

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	レゲット 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 あり、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 2～3 m 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。

(d) 3 ヶ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：

断層の分布形状や変位地形の把握を目的に、既存の地形データに基づく地形判読と、地形地質調査を行った。平均変位速度推定に適した 1 箇所以上を選定し、群列ボーリング調査を実施し、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：

津軽山地西縁断層帯（南部）の活動性を明らかにすることを目的として、対象地域の既往成果を整理した上で、断層帯中部において 1 測線で P 波（測線長 1,400 m）及び S 波（測線長 500 m）を震源とする反射法地震探査を実施し、2 箇所でボーリング調査（2 孔：総掘削深度

60 m) を実施した。得られた地質断面と採取した試料の分析により、本断層帯の平均上下変位速度について検討した。また、断層帯周辺において地質踏査を実施し、断層の南端について検討した。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した。

(2) 令和6年度の成果

(3) に記載。

(3) 令和4～6年度の成果

(a) 業務の要約

津軽山地西縁断層帯（南部）の傾斜やずれの向き及び活動性を明らかにするため、低位段丘面に撓曲変形が認められる断層南部の平川市新屋地区、同市尾崎地区を対象として以下の調査を実施した。低位段丘面の撓曲崖に直交して横切るように掘削深度 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。また、断層を横断する測線を設定して、P 波及び S 波を震源とする反射法地震探査を行い、それぞれ深度 1.5km 以浅及び深度 250m 以浅の地下構造を推定した。反射法地震探査測線沿いの断層の低下側及び隆起側の 2 地点においてボーリングを各 1 孔掘削し（総掘削深度 60m）、地層の分布を把握した。断層の平野側において露頭調査を実施し、地層の分布及び変形を確認した。これらの結果に基づいて、断層の地下形状を推定し、変位基準の落差を見積もった。その結果、津軽山地西縁断層帯（南部）の主断層は東に 60° ～ 65° 程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、地表付近では幅広い撓曲変形を呈することがわかった。群列ボーリングにより、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。地質構造と堆積年代から約 11～16 ka 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 0.12～0.17 m/千年と推定された。また、反射断面とボーリングコアから採取した試料の放射性炭素年代の分析から、約 5～7 万年前に堆積したと推定される地層に約 30m の上下変位が認められ、平均上下変位速度は約 0.4～0.6 m/千年と見積もられた。断層南部の浅井川沿いにおいて断続的に露出する十和田八戸火砕流堆積物の露頭観察と地形計測の結果、平野側の断層トレースの南北延長において断層変位とみられる顕著な変形が認められなかった。

(b) 令和4年度の業務の成果

なし

(c) 令和5年度の業務の成果

1) 調査の概要

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 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。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 1.9 m の上下変位が認められた。地質構造と堆積年代から約 11~16 ka 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 0.12~0.17 m/千年と推定された。

2) 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、令和 4 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（産業技術総合研究所，2022）。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 0.3~0.4 m/千年（0.6 m/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 10 m×5 孔の群列ボーリングを実施した。

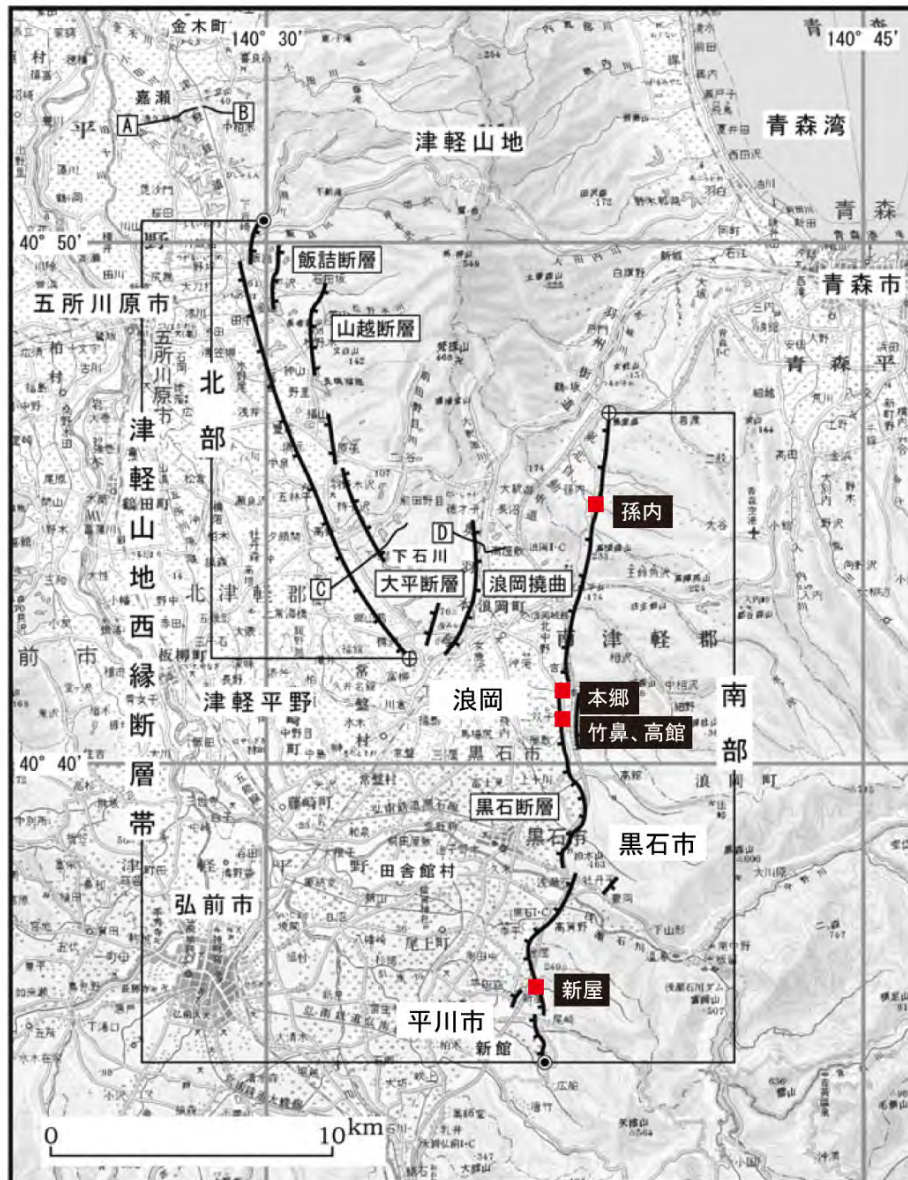


図1 津軽山地西縁断層の分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004 に加筆）

3) 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（Ot）、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（Ot）、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。

4) 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で確認した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（全鉱物組成分析、火山ガラス形態分類、火山ガラスおよび重鉱物の屈折率の測定）を実施した。分析は株式会社古澤地質に依頼した。

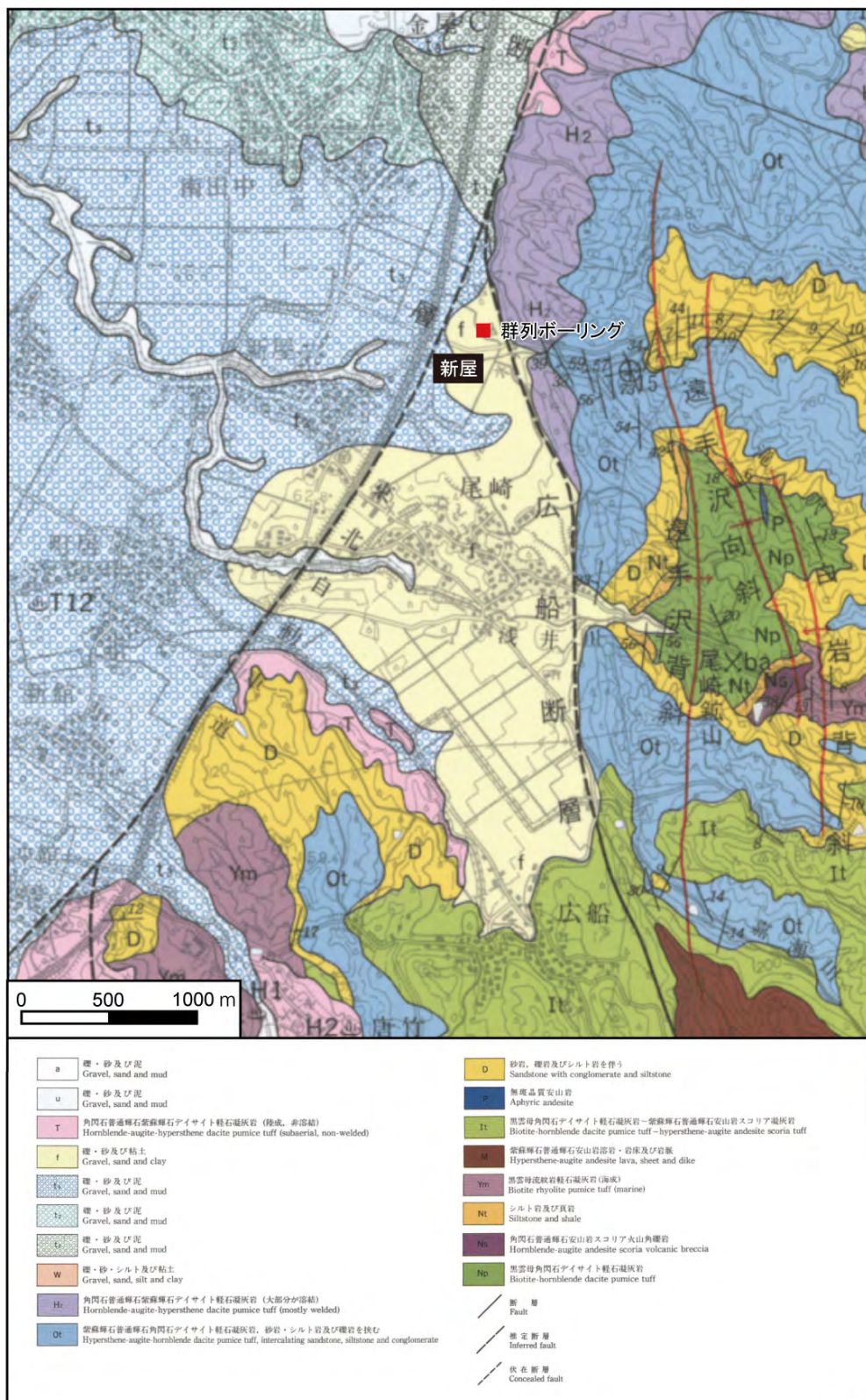


図2 平川市新屋地区周辺の地質図

5万分の1地質図「黒石」(村岡・長谷, 1990)に加筆

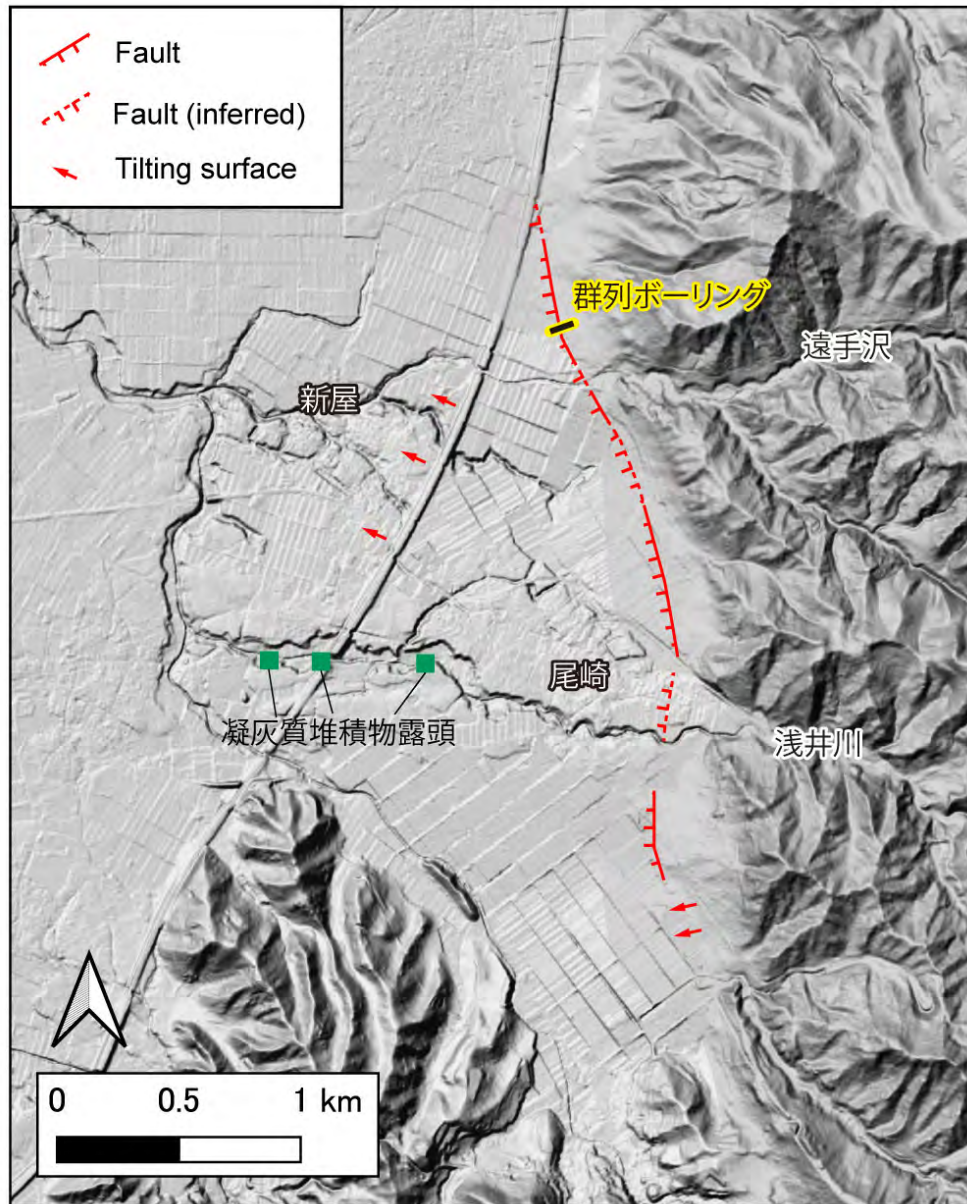


図3 平川市新屋地区および尾崎地区周辺の地形図
 背景は国土地理院電子国土 Web より陰影起伏図および傾斜量図を使用。



図4 凝灰質堆積物の露頭

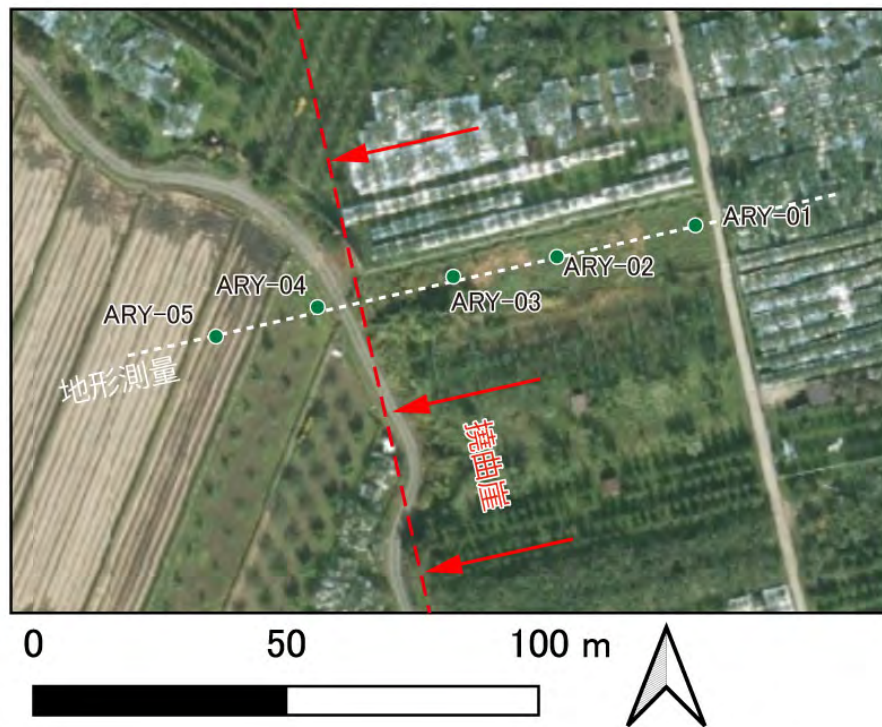


図5 群衆ボーリング位置図

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。

5) 調査結果

a) 地形判読および地質踏査

地形判読の結果、山地と平野の境界線から 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 の亜角礫を含む。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 の亜角礫で、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がある。
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がある。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5 mm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4 cm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4 cm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2 cm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5 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 1 cm 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 5 mm 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 1 cm 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 2 cm 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。締まりは比較的良好。
- 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7mm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5mm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7mm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5mm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1cm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2cm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5mm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1cm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5cm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5mm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4mm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5mm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1cm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（孔口標高 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5mm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2cm以下の亜角礫を含む。礫種は安山岩、軽石、凝灰岩などからなる。
- 5.20～5.33 m：腐植質で、径5cm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1cm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4cm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1cm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3mm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5cm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2cm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。局所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6mm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。

