

### 3. 3 津波堆積物調査にもとづく地震発生履歴に関する研究

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務題目

東北地方太平洋沿岸域における地質調査

##### (b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東北大学大学院理学研究科	教授	今泉 俊文	
東北大学大学院理学研究科	助教	石山 達也	
大阪市立大学大学院理学研究科	准教授	原口 強	
千葉大学大学院理学研究科	教授	宮内 崇裕	
広島大学大学院文学研究科	准教授	後藤 秀昭	
東京大学地震研究所	教授	島崎 邦彦 *	

\* 現在の所属・職：財団法人震災予防協会・研究員

##### (c) 業務の目的

1793年に発生した地震は、1978年宮城沖地震などの地震のアスペリティと海溝付近に存在する別のアスペリティとの複合破壊（いわゆる「連動型」）によるものと考えられ、大きな津波を伴ったことが知られている。こうした「連動型」タイプの地震の発生頻度は、1978年宮城沖地震のような「単独型」より発生頻度が低い（間隔が長い）ために、歴史資料などによる調査結果だけからは、その活動の評価は十分ではない。

そこで、本調査研究では、過去の津波襲来の頻度が高い三陸海岸地域において、地形学・地質学的手法によって津波堆積物を検出し、その空間的な広がりや年代を明らかにする。また、石巻平野・仙台平野の南側に続く常磐海岸地域においても同様の手法によって過去の津波堆積物の検出を行う。この結果、三陸海岸地域から常磐海岸地域に至る東北地方の太平洋側の海岸地域において過去の津波堆積物を検出して、それらの規模、発生時期・発生間隔など、津波堆積物の時空間分布を解明する。特に茨城県北部から宮城県北部に至る太平洋側の海岸地域に歴史記録が残る貞観津波（西暦869年）に関して、その証拠を地形学的・地質学的手法によって検証し、この津波の及んだ範囲を特定することによって、「連動型」タイプの地震発生の解明のための基礎資料とすることを目的とする。

##### (d) 5カ年の年次実施計画

###### 1) 平成17年度：

三陸海岸地域の大槌・宮古地区において、ボーリング・ジオスライサーによる津波堆積物の採取を行うとともに、海域への広がりを音波探査により調査した。海陸いずれの地点についても、採取された試料の年代測定を実施した。また、津波襲来前後で海岸線の移動が見られた場合、それが海溝型地震に関連した地殻変動が原因であるかどうかを判定し、地殻変動が原因であると判断された場合は、変動量の定量化を行った。

###### 2) 平成18年度：

平成17年度と同様の津波堆積物調査を宮古湾及び三陸海岸地域の南部地区（大船渡・陸前高田・気仙沼地区など）を対象に範囲を広げて実施した。また、平成17年度

の成果と比較照合するために年代測定も行った。津波堆積物の空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城沖地震の同定及び発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を推定した。

3) 平成 19 年度 :

平成 18 年度の成果で明らかとなった歴史地震と対応可能な新しい津波堆積物が保存されている可能性が高い三陸海岸地域の陸前高田地区を中心に、常磐海岸地域までの津波堆積物調査を行った。調査結果を総括し、津波堆積物の空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定及び発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を推定した。

4) 平成 20 年度 :

平成 19 年度と同様な調査を岩手県陸前高田平野及び福島県常磐海岸地域（松川浦地区・浪江地区・いわき地区等）で行うとともに、平成 19 年度までに得られた調査結果をもとに、「連動型」宮城沖地震の活動履歴を推定した。

5) 平成 21 年度 :

平成 17-20 年度に実施した常磐海岸地域及び三陸海岸地域での研究成果を取りまとめ、常磐海岸地域・松川浦地区で補足調査を行い、その結果も加えて「連動型」宮城沖地震の活動履歴を推定した。

## (2) 5 カ年の成果

### (a) 業務の要約

日本海溝に面する東北地方の太平洋側の海岸地域は、津波襲来の頻度が高く、「連動型」宮城県沖地震では、その規模も大きくなり広範囲に及ぶことが予想される。過去に発生した津波の痕跡を調べ、その時空間分布を明らかにするために、三陸海岸地域及び常磐海岸地域において、地質学的・地形学的な調査に基づいて津波堆積物の採取調査を実施した(図 1)。

三陸海岸地域では、その配置から波浪の影響が最も少ないと見られる大槌町の内湾底(大槌地区)において、音波探査等の記録解析と湾底(水深約 10m から 34m)のボーリング調査による試料分析を行った。その結果、過去約 6000 年間の地層中から、22 枚の津波の痕跡の可能性がある粗粒堆積物を見出した。これらのイベント堆積物を陸上で確認するために、三陸海岸地域の 5 地区(6 地点)を選定し、ジオスライサー及び簡易ジオスライサーを用いて地層採取調査を実施した。このうち最もイベント堆積物の保存環境がよいと見られる陸前高田平野では、1960 年チリ地震はじめ昭和三陸地震など最近の大津波の堆積物は確認されたが、少なくとも約 1000 年前以前の津波堆積物の特定には至らなかった。また、三陸海岸地域の他の地区では、少なくとも約 2000 年前以前の地層からは明瞭なイベント堆積物が数枚見いだされたが、約 2000 年前以降(すなわち歴史時代を含めて)については、人工改変等の影響もあり確実な津波イベント堆積物は採取されなかった。

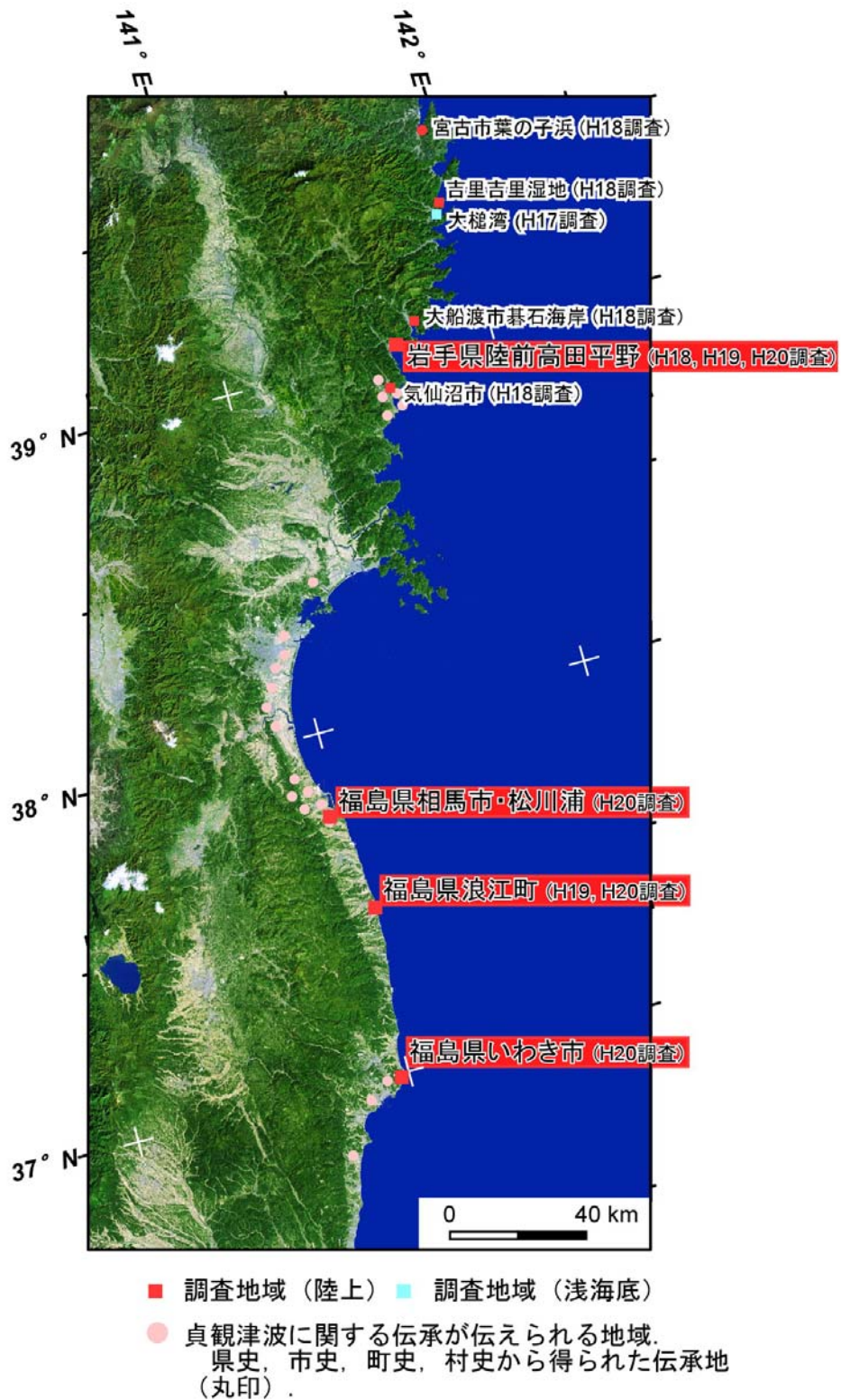


図1 平成17年度から平成21年度までの年度別調査地域。  
 平成21年度は平成20年度の補足調査として行った。

一方、仙台平野以南の常磐海岸地域では、松川浦地区、請戸地区において、貞観津波とみられる津波堆積物が簡易ジオスライサー及びジオスライサー調査によって確認された。さらに、これらの地区では、過去約 5000 年前以降にも数枚の津波イベント堆積物が採取された。四倉・藤間地区でも、同様の調査が実施されたが、数枚の津波イベント堆積物は確認できたものの、年代測定の結果、貞観津波堆積物は特定されなかった。

常磐海岸地域と三陸海岸地域及び、仙台・石巻平野において、それぞれの調査地域で確認された津波イベント堆積物の年代値をそれぞれ比較検討した。特に貞観津波（西暦 869 年）の堆積物は、これまで歴史記録には記されていなかった常磐海岸地域の請戸地区でその存在が明らかになり、この場所から少なくとも石巻平野まで連続して確認された。しかし、陸前高田平野以北の地区では未確認である。また、この貞観津波以前の数枚の津波イベント堆積物について、三陸海岸地域各地から得られた年代値と石巻平野以南から得られた年代値を相互に比較した。その結果、近接する年代を示すイベント堆積物は見いだされているが、全くの同一のイベント堆積物、すなわち三陸海岸地域から常磐海岸地域まで同時期の津波イベント堆積物とするには至らなかった。また、こうした比較的規模の大きい津波イベント堆積物は、それぞれの場所で少なくとも数百年程度以内には繰り返し起きていることが年代測定の結果確認された。

## (b) 業務の実施方法

### 1) 三陸海岸地域における実施

三陸海岸地域は、北上山地から流れ込む河川が小規模なため流入物が少なく、縄文海進（完新世の高海面期）以降いわゆる溺れ谷を形成している。こうしたリアス式海岸の湾内は急深で、波浪限界深（ウエーブベース）以深の湾底には、底置層が堆積する環境が維持されていると考えられている。

大槌湾はその形状から暴風・波浪の影響が少なく、こうした安定した堆積環境を満たしている。そこで、港湾工事時に実施された湾底の音波探査記録と海底ボーリングコアを入手して海底堆積物の分析を行った（図 2）。水深 20m 以深の海底には、砂・泥などの細粒堆積層に混じって、巨礫、貝殻、粘土のブロックなどが反射面として観察された。こうした堆積物は、短時間の移動に伴って堆積したもので、津波（引き波）に伴う堆積物と考えられる。そこで、これらのボーリングコアから、これらの堆積物の年代測定を行い、海底下における堆積（及びイベント）曲線を作成した。

次に、海岸の小規模なビーチを対象に浜堤後背地を掘削し、津波堆積物の検出調査を行った。掘削にあたっては、ジオスライサー、簡易ジオスライサー、及びハンドオーガーなどを用いて、深さ 1 m～5 m 程度まで掘削した。宮古地区（葉の子浜）・大槌地区（吉里吉里湿地）・大船渡地区（碁石浜）・陸前高田地区（古河沼）・気仙沼地区（波路上崎野）では、出来るだけ新しい時代の津波堆積物の採取を目指して、最も海岸寄りの低湿地で実施した。特に貞観津波（西暦 869 年）と見られる堆積物を採取するために、貞観津波の直後に降下したと見られる十和田 a 火山灰（To-a）の検出につとめた。

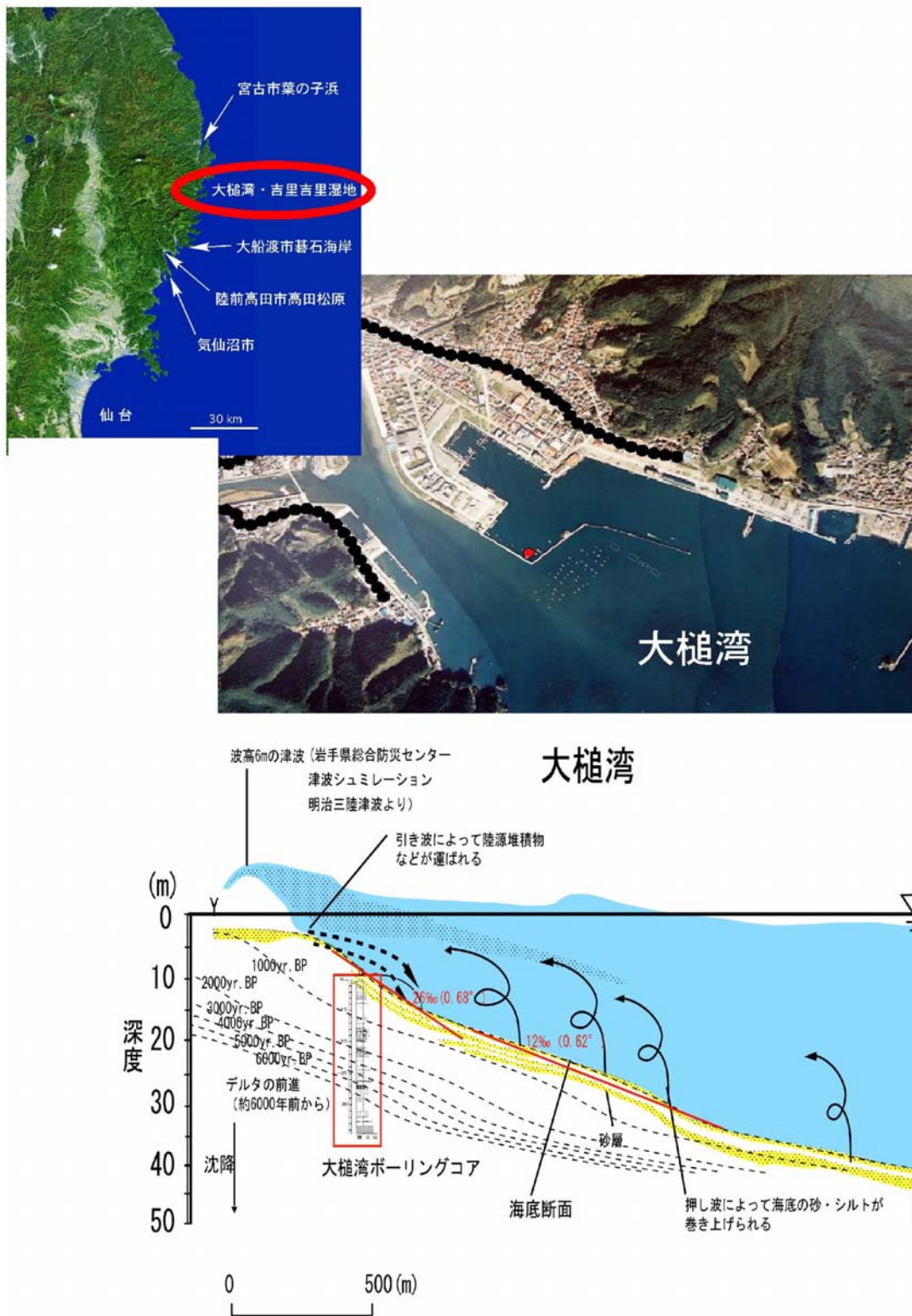


図2 大槌湾の調査地点（上：赤点）と海底下の津波堆積物に対する調査概要（下）。

## 2) 常磐海岸地域における実施

一方、大川川の流入で形成された広い沖積平野や海岸段丘など低平な地形が広がる常磐海岸地域では、完新世の平野の形成史にあわせて海岸線は変化（前進）している。したがって、目的とする津波堆積物の採取のための調査地点の選定には、調査地域の地形発達史を十分に考慮する必要がある。仙台平野や石巻平野をはじめ、常磐海岸地域の松川浦、浪江地区では、これまでの研究成果を基に調査地点の選定を行った。また、調査地点周辺地域で行われたボーリング資料なども事前の検討対象とした（なお、上記の三陸海岸地域のうち陸前高田平野は、気仙川による比較的規模の大きい平野が形成されており、その発達史に関してはこれまでの研究結果を参考にした）。松川浦地区、請戸地区、四倉・藤間地区において、ジオスライサー、簡易ジオスライサー、ハンドオーガー及びボーリングステッキ（検土杖）などを用いて、深さ1 m～5 m程度まで掘削調査した。

