

## 海溝型地震履歴解明の研究

### Study of subduction zone paleoearthquakes.

宍倉正展<sup>1\*</sup>・澤井祐紀<sup>1</sup>・藤野滋弘<sup>1,2</sup>・行谷佑一<sup>1</sup>

Masanobu Shishikura<sup>1\*</sup>, Yuki Sawai<sup>1</sup>, Shigehiro Fujino<sup>1,2</sup> and Yuichi Namegaya<sup>1</sup>

**Abstract:** Recent results of paleoseismological study in coastal area show that rupture area of repeated interplate earthquakes is variable. We study history and source of such subduction zone paleoearthquake in Japan Islands. In Hokkaido, Nemuro facing the Kuril Trench, we obtained 11 radiocarbon samples from marsh deposit to reveal crustal deformation cycle related with multi-segment earthquake. Along the Pacific coast of Tohoku, we have studied tsunami deposit of the 869 Jogan and precedent large earthquakes since 2004. In 2009, we analyzed 10 radiocarbon samples from Minamisoma, Fukushima prefecture, to reconstruct inundation area of past tsunami including the 869 Jogan. Furthermore we surveyed at 34 sites in Hitachi, Ibaraki prefecture, and found three sand sheets dated to be after 869 Jogan. In the Miura and Boso peninsulas, we reevaluate the height and ages of emerged shoreline topography which have recorded repeated interplate earthquakes such as 1923 and 1703 Kanto earthquakes. Along the coast of Nankai Trough, we conducted tsunami deposit survey in three sites of Numazu, Shima Peninsula and Ishima (Kii strait), and uplifted coast survey in two sites of the southern part of Kii peninsula and around Ashizuri cape to reveal history and rupture extent of past interplate earthquakes.

**キーワード:** 海溝型地震, 津波堆積物, 隆起海岸, 千島海溝, 日本海溝, 相模トラフ, 南海トラフ

**Keywords:** subduction zone earthquake, tsunami deposit, uplifted coast, Kuril trench, Japan trench, Sagami trough, Nankai trough

#### 1. はじめに

近年, 海溝沿いのプレート境界で繰り返し発生する地震には, 破壊領域に多様性があることが明らかになりつつある. すなわち隣り合う震源が, 時折連動して巨大化するものである. 一つの震源は通常は数十年から 100 年程度の間隔で繰り返すが, 連動型地震は数百年かそれ以上の間隔で生じている. そのような長い間隔の地震の履歴は歴史記録に残りにくいため, 地形, 地質に残された痕跡から解明する必要がある. 本稿では千島海溝, 日本海溝, 相模トラフ, 南海トラフに面する沿岸でそれぞれ実施した古地震調査について報告する. 千島海溝沿いでは北海道根室市の湿原における掘削調査, 日本海溝沿いでは常磐海岸沿いの福島県南相馬市小高区と茨城県日立市十王において津波堆積物調査, 相模トラフ沿いでは三浦半島及び房総半島南部において離水海岸地形の調査, 南海トラフ沿いでは津

波堆積物調査を静岡県沼津市, 志摩半島(三重県鳥羽市), 徳島県阿南市伊島において, 隆起海岸調査を紀伊半島南部(和歌山県那智勝浦町)と足摺岬周辺(高知県土佐清水市)においてそれぞれ行った(第1図).

#### 2. 千島海溝—北海道東部における地震性地殻変動の復元—

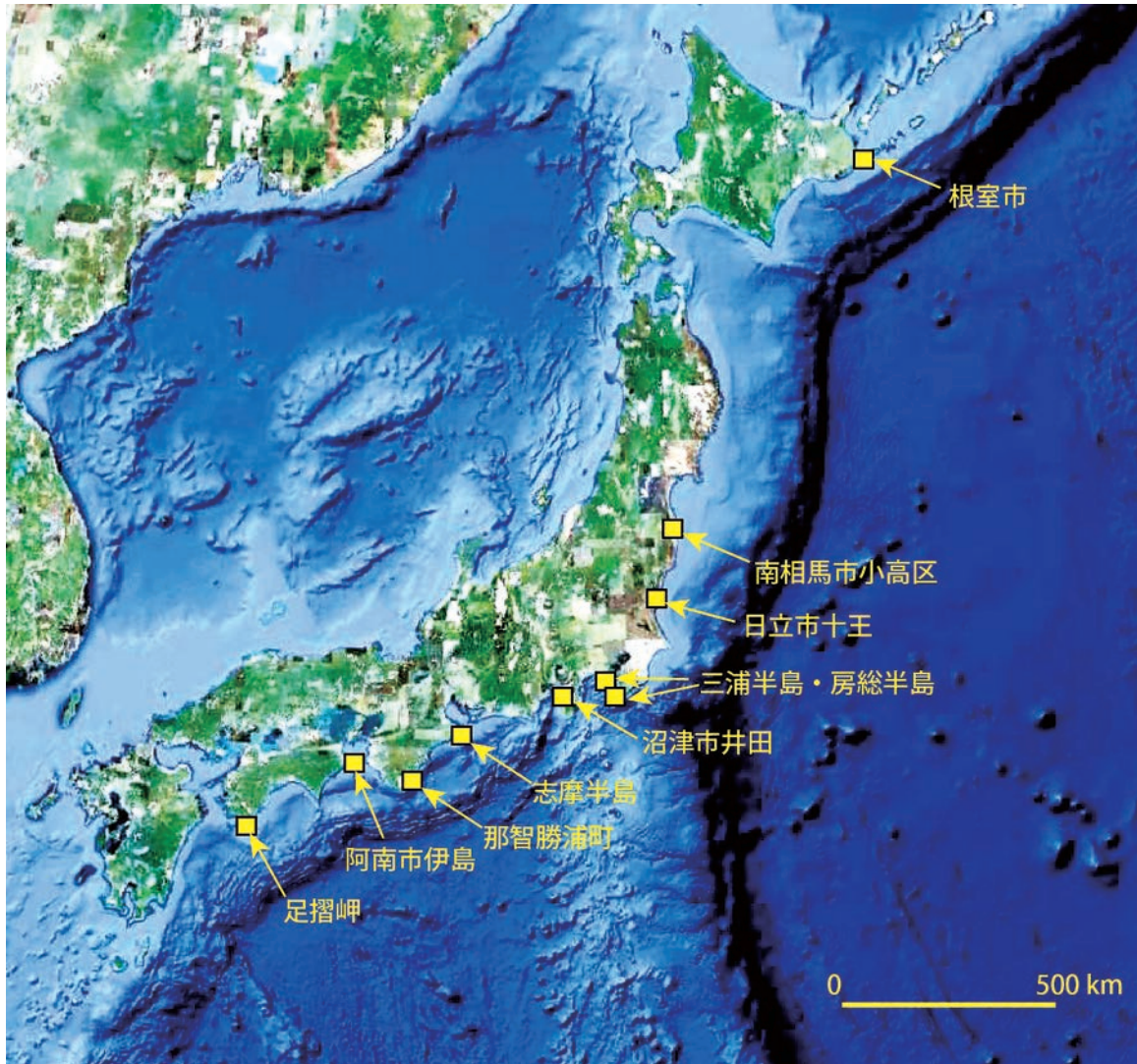
##### 2.1 目的と背景

近年の研究成果により, 千島海溝南部における海溝型地震の多様性が明らかにされてきた. 千島海溝南部では, 十勝沖で 1843 年, 1952 年, 2003 年に, 根室沖で 1894 年と 1973 年に M8 クラスの巨大地震が発生しており, これらの地震に関しては津波波形の解析からそれぞれの震源域が異なっていたことが明らかになっている. こうした観測記録に基づいた研究に加え, 最近 10 年間の古地震学的な研究は, 17 世紀に千島海溝南部で発生した連動型巨大地震の存在を明ら

