

平成 27 年度「活断層の補完調査」

成果報告書

十日町断層帯

平成 28 年 5 月

国立研究開発法人

産業技術総合研究所

本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、国立研究開発法人産業技術総合研究所が実施した平成27年度「活断層の補完調査」の成果をとりまとめたものです。

目次

1. 業務の内容	1
2. 業務の成果	2
2. 1 十日町断層帯の概要とこれまでの主な調査研究	2
2. 2 調査内容および結果	3
2. 2. 1 活動履歴解明に関する調査	3
a) 太田島地点	3
(1) 調査概要	3
(2) トレンチ調査	3
(3) ボーリング調査	5
(4) 地質構造に関する考察	5
(5) 断層活動時期に関する考察	6
b) 馬場地点	7
(1) 調査概要	7
(2) トレンチ調査	7
(3) 地質構造に関する考察	8
2. 2. 2 平均変位速度解明にかかる調査	8
a) 太田島地点	8
(1) 調査概要	8
(2) 群列ボーリング調査	8
(3) 地質構造に関する考察	8
(4) 平均変位速度に関する考察	9
b) 干溝北地点	9
(1) 調査概要	9
(2) ピット掘削調査	9
(3) 群列ボーリング調査	10
(4) 地質構造に関する考察	11
(5) 平均変位速度に関する考察	11
c) 干溝南地点	11
(1) 調査概要	11
(2) 群列ボーリング調査	12
(3) 地質構造に関する考察	12

(4) 平均変位速度に関する考察	13
d) 宮野原地点	13
(1) 調査概要	13
(2) 群列ボーリング調査	13
(3) 地質構造に関する考察	14
(4) 平均変位速度に関する考察	14
2. 3 まとめ	14
2. 3. 1 断層帯の位置および形態	14
(1) 断層帯を構成する断層	14
(2) 断層面の位置形状	15
(3) 変位の向き	15
2. 3. 2 断層帯の過去の活動	16
(1) 平均変位速度	16
(2) 活動時期	17
(3) 1回の変位量	17
(4) 活動間隔	18
(5) 活動区間	18
3. 活動報告	20
4. むすび	20
文献	21
図表	23

1. 業務の内容

(1) 業務題目

活断層の補完調査（十日町断層帯）

(2) 担当者

吾妻 崇	活断層・火山研究部門	活断層評価研究グループ	主任研究員
吉岡敏和	活断層・火山研究部門	活断層評価研究グループ	上級主任研究員
白濱吉起	活断層・火山研究部門	活断層評価研究グループ	産総研特別研究員
廣内大助	国立大学法人 信州大学		教授

(3) 業務の目的

活断層の長期評価の高精度化に資するため、基盤的調査観測対象活断層で補完調査が必要とされた断層帯のうち、新潟県に位置する十日町断層帯について現地調査を行い、断層の位置形状、断層の活動性および活動履歴を明らかにすることを目的とする。

(4) 当該年度における成果の目標

十日町断層帯西部および東部の複数地点において現地調査を行い、断層の位置形状、断層の平均変位速度および活動履歴に関する新たな情報を得る。

(5) 業務の期間

平成 27 年 6 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日

2. 業務の成果

2. 1 十日町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、新潟県中越地方に位置し、ほぼ南北に細長く伸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（図1，表1，2）。

本地域では十日町盆地は魚沼層群の向斜軸に沿って広がり、その中央部を流れる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研究が古くからなされ（池辺，1942；大塚，1942），活褶曲による河成段丘面の累積的変位が指摘されてきた（Ota，1969；Ota et al.，1973）。また，河成段丘については，内藤（1965），信濃川段丘グループ（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）により，区分，形成年代などについて詳しく検討された。

活断層の分布については，まず町田・池田（1969）が十日町盆地南部の水堀付近において段丘面を変位させる西側隆起の逆断層（北方の伊達および南方の馬場まで伸びる）の存在を示した。その後，活断層研究会編（1980，1991）は，本地域における活断層の分布や性状を明らかにし，その一部に「十日町断層」，「津南断層」，「珠川断層」の名を与えた。太田編（1997，1998，1999）は，科学技術振興調整費「日本海東縁部における地震発生ポテンシャル評価に関する総合研究」の一環として，十日町盆地周辺に分布する活断層の詳しい地形調査およびトレンチ調査を実施し，十日町盆地の東縁に沿って東側隆起の断層が存在し，従来の「十日町断層」はその副次的な断層であることを指摘した。これら一連の研究成果は太田ほか（2010）にまとめられた。渡辺ほか（2001）及び鈴木ほか（2001）は，この盆地の東縁に分布する東側隆起の活断層を十日町盆地東縁断層と命名した。一方，盆地の西縁については，活断層研究会編（1991）では地形面の傾動しか示されていなかったが，渡辺ほか（2001），鈴木ほか（2001），池田ほか編（2002）によって十日町盆地西縁に沿って分布する断層変位地形の存在が明確になり，これらの一連の活断層は十日町盆地西縁断層と命名された。十日町盆地の東西両縁に分布するこれらの断層変位地形は中田・今泉編（2002）においても図示され，形成年代が異なる地形面での変位量が示されている。

これらの活断層の活動性については，田中（2000）が，十日町盆地に分布する活断層の位置とその変位量について検討している。また，信濃川ネオテクトニクス団体研究グループ（2002）が，津南断層の活動性について論じている。産業技術総合研究所（2008）は，十日町断層帯西部の川西地区において地表地質調査，ボーリング調査及びトレンチ調査を実施し，同断層帯の活動時期と平均変位速度に関する新資料を提示した。

本断層帯の東側に位置する魚沼丘陵では，鮮新世－更新世に堆積した魚沼層や段丘が顕著な西への傾動を伴った隆起を示すことが知られており（町田・池田，1969 など），この丘陵の隆起には，十日町断層帯東部ではなく，魚沼丘陵の東縁に位置する六日町断層帯の活動が深く関与しているとする説がある（池田ほか編，2002；金，2004）。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）は，それまでの調査成果に基づいて十日町断層帯の位置形状や活動性について検討し，断層帯西部については，十日町盆地北部から新潟県と長野県との県境付近まで続く長さ約 33 km の西側隆起の活断層であり，平均変位速度が 1 m/千年程度（上下成分），最新活動時期が約 3,100 年前以前，平均活動間隔が約 3,300

年の可能性があるとした。十日町断層帯東部の長期評価については、断層帯東部において約3千8百年前以後、約3千2百年前以前に活動があったと推定されたが、これ以外にも断層活動がある可能性があることから、最新活動時期は特定されず、将来の地震発生確率はポアソン過程での評価となっている（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2010）。

また、これまでに実施された反射法地震探査の結果、本断層帯東部と西部の関係や、隣接する六日町断層帯との関係が示唆されている（横倉ほか，2008）。したがって、この断層帯においては、断層帯を構成する複数の断層の関係を引き続き明確にする必要がある。

2. 2 調査内容および結果

上記のような状況を鑑み、今回の調査においては、これまでの成果に基づく十日町断層帯の活動履歴の信憑性を確かめるため、断層帯東部でこれまでに活動履歴調査が実施された地域付近の2地点（太田島地点および馬場地点：図1のA, B）において、断層活動履歴の解明を目的としたトレンチ調査を実施した。

また、同断層帯西部と東部の関係を検討するため、平均変位速度に関する新たな情報を収集することを目的として、断層帯西部の2地点（干溝地点および宮野原地点：図1のC, D）において群列ボーリング調査を実施した。

これらのトレンチ調査とボーリング調査で得られた試料の放射性炭素年代測手結果を表3、火山灰分析結果を表4に示す。

なお、当初計画には反射法地震探査が調査項目に含まれていたが、横倉ほか（2008）による十日町断層帯東部の浅部地下構造がすでに検討されていることから、地下構造の解明よりも同断層帯の活動性に関する情報の収集を優先し、活動履歴と平均変位速度に関する調査を中心に実施することとした。

2. 2. 1 活動履歴解明に関する調査

a) 太田島地点

(1) 調査概要

太田島地点は、十日町断層帯東部の南寄りに位置しており、鈴木ほか（2001）が北東-南西方向で東側隆起の活断層を、明瞭な地形的証拠から位置が特定できるものとして実線で図示している地点にあたる（図2）。調査地点には比高約4mの崖地形が現存するが、この崖の隆起側（東側）では大規模な整地が行われている。また、断層崖の低下側は現在は水田として利用されており、地権者からの聞き取りによると崖下付近ではかつて切り土が行われている。このような状況のもと、1) 崖地形上に大型の建物が立地していること、2) 崖下が現在も耕作が行われている農地であることから、崖地形にかかる掘削を諦め、崖直下の低下側のみにおいてトレンチを掘削した。

(2) トレンチ調査

十日町市太田島地点の大割野I面上に位置する西向きの低崖の基部においてトレンチ調

査を実施した。掘削したトレンチの規模は、長さが 15 m、幅が 6 m、深さが 2 m である。主に観察をした壁面は、北東側壁面と南西側壁面である。なお、以下の記載においては、1m 間隔で設けたトレンチ壁面のグリッド番号に基づいて、その水平位置を示す。

【層序区分】

トレンチの壁面では、段丘堆積物とそれを覆う氾濫原堆積物と思われる細粒堆積物および表土が観察された（図 3、図 4）。観察結果に基づいてこれらの地層を細分し、上位から 100 層、110 層、120 層、130 層、140 層、150 層、160 層、170 層の 8 層に区分した（図 4）。

100 層はトレンチ両壁面の最上部に分布する水田耕作土壌で、層厚は 10 cm 程度である。

110 層はトレンチ両壁面に広く分布する黒色土壌である。層厚は 30-120 cm 程度で、東側ほど層厚が薄くなる。グリッド 11.0 より西側では、土壌中に円礫が点在する。下位の地層との境界はやや不明瞭である。この地層は、もともと西側に傾斜していた地表面を水田耕作のために平坦化したときの盛土であると考えられる。

120 層は、トレンチ両壁面のグリッド 5.5 よりも東側のみに断片的に分布する淡黒～淡茶～褐色の礫混じりシルトである。層厚は 50-70 cm で、西側に向かって薄くなる。礫径 2-6 cm の中礫を多く含む。上位は土壌化し、腐植質である。本層は、含まれる礫の量の違いにより、細分される可能性がある。下位の地層との境界は漸移的で不明瞭である。本層は、東側の斜面（断層崖）から供給された斜面堆積物が崖基部に堆積したものであると考えられる。

130 層は、薄褐～褐色のやや砂質なシルトである。層厚は約 20-70 cm 程度で、トレンチ壁面全体に広く分布する。上面には、上位層からの染み出しがみられ、境界は漸移的で不明瞭である。下位の地層とは薄い砂層を境にして区分される。グリッド 8.0 よりも西側では、全体として西に緩く傾いている。無構造・無層理であることから、洪水起源の氾濫原堆積物であると考えられる。なお、この 130 層の上部から採取された火山灰試料（0t-5.5-01）には、浅間草津テフラ（As-K：1.5-1.65 万年前；町田・新井，2011）が検出されているが（表 4）、検出量が少なく、壁面で純層として確認できないことから再堆積したものと判断した。

140 層は、暗灰～灰～黄灰色の砂-シルトの互層である。層厚は 50-70 cm 程度で、トレンチ壁面の西側にのみ、断片的に分布する。最下部には、礫径が 2-4 cm の亜円～円礫が含まれる。上位の地層との境界は不明瞭であるが、ここでは薄い砂層が分布する上限で区分した。この層は 130 層と同様に、西側に緩く傾斜している。グリッド 11.5-12.2 付近では、シルト層の下面が非常に乱れており、下位の 150 層を削り込んでいる。砂層部にはラミナが発達する。

150 層は、暗灰～灰～褐色のシルト-砂の互層である。層厚は 20-60 cm 程度で、トレンチ壁面全体に広く分布する。上位の地層との境界は不明瞭である。全体的に上に凸状をなしており、波打つように西側に傾斜して堆積している。とくに北東側壁面のグリッド 3.0-4.0 の範囲では、西側に急傾斜する砂・シルト互層が認められる。北東側壁面のグリッド 11.5 付近および南西側壁面のグリッド 10.5 付近で上位の 140 層に侵食されて分布が途絶える。グリッド 3.0 付近を境に、東へ向かって上面高度を増す。また、グリッド 8.0 より西側では、西へ緩く傾斜している。本層の細-中粒砂には、ラミナが顕著に発達する。

160層は、暗褐～暗白色の砂-シルトの互層である。層厚は20-40 cm程度で、トレンチ壁面全体に広く分布する。本層の下部には、極細～細粒砂の薄層が所々で挟まれる。上位の150層と同様に、グリッド3.0付近を境に、東へ向かって上面高度を増す。また、グリッド8.0より西側では、西へ緩く傾斜している。

170層は、層厚30-90 cm以上の砂礫で、トレンチ壁面全体に広く分布する。最大礫径は約50 cmで、細礫から巨礫サイズの亜円～円礫を主体とする。上位の150層および160層と同様に、グリッド3.0付近を境に、東へ上面高度を増している。礫径から判断して、信濃川本流によって堆積した砂礫であると考えられる。

【変形構造】

トレンチの壁面に断層は認められなかった。しかし、大割野I面（太田ほか、2010など）の段丘構成層である170層の砂礫の上面は、グリッド3.0付近から東へ向かって50 cm程度高度が上昇している。さらに、北東側壁面のグリッド3.0付近では170層のものと思われる巨礫が回転して長軸がほぼ鉛直方向に向いた状態で150層中に存在しており、その影響を受けるようにグリッド3.0-4.0の範囲において150層を構成する砂・シルト互層が西に急傾斜するなど著しく乱れた構造を呈する（図5）。それよりも上位の120層にはそのような変形を示す構造は認められない。

(3) ボーリング調査

太田島地点では、断層崖の隆起側の地層とトレンチ内で観察された地層を比較するため、断層崖の隆起側（トレンチの南東側）でオールコアボーリングを2孔（OT-01, OT-02）掘削した。それぞれの孔の配置は、OT-01が南東側（トレンチから遠い側）、OT-02が北西側（トレンチに近い側）であり、OT-02は崖地形の斜面上にあたる（図6）。それぞれのボーリングの掘進長は、OT-01が5.0 m、OT-02が2.0 mである（図7）。

【層序区分】

OT-01では、深度0.00-1.85 mが盛土で、その下位に1.85-2.00 mに黄褐色礫混じりシルトが分布し、それより下位の2.00-5.00 mはすべて礫であった（図7）。層相から判断して、1.85-2.00 mに分布する礫混じりシルトがトレンチ内の120層に、深度2.00 m以深の礫が170層（大割野I面構成層）にあたると考えられる。深度1.95 mから採取した腐植質シルトから6,850-6,750 cal. yBPの放射性炭素年代が得られた。

OT-02では、深度0.00-0.37 mが細礫混じりシルト、深度0.37-1.15 mが礫混じりシルト、それより下位の1.15-2.00 mはすべて礫であった（図7）。層相から判断して、深度0.37-1.15 mの礫混じりシルトがトレンチ内の120層に、深度1.15 m以深の礫が170層（大割野I面構成層）にあたると考えられる。

(4) 地質構造に関する考察

トレンチの掘削範囲が断層崖の低下側のみに限られていたためにトレンチ壁面に断層は

認められなかったが、上述の通り、グリッド 3.0 付近から東側で 170 層の上面が東へ向かって高度が上昇していることと、北東側壁面のグリッド 3.0-4.0 の範囲で 150 層中の砂・シルト互層が急傾斜する構造（図 5）が認められた。150 層の変形については、下位の 170 層中の巨礫の回転に伴って生じているが、細粒堆積物に覆われた巨礫が回転することは重力や川の流れなどの通常の外的営力によっては起こらない現象であることから、この礫の東側直近において断層活動が起こった証拠であると考えられる。

また、トレンチの両壁面のグリッド 5.5 付近から東側のみに分布する 120 層は、円礫がシルト層中に浮いたように混ざり込んでいる層相からみて、崖地形の斜面からの崩落性の堆積物と考えられる。崩落が発生した要因については様々な事象が想定されるが、その一つとして断層運動が生じた可能性が挙げられる。この 120 層中からの得られた試料の年代とボーリング (OT-01) で得られた腐植質シルトの年代がほぼ同じ値を示すことから、断層崖の隆起側に分布する表土が崩落し、120 層中に取り込まれたと考えられる。

さらに、トレンチ壁面で観察される地層とボーリングコアの層序との比較から、150 層や 160 層のような細粒堆積物が断層崖の隆起側に分布していないとみられる。このことから、上述の 150 層の変形が生じる前に既に 170 層（大割野 I 面構成層）の上面には高度差があり、その低下側のみに細粒堆積物が堆積したことが考えられる。この高度差の成因については、浸食作用と断層運動の両方が挙げられることから、170 層堆積後、160 層堆積以前に断層運動が生じた可能性がある。

(5) 断層活動時期に関する考察

太田島地点で実施したトレンチ調査および群列ボーリング調査の結果から、断層活動の存在を示す明瞭な証拠は得られていない。ただし、以下のような断層活動の可能性を示唆する構造が見出されたので指摘しておく。

- ① 北東側壁面で巨礫の回転に伴って 150 層の砂・シルト互層が乱された構図を呈しているが、その上位の 130 層と 150 層の境界には変形が認められない。このことから、150 層堆積後、130 層堆積以前に巨礫が回転するようなイベントがあり、その一つの要因として断層崖が活動したことが考えられる。
- ② 120 層は断層の隆起側から崩れてきて、崖地形の基部に堆積したものと考えられる。この崩壊は断層活動に関連して発生した可能性の一つとして挙げられる。その発生時期は 120 層堆積の直前と考えられる。
- ③ トレンチ調査およびボーリング調査を実施した結果を比較すると、140-160 層の細粒堆積物は断層の低下側のみに分布しており、上昇側にはみられない。このような細粒堆積物の分布範囲を限る要因として、礫層堆積直後（細粒堆積物が堆積する前）に崖地形が形成されたことが考えられる。

以上のことから、太田島地点における断層活動もしくはその可能性がある現象とその発生時期について時代の新しい方から整理すると、以下のようになる。

まず、最新活動を示す可能性がある地質構造として、断層活動に伴って 120 層が断層崖の斜面から崩落してきたことが考えられる（活動 1）。120 層の年代については、トレンチ壁面

から 7,150-6,940 cal. yBP, OT-01 のボーリングコアから 6,850-6,750 cal. yBP の値がそれぞれ得られており、断層活動が発生したのはこれらの年代よりも後であると考えられる。したがって、活動 1 の発生時期は 7,150 cal. yBP (120 層から得られた最も古い年代値) 以後となる。

それ以前の断層活動として、150 層を変形させたイベント (活動 2) と 140-160 層の細粒堆積物が堆積する前に崖地形を形成したイベント (活動 3) が発生した可能性がある。活動 2 による変形を示す 150 層やそれを覆う 140 層の年代は不明であるので、この活動の発生時期は 120 層から得られている年代以前、170 層とした大割野 I 面構成礫層の堆積年代である 1.4 万年前以降となる。活動 3 の発生時期についても同様である。したがって、活動 2 と活動 3 の断層活動時期については、6,750 cal. yBP (120 層から得られた最も若い年代値) 以前、約 1.4 万年前以後に断層活動が 2 回発生した可能性があるとしかたえない。

ただし、とくに活動 1 と活動 3 の断層活動の根拠となっている地質構造は断層運動とは関係ない作用によっても形成され得るので、これら 2 回の断層活動の信頼性は低い。

b) 馬場地点

(1) 調査概要

十日町断層帯東部の活動履歴を明らかにするため、十日町市馬場地区の林地においてトレンチ調査を実施した。調査地点は、太田ほか (2010) の馬場南地点で確認された断層の北方延長に位置する (図 8)。

(2) トレンチ調査

掘削地点周辺には林地内に比高 1-1.5 m 程度の北西落ちの低崖地形が存在する。トレンチは、この低崖地形を横切るように掘削された。トレンチの形状は、開口部の長さが 15m、幅が約 1 m であり、深さは最も深いところで約 3 m である (図 9, 図 10)。

【層序区分】

トレンチ壁面で観察された地層を、主に層相と層序に基づき、200 層から 240 層までの 5 層に区分した (図 10)。以下の各層準の地層の特徴を記す。

200 層は黒色の表土である。本層はトレンチ壁面全体にわたって層厚 10-40 cm で連続的に分布する。

210 層は角礫を主体とする礫混じりシルト層であり、礫径は最大で 20 cm 程度である。トレンチ壁面の全域に分布し、下面がほぼ水平であるのに対して上面は地表とほぼ平行しているため、低崖地形付近を境として層厚が 10-150 cm と大きく変化し、東側で厚い。

220 層は砂混じりシルト層である。層相は塊状で、層内の堆積構造は確認できない。両側のトレンチ壁面で観察されるが、分布はそれぞれの壁面の西側寄りのみ (北東側壁面：グリッド 9.0 以西, 南西側壁面：グリッド 10.7 以西) に限られる。層厚は最大約 50 cm で、全体としてはほぼ均一な厚さである。上下の層準との境界は、いずれも整合的である。

230 層は砂層を挟んだ砂礫層である。トレンチ壁面における分布は、北東側、南西側とも

にグリッド 4.5 付近から西側のみに限られている。上面は 210 層および 220 層に覆われ、210 層との境界は不整合、220 層との境界は整合的である。北東側ではグリッド 4.5-7.0 の間、南西側壁面ではグリッド 4.5-6.2 の間で下位の 240 層と不整合の関係で接している。トレンチ壁面で観察される層厚は最大で約 2 m であるが、北東側のグリッド 7.0 以西および南西側のグリッド 6.2 以西では下位層が壁面に現れていないため、層厚は不明である。なお、礫の配列（インブリケーション）の観察結果から、この砂礫層が堆積したときの水流の方向は北東側から南西側に向かっていたと判断される。したがって、この砂礫層は信濃川の本流によって運ばれてきたものではなく、調査地点の北側を流れる当間川が盆地へ流れ出る際に一時的に南流したときに堆積したときのものであると推定される。