常磐地域の調査は、三陸海岸地域の調査（平成17年度～19年度に実施）結果を踏まえながら、主として平成19年度～21年度に行った。また、この間、石巻平野と仙台平野等で実施された調査結果も参考にした。

## 3) 採取試料の保存と年代測定

ジオスライサー、簡易ジオスライサーで採取した試料は、ブロックにして切り出し、または溶剤固着によってはぎ取り、いずれも主要な堆積物に関しては保管につとめた。また、年代測定のための試料については、出来るだけ水洗して、測定対象物を選別した上で測定依頼した。測定値が予想値と大きく異なる場合や、層序の上で逆転が著しい測定結果を示した場合には、測定機関を変えて再測してクロスチェックした。

また、火山灰については、当初採取が予想された十和田a火山灰に加え、新たな火山灰の採取も行われたので、この火山灰に関しては鉱物組成の分析に加え、火山ガラス形状観察と屈折率の測定を行い、沼沢湖火山灰（紀元前3020-2910年、山元，2003）と同等した。

## (c) 業務の成果

平成17～19年度は主として三陸海岸地域を、平成19年度～21年度は主として常磐海岸地域地域を中心に調査を行った（図1）。成果は調査地点毎に記載する。

### 1) 三陸海岸地域における調査成果

#### i) 大槌地区（大槌湾）での調査結果

三陸海岸地域・大槌湾（水深約10m）の海底下（-34mまで）で採取された過去6000年間の地層中から、22枚の津波の痕跡の可能性のある堆積物を見いだした。このうち、試料上部（海面下10mから24.5mまでの過去約2500年間に堆積した地層）からは、16枚の粗粒堆積物が見いだされた。これらの粗粒堆積物は、いずれもデルタの最前面（前置層）に付加するように堆積したもので、湾内に広い生息域を持つカキなどの貝殻片と海底面などの地面を削り込んだと見られるマッドクラスト等を含む（図3）。このことにより、これらの粗粒堆積物は、津波堆積物の可能性が高い。これらの粗粒堆積物の堆積間隔は、およそ100～150年である（図3）。

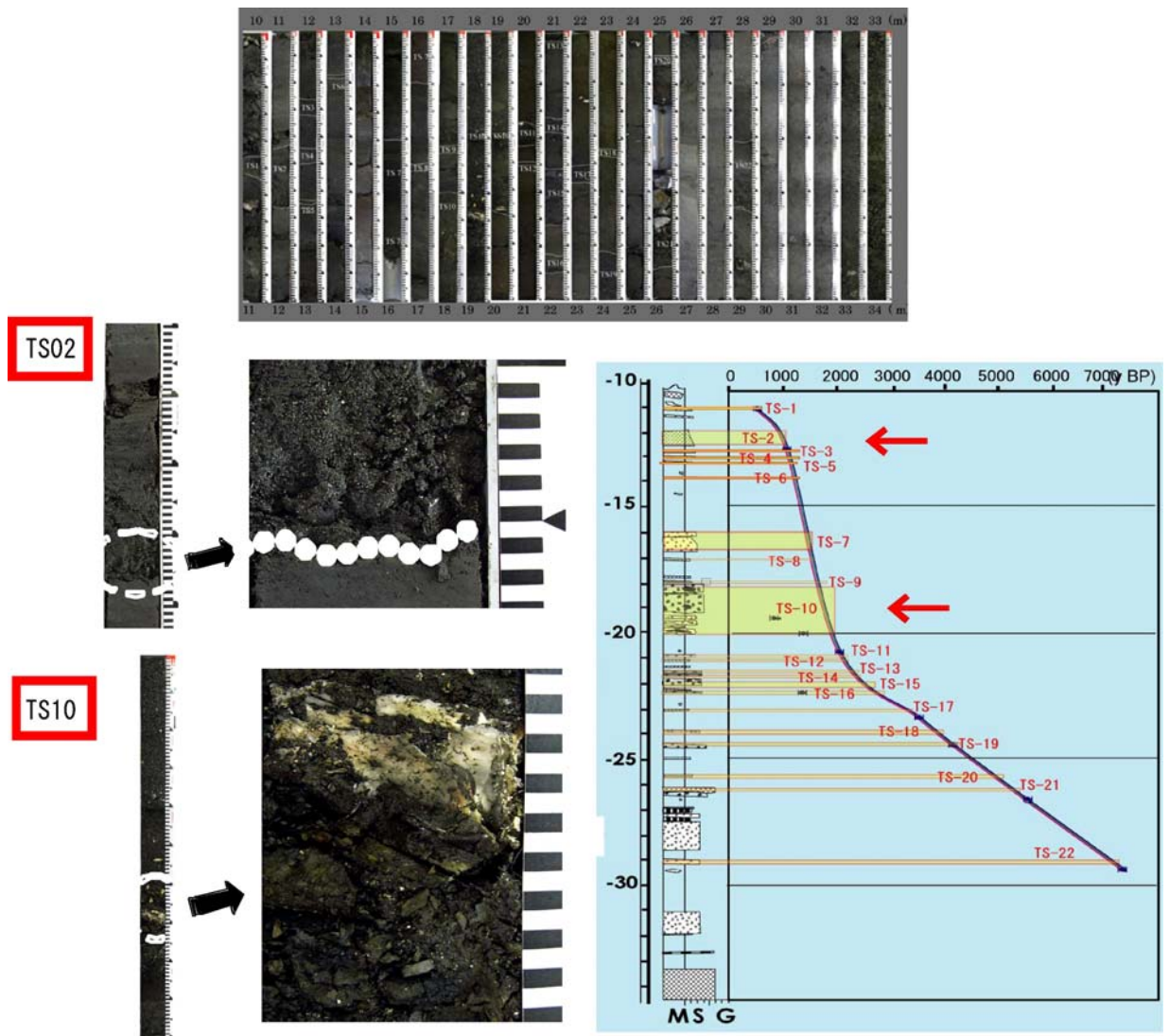


図3 大槌湾のジオスライサー試料一覧（上）とコア TS02（左中）と TS10 番（左下）に見られる代表的な粗粒堆積物（津波堆積物）及びボーリング柱状図における津波堆積物の位置とその間の地層の平均的な堆積速度曲線。赤矢印は、TS02 と TS10 における津波堆積物の位置を示す。

一方、コア下部（海面下 24.5m から 34m までの約 2500 年～6000 年間の地層）には、合計 6 枚の礫を含む粗粒堆積物が見出された。その堆積間隔は 500～800 年である。コア上部に比べ、下部の粗粒堆積物が少ない（堆積間隔が長い）のは、堆積水深が 25m 以上と深い場所では、引波により湾内にもたらされる津波堆積物がデルタ前面などの浅海域に留まり、沖合まで到達しなかったためと推察される。したがって、この期間（2500 年～6000 年間）に海底では欠落した津波堆積物が、陸域にはより多く保存されている可能性はある。

#### ii) 大槌地区（吉里吉里湿地）での調査結果

大槌湾の北側に隣接する吉里吉里湿地では、海岸線に直交する測線に沿った低湿地内で、ジオスライサー（ハンディータイプ 1 m とロングタイプ 5 m：数地点）とボーリング（1 地点、9 m）により地層を採取した（図 4）。いずれの場所でも、地表下約 1 m（過去約 2000 年前と推定される）は、人工改変等で欠落または攪乱されている。その直下から地表下約 5 m（約 2000 年前～5000 年前）までは、主として泥炭層からなる。これらの泥炭層の中に、少なくとも 6 枚（最大層厚 10cm）の砂層（津波堆積物と考えられる）が見いだされた。各砂層の年代は、それぞれの砂層の上下の泥炭層の  $^{14}\text{C}$  年代値から、約 2500 年前、3000 年前、3600 年前、3900 年前、4500 年前、5000 年前と推定され、それらの堆積間隔は約 500 年である（図 5）。陸域で見いだされた津波堆積物と大槌湾での津波堆積物を比較すると、年代値は必ずしも一致しないが、イベントの回数と間隔においては、ほぼ一致する結果が得られた。

#### iii) 宮古市葉の子浜地区での調査結果

葉の子浜地区（図 6 上）は宮古湾に面し、調査地前面にはポケットビーチが広がり小さい浜堤を隔てて背後には湿地帯が広がっている。流域は小さく目立った河川の流入は見られない。地層は海岸線から約 15m 離れた陸側でボーリング（長さ 6 m）1 本・ジオスライサー（長さ 3 m）1 本が採取された。地層は泥炭層を主とし砂層及び・砂礫層を挟在し、深度 320～360 cm では火山灰層が見られ、360 cm 以下は砂礫層となる。イベント層はボーリングコアで 9 層、ジオスライサーで 7 層見られ層厚は数 cm～15cm、細粒～極粗粒で構成され、10cm 大の礫を含む層も分布する。泥炭層の  $^{14}\text{C}$  年代値から堆積曲線から推定されたイベント層の年代は、それぞれ HNK-TS1（約 1960 年前）、HNK-TS2（約 2470 年前）、HNK-TS3（約 3070 年前）、HNK-TS4（約 3670 年前）、HNK-TS5（約 4430 年前）、HNK-TS6（約 5320 年前）、HNK-TS7（約 5620 年）となる（図 6 中）。この結果、過去約 2000～6000 年間で約 600～800 年間隔のイベントが発生していることが示された。また泥炭層には植物片が多く見られる還元層と見られない分解層との繰り返しが鉛直方向に確認できた（図 6 下）。



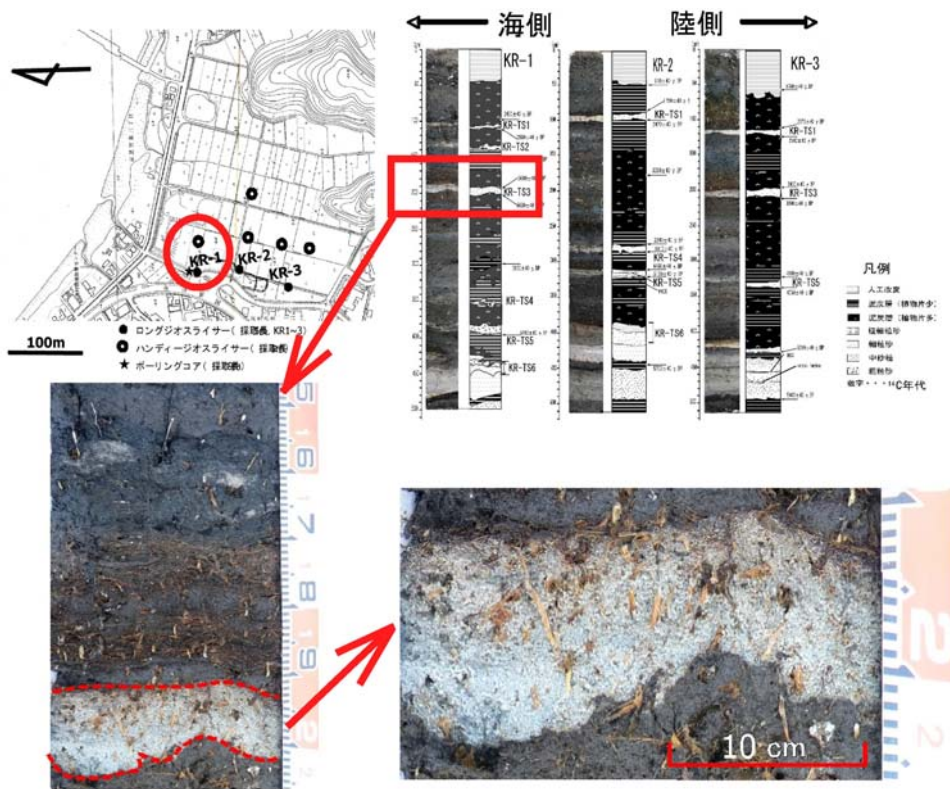


図4 吉里吉里湿地におけるボーリング調査・ジオスライサー調査地点（左上）とジオスライサー断面（右上）及び湿地堆積物中（左下）の泥炭層と津波砂層（右下）。

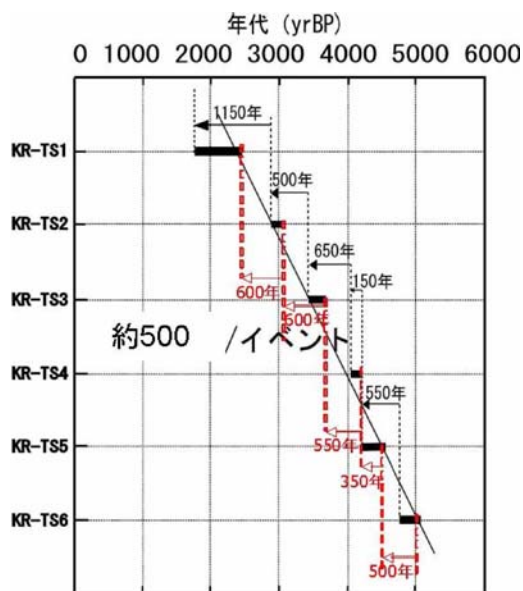


図5 吉里吉里湿地の津波砂層の年代と平均的な堆積速度。約2000年前以降については試料が得られていない。



0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 (cal yr BP)

