



北海道太平洋岸の津波堆積物研究：北方四島の津波堆積物と北海道西部太平洋側の断層モデルの検討

Review of the studies of tsunami deposit of Hokkaido, northern Japan: Focusing on the tsunami deposits of Northern Territory and fault models of the western Pacific coast of Hokkaido

Abstract

清水康博*

Yasuhiro Takashimizu*

2017年1月30日受付.

2017年7月9日受理.

* 新潟大学人文社会・教育科学系自然情報講座
Mathematical and Natural Sciences Course,
Faculty of Education, Institute of Humanities,
Social Sciences and Education, Niigata
University, Niigata 950-2181, Japan

Corresponding author: Y. Takashimizu,
takashimi@ed.niigata-u.ac.jp

Studies of recent and paleo-tsunami deposits from coastal lowlands along the Pacific coast of Hokkaido, northern Japan, are described with a focus on deposits in the Northern Territory (Hoppono Ryodo). Seafloor fault models facing the southern Kuril Trench and northern Japan Trench on the Pacific side of Hokkaido were also considered. The number of tsunami deposits found on Shikotan Island, (located close to the Kuril Trench), off the Pacific coast of Hokkaido, during the past ~7000 yr is more than those found on Kunashiri Island. This indicates that the coastal lowlands of Shikotan Island can record both major and minor tsunami events. In contrast, Kunashiri Island is only capable of recording large-sized tsunami events on its coastal lowlands, because large tsunamis can reach the island. Reconstructions using several seafloor fault models on the Pacific side of Hokkaido can explain the distribution of tsunami deposits in coastal lowlands. The significance of fault models for “Tohoku-hokubu-oki (off the northern Tohoku)” is pointed out for the source area along the western Pacific coast of Hokkaido. Tsunami deposits in the Iburi area of Hokkaido prefecture and Higashidori area of Aomori prefecture indicate that only one tsunami deposit has been preserved in this area, in the past 2500 to 2800 years.

Keywords: tsunami deposits, 17th century, Northern Territory, Fault models; Hokkaido

はじめに

北海道における最近25年間の津波堆積物および古津波堆積物に係る研究の進展は著しく、世界をリードする研究地域であった。これは、北海道外の日本各地に比べて人工改変されずに自然の状態のままの沿岸低地が多く容易に古津波調査を行いやすいことやそもそも史料が少なく津波災害履歴を把握するためには地層調査に頼らざるを得なかったこと等の複数の理由が重なったため、地層から過去の津波履歴を復元・推定する試みが積極的に行われたからである。

北海道において本格的な津波堆積物研究が始まったのは、平成5年(1993年)北海道南西沖地震による津波の発生以降である。この現世津波が陸上に遡上した後に形成した津波堆積物の分布調査や堆積学的な特徴把握が複数の研究者によって進んだ(例えば、宮地・西村, 1994; 西村・宮地, 1994; 佐藤ほか, 1994; 七山ほか, 1998)。この頃はいわゆる“沿岸低地に遡上した津波堆積物”の実像が見え始めてきた時期であったともいえる。その後、噴火湾沿岸からはAD1640年の北海道駒ヶ岳の噴火に伴う山体崩壊によって沿岸低地を遡

上した津波堆積物が確認された(Nishimura and Miyaji, 1995; 西村・宮地, 1998; Nishimura et al., 1999)。これらの報告では地層に保存された堆積物の特徴から古津波堆積物を同定し、さらに古津波の浸水域や波高分布を復元できることを示した点で重要であった。このことにより、他の地域でも古津波堆積物の調査が本格的に行われるようになり、津波の規模、さらに地震の震源特性まで議論することができるようになったことは、古津波科学にとって先駆的な研究であったといえる。実際、それ以降に地震性の古津波堆積物が北海道東部太平洋岸(十勝-釧路-根室地域)から続々と報告された結果(例えば、平川ほか, 1998; 七山・重野, 1998; Nanayama et al., 2003; 平川ほか, 2005; Sawai et al., 2009)、千島海溝南端域においては巨大津波を伴って繰り返し発生する規模の大きなプレート境界型地震(マグニチュード8.0前後程度)の活動履歴が見えてきた。また、津波堆積物という“地層の分布”からこれらの地震を連動型の断層モデルで復元するという画期的な試みが行われたのもこの地域である(Nanayama et al., 2003; Satake et al., 2008)。これらの地震は、いわゆる“500年間隔地震”(中央防災会議事務局,

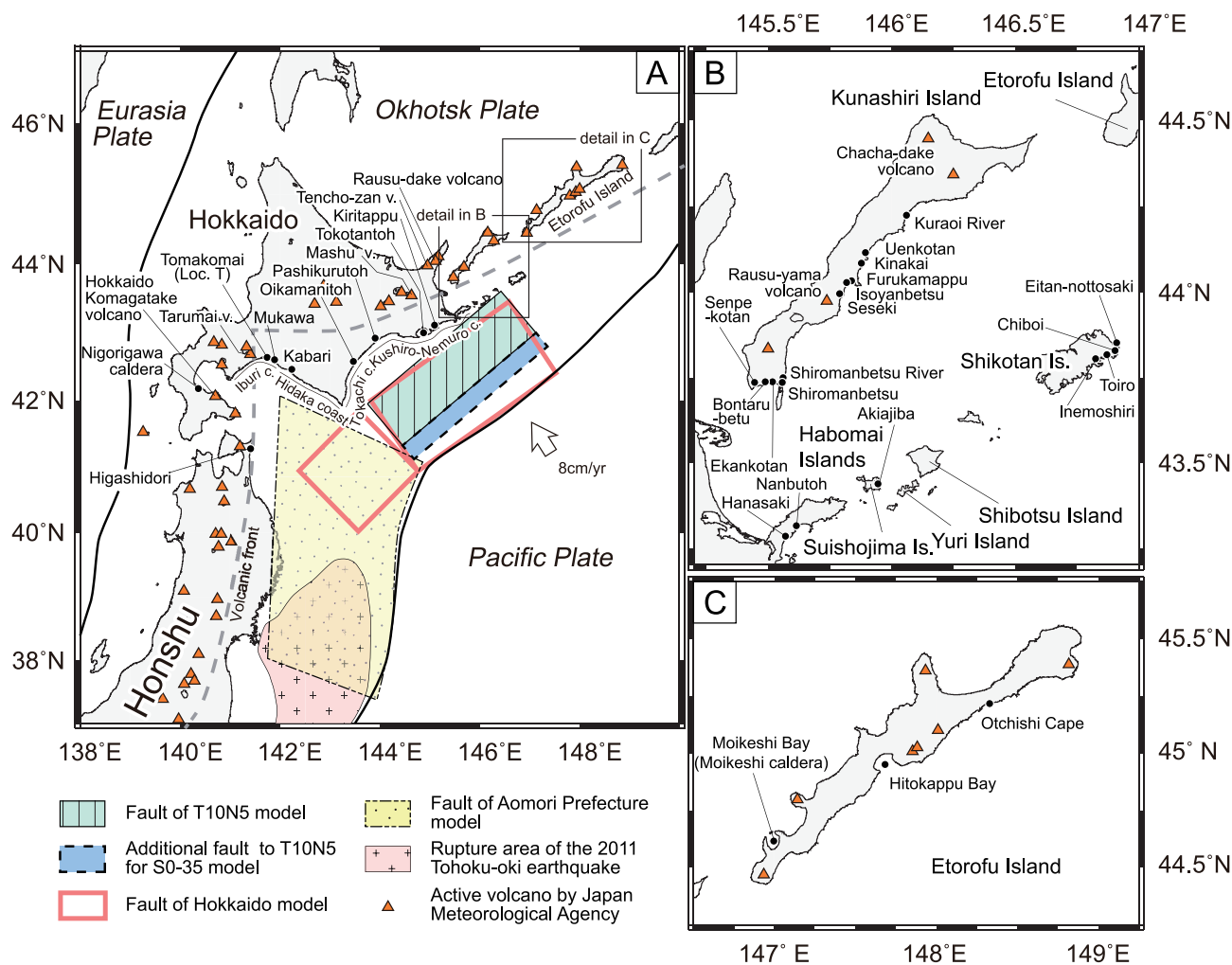


Fig. 1. (a) Tectonic map of northeast Japan. Estimated fault models were compiled from Satake et al. (2008), Hokkaido Government (2012), Aomori Prefectural Government (2015), and Ioki and Tanioka (2016). The rupture area of the 2011 Tohoku-oki earthquake was taken from Ozawa et al. (2011). Solid lines are plate boundaries derived from Wei and Seno (1998). The gray-colored dashed line is the volcanic front. (b) Tectonic map of Kunashiri, Shikotan, and Habomai islands. (c) Tectonic map of Etorofu Island.

2004)と呼ばれているものである。

この500年間隔地震による津波とその堆積物の特徴については、既報の総説内で再来間隔、堆積物分布図、および波源に焦点を当ててこれまでの研究成果を包括的に紹介した(高清水, 2013)。それによると、これらの地震は、平均約400年程度の再来間隔を持つものの、100~800年程度の広い再来間隔の年代幅がある(Sawai et al., 2009)。これらの地震による津波堆積物の内、規模の大きなものは海岸線から内陸へ2~4 km程度の広い堆積物分布があることが分かっており、研究の進んでいる17世紀の津波堆積物においては、十勝から根室までの海岸地域で内陸へ数 kmの距離まで到達していることが復元されている(例えば、平川ほか, 2000a; 七山ほか, 2000, 2001b, 2002, 2003; Nanayama et al., 2003; 平川ほか, 2005; Nanayama et al., 2007)。これらの津波波源は17世紀のものについて詳細な推定がされており、17世紀津波堆積物の最低浸水範囲(堆積物の分布範囲、平成23

年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M_w 9.0)による津波の調査からは実際の津波浸水範囲は堆積物分布範囲を大きく上回ることが指摘されていることに注意が必要である)を説明することのできる波源断層モデルは、十勝沖で10 m、根室沖で5 mのすべり量をもつ断層が同時に運動したとするモデル(T10N5モデル)とされ(Nanayama et al., 2003; Satake et al., 2008)、 M_w 8.5(M_w :モーメントマグニチュード)の運動型プレート境界地震と推定された。一方、その後の津波堆積物の調査からは、推定遡上高が根室半島で10 m以上の津波(七山ほか, 2004)や胆振地方で5 m以上の津波(高清水ほか, 2007)が報告されており、この当時のT10N5モデルでは説明できないことも指摘されていた。

その様な研究の進捗状況下で発生した平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M_w 9.0)による津波災害を受けて国や地方自治体は、それまでの津波想定の見直しを行った。特に北海道による見直し[URL1]では、これまでに提案されていた

