

浦幌町豊北の湿原における古津波堆積物のトレンチ調査

西村裕一¹⁾, 中村有吾¹⁾, 添田雄二²⁾

1) 北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター

2) 北海道開拓記念館

Trench observation of Paleo-tsunami deposits at Toyokita wetland, Urahoro, Hokkaido, Japan

NISHIMURA Yuichi¹⁾, NAKAMURA Yugo¹⁾, SOEDA Yuji²⁾

1) Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, 2) Historical Museum of Hokkaido

Along the northeastern coast of Hokkaido, which faces the Kuril Trench, time-space distributions of tsunami deposits suggested unusually large earthquakes occurred about every 500 years on average over the past 6000 years. Toyokita wetland in Urahoro is one of the best fields to observe these multiple sandy layers that buried in peat. We excavated a 2 m deep and 10 m long trench in this wetland and studied 10 sand-silt layers that were candidates for the tsunami deposits. In wetland at cold district as Urahoro, a local topographic high is created where grasses are denser, which is called Yachibouzu in Japanese. Some of the layers observed in the trench thickened and thinned in response to the vegetation-induced microtopography at the time of the tsunami inundation.

Keywords: tsunami, tsunami deposit, trench excavation, wetland, Yachibouzu, microtopography

1. はじめに

1-1. 北海道東部太平洋岸の巨大津波痕跡

浦幌町を含む北海道の東部太平洋岸は、津波堆積物に基づく古津波・古地震の研究が世界で最も進んでいる地域のひとつである（例えば、平川・他、2000a, 2000b, 2005；西村・他、2000, 2003；七山・他、2001, 2002；平川・原口、2001；Nanayama et al., 2003, 2007；Atwater et al., 2004）。ここでは、千島海溝沿いでこれまで知られているM8クラスの地震に伴うものよりずっと大規模な津波が、過去6000年ほどの間に400-500年間隔で周期的に発生してきたことを示す痕跡が見つかった。最後のイベントは17世紀の初めである。釧路市では「500年間隔地震津波」を想定したハザードマップがいち早く作成され、防災への働きかけが進められた（佐竹・七山, 2005）。また2011年の東北地方太平洋沖地震津波による大災害を受け、国や北海道はさらに大きな津波を想定した。浦幌町でも巨大津波を対象としたハザードマップが作成されている。

1-2. 浦幌町の痕跡

「500年間隔地震」像を確立させる過程で、浦幌町豊北の泥炭地の地層は重要な役割を果たしてきた。津波堆積物、特に17世紀の津波堆積物は、牧草地の下に堆積している泥炭中に厚く分布していることが知られ、層厚や粒径の変化パターンや分布範囲が詳しく調べられた（平川・他、

2005；七山・他，2002；北海道大学，2010）。17世紀の津波堆積物やその下の12-13世紀の津波堆積物については，その層厚が不連続であることも示唆されている。一方，下位のイベント層に関しては，層数やそれぞれの分布範囲について確実なデータは得られていないものも多い。牧草地では地表から数10cmまでは耕作されて平坦に整地されており，比較的新しい時代の地層について詳細な調査ができない場合もある。今回のトレンチ調査の目的は，既知の結果を確認するだけでなく，各層の層厚や粒径の微細構造を比較しその理由を考察することにある。トレンチでイベント層の数や基本的な特徴を記載することは，それを基にピットやコアラーで調査範囲を広げて分布範囲を明確にする際にも役に立つはずである。

