

3. 2 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
国立大学法人 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なうとともに、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）を実施する。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する。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）を算出する。

(2) 令和 4 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）。麻績断層の既往成果の整理を行なうとともに、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。

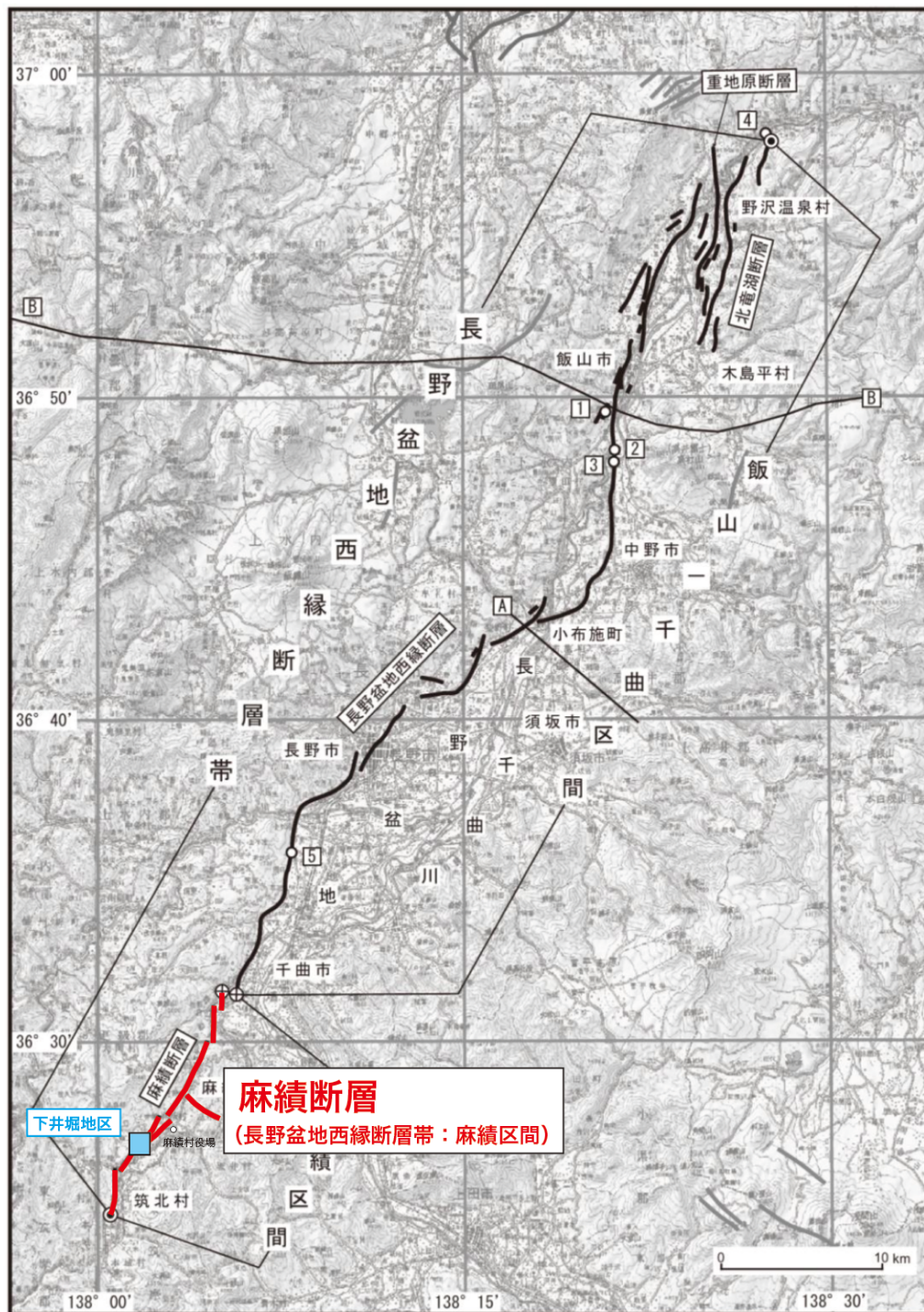


図 1 麻績断層の位置（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2015b を編集）
麻績断層の位置を赤線で示した。

(b) 業務の実施方法

1) 既往研究の整理

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。

2) 調査地の選定

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した。

3) 地形計測と詳細デジタル標高モデルの作成

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。

4) ボーリング調査

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した。

(c) 業務の成果

1) 既往研究の整理

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

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

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、自動航行で行なった。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なった。

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 %
レーザ走査角	±35°
レーザ拡散角	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

