

## 石巻平野における津波堆積物の分布と年代

### Age and distribution of tsunami deposit in the Ishinomaki Plain, Northeastern Japan

宍倉正展<sup>1</sup>・澤井祐紀<sup>2</sup>・岡村行信<sup>3</sup>・小松原純子<sup>4</sup>・Than Tin Aung<sup>5</sup>・石山達也<sup>6</sup>・藤原 治<sup>7</sup>・藤野滋弘<sup>8</sup>

Masanobu Shishikura<sup>1</sup>, Yuki Sawai<sup>2</sup>, Yukinobu Okamura<sup>3</sup>, Junko Komatsubara<sup>4</sup>, Than Tin Aung<sup>5</sup>,  
Tatsuya Ishiyama<sup>6</sup>, Osamu Fujiwara<sup>7</sup> and Shigehiro Fujino<sup>8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8</sup> 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, m.shishikura@aist.go.jp)

**Abstract:** We found at least five layers of tsunami-originated sand in Holocene lowland of the Ishinomaki Plain by coring at 40 sites along five lines. The tsunami events are pre- or post-dated the To-a tephra layer that fell and deposited during AD 915. The sand layer just below To-a, which is widely distributed in the plain, is correlated to the 869 Jogan tsunami. Analyzing this tsunami deposit, it is inferred that the Jogan tsunami inundated 2.5-3 km inland from paleo-shoreline, which was about 0.8 - 1.3 km inland of present shoreline. Two older and one younger sand layers than the Jogan tsunami were radiocarbon-dated to be 2800-3100 cal yBP, 2100-2300 cal yBP and 14<sup>th</sup> century, respectively. The youngest sand layer was possibly deposited during the 1611 Keicho tsunami, though it was observed in only one site.

**キーワード:** 石巻平野, 津波堆積物, 浜堤, 869年貞観津波, 十和田 a テフラ

**Keywords:** Ishinomaki Plain, tsunami deposit, beach ridge, 869 Jogan Tsunami, To-a tephra

#### 1. はじめに

近年、海溝沿いに繰り返し発生する地震は、時折隣り合う震源が連動して巨大地震になることが明らかになってきた。たとえば2004年スマトラアンダマン地震はその典型例といえる。日本列島周辺では、北海道東部で17世紀にそのような地震が生じていたことが津波堆積物などの証拠から明らかになっている (Nanayama *et al.*, 2003 など)。これらの連動型巨大地震に共通する特徴は、通常とは異なる異常な規模の津波を伴うことである。一方、日本海溝に面する東北日本太平洋岸では、宮城県沖地震が比較的短い間隔で頻発し (第1図)、そのうち1793年の地震が連動型と考えられている (地震調査研究推進本部, 2000) が、特に大きな津波の記録はない。歴史記録に基づけば、869年貞観津波が仙台周辺で異常な規模であったことが窺え、連動型巨大地震だった可能性がある。

貞観津波は仙台平野や常磐海岸での被害の記録があり (渡邊, 2000, 2001)、津波堆積物の報告もある (阿部ほか, 1990; Minoura and Nakaya, 1990; 菅原, 2001)。最近、澤井ほか (2006) は、仙台平野における津波堆積物の詳細な浸水域の推定を行い、貞観津波が当時の海岸線から2~3 km内陸まで浸水したことを明らかにした。一方、石巻平野では大きな津波による被害の記録がなく (第1図)、これまで津波堆積物の報告もなかった。

本稿では、文部科学省「宮城県沖地震重点調査観測」の一環として行った石巻平野の古地震調査において、特に津波堆積物について記載し、過去の津波の履歴について述べる。

#### 2. 地域概観と調査方法

石巻平野は東北日本太平洋岸の中部に位置し、南へ向かって開いた浜堤列平野である。旧北上川から西側へ広がる沿岸長約11 km、奥行き約8 kmの扇状の完新世低地が石巻平野の主要部である (第2図)。旧北上川より東側には、河川の流入のない奥行き約2 kmの独立した小低地があり、渡波地区と呼ぶ。

本地域の完新世地形発達に関しては、松本 (1984) が浜堤列の形成年代について明らかにし、過去6000年間で海水準の微変動に応じて段階的に低地が発達してきたと述べた。その後伊藤 (2003) がさらに詳しく論じている。これらの報告の中で、石巻平野の表層堆積物の層序が紹介されているが、津波堆積物に関しては全く記載がない。

本研究ではまず、空中写真判読によって石巻平野の浜堤列と堤間湿地を詳細に微地形区分し、過去の海岸線の位置を抽出した (第2図)。それらを横切るように、海岸線に直交方向に設けた4つの測線 (Y測線, O測線, A測線, WA測線) と、浜堤に沿って平野を横断する測線 (SR測線) においてハンディ

ジオスライサーとハンドコアラを用いた掘削調査を行った。特に Y 測線, SR 測線, WA 測線では, 全地点で 2 m 長のハンディジオスライサーを用いて掘削し, 津波堆積物を検出するとともに, 堆積構造の観察から, 平行葉理の有無などに基づいて潮間帯で堆積した海浜堆積物の認定を行った。また O 測線, A 測線ではハンドコアラや 60 cm 長のハンディジオスライサーを用いた掘削から泥炭層中の砂層の分布を追った。

津波堆積物や浜堤の離水の年代は, おもに堆積物直上や直下の泥炭層から種子や炭質物を抽出し,  $^{14}\text{C}$  年代測定をベータアナリティック社に依頼して行った。本稿で述べる  $^{14}\text{C}$  年代値はすべて IntCal04 (Reimer *et al.*, 2004) に基づく較正年代である。

### 3. 調査結果

掘削調査の結果, いずれの地点とも地表から 1.0~1.8 m 程度までの地層が観察され, 平行葉理の発達した細砂からなる海浜堆積物を層厚 0.3~0.8 m で泥炭や泥炭質シルトが覆っていることが確認された。この泥炭層中には複数枚の砂層が挟まっている。これをイベント砂層と呼び, 後でその成因と年代について議論する。また, 多くの場所で白色の細粒火山灰層 (山田・庄司, 1981) も挟まっていることが認められた。これは層相, 層位, 粒度などの特徴や含まれる火山ガラスの屈折率の値 (後述) から, 十和田 a テフラ (AD 915; 町田・新井, 2003) に対比される。

各測線における調査結果の詳細は以下のとおりである。

#### 3.1 Y 測線 (平野西部)

石巻平野西部に設けた Y 測線は, 現海岸線から約 1 km 内陸の地点から約 4 km 内陸の地点までの南北方向に延びる測線で, 12 地点 (Y-7 は未掘削) でハンディジオスライサーによる柱状試料を採取した (第 3 図)。特に海側の Y-1~4 の間で密に掘削し, 十和田 a テフラの有無とその上下の砂層との関係を観察した。その結果, 十和田 a テフラの上位に 2 層, 下位に 3 層のイベント砂層があることを確認した。各コアの詳細を以下に記す。

Y-1 : このコアは深度 175 cm までの地層が採取され, 表層 16 cm が耕作土, 以下深度 62 cm までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層中には 2 枚のイベント砂層が挟まれる。上位の砂層は深度 23~30 cm に層厚 7 cm で分布し, 細砂からなる。砂層基底は泥炭層との境界が明瞭で, 火炎構造も見られる。下位の砂層は深度 36~44 cm に層厚 8 cm で分布し, 泥炭質シルトをレンズ状に含んだ細砂からなる。これら上下の砂層に挟まれた泥炭層中から抽出した種子からは 670-540 cal yBP (AD 1280-1410) という年代が得

られた。また, 下位の砂層直下の泥炭層中の種子から 740-660 cal yBP (AD 1210-1290), 泥炭層基底付近の種子から 930-740 cal yBP (AD 1020-1210) という年代がそれぞれ得られた。深度 62 cm 以下は淘汰の良い細~中砂からなる海浜堆積物が分布し, 深度 100 cm 付近から下は平行葉理が確認される。

Y-1.5 : 深度 150 cm までのコアのうち表層 24 cm が表層耕作土である。以下深度 72 cm 付近まで泥炭質のシルトが分布し, 深度 27~30 cm にイベント砂層と考えられる細砂がパッチ状に分布する。深度 41 cm 以下には十和田 a テフラがパッチ状に散らばっており, 特に泥炭質シルト層基底付近に濃集する。その下位には淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物が分布し, 深度 80 cm 付近から平行葉理が発達する。特に深度 105~120 cm 付近には潮間帯の指標とされる生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が観察された。

Y-2 : このコアは表層 14 cm が耕作土で, 以下は深度 125 cm まで淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物が分布し, 泥炭質の土壌を欠く。このためイベント性の砂層やテフラは確認されなかった。

Y-2.5 : 表層耕作土の下, 深度 22~35 cm に泥炭質シルトが分布し, そのうち深度 30~33 cm に層厚 3 cm の細砂からなる砂層が挟まる。しかしテフラは観察されなかった。深度 35 cm 以下は淘汰の良い細砂が深度 140 cm まで分布し, 深度 65 cm 付近から平行葉理が観察される。

Y-3 : 表層耕作土の下, 深度 20~36 cm に泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には, 深度 24~26 cm に十和田 a テフラがパッチ状に分布し, そのすぐ下の深度 30~32 cm には細砂からなるイベント砂層が挟まれている。イベント砂層は下位の泥炭質シルトと明瞭な境界をもっており, 一部でマッドクラスト状に泥炭質シルトを取り込んでいる。

泥炭質シルト層の下部は深度 36 cm 付近で下位の細砂からなる砂層に漸移する。この砂層は淘汰が良く深度 100 cm 付近から平行葉理が見られるようになる。

Y-3.5 : 深度 140 cm までのコアで, 表層耕作土の下, 深度 20~48 cm に泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には, 十和田 a テフラやイベント砂層の一部と思われる細砂がパッチ状あるいはレンズ状に分布し, カオティックな層相を示す。泥炭質シルト層の下位には淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物が分布し, 深度 76 cm 以下で平行葉理が見られる。

