

## 青森県六ヶ所村平沼における津波堆積物調査

### A report on paleotsunami study in Hiranuma lowland, on the Pacific coast of Aomori Prefecture, northeastern Japan

谷川晃一郎<sup>1</sup>

Koichiro Tanigawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, k-tanigawa@aist.go.jp)

**Abstract:** We examined coastal deposits in Hiranuma lowland, Aomori Prefecture, by hand coring and outcrops at 82 sites. Deposits beneath the lowland consist mainly of peaty clay and peat deposited in the last 2500 years, between 30 and 150 cm in depth. We found an anomalous sand sheet interbedded within peat. Fossil diatom assemblages in the sand sheet and peat are characterized by the dominance of freshwater species. We could not determine the origin of the sand sheet based on fossil diatom assemblages and its limited distribution. Radiocarbon ages of plant microfossils and the eruption age of Towada-a tephra provides a depositional age of 1400–1050 cal BP for the sand sheet.

**キーワード:** 津波堆積物, 珪藻分析, 放射性炭素年代測定, 青森県, 日本海溝, 千島海溝  
**Keywords:** tsunami deposit, diatom analysis, radiocarbon dating, Aomori Prefecture, Japan Trench, Kuril Trench

#### 1. はじめに

青森県太平洋岸は日本海溝北端部に面し, 日本海溝および千島海溝で発生する地震・津波の被害を受けてきた (例えば, 梶浦ほか, 1968 ; Tanioka *et al.*, 2004 ; Mori *et al.*, 2012) (第 1A 図). 当地域では 1611 年の慶長三陸地震以降の最近 400 年間の地震・津波の歴史記録が存在しているが (都司・上田, 1995 ; 渡辺, 1998), 過去の巨大地震の繰り返しを検証するにはより長期間に渡って, 地震・津波の履歴を明らかにしなければならない. そのためには, 過去数千年間に適応可能な地震・津波の地質学的痕跡の研究が不可欠である.

青森県太平洋岸ではこれまでに東通村と三沢市で津波堆積物調査が行われている (第 1B 図). 東通村では, Minoura *et al.*, (1994) が下北半島の大沼から過去約 200 年間に堆積した 13 層の津波堆積物を, Minoura *et al.*, (2013) が下北砂丘から 700 年前頃の津波堆積物を報告している. Tanigawa *et al.* (2014) は同じく東通村の沿岸低地から, AD 1480-1770 の津波堆積物を検出し, 17 世紀の千島海溝の連動型地震 (Nanayama *et al.*, 2003) もしくは西暦 1611 年慶長三陸地震による津波によって形成された可能性が高いとした. また, 谷川ほか (2014) は三沢市の沿岸低地で約 4800-2900 cal BP と 10 世紀以降に堆積した 2 つのイベント堆積物を報告している. このように, 青森県太平洋岸では津波堆積物が報告されているものの, その数が少なく時代も偏っている. 地震・津

波の履歴を明らかにするためには, より多くの地域で研究を行い履歴情報を蓄積していく必要がある. また, 津波堆積物の分布範囲の情報は地震・津波の破壊領域の評価にも重要である. そこで, 本研究では東通村と三沢市の間でこれまでイベント堆積物の報告がない六ヶ所村に着目し, 津波堆積物調査を行った.

#### 2. 調査地域

掘削調査は, 青森県六ヶ所村平沼の高瀬川河口左岸に南北に広がる海岸低地で行なった (第 1C 図). この低地は西側を標高 15 m 以上の後期更新世の段丘 (宮内, 1985) に, 東側は一部を標高 10 m を超える浜堤に挟まれ, 中央には市柳沼から発した市柳川が南流し高瀬川に注いでいる. 掘削は市柳川の西側の水田と市柳川沿いの露頭, 計 82 地点で行なった. 掘削地点の標高は約 0.5~3.5 m で, 全体として北側の地点ほど標高は高くなる. 掘削を行なった水田地帯の高瀬川よりには土手や水門が設けられており, 地元住民からの聞き取りでは, 2011 年の東北地方太平洋沖地震の津波による大きな浸水被害はなかったようである. 2011 年 9 月には高瀬川河口の砂浜や河口左岸の干潟周辺では, 厚さ 30 cm 以下の津波堆積物や津波によって流されてきたとみられるデブリが多数見られた.

### 3. 方法

ハンドコアラを用いて9測線77地点で最大268 cmまで掘削を行った。また、市柳川右岸の露頭を5地点で観察し、分析用の試料を露頭から採取した(第1C図)。堆積環境を明らかにするため、イベント堆積物とその下位の地層で計4層準の珪藻化石分析を行った。珪藻化石の処理はSato *et al.*, (2001)の方法に従い、200殻以上を同定、計数した。珪藻種の同定や生態に関する情報は主にKrammer and Lange-Bertalot(1986, 1988, 1991a, 1991b), 安藤(1990), Vos and de Wolf (1993), Witkowski *et al.*, (2000), 千葉・澤井(2014)によった。堆積年代の推定には放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )年代測定と広域火山灰の降下年代を利用した。 $^{14}\text{C}$ 年代測定は(株)地球科学研究所に依頼し、Beta Analytic Inc.において行われた。測定用サンプルは、実体顕微鏡下で堆積物中から果実と葉を計5試料拾い出した(第1表)。得られた年代はOxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009)とIntCal13 (Reimer *et al.*, 2013)を用いて暦年較正を行った。火山灰の同定は(株)古澤地質に依頼し、火山ガラスの屈折率測定と鉱物組成分析を行った。地形測量はライカジオシステム社のLeica Viva GS10を使用して行った。

### 4. 結果

#### 平沼低地の表層地質

平沼低地の表層約2.5 mまでの地質は上位から、耕作土、泥炭質粘土層や泥炭層、さらに砂層や砂質泥層、泥層からなる。泥炭質粘土層や泥炭層の層厚は地点により大きく変化し、測線D-D', E-E', G-G', H-H'など調査域の南側では50 cmに満たない地点が多い(第1C, 2図)。これらの地点では、泥炭質粘土層や泥炭層の直下の砂層は植物片を含んじたり茶褐色を呈するものが多い。一方、調査域の北側の測線B-B', C-C', I-I'は、泥炭質粘土や泥炭が比較的厚く堆積し100 cm以上になる地点が多い。これらの地点では、泥炭質粘土層や泥炭層の直下に青みがかった灰色の泥層や砂質泥層が分布することが多い。このような調査地域の南北での地質の違いは、南側の地点が高瀬川の土砂供給の影響を受けていたことを示唆する。

調査域の北側では多くの地点で深さ約20~40 cmに火山灰層が分布していた。特に測線C-C'では火山灰層が2層見られる地点がハンドコアラでも複数確認された。

イベント砂層は市柳川の現在の流路周辺の中央から南側の地点、特に測線B-B'において泥炭層中に多く確認された。それぞれの砂層の地点間の対比は、砂層の位置や周囲の地質からだけでは判断が難しい。一方、泥炭層が厚く堆積している場合でも、北側の測線C-C'やI-I'ではイベント砂層はほとんど見られないため、分布は限定的である。

以下、各地点の堆積物の層相を記載する(第2図)。なお、堆積物が水分を多く含んでいるためハンドコアラでは堆積物が採取できず、50 cm程度しか掘削できない地点が多くみられた。

#### 測線A-A'

##### 地点1

深さ0~15 cmは耕作土、深さ15~27 cmは茶褐色の泥炭質粘土からなる。深さ27~52 cmは石英を含む中粒砂である。

##### 地点2

深さ0~30 cmは泥炭、深さ30~73 cmは石英を含む中粒砂である。

##### 地点3

深さ0~30 cmは耕作土、深さ30~171 cmまで泥炭が続き、深さ171~190 cmは貝化石を含む中~粗粒砂からなる。泥炭中には深さ74 cm付近、81 cm付近、87 cm, 90 cm, 132~138 cm, 151~155 cmなどに細~中粒砂が挟在する。