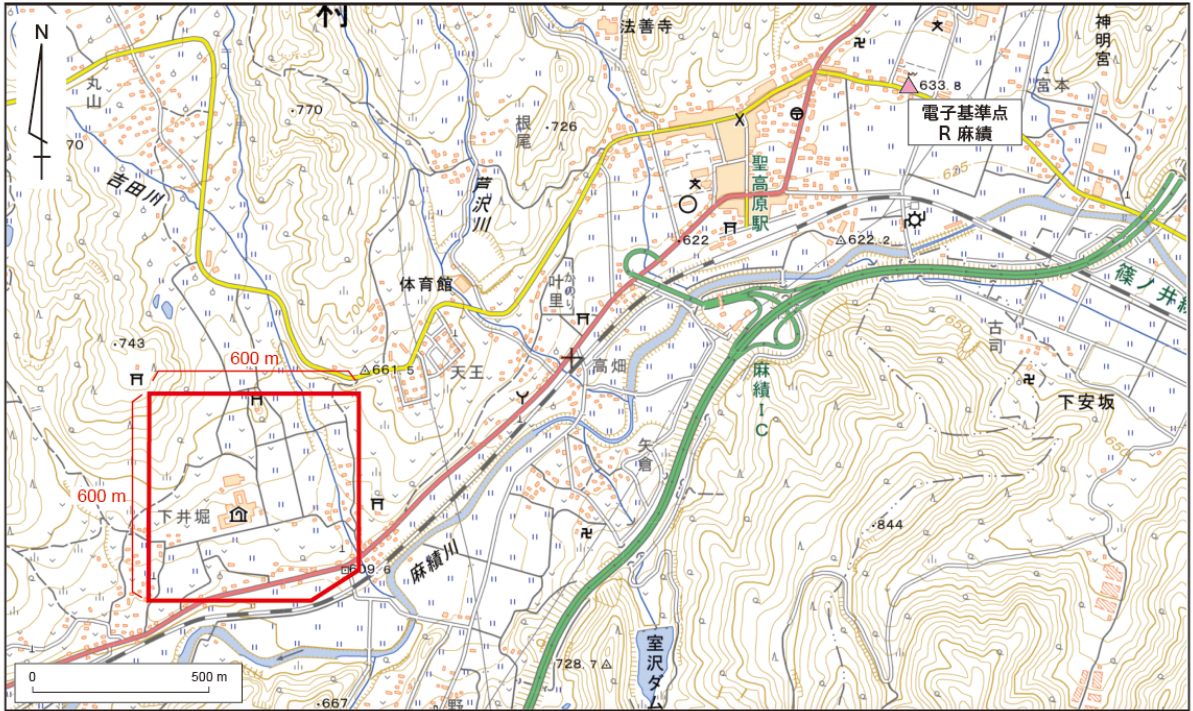


図2 麻績断層下井堀地区で実施したドローンLiDAR計測の実施範囲

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/m² 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なった。

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イクラインで補った。その上で、不規則三角形網（TIN）による補完法を用いて、内挿補完を行なった。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。

