

福岡県西山断層帯の地形地質調査：活動履歴調査地選定のための調査及び 福津市西東トレンチ調査結果

Geomorphological and geological investigations on the Nishiyama fault zone, Fukuoka Prefecture: Survey results of some trench site determinations and the Nishihigashi trench excavation

宮下由香里¹・堤 浩之²・二階堂 学³・亀高正男³・下釜耕太³・山岡 博³
新谷友彦³・光井 久³・岡崎和彦³

Yukari Miyashita¹, Hiroyuki Tsutsumi², Manabu Nikaido³, Masao Kametaka³, Kota Shimogama³,
Hirosi Yamaoka³, Tomohiko Shintani³, Hisashi Mitsui³ and Kazuhiko Okazaki³

¹ 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center, yukari-miyashita@aist.go.jp)

² 京都大学大学院理学研究科地球物理学教室 (Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University)

³ (株)ダイヤコンサルタント (Dia Consultants Co. Ltd.)

Abstract: The Nishiyama fault zone is a NW-trending left-lateral strike-slip fault located in northern Kyushu. We conducted geomorphological and geological surveys along the entire length of the fault zone and its southeastern extension to obtain paleoseismological parameters for evaluating earthquake potential of the fault zone. Electromagnetic and coring surveys at Mochiyama, Munakata City revealed detailed locations of the fault traces. Drilling surveys at Wakita of Miyawaka City, Koishiwara of Toho Village and Haki of Asakura City showed that geological conditions of each point were suitable or unsuitable for trenching survey. The trenching and arrayed drilling surveys at Nishihigashi of Fukutsu City revealed that the fault trace is not located in the surveyed area. These data would be useful for future paleoseismological surveys of the fault zone.

キーワード: 西山断層帯, トレンチ調査, 活断層, 古地震, 福岡県

Keywords: Nishiyama fault zone, trench excavation survey, active fault, paleoseismology, Fukuoka Prefecture

1. 西山断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

西山断層帯は、福岡県福津市から宗像市、宮若市を経て飯塚市に至る長さ約 31 km、北西-南東走向の左横ずれ変位を主体とする断層帯である(第 1 図)。本断層帯の位置形状、変位様式、変位速度等の諸元は、九州活構造研究会編 (1989)、活断層研究会編 (1991) にまとめられており、これらの中では活動度 B 級の活断層とされている。また、本断層帯の分布形状については、中田・今泉編 (2002)、千田ほか (2004)、池田ほか (2004) に図示されている。

福岡県 (1996) は、断層帯全域の地形地質調査を実施し、その結果に基づいて、浅層反射法探査、電気探査、ボーリングおよびトレンチ調査、地層の年代測定等の詳細な調査を行った。磯ほか (2000) は、福岡県が実施した調査のうち、東一大井の断層の位置する津屋崎町あんずの里地区、桂区-奴山断層の位置する津屋崎町奴山地区、椿断層の位置する明星寺地区におけるトレンチ調査結果等について記載し、

西山断層帯は、11,000 年前以降、2,100 年前以前の間に、全体が同時に活動した可能性を指摘した。また、宮腰ほか (1999) は、福岡県 (1996) の明星寺トレンチの約 100 m 南東においてトレンチ調査を実施し、約 3 万 2 千年前以降、約 2 千年前の間に、約 2,000~6,300 年前の最新活動を含む 4 回の断層活動時期を認定した。

以上の調査研究成果を基に、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) は、西山断層帯の長期評価を公表した。その中では、同断層帯の平均変位速度、最新活動時期および平均活動間隔等が示されるとともに、平均活動間隔や過去の活動履歴に関して絞り込む必要性が指摘されている。

西山断層帯の北西海域延長部に位置する大島では、谷口ほか (2008)、堤ほか (2008) によって、西山断層帯と同じ走向を持つ左ずれ活断層が判読された。杉山ほか (2011) は、大島中央部において、K-Ah 火山灰降下以降に形成された段丘面が断層変位を受けていることから、この活断層が第四紀後期に

も活動していることを明らかにした。大島沖では、岩淵ほか(1996)によって海底活断層の存在が指摘されており、阿部ほか(2010)は、これらの範囲を含む西山断層帯北西延長海域部の海底活断層調査を実施した。その結果、2つのセグメントからなる長さ50 km以上の海底活断層の存在を明らかにした(第2図)。

西山断層帯の南東延長部には、直線状谷が存在し、活断層研究会編(1991)により確実度IIIの嘉麻峠-小石原断層が示されている。谷口ほか(2008)、堤ほか(2008)は、空中写真判読と現地調査に基づき、断層鞍部列と河谷の系統的な屈曲を根拠として、左横ずれ断層である嘉麻峠-小石原断層と同断層南東部から南西方向に分岐する右横ずれ断層である杷木断層を、活断層として認定した(第2図)。

以上のように、西山断層帯は近年、北西海域および南東陸域の両方に延長されていることから、同断層の長期評価に資するための、平均変位速度、最新活動時期および平均活動間隔等の基本的なパラメータ取得の重要性が一層高まっている。

2. 調査目的と内容

前述の課題を踏まえ、本調査では、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)による西山断層帯について、平均変位速度やより詳細な活動履歴を解明すること、加えてその南東延長に位置する嘉麻峠-小石原断層および杷木断層(谷口ほか, 2008, 堤ほか, 2008, 地震調査研究推進本部長期評価部会活断層評価手法等分科会地表面形状作業グループ, 未公表資料)について、位置・形状および活動履歴を解明することを目的として、以下の調査研究を実施した。なお、本調査は、平成23年度文部科学省委託事業「活断層の補完調査」の一環として実施した。

- 1) 地形地質調査に基づく活動履歴調査適地の検討・抽出
- 2) 飯塚市潤野地区における活動履歴調査
- 3) 福津市西東地区における活動履歴調査

それぞれの調査項目および内容の詳細を表1に示す。本稿では、上記1)の結果、トレンチ調査候補地に選定したが、種々の事情によりトレンチ調査を実施しなかった4地点の調査結果と、3)の福津市西東地区におけるトレンチ調査結果について記述する。なお、2)の飯塚市潤野地区におけるトレンチ調査結果(宮下ほか, 2012)の詳細については、別稿で報告する予定である。

3. 調査結果

3.1 宗像市用山地点における電磁(EM)探査、ボーリング調査

用山地点は、西山断層帯を構成する断層のうち、西山断層の北西端部から約4 km付近に位置する(第

1図)。詳細に見ると、福津市桂区から奴山を経て宗像市用山に至る区間では、断層トレースが2条に分岐して分布している(九州活構造研究会編, 1989, 中田・今泉編, 2002, 千田ほか, 2004, 谷口ほか, 2008)。本研究では、このうち東側の断層トレース上でEM探査とハンドオーガーによる掘削調査を実施した(第3図)。

調査地点は、河谷および尾根が明瞭かつ系統的に左屈曲する区間の鞍部に位置する(第3図)。この区間では、谷は北東から南西に流下していること、西山断層は左横ずれと同時に南西側が隆起していること等から、断層通過位置の鞍部付近には堰き止め堆積物が分布すると推定した。現地調査の結果、断層は幅数十メートルの範囲内を通過すると推定されたため、基盤上面高度の分布を把握することと、基盤上位を埋積する堆積物の層相を確認することを目的として、ボーリング調査を実施した。ボーリング調査の実施に先立ち、掘削地点選定のための地下地質情報の把握を目的としたEM探査を実施した。

EM探査は、Geophex社製のGEM-2を用いて実施した。サンプリングレートは、30分の1秒とし、3390 Hz, 4650 Hz, 6330 Hz, 8610 Hz, 11850 Hz, 11610 Hz, 22050 Hz, 30150 Hzの8周波数帯で観測を行った。探査地点では、推定される断層の走向に直交するように長さ41 m, 幅6 mの範囲で1 mメッシュのグリッドを設け(第3図(B)~第5図(A)),メッシュの交点(287点)で10秒間静止して計測する定点観測を行った。第4図に、それぞれの周波数帯の観測結果から得た比抵抗平面図を示す。

探査の結果、3390 Hz, 4650 Hz, 8610 Hz, 11850 Hz, 22050 Hz, 30150 Hzの6周波数帯から得られた比抵抗平面図では、Y=1-2付近にコンターの密な部分が認められた(第4図)。この部分は、分離丘の北東側斜面の傾斜変換線に一致する(第5図(B))。また、全ての平面図において、南西側に位置する分離丘と北東側の鞍部を構成する平坦面との境界付近(Y=5-10間)にコンターの急変帯が認められる(第4図)。これら2カ所の比抵抗コンター急変帯は、基盤岩上面高度の落差を反映している可能性があると考え、両地点を横断するように7孔のボーリング掘削調査地点を設定した(第5図(A))。さらに、各平面図において、X=-1付近にY軸方向に伸びる低比抵抗ゾーンが認められる。現地表ではこの部分に谷は存在しないが、地下には埋積された谷地形が存在する可能性がある。また、各平面図においてX=2, Y=8-20付近にも同様の地下構造が認められる。今回は、ごく限られた範囲しか探査を実施しなかったが、より広い範囲を探査することによって、埋没谷の横ずれ変位地形が検出できる可能性がある。

ボーリング掘削調査の詳細位置と地質断面図を第5図に、コア柱状図を第6図に示す。ボーリング掘削調査は、用地交渉の結果、通常のボーリング機材

搬入の許可が得られなかったため、ハンドオーガを用いた簡易掘削とした。調査結果を地質断面図として第5図(B)に示す。本地点には、上位より表土、腐植質シルト、シルト、砂岩が分布する。このうち、腐植質シルトは、Y=0.75孔において両側のコアよりも50 cm以上厚く分布するとともに、基盤砂岩の上面には、Y=0孔とY=3孔の間で約1.7 mの高度差があることが明らかとなった。また、Y=0.75付近は、上述したように、分離丘の北東側斜面の傾斜変換線と一致している。以上より、Y=0.75孔の厚い腐植質シルトは断層活動時に形成された凹地を埋積した堆積物の可能性があると考え、この付近の地下に断層を推定した。なお、Y=5-10間に認められるコンターの急変部は、Y=0.75孔付近と同等かより顕著に見える。Y=5孔とY=10孔の間に基盤岩上面高度差が存在するの否かは明らかではないため、確実度は低いが、この付近にも断層を推定した。

以上のEM探査およびボーリング掘削調査の結果、1条ないし2条の断層通過位置が推定できること、基盤岩上位の未固結堆積層の厚さが3 m弱であることから、本地点はトレンチ掘削調査に適していると判断した。しかし、地権者の許可が得られなかったこと、隣接する地域において植樹林の伐採が必要であること、重機の搬入が困難であること等から、トレンチ調査を断念した。

3.2 宮若市脇田地点におけるボーリング調査

脇田地点は、西山断層帯の中央部、同断層帯を構成する西山断層上に位置する(第1図)。断層は概ね山地と低地の境界付近に位置する。山地内では、河谷の系統的な左屈曲が認められる。断層トレースと犬鳴川が交差する地点より北側約500 m区間では、南西側隆起の明瞭な低断層崖が認められる(第7図(A)、九州活構造研究会編、1989、中田・今泉編、2002、千田ほか、2004、谷口ほか、2008)。調査地点は、犬鳴川が形成した扇状地の左岸側扇頂部に位置する。低断層崖は、現況では脇田集落内の水田の区画境界となっており、比高は1.2~1.5 m程度である。この低断層崖の両側でボーリング掘削調査を実施した(第7図(B))。

調査結果を地質断面図として第7図(C)に、コア写真と柱状図を第8図に示す。本地点では、上位より人工改変層、砂礫層、花崗岩が分布する。砂礫層は、W-1孔では10 cm、W-2孔では70 cmの巨礫を含む中~粗粒砂で、礫率が30~70%と高い。花崗岩は非常に新鮮である。2孔における花崗岩の上面高度差は70 cm程度である。

以上より、空中写真判読による低断層崖直下に位置する基盤花崗岩の上面高度差を断層変位と考えることに矛盾はない。しかし、花崗岩を覆う堆積物が粗粒な砂礫層のみであることから、本地点は活動履歴調査には適さないと判断した。なお、本調査地点

の北側に隣接する区画は、現況では水田となっている。水田の西端は比高数メートルの断層崖と概ね一致すると考えられるが、人工改変が著しいこと、今回のボーリング調査で明らかとなった粗粒砂礫層の延長が分布していると推定されること、さらに用地確保が困難であること等から、トレンチ調査対象地域から除外した。

3.3 東峰村小石原地点におけるボーリング調査

小石原地点は、嘉麻峠一小石原断層(活断層研究会編、1991、谷口ほか、2008、堤ほか、2008)の中央部より南側に位置する(第2図)。本調査では、堤ほか(2008)に基づいて、再度の空中写真判読と現地調査を行い、トレンチ掘削調査候補地を2地点選定した。以下では、北側の地点を小石原北地点、南側の地点を小石原南地点と呼ぶ(第9図(A))。小石原北地点は、段丘および山地と沖積低地との直線的な地形境界線として認められる断層トレースの北西延長部にあたり、現河床からの比高が2~3 m程度の最低位段丘面上に位置する。段丘面上には断層変位地形が認められないことから、最新活動時期の推定に有用な堆積物の有無および断層位置を明らかにすることを目的として、推定される断層トレースの両側において、ボーリング掘削調査を行った(第9図(B))。なお、本地点の北西側に隣接する扇状地表面上には、断層崖は認められない。

調査結果を地質断面図として第9図(C)に、コア写真と柱状図を第10図に示す。本地点では、上位より表土・耕作土、礫混じりシルト~砂層、砂礫層、花崗閃緑岩が分布する。K-1孔、K-2孔の両方において、花崗閃緑岩の上面高度はほぼ同じである。上位の堆積層の分布高度にも差は認められず、層相の変化はあるものの、大局的には全ての地層がほぼ水平に対比可能である。K-2孔の深度2.85 mから採取した植物片からは、1620~1520 cal yBP(暦年較正值; 2σ範囲)の年代値が得られた。

以上より、空中写真判読による推定断層通過位置には、基盤岩の高度差がないこと、基盤岩を覆う堆積物はほぼ水平に分布していることが明らかとなった。しかし、これらのデータから直接断層の存否を推定することはできない。本地点では、断層が分布していても、これを覆う地層の年代が新しいことから、活動履歴調査には適さないと判断した。

小石原南地点では、山地の北東斜面基部において、南西から北東に向かって流下する小沢および鞍部の系統的な左屈曲が認められる(第9図(A))とともに、小沢河床には基盤岩中の断層露頭が存在する。本調査では、小石原南地点の最北部、国道500号線南側に隣接する断層崖基部付近も、ボーリングおよびトレンチ掘削調査適地として選定した。しかし、土地所有者の所在が不明であったことから調査を断念した。

3.4 朝倉市杷木地点におけるボーリング調査

杷木地点は、杷木断層（谷口ほか，2008，堤ほか，2008）の西端付近に位置する（第2図）。調査地点を含む杷木断層の西端約250m区間では、ほぼ東西方向に南側隆起を示す低断層崖が連続する（第11図(A)）。本調査では、堤ほか（2008）に基づき、比高約0.5mの低断層崖の両側においてボーリング調査を実施した（第11図(B)）。

調査結果を地質断面図として第11図(C)に、コア写真と柱状図を第12図に示す。本地点では、上位より人工改変層、腐植質～砂質シルト層、砂礫層が分布する。約15m離れたH-1孔、H-2孔の両方において、砂礫層の上面高度はほぼ等しい。H-1孔では、砂礫層の上位に厚さ約2mの均質な細～中粒砂層が分布し、その上位に腐植質シルトと砂質シルトの互層が分布する。H-2孔では、砂礫層の上位に厚さ約3mの均質な砂混じりシルトが分布し、その上位に厚さ2mの腐植質シルトが分布する。また、低断層崖の隆起側（H-1孔）最上位には、低断層崖の比高とほぼ同じ厚さの人工改変層が存在する。

以上をまとめると、低断層崖直下の砂礫層上面には高度差がないこと、低断層崖は人工的に形成された可能性があることから、本地点に断層が存在することを示す直接的なデータはないと言える。しかし、南側隆起成分を持つ右横ずれ断層であっても、断層を挟んだ両側で、部分的に砂礫層上面が見かけ上同じ高度になっていることは十分にあり得る。また、H-1孔、H-2孔の砂礫層より上位の堆積層は、層相は似ているものの1対1に厳密に対比できるものではない。したがって、本調査による2孔のボーリングデータが、断層の存在を否定するものではない。今後、ボーリング調査地点を増やすこと、あるいはトレンチ調査を実施することによって、杷木断層の存在とその通過位置を明らかにする必要がある。

3.5 福津市西東地区におけるボーリング調査、トレンチ調査

3.5.1 調査地周辺の地形・地質

福津市勝浦の勝浦浜から奴山にかけての区間では、標高150m程度の山地・丘陵部と平野の境界付近に、右ステップを経て並走する2条の活断層トレースが判読される（第1図）。九州活構造研究会編（1989）は、北東側の断層を東一大井の断層、南東側の断層を桂区－奴山の断層と呼んでいる。丘陵とその背後の山地には、後期白亜紀の北崎花崗閃緑岩と前期白亜系の関門層群北彦島層が分布する。北彦島層は、普通輝石角閃石安山岩溶岩、火山角礫岩、凝灰岩および礫岩から構成される（久保ほか，1993）。

ボーリングおよびトレンチ調査を実施した西東地区は、東一大井の断層上に位置する。東一大井の断層は、直線上の山麓線とその間の高度の急変線や河谷・尾根の屈曲から、北東側隆起成分を持つ左横ず

れ断層を推定される。福岡県（1996）は、宗像市あんずの里地点においてトレンチ調査を実施し、この地点における最新活動時期は、約1万2千年前以降であったと推定している。

西東地区は、あんずの里トレンチの約1km北西側の、南西に流下する小沢が形成した扇状地面上に位置する（第13図(A)）。扇状地はやや開析されている。空中写真判読および現地調査の結果、丘陵前面と低地の境界付近（国道495号線より東側）を結ぶ位置もしくはこれより若干東側を西山断層が通過すると推定した。この地点では、扇状地面上に、断層走向方向の傾斜変換部が存在する。このトレースは、中田・今泉編（2002）の断層トレースとおおむね一致する。谷口ほか（2008）および地震調査研究推進本部長期評価部会活断層評価手法等分科会地表面形状作業グループ（未公表資料）は、このトレースよりも数十メートル東側に断層通過位置を判読している。千田ほか（2004）によると、断層トレースは、本地点付近から前面に屈曲している。また、福岡県（1996）は、国道南東側に断層露頭の存在を示している（第13図(A)）。以上より、西東地区における断層通過位置は、数十メートル程度の不確かさが排除できないと判断し、トレンチ調査に先立ち、断層位置および層相確認のための群列ボーリング調査を実施した（第13図(B)）。

ボーリングコア写真と柱状図を第14図に、地質断面図を第15図に示す。ボーリング調査の結果、N-2孔とN-7項との間に、基盤岩である関門層群の上面高度に1.5m程度の落差が確認されたことから、ここを断層通過位置と推定した。また、N-4孔では基盤岩として凝灰岩ないし凝灰質泥岩が分布するのに対し、とN-8孔では安山岩が分布する。両者の関係として、貫入関係もしくは断層関係を推定した。

3.5.2 トレンチ壁面の地層と断層

ボーリング調査結果から推定した断層位置を考慮して、トレンチ掘削調査を実施した。断層は、N-2孔とN-7孔との間を通過すると推定したが、N-4孔とN-8孔間において、基盤岩中に断層が存在し、かつ上位層を切っている可能性もあったため、トレンチはN-8孔付近から掘削した。

