

3. 2 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
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	主任研究員	吾妻 崇

(c) 業務の目的

津軽山地西縁断層帯（南部）（以下、津軽山地西縁断層帯南部と呼ぶ）において、これまでに報告されている平均変位速度は、変位基準の判定や変位量の見積もりに関する根拠が明らかにされていないため、これをもって平均変位速度を特定することはできないとされている。また、これまでに報告されている津軽山地西縁断層帯南部の傾斜及びずれの向きについては、信頼度が低いとされている。さらに、津軽山地西縁断層帯南部の北端の位置については見解が分かれており、断層の長さに基づき推定される地震規模は信頼度が低いとされている。本業務では、既存資料を整理した上で、断層の傾斜やずれの向きを明らかにすることと断層低下側の地下地質を把握することを目的として、黒石市二双子地区～高館地区において1箇所です波及びS波を震源とする反射法地震探査と測線上の1箇所です波ボーリング調査を行う。また、平均変位速度を検討することを目的として、黒石市竹鼻地区において1箇所です波群列ボーリング調査、高館地区及び竹鼻地区で1箇所ずつの計2箇所です波ピット調査及び本郷地区で地質踏査を行う。さらに、断層の北端を検討するため、青森市孫内地区南方において、地質踏査を行う。なお、業務計画書では、1箇所以上です波トレンチ調査を行うとしていたが、反射法地震探査の結果、津軽山地西縁断層帯南部は幅広い撓曲変形を呈することが明らかになった。そのため、トレンチ調査は実施せず、撓曲した地形面の形成年代を明らかにするための2箇所です波ピット調査に変更した。

(d) 3カ年の年次実施業務の要約

1) 令和元年度：

なし

2) 令和2年度：

なし

3) 令和3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、津軽山地西縁断層帯南部において1箇所です波（測線長 2,500 m）及びS波（測線長 726 m）を震源とする反射法地震探査と1箇所です波ボーリング調査（1孔：掘削深度 80 m）を実施し、断層の傾斜及びずれの向きと反射面と地層の対比

を検討した。また、1箇所群列ボーリング調査（2孔：15 m及び18 m）、2箇所でピット調査、地質踏査及び年代測定を行い、平均変位速度を検討した。さらに、青森市孫内地区南方において地質踏査を行い、津軽山地西縁断層帯南部の北端を検討した。

(2) 令和3年度の成果

(3)に記載。

(3) 令和元年度～令和3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、同市竹鼻地区及び青森市本郷地区を対象として以下の調査を実施した。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1.5 km以浅及び深度250 m以浅の地下構造を推定した。断層の低下側の反射法地震探査測線上において掘削深度80 mのボーリングを1孔掘削し、地層の分布を把握した。断層の隆起側及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°程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、浅部では西傾斜のバックスラストを伴う幅広い撓曲変形を呈する可能性が高いことがわかった。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。断層北部の孫内川沿いでは、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。

(b) 令和元年度の業務の成果
なし

(c) 令和2年度の業務の成果
なし

(d) 令和3年度の業務の成果

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）。同断帯についての研究成果及び関連資料に基づいて評価し、とりまとめを行った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、同断層帯は青森市浪岡付近で左雁行配列を示し、5 km以上の隔たりがあることから、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）及

び今泉・他編（2018）などに示されている。同断層帯南部の長さは約 23 km とされているが、北端の位置に関して既存研究で見解が分かれており、不確かさを伴っている。そのため、同断層帯南部の断層の長さに基づき推定される地震規模は信頼度が低いとされている。同断層帯南部のずれの向きについては、本断層帯北部が逆断層であることから、同走向で南に続く本断層帯南部も逆断層である可能性があるが、その断層型を判定するための具体的な資料はないとされている。同断層帯南部のこれまでに報告されている平均変位速度は、変位基準の判定や変位量の見積もりに関する根拠が明らかにされていないため、これをもって本断層帯南部の平均変位速度を特定することはできない。同断層帯南部の最新活動に関しては、1766 年 3 月 8 日（旧暦明和 3 年 1 月 28 日）に、弘前から津軽半島にかけて大きな被害をもたらした地震（マグニチュード $7 \cdot 1/4 \pm 1/4$ ）（宇佐美，2003；宇佐美・他，2013）による被害が浪岡、黒石、及び田舎館付近に集中していることから、本断層帯北部または後述の本断層帯南部、あるいは両者がともに活動した可能性があるとされているが、地表地震断層の出現を示す古記録はない。そのため、本断層帯南部の最新活動後の経過率及び将来の大地震が発生する長期確率は不明とされている。

津軽山地西縁断層帯南部については、断層の活動性の解明に資する具体的な地形・地質調査や地下構造調査が行われていない。そのために、平均変位速度が不明であり、傾斜、ずれの向きと種類及び断層の長さについて信頼度が低いとされている。こうした点を踏まえて、本業務では同断層帯南部について以下の調査を行った。1) 既存資料を整理した上で、断層の傾斜やずれの向きを明らかにすることを目的として、同断層帯南部のほぼ中央部に位置する黒石市高館地区において 1 箇所 P 波及び S 波を震源とする反射法地震探査を行うとともに、反射面と地層との関係を検討するために、断層の相対的低下側（西側）の探査測線上の 1 箇所でボーリング調査を行った。2) 同断層帯南部の平均変位速度を検討することを目的として、黒石市竹鼻地区において 1 箇所で群列ボーリング調査を、高館地区及び竹鼻地区で 1 箇所ずつの計 2 箇所でピット調査を、本郷地区で露頭観察調査をそれぞれ行った。3) 断層の北端を検討するため、青森市孫内地区南方において、推定活断層を横断するルートマップを作成した。

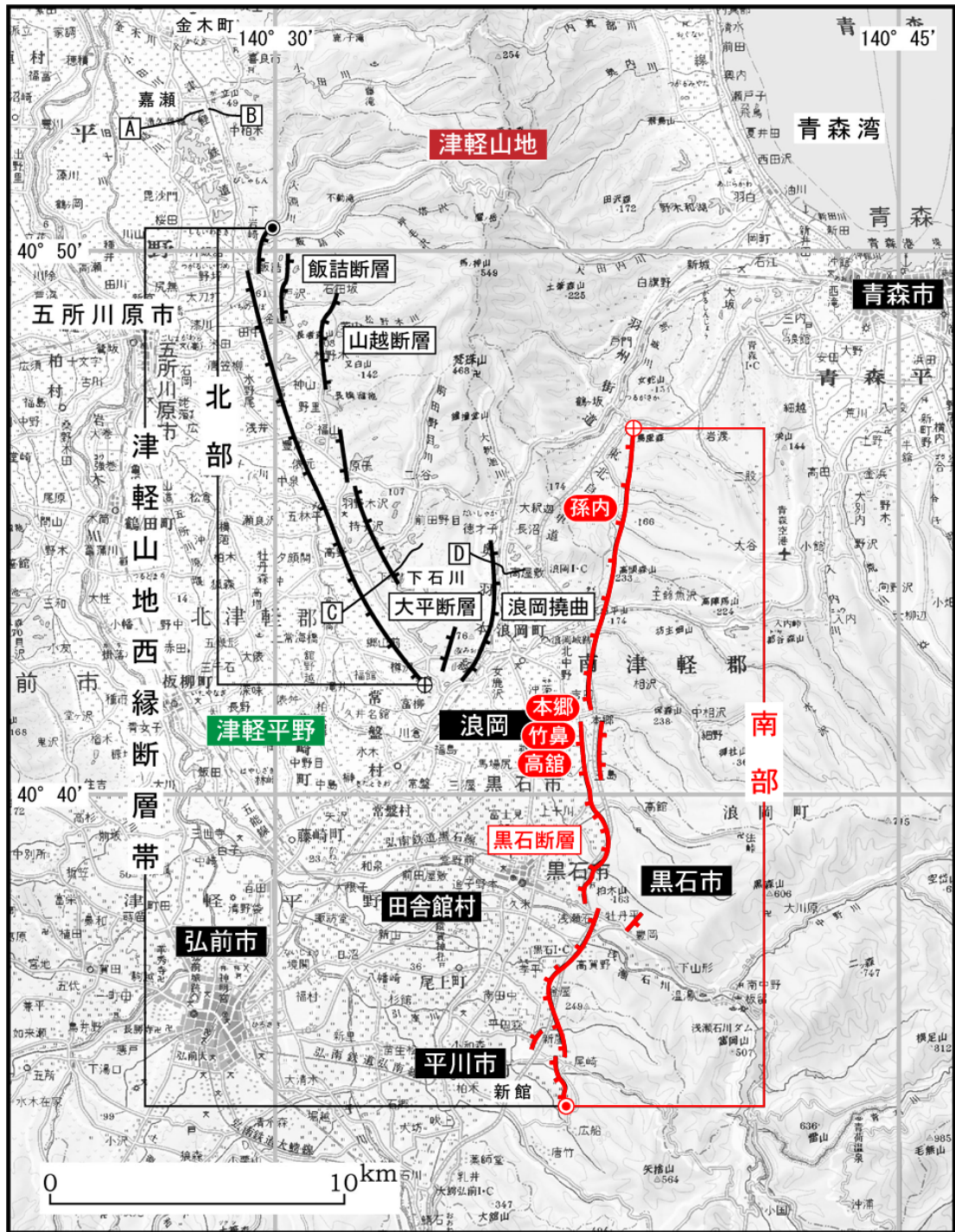


図1 津軽山地西縁断層の分布（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004に加筆）

津軽山地西縁断層帯南部を赤線で表示。本業務の調査地点を赤楕円白抜き文字で示す。

2) 地質概要

長森・他(2013)による反射法地震探査、ボーリング調査及び地質踏査を実施した同断層帯南部のほぼ中央部に位置する黒石市高館地区、同市竹鼻地区及び青森市本郷地区周辺の調査地域の地質図を図2に示す。それによると、調査地域付近に分布する主な地層は、下位のものから礫田山層(Is)、本郷川軽石質火山砕屑岩(Hn)、八甲田第1期火砕流堆積物(H1)、前田野目層(Me)、低位段丘堆積物(t1)、沖積段丘堆積物(ta)、後背湿地堆積物及び谷底低地堆積物(a)である。調査地東方の山地内に分布する礫田山層は凝灰質砂岩が主体をなし、走向は南北に近く西に15~45度程度傾斜する。本郷川軽石質火山砕屑岩は、礫田山層中に挟在して、本郷川以北に分布する。八甲田第1期火砕流堆積物は、軽石、安山岩及び玄武岩の岩片、斜長石・石英・普通輝石・紫蘇輝石・普通角閃石・磁鉄鉱片、軽石片からなり、傾斜した礫田山層を覆って同じく山地内に分布する。前田野目層は砂、粘土、礫からなり、八甲田第1期火砕流堆積物を被覆し、山地内の西縁に沿って分布する。低位段丘堆積物は、山地西縁部において津軽山地を北北西~北西に向かって流下する本郷川や高館川によって形成された段丘化した合流扇状地を構成する。沖積段丘堆積物は合流扇状地の前面すなわち西側の津軽平野東縁部や、高館川沿いに分布する。一方、調査地域周辺の津軽平野の地下地質については、詳しいデータが公表されているものはほとんどない。

調査地域には分布が認められないが、八甲田第2期火砕流堆積物が調査地の東方、津軽山地の西側斜面の尾根上に分布する(長森・他, 2013)。また、調査地域南東方の津軽山地内には十和田大不動火砕流堆積物(T0)が、北方の孫内地区周辺には十和田八戸火砕流堆積物(TH)が低所を埋めるように河川沿いに分布する(長森・他, 2013)(図3)。これらのうち、八甲田第1期火砕流堆積物、八甲田第2期火砕流堆積物、十和田大不動火砕流堆積物及び十和田八戸火砕流堆積物については、多数の年代値が報告されているが、ここでは、工藤・他(2019)に従い、八甲田第1期火砕流堆積物は約76万年前(約0.76 Ma)、八甲田第2期火砕流堆積物はおおよそ0.3 Ma頃、十和田大不動火砕流堆積物は約3万6千年前(約36 ka)、十和田八戸火砕流堆積物は15.5 kaとする。

本業務の調査地点のうち、竹鼻地区で実施したボーリング調査地点(THN-Br-1及びTHN-Br-2)及びピット調査地点(THN-Pt-1)は、この低位段丘面上に位置する。一方、高館地区で実施したボーリング調査地点(TDT-Br-1)は後背湿地堆積物及び谷底低地堆積物あるいは沖積段丘堆積物の分布域に、ピット調査地点(TDT-Pt-1)は低位段丘面上に位置する(図2)。

調査地域における津軽山地西縁断層帯南部の主断層とみられる東側隆起の断層は、津軽平野と津軽山地との地形境界付近に分布し、ほぼ南北走向を示す。また、調査地域周辺では本郷からその南方おおよそ2.0 kmの区間に上述の主断層と並行し、その500~900 m東側に西側隆起の断層が分布するとされる(宮内・他, 2001; 池田・他編, 2002; 中田・今泉編, 2002; 長森・他, 2013; 今泉・他編, 2018)。

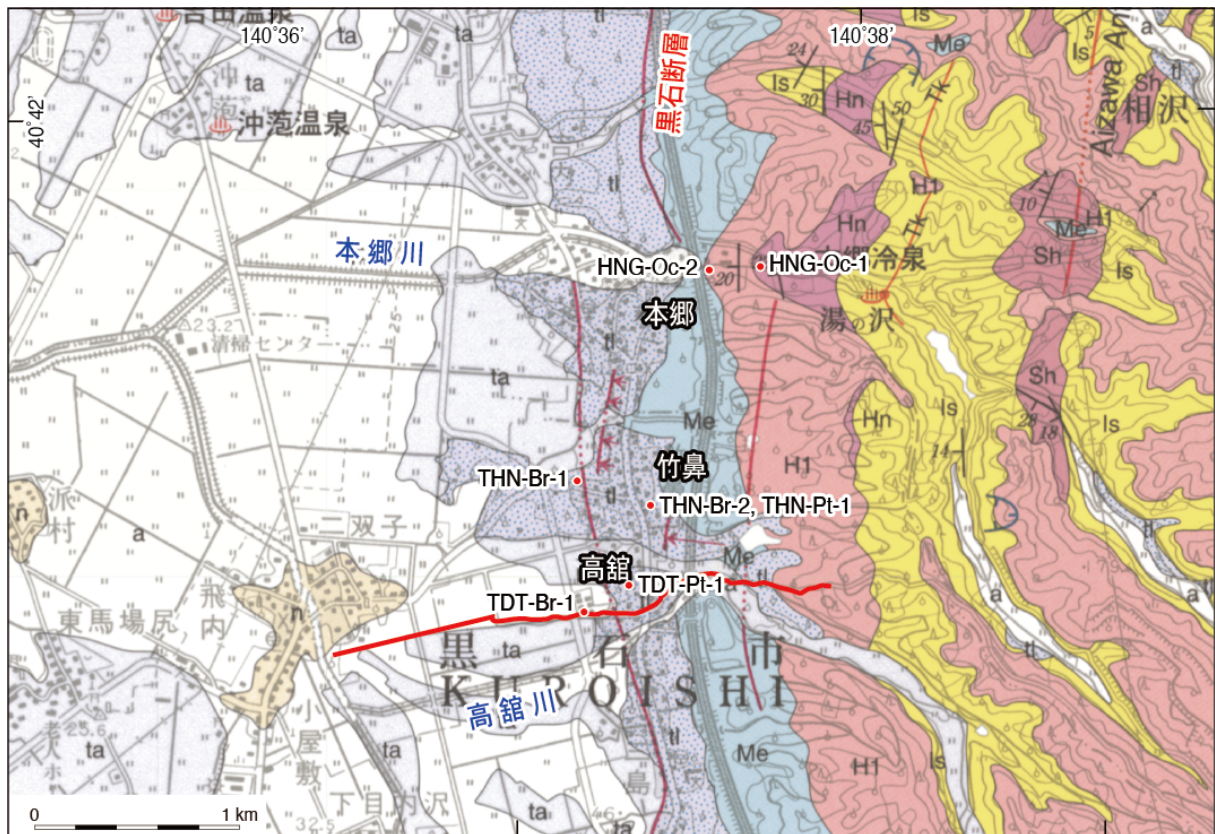


図2 ボーリング調査及び地質踏査を実施した同断層帯南部のほぼ中央部に位置する黒石市高館地区、同市竹鼻地区及び青森市本郷地区周辺の調査地域の地質図（長森・他，2013 に加筆）

反射法地震探査測線、ボーリング調査地点（TDT-Br-1、THN-Br-1 及び THN-Br-2）、ピット調査地点（THN-Pt-1 及び TDT-Pt-1）及び露頭観察地点（HNG-Oc-1 及び HNG-Oc-2）を示す。

津軽山地西縁断層帯南部の北端を検討した孫内地区南方周辺の地質図を図3に示す。これによると、当地域には、黒石断層を境として東方では磯田山層及び八甲田第1期火砕流堆積物が広く分布し、西方では前田野目層が広く分布している。孫内地区南方における黒石断層は、走向がN10°E程度で、山地内に延びる。長森・他（2013）は、孫内地区付近から南を活断層の黒石断層として示し、孫内地区以北を地質断層（鷹森山断層）として区分している。また、鷹森山断層及び黒石断層の西方にこれらと平行する鶴ヶ坂向斜の存在を示している（図3）。これに対して、宮内・他（2001）及び池田・他編（2002）は孫内地区付近以北の黒石断層について推定活断層として図示している。

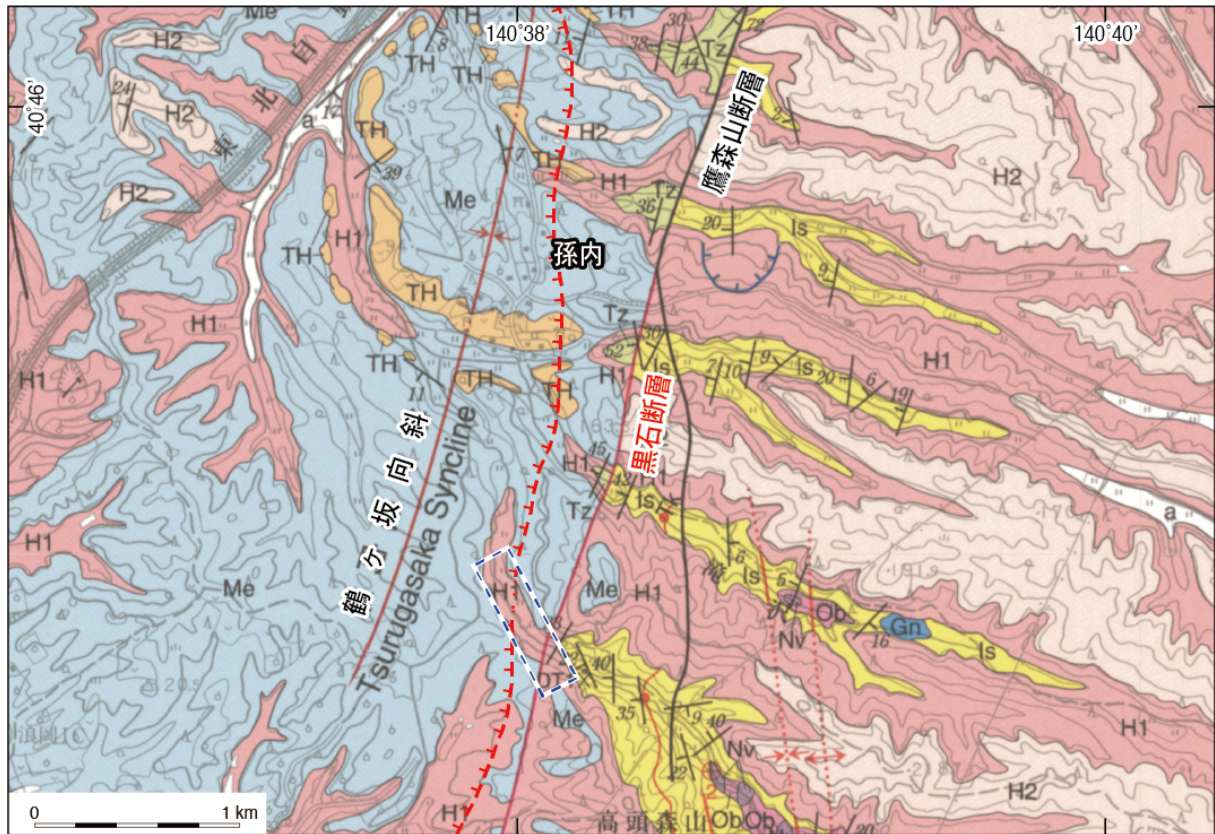


図3 地質踏査を実施した孫内地区南方の地質図（長森・他，2013に加筆）
赤波線は、宮内・他（2001）による推定活断層トレース。ケバは低下側を示す。ルートマップ作成範囲を青波線で示す。

3) 調査手法

a) 反射法地震探査

i) 探査の概要

津軽山地西縁断層帯南部の傾斜やずれの向きを明らかにすることを目的として、図4、図5に示すように同断層が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黒石市二双子地区から高館地区に至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）。探査は深度1.5 km程度までの地下構造を把握する測線長2,500 mのP波探査と、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726 mのS波探査を実施した（表1）。なお、P波探査では東側隆起の主断層である黒石断層とその東方に分布する西側隆起の断層をカバーしているが、S波探査の測線は西側隆起の断層はカバーしていない。

探査測線は西端を起点（二双子地区）とし、道路沿いに東北東方向へ進み、測線780 m付近で「二双子・高館線」へ入る。「二双子・高館線」では測線はほぼ東方向に進み、広域農道を渡った測線1,160 m付近から高館地区の住宅地に入っていく。住宅地の西端部付近では、本調査で実施した調査ボーリング孔（TDT-Br-1孔：深度80 m）があり（図2）、探査測線の1,232 m付近に位置する。測線1,550 m付近で県道146号線（浪岡北中野黒石線）と交差し、それより東側では道路が所々で屈曲し、道幅が狭くなる。測線1,790～1,810 mで東北自動車道のガード下と交差し、1,950～2,010 m付近では、高館川のすぐ脇を通るた

め、道幅が非常に狭い。それより東側では住宅がなくなり、リンゴ畑となる。標高を徐々に上げながら起点より 2,500 m となった地点を測線終点とした。P波測線のうち、測線 1,044~1,770 m の範囲をS波測線とした。津軽山地西縁断層帯南部は、P波測線 1,400 m 付近に分布するとされている（例えば、長森・他，2013；今泉・他，2018 など）

測線の標高は、起点で+27 m 程度であり、水田が続く測線 1,000 m で+34 m 程度とほぼ平坦である（図6）。高館の住宅地へ入ると徐々に標高が上がりはじめ、調査ボーリング TDT-Br-1 地点で+37 m、県道 146 号線との交差点（測線 1,550 m）で+44 m、東北自動車道のガード下（測線 1,800 m）で+50 m、測線 2,000 m（法峠寺（別院）付近）で+54 m である。ここから勾配が大きくなり、測線終端（2,500 m）で+89 m となる。

測線は測線起点 0~775 m の区間では砂利道、それより東側ではアスファルト舗装されている。そのうち、測線 2,000 m より東側のリンゴ畑に囲まれた範囲では路面状況が悪く、この範囲では路面状況のよいところを選んで発振を行い、良好な記録が取得できるように努めた。反射法地震探査測定作業は 2021 年 10 月 27 日~11 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 2 に示す。