Y-4 : このコアは Y-3.5 コアとほぼ同様の層相を示し, 表層 26 cm が耕作土, 深度 26~50 cm がカオティッ

クな層相の泥炭質シルト、深度 50 cm 以下 130 cm まで海浜堆積物が観察される。

Y-5：このコアは表層 20 cm が耕作土で、その下位に層厚 1~2 cm の泥炭質シルトが分布し、十和田 a テフラとみられるパッチが含まれていた。以下は深度 135 cm まで淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物が分布し、泥炭質の土壌を欠く。このためイベント性の砂層は確認されなかった。

Y-6：このコアは深度 130 cm まではハンディジオスライサー掘削による観察で、それより深い 220 cm までの層相は、近接する工事露頭での観察結果をまとめたものである。表層 22 cm が耕作土で、以下 52 cm までは泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中にはイベント砂層と思われる細砂や十和田 a テフラのパッチが散在し、攪乱されたような層相を示す。その下位には淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物が分布し、深度 100 cm 付近以下に平行葉理が発達する。深度 165 cm 付近から採取した海浜堆積物中の木片からは 2680-2340 cal yBP の年代が得られた。

Y-8：このコアは深度 155 cm までの地層が採取され、表層 18 cm が耕作土、以下深度 63 cm までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層上部の深度 20~24 cm には十和田 a テフラが細かいパッチ状に分布する。また深度 38~40 cm と深度 49~55 cm に合計 2 枚のイベント砂層が挟まれる。上位の砂層は細砂からなり、層厚 2 cm である。下位の砂層は層厚 6 cm で中砂から細砂へ上方細粒化しており、基底は泥炭層との境界が明瞭である。この下位の砂層直下の泥炭層中から抽出した炭質物からは 2740-2470 cal yBP の年代が得られた。深度 63 cm 以下は淘汰の良い細~中砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 100 cm 付近から下は平行葉理が確認される。

Y-9：深度 170 cm までのコアのうち表層 22 cm が耕作土である。以下深度 72 cm 付近までシルト質の泥炭が分布し、深度 27 cm 付近に十和田 a テフラがパッチ状に分布する。深度 32~42 cm には風化泥岩状のマッドクラストがカオティックに含まれている。深度 54~58 cm には中砂からなるイベント砂層が下位の泥炭と明瞭な境界を持って挟まれる。深度 72 cm 以下は淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 98 cm 付近から平行葉理が発達する。

Y-10：このコアは後述する SR 測線における SR-2 コアと同一である。深度 150 cm までのコアで、表層 20 cm が耕作土、以下深度 62 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層中には十和田 a テフラは確認できなかったが、3 枚のイベント砂層が挟

まれる。それぞれ深度 30~32 cm, 40~43 cm, 48~52 cm に分布し、層厚は 2 cm, 3 cm, 4 cm と下位のものほど厚い。いずれの砂層も基底は泥炭層との境界が明瞭であり、一方上部の境界は漸移的である。深度 62 cm 以下は淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 82 cm 付近から平行葉理が発達する。

### 3.2 O 測線（平野中央部海岸側）

O 測線は石巻平野の中央部の海側に位置し、現海岸線より約 0.9 km 内陸から約 2.1 km 内陸までの南北方向のやや短い測線である。おもにハンドコアラや 60 cm 長のハンディジオスライサーの掘削により 7 地点で柱状記載を行った（第 4 図）。Y 測線と同様に十和田 a テフラの有無とその上下の砂層を確認した。その結果十和田 a テフラの上位にイベント砂層を 1 層確認した。

O-1：このコアは表層 10 cm が耕作土で、以下、細砂が分布し、泥炭質の土壌を欠く。

O-2：表層 15 cm が耕作土で、以下、深度 42 cm まで泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 34~37 cm に細~中砂からなるイベント砂層が挟まれる。十和田 a テフラは検出されなかった。深度 42 cm 付近より下位には淘汰の良い中砂が分布し、海浜堆積物と思われる。

O-3：表層 22 cm が耕作土で、以下、深度 28 cm まで泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 25 cm 付近に細~中砂からなるイベント砂層が極薄く挟まれる。泥炭質シルト層の直下には、深度 36 cm まで十和田 a テフラが分布する。その下位には海浜堆積物と思われる中砂が分布し、テフラが直接覆っている。

O-4：表層 22 cm が耕作土で、以下、深度 50 cm まで泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 40 cm 付近に細~中砂からなるイベント砂層が極薄く挟まれる。また、その下位の深度 44~46 cm には十和田 a テフラが挟まれる。イベント砂層直下の泥炭質シルト層中の炭質物の年代は 790-680 cal yBP (AD 1160-1270) であった。深度 50 cm 付近より下位には淘汰の良い中砂が分布し、海浜堆積物と思われる。

O-5：表層から 46 cm まで耕作で攪乱され、テフラやイベント砂層は確認されなかった。深度 46~53 cm が泥炭質シルトで、その下位に海浜堆積物と思われる中砂が分布する。

O-6：表層 40 cm が耕作土で、以下、深度 40~91 cm

が泥炭質シルトである。この泥炭質シルト層はやや攪乱を受けているように見え、深度 53~62 cm にイベント砂層と思われる細~中砂が分布するが、明瞭な層構造を持たない。また、深度 70 cm 付近には十和田 a テフラがパッチ状に含まれる。深度 90 cm 付近より下位には淘汰の良い中砂が分布し、海浜堆積物と思われる。

O-7: このコアも O-6 と同様に、表層耕作土の下、深度 35~88 cm に泥炭質シルトが分布するが、攪乱を受けているように見え、テフラもイベント砂層も検出されなかった。深度 88 cm 付近より下位には淘汰の良い中砂が分布し、海浜堆積物と思われる。

### 3.3 A 測線 (平野東部)

石巻平野東部は大部分が市街地化されているため、現海岸線に近い場所での掘削は困難であった。このため内陸約 2.7 km の地点から約 4.2 km の地点まで浜堤列に直交方向に A-1~8 を設定し (A-1, 2 は未掘削)、A-8 から西に約 1 km オフセットして内陸約 5.3 km の地点まで A-9~11 を設定した。なお、A-11 よりさらに内陸の平野奥においても掘削を試みたが、河川の侵食、堆積作用の影響などにより、イベント砂層は確認できなかった。2 m のハンディジオスライサー掘削を行った地点は A-4, 5, 10, 11 で、そのほかの地点は 60 cm 長のハンディジオスライサーを用いた。このほか A-4 地点から東へ約 300 m の地点では、農業用水路工事の露頭を観察することが出来た。これを A-outcrop と呼ぶ。これらの観察結果から、十和田 a テフラの下位に少なくとも 3 層のイベント砂層を確認した。各コアと露頭の詳細を以下に記載する (第 5 図, 第 6 図)。

A-3: 表層 10 cm が耕作土で、以下深度 25 cm 付近まで細砂とテフラがパッチ状に混じった泥炭質シルトが分布し、やや攪乱を受けたようにみられる。深度 25 cm 以下は淘汰の良い細砂が深度 60 cm まで確認された。

A-4: このコアでは十和田 a テフラと 3 枚の明瞭なイベント砂層が観察された。表層 14 cm が耕作土で、以下深度 65 cm 付近までシルト質の泥炭が分布し、深度 15 cm 付近に十和田 a テフラがレンズ状に分布する。それより下位に 3 枚のイベント砂層が挟まれ、それぞれ深度 17~22 cm, 24~32 cm, 34~44 cm に分布する。いずれも細砂からなるが、層厚は上位より 5 cm, 8 cm, 10 cm と下位のものほど厚い。深度 65 cm 付近以下は淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物が分布し、泥炭層との境界は漸移的である。深度 95 cm 付近から下は平行葉理が発達する。

A-5: このコアは後述する SR 測線における SR-13 コ

A と同一である。深度 120 cm までのコアで、表層 10 cm が耕作土、以下深度 46 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層中には十和田 a テフラは確認できなかったが、3 枚の細砂からなるイベント砂層が挟まれる。それぞれ深度 21~22 cm, 26~34 cm, 38~46 cm に分布し、層厚は 1 cm, 8 cm, 8 cm と下位の 2 枚が比較的厚い。いずれの砂層も基底は泥炭層との境界が明瞭であり不整合面を伴うが、上部の泥炭との境界は漸移的である。深度 46 cm 付近以下は淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 60 cm 付近から平行葉理が発達する。

3 枚イベント砂層のうち、上位の砂層と中位の砂層との間の泥炭から抽出した炭質物の年代は 2300-2000 cal yBP, 同様に中位の砂層と下位の砂層との間では 2770-2710 cal yBP の年代が得られた。また、海浜堆積物中の深度 88 cm 付近から採取した炭化木片からは 3150-2880 cal yBP という年代が得られた。

A-6: 表層 13 cm が耕作土で、以下、深度 41 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。深度 16~18 cm に十和田 a テフラ、深度 24~26 cm と 29~35 cm にそれぞれイベント砂層が挟まれる。上位の砂層は明瞭な層構造を伴わず、細砂が淡く散在する。一方、下位の砂層は層厚 6 cm で、基底部が明瞭な境界を持って泥炭層を覆っている様子が観察された。深度 41 cm 付近以下は海浜堆積物と思われる淘汰の良い細砂に漸移する。

A-7: 表層 17 cm が耕作土で、以下、採取されたコア下端の深度 60 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。深度 23~29 cm に十和田 a テフラがレンズ状に分布する。深度 32~34 cm と 42~46 cm にそれぞれイベント砂層が挟まれる。いずれの砂層とも明瞭な層構造を伴わず、細砂が淡く散在する。