\* Correspondence

<sup>1</sup>産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japn, Active Fault and Earthquake Research Center)

<sup>2</sup>2010 年 12 月より筑波大学大学院生命環境科学研究科 (Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba)



第 1 図 調査地域.

Fig.1 Survey areas.

かにしている。

北海道の湿原堆積物中に残された津波堆積物を詳細に検討した Sawai et al. (2009) は、過去 5500 年間に 15 回の巨大津波が浜中町霧多布湿原を浸水しており、それらの多くは 17 世紀に発生したような連動型地震によるものと考えている。一方、浜中町藻散布沼の相対的海水準変動を復元した Sawai et al. (2004) によれば、17 世紀に発生した連動型地震の余効変動により海岸が大きく隆起していたことが推定されている。こうした津波堆積物と離水イベントの繰り返しから、千島海溝南部では、17 世紀に発生したような連動型地震のたびに大きな海岸の隆起が発生していた可能性がある。この仮説を検証するため、活断層・地震研究センター海溝型地震履歴研究チームは、北海道東部の低湿地において連続柱状堆積物を採取し、それら

を用いて連続的且つ高精度な地殻変動復元を行おうとしている。

## 2.2 調査内容

昨年度までは、北海道厚岸湿原において連続柱状堆積物を採取し、海成層－陸成層境界の年代を詳細に検討した。本年度は、厚岸地方との比較を行うため、根室市における湿地で連続柱状堆積物を採取した(第 2 図)。この結果、同地域の地下堆積物は、厚岸地方と同様に泥炭層と泥層(あるいは泥炭質泥層)の互層からなることが明らかになった(第 3 図)。得られた試料から種子や果実などの大型植物化石を拾い出し、合計 11 件の放射性炭素年代測定を行った結果、根室地域の湿原堆積物は過去 2500 年間の環境変化を連続的に記録していることが明らかになった。また、各地点



第2図 根室市における掘削地点.

Fig.2 Coring sites in Nemuro city.

における堆積曲線を描いた結果、地点 ON-1 では堆積速度が 0.004~0.153cm/year の間で大きく変化していることが明らかになった。また、地点 ON-2 においても堆積速度が 0.027~0.240cm/year の間で変化していることが明らかになった(第3図)。来年度以降は、堆積曲線を描いた地点において微化石分析を行い、相対的海水準変動の復元を連続的・定量的に行っていく予定である。

### 3. 【日本海溝】—常磐海岸における古地震痕跡調査—

#### 3.1 目的と背景

宮城県南部の仙台平野から福島県の常磐海岸にかけては、三陸海岸に比べて津波による被害が少ないと考えられている。例えば、1933年3月3日の昭和三陸津波の際には、岩手県大船渡市で28m超の津波が観測されたのに対して、仙台平野では山元町磯地域での3.9mが最大だった(東京大学地震研究所, 1934)。また、1896年明治三陸津波の際も、大船渡市で38.2m(一説には50m以上)の津波が観測されたのに対し、仙台平野では5m以下であった(羽鳥, 1995)。このような近年の観測結果に対して、平安時代に編纂された日本三代実録には、貞観十一年五月二十六日(西暦(ユリウス暦)869年7月9日)に巨大な津波が仙台平野を襲ったという記述がある。この地震に関係していると思われる伝承の記録は、茨城

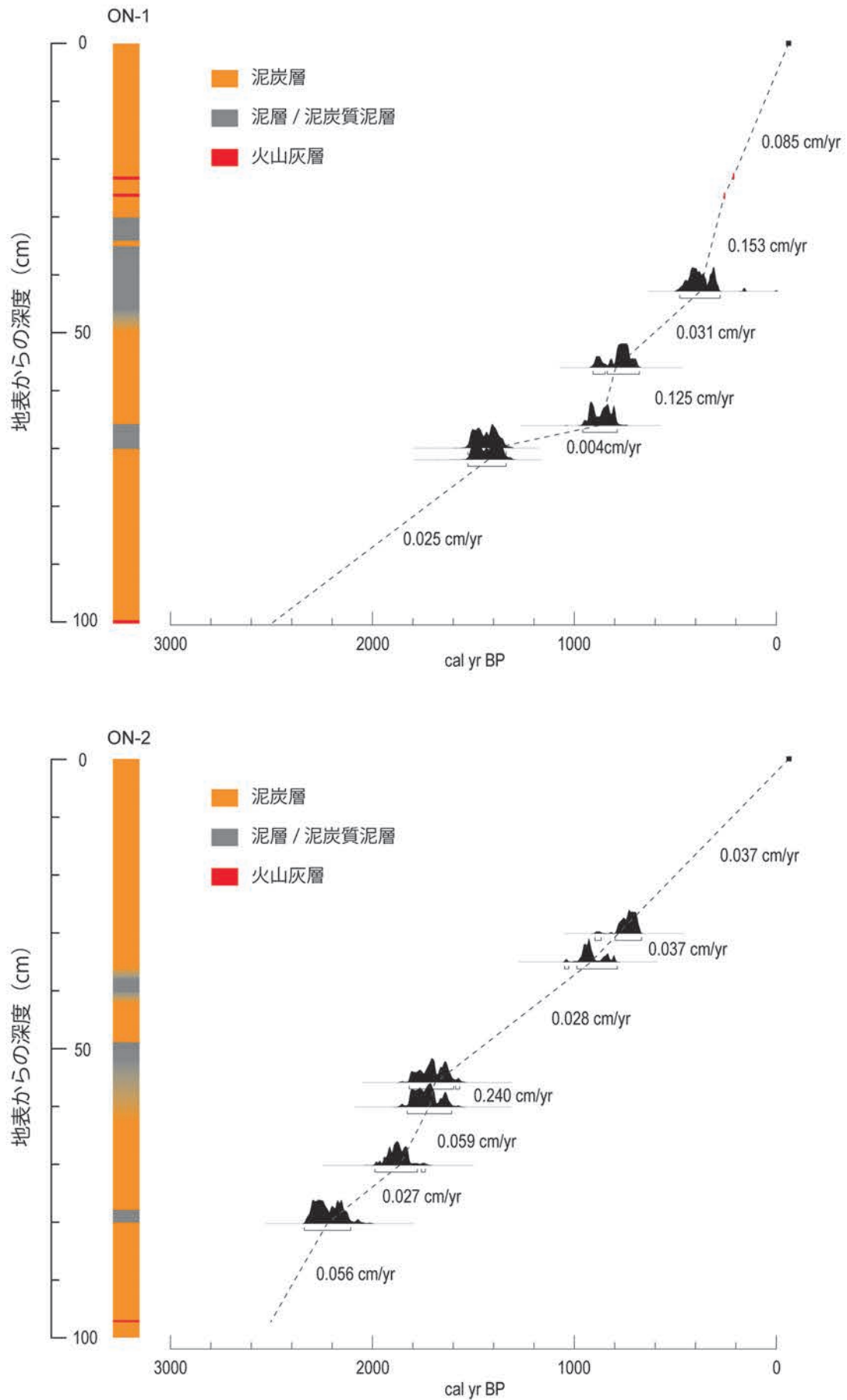
県、福島県、宮城県の沿岸部に広く残されている(渡邊, 2000, 2001など)が、津波(貞観津波)の实体はよくわかっていない。

