

内陸及び沿岸海域の活断層調査

平成 28 年度成果報告書

2. 曾根丘陵断層帯（山梨県）

平成 29 年 5 月

国立研究開発法人
産業技術総合研究所

目 次

1. 断層帯の概要とこれまでの調査研究	1
2. 調査内容	2
3. 調査結果	3
3. 1 大塚地区トレンチ調査	3
(1) 調査地点の概要	3
(2) 壁面にみられる地質	4
(3) 分析結果	7
(3-1) ¹⁴ C年代測定	7
(3-2) 火山灰分析	8
(3-3) 花粉分析	9
(4) 地質構造	11
(4-1) 大塚第一トレンチ	11
(4-2) 大塚第二トレンチ	14
(4-3) 大塚第三トレンチ	16
(5) 断層活動とその時期	17
3. 2 国分地区変動地形調査	20
(1) 調査地点の概要	20
(2) 航空レーザデータを用いた詳細地形表現および現地計測	21
3. 3 国分地区トレンチ調査	21
(1) 調査地点の概要	22
(2) 壁面にみられる地質	22
(3) ¹⁴ C年代測定	23
(4) 地質構造	23
4. まとめ	24
4. 1 断層帯の位置および形態	24
(1) 断層帯を構成する断層	24
(2) 断層面の位置・形状	24
(3) 変位の向き	24
4. 2 断層帯の過去の活動	25
(1) 平均変位速度	25

(2) 活動時期	26
(3) 1回の変位量	27
(4) 活動間隔	27
(5) 活動区間	28
謝 辞	29
文 献	30
図 表	33

1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

曾根丘陵断層帯は、甲府盆地南縁に沿って東北東－西南西～北東－南西方向に延びる断層帯である(図1)。本断層帯については、これまでに変動地形学的検討に基づく断層トレースの分布や変形形態(例えば、活断層研究会編, 1980, 1991; 澤, 1981; Ikeda, 1983; 今泉ほか, 1998; 中田・今泉編, 2002; 丸山・斉藤, 2005), 露頭観察による断層帯の変形様式や活動史(例えば、曾根丘陵研究グループ, 1991; 桂田ほか, 1996; 大村, 2014), 反射法地震探査による地下地質構造(山梨県, 2002, 2003, 2004; 加藤ほか, 2006), 段丘面の変形と重力探査に基づく断層面の傾斜角と平均変位速度(隈元・池田, 1993), ボーリング調査およびトレンチ調査に基づく活動履歴(丸山・斉藤, 2006; 産業技術総合研究所, 2006)などの検討が行われている。丸山・斉藤(2006)および産業技術総合研究所(2006)は、同断層帯西部の西八代郡市川三郷町^{いちかわみさと}大塚地区において、曾根丘陵と甲府盆地の地形境界に位置するバルジ状の小丘の南東側斜面基部においてトレンチ調査を実施し、始良Tnテフラ(AT: 26-29 ka, 町田・新井, 2003)降灰後、バルジ状の小丘の成長を伴う複数回の断層活動を認め、少なくとも約1万年前以後にも活動があったと結論づけた。また、本トレンチ地点の西方に位置する市川三郷町上野地区におけるボーリング及び地形測量調査の結果、約11,000年前以後に形成された扇状地面に約13 mの上下変位が認められることから、本地点の平均上下変位速度を1.1 m/千年以上と推定した。

地震調査研究推進本部地震調査委員会(以下、地震調査委員会)(2006)は、こうした曾根丘陵断層帯に関する既存研究成果に基づいて、曾根丘陵断層帯を山梨県甲州市から^{ふえふき}笛吹市、甲府市、中央市を経て、西八代郡市川三郷町の東部まで甲府盆地の南縁沿いに分布し、北東－南西方向に延びる全長約32 kmの断層帯とした(図1)。断層帯は、塩山－勝沼付近の断層、一宮－八代付近の断層、曾根丘陵断層群から構成され、それらは全体として1区間とされている。断層帯のずれの向きと種類は、主としてその南東側が北西側に対して相対的に隆起する逆断層であり、過去の活動に関しては、平均変位速度の上下成分は概ね1 m/千年であった可能性があり、約1万年前以後に活動があったと評価している。また、断層帯の長さ、地震時のずれ量、地震規模との経験式(松田, 1975)等に基づき、将来の活動時には、断層帯全体が一つの活動区間として破壊し、M7.3程度の大地震を生じる可能性があり、その際には断層近傍の地表面では断層の南東側が北西側に対して相対的に2-3m程度高まる段差や撓みが生じる可能性があるとした。さらに、経験則から求めた地震時のずれの量と平均的なずれの速度に基づき、平均活動間隔が概ね2,000-3,000年の可能性があるとして、ポアソン過程(地震の発生時期に規則性を考えないモデル)を適用して将来の大地震の発生確率を見積もっている。しかしながら、同断層帯では最新活動時期、活動間隔といった活動履歴に関する具体的なデータが不足しているため、算出された将来の地震発生確率は信頼度が低いとされている。また、地震時のずれ量も経験則に基づいたものであり、その信頼度も低い。

このため、地震調査委員会（2006）は、「今後に向けて」の中で、「曾根丘陵断層帯では、副次的な断層以外で活動時期に関する資料が得られていない。したがって、最新活動時期を含む過去の活動について精度の良い資料を集積させる必要がある。また、曾根丘陵断層帯の西方に位置する糸魚川－静岡構造線断層帯の活動との関連性についても検討する必要がある。」と言及している。

そこで、本調査では、曾根丘陵断層帯の最新活動、活動間隔を含む活動履歴に関する情報を充実させるためトレンチ調査を、また、地震時の変位量を推定するため、航空レーザ計測による詳細地形データに基づく地形判読および現地測量調査を実施した。

2. 調査内容

本調査では、曾根丘陵断層帯の最新活動時期、活動間隔を含む活動履歴および地震時の変位量の解明を目的として、断層帯西部の西八代郡市川三郷町大塚地区においてトレンチ調査（3箇所）を、また断層帯中部の^{こくぶ}笛吹市一宮町国分地区において航空レーザ測量データによる詳細な数値地形モデルに基づいた地形調査およびトータルステーションを用いた現地測量調査とともにトレンチ調査（1箇所）を実施した。調査地点は、それぞれ地震調査委員会（2006）の曾根丘陵断層群および一宮－八代付近の断層に位置する（図1）。

本調査でトレンチ調査を実施した大塚地区は、丸山・斉藤（2006）および産業技術総合研究所（2006）が報告したバルジ状の小丘の南東側斜面基部でのトレンチ調査地点の延長部に位置している（図 2～4）。地震調査委員会（2006）は上述のように、曾根丘陵断層帯の過去の活動の評価に際し、同地点がバルジ北西側斜面基部付近に伏在するとされる主断層（例えば、澤，1981）の副次的断層であるとし、同地点で推定された活動履歴は主断層の全ての活動を記録しているとは限らないとして評価の対象としていない。一方で曾根丘陵断層帯のうち最も断層変位地形が顕著な曾根丘陵断層群は、その主断層が分布すると推定される甲府盆地南縁に沿って笛吹川が流れており（図 1）、主断層の位置の特定は容易ではない。曾根丘陵断層群を横切る 2 測線で浅層反射法地震探査を実施した加藤ほか（2006）によると、両測線とも探査で認定された主断層の地表投影位置は、変動地形から丘陵北縁基部付近に推定されている主断層より数 10～数 100 m 程度北方に位置し、笛吹川の現河道南岸付近に伏在していることが報告されている。さらに、笛吹川およびその支流は歴史時代にも度々豪雨により氾濫し、周囲に浸水や土砂流出が生じたことが知られ、また洪水対策や耕地整理として河道の移動や拡幅を含む大規模な河川改修が行われてきた（例えば、三珠町誌編纂委員会編，1980；豊富村誌編さん委員会，2000）。こうした厚い氾濫原堆積物により断層変位地形が埋没している可能性や侵食により断層変位地形が消失している可能性がある。このような状況において、笛吹川本流沿いで主断層を特定し、さらに古地震調査に適した細粒堆積物が連続的に堆積している地点を選定することは困難である。一方、今回の調査地点はバルジ状小丘により笛吹

川本流から隔てられた低地に位置しており、小丘から供給される斜面堆積物（崩積堆積物）を除き、古地震調査に適した¹⁴C年代測定試料を豊富に含む細粒堆積物を主体としていることが期待される。実際、平成17年度に独立行政法人産業技術総合研究所によりトレンチ調査が実施された際、¹⁴C年代測定試料を豊富に含む細粒堆積物が分布していることが報告されている（丸山・斉藤，2006；産業技術総合研究所，2006）。こうした点から、本調査では、断層帯の活動像の実体を明らかにする上で、ほぼ確実に古地震履歴に関する情報を取得することができる地点でデータを蓄積することを重視し、平成17年度の調査を補完する形でバルジ状の小丘の南東側斜面基部でのトレンチを行った。その結果、後述するように以前の調査では捕捉できなかった完新世における複数回の活動を含む後期更新世以降の断層活動が認定された。¹⁴C年代測定試料を多く含む細粒堆積物が分布することから、隣接してトレンチを追加掘削することにより、古地震活動をより明確に捕捉できると考え、同地点で計3箇所のトレンチを掘削した。トレンチ調査は、2016年9月から同年11月にかけて実施した。

また、国分地点については、完新世に形成された扇状地面に複数回の断層活動の可能性を示す北西向きの低崖の存在が丸山・斉藤（2005）により報告されているが、詳細な地形、地質調査は行われていなかった。本調査では、航空レーザデータを用いた詳細地形判読および現地測量調査を実施することにより、当地点における最新活動時を含む過去の地震に伴う上下変位量の推定を試みた。また、低崖が断層活動に伴うものであることを地質学的に確認するため、低崖の延長部でトレンチ調査を実施した。トレンチ調査は、2016年11月から同年12月にかけて、現地測量調査は2017年1月から2月にかけて実施した。

本調査結果を踏まえた曾根丘陵断層帯の特性についてのまとめを表1に示す。

3. 調査結果

3. 1 大塚地区トレンチ調査

(1) 調査地点の概要

大塚地区には、曾根丘陵の基部の北方約60～190 mに丘陵の延びとほぼ平行し、東北東－西南西方向に延びるバルジ状の小丘が分布している（図2）。この小丘は、現在圃場整備や工業団地建設に伴い大部分が消失しているが、改変前に撮影された空中写真や改変前に測量により作成された旧三珠町役場（現市川三郷町役場）発行三珠町平面図3（縮尺1：2,500）によると、幅約20～60 mで長さ約1.2 kmにわたって断続的に延びている（図2）。このバルジ状の小丘は、鞍部状あるいは風隙状に分布する低標高部により4つに隔てられている（高まりの規模は東から、長さ約190 m・高さ約3 m、長さ約380 m・高さ約13 m、長さ約110 m・高さ約4 m、長さ約290 m・高さ約12 m）。澤（1981）、今泉ほか（1998）および中田・今泉編（2002）は、このバルジ状の小丘の北西縁に沿って延びる（主）断層を推定している。本調査では唯一現在も地形が保存されている最も西側のバルジ状の小丘の南東側斜面を対象として調査を実施

した（図3～5）．この最も西側のバルジ状の小丘の南東側斜面基部は、上述のように平成17年度に独立行政法人産業技術総合研究所によりトレンチ調査が実施されている（丸山・斉藤，2006；産業技術総合研究所，2006）．

この小丘の一带は調査開始前には篠竹が密生しており，詳細な地形を確認することが困難であった．そこで，地権者の許可を得て，小丘の東約3分の1の区間について尾根部から南東斜面について篠竹を伐採したところ，小丘の南東縁に沿うように東北東－西南西方向に延びる南向きの低崖とそれに並行して小丘の尾根部に沿って延びる南向きの低崖の2条の低崖が認められた．このうち南側の低崖を低崖A，北側の低崖を低崖Bと呼ぶ（図3～5）．低崖Aは西に向かって不明瞭となり南向きの斜面と識別できなくなるのに対し，低崖Bはバルジ状の小丘のほぼ全域にわたって連続的に追跡できる．この低崖Bは，小丘の東半分の区間では尾根稜線のわずかに南側の南向き斜面に発達するが（図5の断面P2～P5），西方では逆に北向き斜面上に南向きの低崖として連続する（図5の断面P1）．こうした斜面の傾斜方向と無関係に連続する崖の特徴から，低崖Bは地すべりではなく，断層活動に関連して形成されたものである可能性がある．一方，こうした連続性のよい低崖は人工的に形成されたものである可能性も否定できない．そこで，本調査では，2条の並走する低崖を対象としてトレンチ調査を実施した．まず，丸山・斉藤（2006）および産業技術総合研究所（2006）が実施したトレンチの東延長部において低崖Aを横断するトレンチ（大塚第一トレンチ：長さ約12 m，幅約5 m，深さ最大約4 m，法面の傾斜は60～70°）を掘削し，その後2つのトレンチの間で追加のトレンチ（大塚第二トレンチ：長さ約11 m，幅約5 m，深さ最大約3.5 m，法面の傾斜は60～70°）を実施した（図4）．最後に低崖Bと低崖Aが近接する大塚第一トレンチの北東において両者を横断するトレンチ（大塚第三トレンチ：長さ約10 m，幅約2 m，深さ最大約1.5 m，法面の傾斜は60～70°）を掘削した（図4）．

曾根丘陵には，主として更新世の八ヶ岳火山起源の火山泥流，岩屑流堆積物および河川堆積物からなる曾根層群と完新世の扇状地堆積物が，背後の御坂山地を構成する中新世の火山岩，火砕岩および堆積岩からなる西八代層群を不整合に覆って分布する（例えば，片田，1956；内藤，1988）．尾崎ほか（2002）は，曾根丘陵に分布する地質を，更新世の古八ヶ岳火山期限の岩屑なだれおよび河成堆積物（曾根層群を含む），中～後期更新世の段丘堆積物および完新世の扇状地堆積物に区分している．内藤（1988）によると，曾根層群は，下位から高部層，寺尾礫層，黒富士火砕流，佐久シルト層，原礫層，葦崎岩屑流，前間田礫層に区分され，本調査地点に発達するバルジ状の小丘を構成する地質は，輝石安山岩，デイサイトの角礫からなる火山泥流堆積物である高部層およびその上位の葦崎岩屑流とされている．

（2）壁面にみられる地質

大塚地区のトレンチ壁面には，耕作土，斜面堆積物，湿地堆積物，笛吹川の旧河道堆積物，

後背湿地堆積物および岩屑流堆積物が分布する（図 6～17）。ここでは、地層の連続性、地層上面の削剥の有無、地質構造の差異の有無、堆積環境の相違、層相の相違などに基づき、トレンチ壁面でみられる地質を上位から 1 層～13 層に区分した（表 2、図 7、9、11、13、15、17）。さらに、2 層、6 層および 11 層は、色調、粒度、腐植質の程度や砂礫の混入程度により、複数の地層に細分した。以下、各地層の特徴を記載する。隣り合うトレンチ間における地層の対比は、主として層相に基づき行い、後述する ^{14}C 年代測定や火山灰分析地層により対比の妥当性を検討した。

[1 層] 表土および耕作土。

[2a 層] 斜面堆積物または人工擾乱層。

[2b 層] 人工擾乱層。埋土。穴埋めの堆積物。

[3 層] 斜面堆積物。本層は概ね新鮮な径 5～15 cm の亜角～亜円礫からなる。礫種は安山岩を主体とし、やや風化した緑色片岩および玢岩を含む。基質はやや腐植質な砂質シルトである。本層は、その分布と構成する礫種などから、北西側の小丘から供給された斜面堆積物と考えられる。大塚第一トレンチの東壁面のグリッド E3 と西壁面のグリッド W3 付近には、径 15～20 cm の礫が積み重なったような構造が認められる（図 6～9）。北西に向かってもたれかかるような積み重なり形態と 3 層の縁に分布することから、これは人工的な石積みであると推定される。このため、石積み部分は 3 層と区分して取り扱わなければならないが、石積みと 3 層との間の裏込めの分布状況が不明確であることに加えて、上位の 2a 層に明確に被覆されていることから、ここでは 3 層に含めた。なお、本層は大塚第二トレンチには分布しない（図 11、13）。

[4 層] 斜面堆積物。本層は、概ね新鮮な径 3～20 cm の安山岩の亜角～亜円礫からなる。基質は腐植質シルトからなる。本層は、その分布と構成する礫種などから、小丘から供給された斜面堆積物と考えられる。本層は大塚第一トレンチ東壁面に分布し、同西壁面および大塚第二トレンチには分布しない。一方、大塚第三トレンチでは壁面南部に本層に対比される可能性のある地層が分布する（図 15、17）。

[5 層] 斜面堆積物。本層は、概ね新鮮な径 3～15 cm の安山岩の亜角～亜円礫からなる。基質はやや腐植質のシルト質砂からなる。本層は、その分布と構成する礫種などから、北西側の小丘から供給された斜面堆積物と考えられる。本層は、大塚第一トレンチ東壁面と大塚第二トレンチ東西両壁面にのみ分布する（図 7、11、13）。

[6 層] 斜面堆積物を含む湿地堆積物。本層は、腐植質シルトを主体とし、一部に径 0.5～3 cm の概ね新鮮な安山岩の亜角～亜円礫が散在する地層で、大塚第一トレンチおよび第二トレンチに分布する（図 7、9、11、13）。砂および礫の混入率は北西側の小丘に近いほど高く、一部では厚さ 10 cm 程度の層状に密集する。こうした層相から、本層は湿地状低地において小丘から砂礫が供給される環境下に堆積した地層と判断される。本層は主として腐植質の程度

により 6a 層～6c 層に細分している（表 2）。ただし、大塚第一トレンチ東壁面グリッド E6～7 間および同トレンチ西壁面のグリッド W6～7 間に分布する 6 層は、西方に広く分布する 6c～6a 層と連続しておらず、対比が困難であることから、ここでは細分せず 6 層としている（図 7, 9）。6c 層下部には、厚さ 3～4 cm のレンズ状を呈する低発泡性の明黄褐色を呈する火山灰層が断続的に挟在する。

[7 層] 河川堆積物。本層は細～中粒砂を主体とし、シルト薄層、シルト質砂層を挟む。笛吹川の氾濫時に堆積したものと考えられる。本層は大塚第一トレンチでは壁面中央部付近から南側にかけて、第二トレンチでは壁面南端から少なくとも壁面中央よりやや北側まで分布している（図 7, 9, 11, 13）。

[8 層] 湿地堆積物。本層はシルトを主体とし、上部に砂混じりシルトを含む。腐植質シルト薄層と下位の火山灰層の再堆積とみられる火山灰質シルトの薄層を挟在する。本層は、本層は大塚第一トレンチでは壁面中央部付近から南側にかけて、第二トレンチでは北端部付近を除く壁面のほぼ全域に分布する（図 7, 9, 11, 13）。

[9 層] 湿地堆積物。本層は黒色～黒灰色の腐植質シルトからなり、下部に厚さ 5～10 cm の白色の降下火山灰層を挟在する。この火山灰層は後述のとおり始良 Tn テフラに対比される。腐植質シルトには植物遺体が密集する。本層は、大塚第一トレンチでは壁面中央部付近から南側にかけて、第二トレンチでは北端部付近を除く壁面のほぼ全幅に分布する（図 7, 9, 11, 13）。

[10 層] 河川堆積物。本層は大塚第一トレンチにのみ分布する（図 7, 9）。径 0.3～2 cm の概ね新鮮な亜円～亜角礫を主体とする。礫種は安山岩を主体とし、玢岩、閃緑岩、花崗岩類、玄武岩を含む。基質は粗粒砂～細礫である。本層はその層相から笛吹川の氾濫時に堆積したものと考えられる。

[11 層] 河川堆積物と湿地堆積物の互層。本層は、大塚第一トレンチおよび第三トレンチに分布する（図 7, 9, 15, 17）。腐植質シルト（11a 層）、シルト層（11b, 11d 層）、シルト層を挟む砂層（11c 層）の互層からなる。なお、大塚第三トレンチに分布する 11 層は第一トレンチで細分した 11a～11d のどの細層に対比できるか不明である。

[12 層] 湿地堆積物。本層は大塚第一トレンチにのみ分布する（図 7, 9）。礫質の腐植質シルトからなる。礫は径 5～15 cm の亜円礫を主体とし、亜角礫および円礫を含む。礫種はほとんどが安山岩で風化した花崗岩類および玄武岩を含む。

[13 層] 火山泥流堆積物。本層は大塚第一～第三の全ての壁面に分布する（図 7, 9, 11, 13, 15, 17）。安山岩の礫を主体とし、基質は極細粒砂である。礫は径 5～20 cm の安山岩を主体とする。本層については、安山岩の礫を主体とした火山泥流堆積物であることから、片田（1956）および内藤（1988）の曾根層群に対比される。

(3) 分析結果

(3-1) ^{14}C 年代測定

大塚第一～第三トレンチ壁面に分布する地層の年代を明らかにし、それに基づいて断層活動時期の検討を行うとともに、主として層相に基づくトレンチ間における地層の対比の妥当性を検討するため、炭、木片、有機質堆積物を採取し、 ^{14}C 年代測定を実施した(図7, 9, 11, 13, 15)。分析は、株式会社加速器分析研究所および株式会社地球科学研究所を通して米国Beta Analytic Inc. に依頼した。なお、年代値の暦年較正には暦年較正プログラムOxCal v. 4. 2 (Bronk Ramsey, 2009) を使用し、較正曲線にはIntCAL13 (Reimer et al., 2013) を用いた。3つのトレンチから得られた年代測定値を層位順に並べたものを表3および図18に示す。なお、本文では年代値として暦年較正年代 (cal yBP ; 95. 4%確率範囲) を表記する。

年代測定の結果、年代値はいずれのトレンチにおいても概ね層序に対して調和的であり、また後述するように火山灰分析に基づく地層の年代(9層および4層)とも整合的である。さらに、同一トレンチの同一層準から得られた試料の年代値と採取位置(深度)にも矛盾(逆転)はない。加えて、主として層相に基づいてトレンチ間で対比した地層も互いにほぼ同様の年代を示しており、対比の妥当性が確認された(表3, 図18)。ただし、細かくみると同一層準でも年代値に幅が見られる場合(例えば、6c層や6b層)や層序と年代値に逆転が認められる場合(例えば、9層と7層、6c層と6b層、6層と5層など)がある。本調査で多数分析を行った有機質堆積物試料の場合、炭素の供給源や混入経路は複数あり、その特定が困難なため、その年代値の解釈は容易ではないことが指摘されている(例えば、平野, 1984 ; 金田ほか, 2002)。古い時代の有機物が混入した試料は実際の地層の年代より古い年代値を示し、逆に新しい時代の有機物が混入すると実際より新しい年代値を示す。一方、木片試料の場合、再堆積により実際の地層の年代より古い年代値を示す可能性もある。このように、多様な解釈が可能な年代値をもとに断層活動の時期を検討するため、以下のような仮定のもと、地層の年代を推定した。

図18において赤細線で示した年代曲線は、年代値の逆転の全てが古い有機物の混入によるものと考えた場合で、上下で年代値の逆転が生じているところでは下位の地層から得られた新しい年代を採用して繋いだものである。逆に、青細線で示した年代曲線は、年代の逆転の全てが新しい有機物の混入によるものと考え、上下で年代値に逆転がみられるところでは上位の地層から得られた古い年代値を採用して繋いでいる。なお、3層中の試料COTE-7, 6b層中の試料C20TE-5 および7層中の試料COTW-38の年代値は、それぞれ下位の4層中の試料COTE-2, 6c層中の試料C20TE-6 および9層中の試料COTW-8の年代値に対して95. 4%確率範囲では一部重複するが、68. 2%確率範囲では重複なく層序と矛盾することから、赤細線の設定には採用していない。両者のどちらが尤もらしいかは判断することはできない。そこで、後述する断層活動時期の検討においては、赤細線で示す年代曲線を採用した場合(ケース1)と

青細線で示す年代曲線を採用した場合（ケース 2），さらに両者を包含する場合（ケース 3）の 3 通りを示す．なお，後述するように 9 層，4 層中からは，それぞれ AT テフラ，天城カワゴ平テフラ（Kg，3.126-3.145 ka；町田・新井，2003）起源の火山ガラスが検出される．Kg テフラが検出された 4 層より上位の地層から得られた試料 COTE-8 および試料 COTW-26 の年代値は同テフラの噴出年代より有意に古いことから，再堆積や古い有機物を母材としたものと考え，古地震活動時期の検討から除外した．また，6c 層中から得られた C2COTE-6（根）は，上下の試料の年代値に比べて著しく若い年代値を示し，Kg テフラの産出層準とも矛盾することから，新しく混入した根と判断した．試料 C3OTE-3 は対比される地層が不明確なため，古地震活動時期の検討から除外した．

上記のような年代測定値の検討の結果，大塚第一から第三トレンチの全てのトレンチを総合すると，約3万年前以降顕著な年代間隙を示すような地層の欠如はなく，壁面の地層と変形構造の関係から各古地震イベント層準が識別できる可能性が高いと考えられる（図18）．

（3-2）火山灰分析

大塚第一トレンチおよび第二トレンチでは，上述したように9層中から細粒な白色火山灰層が，6c層下部から低発泡性の火山ガラスを主体とする明黄褐色火山灰がそれぞれ認められた（表2，図6～13）．これらの火山灰について，9層中の火山灰から2試料（試料TOTE7-2および試料TOTE8-1；図19），6c層中の火山灰から1試料（試料TOTE10-1；図19）を採取し，鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率の測定を実施した．大塚第一トレンチ東壁面では，グリッドE7・248.5 m付近において黄褐色シルトが認められ，火山灰の可能性があると判断し，1試料（試料TOTE7-1；図19）を採取し，鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率の測定を実施した．

一方，大塚第一トレンチ東壁面において後述する最新活動で活動した断層（断層F01-E1と断層F01-E3）に挟まれた区間では，上述した9層中の白色火山灰層を除いて肉眼で観察できる火山灰は認められないものの，¹⁴C年代測定値に基づく地層の年代の妥当性を検討するため，グリッドE5およびE6.5の2測線において，ほぼ10 cm間隔で試料を連続的に採取し，各試料について鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率の測定を実施した（試料TOTE5-1～5-10および試料TOTE6-1～6-20；図19）．以上の分析は株式会社古澤地質に依頼した．

火山灰分析の結果，9層中の白色火山灰試料TOTE7-2およびTOTE8-1は，いずれもバブルウォールタイプの火山ガラスを主体とすること，重鉱物として斜方輝石に富むこと，火山ガラスの屈折率が1.498-1.501の範囲に収まることから，ATテフラに対比される（表4，5）．試料TOTE8-1の斜方輝石の屈折率は，1.699-1.714と1.731-1.735の2つの範囲に集中するが，後者はATテフラのそれと一致する．また，9層中から採取された試料の¹⁴C年代値はATテフラの噴出年代とほぼ一致する（表5）．

一方、6c層下部にレンズ状に挟在する火山灰試料TOTE10-1は、パミスタイプの火山ガラスを含み、重鉱物は角閃石を主体とし、カミングトン閃石をわずかに含むことで特徴付けられるが（表6）、こうした火山ガラスの形態的特徴および含有鉱物の特徴、火山ガラス、斜方輝石、角閃石およびカミングトン閃石の屈折率に対応する広域火山灰は報告されていない。

大塚第一トレンチ東壁面のグリッドE7・248.5 m付近で採取した黄褐色シルト試料TOTE7-1については、全鉱物に占める火山ガラスおよび重鉱物の割合がわずかであることから、大部分が火山起源灰ではないと判断される（表4）。

大塚第一トレンチにおいて、 ^{14}C 年代測定値に基づく地層の年代の妥当性を検討するため実施した2測線の連続試料（試料名TOTE5-1～5-10, TOTE6-1～6-20）の分析の結果、測線TOTE5および測線TOTE6のいずれの試料もATテフラ降灰期以降の層準であり、これらの試料がATを挟在する9層より上位の地層から採取されたものであることと調和的である（表7, 8）。また、測線TOTE5では試料TOTE5-1～5-3に、測線TOTE6では試料TOTE6-1にそれぞれKgテフラ起源の火山ガラスが検出された。Kgテフラが認められた試料はいずれも4層中であり、同層から得られた試料の ^{14}C 年代値と矛盾しない（表3, 7, 8, 図18）。

ところで、上述したように、大塚第一トレンチおよび第二トレンチの6c層下部に分布する火山灰は、対応する広域テフラは報告されていない。しかしながら、本火山灰はレンズ状に厚さ3～4 cmで断続的に分布していることから、同火山灰上下の ^{14}C 年代結果および後述する花粉分析結果から甲府地域周辺地域に広く分布する最終氷期最盛期頃の指標テフラになる可能性がある。そこで、大塚第二トレンチ西壁面のグリッドW7.2・247.5 m付近で6c層から採取した試料T20TW-1について、鉱物組成分析および火山ガラス、斜方輝石、角閃石の屈折率の測定を実施し、同層から採取した試料TOTE10-1と同一の火山灰であることを確認するとともに、EPMA分析により火山ガラス片の主要成分化学組成を検討した（図20）。以上の分析はパリノ・サーヴェイ株式会社に依頼した。また、試料T20TW-1について粒度分析を実施した。粒度分析の結果、試料T20TW-1の粒径は粘土およびシルトを主体とする（図21）。火山灰分析の結果、多孔質型の火山ガラスが微量含まれ、重鉱物は角閃石を主体として斜方輝石を伴うことが確認された（表9, 図22）。こうした鉱物組成と火山ガラス、角閃石、斜方輝石の屈折率は試料TOTE10-1のそれらとほぼ一致している（図23）。EPMA分析による火山ガラス片の主成分化学組成を表10に示す。

（3-3）花粉分析

上述したように、大塚第一トレンチおよび第二トレンチの6c層下部に分布する低発泡性の火山灰は、同層から得られた ^{14}C 年代測定結果に基づくと、最終氷期最盛期頃に降灰した可能性がある（表3, 図18）。この ^{14}C 年代結果の妥当性を検討するとともに、火山灰降灰時期前後の調査地点の植生環境およびそれに基づく古環境を推定することを目的として、大塚第二ト

レンチ西壁面のグリッドW7.5において6a層～6c層までの地層に対して約10 cm間隔で連続的に試料を採取し、そのうち図20に示す12試料（試料P20TW-1, 3, 5, 7, 8, 10, 13, 15, 18, 20, 21, 22）について花粉分析を実施した。分析はパリノ・サーヴェイ株式会社に依頼した。以下に同社による調査結果報告の概要を述べる。

分析の結果、全体的に花粉化石の産状が悪く、規定の木本花粉 200 個以上同定できたのは12 点中 2 点（試料 P20TW-13, 18）であり、かろうじて木本花粉が 100 個を超えた試料も 3 点（試料 P20TW- 10, 20, 21）のみである。花粉化石の保存状態も、全体的には悪い試料が多い（表 11, 図 24）。

花粉化石群集についてみると、木本花粉では、モミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属単維管束亜属、スギ属、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属等が多く認められる。層位的な変化についてみると、P20TW-21～P20TW-13 に向かってハンノキ属が増加し、コナラ亜属は試料 P20TW-20, 18 で多産する傾向がある。

草本花粉では、イネ科、カヤツリグサ科、カラマツソウ属、セリ科、ヨモギ属、キク亜科等が多く認められる。層位的な変化についてみると、試料 P20TW-21～P20TW-10 に向かってイネ科が減少する傾向が認められる。

今回分析した試料における花粉化石の産出状況を見ると、かろうじて定量解析が行える程度の産出が認められたのは 12 試料中 5 試料（試料 P20TW-10, 13, 18, 20, 21）であり、花粉化石の保存状態も、花粉外膜が破損・溶解しているなど悪い状態のものが多く認められた。花粉やシダ類胞子の腐蝕に対する抵抗性は種類によって異なっており、落葉広葉樹に由来する花粉よりも針葉樹に由来する花粉やシダ類胞子の方が酸化に対する抵抗性が高いとされている（例えば、徳永・山内, 1971；三宅・中越, 1998）。検出された花粉化石の保存状態を考慮すると、得られた花粉化石群集は経年変化による分解・消失の影響を受けており、分解に強い花粉が選択的に多く残されている可能性がある。したがって、当時の周辺植生を正確に反映していない可能性がある。このことを考慮した上で、古植生の検討を行う。