##### 地点4

深さ0~22 cmは耕作土で、深さ16 cmにパッチ状に火山灰を含む。深さ22~31 cmは褐色の砂質泥炭、深さ31~94 cmは泥炭からなる。深さ31 cmに火山灰、深さ58~74 cmに木片、深さ74~75 cmには再び火山灰を挟み、深さ53 cm, 75 cm, 92 cmには石英を含む中粒砂層が挟在する。深さ94~96 cmも中粒砂である。

##### 地点5

表層の深さ3~31 cmは回収できなかった。深さ31~70 cmは泥炭、深さ70~100 cmは黒褐色の泥炭質粘土、深さ100~113 cmは中粒砂である。

##### 地点6

深さ0~18 cmは耕作土、深さ18~35 cmは植物根を含む中粒砂である。

#### 測線B-B'

##### 地点7

表層の深さ0~36 cmは回収できなかった。深さ36~90 cm, 90~135 cmは泥炭、深さ135~155 cmは中粒砂、深さ155~195 cmは貝化石を含む青灰色の粘土である。泥炭中の深さ125~127 cmと135~134 cmには中~粗粒砂が挟在する。

##### 地点8

深さ0~22 cmは耕作土、深さ22~32 cmは黒褐色の泥炭質粘土からなる。深さ32~154 cmは泥炭、深さ154~158 cmは石英を含む中粒砂である。泥炭中には深さ49~52 cmに火山灰、深さ79 cm, 90 cm, 116 cmに木片、深さ113 cm, 142~144 cm, 146~149 cmに石英を含む細~中粒砂がみられる。

##### 地点9

深さ0~32 cmは耕作土、深さ32~39 cmは茶褐色の泥炭質粘土からなる。深さ39~41 cmに細~中粒砂を挟み、深さ41~72 cmは泥炭となり、深さ45~51 cm, 62 cm, 68~70 cm, 77~80 cmなどに石英を

含む中粒砂がみられる。

**地点 10**

深さ 0~23 cm は耕作土、深さ 23~55 cm は茶灰色の泥炭質粘土で、深さ 33 cm には火山灰が挟在する。深さ 55~57 cm に石英を含む細~中粒砂を挟み、深さ 57~103 cm は泥炭、深さ 103~113 cm は貝化石を含む粗粒砂、113~121 cm は砂泥互層となる。深さ 121~185 cm は灰褐色の貝化石を含む粘土層で、深さ 172 cm 以下は砂質となりコア下端部は植物片を含む。

**地点 11**

深さ 0~158 cm は泥炭で、深さ 60~85 cm、100~112 cm、138~158 cm は砂質である。また、深さ 140~150 cm には細かい貝殻片を含む。泥炭中には深さ 52 cm、67 cm、83~86 cm、112~138 cm、152~154 cm に中~粗粒砂が挟在する。深さ 112~138 cm の砂は下限に明瞭な境界、上限に遷移的な境界を持ち、粗粒から中粒砂へ上方細粒化する。泥炭以下、深さ 160~175 cm は灰褐色の粘土で 173~175 cm には貝化石を含む。

**地点 12**

深さ 0~19 cm は耕作土、深さ 19~76 cm は泥炭で深さ 48~76 cm は砂質である。深さ 53~58 cm に石英を含む中粒砂を挟む。深さ 83~101 cm は石英を含む中~粗粒砂、深さ 101~130 cm は粗粒砂と泥炭の互層からなる。深さ 130~137 cm は粘土、深さ 137~160 cm は細かい貝殻片を含む粘土質砂層である。

**地点 13**

深さ 0~29 cm は耕作土、深さ 29~80 cm は泥炭、深さ 80~110 cm は粘土質の泥炭である。深さ 110~145 cm は石英を含む中粒砂と泥炭の互層で、深さ 138~145 cm は細礫を含む。深さ 145~175 cm は灰褐色の粘土で深さ 169 cm 以下は砂質である。

**地点 14**

深さ 0~33 cm は耕作土、深さ 33~40 cm は赤茶けた中~粗粒砂である。深さ 40~62 cm は泥炭、深さ 68~72 cm は石英を含む中粒砂からなる。深さ 72~108 cm は砂質泥炭で深さ 84~91 cm に 2 層の中粒砂を挟む。

**地点 15**

市柳川沿いの露頭である。深さ 0~5 cm は泥炭、深さ 5~14 cm は泥炭と砂の互層からなる。深さ 14~22 cm は粗粒から中粒へ上方細粒化する赤茶けた砂で、下限には明瞭な境界を持つ。深さ 22~40 cm はパッチ状に砂を含む青灰色の粘土層である。河床には貝化石が露出する。

**地点 16**

深さ 0~48 cm は泥炭、深さ 48~129 cm は粘土質の泥炭、深さ 129~134 cm は石英を含む中粒砂である。泥炭中の深さ 95~104 cm に石英を含む中~粗粒砂が挟在する。

**地点 17**

市柳川沿いの露頭である。深さ 0~37 cm は泥炭で、深さ 13 cm、16 cm、23 cm、29 cm 付近に砂層を挟む。

**地点 18**

深さ 0~52 cm は泥炭質粘土、深さ 52~64 cm は中粒砂と粘土の互層、深さ 65~72 cm は石英を含む中粒砂からなる。深さ 72~133 cm は砂質泥炭で、深さ 89~93 cm、98~119 cm、129~131 cm に中粒砂が挟在する。深さ 133~150 cm は石英を含む中~粗粒砂である。

**地点 19**

深さ 0~40 cm は耕作土、深さ 40~62 cm は茶褐色の泥炭質粘土、深さ 62~65 cm は細粒砂である。深さ 70~81 cm は粘土が混じる石英を含む中粒砂、深さ 81~90 cm は泥炭質粘土で深さ 88~90 cm に中粒砂を挟み、深さ 92~94 cm は中粒砂となる。

**地点 20**

市柳川沿いの露頭である。深さ 0~5 cm は泥炭質粘土、深さ 5~55 cm は粗粒砂から細粒砂へ上方細粒化する赤茶けた砂である。深さ 55~115 cm は細礫を含む中~粗粒砂で、深さ 90 cm 以下はパッチ状に灰~灰褐色の粘土が混入する。深さ 30~90 cm は全体的に根痕が多く見られる。

**地点 21**

深さ 0~30 cm は耕作土、深さ 30~61 cm は茶褐色の泥炭質粘土、深さ 61~72 cm は赤茶けた細~粗粒砂である。

**地点 22**

深さ 0~43 cm は耕作土、深さ 43~58 cm は赤茶けた中~粗粒砂である。深さ 19 cm に火山灰を含む。

**地点 23**

深さ 0~33 cm は耕作土、深さ 33~58 cm は赤茶けた中~粗粒砂である。深さ 12~14 cm に火山灰を含む。

**地点 24**

深さ 0~38 cm は耕作土、深さ 38~43 cm は明褐色の泥炭質粘土、深さ 43~65 cm は赤茶けた中~粗粒砂である。深さ 12 cm には火山灰を挟む。

**地点 25**

深さ 0~13 cm は耕作土、深さ 13~34 cm は黒褐色の泥炭質粘土からなる。深さ 34~36 cm に火山灰を挟み、深さ 36~109 cm は泥炭で深さ 95~109 cm は砂質となる。深さ 88 cm には中粒砂を挟む。深さ 109~115 cm は石英を含む粗粒砂である。

**地点 26**

市柳川沿いの露頭である。深さ 0~18 cm は粘土質の泥炭、深さ 18~74 cm は泥炭からなる。泥炭中には、深さ 20 cm 付近と 28 cm 付近にそれぞれ、茶灰色と灰色の火山灰がパッチから層状に分布し、深さ 55~60 cm には厚さ 2~3 cm の中粒砂が挟在する。この中粒砂の中にも薄い泥炭が挟まり、中粒砂の直下約 10 cm には木片が多く含まれる。深さ 74~84 cm は



茶灰色の粘土で深さ 74~75 cm に中粒砂をパッチ状に含む。深さ 84~100 cm は石英を含む粘土質の細~中粒砂で、上部 6 cm にパッチ状の灰色粘土を含む。

