

「活断層の追加・補完調査」成果報告書 No. H19-7

十日町断層帯の活動性および活動履歴調査

平成 20 年 5 月

独立行政法人
産業技術総合研究所

目 次

1. 十日町断層帯の概要とこれまでの主な調査研究	1
2. 調査結果	2
(1) 川西地区群列ボーリング調査結果	2
(2) 川西地区トレンチ調査結果	8
3. まとめ	10
3. 1 断層帯の位置及び形態	10
(1) 断層帯を構成する断層	10
(2) 断層面の位置・形状	10
(3) 変位の向き	11
3. 2 断層帯の過去の活動	11
(1) 平均変位速度	11
(2) 活動時期	12
(3) 1回の変位量	12
(4) 活動間隔	13
(5) 活動区間	14
文 献	15
図 表	17

1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

十日町断層帯は、新潟県南部に位置し、信濃川に沿ってほぼ南北に延びる十日町盆地とその東西両側の丘陵との境界に位置する活断層帯である。

本地域では、信濃川に沿って分布する河成段丘面の変形と、基盤である魚沼層群の地質構造についての関連（池辺，1942；大塚，1942）と、活褶曲による河成段丘面の累積的変位（Ota, 1969；Ota *et.al.*, 1973）が早くから指摘されていた。また、河成段丘の分類および形成年代については、内藤（1965）、信濃川段丘研究グループ（1968, 1970）、町田・池田（1969）、新潟平野団体研究グループ（1972）、早津・新井（1981）などにより研究が行われてきた。

最初に示された活断層は、町田・池田（1969）に指摘された十日町盆地右岸において河成段丘に西側隆起の逆断層である。活断層研究会編（1980, 1991）は、本地域の活断層の分布や性状を明らかにし、「十日町断層」、「津南断層」の名を与えた。太田編（1997, 1998, 1999）は、主に十日町盆地の右岸において地形調査・トレンチ調査などを行い、十日町盆地東縁に沿って東側隆起の断層が存在し、それまで認定されていた「十日町断層」はその副次的な断層であると考えた。田中（2000）は、活断層の位置とその変位量について調査し魚沼層群にみられる褶曲構造との関係について論じた。渡辺ほか（2001）および鈴木ほか（2001）は、この盆地の東縁の断層を十日町盆地東縁断層と命名した。一方、渡辺ほか（2001）、鈴木ほか（2001）、池田ほか編（2002）は、十日町盆地の西縁に沿って津南断層まで連続する断層の存在を明確にし、これを十日町盆地西縁断層と命名した。これらの断層については、中田・今泉編（2002）でも詳細な位置が示されている。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、十日町盆地の東西両縁に分布する活断層を十日町断層帯西部・東部とし、それぞれを松田（1990）の定義に基づく起震断層とし、それぞれについて長期評価を行った。それによると、十日町断層帯西部の平均的な上下方向のずれの速度は $1\text{m}/\text{千年}$ 程度の可能性があり、断層帯の長さをもとに経験則で求めた 1 回のずれ量と平均的な上下方向のずれの速度に基づくと、平均活動間隔は 2000–3000 年程度であった可能性があるとした。さらに、断層帯全体が 1 つの区間として活動した場合、マグニチュード 7.4 程度の地震が発生する可能性があり、その時には断層の近傍の地表面で西側が東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ことを指摘するとともに、今後 30 年の間に地震が発生する確率をポアソン過程により 1% と算出した。一方、十日町断層帯東部については、平均的な上

下のずれの速度は 0.2–0.4m/千年程度の可能性があり、最新活動と特定することはできないが約 3900 年前以後、約 3300 年前以前に活動したと推定した。さらに、断層帯の長さをもとに経験則で求めた 1 回のずれ量と平均的な上下方向のずれの速度に基づき、平均活動間隔は 4 千–8 千年程度の可能性があることを指摘した。将来の活動については、全体が 1 つの区間として活動する場合マグニチュード 7.0 程度の地震が発生する可能性があり、その時には断層の近傍の地表では東側が西側に対して相対的に 1–2m 程度高まる段差や撓みが生じる可能性があることを指摘した。今後 30 年の間に地震が発生する可能性については、ポアソン過程により 0.4–0.7% と算出した。

なお、十日町盆地の東に位置する魚沼丘陵では、六日町断層の活動による傾動隆起に伴い鮮新–更新世に堆積した魚沼層や中期更新世に形成された段丘が西へ傾動していることが知られている（池田ほか編，2002；金，2004）。また、近年、十日町盆地南部で両断層帯を横断して行われた反射法地震探査では、十日町盆地が信濃川を軸とする全体として非対称な向斜構造上に位置し、軸の東では十日町断層帯東部の地下には魚沼層基底をすべり面とする pop-up 構造がみられるのに対し、十日町断層帯西部の地下には地下深部まで達する逆断層が存在し、魚沼層の基底を 200–250 m 程度上下変位させていることが報告されている（伊藤ほか，2007）。

2. 調査結果

本調査では、十日町断層帯西部の活動履歴解明を目的として、十日町市川西地区において群列ボーリング調査とトレンチ調査を実施した。

（1）川西地区群列ボーリング調査

調査概要

群列ボーリング調査では、これらの扇状地の形成時期を確かめることにより十日町断層帯西部の最新活動時期を明らかにするとともに、地下の断層構造に関する情報を取得することを目的とした。群列ボーリングは、盆地西側の丘陵からの支流によって形成された新旧の扇状地を縦断する方向に、2 測線において実施した。

新旧の扇状地のうち、北の木島川によって形成された扇状地には断層崖は認められず、断層の最新活動後に形成されたものと考えられる。一方、南の千手

川によって形成された扇状地面の形成時期はこれよりも古く、断層によって変形を受けている。

ここでは、北の木島川の扇状地を扇状地 1 面、南の千手川の扇状地を扇状地 2 面と呼び、扇状地 1 面上の測線を A 測線、扇状地 2 面上の測線を B 測線とした。A 測線では A-1 から A-8 までの 8 孔を、B 測線では B-1 から B-6 までの 6 孔を掘削した。孔番号は掘削した順であり、位置の順ではない。掘進長については、A 測線では A-1 から A-3 までを 40m、A-4 から A-8 までを 10m とし、B 測線では B-1 から B-3 までが 40m、B-5 を 20m、B-4 と B-6 を 15m とした。

調査手順としては、断層線を横切るように 40m のボーリングを 3 本掘削して基盤をなす魚沼層の構造から断層の位置を限定し、断層が通過する付近について地下浅部の層相を確認しながらボーリング地点の間を詰めるように深さ 10–20m のボーリングを掘削した。

ボーリングコアの地質層序

○ A 測線 (図 4 上段)

(A-1 : 孔口高度 201.06 m, 掘進長 40 m)

断層低下側の断層変位が及んでいない場所での層序確認を目的として、想定される断層通過位置の東側で A-1 を掘削した。耕作土の下から深度 3.05 m までは淘汰の悪い玉石混じりの締まりの緩い砂礫で、これを礫層 2 に対比し、扇状地 1 面の堆積物に区分した。その下位には深度 4.05 m まで凝灰質シルトないし砂質シルトが分布する。シルト層中に含まれる腐植から 24,590-24,340 cal.yBP の年代値が得られている。また、その下位には礫層 1 に対比される玉石混じりの砂礫が深度 6.50 m まで分布する。この礫層とそれを覆うシルト層を併せて、段丘堆積物と判断した。深度 6.50 m 以深の砂礫およびシルトの互層については、固結度などからこれらを魚沼層と判断した。最下部の 38.45 m から 40 m には再堆積した白色の軽石が密集した層準がみられる。

(A-2 : 孔口高度 204.14 m, 掘進長 40 m)

断層が通過すると想定される地点を狙って、A-2 を掘削した。耕作土の下から深度 2.28 m までは締まりの緩い砂礫層で、これを礫層 2 に対比し、扇状地 1 面の堆積物と判断した。その下位には深度 4.10 m まで礫層 1 に対比される砂礫が続いており、これについては段丘堆積物に区分した。これより下位に分布するシルト、砂および砂礫（細礫層を含む）は、固結度および深度 4.80 m から採取

された木炭の年代が AMS 法の測定限界を超えていることから、これらを魚沼層と判断した。

(A-3 : 孔口高度 208.91 m, 掘進長 40 m)

断層隆起側の層序確認および断層上盤における地層の変形の確認を目的として、想定される断層通過位置の西側で A-3 を掘削した。耕作土の下から深度 2.20 m までは礫層 2 に対比される玉石混じりの砂礫であり、扇状地 1 面の堆積物と判断した。これより下位に分布するシルト（一部凝灰質）、砂および砂礫（細礫層を含む）は、固結度などから魚沼層に区分した。

(A-4 : 孔口高度 205.92 m, 掘進長 10 m)

耕作土の下から深度 2.00m までは礫混じり砂質シルトおよび砂礫であり、この層準に含まれる腐植質シルトからは 3,210-3,000 cal.yBP の年代が得られたことから、この層準を扇状地 1 面の堆積物に区分した。これより下位に分布するシルトおよび砂礫については、固結度などから魚沼層に区分した。

(A-5 : 孔口高度 204.21 m, 掘進長 10 m)

耕作土の下から深度 2.20 m までは礫混じり砂質シルトおよび玉石混じり砂礫であり、締まりが緩いことから礫層 2 に対比し、扇状地 1 面の堆積物であると判断した。深度 2.20 m 以深のシルト（一部凝灰質）および砂は、固結度および深度 7.55 m から採取した木片の年代が AMS 法の測定限界を超えていることから、これらの層準を魚沼層に区分した。

(A-6 : 孔口高度 204.24 m, 掘進長 10 m)

耕作土の下から深度 2.75 m までは、締まりの緩いシルトと砂礫であることから礫層 2 に対比し、扇状地 1 面の堆積物と判断した。このシルト中の深度 1.50 m で採取された木炭から 2,710-2,360 cal.yBP の年代が、深度 1.98-2.10 m で採取された腐植質シルトから 1,560-1,410 cal.yBP の年代がそれぞれ得られた。深度 2.75 m 以下から深度 6.60 m までのシルトおよび砂礫は、礫層 1 に対比されることから段丘堆積物に区分した。深度 6.60 m 以下のシルト（一部凝灰質）と砂については、固結が進んでいること、ならびに深度 7.75 m から採取された木片の年代が AMS 法の測定限界を超えていることから、これらの地層が魚沼層であると判断した。

(A-7：孔口高度 204.20 m，掘進長 10 m)