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、文部科学省「宮城県沖地震における重点的調査観測(平成18年~平成21年度)(代表:東北大学)」の一環として、貞観津波を含めた巨大津波の浸水履歴を明らかにするため、宮城県~福島県沿岸において地形・地質調査を行ってきた。本年度は、この成果を補完するために既存の試料の年代測定と茨城県日立市における地質調査を行った。

#### 3.2 調査内容と結果

##### 福島県南相馬市

昨年度に行った南相馬市小高区のジオスライサー調査から、本地域では貞観の津波堆積物を含んだ3層の明瞭な砂層が見ついている。これらの砂層の平面的な広がりを検討するため、既存の試料から大型植物化石(種子や果実など)を拾い出し、10件の放射性炭素年代測定を行った。得られた年代値から、他の調査地点から見つかった砂層が貞観に相当することが推定され、それまで考えられていた(第4図のA-A')よりも内陸まで(第4図のB-B')津波堆積物が分布していることが分かった。



第 3 図 根室市において採取された試料の地質柱状図と堆積曲線.

Fig.3 Columnar section and accumulation curve of cores obtained in Nemuro city.

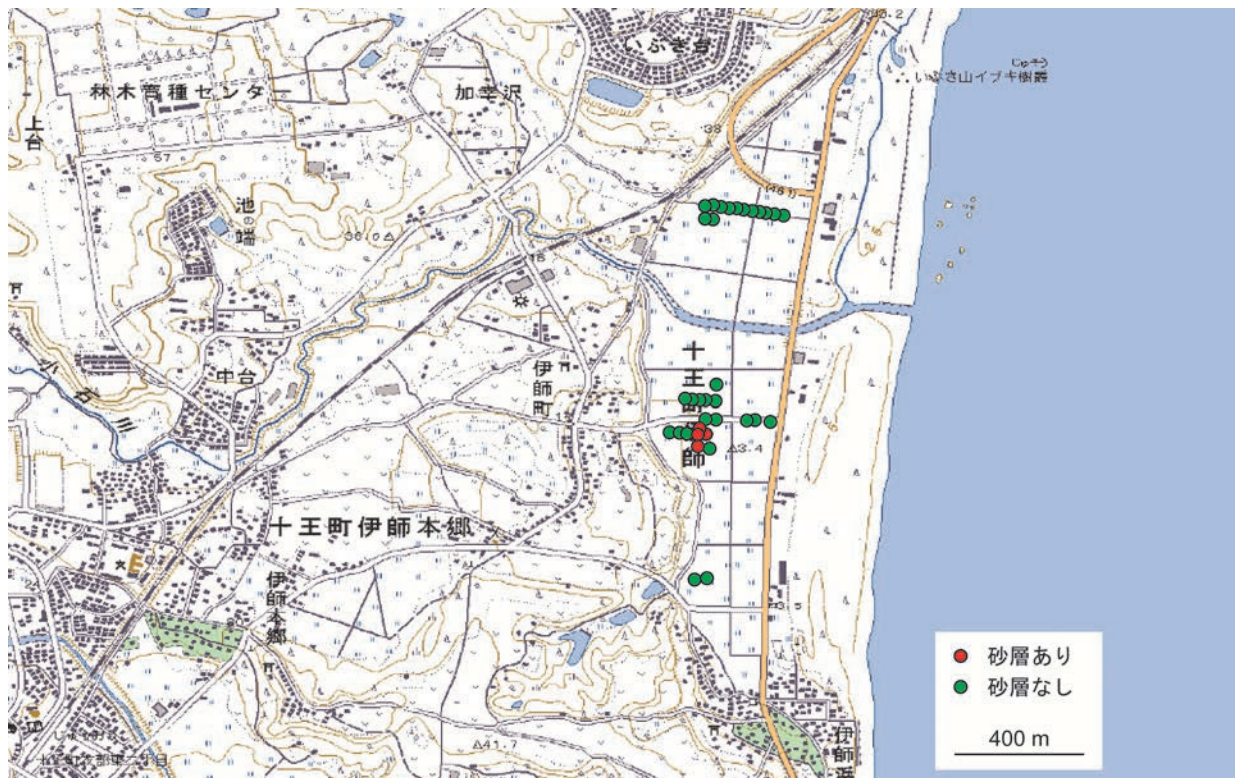
南相馬市小高区



- 平成 21 年度の掘削地点 (ハンディジオスライサー, ハンドコアラー)
- 平成 21 年度の掘削地点 (大型ジオスライサー)
- 平成 20 年度の掘削地点

第 4 図 福島県南相馬市小高区における掘削地点と、貞観の津波堆積物の分布。

Fig.4 Coring sites in Odaka area, Minamisoma city, Fukushima prefecture and distribution of tsunami deposit associated with the Jogan earthquake.