**測線 C-C'**

**地点 27**

深さ 0~26 cm は泥炭質粘土、深さ 27~80 cm は泥炭、深さ 80~90 cm は泥炭質粘土、深さ 90~130 cm は泥炭、深さ 130~150 cm は泥炭質粘土、深さ 150~159 cm は明褐色の粘土である。深さ 159~192 cm は石英を含む中~粗粒砂である。深さ 181 cm 以下は粘土質となり青灰色を呈す。

**地点 28**

市柳川沿いの露頭である。深さ 0~12 cm は粘土質の泥炭、深さ 12~26 cm は泥炭からなり、深さ 17 cm に石英を含む中粒砂が挟在する。深さ 26~36 cm は石英を含む中~粗粒砂で、上部 5 cm にパッチ状の泥炭が見られる。

**地点 29**

深さ 0~20 cm は粘土質の泥炭、深さ 20~150 cm は泥炭で、約 150~170 cm は再び粘土質の泥炭となる。深さ 81~84 cm と 93~95 cm に火山灰を挟む。深さ 170~176 cm は茶灰色の粘土、深さ 176~185 cm は石英を含む粗粒砂である。

**地点 30**

深さ 0~40 cm は耕作土、深さ 40~70 cm は泥炭、深さ 70~83 cm は粘土質の泥炭である。深さ 83 cm には火山灰を挟み、深さ 83~115 cm は泥炭、深さ 115~174 cm は泥炭質粘土、深さ 174~175 cm は中粒砂からなる。

**地点 31**

深さ 0~24 cm は泥炭質粘土、深さ 24~191 cm は泥炭で深さ 39~41 cm に火山灰が挟在する。深さ 191~205 cm は泥炭質粘土、深さ 205~268 cm は砂質粘土で上部は灰褐色だが、深さ 230 cm 付近からは暗い青灰色となる。

**地点 32**

深さ 0~13 cm は耕作土、深さ 13~62 cm は泥炭で、深さ 39~41 cm と 48 cm に火山灰を挟む。深さ 62~135 cm は泥炭質粘土で、深さ 97~105 cm には石英を含む中粒砂、120~132 cm には下限に明瞭な境界を持つ細礫を含む粗粒砂が挟在する。深さ 135~175 cm は中~粗粒砂で最上部 10 cm と最下部 19 cm が粘土質である。

**地点 33**

深さ 0~22 cm は耕作土、深さ 22~100 cm は泥炭で、深さ 42~44 cm に火山灰を挟み、深さ 44~52 cm は火山灰質である。深さ 100~181 cm は泥炭で、深さ 100~135 cm は粘土質となる。深さ 165~166 cm には中粒砂が挟在する。深さ 181~185 cm は粗粒砂である。

**地点 34**

深さ 0~15 cm は耕作土、深さ 15~161 cm は泥炭で、

深さ 33~35 cm に火山灰を挟む。深さ 161~175 cm は植物片を含む中~粗粒砂である。

**測線 D-D'**

**地点 35**

深さ 0~18 cm は耕作土、深さ 18~35 cm は茶褐色の泥炭質粘土からなる。深さ 35~60 cm は泥炭で、深さ 56 cm 以下は砂質になる。

**地点 36**

深さ 0~19 cm は耕作土、深さ 19~42 cm は暗~茶褐色の泥炭質粘土、深さ 42~48 cm は泥炭からなる。深さ 48~66 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 37**

深さ 0~20 cm は耕作土、深さ 20~26 cm は暗褐色の泥炭質粘土である。深さ 26~67 cm は中粒砂で、最上部と最下部の 10 cm は植物片を含む。

**地点 38**

深さ 0~18 cm は耕作土、深さ 18~20 cm は泥炭質粘土、深さ 20~35 cm は粘土質の中粒砂である。深さ 35~38 cm は砂質の泥炭、深さ 38~50 cm は粘土質の中粒砂、深さ 50~57 cm は砂質の泥炭からなる。

**地点 39**

深さ 0~14 cm は耕作土、深さ 14~33 cm は泥炭質粘土、深さ 33~52 cm は泥炭からなる。深さ 52~66 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 40**

深さ 0~16 cm は耕作土、深さ 16~40 cm は暗褐色の泥炭質粘土、深さ 40~62 cm は泥炭からなる。深さ 62~73 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 41**

深さ 0~42 cm は耕作土、深さ 42~50 cm は暗褐色の泥炭質粘土、深さ 50~60 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 42**

深さ 0~22 cm は耕作土、深さ 22~31 cm は暗褐色の泥炭質粘土、深さ 31~61 cm は泥炭からなる。深さ 61~73 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 43**

深さ 0~20 cm は耕作土、深さ 20~30 cm は暗褐色の泥炭質粘土、深さ 30~55 cm は泥炭からなる。深さ 55~64 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 44**

深さ 0~31 cm は耕作土、深さ 31~40 cm は暗褐色の泥炭質粘土である。深さ 40~55 cm は泥炭、深さ 55~60 cm は泥炭質粘土、深さ 60~75 cm は泥炭からなる。深さ 75~79 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 45**

深さ 0~24 cm は耕作土、深さ 24~43 cm は暗褐色の泥炭質粘土で、深さ 24~33 cm までが砂質となり深さ 33~35 cm に中粒砂が挟在する。深さ 43~63 cm は泥炭からなり、深さ 63~74 cm は植物片を含む中粒砂である。

**地点 46**

深さ 0~28 cm は耕作土, 深さ 28~34 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 34~74 cm は泥炭からなる.

**測線 E-E'**

**地点 47**

深さ 0~19 cm は耕作土, 深さ 19~27 cm は泥炭質粘土である. 深さ 27~28 cm に火山灰を挟み, 深さ 28~40 cm は泥炭, 深さ 40~52 cm は植物片を含む中粒砂である.

**地点 48**

深さ 0~35 cm は耕作土, 深さ 35~38 cm は泥炭からなる.

**地点 49**

深さ 0~29 cm は耕作土, 深さ 29~62 cm は泥炭からなり, 深さ 62~65 cm は砂質泥炭である.

**地点 50**

深さ 0~35 cm は耕作土, 深さ 35~44 cm は茶褐色の泥炭からなる.

**地点 51**

深さ 0~28 cm は耕作土, 深さ 28~48 cm は茶褐色の砂質泥炭からなる.

**地点 52**

深さ 0~35 cm は耕作土, 深さ 35~41 cm は砂質泥炭からなる.

**地点 53**

深さ 0~16 cm は耕作土, 深さ 16~26 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 26~51 cm は泥炭からなる. 深さ 51~56 cm は砂質泥炭である.

**地点 54**

深さ 0~23 cm は耕作土, 深さ 23~32 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 32~57 cm は泥炭からなる.

**地点 55**

深さ 0~15 cm は耕作土, 深さ 15~35 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 35~44 cm は泥炭からなる. 深さ 44~50 cm は石英を含む中粒砂である.

**地点 56**

深さ 0~24 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 24~29 cm は火山灰, 深さ 29~39 cm は泥炭からなる. 深さ 39~47 cm は石英を含む中粒砂である.

**地点 57**

深さ 0~30 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 30~37 cm は泥炭からなる. 深さ 37~41 cm は石英を含む中粒砂である.

**地点 58**

深さ 0~30 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 30~40 cm は泥炭からなる. 深さ 40~50 cm は砂質泥炭, 深さ 50~55 cm は中粒砂である.

**地点 59**

深さ 0~30 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 30~51 cm は泥炭からなる.

**測線 F-F'**

**地点 60**

深さ 0~33 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 33~80 cm は泥炭からなる.

**地点 61**

深さ 0~30 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 30~52 cm は泥炭からなる.

**地点 62**

深さ 0~29 cm は耕作土, 深さ 29~44 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 44~95 cm は泥炭からなり, 深さ 74~81 cm に木片を含む. 深さ 95~97 cm は中粒砂からなる.