西東トレンチ壁面では、上位より、耕作土（1層）の下位に、河川成の堆積物と推定されるシルト層（2層）、砂層（3層）、砂礫層（4層）、下位の基盤岩のシルトを母材とした礫混じりシルト層（5層）、基盤岩の関門層群の安山岩、泥岩、シルト岩、砂岩（6層）が確認された。これらの地層を、層相および堆積環境の差異、地層の分布や連続性等に基づいて細分した。地質総括表を表3に、北西および南東壁面の写真とスケッチを第16図、第17図に、スケッチの凡例を第18図にそれぞれ示す。

トレンチの北西、南東両壁面において、2～4層は

緩く南西方向に傾斜して分布し、南西側に層厚を増す。また、4層の砂礫層は、トレンチ南西半分においては下位の地層を削り込んで分布する（第16図、第17図）。4層最下部の44層からは、放射性炭素年代測定の結果、5310～5050 cal yBPの年代値が得られた（表2）。5層は主として北西壁面に分布する強風化シルト岩のブロックである。基底部には下位の関門層群起源のクサリ礫を含み、灰白色粘土を挟んで下位層に重なることから、地すべり堆積物であると推定される。6層中には、安山岩とシルト岩、泥岩とを境するNF-1、NF-1'、SF-1、SF-1'断層、極細粒砂岩～シルト岩とシルト岩を境するNF-2およびSF-3断層、北西壁面で安山岩とシルト岩を境するNF-3断層、南東壁面で泥岩と極細粒砂岩とを境するSF-2断層が認められた。しかし、これらの断層はいずれも上位の地層に変位・変形を与えていない。なお、N-2孔とトレンチ壁面の基盤岩上面高度には約1mの差が認められる。しかし、トレンチ壁面においてこの間に断層が認められないことから、この高度差は、4層堆積時の削り込みの程度の差と解釈した。

以上より、西東トレンチでは、基盤岩の関門層群中にのみ断層が存在し、上位に分布する約5千年前以降の堆積物に変位・変形を与えるような断層は存在しないことが明らかとなった。ボーリング調査結果から推定されたN-2孔とN-7孔との間の基盤岩上面高度差は、小沢の旧流路による谷壁浸食によるものと判断される。

トレンチ調査の結果、トレンチ壁面には完新統を切る断層が確認されなかったことから、断層がより南西側を通過する可能性を考え、N-9孔およびN-10孔を掘削した（第15図）。トレンチに先行して掘削したN-2孔、N-1孔、N-3孔から推定される基盤岩の上面高度は、N-9孔およびN-10孔においても連続的につながるように見える。また、N-3孔とN-9孔の間には、西山断層の走向と平行な傾斜変換線（米軍撮影空中写真でも確認される）が存在するが、ボーリングコアにおいて、礫層の上面高度は現地形と同程度の高度差を有しており、土石流末端の地形を反映している可能性が示唆される。このように、トレンチより南西側にも、断層の存在を示唆する北東側隆起の地質構造は確認されなかった（第15図）。以上より、本地点における西山断層は、N-10孔より南西側もしくはN-6孔より北東側に分布する、もしくは、約5千年前以降活動していない可能性が指摘できる。

4. まとめ

本調査の主な結果を以下にまとめる。

(1) 宗像市用山地点におけるEM探査及びハンドオーガーによる掘削調査の結果、1条ないし2条の断層通過位置が推定された。両探査を組み合わせる

手法は、簡便かつ安価に高精度での断層通過位置推定ができる可能性がある。

(2) 宮若市脇田地点におけるボーリング調査の結果、地形から推定される断層通過位置直下において、基盤岩上面に約0.7m程度の高度差が認められた。基盤岩上位には巨礫を含む砂礫層が分布し、活動履歴調査に適する地層が分布しないことが明らかとなった。

(3) 東峰村小石原北地点におけるボーリング調査の結果、地形から推定される断層通過位置直下において、基盤岩の上面高度差が認められなかった。基盤岩上位には、砂礫層と約1500年前以降の地層が分布し、活動履歴調査に適する地層が分布しないことが明らかとなった。

(4) 東峰村小石原南地点では、断層露頭が存在し、その直近では他の調査手法と組み合わせること等により、断層通過位置が精度良く推定できる可能性がある。

(5) 朝倉市杷木地点におけるボーリング調査の結果、地形から推定される断層通過位置直下において、礫層上面の高度差が認められなかった。この地点で低断層崖と推定された地形は盛り土である可能性がある。

(6) 福津市西東地区におけるボーリング調査及びトレンチ調査の結果、調査範囲内には断層が分布しない可能性が高い。本地域における西山断層帯（東一大井の断層）は、より南西側もしくは北東側に分布する可能性がある。

(7) 嘉麻峠～小石原断層、杷木断層については、断層の位置・形状及び活動履歴等を明らかにするためのさらなる調査が必要である。

謝辞 本調査を実施するにあたり、福岡県総務部消防防災課をはじめ、宮若市、宗像市、飯塚市、東峰村、福津市の関連各所のご理解とご協力を頂いた。また、調査地地権者の皆様には、調査のご承諾とご協力を頂いた。以上の皆様に記して御礼申し上げます。

文 献

- 阿部信太郎・荒井良祐・岡村行信（2010）西山断層帯海域延長部における断層分布と活動性について。活断層・古地震研究報告，産業技術総合研究所地質調査総合センター，No.10，p.119-148。
- 千田 昇・池田安隆・堤 浩之・中田 高（2004）1:25,000都市圏活断層図「直方」。国土地理院技術資料D・1-No.435。
- 福岡県（1996）「西山断層系，水縄断層系及び警固断層系に関する調査成果報告書」。福岡県，157p。
- 池田安隆・千田 昇・越後智雄・中田 高（2004）1:25,000都市圏活断層図「太宰府」。国土地理院技術資料D・1-No.435。

- 磯 望・下山正一・峯元 愛・千田 昇・松田時彦・松村一良・杉山雄一・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・熊井教寿・松山尚典・黒木瑞昭・川口小由美 (2000) 西山断層帯 (福岡県) の津屋崎町および飯塚市におけるトレンチ調査報告. 活断層研究, 19, 91-101.
- 岩渕 洋 (1996) 九州北岸, 大島沖の海底活断層. 地質学雑誌, 102, 271-274.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) 西山断層帯の長期評価について. 11p.
- 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, 437p.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男 (1993) 20 万分の 1 地質図幅「福岡」. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 九州活構造研究会編 (1989) 「九州の活構造」. 東京大学出版会, 553p.
- 宮腰勝義・上田圭一・井上大榮・宮脇理一郎・宮脇明子 (1999) 西山断層系のトレンチ調査結果. 地震学会 1999 年度秋季大会予稿集, C37, 109.
- 宮下由香里・堤 浩之・近藤久雄・二階堂 学・亀高正男・下釜耕太・山岡 博・新谷友彦・岡崎和彦 (2012) 福岡県西山断層帯の活動履歴: 飯塚市潤野トレンチ調査速報. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会予稿集, SSS35-P33.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM 2 枚, 付図 1 葉, 60p.
- Ramsey, C.B. (2001) Development of the radiocarbon program OxCal. Radiocarbon, 43, 355-363.
- Ramsey, C.B. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1). 337-360.
- Reimer P.J., Baillie M.G.L., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C, Buck C.E., Burr G.S., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hajdas I., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., McCormac F.G., Manning S.W., Reimer R.W., Richards D.A., Southon J.R., Talamo S., Turney C.S.M., van der Plicht J., Weyhenmeyer C.E. (2009) IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, 51(4), 1111-50.
- 杉山達哉・下山正一・堤 浩之・石村大輔 (2011) 筑前大島における西山断層の通過位置とその連続性について. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, SSS032-P23.
- 谷口 薫・中田 高・渡辺満久・鈴木康弘・堤 浩之・後藤秀昭・活断層位置・形状検討グループ (2008) 活断層の長期評価の改良に向けた主要活断層帯の位置・形状に関する検討—北部九州地域—. 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集, J237-002.
- 堤 浩之・中田 高・渡辺満久 (2008) 西山断層帯の南北延長部における断層変位地形の再検討. 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集, S141-P025.

(受付: 2013 年 8 月 26 日, 受理: 2013 年 9 月 28 日)

第1表. 調査実施項目と内容.
Table 1. Survey points, specs and results.

		地形地質調査に基づく 活動履歴調査地の検討・抽出		活動履歴調査	結果
		地表踏査	ボーリング調査 孔数/地点名	トレンチ調査	
北西延長	大島	全区間	—	—	—
西山断層帯	東一大井の断層	全区間	10孔/西東	1ヶ所	トレンチ及びボーリング調査範囲内には断層が通過しない。もしくは、約5千年前以降活動していない。
	桂区一奴山の断層	全区間	—	—	—
	須多田一冠の断層	全区間	—	—	—
	畑断層	全区間	—	—	—
	西山断層	全区間	EM探査 7孔(ハンドオーガー)/用山	—	植林樹の伐採が必要であること、重機搬入および用地確保が困難であることから、トレンチ調査を断念。
			2孔/脇田	—	基盤花崗岩上位に巨礫を含む砂礫層が分布すること、用地確保が困難であることから、トレンチ調査を断念。
		脇田断層	全区間	—	—
	六地藏断層	全区間	—	—	—
	椿断層	全区間	7孔/潤野	2ヶ所	約2万5千年前以降に6回以上の古地震イベントを確認。平均活動間隔は約2千年~3千年。(宮下ほか, 2012)
南東延長	嘉麻峠一小石原断層	小石原地区	2孔/小石原	—	北地点:断層を覆うと推定される地層の年代は、約1500年前、南地点:ボーリング、トレンチ掘削適地があるが、地権者所在不明で調査を断念。
	杷木断層	杷木地点	2孔/杷木	—	低崖の両側において、地下10mまでの地層に高度差は認められない。

第2表. AMS法による放射性炭素年代測定結果一覧表. 暦年較正には、OxCal v4.1 (Ramsey, 2009) 及び Reimer *et al.* (2009) の補正曲線を用いた。

Table 2. Radiocarbon dating results. Calendar years are calibrated using Oxcal v4.1 and IntCal04 database.

小石原ボーリングコア

Sample No.	Unit	Material	Code No. (IAAA-)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (cal yBP; $\pm 2\sigma$)
K-2 sp-01	-2.85	plant material	111563	-28.22	1660 \pm 20	1620 - 1520

西東トレンチ壁面

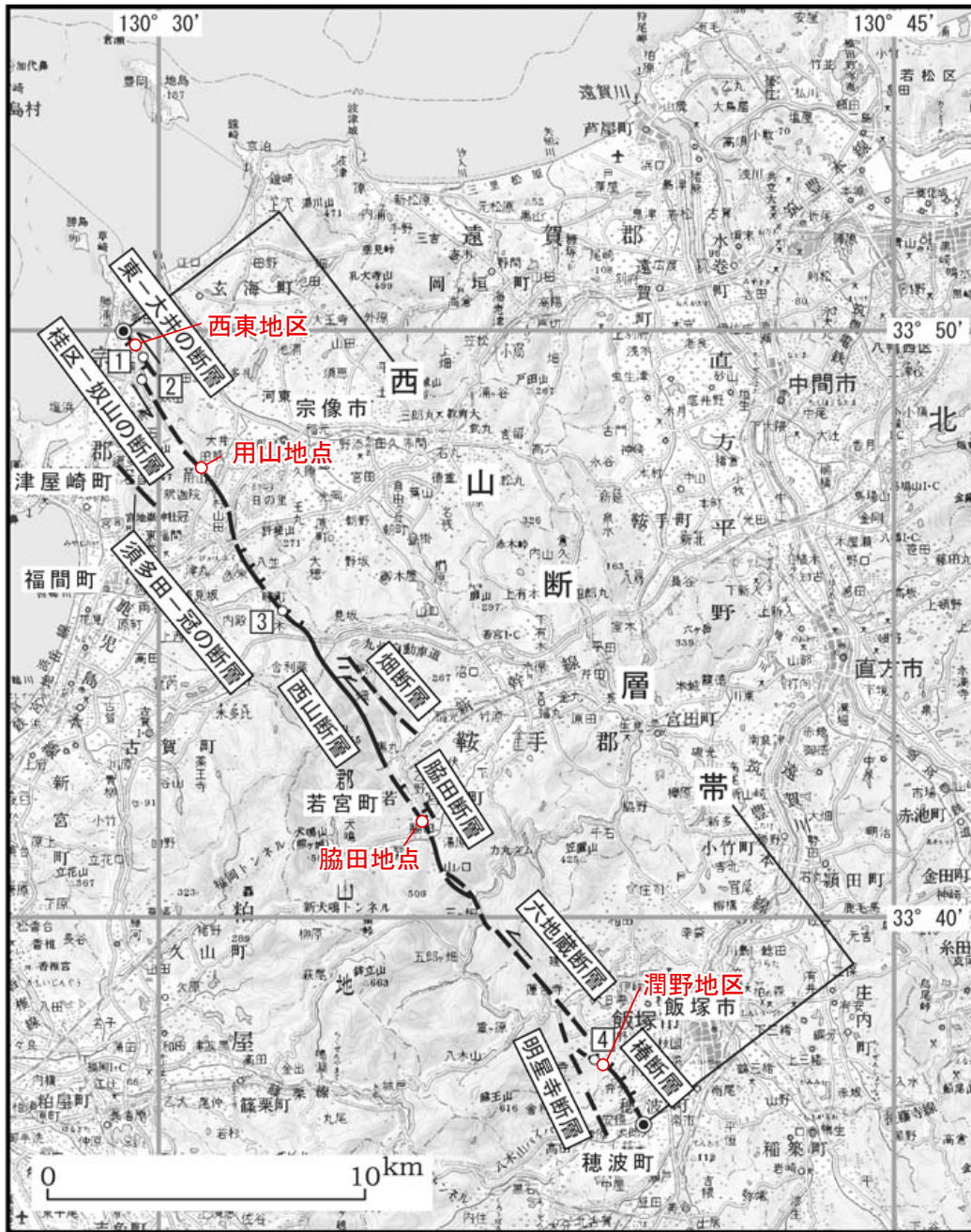
Sample No.	Unit	Material	Code No. (Beta-)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (cal yBP; $\pm 2\sigma$)
Nh-SE-03	44	organic sediment	319277	-23.0	4520 \pm 30	5310 - 5050

第3表. 西東トレンチ壁面の地質総括表.
Table 3. Geology of Nishihigashi trench site.

地層区分 ：堆積相	細層名	層相	C ¹⁴ 年代 (暦年較正值) cal yBP ; ±2σ
1層：人工改変層	11層：耕作土1	根茎を多く含む腐植質シルト。放棄された棚田の旧耕作土であり、12層との境界は明瞭である。	
	12層：耕作土2	細粒砂をわずかに含むシルト。酸化鉄斑が発達し、稀に円礫や橙色の弥生式(?)土器片を含む。13層との境界は明瞭であり、マンガン斑の集積(配列)によって区別した。	
	13層：耕作土3	角～亜角礫や橙色の無文土器片(弥生式?)をわずかに含む細粒砂混じりシルト。全体にマンガン斑が発達し、灰白色粘土が流入した乾裂が認められ、また上限面が棚田面(現地地形面)の形状に概ね調和的で耕作による影響を受けていることは明らかである。ただし、厳密には上限面と棚田面(現地地形面)には形状的にややズレが認められ、圃場整備による棚田面自体の形状の変化を反映している可能性がある。21層との境界はやや漸移的である。	
2層：扇状地堆積物	21層：砂混じり腐植質シルト	角礫及び橙色の無文土器片(弥生式?)を含む砂混じり腐植質シルト。マンガン斑・酸化鉄斑があり、白色粘土の流入した乾裂が網状に発達して土壌化した古耕作土と推定されるが、上位の耕作土層とは異なり本層下面は一樣に緩傾斜し、現在の棚田とは異なる。	
	22層：細粒砂質シルト	角礫、土器片混じりの細粒砂質シルト。径1.5～4cmの酸化鉄斑(あるいは管状)が密集するとともに、灰白色粘土が流入した縦方向の乾裂が発達する。また、多数の橙色の無文土器片(弥生式?)を含み、長径10cm前後の円礫が点在し、稀に灰色の須恵器片を含む。31層とは明瞭に区分できる。	
3層：扇状地堆積物	31層：シルト混じり細粒砂	礫及び橙色の無文土器片(弥生式?)を含むシルト混じり細粒砂。淘汰が悪く、不均質で灰白色粘土が流入した縦方向の乾裂が著しく発達しており、やや土壌化している。32層とは漸移的である。	
	32層：シルト混じり細～中粒砂	亜角礫を含むシルト混じり細～中粒砂。淘汰が悪く、不均質で灰白色粘土が流入した幅0.5～1cmの縦方向の乾裂が発達している。礫は平均径3～4cm、最大径8cmの安山岩・珪質シルト岩・凝灰岩等からなり、稀に橙色の無文土器片(弥生式?)を含む。41層との境界は漸移的であるが、粒度・含礫率の変化及び乾裂の有無で区分できる。この境界は41層堆積時の上方細粒化部が土壌化の影響を受けた層準と考えられる。	
4層：扇状地堆積物	41層：シルト混じり砂礫	基質は淘汰不良のシルト混じり中～粗粒砂からなり、礫率10～50%、平均径1～2cm、最大径23cmの安山岩亜角礫、シルト岩の角礫等を含み、最上部には稀に橙色の微細な土器片を含む。基底部には大きな礫が点在し、42層とは礫率と基質の違いで区分できる。	
	42層：シルト質砂礫	基質はシルト質中～粗粒砂。葉理が認められ上方にやや細粒化する傾向を示す。礫径1～2cm、最大径10cmの安山岩亜角礫、シルト岩角礫を含み、礫率は10～20%である。52層(北側法面)および基盤のシルト岩(南側法面)を削剥して52層のブロックやシルト岩片を取り込んで重なる。	
	43層：砂質粘土	礫を含む砂質粘土。礫径1cm、最大径4cmの安山岩亜角礫、シルト岩角礫を10%程度含む。酸化鉄斑が発達し、わずかにマンガン斑も認められ、52層(北側法面)とシルト岩(南側法面)を削剥して重なる。44層との境界は漸移的であり、44層堆積時の上方細粒化部と考えられる。	
	44層：砂礫	基質は粘土質中粒砂の砂礫層。礫径2～4cm、最大径22cmの安山岩亜円礫を主体とする。礫率は30～60%。基底部には稀に橙色の土器細片(弥生式?)を含む。トレンチ西端基底部には酸化鉄を伴う炭化植物片が認められる。	5,310-5,050

第3表. 続き.
Table 3. Continued.

