

雫石盆地西縁断層帯（岩手県）の中期更新世以降の平均変位速度 Slip rate of the Shizukuishi–Bonchi–Seien fault zone in Iwate Prefecture, NE Japan, since the Middle Pleistocene

丸山 正¹・齋藤 勝²・岩崎 将明³・亀高 正男³

MARUYAMA Tadashi¹, SAITO Masaru², IWASAKI Masaaki³ and KAMETAKA Masao³

¹ 活断層・火山研究部門（AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, tadashi-maruyama@aist.go.jp）

² 栃木県那須塩原市（Nasushiobara, Tochigi 325-0067, Japan）

³ 株式会社ダイヤコンサルタント（Dia Consultants Co., Ltd., Saitama, Saitama 331-0811, Japan）

Abstract: The Shizukuishi–Bonchi–Seien fault zone (the western marginal fault zone of the Shizukuishi Basin) in Iwate Prefecture is an NNE–SSW-trending, west-side-up reverse fault zone that extends for approximately 17 km. This fault has been evaluated to be capable of generating a large earthquake of about M 6.9 accompanied by about 1 m west-side-up maximum vertical displacement at ground surface based on its surface length. However, due to the lack of quantitative data on activity such as long-term slip rate and paleoseismic history, the future probability of the large earthquake is assessed to be unknown. In order to quantitatively estimate the long-term slip rate of the Shizukuishi–Bonchi–Seien fault zone, we conducted the following investigations on the Nishine-juzoku fault (Nishine-subordinate fault), a major element of the fault zone; i) classification of the geomorphic surfaces and measurement of vertical separation of faulted originally identical surfaces based on interpretation of aerial photographs and detailed topographic images created from lidar-derived digital elevation models; ii) accurate measurement of coordinates and elevations of stratigraphic boundaries at each outcrop by in-situ surveying in conjunction with the detailed outcrop mapping on both sides of the fault; iii) grasp of the distribution of stratigraphy on the downthrown side (footwall side) of the fault by a 80-m-deep boring survey; iv) estimation of height difference in the faulted key geological markers, including the depositional surface of the Shinogamori Pyroclastic Flow Deposit, upper surface of the Arine Formation and erosional surface of the Takakura Volcanic Products, based on the geological cross section created from the outcrop observations, stratigraphic and geotechnical examinations of the drill core, and topographic surveying; v) numerical dating (fission-track dating for the Shinogamori Pyroclastic Flow Deposit and K–Ar dating for the Genbu-onsen Lava and the lava from the Takakura Volcanic Products) and tephra analyses of sediments, for constraining the ages of the faulted sediments and lavas. The eruption age and throw of the Shinogamori Pyroclastic Flow Deposit yield a vertical component of slip rate of 0.4 ± 0.2 mm/yr since 70 ± 30 ka. The vertical component of the slip rates since the Middle Pleistocene as estimated from upper surfaces of the Arine Formation and erosional surface of the Takakura Volcanic Products are roughly consistent with that estimated from the Shinogamori Pyroclastic Flow Deposit.

キーワード：雫石盆地西縁断層帯，活断層，平均変位速度，フィッション・トラック年代測定，K–Ar年代測定，詳細露頭調査，ボーリング調査

Keywords: Shizukuishi–Bonchi–Seien fault zone, active fault, slip rate, fission-track dating, K–Ar dating, detailed outcrop examination, boring survey

1. はじめに

雫石盆地西縁断層帯は，岩手県岩手郡雫石町玄武洞付近から同町鶯宿付近に至る長さが約 17 km で北北東–南南西に延びる，北から西根従属断層，晴山沢断層，袖山断層，西根断層によって構成される，全体として断層の西側が相対的に隆起する逆断層である（地震調査研究推進本部地震調査委員会，

2005a）（第 1 図）．1998（平成 10）年に発生した岩手県内陸北部の地震（マグニチュード $M 6.1$ ）に伴い，本断層帯北部の一部に沿って篠崎地震断層と名付けられた地表地震断層（本稿では以下，地震断層と呼ぶ）が出現した（越谷ほか，1998）（第 1，2 図）．この地震断層については，越谷ほか（1998）により詳細な出現位置や変位量が報告され，また宮内ほか（1998）により第四紀後期の活動性について検討されている．

さらに、地震後に実施された地震断層を対象としたトレンチ調査により本断層帯の活動履歴が検討された(吾妻ほか, 1999)。それらの結果に基づいて、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005a)は、1998年の地震で出現した地震断層は本断層帯固有の活動ではなく、本断層帯固有の活動の最新のものはトレンチで確認された約2,800年前以後、14世紀以前の地層に明瞭な変位を与えている活動と評価した。ただし、この最新活動に先立つ活動についての情報は得られていない。

一方、雫石盆地西縁断層帯の平均変位速度については、これまでに活断層研究会編(1981, 1990)や土井ほか(1998)、宮内ほか(1998)などにより地形・地質調査に基づいて算出が試みられてきた。土井ほか(1998)は、秋田・岩手県境の奥羽山脈から北上山地まで広く分布する渋民溶結凝灰岩(1~0.7 Ma)の上面高度を指標として、上下変位量が最も大きくなる西根断層群(活断層研究会編, 1981, 1990; 土井ほか, 1998)中央部における上下方向の平均速度を0.35~0.40 mm/yrと推定した。また、宮内ほか(1998)は、同断層帯を構成する断層による地形面の変位量と推定される形成年代から、F1(西根断層)では0.3~0.5 mm/yrの、F2(西根従属断層)では0.5 mm/yrほどの、F3(袖山断層:逆向き)では0.3 mm/yrほどの、F4(晴山沢断層)では0.5 mm/yrほどの上下方向の平均変位速度を推定し、それらを単純に合算した場合、西根断層群の上下方向の平均変位速度が1.0 mm/yrに達し、A級の活断層となるとした。しかしながら、これらの調査・研究により報告された平均変位速度について評価を行なった地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005a)では、本断層帯はB級程度の活動度を持つことが示唆されるが、変位量の見積もりや変位基準の年代推定に関し不明な点があるために特定することができないとの理由から、平均変位速度は不明と評価されている。

雫石盆地西縁断層帯の将来の活動については、全体が1つの区間として活動した場合、その長さからM6.9程度の地震が発生する可能性があり、その際には断層近傍の地表面では、西側が東側に対して相対的に1 m程度高まる低崖や撓みが生じる可能性があるとして示されている。ただし、上述したように平均活動間隔や平均変位速度が明らかでないため、将来本断層帯を震源とする地震の発生する長期確率を求めることはできない、と述べられている(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005a)。

雫石盆地西縁断層帯周辺では、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005a)による評価の後、国土交通省により航空レーザ計測が実施され、このデータを使用することで詳細な地形解析が可能となった。また、1998年の岩手県内陸北部の地震では、断層帯北部を構成する西根従属断層沿いに短いながらも明瞭な地震断層が出現し、そこでの断層位置が明確に

なった(第2図)。さらに、既存地質図によると、葛根田川左岸地域では、地震断層が出現した西根従属断層周辺に複数の変位基準となる地層が分布しており(例えば、土井, 2000)(第2図)、それらの落差と年代を明らかにすることで、信頼度の高い上下方向の平均変位速度の検討が可能になると見込まれた。加えて、西根従属断層近傍の葛根田川左岸地域では、雫石町道館・玄武温泉線(旧県道西山一保内線)(通行止め路線)が吹付工や植生工(法面植栽工)から免れた状態で放棄されているため、断層上盤側(相対的隆起側)における地層の露出状況が良好であることが現地で確認された。そのため、この道路沿いの詳細な地質踏査を実施し、断層の落下側(下盤側)でボーリング調査を実施することにより、地層の落差を精度良く見積もられることが期待された。なお、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005a)では、西根従属断層の西方に同断層と平行する晴山沢断層が示されているが、都市圏活断層図(八木ほか, 2002)や大縮尺の活断層分布図(宮内ほか, 1998; 池田ほか編, 2002)には同断層は活断層と認定・表示されていない。したがって、葛根田川左岸地域における確実な活断層は西根従属断層のみである(第2図)。

これに対して、1998年の岩手県内陸北部の地震で出現した地震断層以南の雫石盆地西縁断層帯については、断層トレースが複数条に分岐すること(例えば、宮内ほか, 1998; 池田ほか編, 2002; 八木ほか, 2002)(第2図)、背後(西方)に地すべり地形が発達すること(例えば、八木ほか, 2002)、断層の両側で明瞭な変位基準となる地形および地層に乏しいことから、平均変位速度を精度良く見積もることは容易ではないと判断された。

そこで、本調査では、雫石盆地西縁断層帯の更新世中期以降の活動性、特に上下方向の平均変位速度を推定することを目的として、断層が一条に収斂し、また複数の変位基準が存在する断層帯北部の葛根田川左岸地域における西根従属断層を対象として以下の調査を行なった。i)空中写真および既存の航空レーザ計測詳細デジタル地形データを用いた地形面区分および地形面の落差の計測。ii)断層の両側での詳細な地質踏査ならびにこれと併せて実施した測量による露頭位置の座標および地層境界の標高の正確な計測。iii)断層の落下側でのボーリング調査(1孔:掘削深度80 m)による断層下盤側の地層の分布の把握。iv)露頭踏査およびボーリング調査により作成した地質断面図に基づく変位基準の落差の推定。v)断層変位を受けた地層の形成年代を明らかにするための各種試料分析(火砕流堆積物のフィッシュン・トラック(FT)年代測定、溶岩のK-Ar年代測定、細粒堆積物の火山灰分析など)。なお、本調査において西根従属断層の分布は、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005a)に従った。

2. 地形・地質概要

2.1. 地形

調査地域は、岩手山南麓と雫石盆地西方を南北に延びる山地との間の狭小な谷沿いを南東～南南東に流下する葛根田川の谷口付近にあたる雫石盆地内北端部に位置する（第1, 2図）。葛根田川は雫石盆地内を南流し、雫石集落西方で東流する竜川と合流し雫石川となる。雫石川はその後東流し、盛岡付近で北上川に合流する（第1図）。

雫石盆地内北端部の西根^{さいこん}内から葛根田川の右岸（西岸）側では、高倉山（標高1,408.4 m）、叢森山（標高1,540.8 m）、湯森山（標高1,471.5 m）などの火山の南東斜面と、葛根田川が形成する沖積低地の境界が北北東～南南西に延び、概ねその地形境界に沿って雫石盆地西縁断層帯が分布している（例えば、活断層研究会編, 1980, 1991；宮内ほか, 1998；池田ほか編, 2002；八木ほか, 2002）（第1図）。

一方、葛根田川左岸（東岸）には、岩手山（標高2,038.0 m）および岩手山に連なる犬倉山（標高1,408 m）、大松倉山（標高1,407.5 m）などの火山の南斜面が広がる（第1, 2図）。火山斜面は緩やかに南に傾斜し、須藤・石井（1987）によると火山岩層および降下火砕物の広い分布域となっており、火山岩層の堆積原面であると推定される。この堆積原面は、有根沢、正徳沢、白川沢などの谷により開析されている（第2図）。本調査地域およびその北方延長では、この堆積原面を切って北北東～南南西～北北西～南南東方向に延びる比高30～40 m程度の東向きの崖が分布している。これは雫石盆地西縁に分布する断層の北方延長の断層崖とされており（例えば、宮内ほか, 1998；八木ほか, 2002）（第2図）、この崖の基部に沿って正徳沢が流下している。この正徳沢の最上流部の岩手山南西斜面にある噴火口を噴出源として流出した玄武温泉溶岩（G11）の分布域が土井（2000）および伊藤・土井（2005）により示されている（第2図）。この玄武温泉溶岩は、有根沢と正徳沢の間を南南西方向に流下し、西根従属断層西方の玄武温泉付近の葛根田川左岸に達している（第2図）。

2.2. 地質

土井（1984, 2000）および須藤・石井（1987）によると、調査地域付近には、安山岩質の火山碎屑岩、安山岩質溶岩、火砕流堆積物、段丘堆積物、降下火砕物などが分布する（第2図）。西根従属断層近傍の葛根田川左岸に分布する地層の模式地質柱状図および地層名を第3a図に示す。現地での概査によると、このうち安山岩質溶岩は、長山^{あひね}有根の玄武温泉東方とその周辺における葛根田川左岸の西向きの急崖に認められる（第3b図）。この層厚10～15 mの柱状節理の発達する溶岩の下位には層厚10 m弱の円礫層が

分布する（第3b図）。さらに、円礫層の下位には安山岩質の凝灰角礫岩とそれに挟在する亀裂質の安山岩質溶岩が確認される（第2, 3c図）。この円礫層の下位の溶岩は凝灰角礫岩を伴うことを含め、その分布位置と岩相から、土井（2000）の高倉火山噴出物であると判断される。一方、円礫層上位の溶岩については、須藤・石井（1987）では小松倉森溶岩とされ、土井（2000）および伊藤・土井（2005）では上述した岩手火山南西斜面の側火山から噴出した玄武温泉溶岩とされている。ここでは、この溶岩については土井（2000）および伊藤・土井（2005）を踏襲し、玄武温泉溶岩とした。一方、円礫層については、須藤・石井（1987）ではその存在を指摘するのみであったが、土井（2000）では、当該円礫層を北上川沿いに分布する渋谷段丘あるいは高松段丘の堆積物と対比させている。また、土井（2000）は長山有根の南方の長山篠ヶ森付近にも渋谷段丘あるいは高松段丘の堆積物に対比される礫層を主体とする地層の分布を示している（第2図）。しかしながら、後述するとおり両者は一部層相が相違しているため、ここでは長山有根の玄武温泉付近を模式地とする円礫層と長山篠ヶ森付近を模式地とする地層を区別し、前者を有根層（新称）、後者を篠ヶ森層（新称）とした。

葛根田川左岸地域では、これらの地層を覆って篠ヶ森火砕流堆積物が西根従属断層の両側に分布する（第2, 3d図）。篠ヶ森火砕流堆積物は、断層の北西側では玄武温泉溶岩の上位に、一方断層の東側では篠ヶ森層の上位に分布する（第2図）。篠ヶ森火砕流堆積物の上位には火山灰、軽石、スコリアおよび火山礫で構成される降下火砕物が分布する。

以上のように、葛根田川左岸の西根従属断層付近における既存地質データおよび現地での概査によると、篠ヶ森火砕流堆積物が同断層の両側に分布しており、また断層上盤側に分布する玄武温泉溶岩、有根層および高倉火山噴出物が断層下盤側では埋没している可能性があり、複数の変位基準の存在が期待される（第2図）。

篠ヶ森火砕流堆積物、玄武温泉溶岩および高倉火山噴出物については、これまでに噴出年代に関するデータが報告されており、それらを整理すると以下のようなになる。篠ヶ森火砕流堆積物中に取り込まれた炭化木に対して1980年代に実施された¹⁴C年代測定の結果、いずれも当時の分析限界を上回る>40 ka（ka：1,000年前）の年代値が報告されている（>40,000 yBP, 須藤, 1983；>41,030 yBP, >40,820 yBP, 土井, 1984）。これに対して、伊藤ほか（2007）は火山灰層序および化学組成から篠ヶ森火砕流堆積物と同時異相と解釈されている雪浦軽石（UP）（中川ほか, 1963；土井, 1984, 1991, 2000）の雪浦降下軽石、伊藤ほか（2007）の岩手～雪浦軽石（Iw-YU）、以下雪浦軽石と呼ぶ）について、大量のジルコン結晶を用いたFT年代測定を実施し、

67±7 ka の年代を報告している。ただし、篠ヶ森火砕流堆積物中の軽石試料に対しては、これまで FT 年代測定は実施されていない。玄武温泉溶岩については、全岩試料を用いた K-Ar 年代測定により、0.954±0.068 Ma の年代が報告されている (Itaya *et al.*, 1984)。高倉火山噴出物については、溶岩の全岩 K-Ar 年代測定により 1.2±0.5 Ma の年代が報告されている (須藤, 1985)。

3. 調査手法

本調査では、西根従属断層の平均変位速度を解明するために、地形・地質調査に基づいて同断層による地形面および地層の落差を正確に見積もり、それら変位基準の形成年代を明らかにするため、年代測定を含む各種試料分析を実施した。

3.1. 地形調査

西根従属断層沿いの地形およびその変形の特徴を明らかにし、同断層による地形面の落差を正確に計測するため、葛根田川沿いの同断層周辺について国土地理院撮影空中写真および同院提供 2 m グリッド航空レーザ詳細デジタル地形データから作成した各種地形表現図 (例えば、陰影図、等高線図など) を用いて地形判読および地形解析を行い、地形分類図 (第 4 図) および地形断面図 (第 5 図) を作成した。また、現地調査により微地形や人工改変の有無の確認、地形面を構成する地層の観察などを行なった。

3.2. 地質調査

前述したように、既存地質資料および現地の概査によると、葛根田川沿いの西根従属断層周辺には、篠ヶ森火砕流堆積物が同断層の両側に分布し、また断層上盤側 (西側) に分布する玄武温泉溶岩、その下位の礫層 (本調査では有根層) および高倉火山噴出物が断層の下盤側 (東側) では埋没していることが想定され、それらが変位基準となる可能性がある (第 2 図)。そこで、本調査ではこれらの変位基準の落差を正確に見積もるため、地層の露出状況の良好な葛根田川左岸沿いの同断層周辺について地質踏査を実施して地層の分布を把握するだけでなく、測量を併せて行い、代表的な露頭観察地点の座標および地層境界の標高を正確に計測した (第 6~9 図, 第 1, 2 表)。測量は、まず測量範囲を囲むように上空の開けた 4 箇所に基準点を設け、GNSS 観測により座標および標高を取得した。それらを基準として、トータルステーションを用いて旧県道沿いにトラバース点を展開し、さらにそれらの点から露頭測量地点 (および後述するボーリング掘削地点) を計測した。各露頭では、測量点からレーザー距離計やスタッフ等を用いて地層およびその境界の分布高度を測定した。各点における分布高度の測定精度は 1 m 程度と考えられる。

本調査では、地質踏査に加えて断層下盤側で埋没している可能性がある地層の分布を把握するため、断層下盤側の 1 箇所深度 80 m のボーリングを 1 孔掘削し、コア径 60 mm のオールコア試料を採取した (第 6, 7, 10, 11 図, 第 3, 4 表)。なお、ボーリングで確認された地層の区分 (有根層相当層と篠ヶ森層相当層) に際して、土質試験 (針貫入試験) を実施した (第 5 表, 第 12a 図)。現地踏査およびボーリング調査の結果を総合して、葛根田川左岸沿いの地質断面図を作成し、変位基準の落差を見積もった (第 13 図)。

3.3. 試料分析

本研究では、西根従属断層の変位基準となる篠ヶ森火砕流、玄武温泉溶岩、有根層、篠ヶ森層および高倉火山噴出物の形成年代を明らかにするために、篠ヶ森火砕流については、ジルコン FT 年代測定 (第 6 表) を、玄武温泉溶岩および高倉火山噴出物の溶岩については、岩石鑑定、全岩化学組成分析および石基部分の K-Ar 年代測定 (第 14~16 図, 第 7~10 表) を、有根層および篠ヶ森層については、細粒部分の火山灰分析 (第 17, 18 図, 第 11~13 表) を実施した。

4. 調査結果

4.1. 地形調査

4.1.1. 地形面区分とその分布

調査地にみられる地形面を、その分布位置、構成物、形成した河川の河床からの高さ等を基に、上位のものから地形面 1、段丘面 1~3、本流で形成された氾濫原および支流で形成された谷底低地に区分した。第 4 図に地形面区分を示す。

【地形面 1】

地形面 1 は断層の両側に広く分布する地形面であり、断層上盤側の玄武温泉東方から断層下盤側の長山館を経て長山篠ヶ森に至る範囲の葛根田川左岸に広く分布する。氾濫原または支流の谷底からの比高は、断層上盤側では 40 m 程度、下盤側では 15~25 m である。地形面 1 は断層上盤側、下盤側ともに南に緩やかに傾斜し、断層にほぼ直交する方向での地形面の東側下がりの高度差は 30 m 程度である (第 5 図)。

上盤側の地形面 1 の構成層は、有根層、玄武温泉溶岩および篠ヶ森火砕流堆積物であり、それぞれ成層した地層が、下位から有根層、玄武温泉溶岩、篠ヶ森火砕流堆積物の順で累重している (第 6 図)。一方、下盤側の構成層は、篠ヶ森層と篠ヶ森火砕流堆積物である (第 6 図)。

【段丘面 1】

段丘面 1 は正徳沢沿いに分布し、東側に分布する段丘面 2 (後述) との比高は 3~4 m 程度である。ここの正徳沢は段丘面 1 の西方を南流しており、同

沢からみれば段丘面1と段丘面2の配置が逆になっている（第4図）。このことは、段丘面1が同面とその東方の段丘面2との間に存在する西根従属断層の活動によって隆起した段丘面2である可能性を示している（第4図）。その場合、両面の比高は落差を示している可能性がある。

〔段丘面2および2'〕

本段丘面は、断層上盤側では玄武温泉東方の支流の谷沿いに、また断層下盤側では正徳沢沿いおよびオノギワラ沢沿いに分布する。氾濫原あるいは谷底低地からの比高は上盤側で25～30 m程度、下盤側で10～15 m程度である。本面を構成する地層は、径20～50 cmの安山岩の垂円～円礫を主体とし、基質はシルト質中粒砂である。正徳沢沿いでは、氾濫原あるいは谷底低地からの比高の違いにより本段丘面を段丘面2および段丘面2'に区分した。

〔段丘面3〕

断層上盤側の葛根田川沿いに分布する。氾濫原または谷底低地との比高は数 m である。

〔氾濫原〕

断層上盤側および下盤側の葛根田川左右岸に広く分布する。葛根田川の河床からの比高は数 m である。断層下盤側の葛根田川右岸には自然堤防とみられる微高地が数列確認される。

〔谷底低地〕

玄武温泉東方の地形面1を開析する谷沿いおよび正徳沢の下流に分布する。

4.2. 地質調査

4.2.1. 層序、各層の層相・層厚・分布等

調査範囲内には、支流を含む葛根田川の侵食運搬作用によりもたらされたシルト層、砂層および礫層、秋田駒ヶ岳などの比較的新しい火山から放出された火山灰、軽石、スコリアおよび火山礫、崖錐性堆積物、岩手火山の側火山から噴出した安山岩質溶岩、高倉山から噴出した溶岩や火砕岩が確認された。それらの地質について、既存資料を参考にするとともに、層位関係、岩相・層相、堆積間隙の有無等を基に、現河床堆積物、氾濫原堆積物、崖錐性堆積物、火山岩屑堆積物、段丘堆積物、篠ヶ森火砕流堆積物、玄武温泉溶岩、有根層、篠ヶ森層および高倉火山噴出物に区分した。踏査範囲におけるこれらの地層の分布を第6図および第9図に示す（現河床堆積物、氾濫原堆積物および崖錐性堆積物を除く）とともに、各地層の特徴を第1表にまとめた。以下に各地層の概要を示す。

〔現河床堆積物〕

葛根田川の河床に堆積する砂質礫層。新鮮な径20～200 cm程度の安山岩垂円～円礫を主体とする。基質は粗粒砂である。

〔氾濫原堆積物〕

葛根田川の谷底低地に広く分布する砂質礫層。新

鮮な径20～200 cm程度の安山岩垂円～円礫を主体とする。基質は粗粒砂である。

〔崖錐性堆積物〕

葛根田川の谷壁斜面基部付近、段丘崖の基部付近、その他崖斜面の基部付近に分布する。シルトを基質とする礫層を主体とする。

〔火山岩屑堆積物〕

岩手火山南麓を形成する火山斜面に広く分布する。火山灰、スコリア、火山礫および軽石からなる。黄褐色を呈す。

〔段丘堆積物〕

葛根田川沿いおよび正徳沢、オノギワラ沢などの支流沿いに分布する。砂質礫層。新鮮な径20～50 cmの安山岩垂円～円礫を主体とする。基質は、葛根田川沿いの段丘堆積物では粗粒砂、支流沿いの段丘堆積物ではシルト質中粒砂である。

〔篠ヶ森火砕流堆積物〕

長山篠ヶ森付近の葛根田川の左岸谷壁に分布する。火山灰、軽石および火山礫からなる（第6図）。軽石および火山礫は径3～20 cm程度で石英安山岩質であり、軽石は灰白色～暗灰色を呈す。主要部は基質支持であり、一部に不明瞭ながら成層構造がみられる。

〔玄武温泉溶岩〕

安山岩質の溶岩。層厚10～15 mで主要部は柱状節理が発達する（第3b図）。上部の数 m 区間は板状の節理が発達し、揮発成分の抜けたとみられる扁平な孔が多数確認される。最下部には、層厚40～100 cmの角礫と砂状部からなるクリンカー一部が分布する。クリンカー部の上位は、厚さ2 m程度主要部より柱状節理の多い区間がある。

〔有根層〕

砂質礫層。新鮮な径10～100 cm程度の安山岩垂円～円礫が主体をなす（第3b, c図）。覆瓦構造が確認される。基質は粗粒砂で半固結状である。玄武温泉北側では最上部に厚さ70 cm程度のシルト質砂層が分布する。土井（2000）では本層を洪民段丘および高松段丘に対比しているが、断層下盤側の長山篠ヶ森付近に分布する篠ヶ森層とは層相が大きく異なることから、本調査では区別している。

〔篠ヶ森層〕

砂質礫層、粗粒砂層、火山礫凝灰岩からなる。断層下盤側の長山篠ヶ森付近の篠ヶ森火砕流堆積物に覆われて分布する。玄武温泉溶岩との層位関係は不明である。上述のとおり、土井（2000）は本層を洪民段丘および高松段丘に対比している。

〔高倉火山噴出物〕

安山岩質の溶岩、凝灰角礫岩、火山角礫岩および凝灰岩からなる。玄武温泉西方の葛根田川の河床および旧県道沿いの崖に露岩する（第3c図）。葛根田川河床に分布する同層は、凝灰角礫岩と火山角礫岩が主体をなし、厚さ数 m の安山岩溶岩と火山礫凝灰

岩が挟在する。旧県道わきの崖に露岩する溶岩は亀裂質である。

4.2.2. 主な地形面と地層の分布高度

航空レーザ詳細地形データを用いた計測や測量に基づいた主な地層と地形面の分布高度は以下の通りである。葛根田川左岸に見られる代表的な露頭の地質柱状図を第8図に示す。

〔氾濫原〕

氾濫原の分布高度は玄武温泉付近で標高365～367 mであり、葛根田川に沿って1.5°程度の傾斜をもってほぼ一様に南東に高度を下げ、後述するボーリング地点(R02-NT-1; 第6, 7図)付近で標高342 m程度となる。

〔段丘面2および1〕

段丘面2および1は、篠ヶ森火砕流堆積物の堆積原面を開析する正徳沢、オノギワラ沢および玄武温泉東方の谷a(第4図に示す)沿いに分布する。玄武温泉東方の谷aに分布する段丘面2は同谷の最下流に分布し、分布高度は392～396 mである。この段丘面2は葛根田川の氾濫原とは25～30 m程度の比高をもつ。一方、正徳沢沿いには段丘面2(2')および段丘面1が分布し、段丘面1が段丘面2より3～4 m程度高い。上述したように、段丘面1は西根従属断層の活動により隆起した段丘面2の可能性がある。正徳沢沿いの段丘面2と葛根田川の氾濫原との比高は15 m程度である。

〔篠ヶ森火砕流堆積物堆積原面および地形面1〕

篠ヶ森火砕流堆積物は、断層上盤側では玄武温泉溶岩を被覆して広く分布している。その厚さは5 m程度であり、降下火砕物によって被覆される。一方、断層下盤側の篠ヶ森火砕流堆積物は篠ヶ森層を被覆し、層厚が15～20 mとなり、降下火砕物に被覆される。分布の上面高度は、上盤側で384～387 mであり、下盤側で356～362 mである。また、葛根田川の左岸谷壁にみられる分布の底面深度は上盤側で380～382 mであり、下盤側で339～341 mの間にある(第8図)。

〔玄武温泉溶岩〕

玄武温泉溶岩は、玄武温泉東方からボーリング地点の西方まで旧県道沿いの葛根田左岸谷壁にほぼ連続的に分布している。分布高度は、玄武温泉東方でおよそ標高376～390 mであり、そこでの層厚は12～15 mである。そこから南方に向けて分布高度を下げ、測量地点E-1付近で363～380 m程度の分布高度となる。また、測量地点E-1付近での層厚は12～20 m弱である。また、トラバース点T-12付近から東方に分布高度を上げ、測量地点F-2付近で372～384 mとなる。測量地点F-2付近での層厚は12 m程度である。

〔有根層〕

有根層は、玄武温泉東方からボーリング地点の西方まで葛根田川左岸の谷壁に断続的に分布している。

層厚は6～8 mでほぼ等厚である。分布高度は玄武温泉東方で370～376 m、測量地点E-1付近で358～365 mである。そして、玄武温泉溶岩と同様にトラバース点T-12付近から分布高度を上げ、測量地点F-2付近で363～372 mとなる。

〔高倉火山噴出物〕

高倉火山噴出物は、旧県道沿いの葛根田川左岸谷壁に断続的に分布する。同層の上限面の分布高度は測量地点D-2で約363 m、測量地点E-1で約358 m、測量地点F-2で約363 mである。