耕作土の下から深度 2.45 m までは、締まりの緩いシルトと玉石混じりの砂礫であり、扇状地 1 面の堆積物と判断した。深度 2.45 m から深度 6.20 m までは玉石混じりの砂礫で、基質が細礫と砂からなっていることから上位の砂礫層と違うものと判断し、段丘堆積物に区分した。深度 6.20 m 以深の砂および泥は、固結が進んでいること、ならびに深度 6.60 m で採取された木片の年代が AMS 法の測定限界を超えていることから、これらを魚沼層に区分した。

(A-8：孔口高度 202.52 m，掘進長 10 m)

耕作土から深度 1.72 m までは、礫混じりシルトと玉石混じりの砂礫で、締まりが緩いことから礫層 2 に対比し、扇状地 1 面の堆積物であると判断した。深度 1.72 m から深度 6.60 m まで続く玉石混じりの礫層は、基質が細礫、砂であることから礫層 2 に対比し、段丘堆積物に区分した。深度 6.60 m 以深のシルトおよび砂については、固結が進んでいることと、深度 6.60 m および深度 7.15 m で採取した木炭および木片の年代が AMS 法の測定限界を超えていることから、この層準を魚沼層に区分した。

○ B 測線 (図 4 下段)

(B-1：孔口高度 201.48 m，掘進長 40 m)

断層低下側の断層変位が及んでいない場所での層序確認を目的として、想定される断層通過位置の東側で B-1 を掘削した。耕作土の下から深度 4.20 m までは砂質シルトおよび玉石混じり砂礫であり、これらを扇状地 2 面の堆積物と判断した。深度 4.20 m から深度 14.20 m までは玉石混じりの砂礫と砂質シルトの互層であり、この層準を段丘堆積物に区分した。深度 14.20 m 以深のシルト、砂および砂礫（細礫層）については、固結度等から魚沼層であると判断した。

(B-2：孔口高度 205.70 m，掘進長 40 m)

表土の下位から深度 7.38 m までは、玉石混じりの砂礫が続いており、締まりが緩いことからこの層準を扇状地 2 面の堆積物に区分した。深度 7.38 m から下位には凝灰質シルトが約 1.5 m の層厚で挟まり、その下位には径が 100 mm 以下の礫を主体とする砂礫（礫層 2 に分類）が続いており、これらの層準を段丘堆積物と判断した。深度 11.57 m から下位の凝灰質シルト、軽石質砂および砂礫に

については、主に固結度から判断して魚沼層に区分した。

(B-3 : 孔口高度 211.32 m, 掘進長 40 m)

耕作土の下から深度 6.64 m までは玉石混じり砂礫と礫混じりシルトが続いており、礫径が大きくおよび締まりが緩いことから礫層 2 に対比されること、ならびに深度 2.20 m で採取された腐植質シルトから 3,830-3,700 cal.yBP の年代が得られていることから、これらの層準を扇状地 2 面の堆積物であると判断した。深度 6.64 m から深度 7.76 m までの玉石混じり砂礫は礫層 1 に対比されることから段丘堆積物に区分した。深度 7.76 m 以深については、固結が進んでいること、ならびに深度 8.63 m で採取された腐植質シルトから得られた年代が AMS 法の測定限界を超えていることから、これらの層準を魚沼層に区分した。

(B-4 : 孔口高度 209.83 m, 掘進長 15 m)

耕作土の下から深度 6.00 m までは玉石混じり砂礫が続いており、これらは礫層 2 に対比されることから扇状地 2 面の堆積物であると判断した。深度 6.00 m より下位の砂礫は礫径が主に 10-30 mm と細くなり、良く締まっていることから、この層準およびこれより下位のシルト、砂等を魚沼層に区分した。

(B-5 : 孔口高度 205.81 m, 掘進長 20 m)

耕作土の下から深度 4.00 m までの玉石混じり砂礫は、締まりが緩いことから扇状地 2 面の堆積物であると判断した。深度 4.00 m から深度 7.75 m にかけて分布する砂礫は、魚沼層と比べると淘汰が悪いことなどから判断して、段丘堆積物に対比されると判断した。深度 7.75 m 以深のシルト、砂は凝灰質であり、砂礫は細礫が主体でクサリ礫が含まれることから、これらの層準を魚沼層に区分した。

(B-6 : 孔口高度 203.39 m, 掘進長 15 m)

耕作土の下から深度 4.90 m までは玉石混じり砂礫であり、締まりが緩いことなどから扇状地 2 面の堆積物であると判断した。深度 4.90 m から深度 13.20 m までは砂礫と腐植質シルトの互層が分布する。これらの層準のうち深度 8.20 m と深度 9.30 m で採取された試料から、13,850-13,710 cal.yBP および 21,150-20,720 cal.yBP の年代がそれぞれ得られているため、これらの層準を段丘堆積物に区分した。深度 13.20 m 以深のシルト（一部腐植質）は、固結が進んでいることなど

から魚沼層に区分した。

地層構造の解釈

各地点のボーリング柱状図を地形断面図に重ねて、扇状地堆積物・段丘堆積物・魚沼層の構造について検討した。

(測線 A)

測線 A では、地表面および扇状地 1 面の堆積物には断層による変形は認められない (図 5)。段丘堆積物の分布は A-2 から東側に限られている。A-1 と A-8 との間の段丘堆積物の分布高度下限を繋いだ勾配と比較すると、A-6, A-7 および A-2 における段丘堆積物の分布高度下限は異常に高まっており、断層による変形を受けた可能性がある。したがって、A 測線においては段丘堆積物堆積後に断層があったことが推定され、その時に形成された断層崖は扇状地 1 面が形成される前に浸食されてしまったと考えられる。段丘堆積物に相当する地層が断層の隆起側では欠如してしまっているため、段丘堆積物堆積以降の変位量は正確に求めることはできないが、図 4 の断面図からは少なくとも 5 m 程度以上であると見積られる。

A-1, A-2, A-3 のコアにおける魚沼層の比較では、鍵層となるものがないため対比が困難であるが、A-1 と A-2 は礫がちである点では共通しており、凝灰質で細粒な堆積物を多く含む A-3 との違いが顕著である。このことから、A-2 と A-3 との間に魚沼層の構造変化があり、これが段丘堆積物に変形を与えている構造と関係があると推定されるが、明確な断層構造は確認できない。なお、A-3 コアの深度 18.45-18.75 m には SK020 火山灰 (0.81 ± 0.12 Ma : 村松, 1983) とも呼ばれる) が確認された。他のコアでは見出せなかったため、今回の調査では SK020 層準の変位量等は不明であるが、この層準を追跡することを目的とした調査を再度行うことにより、地下の変形構造および過去約 100 万年間における平均変位速度を明らかにすることができよう。

(測線 B)

測線 B では、水田の内縁もしくは外縁を繋いだ勾配を基に断層崖の両側で比高をとると、約 2 m 程度の高度差が認められる。

扇状地 2 面の堆積物と段丘堆積物との地層境界を指標とした場合には、非変形部の勾配が不明なため不確実な点は残るが、凡そ 3-4 m の上下変位があるとみられる。

段丘堆積物と魚沼層の境界を指標とした場合には、高度差はさらに大きくなり 8-10 m 程度となる。段丘堆積物は断層の隆起側で層厚が薄く、断層活動後に隆起側が浸食を受けたか、もしくは段丘堆積物が堆積中に断層活動があり低下側のみを埋積する作用が生じた可能性がある。

魚沼層においては、B-1 の深度 37.40 m から 38.85 m に再堆積した白色軽石（径 1 cm 程度）が密集した層準があり、同様な軽石の密集層が B-2 の深度 39.40 m から 40.00 m にかけて確認された。類似した白色軽石が魚沼層中に存在することは十分に想定されるので一概には断定できないが、両コア間においてこれらの軽石層が対比できる可能性がある。A-3 コアで確認された SK020 火山灰は、B-3 のコアの同様な高度の層準には存在していない。

群列ボーリング調査のまとめ

川西地区を流れる木島川と千手川が形成する扇状地面において、それぞれに測線を張り、群列ボーリング調査を実施した。測線 A とした木島川の扇状地（扇状地 1 面）は形成された時期が新しく断層変位地形は認められないのに対し、測線 B の千手川の扇状地（扇状地 2 面）には低断層崖が存在する。ボーリング調査によってこれら扇状地面の地下での地層の構造と、ボーリングで採取されたコアから採取した試料の年代測定を行った結果、両扇状地面の形成年代の違いから、約 3,800 年前以後、約 1,400 年前以前の間におそらく 1 回の断層活動があり、そのときの上下変位量が 2 m 程度であったと推定された。また、下位層準の地層境界にはより大きな上下変位量が認められ、第四紀後期以降に十日町断層帯西部が繰り返し活動していたと推定される。

（2）川西地区トレンチ調査

調査概要

川西地区の北方においてトレンチ調査を実施した。調査地点は、中位段丘を開析する小扇状地の扇頂付近である。この付近では、高位段丘（朴の木坂面相当：約 14-17 万年前）が東へ撓み下がり、下位の貝坂面と接しており、その境界に断層線が引かれている。トレンチを掘削した地点周辺では、巨視的に確認できる崖地形の延長上、もしくはそれより東に張り出した扇状地の末端付近を断層が通過することが想定された。後者の扇状地末端付近の低崖地形上には舗装された農道が走っていて掘削調査はできないため、前者の崖地形の延長が小扇状地を通過する地点で掘削を行った。

調査結果

掘削作業では、掘り増し作業を 2 度行ったが断層は確認できなかった。ここでは、掘削した順に第 1 次掘削、第 2 次掘削、第 3 次掘削と呼び、それぞれの壁面の概略を整理する。

(第 1 次掘削)

断層が通過すると想定される線からやや丘陵寄り（西側）を中心として、ほぼ東西方向に長さ 15 m のトレンチを掘削した。トレンチの南壁面には扇状地堆積物が、北壁面には扇状地を刻む沢の堆積物が、それぞれ壁面に現れるように配慮して掘削作業を進めた。図 8 に第 1 次掘削における北壁面のスケッチを示す。この段階では、D 層中の細粒層（D-2, D-4 ; 5,280-5,080 cal.yBP の年代を示す木片を含む）が東側に撓んでいるようにみえたが、その下位には断層構造は確認されず、また、奥に掘り込んだ第 2 次掘削の壁面ではこれらの細粒層に変形は認められなかったため、局地的な堆積構造であると解釈した。

(第 2 次掘削)

第 1 次掘削の壁面を約 2 m 北側に掘り込み、沢の北側にある尾根を構成している段丘堆積物もしくは魚沼層に変形が見られないか確認することを目的として増し掘り作業を行った。図 9 に第 2 次掘削における北壁面のスケッチを示す。結果的には古い地層を露出させるには至らず、第 1 次掘削で観察されたものと同様な A 層から E 層までが壁面で観察された。B 層中より採取された木片からは 4,570-4,440 cal.yBP の年代値が得られた。

