

九州北部, 福智山断層帯におけるトレンチおよびボーリング調査

Trench excavation and drilling surveys on the Fukuchiyama fault zone in the northern Kyushu Island, southwest Japan.

吉岡敏和¹・谷口 薫²・細矢卓志³・植木忠正³・八木達也³・森田祥子³

Toshikazu Yoshioka¹, Kaoru Taniguchi², Takashi Hosoya³, Tadamasa Ueki³,
Tatsuya Yagi³ and Sachiko Morita³

¹ 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, yoshioka-t@aist.go.jp)

² 活断層・火山研究部門, 現在: 株式会社パスコ (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology; Now at Pasco Corporation)

³ 中央開発株式会社 (Chuo Kaihatsu Corporation)

Abstract: The Fukuchiyama fault zone located in the northern Kyushu Island is an active fault extending in NNE-SSW direction with west-side-up and left-lateral displacement. This fault zone consists of two faults of the Tonda and Fukuchiyama faults. These faults are passing through a highly populated area of the Kitakyushu City and it is important to evaluate the activity of this fault for earthquake disaster mitigation of this area. The Earthquake Research Committee of the Headquarters for Earthquake Research Promotion of Japanese government evaluated that the probability of the earthquake occurrence in the future on the Fukuchiyama fault zone is 0 to 3 % in these 30 years. We thus conducted trench excavation and arrayed boring surveys on this fault zone to evaluate the earthquake occurrence probability more precisely. A trench on the Tonda fault and three trenches on the Fukuchiyama fault were excavated on the fault trace estimated from the continuation of the fault topography. On the trench wall of the Tonda fault, steeply inclined sandstone and mudstone of the Paleogene Ashiya Group and overlaid gravel and silt layers are cropped out. However, no clear fault is observed in between bedrocks and sediments. On the trench wall of the Fukuchiyama fault, a fault cutting a sand and silt layer is observed. The distribution of this layer suggests that the Fukuchiyama fault displaces with a left-lateral strike-slip component.

キーワード: 活断層, 福智山断層帯, トレンチ, ボーリング, 九州

Keywords: active fault, Fukuchiyama fault zone, trenching survey, drilling survey, Kyushu Island

1. はじめに

福智山断層帯は, 福岡県北九州市若松区脇田付近から同市八幡西区, 直方市, 福智町を通り, 田川市夏吉付近にかけて分布する活断層である(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013)。洞海湾を挟んで, 北側は頓田断層, 南側は福智山断層と呼ばれている(千田ほか, 2001)。第1図に断層帯周辺の地質図を示す。断層帯の東側は下部白亜系の関門層群, 上部白亜系の花崗閃緑岩, および古生代に形成された付加コンプレックスの呼野層群からなる山地となっている。これに対し, 断層帯の西側は筑豊炭田北部を構成する古第三系堆積岩が分布しており, 福智山断層帯は概ね両者の地質境界となっている(久保ほか, 1993)。地質境界として報告されている断層は, 北側は二島断層, 南側は福智山断層と呼ばれ, 古第三系の構造からは東側隆起の正断層と考えられている(小原ほか, 1989; 尾崎ほか, 1993)。一方,

活断層としての福智山断層帯については, 更新統を変位させる断層の露頭観察などから, 左横ずれを伴う逆断層であることが報告されている(浦田ほか, 1977; 木原ほか, 1981; 小原ほか, 1989)。

北九州市(1998)およびその調査結果をまとめた千田ほか(2001)は, 空中写真判読, 現地調査およびトレンチ調査等に基づいて, 活断層としての福智山断層帯の平均変位速度や過去の活動についての検討を行った。その結果, 地形から推定された上下方向の平均変位速度は, 頓田断層で0.01~0.04 m/千年, 福智山断層で0.02~0.06 m/千年と推定された。また本断層帯の活動履歴については, 約25,000年前~11,000年前に最新活動があったと推定された。なお, 断層の詳細位置は千田ほか(2005, 2008)に図示されている。

平成25年2月に地震調査研究推進本部地震調査委員会から公表された長期評価(地震調査研究推進本

部地震調査委員会, 2013) では, 断層帯の最新活動時期が約 28,000 年前以後, 約 13,000 年前以前と十分に絞り込まれておらず, 平均変位速度は 0.02~0.03 m/千年程度とされたが, 横ずれ変位速度が不明のため, 平均活動間隔も約 9,400~32,000 年と幅広い評価となっている。したがって, 本調査では, 福智山断層帯の断層活動性および過去複数回の活動履歴を明らかにすることを目的とし, 頓田断層の頓田地点および福智山断層の後山地点においてトレンチ調査を実施するとともに, 福智山断層の池田地点および堀田地点において群列ボーリング調査を実施した。

なお, 本調査は文部科学省委託事業「地域評価のための活断層調査(九州地域)」の一部として実施したものである。

2. 断層帯の分布と変位地形

第 2 図に本調査の結果に基づく福智山断層帯の分布を示す。断層位置は概ね千田ほか(2001, 2005, 2008)と同一である。断層帯は, 洞海湾を挟んで北側の頓田断層と南側の福智山断層からなる。

頓田断層に沿っては, 丘陵の尾根列を切るように, 比高 10~20 m 程度の東向きの直線的な崖が連続する。千田ほか(2001)はこの崖を頓田断層の断層線としたが, 尾崎ほか(1993)の地質図では, この崖のやや東に地質断層(二島断層)を図示している。

洞海湾の南では, 八幡西区青山付近の丘陵の東側の縁辺をほぼ南北に延びると考えられるが, 新期の段丘面を変位させるような変位地形は観察されない。その南は, やや湾曲しながら同区上津役を経て石坂付近まで, 段丘面の上下変位や断層露頭が報告されているが, 現在では都市化が進んでいるため確認はできない。なお, この区間の活断層トレースは地形的な山麓線からは約 500 m~1 km 程度西に位置するが, 地質断層の位置とはほぼ一致している。

八幡西区池田では, 中位段丘面に比高約 5 m の東側隆起の低断層崖が認められ, その北側の低位の段丘面にも, 米軍撮影の空中写真では東側隆起の撓曲状の地形が認められる(3.2 参照)。その南に連続する同区馬場山東では, 中位段丘面を開析する河谷に約 50~80 m の左横ずれ屈曲が認められる。さらに, その南では走向が北西-南東に変化し, 南西側が隆起するセンスの上下変位を示す。

直方市域では, 直方市頓野付近で比較的連続性のよい段丘面が断層を横切るが, この段丘面には上下変位は認められない。さらに南では, 断層位置は山麓線にほぼ一致しており, いくつかの河谷に系統的な左横ずれ屈曲が見られるが, 断層を横切る段丘面が分布しないため, 段丘面の変位の有無は不明である。

福智町との境界に近い直方市永満寺では, 山地斜面を刻む小規模な河谷に 100 m 程度の系統的な左横

ずれ屈曲が認められる。その南東の福智町上野^{あがの}では, 段丘面上に比高 2~3 m の逆向き低断層崖が認められる。段丘面の年代は不明であるが, 標高がほぼ同じ直方市・福智町境界露頭(3.4 参照)に分布する礫層と同時代とすると, 酸素同位体ステージ 5c もしくはそれ以前に形成されたと考えられる。

さらに南東の福智町堀田では, 現在では一部が人工的に改変されているが, 扇状地性の段丘面に逆向き低断層崖が認められる(3.5 参照)。その南東では, 段丘を開析する河谷の谷壁に約 10 m の左横ずれ屈曲が見られる。この地点から南東では, 河谷の緩やかな屈曲が認められるものの, 明瞭な変位地形は確認できない。

3. 調査結果

3.1 頓田地点

(1) 調査地点の地形・地質

頓田地点では, 谷底の地形面に下流側が相対的に 0.2~0.5 m 程度高くなる段差が認められる。この段差は, 断層が推定される分離丘陵縁辺の崖地形とほぼ一直線上に並んでいる。また北九州市(1998)による群列ボーリング調査で, この段差の地下に白垂系の関門層群と古第三系の芦屋層群の境界をなす地質断層が推定され, また段差の東側のみに厚さ 1~2 m の沖積粘土層が分布していることが報告されている。そこで, この段差が頓田断層の低断層崖である可能性が高いと考え, 段差を横切ってトレンチを掘削した(第 3 図, 第 4 図)。

(2) トレンチ調査

トレンチ壁面には, 西に急傾斜した芦屋層群の砂岩および泥岩が露出し, その上位には, 段差の東側のみに礫層とシルト層がほぼ水平に分布しているのが観察された。第 5 図に壁面のスケッチを, 第 6 図, 第 7 図に壁面の写真を示す。壁面に露出した地層は, 上位から順に I 層~V 層に区分し, さらに層相から細分した。I 層は表層の土壌, II 層は植物遺体を多く含む脆弱な砂礫層で人為的な堆積物の可能性がある。III 層は谷を埋積して堆積した礫層ないしシルト層, IV 層は段丘堆積物と考えられる砂礫層, V 層は基盤をなす芦屋層群の堆積岩で, そのうち Va 層は硬質の砂岩および砂岩泥岩互層, Vb 層は亜炭と泥岩の互層, Vc 層は細かい破断面が発達した泥岩である。III 層はいくつかのチャンネル堆積物から構成され, それらを IIIa~IIIe に細分した。このうち IIIa 層はわずかに礫を含む無層理のシルト層で, 南側壁面では上部に植物遺体を多く含むチャンネルが認められる。IIIc 層は砂質のシルト層である。III 層に含まれる炭化物および有機質の堆積物について, 放射性炭素同位体年代測定を行った。その結果, III 層上部のチャンネル堆積物からは暦年で約 1,100~1,000 年前, III 層下部の

