

3. 研究報告

3.1 津軽山地西縁断層帯（南部）の調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 津軽山地西縁断層帯（南部）の調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所	助教	白濱 吉起 ^{#1}
国立研究開発法人産業技術総合研究所	研究グループ長	丸山 正
国立研究開発法人産業技術総合研究所	研究員	レグット 佳

^{#1} 2023年10月異動

(c) 業務の目的

津軽山地西縁断層帯（南部）は長さが約23 kmで、マグニチュード7.1～7.3程度の地震が発生し、断層の近傍の地表面において東側が西側に対して相対的に2～3m程度高まる段差や撓みが生ずる可能性がある。しかし、本断層帯南部の最新活動後の経過率および将来の地震発生確率は不明とされている。過年度事業において、断層帯浅部の地下形状が明らかとなり、0.3～0.4 m/千年の平均上下変位速度が得られた。本事業では、この値の検証と活動性の把握を目的として、新たな地点において平均変位速度の推定を行う。また、活動間隔や地震発生確率の推定には、正確な断層長の推定が必要であるため、端部において地形地質調査を実施し、断層長について検討を行う。本年度は既存の地形データに基づく地形判読と、地形地質調査を行い、断層の分布形状や変位地形を把握する。平均変位速度推定に適した1箇所以上を選定し、ボーリング調査またはピット調査を実施し、編年のための試料採取・分析を実施する。

(d) 3か年の年次実施業務の要約

1) 令和4年度：なし

2) 令和5年度：

既存の地形データに基づく地形判読と地形地質調査を行い、断層の分布形状や変位地形を把握した。平均変位速度推定に適した1箇所においてボーリング調査を実施し、地層の分布・変形を把握するとともに年代測定のための試料採取・分析を実施した。

3) 令和6年度：

浅部断層形状および地下地質構造を把握するため、1箇所以上の地点において反射法地震探査およびボーリング調査を実施する。それらの地質断面から平均上下変位速度を推定する。複数地点から得られた平均上下変位速度と地形地質調査によって推定された断層長に基づき、本断層の活動性について検討する。

(2) 令和5年度の成果

(a) 業務の要約

津軽山地西縁断層帯（南部）の分布形状・変位地形を把握するため、同断層帯南端部付近を対象に空中写真および地形データを使用し、地形判読を実施した。判読の結果、青森県平川市新屋地区に広がる低位段丘面に撓曲変形が認められたため、新屋地区およびその周辺において地形地質調査を実施し、ボーリング掘削候補地点を選定した。低位段丘面の撓曲崖に直交して横切るように掘削深度10mのボーリングを5孔掘削し、群列ボーリングによって地層の分布・変形を確認した。調査の結果、地形面は十和田八戸火砕流堆積物に覆われており、その基底面に約1.9mの上下変位が認められた。地質構造と堆積年代から約11~16ka以降の累積変位量と考えられることから平均上下変位速度は約0.12~0.17mm/yrと推定された。

(b) 業務の成果

1) はじめに

津軽山地西縁断層帯は、津軽山地の西縁に位置する東上がりの断層である（図1）。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）（以下、地震調査委員会，2004）は、同断層帯を北部と南部の2つの起震断層に区分している。そのうち、本業務の調査対象である津軽山地西縁断層帯（南部）は、黒石断層から構成され、青森市西部から平川市北西部にかけて南北方向に分布している（図1）。同断層帯南部の位置・形態は、村岡・長谷（1990）、渡辺・鈴木（1999）、池田・他編（2002）、中田・今泉編（2002）、長森・他（2013）および今泉・他編（2018）などに示されている。同断層帯南部については、2022年度「活断層評価の高度化・効率化のための調査」事業において産業技術総合研究所が平均変位速度推定のための調査を実施した。調査では、低位段丘面に変形が認められる断層中部の黒石市高館地区、同市竹鼻地区および青森市本郷地区を対象としてP波およびS波を震源とする反射法地震探査、掘削深度80mのボーリング1孔の掘削を実施した。加えて、断層の隆起側および低下側でボーリング・ピット・露頭調査を実施し、地層の分布および変形を確認した。その結果、同断層帯南部の主断層は東に60°程度で傾斜する東側隆起の逆断層であることがわかった。また、十和田大不動火砕流堆積物の落差と噴出時期から、主断層の平均変位速度（上下成分）として約0.3~0.4m/千年（0.6m/千年以下）の値が見積もられた。また、断層北部の孫内川沿いでの地質調査によって、従来推定されていた活断層トレースを横断してほぼ連続的に露出する八甲田第1期火砕流堆積物に明瞭な断層が認められなかったことから、従来の活断層トレースより短くなる可能性が示唆された（産業技術総合研究所，2022）。

断層帯沿いの一地点において平均変位速度が推定されたものの、その値の信頼性の検討や断層に沿った平均変位速度分布の把握が必要である。また、平均変位速度から地震発生確率を算出するためには、断層長を定める必要があり、断層南端の断層分布を確認することが必要である。そのため、以下の調査を実施した。1）同断層帯南部南端付近の分布・形状を明らかにするための地形・地質調査を平川市周辺で実施した。2）同断層帯南部南端付近の平均変位速度の把握を目的とし、平川市新屋地区において深度10m×5孔の群列ボーリングを実施した。

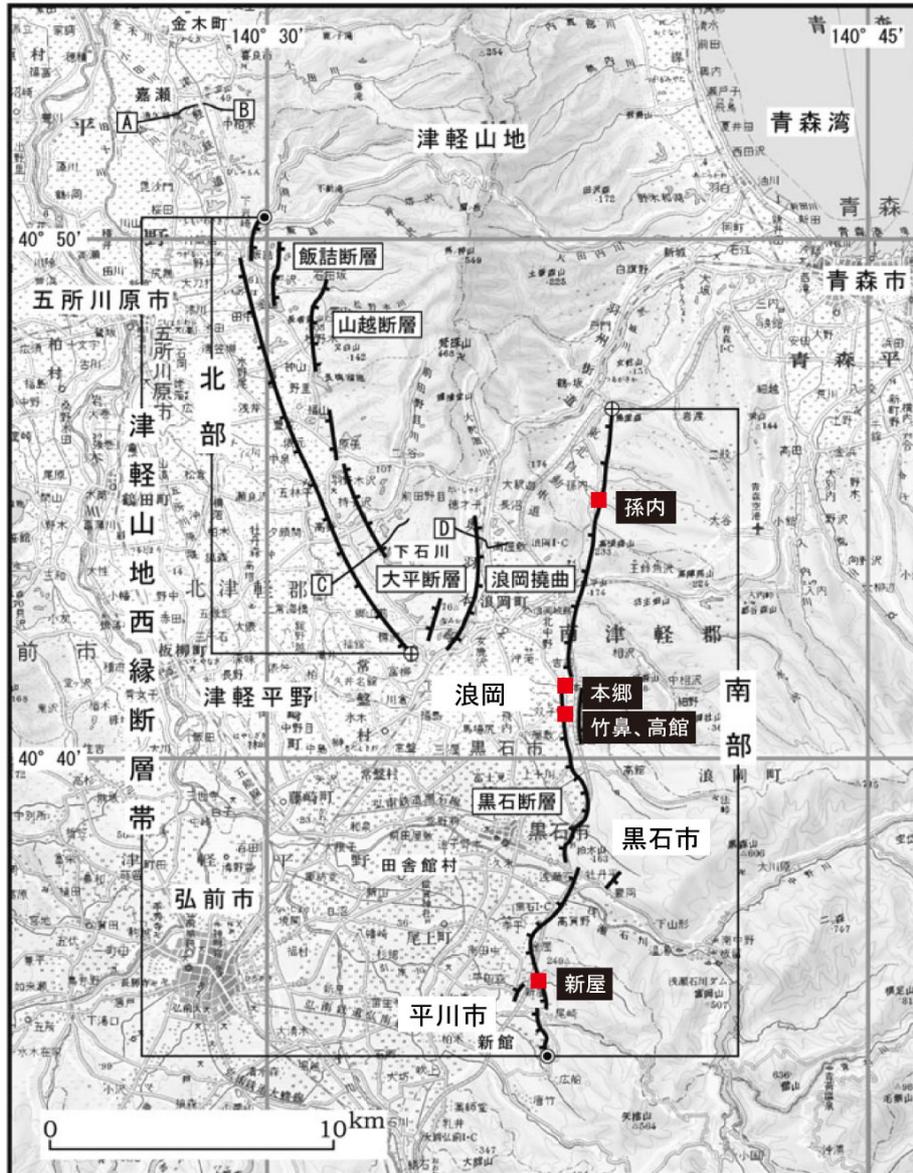


図1 津軽山地西縁断層の分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004 に加筆）

2) 周辺の地質概要

調査地域周辺の地質図(村岡・長谷, 1990)を図2に示す。以下の地質記載は村岡・長谷(1990)に従い、岩相には5万分の1地質図幅「黒石」に示された記号を付す。

調査地域東側の津軽山地には下位から中新世の温湯層(Np、Ns、Nt)、鮮新世の尾開山凝灰岩(Ym)、三ツ森安山岩(M)、虹貝凝灰岩(It)、大釈迦層(D)、更新世前期の青荷凝灰岩(0t)、更新世後期の八甲田第2期火砕流堆積物(H2)、十和田軽石流堆積物(T)が分布している。八甲田第2期火砕流堆積物は調査地域の山地の北西部などに分布し、八甲田カルデラを給源とする火砕流堆積物である。十和田軽石流堆積物(T)には十和田大不動軽石流堆積物や十和田八戸軽石流堆積物などが含まれる。

現在の遠手沢流域には、大釈迦層(D)、青荷凝灰岩(0t)、八甲田第2期火砕流堆積物(H2)が主に分布している。流域には中新世の地層を中心に波長の短い南北方向の褶曲構造が発達しており、西側から順に遠手沢背斜、遠手沢向斜、白岩背斜、白岩向斜などの名称が付されている。遠手沢背斜から西側では、地層が33~73°西に傾斜する。

調査地域の位置する平野部には、更新世後期~完新世の堆積物が広く分布する。浅井川や遠手沢は平野部において扇状地を形成し、その西側には段丘堆積物や沖積層が分布する。5万分の1地質図幅「黒石」(村岡・長谷, 1990)では、黒石断層には黒石逆断層系の名称が付されており、津軽平野の縁辺を画する複数の断層からなる。調査地域付近の黒石断層は黒石市高賀野から平川市金屋を通過しそのまま南南西へ延びるとされ、金屋から南南東へ分岐した広船断層が示されている。

調査地域周辺の平野部の地形面区分を記載した既往研究としては平賀町教育委員会(2000)が挙げられる。平賀町教育委員会(2000)によると、群列ボーリング調査を行った地点は尾上面に区分される。尾上面の構成層は駒木浮石流凝灰岩(十和田大不動火砕流堆積物相当層)とされ、より低位の平賀面の主な構成層が古懸浮石流凝灰岩(十和田八戸火砕流堆積物相当層)とされている。5万分の1地質図幅「黒石」(村岡, 長谷, 1990)によると扇状地堆積物(f)の分布域に位置する。

津軽山地には断層活動の結果と考えられる西傾斜の地層が確認される。また、平野部には火砕流堆積物が広がっており、変位基準面として活用できる可能性がある。

3) 調査手法

a) 地形判読および地質踏査

写真判読および地形データによる判読を行い、新屋地区周辺の断層変位地形を把握した(図3)。また、浅井川沿いの露頭において段丘面を被覆する凝灰質堆積物が確認された。これらは既往研究によって指摘されている十和田大不動火砕流堆積物もしくは十和田八戸火砕流堆積物の可能性がある。そのため、同河川に沿って地質踏査を行い、3地点の露頭を観察し、凝灰質堆積物の噴出時期推定のための試料を採取した(図4)。

b) ボーリング調査

ボーリング調査は新屋地区で実施した(図3)。新屋地区では推定される断層の撓曲崖と直交するように深度10 mのボーリングを隆起側で2孔(ARY-01 および ARY-02)、撓曲部で1孔(ARY-03)、低下側で2孔(ARY-04 および ARY-05)掘削した(図5)。