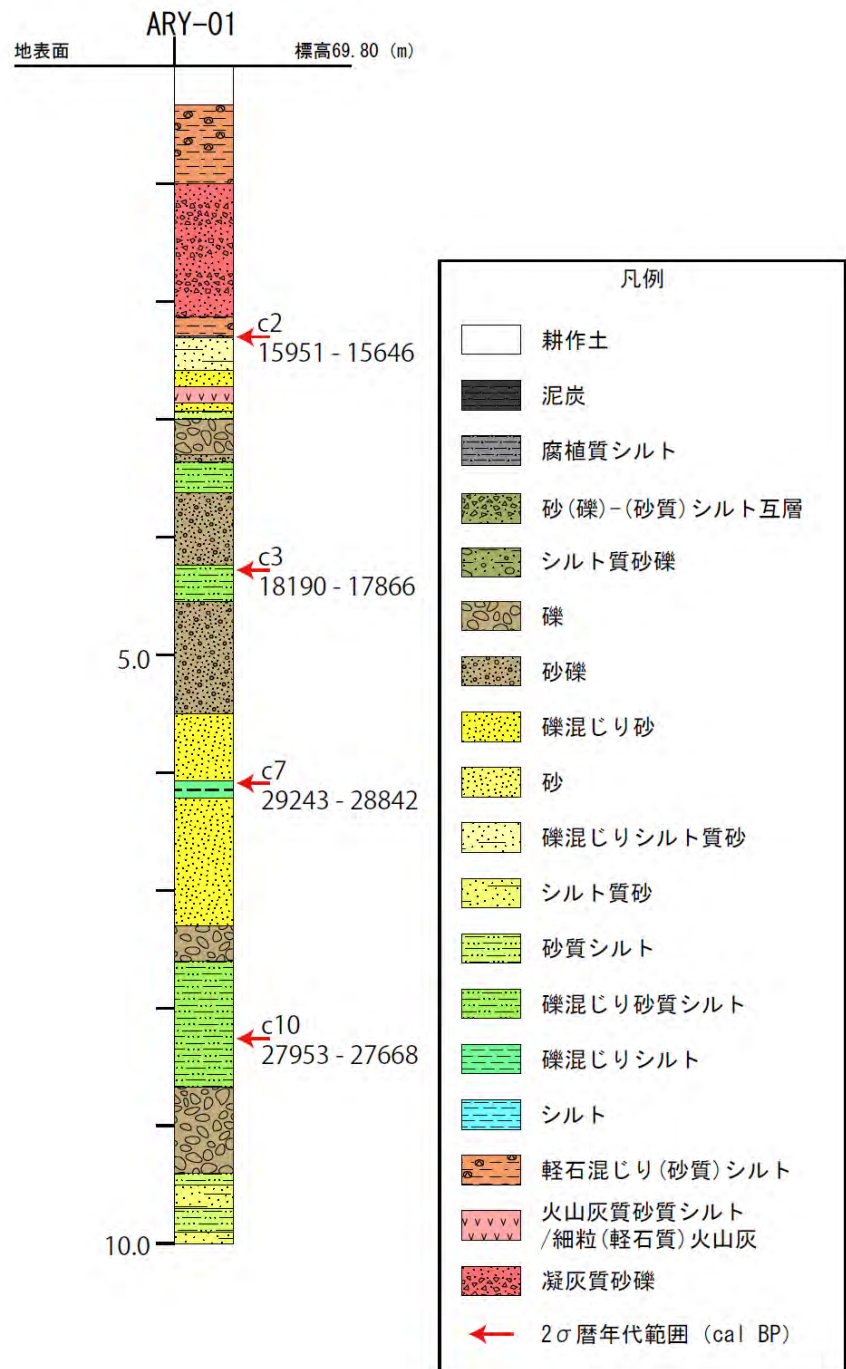


図6 ARY-01 孔柱状図



図7 ARY-01 コア写真

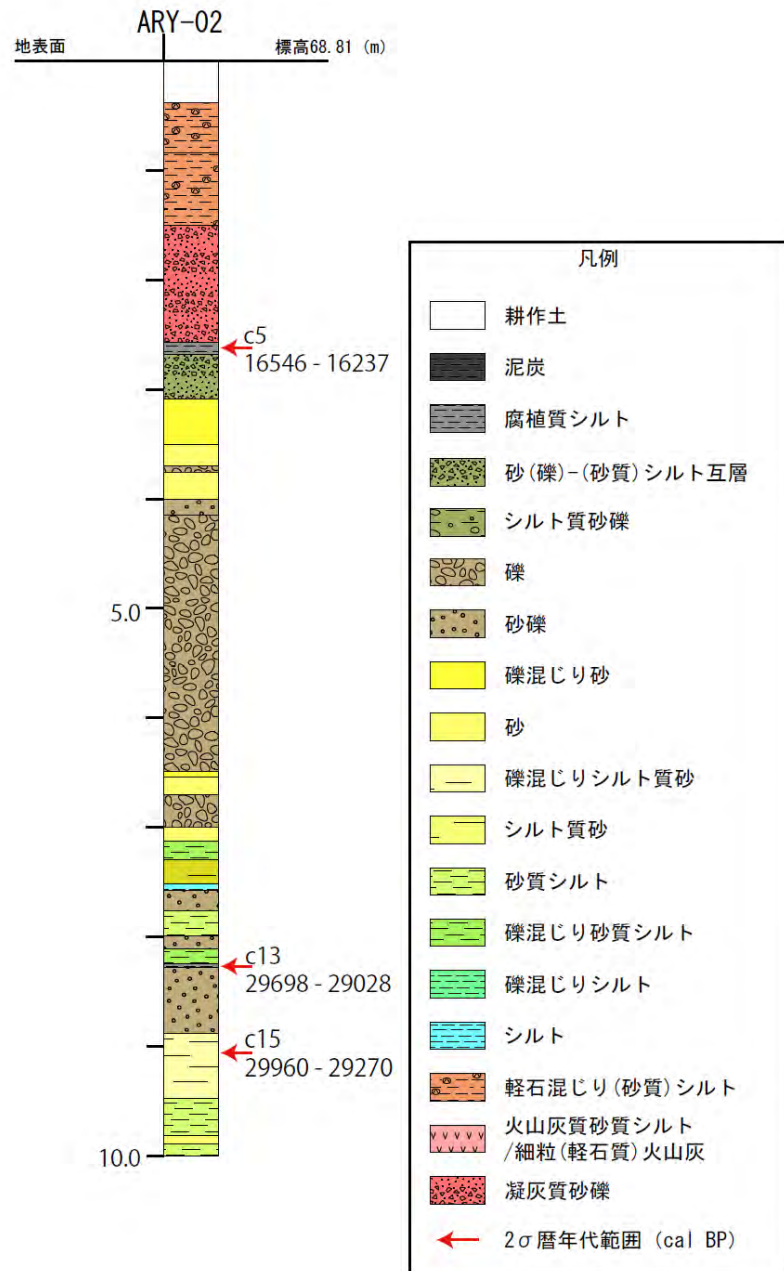


図8 ARY-02 柱状図



図9 ARY-02 コア写真

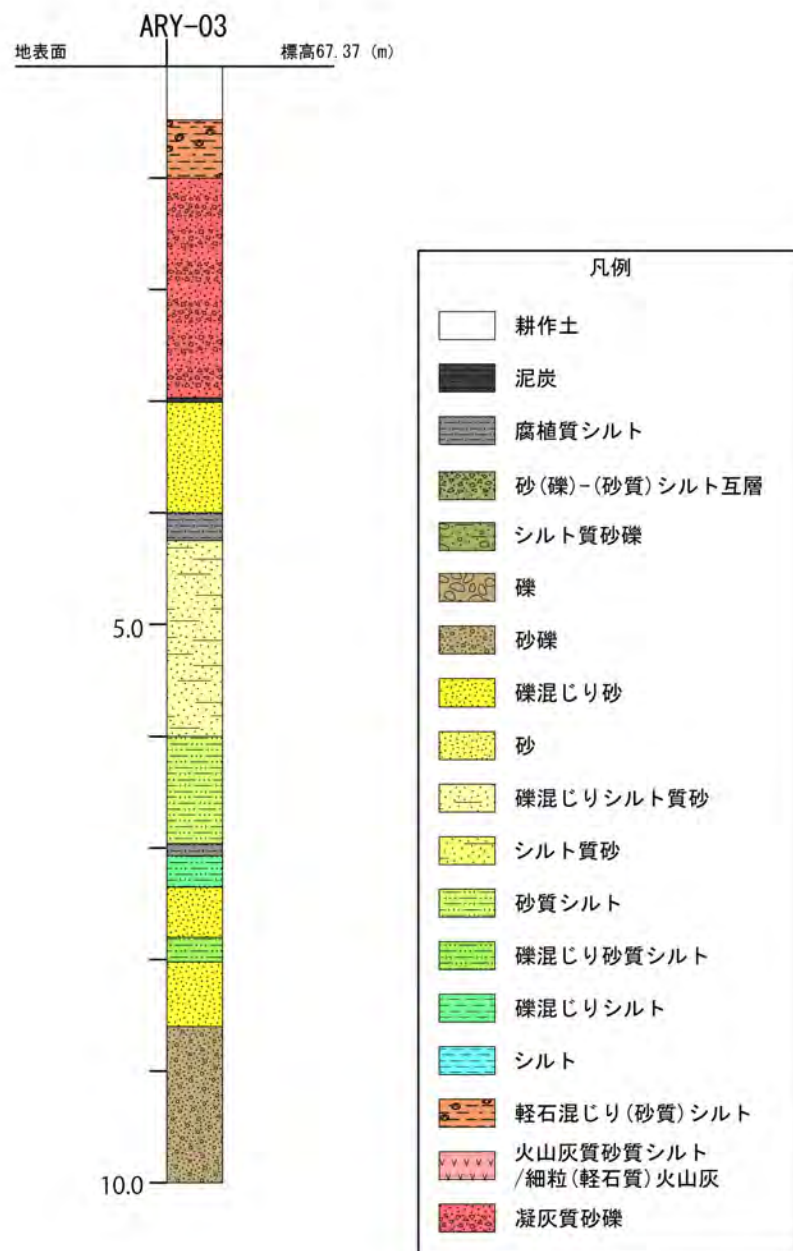


図 10 ARY-03 柱状図



図 11 ARY-03 コア写真

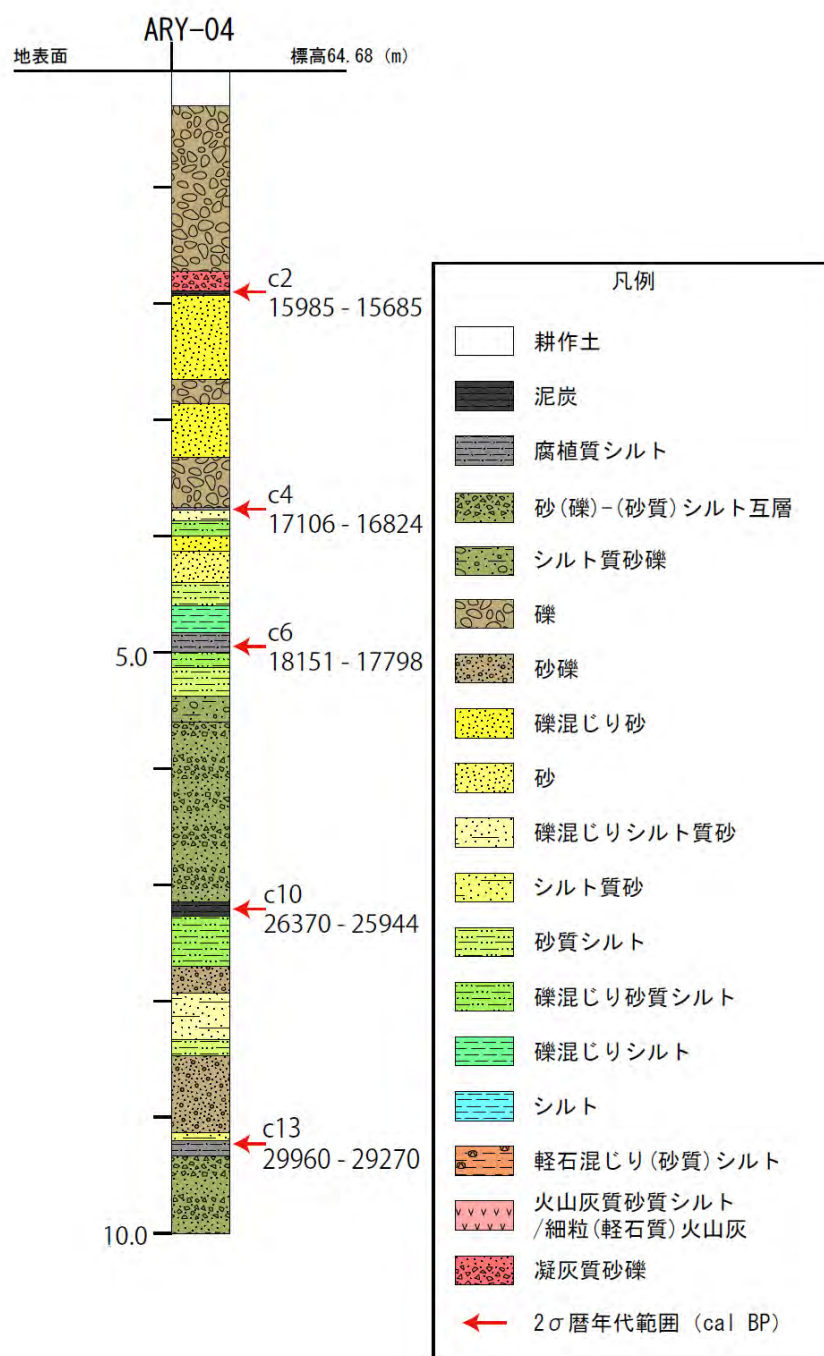


図 12 ARY-04 柱状図

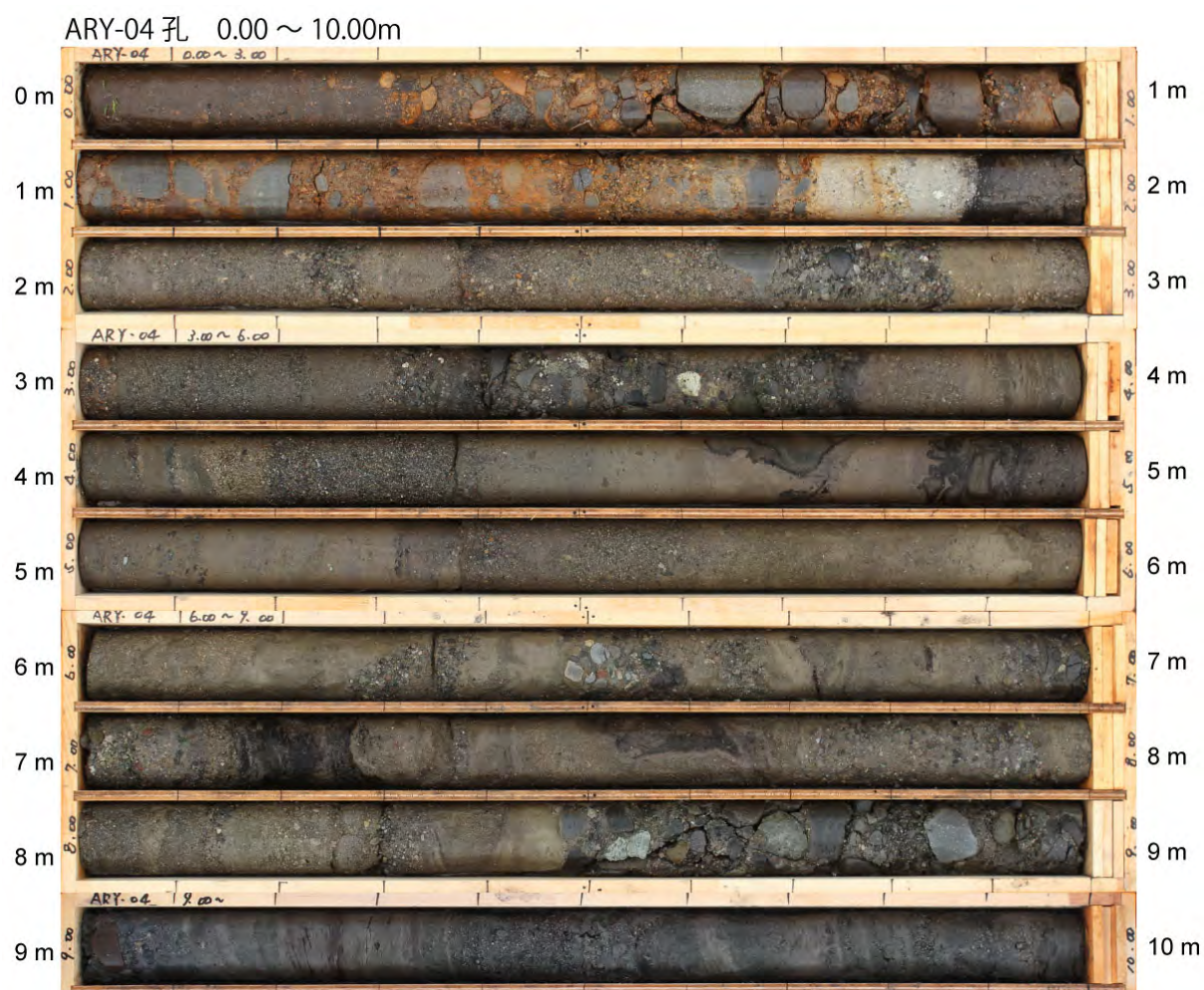


図 13 ARY-04 コア写真

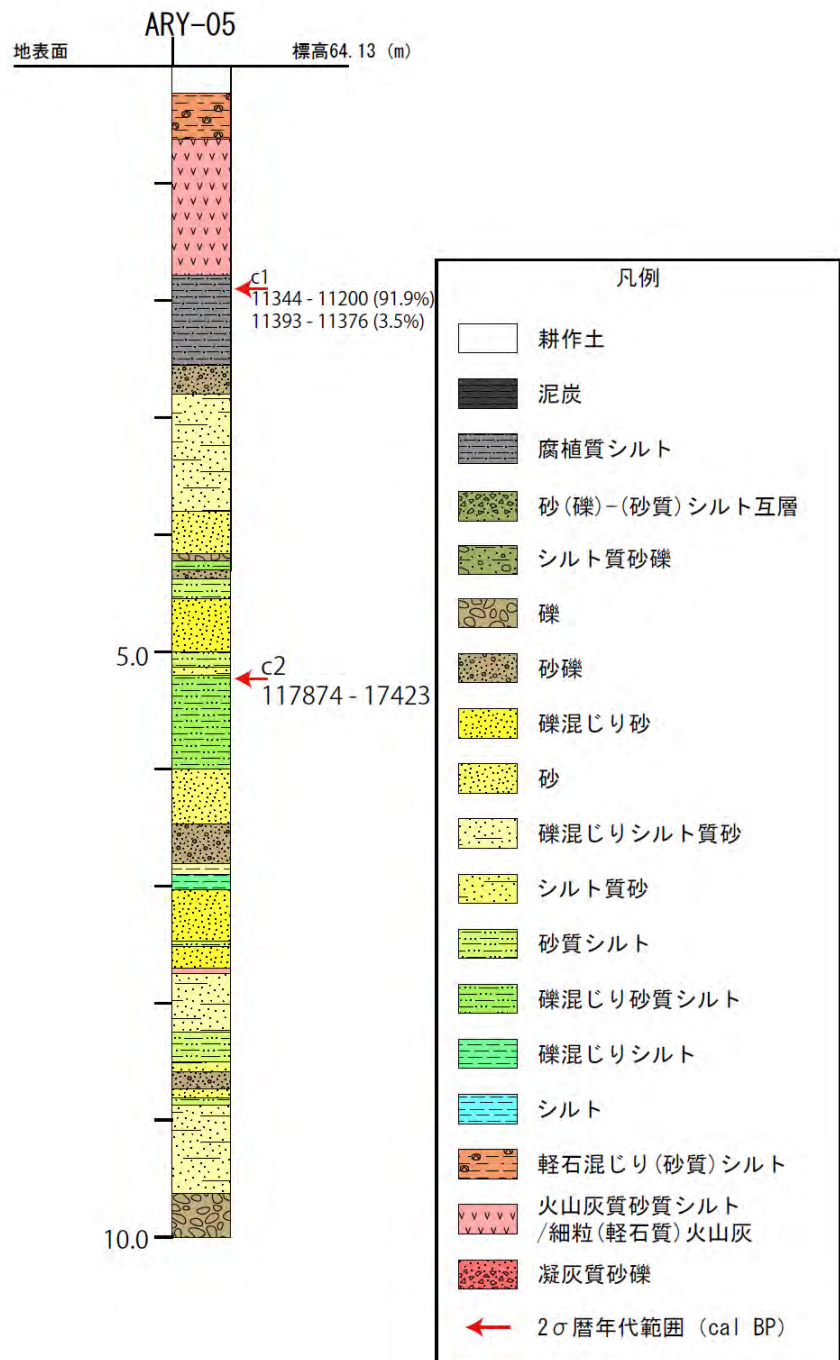


図 14 ARY-05 柱状図

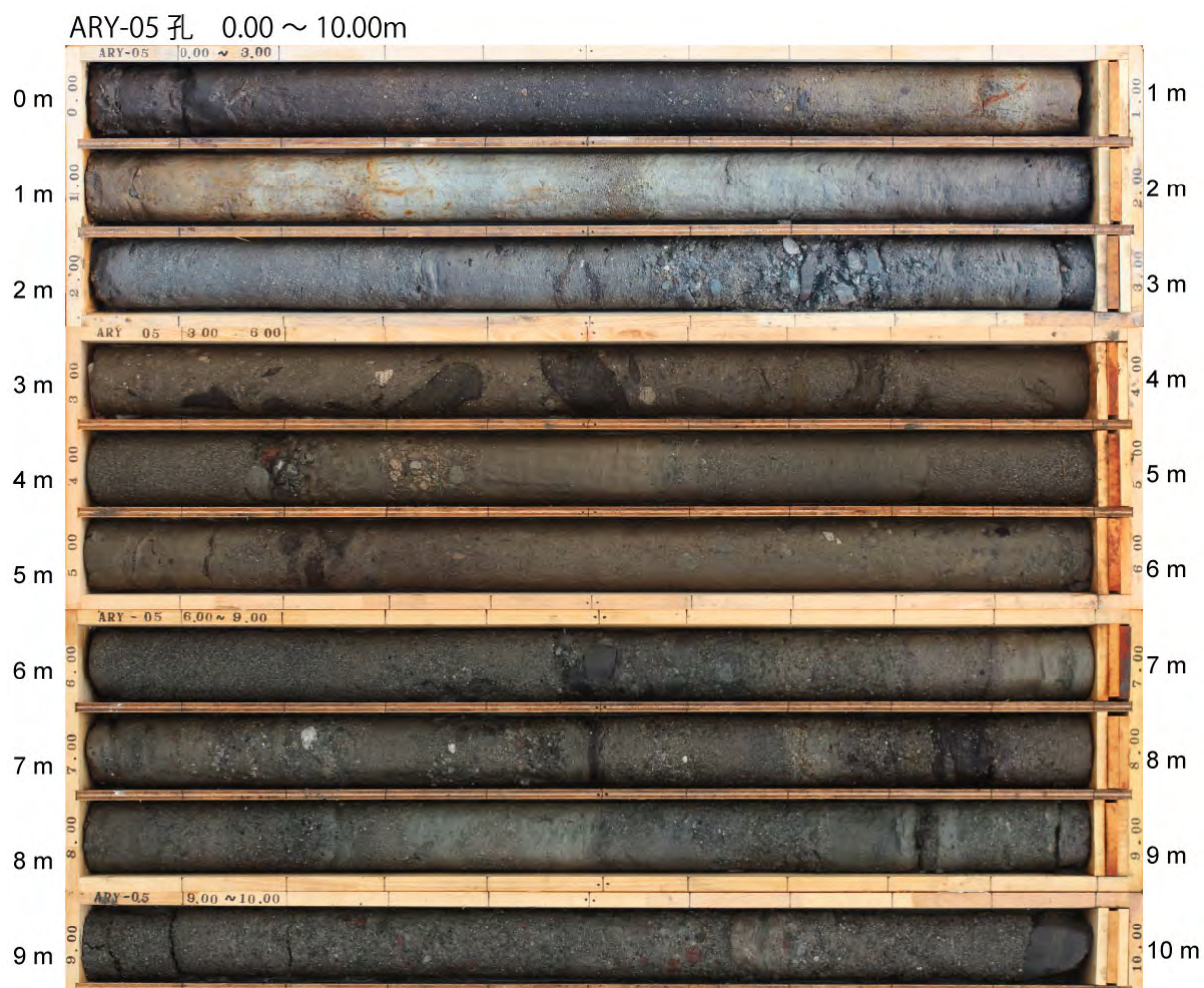


図 15 ARY-05 コア写真

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			Total	特記取項	火山ガラスの屈折率	デフラグ
	Bw	Pm	O	Fl/Qu	Opq	Oth	Cpx	Gho	Opq	Rock	V.Rock	Total				
THN24-Br1十和田八戸マントリックス	40	133	14	65	7	3	2	0	0	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
 Pm: ハミスタタイプ
 O: 低発泡タイプ
 Fl・Qu: 長石・石英
 Opq: 斜方輝石 Cpx: 単斜輝石 Gho: 緑色普通角閃石
 Opq: 不透明鉱物 Rock: 岩片・風化粒 V.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、3 m 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、3 m 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 3 m 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 2 m、約 3 m 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 5 m 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。

令和 4 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。

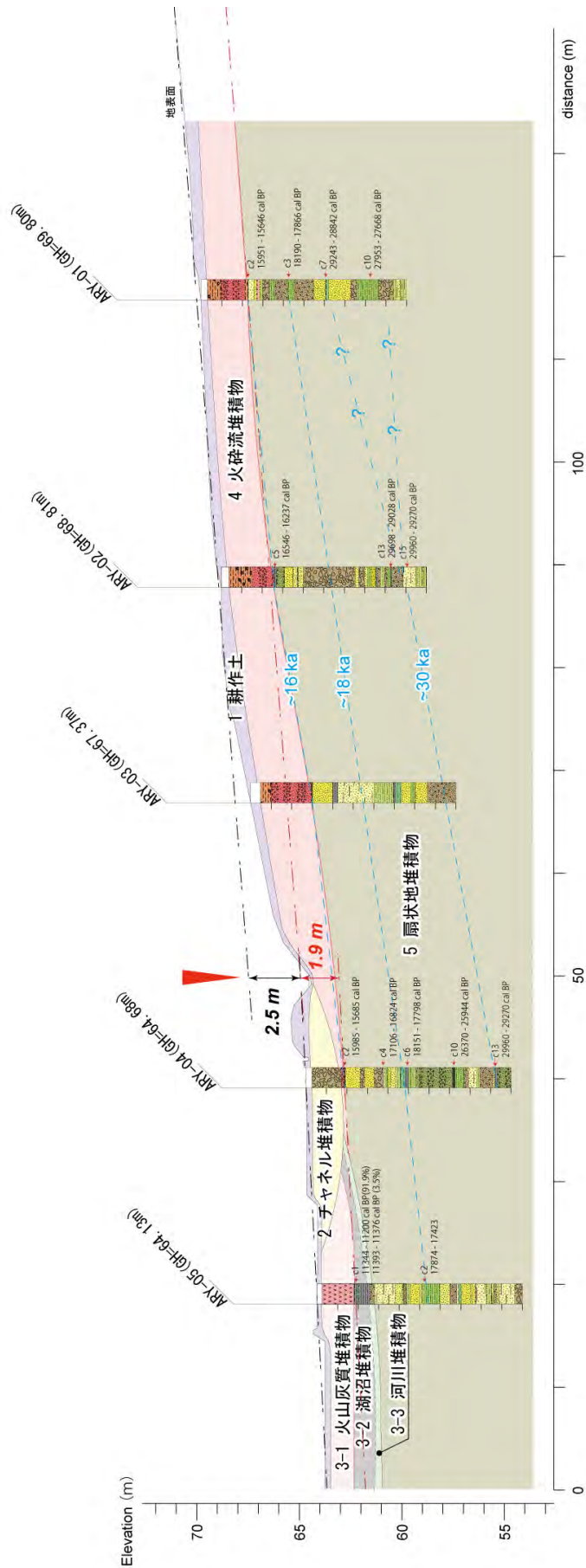


図 16 群列ボーリングによる地質断面図

凡例は図 6 を参照。

6) 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。

(d) 令和6年度の業務の成果

1) 調査の概要

津軽山地西縁断層帯（南部）の活動性を明らかにすることを目的として、対象地域の既往成果を整理した上で、断層帯中部において1箇所ではP波（測線長1,400 m）及びS波（測線長500 m）を震源とする反射法地震探査に加え、2箇所ではボーリング調査（2孔：総掘削深度60 m）を実施した。得られた地質断面と採取した試料の分析により、平均上下変位速度を検討した。また、断層帯周辺において地質踏査を実施し、断層の北端を検討した。これらの結果に基づいて、断層の地下形状を推定し、変位基準の落差を推定した。その結果、津軽山地西縁断層帯（南部）の主断層は東に 60° ～ 65° 程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、地表付近では幅広い撓曲変形を呈することがわかった。反射断面とボーリングコアから採取した試料の放射性炭素年代の分析から、約6万年前に堆積したと推定される地層に約30 mの上下変位が認められ、平均上下変位速度は約0.4～0.6 m/千年と見積もられた。断層南部の浅井川沿いにおいて断続的に露出する十和田八戸火砕流堆積物の露頭観察と地形計測の結果、平野側の断層トレースと一致する変形は認められなかった。

2) 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、令和4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80 m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0.3～0.4 m/千年（0.6 m/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）。

令和5年度の調査では、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、低位段丘面の撓曲崖に直交して横切るように掘削深度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(図3)。調査の結果、十和田八戸火砕流堆積物(以下、To-H)に覆われており、その基底面に約1.9 mの上下変位が認められた。地質構造と堆積年代から約11~16 ka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0.12~0.17 m/千年と推定された(図16)。

群列ボーリングによって撓曲崖付近のTo-H堆積以降の平均変位速度が推定されたものの、To-H以深の堆積物の対比は側方変化が大きく、対比がやや困難であった。しかし、堆積物中には材や腐植質堆積物が多く含まれており、密な放射性炭素(以下、14C)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。また、令和5年度に得られた平均上下変位速度は撓曲崖を横切る幅100 m程度の範囲のTo-H堆積以降の変形から見積もった値である。本断層は幅広い変形帯を持つ撓曲崖として地表に現れていることから、より幅広い変形構造が生じている可能性が高い。そのため、変形帯全体を考慮したより長期的な平均上下変位速度を見積もるには、断層帯周辺の地質構造を明らかにする必要がある。さらに、得られた平均変位速度から断層の地震発生確率を推定するには、断層長を精度良く定める必要がある。北限については令和4年度の調査において孫内川以南と報告されたが、南限については検討されていない。南限については、平野側に活断層トレースがジャンプし、さらに南に続く可能性について検討する必要がある。

撓曲崖付近の詳細な地質構造の解明、断層帯付近の地下構造の解明と長期的かつ長波長の平均変位速度の推定、断層南端の検討を目的として以下の調査を実施した。

1) 令和5年度の群列ボーリング地点であり、断層トレースが平野側に分岐する新屋地区付近においてP波及びS波による反射法地震探査を実施した。2) 探査測線に沿った地層の分布を確認するため、隆起側と低下側においてボーリング調査を実施した。3) 平野側トレースを横切る浅井川沿いの地質踏査を実施した。4) 探査測線沿いに実施したボーリングから得られたコア、令和5年度に実施した群列ボーリング調査によって得られたコア、及び地質踏査を行った露頭から試料を採取し、14C年代測定及び火山灰分析を実施した。

3) 地質概要と津軽山地西縁断層帯（南部）に関する既往研究

調査地域周辺の地質図（村岡・長谷，1990）を図 17 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（Ot）、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（Ot）、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。

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る。一方、広船断層は金屋付近で分岐し、南南東に延びるとされる（村岡・長谷，1990）。津軽山地西縁断層帯（南部）を対象とした調査は少なく、平野・他（2010）による上下変位速度に関する研究のみが報告されている。平野・他（2010）は黒石断層を対象にボーリング調査を実施し、断層沿いの低位の地形の上下変位量を 0.5 m 程度（0.4～0.8 m）、断層中央部の地下約 10 m で 1.0～1.5 m の累積変位量を認めている。



図 17 ボーリング調査及び地質踏査を実施した平川市新屋地区及び尾崎地区周辺の地質図
 5 万分の 1 地質図「黒石」（村岡・長谷，1990）の該当部を抜粋し、加筆した。凡例は図 2 を参
 照。

4) 調査手法

a) 反射法地震探査

i) 探査の概要

新屋地区周辺における津軽山地西縁断層帯（南部）の断層形状やずれの向き及び地質構造を明らかにすることを目的として、図 18 に示すように同断層が地震調査委員会（2004）において推定されている位置を通過し、かつ断層の走向とほぼ直交する東西方向の区間を探査測線として選定した（以降、P 波測線と表記する）。

探査は津軽山地西縁断層帯（南部）の主断層である黒石断層近傍における深度 1.5 km 程度までの地下構造を把握するための測線長 1,400 m の P 波探査と、地下 250 m 程度以浅の詳細な地質構造を把握するための測線長 500 m の S 波探査を実施した（表 4）。なお、P 波探査では地震調査委員会（2004）の示す平野側トレースの北方延長をカバーしているが、P 波探査の結果、顕著な変形が認められなかったことから、S 波探査の測線はカバーしていない。

探査測線の概略図を図 19 及び図 20 に示した。測線は、平川市新谷稲村の農道を起点とし、東方へ進み、県道 135 号線を約 60 m 北上した後、町道をさらに東方に進む（図 19）。途中、高速道路のボックスカルバートトンネルを通過し、平川市新屋遠手沢を終点とする。始点付近は、道幅が狭く車両規制が難しいことから、0 m から 60 m までの区間を受振器の設置のみとした。測線の標高は、起点の 0 m では標高約 51 m で、終点に向けて徐々に標高を上げ、終点では標高約 80 m となる。測線は、始点から県道 135 号にあたる 170 m の区間が未舗装の砂利道で、県道から終点までの区間はアスファルト舗装された道路である。

反射法地震探査測定作業は 2025 年 9 月 24 日～10 月 9 日に実施した。本調査での探査に使用した機器一覧を表 5 に示す。

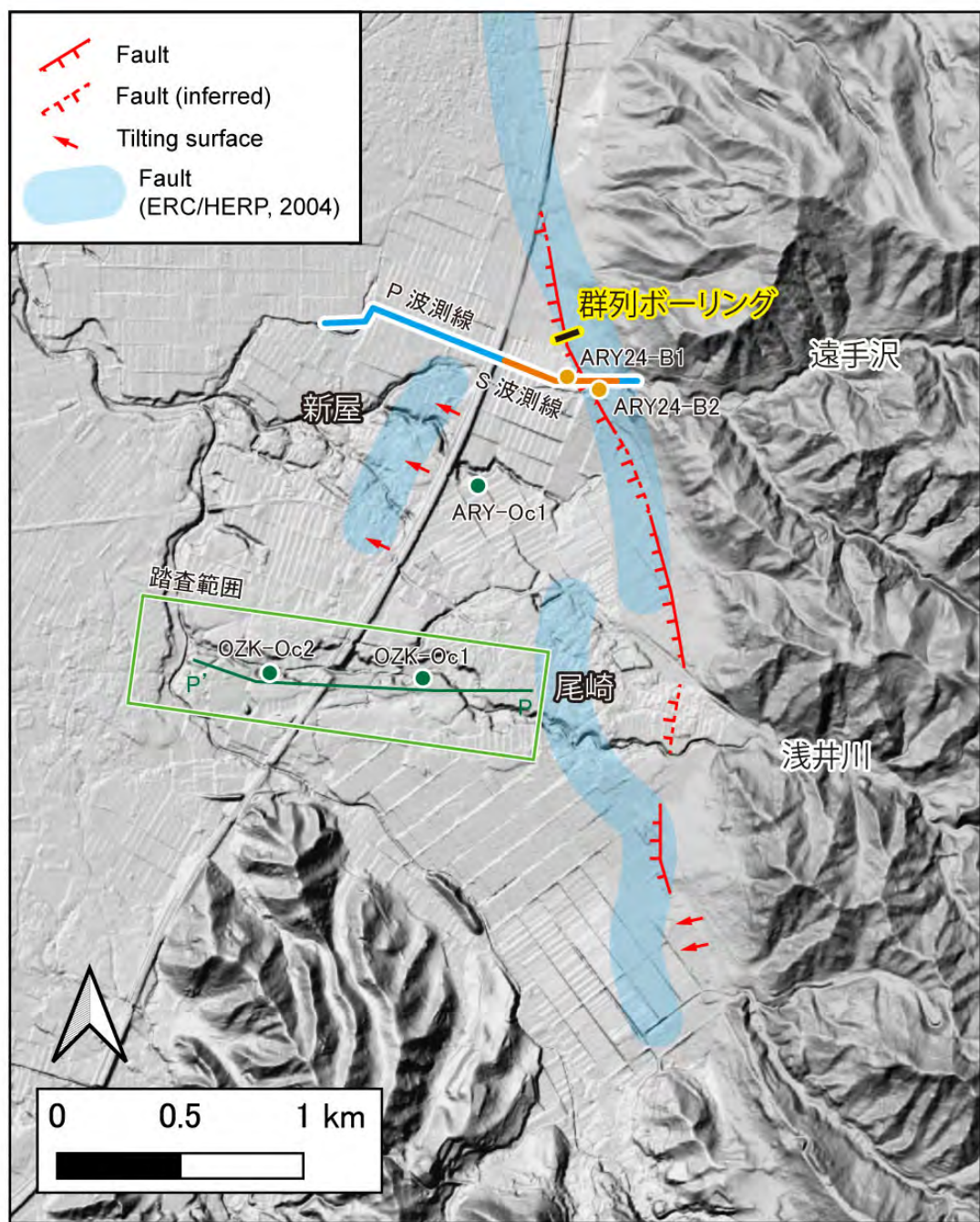


図 18 平川市新屋地区および尾崎地区周辺の地形図

背景は国土地理院電子国土 Web より陰影起伏図及び傾斜量図を使用した。幅の広い水色線は地震調査委員会（2004）で示された断層トレース。

表 4 反射法地震探査の主な測定仕様

項 目	測定仕様	
	P 波探査	S 波探査
測線長	1,500m	500m
受振・観測系	サンプリング間隔	1 ミリ秒
	収録記録長	3.0 秒
	データ収録形式	SEG-Y
	同時受振チャンネル数	最大 96 チャンネル
	受振点間隔	10 m (基本)
	展開方式	変則固定展開
発振系	波動種別	P 波
	発振点間隔	5 m (基本)
	発振方式	スイープ方式
	発振周波数	10 ～ 80 Hz
	スイープ長	15 秒
	垂直重合数	8 回
	水平重合数 (基本)	最大 118 重合

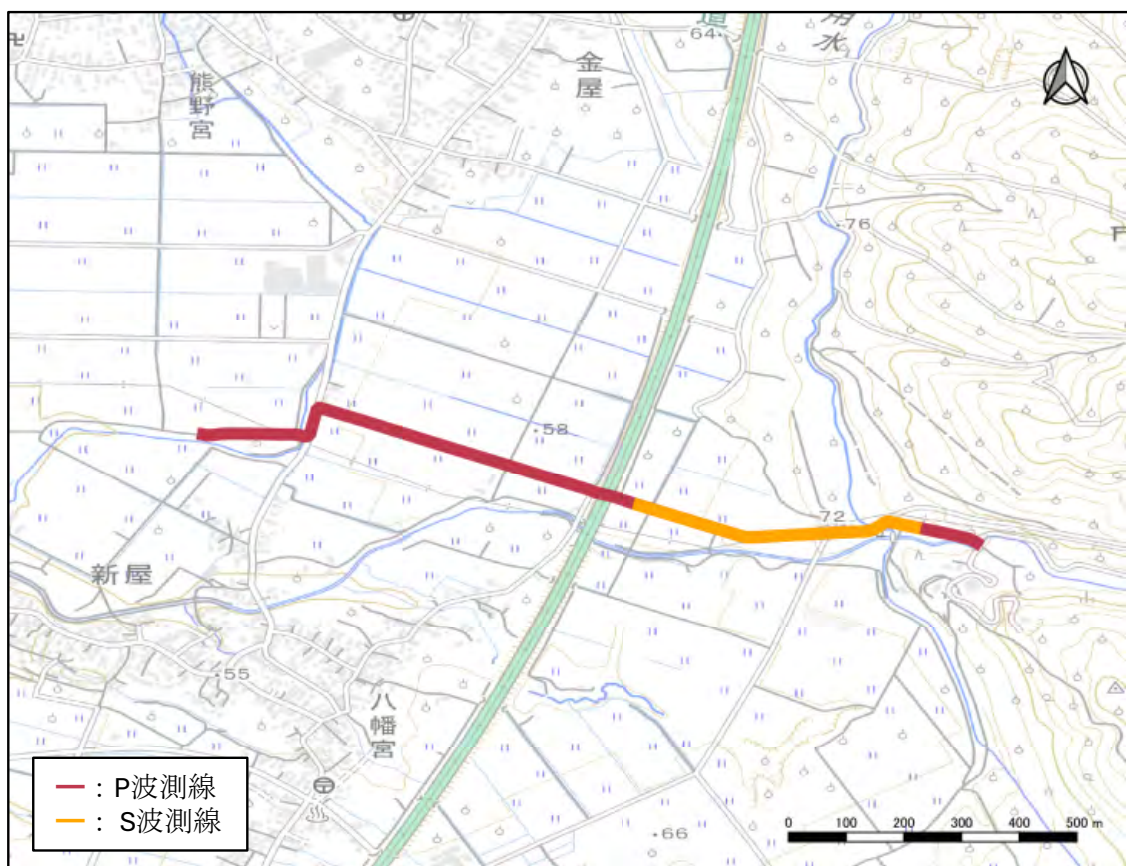


図 19 青森県黒石市高館地区において実施した反射法地震探査の測線
基図は地理院地図を使用。

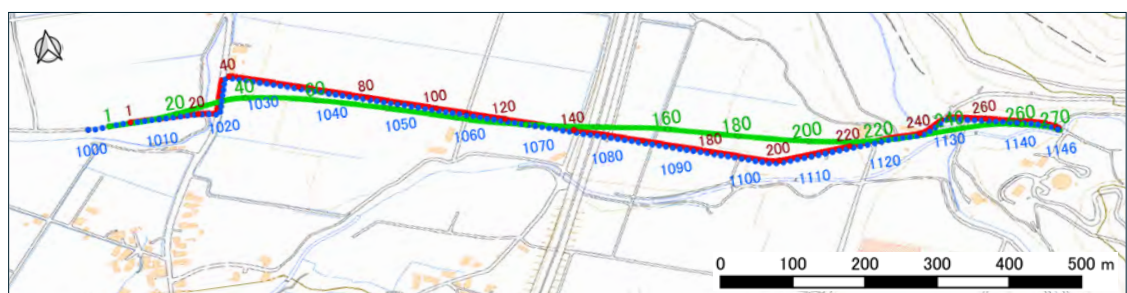


図 20 青森県黒石市高館地区において実施した反射法地震探査の P 波探査測線
杭点（青点）、発震点（赤点）、P 波 CMP ライン（緑）を示す。基図は地理院地図を使用。

表 5 反射法地震探査使用機器一覧

機 器 名	型 式	規 格・仕 様		製 作 会 社	数 量
テレメトリ型データ 収録装置および受 振器	S波探査 データ 収録装置 Geode (S波)	入力チャンネル数	: 24ch/台	(米)Geometrics	6
		サンプリング間隔	: 0.02~16msec		
		記録長	: 最大65, 536サンプル		
		A/D分解能	: 24ビット		
		ダイナミックレンジ	: 144dB		
		ひずみ	: 0.0005%		
		寸 法	: 24.5cm×30.5cm×17.8cm		
		重 量	: 3.5kg		
	S波探査 受振器 L-40A	波動種別	: S波	(米)MarkProducts	120
		固有周波数	: 30Hz		
		グルーピング	: シングル		
	P波探査 データ 収録装置 GCL (受振器含)	サンプリング間隔	: 0.25~4msec	(米)Geospace	130
		ダイナミックレンジ	: 124 dB		
		A/D分解能	: 24ビット		
		ひずみ	: 0.0005%		
		記録メモリ	: 32GB		
		波動種別	: P波		
		固有周波数	: 5Hz		
		グルーピング	: シングル		
		寸 法	: 14.0 x 11.1 cm		
		重 量	: 1.18kg		
データ収録装置制 御PC	Latitude 5424 Rugged	CPU	: Intel Core i5-8350U	デルテクノロジーズ(株)	1
		メモリ	: 8GB		
		SSD	: 256GB		
振 源	Mini-Vib T-15000	波動種別	: S波	(米)IVI	1
		制御方式	: 油圧式		
		最大加振力	: 6,000LBF		
		発振可能周波数	: 10~550Hz		
		リアクションマス重量	: 140kg		
		ベースプレート重量	: 174kg		
		自重	: 5,990kg		
		全長・車幅・高さ	: 6.71m×2.14m×2.70m		
ケーブル	CMPケーブル	24デイクアウト/本 2.5m間隔		(米)Pro Seismic Service	5
	テレメトリケーブル	50m × 5本, 200m × 2本			
その他資材	テレメトリケーブル, XスーXス逆転ケーブル, バッテリーなど				一式

ii) データ処理

探査で取得されたデータの処理は、図 21 に示すフローに従って行った。これらの処理により得られた時間断面、マイグレーション時間断面及び深度断面を解釈し、地質構造を推定した。