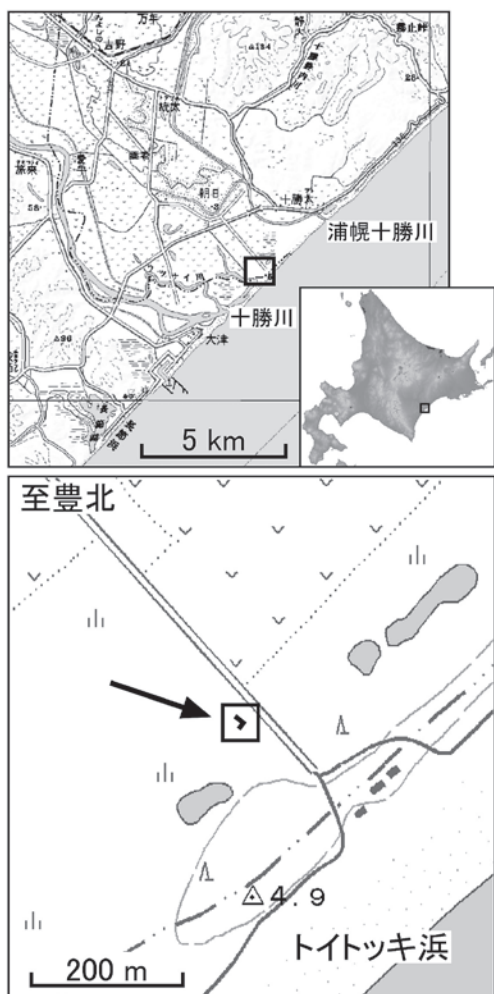


図1. 浦幌町豊北のトレンチ調査地点（矢印）。



図2. 豊北湿原の全景。雪解け期には谷地坊主による微地形が目立ち，夏には一面にワタスゲなどが成長し，冬には，谷地坊主は頂部の草木のみ残して雪に覆われ地表は完全に凍結する。

2. トレンチ調査

2-1. 場所

浦幌町豊北の湿原とトレンチ発掘地点を図1に示す。所在地の地名は十勝郡浦幌町字ヌタベツトである。周囲の牧草地は私有地だが，この区画は町有地で，これまでかつて人が住んだり農地化されたりしたことがなく，現在はワタスゲの群生地として自然のままの湿原環境が保たれている（佐藤芳雄氏・円子紳一氏，私信）。湿原の海側には古砂丘上につくられた防潮林があり，さらに海側はなだらかな砂丘列に続き，砂丘上および砂丘間低地に原生花園が広がっている。もっとも

海側の砂丘は高さ3mほどで、2003年の十勝沖地震津波や2011年の東北地方太平洋沖地震津波はこれを越えなかった。

この湿原にはまた、一面に谷地坊主が形成されている。谷地坊主は湿原にスゲ類が群生することで成長するドーム状の微地形で、北海道東部など比較的雪が少なく冬季凍結する寒冷な環境の湿原によく形成される（山田，1959；高石・尾方，2011）。図2に豊北湿原の春，夏，冬の様子を示す。2015年2月には、湿原は完全に凍結し、谷地坊主群をほぼ埋める程度に雪が積もっていることが確認された。

2-2. トレンチの概要

トレンチは海岸線に直交する方向に約10m、同じく並行する方向に約5mのL字型に掘削した。2方向に掘削した理由は、津波堆積物の産状と津波の侵入方位との関係を詳しく調べるためである。図3にトレンチの平面図を示す。深さは約2mで、重機により垂直の壁面を両サイドにつくった。掘削の実施は2014年7月22日、埋め戻しは同年8月22日である。なお掘削調査は浦幌町の許可を得ておこなった。掘削直前の様子を図4に、掘削完了後のトレンチ内部の様子を図5に示す。

