３．３　長野盆地西縁断層帯（麻績区間）の調査

（１）業務の内容

(a) 業務題目　長野盆地西縁断層帯（麻績区間）の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	吾妻　崇
信州大学	教授	廣内　大助

(c) 業務の目的

長野盆地西縁断層帯（麻績区間）（以下、「麻績断層」）は、長野県の東筑摩郡麻績村から同筑北村にかけて、北東－南西方向に伸びる長さ約 17 km の逆断層である。長期評価では最新活動時期、平均変位速度および平均活動間隔がいずれも不明となっているため、将来の地震発生確率を算出することができていない。この活断層に沿って分布する河成段丘がこの活断層によって変位を受けている可能性があるが、これまで詳細な調査が実施されていない。そこで、断層変位地形の詳細な地形解析を実施して上下変位量を求めるとともに、ボーリング調査等によって変位基準となる地形面の年代を明らかにし、この活断層の上下成分の平均変位速度の推定を試みる。なお、断層変位地形の変形量計測の一部には、ドローンを用いて取得された詳細デジタル地形データを用いる。

(d) 年度毎の実施業務の要約

1) 令和４年度

麻績断層の既往成果の整理を行うとともに、空中写真を用いた地形判読を実施し、予察的な活断層図を作成した。麻績村下井堀地区においてドローン LiDAR を用いて地形データを取得し、詳細デジタル標高モデルを作成した。また、同地区においてボーリング調査を実施し、地質の概要を調査した。

2) 令和５年度

令和４年度に作成した下井堀地区及びその他の地区について、地形面の形成年代を明らかにするためにボーリング調査とトレンチ調査（もしくはピット調査）を実施した。ボーリングコアやトレンチ（ピット）壁面から採取した炭素試料や火山灰試料について分析を行い、それらの年代を明らかにした。得られた年代データと前年度に明らかにした変位量データに基づき、麻績断層の平均変位速度（上下成分）を算出した。

3) 令和６年度

なし

（２）令和６年度の成果

なし

（３）令和４～６年度の成果

(a) 業務の要約

麻績断層は、長野県の東筑摩郡麻績村から同筑北村にかけて、北東－南西方向に伸びる長さ約 17 km の逆断層である（図１）。令和４年度には、麻績断層の既往成果の整理を行うとともに、麻績村下井堀地区においてドローンLiDARを用いて地形データを取得し、詳細デジタル標高モデルを作成した。また、同地区においてボーリング調査を実施し、地質の概要を調査した。令和５年度には、麻績村下井堀地区において群列ボーリング調査を実施し、麻績断層の平均変位速度（上下成分）の検討を実施した。

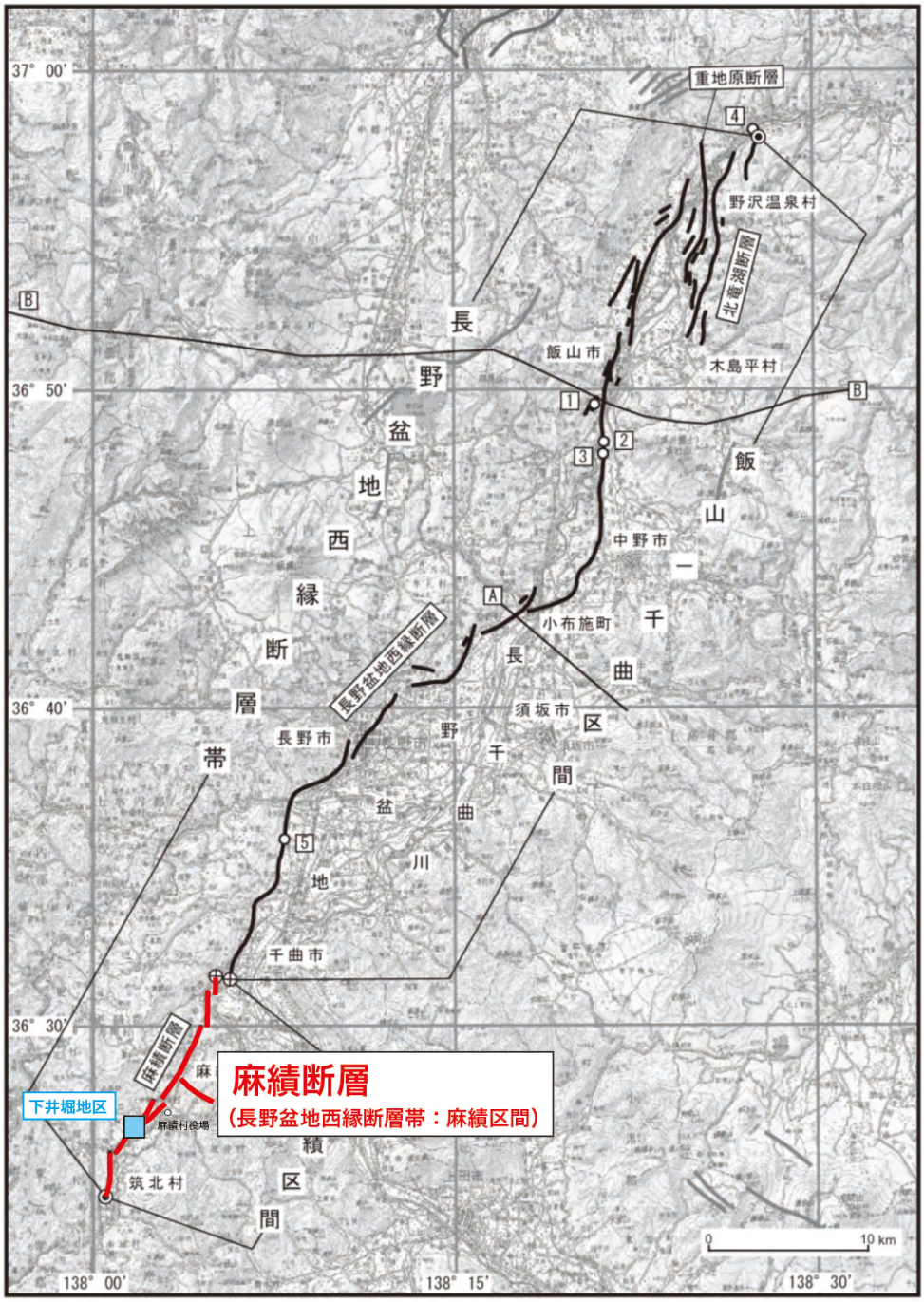

図１　麻績断層の位置（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2015 を編集）
麻績断層の位置を赤線で示した。

(b) 業務の実施方法

1) 既往研究の整理

令和４年度に、麻績断層に関する既往研究に関する情報について、論文・報告書等を収集して内容を精査し、これまでに得られている知見を整理する。

2) 調査地の選定

令和４年度に、空中写真を用いた地形判読と現地での地形確認調査を実施し、ドローンLiDARを用いた地形測量及びボーリング調査の実施地点の候補地を選定する。

3）地形計測と詳細デジタル標高モデルの作成

令和４年度に、麻績村下井堀地区においてドローンLiDARを用いて地形計測を実施し、詳細デジタル標高モデルを作成する。

4）トレンチ（もしくはピット）調査

令和５年度に、麻績断層においてトレンチもしくはピットを掘削し、活断層の存在及びその詳細な位置を確認するとともに、麻績断層の活動履歴に関する情報を取得する。

5）ボーリング調査

令和４年度と令和５年度に、麻績村下井堀地区においてボーリング調査を実施し、麻績断層周辺における地質の概要を確認するとともに、平均変位速度の算出に必要な試料を採取する。

6）年代測定

麻績断層の活動履歴及び平均変位速度の検討を行うため、令和５年度に、トレンチ（ピット）調査あるいはボーリング調査によって採取された試料について放射性炭素年代測定を実施する。

7）平均変位速度（上下成分）の検討

令和５年度に、調査によって明らかにされた地形面の上下変位量及び地形面の形成年代に基づき、麻績断層の平均変位速度（上下成分）について検討する。

(c) 業務の成果

1）既往研究の整理

令和４年度に、麻績断層に関する既往研究に関する情報を、論文・報告書等を収集して内容を精査し、これまでに得られている知見を整理した。

麻績村周辺の活断層については、活断層研究会編（1980, 1991）が長さ約３ kmの北西-南東走向のリニアメント（確実度Ⅲ）を図示しているが、詳細な情報は記載していない。田力・松多（2005）は、麻績村を含めた犀川流域における河成段丘の高度分布から同地域の地殻変動について論じたが、麻績川沿いには活断層の存在を示していない。田力・他（2013）は、詳細な空中写真判読の結果に基づき、河谷の屈曲や段丘面上の低断層崖、狭長なバルジと凹地などの断層変位地形を見出し、長野盆地西縁断層帯に連続するような北東-南西走向のリニアメントを図示した。麻績村誌（上巻）（麻績村誌編纂会編, 1989）には、田力・他（2013）が示したリニアメント付近に北北東-南南西走向の市野川断層を図示するとともに、その露頭スケッチを示した。また、このリニアメントの南東延長に当たる麻績川右岸において、やや不明瞭な撓曲崖や逆向きの傾動といった断層変位地形が

存在することを指摘した。さらに、田力・他（2013）は、麻績川支流の東条川沿いにおいて、段丘面の背斜状変形、支流扇状地末端の撓曲、閉塞凹地等の断層変位地形を見出し、ここに南北走向で西側隆起の活断層の存在を推定した。この東条川沿いの活断層は、５万分の１地質図「坂城」（加藤，1980）に示されている七ツ松断層及び七ツ松向斜と並走する。

麻績村周辺では、1890 年 1 月 7 日にマグニチュード 6.2 の地震が発生し、山崩れや道路の破損、家屋・土蔵の被害が報告されている（宇佐美ほか，2013）．また、1967 年 1 月 16 日にマグニチュード 5.2 の地震が聖高原周辺で発生しているが、被害の報告はない。

2）調査地の選定

令和４年度に、空中写真を用いた地形判読と現地での地形確認調査を実施し、地形断面計測を行う測線の位置を検討した。

3）地形計測と詳細デジタル標高モデルの作成

令和４年度に、麻績村下井堀地区においてドローン LiDAR を用いて地形計測を実施し、詳細デジタル標高モデルを作成した。

ドローン LiDAR 計測の仕様を表１に示す。計測点間隔については、データ密度が 0.25 m×0.25 m に１点以上を満たす距離で設定した。対地高度は、計測範囲の地形条件、IMU やレーザースキャナーの性能を踏まえて決定した。飛行速度、レーザー拡散角、スキャン回転数などは、設定した計測点間隔を満たすように個別に設定した。

飛行計画は、現地において、測量範囲、測量範囲内の建造物・交通状況・電線および高圧線の設置箇所を確認して作成し、飛行高度、速度、ルートは視認性を必要とされる三次元計測データの規格を満たすように設定した。計測範囲を図２に示す。

ドローンの飛行は、策定した飛行計画に基づき、自動航行ソフトに入力された飛行経路に沿って、自動航行で行った。使用したドローンは DJI 社の Matrice300RTK である。飛行経路にはラップ範囲を設け、隙間なくデータを採取するため、測量範囲を折り返しながら連続的に計測を行った。

ドローン LiDAR 計測によって得られたレーザー測距データ、GPS データ、IMU データに基づき、現地の地形のオリジナルデータを作成した（図３）。点密度は 100 点/m^2 を満たすものとした。オリジナルデータについて、コース間検証、調整点を用いた検証、検証点を用いた検証、点密度の検証等の精度検証を行った。

オリジナルデータから、建物、樹木等の地物を取り除いたグラウンドデータを作成した。自動フィルタリングで大まかに地物を取り除いた後、簡易オルソ画像を参照して、自動フィルタリングで除去できなかった余分な点を細かく除去した。

グラウンドデータから、数値データを格子状に並べたグリッドデータを作成した。必要に応じて、傾斜変換点やフィルタリングで除去された欠損範囲をブレークラインで補った。その上で、不規則三角形網（TIN）による補完法を用いて、内挿補完を行った。データ補完後、格子間隔を 0.25 m メッシュとしてグリッド形式のデジタル標高モデル(DEM)を作成した。

作成したグリッドデータに基づき、等高線図（図４）や陰影段彩図（図５）を作成し

た。

表１　麻績断層下井堀地区で実施したドローン LiDAR 計測の仕様

システム種別	Terra Lider One
計測点間隔	進行方向：5.3 cm　横断方向：5.3 cm
対地高度	70 m
飛行速度	7.0 m/s
コース数	66
コース間重複度	60 %
レーザー走査角	±35°
レーザー拡散角	3.0 mrad 以上
パルスレート	240 kHz
パルスモード	３パルス
ビーム径（地上部）	34.21 cm（水平） 3.67 cm（垂直）
有効計測角	70 deg（水平方向）
有効計測幅	100 m
IMU の精度（ロール角）	0.030 deg（RMS）
IMU の精度（ピッチ角）	0.030 deg（RMS）
IMU の精度（ヘディング角）	0.180 deg（RMS）
使用する固定局	電子基準点　R 麻績

