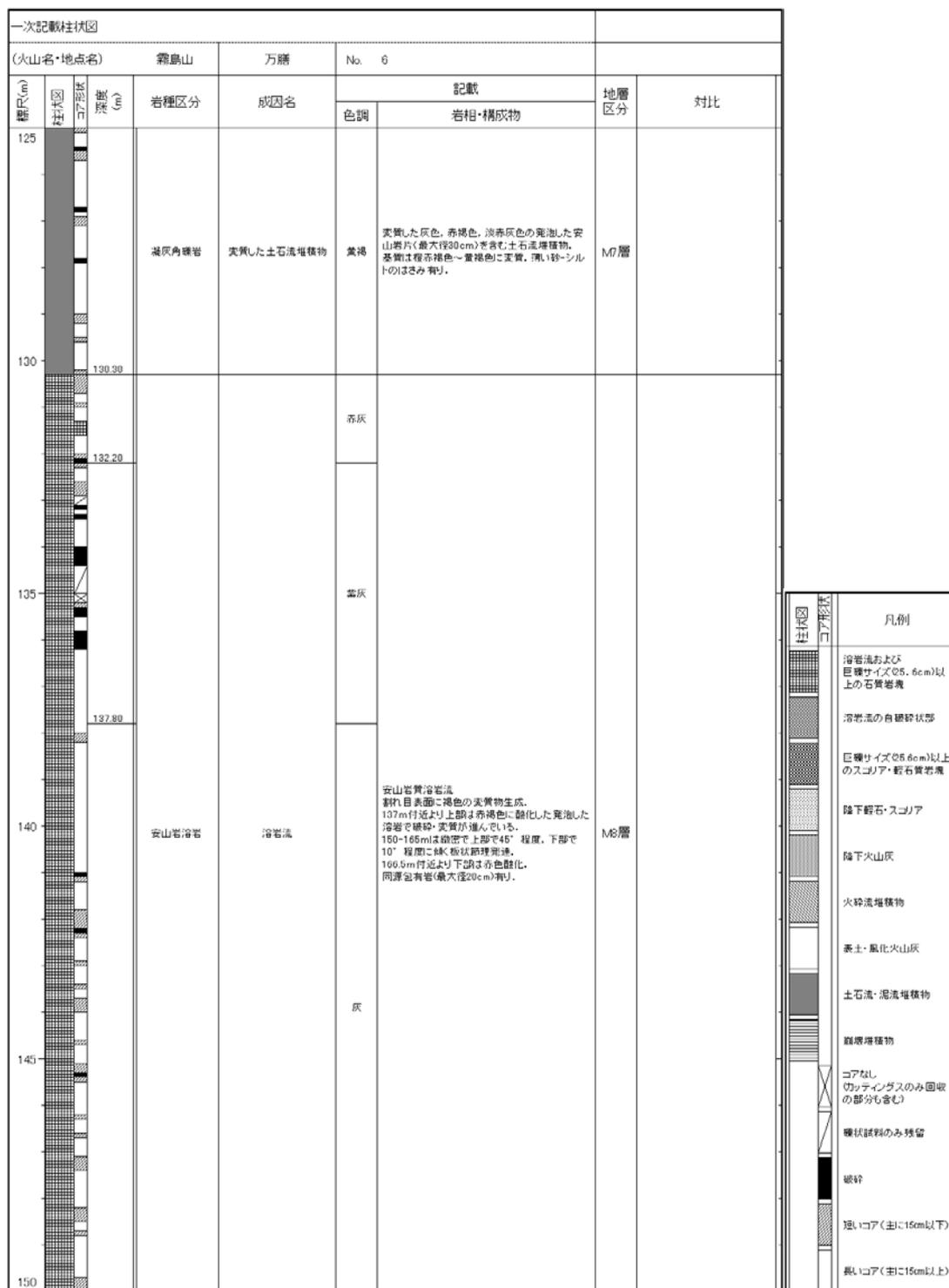


図5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

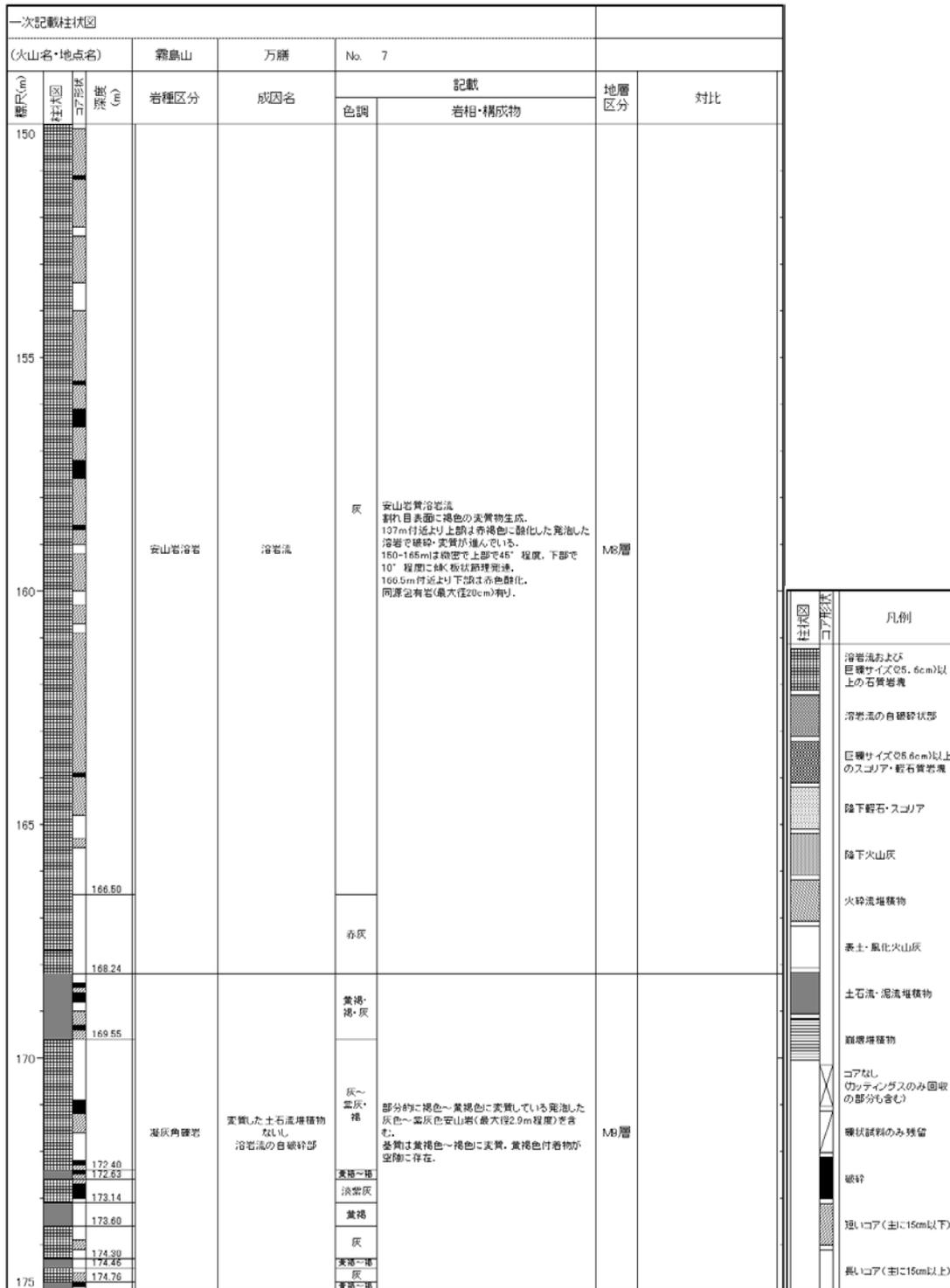


図 5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