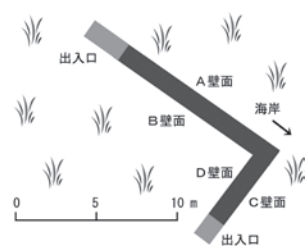


図3. トレンチの形状。トレンチの大きさは深さ約2m、幅約1m、長さは海岸線と直交する方向に約10m、同じく平行な方向に約5mである。



図4. トレンチ調査地点の掘削直前の様子。草の一部を伐採したので谷地坊主の微地形が現れている。



図5. 掘削直後のトレンチ内部の様子。左がA壁面。

3. トレンチ壁面で観察される津波堆積物の微細構造

3-1. 認識されたイベント層

トレンチを含むこの湿原には、津波堆積物と考えられている砂～シルト層や火山灰層など複数のイベント堆積物が泥炭中に存在することがすでに調べられている（例えば、平川・他，2000a, 2000b；七山・他，2002；西村・他，2003；北海道大学，2009）。図6に壁面の一部を示す。今回のトレンチ調査で詳しく観察できたイベント堆積物は、上位から、不連続な火山灰層（場所によっては2～3層に分かれている）、最も厚く円レキを含む粗粒砂層（図6中の1）、厚く不連続な粗粒砂層（同2）、不連続な白色火山灰層、連続的なシルト層（同3）、直下の薄い中粒砂層（同4）、厚く連続的な粗粒砂層（同5）、連続的で最下部にシルト層をもつ中粒砂層（同6）、厚く連続的な中粒～粗粒砂層（同7）、オレンジ色の火山灰層、薄く連続的な中粒砂層（同8）、再上部にシルト層をもつ中粒砂層（同9）、連続的な中粒～粗粒砂層（同10）である。なお、地表から約170cm下には縄文海進期のラグーン堆積物と考えられる淡青灰色の粘土層が厚く堆積しており、その下端は見えていない。縄文海進後、粘土層の上に泥炭層が形成されはじめた年代は3500-4000年前と推測される（例えば、澤井・他，2004）。

3-2. 火山灰の起源

火山灰を同定するため、試料に含まれる火山ガラスの主成分化学組成を給源近くで得られている模式試料の分析値と比較した。図7に分析結果の一部を示す。地表から10-20cm下にある最上位の火山灰層（群）は、植生により乱されているためか不連続である。場所によっては2層～3層に分かれるが、この写真のように混在した一つの層と見える場所も多い。ここには上から樽前a火山灰（Ta-a: 1739年）、駒ヶ岳c2火山灰（Ko-c2: 1694年）、樽前b火山灰（Ta-b: 1667年）が堆積していると考えられる。少なくともTa-bが含まれていることは化学組成分析からも明らかである。火山灰の名称と年代は町田・新井（2003）を参照されたい。

地表から約70cm下にある不連続の白色火山灰層は白頭山—苫小牧火山灰（B-Tm: 10世紀）である。さらに、地表から約120cm下にあるほぼ連続したオレンジ色の火山灰は樽前c火山灰（Ta-c: 2500年前）である。Ta-bとTa-cの化学組成はほぼ同じだが、これは層位から明らかに識別可能である。これらの火山灰の同定結果は、周辺地域で調べられている広域火山灰の分布（中村・他, 2002；七山・他, 2002；平川・他, 2005）と矛盾しない。

3-3. 津波堆積物の産状

一般に、イベント層を津波堆積物と識別するためには、堆積物の分布、構成物や堆積構造の特徴を調べ総合的に判断しなければならない。本稿の泥炭中に見られる砂層については、これまでの調査で砂層が広い範囲に分布し層厚や粒径は基本的に内陸ほど薄く細くなるという特徴を有していることがわかっている（例えば、北海道大学, 2010）。基本的にすべて津波堆積物もしくは少なくとも津波堆積物候補としてあつかうこととする。

砂層（もしくはシルト層）は地表から最下部の海成層までの泥炭中に10枚ある。詳しくは、17世紀の火山灰群（Ta-a, Ko-c2, Ta-b）と10世紀のB-Tmの間に2層、B-Tmと2500年前のTa-cの間