**地点 63**

深さ 0~24 cm は耕作土, 深さ 24~40 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 40~78 cm は泥炭からなる. 深さ 78~90 cm は中粒砂である.

**測線 G-G'**

**地点 64**

深さ 0~20 cm は耕作土, 深さ 20~30 cm は褐色の泥炭質粘土, 深さ 30~42 cm は中粒砂, 深さ 42~51 cm は砂質の泥炭からなる.

**地点 65**

深さ 0~12 cm は耕作土, 深さ 12~52 cm は茶褐色の中~粗粒砂からなる.

**地点 66**

深さ 0~20 cm は耕作土, 深さ 20~110 cm は中~粗粒砂からなる.

**地点 67**

深さ 0~32 cm は耕作土, 深さ 32~34 cm は中粒砂からなる.

**地点 68**

深さ 0~30 cm は耕作土, 深さ 30~80 cm は茶褐色の中粒砂, 深さ 80~100 cm は青灰色の粗粒砂からなり, 細礫が混じる.

**地点 69**

深さ 0~20 cm は耕作土, 深さ 20~34 cm は泥炭で最下部 2 cm は砂質である.

**地点 70**

深さ 0~19 cm は耕作土, 深さ 19~30 cm は暗褐色の泥炭質粘土である. 深さ 30~47 cm は赤茶けた粗粒砂からなり, 深さ 35~40 cm にパッチ状に泥炭質粘土を含む.

**地点 71**

深さ 0~35 cm まで耕作土である.

**地点 72**

深さ 0~24 cm は耕作土, 深さ 24~36 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 36~50 cm は泥炭からなる. 深さ 50~68 cm は石英を含む中粒砂である.

**地点 73**

深さ 0~32 cm は耕作土, 深さ 32~55 cm は泥炭からなる.

**地点 74**

深さ 0~21 cm は耕作土, 深さ 21~39 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 39~53 cm は泥炭からなる. 深さ 53~65 cm は植物片を含む赤茶けた中粒砂である.

**測線 H-H'**

**地点 75**

深さ 0~22 cm は耕作土, 深さ 22~42 cm は中~粗粒砂, 深さ 42~54 cm は砂質泥炭である.

**地点 76**

深さ 0~25 cm は耕作土, 深さ 25~38 cm は暗褐色の泥炭質粘土, 深さ 38~54 cm は泥炭からなる. 深さ 54~62 cm は植物片を含む中粒砂である.

**測線 I-I'**

**地点 77**

深さ 0~32 cm は耕作土, 深さ 32~83 cm は泥炭で, 深さ 62 cm 付近に細砂を挟み, 深さ 67~72 cm は粘土質である. 深さ 83~142 cm は砂質の泥炭, 深さ 142~152 cm は泥炭の混じる中~粗粒砂である.

**地点 78**

深さ 0~25 cm は耕作土, 深さ 25~38 cm は泥炭質粘土である. 深さ 38~39 cm に火山灰を挟み, 深さ 39~116 cm は泥炭からなる. 深さ 89 cm には木片が見られる.

**地点 79**

深さ 0~15 cm は耕作土, 深さ 15~114 cm は泥炭からなり, 深さ 23~28 cm には火山灰が挟在する. 深さ 114~134 cm は赤茶けた中~粗粒砂である.

**地点 80**

深さ 0~21 cm は耕作土, 深さ 21~23 cm は火山灰, 深さ 23~100 cm は泥炭からなる. 深さ 100~118 cm はやや赤茶けた粗粒砂である.

**地点 81**

深さ 0~18 cm は耕作土, 深さ 18~136 cm は泥炭で, 深さ 28~29 cm に火山灰を挟む. 深さ 136~148 cm は明褐色の泥炭質粘土からなり, 深さ 148~175 cm は植物片を含む青灰色の中~粗粒砂である.

**地点 82**

深さ 0~26 cm は耕作土, 深さ 26~177 cm は泥炭で, 深さ 71 cm と 88 cm に木片を含む. 深さ 177~195 cm は泥炭質粘土からなり, 深さ 195~212 cm はやや青みがかった茶灰色の粘土, 深さ 212~256 cm は砂質粘土である.

**<sup>14</sup>C 年代測定と火山灰分析**

地点 26 の露頭から採取した試料の <sup>14</sup>C 年代測定と火山灰分析を実施した (第 3A 図, 第 1 表). 前述のように, 当地点の地質は上位から泥炭層, パッチ状に砂を含む粘土層, 粘土質砂層からなり, 泥炭層中に 2 層の火山灰層とイベント砂層 (砂層 A) が挟在する. 砂層 A の直上からは 1610-1410 cal BP (AD 340-540), 直下からは 1420-1300 cal BP (AD 530-650), 18900-18690 cal BP, 1400-1300 cal BP (AD 550-650) の年代が得られた. また, 粘土層基底の試料は

2470-2320 cal BP の年代を示した. 年代値 18900-18690 cal BP は他の年代値に比べ極端に古く, 原因は定かではないが周辺の下位の地層からの混入と考えられるため, 議論では使用しない. 上位の火山灰は 10 世紀に噴出した白頭山苦小牧火山灰 (B-Tm) (町田・新井, 2003), 下位の火山灰は西暦 915 年に噴出した十和田 a 火山灰 (To-a) (町田・新井, 2003) に対比された.

**珪藻化石分析**

地点 26 で採取した砂層 A および砂層 A 直下の泥炭層からそれぞれ 2 層準, 計 4 層準の珪藻化石分析を行った (第 3 図). すべての層準で淡水生珪藻がほぼ 100% を占めた. 砂層 A からは *Achnanthes* 属, *Fragilaria* 属, *Karayevia* 属, *Planothidium dubium*, *Staurosirella pinnata* などが多く産出した. 泥炭層からは *Cymbella* 属, *Eunotia* 属, *Fragilaria* 属, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Tabellaria* 属などが多く産出した.

**5. 考察**

**堆積環境**

地点 26 から得られた年代値や珪藻化石分析結果 (第 3 図, 第 1 表) に基づいて堆積環境を推定する. 当地点では約 2500 cal BP 以前に基底の青灰色の粘土質砂層が堆積したとみられる. この粘土質砂層は測線 B-B' で最も下位に分布する粘土質砂層~砂層や粘土層に連続すると考えられる. 測線南部 (地点 7, 10~13) では粘土層や粘土質砂層が主に標高 0 m 以下の深さに分布し, 貝化石を多く含んでいることから海成層と考えられる. しかし, 地点 26 付近では標高 1 m 以上にも粘土質砂層は分布しており貝化石も見られないため, 海成層かどうかは不明である. 約 2500 cal BP 以降, 当地点では粘土層および泥炭層が連続的に堆積する静穏な環境であったとみられる. 泥炭層から採取した 2 つの試料に含まれる珪藻化石群集は, ほぼ全てが淡水生で占められ多くが付着性種であった (第 3B 図). よって, 現在まで淡水の湿地のような環境が継続した可能性が高い.