砂礫層からは約 3,800~3,100 年前の年代値が得られた（詳細は第 1 表を参照）。

(3) 解釈

V 層の芦屋層群は壁面の東寄りほど急傾斜で破碎度も高くなっていることから、関門層群との境界をなす地質断層（二島断層）はトレンチの東方に位置するものと考えられる。芦屋層群の砂岩層には、壁面全体にわたって熱水変質によるものと思われる粘土脈が発達している。礫層とシルト層の分布の西端は、地形的な段差の 2~3 m 東に位置し、境界は高角度で、特に南側壁面のグリッド S6 付近では上下が逆転しているが、境界面には明瞭な断層構造は認められない。境界付近の基盤岩は著しく風化しており、特に IIIa 層のシルト層と粘土化した基盤岩との境界は漸移しており、両者の区別が困難な部分もある。なお、地形的に見られた直線的な崖の延長は概ねトレンチのほぼ中央付近を通過するが、この位置付近を境にして西側には傾斜した硬質の砂岩層が分布していることから、直線上の崖地形はこの砂岩層が浸食に対する抵抗力が強いことにより形成された組織地形の可能性もある。ただし、IV 層はこの崖地形を横切って東側から供給されて堆積したと考えざるを得ないことから、IV 層堆積時にはトレンチ地点には段差は存在していなかったことになり、その後上流側にあたる東側のみが浸食されていることから、下流側が隆起する何らかの変動があった可能性も否定できない。

3.2 池田地点

八幡西区池田では、地質境界となっている主断層の西側にあたる中位段丘面に、比高約 5 m の東側隆起の低断層崖が認められる。米軍撮影の空中写真では、その北側の低位の段丘面にも東側隆起の撓曲状の地形が認められるが、現在は圃場整備により失われている。この撓曲状の地形を横断して、東西方向に幅約 200 m の範囲で 8 孔の群列ボーリング調査を実施した（第 8 図）。それらを東から ID-1~8 と呼ぶ。ボーリングコア試料の観察とそれに基づく地質断面を検討した結果、基盤岩の上面とその上位の礫層に撓曲状の高度差が認められ、その東側の基盤岩中には断層および破碎帯が確認された（第 9 図）。しかしながら、ID-3 から ID-5 にかけて見られる地形の高度差に対し、礫層基底の高度差はやや小さい。また、その位置の基盤岩の古第三系の構造はほぼ水平で、断層や変形構造は見られない。古第三系はその東の ID-6 孔で 20° 程度傾斜し、ID-7 と ID-8 孔では 40° 程度の傾斜を持つ断層面とそれに伴う破碎帯が認められる。この断層が礫層中でほぼ水平となり段丘面を撓曲させている可能性も否定できないが、礫層を変位させているかどうかはボーリングでは明らかにできなかった。

ボーリングコアから得られた試料の放射性炭素同位体年代測定の結果、礫層の上位の細粒堆積物からは暦年で約 1,500~1,400 年前、および約 3,300~3,100 年前の年代値が得られた（詳細は第 1 表参照）。しかしながら、この年代値は礫層から直接得られた試料ではないことから、この年代は礫層の年代を示さないと考えられる。

3.3 後山地点

(1) 調査地点の地形・地質

調査地点は古生界の堆積岩および緑色岩からなる福智山（標高 900.6 m）の西麓にあたり、南北方向に急斜面が連続している。斜面の西側は古第三系の堆積岩からなる標高 100 m 前後の丘陵となっている。断層はほぼこの斜面基部に位置し、古生界と古第三系の地質境界となっている。直方市後山では、斜面の基部に鞍部状の地形が認められ、わずかながらも第四紀の堆積物が存在することが示唆されたため、この地点においてトレンチ調査を実施した。

(2) ボーリング調査

トレンチ調査に先立ち、基盤岩の地質境界をなす断層位置と、堆積物の分布状況を確認するため、計 7 孔のボーリング調査を実施した。ボーリング掘削位置を第 10 図に、柱状図を第 11 図に示す。ボーリングコアでは、US-1, US-1', US-2, US-3 孔で堆積物の下位から破碎した緑色岩が、US-4, US-5, US-6 孔で古第三系の堆積岩が確認された。US-3 孔の南西には地表のガリーに古第三系が露出しているため、US-3 孔と US-4 孔との間に地質境界をなす断層が存在することが推定された。さらに、ボーリング US-6 孔の下部の古第三系は粗粒で暗緑色を呈し、断層によって著しく破碎を受けているため、掘削当初は古生界の可能性があると考えた。そのため、この地点に地質境界断層が位置する可能性があると考え、US-6 孔地点を中心に A トレンチを掘削した（第 10 図）。

(3) トレンチ調査

A トレンチ

南北両壁面のスケッチを第 12 図に、南壁面の写真を第 13 図に示す。トレンチ壁面には、基盤岩の古第三系堆積岩と、それを覆う砂礫層が露出した。これらを上位から A1 層から A5 層に区分し、古第三系堆積岩は P 層とした。このうち A1 層は表層の土壌である。A2 層と A3 層は一部に古土壌を挟みわめて固結度の低い砂礫層であるが、A4 層はマトリクスがやや固結した粘土質で、一部に巨礫を含む不淘汰な角礫層である。A5 層はマトリクスが少なく、礫の密度が高い礫層である。P 層の古第三系は西に急斜しており、またいくつかの断層が見られるが、それらの断層は A4 層の基底を変位させていない。A5 層と

P層は高角度の境界で接しているが、境界面は不規則に湾曲しており、引きずり構造等も見られないため、A5層がP層を削り込んで堆積したものと考えられる。

本トレンチには緑色岩等の古生界は露出していないことから、US-6でみられた暗緑色を示す泥岩は緑色岩ではないと判断される。したがって、基盤岩の地質境界をなす断層は、少なくとも古第三系(P層)の露出範囲よりも東方に位置していると考えられる。

B トレンチ

Aトレンチ壁面に地質境界をなす断層が露出しなかったため、南側の露頭およびボーリングで確認された地質境界の延長にあたる地点でBトレンチを掘削した(第10図)。南北両壁面のスケッチを第14図に、南壁面の写真を第15図に示す。なお、北壁面の西半部は脆弱で、整形が困難であったため、スケッチは東半部のみを示した。壁面には、古生界の緑色岩、古第三系の堆積岩と、これらを覆う砂礫層が露出した。壁面の地層は、上位からB1層からB4層に区分し、古第三系をP層、緑色岩をG層とした。このうち、B1層は表層の土壌、B2層は固結度の低い角礫層、B3層は巨礫を含む不淘汰な角礫層であり、それぞれAトレンチのA1層、A2およびA3層、A4層に対比が可能である。B4層は角礫混じりのシルトないし細粒砂層である。P層とG層の境界は、幅1cm程度のガウジを伴う高角の断層で、走向はN6°Eと地形から推定される一般走向(N20°W程度)とは斜交する。B4層は高角度で直線的な境界でG層と接しており、下部ではB4層の礫がG層中に挟み込まれている構造も見られるため、B4層とG層は断層関係にあると考えられる。断層とB3層の関係については、北壁面で断層延長上のB3層中の礫に再配列等が認められないこと、南壁面でG層中の副断層をB3層が覆うことなどから、B3層は断層変位を受けていないと判断した。ただし、B3層はきわめて粗粒で礫の配列も不規則なため、わずかに断層による変形を受けている可能性も否定できない。しかしながら、少なくともその上位のB2層下面には断層変位によって生じたような高度差などは認められない。

B4層から採取した柱状連続試料を検鏡したところ、これらの試料には火山ガラスは全く含まれていなかった。また、ほかに年代測定に有効な試料も採取されなかったため、本層の年代については不明である。

C トレンチ

CトレンチはボーリングUS-2、US-3孔と古第三系の露頭にまたがるように掘削した(第10図)。南北両壁面のスケッチを第16図に、北壁面の写真を第17図に示す。トレンチ壁面には、破碎した古生界の緑色岩類および古第三系の堆積岩が幅広く露出し、

両者の境界に高角度の明瞭な断層が確認された。基盤岩の上位には、北側壁面にのみ堆積物が見られ、それらを上位からC1層、C2層、およびC3層に区分した。C1層は人工の埋土、C2層は上部がやや腐植質の礫混じりシルト層、C3層は礫混じりのシルト層である。また古第三系をP層、古生界の緑色岩類をG層とした。P層は著しく風化し、とくに上部は粘土化している。またG層も熱水変質を受けるとともに、上部は風化しており、上位の堆積物との不整合面は不鮮明である。とくに風化したP層とC3層は層相がきわめて類似するが、C3層には再移動したと見られる砂粒や礫が認められることから、両者を区別した。

P層とG層の境界をなす断層は、トレンチ底面での走向がN15°Wで、下部ではほぼ垂直であるが、北壁面では上方に向かって低角化し、P層とC3層との境界に連続している。この境界面は不明瞭であるが、P層は基盤岩であることから、この構造は西側隆起の断層活動によってC3層の上にP層が乗り上げるように変位したものと考えた。しかしながら、この断層はC3層の上位のC2層は変位させていない。C2層およびC3層からはいくつかの植物片が採取されたが、上部から侵入した植物根である可能性が高いため、年代測定は実施しなかった。

(4) 解釈

断層はBトレンチおよびCトレンチの壁面に露出し、Bトレンチ壁面ではB4層を変位させ、B3層に覆われていることが、CトレンチではC3層を変位させ、C2層に覆われていることが、それぞれ確認された。断層の位置と走向は、Cトレンチではほぼ地形から推定される位置および走向に一致するが、Bトレンチではやや東寄りの位置および走向で露出した。したがって、断層はBCトレンチ間で湾曲し、Aトレンチの東方に延びるものと考えられる(第10図)。なお、Aトレンチの東部では、トレンチ底までA4層が厚く分布するため、断層がトレンチ内を通過していてもA4層に覆われて確認できない可能性がある。