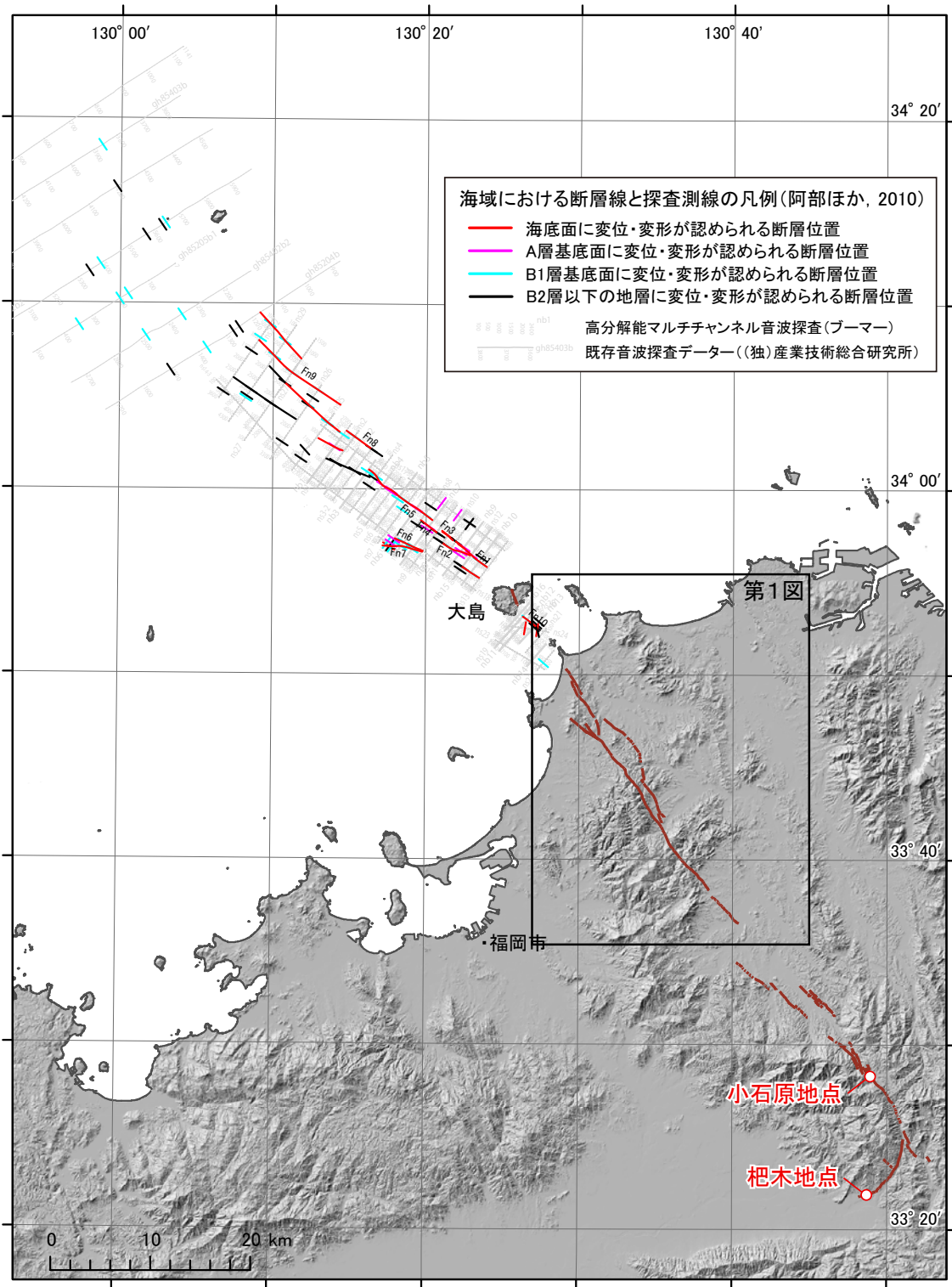
地層区分 ：堆積相	細層名	層相	C ¹⁴ 年代 (暦年較正值) cal yBP ; ±2σ
5層：扇状地堆積物. 一部, 崩積性堆積物.	51層：砂混じり粘土	亜角～亜円のクサリ礫を含む砂混じり粘土. 礫は最大径6cm, 礫率は5%以下である. NW面の西端にのみ分布する. 酸化鉄斑が発達し, マンガン斑もわずかに点在する. 基質中の砂粒には新鮮な粒子も含まれるが, 礫は風化殻のある安山岩のクサリ礫を主体とし, シルト岩の角礫を含む. 52層及びシルト岩 (62-6) を削剥して重なる.	
	52層：シルト岩のブロック	強風化したシルト岩を主体とする地滑りブロック. シルト岩を覆う上位の53層ごとすべった土塊である. 基底にはシルト岩片や安山岩のクサリ礫を含み, 灰白色粘土を挟んで53層及び下位のシルト岩・安山岩の上に重なる. 腐植質粘土で充填された幅1～1.5cmの連続性がある縦方向の乾裂状の亀裂痕や管状の根茎痕が特徴的に認められ, 滑り面及び下位のシルト岩最上部にまで達するものもある. これは地滑りが生じた当時, 緩んだ地滑りブロックに生じた亀裂に沿って表土が流入したか, あるいは地すべり後に根茎が発達した結果と推定される.	
	53層：砂礫	基質は淘汰不良のシルト混じり細～中粒砂であり, 礫率15～20%, 平均径1～2cm, 最大径6cmの亜角～亜円のクサリ礫化した安山岩礫を主体とする. 強風化した基盤岩 (シルト岩・安山岩) を削剥して重なっているが, この砂礫と基盤岩には炭化した根茎 (ヒゲ根) を伴う酸化鉄斑が連続的に著しく発達している. また, この砂礫よりも基盤岩のほうが脆弱化 (D級岩盤) していることから, 本来ならば基盤岩上部には土壌が形成されていた筈であるが, この砂礫が堆積する際に削剥されてしまったものと考えられる. 従って基盤岩の強風化時期 (離水期)	
6層：基盤岩	61層：安山岩	61-1：安山岩 風化を受け, 軟質化した安山岩. 原岩組織は残存し, 径2mm以下の斜長石の斑晶が目立つ. まれに硬質な同質の岩塊 (径20cm以下) を含む. NW面ではシルト岩 (62-1層) とNF-1断層を介して接するが, 一部は直接接しており, シルト岩 (62-1) に対して本岩が貫入した関係にある. SE面ではSF-1断層を介して61-1と接する.	
		61-2：安山岩 (強風化) 強風化し軟質化した安山岩. 原岩組織をわずかに残す. シルト岩 (62-1層) との境界は漸移的で不明瞭である.	
	62層：泥岩～砂岩	62-1：シルト岩 NW面では風化し軟質, SW面ではやや硬質な部分もあり割れ目が多い. また, まれに斜長石の斑晶を含む. 泥岩 (62-2層) との境界は漸移的である.	
		62-2：泥岩 風化を受け軟質な部分もあるが大部分は新鮮かつ硬質で割れ目が多い. NW面ではシルト岩 (62-4層) との境界は漸移的, SE面では極細粒砂岩 (62-3層) との境界はSF-2断層を介して接する.	
		62-3：極細粒砂岩 やや風化し, やや軟質である. シルト岩 (62-4層) との境界は漸移的である.	
		62-4：シルト岩 比較的風化が弱く硬質で, 割れ目が多い. 極細粒砂岩～シルト岩 (62-5層) との境界は漸移的である.	
		62-5：極細粒砂岩～シルト岩 やや風化し, 全体に塊状で割れ目が少ない. 凝灰質である. シルト岩 (62-6層) との境界はNW面ではNF-2断層で, SE面ではSF-3断層を介して接する.	
		62-6：シルト岩 やや風化するが割れ目が多く, 硬質である. NW面では安山岩 (61-3) との東側の境界は凹凸があり不規則で, 貫入境界であると考えられる.	



1 : あんずの里地点 2 : 奴山地点 3 : 本木地点 4 : 明星寺地点
 ● : 断層帯の北西端と南東端
 断層の位置は文献4に基づく。
 基図は国土地理院発行数値地図200000「福岡」を使用。

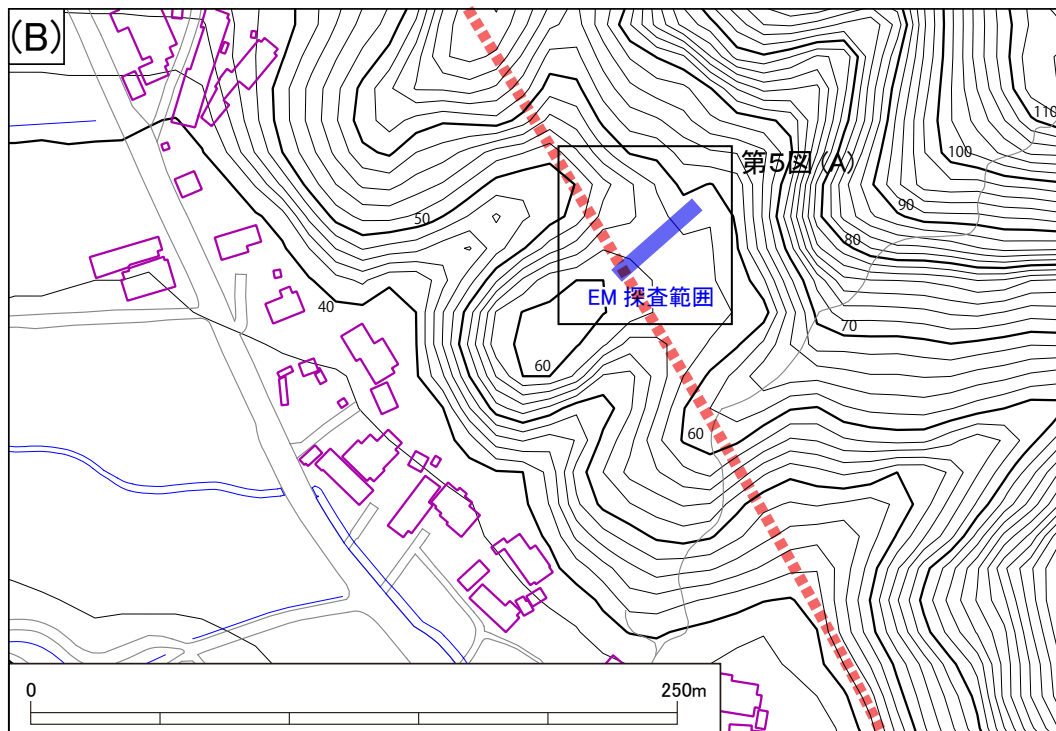
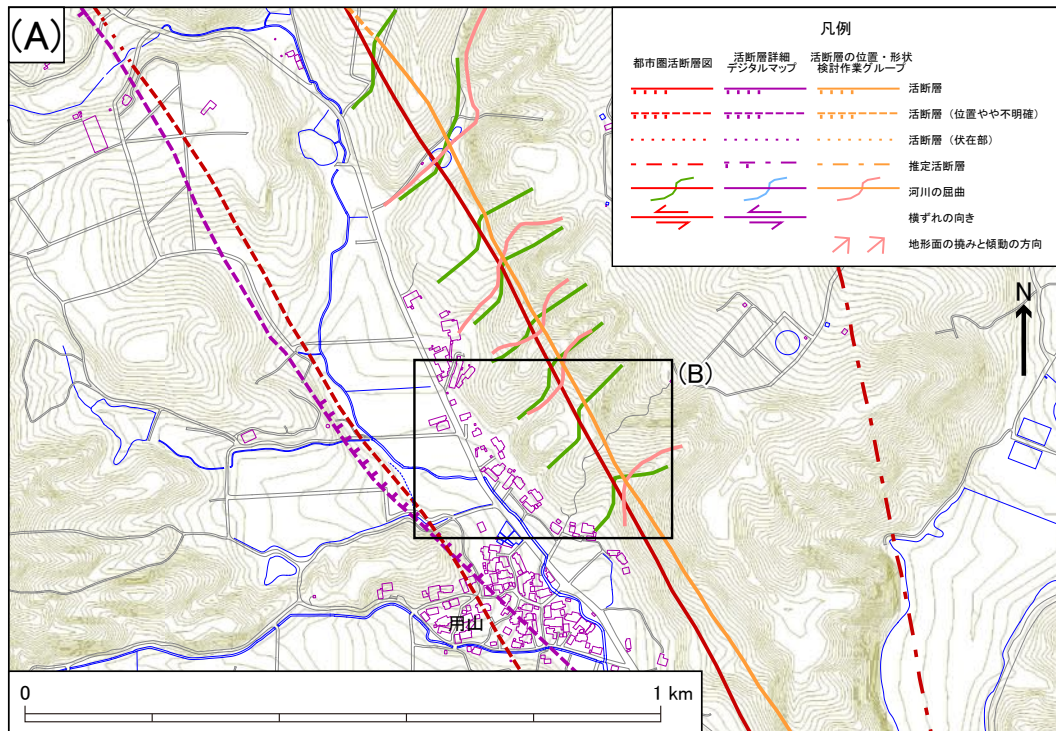
第1図. 西山断層帯の分布. 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) に加筆. 本調査では, 図中表記地域・地区の他に, 南東延長部に位置する東峰村小石原地区及び朝倉市本木地区においてボーリング調査を実施した.

Fig. 1. Distribution of the Nishiyama fault zone and survey locations.



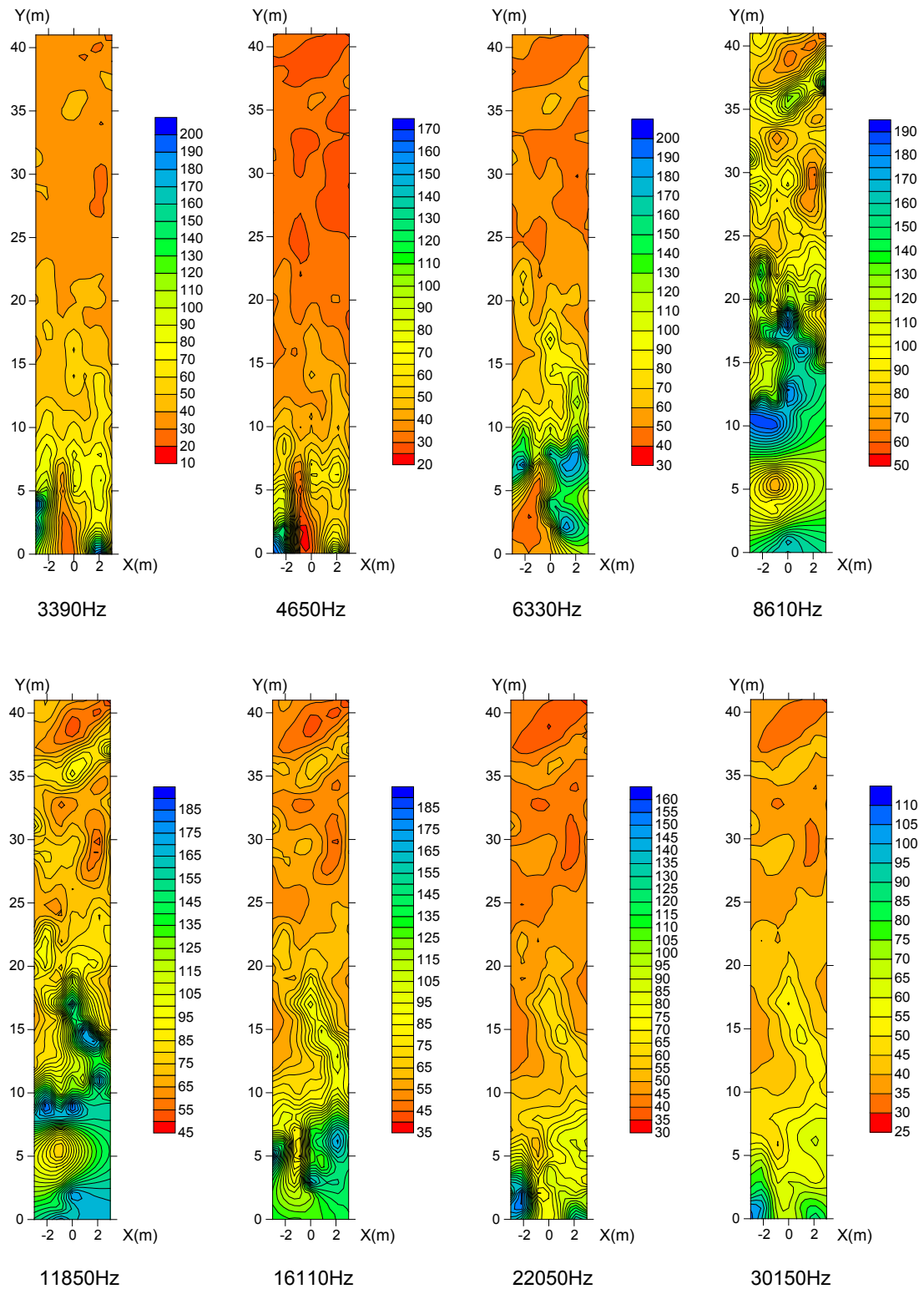
第2図. 海域および南東延長部を含めた西山断層帯の範囲. 海域の断層線は, 阿部ほか(2010), 陸域の断層線は, 谷口ほか(2008)による.

Fig. 2. Northwestern and southeastern extensions of the Nishiyama fault zone.



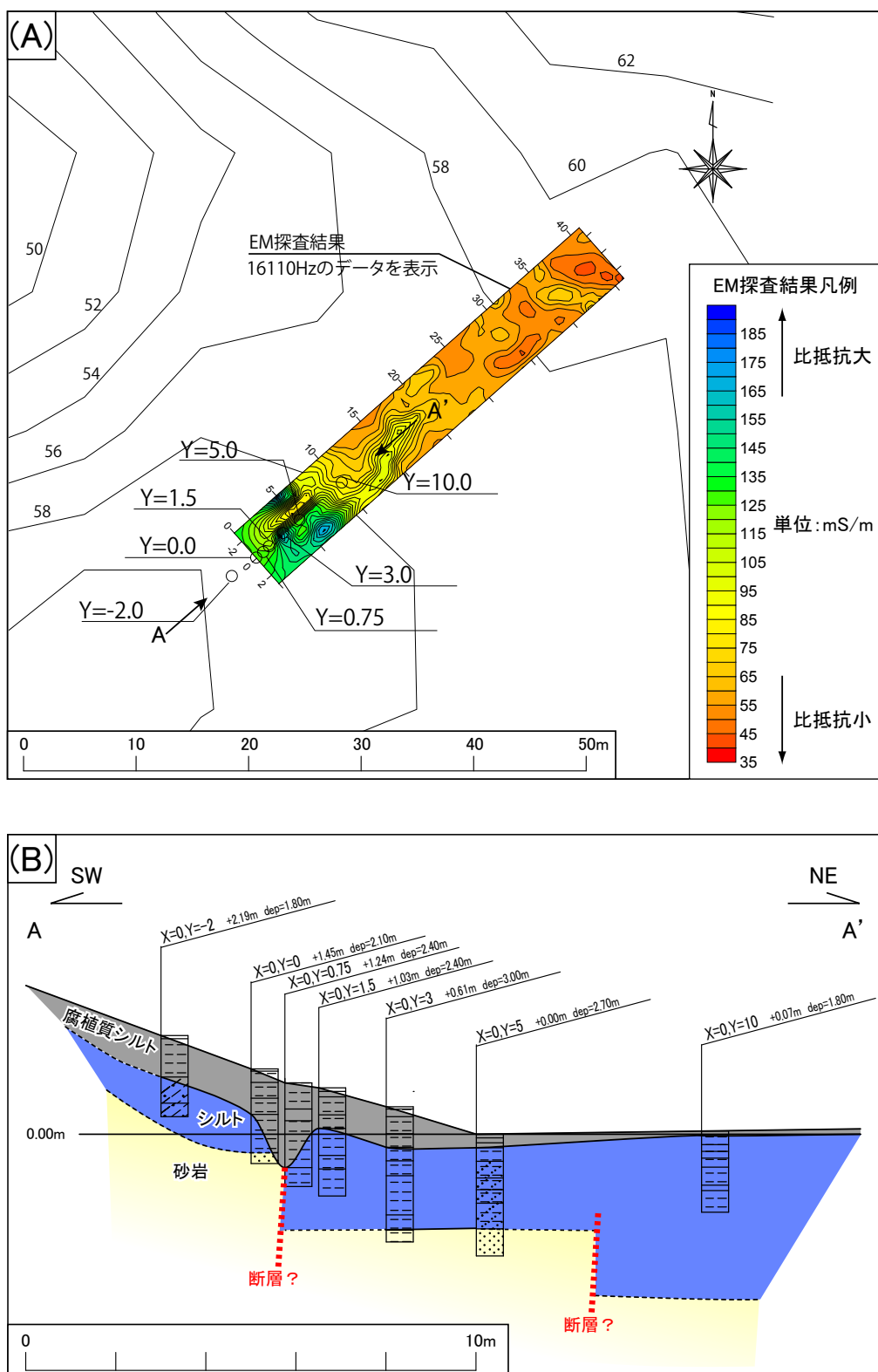
第3図. 用山地点位置図 (A) および EM 探査範囲 (B). 基図には, 国土地理院の基盤地図情報 (縮尺レベル 25000 および縮尺レベル 2500) を用いた.

