

地域評価のための活断層調査（九州地域）

平成 27 年度成果報告書

4. 緑川断層帯

平成 28 年 5 月

国立研究開発法人
産業技術総合研究所

本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、国立研究開発法人産業技術総合研究所が実施した平成27年度「地域評価のための活断層調査（九州地域）」の成果をとりまとめたものです。

目 次

| | |
|-----------------------|----|
| 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究 | 1 |
| 2. 調査内容 | 2 |
| 3. 調査結果 | 2 |
| 3. 1 断層帯の位置と分布 | 2 |
| 3. 2 仮屋地点トレンチ調査 | 3 |
| (1) 調査地点の概要 | 3 |
| (2) トレンチ壁面の地質記載 | 3 |
| (3) 断層の記載 | 5 |
| (4) 断層活動時期 | 6 |
| (5) ボーリングコアとの対比と上下変位量 | 7 |
| 4. まとめ | 7 |
| 4. 1 断層帯の位置・形態 | 7 |
| (1) 断層帯の位置・形状 | 7 |
| (2) 変位の向き | 8 |
| 4. 2 断層帯の過去の活動 | 8 |
| (1) 活動時期 | 8 |
| (2) 1 回の変位量 | 8 |
| (3) 活動間隔 | 8 |
| (4) 平均変位速度 | 8 |
| (5) 活動区間 | 9 |
| 文 献 | 10 |
| 図 表 | 11 |

1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

緑川断層帯は、熊本県上益城郡山都町滝上付近から下益城郡美里町弘川付近に至る断層帯である（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013；図1）。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2013）によれば，同断層帯は全体として長さ約34kmの断層帯であり，東北東－西南西方向に延びる右横ずれを伴う南側隆起の正断層の可能性があるとされている。

緑川断層帯は九州山地北縁の地質境界として伊木（1901）により命名され，斎藤ほか（2005，2010）により九州の地体構造上の構造線の1つである臼杵－八代構造線に沿って分布するとされている。地形的には，本断層帯は南側の九州山地の北側斜面と，北側に分布する阿蘇火山噴出物に覆われた台地との境界をなしている。緑川断層帯は，その東側から鎌野断層，下須断層，木原谷断層，緑川断層に区分される（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013；図1）。千田（1980），活断層研究会編（1991）は鎌野断層において約8万5千～9万年前に堆積した阿蘇-4火砕流堆積物（小野・曾屋，1968）の堆積面に変位を与える低崖断層を見出し，確実度ⅠあるいはⅡで，活動度B級あるいはC級の活断層であるとしている。下須断層，木原谷断層，緑川断層は全体として明瞭な変動地形は認められないが，連続性の良い直線的な崖により山地高度が急変することなどを根拠に，阿蘇-4火砕流堆積物からなる丘陵と九州山地との境界の一部について活動度B級あるいは不明の活断層と推定されている（千田，1980；九州活構造研究会編，1989；活断層研究会編，1991；中田・今泉編，2002）。

変動地形から求めた平均変位速度は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2013）によってまとめられている。鎌野断層のうち北側の鎌野Ⅰ断層と南側の鎌野Ⅱ断層により，阿蘇-4火砕流堆積物の堆積面がそれぞれ約3m（北側隆起），約8m（南側隆起）上下変位を受けている（千田，1980；活断層研究会編，1991）。阿蘇-4火砕流堆積物の噴出年代から，鎌野Ⅱ断層の上下方向の平均変位速度は0.09m/千年，鎌野Ⅰ断層は0.04m/千年と算出される（活断層研究会編，1991）。鎌野Ⅰ断層と鎌野Ⅱ断層の変位の向きが逆であることを考慮し，緑川断層帯の上下方向（南側が相対的に隆起）の平均変位速度は，両者の値を差し引いた約0.05m/千年から鎌野Ⅱ断層の平均変位速度である約0.1m/千年の間となり，0.05～0.1m/千年程度であると見積もられている。緑川断層帯を構成する複数の断層全体が1つの区間として活動すると推定されていることから，発生する地震の規模はM7.4程度である可能性が指摘されている（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013）。しかし，断層の活動履歴や平均活動間隔が不明なため，最新活動後の経過率や将来の地震の発生確率は算出されていない。

今回の調査では，断層の存在は指摘されているものの，まだほとんど調査が進んでいない緑川断層帯について，将来の活動予測をする上で不可欠である断層の分布や形状，活動歴等に関するデータを収集することを目的とした調査を実施した。

2. 調査内容

緑川断層帯の分布・位置形状を明らかにすることを目的として、緑川ダム以東について大縮尺空中写真判読に基づき詳細断層トレース図を作成し、それに基づく地表踏査を実施した。また、断層の活動履歴を明らかにするために、変動地形が明瞭な鎌野Ⅱ断層においてボーリング調査とトレンチ調査を実施した。本調査の結果を含めた緑川断層帯のまとめを表1に示す。

3. 調査結果

3. 1 断層帯の位置と分布

本調査で、緑川ダム以東を対象として実施した縮尺 1/20,000 のモノクロ空中写真や縮尺 1/10,000 のカラー空中写真の判読により認定した断層トレースと調査地点の位置を図 2a・b に示す。踏査範囲は山都町滝上付近から山都町目丸付近の約 10km の区間で、断層トレースに直交する方向に断層トレースの両側約 100m の範囲とした。踏査およびデータのとりまとめには、熊本県発行の縮尺 1/5,000 の森林基本図（承認番号：森整第 877 号・平成 27 年 11 月 25 日）を用いた。踏査の際には、先第四系、段丘堆積物、風化火山灰（いわゆる“ローム”）、黒ボク、崖錐堆積物などの分布を調査し、これらの岩石・堆積物が変位しているかどうかを地形・地質の両面から検討した。

明瞭な断層変位地形が連続的に確認できるのは、鎌野断層の分布区間である山都町白石付近から山都町鎌野に至る約 4.5km の区間である（図 2a）。ここでは、千田（1980）や活断層研究会編（1991）が記述しているように、阿蘇-4 火砕流堆積物がつくる台地を横切って東北東-西南西方向に連続的な直線状の低崖が南北に 2 列配列しており、比高約 2~8m、幅 40~70m の地溝状の凹地が認められる。この地形面を下刻する河川は地形の勾配に沿って北流しており、前述した崖が侵食崖である可能性は低く、変動崖であると考えられる。この区間には阿蘇-4 火砕流堆積物が分布しているが、開析が進み、火砕流の堆積原面は保存されていない。さらに、風化火山灰層や黒ボク層が阿蘇-4 火砕流堆積物を被覆しているため、地形による変位量の判定は困難である。また、緑川の支流に沿って阿蘇-4 火砕流堆積物が下刻され、中位・低位の河成段丘面が発達しているが、明瞭な変動地形は認められず、活断層露頭も見い出せなかった。

鎌野断層以西の下須断層、木原谷断層、緑川断層では、ところどころに阿蘇-4 火砕流堆積物の台地上に直線状の低崖が認められるところもあるが、断層変位地形は総じて不明瞭である。断層トレースは南側の九州山地から続く山麓斜面が連続性の良い直線的な崖となって急変する箇所を通過しているが、明瞭な変位地形は認められない。断層トレースは臼杵-八代構造線とほぼ一致している。破碎帯を伴うような断層は先第四系の秩父帯の泥質岩中では確認されるが、第四系中には認められなかった。

3. 2 仮屋地点トレンチ調査

(1) 調査地点の概要

トレンチ掘削地点は、断層帯東部の熊本県上益城郡山都町仮屋に位置する(図3)。トレンチ地点を含む周辺地域には東北東-西南西方向に延びる2条の低断層崖(北側の鎌野Ⅰ断層、南側の鎌野Ⅱ断層：活断層研究会編(1991))が阿蘇-4火砕流堆積物からなる台地を横切るように配列し、幅約40mの地溝状の凹地を形成している。低断層崖の比高は北側で0.5~1.5m程度、南側で2.0~3.0m程度である。より鉛直変位量の大きい南側の鎌野Ⅱ断層を横切つて、長さ約16m・幅約4m、最大の深さ約4mのトレンチを掘削した(図4)。

また、より長期間の断層活動履歴を知る目的で、トレンチに近接して4孔のボーリング掘削した(図4)。

(2) トレンチ壁面の地質記載

トレンチ壁面および底面には阿蘇-4火砕流堆積物よりも上位の地層が露出し、それらを変位させる断層が確認された(図5~9)。以下に、地層の層相を上位から記載する。

盛土：腐植質砂質シルト

盛土は腐植質砂質シルトからなり、盛土Aと盛土Bに細分される。盛土Aは草根を非常に多く含み、下部には木片や竹片が点在する。層厚はS面側で最も厚い。盛土Bは平地の窪みを埋めるように、E8およびW9以北に分布する。火山灰質シルト(ローム)の土塊を大量に含む。W面では、ビン・缶・ビニール片などの廃棄物が混入している。

1-1層：腐植質シルト質砂

黒色~黒褐色を呈する極細粒~細粒の火山灰(黒ボク)を主体とする。粘土分は含まず、粒子は砂サイズで未固結である。盛土造成時に削り取られ、W面では残存しているものの、E面では断片的にしか露出しておらず、S面には分布しない。

1-2層：腐植質砂質シルト

黒色~明褐色を呈する極細粒~細粒の火山灰(黒ボク)を主体とする。W面ではW8以北、E面ではE10以北に分布する。層厚は30~40cm程度。

1-3層：腐植質粘土質シルト

黒褐色を呈する極細粒~細粒の火山灰を大量に含む腐植質粘土質シルトからなる。少量の粘土分を含む。W面ではW11以北、E面ではE12以北に広く分布する。S面にも広く分布し、S面に続くW面のW1以南、E面のE2以南にもわずかに分布する。E面での層厚はW面に比べて全般にやや薄いものの、概ね20~40cmであり、北側に向かって徐々に厚くなる傾向にある。W面のW7~W10で見られる顕著な割れ目の中では、本層が団子状の土塊となって充填物の一部を構成している。本層の中部~下部には、所々に橙色を呈する団子状のガラス質火山灰の

塊が点在する。下位の 1-4 層との境界は全般に不鮮明で、しばしば漸移的である。

1-4 層：腐植質粘土質シルト

黒色を呈する腐植質粘土質シルトからなる。W 面では W11 以北、E 面では E10 以北に広く分布する。S 面にも広く分布し、S 面に続く W 面の W1 以南、E 面の E2 以南にもわずかながら分布する。E 面の層厚は W 面に比べて全般にやや薄いものの、概ね 20～40cm の層厚を有し、北側に向かって徐々に厚くなる傾向にある。1-3 層同様、W 面の W7～W10 で見られる割れ目の中では、本層が団子状の土塊となって充填物の一部を構成している。下位の 2-1 層との境界は全般に不明瞭で、凹凸が激しい。

2-1 層：風化火山灰

いわゆるロームからなり、粘土分が少量混じるもののシルト主体である。茶褐色～暗オリーブ色を呈する。W 面から S 面を経て E 面まで、トレンチ壁面をとり囲むように広く分布する。断層の下盤側（隆起側）である W 面の W6 以南、E 面の E7 以南では層厚 70～90cm、上盤側（沈降側）である W 面の W6 以北、E 面の E7 以北では層厚 80～110cm である。多量の細粒～極細粒の砂が混入する。肉眼観察では本層中に目立ったテフラ層の濃集は認められず、塊状無構造である。北に向かって本層に含まれる粘土分が増し、W 面で W10 以北、E 面で E10 以北の下部は粘土主体である。本層上部には、ローム特有の縦亀裂が発達する。亀裂中には褐色の粘土質砂が充填されていることが多い。下位の 2-2 層との境界は凹凸が激しいため、層厚の変化が大きい。

2-2 層：風化火山灰

いわゆるロームからなり、砂質シルト～砂質粘土主体である。オリーブ黒色を呈する。W 面から S 面を経て E 面まで、トレンチ壁面を取り囲むように広く分布する。断層の下盤側である W 面の W6 以南、E 面の E7 以南では層厚 50～70cm、上盤側である W 面の W6 以北、E 面の E7 以北では層厚 70～80cm である。多量の細粒～中粒の砂が混入しており、粗粒～極粗粒の砂粒が点在する。2-1 層よりも固結度は高い。肉眼観察では本層中に目立ったテフラ層は認められず、塊状無構造である。下位の 3 層との境界は凹凸が激しく、不明瞭な部分もある。

3 層：降下火砕物

橙色を呈する降下火砕物である。断層で分断されて北側に標高を下げながらトレンチ壁面全体に露出する。層厚は W 面側でやや厚く、20～30cm である。直径 2～6mm の亜角礫状の降下軽石が主体である。淘汰は良い。風化により粘土化している部分も見られる。上部はしばしば暗橙色で砂質シルト状となり、直径 2～4mm の降下軽石が点在する。

4 層：腐植質粘土

腐植質粘土からなる。断層で分断されて北側に標高を下げながらトレンチ壁面全体に露出する。層厚は 20～30cm。粘土主体で、上部は腐植質である。ねじり鎌では容易に削れない程度の固結度である。

5層：風化火山灰

断層で分断されて北側に標高を下げながらトレンチ壁面全体に露出する。層厚は80cm以上。いわゆるロームからなり、シルト質粘土を主体とする。目立った内部堆積構造は認められず、塊状無構造である。他層と比べて固結度は高い。肉眼観察では本層中に目立ったテフラ層の濃集は認められない。

(3) 断層の記載

トレンチ壁面には、幅3-4m程度で高角をなす北落ち断層帯が露出した。断層帯を構成する個々の断層を、北側からF1、F2、F3およびF4断層とする(図5b, 6b, 7b)。なお、以下で記述する各断層の上下変位量は、トレンチ壁面での見かけの変位量である。

F1断層：各壁面ではN41°E・鉛直の走向・傾斜、W面-底面-E面を見通すとN36°Eの走向を持つ、北落ちの断層である。4層から1-4層までを明瞭に変位させており、W面では1-2層に、E面では1-1層に覆われる。上下変位量は北落ちで、4層基底から1-4層基底まで約0.6-0.8mと概ね一様である。

F2断層：各壁面ではN31~46°E・88°N~88°Sの走向傾斜をもつ、北落ちの断層である。E面の下部では不明瞭であるが、断層の上部では、2層中に最大幅10cmの開口亀裂を伴っており、1-2層に覆われる。W面では、F2断層が4層および3層にわずかに変位を与えているのが確認されるとともに、2-1層および2-2層中では開口亀裂となり、1-2層に覆われる。2層以下の地層中では、幅10cm程度以下の開口亀裂を伴い、W面の上部ではF1断層の開口亀裂と一体となる。上下変位量は、W面の2-1層基底で北落ち約0.15mである。