4.3. ボーリング調査

4.3.1. 調査概要

推定される断層の下盤側で地表から掘進長80 mのボーリング(R02-NT-Br-No.1, 以下R02-NT-1)を掘削し、オールコア試料を採取した。掘削地点は葛根田川左岸の氾濫原に位置し、孔口標高は342.38 mである(第6, 7図, 第3表)。ボーリングコアは、表面についた汚れをきれいに洗浄し、2.5 m区間毎に写真を撮影した。また、コアは観察するとともに、後述するK-Ar年代測定および火山灰分析の試料を採取した。

ボーリングコアには後述するように、上位から、盛土、砂礫層、変位基準となる篠ヶ森火砕流とみられる火砕流堆積物、砂礫層および高倉火山の火山噴出物の分布が認められた。一方、上盤側に広く分布する玄武温泉溶岩は確認されなかった。また、篠ヶ森火砕流と高倉火山噴出物の間に分布する砂礫層の厚さ(約44 m)は、上盤側の露頭で確認される有根層のそれ(層厚約6～8 m)に比べて有意に厚い。そのため、この砂礫層は有根層とそれ以外の砂礫層に区分できる可能性がある。そこで、礫層の区分を検討する資料を得る目的で、コアの針貫入試験を実施した。針貫入試験は、地層の固さを評価するために、地層に針を一定量貫入させその時の荷重と貫入量から針貫入勾配を求めるものである。試験器は株式会社丸東製作所作製の軟岩ペネトロ計(SH-70)を使用した。測定点は、礫層の基質、砂質シルト層および火砕流堆積物とし、ボーリングの掘進方向に沿って20 cm間隔で測定点を設けた。測定点が礫にあたる場合は、その礫の直近の基質を対象とした。ボーリングコア写真およびボーリング柱状図をそれぞれ第10図および第11図に示す。また、針貫入試験結果を第5表および第12a図に示す。

4.3.2. ボーリング調査地点周辺の地形

R02-NT-1孔の東南東方は、葛根田川左岸の氾濫原が広く分布し、水田耕作に利用されている。この氾濫原の北側には比高15～25 mの南南西向きの崖が西北西-東南東方向に延びている(第4, 5c図)。この崖は、その延びの方向が葛根田川の流下方向に調和的であり、基部の平面形態が蛇行とみられる曲線状

を呈すことから、葛根田川の側方侵食で形成された侵食崖であると判断される。一方、R02-NT-1孔の北西側は、比高55 m程度の崖地形であり（第4, 5b図）、崖地形の基部に雫石盆地西縁断層帯（西根従属断層）が分布するとされ、1998年の岩手県内陸北部の地震の際にも構造物の変状（当時の県道に生じたプレッシャーリッジとガードレールの変形）が確認されている（越谷ほか、1998）（第4図）。この変状は、越谷ほか（1998）に示されているとおり、1998年の地震で出現した地震断層の北東方延長にあたる。したがって、R02-NT-1孔の位置は地震断層の下盤側にあたる。

4.3.3. ボーリングコアでみられる地質

観察の結果、ボーリングコアには、盛土、砂礫層、火砕流堆積物、凝灰角礫岩および安山岩溶岩が確認された（第10, 11図）。ボーリング掘削前に存在が推定された玄武温泉溶岩はボーリングコアでは確認されず、砂礫層の下位に高倉火山噴出物の安山岩質凝灰角礫岩および安山岩溶岩が出現した。このため、有根層に対比される礫層がどの区間かは不明である。そこで、上述のとおり年代に関する情報を得る目的でコアにみられた砂礫層の基質を採取し火山灰分析に供した。また、コアで確認された火砕流堆積物についても火山灰分析を実施した。

コアの観察および針貫入試験の結果、深度1.00～8.42 mに分布する砂礫層、深度8.42～9.71 mの火砕流堆積物の地層境界で、針貫入勾配に違いが認められた（第12図）。また、火砕流堆積物の下位の厚い礫層は、深度22～25 m付近を境に針貫入勾配に明らかな違いが認められることから、上位の礫層1と下位の礫層2に区分した。岩相観察および後述する火山灰分析の結果と地質踏査によるボーリング調査地点周辺の地層の分布を参考にして、ここでは礫層1を有根層と、礫層2を篠ヶ森層と解釈した。また、礫層1の上位の火砕流堆積物についても、岩相と周辺の地層の分布を参考にして篠ヶ森火砕流堆積物と解釈した。コア観察および針貫入試験に基づくR02-NT-1コアの地層区分を第12b図に示す。

以下にボーリングコアにみられる地質および針貫入勾配を記す。また、層名（出現深度）、岩相・堆積相およびコアから得られた年代（後述）を第4表にまとめた。

〔盛土（深度0.00～1.00 m）〕

砂質礫層からなる。礫は径2.5～7 cmの新鮮な安山岩亜円～亜角礫を主体とする。基質は粗粒～中粒砂である。

〔氾濫原堆積物（深度1.00～8.42 m）〕

1.00～8.42 m：砂質礫層

礫は径1 cm以下の細礫と径3～15 cm程度の新鮮な安山岩亜円～円礫を主体とする。淘汰はやや不良で、礫率は50%程度である。基質は粗粒～中粒砂で

あり、にぶい赤褐色を呈する。礫支持である。針貫入勾配は0.6～1.0 N/mmで、平均0.8 N/mmである。

〔篠ヶ森火砕流堆積物（深度8.42～9.71 m）〕

8.42～9.71 m：火砕流堆積物

火山灰、軽石および火山礫からなる。軽石は径1～12 cmで石英安山岩質であり、灰白色～暗灰色を呈す。基質支持である。針貫入勾配は1.0～1.7 N/mmで、平均1.4 N/mmである。

〔礫層1：有根層相当層（深度9.71～22.50 m）〕

9.71～9.80：シルト混じり粗粒砂層

半固結状の粗粒砂層でシルトが混じる。にぶい赤褐色を呈する。

9.80～14.08 m：砂質礫層

礫は径1 cm以下の細礫と径5～60 cm程度の新鮮な安山岩亜円～亜角礫を主体とする。淘汰はやや不良～不良で、礫率はおおむね40～50%程度である。基質は中粒～粗粒砂である。暗赤褐色～にぶい赤褐色を呈する。礫支持である。針貫入勾配は1.3 N/mmである。

14.08～14.43 m：礫混じり砂質シルト層

半固結状の火山灰質の砂質シルト層。針貫入勾配は1.2～2.2 N/mmで、平均1.7 N/mmである。

14.43～22.50 m：砂質礫層

礫は径1 cm以下の細礫と径5～60 cm程度の新鮮な安山岩亜円～亜角礫を主体とする。淘汰はやや不良～不良で、礫率はおおむね40～50%程度である。基質は中粒～粗粒砂である。暗赤褐色～にぶい赤褐色を呈する。礫支持である。針貫入勾配は0.9～3.6 N/mmで、平均1.7 N/mmである。

〔礫層2：篠ヶ森層相当層（深度22.50～53.78 m）〕

22.50～53.78 m：砂質礫層

礫は径1 cm以下の細礫と径4～80 cm程度の新鮮～やや新鮮な安山岩亜円～亜角礫を主体とする。径20 cmを超える礫も多く含まれる。淘汰はやや不良～不良で、礫率はおおむね50%程度である。基質は粗粒～中粒砂で、半固結状である。暗赤褐色～褐色～にぶい赤褐色を呈する。礫支持である。

針貫入勾配は、22.50～28.22 m区間で深度方向に漸移的に高くなる。28.60 m以深はほぼ一定となる。22.50～28.22 mでの針貫入勾配は1.3～5.1 N/mmで、平均2.7 N/mmである。一方、28.60 m以深のそれは3.3～5.2 N/mmで、平均4.5 N/mmである。

〔高倉火山噴出物（深度53.78～80.00 m）〕

53.78～71.65 m：安山岩質凝灰角礫岩

構成礫は径2～10 cm程度の風化した安山岩角～亜角礫を主体とする。淘汰はやや良で、礫率は10～30%程度である。基質は粗粒～中粒状の火山灰からなる。全体的に脆く、風化しており、コアに亀裂が入り、乱れる部分がみられる。暗赤褐色を呈する。

71.65～78.00 m：安山岩質のアア溶岩

おおむね風化した安山岩質の溶岩。一部で脆くなっており、亀裂が入り、崩れて角礫状をなす部分

がみられる。

78.00～80.00 m : 安山岩質凝灰角礫岩

角礫は径2～7 cm程度の風化した安山岩亜角～角礫を主体とする。淘汰はやや良で、礫率は10%程度である。基質は中粒～粗粒状の火山灰からなる。全体的に風化しており、コアに亀裂がみられる。にぶい赤褐色を呈する。

4.4. 地質断面図の作成と地層・地形面の変位・変形量の検討

葛根田川左岸地域の地質踏査結果とボーリング調査結果に基づき、西根従属断層を横切る地質断面図を作成した(第13図)。断面図は、露頭観察地点の伸びが大局的に北西部、中央部、南東部で異なることから、第6図に示すように3つの区間を設定して投影した。断層を境にした両側で対比可能な地層または地形面として、地形面1・篠ヶ森火砕流堆積物堆積原面、有根層および高倉火山噴出物の侵食面があげられる。それらの高度分布と断層を挟んだ落差は以下のとおりである。

[篠ヶ森火砕流堆積原面, 地形面1] 落差約22～31 m

篠ヶ森火砕流堆積物は、断層上盤側で玄武温泉溶岩を被覆して分布している(第6, 9図)。その厚さは5 m程度であり、降下火砕物によって被覆される(第8図)。一方、断層下盤側の篠ヶ森火砕流堆積物は篠ヶ森層を被覆し、層厚が15～20 mとなり、降下火砕物に被覆される。分布の上面高度は、上盤側で384～387 mであり、下盤側で356～362 mである(第8図)。したがって、上面の分布高度の落差は約22～31 mと見積もられる(第13図)。この落差は地形断面図から見積もられた地形面1の東側低下の落差(30 m程度)と調和的である(第5a図)。

葛根田川の左岸谷壁にみられる篠ヶ森火砕流堆積物の分布の底面深度は上盤側で380～382 mであり、下盤側で339～341 mの間にある。すなわち、断層上盤側と下盤側では層厚が10～15 m相違し、断層下盤側で厚くなっている。これは、篠ヶ森火砕流が火口から噴出した時点で、ほぼ断層に沿って東向きに比高10～15 m程度の崖が存在し、流下してきた火砕流がその崖を覆って断層の両側に堆積したものと推定される。

ボーリング(R02-NT-1)コアにも篠ヶ森火砕流堆積物が捕捉されている(第10, 11, 12b図)。その分布標高は、332.67～333.96 mであり、葛根田川の左岸谷壁にみられる同層の分布高度より低い。ボーリングコアでは篠ヶ森火砕流堆積物の上位が氾濫原堆積物であり、氾濫原堆積物の堆積前にボーリング地点付近では篠ヶ森火砕流堆積物の大半が葛根田川の侵食により失われ、わずかに層厚1 m程度が侵食から免れたと推定される。また、ボーリング地点の同層底面は、葛根田川左岸谷壁のそれより9 m程度低

くなっているが、これは、火砕流の噴出時点においてボーリング地点と葛根田川左岸谷壁付近に地表面の高度不連続があり、火砕流がその高度不連続を覆ったものと解釈される。この高度不連続は葛根田川に近いことから、段丘地形であると推定される。すなわち、篠ヶ森火砕流堆積物が葛根田川現左岸谷壁付近では当時の段丘の上面に定着し、一方、ボーリング地点付近ではその段丘面より一段低い段丘面かその当時の氾濫原を被覆したものと考えられる(第13図)。

[有根層] 落差約32～39 m

有根層は、玄武温泉東方からボーリング地点の西方まで葛根田川左岸の谷壁に断続的に分布している(第6, 9図)。層厚は6～8 mでほぼ等厚である。分布高度は、玄武温泉東方で370～376 m、測量地点E-1付近で358～365 mである(第8, 13図)。そして、上位の玄武温泉溶岩と同様にトラバース点T-12付近から分布高度を上げ、測量地点F-2付近で363～372 mとなる。一方、断層下盤側で掘削したR02-NT-1には、深度9.71～22.50 mに有根層に相当するとみられる礫層が分布する。この標高は332.67～319.88 mである(第10, 11, 12b図)。R02-NT-1の有根層上面と断層近傍の測量地点E-1付近および測量地点F-2付近の同層上面の分布高度を比較すると、落差はそれぞれ約32 mおよび約39 mとなる。したがって、有根層上面の落差は、約32～39 mと推定される(第13図)。

[高倉火山噴出物上限面] 落差約69～74 m

断層上盤側の高倉火山噴出物は、旧県道沿いの葛根田川左岸谷壁に断続的に分布する(第6, 9図)。上盤側の同層上限面の分布は、測量地点D-2で約363 m、測量地点E-1で約358 m、測量地点F-2で約363 mである(第8図)。露頭で確認できる限り、同層の上限面の起伏は1 m程度以下であり平坦である(第9図)。一方、断層下盤側で掘削したR02-NT-1で確認された高倉火山噴出物上限面の深度は53.78 mであり、その標高は288.60 mである(第10, 11, 12b図)。したがって、同層上限面の落差は約69～74 m(R02-NT-1の高倉火山噴出物上面と測量地点D-2、測量地点E-1および測量地点F-2の同上面の落差はそれぞれ約74 m、約69 mおよび約74 m)と見積もられる(第13図)。

以上のように西根従属断層では、変位基準にいずれも東側低下の落差が認められ、また変位の累積が認められた。

4.5. 試料分析

地層の年代に関する資料を得るため、FT年代測定、K-Ar年代測定および火山灰分析を実施した。

FT年代測定は、断層下盤側に分布する軽石質の火砕流堆積物である篠ヶ森火砕流堆積物を対象とし、分析試料は長山猫沢地内の正徳沢左岸の露頭(第6,

8 図の測量地点 I-1) から 1 試料を採取した(第 3d 図). 測定は株式会社京都フィッシュン・トラックに依頼した.

K-Ar 年代測定は, 玄武温泉溶岩および高倉火山噴出物のうち安山岩溶岩で行った. このうち玄武温泉溶岩は, 玄武温泉東方の崖(第 6, 7 図の露頭測量地点 A-4) から 1 試料を採取した. 高倉火山噴出物に挟在する溶岩については, 断層上盤側の葛根田川左岸谷壁に露出する溶岩から 1 試料(第 6, 7 図の露頭測量地点 F-2) およびボーリングコアで確認された溶岩 1 試料(深度 73.5~73.7 m) を分析対象とした. 測定はいずれも石基部分を対象とした. なお, K-Ar 年代測定と並行して, 3 試料について岩石鑑定および全岩化学組成分析を実施した. 分析・測定は株式会社蒜山地質年代学研究所に依頼した.

玄武温泉東方の崖に分布する有根層の年代に関する情報を得るため, 礫層最上部の細粒部分(第 8 図の露頭測量地点 A-2 および A-3) を, またボーリングコアの解析により二分した礫層(上位の有根層と下位の篠ヶ森層) の解釈の妥当性を検討するため, ボーリングコアから礫層の基質を, それぞれ採取し火山灰分析を実施した. 分析は株式会社古澤地質に依頼した.

4.5.1. フィッシュン・トラック年代測定

分析した試料は, 高温酸化を受けた黒褐色を呈する大型軽石のみを対象とし, 試料からジルコンを分離した. ジルコンは, 粒径や晶壁にかなりの違いが認められるが, 無色透明である点で共通する. この状況から, 抽出されたジルコンは多源結晶の混在が推定されるものの, 高温酸化により十分アニーリングを受け, 噴出時にトータルリセットされた可能性が高いと判断される. 分析対象とした篠ヶ森火砕流堆積物と同一噴火イベントの噴出物とされる雪浦軽石が示す非常に若いジルコン FT 年代 (67 ± 7 ka, 伊藤ほか, 2007), また, 壇原(1995) に示されている第四紀テフラのジルコン FT 年代データにおける測定精度と測定粒子数の関係を考慮して, 今回の分析は通常の 4 倍程度の 120 個のジルコン粒子の測定を行なった.

測定の結果, FT 年代に直結する自発シグナルは, 120 粒子を対象にしたにも関わらず, トータル 7 本のみであった. しかし良好な測年試料のため, 全測定粒子 120 個がトータルリセットされたものとみなし, 加重平均値として 0.07 ± 0.03 Ma (70 ± 30 ka) の年代が得られた(第 6 表). この結果は, 647 個のジルコン粒子を測定した雪浦軽石の年代よりも誤差が大きいものの, その年代値は伊藤ほか(2007) による雪浦軽石と整合的であり, 篠ヶ森火砕流堆積物と雪浦軽石が同時異相である可能性を支持している. この結果を受けて, 後述する篠ヶ森火砕流堆積物上面(堆積原面) を指標とした西根従属断層の上下方

向の変位速度の算出には, 同面の形成年代として本分析結果 (70 ± 30 ka) を用いるとともに, 雪浦軽石の年代 (67 ± 7 ka) を採用した場合も示した.

4.5.2. K-Ar 年代測定

K-Ar 年代測定を実施した試料一覧を第 7 表に示す. K-Ar 年代測定と同じ試料を用いて岩石鑑定および全岩化学組成分析を行った.

a) 岩石鑑定

1) 試料 R02-NA-KAr-1 (玄武温泉溶岩) (第 14 図)
 岩石名 : 両輝石安山岩
 岩石組織 : 斑状組織, インターサータル組織
 斑晶 : 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石
 石基 : 隠微晶質, 斜長石, 輝石類, 不透明鉱物
 斑晶量は約 35% である. 斜長石 (<4.9 mm), 斜方輝石 (<2.1 mm), 単斜輝石 (<0.75 mm), 不透明鉱物 (<0.01 mm) を含む. 鉱物の長軸には定向性はほとんど認められない. 鉱物の大部分はほとんど変質を受けていないが, 隠微晶質はわずかに濁った外観を呈し, 淡褐色を呈する場合がある. また, まれに水酸化鉄鉱物を生じている. 斜方輝石の斑晶はしばしば単斜輝石と斜長石からなる反応縁を伴っている. 石基はインターサータル組織を示す.

2) 試料 R02-NA-KAr-2 (高倉火山噴出物) (第 15 図)
 岩石名 : 両輝石安山岩
 岩石組織 : 斑状組織, インターグラニューラー組織
 斑晶 : 斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 不透明鉱物
 石基 : 斜長石, 輝石類, 不透明鉱物, 隠微晶質
 斑晶量は約 15% である. 斜長石 (<2.4 mm), 単斜輝石 (<2.1 mm), 斜方輝石 (<1.6 mm), 不透明鉱物 (<0.58 mm) を含む. 斑晶鉱物の長軸方向は定向性を示さないが, 石基では斑晶の周囲を取り巻くように配向している場合が認められる. 鉱物の大部分はほとんど変質を受けていないが, 隠微晶質はわずかに濁った外観を呈し, 淡褐色を呈する場合がある. また, まれに水酸化鉄鉱物を生じている. 斜方輝石の斑晶はしばしば単斜輝石と斜長石からなる反応縁を伴っている. 石基はインターグラニューラー組織を示す.

3) 試料 R02-NT-KAr-1 (高倉火山噴出物) (第 16 図)
 岩石名 : 両輝石安山岩
 岩石組織 : 斑状組織, 集斑状組織, インターサータル組織
 斑晶 : 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 不透明鉱物
 石基 : 斜長石, 隠微晶質, 輝石類, 不透明鉱物
 斑晶量は約 20% である. 斜長石 (<4.6 mm), 斜方

輝石 (<1.3 mm), 単斜輝石 (<1.8 mm), 不透明鉱物 (<0.48 mm) を含む。鉱物の長軸方向に定向性はほとんど認められない。鉱物の大部分はほとんど変質を受けていないが、隠微晶質はわずかに濁った外観を呈し、淡褐色を呈する場合がある。またまれに水酸化鉄鉱物を生じている。斑晶はしばしば集斑状である。石基はインターサタル組織を示す。

なお斑晶と石基以外に空隙 (<1.5 mm) を生じている。空隙の形状はやや扁平でやや不規則である。空隙は岩石全体の 10~20% 程度含まれ、長軸方向はわずかに定向性を示す。

b) 主成分元素分析 (XRF 分析)

XRF 分析 (蛍光 X 線分析, ガラスビード法) による 3 試料の全岩化学組成分析 (主要元素: Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) の結果を第 8 表に示す。なお, 分析は Kimura and Yamada (1996) に従った。

分析の結果, 高倉火山噴出物の全岩化学組成は断層上盤側 (R02-NA-KAr-2) と下盤側 (R02-NT-KAr-1) で類似しており, 両者が同一の火山活動による溶岩である可能性が高い。

c) K-Ar 年代測定結果

K-Ar 年代測定の結果, 玄武温泉溶岩の K-Ar 年代値として 0.16 ± 0.07 Ma (160 ± 70 ka) が得られた (第 9, 10 表)。また, 高倉火山噴出物の安山岩溶岩のそれとして, 0.64 ± 0.06 Ma (640 ± 60 ka) および 0.54 ± 0.07 Ma (540 ± 70 ka) が得られた (第 9, 10 表)。高倉火山噴出物の K-Ar 年代値は断層上盤側 (R02-NA-KAr-2) と下盤側 (R02-NT-KAr-1) で類似しており, 全岩化学組成の結果と同様に, 両者が同一の火山活動による溶岩であることを示している可能性が高い。

玄武温泉溶岩 (須藤・石井, 1987 の小松倉森溶岩) の年代に関しては, これまでに Itaya *et al.* (1984) により, 試料 R02-NA-KAr-1 と近接する地点から全岩 K-Ar 年代値として 0.954 ± 0.068 Ma が報告されている。また, 高倉火山噴出物に関しても, 須藤 (1985) により 1.2 ± 0.5 Ma の全岩 K-Ar 年代値が報告されている。これらの既存の年代値は, いずれも今回得られた年代に比べて有意に古い。今回の測定は, 第 9, 10 表に示すとおり石基を対象にしている。八木 (2015) は, 今回の分析試料のような第四紀試料の場合は石基の状態がよほど悪くない限り, 石基を測定することで誤差の小さい年代が得られやすいと報告している。この点から, 後述する変位速度の見積もりには, 今回得られた年代を採用する。

4.5.3. 火山灰分析

火山灰分析を実施した試料一覧を第 11 表に示す。玄武温泉東方の崖に見られる有根層の最上部については, 採取した 5 試料のすべてに微量ながら火山ガ

ラスの含有が確認された (第 12 表)。そのうち 4 試料 (NA-T-1-1, NA-T-1-2, NA-T-2-1 および NA-T-2-2) について火山ガラスの主成分分析を実施した。分析結果を八甲田第 2 期火砕流堆積物 (八甲田 2, Hkd2, 町田・新井, 2003) および北東北に広く分布する洞爺テフラ (Toya, 町田・新井, 2003) の主要成分分析結果を重ねて示した (第 17 図)。この図によると, 今回分析した 4 試料火山ガラスは各成分ともばらつきが認められるが, 八甲田第 2 期火砕流堆積物と比較すると, Na_2O がわずかにずれていることを除いてすべての成分で一致が見られる。このことから, 有根層の最上部中から検出された火山ガラスは, 八甲田第 2 期火砕流堆積物あるいは同堆積物に関連した降下火砕物である可能性が高い。一方, 今回の分析試料と洞爺テフラとを比較すると, Al_2O_3 と CaO が完全に分離し, FeO と TiO_2 がおおむね分離していることから, これらは別物であると判断される。したがって, 有根層から検出された火山ガラスに洞爺テフラ起源の火山ガラスは含まれていないと判断される。

ボーリングコア R02-NT-1 の砂礫層 (氾濫原堆積物, 礫層 1 (有根層), 礫層 2 (篠ヶ森層)) について年代に関する情報を取得するため, 第 11 表に示すように基質部分 22 試料を採取し, 火山灰分析を行なったところ, ほぼ全ての試料でわずかながら火山ガラスが検出された (第 13 表)。そのうち, 8 試料 (NT-T-B 1-1, NT-T-B 1-2, NT-T-B-1, NT-T-B 2-3, NT-T-B 2-4, NT-T-B 2-10, NT-T-B-3, NT-T-B-5) について火山ガラスの主成分分析を実施した。分析結果を, 第 17 図と同様に八甲田第 2 期火砕流堆積物および洞爺テフラの主要成分分析結果を重ねて示した (第 18 図)。この図によると, 試料 NT-T-B 2-4 および試料 NT-T-B-3 については, 化学組成が八甲田第 2 期火砕流堆積物と重なるように見える。この 2 試料は, いずれもコア観察および針貫入試験に基づいて礫層 2 (篠ヶ森層) とした礫層から採取したものである。このことは, 篠ヶ森層の堆積年代は有根層とともに八甲田第 2 期テフラの噴出年代より若いことを示している可能性がある。なお, 試料 NT-T-B 1-5 は篠ヶ森火砕流堆積物と解釈した火砕流堆積物から採取したものである。同試料からは多数の火山ガラスおよび斜方輝石が検出され, それらの屈折率はそれぞれ 1.498–1.507 (モード 1.498–1.501), γ 1.718–1.725 と測定された (第 13 表)。

4.5.4. 地層・地形面の年代のまとめ

a) 主な地層の年代

上述のとおり, 試料分析により地層の年代が把握された (第 14 表)。断層下盤側の正徳沢下流で採取した篠ヶ森火砕流堆積物のジルコン FT 年代として 70 ± 30 ka の年代が得られた。また, 玄武温泉東方の葛根田川左岸谷壁に露岩する玄武温泉溶岩の K-Ar

年代として 160 ± 70 ka, また, 旧県道沿いの露頭から採取した安山岩溶岩（高倉火山噴出物）の同年代として 640 ± 60 ka, ボーリングコアから採取した安山岩溶岩（高倉火山噴出物）の同年代として 540 ± 70 ka が得られた。さらに, 玄武温泉東方の露頭の有根層から採取した試料からは, 八甲田第 2 期テフラ起源の火山ガラスの含有が確認された。町田・新井（2003）によると, 八甲田第 2 期テフラの噴出年代は $250 \sim 300$ ka とされており, 工藤ほか（2019）ではおおよそ 0.3 Ma 頃と判断されている。よって, 有根層の堆積年代はおおよそ 300 ka 頃以降と推定される。また, Toya 起源の火山ガラスが含まれていないことから, 同層の堆積時期は Toya 降灰期以前であると推定される。町田・新井（2003）によると, Toya の年代は $112 \sim 115$ ka（ステージ 5d）とされる。したがって, 有根層の堆積期は 112 ka 以前であると推定される。一方, 今回の調査では篠ヶ森層の堆積年代に関する直接的な資料は得られていない。

b) 主な地形面等の年代

〔段丘面 2 および 1〕

段丘面 2 および 1 は, 篠ヶ森火砕流堆積物の堆積原面を開析する谷沿いに分布することから, これらの面の離水時期は 70 ± 30 ka 以降 (67 ± 7 ka 以降; 篠ヶ森火砕流堆積物と同時異相の雪浦軽石のジルコン FT 年代値 (伊藤ほか, 2007) を採用した場合, 以下同様) である。

〔地形面 1〕

本面は, 70 ± 30 ka (67 ± 7 ka) の篠ヶ森火砕流堆積物の堆積原面を同堆積物の二次堆積物や降下火砕物が 5 m 程度被覆している。

〔篠ヶ森火砕流堆積物堆積原面〕

篠ヶ森火砕流堆積物の噴出時期は 70 ± 30 ka (67 ± 7 ka) である。

〔玄武温泉溶岩上面〕

玄武温泉溶岩の K-Ar 年代が 160 ± 70 ka であることから, 玄武温泉溶岩上面の形成時期は 160 ± 70 ka である。

〔有根層の上面〕

有根層の最上部から, 八甲田第 2 期火砕流堆積物に関連した降下火砕物に対比される可能性のある火山ガラスが検出された。一方, 同層の最上部には, Toya 起源の火山ガラスが全く含まれていない。これらのことから, 有根層と玄武温泉溶岩との境界にある有根層の上面の形成時期は, 約 300 ka 以降で 160 ± 70 ka 以前であり, 洞爺テフラを含まないことを考慮すれば 112 ka 以前の可能性がある。

〔高倉火山噴出物分布上限面（侵食面）〕

本調査により, 高倉火山噴出物の安山岩質溶岩の年代と, 有根層の堆積年代を示唆する資料が得られた。高倉火山噴出物の K-Ar 年代値は, 640 ± 60 ka および 540 ± 70 ka である。これにより, 高倉火山噴出

物分布上限面（侵食面）の形成時期は, 得られた年代値のうち若いほうの 540 ± 70 ka 以降で, 玄武温泉溶岩の年代である 160 ± 70 ka 以前であり, 有根層最上部に Toya が含まれないことを考慮すれば 112 ka 以前の可能性がある。

5. 平均変位速度の見積もり

本調査により, 変位基準として篠ヶ森火砕流堆積物の堆積原面, 有根層および高倉火山噴出物上限面（侵食面）の落差と年代が把握された（第 13 図）。それらに基づいて上下方向の平均変位速度を検討した。

本調査により直接年代が明らかにされた篠ヶ森火砕流堆積物については, 年代値とその誤差および堆積原面の落差の平均値とその誤差を用いて, 次の式 (1) により, 平均変位速度とその誤差を見積もった。

$$t^* \pm \sigma^* = \frac{t_1}{t_2} \pm t^* \sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{t_1^2}\right) + \left(\frac{\sigma_2^2}{t_2^2}\right)} \quad (1)$$

ここで, t^* : 平均変位速度の平均値, σ^* : 平均変位速度の誤差, t_1 : 変位量の平均値, σ_1 : 変位量の誤差, t_2 : 年代値の平均値, σ_2 : 年代値の誤差 (例えば, McCalpin, 1996)。その結果, 篠ヶ森火砕流堆積物のジルコン FT 年代 (70 ± 30 ka) と落差 (26.5 ± 4.5 m) から, 後期更新世以降における上下方向の平均変位速度は 0.4 ± 0.2 mm/yr と見積もられた（第 15 表）。なお, 篠ヶ森火砕流堆積物の年代として, 同堆積物と同時異相とされる雪浦軽石のジルコン FT 年代 (67 ± 7 ka; 伊藤ほか, 2007) を採用した場合, 上下方向の平均変位速度は 0.4 ± 0.1 mm/yr に限定される（第 15 表）。

篠ヶ森火砕流堆積物に比べて形成年代が十分に絞り込めていない有根層上面および高倉火山噴出物上面については, いずれも落差の最小値を年代の最大値で, また落差の最大値を年代の最小値で除すことで, それぞれ上下方向の平均変位速度の最小値と最大値を算出した。

有根層上面は, 同層最上部に八甲田第 2 期テフラ (おおよそ 300 ka) に対比される可能性が高い火山ガラスが混入することと, 同層を直接覆う玄武温泉溶岩の K-Ar 年代 (160 ± 70 ka) から, その形成年代は約 300 ka 以降, 90 ka 以前と推定され, その落差 (約 $32 \sim 39$ m) から $0.1 \sim 0.4$ mm/yr の上下方向の平均変位速度が算出される（第 15 表）。この値は, 篠ヶ森火砕流堆積物上面を基準とした上下方向の平均変位速度とオーバーラップする。なお, 有根層最上部に Toya が混入していないことを考慮した場合, 同層上面の形成年代は約 30 ka 以降, 112 ka 以前となり, 上下方向の平均変位速度は $0.1 \sim 0.3$ mm/yr に限定される（第 15 表）。

高倉火山噴出物上面は, 同噴出物から得られた K-Ar 年代 (540 ± 70 ka) と玄武温泉溶岩から得られ

た K-Ar 年代 (160 ± 70 ka) から, その形成年代は約 610 ka 以降, 90 ka 以前となり, その落差 (約 69~74 m) から $0.1 \sim 0.8$ mm/yr の上下方向の平均変位速度が算出される (第 15 表). なお, 高倉山火山噴出物を覆う有根層最上部に Toya が混入していないことを考慮した場合, 同層上面の形成年代は約 610 ka 以降, 112 ka 以前となり, 上下方向の平均変位速度は $0.1 \sim 0.7$ mm/yr に限定される (第 15 表). これらの値は, 篠ヶ森火砕流堆積物上面を基準とした上下方向の平均変位速度と矛盾しない. ただし, 断層上盤側と下盤側で高倉山火山噴出物を覆う地層が異なっており, これは断層両側での侵食面の形成時期が異なっていることを意味している. そのため, 実際の変位速度はこれより大きい可能性がある.