Fig. 3. Location of the Mochiyama site. (A) Topographic map showing fault traces. (B) Enlarged view of the area indicated by the rectangle in (A) showing electromagnetic survey line.



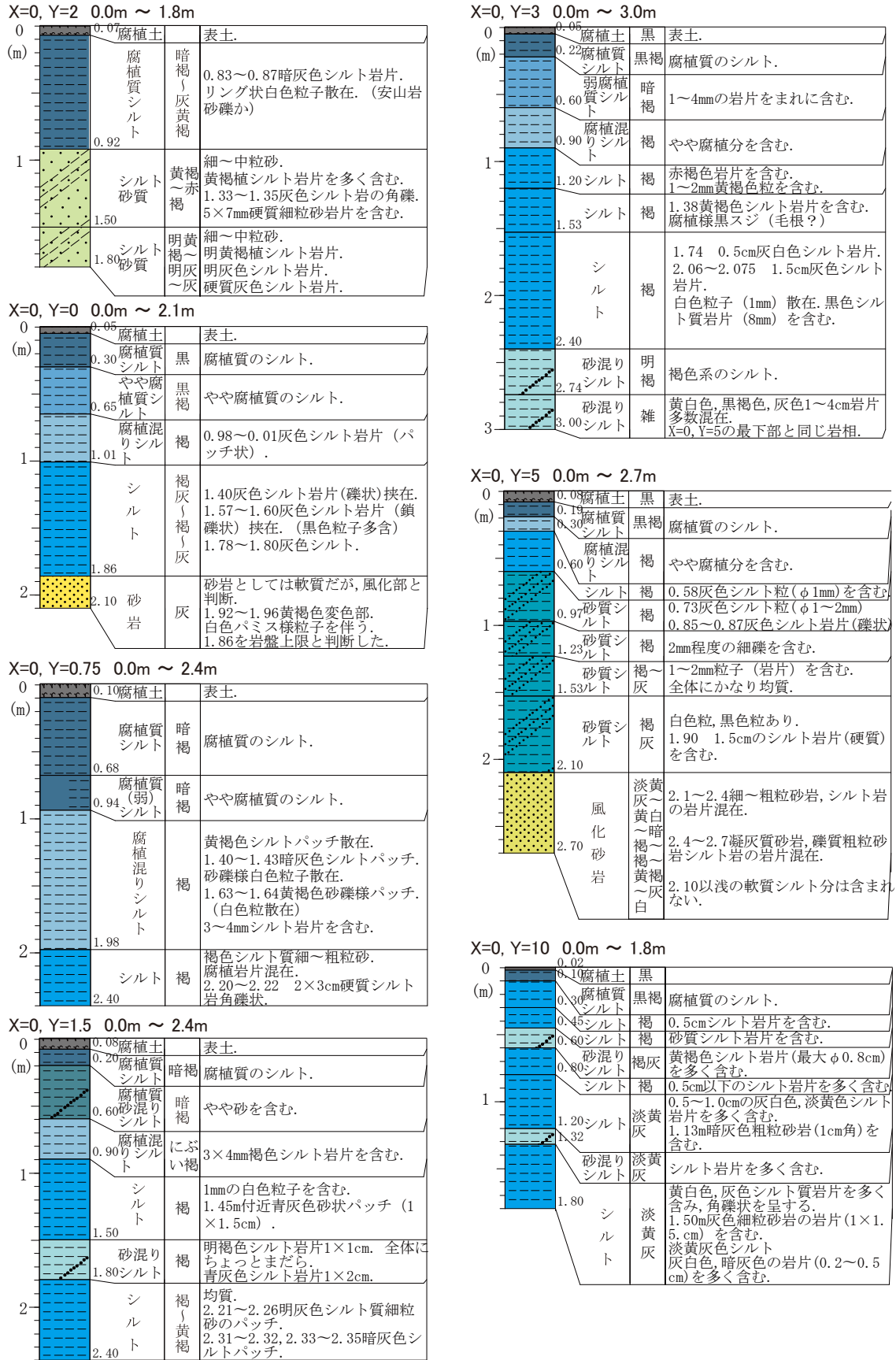
第4図. 用山地点 EM 探査結果. 探査範囲を示す矩形の縦軸, 横軸の数字は m, 凡例の単位は mS/m (S : シーメンス). 矩形の上側が北東方向, 下側が南西方向を示す.

Fig. 4. Electromagnetic survey results. Upside of contour figures (Y axis direction) show northeast. Unit is mS/m (Siemens).

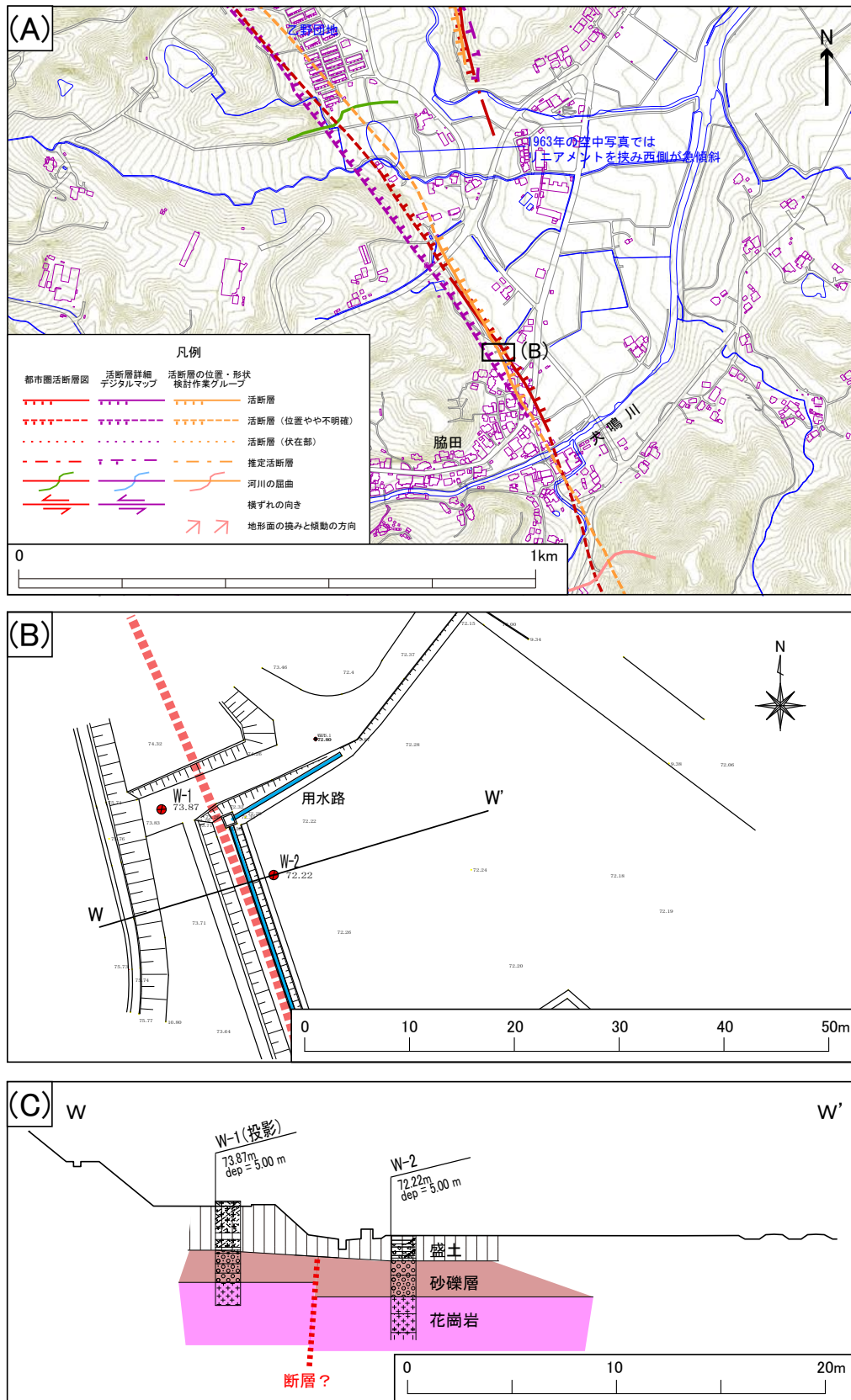


第5図. 用山地点平面図 (A) および地質断面図 (B). (A) には, EM 探査測線範囲とボーリング掘削位置を示す.

Fig. 5. (A) Plan view of the Mochiyama survey site showing the result of 16110 Hz survey and coring points. (B) Geological cross-sections along the arrayed drilling survey line.



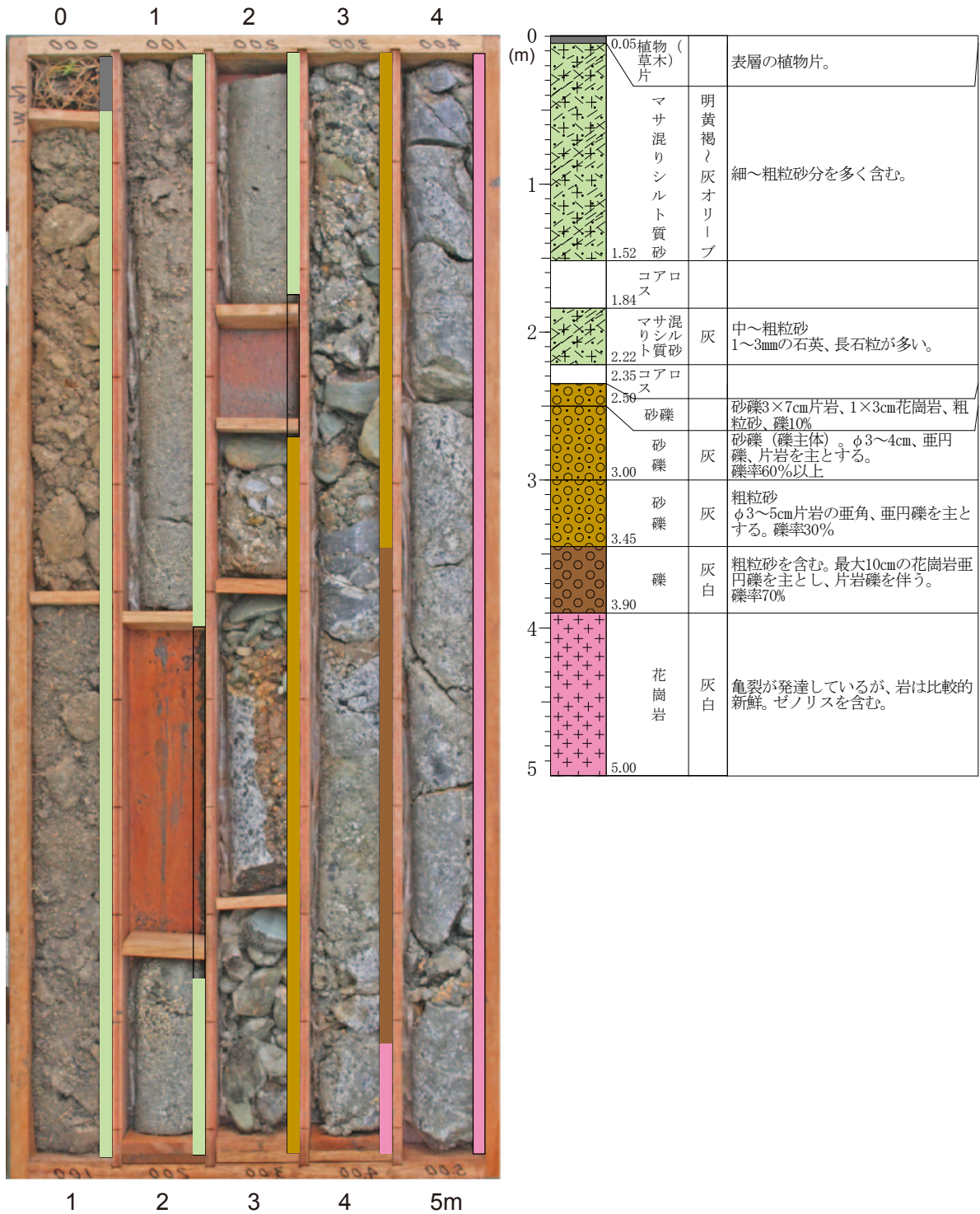
第6図. 用山地点のボーリングコア柱状図.
Fig. 6. Columnar sections of the Mochiyama borehole cores.



第7図. 脇田地点位置図 (A), 平面図 (B) および地質断面図 (C). (A) の基図には、国土地理院の基盤地図情報 (縮尺レベル 25000) を用いた。

Fig. 7. Location of the Wakita site. (A) Topographic map showing fault traces. (B) Enlarged view of the area indicated by the rectangle in (A) showing drilling survey points. (C) Geological cross-section along W-W'.

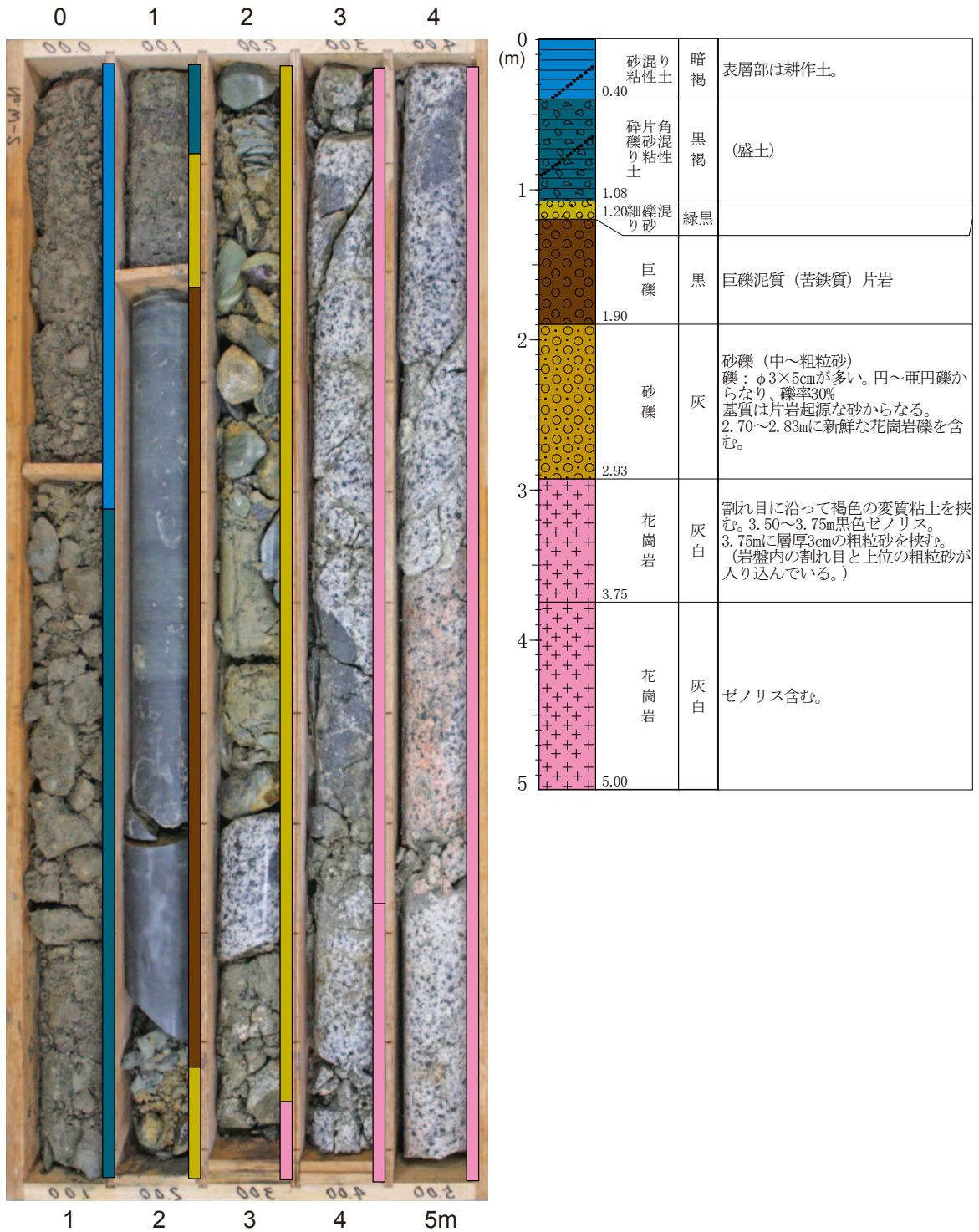
(A) W-1 0.0m ~ 5.0m



第8図(A). 脇田地点のボーリングコア写真と柱状図.

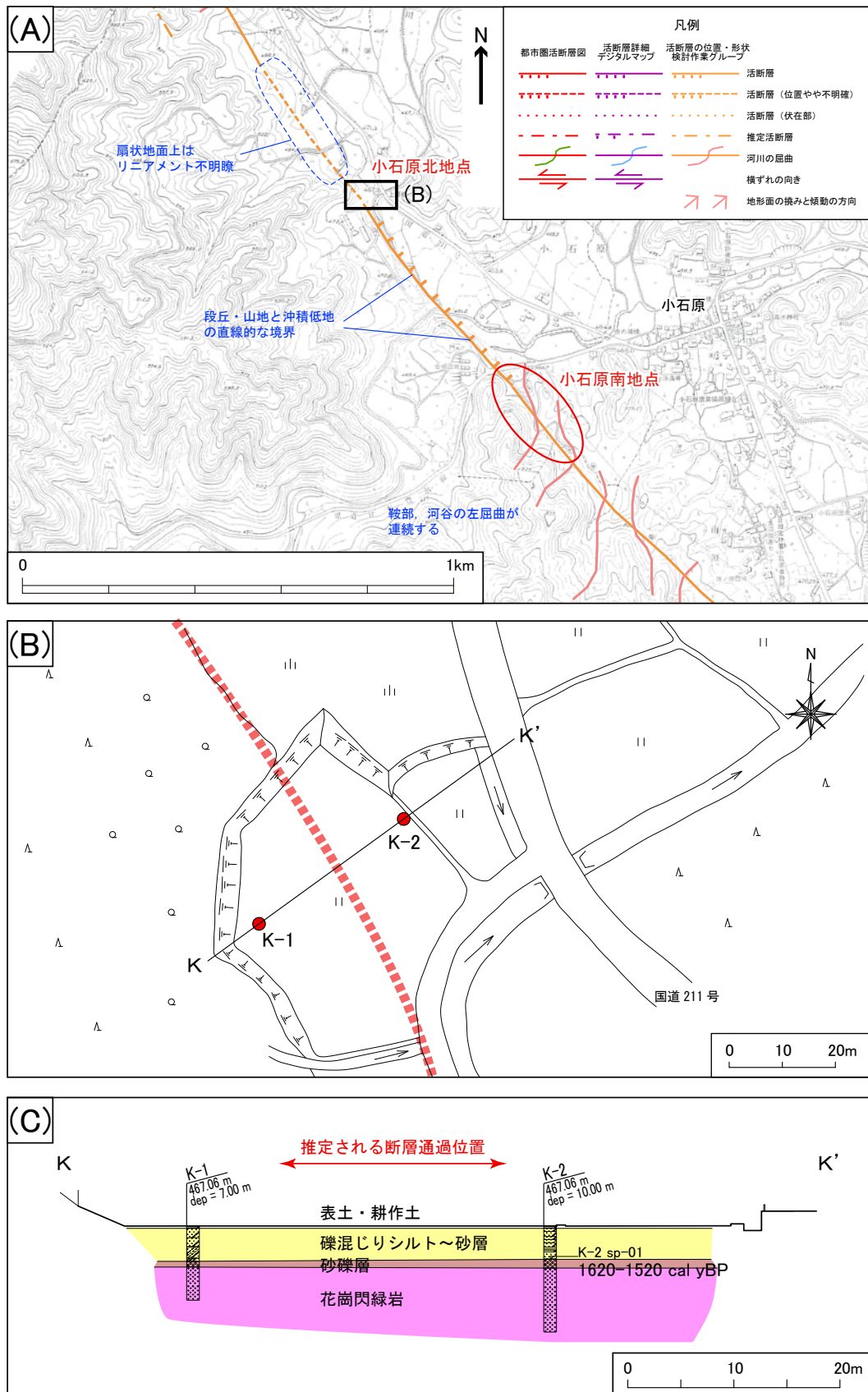
Fig. 8(A). Photograph and geology of borehole cores from the Wakita site.