A-8: 表層 15 cm が耕作土で、以下、深度 45 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。深度 18~20 cm に十和田 a テフラ、深度 26~28 cm と 32~37 cm にそれぞれイベント砂層が挟まれる。上位の砂層は明瞭な層構造を伴わず、細砂が淡く散在する。一方、下位の砂層は層厚が 5 cm で、基底部が明瞭な境界を持って泥炭層を覆っている様子が観察された。深度 45 cm 付近以下は海浜堆積物と思われる淘汰の良い細砂に漸移する。

A-9: 表層 12 cm が耕作土で、その直下に十和田 a テフラが層厚 3 cm で分布し、以下、深度 32 cm 付近まで泥炭質シルトが分布する。深度 22 cm 付近と 25~27 cm には細砂からなるイベント砂層がそれぞれ挟まれる。上位の砂層は明瞭な層構造を伴わず、細砂が淡く散在する。一方、下位の砂層は層厚が 2 cm で、

基底部が明瞭な境界を持って泥炭層を覆っている様子が観察された。深度 32 cm 付近以下は海浜堆積物と思われる淘汰の良い細砂に漸移する。

A-10：表層 25 cm が耕作土，以下深度 68 cm までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層中には深度 36～38 cm に十和田 a テフラ，深度 45～48 cm と 51～65 cm にそれぞれイベント砂層が挟まれる。上位の砂層は層厚 7 cm で極細～細砂からなる。下位の砂層は細砂からなり，層厚 14 cm で比較的厚く，上方細粒化する様子が観察された。砂層基底は泥炭層との境界が明瞭で，火炎構造も見られる。深度 68 cm 以下は淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物が分布し，深度 110 cm 付近から下は平行葉理が確認される。深度 98 cm 付近から採取した海浜堆積物中の炭化木片からは 3700-3550 cal yBP という年代が得られた。

A-11：表層 36 cm が耕作土，以下深度 81 cm までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層上部の深度 40～50 cm には十和田 a テフラがレンズ状またはパッチ状に散在する。深度 54～66 cm には細砂からなるイベント砂層が挟まれる。層厚が 12 cm で，基底部が明瞭な境界を持って泥炭層を覆っている様子が観察された。この砂層直下の泥炭層中に含まれる種子からは 3640-3450 cal yBP，また泥炭層基底付近の種子からは 3880-3690 cal yBP の年代がそれぞれ得られた。深度 81 cm 以下は淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物に漸移し，深度 95 cm 付近から下は平行葉理が確認される。また，深度 142 cm 付近以下には生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が観察された。

A-outcrop：この露頭は農業用水路工事に伴う掘削で出現し，東西約 100 m の北側壁面で，地表面から約 200 cm までの深さの地層を観察することができた（第 6 図）。表層 100 cm は人工の埋積土で，以下約 100 cm の範囲で十和田 a テフラと 3 枚のイベント砂層を挟むシルト質泥炭とその下位の海浜堆積物が観察される。十和田 a テフラは深度 105～110 cm の間で層厚を変化させながら分布する。その 2～5 cm 下にはイベント砂層と思われる細砂のレンズが断続的に露頭全域で見られる。深度 125～135 cm と深度 140～170 cm には細～中砂からなるイベント砂層が層厚を変化させながら連続的に分布する。特に下位の砂層は，層厚が最大 30 cm で，石巻平野で観察されたイベント砂層の中で最も厚く，上方細粒化する様子が観察される。中位のイベント砂層の上下の泥炭層中に含まれる種子の年代は，それぞれ砂層直上で 1690-1520 cal yBP，砂層直下で 2050-1880 cal yBP であった。また，下位のイベント砂層直下からは 2770-2710 cal yBP という年代が得られている。シルト質泥炭層は深度 185 cm まで分布し，その下位は細～中砂からなる海浜堆積物で，ところにより平行葉理が観察される。

### 3.4 SR 測線（平野横断）

SR 測線は他の測線と異なり，現海岸線から約 4 km 内陸において，浜堤に沿って東西方向に設定した測線である。13 地点（SR-2 は Y-10，SR-13 は A-5 とそれぞれ同地点）でのハンディジオスライサー掘削によれば，全ての地点で十和田 a テフラの下位に 1～3 枚のイベント砂層を確認した（第 7 図）。

SR-1：測線最西端のこの地点のコアは，表層 22 cm が耕作土で，以下，深度 75 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層中からはテフラは検出されなかったが，3 枚の明瞭なイベント砂層が挟まれていることを確認した。それぞれ深度 30～32 cm，48～52 cm，66～68 cm に分布する。これらの砂層の直上および直下の泥炭層中の炭質物から得られた年代は，上位の砂層直上で 970-810 cal yBP（AD 980-1140），中位の砂層直上および直下でそれぞれ 2330-2120，2360-2320 cal yBP，下位の砂層直上で 2730-2360 cal yBP であった。深度 75 cm 付近以下は，淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物が分布し，両者の境界は漸移的である。深度 100 cm 付近から下位には平行葉理が観察される。

SR-2：このコアは Y-10 と共通のため，記載は省く。

SR-3：表層 15 cm が耕作土で，深度 15～54 cm は泥炭質のシルトが分布する。この泥炭質シルト層の上部は細礫が若干混じり，やや攪乱を受けたようにみえる。下部の深度 50～52 cm には細砂からなるイベント砂層が挟まれるが，テフラは観察されなかった。深度 54～70 cm はシルト質の泥炭で，深度 56～64 cm に細砂が分布するが，明瞭な層構造はなせず，レンズ状の薄層が複数枚挟まっている。泥炭層の基底付近はマッドクラスト状の泥岩礫が含まれるが，不整合面はなく，下位の海浜堆積物から漸移する。この海浜堆積物は細砂からなり，深度 100 cm 付近より下で平行葉理がみられる。

SR-4：このコアは表層 18 cm が耕作土で，以下，深度 54 cm 付近まで泥炭質シルトが分布する。泥炭質シルト層中には，十和田 a テフラと 3 枚のイベント砂層が挟まれる。コアの写真では深度 34～38 cm でテフラが右側，砂層が左側に分布し，見かけ上ほぼ同じ深度であるが，ハンドコアラー掘削ではテフラの下位に砂層が分布していることを確認した。その他の砂層は深度 43～45 cm，深度 48～51 cm にそれぞれ分布する。深度 54 cm 付近より下は細～中砂からなる海浜堆積物が分布し，両者の境界は漸移的である。深度 100 cm 付近より平行葉理がみられる。

SR-5：表層 25 cm が耕作土で，以下，深度 43 cm 付近まで泥炭質シルトが分布する。泥炭質シルト層中

にテフラは観察されない。深度 30~32 cm に細砂からなる明瞭なイベント砂層が挟まれる。泥炭質シルト層基底付近の深度 40~42 cm にもイベント砂層と思われる細砂がレンズ状に分布する。深度 43 cm 付近以下は細砂からなる海浜堆積物で、深度 95 cm 付近より下で平行葉理が観察される。

SR-6：表層 15 cm が耕作土で、以下、深度 37 cm 付近まで泥炭質シルトが分布する。泥炭質シルト層中には、深度 20 cm 付近に十和田 a テフラがレンズ状に分布し、深度 24~26 cm, 30~31 cm, 34~36 cm にそれぞれ細砂からなるイベント砂層が挟まれる。泥炭質シルト層の下位は細砂からなる海浜堆積物で、その境界は漸移的である。

SR-7：このコアは表層 12 cm の耕作土の下、深度 25 cm までの泥炭質シルト層の中に、深度 20~22 cm で層厚 2 cm のイベント砂層が 1 枚だけ検出された。泥炭質シルト層の下部は、下位の細~中砂からなる海浜堆積物から漸移する。深度 28~40 cm 付近は根茎の生物擾乱を受けている。深度 75 cm 以下は平行葉理がみられる。

SR-8：表層 30 cm が耕作土で、以下、深度 53 cm まで泥炭質シルトが分布する。泥炭質シルト層上部の深度 30~40 cm はやや攪乱を受け、十和田 a テフラはパッチ状に分布する。深度 40~46 cm と 48~50 cm には中砂からなるイベント砂層が 2 枚挟まれる。深度 53 cm 以下は細~中砂からなる海浜堆積物で、深度 100 cm 付近より平行葉理がみられる。

SR-9：表層 20 cm が耕作土で、以下、深度 26 cm までが泥炭質シルトである。深度 26~39 cm は下位の層厚 2~3 cm のイベント砂層から上位の腐植質シルトに漸移している。深度 39~41 cm が泥炭質シルトで、その下位には細~中砂からなる海浜堆積物が分布し、深度 65 cm 付近から平行葉理がみられる。

SR-10：表層 16 cm が耕作土で、以下、深度 55 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。深度 27~33 cm に十和田 a テフラ、深度 39~42 cm と 46~52 cm に 2 枚のイベント砂層がそれぞれ挟まれる。イベント砂層はいずれも基底が明瞭な境界を持って泥炭層を覆っており、火炎構造も観察された。特に下位のイベント砂層は、細砂からシルトへ上方細粒化している。上位の砂層直上の泥炭から抽出した炭質物からは 1520-1340 cal yBP, 上位と下位の砂層の間の泥炭から得られた炭質物は 2710-2350 cal yBP の年代を示した。深度 55 cm 付近以下は海浜堆積物の淘汰の良い細砂が分布し、深度 105 cm 以下は平行葉理が発達する。

SR-11：このコアでは十和田 a テフラと 3 枚のイベント砂層が観察された。この地点のテフラについては火山ガラスの屈折率を測定している（測定者：越後智雄）。その結果、 $n=1.5012-1.5085$  (平均 1.5056) という値を示し、町田・新井 (2003) による報告 (1.496-1.508) と整合する。