6. まとめ

雫石盆地西縁断層帯の活動性を明らかにするため, 断層トレースが一条に収斂し, また複数の変位基準が存在する断層帯北部の葛根田川左岸地域に分布する西根従属断層を対象として以下の調査を実施した. i) 空中写真および既存の航空レーザ計測詳細デジタル地形データを用いた地形面区分および地形面の落差の計測, ii) 断層の両側での詳細な地質踏査と併せて実施した測量による露頭位置の座標および地層境界の標高の正確な計測, iii) 断層の落下側 (下盤側) でのボーリング調査 (1 孔: 掘削深度 80 m) による断層下盤側の地層の分布の把握, iv) 露頭踏査およびボーリング調査により作成した地質断面図に基づく変位基準の落差の推定, v) 各種分析 (火砕流堆積物の FT 年代測定, 溶岩の K-Ar 年代測定, 堆積物の火山灰分析) による断層変位を受けた地層の形成年代の推定. その結果, 最も信頼度の高い年代値が得られた篠ヶ森火砕流堆積物の上面 (堆積原面) の落差と噴出時期から, 後期更新世以降の上下方向の平均変位速度は 0.4 ± 0.2 mm/yr と見積もられた. また, 篠ヶ森火砕流堆積物に比べて年代値に幅がある有根層 (新称) 上面および高倉山火山噴出物上面の落差と形成時期から推定された中期更新世以降の上下方向の平均変位速度も, 篠ヶ森火砕流堆積物上面のそれらから見積もられた速度と矛盾しない結果となった.

謝辞 雫石町役場には, 町道舘・玄武温泉線 (通行止め路線) での地質調査を許可していただきました. 雫石町長山網張の旅舘「四季の里」の多田孝吉様には, 現地調査に際してご支援・ご協力をいただきました. 地形表現図の作成および地形解析には, 国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ計測データを使用しました. 産業技術総合研究所の伊藤順一博士には, 雪浦軽石と篠ヶ森火砕流との関係をはじめ, 調査地域の地質についてご教示いただきました. 産業技術

総合研究所 (当時文部科学省研究開発局地震・防災研究課) の落 唯史博士には, 原稿の不備をご指摘いただきました. 査読を担当された吾妻 崇博士, 編集を担当された穴倉正展博士ならびに編集委員長の藤原 治博士からは有益なご意見をいただき, 本稿の内容を改善することができました. 以上の皆様に厚く感謝いたします. 本稿は, 令和 2 年度文部科学省委託事業「活断層評価の高度化・効率化のための調査」の一環として実施し, 文部科学省に提出した雫石盆地西縁断層帯の調査成果報告を一部修正, 加筆したものです.

文 献

- 吾妻 崇・粟田泰夫・吉岡敏和・伏島祐一郎 (1999) 1997 年 9 月 3 日岩手県内陸北部の地震に伴う地震断層 (篠崎地震断層) のトレンチ掘削調査. 地質調査所速報, no.EQ/99/3 (平成 10 年度活断層・古地震調査概要報告書), 19-27.
- 壇原 徹 (1995) 第四紀テフラの高精度フィッション・トラック (FT) 年代測定—ジルコンとガラスを用いた測定法の確立に向けて—. 第四紀研究, 34, 221-237.
- 土井宣夫 (1984) 岩手火山, 篠ヶ森火砕流と雪浦降下軽石について. 地質学雑誌, 90, 117-120.
- 土井宣夫 (1991) 岩手火山, 雪浦降下軽石と生出黒色火山灰の噴出源について. 中川久夫教授退官記念事業会 編, 中川久夫教授退官記念地質学論文集, 13-22.
- 土井宣夫 (2000) 岩手山の地質—火山灰が語る噴火史—. 滝沢村文化財調査報告書第 32 集, 岩手県滝沢村教育委員会, 234 p, 付図「54,000 分の 1 岩手火山群地質図」1 葉.
- 土井宣夫・越谷 信・本間健一郎 (1998) 岩手県雫石盆地北—西縁部の地質と活断層群の垂直変位量. 活断層研究, 17, 31-42.
- Galbraith, R. F. (1981) On statistical models for fission track counts. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 13, 471-478.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編 (2002) 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254 p.
- Itaya, T., K. Nagao, H. Nishido and K. Ogata (1984) K-Ar age determination of late Pleistocene volcanic rocks. *The Journal of the Geological Society of Japan*, 90, 899-909.
- 伊藤順一 (2002) 岩手火山における過去 10 万年間の噴火活動史—山麓火山灰と山体構成物の全岩組成による対比—. 日本火山学会講演予稿集, 2, 174.
- 伊藤順一・壇原 徹・岩野英樹 (2007) 岩手—雪浦軽石 (生出黒色火山灰群下部) の FT 年代値.

- 日本火山学会 2007 年秋季大会講演予稿集, 44.
- 伊藤順一・土井宣夫(2005)岩手火山地質図. 1:25,000, 火山地質図 13, 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001) 北上低地西縁断層帯の評価. 25 p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005a) 雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯の評価. 26 p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005b) 横手盆地東縁断層帯の評価. 23 p.
- 活断層研究会編 (1980) 日本の活断層-分布図と資料-. 東京大学出版会, 363 p.
- 活断層研究会編 (1991) 新編日本の活断層-分布図と資料-. 東京大学出版会, 437 p.
- Kimura, J. and Y. Yamada (1996) Evaluation of major and trace element XRF analyses using a flux to sample ratio of two to one glass beads. *Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, **91**, 62-72.
- 気象庁 (2021) 震源データ. <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html> (閲覧日: 2021 年 7 月 1 日).
- 国土地理院 (2021) 基盤地図情報ダウンロードサービス, <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php> (閲覧日: 2021 年 7 月 1 日).
- 越谷 信・大石雅之・野田 賢・奥寺勇樹・加藤貴史・滝口真一・三田地喜之・嶋守真紀・齋藤徳美・矢内桂三・平野信一・澤 祥・福留高明・佐藤比呂志・大槻憲四郎・長濱裕幸・中村教博・土井宣夫・東郷正美・栗田泰夫・吉岡敏和 (1998) 1998 年 9 月 3 日岩手県内陸北部の地震に伴う地震断層. 活断層研究, 17, 9-20.
- 工藤 崇・内野隆之・濱崎聡志 (2019) 十和田湖地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 192 p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東京大学出版会, 336 p.
- McCalpin, J. P. (1996) Application of Paleoseismic Data to Seismic Hazard Assessment and Neotectonic Research, in McCalpin, J. P. ed., *Paleoseismology*, Academic Press, California, USA, 439-493.
- 宮内崇裕・今泉俊文・渡辺満久・八木浩司・澤 祥・平野信一 (1998) 雫石盆地西縁断層帯 (西根断層群) の詳細位置と第四紀後期の活動性. 活断層研究, 17, 26-30.
- 中川久夫・石田琢二・佐藤二郎・松山 力・七崎修 (1963) 北上川上流沿岸の第四系および地形-北上川流域の第四紀地史 (1) -. 地質学雑誌, 69, 163-171.
- 須藤 茂 (1983) 岩手火山, 篠ヶ森火砕流の ^{14}C 年代. 火山, 28, 172-173.
- 須藤 茂 (1985) 仙岩地熱地域南部の鮮新世-更新世火山活動について-安山岩火山の古地磁気と K-Ar 年代. 地質調査所月報, 36, 513-533.
- 須藤 茂・石井武政 (1987) 雫石地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 142 p.
- 八木浩司・今泉俊文・後藤秀昭・宮内崇裕・渡辺満久 (2002) 1:25,000 都市圏活断層図「盛岡」. 国土地理院技術資料 D-1-No.396.
- 八木公史 (2015) 蒜山地質年代学研究所における K-Ar 年代測定の業務を振り返る. 地質技術, 5 (蒜山地質年代学研究所創立 20 周年記念特集), 165-170.

(受付: 2021 年 7 月 29 日, 受理: 2021 年 12 月 10 日)

第1表. 葛根田川左岸における西根従属断層周辺にみられる地質.

Table 1. Surface geology exposed around the Nishine-juzoku fault on the left bank of the Kakkonda River.

層名	岩相・堆積相	層相・分布	年代・対比される地層
現河床堆積物	河道堆積物	砂質礫. 新鮮な径20~200 cm程度の安山岩壘円~円礫を主体とする. 基質は粗粒砂.	—
氾濫原堆積物	河道堆積物 土石流堆積物 洪水堆積物	砂質礫. 新鮮な径20~200 cm程度の安山岩壘円~円礫を主体とする. 基質は粗粒砂.	—
崖錐性堆積物	崩落性の斜面堆積物	崖地形の基部付近に分布する. シルト, 砂, 礫からなる.	—
火山岩屑堆積物	降下火砕物 火砕物の二次堆積物	火山灰, スコリア, 火山礫および軽石からなる. 黄褐色を呈す.	—
段丘堆積物	河道堆積物 土石流堆積物 洪水堆積物	葛根田川沿いおよび正徳沢やオノギワラ沢などの支流沿いに分布する. 砂質礫. 新鮮な径20~50 cmの安山岩壘円~円礫を主体とする. 基質は葛根田川沿いの段丘堆積物が粗粒砂, 支流沿いの段丘堆積物がシルト質中粒砂である.	—
篠ヶ森火砕流堆積物	軽石流堆積物	火山灰, 軽石および火山礫からなる. 軽石および火山礫は径3~20 cm程度で石英安山岩質であり, 軽石は灰白色~暗灰色を呈す. 主要部は基質支持であり, 一部に不明瞭ながら成層構造がみられる.	70±30 ka 67±7 ka ^{※2} (ジルコンFT年代) ^{※1}
玄武温泉溶岩	安山岩質溶岩	安山岩質の溶岩. 層厚10~15 mで主要部は柱状節理が発達する. 上部の数m区間は板状の節理が発達し, 揮発成分が抜けたとみられる扁平な孔が多数確認される. 最下部には, 層厚40~100 cmの角礫と砂状部からなるクリンカー部が分布する. クリンカー部の上位は厚さ2 mくらい主要部より柱状節理の多い区間がある.	160±70 ka (K-Ar年代: 石基)
有根層	河道堆積物 土石流堆積物 洪水堆積物	砂質礫. 径10~100 cm程度の安山岩壘円~円礫が主体をなす. 覆瓦構造が確認される. 基質は粗粒砂で半固結状である. 玄武温泉北側では最上部に厚さ70 cm程度のシルト質砂層が分布する. 土井 (2000) では洪民段丘および高松段丘に対比しているが, 断層下盤側の篠ヶ森付近に分布する篠ヶ森層とは層相が大きく異なることから, 本調査では区別している.	約30 ka以降 160±70 ka以前 (115~112 ka以前) ^{※3}
篠ヶ森層	河道堆積物 湖沼堆積物 土石流堆積物 洪水堆積物	砂質礫, 粗粒砂層, 火山礫凝灰岩層からなる. 断層下盤側の長山篠ヶ森付近では, 篠ヶ森火砕流堆積物に覆われて分布する. 玄武温泉溶岩との層位関係は不明である. 土井 (2000) は洪民段丘および高松段丘に対比している.	
高倉火山噴出物	安山岩質溶岩 凝灰角礫岩 火山角礫岩 凝灰岩	安山岩質の溶岩, 凝灰角礫岩, 火山角礫岩および凝灰岩からなる. 玄武温泉西方の葛根田川の河床に分布する同層は, 凝灰角礫岩と火山角礫岩が主体をなし, 厚さ数mの安山岩溶岩と火山礫凝灰岩が挟在する. 旧県道わきの崖に露岩する溶岩は亀裂質である.	540±70 ka 640±60 ka (K-Ar年代: 石基)

※1 FT年代: フィッション・トラック年代

※2 伊藤ほか (2007) による雪浦軽石のジルコンFT年代

※3 後述するように, 本層から八甲田第2期火砕流堆積物あるいは同堆積物に関連した降下火砕物由来の火山ガラスが確認されたこと, 本層に洞爺テフラ (Toya) 起源の火山ガラスが確認されないこと, および両テフラの年代 (町田・新井, 2003; 工藤ほか, 2019) による.

第2表. 葛根田川左岸における露頭測量地点の座標・標高.
Table 2. Coordinates and elevation of outcrop survey points on the left bank of the Kakkonda River.

露頭測量地点名	X (m) ^{*1}	Y (m) ^{*1}	Z (m)
A-1	-23290.57	9685.94	376.92
A-2	-23298.64	9692.57	376.95
A-3	-23316.14	9706.47	377.38
A-4	-23323.61	9716.95	382.94
B-1	-23371.85	9742.71	388.42
B-2	-23464.28	9731.92	380.90
C-1	-23553.50	9692.43	371.79
C-2	-23571.54	9685.75	367.65
C-3	-23592.41	9682.49	367.05
C-4	-23609.15	9680.67	368.17
C-5	-23619.46	9680.36	369.39
C-6	-23658.90	9663.54	369.33
D-1	-23679.27	9664.76	369.07
D-2	-23699.04	9658.30	361.97
D-3	-23739.42	9670.04	371.99
D-4	-23774.47	9670.04	370.88
D-5	-23800.54	9673.35	364.75
E-1	-23845.67	9696.98	362.46
F-1	-24010.85	9815.75	378.32
F-2	-24067.33	9830.08	360.51
F-3	-24097.27	9843.50	350.28
H-1	-24127.49	10045.05	343.71
H-2	-24124.35	10087.55	342.93
I-1	-24045.54	10132.37	346.24
I-2	-24003.98	10141.71	357.95
I-3	-24150.39	10207.67	343.26
I-4	-24183.80	10251.35	337.04

*1 平面直角座標系X（世界測地系：測地成果2011）

第3表. 長山館ボーリング地点の座標・標高.
Table 3. Coordinates and elevation of Nagayama-tate boring site.

地点名	X (m) ^{*1}	Y (m) ^{*1}	Z (m)
R02-NT-1	-24161.80	9920.96	342.38

*1平面直角座標系X (世界測地系: 測地成果2011)

第4表. ボーリングコア R02-NT-1 の地質記載.
Table 4. Logging data of core R02-NT-1 retrieved from boring at Nagayama-tate site.

層名 (出現深度)	岩相・堆積相	層相	コアから得られた年代
盛土 (0.00~1.00 m)	人工攪乱層	砂質礫. 新鮮な径2.5~7 cm程度の安山岩亜角 ~亜円礫を主体とする. 基質は粗粒~中粒 砂.	—
氾濫原堆積物 (1.00~8.42 m)	—	砂質礫. 新鮮な径20~200 cm程度の安山岩亜円 ~円礫を主体とする. 基質は粗粒砂.	—
籐ヶ森火砕流堆積物 (8.42~9.71 m)	軽石流堆積物	火山灰, 軽石および火山礫からなる. 軽石お よび火山礫は径1~12 cm程度で石英安山岩質で あり, 軽石は灰白色~暗灰色を呈す. 基質支 持である.	—
礫層1 有根層相当層 (9.71~22.50 m)	—	砂質礫を主体とする. 9.71~9.80 m: シルト混 じり極粗粒砂層, 半固結状. 14.08~14.43 m: 礫混じり砂質シルト層.	—
礫層2 籐ヶ森層相当層 (22.50~53.78 m)	—	砂質礫. 径10~100 cm程度の安山岩亜円~円礫 が主体をなす.	—
高倉火山噴出物 (53.78~80.00 m)	安山岩質溶岩 凝灰角礫岩 火山角礫岩 凝灰岩	安山岩質の溶岩, 凝灰角礫岩, 火山角礫岩お よび凝灰岩からなる.	540±70 ka (K-Ar年代)

第5表. 針貫入試験結果.
Table 5. Result of needle penetration test.

測点 番号	測定 深度 (m)	針貫入 勾配 Np (N/mm)	針貫入試験		測点 番号	測定 深度 (m)	針貫入 勾配 Np (N/mm)	針貫入試験	
			貫入荷重 P (N)	針の貫入 長さ L (mm)				貫入荷重 P (N)	針の貫入 長さ L (mm)
1	1.10	0.7	7	10	52	30.10	4.4	44	10
2	1.27	0.7	7	10	53	30.25	4.4	44	10
3	1.45	1.0	10	10	54	30.73	3.8	38	10
4	1.65	0.7	7	10	55	34.06	4.6	46	10
5	1.90	0.6	6	10	56	36.60	4.4	44	10
6	4.21	0.9	9	10	57	37.62	4.3	43	10
7	4.88	1.0	10	10	58	37.81	4.2	42	10
8	6.15	1.0	10	10	59	38.18	4.0	40	10
9	6.35	0.7	7	10	60	38.34	3.8	38	10
10	6.65	0.6	6	10	61	38.69	3.6	36	10
11	6.85	1.0	10	10	62	38.80	4.1	41	10
12	7.08	0.7	7	10	63	39.24	4.8	48	10
13	7.27	0.6	6	10	64	39.46	4.7	47	10
14	7.40	0.6	6	10	65	39.70	4.2	42	10
15	7.67	1.0	10	10	66	39.85	4.8	48	10
16	8.46	1.0	10	10	67	40.59	4.2	42	10
17	8.65	1.4	14	10	68	41.05	4.2	42	10
18	8.85	1.3	13	10	69	41.25	4.8	48	10
19	9.05	1.6	16	10	70	41.85	4.3	43	10
20	9.25	1.6	16	10	71	42.10	4.2	42	10
21	9.48	1.7	17	10	72	42.36	4.6	46	10
22	9.65	1.2	12	10	73	43.23	4.2	42	10
23	10.10	1.3	13	10	74	43.53	3.3	33	10
24	14.10	1.2	12	10	75	44.05	4.5	45	10
25	14.25	2.2	22	10	76	44.25	4.9	49	10
26	14.47	1.2	12	10	77	45.65	4.3	43	10
27	14.85	3.6	36	10	78	45.78	4.8	48	10
28	15.69	1.7	17	10	79	46.31	4.6	46	10
29	16.73	1.6	16	10	80	46.83	5.1	51	10
30	17.87	1.7	17	10	81	47.14	4.7	47	10
31	18.58	1.6	16	10	82	47.88	5.2	52	10
32	21.41	1.4	14	10	83	48.05	4.3	43	10
33	21.59	0.9	9	10	84	48.21	4.5	45	10
34	21.75	1.4	14	10	85	48.64	4.8	48	10
35	22.40	1.5	15	10	86	48.84	5.0	50	10
36	23.57	1.3	13	10	87	49.48	4.6	46	10
37	23.88	1.7	17	10	88	49.64	4.9	49	10
38	24.05	1.6	16	10	89	49.89	4.7	47	10
39	24.24	2.0	20	10	90	50.33	4.6	46	10
40	24.68	1.3	13	10	91	50.58	4.4	44	10
41	25.77	1.4	14	10	92	51.23	5.0	50	10
42	25.95	3.0	30	10	93	51.41	4.9	49	10
43	26.14	4.8	48	10	94	51.77	4.8	48	10
44	26.35	5.1	51	10	95	52.03	4.7	47	10
45	26.45	4.4	44	10	96	52.26	4.7	47	10
46	27.65	2.3	23	10	97	52.38	4.5	45	10
47	28.22	3.5	35	10	98	52.66	5.0	50	10
48	28.60	4.6	46	10	99	52.94	4.7	47	10
49	28.73	4.6	46	10	100	53.05	5.1	51	10
50	29.46	4.7	47	10	101	53.24	4.6	46	10
51	29.70	4.3	43	10	102	53.45	4.3	43	10

第6表. 篠ヶ森火砕流堆積物のジルコンフィッション・トラック年代測定結果.
Table 6. Result of zircon fission-track dating of Shinogamori Pyroclastic Flow Deposit.

試料名	(1)		(2), (3)						(4)	(5)	(6), (7), (8)		
	測定方法	結晶数 (個)	自発核分裂飛跡		²³⁸ U計数 (サンプル)		²³⁸ U計数 (スタンダード)		Zeta値 ζ (cm ² ·yr ⁻¹)	相関係数 r	χ ² 検定 Pr (χ ²) (%)	ウラン 濃度 (ppm)	LA-ICP- MS-FT 年代値 (Ma) Age±1σ
			P _s (cm ⁻²)	N _s	P _u (cm ⁻²)	N _u	P _{ustd} (cm ⁻²)	N _{ustd}					
R02-NT-FT-1	Ext.S	120	1.70×10 ³	7	1.34×10 ¹⁰	52,501,065	1.273×10 ¹⁰	114,555	42.9±2.1	0.327	96	88	0.07±0.03

- (1) 測定方法: LA-ICP-MS-FT (Ext.S: 外部面)
 (2) ウランカウント数 (N_s計数面積への補正值)
 (3) 測定面積補正值: N_s計数面積/レーザースポット面積
²³⁸U濃度測定用標準試料: Nancy 91500 (平均: 84 ppm片を使用)
 (4) ρ_sとρ_uの相関係数
 (5) Pr(χ²): χ²値の自由度(n-1)のχ²分布における上側確率 (Galbraith, 1981)
 (6) 年代値: t=(1/λ_D)·ln[1+λ_Dζ(N_s/N_u)ρ_{ustd}]
 (7) 誤差: σt = t × [1/ΣN_s+1/ΣN_u+1/ΣN_{ustd}+(σ_ζ/ζ)²]^{1/2}
 (8) ²³⁸Uの全壊変定数: λ_D = 1.55125 × 10⁻¹⁰ yr⁻¹

第7表. K-Ar年代測定試料一覧.
Table 7. List of K-Ar dating samples.

試料名	採取位置	採取層準	岩相
R02-NA-KAr-1	玄武温泉東方	玄武温泉溶岩	安山岩溶岩
R02-NA-KAr-2	旧県道沿いの崖	高倉火山噴出物	安山岩溶岩
R02-NT-KAr-1	ボーリングコアR02-NT-1の深度73.5~73.7 m	高倉火山噴出物	安山岩溶岩

第8表. XRF分析による火山岩の全岩化学組成.
Table 8. Whole-rock chemical composition of volcanic rock samples based on XRF analysis.

試料番号	1	2	3
試料名	R02-NA-KAr-1	R02-NA-KAr-2	R02-NT-KAr-1
SiO ₂ (wt %)	54.21	57.62	58.81
TiO ₂	0.77	0.86	0.85
Al ₂ O ₃	18.17	17.21	16.94
ΣFe ₂ O ₃	9.66	9.87	8.89
MnO	0.17	0.17	0.16
MgO	4.91	2.70	2.44
CaO	9.84	8.18	7.48
Na ₂ O	2.31	2.94	3.26
K ₂ O	0.44	0.68	0.62
P ₂ O ₅	0.09	0.11	0.13
Total	100.57	100.33	99.58
Ig loss ^{*1}	0.40	0.51	0.38

*1強熱減量

第9表. カリウム分析結果.

Table 9. Result of potassium analysis.

試料名	測定物 (粒径)	カリウム含有量 (wt.%)	平均値 (wt.%)	再現性 (%)
R02-NA-KAr-1	石基 (187-250 μm)	0.4848	0.483	0.81
		0.4809		
R02-NA-KAr-2	石基 (187-250 μm)	0.5740	0.593	0.40
		0.5916		
R02-NT-KAr-1	石基 (187-250 μm)	0.5834	0.586	0.87
		0.5885		

第10表. K-Ar年代測定結果.

Table 10. Result of K-Ar dating.

試料名	測定物 (粒径)	カリウム含有量 (wt.%)	放射性起源 ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ cc STP/g)	K-Ar年代 (ka)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)
R02-NA-KAr-1	石基 (187-250 μm)	0.483±0.010	0.30±0.13	160±70	96.2
R02-NA-KAr-2	石基 (187-250 μm)	0.593±0.012	1.46±0.14	640±60	84.6
R02-NT-KAr-1	石基 (187-250 μm)	0.586±0.012	1.23±0.15	540±70	87.5

第 11 表. 火山灰分析試料一覧.
Table 11. List of samples for tephra analyses.

試料名	採取地点	採取深度 (m) 等	種類	採取層準
NT-T-1-1	A-2	有根層最上部	粗粒砂	有根層
NT-T-1-2	A-2	有根層最上部	粗粒砂	有根層
NT-T-1-3	A-3	有根層最上部	シルト質砂	有根層
NT-T-1-4	A-3	有根層最上部	シルト質砂	有根層
NT-T-1-5	A-3	有根層最上部	シルト質砂	有根層
NT-T-B 1-1	R02-NT-Br-No.1	7.00-7.14	粗粒砂	氾濫原堆積物
NT-T-B 1-2	R02-NT-Br-No.1	7.20-7.29	粗粒砂	氾濫原堆積物
NT-T-B 1-3	R02-NT-Br-No.1	7.37-7.45	粗粒砂	氾濫原堆積物
NT-T-B 1-4	R02-NT-Br-No.1	7.60-7.70	粗粒砂	氾濫原堆積物
NT-T-B 1-5	R02-NT-Br-No.1	9.68	軽石	篠ヶ森火砕流堆積物
NT-T-B-1	R02-NT-Br-No.1	14.12-14.16	シルト質砂	礫層1 (有根層相当層)
NT-T-B 2-1	R02-NT-Br-No.1	14.16-14.25	シルト質砂	礫層1 (有根層相当層)
NT-T-B 2-2	R02-NT-Br-No.1	14.25-14.35	シルト質砂	礫層1 (有根層相当層)
NT-T-B 2-3	R02-NT-Br-No.1	14.35-14.45	シルト質砂	礫層1 (有根層相当層)
NT-T-B-2	R02-NT-Br-No.1	21.2	粗粒砂	礫層1 (有根層相当層)
NT-T-B 2-4	R02-NT-Br-No.1	22.50-22.60	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-5	R02-NT-Br-No.1	22.60-22.66	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-6	R02-NT-Br-No.1	22.74-22.84	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-7	R02-NT-Br-No.1	22.84-22.91	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-8	R02-NT-Br-No.1	23.00-23.05	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-9	R02-NT-Br-No.1	23.24-23.34	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-10	R02-NT-Br-No.1	23.34-23.44	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B 2-11	R02-NT-Br-No.1	23.50-23.60	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B-3	R02-NT-Br-No.1	24.7	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B-4	R02-NT-Br-No.1	28.3	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B-5	R02-NT-Br-No.1	33.9	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B-6	R02-NT-Br-No.1	45.8	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)
NT-T-B-7	R02-NT-Br-No.1	52.3	粗粒砂	礫層2 (篠ヶ森層相当層)

第 12 表. 長山有根の有根層最上部から採取した試料の粒子組成分析結果.