T10N5 モデルを上回る規模の大きな波源(以下、北海道モデルとする)を想定すれば上記の2箇所から報告されている津波堆積物の分布範囲も説明できることがわかり、その結果が一般に向けて速やかに公開された。しかしながら、これまでの研究成果を考えると、北海道東部では地震性津波発生の再来間隔や津波の遡上規模、地殻変動パターンにばらつきがあること、また胆振地域に襲撃する津波はそもそもプレート境界で発生するような繰り返し性のあるものなのかどうかについては、依然として不明である。すなわち、北海道モデルのような巨大地震が何度も襲撃したことを積極的に支持する地層からの直接的なデータは未だない。

このような状況にあるため、北海道東部太平洋岸の津波堆積物から推定された17世紀津波に代表されるような十勝・釧路沖の巨大地震像の解明については解決しなければならない課題も多くある。具体的には、根室沖地域のより東方の北方四島の太平洋側沖やさらに北東の中央千島の千島海溝沿い、また胆振地域については北海道西部から東北地方北部の太平洋側のプレート境界(島弧会合部から日本海溝北部)の津波履歴を含めた上で、巨大地震の発生様式を広域で解釈する必要がある。

そこでこの総説では、これら両サイド(北海道西部太平洋側と根室以東の太平洋側)に焦点を当てて津波堆積物研究のレビューを行う。すなわち、将来の北海道太平洋側の古津波堆積物研究にとって重要な情報を提供する可能性のある北方四島(Fig. 1; 択捉島, 国後島, 色丹島, および歯舞群島)における研究レビューを行う。また、北海道太平洋側の海域に設定された断層モデルと実際の古津波堆積物の分布に関する研究を、高清水(2013)以降に報告された新しい津波堆積物を含めて紹介し、その中で北海道西部太平洋側における津波像についても述べる。このことによって、多くの研究者や研究手法によって北海道太平洋側の古津波堆積物研究がさらなる段階へ進むことを期待するものである。なお、北海道の日本海側沿岸地域から認められた津波堆積物については、既報の高清水(2013)および本特集号の川上ほか(2017)があるのでそちらを参照されたい。また、本報告では澤井(2012)の提案に従い1960年チリ地震津波より新しいものを現世津波堆積物、それ以前のものを古津波堆積物として扱う。

北方四島の津波堆積物研究

この地域は北方領土問題による調査の困難さはあるものの、科学的な見地においては自然の状態の海岸地域が多く残されており、かつ津波堆積物の保存の場として有力な沿岸地域の湿原や適度な規模の比高(数m程度)を持つ砂丘が海岸付近に広く分布することから、津波堆積物研究に適した良調査地であると考えられる。また精密なテフラ層序の確立された北海道の最東部に位置することも極めて重要である。地層中には西方から運搬される多くの広域テフラが挟在され、さらに極近傍の火山起源のテフラ(例えば、国後島の羅臼山や爺爺岳起源のテフラなど)も多く含まれる(中村ほか, 2009; Nakagawa et al., 2002; Razzhigaeva et al., 2016; テフラ層序は次節で述べる)ことから、北海道内で行われている津

波研究と同精度(あるいはそれ以上)のテフラ層序を組み立てることが可能であることもこの地域の特徴の1つであるといえる。

1. テフラ層序

古津波堆積物の調査において、テフラ層序が確立していることは津波イベントの発生時期を推定するための年代決定に重要であり、かつ堆積物分布を推定するための鍵層として有用である。Nakagawa et al.(2002)は、国後島北部に位置する爺爺岳の火山噴出物の検討から、過去約1000年間における火山活動史について述べるとともに、地層中に北海道や大陸起源の広域テフラが挟在していることを明らかにした。中村ほか(2009)は、国後島南部および色丹島における北海道起源の完新世広域テフラを5層同定した。Razzhigaeva et al.(2016)は歯舞群島の内の3島(水晶島, 勇留島, および志発島), 色丹島, 択捉島, および国後島の沿岸低地の堆積物調査から完新世テフラ層序を検討した。その結果、32層のテフラを区分し、それらの起源を推定した(これらの内、14層は起源不明とした)。すなわち、白頭山, 北海道南部～北海道東部の火山(北海道駒ヶ岳, 濁川カルデラ, 樽前山, 摩周カルデラ, 羅臼岳, および天頂山), 国後島の羅臼山と爺爺岳, および択捉島の萌消湾を起源とするテフラと起源未詳テフラを認めた。

このように、北海道の東側に位置する北方四島には多くの広域テフラが分布している。また島内にも活火山が複数分布しているため(Fig. 1), 津波堆積物調査にとって有用な鍵層が地層中に多く残されている。それゆえ、津波堆積物調査には最も適したフィールドの1つであるといえる。

2. 観測記録のある津波

1)観測記録のある津波 北方四島に襲撃した津波をTable 1に示した。筆者の把握している最も古い北方四島の津波は、1893年の津波である。これは羽鳥(1974)がロシア語の文献(Soloviev and Ferchev, 1961)を参照したもので1893年6月4日に色丹島沖で発生した地震($M_j7.7$; 気象庁マグニチュード; 宇津, 1999)によって色丹島で2～3m, 択捉島で1.5m程度の津波があったことが記録されている。武者(1953)はこの津波の震央は色丹島付近で、地震は色丹島において最も強く感じられ、地震後高さ7～8尺(2.1～2.4m)の津波が襲来したとした。翌年の1894年には根室半島沖地震($M_j7.9$)による津波が知られており、国後島で0.9～1.2m(宇佐美, 1975)の津波があったとされた。1894年の津波は、大森(1895)が国後島留夜別村では地震後1時間以内に津波が繰り返し浜辺の人家に達し(第1波が最大規模だったとした)、岸辺の流水を陸上に打ち上げ、船が流出したことを記録している。さらに納沙布灯台沖の諸島(筆者注: 歯舞群島のことと推定される)では津波のため家が破壊され、小児の溺死者があったとした。留夜別村での津波は3mであった(羽鳥, 1974)。この1894年根室半島沖地震は日本で最初の津波記録が宮城県鮎川検潮所で得られたことでもよく知られている(大森, 1901)。これら以降の主要な津波の概要は以下である。1952年カムチャッカ半島南東沖地震($M_j8.5$)では択捉島で2.5mの津波高、1958年択捉島付近の地震($M_j8.1$)

Table 1. Tsunami heights reported from the Northern Territory (Hoppono Ryodo) area.

Earthquake	Magnitude	Tsunami height	Location	Reference
The 1893 off Shikotan Island earthquake	$M_j 7.5$	1.5 m	Etorofu Island	Hatori (1974), Soloviev and Ferchev (1961)
		2–3 m	Shikotan Island	
		2.1–2.4 m	Shikotan Island	
The 1894 off Nemuro Peninsula earthquake	$M_j 7.9$	3 m	Kunashiri Island	Hatori (1974)
		0.9–1.2 m	Kunashiri Island	
The 1918 off Urup Island earthquake	$M_j 7.9$	2 m	Etorofu Island	Usami (1975)
The 1952 Kamchatka earthquake	$M_j 8.5$	2.5 m	Etorofu Island	Watanabe (1998)
The 1958 Etorofu Island earthquake	$M_j 8.1$	3–4 m	Etorofu Island	Watanabe (1998)
		2.5–3 m	Kunashiri Island	
		3.5–5 m	Shikotan Island	
The 1963 off Etorofu Island earthquake (Main shock)	$M_j 8.1$	4.0 m	Etorofu Island	Watanabe (1998)
		0.7–1.5 m	Shikotan Island	
		1–1.5 m	Habomai islands	
The 1963 off Etorofu Island earthquake (Maximum aftershock)	$M_j 7.2$	7–8 m	Etorofu Island	Watanabe (1998)
		0.5 m	Kunashiri Island	
		0.7–0.8 m	Habomai islands	
The 1973 off Nemuro Peninsula earthquake	$M_j 7.4$	0.67 m	Etorofu Island	Hatori (1975)
		1.4 m	Shikotan Island	
The 1975 Hokkaido-Toho-oki earthquake	$M_j 7.0$	3.5–4 m	Shikotan Island	Hatori (1979), Watanabe (1998)
		0.7–1 m	Habomai islands	
		2–3 m	Kunashiri Island	
The 1994 Hokkaido-Toho-oki earthquake	$M_j 8.2$	3 m	Etorofu Island	Hatori (1995)
		6.4 m	Kunashiri Island	
		10.4 m	Shikotan Island	

では、択捉島で 3–4 m、国後島で 2.5–3 m、色丹島で 3.5–5 m、および歯舞群島で 4.5 m の津波高が知られている (渡辺, 1998)。1963 年択捉島沖地震 ($M_j 8.1$) では択捉島で 4.0 m、国後島で 0.7–1.5 m、色丹島で 1.2 m、および歯舞群島で 1–1.5 m の津波高が記録されており、さらにその 8 日後に発生した最大余震 ($M_j 7.2$) では、択捉島で 7–8 m、国後島で 0.5 m、および歯舞群島で 0.7–0.8 m の津波高が記録されている (渡辺, 1998)。1973 年根室半島沖地震 ($M_j 7.4$) による津波では色丹島で最大波高 1.4 m、択捉島で 0.67 m の津波を記録した (羽鳥, 1975)。また 1975 年北海道東方沖地震 ($M_j 7.0$; 1975 年色丹島沖地震とするものもある) では、歯舞群島で 0.7–1 m、色丹島で局所的に 3.5–4 m、国後島で 2–3 m、択捉島で 0.4 m の津波波高が報告されている (羽鳥, 1979; 渡辺, 1998)。

これらの報告からは歯舞群島と色丹島付近の千島海溝で発生した地震による津波では、択捉島や国後島に比べてより海溝から距離に近い歯舞群島や色丹島で津波波高が高くなる傾向があることがわかる (例えば、1975 年北海道東方沖地震や 1994 年北海道東方沖地震)。一方、択捉島沖の海溝で発生した地震では、歯舞群島や色丹島に比べて海溝からの距離が遠い択捉島であっても 10 m 弱の波高の高い津波が来襲する (例えば、1963 年択捉島沖地震とその最大余震)。しかしながら、これらの地震津波に伴う堆積物に関する報告はほとんどない。これは当時津波堆積物にそれほど注目が集まっていなかったことも想像されるが、そもそも波高 1 m 前後程度

の津波では沿岸低地にほとんど津波堆積物を形成しなかった可能性もある。一方、1994 年に発生した北海道東方沖地震は前者に比べて津波の規模も大きく、浸水範囲に加えて堆積物についての記録も多くある。次節ではこの地震による津波と形成された堆積物の特徴について紹介する。