BトレンチのB3層はAトレンチのA4層に対比されるが、Bトレンチでは北壁面でのみ厚く分布することから、Bトレンチ付近がほぼ分布の南限と考えられる。この礫層は巨礫を含み、厚さもこの地点に分布する礫層の中では最も厚いことから、Aトレンチの北東に位置する谷の出口(第10図に矢印で示す)から供給された可能性が高い。これに対して、BトレンチでB3層の下位にあたるB4層は、Bトレンチ南壁面S5付近でP層を削り込んで分布しており、その不整合境界は、スケッチには示していないがBトレンチ西壁面に連続していることが確認されている。またBトレンチ西側で掘削したボーリングUS-4孔では、B4層に相当する標高に礫層は分布し

ない（第 11 図参照）。したがって，B4 層は B トレンチ南壁面付近が分布の南限と考えられる。B4 層は B トレンチ南壁面では断層の東側には分布しないことから，断層の上下変位が横ずれによる見かけのものと考えると，B4 層は断層によって数メートル程度の左横ずれ変位を受けている可能性が指摘できる。

3.4 直方市・福智町境界地点

直方市と福智町の境界付近では，浦田ほか（1977）などによって断層露頭が存在したことが報告されている。第 18 図にこの地点の現在の露頭平面図を示す。浦田ほか（1977）に示された露頭の断層部分は，現在は植生に覆われて確認できないが，この露頭の裏側に連続する部分では，断層変位を受けた砂礫層の上位に厚さ約 1.5 m の風化シルト層が分布するのが観察される。このシルト層の連続試料を分析した結果，最上位には鬼界アカホヤテフラ（7.3 ka；町田・新井，2011）および始良 Tn テフラ（28-30 ka；町田・新井，2011）起源と考えられる火山ガラスが，下部からは阿蘇 4 テフラ（85-90 ka；町田・新井，2011）起源の角閃石，および鬼界葛原テフラ（約 95 ka；町田・新井，2011）起源と考えられる高温型石英が検出された（第 2 表）。したがって，断層変位を受けた砂礫層は酸素同位体ステージ 5c あるいはそれ以前と考えられる。

3.5 堀田地点

福智町堀田付近では，扇状地性の段丘面を変位させる逆向き低断層崖と，一部に河谷の左横ずれ屈曲が認められる（第 19 図）。このうち，逆向き低断層崖が比較的な明瞭な地点において，崖を横切って北東-南西方向に 4 孔の群列ボーリング調査を行った。ボーリングコアの柱状図を第 20 図に，地形断面との関係を第 21 図に示す。地形断面から読み取れる変位量は約 7.5 m で，ボーリングコアで認められた礫層の上面は，逆向き低断層崖と調和的にやや逆傾斜している。また，最も南西側のコアでは礫混じり粘土層中には，断層による破断面と見られる構造が認められた（第 22 図）。礫層の上位の堆積物から得られた試料の放射性炭素同位体年代は， 310 ± 30 yBP（暦年で約 500 年前以降）ないし modern を示し（第 1 表），これらは礫層の上面を人工的に改変した際の盛り土と考えられる。なお礫層からは直接年代を示す試料は得られなかった。

4. まとめ

福智山断層帯の活動性および活動履歴を明らかにするために，頓田断層の頓田地点および福智山断層の後山地点においてトレンチ調査を，池田地点および堀田地点において群列ボーリング調査を，それぞれ実施した。その結果，頓田地点では第四紀の堆積

物を変位させる断層は確認されなかったものの，後山地点の B トレンチにおいて，第四紀の砂礫層を変位させる断層が確認された。また後山地点では断層が左横ずれ変位を有している可能性が示された。断層の最新活動時期については，具体的な情報を得ることができず，北九州市（1988）の成果以上に絞り込むことはできなかった。

文 献

- 千田 昇・下山正一・松田時彦・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・渡辺満久（2001）福智山断層系の新期活動。活断層研究，no.20，79-91。
- 千田 昇・池田安隆・岡田篤正・鈴木康弘・中田 高（2005）1:25,000 都市圏活断層図「行橋」。国土地理院技術資料 D・1-No.449。
- 千田 昇・渡辺満久・岡田篤正（2008）1:25,000 都市圏活断層図「小倉」第 2 版。国土地理院技術資料 D・1-No.502。
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2013）「福智山断層帯の長期評価」。17p。
- 活断層研究会編（1991）「新編日本の活断層一分布図と資料一」。東京大学出版会，437p。
- 木原敏夫・竹下 寿・湯浅 司・堀 雅臣・壇浦 弘（1981）福岡県北部の活断層露頭。九州工業大学研究報告（工学），42，1-9。
- 北九州市（1998）「北九州市活断層調査報告書」。北九州市，429p。
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎（1993）20 万分の 1 地質図「福岡」。地質調査所。
- 町田 洋・新井房夫（2011）「新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺一（第 2 版）」。東京大学出版会 336p。
- 小原浄之介・富田宰臣・浦田英夫・岡部 実（1989）北九州市上津役地域の福智山断層。九州大学理学部研究報告（地質），16，27-35。
- 尾崎正紀・濱崎聡志・吉井守正（1993）「折尾地域の地質」。地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，121p。
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R. R., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haffidason, 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., van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curve 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon, 55, 1869-1887.

浦田英夫・小原浄之介・富田宰臣・三木 孝・岡部 実 (1977) 北九州の活断層. 九州大学理学部研究報告 (地質), 12, 235-242.

(受付: 2015年7月21日, 受理: 2015年9月8日)

第1表. 福智山断層帯から得られた試料の放射性炭素同位体年代測定結果. ¹⁴C年代値はLibbyの半減期5568年を用い, δ¹³C補正を行った値を示す. 暦年については, IntCal13データセット(Reimer *et al.*, 2013)を用いた暦年較正(誤差幅1σ)を行った値を示す.

Table 1. Radiocarbon dates of the samples from the Fukuchiyama fault zone. ¹⁴C ages were corrected by δ¹³C and calculated using Libby half-life of 5568 years. Calendar years (probable age ranges of confidence levels 68.3% (1σ)) were calibrated by using the dataset of IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013).

頓田地点トレンチ

試料No.	層区分	試料	測定No	δ ¹³ C補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal13) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法
TD-1	IIIa	炭化物	Beta-366712	1100±30	AD 898 to 984	AMS法	AAA
TD-22	IIIa	炭化物	Beta-366721	1960±30	AD 5 to 73	AMS法	AAA
TD-21	IIIa	炭化物	Beta-366720	2030±30	BC 88 to AD 20	AMS法	AAA
TD-4	IIIa	炭化物	Beta-368529	2910±30	BC 1191 to 1024	AMS法	AAA
TD-17	IIIa	炭化物	Beta-368532	3060±30	BC 1390 to 1276	AMS法	AAA
TD-3	IIIc	有機質堆積物	Beta-368528	2800±30	BC 996 to 915	AMS法	A
TD-6	IIIc	有機質堆積物	Beta-368530	3160±30	BC 1494 to 1410	AMS法	A
TD-11	IIIId	炭化物	Beta-368531	3020±30	BC 1372 to 1217	AMS法	AAA
TD-13	IIIId	炭化物	Beta-366716	3010±30	BC 1369 to 1209	AMS法	AAA
TD-23	IIIId	有機質堆積物	Beta-368533	3400±30	BC 1742 to 1660	AMS法	A

池田地点ボーリング

試料No.	採取深度 (m)	試料	測定No	δ ¹³ C補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal13) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法
ID2-1	1.18	有機質堆積物	Beta-370730	1480±30	AD 556 to 615	AMS法	A
ID3-1	1.52	木片	Beta-370731	170±30	AD 1668 to post 1950	AMS法	AAA
ID4-1	0.90	有機質堆積物	Beta-370732	2980±30	BC 1260 to 1130	AMS法	A

堀田地点ボーリング

試料No.	採取深度 (m)	試料	測定No	δ ¹³ C補正年代 (yBP)	暦年代(IntCal13) 1Sigma (Cal)	測定方法	処理方法
HT2-2-2	1.11	木片	Beta-370733	modern	NA	AMS法	AAA
HT3-2	1.10	植物片	Beta-370734	modern	NA	AMS法	AAA
HT4-2	1.15	有機質堆積物	Beta-370735	310±30	AD 1521 to 1642	AMS法	A