**イベント砂層 (砂層 A) の成因と堆積年代**

砂層 A は泥炭層中に挟在する砂層であることから, 洪水や津波・高潮などの突発的なイベントによって堆積したと考えられる. 砂層 A に含まれる珪藻化石群集は下位の泥炭層とは種構成がやや異なるが, ともに淡水生種がほぼ 100% を占めていた. この結果は, 砂層 A が洪水により形成された可能性を示唆する. しかし, 近年, 現世の津波堆積物中にほとんど海生珪藻が含まれないという報告もあり (Szczuciński *et al.*, 2012; Takashimizu *et al.*, 2012; Tanigawa *et al.*, in press), 海起源のイベントであることを完全に否定する証拠とはならない. また, 低地内での砂層 A の分布の連続性も明らかでないため, 分布形態から給源を推定することも難しい. 以上のことから, 砂層 A



の成因の特定は現時点では困難である。

イベント砂層 A の上下で採取した大型植物化石の<sup>14</sup>C年代測定を行ったが、砂層 A の上位の試料が下位よりも古い年代を示し、年代値の逆転がみられた。そのため、砂層 A の堆積年代の正確な推定は難しい。しかし、下位の 2 つの試料からはほぼ同時期の年代 (1420-1300, 1400-1300 cal BP) が得られたので、本研究ではこれら 2 つの年代の信頼性がより高いと考え、これらを使用して堆積年代の推定を試みる。これらの年代値および火山灰層との層位関係から、砂層 A の堆積年代は少なくともこれら 2 つの年代より若く、上位の To-a よりも古い。よって、以上の年代から、砂層 A は約 1400-1050 cal BP (AD 550-900) に堆積したとみられる。ただし、砂層 A と To-a は 25 cm 以上離れているため、砂層 A の堆積後から To-a の降下までは数百年程度の時間が経過している可能性が十分に考えられる。従って、砂層 A の堆積年代は 1400-1050 cal BP の期間の中でもより古い年代である可能性が高い。青森県太平洋岸では、津波堆積物を含むイベント堆積物が約 1000~2900 年前の期間には見つかっていないため、本研究はこの期間で初めての報告となる。

平沼低地の全ての掘削地点で、To-a もしくは B-Tm の下位 20 cm 以内にイベント堆積物は見られなかった。仙台・石巻平野では、869 年貞観地震の津波堆積物が多く、地点で To-a の直下に確認されており (宍倉ほか, 2007; 澤井ほか, 2008; Sawai *et al.*, 2012), 地震発生から火山灰の降下までの期間が非常に短いことを考慮すると、砂層 A も含め当地域に貞観地震に対比されるイベント堆積物が存在する可能性は低い。また、To-a もしくは B-Tm より上位の最近約 1000 年間に堆積した地層からもイベント堆積物は確認されず、17 世紀の千島海溝の連動型地震および日本海溝の 1611 年慶長地震に対比されるような堆積物は見つからなかった。しかし、本地域では B-Tm もしくは To-a とみられる火山灰の分布深度がおおむね 20~40 cm と浅く、表層は耕作による擾乱の影響もあるため、仮にこれらの津波による堆積物がもたらされていたとしても、その後失われた可能性も十分に考えられる。

## 6. まとめ

青森県六ヶ所村の平沼低地において津波堆積物調査を実施し、最大 268 cm まで掘削を行った。平沼低地の地質は深さ約 30~150 cm まで泥炭質粘土層や泥炭層からなり、約 2500 cal BP 以降、当地域で静穏な環境が継続したことを示す。泥炭層中には多くのイベント砂層が挟在するが分布は限定的である。1400-1050 cal BP に堆積したとみられるイベント砂層が確認されたが、その成因が津波かどうかは現時点で不明であり、高潮や洪水の可能性も考えられる。今後、

成因を絞り込んでいくためには、イベント砂層が見つかった他の地点でも年代測定を行い、年代に基づいてイベント砂層の連続性を検証しなければならない。また、今回の調査では最近約 1000 年間はイベント堆積物が確認されなかったが、人為的擾乱により自然の地層が失われた影響も大きいと考えられる。

**謝辞** 地権者の方々には調査の趣旨を理解していただき、調査を快く許可して頂いた。柱状図は活断層・火山研究部門の田村明子氏に作成いただいた。また、査読者の澤井祐紀氏と編集担当者の宍倉正展氏の指摘により、本稿は改善された。ここに記し、感謝いたします。

## 文 献

- 安藤一男 (1990) 淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用. 東北地理, 42, 73-88.
- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 5, 337-360.
- 千葉 崇・澤井祐紀 (2014) 環境指標種群の再検討と更新. *Diatom*, 30, 17-30.
- 梶浦欣二郎・羽鳥徳太郎・相田 勇・小山盛雄 (1968) 1968 年十勝沖地震にともなう津波の調査. 地震研究所彙報, 46, 1369-1396.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986) *Bacillariophyceae*, 1: Naviculaceae. Ettl, H., Gerloff, J., Heying, H. and Mollenhauser, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2, Teil 1, Gustav Fischer Verlag, 876pp.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1988) *Bacillariophyceae*, 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Ettl, H., Gerloff, J., Heying, H. and Mollenhauser, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2, Teil 2, Gustav Fischer Verlag, 596pp.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991a) *Bacillariophyceae*, 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Ettl, H., Gerloff, J., Heying, H. and Mollenhauer, K. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2, Teil 3, Gustav Fischer Verlag, 576pp.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991b) *Bacillariophyceae*. 4: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Ettl, H., Gerloff, J., Heying, H. and Mollenhauer, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2, Teil 4, Gustav Fischer Verlag, 437pp.
- 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, 336pp.

- Minoura, K., Nakaya, S. and Uchida, M. (1994) Tsunami deposits in a lacustrine sequence of the Sanriku coast, northeast Japan. *Sedimentary Geology*, 89, 25–31.
- Minoura, K., Hirano, S. and Yamada, T. (2013) Identification and possible recurrence of an oversized tsunami on the Pacific coast of northern Japan. *Natural Hazards*, 68, 631–643.
- 宮内崇裕 (1985) 上北平野の段丘と第四紀地殻変動. *地理学評論*, 58, 492–515.
- Mori, N., Takahashi, T. and The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2012) Nationwide post event survey and analysis of the 2011 Tohoku earthquake tsunami. *Coastal Engineering Journal*, 54, doi:10.1142/S0578563412500015.
- 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.
- Ozawa, S., Nishimura, T., Suito, H., Kobayashi, T., Tobita, M. and Imakiriie, T. (2011) Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake. *Nature*, 475, 373–377.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatt, C., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D.A., Scott, E. M., Southon, J.R., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869–1887.
- Satake, K., Nanayama, F. and Yamaki, S. (2008) Fault models of unusual tsunami in the 17th century along the Kuril Trench. *Earth, Planets and Space*, 60, 925–935.
- Sato, H., Okuno, J. and Nakada, M., 2001. Holocene uplift derived from relative sea-level records along the coast of western Kobe, Japan. *Quaternary Science Reviews* 20, 1459–1474.
- Sawai, Y., Namegaya, Y., Okamura, Y., Satake, K. and Shishikura, M. (2012) Challenges of anticipating the 2011 Tohoku earthquake and tsunami using coastal geology. *Geophysical Research Letters*, 39, doi:10.1029/2012GL053692.
- 澤井祐紀・宍倉正展 (2008) ハンドコアラーを用いた宮城県仙台平野 (仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町) における古津波痕跡調査. *活断層・古地震研究報告*, No.8, 17–70.
- 宍倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原 治・藤野滋弘 (2007) 石巻平野における津波堆積物の分布と年代. *活断層・古地震研究報告*, No.7, 31–46.
- Szczuciński, W., Kokociński, M., Rzeszewski, M., Chagué-Goff, C., Cachão, M., Goto, K. and Sugawara, D. (2012) Sediment sources and sedimentation processes of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits on the Sendai Plain, Japan – Insights from diatoms, nannoliths and grain size distribution. *Sedimentary Geology*, 282, 40–56.
- 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. *Sedimentary Geology*, 282, 124–141.
- Tanigawa, K., Sawai, Y. and Namegaya, Y. (in press) Diatom assemblages within tsunami deposit from the 2011 Tohoku-oki earthquake along the Misawa coast, Aomori Prefecture, northern Japan. *Marine Geology*, doi: 10.1016/j.margeo.2016.11.016.
- 谷川晃一朗・澤井祐紀・宍倉正展・藤原 治・行谷佑一 (2014) 青森県三沢市で検出されたイベント堆積物. *第四紀研究*, 53, 55–62.
- 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. *Journal of Quaternary Science*, 29, 200–208.
- Tanioka, Y., Nishimura, Y., Hirakawa, K., Imamura, F., Abe, I., Abe, Y., Shindou, K., Matsutomi, H., Takahashi, T., Imai, K., Harada, K., Namegawa, Y., Hasegawa, Y., Hayashi, Y., Nanayama, F., Kamataki, T., Kawata, Y., Fukasawa, Y., Koshimura, S., Hada, Y., Azumai, Y., Hirata, K., Kamikawa, A., Yoshikawa, A., Shiga, T., Kobayashi, M. and Masaka, S. (2004) Tsunami run-up heights of the 2003 Tokachi-oki earthquake. *Earth Planets Space*, 56, 359–365.
- 都司嘉宣・上田和枝 (1995) 慶長 16 年 (1611), 延宝 5 年 (1677) 宝暦 12 年 (1763), 寛政 5 年 (1793), および安政 3 年 (1856) の各三陸地震津波の検証. *歴史地震*, 11, 75–106.
- Vos, P.C. and de Wolf, H. (1993) Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia*, 269/270, 285–296.
- 渡辺偉夫 (1998) 日本被害津波総覧 [第 2 版]. 東京大学出版, 248pp.
- Witkowski, A., Lange-Bertalot, H. and Metzeltin, D. (2000) Diatom flora of marine coasts I. Lange-Bertalot, H. (ed.) *Iconographia Diatomologica*, 7, Koeltz Scientific Books, 925pp.