2) 1994 年北海道東方沖地震による津波とその堆積物

1994 年 10 月 4 日 22 時 23 分に発生した平成 6 年 (1994 年) 北海道東方沖地震 ($M_j 8.2$) による津波 (以下、1994 年北海道東方沖地震津波) は、北海道東部、北方四島および本州太平洋側を襲った (札幌管区気象台, 1994)。震源に直面した色丹島では 10 m の打ち上げ高を記録している (首藤ほか, 1995)。北海道本土でも根室市花咲で 173 cm の最大津波高が検測された (札幌管区気象台, 1994) ほか、北海道東部太平洋岸やオホーツク海側でも数–10 cm の津波が観測されている (羽鳥, 1995; 中村・荒井, 1995; 首藤ほか, 1995)。千島では津波などにより 17 名の死者・行方不明者 (羽鳥, 1995) と数百人の負傷が出るとともに水産加工場や港湾施設などに重大な被害を与えた地震で、特に色丹島では壊滅的な被害が出た (田近, 2009)。羽鳥 (1995) はロシア側の現地調査結果として、最大津波高は、色丹島で 10.4 m、国後島で 6.4 m、および択捉島で約 3 m であったとした。この地震は、2016 年 11 月 15 日現在、気象庁地震データベースに記録されている地震の中で 3 番目に規模の大きいものである (最大は、平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の $M_j 9.0$)。

1994年北海道東方沖地震津波の堆積物は、Razzhigaeva et al. (2007) による詳細な報告がある。彼女らは色丹島、水晶島、および国後島において以下の特徴を記載した。色丹島では、東側の湾内の入り江(イネモシリとトイロの間地点あたり)における津波遡上高は5.3~9.8 mで内陸へ約600 m浸水した。海岸から内陸へ230 mの湿地に保存されていた1994年北海道東方沖地震津波の堆積物は、20 cm以上の厚さで10 m以上の広がりを持ち、内陸へ厚さ3 cm程度に減じてパッチ状に標高2.8 mの地点まで分布し、観測された遡上高よりも堆積物の分布が小規模であったとした。この津波堆積物は海水~汽水性種の珪藻を12% 含み、海側で礫を含む中粒砂からシルト質中粒砂へと内陸細粒化しているとした。水晶島における津波遡上高の痕跡調査は1994年北海道東方沖地震直後に行われなかったが、近接する志発島や勇留島における津波遡上高は3.5 mであり内陸へ約200 m浸水したとした。津波堆積物は水晶島東海岸のアキアジ場の低地の海岸線から175~185 m内陸の地点で確認された。この地層は厚さ1~2 cmで細~中粒砂からなり海成珪藻化石を含んでいるとした。津波堆積物の粒径淘汰は良く、沿岸のストームバー堆積物との比較から津波がバーを侵食して再堆積させたものと考えた。国後島古釜布周辺における1994年北海道東方沖地震津波の古釜布湿原を流下する古釜布川における遡上距離は880 m、遡上高は、3.7 mであり、河口から470 mの地点において厚さ2 cm以上のレンズ状の地層として見つかった。双峰性を示す粒度組成の主要フラクションは細粒砂からなり、第2フラクションは中粒砂サイズの石炭片やレンガ片等の人工物を含む。堆積物中の珪藻化石群集に占める海水~汽水性種の割合は42%であった。

これら3島からの1994年北海道東方沖地震津波の堆積物記載は、北海道の沿岸低地に保存された古津波堆積物や仙台平野に堆積した平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波の堆積物からもよく知られている特徴(例えば、Nanayama et al., 2003; 添田ほか, 2004; Takashimizu et al., 2012; 高清水ほか, 2013)とほぼ共通する。海生珪藻化石を含み、津波の浸水経路に沿って侵食されたものが内陸へ再堆積することや内陸方へ細粒化する特徴などである。また人為起源の物質(石炭片やレンガ片)を含んでいることは現世津波堆積物の特徴(最近のイベントであって古いものではない)の1つ(Moore et al., 2006; Takashimizu et al., 2012)でもある。

3. 古津波堆積物

北方四島(一部、千島列島を含む)を対象とした古津波堆積物に関する既存の研究には、Iliev et al. (2005), Razzhigaeva et al. (2008, 2012), 西村ほか(2009), およびGanzey et al. (2011)がある。この地域の古津波堆積物研究は、ロシアの研究者によるものが多い。西村ほか(2009)の研究もロシア研究者との共同研究として実施されたものである。

Iliev et al. (2005)とGanzey et al. (2011)は、北方四島から過去のカタストロフィックな自然災害(火山、津波、お

よびストーム)の痕跡を見出し、完新世の地形発達への影響を述べた。特に国後島については過去約7000年前以降の古津波記録を解明した。彼女らは国後島太平洋岸の9地域(Fig. 1; クラオイ川、植古丹、キナカイ、イソヤンベツ、瀬石、シロマンベツ川、シロマンベツ、エカンコタン/ボンタルベツ、および善平古丹)における100以上の地質断面調査から、沿岸低地における地層のテフラ対比や放射性炭素年代測定を用いて組立てた層序をもとに津波堆積物の対比を行った(Fig. 2)。その結果、国後島太平洋岸の沿岸低地では、過去約7000年間に17層の対比可能な津波起源堆積物を同定できるとした。これらの内最大のものは、5~7 m以上の遡上高を伴い、内陸へ2.5 km以上浸入したとした。また択捉島の単冠湾に沿って、海岸線から500 mまで分布する歴史津波の可能性のある堆積物を報告している。これらの津波堆積物の多くは、北海道東部太平洋岸で知られている津波堆積物(いわゆる“500年間隔地震”による津波堆積物)に対比できると考えた。西村ほか(2009)は、国後島南部のエカンコタンやシロマンベツと中部の古釜布付近における沿岸低地の調査から、広域テフラを用いた津波堆積物の編年を行った。その結果、17世紀のKo-c2 テフラと約3000年前のTa-c テフラ間の約2600年間に国後島中部では2層、南部では3層確認できたとし、北海道東部太平洋岸から報告されている同時期の津波堆積物に比べて層数が少ないことを指摘した。

色丹島と歯舞群島に関しても、Ganzey et al. (2011)やRazzhigaeva et al. (2012)によくまとめられている。特に色丹島は太平洋側における津波イベントを最もよく解明できる場所であり(Razzhigaeva et al., 2008)、北海道の津波履歴を考える際にも重要な情報を提供する。Ganzey et al. (2011)は色丹島イネモシリ付近の完新世セクションにおいて古津波イベントを認めた。5 m以上の遡上高を示す規模の大きな津波の痕跡は、過去6000年間で不規則に発生しており、後期完新世において22層、中期完新世において18層以上の津波堆積物を確認できるとした。また津波発生ピークは1500~500年前であるとした。西村ほか(2009)は、Ta-c テフラ堆積以降の地層中から6層の津波堆積物を認めた。また歯舞群島の志発島と勇留島では、中期完新世に15層の古津波堆積物が確認されており(Razzhigaeva et al., 2012)、水晶島の南部では13層の海成層が泥炭層中に認められている。それらは、内陸へ300 mまでは追跡することができ、少なくとも過去6500~7000年前まで発生している巨大津波に対比される可能性を指摘した。

4. 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波とその堆積物

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波(以下、2011年東北沖津波とする)からの堆積物もまたロシアの研究者による報告がある(Razzhigaeva et al., 2012; Kaistrenko et al., 2013; Razjigaeva et al., 2014a, b)。Razzhigaeva et al. (2007)は2011年東北沖津波から半年後に国後島、色丹島および歯舞群島の志発島、勇留島、水晶島において堆積物の痕跡調査を行い、その結果を報告した。津波来襲時に氷が張っていた閉鎖的な湾においては、泥質な津波堆積

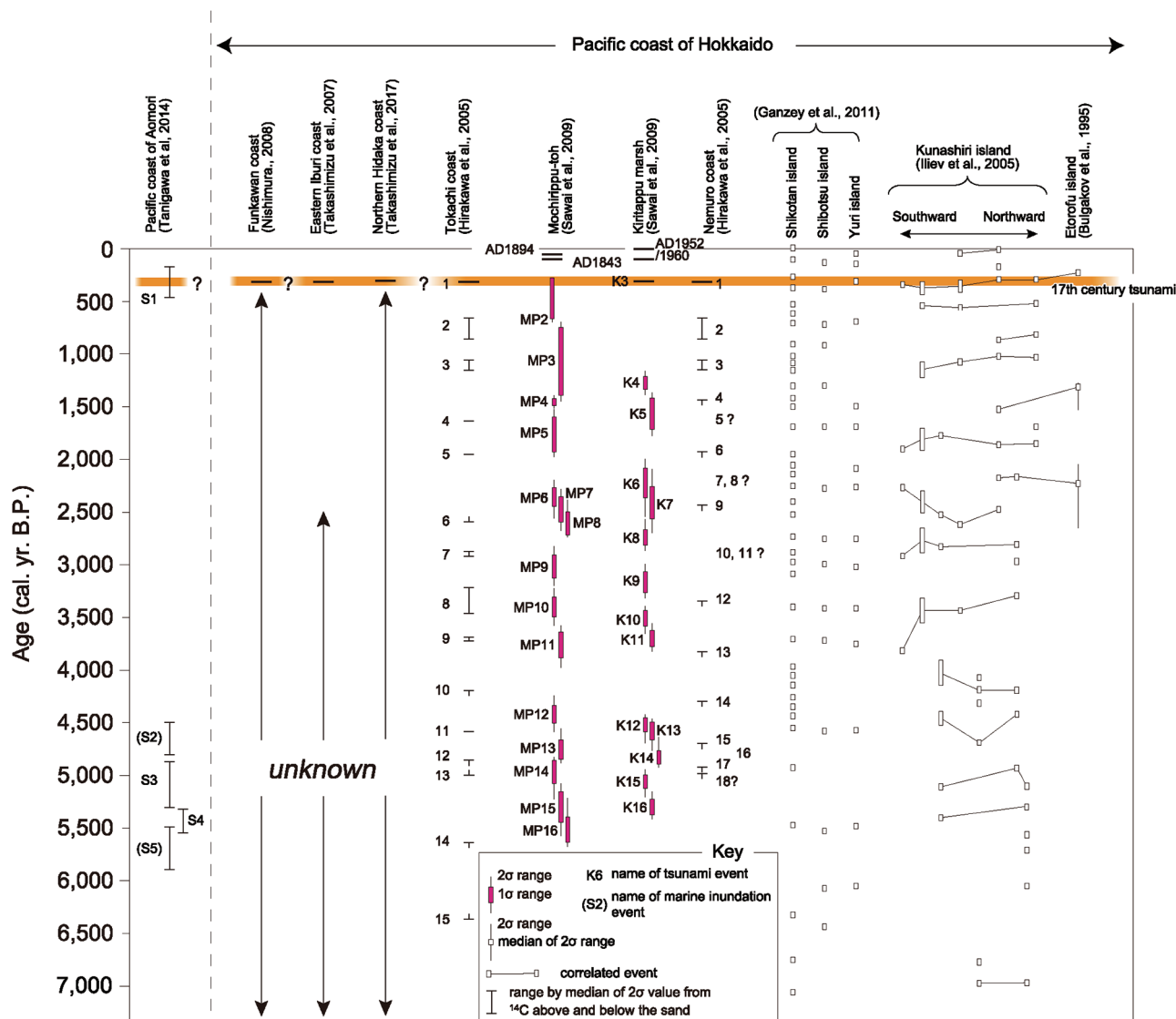


Fig. 2. Large tsunami events along the Pacific coast of Hokkaido and Aomori prefectures compiled from Bulgakov et al. (1995), Hirakawa et al. (2005), Iliev et al. (2005), Nishimura (2008), Takashimizu et al. (2007), Sawai et al. (2009), Ganzey et al. (2011), Tanigawa et al. (2014), and Takashimizu et al. (2017). Revised from fig. 2 in Takashimizu (2013).

物が形成されており、沿岸帯の底生有孔虫や海成珪藻化石が含まれていることを指摘した。Kaistrenko et al. (2013)は、パラムシル(Paramushir)島、択捉島、国後島、色丹島、および歯舞群島での津波の痕跡調査(遡上高計測および住民による目撃情報の収集等)を行った。択捉島の乙知志岬付近ではストームによる浸水の痕跡(標高 1.5~2 m)を超す様な規模の津波は見られなかったが、単冠湾周辺では、最大波は第1波であり海面から 2 m の高さまで水位の上昇がみられたとした。また、周辺の河川では氷板が河口から数 100 m に渡って破壊されながら遡上していったことが確認された。国後島の太平洋岸での痕跡調査では、最大でクラオイ川河口から 500 m に渡って津波によって破壊された氷が遡上した。古釜布の港の津波遡上高は約 2.2 m であり、古釜布の湿原を流れて港に通じる川(古釜布川)の氷は、河口から約 800 m に渡って破壊された。色丹島では南東部のエイトノット崎で

4.7 m、チボイで 4.6 m と局所的に高い津波遡上高が確認されている。平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の波源に面している太平洋側では 2 m 後半~3 m の遡上高で、国後島側に面した北側では 1~2 m 強であり、遡上高に差が出ていた。色丹島は択捉島や国後島よりもより南側に位置するため確認されたそれぞれの津波痕跡の規模も大きい。また、Razjigaeva et al. (2014a, b) は、Razjigaeva et al. (2012) の調査報告を発展させ、津波から 1 年半後に採取した試料も追加した上で、堆積物の特徴(粒度組成や含有微化石)について報告している。また津波時に氷で被われて閉鎖的な湾の地形が堆積作用に与える影響を、色丹島と歯舞群島における平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震による津波の堆積物の特徴から考察した。特に、氷板が運ばれることによって津波の侵食力が増すことや泥質堆積物をよく内陸へ運搬することを示した。津波の遡上に伴って氷板やそれ

に含まれる堆積物が運搬されることは、北海道内からも報告されている(川上・地質研究所津波調査班, 2011)このような特異な運搬形式は冬季の高緯度地域を代表する津波挙動一般的な現象かもしれない。この様な観点からもこの種の堆積物のデータ蓄積や地層中からの氷板関連堆積物の記載は重要であり、さらなる詳細な結果の報告が待たれるところである。

5. 北方四島における津波堆積物研究の展望と課題

上記に紹介した北方四島に襲った現世津波と古津波による堆積物の報告からは、海溝側に面する色丹島や歯舞群島(千島海溝から約 150 km)と、海溝から離れた場所に位置する国後島や択捉島(千島海溝から約 220 km)では津波の規模や履歴に違いがみられることが分かった(例えば, Iliev et al., 2005; Razzhigaeva et al., 2007; Ganzey et al., 2011; Kaistrenko et al., 2013)。Ganzey et al. (2011)は、国後島の太平洋岸から確認された津波堆積物(過去 7000 年間で 17 層)の多くは、北海道東部太平洋岸から報告されているいわゆる“500 年間隔地震”による津波に対比されると考えた。一方で、より海溝側に位置する色丹島から過去約 7000 年間で 39 層の津波堆積物を確認したとしている。Razzhigaeva et al. (2008)や西村ほか(2009)でもすでに指摘されているが、これは海溝側で発生した津波の内、比較的規模の小さいものは色丹島、歯舞群島には津波堆積物を残すものの、より北西側の国後島、択捉島では来襲する津波が減衰するため、容易に沿岸低地に堆積物を保存できなかった可能性を示している。言い換えれば、国後島まで到達して津波堆積物を地層中に残すような津波は、規模の大きな津波のみであると考えることができる。このような分布の特徴は海溝に面した島嶼部における津波挙動をよく反映したものである可能性があり、津波防災、減災を考える上でも貴重な研究事例といえるだろう。

この地域の課題としては、ロシアの研究者による研究が進む一方で、北海道やその他の日本国内で現世津波や古津波の堆積物調査のノウハウを持つ日本の研究者による調査研究があまり進まないことが挙げられる。北海道東部太平洋岸では多くの研究者が調査を行うことによって、調査結果のクロスチェックが行われ、精度の高い津波履歴や分布の解明に繋がってきている。一方で、根室地域に分布する古津波堆積物の波源を根室沖に設定するのか、または北方四島の太平洋側沖に設定するのかを考える様な場合においては、より広域に根室半島以東の北方四島まで津波堆積物の分布を把握する必要がある。しかしながら、日本の研究者は北方四島の津波堆積物分布と履歴を詳細に把握できていないのでどうしても波源推定の精度が落ちてしまう。同様にロシアの研究者も北海道太平洋側で詳細な津波堆積物調査を行っていない。このような理由から、北方四島においても、より多くの研究者の目によって津波堆積物調査が行われることが北海道やロシアの古津波科学の発展に貢献することになると考えられる。2007 年から始められた日露の研究者による共同の津波堆積物調査の成果は、中村ほか(2009)および西村ほか(2009)による国後島と色丹島からの報告がすでにある。この日露 2 国間による共同調査は、その後も続けられており、今後さら

なる研究の進展が期待される。

北海道太平洋側で発生する地震性巨大津波の断層モデル

北海道の太平洋側では、巨大津波を発生させる地震の複数の断層モデルが研究者や行政機関から提案されている。それぞれ異なった目的のために設定されたものであるが、そのことを踏まえた上で、本章ではこれらの断層モデルの特徴を考え、現状と課題を抽出する。

1. 十勝沖・根室沖連動型断層モデル

津波堆積物研究が進展した結果、堆積物の内陸方向への空間的な分布(少なくともそこまでは津波が浸水した範囲)を復元できるようになった。このようなデータセットが揃う北海道東部太平洋岸地域では、早い時期から津波堆積物分布を説明するための断層モデル推定のために数値計算が行われた。とりわけ、直近の巨大津波である 17 世紀津波波源の断層モデルは、十勝沖で 10 m、根室沖で 5 m のすべり量をもつ断層が同時に運動したモデル(T10N5 モデル)とされ(Nanayama et al., 2003; Satake et al., 2008)、 $M_w 8.5$ の連動型プレート境界地震と推定された。この計算結果は、産業技術総合研究所から数値地質図 EQ-1 の「北海道太平洋岸の津波浸水履歴図(CD-ROM)」(佐竹・七山, 2004)として広く公開されている。この中では襟裳岬～根室半島までの範囲の沿岸津波情報図(50 万分の 1 スケール)や津波堆積物調査の行われた沿岸低地の地域(根室市南部沼、浜中町霧多布湿原、厚岸町床潭沼、音別町馬主来沼、および大樹町生花苗沼)における実際の浸水予測図や最大流速図の復元、津波浸水時の CG アニメーション等も含まれており津波防災を考える上でも先駆的なものであった。

このような成果が出る中で、内閣府中央防災会議の日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門委員会も北海道東部太平洋岸から報告された巨大津波の堆積物について注目し、独自の数値計算を行った。この専門委員会は、平成 15 年(2003 年)～平成 18 年(2006 年)まで 17 回に渡って行われており、2006 年にそれまでの検討をまとめた報告書を公開した(中央防災会議事務局, 2006)。この中で北海道東部太平洋岸で繰り返し発生する連動型巨大地震、いわゆる“500 年間隔地震”によって生じる津波の挙動について房総半島～択捉島までの東北日本太平洋側全ての海岸における最大津波高の計算結果が示された。それによると、“500 年間隔地震”による津波は襟裳岬東部では 5 m 以上(最大で約 20 m)の巨大なものであるが、襟裳岬以西では規模が小さく約 2 m 以下程度の津波になることが指摘されている。なお“500 年間隔地震”という用語定義と問題については、経緯を含めて高清水(2013)に述べられているのでそちらを参照されたい。

また、Ioki and Tanioka(2016)は北海道東部太平洋岸に分布する実際の津波堆積物の分布データを用いてこの地域で発生する 17 世紀巨大地震の断層モデルを再検討した。それによると、Nanayama et al. (2003)や Satake et al. (2008)が提案した T10N5 モデル($M_w 8.5$)の南側(海溝側)に 0～35 m の滑り量をもつ断層を加えたモデル(以下、S0-35 モデルとする； $M_w 8.8$)を設定し、北海道東部地域の津波堆積

物の分布の再現性の高度化を行った。しかしながら、この波源から発生した津波が襟裳岬を越えて西へどのように伝播するのかについては述べられていない。

2. 東北北部沖・十勝沖・根室沖の大連動型断層モデル

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋地震とそれに伴う津波による災害を受けて国や地方自治体は、それまでの津波想定の見直しに次々と取り掛かっている。例えば、内閣府中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」はこれからの津波対策の考え方を示した(東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会, 2011)。この中で、平成 23 年(2011 年)の東日本大震災を踏まえた今後の想定地震・津波の考え方として、“できるだけ過去に遡って地震・津波の発生等をより正確に調査し、古文書等の史料の分析、津波堆積物調査、海岸地形等の調査などの科学的知見に基づく調査を進めることが必要”であり、“今後、地震・津波の想定を行うにあたっては、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである”という指針を示している。

北海道防災会議地震専門委員会は北海道からの諮問を受け、平成 23 年(2011 年)6 月には北海道沿岸における津波想定見直しを行うことを決定し、「北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討のためのワーキンググループ」を組織した。そして、翌平成 24 年(2012 年)6 月に「太平洋岸の見直し」報告書[URL]を公開した。この津波想定は、“あくまでも現在までに得られている津波堆積物データを説明する津波波源のうちの 1 つにすぎず、このような地震の発生を正確に予測して検討を行ったものではありません”と前置しつつも、中央防災会議の指針に沿って“津波波源モデルの設定にあたっては、これまでに得られている津波堆積物データを説明できることを前提”としている。具体的には、津波波源モデルの設定にあたって、北海道東部太平洋地域から得られている津波堆積物データに加えて、①日高地方より西の地域で高さ 5 m を超す場所から津波堆積物が新たに発見されたことと、②根室半島においても高さ 10 m を越える場所から 17 世紀初頭とそれ以前の津波堆積物が確認されたことを挙げており、これらを説明する断層モデルとして、十勝沖・根室沖の連動型断層モデルに加えて東北北部沖の波源をさらに追加した大連動型断層モデル($M_w 9.1$; 北海道モデル)を示した(Fig. 1)。すなわち、太平洋プレートと陸側プレートの境界に、幅 140 km、長さ 420 km の矩形断層として設定され、北海道沿岸側の断層面上に 30 m、海溝側の断層面上に 35 m の一様なすべり量が与えられる断層モデルである。海溝の屈曲部をまたいで千島海溝沿いの断層(十勝沖・根室沖)と日本海溝沿いの断層(東北北部沖)が果たして連動するのか否かということ、またはどのようなメカニズムなのかということについては大きな学術的な議論があると思われる。この報告書の中でも留意点として“今回の想定では、断層全体が一度に動くことを仮定していますが、何回かに分けて動く可能性も考えられ、今後、さらなる検討を行うことが必要”ともされている。つまり、この報告書は“北海道太平洋

沿岸における防災対策の基礎資料としてとらえていただき、今後の対策の充実・強化のために活用”するため、まずは最大規模の断層モデルを設定するという中央防災会議の指針に沿って設定されたものであるということに注意が必要である。

北海道モデルの他にも、北海道太平洋岸に関係のある断層モデルとして青森県も独自に中央防災会議の指針に沿って津波想定の見直しを行っている(青森県, 2015)。この断層モデルは、中央防災会議が検討している「三陸沖北部の地震」と「明治三陸タイプの地震」を網羅する断層モデル(H24 青森県太平洋側独自断層モデル; $M_w 9.0$; 青森県, 2015; Fig. 1)である。青森県としての津波想定なので北海道太平洋岸における実際の津波高の数値計算結果は示されていないものの、下北半島北部太平洋側の東通地域で約 15 m の津波高が想定されていることから北海道西部太平洋岸においても規模の大きな津波の来襲が想像されるため、津波波源検討対象の 1 つとして注目される。同様に東北北部沖を波源とするモデルには、前述の内閣府中央防災会議の日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門委員会の委員である平川が千島海溝・日本海溝沿いで発生する超巨大津波を、大きく 3 つの波源域が約 1000 年程度で繰り返す“スーパーサイクル”で説明可能であるとする仮説的検討(平川, 2012)の中で述べている「陸中-陸奥(下北)沖の津波発生断層領域」もある。平川(2012)の提案は独自の津波堆積物の認定から仮説的検討を行ったものであり、これらのことを含めて、将来の津波像の検討が必要である。

3. 北海道西部太平洋岸の津波堆積物

1) 観測記録のある津波 北海道西部太平洋岸の津波履歴と波源についてはよく分かっていないことも多い。記録を遡れるものでは、1856 年八戸沖地震では勇払(現苫小牧市)、沙流(現日高町)、および浦河に津波があったことが示されている(今村, 1921)。津波遡上の実測記録としては、1896 年明治三陸地震($M_j 8.2$)による津波が日高海岸南部で 2.4~4.5 m、および渡島半島南東端で 2.1 m 以上であったことが知られている(鏡味, 2006)。1933 年昭和三陸津波($M_j 8.1$)は、胆振海岸で 0.9~1.5 m、日高海岸で 1.0~4.6 m の津波高で襟裳岬付近で最も高かった(渡辺, 1998)。一方、北海道東部太平洋岸で発生した 1952 年十勝沖地震($M_j 8.2$)による津波は、厚岸で 6.5 m の津波を観測したのに対し、襟裳岬以西の日高海岸では様似町の 3.0 m の津波が最大であった(渡辺, 1998)。同様に 1994 年の北海道東方沖地震($M_j 8.2$)による津波では、根室市花咲で 3.46 m の津波を観測したのに対し、日高海岸では浦河港で 0.54 m の津波であった(渡辺, 1998)。規模の大きな遠地津波である 1960 年チリ地震($M_w 9.5$)による津波では襟裳岬以西の太平洋岸では 0.6~1.7 m の津波高が記録された(渡辺, 1998)。2011 年東北地方太平洋沖地震($M_w 9.0$)による津波では、襟裳岬で 70 cm 程度の津波高が北西方へ徐々に減じて苫小牧で 40 cm 弱であったことを観測している(岡崎・地質研究所津波調査班, 2011)。

襟裳岬と渡島半島に囲まれた北海道西部太平洋の海域は海

溝に対して平行に海岸線が位置する北海道東部太平洋岸とは違い、大きく南東に開いた湾状の形状を持つ(最奥部には、さらに噴火湾が位置する)。海溝からの距離は最も南の襟裳岬で約 150 km なのに対し、奥部の苫小牧港では倍の 300 km 程度になる。そのため、この地域に海溝付近から浸入する津波は複雑な波高分布を示すものの、大局的には海溝に近い襟裳岬で波高が高く奥部へ向けて津波高が減少するという特徴があるといえる。さらに、襟裳岬以西の太平洋沖で発生した地震津波は、北海道西部太平洋岸では減衰して到達していることもわかる。このことは、断層モデルを考える際の実例として重要である。また現時点でこの節で紹介した津波による堆積物が地層中に保存されていたという確かな報告はないため、これらの津波は沿岸低地の地層中に保存されるような大きな規模の津波とは違うものであると考えられる。

2) 17 世紀津波堆積物の分布と対比 北海道西部太平洋岸に分布する 17 世紀津波堆積物の実像を把握することは北海道の古津波科学にとって依然として重要なテーマの 1 つとされている(高清水, 2013)。特に胆振海岸に分布する 17 世紀津波については波源不明であるとされ(高清水ほか, 2007)、3 つの波源候補が挙げられている。すなわち、① AD1640 年の北海道駒ヶ岳山体崩壊起源津波、②北海道東部地域の 17 世紀津波(いわゆる“500 年間隔地震”)による津波の内、最も新しいもの)、そして③ AD1611 年慶長三陸津波である(高清水ほか, 2007)。しかし津波堆積物の分布調査からは、現時点でこの津波堆積物を、これらの 3 候補のいずれかに対比できるのか否かについて決定的な証拠は無い。最近、胆振海岸東部の苫小牧西部～白老地域や日高海岸北部の賀張地域から 17 世紀津波堆積物が見出されたが(岡村ほか, 2012; 中西ほか, 2014; 高清水, 2017)、ここで確認された堆積物は 1 層のみであり、依然として対比が難しい状況は変わっていない。仮に胆振海岸の波源不明 17 世紀津波と北海道東部太平洋岸の 17 世紀津波が極近い時期に発生したものの別のイベントである場合は、両堆積物の分布の中間地域で 2 層の津波堆積物を確認することも予想されるが、現時点でそのような説得力のある堆積物は見つかっていない。この課題解決のためには現在確認されている北海道西部太平洋岸の 17 世紀津波堆積物の分布の西端地域(胆振海岸西部から噴火湾にかけての地域)と東端地域(日高海岸のより南方地域)における精査が重要になってくるため、今後の調査・研究の進展が期待される。

3) 17 世紀津波堆積物の分布を説明するための波源モデルの課題と展望 北海道東部太平洋岸の 17 世紀津波堆積物の分布を説明するために作成された T10N5 モデル(Naynayama et al., 2003; Satake et al., 2008)や中央防災会議が検討した 500 年間隔地震の断層分布による津波の数値計算結果を考えると、十勝沖・根室沖のみの波源では北海道西部太平洋岸の津波堆積物の分布を上手く説明をすることは困難であることが分かる。例えば、むかわ町から報告されたような標高約 5~6 m(最大遡上高約 8 m)の津波堆積物の分布(高清水ほか, 2007)や日高町から見つかった標高約 3.8 m まで分布する津波堆積物(高清水ほか, 2017)を説明することは難し

い。

これらを説明するために設定された断層モデルが北海道モデル[URL1]である。このモデルでは“津波波源モデルの設定にあたっては、これまでに得られている津波堆積物データを説明できることを前提”としているため、東北部沖、十勝沖、および根室沖の各断層が大連動した場合として数値計算が進められている。すなわち、北海道西部太平洋岸に分布する津波堆積物を含めて“500 年間隔地震”による津波堆積物の分布を統一して説明しているのである。本当にそのような巨大地震を北海道太平洋側の巨大津波のトリガーとして考えてよいのかについては議論の余地がある。もしこのような北海道太平洋側を襲う巨大津波のトリガーとなる地震像を考えるのであれば、北海道東部～西部太平洋岸に渡って繰り返し堆積する津波堆積物は全て対比されなくてはならない。前節で述べたように 17 世紀津波堆積物の対比は困難である現状を考えると、この問題は簡単に解決できそうにはない。

これを解決するためのもう 1 つのアプローチは、北海道西部太平洋側における巨大津波履歴の解明である。もし、北海道東部～西部にかけての地域で同時期に 1 層の津波堆積物が分布するのであれば、このような北海道太平洋岸を数 100 年ごとに繰り返し襲う巨大津波の断層モデルは、東北部沖、十勝沖、および根室沖の大連動型であるという可能性に現実味が帯びてくる。残念ながら東北部沖の巨大津波の履歴に関してはまだまだ報告が少なく不確実性が大きいことは否めないのだが、現時点で 2 つ地域からの調査結果の報告があるので、以下に紹介する。

高清水(2007)と高清水ほか(2013)は、胆振海岸東部の苫小牧東港付近(Loc. T; Fig. 1)でのピートサンプラー調査やトレンチ調査を行い、地表から約 2.5 m までの層序を明らかにした。それによると、Loc. T の地質断面においては 17 世紀の津波堆積物の分布以深で、津波堆積物と考えられる地層は認められていない。17 世紀津波堆積物の下位には泥炭層(厚さ 12 cm)、白頭山-苫小牧(B-Tm)テフラ(厚さ 1 cm)、炭層(厚さ 48 cm)、樽前 c2(Ta-c2)テフラ(厚さ 7 cm)、および泥炭層(厚さ 40 cm)であり、北海道東部太平洋岸で認められるようなリズミカルな津波堆積物と泥炭層の互層は認められない。Ta-c2 テフラの年代は暦年校正値で 2500~2800 年前(柳井・五十嵐, 1990; Kelsey ほか, 2002)とされている。また、Loc. T の位置は苫小牧東港の海岸線付近に位置することもあわせて考えると、少なくとも 2500~2800 年前以降にこの場所に来襲した巨大津波の痕跡は 17 世紀の津波堆積物のみであるということが見えてくる。

一方、東北部沖の断層モデルの履歴を考える上で重要な報告は、青森県東通村の小田野沢付近の沿岸低地の津波堆積物調査から示された(Tanigawa et al., 2014)。この沿岸低地を構成する地層からは 6 層の海成層が認められ、最も新しい層(S1 層)の形成年代は、AD1480~1770 年と見積もられた。Tanigawa et al.(2014)は、S1 層は内陸へ 1 km 以上に渡って分布することからかなり規模の大きな津波によるものと推定している。この S1 層の下位には厚い粘土層や泥炭質粘土等が分布しており、1 つ古い海水浸入イベ

ント層(この論文の中では、津波堆積物と認定はしていない)であるS2層まで1 m前後の層厚がある。S2層の堆積年代は、4800~4500 cal. BP年と見積もられており、少なくとも両層の再来間隔は3700年であるとした。また、S1層と同じように内陸へ1 km以上に渡って分布するのは、S3層の津波堆積物のみであり、その堆積年代は5300~4870 cal. BP年であるとした。

これらの東北北部沖の波源に面した異なる2地域における津波履歴は、北海道東部の千島海溝に面した地域から認められるような数百年間隔の非周期的な発生頻度(Sawai et al., 2009)とは異なっているように見える(Fig. 2)。このような履歴がこの地域の津波の実像だとするならば、この地域の巨大津波の発生には多様性があることを指摘できる。現時点では調査地点が少ないので不確実な部分が残る、東北北部沖が、十勝沖および根室沖の波源とどのように関連して動くのか、否かについてはその詳細を明らかにすることはできない。今後、東北北部沖の波源に面する地域から津波履歴に関するより多くの調査が必要である。また、最終的には地質学的な証拠のみならず地殻変動、現在の微小地震分布や地盤変動の観測データの利用、および陸域・海域を含めた完新世の地形発達史を統合した上で最も合理的に事象を説明することのできる断層モデルの提案がされることが必要であろう。

おわりに

北海道太平洋側における津波堆積物研究、特に北方四島とこれまでに提案されている断層モデルについて、既存文献の成果の取りまとめを行った。北海道の津波堆積物研究は、地域ごとによって進展に差がある。例えば、研究のよく進んでいる北海道東部太平洋側地域に比べて日高地域は、沿岸低地の発達が悪く、かつ沿岸部では土地の人為的改変が進んでいるために調査には大きな制約条件があるため研究報告が少ないとされる(高清水ほか, 2017)。一方、北方四島における調査はロシアの研究者によって津波堆積物分布や履歴の全体像が提案されているものの(Ganze et al., 2011)、北海道東部太平洋岸で確認された巨大津波に対比することの妥当性を検討する必要があることやより局所的な津波を分離するまでには至っていないのが現状である。このような違いを踏まえた上で、北海道太平洋側の津波堆積物の統一的な時空分布の全体像の解明を進める必要がある。また、同時に津波堆積物の分布を根拠として津波波源の断層モデルを改良する試みは今後も報告が相次ぐものと考えられる。これらによって過去のプレート境界で発生した巨大地震像の把握につながる可能性があり、今後の研究の進展が期待される。

謝辞 2名の匿名査読者、および担当編集委員の後藤和久博士からいただいたご指摘のおかげで本論は改善された。記して謝意を表する。

文 献

青森県(Aomori Prefectural Government), 2015, 津波浸水想定について(解説) (*Estimated Tsunami Inundation: Explanatory Text*)*. 38p. URL: <http://www.pref.aomori.lg.jp/kotsu/>

build/tunami-yosoku.html

Bulgakov, R. F., Ivanov, V. V., Khrumushin, V. N., Pevzner, M. M. and Sulerzhitsky, L. D., 1995, Investigation of paleotsunami traces for tsunami region study. *Phys. Earth*, **2**, 18–27. (in Russian)

中央防災会議事務局(Central Disaster Management Council), 2004, 北海道WG検討状況報告(*Report of the Situation of the Study by Hokkaido Working Group*)*. 中央防災会議事務局(Central Disaster Management Council), 6p. URL: http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/nihonkaiko_chisimajishin/5/index.html

中央防災会議事務局(Central Disaster Management Council), 2006, 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の被害想定について(*Estimated Damages Triggered by the Earthquakes around Japan and Kuril Trenches*). 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会, 中央防災会議事務局(The Committee for Technical Investigation on the Subduction Zone Earthquakes Generated around Japan and Kuril Trenches, Central Disaster Management Council)*, 297p. URL: <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/index.html>

Ganze, L. A., Razjigaeva, N. G., Grebennikova, T. A., Lyashevskaya, M. S., Il'ev, A. Y., Kaistrenko, V. M. and Kharlamov, A. A., 2011, Influence of natural catastrophes on the development of Southern Kuril Island landscapes in the Holocene. *Quatern. Int.*, **237**, 15–23.

羽島徳太郎(Hatori, T.), 1974, 1973年根室半島沖津波の波源域と1894年津波との比較(Source area of the tsunami off the Nemuro Peninsula in 1973 and its comparison with the tsunami in 1894). 東京大学地震研究所研究速報(*Spec. Publ. Rep. Earthquake Res. Inst., Univ. Tokyo*)*, **13**, 67–76.

羽島徳太郎(Hatori, T.), 1975, 1973年根室半島沖地震津波とその後の津波活動(Tsunami activity in eastern Hokkaido after the off Nemuro Peninsula Earthquake in 1973). 地震第2輯(*Jour. Seismol. Soc. Japan, 2nd Ser.*), **28**, 461–471.

羽島徳太郎(Hatori, T.), 1979, 北海道東部・南千島の津波活動(Tsunami activity in the Hokkaido and Kurile regions (1893~1978)). 東京大学地震研究所彙報(*Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.*), **54**, 543–557.

羽島徳太郎(Hatori, T.), 1995, 1994年北海道東方沖津波と南千島津波の波高分布(Distributions of wave-heights for the 1994 Hokkaido Toho-oki and Kurile tsunamis). 地震第2輯(*Jour. Seismol. Soc. Japan, 2nd Ser.*), **48**, 307–314.

平川一臣(Hirakawa, K.), 2012, 千島海溝・日本海溝の超巨大津波履歴とその意味: 仮説的検討(Reccurences of super large-sized tsunamis along Kuril and Japan trenches and its significance: Hypothetical consideration)*. 科学(*Kagaku*), **82**, 172–181.

平川一臣・中村有吾・越後智雄(Hirakawa, K., Nakamura, Y. and Echigo, T.), 1998, 北海道十勝沿岸地域における段丘面上の津波堆積物(Tsunami deposits on the terrace surfaces along the Pacific coast of southern Tokachi, Hokkaido: Chronological and methodological significances). 日本地震学会講演予稿集(*Seismol. Soc. Japan, 2010 Fall Meet., Abstr.*), C56.

平川一臣・中村有吾・越後智雄(Hirakawa, K., Nakamura, Y. and Echigo, T.), 2000, 十勝地方太平洋沿岸地域の巨大古津波(Large-sized paleo-tsunami of the Pacific coast of Tokachi area, Hokkaido, northern Japan)*. 月刊地球号外(*Chikyū Monthly, Extra Ed.*), **31**, 92–98.

平川一臣・中村有吾・西村裕一(Hirakawa, K., Nakamura, Y. and Nishimura, Y.), 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(Holocene large-sized tsunamis: including the tsunami of the 2003 Tokachi-oki earthquake)*. 月刊地球号外(*Chikyū Monthly, Extra Ed.*), **49**, 173–180.

Iliev, A. Ya., Kaistrenko, V. M., Gretskeya, E. V., Tikhonchuk, E. A., Razjigaeva, N. G., Grebennikova, T. A., Ganze, L. A. and Kharlamov, A. A., 2005, Holocene Tsunami Traces on Kunashir Island, Kurile Subduction Zone. In Satake, K.,

- ed., *Tsunamis: Case Studies and Recent Developments*, Springer Netherlands, 171–192.
- 今村明恒 (Imamura, A.), 1921, 奥羽西部ノ地震帯 (Seismic zone of the western Oku-u area)*. 震災豫防調査會報告 (Rep. Imperial Earthquake Investigation Committee). **95**, 1–102.
- Ioki, K. and Tanioka, Y., 2016, Re-estimated fault model of the 17th century great earthquake off Hokkaido using tsunami deposit data. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **433**, 133–138.
- Kaistrenko, V., Razjigaeva, N., Kharlamov, A. and Shishkin, A., 2013, Manifestation of the 2011 Great Tohoku Tsunami on the Coast of the Kuril Islands: A Tsunami with Ice. *Pure Appl. Geophys.*, **170**, 1103–1114.
- 鏡味洋史 (Kagami, H.), 2006, 1896.6.15 明治三陸地震津波の北海道における被害に関する文献調査 (Literature survey of the Meiji Sanriku tsunami earthquake of June 15, 1896). 日本建築学会技術報告集 (Jour. Tech. Design., Architectural Inst. Japan.), **23**, 487–490.
- 川上源太郎・地質研究所津波調査班 (Kawakami, G. and Tsunami survey team of the Geological Survey of Hokkaido), 2011, 北海道沿岸における 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の作用—河川における痕跡— (The effects of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake Tsunami on the rivers, Hokkaido). 北海道地質研究所報告 (Rep. Geol. Surv. Hokkaido), **95**, 17–25.
- Kelsey, H., 佐竹健治・澤井祐紀・Sherrod, B., 下川浩一・宍倉正展 (Kelsey, H., Satake, K., Sawai, Y., Sherrod, B., Shimokawa, K. and Shishikura, M.), 2002, 北海道東部における完新世後期の急激な海岸隆起の繰り返し (Late Holocene repeated coastal uplift in eastern Hokkaido). 活断層・古地震研報 (Annu. Rep. Active Fault Paleoeearthquake Res.), **2**, 223–233.
- 宮地直道・西村裕一 (Miyaji, N. and Nishimura, Y.), 1994, 北海道南西沖地震 (1993 年 7 月 12 日) に伴う津波堆積物 (Tsunami deposits associated with the 1993 Southwest Hokkaido earthquake, Japan). 北海道地区自然災害科学資料センター報告 (Bull. Natl. Disaster Sci. Data Center, Hokkaido), **9**, 25–48.
- Moore, A., Nishimura, Y., Gelfenbaum, G., Kamataki, T. and Triyono, R., 2006, Sedimentary deposits of the 26 December 2004 tsunami on the northwest coast of Aceh, Indonesia. *Earth Planets Space*, **58**, 253–258.
- 武者金吉 (Musha, K.), 1953, 9. 北海道の地震活動 (Chapter 9, Seismic activity of Hokkaido). 驗震時報 (Q. Jour. Seismol.), **17**, 123–129.
- Nakagawa, M., Ishizuka, Y., Kudo, T., Yoshimoto, M., Hirose, W., Ishizaki, Y., Gouchi, N., Katsui, Y., Solovyov, A. W., Steinberg, G. S. and Abdurakhmanov, A. I., 2002, Tyatya Volcano, southwestern Kuril arc: recent eruptive activity inferred from widespread tephra. *Island. Arc*, **11**, 236–254.
- 中村浩二・荒井賢一 (Nakamura, K. and Arai, K.), 1995, 北海道東方沖地震にオホーツク海沿岸で観測された津波 (A small tsunami observed along the coast of the Okhotsk sea accompanied with the 1994 Hokkaido Toho-oki earthquake). 地震第 2 輯 (Jour. Seismol. Soc. Japan, 2nd Ser.), **48**, 451–461.
- 中村有吾・西村裕一・中川光弘・Kaistrenko V. M.・Iliev A. Ya. (Nakamura, Y., Nishimura, Y., Nakagawa, M., Kaistrenko V. M. and Iliev A. Ya.), 2009, 国後島南部および色丹島における北海道起源の完新世広域テフラの同定 (Holocene marker tephra in the coastal lowlands of Kunashiri and Shikotan islands, southern Kuril Islands). 火山 (Bull. Volcanol. Soc. Japan), **54**, 263–274.
- 中西 諒・岡村 聡・高清水康博・嵯峨山 積・仁科健二 (Nakanishi, R., Okamura, S., Takashimizu, Y., Sagayama, T. and Nishina, K.), 2014, 北海道胆振海岸, 白老地域に見られる 17 世紀津波堆積物の分布と波源の検討 (Distribution and origin of the 17th century tsunami deposit in Shiraoi, western Iburi coast, Hokkaido, northern Japan). 地学団体研究会専報 (Monog. Assoc. Geol. Collab. Japan), **60**, 169–178.
- Nanayama, F., Furukawa, R., Shigeno, K., Makino, A., Soeda, Y. and Igarashi, Y., 2007, Nine unusually large tsunami deposits from the past 4000 years at Kiritappu marsh along the southern Kuril Trench. *Sediment. Geol.*, **200**, 275–294.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Atwater, B. F., Shigeno, K. and Yamaki, S., 2003, Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril trench. *Nature*, **424**, 660–663.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・古川竜太・重野聖之 (Nanayama, F., Satake, K., Shimokawa, K., Furukawa, R. and Shigeno, K.), 2000, イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域の津波の遡上規模と再来間隔の検討 (Evaluation of frequency and invasion area of large earthquake tsunamis along the Kuril subduction zone by potulated tsunami deposits). 地質調査所速報平成 11 年度活断層・古地震調査概要報告書 (Geol. Surv. Japan Interim Rep., no. EQ/00/2 (Interim Rep. Rep. on Act. Fault and Paleoeearthquake Res. in the 1999 Fiscal Year), 1–17.
- 七山 太・佐竹健治・下川浩一・重野聖之・小板橋重一・宮坂省吾・石井正之 (Nanayama, F., Satake, K., Shimokawa, K., Furukawa, R. and Shigeno, K.), 1998, 遡上型津波堆積物の堆積相と堆積過程: 1993 年北海道南西沖地震津波の研究例 (Sedimentary facies and processes of inflow typed-tsunami deposits: an example from the tsunami of the 1993 Hokkaido-Nansei-oki earthquake)*. 月刊海洋号外 (Kaiyo Monthly, Extra Ed.), **15**, 140–146.
- 七山 太・重野聖之 (Nanayama, F. and Shigeno, K.), 1998, 北海道東部, 千島海溝沿岸地域における歴史津波堆積物: 研究序説 (Historical tsunami deposits in the areas of the eastern Hokkaido and along the Kuril subduction zone: an introduction)*. 月刊海洋号外 (Kaiyo Monthly, Extra Ed.), **15**, 177–182.
- 七山 太・重野聖之・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太 (Nanayama, F., Shigeno, K., Makino, A., Satake, K. and Furukawa, R.), 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・花潭沼・馬主来沼, キナシベツ湿原および湧洞沼における研究例 (Evaluation of tsunami inundation limits distribution of tsunami event deposits along the Kuril subduction zone, eastern Hokkaido, northern Japan: case studies of Lake Choboshi-ko, Lake Tokotan-numa, Lake Pashukuru-numa, Kinashibetsu Marsh and Lake Yudo-numa). 活断層・古地震研報 (Annu. Rep. Active. Fault Paleoeearthquake Res.), **1**, 251–272.
- 七山 太・重野聖之・三浦健一郎・古川竜太 (Nanayama, F., Shigeno, K., Miura, K. and Furukawa, R.), 2004, 北海道東部, 根室市別当賀低地において記載された 4 層の津波砂層と広域イベント対比 (Four tsunami sands in peat layers at the Bettouga Lowland in Nemuro City eastern Hokkaido, and their correlation with regional tsunami events). 活断層・古地震研報 (Annu. Rep. Active. Fault Paleoeearthquake Res.), **4**, 9–15.
- 七山 太・重野聖之・三浦健一郎・牧野彰人・古川竜太・佐竹健治・……中川 充 (Nanayama, F., Shigeno, K., Miura, K., Makino, A., Furukawa, R., Satake, K., …Nakagawa, M.), 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 (Evaluation of tsunami inundation limits from distribution of event deposits along the Kuril subduction zone, eastern Hokkaido: comparison of the Tokachi and Nemuro-Kushiro coasts). 活断層・古地震研報 (Annu. Rep. Active. Fault Paleoeearthquake Res.), **2**, 209–222.
- 七山 太・重野聖之・添田雄二・古川竜太・岡橋久世・斎藤健一・……中川 充 (Nanayama, F., Shigeno, K., Soeda, Y., Furukawa, R., Okahashi, H., Saito, K., …Nakagawa, M.), 2003, 北海道東部, 十勝海岸南部地域における 17 世紀の津波痕跡とその遡上規模の評価 (Tsunami traces in the 17th century evaluations of their inundation limits from distribution of event deposits along the southern Tokachi coasts, eastern Hokkaido, northern Japan). 活断層・古地震研報 (Annu. Rep. Active. Fault Paleoeearthquake Res.), **3**, 297–314.
- Nishimura, Y., 2008, Volcanism-induced tsunamis and tsunami-ites. In Shiki, T., Tsuji, Y., Yamazaki, T. and Minoura, K., eds., *Tsunamiites*, Elsevier, 163–181.

- 西村裕一・宮地直道(Nishimura, Y. and Miyaji, N.), 1994, 北海道南西沖地震に伴う津波堆積物の分布および粒度特性(Distribution pattern and grain size propaties of the tsunami deposits associated with the 1993 Hokkaido-Nansei-oki earthquake, Japan)*. 月刊海洋号外(*Kaiyo Monthly, Extra ed.*). 7, 139–147.
- Nishimura, Y. and Miyaji, N., 1995, Tsunami deposits from the 1993 southwest Hokkaido earthquake and the 1640 Hokkaido Komagatake eruption, northern Japan. *Pure Appl. Geophys.*, **144**, 719–733.
- 西村裕一・宮地直道(Nishimura, Y. and Miyaji, N.), 1998, 北海道駒ヶ岳噴火(1640年)の波高分布について(On height distribution of tsunami caused by the 1640 eruption of Hokkaido-Komagatake, northern Japan). 火山(*Bull. Volcano. Soc. Japan*), **43**, 239–242.
- Nishimura, Y., Miyaji, N. and Suzuki, M., 1999, Behavior of historic tsunamis of volcanic origin as revealed by onshore tsunami deposits. *Phys. Chem. Earth.*, **24**, 985–989.
- 西村裕一・中村有吾・Kaistrenko, V. M・Iliev, A. Y.(Nishimura, Y. and Nakamura, Y., Kaistrenko, V. M. and Iliev, A. Y.), 2009, 南千島(北方四島), 国後島および色丹島におけるテフラと津波堆積物(Tsunami deposits and tephra on Kunashir and Shikotan islands, southern Kuril Islands). 月刊地球(*Chikyu Monthly*), **31**, 311–320.
- 岡村 聡・伊藤和矢・永井 潤・桑谷大祐・三浦祐紀・角井貴博・西村裕一・高清水康博・嵯峨山 積(Okamura, S., Ito, K., Nagai, J., Kuwatani, D., Miura, H., Kakui, T., Nishimura, Y., Takashimizu, Y. and Sagayama, T.), 2012, 北海道胆振海岸に分布する17世紀津波堆積物(A 17th-century tsunami deposti distributed in the Iburi coast, Hokkaido, Japan)*. 苫小牧市博物館館報(*Tomakomai City Museum Kanpo*)*, **9**, 15–24.
- 岡崎紀俊・地質研究所津波調査班(Okazaki, N. and Tsunami Survey Team of the Geological Survey of Hokkaido), 2012, 北海道太平洋沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震の津波調査(Survey on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake tsunami of March 11, 2011 on the Pacific coast of Hokkaido). 北海道地質研究所報告(*Rep. Geol. Surv. Hokkaido*), **83**, 1–15.
- 大森房吉(Omori, F.), 1895, 明治廿七年三月廿二日北海道地震概報告(Preliminary report of the earthquake of Hokkaido on 22, March, 1894)*. 震災豫防調査會報告(*Rep. Imperial Earthquake Investigation Committee*). **3**, 27–35.
- 大森房吉(Omori, F.), 1901, 日本二於ケル津浪二就キテ(On the Tsunamis of Japan)*. 震災豫防調査會報告(*Rep. Imperial Earthquake Investigation Committee*). **34**, 5–81.
- Ozawa, S., Nishimura, T., Suito, H., Kobayashi, T., Tobita, M. and Imakiire, T., 2011, Coseismic and postseismic slip of the 2011 maginutde-9 Tohoku-Oki earthquake. *Nature*, **475**, 373–376.
- Razjigaeva, N. G., Ganzey, L. A., Grebennikova, T. A., Ivanova, E. D., Kharlamov, A. A., Kaistrenko, V. M. and Shishkin, A. A., 2012, Coastal sedimentation associated with the Tohoku Tsunami of 11 March 2011 in south Kuril Islands, NW Pacific Ocean. *Pure Appl. Geophys.*, **170**, 1081–1102.
- Razjigaeva, N. G., Ganzey, L. A., Grebennikova, T. A., Ivanova, E. D., Kharlamov, A. A., Kaistrenko, V. M., Shishkin, A. A. and Chernov, S. B., 2014a, The Tohoku Tsunami of 11 March 2011: The key event to understanding tsunami sedimentation on the coasts of closed bays of the Lesser Kuril Islands. *Pure Appl. Geophys.*, **171**, 3307–3328.
- Razjigaeva, N. G., Ganzey, L. A., Grebennikova, T. A., Ivanova, E. D., Lyashevskaya, M. S., Kharlamov, A. A. and Kaistrenko, V. M., 2014b, Deposits of the Tohoku Tsunami (March 11, 2011) in the southern Kuril Islands: Composition and fossils. *Oceanology*, **54**, 374–386.
- Razzhigaeva, N. G., Ganzei, L. A., Grebennikova, T. A., Kharlamov, A. A., Il'ev, A. Ya. and Kaistrenko, V. M., 2007, Tsunami deposits of the Shikotan earthquake of 1994. *Oceanology*, **47**, 579–587.
- Razzhigaeva, N. G., Ganzei, L. A., Grebennikova, T. A., Kharlamov, A. A., Ilyev, A. Ya. and Kaistrenko, V. M., 2008, The geological record of paleotsunamis striking Shikotan Island, in the Lesser Kurils, during Holocene time. *Jour. Volcanol. Seismolog.*, **4**, 50–66.
- Razzhigaeva, N. G., Ganzei, L. A., Grebennikova, T. A., Kharlamov, A. A., Kaistrenko, V. M., Arslanov, K. A. and Gorbunov, A. O., 2012, Manifestation of holocene tsunamis on the Lesser Kuril Ridge. *Russ. Jour. Pac. Geol.*, **6**, 448–456.
- Razzhigaeva, N. G., Matsumoto, A. and Nakagawa, M., 2016, Age, source, and distribution of Holocene tephra in the southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene eruptive activities in the southern Kurile arc. *Quatern. Int.*, **397**, 63–78.
- 札幌管区气象台(Sapporo District Meteorological Observatory, JMA), 1994, 1-11 平成6年(1994年)北海道東方沖地震(10月4日, M8.1) (The Hokkaido-Toho-Oki earthquake, 1994 (October 4, M8.1)). 地震予知連絡会会報(*Rep. Coordinating Committee for the Earthquake Prediction, Japan*), **53**, 51–56.
- 佐竹健治・七山 太(Satake, K. and Nanayama), 2004, 北海道太平洋岸の津波浸水履歴図(CD-ROM) (Tsunami inundation map along the Pacific coast of Hokkaido, Japan: CD-ROM)*. 数値地質図 EQ-1 (*Digial Geoscience Map EQ-1*), 産業技術総合研究所地質調査総合センター(Geol. Surv. Japan, AIST).
- Satake, K., Nanayama, F. and Yamaki, S., 2008, Fault models of unusual tsunami in the 17th century along the Kril trench. *Earth Planets Space*, **60**, 925–935.
- 佐藤比呂志・嶋本利彦・堤 昭人・川本英子・宮脇昌弘(Sato, H., Shimamoto, T., Tsutsumi, A., Kawamoto, E. and Miyawaki, M.), 1994, 1993年北海道南西沖地震と1983年日本海中部地震に伴う陸上の津波堆積物(Onshore tsunami sediments caused by the 1993 Southwest Hokkaido earthquake and the 1983 Japan Sea earthquake). 活断層研究(*Act. Fault Res.*), **12**, 1–23.
- 澤井祐紀(Sawai, Y.), 2012, 地層中に存在する古津波堆積物の調査(Study on paleotsunami deposits in geologic stratum). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **118**, 535–558.
- Sawai, Y., Kamataki, T., Shishikura, M., Nasu, H., Okamura, Y., Satake, K.,...Aung, T. T., 2009, Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. *Jour. Geophys. Res.*, **114**, B01319, doi: 10.1029/2007JB005503.
- 首藤伸夫・松富英夫・堺 茂樹・佐々木幹夫(Shuto, N., Matsutomi, H., Sakai, S. and Sasaki, Y.), 1995, 1994年北海道東方沖地震津波と防災上の問題点(1994 Hokkaido-Toho-oki earthquake and problems on its disaster managements)*. 海岸工学論集(*Proc. Coastal Engin., Japan Soc. Coastal Engin.*), **42**, 1246–1250.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫博・石井正之(Soeda, Y., Nanayama, F., Shigeno, K., Kumasaki, S. and Ichii, M.), 2004, 北海道東部太平洋沿岸域, 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ー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ー(Large prehistorical tsunami traces at the historical site of Kokutaiji Temple and the Shiomigawa lowland, eastern Hokkaido: Significance of sedimentological and diatom analyses for identification of past tsunami deposits). 地質学論集(*Mem. Geol. Soc. Japan*), **58**, 63–75.
- Soloviev, S. L. and Ferchev, M. D., 1961, Summary of data on tsunami in the USSR. *Acad. Sci. USSR, Bull. Counc. Seismol.*, **9**, 23–55 (in Russian).
- 田近 淳(Tajika, J.), 2007, 1994年北海道東方沖地震による色丹島の地滑り(Landslides in Shikotan Island triggered by 1994 Hokkaido-Toho-oki Earthquake). 日本地すべり学会誌(*Jour. Japan Landslide Soc.*), **45**, 29–32.
- 高清水康博(Takashimizu, Y.), 2013, 北海道の津波堆積物研究の現

- 状と課題：17世紀巨大津波による堆積物の研究を中心に(Review of previous studies on tsunami deposits in Hokkaido, northern Japan: Focusing on the studies of deposits from 17th century large tsunamis and others). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **119**, 599–612.
- 高清水康博・永井潤・岡村聡・西村裕一(Takashimizu, Y., Nagai, J., Okamura, S. and Nishimura, Y.), 2013, 砂丘を越えて沿岸低地を遡上した津波による堆積モデル：北海道胆振海岸東部に分布する17世紀津波堆積物の研究例(A tsunami depositional model in coastal lowland over sand dune: An example from the 17th century tsunami deposit in the eastern Iwuri coast, central Hokkaido, northern Japan). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **119**, 1–16.
- 高清水康博・仁科健二・川上源太郎・佐藤善輝・岡村聡・中西諒……石丸聡(Takashimizu, Y., Nishina, K., Kawakami, G., Sato, Y., Okamura, S., Nakanishi, R., Ishimaru, S.), 2017, 北海道日高海岸北部から確認された17世紀の津波堆積物(Identification of a 17th-century tsunami deposit on the northern Hidaka coast, Hokkaido, northern Japan). 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **56**, 1–9.
- 高清水康博・嵯峨山積・仁科健二・岡孝雄・中村有吾・西村裕一(Takashimizu, Y., Sagayama, T., Nishina, K., Oka, T., Nakamura, Y. and Nishimura, Y.), 2007, 北海道胆振海岸東部から確認された17世紀の津波堆積物(A 17th-century tsunami deposit discovered on the eastern Iwuri coast, Hokkaido, northern Japan). 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **47**, 119–130.
- Takashimizu Y., Urabe A., Suzuki K. and Sato Y., 2012, Deposition by the 2011 Tohoku-oki tsunami on coastal lowland controlled by beach ridges near Sendai, Japan. *Sediment. Geol.*, **282**, 124–141.
- Tanigawa K., Sawai, Y., Shishikura, M., Namegaya, Y. and Matsumoto, D., 2014, Geological evidence for an unusually large tsunami on the Pacific coast of Aomori, northern Japan. *Jour. Quatern. Sci.*, **29**, 200–208.
- 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会(The committee for technical investigation on countermeasures for earthquakes and tsunami based on the lessons learned from the “2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake”), 2011, 東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告(*Report of the committee for technical investigation on countermeasures for Earthquakes and Tsunamis Based on the Lessons Learned from the “2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake”*). 47p.
- 宇佐美龍夫(Usami, T.), 1975, 資料 日本被害地震総覧(Data book, Comprehensive list of earthquakes occurred in the Japanese Islands)*. 東京大学出版会(*Univ. Tokyo press*), 335p.
- 渡辺偉夫(Watanabe, H.), 1998, 日本被害津波総覧【第2版】(*Comprehensive List of Tsunamis to Hit the Japanese Islands, 2nd edition*). 東京大学出版会(*Univ. Tokyo press*), 238p.
- Wei, D. and Seno, T., 1998, Determination of the Amurian plate motion. In Flower, M. F. J., Chung, S.-L., Lo, C.-H. and Lee, T.-Y., eds., *Mantle dynamics and plate interactions in East Asia*, Amer. Geophys. Union, 337–346.
- 柳井清治・五十嵐八重子(Yanai, S. and Igarashi, Y.), 1990, 北海道日高地方海岸段丘地帯における斜面崩壊の発生史とその古環境(History of the slope failure and paleoenvironment on the marine terrace of Hidaka district, central Hokkaido). 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **29**, 319–336.
- [URL1]北海道(Hokkaido Government), 2012, 北海道太平洋沿岸に係る津波浸水予測図について. URL: <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/bsb/tsunami/index.htm>

* English translation from the original written in Japanese

(著者プロフィール)

高清水康博 新潟大学人文社会・教育科学系(教育学部理科教育専修地学教室)准教授。96年 東海大学海洋学部卒, 01年 新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了(博士(理学)), 01年 北海道立地質研究所環境地質部, 09年から現職。研究内容: 古津波科学, 堆積地質学ほか。E-mail: takashimi@ed.niigata-u.ac.jp.

(要 旨)

高清水康博, 2017, 北海道太平洋岸の津波堆積物研究: 北方四島の津波堆積物と北海道西部太平洋側の断層モデルの検討. 地質雑, **123**, 805–817. (Takashimizu, Y., 2017, Review of the studies of tsunami deposit of Hokkaido, northern Japan: Focusing on the tsunami deposits of Northern Territory and fault models of the western Pacific coast of Hokkaido. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **123**, 805–817.)

北海道太平洋側の古津波堆積物研究の現状と課題を, 北方四島と北海道太平洋側の断層モデルに焦点を当てて示した。過去7000年間における国後島と色丹島の津波堆積物の層数は色丹島の方が多く, 色丹島の方が海溝に近いので, 規模の小さな津波でも地層中に記録されたためである。一方, 国後島には規模の大きな津波のみが到達するため, 巨大津波の履歴がよく記録されている。北海道の太平洋側の津波堆積物の分布を説明するために設定された複数の断層モデルの復元からは, 北海道西部太平洋岸の波源として東北北部断層モデルの重要性が指摘された。北海道胆振海岸と青森県東部の津波堆積物履歴をあわせて考えると, 少なくとも過去2500～2800年前以降に北海道西部太平洋岸に襲った津波堆積物は1層のみであるということが見えてきた。