

紀伊半島沿岸の津波堆積物調査

Preliminary research of tsunami deposits along the coast of the Kii Peninsula

小松原純子¹・岡村行信²・澤井祐紀³・宍倉正展⁴・吉見雅行⁵・竿本英貴⁶

Junko Komatsubara¹, Yukinobu Okamura², Yuki Sawai³, Masanobu Shishikura⁴,

Masayuki Yoshimi⁵ and Hideki Saomoto⁶

¹ 地質情報研究部門 (Institute of Geology and Geoinformation, GSJ/AIST, j.komatsubara@aist.go.jp)
^{2,3,4,5,6} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST)

Abstract: Coastal lowland deposits along the Kii Peninsula, central Japan were studied for tsunami deposits related with the Tokai, Tonankai and Nankai earthquakes, subduction-zone earthquakes along the Nankai Trough. Nine sites were studied by a gauge corer. The deposits are mainly composed of massive peat and/or mud, intercalated by thin sand sheets, which may represent tsunami events, at four sites. Radiocarbon dating indicates that only one or two sand layers may be correlated with any of historical earthquakes based on depositional ages.

キーワード: 津波堆積物, 紀伊半島, 東海地震, 東南海地震, 南海地震, 南海トラフ

Keywords: tsunami deposits, Kii Peninsula, Tokai Earthquake, Tonankai Earthquake, Nankai Earthquake, Nankai Trough

1. はじめに

三重県から和歌山県にかけての紀伊半島海岸沿いは南海トラフで発生する海溝型地震(東海(東南海)地震および南海地震)の被害を繰り返し受けていることが歴史記録からわかっている(第1図, 宇佐美, 2003; 寒川, 2004; 渡辺, 1998). これまでに, 東京大学地震研究所の都司助教授や高知大学の岡村教授らによって, 紀伊半島沿岸における津波堆積物の調査が4地域で行われているが(次節参照), 点在する沿岸湿地・湖沼の多くは未調査のままである. 本研究では紀伊半島の沿岸湿地・湖沼において津波の痕跡が沿岸堆積物にどのように記録されているかを明らかにするため, 三重県から和歌山県にかけての海岸沿いで地形および表層堆積物の予備調査を行った.

2. 先行研究

紀伊半島沿岸の湖沼および低地では, これまでに4地域で連続堆積物試料が採取され, そこに含まれる砂質堆積物は津波起源だとされている(七山ほか, 2002; 都司ほか, 2002; 三田村ほか, 2001; 岡橋ほか, 2001, 2002; Okahashi *et al.*, 2005). これらの報告における調査地域は, 東から順に三重県鳥羽市相差町, 三重県北牟婁郡紀北町(旧紀伊長島町)諏訪池, 三重県尾鷲市須賀利浦大池, 和歌山県友ヶ島深蛇池である(第2図参照).

相差町では海岸湿地および池でジオスライサー調

査が行われ, 連続堆積物試料(3.5 m)中に11枚の砂層が報告され, すべて津波堆積物と認定されている. うち上位2枚は5世紀以降に堆積しているが, 堆積年代に対応する歴史地震は見あたらない(三田村ほか, 2001; 岡橋ほか, 2001; Okahashi *et al.*, 2005; 小松原ほか, 2006). 諏訪池ではピストンコアによる堆積物調査が行われ, 連続試料が採取されている(都司ほか, 2002). この中に少なくとも7層の砂層が確認され, 津波堆積物と認定されている. 堆積年代から5枚が歴史地震と対応すると考えられるが, 年代データが不足しているため一対一に対比することはできない(都司ほか, 2002; 小松原ほか, 2006). 須賀利浦大池でも同様にピストンコア調査が行われており, 3.3 mの連続試料が採取され, 9層の津波堆積物とされる砂層が発見されている(都司ほか, 2002). このうち4枚は西暦684年(天武十三年)の白鳳地震から地震考古学で明らかになった13世紀の地震まで4回の地震に対応する(都司ほか, 2002; 小松原ほか, 2006). 紀淡海峡の友ヶ島深蛇池ではジオスライサーにより2.2 mの連続試料が採取され, イベント砂層が5枚発見された(七山ほか, 2002). 内4枚が津波堆積物と考えられ, それぞれ684年の白鳳地震およびそれ以降の3回の地震に対応するとされる(七山ほか, 2002).