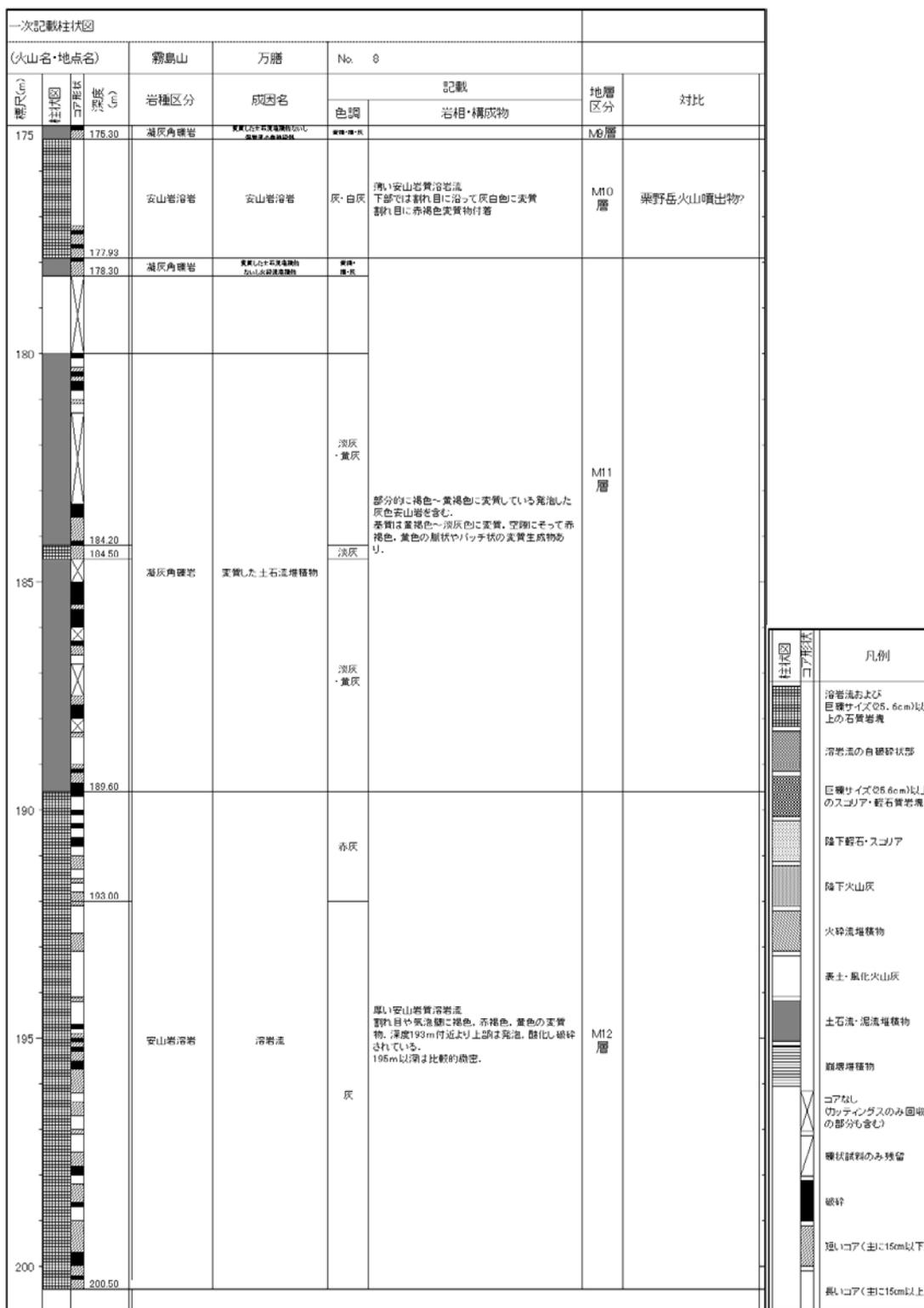


図5 霧島山万膳観測井コアの柱状図(つづき)

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

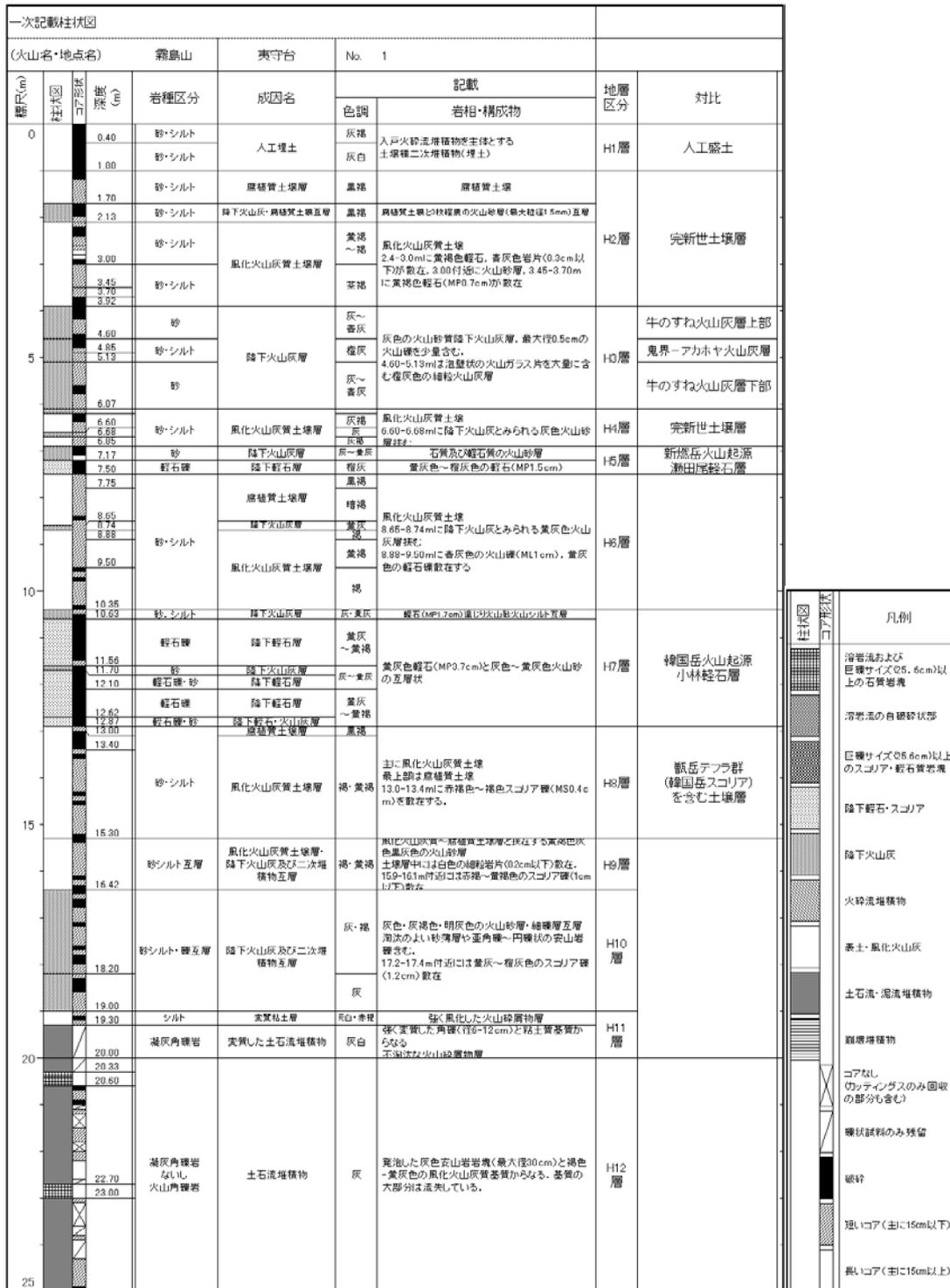


図6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site.