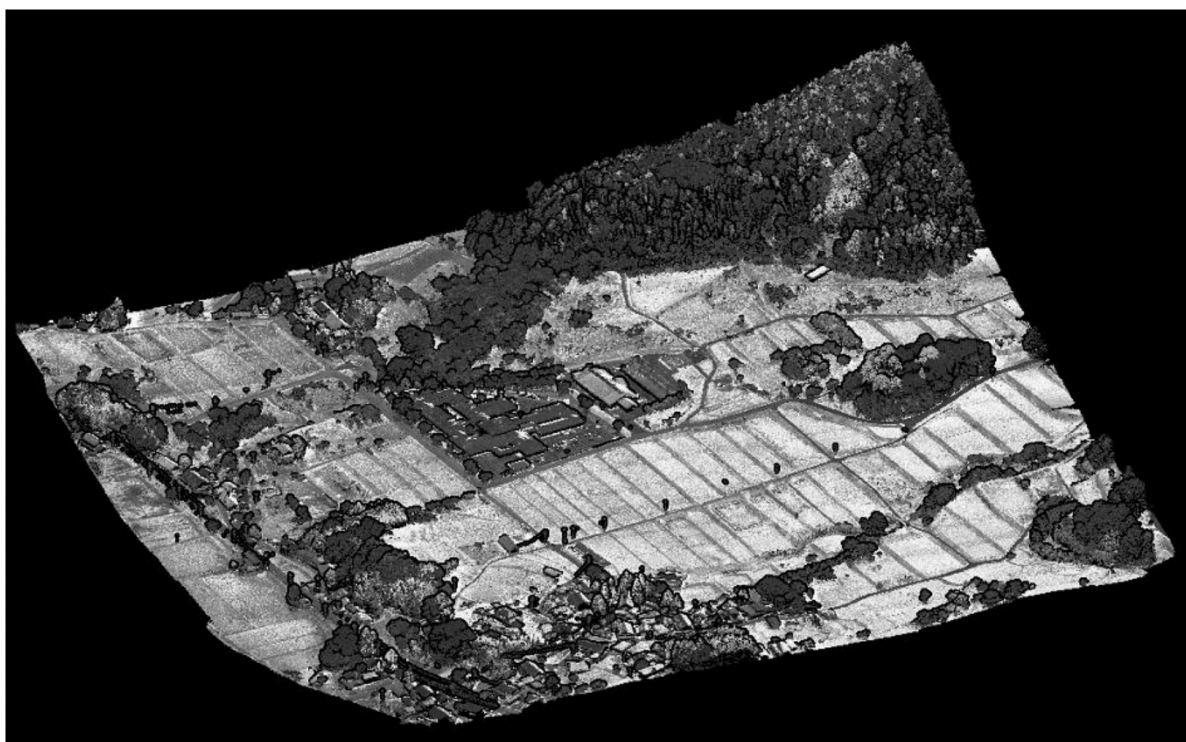


図 3 オリジナルデータを用いて作成した下井堀地区の地形鳥瞰図

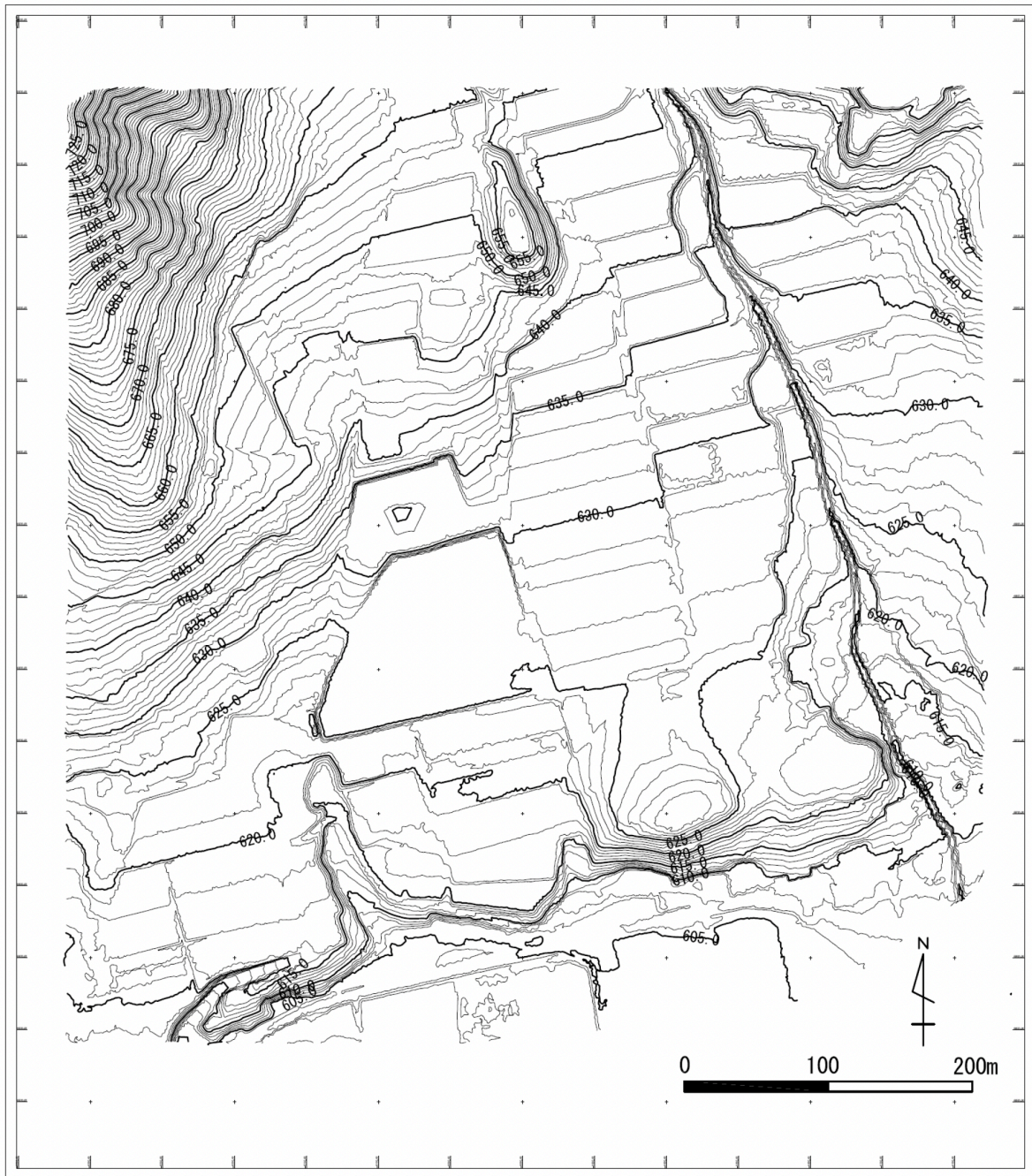


図4 下井堀地区の等高線図

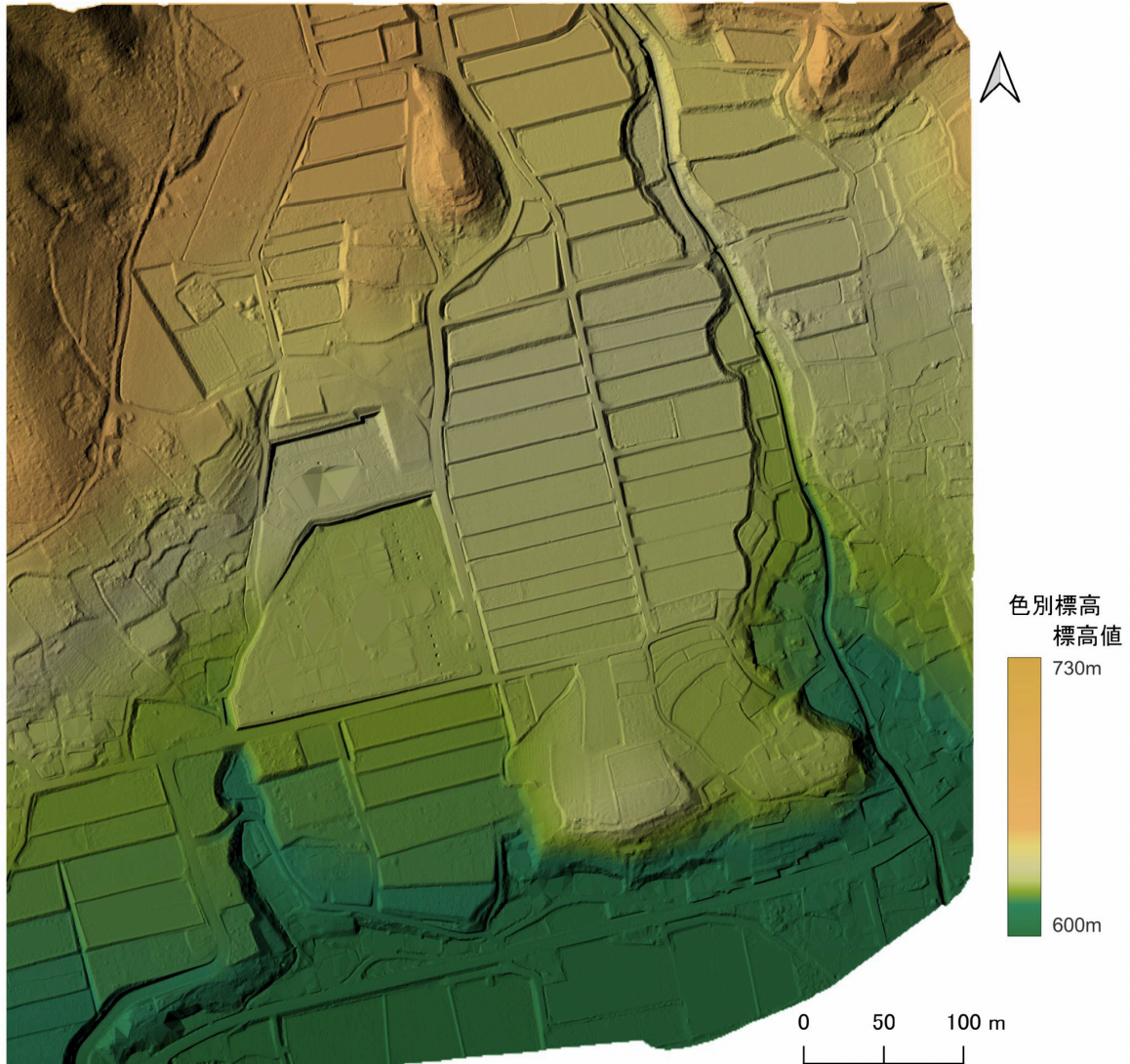


図5 下井堀地区の陰影段彩図

4) ボーリング調査

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した。ボーリングは下井堀地区内の5箇所を実施した(図6)。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。掘削方向はいずれも鉛直とした。以下では、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。