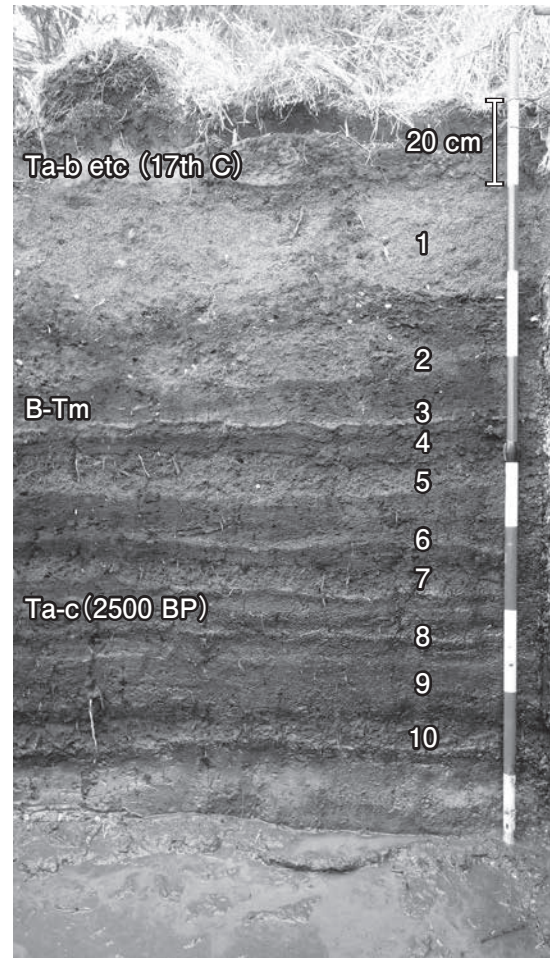


図6. トレンチ壁面に見られる地層。写真はA壁面のもっとも海よりの場所である。火山灰としては上部から樽前a、駒ヶ岳c2、樽前bが混合した火山灰層（図ではTa-b etc）、白頭山—苫小牧火山灰（B-Tm）、樽前c火山灰（Ta-c）が識別される。1-10は津波堆積物などのイベント層で、多くが砂か泥の層である。最下部の明るい色の層は約5000年前の縄文海進期のラグーン堆積物と考えられる。

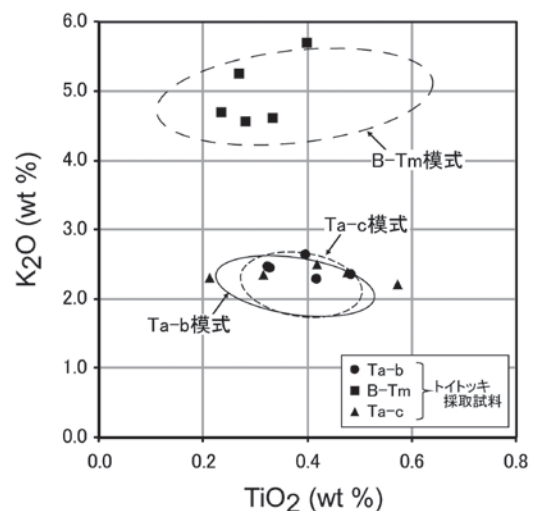


図7. 火山灰を識別するための分析結果。Ta-b, B-Tm, Ta-c火山灰は、火山ガラスの主成分化学組成を給源近くの模式試料と比較して認定した。Ta-bとTa-cの模式試料は苫小牧市美沢、B-Tmの模式試料は札幌市北区北海道大学構内で採取した。

に5層，Ta-cの下に3層である．それぞれの砂もしくはシルト層の年代測定，津波堆積物かどうかの識別，大きさの評価はまだこれから調べるべき課題である．それでも，すべて巨大津波による堆積物とすると，津波の平均発生間隔は400-500年となる．直前が17世紀はじめ頃，その前が12-13世紀（泥炭の厚さから見積もって）とすれば，やはり「次はいつ来てもおかしくない」のである．

津波堆積物の産状は，粒径は粗粒砂～中粒砂が多く，シルトのみ，あるいは最上部か最下部にシルト層を含む複雑な層のものもある．厚い砂層の場合，基本的には弱い級化構造が認められる場合がある．砂層の厚さや連続性も，厚く不連続なもの（上の2層）や薄くても連続的なものまで多様である．津波堆積物の場合，厚さや粒径は，津波の規模，遡上距離（海岸線の位置は常に同じではない），津波が侵食した海底や海岸の砂層の量やタイプその他，砂層が堆積した場所の堆積時の環境にも依存するはずである．同じ場所に堆積した津波堆積物が示す多様性は，それぞれの津波の特性や環境を復元する材料にもなる．