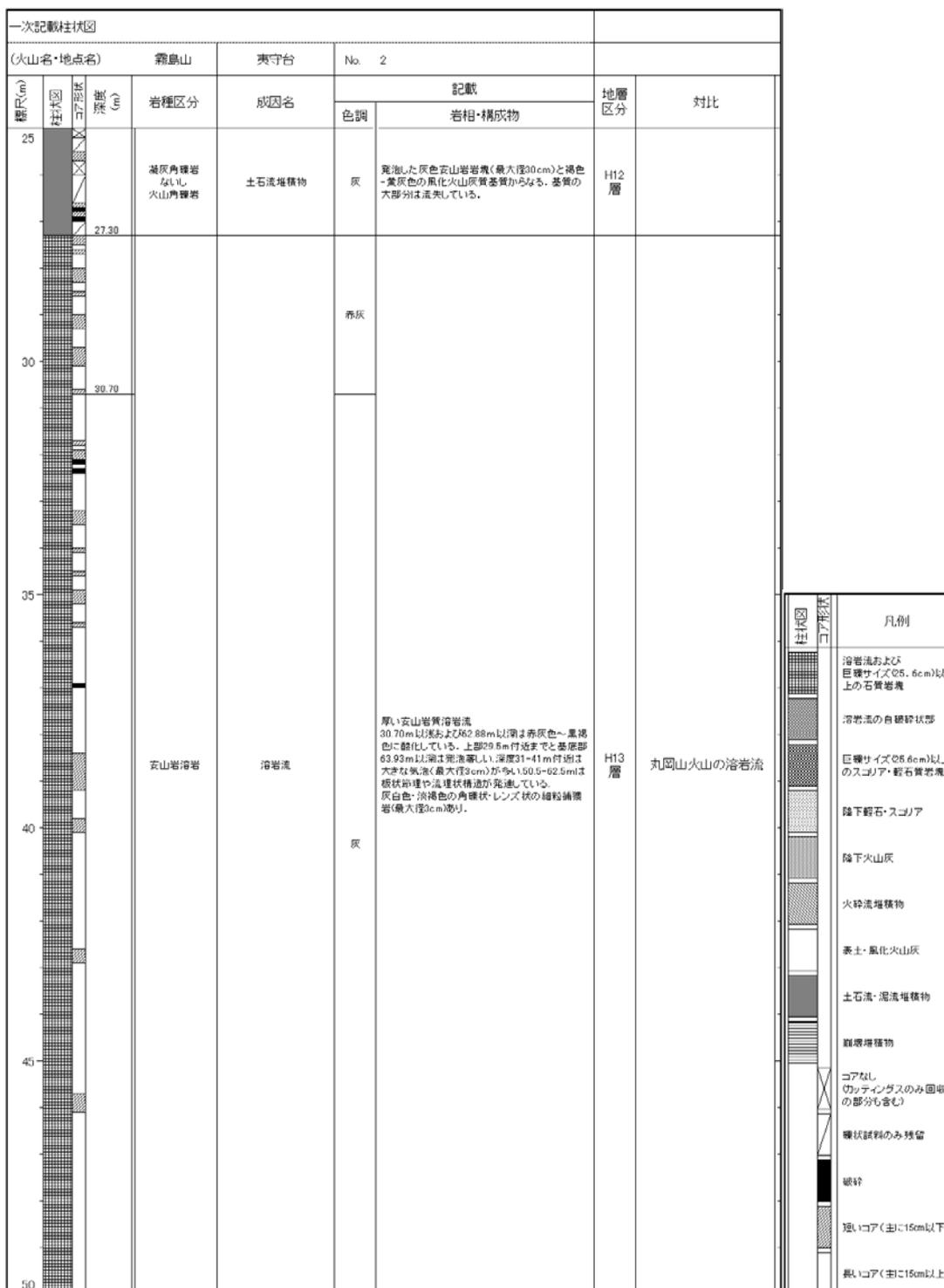


図6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

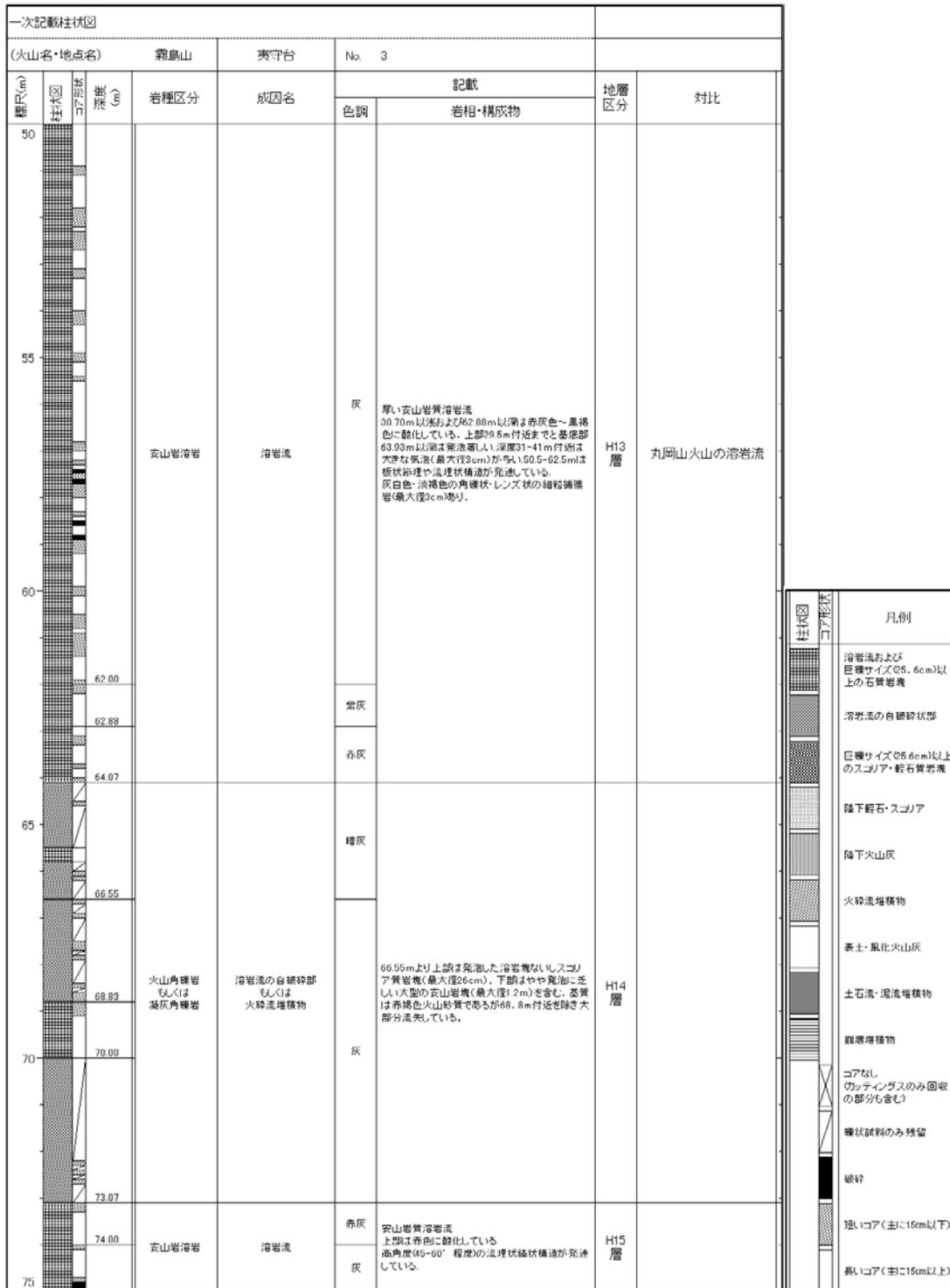


図6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

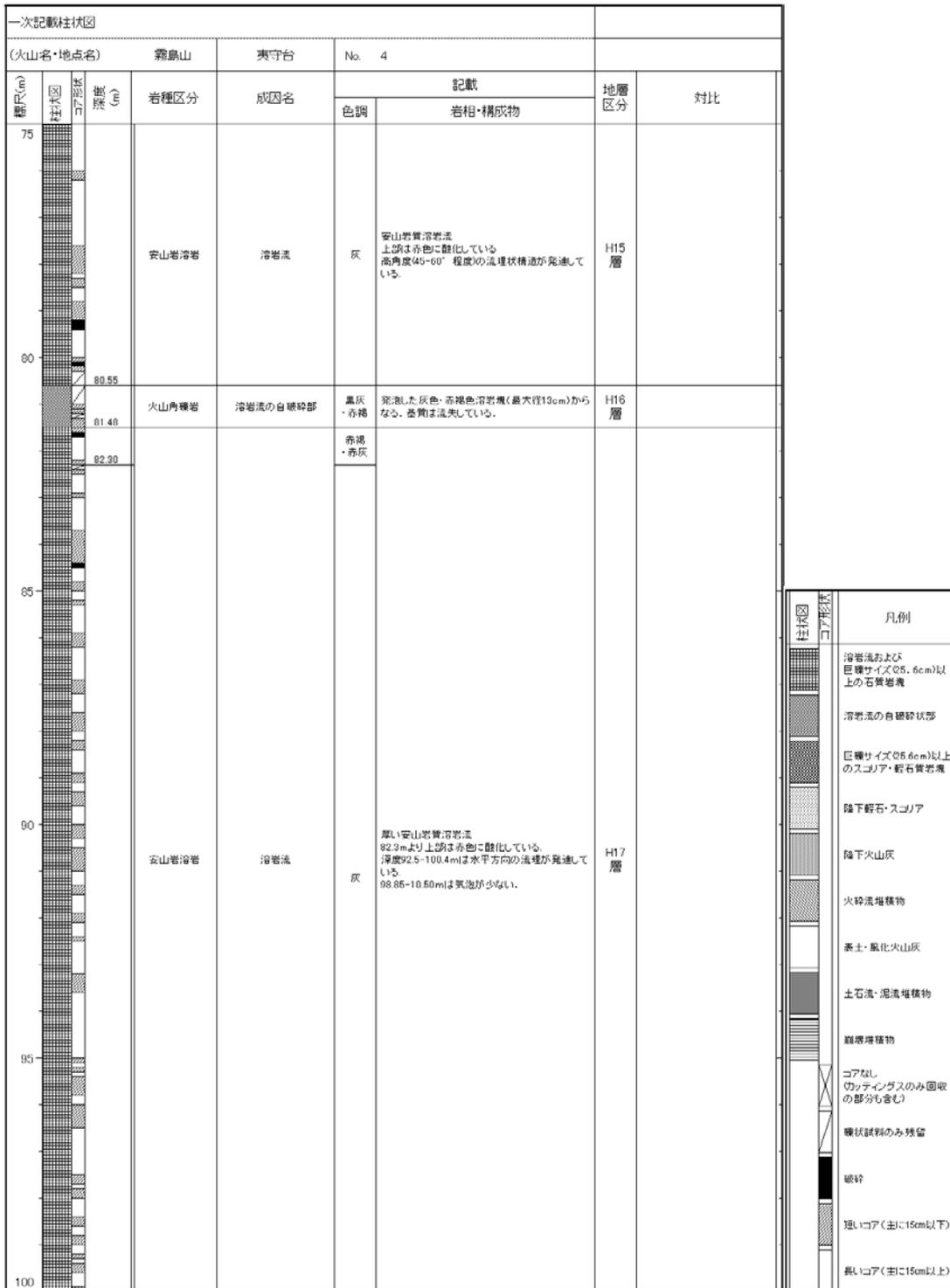