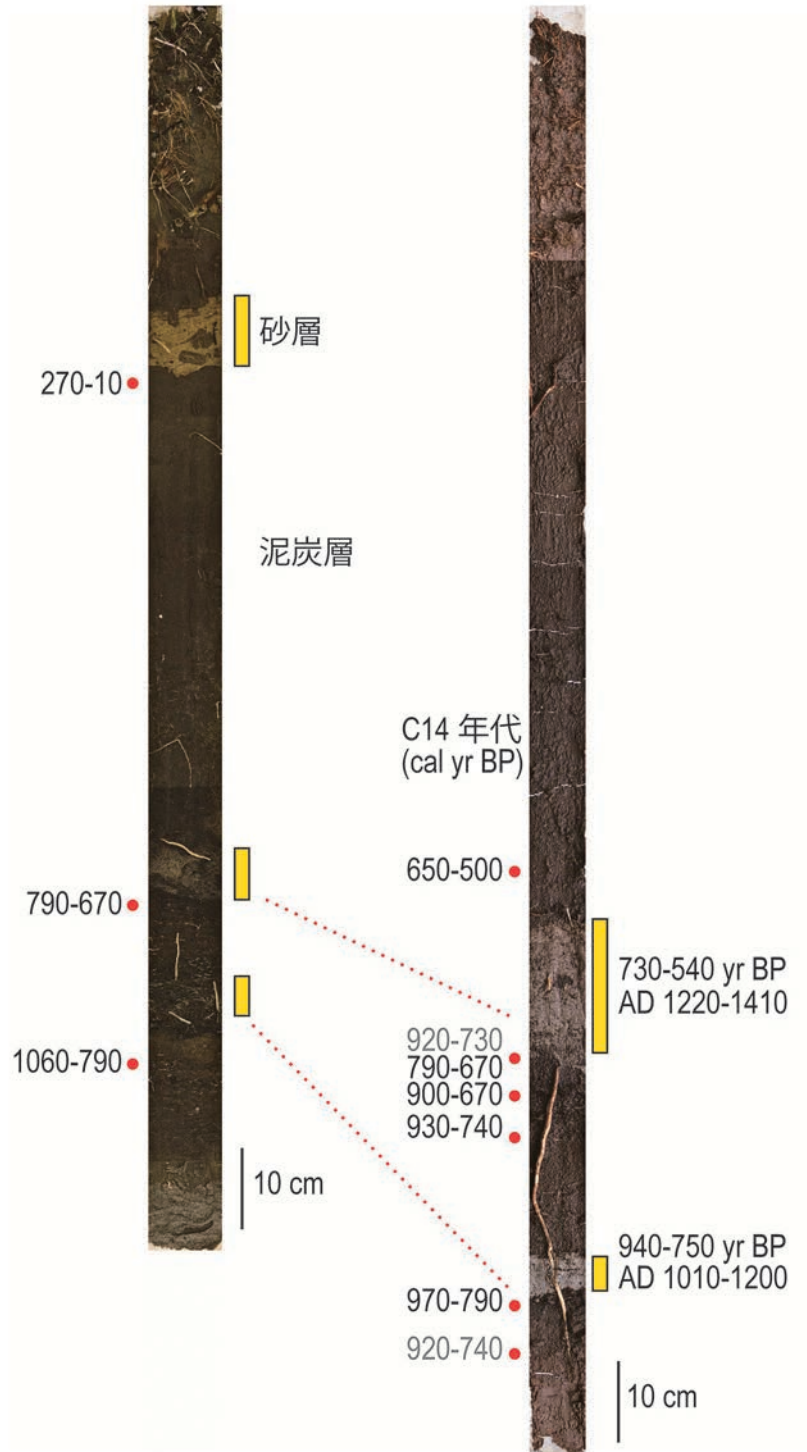
第 5 図 茨城県日立市における掘削地点。

Fig.5 Coring sites in Hitachi city, Ibaraki prefecture.

茨城県日立市

日立市の小規模な海岸低地において、ハンドコアラーおよびハンディジオスライサーを用いて合計 34 地点で掘削調査を行った（第 5 図）。その結果、泥炭層の中に 3 層の砂層を検出することができた（第 6 図）。これらの砂層の堆積年代を推定するため、砂層の上下の地層から大型植物化石を拾い出し、放射性炭素年

代測定を行った。その結果、最上位の砂層は、270-10cal yr BP 以降に堆積したと推定された。中位と下位の砂層の堆積年代について、コンピュータプログラム OxCal version 3.10 を用いてベイズ統計理論に基づく砂層の堆積年代を推定したところ、2つの層はそれぞれ 730-540cal yr BP, 940-750cal yr BP に堆積したことが推定された。以上の結果は、本地域で認めら



第 6 図 茨城県日立市において得られた連続柱状堆積物。

Fig.6 Columnar sections sampled in Hitachi city, Ibaraki prefecture.

れた砂層のすべてが貞観津波以降に堆積したことを示している。また、砂層のうち1層は、石巻平野や仙台平野で検出されている室町時代の津波堆積物に対比されることも示している。

#### 4. 【相模トラフ】—三浦・房総半島における隆起海岸調査—

##### 4.1 目的と背景

相模トラフ沿いでは、歴史的に1703年元禄関東地震(M8.2)と1923年大正関東地震(M7.9)の2回のM8クラスの地震が知られている。大正の震源はおもに相模湾内にあり、相模湾沿岸から三浦半島および房総半島南部を隆起させる。元禄地震は大正地震と比べ、房総半島南部を特に大きく隆起させ、また外房地域に大きな津波を伴うことから、その震源は大正のそれを含み、さらに房総沖に拡がっていると考えられる(穴倉, 2003など)。元禄地震より前の地震については明確な歴史記録がないため、これまで過去の地震の履歴は地形、地質の痕跡から明らかにされてきた。房総半島南部沿岸に分布する完新世海岸段丘の年代から、相模湾内の震源からは平均400年間隔で地震が発生し、2000~2700年間隔で房総沖まで震源域が拡がる元禄型の地震が発生していると考えられた(穴倉, 2003)。しかし元禄型地震がこのような長い間隔で発生しているとすれば平均すべり速度は年間1cm未満で、測地的に知られるプレートのすべり欠損速度(年間2~3cm; Sagiya, 2004)に対して、収支が合わないという問題がある。このことから従来の元禄型、大正型という2つのタイプが必ずしも一定のすべり量、破壊領域を持つわけではなく、それぞれに多様性がある可能性も考慮しなければならない。この仮説の検証のためには、過去の関東地震に関する地形、地質学的な証拠の再検討を行う必要がある。そこで三浦半島および房総半島において、離水海岸地形および隆起生物遺骸群集の調査を行った。

##### 4.2 調査内容と結果

###### 三浦半島

三浦半島では、神奈川県横須賀市荒崎海岸において標高3.5~4.3mに分布する離水ノッチおよびベンチを発見した(第7, 8図)。また離水ノッチの壁面にはカンザシゴカイ類の化石が固着していることも確認した。その一部について放射性炭素同位体年代測定を行ったところ、4370-4130cal yBPという年代を得た。

また同地点において、現成および1923年大正関東地震で隆起、離水したベンチ、カンザシゴカイ類についてそれぞれ高度の測定を行った結果、標高値で現成ベンチ:-0.2-0.2m, 現成カンザシゴカイ類上限:0.1-0.2m, 大正ベンチ:0.8-1.3m, 大正カンザシゴカイ類上限:1.2-1.3mであった。これらの結果により、今回発見した離水ノッチ、ベンチ、カンザシゴカイ類の高度から、過去4300-4200年におけるネット隆起量は、現成との比較で4m程度である。大正ベンチ、カンザシゴカイ類が示す隆起量が約1mであることから、単純に見て少なくとも4回分の大正型の隆起が推定されるが、その場合、平均再来間隔は約1400年と長くなり、従来知られている再来間隔(400年)より長い。これはこの地域における単純な大正型地震の繰り返しを否定するデータとなっている。