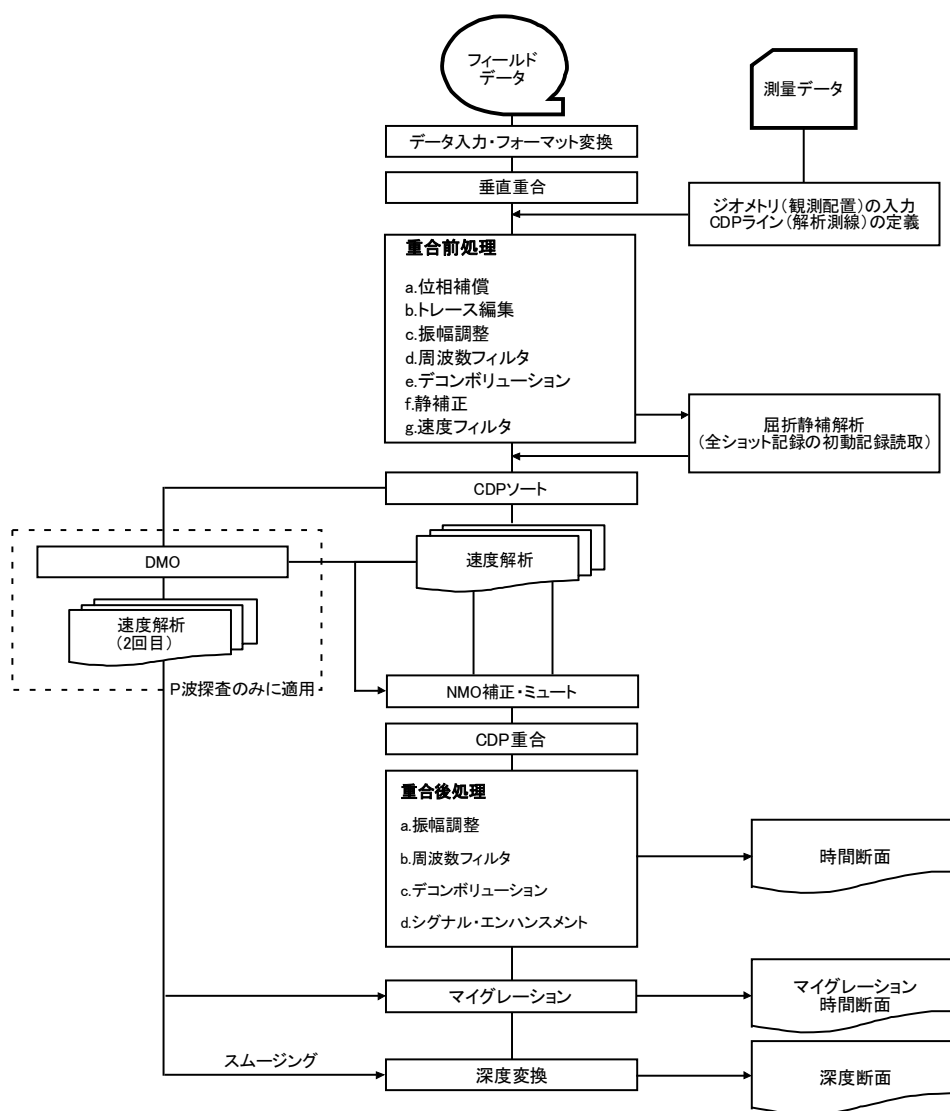


図 21 データ処理フロー

b) ボーリング調査

平川市新屋地域において、想定断層トレースを東西で挟むように2孔のボーリング調査を実施した（図 18 及び図 22）。孔名は西側を ARY24-B1、東側を ARY24-B2 と呼称した。ボーリングに先立ち実施した反射法地震探査の暫定的解析結果からは、鍵層であることが期待される比較的強い反射面が連続し、山側から平野側に傾斜する傾向がとらえられた。この鍵層を目標深度 30 m で掘削可能という理由から、ARY24-B1 孔を P 波測線距離 1110 m 付近の水田で掘削することとした。ARY24-B2 孔はそれより山側の休耕地（P 波測線距離 1216m と 1218m の中間付近）を掘削した。



図 22 ボーリング位置図

c) 地質踏査

平川市尾崎地区の浅井川沿いにおいて地表地質踏査を行い、ルートマップを作成した。踏査ルートを図 23 に示す。調査範囲の浅井川は扇状地面（段丘面）を開析して西方へ流れており、現河床から 2 ～ 3 m の高さにごく狭い沖積低地がみられ、その周囲に 6 ～ 8 m 程度の河食崖を伴う扇状地が広がっている。令和 5 年度の調査により、この河食崖の上部に十和田八戸火砕流堆積物（To-H）とみられる灰白色の凝灰質砂礫が連続することを確認した。この凝灰質砂礫は灰白色を呈する凝灰質な基質を主体とし、径 5 cm 以下の灰白色で空隙の多い軽石の角礫～亜角礫を多く含み、まれに泥岩礫などが伴われている。河食崖の下部は崩積土に覆われており、基底面が観察できる箇所は存在しなかった。平川市新屋地区の引座川支流の小河川沿いに露頭がみられ（図 18）、ここでは To-H とみられる凝灰質砂礫とその下位の地層が観察された。

平川市尾崎地区の浅井川沿いの 2 箇所の露頭（0ZK-0c1 及び 0ZK-0c2）、及び新屋地区の小河川沿いの露頭（ARY-0c1）において、露頭壁面を清掃し露頭観察を行い、柱状図を作成した。この調査では特に、凝灰質砂礫の下限を確認することに重点を置いた。0ZK-0c1 及び 0ZK-0c2 では、崩積土を除去して崖の基部まで露頭を観察したが、凝灰質砂礫の下限は確認できなかった。そのため、露頭前でハンドオーガーによる掘削を行い、凝灰質砂礫の下限を確認した。

d) 試料分析

P 波測線沿いの 2 箇所で採取したボーリングコア（ARY24-B1 コア及び ARY24-B2 コア）、尾崎地区の 2 箇所の露頭（0ZK-0c1 及び 0ZK-0c2）及び新屋地区の 1 箇所の露頭（ARY-0c1）における地層の年代を把握することを目的として、14C 年代測定と火山灰分析を行った。また、令和 5 年度に 5 か所から採取したボーリングコアの地層の年代をより詳細に把握することを目的として、14C 年代測定を追加で行った。

14C 年代測定は、主に植物片、木片、炭化木片及び腐植質シルトを採取して行った。測定は、株式会社地球科学研究所を通して Beta Analytic Inc. 及び東京大学大気海洋研究所に依頼した。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、火山ガラス及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。

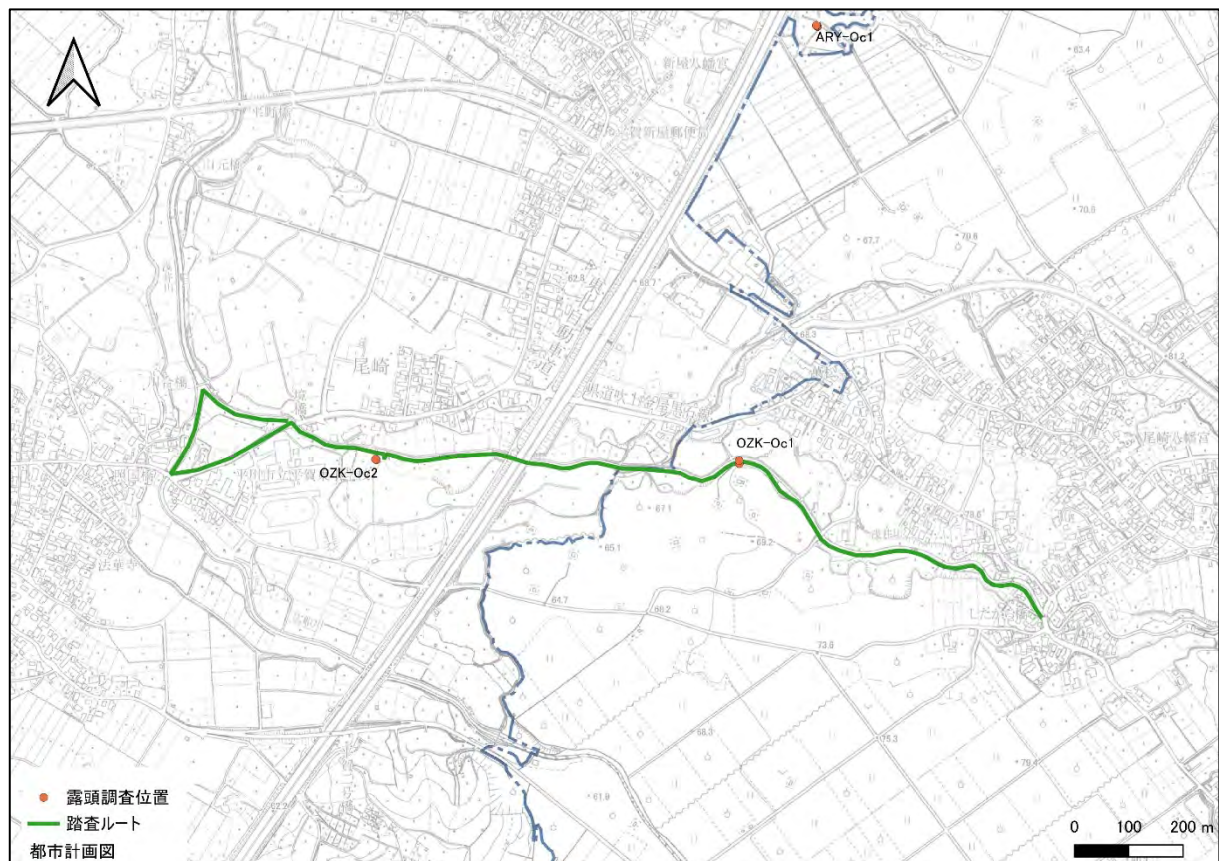


図 23 踏査ルート

平川市（2012）「弘前広域都市計画図（平川市）」に加筆

5) 調査結果

a) 反射法地震探査

i) 反射断面

図 21 に示した処理により P 波測線及び S 波測線の時間断面、マイグレーション時間断面及び深度断面が得られた（図 24～図 29）。

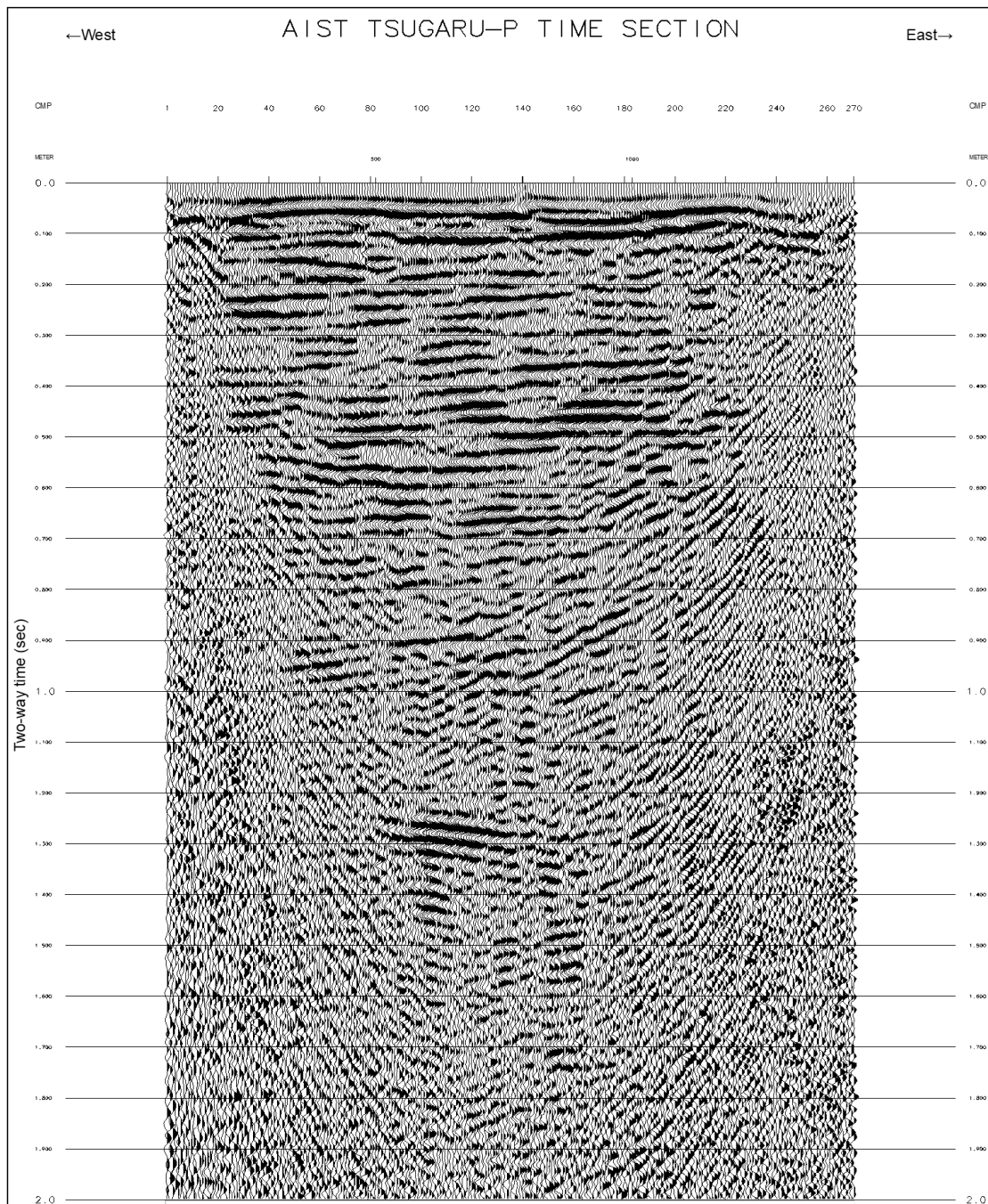


図 24 P 波探査時間断面

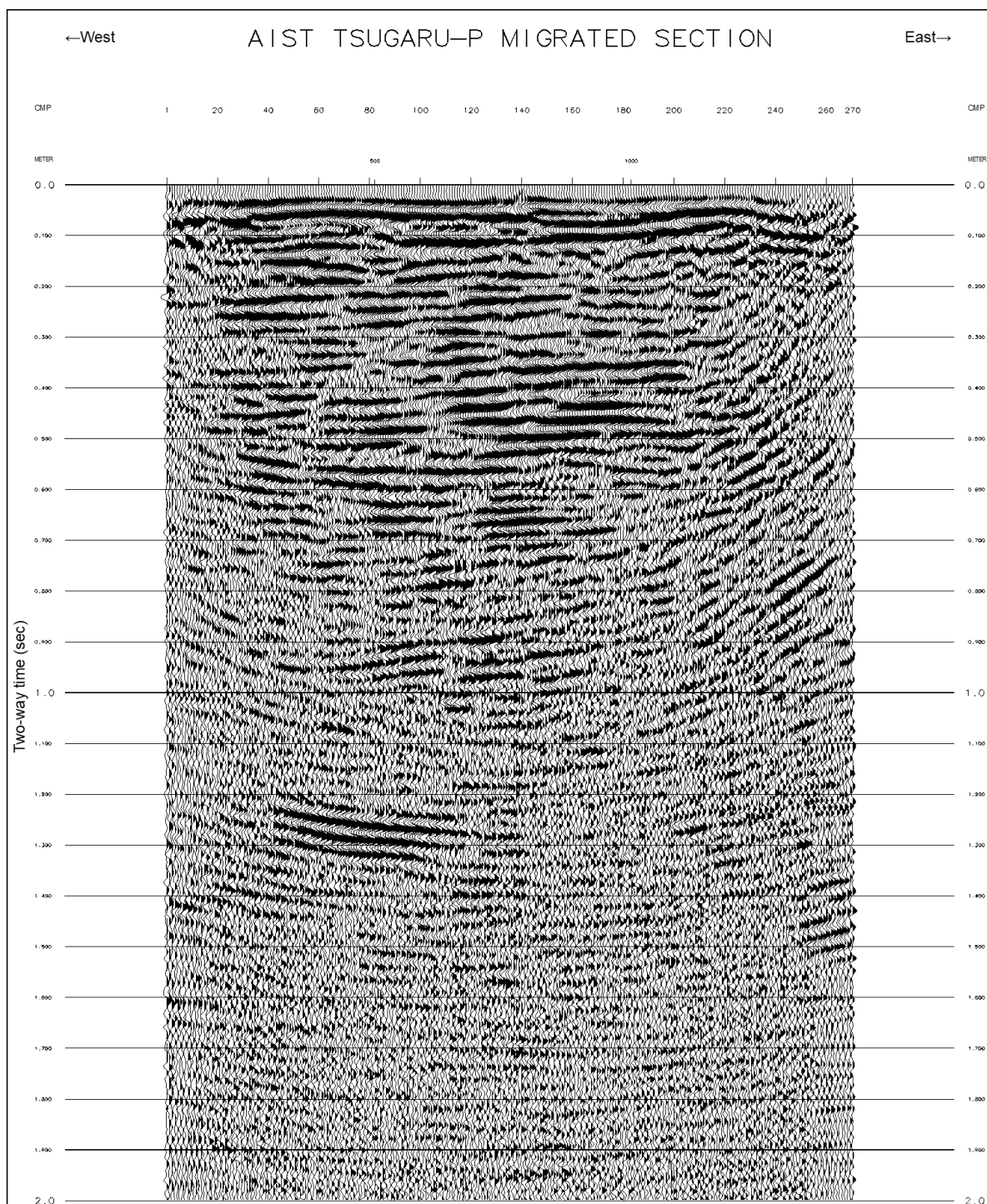


図 25 P波探査マイグレーション時間断面

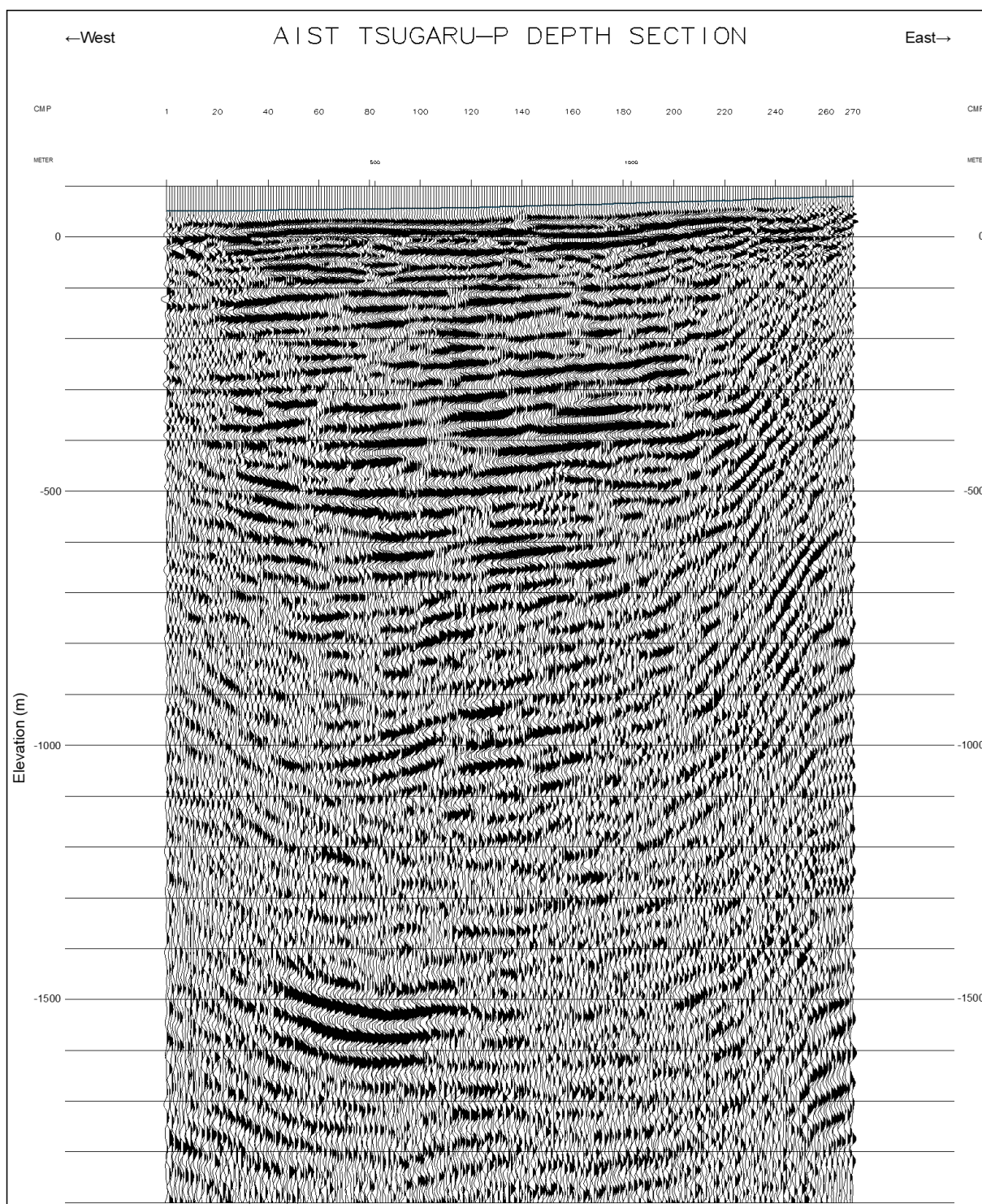


图 26 P 波探查深度断面

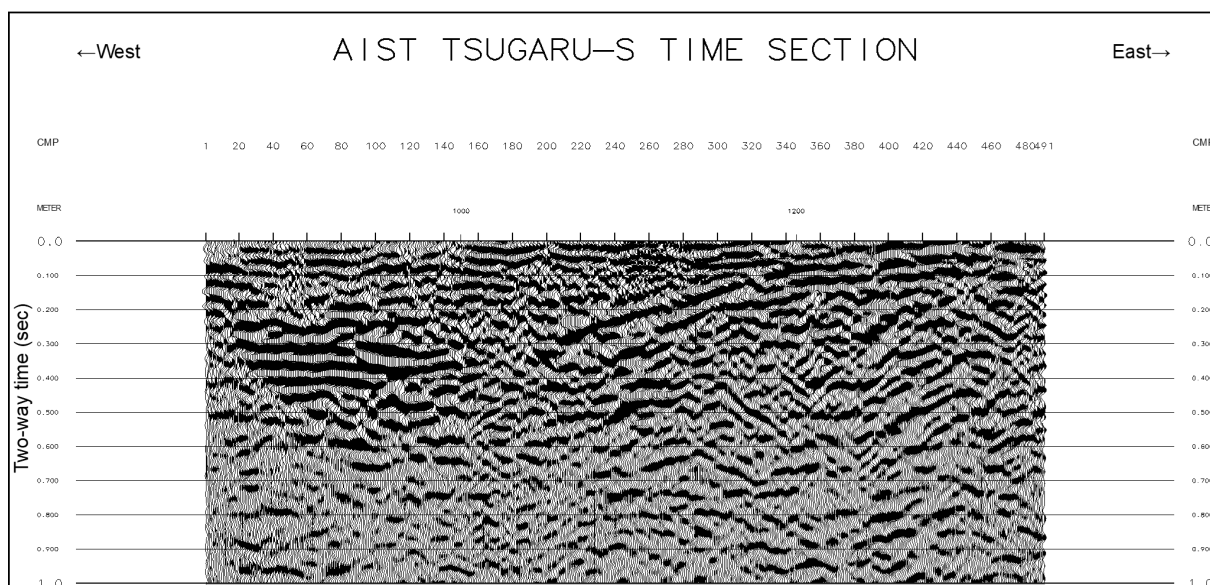


図 27 S 波時間断面

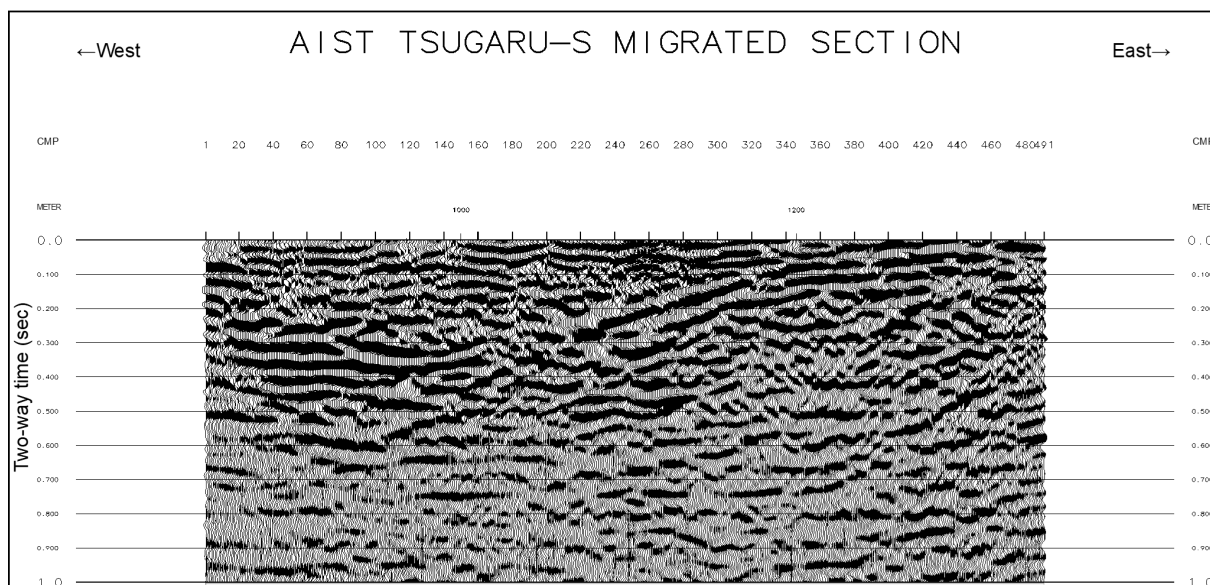


図 28 S 波マイグレーション時間断面

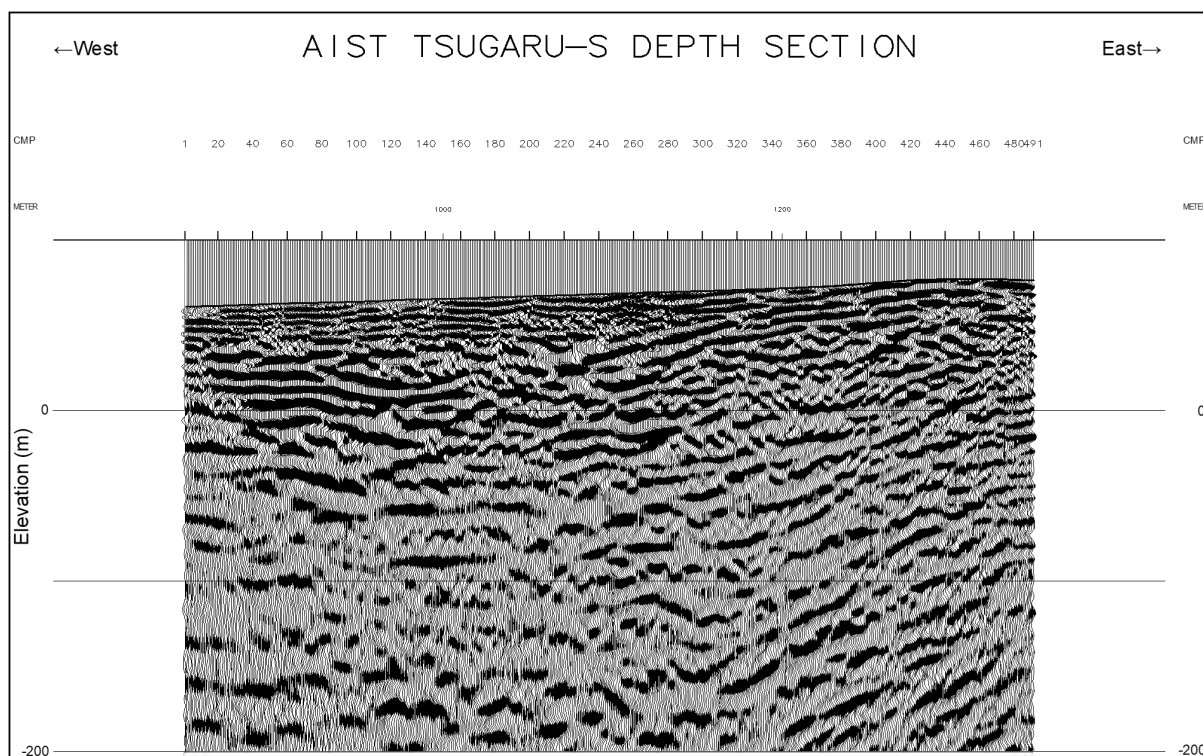


图 29 S 波深度断面

ii) 反射断面の解釈

得られた深度断面を用いて、物理探査的視点で解釈を行った。図 30 に P 波探査解釈図を、図 31 に S 波探査解釈図を示す。解釈にあたっては、連続的な反射面、反射パターンの集合の上下面に存在する反射面、連続する反射面の途切れる箇所における断層の存在に留意して行った。解釈を行った反射面の特征とその解釈ホライズン色を表 6 および表 7 に示す。反射面解釈は、P 波探査・S 波探査を対比しながら行い、反射面番号および解釈ホライズンの色は統一した。P 波探査と S 波探査の解釈結果を統合した図面を図 32 に示す。

表 6 P 波探査における反射面の特徴と解釈線色

反射面番号	反射面の特徴	解釈ホライズン色
反射面①	最も浅い反射面で、地表から概ね 28 m 付近に分布し、地表と概ね平行する。振幅はやや強めである。	■ ライトグリーン
反射面②	地表から 2 番目の反射面で、概ね反射面①と並行する。深度 50 m 程度に分布し CDP144～191 の区間で 2 本に分離する。振幅は反射面①より強い。	■ グリーン
反射面③	反射面②と概ね平行する。平野側でやや振幅が弱く不鮮明であるが、CDP100 より山側では振幅が強い。CDP180 付近で傾斜角度が変わりやや急になる。	■ ダークグリーン
反射面④	平野側の深度 200 m 程度から山側の深度 100 m まで緩やかに深度が変化する。傾斜傾向は反射面①～③とは異なる。振幅は中程度でやや連続性に劣る。CDP200 付近から不鮮明になる。	■ ライトブルー
反射面⑤	平野側から深度 330 m 程度、CDP200 付近の深度 270 m 程度、山側の深度 100 m と深度が変化する。平野側では概ね反射面④と並行する。振幅は弱く連続性が悪い。CDP220 付近から不鮮明になる。	■ ブルー
反射面⑥	平野側から深度 460 m 程度、CDP220 付近の 420 m 程度、山側の深度 280 m と深度が変化する。平野側では概ね反射面⑤と並行する。振幅は弱く連続性が悪い。CDP220 付近から不鮮明になる。	■ ダークブルー
反射面⑦	平野側から深度 550 m 程度、CDP110 付近の深度 560 m 程度、CDP205 付近の深度 540 m 程度、山側の深度 290 m と深度が変化する。上位の反射面⑥とは傾斜傾向が異なる。振幅はやや弱く CDP140 より山側では連続性が悪い。CDP220 付近から不鮮明になる。	■ イエロー
反射面⑧	平野側から深度 820 m 程度、CDP200 付近の深度 690 m 程度、山側の深度 340 m と深度が変化する。振幅は弱く連続性が悪い。	■ ダークイエロー
反射面⑨	平野側から深度 1100 m 程度、CDP200 付近の深度 930 m 程度、山側の深度 580 m と深度が変化する。振幅は弱く連続性が悪い。	■ オレンジ