(第 3 次掘削)

第 2 次掘削の北壁面を、東側（盆地側）へ約 10 m 延長した。第 3 次掘削における北壁面を図 10 に示す。グリッドの 15 番から 17 番付近に西傾斜の地層境界が現れ、これが断層ではないかと注意しながら観察を行った。壁面を手作業で掘り込み、地層境界が平野方向ではなく、ほぼ南北に延びることを確認したが、最終的には地層境界の上側の地層の年代が下側の地層の年代と比べて有意に若いことから、この地層境界は断層面ではなく、浸食によって形成された可能性が高いと判断した。

トレンチ調査のまとめ

今回の調査で断層が通過すると想定した線上には、断層が存在していなかった。したがって、この地点では掘削した場所よりも東側の扇状地の末端付近を断層が通過している可能性が高い。

3. まとめ

3. 1 断層帯の位置及び形態

(1) 断層帯を構成する断層

十日町断層帯西部

十日町断層帯西部は、十日町盆地西縁断層（渡辺ほか, 2001; 鈴木ほか; 2001）、宮野坂断層（活断層研究会編, 1991）などによって構成される。十日町盆地西縁断層には、田中（2000）が示した霜条断層等が含まれる。

今回の調査では、新たに追加されるべき断層に関する情報は得られていない。

十日町断層帯東部

十日町断層帯東部は、十日町盆地東縁断層（渡辺ほか, 2001; 鈴木ほか; 2001）、細尾-如来寺（によらいじ）断層などから構成される。

今回の調査では、新たに追加されるべき断層に関する情報は得られていない。

(2) 断層面の位置・形状

十日町断層帯西部

十日町断層帯西部の長さに関する新しい資料は、今回の調査では得られなかった。

地下の断層面の形状について、伊藤ほか（2007）は十日町盆地南部で実施した反射法地震探査の結果に基づき、十日町断層帯西部の地下には、地下深部まで続く西傾斜の逆断層が存在することを指摘している。伊藤ほか（2007）には、断層面の傾斜および断層面上端の深さに関する記述はない。

十日町断層帯東部

十日町断層帯東部の長さに関する新しい資料は、今回の調査では得られなかった。

地下の断層面について、伊藤ほか（2007）は十日町盆地南部で実施した反射法地震探査の結果に基づき、十日町断層帯東部の地下には魚沼層基底をすべり面とする pop-up 構造が存在することを指摘している。この反射断面によれば、

十日町断層帯東部の地下には、地下深部まで続くような断層面は存在しておらず、褶曲構造の成長に伴い、地下浅部の層面すべりに伴った変形が地表に現れていると解釈される。この場合、褶曲構造を成長させる地下深部の断層は魚沼丘陵の下に伏在し、その先端は六日町断層帯として丘陵の反対側に現れる可能性が考えられる。

(3) 変位の向き

十日町断層帯西部

今回実施した群列ボーリング調査結果に基づく地下構造から、十日町断層帯西部は西側隆起の変位を比較的狭い幅で生じさせていることが推定される。

十日町断層帯西部は片貝-真人(まっと)背斜の東翼に位置していることから、全体的に西側隆起の領域に位置し、断層においても西側隆起の成分を伴っていると考えられる。

十日町断層帯東部

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)では、太田編(1998)、田中(2000)の成果に基づき、断層面を東傾斜としている。伊藤ほか(2007)の反射断面に基づくと、地下深部まで続く断層面は認められないため、地表の変形から推定される断層の変位は、実際に存在するかもしれないが地下浅部のみの変形であると解釈される。

3. 2 断層帯の過去の活動

(1) 平均変位速度

十日町断層帯西部

今回の調査では、十日町断層帯西部により変形を受けている川西地区の扇状地2面について年代を約3700-3800年前と見積ることができた。測線Bにおける地形面の上下変位量は約2 m程度であることから、これらの値に基づくと川西地区における平均変位速度は0.5 m/千年程度と算出される。

一方、同じ地形面について、田中(2000)は1.2 mの上下変位量があると記載している。この値に基づくと、平均変位速度は0.3 m/千年程度となる。

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)は、信濃川ネオテクトニクス団体研究グループ(2002)が断層帯南部の卯の木地点で推定した値に基づき、1m/千年におよぶ可能性があるとは評価している。

十日町断層帯東部

今回の調査で、十日町断層帯東部の平均変位速度に関する新しい情報は得られていない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、本断層帯の平均上下変位速度を 0.2-0.4 m/千年の可能性があるとしている。

（2）活動時期

十日町断層帯西部

十日町断層帯西部を横切る川西地区の 2 つの扇状地面で実施した群列ボーリング調査の結果では、断層変位がみられない扇状地 1 面の年代は約 3,200 年前以後、約 1,400 年前以前であり、断層変位を受けている扇状地 2 面の年代は約 3,700-3,800 年前であった。

したがって、十日町断層帯西部の最新活動時期は、約 3,800 年前以後、約 1,400 年前以前であり、3,800 年前以後、3,200 年前以前であった可能性がある。

十日町断層帯東部

今回の調査で、十日町断層帯東部の活動時期に関する新しい情報は得られていない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、本断層帯では 3 千 9 百年前以後、3 千 3 百年前以前に断層活動があったが、それが最新活動かどうかは不明であるとしている。

なお、伊藤ほか（2007）が指摘するように、十日町断層帯東部が魚沼層基底における層面すべりに起因するとすれば、魚沼丘陵の褶曲構造を成長させていると考えられる六日町断層帯の活動と関連して本断層帯が活動している可能性がある。

（3）1 回の変位量

十日町断層帯西部

田中（2000）によれば、今回調査を行った地点での上下変位量は 1.2 m である。今回の調査で得られた扇状地 1 面および扇状地 2 面の形成年代を参考にすると、扇状地 1 面形成以降の経過時間（約 3,200-1,700 年）と比べて、断層活動があったと推定される時期の長さ（最長 2,400 年、最短 600 年）は短い可能性が高いため、この崖が複数回の活動で形成されたものであるとは考えにくい。

したがって、川西地区における 1 回の変位量は 1.2 m 程度と考える。ただし、

この値は長さ 400 m 以上の測線で測量された結果に基づいているが、大規模な圃場整備が行われた後に測量されているため、相応の誤差が含まれている可能性がある。

なお、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、断層帯の長さ（33 km）に基づき、松田（1975）の D-L 式を用いて、十日町断層帯西部における 1 回の変位量を 2-3 m としている。

十日町断層帯東部

今回の調査で、十日町断層帯東部の 1 回の変位量に関する新しい情報は得られていない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、断層の長さ（約 19 km）に基づき、松田（1975）の D-L 式を用いて、本断層帯の 1 回の変位量を約 1.5 m と評価している。

なお、伊藤ほか（2007）が指摘するように、本断層帯が魚沼層基底における層面すべりに起因する地下浅部のみの変形であるとするれば、松田（1975）の D-L 式では適切に評価されない可能性がある。

（4）活動間隔

十日町断層帯西部

今回の調査では、最新活動時期しか明らかにしていないため、複数の活動時期に基づいて十日町断層帯西部の活動間隔を算出することはできない。参考として、扇状地 1 面形成以降、断層活動が発生していないため、最近約 3,400-1,700 年間は十日町断層帯西部の活動の間隔が空いているということもできる。

なお、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、平均変位速度の値と断層帯の長さから算出される 1 回の変位量から、十日町断層帯の平均活動間隔を 2 千-3 千年程度と評価している。

十日町断層帯東部

今回の調査で、十日町断層帯東部の活動間隔に関する新しい情報は得られていない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、断層の長さから求めた 1 回の変位量（約 1.5 m）と平均上下変位速度（0.2-0.4 m/千年程度）に基づいて、平均活動間隔を 4 千-8 千年程度の可能性があるとして評価している。

(5) 活動区間

十日町断層帯西部

今回は 1 地区で調査を実施したため、活動時期に基づく活動区間に関する新たな資料は得られなかった。また、今回の調査以外に十日町断層帯西部の活動時期を示唆する調査結果は出されていないため、他の資料との比較から活動区間を議論することもできない。

十日町断層帯東部

今回の調査で、十日町断層帯東部の活動区間に関する新しい情報は得られていない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）は、本断層帯の活動区間を全体で 1 区間と評価している。

（調査担当：吾妻 崇，吉岡敏和）

文 献

- 早津賢二・新井房夫（1981）：信濃川中流域におけるテフラ層と段丘形成年代．地質学雑誌，87，791-805．
- 池辺展生（1942）：越後油田の褶曲の現世まで行われていることに就いて．石油技術協会誌，10，184-185．
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編（2002）：「第四紀逆断層アトラス」．東京大学出版会，254p．
- 伊藤 忍・横倉隆伸・山口和雄・加野直巳・大滝壽樹・牧野雅彦・住田達哉（2007）反射法地震探査による新潟県十日町断層帯周辺の深部構造．日本地震学会講演予稿集 2007 年秋季大会，127．
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）十日町断層帯の評価．23p．
- 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，363p．
- 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，437p．
- 金 幸隆（2004）：魚沼丘陵の隆起過程と六日町断層の活動累積．活断層研究，24，63-75．
- 町田 貞・池田 宏（1969）：信濃川中流地域における段丘面の変位．地理学評論，42，623-630．
- 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．
- 村松敏雄（1983）魚沼層群のフィッシュトラック年代．地団研専報，No. 26，63-66．
- 内藤博夫（1965）：新潟県十日町市付近の地形－魚沼地方の地形発達史についての若干の考察－，地理学評論，38，613－629．
- 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，DVD-ROM2 枚・60p．付図1葉．
- 新潟平野団体研究グループ（1972）：十日町盆地の河岸段丘，地質学論集，7，267－283．
- Ota, Y. (1969) : Crustal movements in the Late Quaternary considered from the deformed terrace plains in northeastern Japan. J. Geol. Geogra. , 40, 41-61.
- 太田陽子編（1997）：「科学技術庁・平成8年度調査研究成果報告書」，43p．

- 太田陽子編 (1998) : 「科学技術庁・平成9年度調査研究成果報告書」, 43p.
- 太田陽子編 (1999) : 「科学技術庁・平成10年度調査研究成果報告書」, 21p.
- 太田陽子・鈴木郁夫 (1979) : 信濃川下流地域における活褶曲の資料. 地理学評論, 52, 592-601.
- Ota, Y., Machida, T., Ikeda, H., Shirai, T. and Suzuki, T. (1973) : Active folding of the fluvial terraces along the Shinano river, central Japan. The crust and upper mantle of the Japanese area. Part II, Geology and geochemistry, Geological Survey of Japan, 121-129.
- 信濃川ネオテクトニクス団体研究グループ (2002) : 信濃川津南地域における第四紀後期の段丘形成と構造運動. 第四紀研究, 41, 199-212.
- 鈴木康弘・東郷正美・渡辺満久・金 幸隆・佐藤尚登 (2001) 1:25,000 都市圏活断層図「十日町」. 国土地理院技術資料 D・1-No.388.
- 田中真弓 (2000) 信濃川中流域, 十日町盆地における河成段丘の変位からみた活褶曲と活断層の関係. 第四紀研究, 39, 411-426.
- 渡辺満久・堤 浩之・鈴木康弘・金 幸隆・佐藤尚登 (2001) 1:25,000 都市圏活断層図「小千谷」. 国土地理院技術資料 D・1-No.388.
- 柳沢幸夫・茅原一也・鈴木尉元・植村 武・小玉喜三郎・加藤碩一 (1985) 十日町地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 104p.