Table 12. Result of tephra analysis of samples collected from the uppermost fine part of the Arine Formation at Nagayama-arine.

試料名	火山ガラスの形態 ^{※1} 別含有量 (/3,000粒子)			重鉱物 ^{※2} の含有量 (/3,000粒子)			β石英 (/3,000粒子)	備考 ^{※3}
	Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum		
NA-T-1-1	0.3	0	0	14	0	0	0.4	glass EDX
NA-T-1-2	0.6	0	0	10	0	0	0.2	glass EDX
NA-T-2-1	0.2	0	0	3	0	0	0.2	glass EDX
NA-T-2-2	0.3	0	0	1	0	0	0	glass EDX
NA-T-2-3	0.3	0	0	8	0	0	0	

^{※1}Bw : バブルウォールタイプ, Pm : バミスタイプ, O : 低発泡タイプ

^{※2}Opx : 斜方輝石, Gho : 緑色普通角閃石, Cum : カミングトン閃石

^{※3}glass EDX : 火山ガラスの主成分化学組成分析実施試料

第 13 表. 長山館ボーリングコアから採取した試料の粒子組成分析および屈折率測定結果.

Table 13. Result of tephra analysis of samples collected from the boring core at Nagayama-tate site.

試料名	採取深度 (m)	火山ガラスの形態 ^{※1} 別含有量 (/3,000粒子)			重鉱物 ^{※2} の含有量 (/3,000粒子)			β石英 (/3,000粒子)	備考	火山ガラスの屈折率 (n)	斜方輝石の屈折率 (γ)	テフラ名	備考 ^{※3}
		Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum						
NT-T-B 1-1	7.00-7.14	0.6	0.4	0.7	24	0	0	0.2				YK-Y	glass EDX
NT-T-B 1-2	7.20-7.29	0.7	0.2	1.1	34	0	0	0.1				YK?	glass EDX
NT-T-B 1-3	7.37-7.45	0.4	0	0.4	30	0	0	0.1					
NT-T-B 1-4	7.60-7.70	0.6	0.3	1	28	0	0	0.2					
NT-T-B 1-5	9.68	722	935	0	131	0	0	0	1.498-1.507 (モード1.498-1.501)	1.718-1.725			glass EDX
NT-T-B-1	14.12-14.16	1	0	1	253	6	0	0					glass EDX
NT-T-B 2-1	14.16-14.25	0.1	0	0	743	0	0	0	Olivine含む. スコリア?				
NT-T-B 2-2	14.25-14.35	0.2	0	0	495	0	0	0	Olivine多く含む. スコリア		1.700-1.719		
NT-T-B 2-3	14.35-14.45	0.4	0	0.2	445	0	0	0					glass EDX
NT-T-B-2	21.20	0	0	0	92	0	0	0					
NT-T-B 2-4	22.50-22.60	0	0	0.3	12	0	0	0				Hkd-2混在	glass EDX
NT-T-B 2-5	22.60-22.66	0	0	0.1	14	0	0	0					
NT-T-B 2-6	22.74-22.84	0.1	0	0.1	19	0	0	0					
NT-T-B 2-7	22.84-22.91	0	0	0.2	19	0	0	0					
NT-T-B 2-8	23.00-23.05	0	0	0.1	8	0	0	0					
NT-T-B 2-9	23.24-23.34	0	0	0.1	17	0	0	0.2					
NT-T-B 2-10	23.34-23.44	0	0	0.2	13	0	0	0.2					glass EDX
NT-T-B 2-11	23.50-23.60	0	0	0.2	17	0	0	0					
NT-T-B-3	24.70	0	1	2	24	0	0	0				Hkd-2混在	glass EDX
NT-T-B-4	28.30	0	0	0	61	0	0	0					
NT-T-B-5	33.90	0	0	1	39	0	0	0					glass EDX
NT-T-B-6	45.80	0	0	0	86	0	0	0					
NT-T-B-7	52.30	0	0	0	80	0	0	0					

^{※1}Bw : バブルウォールタイプ, Pm : バミスタイプ, O : 低発泡タイプ

^{※2}Opx : 斜方輝石, Gho : 緑色普通角閃石, Cum : カミングトン閃石

^{※3}glass EDX : 火山ガラスの主成分化学組成分析実施試料

第 14 表. 葛根田川左岸における西根従属断層周辺にみられる地層の対比と年代.

Table 14. Correlation and age of strata exposed around the Nishine-juzoku fault on the left bank of the Kakkonda River.

層名	本調査	既存報告	地層の年代
段丘堆積物	篠ヶ森火砕流噴出期以降	—	70±30 ka以降 (67±7 ka以降) ^{※1}
篠ヶ森火砕流堆積物	70±30 ka (ジルコンFT年代)	67±7 ka ^{※1} (対比される雪浦軽石のジル コンFT年代) >40,000 yBP ^{※2} >41,030 yBP ^{※3} >40,820 yBP ^{※3} (¹⁴ C年代)	70±30 ka (67±7 ka) ^{※1}
玄武温泉溶岩	160±70 ka (K-Ar年代: 石基)	0.954±0.068 Ma ^{※4} (K-Ar年代: 全岩) 小松倉森溶岩に対比 ^{※5}	160±70 ka
有根層	約300 ka以降 160±70 ka以前 (115-112 ka以前) ^{※6}	洪民段丘・高松段丘 ^{※7}	約300 ka以降 160±70 ka以前 (115-112 ka以前)
篠ヶ森層	640±60 ka以降 160±70 ka以前 (115-112 ka以前) ^{※6}	洪民段丘・高松段丘 ^{※7}	540±70 ka以降 160±70 ka以前 (115-112 ka以前)
高倉火山噴出物の分布上限 (侵食面)	—	—	540±70 ka以降 160±70 ka以前 (115-112 ka以前)
高倉火山噴出物	540±70 ka 640±60 ka (K-Ar年代: 石基)	1.2±0.5 Ma ^{※8} (K-Ar年代: 全岩)	540±70 ka 640±60 ka

^{※1}同時異相の雪浦軽石のジルコンFT年代 (伊藤ほか, 2007)

^{※2}須藤 (1983)

^{※3}土井 (1984)

^{※4}Itaya *et al.* (1984)

^{※5}須藤・石井 (1987)

^{※6}洞爺テフラ (Toya) の年代 (112-115 ka) は町田・新井 (2003) に基づく

^{※7}土井 (2000)

^{※8}須藤 (1985)

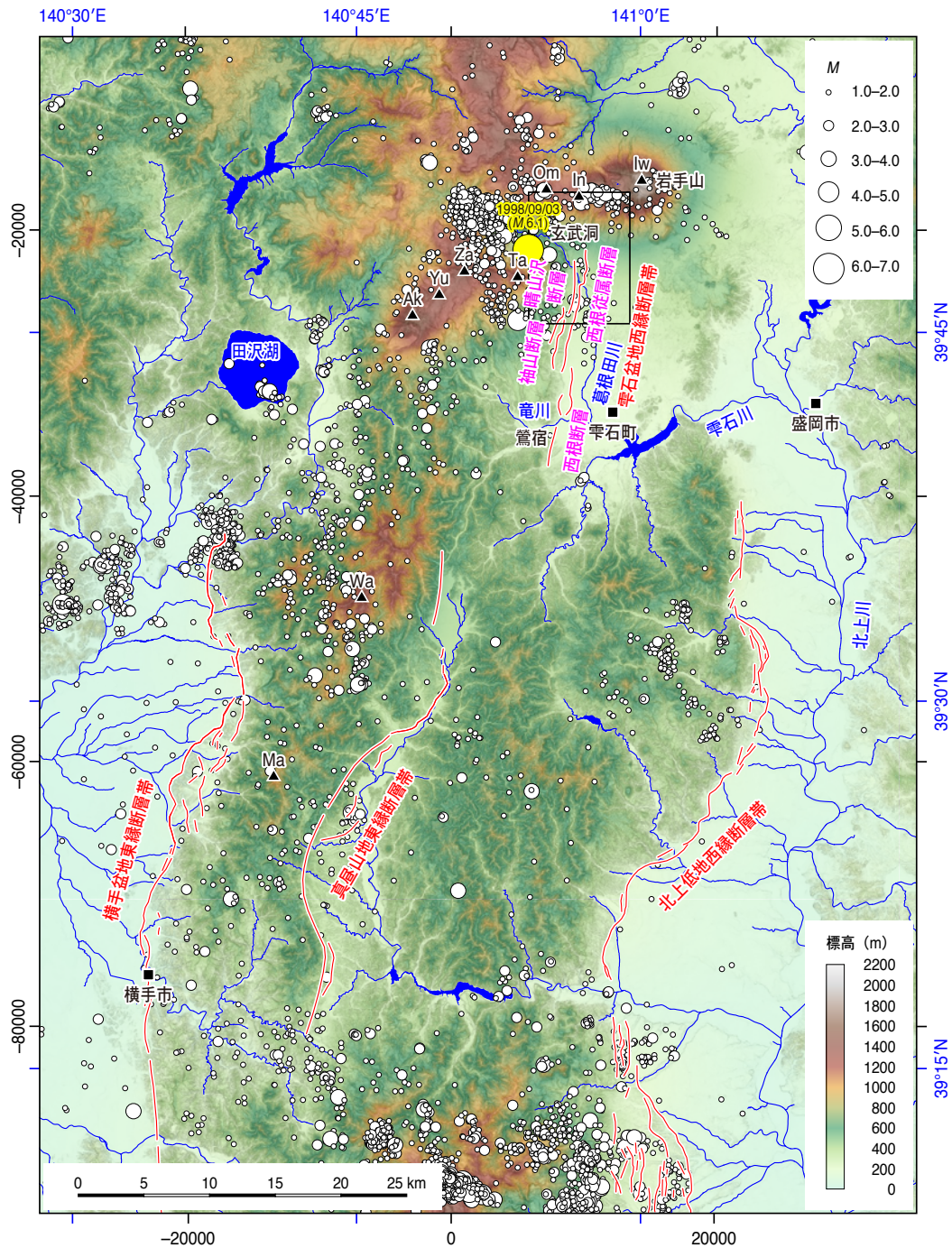
第 15 表. 変位基準の落差と年代から推定される西根従属断層の上下方向の平均変位速度.

Table 15. Vertical component of slip rates of the Nishine-juzoku fault estimated from throw and age of the faulted markers.

変位基準	落差 (m)	年代 (ka)	上下方向の平均変位 速度 (mm/y)
篠ヶ森火砕流堆積物堆積原面	約22~31	70±30 (67±7) ^{※1}	0.4±0.2 (0.4±0.1) ^{※1}
有根層上面	約32~39	300~(160±70) 300~(115-112) ^{※2}	0.1~0.4 (0.1~0.3) ^{※2}
高倉火山噴出物上面	約69~74	(540±70)~(160±70) (540±70)~(300-112) ^{※2}	0.1~0.8 (0.1~0.7) ^{※2}

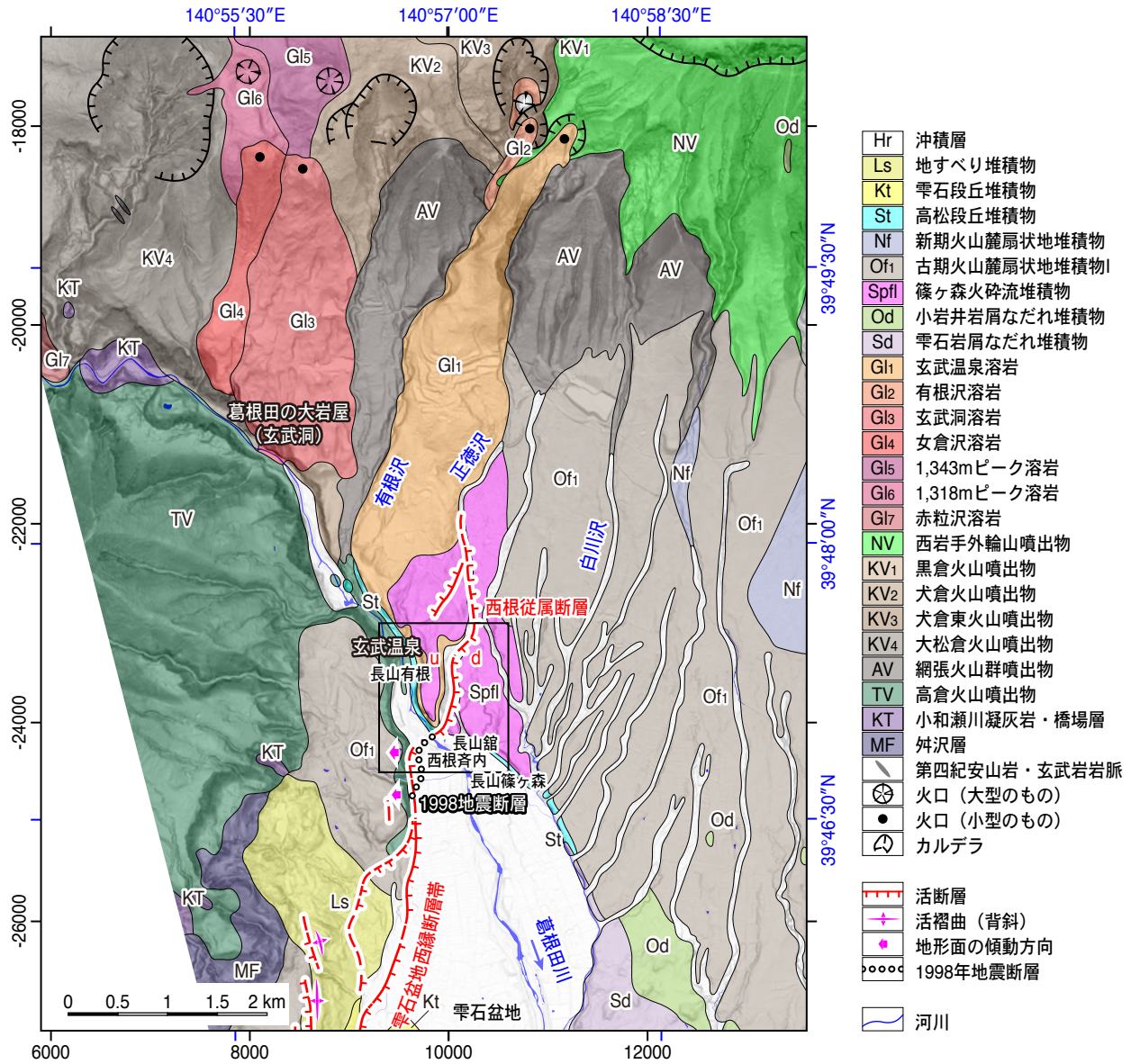
^{※1}篠ヶ森火砕流堆積物の噴出年代として, 同堆積物と同時異相 (土井, 1984, 2000; 伊藤, 2002) とされる雪浦軽石のFT年代 (伊藤ほか, 2007) を採用した場合.

^{※2}基準面形成時期の上限値として, 洞爺テフラ (Toya, 115-112 ka; 町田・新井, 2003) を採用した場合.



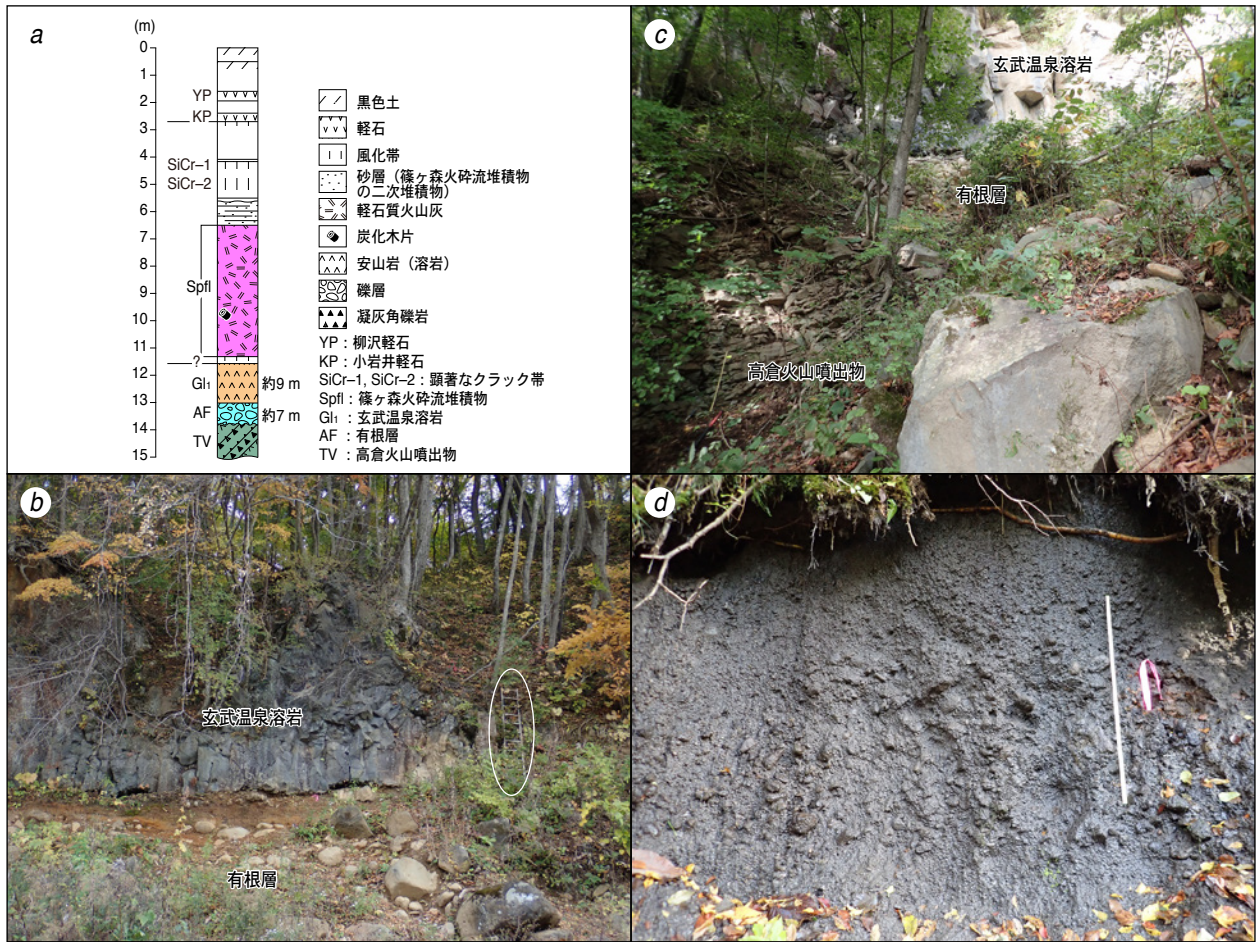
第1図. 雫石盆地西縁断層帯およびその周辺の主要活断層帯と地震活動。主要活断層帯の分布は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001, 2005a, 2005b）による。地震活動は1998年1月から2018年12月までに発生した深さ20 km以浅の地震を示す。震源データは気象庁（2021）を用いた。1998年9月3日の地震（ $M6.1$ ）の震央を黄色で示す。背景のカラー段彩陰影図の作成には、国土地理院基盤地図情報数値標高モデル10 mメッシュ（国土地理院, 2021）を使用した。Ak: 秋田駒ヶ岳, In: 犬倉山, Iw: 岩手山, Ma: 真昼岳, Om: 大松倉山, Ta: 高倉山, Wa: 和賀岳, Yu: 湯森山, Za: 荻森山。枠の左側および下側の座標値 (m) は平面直角座標系 (X系)。

Fig. 1. Major active fault zones and seismic activity in and around the Shizukuishi–Bonchi–Seien fault zone. Distribution of major active fault zones is based on Earthquake Research Committee, the Headquarters for Earthquake Research Promotion (2005a). Seismicity shown in the map are earthquakes with a depth of 20 km or less that occurred from January 1998 to December 2018. The epicenter of the earthquake of September 3, 1998 ($M6.1$) is shown in yellow. The epicenter data used was from Japan Meteorological Agency (2021). The background topographic map was created using GSI (Geospatial Information Authority of Japan) basic map information 10 m mesh DEM (Geospatial Information Authority of Japan, 2021). Ak: Mt. Akita-komagatake, In: Mt. Inukura, Iw: Mt. Iwate, Ma: Mt. Mahirudake, Om: Mt. Omatsukura, Ta: Mt. Takakura, Wa: Mt. Wagadake, Yu: Mt. Yumori, Za: Mt. Zarumori. x and y coordinates in meters at left and lower parts of the frame are from Japan Plane Rectangular Coordinate System X.



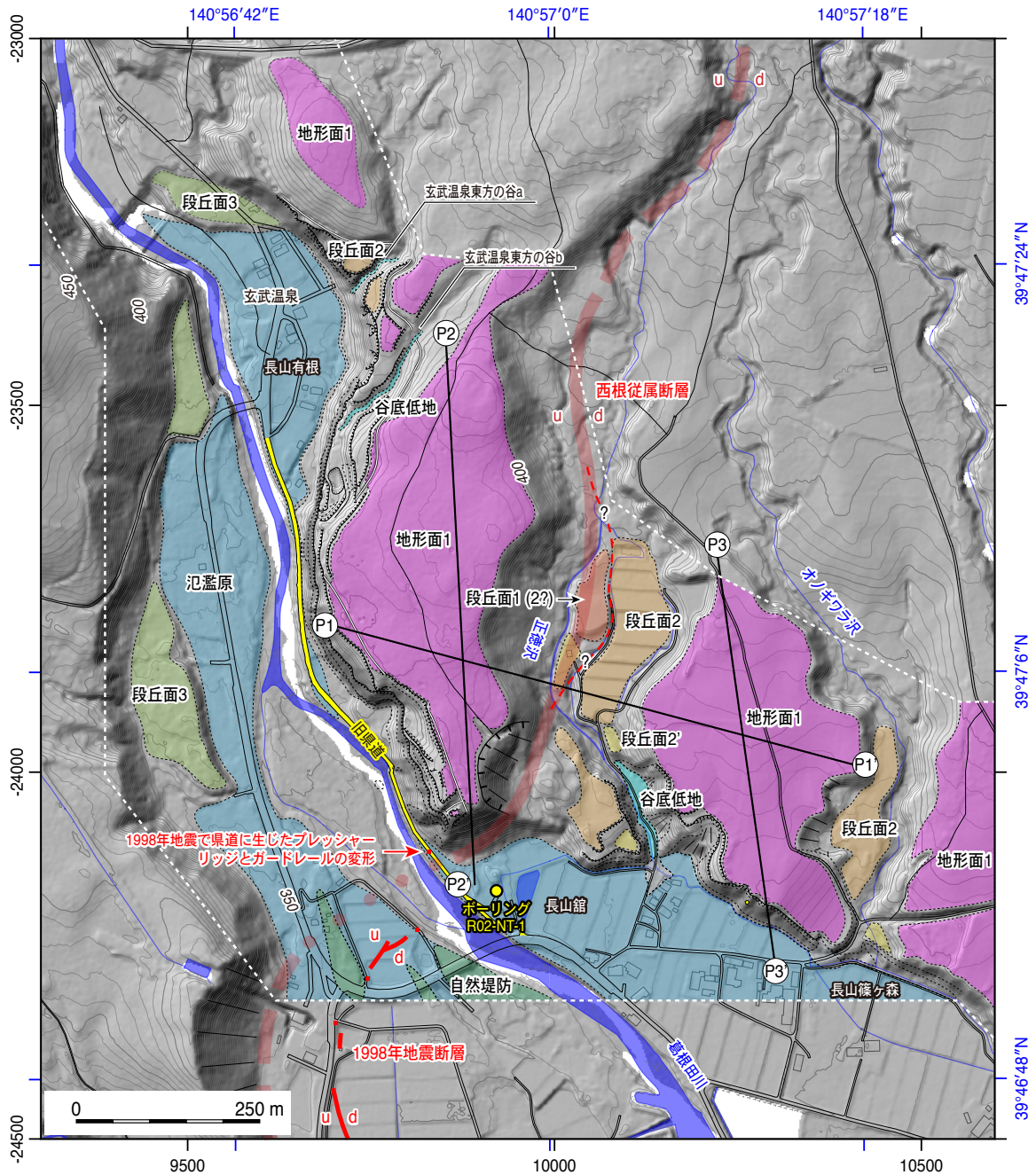
第2図. 雫石盆地西縁断層帯北部の地質図 (土井, 2000 を一部改変). 本図の範囲を第1図に黒枠で示す. 1998年岩手県内陸北部の地震 (M 6.1) に伴う地震断層の分布 (白丸で示す) は越谷ほか (1998) による. 活構造の分布 (活断層: 赤線, ケバは落下側, 活背斜: 走向に直交する矢印を伴う桃色線, 活傾動: 桃色矢印) は八木ほか (2002) による. 背景の傾斜図は, 国土地理院基盤地図情報数値標高モデル5 m メッシュ (国土地理院, 2021) を使用して作成した.

Fig. 2. Geological map around the northern part of the Shizukuishi-Bonchi-Seien fault zone (modified after Doi, 2000). The area of this figure is shown in the black frame in Fig. 1. The distribution of the surface ruptures associated with the 1998 Iwate-ken Nairiku Hokubu earthquake (M 6.1) (shown in open circles) and tectonically active structures (active faults: red line, barbs on downthrown side, active anticlines: pink lines with orthogonally oriented arrows, active tilting: pink arrows) are based on Koshiya *et al.* (1998) and Yagi *et al.* (2002), respectively. The background slope image was created using GSI basic map information 5 m mesh DEM (Geospatial Information Authority of Japan, 2021).



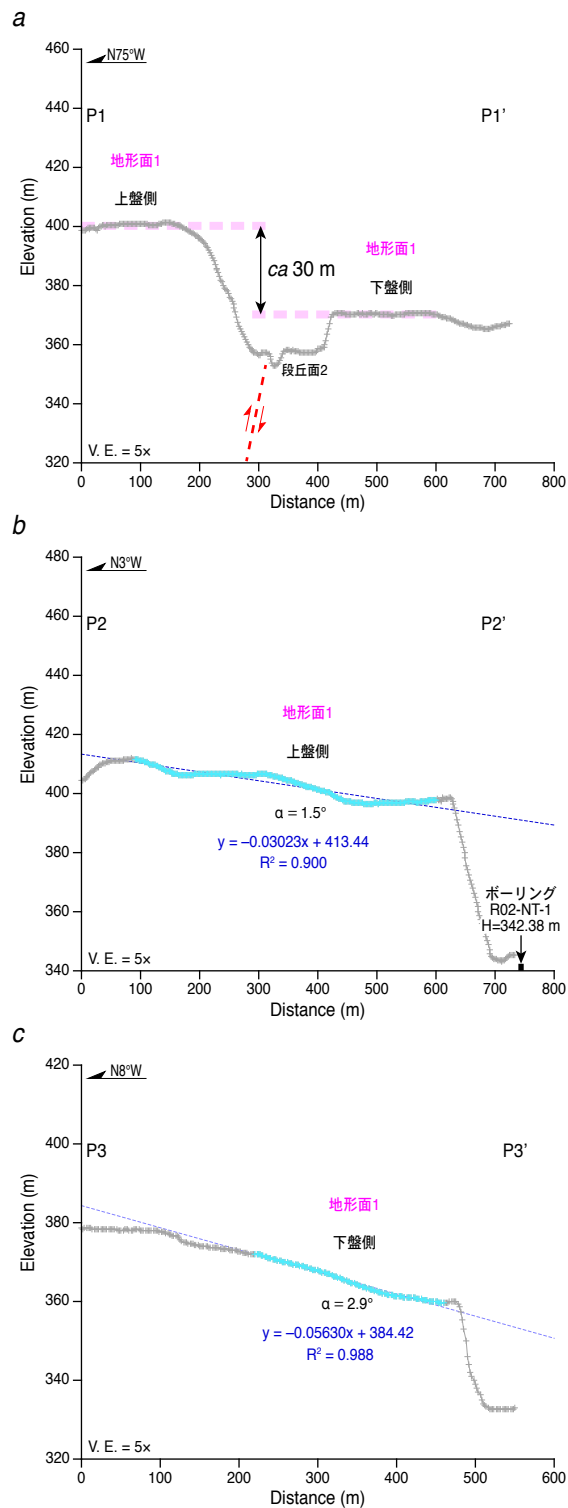
第3図. 雫石町長山有根から同町長山館の葛根田川左岸に分布する地層. a) 模式地質柱状図 (土井, 1984 に加筆). G11, AF, TV の対比は土井 (2000) および本調査による. b) 玄武温泉 (雫石町長山有根) 東方の崖に分布する円礫層 (有根層) とそれを覆う安山岩質溶岩 (玄武温泉溶岩). 白丸で囲んだ梯子の長さは 4 m. c) 雫石町長山館の葛根田川左岸旧県道沿いに分布する玄武温泉溶岩に覆われる円礫層 (有根層) とその下位の安山岩質凝灰角礫岩に挟在する亀裂質の安山岩質溶岩 (高倉火山噴出物). d) 雫石町長山篠ヶ森に分布する軽石を主体とする篠ヶ森火砕流堆積物. 折尺の長さは 1 m. 露頭は第 8, 13 図の測量地点 I-1.