今回分析の対象とした層準は、¹⁴C 年代測定結果に基づくと、約 2～1 万年前の堆積物と推定される。古植生推定のための定量解析ができる程度の産出が認められた試料 P20TW-21～P20TW-10 についてみると、木本類ではモミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属単維管束亜属、スギ属などの針葉樹、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属などの落葉広葉樹が認められる。前述の分解の影響を考慮しても、これらの針葉樹や落葉広葉樹の割合が高いことから、当時の調査地周辺に分布する森林植生を反映していると推定される。

本地域周辺の分析事例は断片的であるが、最終氷期最盛期である約 2.5 万～1.5 万年前頃はチョウセンゴヨウ（マツ属単維管束亜属）、トウヒ（トウヒ属）、シラビソ（モミ属）、コメツガ（ツガ属）などのマツ科針葉樹花粉が高率でブナ属、コナラ亜属、クマシデ属、ニレ属などの冷温帯落葉広葉樹をわずかに含むとされている。その後、晩氷期の約 1.5 万～1 万年

前ではマツ科針葉樹花粉が減少をはじめ、コナラ亜属やブナ属などの冷温帯性樹種が増加し、後氷期の約 1 万年前以降になるとブナ属やコナラ亜属が優勢のブナ林が成立し、マツ属以外のマツ科針葉樹花粉は痕跡的な出現になるとされている（守田ほか，1998）．また，諏訪湖の湖底堆積物でも，1.45 万～1.1 万ないしは 1 万年前はトウヒ属，モミ属，マツ属単維管束亜属などの針葉樹花粉の優勢で特徴付けられる群集が，約 9,500 年前以降コナラ亜属等の冷温帯性落葉広葉樹林が拡大するとされている（安間ほか，1990）．これらの事例と比較すると，少なくとも試料 P20TW-21～P20TW-10 の花粉化石群集は，ツガ属，トウヒ属等の割合が比較的高いこと，ブナ属やコナラ亜属の優勢などが認められないことから，前出の約 2.5 万～1 万年前頃の組成に対比されると考えられ，¹⁴C 年代測定結果から推定された地層の年代観とも一致する．

草本植生についてみると，イネ科，カヤツリグサ科，カラマツソウ科，セリ科，ヨモギ属，キク亜科等が多く検出された．これらは，いずれも開けた明るい場所に草本群落を形成する種群であり，その他の認められる種群にも同様の生育環境を示すものが多いことから，調査地周辺の草地や林縁林床などに由来すると考えられる．また，試料 P20TW-18 からは，わずかではあるが，サジオモダカ属，オモダカ属等の水湿地生草本も認められることから，周囲に水湿地の存在も窺える．

試料 P20TW-8～P20TW-1 については，花粉化石の産状が悪いことから，古植生や年代観に関する検討は困難である．少なくともツガ属，マツ属，スギ属等の針葉樹，コナラ亜属等の落葉広葉樹，イネ科，ヨモギ属，キク亜科などの草本類の生育が窺える．

（４）地質構造

大塚地区のトレンチ壁面には，上述した斜面堆積物，湿地堆積物，笛吹川の河道堆積物，洪水氾濫堆積物，後背湿地の腐植質シルト層および岩屑流堆積物（曾根層群）に変位・変形を与える断層や撓曲が認められた（図 6～17）．ここでは，各トレンチ壁面にみられる地質構造を大塚第一トレンチから順にそれぞれ東壁面と西壁面にわけて記載する．また，大塚第一トレンチおよび第二トレンチでは横ずれの有無を検討するため，底盤の一部を整形し，観察を行った（図 25，26）．大塚第一～第三トレンチの壁面で計測した断層面の走向・傾斜を図 27 に示す．

（４-１）大塚第一トレンチ

[東壁面]

本壁面には，東に傾斜するとみられる湿地堆積物（12 層），東に緩く傾斜する河川堆積物（11 層，10 層，7 層），湿地堆積物（9 層，8 層，6 層）および斜面堆積物（5 層，4 層）を切る断層群およびそれらを覆う斜面堆積物（3 層，2 層）が確認された（図 6，7）．断層群は，

連続性が良く、地層を明瞭に切断する主断層とそれらから派生、分岐、雁行するように分布する多数の副次的断層からなる。確認された断層群のうち、地層に数 10 cm 以上の変位量を与えるものは、少なくとも 4 群が確認できる。それらを北西のものから順に断層 F01-E1, -E2, -E3, -E4 と呼ぶ (図 7)。なお、本壁面と西壁面にみられる断層は、複数箇所に分岐と収斂が確認され、必ずしも両壁面に連続していないことから、各壁面に独立の断層名を与えた。これらの断層はいずれも北東-南西～北北東-南南西走向で東に 60～80° 傾斜している。これらのうち、断層 F01-E1, 断層 F01-E2 および断層 F01-E4 は東側の地層が低下する壁面では見かけ上正断層を示すのに対し、断層 F01-E3 は西側落下の逆断層を呈する (図 7)。

断層 F01-E1 は、本壁面中で最も明瞭な断層であり、北西側の 12 層と南東側の 11, 5, 4 層を境する。本断層の地表延長は東向きの低崖 A にほぼ一致する。なお、本断層の主断層からは、上方に分岐する複数の小規模な断層が発達し、それらは 11 層および 10 層に変位を与える。断層 F01-E2 は、2 条のほぼ平行する断層からなり、これらの断層により 10 層上面が約 1 m 東側低下している (図 7)。断層 F01-E3 は、複数の断層が分岐、合流しながら幅約 1 m の断層帯を形成している。大局的には、本断層は上述したように西側落下の見かけ上逆断層を呈する。上盤側 (南西側) に分布する 10 層～7 層はグリッド E10 付近から同断層に向かって立ち上がるように変形し、同断層により北西落ちの変位を受ける。断層沿いでは主断層およびそれらの地層が上盤、下盤から分岐、派生する断層により複雑に変形している。本断層先端部 (グリッド E7・248.34 m) 付近の上盤側には 10 層～8 層が小規模に分布しており、下盤側での同層との間には約 2 m の落差が生じている (図 7)。ただし、本断層とその南東に分布する断層 F01-E4 を横断して、8 層上面、同層基底面 (9 層上面) および 9 層基底面には顕著な高度差は認められない (図 7)。断層 F01-E4 はシルト、砂からなる 11 層と細礫層である 10 層を明瞭に境している。

各断層と地層の切断・被覆関係は以下の通りである。断層 F01-E1 は 12 層, 11 層, 5 層および 4 層を変位させ、2a 層に覆われる。断層 F01-E2 は 11 層～6 層を変位させ、5 層に覆われている。断層 F01-E3 は 12 層～4 層を変位させ、3 層に覆われている。断層 F01-E4 は 11 層と 10 層を変位させ、9 層に被覆されている。

これらの断層のほかに、壁面にはグリッド E7～E9 間で 8 層および 7 層中に発達する高角度で傾斜する小断層群が認められる (図 7)。これらはいずれも 6c 層を変位させておらず、グリッド E8 付近の 1 条はその変形構造が確実に 6c 層に被覆されている。これらの 7 層を変位させ 6c 層に覆われる断層群を断層 F01-E5 と呼ぶ。

本壁面で確認された地層の変位・変形の状況から判断される各断層の活動時期は以下のとおりである。

断層 F01-E1 : 4 層堆積後で 2a 層堆積前

断層 F01-E2 : 6 層堆積後で 5 層堆積前

断層 F01-E3 : 4 層堆積後で 3 層堆積前

断層 F01-E4 : 10 層堆積後で 9 層堆積前

断層 F01-E5 : 7 層堆積後で 6c 層堆積前

[西壁面]

本壁面では、東壁面と同様に東に傾くとみられる湿地堆積物 (12 層), 東に緩く傾斜する河川堆積物 (11 層, 10 層, 7 層), 湿地堆積物 (9 層, 8 層, 6 層) に変位を与える断層群およびそれらを覆う斜面堆積物 (3 層, 2 層) が確認された (図 8, 9). 確認された断層群のうち, 数 10cm 以上の変位量をもつものは少なくとも 4 群が確認できる. それらを北西のものから断層 F01-W1, -W2, -W3, -W4 と呼ぶ (図 9). これらはいずれも北東-南西~北北東-南南西走向で東に 60~80° 傾斜している. 断層 F01-W1 および断層 F01-W4 は断層面が東に傾斜し, 東側が落下する見かけ上の正断層である. 断層 F01-W2 は北西傾斜の断層と南東傾斜の断層からなり, これらの断層に挟まれた部分の地層が地溝状に落ち込んでいる. 断層 F01-W3 は断層面がほぼ直立し西側の地層が落下している.

断層 F01-W1 は本壁面に分布する断層のうち最も連続性が良く, また東向きの低崖 A にほぼ一致し, さらに 12 層と 11 層を境する特徴から, 東壁面の断層 F01-E1 に対応すると考えられる (図 7). 11d 層基底面は, 本断層により断層面沿いに約 1.2 m 食い違い, 東側が低下している. 断層 F01-W2 は, 壁面下部では急傾斜する複数の断層が上方に向かって屈曲, 分岐, 雁行し, 全体的には漏斗状を呈する. 上述のように, こうした漏斗状の断層の東西両縁をなす断層に挟まれた部分の地層は断層変位を伴いつつ地溝状に落ち込んでいる. 断層 F01-W3 は複数の急傾斜の断層とそれらから派生, 分岐する南東, 北西に傾斜する複数の断層からなり, 全体としては幅約 1 m の断層帯を形成している. 断層帯内では, 断層の切り合い関係や地層の急傾斜 (一部直立), 厚化など複数回の断層活動を示唆する変形が認められる. 断層 F01-W4 は北西側の 11 層と南東側の 10 層を境する高角度で南東に傾斜する東落ちの断層である. 断層変位はわずかに 9 層中まで及んでいる (後述).

各断層と地層の切断・被覆関係は以下の通りである. 断層 F01-W1 は, 12 層および 11 層を変位させ, 3 層に覆われている. また, 断層 F01-W2 は, 11 層~6 層を変位させ, 3 層に覆われている. なお, 本断層のうち複数条は 8 層中で上方に殲滅し, 同層を覆う 6 層には変位が及んでいないようにみえる. しかしながら, これらの断層は下位の 10 層および 9 層にみられる変位がわずかであること, 断層 F01-W2 は複雑に湾曲, 分岐, 雁行する複数の断層から構成されていることから, 8 層中での断層の殲滅が同層堆積後, 6 層堆積前の断層活動とは言い切れない (例えば, Bonilla and Lienkaemper, 1990). 断層 F01-W3 は, 12 層~6 層に変位を与え, 3 層に覆われている. 断層 F01-W4 は 11 層と 10 層を変位させ, 9 層下部にもわずかな変

位が認められる。ただし、同断層による 10 層の変位に比べ 9 層のそれはわずかなため、9 層下部の変位は、9 層堆積後における周辺の断層群の活動に付随したものである可能性が高い。

本壁面で確認された地層の変位・変形状況から判断される各断層の活動時期として確実に認定されるものは以下のとおりである。

断層 F01-W1 : 11 層堆積後で 3 層堆積前

断層 F01-W2 : 6 層堆積後で 3 層堆積前

断層 F01-W3 : 6 層堆積後で 3 層堆積前

[底盤]

東壁面に分布する断層 F01-E1 は、東壁面底盤付近において 12 層と 11d 層を境する (図 7, 図 25)。一方、同断層の西延長にあたる (詳しくは後述) 西壁面の断層 F01-W1 は、底盤付近では断層の両側に 12 層が分布している (図 9)。こうした断層 F01-E1 および断層 F01-W1 を境にした東西両壁面における 12 層の分布は、これらの断層が横ずれ成分を伴っている可能性を示唆している。そこで、大塚第一トレンチに出現した断層の横ずれ成分の有無を検討するため、断層 F01-E1 と断層 F01-E2 沿いの地層が分布するグリッド E6 付近の底盤をほぼ水平に整形した (図 25)。その結果、12 層と 11d 層との境界が F01-E1 により見かけ上 30 cm 程度以上右ずれしていることが確認された (図 25)。断層 F01-E1 の南東に分布する断層 F01-E2 沿いの横ずれの有無は底盤の観察からは不明である。

(4-2) 大塚第二トレンチ

[東壁面]

本壁面には、東に緩く傾斜する礫混じり砂質シルト層 (5 層および 2a 層) と、グリッド E5 ~E6 付近に向斜軸をもち、壁面で凹状構造を示すように分布する礫混じりの腐植質シルト層、砂層、礫層、シルト層 (9 層~6a 層) と、9 層~6a 層に変位を与える断層群が確認された (図 10, 11)。確認された断層群のうち、数 10 cm 以上の変位量をもつものは、少なくとも 2 群が確認できる。それらは、北西のものから断層 F02-E1 および断層 F02-E2 と呼ぶ。また、グリッド E2~E5 にかけて、主として 9 層~6c 層に東側が低下する撓曲構造 (以下、撓曲 W02-E1 と呼ぶ) が確認される。断層 F02-E1 の主断層は、北東-南西走向で東に傾斜し、北西側の 13 層と南東側の 9~6 層が接する断層で、東側が低下する見かけ上の正断層である (図 11)。この断層 F02-E1 の地表延長は、後述する西壁面の断層 F02-W1 とともに東向きに低崖 A にほぼ一致する。しかしながら、いずれも断層を覆って分布する 5 層および 2a 層には低崖の形成に対応するような変位が認められないため、低崖はバルジ状小丘の縁を人工的に整形したものであると考えられる。本断層の主断層の下盤側では、複数の派生断層が生じており、主断層と分岐断層に挟まれた区間では 6 層が地溝状に落ち込んでいる。断層 F02-E2 は北東-南西

～北北東－南南西走向の複数の並走，分岐する断層群からなる（図 11）．全体的にはほぼ直立し，断層の西側が相対的に低下している．

グリッド E5～E7 間では，8 層および 7 層にわずかに変位を与える複数の断層が認められる．これらの断層群を断層 F02-E3 と呼ぶ．

各断層と地層の切断・被覆関係は以下の通りである．断層 F02-E1 は 13 層と 9 層～6a 層を変位させ，その構造が削剥されたうえに 5 層で覆われている．断層 F02-E2 は 9 層～6a 層を変位させているが，6 層中で上方に分散しながら殲滅しており，同断層と 5 層およびその上位の地層との関係ははっきりしない．撓曲 W02-E1 は，9 層～6c 層を西に 30° 程度傾斜させるものの，その傾斜している構造が削剥され 6b 層に覆われている．7 層は撓曲変形を覆う 6b 層と接していないものの，同層内に発達する層理面が 8 層と 7 層との境界と平行するように急斜していることから，確実に変形を受けていると判断される．一方，6c 層がこの変形を受けているか否かは同層の堆積構造からは明確ではない．ただし，8 層と 6c 層の境界面が 9 層と 8 層との境界面とほぼ平行するように急斜していることから 6c 層が変形を受けている可能性がある．8 層および 7 層にわずかな変位を与える断層 F02-E3 は 7 層内で殲滅し，同断層と 6c 層およびその上位の地層との関係は明確ではない．

本壁面で確認された地層の変位・変形の状況から判断される各断層のずれや変形の時期は以下のとおりである．

断層 F02-E1 : 6a 層堆積後で 5 層堆積前

断層 F02-E2 : 6a 層堆積後

撓曲 W02-E1 : 7 層堆積後（6c 層堆積後の可能性がある）で 6b 層堆積前

[西壁面]

本壁面には，大局的に東に傾斜する礫混じり砂質シルト層（5 層および 2a 層）と，グリッド W4 付近に向斜軸をもち，凹状変形を示すように分布する礫混じりの腐植質シルト層，砂層，礫層，シルト層（9 層～6a 層）と，9 層～6a 層に変位を与える断層群が確認された（図 12，13）．確認された断層群のうち，数 10 cm 以上の変位量をもつものは，少なくとも 2 群確認できる．それらを北西のものから断層 F02-W1 および断層 F02-W2 と呼ぶ（図 13）．トレンチ底盤の観察によりそれらは，東壁面に認められる断層 F02-E1 および断層 F02-E2 に対応する．また，8 層～6c 層を変位させる小断層が数条確認される（断層 F02-W3 および断層 F02-W4）．断層 F02-W1 は，北東－南西走向で，東に傾斜し，断層の東側が低下する見かけ上正断層を呈する．断層 F02-W2 は，北東－南西～北北東－南南西走向で上方に分散する断層からなり，8 層～6c 層に地溝状の構造が確認される．

各断層と地層の切断・被覆関係は以下の通りである．断層 F02-W1 は 13 層と 6b 層を変位させ，その構造が削剥された上に 5 層が被覆している．断層 F02-W2 は 8 層から 6a 層を変位さ

せているが、東壁面の断層 F02-E2 と同様に上方に向かって分散しながら 6 層中で殲滅し、砂礫層からなる 5 層およびその上位の地層まで断層の影響が及んでいるかは不明である。8 層と 7 層中に発達する高角度で傾斜する断層 F02-W3 は 6c 層に被覆されている。一方、断層 F02-W4 は 8 層、7 層および 6c 層基部を変位させているが、上方に殲滅しており 6c 層上部およびその上位の地層との関係は不明である。

本壁面で確認された地層の変位・変形の状況から判断される各断層の活動時期として確実に認定されるものは以下のとおりである。

断層 F02-W1 : 6b 層堆積後で 5 層堆積前

断層 F02-W2 : 6a 層堆積後

[底盤]

大塚第二トレンチに出現した断層の横ずれ成分の有無を検討するため、断層 F02-E2 が分布するグリッド E3~E4 間の底盤をほぼ水平に整形した (図 26a)。底盤には 9 層、8 層および 6c 層を切断する複数の断層が認められる (図 26b)。これらの断層による各地層の境界のずれは右ずれしているものと左ずれしているものが共存する。底盤に発達する断層の一部では、もとの走向に対してその走向を時計回りに回転させたのち、再びもとの走向に戻るように屈曲するところで上位の地層の落ち込みが認められる。こうした特徴は、断層が右ずれを伴うために生じた剪断変形である可能性がある。一方、底盤付近での地層の境界面はいずれも走向 N80°W 前後で南に 20~40°傾斜しており、断層の北西側が南東側に対して沈降することでもこうした見かけの右ずれが生じうる。

(4-3) 大塚第三トレンチ

大塚第三トレンチでは、東西両壁面とも低崖 A の延長部において 13 層と 11 層を境させ、2a 層に被覆される高角度の断層が確認された (図 14~17)。一方、低崖 B 付近では、基部付近において両壁面とも低崖付近の 13 層中に北東-南西~東西方向で高角の裂罅が複数条確認されるが、顕著な断層は認められない。

本壁面で確認された断層の活動時期は、11 層堆積後で 2a 層堆積前である。

以上のように、大塚地区では低崖 A および低崖 B の並走する 2 条の南東向きの低崖を横断するトレンチを掘削した。その結果、大塚第一トレンチから第三トレンチまでの全てのトレンチにおいて、バルジ状小丘の基部に位置する低崖 A の下方延長部に低崖と調和的な南東側低下の断層が出現した (図 6~17)。したがって、これらの断層は小丘の形成および成長と密接に関連する断層と考えられる。しかしながら、いずれのトレンチにおいても、これらの断層を斜面堆積物が覆い、斜面堆積物の基底面および上面には低崖に対応するような高度差が

認められない。こうした点から、大塚地区で認められる低崖 A 自体は、南東側の低地あるいは緩斜面の拡幅などのために人工的に改変した地形である可能性が高い（図 4, 5）。また、低崖 B を掘削した大塚第三トレンチには、低崖に対応する明確な断層は認められない（図 14～17）。このことから、低崖 B についても、バルジ状の高まりの南東斜面を人工的に改変した地形である可能性が高い。

（5）断層活動とその時期

大塚地区トレンチに出現した地層を明瞭に変位、変形を与える断層および撓曲について、それらと地層の切断、被覆関係から 4 回もしくは 5 回の断層活動が推定される。ここでは最新活動をイベント 1 とし、順にイベント 2, (3'), 3 および 4 とする。以下に各イベントの推定根拠と活動時期を述べる。

[イベント1]

大塚第一トレンチ東壁面において、見かけ上逆断層を呈する断層 F01-E3 が 4 層までの地層を変位させ、3 層に被覆されている（図 7）。また、同トレンチ西壁面において、見かけ上正断層を呈する断層 F01-W1 は 11 層に変位を与え、3 層に覆われる（図 9）。さらに、同壁面において東傾斜と西傾斜の複数の正断層からなり、それらに境された部分で地層が地溝状に落ち込むように変形する断層 F01-W2 および見かけ上逆断層を呈する断層 F0-W3 は、いずれも 6 層までの地層を変位させ、3 層に覆われる。

一方、大塚第一トレンチ東壁面の断層 F01-E1 は 4 層までの地層を変位させ、2a 層に覆われる（図 7）。また、大塚第三トレンチでは、断層 F03-E1 および-W1 が 11 層を変位させ、2a 層により被覆されている（図 15, 17）。このように、一見すると断層 F01-E1 および断層 F03-E1, -W1 の活動が上記の断層より新しい可能性があるように見える。ただし、これらの断層沿いには 3 層が分布しておらず、断層と 3 層との直接的な関係は不明である。断層 F01-E1 および断層 F03-E1, -W1 は、断層の位置と連続性、断層沿いに分布する地層、断層面の傾斜から判断すると、大塚第一トレンチ西壁面の断層 F01-W1 と一連の断層と考えられる（図 9）。この断層 F01-W1 は上述したように 3 層に覆われることから、断層 F01-E1 および断層 F03-E1, -W1 も同様に 3 層に変位を与えているとは考えにくい。

これらのことから、大塚地区トレンチにおける最新活動時期は 3 層堆積前と判断される。また、断層が変位させている最も若い地層は 4 層であることから、最新活動時期は 4 層堆積後となる。このように 4 層以下の地層を変位させ、3 層に覆われる活動をイベント 1 とする。

イベント 1 の年代は、ケース 1（年代曲線として図 18 の赤細線を採用した場合、以下のイベントも同様）の場合、試料 COTE-2 および試料 COTW-41 から 1,690 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前、ケース 2（年代曲線として図 18 の青細線を採用した場合）の場合、試料 COTE-1 と試料 COTW-24 から 2,340 cal yBP 以降で 1,880 cal yBP 以前、ケース 3（ケース 1 とケース 2

を包含する年代範囲；図 18 に灰色で囲まれた年代範囲) の場合，2,340 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前と推定される (図 18)。

ところで，イベント 1 に対応する明確な地層の変形は大塚第二トレンチでは認められない。ただし，上述のように同トレンチ東壁面の断層 F02-E2 および西壁面の断層 F02-W2 は変位量が小さく，かつ 6 層中で断層が分散，殲滅しているため，同層の上位の地層まで変形が及んでいるか不明である (図 11, 13)。肉眼では断層が確認できないものの 5 層まで変形が及んでいる可能性もあり，その場合，これらの断層がイベント 1 に対応している可能性もある。

[イベント 2]

大塚第一トレンチ東壁面において見かけ上正断層を呈する断層 F01-E2 は 6 層までの地層を変位させ，5 層に覆われる (図 7)。また，大塚第二トレンチにおいて見かけ上正断層を呈し，13 層と 6 層を境する東壁面の断層 F02-E1 および同トレンチ西壁面の断層 F02-W1 は，いずれもその変形構造が削剥された上に 5 層に覆われる (図 11, 13)。このように，6 層以下の地層を変位させ，5 層に覆われる活動をイベント 2 とする。

大塚第二トレンチ東壁面の断層 F02-E2 および同トレンチ西壁面の断層 F02-W2 は，上述したように 6a 層まで確実に変位を与えるが，同層内で分散，殲滅するため，上位の 5 層まで変形が及んでいるか不明である。5 層が両断層の活動後に堆積したものであるとすれば，これらの断層の活動はイベント 2 によるものである可能性がある。

ところで，大塚第一トレンチ東壁面の断層 F01-E1 のグリッド E4.5・248.34 m 付近から上方に派生する断層は 11～10 層に変位を与えるものの 5 層に覆われており，イベント 2 に対応する断層である可能性がある (図 7)。一方，同断層のグリッド E5・247.34 m 付近から上方に向かって派生する断層群のうち，最も東側の断層は 11～10 層のみならず 5 層にもわずかに変位を与えている (図 7)。このようなわずかな変位が 5 層堆積後 (あるいは堆積中) の独立したイベントで生じたものであるか，それとも断層 F01-E1 の主断層部がイベント 1 で活動した際に付随してわずかに生じた変位であるかを判断することはできない。ここでは，前者の可能性を支持する地質学的証拠が認められないことから，後者の可能性が高いと判断した。

イベント 2 の年代は，ケース 1 の場合，試料 C0TE-28 と試料 C20TW-24 から 9,400 cal yBP 以降で 7,790 cal yBP 以前，ケース 2 の場合，試料 C0TW-1 と試料 C20TE-3 から 11,090 cal yBP 以降で 10,300 cal yBP 以前，ケース 3 の場合，11,090 cal yBP 以降で 7,790 cal yBP 以前と推定される (図 18)。

[イベント 3・イベント 3']

大塚第一トレンチ東壁面において 8 層および 7 層中に発達する複数の小断層群からなる断層 F01-E5 はいずれも 6c 層を変位させておらず，そのうち 1 条はその変形構造が確実に 6c 層

に被覆されている（図 7）. このように、7 層以下の地層を変位させ、6c 層に覆われる活動をイベント 3 とする.

同トレンチ西壁面においてこのイベントを示す明確な証拠は認められないものの、いずれも 7 層中部付近まで変位を与え 7 層中で殲滅する断層 F01-W3 から北西に派生する北傾斜の断層群および断層 F01-W4 の西方で上記派生断層群と平行する断層がこのイベントに対応している可能性がある（図 9）.

ところで、大塚第二トレンチ東壁面のグリッド E4 付近から E6 付近にかけて発達する撓曲 W02-E1 は、9 層～6c 層を 30° 程度西傾斜させ、その傾斜している構造が削剥されて 6b 層に覆われている（図 11）. 7 層は撓曲変形を覆う 6b 層と接していないものの、同層内に発達する層理面が 8 層と 7 層との境界と平行するように急斜していることから、確実に変形を受けていると判断される. 一方、6c 層がこの変形を受けているか否かは同層の堆積構造からは明確ではない. ただし、8 層と 6c 層の境界面が 9 層と 8 層との境界面とほぼ平行するように急斜していることから 6c 層が変形を受けている可能性がある. 6c 層がこの撓曲変形を受けていない場合には、この撓曲変形の形成時期は 7 層堆積後、6c 層堆積前となり、大塚第一トレンチ東壁面の断層 F01-E5 から認定されたイベント 3 と対応する（図 7）. 一方、6c 層が撓曲 W02-E1 による変形を受けている場合には、撓曲変形の形成時期は 6c 層堆積後、6b 層堆積前となる. 後者の場合、独立したイベントがイベント 3 とイベント 2 の間に発生したことになり、これをイベント 3' とする. 大塚第二トレンチ西壁面において 8 層、7 層および 6c 層基部を変位させる断層 F02-W4 は、イベント 3' の活動時にわずかにすべりが生じたものである可能性があるものの、上述したように上方に殲滅しており、同断層と 6c 層上部およびその上位の地層との関係は不明である（図 13）.

イベント 3' の年代は、ケース 1 の場合、試料 C20TW-15 と試料 C20TW-10 から 16,810 cal yBP 以降で 14,180 cal yBP 以前、ケース 2 の場合、試料 C20TE-7 と試料 C20TE-5 から 23,430 cal yBP 以降で 20,030 cal yBP 以前、ケース 3 の場合、23,430 cal yBP 以降で 14,180 cal yBP 以前と推定される（図 18）.

イベント 3 の年代は、ケース 1 の場合、試料 C20TE-8 と試料 C20TW-20 から 26,530 cal yBP 以降で 26,100 cal yBP 以前、ケース 2 の場合、試料 C0TW-40 と試料 C20TW-20 から 28,870 cal yBP 以降で 26,100 cal yBP 以前、ケース 3 の場合、28,870 cal yBP 以降で 26,100 cal yBP 以前と推定される（図 18）.

