

## 下部更新統上総層群黄和田層下部～中部に挟まれるテフラ層の層位と特徴

宇都宮 正志<sup>1,\*</sup>・水野 清秀<sup>1</sup>・田村 糸子<sup>2</sup>

Masayuki Utsunomiya, Kiyohide Mizuno and Itoko Tamura (2019) Stratigraphic positions and characteristics of tephra beds in the lower to middle Kiwada Formation (lower Pleistocene), Kazusa Group. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 70 (6), p. 373-441, 2 figs, 2 tables, 53 appendices.

**Abstract:** The lower to middle Pleistocene Kazusa Group on central Japan is known as one of the stratotype sections of the NW Pacific region, owing to the abundant tephra beds which enable precise correlation. A robust chronological framework obtained with helps of biostratigraphy and magnetostratigraphy provide highly resolved depositional age of the tephra beds and temporal variation of the volcanic activities around this region (i.e., the Honshu and Izu-Bonin arcs). The lower Pleistocene Kiwada Formation in the Kazusa Group is a deep-marine, siltstone-dominated strata (720 m in total thickness) in which many (>200) well-preserved tephra beds are intercalated. However, there have been some confusions in the stratigraphic relation among the tephra beds.

This paper reports stratigraphic positions, outcrop occurrences, petrographic characteristics, accompanied with major and trace element composition of volcanic glass of the selected marker tephra beds and previously undescribed tephra beds. The undescribed tephra beds were numbered in descending stratigraphic order and prefixed with 'Kd', following notation of the previous studies. The continuous tephrostratigraphy and chemical characteristics of the tephra beds in the Kiwada Formation would contribute further investigation for regional correlation of Japanese Quaternary sections and volcanic activities around NW Pacific region.

**Keywords:** EDX, element analysis, Kiwada Formation, Kazusa Group, LA-ICP-MS, tephra beds, stratigraphy, Pleistocene

### 要 旨

房総半島中央部～東部における上総層群黄和田層のテフラ層の層位と特徴を明らかにし、現地でのテフラ層の同定に有用なルートマップ、柱状図、露頭写真を示した。また、一部のテフラ層について主成分及び微量成分の元素組成分析を行った。その結果、未確定であった黄和田層中部～上部の広域テフラの上下関係が明確になり、未報告であった多くのガラス質テフラ層の記載岩石学的及び化学的特徴が明らかとなった。本研究によって、南関東地方のみならず日本列島の下部更新統の模式的なテフラ層序の一部が整備され、更新世前期の火山活動の変遷を知る上で基盤的な情報が得られた。

### 1. はじめに

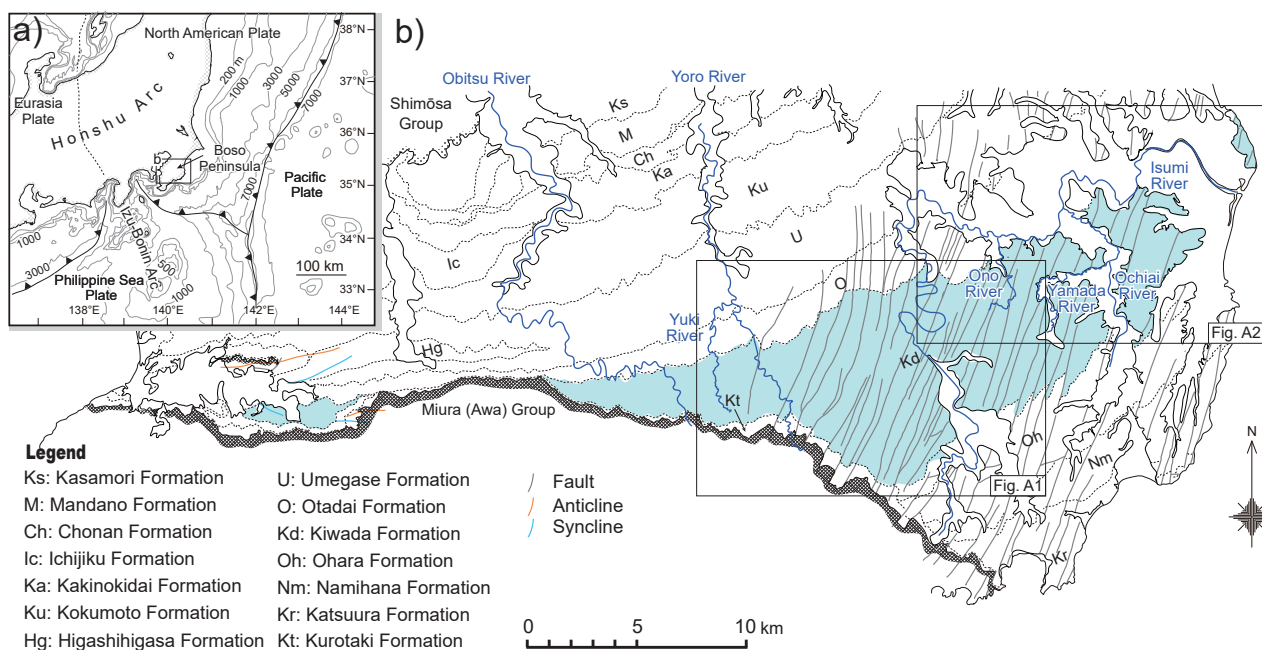
<sup>かずさ</sup>上総層群(伊田ほか, 1956)は前期～中期更新世の前弧

海盆堆積物であり、三浦半島や房総半島、多摩丘陵などに広く露出する。房総半島の上総層群には広域テフラとして認定されているものを含む多くのテフラ鍵層が挟在し、ルート間の精密な時間対比が可能である。こうした条件のもと、上総層群では古くから岩相層序(三梨ほか, 1959など多数)、古地磁気層序(例えば、中川ほか, 1969; 新妻, 1976; Okada and Niitsuma, 1989)、浮遊性微化石層序(Oda, 1977; 佐藤ほか, 1988など)、シーケンス層序(Ito and Katsura, 1992など)、テフラ層序(里口, 1995など)等、多くの層序学的研究が行われており、日本の海成更新統の模式層序となっている(Kazaoka *et al.*, 2015など)。近年、テフラ中の火山ガラスの化学分析、特に微量元素組成の分析によって、大阪層群や東海層群、古琵琶湖層群、魚沼層群など日本各地の更新統間の対比が進展しつつあり、上総層群は其中でテフラ層の層位と堆積年代の推定において模式的な役割を果たしている(Tamura *et al.*, 2008; Satoguchi and Nagahashi, 2012;

<sup>1</sup>産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門(AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

<sup>2</sup>首都大学東京 都市環境科学研究科(Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University)

\* Corresponding author: M. Utsunomiya, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan, Email: m.utsunomiya@aist.go.jp



第1図 中央日本のテクトニックセッティングと房総半島の上総層群分布域の地質図。a) 現在の中央日本周辺のプレート配置。b) 房総半島の上総層群分布域の地質図。東部は宇都宮・大井(2019)、中央部は三梨ほか(1962)、西部は中嶋・渡辺(2005)に従った。

Fig. 1 Geotectonic background of Kazusa Group on the Boso Peninsula, central Japan. a) Present-day plate configuration showing the tectonic setting of central Japan. b) Geological map of the Pleistocene Kazusa Group on the Boso Peninsula. The base geological map is from Utsunomiya and Ooi (2019; eastern part of the map), Mitsunashi *et al.* (1962; central part), and Nakajima and Watanabe (2005; western part).

Tamura *et al.*, 2016; 田村ほか, 2019).

上総層群大田代層より上位に挟まる代表的なテフラについては詳しく層序関係が明らかにされ、またその火山ガラスの化学組成値は、水野・納谷(2011)、Kimura *et al.* (2015)、中里・七山(2016)などで報告されている。また、従来層序学的検討が十分でなかった房総半島東部の上総層群下部(勝浦層～大原層)でも、勝浦地域と上総大原地域の5万分の1地質図幅作成のための調査で多数のテフラ鍵層が発見され、その層序が明らかにされた(中嶋・宇都宮, 2019; 宇都宮, 2019)。そして、その一部については化学組成が明らかにされ、その結果として広域テフラとして認定されている(田村ほか, 2019)。しかし、上総層群中で最も厚く、200枚を超えるテフラ層が挟在する黄和田層については不明な点が数多く残されていた。また、広域テフラの上下関係にも見解の相違が見られることが指摘されていた(水野・納谷, 2011; 鈴木・村田, 2011)。

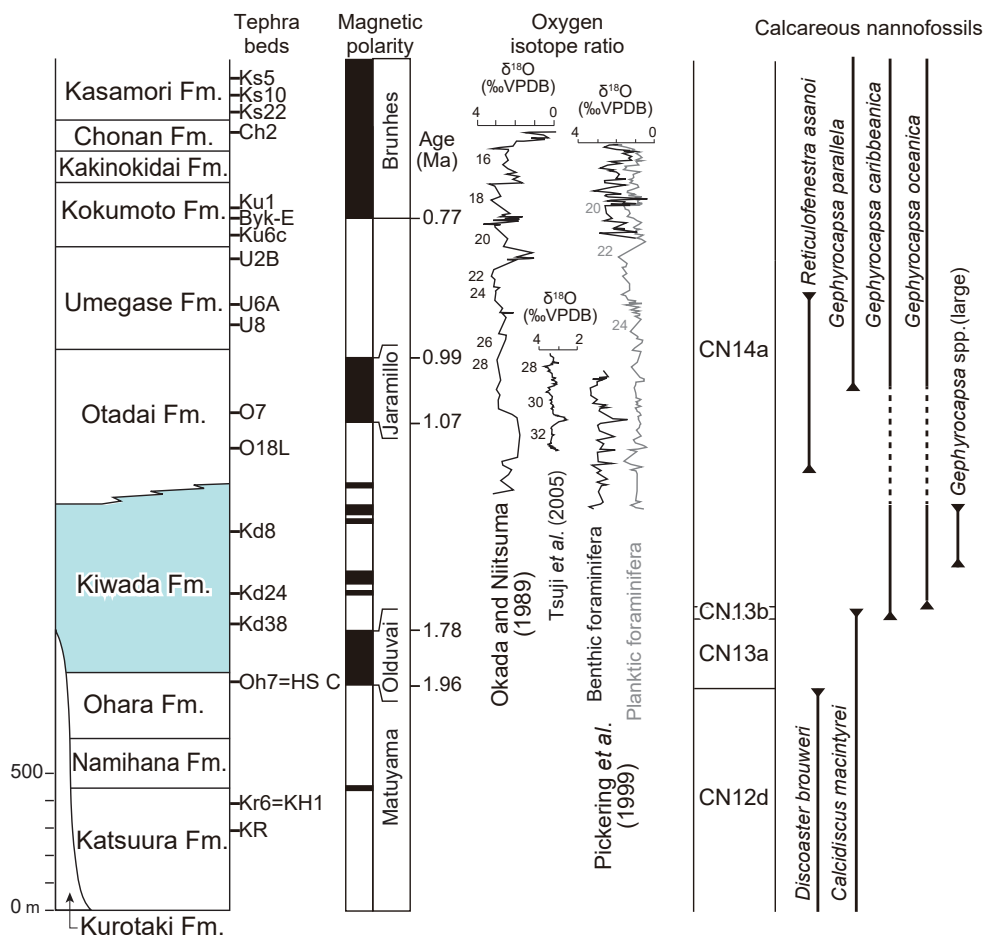
今回、著者らは黄和田層下部～中部が連続的に露出する複数のルートを複合して、ほぼ連続的な層序データを得た。これにより、上下関係に関して見解の相違があった広域テフラ層だけでなく、未報告のテフラ層が数多く見いだされ、それらの上下関係が明確になったので報告

する。また、それらのうち広域テフラと推定される細粒ガラス質火山灰層について岩石学的な特徴を記載し、主成分・微量成分化学組成分析を実施した。本論では黄和田層下部～中部のテフラ層の層位と特徴に関する網羅的な情報を提示する。

## 2. 地質概説

房総半島東部に露出する上総層群下部は西方に向かって下位の三浦層群にアバットし(黒滝不整合)、房総半島中部と西部では東部よりも新しい地層が順次重なる(小池, 1951)。本層群は下位から黒滝層、勝浦層、浪花層、大原層、黄和田層、大田代層、梅ヶ瀬層及び国本層からなる(第1, 2図)。房総半島東部に露出する上総層群下部はおおよそ25°以下で北西に緩傾斜する同斜構造を示し、傾斜角は勝浦層から黄和田層下部(おおよそKd38まで)で5～15°、黄和田層中・上部でやや大きく10～25°である(宇都宮, 2019)。これらの地層には南北走向の正断層が数多く発達している(小断層解析グループ, 1973; Yamaji, 2000; Otsubo *et al.*, 2017)。

房総半島東部における黄和田層は層厚約720 mで(宇都宮, 2019)、西方へ向かって層厚を減じるとともに、黒



第2図 房総半島中部及び東部の上総層群の年代層序。古地磁気層序は新妻(1976)と辻ほか(2005)に、酸素同位体は Pickering *et al.* (1999), Okada and Niitsuma (1989)及び辻ほか(2005)に基づく。極性境界の年代値はLisiecki and Raymo (2005)とSuganuma *et al.* (2015)による。石灰質ナノ化石層序は佐藤ほか(1988)に従い、化石帯はOkada and Bukry (1980)に従った。

Fig. 2 Chronostratigraphy of the Kazusa Group on the east-central Boso Peninsula. Magnetostratigraphy follows Niitsuma (1976) and Tsuji *et al.* (2005). Oxygen isotope stratigraphy of Pickering *et al.* (1999), Okada and Niitsuma (1989) and Tsuji *et al.* (2005) are shown. Ages of the polarity boundaries follow Lisiecki and Raymo (2005) and Suganuma *et al.* (2015). Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Kazusa Group and biozonation follow Sato *et al.* (1988) and Okada and Bukry (1980), respectively. Fm.: Formation.

滝不整合に近づくにつれて下位層準から順次粗粒化する(中嶋, 1978)。これにより、房総半島東部ではKd48の20～30 m下位に大原層との境界が位置するが(宇都宮, 2019), 房総半島中部の折木沢における小櫃川支流ではKd38直下に黒滝層との境界が位置する(三梨・山内, 1987)。本層は主に泥岩からなり、厚さ10 cm以下の極細粒～細粒砂岩層やテフラ層が挟まる。また本層には海底地すべり堆積物が複数層準に挟在し(山内, 1969; Ogiwara and Ito, 2011; Fukuda *et al.*, 2015; Utsunomiya and Yamamoto, in press), それらは層厚30 m以上、水平距離数10 kmにわたって追跡される(Utsunomiya, 2018; Utsunomiya *et al.*, 2018)。

### 3. 黄和田層のテフラ鍵層

黄和田層に挟在するテフラ鍵層は、房総半島東部では1960年代までKwの頭文字に続けて上位から順に番号が付された(品田, 1952; 石和田ほか, 1962; 樋口, 1964)。その後、三梨ほか(1959)によって露頭の連続性が良い房総半島中部の養老川を模式地として、黄和田層のテフラ層にKdを頭文字とする番号付けが示され、現在一般に用いられている。黄和田層のテフラは下位よりKd48からKd1までの名称が与えられている(三梨ほか, 1959; 三梨ほか, 1962; 石和田ほか, 1971)。千葉県立中央博物館(1991)はそれらのうち露頭位置を写真とスケッチ及び柱状図で示した。これは現地でのテフラ層の同定に関し

て大変有用であり、多くの研究者に参照されている。里口(1995)はKd8A, B, Kd23A, Bを定義するとともに、黄和田層のテフラの粒度分布、火山ガラスの屈折率と鉱物組成などを報告した。

以下、黄和田層の広域テフラについて記述する。テフラ名を記述する際、「○○テフラ(層)」あるいは「○○火山灰(層)」の表現はできるだけ初出文献に従い、広域名称の場合は「○○テフラ」とし、各地域での名称は「テフラ」を省いた。黄和田層に挟まる広域テフラには下位からKd44, Kd39, Kd38, Kd25, Kd24, Kd18, Kd16及びKd8Bが知られている。Kd44は鈴木・中山(2007)によって古琵琶湖層群の中火山灰及び新潟地域の西山層のSigと対比され、Kd44-中テフラ(Kd44-Nk)と称された。鈴木・中山(2007)は、Kd44が大原層のHS Cと類似していることから、その噴出源を秋田・岩手県境付近の仙岩地熱地域と推定した。Kd39は長橋ほか(2000)により飛騨高山地域の丹生川火砕流堆積物に対比され、また噴出源は穂高岳付近と推定され、広域名称は穂高-Kd39テフラ(Ho-Kd39)とされている。このほかにKd39に対比されているテフラとして静岡地域の掛川層群の川久保火山灰(長橋ほか, 2000)、富山県氷見地域の十二町層の矢崎火山灰(大久保・荒井, 2002)、銚子地域のOb1(藤岡・亀尾, 2004)などがある。Kd38は吉川ほか(1996)により大阪層群の福田火山灰、新潟地域の魚沼層群の辻又川火山灰などと対比された。その後、飛騨高山地域の茶屋野凝灰岩層I・II及びその上位の恵比須峠火砕堆積物に対比され、広域名称として恵比須峠-福田テフラ(Eb-Fukuda)と呼称された(長橋ほか, 2000)。Kd25は、里口ほか(1996)により静岡の掛川層群の上土方I火山灰に対比されたほか、長野の大峰溶結凝灰岩層などにも対比され、広域名称は大峰-SK110テフラ(Om-SK110)と呼称されている(長橋ほか, 2000)。ほかに対比されたテフラとしては新潟地域の魚沼層群のSK110(坂井・黒川, 2002)、秋田男鹿地域の北浦層のKm3(長橋ほか, 2002)、金沢の大桑層のO3(田村・山崎, 2004)などがある。Kd24は坂井・黒川(2002)により新潟地域の魚沼層群のSK100に対比されたのをはじめ、横浜地域のSg1(藤岡ほか, 2003)、銚子地域のOb4c(藤岡・亀尾, 2004)、秋田県男鹿地域のKm2(黒川ほか, 2004)に対比されている。長橋ほか(2000)は、飛騨高山地域の白沢天狗流紋岩に対比される可能性が高いとし、Satoguchi and Nagahashi (2012)は、広域名称として白沢天狗-SK100テフラ(Srt-SK100)と呼称した。Kd18は、黒川ほか(2002)により新潟地域のTR60, Tugmなどに対比された。坂井・黒川(2005)はこれらのテフラを福島県の白河地域・会津盆地の芦野火砕流堆積物に対比したが、村田・鈴木(2011)は、この芦野火砕流堆積物とされているものは模式地の芦野火砕流堆積物とは異なるもので、赤井火砕流堆積物を定義し、これに対比されるとした。Suzuki *et al.* (2017)は、広域名称として白河

赤井-Kd18テフラ(Sr-Aki-Kd18)と呼称した。Kd8Bは黒川ほか(1999, 2002)により新潟地域の西山層のJjj, Omigなどと対比された。村田・鈴木(2011)は千葉県銚子地域の犬吠層群に挟まるテフラとともに、福島県の白河地域・会津盆地に分布する芦野火砕流堆積物に対比した。Suzuki *et al.* (2017)は広域名称として白河芦野-Kd8テフラ(Sr-Asn-Kd8)と呼称した。

こうした広域対比が進展する一方で、黄和田層下部～中部のテフラ層に関しては調査が十分になされてこなかった(千葉県立中央博物館, 1991)。また、黄和田層に挟まる既知の広域テフラの上下関係に一部問題があることも指摘されていた(水野・納谷, 2011; 鈴木・村田, 2011)。鈴木・村田(2011)は黄和田層中部～上部の主要テフラ層の層序を再検討するとともに、それらの記載岩石学的特徴と火山ガラスの化学組成を報告した。彼らが白河隈戸テフラに対比したテフラ層は三梨ほか(1959)でKd21とされたテフラとされるが、坂井・黒川(2005)は同じテフラ層をKd21.5とした。また、鈴木・村田(2011)は、多摩丘陵で新たに定義した根方-百合ヶ丘テフラと千葉県立中央博物館(1991)がKd21としたテフラ層を対比して、このテフラ層が三梨ほか(1959)でKd21とされたテフラ層の上位であると指摘した。また水野・納谷(2011)と鈴木・村田(2011)は千葉県立中央博物館(1991)のKd13及びKd10がKd18及びKd16とそれぞれ同じテフラ層であることを示し、テフラ層の層序関係を再検討する必要があることを指摘した。これらの問題点は層序学的に評価される必要があったが、ルート毎の柱状図を提示して黄和田層のテフラ層の層序関係を示した上で、化学的特徴を明らかにした研究例はほとんどなかった。

#### 4. 分析手法

採集したテフラ試料は、ふるいを用いて粒径1/4～1/16 mmサイズを取り出し、洗浄・常温乾燥後、重鉱物組成、火山ガラスの形態の記載、火山ガラス及び直方(斜方)輝石の屈折率測定及び火山ガラスの主成分・微量元素化学組成分析を行った。まず鉱物組成については、テフラ中の火山ガラスや鉱物の割合は、噴出源からの距離や個々の露頭における保存状態等により変化することが多いので、定量的測定(粒子計測)は行わず定性的記載とした。火山ガラスの形態は岸・宮脇(1996)の分類に依った。火山ガラスの屈折率測定は産総研所有の温度変化型測定装置RIMS87(株式会社京都フィッシュン・トラック製)またはMAIOT(株式会社古澤地質製)を用いて測定した。一部の試料については、株式会社古澤地質に測定を依頼した。1試料あたり30点以上(重鉱物が少ない試料では直方輝石は20粒程度)を測定した上で、屈折率の範囲とモードを示した。測定誤差は±0.001程度である。

火山ガラスの化学組成分析は、専門分析機関に依頼

したが、3機関で分析手法が異なる。三菱マテリアルテクノ株式会社では、誘導結合プラズマ発光分析法 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry: ICP-AES) と原子吸光分析法 (Atomic Absorption Spectrometry: AAS) によって主成分・微量成分の分析が行われた。ICP-AESに関してはICAP-575もしくはICAP-750 プラズマ発光分析装置 (日本ジャーレル・アッシュ株式会社製) を、AASに関してはZ-500 偏光ゼーマン原子吸光光度計 (株式会社日立ハイテクノロジーズ製) を用いて測定を行なった。主成分のTiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup> (総FeをFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>として計算した値), MnO, MgO, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と、対比に有効とされるBa, La, Sc, Sr, V, Yの6成分 (吉川, 1990) を含む微量成分を、ICP-AESにて、K<sub>2</sub>OとNa<sub>2</sub>Oの定量をAASにて行った。分析方法及び精度の詳細はTamura *et al.* (2008) に示されている。なお、試料はHF, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>を用いて分解されるため、SiO<sub>2</sub>は定量することができない。火山ガラス片の純化作業は、重液分離と電磁セパレーター、さらに場合によってはハンドピッキングにより行い、顕微鏡下にて98%以上であることを確認した。地球科学標準試料 (JG-1a) の分析も合わせて行い、分析値の再現性を確認した。

Activation Laboratories LTD. (Actlabs) 社への依頼分析では、ICP-AESとICP質量分析 (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: ICP-MS) により、ICP質量分析装置 ELAN6000, 6100 もしくは9000 (パーキンエルマー社製) を用いて主成分・微量成分の分析が行われた。純化した火山ガラスの粉末試料をLiBO<sub>2</sub>とLi<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>を使用して熔融し、SiO<sub>2</sub>を含む主成分はICP-AESにて、また微量成分はBa, Sc, Sr, V, YはICP-AESにて、LaはICP-MSにて分析された値を採用した。これらの測定では、標準試料の分析、反復分析が行われており、分析精度のチェックがなされている。

株式会社古澤地質への依頼分析では、火山ガラス粒子15～10粒子程度を分析し、主成分はエネルギー分散型X線マイクロアナライザー (Energy Dispersive X-Ray Spectrometry: EDX)、微量成分はレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析 (LA-ICP-MS) によって求められた。Fe含有量に関しては、総FeをFeO<sup>T</sup>として算出した。標準試料を同時に測定してチェックされている。分析法の詳細は古澤 (2017) に示されている。

## 5. テフラの記載法と名称

黄和田層には様々な粒度と構成鉱物のテフラ層が挟在する。本研究では露頭観察で色調、粒度及び層厚を記載し、粒度によって火山灰と火山礫とに区分した。火山灰は極細粒砂～細粒砂サイズの構成粒子によって結晶質火山灰とガラス質火山灰に区分し、結晶と火山ガラスが同程度含まれているものは結晶質-ガラス質火山灰とした。

火山礫は主に軽石、スコリアからなるものに区分した。

テフラ層の名称に関して、宇都宮 (2019) では、三梨ほか (1959) の記載したテフラ名を優先的に用い、その後記載あるいは再定義されたテフラ層については新妻 (1976)、里口 (1995)、Utsunomiya (2018) あるいは中嶋・宇都宮 (2019) の命名に従っている。例えば、Kd38は元々複数のテフラ組み合わせとして定義されたが、宇都宮 (2019) では三梨・山内 (1987) のKd38eをKd38と再定義した里口ほか (2000) に従った。Kd27とKd28に関してはテフラ層の枚数が多く小数点では細分できないため、ハイフンでつないだ記号とした (例: Kd28-1 など)。Kd10～Kd14の名称については、重複して命名された経緯があり混乱を招くことから欠番とした。本報告では宇都宮 (2019) のテフラ名に従い、今回新たに認識されたKd16とKd9の間のテフラ層については小数点付きの番号を付した。なおKd15は三梨ほか (1959) で明示されていないことから欠番とし、Kd15番台については、Kd15の下位であることを意味しないことに留意されたい。

## 6. ルート間の対比と層序

調査ルートは5万分の1地形図「大多喜」と「上総大原」図郭内で黄和田層が連続的に露出するルートを選定した。ルートマップと調査地点の位置を付図1, 2に、ルートマップを付図3～付図8に、セクション毎の柱状図を付図9～付図20にそれぞれ示す。各テフラ層の詳細な柱状図は付図21～付図53に示し、ここでは粒度、層厚、岩相、露頭写真、ガラス形態及び鉱物組成を示した。

Kd48の下位約15 mからKd44までの層準は勝浦市松野の夷隅川沿い (付図3)、Kd43からKd31Aまでの層準は勝浦市市野郷の馬堀川沿い (付図4)、Kd31AからKd28-1までは大多喜町弥喜用 (付図5A)、Kd27-2からKd25まではいすみ市山田 (付図5B)、Kd24からKd23までは大多喜町川畑 (付図6)、Kd22からKd20.4までは大多喜町栗又の養老川沿いと大多喜町川畑及びいすみ市日在 (付図3, 6, 7)、Kd20周辺からKd18までは大多喜町川畑 (付図6)、Kd17.2からKd15.1までは大多喜町筒森の夕木川沿い (付図8)、Kd9からKd6までは大多喜町久我原 (付図6)、Kd8からKd5までは大多喜町筒森の夕木川沿い (付図8) に連続的に露出する。

黄和田層中部～上部の層準は主に泥岩からなり、層厚1 m以下 (多くは10 cm以下) のタービダイト砂岩層を挟む。タービダイト砂岩層は細粒砂もしくは極細粒砂からなり平行葉理や斜交葉理が発達し、泥岩偽礫を含むことがある。また水中土石流堆積物と解釈される泥と砂が淘汰悪く混在した堆積物が、特に大多喜町筒森のKd17とKd16の間 (付図16, 17) の層準に多く挟在する (付図9の凡例でmixture of mud and sandと表記)。この水中土石流堆積物は、層厚3 m以下で、基質は淘汰の悪い細粒～中粒砂

もしくは泥質砂からなり、基質支持で泥岩ブロックを含み、級化層理を示す砂岩層によって覆われる。泥岩ブロックには基質の細粒～中粒砂が貫入した碎屑岩脈が認められる。また大多喜町筒森の夕木川沿いにおけるKd15.3の上位には海底地すべり堆積物が挟在する(付図18)。海底地すべり堆積物は正確な層厚把握と堆積イベントの識別は困難であるが少なくとも層厚10 m以上にわたって連続し、基底のすべり面は層理面とほぼ平行で、すべり面直上に褶曲した泥岩優勢砂岩泥岩互層のブロックが重なり、それを不定形の泥岩偽礫を含む淘汰の悪い砂岩層もしくは泥質砂岩層が覆う。

## 7. テフラ層の記載

以下では広域テフラとして既に知られているテフラ層とその可能性が高い白色ガラス質火山灰層の特徴を下位から順に述べる。テフラ名の直後の( )内には原記載文献を示した。テフラ名と他の研究者による名称、火山ガラスや重鉍物の屈折率は第1表に示した。また火山ガラスの化学組成は第2表に示した。

分析を行ったテフラ層のうち、宇都宮(2019)と本研究で命名されたテフラ層の一部が地質標本館に収蔵されている(第1表)。

### Kd48 (新妻, 1976)

模式地は勝浦市向小羽戸、千葉県立中央博物館(1991)の地点89で、本研究のルート145(付図1)。Kd48は三梨ほか(1962)によって露頭線が描かれており、その岩相は新妻(1976)に記載されている。本テフラ層は下位から層厚4 cm程度の極細粒砂サイズの粗粒火山灰層、細粒砂の薄層、層厚約10 cmの細粒火山灰層からなり、上面を層厚数 cmの細粒砂岩層が覆う(付図22)。やや結晶質なガラス質火山灰層で、火山ガラスはスモール・バブル型やスポンジ型、バブルウォール型及び平行型のものを含む。重鉍物は普通角閃石が卓越し、直方輝石を含む。火山ガラスの微量成分では、Srが220 ppm程度とやや高い値を示す。

### Kd44 (新妻, 1976)

模式地は勝浦市杉戸、千葉県立中央博物館(1991)の地点88。Kd44は三梨ほか(1962)によって露頭線が描かれており、その岩相は新妻(1976)で記載された。Kd44底面の40 cm下位に層厚15 cmの中粒砂サイズからなる暗灰色粗粒火山灰と軽石の細礫からなるテフラ層が挟在し、このテフラ層とKd44との組み合わせが現地での同定に有用である。本層は層厚70～80 cmのやや結晶質なガラス質火山灰層で、その火山ガラスはバブルウォール型が卓越し、重鉍物は普通角閃石と直方輝石が卓越する。火山ガラスの微量成分では、Baが800 ppm弱、Yが41 ppmを示し、他のテフラに比べると高い値を示す。

### Kd41 (宇都宮, 2019)

模式地は勝浦市市野郷のルート587(付図4)。本テフラ層は層厚7 cm、下部は中粒砂サイズの灰色～白色粗粒火山灰からなり、級化して上部は灰色～白色細粒火山灰からなる。火山ガラスは平行型、繊維型、スモール・バブル型など多様である。重鉍物は直方輝石が卓越し単斜輝石を含む。火山ガラスの屈折率は1.51を超え、その化学組成では、 $K_2O$ が1%未満と著しく低い。

### Kd40 (千葉県立中央博物館, 1991)

模式地は勝浦市杉戸、千葉県立中央博物館(1991)の地点87である。Kd40は三梨ほか(1962)によって露頭線が描かれており、新妻(1976)によって岩相が記載された。新妻(1976)は2枚組みの細粒火山灰層をKd40として記載したが、詳細は不明である。本研究では千葉県立中央博物館(1991)が報告したKd40に従う。本テフラ層は下位から層厚2 cmの白色ガラス質火山灰層、層厚2 cmの泥岩層、層厚約30 cmの白色ガラス質火山灰層が重なる。粒度は極細粒砂サイズ～シルトサイズが卓越する。火山ガラスの形態はスモール・バブル型、スポンジ型、繊維型及びバブルウォール型である。重鉍物は普通角閃石が卓越する。火山ガラスの微量成分では、Srが260 ppmと高い値を示す。

### Kd39 (新妻, 1976)

模式地は大多喜町平沢川沿い、千葉県立中央博物館(1991)の地点86である。Kd39は三梨ほか(1962)によって露頭線が描かれており、新妻(1976)によって岩相が記載された。最下部に層厚1.5 cmの白色細粒ガラス質火山灰層を挟み、その上に層厚1 cmの細粒砂サイズの白色ガラス質火山灰層が重なる。その上位には平行葉理やコンポリュート葉理が発達した層厚40～170 cmの白色～灰色細粒ガラス質火山灰層が重なり、このユニットの層厚は観察地点によって大きく異なる。夷隅川から東方ではKd39とKd38の間に海底地すべり堆積物が挟まり(宇都宮, 2019)、その中にKd39を含む褶曲変形したブロックが確認される。火山ガラスの形態は平行型、バブルウォール型、スモール・バブル型など多様な形態を示す。重鉍物は直方輝石と単斜輝石を主体とする。火山ガラスの化学組成では、 $K_2O$ が4%、Baが700 ppm台とやや高いグループに属する。

### Kd38 (里口ほか, 2000)

Kd38は良く知られた鍵層であるが、その定義は文献資料によって異なる。三梨・山内(1987)では細粒火山灰層(Kd38e)とその上位の粗粒火山灰もしくは火山礫からなる4枚のテフラ層(Kd38a-d)の組み合わせをKd38として扱っている。中嶋・渡辺(2005)でも同じ組み合わせをKd38(一姫二太郎)としている。中嶋・宇都宮(2019)でも、細粒火山灰層(Kd38-4)とその上位の粗粒火山灰もしくは火山礫からなる3枚のテフラ層(Kd38-1-3)の組み合わせをKd38として扱っている。里口ほか(2000)はこれらのうち最下位の細粒火山灰層(三梨・山内, 1987のKd38e)

上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)

第1表 黄和田層テフラ鍵層の採取地と屈折率。[GSJ R]の標本番号が付されているものは産業技術総合研究所地質調査総合センター地質標本館に収蔵されている。

Table 1 List showing location and refractive index of the marker tephra beds in the Kiwada Formation. Tephra samples with the catalog number (GSJ R) are housed in the Geological Museum, Geological Survey of Japan, AIST.