F3断層：各壁面ではN43°E・70°Nの走向・傾斜を持つ、北落ちの断層である。W面では南側での副断層とともに5層、4層および3層に地塁状の変位を与えており、さらに上部では断層面の追跡は困難となるが、2-1層基底がくさび状に落ち込んでいる。F3断層はE面では不明瞭である。見かけの上下変位量は、W面では幅0.5m程度の断層帯を挟んで4層から2-2層基底まで北落ち約0.6mである。さらに2-1層基底も幅1m程度にわたって北傾き下がり、0.5m程度の上下変位を受けている。E面でもF3断層と考えられる2-2層下部まで延びる不明瞭な断層面の周辺および上方で、幅1m程度の北に傾き下がる変形帯が認められ、4層基底から2-1層基底までが明瞭に上下に0.5~0.8m程度の変位を受けている。また、2-2層上面(一部は1-4層基底)も、幅1.5m程度にわたって北に傾き下がる。

F4断層：各壁面ではN33~45°E・62~90°Nの走向・傾斜、W面-底面-E面を見通すとN36°Eの走向を持つ、北落ちの断層である。F4断層は、5層、4層、3層および2-2層の基底にまで明瞭な変位を与えており、より上位の2-2層にも、本断層から上述のF3断層にかけて、北に傾き下がる変形が認められる。E面では、本断層から分岐した最大幅約10cmの開口亀裂が2-2層および2-1層を切っており、1-1層に覆われる。上下変位量は、断層北側の撓

みを含めて、概ね4層基底から2.1層基底まで0.8m程度である。ただし、W面では、2-1層基底の変位量は0.3m程度以下と小さい。

トレンチ底面に露出したF1、2および4断層では、右横ずれに伴うプルアパート構造と考えられる腐植質シルト層の落ち込みが認められる(図9)こ。

いずれの断層も、上方に向かって開口亀裂を伴うようになり、亀裂は、1-4層および1-3層に由来すると推定される腐植質シルトが複雑に混在した堆積物に充填されている(図6b, 7b)。また、トレンチ壁面には、これらの断層と同じ走向・傾斜をもつ多くの小亀裂群が発達しており、とくに断層帯中とその北側2m程度以内では多く認められ(図6bおよび7b)、一部は開口亀裂となって1-4層および1-3層に由来すると推定される腐植質シルトが複雑に混在した堆積物に充填されている。

F1~F4断層帯を挟んで、5層上面から1-3層までの各層はいずれも2m程度の北落ちの変位を受けている。

(4) 断層活動時期

トレンチ壁面におけるF1~F4断層群およびその上部の開口亀裂群は1-3層までを切っており、1-3層堆積後に最新活動があったことは確実である。開口亀裂群は1-4層および1-3層に由来すると推定される腐植質シルトに充填されており、この活動時期とも矛盾しない。さらに、1-4層および1-3層は断層帯で傾斜変形を受けた2-1層の上位にはほとんど分布せず、その断層帯の外側でのみ認められる。これは、最新活動の際に地表付近にあった1-4層および1-3層が、断層活動によって生じた撓曲崖において侵食・削剥を被ったことが示唆される。

断層による上下変位量は、F1~F4の各断層においても、また断層帯全体を挟んだ範囲においても、5層上面から1-3層まで有意な差は認められない。したがって、断層活動は5層堆積後、1-3層堆積終了後までの間には断層活動はなかったことになる。また、最新活動に先立つ断層活動は本トレンチでは特定できていない。

なお、W面ではF4断層を挟んで2-2層の層厚が北側で厚くなっているが、これは右横ずれに伴うみかけの層厚の変化である可能性がある。

これらの断層活動の時期を知るために、トレンチW面から採取した試料の火山灰分析および放射性炭素年代測定を実施した。試料採取位置を図5bおよび図6bに示す。

火山灰分析

火山灰分析結果を表2に示す。火山灰は試料を水洗処理後、乾燥させ、偏光顕微鏡を使用して鉱物およびガラスの特定を行った。分析の結果、始良Tn火山灰(AT, 2万8千~3万年前; 町田・新井, 2011)の濃集層準が2-1層下底面から上位約50cmまでの間に認められる。

放射性炭素年代測定

放射性炭素年代の測定結果を表3に示す。年代値は $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った ^{14}C 年代と暦年較正

(68.2%信頼区間)を示す。δ¹³Cの補正は Stuiver and Polach (1977), 暦年較正は Oxcal 4.2 (Bronk Ramsey, 2001; Bronk Ramsey and Lee, 2013) を使用し, IntCal 13 データセット (Reimer *et al.*, 2013) に基づいて計算した。

この結果, 4層から 23370±90yBP (27680-27490 cal yBP), 1-4層から 9010±40yBP (10230-10180 cal yBP), 9280±30yBP (10520-10410 cal yBP), 8670±30yBP (9660-9550 cal yBP), 1-3層から 6720±30yBP (7610-7560 cal yBP) の年代値が, 1-2層から 1930±30yBP (1930-1820 cal yBP), 1130±30yBP (1070-980 cal yBP) の年代値がそれぞれ得られた。

したがって, 断層の最新活動時期は 1-3層堆積後, 1-2層堆積前の 6720±30yBP 以降, 1930±30yBP 以前 (7610 cal yBP 以降, 1820 cal yBP 以前) であったと推定できる。

なお, 開口亀裂を充填する堆積物からは 7710±30yBP (8540-8450 cal yBP), 8200±30yBP (9250-9080 cal yBP), 8250±30yBP (9290-9130 cal yBP) の年代値が得られたが, これらは 1-4層および 1-3層の年代範囲内にあり, 層相から推定したことに矛盾しない。

また, 最新活動に先立つ断層活動は, 少なくとも始良 Tn 火山灰の堆積前であり, 4層から得られた年代値によれば 23370±90yBP (27680-27490 cal yBP) 以前と推定される。

(5) ボーリングコア調査による長期的な断層活動履歴の検討

本調査で実施した3孔のボーリングコアの断面図を, トレンチのW面のスケッチとともに図10に示す。また, ボーリングコア写真柱状図をそれぞれ図11と図12に示す。トレンチ壁面とボーリングコアで認められた各層の上下変位量について, 断層を挟んで連続的に分布する4層と3層の境界に着目すると, 断層帯をはさんだ変位量は北落ち2.0~2.2mと見積もられる。また, F1~F4断層を挟んだ両側の阿蘇-4火砕流堆積物(8万5千~9万年前; 町田・新井, 2011)の上面には, 約4mの高度差が読み取れる。阿蘇-4火砕流堆積物上面が顕著な侵食を受けておらず, また上下変位量が断層活動毎にほぼ一定と仮定すると, 最新活動に先行する断層活動の時期は, 約9万年前以後, 27680 cal yBP 以前と推定される。

4. まとめ

4. 1 断層帯の位置及び形態

(1) 断層帯の位置・形状

緑川断層帯の特性に関する従来の評価と, 今回の調査結果を含めた評価を, 表1に示す。

緑川断層帯は鎌野断層, 下須断層, 木原谷断層および緑川断層から構成される。断層帯の位置については従来の評価と差はなく, 断層帯東部, 中部の断層トレースの詳細な位置をそれぞれ図2a, 2bに示した。断層の上端の深さや一般走向も従来の評価と同様である。断層面の走向・傾斜について, 鎌野II断層において, 地表付近では一般走向N36°E, 62~90°北傾斜であることが確認された。

(2) 変位の向き

断層帯は全体としては南側隆起の上下変位を有すると考えられる。また、トレンチ壁面の観察と底面における断層の雁行配列およびプリアパートと推定される構造から、右横ずれ変位を伴うと推定される。

4. 2 断層帯の過去の活動

(1) 活動時期

仮屋地点におけるトレンチ調査の結果、最新活動は約 6720yBP 以後（暦年較正值では 7610 cal yBP 以後）、約 1930yBP 前以前（暦年較正值では 1820 cal yBP 以前）にあったと推定される。仮屋地点におけるトレンチおよびボーリング調査から、最新活動に先行する活動の時期は、阿蘇-4 火砕流堆積物堆積後、始良 Tn 火山灰（2 万 8 千～3 万年前）堆積前であった可能性があり、4 層の放射性炭素年代によれば 23370 ± 90 yBP（暦年較正值では 27680-27490 cal yBP）以前と推定される。

したがって、最新活動時期は約 7600 年前以後、約 1800 年前以前であり、それに先行する活動は約 9 万年前以後、約 27000 年前以前と推定される。

(2) 1 回の変位量

トレンチおよびボーリング調査から、鎌野 II 断層の 1 回の上下変位量は 2.0～2.2m 程度と推定される。

したがって、1 回の上下変位量は 2m 程度と推定される。

右ずれ変位量は不明である。

(3) 活動間隔

今回の調査で推定された最新活動時期（7610 cal yBP 以後、1820 cal yBP 以前）とそれに先行する活動時期（阿蘇-4 火砕流堆積物堆積後、始良 Tn 火山灰堆積前、あるいは 27680-27490 cal yBP 以前）から、活動間隔は 19880 年程度以上と推定される。

したがって、活動間隔は 2 万年程度以上と推定される。

(4) 平均変位速度

鎌野 II 断層では、1 回の上下変位量は 2.0～2.2m 程度であり、その活動間隔は 2 万年程度以上であることから、同断層での平均変位速度の上下成分は 0.1m/千年程度以下と計算される。しかし、断層帯全体の変位速度や横ずれ成分については、従来の評価値を変更するデータは得られなかった。

(5) 活動区間

従来の評価値を変更するデータは得られなかった。

(調査担当：東郷徹宏・吉岡敏和)

文 献

- Bronk Ramsey, C. (2001) Development of the radiocarbon calibration program OxCal. *Radiocarbon*, **43**, 355-363.
- Bronk Ramsey, C. and Lee, S. (2013) Recent and planned development of the program OxCal. *Radiocarbon*, **55**, 720-730.
- 千田昇 (1980) 九州中部地域における新期地殻変動. 西村嘉助先生退官記念地理学論文集, 89-93.
- 伊木常誠 (1901) 九州中部の地質構造. *地質学雑誌*, **8**, 80-93.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) 「緑川断層帯の長期評価」. 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 12p.
- 活断層研究会編 (1991) 「日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会, 437p.
- 九州活構造研究会編 (1989) 「九州の活構造」. 東京大学出版会, 553p.
- 町田 洋・新井房夫 (2011) : 「新編火山灰アトラス」 (第2刷) . 東京大学出版会, 337p.
- 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, 60 p, 付図 1 葉, DVD2 枚. 小野晃司・曾屋龍典 (1968) 阿蘇カルデラの火砕流の層序 (演旨) . *地質雑*, **74**, 101-101.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. R., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curve 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
- 斎藤 眞・宮崎一博・利光誠一・星住英夫 (2005) 砥用地域の地質. 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, 218 p.
- 斎藤 眞・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・浜崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章 (2010) 20 万分の 1 地質図幅「八代及び野母崎の一部」. 地質図幅, 1:200,000, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Stuiver, M. and Polach, H. A. (1977) Discussion: Reporting of ^{14}C data. *Radiocarbon*, **19**, 355-363.

図 表

表 1 緑川断層帯のまとめ

表 2 火山灰分析結果

表 3 放射性炭素年代測定結果

図 1 緑川断層帯の分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013 に加筆）

図 2a 緑川断層帯東部の断層変位地形

1/25,000 地形図「大平」「馬見原」「緑川」「倉岡」を使用．赤線は活断層（ケバは低断層崖の低下側，破線は推定活断層）を示す．図の範囲を図 1 に示す．

図 2b 緑川断層帯中部の断層変位地形

1/25,000 地形図「大平」「馬見原」「緑川」「倉岡」を使用．赤線は活断層（ケバは低断層崖の低下側，破線は推定活断層）を示す．図の範囲を図 1 に示す．

図 3 山都町仮屋における鎌野断層のトレンチ掘削地点の位置

基図は国土地理院発行の縮尺 1/10,000 のカラー空中写真（上）と熊本県発行の縮尺 1/5,000 の森林基本図（下）を使用．赤線は活断層（ケバは低断層崖の低下側）を示す．

図 4 仮屋トレンチ地点周辺の実測平面図

図 5a 仮屋トレンチ写真展開図

グリッドは 1m 間隔．以下の図でも同様．

図 5b 仮屋トレンチスケッチ展開図

W 面の火山灰分析試料採取位置のうち，W6-W7 間が LW1（下部から上部に向かって LW1-1～LW1-17），W2-W3 間が LW-2（下部から上部に向かって LW2-1～LW1-11）（表 2）．W 面のピンク色数字は， $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った ^{14}C 年代値を示す（表 3）．

図 6a 仮屋トレンチ W 面の写真

図 6b 仮屋トレンチ W 面のスケッチ

火山灰分析試料採取位置のうち、W6-W7 間が LW1（下部から上部に向かって LW1-1～LW1-17）、W2-W3 間が LW-2（下部から上部に向かって LW2-1～LW1-11）（表 2）。W 面のピンク色数字は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った ^{14}C 年代値を示す（表 3）。

図 7a 仮屋トレンチ E 面の写真

図 7b 仮屋トレンチ E 面のスケッチ

図 8 仮屋トレンチ S 面の写真（上）とスケッチ（下）

図 9 仮屋トレンチ底面と底面付近の W 面および E 面の写真
グリッドは 1m 間隔。

図 10 仮屋トレンチ E 面での地層の上下変位量
近接するボーリングコア柱状図を重ねて表示。

図 11a S-1 ボーリングコア写真

図 11b S-2 ボーリングコア写真

図 11c N-1 ボーリングコア写真

図 11d N-2 ボーリングコア写真

図 12a S-1 ボーリングコア柱状図

図 12b S-2 ボーリングコア柱状図

図 12c N-1 ボーリングコア柱状図

図 12d N-2 ボーリングコア柱状図

表1 緑川断層帯のまとめ

| 項目 | 従来評価 | | 今回の調査結果を含めた評価 | | 変更点 |
|---------------------|---------------------------|------------------------|--|------------------------|-----------------------|
| 1. 活断層の位置・形態 | | | | | |
| (1)構成する断層 | 緑川断層 | | 緑川断層 | | |
| | 鎌野断層 | | 鎌野断層 | | |
| | 下須断層 | | 下須断層 | | |
| | 木原谷断層 | | 木原谷断層 | | |
| (2)断層帯の位置・形状 | 断層帯の位置 | | 断層帯の位置 | | |
| | (東端) | 北緯32°41.1' 東経131°8.4' | (東端) | 北緯32°41.1' 東経131°8.4' | |
| | (西端) | 北緯32°35.1' 東経130°35.1' | (西端) | 北緯32°35.1' 東経130°35.1' | |
| | 断層の長さ | 約34km | 断層の長さ | 約34km | |
| | 一般走向 | N71°E | 一般走向 | N71°E | |
| (3)ずれの向きと種類 | 南側隆起の正断層 右横ずれ成分を含む | | 南側隆起の正断層 右横ずれ成分を含む | | |
| 2. 断層面の地下形状 | | | | | |
| (1)断層面の傾斜 | 断層面の傾斜 | 北傾斜(70～90°程度) | 断層面の傾斜 | 北傾斜(70～90°程度) | |
| (2)断層面の幅 | 上端の深さ | 約0km | 上端の深さ | 約0km | |
| | 下端の深さ | 13km程度 | 下端の深さ | 13km程度 | |
| | 断層面の幅 | 13～14km程度 | 断層面の幅 | 13～14km程度 | |
| (3)断層面の長さ | 延長部を含めた地下の断層面の長さ 約34km | | 延長部を含めた地下の断層面の長さ 約34km | | |
| 3. 過去の断層活動 | | | | | |
| (1)平均的なずれの速度 | 0.05～0.1m/千年程度(上下方向) | | 0.05～0.1m/千年程度(上下方向) | | |
| (2)過去の活動時期 | 不明 | | 最新活動 約7600年前以後, 約1800年前以前 先行する活動 約90000年前以後, 約27000年前以前 | | 鎌野断層仮屋トレンチ調査で得られた値を採用 |
| (3)1回のずれの量 | 3m程度 | | 2m程度(上下成分) | | 鎌野断層仮屋トレンチ調査で得られた値を採用 |
| (4)平均活動間隔 | 3万4千～6万8千年程度 | | 2万年程度以上 | | 鎌野断層仮屋トレンチ調査で得られた値を採用 |
| (4)過去の活動区間 | 断層帯全体で1区間 | | 断層帯全体で1区間 | | |
| 4. 活動時の地震規模 | | | | | |
| (1)活動時の地震規模 | マグニチュード7.4程度 | | マグニチュード7.4程度 | | |