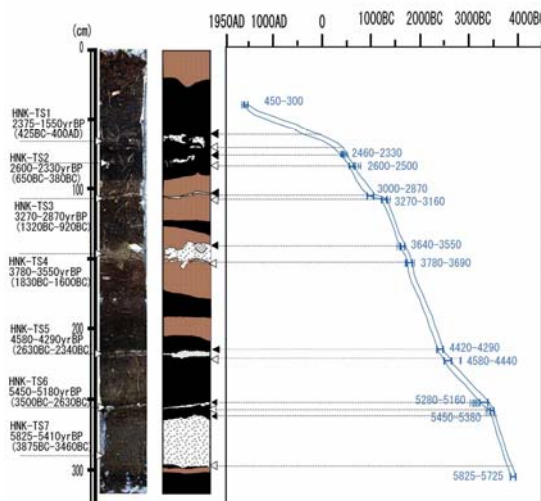


図6 葉の子浜（宮古湾：上）におけるジオスライサーの試料から求めた沖積層堆積速度と津波イベントの年代（中）及びHNK-TS3（約3070年前）イベントの堆積物（下）。

#### iv) 大船渡市碁石浜地区での調査結果

碁石浜は南東方向に張出した半島の南東端に位置しており、南側に海を臨む幅約 170 m のポケットビーチである (図 7 左上)。ビーチは文字通り碁石のような淘汰された礫浜で、直径数 cm 以下の黒色扁平海浜礫によって構成されている。碁石浜背後の浜堤 (比高約 4 m) を隔てた海岸線に直交する測線に沿った低地内で、ボーリングコア 2 本 (約 6 m)、ロングジオスライサー 2 本 (GS-G1: 約 320 cm、GS-G2: 370 cm) により地層を採取した (図 7 右上)。地層は表層よりほぼ連続する泥炭と有機質シルトで構成されており、5.5m で火山灰に到達する。<sup>14</sup>C 年代測定結果から、この火山灰は約 5500~6000 年前と推定され、宮古湾や大槌湾で見られる火山灰と対比される。7 枚の津波イベント堆積物が認定でき、層厚は 0.5~10cm 程度で含有物はいずれも 2~6 mm 程度の黒色扁平礫からなり、碁石浜の礫と極めて酷似している。認定されたイベントの年代はそれぞれ GS-TS1 (約 1910 年前)、GS-TS2 (約 3240 年前)、GS-TS3 (約 3610 年前)、GS-TS4 (約 4870 年前)、GS-TS5 (約 5250 年前)、GS-TS6 (約 5340 年前)、GS-TS7 (約 6270 年前) である (図 7 下)。さらに GS-TS1 より上部の泥炭層トップの年代は AD1920 年頃となる。この間約 1800 年間の泥炭層中には礫等のイベント層は認定できない。

#### v) 陸前高田市高田松原地区での調査結果

調査地は広田湾に面し、高田松原海岸からは砂堤 (比高 2.5m) と 1960 年チリ地震津波後に建設された防潮堤を挟んで海岸線から約 250m 離れた古河沼に面した低地 (図 8) で、広田湾からの波浪・高潮の被害は通常及ばない。古河沼周辺 (図 8 上の R1~R3 地点) においてジオスライサーにより合計 4 本 (図 8 の R1 地点で 2 本、いずれも深度は約 3.5m) が採取された。R1 地点では、地層は共に深度 60~70 cm 付近までは盛土で、それ以深では砂層及び砂礫層を挟んだ泥炭層が分布し、深度 270 cm 以下では河川を起源と考えられる礫混じりの砂層が堆積している。イベント層と見られる層は 4 層見られ、層厚は 5 cm~15 cm 中粒~極粗粒砂で構成されいずれも下部の泥炭層を侵食したように見える。中には相対する 2 方向のラミナ (礫や砂、泥といった数 mm~数 cm の厚さを持つ堆積物の粒子が並んだ層のこと) を確認できる層も見られ (図 9 b)、押し波と引き波の流れを示すと考えられる。泥炭層の <sup>14</sup>C 年代値から堆積曲線を描きイベント層の年代を推定すると、TKM-TS1 (約 1910AD 以新)、TKM-TS2 (約 1780AD)、TKM-TS3 (約 1340AD)、TKM-TS4 (約 1200AD) で、過去約 750 年間で 4 回のイベントの発生が示された (図 9 a)。最上部の砂層は、住民の証言を合わせると 1960 年チリ地震津波の堆積層である事は間違いない。

陸前高田平野では、平野の形成史 (千田ほか, 1984<sup>1)</sup>) を踏まえると、現在の高田松原海岸の浜堤によって古河沼が形成されたのが約 1000 年前と考えられる (図 8 a 中の赤破線) ので、もし貞観津波堆積物が確認されるとしたら、当時の海岸線を越えて内陸平野側において見いだされるはずである。しかし、地点 R 5~R 8 のいずれの場所においても平成 18、19 年度の調査において確認できなかった。確認された堆積物はいずれも氾濫原堆積物でそれらの年代値は 1000 年前より新しいものであった。また、地点 R 4 (図 9 c) では、標高約-1.5m 付近に顕著な不整合 (年代値は約 1500 年前~約 1000 年前) が認められるが、津波イベント堆積物は見いだされていない。以上のことから、

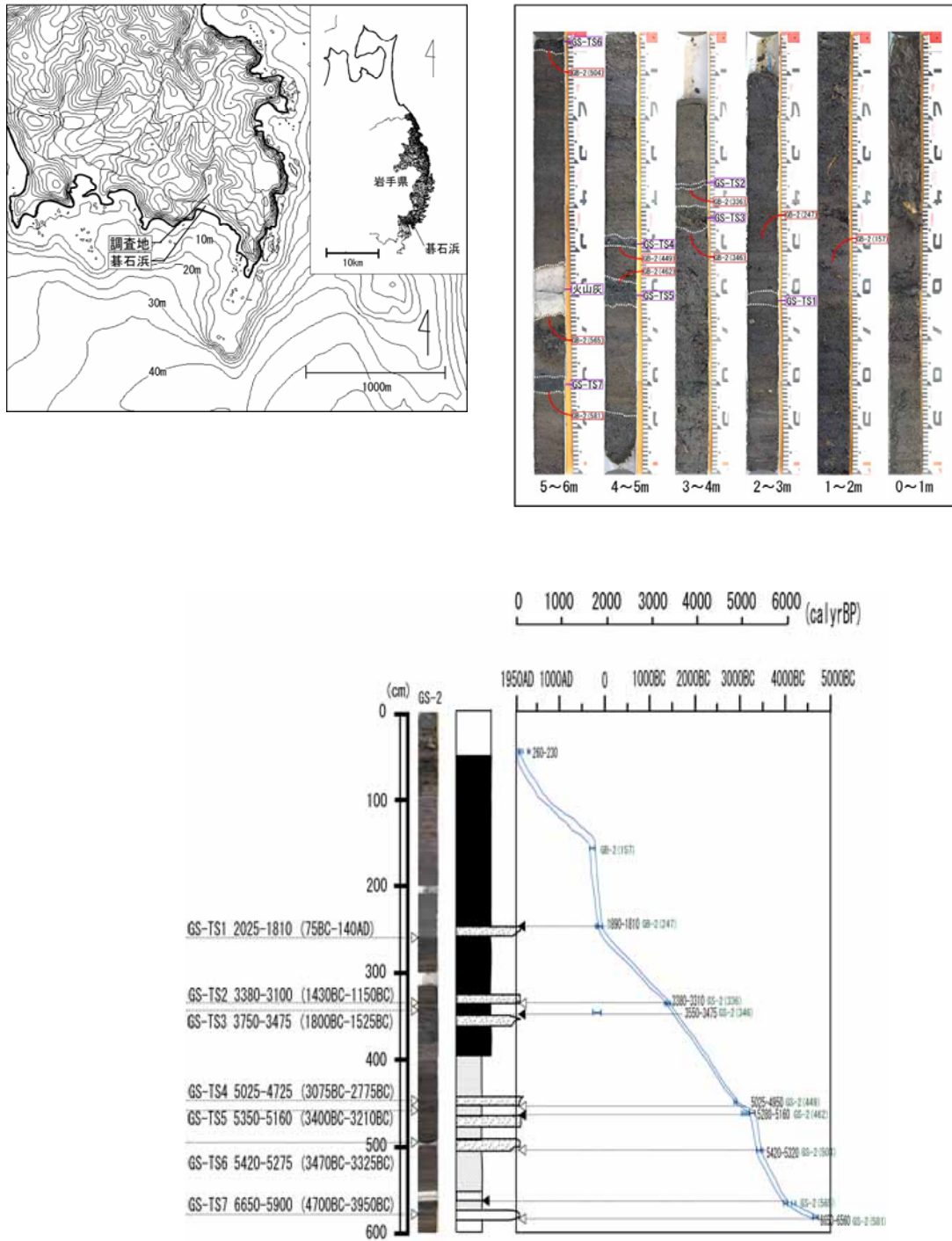


図7 碓氷川（大船渡市）における調査地点（左上）とジオスライサー試料（右上）及び沖積層堆積速度と津波イベント堆積物の年代（下）。約2000年前以降の地層には顕著な津波堆積物は見あたらない。

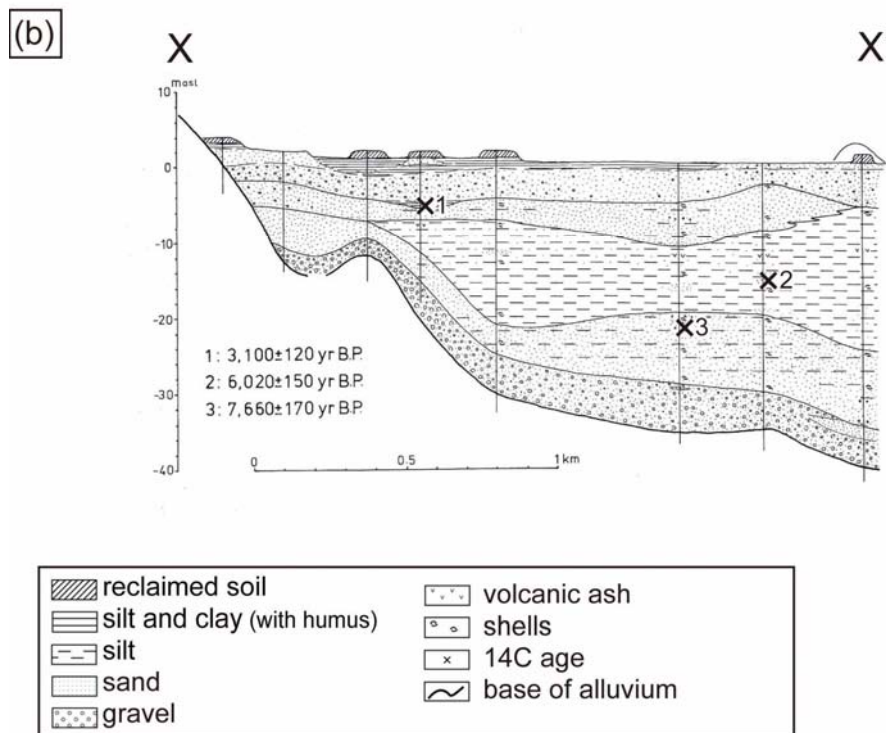
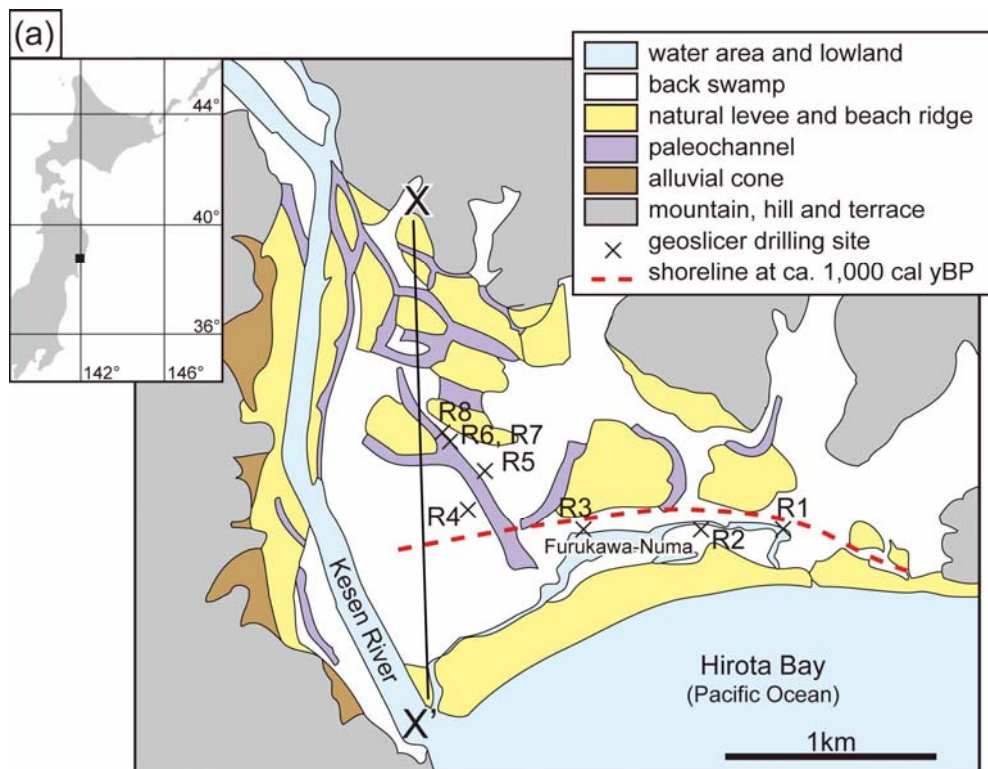