処理方法 A: 酸洗浄, AAA: 酸-アルカリ-酸洗浄

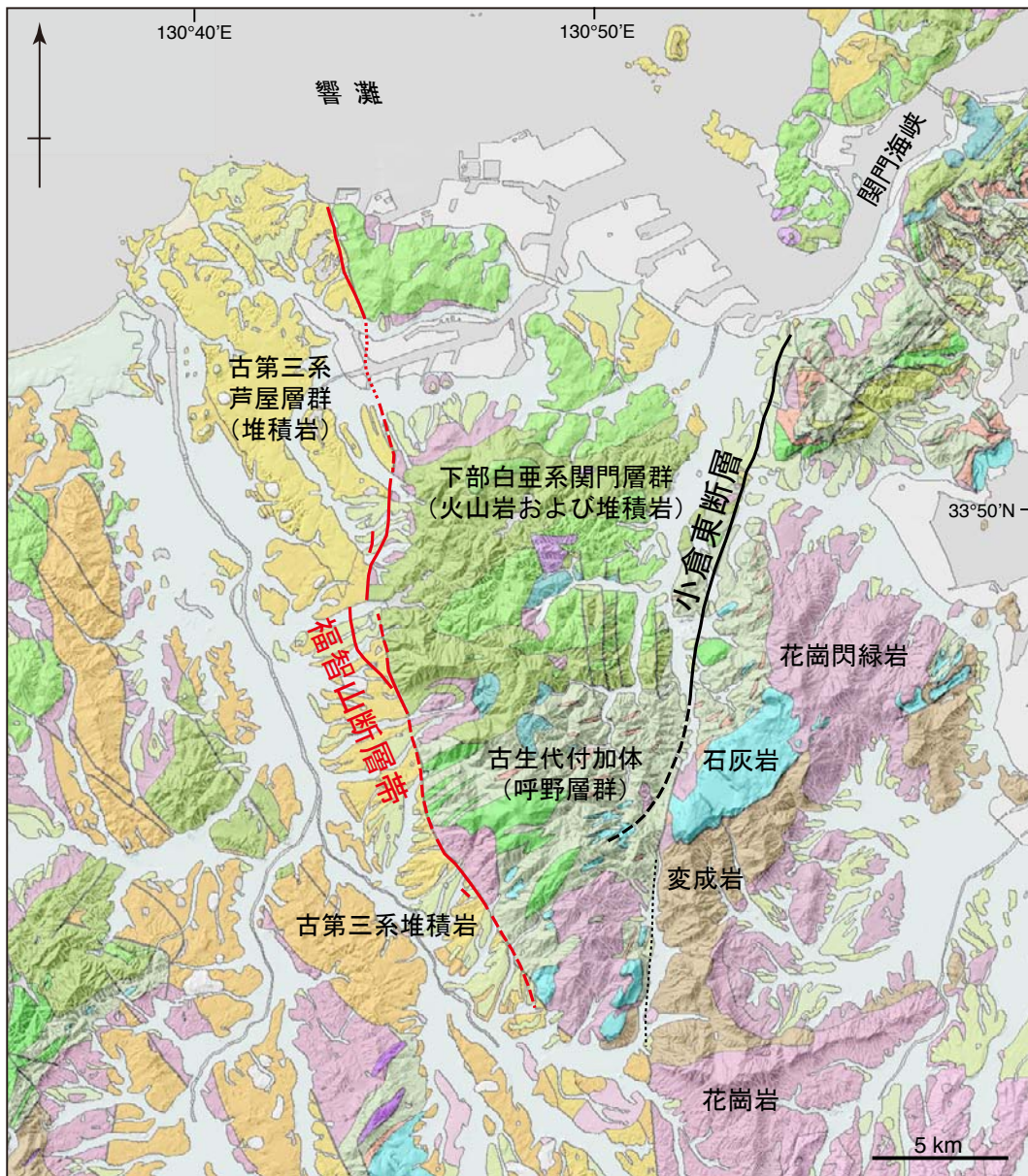
第2表. 直方市・福智町境界地点露頭から採取した試料の火山灰分析結果.

Table 2. Result of volcanic glass and mineral composition analysis of the samples from the outcrop at the boundary site between Nogata City and Fukuchi Town.

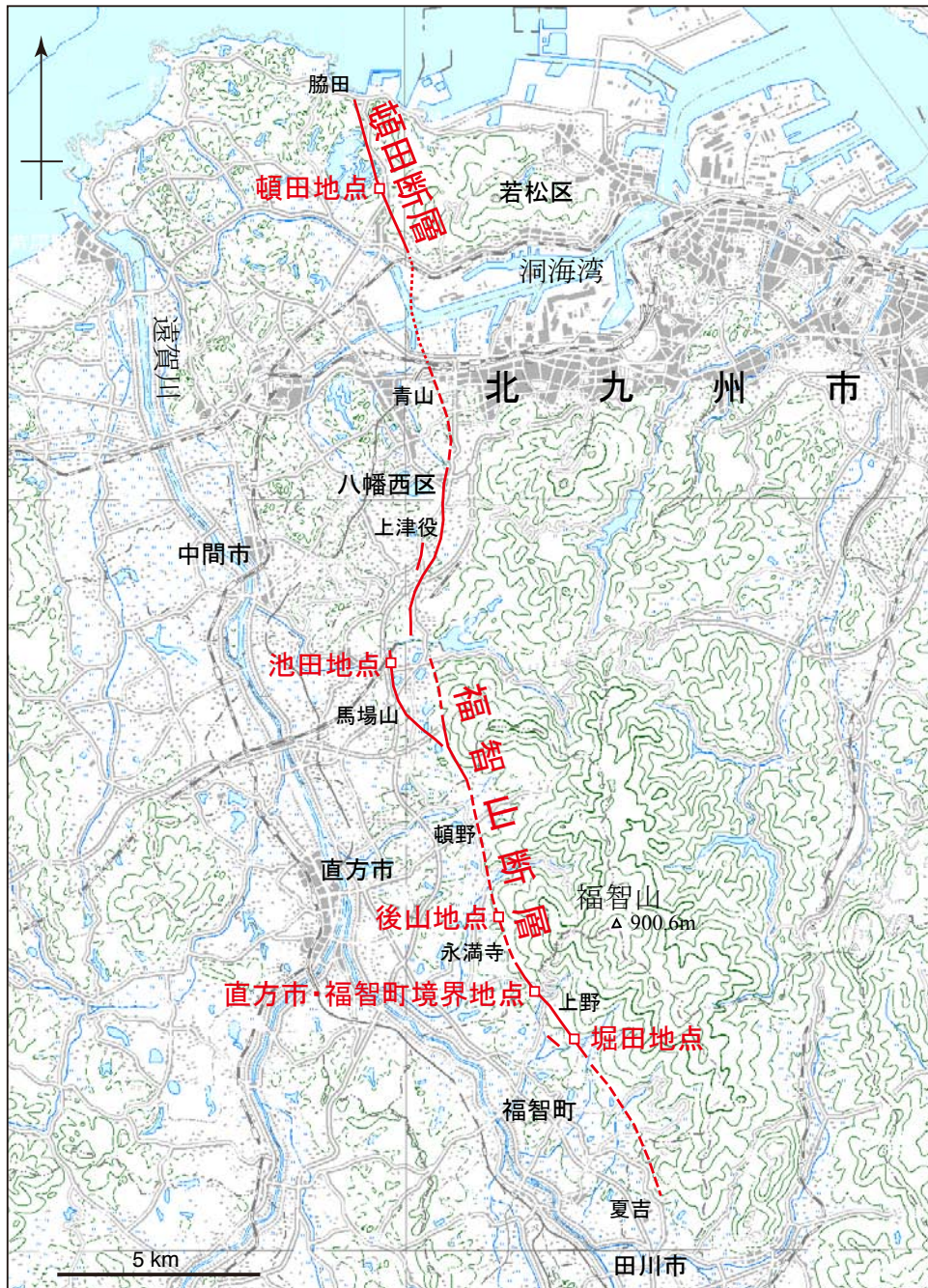
試料番号	火山ガラスの形態別含有量(/3000粒子)			重鉱物の含有量(/3000粒子)			β石英 (/3000粒子)	特記鉱物	火山ガラスの屈折率	角閃石の屈折率	テフラ名
	Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum					
HN-T16	174.0	0.0	0.0	1.5	29.5	0.0	0.0		1.496-1.500(18/30),1.508-1.515(12/30)		K-Ah層準付近
HN-T15	47.5	0.0	0.0	1.5	22.5	0.0	0.0		1.496-1.501(28/30),1.511-1.513	1.670-1.677	AT降灰層準付近
HN-T14	19.0	0.0	0.0	0.0	18.5	0.0	0.2		1.496-1.500,1.512		
HN-T13	6.1	0.0	0.0	0.0	18.6	0.0	0.0				
HN-T12	1.4	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0				
HN-T11	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0				
HN-T10	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1				
HN-T9	0.6	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0				
HN-T8	1.5	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.1				
HN-T7	2.1	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.2			1.670-1.691	
HN-T6	5.1	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.3	Aso-4 Ho含む	1.495-1501		
HN-T5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.3	Aso-4 Ho含む		1.687-1.691(Aso-4タイプ)	Aso-4層準以降
HN-T4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0				
HN-T3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.3				K-Tz層準以降
HN-T2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2		1.496-1.499(9/15),1.510-1.514(6/15)		
HN-T1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0				

Bw:バブルウォールタイプ
Pm:バミスタタイプ
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



第1図. 周辺地域の地質と活断層の位置. 産業技術総合研究所シームレス日本地質図を使用. 太線は活断層, 福智山断層帯を赤線で示す (破線は推定, 点線は海域部および地質断層の伏在部).
 Fig. 1. Geological map and distribution of active faults in and around the survey area. Base map is Seamless Digital Geological Map of Japan published by Geological Survey of Japan. Bold lines show active faults. Red lines show the Fukuchiyama fault zone. Dashed parts are inferred faults. Dotted parts are submarine or concealed faults.



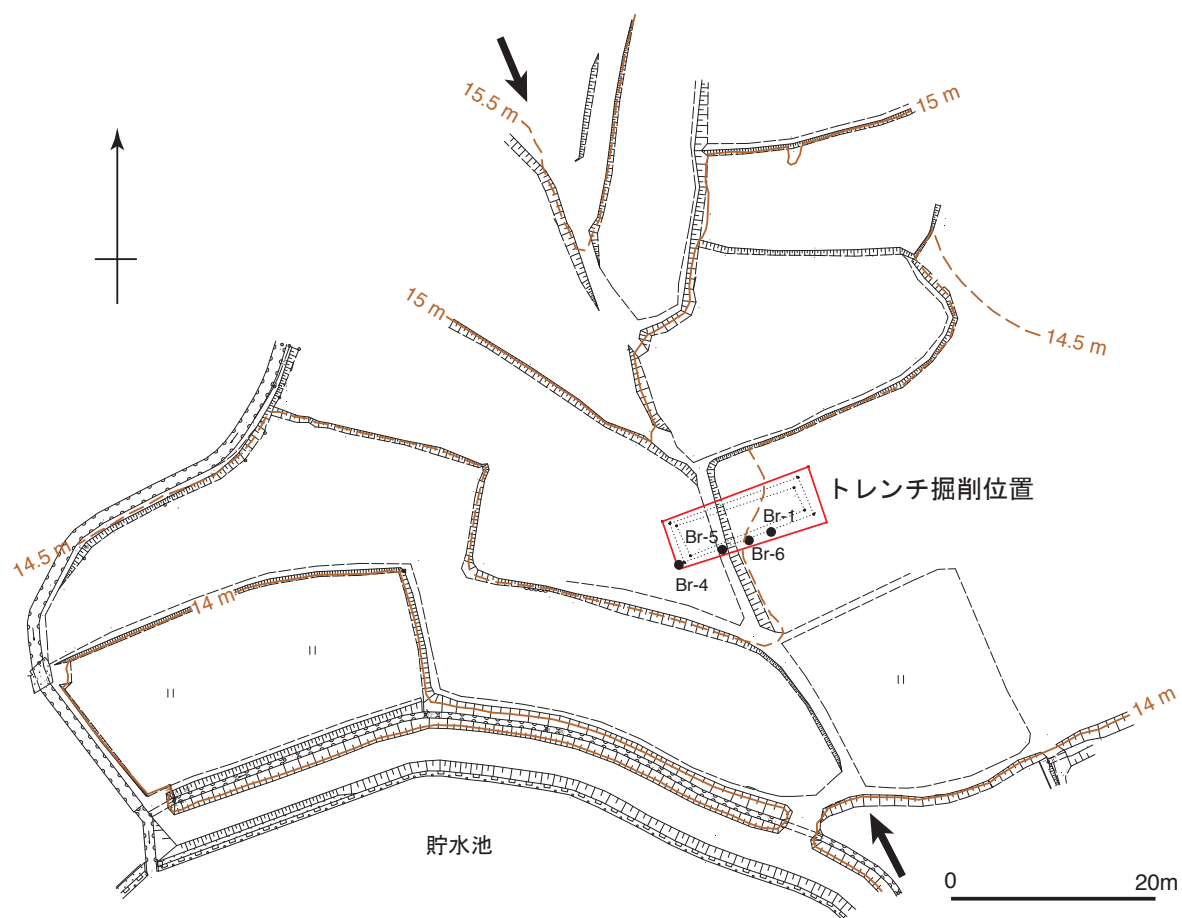
第2図. 福智山断層帯の分布と調査地点の位置. 国土地理院数値地図 200000 を使用. 赤線は活断層 (破線は推定, 点線は海域部を示す).