(B) W-2 0.0m ~ 5.0m



第8図(B). 脇田地点のボーリングコア写真と柱状図.

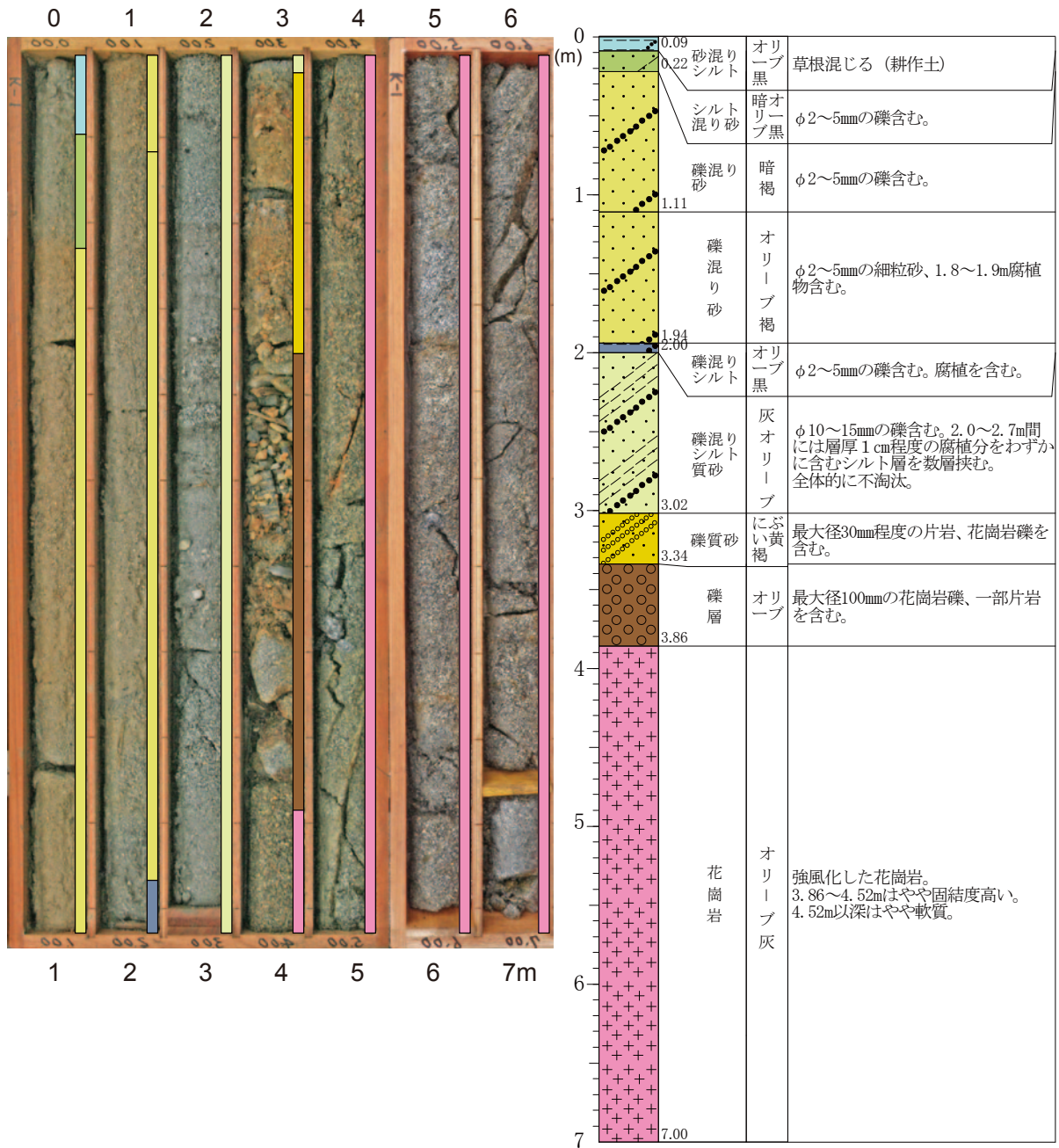
Fig. 8(B). Photograph and geology of borehole cores from the Wakita site.



第9図. 小石原地点位置図 (A), 平面図 (B) および地質断面図 (C). (A) の基図には, 東峰村 5 千分の 1 地形図を用いた.

Fig. 9. Location of the Koishiwara site. (A) Topographic map showing fault traces. (B) Enlarged view of the area indicated by the rectangle in (A) showing drilling survey points. (C) Geological cross-section along K-K'.

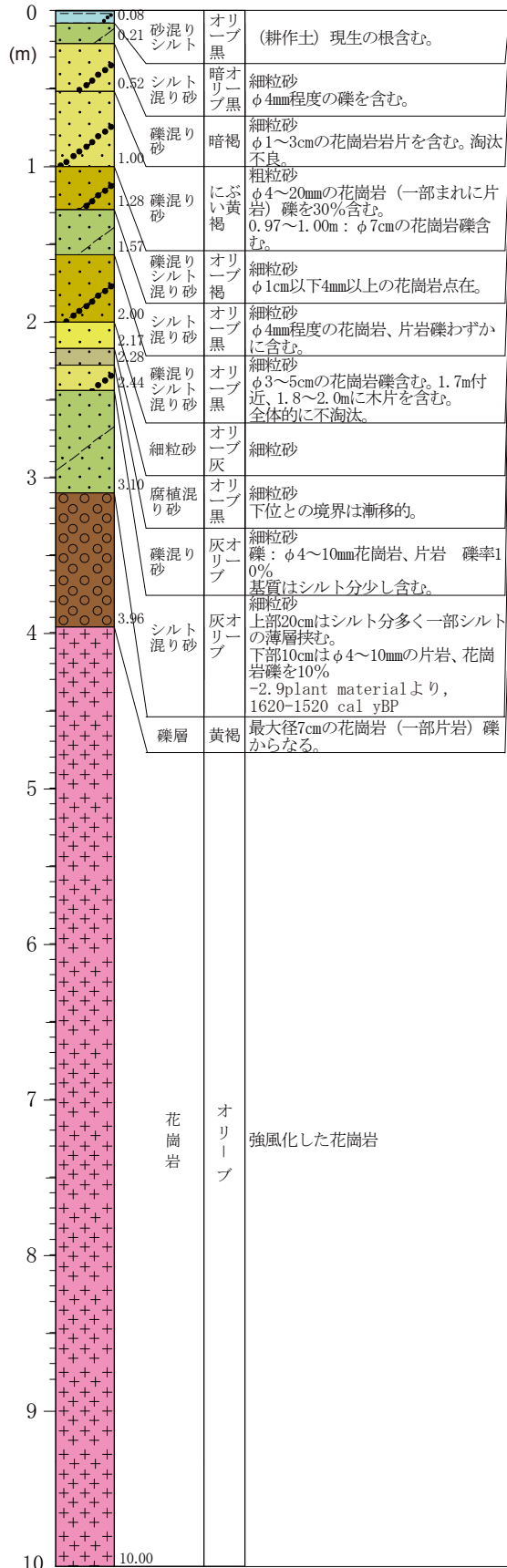
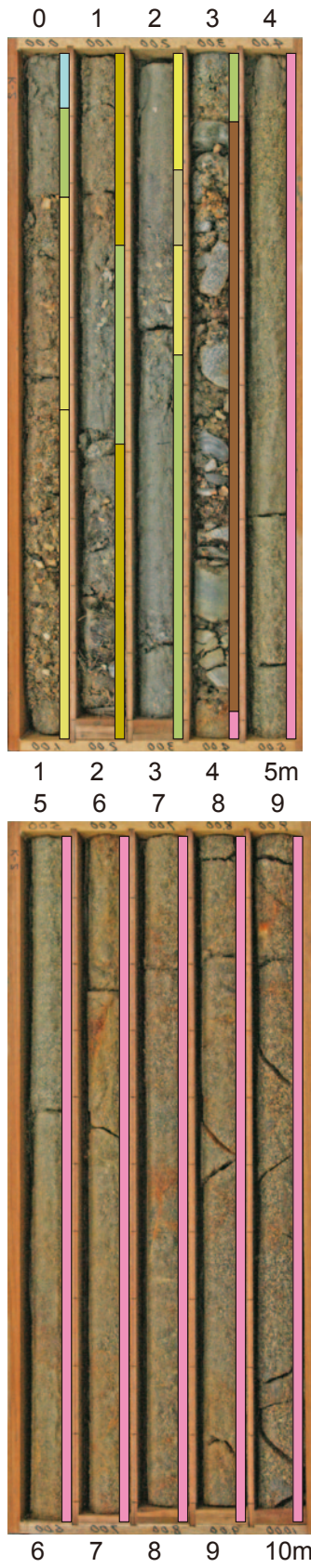
(A) K-1 0.0m ~ 7.0m



第10図(A). 小石原地点のボーリングコア写真と柱状図.

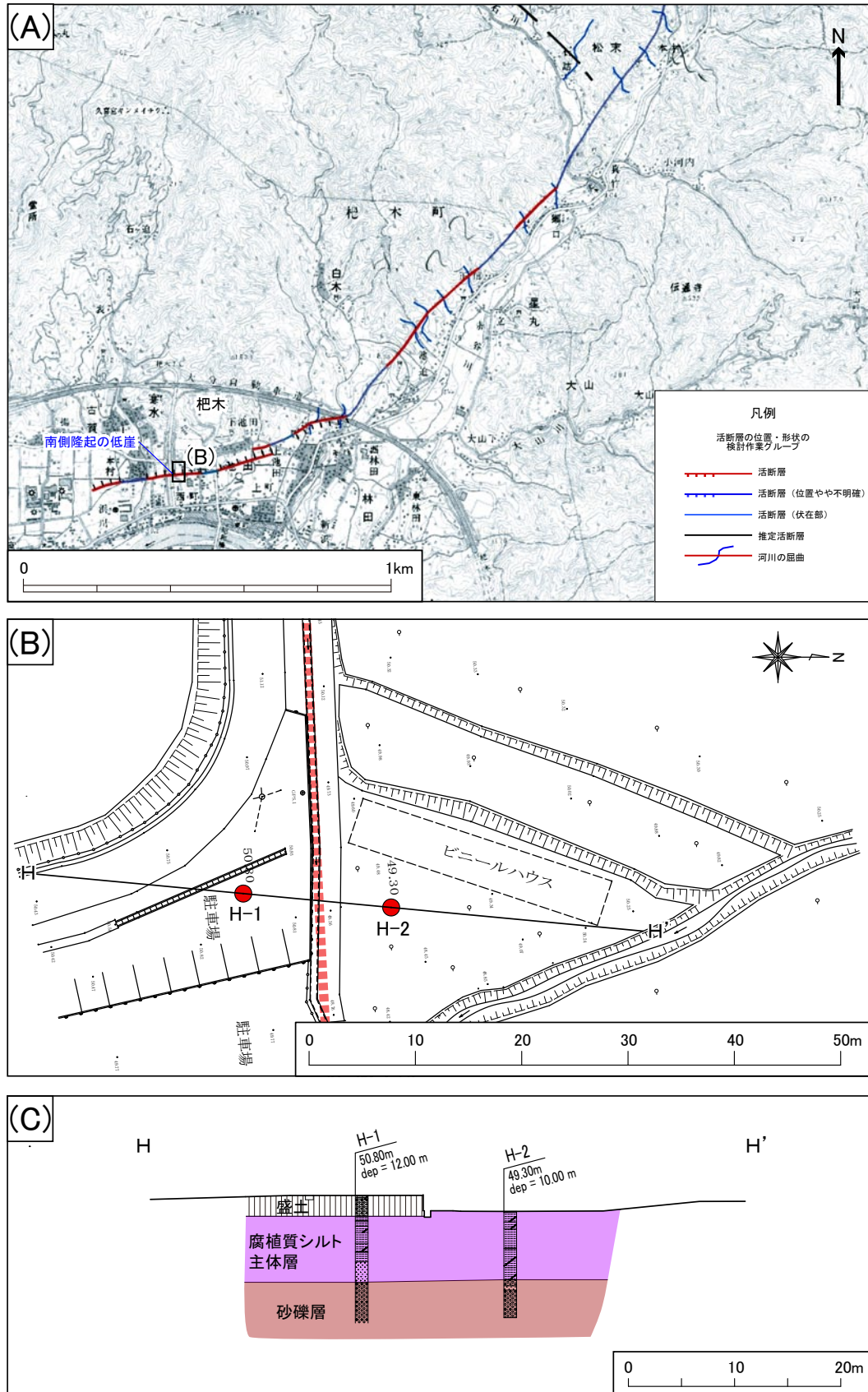
Fig. 10(A). Photograph and geology of borehole cores from the Koishiwara site.

(B) K-2 0.0m ~ 10.0m



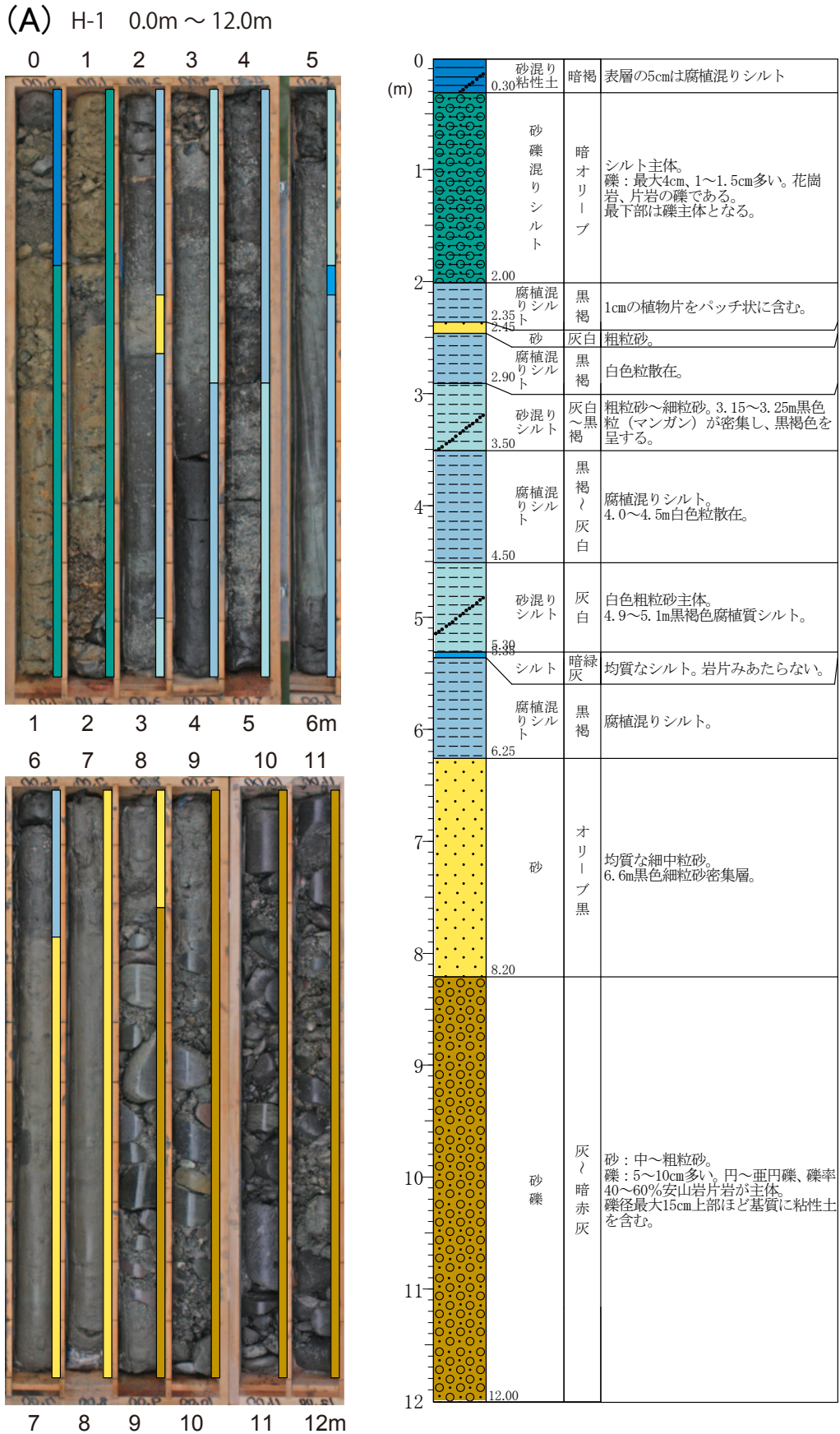
第10図(B). 小石原地点のボーリングコア写真と柱状図.

Fig. 10(B). Photograph and geology of borehole cores from the Koishiwara site.



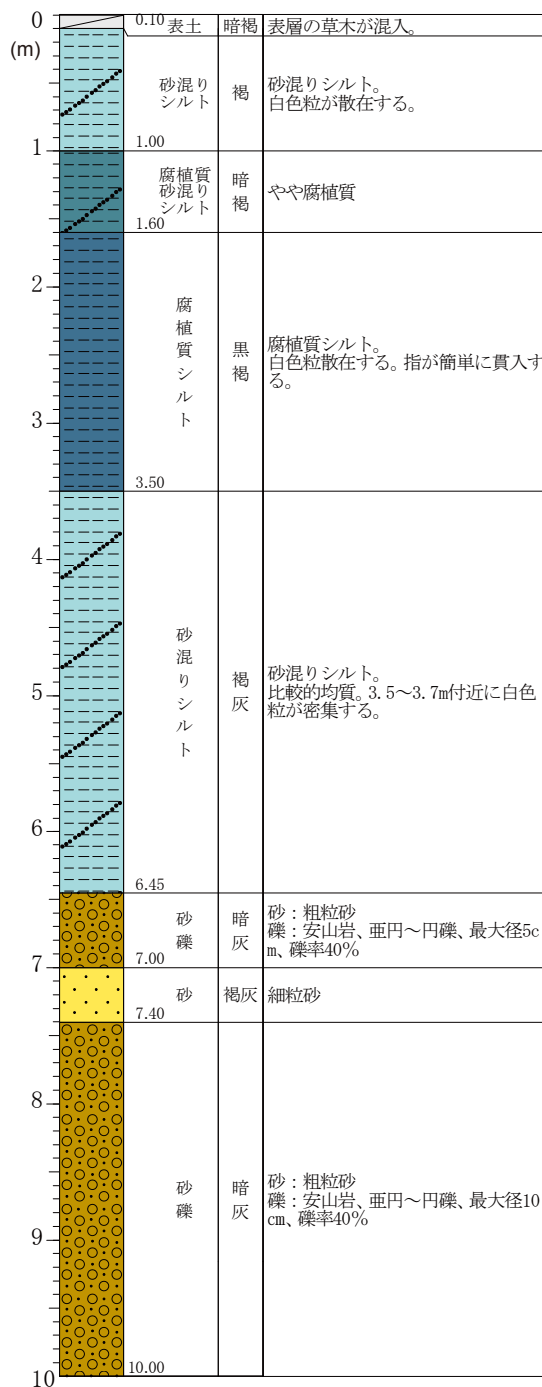
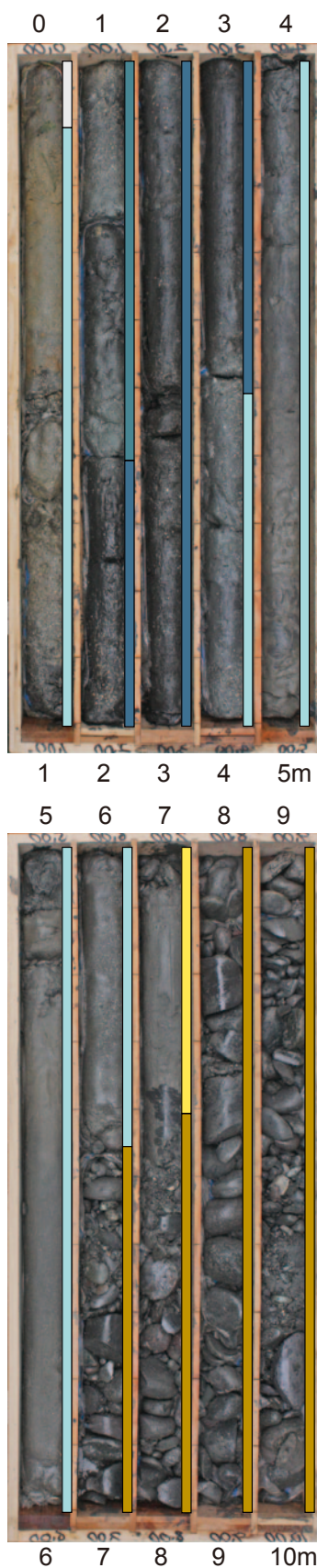
第 11 図. 杷木地点位置図 (A), 平面図 (B) および地質断面図 (C). (A) の基図には, 国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図「吉井」を用いた.