Tephra name	Original description	Synonym	Sample name	Location number (reference) and locality	Catalog number	Refractive index	
						volcanic glass (n)	orthopyroxene ( $\gamma$ )
Kd5B	C91		T1	533 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River		1.501-1.504	
Kd6	C91		T2	203 (Fig. A6) Kugahara, Isumi River		1.507-1.509	
Kd7	C91		T3	203 (Fig. A6) Kugahara, Isumi River		1.509-1.512	
Kd8B	S95		T4	Loc. 65 (C91) Kozawamata, Yoro River		1.502-1.506	1.706-1.714
Kd9	C91		T5	352 (Fig. A2) Yamada, Isumi City		1.496-1.503	
			T6	651 (Fig. A7) Kozawamata, Yoro River		1.501-1.503	
Kd15.4	This study		T7	610 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109883	1.509-1.511	1.704-1.715
Kd15.5	This study		T8	610 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109884	1.502-1.505	1.699-1.716
Kd15.7	This study		T9	610 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109885	1.504-1.506	1.702-1.717
Kd15.9	This study		T10	610 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109886	1.499-1.501	
Kd16	M59	Kd10 (I71, C91)	T11	394 (Fig. A7) Awamata, Yoro River		1.499-1.501	
			T12	Loc. 68 (C91) Yamada, Isumi City		1.499-1.501	1.699-1.713
			T13	508 (Fig. A5c) Misakimachi-Izawa, Isumi City		1.497-1.500	
			T14	610 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109887	1.498-1.500	
Kd16.1	This study		T15	610 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109888	1.503-1.505	
Kd16.2	This study	Kd11 (I71, C91)	T16	578 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109889	1.500-1.501	
			T17	Loc. 69 (C91) Yamada, Isumi City		1.499-1.501	
			T18	394 (Fig. A7) Awamata, Yoro River		1.500-1.501	
Kd16.3	This study		T19	578 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109890	1.503-1.505	1.701-1.706
			T20	394 (Fig. A7) Awamata, Yoro River		1.503-1.505	
Kd16.5	U19	Kd12 (I71, C91)	T21	Loc. 70 (C91) Yamada, Isumi City		1.499-1.501	
			T22	Loc. 70 (C91) Yamada, Isumi City		1.499-1.501	
			T23	368 (Fig. A5d) Yamada, Isumi City		1.498-1.501	
			T24	577 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109891	1.499-1.500	
Kd16.8	This study		T25	578 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109892	1.500-1.503	
Kd17	M59		T26	578 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109893	1.499-1.501	
			T27	578 (Fig. A8) Yamada, Isumi City		1.498-1.501	
			T28	Loc.74 (C91) Awamata, Yoro River		1.500-1.501	
Kd17.2	This study		T29	577 (Fig. A8) Ogurano, Yuki River	GSJ R109894	1.499-1.501	
Kd18	M59	Kd13 (I71, C91)	T30	Loc. 71 (C91) Yamada, Isumi City		1.501-1.504	
			T31	Loc. 75 (C91) Awamata, Yoro River		1.501-1.504	1.710-1.719 (1.711-1.713)
Kd19	M59	Kd21 (C91)	T32	Loc. 78 (C91) Hirasawa, Hirasawa River		1.500-1.502	
			T33	Loc. 78 (C91) Hirasawa, Hirasawa River	GSJ R109895	1.501-1.502	
Kd19.2	U19		T34	390 (Fig. A7) Hirasawa, Hirasawa River	GSJ R109896	1.504-1.509	1.705-1.709, 1.711-1.714
Kd19.3	U19		T35	390 (Fig. A7) Hirasawa, Hirasawa River	GSJ R109897	1.498-1.501	1.703-1.715
Kd20	M59		T36	182 (Fig. A6) Kawahata, Otaki Town		1.498-1.501	
			T37	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City		1.498-1.500	1.705-1.718, 1.726-1.729
			T38	Loc. 77 (C91) Hirasawa, Hirasawa River		1.498-1.500	
Kd20.3B	U19		T39	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City	GSJ R109898	1.514-1.518	1.699-1.713 (1.703-1.706)
Kd20.4B	U19		T40	359 (Fig. A2) Yamada, Isumi City	GSJ R109899	1.501-1.503	1.708-1.713
Kd20.4C	U19		T41	359 (Fig. A2) Yamada, Isumi City	GSJ R109900	1.504-1.507	
			T42	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City		1.505-1.507	
Kd20.5	U19	Kd21 (S11)	T43	553 (Fig. A7) Awamata, Yoro River	GSJ R109901	1.501-1.502	
			T44	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City		1.501-1.502	1.714-1.720 (1.716-1.718)
Kd21B	U19		T45	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City	GSJ R109902	1.496-1.502	
Kd22	M59		T46	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City	GSJ R109903	1.500-1.559	1.711-1.724 (1.716-1.721)
Kd22.2	U19		T47	554 (Fig. A2) Hiari, Isumi City	GSJ R109904	1.500-1.506	
Kd22.3	U19		T48	552 (Fig. A7) Awamata, Yoro River	GSJ R109905	1.498-1.503	
Kd23B	S95		T49	Loc. 80 (C91) South of Awamata, Yoro River		1.499-1.501	
Kd24	M59		T50	Loc. 81 (C91) South of Awamata, Yoro River		1.497-1.499	
Kd25	M59		T51	Loc. 82 (C91) South of Awamata, Yoro River		1.497-1.499	1.703-1.727, 1.742-1.743
Kd27-2D	U19		T52	246 (Fig. A5a) Yakiyo, Otaki Town	GSJ R109906	1.520-1.534	
Kd28-2	U19		T53	591 (Fig. A2) Azuma Dam, Isumi City	GSJ R109907	1.526-1.532	1.708-1.719, 1.724-1.729
Kd28-9	U19		T54	246 (Fig. A5a) Yakiyo, Otaki Town	GSJ R109908	1.496-1.500	1.704-1.709
Kd29	U19		T55	246 (Fig. A5a) Yakiyo, Otaki Town	GSJ R109909	1.508-1.510	
Kd30	U19		T56	246 (Fig. A5a) Yakiyo, Otaki Town	GSJ R109910	1.499-1.505	1.709-1.714 (1.710-1.713)
Kd31B	U19		T57	246 (Fig. A5a) Yakiyo, Otaki Town	GSJ R109911	1.505-1.507	1.713-1.719, 1.723-1.726
Kd32	U18		T58	161 (Fig. A4) Ichinogo, Katsuura City	GSJ R109912	1.507-1.509	
Kd38	S00	Kd38e (M87), Kd38-4 (N19)	T59	Loc. 85 (C91) Orizakawa		1.500-1.502	1.717-1.761
Kd39	C91		T60	Loc. 86 (C91) Hirasawa, Hirasawa River		1.500-1.502	1.714-1.721
Kd40	C91		T61	Loc. 87 (C91) Sugido, Katsuura City		1.502-1.507	
Kd41	U19		T62	587 (Fig. A4) Ichinogo, Katsuura City	GSJ R109913	1.511-1.514	1.706-1.710, 1.714-1.719
Kd44	N76		T63	Loc. 88 (C91) Sugido, Katsuura City		1.499-1.501	1.708, 1.719-1.722
Kd48	N76		T64	Loc. 89 (C91) Mukaikobado, Katsuura City		1.504-1.506	

Abbreviations: C91, Natural History Museum and Institute, Chiba (1991); I71: Ishiwada *et al.* (1971); M59, Mitsunashi *et al.* (1959); M87, Mitsunashi and Yamauchi (1987); N76, Niitsuma (1976); N19, Nakajima and Utsunomiya (2019); S95, Satoguchi (1995); S11: Suzuki and Murata (2011); U18, Utsunomiya (2018); U19, Utsunomiya (2019).





をKd38として再定義した。本報告ではこの細粒火山灰層が広域テフラとして多くの文献でKd38として認識されていることを踏まえ、里口ほか(2000)の定義に従った。Kd38の上位の粗粒火山灰もしくは火山礫からなるテフラ層を指す場合には、中嶋・宇都宮(2019)のKd38-1、というように、引用文献を併記する必要がある。

Kd38の模式地は君津市折木沢、千葉県立中央博物館(1991)の地点85である。火山ガラスはバブルウォール型が卓越し平行型を含む。重鉱物は普通角閃石が卓越し直方輝石を含むほか、黒雲母を含むことがある。直方輝石の屈折率( $\gamma$ )はレンジが広く、最大値は1.76を超える。火山ガラスの化学組成では、MgOが0.06%と低く、K<sub>2</sub>Oが4%台、Baが700 ppm台と比較的高い。

#### Kd32 (Utsunomiya, 2018)

模式地は勝浦市市野郷のルート161(付図4)。本テフラ層は層厚約10 cmで細礫から中礫サイズの軽石から主になる。軽石と軽石の間は白色細粒火山灰で充填される。火山ガラスの形態はスモール・バブル型、スポンジ型、繊維型からなり、軽石内の斑晶鉱物として普通角閃石を含む。火山ガラスの主成分では、K<sub>2</sub>Oが1%台で低い。

#### Kd31B (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。Utsunomiya(2018)によってKd31とされたテフラ層を宇都宮(2019)がKd31Bとして再定義した。大多喜町弥喜用(付図5a)のルート246では全体の層厚は75 cmで、最下部に灰色のシルト～極細粒砂サイズのガラス質火山灰層があり、平行葉理が発達する。火山ガラスの形態はバブルウォール型と平行型を主体とし、スモール・バブル型と繊維型を含む。重鉱物は直方輝石と単斜輝石を主体とする。火山ガラスの微量成分ではBaが800 ppm程度で高い。

#### Kd31A (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。Kd31Bの上位約1.5 mに挟在する。大多喜町弥喜用(付図5a)のルート246では層厚80 cmのやや結晶質な細粒火山灰層。その火山ガラスは平行型、バブルウォール型及びスモール・バブル型からなる。珪藻化石や他形の重鉱物を含むことから本質物を区別することが難しい。本層は主にシルトサイズ以下の粒子からなり、粒子を収集することが困難であったため屈折率や化学組成分析は行っていない。

#### Kd30 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。最下部に細礫サイズの軽石と岩片と灰色の細粒砂サイズの粗粒火山灰層を敷き、灰色細粒火山灰層が覆う。大多喜町弥喜用(付図5a)のルート246では全体の層厚は約50 cmとなる。火山ガラスの形態は平行型、バブルウォール型、及び繊維型を含む。重鉱物は普通角閃石を主体とする。火山ガラスの微量成分では、Baが300 ppm台と低い値を示す。

#### Kd29 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。シルトサイズ～極細粒砂サイズの白色火山灰からなり、大多喜町弥喜用(付図5a)のルート246では全体の層厚は98 cmである。火山ガラスは平行型、繊維型、スモール・バブル型など多様である。重鉱物は普通角閃石が卓越する。火山ガラスの化学組成では、K<sub>2</sub>Oが1%台の低い値を示す。

#### Kd28-9 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。シルトサイズ～極細粒砂サイズの白色火山灰からなり、全体の層厚は4 cmである。火山ガラスは厚手のスモール・バブル型とスポンジ型が多く、平行型を含む。重鉱物は、黒雲母、普通角閃石、直方輝石を主体とする。火山ガラスの化学組成ではFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>T</sup>が0.8%程度とほかのテフラに比べて低い。

#### Kd28-2 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。層厚30 cmの灰色ガラス質火山灰層で、細粒砂サイズ～シルトサイズに級化する。火山ガラスは褐色を帯びたバブルウォール型や繊維型のものからなる。重鉱物は直方輝石と単斜輝石を主体とする。火山ガラスの屈折率が1.526～1.532と高く、化学組成ではFeO<sup>T</sup>が約5%、MgOが0.6%台、CaOが約3.6%と高く、K<sub>2</sub>Oが1%未満と低い。なお分析試料はいすみ市山田の東ダム付近ルート591(付図2)で採取した。

#### Kd27-2D (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町弥喜用のルート246(付図5a)。層厚10 cmの白色ガラス質細粒火山灰層。火山ガラスは褐色を帯びたバブルウォール型、スモール・バブル型、平行型、スポンジ型、繊維型と多様である。重鉱物は非常に少ない。Kd28-2と類似していて、火山ガラスの屈折率が高く、化学組成も類似した特徴を示し、微量元素ではBaの値が200 ppm台で低い。

#### Kd25 (三梨ほか, 1959)

模式地は大多喜町宇野辺の養老川沿い、千葉県立中央博物館(1991)の地点82である。いすみ市山田の山田川沿い(ルート363, 付図5b)では最下部に層厚3 cmの細粒砂サイズの白色ガラス質火山灰層を敷き、それを約70 cmの白色～灰色細粒火山灰層が覆う。火山ガラスの形態はバブルウォール型が主体であり重鉱物は黒雲母が多く、直方輝石、単斜輝石、普通角閃石を含む。直方輝石の屈折率( $\gamma$ )はレンジが広く、最大値は1.74を超える。火山ガラスの化学組成では、TiO<sub>2</sub>、MgOの値がともに0.1%未満と低い。

#### Kd24 (三梨ほか, 1959)

模式地は大多喜町宇野辺の養老川沿い、千葉県立中央博物館(1991)の地点81である。大多喜町川畑の夷隅川沿い(ルート178, 付図6)では、最下部に層厚5 cmの細粒砂サイズの白色ガラス質火山灰層とそれを覆う約70

cmの白色～灰色細粒火山灰層からなる。火山ガラスの形態はバブルウォール型、平行型及び繊維型からなり、重鉍物のほとんどが黒雲母からなる。直方輝石は量が少なかったためにその屈折率測定は行えなかったが、Kd24に対比されている新潟のSK100テフラでは、 $\gamma$ 値はレンジが広く、最大値は1.76を超える。火山ガラスの化学組成では、Kd25と同様に、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ が0.1%未満と低い。Kd25と類似する点が多いが、最も識別しやすい点は、Kd24の火山ガラスの形態に繊維型が多いところである。

#### Kd23B (里口, 1995)

模式地は大多喜町栗又の養老川沿い、千葉県立中央博物館(1991)の地点80である。三梨ほか(1959)により養老川で記載されたKd23のうちガラス質細粒火山灰を里口(1995)がKd23Bと呼んだ。大多喜町川畑の夷隅川沿い(ルート178, 付図6)では下位から層厚4 cmのシルトサイズの粒子を主体とする白色ガラス質火山灰層、層厚13 cmの凝灰質泥岩層、及びそれを覆う13 cmの白色～灰色細粒火山灰層からなる。火山ガラスの形態は平行型がバブルウォール型にやや卓越し、重鉍物は非常に少ないがほとんどが普通角閃石からなる。

#### Kd22.2 (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市日在のルート554(付図2)である。本テフラ層は層厚2 cmの細粒ガラス質火山灰で、直下に細礫～中礫サイズの軽石が散在する。火山ガラスはスポンジ型が多く、繊維型を含む。重鉍物は、普通角閃石が多い。火山ガラスの化学組成では $\text{K}_2\text{O}$ が4%を超え、高いグループに含まれる。

#### Kd22 (三梨ほか, 1959)

模式地は大多喜町栗又の養老川沿い、千葉県立中央博物館(1991)の地点79である(ルート553: 付図7)。本テフラ層は灰色火山灰層で細粒砂サイズ～シルトサイズに級化する。三梨ほか(1959)により養老川で記載された本テフラ層は層厚約50 cmだがそれと対比されるいすみ市日在(付図2)のルート554のKd22は層厚10 cmと薄くなる(付図40)。火山ガラスは褐色でスモール・バブル型と繊維型を主体とし、重鉍物は直方輝石と単斜輝石を主体とする。火山ガラスの化学組成では、 $\text{TiO}_2$ が0.5%程度、 $\text{FeO}^T$ が5%台、 $\text{MgO}$ が1%近く、 $\text{CaO}$ が4%台と高く、 $\text{K}_2\text{O}$ が0.4%台と著しく低い。

#### Kd21B (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市日在のルート554(付図2)である。本テフラ層は三梨ほか(1959)がKd21とした2枚のテフラ層のうち下位のガラス質火山灰層を宇都宮(2019)でKd21Bとした。層厚は3 cmで極細粒砂サイズからシルトサイズに級化する。やや結晶を多く含む。火山ガラスは、厚手のスポンジ型、繊維型、スモール・バブル型のほか塊状のものを含む。重鉍物として黒雲母が卓越する。火山ガラスの化学組成では、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ が0.1%以下と低く、また $\text{CaO}$ もほかのテフラに比べて低いほうであるが、

$\text{K}_2\text{O}$ が4%を超えて高い。

#### Kd20.5 (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市日在のルート554(付図2)である。本テフラ層は層厚10 cmの白色ガラス質火山灰層で極細粒砂サイズからシルトサイズに級化する。火山ガラスはバブルウォール型が卓越し、繊維型と平行型を含む。重鉍物として直方輝石と単斜輝石を主体とする。本テフラ層を、坂井・黒川(2005)はKd21.5として、鈴木・村田(2011)はKd21として白河隈戸テフラに対比した。

#### Kd20.4C (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市山田のルート359(付図2)である。本テフラ層は層厚10 cmの白色ガラス質細粒火山灰層で火山ガラスは繊維型、スモール・バブル型及びスポンジ型からなる。重鉍物は黒雲母を主体とする。火山ガラスの化学組成では、 $\text{K}_2\text{O}$ が4%を超えて高い。

#### Kd20.4B (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市山田のルート359(付図2)である。本テフラ層は層厚4 cmの白色ガラス質細粒火山灰層で火山ガラスは繊維型、平行型及びスモール・バブル型からなる。重鉍物は普通角閃石を主体とし、ほかに直方輝石を含む。

#### Kd20.4A (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市山田のルート359(付図2)である。本テフラ層は層厚22 cmの白色、結晶をやや多く含むガラス質細粒火山灰層で、火山ガラスは褐色を帯びたスポンジ型、繊維型、平行型及びスモール・バブル型からなる。重鉍物は直方輝石、単斜輝石を主体とする。本層は細粒で粒子を収集することが困難であったため屈折率や化学組成分析は行っていない。

#### Kd20.3B (宇都宮, 2019)

模式地はいすみ市日在のルート554(付図2)である。本テフラ層は結晶をやや多く含む火山灰層で、大多喜町川畑のルート182(付図6)では層厚9 cmの細粒砂サイズの火山灰層を層厚2 cmのシルトサイズの火山灰層が覆う。柱状図は示していないが、本層はいすみ市日在でもルート554(付図2)の上限から数m上位に露出する。ここでは層厚が厚くなり層厚40 cmの細粒砂サイズの火山灰層を層厚35 cmのシルトサイズの火山灰層が覆う。化学組成分析はいすみ市日在の試料を用いた。火山ガラスはスポンジ型が多く、その屈折率は1.51台で比較的高い。重鉍物は直方輝石が多く、単斜輝石を伴う。火山ガラスの化学組成では、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}^T$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ がほかのテフラに比べて高めで、 $\text{K}_2\text{O}$ は1%台と低めであり、また $\text{Ba}$ の値も300 ppm台で低い。

#### Kd20 (三梨ほか, 1959)

模式地は大多喜町平沢の平沢川沿い、千葉県立中央博物館(1991)の地点77で、本研究ではルート583(付図7)である。本テフラ層は三梨ほか(1959)により大多喜町栗又の滝の南方、養老川沿いで記載されたが、そこでは現

在護岸の影響で一部露出するのみである。本テフラ層は房総半島東部では広く追跡可能で、大多喜町川畑の夷隅川沿い(ルート182:付図6)では、本テフラ層は最下部の層厚4 cmの細粒火山灰層を層厚17 cmの凝灰質細粒～砂岩層が覆い、その上位に層厚330 cmの厚い細粒～極細粒砂サイズのガラス質火山灰層が覆う。火山ガラスは、バブルウォール型、平行型が多く、スモール・バブル型などもみられる。重鋳物は非常に少ないが、普通角閃石、直方輝石が含まれている。直方輝石の屈折率( $\gamma$ )は1.73に近いものがあり、レンジが広くやや高めである。火山ガラスの化学組成では、MgOが0.05%程度と低く、Srも50 ppm程度とほかのテフラに比べて低い。

#### Kd19.3 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町平沢の平沢川沿い(ルート390:付図7)。結晶をやや多く含む火山灰層で、層厚4 cmの細粒砂サイズの火山灰層を層厚2 cmの細粒火山灰層が覆い、直上にレンズ状の薄い細粒火山灰層が挟まる。火山ガラスは厚手のバブルウォール型と平行型を主体とし、スモール・バブル型、スポンジ型、塊状のガラスなども含まれる。ごく少量の重鋳物として直方輝石が含まれる。火山ガラスの化学組成では、TiO<sub>2</sub>やMgOが0.1%以下と少なく、K<sub>2</sub>Oが4%を超え、相対的に高いという特徴がみられる。

#### Kd19.2 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町平沢の平沢川沿い(ルート390:付図7)。Kd19.3の上位1 mに挟まる層厚1 cmの細粒火山灰層で、火山ガラスと結晶(主に長石)がほぼ等量含まれる。火山ガラスはスモール・バブル型とスポンジ型が多い。重鋳物は少ないが、黒雲母、普通角閃石がみられる。火山ガラスの化学組成では、K<sub>2</sub>Oが1%台で少ない。

#### Kd19 (三梨ほか, 1959)

模式地は大多喜町栗又、栗又橋の下の養老川沿い(ルート580:付図7)。本テフラ層は三梨ほか(1959)により同地で記載された。大多喜町三又の夷隅川沿い(ルート186:付図6)では全体の層厚は3.5 mで、最下部に約10 cmのガラス質火山灰層を敷き、その上位はシルト～極細粒砂サイズと細粒砂サイズの複数の火山灰ユニットの繰り返しからなる。本テフラ層は房総半島東部に広く追跡可能である。千葉県立中央博物館(1991)が平沢川(ルート390:付図7)でKd21としたテフラ層と同一のものである。火山ガラスはスモール・バブル型、スポンジ型が多い。重鋳物は少ないが、黒雲母、普通角閃石が含まれる。火山ガラスの化学組成では、MgOが0.05%と少なく、Baが700 ppm台で比較的高い。

#### Kd18 (三梨ほか, 1959)

模式地は大多喜町栗又の滝北方、千葉県立中央博物館(1991)の地点75である。大多喜町三又の夷隅川沿い(ルート186:付図6)では層厚約30 cmの細粒ガラス質火山灰層である。いすみ市山田の台河(ルート366:付図5d)ではKd13として報告されている(石和田ほか, 1971;

千葉県立中央博物館, 1991)。砂岩層に覆われる上面には火災構造が顕著に発達することがある。火山ガラスはバブルウォール型を主体とし、重鋳物は直方輝石と単斜輝石を主体とする。火山ガラスの化学組成では、K<sub>2</sub>Oが2.5%とやや少なめである。

#### Kd17.2 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート577:付図8)で、ここではKd17から6.7 m下位に挟在し、層厚は最大で1 cmで生物擾乱の影響を受けてレンズ状を呈する。本テフラ層直下には貝化石や生痕化石が密集して産する。火山ガラスはスモール・バブル型、平行型、繊維型を多く含み、塊状のガラスもみられ、また褐色を帯びたものもみられる。重鋳物は非常に少ないが、普通角閃石、直方輝石が認められる。火山ガラスの化学組成では、TiO<sub>2</sub>、MgOが0.1%以下と少なく、K<sub>2</sub>Oが4%台で高い。

#### Kd17 (再定義)

本テフラ層は三梨ほか(1959)により大多喜町栗又の滝北方の養老川沿いで記載された。現在は、断層の存在や遊歩道整備により露頭が不連続であり確認できない。本研究で報告する養老川のKd17(第1, 2表のT28)は1993年に千葉県立中央博物館(1991)と同じ地点で採取した。本論文では大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート577:付図8)を本テフラ層の模式地として新たに定義する。Kd17はルート577では層厚7 cmの細粒ガラス質火山灰層で、Kd18の約11 m上位で、Kd16の約30 m下位に挟在する。三梨ほか(1959)による元々の記載では、養老川においてKd17はKd18の約13 m上位、Kd16?とされたテフラ層の約40 m下位に位置しており、層位上矛盾はない。火山ガラスは、厚手のスモール・バブル型、スポンジ型、平行型、繊維型が多い。重鋳物はほとんど含まれない。火山ガラスの化学組成では、TiO<sub>2</sub>やMgOが0.1%以下で少なく、全体的にKd17.2に似ている。

#### Kd16.8 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート578:付図8)で、ここではKd17から1.9 m上位に挟在し、層厚は最大で2 cmで生物擾乱の影響を受けてレンズ状を呈する。結晶(主に長石と石英)と火山ガラスが等量程度の比率をなす。火山ガラスは、褐色を帯びたスポンジ型が多い。重鋳物は普通角閃石が多い。火山ガラスの微量成分では、ほかのテフラに比べてSrが600 ppm程度と非常に高く、Yが5 ppm未満と低い特徴がある。

#### Kd16.5 (宇都宮, 2019)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート577:付図8)で、ここでは層厚8 cmで極細粒～細粒砂サイズのガラス質火山灰層であるが、その東の夕木川支流では不明瞭でレンズ状あるいは凝灰質細粒砂岩層となる。いすみ市山田の台河(ルート368:付図5d)ではKd12として報告されている(石和田ほか, 1971;千葉県立中央博物館, 1991)。火山ガラスは厚手のバブルウォール型、スモール・

バブル型、平行型、繊維型が多い。重鉍物はほとんど含まれていない。火山ガラスの化学組成では、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ が0.1%以下と少ない。記載岩石学的特徴は、火山ガラスの形態を含めて全体的にKd20に類似している、識別が難しい。

#### Kd16.3 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート578:付図8)で、ここでは層厚2 cmの細粒ガラス質火山灰層。火山ガラスと結晶(主に長石と重鉍物)がほぼ等量含まれる。火山ガラスは、スポンジ型を主体とする。重鉍物は、普通角閃石を主体とし、ほかに直方輝石や黒雲母なども含まれる。火山ガラスの微量成分では、Baが700 ppm以上、Srが200 ppm前後とほかのテフラに比べて高いという特徴がみられる。

#### Kd16.2 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート578:付図8)で、ここではKd16底面から9 m下位に挟在し、全体の層厚は12~15 cmで最下部に層厚0.5 cmの泥岩層が挟まれる。石和田ほか(1971)や千葉県立中央博物館(1991)がKd11としたいすみ市山田の台河のテフラ層(ルート369:付図5d)と同じものである。火山ガラスは厚手のスモール・バブル型、平行型、スポンジ型、繊維型で、褐色を帯びたものもみられる。重鉍物は非常に少ないが、普通角閃石が認められる。火山ガラスの化学組成では、全体的にKd17.2、Kd17、Kd16.5に似るが、Srの値がわずかに高くなっている。

#### Kd16.1 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)で、ここではKd16底面から50 cm下位に挟在する層厚2 cmの細粒ガラス質火山灰層。火山ガラスに比べて結晶(長石、石英と重鉍物)の割合がやや高くなっている。火山ガラスはスポンジ型を主とする。重鉍物は、普通角閃石を主とし、そのほかに直方輝石、アパタイトなどが含まれる。火山ガラスの微量成分では、ほかのテフラに比べてBaが900 ppm近くで高く、Yが10 ppm程度と低いグループに入る。

#### Kd16 (三梨ほか, 1959)

三梨ほか(1959)により大多喜町栗又の養老川沿い(ルート394:付図7)でKd16?として記載されたものである。本研究ではこのテフラ層が厚く、また近接するテフラ層が連続的に露出する大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)を新たに模式地とする。石和田ほか(1971)や千葉県立中央博物館(1991)がKd10としたいすみ市山田の台河のテフラ層(付図5d)と同一であることが指摘されている(水野・納谷, 2011; 鈴木・村田, 2011)。本層はいすみ市岬町井沢にも露出する(ルート508:付図5c)。大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)では、最下部は層厚2 cmの細粒火山灰からなり、層厚2 cmの泥岩層を挟んで上位に全体の層厚が約3 mになるガラ

ス質テフラが重なる。火山ガラスは、バブルウォール型、平行型、スモール・バブル型、繊維型など多種の形態が混在している。重鉍物には、顕微鏡下の色が緑褐色、褐色、赤褐色の各普通角閃石、カミングトン閃石、直方輝石、単斜輝石、黒雲母などが含まれる。火山ガラスの微量成分では、Baの値が800 ppm台と高いグループに含まれる。

#### Kd15.9 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)で、ここではKd16の上面から2.0 m上位に挟在する層厚1 cmの細粒ガラス質火山灰層。火山ガラスは、平行型、スモール・バブル型、繊維型からなる。重鉍物はきわめて少ないが、普通角閃石と直方輝石が含まれる。火山ガラスの化学組成では、 $\text{MgO}$ が0.1%以下で少なく $\text{K}_2\text{O}$ が4%台で高い特徴があり、Kd17、Kd16.5などとも類似するが、Yの値が40 ppmを超え、特に高くなっている。

#### Kd15.7 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)で、ここではKd15.9から11.7 m上位に挟在し、下位から層厚30 cmの凝灰質砂岩層、層厚約7 cmの細粒火山灰層、層厚10 cmの凝灰質砂岩層からなる。凝灰質砂岩層と細粒火山灰層はいずれもガラス質で、分析試料は細粒火山灰の部分から採取した。火山ガラスは、バブルウォール型、スモール・バブル型、平行型が多い。重鉍物は、直方輝石、普通角閃石を含む。火山ガラスの化学組成では、 $\text{K}_2\text{O}$ が2%を超えた程度の比較的低い値を示す。

#### Kd15.5 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)で、ここではKd15.6から1.7 m上位に挟在し、層厚80~140 cmの3枚の凝灰質砂岩層と間に挟まる凝灰質泥岩からなる。凝灰質砂岩層には火山ガラスが豊富に含まれる。いすみ市岬町井沢の眺洋寺北の沢(ルート515:付図5c)では層厚約1 mの灰色細粒ガラス質火山灰となる。火山ガラスは、バブルウォール型、スモール・バブル型、平行型が多い。重鉍物は、直方輝石が多く、単斜輝石、普通角閃石を含む。火山ガラスの化学組成では、 $\text{K}_2\text{O}$ が2%程度と低めであり、またBaも400 ppm以下となって低めである。全体的にKd15.7に類似している。

#### Kd15.4 (新称)

模式地は大多喜町筒森の夕木川沿い(ルート610:付図8)で、ここではKd15.5の上面から約5 m上位に挟在する層厚6 cmの細粒~粗粒ガラス質火山灰層である。いすみ市岬町井沢の眺洋寺北の沢(ルート515:付図5c)ではKd15.5の上面から2.0 m上位に挟在し、層厚は2 cmと薄くなる。火山ガラスは、スモール・バブル型、平行型、スポンジ型、繊維型を中心としている。重鉍物は、黒雲母、普通角閃石、直方輝石などからなる。

#### Kd9 (千葉県立中央博物館, 1991)

模式地は大多喜町小沢又の養老川沿い(ルート651:付図7)である。千葉県立中央博物館(1991)の地点65であ

る。大多喜町久我原の夷隅川沿い(ルート196:付図6)ではKd8B底面から約15 m下位に挟在する層厚4 cmの細粒ガラス質火山灰層。火山ガラスの形態は繊維型とスポンジ型が卓越し, 平行型も含まれる。重鉍物は直方輝石と普通角閃石を含む。火山ガラスの微量成分では, Srの値が200 ppmを超え, ほかのテフラに比べて高いグループに含まれる。

#### Kd8B (里口, 1995)

模式地は大多喜町小沢又の養老川沿い, 千葉県立中央博物館(1991)の地点65である。大多喜町久我原の夷隅川沿い(ルート196, 203:付図6)では細粒~粗粒ガラス質火山灰層で層厚は大多喜町久我原で3 m前後である。底部3 cmは細粒砂サイズを主体とし, やや結晶質である。火山ガラスの形態はバブルウォール型, 平行型と繊維型を主体とし, 重鉍物は直方輝石, 単斜輝石, 普通角閃石を含む。火山ガラスの化学組成では,  $K_2O$ が2%程度と比較的低い値で, 全体的にKd15.7, Kd15.5に似る。

#### Kd7 (千葉県立中央博物館, 1991)

模式地は黄和田畑南方, 千葉県立中央博物館(1991)の地点63である。本テフラ層は下部の細粒砂サイズ部(層厚6 cm)と上部のシルトサイズ部(層厚6 cm)の2つのユニットからなるやや結晶質な火山灰層である。火山ガラスの形態はスポンジ型, スモール・バブル型と繊維型を主体とし, 重鉍物は普通角閃石を主体とする。化学組成はMgOとCaOがそれぞれ0.49%と2.52%とやや高く,  $K_2O$ が0.64%と低い特徴がある。

#### Kd6 (千葉県立中央博物館, 1991)

模式地は君津市黄和田畑南方, 千葉県立中央博物館(1991)の地点62である。本テフラ層は層厚5 cmの細粒砂サイズを主体とするガラス質粗粒火山灰層で, 直上に粗粒砂サイズのスコリアが散る。ガラスの形態はスポンジ型, 繊維型, スモール・バブル型を主体とし, 重鉍物として黒雲母と普通角閃石を含む。火山ガラスの化学組成では,  $K_2O$ が4%台の高めを示し, Srも200 ppmを超え, 他のテフラに比べて高いグループに入る。

#### Kd5B (千葉県立中央博物館, 1991)

模式地は大多喜町小沢又の養老川沿い, 千葉県立中央博物館(1991)の地点61である。層厚約20 cmの細粒ガラス質火山灰層で白色と灰色のユニットからなる。火山ガラスは, スモール・バブル型, 平行型が多い。重鉍物としては, 普通角閃石, 直方輝石, 単斜輝石が含まれている。火山ガラスの化学組成では,  $K_2O$ が4%台を示し, 他のテフラと比べて比較的高いグループに入る。

## 8. 考察とまとめ

黄和田層が露出する複数のセクション間の層序対比を行った結果, 見解の相違があった既知の広域テフラの上下関係が明確になり, 未報告であったガラス質テフラの

記載岩石学的及び化学的特徴を示すことが出来た。

まずKd19とKd21の名称の混乱に関して, 千葉県立中央博物館(1991)がKd21としたテフラは三梨ほか(1959)のKd19に相当することがわかった(付図14)。この結果は鈴木・村田(2011)の見解と一致する。また, 千葉県立中央博物館(1991)の「Kd19」は三梨ほか(1959)が命名していないテフラであり, 鈴木・村田(2011)が「Kd21」として白河隈戸テフラに対比したテフラは三梨ほか(1959)のKd21(2枚組のテフラ層)よりも上位に位置することも明らかとなった(付図12)。本研究では三梨ほか(1959)のテフラ名称に従うという方針のもと, 千葉県立中央博物館(1991)のKd19はKd18.8に, 鈴木・村田(2011)のKd21はKd20.5とした。次に, 千葉県立中央博物館(1991)のKd13とKd10がKd18とKd16とそれぞれ同じテフラである(鈴木・村田, 2011; 水野・納谷, 2011)ことについて, 本研究では夷隅川と夕木川の連続セクションでの層序関係から, 上記を追認することが出来た(付図15, 17)。

本研究では, 上記のテフラ名とその層序に関する混乱を整理したことに加えて, 黄和田層中に従来知られていなかった非常に多くのテフラ層が挟まることが明らかになった。それらの一部は地域間の層序対比に有用である可能性が高い。すでに述べたように, 黄和田層のテフラ層に対比されるテフラ層は銚子半島の犬吠層群, 三浦半島北部や多摩丘陵の上総層群, 南房総の千倉層群など, 東京湾を取り巻く上総層群相当層に確認されている。これらの地層中に本研究で確認されたテフラ層が見いだされれば, これまでになく高精度な地域間層序対比が可能になり, 微化石や古地磁気などの年代層序の手法と合わせて, 南関東における堆積盆発達史や古環境の変遷を明らかにする研究がさらに進展すると期待される。また, 更新世前期における日本列島の地質構造発達史や火山活動の変遷を知る上でも寄与できる南関東の模式的なテフラ層序を構築することができた。