図 表

表 1 十日町断層帯西部のまとめ.

表 2 十日町断層帯東部のまとめ.

表 3 2007 年度十日町断層帯川西地区群列ボーリング調査 A 測線のボーリングコアから採取された試料の年代測定結果.

表 4 2007 年度十日町断層帯川西地区群列ボーリング調査 B 測線のボーリングコアから採取された試料の年代測定結果.

表 5 2007 年度十日町断層帯川西地区トレンチ調査で採取された試料の年代測定結果.

図 1 十日町断層帯の分布.

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）に今回の調査地点を加筆.

図 2 川西地区調査地点.

基図には十日町市発行都市計画図を使用.

図 3 調査地点周辺における地形概要.

図 4 川西地区群列ボーリングのコア柱状図.

図 5 川西地区群列ボーリング A 測線の地形地質柱状図.

水平：垂直の比率は 1：5.

赤字で示した年代値は暦年較正を施した値（誤差 1 シグマ）.

図 6 川西地区群列ボーリング B 測線の地形地質柱状図.

水平：垂直の比率は 1：5.

赤字で示した年代値は暦年較正を施した値（誤差 1 シグマ）.

図7 川西地区トレンチの掘削範囲と観察壁面.

掘削地点は図2に掲載.

図8 川西地区トレンチ壁面スケッチ (第1次掘削).

グリッドの間隔は水平/垂直ともに1m.

赤い四角は年代測定試料を採取した位置.

四角の中の番号と数値は, 年代測定試料番号と歴年較正した年代値.

図9 川西地区トレンチ壁面スケッチ (第2次掘削).

グリッドの間隔は水平/垂直ともに1m.

赤い四角は年代測定試料を採取した位置.

四角の中の番号と数値は, 年代測定試料番号と歴年較正した年代値.

図10 川西地区トレンチ壁面スケッチ (第3次掘削).

グリッドの間隔は水平/垂直ともに1m.

赤い四角は年代測定試料を採取した位置.

四角の中の番号と数値は, 年代測定試料番号と歴年較正した年代値.

図11 川西地区トレンチで観察された地層の構造解釈.

表 1 十日町断層帯西部のまとめ.

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態 (1)断層帯を構成する断層	十日町盆地西縁断層, 宮野坂断層など	十日町盆地西縁断層, 宮野坂断層など	変更なし
(2)断層帯の位置・形状 地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置(両端の緯度・経度)	(北端)北緯37° 14', 東経138° 46' (南端)北緯36° 59', 東経138° 36'	(北端)北緯37° 14', 東経138° 46' (南端)北緯36° 59', 東経138° 36'	変更なし
長さ	全体 約33km	全体 約33km	変更なし
地下における断層面の位置・形状 上端の深さ	地表での長さ・位置と同じ 0km	地表での長さ・位置と同じ 0km	変更なし 変更なし. ただし, 群列ボーリング調査で地表付近の変形を確認したほか, 伊藤ほか(2007)の反射断面で逆断層が確認されている
一般走向	ほぼ南北	ほぼ南北	変更なし
傾斜	西傾斜	西傾斜	変更なし. ただし, 伊藤ほか(2007)による逆断層の記載が新たに追加.
幅	不明	不明	変更なし
(3)断層のずれの向きと種類	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層	変更なし. ただし, 伊藤ほか(2007)による逆断層の記載が新たに追加.
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度	1m/千年ないしそれ以上 (上下成分)	1m/千年ないしそれ以上 (上下成分)	変更なし. 川西地区の群列ボーリングの結果では0.5-0.3 m/千年程度.
(2)過去の活動時期	不明	活動1(最新活動) 約3,800年前以後, 約1,400年前以前	川西地区群列ボーリング調査結果による.
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量	2-3m程度(上下成分)	2-3m程度(上下成分)	変更なし. 川西地区の群列ボーリング調査では1.2-2 m程度
平均活動間隔	2千-3千年程度	2千-3千年程度	変更なし
(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

表2 十日町断層帯東部のまとめ.

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態 (1)断層帯を構成する断層	十日町盆地東縁断層, 細尾-如来寺断層など	十日町盆地東縁断層, 細尾-如来寺断層など	変更なし
(2)断層帯の位置・形状 地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置(両端の緯度・経度)	(北端)北緯37° 12', 東経138° 47' (南端)北緯37° 03', 東経138° 42'	(北端)北緯37° 12', 東経138° 47' (南端)北緯37° 03', 東経138° 42'	変更なし
長さ	全体 約19km	全体 約19km	変更なし
地下における断層面の位置・形状	地表での長さ・位置と同じ	地表での長さ・位置と同じ	変更なし
上端の深さ	0km	0km	変更なし
一般走向	N20° E	N20° E	変更なし
傾斜	東傾斜	東傾斜(ただし, 地下深部までは続かない)	伊藤ほか(2007)の反射探査結果に基づく
幅	不明	不明(地下深部までは続かないため, 非常に幅が狭い可能性がある)	伊藤ほか(2007)の反射探査結果に基づく
(3)断層のずれの向きと種類	東側隆起の逆断層	東側隆起の逆断層(地下浅部の層面すべりから生じたpop-up構造に起因)	伊藤ほか(2007)の反射探査結果に基づく
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度	0.2-0.4m/千年程度 (上下成分)	0.2-0.4m/千年 (上下成分)	変更なし
(2)過去の活動時期	活動1(最新活動かどうかは不明) 約3900年前以後, 約3300年前以前	活動1(最新活動かどうかは不明) 約3900年前以後, 約3300年前以前	褶曲構造の成長に伴う層面すべりの断層の場合には, 六日町断層帯の活動に伴って動いた可能性がある.
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量	1-2m程度(上下成分)	1-2m程度(上下成分)(褶曲構造の成長に伴う表層での断層の場合には, これより小さい可能性がある)	褶曲構造の成長に伴う層面すべりの断層の場合には, 松田(1975)のD-L式には当てはまらない可能性がある
平均活動間隔	2千-3千年程度	2千-3千年程度	変更なし
(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

表3 2007年度十日町断層帯川西地区群列ボーリング調査A測線のボーリングコアから採取された試料の年代測定結果.

試料の分析は(株)加速器分析研究所に依頼した. 計測方法はすべてAMS法とし, 暦年較正にはReimer et al. (2004)の補正曲線を用い, OxCal v3.10 (Ramsey, 2005)で計算した.

Sample	Material	Lab.No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1 σ) (%)	cal yBP	note
TK-A1'-3.49	wood	IAAA-72054	-31.02 +/- 0.92	24,450 \pm 120	22,640 BC - 22,390 BC	68.2	24,590-24,340
TK-A2-4.80	charcoal	IAAA-72056	-27.98 +/- 0.48	>53,200			
TK-A2-9.05	wood	IAAA-71953	-27.93 +/- 0.95	>52,980			
TK-A4-1.28	humic silt	IAAA-72057	-24.03 +/- 0.71	2,940 \pm 40	1,260 BC - 1,230 BC 1,220 BC - 1,080 BC 1,070 BC - 1,050 BC	7.3 57.8 3.1	3,210-3,000
TK-A5-7.55	wood	IAAA-72060	-28.08 +/- 0.67	>53,140			
TK-A6-1.50	charcoal	IAAA-72061	-23.73 +/- 0.79	2,460 \pm 40	760 BC - 680 BC 670 BC - 610 BC 600 BC - 500 BC 460 BC - 450 BC 440 BC - 410 BC	22.0 11.9 27.0 1.9 5.4	2,710-2,360
TK-A6-1.98-2.10	humic silt	IAAA-72063	-22.02 +/- 0.61	1,620 \pm 30	390 AD - 440 AD 480 AD - 540 AD	37.0 31.2	1,560-1,410
TK-A6-7.75	wood	IAAA-71952	-28.99 +/- 0.89	>53,110			
TK-A7-2.10-2.15	humic silt	IAAA-72059	-23.34 +/- 0.61	2,170 \pm 30	360 BC - 290 BC 230 BC - 220 BC 210 BC - 170 BC	40.3 4.0 23.9	2,310-2,120
TK-A7-6.60	wood	IAAA-72062	-25.04 +/- 0.96	>53,470			
TK-A8-6.60	charcoal	IAAA-71951	-29.36 +/- 0.61	>53,090			
TK-A8-7.15	wood	IAAA-72058	-26.70 +/- 0.46	>53,250			

表 4 2007 年度十日町断層帯川西地区群列ボーリング調査 B 測線のボーリングコアから採取された試料の年代測定結果.

試料の分析は (株) 加速器分析研究所に依頼した. 計測方法はすべて AMS 法とし, 暦年較正には Reimer et al. (2004) の補正曲線を用い, OxCal v3.10 (Ramsey, 2005) で計算した.

Sample	Material	Lab.No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1σ)	(%)	cal yBP	note
TK-B1-8.65	charcoal	IAAA-72064	-23.30 +/- 0.55	12,470 \pm 70	12,780 BC - 12,320 BC	68.2	14,730-14,270	
TK-B3-2.20	humic silt	IAAA-72065	-26.60 +/- 0.70	3,490 \pm 40	1,880 BC - 1,750 BC	68.2	3,830-3,700	
TK-B3-8.63	humic silt	IAAA-72066	-24.94 +/- 0.78	>53,020				
TK-B6-8.20	charcoal	IAAA-72067	-28.06 +/- 0.74	11,920 \pm 60	11,900 BC - 11,760 BC	68.2	13,850-13,710	
TK-B6-9.30	charred material	IAAA-72068	-22.87 +/- 0.95	17,740 \pm 100	19,200 BC - 18,770 BC	68.2	21,150-20,720	
TK-B6-13.22	humic silt	IAAA-72055	-27.02 +/- 0.70	48,390 \pm 810				

表 5 2007 年度十日町断層帯川西地区トレンチ調査で採取された試料の年代測定結果.

試料の分析は(株)加速器分析研究所に依頼した. 計測方法はすべて AMS 法とし, 暦年較正には Reimer et al. (2004) の補正曲線を用い, OxCal v3.10 (Ramsey, 2005) で計算した.