Fig. 3. Surface geology on the left bank of the Kakkonda River along the section from Nagayama-arine to Nagayama-tate, Shizukuishi Town. a) Schematic geological columnar section of the (modified from Doi, 1984). The correlation of units G11, AF, and TV is based on Doi (2000) and this survey. b) Gravel bed (Arine Formation) and overlying andesitic lava (Genbu-onsen lava) exposed on the cliff to the east of Genbu-onsen (Nagayama-arine, Shizukuishi Town). Length of a ladder surrounded by white ellipse is 4 m. c) Gravel bed (Arine Formation) covered by the Genbu-onsen Lava and covers the andesitic tuff breccia intercalated with crack-developed andesitic lava (Takakura volcanic products), exposed on the left bank of the Kakkonda River at Nagayama-tate, Shizukuishi Town. d) The Shinogamori Pyroclastic Flow deposit mainly composed of pumice exposed at Nagayama-shinogamori, Shizukuishi Town (site I-1 in Figs. 8 and 13). The length of a carpenter's ruler is 1 m.



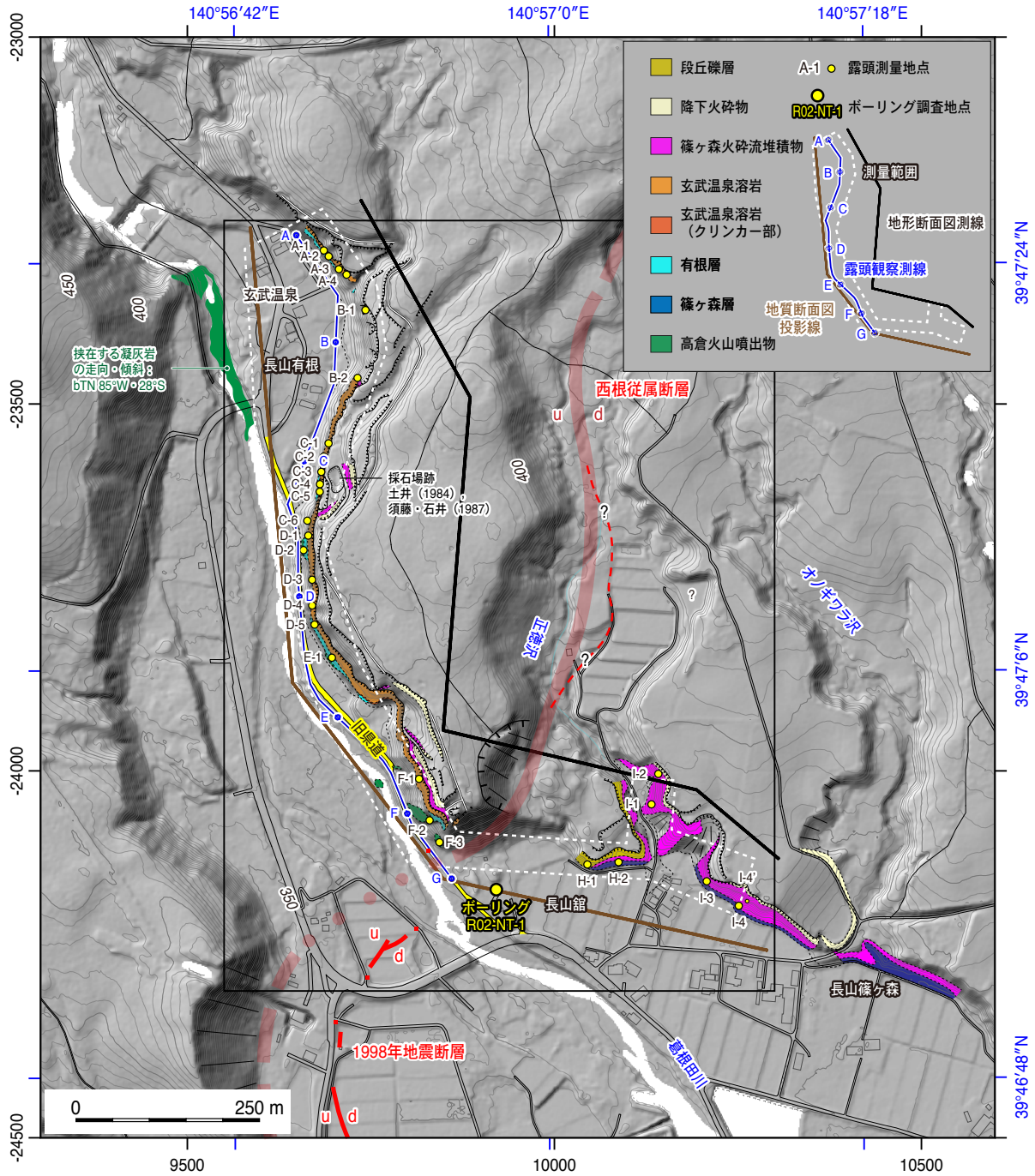
第4図. 長山有根から長山篠ヶ森における地域の地形分類図。本図の範囲を第2図に黒枠で示す。1998年岩手県内陸北部の地震 ($M6.1$) に伴う地震断層 (赤色実線) の分布は越谷ほか (1998) による。活断層トレース (半透明の赤色太線) の分布は八木ほか (2002) による。正徳沢沿い下流域の推定活断層を赤色破線で示す。P1-P1'~P3-P3' は第5図の地形断面図の測線を示す。図中の黄色で着色した道路は、雫石町道筋・玄武温泉線 (旧県道西山-生保内線) の通行止め区間。地形分類図の作成範囲を白破線で示す。陰影図は、国土地理院提供 2 m メッシュ航空レーザ地形データを使用して作成した。オノギワラ沢の位置は雫石町発行都市計画図 (1:2,500 国土基本図 X-KE 82-2) に基づく。

Fig. 4. Geomorphic classification map around the Nishine-juzoku (Nishine-subordinate) fault in the section from Nagayama-arine to Nagayama-shinogamori. The area of this figure is shown in the black frame in Fig. 2. The distribution of the surface ruptures associated with the 1998 Iwate-ken Nairiku Hokubu earthquake ($M6.1$) (solid red lines) and active fault traces (translucent thick red lines) are based on Koshiya *et al.* (1998) and Yagi *et al.* (2002), respectively. Presumed active fault trace along the lower reach of the Shotokuzawa River is shown by dashed red line. P1-P1' to P3-P3' indicate lines of the topographic profiles in Fig. 5. The road colored in yellow is the presently closed section of the Shizukuishi Town municipal road "Tate-Genbu-onsen Line" (former prefectural road "Nishiyama-Ononai Line"). The area where the geomorphic interpretation map was created is indicated by white dashed lines. The background shaded relief image was created using airborne lidar-derived 2 m mesh topographical data provided by GSI. The location of Onogiwara-zawa is based on the 1:2,500 city planning map issued by Shizukuishi Town (X-KE 82-2).



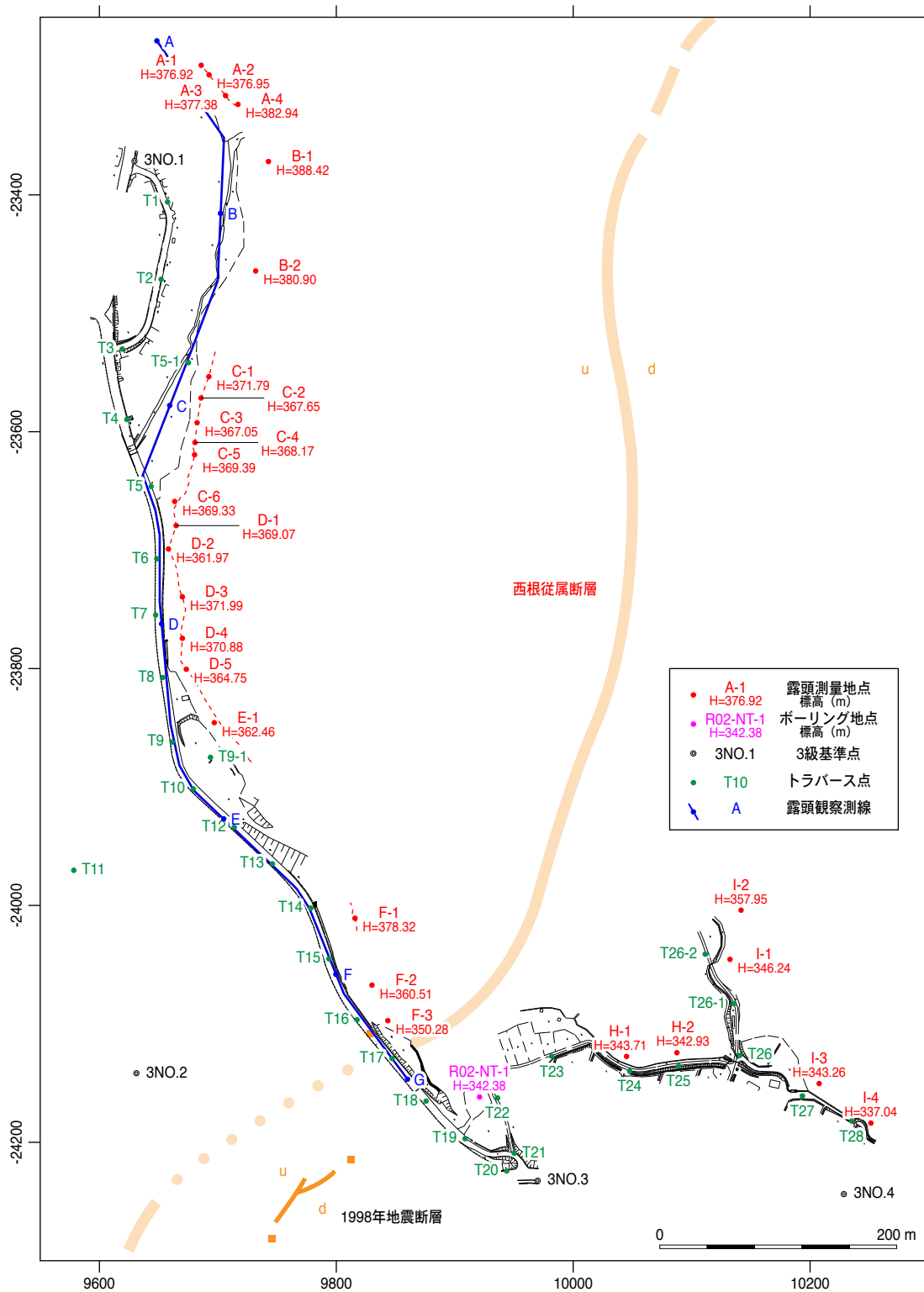
第5図. 地形断面図（各断面図の測線を第4図に示す）. (a) 西根従属断層を横断する同一地形面（地形面1）の地形断面図（断面 P1–P1'）. (b) 西根従属断層上盤側（西側）の地形面1のほぼ最大傾斜方向の地形断面図（断面 P2–P2'）. α : 地形面の勾配（図中の青色の断面区間）. (c) 西根従属断層下盤側（東側）の地形面1のほぼ最大傾斜方向の地形断面図（断面 P3–P3'）.

Fig. 5. Topographic profiles (line of each profile is shown in Fig. 4). (a) Topographical profile of surface 1 that crosses the Nishine-juzoku fault (profile P1–P1'). (b) Topographical profile of surface 1 on the upthrown (west) side of the Nishine-juzoku fault in the orientation of almost maximum inclination (profile P2–P2'). α : Surface gradient in the section shown in blue points. (c) Topographical profile of surface 1 on the downthrown (east) side of the Nishine-juzoku fault in the orientation of almost maximum inclination (profile P3–P3').



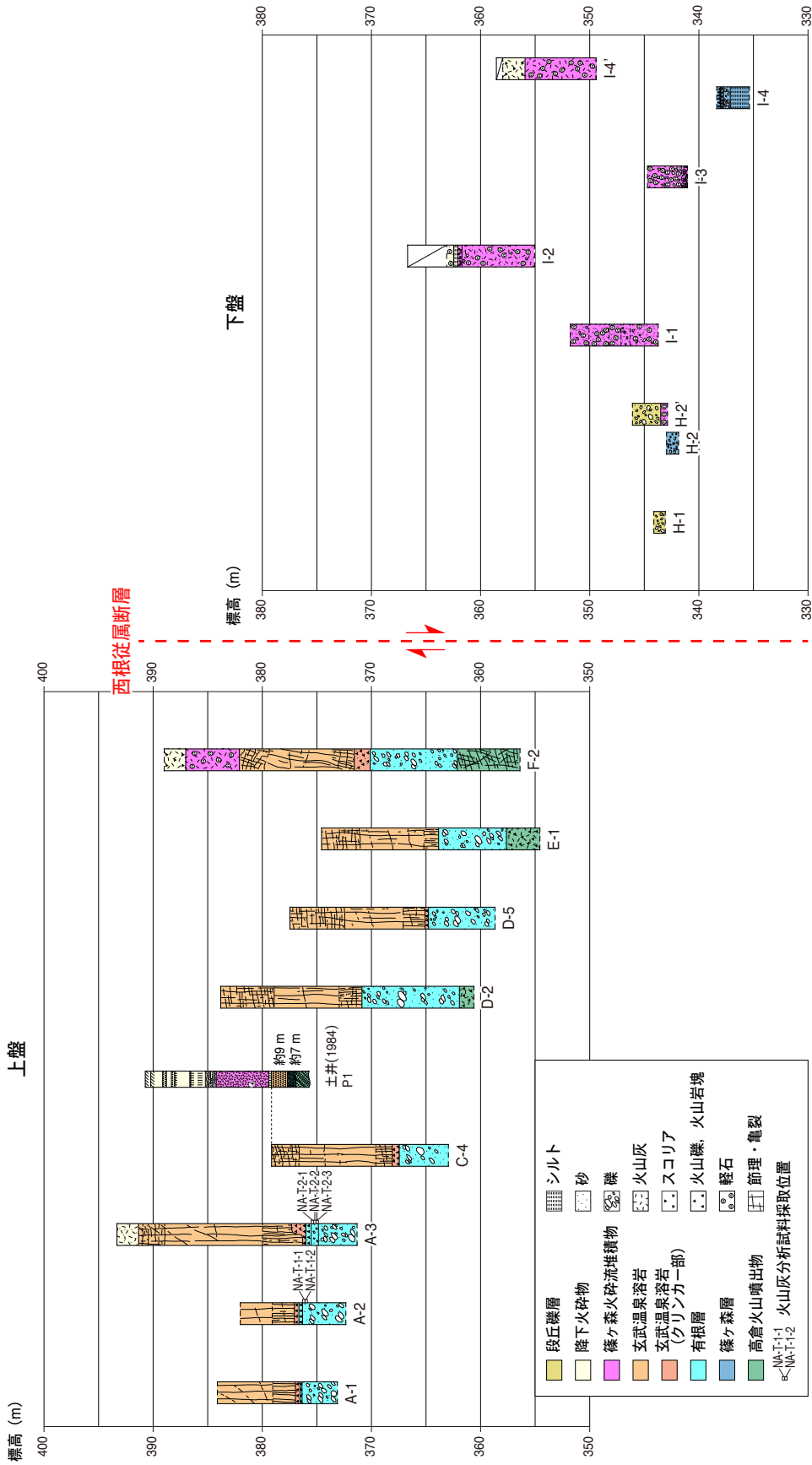
第 6 図. 露頭踏査に基づく長山有根から長山篠ヶ森に至る区間の西根従属断層周辺の地層分布. 本図の範囲を第 2 図に黒枠で示す. 第 13 図の地形断面図は, 地形断面測線 (黒色太線) に沿った断面データを地質断面図投影線 (茶色太線) に投影して作成した. 1998 年岩手県内陸北部の地震 ($M 6.1$) に伴う地震断層の分布は越谷ほか (1998) による. 活断層トレースの分布は八木ほか (2002) による. 図中の黄色で着色した道路は, 雫石町道館・玄武温泉線 (旧県道西山-生保内線) の通行止め区間. 陰影図は, 国土地理院提供 2 m メッシュ航空レーザ地形データを使用して作成した.

Fig. 6. Geological map around the Nishine-juzoku fault in the section from Nagayama-arine to Nagayama-shinogamori based on outcrop mapping. The area of this figure is shown in the black frame in Fig. 2. Topographic profiles in Fig. 13 are created by projecting the profiling data acquired along the topographic profile measuring line (thick black line) onto the topographic profile projection line (thick brown line). The distribution of the surface ruptures associated with the 1998 Iwate-ken Nairiku Hokubu earthquake ($M 6.1$) and active fault traces are based on Koshiya *et al.* (1998) and Yagi *et al.* (2002), respectively. The road colored in yellow in the figure is the presently closed section of the Shizukuishi Town municipal road “Tate-Genbu-onsen Line” (former prefectural road “Nishiyama-Ononai Line”). The background shaded relief image was created using airborne lidar-derived 2 m mesh topographical data provided by GSI.



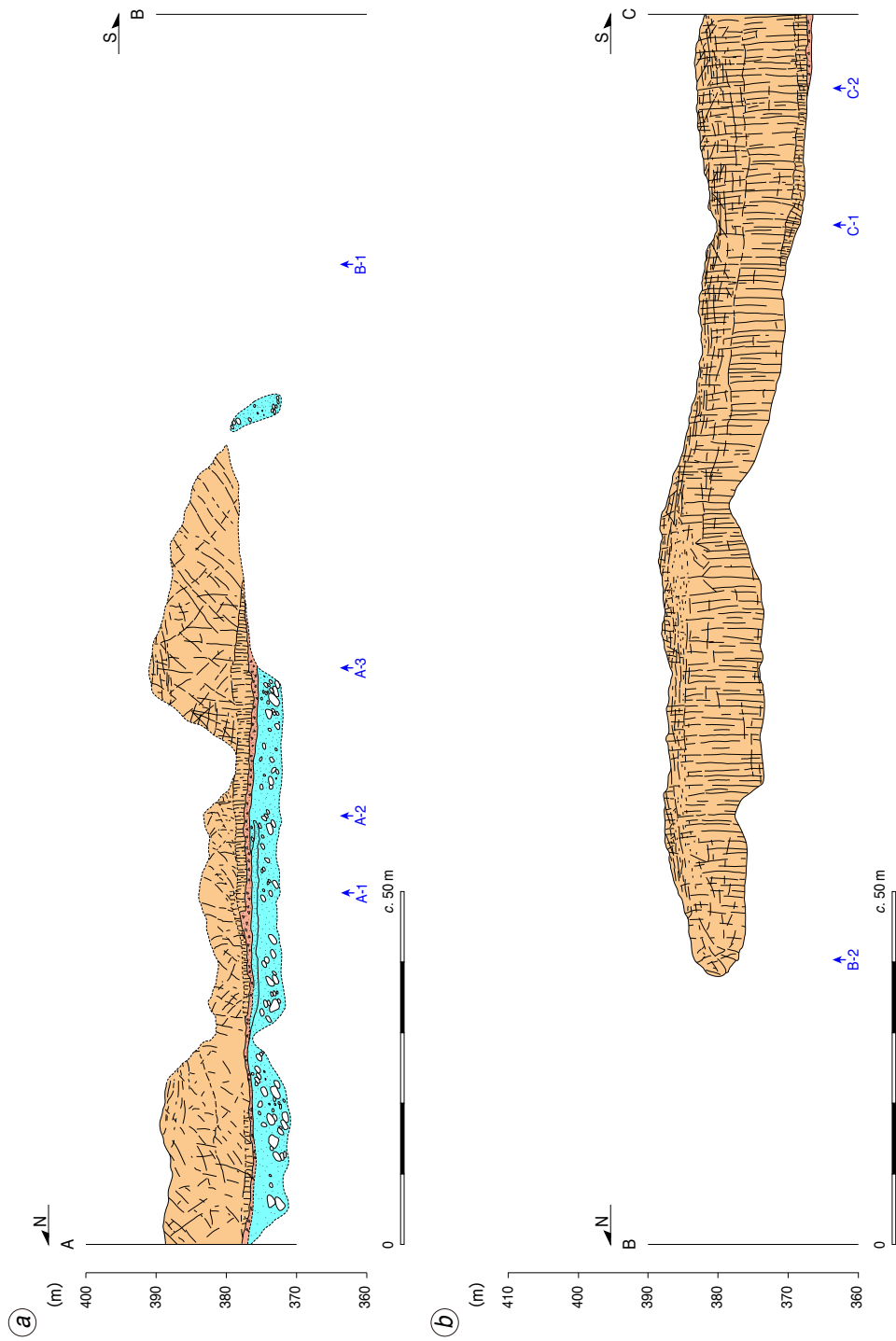
第7図. 葛根田川左岸における測量地点. 本図の範囲を第6図に黒枠で示す. 1998年岩手県内陸北部の地震(M 6.1)に伴う地震断層の分布は越谷ほか(1998)による. 活断層トレースの分布は八木ほか(2002)による.

Fig. 7. Map showing measurement points of stratigraphic boundaries at outcrops exposed on the left bank of the Kakkonda River. The area of this figure is shown in black frame in Fig. 6. The distribution of the surface ruptures associated with the 1998 Iwate-ken Nairiku Hokubu earthquake (M 6.1) and active fault traces are based on Koshiya *et al.* (1998) and Yagi *et al.* (2002), respectively.



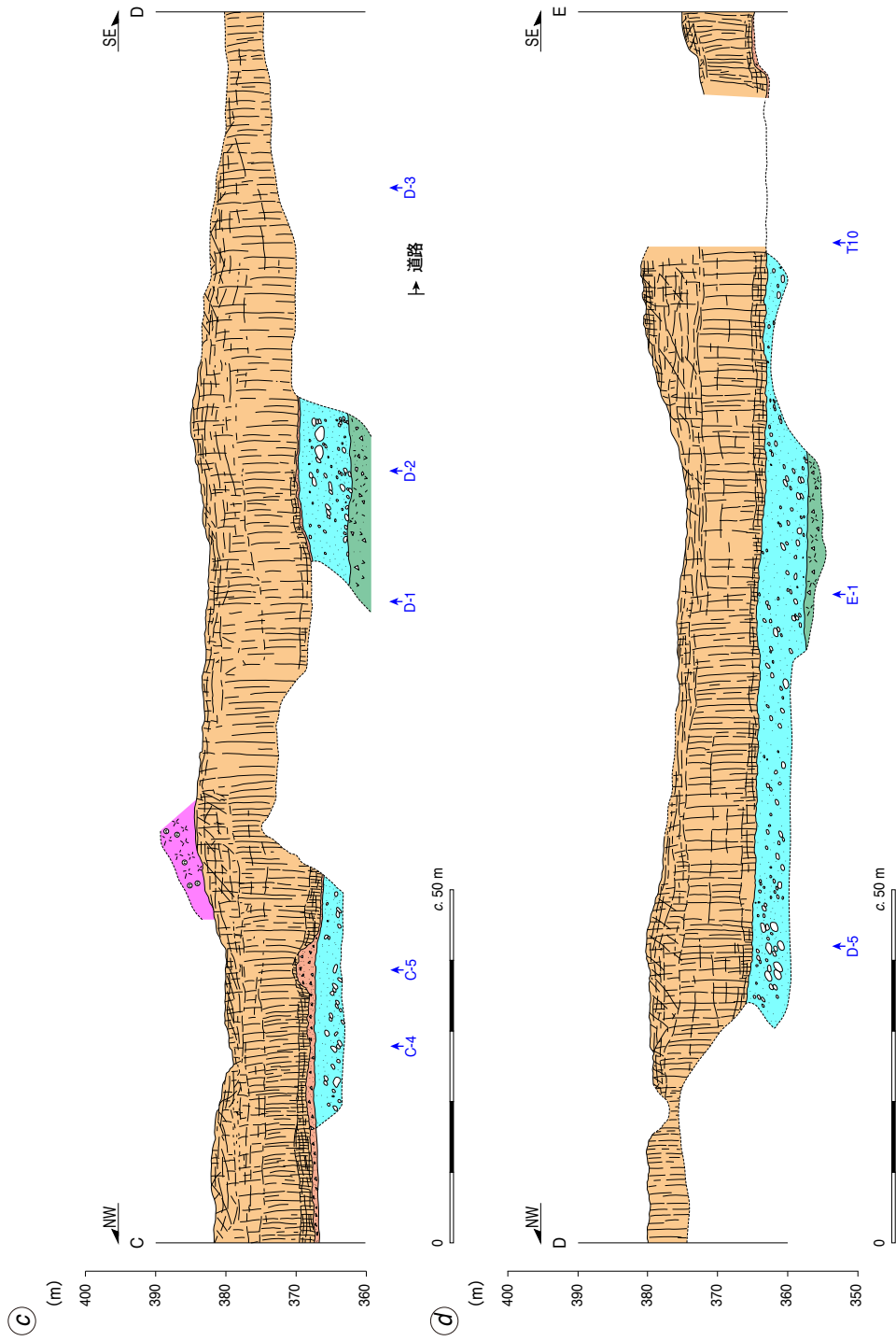
第 8 図. 葛根田川左岸に見られる代表的な露頭の地質柱状図. 土井 (1984) の篠ヶ森火砕流堆積物の上面の標高は, 同露頭における玄武温泉溶岩上面と隣接する測量地点 C-4 の玄武温泉溶岩上面の標高が同一と仮定して推定した. 断層面の傾斜は考慮していないことに注意 (実際は西傾斜: 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005a)).

Fig. 8. Geological columns of representative outcrops exposed on the left bank of the Kakkonda River. The elevation of the upper surface of the Shinogami Pyroclastic Flow Deposit at site P1 described by Doi (1984) was estimated assuming that the elevation of the upper surface of the Genbu-onsen Lava at the site is the same as that at the adjacent site C-4. Note that the dip of the fault plane is not taken into consideration (actually west dipping: Earthquake Research Committee, the Headquarters for Earthquake Research Promotion, 2005a).

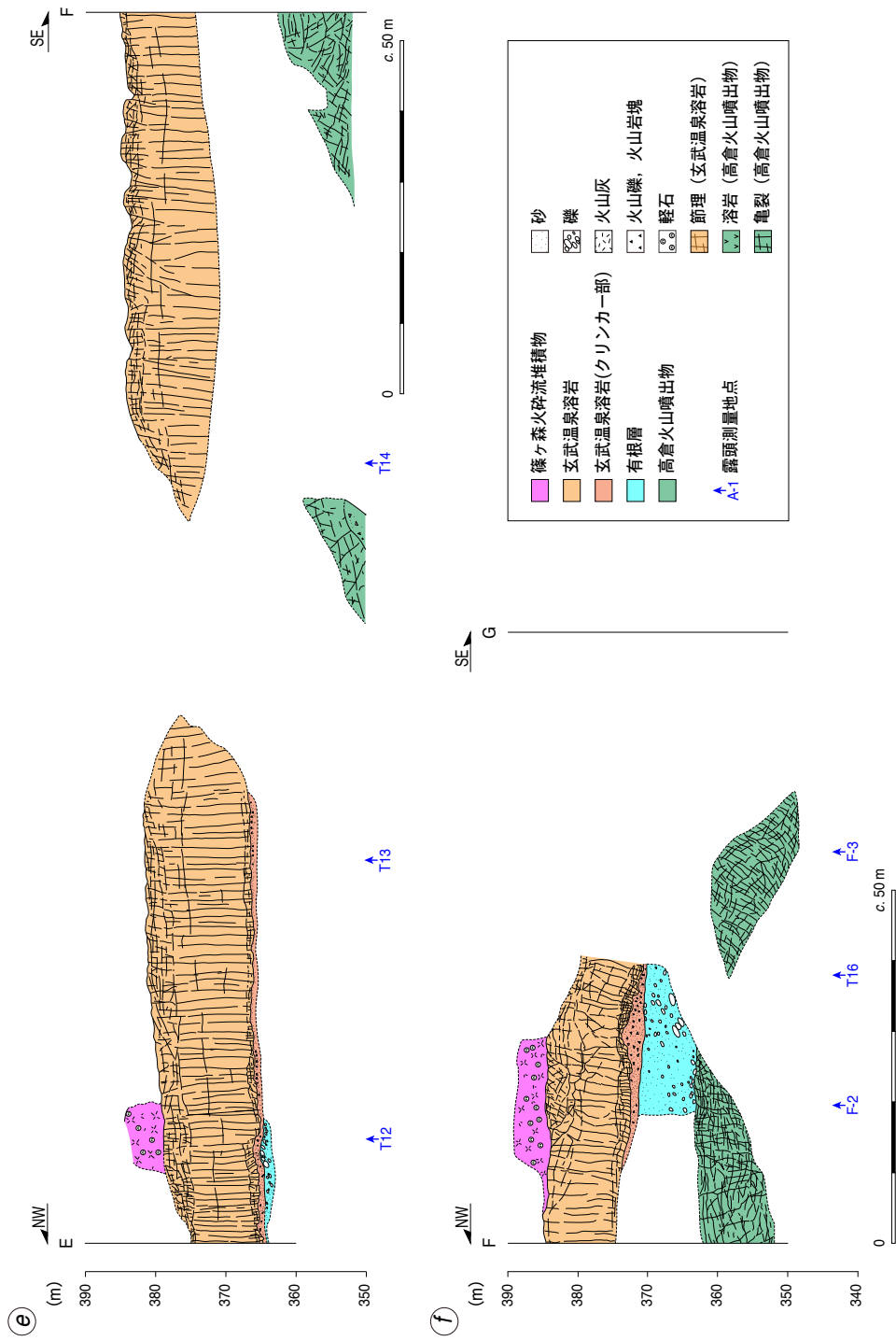


第9図. 葛根田川左岸における西根従属断層上盤側の露頭スケッチ. (a) 露頭観察区間 A-B, (b) 区間 B-C, (c) 区間 C-D, (d) 区間 D-E, (e) 区間 E-F, (f) 区間 F-G. 各露頭観察区間の位置を第6, 7図に示す.