[イベント 4]

本イベントは大塚第一トレンチのみで認められる. 同トレンチ東壁面において見かけ上正断層を呈し 10 層と 11 層を限る断層 F01-E4 は 9 層に覆われる（図 7）. また、同壁面では断層 F01-E3 から東に立ち上がるように派生する西に中～高角度で傾斜する小断層群は 11～10

層まで変位を与えるものの9層には変位が及んでいない。このように、10層以下の地層を変位させ、9層に覆われる活動をイベント4とする。

ところで、西壁面において高角度で東側低下の断層 F01-W4 は10層に明瞭な変位を与える一方、わずかに9層まで変位が及んでいる(図9)。これはここでの断層活動が9層堆積以降を意味しており、上記のイベント4とは活動層準が異なる。ただし、両地層のずれ量に注目すると10層には20~30 cm程度の落差が生じているのに対し、9層ではずれが急激に減少し同層中で殲滅する。こうしたことから、断層 F01-W4 はイベント4の際に活動したのち、その後のイベントに伴い同断層を構成する断層の一部がわずかに変位した可能性が考えられる。

イベント4の年代範囲を限定する年代値は、ケース1とケース2とも同じであり、試料 COTW-29 と試料 COTW-10 から 29,020 cal yBP 以降で 28,760 cal yBP 以前と推定される(図18)。

3. 2 国分地区変動地形調査

(1) 調査地点の概要

曾根丘陵断層帯中央部の一宮一八代付近の断層沿いでは御坂山地から北西流する諸河川により形成された扇状地性の低位段丘面群が広く分布する(図1)。そのうち、金川右岸に位置する国分地区付近では、氾濫原面(L0面)の上位にL1面およびL2面の2段の低位段丘面が分布し、それらには北東-南西方向に延びる北西向きの低崖が発達している(図28, 29; 丸山・斉藤(2005)では低位の面から氾濫原面, TL-II面, TL-I面としている)。丸山・斉藤(2005)はこの崖について、i) 走向が金川の流路方向と直交していること、ii) 不明瞭ながら、新旧の段丘面で崖の落差に違いがあり、新期のものほど落差が小さいこと、iii) 崖が曾根丘陵断層帯(曾根丘陵断層群)の延長上に位置し、変位の方向も調和的であることから、曾根丘陵断層帯の東方延長部にあたり、最近の活動により生じた断層崖である可能性が示唆される、とした。地震調査委員会(2006)は、この低崖を含む周辺の崖を一宮一八代付近の断層とした。また、丸山・斉藤(2005)は、図28の地点Aにおいて採取したL2面を構成する砂礫層を覆うフラッドローム層中の炭試料の¹⁴C年代値から、L2面の形成時期が約1万年前と推定した(2点の試料のうち、上位の試料は13,720-13,440 cal yBP (11,730±40 yBP) 下位の試料は20,110-19,670 cal yBP (16,500±60 yBP) の¹⁴C年代値を示す)。さらに、上記特徴ii)で述べたように落差2~3 mの明瞭な低崖が発達するL2面に対して、L1面にもわずかながら北西向きの崖地形が認められることから、国分地点でみられる断層は完新世に累積的に活動している可能性があるとした。丸山・斉藤(2005)では当地区の地形の詳細を検討するため、解析図化機を用いて1962年撮影縮尺約2万分の1空中写真から等高線図を作成し、低崖の分布を図示した。しかしながら、変位の累積の根拠となるL1面とL2面における低崖の落差の計測は行なっていなかった。

(2) 航空レーザデータを用いた詳細地形表現および現地計測

国分地区における低位段丘面上に認められる低崖地形を明確に表現するため、2007年に国土交通省関東地方整備局により取得された航空レーザ計測データについて1 mグリッドのデジタル標高モデル (DTM) に加工し、陰影図、等高線図、傾斜量図、地形断面図など各種の図を作成した。データの加工は朝日航洋株式会社に依頼した。細密地形データから作成した陰影図には、道路、畑、民家などの区画が詳細に表現されており、等高線図と組み合わせることにより、地形面の傾斜方向や連続的な低崖を認定することができる。ただし、現在の地形の一部は、耕地整理や道路建設により丸山・斉藤 (2005) が検討した1940～1960年代の空中写真から判読される地形状況とは異なっている。そのため、図29に示す地形面区分は主として米軍撮影空中写真判読に基づいている。細密地形データから作成した等高線入り陰影図には、丸山・斉藤 (2005) が認定したL2面上に認められる北西向きの低崖が約300 mにわたって明瞭に表現されている (図29の赤太破線部)。一方、その南西延長部のL1面では低崖は明確に表現できない。これは、低崖の落差が小さいことに加えて、L1面上の低崖の一部は竹林内に保存されており、植生の密集によりフィルタリングによる地盤データの抽出が困難なため、航空レーザデータから作成した陰影図や等高線には表現されないことによると考えられる。

そこで、こうした航空レーザデータに基づく詳細地形でも十分に表現することが困難な低崖を正確に計測するため、本調査では図29に示す断面P6～断面P8の3測線について、トータルステーションを併用した現地地形断面測量を実施した。測線は可能な限り低崖の延びの方向と直交するように設定した。断面P6は桃畑、断面P7は竹林、断面P8は道路と桃畑をそれぞれ横切る。3測線の測量結果をN25°W方向に投影した地形断面図を図30に示す。この図から、L2面を横切る断面P8の落差は約2.5 mであるのに対し、より低位のL1面を横切る断面P6および断面P7はいずれも約1.3 mの落差を示す。最小の落差を示すL1面上の低崖が同地区の一宮一八代付近の断層の最新活動で生じた上下変位であり、同時に地震活動毎にほぼ同様の上下変位量を示すと仮定すると、L2面上の低崖の落差がL1面上のその約2倍であることから、L2面上の低崖は最新活動とそれに先行する活動の計2回の活動を記録している可能性がある。

このように国分地区で認められる低位段丘面を変位させている可能性がある落差2 m程度の低崖は同地区東方延長部や金川左岸側でも扇状地性段丘面上に認められる (図28)。ただし、金川およびその支流の新期の氾濫により低崖地形が消失している可能性があり、金川東岸と西岸の低崖の連続性は不明確である。トータルステーションを用いた測量による国分地区の北東および南西延長部の低崖を横切る地形断面図を図31に示す。なお、左岸側の低崖には国分地区で推定されるような複数回の活動を示す地形学的特徴は認められない。

3. 3 国分地区トレンチ調査

(1) 調査地点の概要

上述したように、国分地区において完新世における複数回の断層活動の可能性を示す北西向きの低崖が認められ、詳細地形測量の結果、最新活動時における同地点の上下変位量は1.3 m程度である可能性が示された(図 29, 30)。この低崖が断層活動によるものであることを地質学的に確認することを目的として、低崖を横切るトレンチを計画した。調査地点一帯は桃畑が広がり、低崖は石積みとして桃畑を境している。石積みの延びは湾曲しており、畑の整地に伴い、切土あるいは盛土されている可能性がある(図 32, 33)。さらに、国分地点は古代甲斐国の仏教拠点である甲斐国分寺跡に近接し、周辺には集落遺跡が確認されている(例えば、猪俣, 1996)。こうしたことを考慮すると、古代の人工改変により実際の断層崖の出現位置が現在の低崖の位置と一致していない可能性もある。そのため、本来は掘削に際しては低崖を跨いだ両側でボーリング調査を実施する、あるいは十分な掘削規模を確保する必要がある。しかしながら、今回の調査地点は崖の両側の桃畑ともボーリング機材を設置するスペースが確保できず、また石積みを破壊してトレンチを掘削する許可を得ることができなかった。そこで、今回は掘削の許可が得られた低崖を境に相対的に高位置にある崖の南東側の桃畑を掘削して、断層による地層の変形の有無の確認を行った(図 32)。ただし、桃畑に植えられている桃の木の伐採の許可を得ることができなかったため、掘削は桃の木を避けて設定せざるを得ず、結果的には低崖の走向と直行する北西-南東方向に長軸をもつ長さ約 12 m、幅約 2 m、深さ最大約 1.5 m のトレンチを1箇所掘削した(図 32)。法面の傾斜は東壁面では約 70°、南西壁面では約 80°とした。

調査地点周辺の地質は、北西に流下する金川が運搬した後期更新世~完新世の扇状地堆積物からなる(例えば、片田, 1956; 尾崎ほか, 2002)。扇状地堆積物は後背地の地質を反映して、中期中新世の花崗閃緑岩を主体とし、西八代層群の凝灰岩、凝灰角礫岩、玢岩類の礫を含む主に砂礫からなる(一宮町誌編纂委員会編, 1967)。

(2) 壁面にみられる地質

国分トレンチでは、上位から耕作土、人工攪乱層および扇状地性段丘面(L1面)を構成する巨礫を含む土石流堆積物が分布する(図 34~37)。ここでは、トレンチ壁面でみられる地層を、連続性、上面の削剥の有無、地質構造の違いの有無、層相およびそれから推定される堆積環境の相違などに基づいて、上位から1層~4層に区分した。また、基質の粒径および色調の違いから3層を3a層と3b層に細分した(表 12, 図 35, 37)。以下、各地層について記載する。

[1層] 耕作土。本土層は礫混じりのシルト質砂からなり、径 0.5~3 cm の概ね新鮮な亜円~亜角礫を含む。

[2層] 人工攪乱層。本層は礫混じりの腐植質砂質シルトからなる。畑の整地のための盛

土（客土）である。径 2～35 cm の風化しマサ化した礫を多く含む。トレンチ掘削前に笛吹市教育委員会文化財課により実施された試掘の埋蔵文化財調査報告書によると、本層中からは縄文時代後期の土器・石器・土偶・土製品（耳飾）の破片が多数出土するほか、奈良時代の土器、古墳時代前期と考えられる土師器の摩滅した破片が出土する。

[3a 層] 土石流堆積物。本層は黄灰色を呈し、径 5～20 cm の垂円～垂角礫が主体をなし、基質は中粒～粗粒砂を主体とする。

[3b 層] 土石流堆積物。本層は、礫混じりの腐植質砂質シルトからなる。径 5～20 cm の概ね新鮮な花崗岩類垂円～垂角を主体とし、一部風化しマサ化した礫を含む。

[4 層] 土石流堆積物。砂礫層からなる本層は、径 15～70 cm の概ね新鮮な花崗岩類垂円～垂角を主体とし、一部に風化しマサ化した礫を含む。基質は細粒～粗粒砂である。

（3）¹⁴C年代測定

国分トレンチに分布する地層の年代を把握するため、西壁面において 3b 層から有機質堆積物 1 試料（試料 CKBW-4）、2 層から有機質堆積物 1 試料（試料 CKBW-2）の計 2 試料について ¹⁴C 年代測定を実施した（図 37）。分析は、株式会社地球科学研究所を通して米国 Beta Analytic Inc. に依頼した。なお、年代値の暦年較正には暦年較正プログラム OxCal v. 4. 2 (Bronk Ramsey, 2009) を使用し、較正曲線には IntCAL13 (Reimer et al., 2013) を用いた。年代測定結果を表 13 に示す。試料 CKBW-4 は 4,090-3,900 cal yBP、試料 CKBW-2 は 2,470-2,320 cal yBP の年代値を示す。3b 層中から採取した試料 CKBW-4 の年代値からは、本調査地点の扇状地性段丘面（L1 面）の形成時期が約 4,160 年前以降（cal yBP の基点が 1950 年であることを考慮した年代）である可能性を示す。これは丸山・斉藤（2005）により報告された上位の扇状地性段丘面（L2 面）の形成年代（暦年較正すると約 13,790 年前以降）と矛盾しない。2 層中から採取した試料 CKBW-2 の年代値は、上述した同層から古墳時代前期と考えられる土師器の破片が出土するとの埋蔵文化財調査結果と矛盾する。この矛盾は、2 層を構成する客土が古い地層を母材としていることに起因するものと考えられる。

（4）地質構造

西壁面においてトレンチ範囲全域に分布し、地形と調和的に北に緩やかに傾斜する 4 層の上面（3b 層の基底面）はグリッド W2 付近以北で傾斜を増す（図 37）。壁面全体では 4 層上面は約 0.6 m の比高を伴っている。上述のように、変動地形学的検討に基づくと断層はトレンチ地点の北西の低崖付近に推定されており、こうした 4 層上面のトレンチ北端部での増傾斜は、4 層堆積後（3b 層の基底面形成後）の断層の活動に伴う地層の撓みの一部である可能性もある。一方、トレンチ掘削範囲の制約により 4 層上面の増傾斜区間の広がり不明であることから、増傾斜部分は巨礫を主体とする土石流堆積物である 4 層堆積時の地表面の初生的

な凹凸，あるいは3b層堆積前の削り込みによるものである可能性もある．段丘化した扇状地では，礫層上面が凹凸に富むことは岡崎（1967）などにより報告されている．

また，3a層は，東壁面ではグリッドE4付近以北に，西壁面ではグリッドW5～6間以北に分布し，北に傾斜する3b層上面の起伏を埋積しているように見える（図35，37）．特に，東壁面ではグリッドE3付近からE4付近にかけて3a層に覆われる3b層はそれ以南に比べて急斜している（図35）．しかしながら，3a層を覆う2層は畑の整地のための盛土であり，西壁面ではほぼ水平で，東壁面では小段状を示す2層下面の形態に基づくと，当初はグリッドE4付近以南，グリッドW5～6間以南にも分布していた3a層が2層分布前の整地により削り取られた可能性が高い．

以上の観察結果から，国分トレンチには，東，西両壁面とも断層やそれに関連する明確な地層の変形の存在については断定できない．

4. まとめ

4. 1 断層帯の位置および形態

（1）断層帯を構成する断層

曾根丘陵断層群が分布する大塚地区において，東北東－西南西方向に断続的に延びるバルジ状の小丘（現在は大部分が消失，図2）の北西斜面基部付近には，これまで北西側低下の断層が認定あるいは推定されているのに対し，南東側斜面基部には活断層の分布が示されていなかった（例えば，今泉ほか，1998；中田・今泉編，2002）．唯一現存している最も西方の小丘の南東側斜面基部で実施したトレンチ調査の結果，東北東－西南西走向の断層が出現し，約3万年前以降に4回もしくは5回の断層活動が確認された（図18）．この断層は相対的に北側が隆起しており，バルジの形成に関与しているものと判断される．また，バルジが調査地点から東北東方向に延びていることから，この断層もバルジの基部に沿って連続し，曾根丘陵断層群を構成していると推定される．

（2）断層面の位置・形状

本調査からは曾根丘陵断層帯の断層面の位置・形状について従来の評価の改訂に資する新たなデータは得られていない．ただし，航空レーザデータを用いた詳細地形表現および現地計測の結果，金川右岸に分布する扇状地性の段丘面を変位させるとみられる一宮－八代付近の断層が同川左岸にも延びる可能性がある（図28）．

（3）変位の向き

曾根丘陵断層帯の変位の向きは，同断層沿いの変動地形学特徴に基づき，南東側隆起の逆断層とされている（地震調査委員会，2006）．

ところで、山梨県北東部の微小地震の震源決定と発震機構解を推定した今西ほか（2016）は、曾根丘陵断層帯を含む甲府盆地周辺の応力場を、横ずれタイプの地震で特徴づけられ、水平面内に作用する最大主応力軸（ S_{Hmax} ）の方位が西北西－東南東とされる応力区 C，横ずれを伴う逆断層タイプの地震が発生する S_{Hmax} の方位が東西とされる応力区 D，および逆断層が支配的な応力区 E に区分し、曾根丘陵断層帯が応力区 C，E と応力区 D との境界に位置していることを明らかにした。今西ほか（2016）は、これらの応力区における S_{Hmax} の方位はいずれも曾根丘陵断層帯の走向に対して斜交しており、逆断層が主体であるとする変動地形学的に基づく変位様式と矛盾すると指摘している。

大塚第一および第二トレンチに出現した断層は、見かけ上正断層と逆断層が混在し、それらの断層面は高角度で傾斜するものが多い（図 7，9，11，13，27）。また、大塚第一トレンチでは、断層を境にその両側で接する地質や地層の層厚が大きく異なる（図 7，9）。こうした特徴は、大塚地区で確認された断層が横ずれ成分を伴っている可能性を示す。

横ずれセンスについては、大塚第一トレンチ底盤の観察の結果、断層 F01-E1 および断層 F01-W1 には右ずれ成分を伴うことを示す地層のずれが確認された（図 25）。一方、大塚第二トレンチ底盤では、断層 F02-E2 および断層 F02-W2 には明確な右ずれは認められず、見かけ上右ずれと左ずれが共存している（図 26）。大塚地区トレンチ壁面で計測した断層面の走向は、概してバルジ状の小丘の延びの方向に対して反時計回りを向く（図 27）。こうした断層の配列は左横ずれを伴う可能性を示唆する。このように、大塚地区においては、横ずれ成分が推定されるものの、そのセンスについては現段階では明確ではない。

4. 2 断層帯の過去の活動

（1）平均変位速度

国分地区において、L2 面上に発達する低崖の落差が約 2.5 m と計測された。丸山・斉藤（2005）は L2 面を構成する砂礫層を覆うフラッドローム中から採取した炭試料の ^{14}C 年代測定値として 13,720-13,440 cal yBP (11,730±40 yBP) および 20,110-19,670 cal yBP (16,500±60 yBP) を報告している。約 13,790 年前以降に形成されたと考えられる L2 面に生じた低崖の落差から、国分地区における一宮一八代付近の断層の平均変位速度の上下成分は約 0.2 m/千年以上の可能性がある。この値は、曾根丘陵断層帯西部の曾根丘陵断層群から報告されている平均変位速度 (0.1~0.6 m/千年，澤 (1981)；1.1 m/千年以上，丸山・斉藤 (2006)) に比べて小さい可能性がある。なお、松田 (2000) は、平均変位速度を算出する際には、多数のイベントを含む十分に長い期間（通常数万年程度）に累積した変位量をその期間の年数で除いたものであり、1 回や 2 回のイベントしか含まれていない期間を年数として求めるべきではないとしている。それに照らすと、国分地区で推定された変位速度は一宮一八代付近の断層の長期的な平均変位速度を示していない可能性がある。

(2) 活動時期

大塚地区トレンチに出現した断層および撓曲と地層の切断、被覆関係から 4 回もしくは 5 回の地層を明確に変位、変形を与える断層活動が推定される。各活動の時期を、上述のように採用する 2 つの異なる年代曲線から推定された年代範囲（ケース 1 およびケース 2）とそれらの結果を包含する年代範囲（ケース 3）の 3 通りで示す（図 18）。

イベント 1 の年代は、ケース 1（年代曲線として図 18 の赤細線を採用した場合）の場合、1,690 cal yBP 年前以降で 790 cal yBP 以前、ケース 2（年代曲線として図 18 の青細線を採用した場合）の場合、2,340 cal yBP 以降で 1,880 cal yBP 以前、ケース 3（ケース 1 とケース 2 を包含する年代範囲；図 18 に灰色で囲まれた年代範囲）の場合、2,340 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前と推定される。

イベント 2 の年代は、ケース 1 の場合、9,400 cal yBP 以降で 7,790 cal yBP 以前、ケース 2 の場合、11,090 cal yBP 以降で 10,300 cal yBP 以前、ケース 3 の場合、11,090 cal yBP 以降で 7,790 cal yBP 以前と推定される。

イベント 3' はイベント 2 とイベント 3 の間に存在する可能性があるイベントであり、その年代は、ケース 1 の場合、16,810 cal yBP 以降で 14,180 cal yBP 以前、ケース 2 の場合、23,430 cal yBP 以降で 20,030 cal yBP 以前、ケース 3 の場合、23,430 cal yBP 以降で 14,180 cal yBP 以前と推定される。

イベント 3 の年代は、ケース 1 の場合、26,530 cal yBP 以降で 26,100 cal yBP 以前、ケース 2 の場合、28,870 cal yBP 以降で 26,100 cal yBP 以前、ケース 3 の場合、28,870 cal yBP 以降で 26,100 cal yBP 以前と推定される。

イベント 4 の年代範囲を限定する年代値は、ケース 1 とケース 2 と同じであり、29,020 cal yBP 以降で 28,760 cal yBP 以前と推定される。

曾根丘陵断層帯の西方には、糸魚川—静岡構造線断層帯市之瀬^{いちのせ}断層群が曾根丘陵断層帯とほぼ直交するように南北方向に分布する（例えば、活断層研究会編，1991；中田・今泉編，2002；糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ，2010；図 1）。同断層群は、ともに西に傾斜する前縁断層と山麓断層の 2 条の断層からなり、トレンチ調査により最近の活動履歴が明らかにされている（遠田ほか，2000；三浦ほか，2002；図 1）。それによると、前縁断層の最新活動時期および 1 回前の活動は、6,270 cal yBP 以降で 3,990 cal yBP 以前、10,930 cal yBP 以降で 9,520 cal yBP 以前（遠田ほか，2000）、山麓断層の最新活動時期および 1 回前の活動は、それぞれ 1,270 cal yBP 以降で 665 cal yBP 以前、4,810 cal yBP 以降で 3,355 cal yBP 以前と報告されている（三浦ほか，2002）。なお、山麓断層の 1 回前の活動に関しては、その認定根拠に不確かさがあるとされている（三浦ほか，2002）。ここでは、遠田ほか（2000）

および三浦ほか（2002）に示されている Conventional ^{14}C age に対して、本調査で得られた結果と比較するため、本報告書で採用した暦年較正曲線と較正プログラムを用いて較正を行い、イベントの年代範囲を 95.4% 確率範囲で示した。その結果、前縁断層の最新活動時期および 1 回前の活動は、それぞれ 6,280 yBP 以降で 3,990 cal yBP 以前、12,990 cal yBP 以降で 9,540 cal yBP 以前、山麓断層の最新活動時期および 1 回前の活動は、それぞれ 1,310 cal yBP 以降で 560 cal yBP 以前、4,830 cal yBP 以降で 3,220 cal yBP 以前となる（図 38）。本調査で実施した大塚地区トレンチで推定されたイベント 1 の活動時期（2,340 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前；ケース 3 の場合、以下同じ）は山麓断層の最新活動時期に、またイベント 2 の活動時期（11,090 cal yBP 以降で 7,790 cal yBP 以前）は前縁断層の 1 回前の活動と年代範囲内で重なり合う（図 38）。ただし、本調査によるイベント 1 と 2 について、ケース 1 の年代値曲線を採用した場合には、イベント 2 の時期は前縁断層の 1 回前の活動の時期が、逆に、ケース 2 の年代値曲線を採用した場合には、イベント 1 の時期が山麓断層の最新活動のそれとは重なり合わない（図 38）。

（3）1 回の変位量

国分地区における最低位の段丘面である L1 面上に発達する落差約 1.3 m の低崖が曾根丘陵断層帯（一宮一八代付近の断層）の最新活動により生じたものとする、同地区における 1 回の変位量の上下成分は約 1.3 m の可能性がある（図 30）。なお、上位の L2 面に認められる低崖の落差が L1 面上に発達する低崖の落差の約 2 倍である約 2.5 m と計測されることから、同地区では最新活動に先行する活動でも最新活動時とほぼ同等の上下変位が生じた可能性がある。ただし、この低崖が断層活動に伴うものであることを示す地質学的証拠は得られていない。

一方、大塚地区では 1 回の変位量に関する具体的な資料を得ることはできなかった。

（4）活動間隔

大塚地区で実施した 3 箇所でのトレンチ調査を集約した結果、11a 層堆積後で 3 層堆積前の期間に 4 回もしくは 5 回の明瞭な断層変位や撓曲変形を伴う断層活動が認められた。各古地震イベントの年代範囲は、上述のようにイベント時期の上限と下限として採用する年代値によって大きく変動する。ここでは、地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会（2005）の手法に従い、大塚地区における平均活動間隔を見積もる。それによると、最新活動時期（ t_1 ）を含め全体で n 回（ $n \geq 2$ ）の活動があったことと最初の活動時期（ t_n ）が判明している場合の平均活動間隔（ R_1 ）は、以下のように求めることができる。

$$R_{1_{\min}} = (t_{n_{\text{new}}} - t_{1_{\text{old}}}) / (n-1)$$

$$R_{1_{\max}} = (t_{n_{\text{old}}} - t_{1_{\text{new}}}) / (n-1)$$

ここで、 $t_{1_{new}}$, $t_{n_{old}}$, $t_{n_{new}}$, $t_{n_{old}}$ は、それぞれ最新活動時期の最も若い年代範囲、最新活動時期の最も古い年代範囲、最初の活動時期の最も若い年代範囲、最初の活動時期の最も古い年代範囲を示す。

大塚地区で認定された各イベントの年代範囲は、図 18 の赤細線で示す年代曲線を採用した場合（ケース 1）、最新活動（イベント 1）時期は 1,690 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前に、また最初の活動（イベント 4）の時期は 29,020 cal yBP 以降で 28,760 cal yBP 以前の範囲内に収まる。一方、各イベントの年代範囲に対して青細線で示す年代曲線を採用した場合（ケース 2）、最新活動時期および最初の活動は、それぞれ 2,340 cal yBP 以降で 1,880 cal yBP 以前、29,020 cal yBP 以降で 28,760 cal yBP 以前を示す。さらに、両者を含めた年代範囲（図 18 の灰色で示した範囲）を採用した場合（ケース 3）、最新活動時期および最初の活動は、それぞれ 2,340 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前、29,020 cal yBP 以降で 28,760 cal yBP 以前となる。

これらの年代値を上記計算式に代入すると、ケース 1 の場合、活動回数が 4 回では、 $R_{1_{min}}$, $R_{1_{max}}$ はそれぞれ約 9,020 年、約 9,410 年を示し、活動回数が 5 回では、それぞれ約 6,770 年、約 7,060 年を示す。ケース 2 の場合、活動回数が 4 回では、 $R_{1_{min}}$, $R_{1_{max}}$ はそれぞれ約 8,810 年、約 9,050 年を示し、活動回数が 5 回では、それぞれ約 6,610 年、約 6,790 年を示す。ケース 3 の場合、活動回数が 4 回では、 $R_{1_{min}}$, $R_{1_{max}}$ はそれぞれ約 8,810 年、約 9,410 年を示し、活動回数が 5 回では、それぞれ約 6,610 年、約 7,060 年を示す。

以上のことから、大塚地区における過去約 3 万年間の明瞭な断層変位や撓曲変形を伴う断層活動の平均的な発生間隔は約 9,410~6,610 年と推定される。ただし、イベント 3 とイベント 4 の間隔は最短で約 2,920 年以下（図 18 の青細線の年代曲線を採用した場合）を示し、またイベント 3' が実在しない場合には、26,100 cal yBP から 11,090 cal yBP までの約 15,010 年間にわたり断層活動のない時期が存在することになり、実際には活動間隔は前後するイベント間で大きくばらつく可能性がある。

（5）活動区間

本調査からは曾根丘陵断層帯の活動区間に関する具体的なデータは得られていない。ただし、トレンチ調査により推定された大塚地区における曾根丘陵断層群の完新世の活動の時期と回数（11,090 cal yBP 以降で 7,790 cal yBP 以前と 2,340 cal yBP 以降で 790 cal yBP 以前の 2 回；ケース 3 の場合）は、国分地区で実施した変動地形調査から推定された一宮一八代付近の断層における低位段丘面形成時期以降の活動時期と活動回数（13,720 cal yBP 以降と 4,090 cal yBP 以降の 2 回）と概ね対応している。このことは少なくとも完新世においては、曾根丘陵断層群と一宮一八代付近の断層が一つの活動区間として活動した可能性を示す。

謝 辞

本調査の実施に際し、山梨県防災局防災危機管理課、市川三郷町役場企画防災課ならびに笛吹市役所総務部防災危機管理課各位にはご協力をいただきました。笛吹市教育委員会文化財課の瀬田正明様には、国分トレンチ掘削に先立って埋蔵文化財確認調査を実施していただき、出土した遺物片の年代等についてご教示いただくとともに金川右岸の遺跡の分布や年代についてご教示いただきました。大塚トレンチおよび国分トレンチのトレンチサイトおよび重機搬入路の地権者様には、調査の趣旨をご理解いただき、快く土地の使用・掘削を認めていただきました。本調査のうちトレンチ調査は株式会社ダイヤコンサルタントに依頼しました。

以上の皆様に心より御礼申し上げます。

(調査担当：丸山 正)

文 献

- Allmendinger, R. W., Cardozo, N. C. and Fisher, D. M. (2013) *Structural Geology Algorithms: Vectors and Tensors*. Cambridge University Press, Cambridge, England, 289 pp.
- 安間 恵・長岡正利・丹羽俊二・関本勝久・吉川昌伸・藤根 久 (1990) 諏訪湖湖底の構造調査と環境地質. 地質学論集, no. 36, 179-194.
- Bonilla, M. G and Lienkaemper, J. J. (1990) Visibility of fault strands in exploratory trenches and timing of rupture events. *Geology*, 18, 153-156.
- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.
- 一宮町誌編纂委員会編 (1967) 「一宮町誌」. 一宮町, 1, 453 p, 図版 23 枚.
- 平野信一 (1984) 放射性炭素年代測定と地層の年代-丹那断層名賀地区トレンチ調査の場合-. 月刊地球, 6, 178-185.
- Ikeda, Y. (1983) Thrust-front migration and its mechanism-Evolution of intraplate thrust fault systems-. *Bull. Dept. Geogr., Univ. Tokyo*, no. 15, 125-159.
- 今泉俊文・澤 祥・東郷正美・池田安隆 (1998) 1:25,000 都市圏活断層図「甲府」. 国土地理院技術資料, D.1-No. 355.
- 今西和俊・内出崇彦・松下レイケン (2016) 臨時地震観測による山梨県北東部の微小地震の発震機構解と応力場. 活断層・古地震研究報告, no. 16, 53-77.
- 猪俣善彦 (1996) 金川扇状地の土地開発-甲斐国分寺周辺の集落-. 帝京大学山梨文化財研究所研究報告, 7, 219-2389.
- 糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ (2010) 「糸魚川-静岡構造線断層帯変動地形資料集 No. 4 南部 (白州~鰍沢間)」. 26p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) 曾根丘陵断層帯の評価, 18 p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (2005) 「基盤的調査観測対象活断層の評価手法」報告書-これまでの長期評価手法のとりまとめ-. 106 p.
- 金田平太郎・竹村恵二・金原正明 (2002) 山地斜面におけるピット調査-活断層の最新活動時期解明手法としての有効性と問題点: 駄口断層を例として-. 地学雑誌, 111, 747-758.
- 片田正人 (1956) 5万分の1地質図幅「甲府」および説明書. 地質調査所.
- 加藤直子・佐藤比呂志・今泉俊文・加藤 一・井川 猛・荻野スミ子・木村治夫・楳原京子・小池太郎 (2006) 曾根丘陵断層群を横切る浅層反射法地震探査. 地震研究所彙報, no. 81, 181-191.
- 活断層研究会編 (1980) 「日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会, 363 p.

- 活断層研究会編 (1991) 「新編日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会, 437 p.
- 桂田 保・内藤範治・興水達司・大村昭三・渡辺拓美 (1996) 甲府盆地南縁で発見された低角衝上断層. 地質学雑誌, 102, 557-560.
- 隈元 崇・池田安隆 (1993) 南部フォッサマグナ, 甲府盆地の低角逆断層の地下構造とネットスリップ. 地震第2輯, 46, 245-258.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 「新編火山灰アトラス-日本列島とその周辺」. 東京大学出版会, 336 p.
- 丸山 正・斉藤 勝 (2005) 甲府盆地南縁, 曾根丘陵断層帯の完新世の活動に関連する変異地形. 活断層・古地震研究報告, no. 5, 69-76.
- 丸山 正・斉藤 勝 (2006) 甲府盆地南縁, 曾根丘陵断層帯の古地震調査. 活断層・古地震研究報告, no. 6, 71-87.
- 松田時彦 (1975) 活断層から発生する地震の規模と周期について. 地震第2輯, 28, 269-283.
- 松田時彦 (2000) 地層から古地震を読む-調査と評価のガイドラインの試作へ-. 月刊地球/号外, no. 28, 10-15.
- 三珠町誌編纂委員会編 (1980) 「三珠町誌」. 三珠町, 1, 497 p, 図版 20 枚.
- 三浦大助・幡谷竜太・阿部信太郎・宮腰勝義・井上大栄・二階堂 学・橘 徹・高瀬信一 (2002) 糸魚川-静岡構造線断層系市之瀬断層群の最近の断層活動-中野地区トレンチ調査-. 地震第2輯, 55, 33-45.
- 三宅 尚・中越信和 (1998) 森林土壌に堆積した花粉・胞子の保存状態. 植生史研究, 6, 15-30.
- 守田益宗・崔 基龍・日比野紘一郎 (1998) 中部・東海地方の植生史. 安田喜憲・三好教夫 (編著), 図説日本列島植生史, 朝倉書店, 92-104.
- 内藤範治 (1988) 曾根丘陵. 日本の地質『中部地方 I』編集委員会編, 日本の地質 4 中部地方 I, 共立出版, 171-173.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, 60 p, 付図 1 葉, DVD2 枚.
- 岡崎セツ子 (1967) 立川段丘西端部のローム層の厚さの分布とその堆積状態. 地理学評論, 40, 211-219.
- 大村昭三 (2014) 山梨県の御坂山地北西麓に分布する曾根丘陵断層群の地質構造. 応用地質, 55, 229-240.
- 尾崎正紀・牧本 博・杉山雄一・三村弘二・酒井 彰・久保和也・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久 (2002) 20 万分の 1 地質図幅「甲府」. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C.,

- Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1,869-1,887.
- 産業技術総合研究所 (2006) 曾根丘陵断層帯の活動性および活動履歴調査「基盤的調査観測対象活断層の追加・補完調査」成果報告書. No. H17-4, 21 p.
- 澤 祥 (1981) 甲府盆地西縁・南縁の活断層. *地理学評論*, 54, 473-492.
- 曾根丘陵研究グループ (1991) 甲府盆地南縁に見られる活断層に関する新事実. *地球科学*, 45, 217-221.
- 遠田晋次・三浦大助・宮腰勝義・井上大栄 (2000) 糸魚川-静岡構造線断層系南部の最近の断層活動-白州断層・下田井断層・市之瀬断層群トレンチ調査-. *地震第2輯*, 52, 448-468.
- 徳永重元・山内輝子 (1971) 花粉・孢子. *化石の研究*, 共立出版株式会社, 50-73.
- 豊富村誌編さん委員会・(株)サンニチ印刷 (2000) 「豊富村誌 (上巻)」. 豊富村役場, 967 p.
- 山梨県 (2002) : 「平成 13 年度 地震関係基礎調査交付金甲府盆地地下構造調査業務 成果報告書」. 147p.
- 山梨県 (2003) : 「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金甲府盆地地下構造調査業務 成果報告書」. 186p.
- 山梨県 (2004) : 「平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金甲府盆地地下構造調査業務 成果報告書」. 215p.
- 吉川周作 (1976) 大阪層群の火山灰層について. *地質学雑誌*, 82, 497-515.

図 表

表 1 曾根丘陵断層帯のまとめ

表 2 大塚地区トレンチ壁面に分布する地質の層序区分と層相

表 3 大塚地区トレンチ壁面から採取した試料の ^{14}C 年代測定結果

表 4 大塚第一トレンチ東壁面グリッド 7 付近で 3 層中および 9 層中から採取した 2 試料 (TOTE7-1, 7-2) の火山灰分析 (鉍物組成および火山ガラス, 斜方輝石, 角閃石の屈折率) 結果

表 5 大塚第一トレンチ東壁面グリッド 8 付近で 9 層中から採取した試料 (TOTE8-1) の火山灰分析 (鉍物組成および火山ガラス, 斜方輝石の屈折率) 結果

表 6 大塚第一トレンチ東壁面グリッド 10 付近で 6c 層中から採取した試料 (TOTE10-1) の火山灰分析 (鉍物組成および火山ガラス, 斜方輝石, 角閃石, カミングトン閃石の屈折率) 結果

表 7 大塚第一トレンチ東壁面グリッド 5 付近で連続採取した試料 (TOTE5-1~5-10) の火山灰分析 (鉍物組成および火山ガラスの屈折率) 結果

表 8 大塚第一トレンチ東壁面グリッド 6 付近で連続採取した試料 (TOTE6-1~6-20) の火山灰分析 (鉍物組成および火山ガラスの屈折率) 結果

表 9 大塚第二トレンチ西壁面グリッド 7 付近で 6c 層中から採取した試料 (T20TW-1) の鉍物組成分析結果

表 10 大塚第二トレンチ西壁面グリッド 7 付近で 6c 層中から採取したテフラ試料 (T20TW-1) の火山ガラス片の主要成分化学組成.