表層 35 cm が耕作土で、以下、深度 95 cm 付近までシルト質の泥炭が分布する。この泥炭層中には、深度 50~52 cm に十和田 a テフラが分布し、深度 59 cm 付近に細砂からなるイベント砂層が極薄く挟まれる。また、深度 72~80 cm と 86~93 cm にもイベント砂層がそれぞれ挟まれる。下位の 2 枚のイベント砂層はいずれも基底が明瞭な境界を持って泥炭層を覆っており、細砂からシルトへ上方細粒化している。中位の砂層直上と直下の泥炭から抽出した炭質物からは、それぞれ 2340-2140 cal yBP, 2920-2760 cal yBP という年代が得られた。深度 95 cm 付近以下は海浜堆積物の淘汰の良い細砂が分布し、深度 105 cm 以下は平行葉理が発達する。また、深度 97 cm 付近の海浜堆積物中に含まれる炭化木片は 3260-2950 cal yBP という年代を示す。

SR-12：表層 18 cm が耕作土で、以下、深度 63 cm まで泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には深度 25~30 cm に十和田 a テフラ、深度 34~40 cm, 42~48 cm, 52~62 cm にはイベント砂層が分布する。上位の砂層は明瞭な層構造を伴わず、細砂が泥炭質シルト層中に散在する。中位の砂層は細砂からなる。下位の砂層は細~中砂からなり、層厚が 10 cm で比較的厚い。深度 63 cm 以下は細~中砂からなる海浜堆積物が分布し、深度 95 cm 付近から平行葉理がみられる。

SR-13：このコアは A-5 と共通のため、記載は省く。

### 3.5 WA 測線 (渡波地区)

WA 測線は、石巻平野の東側に独立して存在する小低地である渡波地区において設定した測線で、現海岸線より約 0.9 km 内陸から約 2.2 km 内陸までの南北方向のやや短い測線である。8 地点でハンディジオスライサー掘削を行ったところ、十和田 a テフラの上位に 1 層と下位に 1 層、それぞれイベント砂層が分布していることを確認した (第 8 図)。

WA-1：このコアは十和田 a テフラとその上位と下位でイベント砂層が観察された。表層 20 cm が耕作土で、深度 28 cm まで泥炭質の砂質シルトが分布する。その下位には層厚 14 cm の中砂からなるイベント砂層が観察された。砂層は深度 42 cm 付近で明瞭な境界を持って下位の泥炭質シルトを覆う。泥炭質シルトは深度 66 cm まで分布し、深度 48~50 cm に十和田 a テフラ、深度 53~60 cm にイベント砂層をそれ

それ挟む。上位のイベント砂層直下の泥炭質シルト層から抽出した種子からは 640-510 cal yBP (AD 1310-1440) という年代が得られた。深度 66 cm 以下は腐植質シルトが分布し、深度 73 cm 付近から下は淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物が分布する。これらの境界は漸移的である。深度 100 cm 付近から下は平行葉理が確認される。

WA-2：表層耕作土の下、深度 32～52 cm に泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 40～43 cm に十和田 a テフラが分布し、そのすぐ下の深度 46～48 cm には細砂からなるイベント砂層が挟まれている。イベント砂層は下位の泥炭質シルトと明瞭な境界をもっており、一部でマッドクラスト状に泥炭質シルトを取り込んでいる。イベント砂層直下の泥炭質シルト層から抽出した炭質物の年代は 1260-990 cal yBP (AD 690-960) であった。深度 52 cm 付近より下位には淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物に漸移する。深度 75 cm 付近から平行葉理が見られる。

WA-3：表層 15 cm が耕作土で、以下、深度 32 cm まで泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 30～31 cm に十和田 a テフラが挟まれるが、イベント砂層は検出できなかった。深度 32 cm 付近より下位には淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物が分布し、深度 85 cm 付近から平行葉理が見られる。

WA-4：表層耕作土の下、深度 20～44 cm に泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 24～25 cm に十和田 a テフラが分布し、そのすぐ下の深度 27～38 cm にはイベント砂層が挟まれている。イベント砂層は下位の泥炭質シルトと明瞭な境界をもっており、火災構造が観察される。また、細砂からシルトに上方細粒化している。深度 44 cm 付近より下位には淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物に漸移する。

WA-5：このコアでは表層耕作土の下、深度 17～25 cm に泥炭質シルトが分布するが、テフラもイベント砂層も検出されなかった。深度 25 cm 付近より下位には淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物が分布し、深度 70 cm 付近から平行葉理が見られる。

WA-6：表層 16 cm が耕作土で、以下、深度 51 cm まで泥炭質シルトが分布する。深度 28 cm 付近に十和田 a テフラがパッチ状に分布するが、イベント砂層は検出できなかった。深度 51 cm 付近より下位には淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 80 cm 付近から平行葉理が見られる。

WA-7：表層耕作土の下、深度 27～41 cm に泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 32 cm 付近に十和田 a テフラ、深度 36 cm に細砂からなるイベント砂層がそれぞれ極薄く挟まれている。深度 41 cm 付近より下位には淘汰の良い細～中砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 80 cm 付近から下で平行葉理が見られる。

WA-8：表層 17 cm が耕作土である。その直下、深度 17～24 cm に十和田 a テフラが分布し、その下位に深度 60 cm 付近まで泥炭質シルトが分布する。この泥炭質シルト層中には、深度 30 cm 付近に細砂からなるイベント砂層が極薄く挟まれている。また、深度 54～56 cm にも細砂からなるイベント砂層が挟まっており、その直上の泥炭質シルト層中の炭質物からは 2050-1880 cal yBP という年代が得られている。深度 60 cm 付近より下位には淘汰の良い細砂からなる海浜堆積物に漸移し、深度 100 cm 付近から下で平行葉理が見られる。

#### 4. 津波堆積物の認定

本研究で検出した泥炭層や泥炭質シルト層中のイベント砂層は、いずれの測線でも確認され、石巻平野の内陸奥まで広範囲に分布している。特に十和田 a テフラとの層位関係から、テフラ直下のイベント砂層は、広く対比できる。

また、砂層の構成物はコアの下位に分布する海浜堆積物と同様に石英に富んでおり、海から供給された可能性を示唆する。砂層は多くの場合、下位の泥炭層や泥炭質シルト層と明瞭な境界を持って接し、一部で火災構造が見られる。一方、砂層を覆う泥炭層や泥炭質シルト層との境界は漸移的であり、砂層内部は、級化構造が見られる。また、層厚は内陸に向かって薄くなる傾向が見られる。

以上の特徴は、藤原 (2004) や七山・重野 (2004) が指摘した津波堆積物の特徴に一致し、洪水やストームでは説明できないと考えられる。WA 測線の渡波地区を例に取ると、この地区は大きな流入河川のない閉塞された低地であり、洪水の可能性は排除できる。また、十和田 a テフラとの層位で対比される一連のイベント砂層が WA-1 から 8 まで少なくとも 1 km も内陸まで運ばれていることから、ストームの営力は考えにくい。したがって本地域のイベント砂層は津波堆積物である可能性が高い。

#### 5. 津波イベントの対比と発生時期

本研究で検出したイベント砂層は、十和田 a テフラの上位に 2 層、下位に少なくとも 3 層の合計 5 層である。十和田 a テフラの降下堆積した年代は AD 915 と考えられており (町田・新井, 2003)、津波イベントの発生時期を決める上で有効な指標である。

特に 869 年貞観津波は、十和田 a テフラの降下堆積直前に発生していることから、テフラの直下に分布するイベント砂層が、貞観津波に伴って堆積した可能性が非常に高い。貞観津波堆積物は、Y 測線では Y-3 で明瞭に観察され、A 測線では A-4 や A-outcrop, SR- 測線でも SR-4 や 6 で見られる。SR-1 では、十和田 a テフラを欠くが、最上位のイベント砂層直上の年代が 970-810 cal yBP (AD 980-1140) を示し、貞観津波で堆積した可能性が高い。WA 測線では、前述のように十和田 a テフラ直下のイベント砂層が、測線海側の WA-1 から陸側の WA-8 まで比較的良く連続している。

十和田 a テフラより上位の 2 層のうち、テフラ降下堆積直後のものは、Y 測線 (Y-1.5), O 測線 (O-3, 4), WA 測線 (WA-1) の現海岸線に近い地点でそれぞれ観察された。Y-1 で観察された 2 層のイベント砂層もいずれもテフラ降下堆積より新しい。下位の砂層直下の年代は 740-660 cal yBP (AD 1210-1290), 直上の年代は 670-540 cal yBP (AD 1280-1410) で、これらの間に堆積したと考えられる。O-4 では砂層直下の年代が 790-680 cal yBP (AD 1160-1270) であり、WA-1 における砂層直下の年代が 640-510 cal yBP (AD 1310-1440) であった。これらの年代からみて、イベントの発生時期は AD 1300-1400 頃、すなわち 14 世紀頃に限定できる (第 9 図)。しかしながら現在のところこのイベントに相当する歴史津波はまだ知られていない。一方、これよりさらに新しいと考えられる最上位のイベント砂層は、今のところ Y-1 でのみ観察されており、広域に対比できていない。したがってストームイベントの可能性も否定できないが、仮に津波イベントとした場合、14 世紀以降の歴史津波として、1611 年慶長津波が候補として挙げられる。

貞観津波のイベント砂層より下位の 2 層は、平野の内陸側でよく観察され、特に SR 測線や A 測線では、貞観津波を含む 3 枚の砂層が一つのコアで明瞭に識別できる。特に <sup>14</sup>C 年代が得られたコア間で対比し、イベントの時期について検討した (第 9 図)。貞観津波の一つ前の砂層に関し、SR-1 では砂層直上、直下から 2330-2120 cal yBP, 2360-2320 cal yBP という年代が得られ、イベントの発生時期を 2300~2100 cal yBP 頃に限定できる。SR-10 でも同様に砂層の直上、直下から 1520-1340 cal yBP, 2710-2350 cal yBP という年代が得られており、年代範囲が広いが、SR-1 の砂層の年代を含んでいる。SR-11, 13 では砂層直上の年代から、それぞれ 2340-2140 cal yBP より前、2300-2000 cal yBP より前に堆積したことを示し、SR-1 の砂層の年代と調和的である。したがって 2300~2100 cal yBP に津波イベントがあったと考えられる。