240 層は砂質のマトリックスを多く含む灰色の砂礫層であり、ほかの層準と比べる緻密でしまっている。上位層の関係については、河川性の砂礫層（230 層）に不整合に削り込まれ、210 層に不整合に覆われる。本層中の堆積構造は不明瞭であるが、砂礫の配置の観察結果から、西方に向かって約 30° 傾き下がっていると判断される。

(3) 地質構造に関する考察

馬場地点のトレンチ壁面で観察された各層準の地層中に断層構造は認められなかった。230 層中に挟まれる砂の薄層は一部で山側（東側）に傾いている部分もあるが、これらは堆積構造であると判断した。地形観察で認められた低崖については、崖地形の比高がトレンチ壁面で観察される 210 層の層厚の変化とほぼ対応することから、山側から流れ下ってきた 210 層の堆積範囲の末端を示す地形であると解釈した。

2. 2. 2 平均変位速度解明に関する調査

a) 太田島地点

(1) 調査概要

トレンチ調査を実施した太田島地点において、上下変位量と平均変位速度に関する情報を得るため、前述（3. 1）の通り、崖地形上でボーリング調査を実施した。

(2) 群列ボーリング調査

ボーリングコアで観察された地層の層相およびトレンチ内の地層との対比は、前述（3. 1）の通りである。両者間で対比される 120 層については、ボーリングコアとトレンチ壁面からそれぞれ 6,850-6,750 cal. yBP (OT-01_1.95) および 7,150-6,940 cal. yBP (OT-10) の放射性炭素年代が得られている（図 6）。

(3) 地質構造に関する考察

ボーリングコアならびにトレンチ壁面における観察結果から、この地点においては 120 層の下面に 4.2 m の高度差が認められる（図 6）。

(4) 平均変位速度に関する考察

地質構造に基づく 120 層下面の上下変位量 (4.2 m) とボーリングコアならびにトレンチ壁面から採取された試料の放射性炭素年代 (6,850-6,750 cal. yBP, 7,150-6,940 cal. yBP) に基づくと、太田島地点における断層の平均変位速度 (上下成分) は約 0.6 m/ka (0.59-0.62 m/ka) と算出される。一方で、段丘面の構成層である 170 層の堆積年代 (約 1.4 万年前) を年代基準とし、170 層上面高度差 (約 5.7 m) を変位基準とすると、平均変位速度 (上下成分) は約 0.4 m/ka (0.40 m/ka) と算出される。したがって、太田島地点における十日町断層帯東部の平均変位速度 (上下成分) は 0.4-0.6 m/ka となる。この値は、太田ほか (2010) が馬場南地点において算出した十日町断層帯西部の上下平均変位速度 (0.6-0.7 m/千年) とほぼ同じか若干低い値である。

なお、今回のトレンチでは断層が確認されていないため断層面の傾斜角が不明であるが、馬場南地点では非常に低角度の断層が確認されており、この断層のネットスリップに関する活動度は A 級を超える可能性があることが指摘されている (太田ほか, 2010)。

b) 干溝北地点

(1) 調査概要

十日町断層帯西部を構成する津南断層の北東部にあたる十日町市干溝地区付近には、信濃川の本流によって形成された大割野 I 面が分布する。この段丘上に、北東-南西走向の北西上がりの崖地形が約 3 km にわたって続いている。崖地形の低下側 (南東側) には、南東側から流れ下ってきた堀ノ川が向きを変え、断層崖に沿って北東に向かって流れている。

この地区の 2 地点において、十日町断層帯西部の平均変位速度を明らかにすることを目的とする調査を実施した。2 地点のうち、北東側の調査地点を「干溝北地点」、南西側の調査地点を「干溝南地点」と呼ぶ (図 11)。干溝北地点では、崖地形をなす斜面上で群列ボーリング 3 孔とピット 1 ヶ所を掘削した (図 12)。

(2) ピット掘削調査

崖地形をなす斜面の基部付近にみられる比高 0.3 m 程度の西上がりの低崖が断層崖である可能性が考えられたため、この低崖を横切ってピットを掘削した。ピットの形状は、長さが約 7 m、幅が約 2 m、深さが最大約 1.5 m である。ピット壁面には、細粒の堆積物が壁面に現れた (図 13, 図 14)。

【層序区分】

壁面に現れた地層を層相に基づいて、300 層から 340 層に区分した。

300 層は黒色の表土である。ピットの両壁面の最上部に分布し、層厚は 20-80 cm で、グリッド 3.8 付近から東側で急激に厚くなる。層厚が増す部分では下位の層準を削り込んでおり、その性状から判断して、人工的に掘り下げた後に地表を平坦にならしたものと考えられる。ピットの西側では下位の層準との境界は漸移的で不明瞭である。

310 層は褐色のシルト-粘土である。層厚は 20-40 cm 程度であり、グリッド 3.8 付近では

上位の 300 層に削られて分布が途絶える。無構造・無層理であることから盛土であると考えられる。

320 層は黄褐色-灰白色の砂-シルトの互層である。層厚 30-80 cm 程度で、ピット内全域に分布する。堆積構造は、ほぼ水平ないし東側に非常に緩く傾いている。グリッド 4.0 よりも東側の本層最下部付近では砂が優勢になる。この層準から採取された試料は 10,580-10,450 cal. yBP (HM-P-08) の放射性炭素年代を示す (表 3)。

330 層は薄い砂層を挟む青灰色のシルトである。層厚は約 20 cm であり、北側の壁面のみ分布する。この層準から採取された試料は 11,060-10,690 cal. yBP (HM-P-05) の放射性炭素年代を示す。

340 層は青灰色-灰色の細-極粗粒の砂であり、下方に向かって粗粒化する。トレンチ壁面で確認できる層厚は 15-30 cm 程度である。本層には植物片や炭化した材が多く含まれる。これらの試料から、11,060-10,670 cal. yBP (HM-P-01), 10,770-10,660 cal. yBP (HM-P-02), 11,070-10,720 cal. yBP (HM-P-03), 10,680-10,590 cal. yBP (HM-P-04) の放射性炭素年代が得られた。

(3) 群列ボーリング調査

断層による地層の上下変位量を確認するため、崖地形の斜面上において 3 孔のボーリングを掘削した (図 12, 図 15)。これらのうち 2 孔は、ピットの両端付近に配置した。孔名については、崖地形の基部から頂部に向かって順に、HM-B-01, HM-B-02, HM-B-03 とした。掘進長はいずれも 5.0 m である。

【層序区分】

ボーリングコア観察の結果 (図 16, 図 17)、層相に基づき、観察された地層をピットで観察された地層と対比させ、310 層、320 層、340 層および 350 層に区分した。このうち、310 層、320 層、340 層の層相はピット壁面で観察されたものと同様である。

310 層は暗褐色の表土であり、層厚は HM-B-01 で 0.6 m, HM-B-02 で 0.9 m, HM-B-03 で 0.7 m である。

320 層は塊状の粘土で、層厚は HM-B-01 で 0.8 m, HM-B-02 で 0.4 m, HM-B-03 で 0.5 m である。

340 層の腐植物を含む砂・シルト・粘土で、層厚は HM-B-01 で 1.7 m, HM-B-02 で 1.8 m, HM-B-03 で 1.2 m である。この 340 層からは、11,110-10,800 cal. yBP (HM-N-01_2.45), 11,070-10,750 cal. yBP (HM-N-02_2.14), 11,100-10,790 cal. yBP (HM-N-02_2.32), 2,760-2,710 cal. yBP (HM-N-03_1.41-1.46m) の放射性炭素年代が得られた。ただし、HM-N-03_1.41-1.46m (腐植質砂) については他の試料と比べて著しく若い年代が得られているため、上位層からの攪乱を受けていると判断し、340 層の堆積年代を表す試料からは除外する。

350 層は主に円～亜円礫からなる砂礫層で、大割野 I 面の構成層である。HM-B-02 では、砂礫層の上位に位置する砂礫混じりシルト層を本層に含めた。ボーリングコアで確認された層厚は、HM-B-01 で 1.9 m 以上、HM-B-02 で 2.0 m 以上、HM-B-03 で 2.6 m 以上であるが、い

ずれも下位層との境界まで達していない。HM-B-01 と HM-B-03 では砂礫層中に腐植質シルトが挟在し、これらについて放射性炭素年代測定を行った結果、18,700-18,560 cal. yBP (HM-N-01_4.77) および 13,140-13,080 cal. yBP (HM-N-03_4.80) の年代値が得られた。また、HM-B-02 の砂礫混じりシルト層中から採取された試料(木炭)から、28,370-28,070 cal. yBP (HM-N-02_3.63) の放射性炭素年代が得られた。ただし、HM-N-02_3.63 については他の2試料と比べて著しく古い年代が得られているため、下位層からの洗い出しなどによって古い年代の試料が再堆積したものと判断し、この地層の堆積年代を表す試料からは除外する。

(4) 地質構造に関する考察

コア観察の結果に基づく層序区分を、地形地質断面図として示す(図15)。この断面図に基づく、HM-B-01 と HM-B-03 の間では、320層と340層の境界の分布高度に約1.7mの高度差がみられる。また、340層と350層の境界の分布高度には約2.2mの高度差がみられる。

(5) 平均変位速度に関する考察

断層変位地形の特徴および群列ボーリング調査によって得られた結果に基づき、干溝北地点における十日町断層帯西部の平均変位速度を以下のように算出した。

まず断層変位地形について、大割野I面の形成年代(約1.4万年前)を基準年代とし、干溝北地点における断層崖の比高(約2.3m)を上下変位量とすると、平均変位速度(上下成分)は約0.16 m/kaと算出される。

次に群列ボーリングの結果に基づく、まず340層の堆積年代を示す試料の年代値のうち、最も新しい年代は10,750 cal. yBPであり、最も古い年代は11,590 cal. yBPである。これらの年代値とHM-B-01 と HM-B-03 の間における340層上面(320層と340層の境界)の高度差(1.7m)に基づく、平均上下変位速度は0.15-0.16 m/千年と算出される。また、350層(大割野I面構成層)の堆積年代を示す試料の年代値の、最も新しい年代は13,080 cal. yBPであり、最も古い年代は18,700 cal. yBPである。これらの年代値HM-B-01 と HM-B-03 の間における350層の上面(340層と350層の境界)の高度差(2.2m)に基づく、平均上下変位速度は0.12-0.17 m/千年と算出される。

したがって、干溝北地点のトレンチおよびボーリング調査範囲内で確認できた十日町断層帯西部の平均変位速度は、上下成分について0.12-0.17 m/千年程度である。ただし、断層面の傾斜角や横ずれ成分の有無に関する情報が得られていないため、実移動(ネットスリップ)の平均変位速度は不明である。

c) 干溝南地点

(1) 調査概要

干溝南地点は、干溝北地点から約500m南に位置している(図11)。この地点では、畑と水田の境界に沿って北東-南西走向の北西側上がりの低崖地形が連続する。低崖の比高は1m程度であり、崖の上昇側は緩やかな勾配を持って、北西に向かって幅約100mにわたり高度を増す。これらの北西側上がりの低崖および北西から南東へ向かう地形面の増傾斜が変動地

形として認められている（活断層研究会編，1991）．今回の調査では，地層の年代と上下変位量に関する情報を得るために，これらの変動地形を横切って群列ボーリング調査を実施した（図 18）．

(2) 群列ボーリング調査

断層による地層の上下変位量を確認するため，崖地形を横断して 4 孔のボーリングを掘削した（図 18）．これらのうち 2 孔は断層崖の低下側に，2 孔は上昇側に配置した．孔名については，断層崖の低下側（南東）から上昇側（北西）に向かって順に，HM-S-01，HM-S-02，HM-S-03，HM-S-04 とした．掘進長は HM-S-01 と HM-S-02 が 4.0 m（図 19），HM-S-03 と HM-S-04 が 5.0 m（図 20）である．掘削地点の現況は，HM-S-01 と HM-S-02 が水田，HM-S-03 と HM-S-04 が畑である．なお，HM-S-04 は増傾斜による地形的高まりの背後に位置する．

【層序区分】

ボーリングコア観察の結果，層相に基づき，400 層，410 層，420 層に区分した（図 21）．

400 層は暗褐色の表土および耕作土であり，層厚は HM-S-01 で 1.0 m，HM-S-02 で 0.5 m，HM-S-03 で 0.6 m，HM-S-04 で 0.6 m である．この 400 層中から採取された試料から，6,720-6,570 cal. yBP（HM-S-01_0.98），3,840-3,730 cal. yBP（HM-S-02_0.33），6,290-6,220 cal. yBP（HM-S-02_0.50），5,140-4,890 cal. yBP（HM-S-03_0.40），6,850-6,750 cal. yBP（HM-S-03_0.50），6,990-6,910 cal. yBP（HM-S-03_0.60），1,600-1,550 cal. yBP（HM-S-04_0.22），4,790-4,530 cal. yBP（HM-S-04_0.46）の放射性炭素年代が得られた（図 19，図 20，図 21）．

410 層は塊状のシルト質細粒砂～粘土で，層厚は HM-S-01 で 1.4 m，HM-S-02 で 0.8 m，HM-S-03 で 0.4 m である．HM-S-04 には分布しない．この 410 層からは，11,590-11,470 cal. yBP（HM-S-01_2.00），9,090-9,010 cal. yBP（HM-S-02_0.86），5,310-5,070 cal. yBP（HM-S-02_1.02）の放射性炭素年代が得られた（図 19，図 21）．ただし，HM-S-02_1.02（腐植質シルト）については，他の 2 試料と比べて著しく若い年代が得られていることから，上位層からの攪乱を受けていると判断し，420 層の堆積年代を表す試料からは除外した．

420 層は主に円～亜円礫からなる砂礫層であり，大割野 I 面の構成層と考えられる．ボーリングコアで確認された層厚は，HM-S-01 で 1.6 m 以上，HM-S-02 で 2.7 m 以上，HM-S-03 で 4.0 m 以上，HM-S-04 で 4.5 m 以上であるが，いずれも下位層との境界まで達していない．この 420 層からは，年代測定が可能な試料が得られなかった．

(3) 地質構造に関する考察

コア観察の結果に基づく層序区分を，地形地質断面図として示す（図 21）．HM-S-01 と HM-S-03 の間では，410 層の上面に約 0.9 m，同層の下面に約 2.0 m の高度差がみられる（図 21）．一方，HM-S-02 と HM-S-03 との間では，410 層の上面に 0.9 m，同層の下面に 0.8 m の高度差が認められる（図 15）．また 420 層の上面には，HM-B-01 と HM-B-04 との間で約 5.8 m の高度差が存在する．

(4) 平均変位速度に関する考察

群列ボーリング調査によって得られた結果に基づき、干溝南地点における十日町断層帯西部の平均変位速度を以下のように算出した。410層はHM-S-04地点には分布していないため、断層崖を挟むHM-S-01とHM-S-03の間において上下変位量を1.0mと求めた。410層の堆積年代を示す試料の年代値のうち、最も新しい年代値は9,010 cal. yBPであり、最も古い年代は11,590 cal. yBPである。これらの年代値とHM-S-01とHM-S-03の間における410層上面の高度差(1.0m)に基づくと、平均上下変位速度は0.09-0.11 m/千年と算出される。

一方、測線全体でみると大割野I面構成層である420層の上面にHM-S-01とHM-S-04の間で5.8mの高度差が認められる(図21)。この高度差と大割野I面の形成年代(約1.4万年前)に基づくと、変動地形を挟んだ幅約130mの範囲での平均上下変位速度は0.41 m/千年と算出される。

したがって、干溝南地点における平均上下変位速度は、約0.1-0.4 m/千年であると考えられる。

d) 宮野原地点

(1) 調査概要

宮野原地点は十日町断層帯西部の南西端に位置する。この付近には東西走向で北側隆起のセンスを持つ宮野原断層(活断層研究会編, 1991)が段丘面上に存在する(図22)。この段丘面は約5万年前に形成された貝坂面に対比されており(新潟平野団体研究グループ, 1972; 島津・立石, 1993)、宮野原断層はこの段丘面に約5mの上下変位を与えている。この地形面の南側には高位段丘(米原II面; 信濃川段丘グループ, 1968)との境界付近に円弧状の崖地形があり、貝坂面相当の段丘面上にみられる崖地形は、地すべりブロックであることも地形からは推定された。しかし、現地での地質調査の結果、図22の挿入図に示す露頭において魚沼層がほぼ水平に堆積していることが確認できたため、当該地形が地すべりブロックではないことを確認した。

これらの状況を鑑み、この断層の平均上下変位速度を求めるため、地層の変形量とその年代を明らかにする目的で群列ボーリング調査を実施した。

(2) 群列ボーリング調査

群列ボーリングは断層を横切る方向(南北方向)に測線を配置し(図22)、深度10mのオールコアボーリングを5孔を掘削した。孔名は断層崖の低下側から上昇側に向かってMY-01, 02, 03, 04, 05とした。その後追加掘削として、MY-01と同じ地点で深度21.5mのMY-01'を掘削した。ボーリングコアの観察結果に基づき、層相の対比からこの地点の地層を500層から550層の6層に区分した(図23~図28)。

500層は主にシルトからなる表土である。層厚は、MY-01で2.1m、MY-01'で2.3m、MY-02で3.7m(盛土)、MY-03で0.5m、MY-04で1.0m、MY-05で1.8mである。

510層はMY-02のみにみられる層厚1.8mの腐植質シルト-砂質シルトであり、整地前の谷底堆積物と解釈される。

520 層は細粒砂-中粒砂で、白色の粘土もしくはシルトの薄層が挟まれる。層厚は、MY-01 で 7.7 m, MY-01' で 7.5 m, MY-02 で 4.4 m, MY-03 で 9.1 m, MY-04 で 8.2 m, MY-05 で 8.4 m である。

530 層は塊状のシルト-粘土であり、層厚は MY-01 で 0.2 m 以上, MY-01' で 3.0 m, MY-02 で 0.2 m 以上, MY-03 で 0.4 m 以上, MY-04 で 0.8 m 以上, MY-05 で 0.8 m 以上である。この地層から採集された試料から、50,330-48,840 cal. yBP (MY-01' _11.53-11.54), 52,840-50,970 cal. yBP (MY-01' _11.58), 33,650-33,310 cal. yBP (MY-01' _12.07-12.11) の放射性炭素年代が得られている。

540 層は MY-01' のみで観察される腐植質シルトであり、層厚は 3.1 m である。上位の各層と比べると固結が進んでおり、植物片を非常に多く含み、軽石状の火山噴出物が挟在する。この地層の最上部付近から採取された試料から、52,670-50,910 cal. yBP (MY-01' _12.92) の放射性炭素年代が得られている。

550 層は MY-01' のみで観察される砂礫層であり、層厚は 5.6 m 以上である。

(3) 地質構造に関する考察

520 層中に挟在する粘土-シルトの薄層のうち、各ボーリングコアに共通して出現していると思われる同層下部の上面を対比した場合、MY-01 と MY-05 の間におけるその高度差は 8.7 m である (図 29)。一方、530 層の上面の高度差は、MY-01' と MY-05 の間で 6.7 m である (図 29)。なお、貝坂面相当の段丘面の上下変位は約 5 m であるが、圃場整備の影響を受けているので、この値が断層による上下方向のずれの正確な値であるとは考えにくい。

(4) 平均変位速度に関する考察

宮野原断層の平均上下変位速度について、変動地形学的大約および今回の群列ボーリング調査結果に基づき検討する。

まず変動地形学的大約には、本断層は約 5 万年前に形成されたとされる段丘面に約 5 m の上下変位を与えている。段丘面の元々も勾配は不明であるので、単純に崖地形の比高と段丘面の形成年代に基づいて平均上下変位速度を算出すると 0.1 m/千年となる。仮に段丘面の元々の勾配が段丘面の内縁 (南) から現在の信濃川が位置する方向 (北) に傾斜していたとすると、この値はさらに大きくなる可能性がある。

一方、今回の群列ボーリング調査の結果に基づくと、地質構造の検討で用いた層準のうち、年代値が得られている 530 層の上面の高度差 (6.7 m) およびその地層の年代 (図 29) を用いて平均上下変位速度を算出すると 0.13-0.14 m/千年と求まる。ただし、530 層は堆積時には信濃川の本流側 (北側) に向かって傾いていた可能性があること、および今回の調査範囲では断層の低下側、上昇側ともに変形がない範囲まで確認できていないことを考慮すると、断層の平均上下変位速度はこの値よりも若干大きくなる可能性がある。

なお、この値は、宮野原地点から北東へ約 10 km に位置する卯ノ木地点において地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) が推定している平均上下変位速度 (0.8 m/千年) よりも、著しく小さな値である。一方、活断層研究会編 (1991) は卯ノ木地点における平均上下

変位速度を 0.2 m/千年としており、その値とはほぼ整合的である。

2. 3 まとめ

2. 3. 1 断層帯の位置および形態

(1) 断層帯を構成する断層

○十日町断層帯西部

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) によれば、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), 津南断層 (活断層研究会編, 1991), 宮野原断層 (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

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) によれば、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), 細尾一如来寺 (によらいじ) 断層などから構成される。十日町盆地東縁断層帯には、十日町断層 (活断層研究会編, 1991) が含まれる。活断層研究会編 (1991) は、細尾一如来寺断層の南側に長さ 3 km の珠川断層を図示している。

今回の調査では、これまでの長期評価で示されている断層長の変更や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