ボーリング掘削地点の位置や標高を、GNSS 測量機およびトータルステーションを用いた測量により確認した。3級基準点を2点設置し、その精度は5 cm 程度以内とした。また、ボーリング孔を結ぶ測線の地形縦断面を作成した。

c) 試料分析

新屋地区で採取したボーリングコアの地層の年代を把握することを目的として、また凝灰質堆積物露頭の地形面の離水時期を推定することを目的として、放射性炭素年代測定および火山灰分析を行った。

放射性炭素年代測定は、ボーリングコア試料から採取した植物片、木片、炭化木片および腐植質シルトについて行った。測定は、株式会社加速器分析研究所に依頼した。また、上記のボーリングコア、露頭壁面のうち凝灰質堆積物の細粒部分を採取して火山灰分析(全鉍物組成分析、火山ガラス形態分類、火山ガラスおよび重鉍物の屈折率の測定)を実施した。分析は株式会社古澤地質に依頼した。

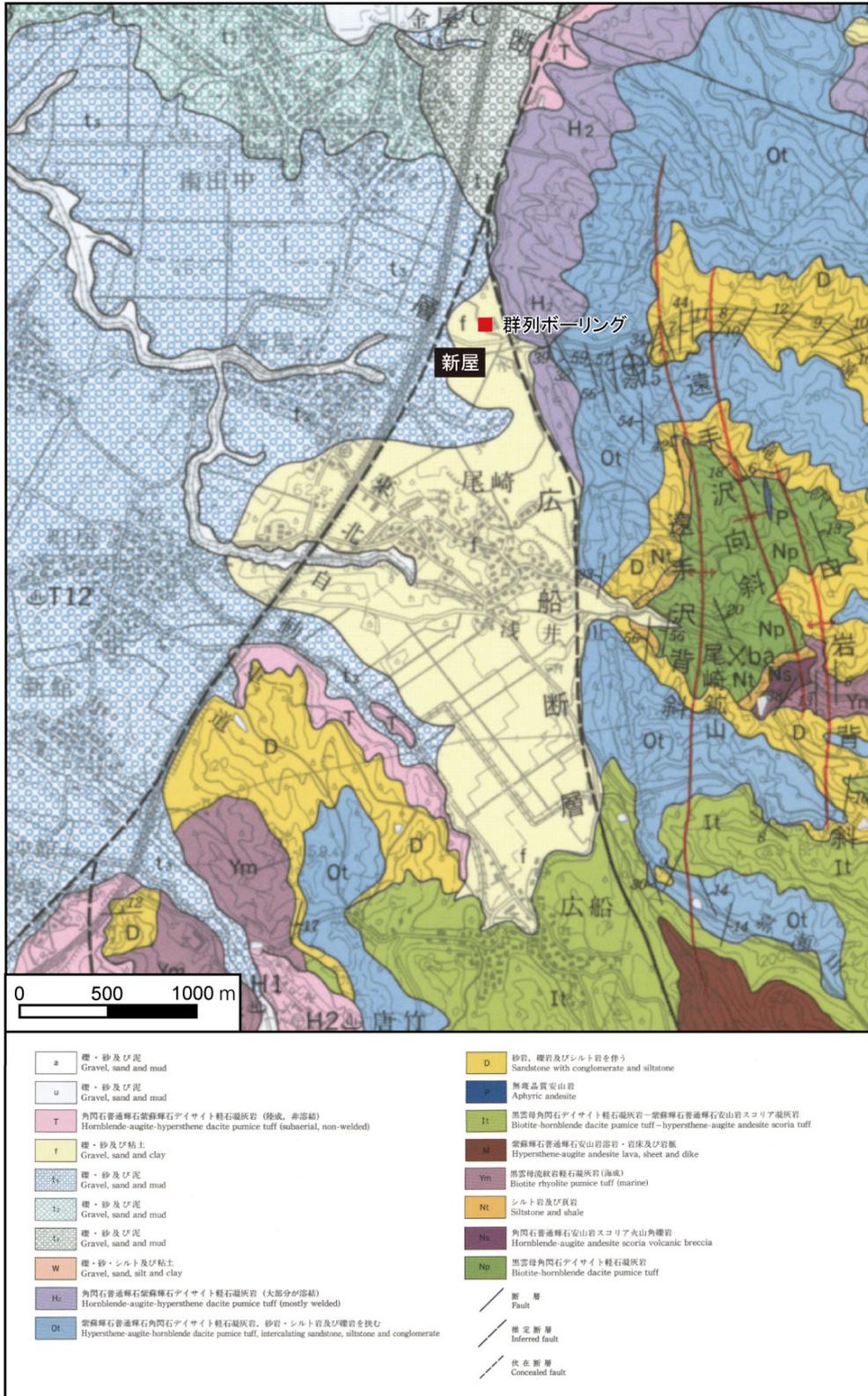


図2 平川市新屋地区周辺の地質図
5万分の1地質図「黒石」(村岡・長谷, 1990)に加筆

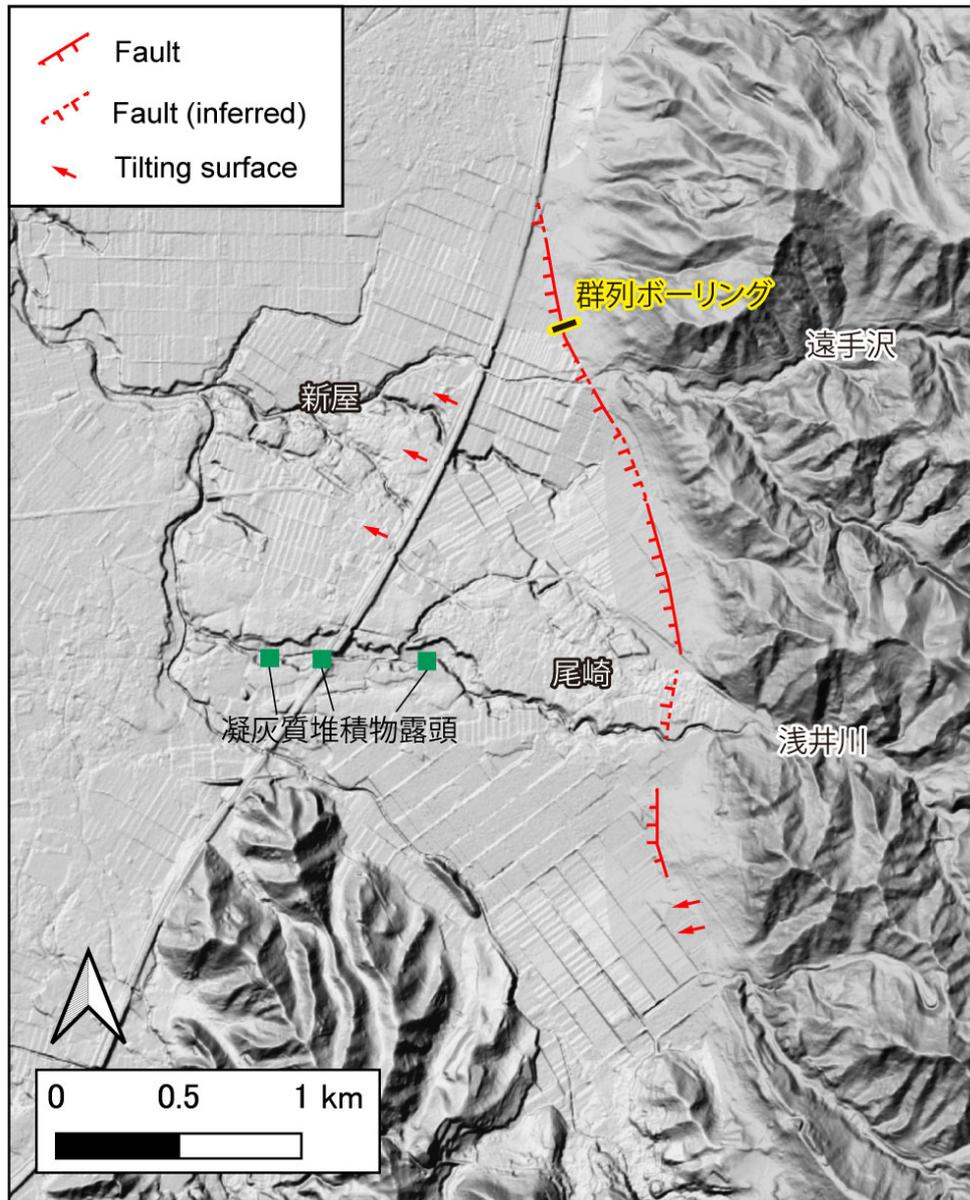


図3 平川市新屋地区および尾崎地区周辺の地形図
 背景は国土地理院電子国土Webより陰影起伏図および傾斜量図を使用。



図4 凝灰質堆積物の露頭

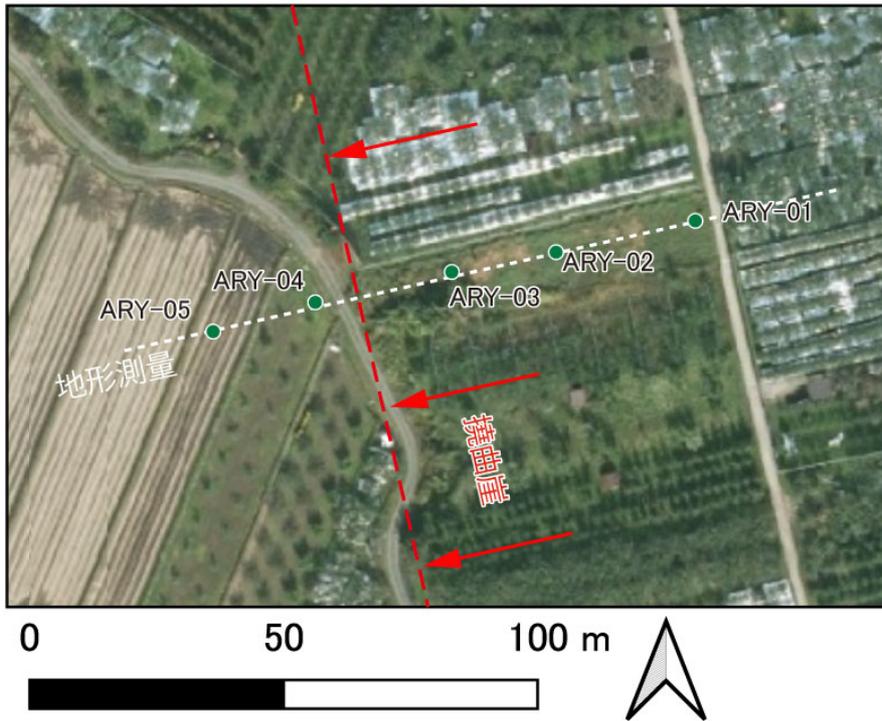


図5 群列ボーリング位置図

背景は国土地理院電子国土Webより空中写真（シームレス）を使用。

4) 調査結果

a) 地形判読および地質踏査

地形判読の結果、山地と平野の境界部から 100～200 m 平野側に並走するように撓曲崖が認められた。隆起側と低下側は同じ地形面、もしくは隆起側の地形面が低下側では埋没している可能性がある。地形からは約 3 m の落差が見積もられたが、初生的な崖地形である可能性や、低下側で侵食や埋没が生じている場合、地形的な落差を変位量とみなすことは難しい。そこで、群列ボーリングにより地層の分布・形状の把握を試みた。

群列ボーリングは断層推定位置を横断する形で東西方向に 5 孔掘削した (図 5)。孔名は東側から順に ARY-01～ARY-05 と呼称した。ARY-01～ARY-03 は推定される撓曲崖基部より東側の緩傾斜の畑地を掘削し、ARY-04 および ARY-05 は断層推定位置より西側の、それぞれ果樹園および水田を掘削した。いずれのボーリング孔も掘進長は 10 m である。ARY-01～ARY-03 の位置する地形面は緩やかに西に傾斜し、ARY-03 と ARY-04 の間に斜面と沖積面の境界がある。斜面は境界に向けて勾配がやや急になっており撓曲崖の基部と推定される。ARY-04 および ARY-05 の位置する地形面は西に向かって緩やかに標高が下がる。