最下位の砂層は、SR-1 で砂層直上の年代が 2730-2360 cal yBP で、この年代より前に堆積している。SR-11 では砂層直上で 2920-2760 cal yBP, 砂層

より下位で 3260-2950 cal yBP であり、3200~2800 cal yBP 頃に限定できる。同様に SR-13 では砂層直上で 2770-2710 cal yBP, 砂層より下位で 3150-2880 cal yBP であり、こちらは 3100~2700 cal yBP 頃に限定される。したがって最下位の砂層に関連する津波イベントは、3100~2800 cal yBP に発生したと考えられる。

これら SR 測線で得られた年代の結果は、Y 測線や A 測線でもおおよそ対比されるが、A-outcrop で観察されたイベント砂層は異なった年代を示す。貞観津波の一つ前の砂層は、その直上が 1690-1520 cal yBP, 直下が 2050-1880 cal yBP という年代であり、1600~2000 年前頃に堆積したと考えられる。これは SR 測線で推定された 2300~2100 cal yBP の砂層とは明らかに異なり、対比できない。これは A-outcrop 周辺のみで見られるマイナーなイベントであるのか、あるいは他の地点や測線でこのイベントを見落としているのかどうか、今後、隣接する仙台平野における津波堆積物の調査結果 (澤井ほか, 2007) と比較しながら、検討していく必要がある。

## 6. 貞観津波の浸水域

堆積物の分布に基づく浸水域の評価には、イベント当時の海岸線を明らかにする必要がある。現在のところ貞観津波に関してのみ正確な復元が可能である。貞観津波は十和田 a テフラの降下堆積直前に発生していることから、浜堤列の堤間湿地において、十和田 a テフラの有無を調べれば、おおよそその当時の海岸線の位置がわかる。Y 測線では Y-1.5 において海浜堆積物をテフラが直接覆っており、この位置がテフラの降下堆積直前に離水したと考えられる。同様に O 測線では O-3 付近が当時の海岸線に相当する。平野東部では、正確な位置はわからないが、浜堤の地形の連続性からおおよそ推定できる。

このようにして復元される貞観津波時の海岸線は現在の海岸線から内陸 0.8~1.3 km 付近にある (第 2 図)。貞観津波堆積物は、平野西部では SR-1 や 4 の地点まで確認され、浸水域は当時の海岸線から内陸約 3 km まで達する。平野東部でも SR-11 や 13 まで確認され、同様に内陸約 2.5 km まで達していたと推定され、本地域周辺で歴史上知られる最近の津波に比べ、際だって大きい浸水域を持つ。

## 7. まとめと今後の課題

本研究では、石巻平野において少なくとも 5 層の津波起源の可能性のあるイベント砂層を検出し、その津波の発生時期を推定した。

イベントの年代は古い順に、3100~2800 cal yBP, 2300~2100 cal yBP, AD 869 (869 年貞観津波), AD 1300-1400 (14 世紀), AD 1400 以降 (1611 年慶長津波?) と推定される。また、平野東部の A-outcrop



でこれらに対比されない2000~1600 cal yBPのイベントを検出した。再来間隔は500~1000年程度であり、通常の宮城県沖地震の再来間隔よりもはるかに長く、堆積物に記録される規模の津波は低頻度であることがわかる。これらのイベントが全て同じ波源から生じたとは限らないが、貞観津波は当時の海岸線から2.5~3 km内陸まで浸水する巨大なものであり、いわゆる連動型地震であった可能性を窺わせる。

石巻平野は太平洋に面するものの、海岸線は東西方向に延び、海溝軸に対して直交方向である。このため、本地域の津波高や浸水域を明らかにすることは、波源モデルを考える上で大きな拘束条件となり、重要な意味を持つ。今後、浸水域の履歴を詳細に明らかにし、常磐海岸や三陸海岸などにさらに広域で津波堆積物の検出と対比を進める必要がある。

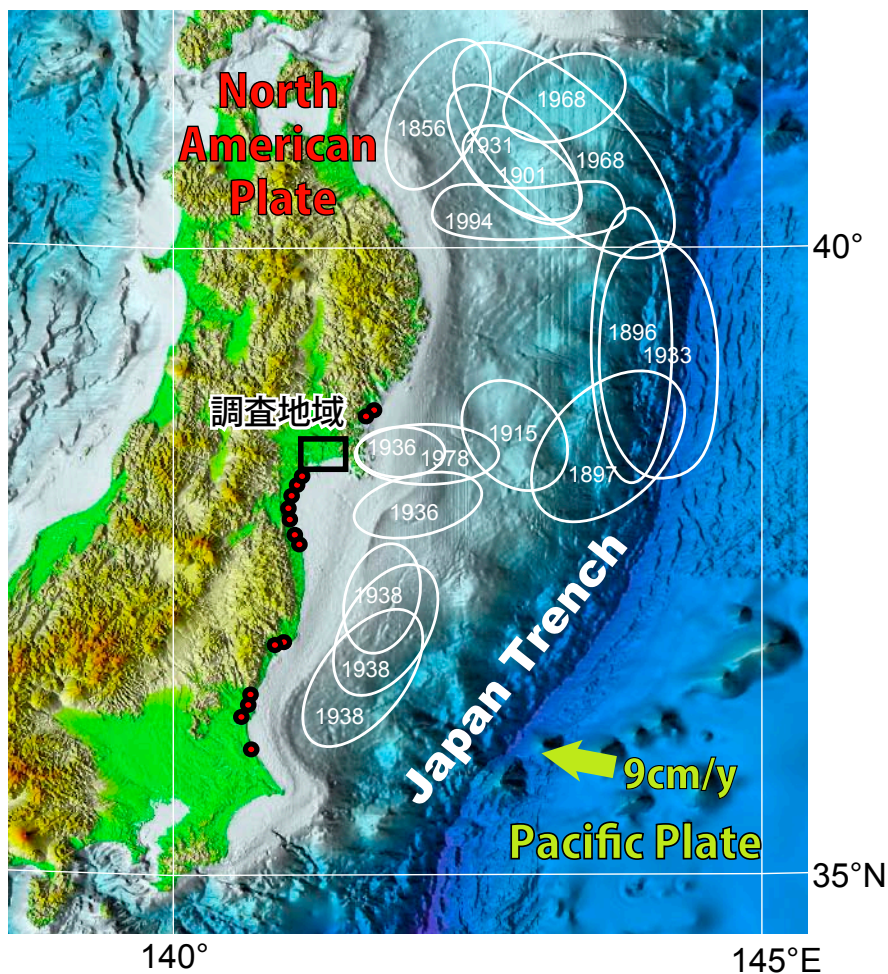
このほか津波襲来時の地盤高の評価も必要である。本研究の掘削調査で得られたコアでは、潮間帯で堆積したと考えられる海浜堆積物が観察される。これらの高度分布を詳細に明らかにすれば、過去の地震に伴う地殻上下変動を検出できると考えられる。また、石巻平野の場合、海溝型地震だけでなく、平野西部直下に伏在する活断層の活動の影響も考慮する必要があり、この点については別稿で論じる予定である。

**謝辞** 東松島市役所および石巻市役所の関係部署の方々からは、調査遂行に当たり様々な便宜を図っていただいた。また、掘削調査用地の地権者の方々からは研究の趣旨を理解していただき、土地使用について快くご許可いただいた。財団法人地域地盤環境研究所の越後智雄氏には火山ガラスの屈折率を測定していただいた。記して謝意を表します。