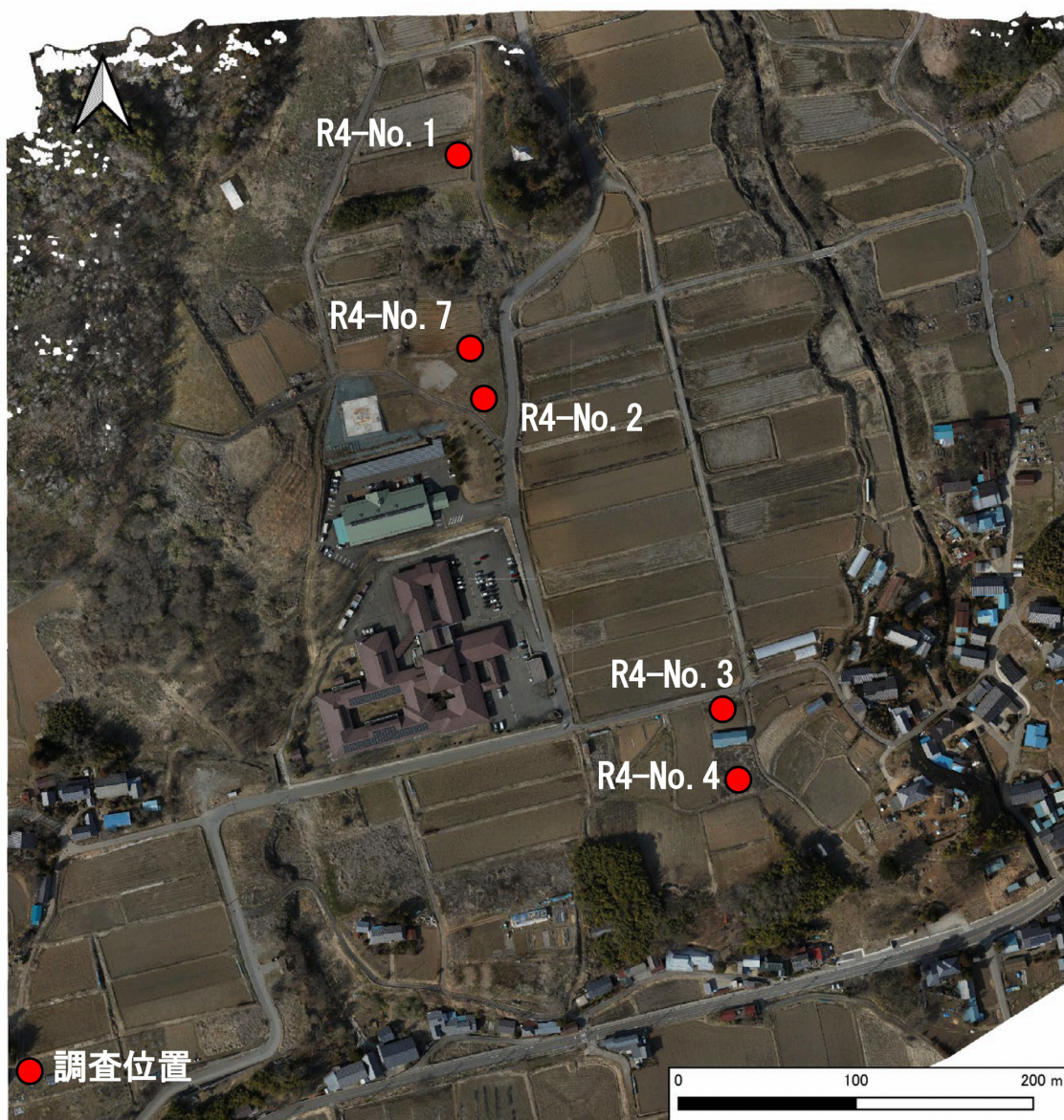


図6 下井堀地区のボーリング掘削位置図

【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4 m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。

