

山口県岩国市下長野における岩国断層帯のトレンチ調査 –断層岩試料の採取–

Trench excavation survey on the Iwakuni fault zone at Shimonagano, Iwakuni City, SW Japan – preliminary report of fault rock sampling –

宮下由香里¹・宮脇昌弘²・北尾秀夫²・岡崎和彦²

Yukari Miyashita¹, Masahiro Miyawaki², Hideo Kitao² and Kazuhiko Okazaki²

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

² 株式会社ダイヤコンサルタント (Dia Consultants Co., Ltd)

Abstract: The Iwakuni fault zone is composed of NE-SW trending right-lateral strike-slip faults, which are considered to be low activity ones. Six boreholes and trench excavation surveys across the Kumage fault were conducted at Shimonagano, Iwakuni City, in order to obtain granitic fault rock samples. Boreholes along the south section indicated hydrothermally altered zones beneath a fault trace, and those along the north section revealed fracture zones accompanying cataclasites and fault gouges. Fault gouges with various colors and related fault rocks were sampled from the trench walls across the fault fracture zones. We plan to examine structural, mineralogical and geochemical studies of these samples to establish a new method for evaluating fault activity of low activity faults.

キーワード: 活断層, 岩国断層帯, 熊毛断層, トレンチ, 断層ガウジ, 山口県

Keywords: active fault, Iwakuni fault zone, Kumage fault, trench, fault gouge, Yamaguchi prefecture

1. はじめに

変動地形が不明瞭な地域や、比較的新しい時代(約1万年前以降)の堆積物が分布しない地域、最新活動時期以降の堆積物に埋積されている地域に分布する活断層は、その活動時期や活動間隔を知ることはもちろん、活断層であるか否かの判断さえも難しい場合が多い。

産総研深部地質環境研究コアは、基盤岩の断層破砕帯の分布様式と断層ガウジの岩石・鉱物化学的特性に基づいて、活断層の活動性を評価する手法開発研究を行っている(産業技術総合研究所深部地質環境研究コア, 2008, 2009, 2010, 伊藤ほか, 2011)。この研究では、とくに、従来の活断層調査では評価が難しい活動間隔が数万年オーダーの活断層評価をターゲットとしている。2000年鳥取県西部地震断層周辺地域における事例研究では、余震域と周辺に分布するリニアメント沿いの地域から得られた断層ガウジを比較し、鉱物・化学的特徴とその結果としての色調の全てにおいて、両者が明瞭に区別されることが示された(宮下ほか, 2011a, b; 間中ほか, 2011; 小林ほか, 2011; 亀井ほか, 2011)。これは、活動性が異なる断層には異なる物質が存在していること、換言すれば、物質科学的特徴に基づく断層活動性評価が可能であることを示唆する。

本調査では、鳥取県西部地域で得られた知見を検証するための事例を積み重ねることを目的として、

山口県岩国市に分布する岩国断層帯熊毛断層において、ボーリング調査とトレンチ調査および放射性炭素年代測定と火山灰分析を実施した。その結果、2~3万年前以降活動していないと判断される断層から断層破砕物質を採取することに成功した。また、トレンチ壁面およびボーリングコアからも性状の異なる断層破砕物質を採取することができた。なお、本調査は、「物質科学的手法による断層活動履歴解析手法の開発」研究の一環として実施した。

2. 岩国断層帯と調査地点の概要

岩国断層帯は、広島県大竹市から山口県岩国市、下松市を経て周南市に至る長さ約44kmの右横ずれ断層帯である(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004)。本断層帯は、北東より順に、大竹、岩国、甘木峠、小畑、熊毛、大河内、栄谷および河内断層から構成される(後藤・中田, 2008; 第1図)。活動履歴については、最新活動時期が約1万~1万1千年前、ひとつ前の活動が約2万8千年前以降、平均活動間隔が約9千年~1万8千年という評価結果が示されている(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004)が、これらの値は、大竹断層の古地震調査結果から推定されており、他の断層についての古地震調査結果は報告されていない。産業技術総合研究所(2009)は、岩国断層帯を構成する断層のうち、岩国断層、甘木峠断層、熊毛断層、大河内断層の地

形地質調査を行い、大竹断層と前記4断層とでは、断層変位地形および断層破碎帯の発達状況に有意の差が認められることを報告した。すなわち、大竹断層に比して、岩国断層、甘木峠断層、熊毛断層、大河内断層は、活動性が低いと推定される特徴を示す。そこで、産業技術総合研究所(2010)は、断層破碎物質を用いた断層活動性評価の手法開発事例として最も欠けている、平均活動間隔が1万年を超え、かつ花崗岩地域に分布する断層の事例として、岩国断層、熊毛断層、大河内断層を抽出し、これらの活動履歴を明らかにすることと、断層破碎物質試料を採取し、各種化学分析を通してこれらの特徴を明らかにすることを目的とした調査研究を実施した。しかし、この研究のうちトレンチ調査では、掘削地点の地層が予想以上に脆弱で、目標とする深度まで掘削することができなかった。

以上の結果をふまえ、本調査では、熊毛断層の東縁部にあたる岩国市周東町下長野を調査適地と判断し、ボーリング調査とトレンチ調査を実施した。下長野を調査地に選定するまでに、岩国断層帯の各地でトレンチ調査地選定のための地形地質調査を実施したが、それらの結果については稿をあらためて報告する。

岩国市周東町下長野地区は、熊毛断層の東端から約1 km西に位置する(中田ほか, 2008)。山地を北に流下する小河谷や尾根には北側隆起成分を伴う系統的な右屈曲が認められるが、扇状地や沖積低地上に変位・変形は認められない。調査地は、修正小学校の南に位置する東西方向の開析が進んだ谷の谷底とこの谷に合流する枝沢出口の小扇状地上である(第2図)。中田ほか(2008)では、枝沢の出口付近とその西側にある尾根の鞍部に断層トレースが示されているが、本調査では、東西方向の谷の中を断層が通過する可能性も否定できないと考え、両者をカバーする地質断面が得られるようボーリング掘削配置を設定した(第2図)。

3. ボーリング調査結果

南北両断面とも、ボーリング調査は、まず谷底堆積物の厚さを把握するための鉛直孔を掘削し、その後推定断層通過位置をカバーする角度を設定した上で斜孔を掘削した。第3図にボーリングコアの写真と記載を、第4図に地質断面図を示す。ボーリングコアは不定方位であるため、コア中の断層破碎帯や粘土脈等の面構造の傾斜についてはいくつかの解釈が成り立つが、ここでは、地質断面図上で最も高角となるよう仮定した。

S22-1-1孔では深度4.2 m, S22-1-2孔では深度5.8 m, S22-1-3孔では深度1.1 mまで、主に砂礫からなる谷底堆積物が分布する。それらの下位には、いずれのコアにおいてもマサ化した花崗岩を経て風化

花崗岩が分布する(第3a-c図)。S22-1-1孔の深度4.2 m~6.0 m, S22-1-2孔の深度6.1 m~8.3 m付近は、花崗岩中に網目状の粘土を多く含む変質帯となっている。変質帯の粘土の多くは湾曲、膨縮を繰り返す不規則な形状を呈するが、全体としては方向性を見いだせる程度に脈状となっている。また、一部の粘土脈は、幅数ミリメートル以下のシャープな面を形成する。しかし、この面沿いに顕著な剪断組織は認められない。母岩の花崗岩中にも、剪断組織を示す箇所は認められない(第3a, b図)。S22-1-3孔の深度5.2 m~5.3 m, 深度6.25 m~6.45 m, 深度17.65 m付近には、脈状の粘土からなる破碎帯が認められる。粘土状破碎部内には、肉眼では切断関係による新旧関係を判定できるようなシャープな面は認められない。他方、深度3.8 m, 深度5.1 m~5.3 m, 深度17.4 m付近には、厚さ数ミリメートル程度の粘土を伴うシャープな面が認められる(第3c図)。以上より、南断面のS22-1-1孔とS22-1-2孔の間付近では、基盤岩の花崗岩中に多数の粘土脈が存在し、一部は幅数メートル程度の変質帯となっていることが判明した。また、S22-1-3孔の一部には、幅は狭いがシャープな粘土状破碎帯が存在することが明らかとなった(第4a図)。

S22-2-1孔では深度3.35 m, S22-2-2孔では深度2.55 m, S22-2-3孔では深度3.3 mまで、シルト、砂、砂礫からなる谷底堆積物が分布する。それらの下位には、いずれのコアにおいても強風化した花崗岩およびアプライト、マサ化した花崗岩が分布する(第3d-f図)。下長野周辺の地質調査から、アプライトと花崗岩は、前者が後者に貫入する貫入関係であることが明らかとなっている。S22-2-2孔の深度9.7 m~9.9 m付近には、厚さ約20 cmの断層破碎帯が認められる。深度9.7 m付近は、貫入アプライト脈と花崗岩との岩相境界であるが、ここから約15 cmの間は花崗岩起源のカタクレサイトが分布し、その下位5 cm間は緑灰色の断層ガウジが分布する(第3e図)。カタクレサイトおよび断層ガウジには、Y面とR1面からなる複合面構造が観察されるが、コアは定方位でないため、剪断センスは不明である。S22-2-1孔の深度5.9 m付近には、この断層帯の延長部と推定される剪断帯が連続する(第3d図)。以上より、北断面では、谷底のほぼ中央部に幅20 cm程度のカタクレサイトと断層ガウジを伴う断層破碎帯が存在することが判明した(第4b図)。

