

海溝型地震の履歴解明の研究

澤井祐紀¹・藤原 治¹・藤野滋弘¹・宍倉正展¹・行谷佑一¹

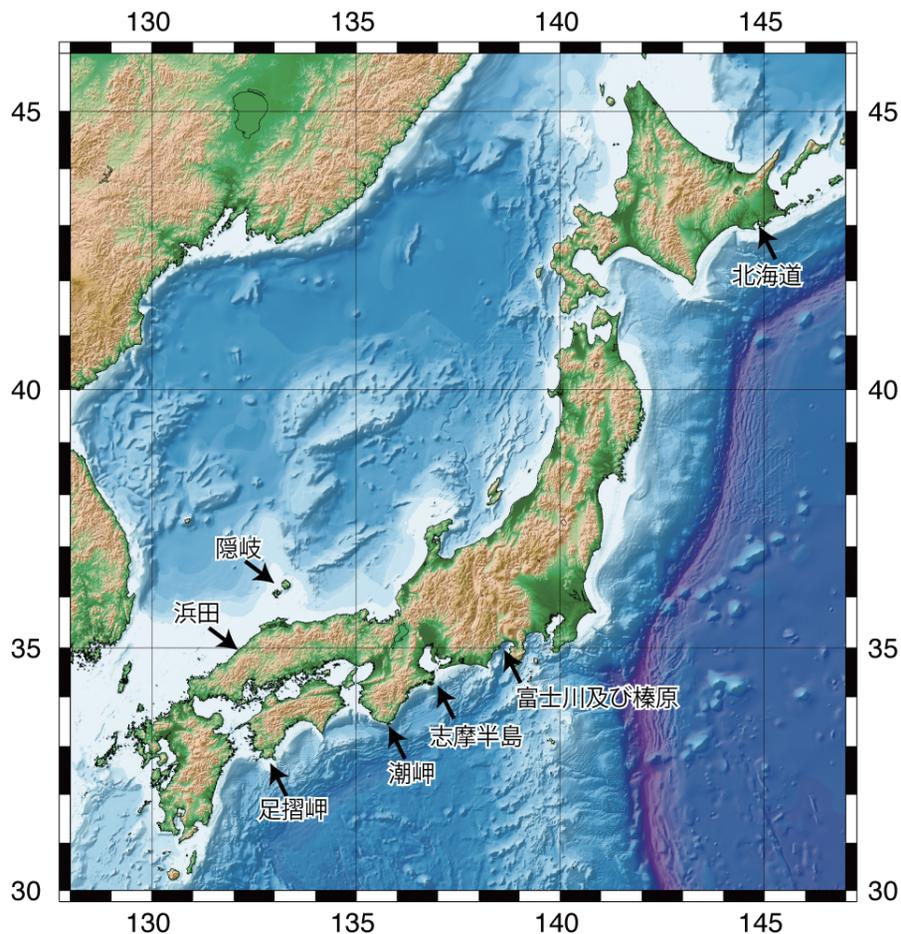
1 はじめに

沈み込み帯に面する日本列島は、海溝型地震とそれによる津波によってしばしば大きな被害を受けてきた。それらの地震は発生間隔が 100 年前後のものが多く、歴史記録に基づいて発生履歴がおおよそ明らかになっている。しかしながら、海岸付近の地形及び地質の調査から、歴史記録に残されていない巨大な津波がまれに発生していることが明らかになってきた。そのような地震と津波の履歴を解明するために、北海道と南海トラフの沿岸域で調査を実施した（第 1 図）。また、同じ手法を用いて、沿岸域で発生する内陸地震の履歴の解明も可能であることから、日本海でも調査を実施した。

2 北海道東部太平洋沿岸における古地震痕跡研究

2.1 目的と背景

近年の観測や古地震学的な研究から、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。北海道東部太平洋（千島海溝）の十勝沖では 1843 年、1952 年、2003 年に、根室沖では 1894 年と 1973 年に M8 クラスの巨大地震が発生した。このうち、2003 年十勝沖地震については、機器観測データを用いて詳細な地震像が検討された。また、1952 年十勝沖地震についても当時の検潮記録から津波波源が検討され、2003 年地震との比較がなされた。その検討結果によると、2つの地震のアスペリティの位置は似ているものの、それぞれの津波波源が大きく違うことが



第 1 図 調査地点.

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault Research Center)