Fig. 11. Location of the Haki site. (A) Topographic map showing fault traces. (B) Enlarged view of the area indicated by the rectangle in (A) showing drilling survey points. (C) Geological cross-section along H-H'.



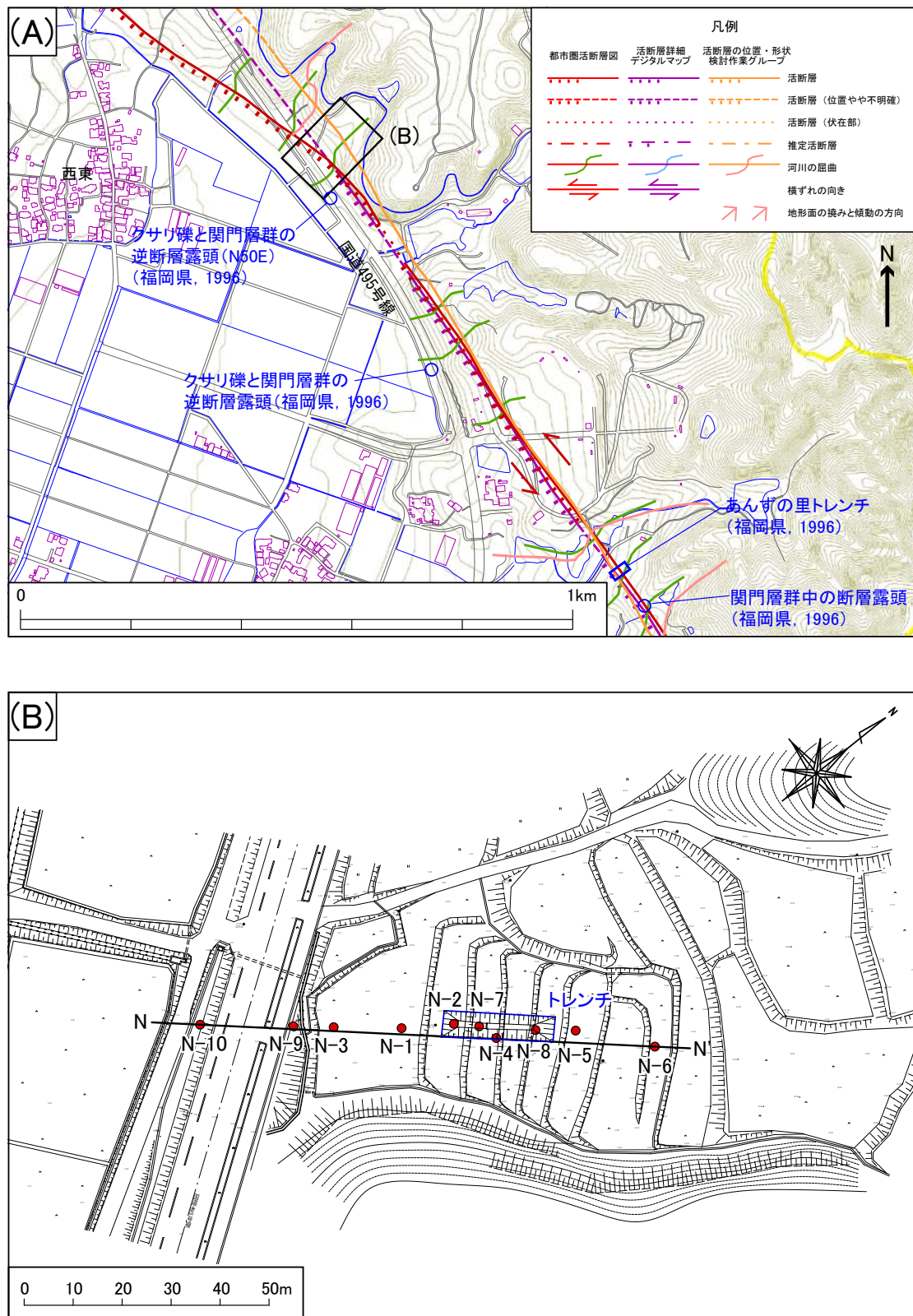
第12図(A). 杷木地点のボーリングコア写真と柱状図。
Fig. 12(A). Photograph and geology of borehole cores from the Haki site.

(B) H-2 0.0m ~ 10.0m



第12図(B). 杷木地点のボーリングコア写真と柱状図.

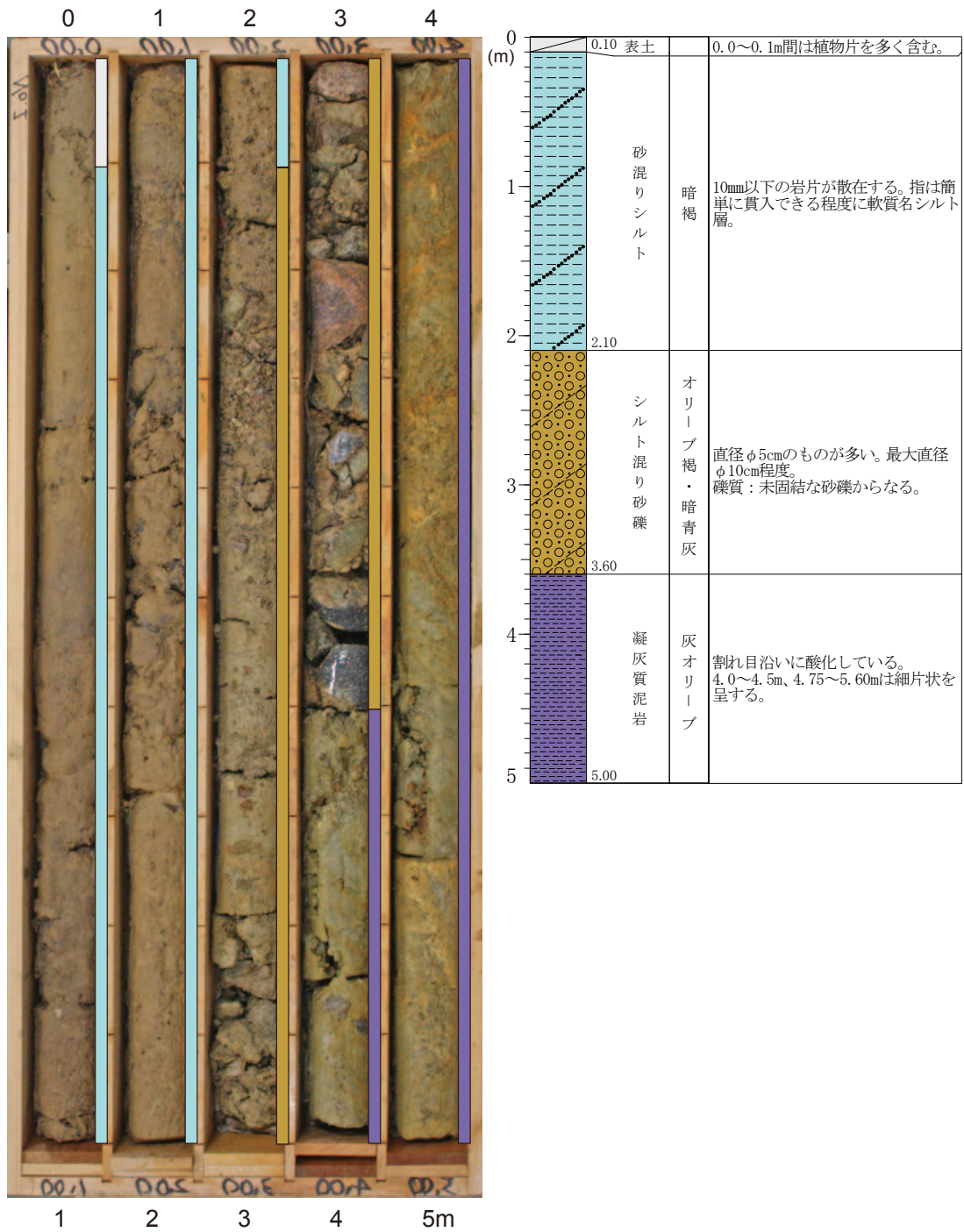
Fig. 12(B). Photograph and geology of borehole cores from the Haki site.



第 13 図. 西東地区位置図 (A) および (B) 平面図. ボーリングおよびトレンチ掘削位置を示す.
(A) の基図には, 国土地理院の基盤地図情報 (縮尺レベル 25000) を用いた.

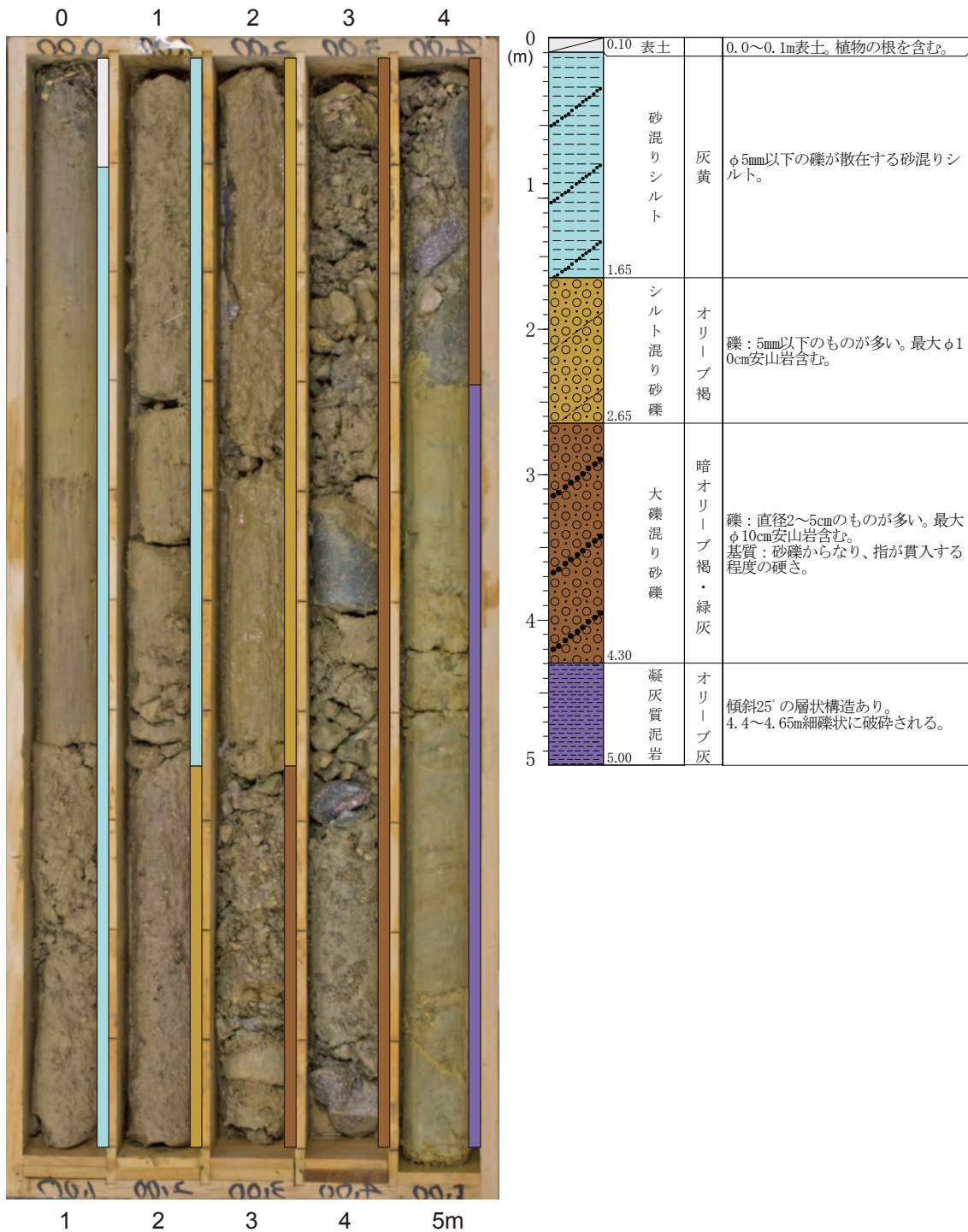
Fig. 13. Location of the Nishihigashi site. (A) Topographic map showing fault traces. (B) Enlarged view of the area indicated by the rectangle in (A) showing drilling survey points.

(A) N-1 0.0m ~ 5.0m



第14図(A). 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.
Fig. 14(A). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

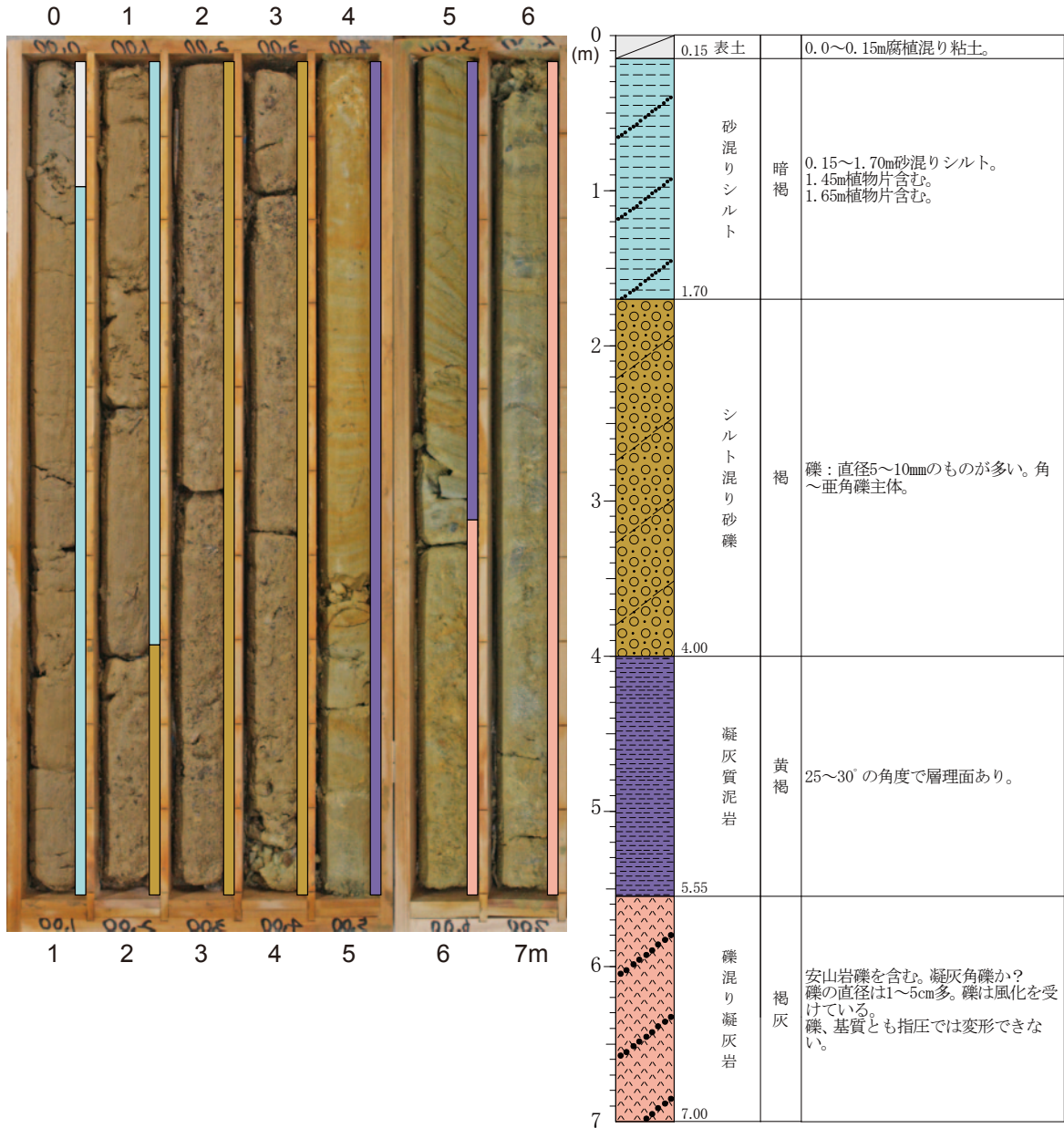
(B) N-2 0.0m ~ 5.0m



第 14 図(B)．西東地区のボーリングコア写真と柱状図．

Fig. 14(B). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

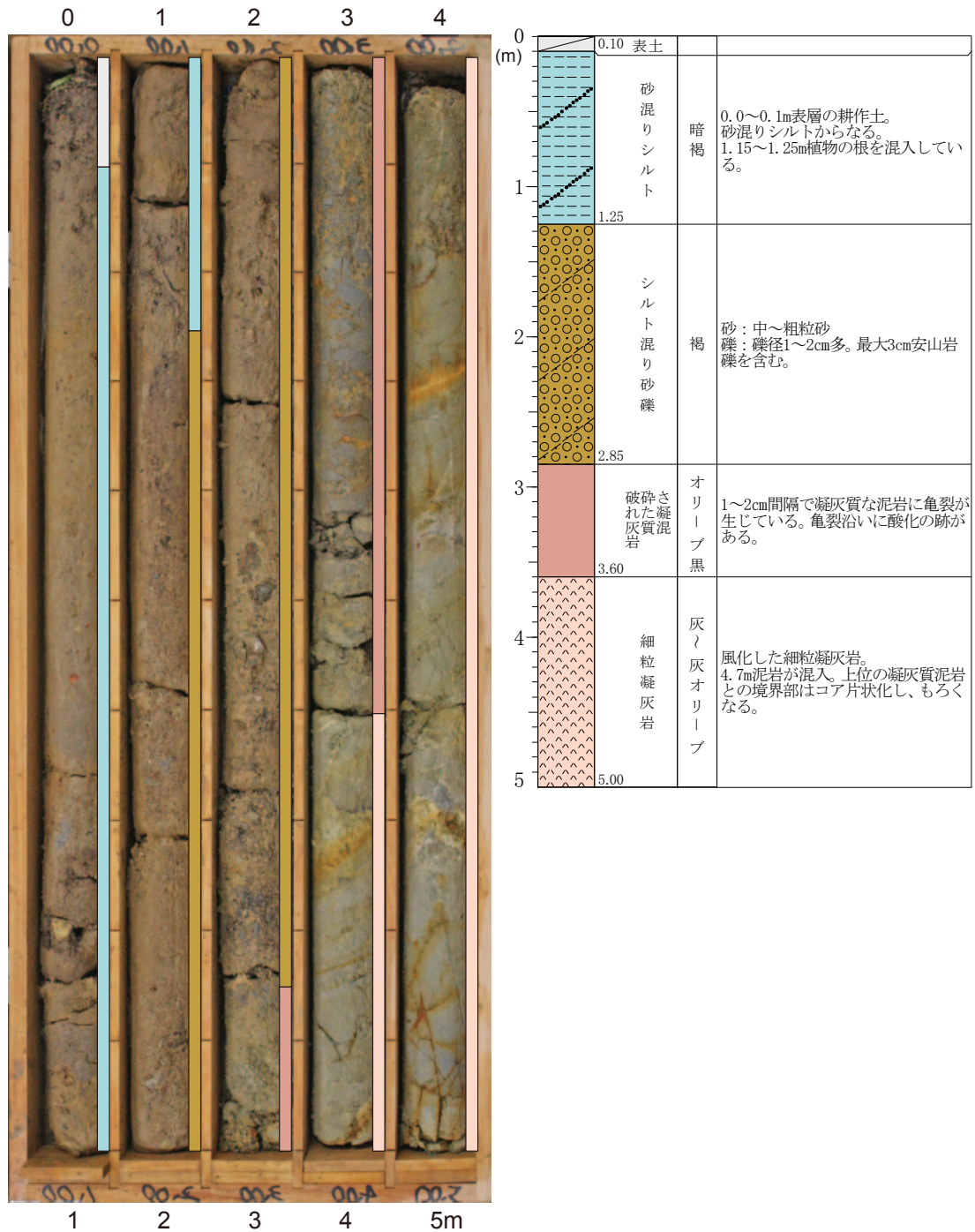
(C) N-3 0.0m ~ 7.0m



第 14 図 (C) . 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.