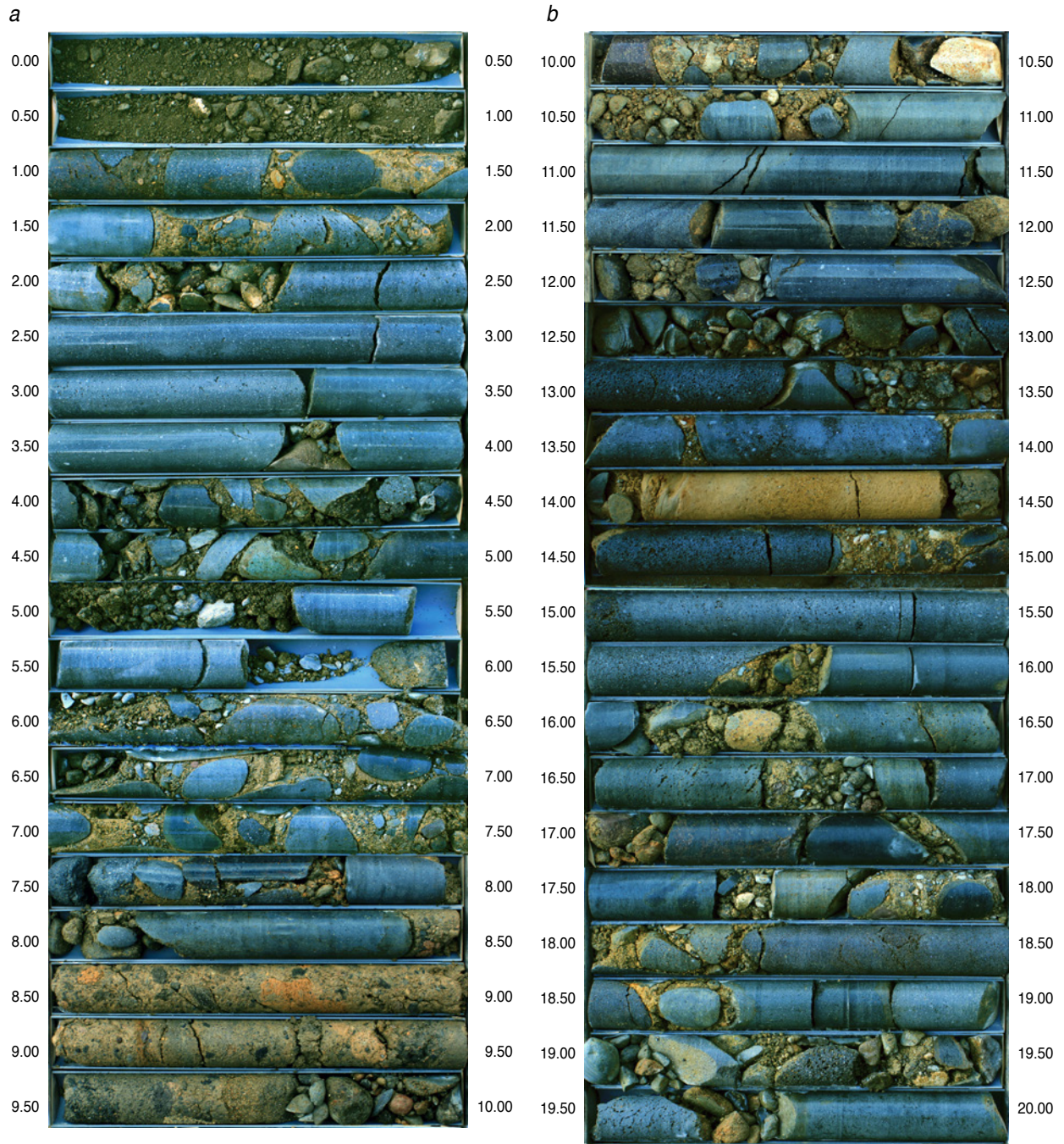
Fig. 9. Sketches of outcrops of the hanging wall side of the Nishine-juzoku fault exposed on the left bank of the Kakkonda River. (a) Outcrop observation section A-B, (b) section B-C, (c) section C-D, (d) section D-E, (e) section E-F, (f) section F-G. The outcrop observation sections are shown in Figs. 6 and 7.



第9図. (続き)
 Fig. 9. (continued)

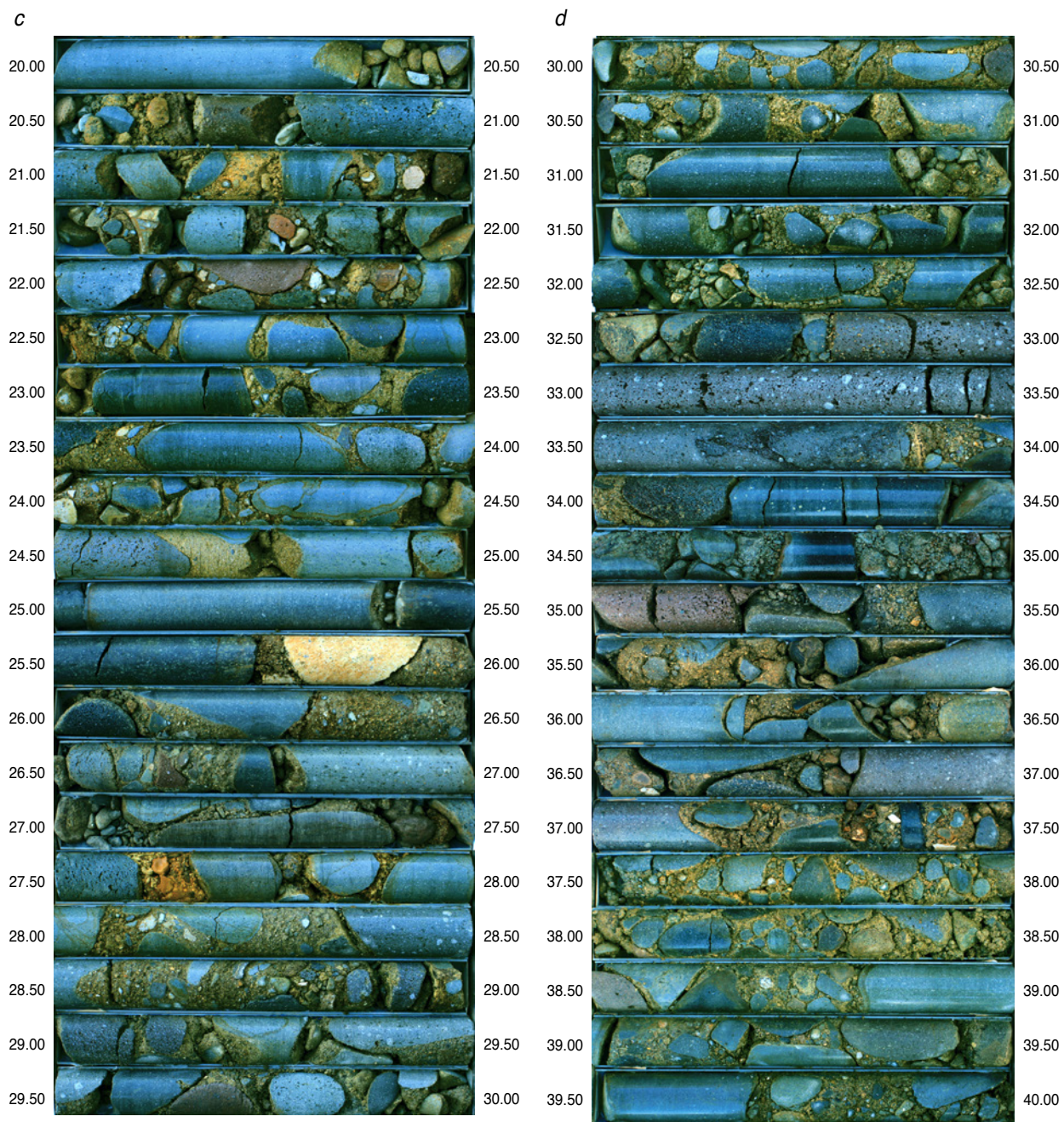


第9図. (続き)
Fig. 9. (continued)

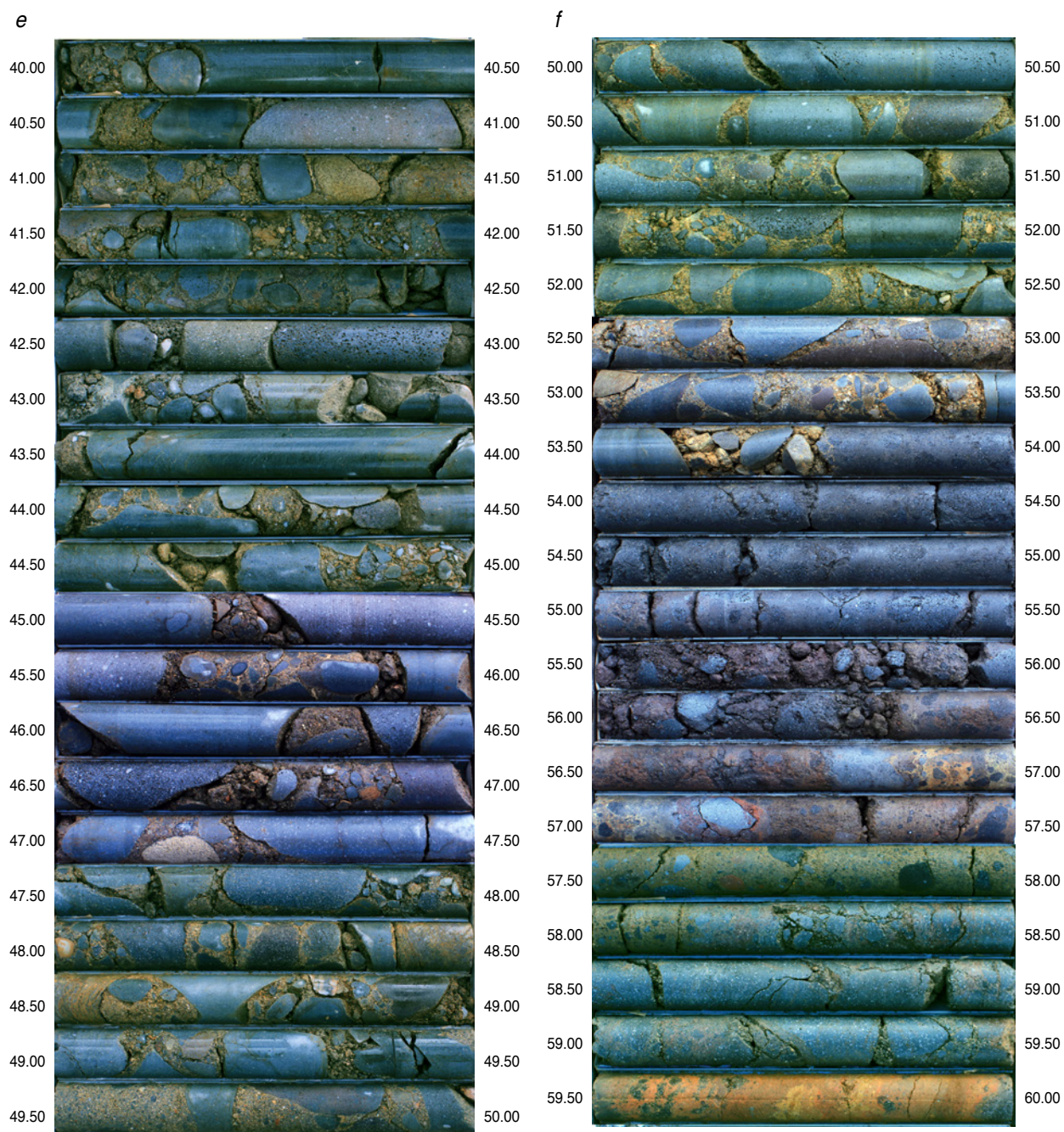


第 10 図. R02-NT-1 コア写真. (a) 深度 0~10 m, (b) 深度 10~20 m, (c) 深度 20~30 m, (d) 深度 30~40 m, (e) 深度 40~50 m, (f) 深度 50~60 m, (g) 深度 60~70 m, (h) 深度 70~80 m.

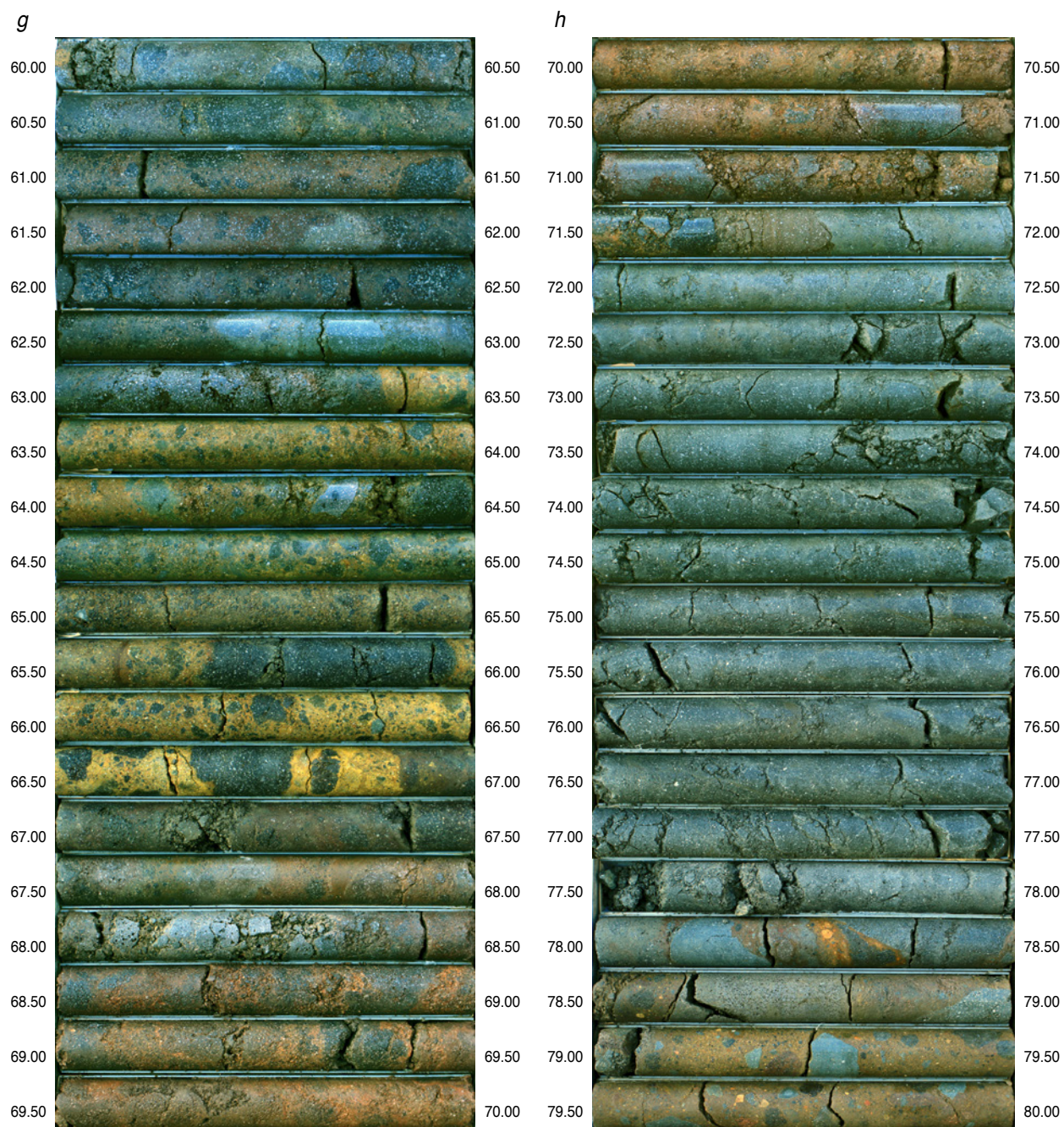
Fig. 10. Photographs of core R02-NT-1. (a) 0-10 m, (b) 10-20 m, (c) 20-30 m, (d) 30-40 m, (e) 40-50 m, (f) 50-60 m, (g) 60-70 m, (h) 70-80 m.



第 10 図. (続き)
Fig. 10. (continued)



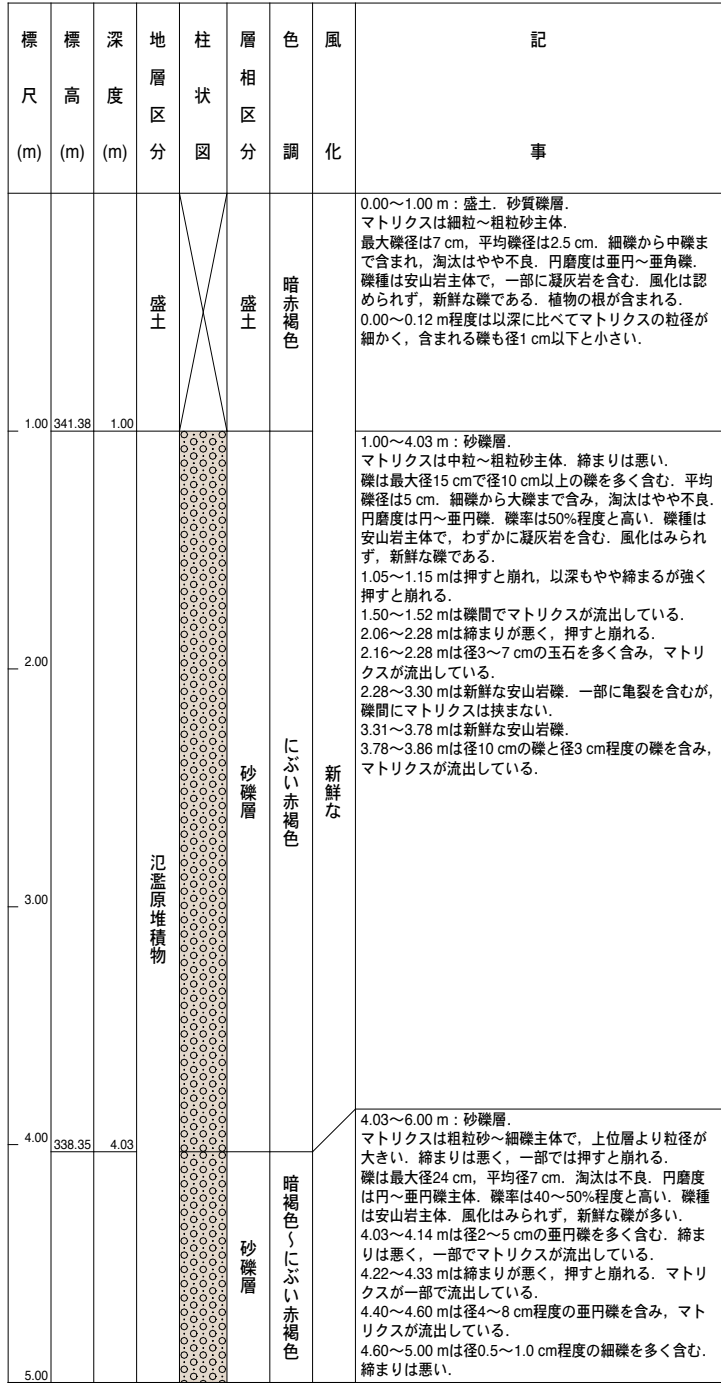
第 10 図. (続き)
Fig. 10. (continued)



第 10 図. (続き)
Fig. 10. (continued)

a

ボーリング名	R02-NT-1		
調査位置	岩手県岩手郡雫石町長山館地内		
調査期間	2020年10月13日～2020年12月8日		
孔口標高	342.38 m	北緯	39°46'56.32"
総掘削長	80.00 m	東経	140°56'56.96"
使用機種	試錐機	東邦地下工機D2-G型 (200 m級)	
	エンジン	ヤンマーNFD12型 (12PS)	ポンプ BG-3型 (30 L/m)



第 11 図. R02-NT-1 コアの地質柱状図. (a) 深度 0～5 m, (b) 深度 5～12 m, (c) 深度 12～19 m, (d) 深度 19～26 m, (e) 深度 26～33 m, (f) 深度 33～40 m, (g) 深度 40～47 m, (h) 深度 47～54 m, (i) 深度 54～61 m, (j) 深度 61～68 m, (k) 深度 68～75 m, (l) 深度 75～80 m.
Fig. 11. Geological columnar sections of core R02-NT-1. (a) 0–5 m, (b) 5–12 m, (c) 12–19 m, (d) 19–26 m, (e) 26–33 m, (f) 33–40 m, (g) 40–47 m, (h) 47–54 m, (i) 54–61 m, (j) 61–68 m, (k) 68–75 m, (l) 75–80 m.


雫石盆地西縁断層帯（岩手県）の中期更新世以降の平均変位速度

b

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
6.00	336.38	6.00	氾濫原堆積物		砂礫層	暗褐色〜にぶい赤褐色		5.00~5.29 mは中粒砂主体で、マトリクスが一部で流出している。 5.29~5.44 mは安山岩礫。新鮮で風化はみられない。 5.44~5.51 mはコア流出。 5.51~5.75 mは安山岩礫。新鮮で風化はみられない。 5.75~5.92 mはコア流出。 5.92~5.98 mは安山岩礫。新鮮で風化はみられない。
7.00					砂礫層	にぶい赤褐色		6.00~8.42 m：砂礫層。 マトリクスは中粒~粗粒砂主体。締まりが悪く、押すと崩れる。 礫は最大径30 cm、平均径8 cm。淘汰は不良。円磨度は垂円礫主体。礫率は40~50%。礫種は安山岩主体。礫種は安山岩主体。風化はみられず、新鮮な礫が多い。 6.00~6.10 mは1~2 cm程度の礫を多く含む。締まりが悪く、押すと崩れる。 6.50~6.59 mはほとんどのマトリクスが流出しており、3 cm程度の礫が残る。 7.06~7.10 mは細礫が少なく、中粒砂が主体となる。 7.35~7.50 mは数mm~2 cm程度の細礫が多く、礫率は50%程度と周囲より高くなる。 7.81~7.85 mはマトリクスが流出し、径1~2 cm程度の礫が多い。 7.96~8.14 mはマトリクスが流出し、径2~8 cm程度の礫を含む。 マトリクスは中粒砂主体。 8.14~8.42 mは安山岩礫。新鮮であり、風化はみられない。
9.00	333.96	8.42	篠ヶ森火砕流堆積物		火砕流堆積物	にぶい赤褐色	新鮮な	8.42~9.71 m：火砕流堆積物。 火山灰、軽石および火山礫からなる。マトリクスは粗粒砂状の火山灰。軽石は径1~12 cmで石英安山岩質で、灰白色~暗灰色を呈する。火山礫は径1~5 cmで、垂円~垂角礫主体である。淘汰はやや不良で、基質支持である。 9.12~9.29 mは周囲より締まりがよい。
10.00	332.67 332.58	9.71 9.80			シルト混じり極粗粒砂層			9.71~9.80 m：シルト混じり極粗粒砂層。 極粗粒砂を主体とし、シルトが混じる。半固結状である。にぶい赤褐色を呈する。
11.00			礫層1（有根層相当層）		砂礫層	にぶい赤褐色		9.80~14.08 m：砂礫層。 マトリクスは粗粒砂~細礫主体。平均的には締まりが悪く、押すと崩れる。 礫は最大径59 cm、平均径10 cm。細礫から大礫まで含み、淘汰は不良。円磨度は垂円礫主体。礫率は40~50%程度。礫種は安山岩主体。ほとんどが新鮮な礫からなる。 9.80~10.02 mは2~8 cm程度の玉石を含み、マトリクスが流出している。礫は新鮮であり、風化はみられない。 10.08~10.14 mはマトリクスが中粒~粗粒砂主体で、周囲より平均粒径が小さく、周囲よりやや締まるが、強く押すと崩れる。 10.14~10.50 mは粗粒砂~細礫主体で、締まりが悪い。 10.43~10.50 m：やや風化した安山岩礫。 10.50~10.81 mはマトリクスが細礫主体となり、締まりが悪く、やや崩れる。径3~6 cm程度の礫を含み、礫率は高い。 10.81~11.50 m、11.50~11.65 m、11.65~11.80 mは新鮮な安山岩礫。礫間はマトリクスが流出している。 11.80~12.00 mは径1~8 cm程度の礫を含み、淘汰はやや不良。締まりが悪く、押すと崩れる。
12.00								

第 11 図. (続き)
Fig. 11. (continued)

C

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事			
			礫層 1 (有根層相当層)		砂礫層	にぶい赤褐色		12.00~12.12 mはマトリクスがやや流出し、12.12~12.21 mではマトリクスが完全に流出している。 12.21~12.46 mは新鮮な安山岩礫。 12.46~12.50 mはマトリクスが流出している。 12.50~12.98 mは径3~8 cm程度の礫を多く含み、径1 cm程度以下の礫が混じる。マトリクスはほとんど流出しており、12.65~12.98 mに少し残るマトリクスは粗粒砂が主体である。 13.00~13.23 m、13.23~13.30 mは新鮮な安山岩礫。礫間にはマトリクスがみられない。 13.30~13.50 mはマトリクスは粗粒砂主体で、締まりが悪く、流出している。径1~5 cm程度の礫を多く含む。 13.50~13.62 mは新鮮な安山岩礫。 13.62~13.65 mは中粒砂~細礫主体で、締まりが悪く、押すと崩れる。 13.65~13.93 m、13.93~14.00 mは新鮮な安山岩礫。礫間のマトリクスは締まりが悪く、押すと崩れる。 14.00~14.08 mはマトリクスが流出している。			
	328.30	14.08						礫混じり砂質シルト層	明赤褐色		14.08~14.43 m：礫混じり砂質シルト層。 マトリクスはシルト~細粒砂主体で、周囲より締まりが良い。数mm程度の礫を含み、最大礫径は0.5 cm、平均礫径は0.3 cm、礫率は10~20%程度。淘汰は良い。円磨度は円礫主体。礫種は安山岩主体。ほとんどが新鮮な礫からなる。
	327.95	14.43								新鮮な	14.43~19.00 m：砂礫層。 マトリクスは粗粒砂主体。平均的に締まりは悪く、押すと崩れる。礫は最大径70 cm、平均径8 cm。礫率は50%程度。淘汰は不良。円磨度は円~亜円礫が多い。礫種は安山岩主体で、新鮮な礫が多い。 15.00~15.70 mは新鮮な安山岩礫。一部で亀裂が入るが、マトリクスは含まない。 15.70~15.79 mはマトリクスは中粒~粗粒砂主体。締まりはやや悪く、押すと崩れ、一部では流出している。 15.79~16.04 mは新鮮な安山岩礫。 16.04~16.26 mはマトリクスは粗粒砂~細礫主体。 16.04~16.14 mではマトリクスが流出している。 16.26~16.70 mは新鮮な安山岩礫。 16.70~16.85 mはマトリクスは粗粒砂~細礫主体だが、上位より平均粒径は小さい。 16.78~16.85 mはマトリクスが流出している。 16.85~16.90 m、16.90~17.00 m：新鮮な安山岩礫。礫間のマトリクスは流出しており、径1 cm程度の円礫が残る。 17.10~17.25 m、17.27~17.39 m、17.42~17.65 mは新鮮な安山岩礫。礫間は径1~4 cm程度の礫を含む砂礫層を挟むが、マトリクスは締まりが悪く、ほとんど流出している。 17.65~17.72 mは締まりが悪く、マトリクスはやや流出している。径1~4 cmの円~亜円礫を含む。 17.70~17.79 m：新鮮な安山岩礫。 17.79~18.21 mはマトリクスは中粒~粗粒砂主体。径1 cm程度の細礫を多く含むが、径5 cmを超える礫もいくつ含む。 17.79~17.90 mはマトリクスの締まりがやや良いが、以深は悪く押すと崩れる。 18.10~18.21 mはマトリクスに数mm程度の細礫を含む。 18.21~18.57 mは新鮮な安山岩礫。 18.57~18.68 mは粗粒砂主体。マトリクスは締まりがよく、強く押すと崩れる。径数mm程度の細礫が多いが、径7 cmの礫も含まれる。 18.68~18.88 m、18.88~19.00 mは新鮮な安山岩礫。礫間はマトリクスが流出しており、径2 cm程度の礫が残る。
19.00	323.38	19.00			砂礫層	にぶい赤褐色					

第 11 図. (続き)