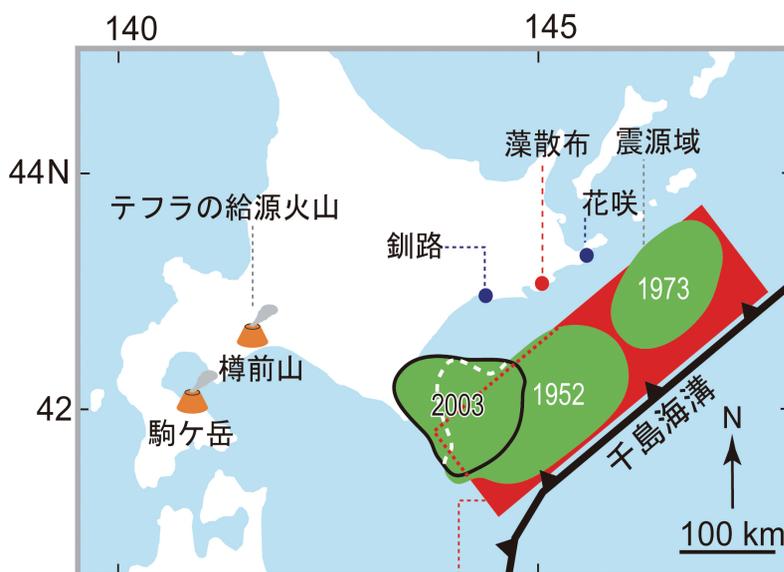
明らかになっている。十勝沖と同様に、根室沖についても、津波波形の検討から 1894 年地震と 1973 年地震の津波波源域が異なることが最近の研究結果で分かっている。以上のような 19-21 世紀の観測結果だけ見ても千島海溝南部における海溝型地震は多様であることが分かるが、最近 10 年間に行われた古地震研究は千島海溝南部で 17 世紀に発生した連動型地震の存在を明らかにしている。「17 世紀の連動型地震」と呼ばれるその地震は、通常十勝沖・根室沖の領域が同時に破壊し（第 2 図）、通常タイプより大きな津波波高と浸水域を持つのが特徴である。

北海道東部の相対的海水準変動史を研究した Sawai (2001) によれば、この 17 世紀の連動型地震と同時期に海水準の低下が広範囲に見られる。この海水準の低下と 17 世紀の連動型地震の関係は、湿原堆積物中の珪藻化石を調べることによって明らかにされている。珪藻類は、海域から淡水域までのあらゆる環境に適応した単細胞藻類である。この珪藻類は、潮感帯付近において平均潮位からの高度に関係して分布していることから、堆積物中の珪藻化石群集と表層堆積物中の現生珪藻群集を比較することにより、定量的な海水準変動を復元することができる。浜中町の湿地では、17 世紀の津波堆積物と離水を示す泥炭層－泥層境界を同時に観察することができる。Sawai et al. (2004) は、これらのイベントを示す堆積物から珪藻化石を抽出し、その群集組成とそこから導き出される当時の海水準変動を示した。その結果、津波堆積物より下位の

層準では、復元された地表面高度は継続して下がる傾向にあることがわかり、これはひずみの蓄積に伴った地震前の海岸沈降を表していると考えられた。この沈降傾向とは対照的に、津波堆積物より上位の層準では、地表面高度は徐々に上がっていることがわかった。津波堆積物直下と直上との間には上下変動はほとんど認められないことから、連動型地震の地震時には海岸部は隆起も沈降もせず、余効変動として比較的緩やかに海岸が隆起したと考えられた。