図6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

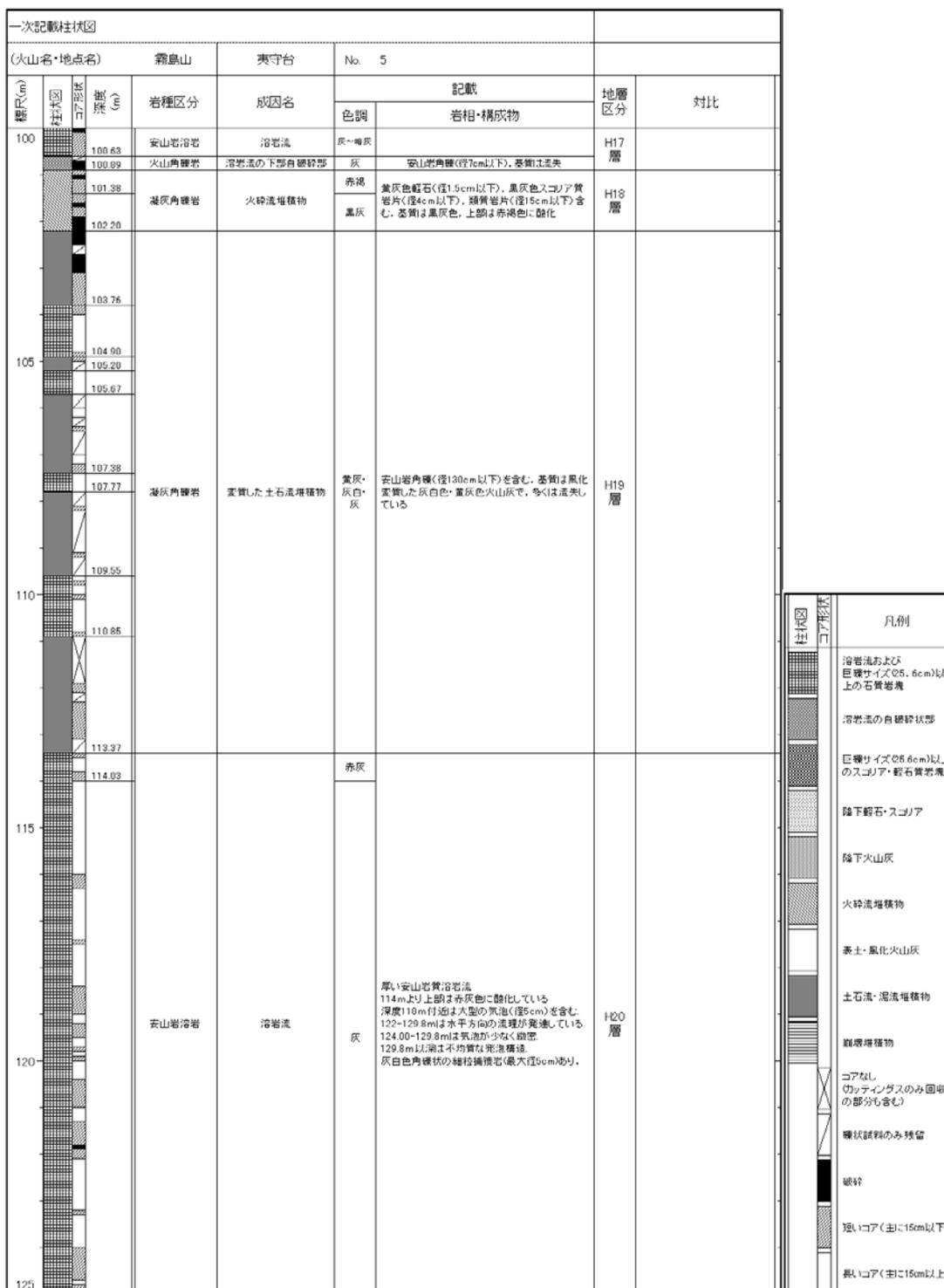


図 6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

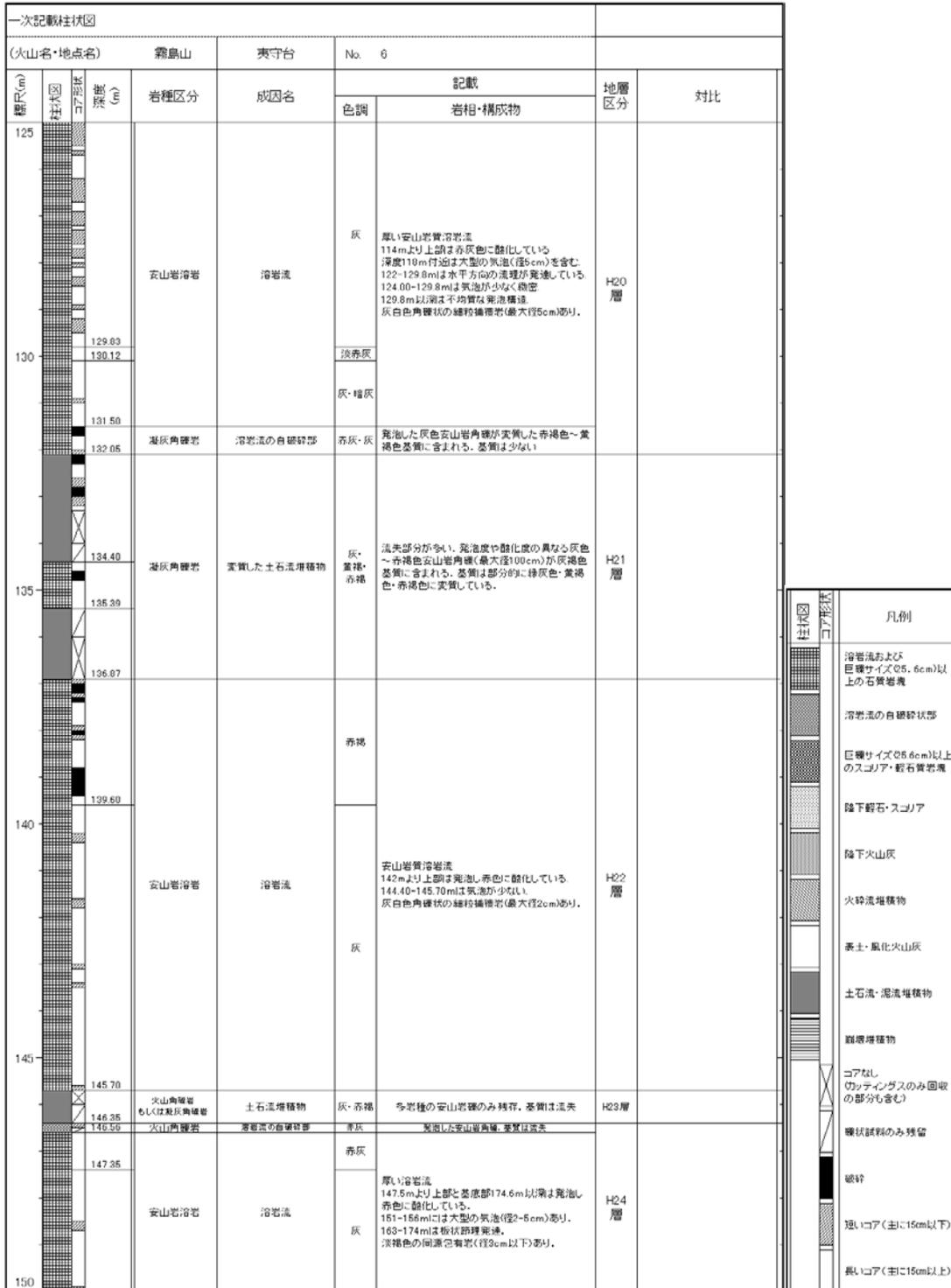


図6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

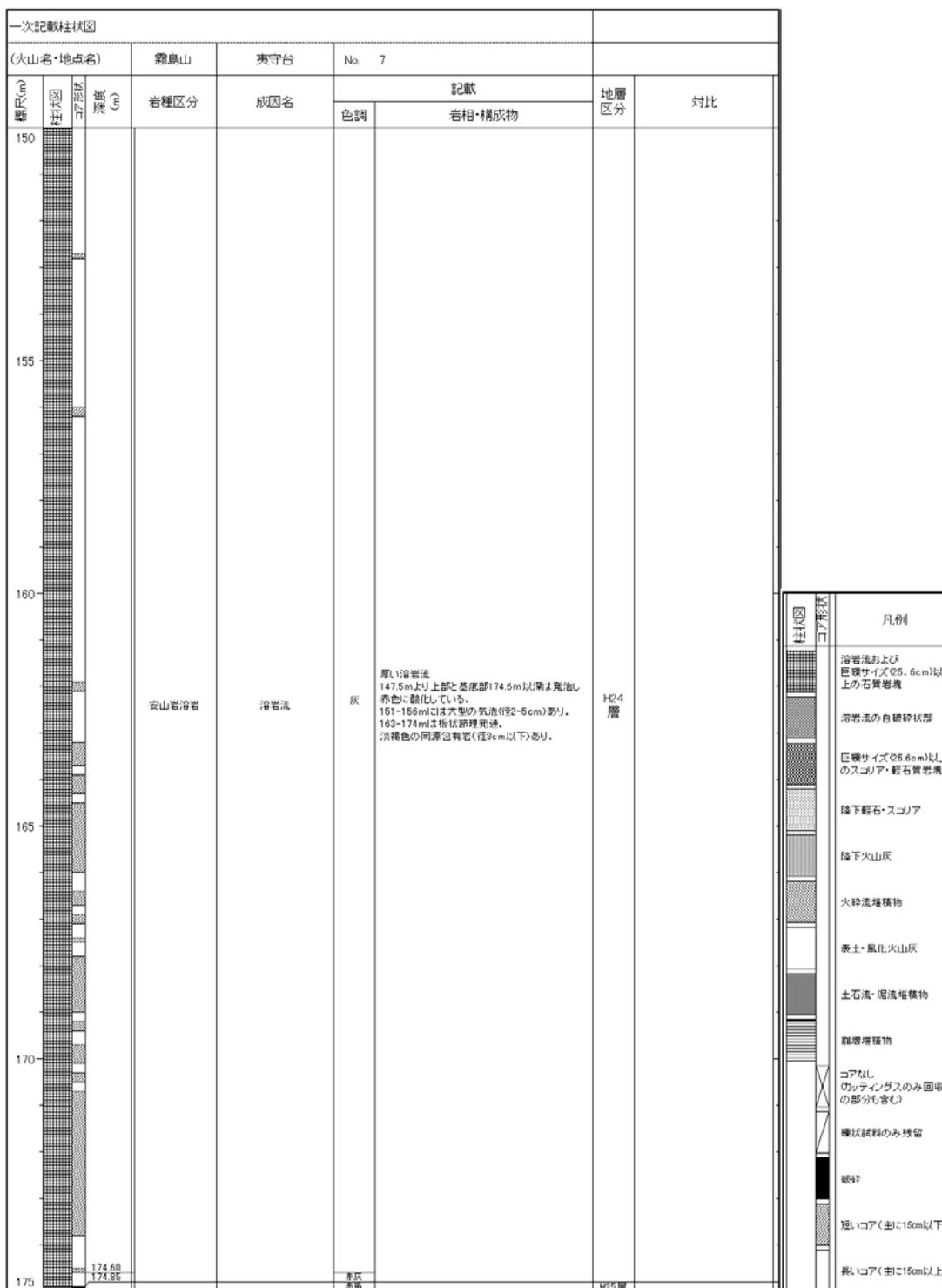