今回の調査における地表踏査では、十日町盆地の西側に分布する東頸城丘陵の東縁付近で東に傾斜する地層 (魚沼層) が観察されたが、十日町断層帯西部に対応する断層面は確認できなかった。

横倉ほか (2008) は、信濃川左岸の東頸城丘陵東部の鉢付近から県道 (真田高島線) に沿い、十日町盆地西縁断層・信濃川・十日町盆地東縁断層を横切り、入間川沿いの県道 (当間土市停車場線) を通って魚沼丘陵中央部まで続く長さ 10 km の測線を設定し、反射法地震波探査を実施した。同文献では、深さ約 2.5 km から約 5 km の間で約 55 度、深さ 2.5 km から地表付近の間で約 75 度の傾斜角を持つ西傾斜の断層面が十日町盆地西縁断層の地下に図示されている。

○十日町断層帯東部

十日町盆地の東側に分布する魚沼丘陵の西縁付近では、緩やかに西傾斜する魚沼層が観察される地点が多いが、一部では東に傾斜する地層も観察された。十日町断層帯東部に対応する断層は確認できなかった。

横倉ほか (2008) は、上述の反射法地震探査の結果に基づき、十日町盆地東縁断層の地下には浅部 (深さ約 700 m 以浅) に東側隆起の複数の逆断層とそのうちの一つから分岐した西傾斜で西側隆起の副次的な逆断層が認められるが、それより深部まで続く断層は存在してい

ないことを示している。この地下浅部に認められる断層面には西傾斜の面と東傾斜の面があり、横倉ほか（2008）の図からはどちらの傾斜の断層もその角度は45°程度であることが読み取れる。

(3) 変位の向き

○十日町断層帯西部

十日町盆地の西縁においては、全体として西側が隆起する変形を示す。断層の走向が北東-南西に変化する干溝から卯ノ木にかけては断層の北西側が隆起しており、信濃川の流路側が隆起する逆向き低断層崖を形成している。断層帯の南西端の宮野原においては断層の走向はほぼ東西になり、北側隆起の逆向き低断層崖を形成している。

○十日町断層帯東部

十日町盆地東縁に沿って東側隆起の断層変位地形が連続する。十日町盆地南部の土市付近から馬場付近にかけては主たる断層の東側（隆起側）に、西側隆起の副次的な活断層が分布する。

2. 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

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）は、津南町卯ノ木地点付近で平均変位速度が0.8 m/千年以上と算出されることから、十日町断層帯西部の平均変位速度を1 m/千年程度になる可能性があると評価している。

今回実施した群列ボーリング調査の結果から、干溝地区では干溝北地点で0.12-0.17 m/千年程度（上下成分）、干溝南地点で0.09-0.41 m/千年（上下成分）の平均変位速度が得られた。宮野原地点では群列ボーリングの結果から0.13-0.14 m/千年（上下成分）という平均変位速度が得られた。これらの値は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）が信濃川ネオテクトニクス研究グループ（2002）の資料に基づいて卯ノ木地区で見積もっている平均変位速度（0.8 m/千年）よりも小さい。一方で、活断層研究会編（1991）が記している平均変位速度（0.2 m/千年）とは概ね一致する（図30）。

○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（2010）は、十日町市中条地点および伊達地点で得られている平均変位速度に基づき、十日町断層帯東部の平均上下変位速度を0.2-0.4 m/千年程度と評価している。

今回の調査では、太田島地点で実施したトレンチ調査および群列ボーリング調査の結果から、0.59-0.62 m/千年（上下成分）という平均変位速度が得られた。この値は太田ほか（2010）が馬場南地点におけるボーリング調査に基づいて算出した平均変位速度（0.4-0.5 m/千年）

上下成分)と概ね一致する(図30).

(2) 活動時期

○十日町断層帯西部

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010)は、十日町市川西地点で実施されたボーリング調査結果に基づき、十日町断層帯西部の最新活動時期を「約3,100年前以前」と評価している。

十日町断層帯西部の過去の活動時期について、これまでの評価を改善するような新たな成果は得られていない。

なお、干溝北地点では、340層が断層により変形を受けていることから、同地点においては340層堆積後の「約11,000年前以降」に少なくとも1回の断層活動が発生したことが明らかになった。また、干溝南地点では、410層が断層により変形を受けていることから、同地点においては340層堆積後の「約11,000-9,000年前以降」に少なくとも1回の断層活動が発生したことが明らかになった。

○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(2010)は、十日町市馬場南地点で実施されたトレンチ調査結果に基づき、十日町断層帯東部の最新活動時期を「約3,800年前以後、約3,200年前以前(ただし、最新活動かどうかは不明)」と評価している。

今回の調査では、太田島地点で実施したトレンチ調査および群列ボーリング調査の結果から想定される崖地形での崩落の発生に基づき、最新活動(断層活動1)が「約7,150年前以降」に発生した可能性がある。この結果は太田ほか(2010)が馬場南地点における調査結果から導き出した最新活動時期(3,490-3,100 yBP)と矛盾しない。ただし、崩落の発生原因には断層活動以外の事象も考えられるため、その信頼性は低い。また、これより以前に、大割野I面形成以降の6,750 cal. yBP以前、約1.4万年前以後に2回の断層活動(断層活動2、断層活動3)が発生した可能性がある。ただし、これらの断層活動のうち古い方の断層活動(断層活動3)は、断層崖の低下側のみに細粒堆積物が分布することから断層活動2以前に段丘構成層上に高度差があったという想定に基づくものであり、その信頼性は低い。

(3) 1回の変位量

○十日町断層帯西部

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2010)は、断層の長さに基づき、十日町断層帯西部の1回の変位量を「約2-3 m程度(計算値は2.6 m)」と評価している。

今回の調査では、十日町断層帯西部が活動したときの1回の変位量について、これまでの評価を改善するような信頼できる新たな成果は得られなかった。

干溝南地点では、410層に1 mの上下変位が認められ、これが最新地震によって形成された可能性があるが、1回の地震だけで変位したという確証はない。

○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（2010）は、断層の長さに基づき、十日町断層帯東部の1回の変位量を「約1-2 m程度（計算値は1.5 m）」と評価している。

今回の調査では、十日町断層帯東部が活動したときの1回の変位量について、これまでの評価を改善するような信頼性のある新たな成果は得られなかった。なお、太田島地点では大割野I面の段丘面構成層（170層）の上面に約5.7 mの上下変位が認められる。この地点におけるトレンチ調査では同層堆積以降に3回の断層活動があった可能性が指摘されており、この解釈が正しいとすると、1回の変位量は1.9 mと算出される。

(4) 活動間隔

○十日町断層帯西部

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）は、平均上下変位速度（計算値：0.8 m/千年）と断層長から推定される1回の上下変位量（計算値：2.6 m）に基づき、十日町断層帯西部の平均活動間隔を3,300年程度と評価している。

今回の調査では、これまでの評価を改善するような新たな成果は得られなかった。

○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（2010）は、平均上下変位速度（計算値：0.2-0.4 m/千年）と断層長から推定される1回の上下変位量（計算値：1.5 m）に基づき、十日町断層帯西部の平均活動間隔を4,000-8,000年程度と評価している。

今回の調査では、十日町断層帯東部の平均活動間隔について、これまでの評価を改善するような新たな成果は得られなかった。なお、太田島トレンチでは約14,000年前以降に3回の断層活動があった可能性が推定され、その結果を信頼すれば、平均活動間隔は4,700年程度と算出される。また、太田ほか（2010）は、約33,000年前以降に4回の断層活動があったことを報告しており、これに基づけば、平均活動間隔は8,000年程度と算出される。

(5) 活動区間

○十日町断層帯西部

十日町断層帯西部は、干溝の北方で信濃川を横断すると想定されているが、その区間については断層変位地形の分布が確認されていないため、断層帯の連続性の根拠が乏しい。信濃川を挟んで断層帯が連続するという根拠は、どちらも断層の西側（北西側）が隆起することである。また、周辺の地質構造からは断層の西側（北西側）で魚沼層が東へ急傾斜するという特徴がある。

一方で平均上下変位速度の分布（図18）に着目すると、断層帯の北部（信濃川左岸）の区間では0.5 m/千年を超える値が推定されているのに対し、今回の調査結果に基づく断層帯の南部（信濃川右岸）の区間では0.1-0.2 m/千年と低い値となっている。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）は、断層帯の南部の卯ノ木地点において0.8 m/千年という大きな平均変位速度（上下成分）を算出している。この値が正しいとするとこの区間においては卯

ノ木周辺をピークとして、その両側で低下するような平均変位速度の分布を示すことになり、信濃川右岸に北西側隆起の断層が分布する区間がひとまとまりの断層であると解釈することができる。これに対して、卯ノ木地点の平均変位速度が活断層研究会編（1991）が示すように 0.2 m/千年程度であるならば、信濃川を境にして北方は平均変位速度が大きい区間、南方は平均変位速度が小さい区間に分割できる可能性がある。いずれにせよ、干溝北方でこの断層帯が信濃川を横切るとされている区間については、そこに活断層が存在する根拠が乏しいことと、その区間を境にして平均変位速度が変化することから、異なる活動区間として区分できる可能性が考えられる。

○十日町断層帯東部

十日町断層帯東部の活動区間について、これまでの評価を改善するような新たな成果は今回の調査では得られなかった。

3. 活動報告

(1) 第三者有識者によるトレンチの観察

十日町市太田島地点で実施したトレンチ調査については、以下の各分野の第三者有識者による観察と助言を受けた。

- ・ 太田陽子氏 横浜国立大学名誉教授（変動地形学）
- ・ 吉越正勝氏 新潟大学（地質学）
- ・ 笠井洋祐氏 十日町市立博物館（考古学）

十日町市馬場地点で実施したトレンチ調査については、以下の各分野の第三者有識者による観察と助言を受けた。

- ・ 太田陽子氏 横浜国立大学名誉教授（変動地形学）
- ・ 笠井洋祐氏 十日町市立博物館（考古学）

十日町市干溝地点で実施したピット調査については、以下の第三者有識者による観察と助言を受けた。

- ・ 笠井洋祐氏 十日町市立博物館（考古学）

(2) 一般公開・取材対応

なし

(3) 成果の公表

日本地球惑星科学連合 2016 年大会（2016 年 5 月 22 日～5 月 26 日：千葉県千葉市）において下記の発表を行った。

吾妻 崇・白濱吉起・谷口 薫・廣内大助・吉岡敏和・郡谷順英・小俣雅志（2016）：十日町断層帯の活動履歴とセグメント区分．SSS31-01．

白濱吉起・吾妻 崇（2016）：新潟県十日町盆地東部段丘面上に見られる背斜状変形とその成因．SSS31-P05．

谷口 薫・吾妻 崇・白濱吉起・廣内大助・郡谷順英・小俣雅志（2016）：十日町断層帯東部におけるトレンチ調査およびボーリング調査（太田島地点）．SSS31-P06．

(4) 地元自治体への経過説明

調査内容と経過については、新潟県、十日町市および津南町の防災担当者に随時説明を行った。

4. むすび

本業務により、調査対象とした断層帯に関する断層の位置形状や活動性、過去の活動時期、活動範囲等に関する貴重な資料が得られた。これらの資料により、将来の地震発生確率などの長期的な評価がより高精度化されることが期待される。

文 献

- Bronk Ramsey, C. (2001) : Development of the radiocarbon program OxCal, *Radiocarbon*, 43, 355-363.
- 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.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) : 「十日町断層帯の評価 (一部改訂)」. 30p.
- 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 洋・新井房夫 (2011) : 「新編火山灰アトラス」 (第2刷) . 東京大学出版会, 337p.
- 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.
- 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.
- 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.
- 太田陽子・渡辺満久・谷口 薫・鈴木康弘・澤 祥・田中真弓・鈴木郁夫・廣内大助・金幸隆 (2010) : トレンチ調査からみた十日町盆地東麓断層帯の変位様式と活動履歴. *地学雑誌*, 119, 102-120.
- 大塚彌之助 (1942) : 活動してゐる皺曲構造. *地震*, 14, 46-64.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., 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., van der Plicht, J. (2013) : IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869–1887.
- 産業技術総合研究所 (2008) : 十日町断層帯の活動性および活動履歴調査. 「活断層の追加・補完調査」成果報告書, No. H19-7, 34p.
- 島津光男・立石雅昭 (1993) : 苗場山地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 90p.
- 信濃川段丘グループ (1968) : 新潟県津南地域の第四系—新潟の第四系・その IX— . 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 13, 175–202.
- 信濃川段丘グループ (1970) : 新潟県十日町附近の河岸段丘について—新潟の第四系・その 13— . 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 15, 303–320.
- 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.
- 横倉隆伸・伊藤 忍・山口和雄・加野直巳・大滝壽樹・牧野雅彦・住田達哉 (2008) : 反射法地震探査による新潟県十日町断層帯周辺の地下構造. *地質ニュース*, 649, 23–31.

図 表

表 1 十日町断層帯西部の活動性調査結果のまとめ

表 2 十日町断層帯東部の活動性調査結果のまとめ

表 3 十日町断層帯の活動性調査で採取された試料の年代測定結果

表 4 太田島トレンチで採取された火山灰試料の分析結果

図 1 十日町断層帯の分布と調査地点

図 2 太田島地点における調査地点位置図

図 3 太田島トレンチ壁面写真

図 4 太田島トレンチ壁面スケッチ

図 5 太田島トレンチ北東面で観察された 150 層の変形

図 6 太田島地点周辺の地形地質断面図

図 7 十日町断層帯太田島地点で掘削したボーリング (OT-1, OT-2) のコア写真と柱状図

図 8 馬場地点における調査地点位置図

図 9 馬場トレンチ壁面写真

図 10 馬場トレンチ壁面スケッチ

図 11 干溝地点における調査地点位置図

図 12 干溝北地点における調査地点位置図

図 13 干溝北ピット壁面写真

図 14 干溝北ピット壁面スケッチ

- 図 15 干溝北地点の調査結果に基づく地形地質断面解釈図
- 図 16 十日町断層帯干溝北地点で掘削したボーリング (HM-B-1, HM-B-2) のコア写真と柱状図
- 図 17 十日町断層帯干溝北地点で掘削したボーリング (HM-B-3) のコア写真と柱状図
- 図 18 干溝南地点位置図
- 図 19 十日町断層帯干溝南地点で掘削したボーリング (HM-S-1, HM-S-2) のコア写真と柱状図
- 図 20 十日町断層帯干溝南地点で掘削したボーリング (HM-S-3, HM-S-4) のコア写真と柱状図
- 図 21 干溝南地点の調査結果に基づく地形地質断面解釈図
- 図 22 宮野原地点における調査地点位置図
- 図 23 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-1) のコア写真と柱状図
- 図 24 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-1') のコア写真と柱状図
- 図 25 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-2) のコア写真と柱状図
- 図 26 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-3) のコア写真と柱状図
- 図 27 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-4) のコア写真と柱状図
- 図 28 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-5) のコア写真と柱状図
- 図 29 宮野原地点の調査結果に基づく地形地質断面解釈図
- 図 30 十日町断層帯における平均変位速度分布図

表1 十日町断層帯西部の活動性調査結果のまとめ

	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, 宮野原断層など	十日町盆地西縁断層, 宮野原断層など	
(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° 35' (○)	(北端) 北緯37° 14', 東経138° 46' (○) (南端) 北緯36° 59', 東経138° 35' (○)	
長さ	約33 km (○)	約33 km (○)	
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 (○)	
上端の深さ	0 km (◎)	0 km (◎)	
一般走向	N30° E (○)	N30° E (○)	
傾斜	西傾斜 (◎)	西傾斜 (◎)	
幅	不明	不明	
(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 (◎)	
2. 断層の過去の活動			
(1)平均的なずれの速度	1m/千年程度 (△)	1m/千年程度 (△)	今回調査の実施した干溝地点では0.09-0.41 m/千年(上下成分), 宮野原地点では0.13-0.14 m/千年(上下成分)であった。
(2)過去の活動時期	活動1(最新活動) 約3千1百年前以前 (△)	活動1(最新活動) 約3千1百年前以前 (△)	
(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) (△)	干溝南地点では, 410層に1mの上下変位が認められ, これが最新地震によって形成された可能性がある。
平均活動間隔	3千3百年程度 (△)	3千3百年程度 (△)	
(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 (△)	平均変位速度分布に基づくと信濃川を挟んで, それぞれ別の活動区間である可能性がある。

表2 十日町断層帯東部の活動性調査結果のまとめ

	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など	細尾-如来寺断層は背斜変形として解釈
(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) 長さ 地下における断層面の位置・形状 上端の深さ 一般走向 傾斜 幅	(北端)北緯37° 12', 東経138° 47' (○) (南端)北緯37° 03', 東経138° 42' (○) 約19km 地表での長さ・位置と同じ 0 km (◎) N20° E (○) 東傾斜 (◎) 不明	(北端)北緯37° 12', 東経138° 47' (○) (南端)北緯37° 03', 東経138° 42' (○) 約19km 地表での長さ・位置と同じ 0 km (◎) N20° E (○) 東傾斜 (◎) 不明	
(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 (◎)	
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度	0.2-0.4 m/千年程度 (△)	0.2-0.6 m/千年程度 (△)	今回調査を実施した太田島地点で0.59-0.62 m/千年の値が得られた。
(2)過去の活動時期	約3千8百年前以後, 約3千2百年前以前に活断層があったと推定されるが, これが本断層帯の最新活動であるかは不明。	約3千8百年前以後, 約3千2百年前以前に活断層があったと推定されるが, これが本断層帯の最新活動であるかは不明。	太田島トレンチでは7,150 cal.yr以降に1回(活動1), およびそれ以前で14,000年前以降に2回(活動2, 3)の断層活動の存在が推定されるが, 信頼性は低い。 太田ほか(2010)は, 新宮, 宮栗, 馬場北, 馬場南のトレンチ調査結果から, 約33,000年前以降に4回の断層活動があったを明らかにした。
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量 平均活動間隔	1-2m程度(上下成分) (△) 4千-8千年程度 (△)	1-2m程度(上下成分) (△) 4千-8千年程度 (△)	太田島地点では大割野I面の段丘面構成層(170層)の上面に約5.7 mの上下変位が認められ, 同層堆積以降に3回の断層活動があった可能性が指摘されていることから, 1回の変位量は1.9 mと算出される。 太田島トレンチでは約14,000年前以降に3回の断層活動があった可能性が推定され, その結果を信頼すれば, 平均活動間隔は4,700年程度と算出される。 太田ほか(2010)は, 約33,000年前以降に4回の断層活動があったことを報告しており, これに基づけば, 平均活動間隔は8.3+A100年程度と算出される。
(4)過去の活動区間	不明	不明	

表3 十日町断層帯の活動性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. (2013)のデータベースを用い、OxCal v4.2 (Bronk Ramsey, 2009)を使用した。

Sample	Material	Lab. No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Convetional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1 σ)	(%)	cal yBP	note
OT-02	charcoal	IAAA-152178	-28.13 ± 0.59	140 ± 20	1,680 AD-1,700 AD	10.2	270-10	
					1,720 AD-1,740 AD	8.9		
					1,750 AD-1,760 AD	4.9		
					1,800 AD-1,820 AD	7.8		
					1,830 AD-1,880 AD	23.9		
1,920 AD-1,940 AD	12.5							
OT-10	humic soil	IAAA-152185	-21.73 ± 0.42	$6,120 \pm 30$	5,200 BC-5,180 BC	13.3	7,150-6,940	
					5,070 BC-4,990 BC	54.9		
OT-11	charcoal	IAAA-152186	-31.17 ± 0.47	80 ± 20	1,700 AD-1,720 AD	18.4	250-30	
					1,820 AD-1,830 AD	12.9		
					1,880 AD-1,920 AD	36.9		
OT-01_1.95	humic soil	IAAA-153082	-22.47 ± 0.46	$5,960 \pm 30$	4,900 BC-4,870 BC	21.7	6,850-6,750	
					4,850 BC-4,800 BC	46.5		
HM-P-01	cone	IAAA-151844	-28.01 ± 0.58	$9,490 \pm 40$	9,110 BC-9,090 BC	4.3	11,060-10,670	
					8,840 BC-8,720 BC	63.9		
HM-P-02	wood fragment	IAAA-151845	-27.67 ± 0.42	$9,480 \pm 40$	8,820 BC-8,710 BC	68.2	10,770-10,660	
HM-P-03	wood fragment	IAAA-151846	-29.17 ± 0.42	$9,530 \pm 40$	9,120 BC-9,070 BC	18.6	11,070-10,720	
					9,060 BC-9,020 BC	16.6		
HM-P-04	wood fragment	IAAA-151847	-28.47 ± 0.47	$9,410 \pm 40$	8,840 BC-8,770 BC	33.0	10,680-10,590	
					8,730 BC-8,640 BC	68.2		
HM-P-05	charred materi.	IAAA-151848	-27.06 ± 0.44	$9,500 \pm 40$	9,110 BC-9,080 BC	8.9	11,060-10,690	
					9,040 BC-9,030 BC	4.7		
					8,840 BC-8,740 BC	54.6		
HM-P-08	charcoal	IAAA-151851	-26.68 ± 0.61	$9,320 \pm 40$	8,630 BC-8,550 BC	66.9	10,580-10,450	
					8,500 BC-8,500 BC	1.3		
HM-P-10	charred plant fi	IAAA-151853	-22.79 ± 0.60	Modern	-	-	-	
HM-P-13	charred plant fi	IAAA-151856	-28.78 ± 0.46	Modern	-	-	-	
HM-N-01_2.45	charred plant fi	IAAA-151849	-26.47 ± 0.45	$9,610 \pm 40$	9,160 BC-9,120 BC	12.8	11,110-10,800	
					9,070 BC-9,060 BC	3.8		
					9,010 BC-8,910 BC	34.0		
					8,910 BC-8,850 BC	17.6		
HM-N-01_4.77	humic silt	IAAA-151850	-23.14 ± 0.65	$15,340 \pm 50$	16,750 BC-16,610 BC	68.2	18,700-18,560	
HM-N-02_2.14	humic sand	IAAA-151852	-26.46 ± 0.55	$9,550 \pm 40$	9,120 BC-9,010 BC	42.6	11,070-10,750	
					8,920 BC-8,900 BC	5.5		
					8,860 BC-8,800 BC	20.1		
HM-N-02_2.32	charred plant fi	IAAA-151854	-24.88 ± 0.61	$9,600 \pm 40$	9,150 BC-9,120 BC	10.6	11,100-10,790	
					9,070 BC-9,060 BC	4.7		
					9,020 BC-8,840 BC	52.8		
HM-N-02_3.63	charcoal	IAAA-151855	-27.42 ± 0.56	$24,190 \pm 90$	26,420 BC-26,120 BC	68.2	28,370-28,070	
HM-N-03_1.41-1.46	humic sand	IAAA-153080	-19.65 ± 0.49	$2,610 \pm 30$	810 BC-790 BC	68.2	2,760-2,710	
HM-N-03_4.80	humic silt	IAAA-151857	-21.27 ± 0.43	$11,250 \pm 40$	11,190 BC-11,130 BC	68.2	13,140-13,080	
HM-S-01_0.98	humic silt	IAAA-152191	-19.76 ± 0.48	$5,840 \pm 30$	4,770 BC-4,750 BC	7.7	6,720-6,570	
					4,740 BC-4,680 BC	57.3		
					4,630 BC-4,620 BC	3.3		
HM-S-10_2.00	humic silt	IAAA-152192	-21.61 ± 0.53	$9,960 \pm 40$	9,640 BC-9,620 BC	5.9	11,590-11,470	
					9,460 BC-9,520 BC	62.3		
HM-S-02_0.33	humic silt	IAAA-152193	-16.79 ± 0.63	$3,510 \pm 30$	1,890 BC-1,870 BC	14.1	3,840-3,730	
					1,850 BC-1,780 BC	54.1		
HM-S-02_0.50	humic silt	IAAA-152194	-15.71 ± 0.52	$5,450 \pm 30$	4,340 BC-4,320 BC	32.6	6,290-6,220	
					4,290 BC-4,270 BC	35.6		
HM-S-02_0.86	humic silt	IAAA-152195	-22.45 ± 0.37	$8,130 \pm 30$	7,140 BC-7,060 BC	68.2	9,090-9,010	