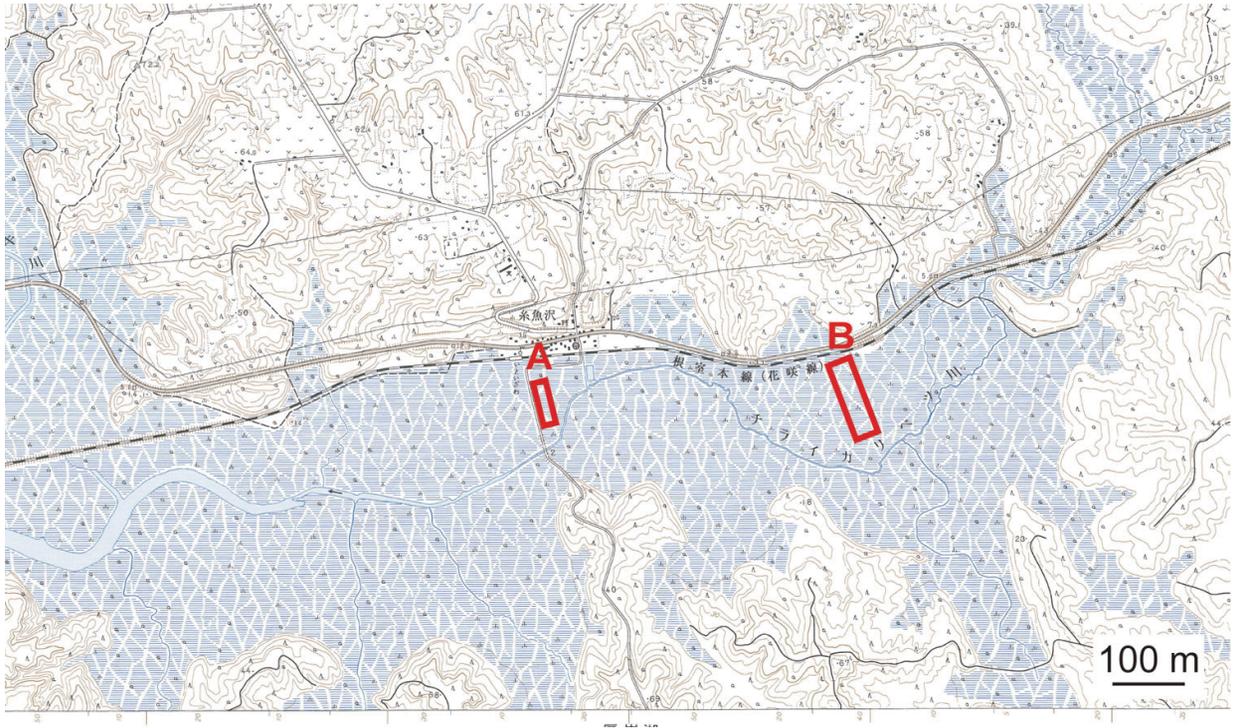
2.2 調査内容

津波堆積物の繰り返しから、千島海溝南部では 17 世紀に発生したような連動型地震が繰り返していたと考えられている。そのような連動型地震に関連して、大規模な余効変動も繰り返していたかどうかを検討するため、北海道東部の厚岸湿原において海水準変動を復元するための地質調査を行った。具体的には、厚岸町の糸魚沢周辺で 2-3 m のハンディジオスライサーを用いた堆積物の採取を行った。糸魚沢周辺の低地における 12 地点で調査を行った結果（第 3 図）、厚さ約 2 m の泥炭層の中に少なくとも 3 層の連続した泥層が観察された（写真 1）。泥炭層と泥層の境界付近における試料を採取し、そこに含まれる植物遺体を年代測定試料とした。また、代表的な地点における連続柱状試料を採取し、微化石分析用試料を採取した。来年度以降、これらの試料の測定・分析を行う予定である。（澤井祐紀）



仮定されている連動型地震の震源域 (Nanayama et al., 2003 in Nature)

第 2 図 千島海溝南部で想定されている連動型地震の破壊領域（赤）と、20-21 世紀に発生したプレート間地震の破壊領域（緑）。



第3図 調査地点図. Aの領域で5地点, Bの領域で7地点の掘削を行った.



写真1 厚岸町における調査風景. 茶色部分が泥炭層で, 灰色の部分が泥層.

3 富士川低地の古地震調査

3.1 目的と背景

南海トラフ東部および富士川河口断層帯の古地震の履歴を解明するために、駿河湾奥に広がる富士川低地東部（浮島ヶ原）でハンドコアラによる掘削調査を行った。浮島ヶ原はフィリピン海プレートの北縁部に位置し（第 4 図）、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込むのに伴って西方へ傾き下がりながら沈降している。この沈降速度について、低地の近傍で巨大地震が起きていない過去 100 年程度の測地データと、過去数千年間の地層データを比較すると、後者の方が 2 倍以上速いことが知られている。このことは、浮島ヶ原では地震のない通常時の沈降以外に、別の沈降成分があることを意味し、それはプレート境界で起こった地震に伴う変動である可能性が高い。

これまでの調査によって過去 1500 年間に堆積した地層からは、泥炭層の堆積が突然中断して有機物に乏しい明色の泥層が堆積する現象が 4 回見つかっている。また、それほど明瞭ではないが、泥炭層が急に有機質泥層に覆われる現象も 2 回見つかっている。これらの層相変化は、低地の地殻変動との関連が推定される。

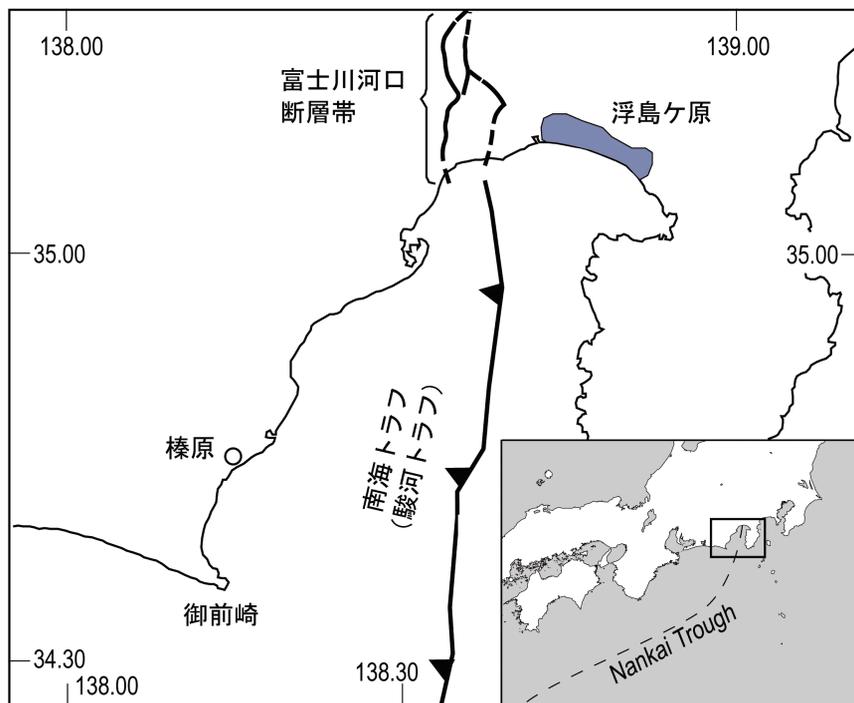
3.2 調査内容

泥層の堆積と地震沈降との関連を明確にするため、泥層の広がりや堆積年代について追加調査を行った。水田を借用して合計 13 本のコア（深度 2～5 m）を採取し、層相の記載と試料採取を行った。また、調査地の近傍で富士市が掘削した 3 本のボーリングコア（深度 8～10 m）を借用し、層相記載と試料採取を行った。コアの ^{14}C 年代測定と火山灰分析を行い、泥層の堆積時期を推定した。花粉化石の追加分析を行い、泥炭層と泥層の堆積環境の違いを確認した。