表 11 大塚第二トレンチ西壁面グリッド 7, 8 間で連続採取した試料の花粉分析結果

表 12 国分地区トレンチ壁面に分布する地質の層序区分と層相

表 13 国分地区トレンチ西壁面から採取した試料の ^{14}C 年代測定結果

図 1 曾根丘陵断層帯の分布

曾根丘陵断層帯の位置，断層帯を構成する断層の名称は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）による．糸魚川－静岡構造線断層帯および推定活断層（黒線）は中田・今泉編（2002）による．陰影図は，国土地理院刊行数値地図 50 m メッシュ（標高）日本-II から作成．糸魚川－静岡構造線断層帯市之瀬断層群のトレンチ調査位置（遠田ほか，2000；三浦ほか，2002）を赤丸で示す．

図 2 大塚地区周辺の地形

陰影図は，航空レーザ計測 2 m グリッド標高データ（国土交通省関東地方整備局提供）から作成．人工改変により消失したバルジ状の小丘は旧三珠町役場（現市川三郷町役場）発行三珠町平面図 3（縮尺 1 : 2,500）による．曾根丘陵断層帯における本図の位置を図 1 に示す．等高線間隔は 2 m.

図 3 大塚地区のバルジ状小丘の詳細地形

低崖 A と B の分布は現地測量に基づく（破線部は現地計測未実施範囲）．P1～P5 沿いの○は地形断面作成のための計測点．本図の位置を図 2 に示す．等高線間隔は 2 m.

図 4 大塚地区トレンチの配置，詳細地形と土地利用状況

地形図はトータルステーションを用いて作成．等高線間隔は 25 cm. 05 トレンチは丸山・斉藤（2006）による大塚トレンチの位置．座標系は平面直角座標系 8 系．本図の位置を図 3 に示す．

図 5 大塚地区のバルジ状の小丘を横切る地形断面

計測点を図 3, 4 に示す．断面図は測量結果を $\text{N}30^\circ\text{W}$ 方向に投影して表示．低崖 A, B の位置をそれぞれ黒縁矢印，灰縁矢印で示す．

図 6 大塚第一トレンチ東壁面の写真（左右反転）

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点．

図 7 大塚第一トレンチ東壁面のスケッチ（左右反転）

グリッド間隔は 1 m.

図 8 大塚第一トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点.

図 9 大塚第二トレンチ西壁面のスケッチ

グリッド間隔は 1 m.

図 10 大塚第二トレンチ東壁面写真（左右反転）

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点.

図 11 大塚第二トレンチ東壁面のスケッチ（左右反転）

グリッド間隔は 1 m.

図 12 大塚第二トレンチ西壁面写真

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点.

図 13 大塚第二トレンチ西壁面のスケッチ

グリッド間隔は 1 m.

図 14 大塚第三トレンチ東壁面の写真（左右反転）

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点.

図 15 大塚第三トレンチ東壁面のスケッチ（左右反転）

グリッド間隔は 1 m.

図 16 大塚第三トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点.

図 17 大塚第三トレンチ西壁面のスケッチ

グリッド間隔は 1 m.

図 18 大塚地区トレンチの地層の年代および推定される断層活動時期

第一～第三トレンチから採取した各層準から採取した試料の ^{14}C 年代測定値を層序順に並べた。赤細線で繋いだ年代値は、年代の逆転が全て古い有機物の混入によるものと仮定した

場合の地層の年代（ケース 1）．青細線で繋いだ年代値は年代の逆転が全て新しい有機物の混入によるものと仮定した場合（ケース 2）．赤枠および青枠は，それぞれ赤細線および青細線を採用した場合の各断層活動の年代範囲を示す．灰色枠は，両者を含めた各古地震活動の年代範囲（ケース 3）を示す．

図 19 大塚第一トレンチ東壁面火山灰分析試料採取位置（左右反転）

図 20 大塚第二トレンチ西壁面火山灰・花粉分析試料採取位置

図 21 大塚第二トレンチ西壁面グリッド 7 付近で 6c 層中から採取したテフラ試料(T20TW-1)の粒径加積曲線とそれに基づく粒径分布

図 22 テフラ試料 T20TW-1 の実体顕微鏡写真

a) 軽鈹物. b) 重鈹物.

図 23 テフラ試料 T20TW-1 の火山ガラス (a) , 斜方輝石 (b) および角閃石 (c) の屈折率

図 24 大塚第二トレンチ西壁面グリッド 7, 8 間で連続採取した試料の花粉分析結果

図 25 大塚第一トレンチグリッド E5~E6 付近の底盤の地質状況

写真上方が南東．赤矢印：断層面，白矢印ペア：12 層と 11d 層との地層境界の食い違いから推定される右ずれ．折尺の長さは 1 m.

図 26 大塚第二トレンチグリッド E3~E4 付近の底盤の地質状況

a) 底盤と東壁面の地質分布および変形構造（南西から撮影）． b) 底盤に見られる変形構造．赤矢印：断層面，白矢印ペア：9 層と 8 層との地層境界のずれ推定される見かけのずれの向き．8 層中に発達する断層の走向変化部にみられる 6c 層の落ち込みを白丸で囲む．コンパスの長軸（写真右上方向）が北を指す．図中の折尺の長さは 96 cm. 図 26b の範囲を図 26a に示す．

図 27 大塚地区第一～第三トレンチの壁面で計測した断層面の極（赤丸）およびコンターのステレオ投影

下半球等積投影. コンター間隔 (C. I.) : 2σ (Kamb 法による), N : 測定数. 灰色で示した範囲は大塚地区のバルジ状小丘の延びの方位 ($N45^{\circ}E \sim N85^{\circ}E$; 図 2). Stereonet v. 9.9.4 (Allmendinger et al., 2013) を使用.

図 28 国分地区周辺の地形

陰影図は, 航空レーザ計測データ (国土交通省関東地方整備局提供) を 1 m グリッド標高データに加工して作成. 曽根丘陵断層帯における本図の位置を図 1 に示す. 赤破線: 低崖, u : 相対的隆起側, d : 相対的低下側.

図 29 国分地区の詳細地形

P6~P8 沿いの○は地形断面作成のための計測点. 緑破線: 地形面境界, 赤太破線: 低崖, u : 相対的隆起側, d : 相対的低下側, ? : 低崖延長部 (崖地形不明). 本図の位置を図 28 に示す. 陰影図は, 航空レーザ計測データ (国土交通省関東地方整備局提供) を 1 m グリッド標高データに加工して作成. 等高線間隔は 1 m.

図 30 国分地区の低崖を横切る地形断面

計測点を図 29 に示す. 断面図は測量結果を $N25^{\circ}W$ 方向に投影して表示.

図 31 国分地区の南西 (a) および北東 (b) 延長部に認められる低崖の地形断面

計測位置を図 28 に示す. 断面図は測量結果を $N25^{\circ}W$ 方向 (断面 P9) および $N25^{\circ}W$ 方向 (断面 P10) に投影して表示.

図 32 国分地区トレンチの配置, 詳細地形と土地利用状況

地形図はトータルステーションを用いて作成. 等高線間隔は 25 cm. 座標系は平面直角座標系 8 系. 本図の位置を図 29 に示す.

図 33 トレンチ掘削地点近傍における低崖を横切る地形断面

断面計測位置を図 32 に示す.

図 34 国分トレンチ東壁面の写真 (左右反転)

白十字は横糸 (鉛直に 1 m 間隔) と縦糸 (1 m 間隔) の交点.

図 35 国分トレンチ東壁面のスケッチ (左右反転)

グリッド間隔は 1 m.

図 36 国分トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸（鉛直に 1 m 間隔）と縦糸（1 m 間隔）の交点

図 37 国分トレンチ西壁面のスケッチ

グリッド間隔は 1 m.

図 38 曾根丘陵断層帯と糸魚川－静岡構造線断層帯市之瀬断層群の完新世における活動時期

市之瀬断層群のトレンチ調査位置を図 1 に示す．活動時期については，遠田ほか（2000）および三浦ほか（2002）に基づく．大塚地区のケース 1～3 については図 18 を参照．

表1 曾根丘陵断層帯のまとめ

	従来評価	今回の調査結果を含めた評価	備考
1. 活断層の位置・形態			
(1)断層帯を構成する断層	塩山一勝沼付近の断層, 一宮一八代付近の断層, 曾根丘陵断層群	塩山一勝沼付近の断層, 一宮一八代付近の断層, 曾根丘陵断層群	変更なし
(2)断層帯の位置・形状等	地表における活断層の位置・形状		
	活断層の位置		
	(北東端)北緯35° 43' 東経138° 46'	(北東端)北緯35° 43' 東経138° 46'	変更なし
	(南西端)北緯35° 33' 東経138° 30'	(南西端)北緯35° 33' 東経138° 30'	変更なし
	長さ 約32 km	長さ 約32 km	変更なし
	地下における活断層の位置・形状		
	一般走向 N60° E	N60° E	変更なし
	上端の深さ 0 km	0 km	変更なし
	傾斜 約30° 南東傾斜 (深さ1 km程度以浅)	約30° 南東傾斜 (深さ1 km程度以浅)	変更なし
	幅 不明	不明	変更なし
(3)断層のずれの向きと種類	南東側隆起の逆断層	南東側隆起の逆断層. 横ずれ成分を伴う可能性がある.	大塚地区トレンチ調査および今西ほか(2016)の地震学的検討結果から推定
2. 活断層の過去の活動			
(1)平均的なずれの速度	概ね1 m/千年(上下成分)	曾根丘陵断層群:概ね1 m/千年(上下成分) 一宮一八代付近の断層:0.2 m/千年以上(上下成分)	一宮一八代付近の断層:国分地区において変位を受けた地形面の形成年代と上下変位から推定
(2)過去の活動時期	約1万年前以後	イベント1:2,340 cal yBP以降, 790 cal yBP以前 イベント2:11,090 cal yBP以降, 7,790 cal yBP以前 イベント3':23,430 cal yBP以降, 14,180 cal yBP以前 イベント3:28,870 cal yBP以降, 26,100 cal yBP以前 イベント4:29,020 cal yBP以降, 28,760 cal yBP以前	大塚地区トレンチ調査に基づく(ケース3の場合:本文参照)
(3)1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれ量 2-3 m程度(上下成分) 平均活動間隔 概ね2千-3千年	2-3 m程度(上下成分) 一宮一八代付近の断層:1.3 m程度(上下成分) 約9,410-6,610年	一宮一八代付近の断層:国分地区において変位を受けた可能性のある地形面の上下変位から推定 大塚地区トレンチ調査に基づく(ケース3の場合:本文参照)
(4)過去の活動区間	断層帯全体で1区間	断層帯全体で1区間	変更なし
3. 活断層の将来の活動			
(1)将来の活動区間および活動時の地震の規模	断層帯全体で1区間	断層帯全体で1区間	変更なし
	地震の規模 M7.3程度	地震の規模 M7.3程度	変更なし
	2-3 m程度(上下成分)	2-3 m程度(上下成分)	変更なし

表2 大塚地区トレンチ壁面に分布する地質の層序区分と層相

層名	堆積相	細層	層相
1層	表土, 耕作土	—	表土, 耕作土
2層	斜面堆積物, 人工攪乱層	2a層	礫質のシルト質砂. 径0.5~1 cmの角礫が散在し, 径3~10 cmの垂円~垂円礫を含む. 礫は概ね新鮮な安山岩を主体とする.
		2b層	埋土. 礫および砂. 礫は径5~20 cmの垂円~垂角礫.
		2c層	溝(暗渠)埋めの堆積物, 盛土. 溝状部を埋める部分は径5~15 cmで概ね新鮮な安山岩の垂円~垂角が密集する. 基質はシルト混じりの細粒~中粒砂.
3層	斜面堆積物	—	礫質のやや腐植質な砂質シルト. 大塚第一トレンチ東側壁面のグリッドE3付近と, 同トレンチ西側壁面のグリッドW3付近の石積みを含む. 石積みは径15~20 cmのやや扁平な礫が主体をなす.
4層	斜面堆積物	—	腐植質な礫混じり砂層シルト. 径0.5~4 cmで概ね新鮮な安山岩の垂角~垂円礫が散在し, 径15~20 cmの礫を含む.
5層	斜面堆積物	—	やや腐植質な礫混じり砂層シルト. 径1~15 cmの概ね新鮮な安山岩の垂角~垂円礫を主体とし, やや風化した緑色片岩, ヒン岩を含む. 礫の最大径は30 cm.
6層	湿地堆積物	6a層	暗灰色腐植質シルト. 一部に径0.5~3 cmの概ね新鮮な安山岩の垂角~垂円礫を含む.
		6b層	やや脱色した腐植質のシルト. 径0.5~3 cmの概ね新鮮な安山岩の垂角~垂円礫と粗粒砂が散在する.
		6c層	暗灰色の腐植質シルトおよび砂. 径0.5~5 cmの概ね新鮮な安山岩の垂角礫と粗粒砂が散在する. 礫と砂の混入率は, 地形的高まり(バルジ状小丘)に近い北西側ほど高く, 一部では厚さ10 cm程度の層状に密集する. 本層下部に低発泡性の火山ガラスを主体とした明黄褐色火山灰が厚さ3~4 cmのレンズ状に挟在する.
7層	河川堆積物	—	中粒砂を主体とし, 砂質シルトの薄層を挟在する.
8層	湿地堆積物	—	シルトを主体とし, 上部に砂混じりシルトを含む. 腐植質シルト薄層と下位の火山灰層の再堆積とみられる火山灰質シルトの薄層を挟在する.
9層	湿地堆積物	—	腐植質シルト. 木片や腐植物の植物遺体が密集する. 厚さ5~10 cmの細粒な白色火山灰層(始良Tnテフラ)を挟在する.
10層	河川堆積物	—	径0.3~2 cmの概ね新鮮な垂円~垂角礫を主体とする. 礫種は安山岩を主体とし, ヒン岩, 閃緑岩, 花崗岩類, 玄武岩を含む.
11層	河川堆積物, 湿地堆積物	11a層	腐植質シルト
		11b層	シルト
		11c層	シルト薄層を挟む砂層
		11d層	シルト
12層	湿地堆積物	—	礫混じり腐植質シルト. 礫は径0.5~1.5 cmの細礫を多く含み, 径3~15 cmの垂円~垂角礫が散在する. 礫種は安山岩を主体とし, 泥岩および凝灰岩を含む.
13層	泥流堆積物, 火砕流堆積物, 岩屑流堆積物	—	安山岩の礫と砂, シルトからなる. 礫は径0.5~2 cmの細礫を多く含み, 径5~20 cmの垂円~垂角礫が散在する. 礫種は安山岩を主体とし, 泥岩, 花崗岩類, 玄武岩および凝灰岩を含む. 管根層群に対比される.

表3 大塚地区トレンチ壁面から採取した試料の¹⁴C年代測定結果

試料名	分析機関コード	層名	トレンチ	壁面	試料種	前処理	Conventional ¹⁴ C age (BP) ($\pm 1\sigma$) ¹	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Calibrated age range (cal BP) (95.4% probability) ²	Calibrated age range (cal BP) (68.2% probability) ²
COTW-36	IAAA-160947	2a	1	W	Charred material	Acid/alkali/acid	60 \pm 20	-26.6 \pm 0.6	260-30 [#]	250-30 [#]
C3OTE-1	Beta-455207	2a	3	E	Charred material	Acid/alkali/acid	150 \pm 30	-24.5	290- [#]	280-0 [#]
COTE-31	IAAA-160936	2a	1	E	Charred material	Acid/alkali/acid	210 \pm 20	-25.9 \pm 0.5	310- [#]	300- [#]
C3OTE-2	Beta-455208	2c	3	E	Organic sediment	Acid washes	1,480 \pm 30	-23.0	1420-1300	1400-1330
<i>COTE-8</i>	<i>IAAA-160934</i>	<i>2c</i>	<i>1</i>	<i>E</i>	<i>Organic sediment</i>	<i>Acid washes</i>	<i>6,790 \pm 30</i>	<i>-22.7 \pm 0.5</i>	<i>7680-7580[#]</i>	<i>7670-7610[#]</i>
COTW-41	IAAA-160988	3	1	W	Charred material	Acid/alkali/acid	970 \pm 20	-23.1 \pm 0.4	940-790	930-800
COTE-7	IAAA-160933	3	1	E	Organic sediment	Acid washes	1,760 \pm 20	-22.6 \pm 0.5	1730-1610	1710-1620
COTW-24	Beta-455200	3	1	W	Organic sediment	Acid washes	2,010 \pm 30	-23.2	2050-1880	2000-1920
<i>COTW-26</i>	<i>Beta-457137</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>W</i>	<i>Organic sediment</i>	<i>Acid washes</i>	<i>4,800 \pm 30</i>	<i>-24.4</i>	<i>5600-5470[#]</i>	<i>5590-5480[#]</i>
C3OTE-3	Beta-455209	3 or 4	3	E	Organic sediment	Acid washes	1,600 \pm 30	-23.7	1560-1410 ^{***}	1540-1410 ^{***}
COTE-2	Beta-447055	4	1	E	Organic sediment	Acid washes	1,650 \pm 30	-22.5	1690-1410	1600-1520
COTE-1	Beta-447054	4	1	E	Organic sediment	Acid washes	2,240 \pm 30	-23.7	2340-2150	2330-2160
COTE-11	IAAA-160935	5	1	E	Organic sediment	Acid washes	6,840 \pm 30	-28.6 \pm 0.4	7740-7600	7700-7620
C2OTW-24	Beta-457153	5	2	W	Organic sediment	Acid washes	7,040 \pm 30	-23.6	7950-7790	7940-7840
C2OTE-1	Beta-455201	5	2	E	Organic sediment	Acid washes	8,960 \pm 30	-22.5	10230-9920	10210-9960
C2OTE-3	Beta-455202	5	2	E	Organic sediment	Acid washes	9,310 \pm 40	-22.5	10660-10300	10580-10430
COTE-28	Beta-455199	6	1	E	Organic sediment	Acid washes	8,240 \pm 30	-24.6	9400-9080	9280-9130
COTW-32	IAAA-160944	6	1	W	Organic sediment	Acid washes	9,070 \pm 40	-22.4 \pm 0.6	10280-10180	10250-10200
COTW-1	IAAA-160937	6a	1	W	Organic sediment	Acid washes	9,540 \pm 40	-22.2 \pm 0.5	11090-10700	11070-10730
C2OTW-26	Beta-457154	6a	2	W	Organic sediment	Acid washes	9,670 \pm 30	-26.9	11200-10860	11180-10910
C2OTW-27	Beta-457155	6a	2	W	Organic sediment	Acid washes	10,460 \pm 30	-23.3	12550-12130	12530-12240
C2OTW-7	Beta-455534	6a	2	W	Organic sediment	Acid washes	11,800 \pm 50	-23.4	13750-13480	13720-13570
C2OTE-4	Beta-455203	6b	2	E	Organic sediment	Acid washes	11,460 \pm 40	-22.9	13420-13200	13370-13260
COTW-4	IAAA-160938	6b	1	W	Organic sediment	Acid washes	11,490 \pm 40	-23.5 \pm 0.4	13440-13250	13390-13290
C2OTW-10	Beta-455535	6b	2	W	Organic sediment	Acid washes	12,420 \pm 50	-24.3	14880-14180	14690-14300
C2OTE-5	Beta-457136	6b	2	E	Organic sediment	Acid washes	16,770 \pm 50	-22.9	20430-20030	20330-20120
C2OTW-15	Beta-455536	6c	2	W	Organic sediment	Acid washes	13,700 \pm 60	-24.3	16810-16290	16650-16370
<i>C2OTE-6</i>	<i>Beta-455204</i>	<i>6c</i>	<i>2</i>	<i>E</i>	<i>Plant material (root)</i>	<i>Acid/alkali/acid</i>	<i>450 \pm 30</i>	<i>-26.3</i>	<i>540-470[#]</i>	<i>530-490[#]</i>
C2OTE-6	Beta-456786	6c	2	E	Organic sediment	Acid washes	16,510 \pm 50	-22.3	20110-19690	20040-19820
C2OTE-7	Beta-455205	6c	2	E	Organic sediment	Acid washes	19,200 \pm 70	-23.5	23430-22890	23280-22980
COTW-7	IAAA-160939	6c	1	W	Organic sediment	Acid washes	21,460 \pm 80	-24.9 \pm 0.7	25950-25600	25870-25690
C2OTW-20	Beta-455537	6c	2	W	Organic sediment	Acid washes	22,210 \pm 100	-26.5	26780-26100	26570-26240
COTW-40	IAAA-160949	7	1	W	Wood	Acid/alkali/acid	24,610 \pm 90	-25.5 \pm 0.5	28870-28400	28770-28530
COTW-38	IAAA-160948	7	1	W	Wood	Acid/alkali/acid	24,850 \pm 90	-23.6 \pm 0.4	29160-28610	28990-28730
C2OTE-8	Beta-455206	9	2	E	Organic sediment	Acid washes	22,030 \pm 100	-22.1	26530-25990	26360-26080
COTW-8	IAAA-160940	9	1	W	Organic sediment	Acid washes	24,560 \pm 90	-27.6 \pm 0.3	28830-28360	28730-28490
COTW-10	IAAA-160941	9	1	W	Organic sediment	Acid washes	25,020 \pm 100	-26.6 \pm 0.6	29390-28760	29210-28880
COTW-29	IAAA-160943	11a	1	W	Organic sediment	Acid washes	24,750 \pm 90	-18.5 \pm 0.4	29020-28530	28890-28650
COTW-17	IAAA-160942	11a	1	W	Organic sediment	Acid washes	25,870 \pm 100	-25.6 \pm 0.4	30530-29670	30330-29870
COTW-33	IAAA-160945	12	1	W	Organic sediment	Acid washes	26,010 \pm 110	-17.9 \pm 0.5	30700-29830	30580-30120
COTW-34	IAAA-160946	12	1	W	Organic sediment	Acid washes	26,640 \pm 110	-20.4 \pm 0.6	31070-30660	30980-30770

¹ Conventional radiocarbon age before present (AD1950) calculated using Libby half-time of 5,568 yr. Quoted error is $\pm 1\sigma$.

² Radiocarbon dating are calibrated using OxCal v. 4.3.2 (Bronk Ramsey, 2009) and IntCAL13 calibration curve of Reimer *et al.* (2013). Age ranges listed are minimum and maximum values.

[#] Date may extend out of range.

[#] Ages shown in italic are omitted from constraint on the timing of paleoseismic events because of inconsistency between ages and stratigraphic order.

^{***} Ages shown in gray is not used for constraining the timing of paleoseismic events due to uncertainty of correlation of unit with that exposed in trenched 1 and 2.

表4 大塚第一トレンチ東壁面グリッド7付近で3層中および9層中から採取した2試料(TOTE7-1, 7-2)の火山灰分析
(鉱物組成および火山ガラス, 斜方輝石, 角閃石の屈折率)結果

TOTE7

試料番号	層名	火山ガラスの形態別含有量(/3,000)			重鉱物の含有量(/3,000)			β石英 (/3,000)	特記鉱物	火山ガラスの 屈折率	斜方輝石の 屈折率	角閃石の 屈折率	テフラ名
		Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum						
7-1	3	5.3	0.0	1.3	23.0	16.0	0.0	0.1		1.497-1.503	1.699-1.715	1.670-1.676, 1.684-1.690	-
試料番号	層名	火山ガラスの形態別含有量(/300)			(/300)			特記鉱物	火山ガラスの 屈折率	斜方輝石の 屈折率	角閃石の 屈折率	テフラ名	
		Bw	Pm	O	Fl・Qu	Cpx	Rock						
7-2	9	215.0	41.0	14.0	20.0	2.0	8.0	ガラス付着Qu含む. H.M.:Opx>Gho, Cpx	1.498-1.501			AT?	

Bw: バブルウォールタイプ Opx: 斜方輝石 Gho: 緑色普通角閃石 Cum: カミンゲトン閃石

Pm: パミスタイプ Fl・Qu: 長石・石英 Cpx: 単斜輝石 Rock: 岩片・風化粒

O: 低発泡タイプ

表5 大塚第一トレンチ東壁面グリッド8付近で9層中から採取した試料(TOTE8-1)の火山灰分析
(鉱物組成および火山ガラス, 斜方輝石の屈折率)結果

TOTE8

試料番号	層名	火山ガラスの形態別 含有量(/300)			Fl・Qu (/300)	重鉱物含有量(/300)			Rock (/300)	特記鉱物	火山ガラスの 屈折率	斜方輝石の 屈折率	角閃石の 屈折率	テフラ名
		Bw	Pm	O		Opx	Cpx	Gho						
8-1	9	195.0	55.0	5.0	30.0	1.0	1.0	1.0	12.0	H.M.: Opx>Gho, Cpx	1.498-1.501	1.699-1.714, 1.731-1.735		AT?

Bw: バブルウォールタイプ

Fl・Qu: 長石・石英 Opx: 斜方輝石 Cpx: 単斜輝石

Pm: パミスタイプ

Gho: 緑色普通角閃石 Rock: 岩片・風化粒

O: 低発泡タイプ

表6 大塚第一トレンチ東壁面グリッド10付近で6c層中から採取した試料(TOTE10-1)の火山灰分析
(鉱物組成および火山ガラス, 斜方輝石, 角閃石, カミングトン閃石の屈折率)結果

TOTE10

試料番号	層名	火山ガラスの形態別含有量(/300)			Fl・Qu (/300)	重鉱物含有量(/300)				V.Rock (/300)	特記鉱物	火山ガラスの 屈折率	斜方輝石の 屈折率	角閃石の 屈折率	カミングトン 閃石の屈折率	テフラ名
		Bw	Pm	O		Opx	Cpx	Gho	Oth							
10-1	6c	0.0	15.0	0.0	145.0	12.0	1.0	46.0	1.0	80.0	Qu, Cum含む	1.499-1.505 (1.509わずか含む)	1.703-1.709	1.671-1.684	1.658-1.668	

Bw:バブルウォールタイプ Fl・Qu:長石・石英 Opx:斜方輝石 Cpx:単斜輝石

Pm:パミスタイプ Gho:緑色普通角閃石 V.Rock:火山岩片

O:低発泡タイプ Cum:カミングトン閃石

表7 大塚第一トレンチ東壁面グリッド5付近で連続採取した試料(TOTE5-1~5-10)の火山灰分析(鉱物組成および火山ガラスの屈折率)結果

TOTE5

試料番号	層名	火山ガラスの形態別 含有量(/3,000)			重鉱物の含有量(/3,000)			β石英 (/3,000)	特記鉱物	火山ガラスの 屈折率	テフラ名
		Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum				
5-1	4	0.0	0.0	2.0	31.0	50.0	0.0	0.1		Kg混在層準	
5-2	4	0.0	1.0	3.0	32.0	43.0	0.0	0.0		Kg混在層準	
5-3	4	2.0	2.0	5.0	42.0	58.0	0.0	0.1		Kg混在層準AT(6/15)+Kg(9/15)	
5-4	5	1.0	0.0	1.0	46.0	44.0	0.0	0.1			
5-5	5	1.0	0.0	1.0	24.0	44.0	0.0	0.0			
5-6	5	6.0	0.0	0.0	35.0	46.0	0.0	0.0		AT(14/15)+Kg(1/15)	
5-7	5	2.0	0.0	0.5	21.0	50.0	0.0	0.0			
5-8	5	3.0	0.0	0.5	19.0	42.0	0.0	0.0		AT	
5-9	5	8.0	0.0	1.0	25.0	39.0	0.0	0.0			
5-10	5	9.0	0.0	0.5	20.0	21.0	0.0	0.4	1.495-1.504	AT	

Bw: バブルウォールタイプ

Pm: パミスタイプ

O: 低発泡タイプ

Opx: 斜方輝石

Gho: 緑色普通角閃石

Cum: カミングトン閃石

表8 大塚第一トレンチ東壁面グリッド6付近で連続採取した試料(TOTE6-1~6-20)の火山灰分析(鉱物組成および火山ガラスの屈折率)結果

TOTE6

試料番号	層名	火山ガラスの形態別 含有量(/3,000)			重鉱物の含有量 (/3,000)			β石英 (/3,000)	特記鉱物	火山ガラスの 屈折率	テフラ名
		Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum				
6-1	4	2.3	0.2	0.3	18.0	35.0	0.0	0.0	1.496-1.504	Kg混在層準. AT(12/15)+Kg(3/15)	
6-2	4	2.3	0.4	1.7	33.0	54.0	0.0	0.0			
6-3	4	2.1	0.1	1.7	32.0	51.0	0.0	0.1			
6-4	5	2.6	0.6	1.4	29.0	62.0	0.0	0.1			
6-5	5	3.5	0.2	0.6	36.0	49.0	0.0	0.0	1.496-1.503		
6-6	5	2.9	0.3	1.1	32.0	56.0	0.0	0.0			
6-7	5	1.8	0.1	0.6	20.0	54.0	0.0	0.2			
6-8	5	2.8	0.0	0.5	22.0	37.0	0.0	0.0	1.495-1.504		
6-9	5	3.1	0.0	1.0	25.0	32.0	0.0	0.0			
6-10	5	3.4	0.1	0.5	13.0	28.0	0.0	0.1	1.496-1.503	AT起源ガラス混在	
6-11	5	1.9	0.1	0.9	21.0	44.0	0.0	0.0			
6-12	5	2.6	0.0	0.5	20.0	29.0	0.0	0.2	1.496-1.504		
6-13	6	2.3	0.0	0.5	8.0	20.0	0.0	0.0			
6-14	6	4.0	0.0	0.1	7.0	14.0	0.0	0.0	1.496-1.503	AT起源ガラス混在, K-Ah起源ガラス(1/15)混在	
6-15	6	3.5	0.0	0.8	10.0	11.0	0.0	0.2	1.496-1.503		
6-16	6	3.3	0.0	0.4	5.0	19.0	0.0	0.0	1.497-1.503		
6-17	6	4.0	0.0	0.5	3.0	8.0	0.0	0.0	1.497-1.503		
6-18	8	6.1	0.0	0.7	11.0	18.0	0.0	0.0	1.497-1.501		
6-19	8	4.4	0.0	0.7	7.0	8.0	0.0	0.0			
6-20	8	26.0	3.0	0.0	9.0	13.0	0.0	0.0	1.497-1.502	AT降灰以降	

Bw: バブルウォールタイプ

Pm: パミスタイプ

O: 低発泡タイプ

Opx: 斜方輝石

Gho: 緑色普通角閃石

Cum: カミングトン閃石

表9 大塚第二トレンチ西壁面グリッド7付近で6c層中から採取した試料(T2OTW-1)の鉱物組成分析結果

T2OTW-1

試料名	構成粒子 (63 μm)						火山ガラスの形態*						重鉱物組成 (63-125 μm)										
	石英	長石類	火山ガラス	岩片	重鉱物	風化粒子 合計	平板		中間		多孔		その他	合計	斜方輝石	単斜輝石	角閃石	酸化角閃石	ジルコン	不透明鉱物	その他	岩片	合計
							Ha	Hb	Ca	Cb	Ta	Tb											
T2OTW-1	52	5	7	15	21	100					6	1	7	65	2	113	1	4	13	2		200	

*火山ガラスの分類は、吉川(1976)に従う。

表10 大塚第二トレンチ西壁面グリッド7付近で6c層中から採取したテフラ試料(T2OTW-1)の火山ガラス片の主要成分化学組成

T2OTW-1

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	72.88	70.98	71.94	69.77	74.00	70.61	72.25	75.10	71.36	70.25	70.06	72.32	72.72	72.36	75.24	72.12	1.70
TiO ₂	0.23	0.14	0.16	0.22	0.31	0.23	0.21	0.07	0.17	0.23	0.18	0.21	0.12	0.06	0.20	0.18	0.07
Al ₂ O ₃	13.25	11.17	12.16	12.51	13.13	12.48	11.40	13.07	11.96	12.84	12.82	13.38	12.61	12.46	12.84	12.54	0.64
FeO	1.36	0.76	1.03	1.35	1.12	1.06	1.05	1.08	1.04	1.20	1.31	1.42	0.99	0.84	1.16	1.12	0.19
MnO	0.03	0.15	0.04	0.07	0.04	0.00	0.06	0.02	0.04	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.05	0.06
MgO	0.27	0.13	0.25	0.36	0.31	0.31	0.12	0.29	0.26	0.34	0.29	0.39	0.24	0.22	0.21	0.27	0.08
CaO	1.63	0.51	1.26	1.51	1.40	1.43	1.02	1.28	1.29	1.64	1.68	1.66	1.33	0.74	1.32	1.31	0.34
Na ₂ O	3.23	2.98	3.43	3.48	3.14	3.40	3.01	3.49	3.41	3.45	3.50	3.72	3.45	3.49	3.66	3.39	0.21
K ₂ O	3.43	4.55	3.16	2.96	4.09	3.06	3.62	3.41	3.03	2.99	3.05	3.31	3.13	3.71	3.28	3.39	0.45
Total	96.31	91.37	93.43	92.23	97.54	92.58	92.74	97.81	92.56	93.01	92.89	96.41	94.60	93.88	98.11	94.36	