南断面(S22-1-1孔~S22-1-3孔)と北断面(S22-2-1孔~S22-2-3孔)を比較すると、南断面の谷底堆積物の方が固結度が低く、より新しい時代の堆積物であると推定される。基盤岩については、南断面には花崗岩のみが分布し、アプライト脈は認められない。また、熱水変質をより強く被っている。北断面には花崗岩と貫入アプライト脈が存在し、両者の境界は破碎されていることが多い。また、カタクレサイトおよび面状ガウジを伴う断層帯が存在する(第4図)。

以上のボーリング調査結果より、北断面の S22-2-1 孔底直下に断層が通過すると判断し、トレンチ調査地とした。なお、南断面の熱水変質帯および粘土脈の部分に、新期の断層活動が重複しているか否かを明らかにするためには、コアの研磨片あるいは薄片を作成し、剪断構造の有無や内部組織等を確認する必要がある。

4. トレンチ調査結果

断層通過位置は、ボーリング調査結果から S22-2-1 孔底直下であると推定した。トレンチ掘削調査は、掘削用地の都合上、ボーリング調査地より道路および用水路を挟んだ一段低下側（西側）の水田上で実施した（第 2 図）。トレンチ壁面スケッチの展開図を第 5 図に、西壁面の写真とスケッチを第 6 図に、東壁面の写真とスケッチを第 7 図に、壁面の地層の総括表を第 1 表にそれぞれ示す。壁面から採取した試料の放射性炭素年代測定は、(株)地球科学研究所に依頼した。得られた年代値は、OxCal 4.1 (Ramsey, 2001, 2009) を用いて暦年較正を行った。補正のためのデータセットは、Reimer *et al.* (2009) を使用した。火山灰分析は、(株)古澤地質に依頼した。放射性炭素年代測定値一覧表を第 2 表に、火山灰分析結果を第 8 図に示す。以下に壁面に露出した地層および地質構造を記載する。

4.1 トレンチ壁面の地層

トレンチ壁面に露出した地層は、人工土、谷底堆積物、基盤岩に大別される。このうち、谷底堆積物を、層相の差異と連続性に基づき、上位より 1 層～5 層に区分した。また、基盤岩は、花崗岩とアプライトに区別した（第 5～7 図）。

1 層：トレンチ中央部以南において、南に緩く傾斜して分布する暗灰色の腐植質シルト層である。層厚は 90 cm 以下で、下底部付近に少量の礫や砂を含む。礫径は平均 3 cm、最大 15 cm 程度で、アプライトの垂角礫を主体とする。炭化した植物片を多く含む。本層からは、640～500 cal yBP から 290 cal yBP 以降を示す年代値が得られた。

2 層：トレンチ北部において、南に緩く傾斜して分布する砂層である。層厚は 60 cm 以下で中～粗粒砂を主体とし、水平葉理、マンガン鉱物の濃集が認められる。西壁面の距離程 W9.5 および W7 付近から柱状連続試料を採取し、火山灰分析を行った（第 8 図）。その結果、距離程 W9.5 のコラムでは、下位から上位へと火山ガラスの含有率が高くなる。火山ガラスはバブルウォールタイプを主体とし、AT 起源（屈折率：1.497～1.500）と K-Ah 起源（屈折率：1.508～1.515）に大別されるが、上位ほど K-Ah 起源のガラスが多くなる傾向が認められる。この K-Ah 起源のガラスが上方からの生物擾乱等により拡散してい

ると仮定した場合には、この部分の地層は AT 降灰期（26～29 ka；町田・新井，2003）以降、K-Ah 降灰期（7.3 ka；町田・新井，2003）以前の堆積物となる。これに対し、距離程 W7 のコラムでは、下位ほど火山ガラスの含有率が高くなる。上部には AT 起源の火山ガラスが含まれるが、最下部（試料 16）には K-Ah 起源のガラスしか認められない。上部の AT 起源の火山ガラスを含む地層が再堆積によるものと仮定すると、これらの地層は K-Ah 降灰期以降の堆積物となる。以上より、火山灰分析の結果からは、本層は 1) AT 降灰期以降、K-Ah 降灰期以前の堆積物、2) K-Ah 降灰期以降の堆積物との二通りの解釈が成り立つが、現段階では、それ以上の判断はできない。

3 層：トレンチ南側において、南西に緩く傾斜して分布する砂礫層である。礫径は平均 10 cm、最大 20 cm 程度で、花崗岩、アプライト、石英斑岩の垂角～角礫を主体とする。礫率は 40% 程度で、基質は中～粗粒砂から構成される。

4 層：西壁面および南壁面の 3 層分布域の下位に局所的に分布する腐植質シルト層である。層厚は 40 cm 以下で、下部ほど砂質となる。炭化した植物片を多く含む。本層からは、32,970～31,660 cal yBP から 31,470～31,030 cal yBP 以降を示す年代値が得られた。

5 層：トレンチ壁面の大部分を占める最大層厚は 2.6 m の砂礫層である。礫径は平均 5 cm、最大 70 cm 程度で、花崗岩、アプライト、石英斑岩の垂角～角礫を主体とする。礫率は 20～30% 程度で、基質は青灰色を呈する中～粗粒砂から構成される。局所的に厚さ 50 cm 以下の中～細粒砂層を複数枚挟む。本層からは、21,340～20,500 cal yBP および 18,650～18,030 cal yBP 以降を示す年代値が得られた。

花崗岩：中粒～粗粒の花崗岩で、基盤岩を構成する主岩相である。1～3 cm 程度の斜長石巨晶を含む。距離程 W6 および E6 以北では、マサ化が顕著で軟質である。また、分布域全体において、多数の小断層や亀裂が認められるほか、全体的に弱いカタクレアサイト化を被っている。

アプライト：花崗岩に貫入する岩脈として産する。トレンチ内では、距離程 W6 および E6 付近と W3～4 および E3～4 付近に分布する。貫入面は凹凸に富むが、概ね 70° 以上の急傾斜を示す。花崗岩と同様に、多数の小断層や亀裂が認められるほか、亀裂に沿って珪化している部分も存在する。

4.2 断層破碎帯

トレンチ壁面に現れた地層のうち、基盤岩中には複数の断層破碎帯が認められた（第 5 図、第 9 図）。この中で、最も顕著なものは、トレンチのほぼ中央部、距離程 W5.5 から底盤を経て E5.5 に連続する幅約 30 cm の破碎帯である（第 9b 図）。この破碎帯は、花崗岩と貫入アプライト脈との境界部から花崗岩側

に発達する。厚さ 20 cm 程度の花崗岩起源のカタクレサイトと、南側に隣接する厚さ 5 cm 程度の断層ガウジから構成される。カタクレサイトと断層ガウジとの境界部付近では、それぞれが、面状カタクレサイト、面状ガウジとなっている。このゾーンでは、Y 面と R1 面からなる複合面構造が顕著で、上から見た場合に右横ずれの剪断センスを示す。断層面の平均的な走向は、N60°W 程度で、80° 程度の北傾斜を示す。この断層破砕帯は、位置、岩相、カタクレサイト、断層ガウジの分布の組み合わせから、ボーリング S22-2-2 孔の深度 9.7 m~9.9 m 付近の破砕帯に対比される。断層ガウジの色調は、黄褐色から白色を呈する。破砕帯のアプライト側では、厚さ約 10 cm にわたって、珪化しているゾーンが認められるが連続性は良くない。

上述した断層破砕帯は、基盤岩上面の傾斜変換点の基部に相当する。基盤岩はここを境に北側が高くなる分布形態を示す。また、剪断変形の強い箇所は右横ずれの剪断センスを示す。これらの特徴は、いずれも地形から推定される熊毛断層の運動センスと調和的である。しかし、断層破砕帯の走向は、地形から推定される東西走向とは 30° 程度斜交する。

この他にも、様々な走向を示す多数の断層破砕帯が観察された。これらは、カタクレサイトや様々な色調の断層ガウジを伴う（第 9 図）。トレンチ壁面からは、断層破砕物質解析のための試料を多数採取した。

4.3 断層活動イベント層準の認定とその時期

基盤岩中に認められる多数の断層破砕帯は、いずれも上位の 5 層に変形を与えていない。したがって、全ての断層の活動時期は 5 層から得られた 21,340~20,500 cal yBP および 18,650~18,030 cal yBP 以前、あるいは上位の 4 層から得られた 32,970~31,660 cal yBP から 31,470~31,030 cal yBP 以前と判断される。4 層と 5 層の年代値は逆転しているが、ここでは年代値の評価は行わず、断層の活動時期は、約 2~3 万年前以前とする。