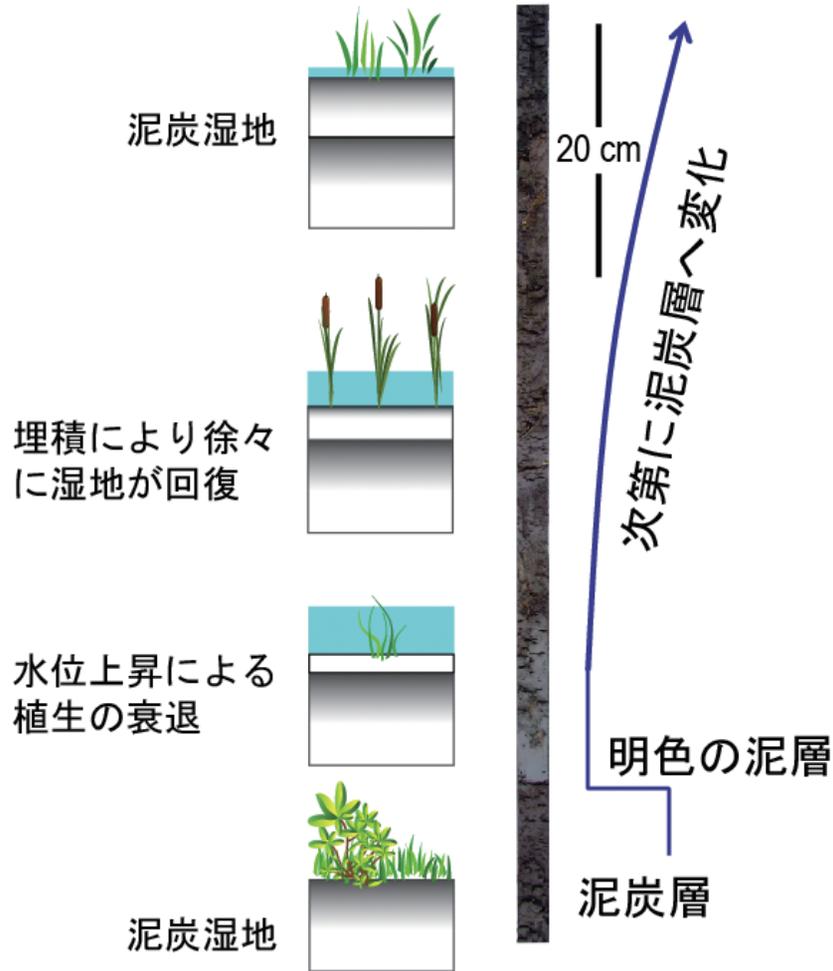
3.3 調査結果

東西約 1.5 km の範囲で泥層の分布が明確になり、4 枚の明色の泥層については、ほぼ全域で確認できた。花粉化石の分析結果からは、泥層の堆積は湿地の水位が急に上昇したために起こり、泥層から泥炭層への変化は次第に水位が低下して湿地環境が回復した過程を示すことが改めて確認された（第 5 図）。

4 枚の明色の泥層が堆積し始めた時期は、年代測定と火山灰分析の結果から、それぞれ 7 世紀、8 世紀、11 世紀、14 世紀中頃と推定された。すなわち、この時期に湿地の広い範囲で急速な水位上昇が起こったことが分かった。これらのうち 7 世紀、11 世紀、14 世紀中頃の水位上昇は、歴史時代に南海トラフで発生



第 4 図 浮島ヶ原及び榑原の位置。



第5図 コアに見られる層相の変化と解釈。典型的なコアの写真（中），地層の層相の記載（右），環境変化の解釈（左）。泥炭層と明色泥層のセットは，急激な水位上昇とその後の緩やかな水位低下を示している。このようなサイクルは過去 1500 年間に，明瞭なものが 4 回，不明瞭なものが 2 回見られる。

した海溝型地震と時期が近く，地震沈降と関連している可能性がある。追加で行っている年代測定の結果を待って，泥層の堆積と地震沈降との関連をより詳しく検討する予定である。（藤原 治）