謝辞: 首都大学東京の鈴木毅彦教授にはテフラの採取地点をご教示いただいた。本報告で公表したテフラの化学分析にはJSPS科研費(No.17K18415)の一部を使用した。査読者の徳橋秀一博士には建設的な提案をいただいた。また, 編集担当の長森英明博士には読み手の立場から記載内容に詳細なご提案をいただき, 本稿は大幅に改善された。以上の方々に深く感謝申し上げる。

## 文 献

千葉県立中央博物館(1991) 地学資料 上総層群下部鍵層集(1990年版). 千葉県立中央博物館, 218 p.  
藤岡導明・亀尾浩司(2004) テフラ鍵層に基づく銚子地域の犬吠層群小浜層と房総半島の上総層群黄和田

- 層, 大田代層および梅ヶ瀬層との対比. 地質学雑誌, **110**, 480–496.
- 藤岡導明・亀尾浩司・小竹信宏(2003) テフラ鍵層に基づく横浜地域の大船層・小柴層と房総半島の黄和田層との対比. 地質学雑誌, **109**, 166–178.
- Fukuda, K., Suzuki, M. and Ito, M. (2015) The origin and internal structures of submarine-slide deposits in a lower Pleistocene outer-fan succession in the Kazusa forearc basin on the Boso Peninsula of Japan. *Sedimentary Geology*, **321**, 70–85.
- 古澤 明(2017) レーザーアブレーションICP質量分析装置を用いた火山ガラスの分析による十和田カルデラ起源大不動テフラと八戸テフラの識別. 地質学雑誌, **123**, 765–776.
- 樋口 雄(1964) 千葉県ガス田地域における微化石層位的研究. 東北大学地史古生物学教室邦文報告, **61**, 1–48.
- 伊田一善・三梨 昂・影山邦夫(1956) 関東南部の地層の大区分について. 地調月報, **7**, 435–436.
- 石和田靖章・樋口 雄・菊池良樹(1962) 南関東ガス田の微化石層序. 石油技術協会誌, **27**, 68–79.
- 石和田靖章・三梨 昂・品田芳二郎・牧野登喜夫(1971) 日本油田・ガス田図10, 茂原(1:15,000). 地質調査所.
- Ito, M. and Katsura, Y. (1992) Inferred glacio-eustatic control for high-frequency depositional sequences of the Pliocene-Pleistocene Kazusa Group, a forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. *Sedimentary Geology*, **80**, 67–75.
- Kazaoka, O., Suganuma, Y., Okada, M., Kameo, K., Head, M.J., Yoshida, T., Sugaya, M., Kameyama, S., Ogitsu, I., Nirei, H., Aida, N. and Kumai, H. (2015) Stratigraphy of the Kazusa Group, Boso Peninsula and highly-resolved marine sedimentary record from the Lower and Middle Pleistocene of central Japan. *Quaternary International*, **383**, 116–135.
- 吉川清志(1990) ICP発光分析を用いたテフラの同定法とその応用. 地学雑誌, **99**, 11–26.
- Kimura, J.-I., Nagahashi, Y., Satoguchi, Y. and Chang, Q. (2015) Origins of felsic magmas in Japanese subduction zone: Geochemical characterizations of tephra from caldera-forming eruptions <5 Ma. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **16**, 2147–2174, and Supporting Information.
- 岸 清・宮脇理一郎(1996) 新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史. 地学雑誌, **105**, 88–112.
- 小池 清(1951) いわゆる黒滝不整合について. 地質学雑誌, **57**, 143–156.
- 黒川勝己・富田裕子・青木豊樹・沢栗隆之・丸山悦子(1999) 新潟県出雲崎町常楽寺ルートにおける西山層の火山灰層—とくにJjおよびSig火山灰層の対比について—. 新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編, **1**, 63–101.
- 黒川勝己・坂井 一・樋渡晴美・大橋理香・樋口裕也(2002) 新津丘陵中央部(五泉市門前)～加茂市東部の平層と皆川層の火山灰層とその対比—とくに房総半島黄和田層中のテフラ鍵層Kd18およびKd8との対比について—. 新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編, **4**, 65–125.
- 黒川勝己・矢萩春菜・丹 真紀子・長橋良隆(2004) 男鹿半島北浦層のKm2テフラ層と新潟地域のSK100テフラ層の対比. 地球科学, **58**, 345–350.
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography*, **20**, PA1003.
- 三梨 昂・山内靖喜(1987) 地質調査法. 地学団体研究会, 303 p.
- 三梨 昂・安国 昇・品田芳二郎(1959) 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序—養老川・小櫃川流域地質調査報告—. 地調月報, **10**, 83–98.
- 三梨 昂・矢崎清貫・影山邦夫・島田忠夫・小野 暎・安国 昇・牧野登喜男・品田芳二郎・藤原清丸・鎌田清吉(1962) 日本油田・ガス田図4 富津-大多喜(1:50,000). 地質調査所.
- 水野清秀・納谷友規(2011) 広域テフラ対比と海成層層準の認定に基づく関東平野のボーリングコアの対比. 平成22年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 地質調査総合センター速報, no. 56, 121–132.
- 村田昌則・鈴木毅彦(2011) 銚子地域犬吠層群小浜層中の前期更新世テフラとの対比に基づく白河火砕流堆積物群の層序の再検討. 第四紀研究, **50**, 49–60.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作(2000) 本州中央部における鮮新-更新世の火砕流堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代. 地質学雑誌, **106**, 51–69.
- 長橋良隆・片岡香子・吉川周作・佐藤時幸(2002) 秋田県男鹿半島の北浦層に挟在するKm3テフラ層と大峰-SK110テフラとの対比. 地質学雑誌, **108**, 761–764.
- 中川久夫・新妻信明・早坂 功(1969) 房総半島新生代地磁気編年. 地質学雑誌, **75**, 267–280.
- 中嶋輝允(1978) 房総半島におけるフリッシュ堆積物の堆積環境—黄和田層, 黒滝層, 安野層のフリッシュ相と縁辺相の関係を中心に—. 地質学雑誌, **84**, 645–660.
- 中嶋輝允・宇都宮正志(2019) 房総半島東部における上総層群下部の地質調査: 鍵層柱状図とルートマップ. 地質調査総合センター研究資料集, no. 671, 1–8. 産総研地質調査総合センター.

- 中嶋輝允・渡辺真人(2005) 富津地域の地質. 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, 102 p.
- 中里裕臣・七山 太(2016) 茂原地域の地質, 第10章 上総層群上~中部層準のテフラカタログ. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 73-88, 産総研地質調査総合センター.
- 新妻信明(1976) 房総半島における古地磁気層序学. 地質学雑誌, **82**, 163-181.
- Oda, M. (1977) Planktonic Foraminiferal biostratigraphy of the late Cenozoic sedimentary sequence, Central Honsyu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 2*, **48**, 1-76.
- Ogiwara, H. and Ito, M. (2011) Origin and internal organization of widespread composite soft-sediment deformation units in a deep-water forearc basin: the lower Pleistocene Kazusa Group on the Boso Peninsula, Japan. *Sedimentary Geology*, **237**, 209-221,
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1975). *Marine Micropaleontology*, **5**, 321-325.
- Okada, M. and Niitsuma, N. (1989) Detailed paleomagnetic records during the Brunhes-Matuyama geomagnetic reversal, and a direct determination of depth lag for magnetization in marine sediments. *Earth Planet. Inter.*, **56**, 133-150.
- 大久保弘・荒井晃作(2002) 富山県, 鮮新-更新統十二町層中部から見いだされた穂高-Kd39テフラと恵比須峠-福田テフラおよびその層位. 第四紀研究, **41**, 429-442.
- Otsubo, M., Utsunomiya, M. and Miyakawa, A. (2017) Reactivation of map-scale faults in response to changes in crustal stress: Examples from Boso Peninsula, Japan. *Quaternary International*, **456**, 117-124.
- Pickering, K. T., Souter, C., Oba, T., Taira, A., Schaaf, M. and Platzman, E. (1999) Glacio-eustatic control on deep-marine clastic forearc sedimentation, Pliocene-mid-Pleistocene (c.1180 - 600 ka) Kazusa Group, SE Japan. *Journal of the Geological Society, London*, **156**, 125-136.
- 坂井 一・黒川勝己(2002) 新潟地域のSK110, SK100火山灰層と房総半島黄和田層のKd25, Kd24火山灰層の対比. 地球科学, **56**, 217-230.
- 坂井 一・黒川勝己(2005) 新潟地域の月岡ゴマシオテフラ層および房総半島のKd18テフラ層と会津地域の芦野火砕流堆積物との対比. 地質学雑誌, **111**, 561-564.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司(1988) 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その4: 総括— 太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比. 石油技術協会誌, **53**, 475-491.
- 里口保文(1995) 上総層群中・下部の火山灰層序. 地質学雑誌, **101**, 767-782.
- Satoguchi, Y. and Nagahashi, Y. (2012) Tephrostratigraphy of the Pliocene to Middle Pleistocene series in Honshu and Kyushu Islands, Japan. *Island Arc*, **21**, 149-169.
- 里口保文・吉川周作・笹尾英嗣・長橋良隆(1996) 静岡県の鮮新-更新統掛川層群上部の火山灰層とその広域対比. 地球科学, **50**, 483-500.
- 里口保文・渡辺真人・中条武司・片岡香子(2000) 上総層群下部に挟在するKd38火山灰層—房総半島におけるその対比の再検討—. 地質学雑誌, **106**, 189-204.
- 品田芳二郎(1952) 千葉県国吉町附近の地質及び鹹水沃度調査. 地調月報, **3**, 10-21.
- 小断層解析グループ(1973) 構造地質学ノート4 房総半島大多喜付近の小断層系. 地球科学, **27**, 180-187.
- Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., Kimura, J., Kawamura, K., Haneda, Y., Kazaoka, O. and Head, M. J. (2015) Age of Matuyama-Brunhes boundary constrained by U-Pb zircon dating of a widespread tephra. *Geology*, **43**, 491-494.
- 鈴木毅彦・村田昌則(2011) 上総層群黄和田層とその相当層に介在するテフラの層序と対比. 地質学雑誌, **117**, 379-397.
- 鈴木毅彦・中山俊雄(2007) 東北日本弧, 仙岩地熱地域を給源とする2.0 Maに噴出した大規模火砕流に伴う広域テフラ. 火山, **52**, 23-38.
- Suzuki, T., Murata, M., Mizuno, K. and Ishihara, T. (2017) Sequence of Early Pleistocene Shirakawa ignimbrites and their identifications in distal areas in Northeast Japan. *Quaternary International*, **456**, 195-209.
- 田村糸子・山崎晴雄(2004) 北陸層群のテフロクロロジー—テフラ層序および広域テフラ層との対比に基づく北陸層群の堆積年代—. 地質学雑誌, **110**, 417-436.
- Tamura, I., Yamazaki, H. and Mizuno, K. (2008) Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene marker tephtras in central Japan. *Quaternary International*, **178**, 85-99.
- Tamura I, Okada, M. and Mizuno, K. (2016) An integrated stratigraphy around the Plio-Pleistocene boundary in the Chikura Group, the Boso Peninsula, central Japan, based on data from paleomagnetic, oxygen isotopic and widespread tephra correlation. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, **51**, 41-52.
- 田村糸子・水野清秀・宇都宮正志・中嶋輝允・山崎晴雄(2019) 房総半島に分布する上総層群の広域テフラ

- 特に上総層群下部におけるテフラ層序と新たな対比—. 地質学雑誌, **125**, 23–39.
- 辻 隆司・宮田雄一郎・岡田 誠・三田 勲・中川 洋・佐藤由理・中水 勝(2005) 房総半島に分布する下部更新統上総層群大田代層と梅ヶ瀬層の高精度堆積年代—石油公団研究井TR-3 コアの酸素同位体比・古地磁気・石灰質ナンノ化石に基づく年代層序—. 地質学雑誌, **111**, 1–20.
- Utsunomiya, M. (2018) Distribution, age, and origin of a submarine landslide deposit in the Pleistocene Kiwada Formation, forearc basin fill on the Boso Peninsula, east-central Japan: Constraints from tephro- and biostratigraphy. *Island Arc*, e12254.
- 宇都宮正志(2019) 上総大原地域の地質, 第3章 上総層群. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 11–33, 産総研地質調査総合センター.
- 宇都宮正志・大井信三(2019) 上総大原地域の地質, 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, 127p.
- Utsunomiya, M. and Yamamoto, Y. (in press) Spatial distribution of mass-transport deposits deduced from high-resolution stratigraphy: the Pleistocene forearc basin, central Japan. In Ogata, K. *et al.* eds., *Submarine landslides: subaqueous mass transport deposits from outcrops to seismic profiles*, AGU Books.
- Utsunomiya, M., Noda, A. and Otsubo, M. (2018) Preferential formation of a slide plane of translational submarine landslide deposits in the Pleistocene forearc basin fill exposed on central Japan. In Lintern, G. *et al.* eds., *Subaqueous Mass Movements and Their Consequences: Assessing Geohazards, Environmental Implications and Economic Significance of Subaqueous Landslides*, Geological Society, London, Special Publications, SP477, doi: 10.1144/SP477.3.
- Yamaji, A. (2000) The multiple inverse method applied to mesoscale faults in mid-Quaternary sediments near the triple trench junction off central Japan. *Journal of Structural Geology*, **22**, 429–440.
- 山内靖喜(1969) 層間異常層の構造解析. 地質学雑誌, **75**, 293–302.
- 吉川周作・里口保文・長橋良隆(1996) 第三紀・第四紀境界層準の広域火山灰層—福田・辻又川・Kd38火山灰層—. 地質学雑誌, **102**, 258–270.

( 受付 : 2019年6月13日 ; 受理 : 2019年9月27日 )



付録 Appendices



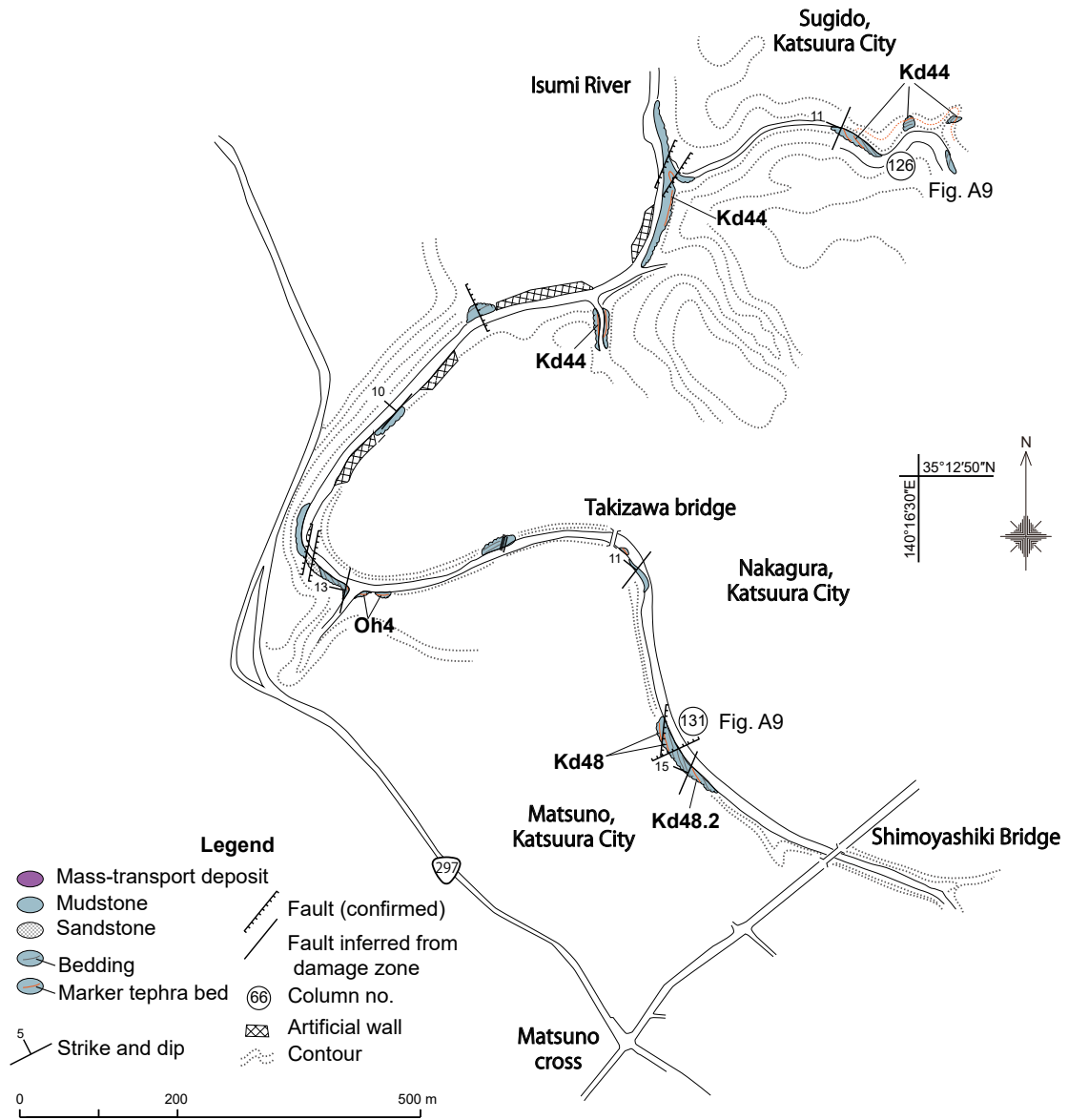
付図1 ルートマップと地点位置図。国土地理院の25,000分の1数値地図を使用。「大多喜」、「上総中野」、「国吉」、「御宿」の範囲を含む。

Fig. A1 Maps showing the localities of the geological traverse maps described in this report, based on 1:25,000 topographic map published by the Geographical Survey Institute, Japan. Base map is 1:25,000 topographic map including partly Otaki, Kazusa-Nakano, Kuniyoshi, Onjuku, published by the Geospatial Information Authority of Japan.



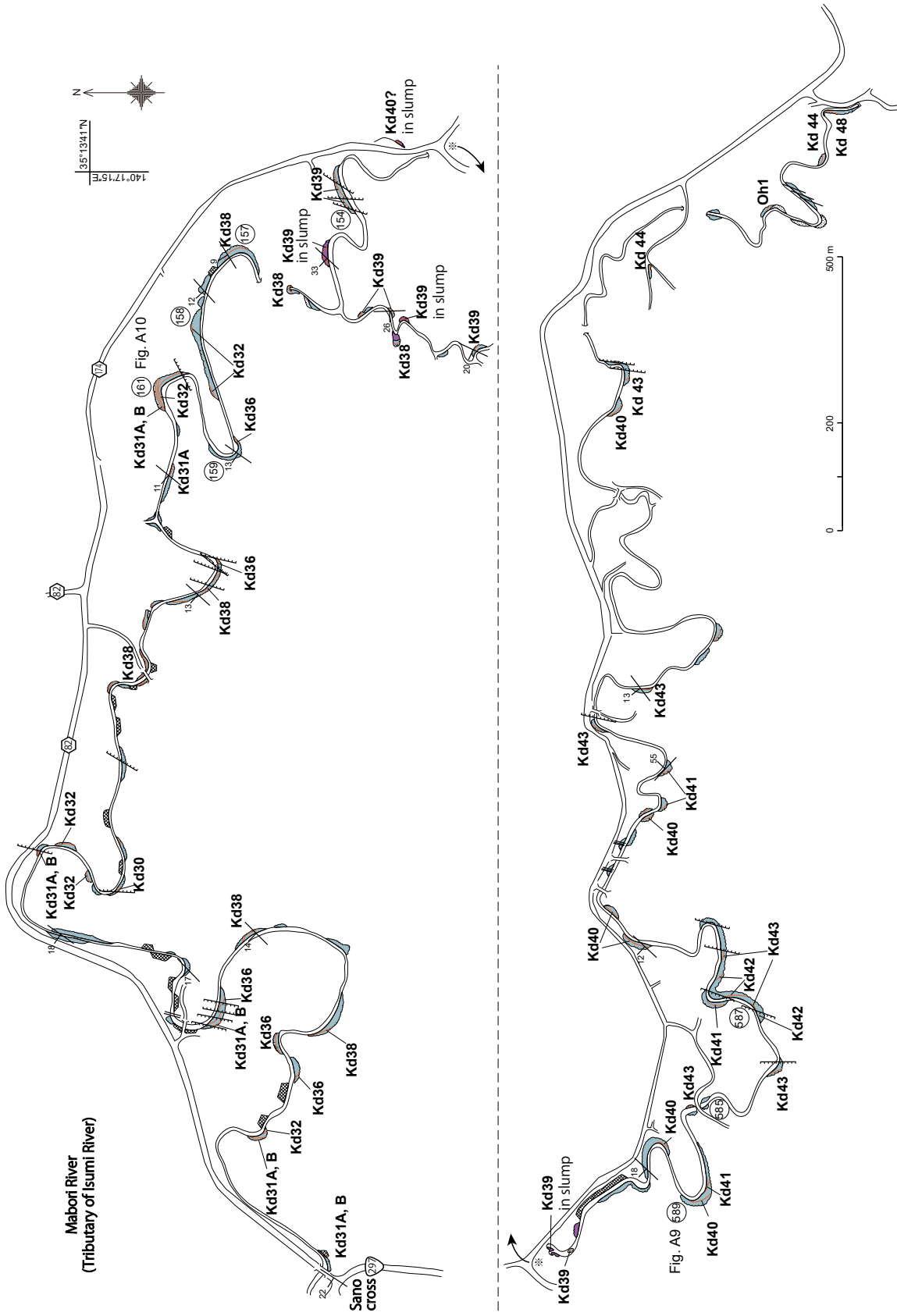
付図2 ルートマップと地点位置図。国土地理院の25,000分の1数値地図を使用。「国吉」、「御宿」、「上総長者」、「上総大原」の範囲を含む。

Fig. A2 Maps showing the localities of the geological traverse maps described in this report, based on 1:25,000 topographic map published by the Geographical Survey Institute, Japan. Base map is 1:25,000 topographic map including partly Kuniyoshi, Onjuku, Kazusa-Choja, Kazusa-Ohara, published by the Geospatial Information Authority of Japan.



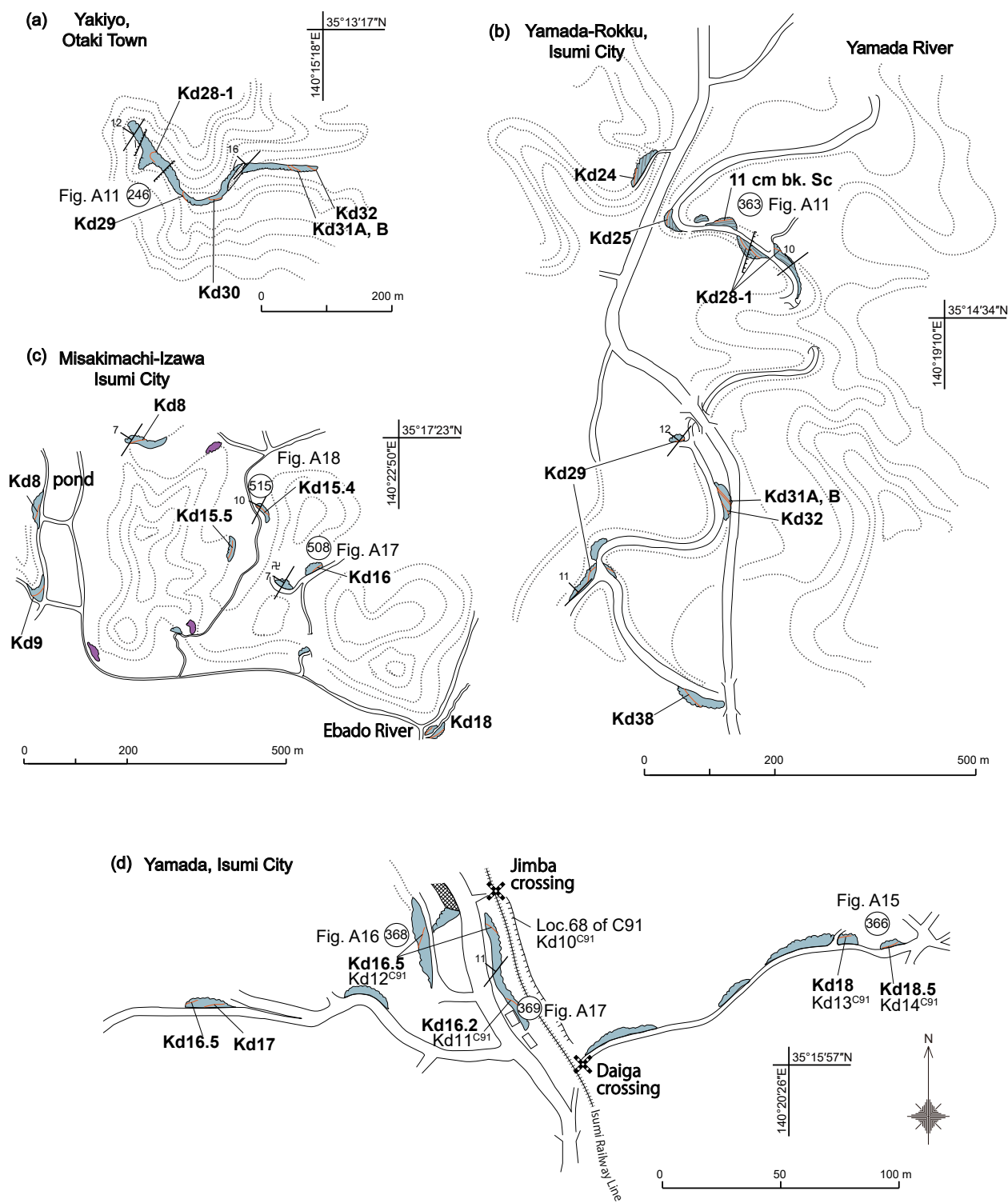
付図3 勝浦市松野, 中倉及び杉戸周辺のルートマップ.

Fig. A3 Map showing location of the marker tephra beds and geologic columns. Matsuno, Nakagura and Sugido, Katsura City.



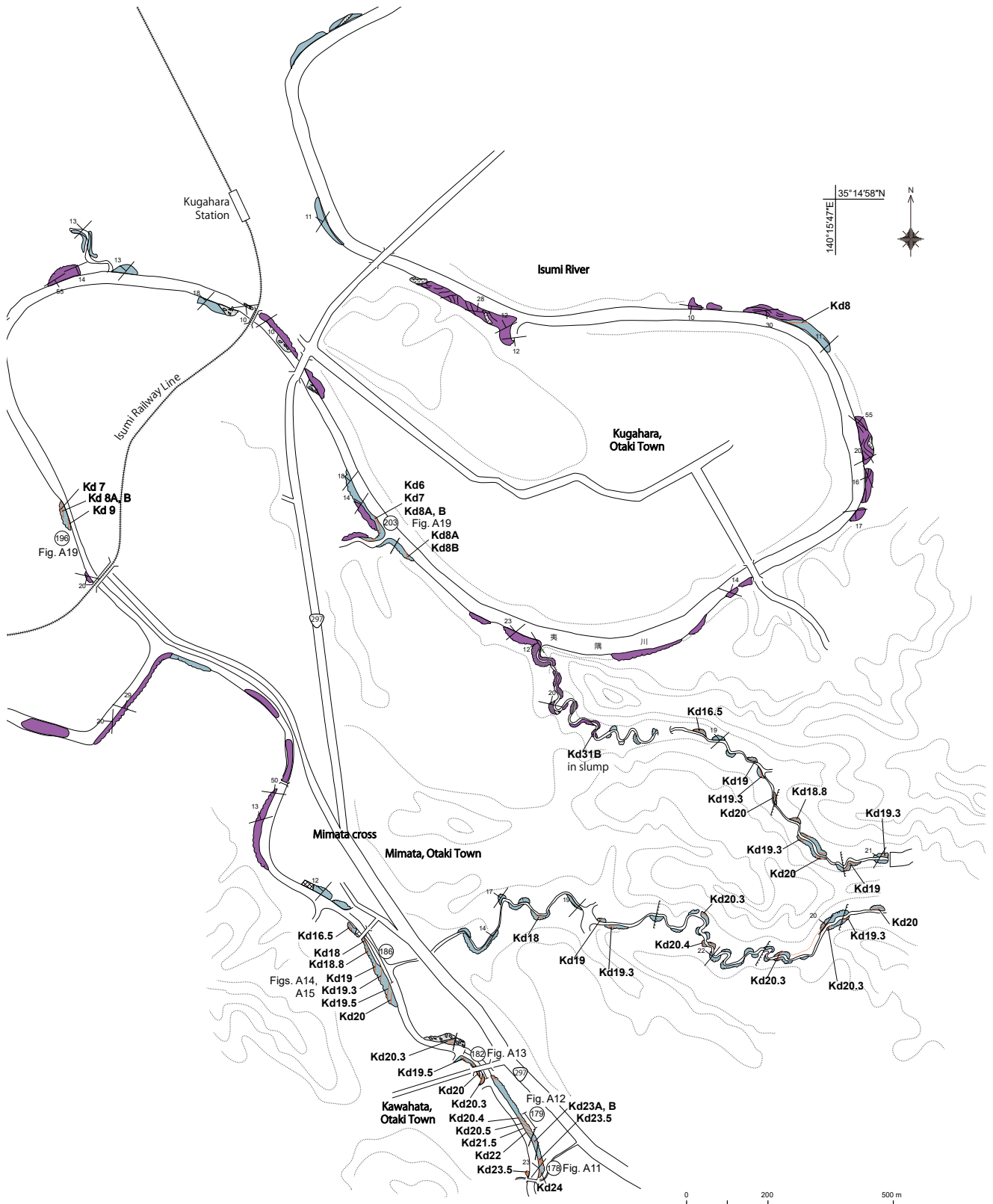
付図4 勝浦市市野郷、馬堀川沿いのルートマップ。凡例は付図3を参照。

Fig. A4 Map showing location of the marker tephra beds and geologic columns. Ichinogo, Katsura City. See legend on Fig. A3.



付図5 大多喜町弥喜用(勝浦市杉戸内飛地) (a), いすみ市山田(b), いすみ市外越(c)及びいすみ市山田の台河(d)のルートマップ。凡例は付図3を参照。

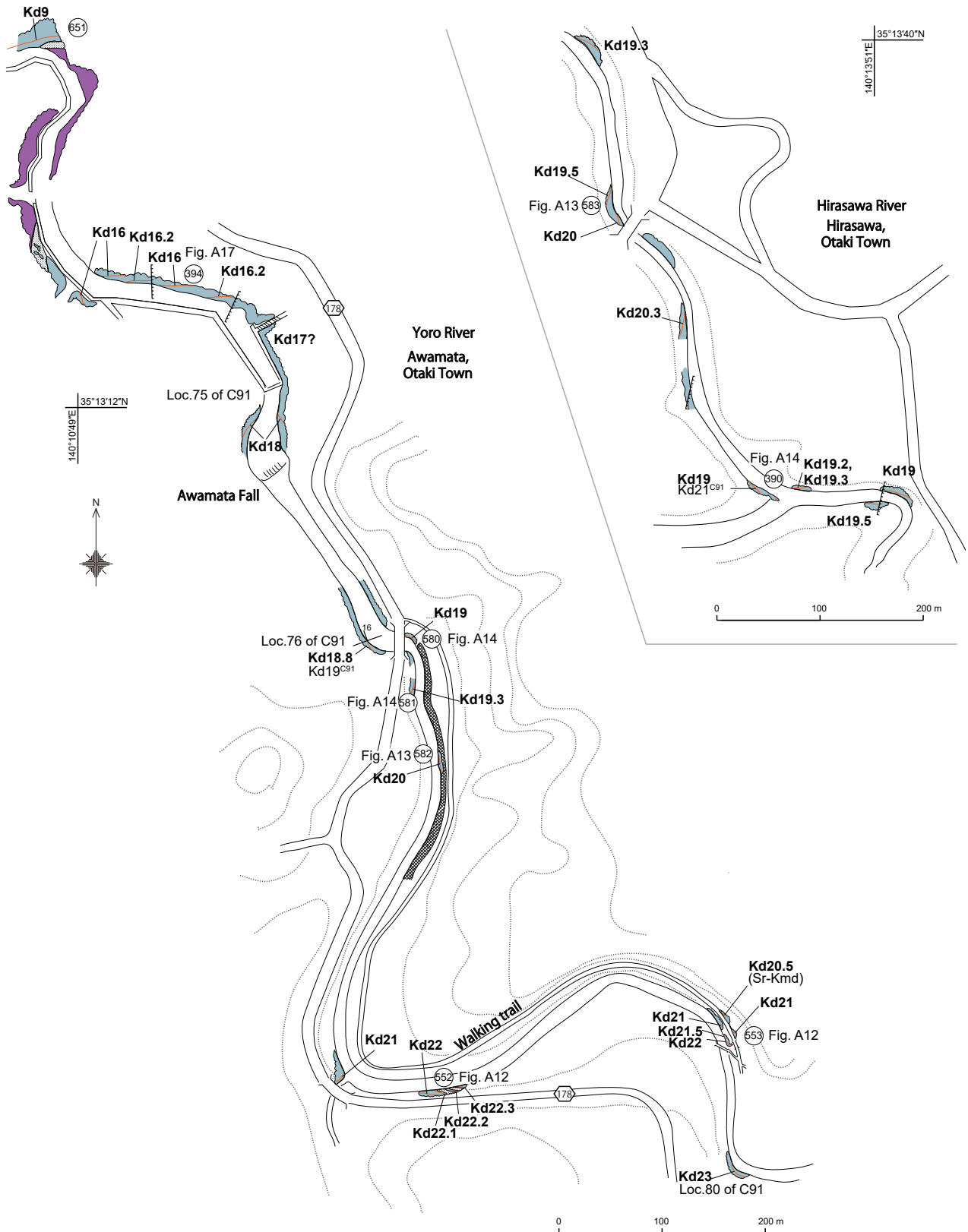
Fig. A5 Map showing location of the marker tephra beds and geologic columns. a: Yakiyo, Otaki Town, b: Yamada, Isumi City, c: Sotogoe, Isumi City, d: Daiga, Yamada, Isumi City. See legend on Fig. A3.



付図6 大多喜町川畑, 三又, 及び久我原のルートマップ. 凡例は付図3を参照.