図8 陸前高田平野での調査地点。(a)陸前高田平野の地形分類図。(b)気仙川に沿う断面。  
いずれも千田ほか (1984) <sup>1)</sup>による。

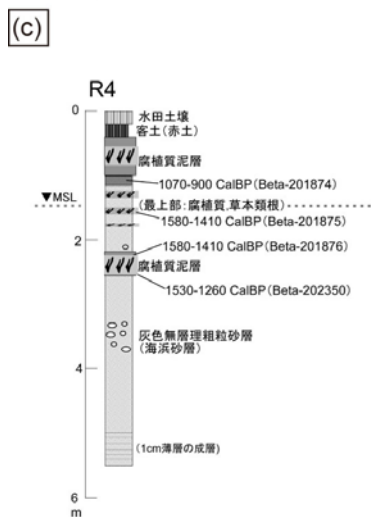
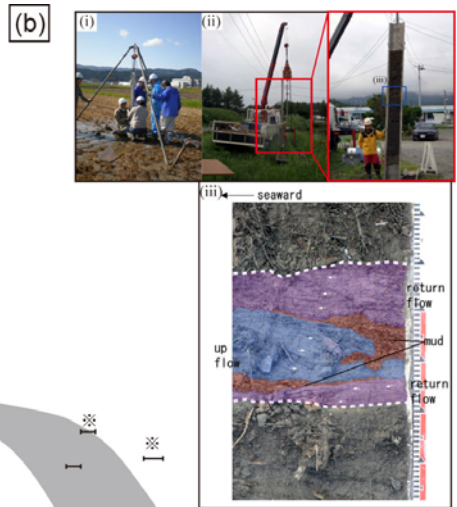
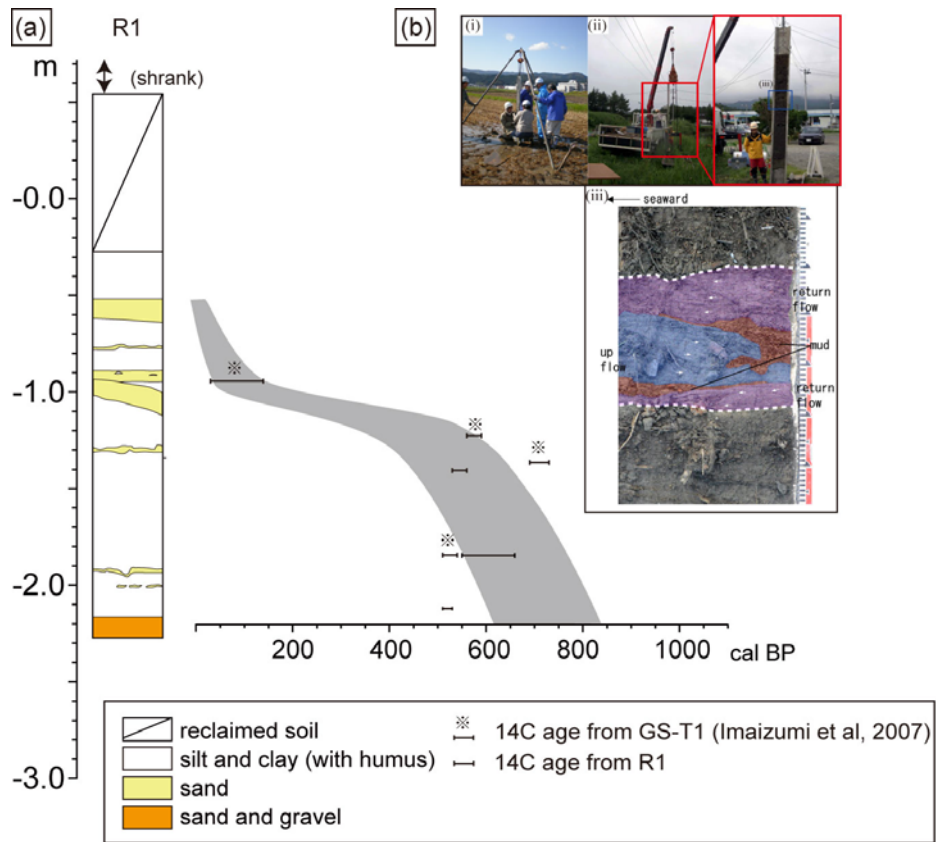


図9 陸前高田平野における津波イベント堆積物の認定とその年代。

- a : R1 地点におけるジオスライサー断面と堆積曲線及びイベント堆積物の推定年代。  
b : ジオスライサーによる調査風景とジオスライサーに取り採取された 1960 年チリ地震津波の堆積物。  
c : 地点 R4 における簡易ジオスライサー断面と年代。

貞観津波は本地域においては少なくとも陸上までは及んでいないと考えられる。また、陸前高田では、1960年チリ地震津波イベント堆積物の他に、約700年前までに少なくとも3枚の明瞭なイベント堆積物が確認された。イベント堆積物の推定年代は、堆積曲線から見ると、140～300年前、560年前頃、約700年前頃である。歴史記録から判断すると、上位が昭和三陸津波または明治三陸津波、その下位が慶長地震による津波堆積物の可能性があるが、歴史記録にはない津波堆積物の可能性もある。

#### vi) 気仙沼市波路上崎野地区での調査結果

本地点は、浜堤背後の後背地に位置し、海岸線から約75m離れた湿地帯でジオスライサーによって採取された（採取長370cm）。地表下約20cmまで盛土で、それ以深は砂礫層を挟んだ泥炭層が深度約320cmまで分布してする。津波イベント層が少なくとも3層見られた。層厚はおよそ20cm～70cmと厚く、中粒～極粗粒砂で構成され非常に淘汰が悪く、いずれも下部の泥炭層を侵食したように見える。貝化石を非常に多量に含み、一定方向に配列（図10下）している。このことから非常に強い流れによって運搬堆積されたと考えられる。泥炭層の堆積曲線からイベントの年代を検討した結果、過去約3000～6000年前の間にこのような貝化石含むイベント層を残すような津波が3度発生していることが推定される（図10上）。ただし、表層直下から数千年と古い年代の地層が分布し、新しい年代の地層は全て欠如している結果となった。

以上のように、三陸海岸地域の宮古～気仙沼の各地区において、海岸低地の地層中から、過去数千年間の津波堆積物（図11）が検出された。宮古～気仙沼地区のデータセットから過去2000年前～6000年前までの津波堆積物年代を対比すると、4地点以上で年代のほぼ一致するものが5層準、3地点以上で一致するものが2層準で合計7層準が認定された。重複する層準年代は、それぞれ約1900～2000cal. y. BP、約2400～2500cal. y. BP、約3100cal. y. BP、約3700～3800cal. y. BP、約4200～4300cal. y. BP、約4900～5000cal. y. BP、約5400～5500cal. y. BPとなる。堆積物から認定される津波イベントの再来間隔は500年から最大700年程度となり、例外的に長い再来間隔をもつ超巨大三陸地震を示している可能性がある。

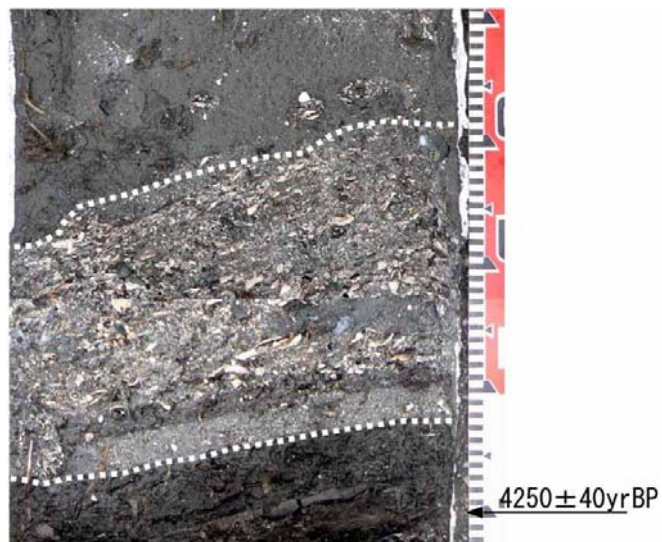
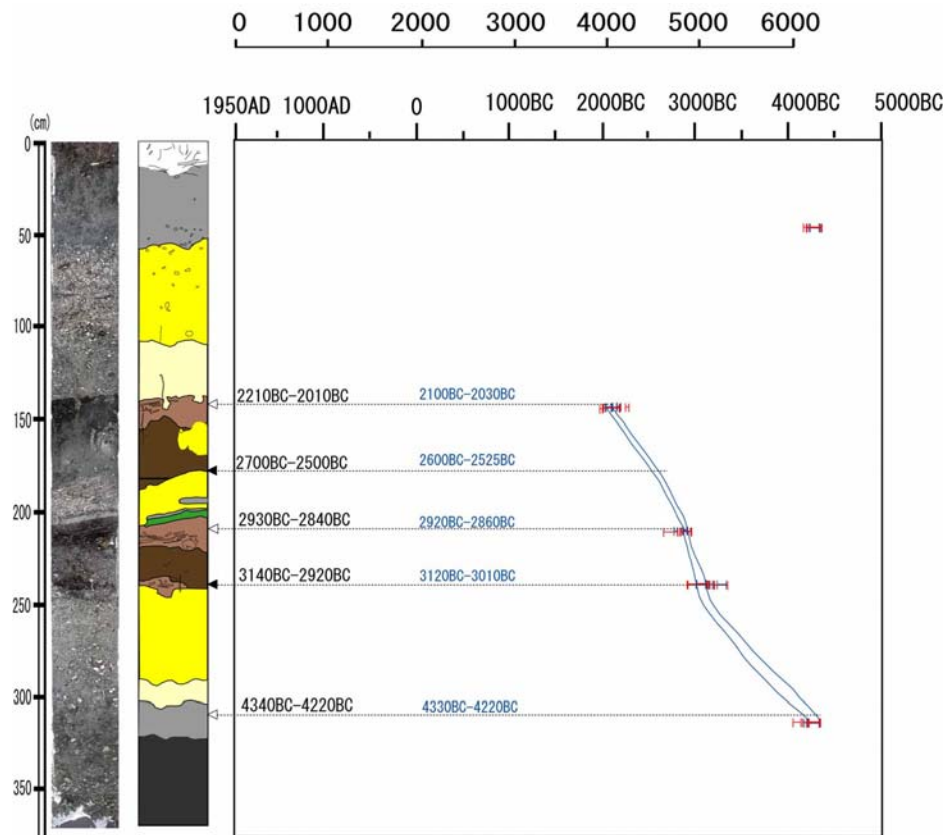


図 10 気仙沼市波路上崎野地区におけるジオスライサー柱状断面と沖積層の平均的堆積速度（上）及び津波イベント堆積物（貝化石）試料の拡大（下）。約 4000 年前以降には明瞭な津波イベントは見い出せない。



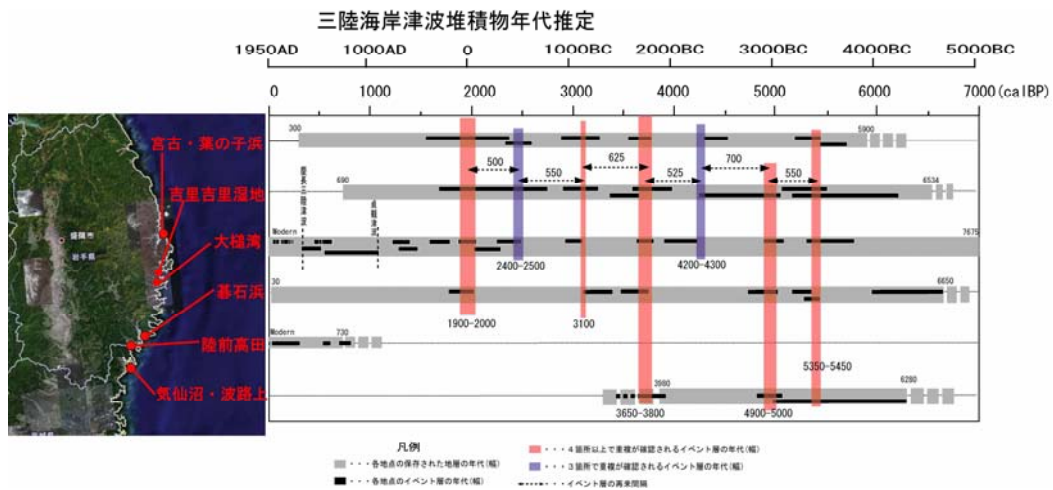


図 11 堆積物から認定される三陸（宮古～気仙沼）における主要津波イベントの年代とその間隔（赤線は 4 箇所以上でイベントの年代が共通して見られる、青線は 3 箇所重複する）。大槌湾と陸前高田平野以外の場所（陸上部）では、約 2000 年前以降において明瞭な津波イベント堆積物は確認されていない。陸前高田平野では、約 1000 年前以前については試料が得られていない。

## 2) 常磐海岸地域における調査成果

仙台平野以南の常磐海岸地域において、平成 19 年以降に松川浦地区・浪江地区・いわき地区の 3 箇所を対象に調査を行った（図 1）。

### i) 相馬市松川浦地区での調査結果

阿武隈川河口付近から相馬市のある常磐海岸地域側には、完新世の地形面（沖積平野）が発達している。松川浦は、砂州によって陸封されたラグーンで、この潟湖に流入する宇田川・小泉川や日下石川などの河口部にはデルタが広がるが、大半は現在干拓・埋め立てなどによって整地されている（図 12；Pasha, 2005<sup>2)</sup>）。松川浦地区では、箕浦（1995<sup>3)</sup>・菅原ほか（2002<sup>4)</sup>が調査を行い、地表下数十 cm に十和田火山灰（To-a）とその直下に津波堆積物があることを確かめ、この津波堆積物は歴史記録にある貞観津波（西暦 869 年）の堆積物の可能性が高いとしている。

そこで、日下石川沿いの低地の 3 地点（M1 地点：標高 0.14m、M2 地点：標高 -0.18 m、M3 地点：標高 -0.46m：図 12）において、ジオスライサーを用いて調査を行い、貞観津波積物をはじめ過去の津波と見られるイベント堆積物を採取し（掘削深度は M3 地点：4.09m、M2 地点：5.08m、M1 地点：5.47m）、それぞれのイベント堆積物の時期を特定した。なお、ジオスライサー打ち込み時には水田土壌を中心とした含水層からの脱水により、採取試料の短縮（約 20 cm から 50 cm）が見られたので、これらの断面を補うために M3 地点からさらに北西に向かってボーリングステッキを用いて、3 地点（図 12 a の M4～6 地点）で地表下約 1 m 付近までを掘削した。

その結果、M1 断面と同様に地表直下に、火山ガラスの密集層が確認された。また、

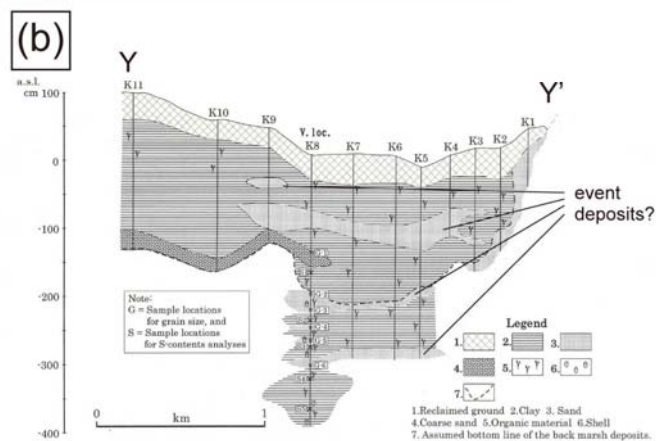
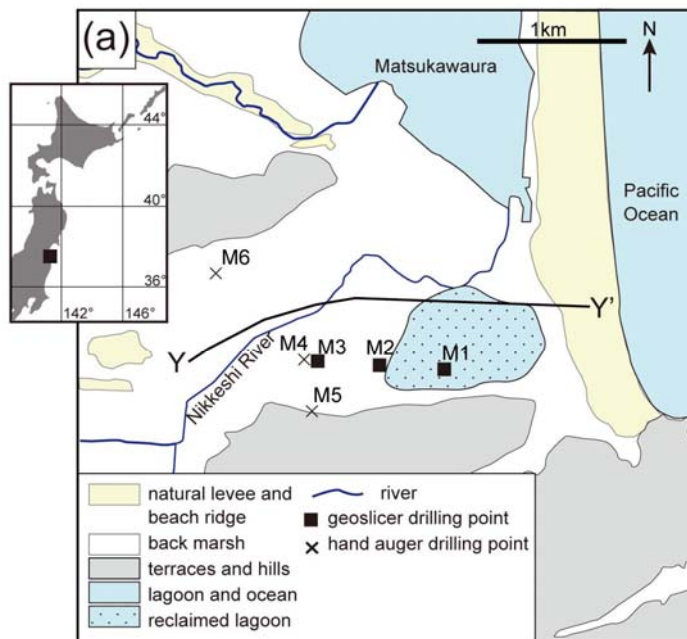