表 7 S 波探査における反射面の特徴と解釈線色

反射面番号	反射面の特徴	解釈線色
反射面①	最も浅い反射面で、平野側の深度 20 m 程度から山側の深度 8 m に分布する。解釈線より上位に平行する反射波が複数認められる。	■ ライトグリーン
反射面②	地表から 2 番目の反射面で、概ね反射面①と並行する。深度 50 m 程度に分布し CDP160～190 の区間が断続的で撓んでいる。同区間は不鮮明である。全般的に振幅は強い。	■ グリーン
反射面③ ※P 波解釈を投影	反射面②と概ね平行する。断続的で連続性が悪い。振幅は弱い。反射面②までの間に数本の反射波が認められるがいずれも振幅は強いが断続的かつ乱れている。	■ ダークグリーン
反射面④ ※P 波解釈を投影	平野側から深度 150 m 程度、CDP310 付近で深度 130 m 程度に分布し、角度を変え、山側では深度 100 m 程度となる。振幅は弱くやや連続性に劣る。	■ ライトブルー

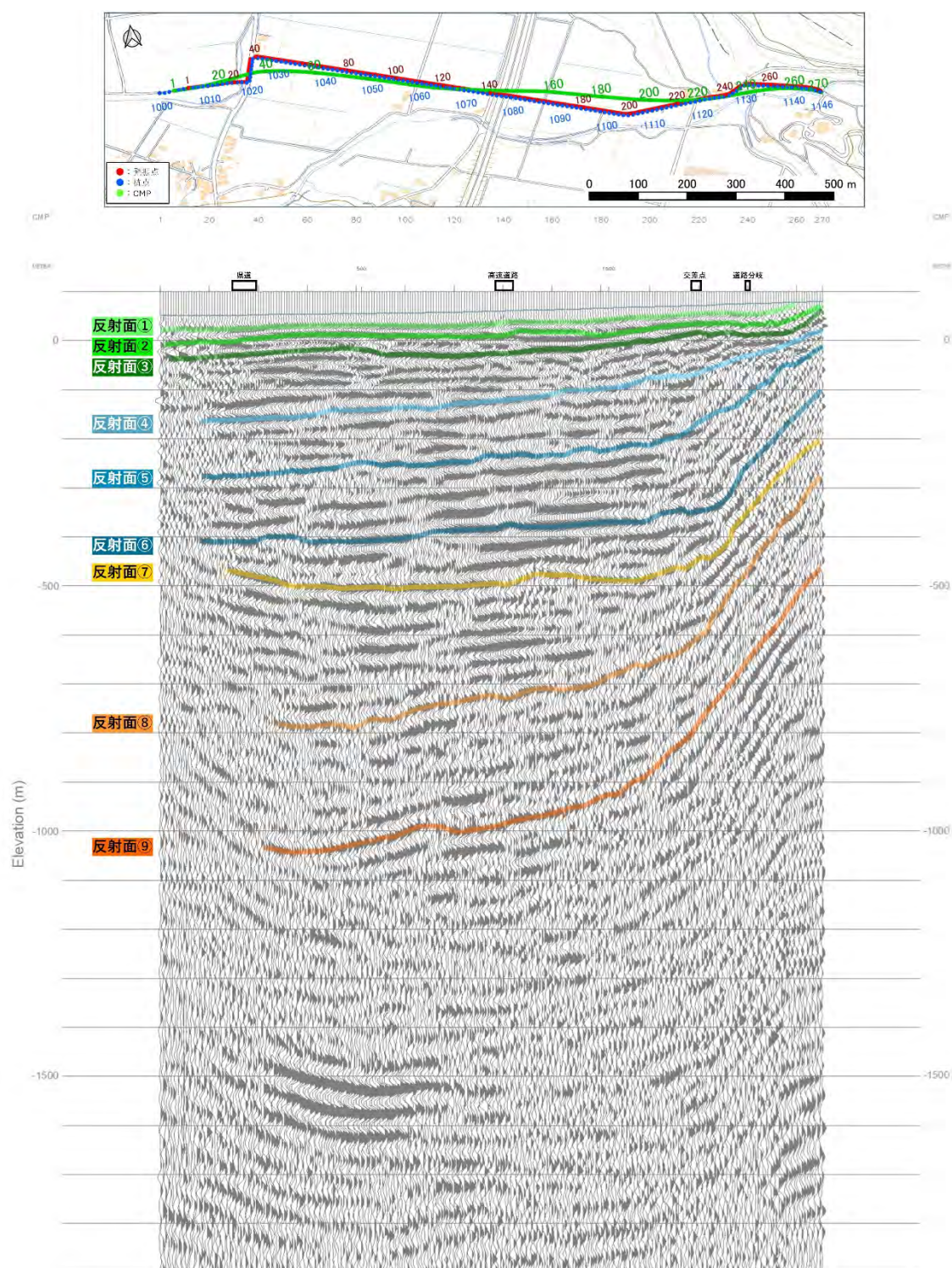


图 30 P 波探查解释图

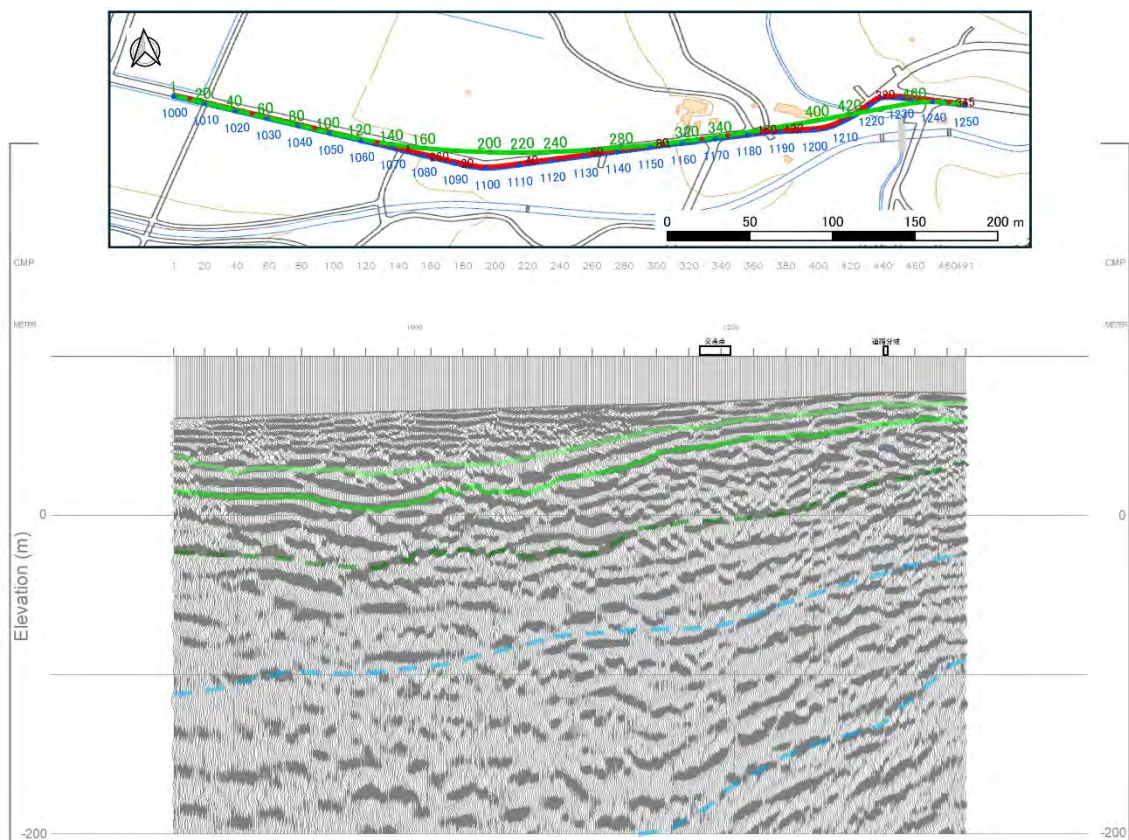


图 31 S波探查解释图

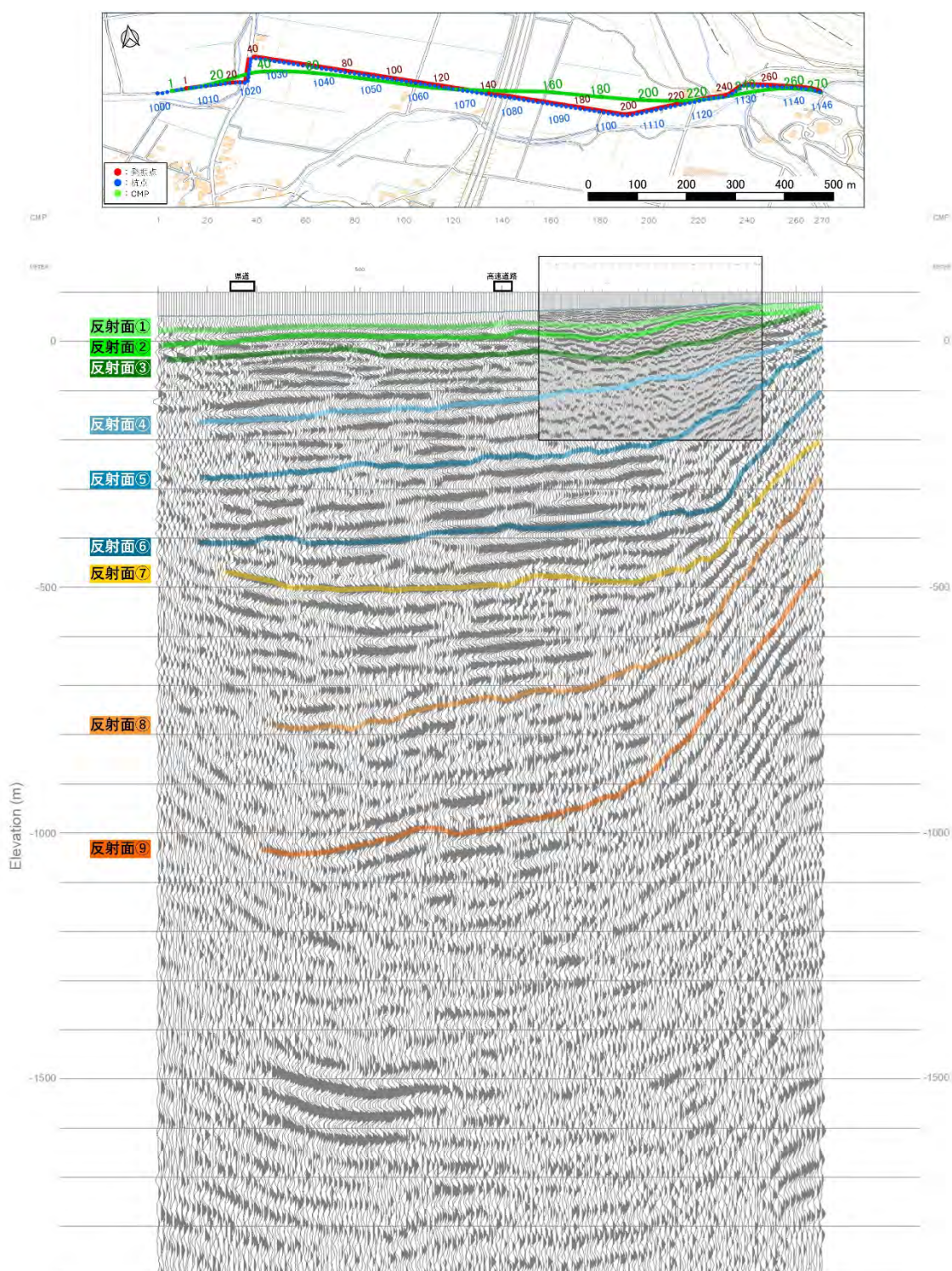


図 32 P波探査解釈図にS波探査解釈図を重ねた図

b) ボーリング調査

ARY24-B1 孔及び ARY24-B2 孔のボーリングコアに見られた地質の概要を以下に記載する．図 33 及び図 35 に柱状図、図 34 及び図 36 にコア写真を示す。

ARY24-B1 孔では、砂、シルト、礫からなる扇状地堆積物と、十和田八戸火砕流堆積物（To-H）及び十和田大不動火砕流堆積物（To-Of）に対比される凝灰質堆積物が確認された。扇状地堆積物には頻繁に木片を含む腐植質シルト層やシルト層の細粒堆積物が挟在していた。一方、ARY24-B2 孔では、主に礫、砂からなる扇状地堆積物で構成され、基質に To-H に対比される凝灰質堆積物が確認された。

ARY24-B1（孔口標高 67.94 m, 掘進長 36.00 m ; 図 33 及び図 34）

- 0.00～0.19 m：砂混じりシルト（耕作土）。灰黄褐色の砂混じりのシルトで植物片を多量に含む。非常に軟弱で締りが悪い。
- 0.19～0.47 m：砂礫混じりシルト（耕作土）。砂礫混じりのシルトで黒褐色を呈する。礫は亜角礫で最大径約 1.5 cm である。礫種は安山岩、凝灰岩などである。締りは比較的良好で、上位ほど赤褐色を帯び、風化が著しい。
- 0.47～1.37 m：砂質シルト（旧表土）。砂質シルトで灰黄褐色と黒褐色を繰り返す。堆積構造は認められない。1.10-1.20 m は黒褐色で上下位より幾分砂率が低く、淘汰良好である。
- 1.37～1.45 m：礫。最大径約 1.5 cm の角礫を主体とし、基質は粗砂である。礫種は安山岩、緑色の火山岩、砂岩などである。全体的に赤褐色を帯びる。
- 1.45～2.03 m：砂-シルト互層。砂とシルトが数 cm-10 cm 間隔で互層し、ラミナが発達している。侵入した植物根痕と推定される赤褐色の筋が鉛直方向、線状に濃集し、上部ほど酸化色を呈する。
- 1.45～1.60 m：シルト質砂。粗砂～細砂よりなる。淘汰は比較的悪い。1.60 m では幅 3 mm 未満の炭濃集層が挟在する。
- 1.60～1.64 m：砂質シルト。比較的明色の細砂質シルトよりなる。淘汰良好でラミナが認められる。
- 1.64～1.72 m：シルト質砂。細砂を主体とするシルト質砂で基底部は粗砂よりなる。
- 1.72～1.85 m：砂質シルト。砂質シルトで比較的明色のラミナが認められる。炭の濃集とみられ黒色の薄層を挟む。
- 1.85～2.03 m：砂。灰黄褐色の細砂よりなる。炭の濃淡によるラミナが下部にのみ認められる。
- 2.03～2.16 m：（腐植質）シルト。明灰オリ～ブのシルトで、やや砂がちな薄層と炭の濃集層が挟在する。
- 2.16～2.54 m：砂礫。最大径 9 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂～細砂支持である。礫種は黒色、赤色、灰色の安山岩、やや緑色を帯びる凝灰岩などである。
- 2.54～2.61 m：礫混じり砂。灰オリ～ブ色の細砂よりなり、径 4 mm の安山岩の亜角細礫を伴う。
- 2.61～2.65 m：礫混じりシルト。灰オリ～ブ色のシルトよりなる。径 4 cm の安山岩の亜角礫を含む。
- 2.65～3.37 m：砂礫。最大径 7 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。礫種は安山岩、安山岩質溶岩、白色の火山岩よりなる。安山岩は黒色、赤色、緑色と多様である。淘汰は悪いが、最大礫径と、特に上部は基質が砂からシルト質へと上方細粒化している。礫表面に赤褐色の沈着があり、酸化している。

- 3.37～3.50 m：腐植質シルト。黒褐色の腐植質シルトである。炭片がラミナを形成し、低角度（5度）に傾斜している。
- 3.50～3.55 m：砂。粗砂～中砂よりなり灰オリ～ブ色を呈する。
- 3.55～4.83 m：凝灰質砂礫（軽石礫混じり砂）。粗砂を主体とし、軽石と安山岩礫を含む。礫径は最大1.5 cm、礫形は亜円礫である。
- 3.55～3.60 m、3.84～4.00 m：比較的径の大きい軽石礫の密集がみられる。
- 3.65 m：わずかにラミナが認められる。
- 4.00～4.30 m：安山岩及び黒色の溶岩礫の礫率が高い。
- 4.02 m：径3 cmの木片が混じる。
- 4.04 m：わずかにラミナが認められる。
- 4.73～4.83 m：木片が密集する。
- 4.83～4.97 m：腐植質砂質シルト。灰オリ～ブ色のシルトで炭が散在する。炭周辺がやや褐色を帯びる。締りは不良である。
- 4.97～5.05 m：砂礫。径5 mm以下の亜円礫を主体とし粗砂を基質とする。礫種は安山岩、凝灰岩、シルト岩などである。締りは不良である。
- 5.05～5.09 m：腐植質シルト。灰オリ～ブ色のシルトで炭が散在および濃集する。炭周辺がやや褐色を帯びる。上下層に比べて比較的締りは良好で、指圧でやや変形する程度である。
- 5.09～5.35 m：砂～シルト互層。灰オリ～ブ色の砂とシルトが数 cm 間隔で互層している。砂支持層が柔らかく崩れやすい。
- 5.09～5.13 m：シルト。ラミナはない。比較的緻密である。
- 5.13～5.16 m：細砂。ラミナが発達する。
- 5.16～5.18 m：シルト。ラミナが発達する。シルト基底部の傾斜は5度である。
- 5.18～5.24 m：細砂。ややラミナが認められる。
- 5.24～5.35 m：粗砂。ラミナは認められない。
- 5.35～5.50 m：砂礫。礫支持で最大径6 cmの亜角～亜円礫を主体とする。粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩を主体とし、凝灰岩などが混じる。
- 5.50～5.57 m：腐植質シルト。炭の濃集するシルトである。炭の濃淡によるラミナが発達している。締りは良好で指圧でやや変形する程度である。
- 5.57～5.70 m：砂礫。最大径5 mmの亜円礫～細砂を主体とする。礫種は安山岩、軽石などである。安山岩の礫径が上方細粒化する。軽石礫は上部に濃集している。
- 5.57～5.61 m：径5 mm以下の軽石礫を主とし粗砂～中砂基質である。
- 6.67～6.70 m：径5 mm以下の安山岩の亜円礫が密集する。
- 5.70～6.10 m：砂～シルト互層。比較的明色のシルトとやや暗色の中砂が数 cm 間隔で互層し

- ている。ラミナが認められる。
- 5.88～5.92 m と 5.97～5.98 m : 灰黄褐色のシルトで淘汰良好である。
- 6.08 m : 径 2 cm の青緑色の火山岩の亜円礫を含む。
- 6.10～6.76 m : 砂～礫互層。最大径 5 cm の亜角礫～亜円礫支持層と、粗砂～中砂支持層が数 cm～十数 cm 間隔で互層している。礫種は安山岩、頁岩、赤色の火山岩、シルト岩などである。
- 6.10～6.15 m : 砂。軽石を主とする粗砂よりなる。わずかにラミナが認められる。
- 6.15～6.22 m : 砂礫。最大径 4 cm の亜円礫を主体とし、基質は粗砂である。
- 6.22～6.26 m : 砂。中砂～細砂で上部はややシルト質である。
- 6.26～6.53 m : 礫。最大径 6 cm の亜角礫～亜円礫よりなる。礫種は安山岩、凝灰岩などである。
- 6.53～6.56 m : 砂。礫を含まず比較的淘汰良好の細砂である。
- 6.56～6.68 m : 砂礫。最大径 3 cm の亜円礫を主体とし、粗砂基質である。
- 6.68～6.76 m : 砂。主に粗砂でまれに最大径 5 mm の細礫を含むが比較的淘汰良好である。
- 6.76～9.20 m : 砂礫。最大径 20 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩、溶結凝灰岩、頁岩、赤色および白色の火山岩、砂岩などである。締りは良好で 7.40～8.70 m を除き指圧で変形しない。
- 9.20～9.23 m : 腐植質砂質シルト。炭の濃集層を含む砂質シルトである。炭層は約 25 度に傾斜し、湾曲する。また層厚が膨縮している。
- 9.23～9.30 m : 砂礫。最大径 1 cm の亜角礫～中砂よりなる。礫種は安山岩、溶岩、軽石、緑色の火山岩などである。一部人工的にかく乱しているが、全体的には上方ほど礫率が低く礫径も細粒化が認められる。
- 9.30～9.76 m : 礫混じりシルト質砂。褐灰色のシルト質砂である。礫径は最大 4 cm で礫形は亜円～亜角である。木片が散在し、4.43～4.55 m 付近はやや黒褐色を帯びる。全体的に淘汰は悪い。下部にラミナがわずかに認められ、傾斜は深度 9.62 m で約 30 度である。
- 9.76～9.93 m : 礫混じり砂。中砂～細砂を主体とし、最大径 5 mm の細礫を含む。9.84～9.89 m は淘汰が悪く、礫率が高く、基質がシルト質となる。
- 9.93～10.14 m : 礫混じりシルト質砂。灰オリ～ブ色のシルト質砂で最大径 1 cm の軽石礫を含む。偽礫と考えられるシルトの塊が 9.94 m、10.07 m に含まれる。10.09～10.14 m は礫を含まず淘汰良好で、砂質シルトよりなる。深度 10.13 m の基底部付近の傾斜は約 10 度である。
- 10.14～10.53 m : 砂。灰色～灰オリ～ブ色の細砂～粗砂が互層している。10.27～10.29 m に

- 淘汰の悪い薄層を挟み、最大径 1 cm の亜円礫～シルトよりなる。礫種は黒色の安山岩、緑色の火山岩などである。
- 10.53～11.36 m：砂礫。最大径 8 cm の亜角礫を主体とし、基質は粗砂～細砂よりなる。礫種は安山岩と溶岩などからなる。上部（10.53～10.70 m）の基質の細礫～粗砂率が高く、層全体として上方細粒化している。
- 11.36～11.90 m：礫混じり砂～シルト互層。シルト～砂の互層で灰オリ～ブ～暗緑灰色を呈する。最大径 1.5 cm の亜角礫を含む。
- 11.36～11.44 m：砂質シルト。灰オリ～ブ色の砂質シルトでラミナが発達する。上位層との境界が湾曲し、削り込みを受けていると考えられる。深度 11.40 m のラミナの傾斜は約 30 度である。
- 11.44～11.55 m：砂。中砂～細砂を主体とし、概ね上方細粒化しているが、11.46 m に最大径 1 cm の亜角礫の密集層を挟む。礫種は安山岩、白色の火山岩などである。
- 11.55～11.62 m：礫混じり砂質シルト。灰オリ～ブ色の砂質シルトで、最大径 2 cm の軽石礫を斑状に含む。
- 11.62～11.90 m：礫混じりシルト質砂。ややシルト質な砂で最大径 1 cm の亜円礫を含む。礫種は黒色、赤色および緑色の火山岩、軽石、シルト岩などである。
- 11.90～12.25 m：砂。粗砂～中砂よりなり、暗オリ～ブ灰色を呈する。淘汰良好である。石英砂の含有が目立つ。
- 12.25～12.33 m：砂礫。最大径 2 cm の亜角礫を主体とし、粗砂～細砂を基質とする。礫種は安山岩、白色、黄色、黒色、赤色を呈する火山岩などである。
- 12.33～12.58 m：礫混じり砂。中砂～細砂を主体とし、最大径 1.5 cm の亜角～亜円礫をまれに含む。径の違いによる礫種に偏りがみられ、比較的大きい礫は軽石、細粒礫は安山岩を主体とする。12.40～12.50 m は礫を含まずラミナが発達している。
- 12.58～12.85 m：砂～シルト互層。粗砂～中砂と、砂質シルトが互層し、ラミナを形成している。12.70 m に細礫の密集する薄層を狭在する。下位層にアバットする。深度 12.80 m のラミナの傾斜は約 10 度である。
- 12.85～13.25 m：腐植質シルト。炭化木片が密集する褐灰色の腐植質シルトである。炭の層が約 25 度に傾斜している。
- 13.25～13.44 m：砂礫。径 1.5 cm の亜角～亜円礫を主体とし、基質は中砂～細砂で淘汰は悪い。礫種は安山岩を主体とする。
- 13.44～13.63 m：砂。中砂～細砂よりなり、淘汰良好である。上部にのみ粗砂サイズの軽石が密集している。ところどころにラミナが認められる。

13. 63～13. 70 m：礫混じり砂質シルト。灰色の砂質シルトを主体とし、その中間に最大径 2 cm の亜円礫を挟む。礫種は凝灰岩、風化軽石、赤色の火山岩などである。シルト優勢部にラミナが発達する。
13. 70～14. 55 m：礫混じり砂。粗砂～中砂を主体とし、最大径 9 cm の亜角礫を伴う。礫種は黒みを帯びた安山岩、黄色みを帯びたシルト岩、赤色および緑色の火山岩、軽石などである。ところどころにラミナが発達する。
14. 40～14. 55 mは礫のみからなる。攪乱されているため、砂が流出した可能性がある。
14. 55～14. 86 m：砂。粗砂～中砂よりなり、オリ～ブ黒色を呈する。淘汰は良好である。ラミナが認められる。
14. 86～15. 88 m：砂礫。最大径 18 cm の亜角礫を主体とし、粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩、黒色および赤色の火山岩、緑色の凝灰岩などである。締りは非常に良好で、指圧で変形しない。15. 70、15. 36 m 付近に礫が定向配列する傾向が認められる。15. 10～15. 23 m、15. 82～15. 88 mは攪乱されている。
15. 88～16. 02 m：礫混じり砂質シルト。暗緑灰色の砂質シルトで、最大径 2 cm の亜円礫を含む。礫種は安山岩と白色の火山岩等である。上方細粒化し、上部 5 cm に礫を含まない。
16. 02～16. 55 m：砂礫。最大径 4 cm の亜角～亜円礫を主体とし、中砂～細砂を基質とする。礫種は安山岩、白色の火山岩などである。基質が黄褐色を帯びて酸化している。16. 33 m 以深は硬く指圧変形しない。
16. 55～17. 50 m：軽石質凝灰角礫。最大径 6 cm の亜角～亜円礫を主体とし、砂～シルトを基質とする。礫種は軽石、安山岩、白色の火山岩、砂岩などで、下部（17. 18～17. 50 m）は安山岩礫を主体とし、礫径が上方細粒化する。上部（16. 55～17. 18 m）は軽石礫を主体とし、基質と一体となり礫形の判別が難しい箇所がある。
17. 50～17. 90 m：礫混じり砂質シルト。暗緑灰色の砂質シルトで、最大径 2 cm の亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、白色の火山岩などである。淘汰不良である。締りは悪く指圧で容易に変形する。
17. 90～18. 15：砂。緑灰色の中砂で、概ね淘汰良好である。18. 04 m に最大径 5 mm の細礫を含む。上部（17. 90～18. 00 m）にはラミナが認められる。締りは悪く、指圧で崩れる。下位層との境界面の傾斜は約 10 度である。
18. 15～18. 18 m：砂質シルト。緑灰色の砂質シルトで、ラミナがわずかに認められる。締りは悪く指圧で容易に変形する。
18. 18～18. 95 m：礫混じりシルト質砂。オリ～ブ灰色のシルト質砂で、最大径 5 cm の亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、緑色の火山岩、下部には軽石も認められる。淘

汰不良である。締りは上部ほど不良である。指圧で容易に変形する。

18.25～18.52 m：礫支持である。

18.80～18.95 m：礫を含まない。

18.88～18.89：湾曲する明緑灰色の粘土の薄層を挟在する。層理面の傾斜は約10度である。

18.95～19.16 m：砂質シルト。オリーブ灰色の砂質シルトでラミナが発達している。19.02 mに径1 cm未満の軽石礫を挟在している。19.05 m以深に偽礫と考えられる同質の塊（最大径3 cm）を含む。下位層との境界が凹凸している。

19.16～19.73 m：礫混じりシルト質砂。概ね灰色のシルト質砂で、最大径10 cmの亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩、凝灰岩、赤色の火山岩などである。淘汰は悪い。締りはあまり良くない。19.54～19.70 mは若干褐色を帯び、酸化している。

19.73～20.85 m：軽石質砂～シルト互層。軽石を多く含み、砂とシルトが数cm～20 cm間隔で互層する。軽石を主体とする最大径1 cmの亜円礫が混じる。20.34～20.65 mはラミナが発達している。20.66～20.69 mと21.20 mなどシルトの一部に炭が濃集し、腐植質となる。

19.73～20.06 m：礫混じり砂。緑灰色の粗砂～中砂を主体とし、最大径1 cmの亜円礫を上部（19.73～19.88 m）にのみ含む。礫と粗砂は軽石が主体で、砂岩、安山岩などを含む。砂はわずかに上方細粒化が認められる。指圧でやや変形する。

20.06～20.08 m：シルト。明緑灰色のシルト。20.07 mは深緑色の幅1 mmの粘土層で、やや湾曲する。下位層から漸移する。

20.08～20.34 m：礫混じり砂。灰色の粗砂～中砂を主体とし、下部（20.27～20.34 m）に最大径1 cmの軽石礫を多量に含む。締りは良好でわずかに指圧変形する。下位層との境界面の傾斜は約10度である。

20.34～20.38 m：砂～シルト互層礫を含まず砂とシルトが数mm間隔で互層しラミナが発達している。

20.38～20.55 m：軽石礫と砂の互層。最大径5 mmの軽石と中砂～細砂が数mm～1 cm間隔で互層している。20.48 mに最大径4 cmの木片を含む。20.50～20.55 mに炭の濃淡によるラミナが認められる。