Sample	Material	Lab.No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1 σ)	(%)	cal yBP	note
TK-KNT-1	wood	IAAA-71460	-28.62 +/- 0.58	4,480 \pm 30	3,330 BC - 3,210 BC	48.2	5,280-5,040	
					3,180 BC - 3,150 BC	9.1		
					3,130 BC - 3,090 BC	10.9		
TK-KNT2-16	wood	IAAA-71958	-26.93 +/- 0.93	4,050 \pm 30	2,620 BC - 2,560 BC	39.3	4,570-4,440	
					2,540 BC - 2,490 BC	28.9		
TK-KNT2-17	wood	IAAA-71954	-26.24 +/- 0.70	4,930 \pm 30	3,750 BC - 3,740 BC	1.8	5,700-5,605	
					3,715 BC - 3,655 BC	66.4		
TK-KNT3-2	wood	IAAA-71947	-26.34 +/- 0.57	6,370 \pm 40	5,470 BC - 5,440 BC	8.3	7,420-7,250	
					5,420 BC - 5,410 BC	2.2		
					5,380 BC - 5,300 BC	57.7		
TK-KNT-3-3	wood	IAAA-71948	-25.36 +/- 0.60	6,270 \pm 40	5,300 BC - 5,220 BC	68.2	7,250-7,170	
TK-KNT-3-4	soil	IAAA-71949	-24.57 +/- 0.70	530 \pm 30	1,395 AD - 1,435 AD	68.2	555-515	
TK-KNT-3-5	soil	IAAA-71950	-24.65 +/- 0.51	180 \pm 30	1,660 AD - 1,690 AD	12.5	290-(-10)	
					1,730 AD - 1,810 AD	41.0		
					1,920 AD - 1,960 AD	14.7		
TK-KNT3-12	wood	IAAA-71955	-22.49 +/- 0.55	4,680 \pm 30	3,520 BC - 3,490 BC	15.2	5,470-5,320	
					3,470 BC - 3,370 BC	53.0		
TK-KNT3-13	wood	IAAA-71956	-23.96 +/- 0.74	6,250 \pm 40	5,305 BC - 5,205 BC	68.2	7,255-7,155	
TK-KNT3-14	wood	IAAA-71957	-20.55 +/- 0.82	7,220 \pm 40	6,210 BC - 6,190 BC	3.6	8,160-7,970	
					6,160 BC - 6,140 BC	3.6		
					6,100 BC - 6,020 BC	60.7		

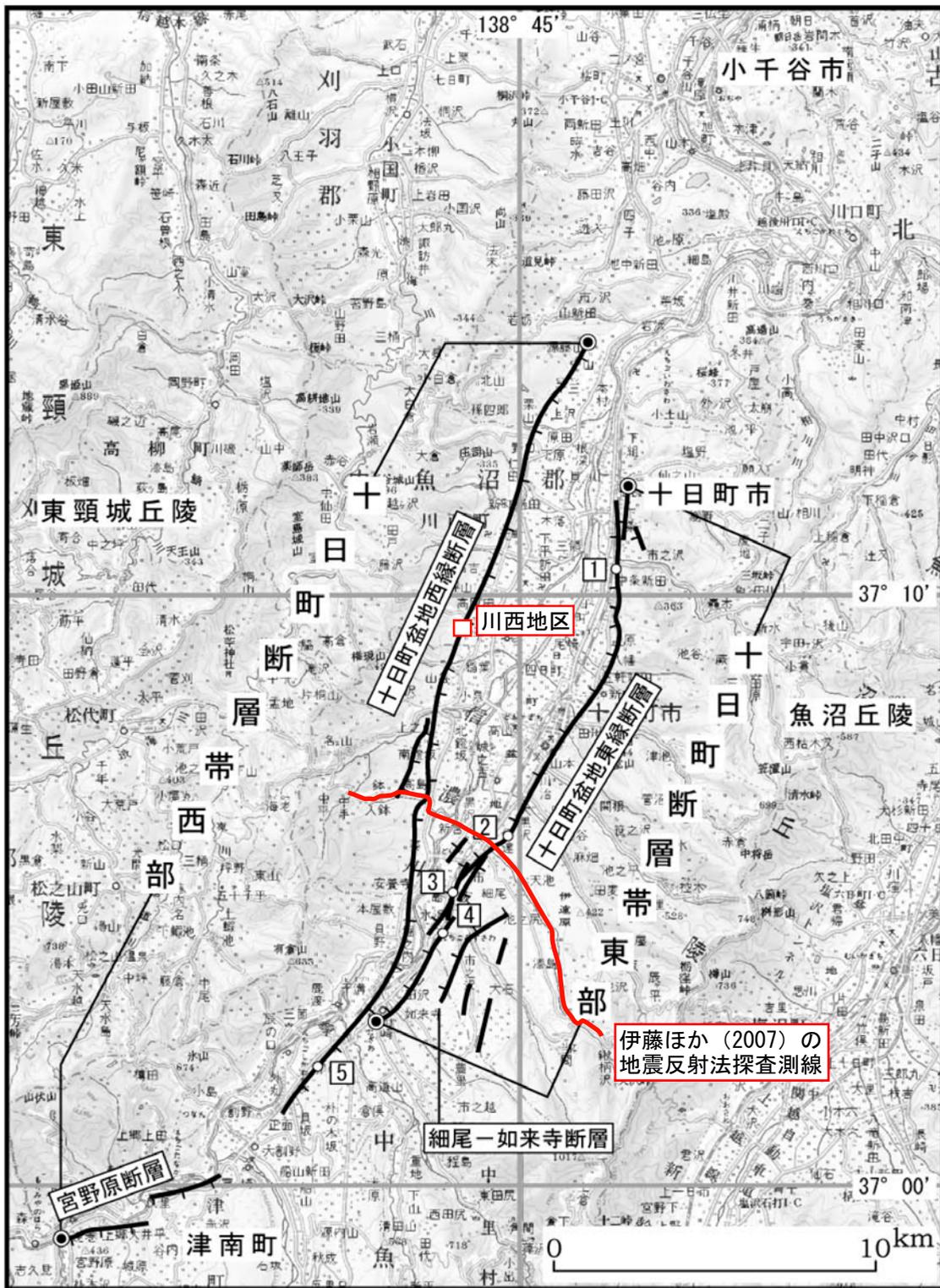


図1 十日町断層帯の分布. 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005) に今回の調査地点を加筆.