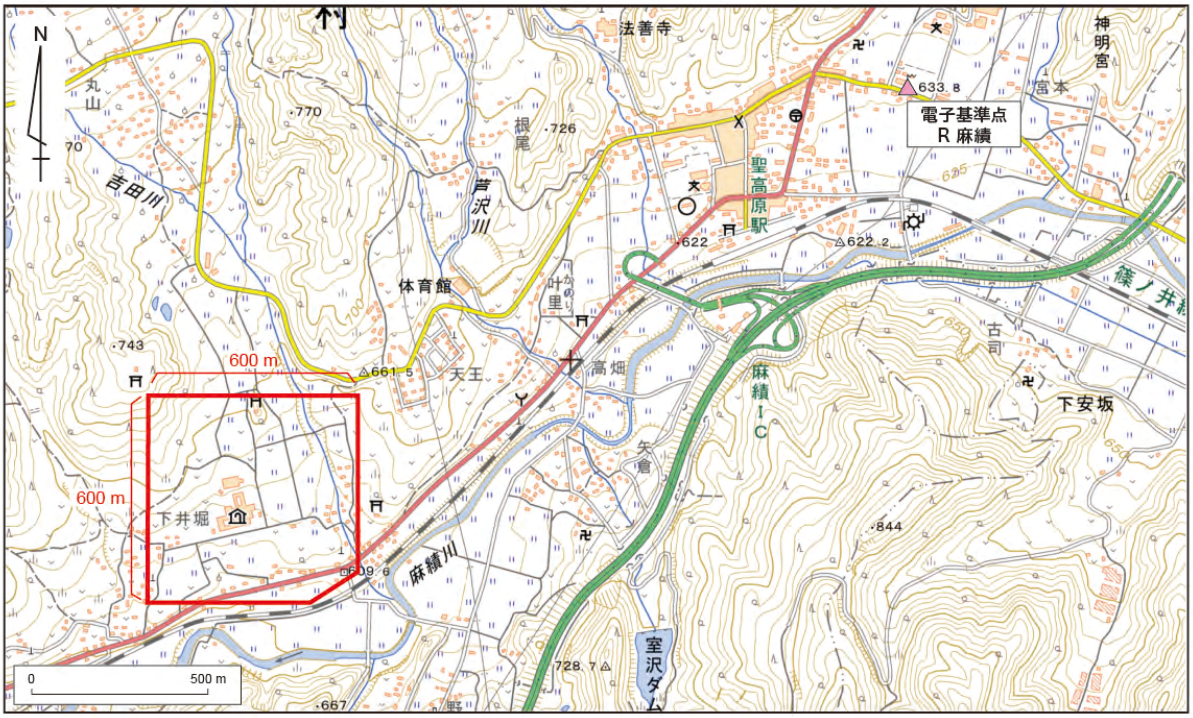

図２　麻績断層下井堀地区で実施したドローン LiDAR 計測の実施範囲

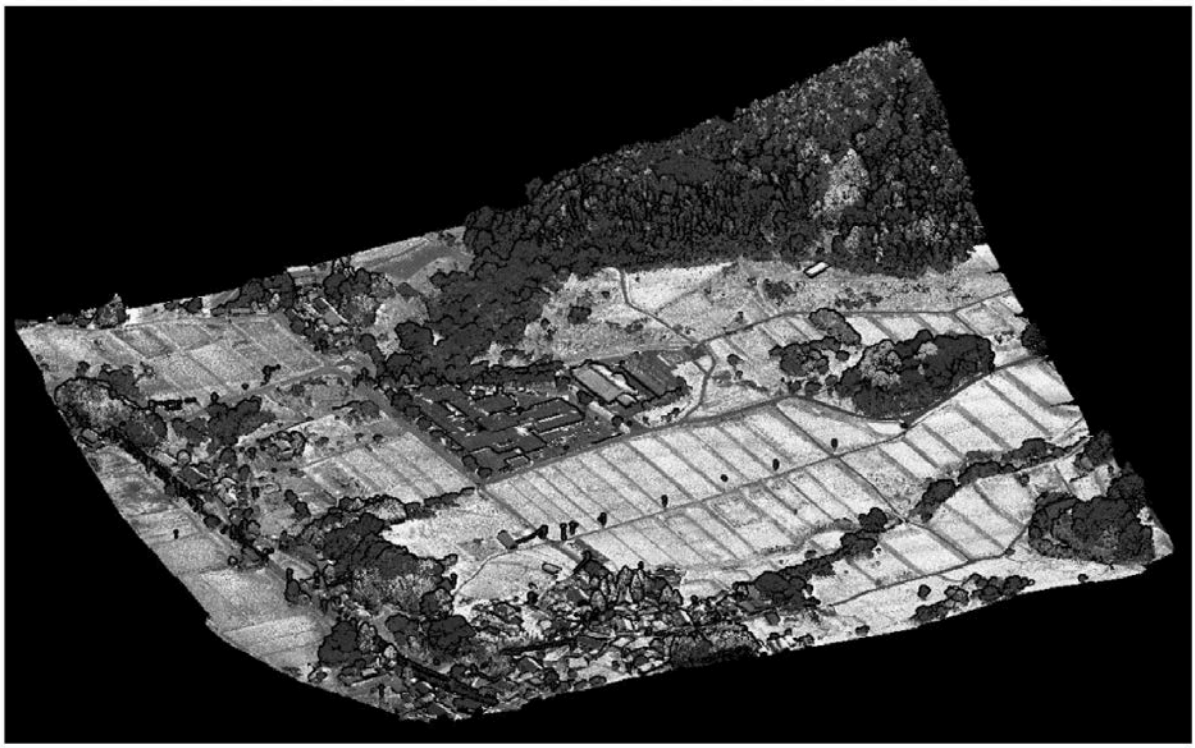

図３　オリジナルデータを用いて作成した下井堀地区の地形鳥瞰図

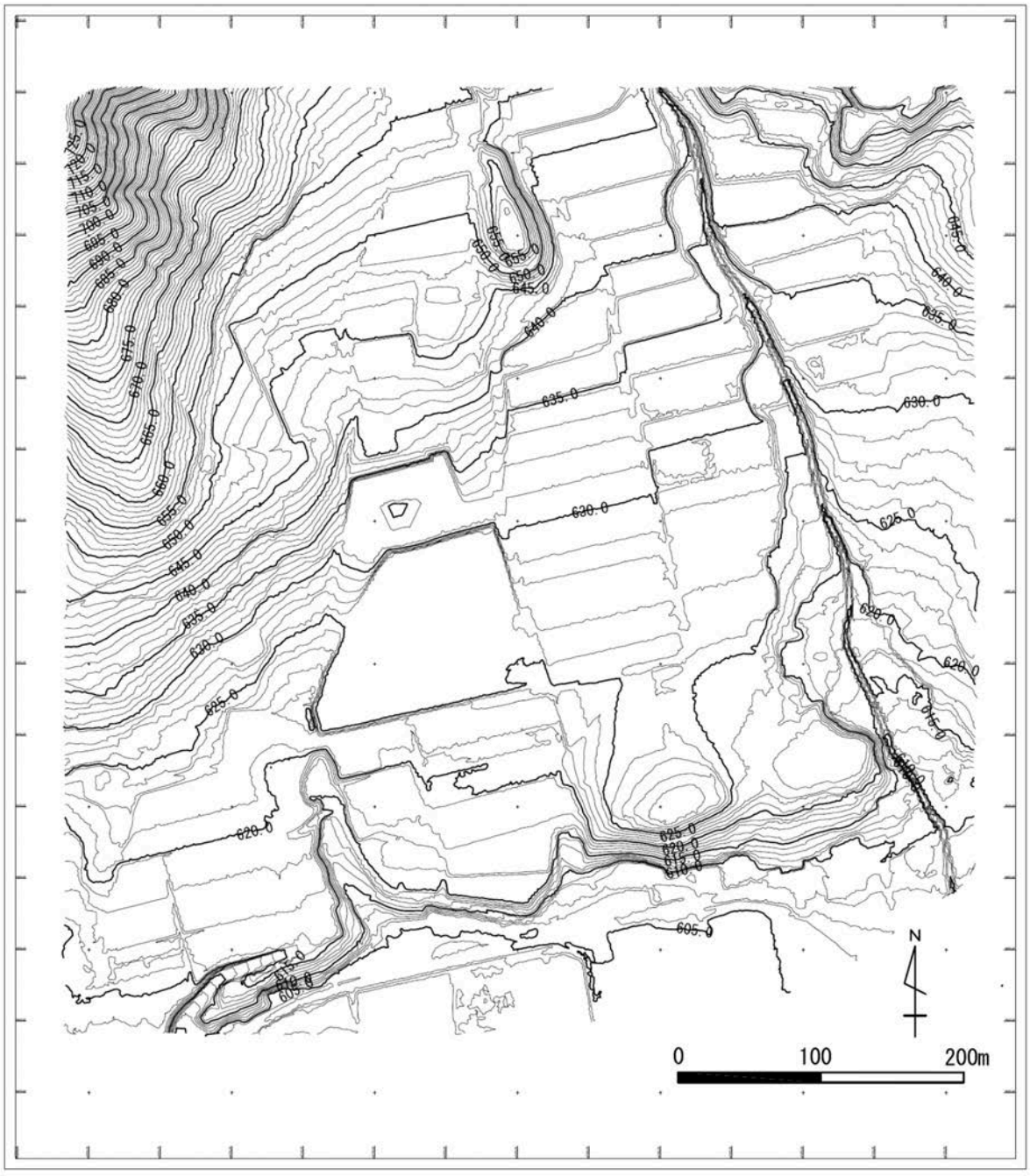

図４　下井堀地区の等高線図

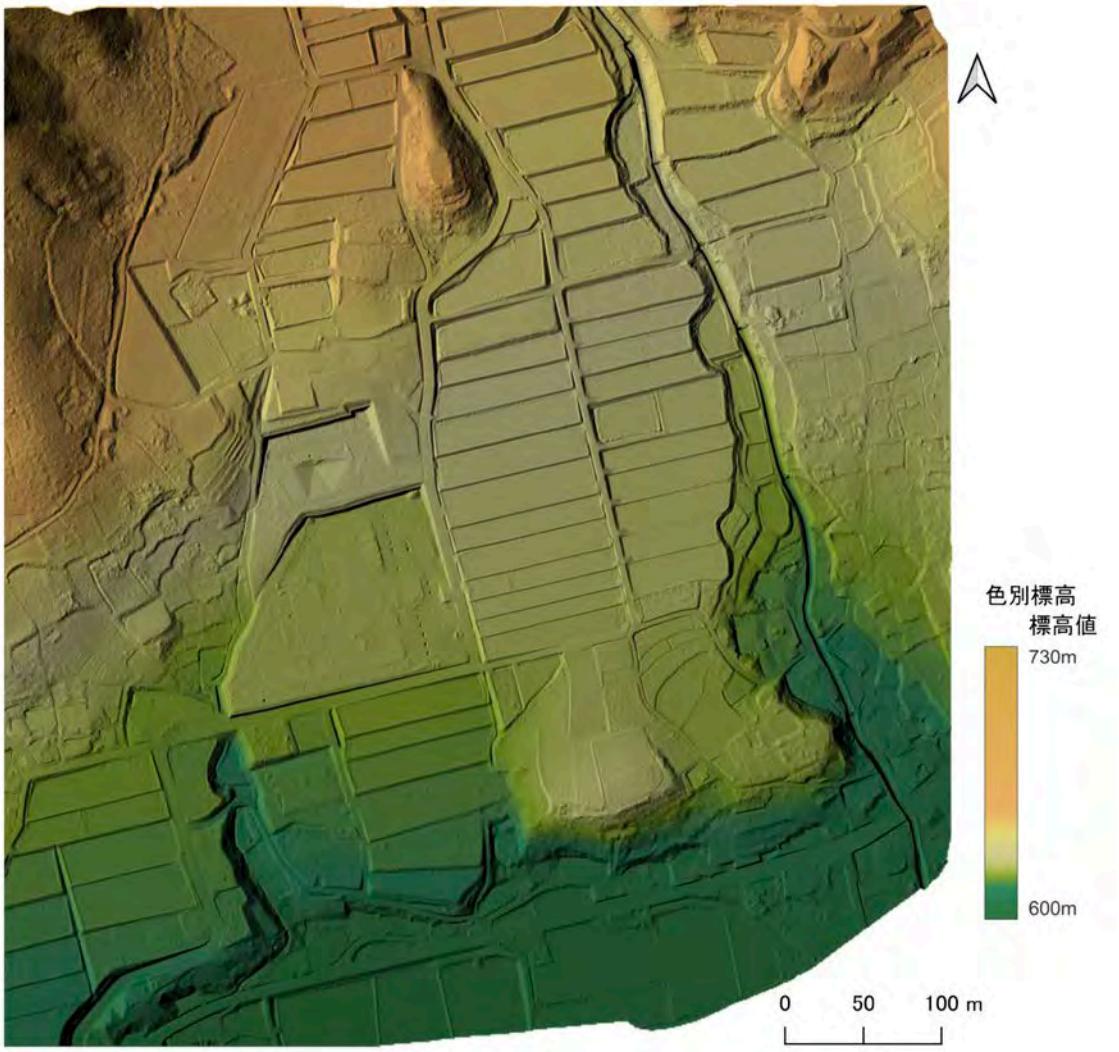

図５　下井堀地区の陰影段彩図

4）トレンチ（もしくはピット）調査

令和５年度に、麻績断層の活動履歴に関する情報を取得するため、トレンチ調査を計画した。トレンチを掘削する地点について複数の候補地を挙げて用地交渉を行ったが、許可を得ることができなかったため、ボーリング調査に振り替えることとした。

5）ボーリング調査

令和４年度と令和５年度に、麻績村下井堀地区においてボーリング調査を実施し、麻績断層周辺における地質の概要を確認するとともに、地形面の形成年代を推定するための地質試料を採取した。ボーリングは令和４年度に５箇所、令和５年度に８箇所の計 13 箇所で実施した（図６）。令和４年度に掘削したボーリングの孔名は R4-No.1 から R4-No.4 および R4-No.7 とした。R4-No.5 と R4-No.6 については、調査数量の関係で掘削地点を R4-No.7 に変更した。令和５年度に掘削したボーリングの孔名は、R5-No.1 から R5-No.8 とした。掘削方向はいずれも鉛直とした。