表 1 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	2,500m	726m (P波測線:1,044~1,770m)	
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-2		
受振・観測系	同時受振チャンネル数	132~167ch	144~148ch
	受振点間隔	10m	2m
	展開方式	変則スプリット・スプレッド方式	
	波動種別	P波	S波
発振系	発振点間隔	5m（基本）	2m（基本）
	発振方式	スイープ方式	
	発振周波数	10~80Hz	
	スイープ長	15 秒	12 秒
	垂直重合数	8 回を基本 (1~12 回)	4 回を基本 (1~8 回)

地理院地図
GSI Maps

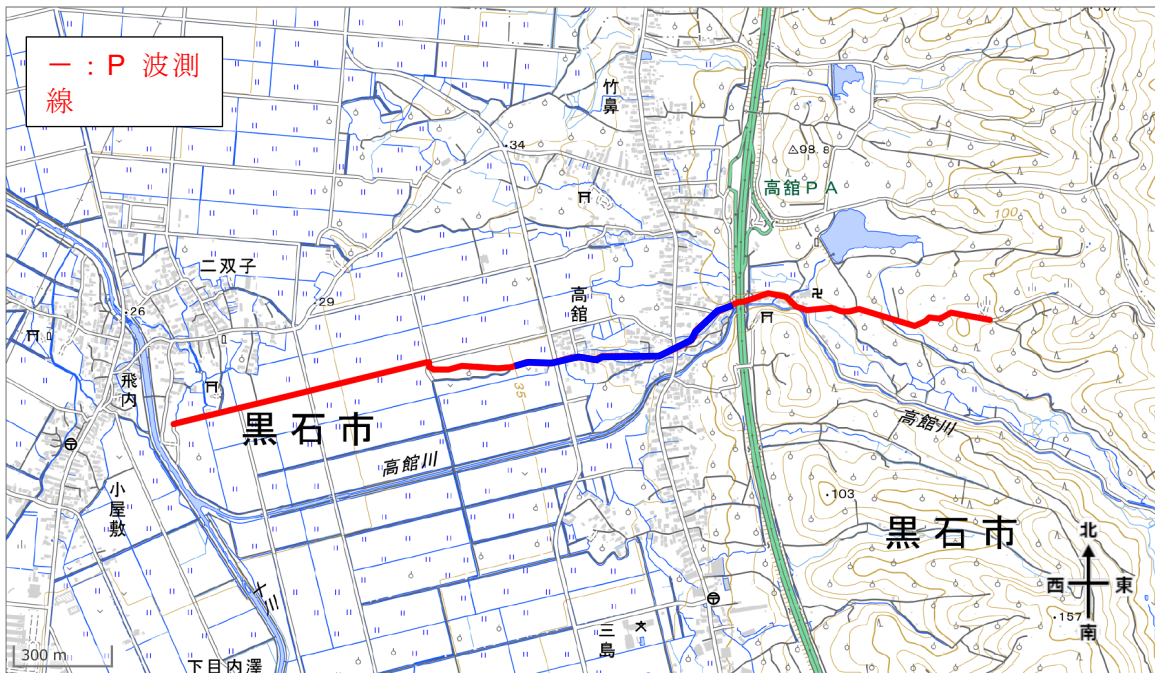


図4 青森県黒石市高館地区において実施した反射法地震探査の測線
基図は地理院地図を使用。

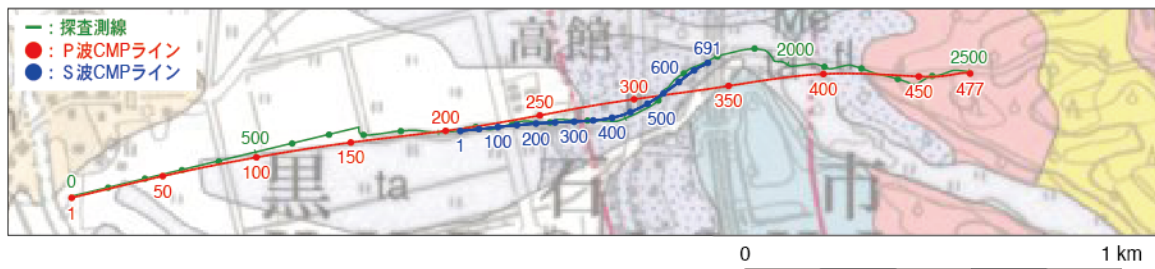


図5 青森県黒石市高館地区において実施した反射法地震探査の探査測線（緑）、P波
CMPライン（赤）及びS波CMPライン（青）
基図は長森・他（2013）を使用。

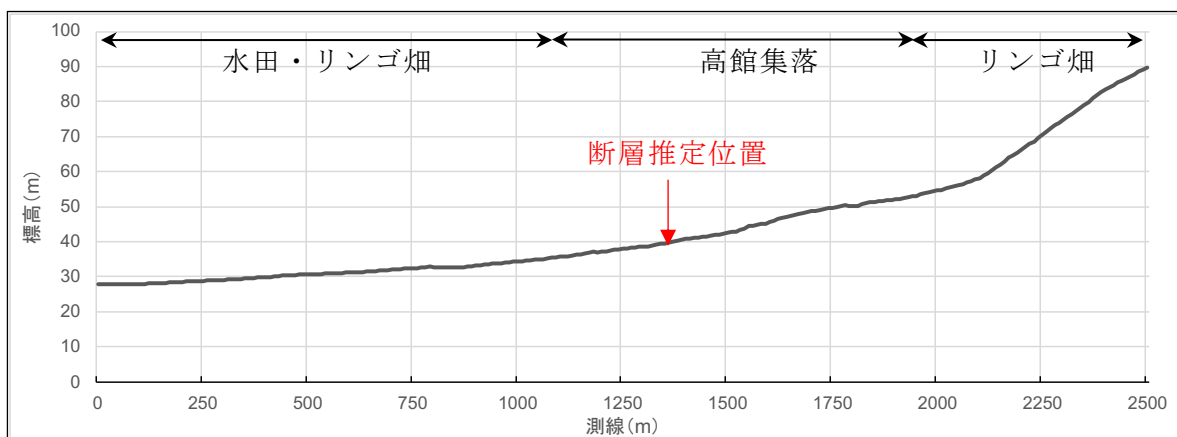


図6 P波測線の標高分布

表2 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	Geode	入力チャンネル数 : 24ch/台	(米) Geometrics	8
		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				
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 : P 波及び 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				
受振器	SM-4	波動種別 : P 波	(米) I/O	200
		固有周波数 : 10Hz		
	L-40A	グループピング : 6 個グループ	(米) Mark Products	170
		波動種別 : S 波		
CMP ケーブル	6 テイクアウト/本	12.5m 間隔	(米) Mark Products	40
	24 テイクアウト/本	2.5m 間隔		
その他資材	テレメトリケーブル, メス-メス逆転ケーブル, 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7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。

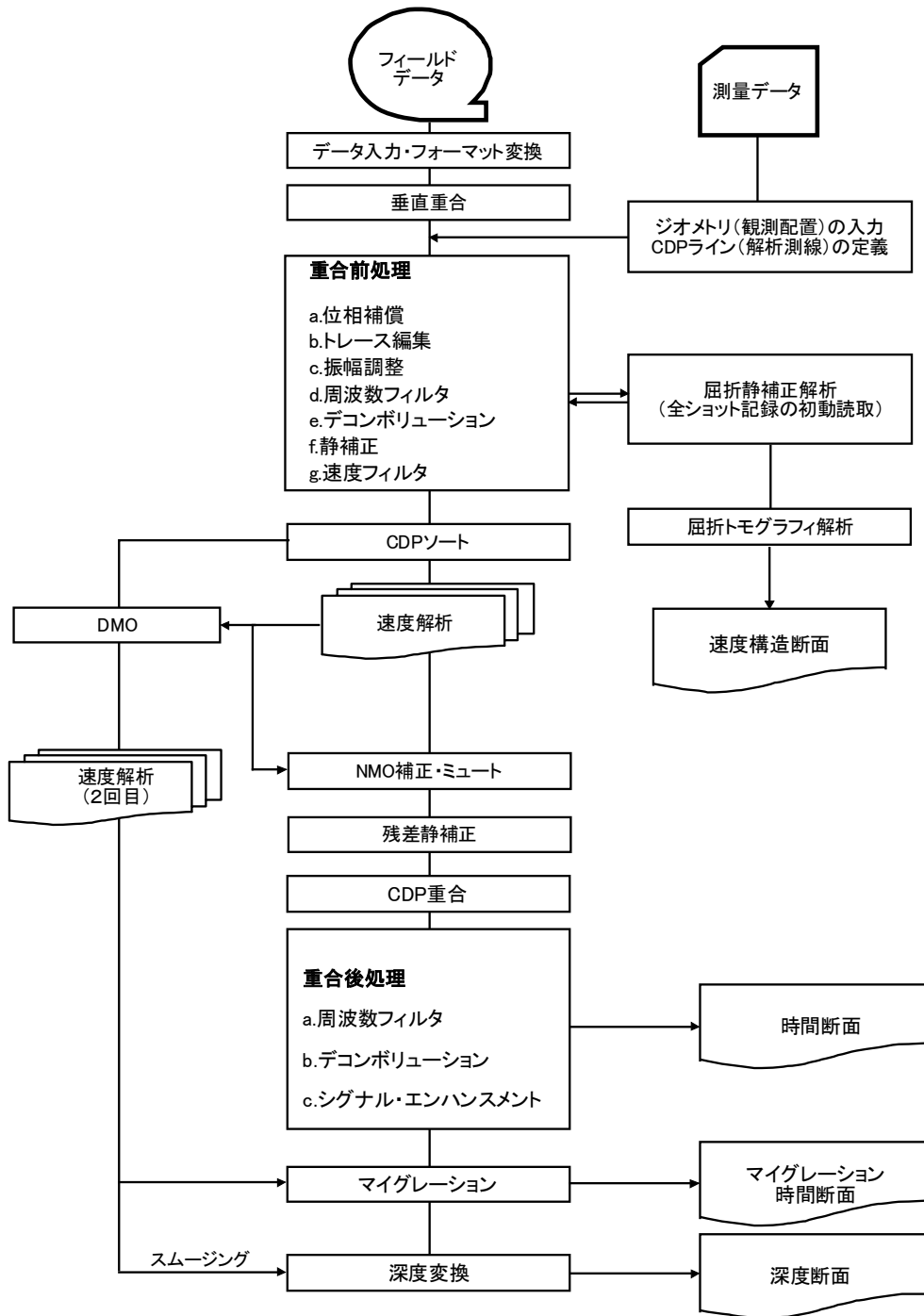


図7 データ処理フロー

b) ボーリング調査

ボーリング調査は高館地区と竹鼻地区で実施した(図2)。高館地区では上述した反射法地震探査測線上において、推定される断層の低下側で深さ80 mのボーリング孔(TDT-Br-1)を掘削した。竹鼻地区では断層を横断して両側の段丘面上で2孔のボーリング孔(THN-Br-1及びTHN-Br-2)を掘削した。掘削深度は、断層低下側のTHN-Br-1が18 m、隆起側のTHN-Br-2が15 mである。

c) ピット調査

竹鼻地区において断層の隆起側と低下側で掘削したボーリング孔（THN-Br-1 と THN-Br-2）は、段丘化した扇状地面上で掘削しているが、この段丘構成層の最上部を詳細に確認し、離水年代を示す年代試料を得る目的で断層の隆起側の 1 地点（THN-Pt-1）でピットを掘削した（図 2）。ピット掘削地点は、THN-Br-1 のごく近傍に位置する。高館地区においては、断層の隆起側の 1 地点（TDT-Pt-1）でピットを掘削した（図 2）。長森・他（2013）によると、掘削地点は、THN-Pt-1、TDT-Pt-1 のいずれも低位段丘堆積物分布域にあたる。

d) 地質踏査

地質踏査は、ボーリング調査及びピット調査を実施した高館地区及び竹鼻地区の北方に位置する本郷川沿いに段丘面を構成する地層やそれに覆われる地層や被覆する地層が確認されたことから、同河川に沿って踏査を行い、2 地点の露頭（HNG-0c-1 及び HNG-0c-2）を詳細に観察した（図 2）。さらに、断層が通過する区間に連続的な露頭が確認された孫内地区南方の孫内川左岸に沿ってルートマップを作成し、推定される津軽山地西縁断層帯南部の位置と地層との関係を把握した（図 3）。

e) 試料分析

高館地区で採取した 80 m ボーリングコア（TDT-Br-1 コア）の地層の年代を把握することを目的として、また、竹鼻地区で 1 箇所と高館地区で 1 箇所の計 2 箇所における地層の年代と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（以降、 ^{14}C 年代測定と表記する）と火山灰分析を行った。

^{14}C 年代測定は、高館地区及び竹鼻地区のボーリングコア試料、ピット壁面、本郷川沿いの露頭壁面から採取した植物片、木片、炭化木片及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、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、ピット壁面、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。

4) 調査結果

a) 反射法地震探査

i) 反射断面

図 7 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 8～図 13）。

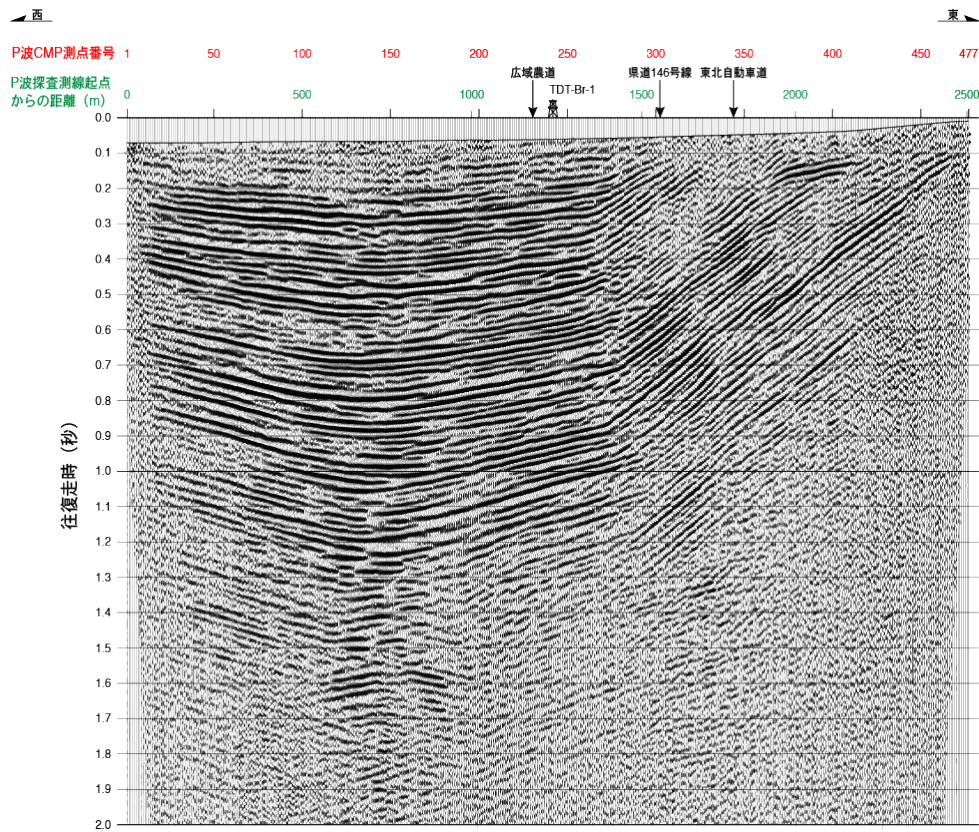


図8 重合時間断面 (P波測線)

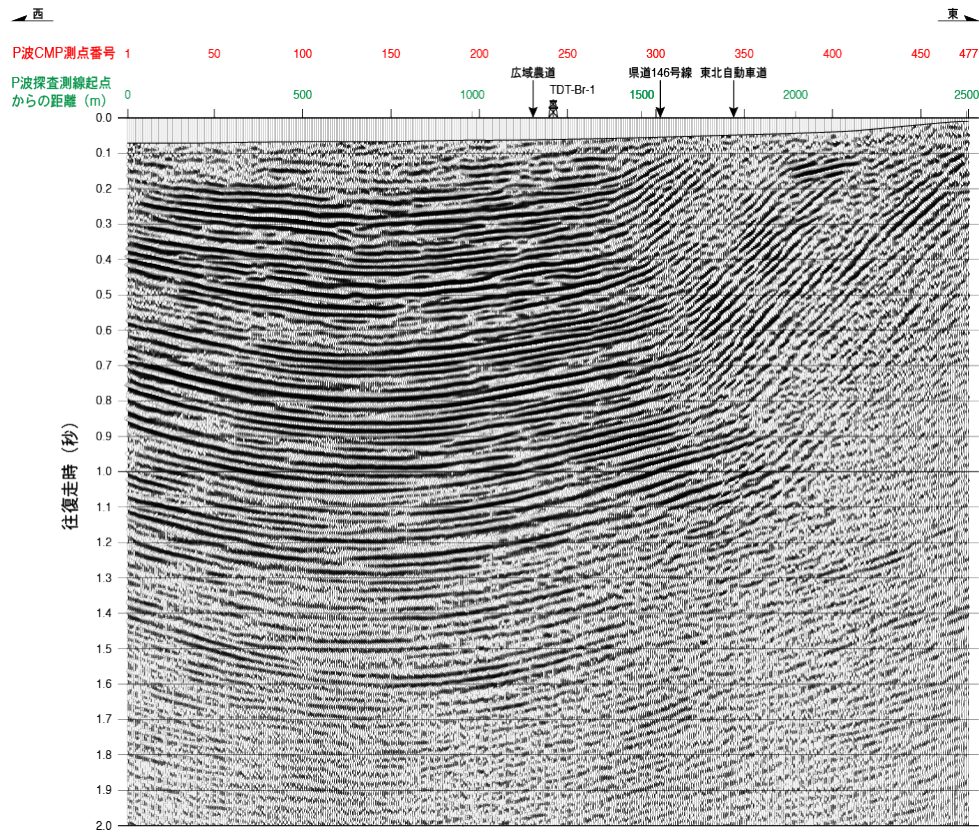


図9 マイグレーション時間断面 (P波測線)

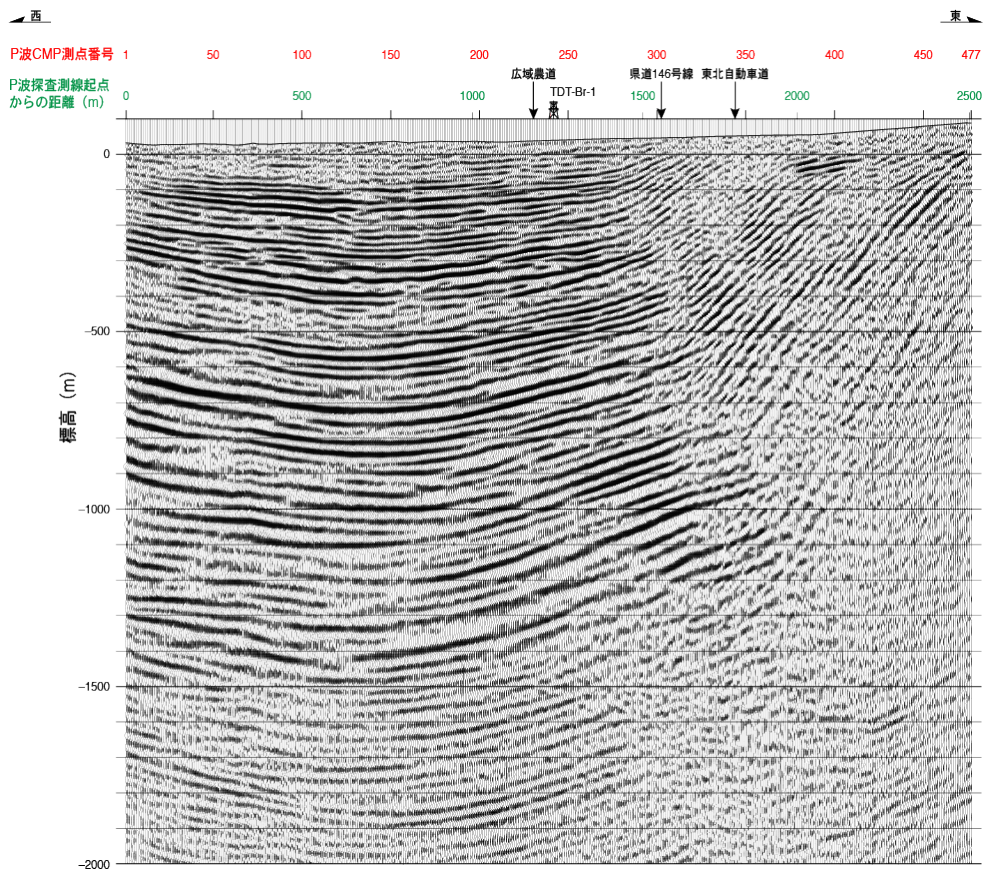


図 10 深度断面 (P波測線)

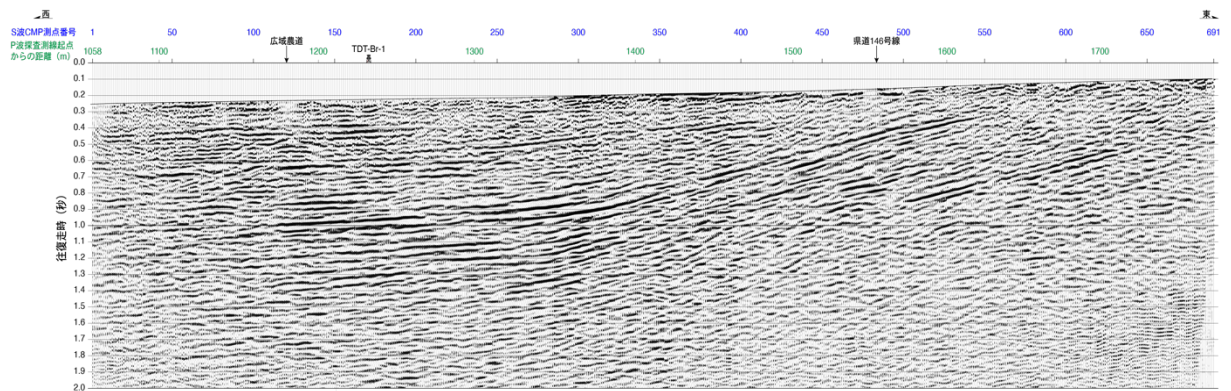


図 11 重合時間断面 (S波測線)