3. 手法

まず事前に国土地理院発行の五万分の一地形図お

よび空中写真を用いて津波堆積物調査に適した海岸低地の一覧を作成した。例えば浜堤や砂丘で海から隔てられており、かつ陸側からの堆積物供給が少ない低地、沼地などである。ただし陸路で到達不可能なものは除外した。2006年6月12日から16日にかけて現地地形を確認し、可能であればハンドコアラで表層90 cm~3.7 mの堆積物を採取した。津波堆積物の可能性のある砂層が観察された地点では堆積物試料を持ち帰り、試料中の植物片・貝殻片の炭素同位体年代を測定した。測定は(株)パレオ・ラボに依頼した。暦年較正はOxCal3.10 (Ramsey, 1995, 2001), データセットはINTCAL04 (Reimer *et al.*, 2004) および Marine04 (Hughen *et al.*, 2004) を用いて行った。

4. 結果

ハンドコアラ調査を行った12地点のうち、自然状態で堆積した細粒の堆積物を得られた9地点の堆積物について以下に述べる。

4.1 国府 (三重県志摩市阿児町: 第3図)

海側に5 m前後の高さの海岸砂丘を持つ低地であり、大きな河川の流入はない。現在田圃として利用されているが、所々に盛り土をして畑になっているところや、蓮田、休耕田などがある。コアラ調査は休耕田で行った。5箇所掘削し、3箇所堆積物を観察することができた。

表層の1 m前後は耕作土および盛り土からなる。その下には砂質泥炭が堆積しており、貝殻混じりの細粒砂層が1枚もしくは2枚観察された。砂層はコア間で対比できない。深度1.46 mの貝殻片の炭素同位体年代を求めたところ、2740±25 yBPの値を得た。

4.2 船越池 (三重県志摩市大王町: 第4図)

差し渡し100 m程度の水域(船越池)の周りにはヨシ (*Phragmites australis*) が優占する湿地が広がる低地である。水深数十 cmの地点でコアラ掘削した結果、表層から3.2 mまで含水率の高い泥炭、その下に中粒砂を確認した。コアラで砂層を貫通することはできなかった。

4.3 コガレ池 (三重県南伊勢町(旧南島町): 第5図)

小さな半島の西側に位置する、300 m×150 m程度の池である。池の西側が砂州で海と隔てられていたと推測されるが、現在は埋め立て地となっている。また池の北側の一部は埋め立てられ、新しい道路が建設されていた。コアラ調査は池の南端にそって3箇所で行った。いずれも含水率の高い有機質泥が1 m以上続き、最も海側の地点で厚さ1 cm以下の砂層、その隣の地点でパッチ状の砂が確認された。砂層の下位の植物片から980±20 yBPの炭素同位体年代を得た。

4.4 片上池 (三重県北牟婁郡紀北町(旧紀伊長島町): 第6図)

全長数 km程度の片上川の下流にある池で、細い河川が長島港へ流出している。周囲はコンクリート護岸が設置され一部遊歩道が造られている。調査は道の駅「紀伊長島マンボウ」の南側1箇所で行った。表層から10 cmのところ厚さ1 cm以下の砂層が見られたが、それ以深は深さ1 mまで貝殻片混じりの泥層であり、イベント層は確認できなかった。

4.5 海野 (三重県北牟婁郡紀北町(旧紀伊長島町): 第7図)

海に面した集落の背後にある100 m四方程度の水域の周辺に低湿地(かつて田圃だった形跡がある)が分布している。陸側の湿地1箇所をコアラ調査を行った。表層から1 mは角礫を含む盛り土からなり、その下深さ2.1 mまでが泥炭および泥質泥炭からなる。その下は径4 mm程度の円礫を含む灰色粘土であった。