4 榛原低地の古地震調査

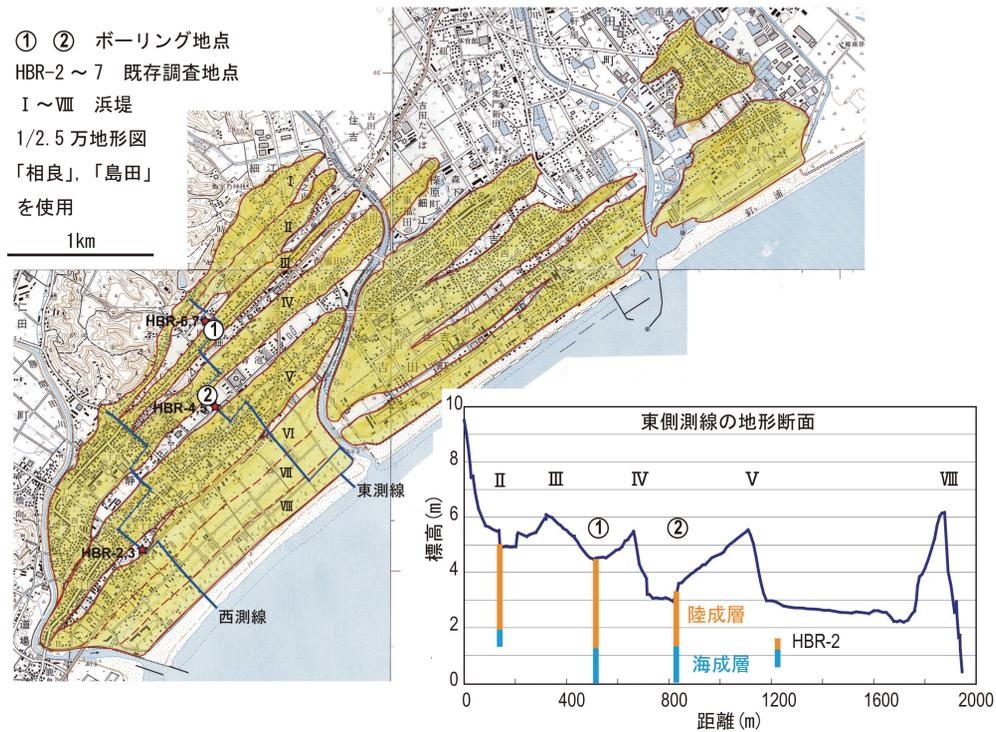
4.1 目的と背景

南海トラフ東部の古地震の履歴を解明するために，駿河湾西岸に位置する榛原低地でボーリング調査などを行った（第4図）。南海トラフ東部で発生した1854年安政東海地震では，榛原低地は1 m程度隆起したことが知られている。この低地には海岸線に平行な高まり（浜堤）が最大で8列あり（第6図），それぞれの浜堤はある時代の海岸線の位置を示している。この低地の地形断面を見ると，人工的にコントロールされた最も海側の浜堤を除いて，海側の時代が新しい

浜堤ほど高度が低く，全体として階段状をしている。つまり，地形からは断続的な隆起が累積している可能性がある。

4.2 調査内容

浜堤は風で運ばれた砂などに厚く覆われていることがあるので，実際の隆起量を推定するには掘削調査を行って，かつての海面高度を示す地層を識別し，その高度を測定する必要がある。比較的規模が大きく連続性が良い2つの浜堤について，水田跡の空き地などを借用してボーリングコア（深度5 m）を採取し層相の記載と年代測定試料の採取を行った。また，調査地の近傍で行われた工事現場や，遺跡発掘現場でも教育委員会などの協力を得て層相記載と年代測定試料の採取を行った。



第 6 図 榛原低地の地形 (左) と旧海面高度の分布 (右) 旧海面高度に関するデータは、東側測線に沿った地形断面に投影して示す。

4.3 調査結果

地層の観察結果からは、II～V 番の浜堤について海浜で堆積した地層と、それを覆う砂丘砂などの境界が確認された (第 6 図)。第 6 図には 2006 年度に行った VI 番の浜堤に関する調査結果も合わせて示す。現在の地形との比較から、かつての平均海面高度は、海浜の地層 (海成層) と砂丘砂 (陸成層) との境界よりもやや下にあったと考えられる。それを考慮すると、最も陸側の浜堤を除いて旧海面高度は現在の海面とほぼ同じ高さであり、榛原低地では隆起の累積が殆んど見られない。その原因は、地震間の隆起が地震と地震の間に起こった沈降でほぼ解消されているためと解釈されるが、詳しい検討は年代測定の結果を待って行う予定である。(藤原 治)

5 三重県志摩半島における津波浸水履歴調査

5.1 調査目的

志摩半島、紀伊半島の沿岸部は有史以降南海トラフで発生した津波の被害を繰り返し被ってきた (宇佐美, 2003)。南海トラフで発生した津波については豊富な史料が残されており (例えば渡辺, 1998)、後述のように各地に残された記録に基づく津波の浸水高の復元も行われている (例えば行谷・都司, 2005) (第 7 図)。

しかし、歴史記録は特に江戸時代以前の津波については特定の地域に関してしか記述がないなど過去の地震活動を復元するには十分でないことがある (寒川, 2004)。また、先史時代の津波については当然のことながら歴史記録による情報が得られず、100-200 年の間隔で発生する地震と津波の履歴を知るには十分でない。そこで他の記録、すなわち地層中に残された津波の痕跡を探し出すことによって過去の津波の記録を補完し延長することが必要となる。