Point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	75.67	77.68	77.00	75.65	75.87	76.27	77.91	76.78	77.10	75.53	75.42	75.01	76.87	77.08	76.69	76.43	0.87
TiO ₂	0.24	0.15	0.17	0.24	0.32	0.25	0.23	0.07	0.18	0.25	0.19	0.22	0.13	0.06	0.20	0.19	0.07
Al ₂ O ₃	13.76	12.23	13.02	13.56	13.46	13.48	12.29	13.36	12.92	13.80	13.80	13.88	13.33	13.27	13.09	13.28	0.51
FeO	1.41	0.83	1.10	1.46	1.15	1.14	1.13	1.10	1.12	1.29	1.41	1.47	1.05	0.89	1.18	1.18	0.19
MnO	0.03	0.16	0.04	0.08	0.04	0.00	0.06	0.02	0.04	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.05	0.06
MgO	0.28	0.14	0.27	0.39	0.32	0.33	0.13	0.30	0.28	0.37	0.31	0.40	0.25	0.23	0.21	0.28	0.08
CaO	1.69	0.56	1.35	1.64	1.44	1.54	1.10	1.31	1.39	1.76	1.81	1.72	1.41	0.79	1.35	1.39	0.35
Na ₂ O	3.35	3.26	3.67	3.77	3.22	3.67	3.25	3.57	3.68	3.71	3.77	3.86	3.65	3.72	3.73	3.59	0.21
K ₂ O	3.56	4.98	3.38	3.21	4.19	3.31	3.90	3.49	3.27	3.21	3.28	3.43	3.31	3.95	3.34	3.59	0.49
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

下の表は水分を除いて合計100%になるように再計算したものの。

表11 大塚第二トレンチ西壁面グリッド7, 8間で連続採取した試料の花粉分析結果

和名	学名	P2OTW-											
		1	3	5	7	8	10	13	15	18	20	21	22
木本花粉	Arboreal Pollen												
モミ属	<i>Abies</i>	—	1	—	1	—	3	8	2	10	3	16	1
ツガ属	<i>Tsuga</i>	—	—	1	—	6	15	22	—	19	7	7	—
トウヒ属	<i>Picea</i>	—	—	—	1	—	16	54	10	23	14	25	1
マツ属単維管束亜属	<i>Pinus</i> subgen. <i>Haploxylon</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	4	—
マツ属単維管束亜属	<i>Pinus</i> subgen. <i>Haploxylon</i>	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
マツ属(不明)	<i>Pinus</i> (Unknown)	—	4	—	—	2	33	44	3	33	13	29	—
スギ属	<i>Cryptomeria</i>	1	1	—	—	2	3	7	1	23	11	4	2
イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科	T. - C.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
ヤナギ属	<i>Salix</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
サウグルミ属	<i>Pterocarya</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
クマシデ属-アサダ属	<i>Carpinus-Ostrya</i>	—	1	—	—	—	1	3	1	4	6	—	—
ハシバミ属	<i>Corylus</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
カバノキ属	<i>Betula</i>	—	—	—	—	1	—	2	—	9	5	—	2
ハンノキ属	<i>Alnus</i>	—	—	—	—	—	22	68	3	43	13	5	—
ブナ属	<i>Fagus</i>	—	—	—	—	1	—	—	1	5	1	2	—
コナラ属コナラ亜属	<i>Quercus</i> subgen. <i>Lepidobalanus</i>	—	2	3	6	2	7	2	4	46	25	6	1
クリ属	<i>Castanea</i>	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—
ニレ属-ケヤキ属	<i>Ulmus-Zelkova</i>	—	—	—	—	—	1	1	—	3	1	1	—
フウ属	<i>Liquidambar</i>	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
ツゲ属	<i>Buxus</i>	—	—	—	—	—	1	3	—	—	—	—	—
シナノキ属	<i>Tilia</i>	—	—	—	—	—	—	4	2	—	—	2	—
イボタノキ属	<i>Ligustrum</i>	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
トネリコ属	<i>Fraxinus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	—
草本花粉	Nonarboreal Pollen												
サジオモダカ属	<i>Alisma</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
オモダカ属	<i>Sagittaria</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
イネ科	Gramineae	—	5	—	1	1	20	23	3	30	26	40	—
カヤツリグサ科	Cyperaceae	—	1	—	—	—	—	—	—	12	3	5	—
クワ科	Moraceae	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—
サナエタデ節-ウナギツカミ節	<i>Persicaria-Echinocaulon</i>	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
ナデシコ科	Caryophyllaceae	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—
カラマツソウ属	<i>Thalictrum</i>	—	—	—	—	—	4	3	1	4	4	1	—
キンポウゲ科	Ranunculaceae	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
アブラナ科	Cruciferae	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
ワレモコウ属	<i>Sanguisorba</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—
マメ科	Leguminosae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—
フウロソウ属	<i>Geranium</i>	—	—	—	—	—	—	3	—	2	—	—	—
フッキソウ属	<i>Pachysandra</i>	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—
セリ科	Umbelliferae	—	—	—	—	—	1	1	—	5	3	—	—
ヨモギ属	<i>Artemisia</i>	1	—	1	2	6	29	8	4	29	18	3	4
キク亜科	Carduoideae	—	—	1	2	2	24	19	4	16	2	2	1
タンポポ亜科	Cichorioideae	1	—	—	1	—	6	6	—	1	—	—	—
不明花粉	Unknown												
不明花粉	Unknown	—	2	3	2	4	16	16	7	16	7	4	1
シダ類孢子	Pteridophyta Spores												
ゼンマイ属	<i>Osmunda</i>	—	—	—	—	—	1	2	—	—	1	—	—
他のシダ類孢子	other Pteridophyta	4	41	36	47	116	440	182	6	158	32	43	4
合計	Total												
木本花粉	Arboreal Pollen	1	9	5	8	14	103	222	27	225	103	105	7
草本花粉	Nonarboreal Pollen	2	7	2	6	9	89	66	13	105	60	52	5
不明花粉	Unknown Pollen	0	2	3	2	4	16	16	7	16	7	4	1
シダ類孢子	Pteridophyta Spores	4	41	36	47	116	441	184	6	158	33	43	4
合計(不明を除く)	Total Number of Pollen & Spores	7	57	43	61	139	633	472	46	488	196	200	16
分析後の残渣の観察													
分析後残渣量: VA: Very Abundant(非常に多い), A: Abundant(多い), C: Common(普通), F: Few(少ない), Tr: Trace(痕跡程度(微量))		F	F	F	F	F	F	C	C	C	A	A	A
花粉・孢子化石の産出傾向: VA: Very Abundant(非常に多い), A: Abundant(多い), C: Common(普通), R: Rare(稀れ), VR: Very Rare(極く稀れ), N: Non(無化石)		VR	VR	VR	VR	R	C	A	R	C	R	R	VR
花粉・孢子化石の保存状態: VG: Very Good(非常に良い), G: Good(良い), M: Moderate(普通), P: Poor(悪い), VP: Very Poor(非常に悪い)		VP	M	P	VP	P	VP	VP	VP	VP	P	P	P

表12 国分地区トレンチ壁面に分布する地質の層序区分と層相

層名	堆積相	細層	層相
1層	表土,耕作土, 人工攪乱層	1a層	表土,耕作土,礫混じりシルト質砂. 径0.5~3 cmの亜円~亜角礫を含む.
		1b層	埋土
2層	人工攪乱層	—	整地のための盛土. 礫混じりの腐植質砂質シルト.
3層	土石流堆積物	3a層	砂礫. 礫径は5~20 cm. 基質は中粒~粗粒砂.
		3b層	砂礫. 径5~70 cmの花崗岩類亜円~亜角礫を主体とする. 風化し黄灰色を呈する径2~35 cmでマサ状の花崗岩類を多く含む. 基質は砂質な腐植質シルト.
4層	土石流堆積物	—	砂礫. 径15~70 cmの概ね新鮮から風化した亜円~亜角礫を主体とする. 礫種は花崗岩類を主体とし, ヒン岩, 閃緑岩を含む. 基質は細粒~粗粒砂.

表13 国分地区トレンチ西壁面から採取した試料の¹⁴C年代測定結果

試料名	分析機関コード	層名	試料種	前処理	Conventional ¹⁴ C age (BP) (±1σ) ¹	δ ¹³ C (‰)	Calibrated age range (cal BP) (95.4% probability) ²	Calibrated age range (cal BP) (68.2% probability) ²
CKBW-2	Beta-455210	2	Organic sediment	Acid washes	2,350 ± 30	-22.9	2470-2320	2420-2330
CKBW-4	Beta-455211	3b	Organic sediment	Acid washes	3,670 ± 20	-23.7	4090-3900	4090-3930

¹ Conventional radiocarbon age before present (AD1950) calculated using Libby half-time of 5,568 yr. Quoted error is ±1σ.

² Radiocarbon dating are calibrated using OxCal v. 4.3.2 (Bronk Ramsey, 2009) and IntCAL13 calibration curve of Reimer *et al.* (2013). Age ranges listed are minimum and maximum values.

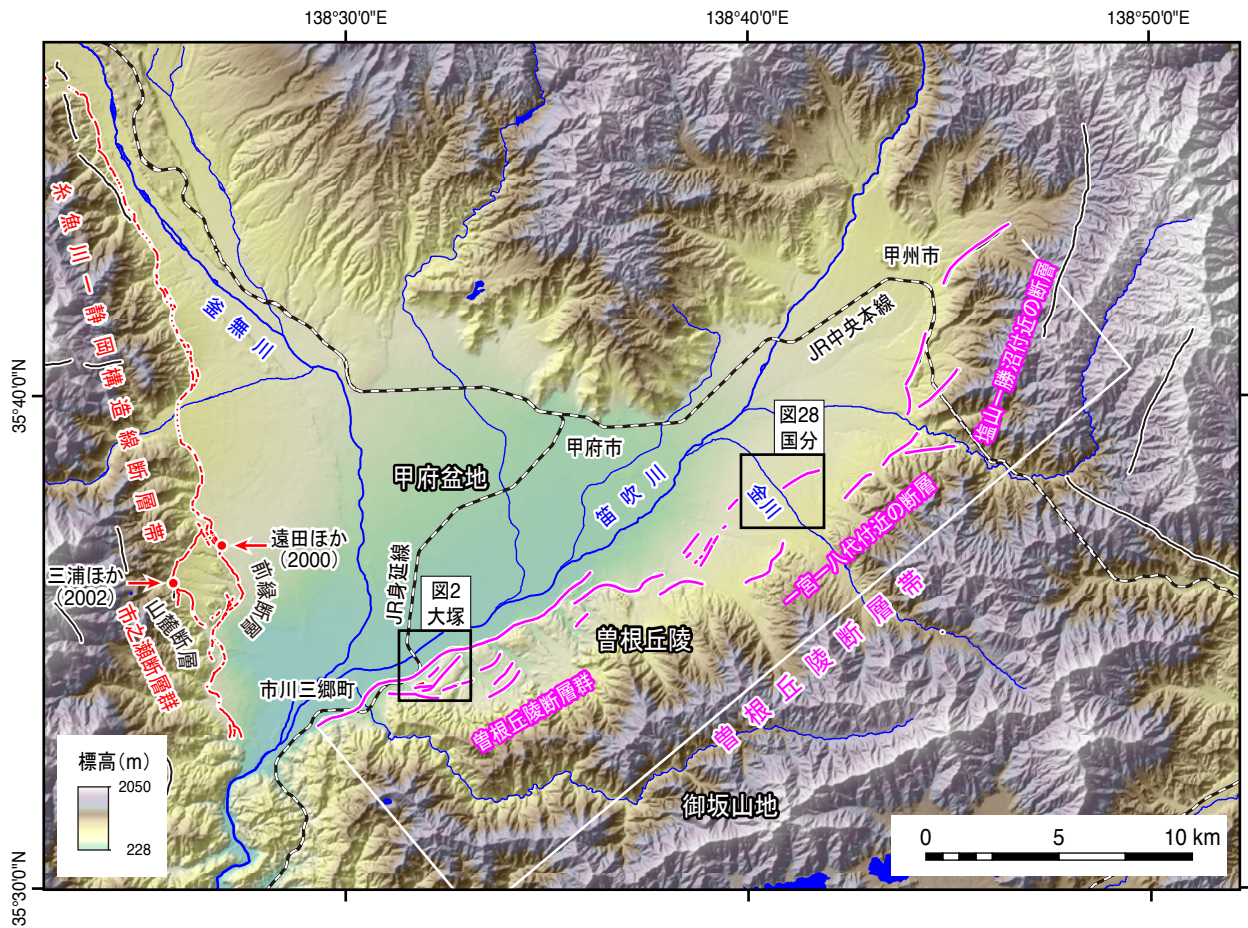


図1 曾根丘陵断層帯の分布

曾根丘陵断層帯の位置，断層帯を構成する断層の名称は地震調査研究推進本部地震調査委員会(2006)による。糸魚川－静岡構造線断層帯および推定活断層(黒線)は中田・今泉編(2002)による。陰影図は，国土地理院刊行数値地図50 mメッシュ(標高)日本-IIから作成。糸魚川－静岡構造線断層帯市之瀬断層群のトレンチ調査位置(遠田ほか，2000;三浦ほか，2002)を赤丸で示す。

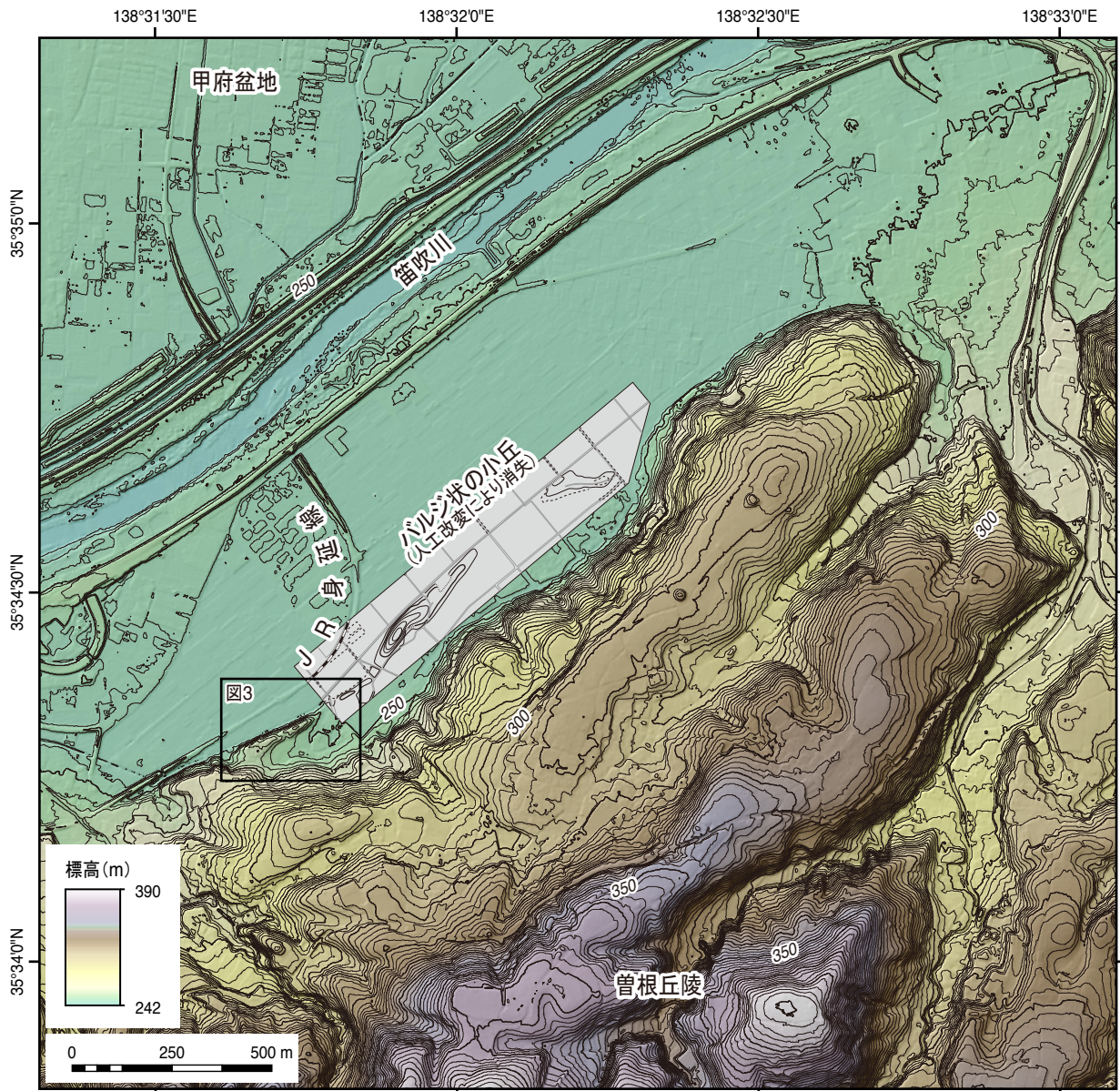


図2 大塚地区周辺の地形

陰影図は、航空レーザ計測2 mグリッド標高データ(国土交通省関東地方整備局提供)から作成. 人工改変により消失したバルジ状の小丘は旧三珠町役場(現市川三郷町役場)発行三珠町平面図3(縮尺1:2,500)による. 曽根丘陵断層帯における本図の位置を図1に示す. 等高線間隔は2 m.

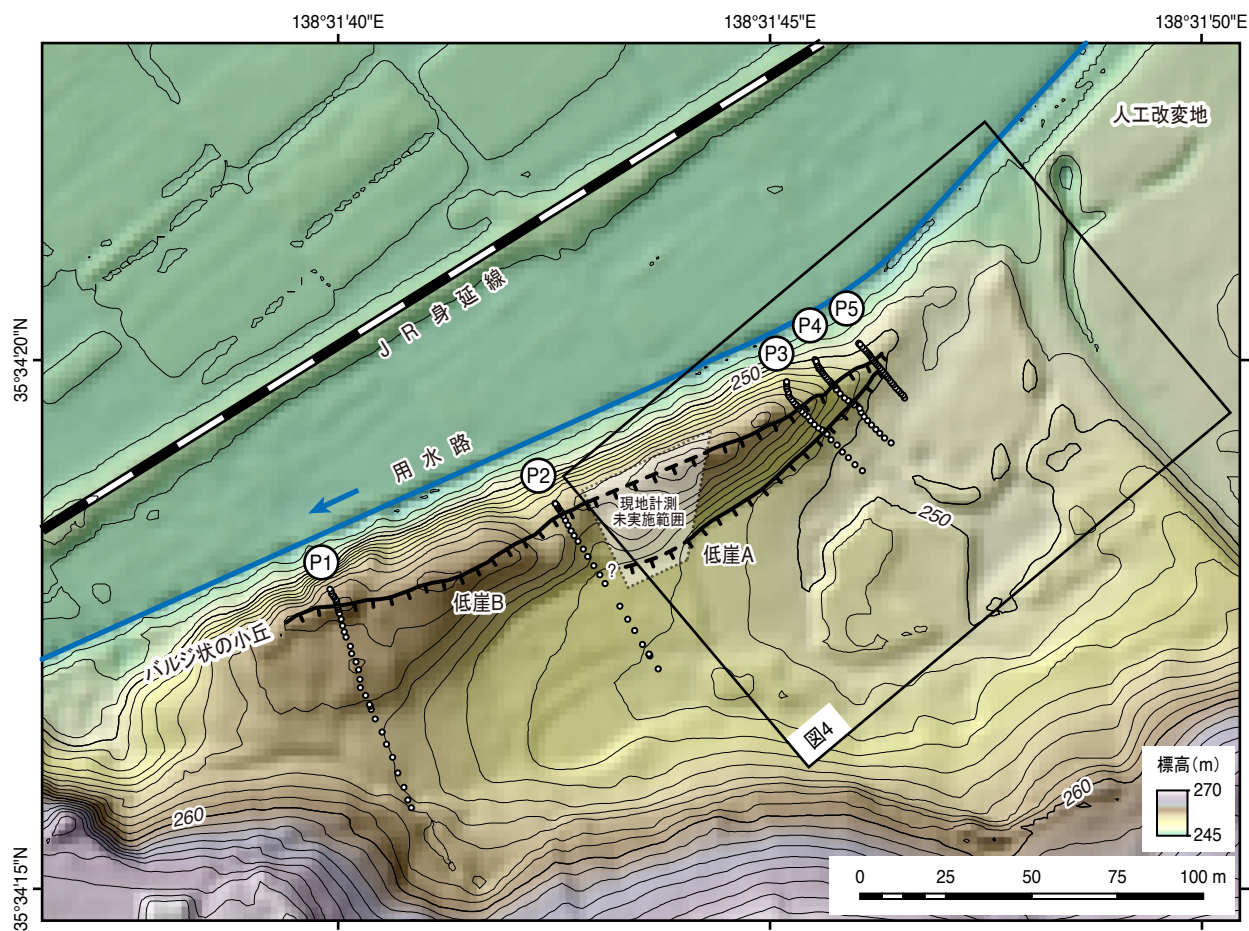


図3 大塚地区のバルジ状小丘の詳細地形

低崖AとBの分布は現地測量に基づく(破線部は現地計測未実施範囲). P1～P5沿いの○は地形断面作成のための計測点. 本図の位置を図2に示す. 等高線間隔は2 m.

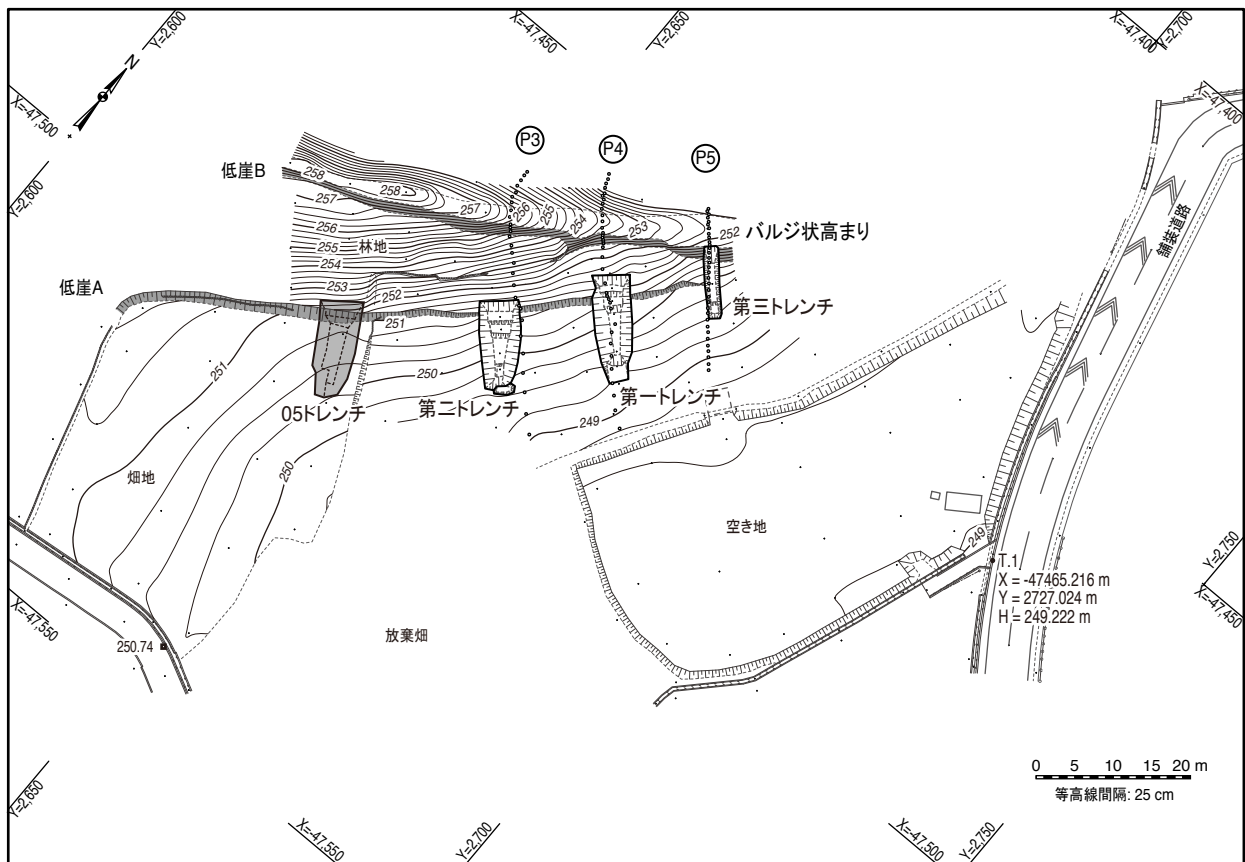


図4 大塚地区トレンチの配置, 詳細地形と土地利用状況

地形図はトータルステーションを用いて作成. 等高線間隔は25 cm. 05トレンチは丸山・斉藤(2006)による大塚トレンチの位置. 座標系は平面直角座標系8系. 本図の位置を図3に示す.

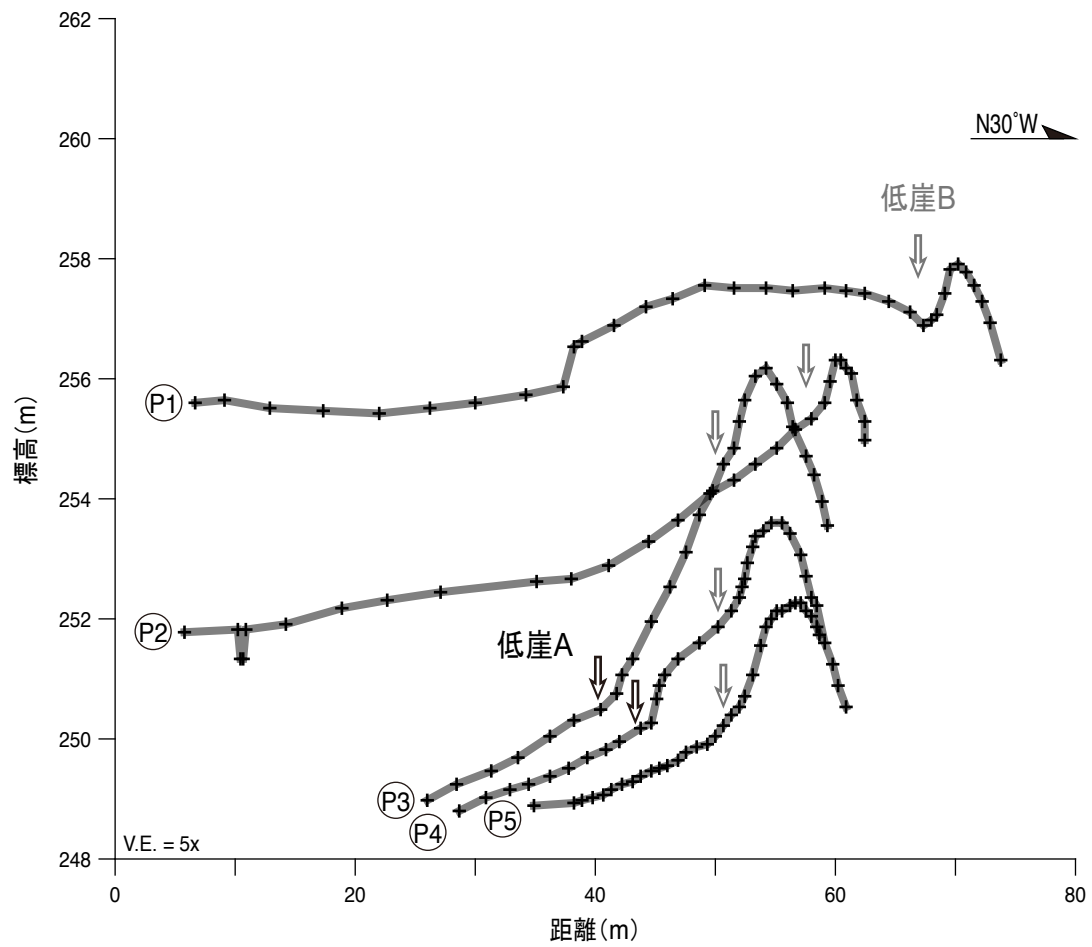


図5 大塚地区のバルジ状の小丘を横切る地形断面

計測点を図3, 4に示す. 断面図は測量結果をN30°W方向に投影して表示. 低崖A, Bの位置をそれぞれ黒縁矢印, 灰縁矢印で示す.