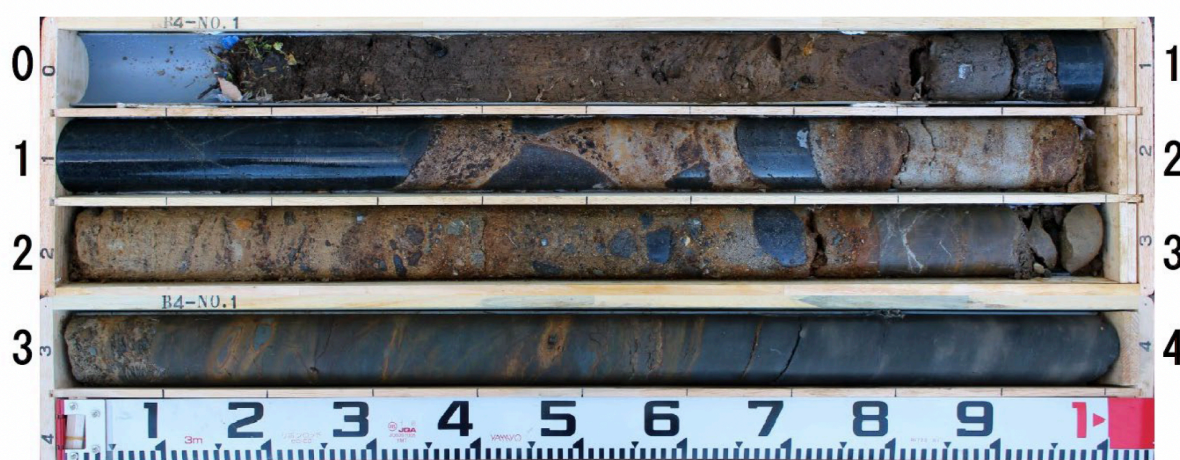


図 7 下井堀地区で掘削したボーリング (R4-No. 1) のコア写真



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。

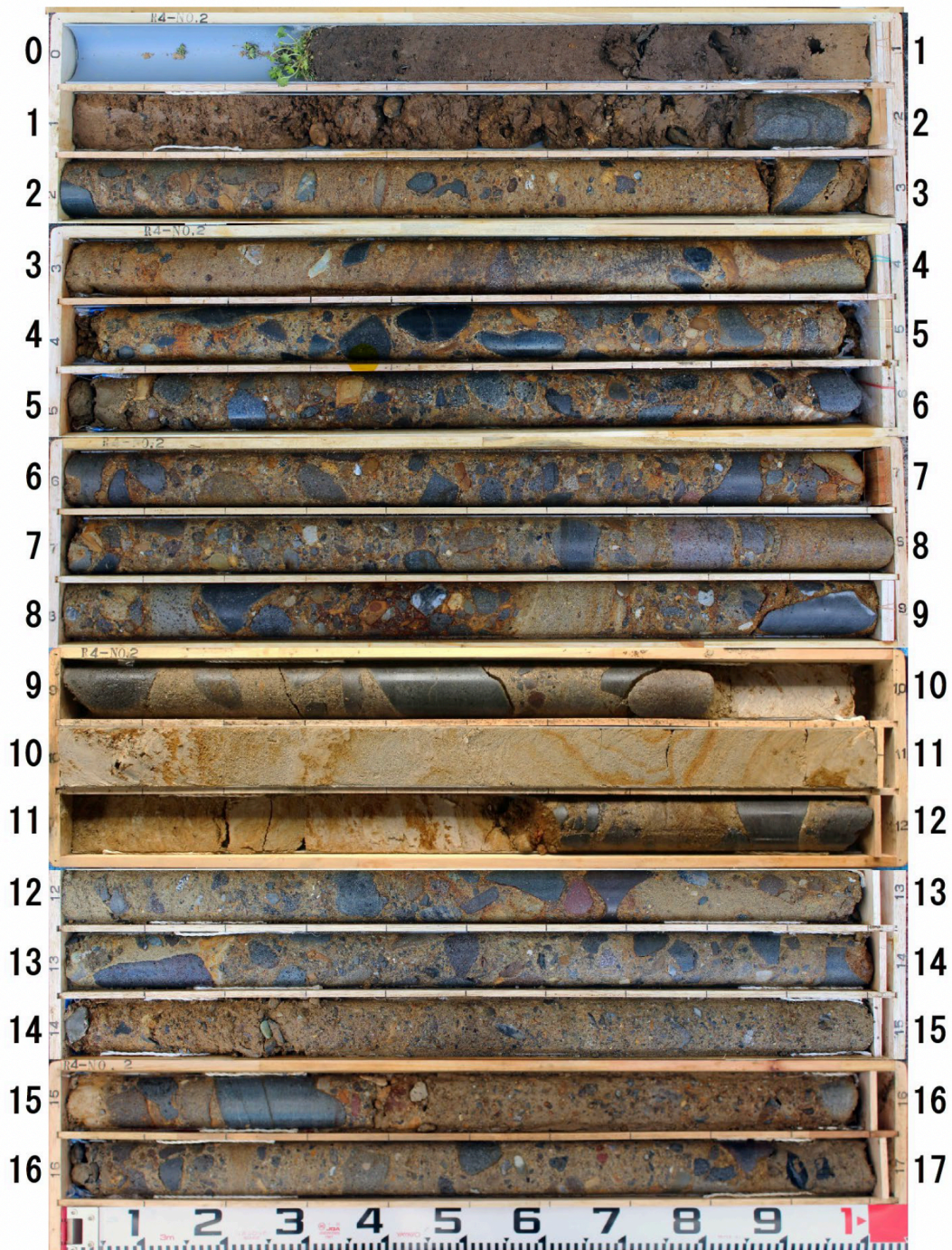


図9 下井堀地区で掘削したボーリング (R4-No. 2) のコア写真

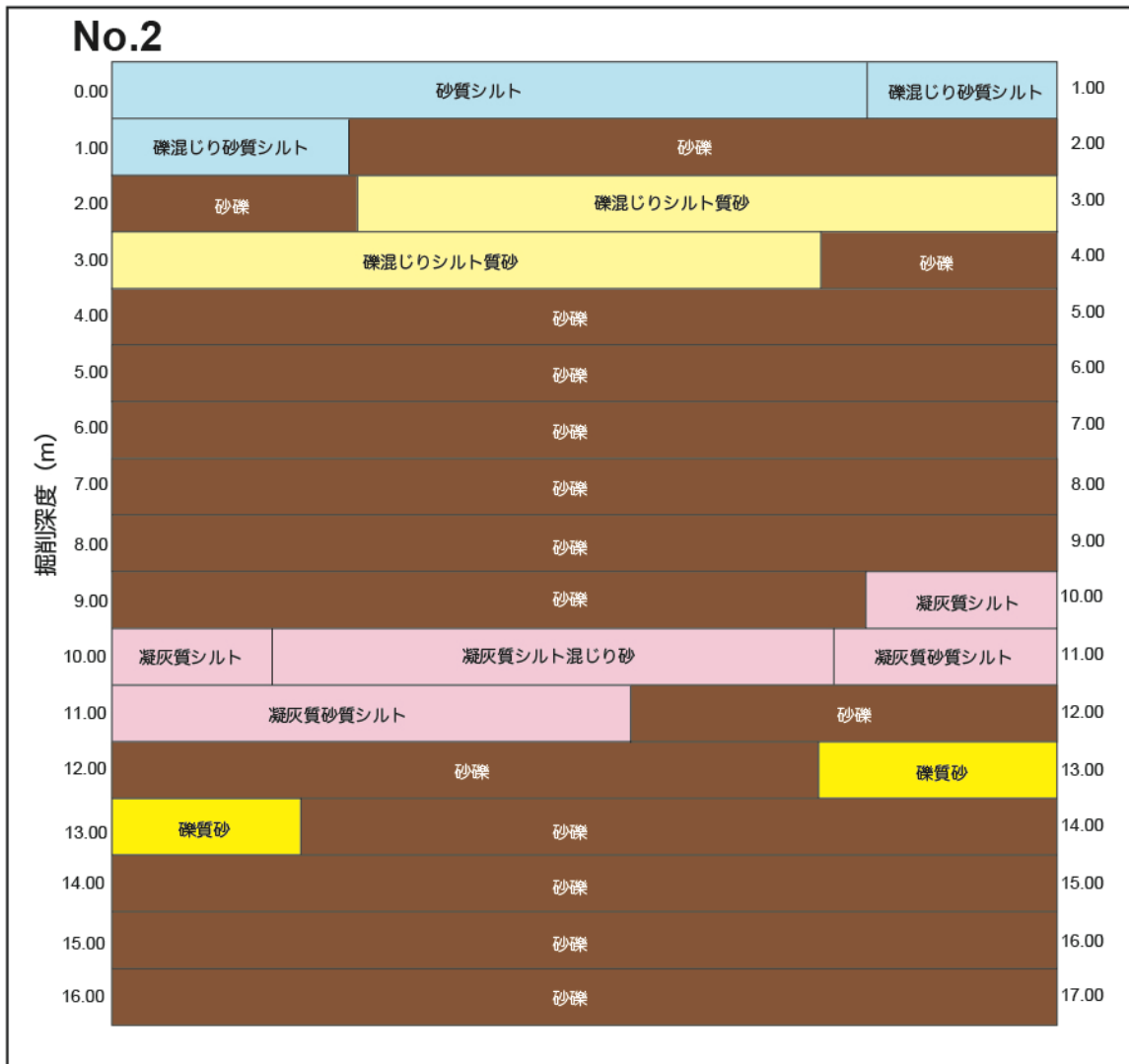