###### 房総半島

房総半島では千葉県館山市見物海岸において、穴倉(2003)が示した元禄段丘および大正ベンチについて、高度の再測量を行った(第9, 10図)。その結果、従来1.5mとされてきた大正ベンチは、2.0-2.3m, 4.5mとされてきた元禄段丘は4.7-5.4mと計測され、それぞれ0.2-0.9m高いことが明らかになった。一方、同地点におけるカンザシゴカイ類について現成、大正、元禄のものをそれぞれ群集上限で高度測定した結果、現成:0.3-0.6m, 大正:1.7-1.8m, 元禄:4.6-4.8mであった。したがってカンザシゴカイ類の高度の比較から見たネット隆起量は、大正で1.1-1.5m, 元禄で4.0-4.5mとなり、従来、段丘の高度から推定されてきた隆起量とほぼ同じ値となった。

#### 5. 【南海トラフ】

##### 5.1 西伊豆地域における古津波痕跡調査

###### 5.1.1 目的と背景

南海トラフから駿河トラフにかけての海溝型巨大地震は概ね100年~150年間隔で繰り返すとされているが、実際には多様な繰り返しパターンが見られる。例えば、東海地震(駿河トラフ)・東南海地震(紀伊半島中部から愛知県東部)・南海地震(高知から紀伊半島西部)はしばしば連動して発生し、巨大地震を起こすことが知られている。1707年宝永地震はそのような震源域が連動して破壊した例で、地震動や津波が異常に大きかった。一方で、1944年東南海地震の際には東海地震の領域は破壊しなかった。こうした多様性を歴史・先史時代を通して明らかにするため、活断



第 7 図 三浦半島荒崎海岸の隆起海岸調査地点.

Fig.7 Survey site of uplifted coast in Arasaki, Miura peninsula.



第 8 図 三浦半島荒崎海岸における離水ノッチ・ベンチの写真と高度.

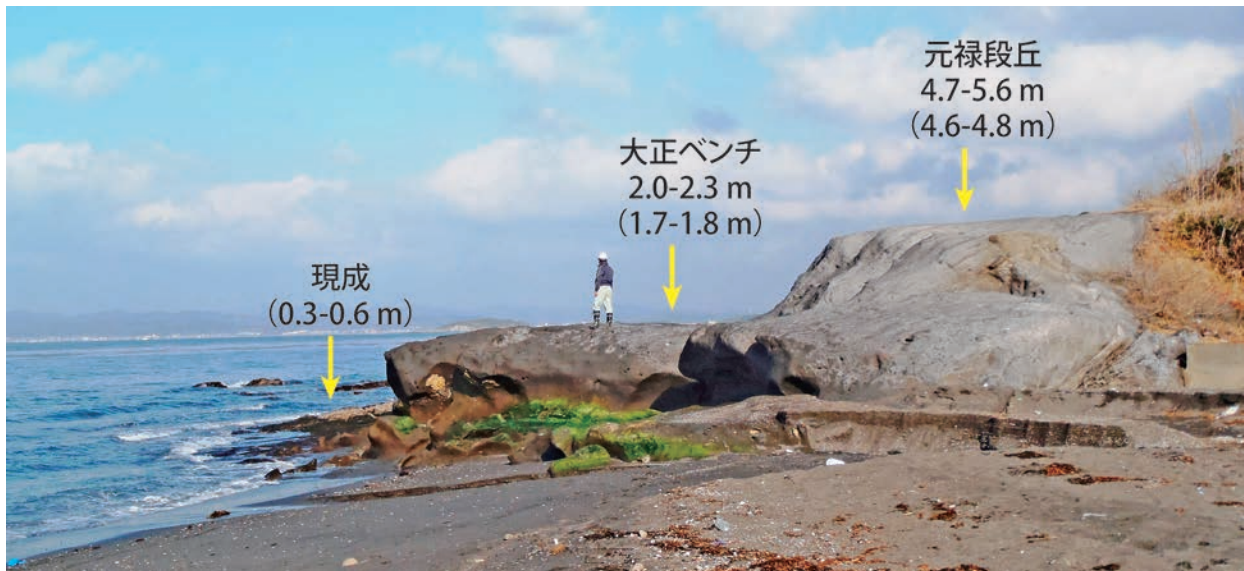
Fig.8 Photo of emerged notch and bench, and their height in Arasaki, Miura peninsula.





第9図 房総半島南部見物海岸の隆起海岸調査地点.

Fig.9 Survey site of uplifted coast in Kenbutsu, southern part of Boso peninsula.



第10図 房総半島南部見物海岸における海岸段丘の写真と高度。括弧内の数字はカンザシゴカイ類の上限高度を示す。

Fig.10 Photo of marine terraces and their heights in Kenbutsu, southern part of the Boso peninsula. Numerals in parenthesis represent upper limit of height of *Pomatoleios kraussii*.

層・地震研究センター海溝型地震履歴研究チームでは、浮島ヶ原の沈降履歴などを解明しようとしてきた（藤原ほか 2007 など）。本研究では、そうした地殻変動の記録だけでなく、巨大津波の証拠である津波堆積物を検出するために、西伊豆地域の低地帯で地質調査を行った。

### 5.1.2 調査内容と結果

沼津市井田において、ハンドコアラを用いて合計 9 地点で柱状堆積物試料の採取を行った（第 11 図）。すべての地点において、深さ 50cm 程度まで耕作土の分布が確認された。それより下位には、砂質あるいは有機質の泥層が深さ約 250cm まで認められた。この泥層には、深さ 100cm 程度の層準に明瞭な砂層が挟まれる場合があり、砂層より約 20~30cm 下位より得られた放射性炭素年代は 930-760cal yr BP を示した。今後は、こうした砂層の認定を詳細に行うとともに、放射性炭素年代測定値を増やして砂層の平面的な広がりを把握する予定である。

## 5.2 三重県志摩半島における古津波堆積物調査

### 5.2.1 背景と目的

南海トラフでは、過去の地震は主に文献史料に基づいて明らかにされており、現時点の南海トラフにおけるプレート境界型地震の発生時期や破壊域の予測は、文献史料から得られた情報に強く依存している。しか

しながら、地震発生時期や規模の長期的予測のためには文献史料から得られる情報は十分とは言えない。それは主に以下 2 つの理由による。一つは文献史料自体の不完全さである。特に江戸時代以前のは特定の地域に関する記述しか発見されていないことも多く、地震の破壊域がどこまで及んでいたかなどについて不明確な点は多い。もう一つは史料が残されている期間の短さである。日本には約 1300 年間にもわたる地震の記録があるとはいえ、百~数百年の間隔で発生する地震の繰り返しパターンを論じるには数千年間にわたる記録が必要になる。

本研究の目的は、津波堆積物調査によって東南海地域での津波浸水履歴を解明することである。地層に記録された痕跡から過去数千年まで遡って南海トラフで起きた津波の履歴を復元する。特に歴史記録の残されている過去約 1300 年間の津波については詳細な年代測定を行い、これまでに行われた津波堆積物調査や文献史料調査、地震考古学調査の結果と対比・補完することで歴史地震の破壊域を解明することを目指している。