20.66～20.69 m：腐植質シルト。やや腐植質なシルトで褐灰色を呈する。炭片を伴う。

20.85～21.27 m：礫混じり砂～シルト互層。軽石を主体とする礫混じりの細砂とシルトが互層している。

21.20 m：褐灰色の腐植質シルトをレンズ状に挟む。

21. 27～21. 36 m：腐植質シルト。緑灰色のシルトで、散在する炭片周辺が褐色を帯びる。ラミナが発達し、低角度（深度 21. 25 m で約 25 度、深度 21. 32m で 15 度）に傾斜する。
21. 36～21. 40 m：砂質シルト。緑灰色の砂質シルトである。非常に締りが悪い。
21. 40～21. 55 m：礫。最大径 4 cm の亜角～亜円礫よりなる。礫種は安山岩、溶岩、凝灰岩、赤色の火山岩などである。攪乱されている。
21. 55～21. 59 m：腐植質シルト。基底部に炭が濃集する腐植質シルトで、灰～褐灰色を呈する。
21. 59～21. 75 m：砂～シルト互層。暗緑灰色の中砂と明緑灰色の砂質シルトが数 cm 間隔で互層する。
21. 75～22. 41 m：砂礫。最大径 6 cm の亜角礫を主体とし、粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩、凝灰岩、軽石、シルト岩、赤色の火山岩などである。
21. 90～22. 24 m：基質が粗砂から中砂へ、礫径が 1. 5 cm～2 mm へと上方細粒化が認められる。
22. 24～22. 31 m：炭化した木片で、繊維方向はほぼ水平を示す。
22. 31～22. 41 m：最大径 5 mm の細礫から細砂へ上方細粒化している。下位層との境界面の傾斜は約 20 度である。
22. 41～22. 44 m：腐植質シルト。赤灰色のシルトで、上面付近に炭の濃集がみられる。
22. 44～23. 40 m：砂。粗砂と細砂が互層する砂で、ラミナが発達する。炭片の散在部、濃集部、軽石の密集層を挟む。
22. 44～22. 51 m：粗砂～中砂でやや褐灰を帯びる。
22. 51m：幅約 5 mm の炭濃集層が狭在する。低角（約 35 度）に傾斜する。
22. 51～22. 60 m：緑灰色の細砂で、淘汰良好である。
22. 60～22. 80 m：暗緑灰色の中砂で、淘汰良好である。ラミナが発達する。
22. 80～23. 15 m：緑灰～暗オリ～ブ灰色の粗砂で、22. 86～22. 88 m には軽石が密集している。
23. 15～23. 21 m：細砂でオリ～ブ灰色と褐灰色部が互層し、ラミナを形成している。
23. 21 m：径 1 cm 以下の炭片及び幅 2 mm 以下の炭が濃集する。
23. 21～23. 25 m：中砂で暗緑灰色～灰色を呈する。
23. 25～23. 32 m：粗砂で暗緑灰色～灰色を呈する。木片と軽石が散在する。
23. 32～23. 40 m：灰色の中砂で、最大径 5 mm の細礫を基底部に含む。礫種は安山岩、白色および赤色の火山岩などである。
23. 40～24. 63 m：砂礫。最大径 11 cm 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、安山岩質溶岩、凝灰岩などである。24. 06～24. 12 m と 24. 20～24. 28

m はほとんど礫を含まず、粗砂よりなる。

24.63～27.06 m：礫混じり砂。暗緑灰色の中砂を主体とし、最大径 10 cm の亜角～亜円礫を伴う。礫種は溶岩、安山岩、赤色の火山岩、凝灰岩などである。上方細粒化の認められるユニットが複数個所、また一部にラミナが認められる。

24.63～24.90 m：最大径 5 mm の亜円礫から、ややシルト質な細砂に上方細粒化が認められる。礫種は安山岩などである。

25.20～25.24 m：最大径 5 mm の軽石が密集する。

25.40～25.65 m：断続的だがラミナが認められる。

25.50～25.90 m：礫径が約 5 cm から 5 mm へ上方細粒化するとともに、上方ほど礫率が下がり砂主体となる。

26.70～27.00 m：細礫支持から粗砂支持に上方細粒化している。

27.06～27.60 m：砂礫。最大径 5 cm の亜角～亜円礫を主体とし、細礫～粗砂を基質とする。礫種は安山岩、溶岩を主体とし、凝灰岩、黄土色のシルト岩などである。下部（27.45 m 以深）は礫径の最大が 3 cm と比較的細粒である。下位層との境界は明瞭である。締りは非常に良好である。

27.60～29.00 m：礫混じり砂－シルト互層。緑灰色の砂～砂質シルト互層で一部に礫を含むが全体的に各層で淘汰良く、ラミナが認められる。28.03～28.13 m、28.13～28.50 m で上方細粒化するユニットが認められる。

27.60～27.71 m：シルト質砂でややラミナが認められる。

27.71～27.80 m：細砂でラミナがよく発達する。

27.80～28.03 m：シルト質砂。

28.03～28.13 m：砂。ややラミナが認められる。粗砂から細砂に上方細粒化が認められる。

28.13～28.27 m：砂質シルト。

28.27～28.40 m：中砂。ラミナが発達する。

28.40～28.50 m：最大径 2 cm の亜角～亜円礫が密集する。礫種は凝灰岩、安山岩、頁岩などである。

28.50～28.60 m：中砂。わずかにラミナが認められる。軽石をまれに含む。

28.60～28.76 m：砂質シルト。砂質シルトを主体とし、砂の薄層が挟在する。ラミナが発達する。深度 28.70 m のラミナの傾斜は約 5 度である。

28.76～29.00 m：礫混じり砂。粗砂～中砂を主体とし、最大径 3 cm の亜円礫を含む。礫種は軽石、赤色の火山岩などである。

29.00～30.40 m：砂礫。最大径 13 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩を主体とし、安山岩質溶岩、砂岩、凝灰岩、シルト岩などであ

る。基質の締りは比較的良好で指圧でやや変形する程度である。

30.40～30.71 m：礫混じり砂。粗砂～中砂を主体とし、最大径 5 mm 以下の亜角～亜円礫を含む。礫種は軽石、安山岩などである。白色の軽石礫が崩れ、基質と一体となり礫形の判別が難しい。締りは悪く軟弱である。

30.71～30.80 m：砂礫。最大径 6 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。礫種は安山岩、緑白色の凝灰岩である。

30.80～31.13 m：（凝灰質）砂質シルト。緑灰色の砂質シルトで、径 2 mm 以下の軽石が密集する薄層を 30.85 m、31.07 m に挟在する。締りは良好で、指圧でほとんど変形しない。

31.13～31.73 m：砂。中砂でラミナが非常によく発達している。31.36 m のラミナの傾斜は 10 度である。

31.62 m、31.64 m：幅 5 mm 以下の黒色層が認められ、非常に硬い。風化またはラミナの線状模様が認められる。

31.64～31.74 m：2 mm 以下の軽石が密集している。

31.73～31.95 m：砂～礫互層。細砂を主体とし、最大径 4 cm の礫支持層が数 cm 間隔で互層している。

31.73～31.77 m：細砂。

31.77～31.80 m：礫混じり砂。最大径 4 cm の亜円礫を含む。礫種はシルト岩、安山岩などである。

31.80～31.85 m：細砂。

31.85～31.88 m：砂礫。最大径 5 mm の亜角礫を主体とし、基質は粗砂である。礫種は安山岩、凝灰岩、白色の火山岩などである。

31.88～31.95 m：粗砂～中砂。粗砂から中砂に上方細粒化が認められる。また基底部に最大径 5 mm の安山岩、白色の火山岩の亜角礫を伴う。

31.95～32.19 m：凝灰質砂礫。最大径 3 cm の亜角～亜円礫を主体とし、緑灰色のシルト質砂を基質とする。礫種は安山岩、砂岩、安山岩質溶岩、軽石、頁岩などである。基質はややガラス質で凝灰質である。締りは非常によく、指圧ではほとんど変形しない。礫は下部（32.0～32.19 m）に密集し、上部には含まれない。

32.19～32.22 m：砂。暗緑灰色の中砂で、最大径 3 mm の軽石礫がわずかに混じる。

32.22～32.25 m：軽石礫。最大径 6 mm～粗砂サイズの軽石よりなる。

32.25～32.64 m：火山灰。ラミナの発達する火山灰。32.49～32.55 m は赤みを帯び、緻密である。基底部に粗砂サイズの軽石の密集層（幅 5 mm 以下）が狭在する。上部（32.25～32.48 m）は粒度のコントラストがあり、1 cm 以下の細礫を含む。礫形は亜角～亜円で礫種は砂岩、安山岩、凝灰岩などである。ラミナの傾斜は 32.44 m で約 5 度、32.55 m で約 10 度である。

- 32.64～33.26 m：礫混じり凝灰質砂。中砂を主体とし、最大径 1.5 cm の亜角～亜円礫を含む。礫種は 33.0 m 以深は軽石を主体とし、礫率が高い。33.0 m 以浅は礫率が低く、礫種は安山岩、凝灰岩などである。非常に締りがよく指圧では変形しない。32.88 m の面構造を境に色調が灰色から暗灰色に変化する。
- 33.26～34.12 m：砂礫。最大径 5 cm の亜角～亜円礫を主体とし、細礫～粗砂を基質とする。礫種は黒色および赤色の安山岩、凝灰岩、砂岩などである。33.20～33.64 m は最大礫径が 5 cm から数 mm へと上方細粒化している。
- 34.12～34.65 m：礫混じり砂。粗砂～中砂を主体として最大径 1 cm の細礫を含む。礫種は安山岩を主体とし礫形は亜角礫である。幅 1 cm 以下の黒色の細粒砂層が挟在している。
- 34.63～34.65 m：最大径 2 mm の軽石が密集している。
- 34.65～34.85 m：シルト。明緑灰色～灰色のシルトである。まれに含まれる粗砂が強風化しその周辺が褐色を帯びる。締りは良好である。
- 34.85～35.23 m：礫混じり砂。粗砂～中砂を主体とし、最大径 7 cm の亜角礫を含む。礫種は赤色の火山岩、安山岩などである。34.88 m は基質が幅約 1 cm ほど黒色となっている。
- 35.23～35.49 m：砂。中砂～細砂よりなる。下部の暗オリ～ブ灰色の中砂から上部の緑灰色の細砂に漸移する。
- 35.49～35.65 m：シルト。緑灰色のシルトで、斑状に褐色の色ムラが認められる。
- 35.65～36.00 m：砂質シルト。概ね緑灰色の砂質シルトで、35.80～35.84 m に最大径 5 mm の軽石の密集層がある。35.88～35.93 m は暗緑灰色部の構造が乱れ、斑となっている。

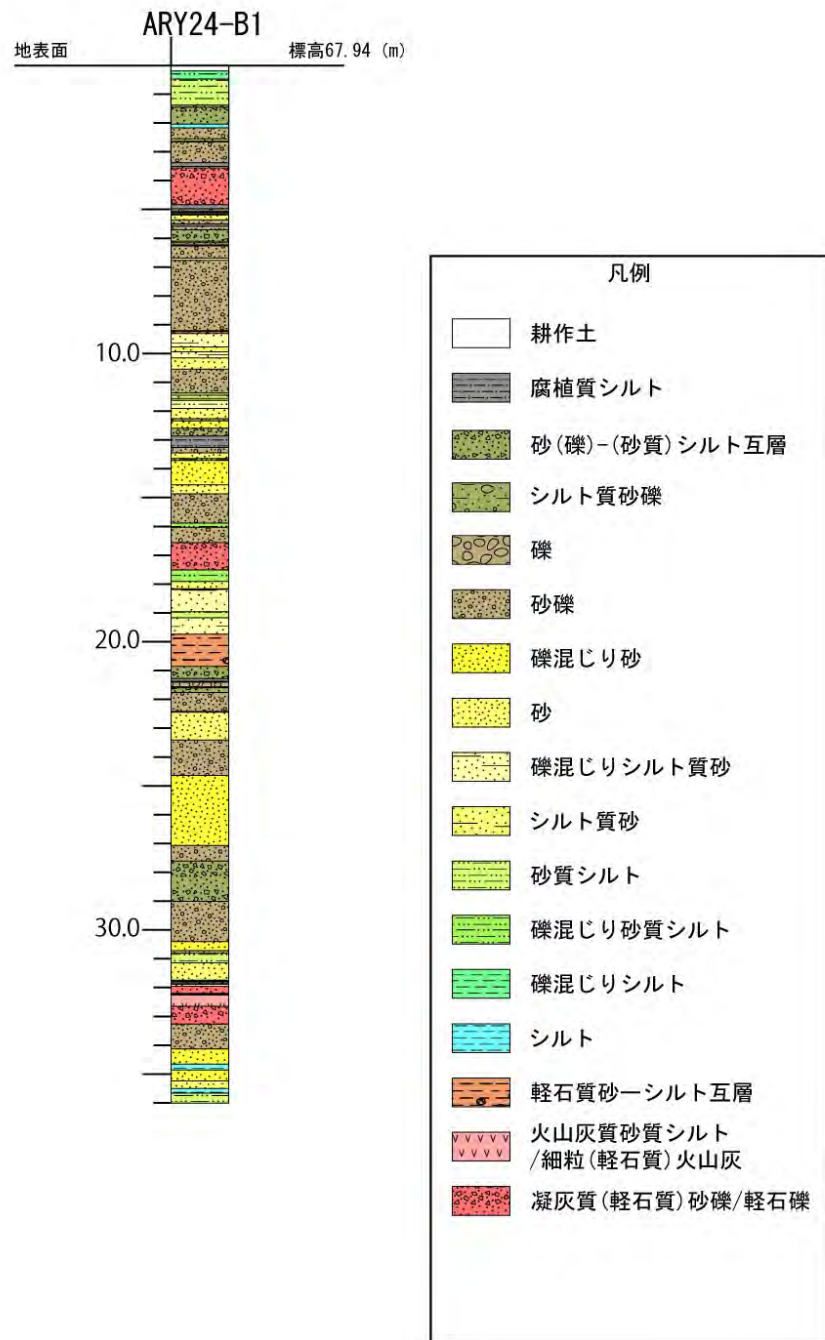


図 33 ARY24-B1 コア柱状図

A

青森県平川市における反射法地震探査及びボーリング調査による断層活動性調査
ARY24-B1 孔 0.00 ~ 15.00m

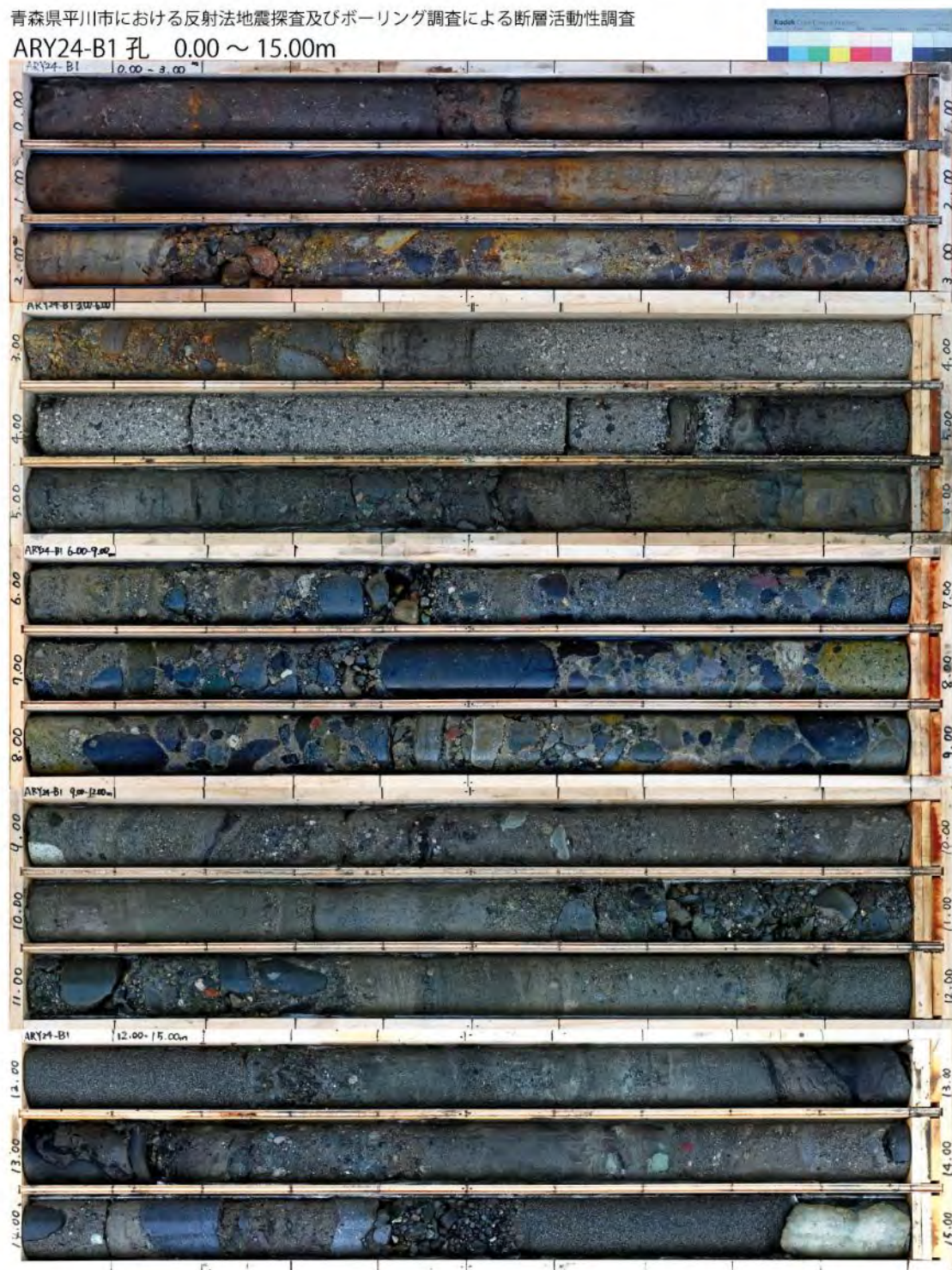


図 34 ARY24-B1 コア写真
(A) 0-15 m。

B

青森県平川市における反射法地震探査及びボーリング調査による断層活動性調査

ARY24-B1 孔 15.00 ~ 30.00m



図 34 ARY24-B1 コア写真

(B) 15-30 m。

C

青森県平川市における反射法地震探査及びボーリング調査による断層活動性調査
ARY24-B1 孔 30.00 ～ 36.00m



図 34 ARY24-B1 コア写真
(C) 15-30 m。

ARY24-B2（孔口標高 72.37 m, 掘進長 24.00 m ; 図 35 及び図 36）

- 0.00～0.24 m : 砂質シルト。褐色の砂質シルトで植物根が混じる。締りは不良である。堆積構造は認められない。
- 0.24～0.70 m : 礫まじりシルト質砂。褐色～黄褐色のシルト質砂で、最大径 6 cm の亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩が主体である。堆積構造は特に認められないが、0.44～0.58 m は上方細粒化している。締りは上部（0.24～0.44 m）で悪く、下部は指圧でやや変形する程度である。
- 0.70～1.70 m : シルト質砂礫。最大径 25 cm の亜角～亜円礫を主体とする。基質は褐色のシルト質砂で、締りは不良である。淘汰は悪い。礫種は安山岩が主体で、赤色と黒色のラミナのある火山岩、風化した凝灰岩などである。
- 1.70～1.84 m : 凝灰質砂礫。砂礫を主体とし、基質が明褐灰色の凝灰質砂質シルトである。上下位層と比べて礫率が低い。上位層との境界は不明瞭で、礫率が漸移する。締りは不良である。
- 1.84～4.24 m : 砂礫。最大径 10 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂基質である。礫種は安山岩が主体で、シルト岩、凝灰岩などである。凝灰岩の風化が著しく、礫表面付近は赤褐色の沈着が目立つ。締りは上部（2.6 m 以浅）では柔らかく、下部では良好で、指圧でやや変形する程度である。
- 4.24～4.32 m : 礫混じり砂。粗砂を主体とし、最大径 4 cm の亜角～亜円礫が混じる。礫種は安山岩を主体とし、シルト岩も含まれる。粗砂の薄層が赤褐色を帯び、ラミナのように見える。
- 4.32～4.66 m : 砂礫。最大径 12 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。礫種は安山岩が多く、一部に凝灰岩を含む。締まりは比較的良好で指圧でやや変形する程度である。
- 4.66～4.73 m : 礫混じり砂。中砂を主体とし、最大径 10 cm の亜角礫を含む。礫種は安山岩、シルト岩、長石などである。ラミナが発達する。
- 4.73～4.76 m : 砂。にぶい黄褐色の細砂よりなる。上部 5 mm ほどは若干だが細粒でシルト質となる。締まりは比較的良好で指圧でやや変形する程度である。
- 4.76～5.04 m : 砂礫。最大径 7 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩が多く、安山岩質溶岩がまれに混じる。締まりは比較的良好で指圧でやや変形する程度である。
- 5.04～5.10 m : 礫混じり砂。褐色の中砂を主体とし、最大径 5 mm の亜円礫をまれに含む。礫種は軽石質凝灰岩である。わずかにラミナが認められ、傾斜は約 30 度である。下位層との境界は明瞭で湾曲している。
- 5.10～6.18 m : 砂礫。最大径 11 cm の亜角～亜円礫を主体とし粗砂を基質とする。礫種は安山岩、凝灰岩、シルト岩などである。5.70 m 以深は基質が白みを帯び、締り

良好で指圧ではほとんど変形しない。

- 6.18～6.28 m：礫混じり砂。粗砂～中砂を主体とし、最大径 3 cm の亜角～亜円礫を含む。礫種は安山岩が主体で、シルト岩なども含む。下部（6.24～6.28 m）は礫率が高くまた、礫が低角度に定向配列している。指圧でやや変形する。
- 6.28～6.48 m：礫混じり凝灰質砂。にぶい黄褐色のシルト質砂を主体とし、最大径 20 cm の亜円礫を含む。礫種は軽石、安山岩などである。しまりはやや悪く指圧で容易に変形する。基底部に木片を含む。
- 6.48～6.66 m：軽石質砂。灰白色で粗砂～中砂を主体とする。風化したシルト状の軽石の濃集層を挟むほか、全体的にややシルト質である。ラミナが発達している。締りは不良である。
- 6.66～11.77 m：砂礫。最大径 25 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩、シルト岩、凝灰岩、白色の火山岩などである。締りは良好で指圧でほとんど変形しない。
- 9.54 m：幅 2 mm のシルトの薄層が狭在する。
- 9.80～10.40 m：粗砂基質支持である。
- 11.40～11.42 m：やや明色の砂質シルトが狭在する。
- 11.77～11.79 m：粘土。にぶい橙色の粘土でわずかにラミナが認められる。軟らかく指圧で容易に変形する。
- 11.79～11.93 m：礫混じり砂～シルト互層。全体的ににぶい橙色を呈し、比較的明色のシルトと暗色の砂が数 mm～約 1 cm 間隔で互層している。砂層に最大径 5 mm の細礫が混じるほか、最大径 4 cm の軽石と溶岩礫をまれに含む。ラミナが発達し下部ほど傾斜が高角度である（上部で約 10 度、下部で約 30 度）。
- 11.93～12.52 m：砂礫。最大径 7 cm の亜角～亜円礫を主体とし、鈍い黄橙色の細砂を基質とする。礫率が非常に高く基質はわずかである。礫種は安山岩を主体とし、シルト岩なども含まれる。
- 12.52～12.56 m：砂。にぶい褐色の粗砂よりなる。わずかにラミナが認められ層理面は低角度に傾斜している。締りは良好で、指圧でほとんど変形しない。
- 12.56～13.17 m：砂礫。最大径 7 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。礫種は安山岩が主体で、安山岩質溶岩と凝灰岩が含まれる。下部から上部にかけて礫径が 7 cm から 1 cm へ上方細粒化し、上位の砂に漸移する。上部の細礫は定向配列する傾向が認められる。
- 13.17～13.47 m：礫混じり砂。粗砂を主体とし最大径 2 cm の亜円礫を伴う。礫種は赤色の火山岩、凝灰岩などである。わずかにラミナ（約 20～25 度）が認められる。下位層との境界が明瞭で中角度（約 30 度）に傾斜する。締りは良好で指圧でほとんど変形しない。

- 13.47～13.73 m：礫混じりシルト質砂。褐灰色のシルト質な中砂～細砂を主体とし、最大径 2 cm 亜円礫が混じる。礫種は赤色の火山岩、安山岩質溶岩、シルト岩などである。ラミナが認められる。
- 13.73～13.80 m：砂礫。最大径 1 cm の亜角～亜円礫を主体とし、中砂を基質とする。基質はわずかである。礫種は安山岩、凝灰岩などである。非常に硬い。下位層との凶器は明瞭で高角度（約 50 度）である。
- 13.80～13.90 m：シルト質砂。にぶい黄橙色のシルト質な細砂である。淘汰は良好である。堆積構造は特に認められない。締りは比較的良好で指圧でやや変形する。
- 13.90～14.00 m：砂質シルト。にぶい黄橙色の砂質シルトで炭片が混じる。締りは不良である。
- 14.00～14.24 m：礫混じり砂。粗砂を主体とし、最大径 5 cm の亜角～亜円礫をまれに含む。礫種は凝灰岩、安山岩などである。ラミナが発達する。締りは比較的良好で指圧でやや変形する。下位層との境界は約 10 度に傾斜する。
- 14.24～14.32 m：砂混じりシルト。にぶい黄橙色のシルトで粗砂を含む。締りは良好で指圧でほとんど変形しない。
- 14.32～15.90 m：砂礫。最大径 9 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。礫種は安山岩を主体とし凝灰岩、白色の火山岩、シルト岩、泥岩などである。礫表面が赤褐色を帯び、酸化している。締りは良好で指圧でほとんど変形しない。下位層との境界は明瞭で約 25 度の傾斜をなす。
- 15.90～16.13 m：礫混じり砂質シルト。にぶい黄橙色の砂質シルトで、やや凝灰質である。上部（15.90～16.00 m）に最大径 5 mm の細礫が混じる。礫種は安山岩などである。ラミナ（約 20 度）が発達する下部（16.10～16.13 m）は赤褐色を帯びる。締りは不良である。
- 16.13～16.47 m：礫混じり砂。粗砂を主体とし、最大径 10 cm の亜角～亜円礫が混じる。礫種は安山岩、安山岩質溶岩、白色の火山岩などである。
- 16.47～16.79 m：砂礫。最大径 5 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。扁平な礫が定稿配列する傾向にある。締りは良好で指圧でほとんど変形しない。
- 16.79～17.02 m：砂－シルト互層。砂とシルトまたは砂質シルトが約 1～2 cm 間隔で互層し、ラミナを形成している。酸化鉄の濃淡による縞もあり、下部（16.88～17.02 m）で黒色、上部（16.79～16.86 m）で褐色となっている。
- 17.02～19.52 m：砂礫。最大径 11 cm の亜角～亜円礫を主体とし、粗砂を基質とする。礫種は安山岩、安山岩質溶岩、赤色の火山岩、凝灰岩などである。締りは硬く、指圧でほとんど変形しない。
- 19.00～19.20 m：礫径が 4 cm 未満と比較的小さくまた赤色の火山岩の礫率が高い。
- 19.52～20.00 m：礫混じり砂質シルト。褐灰～灰黄褐色の砂質シルトで、含まれる礫は主に

最大径 1 cm の亜角礫である。19.60～19.65 m にだけ径約 4 cm の比較的大きい礫が含まれる。礫種は安山岩が主体で、赤色の火山岩、凝灰岩、軽石などである。締りは不良である。

20.00～24.00 m：砂礫。最大径 25 cm の亜角～亜円礫を主体とし粗砂～中砂を基質とする。礫種は安山岩、安山岩質溶岩、凝灰岩、赤色の火山岩、泥岩、シルト岩などである。締りは概ね良好だが、一部極端に軟弱な箇所を含む。

20.00～20.13 m：粗砂を主体とする。基質は概ね褐色だが一部に細粒部にぶい黄橙色を呈する。

22.15～22.65 m：基質が黄橙色を呈し、ややシルト質で締りが悪い。

23.89～23.82 m：中砂の基質支持で黄橙色を呈する。

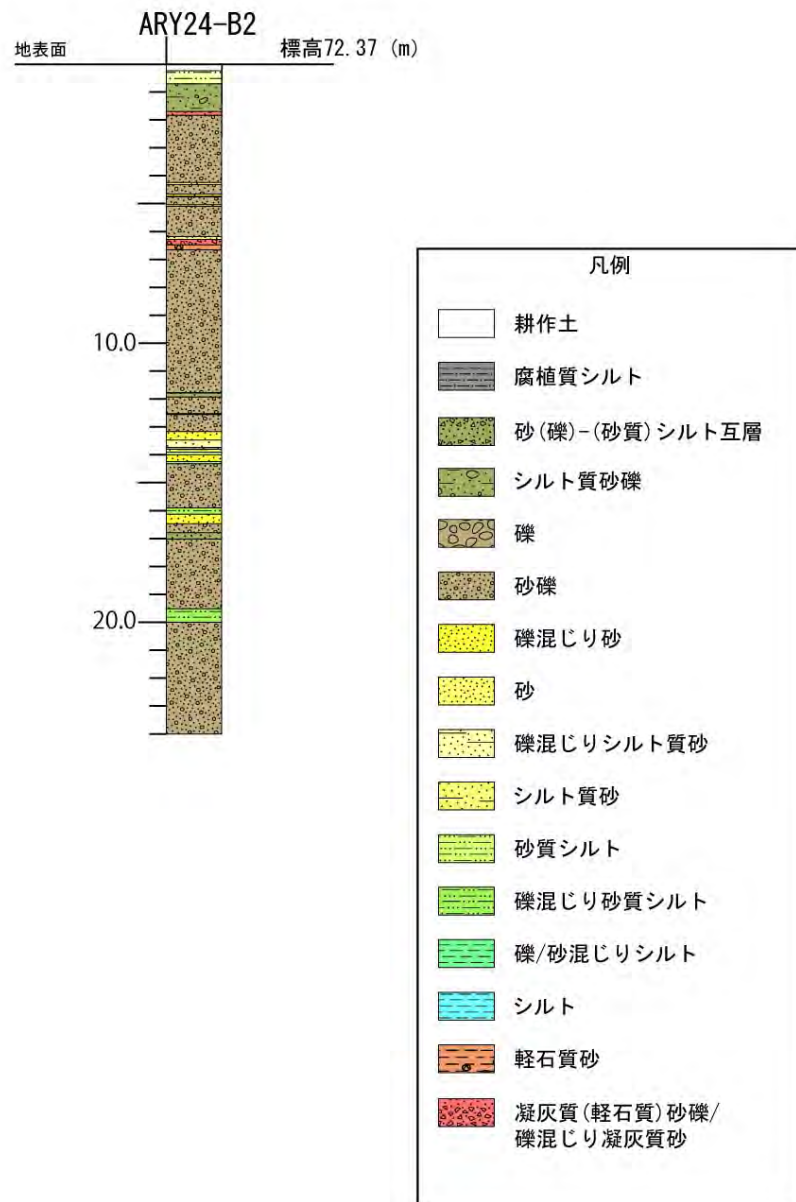


図 35 ARY24-B2 コア柱状図

A

青森県平川市における反射法地震探査及びボーリング調査による断層活動性調査

ARY24-B2 孔 0.00 ~ 15.00m



図 36 ARY24-B2 コア写真

(A) 0-15 m。

B

青森県平川市における反射法地震探査及びボーリング調査による断層活動性調査

ARY24-B2 孔 15.00 ～ 24.00m

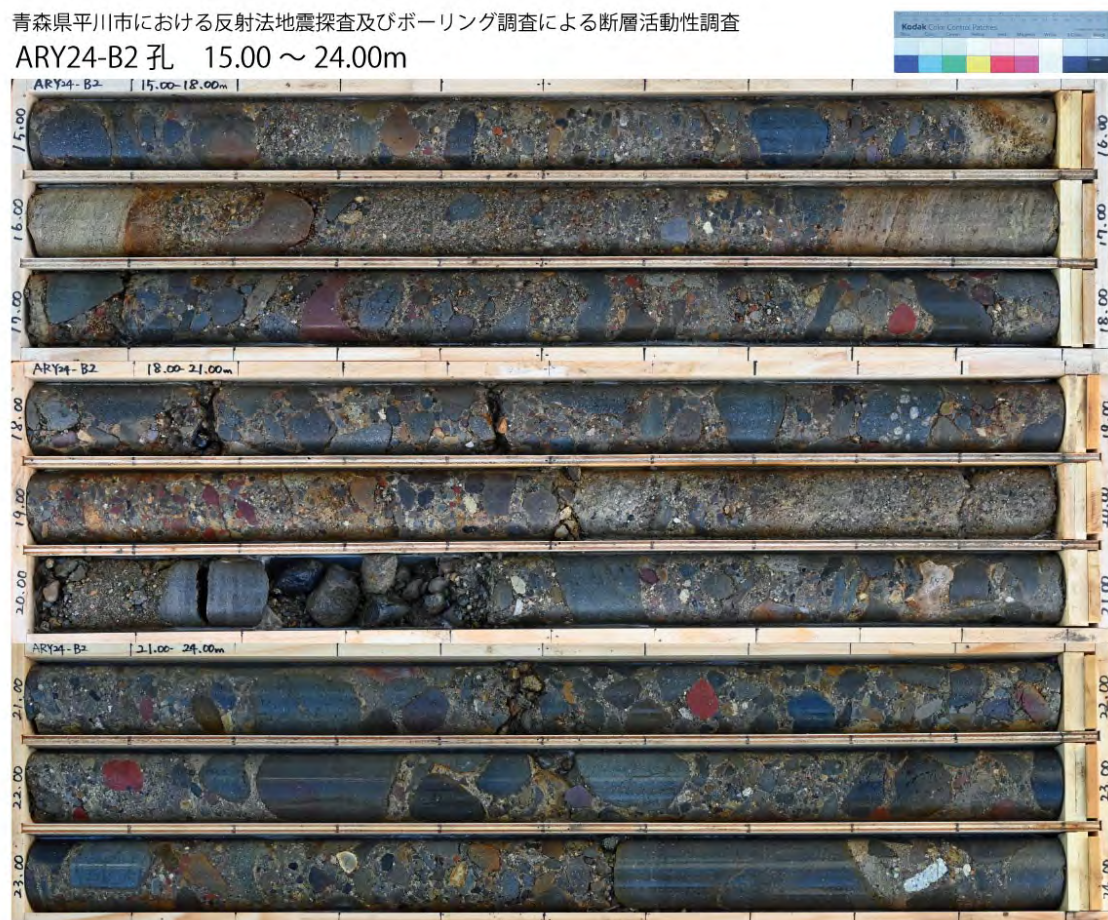


図 36 ARY24-B2 コア写真

(B) 15-24 m。

c) 地質踏査

平川市尾崎地区の浅井川沿いの2箇所の露頭及び新屋地区の小河川沿いの1箇所の露頭において、露頭壁面の清掃、露頭観察を行い、柱状図を作成した。この調査では特に、凝灰質砂礫（To-H）の下限を確認することに重点を置いた。ルートマップを図37に示す。