3-4. 津波堆積物と谷地坊主

本稿では，砂層の厚さと連続性について，豊北湿原の特徴である谷地坊主による微地形と関連づけて考察してみる．図8がトレンチ内の写真である．特に厚い17世紀の津波堆積物は，砂層の上面は比較的平坦なのに対し下面が不連続である．一方，その下にある12-13世紀の砂層は，さらに不連続でレンズ状に分布している．これらの特徴は，海岸線に直交する壁面と同じく平行な壁面の両方で確認できる．この砂層の不連続性は，津波堆積物が形成された当時，この湿原には現在と同様に谷地坊主が分布していたとすれば説明できそうである．

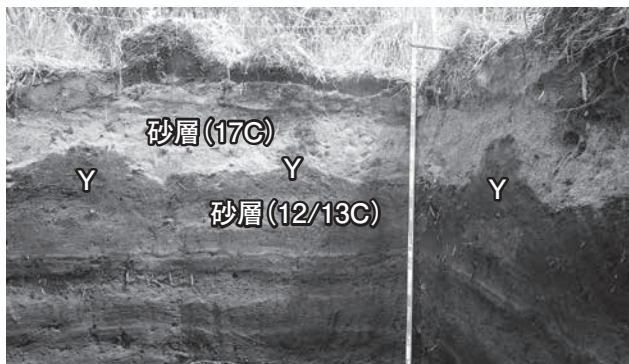


図8. トレンチ内の地層に残された谷地坊主の痕跡（Y）．これらは12-13世紀の砂層（津波堆積物）が厚く堆積した場所の直上にあり，17世紀の砂層（津波堆積物）に覆われている．正面がA壁面，右がC壁面

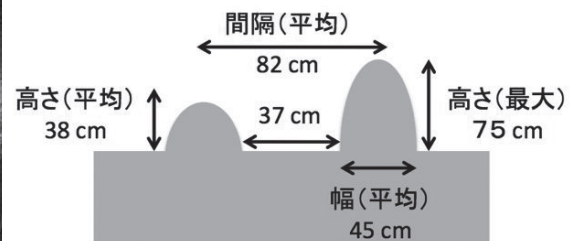


図9. トレンチ周辺における谷地坊主の平均的な形状と分布間隔．

図9はトレンチ周辺の約30個の谷地坊主について，大きさや谷地坊主同士の間隔を計測した結果である．2層の砂層に見られる周期的な薄層化は，現在の谷地坊主の平均間隔と同程度である．すなわち，17世紀の津波堆積物は谷地坊主をすべて埋め尽くすように厚く堆積し，一方，12-13世紀の津波堆積物はそこまで厚くなく，当時の谷地坊主の間に溜まったと考えられる．17世紀の津波堆積物の形成から現在までの地層形成過程を模式的に示したのが図10である．津波発生前にはすでに谷地坊主があり（図10の1），津波堆積物は谷地坊主の上で薄く，間で厚く堆積した（同2）が，津波堆積物は地層に埋没するまでに風や雨の作用により表面が平滑化したと思われる．その結果として，17世紀の津波堆積物は上面が平らになり（同3），一方，12-13世紀の津波堆積物はレンズ状の分布を示すことになったのだろう．さらに興味深いことに，17世紀の津波堆積物は12-13世紀