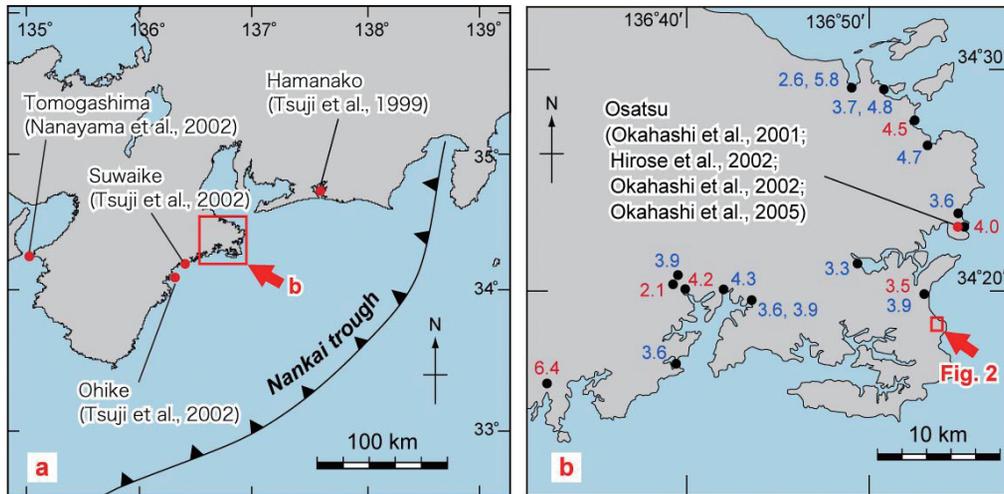
本調査の目的は津波堆積物を探し出し、これまでの研究成果とも比較しながら過去数千年間の南海トラフでの津波履歴をより詳細に明らかにすることである。堆積物に基づいた津波の履歴復元においても、多地点での調査結果を比較し相互に補完することが重要である。

5.2 調査内容と結果

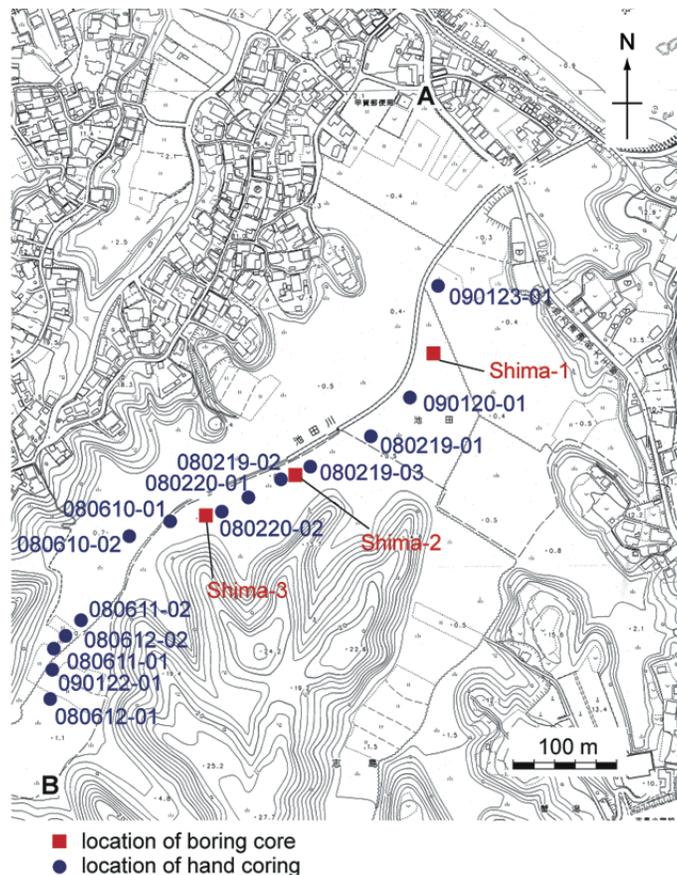
三重県志摩市阿児町にある潮れ谷低地 (第 7, 8 図) で検土杖やロシアンサンプラーといった人力掘削器、そしてボーリングによる堆積物試料の採取を行い、放射性炭素同位体による年代測定を行った。これまでに計 3 度、延べ日数 11 日 (日数は人力掘削調査のみ) の野外調査を行った。計 14 地点で人力による堆積物採取を行い、応用地質株式会社に発注して 3 地

点 (Shima-1, 2, 3) でそれぞれ 18 m, 13 m, 12 m のボーリング掘削を行った (第 8 図). ボーリング調査の結果, 当該低地は以下のようにして発達したと考えられる (1) 低海水準期の浸食による谷の形成, (2) 海水準上昇に伴う溺れ谷の発達と砂州の発達による溺れ谷の閉塞 (ラグーン) の形成, (3) 砂州背後のラグ

ーンの埋積. ラグーン埋積後主に陸上で堆積したと考えられる泥炭層・有機質泥層が地表から深さ約 3-4 m まで堆積している. この泥炭層・有機質泥層中には有孔虫や海棲軟体動物の殻を含む砂層が 3-4 層観察された (写真 2). 検土杖やロシアンサンプラーによる調査でそれらの砂層は現在の海岸線から 450-800 m も



第 7 図 調査地の位置と既存研究が行われた場所. 右図の赤で書かれた数値は 1707 年の宝永地震津波の, 青で書かれた数値は 1854 年安政東海地震津波の浸水高 (単位: m) (行谷・都司, 2005 に基づく).