段丘構成層を調査するため、周辺の地質踏査を実施したものの、平野部において露頭は極めて乏しく、周辺に露頭は確認できなかった。調査地点より南の尾崎周辺においてのみ、段丘面を覆う凝灰質堆積物の露頭が連続して認められた (図 3 および図 4)。堆積物の厚さは 3 m 以上あり、村岡・長谷 (1990) の十和田軽石流堆積物 (T) に相当すると考えられる。群列ボーリング地点や周辺の地形面を広く覆っていると考えられることから、試料を採取し、火山灰分析を行った。

b) ボーリング調査結果

各ボーリング孔の地質概要としては、各孔とも表層付近に凝灰質堆積物が認められ、その下部は砂、シルト、礫からなる扇状地堆積物が確認された。扇状地堆積物中には多数の材や腐植質シルトが認められた。火山灰分析および放射性炭素年代測定の結果、ARY-01 孔の表層付近の凝灰質堆積物は十和田八戸テフラ (To-H、町田・新井、2003) に対比されると判断した。

5 孔のボーリングコアについての観察結果を以下に記載する。図 6～図 15 に柱状図およびコア写真を示した。

ARY-01 (孔口標高 69.80 m、掘進長 10.00 m ; 図 6 および図 7)

0.00～0.33 m : 耕作土。黒褐色の腐植質シルトからなり、植物根が侵入する。締まりが悪い。

0.33～1.25 m : 礫混じり砂質シルト。灰褐色を呈する火山灰質の砂質シルトからなり、最大径 1.5 cm の垂角礫を含む。礫種は軽石、安山岩、玄武岩からなり、淘汰は悪く、下位層から漸移する。下部ほど礫の最大径が大きく、上方細粒化している。

1.25～2.13 m : 凝灰質砂礫。砂礫を主体とし、基質は火山灰質のシルトからなる。礫径は最大 4 cm の垂角礫で、礫種は安山岩、玄武岩、軽石などからなる。安山岩礫の表面付近に酸化・水酸化鉄が濃集している。淘汰は悪く、締まりは非常に悪い。下位層との境界は不明瞭である。

2.13～2.21 m : 軽石混じり砂質シルト。最大径 4 mm のにぶい黄橙色の軽石を基底に伴う火山灰質の砂質シルト。下底面およびその上位に 2 層の黄橙色の風化層を挟在する。

- 2.21～2.29 m：軽石混じりシルト。非常に締まりの悪い火山灰質のシルトからなり、上位の礫による削り込みを受けて上面は凹凸している。礫は径1 cm未満で主に軽石からなる。炭質物を含む。
- 2.29～2.31 m：腐植質シルト。炭質物の濃集層を含むシルトからなり、ラミネーションが湾曲する。指圧で変形する。
- 2.31～2.58 m：礫混じりシルト質砂。シルト質砂からなり、基質は砂である。最大径1.5 cmの亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、軽石、シルト岩からなる。炭質物が散在する。
- 2.58～2.72 m：礫混じり砂。主に中砂からなり、最大径1 cmの亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、軽石などからなる。締まりは比較的良い。2.64～2.70mは暗灰色を呈する。
- 2.72～2.86 m：細粒火山灰。灰黄色の火山灰質シルトで締まりが悪い。2.72 m、2.75 mに幅約1 cmの褐色帯を挟む。下底面は酸化により赤褐色を呈する。砂が挟在し、ラミナが認められ、フラッドロームの可能性はある。
- 2.86～2.93 m：礫混じり砂。主に粗砂～中砂よりなり、最大径5 mmの亜円礫を含む。礫種は玄武岩、軽石などからなる。締まりは比較的良い。
- 2.93～3.00 m：砂質シルト。灰黄色の火山灰質シルトで橙色の砂層がレンズ状に挟まる。わずかにラミナが認められ、フラッドロームの可能性はある。締まりは比較的良い。
- 3.00～3.30 m：礫。最大径8 cmの亜角礫を主体とし、基質は橙色の砂からなる。礫種は主に安山岩からなる。淘汰は悪く、明褐色の基質部は指圧で崩れる。
- 3.30～3.36 m：最大径1.5 cmの亜角礫を主体とし、基質は褐灰色の砂からなる。礫種は安山岩、長石、軽石、スコリアなどからなる。
- 3.36～3.62 m：礫混じり砂質シルト。灰褐色の砂質シルトからなり、最大径1 cmの亜円礫を含む。礫種は暗灰色の安山岩、軽石、シルト岩、スコリアなどからなる。淘汰は悪い、下部にラミナが認められる。表面が酸化した軽石が認められる。
- 3.62～4.24 m：砂礫。最大径10 cmの亜角～亜円礫を主体とし、基質は粗砂～中砂からなる。礫種は黒色、緑色および暗灰色の安山岩、軽石からなり、植物片が散在する。基質は一部ではシルト質で、淘汰は非常に悪い。締まりは悪い。
- 4.24～4.55 m：礫混じり砂質シルト。灰色を呈する腐食質の砂質シルトからなり、炭化した植物片を多く含む。4.28～4.35 mにシルトの薄層を挟み、植物片の長軸が層理面に配列し、ラミナを形成している。
- 4.55～5.50 m：砂礫。最大径8 cmの亜角～亜円礫を主体とし、基質は粗砂～中砂からなる。礫種は軽石、安山岩、デイサイト、シルト岩などからなる。黒～暗褐色を呈する植物片が散在する。
- 5.50～6.07 m：礫まじり砂。最大径1.5 cmの亜角～亜円礫を含む砂からなる。礫種は軽石、安山岩などからなる。基質は上方細粒化し、上部5.50～5.95 mはややシルト質である。5.73 mと5.75 mに褐灰色でラミナのある腐植質シルトを挟在し、層厚はそれぞれ2～5 mmと2～4 cmで膨縮、湾曲する。5.90 m以深は暗褐色を呈する。

- 6.07～6.22 m：礫混じりシルト。黄緑灰色のシルトからなり、径5mmの細礫～粗砂層を挟在する。ラミナが認められ、下位層から漸移する。締まりは悪く、指圧で変形する。
- 6.22～7.30 m：礫混じり砂。粗砂～細砂を主体とし、最大径4cmの亜角～亜円礫を含む。礫種は赤色および暗灰色のスコリア、安山岩および軽石などからなる。安山岩質溶岩と軽石礫の風化が著しく、とくに6.60～6.70 mでは礫形が崩れ構造が判別できない。下部ほど礫率が高く、上方細粒化し、上位層に漸移する。
- 7.30～7.60 m：礫。最大径4cmの亜円礫を主体とし、基質は粗砂からなる。礫種はスコリア、安山岩、玄武岩、軽石などからなる。上方細粒化し、上位層に漸移する。
- 7.60～8.67 m：礫混じり砂質シルト。灰褐色の砂質シルトからなり、最大径2cmの亜円礫を含む。礫種は安山岩、軽石などからなる。8.32 m以深は概ね砂優勢で、概ね上方細粒化している。7.60～7.70 m、8.42～8.47 m付近にラミナが認められる。
- 8.67～9.40 m：礫。最大径5cmの亜角～亜円礫を主体とし、基質は粗砂～中砂からなる。礫種は安山岩、玄武岩、軽石からなる。上部では細礫および粗砂の割合が高く、上方細粒化して上位層に漸移する。
- 9.40～9.50 m：砂質シルト。緑灰色のシルトからなり、細砂をわずかに含む。淘汰は良い。指圧で変形する。
- 9.50～9.70 m：シルト質砂。中砂～細砂を主とするシルト質砂で、暗緑灰色を呈する。淘汰は良く、上方細粒化して上位層に漸移する。
- 9.70～9.90 m：砂質シルト。緑灰色のシルトからなり、細砂をわずかに含む。指圧で容易に変形する。
- 9.90～10.00 m：シルト質砂。暗緑灰色を呈する中砂～細砂を主体とするシルト質砂からなる。淘汰は良く、上方細粒化して上位層に漸移する。

ARY-02（孔口標高68.81 m、掘進長10.00 m；図8および図9）

- 0.00～0.38 m：耕作土。黒褐色のシルトからなり、植物根が混入する。非常に締まりが悪い。細砂～径1cmの亜角礫～亜円礫を含む。礫種は主に軽石からなる。
- 0.38～0.84 m：軽石混じり腐植質シルト。黒褐色のシルトからなり、径5mm未満の黄橙色の軽石が散在する。締まりが悪い。
- 0.72m、0.81m：軽石の密集層を挟在する。
- 0.84～1.50 m：軽石混じり砂質シルト。最大径1cmの亜角～亜円礫を含む砂質シルトからなり、基質部が黄橙色と暗褐色の縞状のパターンを繰り返す。礫種は軽石を主体とし、安山岩、玄武岩などを含む。軽石は暗褐色の基質中で白色、黄橙色の基質中で黄橙色を呈する。
- 1.30～1.46 m：暗褐色の砂質シルトで礫を含まない。粗砂サイズの白色の岩石片、炭質物や植物片が散在する。
- 1.50～2.57 m：凝灰質砂礫。最大径2cm礫～粗砂を主体とし、基質は火山灰質シルトからなる。礫は亜角礫で、礫種は安山岩、玄武岩、軽石からなる。まれに植物片を含む。2.10～2.30 mに、酸化縞がわずかに認められる。

- 2.57～2.68 m：腐植質シルト。暗褐色を呈する腐植質シルトからなり、炭質物の濃集層を複数挟在する。
- 2.68～3.09 m：砂-シルト互層。砂礫優勢層とシルト優勢層が細かいピッチで互層している。
- 2.68～2.77 m：砂礫。最大径1 cmの細礫と粗砂～中砂の基質からなる。礫は亜角で礫種は安山岩、玄武岩、軽石などからなる。締まりは良い。
- 2.77～2.80 m：砂質シルト。褐灰色の砂質シルトからなり、わずかにラミナが認められる。
- 2.80～2.83 m：礫混じり砂。褐灰色を呈する火山灰質の細砂からなり、最大径5 mmの細礫の薄層を伴う。
- 2.83～2.84 m：砂質シルト。褐灰色の砂質シルトで、淘汰は良い。
- 2.84～2.86 m：砂礫。最大径7 mmの亜角礫～粗砂からなる。礫種は軽石、安山岩などを含む。
- 2.86～2.90 m：シルト。褐灰色のシルトで、淘汰は良い。
- 2.90～2.96 m：礫混じりシルト質砂。最大径4 mmの亜角礫を基底に含むシルト質砂。礫種は軽石、安山岩などからなる。
- 2.96～3.09 m：シルト質砂。にぶい黄色のシルト質砂で層がやや湾曲する。ラミナがわずかに認められる。下底面は酸化鉄により褐色を呈する。
- 3.09～3.50 m：礫混じり砂。細砂を主体とし、最大径3 cmの亜角～亜円礫を含む。淘汰は悪い。礫種は凝灰岩、安山岩とスコリア、軽石、玄武岩とその変質した礫からなる。3.10～3.14 mにわずかにラミナを伴う。
- 3.50～3.70 m：砂。わずかに礫を含む砂からなり、粗砂～細砂へと上方細粒化する。礫種は安山岩、軽石などからなる。炭質物を多く含み、3.60～3.70 mは炭質物の含有率が高く暗色を呈する。
- 3.70～3.76 m：礫。最大径7 cmの安山岩の亜角礫からなる。基質は流出により不明。
- 3.76～4.00 m：砂。粗砂～細砂からなる。3.87～3.90 mは炭質物の含有率が高く、やや暗色を呈する。
- 4.00～4.15 m：砂礫。最大径1 cmの礫～粗砂からなる。礫は亜角～亜円礫で、礫種は軽石、玄武岩質のスコリア、安山岩、炭、シルト岩などからなる。
- 4.15～6.49 m：礫。最大径17 cmの亜角～亜円礫を主体とする。礫種は安山岩、流紋岩、スコリアなどからなる。5.80 m以浅の礫の表面には赤褐色の鉄酸化物の沈着が見られる。
- 6.49～6.54 m：礫混じり砂。灰色の中砂～細砂を主体とし、最大径5 mmの亜角礫を含む。礫種は軽石、安山岩などからなる。
- 6.54～6.70 m：砂。灰色の細砂からなり、淘汰良好でラミナが認められる。
- 6.70～7.00 m：礫。最大径6 cmの亜角礫を主体とし、基質は粗砂からなる。礫種は黒または赤色の安山岩、軽石、流紋岩などからなる。全体として暗灰色を呈する。
- 7.00～7.13 m：砂。暗緑灰色の中砂からなり、淘汰は良い。締まりは比較的良い。
- 7.13～7.26 m：礫混じり砂質シルト。灰色の砂質シルトからなり、最大径5 mmの細礫を含む、礫形は亜角～亜円、礫種は安山岩、玄武岩、軽石などからなる。7.20～7.25 mにレンズ状に細礫の密集層を挟む。締まりは良く、指圧で変形しない。