## 文 献

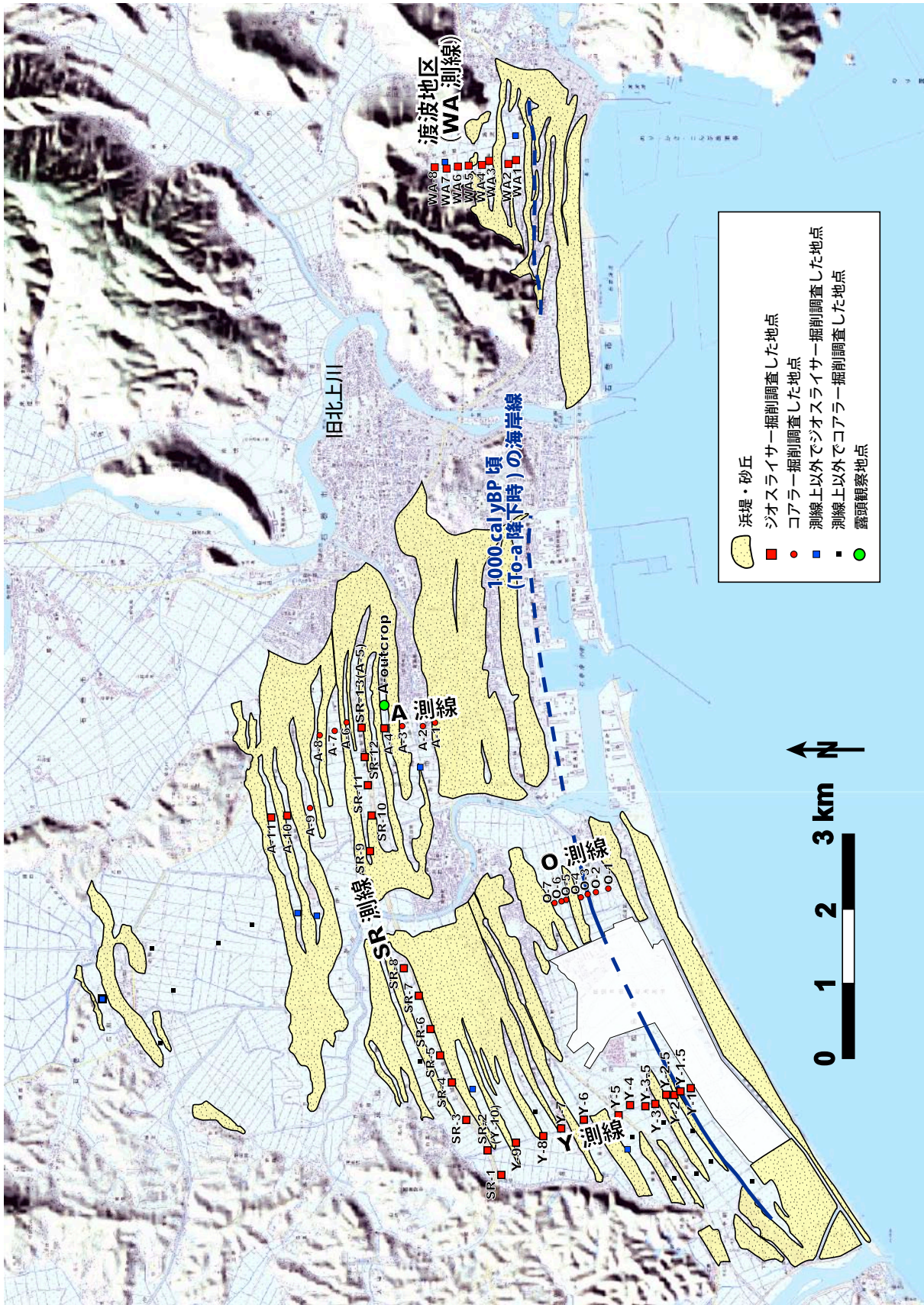
- 阿部 寿・菅野喜貞・千釜 章 (1990) 仙台平野における貞観11年(869年)三陸津波の痕跡高の推定。地震, 43, 513-525.
- 藤原 治 (2004) 津波堆積物の堆積学的・古生物学的特徴。地質学論集, 58, 35-44.
- 伊藤晶文 (2003) 北上川下流低地における浜堤列の形成時期と完新世後期の海水準変動。地理学評論, 76, 537-550.
- 地震調査研究推進本部 (1999) 日本の地震活動—被害地震から見た地域別の特徴—追補版。395pp.
- 地震調査研究推進本部 (2000) 宮城県沖地震の長期評価。http://www.jishin.go.jp/main/chousa/00nov4/miyagi.htm
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺。東京大学出版会, 336pp.
- 松本秀明 (1984) 海岸平野にみられる浜堤列と完新世後期の海水準微変動。地理学評論, 57, 720-738.
- Minoura, K., Nakaya, S. (1990) Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan. Journal of Geology, 99, 265-287.
- 七山 太・重野聖之 (2004) 遼上津波堆積物概論—沿岸低地の津波堆積物に関する研究レビューから得られた堆積学的認定基準—。地質学論集, 58, 19-33.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Atwater, B. F., Shigeno, K., Yamaki, S., (2003). Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril Trench. Nature, 424, 660-663.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C. J. H., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G. S., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C. B., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2004). IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. Radiocarbon, 46, 1029-1058.
- 澤井祐紀・岡村行信・宍倉正展・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎 (2006) 仙台平野の堆積物に記録された歴史時代の巨大津波—1611年慶長津波と869年貞観津波の浸水域—。地質ニュース, 624, 36-41.
- 菅原大介・箕浦幸治・今村文彦 (2001) 西暦869年貞観津波による堆積作用とその数値復元。津波工学研究報告, 18, 1-10.
- 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.
- 渡邊偉夫 (1985) 日本被害津波総覧。東京大学出版会, 206pp.
- 渡邊偉夫 (2000) 869(貞観11)年の地震・津波と推定される津波の波源域。津波工学研究報告, 17, 27-37.
- 渡邊偉夫 (2001) 伝承から地震・津波の実態をどこまで解明できるか—貞観十一年(869年)の地震・津波を例として—。歴史地震, 17, 130-146.
- 山田一郎・庄子貞雄 (1981) 宮城県に分布する新期の灰白色火山灰層について。日本土壌科学雑誌, 52, 155-158.

(受付: 2007年9月28日, 受理: 2007年10月16日)

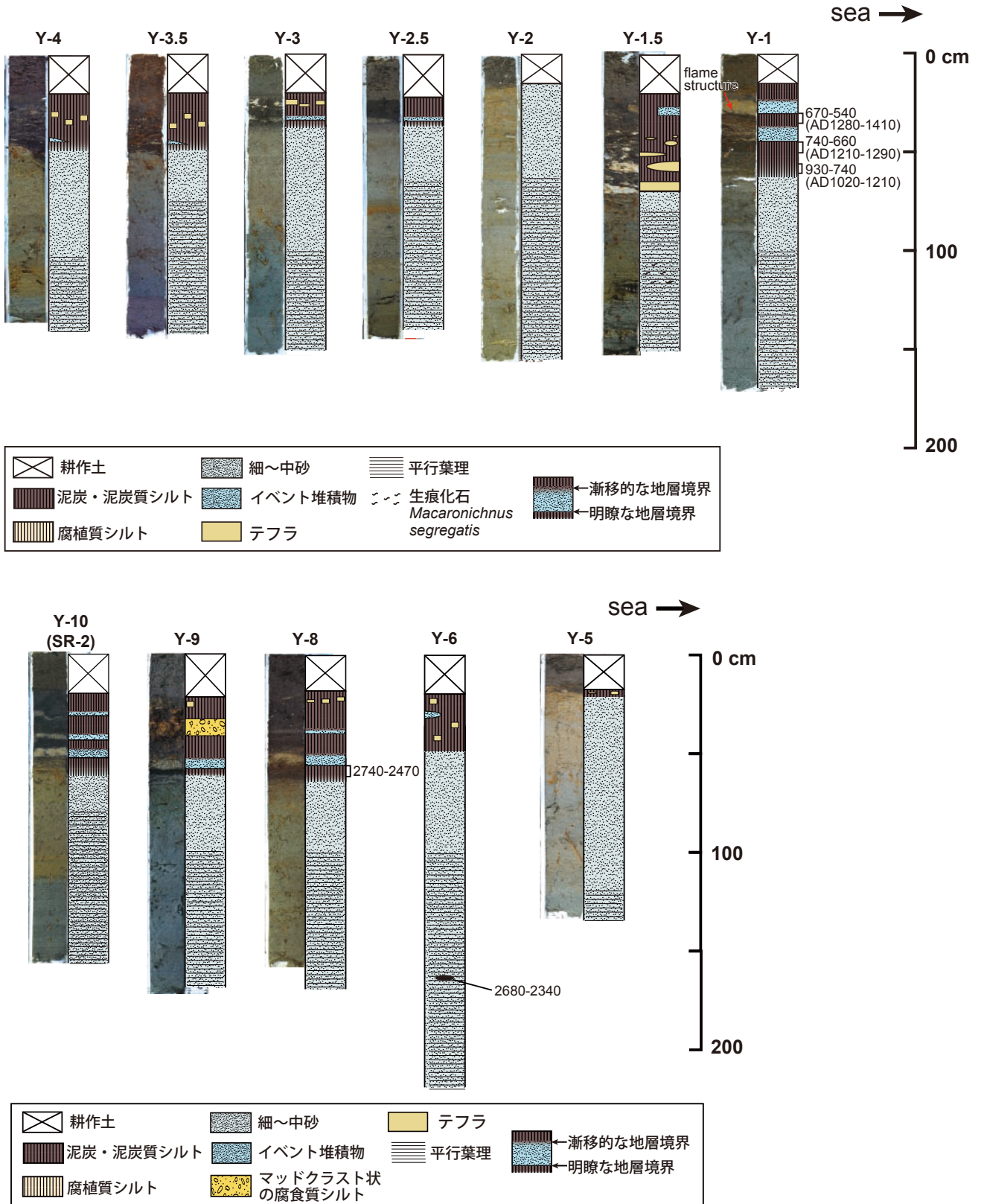


第1図. 石巻平野の位置と日本海溝周辺で発生した地震の震源域. 赤丸は869年貞観津波の被害について伝承のある地点(渡邊, 2000, 2001). 震源域は地震調査研究推進本部(1999)に基づく.

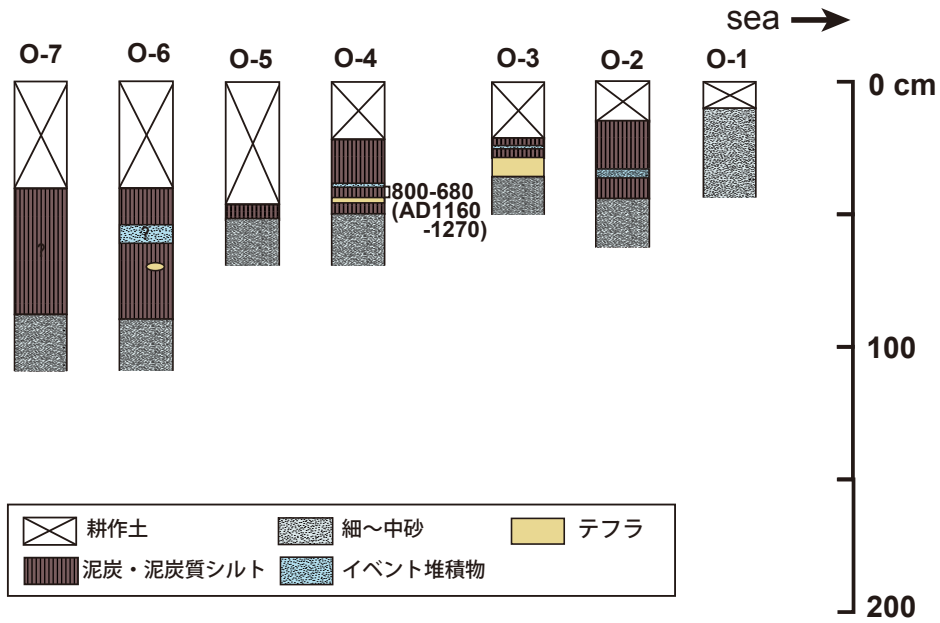
Fig. 1. Location map of the surveyed area. Red circles are the location where the damage of the 869 Jogan tsunami was recorded in historical documents (Watanabe, 2000, 2001). White ellipses represent focal regions along the Japan Trench, based on the headquarters for Earthquake Research Promotion (1999).