図 10 下井堀地区で掘削したボーリングコア (R4-No. 2) の層相区分図

【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。

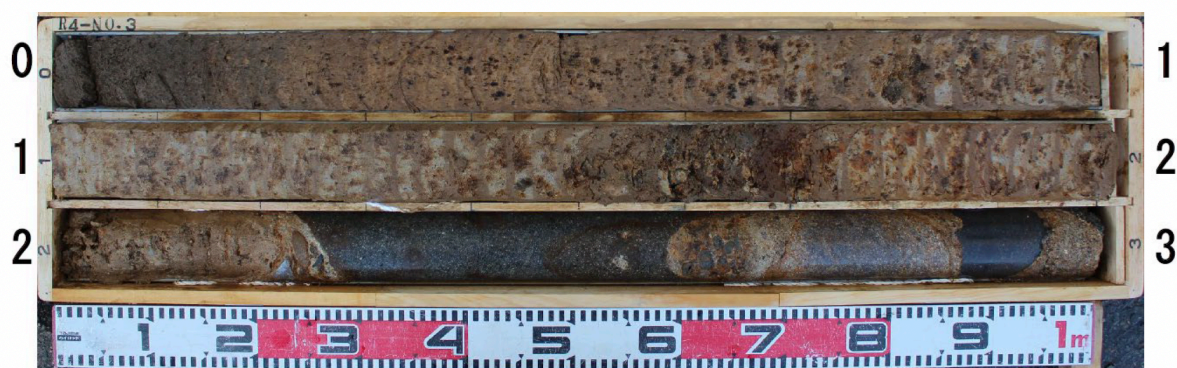


図11 下井堀地区で掘削したボーリング (R4-No. 3) のコア写真



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3 m 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。