表2 火山灰分析結果

| 試料番号 | 火山ガラスの形態別含有量(/3000粒子) | | | 重鉱物の含有量(/3000粒子) | | | β石英 | 特記鉱物 | 火山ガラスの屈折率 | テフラ名 |
|---------|-----------------------|-------|-------|------------------|------|-----|-----------|----------------|------------------------------|--------|
| | Bw | Pm | O | Opx | Gho | Cum | (/3000粒子) | | | |
| LW1-17 | 243.0 | 2.0 | 15.0 | 274.0 | 21.0 | 0.0 | 0.1 | | | |
| LW1-16 | 196.0 | 4.0 | 14.0 | 183.0 | 23.0 | 0.0 | 0.0 | カンラン石やや多く含む | | |
| LW1-15 | 221.0 | 17.0 | 19.0 | 205.0 | 26.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| LW1-14 | 284.0 | 13.0 | 43.0 | 220.0 | 30.0 | 0.0 | 0.1 | | 1.497-1.504 (モード1.497-1.500) | AT多量混在 |
| LW1-13 | 733.0 | 11.0 | 50.0 | 167.0 | 42.0 | 0.0 | 0.3 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW1-12 | 803.0 | 21.0 | 94.0 | 137.0 | 46.0 | 0.0 | 0.2 | | 1.497-1.503 (モード1.497-1.501) | AT多量混在 |
| LW1-11 | 542.0 | 20.0 | 59.0 | 216.0 | 53.0 | 0.0 | 0.3 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW1-10 | 916.0 | 24.0 | 115.0 | 122.0 | 57.0 | 0.0 | 0.0 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW1-9 | 1031.0 | 28.0 | 55.0 | 146.0 | 40.0 | 0.0 | 0.1 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW1-8 | 360.0 | 39.0 | 47.0 | 243.0 | 22.0 | 0.0 | 0.0 | | | AT多量混在 |
| LW1-7 | 59.0 | 22.0 | 41.0 | 364.0 | 6.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| LW1-6 | 9.0 | 22.0 | 40.0 | 382.0 | 3.0 | 0.0 | 0.1 | | | |
| LW1-5 | 5.0 | 52.0 | 64.0 | 308.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 淡赤褐色低発泡ガラス多く含む | | |
| LW1-4 | 1.0 | 50.0 | 22.0 | 225.0 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| LW1-3 | 6.0 | 34.0 | 36.0 | 306.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| LW1-2 | 18.0 | 115.0 | 28.0 | 202.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| LW1-1 | 7.0 | 193.0 | 15.0 | 291.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| LW2-11c | 254 | 2 | 14 | 301 | 19 | 0 | 0 | | | |
| LW2-11b | 253 | 6 | 21 | 361 | 28 | 0 | 0 | | | |
| LW2-11a | 305 | 3 | 13 | 366 | 41 | 0 | 0.1 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW2-10a | 491 | 9 | 21 | 186 | 28 | 0 | 0.1 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW2-9a | 610 | 15 | 32 | 153 | 59 | 0 | 0.1 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW2-8 | 682 | 12 | 41 | 151 | 48 | 0 | 0.3 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW2-7 | 621 | 12 | 50 | 190 | 70 | 0 | 0.3 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW2-6 | 797 | 21 | 125 | 247 | 22 | 0 | 0.1 | | 1.497-1.501 | AT多量混在 |
| LW2-5 | 230 | 30 | 40 | 351 | 10 | 0 | 0 | | | |
| LW2-4 | 9 | 9 | 53 | 468 | 4 | 0 | 0 | | | |
| LW2-3 | 0 | 19 | 57 | 459 | 3 | 0 | 0 | | | |
| LW2-2 | 5 | 75 | 8 | 493 | 1 | 0 | 0 | | | |
| LW2-1 | 7 | 82 | 6 | 382 | 1 | 0 | 0 | | | |

Bw:バブルウォールタイプ, Pm:パミスタイプ, O:低発泡タイプ

Opx:斜方輝石, Gho:緑色普通角閃石, Cum:カミングトン閃石

表3 放射性炭素同位体年代測定結果

| 試料番号 | 採取層準 | 試料の種類 | 測定番号 | $\delta^{13}\text{C}$ (‰) | $\delta^{13}\text{C}$ 補正 ^{14}C 年代 (yBP) | 暦年代 (1σ) | 測定方法 | 処理方法 |
|------|----------------|--------|-------------|------------------------------|--|--|-------|------|
| CW3 | 1-4層 | 有機質堆積物 | Beta-431249 | -20.4 | 8670±30 | 9660-9550 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW4 | 1-2層 | 有機質堆積物 | Beta-431250 | -15.4 | 1130±30 | 1070-980 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW5 | 1-3層 | 有機質堆積物 | Beta-431251 | -20.4 | 6720±30 | 7610-7560 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW7 | 1-4層 | 有機質堆積物 | Beta-431252 | -20.9 | 9280±30 | 10520-10410 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW8 | 開口亀裂の充 填堆積物 | 有機質堆積物 | Beta-431253 | -21.1 | 8200±30 | 9250-9170 cal yBP, 9150-9080 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW9 | 開口亀裂の充 填堆積物 | 有機質堆積物 | Beta-431254 | -21.7 | 7710±30 | 8540-8450 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW11 | 開口亀裂の充 填堆積物 | 有機質堆積物 | Beta-431255 | -21.2 | 8250±30 | 9290-9190 cal yBP, 9180-9130 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW12 | 1-2層 | 有機質堆積物 | Beta-431256 | -17.1 | 1930±30 | 1930-1910 cal yBP, 1900-1860 cal yBP, 1850-1820 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW14 | 4層 | 有機質堆積物 | Beta-431257 | -19.6 | 23370±90 | 27680-27490 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |
| CW15 | 1-4層 | 有機質堆積物 | Beta-431258 | -20.9 | 9010±40 | 10230-10180 cal yBP | AMS-法 | 酸処理 |