図 12 松川浦地区における調査位置。

- a : ジオスライサー調査地点 (M1～M3 地点, 平成 20 年度) と平成 21 年度ボーリングステッキによる追加調査地点 (右下, M4～M6)。
- b : ボーリング資料による調査地点の地質断面 (Y-Y') の概略 (Pasha, 2005<sup>2)</sup> による)。

この火山ガラス密集層の直下には砂層が認められる。この砂層は、粒度が均質で砂層の内部には粘土層のブロックを取り込んでいる。そこでM1断面の試料を用いて火山灰の分析を行い、火山ガラスの形状及び屈折率から十和田 a 火山灰 (To-a) であることを確かめた (図 13)。この結果、M1 及び M2 地点においては、この火山灰の直下の砂層が年代的に見ても貞観津波にイベント堆積物である可能性が極めて高いことが明らかになった。これは、箕浦 (1995)<sup>3)</sup> 及び菅原ほか (2002)<sup>4)</sup> と同様の結果である。また、この火山灰層の上方にも M1 断面では少なくとも 3 枚の砂層が識別できる。このうち最も地表に近い砂層は、その上下の地層の年代測定の結果、750±150 cal BP を示す。さらに、その下の 2 枚の砂層は近接しており、いずれもブロック状である。それらの砂層の年代は 1,000±100 cal BP と推定される。仙台平野などでも貞観津波堆積物の上位にイベント堆積物が確認されており (澤井ほか, 2007<sup>5)</sup>・2008<sup>6)</sup>、宍倉ほか, 2007<sup>7)</sup>)、これらのイベント堆積物との年代の対比は今後の課題である。

また、下位の砂層中にはマッドクラストが含まれる。この砂層の下方には、地表下約 4.5m (海拔高度約 -5 m) までに少なくとも 6 枚の砂層 (厚さはそれぞれ異なる) が泥炭質粘土層中に見られる。砂層中には下位の泥炭質粘土層と酷似したマッドクラスト状の泥炭層や貝殻片などが含まれる。貝殻片は特に地表下約 3.5m (海拔高度 -約 4 m) 付近から多くなり、下部の泥層中には貝殻が密集する。これらの砂層は、いずれも現在の海浜砂層と区別がつかないほど粒度がよく揃った中砂～細砂である。

同様に M2 地点においても、地表下約 3.5m 以浅において少なくとも 5 枚のイベント堆積物が確認できる。これらのイベント堆積物を挟むようにその直上・直下の地層の<sup>14</sup>C年代測定を行った (表 1)。また、その結果に基づいて M1 地点と M2 地点における堆積速度曲線を描き、イベント堆積物の位置を推定した (図 14)。貞観津波のイベント堆積物以前で 4 千年前以降において、両地点で共通するイベント堆積物は少なくとも 5 枚認められるが、それぞれのイベント堆積物は、両地点で厚さや層相は必ずしも一致しない。また、年代値にも測定した試料の位置によって幅を有する。このことから採取した試料をさらに吟味して、また松川浦地区の他の地点での様子と併せて総合的な検討が必要である。さらに、貝殻密集層を含む泥炭質粘土層は、完新世の海面上昇後の海面安定期に堆積したデルタの底置層と見られるが、その深度が現海水準より低い。このことは、これらの地層堆積以降の地殻変動による沈降を示すのか、海水準そのものとしたら、ストームやデルタ前進に伴う堆積層と見ることもできる。仙台平野を含めたこの地域の完新世の堆積環境を合わせて検討することが必要であろう。

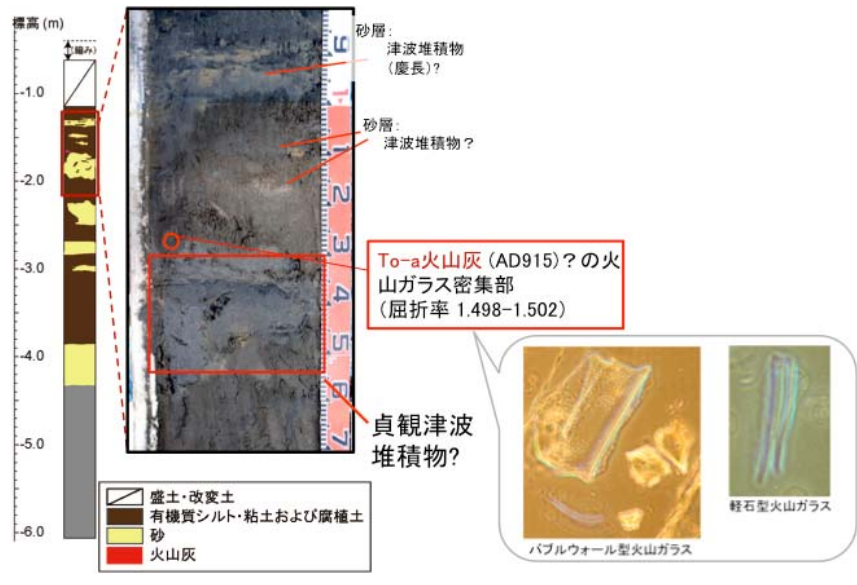


図 13 松川浦地区 (M1 地点) におけるジオスライサー試料に見いだされた十和田 a 火山灰 (To-a) と直下の砂層 (津波イベント堆積物)

表1 陸前高田(古河沼周辺)・松川浦・浪江・いわき地区での<sup>14</sup>C年代測定結果一覧

陸前高田(28サンプル)

※古河沼18サンプル, 第二浜堤列付近4サンプル, 第二浜堤列より内陸側6サンプル

年度	Sample Code	Laboratory No.	Type of material	Measured <sup>14</sup> C age (yr BP)	<sup>13</sup> C(‰)	Conventional <sup>14</sup> C age (yr BP)	Calendar year (1σ) (cal BP)	Calendar year (2σ) (cal BP)	age(補正不明)(cal BP)	Method
H18		Beta-201874							1070 to 960	
H18		Beta-201875							1580 to 1410	
H18		Beta-201876							1580 to 1410	
H18		Beta-202350							1520 to 1260	
H18						100±30	140 to 30			
H18						660±30	590 to 560			
H18						810±30	730 to 690			
H18						560±30	560 to 530			
H18	Rikusen-C3	Beta-225376	peat	320±40	-28.4	260±40	310 to 290	430 to 360 and 330 to 280 and 180 to 150 and 10 to 0		
H18	Rikusen-C2	Beta-225375	peat	440±40	-27.6	400±40	510 to 460	520 to 420 and 390 to 320		
H18	Rikusen-C1	Beta-225374	peat	490±40	-26.1	470±40	530 to 500	430 to 360 and 330 to 280 and 180 to 150 and 10 to 0		
H19	07102701-01	Beta-237752	plant material	530±40	-28.5	470±40	530 to 500			AMS
H19	07102701-02A	Beta-237750	organic sediment	1,320±40	-25.1	1,320±40	1,290 to 1,260			AMS
H19	07102701-03	Beta-237751	organic sediment	1,500±40	-24.4	1,510±40	1,410 to 1,350			AMS
H19	07102701-06	Beta-237753	plant material	1,190±40	-25.9	1,180±40	1,170 to 1,060			AMS
H19	07102901-01A	Beta-237754	plant material	140±40	-27.9	90±40	140 to 30			AMS
H19	07102901-03A	Beta-237755	plant material	2,160±40	-21.7	2,210±40	2,320 to 2,150			AMS
H20	C1-1	IAAA-81772	peat	620±30	-27.77±0.76	576±32	1317AD - 1354AD(43.9%) 1389AD - 1410AD(24.3%)	1300AD - 1369AD(61.2%) 1381AD - 1422AD(34.2%)		AMS
H20	C1-2	IAAA-81773	wood	150±30	-28.51±0.51	93±26	1697AD - 1726AD(22.0%) 1814AD - 1836AD(15.9%) 1847AD - 1851AD(2.4%) 1877AD - 1917AD(27.8%)	1689AD - 1730AD(25.9%) 1809AD - 1926AD(69.5%)		AMS
H20	C1-3	IAAA-81774	peat	650±30	-21.79±0.51	697±31	1272AD - 1299AD(37.4%) 1370AD - 1380AD(10.8%) 1697AD - 1726AD(21.0%)	1263AD - 1311AD(73.2%) 1350AD - 1388AD(22.2%)		AMS
H20	C1-4	IAAA-81775	wood	100±30	-25.74±0.66	88±32	1814AD - 1836AD(15.2%) 1846AD - 1851AD(2.7%) 1877AD - 1917AD(29.4%)	1682AD-1735AD(26.7%) 1805AD-1930AD(68.7%)		AMS
H20	C1-5	IAAA-81776	wood	Modern	-28.93±0.44	Modern				AMS
H21	Ful-09-1	Beta-268098	organic sediment	500±40	-25.1	500±40	540 to 510	550 to 500		AMS
H21	Ful-09-3	Beta-268099	organic sediment	610±40	-24.2	620±40	660 to 550	670 to 540		AMS
H21	Ful-09-4	Beta-268100	organic sediment	480±40	-25.3	480±40	530 to 510	550 to 490		AMS
H21	Ful-09-5	Beta-272573	plant material	100±0.5(%)	-26.6	100.3±0.5%	2700 to 2540 and 2610 to 2390 and 2540 to 2360	2720 to 2350		AMS
H21	Ful-09-6	Beta-272574	plant material	160±40	-28	110±40	270 to 210 and 140 to 20 and 0 to 0	280 to 170 and 150 to 0 and 0 to 0		AMS
H21	MATSUC25	Beta-272572	wood	1900±60	-24.6	1910±40	1890 to 1820	1940 to 1740		AMS

松川浦(31サンプル)

年度	Sample Code	Laboratory No.	Type of material	Measured <sup>14</sup> C age (yr BP)	<sup>13</sup> C(‰)	Conventional <sup>14</sup> C age (yr BP)	Calendar year (1σ) (cal BP)	Calendar year (2σ) (cal BP)	age(補正不明)(cal BP)	Method
H20	MATSU A2-10	Beta-256070	wood	3470±40	-29	3400±40	3690-3600			AMS
H20	MATSU A2-9	Beta-256071	wood	5810±40	-27.1	5780±40	6650-6500	6670 to 6480		AMS
H20	MATSU A2-4	Beta-256072	wood	3710±40	-28.6	3650±40	4070-4040 and 3990-3910	4090 to 3870		AMS
H20	MATSU A2-3	Beta-256073	wood	3990±40	-30	3910±40	4420-4290	4430 to 4240		AMS
H20	MATSU B-30	Beta-256074	wood	1790±40	-28.2	1740±40	1710-1600	1730 to 1550		AMS
H20	MATSU B-29	Beta-256075	wood	1800±40	-24.9	1800±40	1810-1700	1830 to 1620		AMS
H20	MATSU B-28	Beta-256076	wood	2130±40	-28	2080±40	2120-1990	2150 to 1940		AMS
H20	MATSU B-27	Beta-256077	organic sediment	2700±30	-20.5	2770±50	2930-2790	2980 to 2760		AMS
H20	MATSU B-26	Beta-256078	organic sediment	2970±40	-20.8	3040±40	3320-3210	3360 to 3150		AMS
H20	MATSU B-25	Beta-256079	organic sediment	3090±40	-21.2	3150±40	3400-3350	3450 to 3330 and 3280 to 3280		AMS
H20	MATSU B-24	Beta-256080	wood	3240±40	-28.8	3180±40	3440-3370	3470 to 3350		AMS
H20	MATSU B-23	Beta-256081	organic sediment	3750±40	-19.3	3840±40	4340-4340 and 4290-4220 and 4210-4160	4410 to 4140 and 4120 to 4100		AMS
H20	MATSU B-22	Beta-256082	organic sediment	4380±40	-20.3	4460±40	5280-5170 and 5130-5110 and 5070-5030 and 4910-4980	5290 to 4960 and 4920 to 4910		AMS
H20	MATSU B-21	Beta-256083	shell	3440±40	-0.3	3850±40	3860-3760	3910 to 3690		AMS
H20	MATSU B-31	Beta-256084	organic sediment	6530±40	-21.9	6580±40	7500-7440	7560 to 7430		AMS
H20	MATSU C23-A	Beta-256085	organic sediment	590±40	-22.4	630±40	660-620 and 610-560	670 to 540		AMS
H20	MATSU C22-A	Beta-256086	charred material	1100±40	-27.5	1060±40	980-930	1060 to 920		AMS
H20	MATSU C21-A	Beta-256087	organic sediment	2350±40	-19.9	2430±40	2680-2640 and 2500-2340	2710 to 2630 and 2620 to 2550		AMS
H20	MATSU C15-A	Beta-256088	wood	2080±40	-30.7	1990±40	1990-1890	2010 to 1870		AMS
H20	MATSU C13-A	Beta-256089	organic sediment	2750±40	-19.7	2840±40	2990-2880	3070 to 2860		AMS
H20	MATSU C12-A	Beta-256090	organic sediment	3070±40	-20.9	3140±40	3390-3350	3440 to 3320 and 3290 to 3270		AMS
H20	MATSU C9-A	Beta-256091	wood	2940±40	-27.8	2890±40	3070-2960	3160 to 2920 and 2900 to 2890		AMS
H20	MATSU C8-A	Beta-256092	organic sediment	3600±40	-18.3	3770±40	4250-4200 and 4160-4090	4250 to 4070 and 4040 to 3990		AMS
H20	MATSU C7-A	Beta-256093	organic sediment	3850±40	-18.8	3950±40	4430-4410	4520 to 4460 and 4450 to 4290		AMS
H20	MATSU C6-A	Beta-256094	wood	NA	NA	4280±50	4860-4830	4960 to 4920 and 4910 to 4820 and 4740 to 4730		AMS
H20	MATSU C5-A	Beta-256095	shell	3630±40	0.5	4050±40	4140-4020	4200 to 3960		AMS
H20	MATSU C-1	Beta-256096	shell	4920±40	0.7	5340±40	5730-5640	5830 to 5820 and 5810 to 5660		AMS
H21	MATSU B2-1	Beta-268094	plant material	200±40	-24.6	210±40	300 to 270 and 180 to 150 and 10 to 0	310 to 260 and 220 to 140 and 30 to 0		AMS
H21	MATSU B2-2	Beta-268095	wood	2020±40	-26.3	2000±40	1990 to 1900	2040 to 1870		AMS
H21	MATSU B2-3	Beta-268096	organic sediment	2550±40	-18.1	2660±40	2780 to 2750	2850 to 2740		AMS
H21	MATSU C2-2	Beta-268097	plant material	1910±40	-24.5	1920±40	1900 to 1830	1940 to 1810		AMS

表1 (つづき)

澁江 (17サンプル)