大塚地区第一トレンチ東壁面(反転)

SE

NW

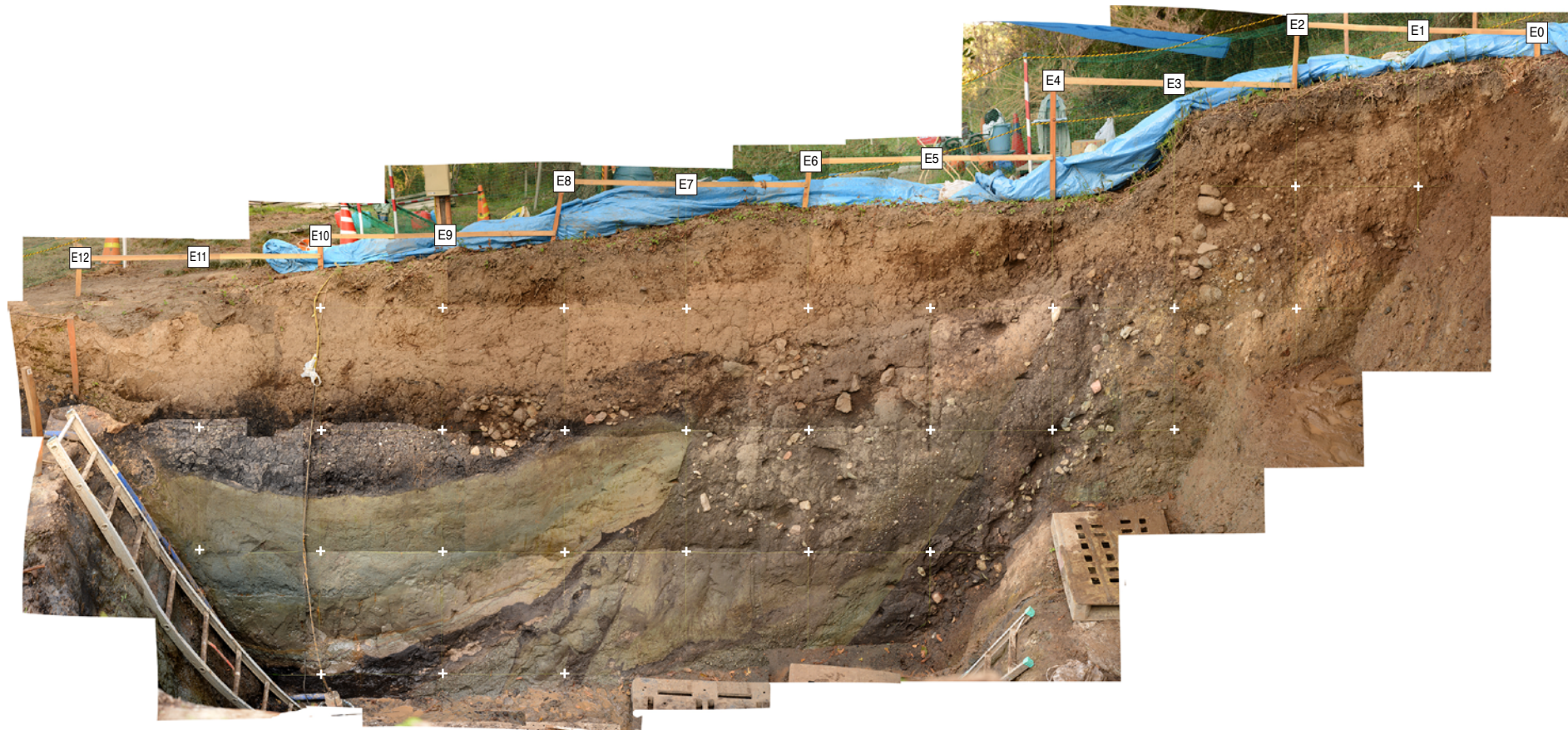


図6 大塚第一トレンチ東壁面の写真(左右反転)

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

大塚地区第一トレンチ東壁面(反転)

SE

NW

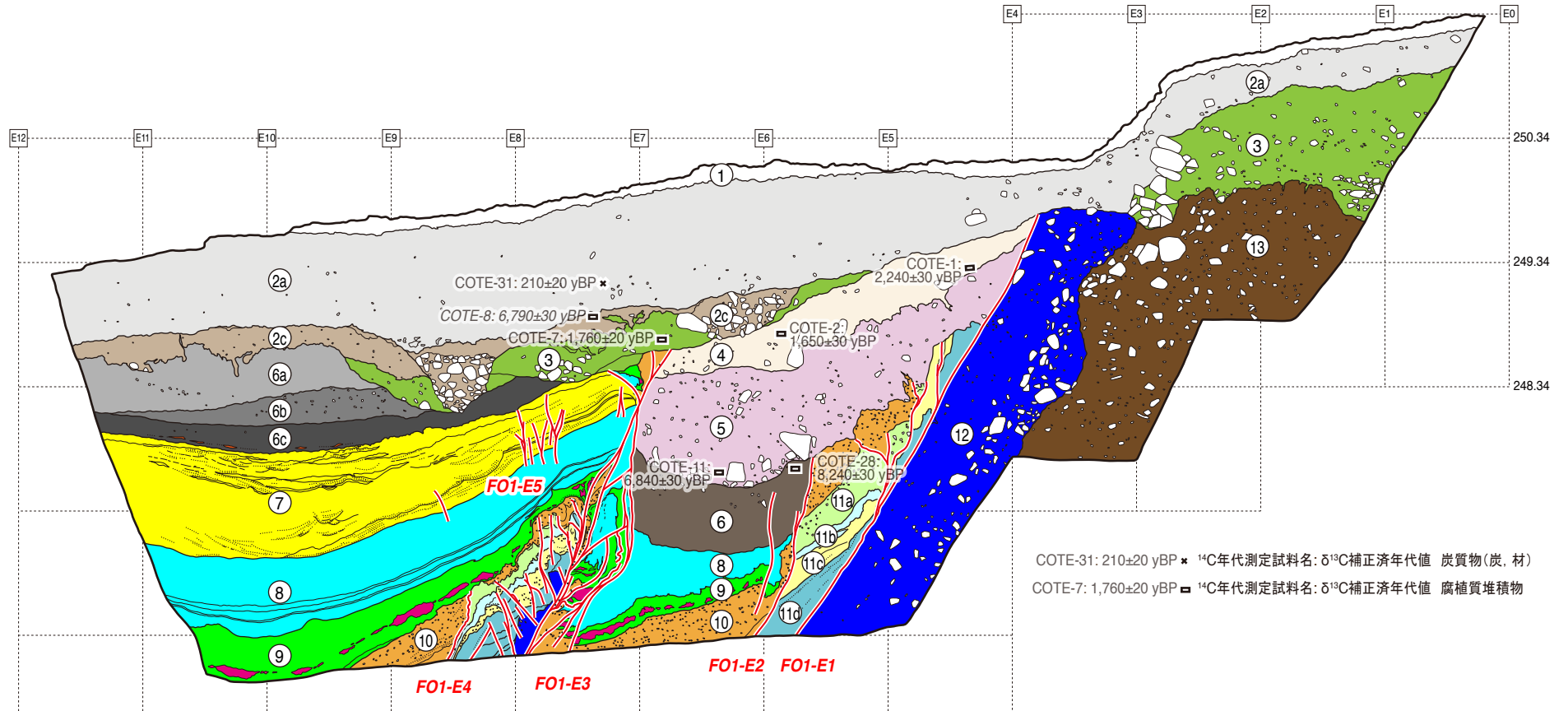


図7 大塚第一トレンチ東壁面のスケッチ(左右反転)

グリッド間隔は1 m.

大塚地区第一トレンチ西壁面

SE

NW

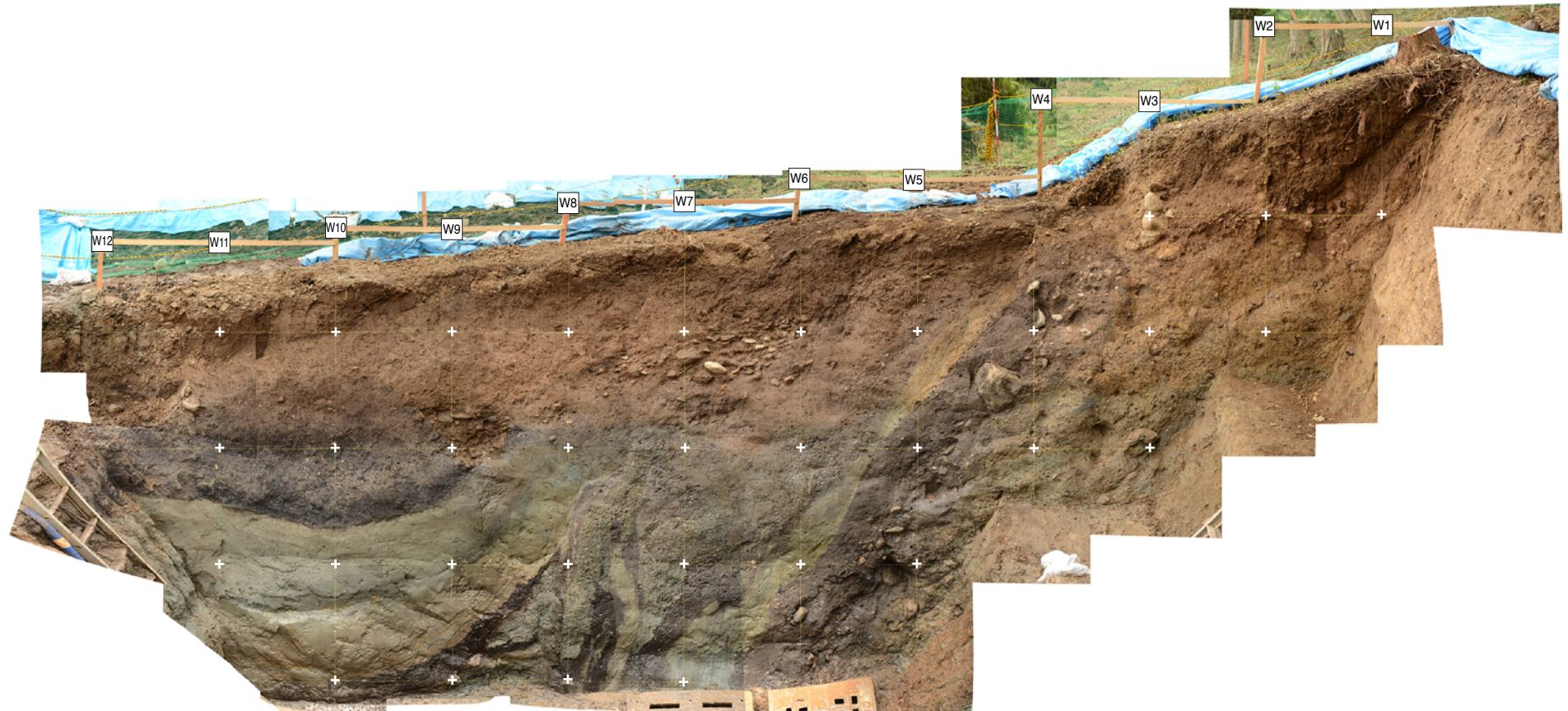


図8 大塚第一トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

大塚地区第一トレンチ西壁面

SE

NW

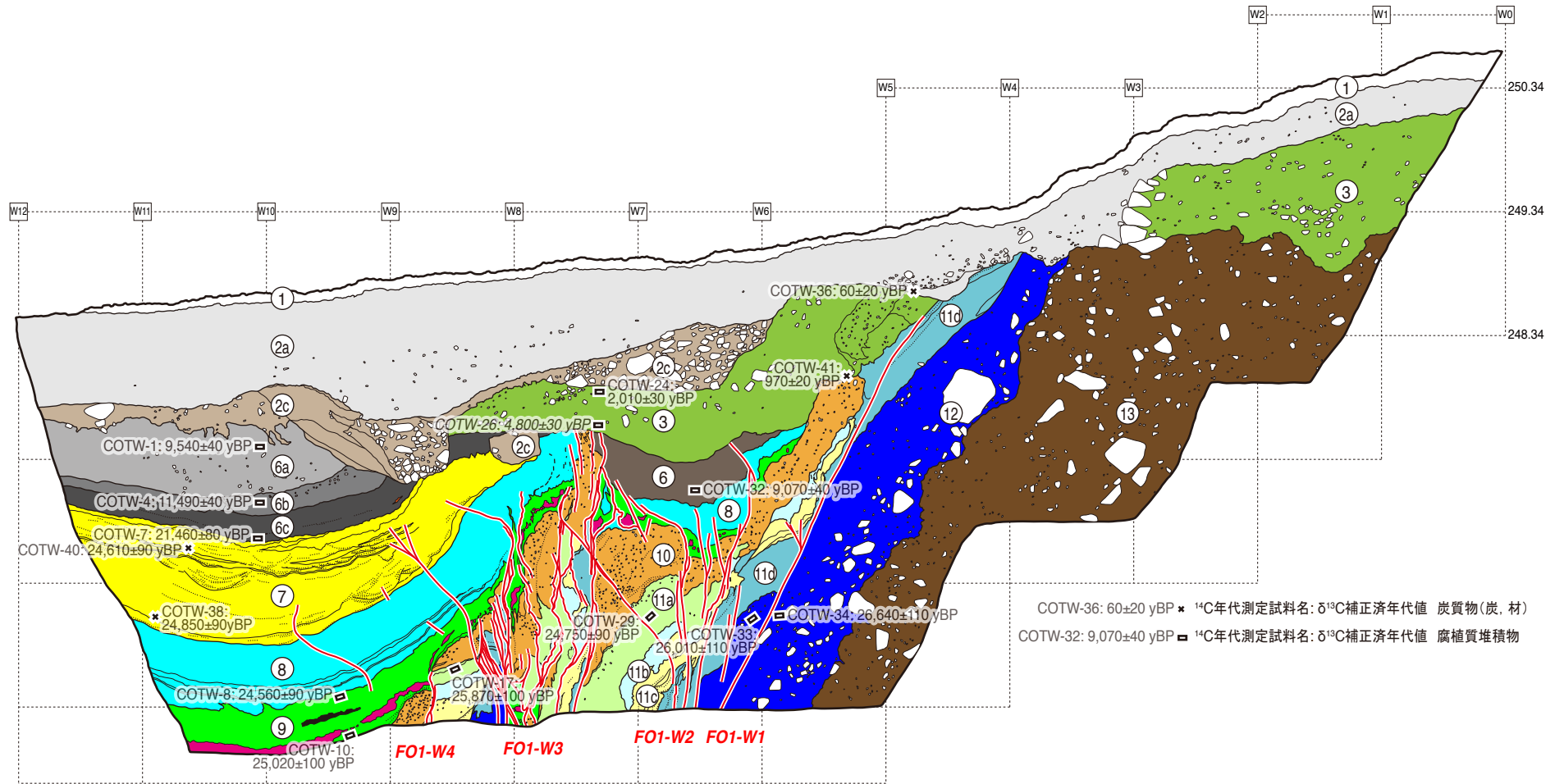


図9 大塚第一トレンチ西壁面のスケッチ
 グリッド間隔は1 m.

大塚地区第二トレンチ東壁面(反転)

SE

NW



図10 大塚第二トレンチ東壁面の写真(左右反転)

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

大塚地区第二トレンチ東壁面(反転)

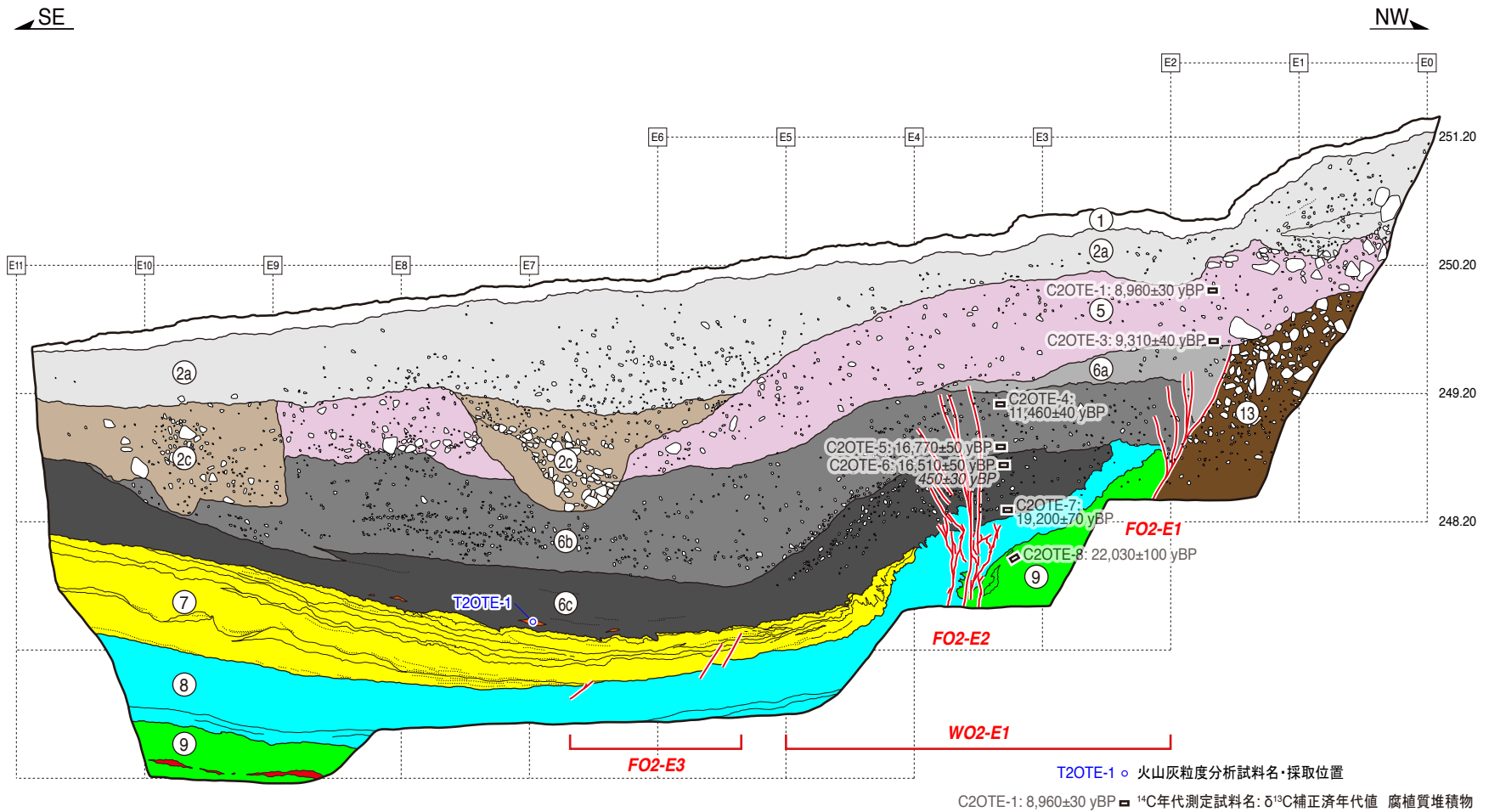


図11 大塚第二トレンチ東壁面のスケッチ(左右反転)
 グリッド間隔は1 m.

大塚地区第二トレンチ西壁面

SE

NW

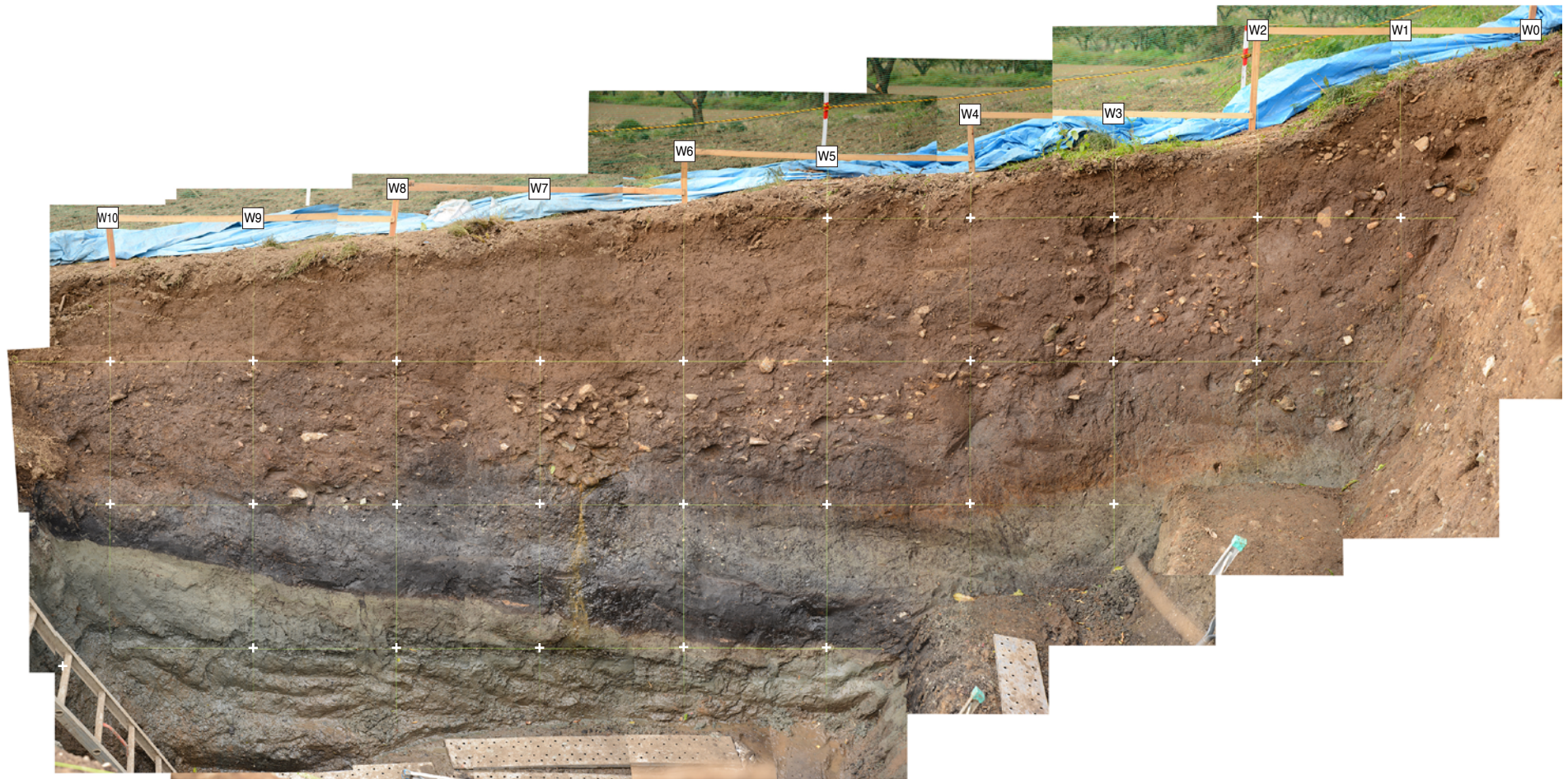


図12 大塚第二トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

大塚地区第二トレンチ西壁面

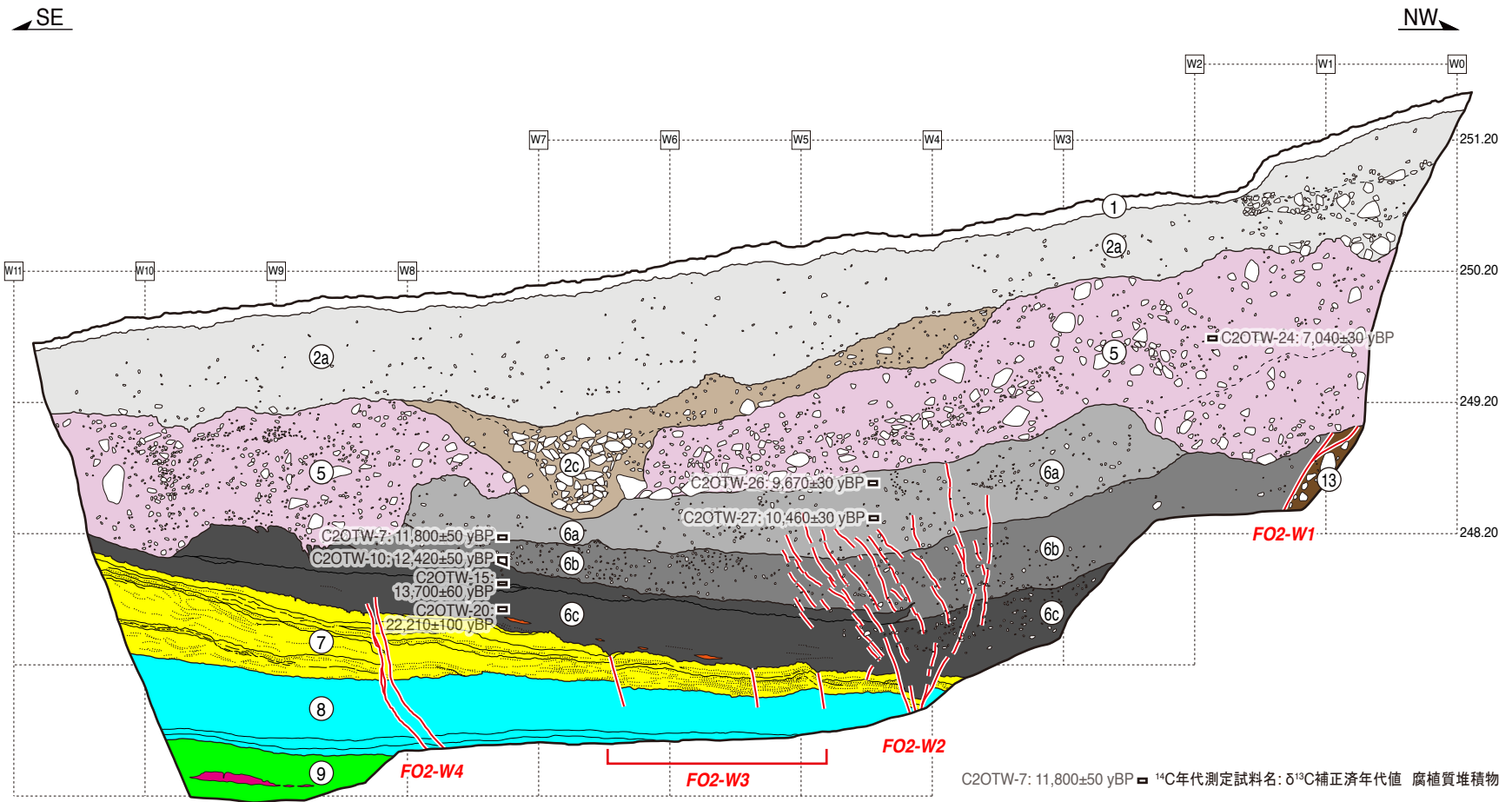


図13 大塚第二トレンチ西壁面のスケッチ
グリッド間隔は1 m.

大塚地区第三トレンチ東壁面(反転)

SE

NW



図14 大塚第三トレンチ東壁面の写真(左右反転)

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

大塚地区第三トレンチ東壁面(反転)

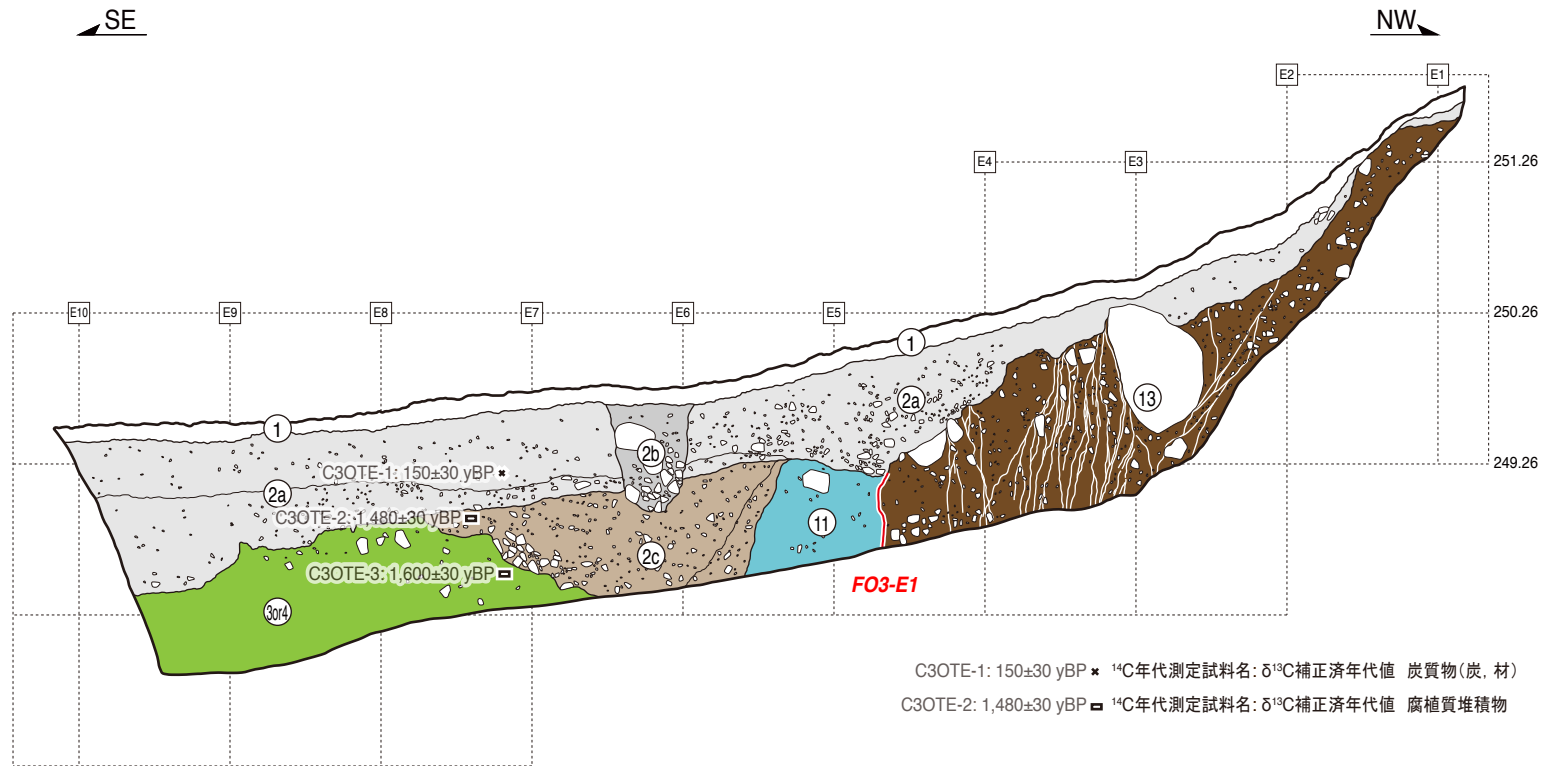


図15 大塚第三トレンチ東壁面のスケッチ(左右反転)
 グリッド間隔は1 m.

大塚地区第三トレンチ西壁面

SE

NW

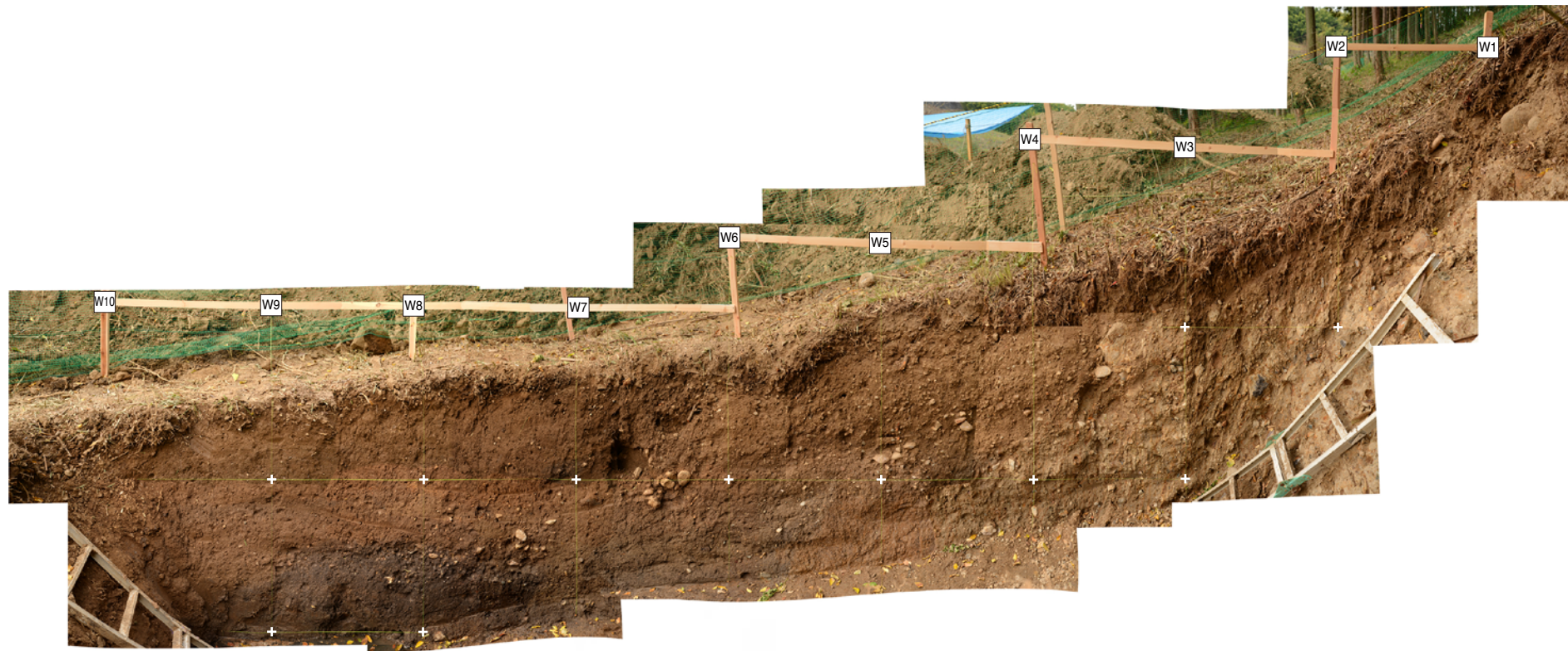


図16 大塚第三トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

大塚地区第三トレンチ西壁面

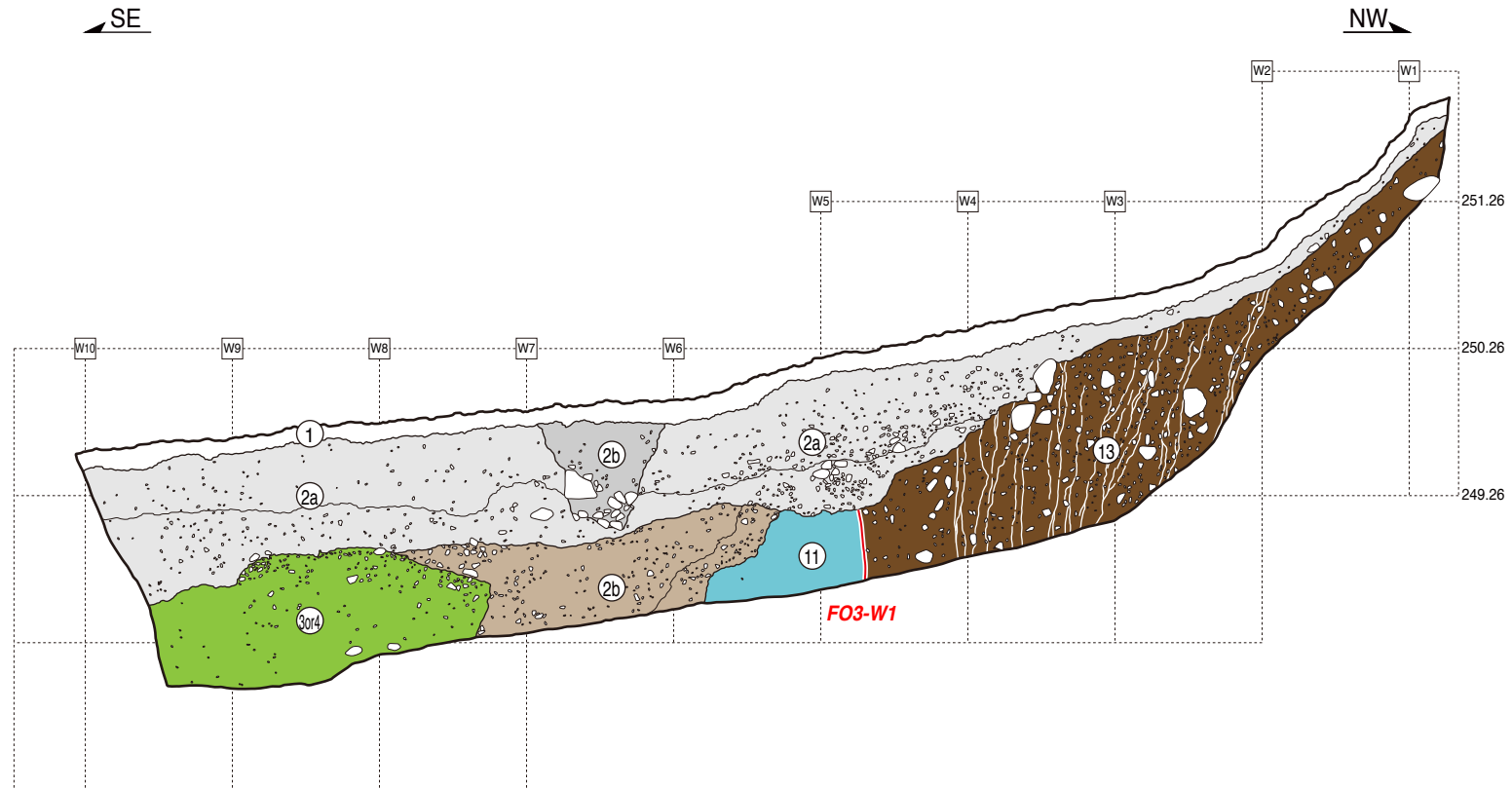


図17 大塚第三トレンチ西壁面のスケッチ
グリッド間隔は1 m.