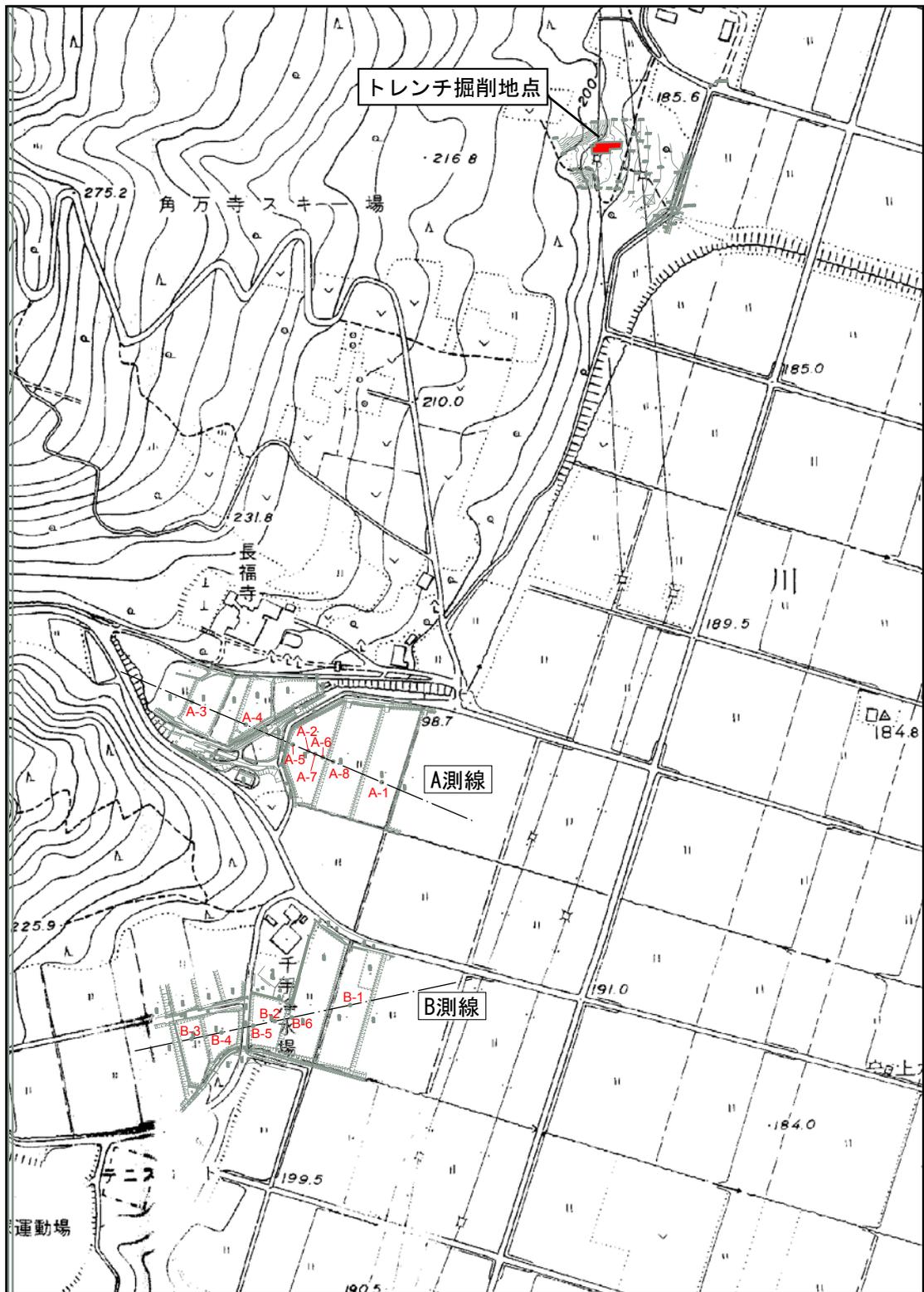


図2 川西地区調査地点。基図には十日町市発行都市計画図を使用。

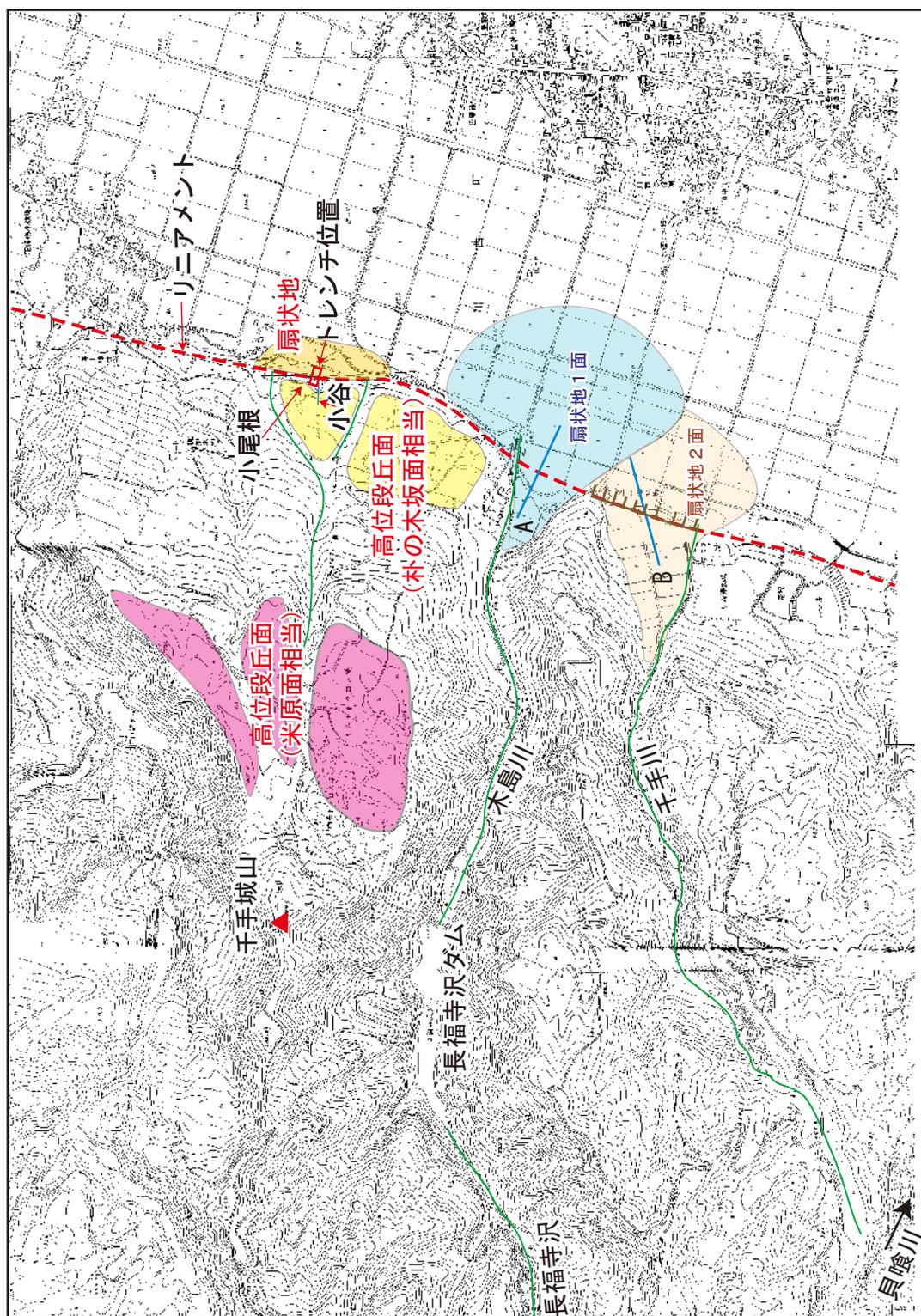
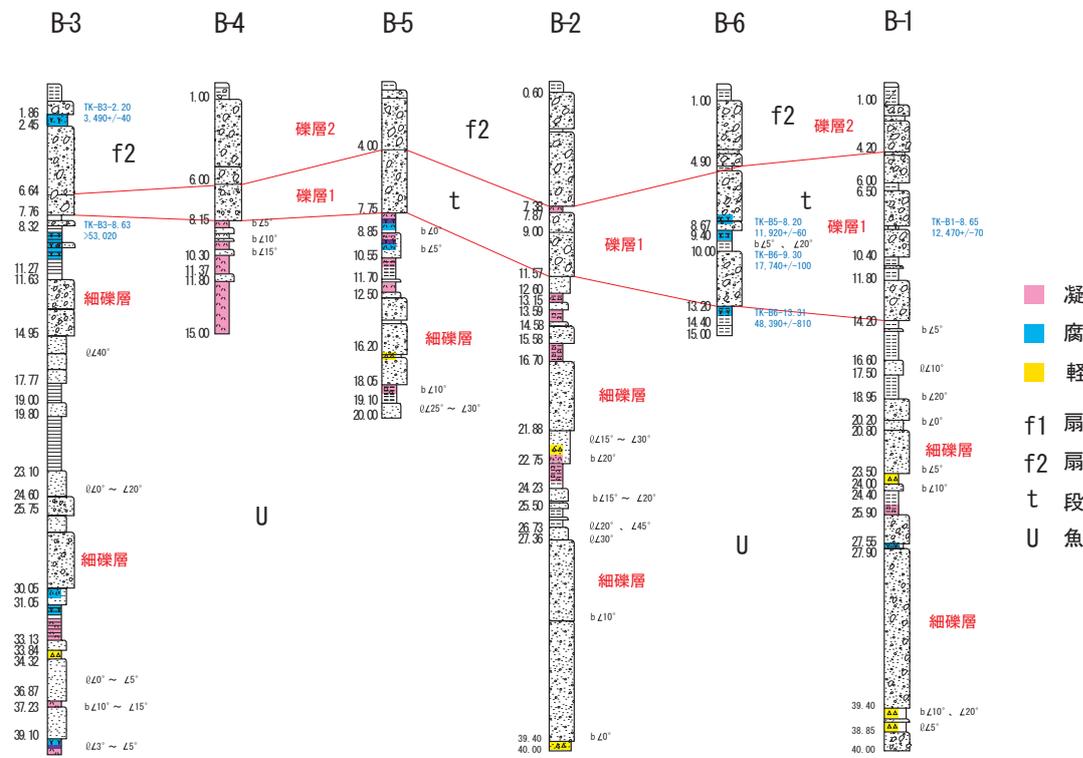
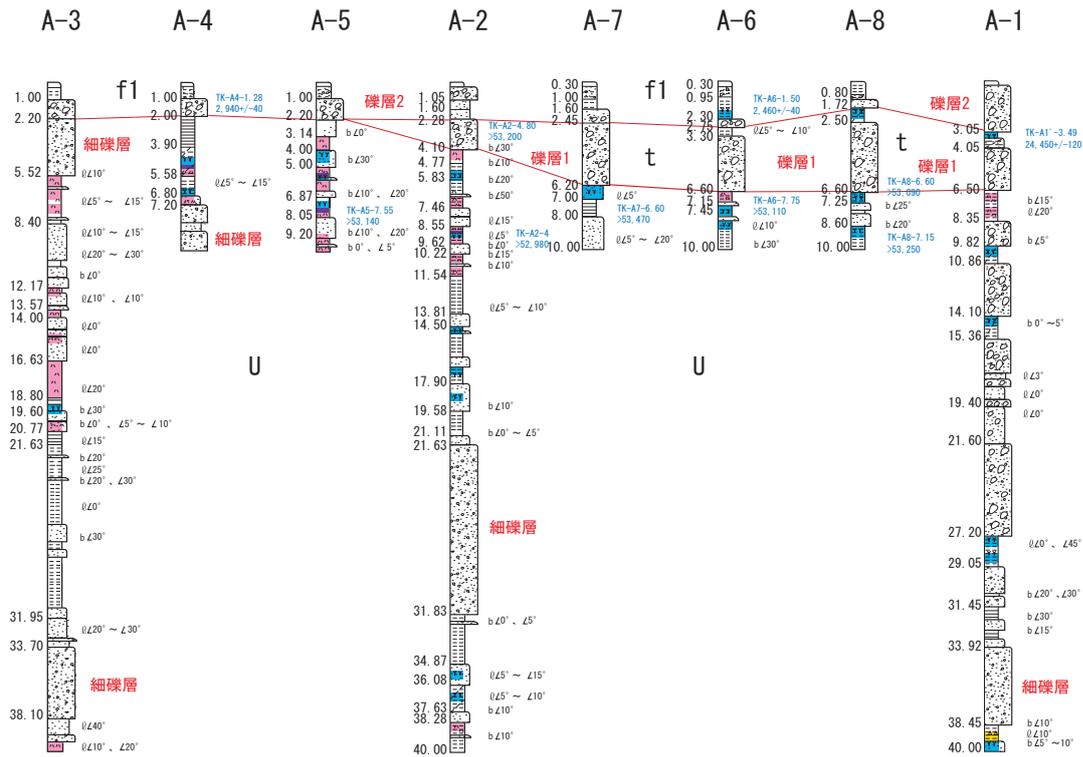


図3 調査地点周辺における地形概要



- 凡例
- 凝灰岩（凝灰質）
 - 腐植物・炭質物
 - 軽石混入層
 - f1 扇状地1面堆積物
 - f2 扇状地2面堆積物
 - t 段丘堆積物
 - U 魚沼層

図4 川西地区群列ボーリングのコア柱状図.