年度	Sample Code	Laboratory No.	Type of material	Measured <sup>14</sup> C age (yr BP)	<sup>13</sup> C(‰)	Conventional <sup>14</sup> C age (yr BP)	Calendar year (1σ) (cal BP)	Calendar year (2σ) (cal BP)	age(補正不明)(cal BP)	Method
H19	HGS-UKI-12	Beta-239364	organic sediment	1,180 ± 40	-23.8	1,200 ± 40	1,180 to 1,060			AMS
H19	HGS-UKI-13	Beta-239365	organic sediment	1,960 ± 40	-23.4	1,990 ± 40	1,990 to 1,890			AMS
H19	HGS-UKI-14	Beta-239819	organic sediment	3,370 ± 40	-25.3	3,370 ± 40	3,640 to 3,570			AMS
H19	HGS-UKI-02	Beta-239358	plant material	2,620 ± 40	-26.9	2,590 ± 40	2,750 to 2,730			AMS
H19	HGS-UKI-06	Beta-239359	plant material	4,130 ± 40	-27.7	4,090 ± 40	4,620 to 4,520			AMS
H19	HGS-UKI-07	Beta-239360	plant material	3,170 ± 40	-26.7	3,140 ± 40	3,390 to 3,350			AMS
H19	HGS-UKI-08	Beta-239361	plant material	3,540 ± 40	-27.5	3,500 ± 40	3,840 to 3,700			AMS
H19	HGS-UKI-09	Beta-239362	plant material	3,720 ± 40	-27.3	3,680 ± 40	4,080 to 3,970			AMS
H19	HGS-UKI-11	Beta-239363	plant material	4,410 ± 40	-27.8	4,360 ± 40	4,970 to 4,860			AMS
H19	HGS-UKI-15	Beta-240218	plant material	-	-	4,220 ± 40	4,740 to 4,730			AMS
H21	NAA-2	Beta-272565	plant material	1880 ± 40	-26.1	1860 ± 40	1860 to 1730	1880 to 1710		AMS
H21	NAA-12	Beta-272566	organic sediment	990 ± 40	-24.2	1000 ± 40	940 to 920	970 to 900 and 870 to 800		AMS
H21	NAB-1	Beta-272567	plant material	130 ± 40	-28.4	70 ± 40	250 to 230 and 130 to 110 and 70 to 40 and 0 to 0	270 to 210 and 140 to 20 and 0 to 0		AMS
H21	NAB-2	Beta-272568	plant material	130 ± 40	-27.3	90 ± 40	260 to 220 and 140 to 30 and 0 to 0	270 to 180 and 150 to 10 and 0 to 0		AMS
H21	NAB-4	Beta-272570	plant material	230 ± 40	-25	260 ± 40	310 to 290	430 to 360 and 330 to 280 and 180 to 150 and 10 to 0		AMS
H21	NAB-3	Beta-273471	organic sediment	2410 ± 40	-22.3	2450 ± 40	2720 to 2350	2700 to 2640 and 2610 to 2590 and 2540 to 2360		AMS
H21	NAB-6	Beta-273472	wood	1130 ± 40	-25.6	1120 ± 40	1060 to 970	1140 to 940		AMS

いわき (21サンプル)

年度	Sample Code	Laboratory No.	Type of material	Measured <sup>14</sup> C age (yr BP)	<sup>13</sup> C(‰)	Conventional <sup>14</sup> C age (yr BP)	Calendar year (1σ) (cal BP)	Calendar year (2σ) (cal BP)	age(補正不明)(cal BP)	Method
H20	081021TH-1_C1	IAAA-81726	peat	1,860 ± 30	-23.60 ± 0.42	1,880 ± 30	74AD - 140AD (55.7%) 155AD - 168AD (5.8%) 195AD - 209AD (6.7%)	64AD - 224AD (95.4%)		AMS
H20	081021TH-1_C4	IAAA-81727	wood	700 ± 30	-25.88 ± 0.57	680 ± 30	1278AD - 1299AD (49.3%) 1369AD - 1381AD (18.9%)	1270AD - 1314AD (63.0%) 1356AD - 1389AD (32.4%)		AMS
H20	081021TH-1_C6	IAAA-81728	wood	1,090 ± 30	-30.22 ± 0.49	1,010 ± 30	891AD - 1036AD (68.2%)	976AD - 1050AD (80.1%) 1085AD - 1124AD (11.8%) 1137AD - 1152AD (3.5%)		AMS
H20	081021TH-1_C7	IAAA-81729	wood	1,000 ± 30	-27.44 ± 0.44	960 ± 30	1026AD - 1049AD (21.6%) 1085AD - 1124AD (35.1%) 1137AD - 1151AD (11.5%)	1022AD - 1155AD (95.4%)		AMS
H20	081021TH-1_C8	IAAA-81730	wood	1,050 ± 30	-29.06 ± 0.47	990 ± 30	1016AD - 1046AD (40.8%) 1093AD - 1121AD (21.8%) 1140AD - 1148AD (5.6%)	990AD - 1054AD (54.1%) 1078AD - 1154AD (41.3%)		AMS
H20	081021TH-1_C9	IAAA-81731	wood	430 ± 30	-26.79 ± 0.51	400 ± 30	1445AD - 1491AD (61.4%) 1603AD - 1610AD (6.8%)	1437AD - 1522AD (77.0%) 1574AD - 1625AD (18.4%)		AMS
H20	081021TH-2_C1	IAAA-81732	wood	280 ± 30	-27.40 ± 0.52	240 ± 30	1645AD - 1667AD (44.8%) 1783AD - 1797AD (23.4%)	1528AD - 1544AD (2.3%) 1633AD - 1681AD (53.3%) 1763AD - 1802AD (31.6%) 1938AD - 1955AD (8.2%)		AMS
H20	081021TH-2_C2	IAAA-81733	charred material	540 ± 30	-25.30 ± 0.53	530 ± 30	1399AD - 1432AD (68.2%)	1320AD - 1350AD (18.4%) 1391AD - 1440AD (77.0%)		AMS
H20	081021TH-2_C3	IAAA-81734	wood	470 ± 30	-26.97 ± 0.47	440 ± 30	1434AD - 1462AD (68.2%)	1426AD - 1490AD (94.2%) 1603AD - 1609AD (1.2%)		AMS
H20	081021TH-2_C4	IAAA-81735	wood	490 ± 30	-27.48 ± 0.34	450 ± 30	1431AD - 1451AD (68.2%)	1419AD - 1468AD (95.4%)		AMS
H20	081022YK-1_C1	IAAA-81736	peat	740 ± 30	-24.05 ± 0.47	750 ± 30	1252AD - 1283AD (68.2%)	1221AD - 1286AD (95.4%)		AMS
H20	081022YK-1_C2	IAAA-81737	peat	1,840 ± 30	-20.91 ± 0.53	1,910 ± 30	66AD - 127AD (68.2%)	21AD - 175AD (92.8%) 192AD - 211AD (2.6%)		AMS
H20	081022YK-1_C3	IAAA-81738	peat	1,650 ± 30	-20.97 ± 0.38	1,720 ± 30	259AD - 296AD (28.3%) 321AD - 357AD (27.2%) 365AD - 382AD (12.1%)	248AD - 406AD (95.4%)		AMS
H20	081022YK-1_C5	IAAA-81739	peat	1,040 ± 30	-23.01 ± 0.51	1,080 ± 30	900AD - 918AD (16.9%) 966AD - 1015AD (51.3%)	895AD - 926AD (23.8%) 956AD - 1019AD (71.6%)		AMS
H20	081022YK-1_C6	IAAA-81740	wood	600 ± 30	-27.25 ± 0.49	560 ± 30	1321AD - 1350AD (36.5%) 1391AD - 1415AD (31.7%) 895AD - 906AD (11.9%)	1307AD - 1363AD (52.7%) 1385AD - 1426AD (42.7%)		AMS
H20	081022YK-1_C7	IAAA-81741	peat	1,090 ± 30	-23.68 ± 0.52	1,120 ± 30	911AD - 927AD (16.3%) 936AD - 972AD (40.0%)	882AD - 991AD (95.4%)		AMS
H21	TH-1 081021 C1	Beta-272560	wood	640 ± 40	-26.0	620 ± 40	660 to 550	670 to 540		AMS
H21	TH-1 081021 C2	Beta-272561	wood	570 ± 40	-30.4	480 ± 40	530 to 510	550 to 490		AMS
H21	TH-1 081021 C3	Beta-272562	wood	740 ± 40	-25.4	730 ± 40	690 to 660	720 to 650		AMS
H21	TH-1 081021 C5	Beta-272563	wood	970 ± 40	-19.9	1050 ± 40	970 to 930	1050 to 920		AMS
H21	TH-1 081021 C9	Beta-272564	wood	680 ± 40	-27.2	640 ± 40	660 to 630 and 600 to 560	670 to 550		AMS

\* 三陸海岸地域（陸前高田平野を除く）で行った <sup>14</sup>C 値については、本報告書の関係する図面（主として柱状図）に直接書き込んである。

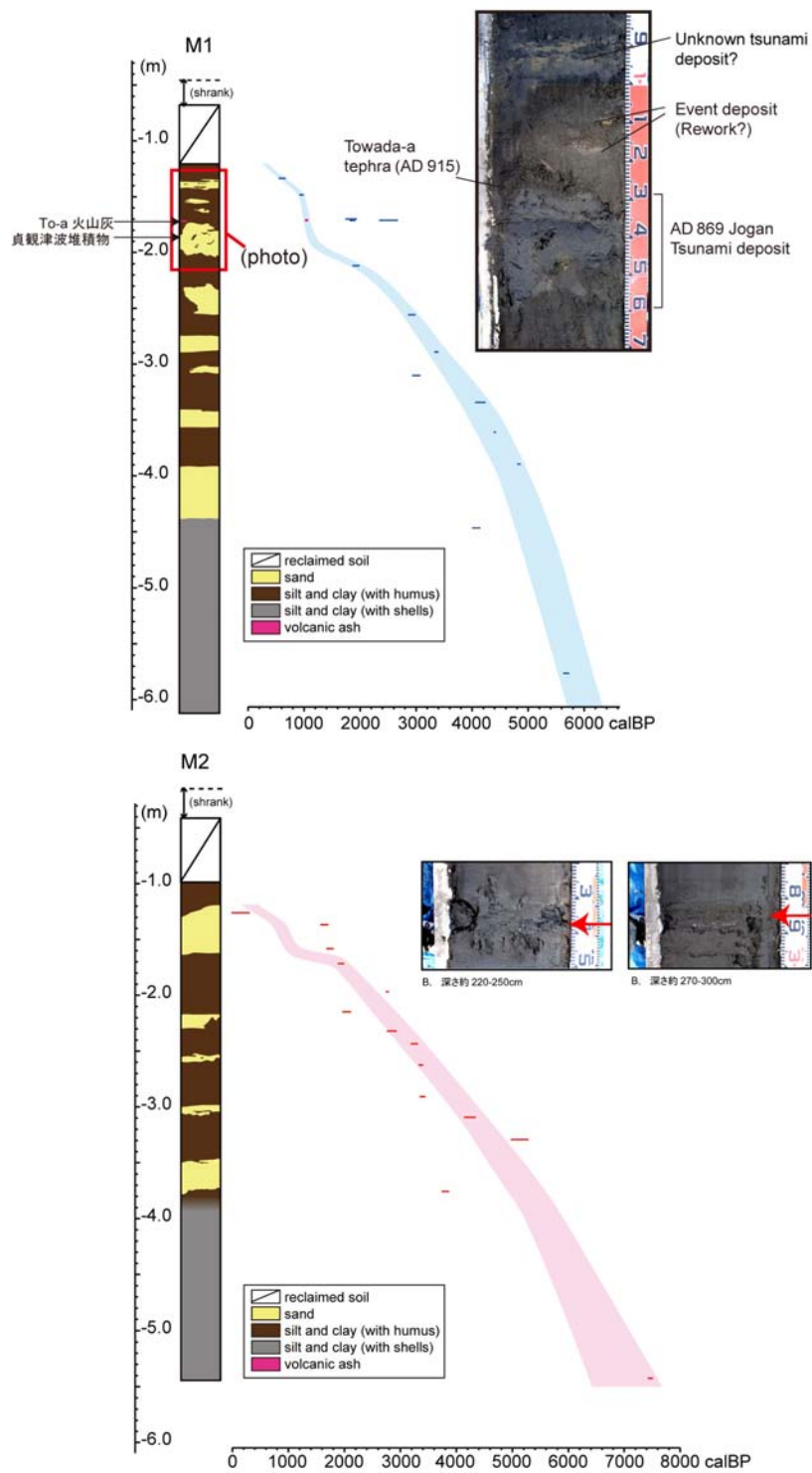


図 14 松川浦M11地点とM2地点における堆積速度とイベント堆積物の比較（縦の目盛りは、標高を基準）。堆積曲線の右の写真は、イベント堆積物の層位を示す。

## ii) 浪江・請戸地区での調査結果

西暦 869 年の貞観津波の到達域は、常磐地域から三陸海岸地域までの広い範囲で歴史記録にも記述があるが（渡邊，1998<sup>8)</sup>，1999<sup>9)</sup>，2000<sup>10)</sup>など）、常磐海岸地域の浪江地区では知られていない（図 1）。南北両縁を更新世海成段丘面に限られた浪江町請戸地区の沖積低地は、完新世段丘面、海岸砂丘、後背湿地自然堤防、旧河道から構成される。完新世段丘面のうち完新世 I 面は、海岸砂丘の背後から丘陵及び更新世海成段丘の麓にかけて広がる低平な地形面である。

請戸川と前田川の間には東西幅約 1 km の完新世 I 面が分布しており、北側、南側、東側は両河川より浸食されるが、西縁は、緩やかに弧を描く比高約 20m の崖により丘陵と接している（図 15）。地形測量の結果、完新世 I 面の中央部には僅かな高まりが認められた。この高まりと丘陵基部の間の完新世 I 面を測線 Z-Z'（図 15）に沿って簡易ジオスライサー 4 地点及びボーリングステッキ 8 地点によってそれぞれ地表下 2 m 程度までの断面を作成し、それぞれの採取試料から津波イベント堆積物の検出を行った（図 16）。

柱状図によると、N 2～N 5 付近の地形的な微高地を境にして、それより内陸側の地下には泥炭層が見られるが、海岸側では泥炭層が見られず全体的に砂質の堆積物である。この砂層は、N 4 コアの下には平行ラミナが見られることから砂層上部が現在の浜堤よりも古い時代の外浜堆積物であり、下部が前浜堆積物であると考えられる。この砂層より内陸側の後背湿地の泥炭層及び有機質シルト層中に、少なくとも 5 枚の砂層がほぼ連続的に確認される。

また、N 6～N 11 において泥炭質層中の下部に黄褐色の火山灰層が見られる（図 16 b）。この火山灰層は、下部が中粒～粗粒砂程度の火山砂、上部が降下軽石からなる。この火山灰の鉱物組成は、石英に富み斜方輝石及び普通角閃石を含む特徴がある。この地域の火山灰分布から判断すると、紀元前 3700～3000 年頃に降下したとされる沼沢湖火山灰（山元，2003<sup>11)</sup>）に対比されるとみられる。この火山灰直下の泥炭層から 4970-4860 cal BP（紀元前 3020-2910 年）が得られており、年代値（表 1）からみてもほぼこの火山灰が沼沢湖火山灰と見て良いであろう。したがって、本地域では、少なくとも約 5000 年前以降のイベント堆積物を記録していることになる。