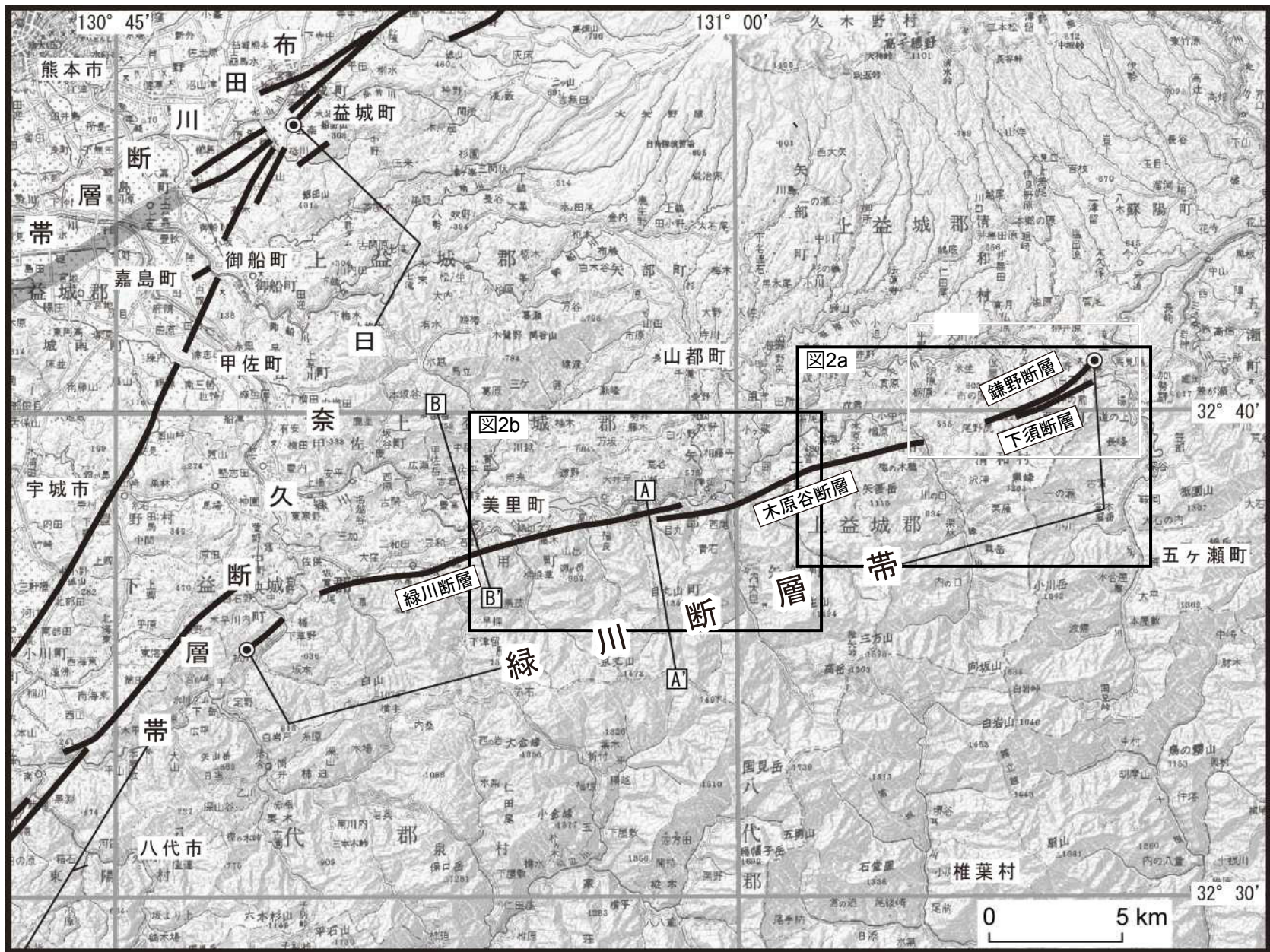


図1 緑川断層帯の分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013に加筆）

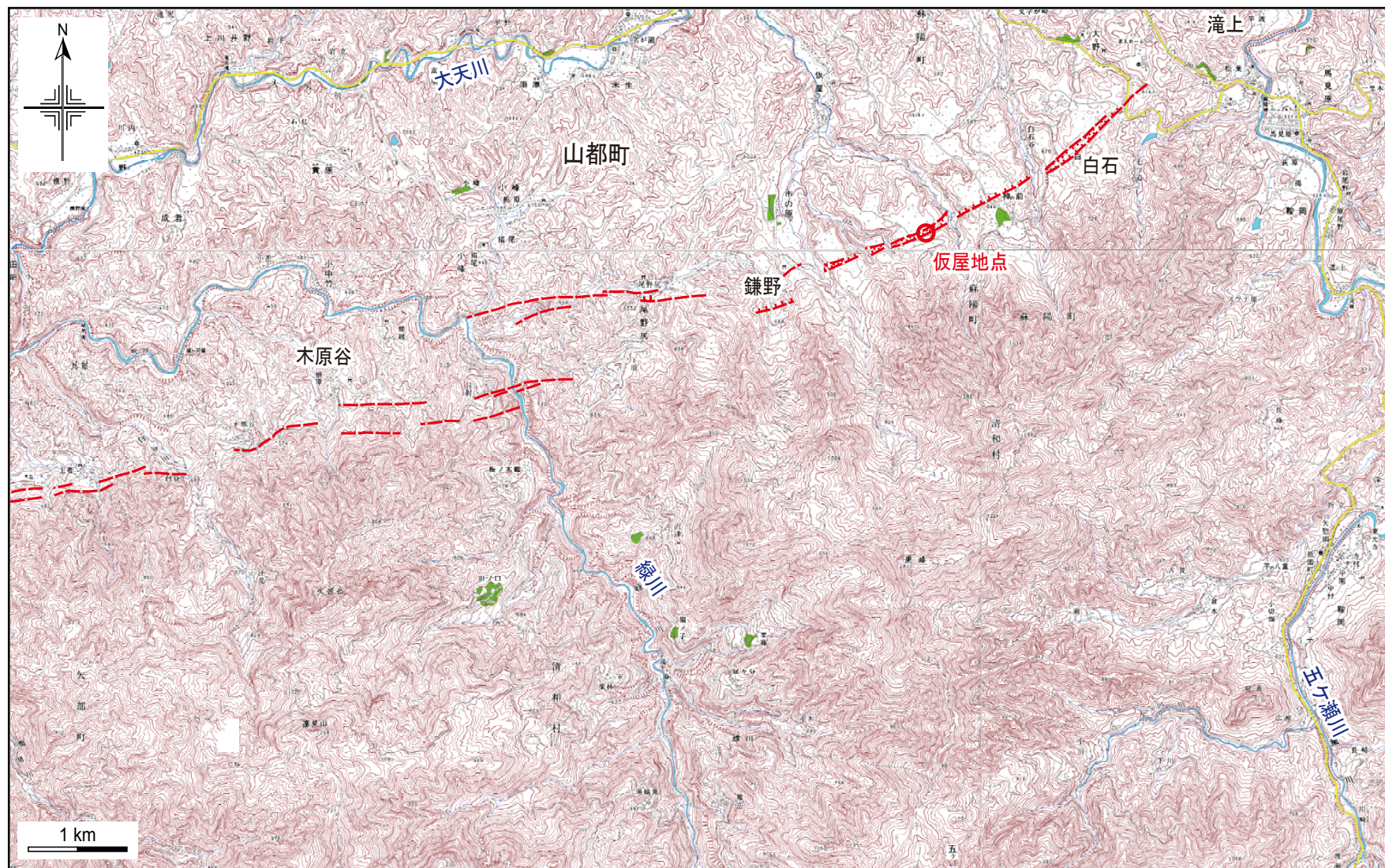


図2a 緑川断層帯東部の断層変位地形

1/25,000地形図「大平」「馬見原」「緑川」「倉岡」を使用．赤線は活断層（ケバは低断層崖の低下側，破線は推定活断層）を示す．図の範囲を図1に示す．

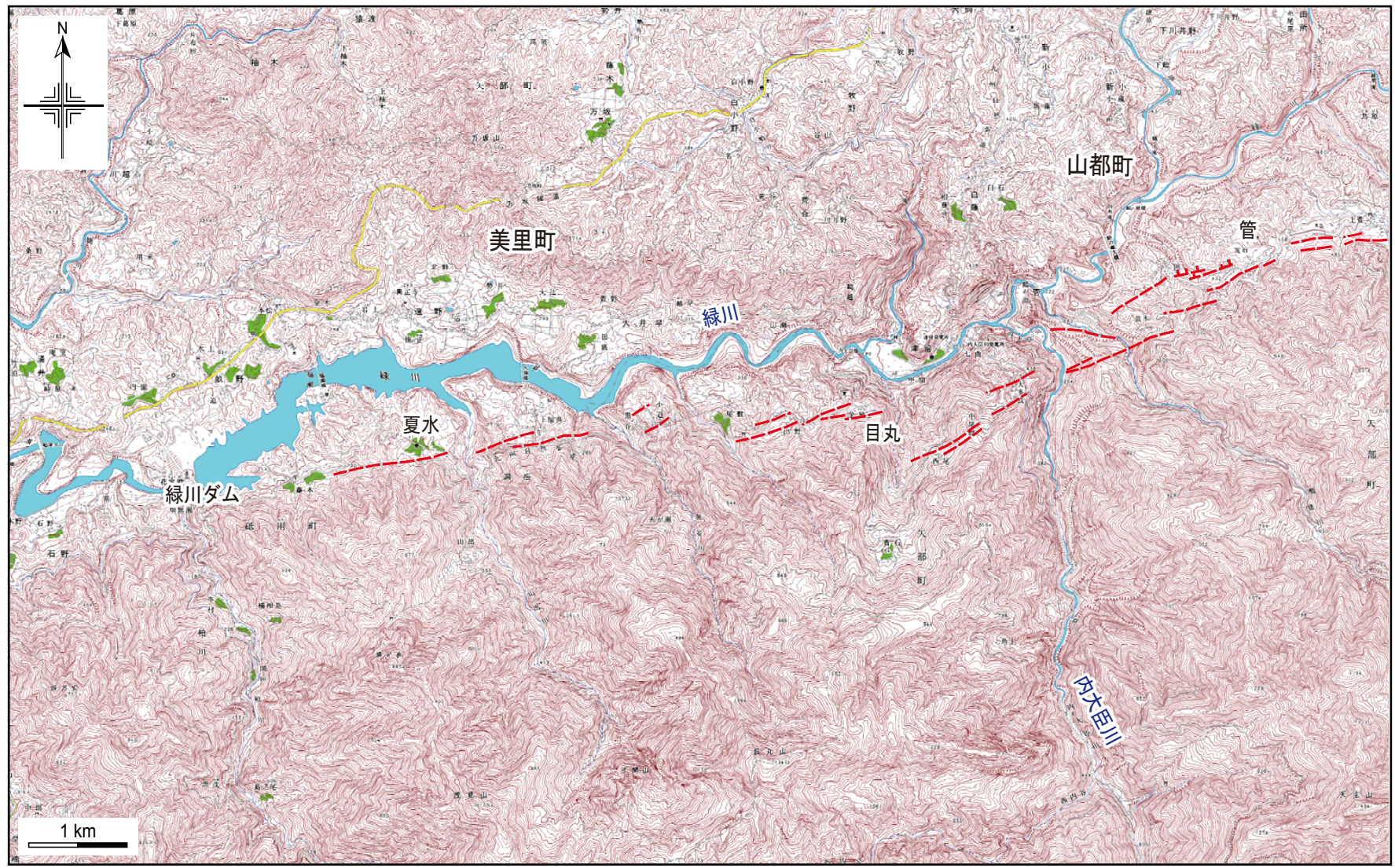


図2b 緑川断層帯中部の断層変位地形
 1/25,000地形図「大平」「馬見原」「緑川」「倉岡」を使用．赤線は活断層（ケバは低断層崖の低下側，破線は推定活断層）を示す．図の範囲を図1に示す．

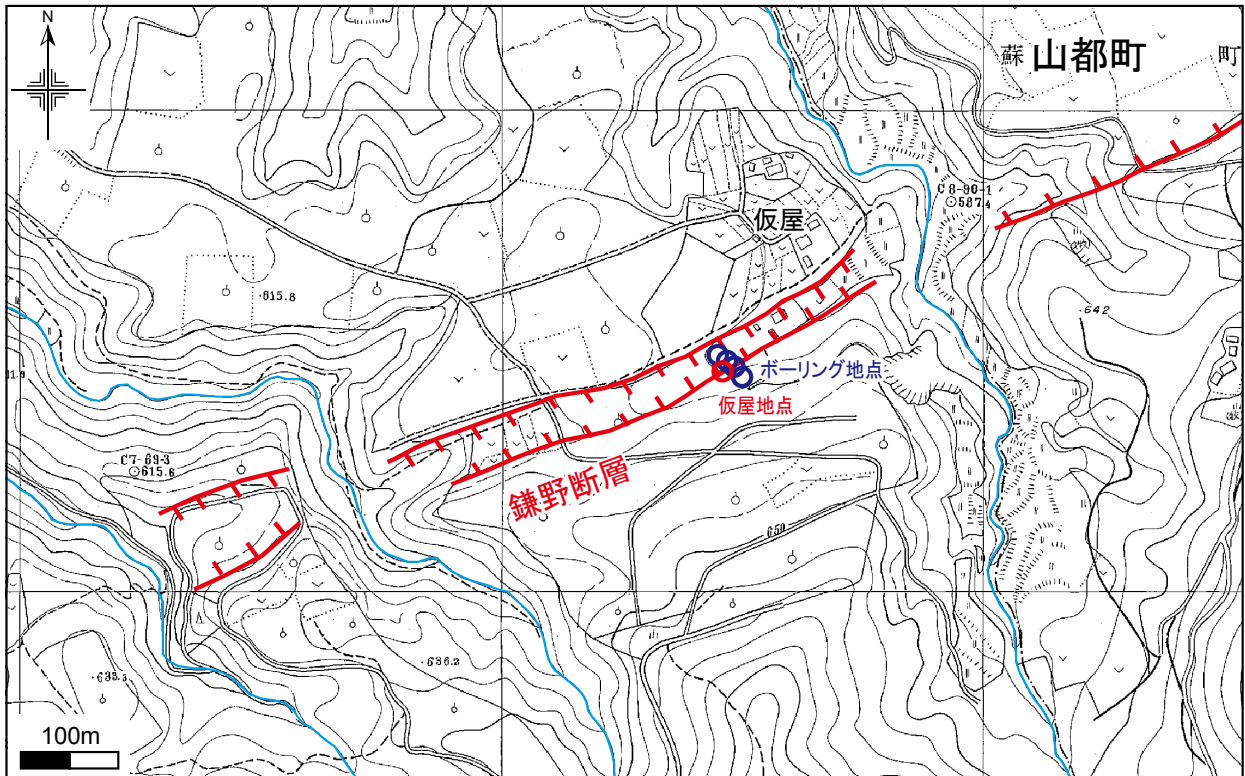
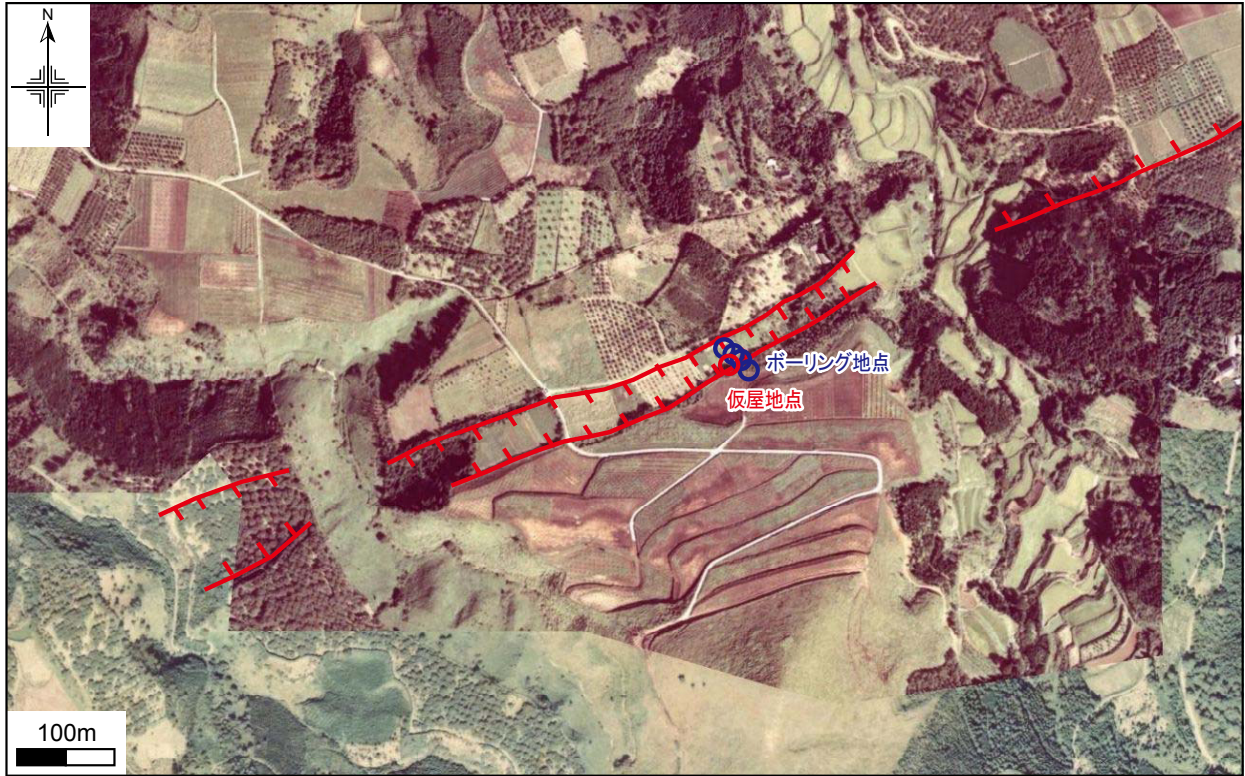


図3 山都町仮屋における鎌野断層のトレンチ掘削地点の位置
 基図は国土地理院発行の縮尺1/10,000のカラー空中写真（上）と熊本県発行の縮尺1/5,000の森林基本図（下）を使用．赤線は活断層（ケバは低断層崖の低下側）を示す．