Sample	Material	Lab. No.	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age (yBP)	Calibrated age (1 σ)	(%)	cal yBP	note
HM-S-02_1.02	humic silt	IAAA-152196	-21.51 \pm 0.52	4,540 \pm 30	3,360 BC-3,330 BC 3,220 BC-3,180 BC 3,160 BC-3,120 BC	19.8 25.6 22.9	5,310-5,070	
HM-S-03_0.40	humic silt	IAAA-152197	-21.61 \pm 0.48	4,420 \pm 30	3,190 BC-3,010 BC 2,980 BC-2,970 BC 2,950 BC-2,940 BC	61.0 4.3 2.9	5,140-4,890	
HM-S-03_0.50	humic silt	IAAA-152198	-20.89 \pm 0.57	5,970 \pm 30	4,900 BC-4,870 BC 4,850 BC-4,800 BC	24.3 43.9	6,850-6,750	
HM-S-03_0.60	humic silt	IAAA-152199	-19.86 \pm 0.45	6,090 \pm 30	5,040 BC-4,960 BC	68.2	6,990-6,910	
HM-S-04_0.22	humic silt	IAAA-152200	-23.39 \pm 0.68	1,680 \pm 20	350 AD-400 AD	68.2	1,600-1,550	
HM-S-04_0.46	humic silt	IAAA-152201	-21.70 \pm 0.48	4,100 \pm 30	2,840 BC-2,810 BC 2,680 BC-2,580 BC	15.0 53.2	4,790-4,530	
MY-01' 11.53-11.54	plant fragment	IAAA-153079	-24.75 \pm 0.50	49,550 \pm 740	48,380 BC-46,890 BC	68.2	50,330-48,840	
MY-01' 11.58	charred plant fragment	IAAA-153081	-25.06 \pm 0.34	51,850 \pm 920	50,890 BC-49,020 BC	68.2	52,840-50,970	
MY-01' 12.07-12.11	clay	IAAA-153078	-26.73 \pm 0.52	29,210 \pm 120	31,700 BC-31,360 BC	68.2	33,650-33,310	
MY-01' 12.92	humic silt	IAAA-153075	-26.17 \pm 0.50	51,740 \pm 870	50,720 BC-48,960 BC	68.2	52,670-50,910	

表4 太田島トレンチで採取された火山灰試料の分析結果

地点・試料・テフラ	火山ガラス		斜方輝石	
	屈折率(n)	測定点数	屈折率(γ)	測定点数
十日町断層帯(太田島トレンチ)・Ot-5.5-01	1.498-1.504	25		
十日町断層帯(太田島トレンチ)・Ot-5.5-11			1.705-1.717	30
〈新潟県南部周辺の後期更新世後半(DKP降灰以降)の指標テフラ〉				
浅間A(As-A, 1783年)	1.507-1.512		1.707-1.712	
浅間粕川テフラ(As-Kk, 1128年)			1.706-1.710	
浅間B(As-B, 1108年)	1.524-1.532		1.708-1.710	
榛名二ツ岳伊香保(Hr-FP, 6世紀中葉)	1.501-1.504		1.707-1.711	
榛名二ツ岳渋川(Hr-FA, 6世紀初頭)	1.500-1.502		1.707-1.711	
	1.499-1.504			
妙高大田切川(My-Ot, 約4,500年前)	1.497-1.499			
草津白根熊倉軽石(KS-K, 約5,000年前 ^{*1})			1.711-1.715	
浅間六合軽石(As-Kn, 約5,400年前 ^{*1})			1.706-1.708	
妙高赤倉(My-A, 約7,000~7,200年前)	1.498-1.498		1.713-1.717	
鬼界アカホヤ(K-Ah, 約7,300年前)	1.506-1.513			
浅間藤岡軽石(As-Fo, 約8,200年前 ^{*1})			1.706-1.710	
浅間草津(As-K, 約1.5~1.65万年前)	1.501-1.503		1.707-1.712	
浅間大窪沢1(As-Ok1, 約1.7万年前 ^{*1})	1.500-1.502		1.704-1.709	
浅間白糸(As-Sr)	1.506-1.510		1.702-1.708	
浅間萩生(As-Hg, 約1.9万年前 ^{*1})	1.500-1.502		1.703-1.709	
浅間板鼻褐色(群)(As-BP Group)	上部	1.515-1.520	1.704-1.714	
	中部	1.508-1.511	1.700-1.709	
	下部	1.505-1.515	1.710-1.725	
始良Tn(AT, 約2.8~3万年前)	1.498-1.501			
妙高高床(My-T)			1.703-1.715	
妙高貫の木(My-K)			1.710-1.713	
			(下部: 1.700-1.705)	
妙高関山(My-S, 約3~3.5万年前 ^{*1})			1.702-1.715	
			(下部: 1.715-1.719)	
妙高兼俣(My-Km, 約3~3.5万年前 ^{*1})			1.713-1.718	
黒姫大平(Kh-Od)			1.700-1.708	
大山倉吉(DKP, 約5.5万年前以前)			1.702-1.707	

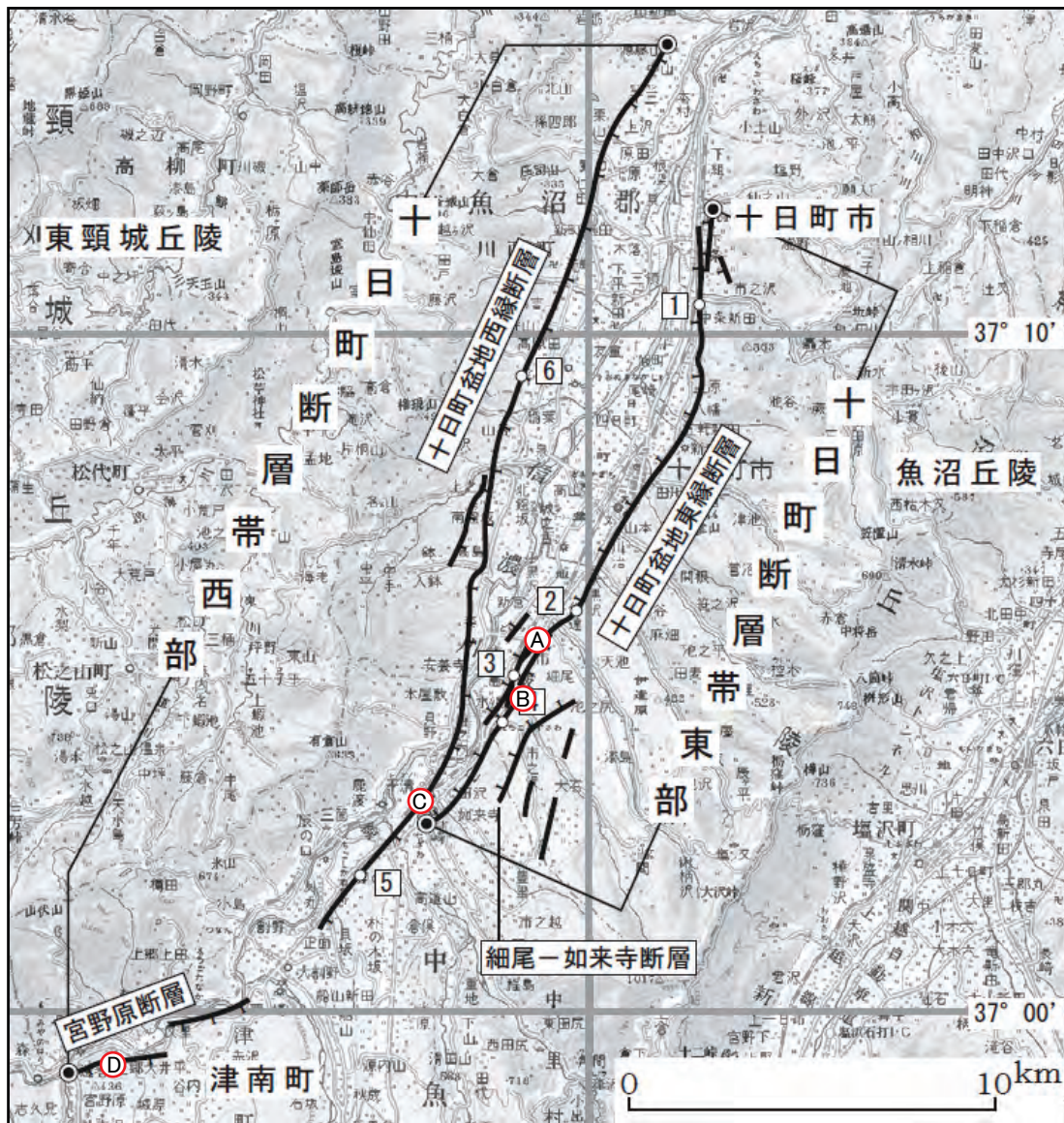


図1 十日町断層帯の分布と調査地点

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2010）に今回の調査地点を追加。
 A: 太田島地点 B: 馬場地点 C: 干溝地点 D: 宮野原地点

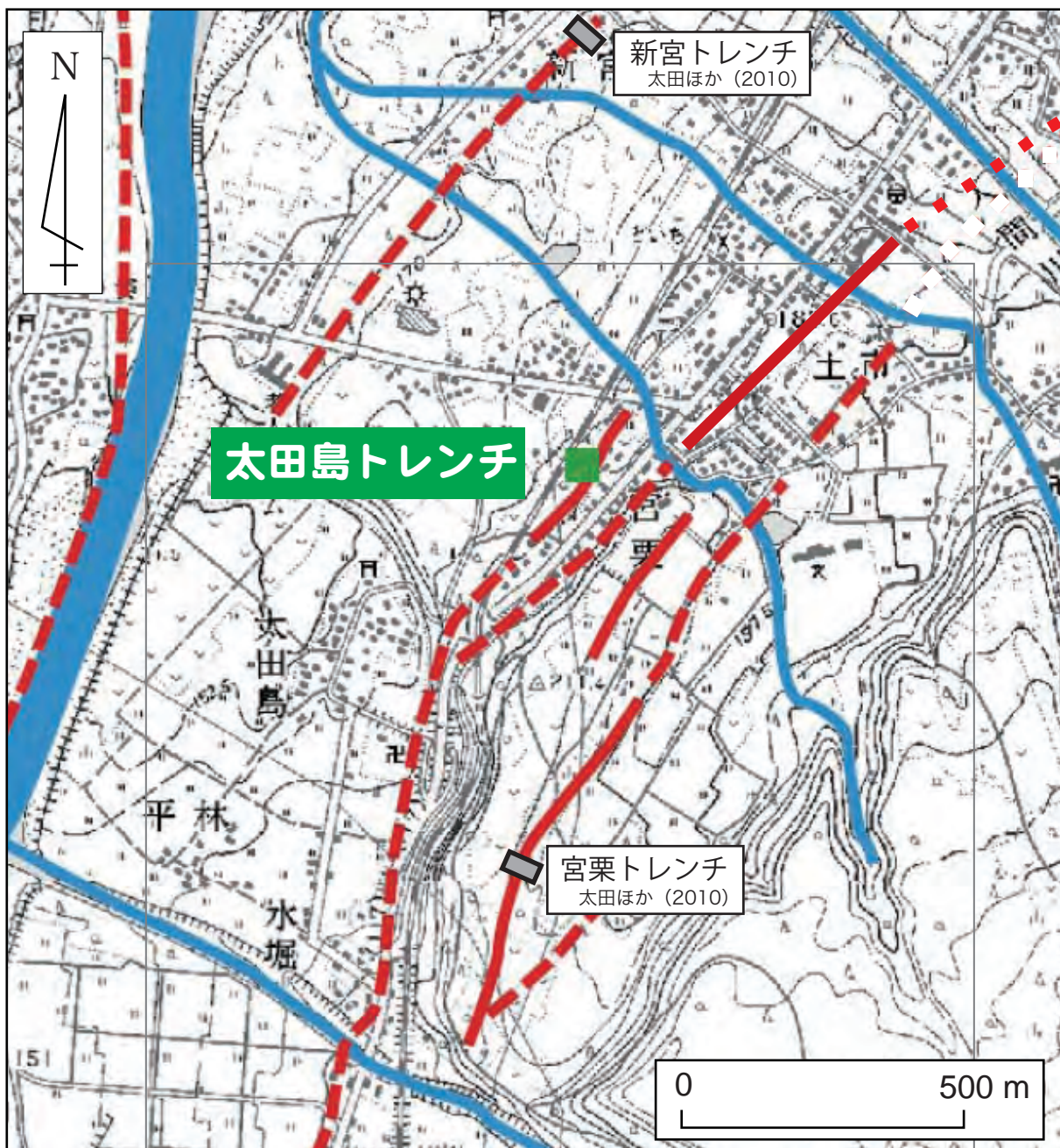


図2 太田島地点における調査地点位置図

基図には数値地図25000(地図画像)を使用し、水系と活断層トレース、調査地点および過去に実施されたトレンチ調査の位置と出典を加筆した。
活断層トレースは、都市圏活断層図「十日町」(鈴木ほか, 2001)による。



図3 太田島トレンチ壁面写真

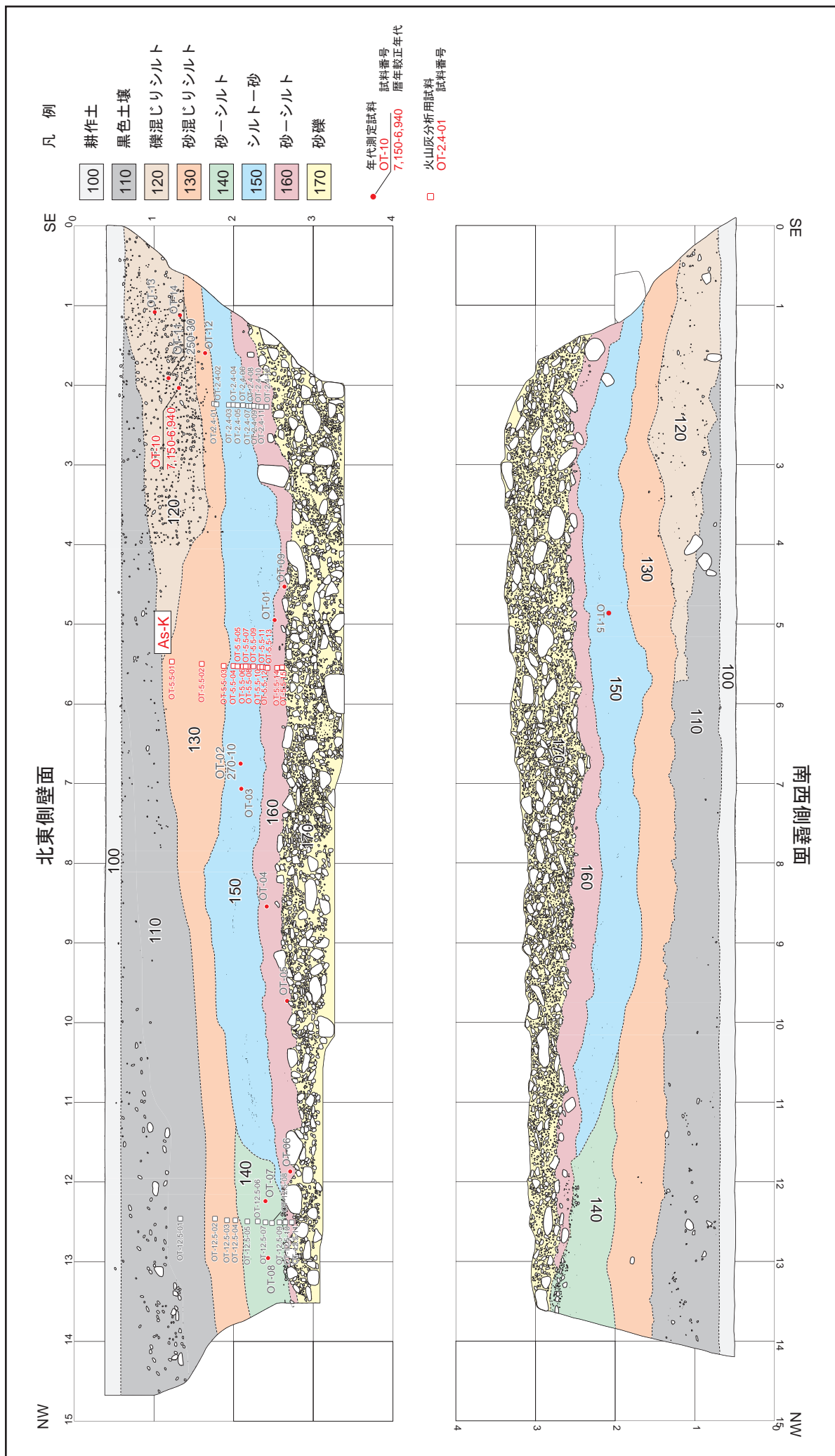


図4 太田島トレンチ壁面スケッチ

放射性炭素年代は、暦年校正した値の1シグマの幅(単位はcal.yBP)を示す。
 灰色で示した年代測定試料および火山灰分析用試料は、未分析もしくは分析ができなかった試料を示す。

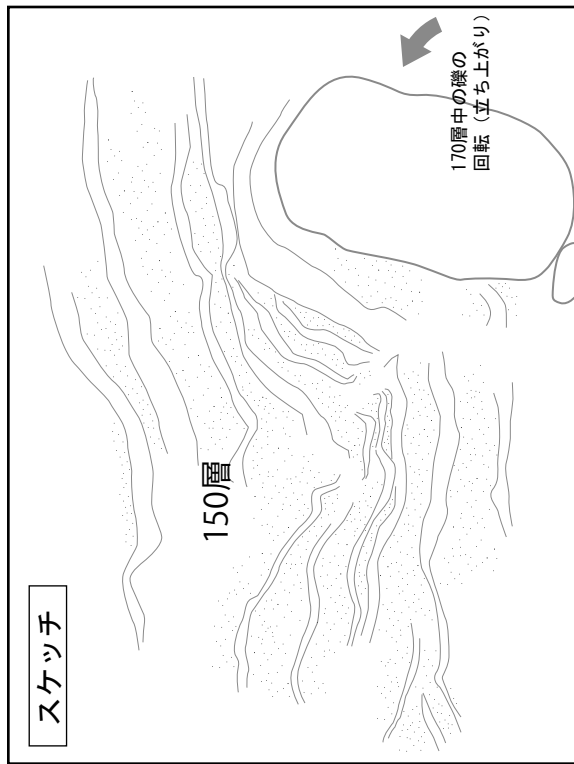
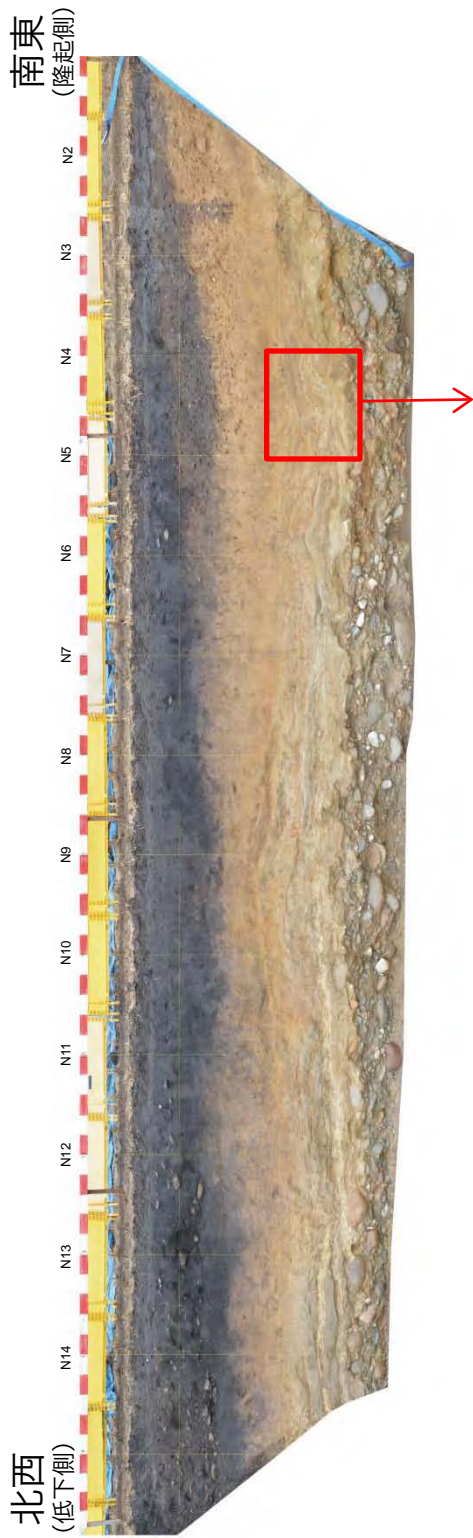