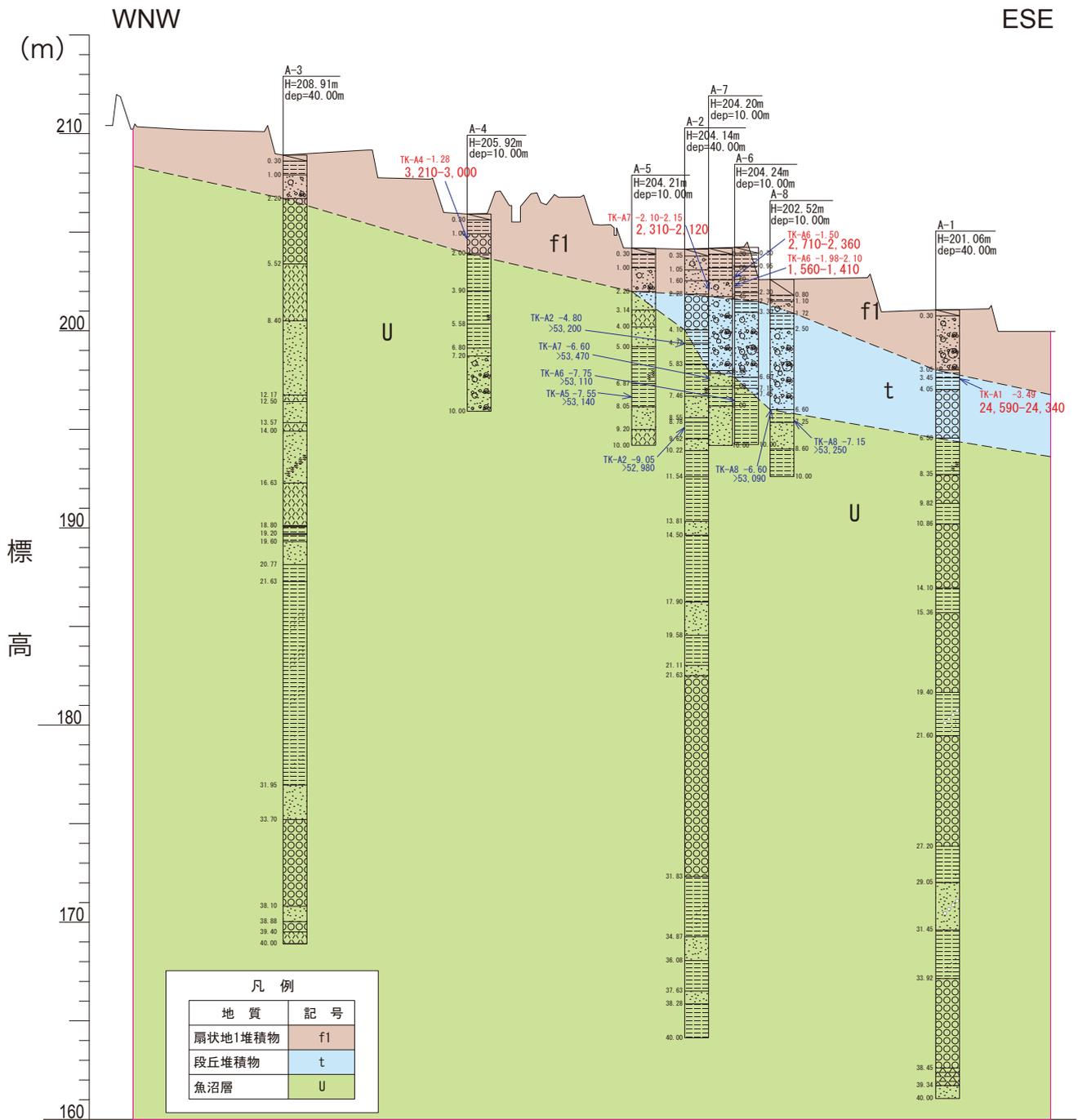


図5 川西地区群列ボーリングA測線の地形地質柱状図。水平：垂直の比率は1:5。赤字で示した年代値は暦年較正を施した値（誤差1シグマ）。

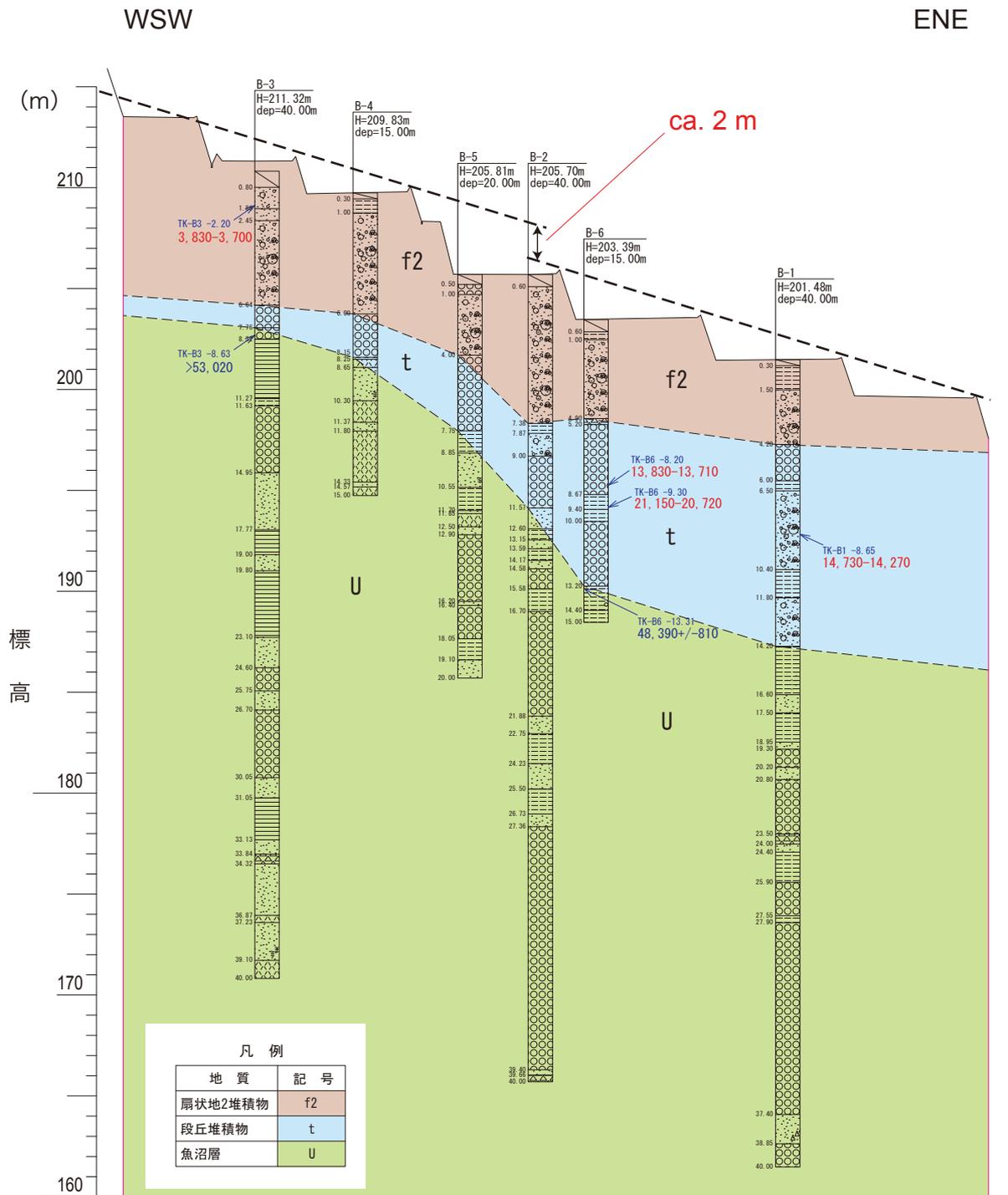


図6 川西地区群列ボーリングB測線の地形地質柱状図。水平：垂直の比率は1:5。赤字で示した年代値は暦年較正を施した値（誤差1シグマ）。

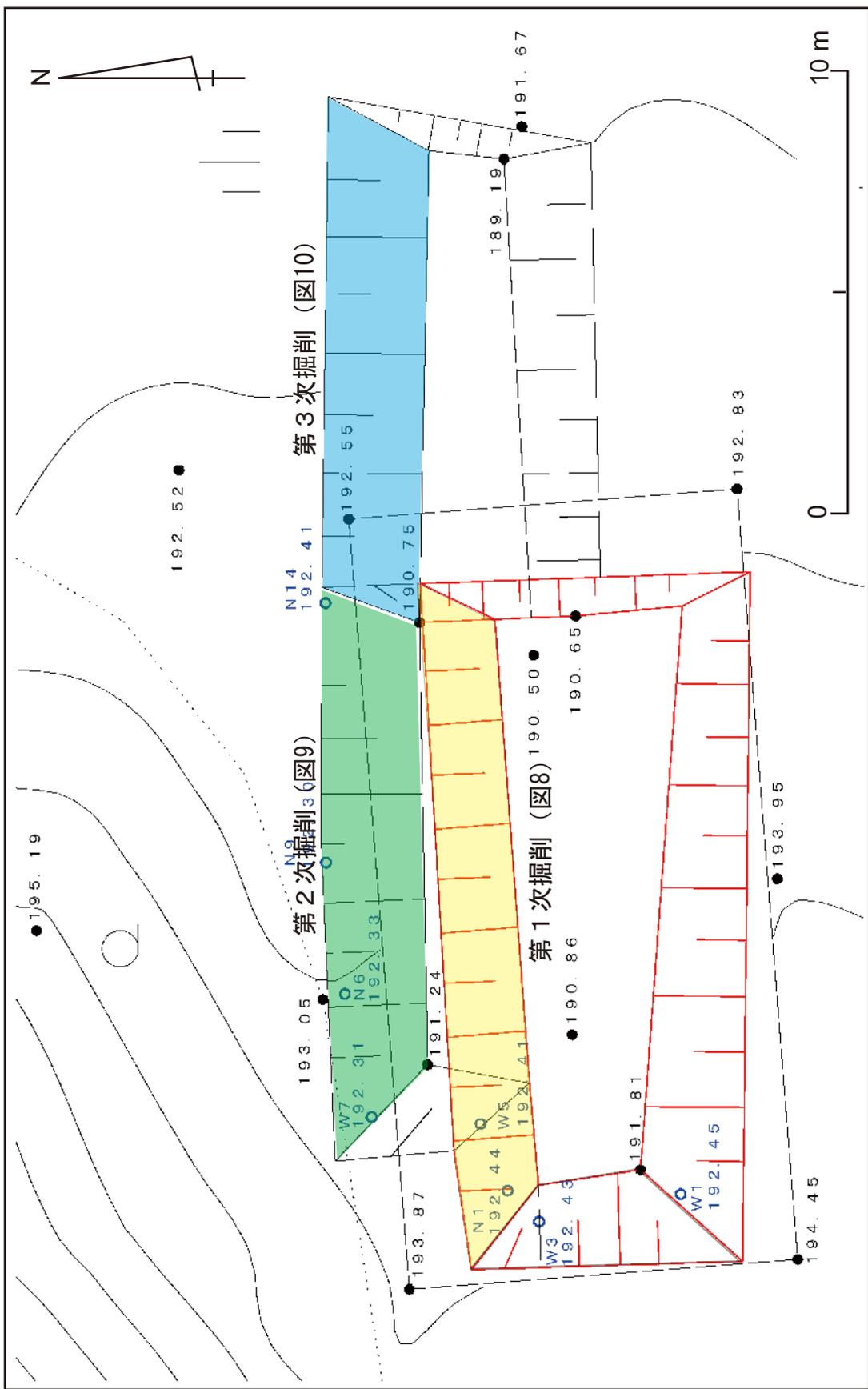


図7 川西地区トレンチの掘削範囲と観察壁面. 掘削地点は図2に掲載.