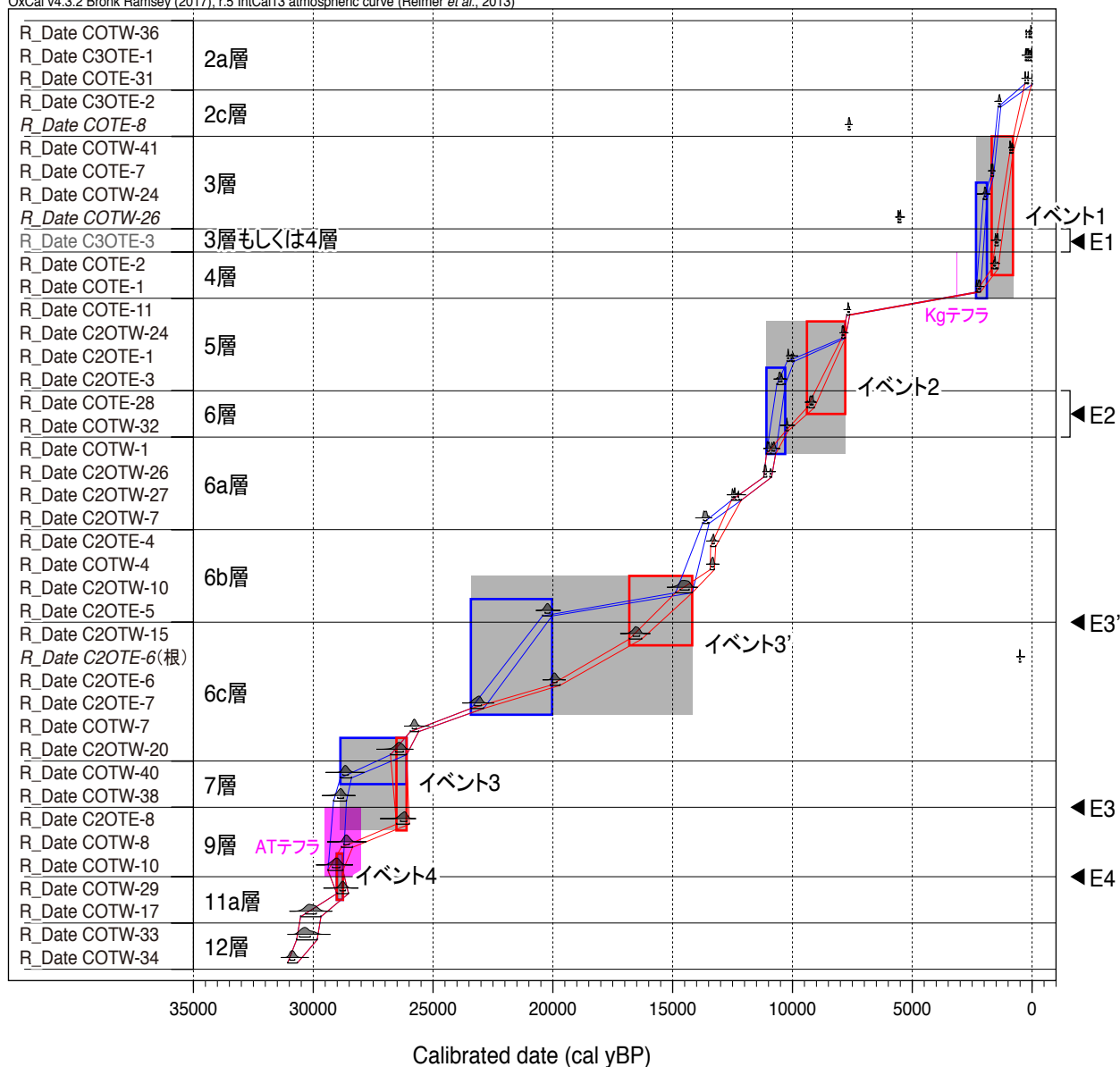


図18 大塚地区トレンチの地層の年代および推定される断層活動時期

第一～第三トレンチから採取した各層準から採取した試料の¹⁴C年代測定値を層序順に並べた。赤細線で繋いだ年代値は、年代の逆転が全て古い有機物の混入によるものと仮定した場合の地層の年代(ケース1)。青細線で繋いだ年代値は年代の逆転が全て新しい有機物の混入によるものと仮定した場合(ケース2)。赤枠および青枠は、それぞれ赤細線および青細線を採用した場合の各断層活動の年代範囲を示す。灰色枠は、両者を含めた各古地震活動の年代範囲(ケース3)を示す。

大塚地区第一トレンチ東壁面(反転)

SE

NW

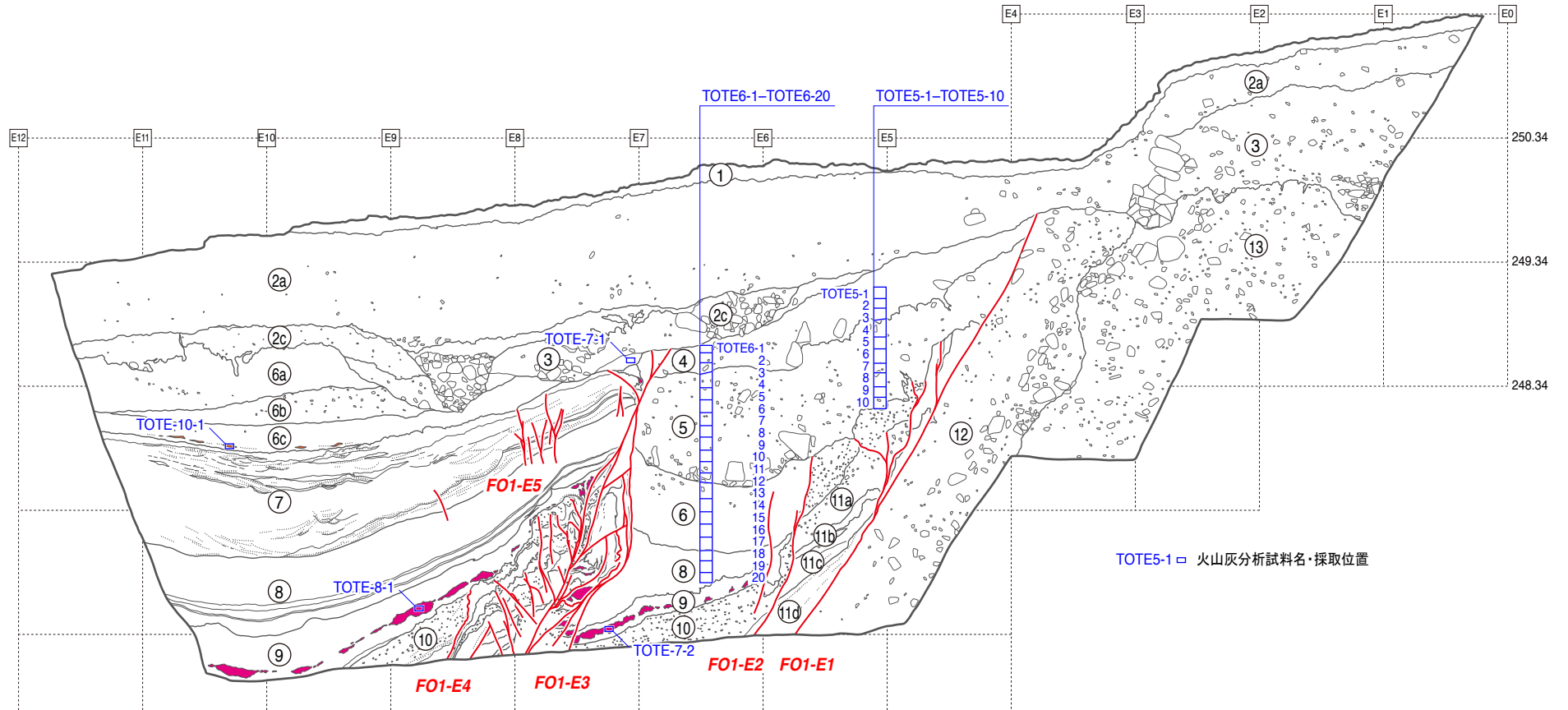


図19 大塚第一トレンチ東壁面火山灰分析試料採取位置(左右反転)

大塚地区第二トレンチ西壁面

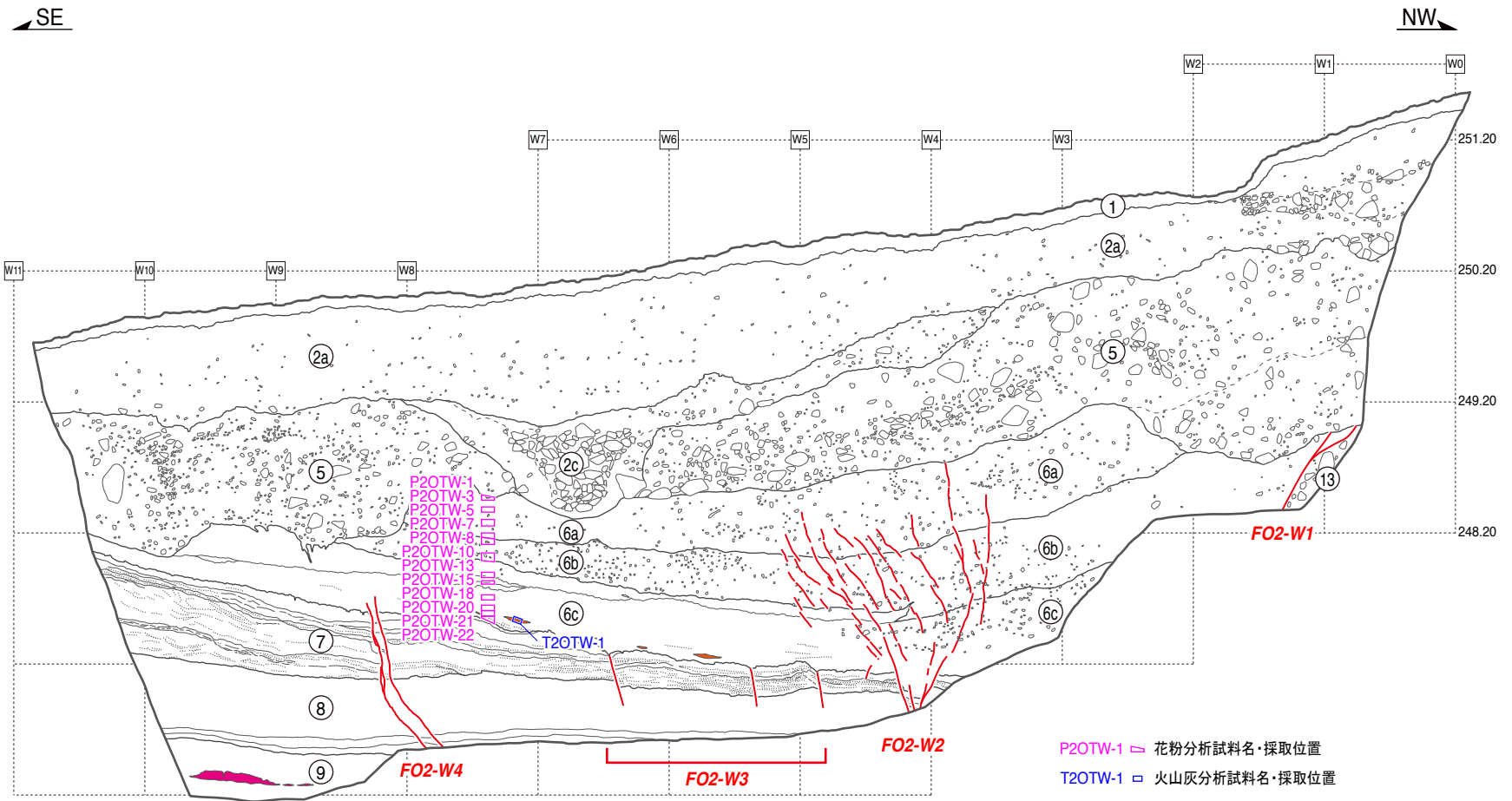


図20 大塚第二トレンチ西壁面火山灰・花粉分析試料採取位置

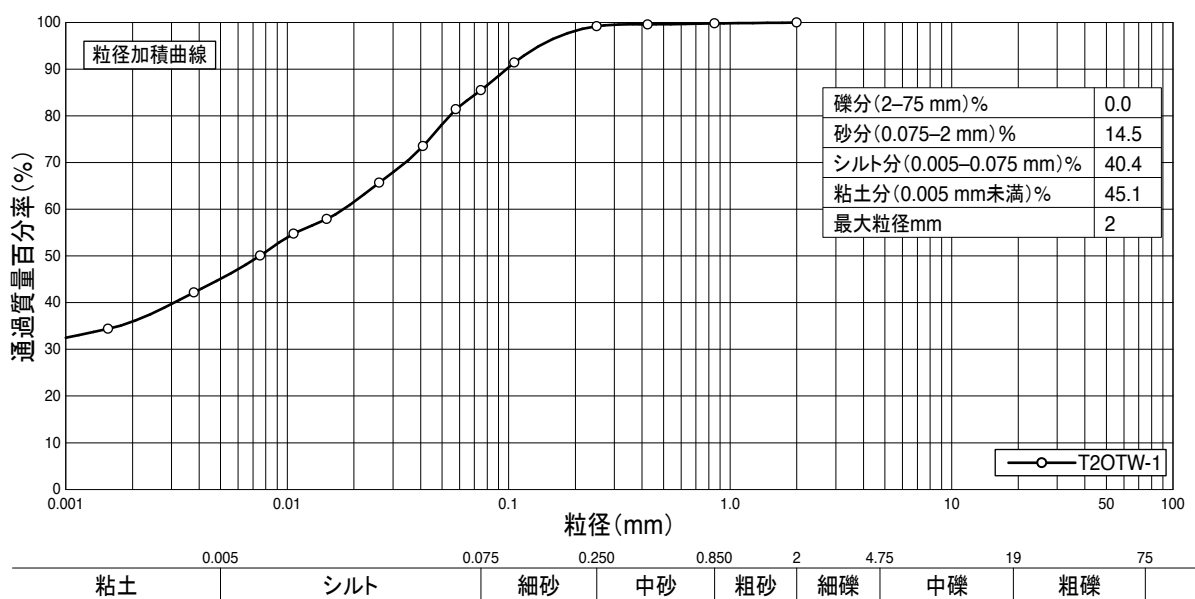
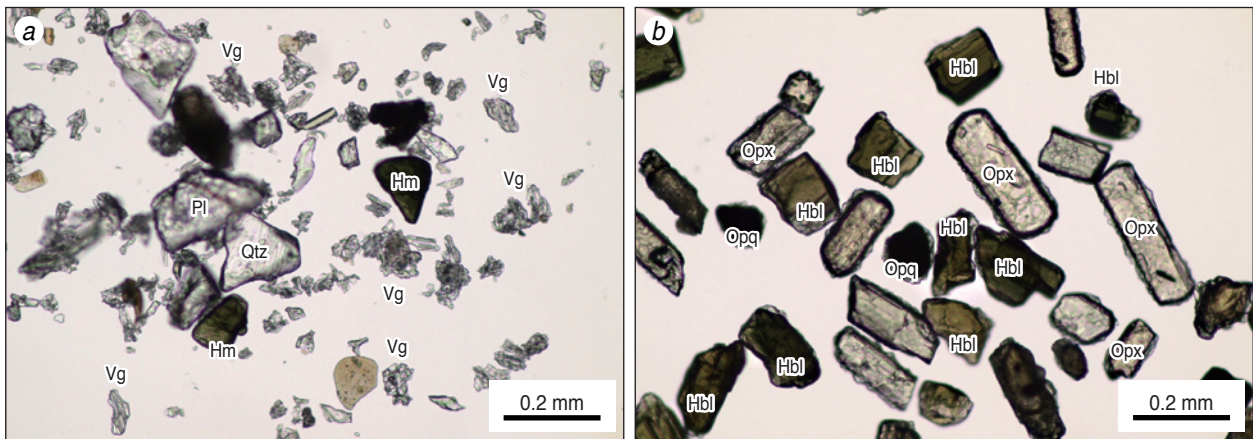


図21 大塚第二トレンチ西壁面グリッド7付近で6c層中から採取したテフラ試料(T2OTW-1)の粒径加積曲線とそれに基づく粒径分布



Qtz : 石英, Pl : 斜長石, Hm : 重鉱物, Vg : 火山ガラス, Hbl : 角閃石, Opx : 斜方輝石, Opq : 不透明鉱物

図22 テフラ試料T2OTW-1の実体顕微鏡写真
 a) 軽鉱物. b) 重鉱物.

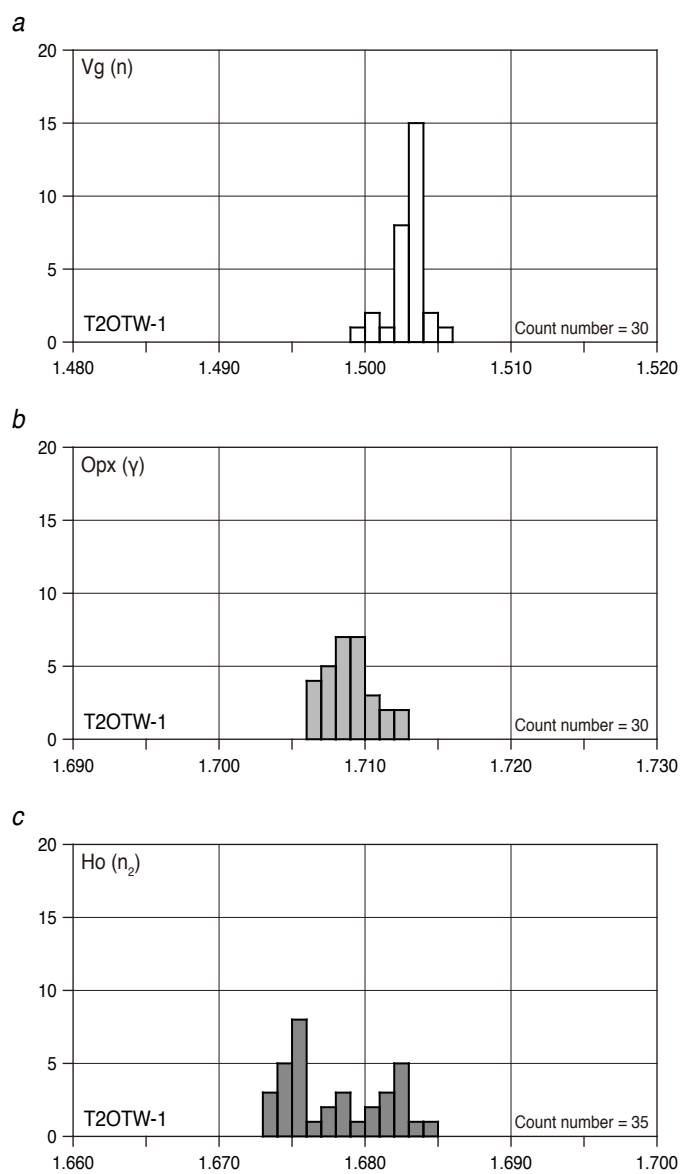
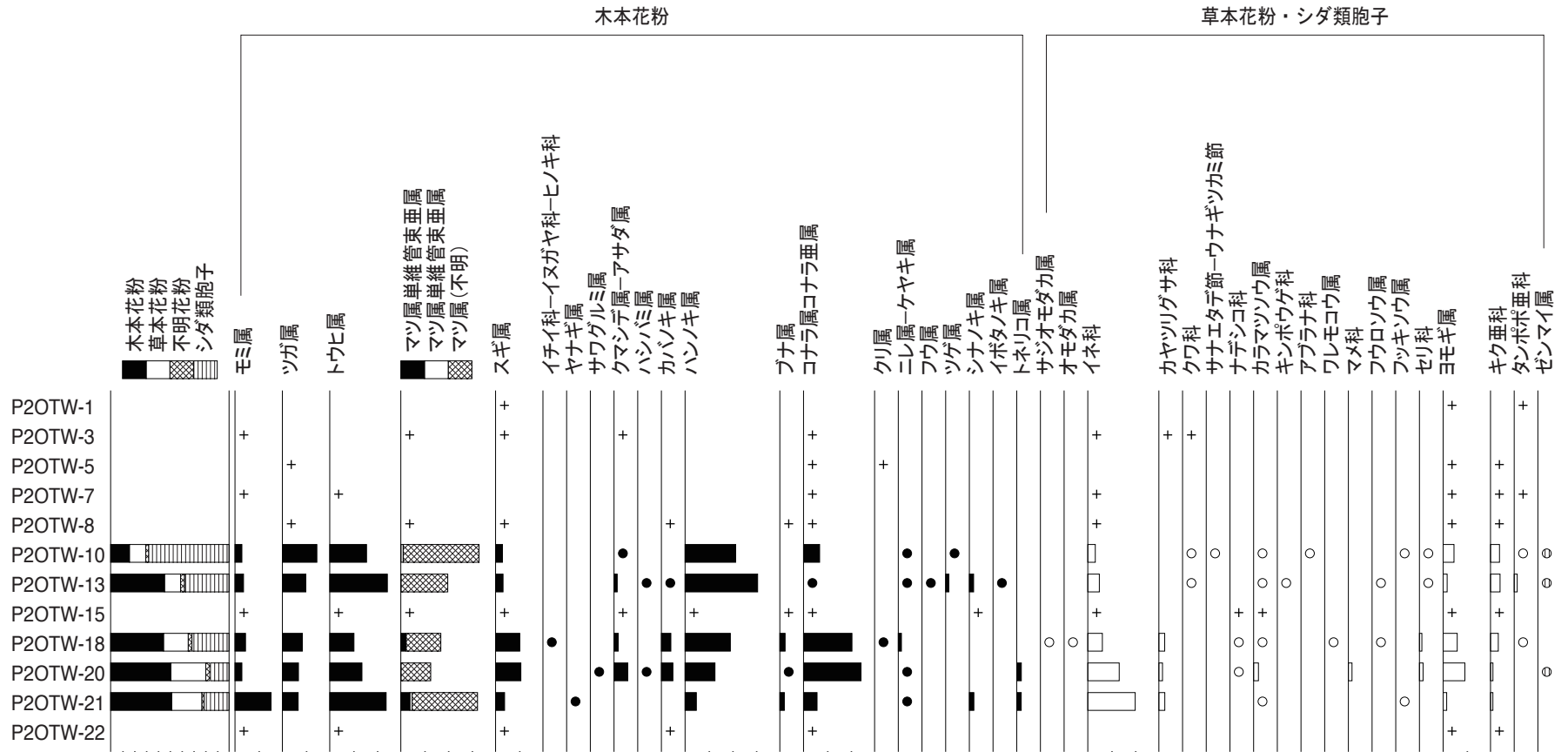


図23 テフラ試料T2OTW-1の火山ガラス(a), 斜方輝石(b)および角閃石(c)の屈折率



木本花粉は木本花粉総数，草本花粉・シダ類孢子は総数から不明花粉を除いた数を基数として百分率で表した。
○●は1%未満，+は木本花粉100個未満の試料において検出された種類を示す。

10%

図24 大塚第二トレンチ西壁面グリッド7, 8間で連続採取した試料の花粉分析結果

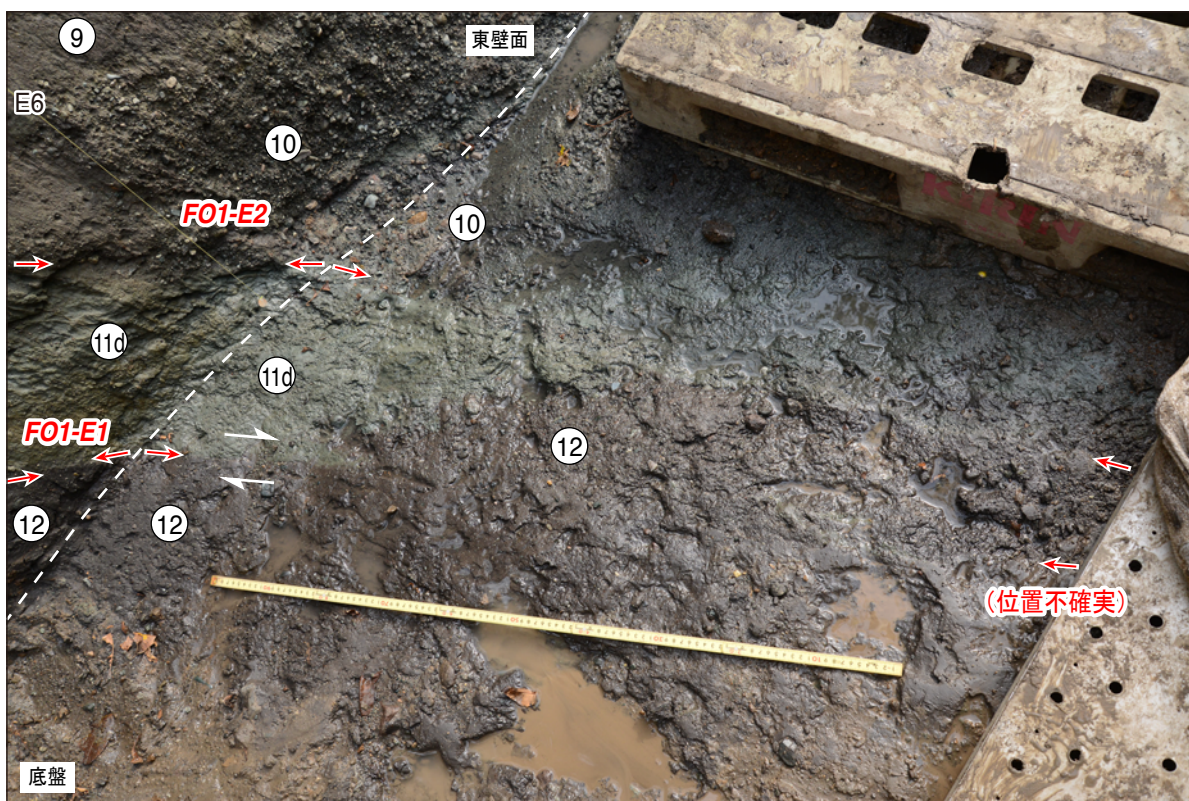


図25 大塚第一トレンチグリッドE5～E6付近の底盤の地質状況

写真上方が南東. 赤矢印:断層面, 白矢印ペア:12層と11d層との地層境界の食い違いから推定される右ずれ. 折尺の長さは1 m.

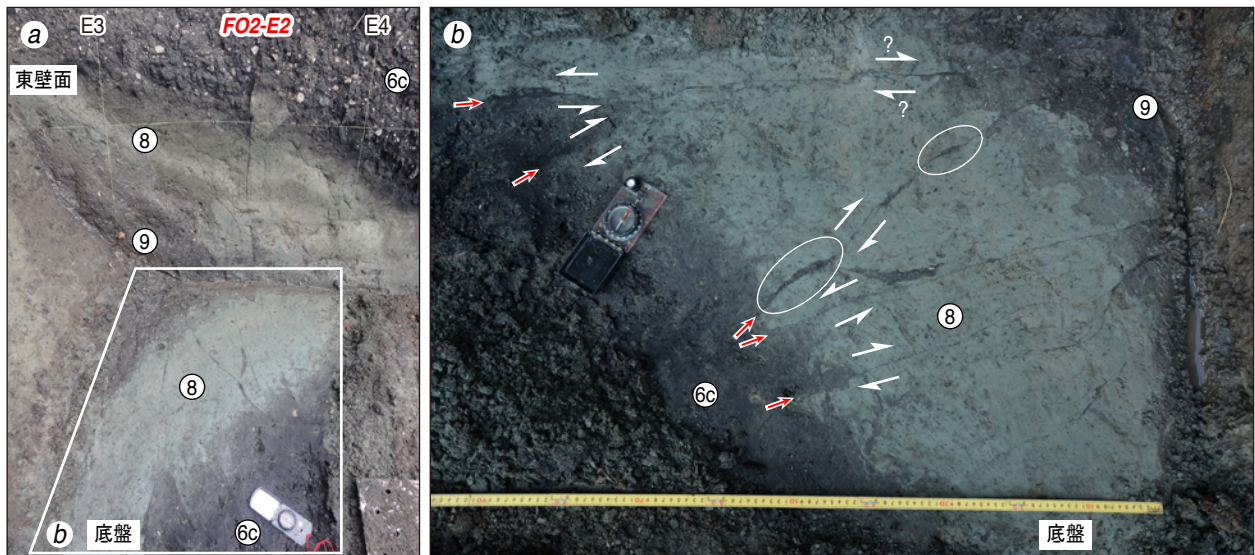


図26 大塚第二トレンチグリッドE3~E4付近の底盤の地質状況

a) 底盤と東壁面の地質分布および変形構造(南西から撮影). b) 底盤に見られる変形構造. 赤矢印:断層面, 白矢印ペア:9層と8層との地層境界のずれ推定される見かけのずれの向き. 8層中に発達する断層の走向変化部にみられる6c層の落ち込みを白丸で囲む. コンパスの長軸(写真右上方向)が北を指す. 図中の折尺の長さは96 cm. 図26bの範囲を図26aに示す.