この火山灰層の直上約 10cm に、15cm 程隔てて 2 枚の砂層が連続して見られる（図 16 b）。2 枚の砂層はいずれも現在の海浜砂と酷似して淘汰が良い。しかも直下の泥炭層を削り込んで堆積しておりその境界は明瞭である。これに対して砂層の上部と泥炭層の境界は不明瞭で砂層直上の泥炭層には砂を含むところもある。この場所に直接流れ込む河川が無いことから、このような砂層は、当時に海浜砂が泥炭地に運び込まれた津波によるイベント堆積物と判断できる。このうち下位の砂層の直上と直下の泥炭層の<sup>14</sup>C年代は、それぞれ 3840-3700 cal BP、4080-3970 cal BP であることから、約 3800 年前のイベント堆積物と考えられる。同様に、上位のイベント堆積物直下の泥炭層の<sup>14</sup>C年代（直上は未測定）は、3390-3350 cal BP を示すことから、約 3300 年前のイベント堆積物と推定される（図 16 a 及び表 1）。この上位のイベント堆積物の上方（約 40cm ほど間隔がある）に、明瞭な砂層が 3 枚追跡できる。いずれも、海浜砂とよく似ており粒度は均質である。また、砂層の下面の境界はいずれも明瞭である。この 3 枚の砂層のうち、



最下位の砂層は厚さ約 5 cm 以上で、5 枚のイベント堆積物中で最も厚い。また、中位の砂層中には周囲の泥炭層の一部がブロックとして取り込まれている様子がわかる (図 16 c・d)。最上位の砂層は、やや粒度は粗いが、砂層下面と泥炭層との境界は明瞭である。場所により耕作土と攪乱され不明瞭な地点もあり、また極めて未固結なために地層採取時に脱落したところもある。これらの 3 層のイベント堆積物を挟んで行った  $^{14}\text{C}$  年代測定に加え、前述の年代測定結果 (表 1) 及び沼沢湖火山灰の年代を基にこの地域の堆積曲線を求めた (図 16 b)。その結果、最上位の砂層は、その上位の泥炭の年代から 1180-1060 cal BP (西暦 770-890 年) を示し、西暦 869 年の貞観津波の発生時期と矛盾しない。また、この堆積曲線 (図 16 b) から下位の 2 枚のイベント堆積物の年代値は、それぞれ約 2300 年前、2600 年前と推定される。

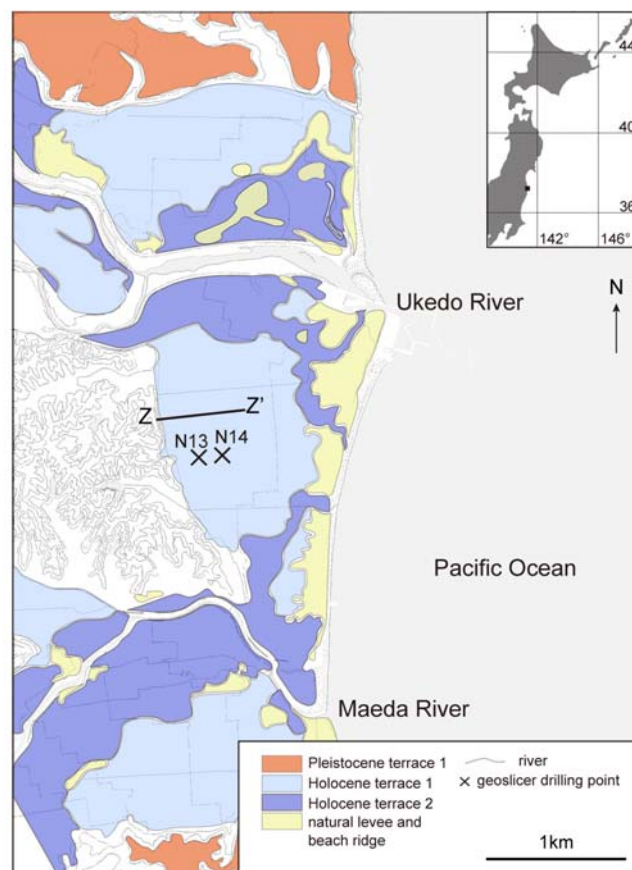


図 15 福島県浪江地区における調査地域 (図中の Z-Z' 沿いの断面は、図 16 に示す)。

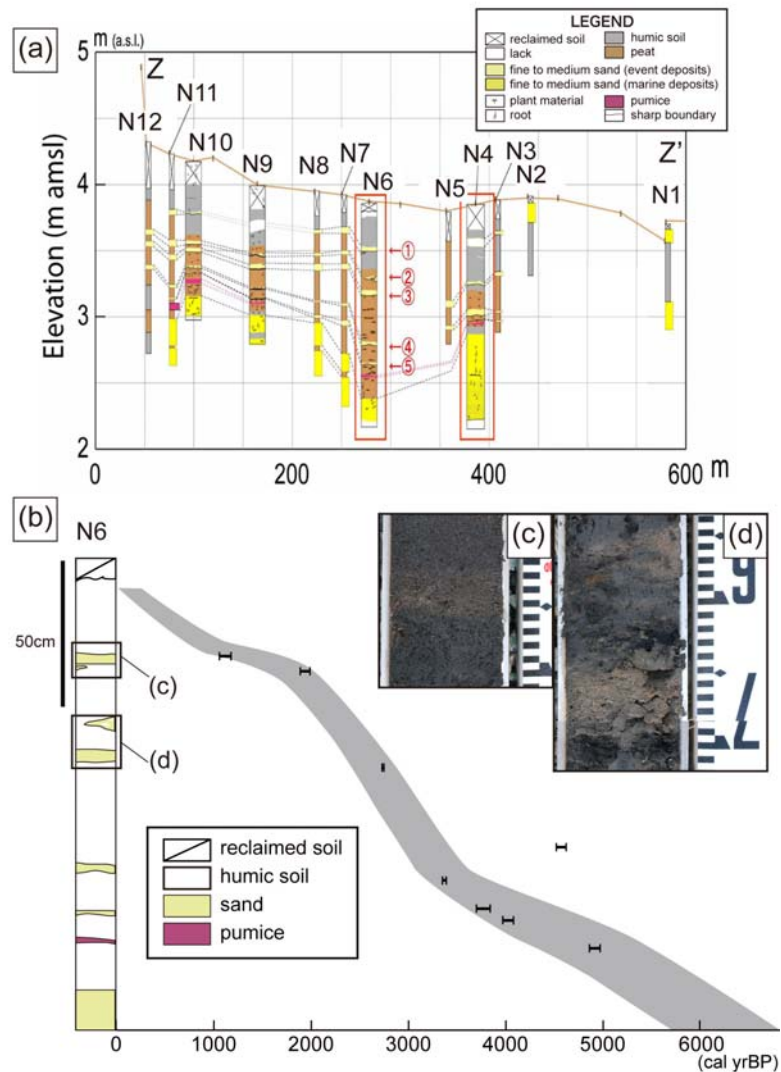


図 16 浪江地区における津波堆積物（平成 20 年度の調査結果）とこの地域における堆積速度曲線（約 4500～5000 年前頃に噴出したと見られる沼沢湖火山灰以降、津波イベント堆積物は少なくとも 5 枚確認できる。そのうち最新の堆積物は、その上下の地層の年代測定結果から、貞観津波の時期（西暦 869 年）に特定された。

### iii) 福島県いわき（四倉・平藤間）地区での調査結果

平成 19 年度及び平成 20 年度に夏井川下流域（四倉及び平藤間地点）の沖積低地（海拔高度はいずれも 1 m～1.5m）において、それぞれハンディジオスライサーとジオスライサーによって深度約 1.5m までの地層を採取した（図 17）。このうち平成 19 年度には簡易ジオスライサーによって多数の津波イベントと見られる砂層が採取された。それらの地層を挟むようにその上下の地層の年代測定を追加した。その結果、これまでの測定値を含めてみると、多くの測定結果が 1000 年前より新しい年代値を示す（図 18）。このことから、本地域では少なくとも貞観津波以降のイベント堆積物が採取されたものと考えられるが、これらのイベントが常磐地域の北部や仙台平野での結果と整合するかどうかは今後の検討課題である。また、再堆積した試料なども含まれている可能性もあるため、本地域のイベント堆積物の年代値が逆転している場合もあり、今後新たな調査地点も含めて再検討する必要がある。特に貞観津波に関しては、本地域付近（茨城県大洋村以北）は歴史記録の上では津波が到達したと記されている場所だけに、このことを検証することは、同時にこの津波の南限を判断する上でも重要である。

### 3) 常磐～仙台～三陸地域間での津波堆積物の対比と発生間隔

#### i) 常磐海岸地域における西暦 869 年貞観津波イベントの確認

歴史資料に記されている貞観津波イベント堆積物については、松川浦地区及び浪江地区においては、これまでの成果を踏まえると、ほぼ明確に確認できた（図 19）。したがって、貞観津波堆積物は、常磐海岸地域から仙台平野と石巻平野までは、連続して追跡が出来る。しかし、陸前高田平野では、平成 18 年度から 21 年度までの数回にわたって調査した結果、この津波の陸上地域への影響は地質学的には明らかに出来なかった（図 11）。この結果、貞観津波堆積物は、少なくとも唐桑半島以北においては、検出できなかった。特に津波来襲の頻度とその増幅規模が大きい三陸海岸地域各地（宮古、吉里吉里浜、碁石浜、陸前高田、気仙沼などの地区）のポケットビーチでは、表層堆積層の人工攪乱が著しいとは言え、大槌湾の湾底以外では全く見いだせなかった。

これに対して、これまで歴史記録にはなかった福島県常磐地域のうち浪江（請戸）地区では、平成 19 年度と同様に平成 20 年度にも貞観津波を含めて数枚の津波イベント堆積物を確認することができた。そしてこれらの内、浪江地区では最も新しいイベント堆積物が貞観津波堆積物の可能性が最も高いことが明らかになった。

一方、常磐海岸地域の南部、いわき地区付近では、貞観津波以降と見られる津波イベント堆積物は検出できたが、貞観津波堆積物の特定には至らなかった。今回の調査で、歴史記録にある貞観津波は少なくとも北は宮城県・牡鹿半島西部から南は福島県・常磐海岸地域中部まではその存在が地質学的に確かめられたことになるが、それぞれの場所での遡上規模などについては、それぞれの場所でさらに面的な調査が必要である。

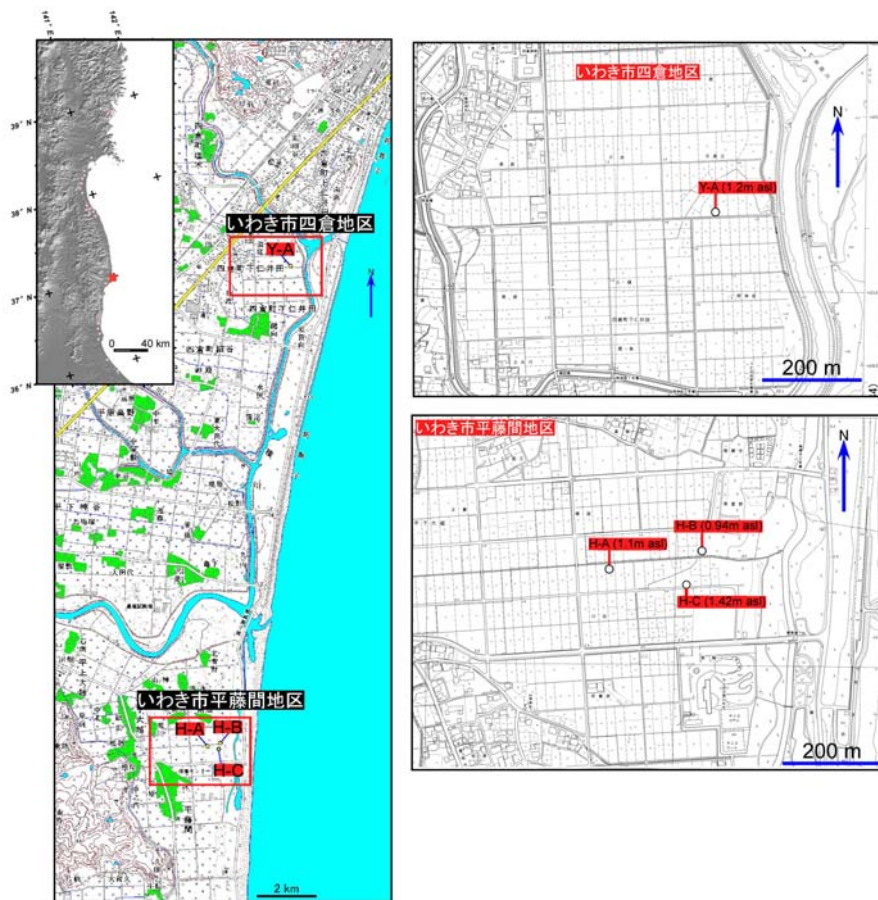


図 17 いわき地区の調査地点（四倉地点と平藤間地点）。

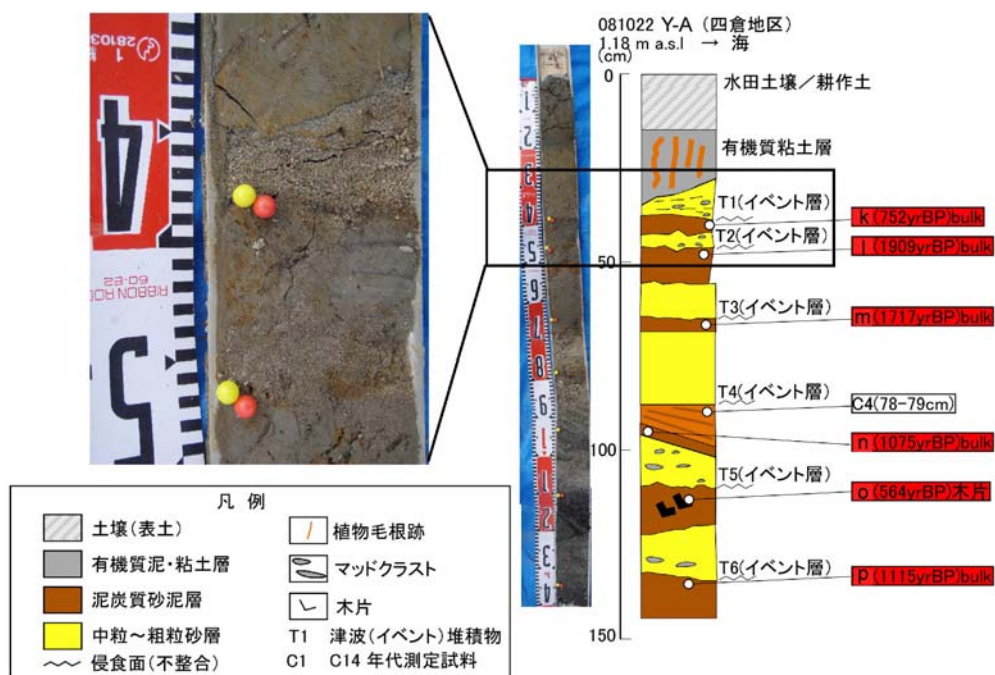
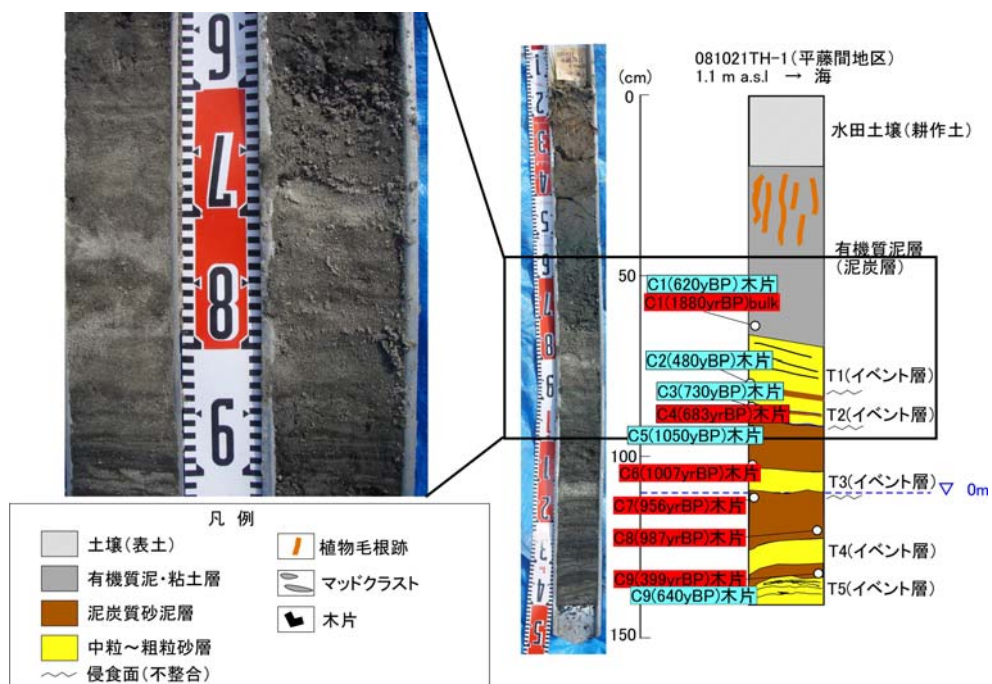