### 5.2.2 調査内容と結果

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平成 21 年度までに三重県志摩市阿児町において約 30 地点でハンドコアラリングやボーリングコア試料採取を行い、約 4000 年前から 500 年前までに



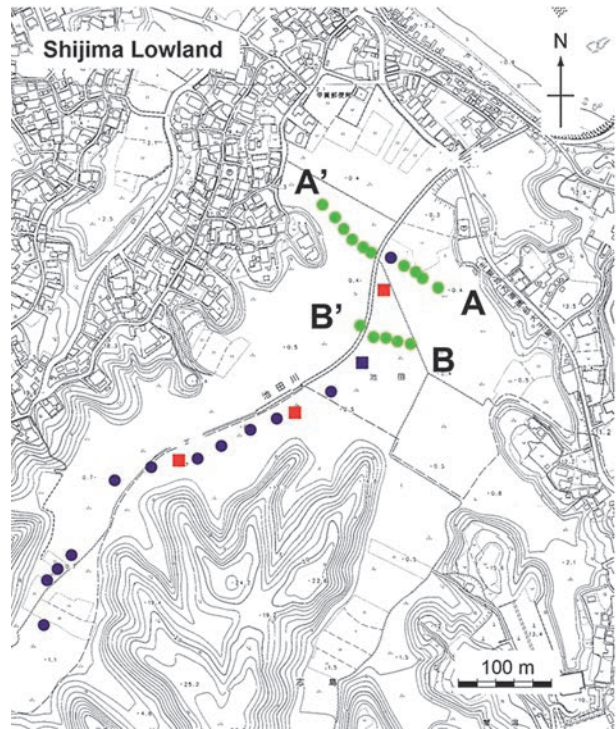
第 11 図 沼津市における掘削地点。

Fig.11 Coring sites in Numazu city.

堆積した少なくとも9層の古津波堆積物を発見した。それらの内、上位3層は歴史記録のある約1300年前以降に堆積したものであることが分かっている。平成22年度には調査地の海岸に近い15地点（第12図の緑丸の地点）で採取されたコア試料について年代測定を行い、これまでに発見されていた津波堆積物、特に歴史時代に堆積したものが平面的に連続していることを確認した。

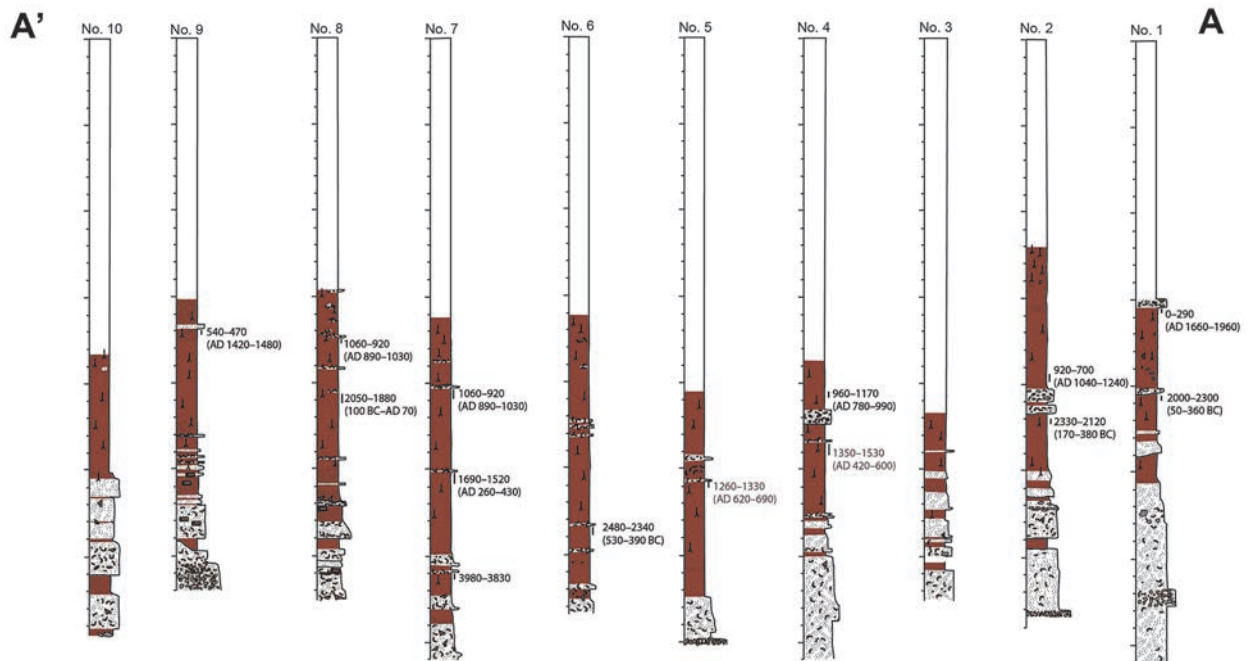
歴史時代の津波堆積物は放射性炭素年代測定の結果から白鳳地震津波（西暦684年）、永長東海地震津波（西暦1096年）、明応地震津波（西暦1498年）によるものと考えられていた。しかしながら白鳳地震津波（西暦684年）、永長東海地震津波（西暦1096年）の堆積物については限られた地点でしか見つかった。

泥炭層中に挟まれる海棲生物の遺骸を含んだ砂層（津波堆積物）の直下、直上の層準から得られた試料について年代測定を行ったところ、複数の地点で白鳳地震津波（西暦684年）や永長東海地震津波（西暦1096年）に対比される津波堆積物があることが分かった（白鳳地震津波：第13図の地点No. 4, 5 第14図の地点100225-01）（永長東海地震津波：第13図の地点No. 4, 7, 8 第14図の地点100224-01, 100225-01）。また明応地震津波（西暦1498年）に対比されるものも見つかった（第13図の地点No. 9）。