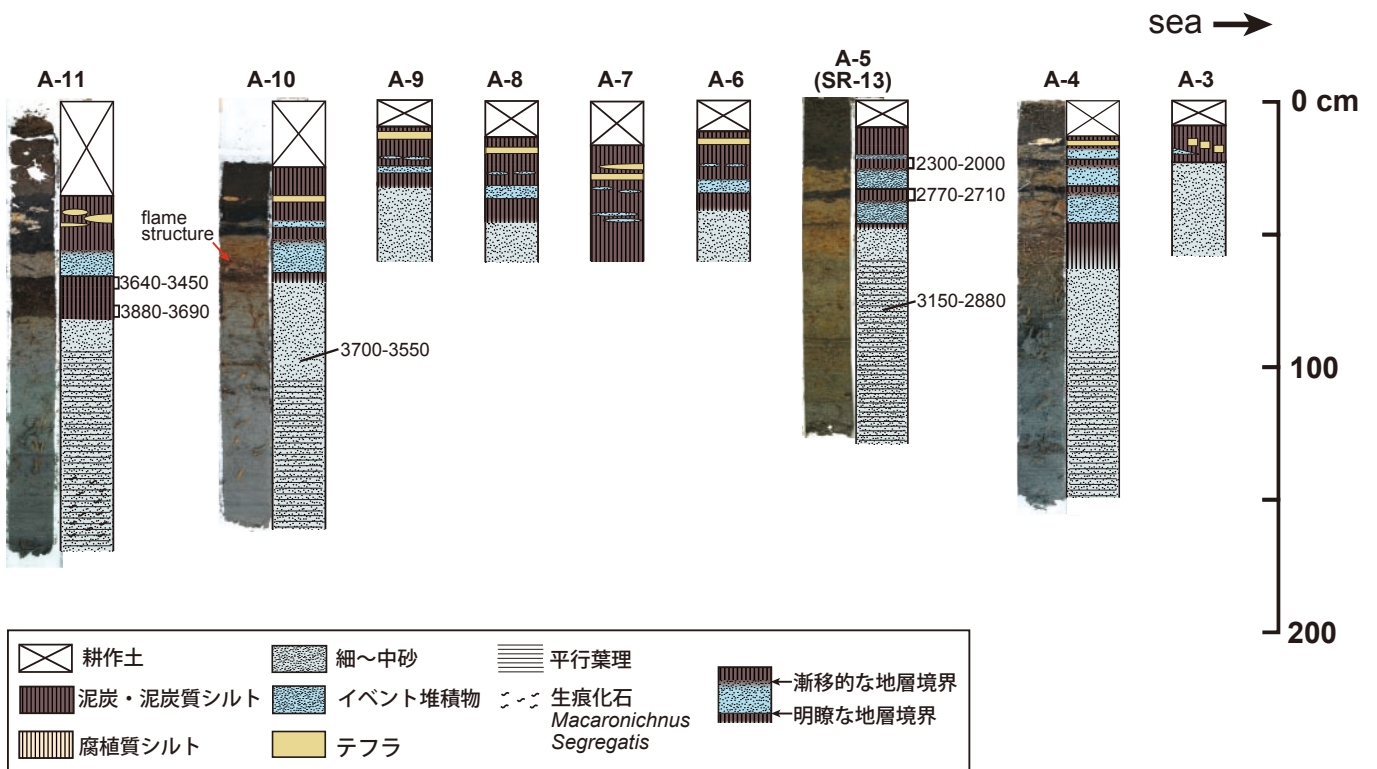
第2図. 石巻平野の地形と調査地点. 基図は国土地理院発行2万5千分の1地形図「石巻」「広瀬」「小野」を使用.  
 Fig. 2. Geomorphology and coring survey sites in the Ishinomaki Plain. Base maps are topographic map of 1/25,000 "Waranoha", "Ishinomaki", "Hirobuchi" and "Ono", published by Geographical Survey Institute.



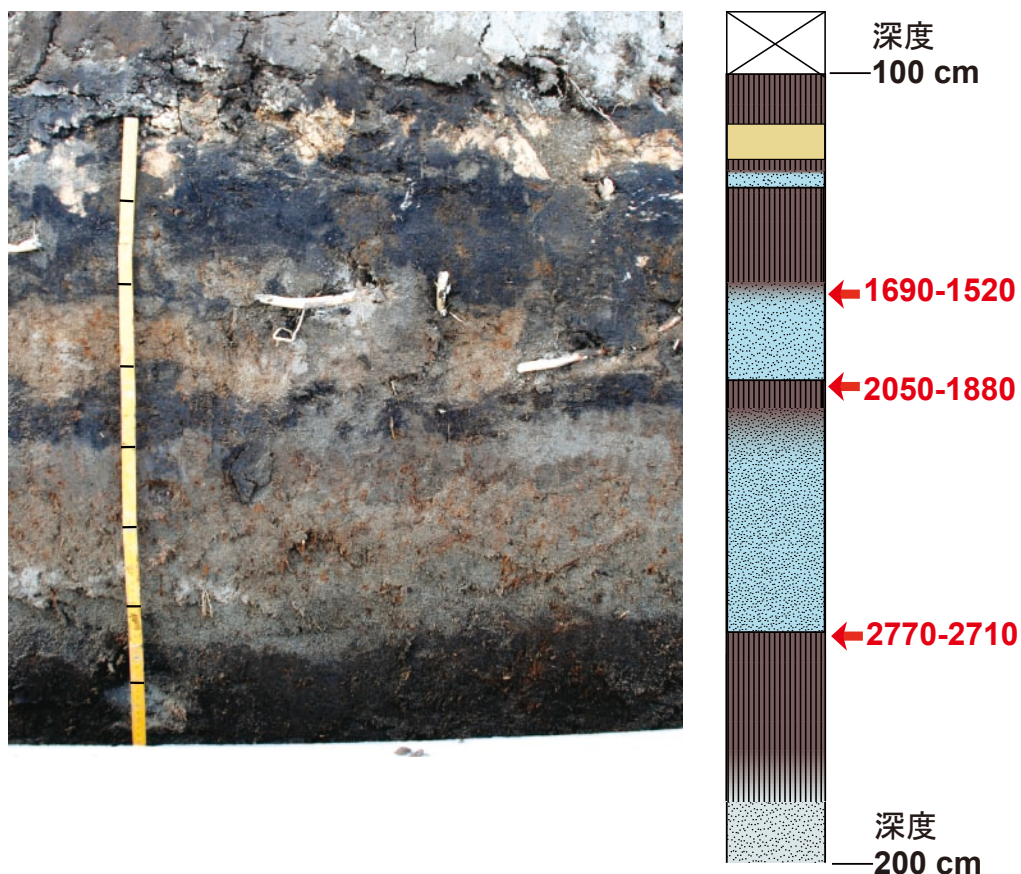
第3図. Y測線におけるコアの柱状図と写真. 柱状図横の数字は較正  $^{14}\text{C}$  年代値 (cal yBP). Y-6 の写真はなし.  
 Fig. 3. Columnar sections and photos of cores along the Y-line. Numerals attached to the right side of column show calibrated radiocarbon age (cal yBP). The photo of Y-6 is none.



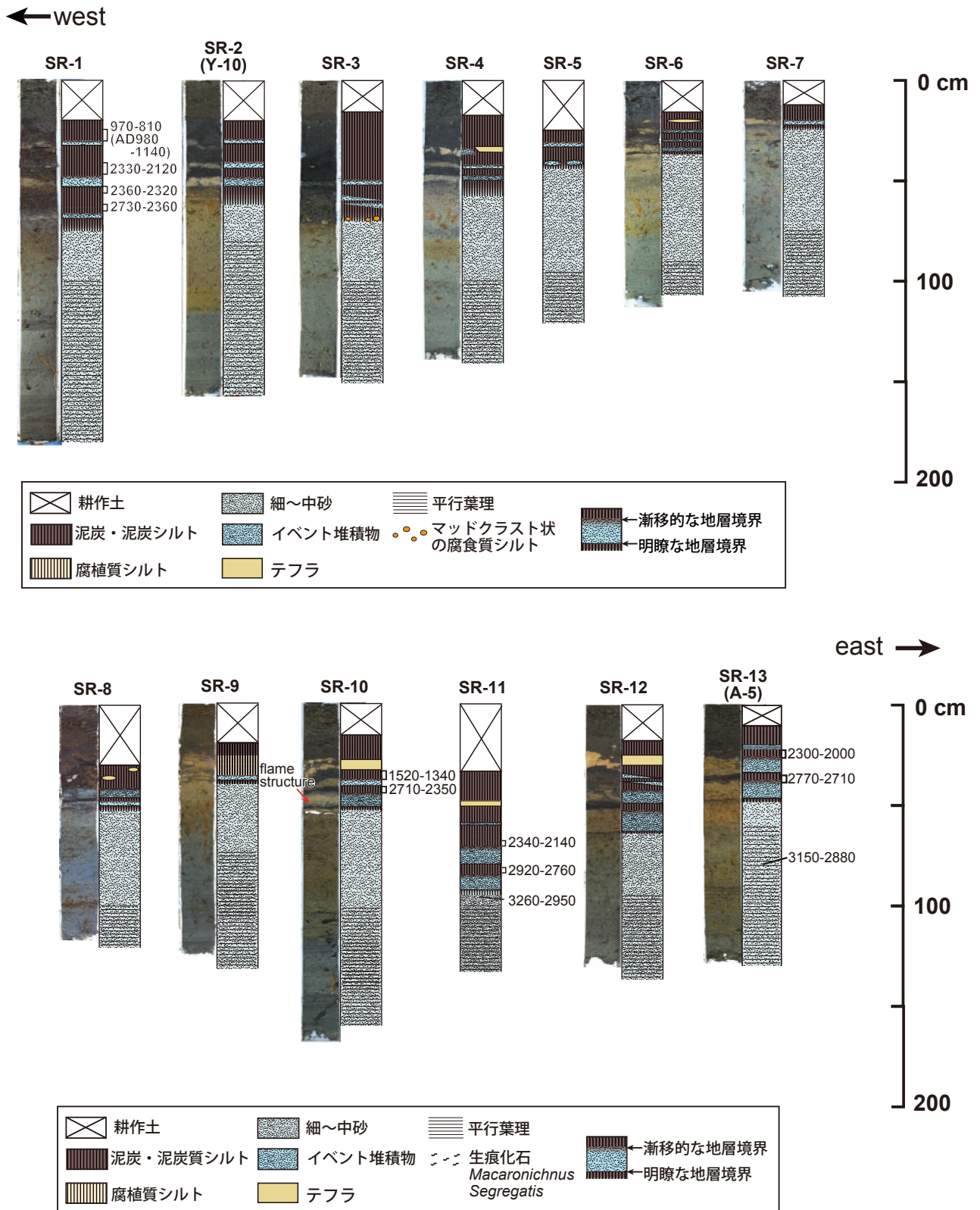
第4図. O 測線の柱状図. 柱状図横の数字は校正  $^{14}\text{C}$  年代値 (cal yBP).  
 Fig. 4. Columnar sections of cores along the O-line. Numerals attached to the right side of column show calibrated radiocarbon age (cal yBP).