柱状図を作成した露頭の位置や標高については、GNSS測量によって計測した。0ZK-0c1露頭及び0ZK-0c2露頭では、露頭上端として扇状地面上を、露頭下端として露頭基部のハンドオーガー掘削地点脇を測量した。ARY-0c1露頭では、露頭上端として扇状地面上を、露頭下端として露頭基部の地表面を測量した。加えて、露頭の上部にみられた凝灰質砂礫（To-H）の基底部についても測量を行った。

0ZK-0c1 露頭

浅井川沿いの露頭のうち、東側の露頭（0ZK-0c1）は東北自動車道の東側に位置する。0ZK-0c1地点では、高さ約8mの崖の上部に灰白色の凝灰質砂礫が連続して露出している。令和5年度の調査では、本露頭の凝灰質砂礫が十和田八戸火砕流堆積物（To-H）に対比される可能性が高いことが示された。崩積土を除去して崖の基部までの地層を観察したが、凝灰質砂礫の下限は確認できなかった（図38）。露頭前でハンドオーガーによる掘削を行った結果、地表から1.45mにおいて、凝灰質砂礫の下位に位置する腐植質シルト層を見出した（図39）。0ZK-0c1地点の柱状図を図40に、露頭の地質記載を以下に示す。

・地質記載

0.00～0.30 m：砂混じりシルト（表土）。黒褐色を呈する。

0.30～8.20 m：凝灰質砂礫。灰白色を呈し、軽石質な凝灰質砂礫からなる。上部20cm程度は風化により橙色を帯びる。

以下、ハンドオーガーによる。

7.70～9.15 m：凝灰質砂礫。灰白色～灰色を呈し、軽石質な凝灰質砂礫からなる。

9.15～9.45 m：腐植質シルト。黒褐色を呈し、木片を多く含む。

9.45 m～ ：礫混じり砂。

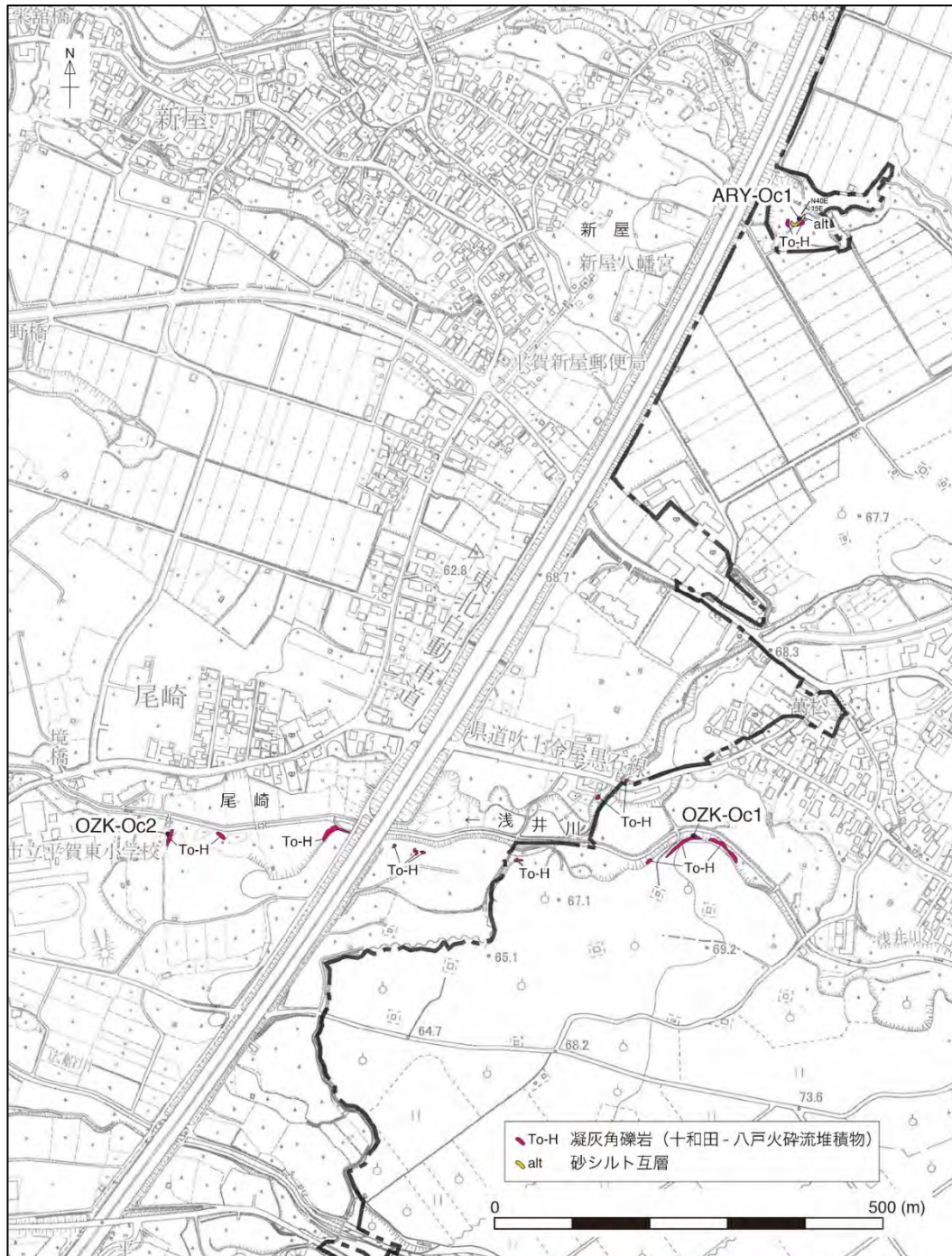


図 37 ルートマップ

平川市（2012）「弘前広域都市計画図（平川市）」に加筆した。



図 38 OZK-0c1 露頭の柱状図作成位置の全景



図 39 OZK-0c1 露頭の火砕流堆積物に覆われる腐植質シルト

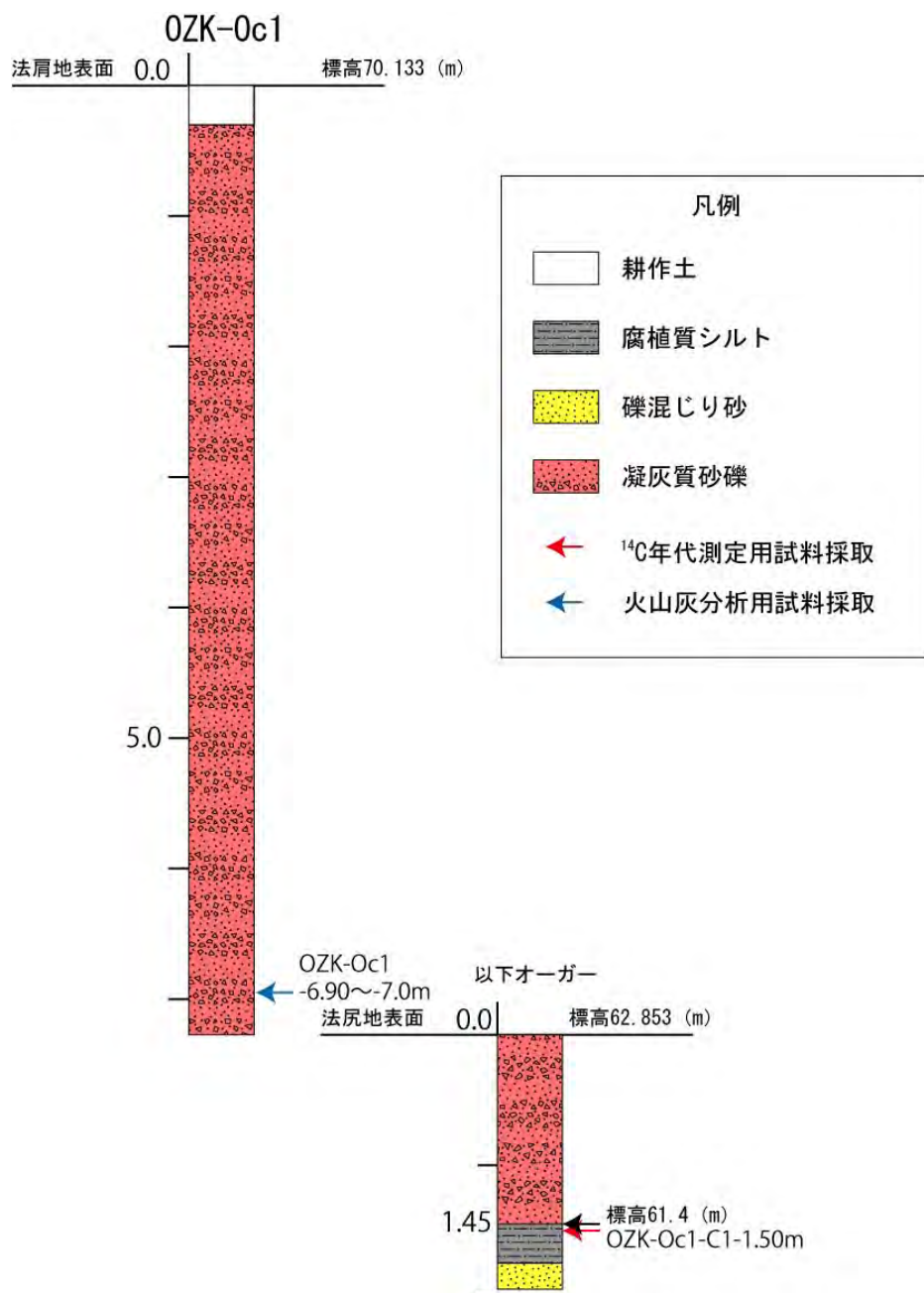


図 40 OZK-0c1 露頭の柱状図

0ZK-0c2 露頭

浅井川沿いの西側の露頭（0ZK-0c2）は東北自動車道の西側に位置し、平賀小学校との間に位置する。ここでは、高さ約 6 m の崖の上部に灰白色の凝灰質砂礫（To-H）が連続して露出する。崩積土を除去して崖の基部まで露頭を観察したものの、凝灰質砂礫の下限は確認されなかった（図 41）。そこで、露頭基部でハンドオーガーによる掘削を行った結果、地表から深度 1.0 m において、凝灰質砂礫の下位に位置する礫混じり砂層を見出した（図 42）。0ZK-0c2 地点の柱状図を図 43 に、露頭の地質記載を以下に示す。

・地質記載

0.00～0.35 m：砂混じりシルト（表土）。黒褐色を呈する。

0.35～5.85 m：凝灰質砂礫。灰白色を呈し、軽石質な凝灰質砂礫からなる。上部 45 cm 程度は風化により橙色を帯びる。

以下、ハンドオーガーによる。

5.85～6.85 m：凝灰質砂礫。灰白色を呈し、軽石質な凝灰質砂礫からなる。

6.85 m～ ：礫混じり砂。



図 41 0ZK-0c2 露頭の柱状図作成位置の全景



図 42 0ZK-0c2 地点の火砕流堆積物に覆われる礫まじり砂層

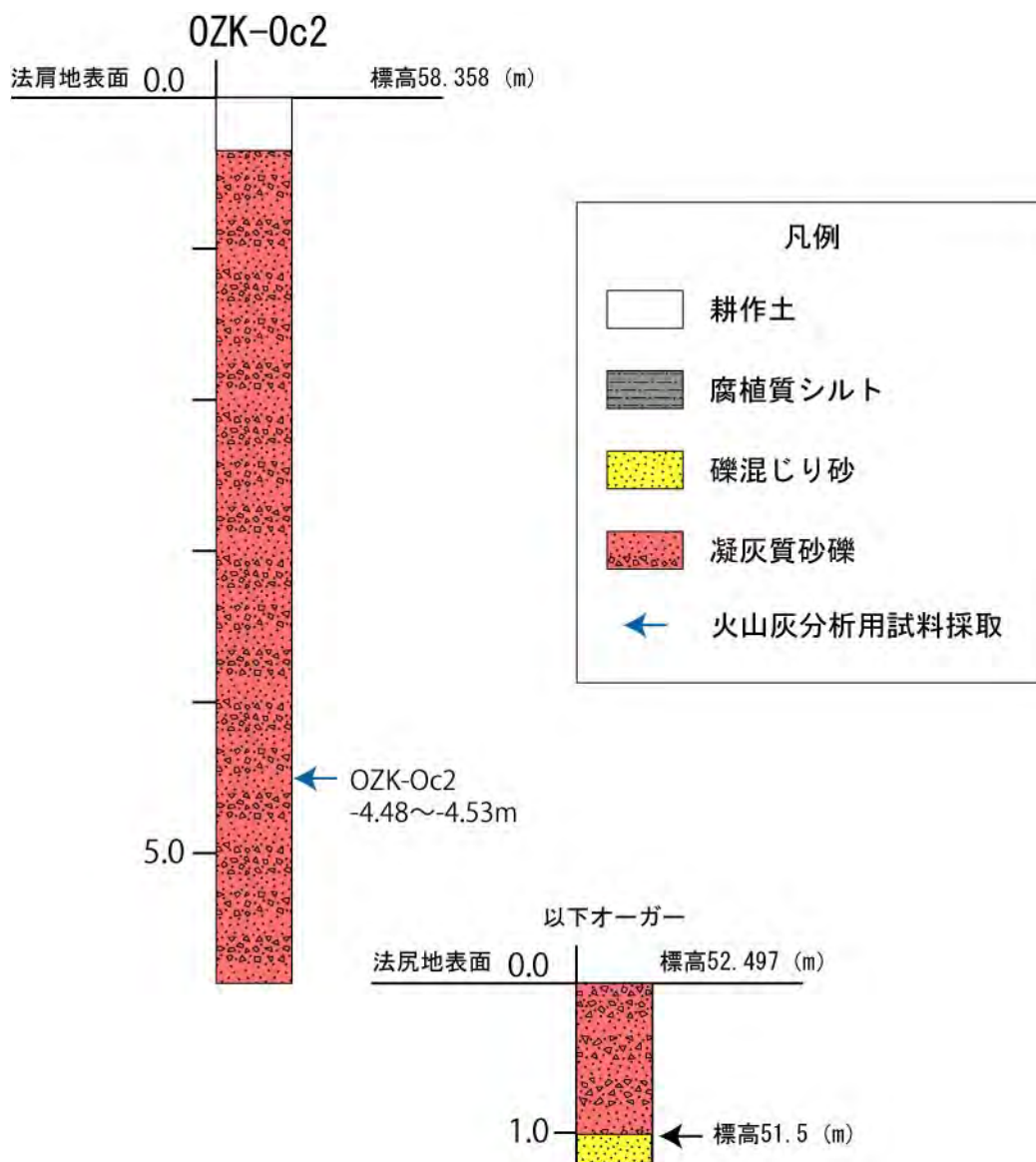


図 43 OZK-0c2 露頭の柱状図

ARY-0c1 露頭

新屋地区の引座川支流にあたる小河川沿いの露頭（ARY-0c1）は、東北自動車道の東側に位置する。扇状地面を削る沢沿いに、高さ約 7 m の露頭が認められた。壁面を清掃し、露頭観察を行った（図 44）。この露頭では、上部の約 2.8 m に凝灰質砂礫（To-H）がみられ、その下位には砂・シルト互層が分布する。ARY-0c1 地点の柱状図を図 45 に、露頭の地質記載を以下に示す。

・地質記載

- 0.00～0.35 m：砂混じりシルト（表土）。黒褐色を呈する。
- 0.35～2.77 m：凝灰質砂礫。灰白色を呈し、軽石質な凝灰質砂礫からなる。
- 2.77～2.80 m：腐植質シルト。黒色を呈し、木片や植物根を多く含む。上端・下端ともに凹凸に富み、膨縮が激しい。
- 2.80～3.12 m：砂。細粒砂からなり、乱れた褐色シルトの薄層を伴う。
- 3.12～3.15 m：砂。粗粒砂からなり、軽石を含む。レンズ状で膨縮する。
- 3.15～3.25 m：砂。細粒砂からなり、シルトのラミナを挟む。
- 3.25～3.40 m：砂。粗粒砂からなる。レンズ状で膨縮する。
- 3.40～3.50 m：砂混じりシルト。
- 3.50～3.53 m：腐植質シルト。濃褐色を呈する。側方へ殲滅する。
- 3.53～3.58 m：砂。中～細粒砂からなる。レンズ状で側方へ殲滅する。
- 3.58～3.71 m：シルト。腐植質な薄層を挟む。
- 3.71～3.77 m：砂。粗粒砂からなる。レンズ状で膨縮する。
- 3.77～3.80 m：シルト。
- 3.80～3.97 m：砂。粗粒砂からなり、ラミナがみられる。
- 3.97～4.08 m：シルト。粗粒砂をレンズ状に挟む。
- 4.08～4.35 m：腐植質シルト。木片を含む。この層準から植生が生えており、原生の植物片も含まれる。
- 4.35～4.50 m：砂。細粒砂からなり、木片を含む。
- 4.50～4.55 m：腐植質シルト。
- 4.55～4.80 m：シルト。明褐色～暗灰色を呈する。
- 4.80～4.85 m：腐植質シルト。暗褐色～黒色を呈し、膨縮する。
- 4.85～5.18 m：礫まじり砂。粗粒砂からなり、礫や軽石を含む。
- 5.18～5.40 m：砂。中～細粒砂からなり、粗粒砂をレンズ状に挟む。白色の軽石を含む。
- 5.40～5.62 m：シルト。灰色～褐色を呈する。
- 5.62～5.68 m：腐植質シルト。黒色を呈する。
- 5.68～6.03 m：砂。粗粒砂からなり、極まれに礫を含む。径 12 cm のシルトの疑礫を含む。
- 6.03～6.88 m：シルト。灰色～褐色を呈し、炭質物や腐植質シルトの薄層を挟む。最上部に

層厚 1 cm 程度以下の不連続な白色テフラを伴う。その下位 5 cm は腐植質シルトからなる。上端の層理面の走向傾斜は $N40^{\circ} E/15^{\circ} E$ を示す。

6.88～6.98 m：腐植質シルト。濃褐色～褐色を呈し、木片を含む。

6.98～7.20 m：砂。細粒砂からなり、灰色～褐色を呈する。



図 44 ARY-0c1 露頭の柱状図作成位置の全景

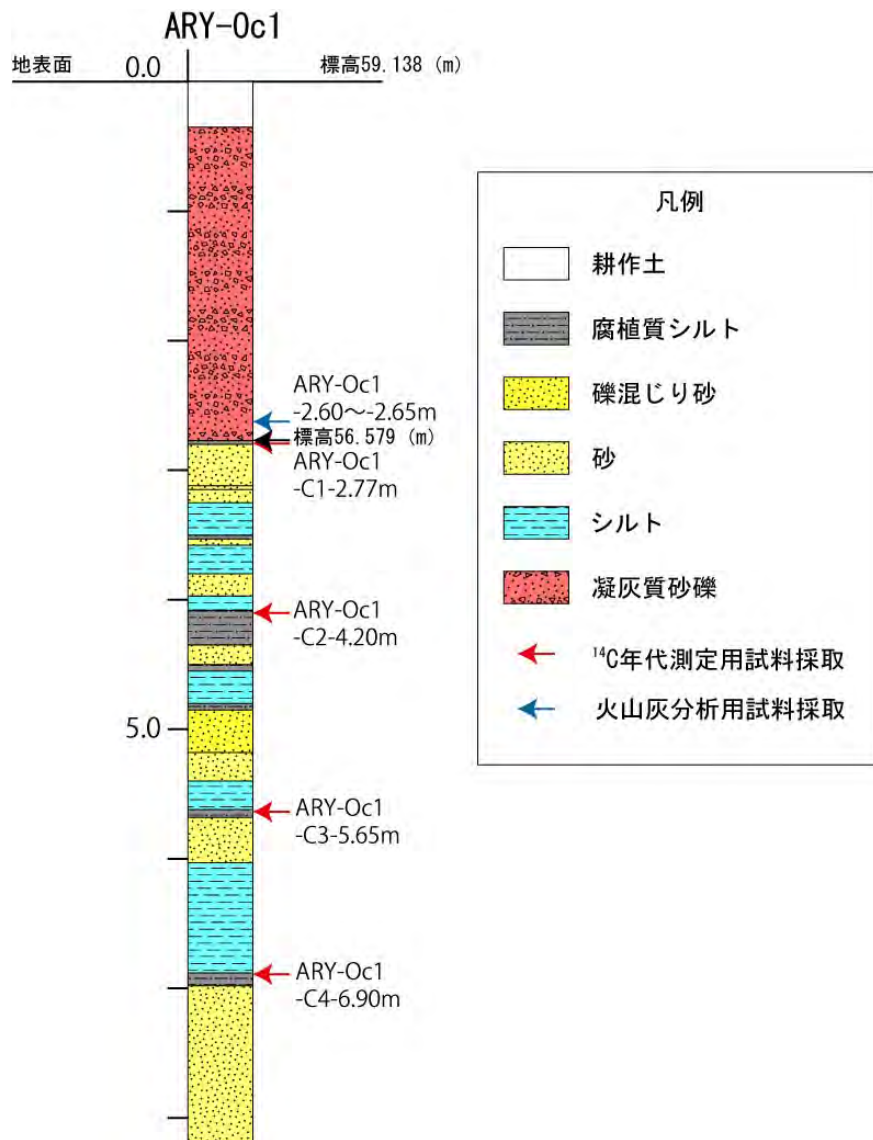


図 45 ARY-0c1 露頭の柱状図

d) 試料採取及び分析・測定結果

ボーリングコア及び露頭から年代試料として、14C 年代測定用試料及び火山灰分析用試料を採取した。14C 年代測定の結果を表 8、火山灰分析の結果を表 9 に示す。

i) 14C 年代測定

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。今年度採取した試料に加え、令和 5 年度に採取した試料についても暦年較正を行った。令和 5 年度と同一の処理であるが、一部の試料については、端数処理の違いにより暦年代に若干 (± 1 年) の変更が生じた。

ii) 火山灰分析

火山灰分析では火山ガラス及び輝石の屈折率測定を行った。その結果を図 46 及び図 47 に示す。各試料の観察・分析結果を以下に記す。

ARY24-B1-T1 4.55m

パミスタイプ火山ガラスを主体としている。有色鉱物としては緑色普通角閃石、直方輝石、単斜輝石を含む。火山ガラスの屈折率は 1.503-1.512、直方輝石の屈折率(γ)は 1.705-1.715 で 1.705-1.709 にまとまる。津軽地方に分布するテフラのうち十和田八戸テフラの特徴(町田・新井, 2003)は本試料の特徴と最も良く一致する。本試料に含まれる火山灰は十和田八戸テフラであると考えられる。

ARY24-B1-T2 16.86m

パミスタイプ火山ガラスを主体としている。有色鉱物としては直方輝石および単斜輝石を含む。火山ガラスの屈折率は 1.504-1.512、直方輝石の屈折率(γ)は 1.706-1.713 にまとまる。津軽地方に分布するテフラのうち十和田大不動テフラの特徴(町田・新井, 2003)は本試料の特徴と最も良く一致する。本試料に含まれる火山灰は十和田大不動テフラであると考えられる。

ARY24-B1-T3 19.00m

バブルウォールタイプおよびパミスタイプ火山ガラスを多く含む。有色鉱物としては直方輝石および緑色普通角閃石を含む。試料自体極細砂サイズ粒子を含む割合が低く、有色鉱物も混在している程度である。火山ガラスの屈折率は 1.494-1.513 で 1.499-1.508 にまとまる。直方輝石の屈折率(γ)は 1.702-1.706 および 1.724-1.729 にまとまる。津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない。火山ガラスの屈折率が下位 T4 の値とほぼ一致することや、直方輝石の屈折率が Bi-modal であるから、本試料に含まれるテフラ起源粒子は下位および堆積時周辺に露出する地層からの再堆積粒子であ

る可能性が高い。

ARY24-B1-T4 20.33m

パミスタタイプのほかバブルウォールタイプおよび低発泡タイプ火山ガラスを多く含む。有色鉱物としては緑色普通角閃石および直方輝石を含み、黒雲母を混在する。石英も含まれる。火山ガラスの屈折率は 1.494-1.511 で 1.499-1.506 にまとまる。有色鉱物としては緑色普通角閃石および直方輝石を含み、黒雲母を混在する。石英も含まれる。直方輝石の屈折率(γ)は 1.702-1.718 とブロードである。津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない。

ARY24-B1-T5 30.50m

バブルウォールタイプおよびパミスタタイプ火山ガラスを多く含む。有色鉱物としては直方輝石、単斜輝石および緑色普通角閃石を含む。火山ガラスの屈折率は 1.494-1.510 で 1.500-1.510 にまとまる。直方輝石の屈折率(γ)は 1.711-1.714 および 1.726-1.730 にまとまる。津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない。

ARY24-B1-T6 32.23m

パミスタタイプ火山ガラスを主体としている。有色鉱物としては緑色普通角閃石を多く含む、直方輝石および単斜輝石も含む。火山ガラスの屈折率は 1.499-1.506 で 1.499-1.500 および 1.502-1.506 にまとまる。直方輝石の屈折率(γ)は 1.709-1.716 にまとまり 1.722-1.726 程度のものを含む。津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない。

ARY24-B1-T4 20.33m、ARY24-B1-T5 30.50m、及び ARY24-B1-T6 32.23m の試料は青森県北部に分布するテフラのうち恐山火山起源田名部 A (Tn-A) テフラの鉱物組成、直方輝石の屈折率などの特徴(町田・新井, 2003)は本試料の特徴と良く一致する。しかし、調査地点付近に降灰した恐山火山起源のテフラはこれまでに確認されていない。詳細な対比にはこれらのテフラについて火山ガラスの主成分元素組成などの記載岩石学的特徴を把握する必要がある。

ARY24-B2-T1 1.79m

バブルウォールタイプ火山ガラスをやや多く含む。有色鉱物としては緑色普通角閃石のほか直方輝石および単斜輝石を含む。火山ガラスの屈折率は 1.492-1.513 で 1.499-1.505 にややまとまる。直方輝石の屈折率(γ)は 1.706-1.709, 1.710-1.715 および 1.721-1.726 にまとまる。津軽地方に分布するテフラのうち十和田八戸テフラの特徴(町田・新井, 2003)は本試料(直方輝石の屈折率 1.710-1.715 および 1.721-1.726 を除く)の特徴と最も良く一致する。本試料には十和田

八戸テフラが混在していると考えられる.

ARY24-B2-T2 6.53m

バブルウォールタイプ火山ガラスをやや多く含む. 有色鉱物としては緑色普通角閃石のほか直方輝石および単斜輝石を含む. 石英も含まれる. 火山ガラスの屈折率は 1.492-1.511 で 1.499-1.505 にややまとまる. 直方輝石の屈折率(γ)は 1.708-1.715 にまとまり, 1.719-1.722 程度のものを含む. 津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない.

ARY24-B2-T4 13.87m

バブルウォールタイプ火山ガラスをやや多く含む. 火山ガラスには褐色を帯びるものが含まれる. 有色鉱物としては直方輝石および緑色普通角閃石を含む. 火山ガラスの屈折率は 1.501-1.513 で 1.502-1.508 にまとまる. 直方輝石の屈折率(γ)は 1.709-1.715 にまとまり, 1.717-1.722 程度のものを含む. 津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない.

ARY24-B2-T6 16.95m

バブルウォールタイプ火山ガラスをやや多く含む. 火山ガラスには褐色を帯びるものが含まれる. 有色鉱物としては直方輝石, 単斜輝石および緑色普通角閃石を含む. 火山ガラスの屈折率は 1.492-1.511 でブロードである. 直方輝石の屈折率(γ)は 1.706-1.714 にまとまり, 1.716-1.721 程度のものを含む. 津軽地方に分布する Toya テフラ以降に降灰したテフラのうち本試料の特徴と一致するテフラは既往研究には見当たらない.

表 8 14C 年代測定結果

Location	Sample	Depth (m)	Material	Code	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C age (yBP, $\pm 1\sigma$)	Calibrated Age (cal BP, 2σ)
ARY-01	ARY-01c2	2.3	organic sediment	Beta-687975	-26.20	$13,160 \pm 40$	15,952–15,646
	ARY-01c3	4.28	organic sediment	Beta-687976	-26.05	$14,700 \pm 40$	18,038–17,867
	ARY01-c6	5.75	humic silt	YAUT-100802	-50.38	$23,669 \pm 99$	27,798–27,655
	ARY-01c7	6.09	plant material	Beta-687977	-24.18	$24,880 \pm 100$	29,097–28,840
	ARY01-c9	7.9	organic sediment	YAUT-100803	-22.48	$25,360 \pm 87$	29,652–29,275
	ARY-01c10	8.26	organic sediment	Beta-687978	-25.03	$23,670 \pm 90$	27,797–27,668
	ARY01-c11	9.44	organic sediment	YAUT-101609	-26.54	$22,451 \pm 49$	26,729–26,441
ARY-02	ARY-02c5	2.62	organic sediment	Beta-687979	-24.68	$13,570 \pm 40$	16,377–16,238
	ARY02-c9	7.28	organic sediment	YAUT-101611	-26.07	$21,613 \pm 49$	25,899–25,810
	ARY-02c13	8.27	plant material	Beta-687980	-28.46	$25,030 \pm 100$	29,230–29,033
	ARY-02c15	9.06	wood	Beta-687981	-25.38	$25,380 \pm 110$	29,664–29,270
ARY-03	ARY03-c2	4.18	wood	YAUT-100811	-25.61	$14,023 \pm 44$	17,056–16,940
	ARY03-c6	6.14	humic silt	YAUT-100812	-27.92	$18,343 \pm 54$	22,296–22,155
	ARY03-c8	7.02	wood	YAUT-100813	-28.01	$21,769 \pm 66$	25,985–25,867
	ARY03-c9	9.33	wood	YAUT-100815	-40.42	$24,983 \pm 92$	29,182–28,954
ARY-04	ARY-04c2	1.9	organic sediment	Beta-687982	-26.70	$13,190 \pm 40$	15,829–15,685
	ARY-04c4	3.77	organic sediment	Beta-687983	-26.04	$13,970 \pm 40$	17,003–16,823
	ARY-04c6	4.95	plant material	Beta-687984	-26.19	$14,640 \pm 40$	17,956–17,798
	ARY-04c10	7.21	plant material	Beta-687985	-26.34	$21,920 \pm 80$	26,155–25,945
	ARY-04c13	9.23	plant material	Beta-687986	-26.66	$25,380 \pm 110$	29,664–29,270
ARY-05	ARY-05c1	1.9	organic sediment	Beta-688492	-27.27	$9,860 \pm 40$	11,256–11,200
	ARY05-c4	3.36	wood	YAUT-100804	-27.26	$13,774 \pm 44$	16,704–16,515
	ARY-05c2	5.23	wood	Beta-688493	-25.02	$14,480 \pm 50$	17,645–17,423
	ARY05-c7	6.9	humic silt	YAUT-100805	-27.65	$21,136 \pm 66$	25,476–25,260
	ARY05-c9	7.88	humic silt	YAUT-100806	-26.74	$22,076 \pm 69$	26,269–25,981
	ARY05-c11	9.67	humic silt	YAUT-100809	-26.1	$24,742 \pm 81$	28,987–28,787
ARY24-B1	ARY24-B1-C1_1.15	1.15	organic sediment	YAUT-100816	-30.07	$8,472 \pm 33$	9,497–9,445
	ARY24-B1-C3_3.42	3.42	organic sediment	YAUT-100817	-35.8	$12,319 \pm 39$	14,273–14,100
	ARY24-B1-C5_5.07	5.07	wood	YAUT-101612	-27.8	$12,847 \pm 31$	15,343–15,212
	ARY24-B1-C8_9.45	9.45	wood	YAUT-100818	-29.42	$21,592 \pm 68$	25,886–25,778
	ARY24-B1-C10_12.99	12.99	wood	YAUT-100819	-27.37	$28,088 \pm 104$	31,993–31,675
	ARY24-B1-C11_20.47	20.47	wood	YAUT-100823	-32.36	$46,210 \pm 500$	48,583–47,295
	ARY24-B1-C19_23.27	23.27	wood	YAUT-100824	-30.65	$53,224 \pm 1073$	53,374–51,289
	ARY24-B1-C20_27.26	27.26	organic sediment	YAUT-100902	-23.07	$18,197 \pm 55$	22,158–22,018
	ARY24-B1-C23_31.61	31.61	organic sediment	YAUT-101437	-25.57	$12,103 \pm 56$	13,959–13,805
	ARY24-B1-C25_35.52	35.52	organic sediment	YAUT-101613	-27.43	$29,995 \pm 83$	34,446–34,248
ARY-Oc1	ARY-oc1-C1-2.77	2.77	organic sediment	YAUT-100825	-32.12	$12,882 \pm 39$	15,398–15,250
	ARY-oc1-C2-4.20m	4.2	organic sediment	YAUT-100826	-30.89	$13,464 \pm 47$	16,225–16,040
	ARY-oc1-C3-5.65	5.65	organic sediment	YAUT-100828	-30.71	$14,205 \pm 42$	17,245–17,093
	ARY-oc1-C4-6.90	6.9	wood	YAUT-100829	-28.52	$14,751 \pm 45$	18,092–17,916
OZK-Oc1	OZK-oc1-C1-1.50m	1.5	organic sediment	YAUT-100831	-31.3	$13,629 \pm 40$	16,457–16,310

表 9 火山灰分析結果

試料名	Volcanic Glass			Light Mineral		Heavy Mineral					Rock	Total	特記取項	火山ガラスの屈折率	直方輝石の屈折率	デフラ名
	Bw	Pm	O	Pl/Qu	Opx	Cpx	Gho	Oth	Opq							
ARY24-B1-T1_4.55m	18	164	10	82	2	3	1	0	13		7	300	H.M.:Cho,Opx,Cpx	1.503-1.512	1.705-1.715(mode ; 1.705-1.709)	To-H
ARY24-B1-T2_16.86m	54	157	4	47	5	4	0	0	7		22	300		1.504-1.512	1.706-1.713	To-Of
ARY24-B1-T3_19.00m	78	30	7	34	3	0	1	0	0		147	300		1.494-1.513 (mode ; 1.499-1.508)	1.702-1.706, 1.724-1.729	
ARY24-B1-T4_20.33m	24	58	14	154	1	0	3	0	0		46	300	Biotite混在: Qu含む	1.494-1.511 (mode ; 1.499-1.506)	1.702-1.718	
ARY24-B1-T5_30.50m	50	30	1	155	8	1	3	0	7		45	300		1.494-1.510 (mode ; 1.500-1.510)	1.711-1.714, 1.726-1.730	
ARY24-B1-T6_32.23m	8	160	3	105	1	1	4	0	10		8	300	β Qu含む	1.499-1.500, 1.502-1.506	1.709-1.716 (1.722-1.726含む)	
ARY24-B2-T1_1.79m	25	2	6	68	2	3	6	0	39		149	300		1.492-1.513 (mode ; 1.499-1.505?)	1.706-1.709, 1.710-1.715, 1.721-1.726 To-H混在	
ARY24-B2-T2_6.53m	46	7	11	96	3	2	5	0	36		94	300	Qu含む	1.492-1.511 (mode ; 1.499-1.505?)	1.708-1.715 (1.719-1.722含む)	
ARY24-B2-T4_13.87m	9	1	1	103	3	0	2	0	38		143	300	褐色ガラス混在	1.501-1.513 (mode ; 1.502-1.508)	1.709-1.715 (1.717-1.722含む)	
ARY24-B2-T6_16.95m	13	0	0	96	6	4	3	0	100		78	300	褐色ガラス混在	1.492-1.511	1.706-1.714 (1.716-1.721含む)	

Bw: バブルウォールタイプ
Pm: パミスタタイプ
O: 低発泡タイプ
Pl・Qu: 長石・石英
Opx: 斜方輝石 Cpx: 単斜輝石 Gho: 緑色普通角閃石
Opa: 不透明鉱物 Rock: 岩片・風化粒

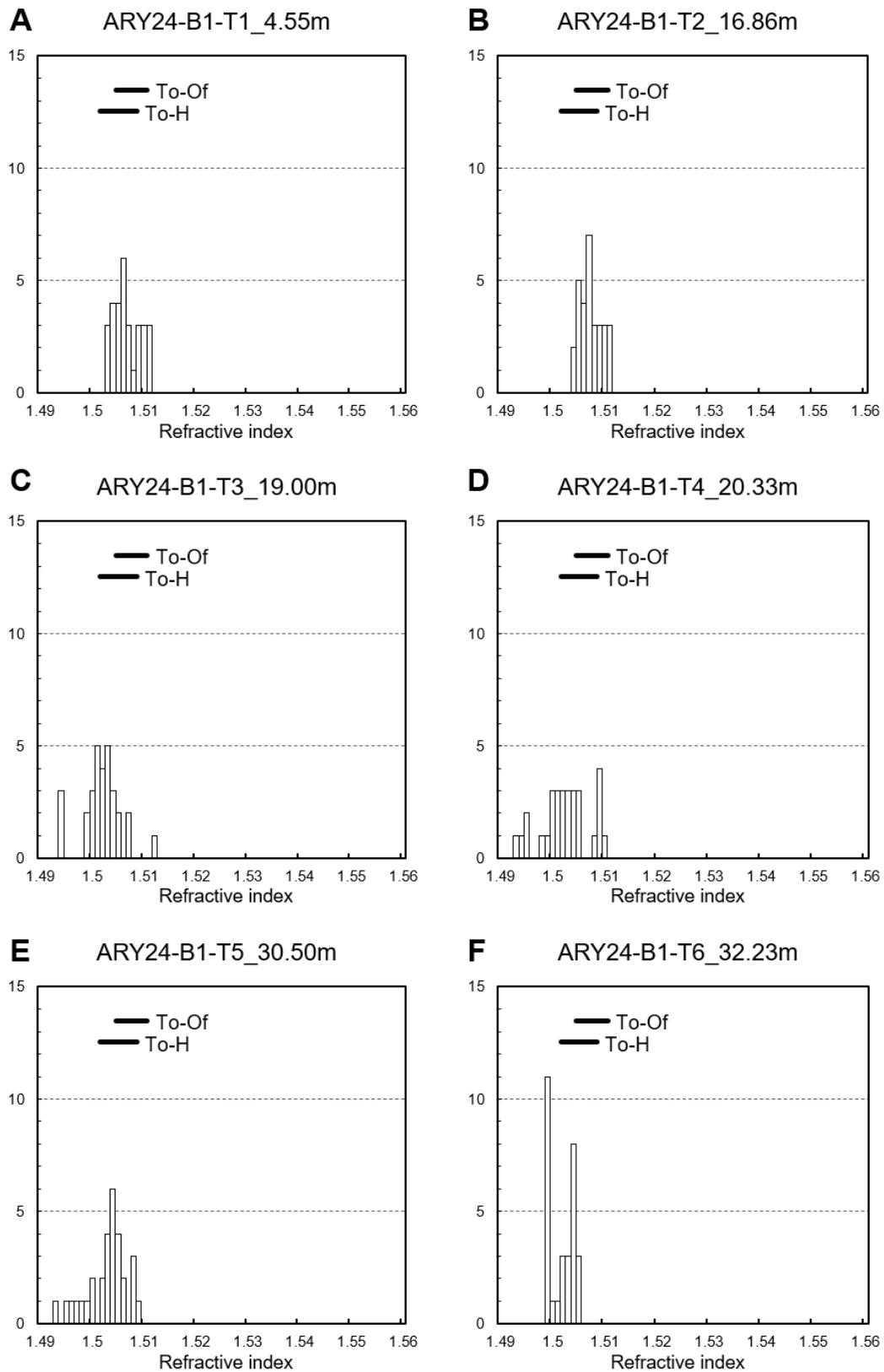


図 46 火山ガラスの屈折率測定結果

(A－F) ARY24-B1 孔から採取した試料の屈折率測定結果。黒線は To-H 及び To-Of の示す屈折率（町田・新井，2003）を示す。

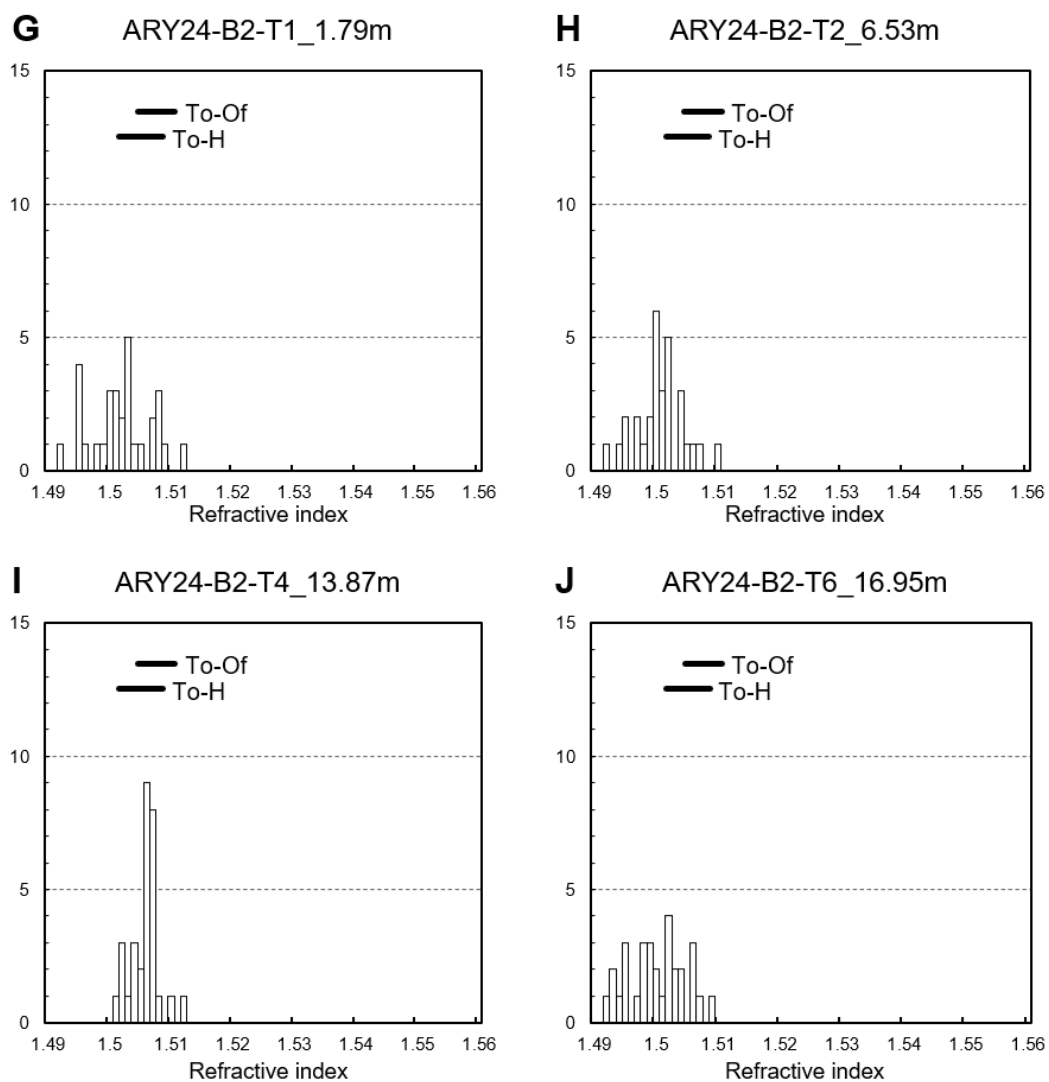


図 46 火山ガラスの屈折率測定結果

(G－J) ARY24-B2 孔から採取した試料の屈折率測定結果。黒線は To-H 及び To-Of の示す屈折率（町田・新井，2003）を示す。

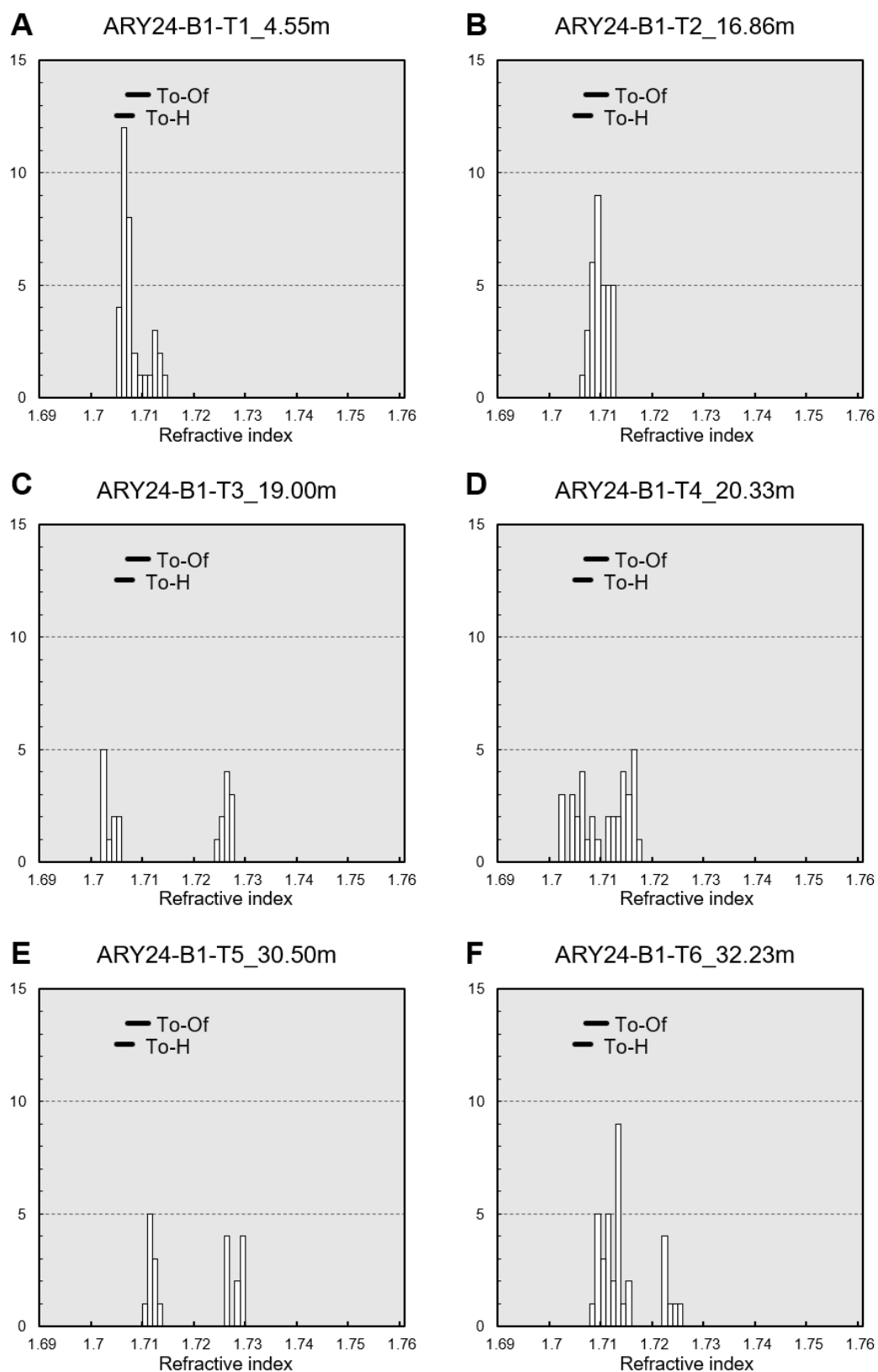


図 47 直方輝石の屈折率測定結果

(A－F) ARY24-B1 孔から採取した試料の屈折率測定結果。黒線は To-H 及び To-Of の示す屈折率（町田・新井，2003）を示す。

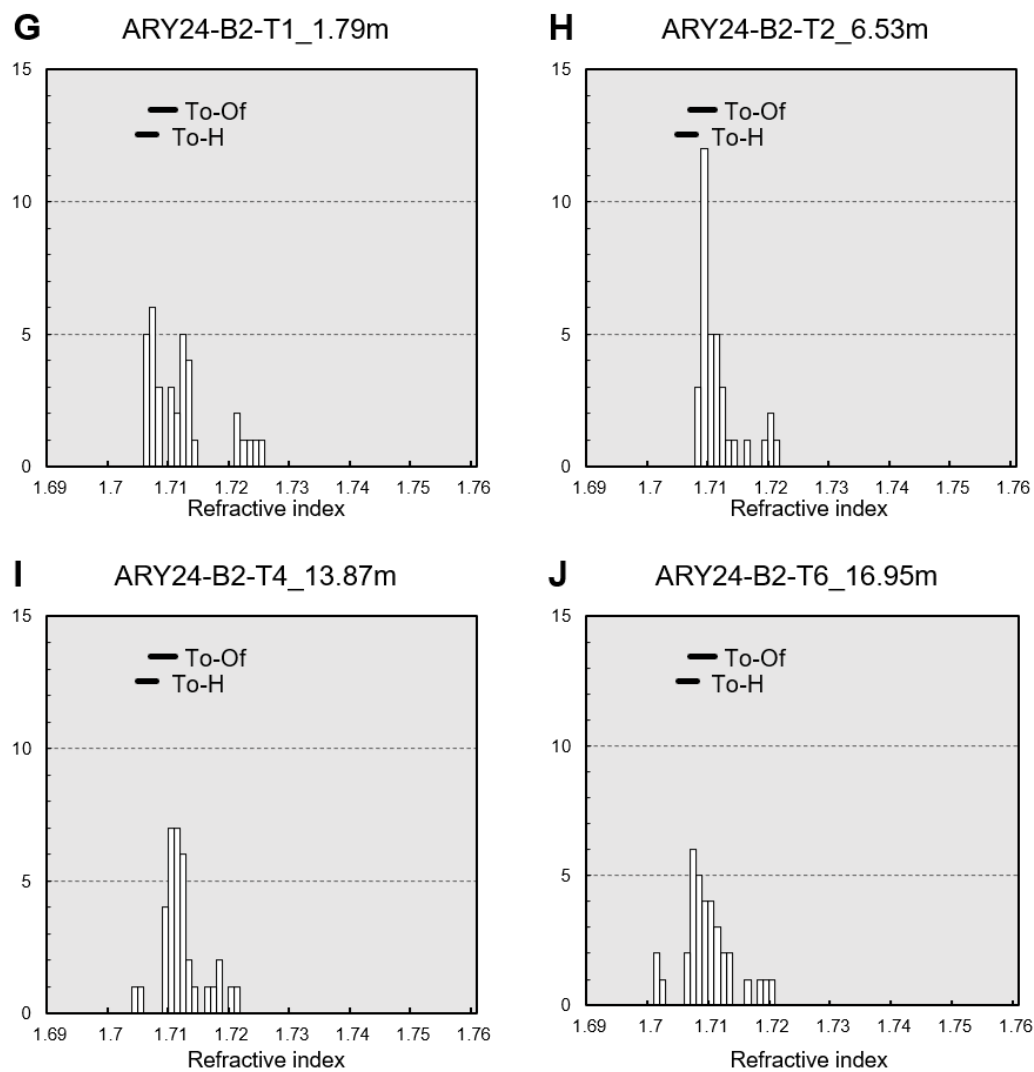


図 47 直方輝石の屈折率測定結果

(G－J) ARY24-B2 孔から採取した試料の屈折率測定結果。黒線は To-H 及び To-Of の示す屈折率（町田・新井，2003）を示す。

e) 地層の年代

i) 群列ボーリングコア

群列ボーリングコアから得られた ^{14}C 年代から推定される堆積曲線を図 48 に示した。ARY-01 コアから採取した 2 試料を除くすべてのコアから採取した試料は深度が大きいほど古い年代を示した。全体の傾向として、16~18 ka ごろと 26~30 ka ごろに堆積速度が大きかった時期があったことが推定される。

ARY-01 (標高 69.80 m)

深度 2.3 m から深度 7.9 m までは、 $13,160 \pm 40$ BP~ $25,360 \pm 87$ BP の年代値が得られた (表 7)。深度 8.26 m から $23,670 \pm 90$ BP、深度 9.44 m からは $22,451 \pm 49$ BP と上位の試料より新しい年代を示した。これらの年代は深度 5.75 m、6.09 m、7.9 m から得られた年代より新しいこと、深度 8.26 m と深度 9.44 m の示す年代も逆転していることから、堆積時期を示していないと判断した。深度 2.3 m から深度 7.9 m までの試料が示す年代は採取深度と整合することから、堆積時期を示していると判断した。堆積曲線からは 29~30 ka ごろと 16~18 ka ごろに堆積速度の大きい時期が推定される (図 48)。

ARY-02 (標高 68.81 m)

深度 2.62 m から深度 9.06 m にかけて、 $13,570 \pm 40$ BP~ $25,380 \pm 110$ BP の年代値が得られた (表 7)。年代に逆転は見られず、採取深度が大きい試料ほど古い年代を示していることから、各試料の年代は堆積時期を示していると判断した。29 ka 以降はほぼ一定の堆積速度を示すが、29~30 ka ごろに堆積速度の大きい時期が推定される (図 48)。

ARY-03 (標高 67.37 m)

深度 4.18 m から深度 9.33 m にかけて、 $14,023 \pm 44$ BP~ $24,943 \pm 92$ BP の年代値が得られた (表 7)。年代に逆転は見られず、採取深度が大きい試料ほど古い年代を示していることから、各試料の年代は堆積時期を示していると判断した。ほぼ一定の堆積速度を示すが、26~29 ka ごろにやや堆積速度が大きい (図 48)。

ARY-04 (標高 64.68 m)

深度 1.9 m から深度 9.23 m にかけて、 $13,190 \pm 40$ BP~ $25,380 \pm 110$ BP の年代値が得られた (表 7)。年代に逆転は見られず、採取深度が大きい試料ほど古い年代を示していることから、各試料の年代は堆積時期を示していると判断した。18~29 ka はほぼ一定の堆積速度を示すが、18 ka 以降に大きい堆積速度を示す (図 48)。

ARY-05 (標高 64.13 m)

深度 1.9 m から深度 9.67 m にかけて、 $9,860 \pm 40$ BP $\sim 24,742 \pm 81$ BP の年代値が得られた（表 7）。年代に逆転は見られず、採取深度が大きい試料ほど古い年代を示していることから、各試料の年代は堆積時期を示していると判断した。17 $\sim$ 18 ka と 26 $\sim$ 29 ka に大きい堆積速度を示す（図 48）。2.8 m 付近に不整合面があり、To-H は侵食により失われているとみられる。

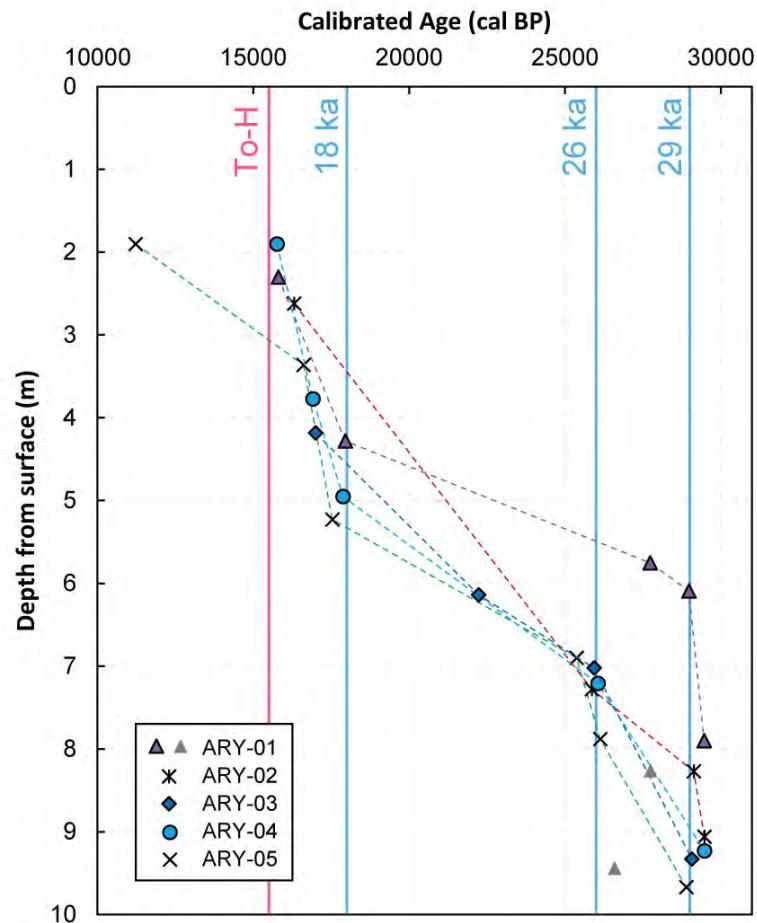


図 48 群列ボーリングコアの示す堆積曲線

ii) P 波探査測線沿いのボーリングコア

ARY24-B1 コアから得られた 14C 年代から推定される堆積曲線を図 49 に示した。深度 1.15 m から深度 23.27 m までの試料が $8,472 \pm 33$ BP $\sim$ $53,224 \pm 1,073$ BP を示した。深度 27.26 m、深度 31.61 m、深度 35.52 m から採取した試料は $12,103 \pm 56$ BP $\sim$ $29,995 \pm 83$ BP と、上位より新しい年代を示した。深度 23.27 m までは系統的に深度が深いほど古い年代を示していることから、堆積時期を示していると判断できる。深度 23.27 m の試料が 14C 年代測定の測定限界に近い年代値を示していることから、それより深い深度から採取した試料の示す年代は、測定限界を超えており、正確な年代値が得られていないと考えられる。堆積速度曲線は 14 $\sim$ 15 ka ごろに大きい速度を示すが、ほぼ 0.5 m/千年程度で一定の堆積速度を示す。

火山灰分析の結果、深度 3.55 $\sim$ 4.83 m の凝灰質堆積物は To-H、深度 16.55 $\sim$ 17.50 m の凝灰質堆積物は To-Of に対比された。To-H 直下で採取した試料の示す 14C 年代は 15,343-15,212 cal BP であり、To-H の噴出時期 15.5 ka と比較すると、やや 14C 年代が新しいものの、ほぼ矛盾しない (Horiuchi et al., 2007)。14 $\sim$ 15 ka ごろの早い堆積速度は火砕流堆積物の堆積によるものと考えられる。

To-Of の噴出時期は 36 ka と推定されている (工藤・他, 2019)。16.55 $\sim$ 17.50 m 凝灰質堆積物の上下から採取した試料の示す年代は 31,993-31,675 cal BP $\sim$ 48,583-47,295 cal BP であることから、報告されている噴出時期と矛盾しない。To-Of 下限の深度の堆積時期を 36 ka とすると、To-Of 堆積後にやや堆積速度が増加したことが推定される。

ARY24-B2 コアは礫層が優勢で有機質な堆積物が含まれていないことから 14C 年代測定用の試料が採取できていない。火山灰分析試料は深度 1.8 m 付近から採取した試料は To-H に対比された。深度 6.5 m 以深から採取された試料は火山灰分析の結果、広域テフラや十和田火山起源の火山噴出物に対比されなかった。ただ、深度 6.5 m から採取した試料 (ARY24-B2-T2_6.53m) の直方輝石の屈折率のピークは To-Of とよく一致することと、後述する反射断面との対比により、To-Of に対比される可能性がある。