5. まとめと今後の展望

山口県岩国市周東町下長野において、6 本のボーリング調査とトレンチ調査を実施した。その結果、東西方向の谷底（北断面）の基盤岩中に断層破砕帯が存在することが明らかとなった。この断層破砕帯のうち主要なものは、地形から推定される熊毛断層の変位と調和的な、北側隆起、右横ずれの運動センスを示すが、断層の走向は熊毛断層と 30° 程度斜交する。この断層が熊毛断層本体であるか否かを判断するためには、地質および断層岩の構造解析と東側延長部において断層破砕帯の連続性を確認することが必要である。トレンチ壁面には様々な走向を示す

多様な断層岩を伴う破砕帯が認められた。これらの活動時期はいずれも約 2~3 万年前以前である。南断面のボーリングコアからは、変質帯の存在が示唆された。新期の断層活動がこれに重複しているか否かを明らかにするためには、コアの構造解析と変質帯および粘土脈の連続性を確認することが必要である。

今後は、トレンチ壁面およびボーリングコアから採取した各種断層岩および母岩を用いて、構造地質学的・物質科学的解析を行い、断層活動性評価手法開発を進めていく予定である。

謝辞 ボーリング調査およびトレンチ調査の実施にあたり、調査用地地権者の方々には、調査の趣旨をご理解頂き、土地の使用を快く許可して頂いた。トレンチ調査に際して、産総研地質分野研究統括の山崎正和理事、同深部地質環境研究コアの渡部芳夫代表には、現地にて本調査結果の活用方法について御議論頂くとともに、温かい励ましを頂いた。産総研地質情報研究部門長期変動研究グループ長の伊藤順一博士、同地圏資源環境研究部門の間中光雄博士、島根大学総合理工学部の亀井淳志博士、日本原子力開発機構の丹羽正和博士には、トレンチ壁面の地質について御議論頂くとともに、断層岩試料採取に御協力頂いた。また、「地殻変動量予測手法の確立（断層）」研究メンバー各位には、常日頃から御議論を頂いている。以上の方々に記して御礼申し上げます。

文 献

- 後藤秀昭・中田 高 (2008) 1:25,000 都市圏活断層図 岩国断層帯とその周辺「岩国」「下松」解説書, 国土地理院技術資料 D・1-No.520.
- 後藤秀昭・中田 高・岡田篤正・熊原康博・池田安隆・千田 昇・廣内大助 (2008) 1:25,000 都市圏活断層図 岩国断層帯とその周辺「岩国」, 国土地理院技術資料 D・1-No.520.
- 伊藤順一・梅田浩司・渡部芳夫・宮下由香里・間中光雄・牧野雅彦・住田達哉・堀川晴央・木村治夫・森川徳敏・石丸恒存・安江健一・丹羽正和・小林健太・亀井淳志・福士圭介 (2011) 物質科学的手法による低活動性断層の活動度評価手法の開発, 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物学会 2011 年年会合同学術大会講演要旨集 (セクション B), 167.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) 岩国断層帯の長期評価について. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04feb_iwakuni/index.htm
- 亀井淳志・福士圭介・間中光雄・宮下由香里・小林健太・伊藤順一・渡部芳夫・渡邊慎吾・岩田智加 (2011) 花崗岩を起源とした断層岩の岩石科学的研究, 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物学会 2011 年年会合同学術大会講演要旨集 (セクション B), 167.

- 小林健太・宮下由香里・間中光雄・亀井淳志・福士圭介・伊藤順一 (2011) 断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発 (3): 鳥取県西部地域における断層ガウジの色測定, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, SSS032-P03.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス, 東京大学出版会, 336p.
- 間中光雄・福士圭介・宮下由香里・小林健太・亀井淳志・伊藤順一 (2011) 断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発 (2): 2000 年鳥取県西部地震の余震域およびその周辺の断層ガウジの比較, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, SSS032-P02.
- 宮下由香里・小林健太・亀井淳志・伊藤順一・間中光雄・福士圭介 (2011) 断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の開発 (1): 鳥取県西部地域における断層岩の産状, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会予稿集, SSS032-P01.
- 宮下由香里・小林健太・伊藤順一・間中光雄・福士圭介・亀井淳志・渡部芳夫 (2011) 物質科学的手法による断層活動性評価手法の開発 —鳥取県西部地域における研究事例—, 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物学会 2011 年年会合同学術大会講演要旨集 (セクション B), 36.
- 中田 高・後藤秀昭・石山達也・杉戸信彦・千田 昇・平川一臣・廣内大助 (2008) 1:25,000 都市圏活断層図 岩国断層帯とその周辺「下松」, 国土地理院技術資料 D・1-No.520
- Ramsey, C.B. (2001) Development of the radiocarbon program OxCal. *Radiocarbon*, 43, 355-363.
- Ramsey, C.B. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1). 337-360.
- Reimer P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E. (2009) IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51(4), 1111-50.
- 産業技術総合研究所 (2009) 平成 20 年度変動地形に基づく伏在断層評価手法の高度化報告書, 75-93.
- 産業技術総合研究所 (2010) 平成 21 年度変動地形に基づく伏在断層評価手法の高度化報告書, 52-108.
- 産業技術総合研究所深部地質環境研究コア (2008) 地層処分にかかる地質情報データの整備: 平成 19 年度事業報告書, 21-34.
- 産業技術総合研究所深部地質環境研究コア (2009) 平成 20 年度核燃料サイクル施設安全対策技術調査 (放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質情報データの整備) 平成 20 年度事業報告書, I-21-I-55.
- 産業技術総合研究所深部地質環境研究コア (2010) 平成 21 年度核燃料サイクル施設安全対策技術調査 (放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分にかかる地質評価手法等の整備) 平成 21 年度事業報告書, I-27-I-75.

(受付: 2011 年 10 月 27 日, 受理: 2011 年 12 月 2 日)

第1表. トレンチ壁面の地質総括表.
Table 1. Summary of geology for trench wall.

地層区分	地層名	層相	¹⁴ C年代 (暦年較正值) Cal yBP; ±2σ	
人 工 土	耕作土	植物片を多く含む暗灰色のシルト		
	マサ土	風化した花崗岩起源の砂		
	砂質土	淘汰の悪い灰褐色の砂を主体とし、φ30cm以下の礫を多く含む		
	腐植質シルト	排水暗渠埋設時の埋め戻し土		
谷 底 堆 積 物	1	腐植質シルト 暗灰色の腐植質シルトを主体とし、下部に少量の礫や炭化した木片を多く含む	290 -	
			430 -	
			470 -	
			470 -	
			470 - 150	
			470 - 150	
			480 - 290	
			480 - 290	
			500 - 310	
			540 - 320	
	640 - 500			
	2	砂	中～粗粒砂を主体とし、部分的に水平な葉理が認められる	
	3	砂 礫	礫は平均φ10cm, 最大φ20cmの亜角～角礫からなり、マトリックスは中～粗粒砂	
4	腐植質シルト	暗灰色の腐植質シルトを主体とし、炭化した植物片を多く含む	31470 - 31030	
			32590 - 31380	
			32940 - 31620	
			32970 - 31660	
5	砂 礫	礫は平均φ5cm, 最大φ70cmの亜角～角礫からなり、マトリックスは中～粗粒砂	18650 - 18030	
			21340 - 20500	
基 盤 岩	Ap	アブライト 花崗岩中に厚さ約1～1.7mの幅で貫入する。貫入面は70°以上の急傾斜をなす		
	Gr	花崗岩 基盤を構成する主要岩体。多数の小断層や変質脈を挟在する。		

第2表. 放射性炭素年代測定値一覧表.
Table 2. Radiocarbon dating results.