図5 太田島トレンチ北東面で観察された150層の変形

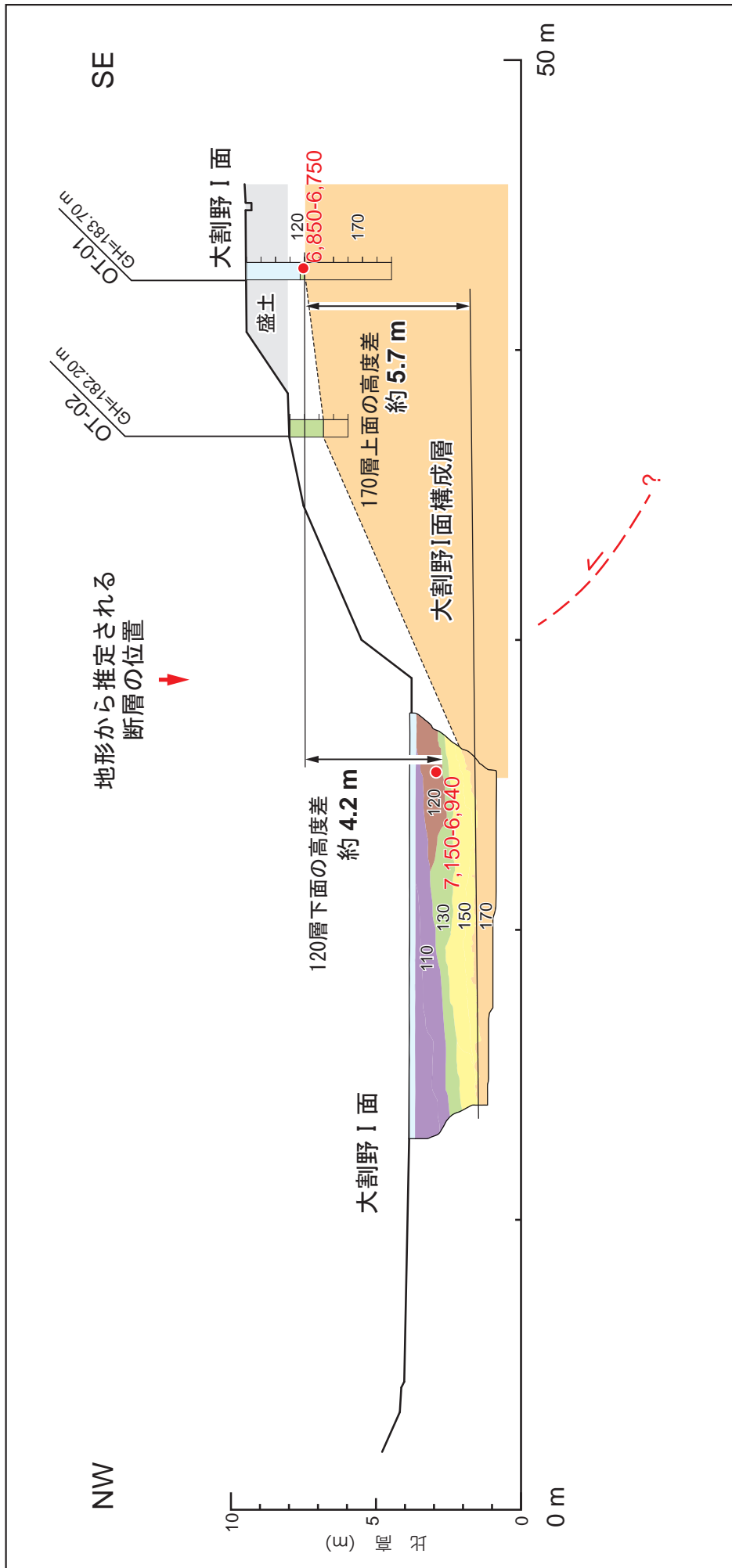
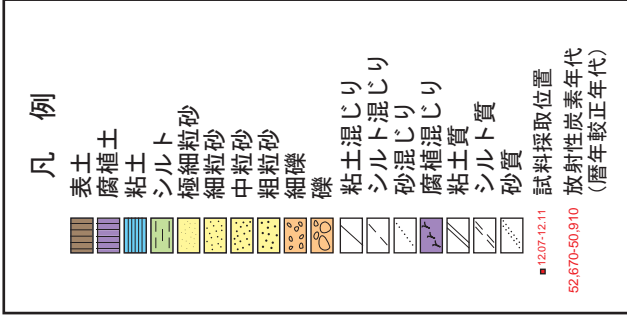
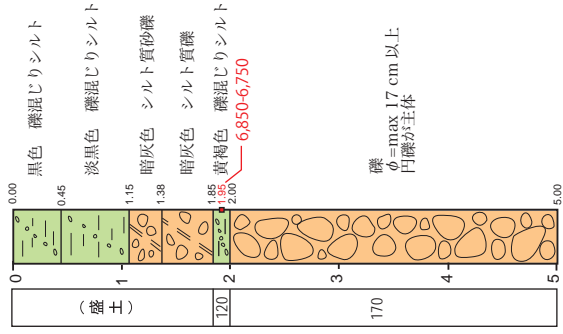


図6 太田島地点周辺の地形地質断面図

放射性炭素年代(赤字)は、暦年較正した値の1シグマの幅(単位はcal.yBP)を示す.

OT-1



OT-2

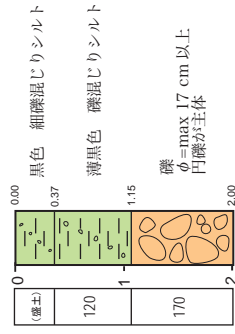
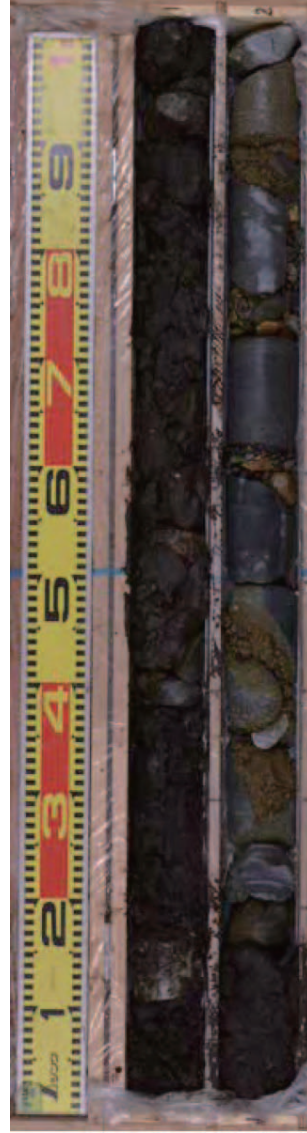


図7 十日町断層帯太田島地点で掘削したボーリング (OT-1, OT-2) のコア写真と柱状図

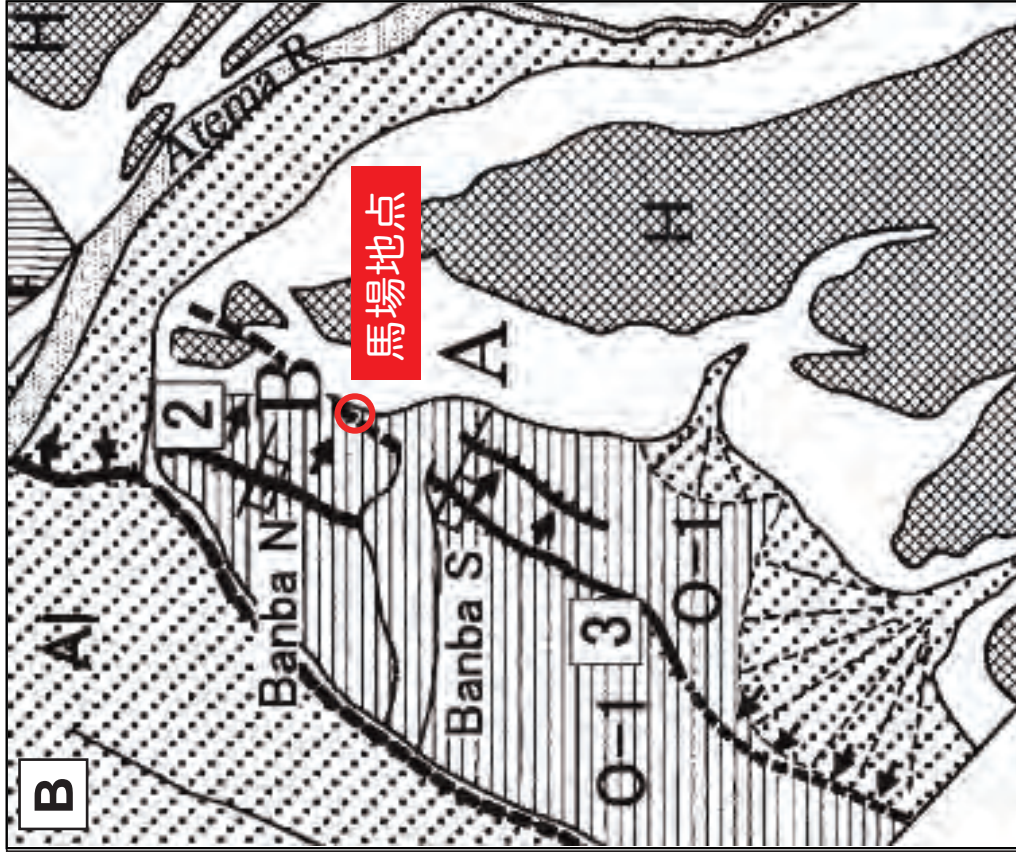
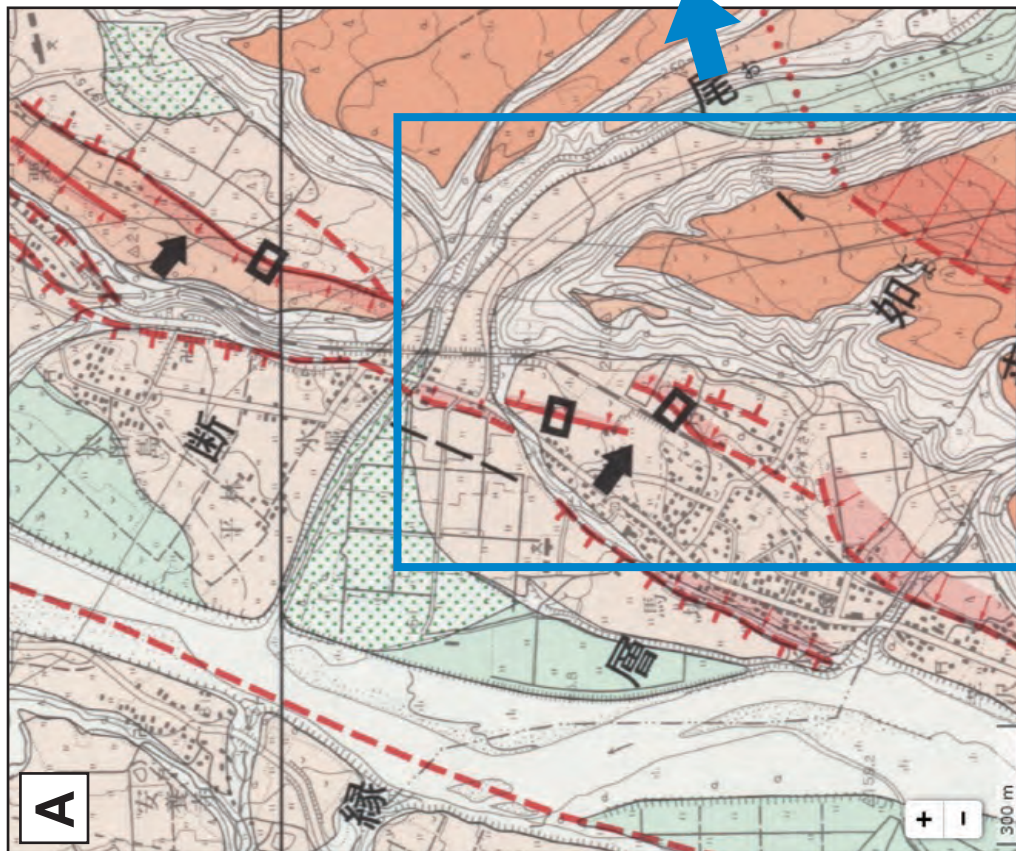


図8 馬場地点における調査地点位置図

A: 都市圏活断層図(鈴木ほか, 2001; 渡辺ほか, 2001)に加筆

B: 太田ほか(2010)の図の一部に今回の調査地点を图示.

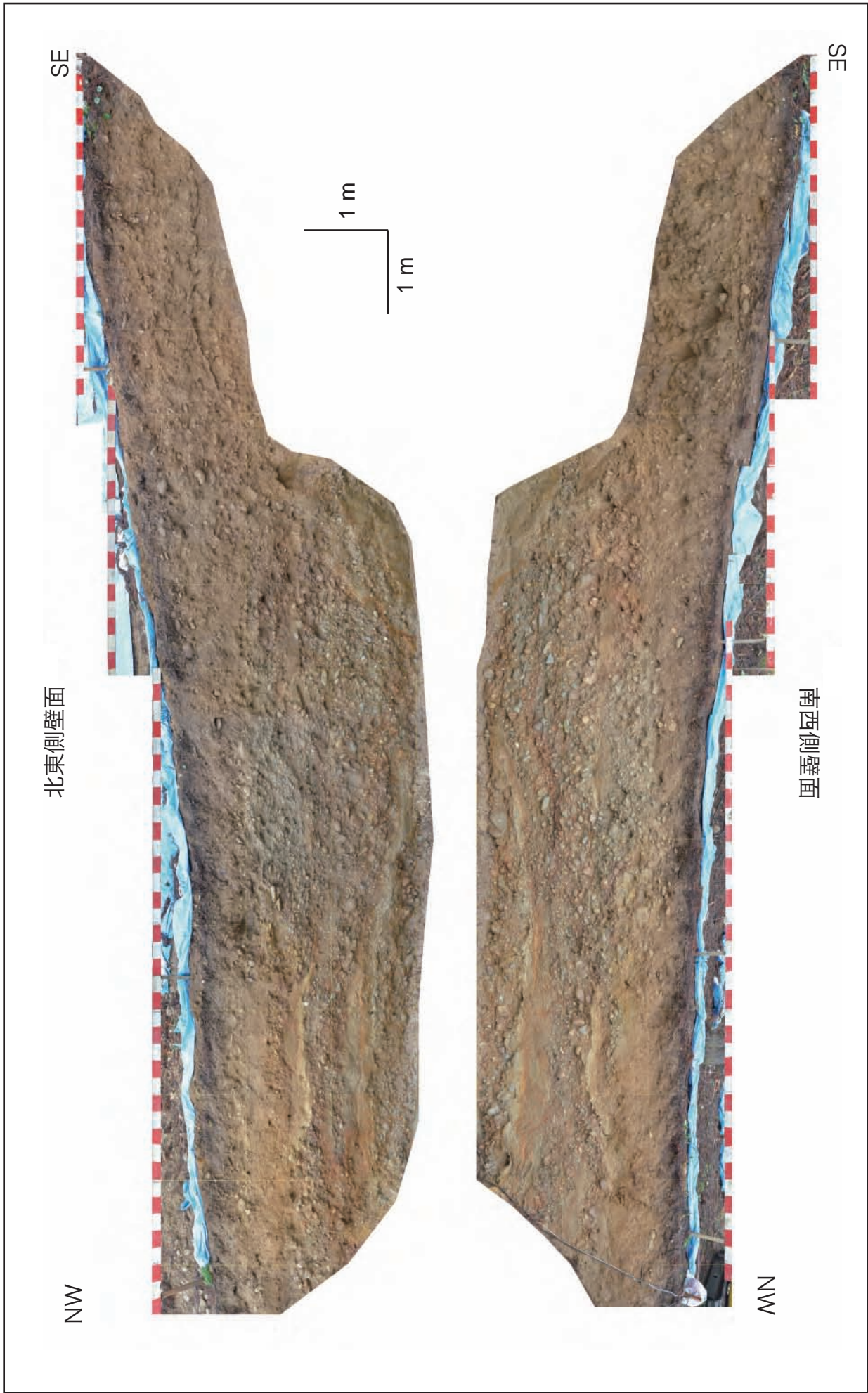


図9 馬場トレンチ壁面写真

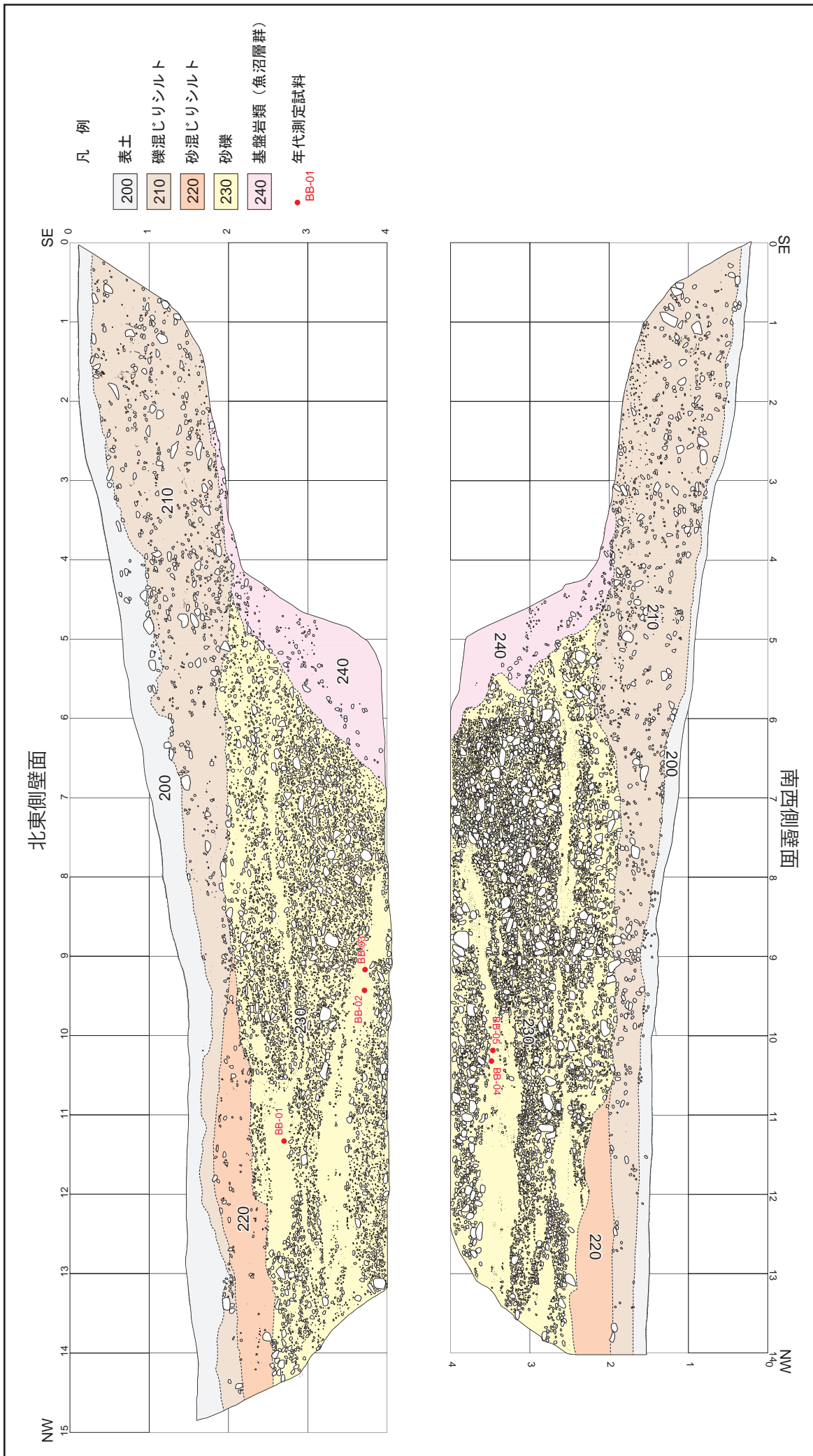


図10 馬場トレンチ壁面スケッチ

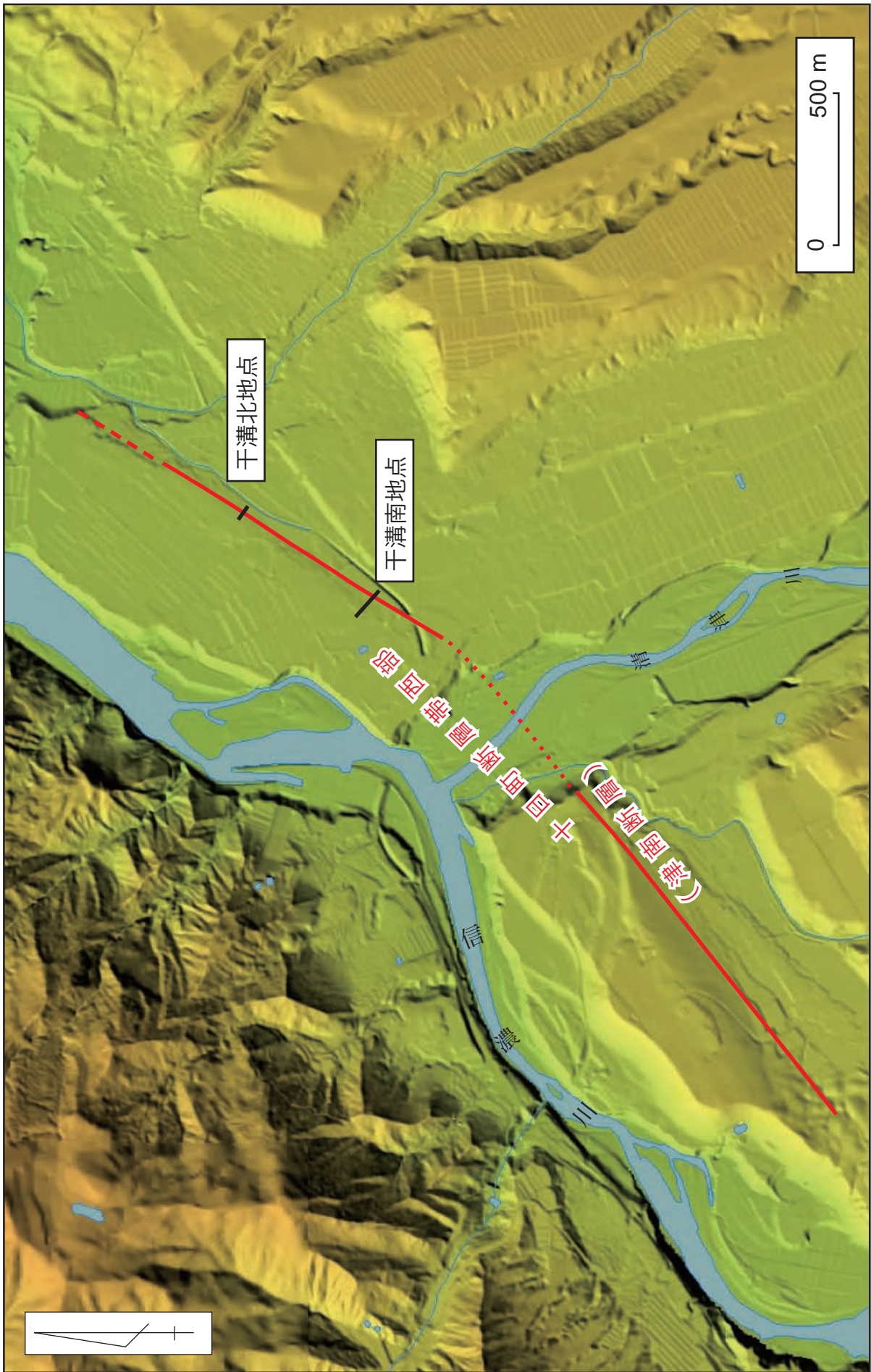


図11 干溝地点における調査地点位置図
 基図には活断層データベースの地理院地図版で示される色別標高図を用いた。

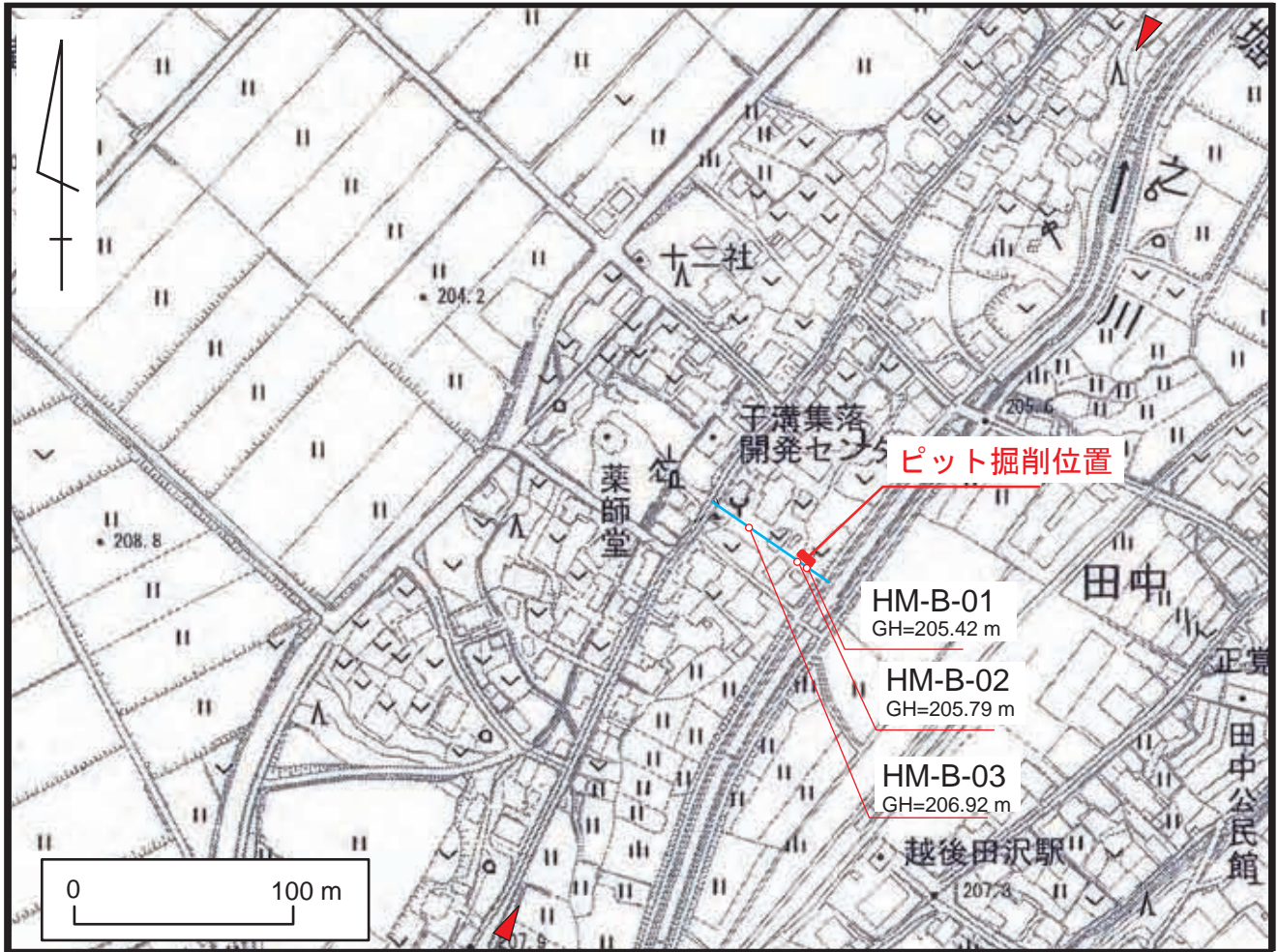


図12 干溝北地点における調査地点位置図

基図には十日町市発行の2500分の1都市計画図を使用。

青色の線は図13の地形地質断面図の位置を示す。

赤色の三角印は十日町断層帯東部の存在が推定される位置を示す。

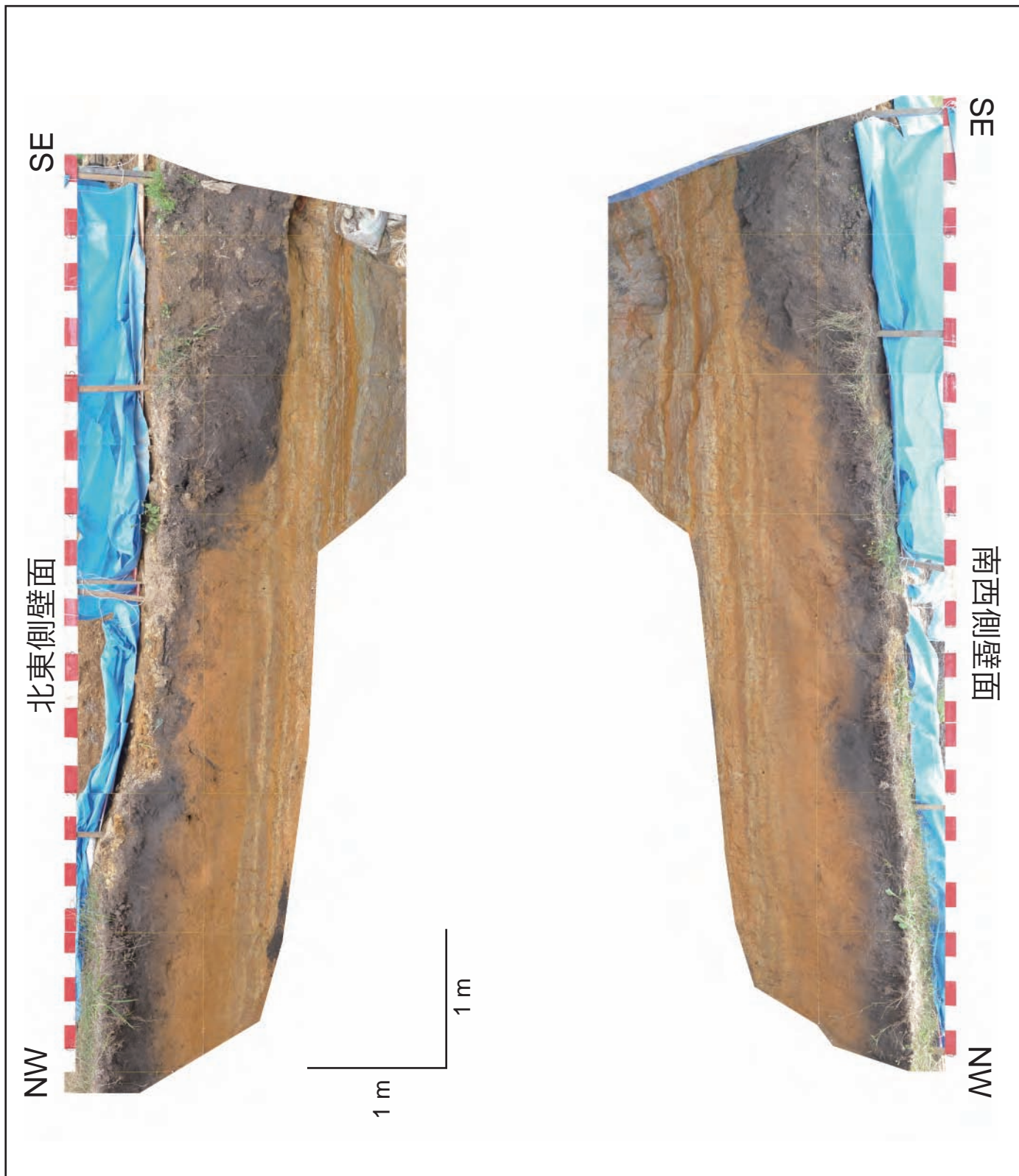


図 13 干溝北ピット壁面写真

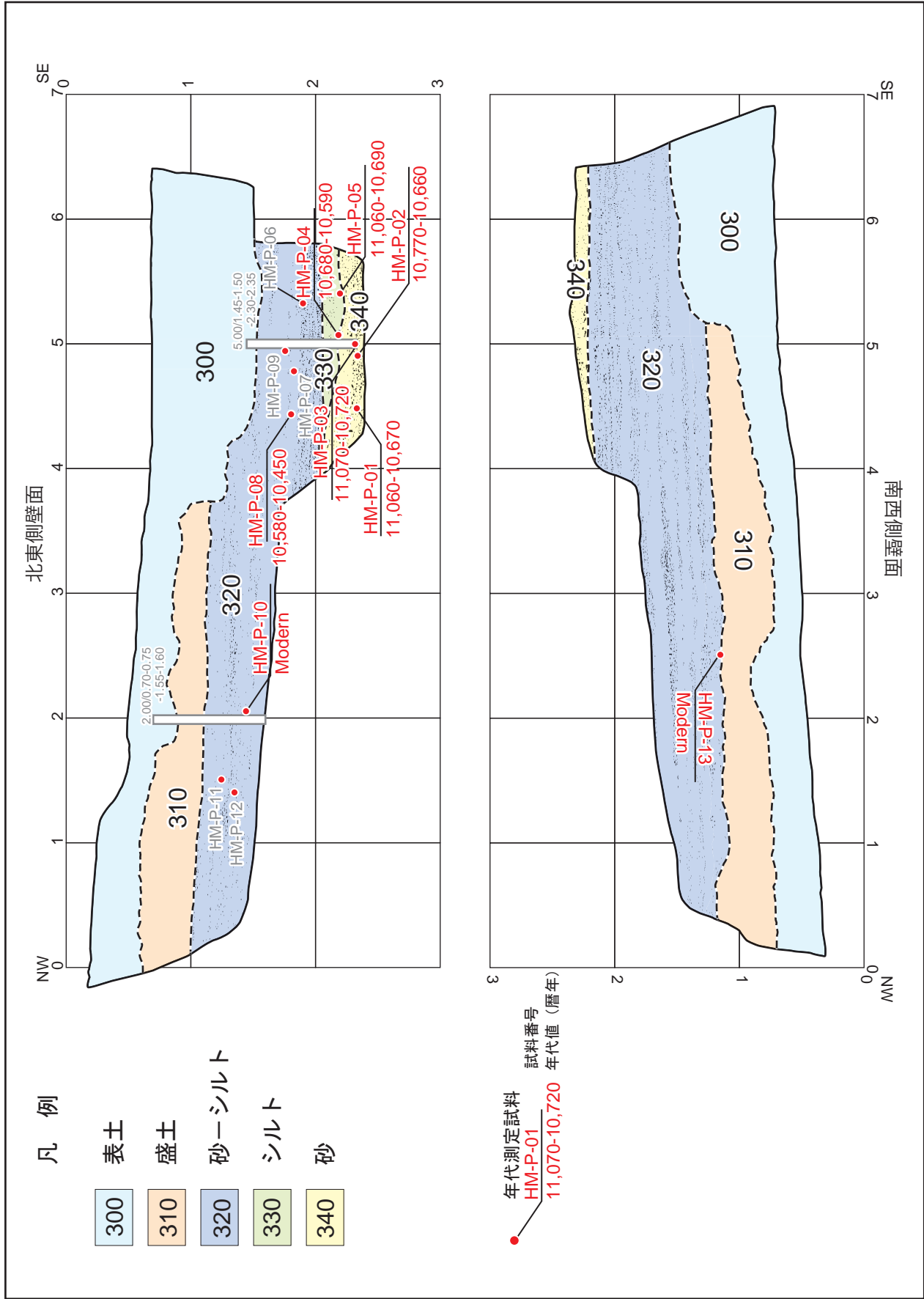
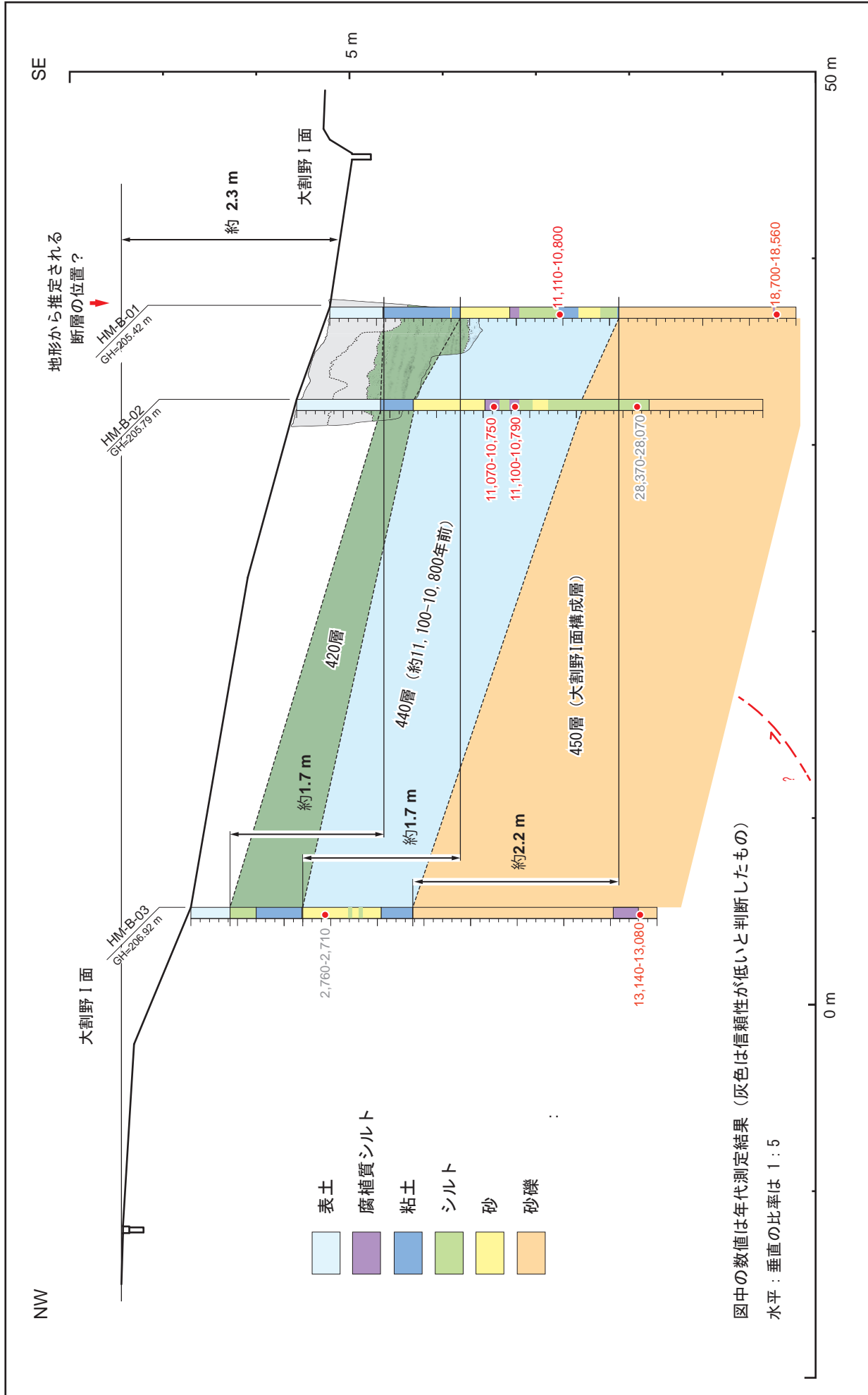


図14 干溝北ピット壁面スケッチ

放射性炭素年代は、暦年較正した値の1シグマの幅(単位はcal.yBP)を示す。
 灰色で示した年代測定試料および火山灰分析用試料は、未分析もしくは分析ができなかった試料を示す。



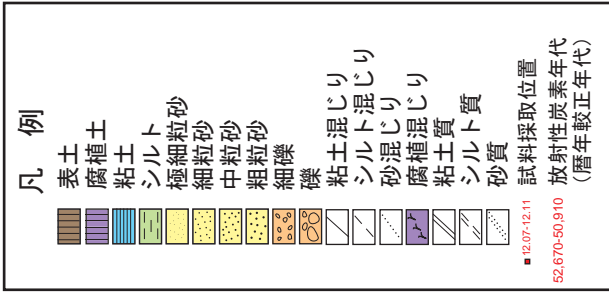
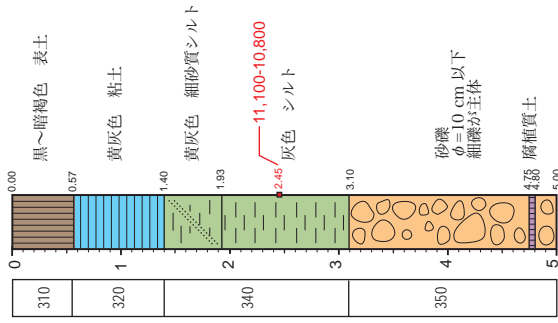
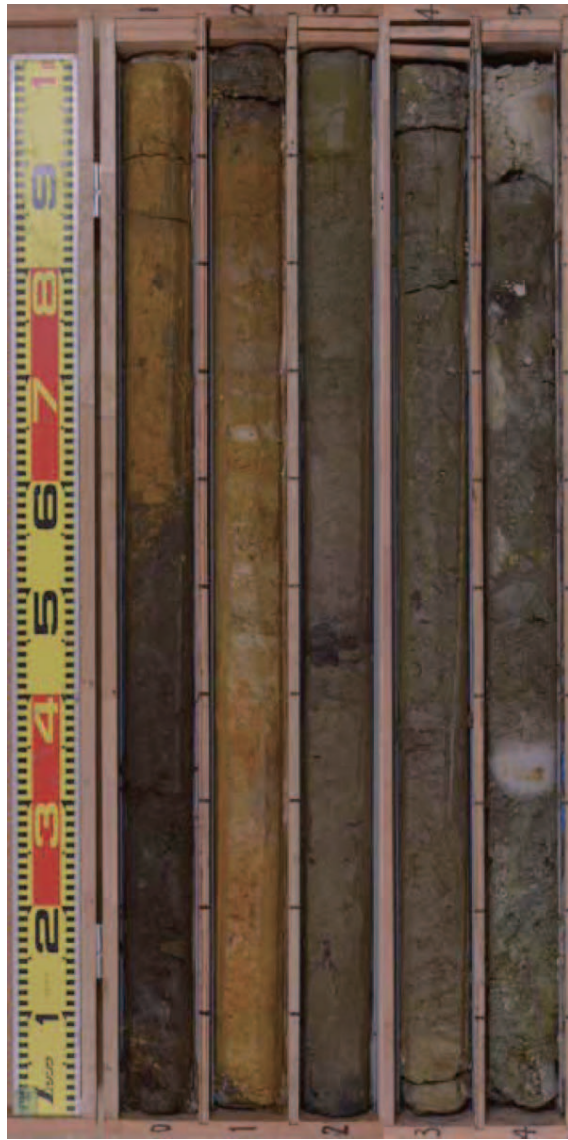
図中の数値は年代測定結果 (灰色は信頼性が低いと判断したもの)

水平 : 垂直の比率は 1 : 5

図15 干溝北地点の調査結果に基づく地形地質断面解釈図

放射性炭素年代は、暦年較正した値の1シグマの幅 (単位はcal.yBP)を示す。

HM-B-01



HM-B-02

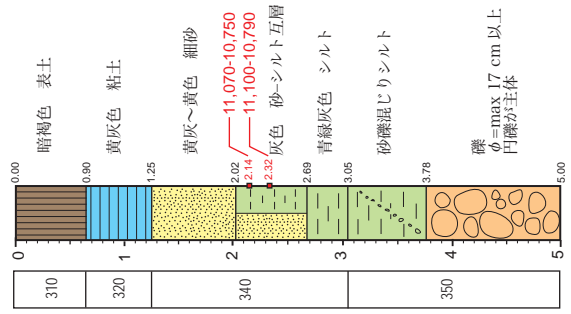


図 16 十日町断層帯干溝北地点で掘削したボーリング (HM-B-01, HM-B-02) のコア写真と柱状図

HM-B-03

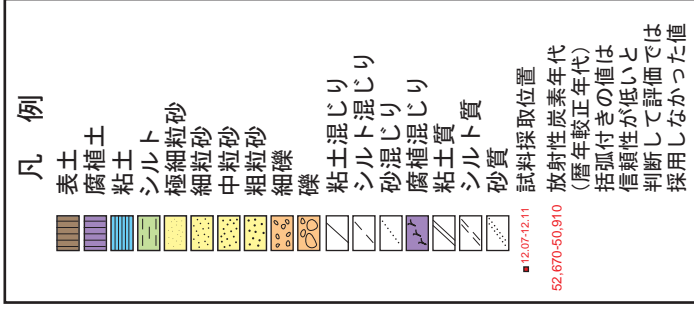
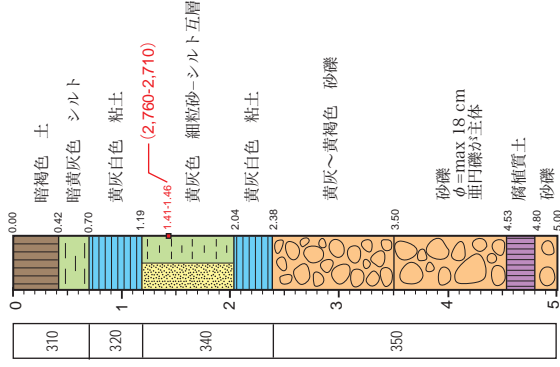


図 17 十日町断層帯干溝北地点で掘削したボーリング (HM-B-03) のコア写真と柱状図

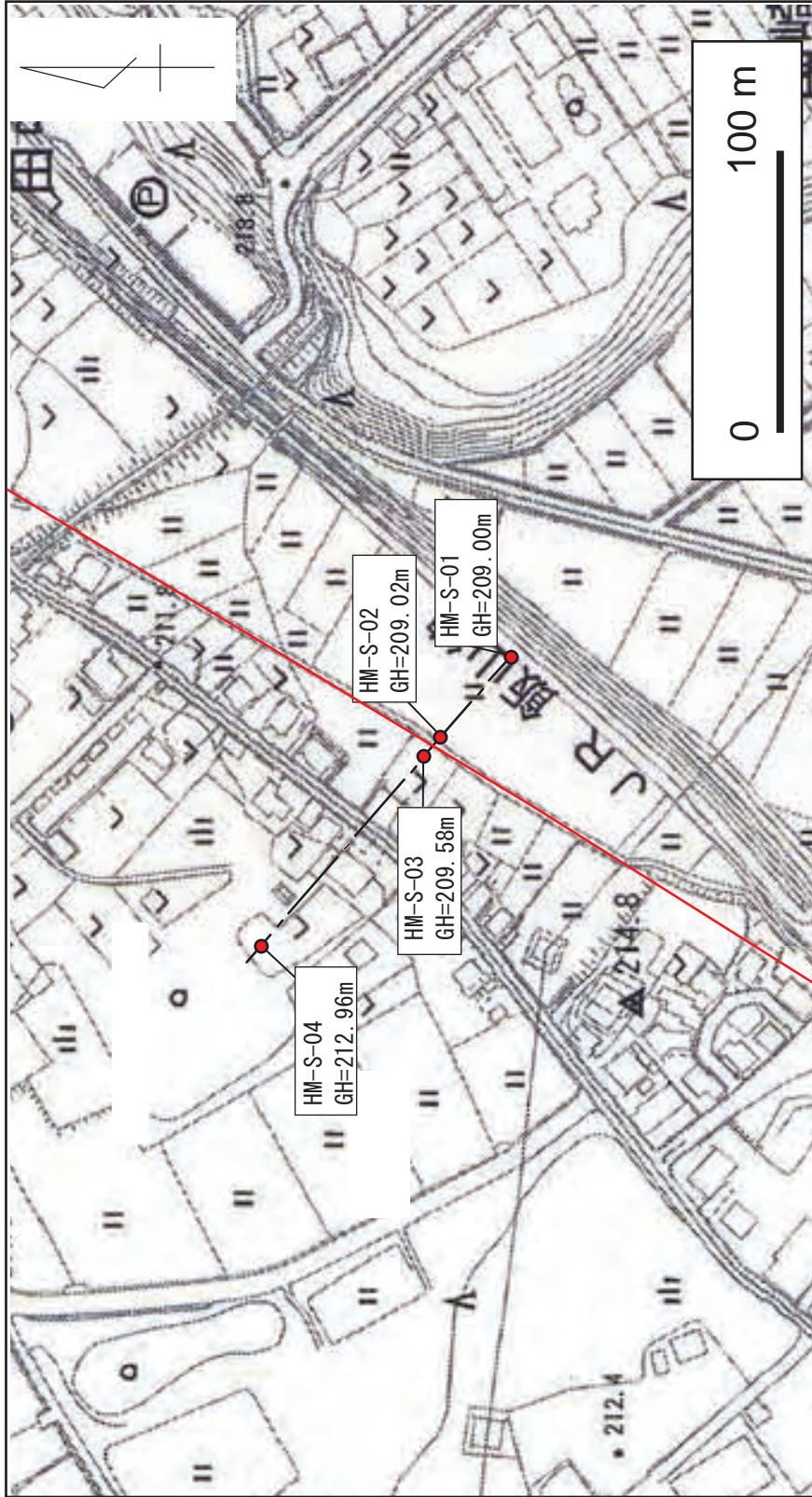
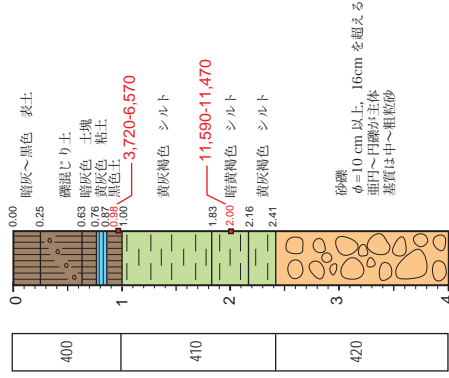
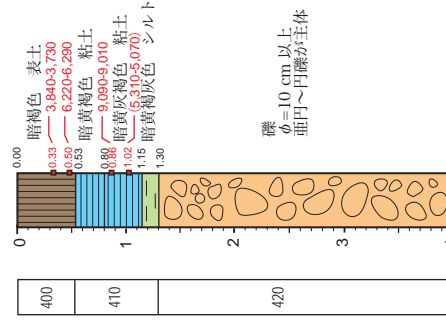


図18 千溝南地点位置図
 基図には十日町市発行の2500分の1都市計画図を使用.

HM-S-01



HM-S-02



凡例

表土
腐植土
粘土
シルト
極細粒砂
細粒砂
中粒砂
粗粒砂
細礫
砂礫
粘土混じり
シルト混じり
砂混じり
腐植混じり
粘土質
シルト質
砂質

■12.07-12.11
52,670-50,910

試料採取位置
放射性炭素年代
(暦年較正年代)
括弧付きの値は
信頼性が低いと
判断して評価では
採用しなかった値

図 19 十日町断層帯干溝南地点で掘削したボーリング (HM-S-01, HM-S-02) のコア写真と柱状図

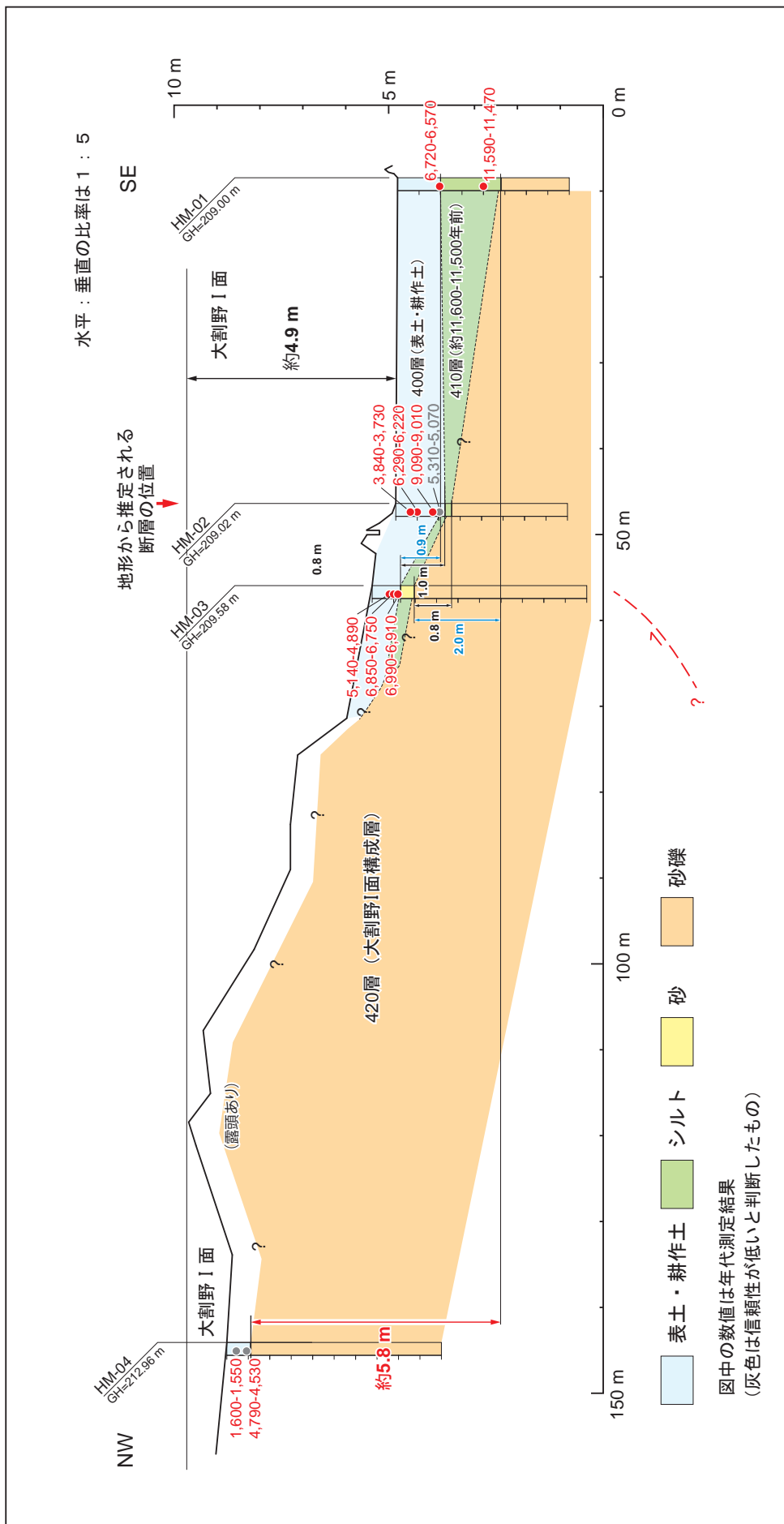


図21 干溝南地点の調査結果に基づく地形地質断面解釈図

放射性炭素年代は、暦年較正した値の1シグマの幅(単位はcal.yBP)を示す。

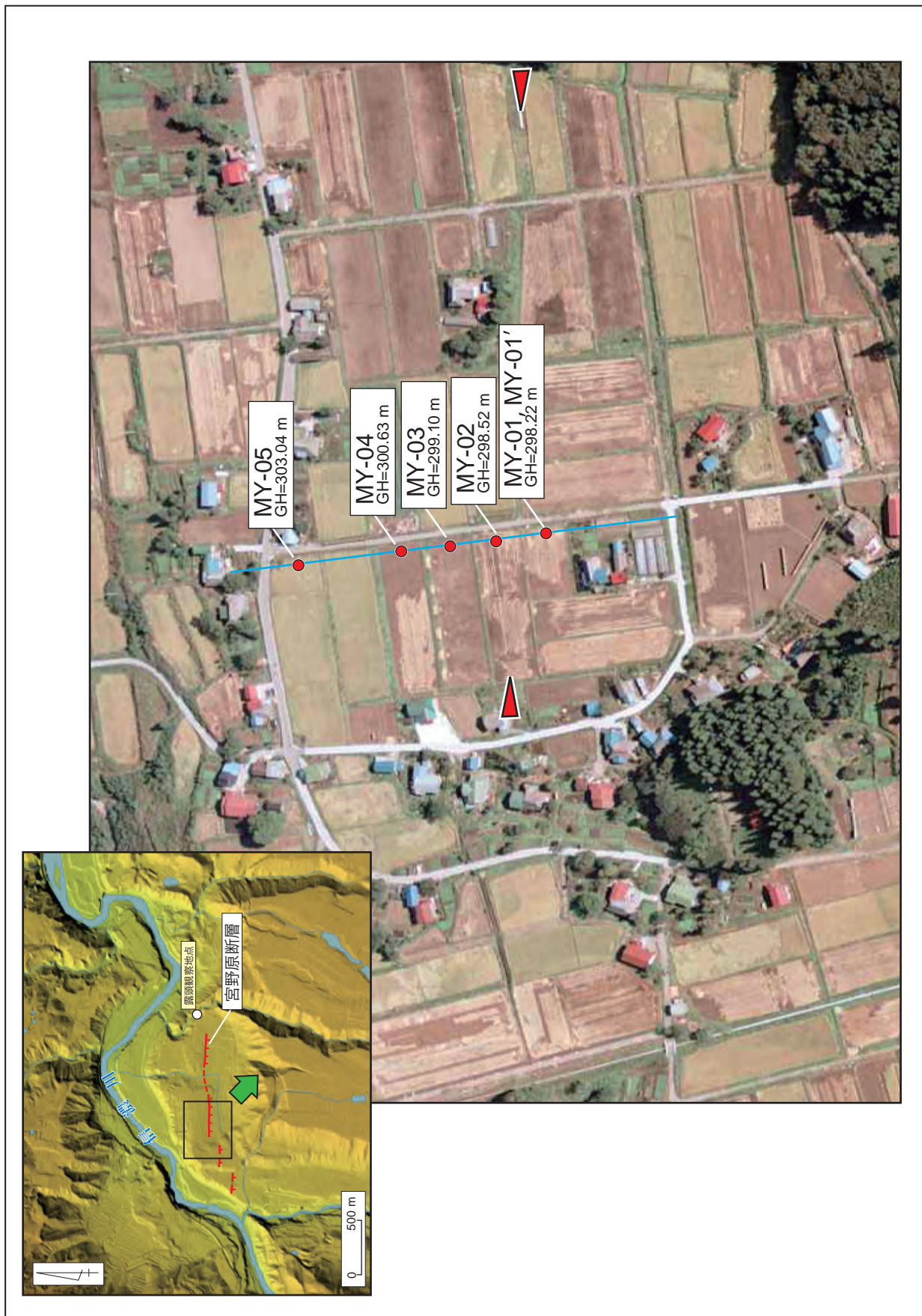


図 22 宮野原地点における調査地点位置図
 基図には、国土地理院撮影空中写真 (CCB765-C17-13) を使用した。赤色の丸印は掘削地点を、青色の線は図 17 の地形地質断面の位置を示す。

MY-01

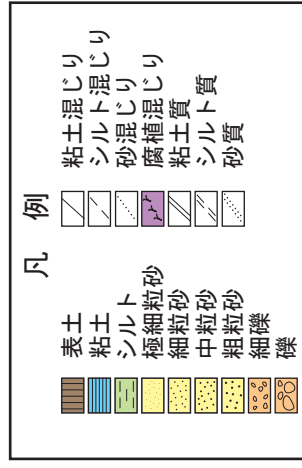
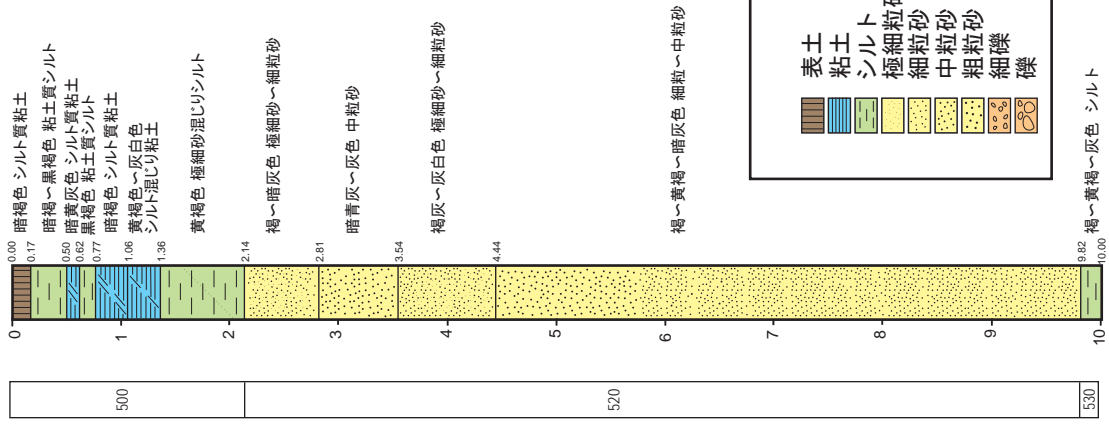


図 23 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-01) のコア写真と柱状図

MY-01'