Fig. 2. Distribution of the fault traces on the Fukuchiyama fault zone and location of the study sites. Base map is Digital Map 200000 (Map Image) published by Geospatial Information Authority of Japan. Red lines show active faults. Dashed parts are inferred faults. Dotted parts are submarine faults.



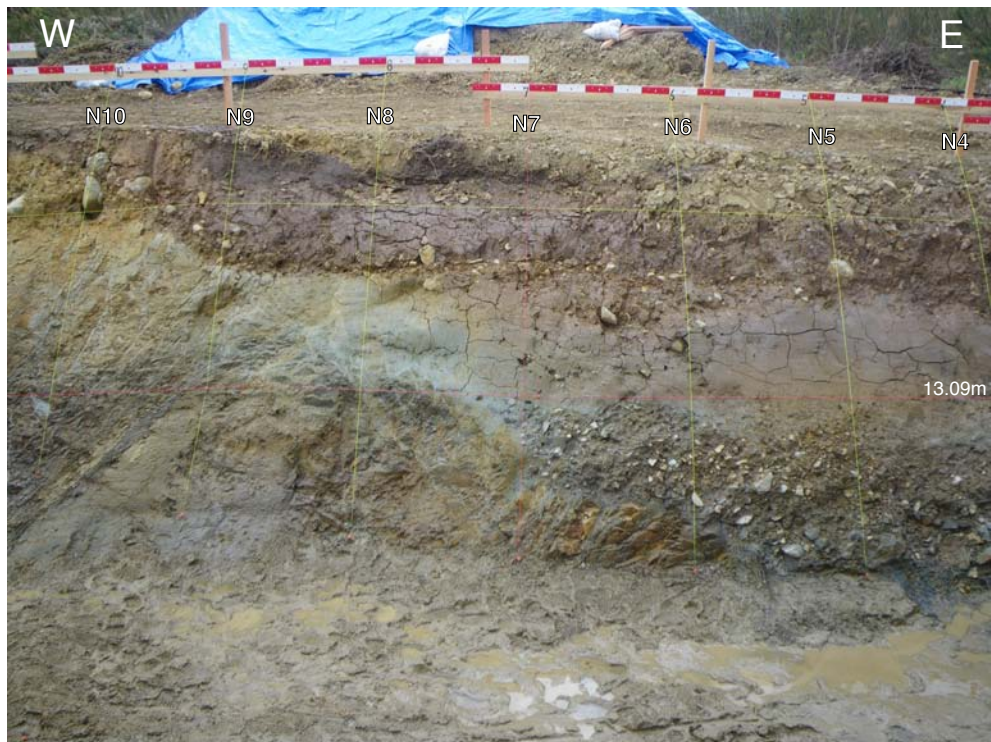
第3図. 頓田地点周辺の地形. 1/2,500 北九州市基本図を使用. 等高線間隔は2 m. 淡赤破線は地形から推定した頓田断層の位置. u: 相対的隆起側, d: 相対的沈降側.

Fig. 3. Topographic map around the Tonda site. Base map is 1/2,500 topographic map published by Kitakyusyu City. Contour interval is 2 meters. Pink dashed line is a trace of the Tonda fault inferred by an airphoto interpretation. u: upthrown side, d: downthrown side.



第4図. 頓田地点調査位置の実測平面図. 赤枠はトレンチ掘削位置. 黒丸は北九州市 (1998) によるボーリング位置 (Br-1,4,5,6). 矢印の間が低断層崖と推定された段差.

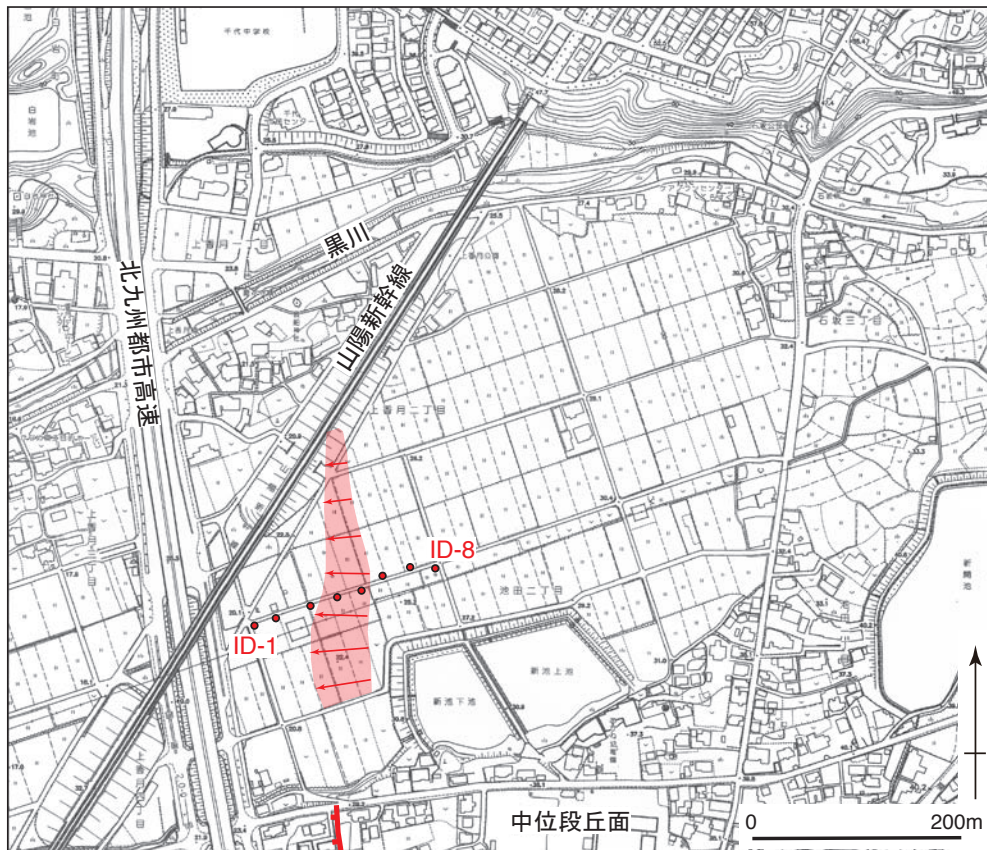
Fig. 4. Detailed topographic map of the Tonda site. Red rectangle indicates the location of the trench. Black small circles show the location of the boreholes by Kitakyushu City (1988). A step between two arrows was inferred to be a fault scarplet.



第6図. 頓田トレンチ北壁面の写真. グリッドは垂直面上での1m間隔.
Fig. 6. Photograph of the north wall of the Tonda trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane.