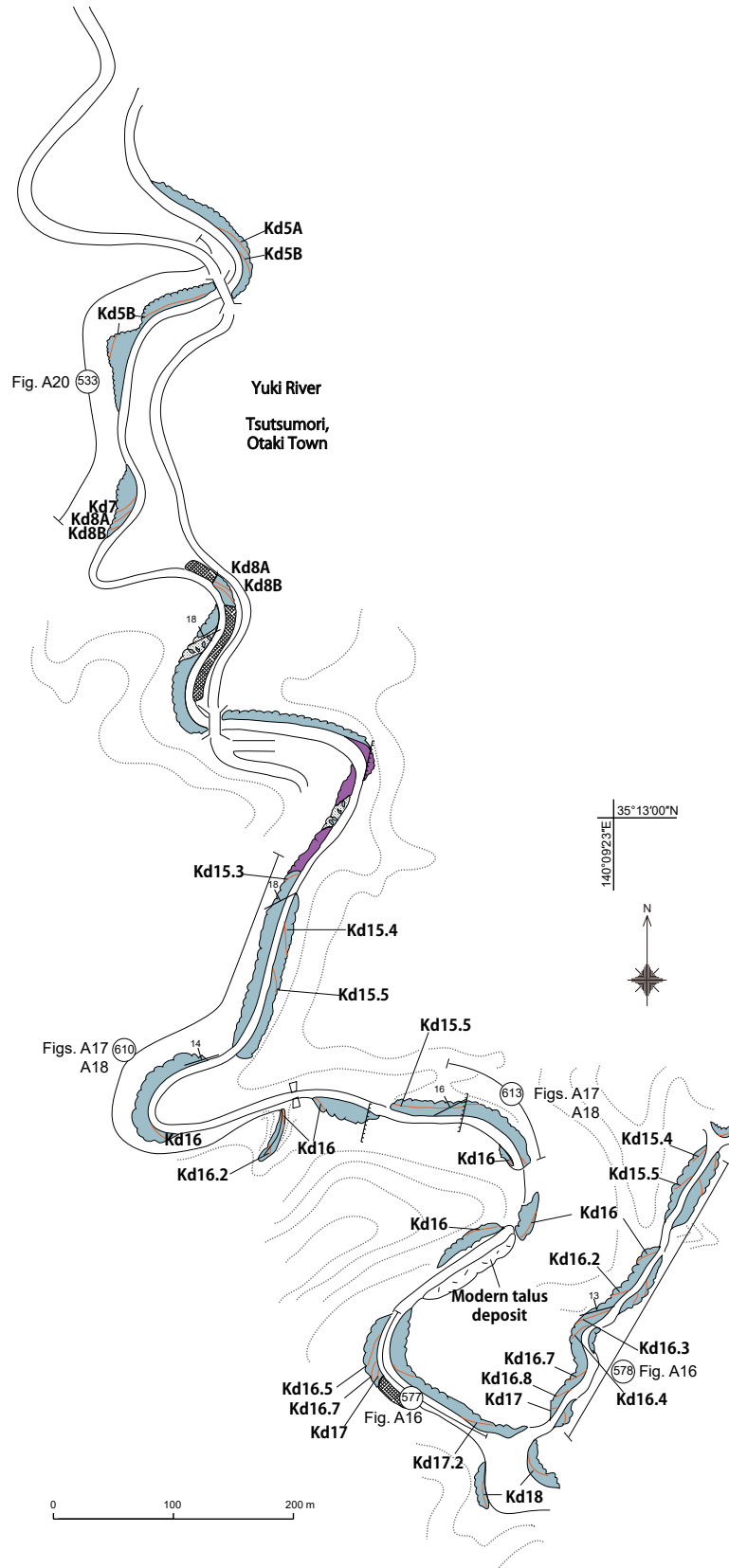
Fig. A6 Map showing location of the marker tephra beds and geologic columns. Kawahata, Mimata, and Kugahara, Otaki Town. See legend on Fig. A3.

上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



付図7 大多喜町栗又周辺(左)と大多喜町平沢の平沢川沿い(右)のルートマップ。凡例は付図3を参照。

Fig. A7 Map showing location of the marker tephra beds and geologic columns. Awamata (left) and Hirasawa (right), Otaki Town. See legend on Fig. A3.

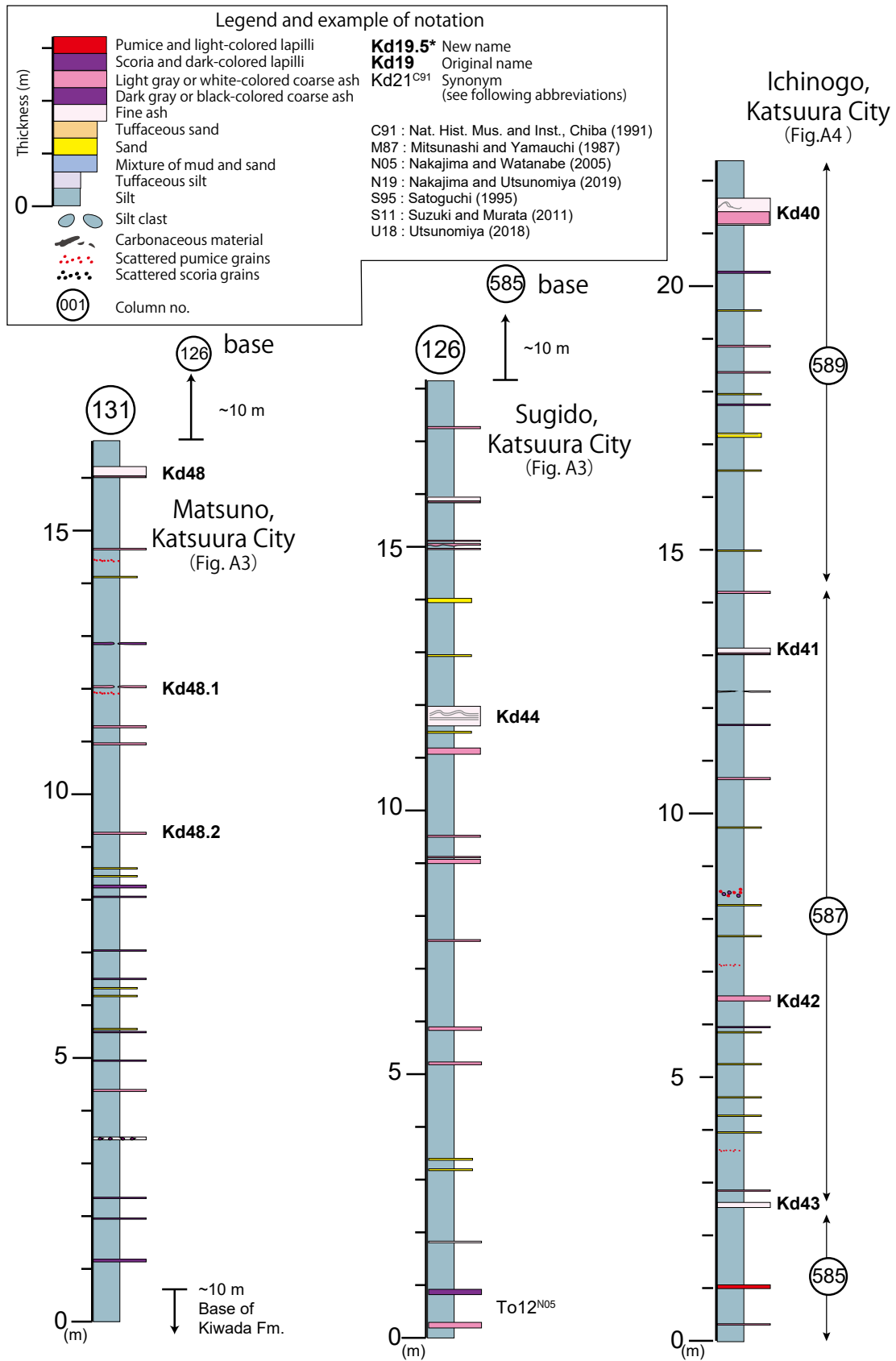


付図8 大多喜町筒森のルートマップ。凡例は付図3を参照。

Fig. A8 Map showing location of the marker tephra beds and geologic columns. Tsutsumori, Otaki Town. See legend on Fig. A3.

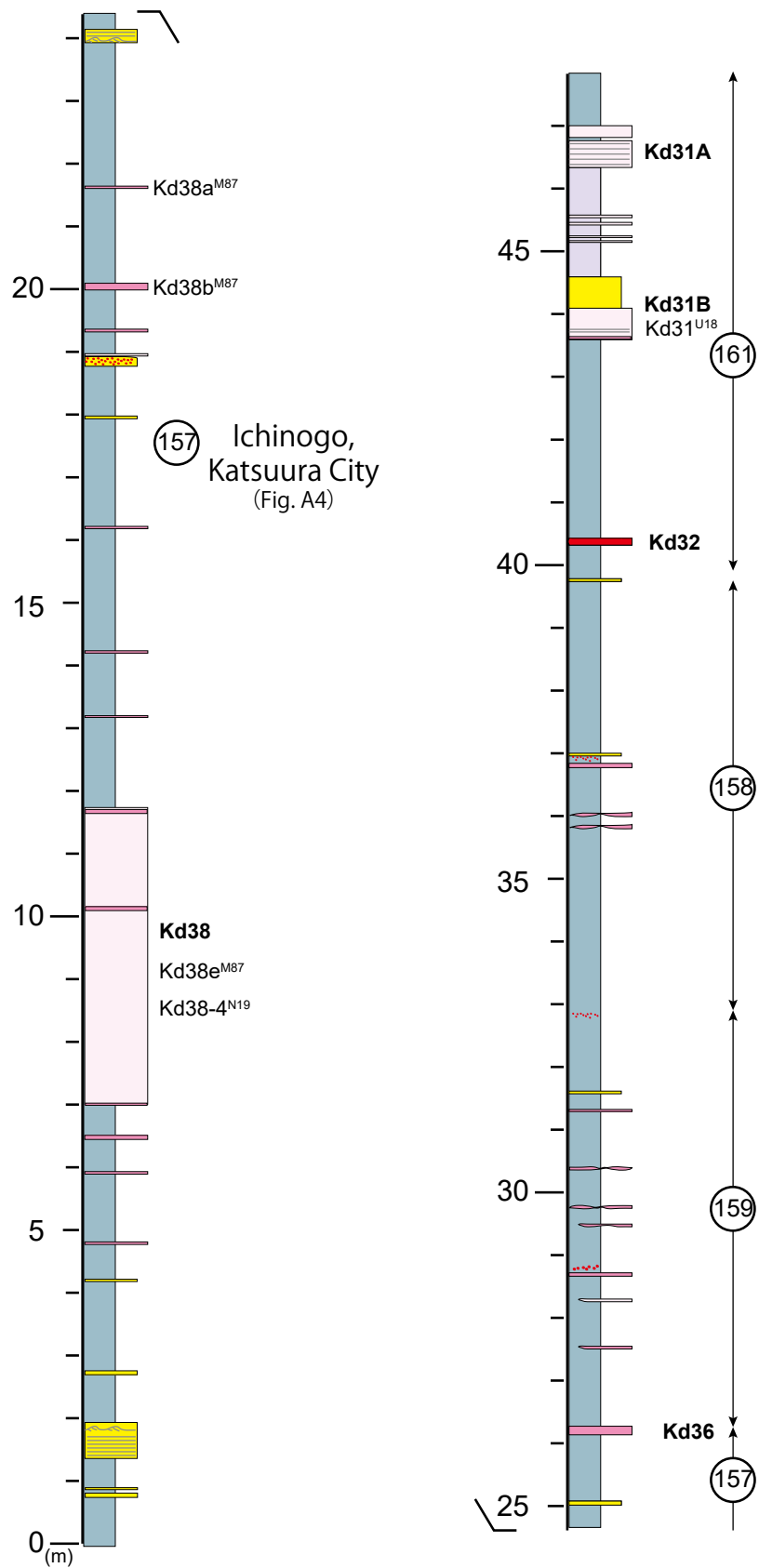


上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)

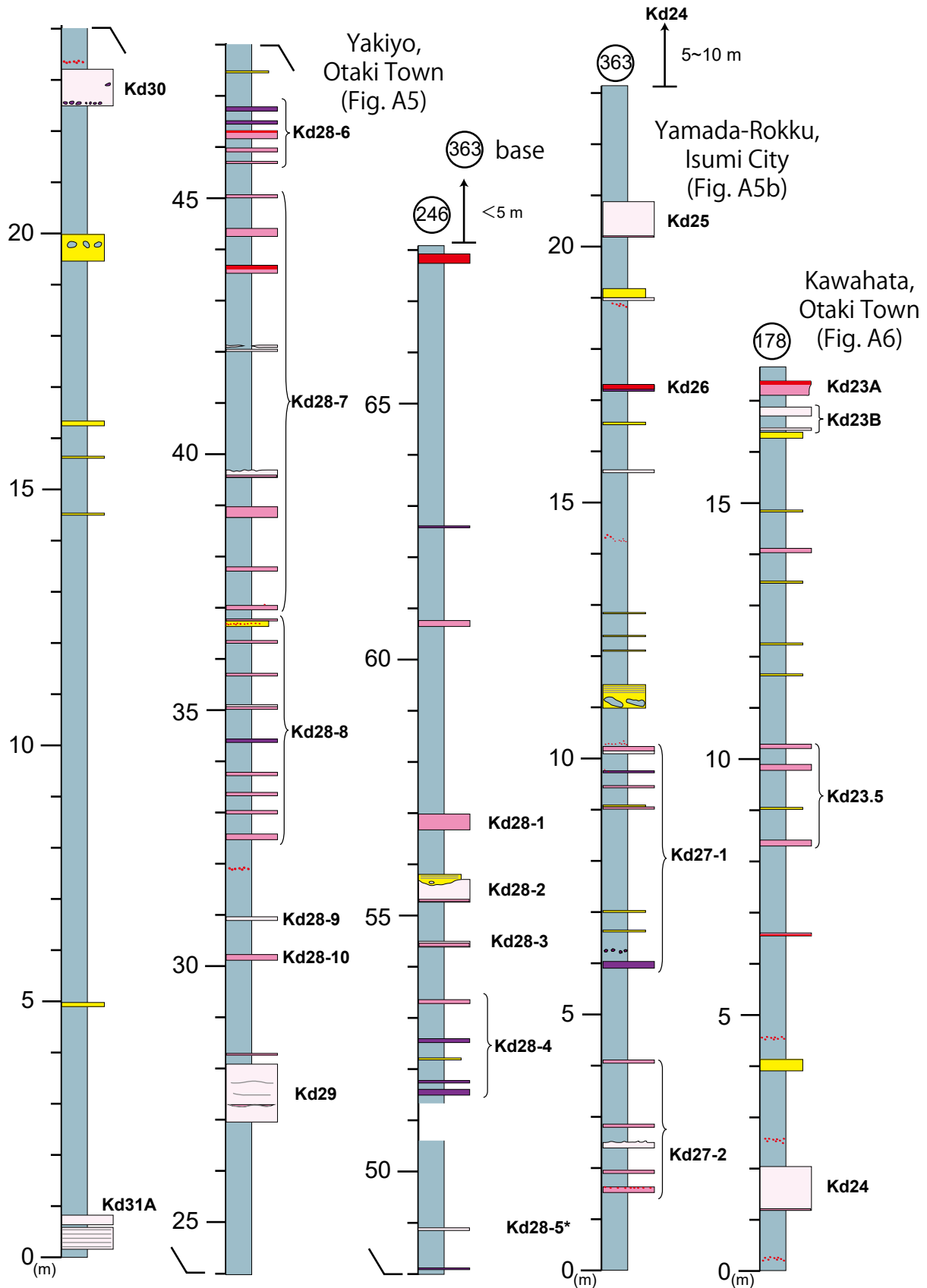


付図9 Kd48からKd40までを含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図3, 4を参照。

Fig. A9 Geologic columns from Kd48 through Kd40 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A3 and A4.

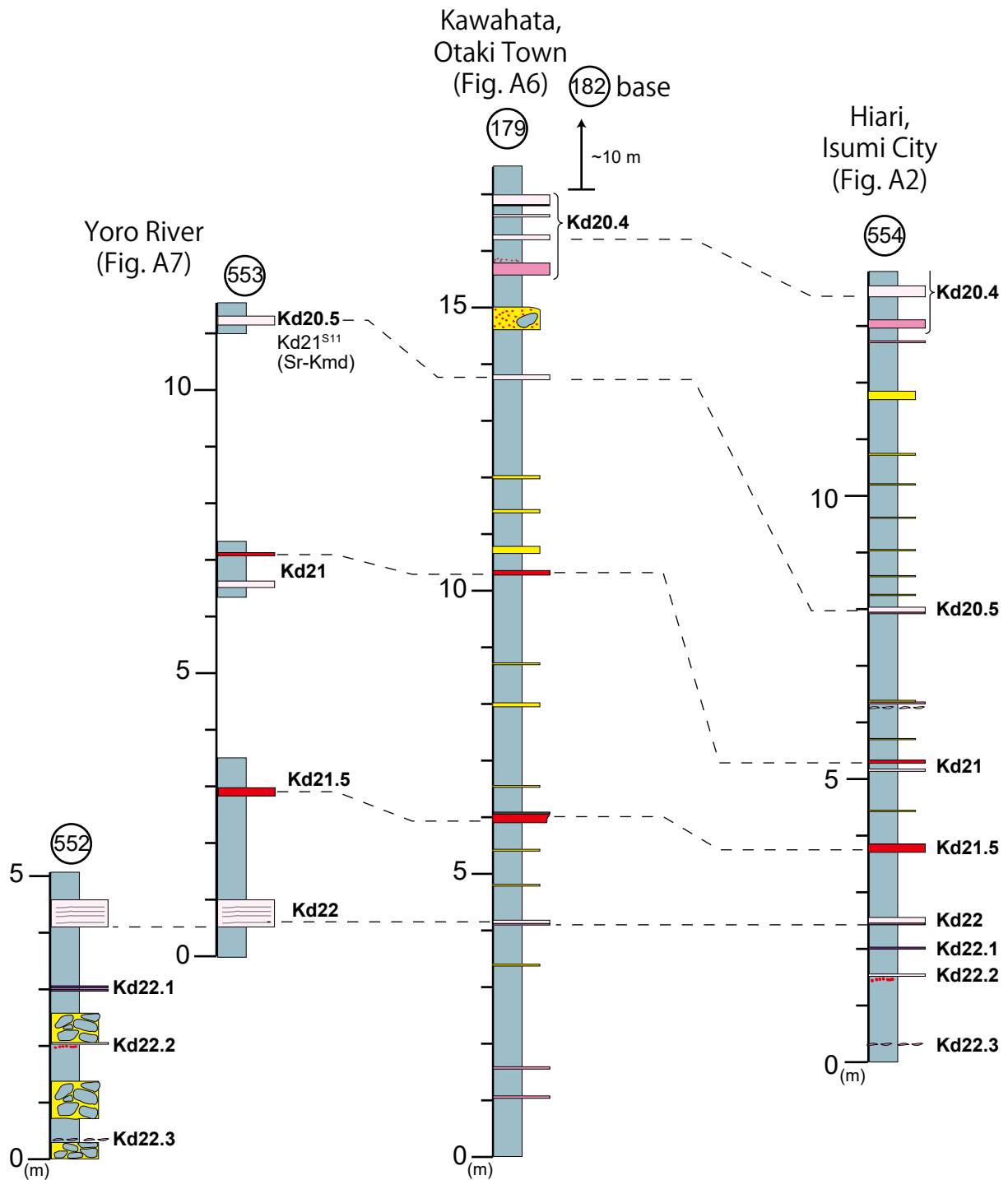


付図10 Kd38からKd31までを含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図4を参照。凡例は付図9を参照。  
 Fig. A10 Geologic columns from Kd38 through Kd31 tephra beds. Traverse maps are shown in Fig. A4. See legend on Fig. A9.



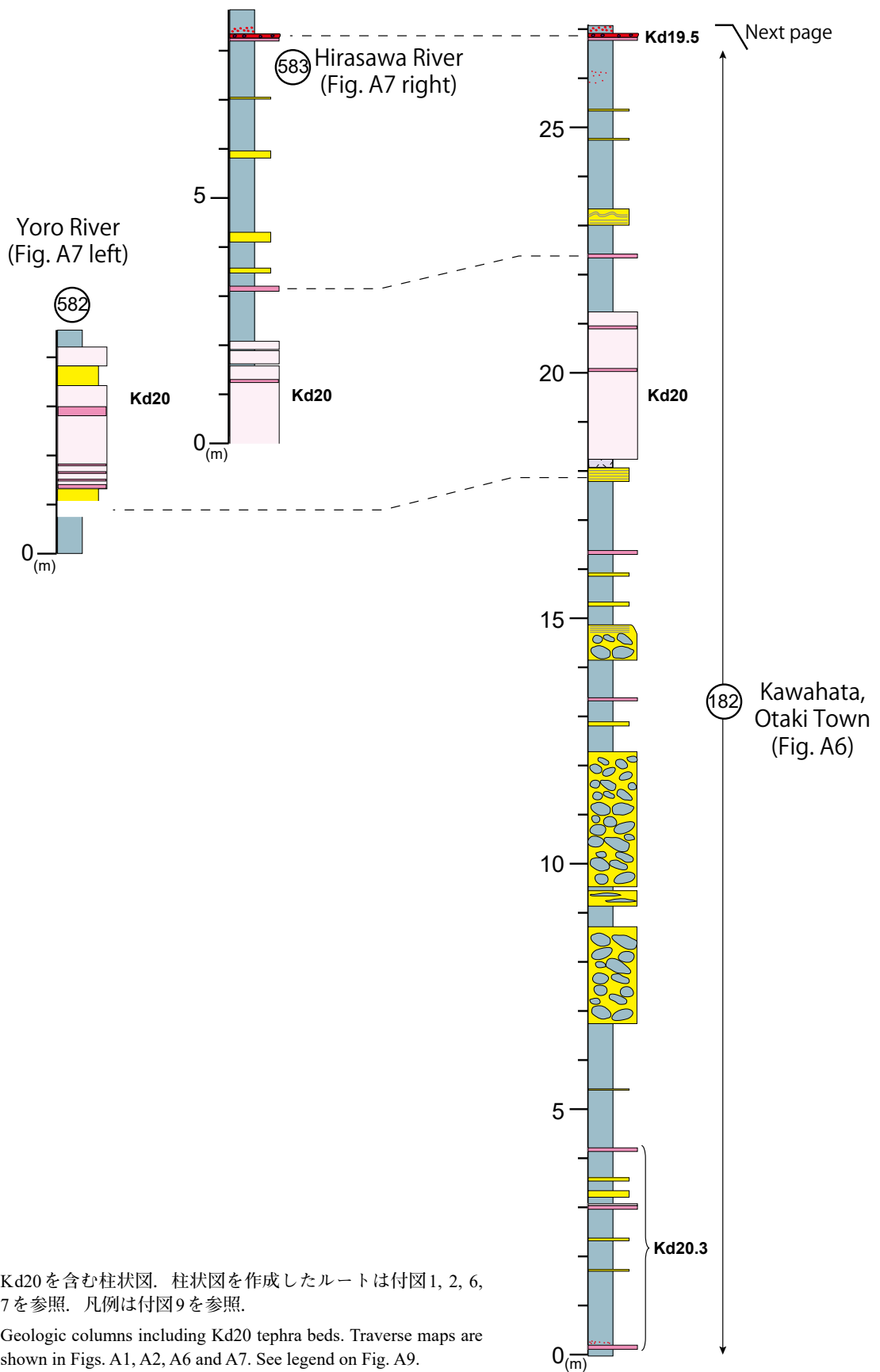
付図11 Kd31AからKd23までを含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図5,6を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A11 Geologic columns from Kd31A through Kd23 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A5 and A6. See legend on Fig. A9.



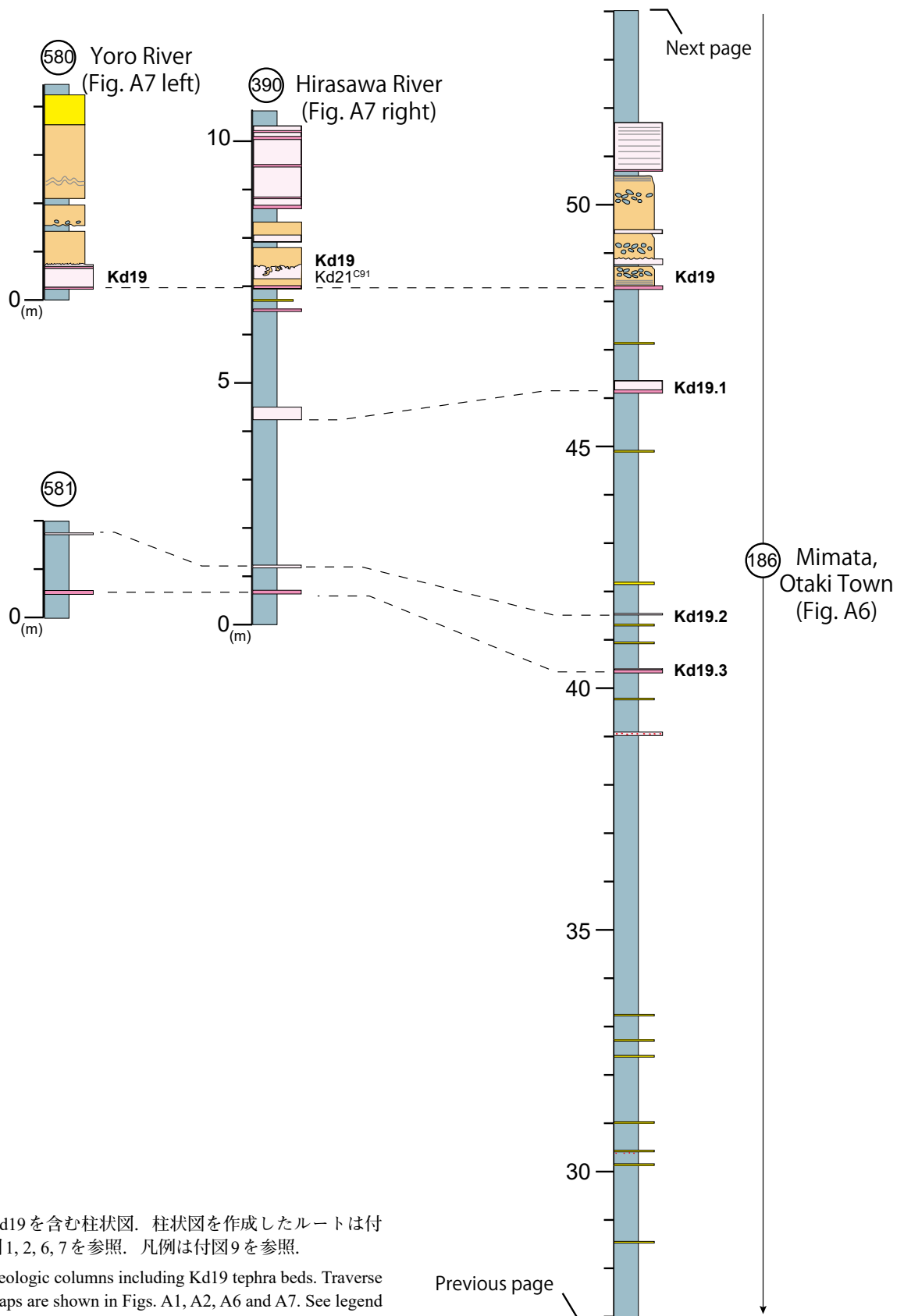
付図12 Kd22.3からKd20.4までを含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 2, 6, 7を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A12 Geologic columns from Kd22.3 through Kd20.4 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A6 and A7. See legend on Fig. A9.



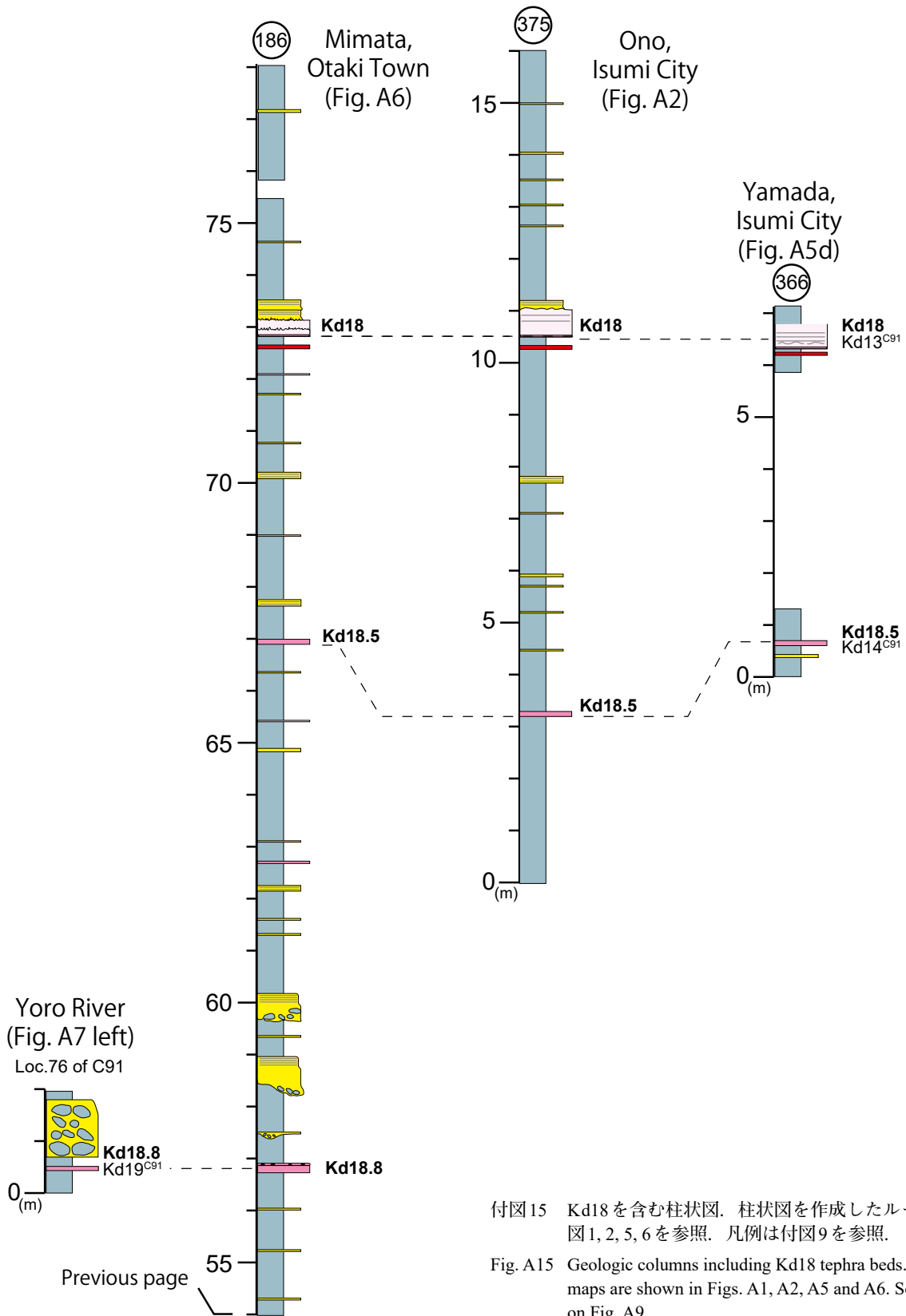
付図13 Kd20を含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 2, 6, 7を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A13 Geologic columns including Kd20 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A6 and A7. See legend on Fig. A9.



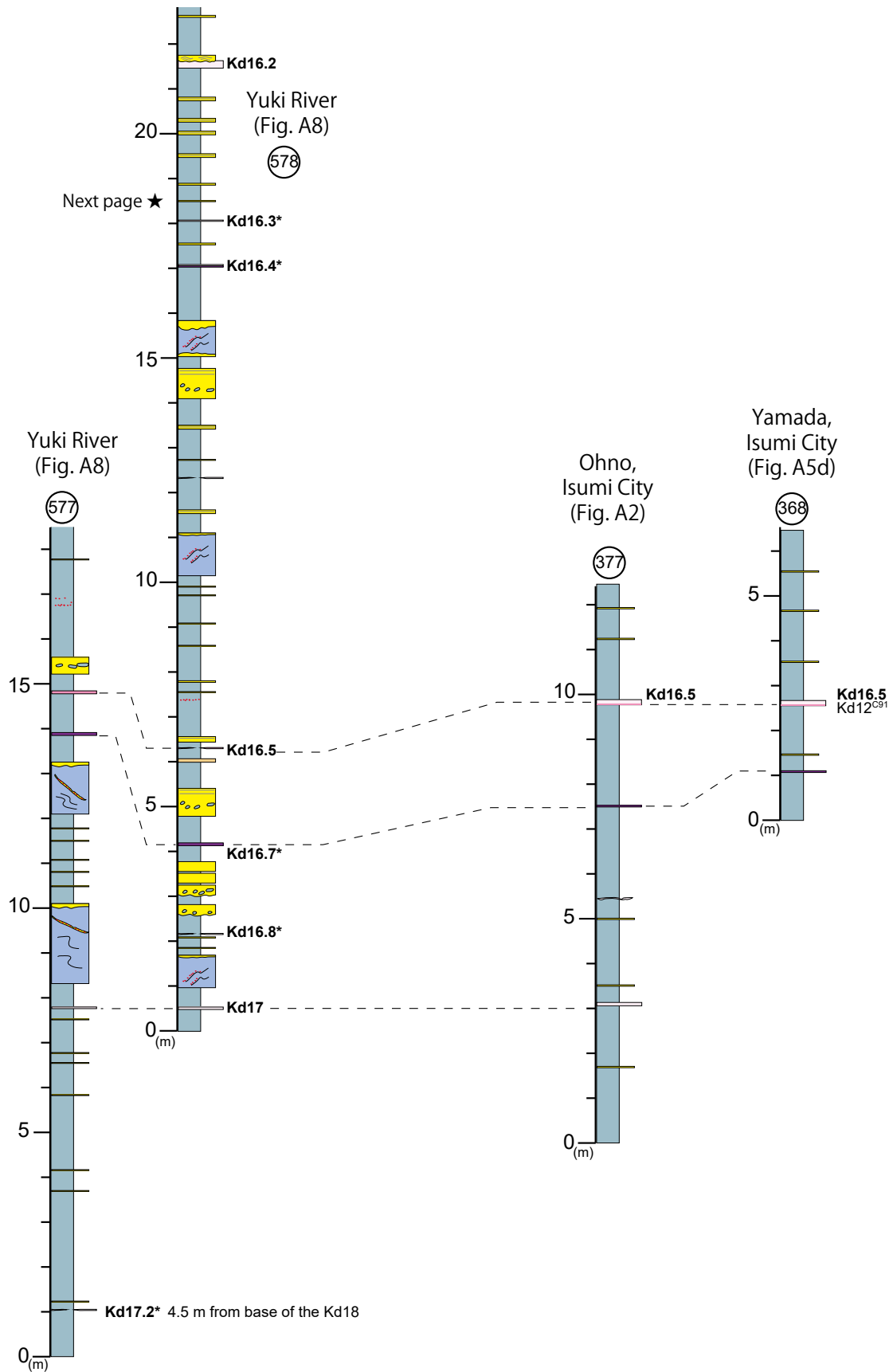
付図14 Kd19を含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 2, 6, 7を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A14 Geologic columns including Kd19 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A6 and A7. See legend on Fig. A9.