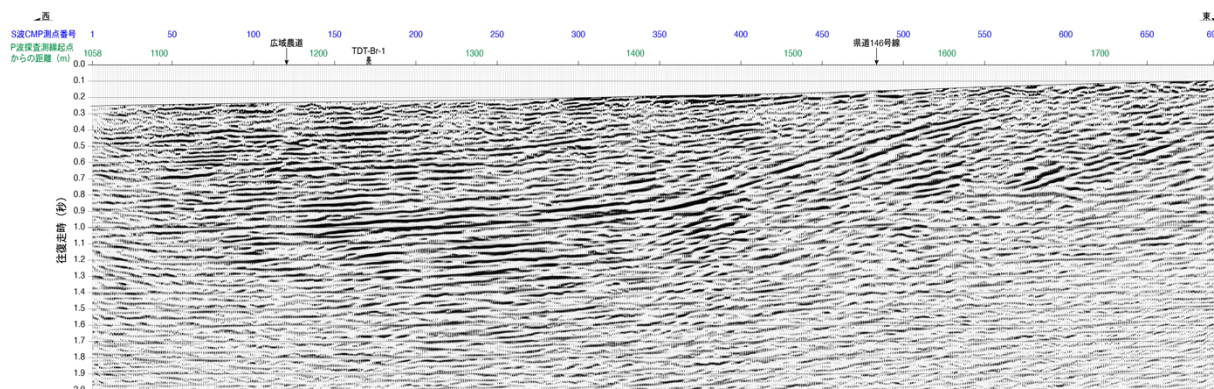


図 12 マイグレーション時間断面（S波測線）

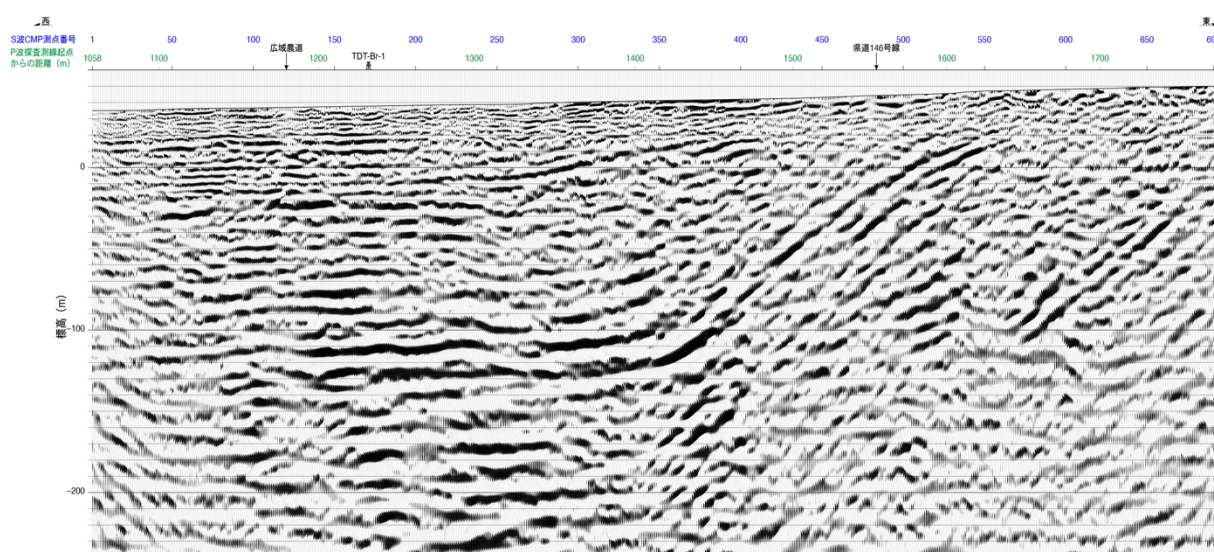


図 13 深度断面（S波測線）

ii) 反射断面の解釈

ii-1) 解釈にあたって使用した既往資料

反射断面の解釈を行うにあたり、活断層の位置については長森・他（2013）及び今泉・他（2018）等の文献資料に加え、本調査で実施した調査ボーリング結果（TDT-Br-1）を参考にした。長森・他（2013）及び今泉・他（2018）によると、本調査における探査測線のCMPラインと津軽山地西縁断層帯南部の推定位置との関係はおおよそ表3の通りである。

表 3 津軽山地西縁断層帯南部の推定位置と CMP 番号との関係一覧

	CMP 番号	
	東側隆起の主断層 (黒石断層)	西側隆起の推定活断層 (黒石断層の東方の断層)
P 波測線	270～290	390
S 波測線	320～410	—

ii-2) 反射断面の解釈

反射断面の解釈は、図 8～図 13 に示した P 波測線及び S 波測線の各反射断面に対して以下の手順で行った。まず、重合時間断面図及びマイグレーション時間断面を用いて反射波の明瞭度や連続性、反射波列のパターンの特徴などに基づいて主要反射面を抽出し、地質構造を解釈した。これに続いて、深度断面に対して上述した時間断面の解釈結果から測線付近に分布が予想される地層の分布深度や構造、岩相構成などの地質情報を加えた深度断面解釈図を作成した。

① P 波測線（図 14、15）

マイグレーション断面で CMP1～300 付近に認められるほぼ水平かつ反射波列のうち、比較的連続性がよく、明瞭な反射波列を呈し、地層・岩相境界に対応すると推定される反射面を R1（オレンジ）、R2（黄）、R3（緑）、R4（深緑）、R5（水色）、R6（群青）、R7（青）、R8（ピンク）及び R9（紫）として認定した（図 14）。これらの反射面の特徴と形状について以下に述べる。なお、時間断面の時間深度表示では、静補正における基準点標高に合わせて時間深度 0.1 秒を標高 0 m としている（図 15）。

・反射面 R1（オレンジ）

反射面 R1 は P 波測線の最上位に認められる反射面で、測線西側の CMP10～300 付近の 0.05～0.15 秒付近に分布する。CMP130 付近を軸とする緩やかな下に凸の盆状の形状をしており、東側へ向かうにしたがって緩やかに浅くなっていく傾向が認められる。CMP40～80 付近及び CMP110～160 付近では反射面の連続性が乏しく破線表示としているが、全体的な反射面の分布を見る限り連続するものと考えられる。CMP270 の時間深度 0.1 秒付近から東側では不明瞭ながら徐々に浅くなっていき、CMP300 付近では地表近くに分布していると推定される。

・反射面 R2（黄）

反射面 R2 は、測線西端で 0.25 秒付近、CMP120 付近では時間深度 0.3 秒付近に分布し、上位である反射面 R1 と同様に下に凸の盆状を示す連続した明瞭な反射面からなる。CMP180 付近では時間深度 0.3 秒付近、CMP260 では時間深度 0.26 秒付近と徐々に浅くなっていく。CMP270 付近で急傾斜となり、CMP330 付近で 0.1 秒付近まで浅くなり、それより東側では不明瞭となる。反射面 R1 との層間距離は、測線西端から CMP270 付近の傾斜が変わる付近まではほぼ同じであるが、それより東側では層間距離が薄くなっていく。この反射面は、後述するように測線上で実施したボーリング TDT-Br-1 で採取した地層の堆積速度に基づき、八甲田第 2 期火砕流堆積物に相当する可能性がある。

・反射面 R3（緑）、R4（深緑）、R5（水色）及び R6（群青）

これらの反射面は、反射面 R2 の下位にみられる多数の反射波列のうち、強振幅の特徴的な反射パターンを示し、連続して追跡できる反射面として認定される。また、これらの反射面は、上位の反射面と同様に、下に凸の盆状の構造を示している。また、これら 4 つの反射面のセットは途切れることなく連続していることから、これら反射面に対応する地質イベント（地層境界）は中断なく連続していると推定されるとともに、反射波列の層間が安定していることから、これらが含まれる地層はほぼ整合的に堆積したものと推察される。

・反射面 R7（青）

反射面 R7 はこの反射断面で最も下位付近に分布する反射面で、時間深度 0.95～1.2 秒付近に分布し、形状は上位の反射面と同様に下に凸の盆状を示すが、CMP100～160 付近では若干不明瞭となる。層間はほぼ均一であるが、CMP250～300 付近では西側よりも若干薄くなっている。

・反射面 R8 (ピンク)

反射面 R8 は、断層推定位置より東側に位置する CMP380～410 付近の時間深度 0.1～0.15 秒に分布し、下位の反射面と傾斜の異なっている反射面である。この反射面は西傾斜を示し、CMP380 より西側及び CMP410 より東側では反射面が不明瞭となる。

・反射面群 R9 (紫)

反射面群 R9 は、反射面 R8 の下位に分布する複数の反射面からなる。CMP330～測線東端の時間深度 0.1～0.8 秒に分布し、西に高角度で傾斜する反射面である。これらの反射面は先述した R3～R7 の反射面のいずれかに該当すると考えられるが、反射面パターンだけでは判断できないため、反射面群として解釈し、ひとまとめとした。

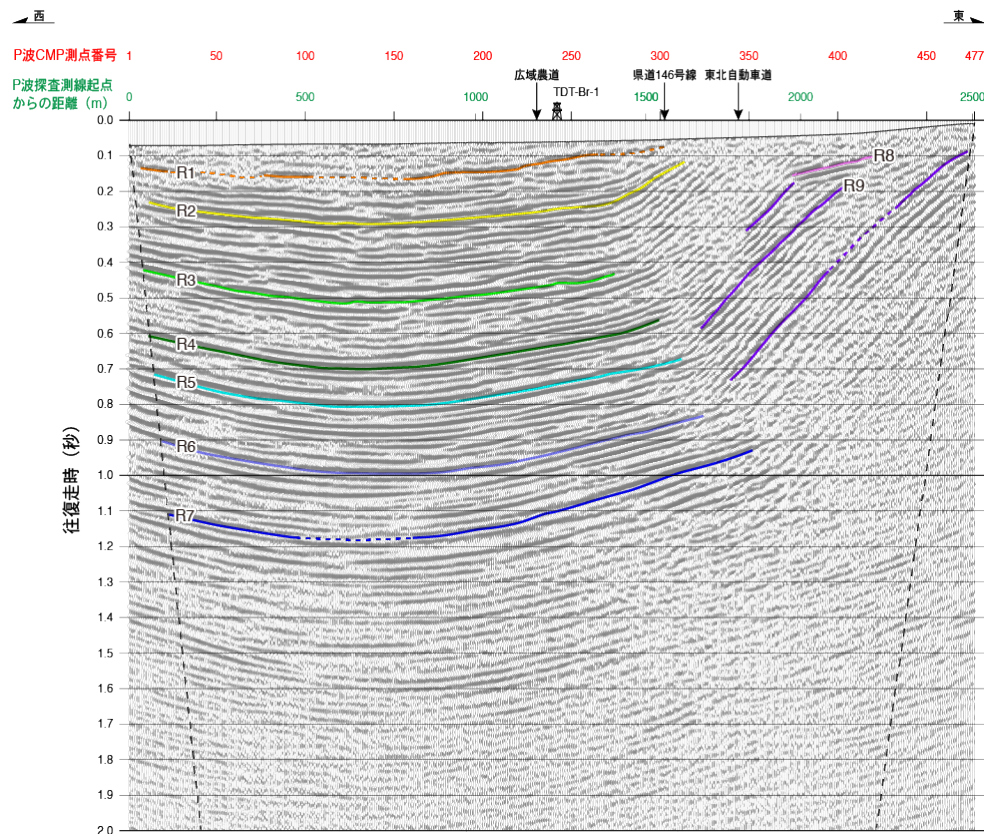


図 14 反射面解釈図 (マイグレーション時間断面 ; P波測線)

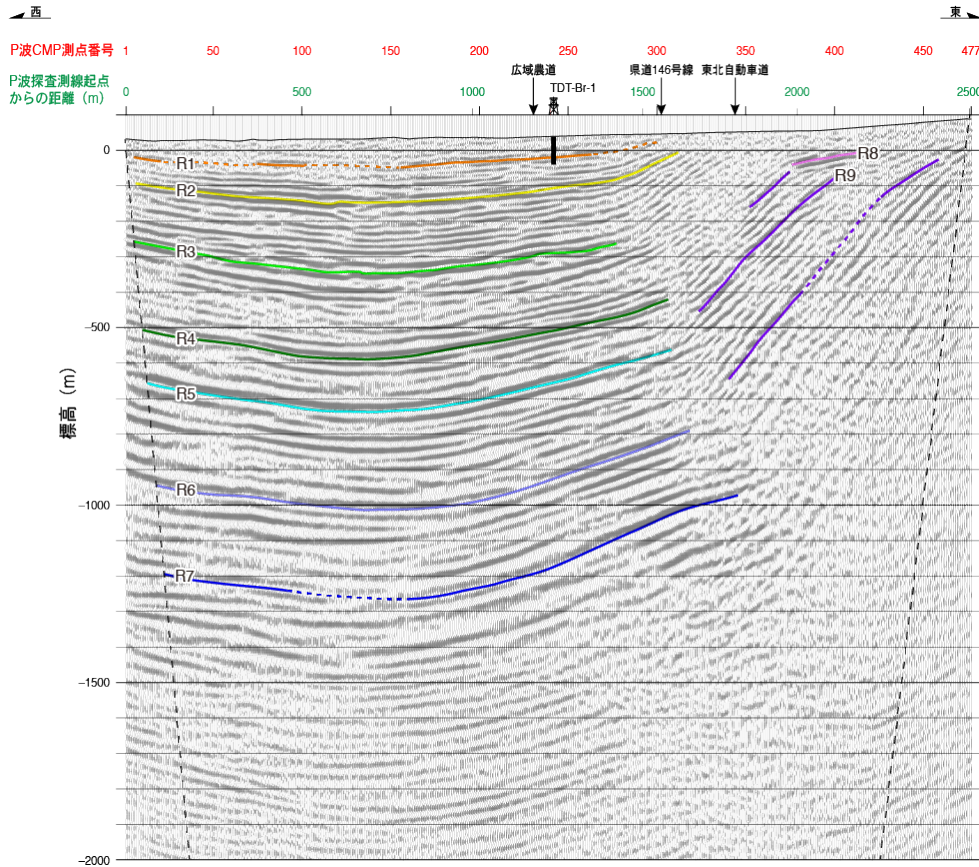


図 15 反射面解釈図（深度断面；P波測線）

② S波測線（図 16、17）

マイグレーション時間断面の反射面解釈を図 16 に、深度断面の反射面解釈を図 17 に示す。図 16 に示したマイグレーション断面で認められた多数の反射波列のうち、比較的連続性がよく、明瞭な反射波列を呈する反射面を上位から Rs1（茶）、Rs2（オレンジ）、Rs3（黄）、Rs4（紫）及び Rs5（青）とした。これらの反射面の特徴と形状について以下に述べる。なお、時間断面の時間深度表示では、静補正における基準点標高に合わせて時間深度 0.3 秒を標高 0m としている。

・反射面 Rs1 及び Rs1'（茶）

反射面 Rs1 及び Rs1' は、S波測線の最上位に認められる平行する 2 枚の反射面で、測線西側の CMP10～210 付近の 0.4～0.5 秒付近に分布し、緩やかに西に傾斜している。ところどころで反射面の連続性が乏しくなる部分が認められる。CMP210 の時間深度 0.4 秒付近から東側では不明瞭となり、反射面を追跡することができない。反射面 Rs1 及び Rs1' は、後述するようにその深度分布から、TDT-Br-1 孔の深度 12.91～22.16 m で認められた十和田大不動火砕流堆積物の下面及び上面に相当する可能性がある（図 17）。

・反射面 Rs2（オレンジ）

反射面 Rs2 は、測線西端で 0.6 秒付近に認められる反射面 Rs1 と同様に西傾斜を示す反射面とした。最西端である CMP1～40 付近では、反射面の明瞭さはやや欠けるため破線表示としているが、

それ以外では連続性のよい反射面が分布する。測線の西側では緩やかな西傾斜を示すが、CMP250 付近から東側では傾斜が大きくなっていき、CMP400 付近で反射面が不明瞭となる。なお、反射面 Rs2 と P 波測線の反射面 R1 はほぼ同じ分布深度を示すことから、同じ地層境界を反映した反射面である可能性が高く、これらの反射面は、TDT-Br-1 孔において GL-60 m 付近で確認されている礫と扇状地堆積物の境界に相当する可能性がある。

- ・ 反射面 Rs3 (黄)、Rs4 (紫)

反射面 Rs3 及び Rs4 は、反射面 Rs2 の下位にみられる多数の反射波列のうち、強振幅かつ連続して追跡可能な反射面を選定した。これら 2 つの反射面は、上位の反射面と同様、緩やかな西傾斜の構造を示している。反射面 Rs3 は、測線西端で時間深度 1.0 秒付近に分布する反射面とし、Rs2 反射面と同様に測線中央付近で傾斜が大きくなっていき、CMP400~440 付近ではやや不明瞭となるものの、CMP440 より東側では再度明瞭となり、Rs3 反射面は CMP520 付近で時間深度 0.3 秒付近まで浅くなる。CMP520~540 では傾斜が若干緩くなり、CMP540 より東側では反射面が不鮮明となる。反射面 Rs4 は CMP80 付近で 1.2 秒付近に認められる反射面とした。CMP80 より西側では徐々に不鮮明になっていくため破線表示とした。CMP40 より西側では追跡できなくなる。Rs3 反射面は、後述するように八甲田第 2 期火砕流堆積物に相当すると考えられる。

- ・ 反射面 Rs5 (青)

反射面 Rs5 は、S 波測線東部で認められる明瞭な反射面である。反射面 Rs5 は、CMP580 の時間深度 0.8 秒から認められる連続した反射面であり、CMP670 付近の時間深度 0.5 秒付近まで連続する。この反射面は、想定される津軽山地西縁断層帯南部の主断層より東側に位置し、反射面 Rs4 より下位の反射面に対応すると考えられるが、本調査の S 波反射断面では Rs4 より下位の反射面は認められるものの連続性に乏しく、対応する反射面の同定ができない。

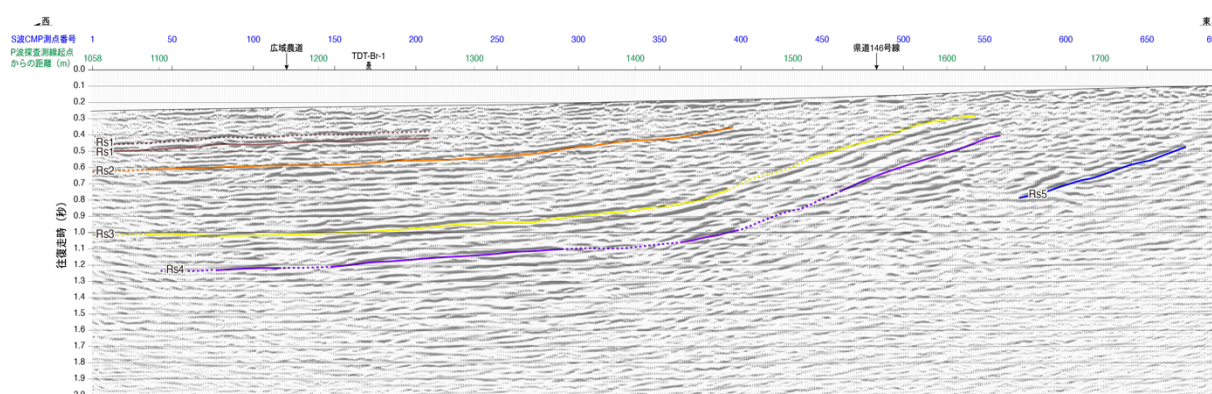


図 16 反射面解釈図 (マイグレーション時間断面 ; S 波測線)

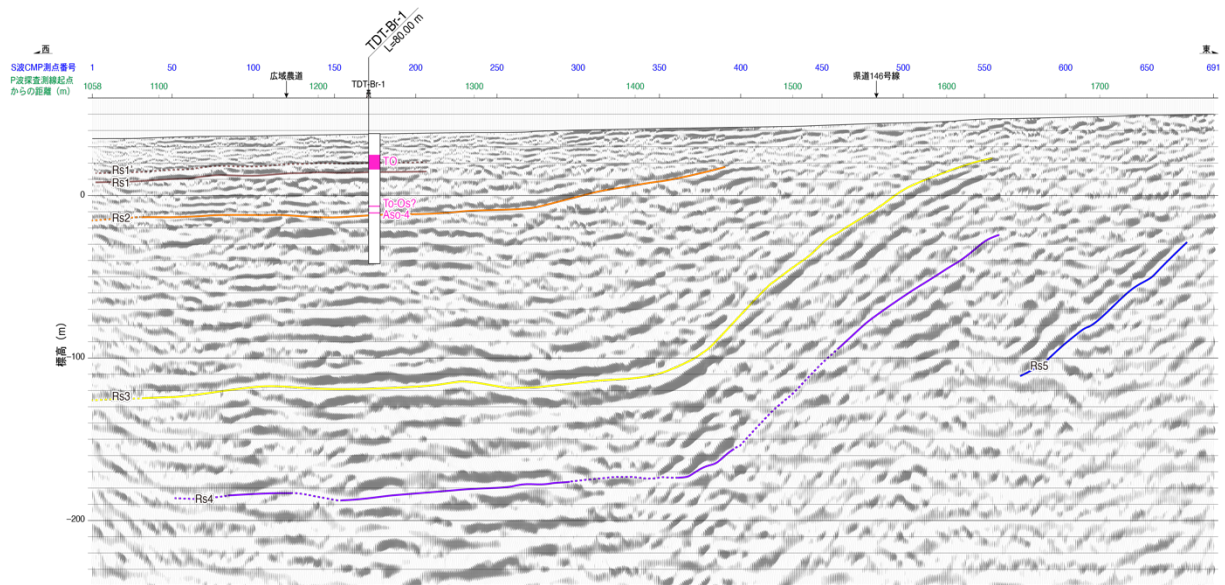


図 17 反射面解釈図（深度断面；S波測線）

TO：十和田大不動火砕流堆積物、To-0s：十和田奥瀬テフラ、Aso-4：阿蘇4テフラ。

b) ボーリング調査

ボーリングコアに確認された地層を表4に示すとともに、各ボーリング孔の状況を以下に示す。概要としては、各孔とも砂、シルト、礫からなる扇状地堆積物と、十和田大不動火砕流堆積物が確認された。また、TDT-Br-1には阿蘇4テフラ（Aso-4；85～90 ka、町田・新井，2003）と十和田奥瀬テフラ（To-0s、町田・新井，2003）に対比可能な火砕流堆積物が、THN-Br-1には十和田八戸火砕流堆積物が、THN-Br-2に風成堆積物が、それぞれ確認された。さらに、TDT-Br-1とTHN-Br-1の扇状地堆積物には頻りに腐植質シルト層やシルト層の細粒堆積物が挟在しているが、この細粒堆積物を扇間低地に堆積したのとして扇状地堆積物に指交する扇間低地堆積物とした。

表4 ボーリングコアにみられる地層

地層名	層相	年代	分布の有無 (有:○, なし:-)		
			THN-Br-1	THN-Br-2	TDT-Br-1
表土・耕作土	腐植質シルト	—	○	○	○
人工攪乱層	腐植質の礫混じり細粒砂。板状の木片を含む。	—	—	—	○
風成堆積物	火山灰質の腐植質シルト及び同質の礫混じり砂質シルト。風化した径 0.1～0.3cm の軽石, スコリア, 火山礫, 火山灰からなる。	20,670±70yBP 以降	—	○	—
扇状地堆積物	腐植質シルト, シルト, 砂, 礫。	—	○	○	○
扇間低地堆積物	腐植質シルト, シルト, 砂, 礫。	—	○	—	○
十和田八戸火砕流堆積物	径 0.1～2cm の灰色軽石と火山灰からなり, 径 0.1～1cm の玄武岩質の火山礫からなる。軽石と火山礫が散在しそれらの間を火山灰が充填する。層厚 1.15m。	約 15.5ka ^{*1}	○	—	—
十和田大不動火砕流堆積物	径 0.1～3cm の白色軽石, 径 0.1～1.5cm の安山岩～玄武岩質の火山礫, 火山灰からなる。軽石及び火山礫が散在しそれらの間を火山灰が充填する。各孔とも火山灰分析により同テフラに対比した。層厚は以下(二次堆積物を含まない) THN-Br-1 : 4.75m 以上 THN-Br-2 : 0.57m TDT-Br-1 : 8.26m	約 36.0ka ^{*1}	○	○	○
十和田奥瀬	灰色軽石及び火山灰からなる。逆級化を示す。火山灰分析により同テフラに対比される可能性がある。	—	—	—	○
阿蘇4テフラ	層厚 7cm の細粒火山灰	85～90ka ^{*2}	—	—	○