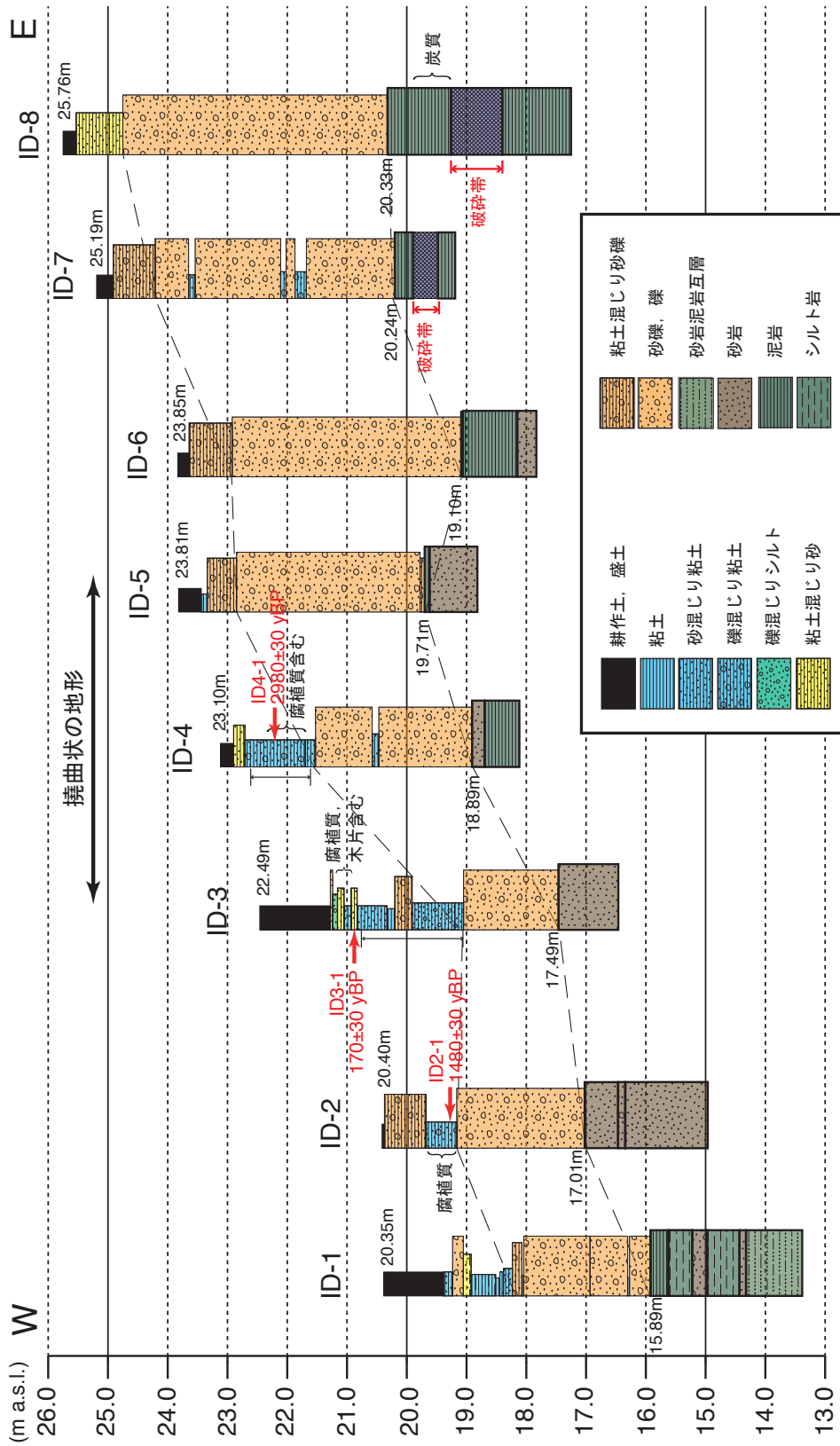


第7図. 頓田トレンチ南壁面の写真. グリッドは垂直面上での1m間隔.
Fig. 7. Photograph of the south wall of the Tonda trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane.

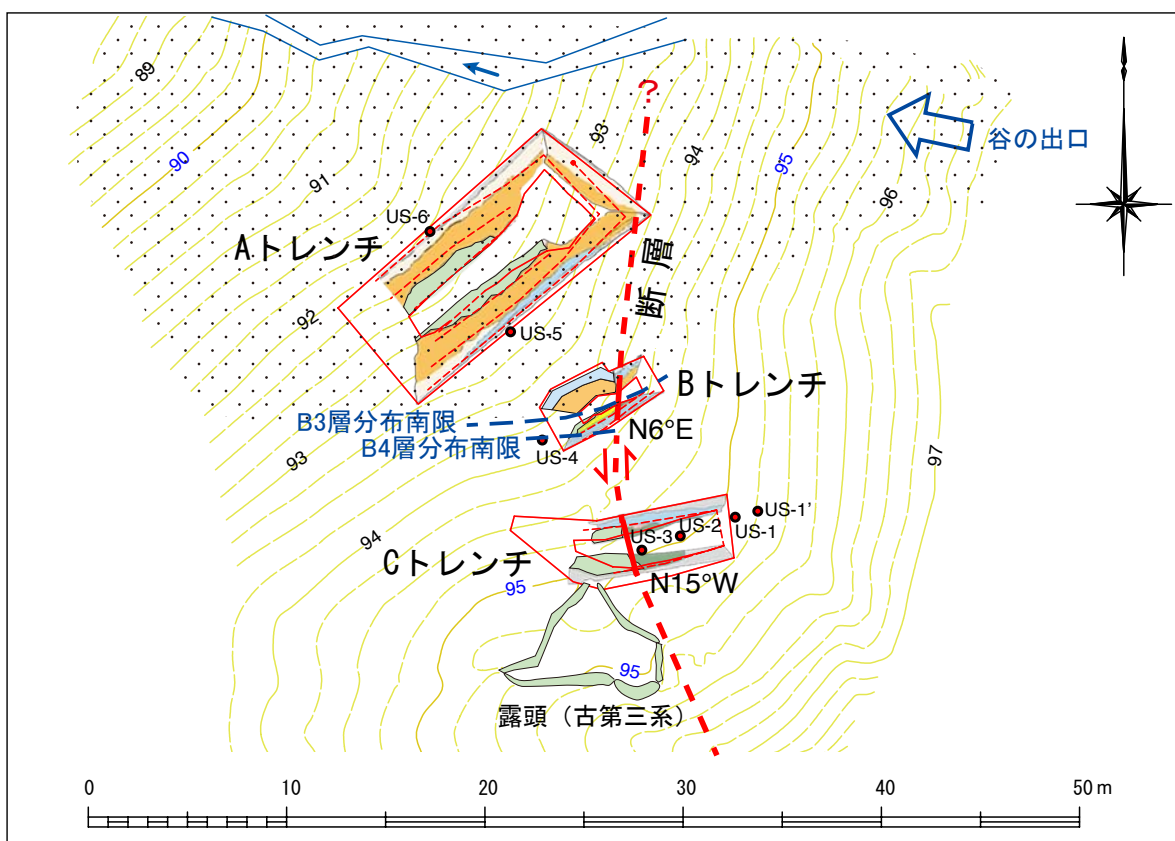


第 8 図．池田地点周辺の地形．1/2,500 北九州市基本図を使用．等高線間隔は 2 m．赤線は段丘面を変位させる低断層崖，淡赤部は米軍撮影空中写真から判読した撓曲状の地形．赤丸はボーリング孔の位置を示す．

Fig. 8. Topographic map around the Ikeda site. Base map is 1/2,500 topographic map published by Kitakyusyu City. Contour interval is 2 meters. Red lines show fault scarplets cutting terrace surfaces. Pink part shows a flexure scarp interpreted from airphotographs taken by the US army. Red small circles show the location of the boreholes.

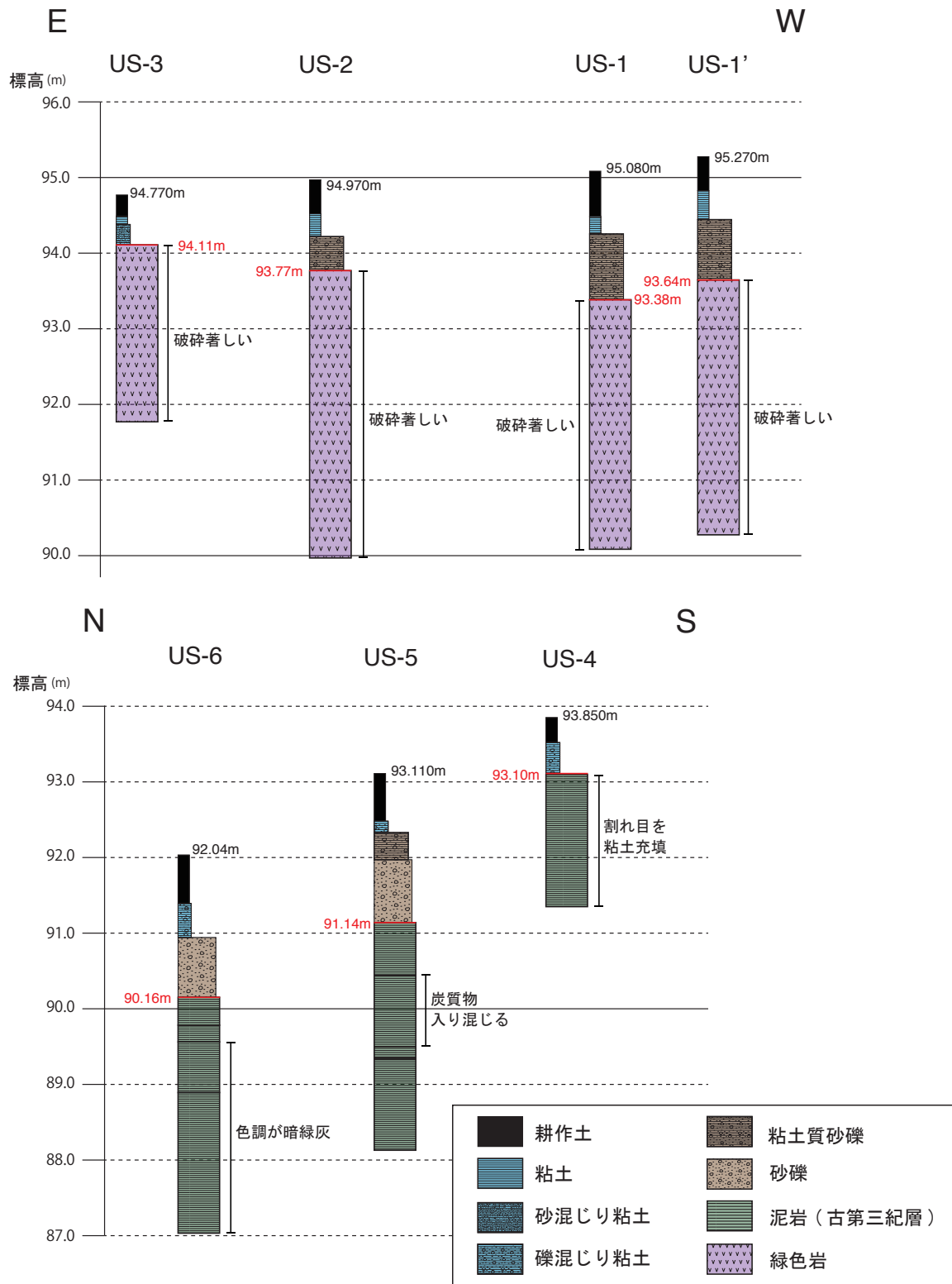


第9図. 池田地点のボーリング柱状断面図. ボーリング孔の位置は第8図に示す.
Fig. 9. Columnar and cross sections of the boreholes in the Ikeda site. Location of the boreholes is shown in Fig. 8.