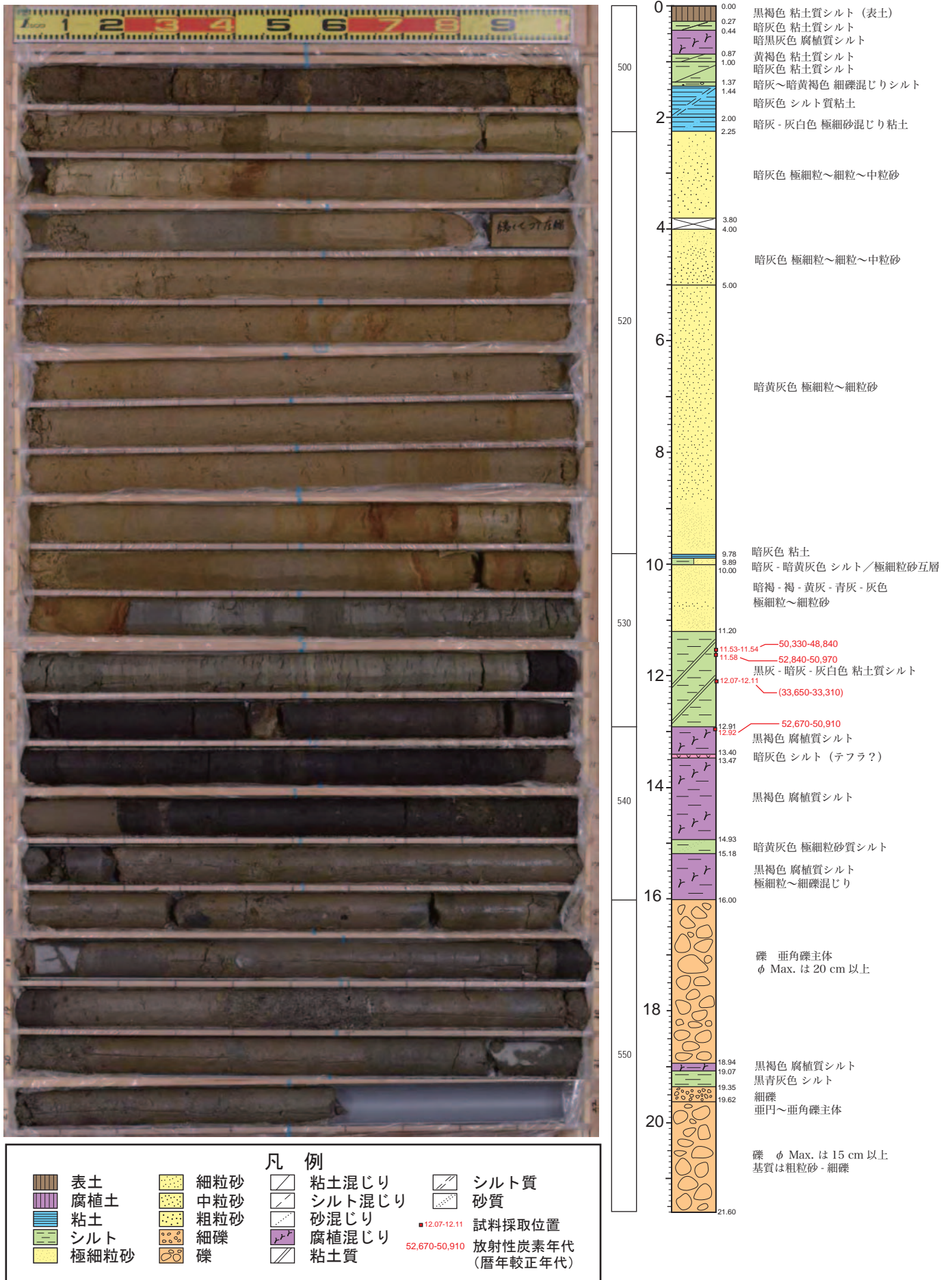


図 24 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-01') のコア写真と柱状図

MY-02

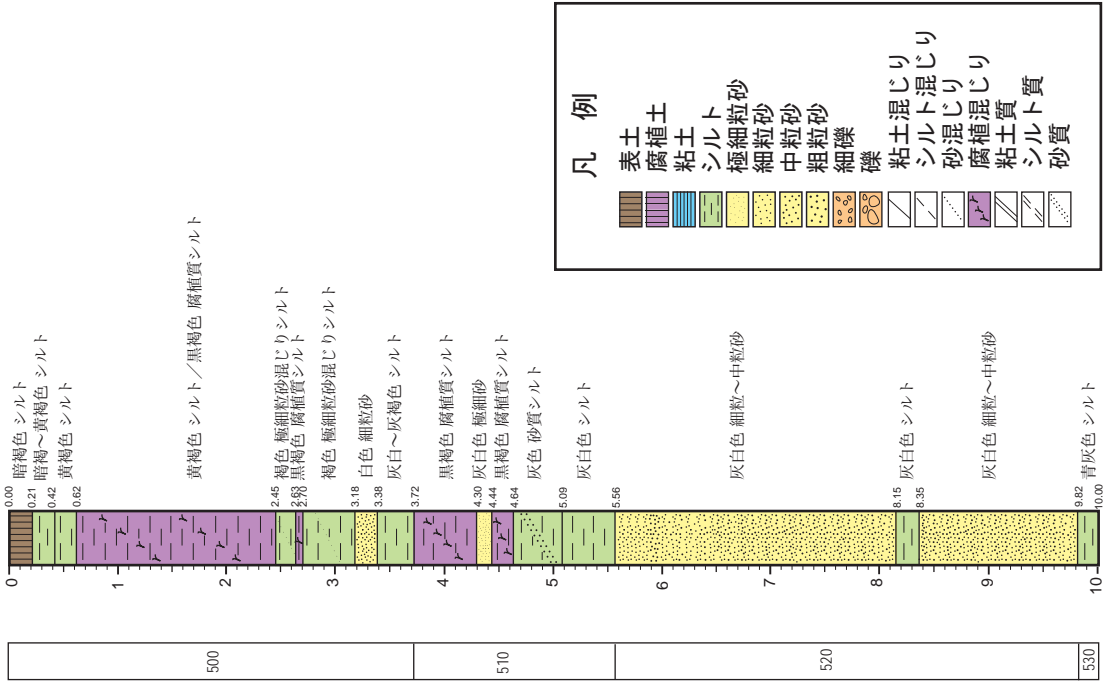


図 25 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-02) のコア写真と柱状図

MY-03

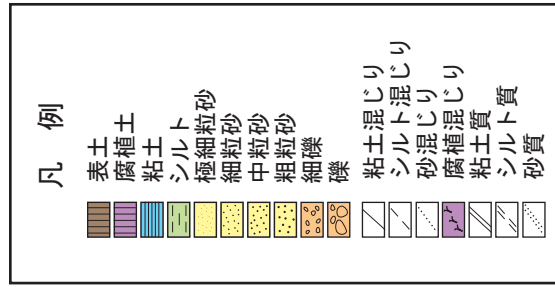
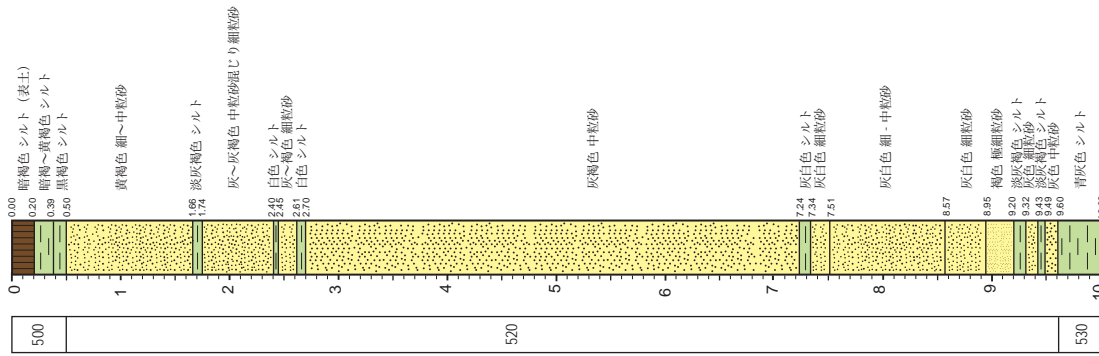


図 26 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-03) のコア写真と柱状図

MY-04

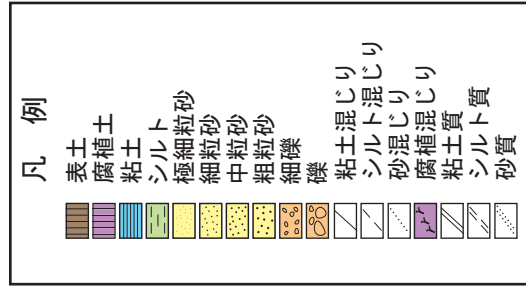
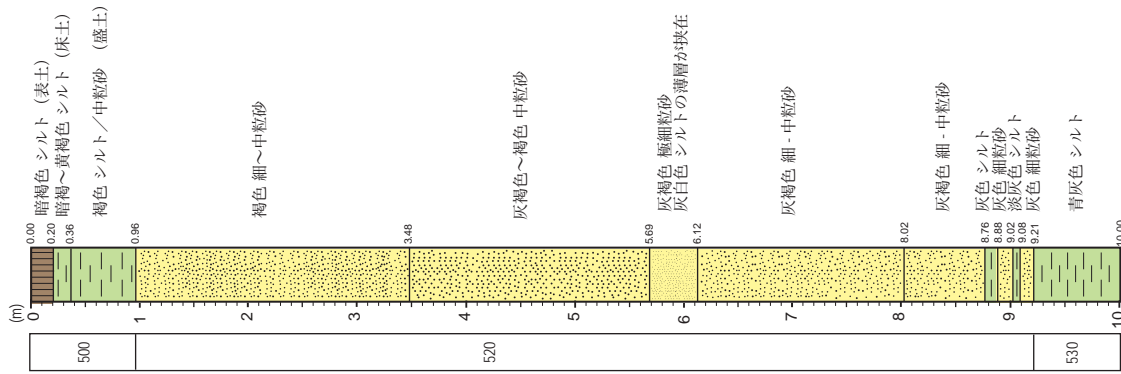


図 27 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-04) のコア写真と柱状図

MY-05

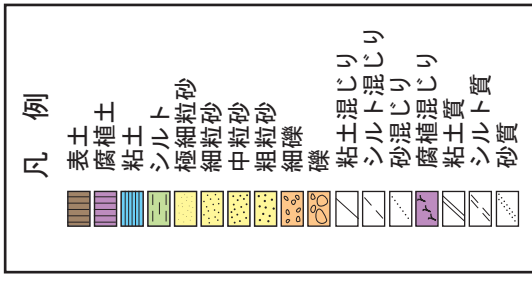
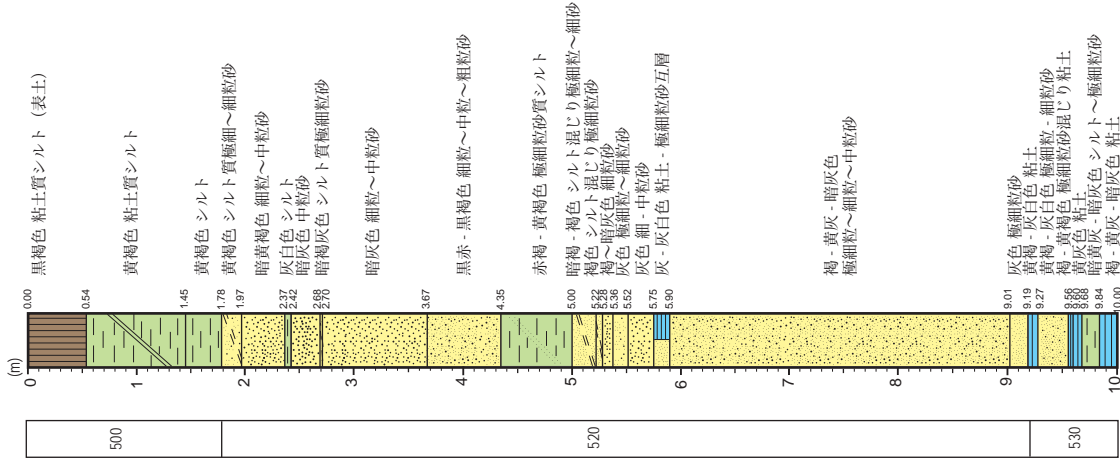
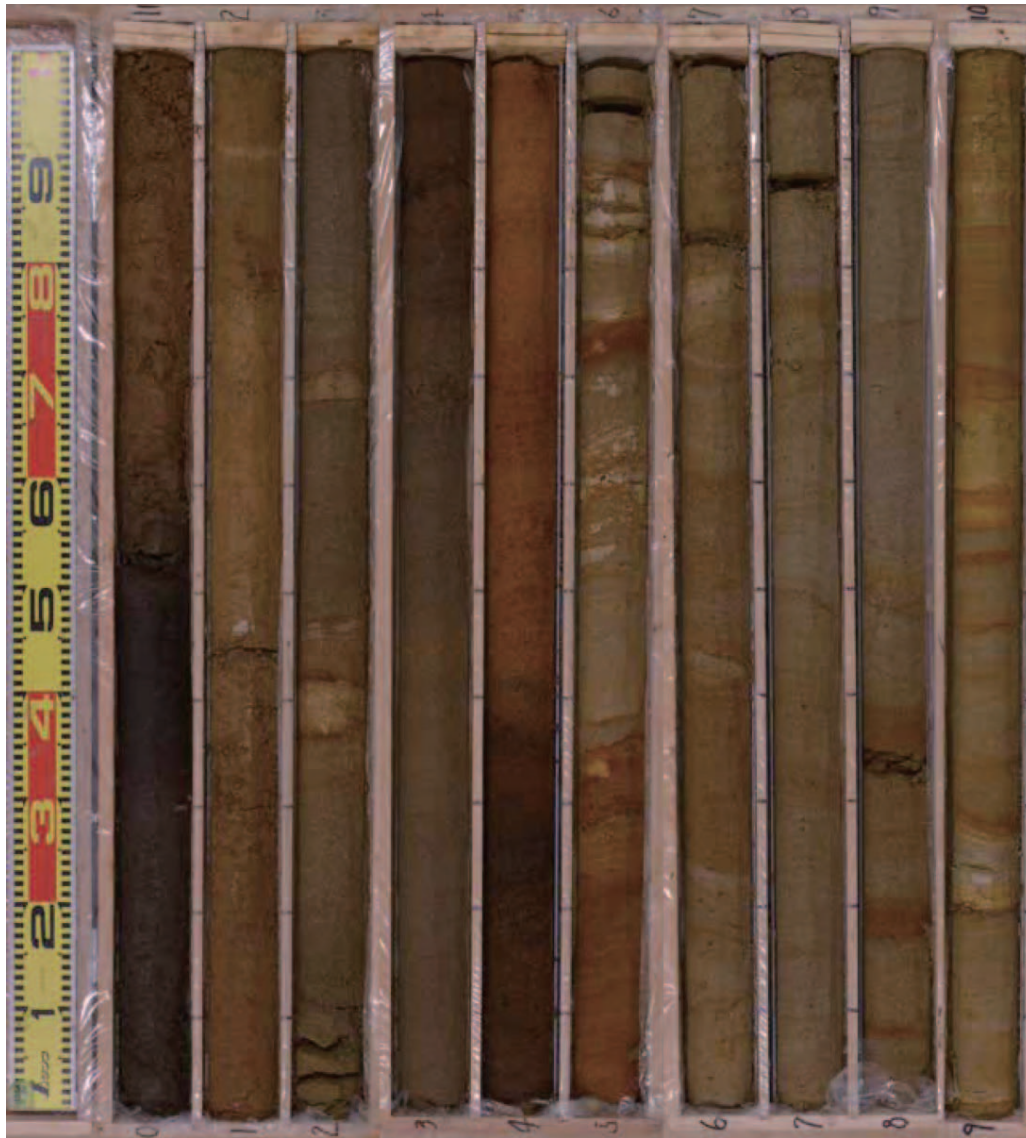


図 28 十日町断層帯宮野原地点で掘削したボーリング (MY-05) のコア写真と柱状図

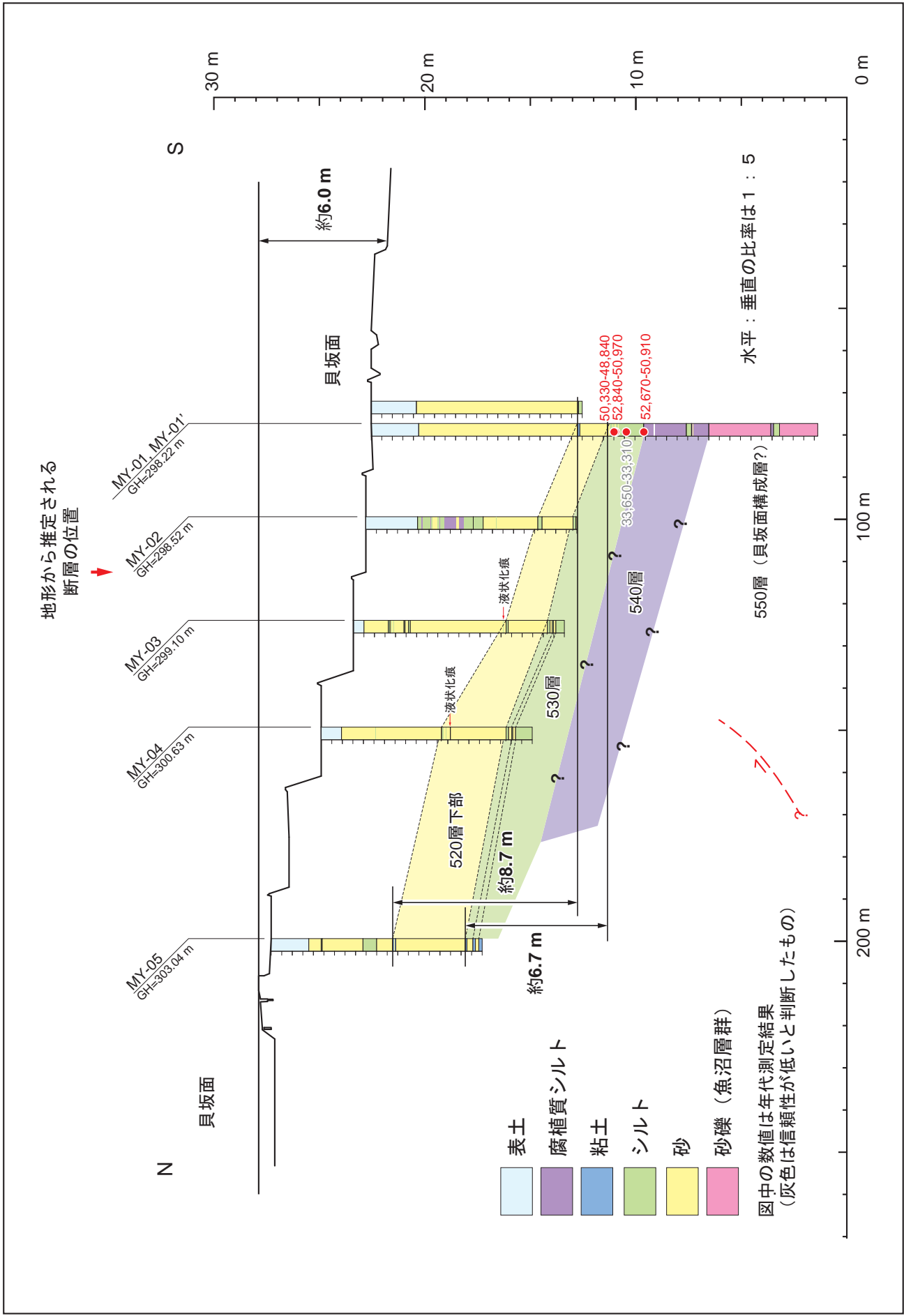


図29 宮野原地点の調査結果に基づく地形地質断面解釈図
放射性炭素年代は、暦年較正した値の1シグマの幅(単位はcal.yBP)を示す。

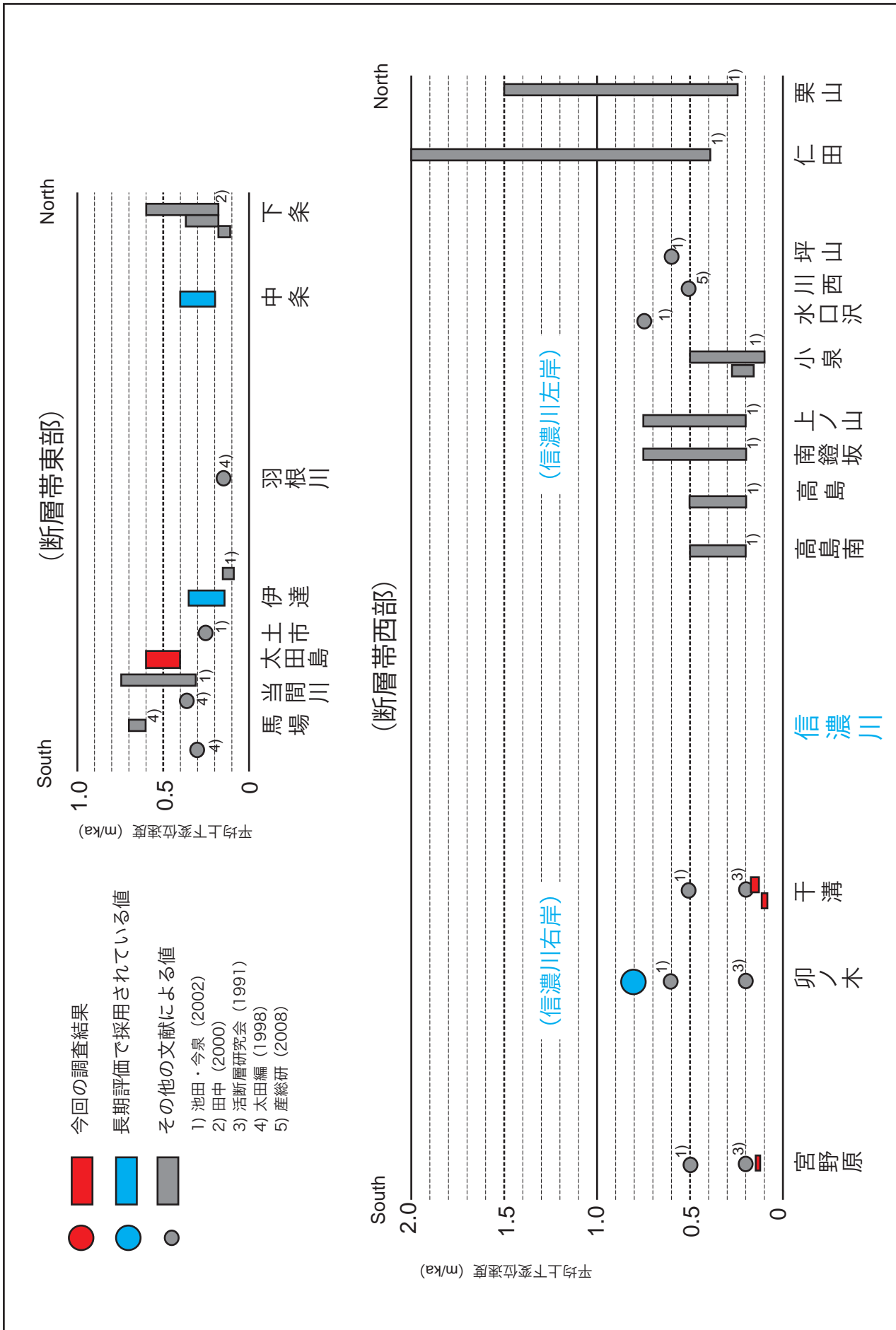


図 30 十日町断層帯における平均変位速度分布図