*¹ : 工藤・他 (2019) による。*² : 町田・新井 (2003) による。

i) TDT-Br-1

深度 13.9～22.2 m に火砕流堆積物が分布し、その上位及び下位に腐植質シルト層を頻繁に挟む、砂層、シルト層及び礫層の互層が分布する。これらの互層は、地形及び層相から扇状地堆積物または扇間低地堆積物であると判断される。また、深度 44.3～44.9 m に火砕流堆積物が、深度 49.1 m に厚さ 7 cm の細粒火山灰がそれぞれ挟在する。扇状地堆積物または扇間低地堆積物のうち、深度 36.43～44.33 m 及び深度 50.55～52.42 m は礫質粗粒砂が主体をなし、深度 57.49～59.93 m 及び深度 65.09～67.56 m は砂質礫が主体をなす。確認された地質の詳細を以下に示す。カッコ内は標準土色帖に基づくマンセル表色系の値を示す。

TDT-Br-1 コアの写真を図 18～図 21 に示す。

0.00～0.15 m : 表土

腐植質シルト、植物根混入。(10YR2/2)

0.15～1.38 m : 人工攪乱層

腐植質の礫混じり細粒砂からなる。板状の木片を含む。(10YR2/2)

1.38～12.91 m : 扇状地堆積物、沖積段丘堆積物

礫質細粒～粗粒砂、砂質礫、シルト質細粒砂を主体とし腐植質シルト層を挟む。

1.38～6.12 m；礫質細粒～粗粒砂、砂質礫を主体とし、腐植質のシルト混じり細粒砂層を挟む。礫はφ0.5～10 cmの概ね新鮮～新鮮な安山岩垂円～円礫を主体とする。3.44～3.48 m及び4.00～4.03 mに腐植質シルト層を挟む。(7.5Y3/1)

6.12～12.91 m；シルト質細粒砂を主体とし、所々腐植質シルト層及び砂質礫層を挟む。一部軽石が散在する。木片を含む。6.18～6.24 m、6.39～6.41 m、6.44～6.52 m、6.56～6.58 m、6.72～6.80 m、7.26～7.38 m、7.92～7.94 m、8.07～8.09 m、8.38～8.65 m、9.03～9.26 m、9.47～9.82 m、11.08～11.16 m、11.55～11.74 m及び12.32～12.91 mに腐植質シルト層または腐植質砂層を挟む。10.69～10.82 mは砂質礫層。礫はφ0.7～3 cmの概ね新鮮な安山岩及び石英安山岩の円～垂円礫を主体とする。基質は中粒～粗粒砂。11.55～12.91 mは淘汰の悪い砂混じりシルト、シルト混じり粗粒砂の互層。炭化した木片を含む。(10G4/1：6.12～7.67 m)、(5Y3/2：7.67～10.24 m)、(7.5Y4/2：10.24～12.91 m)

12.91～22.16 m：火砕流堆積物及びその二次堆積物

12.91～13.90 m；火砕流堆積物の二次堆積物。中粒～極粗粒砂。φ0.1～1 cmの白色軽石と火山礫を夥しく多く含む。円礫を含む。腐植質の砂質シルト層を挟む。(7.5Y4/2)

13.90～22.16 m；火砕流堆積物。十和田大不動火砕流堆積物。φ0.2～2 cmの白色軽石、φ0.2～1.5 cmの安山岩～玄武岩質の火山礫、火山灰（細粒～極粗粒砂状の軽石、岩片、石英等の鉱物により構成される）からなる。軽石及び火山礫が散在しそれらの間を火山灰が充填する。21.18～21.77 mはφ4～40 cmのやや炭化した木片が密集する。21.77～21.93 mは火山灰質細粒砂。(5Y5/2)

22.16～44.33 m：扇状地堆積物、扇間低地堆積物

シルト層、腐植質シルト層及び礫混じり細粒～極粗粒砂層の互層からなり、木片を含む。(2.5GY5/1、7.5Y3/2：砂層)(10YR3/2：腐植質シルト層)

22.16～22.43 m；火山灰質細粒砂。φ0.3～0.5 cmの白色軽石及びφ0.3～2.5 cmの安山岩礫を含む。(7.5Y3/2)

22.43～23.33 m；シルト・砂互層。(10Y5/2)

23.33～24.09 m；細粒～粗粒砂を主体とする。腐植質シルト層を挟む。(2.5GY5/1)

24.09～24.51 m；やや腐植質のシルト。(10YR3/2)

24.51～25.58 m；礫混じり細粒～極粗粒砂。礫はφ1～8 cmの固結したシルト及び石英安山岩の垂円～垂角礫。(2.5GY5/1)

25.58～25.81 m；やや腐植質のシルト。(10YR3/2)

25.81～27.55 m；細粒～粗粒砂。一部礫混じり。腐植質シルト層を挟む。

27.55～30.25 m；細粒～粗粒砂、シルト質細粒砂、砂質シルトの互層。やや腐植質

のシルト層を挟む。

30.25～30.64 m；腐植質シルト。

30.64～32.61 m；礫混じり細粒～粗粒砂、腐植質シルト互層。

32.61～34.11 m；礫混じり細粒～粗粒砂。礫は ϕ 0.2～0.5 cmの軽石、安山岩の垂角～垂円礫。

34.11～35.50 m；腐植質シルト。細粒～極粗粒砂層及びび砂混じりシルト層を挟む。

35.50～36.43 m；シルト混じり細粒砂。シルト層を挟む。

36.43～44.33 m；礫質細粒～極粗粒砂を主体とする。礫は ϕ 0.5～5 cmの概ね新鮮な安山岩、玄武岩、石英安山岩、ヒン岩、凝灰岩の垂円礫が主体をなし、垂角礫及び円礫を含む。砂質礫層、シルト層、細粒～中粒砂層を挟む。37.24～37.50 mはやや腐植質の砂混じりシルト層を挟む。40.79～40.81 m及び40.93～40.96 mにシルト層を挟む。

44.33～44.87 m：火砕流堆積物

灰色軽石、火山灰からなる。逆級化を示す。(5Y5/2)

44.87～80.00 m：扇状地堆積物、扇間低地堆積物

砂、シルトの互層を主体とし、礫層を挟む。(7.5Y4/2)

44.87～45.29 m；シルト質砂。腐植質シルト層を挟む。

45.29～45.92 m；砂質礫。礫は ϕ 0.2～6 cmの概ね新鮮な垂円～円礫。基質は中粒～粗粒砂。

45.92～49.09 m；極細粒～極粗粒砂、砂質シルト互層。

49.09～49.17 m；火山灰。阿蘇4テフラ(Aso-4)。火山灰を主体とする細粒砂。ラミナがみられる。

49.17～50.33 m；極細粒～極粗粒砂、砂質シルト互層。

50.33～52.42 m；礫質極細粒～極粗粒砂を主体とする。礫は ϕ 0.3～2 cmの概ね新鮮な安山岩及び玄武岩の垂円礫を主体とする。50.55～50.81 mは玄武岩質の火山礫(ϕ 0.5～1 cm)が密集する。51.42～51.55 mにやや腐植質の極細粒～細粒砂層が挟在する。

52.42～53.31 m；細粒～粗粒砂。砂混じりシルト層を挟む。

53.31～55.39 m；礫質細粒～極粗粒砂。礫は ϕ 0.5～7 cmの新鮮～概ね新鮮な玄武岩、安山岩、ヒン岩及び石英安山岩の垂円～円礫を主体とする。

55.39～57.49 m；シルト、細粒砂互層。腐植質シルト層を挟む。

57.49～59.93 m；砂質礫を主体とする。礫は ϕ 0.2～8 cmの新鮮～概ね新鮮な安山岩、玄武岩、ヒン岩、石英安山岩及び石英斑岩の円～垂円礫が主体をなす。基質は細粒～極粗粒砂。58.08～58.22 mに腐植質のシルト混じり極細粒砂層を挟む。

59.93～65.09 m ; 砂質シルト、シルト混じり極細粒砂、極細粒～粗粒砂互層。腐植質シルト層を挟む。61.34～61.36 m、62.45～62.51 m 及び 64.70～64.76 m に腐植質シルト層を挟む。62.58～62.62 m は $\phi 0.2\sim 0.5$ cm の軽石が密集する。

65.09～67.56 m ; 砂質礫が主体をなす。細粒砂層、中粒～粗粒砂層及び粗粒～極粗粒砂層を挟む。礫は $\phi 0.5\sim 6$ cm の新鮮な安山岩、玄武岩及び凝灰岩の円～垂円礫が主体をなす。45.92～50.30 m は極細粒～極粗粒砂、砂質シルト互層。基質は細粒～極粗粒砂。

67.56～78.10 m ; 砂質シルト、シルト混じり極細粒～細粒砂、細粒砂～粗粒砂互層。腐植質シルト層及び砂質礫層を挟む。67.69～67.71 m、76.38～76.43 m 及び 77.18～77.24 m に腐植質シルト層を挟む。67.66～67.69 m 及び 72.93～73.04 m に砂質礫層を挟む。77.24～77.28 m に中粒砂状の火山灰を含む。77.28～77.31 m は木片が密集。77.64～77.75 m は火山灰質の極細粒～極粗粒砂で軽石が散在する。77.75～78.06 m は火山灰質の細粒～極粗粒砂で軽石が散在する。

78.10～80.00 m ; 砂混じりシルトを主体とする。78.10～78.32 m は砂質シルト。

78.32～79.18 m はやや腐植質の砂混じりシルト。79.23～79.39 m は火山灰質極細粒～細粒砂。79.80～80.00 m はやや腐植質のシルト。

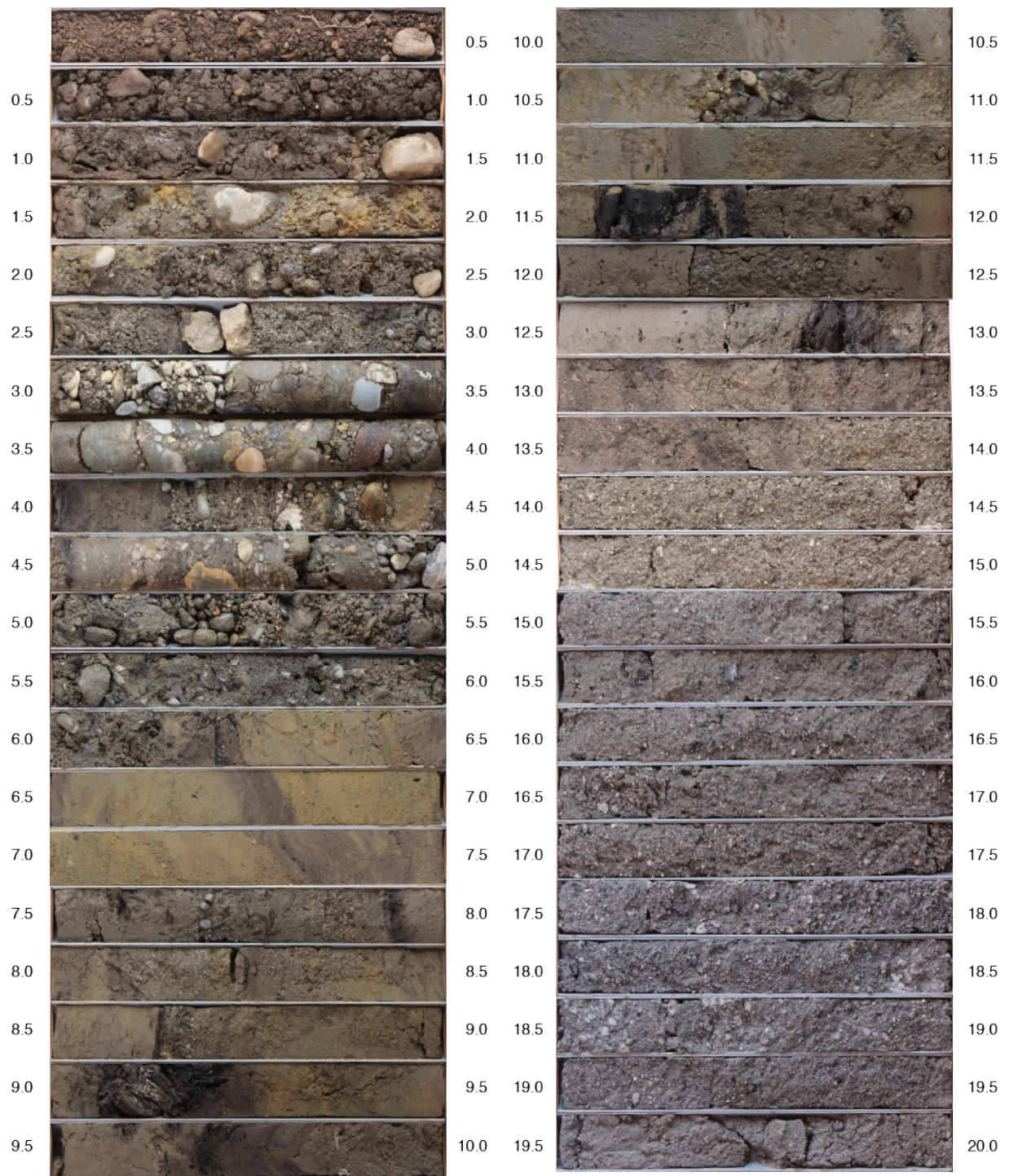


図 18 TDT-Br-1 コア写真

深度 0 ~ 20.0 m。

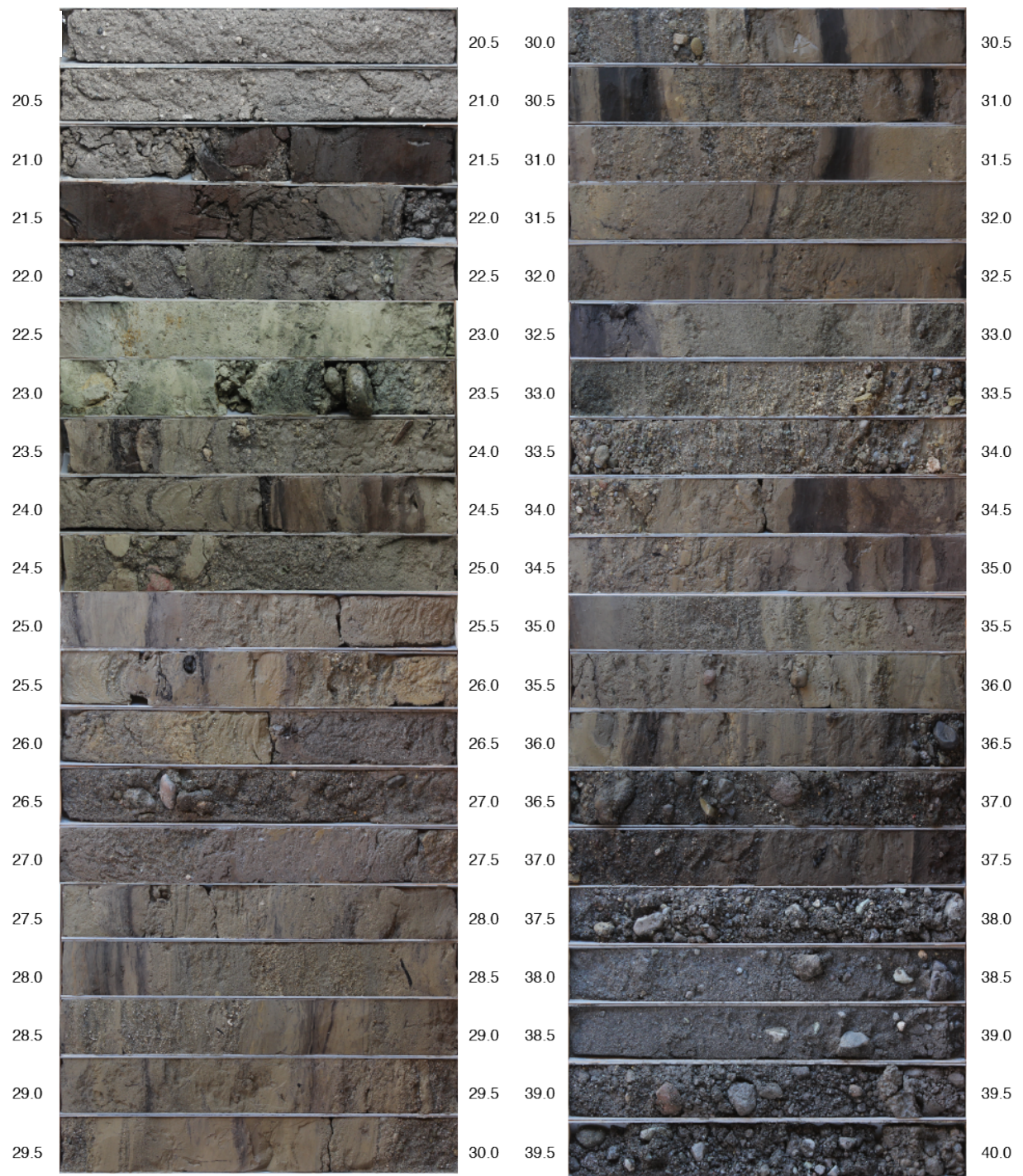


図 19 TDT-Br-1 コア写真

深度 20.0～40.0 m。

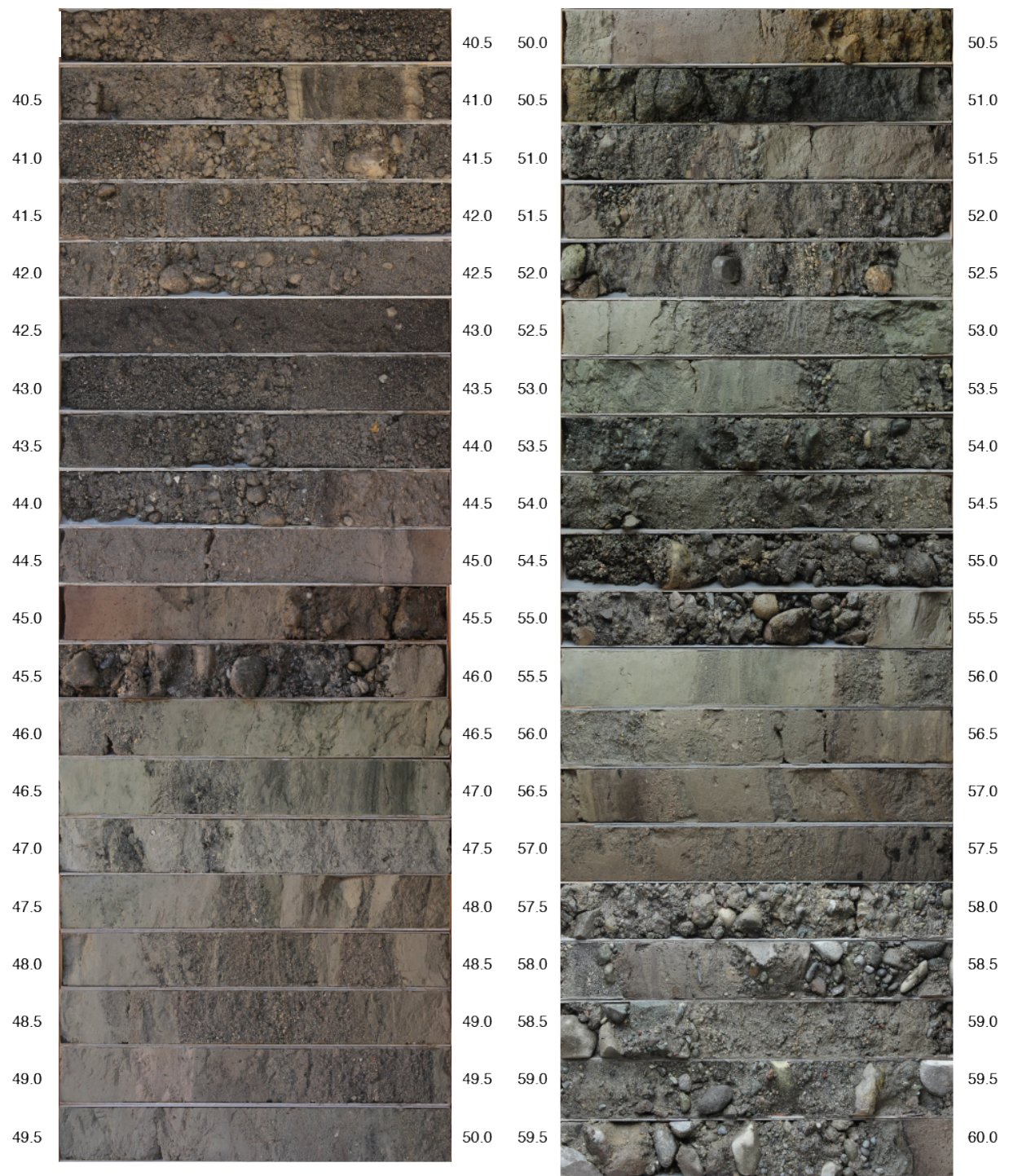


図 20 TDT-Br-1 コア写真

深度 40.0～60.0 m。

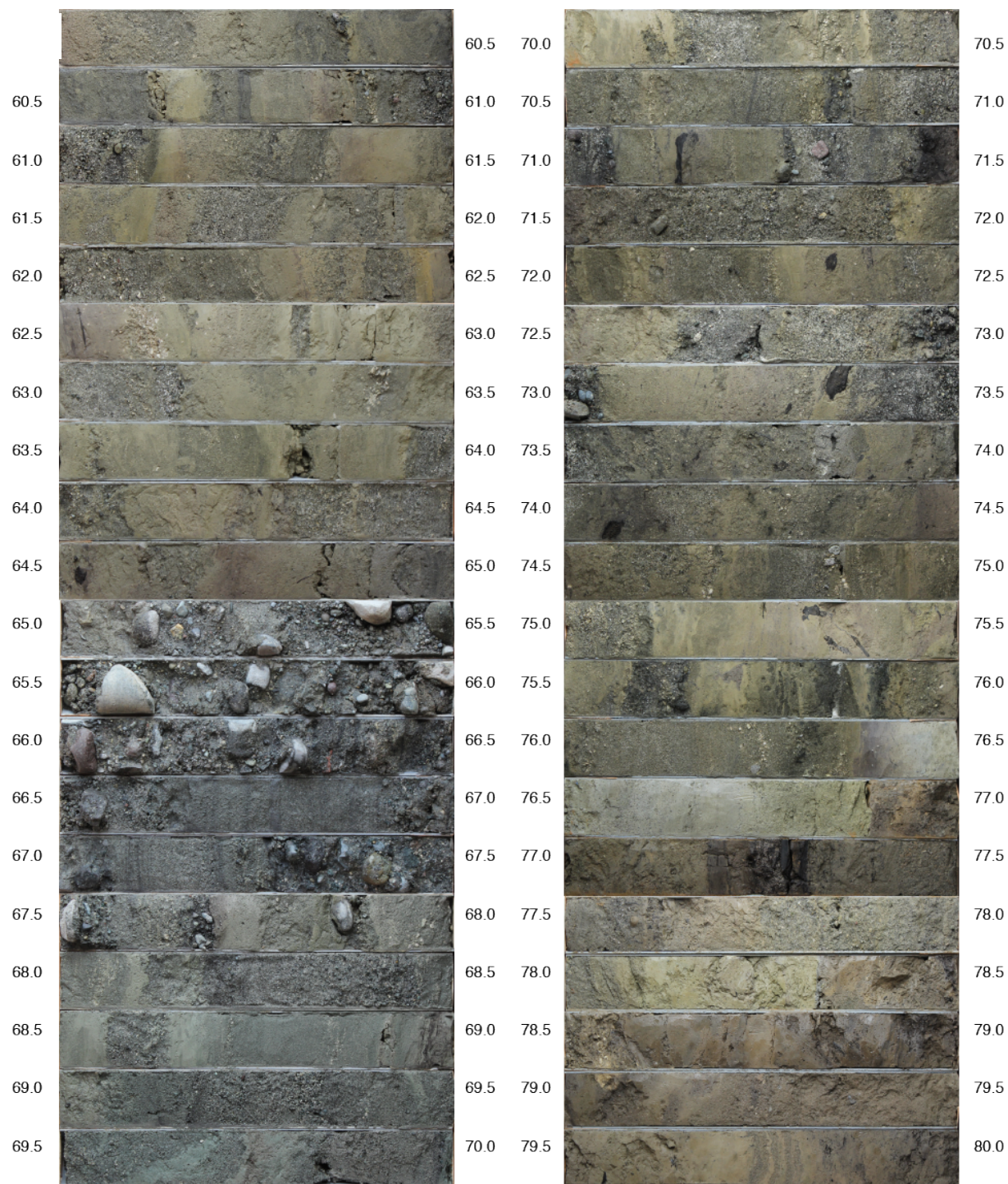


図 21 TDT-Br-1 コア写真

深度 60.0～80.0 m。

ii) THN-Br-1

深度 14.5 m 以深に層厚約 5 m 以上の火砕流堆積物が分布し、その上面は腐植質シルトを頻繁に挟む礫混じり砂層及びシルト層に被覆されている。これらの火砕流堆積物を覆う地層は地形と腐植層を挟むその層相から扇状地堆積物または扇間低地堆積物であると判断される。この扇状地堆