第 8 図 志島低地におけるボーリングコア掘削位置とハンドコーラー掘削位置. 志島低地の位置については第 1 図参照.

離れた地点まで分布していることが分かった。ボーリングコアでは泥炭層・有機質泥層の下位，ラグーンで堆積した泥層中にも海棲生物の遺骸を含む複数の砂礫層が観察され，3 地点間で対比可能なものもある。

泥炭層・有機質泥層中に見られる砂層について，分布や堆積環境のより詳細な検討が必要であるものの，海浜砂をこれほど内陸まで供給できる現象として津波の関与が疑われる。放射性炭素同位体年代測定では泥炭層・有機質泥層が 3000 - 4000 年前以降に堆積し始めたことが分かり，泥炭層・有機質泥層中の砂層は最近 3000 - 4000 年の間に堆積したことが分かる。

砂層の内，最も上位にある砂層の直下からは 1498 年の明応地震津波に近い年代測定結果が得られた。ラグーンで堆積した泥層中に見られた砂礫層についても形成要因を検討する必要がある。(藤野滋弘)

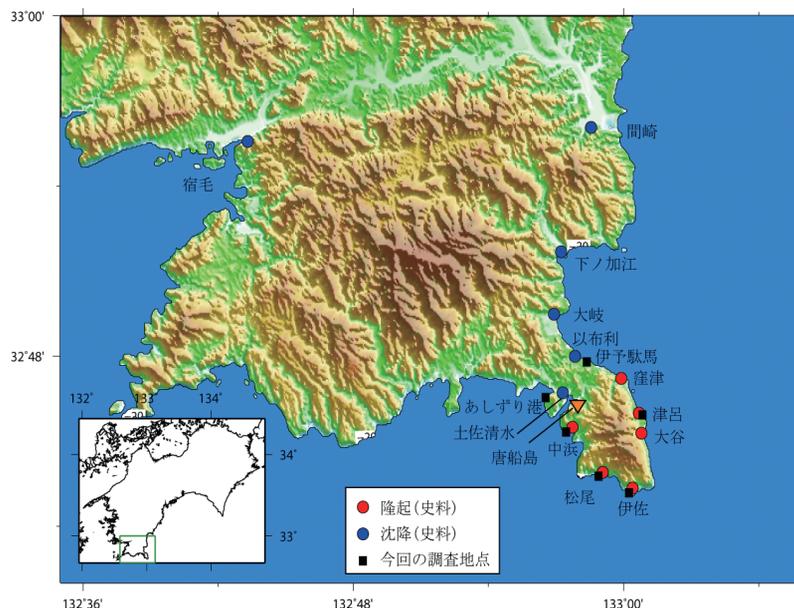
6 足摺岬における古地震調査

南海トラフ沿いのプレート間地震に伴う，足摺岬における地殻変動について明らかにするため，2008 年 10 月 28 ~ 30 日に現地において歴史資料の検討と隆起生物遺骸の調査を行った(第 9 図)。

歴史資料に関しては，高知県土佐清水市に残る『嘉



写真 2 ロシアンサンプラーで採取された堆積物試料。深度 400-450 cm。右側が下位。右側(下位)の灰色の泥層と真ん中(上位)茶色の有機質泥層の境界付近に白い砂層が確認できる。



第 9 図 嘉永七寅年地震津浪記に記された 1854 年安政南海地震に伴う隆起沈降分布と調査地点。

永七寅年地震津浪記』(池道之助著)に記された、1854年安政南海地震に伴う足摺岬周辺の隆起沈降の信頼性について検討するため、土佐清水市図書館で原本を探した。また、これ以外に歴史地震における隆起沈降を示す史料の有無を調べた。その結果、原本や新たな史料は見つからなかったが、同市在住の郷土史家を紹介していただき、話を伺うことができた。郷土史家からの情報などから検討したところ、信頼性が非常に高いことが明らかになった。『嘉永七寅年地震津浪記』では、足摺半島付け根の土佐清水や以布利周辺で沈降したと記載されているが、1946年昭和南海地震では、これらの地域に近い場所で0.8m隆起したことが記録されており、唐船島という史跡に隆起痕跡が残されている。

一方、隆起生物遺骸の調査では、沿岸の6つの地点(西から順にあしずり港、中浜、松尾、伊佐、津呂、伊予駄馬)において隆起生物遺骸群集を発見した(写真3)。その高度分布から、少なくとも2つ、場所によって3つのレベルの群集に区分することができる。

高度は足摺半島付け根のあしずり港や伊予駄馬で低位が標高0.6～1.4m、高位が標高1.6～2.6mであり、南端の伊佐で最も高く、高位が標高2.6～3.5mにおよぶ。『嘉永七寅年地震津浪記』で沈降したとされるあしずり港や伊予駄馬周辺で隆起生物遺骸群集が分布することから、低位の群集は昭和南海地震かあるいは安政より前の地震の隆起を示している可能性がある。本調査では各地点、各レベルから合計で14の試料を採取した。今後、これらの年代測定を行うことにより、過去の地震による隆起沈降分布が復元できると考えられる。(穴倉正展・行谷佑一)

7 隠岐・浜田における海面変動調査

7.1 調査目的

2007年能登半島地震において、2007年4月および10月に隆起生物遺骸の調査を行った際、2007年地震より前の隆起(相対的海面低下)の痕跡を3つのレベル(高位、中位、低位)で発見した。これらのうち中位のレベルが15～17世紀における非地震性



写真3 あしずり港そばで発見した現成および隆起生物遺骸。スケールが示す50cmくらいまでに現成、100～120cmに隆起した生物遺骸が見られる。

の海面低下を示す可能性が示された。そこで、日本海沿岸域で同様の海面低下の証拠があるかどうかを検討する目的で、島根県隠岐の島および浜田の2つの地域で生物遺骸や離水地形の調査を行った。

7.2 調査内容

隠岐の島は比較的安定したテクトニックセッティングにあり、歴史上大きな地震の記録はない。このことから非地震性の海面変動を捉えられる可能性があると考え、2008年7月9～11日に島の周囲約100km、25カ所で調査を行った。その結果、多くの地点で平

均海面から0.4～0.8mの高度に離水波食棚のような平坦な地形を確認した(写真4)。分布高度は場所によらず、また地質の条件によらず、大きな変化はない。一方、この地形に対応した隆起生物遺骸は発見できなかった。これらの調査結果から、離水波食棚状の地形は、海面低下を示すものではなく、暴浪時に形成された現成のストームベンチと判断される。現時点で海面低下を示す証拠は得られていない。

一方、浜田は、1871年浜田地震で海岸の隆起沈降を記録した地域であり、このとき離水した隆起生物遺骸の存在が以前から知られていた。2008年9月20



写真4 隠岐の島において観察されたストームベンチ。



写真5 浜田における海食洞内に固着した隆起生物遺骸群集。

～21日に調査を行った結果、海食洞内部の平均海面上0.8～1.8mの壁面に隆起生物遺骸が分布していることを確認した(写真5)。壁面にグリッドを貼り、詳細スケッチを実施した結果、隆起生物遺骸は複数のレベルには区分できず、一連の群集に見える。一方、本地域の現成の群集は分布上下幅が0.3～0.4mであり、隆起した群集の上下幅の1/2である。壁面の10カ所で年代測定試料を採取し、測定した結果、隆起生物遺骸群集の下半部が1871年浜田地震を示し、上半部はそれより最大で400～500年古い年代を示した。これは能登半島で検出した中位群集の年代と一致する。周辺のテクトニックセッティングからみて、同じ地点で400～500年以内に地震性の隆起が繰り返すことは考えにくく、非地震性の海面低下を示している可能性がある。今後、より広域で同様の現象を検出する必要がある。(穴倉正展・行谷佑一)

文献

- 廣瀬孝太郎・後藤敏一・三田村宗樹・岡橋久世・吉川周作(2002)鳥羽市相差の湿地堆積物に見出されたイベント堆積物と環境変遷. 月刊地球, 24, 692-697.
- 行谷佑一・都司嘉宣(2005)宝永(1707)安政東海(1854)地震津波の三重県における詳細津波浸水高分布. 歴史地震, 20, 33-56.
- 七山 太・加賀 新・木下博久・横山芳春・佐竹健治・中田 高・杉山雄一・佃 栄吉(2002)紀淡海峡, 友ヶ島において発見された南海地震津波の痕跡. 月刊地球, 28, 123-131.
- 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.
- 岡橋久世・秋元和實・三田村宗樹・廣瀬孝太郎・安原盛明・吉川周作(2002)三重県鳥羽市相差の湿地堆積物に見出されるイベント堆積物. 月刊地球, 24, 698-703.
- Okahashi, H., Yasuhara, M., Mitamura, M., Hirose, K., Yoshikawa, S. (2005) Event deposits associated with tsunamis and their sedimentary structure in Holocene marsh deposits on the east coast of the Shima Peninsula, central Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, 48, 143-158.
- 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.
- 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.
- Sawai Y. (2001) Episodic emergence in the past 3000 years at the Akkeshi estuary, Hokkaido, northern Japan. *Quaternary Research*, 56, 231-241.
- Sawai, Y., Nasu H., Yasuda Y. (2002) Fluctuations in relative sea-levels during the past 3000 years at the Onnetoh estuary, Hokkaido, northern Japan. *Journal of Quaternary Sciences*, 17, 607-622.
- 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.
- 都司嘉宣・岡村 眞・松岡裕美(1999)浜名湖の湖底堆積物中の津波痕跡調査, 歴史地震, 14, 101-144.
- 都司嘉宣・岡村 眞・松岡裕美・後藤智子・韓 世燮(2002)三重県尾鷲市大池, および紀伊長島町諏訪池の湖底堆積層中の歴史・先史津波痕跡について. 月刊地球, 24, 743-747.
- 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, 605 pp.
- 渡辺偉夫(1998)日本被害津波総覧【第二版】, 東京大学出版会, 238pp.