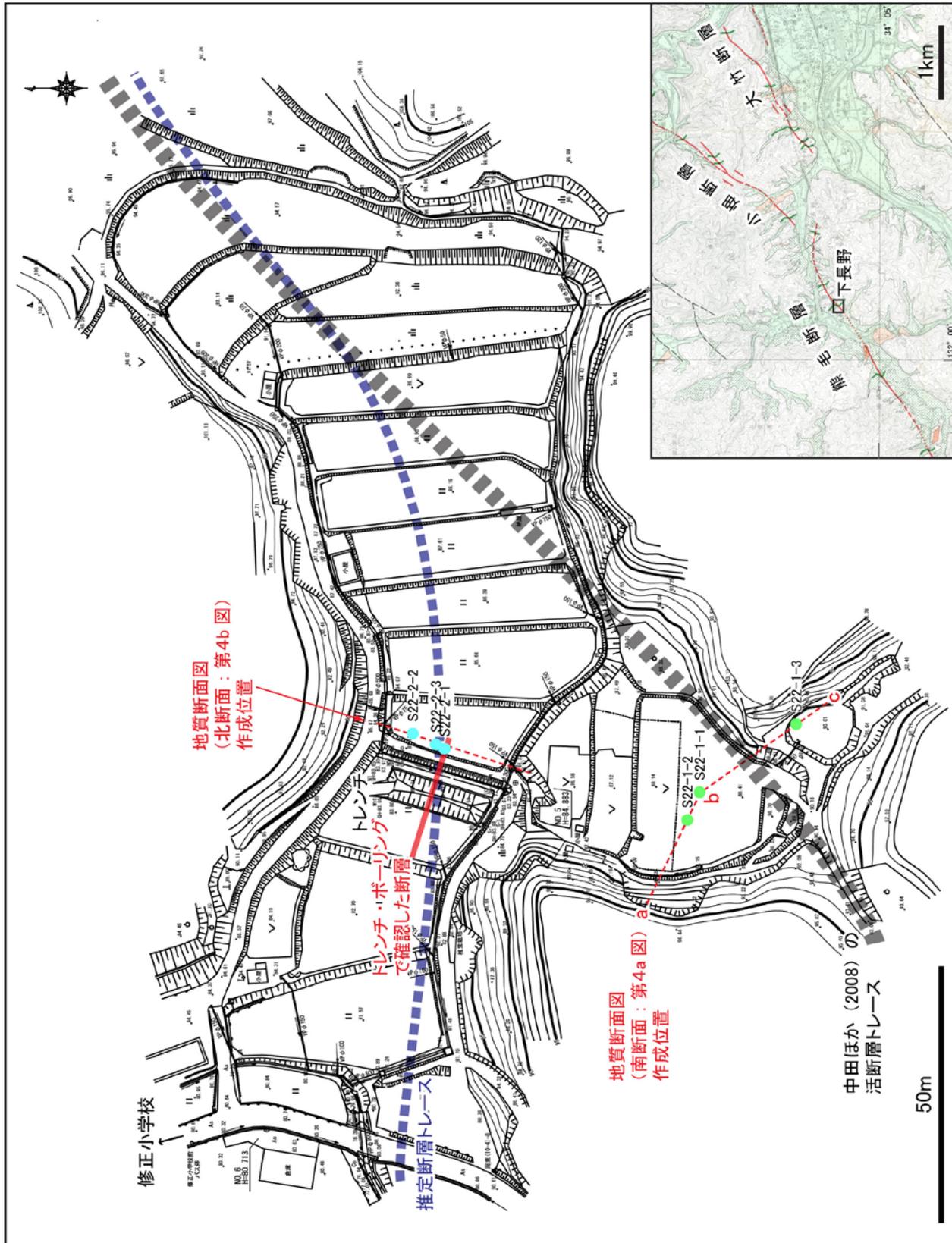
Sample No.	Material	Code No. (Beta-)	Method	δ ¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (yBP)	Calibrated age (Cal yBP; ±2σ)
SNc(W)-09	peat	295295	AMS	-23.8	160 ± 40	290 -
SNc(W)-04	peat	295290	AMS	-23.2	240 ± 40	430 -
SNc(W)-11	plant material	295297	AMS	-25.2	290 ± 40	470 - 150
SNc(W)-05	peat	295291	AMS	-26.0	290 ± 40	470 - 150
SNc(W)-10	peat	295296	AMS	-26.1	350 ± 40	500 - 310
SNc(W)-06	wood	295292	AMS	-25.5	430 ± 40	540 - 320
SNc(W)-01	organic sediment	293321	AMS	-27.9	26840 ± 190	31470 - 31030
SNc(W)-02	wood	293322	AMS	-26.8	27720 ± 210	32590 - 31380
SNc(W)-07	wood	295293	AMS	-24.4	28080 ± 180	32940 - 31620
SNc(W)-08	organic sediment	295294	AMS	-28.3	28120 ± 170	32970 - 31660
SNc(E)-08	peat	295304	AMS	-25.0	270 ± 40	470 -
SNc(E)-06	peat	295302	AMS	-27.9	280 ± 40	470 -
SNc(E)-04	peat	295300	AMS	-24.0	310 ± 40	480 - 290
SNc(E)-05	peat	295301	AMS	-28.0	310 ± 40	480 - 290
SNc(E)-09	plant material	295305	AMS	-31.0	530 ± 40	640 - 500
SNc(E)-01	organic sediment	293323	AMS	-29.6	15180 ± 80	18650 - 18030
SNc(E)-03	organic sediment	295299	AMS	-24.3	17580 ± 80	21340 - 20500

暦年較正には、OxCal v4.1 (Ramsey, 2009) 及び Reimer *et al.* (2009) の補正曲線を用いた。



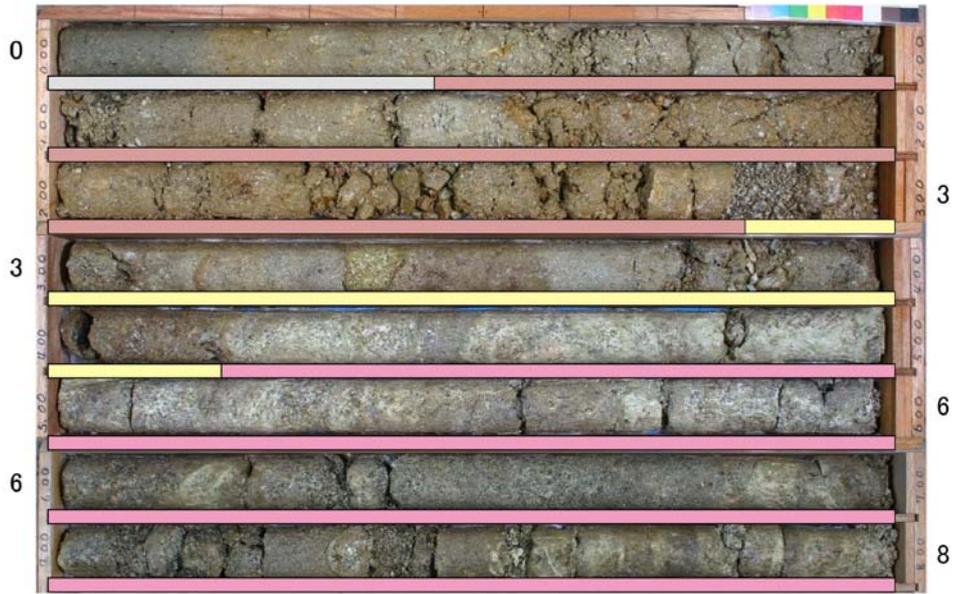
第1図. 岩国断層帯位置図. 断層線は後藤ほか (2008) および中田ほか (2008) による. 基図には, 地質調査総合センターのシームレス地質図を使用した.

Fig. 1. Distribution map of the Iwakuni fault zone. Fault traces are after Goto *et al.* (2008) and Nakata *et al.* (2008). A based map is the Seamless Digital Geological Map of Japan by Geological Survey of Japan.



第2図. 岩国市周東町下長野調査地点図. 図中右下のインデックス図の基図には、中田ほか (2008) を使用した。
 Fig. 2. Location map of six boreholes and a trench excavation surveys at Shimomaga, Iwakuni City. A based map on the bottom-right index map is from Nakata *et al.* (2008).