図 6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

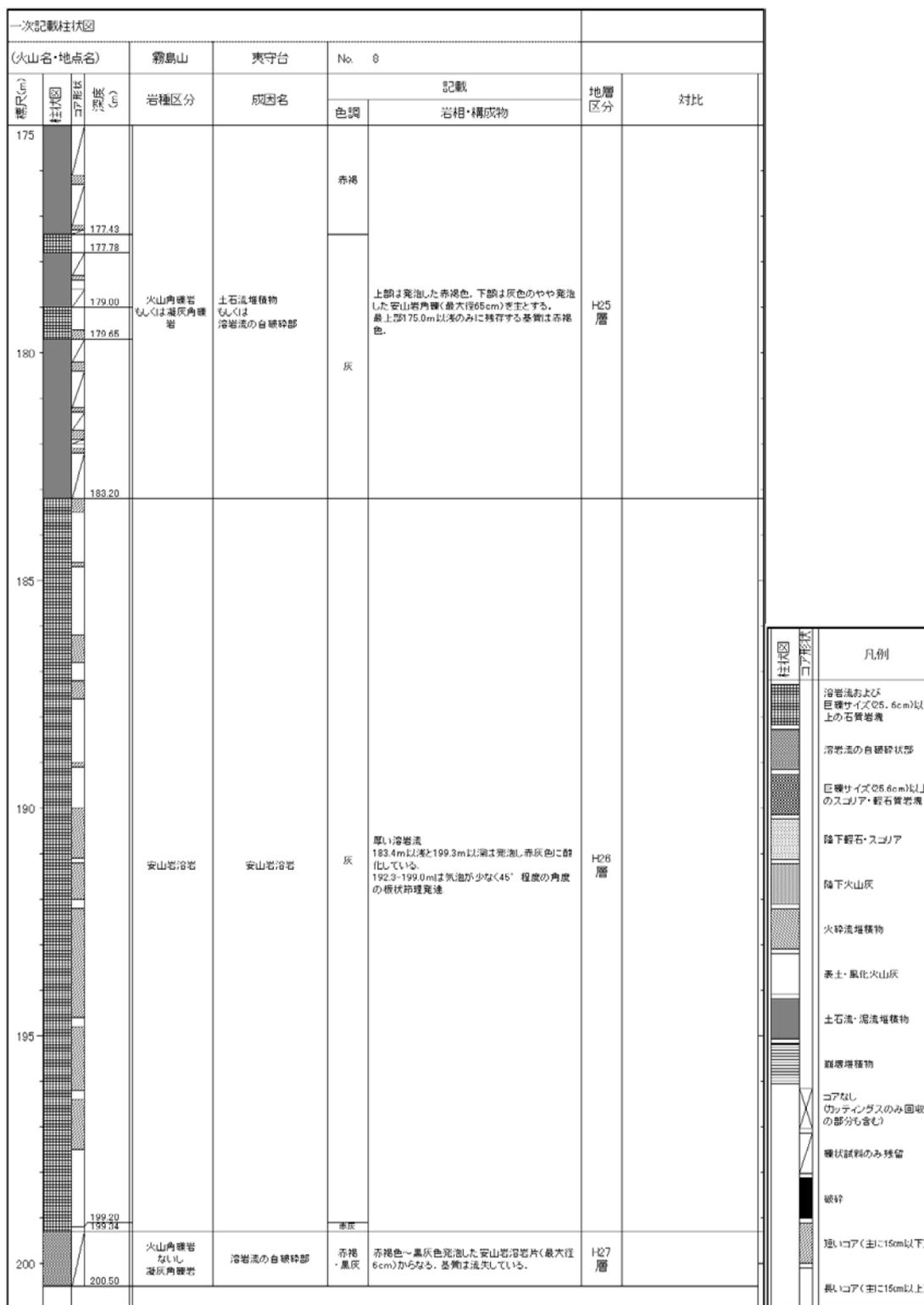


図6 霧島山夷守台観測井コアの柱状図(つづき)

Fig. 6 Columnar section and description of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site (continued).