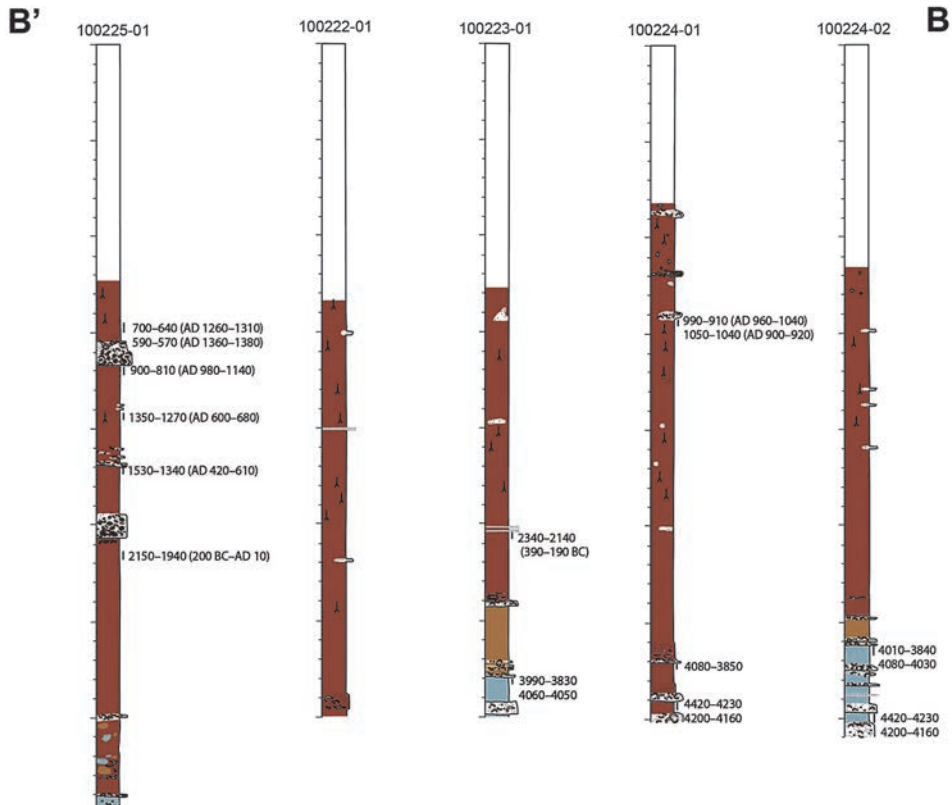
第12図 三重県志摩市阿児町の沿岸低地における調査地点。青で示された点は平成21年度までにハンドコアリングを行った地点、赤で示された点はボーリングコア掘削を行った地点、緑で示された点は図13、14に示す柱状試料を採取した地点。

Fig.12 Coring sites in coastal lowland in Ago-cho, Shima city, Mie prefecture. Blue point represents the sites surveyed by hand-coring until 2009. Red point represents the sites surveyed by hand-coring. Green point represents the coring sites shown in fig.13 and 14.



第13図 第12図中のA-A'間の10地点で得られた試料の柱状図と年代測定値（cal yrBP）。

Fig.13 Columnar sections and radiocarbon dating results obtained at 10 sites between A-A' line in fig. 12.



第 14 図 第 12 図中の B-B' 間の 5 地点で得られた試料の柱状図と年代測定値 (cal yrBP)。

Fig.14 Columnar sections and radiocarbon dating results obtained at 5 sites between B-B' line in fig. 12.

永長東海地震（西暦 1096 年）、明応地震（西暦 1498 年）については調査地を含む東南海地域を津波が襲ったことが文献史料に記されているが、白鳳地震（西暦 684 年）については東南海地域にまで破壊域が及んでいたかどうか議論が分かれていた。本研究の結果は白鳳地震（西暦 684 年）の破壊域が南海地域のみならず東南海地域にまで及んでいたことを強く示唆する。また、この結果は地震考古学調査から得られた結果（寒川 2004 など）とも整合的である。

### 5.3 紀伊半島南部における隆起海岸調査

#### 5.3.1 目的と背景

南海トラフ沿いに繰り返し発生するプレート間地震では、御前崎や潮岬、室戸岬、足摺岬といった太平洋に突き出た岬及び周辺において地殻の隆起を伴うことが知られている。しかしこの地震性隆起は、地震間の沈降運動によってほぼキャンセルされ、ほとんど残留しないか、してもわずかであると考えられている。一方でこれらの地域では、従来から海成段丘の分布が確認されており、通常のプレート間地震とは異なる隆起が残留するタイプの地震が推定され、それがプレート内の分岐断層によるものである可能性が指摘された

（前空，1992 など）。実際に室戸半島や足摺半島の東沖には海底活断層の存在が指摘されている（岡村ほか，1990 など）が、紀伊半島沖には明確な断層は知られていない。宍倉ほか（2008）は紀伊半島南部沿岸で隆起生物遺骸群集の高度と年代に関する調査から、連動型地震と言われる 1707 年宝永地震では、通常地震より隆起量が大きかった可能性を指摘し、そのような地震が 400～600 年間隔で起こっている可能性を示した。しかし紀伊半島南部の隆起様式が分岐断層によるものか、連動型のプレート間巨大地震によるものかを判断するには、十分な資料が揃っておらず、より広域でより多くのデータを収集する必要がある。そこで紀伊半島南部において隆起海岸の調査を行った。

#### 5.3.2 調査内容と結果

和歌山県那智勝浦町の沿岸において、おもに隆起生物遺骸群集の調査を行い、高度測定と試料採取を行った。その結果、17 地点で新たな隆起痕跡を発見した（第 15 図）。浦神周辺の海岸では、標高 1.5～3.5m の間にやや風化の進んだカンザシゴカイ類の化石群集が見られた。これは宍倉ほか（2008）が示した群集 I（5400-4500cal yrBP）または群集 II（3000-1700cal yrBP）に相当すると考えられる。また標高 0.5～1.5m



第 15 図 和歌山県那智勝浦町における隆起海岸の調査地点.

Fig.15 Survey sites of uplifted coast in Nachikatsuura town, Wakayama prefecture.

や 0~0.7m には比較的新鮮な化石群集が見られ、穴倉ほか (2008) の群集Ⅲ (1700cal yBP-AD1361) と群集Ⅳ (AD1361 以降) にそれぞれ対比できると考えられる。また山見鼻周辺でも標高 0.6~1.4m に群集Ⅲに相当するもの、0~0.6m に群集Ⅳに相当するものが観察された。今回発見した化石群集の中には厚く発達したものも多く、今後これらの構造解析と年代測定から地殻変動の履歴解明を行っていく予定である。