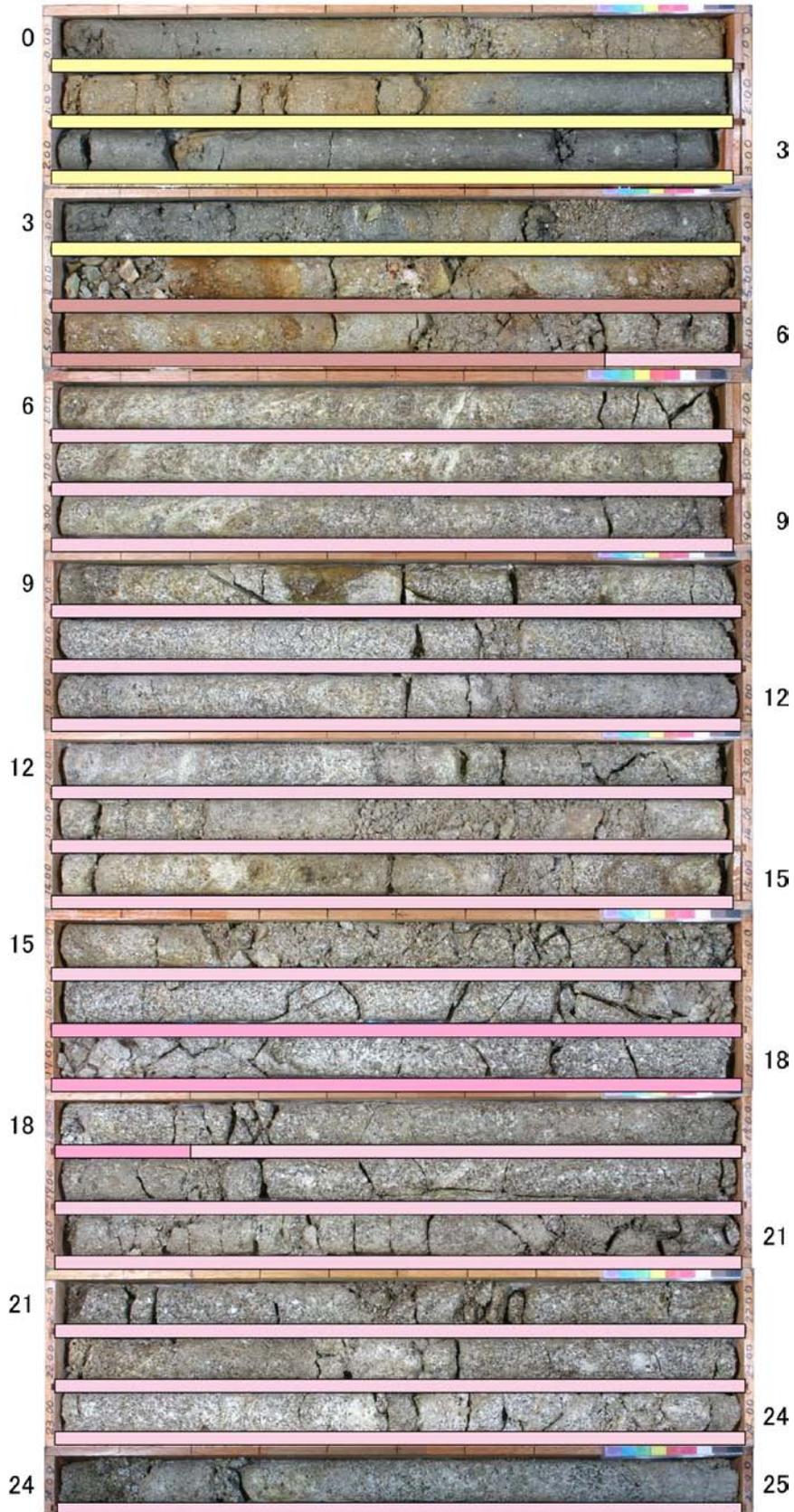
【S22-1-1孔】鉛直孔；孔内水位；GL.-0.85m



深度 (GL. -m)	土質・地質	岩相
0.00~0.45	耕作土	礫混じり粗砂を主体とする耕作土である。淘汰が悪い。
0.45~2.80	谷底堆積物	砂礫を主体とする。
2.80~4.20		中～粗粒砂主体。
4.20~8.00	強風化花崗岩	全体に軟質で不規則な形状の粘土を挟在する。

第3a図. S22-1-1孔のコア写真と地質記載. コア写真横の数字は、掘深長 (m) を示す. コア写真下のバーの色は、地層記載表の各岩相と対応している. 以下の図でも同様.
Fig. 3a. Photograph and geology of S22-1-1 borehole core.

【S22-1-2孔】 斜孔(下方45度)



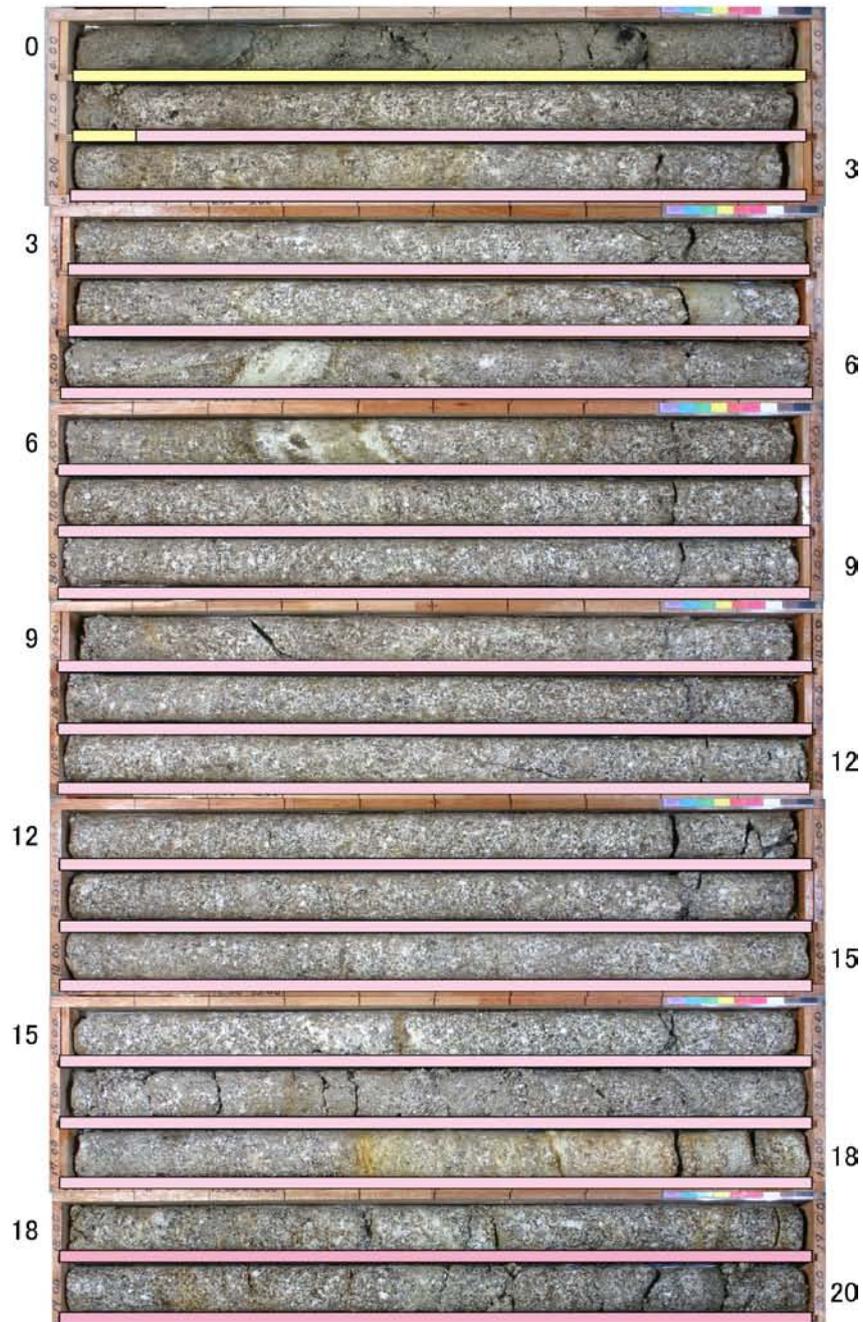
第 3b-1 図. S22-1-2 孔のコア写真.
Fig. 3b-1. Photograph of S22-1-2 borehole core.

深度 (GL. -m)	土質・地質	岩相
0.00~4.00	谷底堆積物	礫混じり粗砂でシルト分を多く含み、径2~5mmの角礫が散在する。 また、所々に炭化物が認められる。
4.00~5.80		砂礫を主体とする。礫はφ5~30mm程度の垂角礫主体で基質はシルト分を含む粗砂。一部基質支持である
5.80~16.00	強風化花崗岩	風化によりマサ化が著しい。深度6.1~8.3mは、不規則な形状の粘土を多く挟在する。 【D級】
16.00~18.20		短柱状~岩片状コア。岩片はやや硬質となる。 【CL級】
18.20~25.00		風化したマサが主体である。岩芯は残っており、CL~D級程度の岩質。短柱状~岩片状コアからなり、所々砂状コアとなる。 【CL級~D級】

第 3b-2 図. S22-1-2 孔の地質記載.

Fig. 3b-2. C Geology of S22-1-2 borehole core.

【S22-1-3孔】斜孔(下方35度)



深度 (GL. -m)	土質・地質	岩相
0.00~1.10	谷底堆積物	礫混じり砂.
1.10~18.00	強風化花崗岩	風化によりマサ化が著しく、コアは軟質。所々に粘土状破碎部を挟在する。一部のものは膨潤性を有する。 【D級】
18.00~20.00		風化したマサが主体である。上位よりもやや硬質となる。 【D級~Cl級】

第 3c 図. S22-1-3 孔のコア写真と地質記載.

Fig. 3c. Photograph and geology of S22-1-3 borehole core.