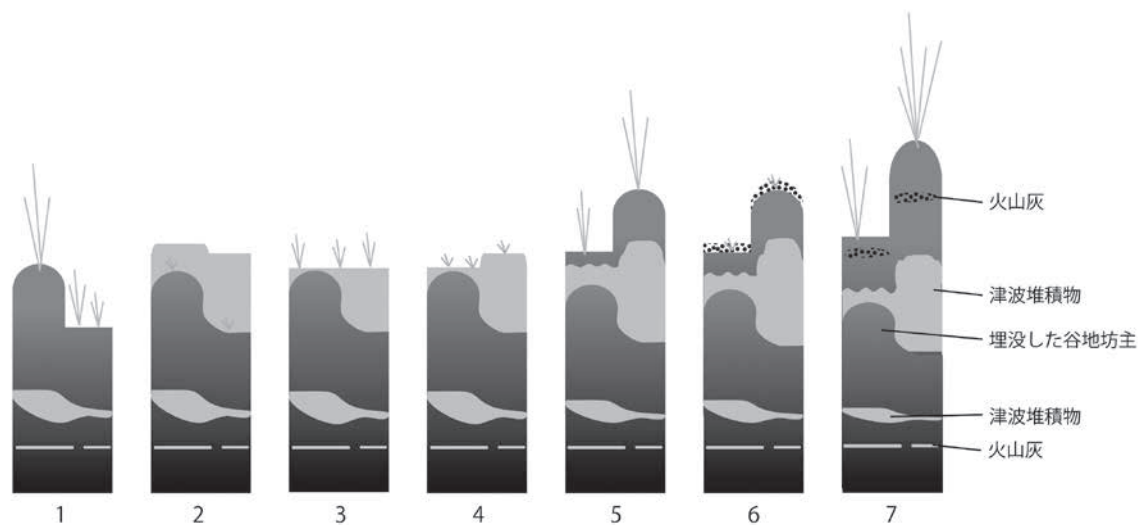


図10. 谷地坊主が卓越した湿原に厚さが不均質な津波堆積物が形成され、さらにその上に新しい谷地坊主が成長する過程を示した模式図。詳しくは本文で説明する。

の津波堆積物が厚い場所の直上で薄く、逆に薄い場所の直上で厚い（同4, 5）。これは、谷地坊主の形成・成長には水分と凍結による地表の盛り上がりが必要であり、この過程で水分を溜めやすい砂からなる津波堆積物が大きな役割を果たしていることを示唆する。17世紀の火山灰の層厚や分布が一様でないことも、谷地坊主が存在や成長による地表の凸凹と関係しているのだろう（同6, 7）。

一方、10世紀以前の砂やシルト層は、薄いものでもほぼ一定の厚さで堆積している。すなわち、この時期には現在のような谷地坊主が発達していなかったことを示唆する。北海道の古環境について、例えば添田・赤松（2001）は、12世紀から14世紀末と16世紀末から17世紀に海退があった、すなわち寒冷だったことを示している。12-13世紀と17世紀に津波が遡上した際に現在のような谷地坊主があったとしても不思議ではない。北海道も中世は温暖期だった。10世紀以前にはより平坦な湿原が広がっていて、津波はそこに遡上して堆積物を残したのであろう。地層中に谷地坊主の痕跡が残されたのは、津波などイベント堆積物が地形を覆ってこれらを保存したからである。今回のトレンチ調査で得られた知見は、津波などのイベント堆積物を含む湿原の形成過程を考える上でも貴重であろう。

4. トレンチの公開と活用

トレンチ調査は、小規模なピットやコアラーによる調査と比べて多くの情報を得ることができる。さらに、一般の方に地元の歴史を説明する場としても貴重である。根室市や厚岸町でも、「500年間隔地震津波」の痕跡を調べるトレンチ調査やその一般公開がおこなわれてきた（添田・他, 2004；澤井・他, 2004；猪熊・他, 2007）。浦幌町豊北のトレンチでは、以下に示す学術調査、一般説明会の開催、国際学会の公式巡検が実施された。

4-1. 学術調査

掘削日の2014年7月22日およびその翌日に、北海道大学、他、東北大学、東京大学、筑波大学、海外ではオーストラリアのニューサウスウェールズ大学の研究者が集結し、詳細な調査と現地議

論をおこなう機会を得た（図11）。調査項目は、各層の年代決定のための試料採取、地球化学的シグナルの検出、珪藻遺骸の系統的な試料採取などである。津波堆積物の年代決定は千島海溝に沿って発生する巨大地震の長期予測のもとになる。地球化学的な情報や珪藻に関しては、古環境の復元だけでなく、今後の古津波堆積物の識別方法の確立や防災への利活用を図る上で重要となる。それぞれの調査結果は今後議論を深め、学会や論文として公表される予定である。