Fig. 14(C). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

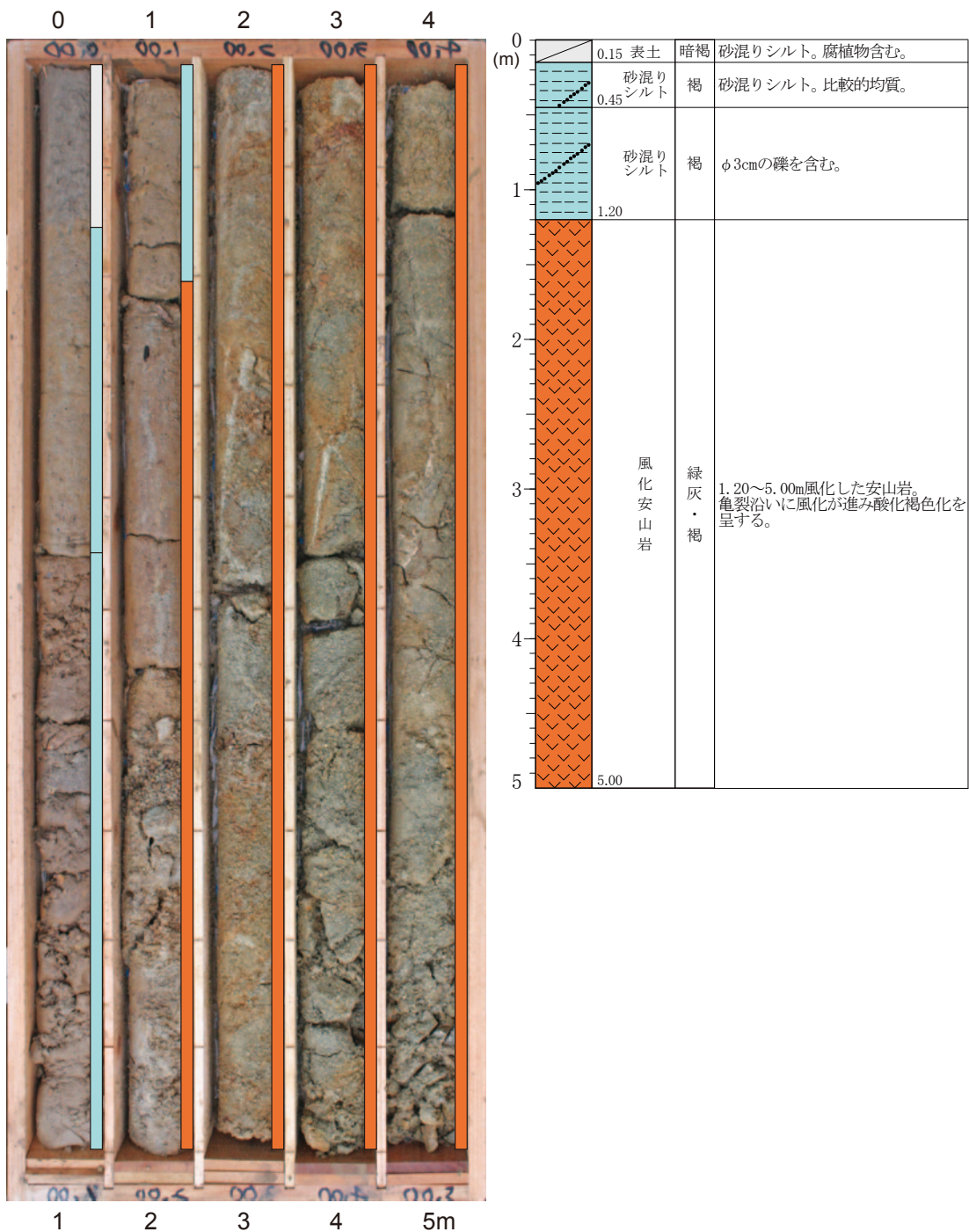
(D) N-4 0.0m ~ 5.0m



第 14 図 (D)．西東地区のボーリングコア写真と柱状図．

Fig. 14(D). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

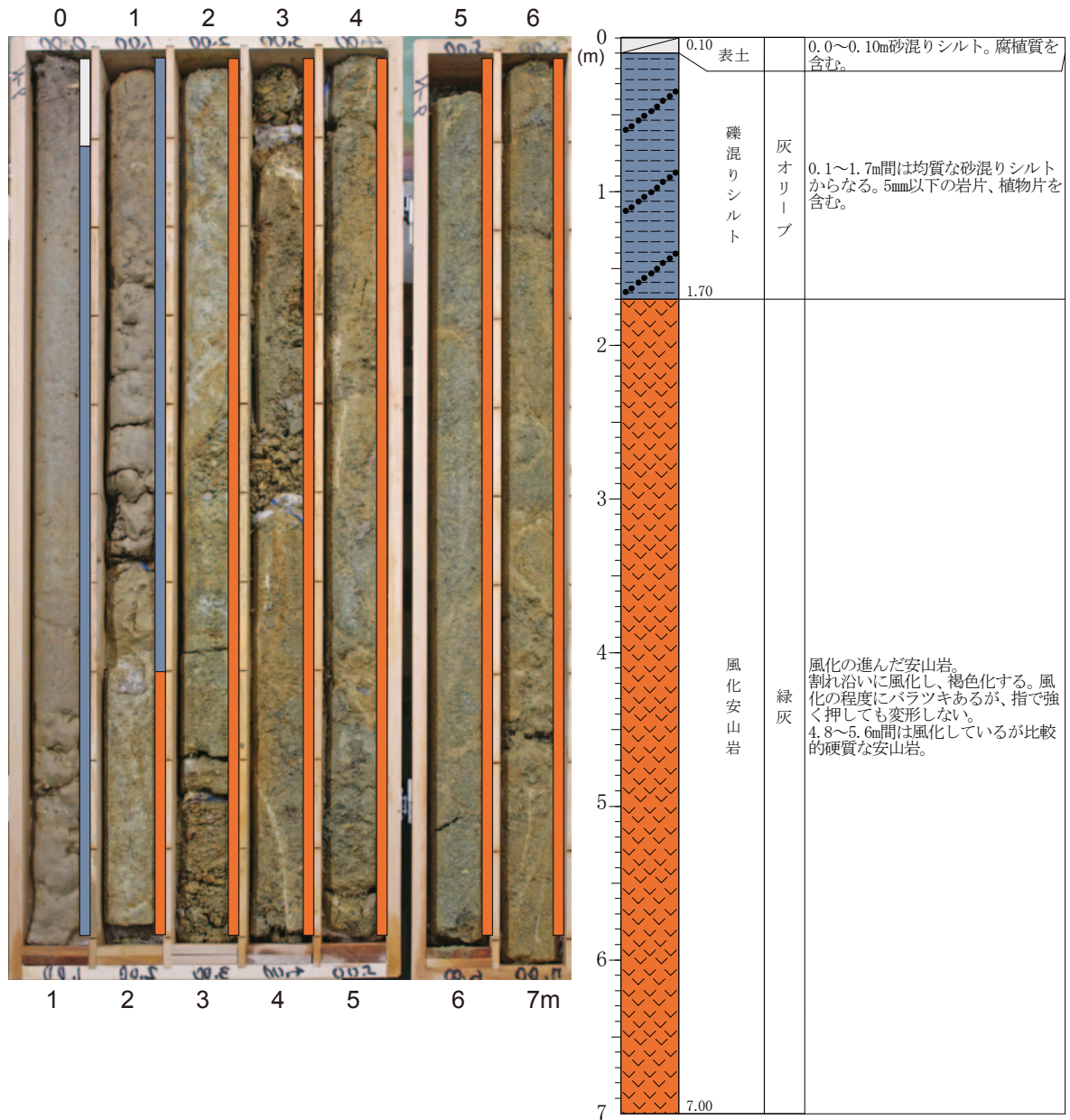
(E) N-5 0.0m ~ 5.0m



第 14 図 (E). 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.

Fig. 14(E). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

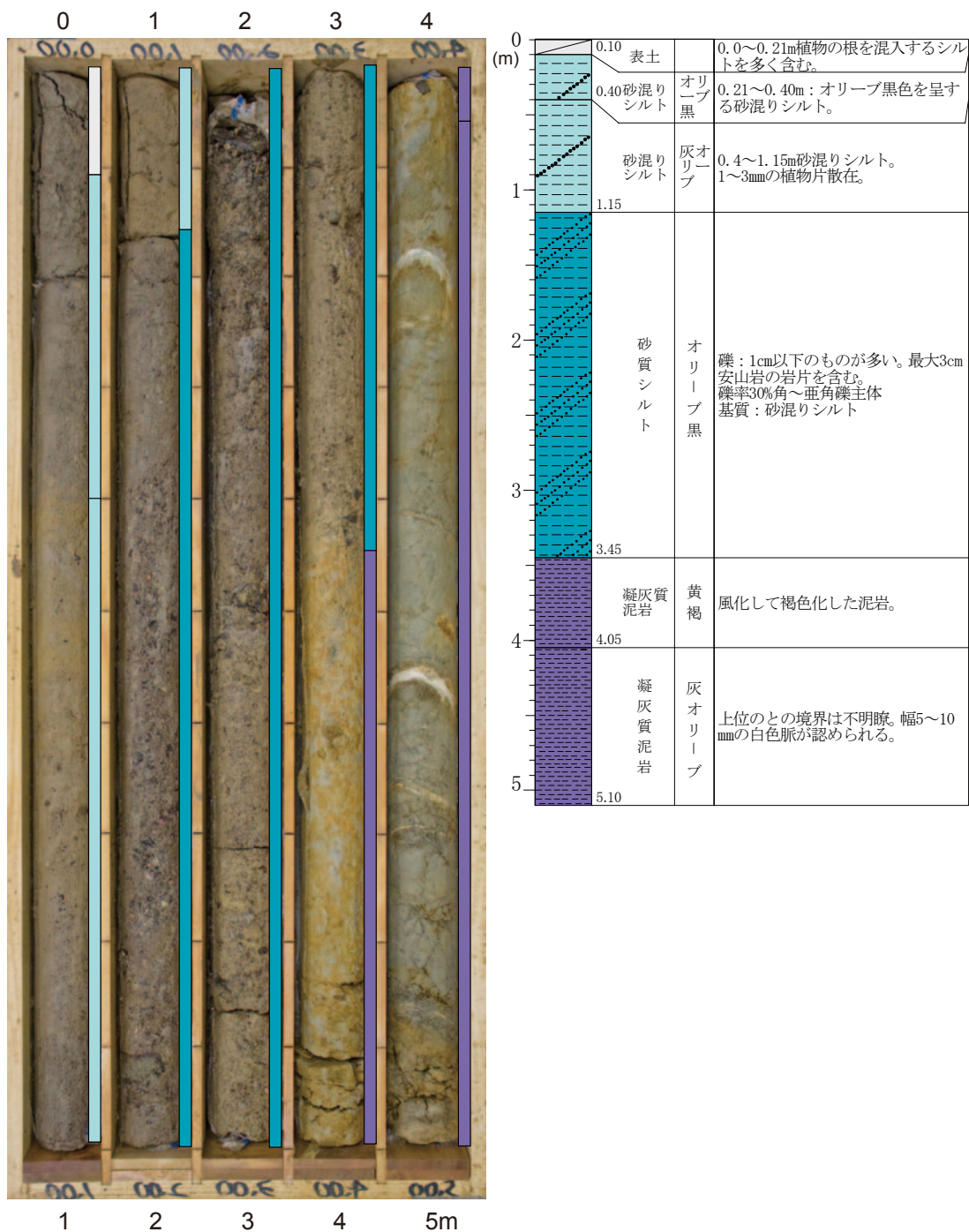
(F) N-6 0.0m ~ 7.0m



第 14 図 (F). 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.

Fig. 14 (F). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

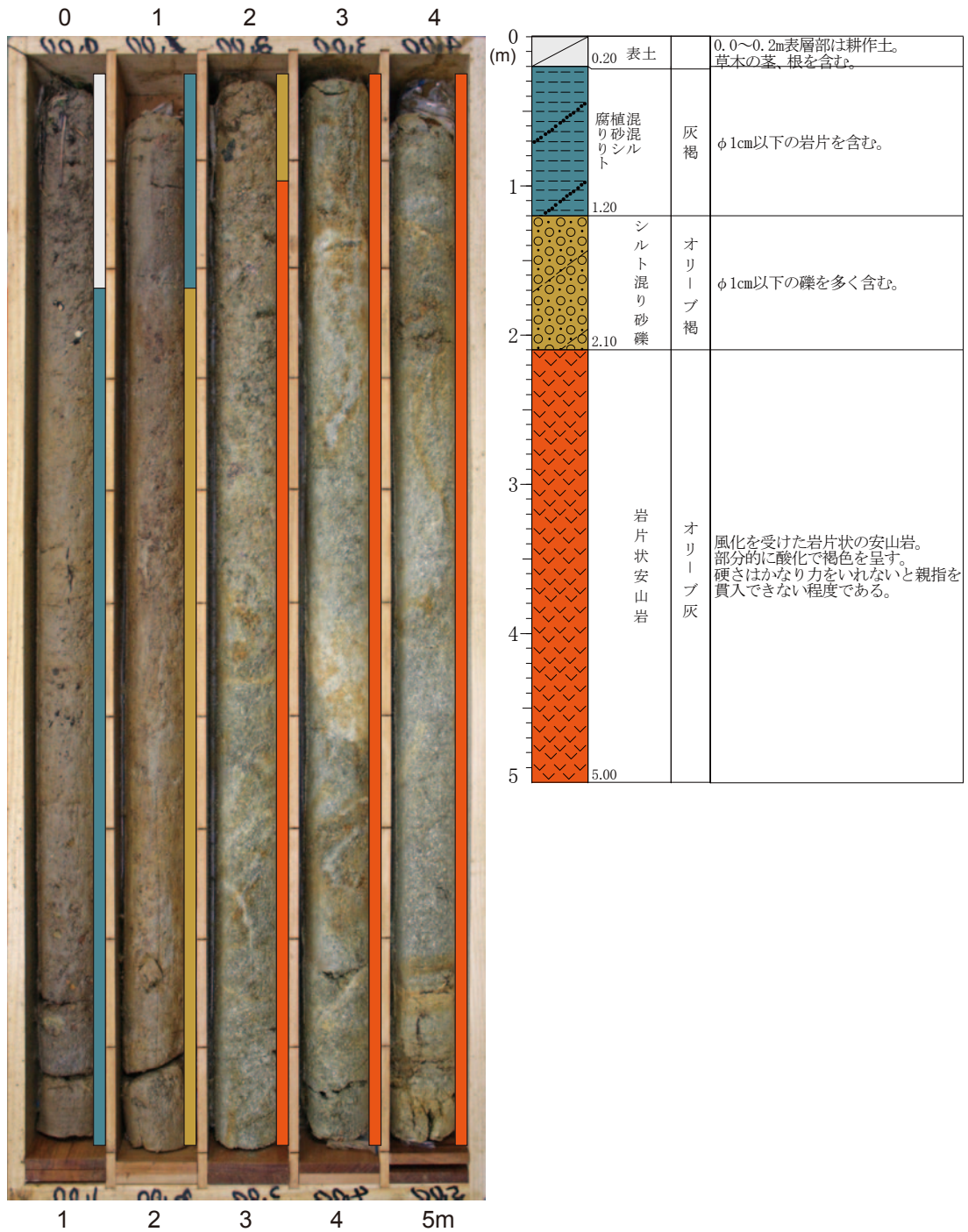
(G) N-7 0.0m ~ 5.1m



第 14 図 (G)．西東地区のボーリングコア写真と柱状図。

Fig. 14(G). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

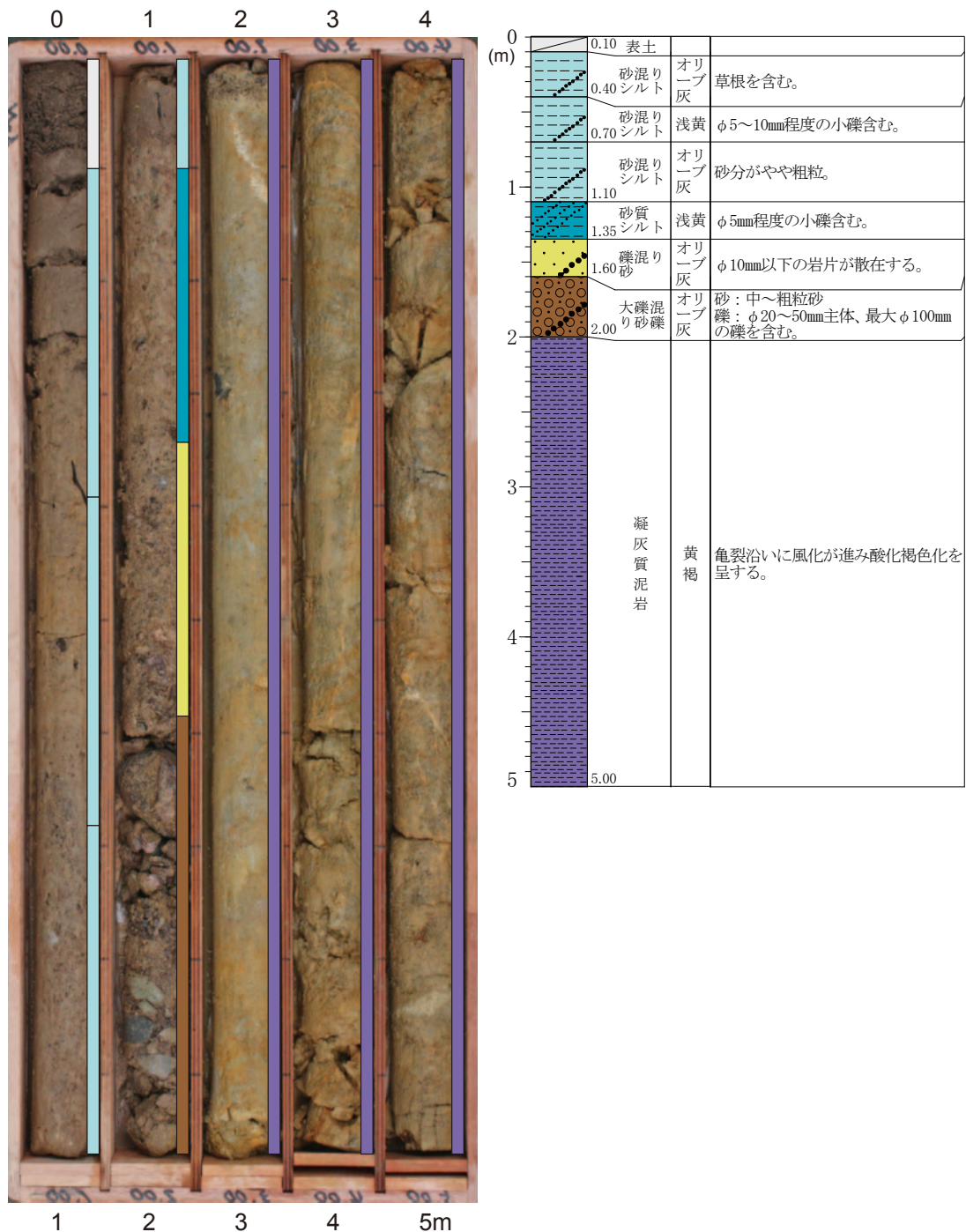
(H) N-8 0.0m ~ 5.0m



第 14 図 (H). 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.