積物または扇間低地堆積物に挟在して深度 4.5～5.6 m に層厚およそ 1.2 m の火砕流堆積物が分布する。確認された地質の詳細を以下に示す。THN-Br-1 コアの写真を図 22 に示す。

0.00～0.70 m : 耕作土

腐植質の砂質シルト、 ϕ 0.1～0.2 cm の軽石散在。(7.5YR2/2)

0.70～4.47 m : 扇状地堆積物

0.70～1.90 m ; シルト・砂互層。0.70～0.92 m は黄灰色シルトを偽礫状に含む腐植質シルト。(5Y6/4、7.5GY6/1)

1.90～4.47 m ; 砂及び礫混じり砂。1.90～3.09 m は礫混じり中粒砂を主体とする。礫は ϕ 0.2～3 cm の安山岩及び軽石の亜円～亜角礫主体。3.09～4.4 m は軽石及び火山灰を主体とした中粒～極粗粒砂。(7.5Y4/2)

4.47～5.62 m : 火砕流堆積物

十和田八戸火砕流堆積物。 ϕ 0.1～2 cm の灰色軽石と火山灰、 ϕ 0.1～1 cm の玄武岩角礫からなる。軽石と角礫が散在しそれらの間を火山灰が充填する。逆級化を示す。(2.5Y6/1)

5.62～14.51 m : 扇状地堆積物

細粒～粗粒砂及び礫混じり粗粒砂を主体とし砂質シルト層及び腐植質シルト層を挟む。

5.62～6.24 m ; 腐植質シルト。変形しており下位の礫混じり砂層との境界は垂直に近い波状を呈す。(7.5YR2/2)

6.24～7.72 m ; 礫混じり細粒～粗粒砂を主体とし、腐植質シルト層を挟む。7.08～7.15 m は腐植質シルト。7.56～7.72 m は材密集。(7.5Y4/2)

7.72～9.00 m ; 砂質シルト。火山灰質のシルト層及びシルト質極細粒砂層を挟む。

7.72～7.90 m はやや腐植質のシルト。(7.5Y5/2)

9.00～14.51 m ; 細粒～粗粒砂及び礫混じり粗粒砂を主体とし、腐植質シルト層を挟む。礫は ϕ 0.3～1 cm、亜角～亜円礫、新鮮な安山岩、玄武岩、軽石が主体。9.00～9.30 m、9.76～10.18 m、11.02～11.12 m、11.97～12.11 m 及び 13.09～13.49 m は腐植質シルト。(7.5Y4/2)

14.51～19.26 m : 火砕流堆積物。十和田大不動火砕流堆積物

ϕ 0.1～3 cm の白色軽石、 ϕ 0.1～0.8 cm の玄武岩、安山岩角礫（火山礫）及び火山灰からなる。軽石と火山礫が散在し火山灰がそれらの間を充填している。一部に ϕ 0.1～0.3 cm の火山礫密集部を不規則に含む。(5Y5/2)

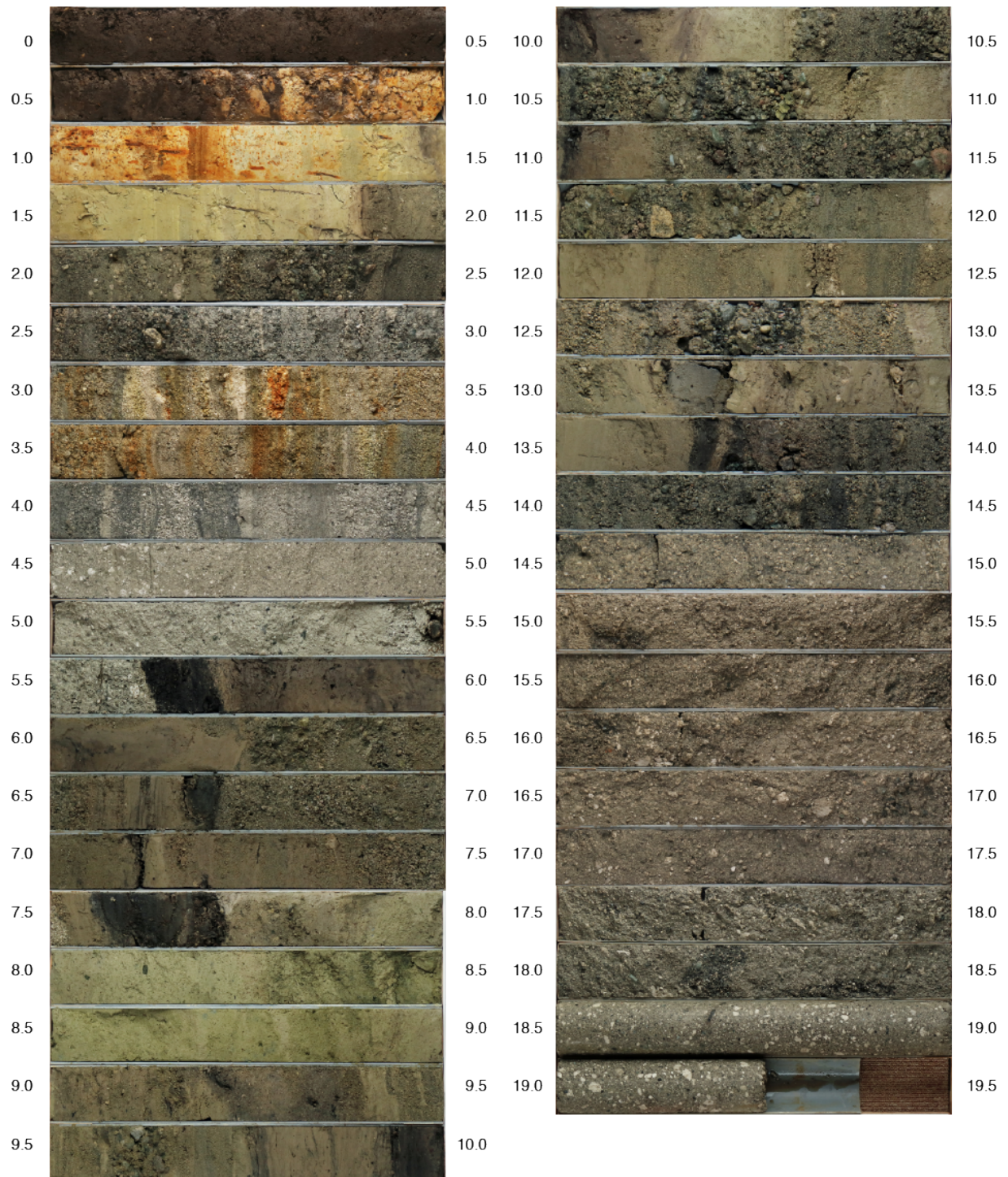


図 22 THN-Br-1 コア写真

iii) THN-Br-2

深度 13.2 m 以深に礫を主体とする地層が分布し、その上位を砂・シルト互層が被覆する。この砂・シルト互層は層相と地形から扇状地堆積物または斜面堆積物であると判断される。また、砂・シルト互層の深度 3.8~4.2 m に層厚約 0.4 m の軽石混じり火山灰が挟在する。さらに、後述するとおり、THN-Br-2 の近傍で掘削したピット (THN-Pt-1) に風成堆積物が確認された。この風成堆

積物は THN-Br-2 の深度 0.8m 以浅にあたる。確認された地質の詳細を以下に示す。THN-Br-2 コアの写真を図 23 に示す。

0.00～0.13 m : 耕作土

腐植質シルト、植物根混入。(10YR2/2)

0.13～0.80 m : 風成堆積物

0.13～0.37 m ; 火山灰質の腐植質シルト。(10YR1.7/1)

0.37～0.80 m ; 火山灰質の礫混じり砂質シルト。風化した ϕ 0.1～0.3 cm の軽石、スコリア、火山礫からなる。(7.5YR5/6)

0.80～3.42 m : 扇状地堆積物、段丘堆積物

砂・シルト互層を主体とし礫混じり砂層を含む。

0.80～1.59 m ; シルト・粘土を主体とし、腐植質シルト層、砂混じりシルト層、砂質シルト層を挟む。(2.5Y7/3)。1.30～1.35 m ; やや腐植質のシルト。

1.59～2.41 m ; 砂・シルト互層、1.59～1.83 m は細粒～極粗粒砂の薄層をレンズ状～不規則に含む。1.83～2.41 m は細粒～中粒砂を主体とする。

2.41～3.42 m ; 礫質中粒～極粗粒砂が主体。礫は ϕ 0.2～2 cm の円～亜円礫、概ね新鮮な軽石を主体として玄武岩質の火山礫を含む。

3.42～4.17 m : 火砕流堆積物及びその二次堆積物

ϕ 0.1～1 cm の灰色軽石と火山灰からなる。3.42～3.80 m ; やや腐植質のシルト質細粒～粗粒砂。(2.5Y6/1)

4.17～15.00 m : 扇状地堆積物、段丘堆積物

シルト混じり砂を主体とし、砂質シルト層、腐植質シルト層、砂質礫層を挟む。(10YR4/6)、(2.5Y5/4)

4.17～4.70 m ; 砂混じりシルト。

4.70～6.41 m ; 火山灰質の細粒～極粗粒砂。風化した軽石、長石、石英、有色鉱物、岩片からなる。腐植質シルト層を挟む。

6.41～8.96 m ; 極細粒～細粒砂を主体とし、シルト質砂層、粗粒砂層を挟む。

8.96～9.94 m ; 粗粒砂を主体とし、砂質シルト層、シルト質極細粒砂層を挟む。

9.94～13.15 m : 砂質シルト・シルト質極細粒砂・細粒～粗粒砂互層。9.94～9.97 m はやや腐植質のシルト。

13.15～14.83 m : 砂質礫を主体とする。13.15～13.24 m は礫質粗粒砂。13.24～13.37 m は細粒～粗粒砂。13.37～14.85 m は砂質礫、礫は ϕ 0.5～10 cm の亜円～円、概ね新鮮～やや風化した安山岩を主体とし、玄武岩、凝灰岩、石英斑岩を含む。基質は細粒砂～細礫。14.30～14.38 m はシルト質細粒砂。

14.83～15.00 m : 砂質シルト。火山灰質で ϕ 0.2～0.3 cm の風化した軽石を含む。

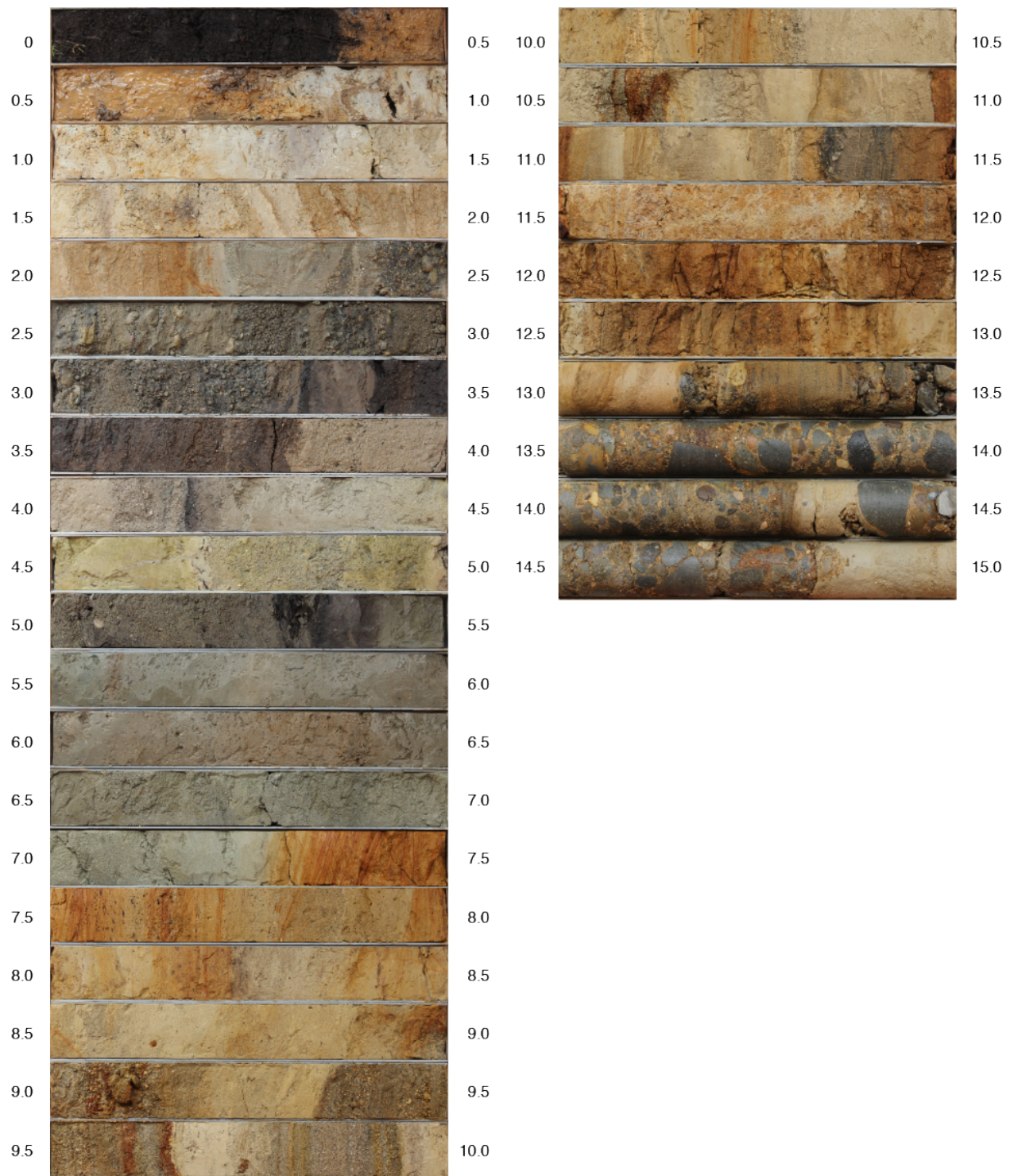


図 23 THN-Br-2 コア写真

iv) 試料採取位置及び分析測定結果

iv-1) 採取位置 (ボーリングコア)

ボーリングコアから年代試料として、 ^{14}C 年代測定用試料及び火山灰分析用試料を採取した。分析・測定試料の一覧を表 5 及び表 6 に示す。

表5 ^{14}C 年代測定試料一覧（ボーリングコア）

採取孔名	試料名	試料番号*	採取深度 (m)	採取層準	試料形態
TDT-Br-1	TDT-Br-1-c1	YAUT-069412	3.45	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c2	YAUT-069413	4.02	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c3	YAUT-069414	4.28	扇状地堆積物	炭化木片
	TDT-Br-1-c4	YAUT-069415	6.23	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c5	YAUT-069416	6.51	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c6	YAUT-069417	6.77	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c7	YAUT-069418	7.37	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c9	YAUT-069419	7.93	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c10	YAUT-069420	8.24	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c11	YAUT-069421	8.64	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c12	Beta-610002	9.13	扇状地堆積物	木片
	TDT-Br-1-c14	YAUT-069422	11.62	扇状地堆積物	炭化木片
	TDT-Br-1-c17	Beta-610003	12.83	扇状地堆積物	木片
	TDT-Br-1-c20	Beta-610004	21.19	火砕流堆積物	木片
	TDT-Br-1-c23	YAUT-069423	21.78	火砕流堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c24	YAUT-069424	23.59	扇状地堆積物	炭化木片
	TDT-Br-1-c26	YAUT-069425	24.39	扇状地堆積物	炭化木片
	TDT-Br-1-c28	YAUT-069426	25.66	扇状地堆積物	炭化木片
	TDT-Br-1-c30	YAUT-069427	27.59	扇状地堆積物	腐植質シルト
	TDT-Br-1-c32	Beta-610005	28.81	扇状地堆積物	腐植質シルト
THN-Br-1	THN-Br-1-c1	IAAA-211568	0.55	耕作土	腐植質シルト
	THN-Br-1-c4	IAAA-211569	1.88	扇状地堆積物	腐植質シルト
	THN-Br-1-c7	IAAA-211570	5.75	扇状地堆積物	植物片
	THN-Br-1-c11	IAAA-211571	7.70	扇状地堆積物	木片
	THN-Br-1-c13	IAAA-211572	9.22	扇状地堆積物	植物片
	THN-Br-1-c17	IAAA-211573	11.03	扇状地堆積物	木片
	THN-Br-1-c21	IAAA-211574	13.67	扇状地堆積物	木片
THN-Br-2	THN-Br-2-c2	IAAA-211575	1.57	扇状地堆積物	やや腐植質シルト
	THN-Br-2-c3	IAAA-211576	3.32	扇状地堆積物	植物片
	THN-Br-2-c8	IAAA-211577	3.75	火砕流堆積物	植物片
	THN-Br-2-c12	IAAA-211578	6.15	扇状地堆積物	植物片
	THN-Br-2-c13	IAAA-211579	9.96	扇状地堆積物	やや腐植質シルト
	THN-Br-2-c15	IAAA-211580	12.94	扇状地堆積物	シルト

*IAAA- : 株式会社加速器分析研究所、Beta- : Beta Analytic Inc.、YAUT- : 東京大学大気海洋研究所。

表6 火山灰分析試料一覧（ボーリングコア）

採取孔名	試料名	採取深度 (m)	採取層準	分析項目		
				前処理等*	屈折率測定	
					火山ガラス	重鉍物
THN-Br-1	THN-Br-1-t1	4.60	火砕流堆積物	○	○	-
	THN-Br-1-t2	14.75	火砕流堆積物	○	○	-
	THN-Br-1-t3	2.08	扇状地堆積物	○	○	-
THN-Br-2	THN-Br-2-t1	3.85	火砕流堆積物	○	○	○
	THN-Br-2-t2	4.75	扇状地堆積物	○	○	-
	THN-Br-2-t3	5.06	扇状地堆積物	○	○	-
	THN-Br-2-t4	5.55	扇状地堆積物	○	-	-
	THN-Br-2-t5	15.00	扇状地堆積物	○	-	-
TDT-Br-1	TDT-Br-1-t1	17.75	火砕流堆積物	○	○	○
	TDT-Br-1-t2	44.45	火砕流堆積物	○	○	○
	TDT-Br-1-t3	49.14	火砕流堆積物	○	○	-
	TDT-Br-1-t4	62.60	扇状地堆積物	○	○	-
	TDT-Br-1-t5	77.26	扇状地堆積物	○	○	○
	TDT-Br-1-t8	6.15	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t9	6.20	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t10	6.30	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t11	6.40	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t12	6.50	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t13	6.60	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t14	6.70	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t15	6.80	扇状地堆積物	○	○	-
	TDT-Br-1-t16	6.90	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t17	7.00	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t18	7.10	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t19	7.20	扇状地堆積物	○	-	-
	TDT-Br-1-t20	7.30	扇状地堆積物	○	○	-
	TDT-Br-1-t21	7.40	扇状地堆積物	○	-	-

*前処理等：前処理、全鉍物組成分析、火山ガラス形態分類

iv-2) ¹⁴C年代測定結果及び火山灰分析結果

ボーリングコアから採取した試料の¹⁴C年代測定結果及び火山灰分析結果を表7及び表8に示す。

表7 ¹⁴C年代測定結果 (ボーリングコア試料)