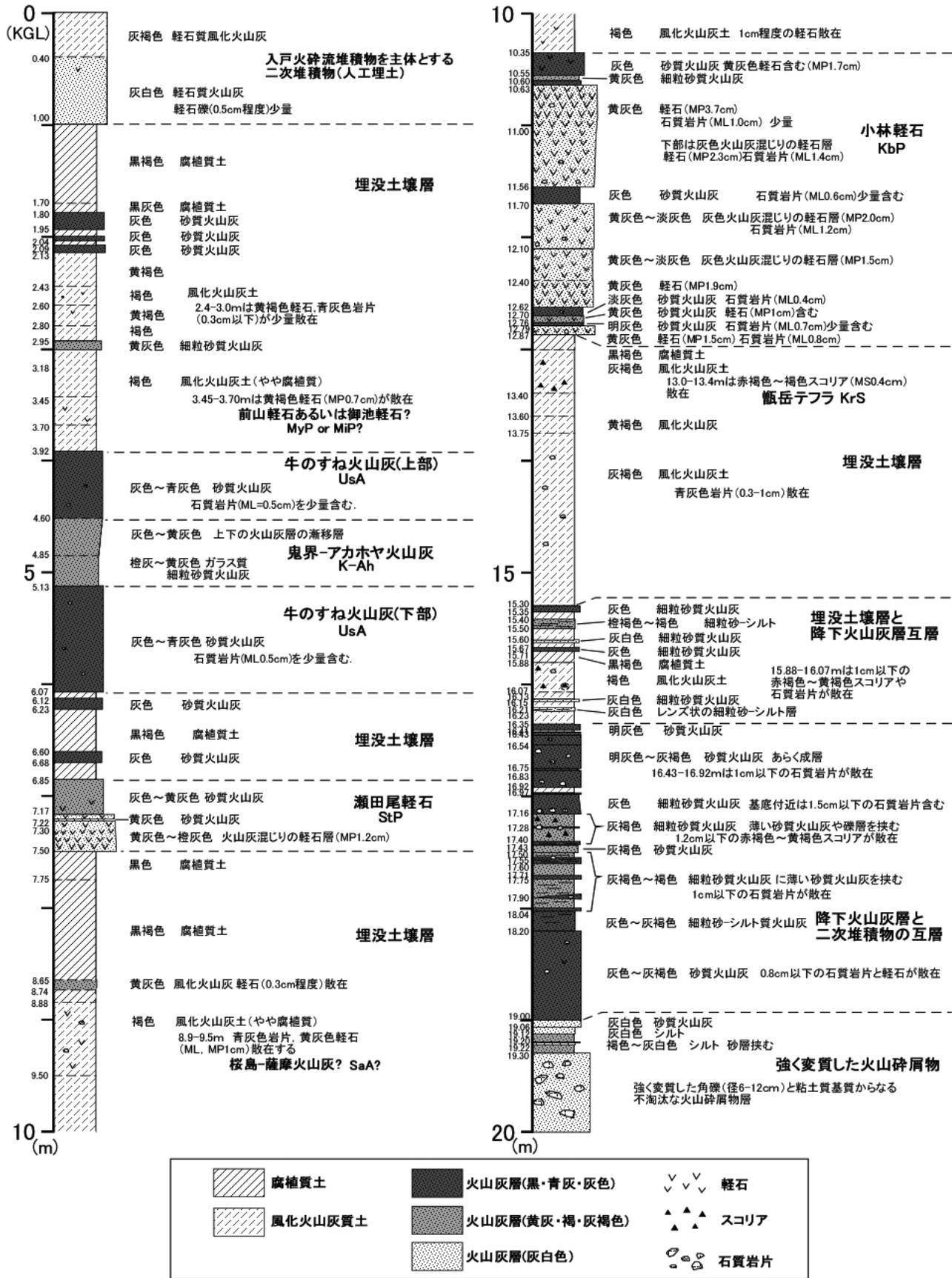
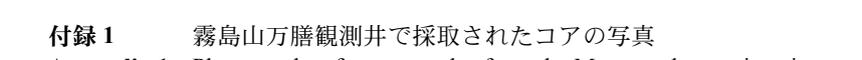


図7 霧島山夷守台コア最上部のテフラ柱状図
Fig. 7 Tephra columnar section and description of uppermost part of the borehole core taken at the Hinamoridai observation site.

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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真
 Appendix 1 Photographs of core samples from the Manzen 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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)

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

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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of core samples from the Manzen 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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)

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

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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 1 Photographs of core samples from the Manzen 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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)

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

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 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)

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

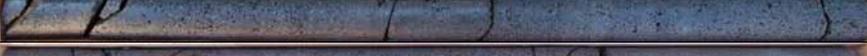
深度	コア	深度
175m		176m
176m		177m
177m		178m
178m		179m
179m		180m
180m		181m
181m		182m
182m		183m
183m		184m
184m		185m
185m		186m
186m		187m
187m		188m
188m		189m
189m		190m
190m		191m
191m		192m
192m		193m
193m		194m
194m		195m
195m		196m
196m		197m
197m		198m
198m		199m
199m		200m
200m		201m

写真：日鉄鉱コンサルタント

付録1 霧島山万膳観測井で採取されたコアの写真(つづき)
 Appendix 1 Photographs of core samples from the Manzen observation site (continued).

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2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真
 Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai 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2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai observation site (continued).

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

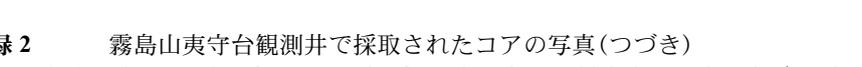
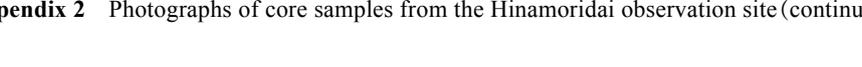
付録2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai 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2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai observation site (continued).

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

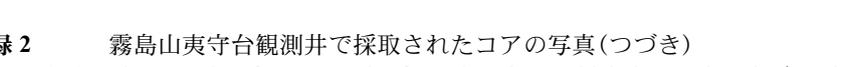
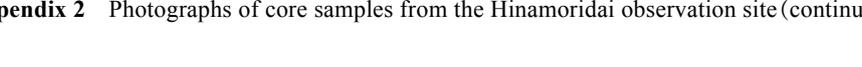
付録2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai 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 2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai observation site (continued).

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2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai 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

写真：日鉄鉱コンサルタント

付録2 霧島山夷守台観測井で採取されたコアの写真(つづき)

Appendix 2 Photographs of core samples from the Hinamoridai observation site (continued).



写真1 霧島山万膳火山観測施設全景
Photo 1 Full view of the Manzen observation site (KRMV).



写真2 霧島山夷守台火山観測施設全景
Photo 2 Full view of the Hinamoridai observation site (KRHV).



写真3 万膳観測井においてKGLより浅部に露出したアカホヤ火山灰の可能性が高い火山灰層
Photo 3 Ash layer likely to be correlated with K-Ah tephra is exposed at depths of between GL and KGL in KRMV site.



写真4 万膳コア深度19.1 m, 安山岩質溶岩流
Photo 4 Andesite lava flow: 19.1 m deep, KRMV site.



写真5 万膳コア深度68.4 m, 安山岩質溶岩流とそこに含まれている同源包有岩
Photo 5 Andesite lava flow containing cognate inclusion: 68.4 m deep, KRMV site.