- 7.26～7.30 m：シルト。緑黄色のシルトで植物片が散在する。上下位層との境界は明瞭であり、湾曲する。指圧でやや変形する。
- 7.30～7.52 m：礫混じり砂。暗緑灰色の粗砂～中砂を主体とし、最大径 1.5 cm の亜角礫を伴う。指圧でやや変形する。
- 7.52～7.58 m：シルト。灰色のシルトを主体とし、深度 7.54 m にレンズ状の細礫密集層を挟む。ラミナが認められる。指圧で変形する。
- 7.58～7.76 m：砂礫。粗砂～中砂を主体とし、最大径 2 cm の亜角～亜円礫を含む。6.61 m 付近でややシルト質となる。全体的に暗緑灰色で、指圧で変形する。7.74～7.76 m は褐色を帯び、非常に堅固である。
- 7.76～7.99 m：砂質シルト。灰緑色の細砂とシルトの互層からなり、ラミナが発達する。全体的に指圧でやや変形する。上部は赤褐色の鉄酸化色を呈し、固く変形しない。木片や炭質物を多く含む。
- 7.99～8.11 m：砂礫。最大径 5 cm の亜角礫と、ややシルト混じりの中砂の基質からなる。礫種は黒または赤色の安山岩などからなる。木片を多く含む。
- 8.11～8.25 m：礫混じり砂質シルト。暗灰色の細砂と明緑灰色のシルトが互層し、全体として緑灰色を呈する。基底部に最大径 5 mm の亜角礫の密集層を挟み、概ね上方細粒化している。礫種は黒または赤色の安山岩、軽石など。
- 8.25～8.28 m：腐植質シルト。灰褐色のシルトからなり、植物片を含む。植物片の繊維は層理面と平行に配列する。
- 8.28～8.88 m：砂礫。最大径 4 cm の礫～細砂からなり、全体として灰色を呈する。礫は亜角～亜円礫で、礫種は赤色および黒色の安山岩、軽石などからなり、木片を伴う。上方細粒化が 2 サイクル認められ、上部に共通して植物片が認められる。
- 8.88～9.48 m：礫混じりシルト質砂。有機質なシルト質砂からなり、灰色を呈する。最大径 1 cm の礫を含む。礫種は安山岩、軽石などからなる。最大径 86 mm 超の木片を多く含む。
- 9.48～9.82 m：砂質シルト。暗緑灰色の砂質シルトを主体とし、最大径 1 cm の亜角礫を稀に含む。シルトと砂の優勢部が互層する。炭化した植物片が散在する。9.70～9.77 m は炭質物が基質部に濃集している。
- 9.82～9.89 m：砂。暗緑灰色の粗砂～中砂からなる。9.84 m に膨縮するシルト質の薄層を挟在する。指圧でわずかに変形する。
- 9.89～10.00 m：砂質シルト。緑灰色の砂質シルトからなり、ラミナが発達している。比較的締まりは良く、指圧でわずかに変形する程度である。

ARY-03 (孔口標高 67.37 m、掘進長 10.00 m；図 10 および図 11)

- 0.00～0.48 m：表土。黒褐色の砂混じりシルトからなり、上部に葉や植物根が混じる。締まりは悪い。
- 0.48～1.00 m：軽石混じり砂質シルト。明黄褐色を呈する砂質シルトからなり、最大径 5 mm の亜角礫を含む。礫種は軽石、安山岩、玄武岩などからなる。粒径、色調はともに下位層から漸移する。

- 1.00～2.97 m：凝灰質砂礫。にぶい黄橙色を呈する火山灰質な基質の砂礫。礫径は最大5 cmで
亜角礫～亜円礫を含む。礫種は軽石を主体とし、安山岩および玄武岩を含む。
火砕流またはその二次堆積物と推定される。
- 1.00～1.45 m：礫径が大きく、淘汰が悪い。基質が赤みを帯び、外形が不明瞭で基質と一体と
なっている。
- 1.50～2.17 m：比較的淘汰良好で、一部だがわずかにラミナが認められる。
- 2.00～2.17 m：軽石礫が上方細粒化している。
- 2.20～2.38 m：全体的に赤みを帯び、腐り礫が見られる。
- 2.43 m：褐色沈着物の濃集帯で、これ以深は褐色を帯びる。
- 2.60～2.82 m：軽石礫が逆級化を示す。
- 2.82～2.97 m：青灰色を呈し、軽石礫が上方細粒化する。炭質物や礫の長軸がほぼ水平方向に
配列している。
- 2.97～3.01 m：泥炭。樹木と見られる炭化した植物繊維がほぼ水平に重なる。
- 3.01～4.00 m：礫混じり砂。主に粗砂～中砂からなり、最大径3 cmの亜円礫を含む。
- 3.03～5.25 m：石英粒子の多い粗砂からなる。
- 3.70～3.86 m：最大径1.5 cmの軽石の亜円礫を多く含む。
- 4.00～4.25 m：礫混じり腐植質砂質シルト。灰色の腐植質な砂質シルトからなり、径5 cm超の
炭化木片や、最大径1 cmの亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、凝灰岩などか
らなる。4.10～4.20 mはとくに炭質物が濃集している。
- 4.25～6.00 m：礫混じりシルト質砂。主にシルト質砂からなり、にぶい黄橙色を呈する。最大
径2 cmの亜角～亜円礫を稀に含み、4.67～4.86 mは軽石礫を多く含む。木片が
散在し、4.64 mに径5 cmの木片を含む。
- 6.00～6.42 m：礫混じり腐植質砂質シルト。砂質シルトからなり、最大径4 cmの亜角礫を含む。
炭質物が散在する。5.13～6.28 mは基質部に炭質物が濃集し、黒褐色を呈する。
礫種は安山岩、玄武岩、凝灰岩を主体とし、わずかに軽石を含む。
- 6.42～6.96 m：砂質シルト。シルトと細砂の互層からなり、全体的にオリーブ灰色を呈する。
シルトには炭質物、砂層には軽石が散在し、ラミナを形成する。6.84 mに径1
cm未満の亜角礫が挟在する。礫種は軽石、凝灰岩などからなる。
- 6.95～6.96 m：最大径3 mmの亜円礫が挟在する。
- 6.96～7.07 m：腐植質シルト。灰色のシルトからなり、基質に炭質物が濃集し、木片が散在す
る。
- 7.07～7.35 m：砂混じりシルト。オリーブ灰色を呈するシルトからなり、粗砂と炭質物が混じ
る。わずかにラミナが認められる。
- 7.35～7.80 m：礫混じり砂。オリーブ灰色の粗砂～中砂を主体とし、最大径5 mmの亜角礫を伴
う。礫種は安山岩、軽石などからなる。
- 7.80～8.02 m：礫混じり砂質シルト。オリーブ灰色のシルトを主体とし、砂優勢の薄層を挟み、
ラミナを形成する。径5 mm以下の軽石が散在する。
- 8.02～8.60 m：礫混じり砂。粗砂を主体とし、最大径1.5 cmの亜角礫を含む。全体的に灰色を
呈する。崩れやすく指圧で容易に変形する。

8.60～10.00 m：砂礫。最大径 10 cm の亜角～亜円礫からなり、細礫～粗砂を基質とする。礫種は安山岩、玄武岩および凝灰岩などからなり、砂優勢部に軽石を含む傾向が見られる。全体的に灰色を呈する。締まりは比較的良好で、指圧でわずかに変形する。9.25～9.40 m は中～細砂を挟み、わずかにラミナが認められる。9.33 m には径 4 cm の木片を含む。

ARY-04 (孔口標高 64.68 m、掘進長 10.00 m；図 12 および図 13)

- 0.00～0.30 m：耕作土。黒褐色の砂礫混じりの腐植質シルトからなり、植物が混じる。締まりは悪い。
- 0.30～1.72 m：礫。径 10 cm～3 mm の亜円礫よりなる。礫種は安山岩、玄武岩を主体とし、基質は赤褐色を呈し、細礫～砂～シルトからなり、淘汰は悪い。
- 1.72～1.89 m：凝灰質砂礫。凝灰質なシルトを主体とし、砂礫を含む。灰白色を呈する。礫は最大径 1 cm の亜角礫で、軽石を主体とし、安山岩を含む。
- 1.89～1.93 m：泥炭。炭質物が濃集し、黒色を呈する。
- 1.93～2.65 m：礫混じり砂。中砂～細砂を主体とし、最大径 5 mm の亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、玄武岩、軽石などからなる。所々に粒度の違いによるラミナが認められる。2.07 m および 2.30 m でややシルト質となる。2.24～2.28 m で細礫優勢となる。2.38 m 以深では礫率が高い。
- 2.65～2.86 m：礫。最大径 6 cm の亜角～亜円礫からなる。礫種は安山岩を主とする。
- 2.86～3.32 m：礫混じり砂。径 5 mm の細礫～中砂からなり、全体的に灰色を呈する。礫種は安山岩を主とする。2.86～2.96 m では軽石が混じる。
- 3.32～3.75 m：礫。径 4 cm～数 mm の礫からなる。礫は亜角～亜円礫で、扁平な礫の長軸は水平方向に配列する傾向が見られる。礫種は安山岩、凝灰岩などからなる。下位層を削り込んでいる。
- 3.75～3.78 m：腐植質シルト。黒褐色のシルトからなり、炭質物が濃集する。
- 3.78～3.87 m：礫混じりシルト質砂。灰色を呈するシルト質砂からなり、最大径 5 mm の亜円礫を含む。礫種は軽石を主とし、安山岩を含む。
- 3.87～3.96 m：礫混じり砂質シルト。暗灰黄色の砂質シルトからなり、最大径 5 mm の亜角礫を含む。礫種は軽石、安山岩などである。3.91 m では粗砂の薄層を挟在する。
- 3.96～4.00 m：シルト質砂。中～細砂を主体とし、下部 2 cm は火山灰質シルトで灰黄色を呈する。上部 2 cm は黄褐色を呈し、やや粗粒である。
- 4.00～4.13 m：礫混じり砂。中砂～細砂を主体とし、灰オリーブ色を呈する。4.06 m、4.10 m では幅 1 cm 未満の亜円礫の薄層を挟在する。ラミナが認められる。
- 4.13～4.19 m：砂礫。径 1 cm 以下の亜円礫～粗砂からなる。粒子は軽石が多い。
- 4.19～4.40 m：砂。粗砂を主体とし、まれに径 5 mm 以下の細礫を含む。礫種は安山岩を主体とする。淘汰は良い。
- 4.40～4.60 m：砂質シルト。緑灰色の砂質シルトからなり、細礫～砂を伴う。