採取孔名	試料名	試料番号	採取深度 (m)	処理方法*1	δ ¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (BP)	2σ 暦年代範囲 (cal BP)**2	
TDT-Br-1	TDT-Br-1-c1	YAUT-069412	3.45	-	-37.7±1.6	3,686±34	4,145-4,121 (68.3%), 4,095-3,908 (90.1%)	
	TDT-Br-1-c2	YAUT-069413	4.02	-	-23.0±2.7	4,622±43	5,473-5,283 (92.7%), 5,163-5,139 (2.2%), 5,096-5,088 (0.5%)	
	TDT-Br-1-c3	YAUT-069414	4.28	-	-39.1±1.2	5,126±34	5,986-5,974 (2.0%), 5,938-5,853 (48.8%), 5,828-5,750 (44.6%)	
	TDT-Br-1-c4	YAUT-069415	6.23	-	-34.3±0.7	13,792±52	16,962-16,531 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c5	YAUT-069416	6.51	-	-25.9±1.0	14,724±55	18,210-17,875 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c6	YAUT-069417	6.77	-	-28.8±0.9	14,608±55	18,157-17,584 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c7	YAUT-069418	7.37	-	-25.6±1.3	20,450±79	24,907-24,270 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c9	YAUT-069419	7.93	-	-30.9±2.0	20,845±83	25,355-24,886 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c10	YAUT-069420	8.24	-	-25.4±1.8	20,125±78	24,417-24,384 (1.1%), 24,360-23,868 (94.4%)	
	TDT-Br-1-c11	YAUT-069421	8.64	-	-26.9±2.9	21,806±91	26,325-25,880 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c12	Beta-610002	9.13	AAA	-23.73	21,750±60	26,079-25,854 (88.5%), 26,248-26,140 (6.9%)	
	TDT-Br-1-c14	YAUT-069422	11.62	-	-29.2±2.4	24,125±103	28,713-28,014 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c17	Beta-610003	12.83	AAA	-25.47	24,380±100	28,871-28,295 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c20	Beta-610004	21.19	AAA	-26.50	32,320±180	37,024-36,240 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c23	YAUT-069423	21.78	-	-29.4±2.1	32,726±182	37,590-36,551 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c24	YAUT-069424	23.59	-	-31.3±2.6	57,425±1,850	62,840-54,220 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c26	YAUT-069425	24.39	-	-29.2±2.7	57,556±1,869	63,061-54,320 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c28	YAUT-069426	25.66	-	-30.5±2.0	52,359±1,052	54,852-50,459 (95.4%)	
	TDT-Br-1-c30	YAUT-069427	27.59	-	-30.6±1.7	47,694±715	54,851-53,875 (4.9%), 52,482-48,442 (90.6%)	
	TDT-Br-1-c32	Beta-610005	28.81	acid washes	-28.46	>43,500		
	THN-Br-1	THN-Br-1-c1	IAAA-211568	0.55	HCL	-19.41±0.24	1,790±20	1,733-1,691 (36.5%), 1672-1616 (59.0%)
		THN-Br-1-c4	IAAA-211569	1.88	HCL	-26.81±0.20	8,480±30	9,537-9,453 (95.4%)
		THN-Br-1-c7	IAAA-211570	5.75	AAA	-25.69±0.23	13,530±50	16,508-16,160 (95.4%)
		THN-Br-1-c11	IAAA-211571	7.70	AAA	-25.58±0.20	14,260±50	17,452-17,106 (95.4%)
		THN-Br-1-c13	IAAA-211572	9.22	AAA	-23.58±0.20	25,940±100	30,347-30,003 (95.4%)
		THN-Br-1-c17	IAAA-211573	11.03	AAA	-26.47±0.19	28,900±130	33,863-32,984 (95.4%)
		THN-Br-1-c21	IAAA-211574	13.67	AAA	-25.84±0.20	31,150±140	35,993-35,225 (95.4%)
		THN-Br-2-c2	IAAA-211575	1.57	HCL	-24.06±0.21	20,670±70	25,145-24,657 (95.4%)
	THN-Br-2	THN-Br-2-c3	IAAA-211576	3.32	AaA	-26.82±0.25	25,840±100	30,280-29,961 (95.4%)
		THN-Br-2-c8	IAAA-211577	3.75	AaA	-25.46±0.22	28,740±120	33,687-32,737 (85.4%), 32637-32291 (10.0%)
		THN-Br-2-c12	IAAA-211578	6.15	AaA	-27.20±0.20	36,980±200	42,103-41,438 (95.4%)
		THN-Br-2-c13	IAAA-211579	9.96	HCL	-27.04±0.26	31,750±150	36,405-35,680 (95.4%)
THN-Br-2-c15		IAAA-211580	12.94	HCL	-23.98±0.22	23,400±80	27,776-27,378 (95.4%)	

*1 「AAA」は「acid/alkali/acid」、「AaA」は「acid/alkali/acid」のうち、特に中間のアルカリ処理が1 mol/lに達しなかったもの、「HCL」は塩酸を用いた酸処理のみ、「acid washes」は酸洗浄。

**2 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。

表8 火山灰分析結果（鉱物組成、屈折率測定：ボーリングコア試料）

試料名	採取深度 (m)	Volcanic Glass			Light Mineral Fl・Qu	Heavy Mineral					Rock	V. Rock	Total	備考	火山ガラス の屈折率	斜方輝石 の屈折率	テフラ名
		Bw	Pm	0		Opx	Cpx	Gho	Oth	Opq							
THN-Br-1-t1	4.60	2	170	0	103	11	3	5	0	6	0	0	300		1.501-1.512		十和田八戸
THN-Br-1-t2	14.75	1	203	0	82	4	3	0	0	7	0	0	300		1.503-1.512 1.504-1.511		十和田大不動 十和田八戸ある いは十和田大不 動
THN-Br-1-t3	2.08	26	76	63	90	7	1	3	1	11	22	0	300		(モード1.505- 1.508)		
THN-Br-2-t1	3.85	6	264	1	28	1	0	0	0	0	0	0	300	H. M. : Opx (Cpx)	1.503-1.513 1.495-1.503	1.706-1.710	
THN-Br-2-t2	4.75	16	1	54	110	5	0	5	0	11	98	0	300	石英含む	(27/30), 1.507- 1.509 (3/30)		
THN-Br-2-t3	5.06	2	228	13	46	5	2	1	0	3	0	0	300	火山ガラス褐色帯びる	1.499-1.505		
THN-Br-2-t4	5.55	1	0	3	102	3	3	2	1	5	180	0	300	Qu 含む			
THN-Br-2-t5	15.00	1	0	3	145	1	0	11	1	25	113	0	300	Qu 含む			
TDT-Br-1-t1	17.75	15	187	0	73	7	6	0	1	5	4	2	300	H. M. : Opx>Cpx	1.504-1.512	1.706-1.714	十和田大不動
TDT-Br-1-t2	44.45	0	0	287	9	1	1	0	0	1	1	0	300	H. M. : Opx>Cpx	1.531-1.538	1.705-1.712	十和田奥瀬の可 能性がある
TDT-Br-1-t3	49.14	268	10	2	18	0	0	0	0	0	2	0	300	H. M. : Opx, Cpx, Gho 混在	1.494-1.513 (モード1.508- 1.509)		Aso-4
TDT-Br-1-t4	62.60	1	56	55	100	9	3	2	0	34	40	0	300	石英含む	1.495-1.505 (1.507 含む)		
TDT-Br-1-t5	77.26	0	58	18	45	1	1	147	0	30	0	0	300				
TDT-Br-1-t8	6.15	24	5	48	91	1	0	3	0	35	93	0	300	Qu やや多く含む			
TDT-Br-1-t9	6.20	41	3	18	122	7	1	0	0	21	87	0	300	Qu やや多く含む. Cum 含む			
TDT-Br-1-t10	6.30	43	3	29	90	8	3	3	0	8	113	0	300	Qu 含む			
TDT-Br-1-t11	6.40	52	0	13	128	4	2	1	0	10	89	1	300	Qu 含む. Cum 少量含む			
TDT-Br-1-t12	6.50	29	7	20	135	8	3	5	0	33	60	0	300	Qu 含む. Cum 含む			
TDT-Br-1-t13	6.60	55	2	23	115	8	2	1	0	22	71	1	300	Qu 含む			
TDT-Br-1-t14	6.70	30	1	21	131	4	3	3	0	14	94	0	301	Qu 含む. Cum 含む			
TDT-Br-1-t15	6.80	65	0	40	107	9	1	4	0	42	29	3	300	Qu 含む. Cum 少量含む	1.495-1.506		八甲田2 混在
TDT-Br-1-t16	6.90	14	0	16	134	9	2	5	0	48	72	0	300	Qu 含む. Cum 少量含む			
TDT-Br-1-t17	7.00	16	0	19	132	9	4	4	0	37	78	1	300	Qu 含む			
TDT-Br-1-t18	7.10	33	0	19	106	8	2	3	2	60	67	0	300	Qu 含む. Cum 含む			
TDT-Br-1-t19	7.20	43	2	15	139	5	0	6	3	16	71	0	300	Qu 含む. Cum 含む			
TDT-Br-1-t20	7.30	49	0	16	128	11	1	3	0	18	74	0	300	Qu 含む. Cum 含む	1.495-1.513		
TDT-Br-1-t21	7.40	25	1	17	128	8	2	7	1	18	92	1	300	Qu 含む			

Bw : バブルウォールタイプ

Pm : パミスタイプ

0 : 低発泡タイプ

Fl・Qu : 長石・石英

Opx : 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

Cum : カミングトン閃石

v) 地層の年代

v-1) TDT-Br-1

TDT-Br-1 孔からは、 ^{14}C 年代測定の結果、上位から $3,686 \pm 34$ BP (深度 3.45 m)、 $4,622 \pm 43$ BP (深度 4.02 m)、 $5,126 \pm 34$ BP (深度 4.28 m)、 $13,792 \pm 52$ BP (深度 6.23 m)、 $14,724 \pm 55$ BP (深度 6.51 m)、 $14,608 \pm 55$ BP (深度 6.77 m)、 $20,450 \pm 79$ BP (深度 7.37 m)、 $20,845 \pm 83$ BP (深度 7.93 m)、 $20,125 \pm 78$ BP (深度 8.24 m)、 $21,806 \pm 91$ BP (深度 8.64 m)、 $21,750 \pm 60$ BP (深度 9.13 m)、 $24,215 \pm 103$ BP (深度 11.62 m)、 $24,380 \pm 100$ BP (深度 12.83 m)、 $32,320 \pm 180$ BP (深度 21.19 m)、 $32,726 \pm 182$ BP (深度 21.78 m)、 $57,425 \pm 1,850$ BP (深度 23.59 m)、 $57,556 \pm 1,869$ BP (深度 24.39 m)、 $52,359 \pm 1,052$ BP (深度 25.66 m)、 $47,694 \pm 715$ BP (深度 27.59 m)、 $>43,500$ BP (深度 28.81 m) の年代値が得られた (表 7)。また、火山灰分析の結果、深度 13.9~22.2 m (標高 23.8~15.5 m) に分布する層厚 8.3 m の火砕流堆積物が十和田大不動火砕流堆積物であることが確認され、深度 44.3~44.9 m に挟在する火砕流堆積物が十和田奥瀬テフラである可能性があり、深度 49.1 m に挟在する細粒火山灰が阿蘇 4 テフラに対比されることが判明した (表 8)。TDT-Br-1 孔で得られた ^{14}C 年代測定結果及び火山灰分析結果から、TDT-Br-1 における過去約 5 万年間の平均的な堆積速度は 0.4~0.5 m/千年程度と推定される。

v-2) THN-Br-1

THN-Br-1 孔からは、 ^{14}C 年代測定の結果、上位から $1,790 \pm 20$ BP (深度 0.55 m)、 $8,480 \pm 30$ BP (深度 1.88 m)、 $13,530 \pm 50$ BP (深度 5.75 m)、 $14,260 \pm 50$ BP (深度 7.70 m)、 $25,940 \pm 100$ BP (深度 9.22 m)、 $28,900 \pm 30$ BP (深度 11.03 m)、 $31,150 \pm 140$ BP (深度 13.67 m) の年代値が得られた (表 7)。また、火山灰分析の結果、深度 4.47~5.62 m に分布する火砕流堆積物が十和田八戸火砕流堆積物に、深度 14.51 m (標高 20.6 m) 以深に分布する層厚約 5 m 以上の火砕流堆積物が十和田大不動火砕流堆積物にそれぞれ対比された (表 8)。

v-3) THN-Br-2

THN-Br-2 孔からは、 ^{14}C 年代測定の結果、上位から $20,670 \pm 70$ BP (深度 1.57 m)、 $25,840 \pm 100$ BP (深度 3.32 m)、 $28,740 \pm 120$ BP (深度 3.75 m)、 $36,980 \pm 200$ BP (深度 6.15 m)、 $31,750 \pm 150$ BP (深度 9.96 m)、 $23,400 \pm 80$ BP (深度 12.94 m) の年代値が得られた (表 7)。一方、火山灰分析の結果、深度 3.8~4.2 m に分布する火山灰が十和田大不動火砕流堆積物起源であることが確認された (表 8)。ただし、この火山灰層は厚さが TDT-Br-1 孔や THN-Br-1 孔に分布する火砕流堆積物より極端に薄く、軽石が少ないことから、十和田大不動火砕流堆積物の本体ではない可能性が残されている。

c) ピット調査

竹鼻地区のボーリング孔は、段丘化した扇状地面上で掘削しているが、この段丘構成層の最上部を詳細に確認し、離水年代を示す年代試料を得る目的で、断層の隆起側でピットを1孔（THN-Pt-1）掘削した。また、高館地区においても、断層の隆起側において段丘化した扇状地面上でピットを1孔（TDT-Pt-1）掘削した（図2）。長森・他（2013）によると、THN-Pt-1とTDT-Pt-1は、いずれも低位段丘堆積物分布域にあたる。

i) ピット壁面にみられる地質

i-1) THN-Pt-1

竹鼻地区で掘削したTHN-Pt-1の観察結果を図24に示す。THN-Pt-1では、耕作土（1層）と風成堆積物（2～4層）が確認された。確認された地層を表9に示す。標準土色帖に基づくマンセル表色系の値を表9の層相欄のカッコ内に示す。

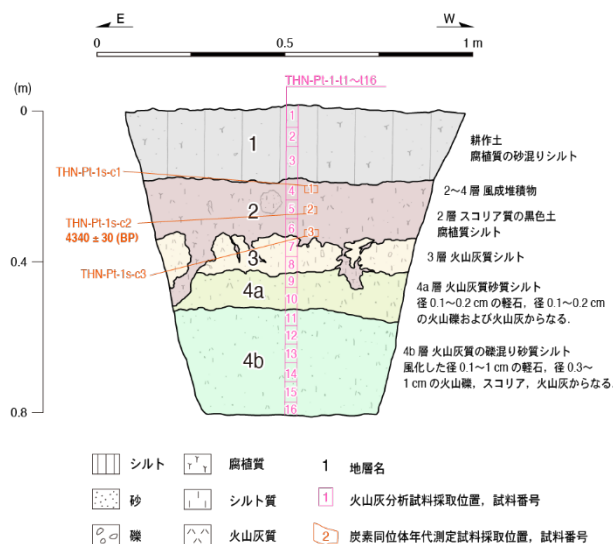


図24 THN-Pt-1（南壁面）ピット壁面スケッチ

表9 層序表（THN-Pt-1）

地層名	堆積相	層相	年代
1層	耕作土	腐植質の砂混りシルト. (10YR2/2)	—
2層	風成堆積物	スコリア質の黒色土, 腐植質シルト. (10YR1.7/1)	4,340 ± 30BP
3層	風成堆積物	火山灰質シルト, 植物根による攪乱が認められる. (10YR5/4)	—
4層 a層	風成堆積物	火山灰質砂質シルト, 径0.1~0.2cmの軽石, 径0.1~0.2cmの火山礫及び火山灰からなる. (7.5YR5/6)	—
4層 b層		火山灰質の礫混り砂質シルト, 風化した径0.1~1cmの軽石, 径0.3~1cmの火山礫, 火山灰及びスコリアからなる. (10YR4/6)	—

i-2) TDN-Pt-1

高館地区で掘削した TDT-Pt-1 の観察結果を図 25 に示す。TDT-Pt-1 では、耕作土（1層）と風成堆積物（2層）及び扇状地堆積物（3層）が確認された。確認された地層を表 10 に示す。

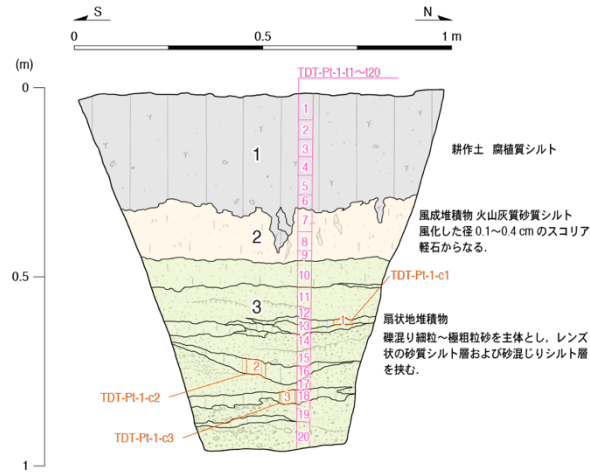


図 25 TDT-Pt-1（西壁面）ピット壁面スケッチ

凡例は図 24 と同じ。

表 10 層序表 (TDT-Pt-1)

地層名	堆積相	層相	年代
1層	耕作土	腐植質シルト。(5YR2/1)	—
2層	風成堆積物	火山灰質砂質シルト, 風化した径 0.1~0.4cm のスコリア, 軽石からなる。(7.5YR4/4)	—
3層	扇状地堆積物	礫混じり細粒~極粗粒砂を主体とし, 砂混じりシルト及び砂質シルトの薄層を挟む. 礫は径 0.3~2cm の概ね新鮮な安山岩の亜円~円礫からなる。(10YR4/6)	—

i-3) 試料採取位置及び分析・測定結果

・試料採取位置

THN-Pt-1 及び TDT-Pt-1 から ^{14}C 年代測定用試料と火山灰分析用試料を採取した。採取した試料の一覧を表 11 及び表 12 に示す。また、採取位置を図 24 及び図 25 に示す。

表 11 ^{14}C 年代測定用試料一覧 (ピット壁面試料)

採取ピット名	試料名	試料番号	採取深度 (m)	採取層準	試料形態
THN-Pt-1	THN-Pt-1s-c2	IAAA-211581	0.35	風成堆積物	土壌

表 12 火山灰分析試料一覧（ピット壁面試料）

採取ピット名	試料名	採取位置	採取層準	分析項目		
				前処理等※	屈折率測定	
					火山ガラス	重鉍物
THN-Pt-1	THN-Pt-1s-t1	図 24 に示す	1 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t2		1 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t3		1 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t4		2 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t5		2 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t6		2 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t7		3 層	○	○	-
	THN-Pt-1s-t8		3 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t9		4a 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t10		4a 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t11		4b 層	○	○	-
	THN-Pt-1s-t12		4b 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t13		4b 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t14		4b 層	○	-	-
	THN-Pt-1s-t15		4b 層	○	○	-
	THN-Pt-1s-t16		4b 層	○	-	-
TDT-Pt-1	TDT-Pt-1-t1	図 25 に示す	1 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t2		1 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t3		1 層	○	○	-
	TDT-Pt-1-t4		1 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t5		1 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t6		1 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t7		2 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t8		2 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t9		2 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t10		3 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t11		3 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t12		3 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t13		3 層	○	-	-
	TDT-Pt-1-t14		3 層	○	○	-
TDT-Pt-1-t15	3 層	○	-	-		
TDT-Pt-1-t16	3 層	○	○	-		
TDT-Pt-1-t17	3 層	○	-	-		
TDT-Pt-1-t18	3 層	○	-	-		
TDT-Pt-1-t19	3 層	○	-	-		
TDT-Pt-1-t20	3 層	○	-	-		

※前処理等：前処理、全鉍物組成分析、火山ガラス形態分類

・¹⁴C 年代測定結果及び火山灰分析結果

ピットから採取した試料の¹⁴C 年代測定結果及び火山灰分析結果をそれぞれ表 13 及び表 14 に示す。

表 13 ¹⁴C 年代測定結果 (ピット壁面試料)

採取ピット名	試料名	試料番号	採取深度 (m)	処理方法 ^{*1}	δ ¹³ C (‰)	Conventional ¹⁴ C age (BP)	2σ 暦年代範囲 (cal BP) ^{*2}
THN-Pt-1	THN-Pt-1s-c2	IAAA-211581	0.35	HCL	-16.92±0.22	4,340±30	4,967-4,847 (95.4%)

^{*1} 「HCL」は塩酸を用いた酸処理のみ。

^{*2} 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。年代範囲は10の位に丸めた。

表 14 火山灰分析結果 (鉱物組成、屈折率測定：ピット壁面試料)

試料名	Volcanic Glass			Light Mineral Fl・Qu	Heavy Mineral					Rock	V. Rock	Total	備考	火山ガラスの屈折率	テフラ名
	Bw	Pm	0		Opx	Cpx	Gho	Oth	Opq						
TDT-Pt-1-t1	25	7	27	119	2	1	4	0	34	81	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t2	65	5	15	93	2	2	1	0	55	62	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t3	84	14	14	125	3	0	1	0	41	18	0	300	石英含む	1.494-1.503 (20/30), 1.508-1.513 (4/30), 1.517-1.523 (6/30)	
TDT-Pt-1-t4	25	6	43	120	5	2	5	0	94	0	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t5	26	4	18	88	4	3	2	0	40	115	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t6	10	1	26	113	1	2	1	0	46	100	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t7	16	0	15	91	2	2	3	0	92	79	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t8	2	0	57	80	1	2	3	0	57	98	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t9	15	0	32	120	5	2	2	0	63	61	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t10	4	0	33	111	6	2	2	0	70	72	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t11	6	1	50	100	3	3	4	0	56	77	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t12	3	0	35	141	11	2	3	1	44	60	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t13	7	0	30	129	3	3	2	0	22	104	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t14	18	31	16	102	1	3	3	0	11	115	0	300	石英含む	1.494-1.507	
TDT-Pt-1-t15	0	0	13	98	8	9	2	0	89	81	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t16	16	1	63	86	2	2	4	0	43	83	0	300	石英多く含む	1.496-1.506 (1.512 含む)	BOP (地藏平)
TDT-Pt-1-t17	20	4	18	132	4	2	1	0	119	0	0	300	石英多く含む		
TDT-Pt-1-t18	7	0	18	129	9	4	1	0	71	61	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t19	1	0	29	109	9	4	2	0	88	58	0	300	石英含む		
TDT-Pt-1-t20	1	0	9	64	6	2	1	0	52	165	0	300	石英含む		
THN-Pt-1s-t1	61	5	50	102	7	1	3	0	42	29	0	300			
THN-Pt-1s-t2	42	11	45	66	10	6	3	0	40	77	0	300			
THN-Pt-1s-t3	40	0	50	76	11	7	5	0	63	48	0	300			
THN-Pt-1s-t4	34	4	57	87	17	8	7	0	56	30	0	300			
THN-Pt-1s-t5	25	3	43	68	13	6	5	0	30	107	0	300			
THN-Pt-1s-t6	17	4	41	80	21	5	9	0	41	82	0	300			
THN-Pt-1s-t7	7	16	51	75	20	7	9	0	30	85	0	300		1.501-1.510 (27/30), 1.512-1.514 (3/30)	
THN-Pt-1s-t8	7	0	37	51	20	4	3	0	33	145	0	300			
THN-Pt-1s-t9	24	0	54	44	14	5	3	0	48	108	0	300			
THN-Pt-1s-t10	9	2	63	79	16	6	4	0	38	83	0	300			
THN-Pt-1s-t11	25	2	59	62	7	1	4	0	37	103	0	300	Bw glass やや多い	1.500-1.510 (28/30), 1.514-1.515 (2/30)	十和田八戸あるいは大不動
THN-Pt-1s-t12	13	1	38	65	12	5	1	0	48	117	0	300			
THN-Pt-1s-t13	14	2	50	67	14	3	4	0	46	100	0	300			
THN-Pt-1s-t14	11	3	60	70	9	3	9	0	41	94	0	300			
THN-Pt-1s-t15	21	4	75	72	6	5	4	0	48	65	0	300		1.500-1.512	
THN-Pt-1s-t16	7	2	48	80	17	3	5	0	55	83	0	300			