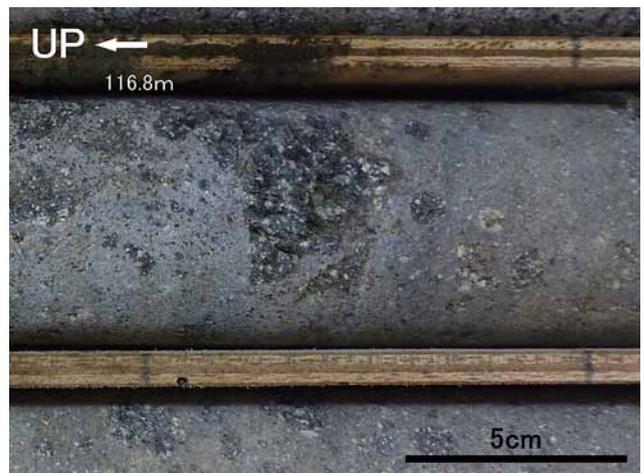


写真6 万膳コア深度116.8 m, 安山岩質の凝灰角礫岩 (火砕流堆積物)
Photo 6 Andesitic tuff breccia (pyroclastic flow deposit): 116.8 m deep, KRMV site.



写真7 万膳コア深度 123.8 m, 変質した凝灰角礫岩に含まれる砂 - シルト薄層
Photo 7 Intercalated sand and silt layers in altered tuff breccia: 123.8 m deep, KRMV site.



写真8 万膳コア深度 152.3 m, 安山岩質溶岩流
Photo 8 Andesite lava flow: 152.3 m deep, KRMV site.

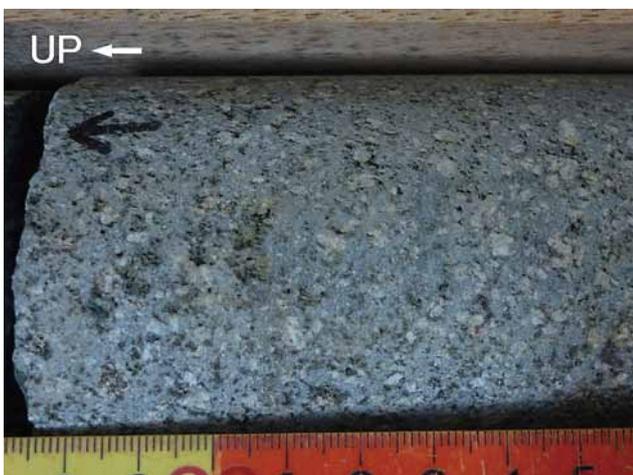


写真9 万膳コア深度 175.9 m, 安山岩質溶岩流
Photo 9 Andesite lava flow: 175.9 m deep, KRMV site.

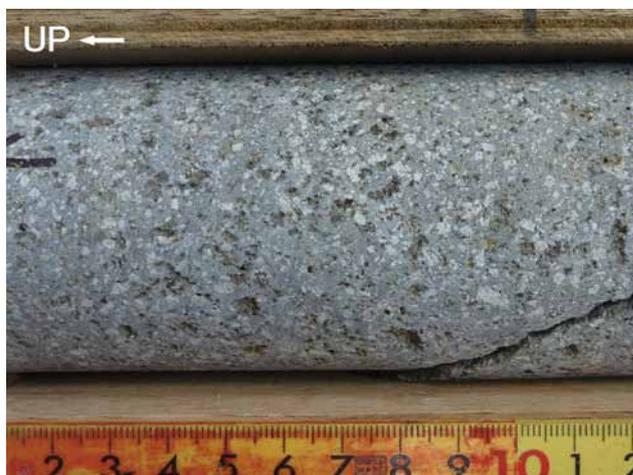


写真10 万膳コア深度 194.1 m, 安山岩質溶岩流
Photo 10 Andesite lava flow: 194.1 m deep, KRMV site.



写真11 夷守台コア深度 8.9 m, 土壤中に散在する軽石と石質岩片
Photo 11 Scattered pumice lapilli and lithic fragments in buried soil layer: 8.9 m deep, KRHV site.



写真12 夷守台コア深度 13.4 m, 土壤中に散在するスコリア
Photo 12 Scattered scoria lapilli in buried soil layer: 13.4 m deep, KRHV site.



写真13 夷守台コア深度15-20 m, 土壌と降下テフラ, 二次堆積物の互層

Photo 13 Alternating layers of buried soil, air fall tephra and secondary deposits: 15 to 20 m deep, KRHV site.



写真14 夷守台コア深度17.6 m, 成層した火山灰層

Photo 14 Stratified ash layer: 17.6 m deep, KRHV site.

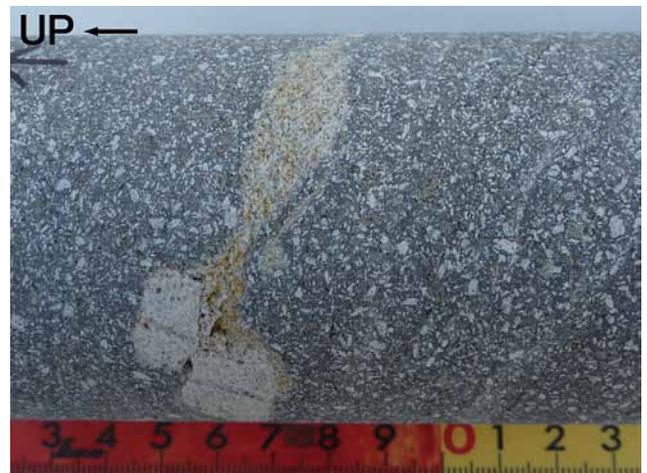


写真15 夷守台コア深度62.8 m, 安山岩質溶岩流とそこに含まれている堆積岩源捕獲岩

Photo 15 Andesite lava flow containing sedimentary xenolith: 62.8 m deep, KRHV site.



写真16 夷守台コア深度99.3 m, 安山岩質溶岩流

Photo 16 Andesite lava flow: 99.3 m deep, KRHV site.



写真17 夷守台コア深度101.4 m, 軽石を含む安山岩質の凝灰角礫岩(火砕流堆積物)

Photo 17 Andesitic tuff breccia including pumice lapilli (pyroclastic flow deposit): 101.4 m deep, KRHV site.

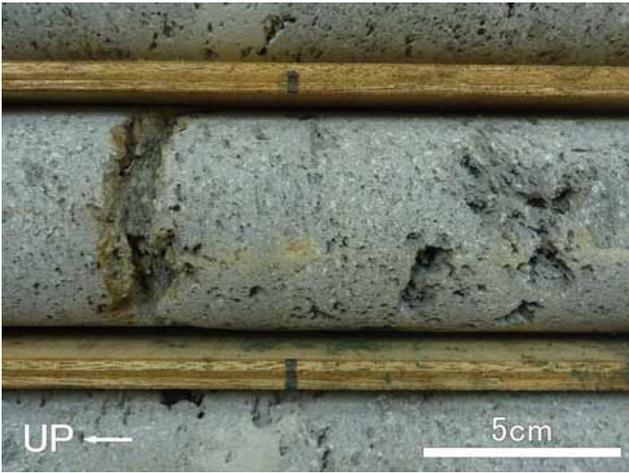


写真 18 夷守台コア深度 118.1 m, 安山岩質溶岩流
Photo 18 Andesite lava flow: 118.1 m deep, KRHV site.



写真 19 夷守台コア深度 132.6 m, 部分的に変質した安山岩質凝灰角礫岩(土石流堆積物)
Photo 19 Partly altered andesitic tuff breccia (debris flow deposit): 132.6 m deep, KRHV site.



写真 20 夷守台コア深度 144.9 m, 安山岩質溶岩流
Photo 20 Andesite lava flow: 144.9 m deep, KRHV site.



写真 21 夷守台コア深度 163.8 m, 安山岩質溶岩流
Photo 21 Andesite lava flow: 163.8 m deep, KRHV site.

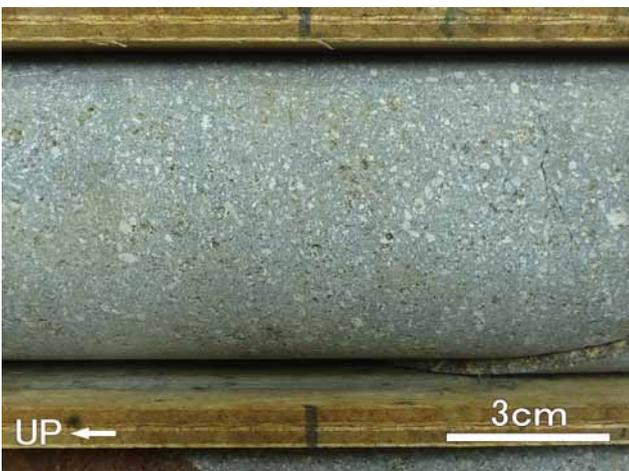


写真 22 夷守台コア深度 186.1 m, 安山岩質溶岩流
Photo 22 Andesite lava flow: 186.1 m deep, KRHV site.