図 18 平藤間地点 (上) と四倉地点 (下) における簡易ジオスライサー試料と柱状図及び津波イベント堆積物の年代値。両地点とも測定値の逆転が多いので、平藤間地区では再測定 (青字) した。

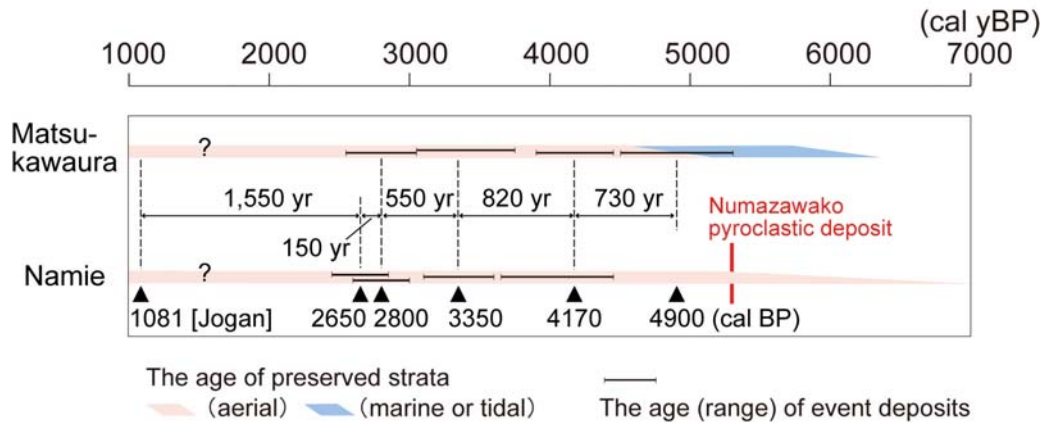


図 19 常磐地域海岸北部（松川浦地区と浪江・請戸地区）の津波堆積物の年代の比較

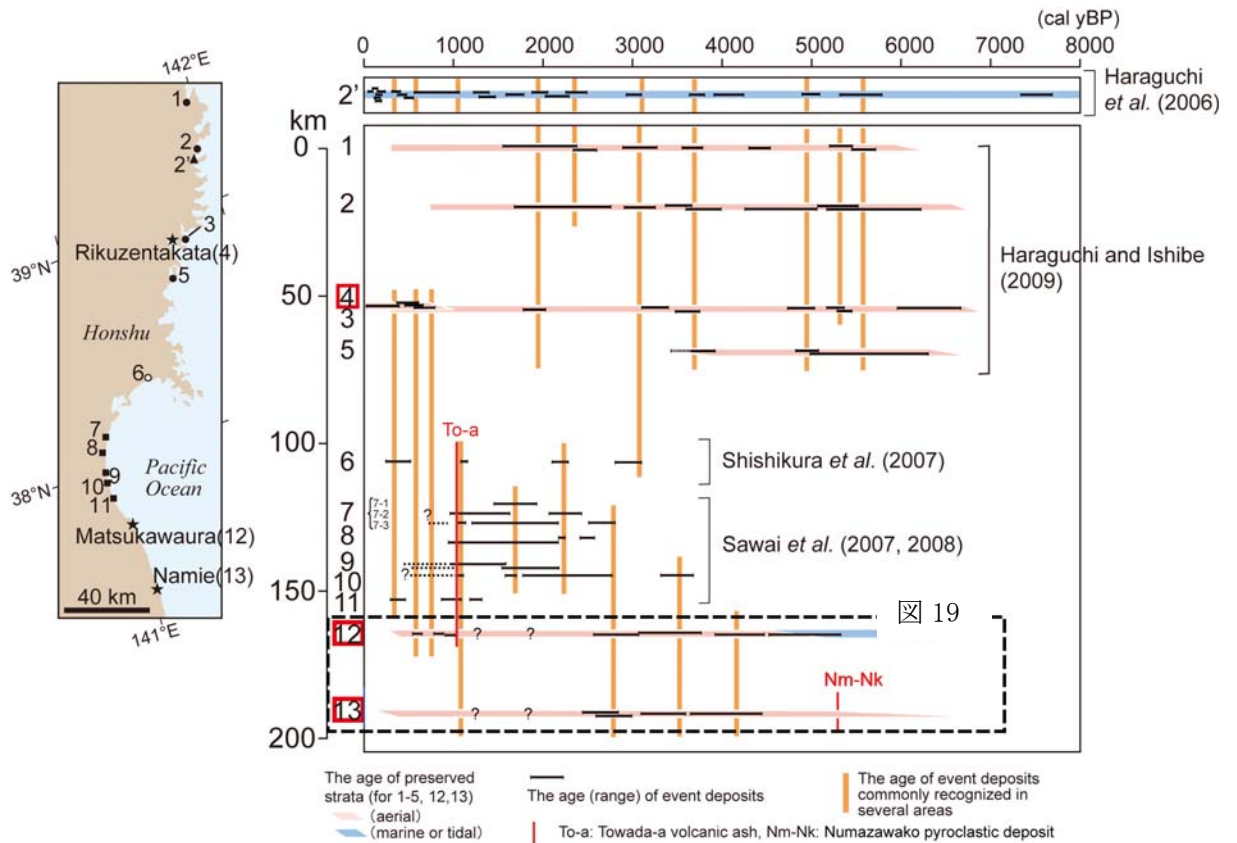


図 20 三陸海岸地域及び常磐海岸地域地域地域で得られた津波イベント堆積物の比較。  
 (1. 宮古、2. 大槌湾、3. 基石浜、4. 陸前高田、5. 気仙沼、6. 石巻、  
 7~10. 仙台平野、11 山元町、12. 相馬・松川浦、13. 浪江)

ii) 貞観津波以前の津波イベントの認定とそれらの三陸・常磐海岸地域での比較

貞観津波に伴うイベント堆積物が検出できた場所では、貞観津波以前にも複数回のイベント堆積物が確認された。

仙台平野以南の常磐海岸地域沿いにおいて、これまで得られた結果を地域ごとに並べて整理すると、貞観津波に伴うイベント堆積物が見いだされた場所では、約4千年前に降少なくとも4回イベント堆積物が共通して認められる。さらに貞観津波以降の時期においても、仙台平野・石巻平野や松川浦地区などの低地では、少なくとも2枚のイベント堆積物が共通している(図20)。

しかし、このようなイベント堆積物が、貞観津波のように三陸海岸地域と仙台平野ー常磐海岸地域で広く対比できるのかどうか、古い津波イベント堆積物の年代の特定と、津波の影響範囲を地質学的に検証するためにはさらなる調査が必要である。

(d) 結論ならびに今後の課題

宮城県沖を中心とした東北地方の太平洋岸域において詳細な地質学的な調査を実施して津波堆積物を検出し、最近及び過去の歴史津波について、発生時期、発生間隔、津波の範囲などを特定することを目指して調査を行った。その空間的な広がりや年代から、「連動型」宮城県沖地震の同定及び発生時期の特定を進め、「連動型」地震の活動履歴を明らかにすることを目的とした。平成17年度から5ヶ年において、三陸海岸地域及び常磐海岸地域において、ジオスライサー・ハンディージオスライサー・ボーリングステッキなどを用いて調査を行い、過去の津波堆積物の採取を複数地点で行った。

その結果、常磐海岸地域では、これまで指摘されていた松川浦地区のみならず、歴史上伝承がない浪江地区においても完新世の段丘上において、初めて貞観津堆積物を地質学的に発見した。一方、これまで歴史記録の北限とされる南三陸気仙沼周辺地区のうち、最も津波堆積物の残存が良いと見られる陸前高田平野において、少なくとも陸上地域に貞観津波に伴うイベント堆積物は遡上しなかった事を明らかにした。これらの調査結果は、宮城県の沖合の海溝で発生する地震に伴う津波の規模を検討する上で重要な指針を与えると見られる。しかし、来襲する津波がどの程度の規模になるのか、海岸地域への広がりやそれぞれの場所での遡上範囲等については十分な結論を得るには至らなかった。また、貞観津波のような津波についても、各地で過去に繰り返し発生していることは地質学的に検証できたが、このような津波が、三陸海岸地域～仙台平野～常磐海岸地域で広く対比できるのかどうか、古い津波イベント堆積物の年代の特定とそれらの発生間隔、津波の影響範囲などを地質学的に検証するためにはさらなる調査が必要である。

(e) 引用文献

- 1) 千田 昇・松本秀明・小原真一, 1984, 陸前高田平野の沖積層と完新世の海水準変化. 東北地理, 36, 232-239.
- 2) Pasha, A. B. M. Kamal, 2005, Geomorphic history of the alluvial lowland related to the sedimentation and environmental changes under differing relative sea level regime; examples from the Soma coastal plain. Science Reports of Tohoku University 7<sup>th</sup> Series, 54, 25-48.

- 3) 箕浦幸治, 1995, 津波堆積物. 月刊地球, 17, 541-547.
- 4) 菅原大助・箕浦幸治・今村文彦, 2002, 西暦 869 年貞観津波による堆積物に関する現地調査. 月刊地球, 号外 28, 110-117.
- 5) 澤井祐紀・宍倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原 治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝, 2007, ハンディジオスライサ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, 7, 47-80.
- 6) 澤井祐紀・宍倉正展・小松原純子, 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, 8, 17-70.
- 7) 宍倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・AUNG Than Tin・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, 7, 31-46.
- 8) 渡邊偉夫, 1998, 日本被害津波総覧【第2版】. 東京大学出版会.
- 9) 渡邊偉夫, 1999, 三陸海岸に襲った貞観津波と慶長津波に関する疑問の資料. 津波工学研究報告, 16, 51-59.
- 10) 渡邊偉夫, 2000, 869(貞観 11)年の地震・津波と推定される地震の波源域. 津波工学研究報告, 17, 27-37.
- 11) 山元孝弘, 2003, 東日本沼沢火山の形成史: 噴出物層序、噴出年代及びマグマ噴出量の再検討. 地質調査研究報告書, 54, 323-340.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
Haraguchi, T., Fujiwara, O., Shimazaki, K.	Subaqueous Tsunami Deposits from Ohtsuchi Bay of Sanriku Coast, North Eastern Japan	2005 A. G. U Fall Meeting	平成 17 年 12 月 5 日
原口強・鳥居和樹・ 藤原治・島崎邦彦・ 今泉俊文	東北地方三陸海岸、大槌湾の津波堆積物	北淡活断層シンポ ジウム	平成 18 年 1 月 15 日
鳥居和樹・原口 強・吉永佑一・高田 圭太・今泉俊文	東北地方三陸海岸、吉里吉里湿地の津波堆積物	北淡活断層シンポ ジウム	平成 18 年 1 月 15 日
原口 強・鳥居和 樹・藤原 治・島崎 邦彦・今泉俊文	東北地方三陸海岸、大槌湾の津波堆積物	月刊地球 28 卷-8 号 539-545	平成 18 年 8 月
原口 強・鳥居和 樹・今泉俊文・宮内 崇裕・島崎邦彦	東北地方三陸海岸における過去数千年間の巨大地震と地殻変動	北淡活断層シンポ ジウム 2007 講演 要旨集, 15-18	平成 19 年 1 月 13 日



原口 強・鳥居和樹・今泉俊文・宮内崇裕・島崎邦彦	三陸沿岸宮古湾, 葉の子浜の津波堆積物	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 43-46.	平成 19 年 1 月 13 日
鳥居和樹・原口強・島崎邦彦・今泉俊文	東北地方三陸海岸, 大槌湾の津波堆積物と歴史津波との対比	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 47-50.	平成 19 年 1 月 13 日
呉屋健一・原口強・今泉俊文・島崎邦彦・宮内崇裕・池田哲哉	東北地方三陸海岸, 碁石浜の津波堆積物	北淡活断層シンポジウム 2007 講演要旨集, 51-52.	平成 19 年 1 月 13 日
今泉俊文・宮内崇裕・原口 強・島崎邦彦・楮原京子・佐々木亮・道・Kamal Pasha・呉屋健一	三陸沿岸の津波堆積物と歴史地震	日本地理学会 発表要旨集 71, 117.	平成 19 年 3 月 20 日
鳥居和樹・原口強・今泉俊文・宮内崇裕・島崎邦彦	東北地方三陸海岸における津波堆積物調査	日本応用地質学会	平成 19 年 10 月 11 日
今泉俊文・石山達也・宮内崇裕・大町瀧丸・森下信人・楮原京子・佐々木亮道・吉田春香・鈴木啓明・田代徳	常磐・三陸沿岸の津波堆積物調査と歴史地震	日本地理学会	平成 20 年 3 月 28 日
今泉俊文・石山達也・宮内崇裕・大町瀧丸・森下信人・楮原京子・佐々木亮道・吉田春香・鈴木啓明・田代徳	常磐-三陸海岸での津波堆積物	日本地球惑星科学 連合 2008 年大会	平成 20 年 5 月 24 日
今泉俊文・石山達也・宮内崇裕・原口強	三陸・常磐沿岸の津波堆積物調査	日本地質学会	平成 20 年 9 月 20 日
今泉俊文・石山達也・宮内崇裕・原口強・鈴木啓明	常磐-三陸海岸での津波堆積物	日本地球惑星科学 連 2009 年合大会	平成 21 年 5 月 19 日
今泉俊文・石山達也・宮内崇裕・原口強・鈴木啓明	常磐-三陸海岸に残された完新世津波堆積物	日本地球惑星科学 連合 2009 年大会	平成 21 年 5 月

Suzuki, H., Imaizumi, T., Ishiyama, T., Miyachi, T., Kagohara, K. Haraguchi, T., Marushima, N., Omachi, T	Holocene Tsunami deposits along associated with earthquakes Pacific coast, northeast Japan	2009 AGU Fall Meeting	2009年12月
--	---	--------------------------	----------

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし