

海溝型地震履歴解明の研究

Study of subduction zone paleoearthquakes

宍倉正展^{1*}・藤原 治¹・行谷佑一¹・松本 弾¹

Masanobu Shishikura¹, Osamu Fujiwara¹, Yuichi Namegaya¹ and Dan Matsumoto¹

Abstract: Importance of studying past earthquake and tsunami has been recognized since the 2011 Off-Tohoku Earthquake, because only paleoseismology can reveal recurrence of giant event. We study history and source of such subduction zone paleoearthquake in Japan Islands. Along the Pacific coast of Tohoku facing the Japan Trench, Namegaya and others reevaluated the fault model for the 869 Jogan Earthquake with considering of survey results of tsunami deposit associated with the 2011 Off-Tohoku Earthquake, and also conducted survey of historical records for tsunami in the medieval period. AMS radiocarbon dating was conducted for the sediment core samples obtained by excavation survey in the coastal area facing the Sagami Trough and the Nankai Trough. A total of 70 calibrated ages were obtained from terrestrial and marine samples of the southern part of the Boso Peninsula and Shizuoka Prefecture by Fujiwara. A total of 15 calibrated ages were also obtained from terrestrial samples of Kushimoto by Shishikura. These data will provide the over 5000 year-record of great earthquakes and tsunamis occurred in studied areas. In the Miyako and Irabu Islands facing the Ryukyu Trench, Shishikura et al. also conducted pit-excavation survey and ¹⁴C dating for a total of 9 samples.

Keywords: subduction zone earthquake, tsunami deposit, Japan Trench, Sagami Trough, Nankai Trough, Ryukyu Trench, radiocarbon dating

キーワード：海溝型地震，津波堆積物，日本海溝，相模トラフ，南海トラフ，琉球海溝，¹⁴C年代測定

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震以来，史料や地形・地質などの記録に基づく過去の地震・津波の調査，研究が注目を集めるようになった。活断層・地震研究センター海溝型地震履歴研究チームでは，以前より，おもに津波堆積物や海岸段丘などの調査結果に基づいて，過去の海溝型地震に伴う諸現象を復元し，それを地球物理学的手法によってシミュレートすることで震源・波源を推定する研究を行ってきた。本稿では，日本海溝，相模トラフ，南海トラフ，琉球海溝にそれぞれ面した沿岸各地において実施した古文書調査，津波シミュレーション，海岸段丘や津波堆積物の掘削試料の年代測定についてそれぞれ報告する（第1図）。

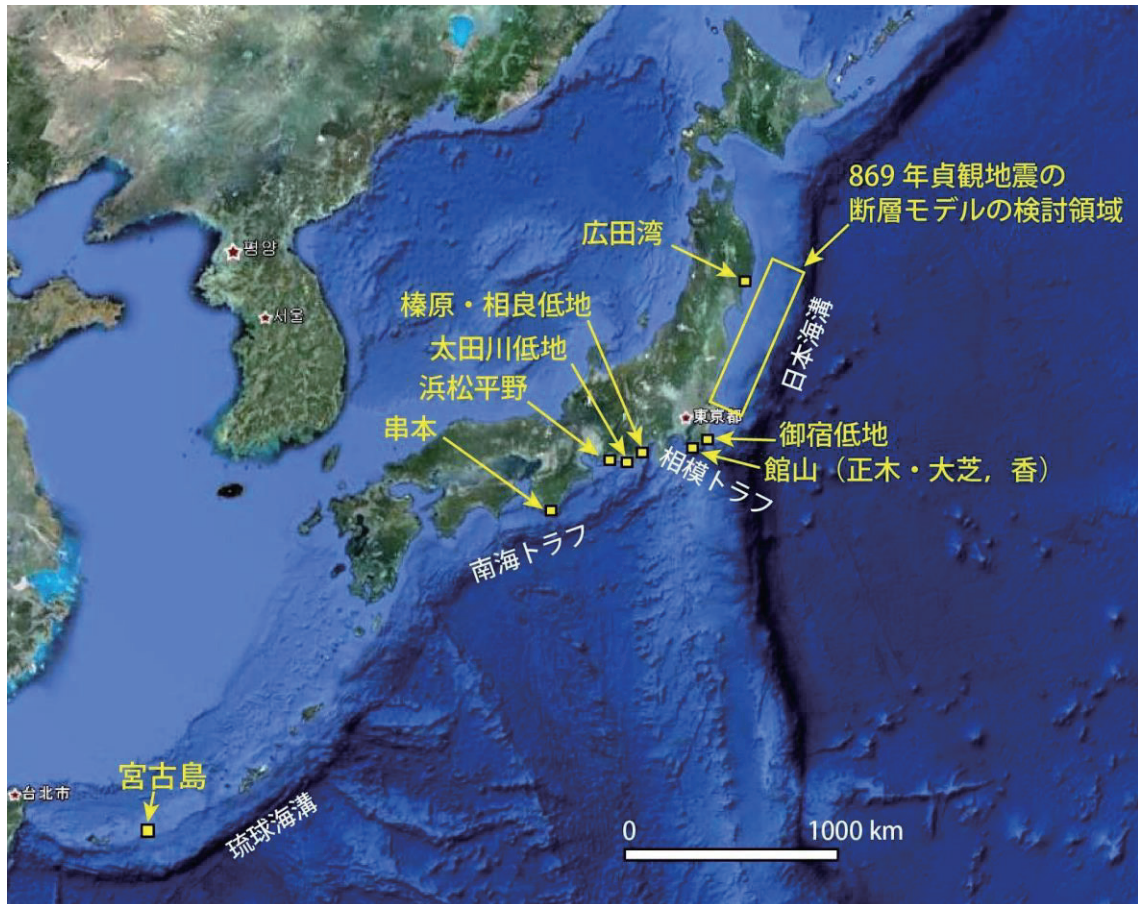
日本海溝では，2011年東北地方太平洋沖地震後に実施した津波痕跡調査（宍倉ほか，2012など）で得られた知見に基づき，行谷が主体となって869年貞

観地震の断層モデルに関して再評価を行った。また同じく行谷が主体となって史料の調査を実施し，東北地方における中世の津波について検討している。このほか本稿では詳しく触れないが，岩手県陸前高田市の広田湾では，松本が主体となって海底堆積物から2011年津波及びそれ以前の津波による堆積物を採取する調査を2014年度に実施予定である。広田湾では2011年津波以降，東海大学が地形調査や表層堆積物調査を実施しており，東海大学との意見交換の上で試料採取地点や調査時期などの調査計画を作成した。

相模トラフと南海トラフでは，平成23年度第3次補正予算による複合地質リスク評価プロジェクトの下で実施した掘削調査で得られた試料について，¹⁴C年代測定を行った結果を報告している。これらのうち房総半島南部と静岡県沿岸については藤原が，和歌山県串本町については宍倉がそれぞれ主体となって実施している。

* Correspondence

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Earthquake and Volcano Geology)



第 1 図 調査地域 (Google Earth 使用)
Fig. 1. Survey areas. Base map is from Google Earth.

琉球海溝では、津波堆積物の検出を目的に、文部科学省科学研究費補助金で実施した宮古島および伊良部島における掘削調査（研究代表者：安藤雅孝）で得られた堆積物試料について、宍倉が年代測定を行った。

2. 【日本海溝】

2.1 869 年貞観地震の規模の再評価

2.1.1 目的と背景

2011 年東北地方太平洋沖地震により甚大な津波災害を受けた宮城県仙台平野沿岸では、貞観十一年五月二十六日（ユリウス暦 869 年 7 月 9 日）に発生した地震による津波堆積物が数多く報告されている（例えば、阿部ほか，1990; Minoura and Nakaya, 1991; Minoura et al., 2001; Sawai et al., 2012; Sugawara et al., 2013）。貞観地震の規模について、Sawai et al. (2012) は海溝軸付近の浅部が破壊した津波地震型や海溝軸外側の正断層型、仙台湾内の活断層、および断層の長さや幅、すべり量を変化させたプレート境界型の計 14 種類の地震を考え、コンピュータシミュレ-

ションにより津波浸水計算を行った。この結果、断層の長さ 200 km、幅 100 km、おおよすべり量 7 m 以上（ $M_w 8.4$ 以上）の地震であれば少なくとも津波堆積物の位置まで浸水することを明らかにした。

ところが 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の堆積物調査で多く報告されたのは、実際の津波は砂質堆積物よりもさらに奥まで浸水する、という事実であった（例えば、Goto et al., 2011; Abe et al., 2012; Sawai et al., 2012; 宍倉ほか，2012）。宍倉ほか（2012）によれば石巻平野や仙台平野において海岸線から一番奥の砂質堆積物までの距離の 1.4-1.6 倍浸水したことが報告されている。

このような現象は貞観地震津波時にも起きたことが考えられる。この場合、貞観地震の真の規模はこれまで推定された規模よりもさらに大きいと言えよう。ところで、一番奥の砂質堆積物よりもさらに奥まで海水が浸水したということは、その一番奥の砂質堆積物の位置においてある程度の浸水深や流速が生じたことを意味する。そこで本研究では 2011 年東北地方太平洋沖地震津波を例に各測線の一番奥の砂質堆積物の検

出位置での浸水深や流速をコンピュータシミュレーションにより推定した。さらに、貞観地震津波の最奥部の堆積物の位置でもこれらの浸水深や流速以上になるような地震の規模を推定した。なお、詳細に関しては Namegaya and Satake (2014) を参照されたい。

2.1.2 解析内容と結果

まず、石巻平野や仙台平野において 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波の浸水計算を行った。計算の初期条件は Satake et al. (2013) による断層モデルを用いた。陸上地形は宮城県から提供して頂いたデータを基本的に利用した。粗度係数については全領域で均一の値を設定し、それぞれ $0.03 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ から $0.05 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ の間で $0.001 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ の刻みで計算した。穴倉ほか (2012) では、石巻平野と仙台平野で計 15 測線において 2011 年東北地方太平洋沖地震の津波堆積物調査を行っており、これらの測線から 300 m 以内かつ海岸線から 300 m 以上離れた範囲内で現地測定された津波高さ (Mori et al., 2012) と計算浸水高とを比較した。この結果、粗度係数が $0.045 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ の時に現地測定された高さと最も良い一致をした。さらに穴倉ほか (2012) の 15 測線について、各測線の最奥砂質堆積物の位置での最大浸水深および流速はそれぞれ少なくとも 1 m および 0.6 m/s と計算された。

つぎに、Sawai et al. (2012) で報告された石巻平野および仙台平野における貞観津波の計 8 測線上の最奥部の津波堆積物の位置での浸水深や流速を計算した。検討した断層モデルは深さ 31 km で断層の幅は 100 km, 断層の長さを 100 km, 200 km, 300 km, および 400 km, すべり量を 6 m, 9 m, および 12 m に変化させた 12 ケースのモデル (均一すべり量モデル), およびこれらのモデルを深さ 15 km にした 12 ケース, さらに Satake et al. (2013) による 2011 年地震の断層モデルのうち、破壊領域の一部あるいは全部を抜き取った 11 ケースのモデル (不均一すべり量モデル) の合計 35 ケースのモデルである。この結果、貞観地震の規模として、深さ 31 km の均一すべり量モデルで断層の長さ 200 km 以上, すべり量 12 m 以上 ($M_w 8.6$ 以上) が少なくともあれば、各測線の最奥の堆積物の位置での浸水深が 1 m 以上, および流速が 0.6 m/s 以上になることがわかった。

2.2 中世に東日本太平洋沿岸を襲った津波に関する史料調査

2.2.1 目的と背景

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は、東日本太平洋沿岸に巨大な津波をもたらした。この津波は例えば宮城県石巻平野や仙台平野で海岸線から数 km 内陸まで浸水し (Nakajima and Koarai, 2011), 沿岸部に大きな被害をもたらした。このような津波の過去の例については、まず貞観十一年 (西暦 869 年) に発生した貞観地震津波が挙げられる。『日本三代実録』に仙台市周辺の海岸で津波が浸水し溺死者が千人程度発生したことが記録されているほか、近年の地質学的な調査から石巻平野や仙台平野などにおいて津波堆積物が発見され、当時の海岸線から少なくとも 1.5 km 以上内陸まで津波が浸水したことが報告されている (Sawai et al., 2012)。

この貞観地震津波と 2011 年東北地方太平洋沖地震津波との間には、どのような津波が襲ったことを確認できるのであろうか。そのほとんどが観測機器の存在しない期間であるため史料による分析が不可欠である。江戸時代については比較的豊富に残された史料を都司・上田 (1995) が検討しており、三陸地域で少なくとも 10 例の津波が来襲したことが報告されている。しかしながら江戸時代よりも前についてはそもそも残された史料数が乏しく、かつ史料の信頼性も吟味する必要がある。

最近、石橋 (2009) により日本の古代・中世の地震と噴火および関連事象に関する既刊の文献史料がデータベース化された (以後、「歴史地震 DB」と呼ぶ)。本研究ではこの歴史地震 DB を活用し、貞観地震以降で江戸時代よりも前の期間、いわゆる中世に着目し、この期間に東日本太平洋沿岸 (青森県～茨城県) に影響を与えた可能性のある津波とそれに関する地震の史料を歴史地震 DB から探した。そして、史料の信頼性について分析をした上で、現象として何が認定できるのかを検討した。なお、詳細に関しては行谷・矢田 (2014) を参照されたい。

2.2.2 解析内容と結果

歴史地震 DB において、津波に関係する語として「なみ, ナミ, 波, 浪, 海, うみ, よだ, 汐, 潮, 塩, 鹽」を指定し検索を行ったところ、95 件の事象とそれに関する計 626 件の史料が検索された。つぎにこれらの記述を確認したところ、貞観津波から江戸時代よりも前の期間に関して 7 件の事象が東日本太平洋沿岸を襲った津波の可能性のあることがわかった。こ

のうち史料学的な観点から発生したことがほぼ確実なのは 2 件である。その 2 件とは (1) 応永二十七年七月二十三日 (1420 年 9 月 1 日)、および (2) 享徳三年十一月二十三日 (1454 年 12 月 12 日) の事象である (いずれの西暦もユリウス暦)。

2.2.2.1 応永二十七年 (1420 年) の津波

歴史地震 DB によると応永二十七年七月二十日 (『神明鏡』裏松本によれば応永二十七年七月二十三日) の事象に関し、2 件の史料が残されている。一つは『神明鏡』(群書類従本) の「廿七年七月廿日、卯時ヨリ巳ノ時マテ瓦子相賀鹽干事九度、魚多ク打上ラル」という記述と、もう一つは『続本朝通鑑』の「七月、(中略)駿河丸子浜、一日之間潮盈湖濁九度、魚上在陸」という記述である。いずれの記述も地震の記録は存在せず、津波と思われる記事のみである。

『神明鏡』に現れる「瓦子」および「相賀」はそれぞれ現在の茨城県日立市沿岸の集落を意味し、これらの集落で午前 6 時 (卯時) くらいから同 10 時 (巳時) くらいまで 9 回海底が露出 (塩干) し、魚が多く打ち上がったことが記録されている。これは約 30 分の周期で海面が上下したことを意味しており、津波の現象を表している可能性が高い。『神明鏡』は 15 世紀中頃には成立した史料であり、現象に対してほぼ同時代に成立した史料とみなすことができる。従って、記されたことが実際に起きたことである可能性は高い。

一方、『続本朝通鑑』は応永二十七年の津波から約 250 年後の 1670 年に成立した史料であり、応永二十七年の津波の記述は『神明鏡』を典拠として作成されたものと思われる。『神明鏡』では「瓦子」、『続本朝通鑑』では「丸子」と別の地名のように記されているが、「瓦」の崩し字と「丸」の崩し字はよく似ており、『続本朝通鑑』を編纂過程で字を読み誤ったものと考えられる。

2.2.2.2 享徳三年 (1454 年) の地震津波

歴史地震 DB によると享徳三年十一月二十三日 (1454 年 12 月 12 日) の事象に関して、5 件の史料が残されている。これらのうち、山梨市の普賢寺 (現在は廃寺) に伝わった『王代記』には、「享徳四年元壬申同三年甲戌十一月廿三日夜半天地震動奥州二津浪打テ百里山ノ奥ニ入テ人多海ニ入テ死」という記述が残されている。『王代記』は『山梨県史』(山梨県、2001) によると大永四年 (1524 年) には成立した史料であり、享徳三年の事象に対してほぼ同時代に成

立した史料と考えられる。この『王代記』に記された記述の意味は、「享徳年間は四年間存在し、元年の干支は壬申の年である。享徳三年 (干支は甲戌の年である) 十一月二十三日の夜中に地震動があった。奥州には津波が来襲し百里先の山の奥まで浸水して、多くの人々が海に流され死亡した」である。当時の「奥州」(陸奥国) は現在の青森県、岩手県、宮城県、および福島県を含む範囲を指すことから、この記録により青森県～福島県の太平洋沿岸 (あるいはその一部) に津波が襲ったと解釈してよいだろう。地震については「天地震動」という記録のみであり、奥州での地震のことを意味する可能性がある。あるいは、「奥州」という文字が「天地震動」の文字の直後に現れるので、『王代記』がほぼ同時代史料であることを考慮すると、『王代記』の筆者が、自身が居住する山梨での揺れを記録した可能性もある。

一方、残る 4 件の史料は『会津旧事雑考』、『大宮神社古記録抄』、『続本朝通鑑』、および『新撰和漢合図』である。いずれも津波に関する記述は存在せず、地震に関する記述のみであるが、揺れを感じた場所の地名が記述されていない。さらにはいずれの史料も記述の典拠が不明なため、これらの史料から揺れの場所を特定することはできない。

3. 【相模トラフ】房総半島南部沿岸から得られた堆積物試料の放射性炭素年代

3.1. 目的と背景

相模トラフで発生するプレート境界地震 (関東地震) については、再来間隔や規模などについて不明な点が多い。その大きな理由は、歴史上確定している関東地震が 1923 年大正と 1703 年元禄の 2 回に限られるためである。地震調査委員会 (2004) は館山市周辺などに分布する離水海岸地形などのデータに基づいて関東地震の平均発生間隔を推定しているが、いわゆる大正型関東地震の再来間隔は 200 ~ 400 年と大きなばらつきがある。また、相模トラフでは、大正型地震以外に元禄型地震の発生が知られているが、その再来間隔も 2 千数百年とされるだけで、詳細は明らかになっていない (例えば、宍倉、2003)。最近では津波堆積物の研究によって、元禄地震の前の関東地震の候補として、1293 (正応六または永仁元) 年鎌倉大地震 (Shimazaki et al., 2011) や 1495 年 (明応四



第2図 調査位置図

Fig. 2 Location map.

年)の地震が指摘されている(金子, 2012)。これらの情報が正しければ、関東地震の発生時期は1293年、1495年、1703年、1923年となり、その再来間隔200年程度である可能性が高くなる。首都圏の地震・津波防災のために、こうしたデータの検証とともに、さらに古い時代まで遡った関東地震の研究が必要である。また、日本海溝南部で起こった巨大地震や津波についても再来間隔や規模などはよく分かっていない。この地域の地震・津波履歴の解明には、外房地域などに残された地殻変動の痕跡や津波堆積物の調査を更に進める必要がある。こうした課題を解決するために、活断層・地震研究センターでは房総半島沿岸でボーリング調査などを行い、古地震と津波堆積物の研究を進めてきた。本報告では平成24年度に行った堆積物試料の ^{14}C 年代測定の結果を報告する。測定を行った試料は、外房地域の御宿低地と内房地域の館山市(香地区および正木・大芝地区)で採取されたボーリングコアである(第2図)。

3.2. 解析内容

3.2.1 御宿低地

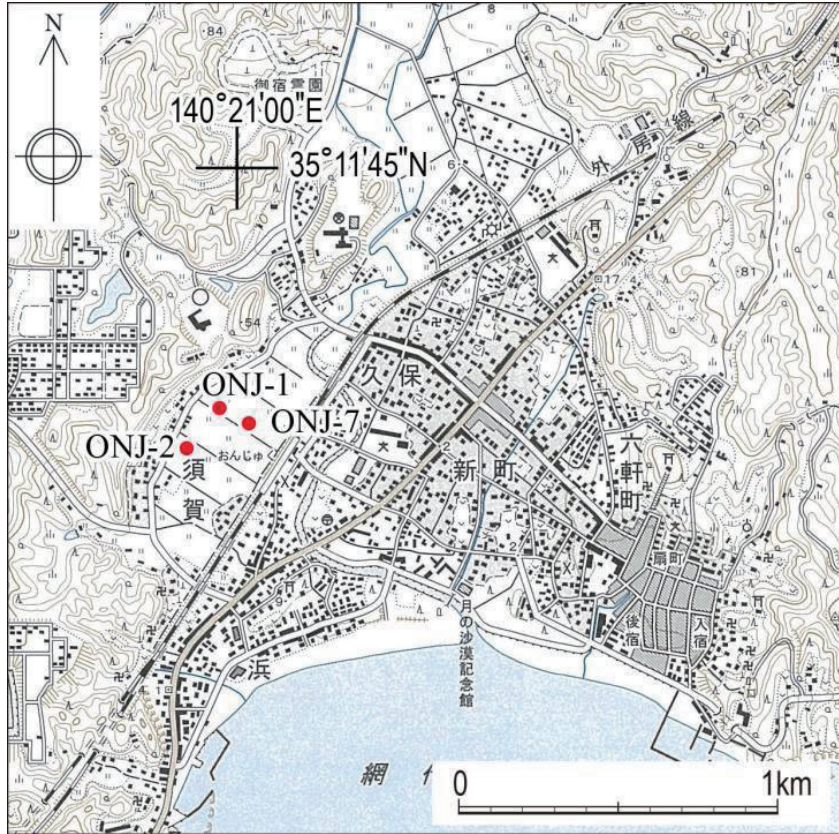
この低地は大正関東地震では20-30 cm程度隆起したが、元禄地震では隆起した証拠はない(例えば、宍倉,

2000, 2003)。御宿低地では完新世の海岸段丘が分布することから、地震による隆起が示唆されるが(宍倉, 2001)、その具体的な時期は不明である。御宿周辺では1703年元禄地震による津波の高さは8 m(渡辺, 1998)、1677年延宝津波の高さは6~8 m(羽鳥, 2003)と推定されている。しかし、この地域では津波堆積物や海岸の上下変動について、地質記録に基づく体系的な調査は行われていない。今回は完新世の隆起イベントの年代を決めることを主目的に年代測定を行った。

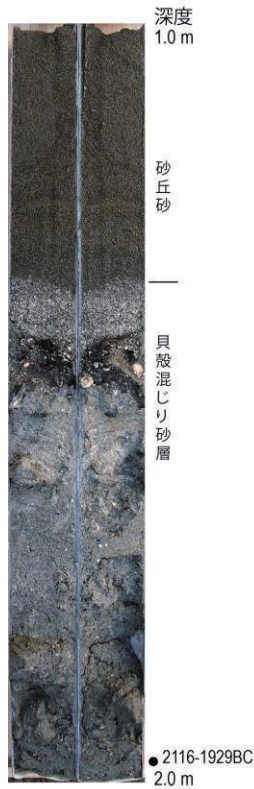
分析に供したコアはONJ-1, ONJ-2, ONJ-7で、掘削深度は2~3 mである。これらのコアは現在の海岸から0.8~1.0 km内陸に位置する(第3図)。各コアは下位の高成砂層(葉理が発達し貝化石や礫を含む)と、それを覆う湿地や河川氾濫原の堆積物(主に有機質の粘土層)からなる(第4図)。そこで高成層の上限の年代(離水年代)を決めるための年代測定を行った。

3.2.2 香(こうやつ)地区

近隣の海岸には1703年元禄地震と1923年大正地震で隆起した波食台があり、それぞれ標高1.5 m付近と4.5 m付近に分布している(宍倉, 2003)。試料を採取した谷に沿っては、元禄時代以前の地震で離



第 3 図 御宿低地の試料採取位置
Fig. 3 Coring sites in the Onjuku lowland.



第 4 図 ONJ-2 コア下部の層相と ^{14}C 年代値
Fig.4 Sedimentary facies and calibrated ^{14}C age in the lower part of Core ONJ-2.

水した波食台と考えられる階段状の地形が複数段にわたって見られるが、離水年代を示す直接の試料は得られていない。これらの地形が示す離水イベントの年代を推定するために、周辺で得られた地層試料の年代を測定した。

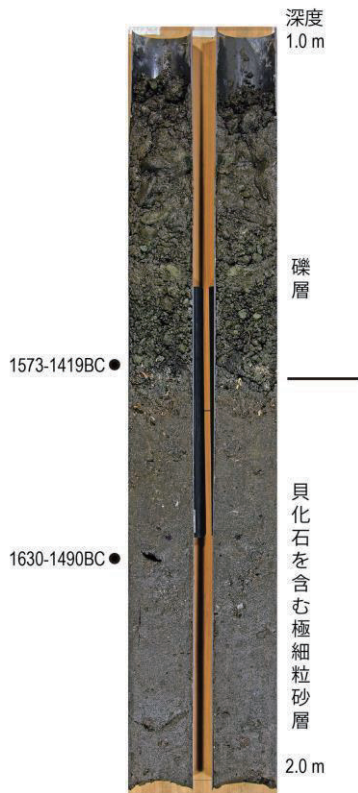
分析に供したコアは KYT-1, KYT-2, KYT-3, KYT-4, KYT-5, KYT-7, KYT-8, KYT-9 の 8 本である (第 5 図)。掘削深度は 2 ~ 3 m で、多くのコアは下部の貝化石を含む内湾性の砂層と、それを覆う河川および湿地の地層からなる (第 6 図)。そこで海成層の上限の年代 (離水年代) を決めるための年代測定を行った。

3.2.3 正木・大芝地区

この地域では完新世の海岸段丘が明瞭である。この地域の南側で行われた中田ほか (1980) や川上・穴倉 (2006) の地形区分と比較すると、内陸側の正木地区に分布するものは沼Ⅱ面群に、海側の大芝地区に分布するものは沼Ⅲ面群と沼Ⅳ面に相当すると考えられる。沼Ⅳ面は 1703 年元禄地震で隆起したとされる (たとえば、松田ほか, 1974 ; 穴倉, 2000)。しかし、正木・大芝地区の段丘については直接には年代測定が行われていない。本研究では、段丘の離水時期を解明することを主目的に年代測定を行った。



第5図 香地区の掘削地点
Fig. 5 Coring sites at the Koyatsu area.



第6図 KYT-5 コア下部の層相と¹⁴C年代値
Fig. 6 Sedimentary facies and calibrated¹⁴C age in the lower part of Core KYT-5.

分析に供したコアは TYMB-3 (深度 4.0 m), TYMB-4 (深度 4.0 m), TYMB-5 (深度 3.0 m), TYMB-6 (深度 7.0 m), TYMB-7 (深度 5.0 m) の5本である (第7図)。

コア TYMB-3 と TYMB-4 は沼Ⅱ面群, コア TYMB-5, TYMB-6, TYMB-7 は沼Ⅲ面群の上から掘削された。コア TYMB-7 は元禄地震直前まで海岸を縁取っていた砂丘上にあり, この砂丘は元禄地震の一つ前の地震隆起で離水した可能性がある。

コア TYMB-3, TYMB-4, TYMB-5 は浅海で堆積したと考えられる砂層あるいは砂礫層と, それを覆う浜堤や湿地の堆積物からなる。コア TYMB-6 は, 下位の貝化石などを含む粘土層と, それを覆う砂礫層などからなる。コア TYMB-7 は, 浅海で堆積した貝化石を含む細粒砂層と, それを覆う砂礫層・砂層 (沿岸砂州および浜堤) からなる (第8図)。

測定試料にはできる限り地層の堆積年代を正確に示していると考えられる試料 (移動や埋積までの滞留時間が少ないと判断される植物の葉や生息姿勢を保った貝化石など) を用いた。測定は株式会社パレオ・ラボに依頼し, 加速器質量分析計 (AMS) で行った。測定結果は暦年補正を行った。



第 7 図 正木・大芝地区の掘削地点
Fig. 7 Coring sites at the Masaki and Oshiba area.



第 8 図 TYMB-7 コア下部の層相と ^{14}C 年代値
Fig. 8 Sedimentary facies and calibrated ^{14}C age in the lower part of Core TYMB-7.

3.3 測定結果

測定結果を第 1 表に示す。御宿ではコア ONJ-1 と ONJ-2 で海成層から 2000BC 頃の値が得られ、こ

れよりやや後に離水したことが推定される。香地区では 3600BC 頃から 160BC 頃にわたる年代データが得られた。コア KYT-5 では海成層最上部の年代は 1500BC 頃と推定された。しかし、海成層には河川による侵食が認められるため、この値が離水年代に相当するかどうかは更に検討が必要である。正木・大芝地区では 6000BC 頃から 750AD 頃までの年代データが得られた。コア TYMB-7 では内湾堆積物の最上部から 660-750AD の年代値が得られた(第 8 図)。この地点が離水したのは、それよりやや後と推定される。ただし、この値は館山市周辺でのローカルリザーバ効果を含んでいるので、正確な離水年代の推定にはさらなる分析が必要である。

今後は、他のデータとも総合しつつ、地震に関連する地殻変動の広がりや津波堆積物の分布を確認し、地震の繰り返し間隔や規模などの推定を進める予定である。

4. 【南海トラフ】

4.1 静岡県沿岸から得られた堆積物試料の放射性炭素年代

4.1.1 目的と背景

2011 年東北地方太平洋沖地震を受けて、南海トラ

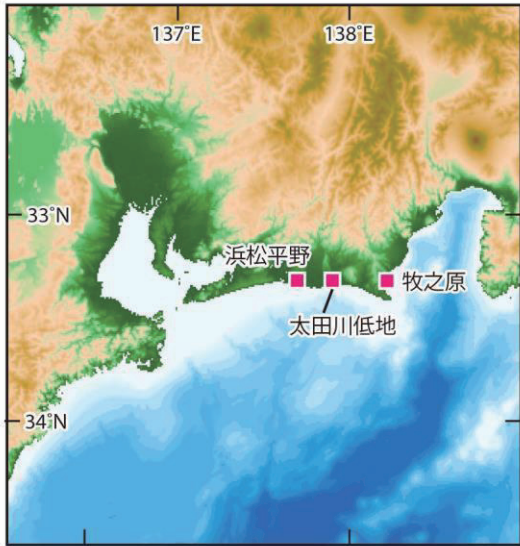
第1表 房総半島南部から得られた¹⁴C年代値
Table 1 Radiocarbon ages from the southern Boso Peninsula.

地域	測定番号	コア名	深度 (cm)	試料	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	¹⁴ C年代 (yrBP \pm 1 σ)	暦年代	
							1 σ	2 σ
御宿低地	PLD-26259	ONJ-1	183	オニアサリ	1.70 \pm 0.21	3900 \pm 20	1957(68.2%)1881BC	2012(95.4%)1855BC
御宿低地	PLD-26260	ONJ-2	197	ダンバイキサゴ	3.75 \pm 0.17	3970 \pm 20	2066(68.2%)1957BC	2116(95.4%)1929BC
御宿低地	PLD-26261	ONJ-7	104	植物片	-25.48 \pm 0.30	1715 \pm 20	260(17.9%)279AD 326(50.3%)382AD	254(32.9%)303AD 315(62.5%)390AD
御宿低地	PLD-26262	ONJ-7	261	植物の茎	-28.94 \pm 0.37	2140 \pm 25	338(4.1%)329BC 204(50.0%)154BC 136(14.1%)114BC	350(13.9%)307BC 210(80.1%)90BC 72(1.4%)61BC
香地区	Beta-374979	KYT-1	168	二枚貝	1.3	2520 \pm 30	310-180BC	340-160BC
香地区	PLD-26252	KYT-1	231	ウニ	1.67 \pm 0.19	4055 \pm 20	2191(68.2%)2094BC	2223(95.4%)2028BC
香地区	PLD-26253	KYT-1	314	木片(枝)	-26.63 \pm 0.18	3800 \pm 20	2285(37.3%)2247BC 2235(30.9%)2201BC	2294(84.6%)2195BC 2174(10.8%)2145BC
香地区	PLD-26254	KYT-2	175	木片(枝)	-17.20 \pm 0.18	3835 \pm 20	2336(7.7%)2323BC 2308(24.8%)2274BC 2256(35.7%)2209BC	2435(1.6%)2420BC 2405(4.6%)2378BC 2350(89.2%)2201BC
香地区	Beta-374980	KYT-2	224	松笠	-25.0	3570 \pm 30	1950-1890BC	2010-2000BC 1980-1880BC 1840-1830BC
香地区	Beta-374981	KYT-2	285	炭化物(枝)	-28.7	3620 \pm 30	2030-1940BC	2110-2100BC 2040-1900BC
香地区	PLD-26255	KYT-3	141	木片	-27.03 \pm 0.24	3085 \pm 20	1406(26.4%)1376BC 1347(41.8%)1304BC	1415(95.4%)1286BC
香地区	PLD-26256	KYT-4	227	ゴイスギガイ	3.48 \pm 0.28	3705 \pm 25	1711(68.2%)1626BC	1754(95.4%)1593BC
香地区	PLD-26251	KYT-5	136	ホソウミオニナ	2.05 \pm 0.20	3555 \pm 20	1524(68.2%)1447BC	1573(95.4%)1419BC
香地区	Beta-374982	KYT-5	159	ゴイスギガイ	1.9	3620 \pm 30	1600-1510BC	1630-1490BC
香地区	PLD-26257	KYT-7	227	球果	-28.71 \pm 0.17	1155 \pm 20	778(7.6%)790AD 830(3.4%)838AD 867(31.3%)900AD 921(26.0%)950AD	776(9.3%)793AD 801(53.4%)904AD 917(32.7%)966AD
香地区	Beta-374983	KYT-8	228	サクラガイ	0.0	3880 \pm 30	1930-1860BC	1960-1840BC
香地区	PLD-26258	KYT-9	193	植物片	-24.98 \pm 0.18	4790 \pm 20	3637(8.9%)3631BC 3578(6.3%)3573BC 3567(53.0%)3536BC	3641(14.9%)3625BC 3600(80.5%)3525BC
香地区	Beta-374984	KYT-9	230	ヒメカノコアサリ	1.5	4950 \pm 30	3350-3320BC	3360-3300BC
正木・大芝地区	PLD-26263	TYMB-3	350	葉など	-27.59 \pm 0.17	3210 \pm 20	1501(68.2%)1451BC	1514(95.4%)1432BC
正木・大芝地区	PLD-26264	TYMB-4	368	枝	-15.70 \pm 0.23	3300 \pm 20	1615(14.6%)1600BC 1586(53.6%)1534BC	1628(95.4%)1521BC
正木・大芝地区	PLD-26265	TYMB-5	84	葉	-28.01 \pm 0.25	2195 \pm 20	354(46.8%)291BC 232(21.4%)204BC	361(95.4%)197BC
正木・大芝地区	PLD-26266	TYMB-6	309	木片	-27.31 \pm 0.19	1085 \pm 20	902(22.7%)920AD 962(45.5%)991AD	896(29.3%)928AD 940(66.1%)1013AD
正木・大芝地区	PLD-26267	TYMB-6	683	ウニ	0.55 \pm 0.23	7905 \pm 25	6443(68.2%)6390BC	6472(95.4%)6358BC
正木・大芝地区	Beta-374985	TYMB-7	483	クチベニガイ	0.6	1690 \pm 30	680-720AD	660-750AD

フでも類似した規模の地震・津波が発生する可能性が内閣府によって想定された(南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2011, 2012a, b). しかし, そのような超巨大な地震・津波の発生は歴史記録からは知られておらず, それが本当に起き得るかを検討するには, より時間スケールを広げた地質学的な検証が必要である. また, 南海トラフで起きた地震・津波の規模を具体的に示す情報は, 特に中世以前について少ない. 地震の再来間隔も必ずしも明確ではなく, 東海地震と南海地震はペアで発生した事例が多いものの, どちらか片方しか確認されていない地震もある. 将来発生する

地震・津波の具体的な規模やその時期などの予測には, 過去に発生した地震や津波の規模, 再来間隔を出来るだけ長期間にわたって詳細に解明して行くことが必要である.

津波の遡上範囲(津波規模の指標)の推定には, 津波発生時の海岸線の位置を復元する必要があるが, そうした情報はこれまで殆ど得られていない. また, 震源の位置や広がり(地震規模の指標)の推定には地震と関連する地殻変動(海岸の上下変動)も重要な指標となるが, そうした情報も江戸時代以前については不足している. こうした課題を解決するために, 活断



第 9 図 静岡県における調査位置図
Fig. 9 Map Showing the study areas in Shizuoka Prefecture.

層・地震研究センターでは静岡県沿岸などでボーリング調査などを行い、古地震と津波堆積物の研究を進めてきた。本報告では平成 24 年度に行った堆積物試料の ^{14}C 年代測定の結果を報告する。測定を行った試料は、南海トラフ東部および駿河トラフに面した海岸の低地で採取されたものである(第 9 図)。浜松平野西部、牧之原市(榛原低地, 相良低地)ではボーリング調査、太田川低地ではボーリング調査と露頭調査で得られた

試料を対象とした。

4.1.2 解析内容

4.1.2.1 榛原低地, 相良低地

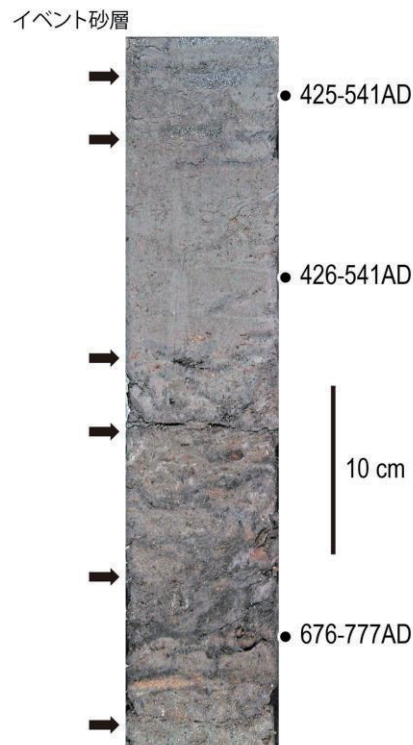
本地域の平野の形成時期はよく分かっていない。そこで過去の海岸線の位置と地殻変動の検出, 津波堆積物の年代解明を目的として年代測定を行った。

榛原低地のコア HIB-4 (深度 7 m) は、現在の海岸から 1.0 km の地点で採取されたものである(第 10 図)。コア試料は下位の海浜堆積物(砂礫層)とそれを覆う湿地の堆積物(有機質の粘土層)からなる。湿地堆積物には層厚 1 cm 前後の砂層が複数検出され、これらは津波堆積物の可能性がある(第 11 図)。これらの砂層の上下で年代測定を行った。

相良低地のコア SGB-1 (深度 11 m), SGB-2 (深度 7 m) は現在の海岸から 0.6 ~ 0.8 km の湿地跡で採取されたものである(第 10 図)。コア試料は下位の粘土層やそれを覆う砂層・礫層の互層からなる。測定試料には、できる限り地層の堆積年代を正確に示していると考えられる試料(移動や埋積までの滞留時間が少ないと判断される植物の葉など)を用いた。測定は株式会社パレオ・ラボに依頼し、加速器質量分析計(AMS)で行った。測定結果は暦年補正を行った。



第 10 図 榛原・相良低地の掘削地点
Fig. 10 Coring sites in the Haibara and Sagara lowlands.



第 11 図 コア HIB-4 に見られるイベント砂層と年代測定値
Fig. 11 Event sand layers and ^{14}C ages in the Core HIB-4.



第 12 図 太田川低地における試料採取位置
Fig. 12 Sampling sites in the Otagawa lowland.

4.1.2.2 太田川低地

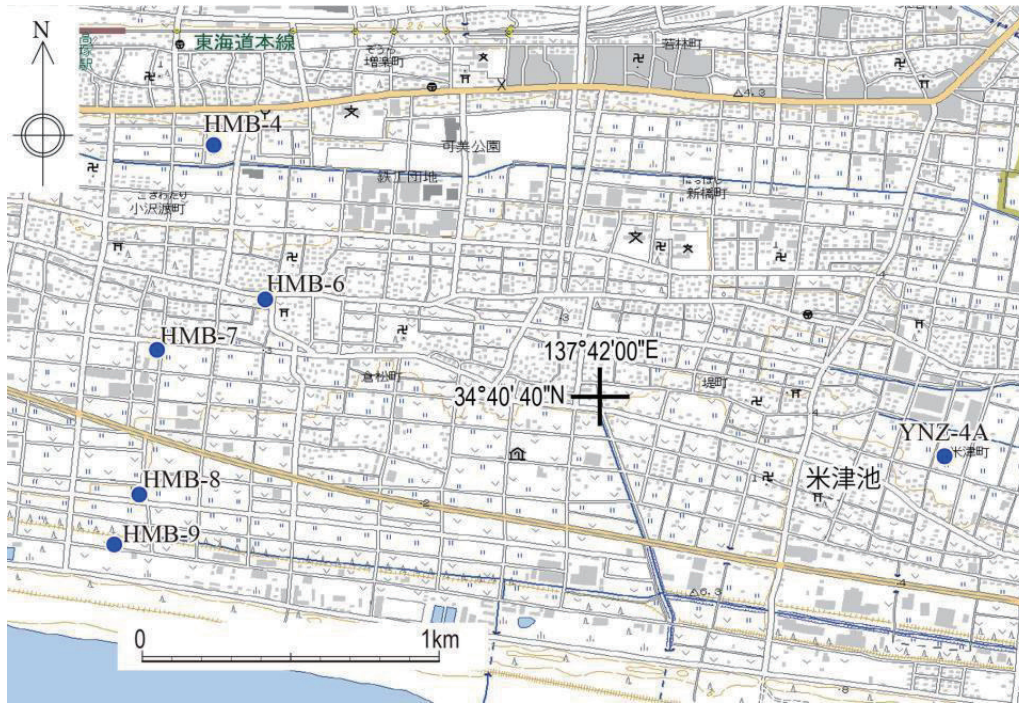
この平野は過去約 7000 年の間に内陸から海側へ広がったものである（たとえば、渡辺，1995）。ここでも過去の海岸線の位置と地殻変動の検出を主目的として、4 本のボーリングコア（第 12 図）について年代測定を行った。コア OTB-1（深度 25 m）、OTB-2（深度 25 m）、OTB-7（深度 25 m）、OTB-6（深度 15 m）は現在の海岸からそれぞれ 3.8 km、3.0 km、2.9 km、0.5 km 内陸で掘削された。

コア試料は下位の海成の泥層および砂層（貝化石などを含む）と、それを覆う浜堤および湿地の堆積物からなる。海成砂層の最上部には、前浜堆積物（後述）が挟まることがある。前浜堆積物の年代（それが無い場合は、海成層の上限の年代）を決めるために年代測定を行った。堤間湿地において簡易ボーリングマシンで掘削されたコア OTL-19、OTL-20、OTL-21（第 12 図）については、津波堆積物の可能性がある砂層を対象に年代測定を行った。また、太田川低地では藤原ほか（2012）によって河川工事で開削された法面から 4 枚の津波堆積物が記載され年代測定値が報告されている。このうち年代値に誤差の大きい 2 枚について、より正確な年代を推定するために法面から追加試料を採取して年代測定を行った。

4.1.2.3 浜松平野

この平野は西部で海—陸方向に約 4 km の幅があり、過去約 7000 年間に内陸から海側へ堆積が進んで広がったものである（たとえば、松原，2000）。しかし過去の海岸線の位置の変遷はよく分かっていない。浜松平野では海岸線の位置と地殻変動の検出を主目的として、5 本のコアについて年代測定を行った（第 13 図）。コア HMB-4（深度 12 m）、HMB-6（深度 15 m）、HMB-7（深度 15 m）、HMB-8（深度 12 m）、HMB-9（深度 15 m）は現在の海岸からそれぞれ 1.7 km、1.2 km、1.0 km、0.5 km、0.35 km 内陸の地点で掘削された。

コア試料は下位の海成砂層（波浪や海流による堆積構造や貝化石などを含む）と、それを覆う浜堤および湿地の堆積物からなる。海成砂層の最上部には、多くの場合、波打ち際で堆積した前浜堆積物が挟まる。それは特徴的な生痕化石や堆積構造によって上下の地層から区別できる（第 14 図）。前浜堆積物は当時の海岸線がそこにあったことの証拠であり、その高さは旧海面高度を示している。前浜堆積物の年代を決めるために、上下の地層から採取した試料を測定した。また、かつての池跡で採取されたコア YNZ-4A に挟まる津波堆積物の可能性がある砂層についても年代測定を行った。



第 13 図 浜松平野西部でのコア試料の採取位置
Fig. 13 Coring sites in the western Hamamatsu plain.



第 14 図 HMB-7 コアで得られた旧海面高度を示す地層。
潮間帯に棲むゴカイの生痕化石（細く白い管状の化石）を含む。

Fig. 14 Foreshore sand bed suggesting the former sea level in the Core HMB-7
Small white tubular burrows of *Macaronichmus segregatis*-like traces characterize this facies.

4.1.3 測定結果

測定結果を第 2 表に示す。かつての海岸線の位置と地殻変動については、浜松では過去約 5000 年間、太田川低地では過去約 8000 年間、相良低地では過去約 5000 年間について地層の年代情報が得られた。

太田川低地の津波堆積物については、主要な露頭

の写真と測定位置を第 15 図に示す。測定を行ったうち古い方（下位）の砂層からは 7 世紀後半から 8 世紀初頭までの年代値が得られ、全体を総合すると 7 世紀末から 8 世紀初頭の堆積が推定される。その上位の砂層からは 8 世紀後半から 9 世紀末頃の年代値が得られた。これら 2 枚の津波堆積物は、藤原ほか（2012）のデータも総合すると、南海トラフで発生した 684 年白鳳地震、887 年仁和地震に相当すると考えられる。

今後は、他のデータとも総合しつつ、地震に関連する地殻変動の広がりや津波堆積物の分布を確認し、地震の繰り返し間隔や規模などの推定を進める予定である。

4.2 和歌山県串本町から得られた堆積物試料の放射性炭素年代

4.2.1 目的と背景

和歌山県串本町は南海トラフ沿いで発生する東南海地震と南海地震の震源域のセグメント境界付近に位置し、両地震による津波の影響をくり返し受けてきた地域である。歴史上の南海トラフ沿いの地震は概ね 100 年～150 年間隔で発生しているが、過去数千年以上を通じた履歴や規模については十分に解明されているとは言い難く、特に紀伊半島南部では、これまで先史時代の津波に関する履歴調査はほとんど行われて

第2表 静岡県における年代測定結果
Table 2 Radiocarbon ages from Shizuoka Prefecture.

目的	地域	測定番号	コア名	深度 (cm)	試料	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	暦年代	
								1 σ	2 σ
1,2,3	浜松平野	PLD-25021	HMB-4	291	植物片	-29.80 ± 0.22	3390 ± 25	1737(22.5%)1715BC 1695(43.2%)1658BC 1649(2.5%)1646BC	1745(95.4%)1628BC
1,2,3	浜松平野	PLD-25022	HMB-4	338	木片	-30.01 ± 0.18	3635 ± 25	2031(68.2%)1957BC	2127(10.1%)2090BC 2045(85.3%)1926BC
2,3	浜松平野	PLD-25023	HMB-4	507	木片	-33.61 ± 0.12	3635 ± 20	2029(68.2%)1963BC	2122(7.1%)2093BC 2043(88.3%)1937BC
2,3	浜松平野	PLD-25024	HMB-4	554	木片	-25.84 ± 0.22	3615 ± 25	2021(27.2%)1992BC 1984(41.0%)1942BC	2034(95.4%)1903BC
2,3	浜松平野	PLD-25025	HMB-4	616	木片	-28.43 ± 0.19	3635 ± 20	2028(68.2%)1966BC	2121(5.8%)2094BC 2041(89.6%)1937BC
2,3	浜松平野	PLD-24909	HMB-6	205	果実(ウキヤガラ)	-25.64 ± 0.24	1755 ± 20	245(16.6%)260AD 280(51.6%)325AD	232(95.4%)341AD
2	浜松平野	PLD-24910	HMB-7	1170	木片	-23.12 ± 0.24	3735 ± 20	2198(33.4%)2166BC 2151(16.7%)2133BC 2082(18.1%)2059BC	2204(64.3%)2120BC 2095(31.1%)2041BC
2	浜松平野	PLD-24911	HMB-7	1396	炭化物	-25.83 ± 0.25	4220 ± 20	2891(45.0%)2871BC 2802(23.2%)2779BC	2898(52.3%)2861BC 2809(39.1%)2757BC 2720(4.0%)2706BC
2	浜松平野	PLD-24912	HMB-7	1435-1440	キサゴ	1.36 ± 0.34	4720 ± 25	3042(68.2%)2936BC	3084(95.4%)2906BC
2	浜松平野	PLD-24913	HMB-7	1470	カシパンウニ	0.56 ± 0.38	4950 ± 25	3365(68.2%)3313BC	3456(95.4%)3281BC
2,3	浜松平野	PLD-24914	HMB-8	170	木片	-27.36 ± 0.26	2125 ± 20	196(42.7%)149BC 141(25.5%)112BC	335(0.6%)330BC 204(90.0%)87BC 79(4.8%)56BC
2	浜松平野	PLD-24915	HMB-8	1120-1126	葉	-30.62 ± 0.35	2315 ± 20	401(68.2%)386BC	406(95.4%)369BC
2	浜松平野	PLD-24916	HMB-8	1190	植物片	-26.03 ± 0.24	2965 ± 20	1217(28.0%)1188BC 1181(22.1%)1157BC 1146(18.1%)1129BC	1259(2.6%)1246BC 1234(92.8%)1117BC
2	浜松平野	PLD-24917	HMB-9	1100	葉	-29.30 ± 0.37	2210 ± 20	358(6.8%)348BC 318(26.9%)281BC 257(34.5%)208BC	361(95.4%)203BC
2	浜松平野	PLD-24918	HMB-9	1147	炭化物	-29.99 ± 0.38	2205 ± 20	357(8.6%)345BC 323(30.2%)283BC 256(5.7%)246BC 235(23.7%)205BC	361(95.4%)202BC
2	浜松平野	PLD-24919	HMB-9	1244-1237	炭化物	-25.69 ± 0.36	2890 ± 20	1113(64.5%)1042BC 1036(3.7%)1031BC	1189(1.4%)1180BC 1156(1.2%)1147BC 1129(92.8%)1004BC
1	浜松平野	PLD-23976	YNZ-4A	138	球果	-26.27 ± 0.20	500 ± 20	1415(68.2%)1435AD	1410(95.4%)1440AD
2,3	太田川低地	PLD-25027	OTB-1	351	炭化物	-26.80 ± 0.15	3625 ± 20	2022(33.6%)1990BC 1985(34.6%)1952BC	2112(1.4%)2101BC 2036(94.0%)1916BC
2,3	太田川低地	PLD-23972	OTB-1	786-800	マテガイ(合弁)	-0.56 ± 0.18	6535 ± 25	5161(68.2%)5056BC	5197(95.4%)5018BC
2,3	太田川低地	PLD-23973	OTB-1	924	植物片	-24.27 ± 0.17	6360 ± 25	5365(68.2%)5316BC	5466(6.4%)5436BC 5426(3.5%)5405BC 5384(85.5%)5301BC
2	太田川低地	PLD-23974	OTB-1	1033	巻き貝(カワアイ)	0.70 ± 0.15	6870 ± 25	5474(68.2%)5410BC	5496(95.4%)5366BC
2	太田川低地	PLD-23975	OTB-1	1170	イボキサゴ	2.45 ± 0.17	7145 ± 25	5694(68.2%)5632BC	5721(95.4%)5611BC
2	太田川低地	PLD-23977	OTB-1	2110-2120	キサゴほか	-1.82 ± 0.17	8215 ± 25	6825(68.2%)6683BC	6921(95.4%)6644BC
2	太田川低地	PLD-23978	OTB-1	2223	炭化木片	-25.88 ± 0.17	7990 ± 30	7041(17.0%)7002BC 6971(26.6%)6913BC 6883(24.6%)6830BC	7050(94.3%)6805BC 6788(1.1%)6778BC
2,3	太田川低地	PLD-24920	OTB-2	94	炭化物	-25.98 ± 0.44	900 ± 20	1047(39.1%)1089AD 1122(12.7%)1139AD 1148(16.5%)1167AD	1040(48.5%)1109AD 1116(46.9%)1207AD
2,3	太田川低地	PLD-24921	OTB-2	309	植物片	-27.11 ± 0.37	3790 ± 20	2281(31.1%)2249BC 2232(26.2%)2198BC 2165(10.9%)2151BC	2291(74.2%)2190BC 2181(21.2%)2141BC
2,3	太田川低地	PLD-24922	OTB-2	376	炭化物	-27.50 ± 0.26	4960 ± 20	3766(68.2%)3705BC	3787(90.8%)3693BC 3681(4.6%)3665BC
2,3	太田川低地	PLD-25028	OTB-6	419	木片	-29.58 ± 0.20	910 ± 20	1047(41.6%)1090AD 1122(14.7%)1139AD 1148(11.8%)1162AD	1036(95.4%)1184AD

第 2 表 静岡県における年代測定結果 (続き)

Table 2 (Continued) Radiocarbon ages from Shizuoka Prefecture.

目的	地域	測定番号	コア名	深度 (cm)	試料	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	暦年代	
								1 σ	2 σ
2,3	太田川低地	PLD-24924	OTB-7	363	炭化物	-26.21 \pm 0.27	3830 \pm 25	2332(3.2%)2326BC 2300(22.4%)2271BC 2259(42.7%)2207BC	2431(0.7%)2423BC 2403(3.2%)2381BC 2349(91.5%)2199BC
2,3	太田川低地	PLD-24925	OTB-7	499	炭化物	-23.13 \pm 0.21	5260 \pm 20	4222(7.6%)4210BC 4156(16.3%)4133BC 4067(24.4%)4037BC 4021(19.9%)3996BC	4229(11.9%)4201BC 4170(22.4%)4127BC 4120(5.2%)4096BC 4081(55.9%)3987BC
1	太田川低地	PLD-25016	OTL-19	95	炭化物	-30.04 \pm 0.18	920 \pm 20	1046(42.0%)1094AD 1120(18.0%)1141AD 1147(8.2%)1157AD	1037(95.4%)1163AD
1	太田川低地	PLD-25017	OTL-20	176	炭化物	-27.46 \pm 0.17	980 \pm 20	1020(52.7%)1043AD 1105(15.5%)1118AD	1016(58.2%)1050AD 1084(30.0%)1125AD 1136(7.2%)1151AD
1	太田川低地	PLD-25018	OTL-20	194	炭化物	-28.95 \pm 0.26	1310 \pm 20	664(53.3%)690AD 750(14.9%)761AD	659(72.1%)716AD 743(23.3%)766AD
1	太田川低地	PLD-25019	OTL-21	93	炭化物	-29.20 \pm 0.14	390 \pm 20	1450(68.2%)1485AD	1445(84.0%)1513AD 1601(11.4%)1617AD
1	太田川低地	PLD-25020	OTL-21	120	炭化物	-27.32 \pm 0.16	420 \pm 20	1443(68.2%)1463AD	1436(95.4%)1485AD
1	太田川低地	PLD-23982	20130515-2	工事法面	木の枝	-27.90 \pm 0.22	1175 \pm 20	782(5.3%)789AD 812(28.3%)846AD 856(34.6%)891AD	778(91.2%)896AD 925(4.2%)938AD
1	太田川低地	PLD-23983	20130515-4	工事法面	炭化木片	-28.78 \pm 0.21	1330 \pm 20	658(68.2%)683AD	651(85.8%)708AD 747(9.6%)766AD
1	太田川低地	PLD-23984	20130515-5	工事法面	炭化木片	-27.00 \pm 0.17	1230 \pm 20	720(17.4%)742AD 769(39.9%)819AD 842(10.8%)859AD	694(1.3%)701AD 708(23.4%)748AD 766(70.7%)878AD
1	太田川低地	PLD-23985	20130515-6	工事法面	炭化木片	-28.19 \pm 0.24	1175 \pm 20	782(5.3%)789AD 812(28.3%)846AD 856(34.6%)891AD	778(91.2%)896AD 925(4.2%)938AD
1	太田川低地	PLD-23986	20130515-7	工事法面	炭化木片	-28.91 \pm 0.21	1175 \pm 20	783(5.0%)789AD 812(28.0%)845AD 857(35.2%)891AD	778(91.7%)895AD 925(3.7%)937AD
1	相良低地	PLD-24923	SGB-1	199	炭化物	-28.52 \pm 0.24	5645 \pm 25	4504(68.2%)4453BC	4543(90.6%)4446BC 4420(4.8%)4398BC
1	相良低地	PLD-25026	SGB-1	146	木片	-29.65 \pm 0.13	210 \pm 20	1660(16.6%)1669AD 1780(36.9%)1798AD 1944(14.6%)...	1650(29.9%)1681AD 1763(47.6%)1802AD 1938AD(17.9%)...
1,2,3	相良低地	PLD-25029	SGB-2	645	炭化物	-26.94 \pm 0.12	6210 \pm 25	5221(12.9%)5205BC 5166(55.3%)5077BC	5291(9.2%)5243BC 5232(19.4%)5195BC 5181(66.8%)5061BC
1,2,3	榛原低地	PLD-25030	HIB-4	250.5	炭化物	-27.71 \pm 0.15	1570 \pm 20	430(42.7%)476AD 484(9.1%)494AD 509(9.1%)519AD 528(7.4%)536AD	425(95.4%)541AD
1,2,3	榛原低地	PLD-25031	HIB-4	266.5	炭化物	-26.85 \pm 0.13	1570 \pm 20	430(44.4%)477AD 483(9.6%)493AD 510(7.2%)518AD 528(7.0%)536AD	426(95.4%)541AD
1,2,3	榛原低地	PLD-25032	HIB-4	283	炭化物	-29.64 \pm 0.20	1255 \pm 20	695(6.0%)700AD 710(53.6%)746AD 764(8.6%)770AD	676(94.7%)777AD 793(0.7%)800AD



第 15 図 太田川の工事露頭で見られる津波堆積物と年代測定値
Fig. 15 Tsunami deposits outcropping at the excavated slope along the Otagawa River.

いない。

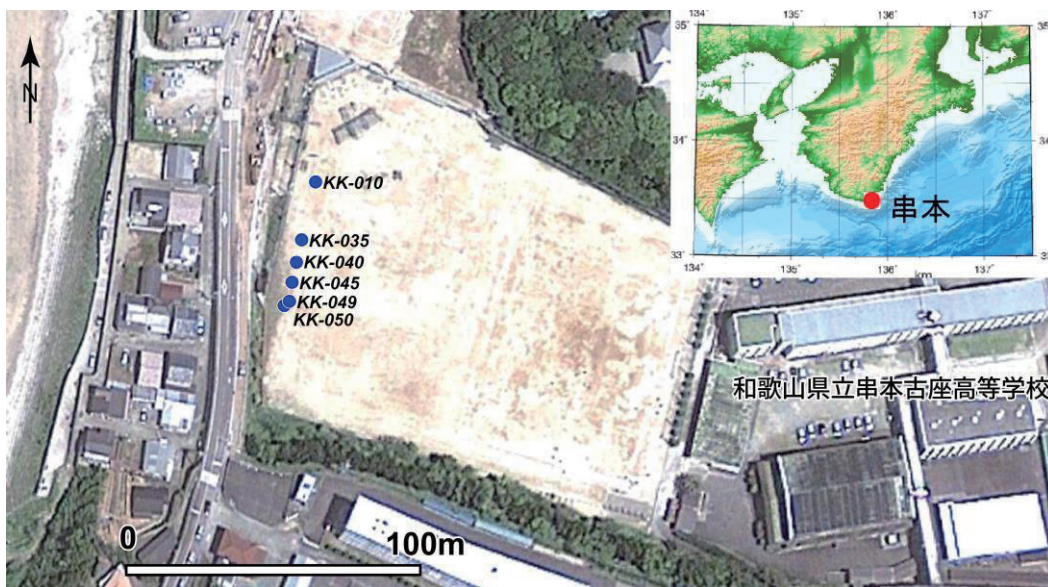
そこで平成 23 年度第 3 次補正予算に伴う複合地質リスク評価プロジェクトの一環として、平成 24 年 12 月に和歌山県立串本古座高等学校敷地内において、津波堆積物の検出を目的としたボーリング調査を実施した。本報告では、そこで得られた柱状試料について、