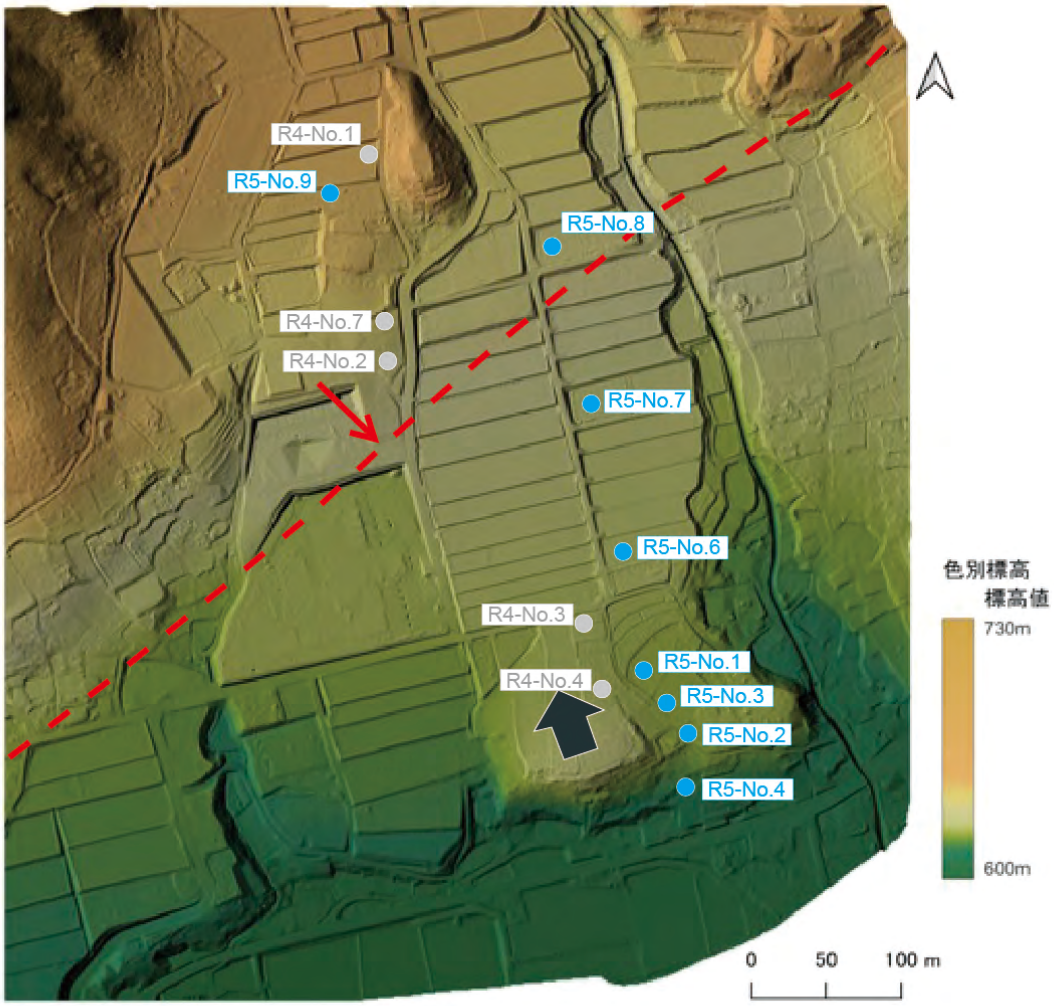

図６　下井堀地区のボーリング掘削位置図

灰色は令和４年度にボーリングを実施した地点を、水色は令和５年度にボーリングを実施した地点を示す。赤破線は麻績断層が通過すると想定される位置を示す。赤い矢印は撓曲崖を、大きな黒矢印は地形面の異常な傾斜とその方向を示す。活断層、撓曲崖、地形面の異常傾斜の位置は、田力・他（2023）に基づく。

以下に、各地点で掘削されたボーリングコアの層序について記載する。

【R4-No.1】

R4-No.1 は下井堀地区の集落内を流れる吉田川の右岸に位置する孤立丘の西側で掘削した（図６）。掘削深度は４ｍとした。R4-No.1 のボーリングコアの写真を図７に、層序区分図を図８に示す。

地表から深度 0.30 ｍまでは暗褐色の表土である。

深度 0.30 m から深度 0.80 m までは、径 2～10 mm の円礫や 20～30%の細砂～中砂を含む茶褐色の礫混じり砂質シルトである。

深度 0.80 m から深度 1.72 m までは、コア長 5～45 cm の硬質な安山岩礫を主体とする灰白色～褐色のシルト混じり砂礫で、基質はシルト分を 30～40%含む細凝灰質のシルト質砂からなる。

深度 1.72 m から深度 2.15 m にかけては、細粒分を 30～40%含む細砂～中砂からなる灰褐色の凝灰質礫混じり砂で、径 10～20 mm の円礫を少量含む。このうち、深度 1.80 m から深度 1.92 m の間には、傾斜 10～20°でシルト状の火山灰層を挟む。

深度 2.15 m から深度 2.77 m にかけては、径 5～30 mm の円礫を主体とする淡褐色の砂礫である。基質はシルト混じり中砂～粗砂で、礫率は 50%程度である。礫種は安山岩、風化した凝灰岩、泥岩からなる。

深度 2.77 m から深度 4.00 m までは、暗灰色の泥岩である。泥岩は均質で、固結度はやや低く、ハンマの打撃で割れる程度の硬さである。傾斜 20°程度の節理が発達し、節理面が強く褐色化している。径 20～30 mm の砂質泥岩の偽礫を含み、玉ネギ状風化がみられる。

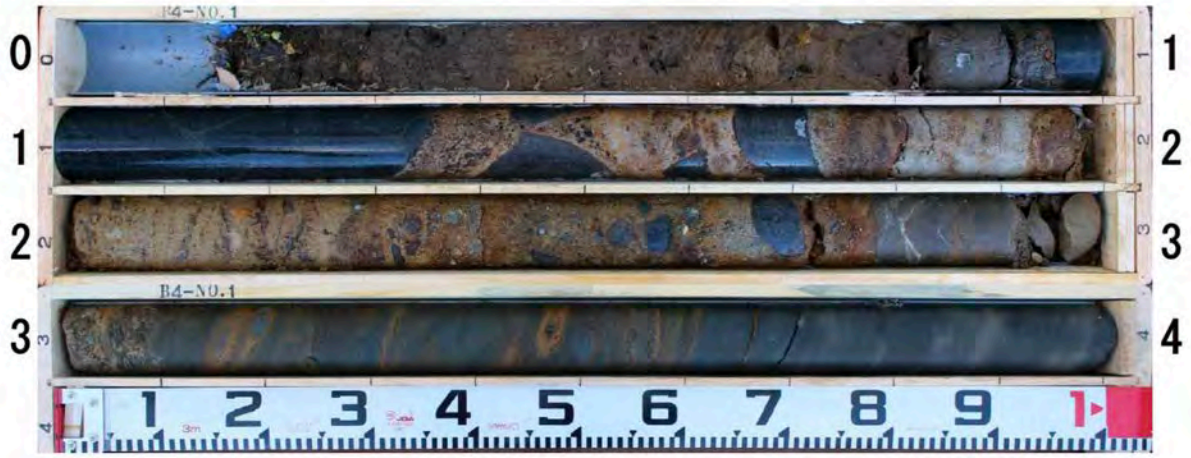

図 7　下井堀地区で掘削したボーリング（R4-No.1）のコア写真

図 8　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R4-No.1）の層相区分図

【R4-No. 2】

R4-No.2 は R4-No.1 から約 140 m 南側へ移動した地点で掘削した（図６）。掘削深度は 17 m とした。R4-No.2 のボーリングコアの写真を図９に、層序区分図を図 10 に示す。

地表から深度 0.80 m までは中砂～粗砂を 20%程度含む暗褐色の砂質シルトで、径 2～5 mm 程度の細礫を少量含むほか、深度 0.70 m に安山岩礫を含む。全体に不均質であり、盛土の可能性もある。打ち込み方式で掘削したため、コアが 30 cm 程度縮んでいる。

深度 0.80 m から深度 1.25 m にかけては、中砂～粗砂を 30%程度含む褐色の礫混じり砂質シルトからなり、径 5～10 mm の礫を少量含む。このうち、深度 0.80 m から深度 0.85 m には、径 2～10 mm のチャートと安山岩の円礫が密集する。

深度 1.25 m から深度 2.27 m にかけては、淡褐色の砂礫である。径 20～30 mm の円礫～亜円礫を主体とし、コア径を超える大きさの安山岩礫が点在する。基質はシルト混じり中砂からなる。礫率は 70～80%であり、礫種は安山岩を主体とし、砂岩、凝灰岩、チャートを含む。

深度 2.27 m から深度 3.75 m にかけては、淡褐色の礫混じりシルト質砂である。径 10～40 mm の円礫～亜円礫を 20～30%含んでおり、細粒分は 30～40%程度である。礫種は安山岩、砂岩、泥岩、凝灰岩など多種で、チャートの円礫が目立つ。深度 3.55 m 以深では、暗紫色のシルトを斑点状に含む。

深度 3.75 m から深度 4.60 m にかけては、淡褐色の砂礫である。長軸が垂直方向に配列するコア長 10～20 cm の安山岩の円礫を主体とする。径 10～50 mm の円礫～亜円礫を含み、礫率は 50～60%で、基質は中砂～粗砂である。

深度 4.60 m から深度 9.00 m にかけては、淡褐色の砂礫である。径 20～50 mm の円礫～亜円礫を主体とし、コア径を超える大きさの安山岩礫を所々に含む。基質は中砂～粗砂からなる。礫率は 70～80%で、礫種は安山岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、チャート、ひん岩など多種である。深度 5.88 m 付近には炭化したクルミを含む。また、深度 7.80 m から深度 8.00 m にコア長 20 cm の花崗岩を含む。深度 8.57 m から深度 8.68 m に、傾斜 10°程度の葉理が発達する凝灰質の中砂～粗砂を挟む。コア径を超える大きさの砂岩礫である可能性もあるが、この砂よりも上位の砂礫層が強く赤褐色化していることから、薄層と判断した。

深度 9.00 m から深度 9.80 m にかけては、灰黄色の砂礫である。コア長 10～15 cm の弱風化した円礫を主体とし、礫率は 50%程度である。基質は凝灰質のシルト混じり細砂～中砂である。深度 9.70 m から深度 9.80 m にコア長 10 cm の花崗岩を含む。

深度 9.80 m から深度 10.17 m にかけては、灰白色～灰黄色の凝灰質シルトである。細砂～中砂を 20～30%含む。

深度 10.17 m から深度 10.85 m にかけては、灰白色～灰黄色の凝灰質シルト混じり砂である。細粒分を 5～10%含む。深度 10.20 m から深度 10.33 m までは、径 5 mm 前後の細礫を 30%程度含む。

深度 10.85 m から深度 11.55 m にかけては、灰白色～灰黄色の凝灰質砂質シルトである。細砂を 20～30%程度含み、径 5～10 mm の円礫を少量含む。深度 10.85 m から深度 11.00 m は、微細砂を少量含む均質なシルトである。

深度 11.55 m から深度 12.75 m にかけては、黄褐色～灰黄色の砂礫である。径 20～50

mm およびコア長 5～10 cm の円礫～亜円礫を主体とする。基質は中砂～粗砂で、礫率は 60～70%程度である。深度 12.00 m から深度 12.20 m は、径 20～30 mm の礫を主体とし、礫率が 30～40%となる。

深度 12.75 m から深度 13.20 m までは、灰黄色の礫質砂である。径 20～50 mm の円礫～亜円礫を 20～30%程度含む。深度 13.20 m 付近にシルトの薄層を挟む。

深度 13.20 m から深度 17.00 m までは、淡褐色の砂礫である。径 20～100 mm の円礫～亜円礫を主体とし、コア長 10～20 cm の礫が点在する。礫率は 60～70%程度で、礫種は安山岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、チャートなど多種である。