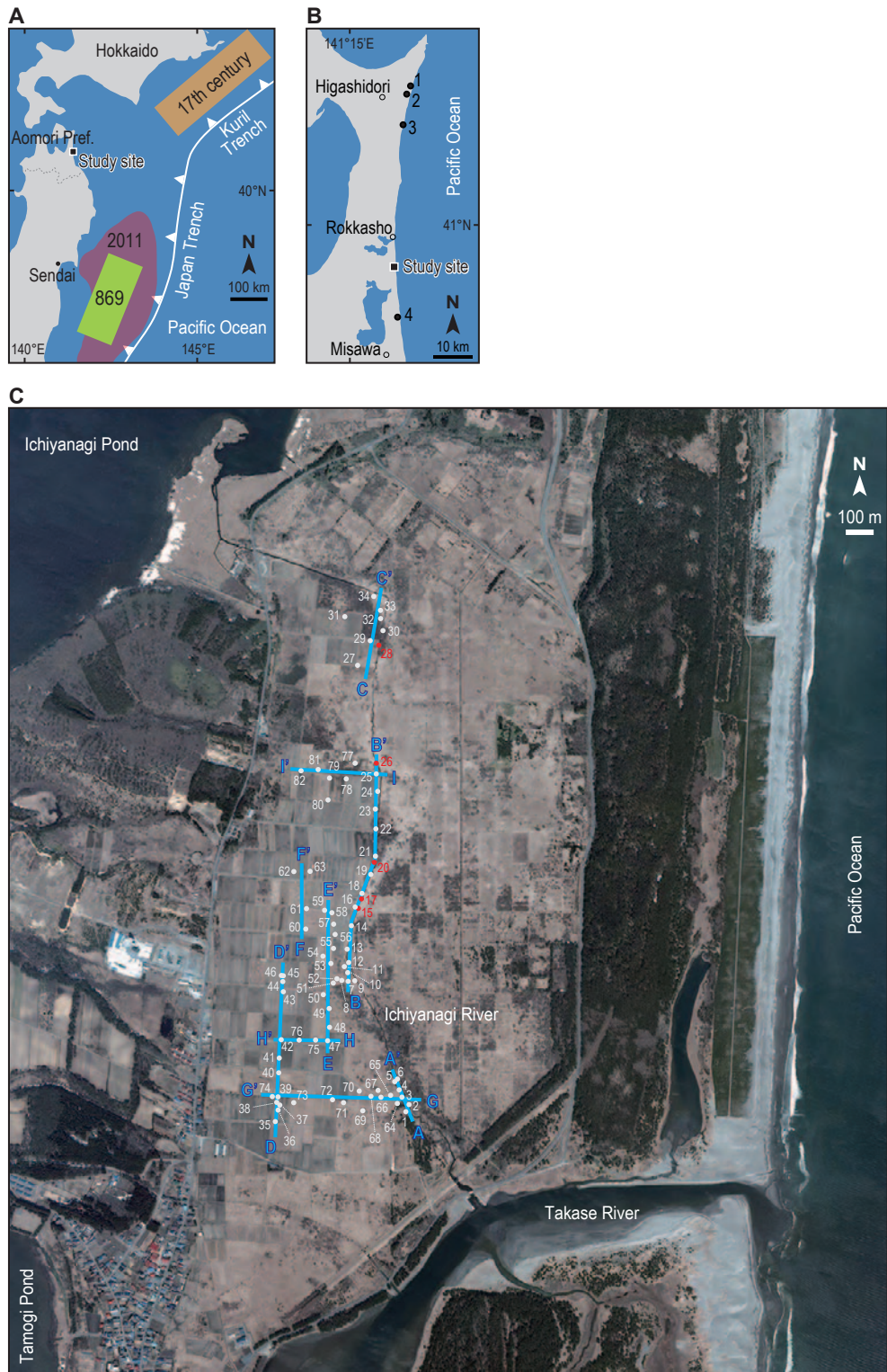
(受付：2017 年 9 月 8 日，受理：2017 年 9 月 20 日)



青森県六ヶ所村平沼における津波堆積物調査

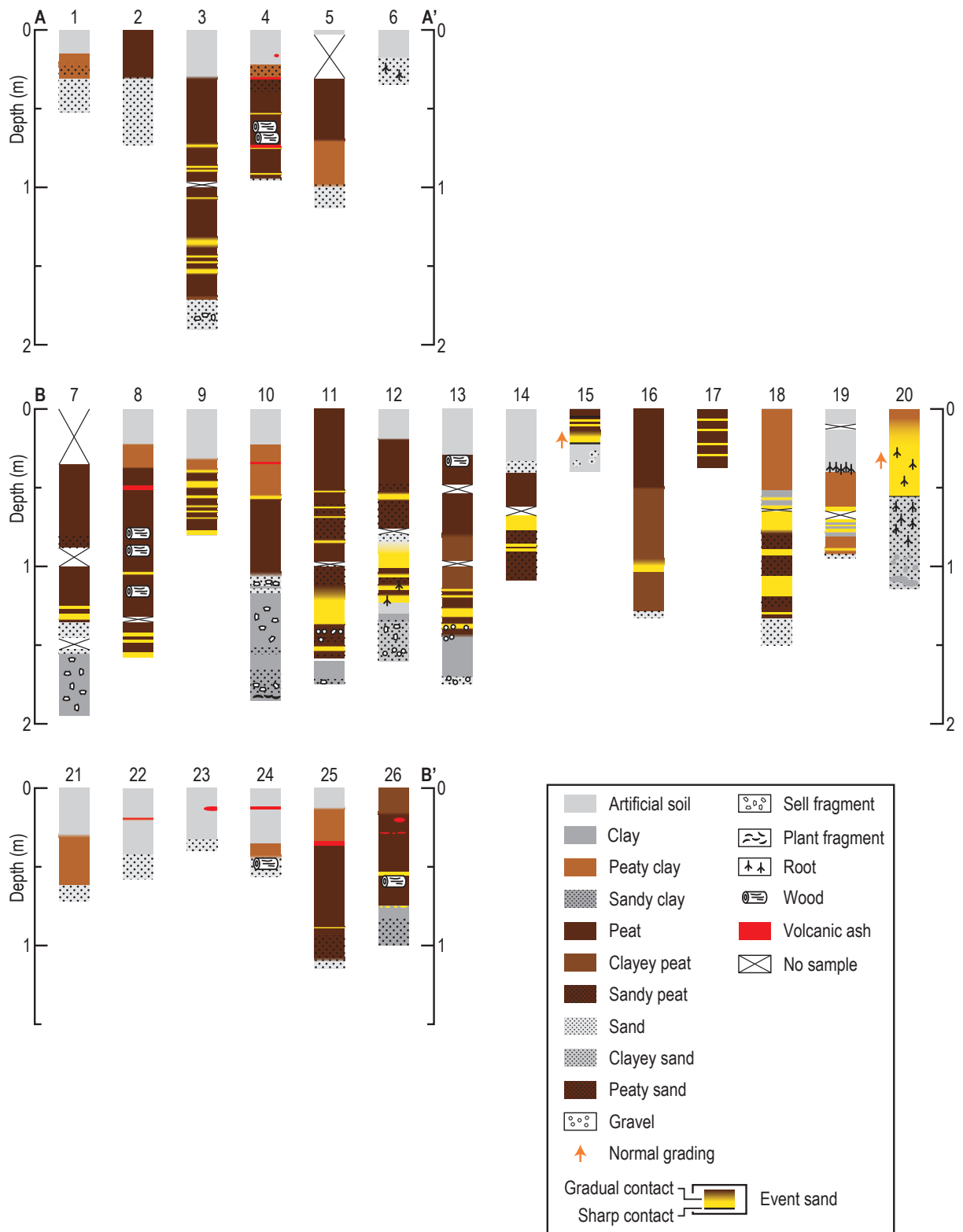
第1表. 地点26における放射性炭素年代測定結果.  
Table 1. Radiocarbon ages from site 26.