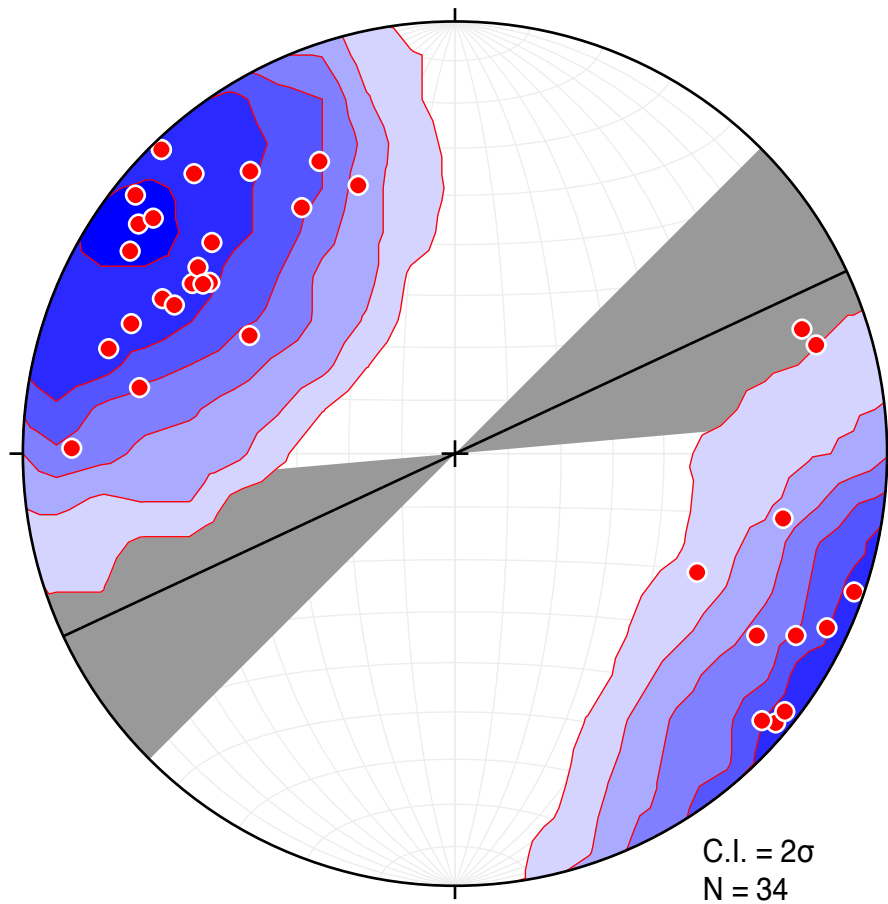


図27 大塚地区第一～第三トレンチの壁面で計測した断層面の極(赤丸)およびコンターのステレオ投影

下半球等積投影. コンター間隔(C.I.): 2σ (Kamb法による), N: 測定数. 灰色で示した範囲は大塚地区のバルジ状小丘の延びの方位 ($N45^{\circ}E \sim N85^{\circ}E$; 図2). Stereonet v. 9.9.4 (Allmendinger *et al.*, 2013) を使用.

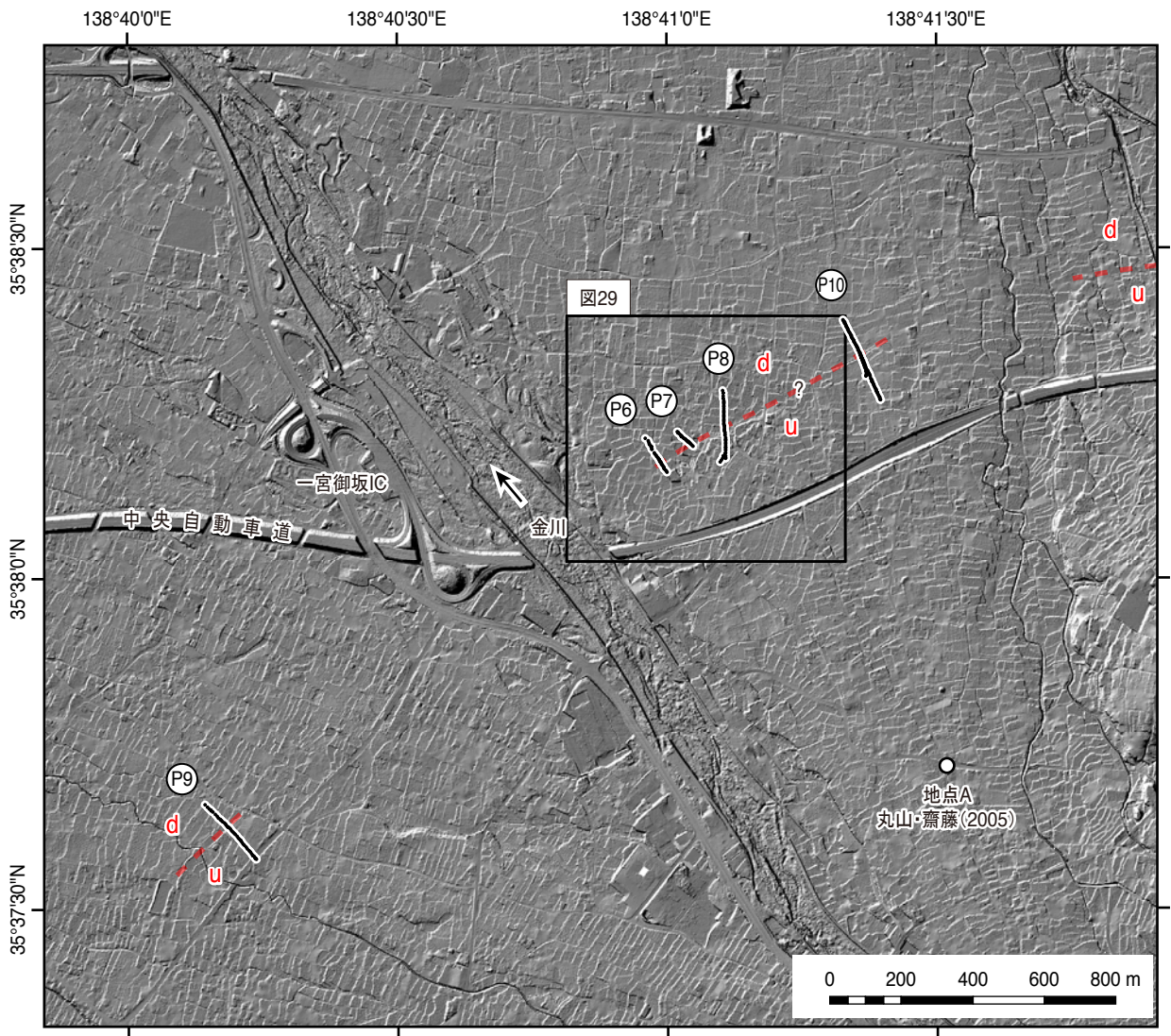


図28 国分地区周辺の地形

陰影図は、航空レーザ計測データ(国土交通省関東地方整備局提供)を1 mグリッド標高データに加工して作成。曾根丘陵断層帯における本図の位置を図1に示す。赤破線:低崖, u:相対的隆起側, d:相対的低下側。

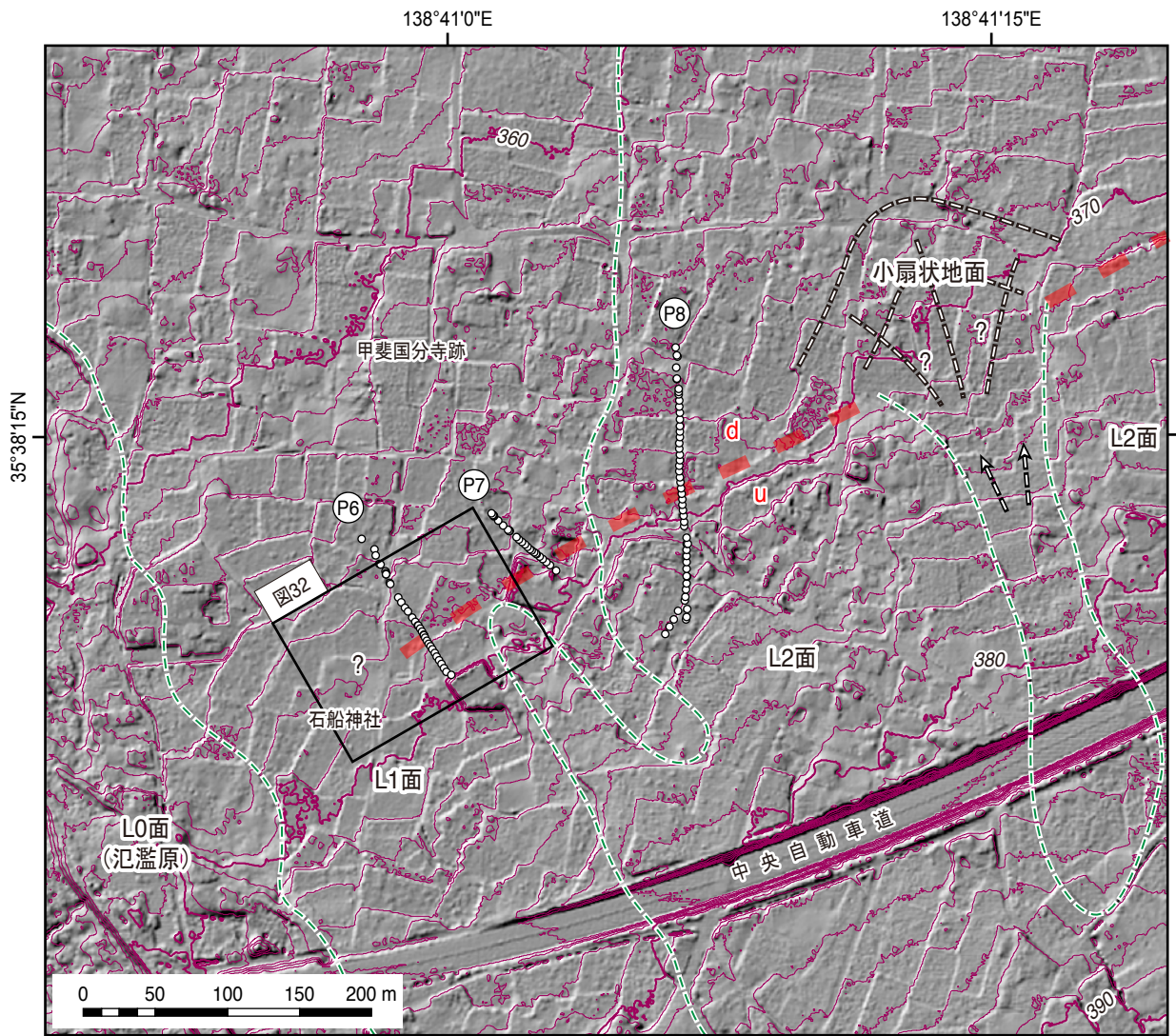


図29 国分地区の詳細地形

P6～P8沿いの○は地形断面作成のための計測点。緑破線：地形面境界，赤太破線：低崖，u：相対的隆起側，d：相対的低下側，?：低崖延長部（崖地形不明）。本図の位置を図28に示す。陰影図は，航空レーザ計測データ（国土交通省関東地方整備局提供）を1 mグリッド標高データに加工して作成。等高線間隔は1 m。

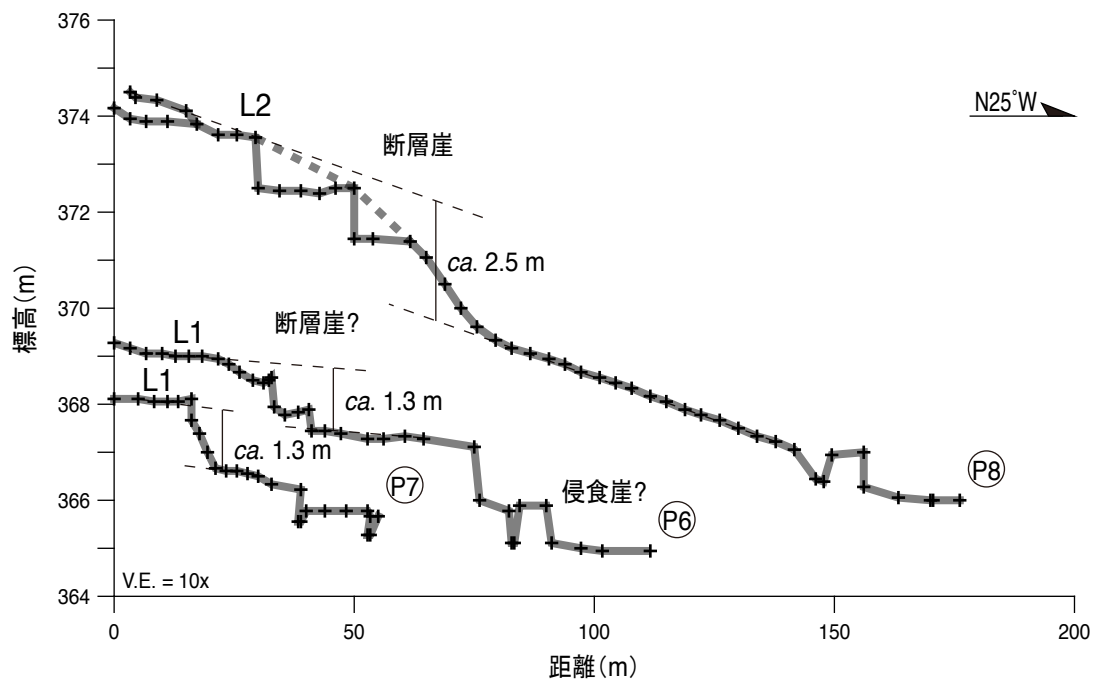


図30 国分地区の低崖を横切る地形断面

計測点を図29に示す。断面図は測量結果をN25°W方向に投影して表示。

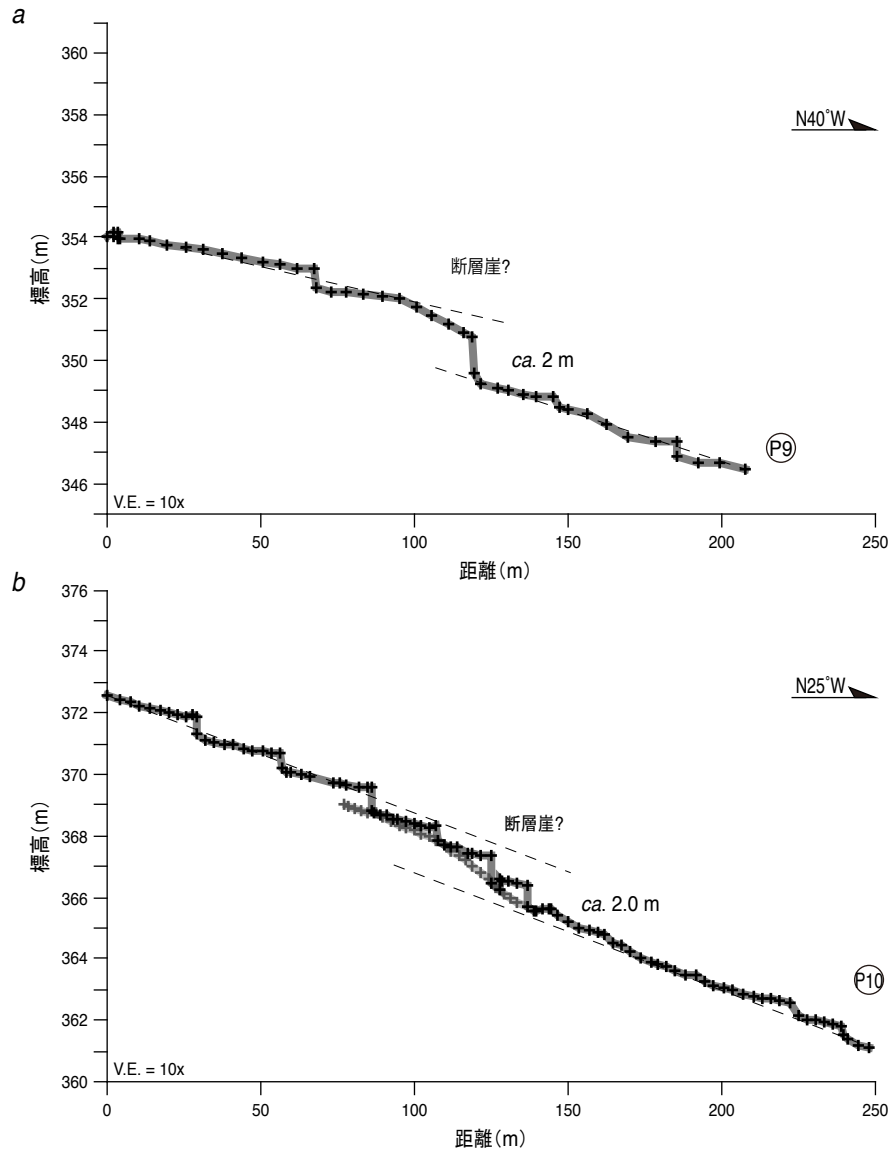


図31 国分地区の南西(a)および北東(b)延長部に認められる低崖の地形断面

計測位置を図28に示す. 断面図は測量結果をN25°W方向(断面P9)およびN25°W方向(断面P10)に投影して表示.

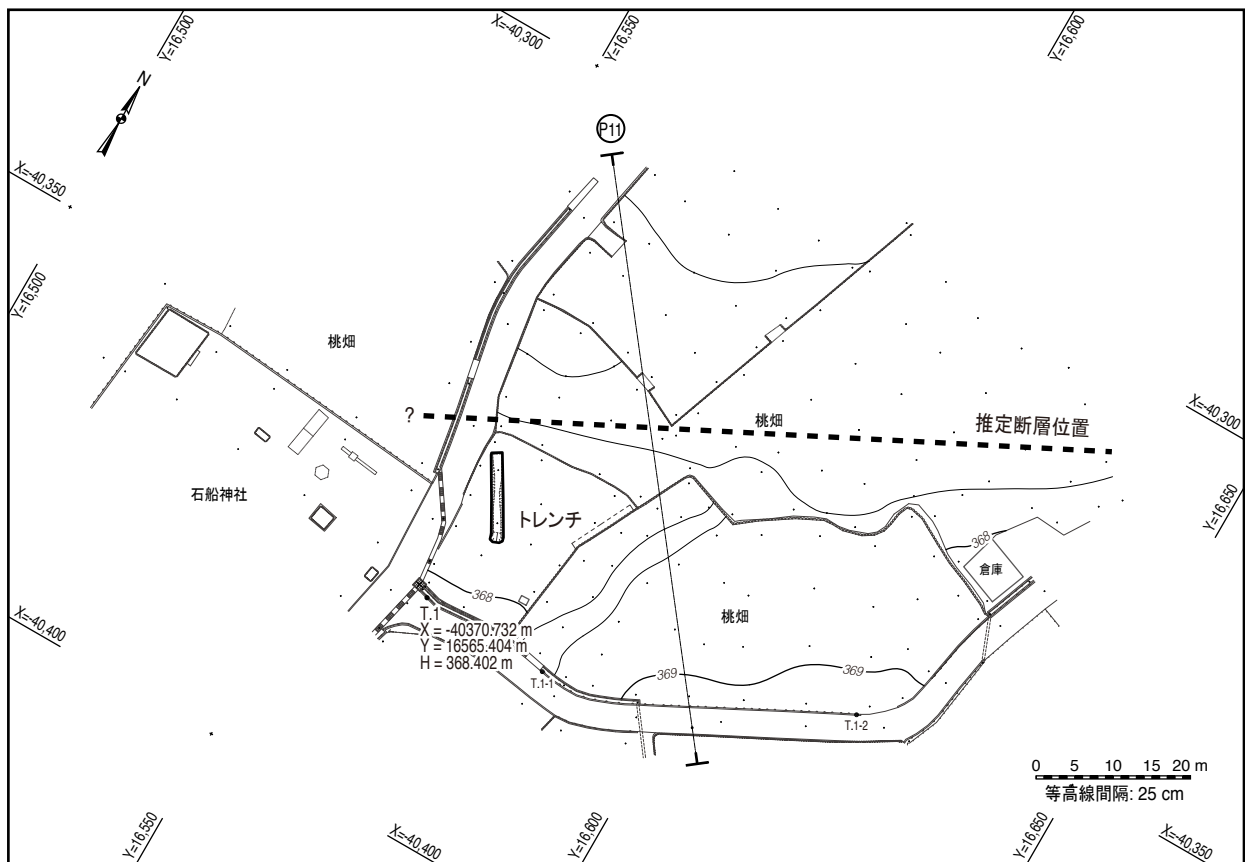


図32 国分地区トレンチの配置, 詳細地形と土地利用状況

地形図はトータルステーションを用いて作成. 等高線間隔は25 cm. 座標系は平面直角座標系8系. 本図の位置を図29に示す.

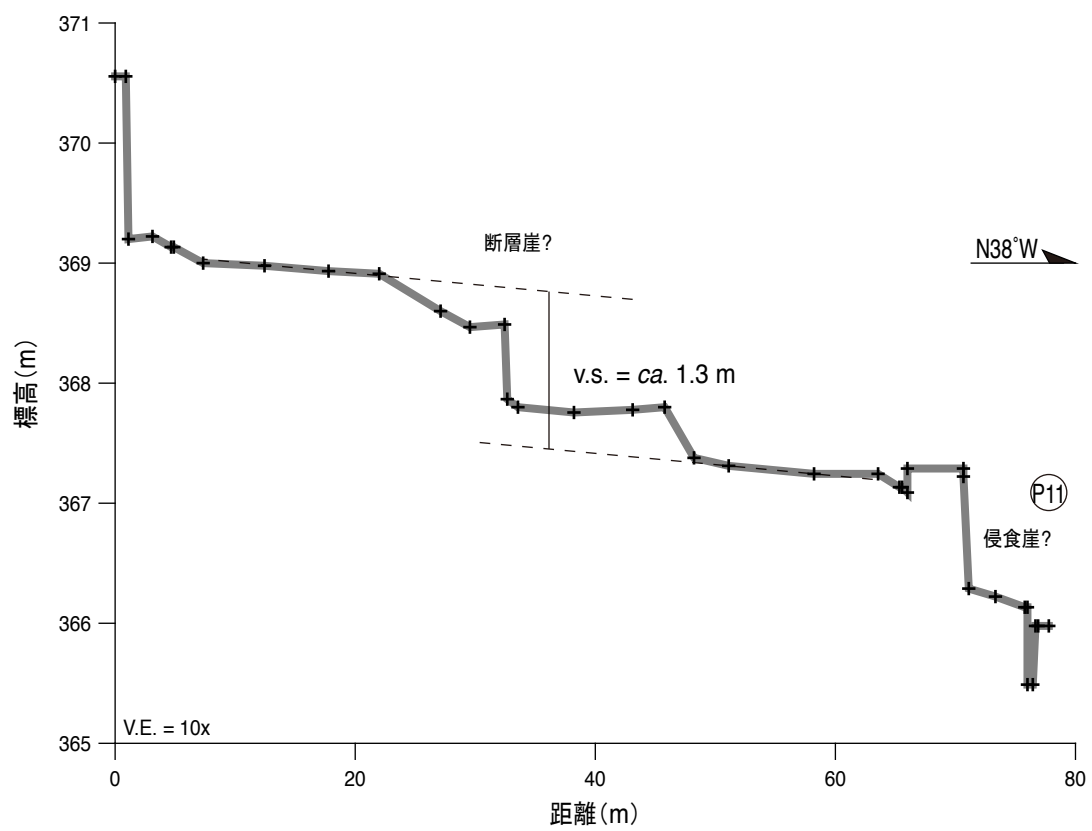


図33 トレンチ掘削地点近傍における低崖を横切る地形断面
断面計測位置を図32に示す。

国分地区トレンチ東壁面(反転)

SE

NW



図34 国分トレンチ東壁面の写真(左右反転)

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

国分地区トレンチ東壁面(反転)

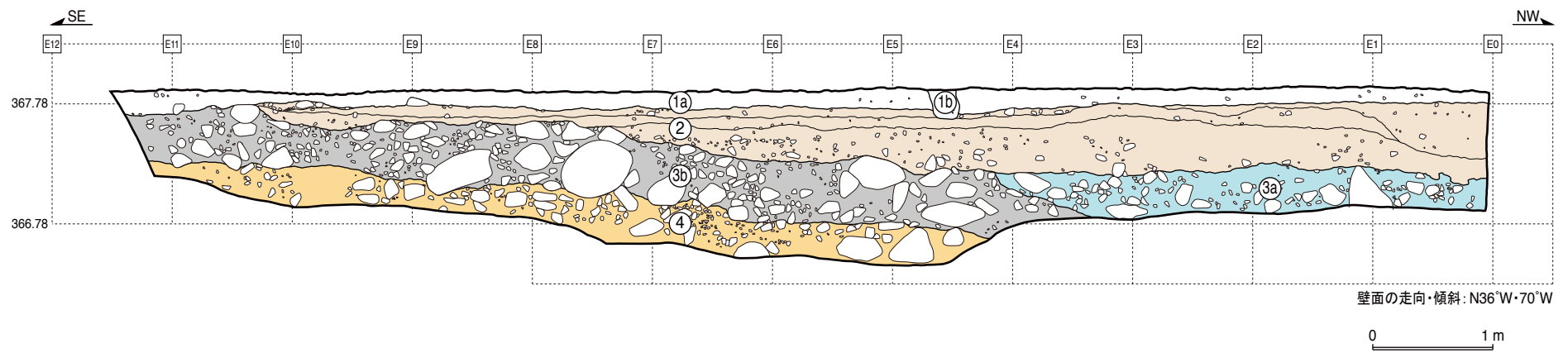


図35 国分トレンチ東壁面のスケッチ(左右反転)
グリッド間隔は1 m.

国分地区トレンチ西壁面

SE

NW

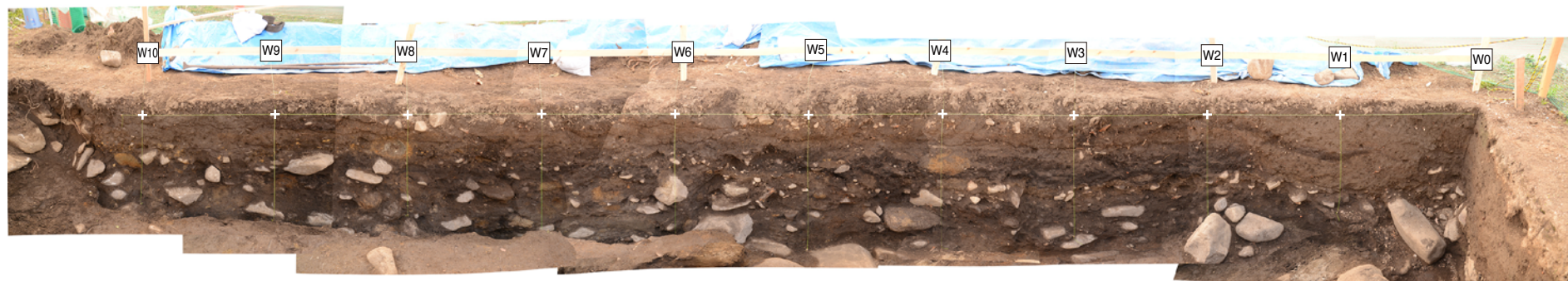


図36 国分トレンチ西壁面の写真

白十字は横糸(鉛直に1 m間隔)と縦糸(1 m間隔)の交点.

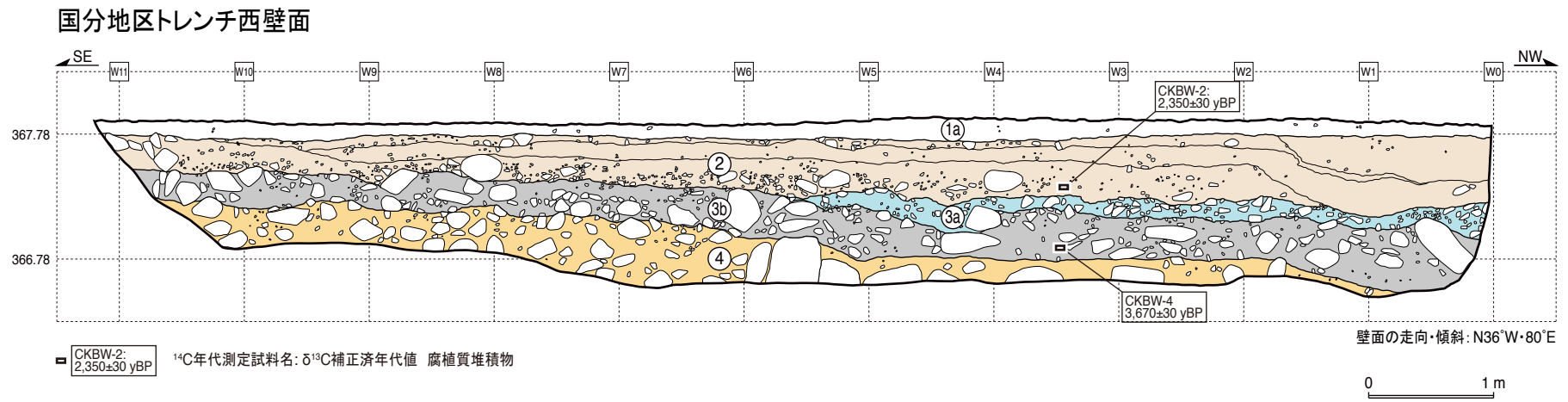


図37 国分トレンチ西壁面のスケッチ
グリッド間隔は1 m.

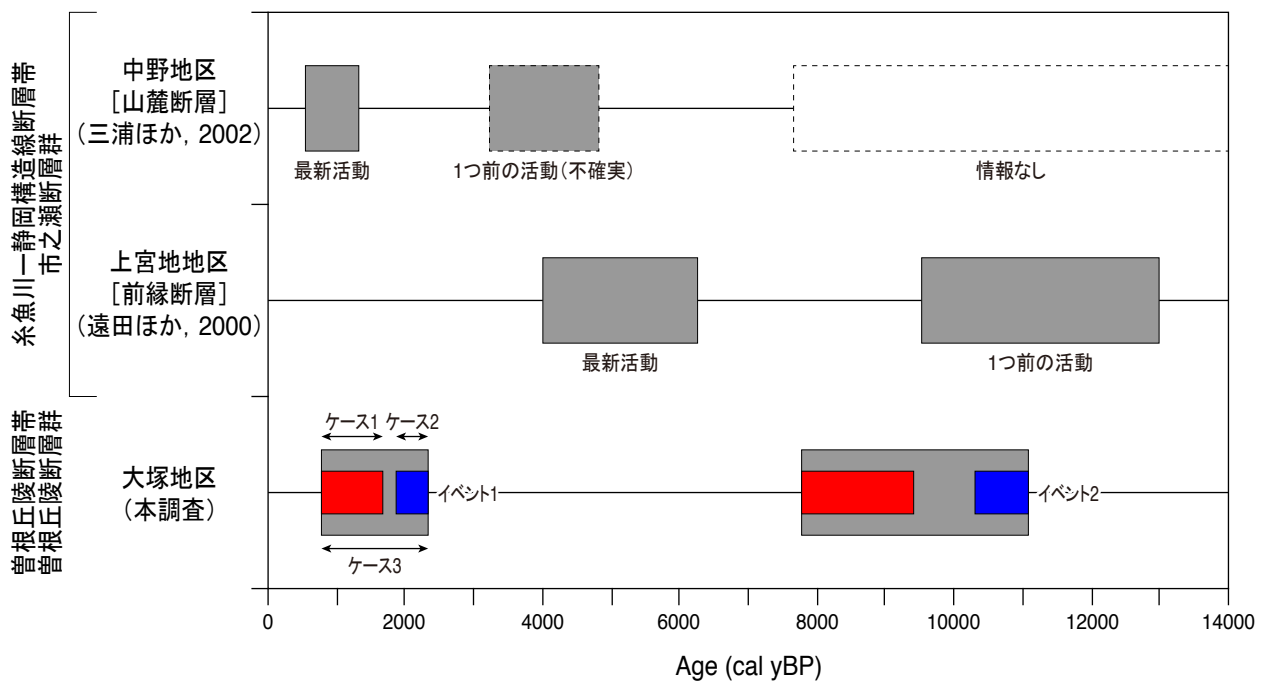


図38 曾根丘陵断層帯と糸魚川-静岡構造線断層帯市之瀬断層群の完新世における活動時期

市之瀬断層群のトレンチ調査位置を図1に示す。活動時期については、遠田ほか(2000)および三浦ほか(2002)に基づく。大塚地区のケース1~3については図18を参照。