Fig. 11. (continued)

d

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
	322.67	19.71	礫層1 (有根層相当層)		砂礫層	にぶい赤褐色	新鮮な	19.00～19.71 m: 砂礫層。 マトリクスは粗粒砂～細礫主体で、締まりが悪く、多くが流出している。 礫は最大径13 cm, 平均径6 cm。淘汰は不良。円～垂円礫主体。礫率は30～40%程度。礫種は安山岩主体で、新鮮な礫が多い。 19.00～19.20 mではマトリクスが流出している。 19.50～19.71 mはマトリクスが流出している。
20.00		砂礫層			にぶい赤褐色～灰褐色	19.71～21.38 m: 砂礫層。 マトリクスは中粒～粗粒砂主体。締まりは悪く、一部で流出している。礫は最大径37 cm, 平均径9 cm。淘汰は不良。円磨度は円～垂円礫が多い。礫率は40～50%程度。礫種は安山岩主体で、新鮮な礫が多い。 19.71～20.00 m, 20.00～20.37 mは新鮮な安山岩礫。 20.37～20.80 mはマトリクスは中粒～粗粒砂主体だが、ほとんどが流出している。径2～5 cmの円～垂円礫を含む。礫種は安山岩主体で、一部に凝灰岩や軽石を含む。礫はほとんどが新鮮だが、一部でやや風化がみられる。 20.67～20.77 m, 20.80～21.07 mは新鮮な安山岩礫。 21.37～21.38 mはマトリクスは締まりがよいが、21.07～21.16 mはマトリクスが流出している。		
21.00	321.00	21.38			砂礫層	暗赤褐色～にぶい赤褐色		21.38～22.50 m: 砂礫層。 マトリクスは中粒～粗粒砂主体。締まりは良いが、一部でマトリクスは流出している。 礫は最大径12 cm, 平均径4.5 cm。淘汰はやや不良。円磨度は垂円～垂角礫主体。礫率は40%程度。礫種は安山岩主体。新鮮な礫が主体だが、一部でやや風化がみられる。
22.00	319.88	22.50	礫層2 (篠ヶ森層相当層)		砂礫層	赤褐色～にぶい赤褐色	やや風化した	22.50～27.48 m: 砂礫層。 マトリクスは中粒～粗粒砂および細礫主体。締まりは良い。 礫は最大径24 cm, 平均径6 cm。径10 cm程度の礫を多く含む。径2 cm以下の細礫と径10 cm程度の中礫を含み、その間の径を持つ礫はあまりみられない。淘汰は不良。円磨度は垂円～垂角礫。礫率は30%程度。礫種は安山岩主体。新鮮な礫が多い。23.00～23.05 mは締まりが悪く、一部のマトリクスが流出している。 23.05～23.23 mは新鮮な安山岩礫。 23.60～23.84 mは新鮮な安山岩礫。 24.44～24.50 mはマトリクスが流出している。 25.38～25.41 mはマトリクスは粗粒砂主体だが、ほとんど流出している。径1 cm程度の円礫が残る。 25.75～25.79 mは締まりが悪いが、25.94～26.79 mは締まりがよい。 25.79～25.94 mはやや風化した安山岩礫。
23.00								
24.00								
25.00								
26.00								

第 11 図. (続き)

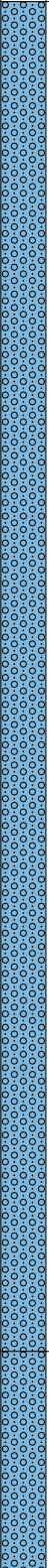
Fig. 11. (continued)

e

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事	
			礫層2 (篠ヶ森層相当層)		砂礫層	赤褐色		26.16~26.26 mは新鮮な安山岩礫。 26.75~26.79 mはマトリクスがやや流出している。 26.77~27.00 mは新鮮な安山岩礫。 27.00~27.12 mはマトリクスが流出しており、径1~8 cm程度の円礫が多く含まれる。 27.12~27.39 mは新鮮な安山岩の大礫が多く、礫間には粗粒砂~細礫主体のマトリクスが入り、締まりは悪い。 27.39~27.48 mはマトリクスは粗粒砂主体で、締まりはやや良いが、流出している。	
27.00	314.90	27.48			シルト質砂礫層	明褐色			27.48~28.09 m：シルト質砂礫層。 マトリクスは中粒砂主体で、シルトも多く含む。締まりが悪いが、粘性が高い。 礫は最大径11 cm, 平均径4 cm. 淘汰は不良。円磨度は円~亜円礫主体。礫率は40%程度。新鮮な安山岩礫を主体とし、凝灰岩の細礫を含む。
28.00	314.29	28.09			砂礫層	褐色	やや風化した		28.09~39.02 m：砂礫層。 マトリクスは粗粒砂主体。半固結状である。 礫は最大径19 cm, 平均径5 cm. 淘汰は不良。円磨度は円~亜円礫主体。礫率は30~40%程度。新鮮な安山岩礫を主体とし、凝灰岩の細礫を含む。礫はおおむね新鮮で、一部にやや風化がみられる。 28.72~28.96 mはマトリクスが一部流出している。 29.10~29.12 m, 29.16~29.22 m, 29.29~29.33 mで、マトリクスは一部流出している。 29.54~29.57 m, 29.78~29.80 mでは、マトリクスが流出している。 30.50~30.73 mは周囲よりマトリクスの締まりが悪く、強く押すと崩れる。 30.50~30.63 mではマトリクスが一部で流出している。 31.00~31.07 mはマトリクスが流出している。 31.07~31.37 mは新鮮な安山岩礫。 31.37~31.50 mは締まりは悪く、ほとんど流出している。径3~5 cm程度の礫を多く含む。 31.50~31.63 mは新鮮な安山岩礫。 31.63~31.68 mはマトリクスが流出しており、径1~4 cm程度の礫を含む。 31.68~31.78 mはマトリクスが粗粒砂主体で、締りが悪く、やや流出している。 31.68~32.11 mはマトリクスが粗粒砂主体で、締まりが悪く、やや流出している。 32.05~32.28 mでマトリクスは流れる。 32.78~33.50 mは新鮮な安山岩礫。
29.00									
30.00									
31.00									
32.00									
33.00									


第 11 図. (続き)
Fig. 11. (continued)

f

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
34.00			礫層2 (篠ヶ森層相当層)		砂礫層	褐色にぶい赤褐色	やや風化した	34.00~34.05 mは締まりが悪く、押すと崩れる。 34.05~34.16 m, 34.16~34.42 m, 34.45~34.59 mは新鮮な安山岩礫。 34.42~34.45 mはマトリクスが流出している。 34.59~34.67 mでマトリクスは流出している。 34.73~34.83 m, 35.00~35.17 m: 新鮮な安山岩礫。 35.17~35.51 mは締まりはやや悪く、強く押すと崩れる。 35.17~35.32 mではマトリクスが流出しており、隙間に径数mm~2 cm程度の礫が残る。 35.51~36.40 mは締まりはやや良いが、35.71 m以深はマトリクスがやや流出している。 35.90~36.18 mは新鮮な安山岩礫。 36.18~36.28 mはマトリクスは締まりが悪く、押すと崩れる。 36.28~36.39 mはマトリクスが流出しており、径2~8 cm程度の礫が入る。 36.66~36.80 mはマトリクスはほとんど流出しており、3~6 cm程度の礫が残る。 36.81~37.10 mは新鮮な安山岩礫。 37.10~37.21 mは締まりが悪く、押すと崩れる。 37.21~37.29 mは締まりが良い。 37.29~38.04 mは締まりがやや悪く、強く押すと崩れる。 37.52~37.60 mで、マトリクスがやや崩れ、径1 cm以下の細礫を多く含む。 37.95~38.04 mはマトリクスの締まりがやや悪く、一部で流出している。 38.04~38.34 mは締まりが良い。 38.34~38.50 mは締まりが悪く、押すと崩れる。38.40~38.50 mはマトリクスがやや流出している。 38.50~38.81 mは締まりが良い。礫率は50%程度と高く、径10 cm程度の礫を含む。 38.81~39.02 mは新鮮な安山岩礫。
35.00								砂礫層
36.00								
37.00								
38.00								
39.00	303.36	39.02						
40.00								

第11図. (続き)
Fig. 11. (continued)

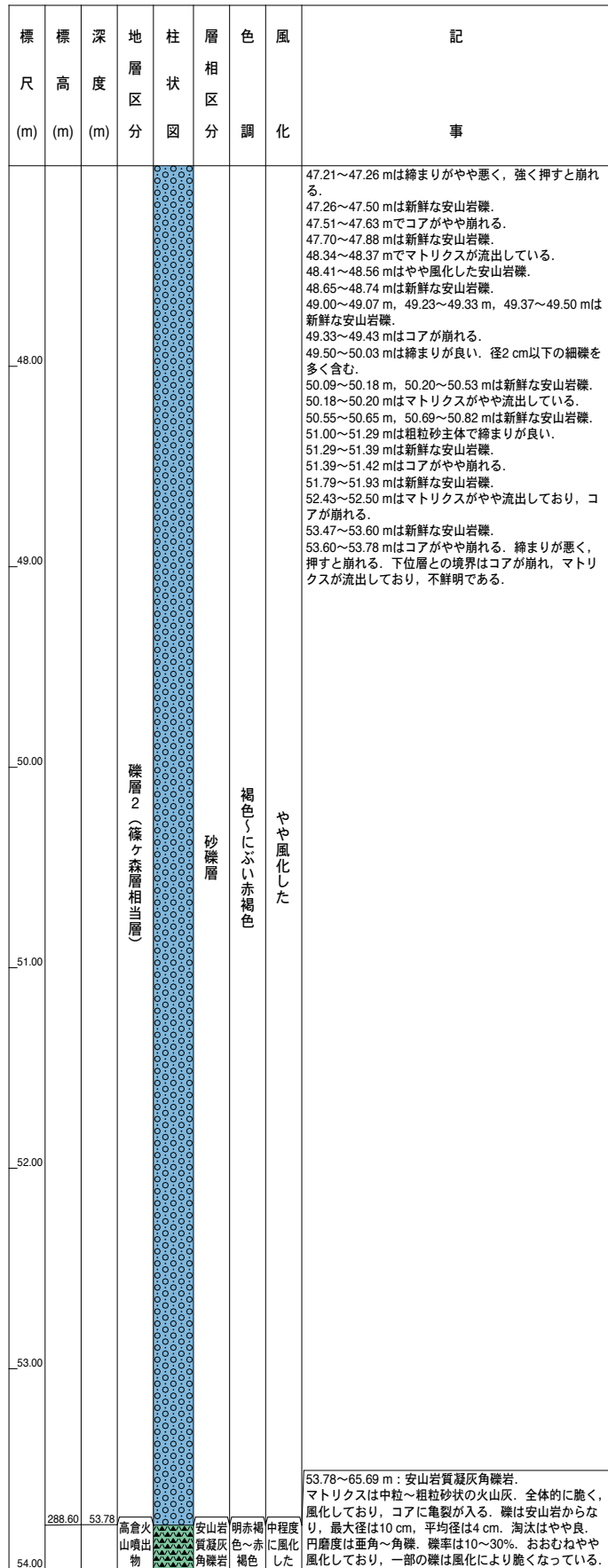
g

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区 分	柱状 図	層相 区分	色調	風化	記 事				
41.00			礫層2 (篠ヶ森層相当層)		砂礫層	褐色に ぶい赤褐色	やや風化した	40.00~40.10 mは礫率が50%程度と高い。淘汰は不良。 40.17~40.55 mは新鮮な安山岩礫。 40.55~40.61 mは粗粒砂~細礫主体で、締まりは良い。 40.61~40.97 mは新鮮な安山岩礫。 40.97~41.25 mは粗粒砂~細礫主体で、締まりは良い。 淘汰は不良で、礫率は50%。 41.30~41.37 m, 41.40~41.50 mはやや風化した安山岩礫。隙間はマトリクスがやや流出している。 42.42~42.65 mはマトリクスがやや流出している。 42.46~42.62 m, 42.65~42.76 m, 42.76~42.96 mは新鮮な安山岩礫。 42.96~43.00 mはマトリクスが流出している。 43.00~43.50 mではマトリクスが流出している。 43.33~43.50 mでマトリクスが流出している。 43.53~44.02 mは新鮮な安山岩主体。 44.33~44.41 mでマトリクスが流出している。 44.41~44.63 mは新鮮な安山岩礫。 44.64~44.72 mでマトリクスが流出している。 44.72~44.82 m, 45.00~45.18 mは新鮮な安山岩礫。 45.18~45.27 mでマトリクスは粗粒砂主体で、締まりが良い。 45.24~45.27 mではマトリクスが流れる。 45.27~45.63 mは新鮮な安山岩礫。 45.63~45.66 mは周囲よりやや締まりが悪いが、締まっている。有機分が多い。 45.88~45.92 mはマトリクスが流出している。 46.05~46.28 mは新鮮な安山岩礫。 46.28~46.38 mは粗粒砂主体で、締まりがよい。 46.45~46.52 m, 46.52~46.09 mは新鮮な安山岩礫。 46.64~46.76 mはコアがやや崩れる。 46.76~46.91 mは締まりが良い。安山岩礫主体だが、凝灰岩礫も含む。 46.91~46.99 mは新鮮な安山岩礫。				
42.00												
43.00												
44.00												
45.00												
46.00												
47.00												

第 11 図. (続き)
Fig. 11. (continued)


栗石盆地西縁断層帯（岩手県）の中期更新世以降の平均変位速度

h



第 11 図. (続き)
Fig. 11. (continued)

i

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
	55.00		高倉火山噴出物		安山岩質凝灰角礫岩	明赤褐色～赤褐色	中程度に風化した	54.50～54.53 m, 54.56～54.58 m, 54.67～54.69 mは亀裂が入っている。周囲の安山岩が脆く、崩れたものが間を埋めている。 55.05～55.06 mは亀裂が入り、周囲はやや脆い。 55.30 m, 55.37 m, 55.43 mで亀裂が入る。 56.00～56.36 mは締まりが悪く、押すと崩れる。コアがやや崩れる。 56.78～57.10 mは全体的に風化しており、にぶい赤褐色を呈する。径2 cm程度の礫が多く入る。 57.10～57.50 mは暗褐色を呈する。 57.32～57.33 mでコアがやや崩れる。 58.38～58.57 mはやや新鮮な安山岩礫。 58.38～58.43 mはやや風化している。 58.58～58.76 m, 58.79～58.89 mは新鮮な安山岩礫。 58.89～58.92 mでコアが崩れる。 59.19～59.25 m, 59.34～59.36 mは周囲より締まりが悪く、強く押すと崩れる。 59.52～59.97 mは風化しており、赤褐～明赤褐色を呈する。 60.02～60.09 mは周囲より脆く崩れており、土砂～2 cm程度の角礫状をなす。 60.47～60.50 mは周囲より脆く、コアが一部で崩れている。 60.65～60.67 m, 60.79～60.82 mはコア表面に亀裂が入り、礫周囲の碎屑物が削られている。
	56.00							
	57.00							
	58.00							
	59.00							
	60.00							
	61.00							


第 11 図. (続き)
Fig. 11. (continued)

j

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
								61.10~61.11 mは亀裂が入る。亀裂の中には周囲の岩石が削れて土砂~細礫状になったものが入る。 61.64 mはコアに亀裂が入る。 62.00~62.03 mはコアがやや崩れており、複数の亀裂が入る。 62.82 mはコアに亀裂が入る。 63.08~63.40 mはコアが全体的に削れており、一部では亀裂が入る。 63.42 mはコアに亀裂が入る。 63.87~63.95 mは一部でマトリクス部が削れており、コア表面に亀裂が入る。 64.06~64.09 mはコア表面がやや削れている。 64.29~64.31 mは周囲よりやや脆く、やや崩れている。 64.39~64.42 mは周囲より脆く径数mm~1 cm程度の角礫状に崩れている。 65.14 mはコアに亀裂が入る。 65.39~65.40 mはコアに亀裂が入る。
					安山岩質凝灰角礫岩	明赤褐色~赤褐色	中程度に風化した	
		276.69	65.69	高倉火山噴出物				65.69~71.65 m：安山岩質凝灰角礫岩。 マトリクスは中粒~粗粒砂状の火山灰。上位層より風化しており、橙~暗赤褐色を呈する。全体的に脆く、コアに亀裂が入る。 礫は安山岩からなり、最大径は12 cm、平均径は5 cm。淘汰はやや良。円磨度は垂角~角礫。礫率は10~30%。一部の礫は風化により脆くなっている。 67.14~67.21 mはコアに亀裂が入る。一部でコアが崩れ、径数mm~2 cm程度の角礫状をなす。 67.42~67.43 mはコアに亀裂が入る。一部で崩れ、角礫状となる。 67.52~67.55 mはコア表面が削れている。 67.90~67.92 mはコアに複数の亀裂が入る。一部でコアが崩れ、砂~2 cm程度の角礫状となる。
					安山岩質凝灰角礫岩	橙色		
						暗赤褐色		

第 11 図. (続き)
Fig. 11. (continued)



k

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
			高倉火山噴出物		安山岩質凝灰角礫岩	暗赤褐色	中程度に風化した	68.00~68.31 mはコアがやや脆く、崩れている部分が複数みられ、一部で1~2 cm程度の角礫状となる。コアは一部で崩れ、亀裂が複数みられる。 68.44 mはコアに亀裂が入る。 68.68~68.96 mは周囲よりやや脆く、一部でコア表面が削れている。 69.21~69.22 mはコアが崩れており、亀裂が入る。一部で、径1~2 cm程度の角礫状となる。 69.21~69.29 mではマトリクス部がコア表面でやや削れている。 69.33~69.35 mはコアに亀裂が入る。一部で周囲から崩れ、砂状をなす。 69.42 m, 69.63 mはコアに亀裂が入る。 69.58~69.63 mはコア表面が周囲より削れている。 70.43 mはコアに亀裂が入る。 70.51~70.54 mはコアに亀裂が入る。碎屑物が削れており、表面が一部で、土砂~角礫状になる。 70.80 m, 70.94 mは角礫の周囲に亀裂が入る。一部で砂状になったものが埋める。 71.14~71.17 m, 71.29~71.33 m, 71.36~71.42 mは全体的に削れており、一部で数mm~1 cm程度の角礫状となる。 71.48~71.50 mはコアが崩れている。 71.54~71.60 mはコアに複数の亀裂が入り、削れており、一部で砂~角礫状になる。
	270.73	71.65						

第 11 図. (続き)

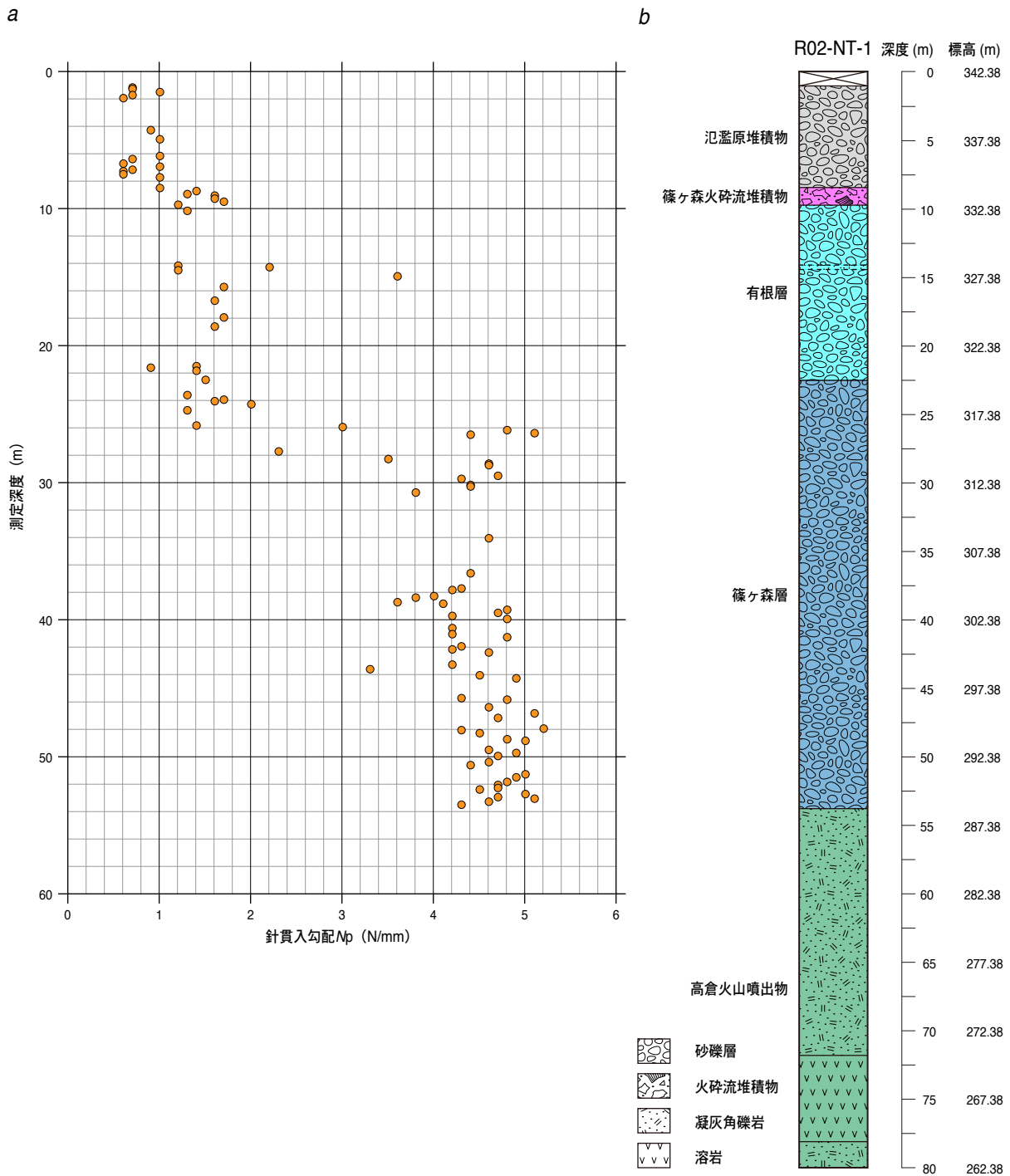
Fig. 11. (continued)

I

標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	地層区分	柱状図	層相区分	色調	風化	記 事
76.00			高倉火山噴出物		安山岩溶岩	暗青灰色	中程度に風化した	75.12~75.18 mはコアに複数の亀裂が入る。 75.27~75.30 mはコア表面に複数の亀裂が入り、一部で角礫状をなす。 75.40 m, 75.60 m, 75.90 mはコアに亀裂が入る。 75.44~75.52 mはコアが一部で崩れている。 76.00~76.09 mはコアに複数の亀裂が入る。一部でコアが崩れており、角礫状をなす。 76.18~76.28 mはコア表面が一部で土砂~角礫状をなす。 76.39 mはコアに亀裂が入る。 76.45~76.48 mはコア表面が崩れている。 76.63~76.73 mは表面が崩れ、複数の亀裂が入る。 76.87 m周辺ではコアに亀裂が入る。一部で崩れており、土砂~角礫状をなす。 77.00~77.09 mはコアが崩れており、土砂~角礫状をなす。 77.17~77.39 mはコア表面に複数の亀裂が入る。コア表面を中心に脆く、崩れており、一部で土砂~角礫状をなす。 77.42 mはコアに亀裂が入る。 77.47~77.57 mはコアが崩れており、径1~3 cmの角礫状をなす。 77.57~77.65 mはコア表面に複数の亀裂が入る。 77.65~77.75 mはコアが崩れており、大部分が土砂~角礫状をなす。 77.78~77.95 mはコア表面が一部で崩れており、複数の亀裂が入る。
77.00								
78.00	264.38	78.00			安山岩質凝灰角礫岩	にぶい赤褐色		78.00~80.00 m: 安山岩質凝灰角礫岩 マトリクスは中粒~粗粒砂状の火山灰。全体的に風化しており、にぶい赤褐色を呈する。全体的に脆く、コアに亀裂が入る。礫は安山岩からなり、最大径は7 cm、平均径は3 cm。淘汰はやや良。円磨度は垂角~角礫。礫率は10%。一部の礫は風化により脆くなっている。 78.09 m, 78.41 mはコア表面に亀裂が入る。 78.20 m, 78.38 m, 78.80 mはコアに亀裂が入る。 78.18~78.20 m, 78.26~78.30 m, 78.50~78.59 mは周囲より風化の程度が大きい。 78.50~78.53 mはコア表面がやや崩れている。 78.60~78.65 mはコアに複数の亀裂が入る。 79.05 m, 79.26 m, 79.64 m, 79.79 mはコアに亀裂が入る。 79.56 m, 79.94 mはコア表面に亀裂が入る。
80.00	262.38	80.00						

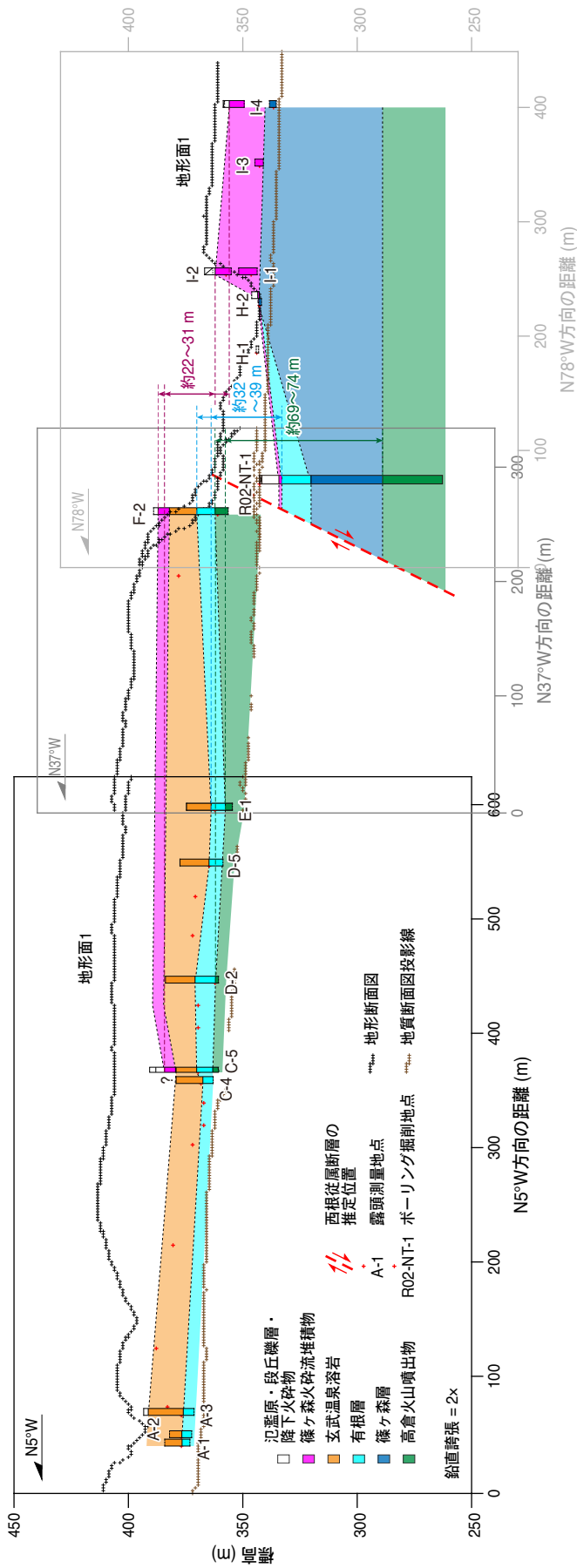
第 11 図. (続き)

Fig. 11. (continued)



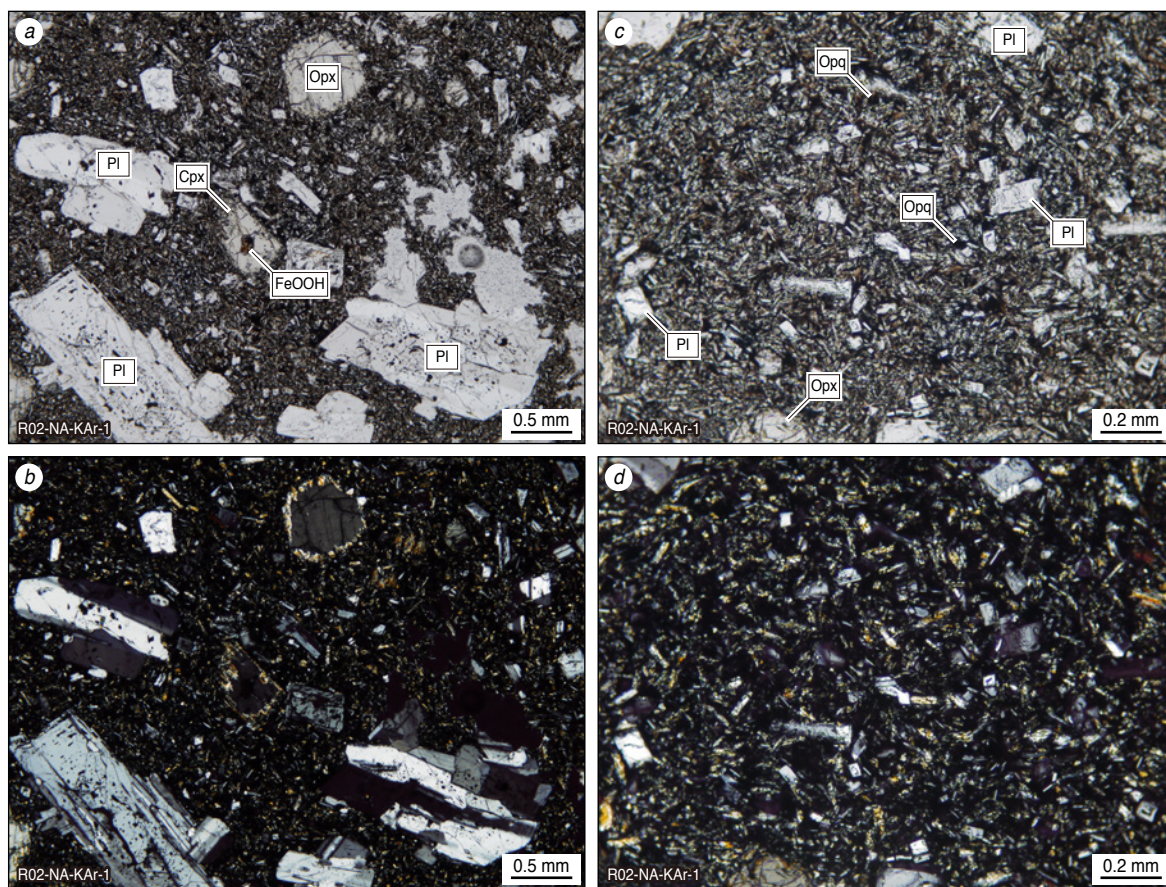
第 12 図. コア観察と土質試験に基づく R02-NT-1 コアの地層区分. (a) 針貫入試験結果. (b) 地層区分図. 詳細な柱状図と地層の記載を第 11 図に示す.