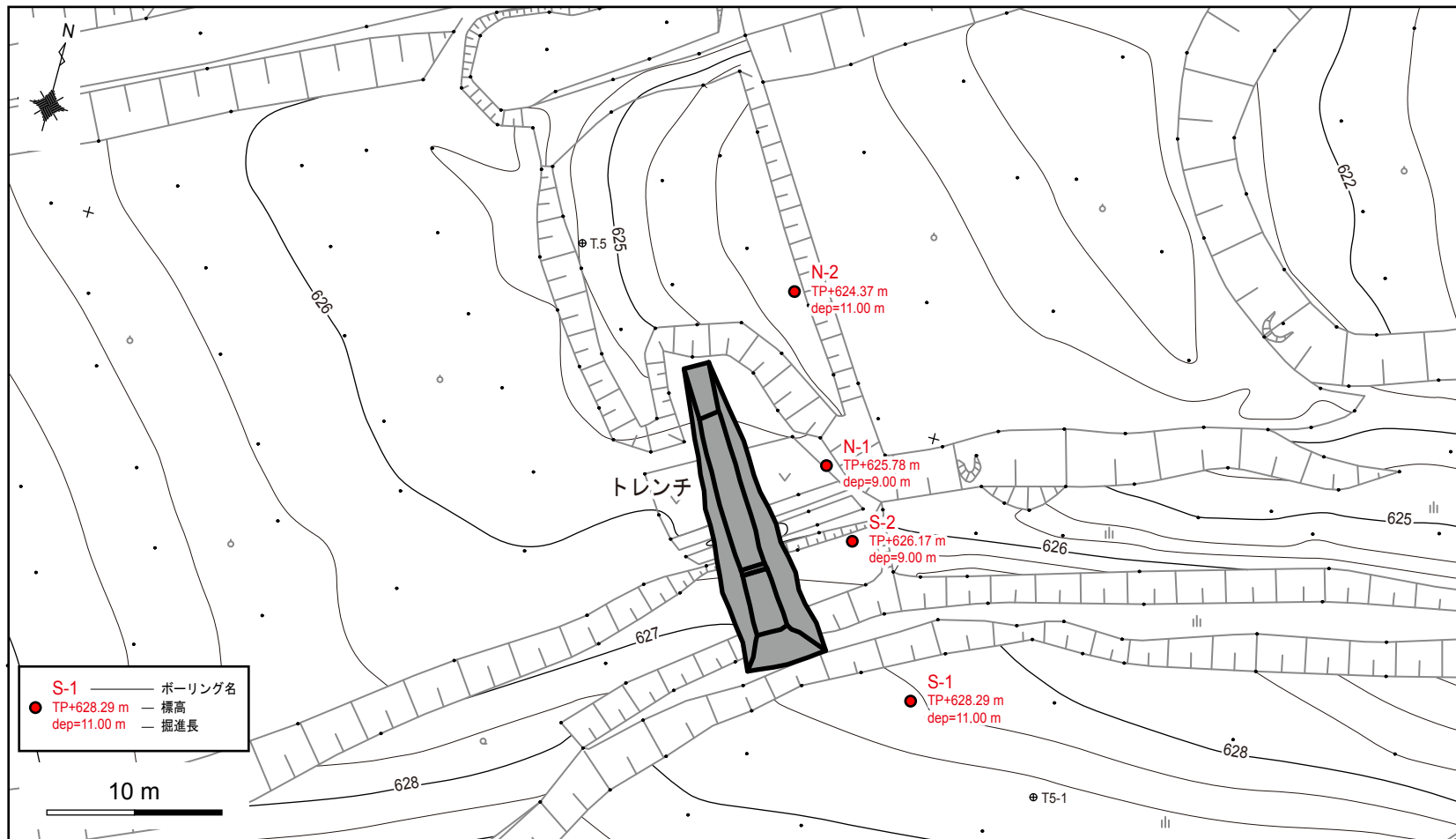


図4 仮屋トレンチ地点周辺の実測平面図

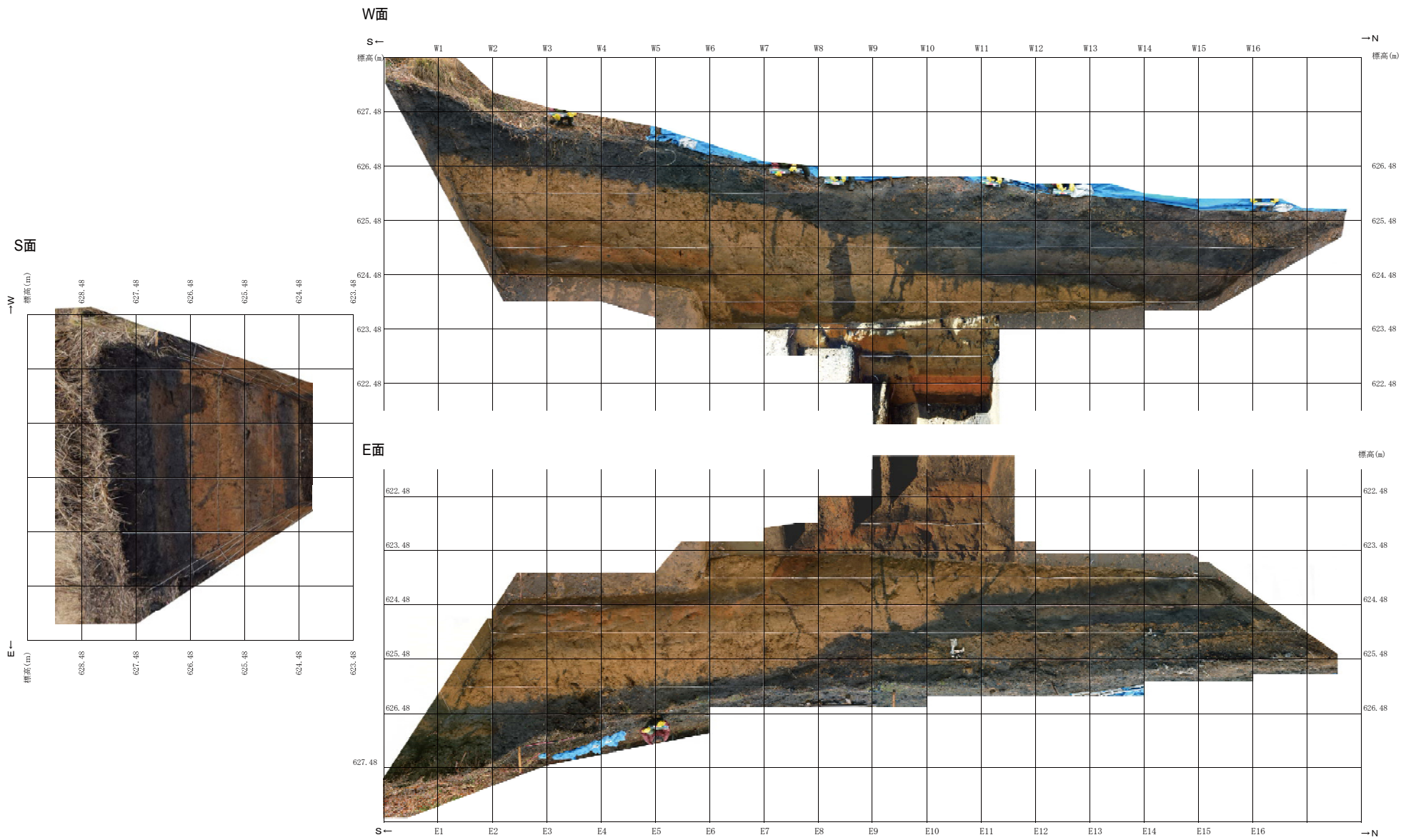


図5a 仮屋トレンチ写真展開図
 グリッドは1m間隔. 以下の図でも同様.

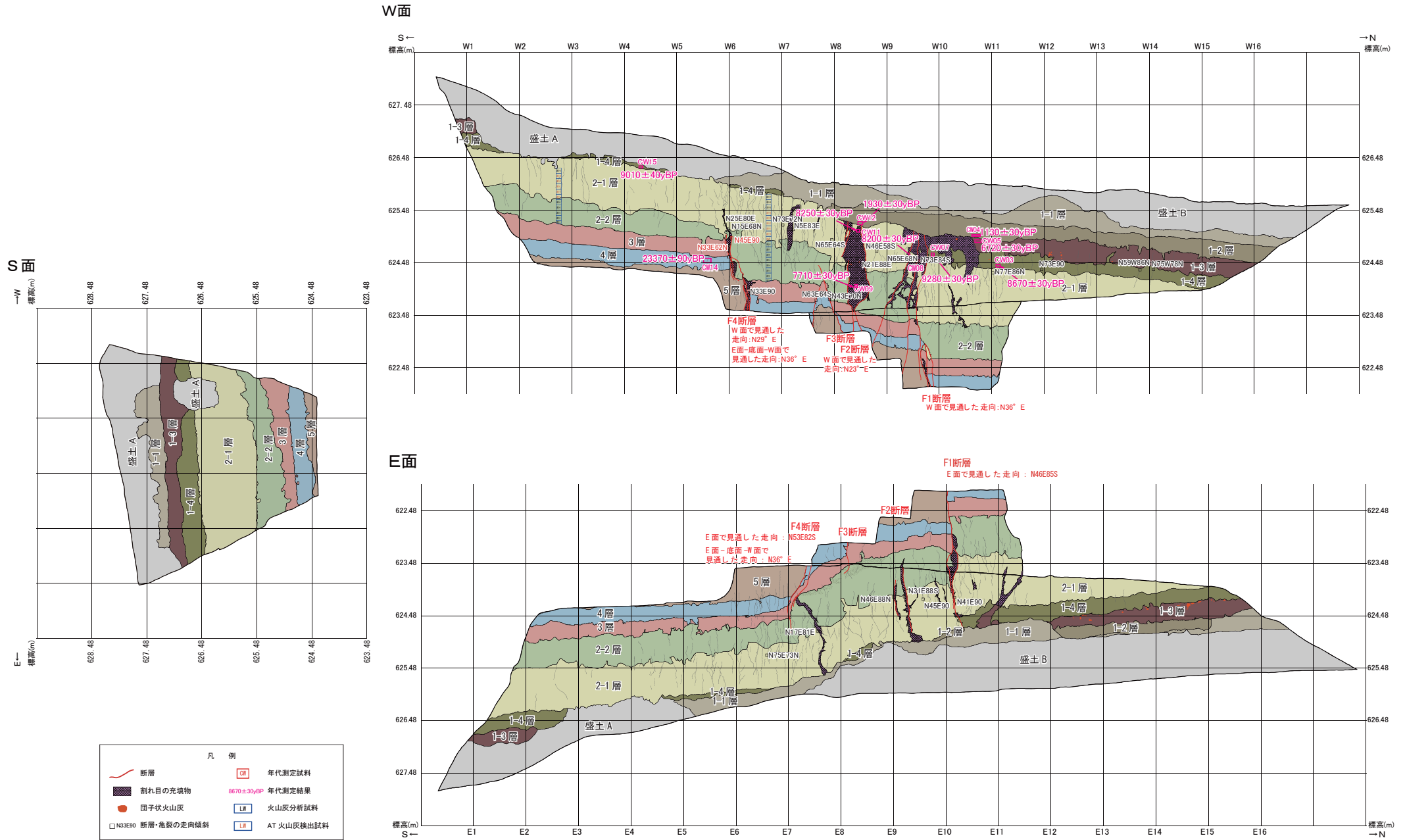


図5b 仮屋トレンチスケッチ展開図

W面の火山灰分析試料採取位置のうち、W6-W7間がLW1（下部から上部に向かってLW1-1~LW1-17）、W2-W3間がLW-2（下部から上部に向かってLW2-1~LW1-11）（表2）。W面のピンク色数字は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った ^{14}C 年代値を示す（表3）。

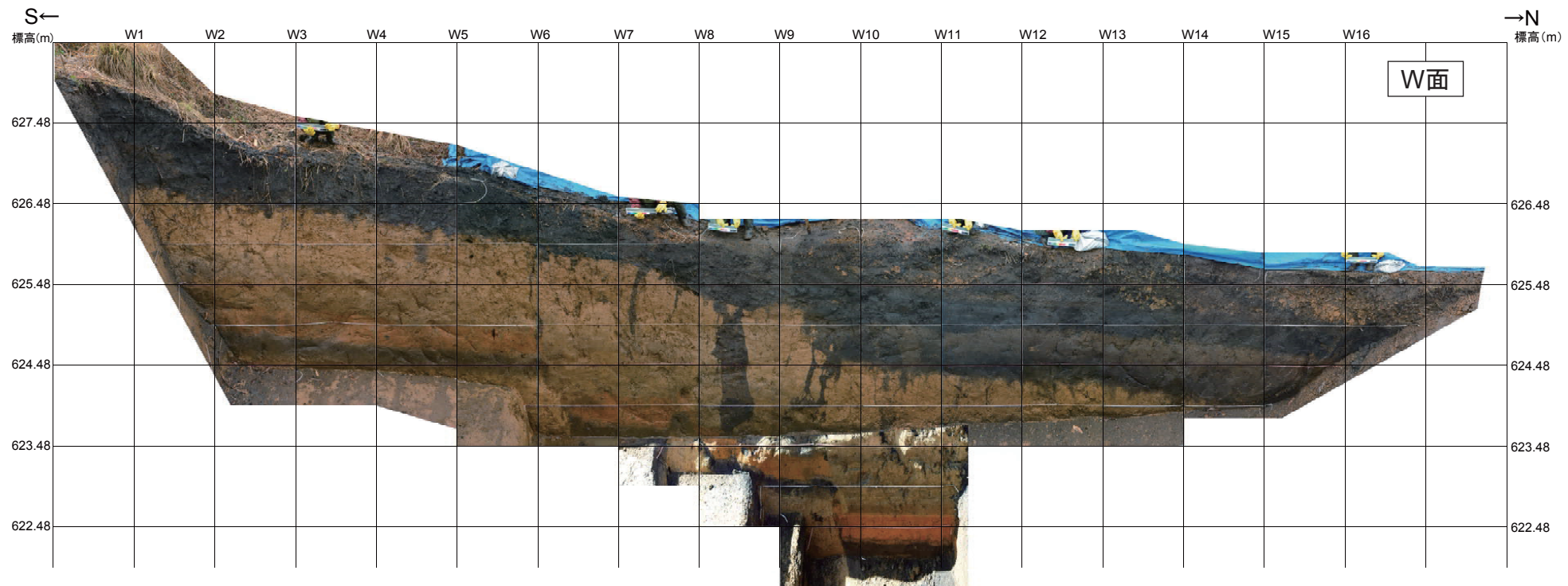


図6a 仮屋トレンチW面の写真

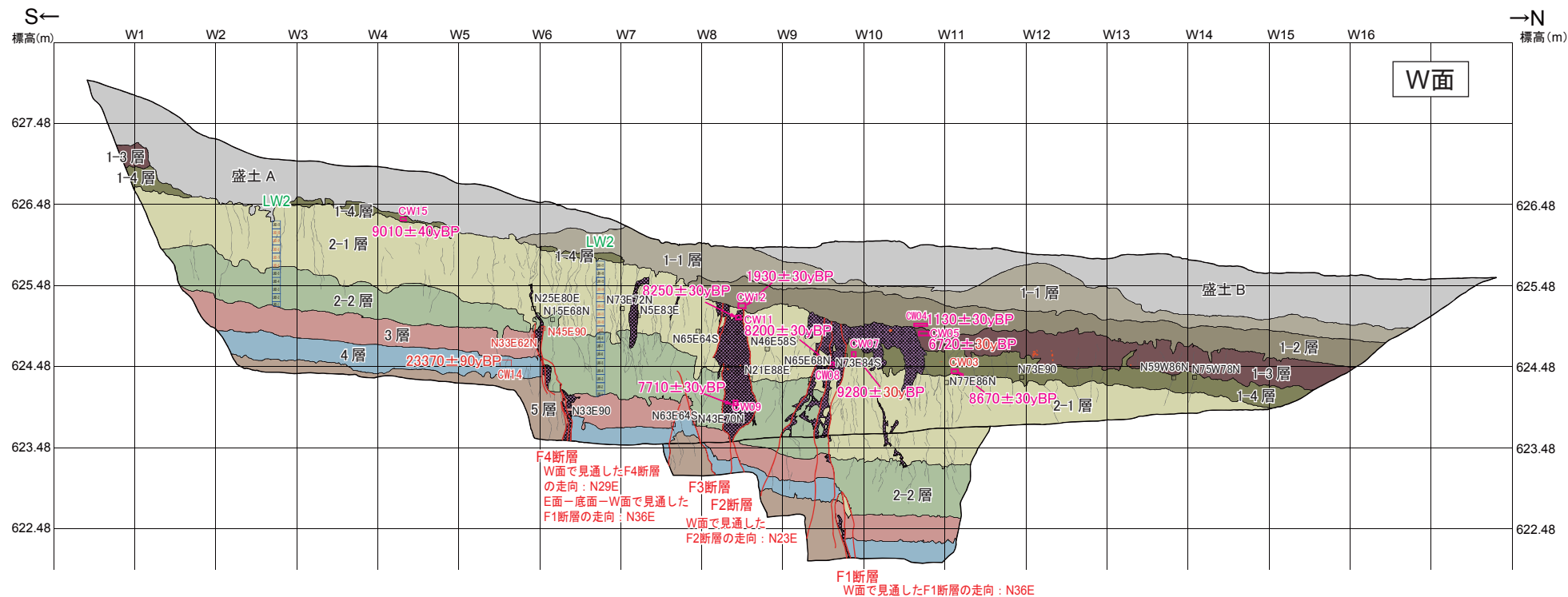


図6b 仮屋トレンチW面の写真のスケッチ

火山灰分析試料採取位置のうち、W6-W7間がLW1（下部から上部に向かってLW1-1~LW1-17），W2-W3間がLW-2（下部から上部に向かってLW2-1~LW1-11）（表2）．W面のピンク色数字は、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った ^{14}C 年代値を示す（表3）．