4-2. 一般説明会

2014年7月26日、浦幌町立博物館が館内での津波防災に関する一般講演会と現地の見学会を企画して下さった。見学会には10数名が参加し、トレンチの上から間近に地層を観察した（図12）。住民の皆さんにとっては、特に現地の見学会は、歴史的に知られているマグニチュード8クラスの地震に伴う津波の規模をはるかに越える津波が繰り返し起こってきたことを実感する貴重な機会となる。トレンチ壁面の一部は剥ぎ取り試料として残し、浦幌町立博物館にも展示される。見学会では、この剥ぎ取り作業の様子も公開した。剥ぎ取り試料の制作過程については別稿（添田・他、本紀要に収録）に詳しく説明されている。

4-3. 学術巡検

2014年8月2日、札幌で開催されたAOGS (Asia Oceania Geosciences Society) の年次大会において、浦幌のトレンチ発掘現場の見学が学会の公認巡検として企画された。参加者は約15名で、海外からはタイ、インド、インドネシア、フランス、台湾の研究者や学生が参加した（図13）。津波堆積物の研究は2011年の東北地方太平洋沖地震津波後さらに盛んになり、多くの国際学会で特別セッションが組まれるようになった。今回のトレンチのように明瞭な津波堆積物が複数観察できる場所は世界的に少なく貴重である。好天に恵まれたこともあり、有意義な巡検が開催できたと考えている。



図1-1. トレンチでおこなわれた学術調査の様子（2014年7月22日）。



図1-2. トレンチでおこなわれた一般説明会の様子（2014年7月26日）



図1-3. トレンチでおこなわれた国際学会巡検の様子（2014年8月2日）

5. まとめ

北海道東部太平洋岸には、千島海溝に沿った地震により引き起こされたと考えられる巨大津波の痕跡、すなわち津波堆積物が残されている。浦幌町豊北の湿原はこの津波堆積物の地層がよく保存されている模式地の一つである。本研究では、豊北湿原の一画、海岸から約500mの地点に深さ2m、長さ10m - 5mのL字型のトレンチを掘り、津波堆積物の厚さ変化のパターンなどを詳しく観察した。トレンチの壁面では、縄文海進の後3500年ほどに蓄積した泥炭中に10枚の砂もしくはシルトからなる津波堆積物が、素性がわかっている火山灰とともに堆積している。このうち、最上位の津波堆積物である17世紀の砂層は10-30cmの厚さを有し、さらにこの厚さは周期的に変化し

ている。その下にある12-13世紀の砂層も厚さは一定でなく、レンズ状に不連続に分布している。これは、現地表に特徴的な地形を形成している谷地坊主は12-13世紀や17世紀に津波が遡上した時代にもあり、海から運ばれた砂は谷地坊主の間を埋めるように堆積したことを示唆する。これらの特徴は、ここが12-13世紀と17世紀には現在のように季節凍結する寒冷な気候にあったという研究結果と調和的である。一方、気候が比較的温暖だったとされる10世以前の津波堆積物は、薄いものでも層厚は変化せず連続的に分布している。津波堆積物の分布が当時の植生にコントロールされた様子が明らかになったことは、今回のトレンチ発掘の大きな成果の一つである。

6. 謝 辞

浦幌町には、トレンチ調査を許可していただき、さらに掘削に際し便宜を図っていただいた。また浦幌町立博物館の佐藤芳雄館長および十勝毎日新聞社の円子紳一氏には、豊北湿原の歴史や環境について貴重な情報をいただいた。北海道開拓記念館の圓谷昂史氏には剥ぎ取り標本の作成にご協力いただいた。上の方々に、ここに記して感謝の意を表します。