付図15 Kd18を含む柱状図. 柱状図を作成したルートは付図1, 2, 5, 6を参照. 凡例は付図9を参照.

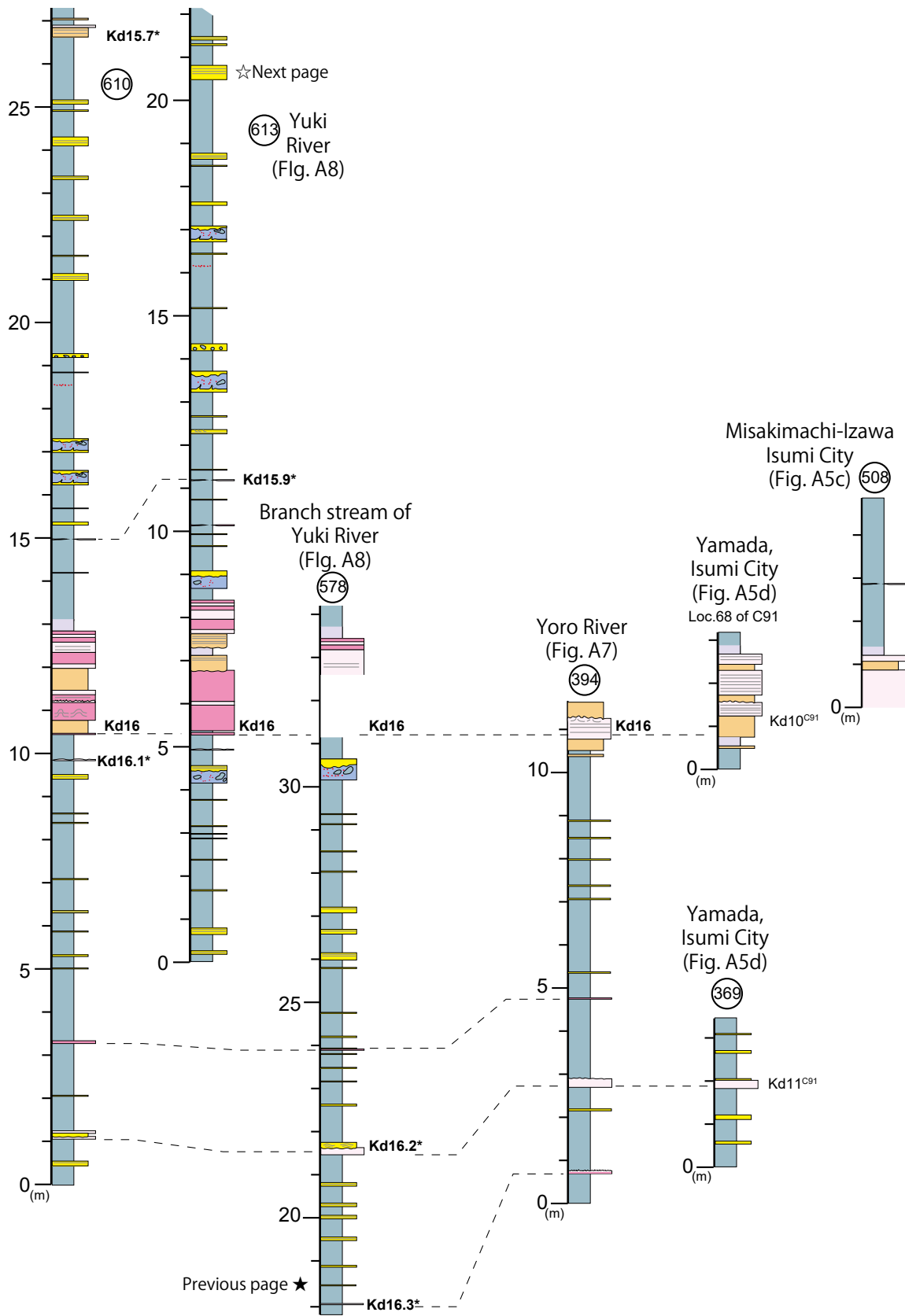
Fig. A15 Geologic columns including Kd18 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A5 and A6. See legend on Fig. A9.



付図16 Kd17を含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 2, 5, 8を参照。凡例は付図9を参照。

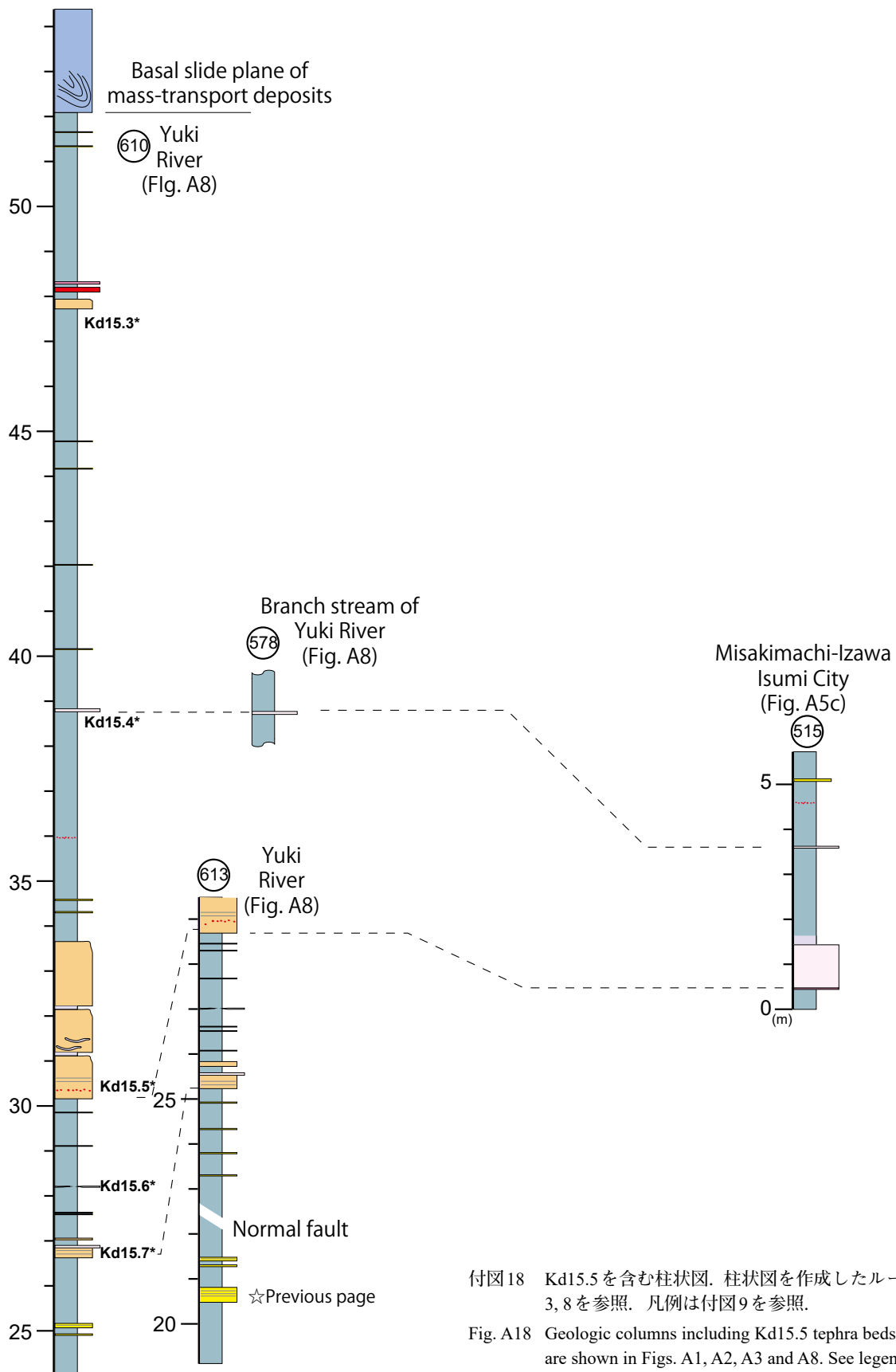
Fig. A16 Geologic columns including Kd17 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A5 and A8. See legend on Fig. A9.





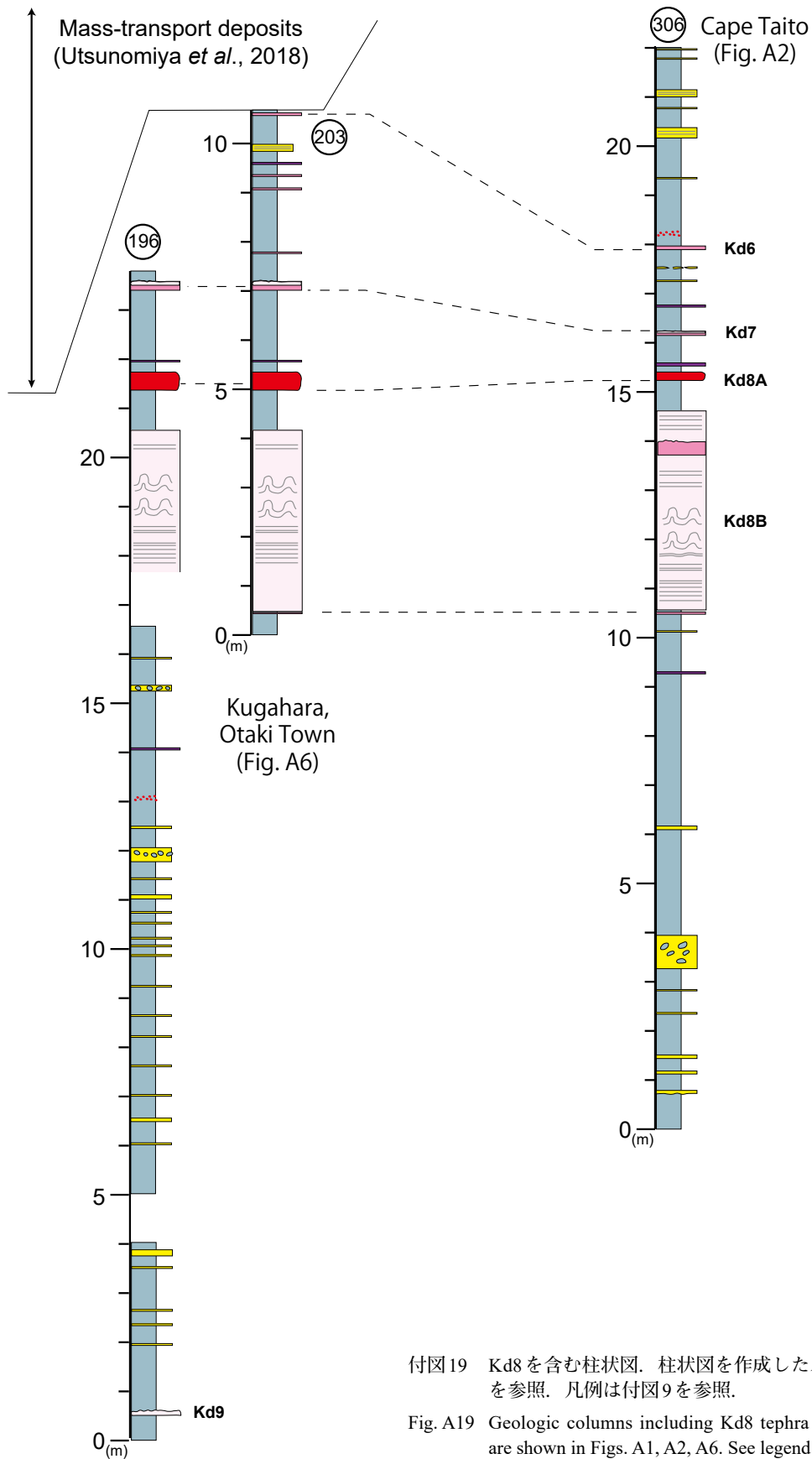
付図17 Kd16を含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 2, 5, 7, 8を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A17 Geologic columns including Kd16 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A5, A7 and A8. See legend on Fig. A9.



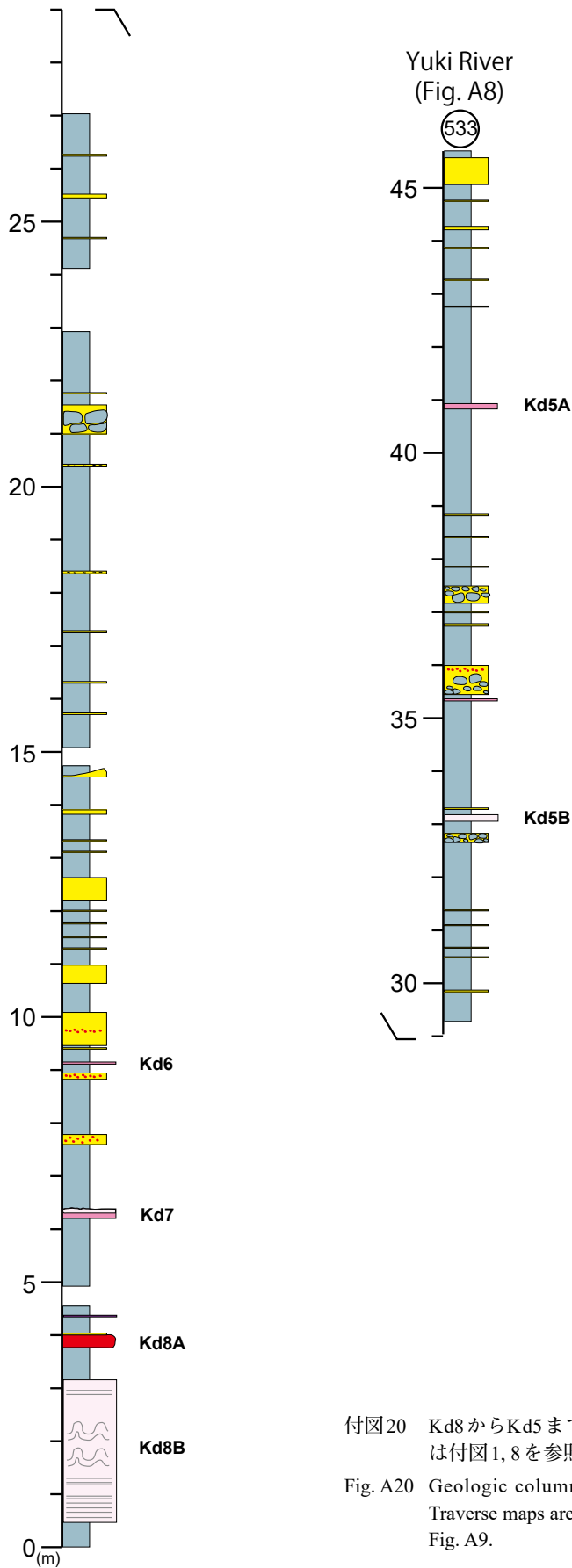
付図18 Kd15.5を含む柱状図. 柱状図を作成したルートは付図1, 2, 3, 8を参照. 凡例は付図9を参照.

Fig. A18 Geologic columns including Kd15.5 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A3 and A8. See legend on Fig. A9.



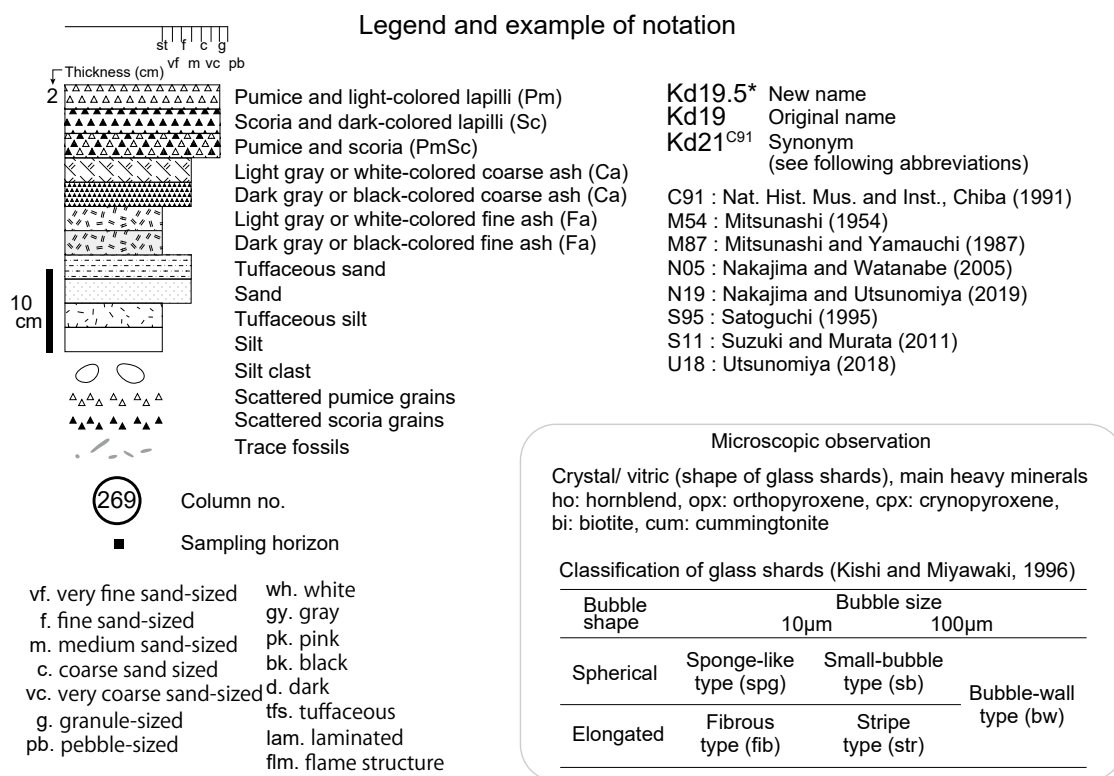
付図19 Kd8を含む柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 2, 6を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A19 Geologic columns including Kd8 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1, A2, A6. See legend on Fig. A9.



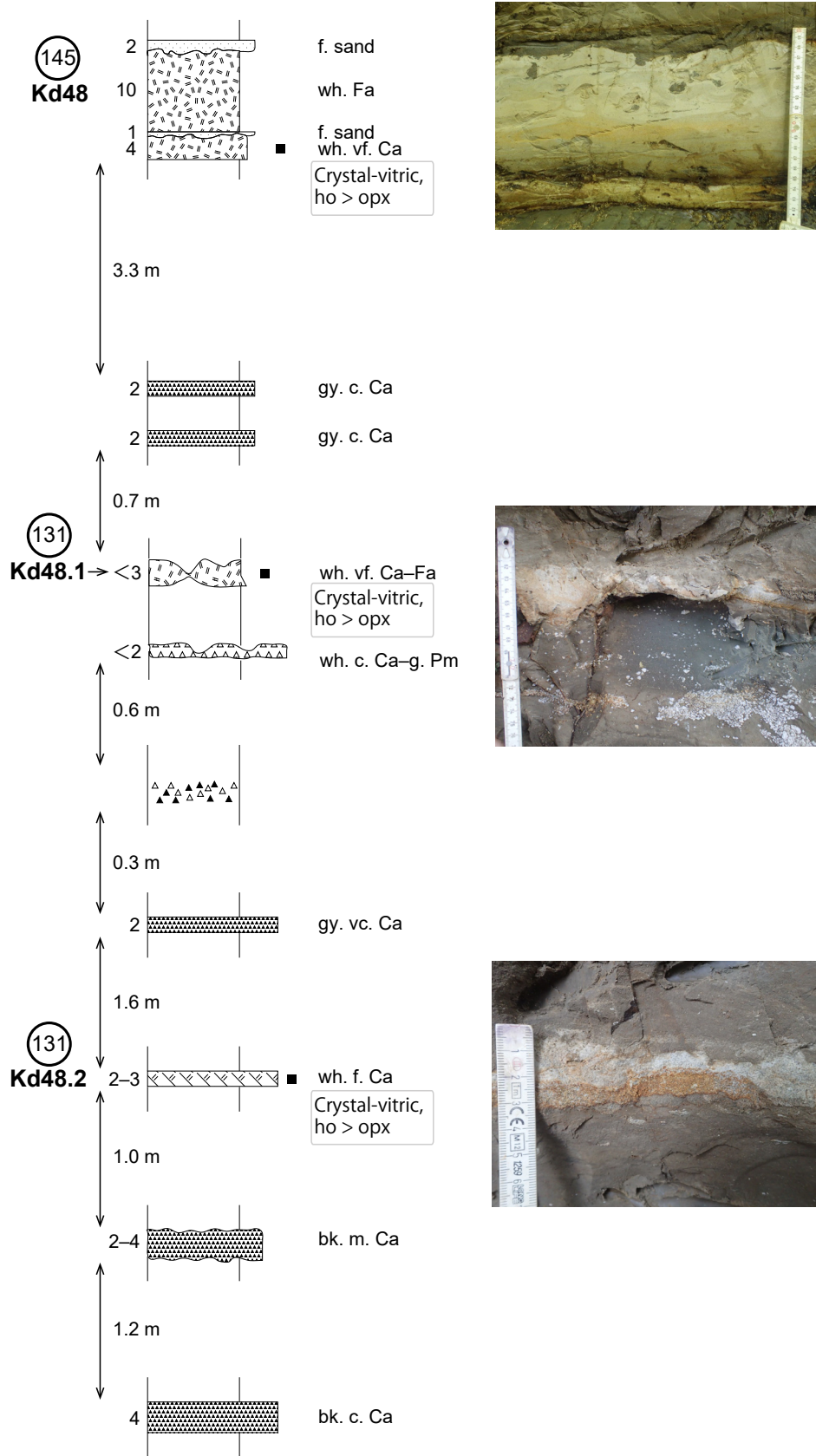
付図20 Kd8からKd5までの柱状図。柱状図を作成したルートは付図1, 8を参照。凡例は付図9を参照。

Fig. A20 Geologic columns from Kd8 through Kd5 tephra beds. Traverse maps are shown in Figs. A1 and A8. See legend on Fig. A9.



付図21 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴.

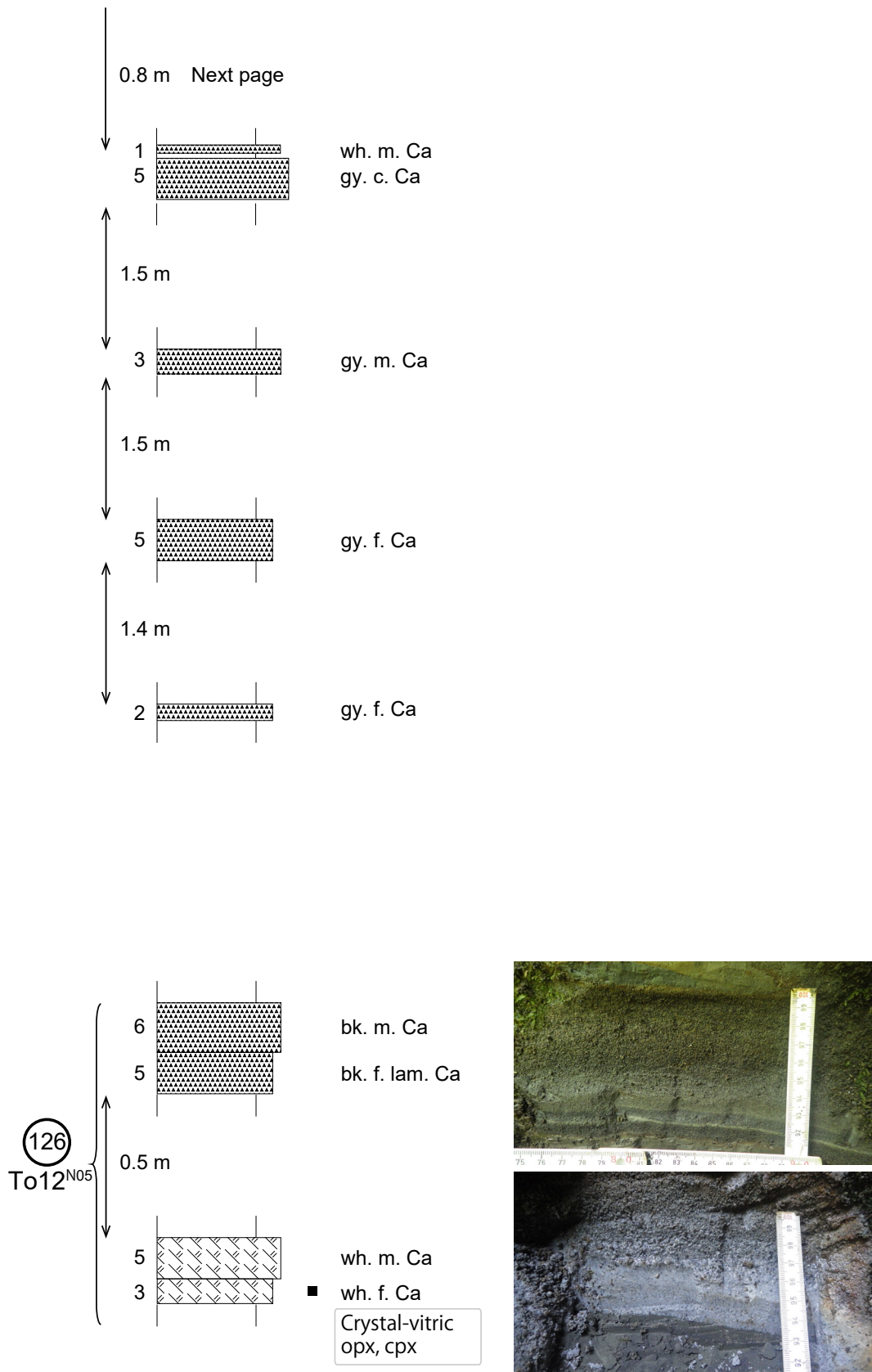
Fig. A21 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds.



付図22 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

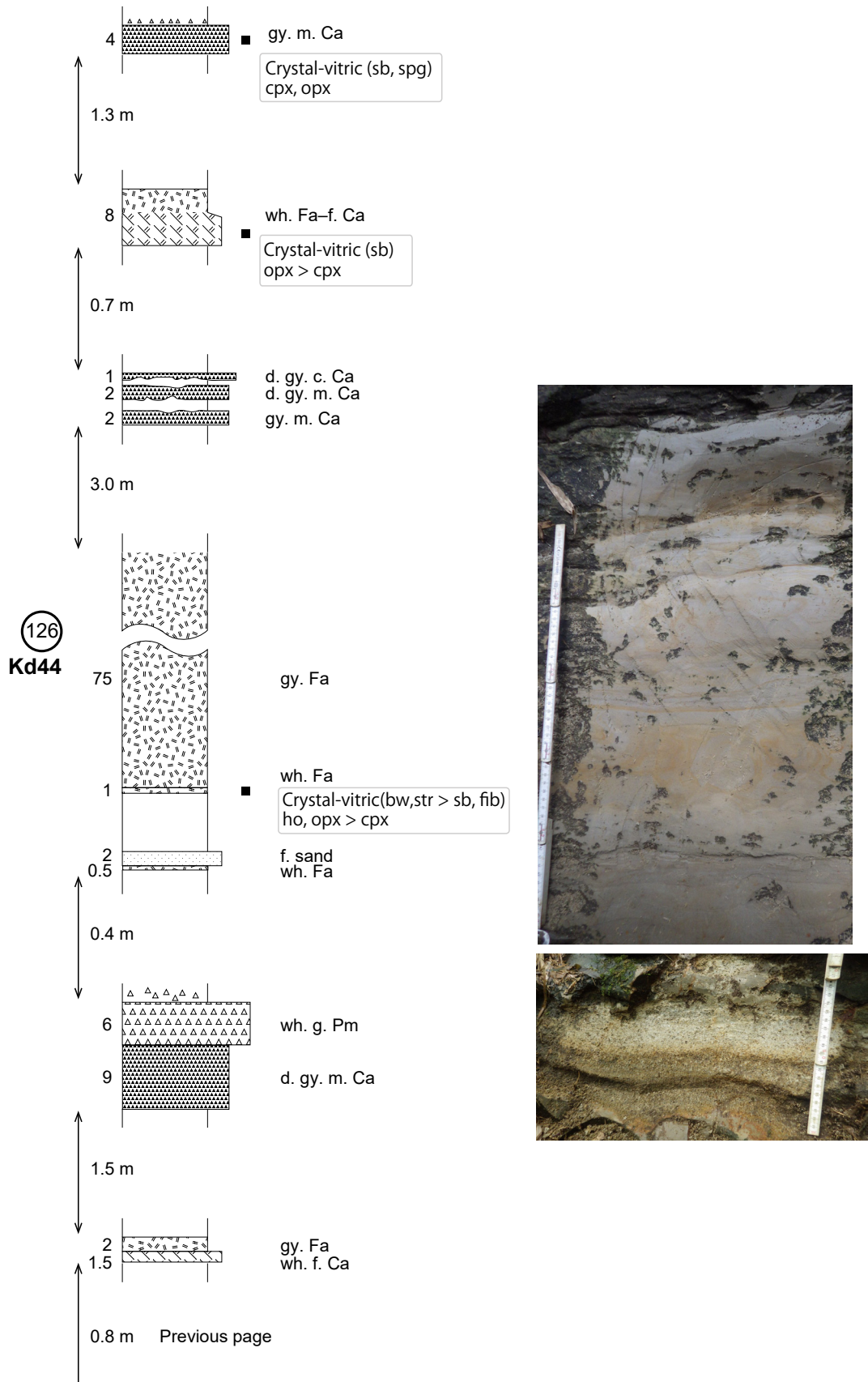
Fig. A22 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



付図23 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A23 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

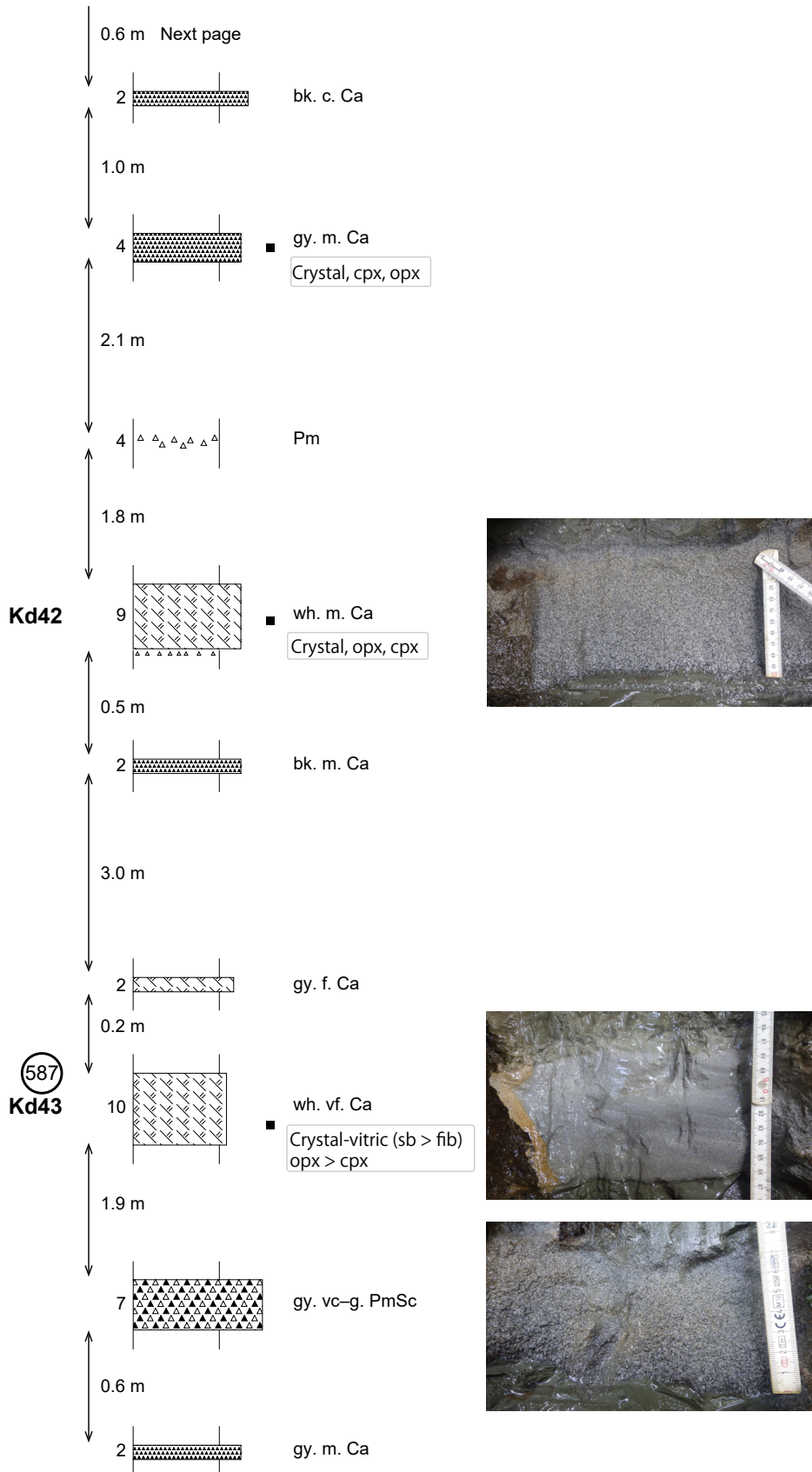


付図24 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A24 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

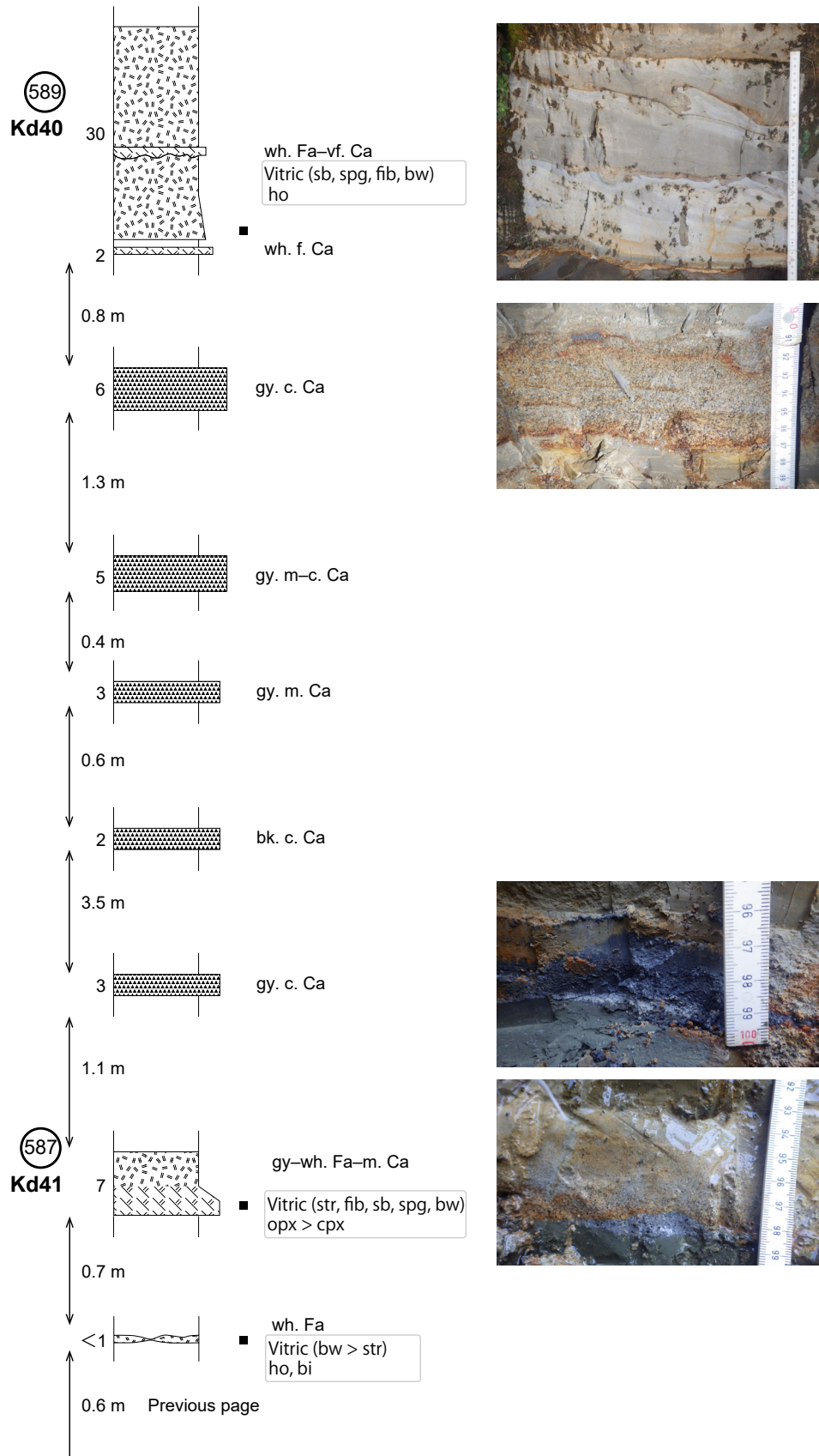


上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



付図25 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

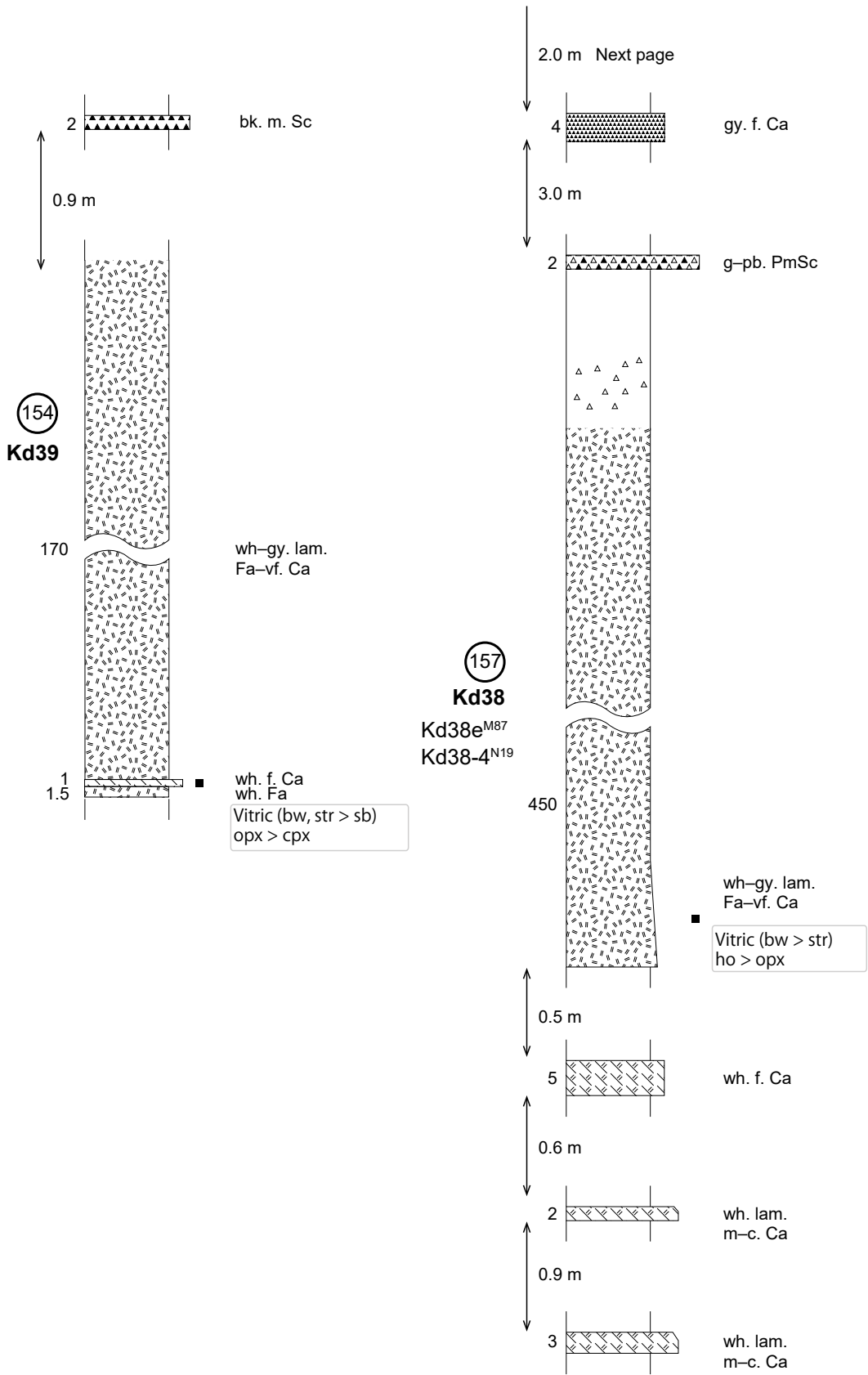
Fig. A25 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図26 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

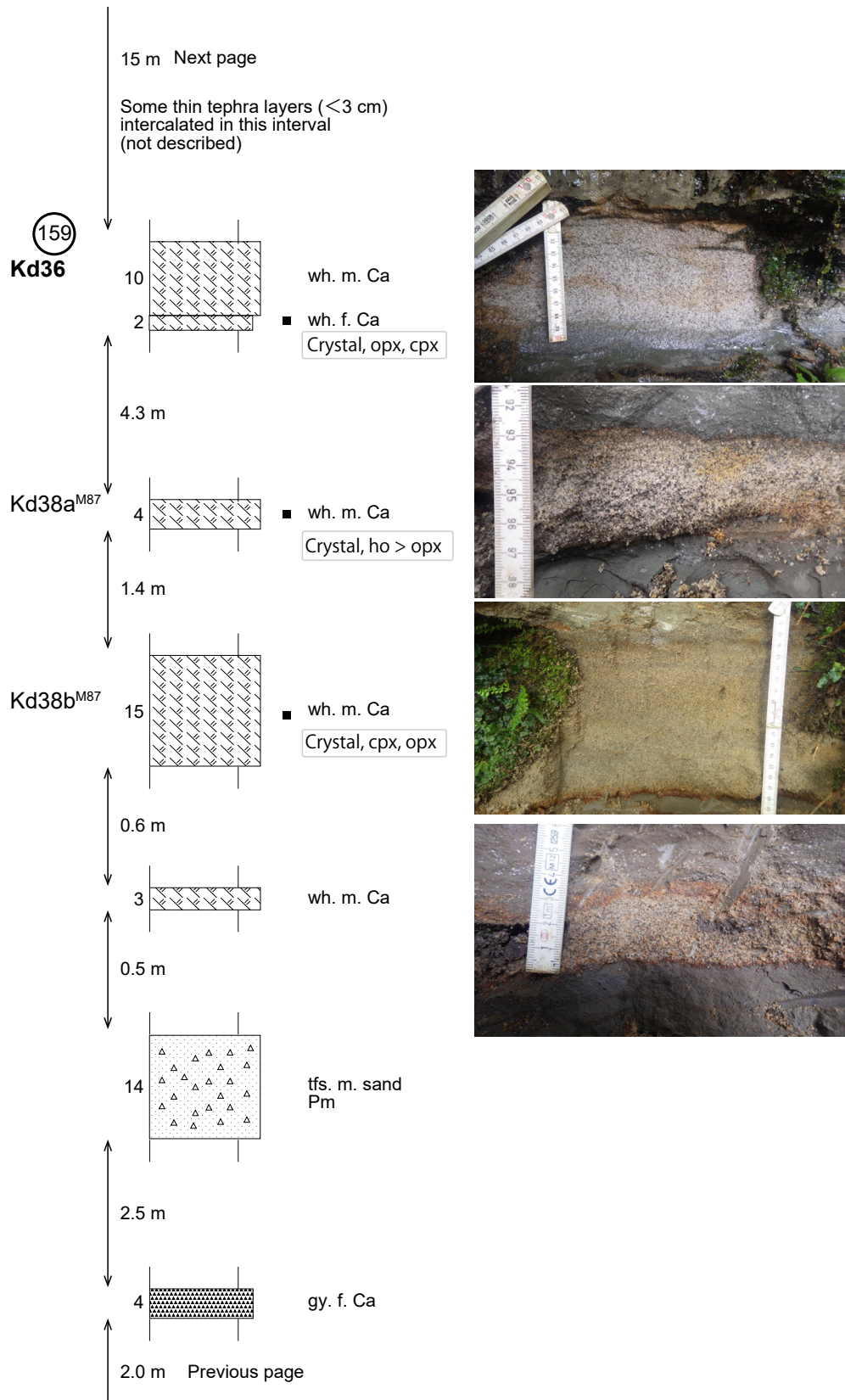
Fig. A26 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



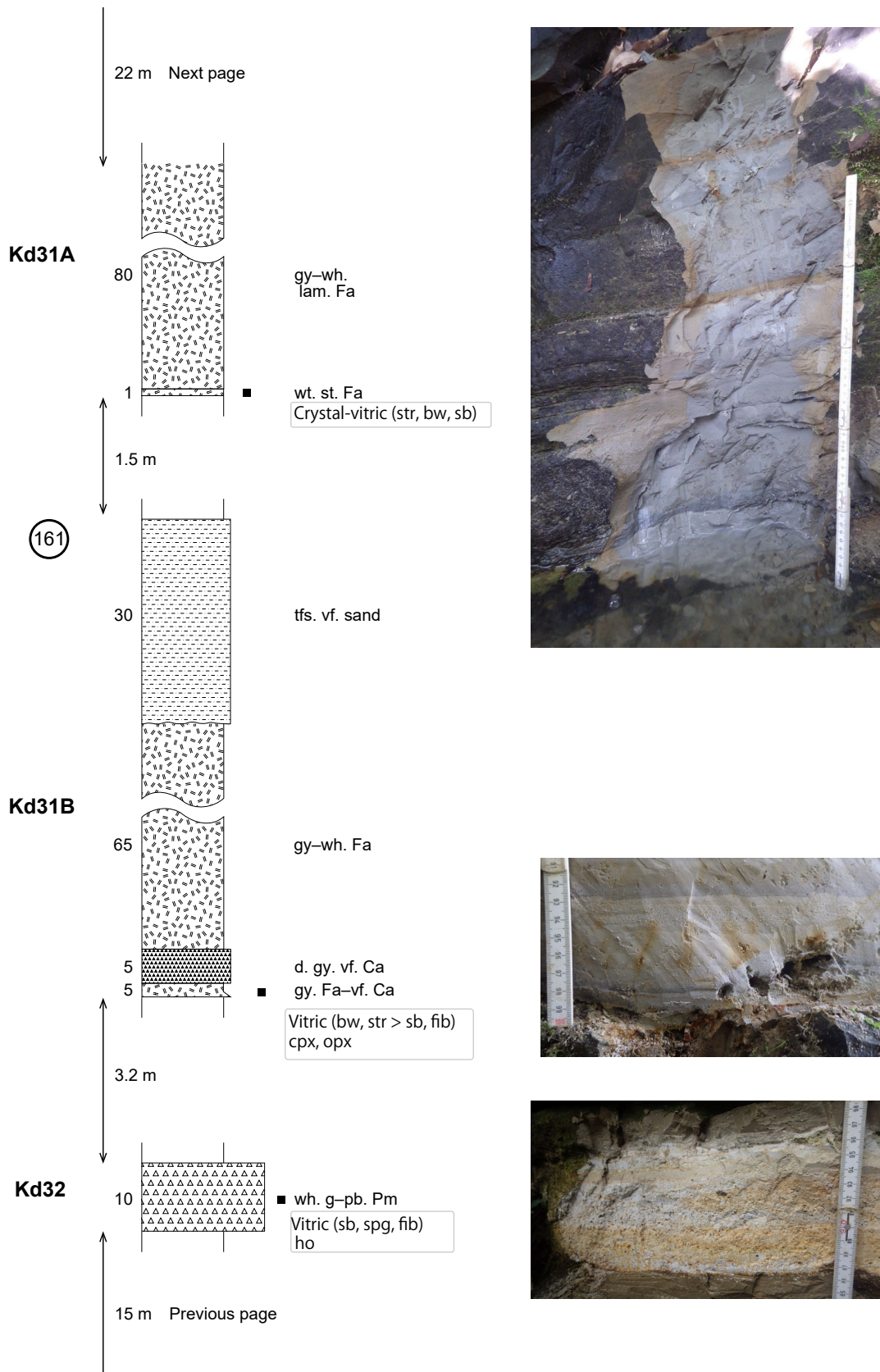
付図27 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A27 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



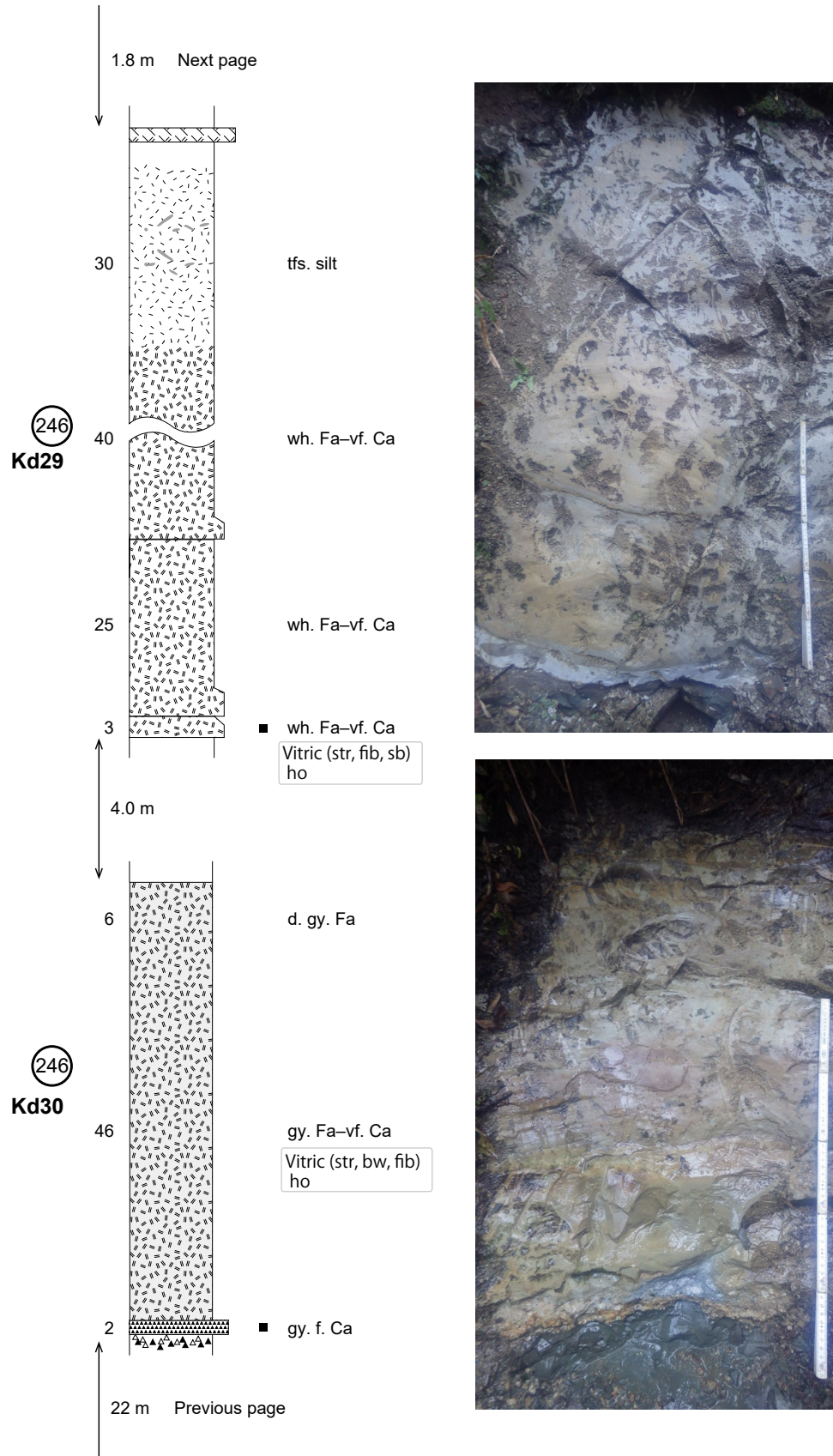
付図28 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A28 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



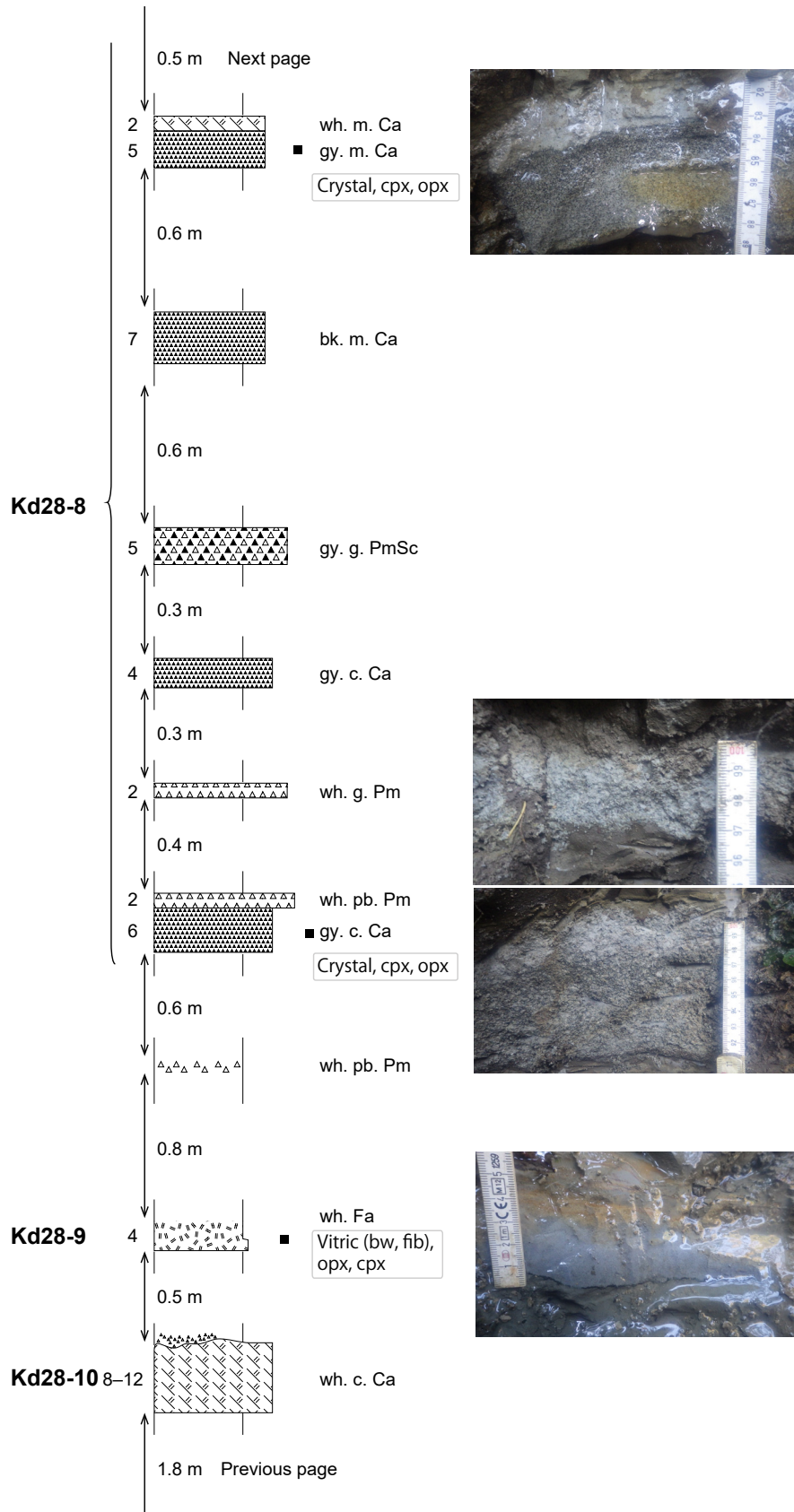
付図29 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A29 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



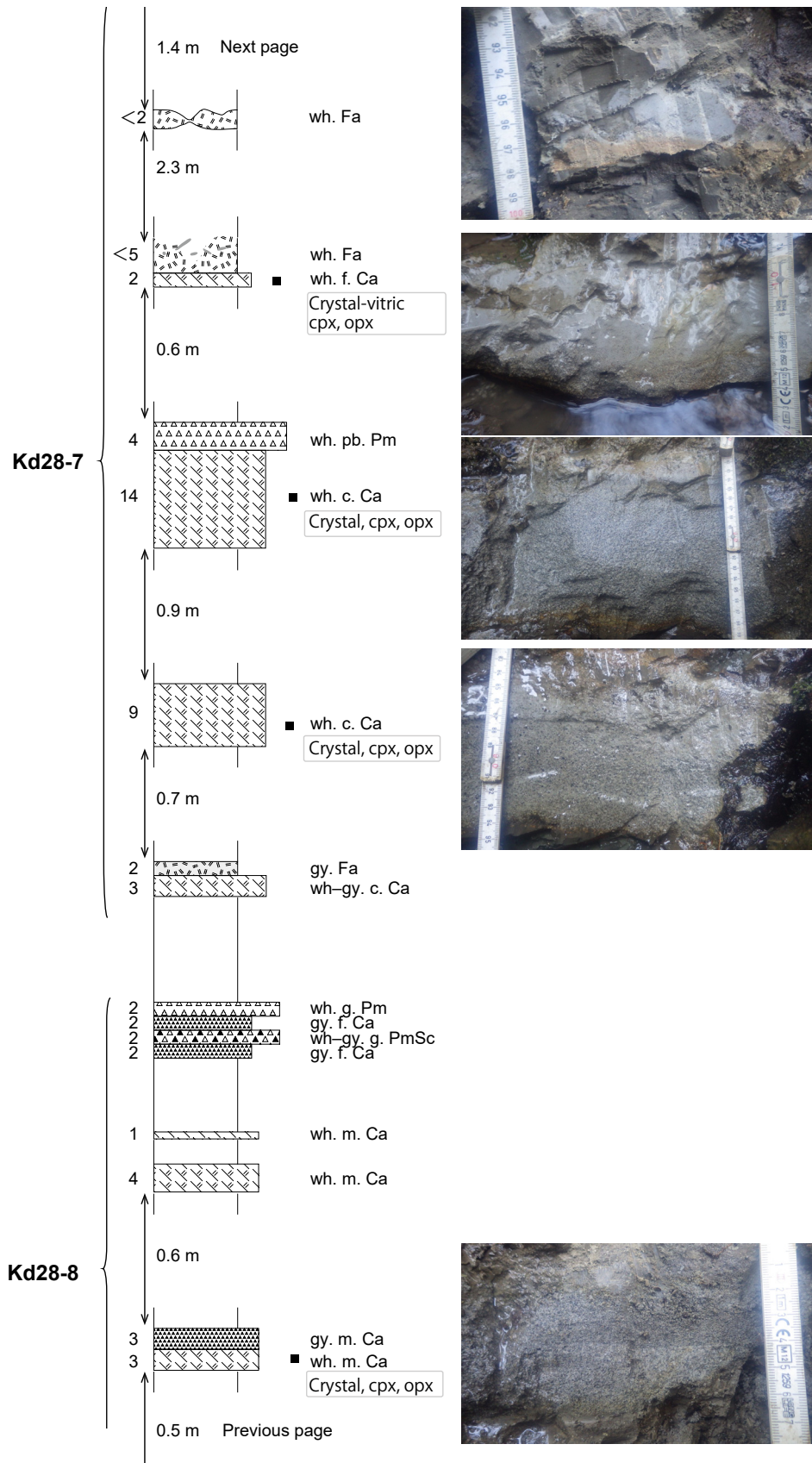
付図30 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A30 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図31 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

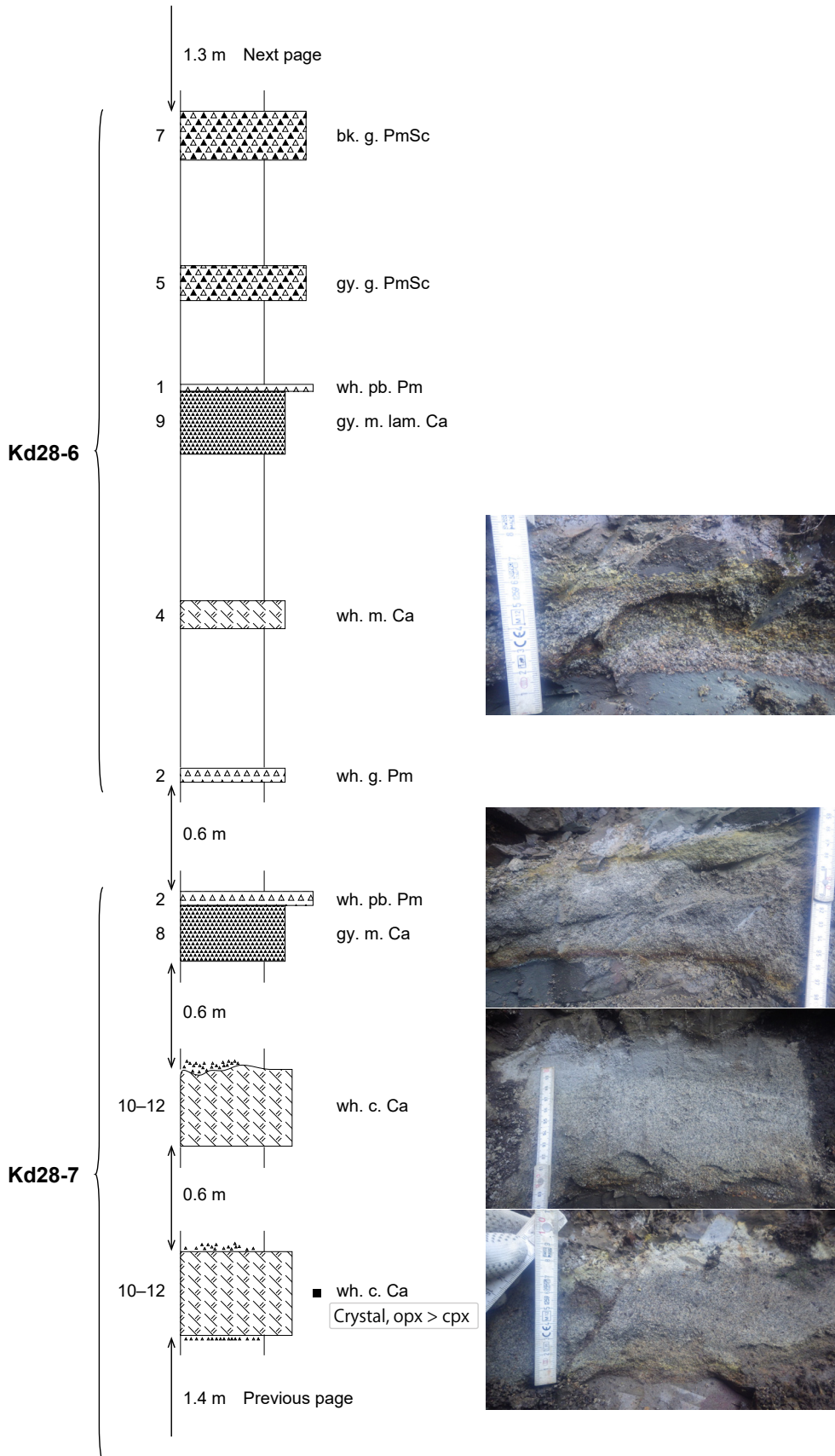
Fig. A31 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図32 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

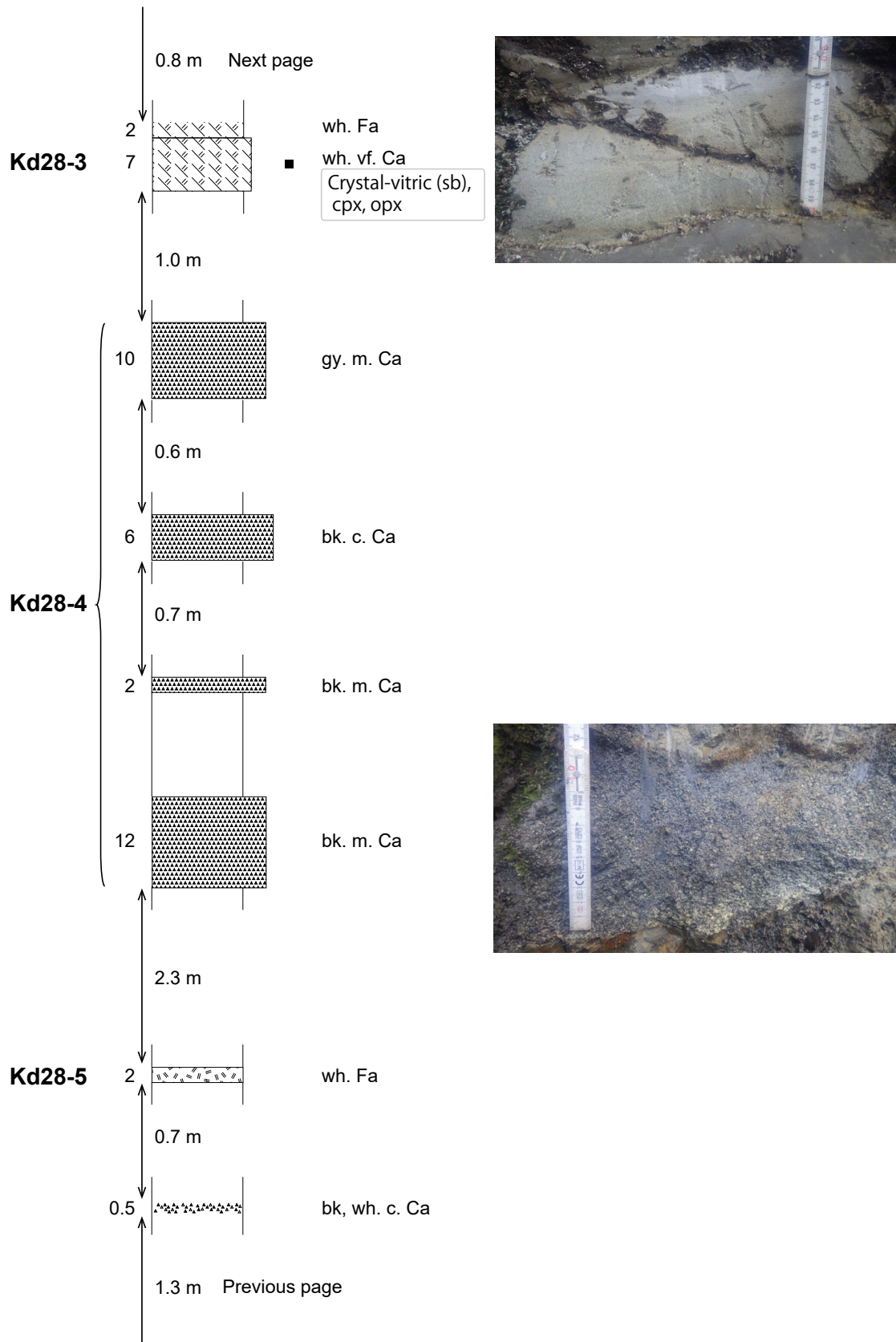
Fig. A32 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.





付図33 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

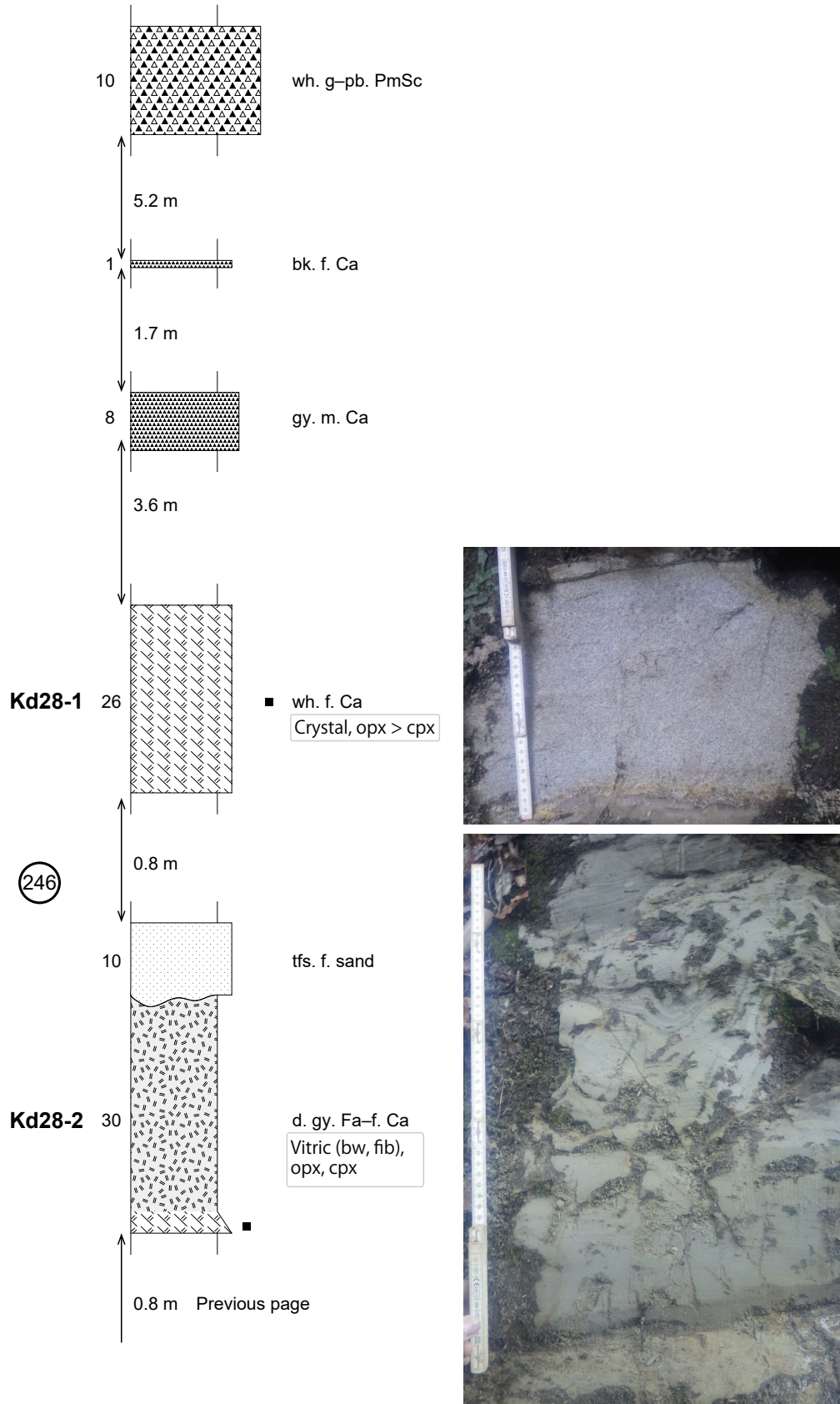
Fig. A33 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図34 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

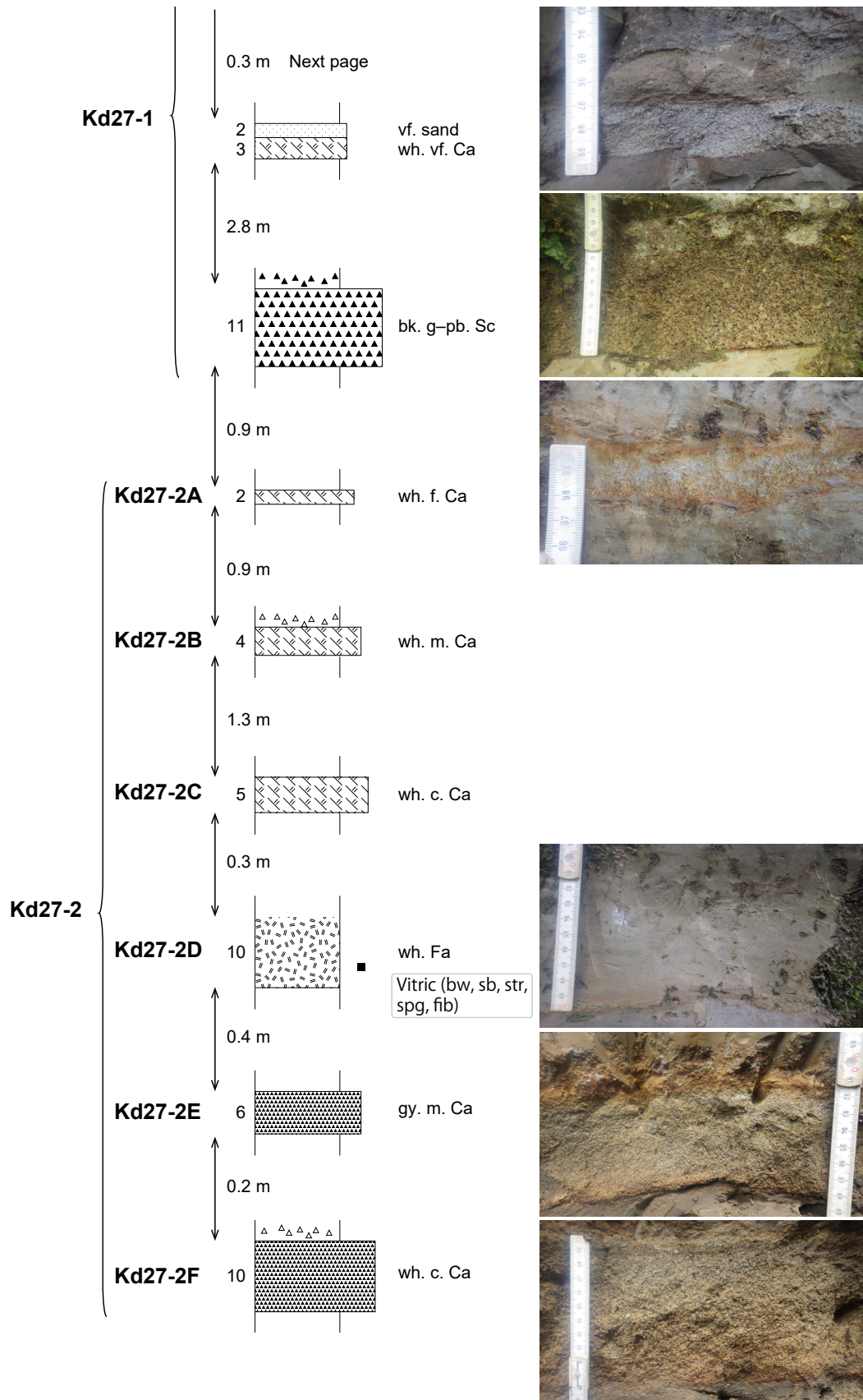
Fig. A34 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



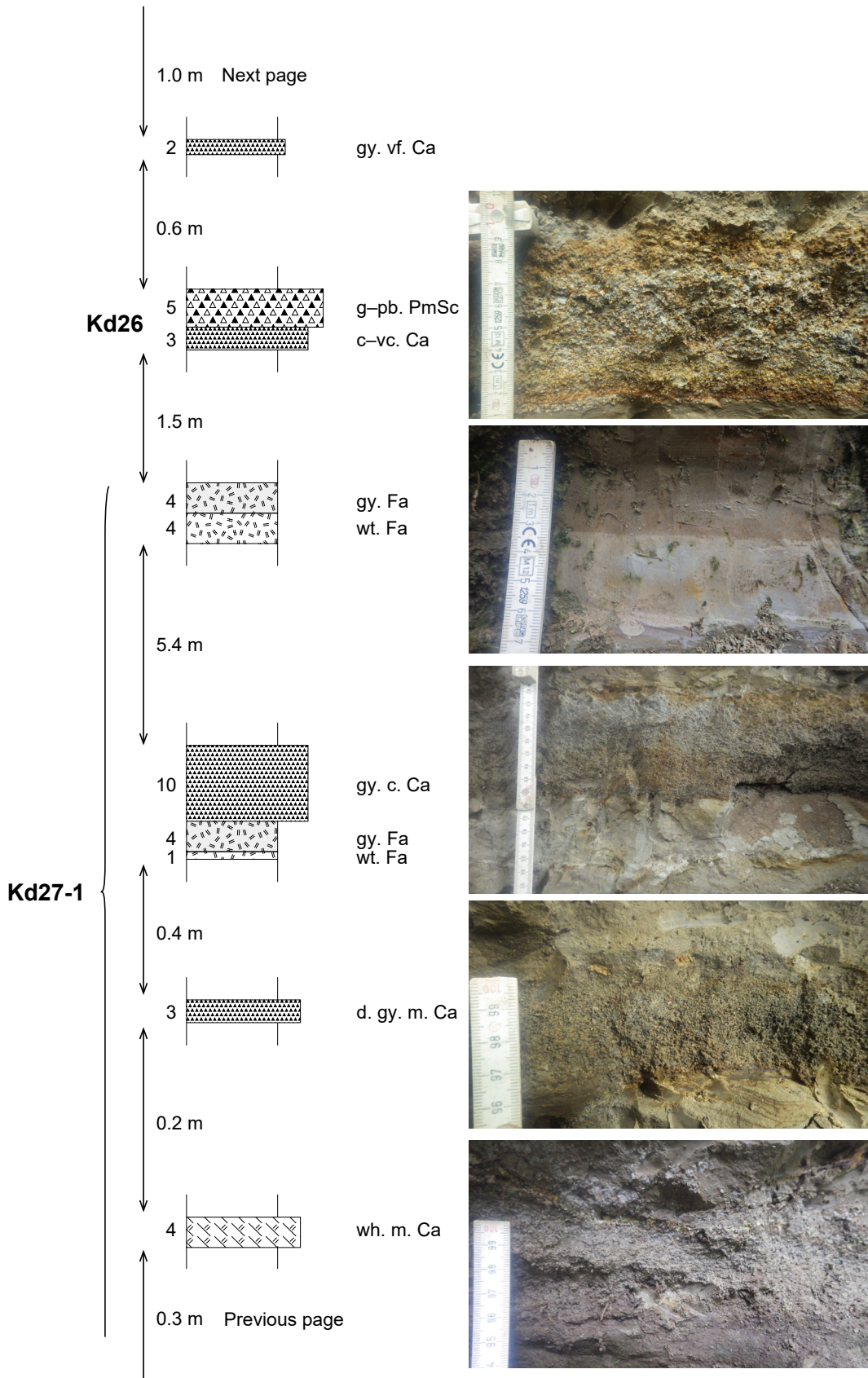
付図35 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴. 凡例は付図21を参照.

Fig. A35 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



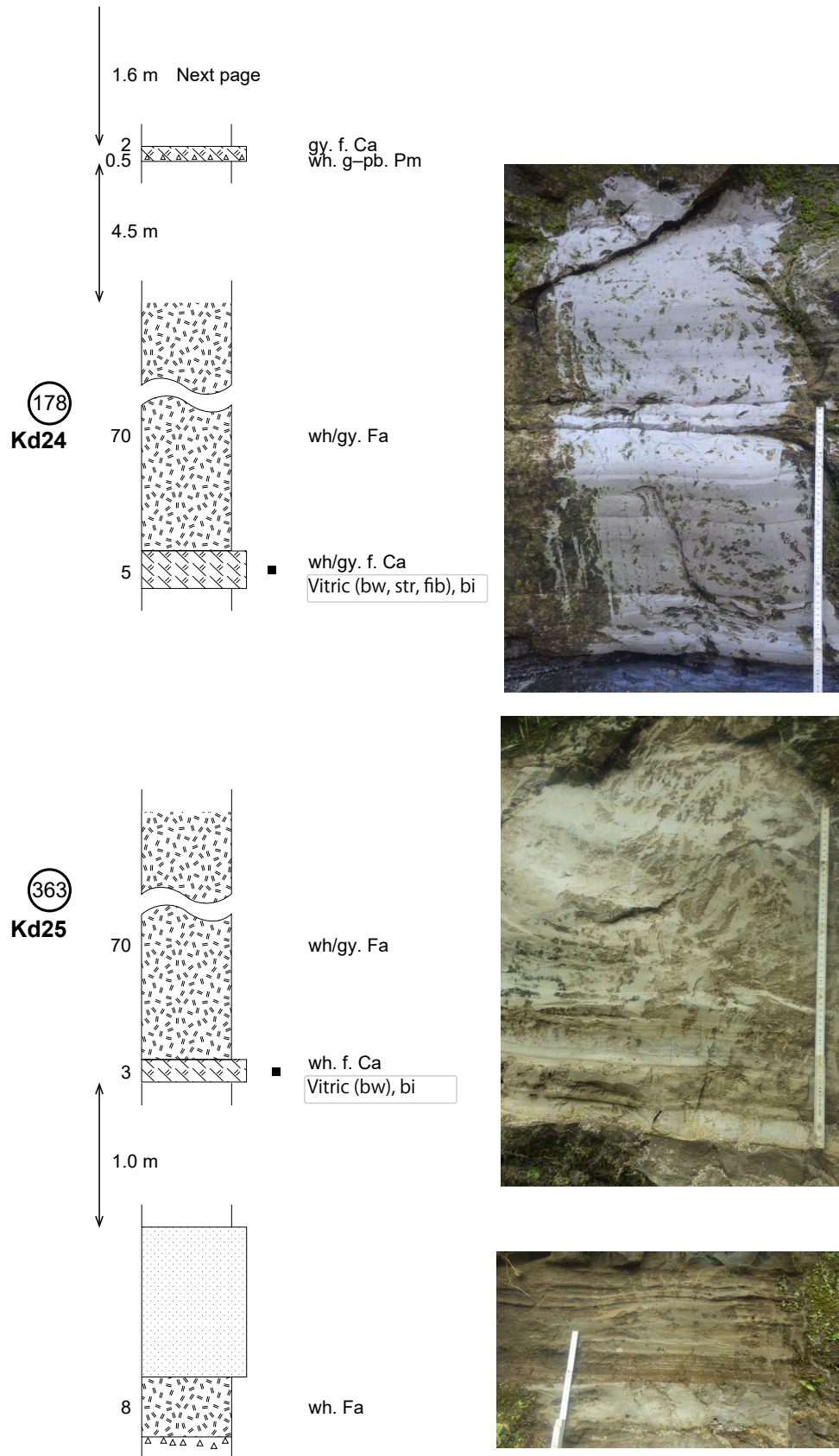
付図36 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A36 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図37 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴. 凡例は付図21を参照.

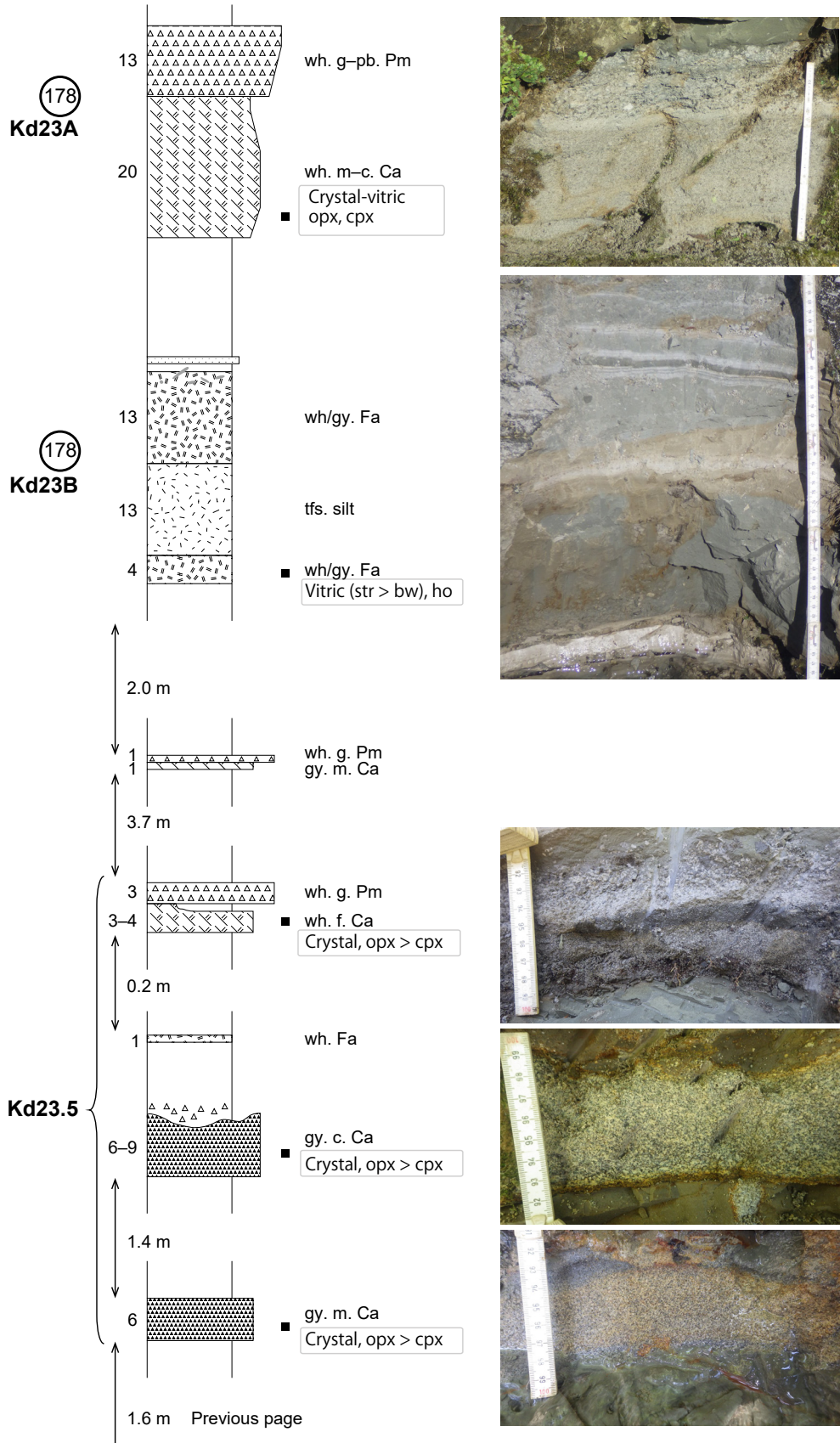
Fig. A37 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図38 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

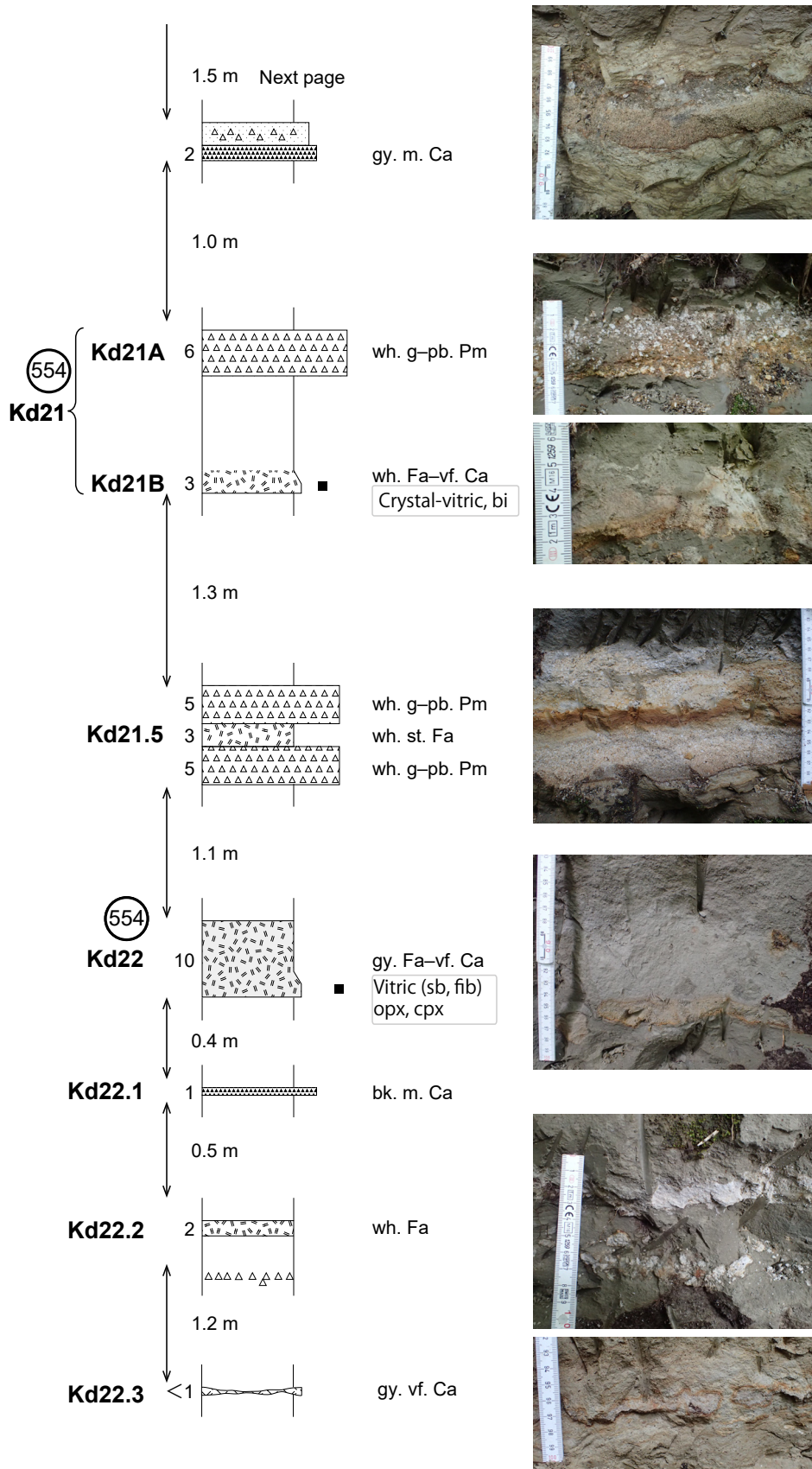
Fig. A38 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

上総層群黄田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



付図39 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

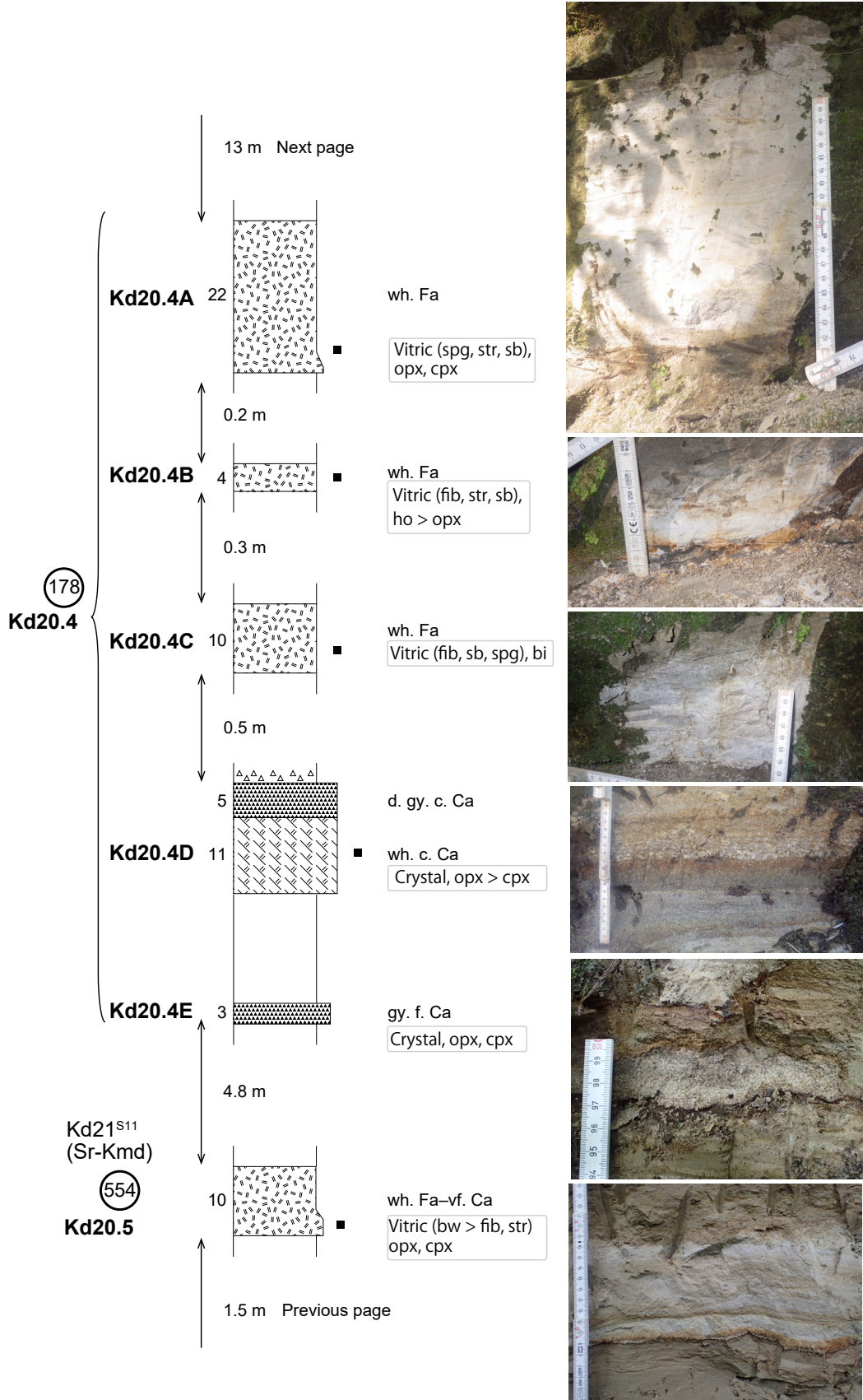
Fig. A39 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図40 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

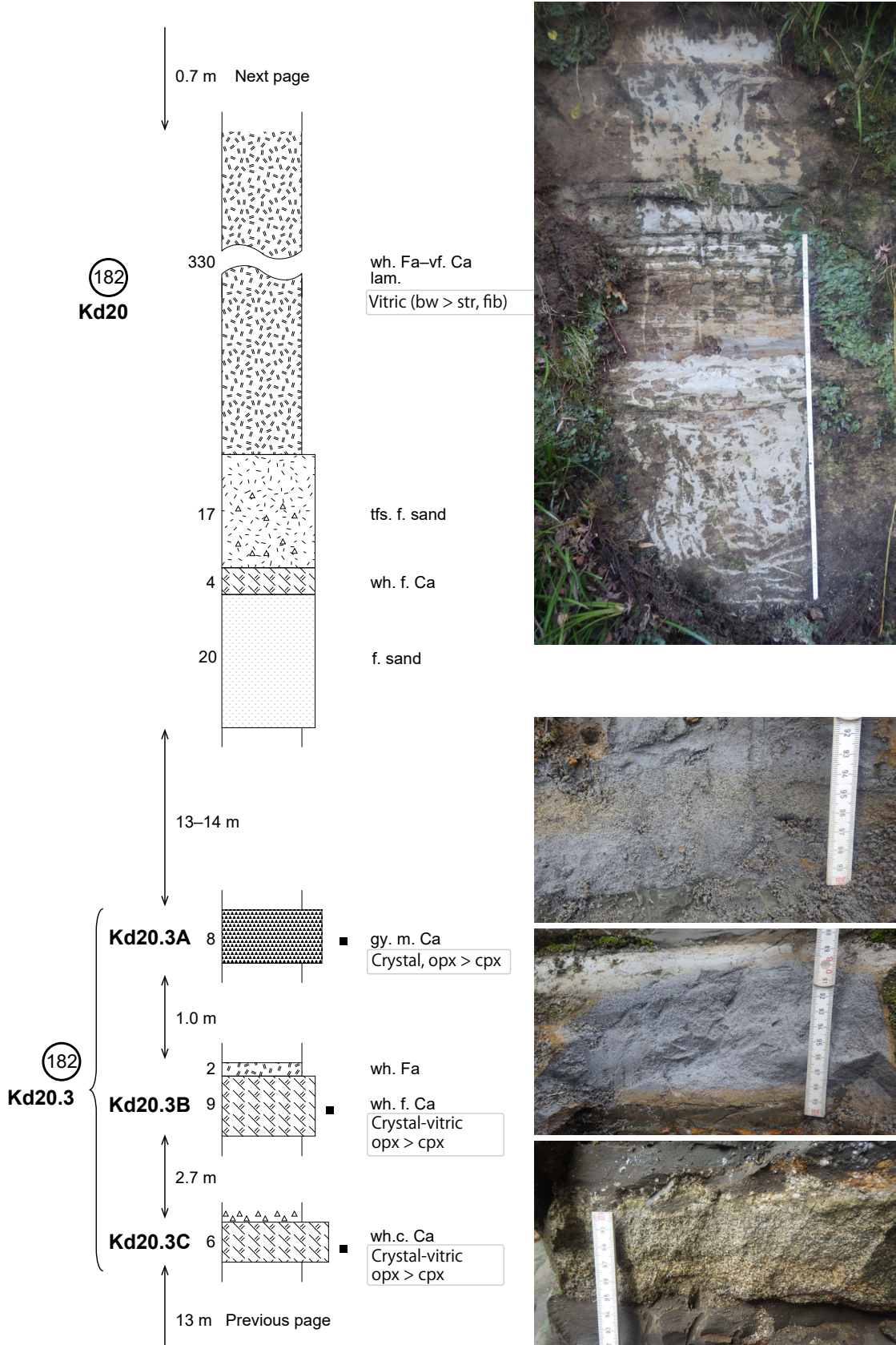
Fig. A40 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.





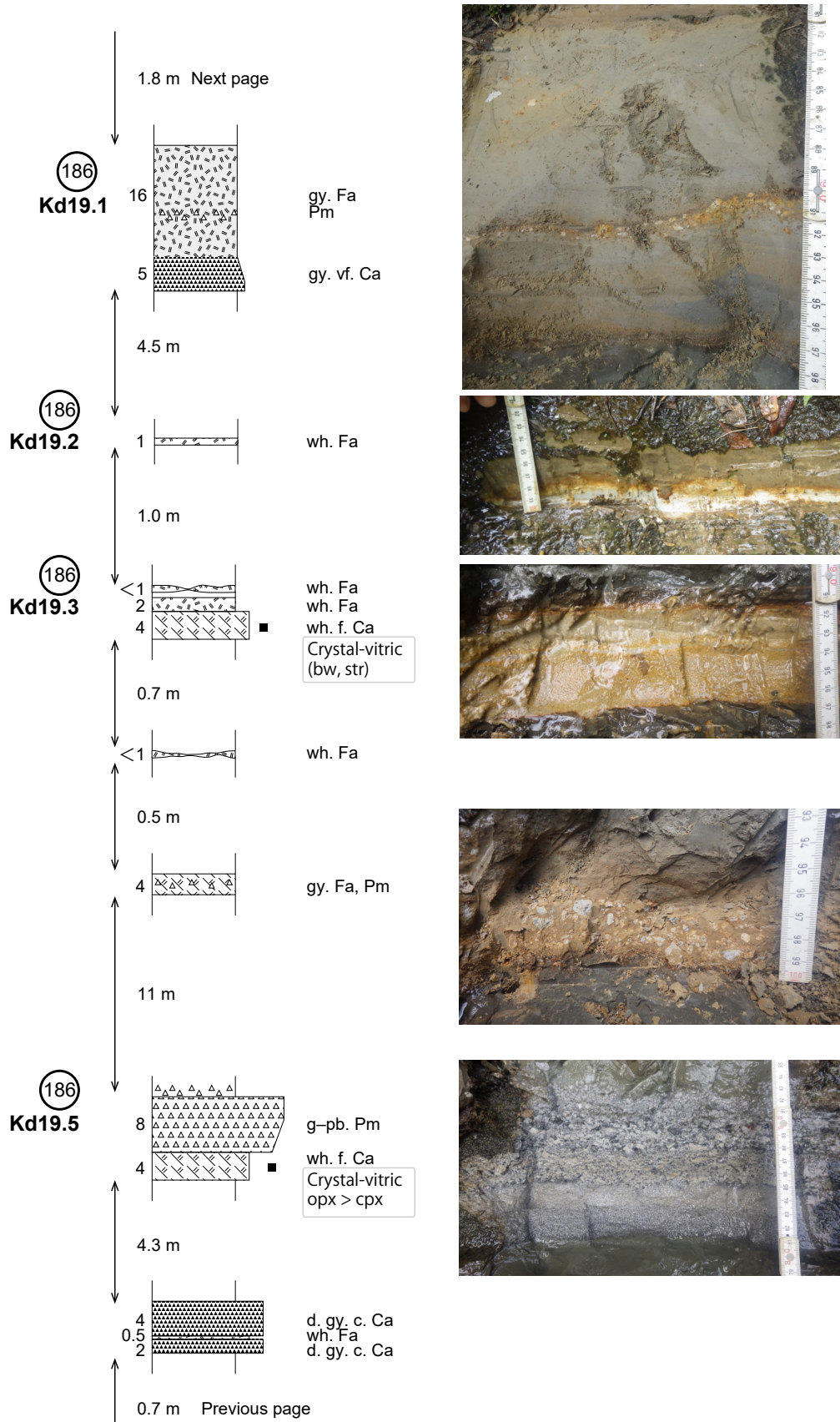
付図41 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A41 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



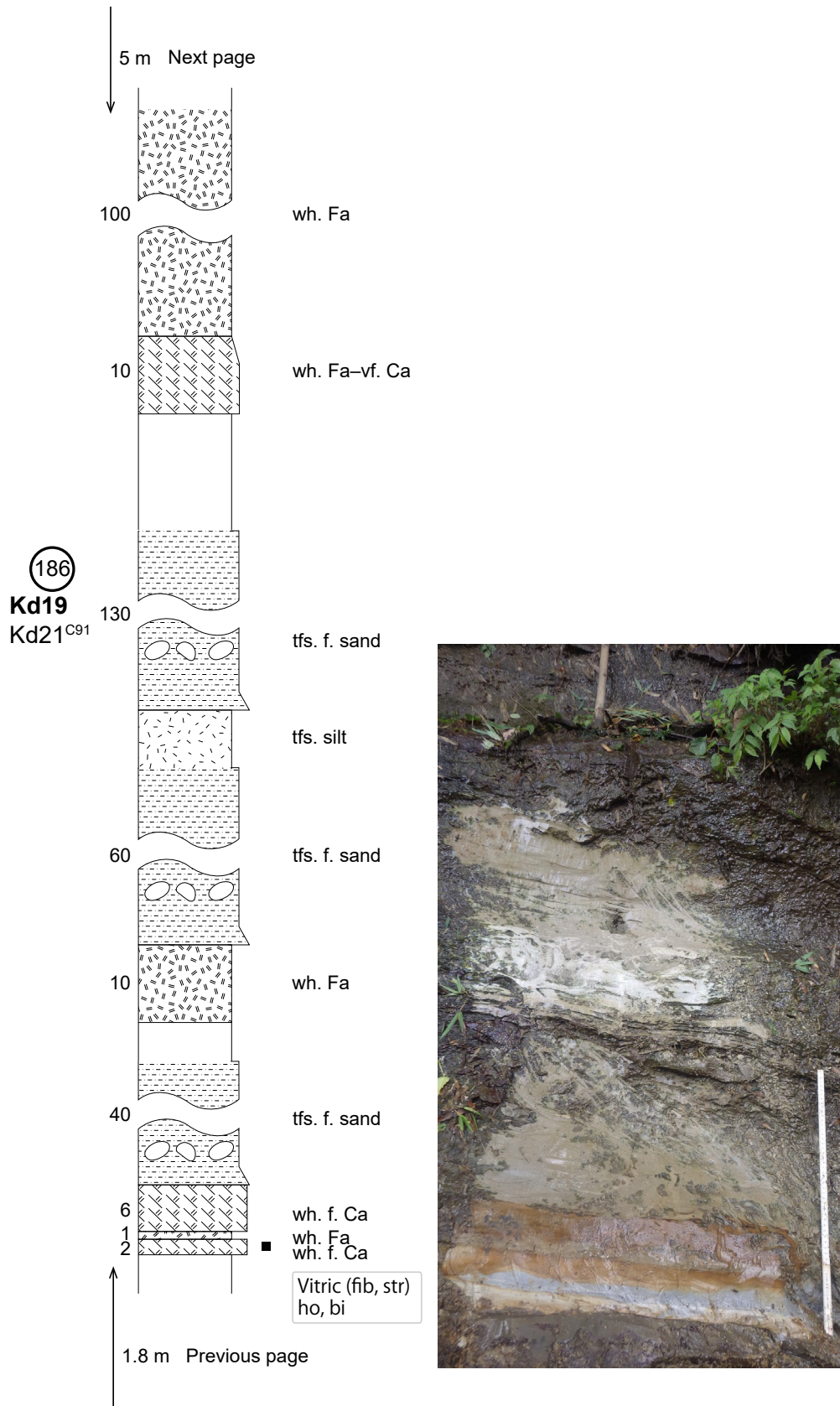
付図42 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A42 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



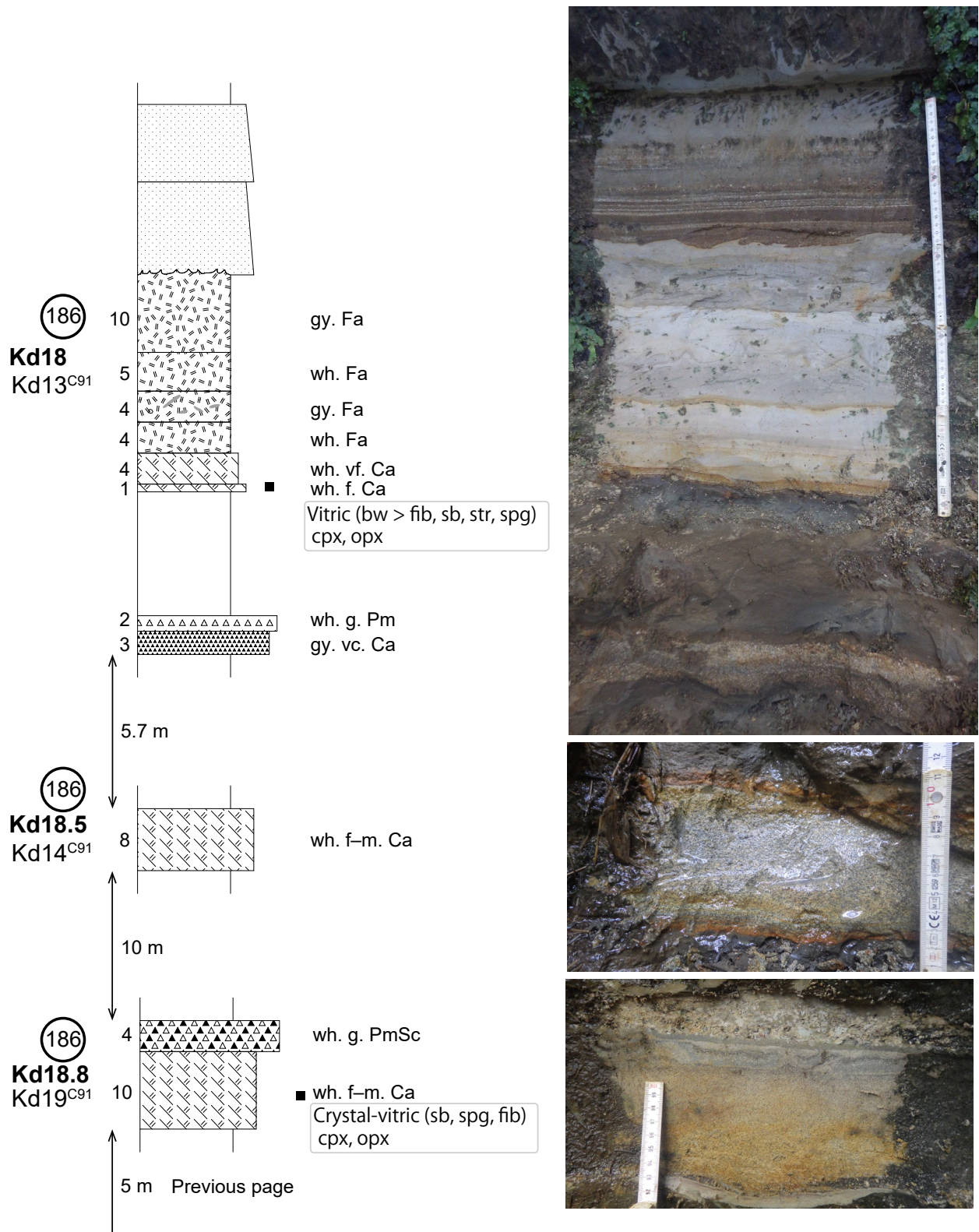
付図43 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A43 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

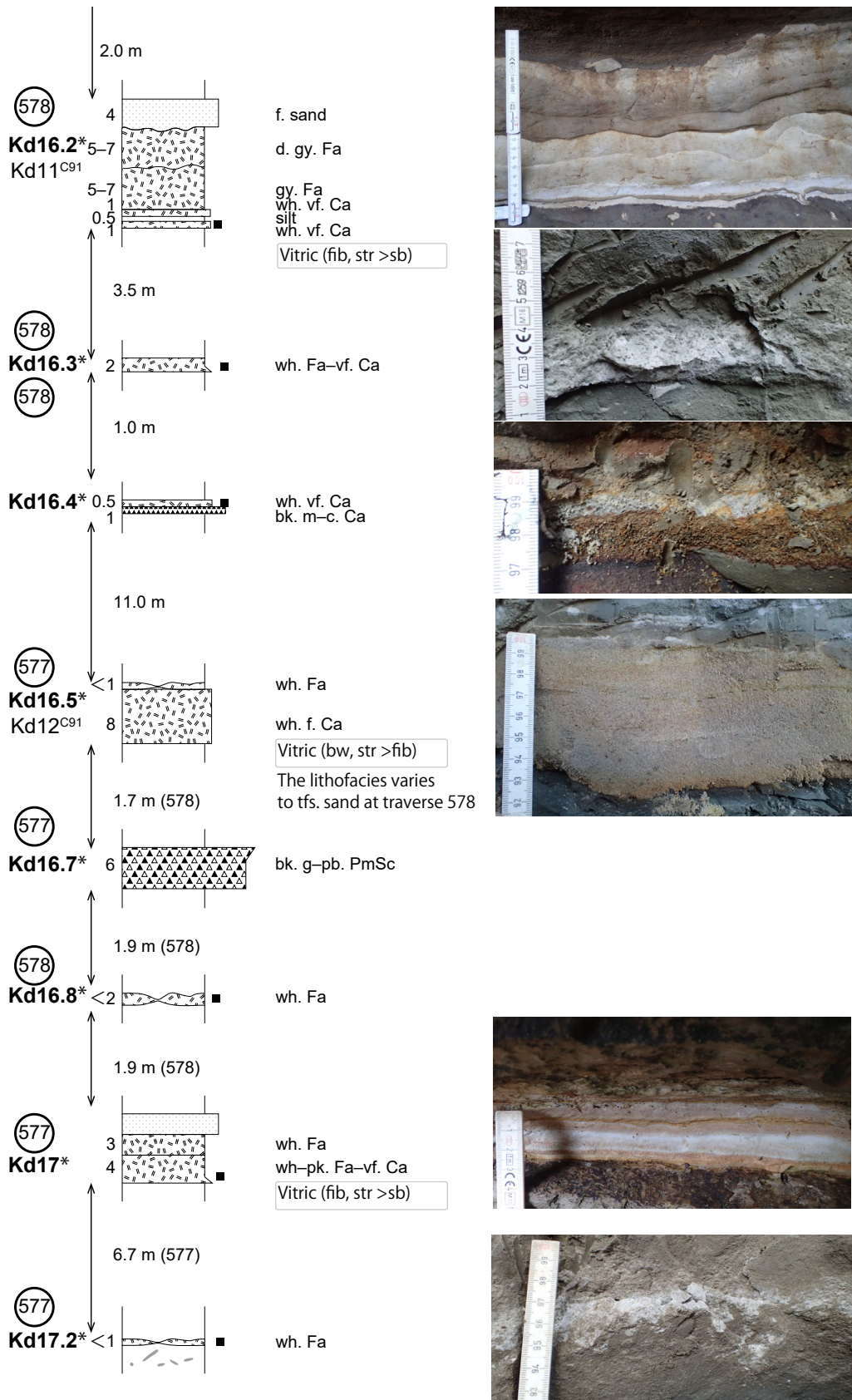


付図44 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A44 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



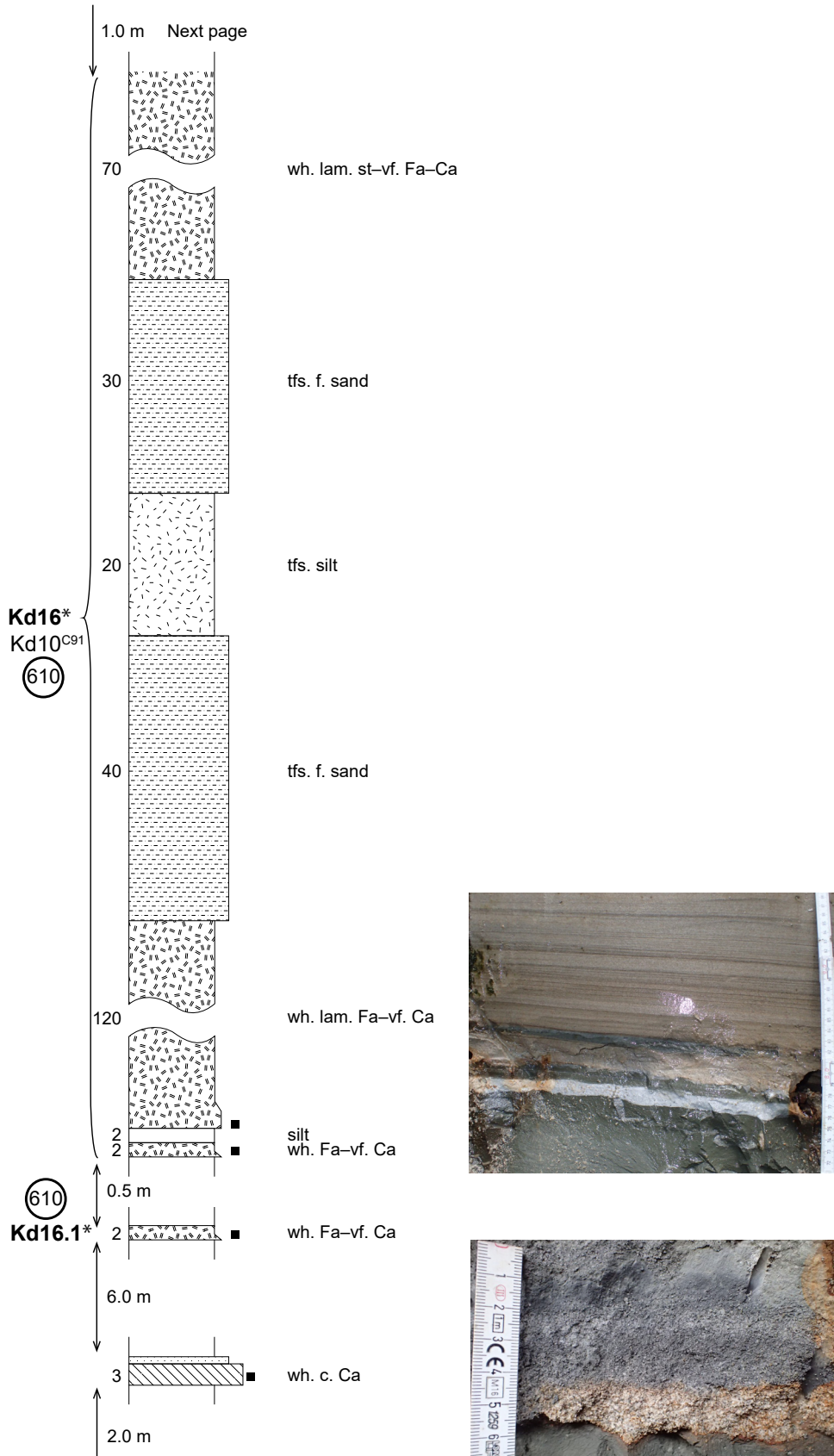
付図45 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。  
 Fig. A45 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図46 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

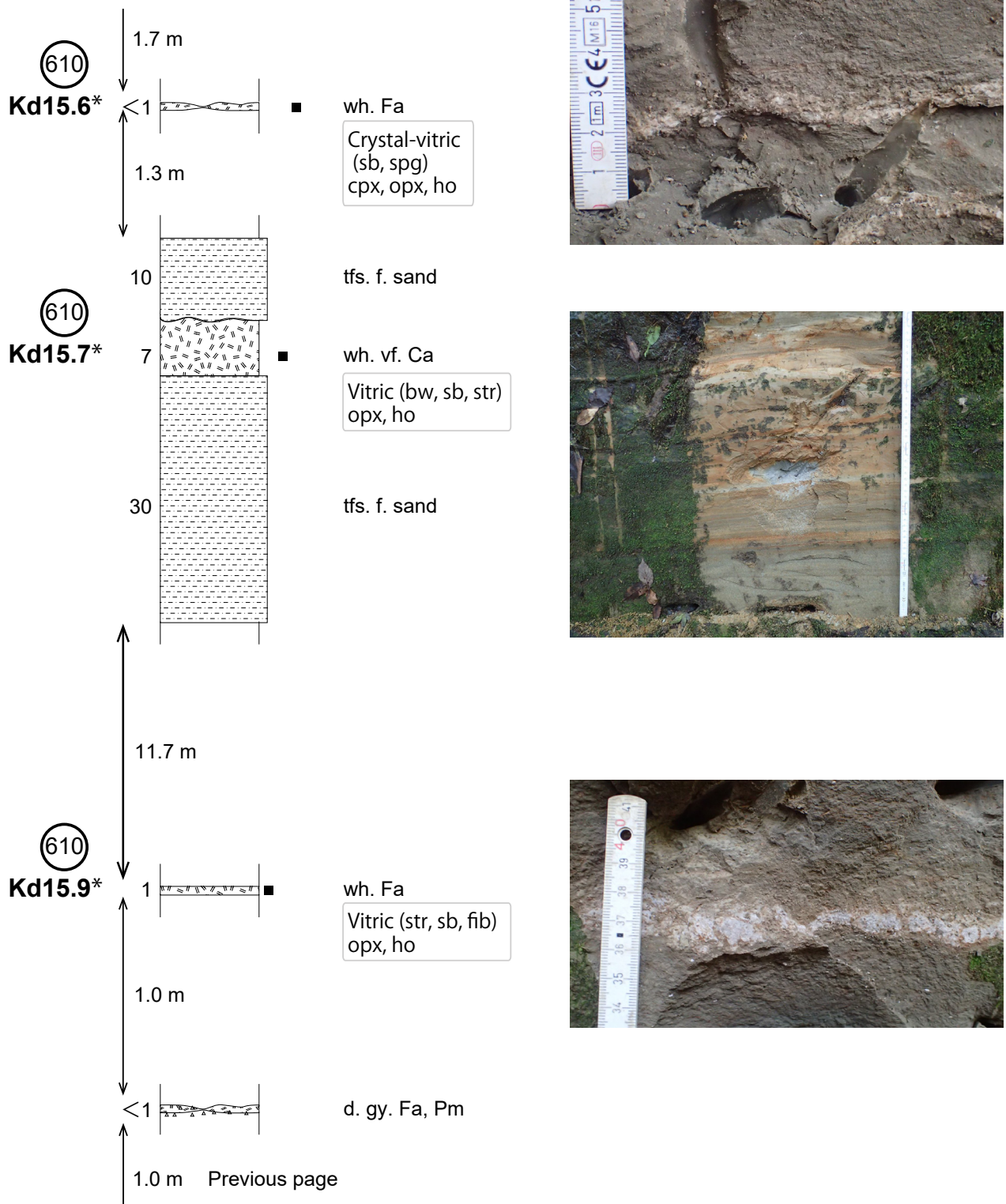
Fig. A46 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

上総層群黄和田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)



付図47 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴. 凡例は付図21を参照.

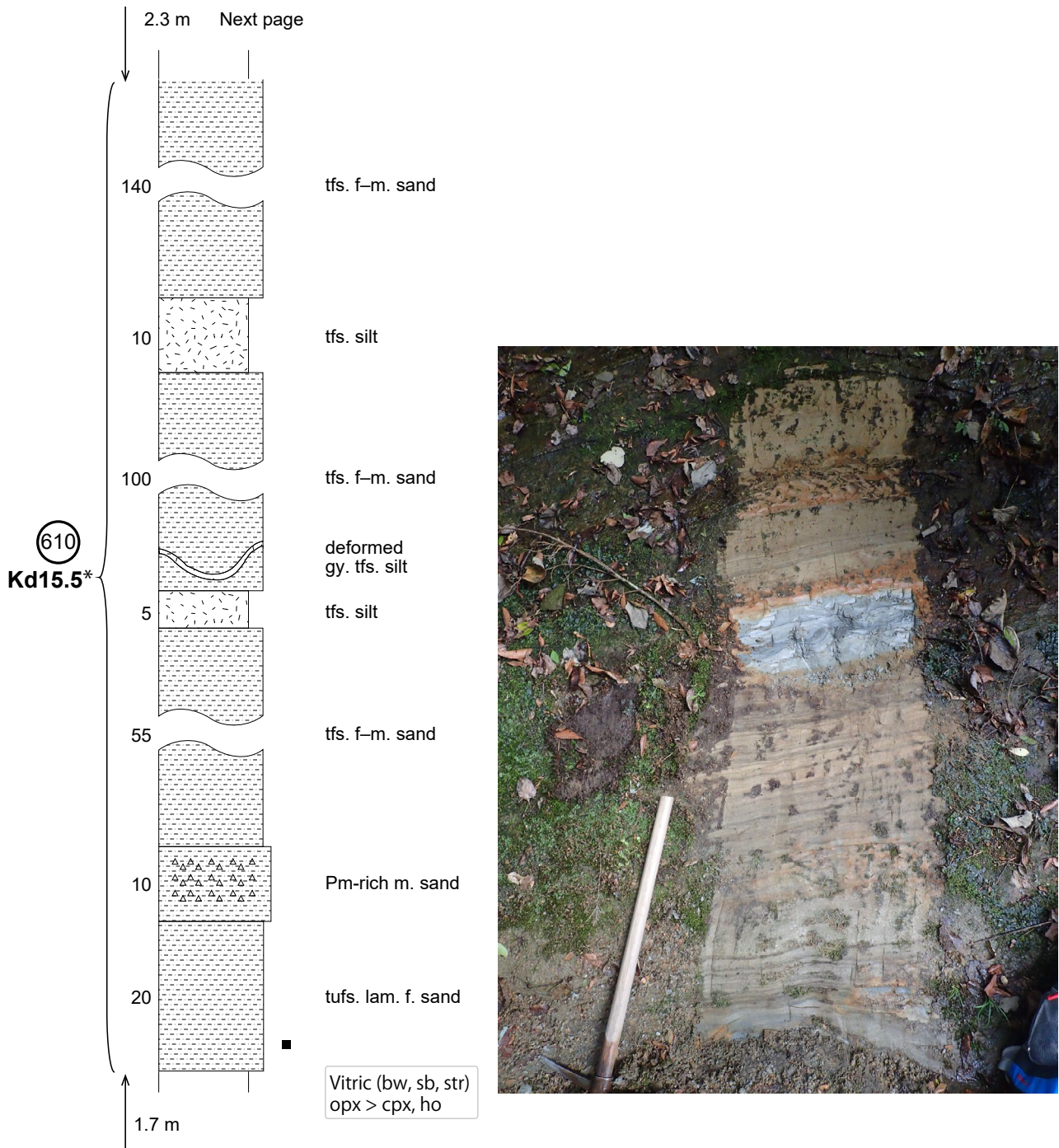
Fig. A47 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図48 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

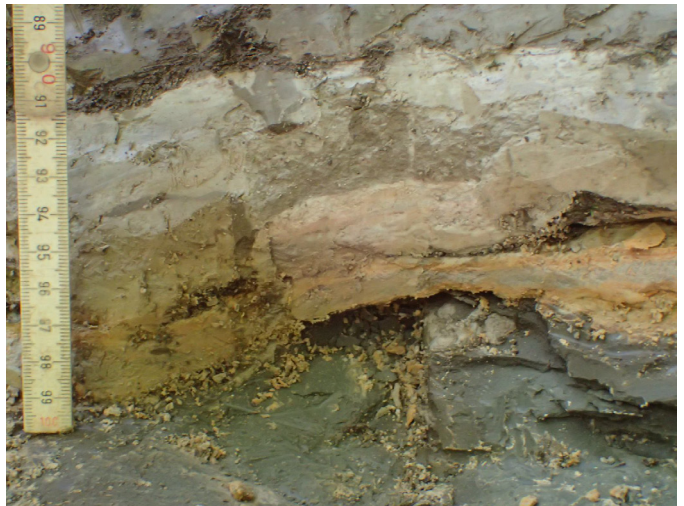
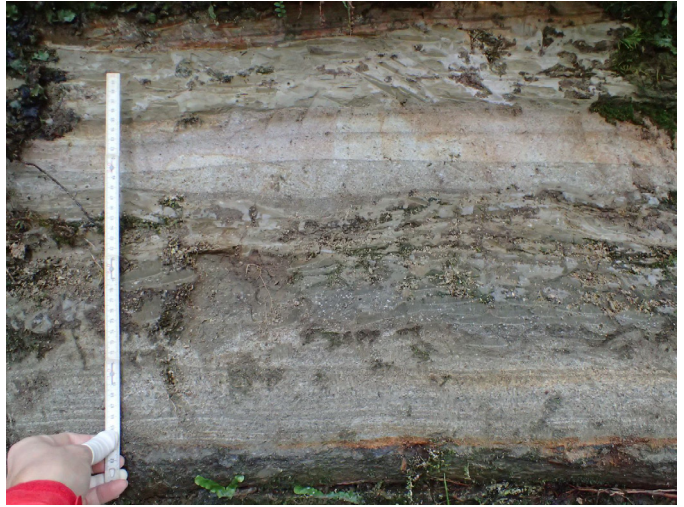
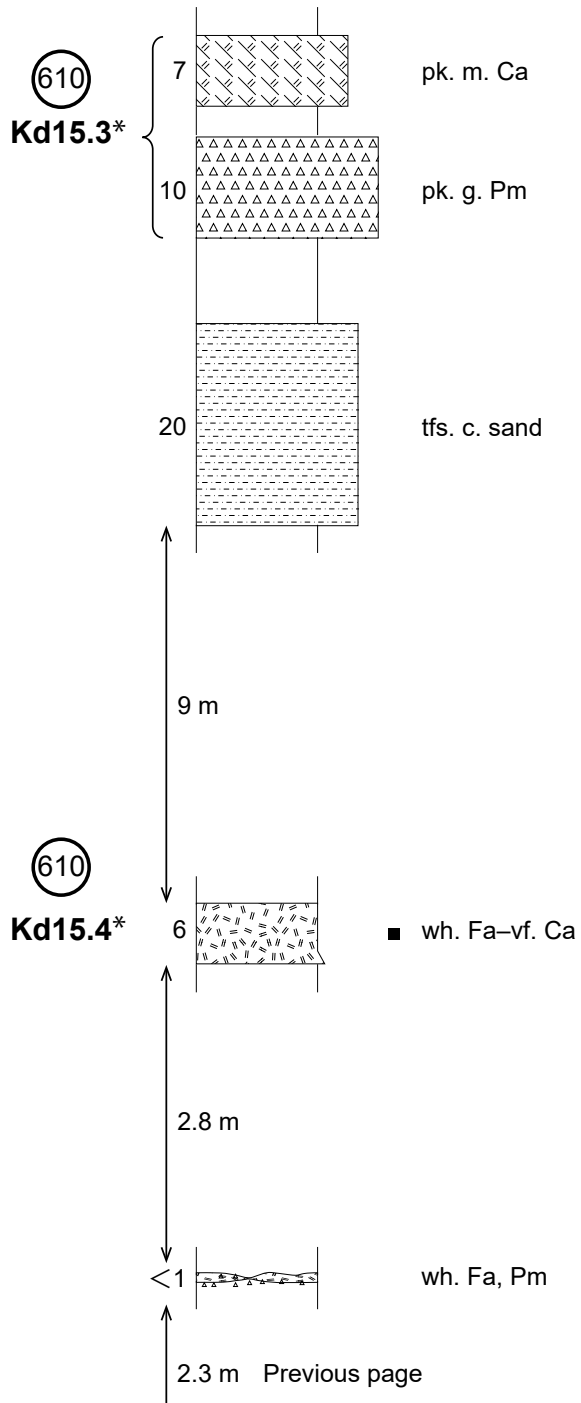
Fig. A48 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.





付図49 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

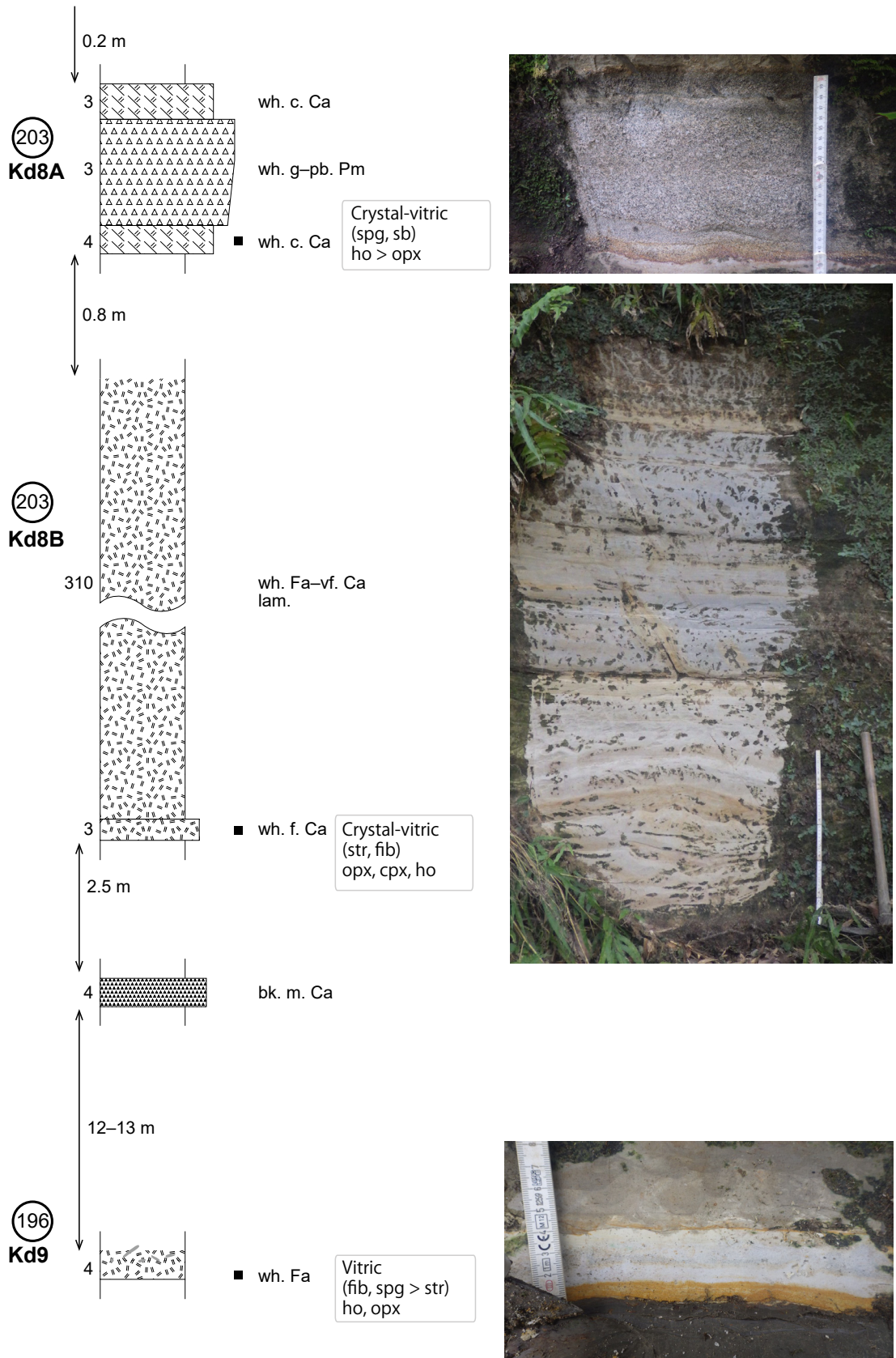
Fig. A49 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



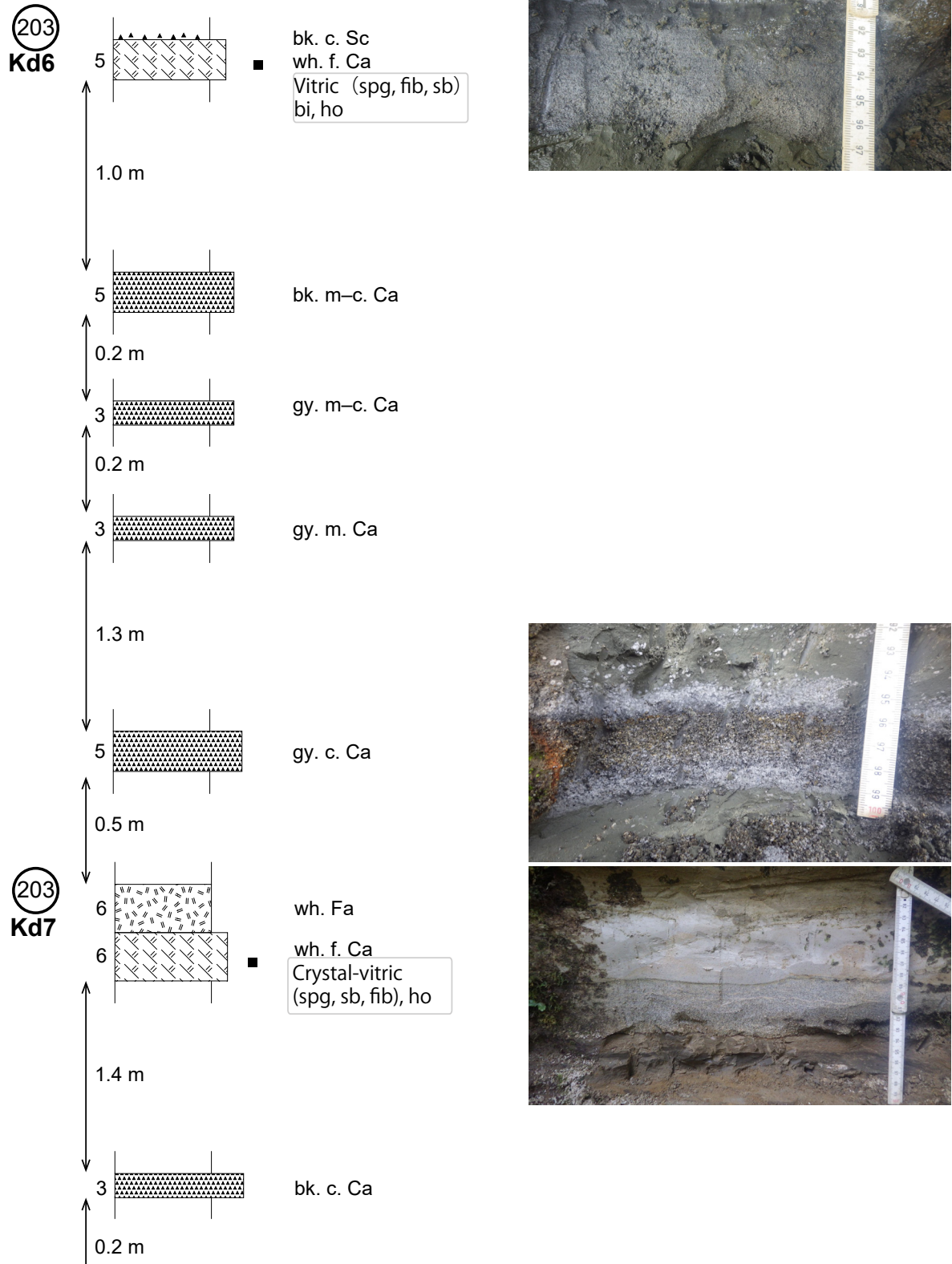
付図50 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A50 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

上総層群黄田層のテフラの層位と特徴 (宇都宮ほか)

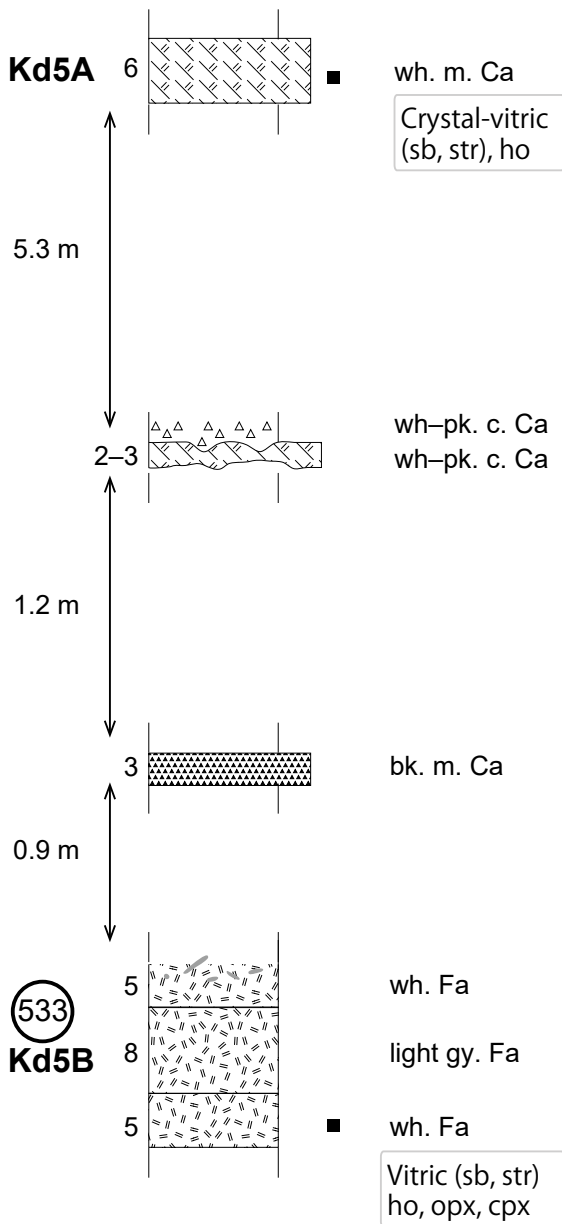


付図51 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴. 凡例は付図21を参照.  
Fig. A51 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図52 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A52 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.



付図53 確認されたテフラ層の岩相と記載岩石学的特徴。凡例は付図21を参照。

Fig. A53 Lithology and petrographical features of the observed tephra beds. See legend on Fig. A21.