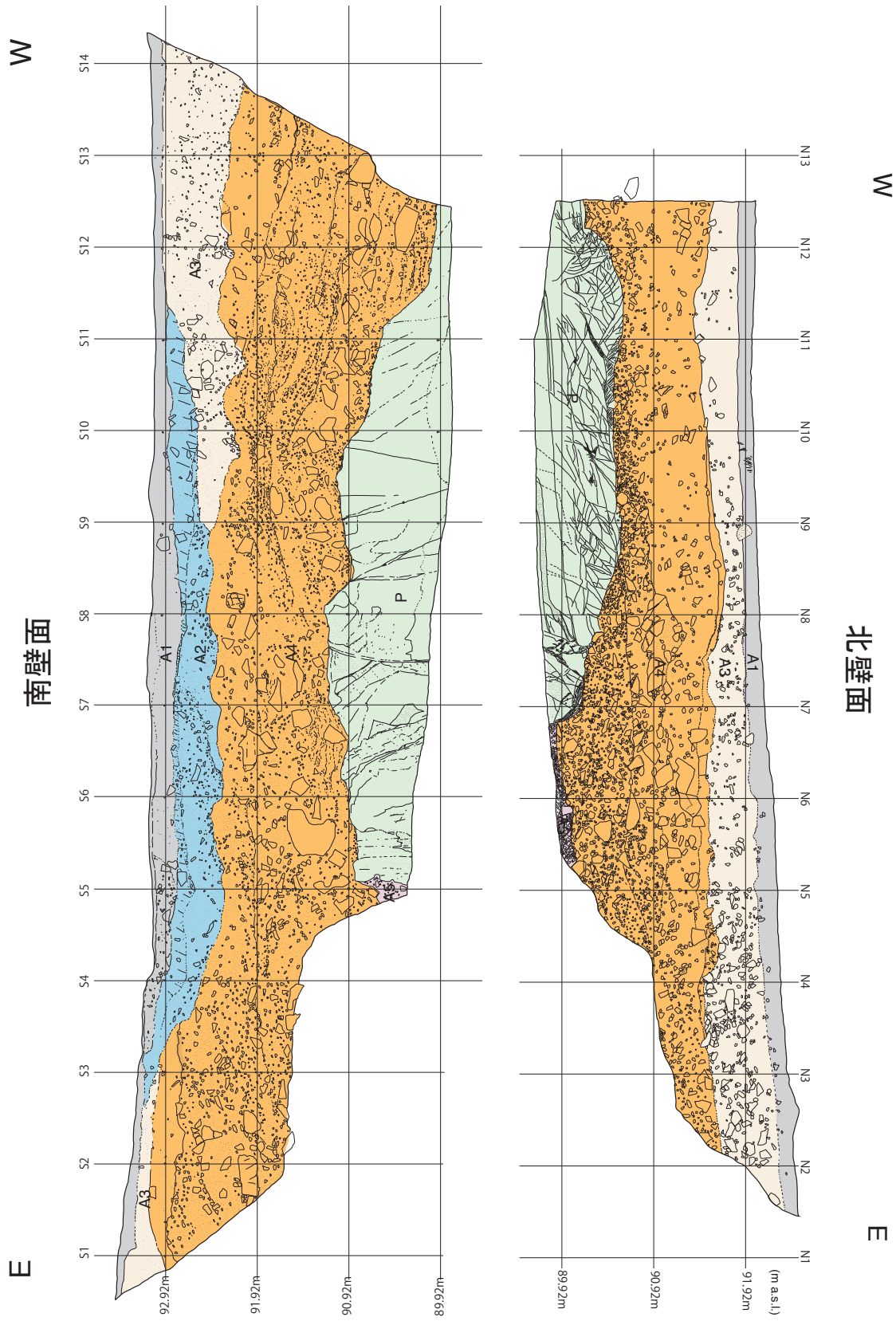
第 10 図．後山地点の実測平面図．赤太線はトレンチ壁面から推定された断層位置．網掛け部は想定される A4 層および B3 層の分布範囲を示す．等高線間隔は実線で 1 m，破線で 25 cm．

Fig. 10. Detailed topographic map of the Ushiroyama site. Red bold line shows the fault trace inferred from the trench walls. Dotted area shows the estimated distribution of the units A4 and B3. Contour interval is 1 meter in solid line and 25 cm in dashed line.



第 11 図. 後山地点のボーリング柱状図.

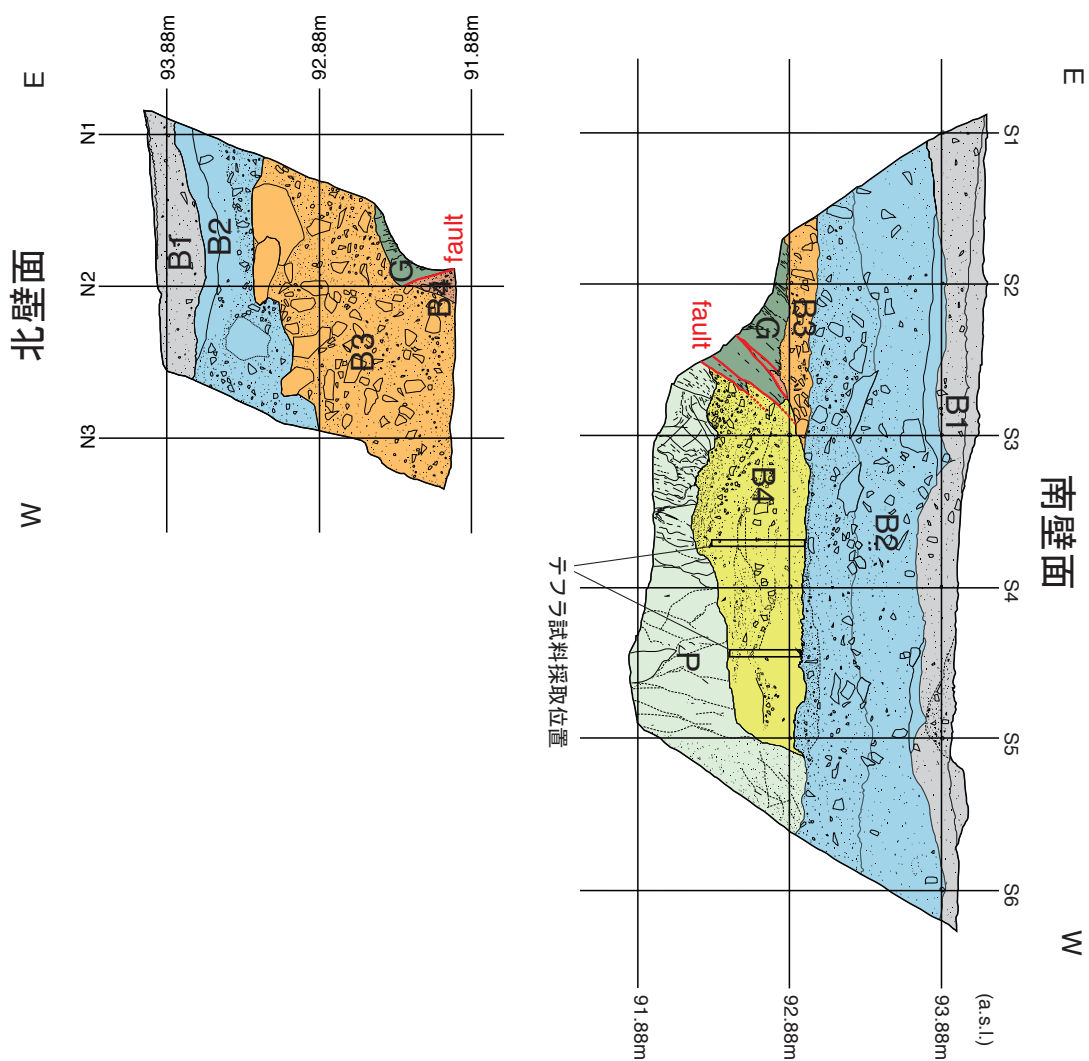
Fig. 11. Columnar section of the boreholes in the Ushiroyama site.



第12図. 後山Aトレンチ南北両壁面のスケッチ. グリッドは垂直面上での1m間隔.
 Fig. 12. Log of the both walls of north and south in the Ushiroyama A trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane.



第 13 図. 後山 A トレンチ南壁面の写真. グリッドは垂直面上での 1 m 間隔.
Fig. 13. Photograph of the south wall of the Ushiroyama A trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane.