Site	Elevation (m T.P.)	material	Conventional $^{14}\text{C}$ age (yr BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Calibrated age (cal BP, $2\sigma$ range)	Lab no. (Bata-)
26	171-172	leaves	$1630 \pm 30$	-27.5	1610-1410	383812
	164-165	leaves	$1480 \pm 30$	-27.7	1420-1300	383810
	164-165	fruits	$15540 \pm 30$	26.7	18900-18690	383811
	163-164	leaves	$1460 \pm 30$	25.1	1400-1300	392340
	141-142	fruits	$2350 \pm 30$	28.3	2470-2320	392341



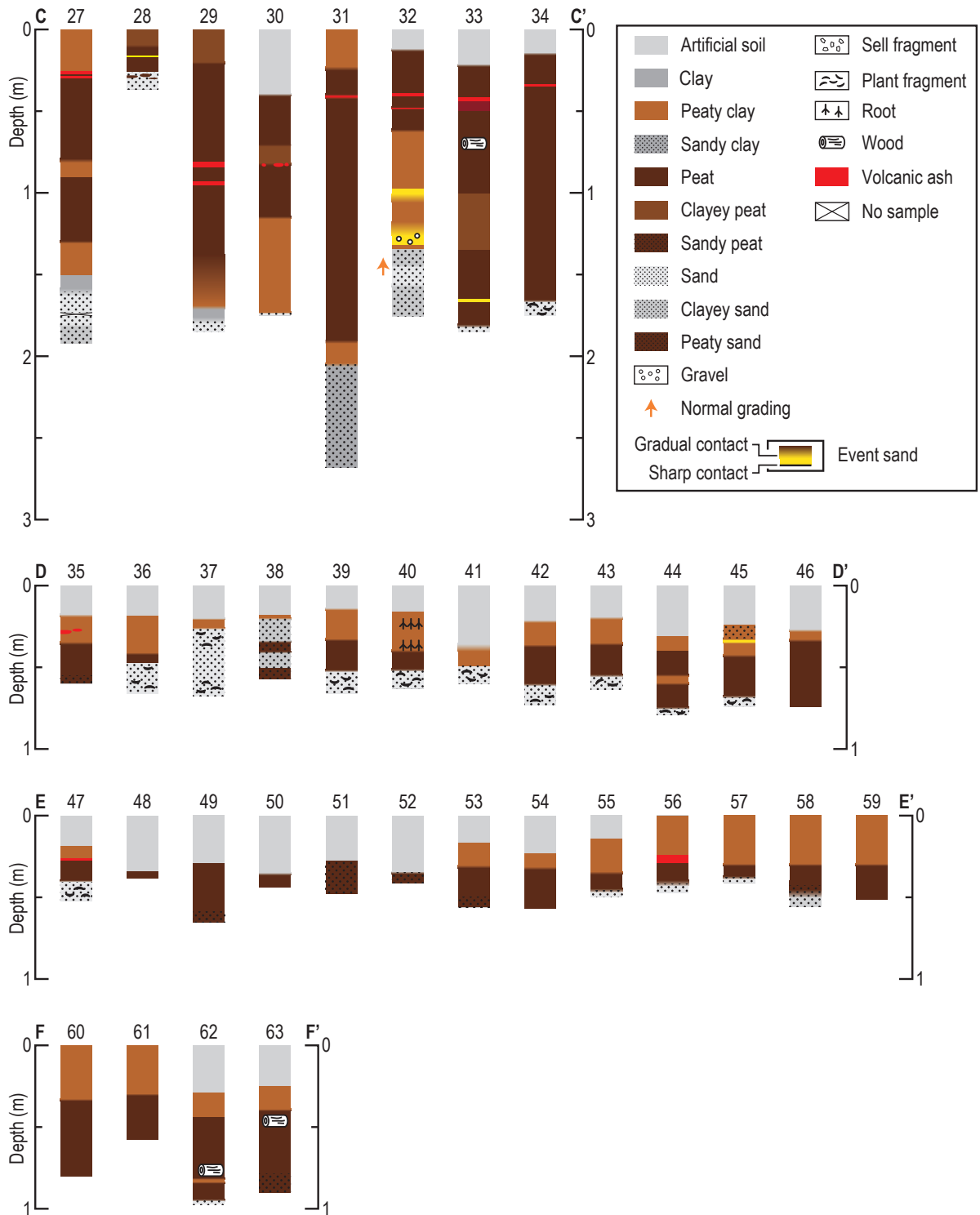
第 1 図. 調査地位置図. A. 869 年貞観地震, 千島海溝の 17 世紀の連動型地震, 2011 年東北地方太平洋沖地震の破壊領域はそれぞれ, Sawai *et al.*, (2012), Satake *et al.*, (2008), Ozawa *et al.*, (2011) に基づく. B. 本研究および先行研究の調査地点. 地点 1~4 はそれぞれ, Minoura *et al.* (1994), Minoura *et al.* (2013), Tanigawa *et al.* (2014a), 谷川ほか (2014b) を示す. C. 調査地点周辺の空中写真. 白丸と赤丸はそれぞれ, 掘削地点と露頭を示す. 国土地理院が 2011 年 4 月 5 日に撮影した空中写真 CTO20111X-C2-1, CTO20111X-C2-2, CTO20111X-C2-3 を使用した.

Fig. 1. A. Map of north-east Japan showing the study site location and estimated rupture areas of subduction-zone earthquakes: AD 869 Jogan (Sawai *et al.*, 2012), 17th century Kuril (Satake *et al.*, 2008) and 2011 Tohoku-oki (Ozawa *et al.*, 2011). B. Map of the Pacific coast of Aomori Prefecture showing the Hiranuma study site. Solid circles indicate study locations: 1, Minoura *et al.* (1994); 2, Minoura *et al.* (2013); 3, Tanigawa *et al.* (2014a); 4, Tanigawa *et al.* (2014b). C. An aerial photograph of the Hiranuma lowland. White and red circles indicate coring sites and outcrops, respectively. Aerial photographs were taken by the Geospatial Authority of Japan on 5 April, 2011 (photograph numbers: CTO20111X-C2-1, CTO20111X-C2-2, and CTO20111X-C2-3).