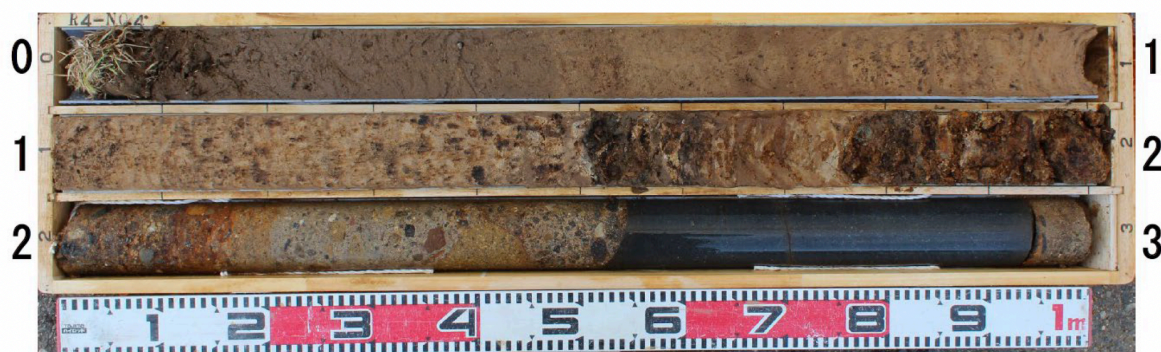


図 13 下井堀地区で掘削したボーリング (R4-No. 4) のコア写真

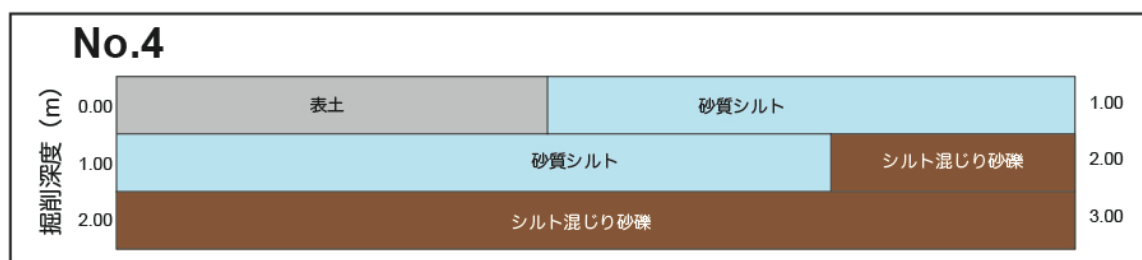


図 14 下井堀地区で掘削したボーリングコア (R4-No. 4) の層相区分図

【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。

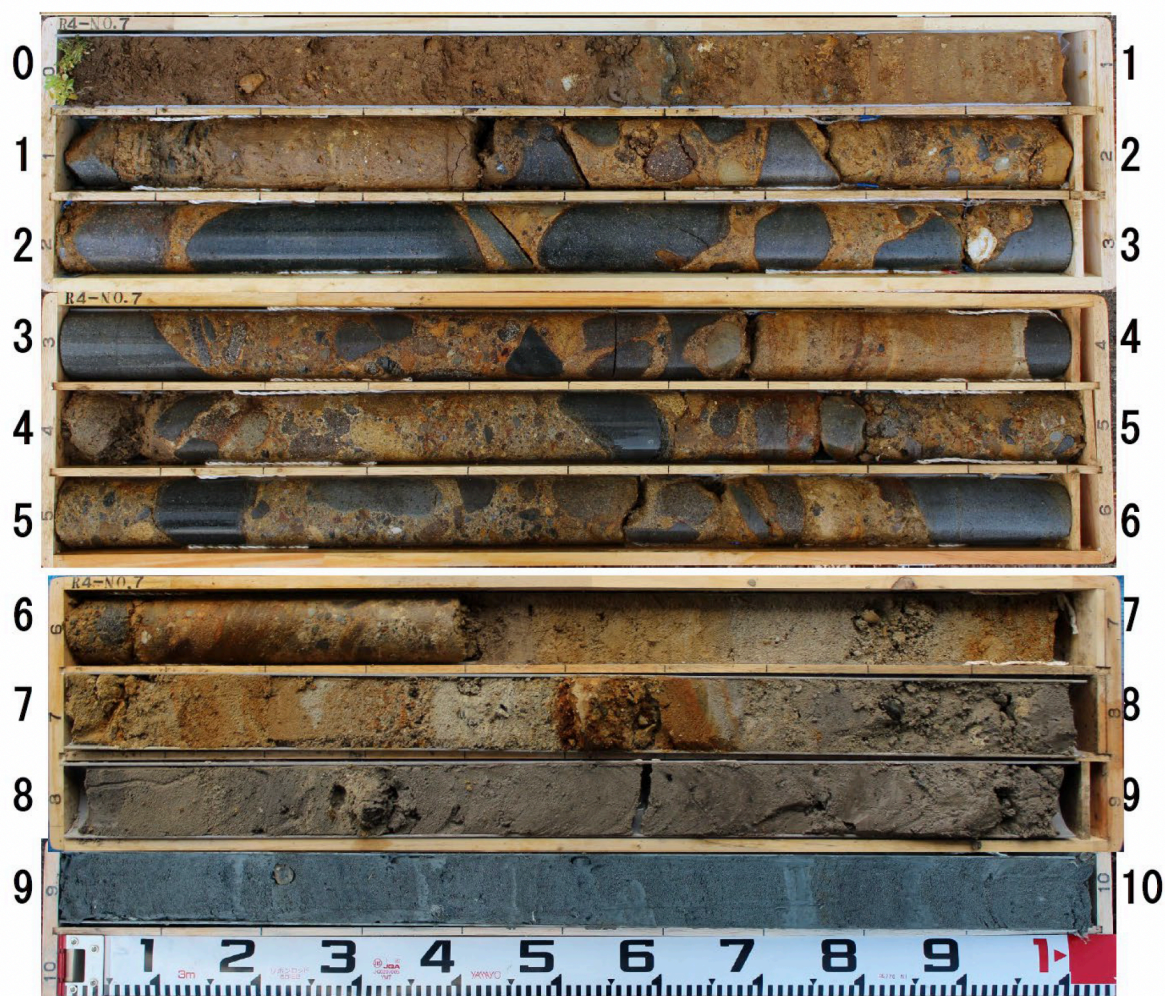


図 15 下井堀地区で掘削したボーリング（R4-No. 7）のコア写真

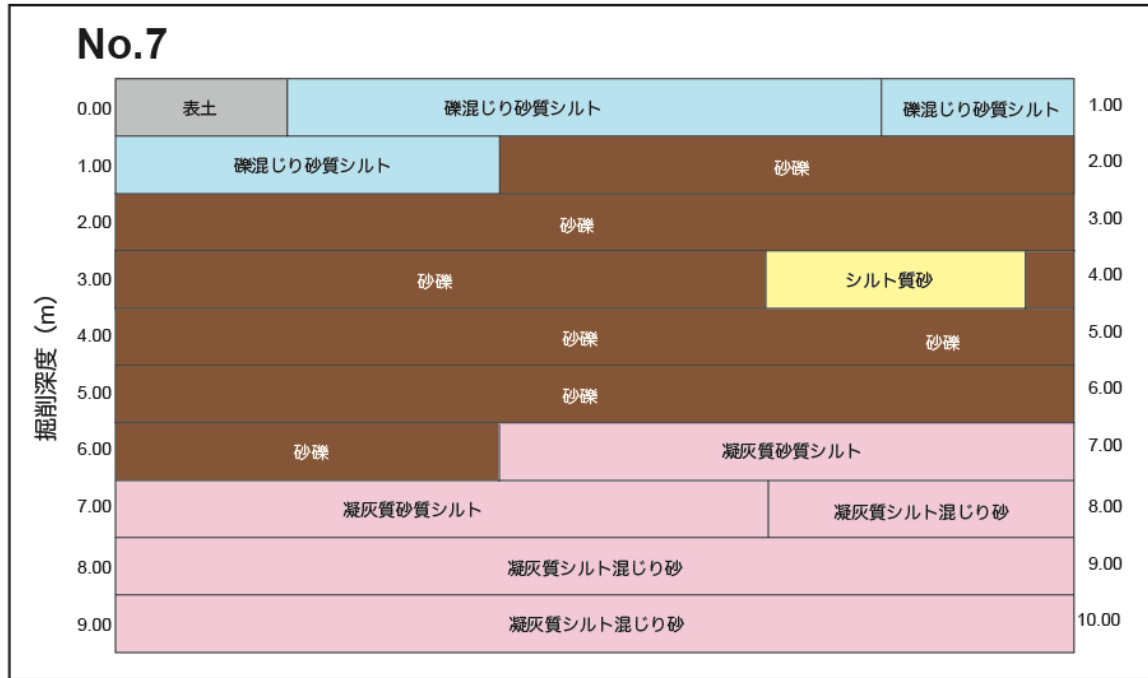


図 16 下井堀地区で掘削したボーリングコア (R4-No. 7) の層相区分図

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。

今回の調査で掘削したボーリング柱状図を並べ、下井堀地区における地形地質断面図を作成した。断面の位置を図 17 に、断面図を図 18 に示す。断面測線は、R4-No. 1 から R4-No. 2 付近において田力ほか (2013) が示した山側の活断層トレースを横切る。また、R4-No. 3 から R4-No. 4 およびその南側において田力ほか (2013) が段丘面の逆傾斜を示した場所を横切る。この地形断面の作成には、今回の調査において、UAV を用いて実施したレーザー測量により作成した詳細デジタル標高モデルを使用した。