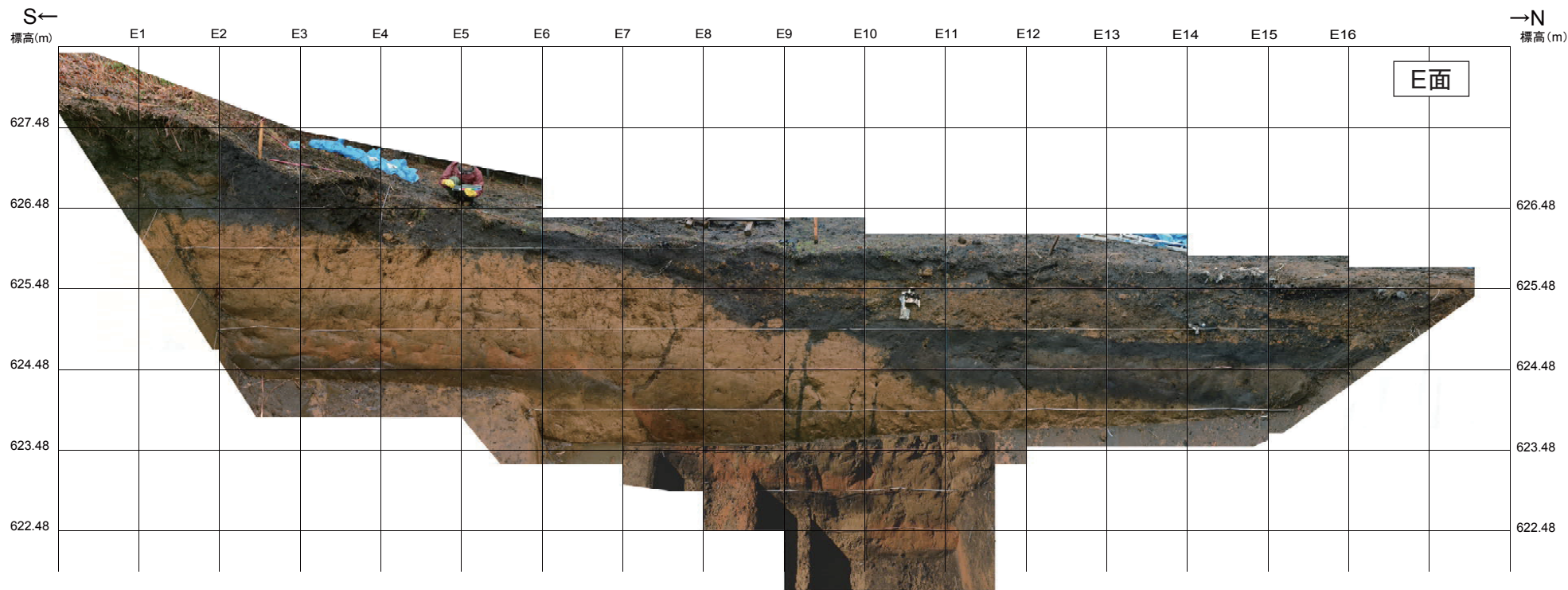


図7a 仮屋トレンチE面の写真

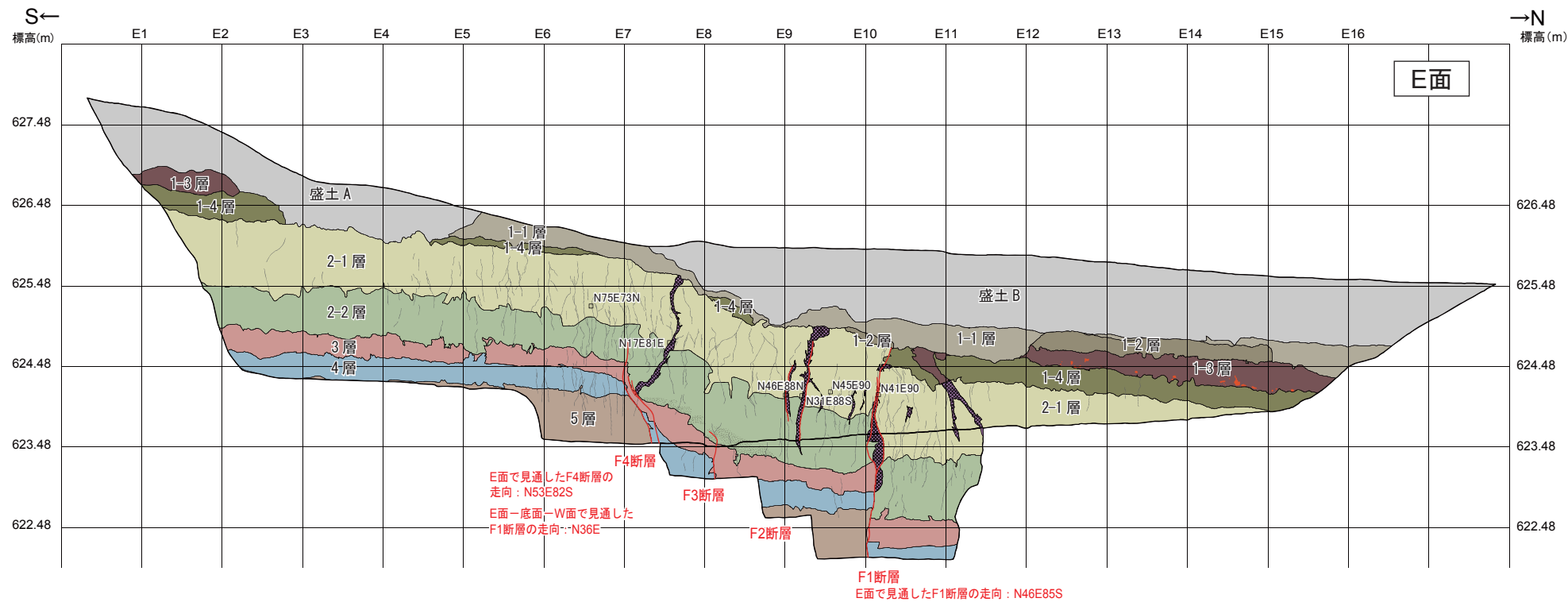


図7b 仮屋トレンチE面のスケッチ

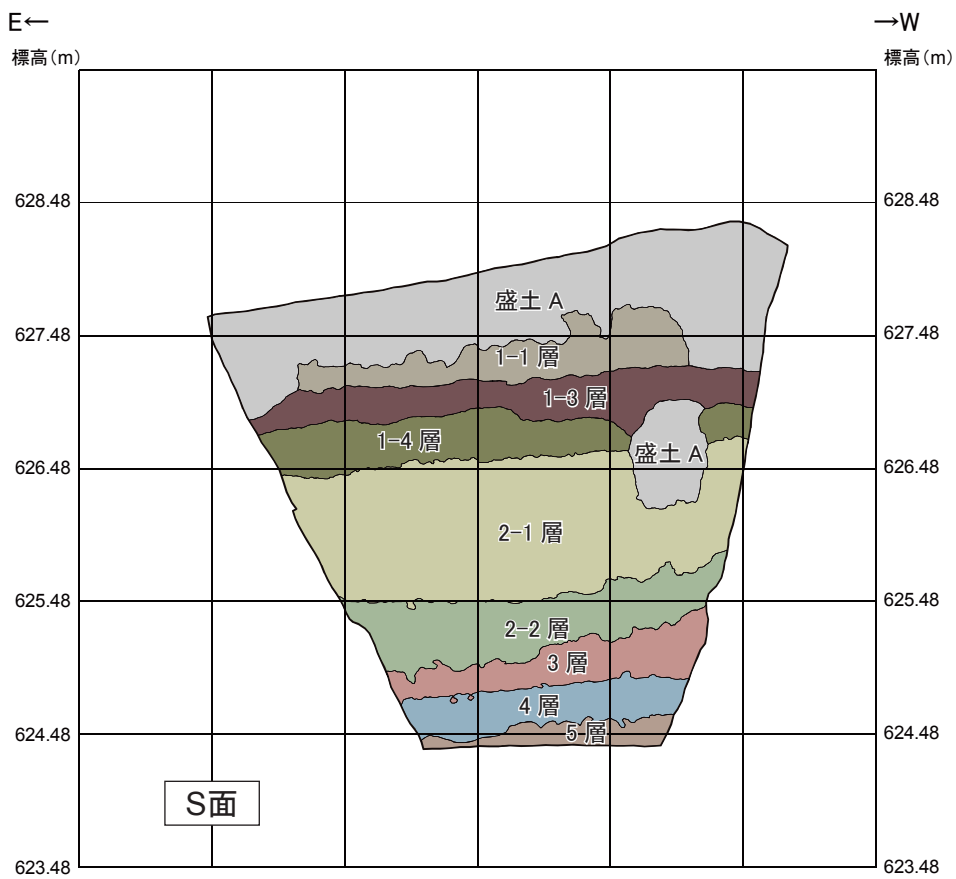
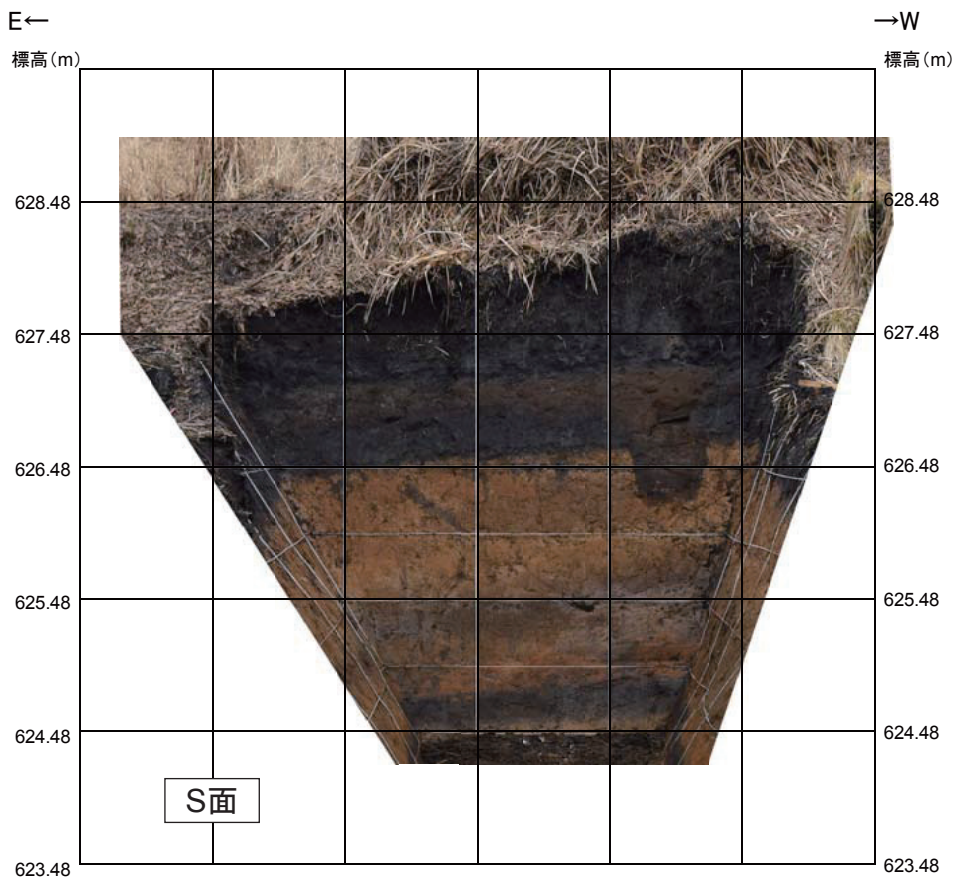


図8 仮屋トレンチS面の写真（上）とスケッチ（下）

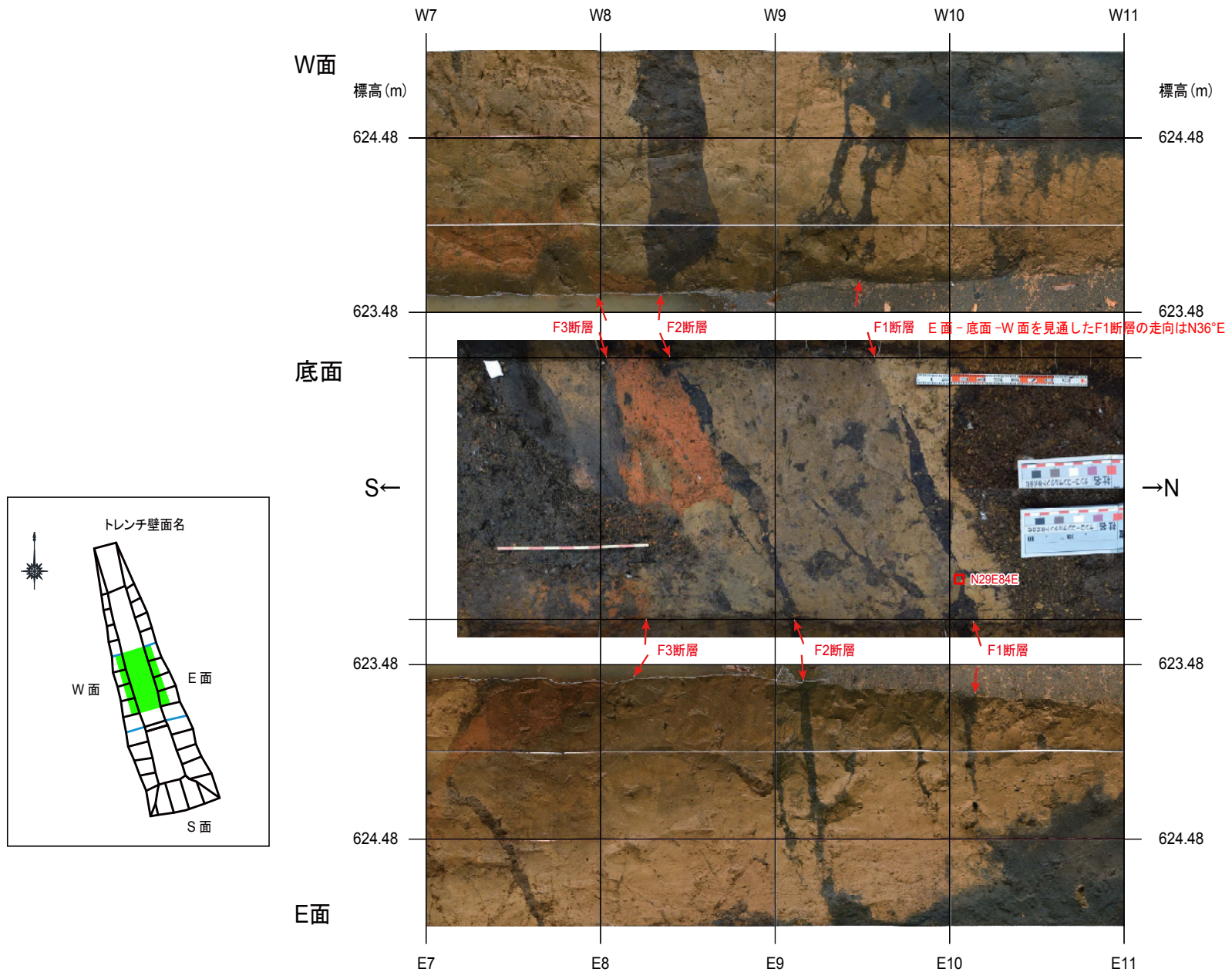


図9 仮屋トレンチ底面と底面付近のW面およびE面の写真
グリッドは1m間隔.