Fig. 12. Stratigraphic division of core R02-NT-1 based on core observation and geotechnical test. (a) Result of needle penetration test. (b) Simplified stratigraphic column. Detailed columnar sections and stratigraphic descriptions are given in Fig. 11.



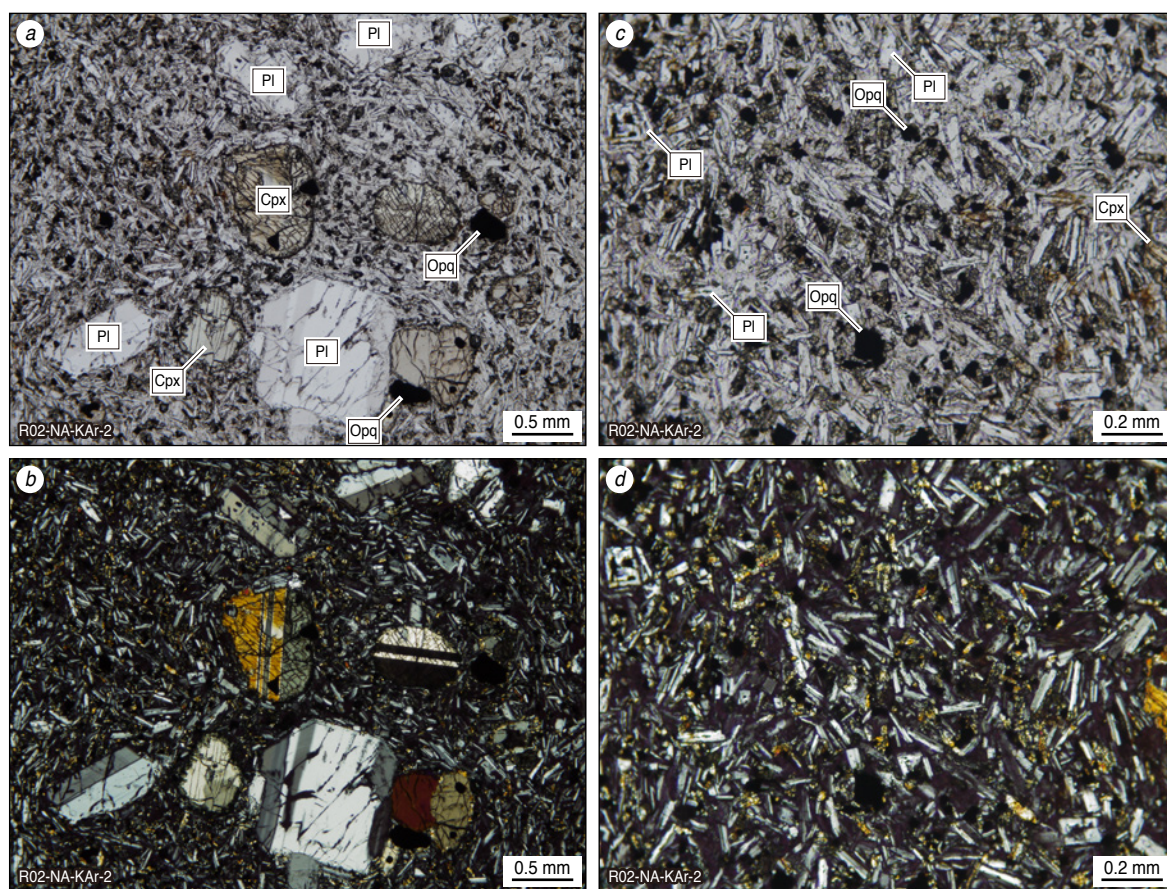
第13図. 露頭踏査とボーリング調査に基づき葛根田川左岸における西根従属断層帯を横切る地質断面図（鉛直強調2倍）. 地質断面図投影線および地形断面図測線を第6図に示す.

Fig. 13. Geological cross-section across the Nishine-juzoku fault on the left bank of the Kakkonda River based on outcrop investigation and boring survey. Vertical exaggeration is 2 times. Projection line and topographic profile line for creating the cross section is shown in Fig. 6.

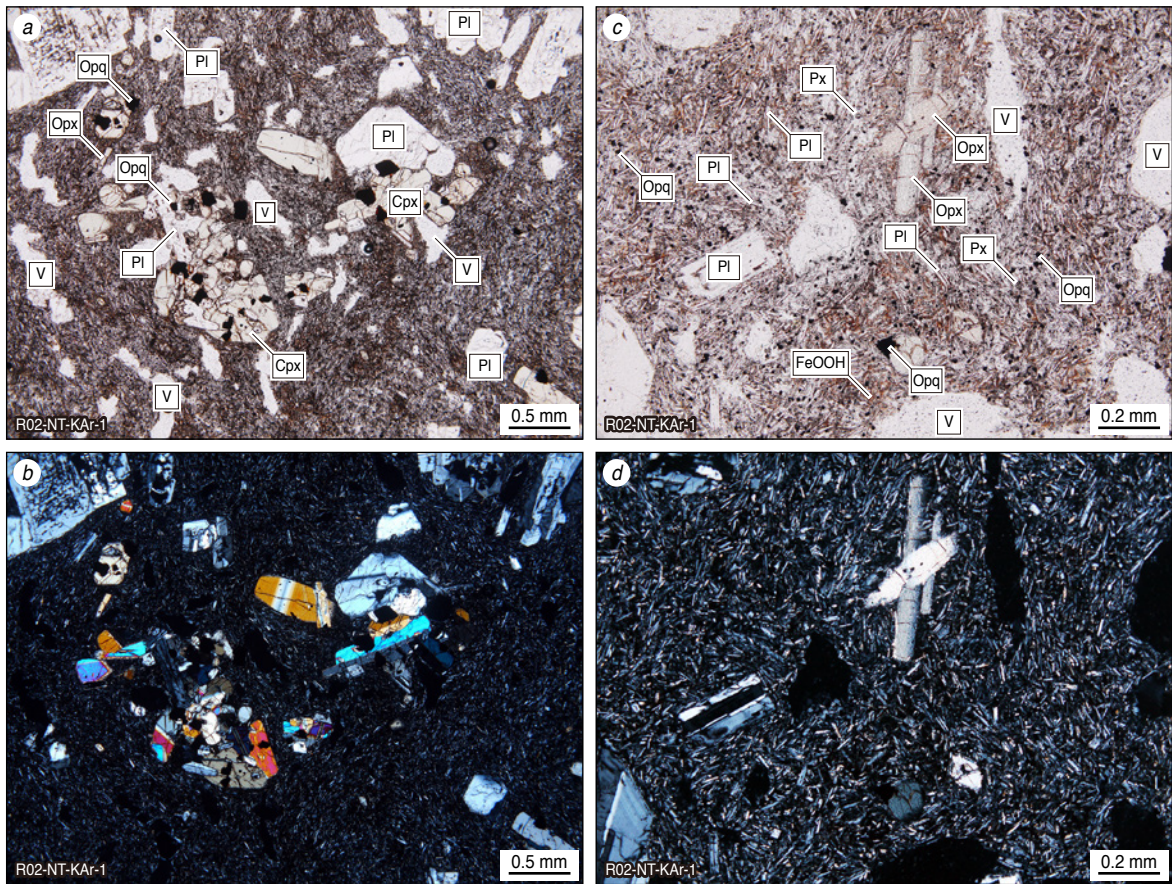


第 14 図. 試料 R02-NA-KAr-1 の偏光顕微鏡写真. (a, b) 試料全体を代表する組織の状況. (c, d) 石基部分の状況. (a, c) 開放ニコル, (b, d) 直交ニコル. Cpx: 単斜輝石, FeOOH: 水酸化鉄鉱物, Opq: 不透明鉱物, Opx: 斜方輝石, Pl: 斜長石.

Fig. 14. Photomicrographs of sample R02-NA-KAr-1. (a, b) A part of texture that represents the whole sample. (c, d) A part of the groundmass. (a, c) Plane polarized light and (b, d) crossed polarized light. Cpx: Clinopyroxene, FeOOH: Iron hydroxide mineral, Opx: Orthopyroxene, Pl: Plagioclase.

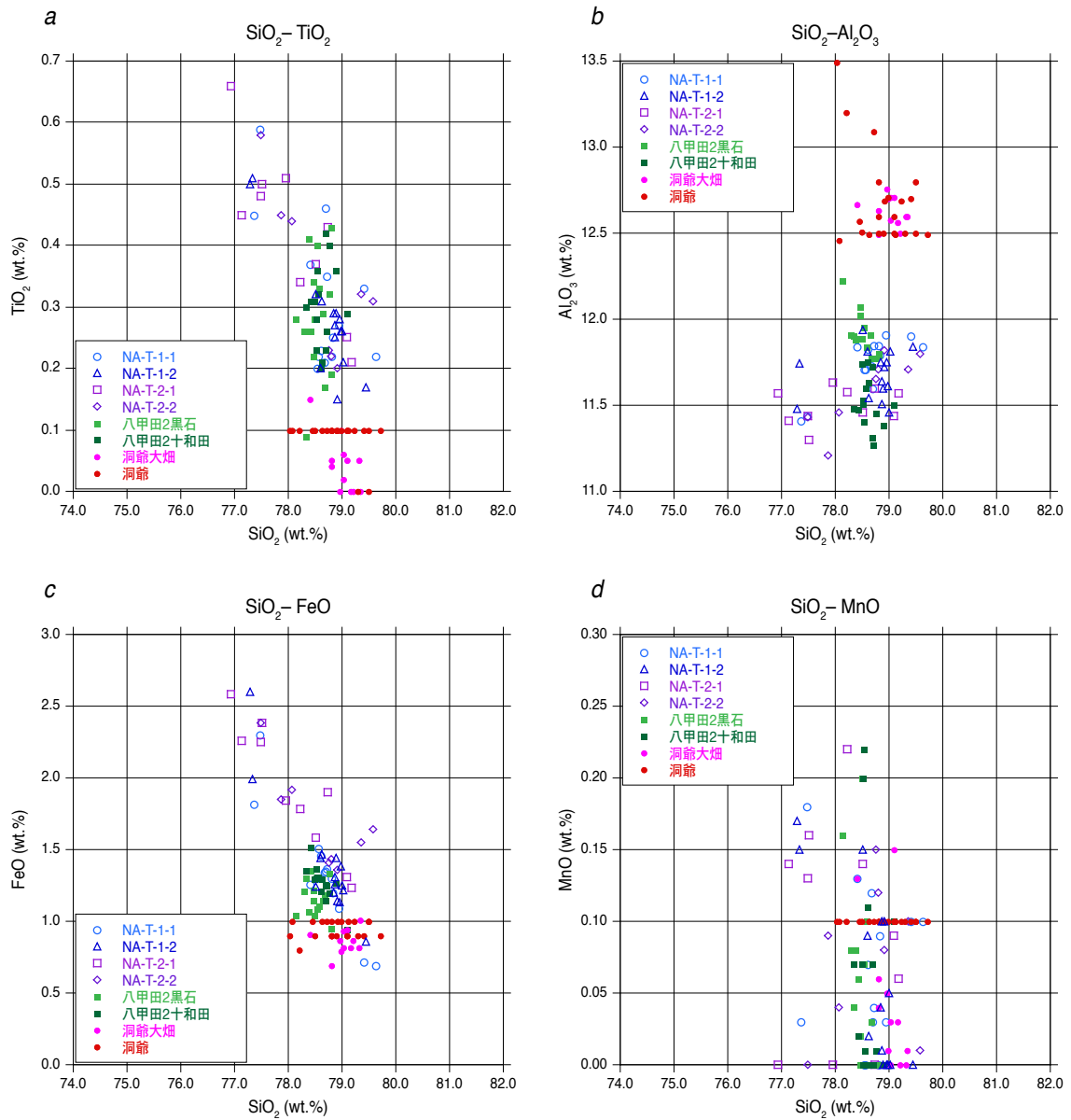


第 15 図. 試料 R02-NA-KAr-2 の偏光顕微鏡写真. (a, b) 試料全体を代表する組織の状況. (c, d) 石基部分の状況. (a, c) 開放ニコル, (b, d) 直交ニコル. Cpx : 単斜輝石, Opq : 不透明鉱物, Opx : 斜方輝石, Pl : 斜長石.
Fig. 15. Photomicrographs of sample R02-NA-KAr-2. (a, b) A part of texture that represents the whole sample. (c, d) A part of the groundmass. (a, c) Plane polarized light and (b, d) crossed polarized light. Cpx: Clinopyroxene, Opq: Opaque mineral, Opx: Orthopyroxene, Pl: Plagioclase.



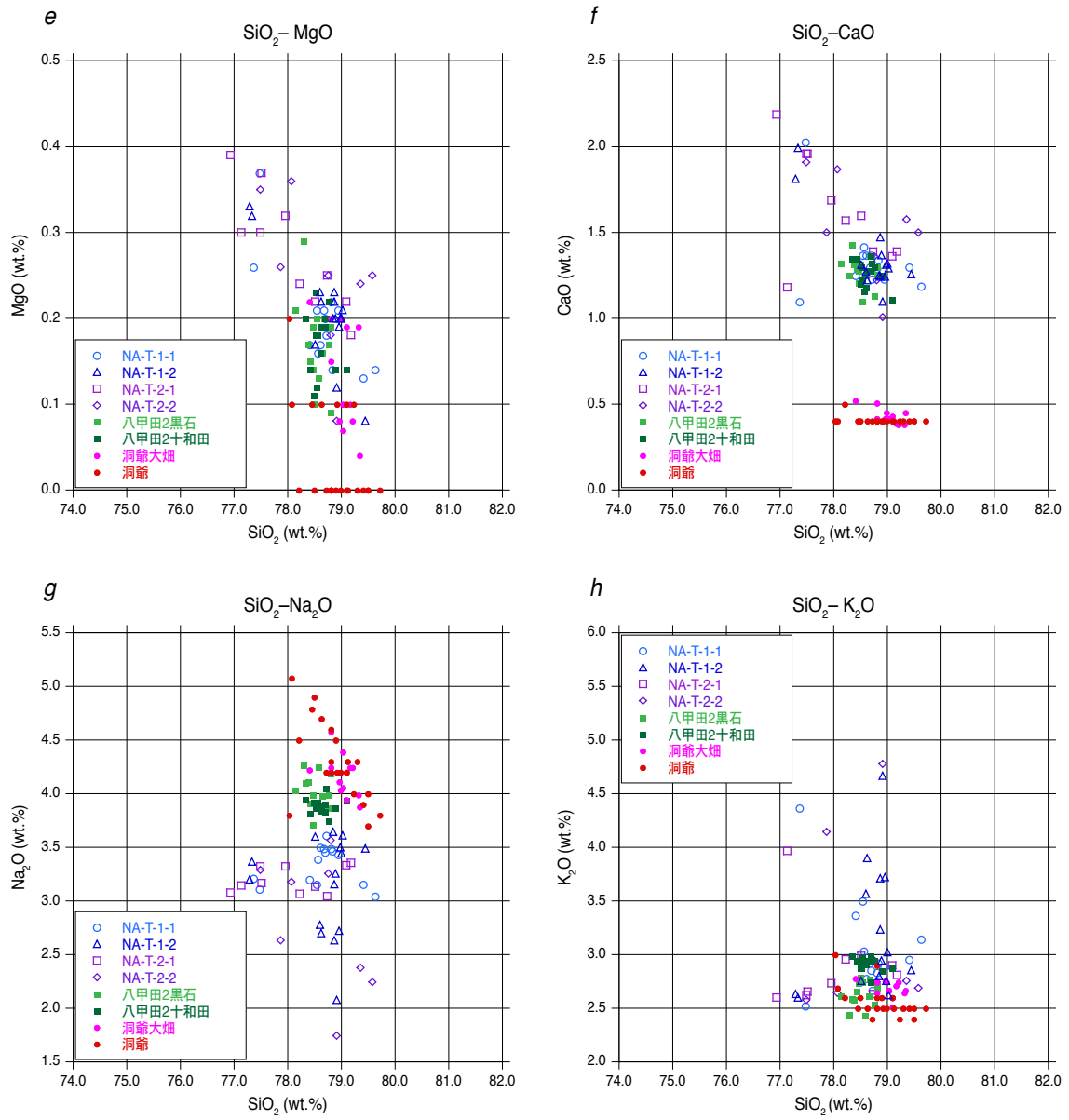
第 16 図. 試料 R02-NT-KAr-1 の偏光顕微鏡写真. (a, b) 試料全体を代表する組織の状況. (c, d) 石基部分の状況. (a, c) 開放ニコル, (b, d) 直交ニコル. Cpx : 単斜輝石, FeOOH : 水酸化鉄鉱物, Opq : 不透明鉱物, Opx : 斜方輝石, Pl : 斜長石, Px : 輝石類, V : 空隙.

Fig. 16. Photomicrographs of sample R02-NT-KAr-1. (a, b) A part of texture that represents the whole sample. (c, d) A part of the groundmass. (a, c) Plane polarized light and (b, d) crossed polarized light. Cpx: Clinopyroxene, FeOOH: Iron hydroxide mineral, Opq: Opaque mineral, Opx: Orthopyroxene, Pl: Plagioclase, Px: Pyroxene, V: Void.

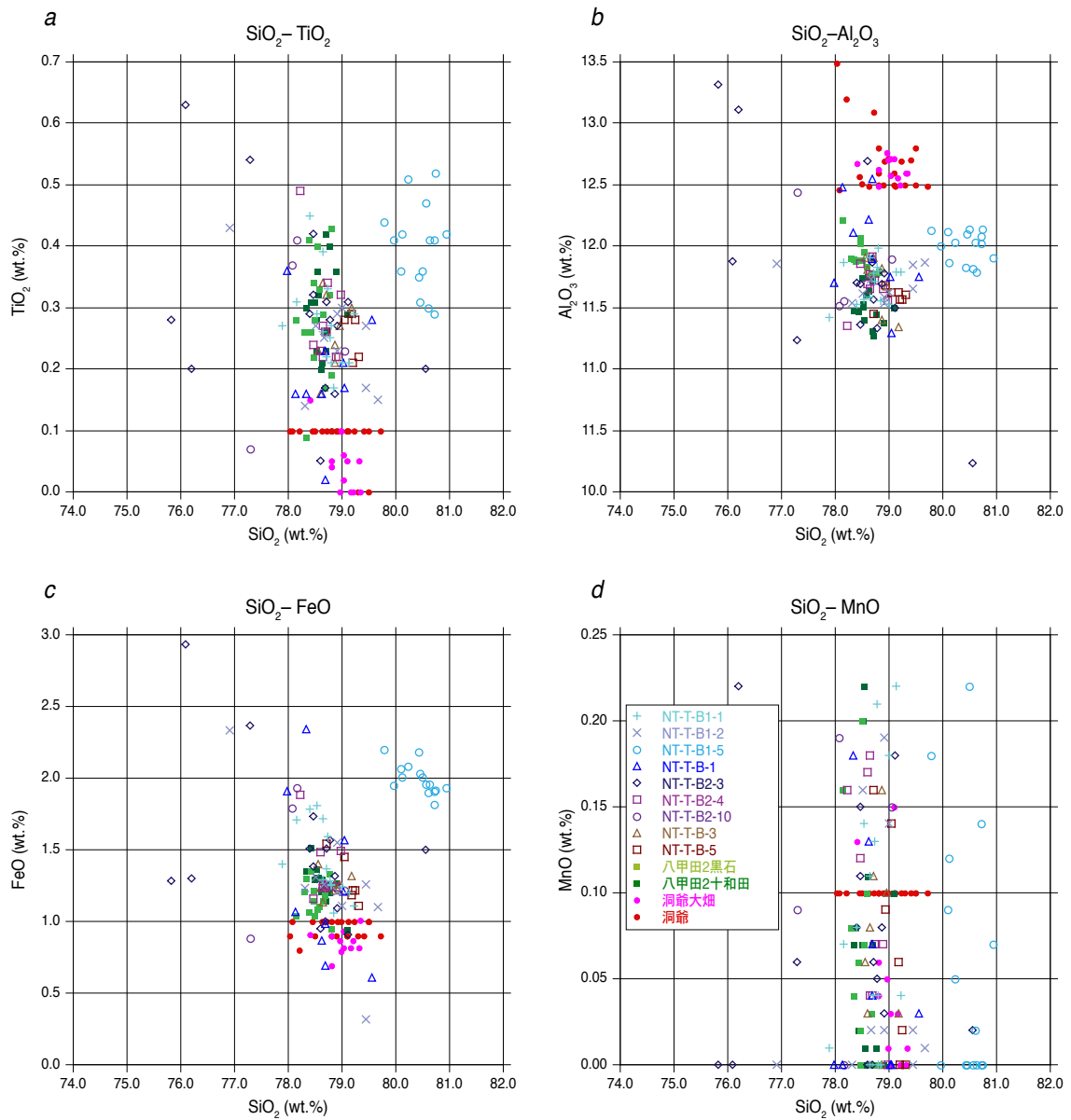


第 17 図. 長山有根の有根層最上部から検出された火山ガラスの主成分全岩化学組成および八甲田第 2 期火砕流堆積物・洞爺テフラのそれらとの比較. (a) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$, (b) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, (c) $\text{SiO}_2\text{-FeO}$, (d) $\text{SiO}_2\text{-MnO}$, (e) $\text{SiO}_2\text{-MgO}$, (f) $\text{SiO}_2\text{-CaO}$, (g) $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$, (h) $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. “八甲田 2 黒石”, “八甲田 2 十和田” および “洞爺大畑” の火山ガラスの分析値は株式会社古澤地質提供. “洞爺” の火山ガラスの分析値は町田・新井 (2003) による.

Fig. 17. Whole-rock major element compositions of volcanic glass detected from the uppermost part of the Arine Formation in Nagayama-arine. (a) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$, (b) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, (c) $\text{SiO}_2\text{-FeO}$, (d) $\text{SiO}_2\text{-MnO}$, (e) $\text{SiO}_2\text{-MgO}$, (f) $\text{SiO}_2\text{-CaO}$, (g) $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$, (h) $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. The analytical data of the volcanic glass from samples “Hakkoda 2 Kuroishi”, “Hakkoda 2 Towada” and “Toya Ohata” are provided by Furusawa Geological Survey Co., Ltd., and the analytical data of Toya volcanic glass are after Machida and Arai (2003).

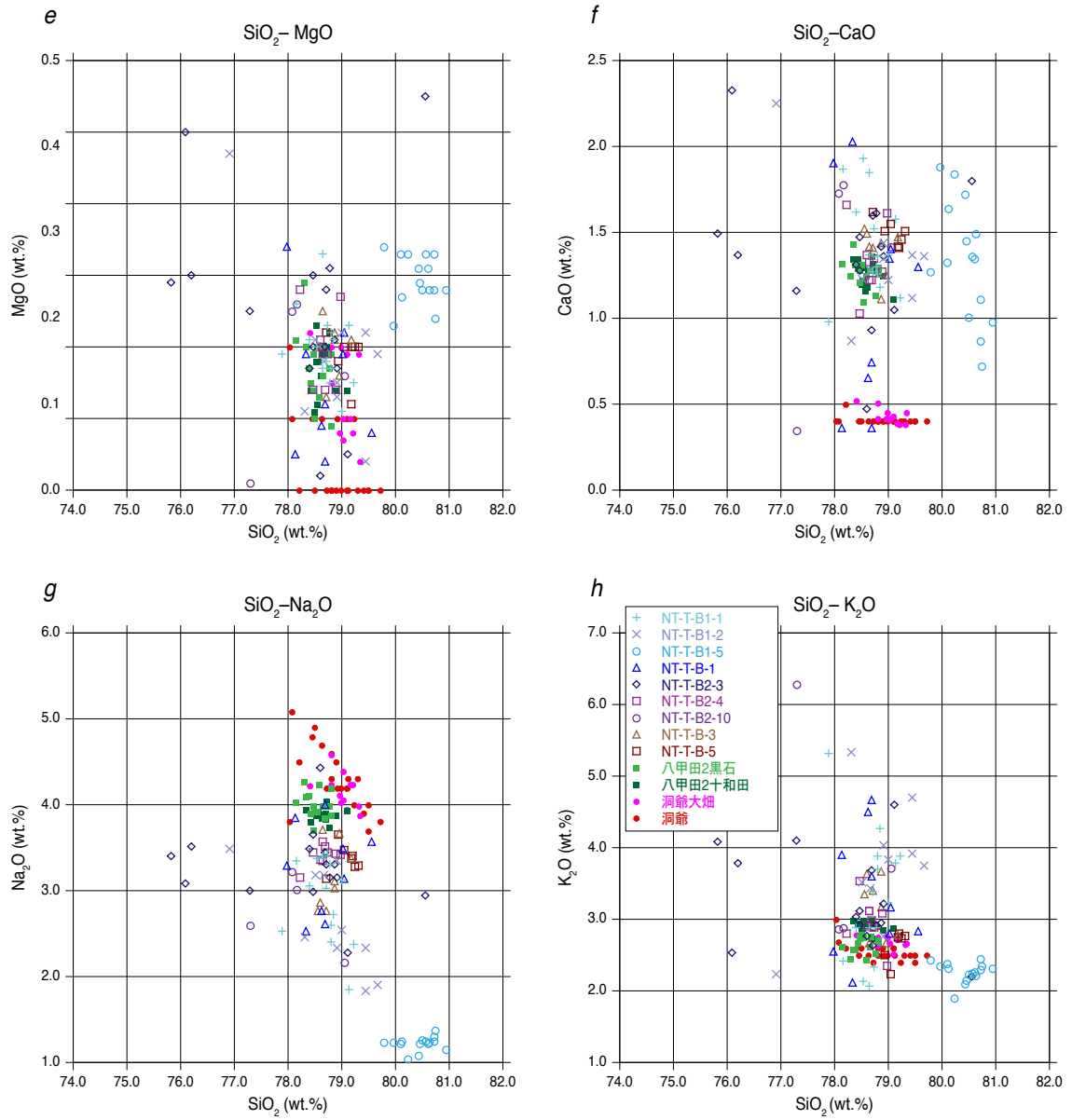


第 17 図. (続き)
 Fig. 17. (continued)



第 18 図. 長山館のボーリングコア (R02-NT-1 コア) から検出された火山ガラスの主成分全岩化学組成および八甲田第 2 期火砕流堆積物・洞爺テフラのそれらとの比較. (a) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$, (b) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, (c) $\text{SiO}_2\text{-FeO}$, (d) $\text{SiO}_2\text{-MnO}$, (e) $\text{SiO}_2\text{-MgO}$, (f) $\text{SiO}_2\text{-CaO}$, (g) $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$, (h) $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. 凡例は d および h に示す. “八甲田 2 黒石”, “八甲田 2 十和田” および “洞爺大畑” の火山ガラスの分析値は株式会社古澤地質提供. “洞爺” の火山ガラスの分析値は町田・新井 (2003) による.

Fig. 18. Whole-rock major element compositions of volcanic glass detected from the boring core (core R02-NT-1) collected at Nagayama-tate. (a) $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$, (b) $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, (c) $\text{SiO}_2\text{-FeO}$, (d) $\text{SiO}_2\text{-MnO}$, (e) $\text{SiO}_2\text{-MgO}$, (f) $\text{SiO}_2\text{-CaO}$, (g) $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$, (h) $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. Legend for the figures is shown in d and h. The analytical data of the volcanic glass from samples “Hakkoda 2 Kuroishi”, “Hakkoda 2 Towada” and “Toya Ohata” are provided by Furusawa Geological Survey Co., Ltd., and the analytical data of Toya volcanic glass are after Machida and Arai (2003).



第 18 図. (続き)
Fig. 18. (continued)