【S22-2-1孔】 鉛直孔; 孔内水位; GL.-1.01m

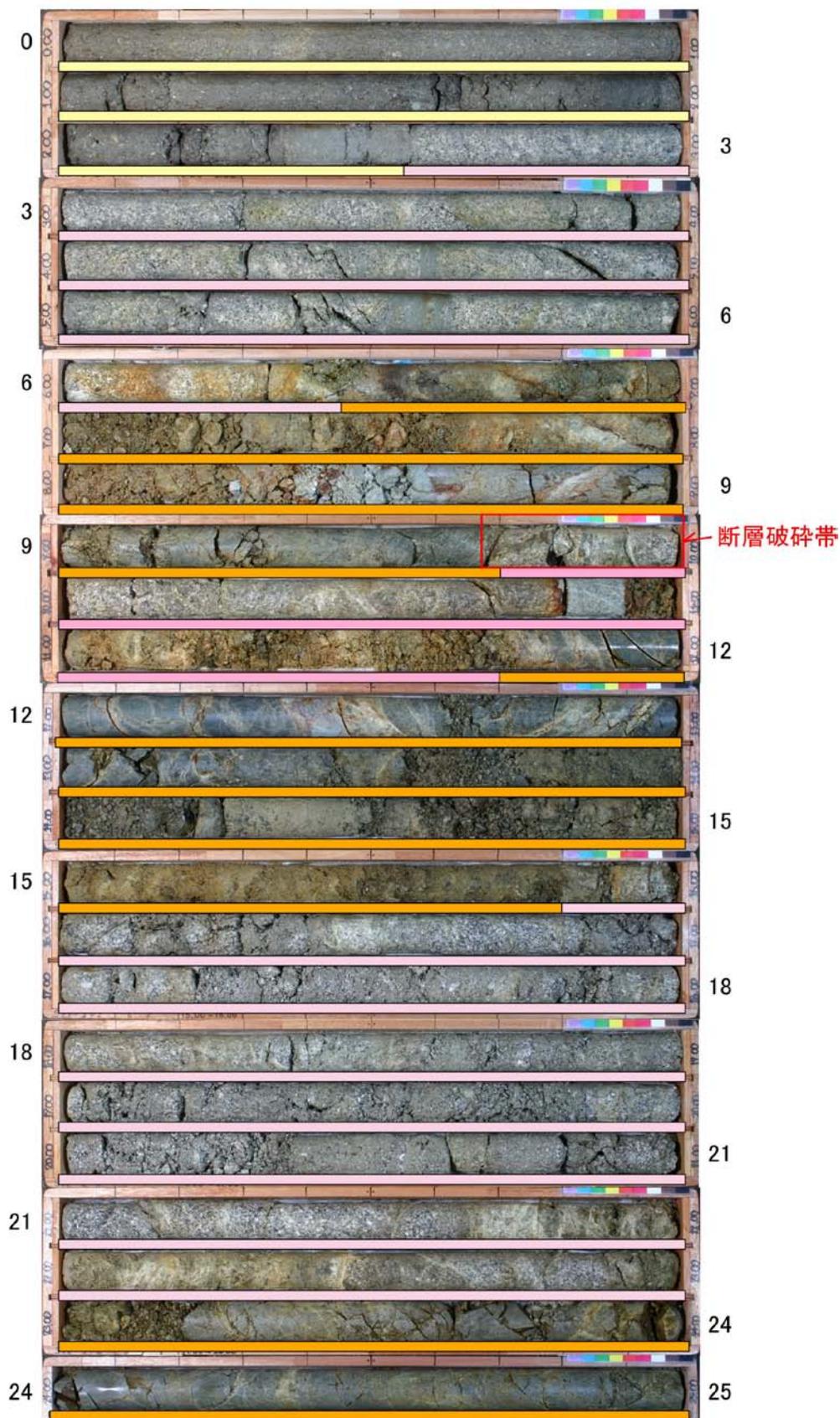


深度 (GL. -m)	土質・地質	岩相
0.00~1.50	谷底堆積物	シルト混じり砂. 全体に下方細粒化している. 下部には植物片を含む.
1.50~3.35		砂, および砂礫. 砂は中砂. 一部砂礫は基質支持である. 礫は角礫主体.
3.35~5.90	アプライト	角礫状コアを主体とする. 下位とは断層で接する. 【D級】
5.90~8.00	強風化花崗岩	粗粒花崗岩. 全体に軟質である. 【D級】

第 3d 図. S22-2-1 孔のコア写真と地質記載.

Fig. 3d. Photograph and geology of S22-2-1 borehole core.

【S22-2-2孔】 斜孔(下方45度)



第 3e-1 図. S22-2-2 孔のコア写真.
Fig. 3e-1. Photograph of S22-2-2 borehole core.

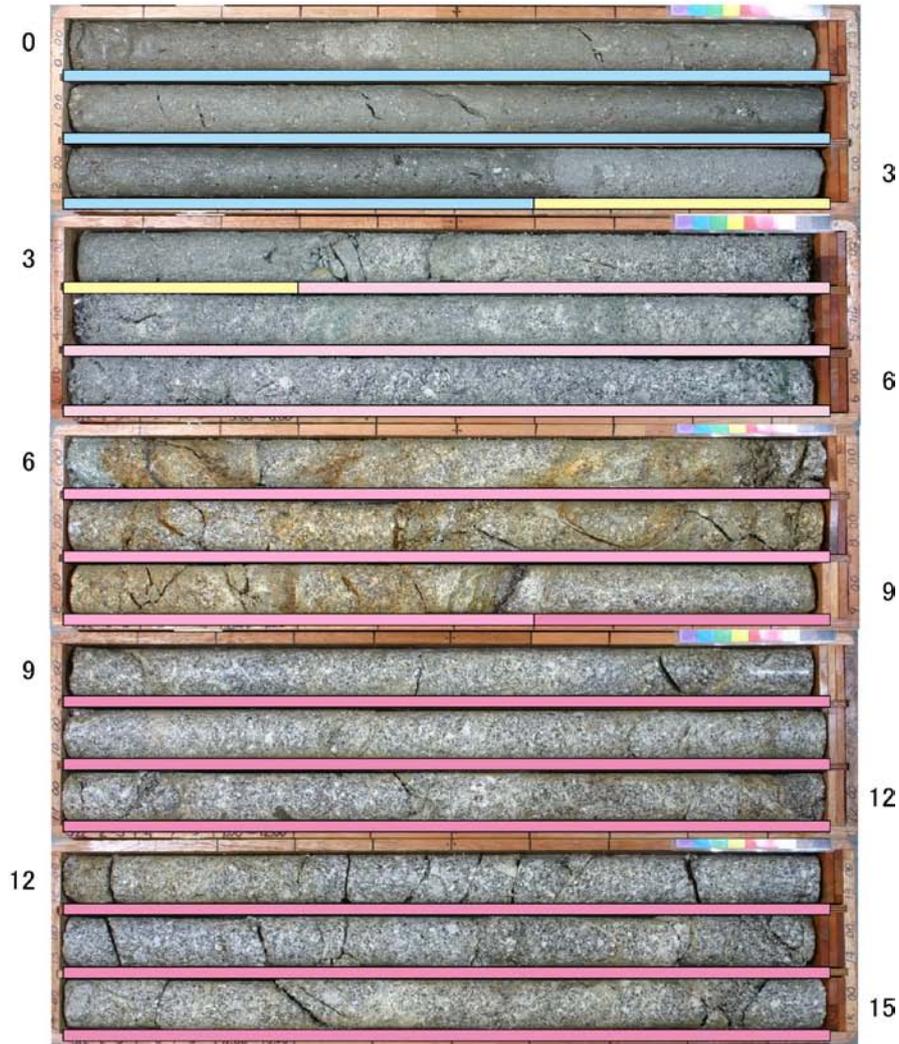
深度 (GL. -m)	土質・地質	岩相
0.00~2.55	谷底堆積物	礫混じり粗砂でシルト分を多く含み、径2~5mmの角礫が散在する。 また、所々に炭化物が認められる。
2.55~6.45	強風化花崗岩	著しく軟質化したマサ主体。 【D級】
6.45~9.70	アプライト	全体に角礫状を呈し、破碎質。8.50m以深は硬質となる。周辺と同程度に固結した破碎部も認められる。 【D級主体】
9.70~11.70	強風化花崗岩	断層破碎帯がみられる。下部は角礫状。 下位とは固結した破碎部で接する。 【CL級~D級】
11.70~15.80	アプライト	上部は比較的硬質で短柱状コア主体。 下部は角礫状~砂状コアとなる。 【CL, およびD級】
15.80~23.00	強風化花崗岩	マサ化が著しい。所々角礫状部が見られる。 また、所々粘土を挟在。 【D級~CL級】
23.00~25.00	アプライト	短柱状~角礫状コアよりなる。 【CL級】

断層破碎帯拡大写真



第 3e-2 図. S22-2-2 孔の地質記載と断層破碎帯の拡大写真.
Fig. 3e-2. Geology of S22-2-2 borehole core and closeup photo of fault zone.