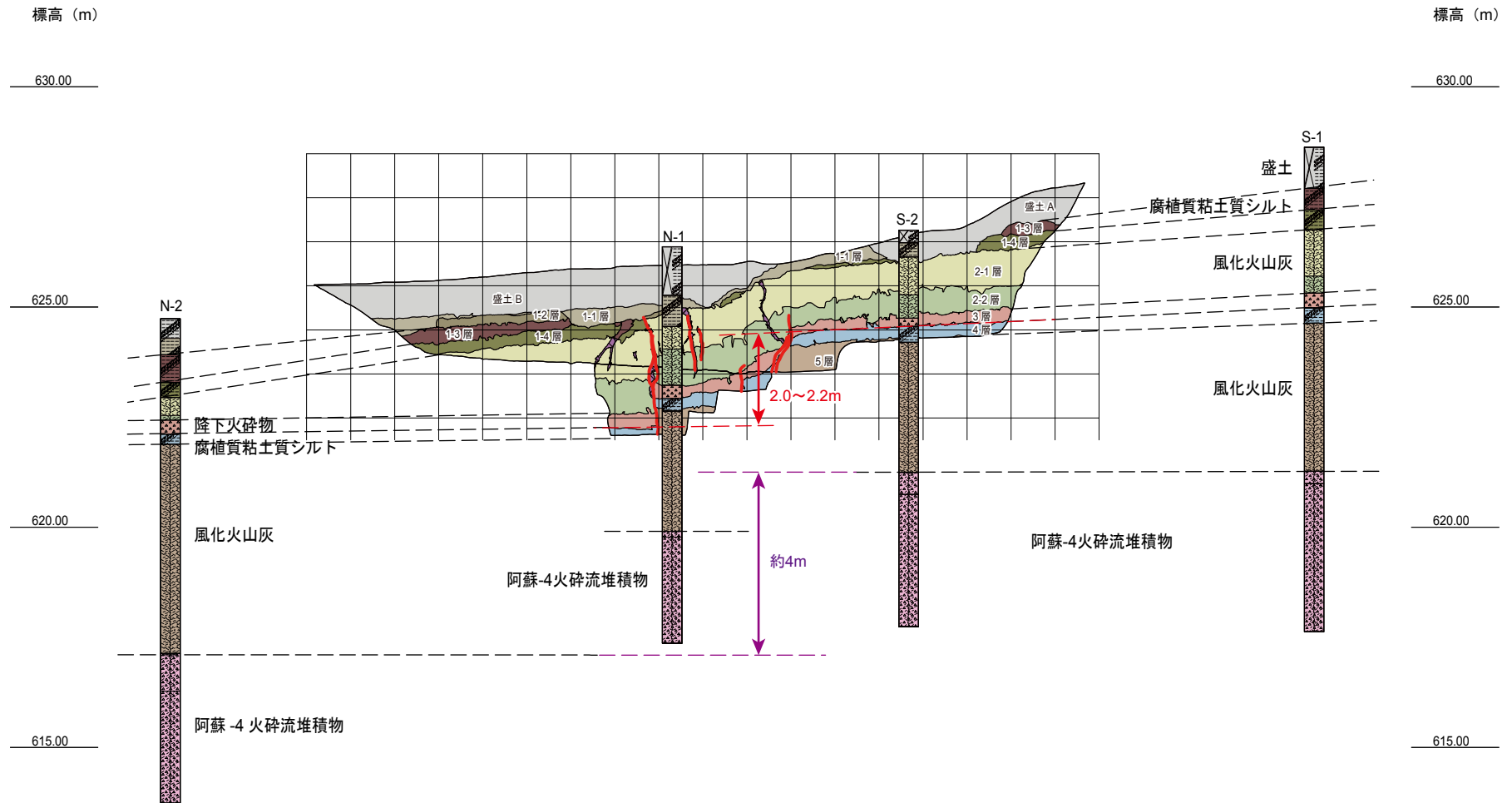


図10 仮屋トレンチE面での地層の上下変位量
 近接するボーリングコア柱状図を重ねて表示.