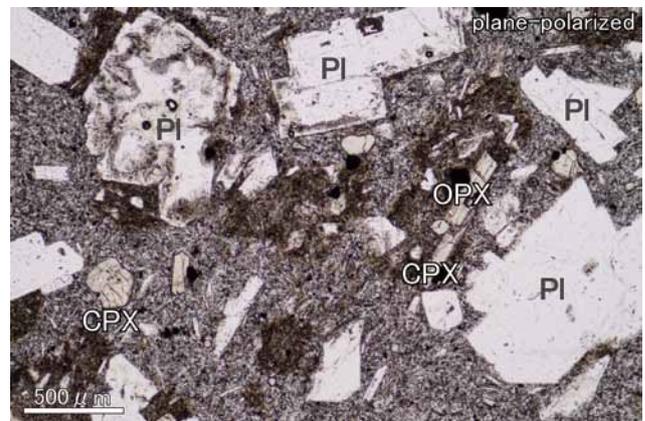


写真 23 万膳コア深度 19.00 m, M3 層溶岩の偏光顕微鏡写真
Photo 23 Polarized-light micrograph of M3 andesite lava: 19.00 m deep, KRMV site.

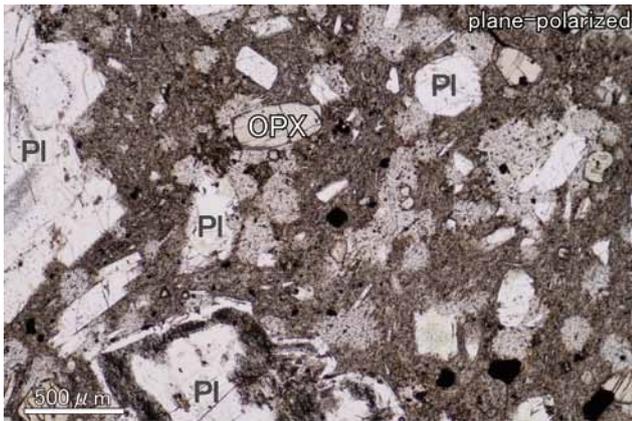


写真 24 万膳コア深度 98.8 m, M5 層溶岩の偏光顕微鏡写真

Photo 24 Polarized-light micrograph of M5 andesite lava: 98.8 m deep, KRMV site.

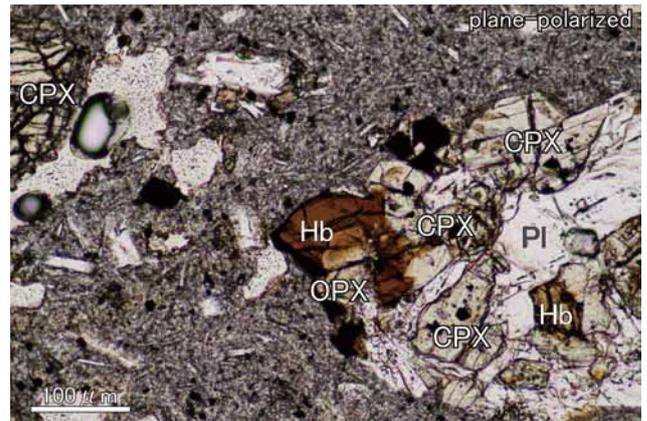


写真 25 万膳コア深度 175.9 m, M10 層溶岩の偏光顕微鏡写真

Photo 25 Polarized-light micrograph of M10 andesite lava: 175.9 m deep, KRMV site.

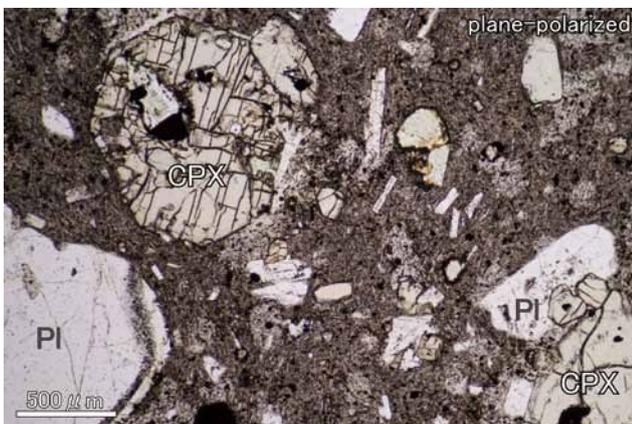


写真 26 万膳コア深度 200.5 m, M12 層溶岩の偏光顕微鏡写真

Photo 26 Polarized-light micrograph of M12 andesite lava: 200.5 m deep, KRMV site.

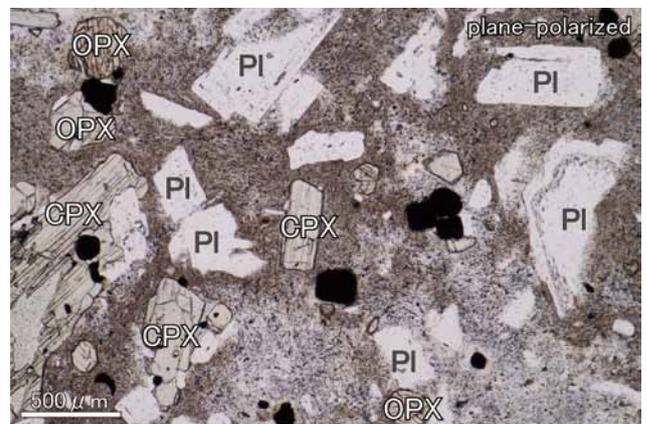


写真 27 夷守台コア深度 54.6 m, H13 層溶岩の偏光顕微鏡写真

Photo 27 Polarized-light micrograph of H13 andesite lava: 54.6 m deep, KRHV site.

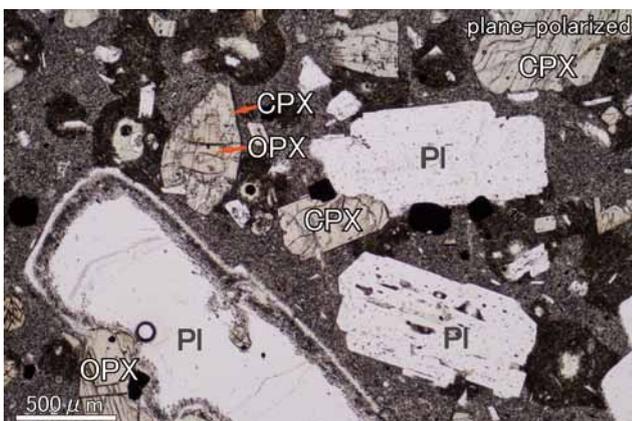


写真 28 夷守台コア深度 144.8 m, H22 層溶岩の偏光顕微鏡写真

Photo 28 Polarized-light micrograph of H22 andesite lava: 144.8 m deep, KRHV site.

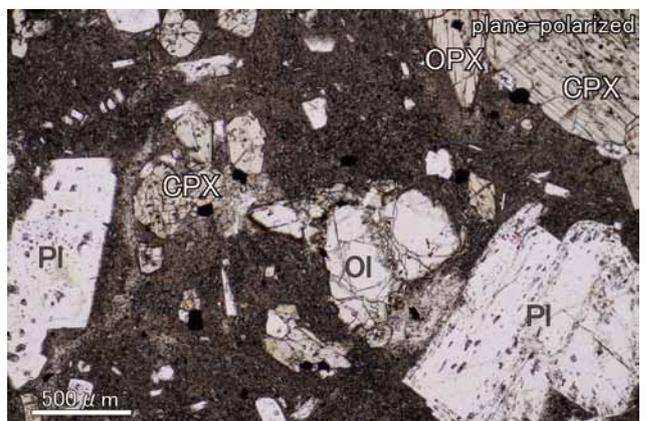


写真 29 夷守台コア深度 194.7 m, H26 層溶岩の偏光顕微鏡写真

Photo 29 Polarized-light micrograph of H26 andesite lava: 194.7 m deep, KRHV site.