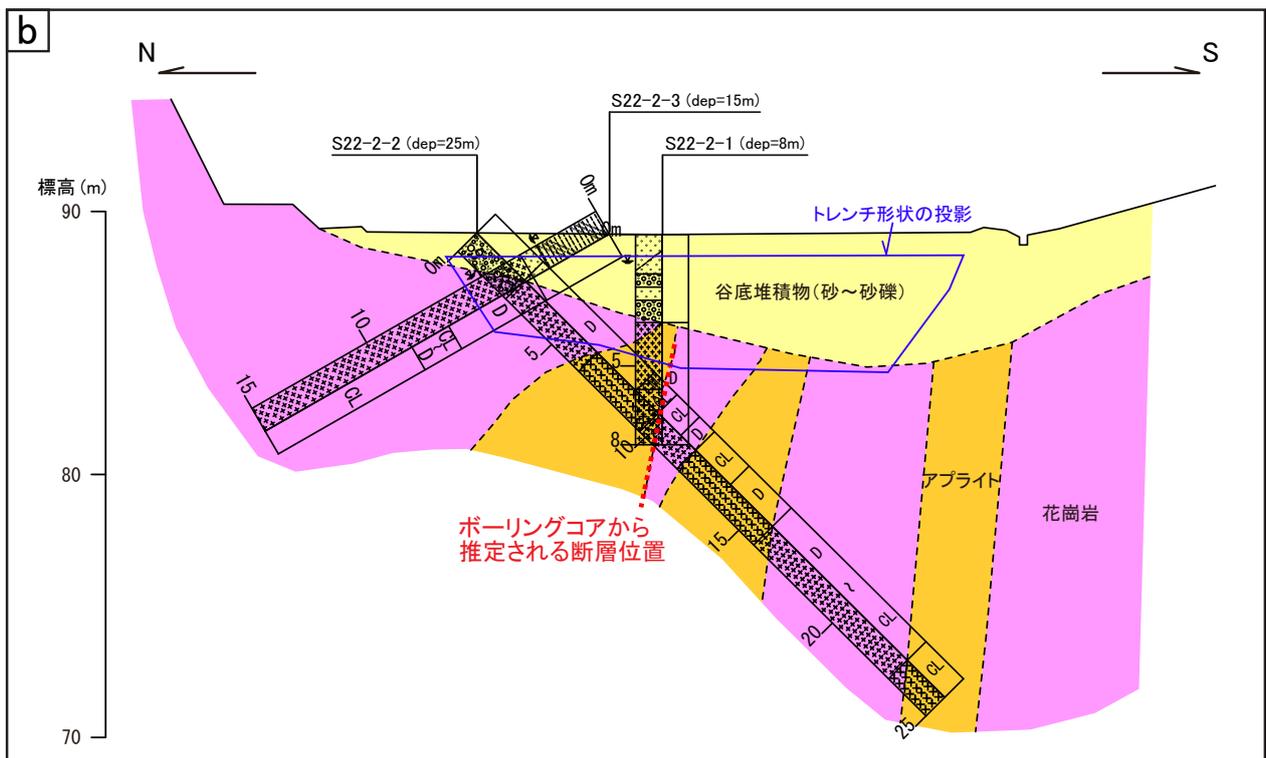
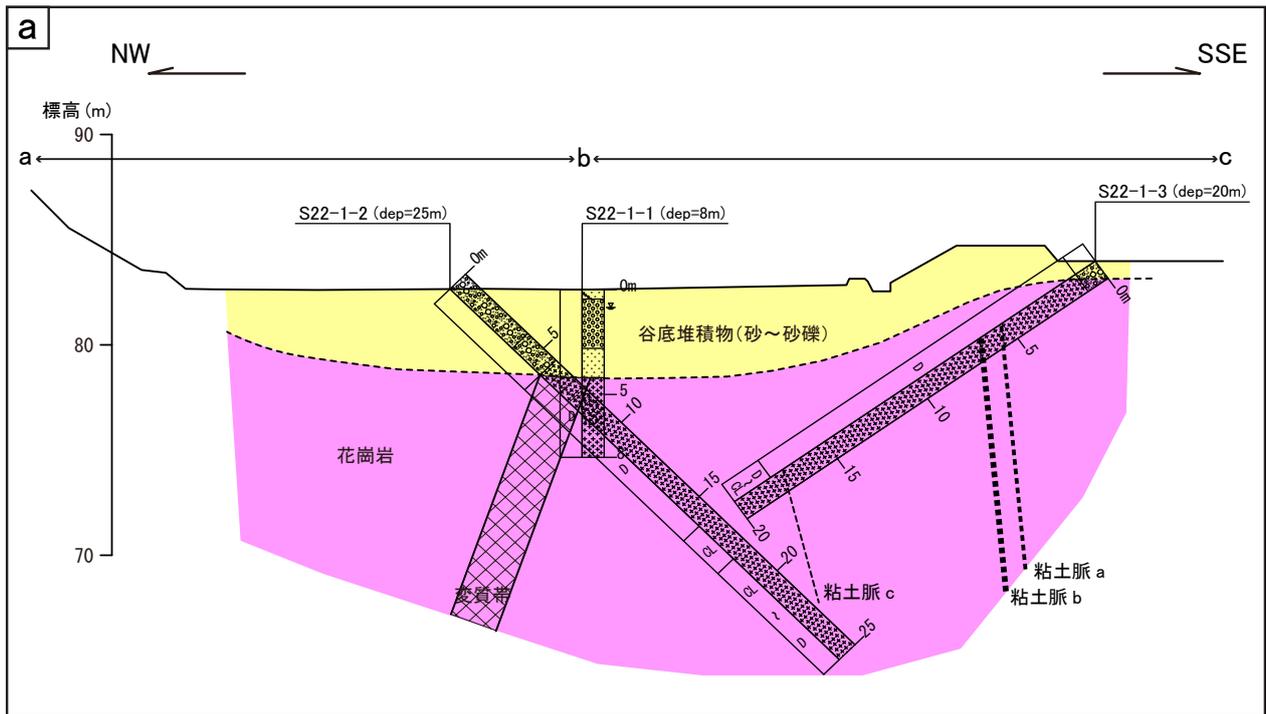
【S22-2-3孔】斜孔(下方30度); 孔内水位; GL.-2.60m



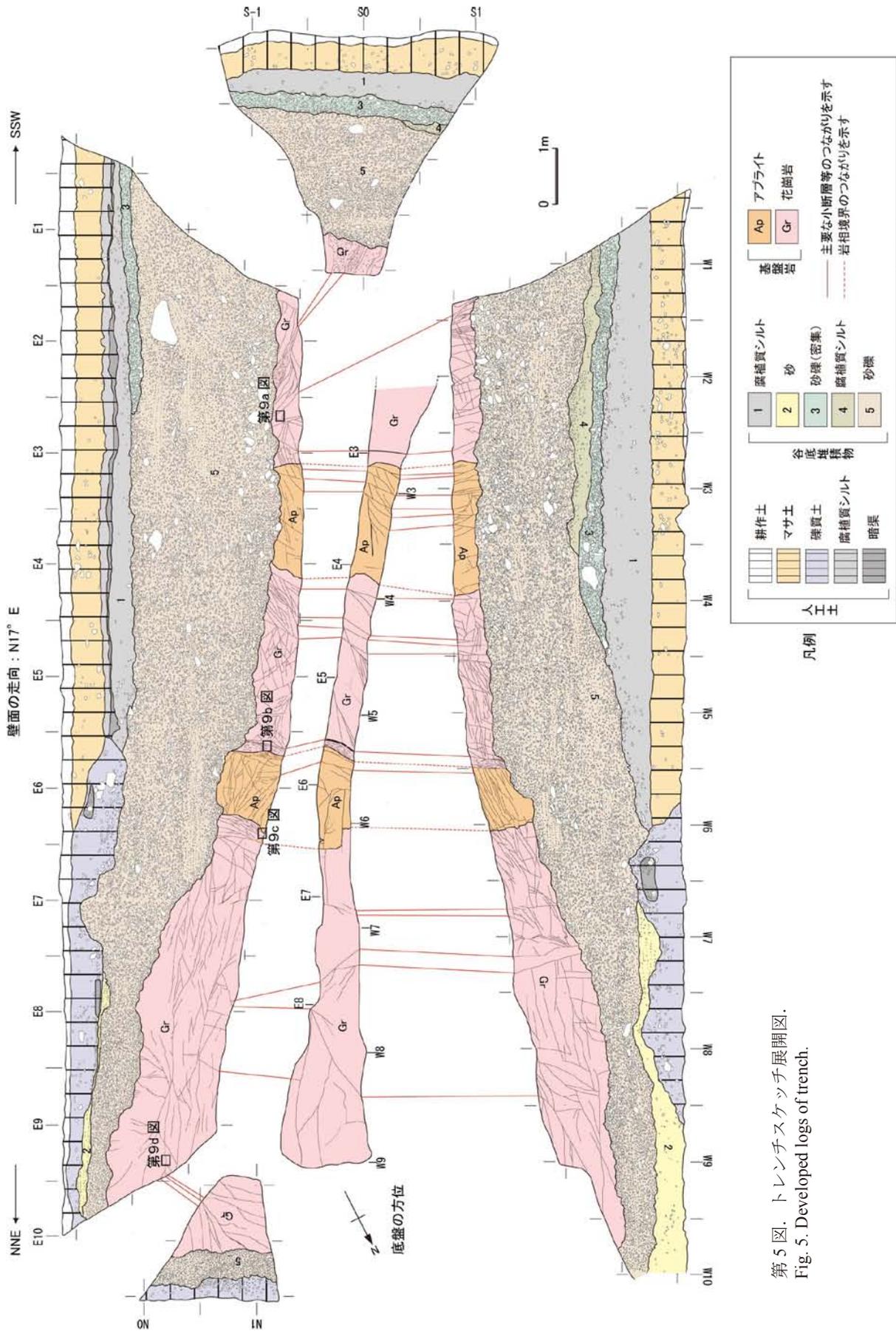
深度 (GL. -m)	土質・地質	岩相
0.00~2.60	谷底堆積物	砂質シルト。径10mm以下の角礫が散在し、炭化物や植物片を多く含む。
2.60~3.30		花崗岩起源の砂質土からなる。
3.30~6.00	強風化花崗岩	風化によるマサ化が著しい。下部はやや硬質化する。 【D級】
6.00~8.60		全体に酸化し、褐色を帯びる。短柱状～岩片状で所々マサ状。下位とは周辺と同程度に硬質な破砕部で接する。 【D級～CL級】
8.60~15.00		比較的硬質な花崗岩。コア肌は粗く、長柱状～柱状コアが主体。全体に密着した割れ目が多く認められる。 【CL級】

第 3f 図. S22-2-3 孔のコア写真と地質記載.

Fig. 3f. Photograph and geology of S22-2-3 borehole core.