年代測定を実施した結果について報告する。

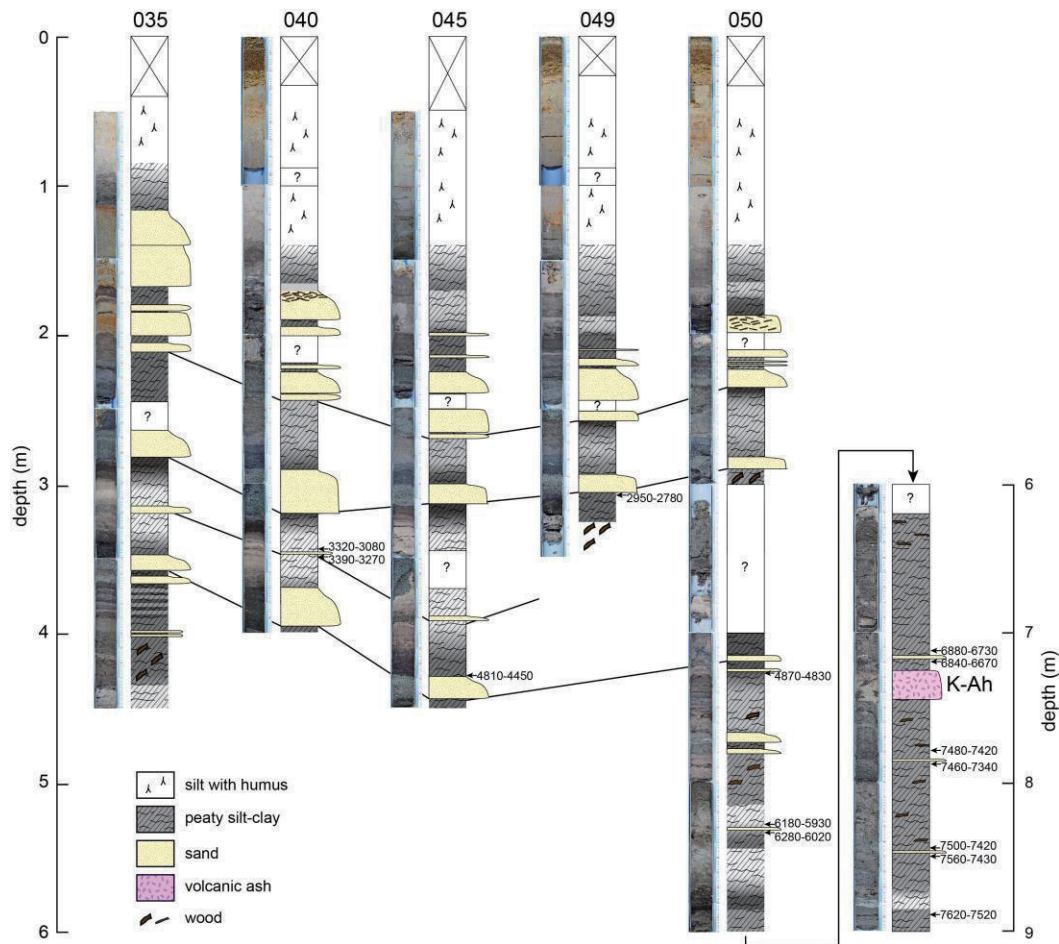
掘削地点は紀伊半島南端の潮岬を結ぶ陸繋島砂洲の様相を呈する低地上にあり、標高は 5.8 m である。この地点は笠島遺跡と呼ばれる弥生後期以降の遺跡があり、これまでの発掘調査で土器などの他に木船も発見されている安井 (1969)。報告書の中には津波堆積物の可能性を示唆する砂礫層の存在も記述されている。

4.2.2 解析内容と結果

ボーリング柱状試料は合計 6 地点で採取されている (第 16 図)。コア径は 64 mm で、1 地点辺りの最大掘進長は 9 m である。最も北側に位置する KK-010 地点以外の 5 地点からは、腐植質のシルトおよび粘土層の中に、細粒～粗粒の砂層が挟まっている様子が観察される (第 17 図)。砂層は少なくとも 9 層確認されるが、一部の砂層はさらに細分できる可能性もあり、最大で 14 層まで識別できる。また KK-050 地点の深度 7.4 m 付近からは細粒火山灰が層厚 15 cm 以上で挟まっていることが確認され、火山ガラスの屈折率および主成分分析の結果、7300 年前頃に南九州の鬼界カルデラから噴出した鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) であることが明らかになった。年代測定試料はそれらの砂層の直上および直下の腐植質シルト～粘土層中に含まれる種子や葉、木片などおもに植物遺体を抽出した。その内訳は、KK-040 地点 (掘進長 4 m) から深度 343～345 cm, 348～350 cm, 395～397 cm の 3 試料、KK-045 地点 (掘進長 4.5m) から深度



第 16 図 和歌山県串本町におけるボーリング掘削地点 (Google Earth 使用)
Fig. 16 Coring site in Kushimoto, Wakayama Prefecture. (Using Google Earth).



第 17 図 和歌山県串本町で採取したボーリングコアの写真と柱状図
 Fig. 17 Photos and columnar sections of the obtained core samples.

428～429 cm の 1 試料，KK-049 地点（掘進長 3.5 m）から深度 301～303 cm の 1 試料，KK-050 地点（掘進長 9 m）から深度 425～426 cm，528～530 cm，533～535 cm，711 cm，718～720 cm，778 cm，787 cm，846～847 cm，848～849 cm，889～890 cm の 10 試料の合計 15 試料である。これらは株式会社地球科学研究所を通じてベータアナリティック社に依頼し，測定を行った。年代測定結果は第 3 表のとおりである。

今後，さらに年代測定値を追加していき，各砂層の形成年代を推定していく予定である。また周辺地域での調査研究の結果と対比させながら南海トラフ沿いの巨大地震の履歴を解明していきたい。

5. 【琉球海溝】宮古島および伊良部島から得られた堆積物試料の放射性炭素年代

5.1 目的と背景

琉球海溝沿いは，ほとんどが島嶼地域であるため，

古津波に関する記録は本州などに比べると限定的であり，歴史的に明確なものは 1771 年（明和八年）八重山津波だけである。地形，地質学的には津波石に関する調査研究があり（河名・中田，1994 など），宮古島や石垣島では過去約 6000 年間に巨礫を動かすような津波が少なくとも 6 回あったと推定されている。しかし，細粒堆積物からなる津波堆積物の報告はほとんどない。そこで 2011 年度より 3 カ年に渡り，文部科学省科学研究費補助金「石垣島・宮古島の津波堆積物の調査—巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み（研究代表者：安藤雅孝）」による津波堆積物調査が行われた。本報告では 2012 年 6 月に宮古島および伊良部島において実施した掘削調査で得られた堆積物試料について ^{14}C 年代測定を実施した結果について述べる。

5.2 調査内容と結果

^{14}C 年代測定の試料は宮古島南部の友利と宮古島に隣接する伊良部島（Irabu-01 と Irabu-02 の 2 地点）

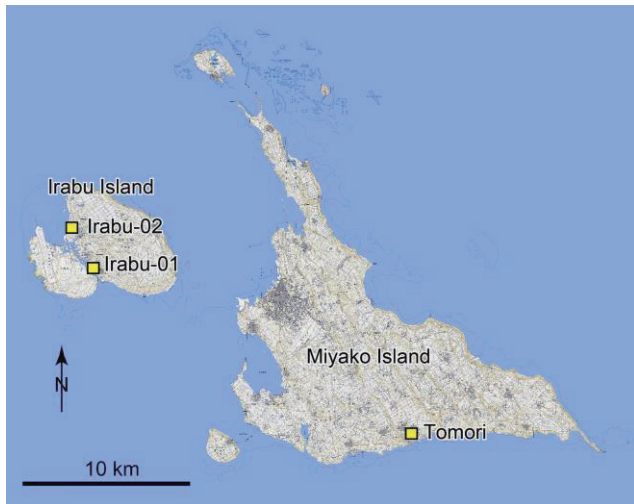
第3表 和歌山県串本町の年代測定結果. 較正プログラムは INTCAL09 使用.
Table 3 ^{14}C dating results. Calibrated by using INTCAL09.

sample name	depth (cm)	material	$\delta^{13}\text{C}$	conventional age (yBP)	calibrated age (cal yBP)	Lab. No.
KK040-343	343-345	seed	-27.8	2990 ± 30	3320-3310 3260-3080	Beta-375323
KK040-348	348-350	seed	-26.4	3120 ± 30	3390-3320 3290-3270	Beta-375324
KK040-395	395-397	seed	-26.1	3820 ± 30	4350-4330 4300-4150 4120-4100	Beta-375325
KK045-428	428-430	seed	-27.6	4100 ± 30	4810-4760 4700-4670 4650-4520 4460-4450	Beta-375326
KK049-301	301-303	seed	-27.2	2770 ± 30	2950-2780	Beta-375327
KK050-425	425-427	plant material	-26	4290 ± 30	4870-4830	Beta-375328
KK050-528	528-530	plant material	-29.2	5260 ± 30	6180-6150 6120-6080 6070-6040 6030-5930	Beta-375329
KK050-533	533-535	plant material	-27.3	5370 ± 30	6280-6230 6220-6180 6150-6110 6080-6060 6050-6020	Beta-375330
KK050-711	711	plant material	-29.5	5960 ± 30	6880-6730	Beta-375331
KK050-718	718-720	seed	-28.5	5930 ± 30	6840-6840 6830-6820 6800-6670	Beta-375332
KK050-778	778	leaf	-29.2	6530 ± 30	7480-7420	Beta-375333
KK050-787	787	leaf	-30.1	6500 ± 30	7460-7450 7440-7420 7350-7340	Beta-375334
KK050-846	846-847	leaf	-29.6	6550 ± 30	7500-7420	Beta-375335
KK050-848	848-849	plant material	-30.8	6580 ± 30	7560-7540 7510-7430	Beta-375336
KK050-889	889-890	plant material	-30.3	6720 ± 30	7620-7570 7530-7520	Beta-375337

で行われたピット掘削より合計9試料が得られている(第18図)。これらは株式会社地球科学研究所を通じてベータアナリティック社に依頼し、測定を行った。測定結果は第4表のとおりである。なお、貝殻片の試料に関しては、Marine Reservoir Correction Database (<http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/marine/>)を使用し、Hideshima et al. (2001)のデータに基づいて $\Delta R = 62 \pm 16$ としてローカルリザーバー効果の

較正を行った。

友利では標高約14 mにある友利元島遺跡のそばにおいて、深度1.4 mまでの地層を観察した(第19図)。イベント層とみられる層厚40~50 cmの貝殻片や土器片、細礫混じりの砂質シルトが、下位の無層理塊状の赤褐色シルト層を覆い、それをさらに褐色の土壌が覆っている様子が観察された。このイベント層中の2点の貝殻片の ^{14}C 年代は、それぞれ modern および



第 18 図 宮古島および伊良部島における掘削調査地点
Fig. 18 Survey sites in the Miyako and Irabu Islands.