第5図. A 測線におけるコアの柱状図と写真. 柱状図横の数字は校正  $^{14}\text{C}$  年代値 (cal yBP). A-3 および A-6～9 の写真はなし.  
 Fig. 5. Columnar sections and photos of cores along the A-line. Numerals attached to the right side of column show calibrated radiocarbon age (cal yBP). The photos of A-3, A-6, A-7, A-8 and A-9 are none.

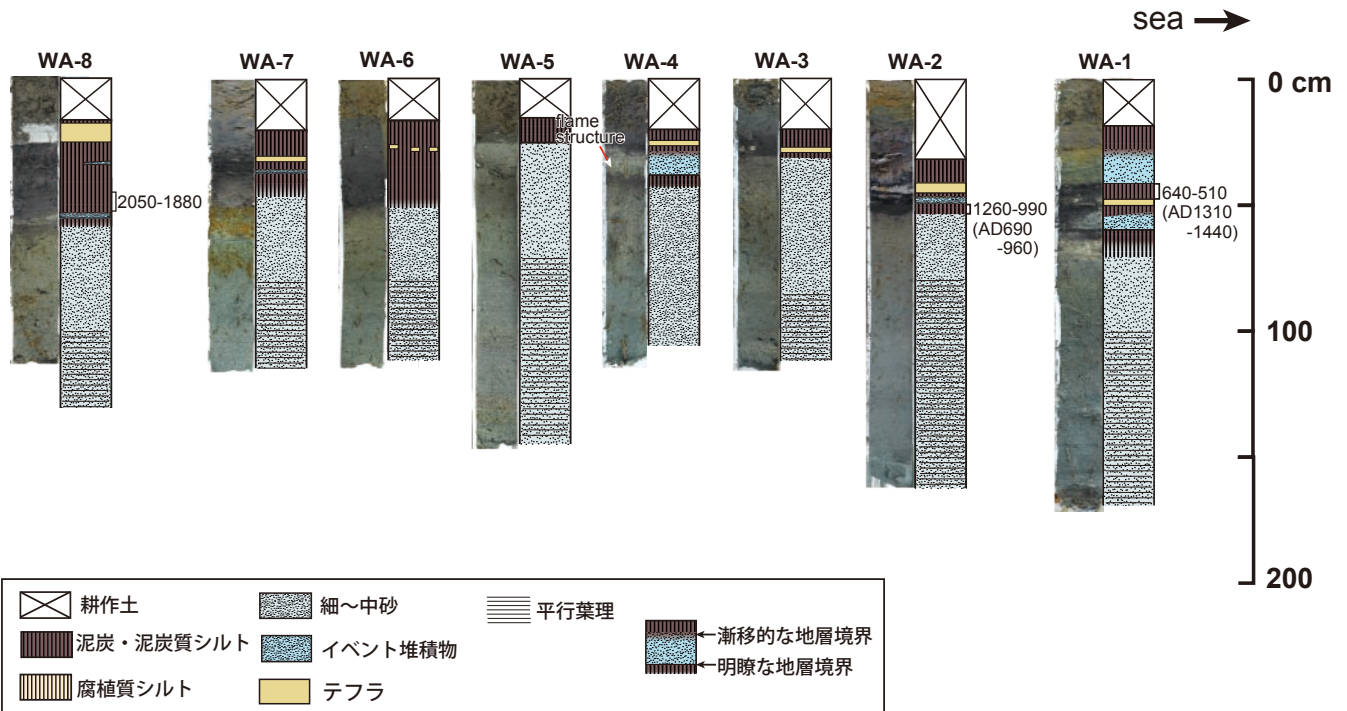


第6図. A 測線そばの工事露頭(A-outcrop)で観察されたイベント砂層の写真と柱状図.  
柱状図の凡例は第4図と同じ. 柱状図横の数字は較正<sup>14</sup>C年代値(cal yBP).  
Fig. 6. Photos and columnar section of event deposit in the A-outcrop. Legend of column  
is same to the Fig. 4. Numerals attached to the right side of column show  
calibrated radiocarbon age (cal yBP).

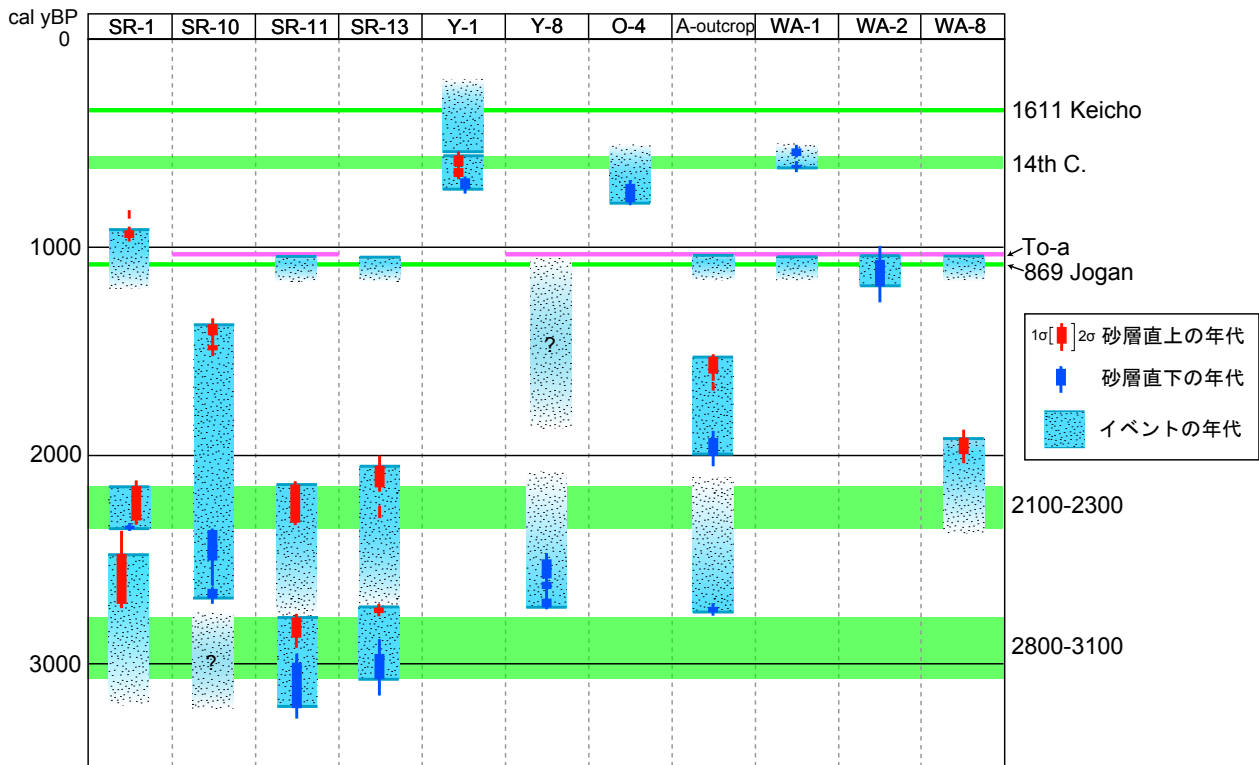


第7図. SR測線におけるコアの柱状図と写真. 柱状図横の数字は較正<sup>14</sup>C年代値(cal yBP). SR-5およびSR-11の写真はなし.

Fig. 7. Columnar sections and photos of cores along the SR-line. Numerals attached to the right side of column show calibrated radiocarbon age (cal yBP). The photos of SR-5 and SR-11 are none.



第 8 図. WA 測線におけるコアの柱状図と写真. 柱状図横の数字は校正  $^{14}\text{C}$  年代値 (cal yBP).  
 Fig. 8. Columnar sections and photos of cores along the WA-line. Numerals attached to the right side of column show calibrated radiocarbon age (cal yBP).



第 9 図. 各コアにおける津波堆積物の年代と対比.  
 Fig. 9. Ages of tsunami deposits and correlation between each core.