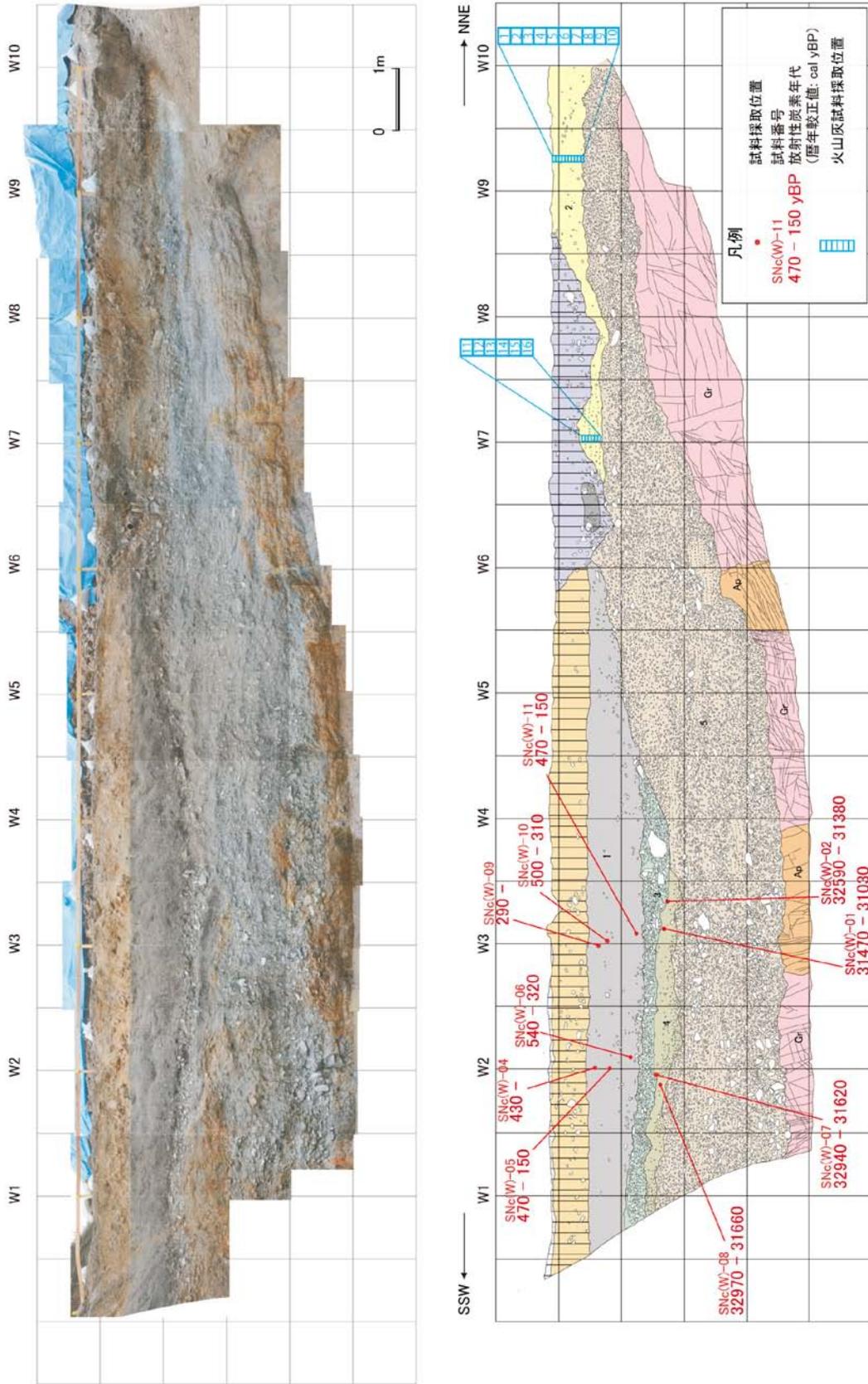


第4図. ボーリングコアから推定される地質断面図. a: 下長野南断面. b: 下長野北断面.
 Fig. 4. Geological cross-sections along a: Shimonagano south section and b: Shimonagano north section.



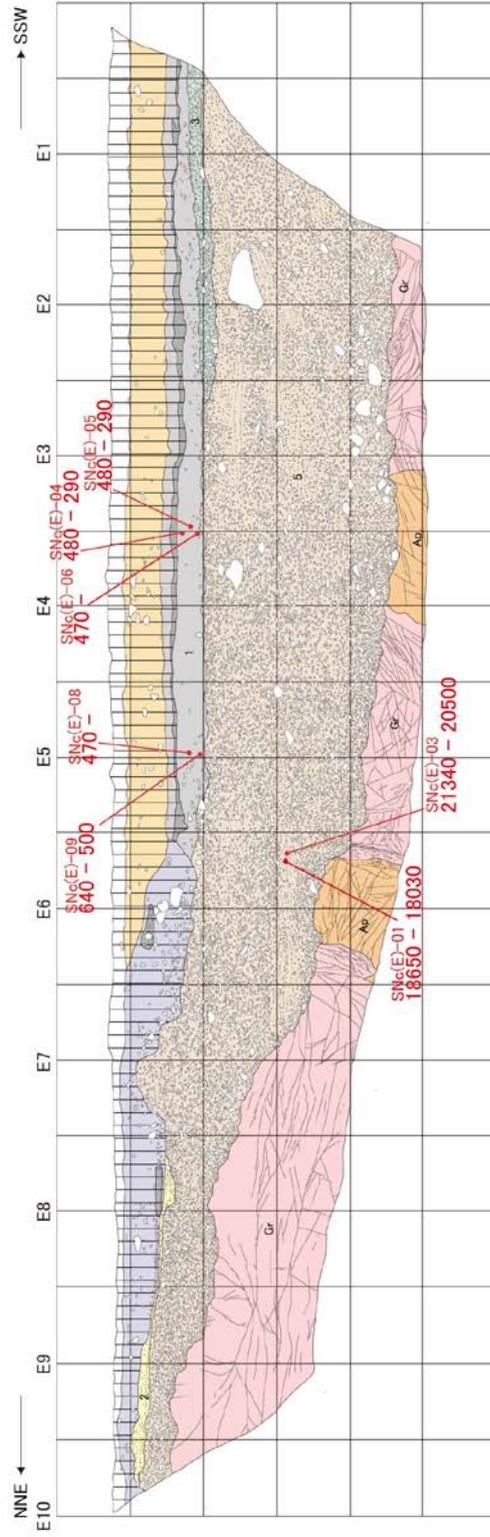
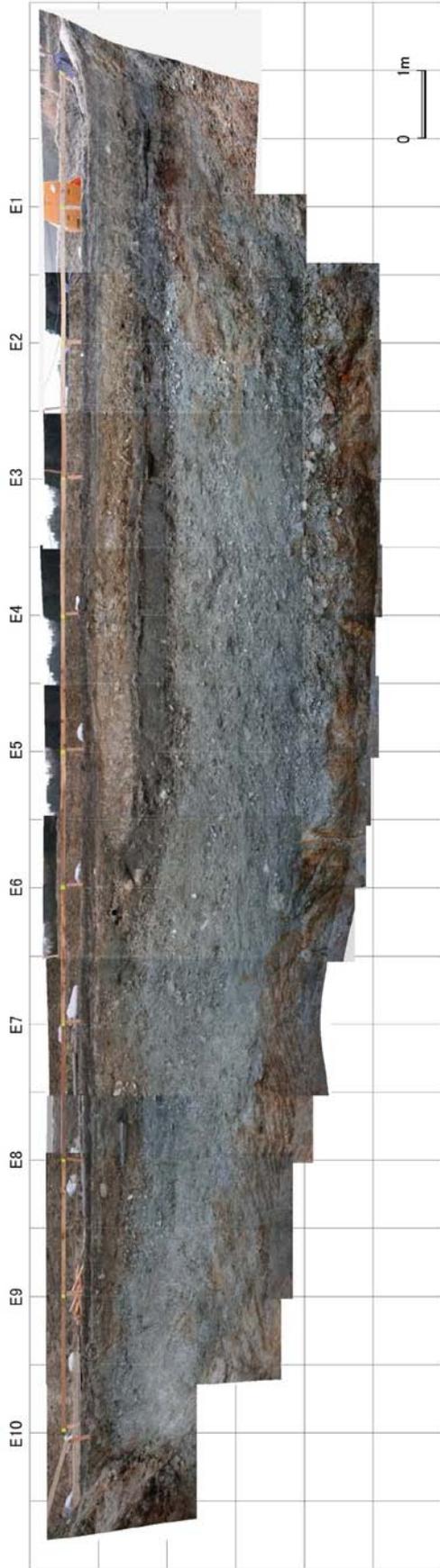
第5図. トレンチスケッチ展開図.
Fig. 5. Developed logs of trench.

西壁面



第6図. トレンチ西壁面の写真とスケッチ. スケッチには放射性炭素年代と火山灰試料採取位置をあわせて示した.
Fig. 6. Photograph and log of west trench wall. Sampling locations and calibrated radiocarbon ages (cal yBP : $\pm 2\sigma$) are also shown.

東壁面



第7図. トレンチ東壁面の写真とスケッチ. スケッチには放射性炭素年代を示した.
 Fig. 7. Photograph and log of east trench wall. Sampling locations and calibrated radiocarbon ages (cal yBP : ±2σ) are also shown.