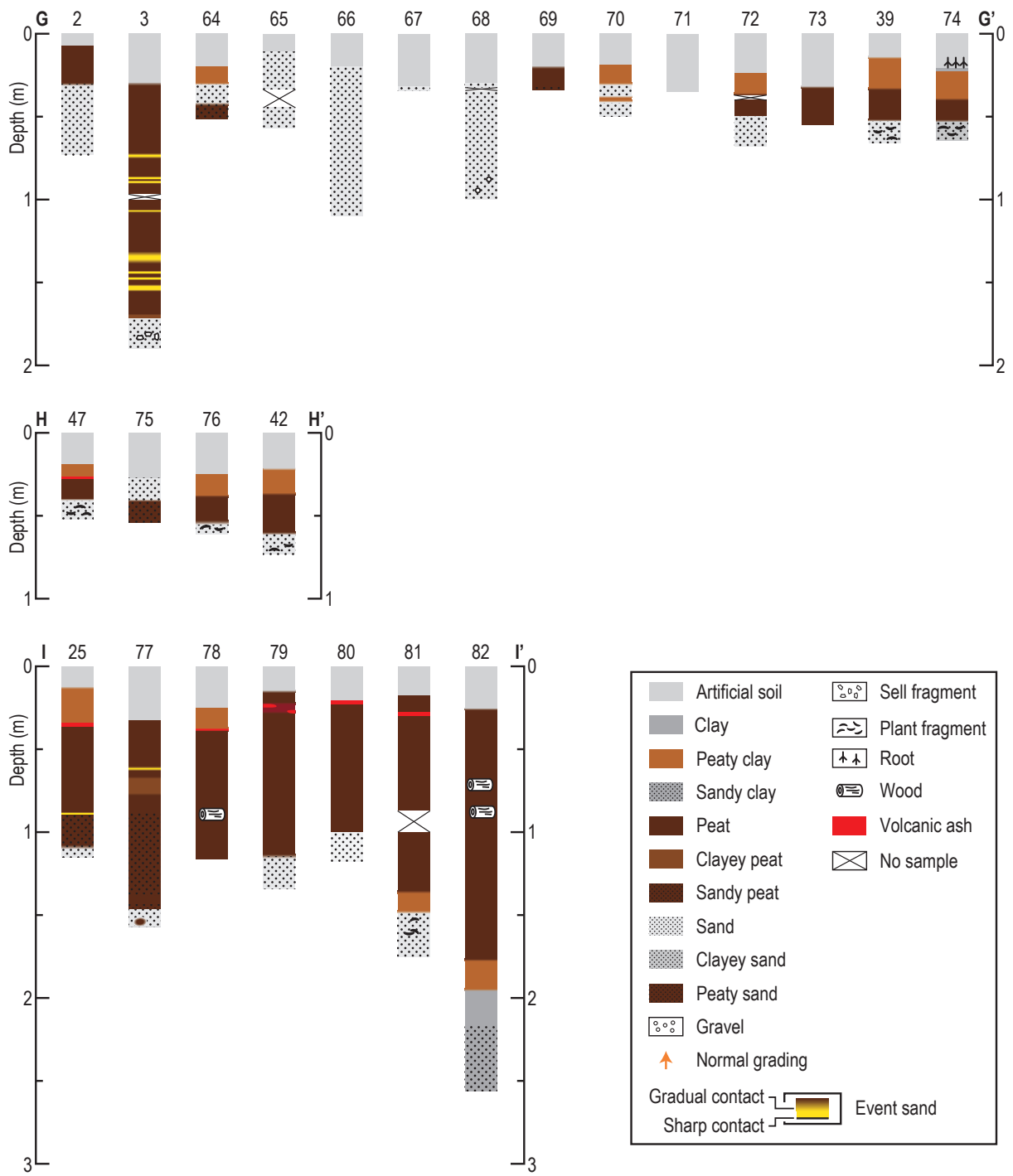
第2図. 地点1~82における柱状図. 各測線の位置は第1C図参照.  
 Fig. 2. Columnar sections of sites 1 to 82. The transects are shown in Fig. 1C.



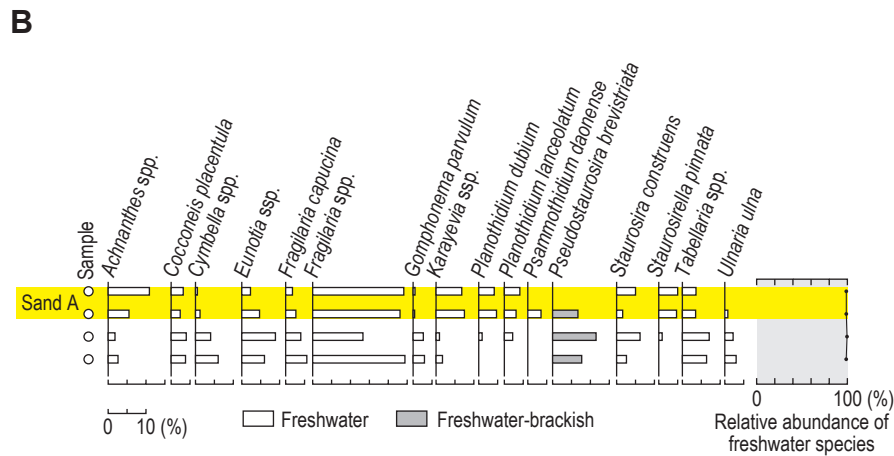
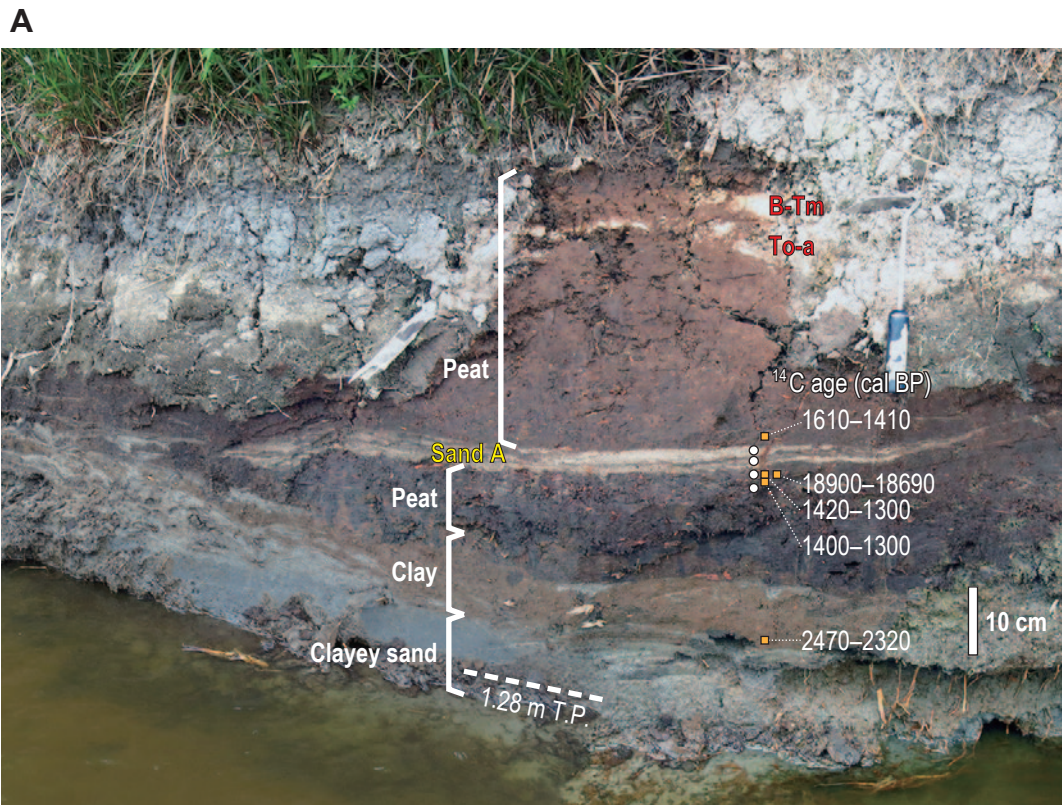


第2図. (続き)  
Fig. 2. (continued)

青森県六ヶ所村平沼における津波堆積物調査



第2図. (続き)  
Fig. 2. (continued)



第3図. A. 地点26の露頭の写真. オレンジ色の四角形と白丸はそれぞれ、放射性炭素年代測定用試料と珪藻分析用試料の採取位置を示す. B. 地点26における珪藻化石分析結果. 右端の折れ線グラフは淡水生珪藻の出現する割合を示す.

Fig. 3. A. A photograph of site 26. Orange squares and white circles indicate sampling positions for radiocarbon dating and fossil diatom analysis, respectively. B. Fossil diatom assemblages from site 26. The right-hand column shows the relative abundance of freshwater diatoms.