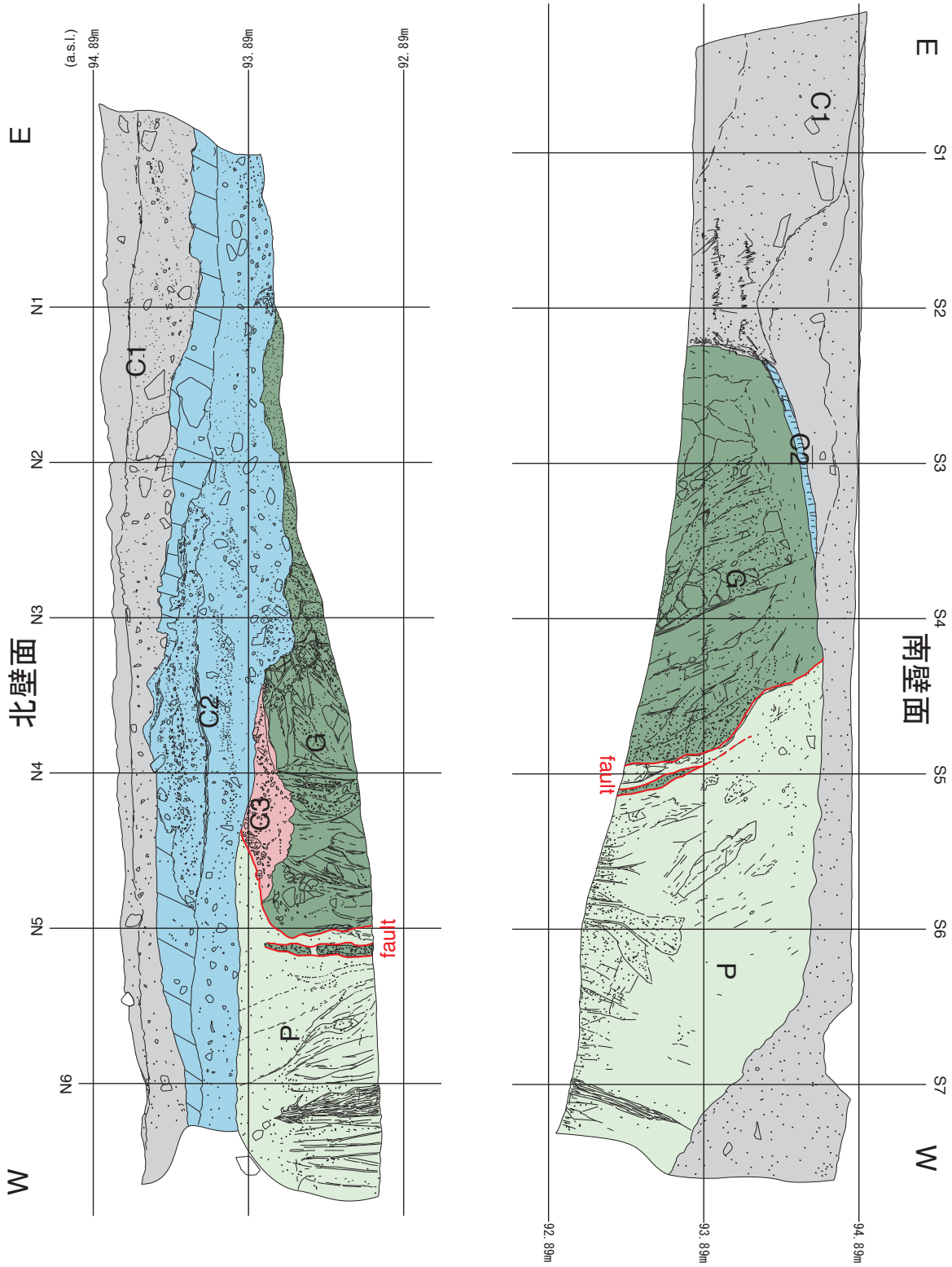


第 14 図．後山 B トレンチ南北両壁面のスケッチ．グリッドは垂直面上での 1 m 間隔．
 Fig. 14. Log of the both walls of north and south in the Ushiroyama B trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane.



第15図. 後山Bトレンチ南壁面断層部分の写真. ピンクのパインは断層, その他のピンは地層境界を示す. グリッドは垂直面上での1m間隔.

Fig. 13. Photograph of the south wall of the Ushiroyama B trench. Pink pins show the fault plane. The other pins show the unit boundary. Grid interval is 1 meter on vertical plane.

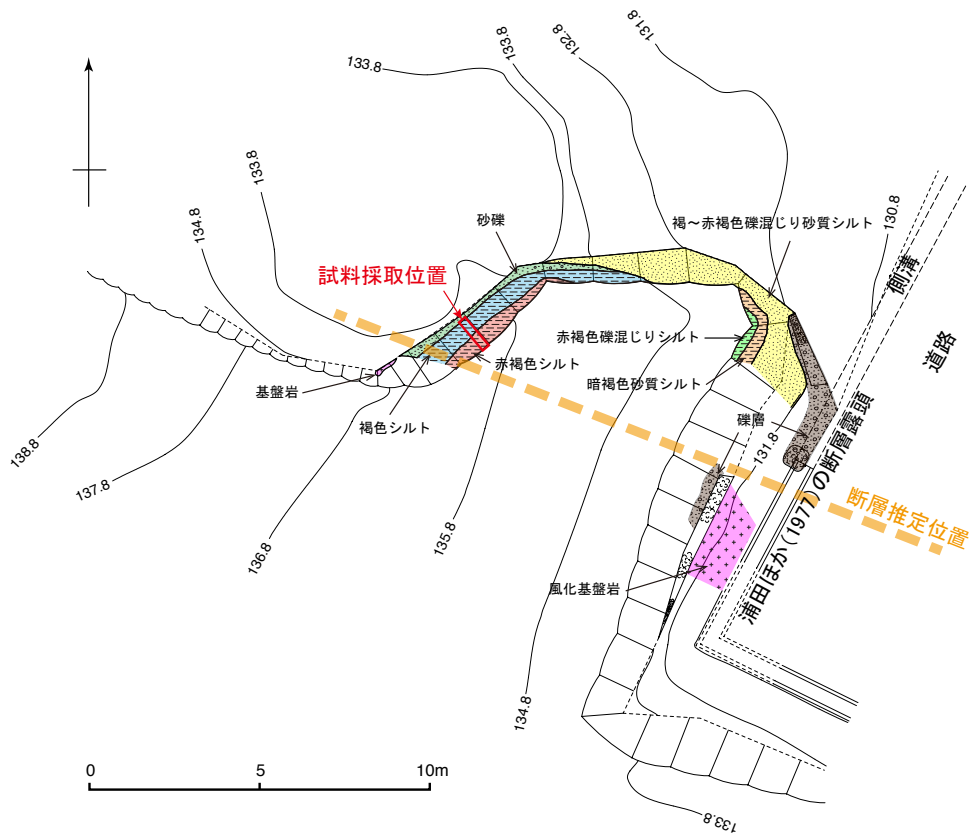


第16図. 後山Cトレンチ南北両壁面のスケッチ. グリッドは垂直面上での1m間隔.
 Fig. 16. Log of the both walls of north and south in the Ushiroyama C trench. Grid interval is 1 meter on vertical plane.



第 17 図. 後山 C トレンチ北壁面断層部分の写真. ピンクのパインは断層, その他のピンは地層境界を示す. グリッドは垂直面上での 1 m 間隔.

Fig. 17. Photograph of the south walls of the Ushiroyama C trench. Pink pins show the fault plane. The other pins show the unit boundary. Grid interval is 1 meter on vertical plane.



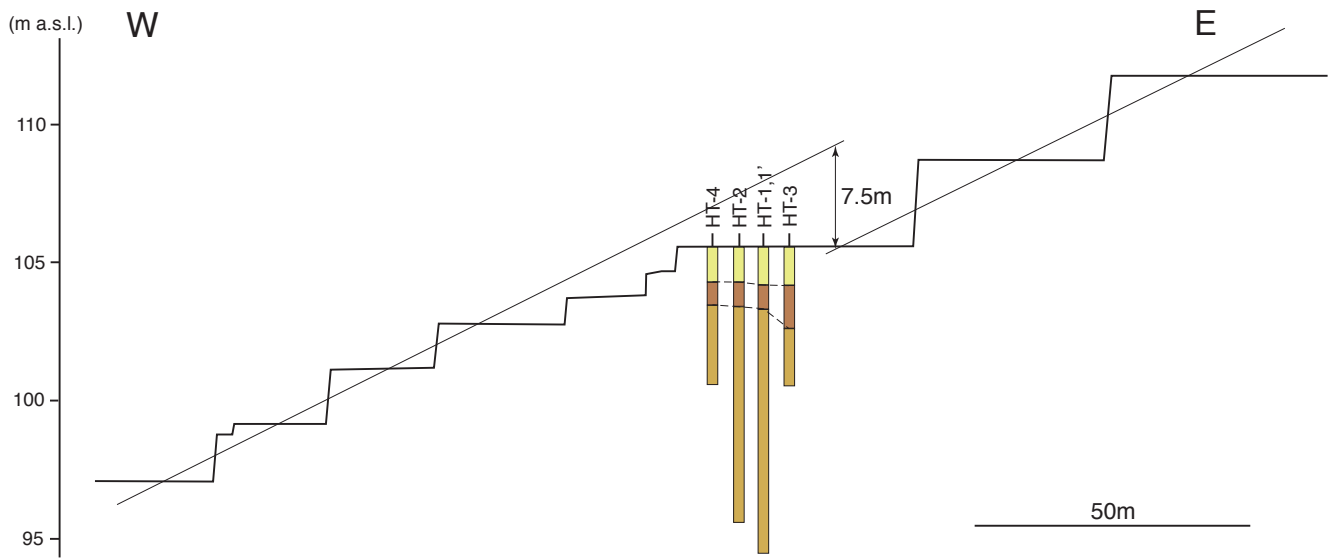
第 18 図. 直方市・福智町境界地点の実測平面図. 等高線間隔は 1 m.

Fig. 18. Detailed topographic map of the Nogata-Fukuchi border site. Contour interval is 1 meter.



第 19 図．堀田地点周辺の地形．福智町発行 1/2,500 地形図を使用．等高線間隔は 2 m．左下は調査地点の拡大図．赤実線は段丘面を変位させる低断層崖．ケバは低下側を示す．赤破線は推定断層位置，青線と青網掛けは河谷の横ずれ屈曲を示す．

Fig. 19. Topographic map around the Horita site. Base map is 1/2,500 topographic map published by Fukuchi Town. Contour interval is 2 meters. Red lines show fault scarplets cutting terrace surfaces. Dashed parts are inferred. Blue area shows an offset stream.



第 21 図．堀田地点の地形断面図．測線位置は第 19 図に示す。
Fig. 21. Topographic profile of the Horita site. Location of the measuring line is shown in Fig. 19.



第 22 図．堀田地点 HT-4 孔コアの写真．白矢印の間が断層とみられる破断面．コア径は約 6 cm.
Fig. 22. Close-up photograph of the HT-4 core in the Horita site. A shear plane is observed in between two white arrows. Diameter of the core is about 6 cm.