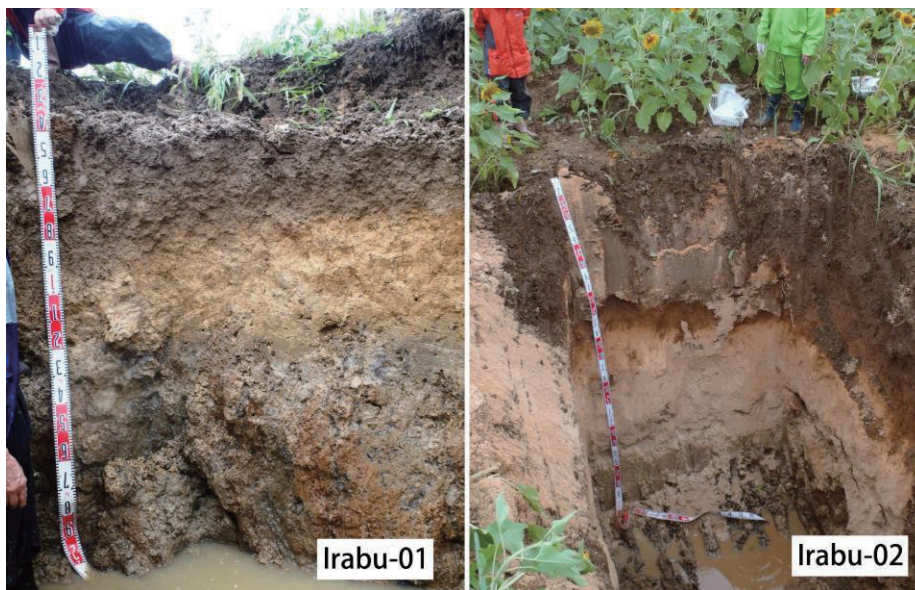


第 19 図 宮古島友利地区におけるピット掘削壁面の様子
Fig. 19 Photos of pit wall in Tomori, the Miyako Island.

AD 1670-1870 であった。

伊良部島では、Irabu-01 と 02 の 2 地点でピット掘削を行っており、いずれも下位の風化した泥岩～シルト岩を覆って貝殻片および礫混じりのシルト～砂層が観察された。Irabu-01 地点では、層厚 50～70 cm の上方細粒化するシルト～中粒砂層が、深度 160～170 cm で基盤岩を不整合で覆っており、上位のやや腐植質のシルト～粘土層へ遷移的に変化する（第 20 図）。基盤岩直上の深度 160 cm 付近の貝殻片は AD 1440-1610 を示すが、深度 140 cm 付近に含まれる木片は AD 390-540、深度 95 cm の貝殻片は AD 1170-1300 と古く、層位と年代が逆転している。Irabu-02 地点でも基盤岩を覆って、貝殻片お

よび礫混じりのシルト～粗粒砂層が上方細粒化して分布しており、基盤岩直上付近には偽礫も観察される（第 20 図）。層厚は 90～120 cm で、上位の腐植質土壌へ遷移する。深度 280cm, 190 cm, 140 cm, 105 cm の貝殻片からそれぞれ AD 390-580, AD 1460-1630, AD 1100-1280, AD 1310-1430 の年代が得られており、一部で層位と年代との逆転が見られる。今後は観察された地層がどのようなイベントを示すか、有孔虫分析等と併せて検討し、堆積年代について解明していく必要がある。



第 20 図 伊良部島におけるピット掘削壁面の様子
Fig. 20 Photos of pit wall in the Irabu Island.

第4表 宮古島および伊良部島における¹⁴C年代測定結果
Table 4 ¹⁴C dating results in the Miyako and Irabu Islands.

location name	location	sample name	Depth from GL	material	conventional age (yBP)	calender age (2σ)	Lab. code
Tomori	Tomori, Miyako, Okinawa 24°23'4.93"N 124°8'18.94"E	12061802-045	45	shell	modern	modern	Beta-375338
		12061802-080	80	shell	620 ± 30	AD 1670-1870	Beta-375339
Irabu-01	Irabu, Miyako, Okinawa 24°49'8.95" N 125°10'21.51" E (2.18 m TP)	12062001-095	95	shell	1230 ± 30	AD 1170-1300	Beta-375340
		12062001-140	140	wood	1620 ± 30	AD 390-540	Beta-375341
		12062001-160	160	shell	870 ± 30	AD 1440-1610	Beta-375342
Irabu-02	Irabu, Miyako, Okinawa 24°50'28.89" N 125°9'38.30" E (2.03 m TP)	12062101-105	105	shell	1050 ± 30	AD 1310-1430	Beta-375346
		12062002-140	140	shell	1270 ± 30	AD 1100-1280	Beta-375343
		12062002-190	190	shell	840 ± 30	AD 1460-1630	Beta-375344
		12062002-280	280	shell	1990 ± 30	AD 390-580	Beta-375345

文献

- 阿部 壽・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2, 43, 513-525.
- Abe, T., Goto, K., and Sugawara, D. (2012) Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan, *Sediment. Geol.*, 282, 142-150.
- 藤原 治・青島 晃・北村晃寿・佐藤善輝・小野映介・谷川晃一郎・篠原和夫 (2012) 元島遺跡周辺(静岡県磐田市)で見られる4世紀から中世にかけての津波堆積物. 第29回歴史地震研究会(横浜大会)講演要旨集, 3.
- Goto, K., et al. (2011) New insights of tsunami hazard from the 2011 Tohoku-oki event, *Mar. Geol.*, 290, 46-50.
- 羽鳥徳太郎 (2003) 1677年延宝房総沖地震の波高偏差. 歴史地震, 19, 1-7.
- Hideshima, S., Matsumoto, E., Abe, O. and Kitagaawa, H. (2001) Northwest Pacific marine reservoir

- correction estimated from annually banded coral from Ishigaki Island, Southern Japan, *Radiocarbon*, 43, 473-476.
- 石橋克彦(2009)歴史地震史料の全文データベース化. 地震2, 61, S509-S517.
- 地震調査委員会 (2004) 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価, 31pp.
- 金子浩之 (2012) 宇佐美遺跡検出の津波堆積物と明応四年地震・津波の再評価, 伊東の今・昔-, 伊東市史研究, 10, pp.102-124.
- 川上俊介・宍倉正展 (2006) 館山地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 82p.
- 河名俊男・中田 高 (1994) サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球諸島南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期, 地学雑誌, 103, 352-376.
- 松原彰子(2000)日本における完新世の砂州地形発達. 地理学評論, 73A, 409-434.
- 松田時彦・太田陽子・安藤雅孝・米倉伸之 (1974) 元禄関東地震(1703年)の地学的研究, 垣見俊弘・鈴木尉元編「関東地方の地震と地殻変動」, ラテ

- イス, 175-192.
- Minoura, K. and Nakaya, S. (1991) Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and march deposits - some examples from northeast Japan. *J. Geol.*, 99, 265-287.
- Minoura, K., Imamura, F., Sugawara, D., Kono, Y., and Iwashita, T. (2001) The 869 Jogan tsunami deposit and recurrence interval of large-scale tsunami on the Pacific coast of northeast Japan. *J. Nat. Disaster Sci.*, 23, 83-88.
- 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, *Coast Eng. J.*, 54.
- Nakajima, H. and Koarai, M. (2011) Assessment of Tsunami Flood Situation from the Great East Japan Earthquake. *Bulletin of the Geospatial Information Authority of Japan*, 59, 55-66.
- 中田 高・木庭元晴・今泉俊文・曹華龍・松本秀明・菅沼 健 (1980) 房総半島南部の完新世海成段丘と地殻変動. *地理学評論*, 53, 29-44.
- Namegaya, Y. and Satake, K. (2014) Reexamination of the A.D. 869 Jogan earthquake size from tsunami deposit distribution, simulated flow depth, and velocity, *Geophys. Res. Lett.*, DOI 10.1002/2013GL058678.
- 行谷佑一・矢田俊文 (2014) 史料に記録された中世における東日本太平洋沿岸の津波. *地震* 2, 66, 73-81.
- 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2011) 南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ. http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/chukan_matome.pdf.
- 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2012a) 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について (第一次報告) http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/1st_report.pdf.
- 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2012b) 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について— http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf.
- Sawai, Y., Namegaya, Y., Okamura, Y., Satake, K., and Shishikura, M. (2012) Challenges of anticipating the 2011 Tohoku earthquake and tsunami using coastal geology. *Geophys. Res. Lett.*, DOI10.1029/2012gl053692.
- Shimazaki, K., Kim, H., Chiba, T. and Satake, K. (2011) Geological Evidence of Recurrent Great Kanto Earthquakes at the Miura Peninsula, Japan, *Journal of Geophysical Research*, Vol.116, B12408, doi:10.1029/2011JB008639.
- Satake, K., Fujii, Y., Harada, T., and Namegaya, Y. (2013) Time and space distribution of coseismic slip of the 2011 Tohoku Earthquake as inferred from tsunami waveform data, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 103, 1473-1492.
- 穴倉正展 (2000) 離水海岸地形からみた 1703 年元禄関東地震における房総半島の地殻上下変動, *歴史地震*, 16, 113-122.
- 穴倉正展 (2001) 完新世最高位旧汀線高度分布からみた房総半島の地殻変動, *活断層・古地震研究報告*, 1, 273-285.
- 穴倉正展 (2003) 変動地形からみた相模トラフにおけるプレート間地震サイクル, *地震研究所彙報*, 78, 245-254.
- 穴倉正展・藤原治・澤井祐紀・行谷佑一・谷川晃一朗 (2012) 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の仙台・石巻平野における分布限界. *活断層・古地震研究報告*, 12, 45-61.
- Sugawara, D., Imamura, F., Goto, K., Matsumoto, H., and Minoura, K. (2013) The 2011 Tohoku-oki Earthquake Tsunami: Similarities and differences to the 869 Jogan Tsunami on the Sendai Plain. *Pure Appl. Geophys.*, 170, 831-843.
- 都司嘉宣・上田和枝 (1995) 慶長 16 年 (1611), 延宝 5 年 (1677 年), 宝暦 12 年 (1763), 寛政 5 年 (1793 年), 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.
- 山梨県 (2001) 山梨県史資料編 6 中世 3 上, 山梨日日新聞社, 1050 p.
- 安井良三編 (1969) 南紀串本笠嶋遺跡発掘調査報告, 笠嶋遺跡発掘調査報告書刊行会, 147p.
- 渡辺偉夫 (1998) 日本被害津波総覧 (第 2 版) 東京

大学出版会, 238p.

渡辺二三彦 (1995) 静岡県袋井市南部, 太田川低地の地形発達史. 季刊地理学, 47, 103-118.