- 4.60～4.83 m：礫混じりシルト。主にシルト質砂からなり、にぶい黄橙色を呈する。木片が散在し、稀に最大径2 cmの亜角～亜円礫を含む。4.67～4.86 mでは軽石礫率が高い。4.64 mでは径5 cmの木片を含む。
- 4.83～5.00 m：砂混じり腐植質シルト。黒褐色のシルトからなり、炭質物が濃集する薄層を挟在する。湾曲するラミナが認められる。
- 5.00～5.13 m：礫混じり砂質シルト。明灰黄色の砂質シルトからなり、最大径7 mmの細礫を伴う。礫は亜角礫で、礫種は安山岩を主体とし、まれに軽石を含む。
- 5.13～5.38 m：砂質シルト。明灰黄色のシルトからなり、稀に最大径5 mmの亜角礫を伴う。砂優勢層を挟む。5.32 mに炭質物の濃集層を伴う。
- 5.38～5.60 m：シルト質砂礫。粗砂を主体とし、径7 mm以下の細礫を含む。基質はシルト質である。礫種は安山岩を主体とし、礫は亜角礫である。5.38～5.48 mはやや腐植質で、灰色を呈する。
- 5.60～7.15 m：砂質シルト～砂礫互層。灰緑色の砂質シルトを主体とし、礫優勢層、砂優勢層を挟在する。下位層とは炭で限られ、境界は明瞭である。5.60～6.00 mは礫混じり砂質シルト。6.00～6.15 mは礫混じりシルト質砂。径5 mm以下の軽石が密集する。6.15～6.28 mでは極細砂～シルト。6.28～6.36 mでは砂礫。径1 cm以下の亜角礫密集層があり、礫種は安山岩を主とする。6.46～6.48 mは砂質シルト。6.48～6.58 mは砂礫。径2 cm以下の亜角～亜円礫が密集する。礫種は安山岩、凝灰岩を主とする。6.58～6.62 mは礫混じり砂質シルト。6.62～6.68 mは砂礫。径5 mm以下の細礫が密集する。礫は亜円礫で、礫種は安山岩、軽石などからなり、植物片を伴う。6.68～6.72 mはシルト。6.72～6.83 mは中～細砂。6.83～6.90 mは礫混じり砂質シルト。灰色のシルト質砂からなり、炭質物が散在し、下部に径1 cm以下の軽石を含む。ラミナが発達する。6.90～7.15 mは砂礫。最大径5 cmの亜角～亜円礫と、粗砂～中砂の基質からなる。礫種は安山岩、軽石、凝灰岩などからなる。
- 7.15～7.27 m：泥炭。炭質物が濃集しており、基質はシルトからなる。植物繊維が層理面に水平に配列する。
- 7.27～7.70 m：礫混じり砂質シルト。最大径5 mmの細礫混じりの砂質シルト～シルト質砂からなる。7.44～7.60 m、7.67～7.70 mに径4 mm以下の軽石礫が多い。7.38～7.43 mは腐植質である。7.50～7.67 m径15 cm超の炭化木片を含む。
- 7.70～7.93 m：砂礫。最大径1.5 cmの礫～粗砂からなる。礫種は安山岩、流紋岩、軽石などからなる。淘汰は悪い。
- 7.93～8.33 m：礫混じりシルト質砂。暗緑灰色のシルト質砂からなり、径5 mm以下の細礫を含む。シルト優勢部と、礫優勢部が互層する。7.97 mおよび8.08 mに幅1 cm以下のシルト層を、8.12～8.14 mおよび～8.33 mでは礫層を挟在する。礫種は安山岩を主体とし、亜円礫からなる。
- 8.33～8.47 m：砂質シルト。シルトを主体とし、炭質物の濃集部を含む。
- 8.37～8.41 m：軽石に富む砂優勢部。

- 8.47～9.13 m：砂礫。最大径7 cmの亜角礫と粗砂～中砂の基質からなる。礫種は安山岩を主体とし、凝灰岩、デイサイトなどを含む。
- 9.13～9.20 m：シルト質砂。幅2 cm以下の中砂～細砂の層と幅約1 cmのシルト層が互層し、ラミナを形成する。
- 9.20～9.33 m：腐植質シルト。黄灰色の腐植質シルトからなり、炭質物が層理面に沿って配列する。
- 9.33～10.00 m：砂-シルト互層。砂を主体とし、4 cm以下のシルトが互を挟む。径1.5 cm以下の礫を含む。礫は亜円礫で、安山岩、軽石などからなる。9.38～9.48 mは粗砂。9.48～9.56 mは細礫を含む細砂。9.62～9.64 mはシルト。9.70～9.70 mはシルト。

ARY-05 (口標高 64.13 m、掘進長 10.00 m；図 14 および図 15)

- 0.00～0.23 m：耕作土。黒褐色の砂礫混じりシルトからなり、植物片が混じる。締まりは悪い。
- 0.23～0.62 m：軽石混じり砂質シルト。黒褐色の腐植質シルトからなり、最大径6 mmの亜角～亜円礫を含む。礫種は軽石、安山岩など。
- 0.62～1.78 m：火山灰質砂質シルト。火山灰質なシルトを主体とし、砂優勢層が互層する。下部は緑灰色、上部は褐色を帯びるほか、1.5 m以浅には層理面とは無関係な高角度な線状の褐色部が散在する。1.50～1.55 mは粗砂を挟在する。
- 1.78～2.55 m：腐植質砂質シルト。褐灰色の腐植質シルトからなり、木片が散在する。2.04～2.30 mに軽石を主体とする粗砂が多く含まれ、ラミナが見られる。
- 2.55～2.80 m：砂礫。最大径4 cmの亜角～亜円礫を主体とし、粗砂の基質を伴う。礫種は安山岩、凝灰岩、軽石などからなる。炭化していない植物片が混じる。
- 2.80～3.80 m：礫混じりシルト質砂。礫混じりのシルト質砂を主体とする。全体的に褐灰色を呈し、炭化木片を斑状に包含する。礫は径3 cm以下の亜角～亜円礫からなり、礫種は軽石を主体とし、安山岩、凝灰岩などからなる。
- 3.80～4.16 m：砂。灰色の砂からなり、下部の粗砂から上部の中砂へと上方細粒化している。
- 4.16～4.22 m：礫。径4 cm以下の亜角礫からなる。礫種は安山岩、デイサイトなどからなる。
- 4.22～4.30 m：礫混じり砂質シルト。灰緑色の砂質シルトからなり、径3 mm以下の細礫を含む。
- 4.30～4.38 m：砂礫。径1.5 cm以下の亜角～亜円礫を主体とする。礫種は発砲の悪い軽石や凝灰岩などからなる。
- 4.38～4.55 m：砂質シルト。灰緑色の砂質シルトからなり、わずかにラミナが認められる。下部ほど細粒でシルトに富み、上方粗粒化する。
- 4.55～5.00 m：礫混じり砂。砂を主体とし、径5 mm以下の亜角礫を稀に含む。4.70～5.00 mにかけて粗砂から細砂へと上方細粒化する。
- 5.00～5.13 m：砂質シルト。灰緑色の砂質シルトからなり、層理面に平行に炭質物が配列する。
- 5.13～5.20 m：シルト質砂。灰緑色の粗砂を主体とするシルト質砂からなり、軽石を含む。
- 5.20～6.00 m：礫混じり砂質シルト。緑灰色の砂質シルトからなり、径2 cm以下の亜角礫を含む。礫種は安山岩、軽石、凝灰岩などでからなる。
- 5.20～5.33 m：腐植質で、径5 cm以上の炭化した木片を多く含み、基質は褐灰色を呈する。

- 6.00～6.47 m：砂。灰色の粗砂を主体とし、淘汰は良い。まれに径1 cm以下の礫を含む。粒子には石英が多い。締まりは悪く、崩れやすい。
- 6.47～6.81 m：砂礫。径4 cm以下の亜角～亜円礫を主体とし、基質は粗砂である。礫種は安山岩や軽石からなる。6.65～6.81 mは礫径が1 cm以下で、基質はややシルト質である。
- 6.81～6.90 m：礫混じりシルト質砂。灰緑色のシルト質砂からなり、亜角～亜円礫を含む。礫は安山岩、軽石などからなる。木片が散在する。炭質物の濃集層が挟まれる。
- 6.90～7.03 m：礫混じりシルト。灰緑色のシルトからなり、径3 mm以下の亜円礫を含む。6.97 m付近に粗砂サイズの軽石密集層を挟在する。上部5 cmはやや褐色を帯び、上方へ腐植質となる。
- 7.03～7.47 m：礫混じり砂。径2 cm以下の亜角～亜円礫を含む砂からなる。礫種は凝灰岩、安山岩、軽石、デイサイトなどからなる。局部的には砂と礫支持の部分を含む。砂優勢層でラミナが発達している。全体的に炭質物が散在する。7.47 mでは炭質物が濃集する。
- 7.47～7.52 m：砂質シルト。やや腐植質なシルトからなり、やや湾曲する炭質物の濃集層を挟在する。
- 7.52～7.70 m：礫混じり砂。砂を主体とし、径6 mm以下の亜角礫を含む。礫種は軽石、安山岩などからなる。炭が散在する。
- 7.70～7.75 m：軽石質火山灰。上部は軽石の密集、下部は軽石混じりの火山灰を主体とする。上方粗粒化が認められる。
- 7.75～8.25 m：礫混じりのシルト質砂。シルト質砂を主体とし、基質は褐灰色を呈しやや腐植質である。礫種は安山岩が主体で軽石を伴う。炭が散在する。
- 7.84～7.90 m：炭質物が濃集する。
- 8.25～8.50 m：砂質シルト。明緑灰色の砂質シルトからなり、8.25～8.33 mおよび8.38～8.42 mに軽石の密集層を挟在する。
- 8.50～8.59 m：シルト質砂。中砂を主体とし、基質はシルトからなり、全体的に灰色を呈する。
- 8.59～8.73 m：砂礫。径約1 cmの亜角礫～粗砂からなる。礫種は安山岩、凝灰岩などからなる。
- 8.73～8.81 m：砂。灰色の細砂からなり、軽石を含む。淘汰は良い。
- 8.81～8.87 m：砂質シルト。緑灰色の砂質シルトからなる。湾曲するラミナがわずかに認められる。
- 8.87～9.63 m：礫混じりシルト質砂。シルト質の粗砂を主体とし、径1.5 cm以下の亜円礫を含む。全体的に灰色を呈し、赤色風化した安山岩や緑色凝灰岩などを含む。淘汰と締まりはともに悪い。
- 9.63～10.00 m：砂礫。径1.5 cm～粗砂を主体とする。砂礫は安山岩、軽石、凝灰岩などからなる。9.68 mではシルトと砂の互層からなる偽礫を含む。9.94 m～10.00 mは径8 cm以上の安山岩の巨礫。