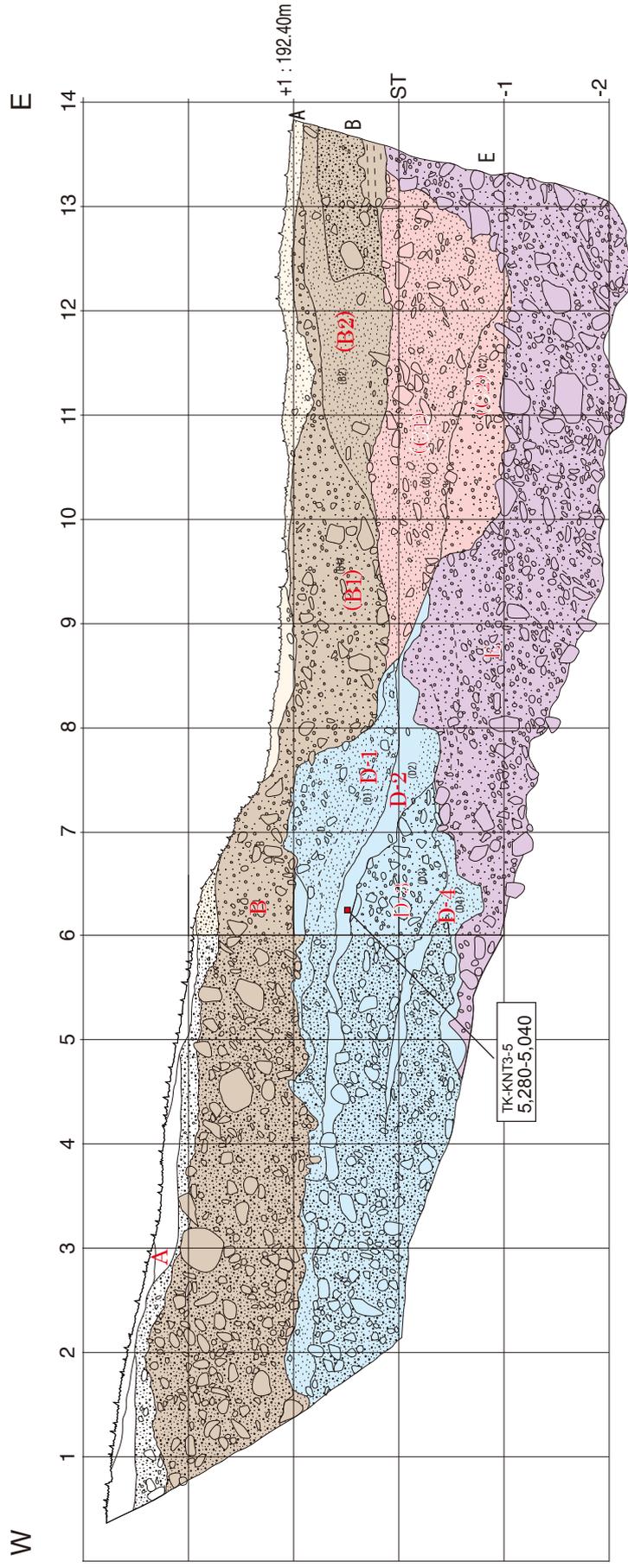


図8 川西地区トレンチ壁面スケッチ（第1次掘削）。グリッドの間隔は水平／垂直ともに1m。赤い四角は年代測定試料を採取した位置。四角の中の番号と数値は、年代測定試料番号と歴年校正した年代値。

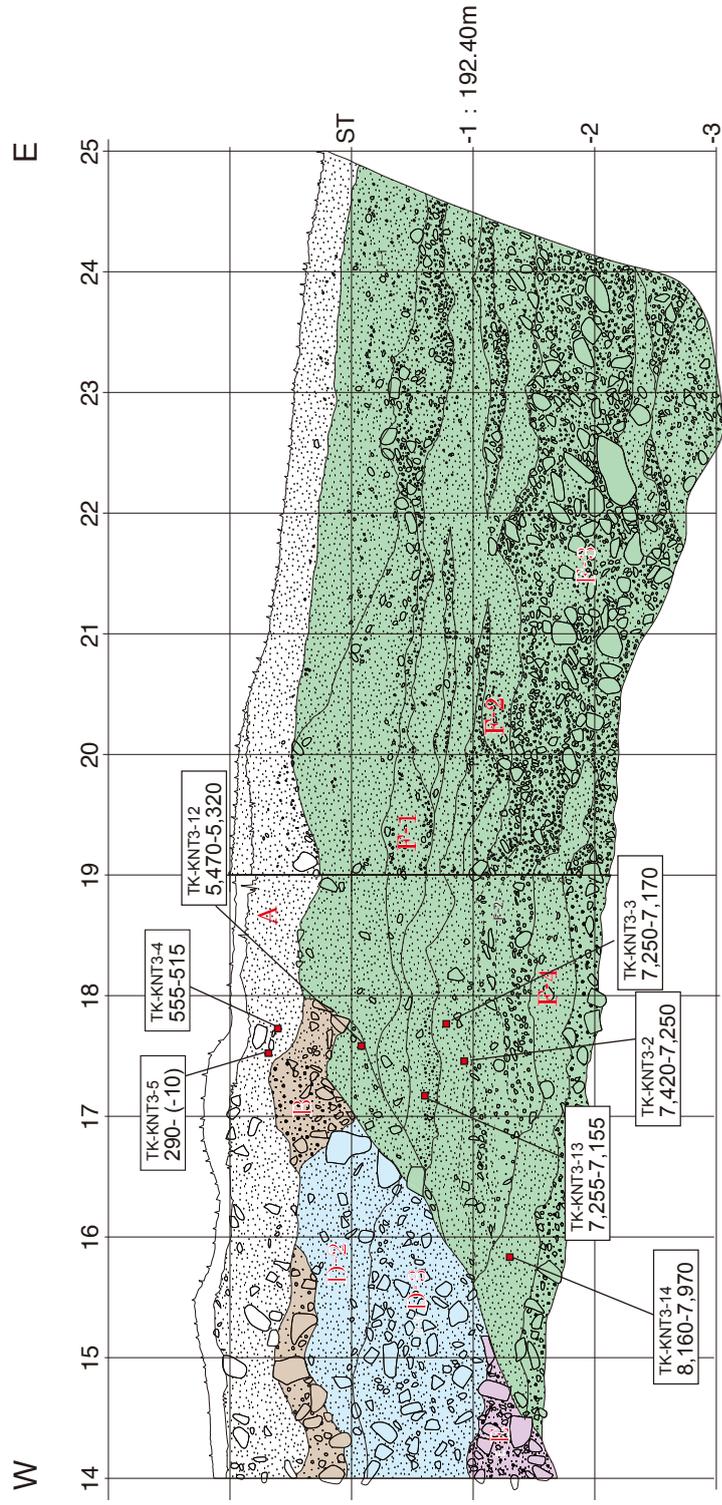


図 10 川西地区トレンチ壁面スケッチ (第 3 次掘削). グリッドの間隔は水平／垂直ともに 1m. 赤い四角は年代測定試料を採取した位置. 四角の中の番号と数値は, 年代測定試料番号と歴年代較正した年代値.

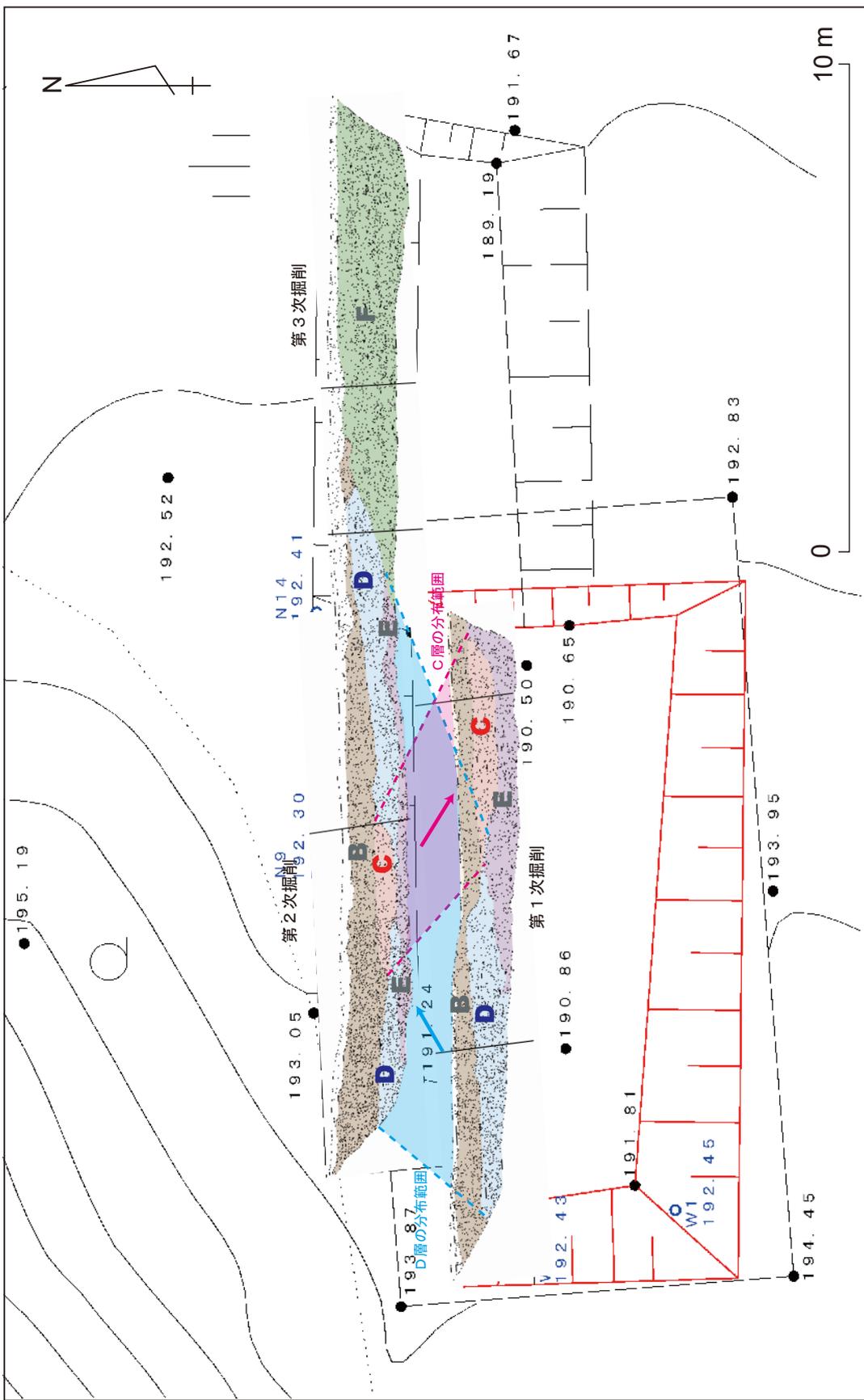


図 11 川西地区トレンチで観察された地層の構造解釈.