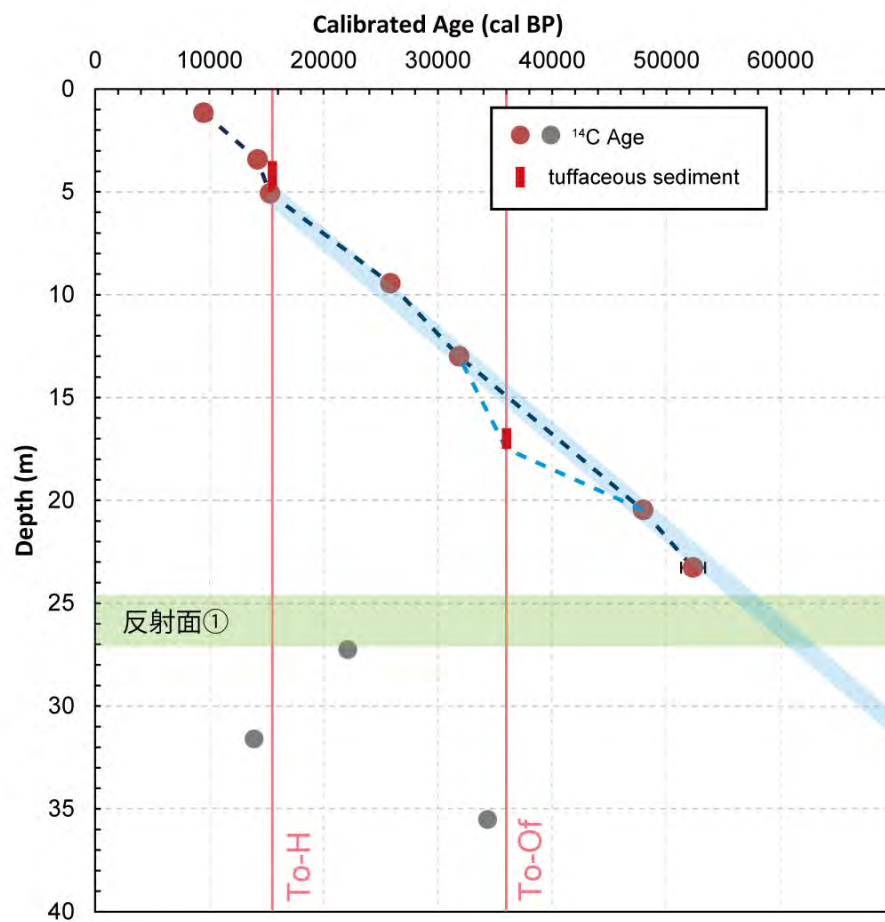


図 49 ARY24-B1 コアの示す堆積曲線

14C年代測定結果（赤丸）から推定される堆積曲線を黒点線で、To-Ofの噴出時期を考慮した時の堆積曲線を水色点線で示す。緑色の範囲は反射面①の深度、薄水色線は一定の堆積速度を想定した場合のおおまかな堆積曲線を示す。

iii) 扇状地露頭

ARY-0c1

ARY-0c1 露頭から得られた ^{14}C 年代から推定される堆積曲線を図 50 に示した。深度 2.77 m から深度 6.9 m までの試料が $12,882 \pm 39$ BP $\sim 14,751 \pm 45$ BP を示した。深度が深いほど系統的に古い年代を示していることから、堆積時期を示していると判断できる。深度 0.35 $\sim$ 2.77 m の凝灰質堆積物の直下から採取した試料が 15,398–15,250 cal BP を示すことから、表層から深度 2.77m までの堆積物は To-H と考えられる。堆積速度曲線は約 1.5 m/千年のほぼ一定の堆積速度を示す。

OZK-0c1 及び OZK-0c2

OZK-0c1 露頭は約 9.15 m、OZK-0c2 露頭は約 6.85m まで凝灰質砂礫が認められる。令和 5 年度の火山灰分析によってこれらは To-H と推定された。OZK-0c1 露頭の凝灰質堆積物直下の腐植質シルトの示す ^{14}C 年代は 16,457–16,310 cal BP であり、To-H の噴出時期より約 1000 年古く、火山灰分析の結果を支持する。

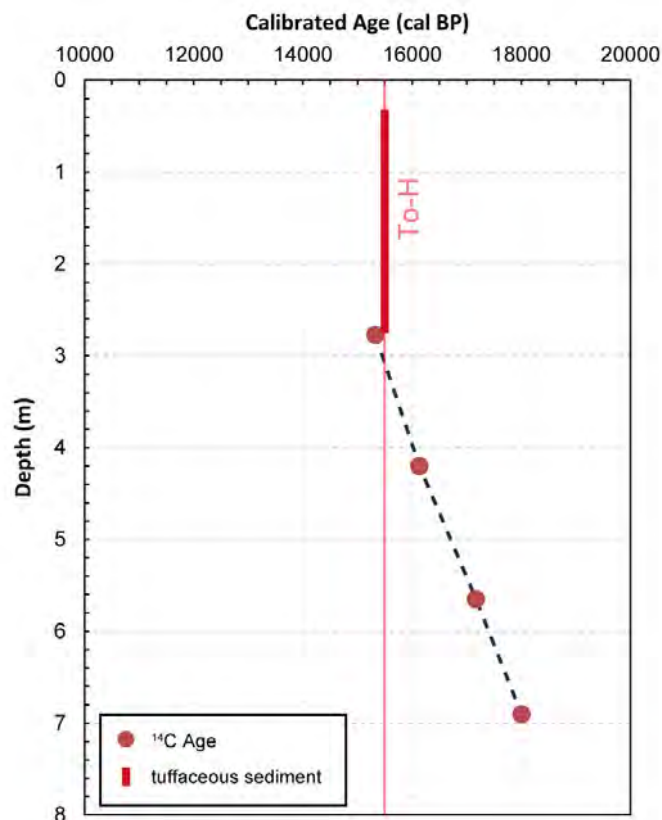


図 50 ARY-0c1 露頭の示す堆積曲線

^{14}C 年代測定結果（赤丸）から推定される堆積曲線を黒点線で示す。

f) 地層の対比

i) 群列ボーリング測線の地質構造

群列ボーリングコアの年代測定の結果、約3万年以降の詳細な堆積過程が明らかとなった。いずれのボーリングコアにおいても18 ka、26 ka、29 ka 付近の年代を示す試料が得られた。群列ボーリング測線の地質断面図にそれらと To-H の基底面の年代である 15.5 ka を加えた等年代線を示した（図 51）。

26～29 ka の地層は隆起側が薄く、低下側が厚い。これは撓曲崖の成長に伴い、低下側に厚く堆積した可能性が考えられるが、後述するように隆起側が侵食を受けた可能性が否定できない。そのため、地層の厚みの側方変化が撓曲崖の成長によるものとは断定できない。18～26 ka の堆積層は ARY-02 付近で 4m 程度の層厚を示す。構成層は礫層が主であり、下層を侵食して堆積した河川堆積物である可能性が高い。ARY-03 から ARY-04 を経て ARY-05 までこの層の層厚はほぼ一定である。15.5～18 ka の堆積層は隆起側で 1～2m 程度であるのに対し、低下側で 3m 程度の厚みを持つ。撓曲崖の成長に伴い不等厚に堆積したと考えると、18 ka 以後、15.5 ka 以前に活動したことが推定される。また、ARY-04 に認められる To-H を不整合に覆うチャネル堆積物や ARY-05 に認められる湖沼堆積物は撓曲崖の低下側にのみ認められる。これらが堆積した際には撓曲崖がすでに形成されていたことを示唆する。したがって、To-H 堆積以降の 15.5ka 以後、湖沼堆積物の示す 11 ka 以前に活動したことを示唆する。なお、その後に活動していないことを堆積構造から推定することは難しいため、1766 年以前の活動であるとは断定できない。

ii) 尾崎地区の扇状地堆積物の対比

0ZK-0c1 露頭及び 0ZK-0c2 露頭の柱状図を浅井川沿いの地形断面に投影し、地質構造を推定した（図 52）。村岡・長谷（1990）の黒石断層は、高速道路付近を通過するとされている（図 17）。また、今泉・他（2018）では浅井川付近に活断層線は引かれていないが、その延長部分があれば断面図内を通過する可能性が高い。断層が高速道路付近を通過する可能性が考えられるが、平滑な地形面が連続しており、平野側トレースによる断層変位は認められない。これは、この地形面が火砕流台地として形成されたことと整合的であり、To-H の堆積した 15.5 ka 以降に変位していないことを示唆する。また、2 地点の To-H 基底面を直線でつなぐと、やや下流側に薄化する傾向を示す、ほぼ地形面と平行な断面が推定された。活断層がこの断面測線を通過するとして、その活断層が東側隆起であったと仮定した場合、断層活動の累積性が認められれば基底面高度の傾斜は地形面よりも西へ急傾斜することが予想される。基底線は地形面よりも傾斜が緩いことから、活断層による鉛直変位の累積は認められない、または、凝灰質砂礫（To-H）の堆積後に断層活動による鉛直変位が生じていないと推定される。ただし、浅井川沿いの 2 点でのみの検討であるため、より詳細に検討するためには、複数個所で To-H の基底面高度を抑える必要がある。

iii) 埋没深度の推定による地層と反射面の対比

平川市新屋地区で実施した反射法地震探査の結果から、P波およびS波についてそれぞれ良好な反射断面が得られた。P波探査深度断面の解釈図では、平野部の地下に連続性の良い明瞭な反射面が複数認められ、それらは概ね水平ないし西側に緩く傾くような形態を示す（図30）。反射面⑦はやや西上がりの形態を示すが、それより下位の反射面では西側に向かって垂れ下がり緩やかに湾曲している。反射面⑦より上位の反射面は概ね直線的で、ごく緩やかに西に向かって傾斜している。東側では丘陵にかかる付近で東上がりに傾斜が大きくなり、撓曲上に折れ曲がっている。反射面の傾斜は深部の反射面ほど大きく、撓曲変形に累積性があることを示している。一部には屈曲部を挟んでやや不連続な反射面も認められるが、一部連続する反射面もあり、屈曲部に断層があったとしても、断層面沿いにおいて、ずれによる鉛直変位はさほど大きくないと推定される。屈曲の軸付近で反射面の不連続が多い部分を延長していくと、反射法地震探査の受振点no. 1000付近で地表に到達する。S波探査深度断面の解釈図でも同様に、下位の地層ほど東側に向かって急傾斜する傾斜変化が読み取れた（図31）。

ARY24-B1孔及びARY24-B2孔をS波断面と重ねた図を図53に示した。ARY24-B1孔のTo-H及びT0-Of付近の反射面は乱れており、側方への追跡が難しい。反射面①については、24.63～27.06 mの礫混じり砂層に相当すると考えられる。反射面①の堆積時期は堆積曲線から推定される平均堆積速度を外挿すると、6万年前前後と見積もられる。不確定性を持った推定であることから、幅を持って見積もると5～7万年前の期間には収まると推定される。

ARY24-B1孔の33 m前後の火山灰を含む火山性堆積物の層準付近に重なる反射面が存在する。この反射面はARY24-B2孔では17 m付近を通過する。この深度付近に位置する火山性堆積物は15.90～16.13 mのやや凝灰質な礫混じり砂質シルト、または16.79～17.02 mのやや凝灰質な砂-シルト互層である。反射断面との重ね合わせからは、これらの層準がARY24-B1孔の31.95～33.26 mの火山性堆積物に対比されることを示唆する。

約0.5 m/千年の堆積速度が過去にも一定であったと仮定すると、八甲田第1期火砕流の噴出は0.76 Maとされることがから、深度約380 mに位置すると推定される。同様に八甲田第2期火砕流の噴出は0.30 Maとされることがから、深度約150 mに位置すると推定される。反射面④と反射面⑥がそれらの深度該当することから、八甲田第1期火砕流の上面もしくは下面が反射面⑥、八甲田第2期火砕流の上面もしくは下面が反射面④に対応すると考えられる（図54）。

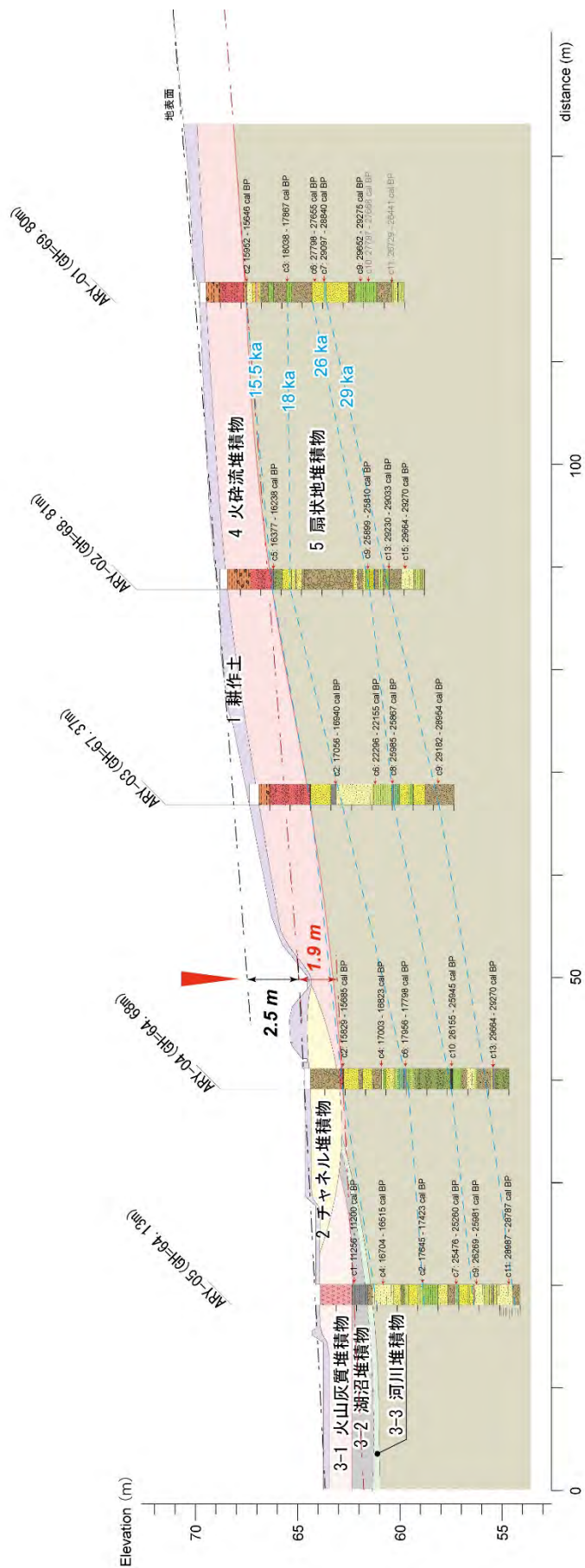


図 51 群列ボーリングによる地質断面図

凡例は図 6 を参照。水色点線は 15.5 ka、18 ka、26 ka、29 ka の等値線を示す。

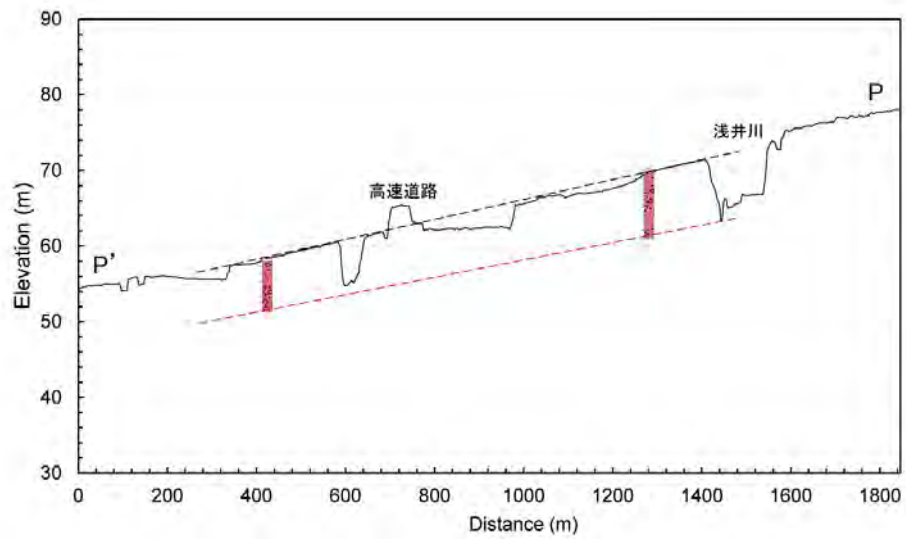


図 52 浅井川沿いの露頭による地質断面
PP' 断面は赤線は To-H の基底面を示す。

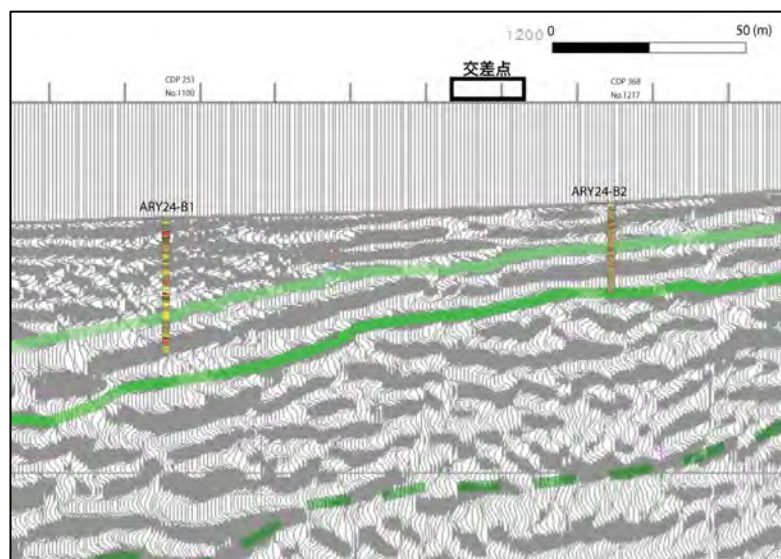


図 53 探査測線沿いのボーリング調査結果と S 波探査結果の対比

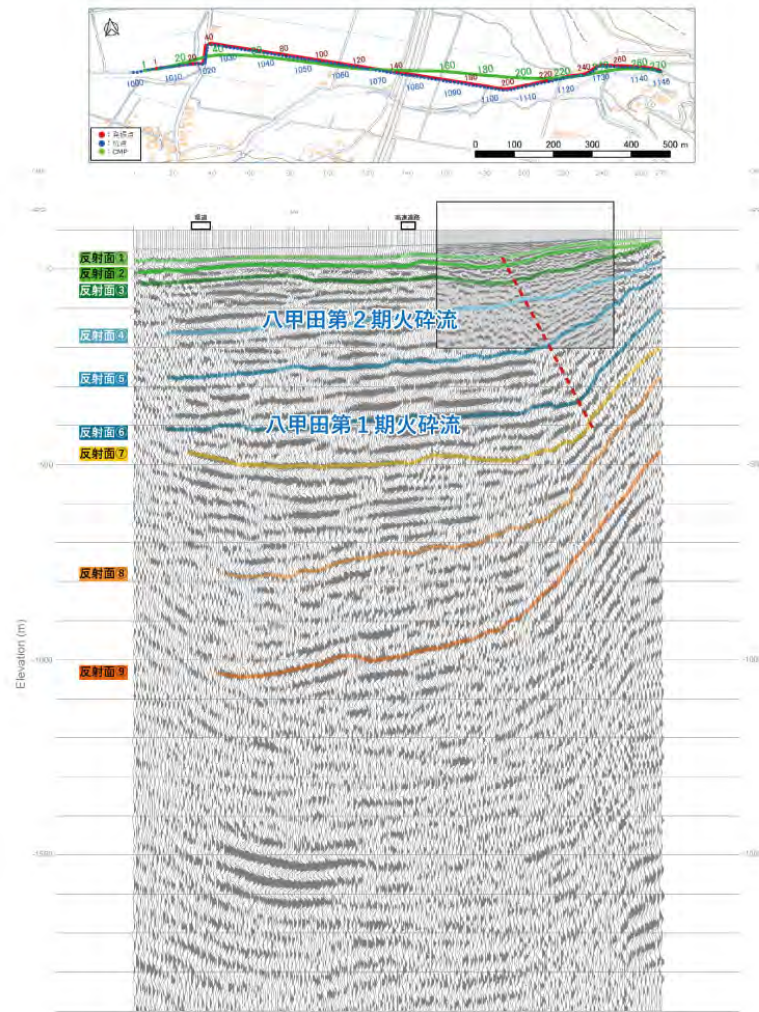


図 54 地層と P 波探査結果の対比

g) 断層形状及び平均変位速度についての検討

P波深度断面及びS波深度断面を組み合わせた図54をもとに、反射面①から反射面⑥までの屈曲点がおおよそ直線状に配列することから、それらをつなげたラインを断層面と解釈した。この場合、断層は山側隆起の逆断層であり、断層面の傾斜は東傾斜約 $60-65^{\circ}$ と見積もられる。

反射面①を指標として平均上下変位速度を算出する。初生的な堆積構造が地形なりに西に傾斜していたとすると、最も落差の大きい地点で約30 mの上下変位量が計測された(図55)。上下の落差は44 mと計測される。前述のように反射面①の堆積時期は約5~7万年前と推定されることから、平均上下変位速度は0.9 m/千年より小さく、0.4~0.6 m/千年と求められる。断層面の傾斜を考慮すると、断層面上のすべり速度は0.44~0.69 m/千年と求められる。

これは、新屋地区の群列ボーリング調査から推定された値に比して大きい。これは、群列ボーリングによって推定された速度は撓曲帯の一部のみを反映しているためと考えられる。地形から推定される撓曲崖基部の延長部はno. 1140 付近を通るが、地下の断層の延長はno. 1100 付近に位置する。このことは、地表に認められる撓曲崖は撓曲変形の変形帯のうち東半分程度が現れたものであり、撓曲崖基部に近い変形帯西側は扇状地堆積物などによって埋積されているとみられる。そのため、群列ボーリング調査のみで推定した平均上下変位速度が過小評価となったと考えられる。このことは、撓曲帯の幅広い断層の場合、地下構造探査を組み合わせ、変形帯全体を捉えた調査が重要であることを示す。

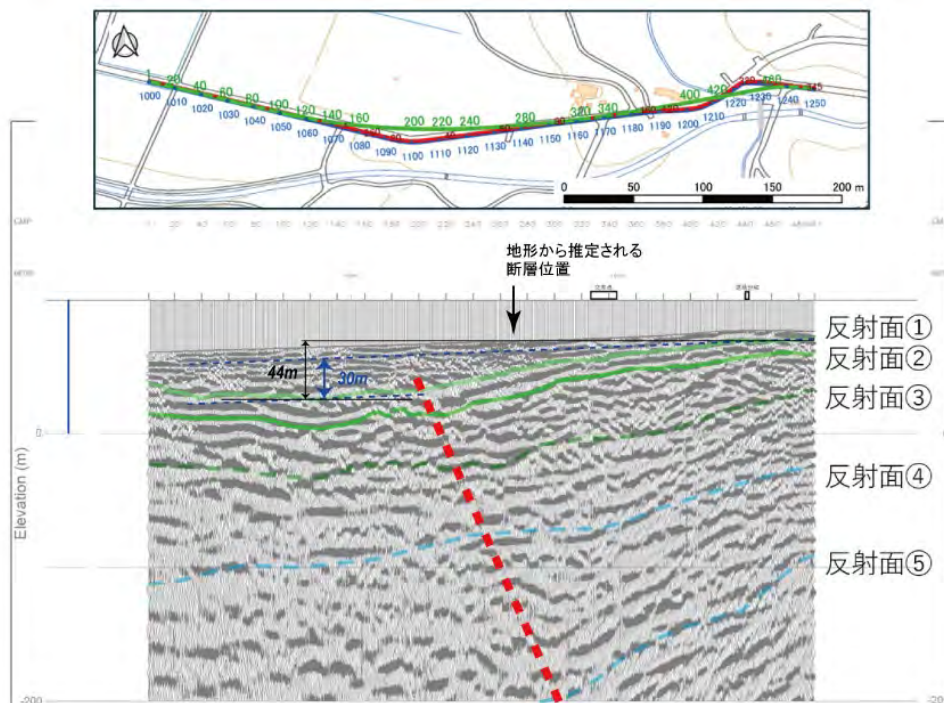


図55 浅井川沿いの露頭による地質断面

PP' 断面の位置は図18に示した。赤点線は推定される断層トレースを示す。

h) 断層長及び活動性についての検討

地震調査委員会（2004）における評価では、本断層区間の長さは約 23 km と評価されている。産業技術総合研究所（2022）では、北部の孫内川沿いの地質調査により顕著な変位を示す断層が確認されなかったことから、本区間の北端は孫内川と推定された。一方、平川市広船付近の平野部では、山麓扇状地面を変位させる変動地形が認められるが、山地内には続かない。地震調査委員会（2004）では広船付近の平野部南端が本断層帯の南端とされる。新屋付近で分岐する南南西に延びるトレースについては、村岡・長谷（1990）で示された黒石断層に沿っており、当該断層は新館付近の平野と丘陵を境する断層トレースとしてさらに南南西に延びる。そのため、本断層区間が新屋付近で分岐し、南南西にさらに続く可能性について検討する。

分岐断層が通ると推定される位置を横切るように新屋地区付近において P 波探査を行った結果、平野側では緩やかに平野側へ傾斜する連続的な地層が認められ、その傾斜は深い地層ほど大きく傾斜する傾向を示した。平野側の地層に顕著なずれや屈曲は認められず、山地側の断層から分岐するような断層や平野側の地層を変位させる断層は認められなかった。また、分岐断層と交差するとみられる浅井川沿いの地形・地質調査の結果、少なくとも To-H の堆積以降の変位は認められなかった。本調査では、館側へ断層トレースが続く証拠は確認されなかったことから、南端は現評価に従い、広船付近とすることが妥当であると考えられる。この時、断層長は約 20 km と見積もられる。

本断層帯沿いの平均上下変位速度は、高館付近において 0.3-0.4 m/千年、新屋付近で 0.4-0.6 m/千年と推定された（図 56）。これらの値を総合すると、本断層帯の平均上下変位速度は 0.3-0.6 m/千年と推定される。断層面の傾斜を 60-65° としたとき、断層面沿いの平均変位速度は 0.4-0.7 m/千年と見積もられる。松田（1980）によると、断層長約 20 km から、一回の変位量は約 2 m と求められるため、平均活動間隔は約 3 千-5 千年と推定される。

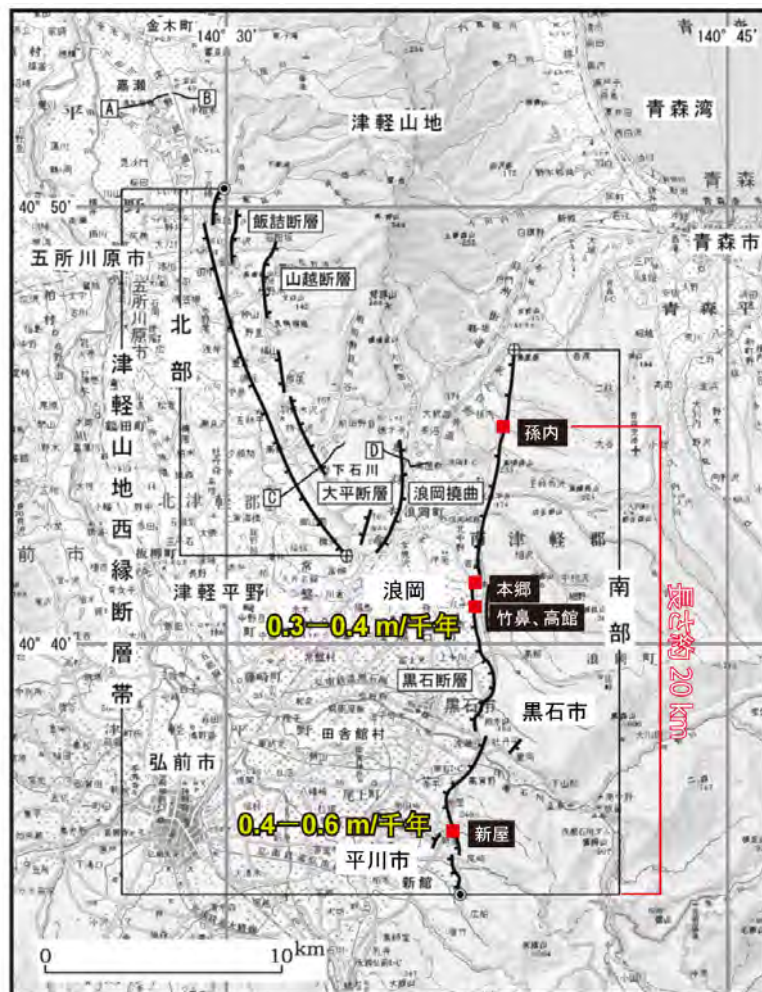


図 56 津軽山地西縁断層帯（南部）調査結果のまとめ

6) 結論並びに今後の課題

平均変位速度及び地下構造のよくわかっていない津軽山地西縁断層帯（南部）について、地形・地質調査、群列ボーリング、断層南部におけるP波及びS波を震源とする反射法地震探査を行った。その結果、同断層が東に $60-65^{\circ}$ 程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、幅広い撓曲変形を呈することが分かった。また、群列ボーリングの結果、11~16 ka と 16~18 ka に少なくとも一回活動しており、同断層が後期更新世以降に繰り返し東側隆起の活動をしていることと、地層の年代から、約0.4~0.6 m/千年の上下方向の平均変位速度が見積もられた。さらに、新屋地区から南南西方向に延びるトレースについては、従来推定されていた活断層トレースの南北において明瞭な変位が認められなかった。

本調査によって、過去の活動が11~16 ka と 16~18 ka に発生していたことが推定された。しかし、地震調査委員会（2004）に最新活動として示された1776年の歴史地震に対応する地質学的証拠は得られなかった。また、断層長から推定される平均活動間隔が3千年~5千年であったとすると、1776年の歴史地震が最新活動だとした場合でも、11~16 ka 以降に1~2回の活動があったことが推定されるが、これらの活動に対応する地質学的証拠もまた得られていない。最新活動含め、直接的な活動履歴を明らかにすることは本断層帯の課題である。

本調査は、また、幅広い撓曲変形を示す逆断層の場合、平均変位速度の推定には地下の断層構造や地質構造の把握が重要であることを示した。撓曲崖の一部の変形のみを基準にした場合、平均変位速度の過小評価につながる可能性がある。活動性を評価するための情報として平均変位速度のみが得られていた場合、過小評価は活動間隔の過小評価となるため、地震発生確率を小さく見積もることにつながる。平均変位速度を過小評価している断層はないか検証が必要だろう。

(e) 結論

津軽山地西縁断層帯（南部）の平均変位速度推定のため、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結果、平川市の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。この撓曲変形に対し群列ボーリング調査（10 m×5 孔）、P 波及び S 波による反射法地震探査、隆起側及び低下側でのボーリング調査（総掘削深度 60 m）、ならびに尾崎地区周辺において地質踏査を実施した。

群列ボーリング調査の結果、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。詳細な 14C 年代測定の結果推定された堆積構造から、11～16 ka と 16～18 ka に少なくとも一回活動しており、同断層が後期更新世以降に繰り返し東側隆起の活動をしていることが推定された。また、P 波及び S 波を震源とする反射法地震探査及びボーリング調査の結果、同断層が東に 60～65°程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、幅広い撓曲変形を呈することが分かった。反射断面の示す地層の変形と推定される堆積年代から、約 0.4～0.6 m/千年の平均上下変位速度が見積もられた。さらに、地質調査の結果、新屋地区から南南西方向に延びるトレースについては、従来推定されていた活断層トレースの南北において明瞭な変形は認められなかった。

令和 4 年度の調査結果と総合すると、平均上下変位速度は約 0.4～0.6 m/千年、本断層帯の断層長から推定される平均活動間隔は 3 千年～5 千年と推定された。

(f) 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.
- 平川市, 平川市都市計画図 (縮尺 1:10,000), 2012.
- 平野信一・松本秀明・小岩直人・村山・良之, 第四紀逆断層の新期活動性評価と地盤災害に関する研究. 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 2007 年度研究成果報告書.
https://kaken.nii.ac.jp/ja/report/KAKENHI-PROJECT-17310104/173101042007kenkyu_seika_hokoku_gaiyo/, 2010.
- 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.
- 工藤 崇・内野隆之・濱崎聡志, 十和田湖地域の地質. 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, 192p, 2019.
- 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.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文, 1896 年陸羽地震の地震断層. 地震研究所彙報, 55, 795-855, 1980.
- 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., Fogtmann-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—空中写真による活断層の認定—」，古今書院，184p, 1999.