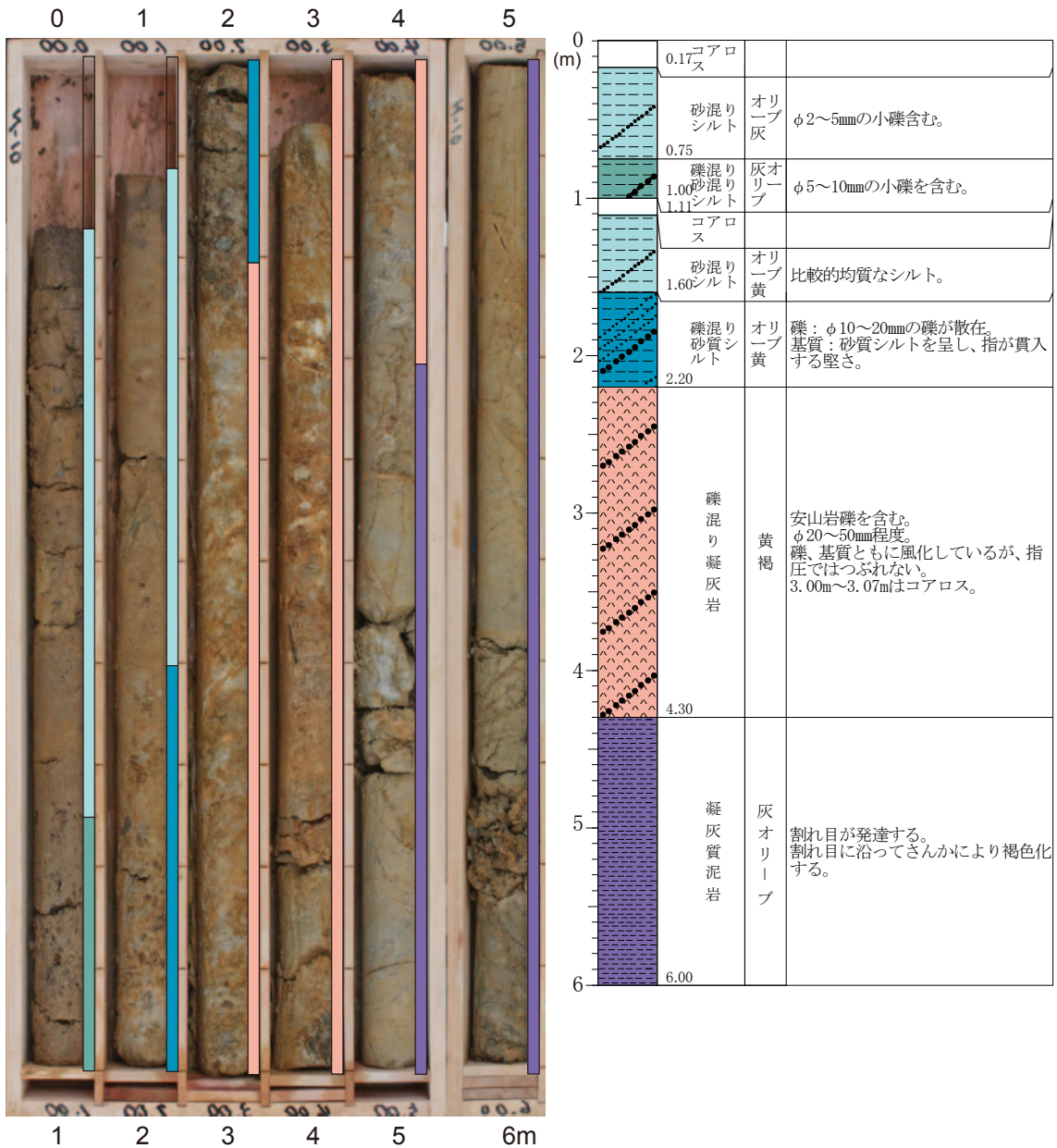
Fig. 14 (H). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

(I) N-9 0.0m ~ 5.0m



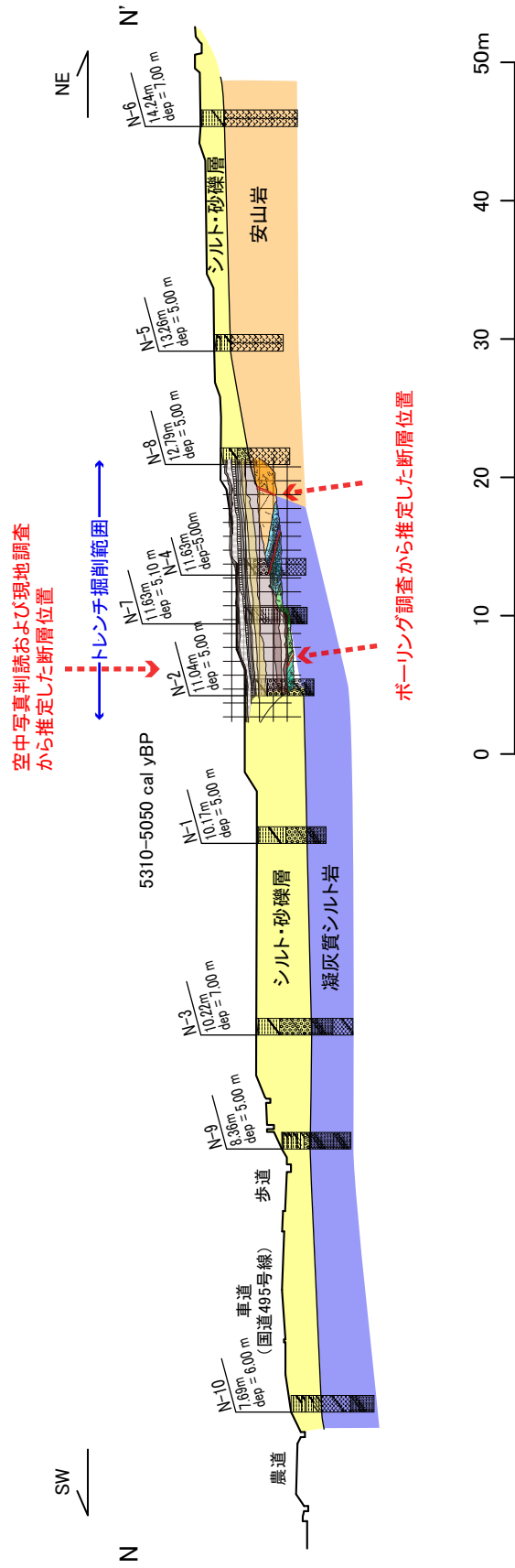
第 14 図(I). 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.
Fig. 14(I). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.

(J) N-10 0.0m ~ 6.0m

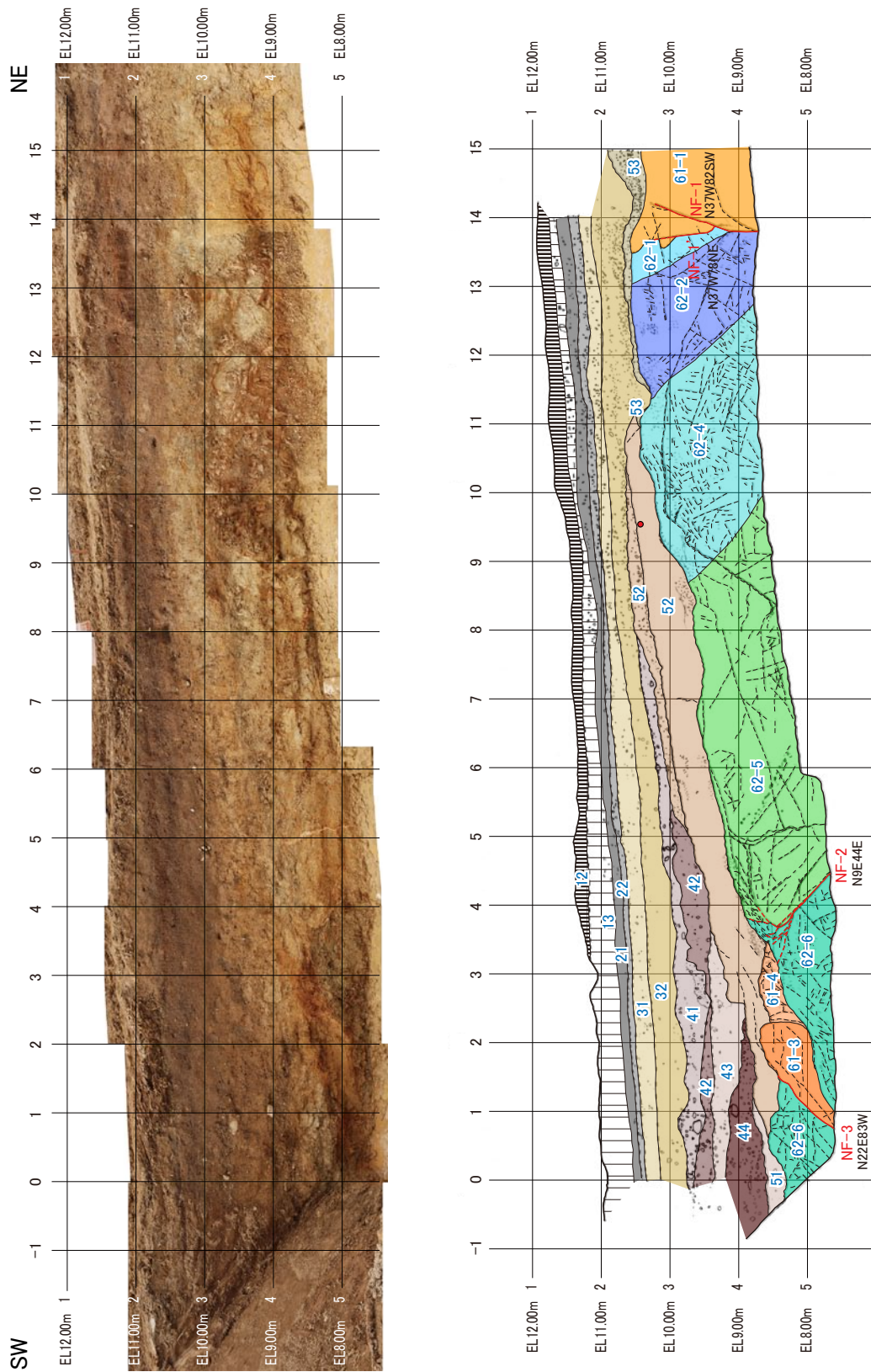


第 14 図(J). 西東地区のボーリングコア写真と柱状図.

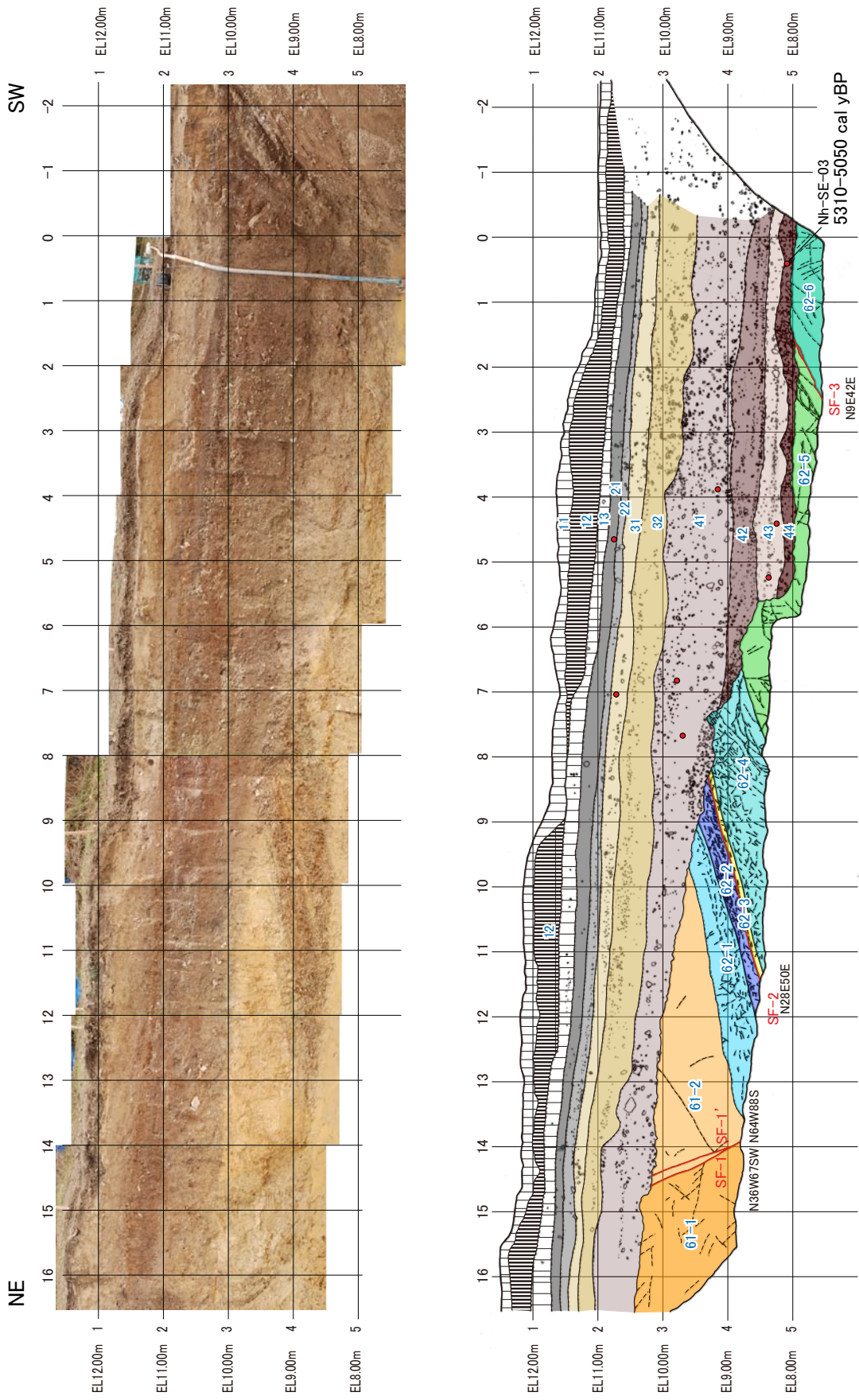
Fig. 14(J). Photograph and geology of borehole cores from the Nishihigashi site.



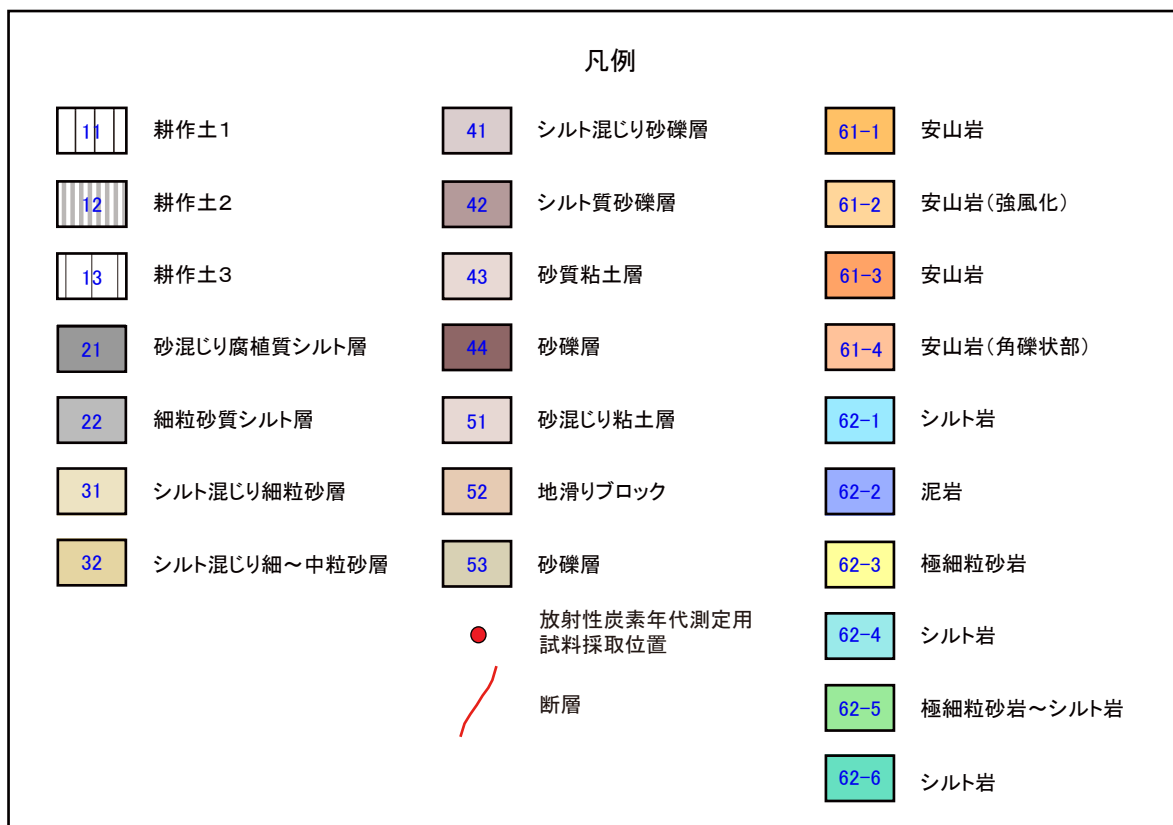
第15図. 西東地区の地質断面図.
Fig. 15. Geological cross-sections along N-N' in the Nishihigashi site.



第16図. 西東トレンチ北西壁面の写真とスケッチ。
 Fig. 16. Photograph and log of northwest trench wall. Sampling locations are also shown.



第 17 図、西東トレンチ南東壁面の写真とスケッチ。
 Fig. 17. Photograph and log of southeast trench wall. Sampling locations and calibrated radiocarbon ages (cal yBP: $\pm 2 \sigma$) are also shown.



第 18 図. 西東トレンチ壁面のスケッチの凡例. 地層番号の十の位が本文中の地層番号に対応する.
一の位以下は層相の差違をさらに細分して表した.

Fig. 18. Legend of the Nishihigashi trench walls.