S-1

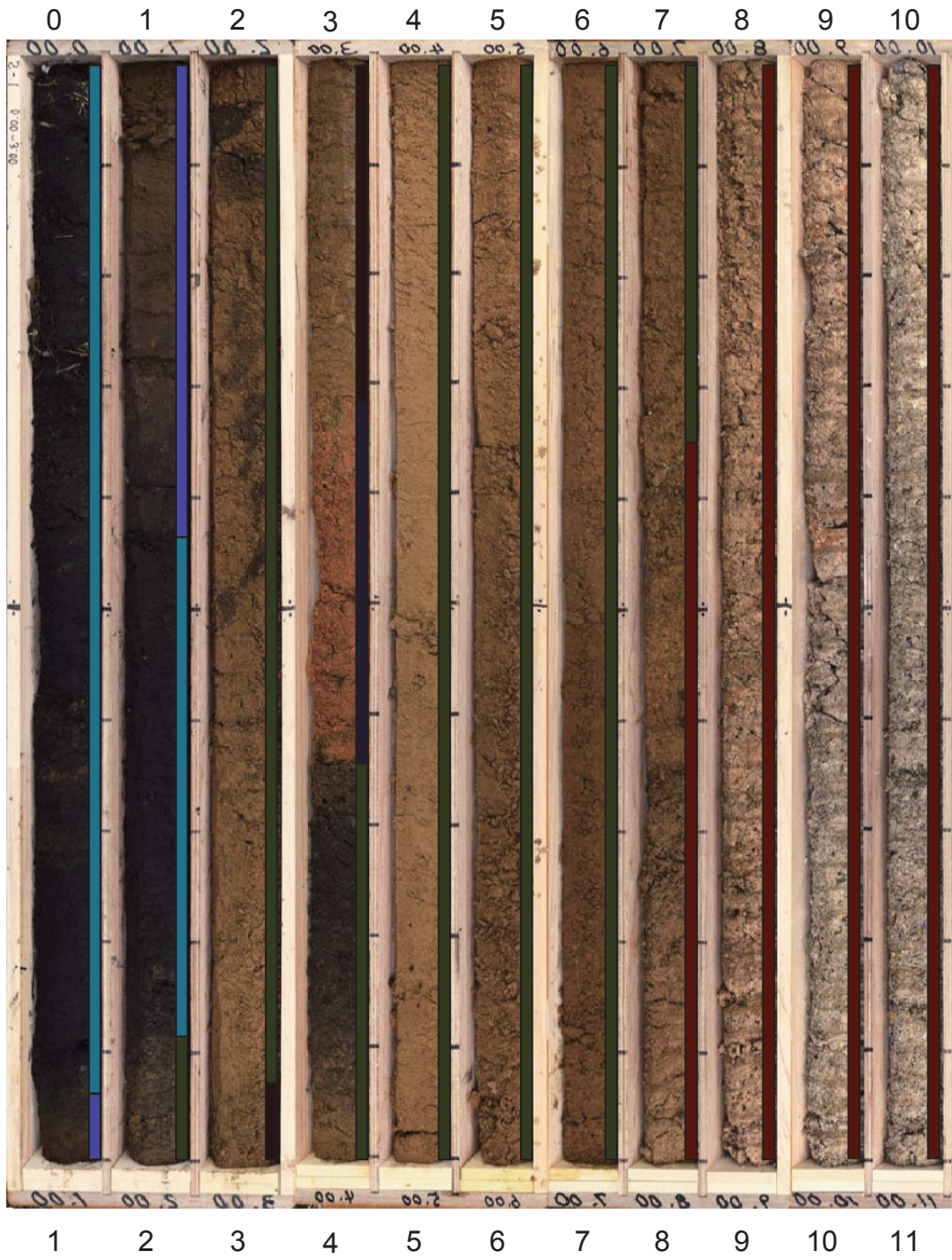


図11a S-1ボーリングコア写真

S-2

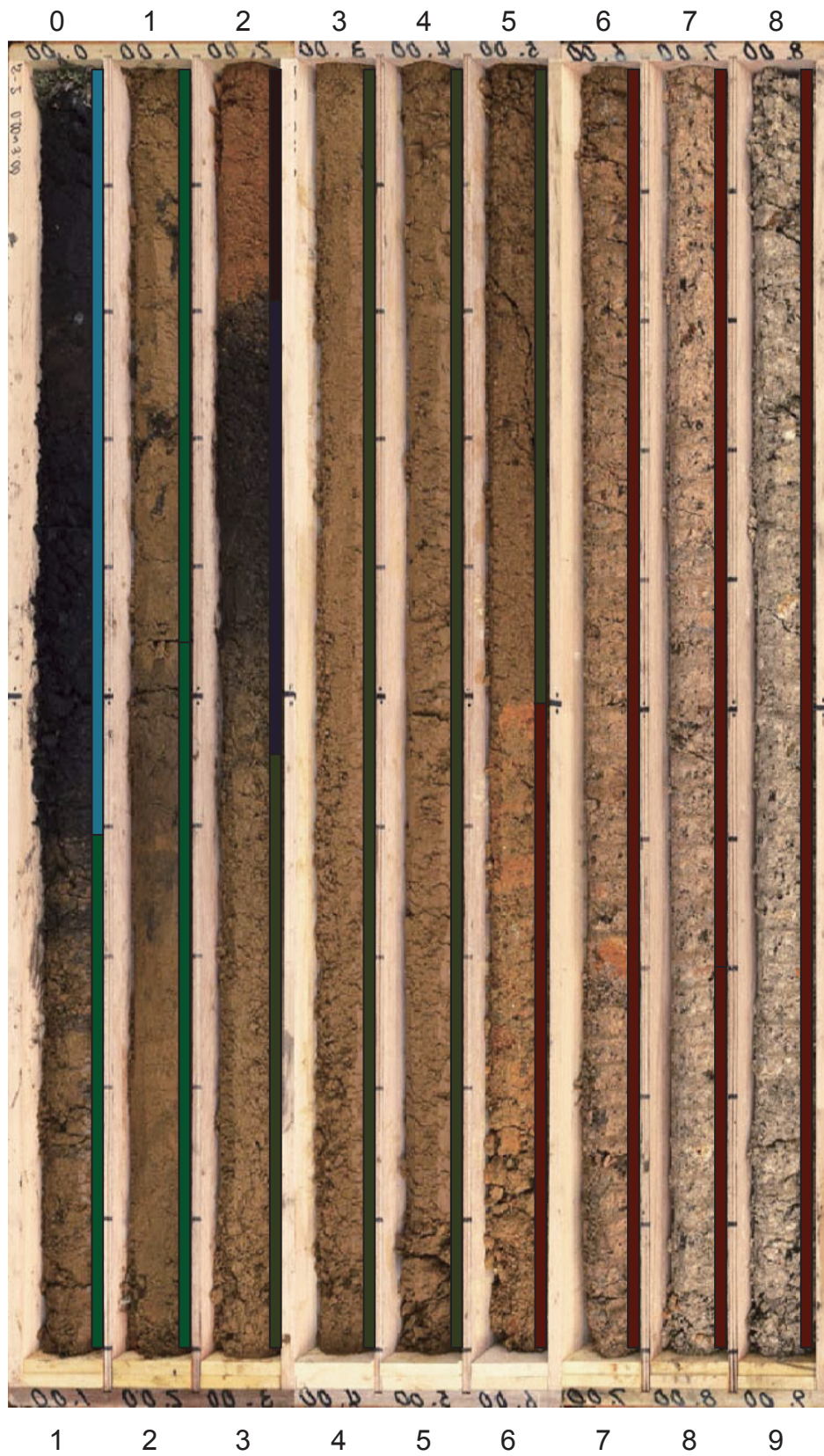


図11b S-2ボーリングコア写真

N-1



図11c N-1ボーリングコア写真

N-2

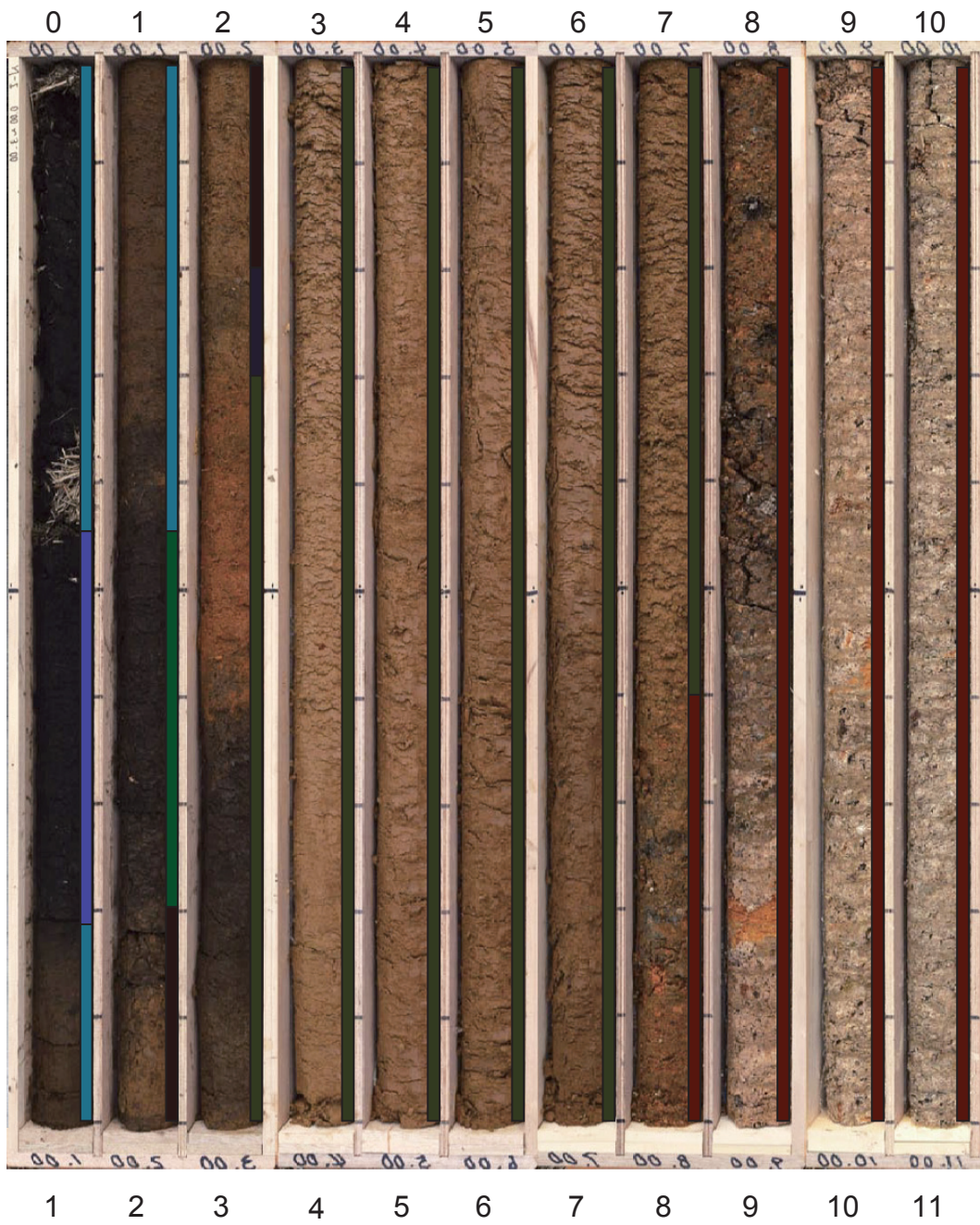


図11d N-2ボーリングコア写真

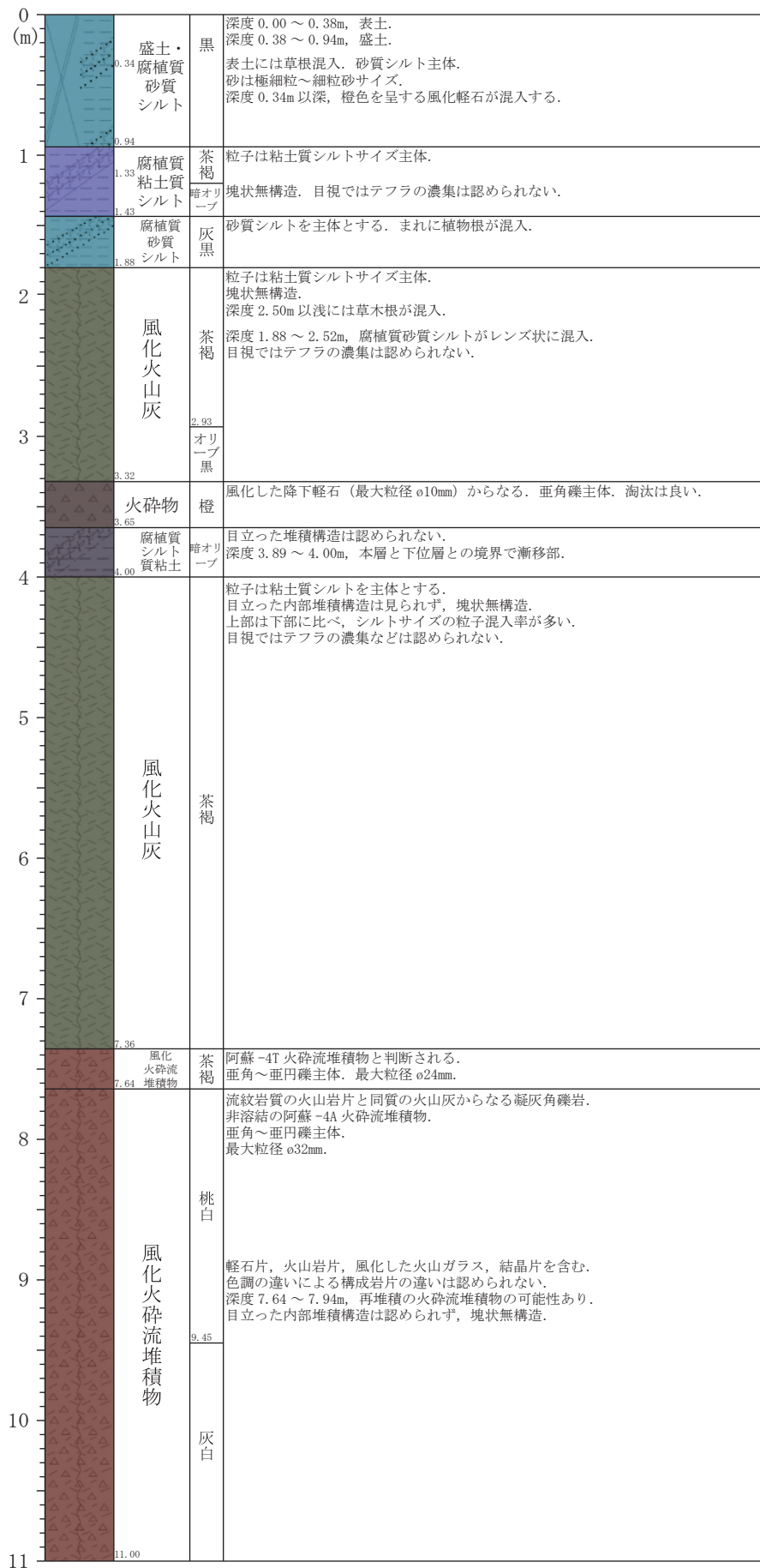


図12a S-1ボーリングコア柱状図

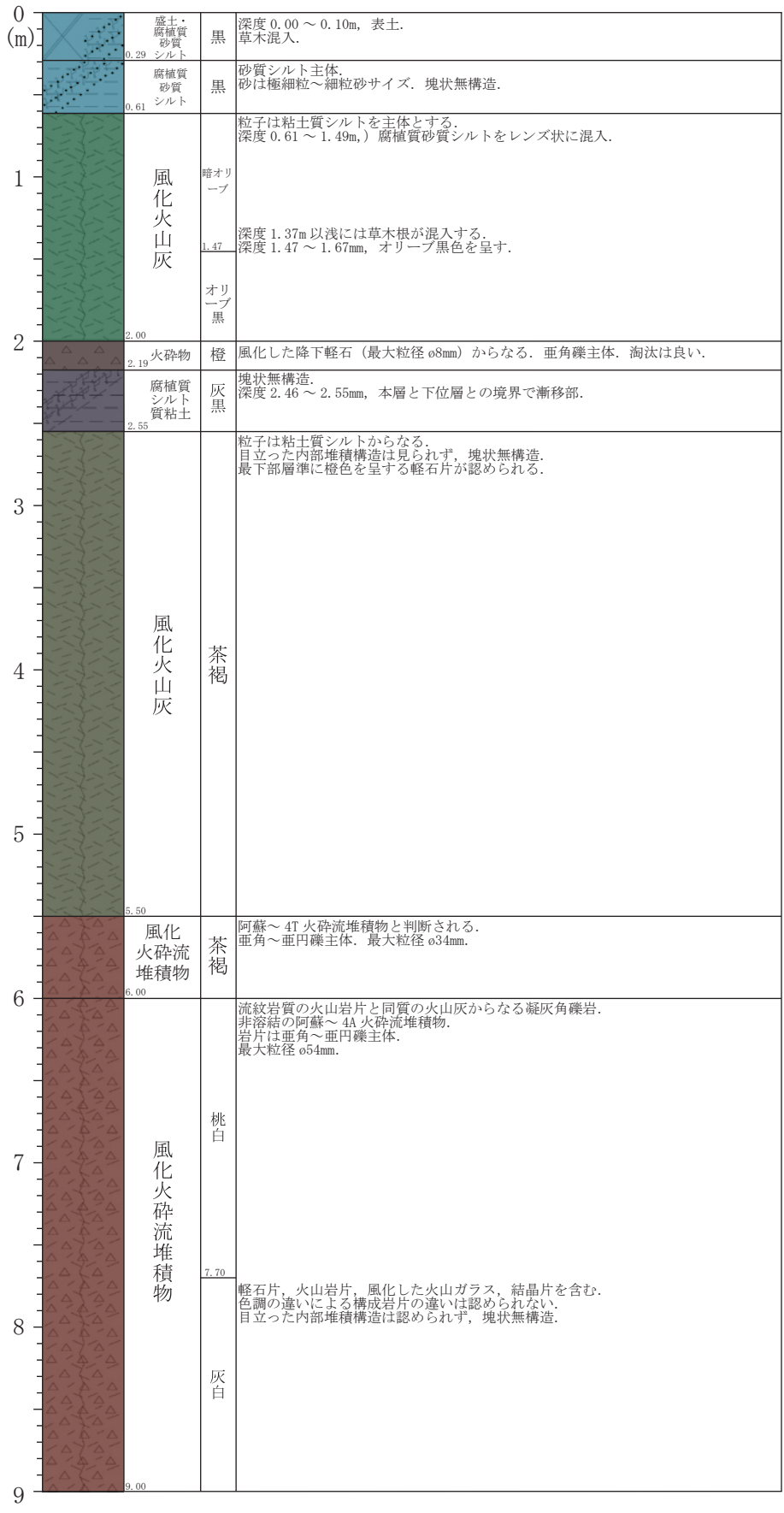


図12b S-2ボーリングコア柱状図

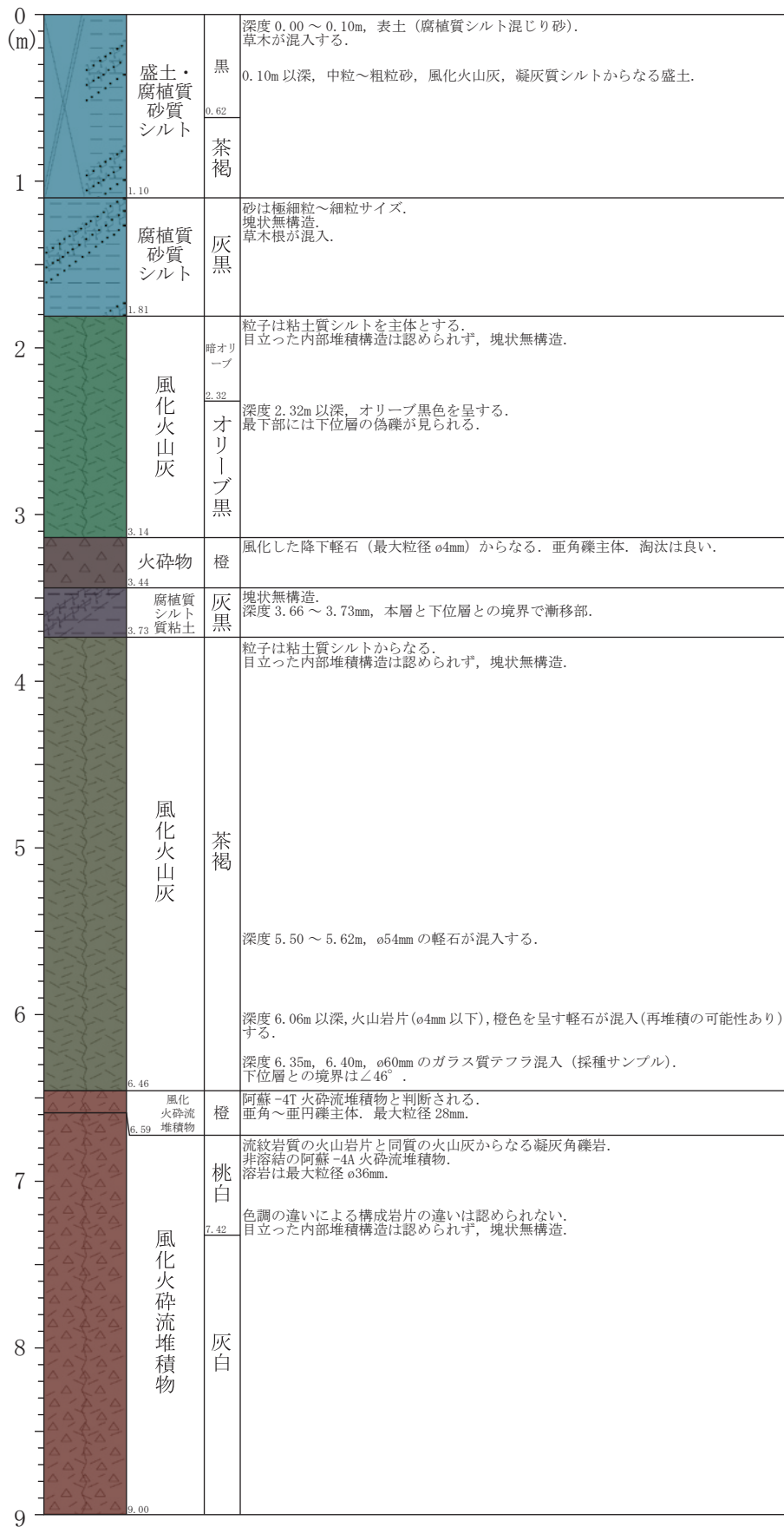


図12c N-1ボーリングコア柱状図

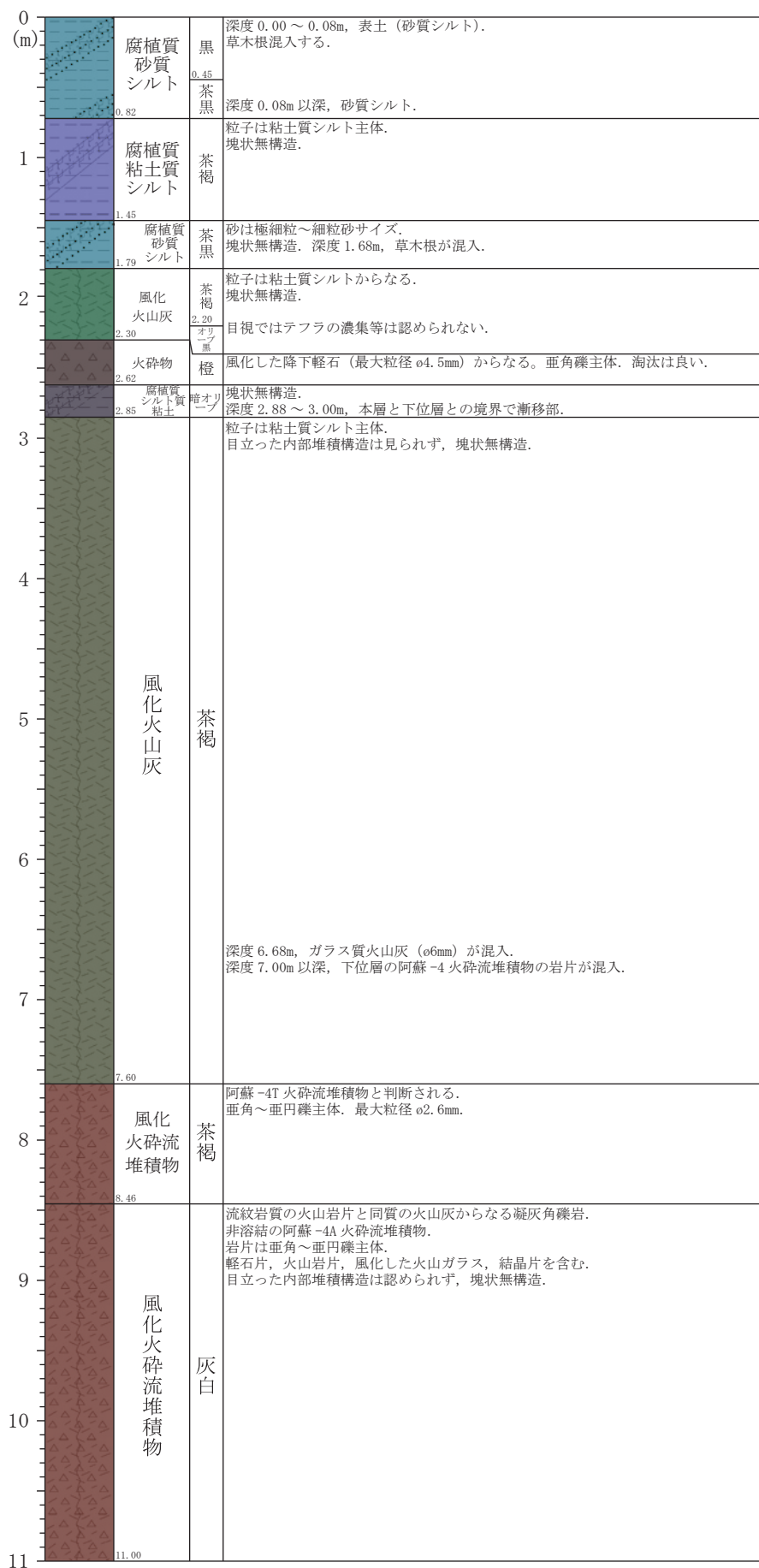


図12d N-2ボーリングコア柱状図