Bw : バブルウォールタイプ

Pm : パミスタイプ

0 : 低発泡タイプ

Fl・Qu : 長石・石英

Opx : 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) 地質踏査

i) 孫内地区南方孫内川露頭観察結果

孫内地区南方の孫内川左岸に沿って、既存研究により図示されている推定活断層線を横断してほぼ連続的に露頭が分布し、八甲田第1期火砕流堆積物と磯田山層が確認された(図26)。磯田山層はラミナが発達し、ほぼ南北走向で38°西に傾斜する。一方、八甲田第1期火砕流堆積物は塊状無層理で亀裂がほとんどなく、概ね新鮮な露岩であり、孫内川の河床と高さ2~5m程度の谷壁に分布する。

観察の結果、八甲田第1期火砕流堆積物中に断層による地層の変位・変形は確認されなかった。特に、文献で推定断層が通過するとされている区間付近を入念に観察したが、開口亀裂で連続性に乏しく、面が凹凸し水酸化鉄で汚染されている複数本の節理が確認されたものの、断層の存在を示すような地層のずれや破碎及び変形構造は確認できなかった。

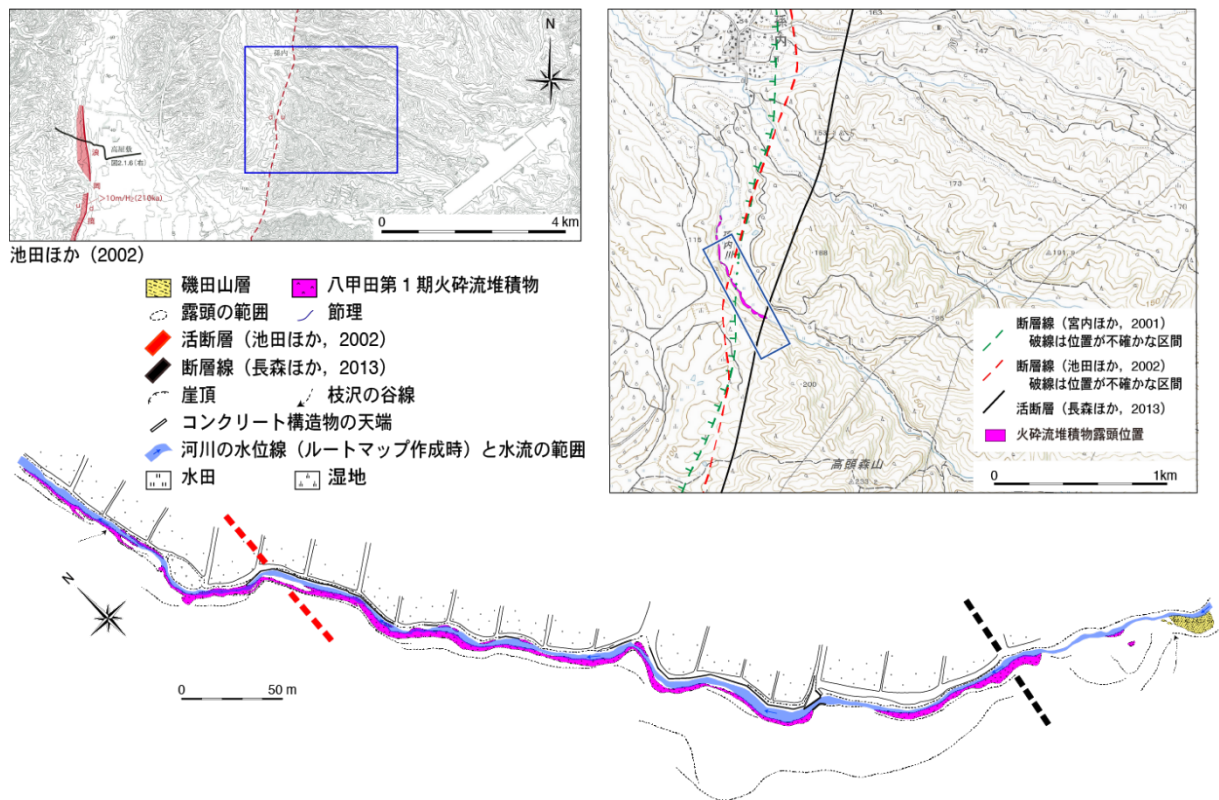


図26 孫内地区南方の孫内川左岸のルートマップ

左上：津軽山地西縁断層帯南部の北端付近の活断層図(池田・他編, 2002)。図中の青枠は右上図の範囲を示す。右上：孫内地区南方における活断層図とルートマップ作成範囲(青枠で示す)。

ii) 本郷川露頭観察結果

本郷川沿いには、複数面の地形面が確認され、本郷(浪岡本郷)付近の谷口より西方の段丘化した扇状地面上に連続している(図2)。この段丘化した扇状地面上に上述したTHN-Br-2孔とTHN-Pt-1ピットが位置している。本郷川沿いでは、複数面の地形面のうち本郷川両岸に分布する最も

高位の地形面（以下、地形面 1 と呼ぶ）の構成層が 2 地点で確認された。そこで、それらの露頭を観察し、年代試料を採取した。2 地点は東方の HNG-0c-1 及び西方の HNG-0c-2 である（図 2）。観察結果を図 27 及び図 28 に示す。露頭から採取した試料の一覧を表 15 に、火山灰分析結果を表 16 にそれぞれ示す。

段丘面構成層の観察を行った地形面 1 は河床との比高が 15 m 程度である。本郷川に面した崖頂の高度分布は緩く西に傾斜しており、勾配はほぼ河床勾配に等しく、本郷川の谷口から西方に分布する扇状地性の段丘面に連続するよう見える。段丘礫層は HNG-0c-1 では礫田山層を、HNG-0c-2 では前田野目層を不整合で被覆している（図 27、図 28）。不整合面の河床との比高は、HNG-0c-1 が 2.5 m、HNG-0c-2 が 6.5 m である。段丘礫層は両地点とも安山岩の垂円～円礫が主体をなし、礫支持で覆瓦構造が確認される。これに対し、地形面 1 は、本郷川に向かって緩く傾斜する緩斜面であり、一部崖を伴って山腹斜面に連続することから、段丘形成後に背後の山地斜面が後退し、土砂を流出したことに伴う地形面であると判断される。すなわち、本郷川沿いに分布する地形面 1 は段丘礫層と段丘面を覆う斜面堆積物によって構成されると判断される。

上述のとおり、両露頭とも段丘礫層が分布しているが、その上位は礫混じりのシルト質砂層や礫混じりシルト層を主体とする厚さ 2 m 程度の地層が被覆している。この段丘礫層の被覆層は、層相と地形から地形面 1 の構成層であり、斜面堆積物であると判断される。火山灰分析の結果、HNG-0c-1 の斜面堆積物上部の火山灰質細粒～粗粒砂に十和田大不動火砕流堆積物起源の火山ガラスが多く含まれているのが確認された。また、HNG-0c-1 でも斜面堆積物の上部に十和田八戸火砕流堆積物または十和田大不動火砕流堆積物起源の火山ガラスが多く含まれている。さらに、HNG-0c-1 の斜面堆積物最下部に散在する直径 0.5～6 cm の白色軽石について火山灰分析を実施したところ、多量の Toya テフラ起源粒子が含まれているとされた。しかしながら、軽石の粒径を考えると、粘土化した軽石の周囲に付着した堆積物から検出されたものか、Toya テフラに火山ガラスの屈折率や組成が極めて類似した軽石を測定したものであるかのいずれかであると推測される。

HNG-0c-1 では、十和田大不動火砕流堆積物起源の火山ガラスを多く含む火山灰質細粒～粗粒砂が斜面堆積物を被覆している。また、本郷川が下刻する山地の尾根背面を八甲田第 2 期火砕流堆積物が覆っている（長森・他，2013）ことから、斜面堆積物で覆われた段丘面の離水年代は、八甲田第 2 期火砕流堆積物噴出期（約 0.3 Ma）以降で十和田大不動火砕流堆積物噴出期（約 36.0 ka）以前であると推定される。

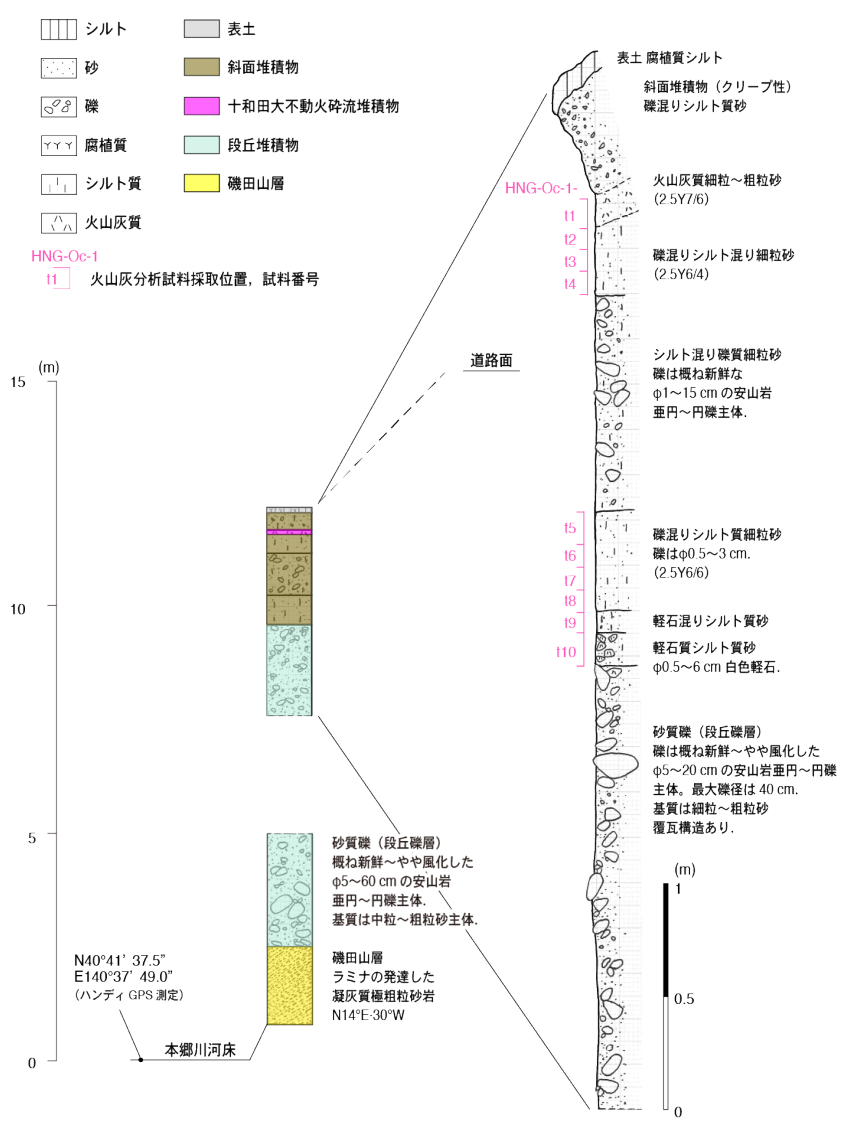


図 27 本郷側露頭壁面観察結果 (HNG-0c-1: 本郷側右岸)

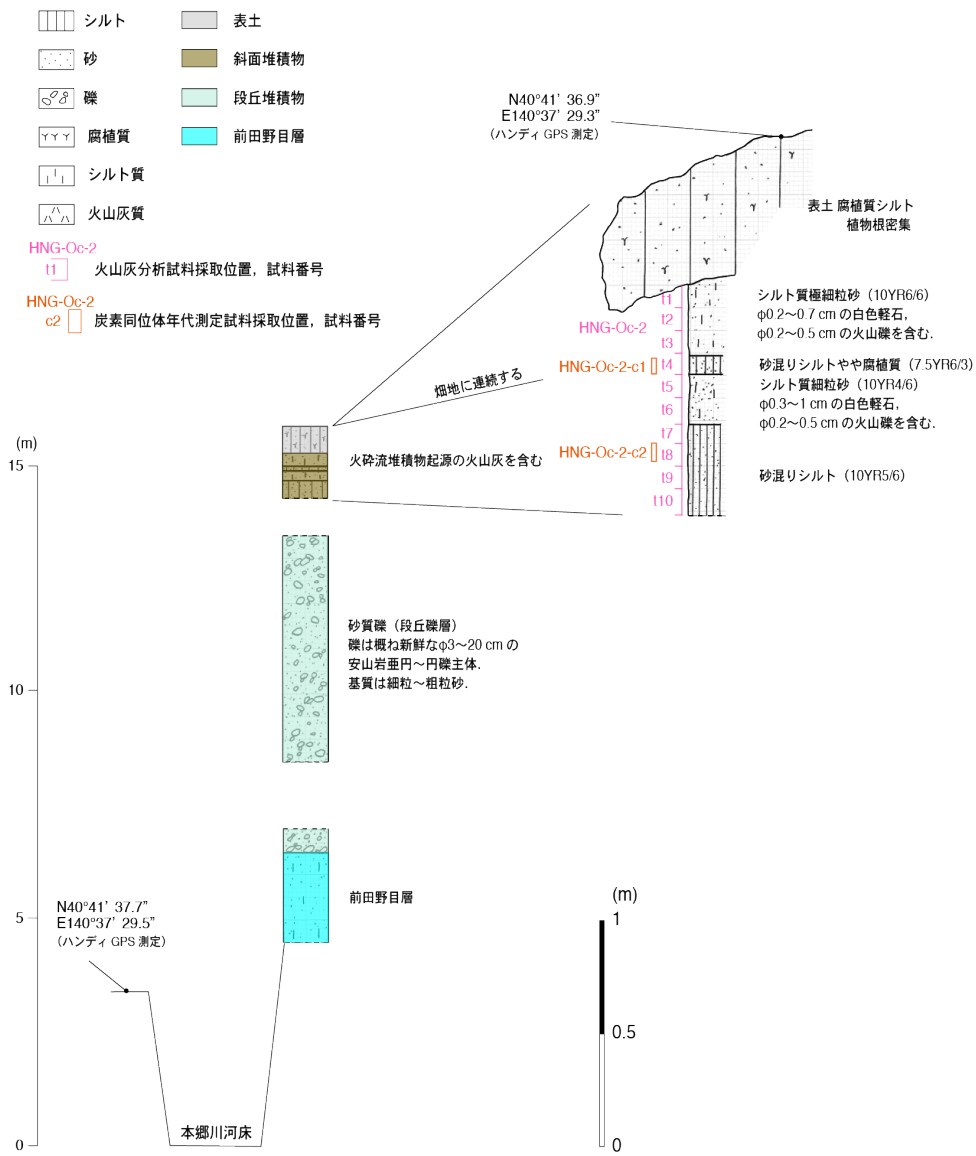


図 28 本郷側露頭壁面観察結果 (HNG-0c-2 : 本郷側左岸)

表 15 火山灰分析試料一覧（本郷川露頭試料）

採取露頭名	試料名	採取位置 採取層準	分析項目		
			前処理等*	屈折率測定	
				火山ガラス	重鉍物
HNG-0c-1	HNG-0c-1-t1	図 27 に示す	○	○	-
	HNG-0c-1-t2		○	-	-
	HNG-0c-1-t3		○	-	-
	HNG-0c-1-t4		○	-	-
	HNG-0c-1-t5		○	-	-
	HNG-0c-1-t6		○	-	-
	HNG-0c-1-t7		○	-	-
	HNG-0c-1-t8		○	-	-
	HNG-0c-1-t9		○	-	-
	HNG-0c-1-t10		○	○	-
HNG-0c-2	HNG-0c-2-t1	図 28 に示す	○	-	-
	HNG-0c-2-t2		○	○	-
	HNG-0c-2-t3		○	○	-
	HNG-0c-2-t4		○	-	-
	HNG-0c-2-t5		○	-	-
	HNG-0c-2-t6		○	-	-
	HNG-0c-2-t7		○	-	-
	HNG-0c-2-t8		○	-	-
	HNG-0c-2-t9		○	-	-
	HNG-0c-2-t10		○	-	-

*前処理等：前処理、全鉍物組成分析、火山ガラス形態分類

表 16 火山灰分析結果（鉱物組成、屈折率測定：本郷川露頭試料）

試料名	Volcanic Glass			Light Mineral Fl・Qu	Heavy Mineral					Rock	V. Rock	Total	備考	火山ガラスの屈折率	テフラ名
	Bw	Pm	0		Opx	Cpx	Gho	Oth	Opq						
HNG-0c-1-t1	14	2	106	54	9	6	1	0	43	65	0	300	石英含む	1.501-1.514 (モード1.501-1.509)	十和田大不動
HNG-0c-1-t2	0	0	58	97	2	0	1	0	42	100	0	300	石英含む		
HNG-0c-1-t3	1	0	20	120	9	0	2	0	60	88	0	300	石英含む		
HNG-0c-1-t4	0	0	13	93	2	0	2	0	79	111	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-1-t5	0	0	47	102	3	0	2	0	39	107	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-1-t6	1	0	32	117	1	0	1	0	29	119	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-1-t7	2	0	28	93	1	0	1	0	26	149	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-1-t8	21	3	30	91	2	1	1	1	43	107	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-1-t9	12	2	59	121	2	0	2	0	14	88	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-1-t10	35	30	162	29	0	0	0	0	3	41	0	300	斜方輝石，緑色普通角閃石混在	1.495-1.503	Toya
HNG-0c-2-t1	10	11	46	44	5	2	3	0	44	135	0	300			
HNG-0c-2-t2	22	3	64	29	7	5	3	0	35	132	0	300	角閃石多く含む	1.500-1.515 (モード1.502-1.508)	十和田大不動あるいは八戸
HNG-0c-2-t3	0	0	45	35	9	4	4	0	44	159	0	300	角閃石多く含む	1.500-1.507	十和田大不動あるいは八戸
HNG-0c-2-t4	8	0	3	94	2	2	3	0	83	105	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-2-t5	14	0	16	38	4	0	2	2	70	154	0	300	石英多く含む，褐色角閃石含む		
HNG-0c-2-t6	4	0	16	48	1	0	1	0	82	148	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-2-t7	0	0	3	42	0	0	1	0	56	198	0	300	石英，緑色普通角閃石含む		
HNG-0c-2-t8	0	0	2	56	0	0	1	0	53	188	0	300	石英，緑色普通角閃石含む		
HNG-0c-2-t9	0	0	3	72	1	0	1	0	46	177	0	300	石英多く含む		
HNG-0c-2-t10	0	0	5	93	2	0	2	0	57	141	0	300	石英，緑色普通角閃石含む		

Bw：バブルウォールタイプ
Pm：パミスタイプ
0：低発泡タイプ

Fl・Qu：長石・石英
Opx：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

e) 調査地付近の地質層序

i) 地層区分と地層の対比

既存データに本調査で実施したボーリングコア、ピット壁面及び露頭の観察の結果、高館地区から本郷地区にかけての地域には、鮮新世～前期更新世の磯田山層、本郷川軽石質火山砕屑岩、中期更新世の八甲田第1期火砕流堆積物、前田野目層、八甲田第2期火砕流堆積物、後期更新世の扇状地堆積物、扇間低地堆積物、斜面堆積物、段丘堆積物、十和田大不動火砕流堆積物、十和田八戸火砕流堆積物、完新世の扇状地堆積物、風成堆積物、表土・耕作土・人工攪乱層が分布することが確認された。このうち、ボーリング調査で確認された後期更新世の扇状地堆積物及び扇間低地堆積物は、その分布と層相が明確になり、堆積年代を示す資料が多数得られたことから、十和田大不動火砕流堆積物を境として下位の花岡層（新称）と上位の竹鼻層（新称）に区分した。花岡層は、前田野目層に含まれる可能性もあるが、おおよそ八甲田第2期火砕流堆積物を境にして断層活動による明確な傾斜不整合関係が確認されることから、八甲田第2期火砕流堆積物の下位の前田野目層とは区別した。また、竹鼻層に十和田八戸火砕流堆積物が挟在する。これら調査地付近に確認される地層を表17に示すとともに、概念的な模式断面図を図29に示す。

断層の両側で地層が対比できる十和田大不動火砕流堆積物に着目すると、断層の低下側のTDT-Br-1孔では層厚8.3 mと厚く、同じ低下側のTHN-Br-1孔でも5 m程度以上の層厚が確認されている。これに対して、断層の隆起側のTHN-Br-2孔では、層厚0.4 mと薄くなっている。また、本郷川沿いでも段丘礫層を覆う斜面堆積物の上部に同火砕流堆積物起源の火山灰が薄く堆積している。これらのことから、本郷川の河谷を埋めて流下した火砕流堆積物が断層低下側の低地に厚く堆積し、その後の侵食により本郷川に沿って堆積した火砕流堆積物の多くが失われた可能性がある。一方、十和田大不動火砕流堆積物が薄いTHN-Br-2孔付近は同堆積物が流下した時点において、断層活動などの相対的な隆起により段丘化していた可能性もある。

表 17 高館～本郷間における津軽山地西縁断層帯南部周辺の地質層序

時代	地層名	堆積相, 層相	分布	年代 (¹⁴ C年代値は主な もの)
完新世	表土, 耕作土 他	腐植質シルト, 砂, 礫	ほぼ全域	—
	風成堆積物	火山灰, 軽石, スコリア, 火山礫, 火山灰質のシルト, 腐植質シルト	段丘面上 THN-Br-2	4,340±30BP
	(扇状地堆積 物)	扇状地堆積物, 扇間低地堆積物 シルト, 砂, 礫	THN-Br-1 TDT-Br-1	3,686±34BP 5,126±34BP 8,480±30BP
後期更新世	竹鼻層	扇状地堆積物, 扇間低地堆積物 シルト, 砂, 礫, 腐植質シルト 腐植質シルトを頻繁に挟む礫混じり 砂層及びシルト層が主体をなす. 十和 田八戸火砕流堆積物を挟む.	THN-Br-1	13,530±50BP
			THN-Br-2	13,792±52BP
			TDT-Br-1	14,260±50BP
				21,750±60BP
				24,380±100BP
	十和田八戸 火砕流堆積物	火砕流堆積物 軽石, 火山礫, 火山灰	THN-Br-1	約 15.5ka ^{※1}
	十和田大不動 火砕流堆積物	火砕流堆積物 軽石, 火山礫, 火山灰	THN-Br-1 THN-Br-2 TDT-Br-1	約 36.0ka ^{※1}
	斜面堆積物	シルト, 砂, 礫	本郷川沿い など	十和田大不動に 被覆される
	段丘堆積物	段丘礫層 砂, 礫	本郷川沿い など	十和田大不動に 被覆される
	花岡層	扇状地堆積物, 扇間低地堆積物, シルト, 砂, 礫, 腐植質シルト 腐植質シルト層を頻繁に挟む, 砂層, シルト層及び礫層の互層からなる. 十 和田奥瀬テフラ, 阿蘇4テフラを挟 む.	TDT-Br-1	十和田大不動に 被覆される 57,556±1,869yBP Aso-4 テフラ挟在
中期更新世	前田野目層	シルト, 砂, 礫	本郷川, 高館 川沿い	—
	八甲田第2期 火砕流堆積物	火砕流堆積物 軽石, 火山礫, 火山灰	山地尾根背 面	約 0.3Ma ^{※1}
	八甲田第1期 火砕流堆積物	火砕流堆積物 軽石, 火山礫, 火山灰	本郷川沿い など	約 0.76Ma ^{※1}
前期更新世 — 鮮新世	磯田山層	凝灰質砂岩, シルト岩, 礫岩	本郷川沿い など	—
	本郷川軽石質 火山碎屑岩	火山碎屑岩 軽石, 火山礫, 火山灰, 磯田山層に挟 在する.	本郷川沿い など	—