7. 参考文献

- Atwater, B., R. Furukawa, E. Hemphill-Haley, Y. Ikeda, K. Kashima, K. Kawase, H. M. Kelsey, A. L. Moore, F. Nanayama, Y. Nishimura, S. Odagiri, Y. Ota, S. C. Park, K. Satake, Y. Sawai, and K. Shimokawa, 2004, Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, *The Holocene*, 14, 487-501.
- 平川一臣・原口 強, 2001, 十勝平野太平洋沿岸の津波堆積物, *活断層研究*, 20, i-ii.
- 平川一臣・中村有吾・原口 強, 2000a, 北海道十勝沿岸地域における巨大津波と再来間隔—テフラと地形による検討・評価—, *月刊地球*, 号外28, 154-161.
- 平川一臣・中村有吾・越後智雄, 2000b, 十勝地方太平洋沿岸地域の巨大古津波, *月刊地球*, 号外31, 92-98.
- 平川一臣・中村有吾・西村裕一, 2005, 北海道太平洋沿岸の完新世巨大津波—2003十勝沖地震津波との比較を含めて, *月刊地球号外*, 49, 173-180.
- 北海道大学, 2010, 「3.2 津波堆積物調査」, 根室沖等の地震に関する調査研究—成果報告書—, 45-72.
- 猪熊樹人・七山 太・添田雄二・重野聖之・石井正之・古川竜太・高野健治・荒木清一・山口桂賜・有田茂生・長岡滋雄・中川 充・長友恒人, 2007, 根室海岸地域において発掘された過去5500年間の巨大津波痕跡—予報—, *根室市歴史と自然の資料館紀要*, 21, 1-12.
- 町田 洋・新井 房夫, 2003, 「新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺」, 東京大学出版会, 336p.
- 中村有吾・片山美紀・平川一臣, 2002, 水和の影響を除去した北海道の完新世テフラガラス屈折率, *第四紀研究*, 41, 11-22.
- 七山 太・重野聖之・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太, 2001, イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における津波の遡上規模の評価—根室長節湖, 床潭沼, 馬主来沼, キナシベツ湿原および湧洞沼における研究例—, *活断層・古地震研究報告*, 1, 251-272.
- 七山 太・重野聖之・三浦健一郎・牧野彰人・古川竜太・佐竹健治・斉藤健一・嵯峨山 積・中川 充, 2002, イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における先史—歴史津波の遡上規模の評価—十勝海岸地域の調査結果と根釧海岸地域との広域比較—, *活断層・古地震研究報告*, 2, 209-222.

- Nanayama, F., K. Satake, R. Furukawa, K. Shimokawa, B. F. Atwater, K. Shigeno, and S. Yamaki, 2003, Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril trench, *Nature*, 424, 660-663.
- Nanayama, F., R. Furukawa, K. Shigeno, A. Makino, Y. Soeda, and Y. Igarashi, 2007, Nine unusually large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kuril Trench, *Sedimentary Geology*, 200, 275-294.
- 西村裕一・宮地直道・吉田真理夫・村田泰輔・中川光弘, 2000, 北海道霧多布湿原の泥炭層中から発見された1843年の津波堆積物, *第四紀研究*, 39, 451-460.
- 西村裕一・平川一臣・中村有吾・宮地直道・小松正義, 2003, 津波堆積物の特徴からみた北海道東部太平洋岸の歴史津波の特性, *歴史地震*, 19, 173.
- 佐竹健治・七山 太, 2005, 数値地質図 EQ-1 北海道太平洋岸の津波浸水履歴図, *地質ニュース*, 612, 49-52.
- 澤井祐紀・佐竹健治・七山 太・添田雄二, 2004, 北海道東部厚岸町国泰寺跡において検出された津波堆積物の年代, *活断層・古地震研究報告*, 4, 1-7.
- 添田雄二・赤松守雄, 2001, 北海道東部サロマ湖周辺域における10～17世紀の海水準変動, *第四紀研究*, 40, 423-430.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫博・石井正之, 2004, 北海道東部太平洋沿岸, 史跡国泰寺跡および汐見川低地において認定された先史時代の巨大津波イベント—津波堆積物認定の際の堆積学的解析と珪藻遺骸分析併用の重要性—, *地質学論集*, 58, 63-75.
- 高石 翔・尾方隆幸, 2011, 北海道東部, 別保原野に分布するハンモック状微地形—内部構造の記載と堆積物の試料分析—, *地理学論集*, 86, 127-131.
- 山田 忍, 1959, 谷地坊主と十勝坊主について, *日本土壤肥料科学雑誌*, 30, 49-52.