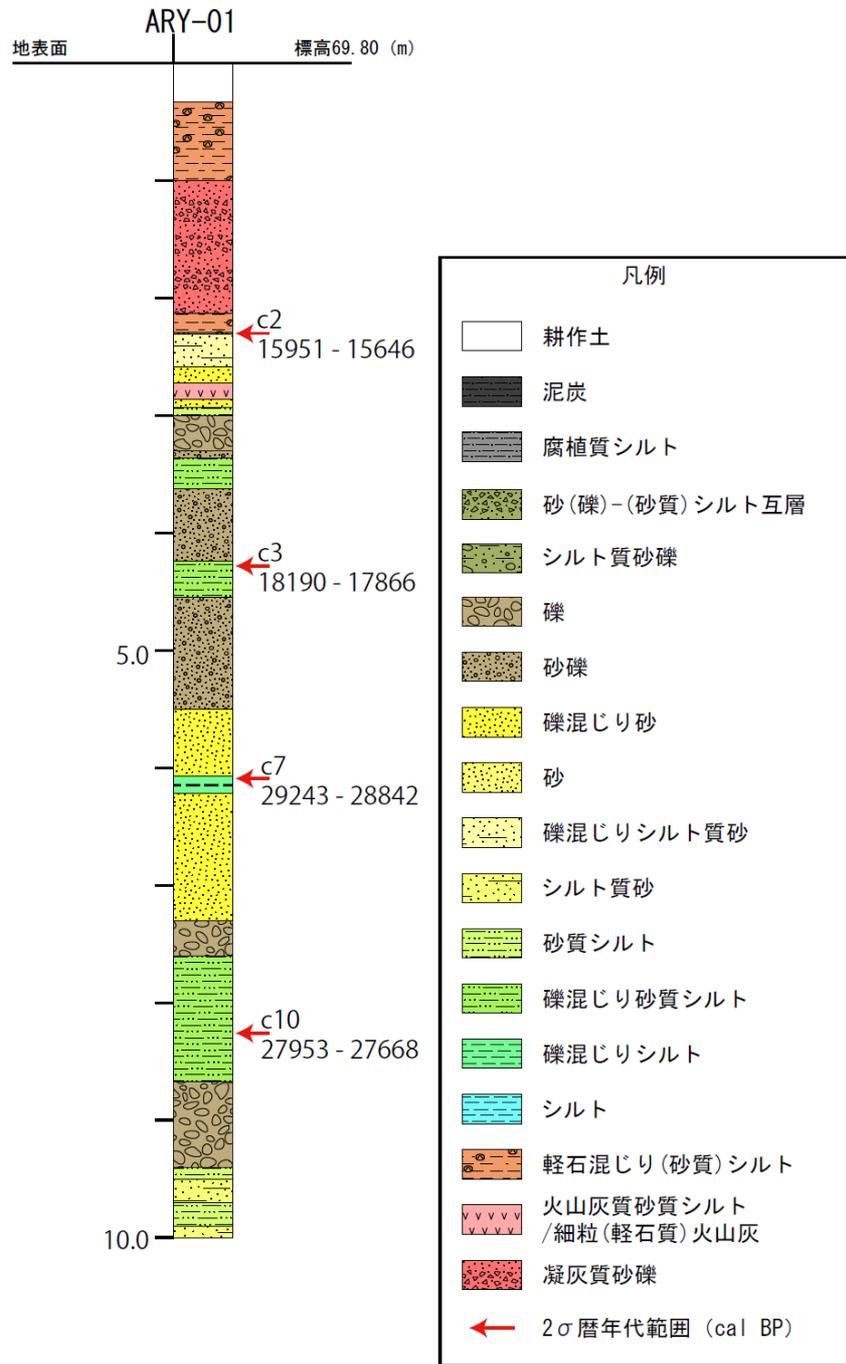


図6 ARY-01 孔柱状図



図7 ARY-01 コア写真

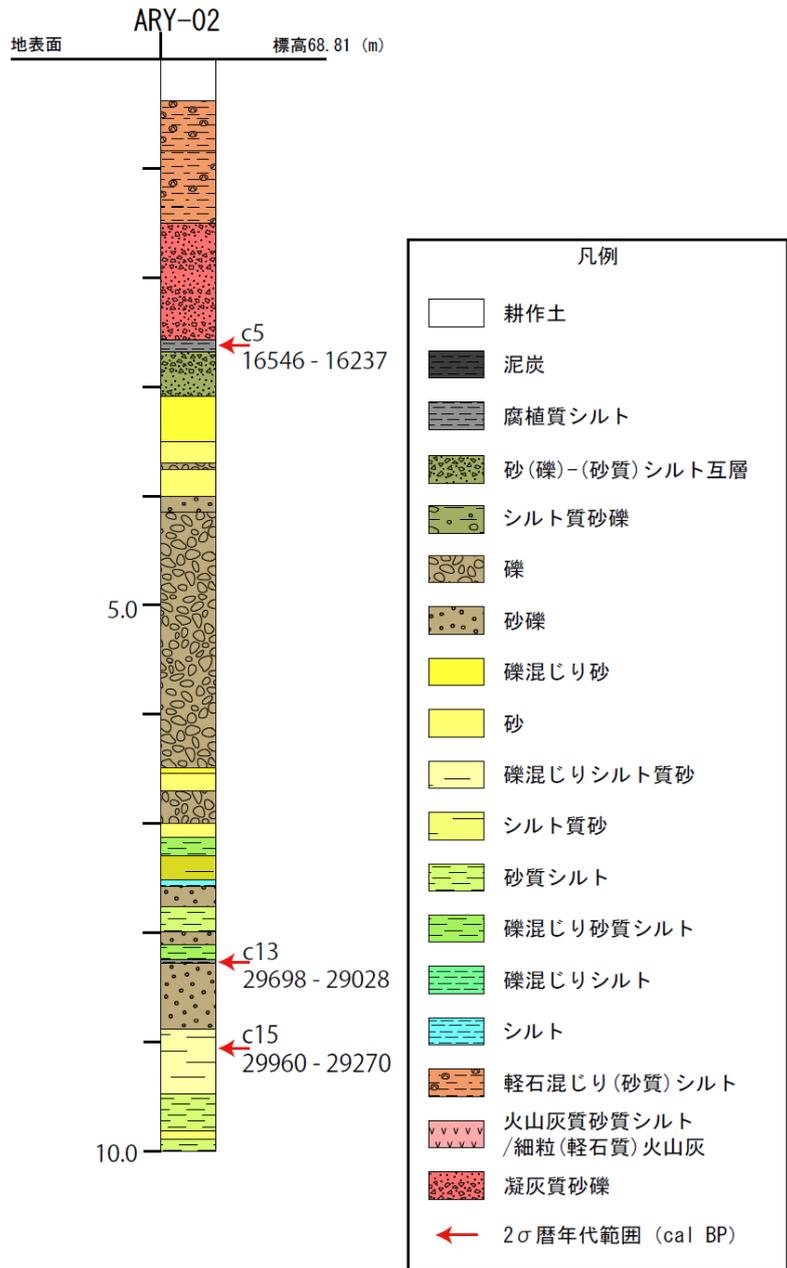


図8 ARY-02 柱状図



図9 ARY-02 コア写真

ARY-03
 地表面 標高67.37 (m)

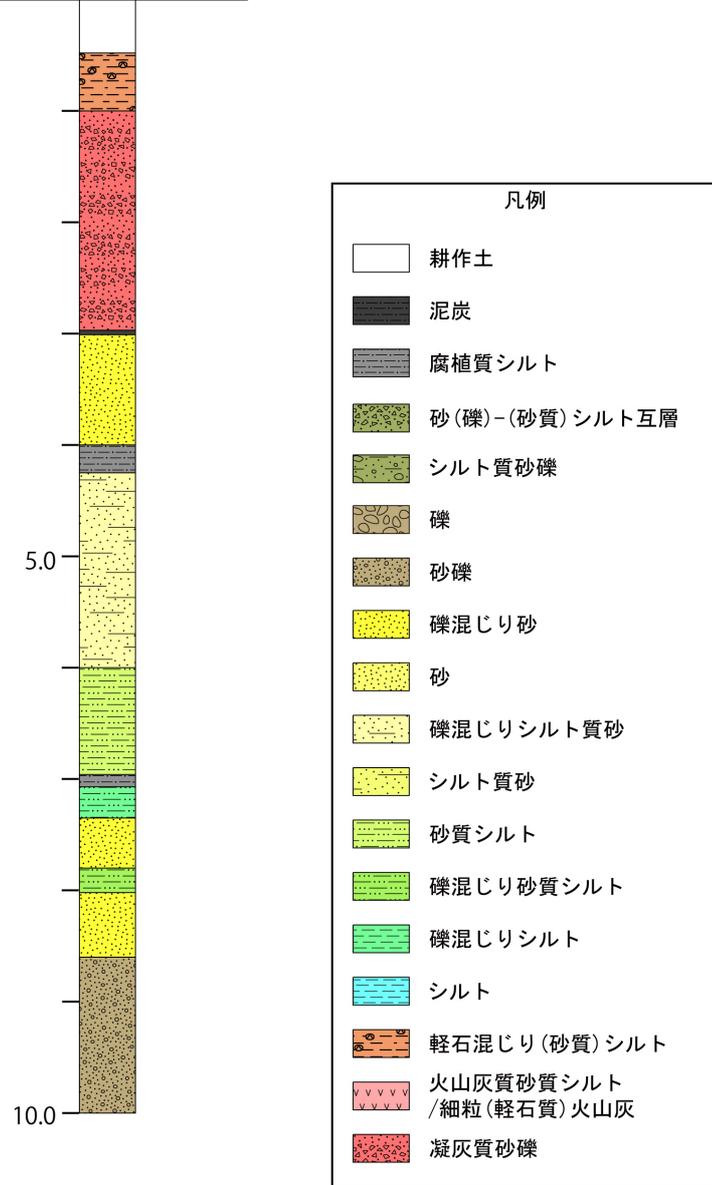


図 10 ARY-03 柱状図



図 11 ARY-03 コア写真

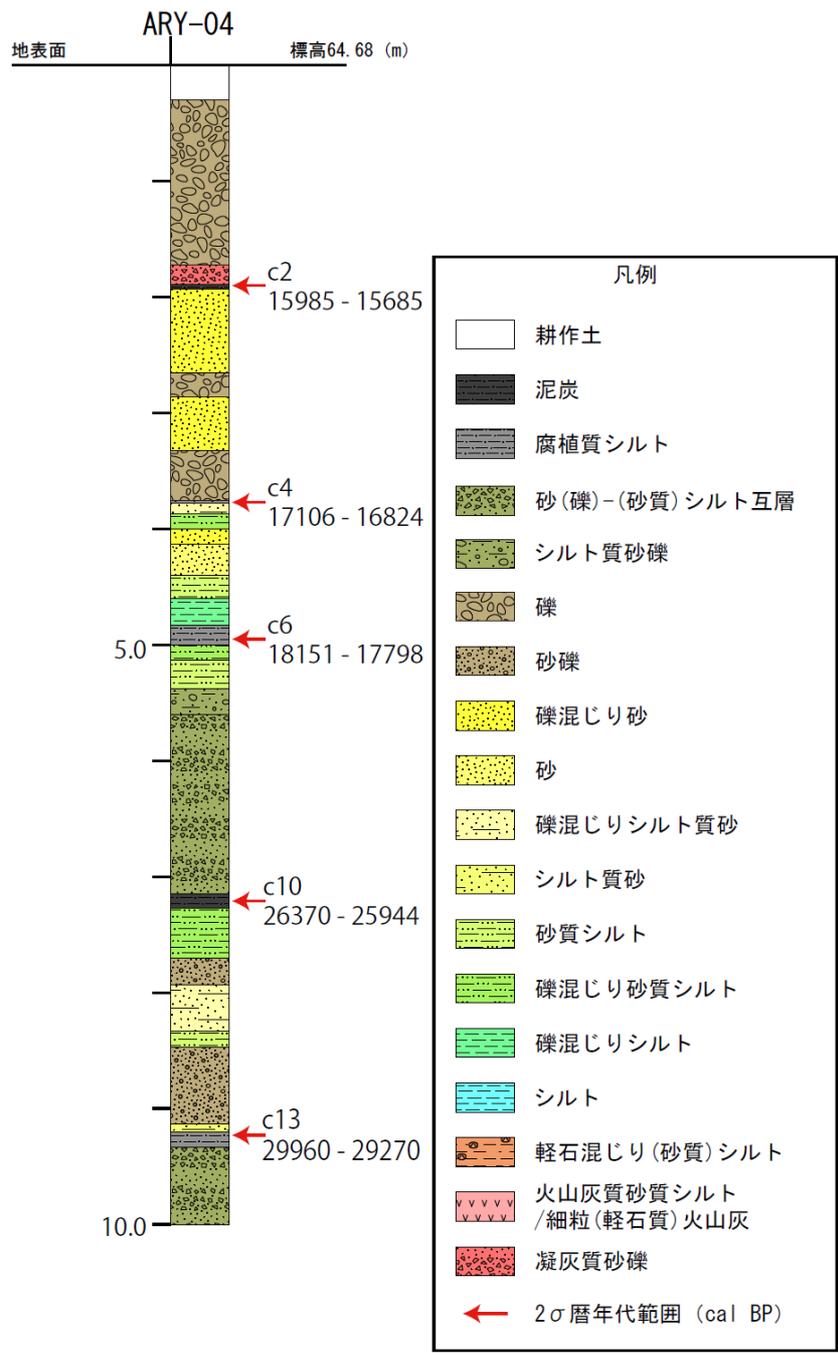


図 12 ARY-04 柱状図



図 13 ARY-04 コア写真

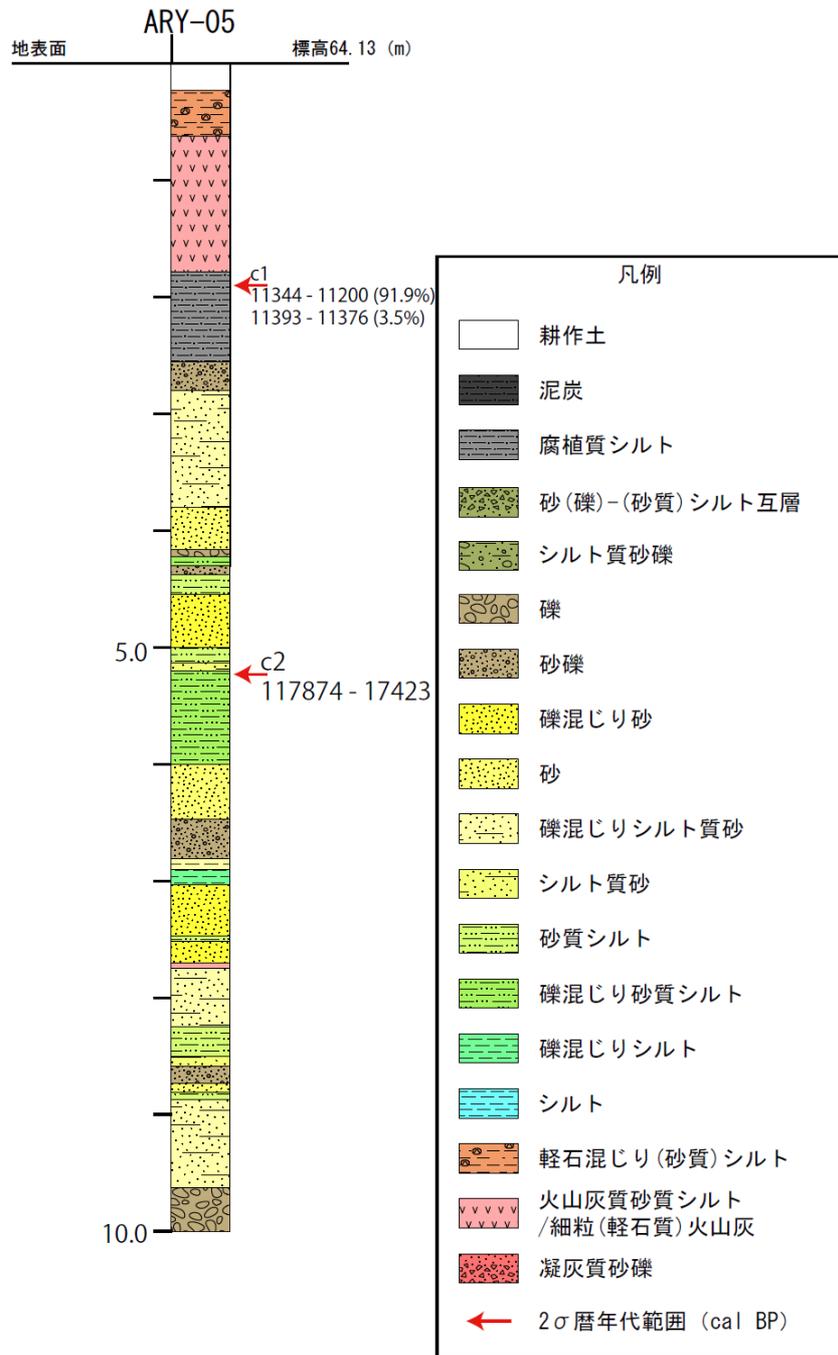


図 14 ARY-05 柱状図

ARY-05 孔 0.00 ~ 10.00m



図 15 ARY-05 コア写真

c) 試料分析結果

i) 試料採取位置

ボーリングコアから放射性炭素年代測定用試料及び火山灰分析用試料を採取した。表 1 に分析した試料の一覧表を示す。放射性炭素年代測定用試料の採取位置はボーリング柱状図に示した。

ii) 放射性炭素年代測定結果

表 2 に放射性炭素年代測定の結果を示す。暦年較正は、較正プログラム OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2009) を用い、較正曲線として IntCal20 (Reimer et al., 2020) を適用した。ボーリング柱状図に示した年代は暦年較正後の年代である。

概ね地層累重の法則に従い、下位ほど年代が古い値が得られた。唯一 ARY01-c7 と ARY01-c10 の間で年代値の逆転がみられた。ARY01-c7 が植物片であることから再堆積物の可能性が考えられる。あるいは ARY01-c10 試料に新しい有機物が混入した可能性がある。

iii) 火山灰分析結果

表 3 に火山灰分析結果を示す。十和田八戸テフラと十和田大不動テフラは火山ガラスの形態、火山ガラスの屈折率(1.500-1.513)および主成分元素組成が近似するため、これらの特徴のみでは識別が難しい。両者は緑色普通角閃石の有無で識別される(町田・新井, 2003)。しかし、津軽地域ではしばしば十和田大不動テフラに緑色普通角閃石が混在しているため、両テフラの厳密な識別には火山ガラスの微量成分元素組成の分析が必要であるとされる(古澤, 2017)。

露頭から採取した試料(OZK-1)およびボーリングコアから採取した試料(ARY-01t1、ARY-02t1、ARY-04t1)は火山ガラスの付着した緑色普通角閃石を含んでいた。ボーリング表層付近および浅井川沿いの露頭において採取した試料は、十和田八戸火砕流堆積物である可能性が高い。しかし、上述のように厳密な識別には火山ガラスの微量成分元素組成が必要である。

表1 分析試料一覧

孔名	試料名	深度(m)	分析種	備考
ARY-01	ARY01-c2	2.30	C-14	
	ARY01-c3	4.28	C-14	
	ARY01-c7	6.09	C-14	炭質物
	ARY01-c10	8.26	C-14	
	ARY01-t1a	2.18	火山灰	
	ARY01-t2	2.78	火山灰	
	ARY01-t3	3.59	火山灰	
	ARY01-t5	6.12	火山灰	
ARY-02	ARY02-c5	2.62	C-14	
	ARY02-c13	8.27	C-14	
	ARY02-c15	9.06	C-14	
	ARY02-t1	2.52	火山灰	
	ARY02-t2	2.81	火山灰	
ARY-04	ARY04-c2	1.90	C-14	
	ARY04-c4	3.77	C-14	
	ARY04-c6a	4.90	C-14	
	ARY04-c10	7.21	C-14	
	ARY04-c13	9.23	C-14	
	ARY04-t1	1.85	火山灰	軽石
ARY-05	ARY05-c1	1.90	C-14	腐植質シルト
	ARY05-c2	5.23	C-14	木片

表2 放射性炭素年代測定結果

採取露頭	試料名	採取深度(m)	試料種	測定番号	処理方法*	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	^{14}C age (yBP $\pm 1\sigma$)	2 σ 暦年代範囲 (cal BP)
ARY-01	ARY-01c2	2.30	organic sediment	Beta-687975	acid washes	-26.20	13160 ± 40	15951 - 15646 cal BP(95.4%)
	ARY-01c3	4.28	organic sediment	Beta-687976	acid washes	-26.05	14700 ± 40	18190 - 17866 cal BP(95.4%)
	ARY-01c7	6.09	plant material	Beta-687977	AAA	-24.18	24880 ± 100	29243 - 28842 cal BP(95.4%)
	ARY-01c10	8.26	organic sediment	Beta-687978	acid washes	-25.03	23670 ± 90	27953 - 27668 cal BP(95.4%)
ARY-02	ARY-02c5	2.62	organic sediment	Beta-687979	acid washes	-24.68	13570 ± 40	16546 - 16237 cal BP(95.4%)
	ARY-02c13	8.27	plant material	Beta-687980	AAA	-28.46	25030 ± 100	29698 - 29028 cal BP(95.4%)
	ARY-02c15	9.06	wood	Beta-687981	AAA	-25.38	25380 ± 110	29960 - 29270 cal BP(95.4%)
ARY-04	ARY-04c2	1.90	organic sediment	Beta-687982	acid washes	-26.70	13190 ± 40	15985 - 15685 cal BP(95.4%)
	ARY-04c4	3.77	organic sediment	Beta-687983	acid washes	-26.04	13970 ± 40	17106 - 16824 cal BP(95.4%)
	ARY-04c6	4.90	plant material	Beta-687984	AAA	-26.19	14640 ± 40	18151 - 17798 cal BP(95.4%)
	ARY-04c10	7.21	plant material	Beta-687985	AAA	-26.34	21920 ± 80	26370 - 25944 cal BP(95.4%)
	ARY-04c13	9.23	plant material	Beta-687986	AAA	-26.66	25380 ± 110	29960 - 29270 cal BP(95.4%)
ARY-05	ARY-05c1	1.90	organic sediment	Beta-688492	acid washes	-27.27	9860 \pm 40	11344 - 11200 (91.9%) 11393 - 11376 (3.5%)
	ARY-05c2	5.23	wood	Beta-688493	AAA	-25.02	14480 \pm 50	17874 - 17423 (95.4%)

※処理方法:「AAA」は「acid/alkali/acid」

表3 火山灰分析結果

試料名	Volcanic Glass			Light Mineral			Heavy Mineral			Rock	V.Rock	Total	特記取項	火山ガラスの屈折率	テフラ名
	Bw	Pm	O	Fl/Qu	Opx	Cpx	Gho	Oth	Opq						
THN24-Br1十和田八戸マントリックス	40	133	14	65	7	3	2	0	10	12	14	300	火山ガラス付着Ghoやや多く含む	1.500-1.513	
THN24-Br1大不動	40	116	8	38	6	2	0	0	0	30	60	300	Gho微量混在Qu含む	1.503-1.511(1.498含む)	
OZK-1	31	91	10	92	7	4	3	0	16	46	0	300	本質Gho(火山ガラス付着するものあり)やや多く含む	1.500-1.512	To-H
ARY-01t1	40	160	12	41	2	3	3	0	3	30	6	300	本質Gho(火山ガラス付着するものあり)やや多く含む	1.499-1.513	To-H
ARY-01t2	60	62	9	96	1	0	1	0	0	10	61	300	Gho少量含む		
ARY-01t3	28	1	9	73	9	2	6	0	32	140	0	300	ガラス付着Qu含む		
ARY-01t5	78	21	8	78	2	0	2	0	3	67	41	300	火山ガラス付着Gho含む, Qu含む		
ARY-02t1	27	150	25	58	2	0	2	0	0	18	18	300	火山ガラス付着Gho含む	1.502-1.514	To-H
ARY-02t2	21	3	20	58	9	1	3	0	2	175	8	300	Qu含む, カミングトン閃石混在		
ARY-04t1	43	114	23	61	6	6	1	0	2	23	21	300	火山ガラス付着Ghoやや多く含む	1.499-1.513	To-H

Bw: バブルウォールタイプ

Fl・Qu: 長石・石英

Pm: ハミスタタイプ

O: 低発泡タイプ

Opq: 不透明鉱物

Rock: 岩片・風化粒

V.Rock: 火山岩片

Cpx: 単斜輝石

Gho: 緑色普通角閃石

Rock: 火山岩片

d) 地層の対比

地形縦断面図に群列ボーリングによる各孔の簡易柱状図を配置し、地層の連続性を検討した地質断面図を図 16 に示した。全てのボーリング孔に共通して、3m より浅い深度において、腐植層の直上に灰白色の凝灰質堆積物が認められた。ARY-01～ARY-04 孔は軽石を多く含み、下位の腐植層との境界が明瞭であった。一方で、ARY-05 の凝灰質堆積物は軽石を含まず、細粒な火山灰層からなり、下位の腐植層との境界も漸移的であった。ARY-03 孔と ARY-04 孔の同層では、軽石が上方細粒化した後上方粗粒化する様子がみられた。また還元的な色調であることから、水流の影響下で堆積した可能性が考えられる。

炭素同位体年代測定の結果、凝灰質堆積物直下の腐植層は ARY-01、ARY-02、ARY-04 孔では約 16 cal ka BP、ARY-05 孔では約 11 cal ka BP であった。火山灰分析の結果、腐植層直上の凝灰質堆積物は十和田八戸火砕流堆積物（噴出年代 15.5 ka : Horiuchi et al., 2007 ; 以下、To-H と呼ぶ）の可能性が高いと確認された。腐植層の放射性炭素年代にもよく一致することから、凝灰質堆積物は To-H と判断される。ARY-03 孔では年代値は得られていないが、層相が類似することから ARY-03 孔を含めた ARY-01～ARY-04 孔の軽石を含む凝灰質堆積物は To-H またはその二次堆積物と考えられる。ARY-05 孔の軽石を含まない火山灰層は To-H 以降の後カルデラ期の火山灰を主体とする噴火イベントによってもたらされた可能性がある。

To-H より下位の地層では、層相が頻繁かつ局部的に変化する網状河川堆積物の様相を呈し、特徴的な鍵層が連続的に分布しない。ARY-01 孔と ARY-02 孔、3m 以深の ARY-04 孔と ARY-05 孔の連続性は比較的良好な印象であるが、層相のみによる対比検討は困難である。

ARY-04 孔では、チャンネル堆積物が To-H を削り込む様子が認められた。また、ARY-05 孔では深度 3m 以浅に約 11 ka の河川堆積物が認められ、To-H が確認できないことから、低下側では河川による侵食によって To-H が失われたと考えられる。ARY-04 孔のチャンネル堆積物は ARY-05 孔に認められないことから、崖に沿って流れる河川によって堆積した可能性が高い。約 11 ka ごろには、撓曲崖が形成されており、崖に沿った流路が形成されていた可能性がある。

ARY-01、ARY-04、ARY-05 孔において約 18 ka、ARY-01、ARY-02、ARY-04 孔において約 30 ka の年代が得られた。To-H 基底面も含め、これらを同時代面として対比すると、低下側ほど堆積物が厚い傾向が認められた。ARY-01 孔および ARY-04 孔における 18 ka～To-H 基底面までの厚みはそれぞれ約 2m、約 3m と低下側が厚い。このことは 18 ka から To-H 堆積前の約 16 ka までの間にそれ以前に形成された撓曲崖が埋積されたことを示唆する。ARY-01 孔では年代の逆転が生じているため、対比が難しいが、c7 付近の深度が約 30 ka だとすると、成長層の形状が地質断面から明瞭に確認できる。一方、c10 付近の深度が約 30 ka だとすると、隆起側では大きな層厚変化は生じていないと考えられる。

To-H 相当層の基底面標高は、ボーリング測線東端の ARY-01 孔では、67.51m、西端の ARY-04 孔では標高 62.79m であり、両孔の間では約 5m の標高差がある。本調査地点は遠手沢の扇状地に位置することから、初生的な傾斜があったと考えるのが自然である。地形的な落差は約 2.5 m と計測されるが、低下側では To-H 上面が侵食により失われており、削剥により過大に見積もっている可能性がある。To-H 下面を基準とすると、ARY-05 孔では確認されていないものの、11 ka を示す河川堆積物より浅い深度に下面があったと考えられる。ARY-01 孔および ARY-02 孔が示すように隆起側では To-H がほぼ等厚に堆積しており、To-H 基底面の傾斜と地形面の傾斜はほぼ等しい。

To-H堆積以前、隆起側が示す傾斜を持つ未変形の扇状地が原地形として広がっていたと考え、ARY-04 孔の To-H 基底高度から撓曲崖基部における上下変位量は、約 1.9 m と計測される。前述のように、18 ka から 16 ka までの間にそれ以前に形成された撓曲崖が埋積されたことが示唆された。また、ARY-04 孔および ARY-05 孔が示すように 11 ka には撓曲崖が形成され、河川流路が崖沿いに固定された可能性がある。したがって、11~16 ka の間に断層活動があり、撓曲崖が生じたと考えられる。この時、16 ka 以降の平均上下変位速度は、0.12~0.17 m/千年と求められる。なお、11~16 ka の間に生じた断層活動は撓曲崖の形成を示唆するものであることから、最新活動とは限定できない。

ボーリングコアには多数の年代測定可能な試料が含まれており、堆積年代から堆積構造を明らかにすることが期待される。活動性についての詳細な検討を進めるには、より多くの試料について年代測定を行い、堆積年代をより精緻に定める必要がある。

2022 年度事業において黒石市高館において推定された 0.3~0.4 m/千年と比較すると 1/2~1/3 程度の値である。この差が生じた理由としては、黒石市高館が津軽山地西縁断層帯（南部）の中央部付近であるのに対し、新屋地区が南端部に近いことが可能性としてまず挙げられる。その場合、断層トレースの南端は従来の推定通り新屋地区の南付近であると考えられる。一方、新屋地区においてはより平野側に分岐するトレースが指摘されており（村岡・長谷，1990；今泉・他編，2018）、トレースの分散によって変位速度が小さくなっている可能性もまた考えられる。上記を検討するためには平野側のトレースの有無を今後確認する必要がある。

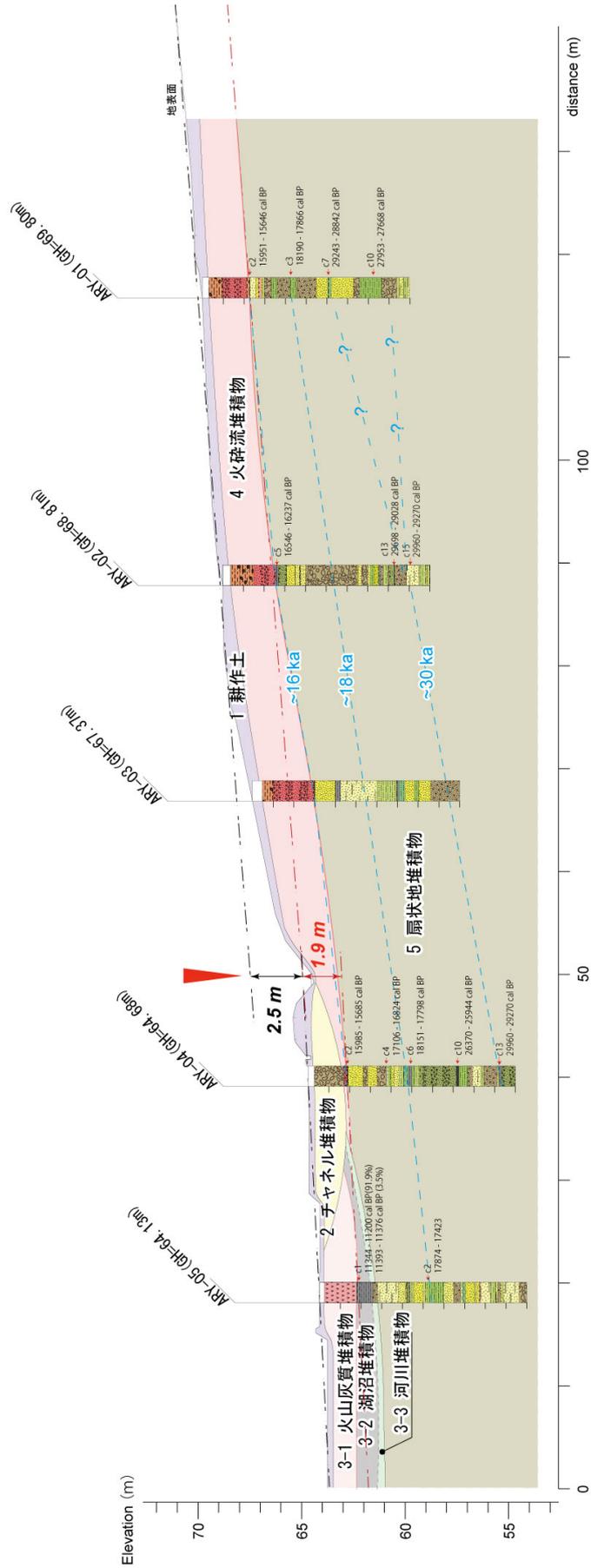


図 16 群列ボーリングによる地質断面図
判例は図 6 を参照。

(d) 結論並びに今後の課題

津軽山地西縁断層帯（南部）の分布形状・変位地形を把握し、平均変位速度推定のためのボーリング掘削地点を選定するため、断層帯南部を対象に空中写真および地形データを使用し、地形判読を実施した。判読の結果、遠手沢北側に分布する地低位段丘面に撓曲変形が認められた。その周辺において地形地質調査を実施し、ボーリング掘削候補地点を選定した。南北方向に延びる撓曲崖に直交するように掘削深度 10 m のボーリングを 5 孔掘削し、群列ボーリングによって地層の分布・変形を確認した。ボーリングの結果、十和田八戸火砕流堆積物の基底面に約 1.9 m の上下変位が認められた。地質構造から 11~16 ka 以降に形成されたと考えられるため、平均上下変位速度は約 0.12~0.17 m/千年と推定された。

掘削地点では To-H 以深の堆積層について網状流河川堆積物であることから対比が困難であった。一方、堆積物中には材や腐植質堆積物が多く含まれていることから、放射性炭素年代測定によって詳細な堆積構造を明らかにできる可能性がある。累積変位や活動性をより詳細に検討するため、放射性炭素年代測定をより密に実施する必要がある。

本地点において求められた平均変位速度は津軽山地西縁断層帯（南部）中央部付近において求められた値（0.3~0.4 m/千年）と比較すると有意に小さい。真に小さい値を示すのであれば、トレースの端部に近いことを示唆する。一方、分岐断層の一つの変位速度を示している可能性もまた考えられることから、令和 6 年度に平野側のトレースの存在についても検討し、断層の 3 次元的な分布を明らかにする必要がある。

(e) 引用文献

- Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, 51(1), 337-360, 2009.
- 古澤 明, 「レーザーアブレーション ICP 質量分析装置を用いた火山ガラスの分析による十和田カルデラ起源大不動テフラと八戸テフラの識別」, *地質雑*, 123, 765-776, 2017.
- 今泉俊文・宮内崇裕・堤 浩之・中田 高, 「活断層詳細デジタルマップ [新編]」, 東京大学出版会, 141p, 2018.
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会, 津軽山地西縁断層帯の長期評価について. 18p.
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/10_tsugaru-sanchi.pdf, 2004
- 平賀町教育委員会, 大光寺新城跡遺跡発掘調査報告書 第10次発掘調査. 平賀町埋蔵文化財報告書, 第26集, 366p, 2000.
- Horiuchi, K., Sonoda, S., Matsuzaka, H. and Ohyama, M., Radiocarbon analysis of tree rings from a 15.5-cal. Kyr BP pyroclastically buried forest: a pilot study. *Radiocarbon*, 49, 1123-1132, 2007.
- 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, 「第四紀逆断層アトラス」, 東京大学出版会, 254p, 2002.
- 町田 洋・新井房夫, 「新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺」, 東京大学出版会, 336p, 2003.
- 村岡洋文・長谷紘和, 黒石地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 124p, 1990.
- 長森英明・宝田晋治・吾妻 崇, 青森西部地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 67p, 2013.
- 中田 高・今泉俊文編, 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, DVD-ROM 2枚・60p. 付図1葉, 2002.
- Reimer, P., Austin, W., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R., Friedrich, M., Grootes, P., Guilderson, T., Hajdas, I., Heaton, T., Hogg, A., Hughen, K., Kromer, B., Manning, S., Muscheler, R., Palmer, J., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R., Richards, D., Scott, E., Southon, J., Turney, C., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S., Fogtman-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., & Talamo, S., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62, 725-757, 2020.
- 産業技術総合研究所, 活断層評価の高度化・効率化のための調査 令和元～3年度 成果報告書, 2022.
- 渡辺満久・鈴木康弘, 「活断層地形判読ー空中写真による活断層の認定ー」, 古今書院, 184p, 1999.