#### 5.4 徳島県 (紀伊水道) における古津波痕跡調査

##### 5.4.1 目的と背景

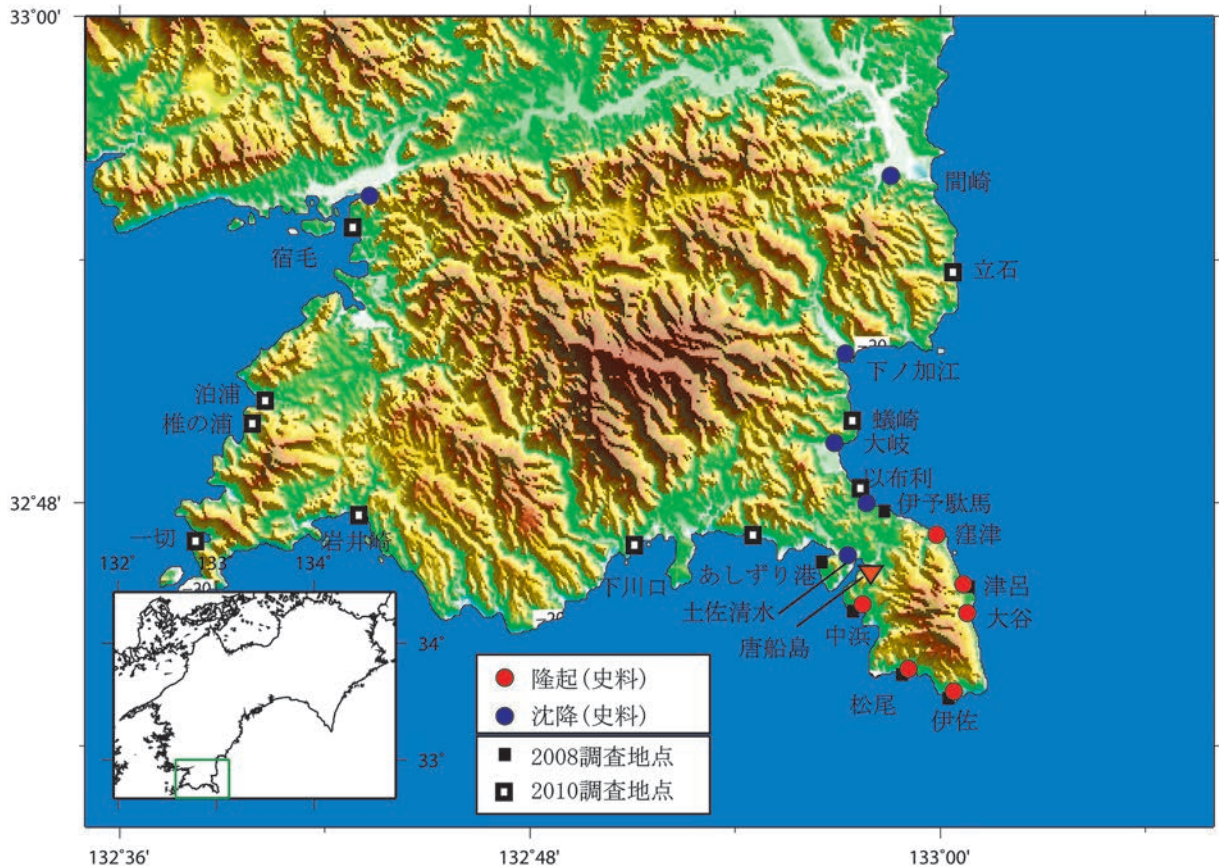
南海トラフ沿岸域では、海溝型巨大地震が 100~150 年程度の間隔で繰り返し発生しており、それらに伴った津波による被害を受けてきた (宇佐美,

2003)。こうした津波の浸水履歴は、低地や湖沼の堆積物に残されており、例えば三重県志摩半島などではその詳細が検討されている。しかしながら、こうした津波堆積物の報告例は、東南海地震の想定破壊領域 (紀伊半島中部から愛知県東部) に集中しており (例えば Komatsubara et al., 2008; 藤野ほか 2008; 岡橋ほか 2001 など)、南海地震の破壊領域 (高知から紀伊半島西部) 周辺では岡村ほか (1997) や七山ほか (2000) などに限られている。本研究では、津波堆積物の研究報告に乏しい紀伊水道を研究対象とし、歴史および先史時代における津波浸水履歴を明らかにするために徳島県阿南市において地質調査を行った。

##### 5.4.2 調査内容と結果

歴史および先史時代における津波浸水履歴を明らかにするため、徳島県阿南市伊島の低地においてハンド





第 17 図 足摺岬周辺における隆起海岸の調査地点。

Fig.17 Survey sites of uplifted coast in and around the Ashizuri cape.

藤原 治・澤井祐紀・守田益宗・小松原純子・阿部恒平 (2007) 静岡県中部浮島ヶ原の完新統に記録された環境変動と地震沈降. 活断層・古地震研究報告 7, 91-118.

羽鳥徳太郎 (1995) 岩手県沿岸における慶長 (1611) 三陸津波の調査. 歴史地震, 11, 55-66.

河角 廣 (1956) 昭和二十一年十二月二十一日南海大地震当時及びその後に起った四国地方地盤変動の実態, 四国地方総合開発審議会, 3-16.

Komatsubara, J., Fujiwara, O., Takada, K., Sawai, Y., Aung, T.T. (2008) Historical tsunamis and storms recorded in coastal lowland deposits along the Nankai Trough southwestern Japan. *Sedimentology*, doi: 10.1111/j.1365-3091.2008.00964.x

前李英明 (1992) 西南日本外帯南部の完新世地殻変動, 第四紀研究, 31, 285-296.

七山 太・佐竹健治・佃 栄吉・杉山雄一・中田 高 (2000) 南海トラフ沿岸地域における地震津波イベント堆積物の予察的検討—紀淡海峡友ヶ

島, 深蛇池における研究例—. 地質調査所速報, no.EQ/00/02 (平成 11 年度活断層・古地震研究調査概要報告書), p195-206.

岡橋久世・吉川周作・三田村宗樹・兵頭政幸・内山 高・内山美恵子・原口 強 (2001) 鳥羽市相差の湿地堆積物中に見出された東海地震津波の痕跡とその古地磁気年代. 第四紀研究, 40, 193-202.

岡村 真・栗本貴生・松岡祐美 (1997) 地殻変動のモニターとしての沿岸・湖沼堆積物. 月刊地球, 19, 469-473.

岡村行信 (1990) 四国沖の海底地質構造と西南日本外帯の第四紀地殻変動, 地質学雑誌, 96, 223-237.

寒川 旭 (2004) 遺跡で検出される地震の痕跡. 地質学論集, 58, 11-18.

Sagiya, T., (2004) Interplate Coupling in the Kanto District, Central Japan, and the Boso Peninsula Silent Earthquake in May 1996. *Pure and Applied Geophysics*, 161, 2327-2342.

- Sawai, Y., Satake, K., Kamataki, T., Nasu, H., Shishikura, M., Atwater, B.F., Horton, B.P., Kelsey, H.M., Nagumo, T., Yamaguchi, M. (2004) Transient uplift after a 17th-century earthquake along the Kuril subduction zone. *Science* 306, 1918-1920.
- Sawai, Y., Kamataki, T., Shishikura, M., Nasu, H., Okamura, Y., Satake, K., Thomson, K.H., Matsumoto, D., Fujii, Y., Komatsubara, J., Aung, T.T. (2009) . Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. *Journal of Geophysical Research*, 114, B01319, doi:10.1029/2007JB005503
- 宍倉正展 (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.
- 宍倉正展・越後智雄・前杵英明・石山達也 (2008) 紀伊半島南部沿岸に分布する隆起生物遺骸群集の高度と年代—南海トラフ沿いの連動型地震の履歴復元—, 活断層古地震研究報告, No.8 (2008 年), 267-280, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 東京大学地震研究所 (1934) 昭和八年三月三日三陸地方津波に関する論文及報告. 東京大学地震研究所彙報. 別冊. 1, 9-250.
- 宇佐美龍夫 (2003) 最新版日本被害地震総覧 [416]-201. 東京大学出版会, 605pp.
- 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.