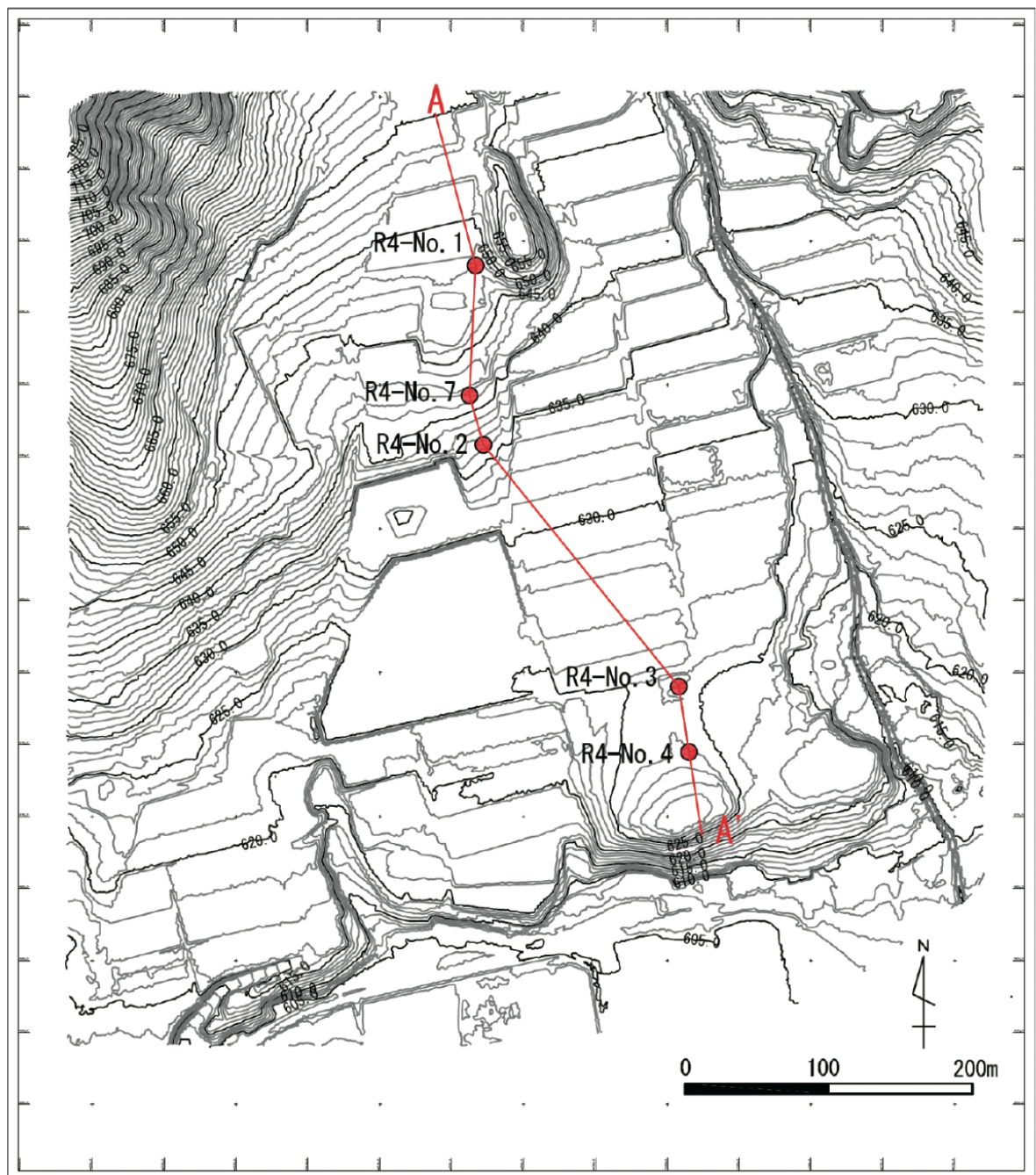


図 17 下井堀地区で掘削したボーリング掘削地点と地形断面測線位置

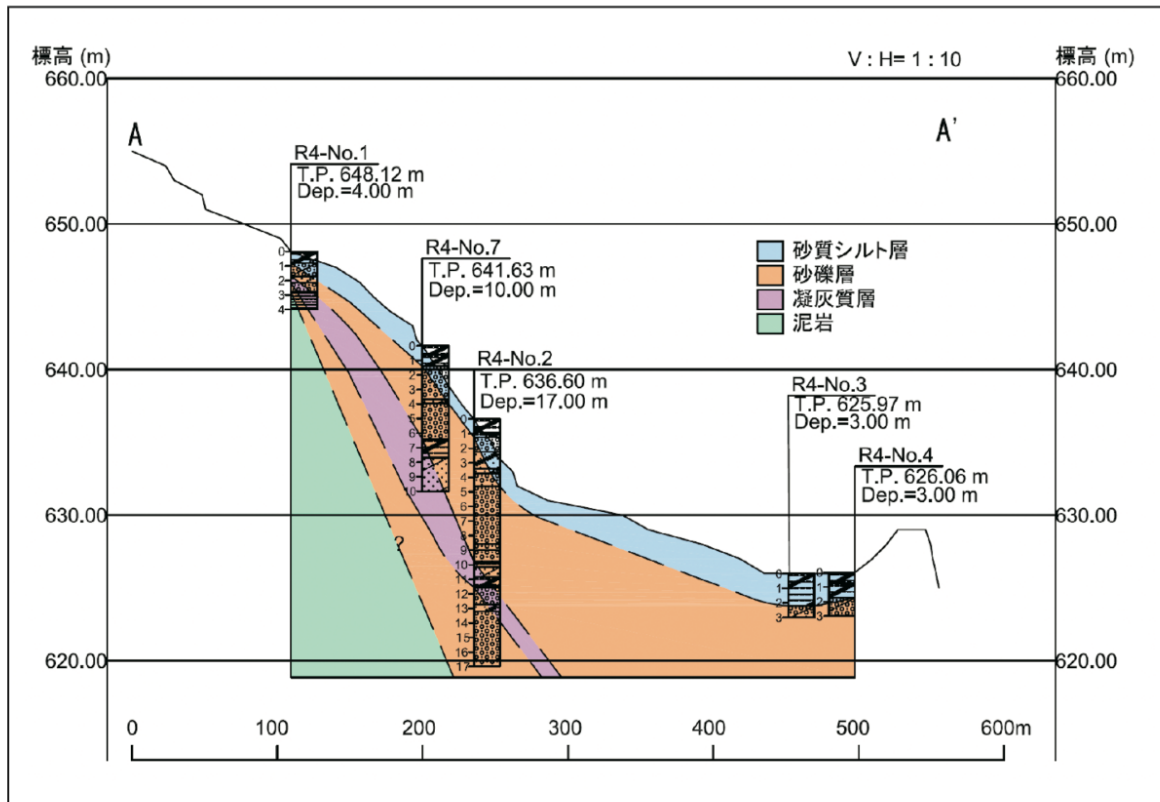


図 18 下井堀地区で実施したボーリング調査結果に基づく地形地質断面

(d) 結論ならびに今後の課題

今回の作業によって、麻績断層において UAV を用いたレーザー測量を実施し、麻績村下井堀地区の詳細な地形データを作成することができた。また、同地区において地形面の形成年代を明らかにするためのボーリング調査を行い、地質の概要を明らかにした。

次年度においては、今年度に掘削したボーリングコアから採取した試料について、放射性炭素同位体年代測定と火山灰分析を実施し、地形面の形成年代を検討する。また、麻績断層の分布とその活動時期を明らかにするために、下井堀地区を含めた複数地点においてボーリング調査及びトレンチ（ピット）調査を実施する予定である。

なお、下井堀地区においては、麻績断層の断層トレースが2列で並走する。それぞれのトレースにおける平均変位速度の違いや断層全体を評価する際の取り扱いについて検討が必要である。

(e) 引用文献

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.

加藤碩一，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.

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.

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.