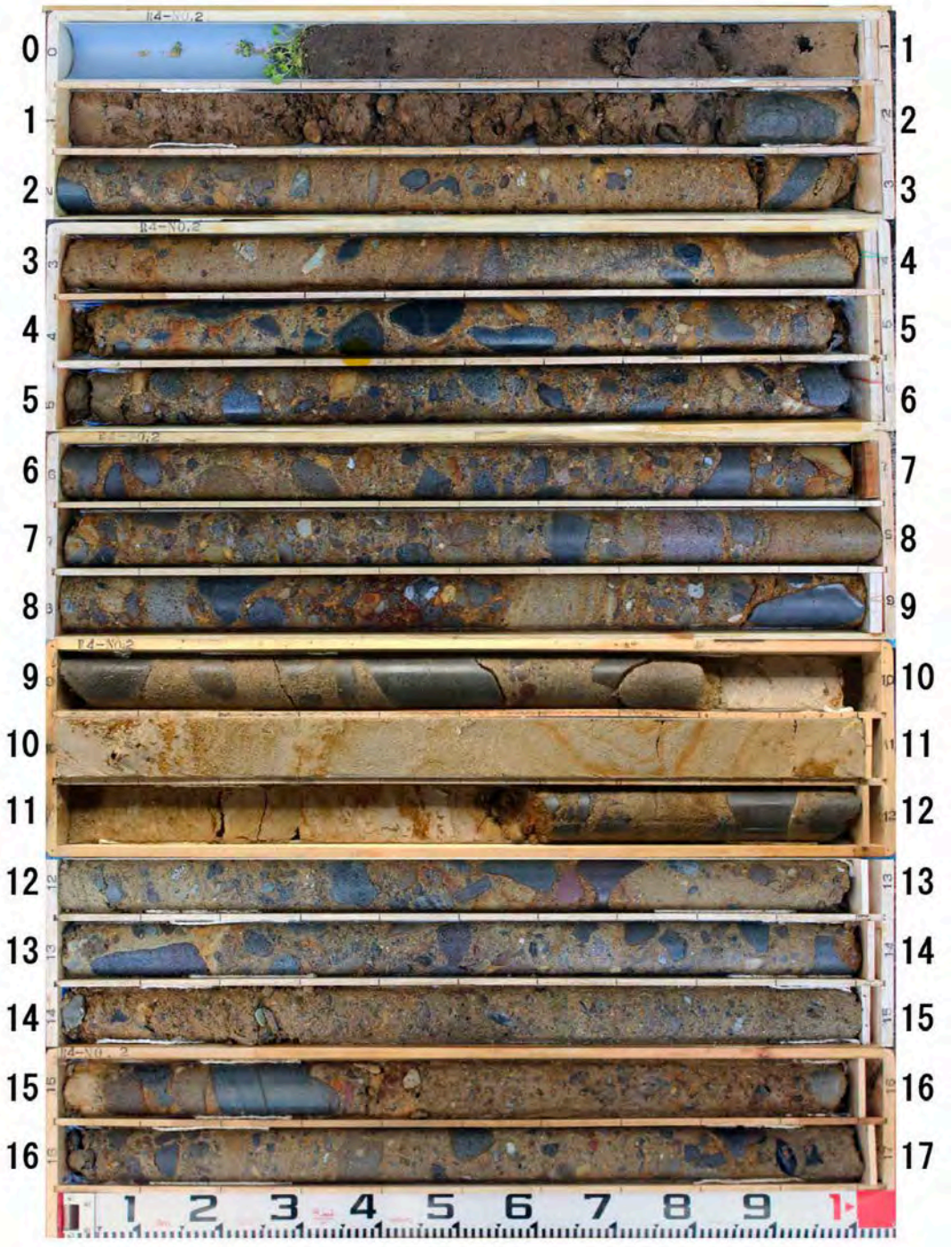

図 9　下井堀地区で掘削したボーリング（R4-No.2）のコア写真

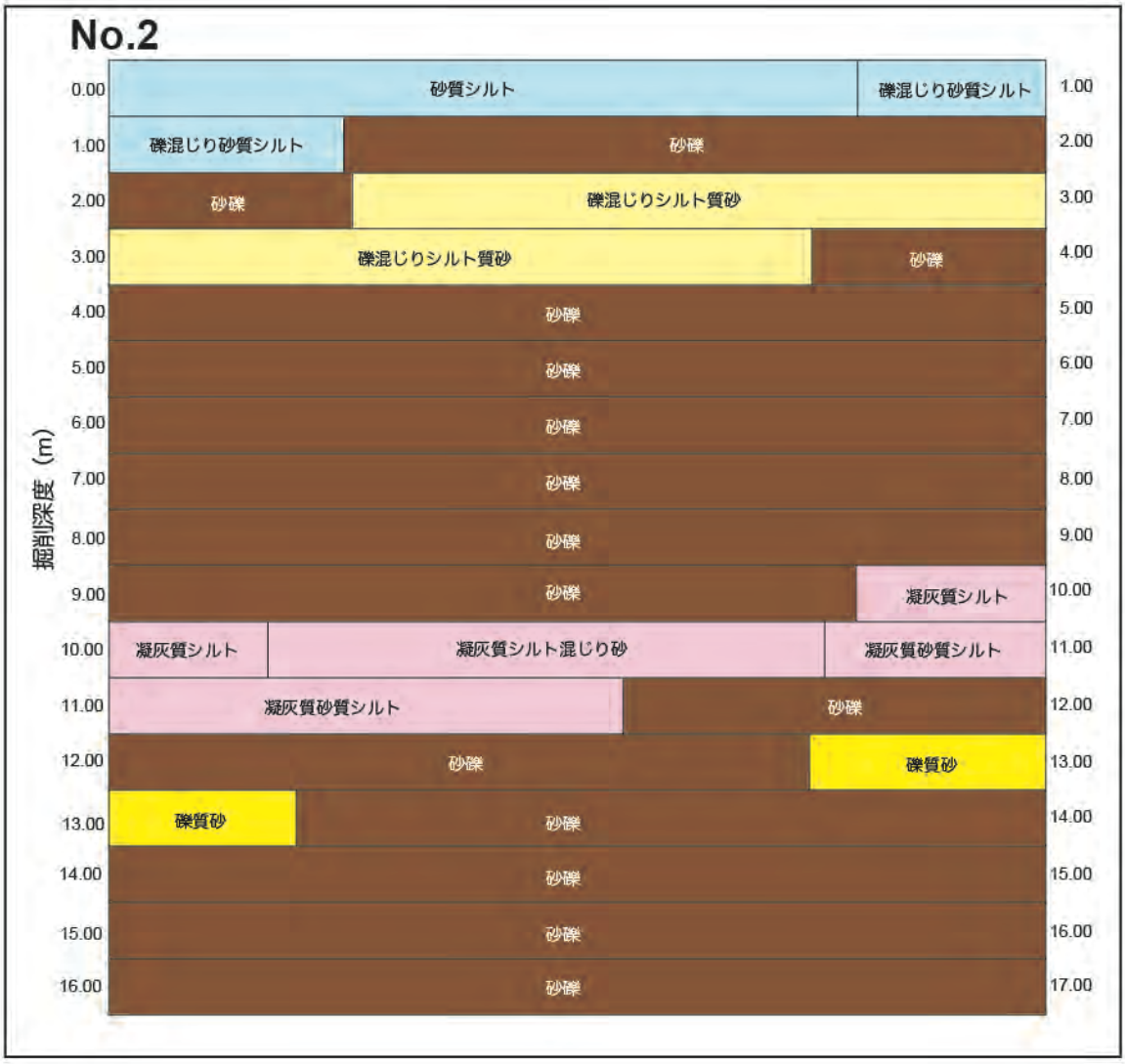

図 10　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R4-No.2）の層相区分図

【R4-No.3】

R4-No.3 は下井堀地区の集落内を流れる吉田川の右岸に位置する逆傾斜した段丘面上で掘削した(図６)。掘削深度は 3 m とした。R4-No.3 のボーリングコアの写真を図 11 に、層序区分図を図 12 に示す。

地表から深度 0.30 m までは、暗褐色の表土である。

深度 0.30 m から深度 2.20 m までは、細砂～中砂を 20～30%含む暗褐色～灰褐色の砂質シルトである。全体に径 5 mm 程度の細礫を含み、斑点状に黒褐色のマンガンが濃集する。深度 1.50 m から深度 1.70 m に、径 20～40 mm のチャートと発泡した安山岩の円礫を含む。

深度 2.20 m から深度 3.00 m までは、灰褐色のシルト混じり砂礫である。コア長 10～40 cm の安山岩の円礫を主体とし、径 10～20 mm の円礫を含む。礫率は 70%程度である。基質は、風化により軟質化し、指圧でつぶれて砂質シルト状になる。

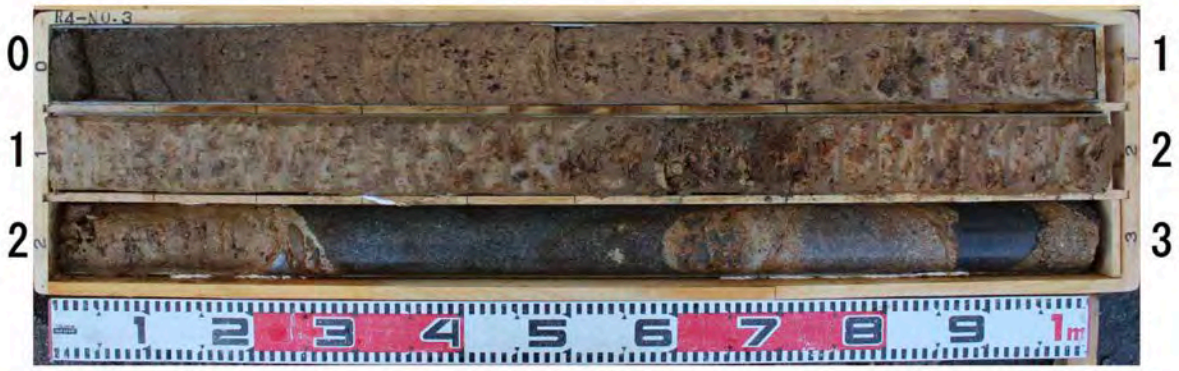

図 11　下井堀地区で掘削したボーリング（R4-No.3）のコア写真

図 12　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R4-No.3）の層相区分図

【R4-No.4】

R4-No.4 は下井堀地区の集落内を流れる吉田川の右岸に位置する逆傾斜した段丘面上で、R4-No.3 から約 30 m 南側へ移動した場所で掘削した。掘削深度は３m とした。R4-No.4 のボーリングコアの写真を図 13 に、層序区分図を図 14 に示す。

地表から深度 0.45 m までは暗褐色の表土である。

深度 0.45 m から深度 0.75 m までは、細砂～中砂を 20～30%含む暗褐色～褐灰色の砂質シルトで、径 5 mm 前後の砂礫を少量含む。

深度 0.75 m から深度 1.75 m までは、細砂～中砂を 20%程度含む灰褐色の砂質シルトで、全体に黒褐色のマンガンが斑状点に濃集する。このうち、深度 1.50 m から深度 1.70 m に径 20～30 mm のチャートと安山岩の円礫を含む。

深度 1.75 m から深度 3.00 m までは、黄褐色～灰褐色のシルト混じり砂礫であり、径 5～20 mm の円礫を主体とし、コア長 40 cm の安山岩礫を含む。基質は風化により軟質化しており、指圧でつぶれ、砂質シルト状になる。礫率は 50～60%程度である。深度 1.75 m から深度 2.20 m 付近までは黄褐色化している。

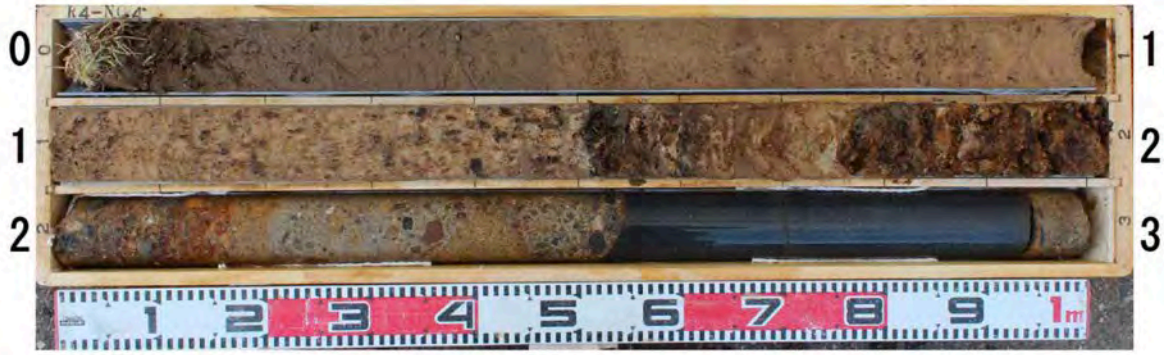

図 13　下井堀地区で掘削したボーリング（R4-No.4）のコア写真

図 14　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R4-No.4）の層相区分図

【R4-No.7】

R4-No.7は、R4-No.1とR4-No.2の間で掘削した。R4-No.1からは約100 m、R4-No.2からは約40 m離れている（図６）。掘削深度は10 mとした。R4-No.2と同じ敷地の北縁付近であり、現況は草地である。図15にR4-No.7のボーリングコアの写真を、図16に層序区分図を示す。

地表から深度0.18 mまでは暗褐色の表土である。

深度0.18 mから深度0.65 mまでは、暗褐色～褐色の礫混じり砂質シルトである。細砂～中砂を20～30%程度含む砂質シルトを主体とするが、径5～20 mmの亜円～亜角礫を含んであり、全体的に不均質である。盛土の可能性もある。

深度0.65 mから深度1.40 mまでは、灰褐色の礫混じり砂質シルトである。細砂～中砂を20～30%程度含む砂質シルトを主体とし、深度0.75 mから深度0.85 mに径20～40 mmのチャートと安山岩の円礫を含む。

深度1.40 mから深度3.20 mまでは、淡褐色の砂礫である。コア長5～30 cmの安山岩の円礫を主体とする。基質は中砂～粗砂で、礫率は60%程度である。

図15　下井堀地区で掘削したボーリング（R4-No.7）のコア写真

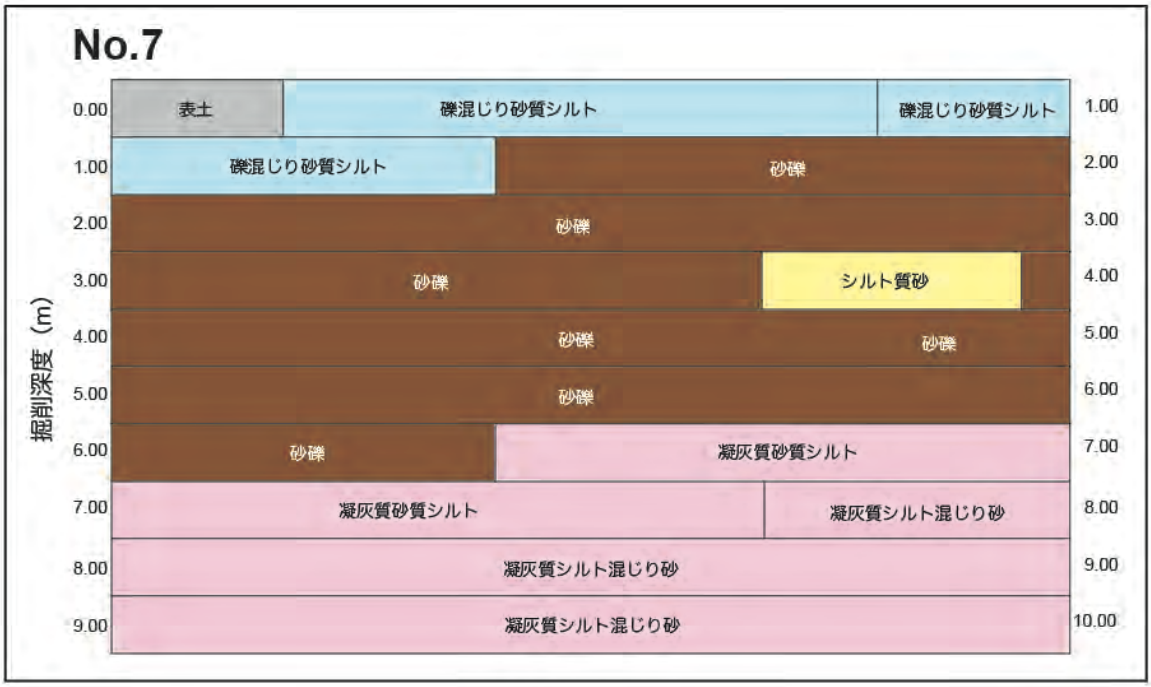

図 16　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R4-No.7）の層相区分図

深度 3.20 m から深度 3.68 m までは、淡褐色の砂礫である。径 10～30 mm の円礫および径 50 mm 前後の安山岩の円礫を主体とする。基質は中砂～粗砂で、礫率は 70%である。礫種は、安山岩、砂岩、チャートを含んでおり、多種である。

深度 3.68 m から深度 3.95 m までは、灰白色～褐色のシルト質砂である。細粒分を 20%程度含む中砂を主体とし、層厚 5～20 mm の凝灰質シルトの薄層を複数挟む。薄層の傾斜は、水平～10°程度である。

深度 3.95 m から深度 6.40 m までは、淡褐色の砂礫である。径 5～30 mm の円礫を主体とし、コア長 5～10 cm の安山岩礫を所々に含む。基質は中砂～粗砂で、礫率は 60%程度である。礫種は、安山岩、ひん岩、泥岩、砂岩、凝灰岩などで、堆積岩は風化により褐色化している。径 10 mm 以下のチャートの円礫も少量含む。

深度 6.40 m から深度 7.68 m までは、灰白色の凝灰質砂質シルトである。細砂～中砂を 20～30%含むほか、径 5～10 mm の円礫を全体に少量含む。深度 7.50 m から深度 7.65 m にかけては強い褐色を帯び、径 5～10 mm の礫を密に含むほか、炭化物を所々に含む。

深度 7.68 m から深度 10.00 m までは、紫灰色～灰色の凝灰質シルト混じり砂である。凝灰質の細砂～中砂で、全体に炭化物や細礫を含んでおり、深度 8.00 m 付近には木片を含む。深度 9.00 m 以深は青灰色を呈し、シルトの薄層を所々に挟む。

【R5-No.1】（図 17、図 18）

深度 0.00-0.45 m には、暗褐色の砂質シルトが分布する。上部 10cm は暗灰の耕作土である。中砂～粗砂を 20～30%含む。

深度 0.45-2.07 m には、淡褐色の砂礫が分布する。径 5-10 mm の亜円～円礫を主体と

し、亜角礫を含む。礫量は 50%程度で、最大礫径は約 60 mm である。基質はシルト分を 10-15%含む中～粗砂である。

深度 2.07-2.68 m には、灰白色の凝灰質砂質シルトが分布する。シルトを 20%含む凝灰質な細砂～中砂を主体とする。半固結状で、径 5-10 mm の亜円～亜角礫を少量含む。

深度 2.68-3.22 m には、淡褐色の砂礫が分布する。

深度 3.22-3.45 m には、灰白色の凝灰質砂質シルトが分布する。細～中砂を 20%含むほか、径 80 mm の安山岩の角礫を含む。

深度 3.45-6.90 m には、淡褐色の砂礫が分布する。径 10-50 mm の円礫を主体とし、コア長 5-15 cm の安山岩礫を所々に含む。礫量は 80%程度である。深度 6.30-6.43 m は礫量が少なくなる。

深度 6.90-7.33 m には、淡褐色の礫質砂が分布する。細粒分を 5%含む中砂を主体とし、径 5-10 mm の礫を 30%程度含む。

深度 7.33-21.21 m には、淡褐色の砂礫が分布する。径 20-50 mm の円礫を主体とし、亜円礫を少量含む。基質は中砂～粗砂で締まっている。礫量は 70～80%で、コア長大の安山岩、花崗岩、チャートを含む。最大礫径はコア長 20 cm で、礫種は砂岩、安山岩、頁岩、チャート、花崗岩、閃緑岩を含む。深度 9.00-13.40 m は、コア長大の礫が少ない。深度 13.40 m 以深では、安山岩を主体とするコア長 5-10 cm の礫を 30%程度含む。

深度 21.21-23.00 m には、灰色の泥質な細粒砂岩が分布する。灰黒色の泥質部を礫状に含む。傾斜 30-50°の中角の割れ目が発達する。境界部は深度 21.35 m まで砂礫が削り込み、深度 21.43 m まで全体に強い褐色をおびる。深度 22.76-22.94 m は、網状に割れ目が発達し、1-2 cm の礫状になる。

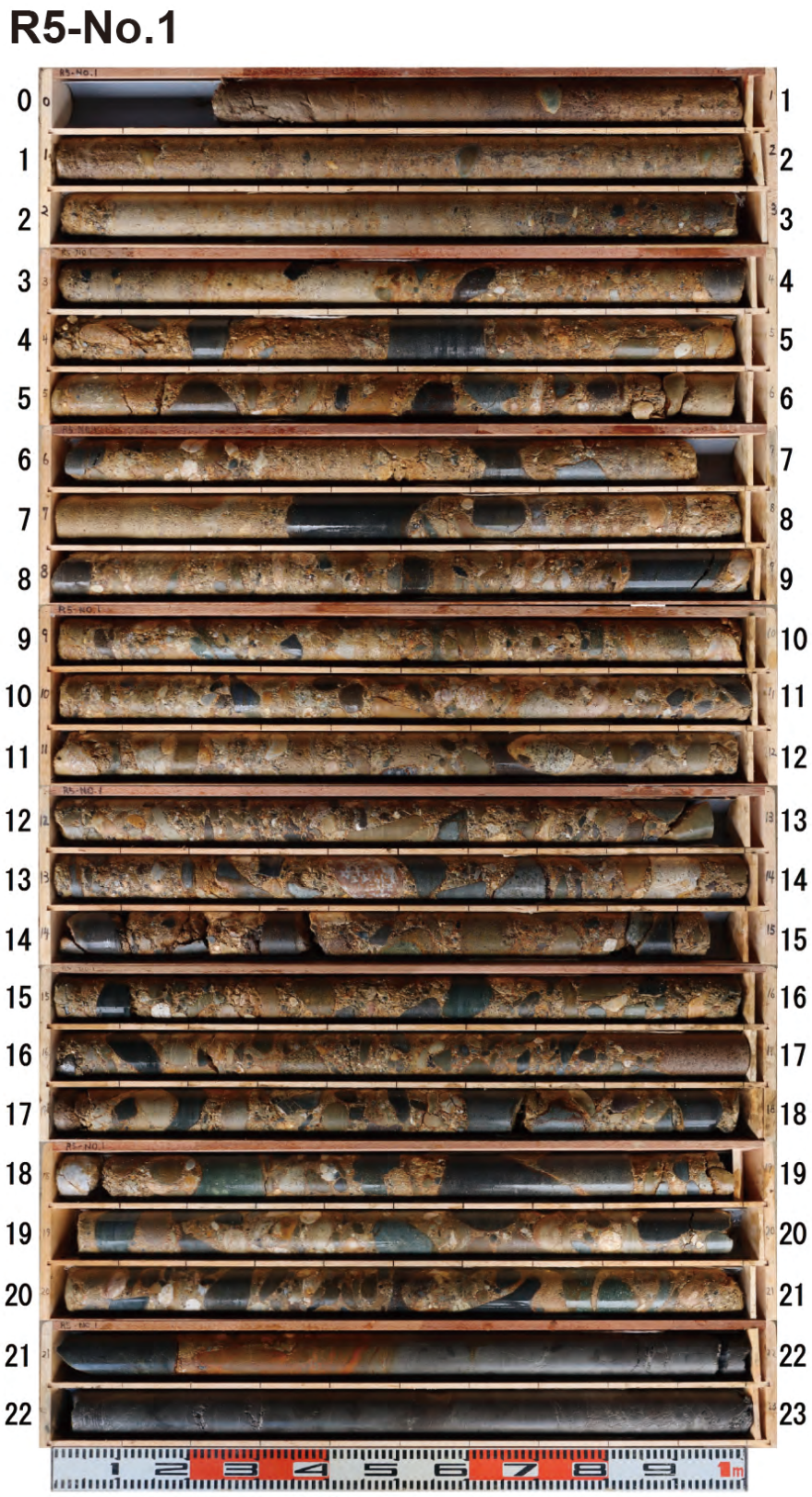

図 17　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.1）のコア写真

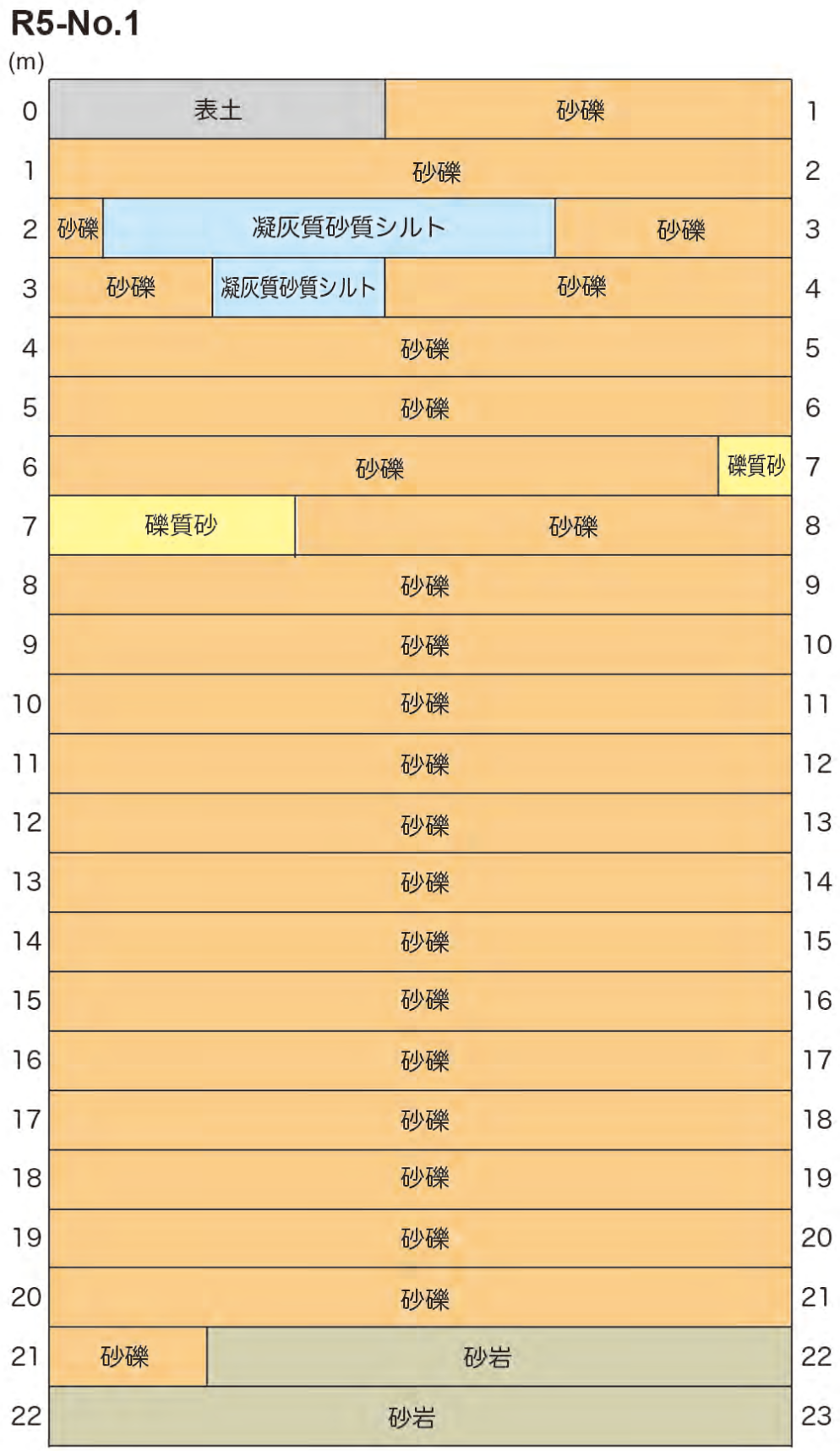

図 18　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.1）の層序区分図

【R5-No.2】（図 19、図 20）

深度 0.00-0.18 m は、暗褐色の表土である。礫分を含む砂質シルトからなる。

深度 0.18-0.60 m には、褐色の礫混じりシルト質砂が分布する。径 5～10mm の礫を含むシルト質中砂である。

深度 0.60-0.93 m には、灰褐色の砂礫が分布する。礫は径 10～50 mmの円礫を主体とし、基質はシルト質の細砂～中砂である。

深度 0.93-2.43 m には、淡灰色～白灰色の凝灰質砂質シルトが分布する。細砂～中砂を 20%程度含む。深度 1.42-1.46 m、深度 1.73-1.75 m、深度 2.01-2.08 m に、砂礫を挟む。

深度 2.43-6.29 m には、灰褐色の砂礫が分布する。礫は径 30～50 mmの円礫を主体とする。基質は細粒分を含む中砂～粗砂からなる。礫量は 70%程度で、礫種は硬質な安山岩を主体とし、砂岩、凝灰岩、チャートなどを含む。深度 6.20-6.29 m は礫量が少ない。

深度 6.29-9.00 m には、細粒砂岩と泥岩の互層が分布する。層厚数 cm の細粒砂岩と泥岩が互層する。境界は傾斜 40°程度の葉理が発達するが、下部では傾斜 20° 程度の低角になる。風化により褐色化しており、岩片はやや軟質化している。深度 6.00-7.00 m、深度 7.42-7.82 m、深度 8.26-9.00 m は泥岩優勢となる。

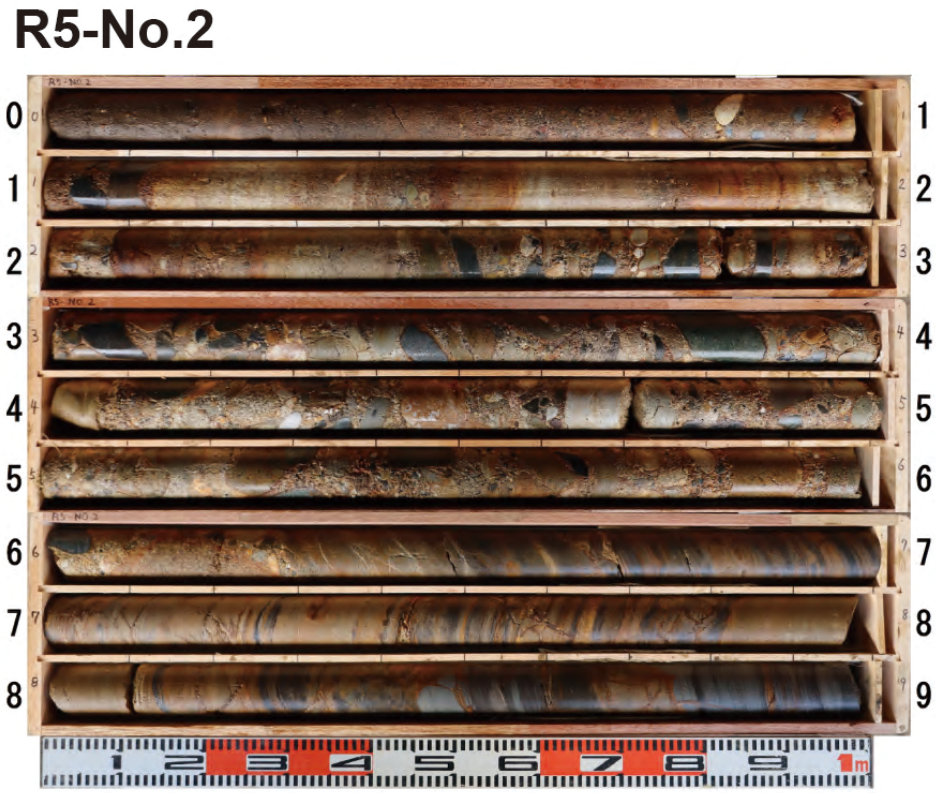

図 19　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.2）のコア写真

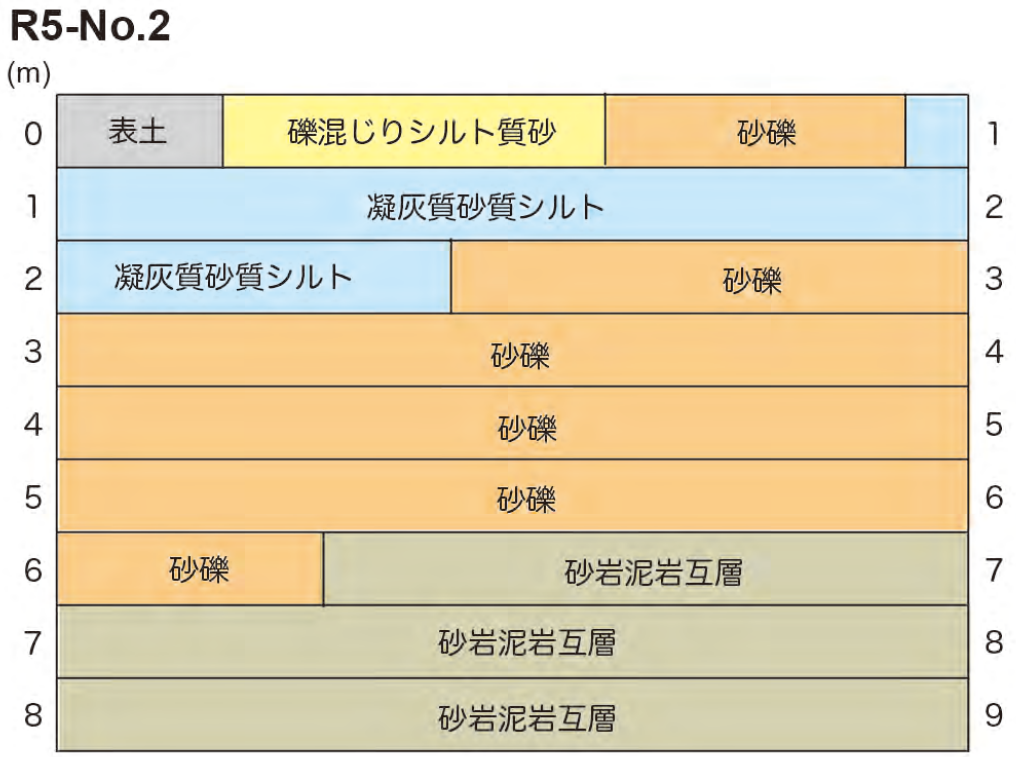

図 20　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.2）の層相区分図

【R5-No.3】（図 21、図 22）

深度 0.00-0.25 m は、暗褐色の表土で、主に砂質シルトからなる掘削土からなる。

深度 0.25-0.45 m には、暗褐～褐色の礫混じり砂質シルトが分布する。径 5 mm 程度の礫および細砂分を 20%程度含む。

深度 0.45-4.32 m には、灰白色の凝灰質砂質シルトが分布する。細砂分を 20-30%程度含み、所々砂分が多くなる。深度 1.32-1.90 m 及び深度 3.40-4.32 m では、径 5-10 mm の亜円礫～亜角礫を含み、礫混じり砂質シルトとなる。深度 2.63-2.74 m と深度 3.18-3.40 m に砂礫を挟む。

深度 4.32-12.35 m には、灰褐色の砂礫が分布する。礫は径 30 mm～コア長 10cm の円礫を主体とする。基質はシルト質の中砂～粗砂で、礫量は 70～80%である。礫種は安山岩、砂岩、凝灰岩、泥岩、チャートからなる。深度 5.30-5.70 m では、径 10 mm 以下の礫を主体とし、礫量は 60%程度となる。深度 8.60 m 以深では、コア長大の礫が少なく、全体的に礫径が小さくなる。

深度 12.35-14.00 m には、褐～灰色の泥質な細粒砂岩と泥岩の互層が分布する。傾斜 40-50°の層理が発達する。全体に褐色をおび、岩片は風化により軟質化している。深度 12.76-12.77 m の割れ目は粘土化し、砂岩が径 2-5 mm の亜角礫状となる。

図 21　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.3）のコア写真

図 22　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.3）の層相区分図

【R5-No.4】（図 23、図 24）

深度 0.00-0.45 m は、暗褐色の表土である。砂分を 30%程度含むシルトからなる。

深度 0.45-1.50 m には、褐色の礫混じりシルト質砂が分布する。径 5～10 mm の円礫を少量含むシルト質細砂～中砂が主体である。

深度 1.50-3.25 m には、褐色の砂礫が分布する。径 20～コア長 10cm 程度の円礫～亜円礫を主体とする。基質はシルト質細砂～中砂で、礫量は 60%程度である。上部は礫分が少ない。

深度 3.25-5.00 m には、褐色の泥質な細粒砂岩が分布する。全体に褐色をおび、強風化しており、岩片はナイフで削れる程度の硬さである。

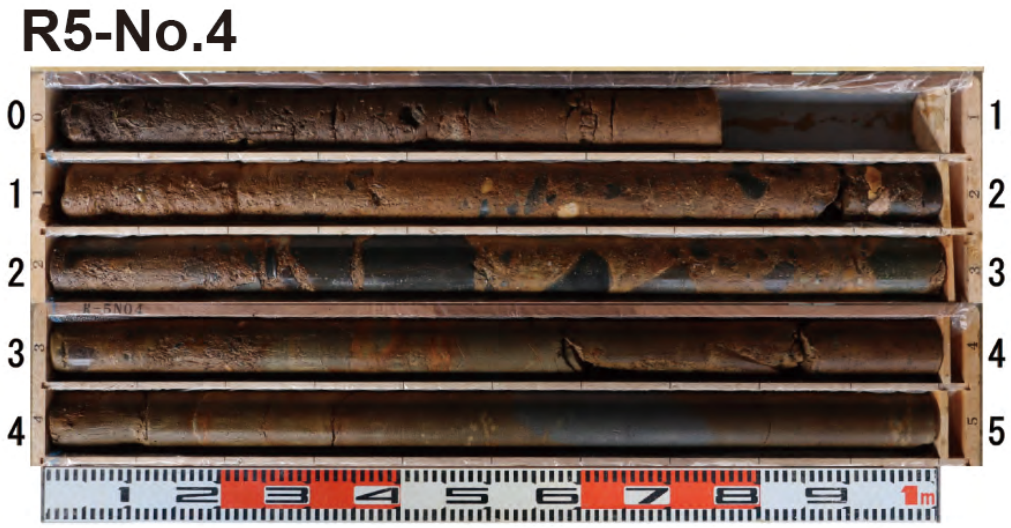

図 23　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.4）のコア写真

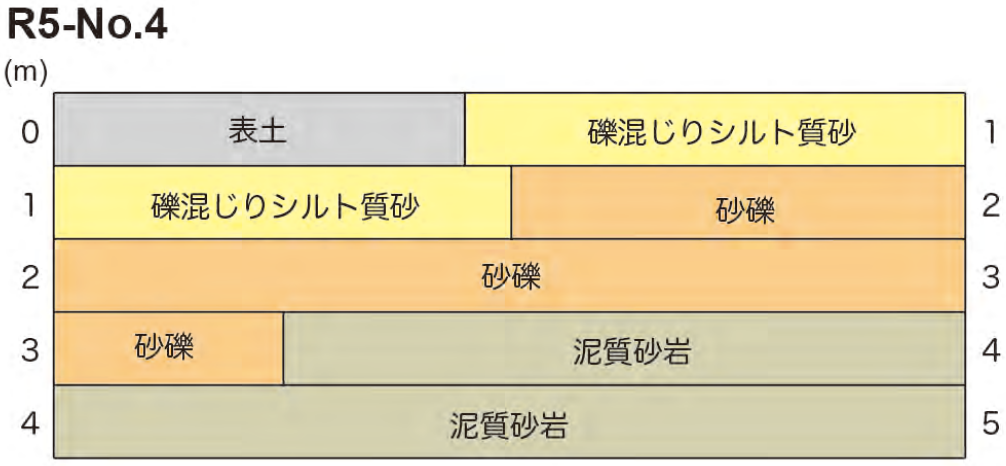

図 24　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.4）の層相区分図

【R5-No.6】（図 25、図 26）

深度 0.00-0.25 m は、暗褐色の表土である。砂質粘土からなる掘削土を主体とする。

深度 0.25-1.20 m には、淡褐色の礫混じりシルト質砂が分布する。径 5～10 ㎜の礫を 10%程度含む。中砂～粗砂を 10-20%含む

深度 1.20-7.52 m には、灰白～紫灰色の凝灰質砂質シルトが分布する。深度 2.18-2.42 m、深度 3.28-3.35 m、深度 3.58-3.66 m、深度 5.31-5.32 m に、径 10-20 mm の亜円礫を主体とする砂礫を挟む。深度 2.52-2.66 m には、シルト質中～粗砂を挟む。深度 2.95-4.14 m は、径 5-10 mm の円礫を少量含む。深度 5.11-5.18 m、深度 5.67-5.82 m、深度 6.15-6.20 m には紫灰色のシルト状の火山灰を挟む。深度 6.09-6.15 m には、極細砂状の火山灰を挟む。深度 6.26-6.60 m には、灰色をおびた木片を少量含む。深度 6.72 m に木片を含む。深度 6.80-7.38 m は細砂を 20%程度含む砂質シルトとなり、境界部は赤褐色をおび、傾斜が 40°程度である。

深度 7.52-28.85 m には、灰褐色の砂礫が分布する。礫は径 10～50 mm の円礫を主体とする。礫量は 70～80%程度で、基質は細粒分を含む中砂～粗砂である。深度 11.60 m までは径 50cm 以下の礫を主体とする。それ以深はコア長大 10～20 cm の安山岩礫を 20-30%程度含む。礫種は安山岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、チャート、花崗岩、閃緑岩、流紋岩などを含む。深度 12.92-13.22 m に凝灰質の砂質シルトを挟む。深度 28.24-28.85 m は暗灰色となる。

深度 28.85-30.00 m には、灰色の泥質砂岩が分布する。黒色の泥岩をブロック状に含む。固結度は低く、ナイフで削れる程度である。

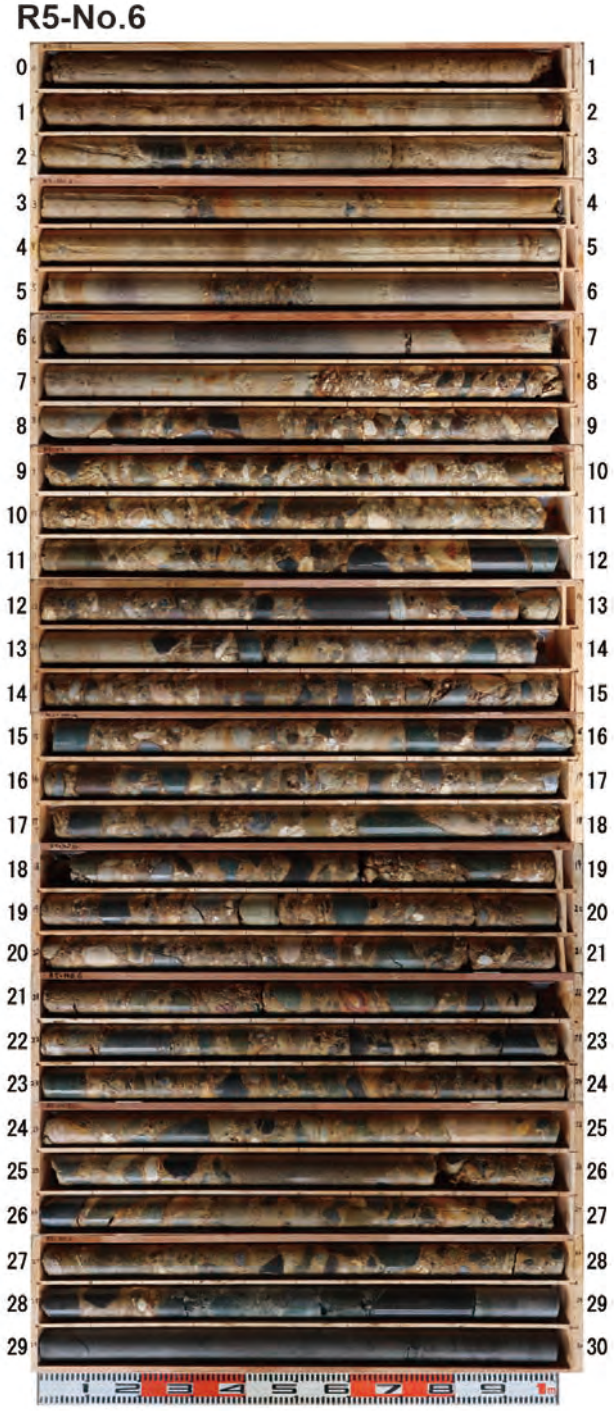

図 25　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.6）のコア写真

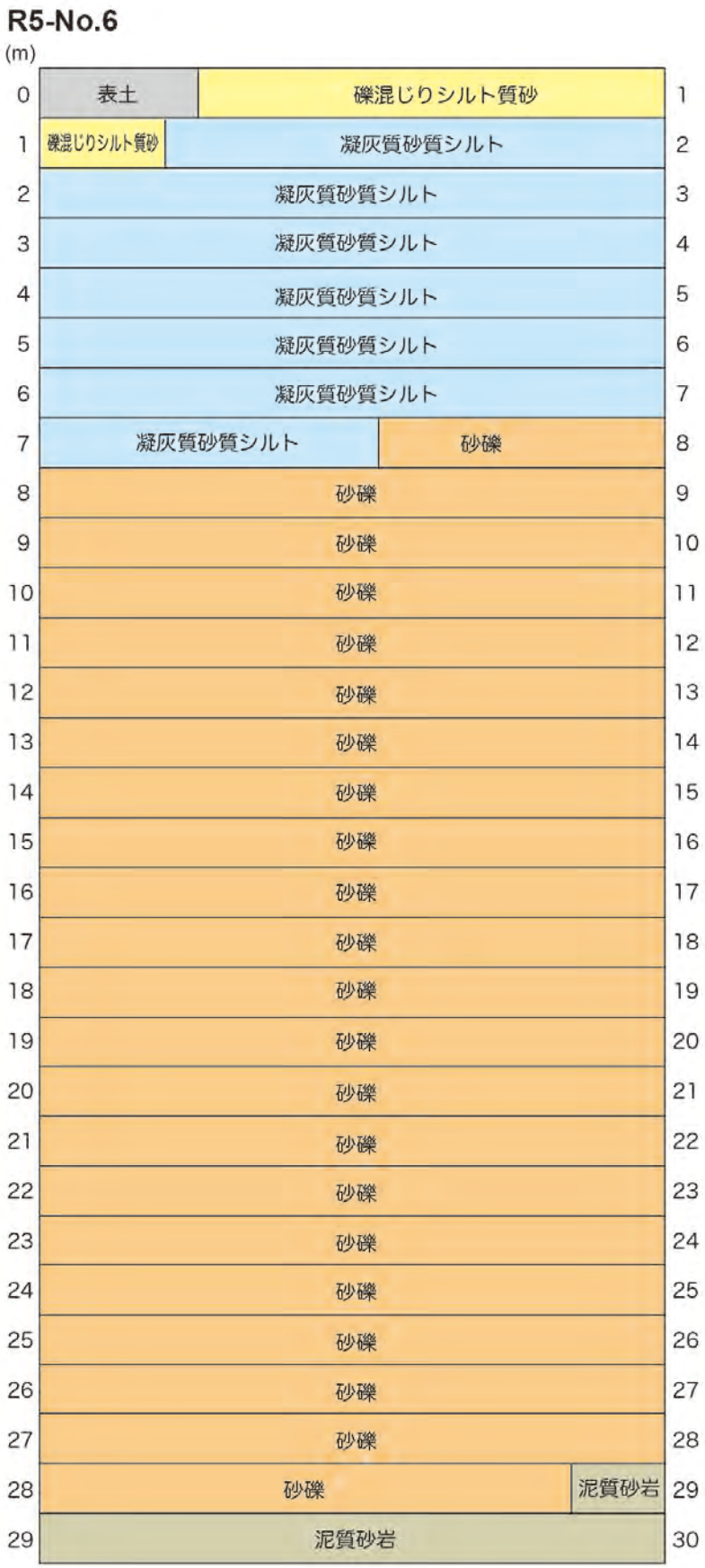

図 26　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.6）の層相区分図

【R5-No.7】（図 27、図 28）

深度 0.00-0.20 m は､暗褐色の表土である｡砂分を 30%程度含むシルトを主体とする。

深度 0.20-0.35 m には、褐色の礫混じりシルト質砂が分布する。径 5-10 mm の円礫を少量含むシルト質細砂～中砂を主体とする。

深度 0.35-1.55 m には、褐色の砂礫が分布する。コア長 10-30 cm の安山岩の円礫を主体とする。基質はシルト質細砂～中砂で、礫量は 60-70%程度である。

深度 1.55-4.20 m には、褐灰色の凝灰質砂質シルトが分布する。細砂分を 20%程度含む。上部および下部は径 10-20 cm 程度の礫を少量含む。深度 3.53-3.72 m、3.90-3.98 m には砂礫を挟む。

深度 4.20-11.30 m には、灰褐色の砂礫が分布する。径 30～コア長 10 cm の円礫を主体とする｡基質はシルト質中砂～粗砂で､礫量は 70～80%である｡礫種は硬質な安山岩、砂岩、泥岩、チャート、凝灰岩などからなる。深度 8.26-8.38 m に灰白色の凝灰質砂質シルトを挟む。深度 9.67-9.88 m には、灰色の砂質シルトを挟む。

深度 11.30-12.00 m には、灰色の凝灰質砂質シルトが分布する。凝灰質な細砂～中砂を 20%程度含む。深度 11.30-11.56 m は淡褐色を呈し、シルト質の中～粗砂からなる。深度 11.71-11.82 m にはシルト状の火山灰層を挟む。

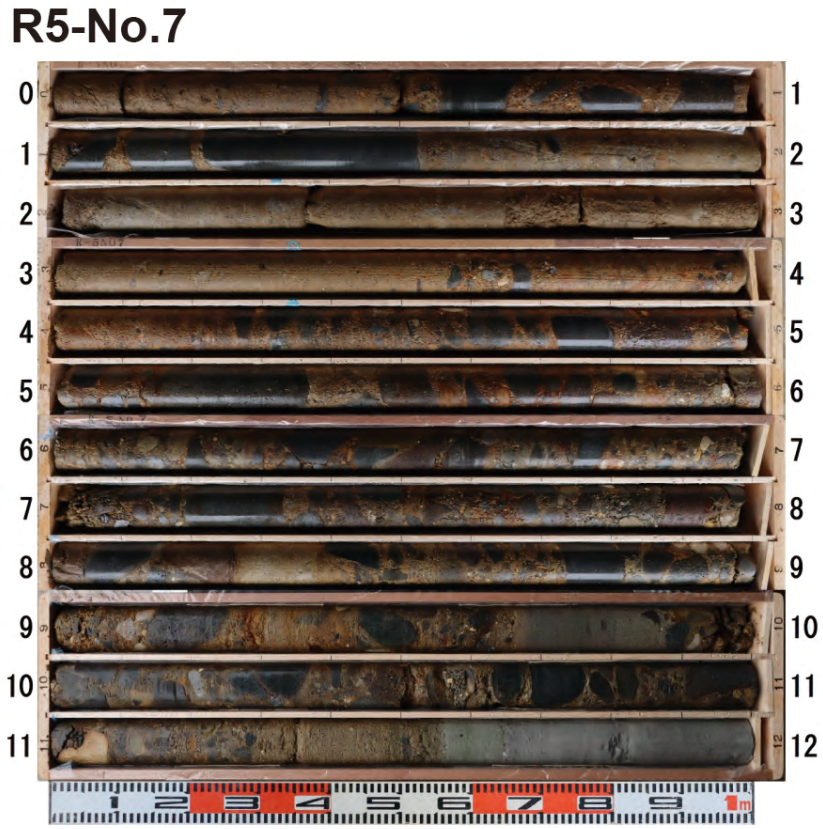

図 27　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.7）のコア写真

図 28　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.7）の層相区分図

【R5-No.8】（図 29、図 30）

深度 0.00-0.30 m は、砂質シルトからなる暗褐色の表土である。

深度 0.30-2.00 m には、灰白～暗褐色の凝灰質シルトが分布する。細砂分を含み、深度 1.70-1.90 m にコア長大の安山岩礫を含む。

深度 2.00-3.00 m には、灰褐色の砂礫が分布する。礫は径 50～コア長 10cm の円礫を主体とする。基質はシルトを含む細砂～中砂である。

深度 3.00-4.48 m には、褐色の凝灰質礫質砂が分布する。全体に褐色をおびる。深度 2.40-2.85m は砂礫層で、コア長 30cm の発泡した溶岩を含む。

深度 4.4-9.30 m には、淡緑色の凝灰質砂質シルトが分布する。細砂分を 30%程度含む。上部は、径 10cm 以下の礫を少量含む。

深度 9.24-10.59 m には、淡緑色の砂礫が分布する。礫はコア長 10～30 cm の礫を主体とし、基質は淡緑色の凝灰質シルトからなる。

深度 10.59-12.00 m には、紫灰～灰褐色の凝灰質砂質シルトが分布する。深度 11.30m

までは紫灰色で、それ以深では暗灰～灰色になる．深度 11.50 m 以深では細砂とシルトの互層状となり、炭化物を層状に含む。

深度 12.00-12.83 m は、礫混じりシルト質砂が分布する。径 2-5 mm 程度の礫を 10-20%含むシルト質砂～中砂で、シルト分を 10-20%含む。12.16-12.66 m では砂質シルトとなる。

深度 12.83-15.18 m は灰～褐色の凝灰質砂質シルトが分布する。深度 12.83-13.00 m は炭化物を多く含む。深度 14.06-14.21 m、深度 14.49-14.55 m には砂礫層を挟む。深度 14.21-14.40 m にはシルトを挟む。

深度 15.18-25.00 m には、灰～淡緑色の砂礫が分布する。径 30 mm～コア長 20 cm の円礫を主体とする。礫量は 60～80%程度で、深度によりばらつきが多い。礫種は硬質砂岩を主体とし、安山岩、チャート、凝灰岩などを含む。基質は中砂から粗砂を主体とし、淡く緑色をおびる。深度 15.18～16.77 m は径 20-30 mm 程度の礫を主体とする。軽石を含み、礫量は 60%程度である。深度 16.77-17.77 m は細砂混じりシルトからなり、炭化物を全体に含む。深度 24.4 m 以深は礫量が少なくなり、基質が凝灰質シルトとなる。

図 29　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.8）のコア写真

図 30　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.8）の層相区分図

【R5-No.9】(図 31、図 32)

深度 0.00-0.20 m は、暗褐色の砂質シルトからなる表土である。

深度 0.20-0.70 m には、褐色の礫混じりシルト質砂が分布する。径 50 mm の円礫を含む。

深度 0.70-1.15 m には、灰褐色の砂礫が分布する。コア長 10 cm 程度の発泡した溶岩を含む。基質は、凝灰質なシルト質細砂～中砂である。

深度 1.15-2.50 m には、凝灰質砂質シルトが分布する。全体に褐色をおびる。深度 2.40-2.85 m には、砂礫層中にコア長 30cm の発泡した溶岩を含む。

深度 2.50-3.55 m には、灰褐色の砂礫が分布する。径 50～コア長 20 cm の円礫～亜円礫を含むほか、硬質な安山岩を含む。礫量は 60%程度である。

深度 3.55-4.10 m には、褐灰色の凝灰質砂質シルトが分布する。砂分を 30%程度ふくみ、上部の凝灰質シルト層に比べて砂質である。

深度 4.10-9.55 m には、径 30 mm～コア長 35 cm の円礫～亜円礫を主体とする灰色の砂礫が分布する。礫量は 70%程度である。礫種は発泡した溶岩を主体とし、チャート、砂岩などを含む。基質は粗砂を主体とし、ややゆるい。所々に木片や腐植物を含む。

深度 9.55-9.83 m には、暗灰色の泥岩の破砕部が分布する。泥岩は破砕され、径 10 cm 程度の礫状となる。最下部にせん断構造の発達した粘土を挟む。

深度 9.83-10.35 m には、灰色の砂礫が分布する。径 30 mm～コア長 20 cm の円礫～亜円礫を主体とし、発泡した溶岩を含む。

深度 10.35-12.00 m には、灰～黒褐色の砂岩泥岩互層が分布する。傾斜 20°程度の葉理が発達する。

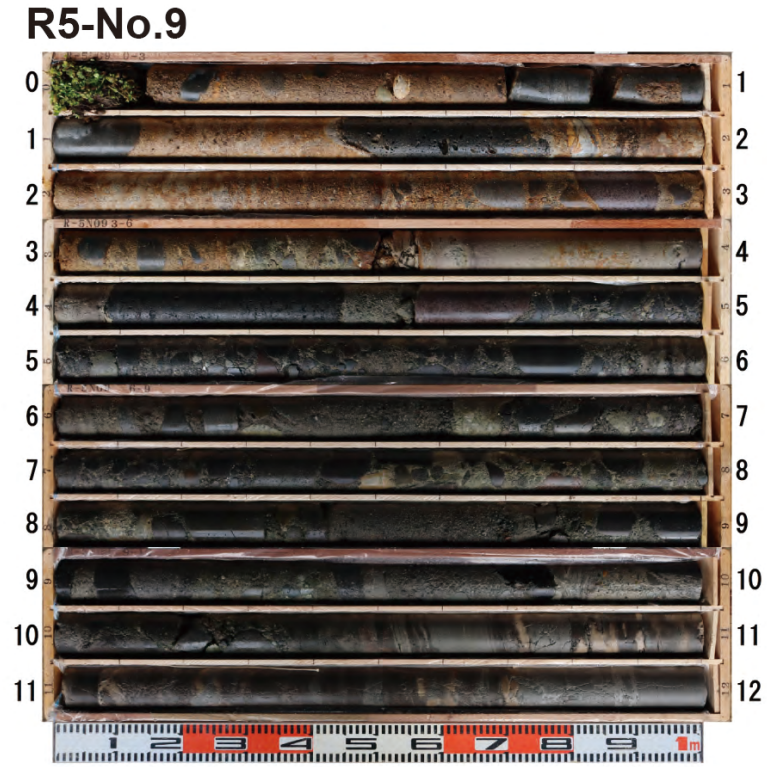

図 31　下井堀地区で掘削したボーリング（R5-No.9）のコア写真

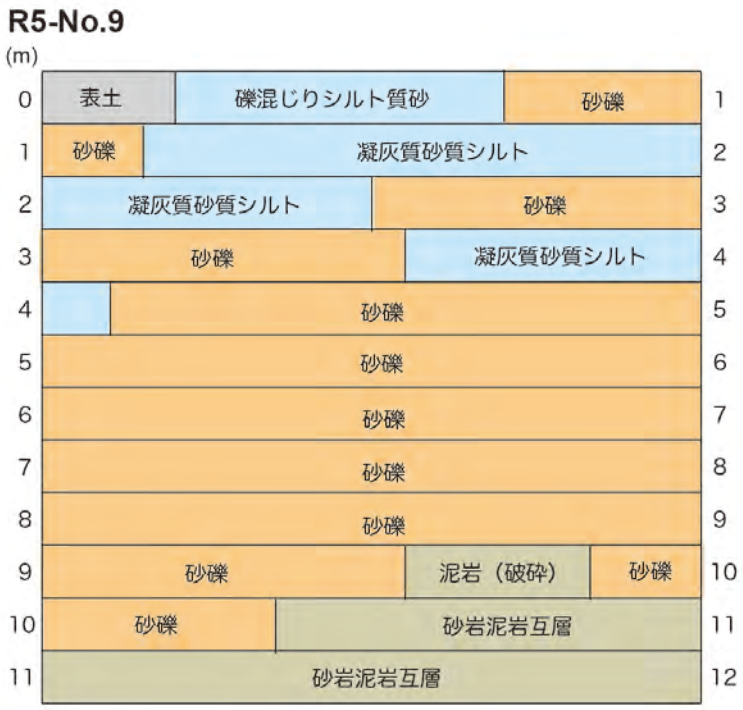

図 32　下井堀地区で掘削したボーリングコア（R5-No.9）の層相区分図

3）年代測定

R5-No.6 から１試料（OMI_R5-6_C1）、R5-No.9 の深度 3.96-3.97 m（OMI_R5-9_C1）及び深度 5.95 m（OMI_R5-9_C2）がそれぞれ試料を採取し、AMS 法による放射性炭素年代測定を実施した。測定は株式会社地球科学研究所に依頼した。測定結果を表１に示す。

OMI_R5-6_C1 については、腐植質堆積物について分析を実施した。得られた年代は、暦年較正した２σの値で、38,676-36,660 cal.BP である。

OMI_R5-9_C1 については、植物片について分析を実施したが、計測限界を超えていた。

OMI_R5-9_C2 については、腐植質堆積物について分析を実施したが、こちらについても計測限界を超えていた。

表１　令和５年度に実施した麻績断層の調査で採取した試料の年代測定結果
暦年代（cal.BP）は Ramsey（2009)に従い、Intcal20（Reimer et al., 2020）を用いて算出した。

試料名	Labo 番号 (Geo ID)	試料種類	前処理	Measured Age (BP)	Conventional Age (BP)	$\delta^{13}C$	cal BP (2σ)
OMI_R5-9_C1	Beta-68352 (690800)	plant material	acid/alkali/acid	NA	> 43,500	-22.58	-
OMI_R5-9_C2	Beta-68353 (690801)	organic sediment	acid washes	NA	> 43,500	-27.78	-
OMI_R5-6_C1	Beta-68444 (691918)	organic sediment	acid washes	33,020 ± 260	32,970 ± 260	-28.27	38,676 - 36,660 (95.4%)

7）平均変位速度（上下成分）の検討

令和４年度の調査で作成した詳細地形データに基づく地形断面と、ボーリング調査から得られた試料に基づいて推定される地形面の形成年代から、麻績断層の平均変位速度（上下成分）について検討した。

今年度に実施した群列ボーリング調査の測線（図 33 の A-A'）では、麻績断層により低位の地形面が約 9 m 北側隆起の変形を受けていると考えられる（図 34)。低位の地形面の形成年代については、放射性炭素年代により礫層直上の細粒堆積物に含まれる試料（腐植質堆積物）から 38,676-36,660 cal.BP という年代が得られている。これらの上下変位量と地形面の形成年代に基づくと、麻績断層の平均変位速度（上下成分）は 0.25-0.23 m/千年と算出される。

一方、昨年度に実施したボーリング調査の結果からは、On-Pm1（約 10 万年前に噴出・降下）と推定される軽石層に麻績断層を挟んで約 8 m の標高差が認められた（図 35)。この比高は変形量の全てを表していないが、上下変位量及び平均変位速度（上下成分）の最小値を与えてくれる。これらの値を用いた場合、麻績断層の平均変位速度（上下成分）は 0.08 m/千年以上と見積もられる。

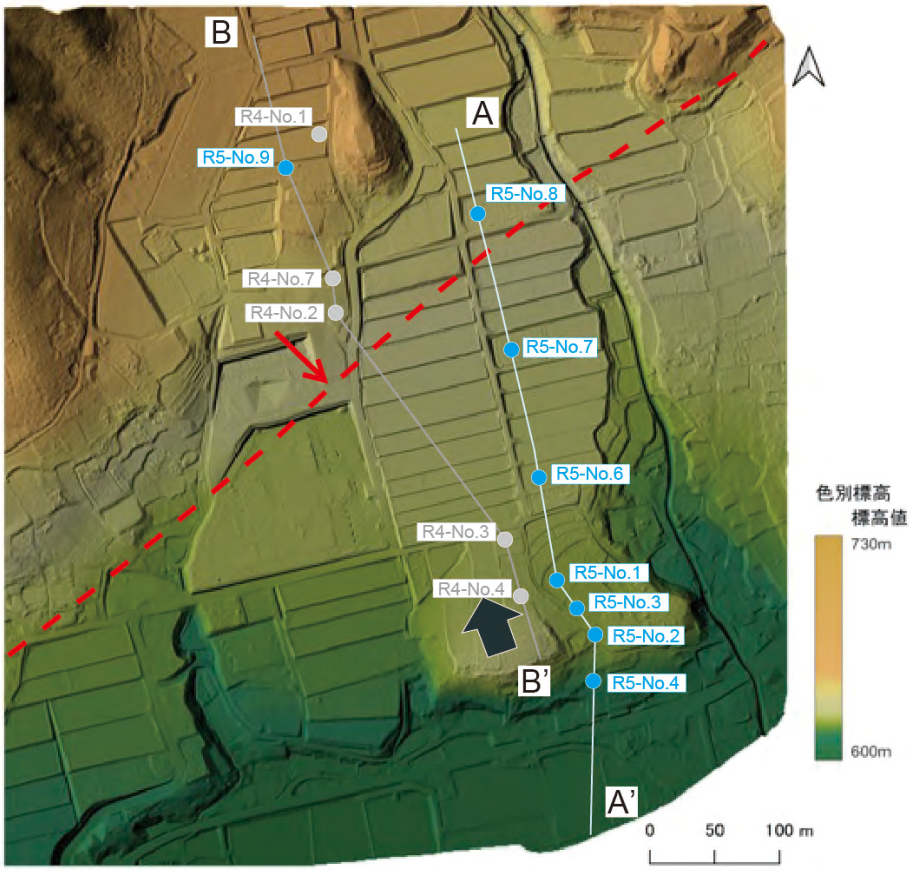

図 33　下井堀地区で掘削したボーリング掘削地点と地形断面測線位置

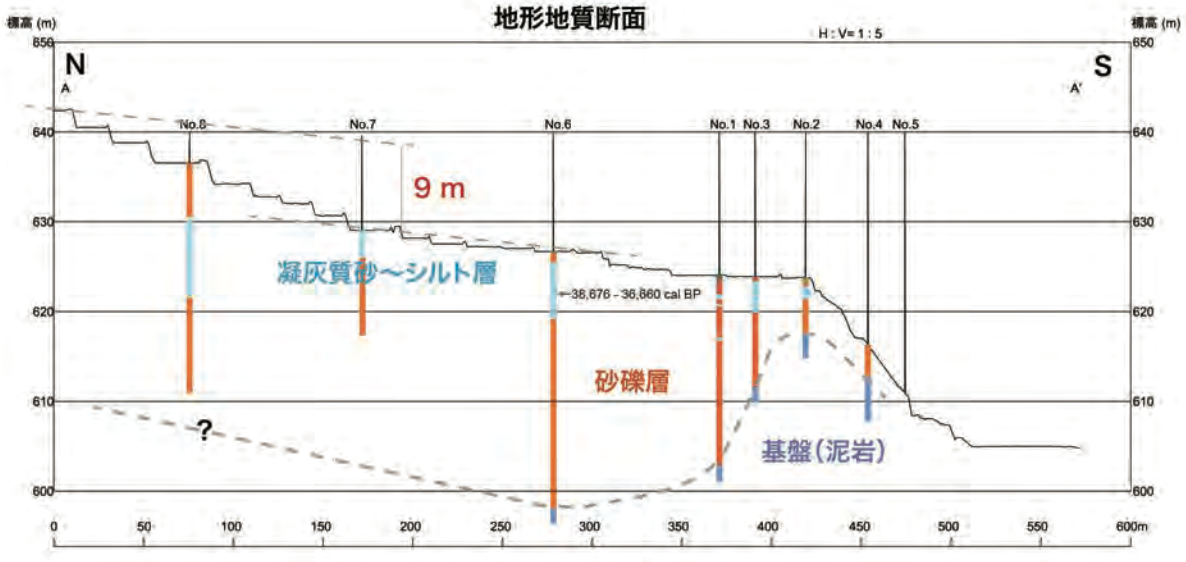

図 34　令和５年度に下井堀地区で実施したボーリング調査結果に基づく地形地質断面

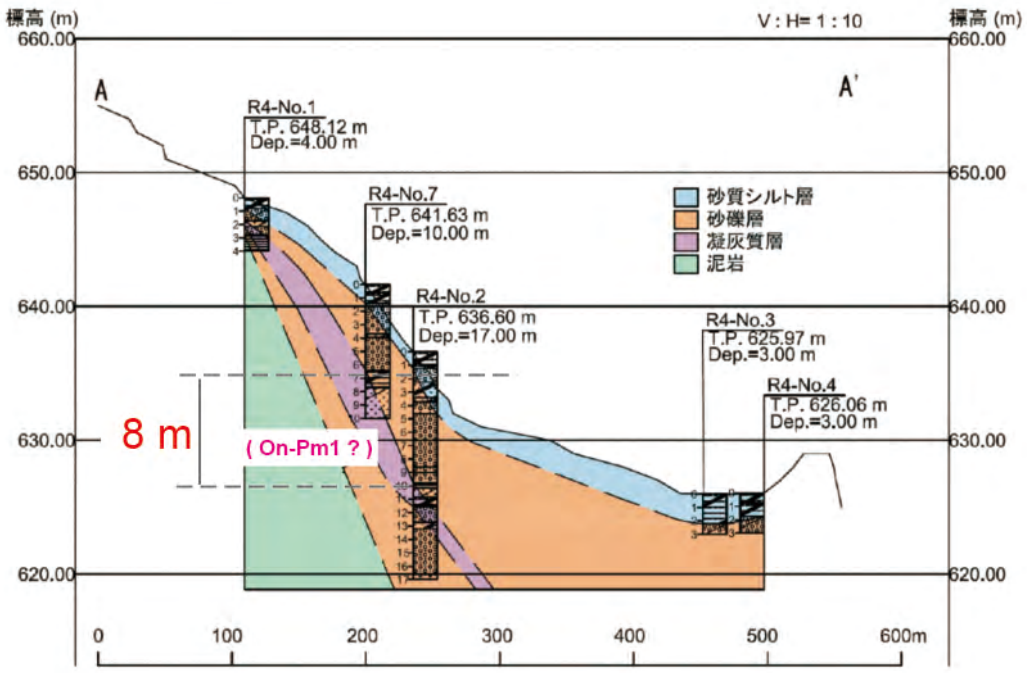

図 35　令和４年度に下井堀地区で実施したボーリング調査結果に基づく地形地質断面

(d) 結論ならびに残された課題

UAV を用いたレーザー測量から作成した詳細な地形データと、群列ボーリング調査で得られた試料に基づく地形面の形成年代から、麻績断層の平均変位速度（上下成分）を算出した。令和５年度に群列ボーリング調査を実施した低位の地形面での検討に基づくと、麻績断層の平均変位速度（上下成分）は 0.25-0.23 m/千年と算出される。一方、令和４年度に群列ボーリングを実施した高位の地形面の下に確認された軽石層（On-Pm1）の標高差に基づくと、麻績断層の平均変位速度（上下成分）は 0.08 m/千年以上であると推定される。

なお、下井堀地区周辺においては、麻績断層の断層トレースが２列で並走しているが、今回の調査で平均変位速度を推定することができたのはそれらのうちの北側のトレースだけである。南側のトレースにおける平均変位速度を含めた断層全体の評価については、さらなる調査を実施して検討する必要がある。

(e) 引用文献

Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360, 2009.

地震調査研究推進本部地震調査委員会，長野盆地西縁断層帯（信濃川断層帯）の長期評価

（一部改訂），34p，2015b.
加藤碵一，坂城地域の地質，地域地質研究報告（５万分の１図幅），地質調査所，57p，1980.
活断層研究会編，日本の活断層−分布図と資料−，東京大学出版会，363p，1980.
活断層研究会編，新編日本の活断層−分布図と資料−，東京大学出版会，437p，1991.
麻績村誌編纂会編，麻績村誌・上巻，509p，付図２枚，1989.
Reimer, P.J., Austin,W.E.N, Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey,C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen,K.A., Kromer,B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, u., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), Radiocarbon 62(4),725-757, 2020.
田力正好・松多信尚，糸魚川-静岡構造線活断層系北部の活動に関連した犀川丘陵の変動地形，活断層研究，no. 25，63-73，2005.
田力正好・水本匡起・松田時彦・松浦律子・中田 高・後藤秀昭，犀川丘陵南部における新たな断層変位地形の発見とそのテクトニックな意義，日本活断層学会 2013 年度秋季学術大会講演予稿集，P-4，56-57，2013.
田力正好・杉戸信彦・廣内大助・松多信尚，1:25,000 活断層図「坂城」．国土地理院技術資料 D1-No.1076，2023.
宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子，日本被害地震総覧 599-2012，東京大学出版会，704p，2013.