※1: 工藤・他 (2019)

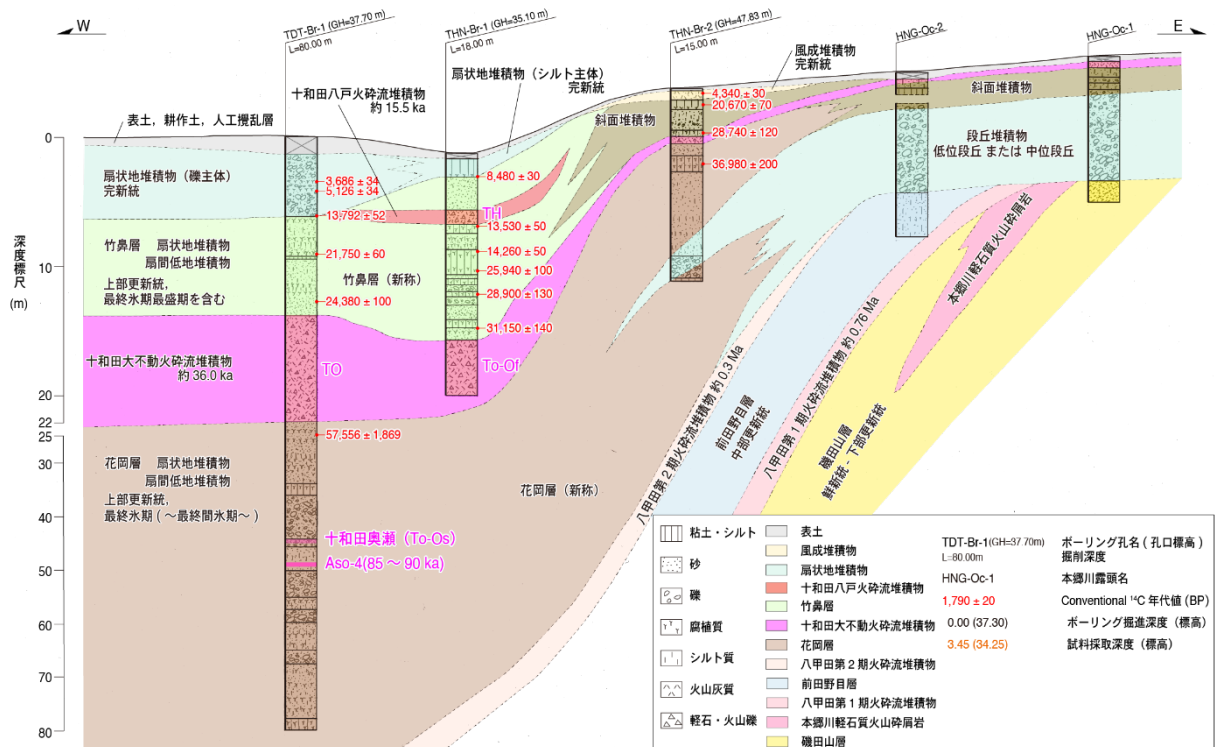


図 29 既存データと本調査で実施したボーリングコア、ピット壁面及び露頭の観察に基づく高館から本郷にかけての地域の津軽山地西縁断層帯南部の主断層を横切る模式地質断面図（概念図）

ii) 地層区分と反射面の対比

ii-1) ボーリングコアと反射面との対比

本調査で実施した反射法地震探査のほぼ測線上で深度 80 m のボーリング孔 (TDT-Br-1 孔) を掘削した。これにより、深度 80 m 以浅の反射面と地層との対比が可能になった。

深度 80 m 以浅の反射面としては、S 波探査による反射面 $Rs1'$ 、 Rs 及び $Rs2$ 、P 波探査による反射面 $R1$ が確認された。これら反射面のうち、反射面 $Rs2$ と反射面 $R1$ はほぼ同じ深度であることから、同じ地層境界を反映した反射面である可能性が高い。解析されたこれらの反射面の解析深度は、反射面 $Rs1'$ が 17.7 m、反射面 $Rs1$ が 23.3 m、反射面 $Rs2$ が 49.8 m である。反射波は音響インピーダンス (速度×密度) の変化するところで生じることから、これら解析された反射面深度付近で音響インピーダンスの差が大きいと判断される地層境界を求めると表 18 のとおりとなる。これによると、反射面 $Rs1$ は十和田大不動火砕流堆積物の下限に近く、同堆積物の下面を反映している可能性が高い (図 17)。また、反射面 $Rs1'$ は最も近い地質境界が十和田大不動火砕流堆積物の上限であり、同堆積物の上面を反映していると推定される。一方、反射面 $Rs2$ は対応する地質境界が明確ではないが、深度 45.92 m と深度 50.33 m の地層境界がそれに近い。深度 49.09 ~ 49.17 m には層厚 8 cm の阿蘇 4 テフラが分布しており、反射面は同テフラとその上位層あるいは下位層との境界を示している可能性がある。

表 18 反射面とボーリングコアにおける地層境界の対比

反射面		地層境界			備考
反射面	解析深度 (m)	層位		深度 (m)	
		上位層	下位層		
Rs1'	17.7	砂質シルト, 腐植質シルト層, シルト質砂互層	火砕流堆積物の二次堆積物	12.91	—
		火砕流堆積物の二次堆積物	火砕流堆積物 (層厚 8.3m) 本体	13.90	火砕流堆積物上面
Rs1 (R1)	23.3	火砕流堆積物 (径 0.2~2cm の軽石, 火山礫, 火山灰からなる), 最下部付近に巻き込まれた材が密集する.	シルト・砂互層	22.16	火砕流堆積物下面
		礫質極粗粒砂層 (層厚 9.5m)	砂・シルト互層	45.92	—
		砂質シルト・砂互層	礫質極粗粒砂層 (層厚 0.5m)	50.33	—
		礫質極粗粒砂層 (層厚 0.9m)	シルト・砂互層	52.42	—
		砂・シルト互層	礫質砂層及び砂質礫層, 礫径 0.5~7cm, 層厚 1.9m	53.45	礫層上限
		礫質砂層及び砂質礫層	砂・シルト互層	55.40	礫層下限
		砂・シルト互層	砂質礫層, 礫径 1~8cm, 層厚 2.0m	57.49	礫層上限
	砂質礫層	砂・シルト互層	59.93	礫層下限	

ii -2) 埋没深度の推定による地層と反射面の対比

上述したように、断層の低下側の TDT-Br-1 孔での過去約 5 万年間の堆積速度は、0.4~0.5 m/千年程度であると推定される。このことと地層の年代から、八甲田第 2 期火砕流堆積物 (約 0.3 Ma) と八甲田第 1 期火砕流堆積物 (約 0.76 Ma) の埋没深度は、それぞれ、120~150 m 程度、304~380 m 程度と概算される。こうして算出される深度と反射面の解析深度から、反射面 R2 と Rs3 は八甲田第 2 期火砕流堆積物の存在を、反射面 R3 は八甲田第 1 期火砕流堆積物の存在を、それぞれ反映している可能性がある。ただし、いずれの反射面も火砕流堆積物の上面を反映しているのか、あるいは下面を反映しているのかは不明確である。一方、反射面 R8 は、傾斜する反射面を傾斜不整合的に覆う緩傾斜の反射面であり、東側隆起の主断層の上盤側に位置する (図 14、図 15)。反射面 R8 が傾斜不整合面を反映しているとすれば、周辺の地質分布及び地質構造から、その反射面は八甲田第 1 期火砕流堆積物と磯田山層の地層境界にあたと推定される。

以上のように、反射面とボーリングコアにおける地質境界の対比、地層の埋没深度から推定される地層境界及び周辺の地質分布に基づく、反射面と地層境界は以下のように対応づけられる可能性がある。

- ・反射面 Rs1' : 十和田大不動火砕流堆積物上面 (深度 13.90 m)
- ・反射面 Rs1 : 十和田大不動火砕流堆積物下面 (深度 22.16 m)
- ・反射面 Rs2 及び R1 : 礫質極粗粒砂層と砂・シルト互層との境界 (深度 45.9 m または深度 50.3 m; 阿蘇 4 テフラとその上位層あるいは下位層との境界を示している可能性がある)

- ・反射面 Rs3 及び R2：八甲田第 2 期火砕流堆積物上面または下面
- ・反射面 R3：八甲田第 1 期火砕流堆積物上面または下面
- ・反射面 R8：八甲田第 1 期火砕流堆積物と磯田山層の境界（傾斜不整合面）

f)断層の傾斜及びずれの向き

既存研究と本調査による反射断面の解釈、地層区分と反射面の対比などから推定された津軽山地西縁断層帯南部の地下構造を図 30 に示す。

解釈を行った P 波測線のマイグレーション時間断面（図 14）及び深度断面（図 15）によると、P 波 CMP 測点 250 付近以西においてほぼ連続的に追跡できる反射面 R2～R7 が、P 波 CMP 測点 300～350 間で不連続となり、同区間の反射面群 R9 は西に急傾斜する。反射面の不連続は概ね線状に並び、その線は東に傾斜している。この不連続から、東に 60° 程度傾斜した断層の存在が推定される（図 30 の F1）。R1～R7 の各反射面は推定される断層に向かって分布高度を上げている。これは、東側上がりの断層運動による引きずりを示している可能性がある。一方、これら R1～R7 の各反射面は、P 波 CMP 測点 100 付近から西に向けて高度を上げており、測点 150 付近を中心として緩やかな下に凸の盆状構造を示している。この反射面の不連続から推定される東傾斜の断層の地表投影位置は P 波測線 270～290 に示されている黒石断層の位置と一致している（表 3）。一方、S 波測線のマイグレーション時間断面（図 16）及び深度断面（図 17）によると、上記の東傾斜の断層は深度 200 m 浅部では不連続（ずれ）は生じておらず、S 波 CMP 測点 300 以西で緩やかに西に傾斜する反射面 Rs2～Rs4 が 300～550 間で撓みあがり西に急斜している。このことから、この東傾斜の断層は東側上がりの逆断層と考えられる。撓曲部分での変形の程度に着目すると、反射面 Rs3（R2）及び Rs4 に比べて、より浅部の反射面 Rs2 は有意に小さい。上述のように、反射面 Rs2 は阿蘇 4 テフラを挟在する地層境界に対比される可能性がある。このことから、黒石断層は後期更新世以降に繰り返し活動し、地下浅部では幅広い撓曲変形として特徴付けられると考えられる。

図 30 の地形断面図が示すように、東北自動車道の東側には幅 200m 程度の地形的な高まりが分布する。この高まりの東縁に西側上がりの断層が推定されている（宮内・他，2001；池田・他編，2002；中田・今泉編，2002；長森・他，2013；今泉・他編，2018）。今回の反射法地震探査断面からはこの西側上がりの断層は明瞭にイメージできなかったが、地層の分布及び高まり地形の存在から、F1 断層から派生し反射面 R9 に平行な、西傾斜で西側隆起の逆断層（図 30 の F2）を推定した。

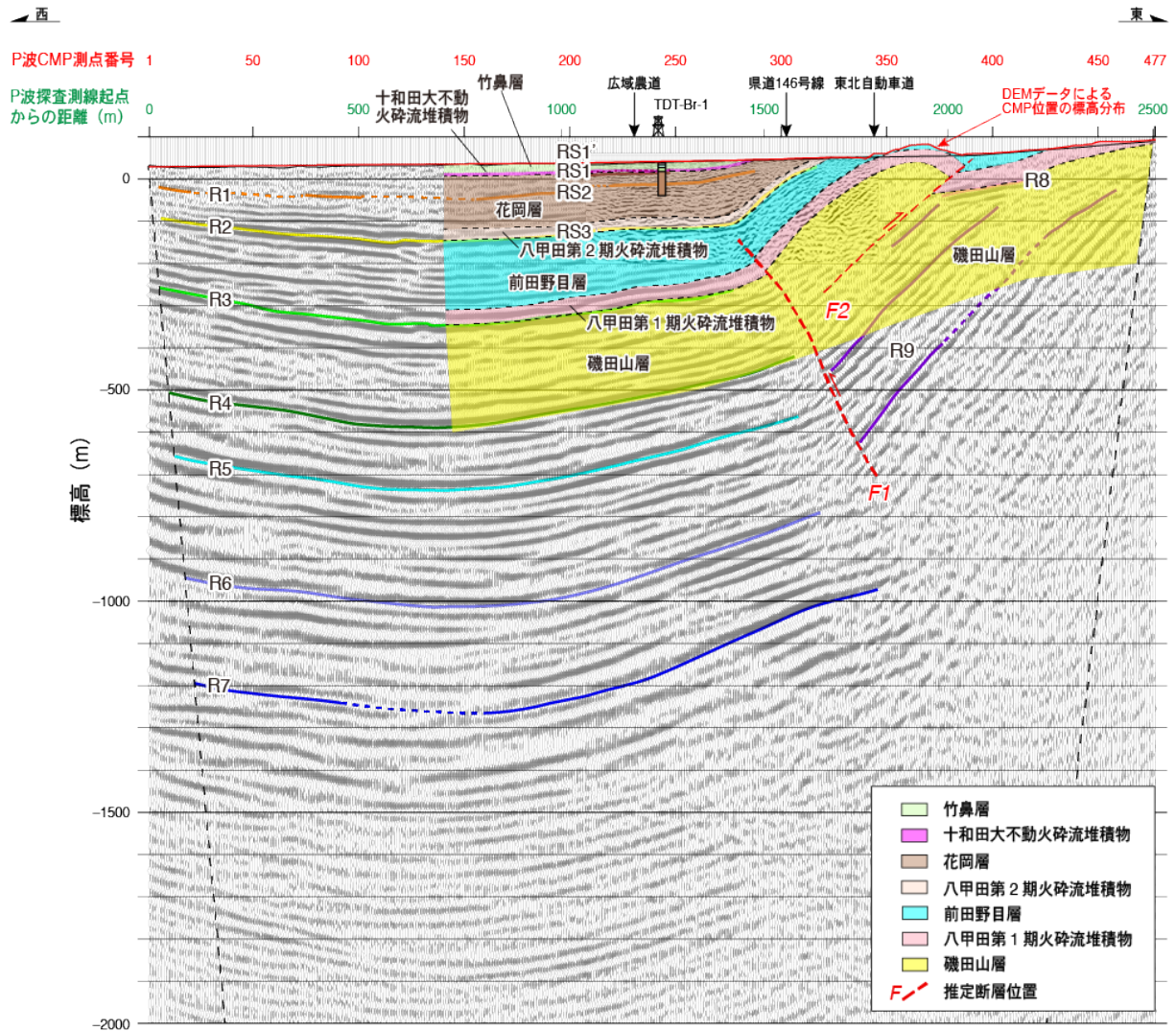


図 30 青森県黒石市高館地区において実施した反射法地震探査、ボーリング調査及び地質踏査に基づき推定された津軽山地西縁断層帯南部の地質構造

g) 平均変位速度に関する検討

本調査の結果、津軽山地西縁断層帯南部の主断層の活動に伴う撓曲構造の両側で掘削したボーリング3孔において、いずれのコアからも十和田大不動火砕流堆積物が検出された(図 31)。一般に、火砕流堆積物は、火山斜面を流下し地形の凹部を埋めるように分布する。完全に地形の凹みを埋め、その堆積原面が保存されていれば、良好な変位基準になり得る。主断層下盤側で掘削した TDT-Br-1 孔や THN-Br-1 孔で確認された十和田大不動火砕流堆積物は層厚が約 8 m であり、数 m 程度の地形の起伏は埋めて堆積したものと推定される。一方、断層上盤側で掘削した THN-Br-2 孔の深度約 4 m に斜面堆積物に挟在して十和田大不動火砕流堆積物起源の軽石混じりの火山灰が確認されたが、層厚が約 0.4 m と薄い。このように断層上盤側の十和田大不動火砕流堆積物が薄い理由としては、1) 十和田大不動火砕流堆積物が THN-Br-1 孔と THN-Br-2 孔間に分布する撓曲崖を完全に被覆してある程度平面的な堆積原面を形成するには至らなかった、すなわち、撓曲崖を埋めきらなかった可能性がある。この場合には、断層の両側で確認された十和田大不動火砕流堆積物の上面

の高度分布から求められる地層の落差は、断層活動による上下変位の上限値を示している
と推定される。一方、2) 十和田大不動火砕流堆積物が THN-Br-1 孔と THN-Br-2 孔間に分
布する撓曲崖を完全に被覆してある程度平面的な堆積原面を形成した後、侵食により上盤
側の十和田大不動火砕流堆積物が削られて薄くなった可能性がある。この場合には、地層
の落差は、断層活動による上下変位の下限値を示していると推定される。本調査では、断
層を挟んだ両側で掘削したボーリング孔が上盤側で1孔、下盤側で2孔であり、上盤側・
下盤側ともに十和田大不動火砕流堆積物の上面（堆積原面）の高度分布に基づく勾配が得
られていない。このため、断層両側の同面の勾配がほぼ等しく、最大で現在の地表面の勾
配を示すものと仮定して同面の落差を求めた（図 31）。これらの地層上面の落差（TDT-Br-
1 孔と THN-Br-2 孔の落差は 12.5 m 程度、THN-Br-1 孔と THN-Br-2 孔の落差は 16.0 m 程
度）と年代（約 36 ka）から断層の上下方向の平均変位速度は、0.3~0.4 m/千年程度と推
定される。上述したように、断層両側における十和田大不動火砕流堆積物の上面の初生的
な勾配が不明であるが、上盤側の十和田大不動火砕流堆積物の上面が削剥されずに断層の
両側で水平に堆積したと仮定すると、TDT-Br-1 孔と THN-Br-2 孔及び THN-Br-1 孔と THN-
Br-2 孔における十和田大不動火砕流堆積物の上面の標高差（20.2 m と 23.4 m）は上下変
位の最大値を示すことになる（図 31）。この場合、上下方向の平均変位速度は 0.6~0.7 m/
千年より小さいものと推定される。

津軽山地西縁断層帯南部について、より信頼度の高い平均変位速度を見積もるためには、
竹鼻地区あるいは高館地区で実施したボーリング調査を補完する形で断層の両側でそれぞ
れ複数地点ボーリングを掘削し、十和田大不動火砕流堆積物の上面（堆積原面）の高度分
布に基づく勾配を見積もることが必要である。

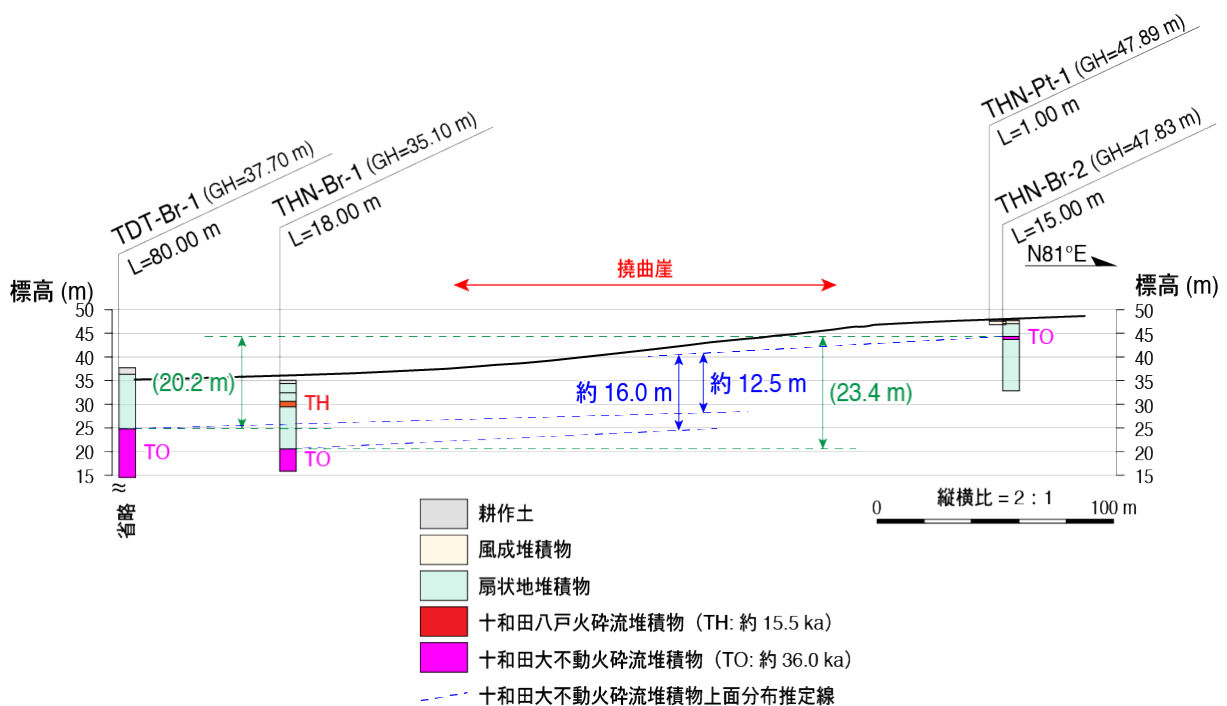


図 31 高館地区及び竹鼻地区で実施したボーリングで確認された十和田大不動火砕流堆積物の上面の落差

h) 断層帯の北端の検討

断層が通過する区間に連続的な露頭が確認された孫内地区南方の孫内川左岸において地質踏査を行った結果、八甲田第1期火砕流堆積物中に断層による地層の変位・変形は確認されなかった(図3、図26)。このことは、活断層としての黒石断層が孫内川まで及んでいないか、あるいは推定されている断層位置より東側の磯田山層と八甲田第1期火砕流堆積物の境界付近に分布するかのどちらかであることを示していると考えられる。

(e) 結論

津軽山地西縁断層帯南部について、断層中部におけるP波及びS波を震源とする反射法地震探査によって、これまで地下構造が良くわかっていない同断層が、東に60°程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、浅部ではバックスラストを伴う幅広い撓曲変形を呈する可能性が高いことがわかった。また、断層の隆起側及び低下側でボーリング・ピット・露頭調査を実施した結果、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、十和田大不動火砕流堆積物の落差と噴出時期から、約0.3~0.4 m/千年(0.6 m/千年以下)の上下方向の平均変位速度が見積もられた。さらに、断層北部の孫内川沿いでは、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。

(謝辞)

産業技術総合研究所地質情報研究部門の長森英明博士には、調査地域を含む津軽山地西縁断層帯南部沿いの地質について、現地でご教示いただきました。ボーリング及びピット掘削地点の土地所有者には、調査を快く許可していただきました。以上の皆様に厚く感謝いたします。

(f) 引用文献

- Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates, *Radiocarbon*, 51(1), 337-360, 2009.
- 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.
- 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評価」, 18p, 2004.
- 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.
- 宮内崇裕・佐藤比呂志・八木浩司・越後智雄・佐藤尚登, 1:25,000都市圏活断層図「青森」, 国土地理院技術資料D・1-No.388, 2001.
- 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.
- 宇佐美龍夫, 「最新版 日本被害地震総覧[416]-2001」, 東京大学出版会, 605p, 2003.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子, 「日本被害地震総覧599-2012」, 東京大学出版会, 694p, 2013.
- 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.