4.6 志原 (三重県南牟婁郡御浜町: 第8図)

熊野市との境界に近い海岸砂丘裏の低湿地である。海岸砂丘は10 m以上の高さがあり、その陸側を流れる産田川に山側から流れてきた志原川が合流し、砂丘を斜めに切って熊野灘へ流出している。ふたつの川にはさまれた休耕田の2箇所をコアラ調査を行った。深さ3.7 mおよび2.6 mまで掘削した結果、主に砂質泥からなる堆積物が採取され、その間にそれぞれパッチ状のものも含め11枚および5枚の砂層が観察された。陸に近い方のコアで深度2.37 mおよび3.25 mのところから得られた植物片の年代を測定したところ、それぞれ2925±20 yBPおよび3150±25 yBPの年代を得た。

4.7 阿田和 (三重県南牟婁郡御浜町: 第9図)

志原の調査地点から南南東へ約6.5 kmにある尾呂志川北側の溺れ谷を埋積した低地である。かつては平地を作った河川が存在したと思われるが、現在は田圃の用水路があるのみである。低地のほとんどは田圃として使われており、一部に残っていた休耕田の1箇所を掘削を行った。表層50 cmは耕作土であったが、その下は深さ3.3 mまで泥炭および有機質泥からなり、イベント砂層は観察されなかった。

4.8 紀伊佐野 (和歌山県新宮市: 第10図)

海側に高さ約10 mの砂丘地形をともしなう低地であり、現在その大半は田圃である。休耕田の2箇所をコアラ調査を行った。試料を得られたのは1 m未満である。それぞれ砂質泥、有機質泥からなり、有機質泥の下位には泥質な細粒砂が見られた。

4.9 日高町（和歌山県日高郡日高町：第11図）

今回堆積物が得られた調査地点のうち、唯一紀伊半島西岸にある。北側に開いた湿地で、かつては田圃として使われていた形跡があるが、現在はほぼ放棄されている。湿地の東の縁に沿って2箇所でもコアラー調査を行った。両地点とも植物片を含む泥からなる2 m以上の試料が得られた。海側の地点では2枚の砂層が観察され、下位の砂層直上の植物片（深度2.2 m）からは5885±25 yBPの年代が得られた。陸側の地点でははっきりとした砂層は観察されなかった。深度2.37 mの植物片からは3225±20 yBPの年代が得られた。

5. 議論

泥炭もしくは泥質堆積物中に砂層が確認された国府、コガレ池、志原、日高町の4地点について、炭素同位体年代から砂層の堆積年代を推定した。国府ではBC650以降に2枚、コガレ池ではAD1010以降に1枚、志原ではBC1500～BC1030に8枚およびBC1220以降に2枚、日高町ではBC4830以降に1枚のイベント砂層が堆積している。

今回の調査で確認されたイベント砂層が何に由来するのか現時点では明らかではないが、通常泥炭もしくは泥質な堆積物が存在する環境へ突発的に砂をもたらすイベントとして津波と仮定し、歴史地震との対比を試みる。

南海トラフで発生する海溝型地震のうち、紀伊半島東沖から駿河湾を震源とする東海地震の歴史記録で最も古いものはAD1096とされており（寒川, 2004）、計6回の歴史記録が残っている。さらに地震考古学に基づいて歴史記録には残っていない地震が13世紀にもあったことが推定されている（寒川, 2004）。また、四国沖を震源とする南海地震はAD684以降9回の歴史記録と一回の地震考古学的地震記録が存在する（寒川, 2004）。

本研究において、国府で観察された砂層1枚、志原の上位2枚、日高町の1枚の砂層は、得られた放射性炭素年代測定値が少なくとも紀元前700年前後から現在までと非常に幅があるため、記録のある海溝型地震のいずれにも対応する可能性がある。コガレ池で観察された砂層1枚も、堆積年代は最も古い歴史地震よりもさらに古い年代から現在までのどこかの時点ということしかわからない。

砂層が津波によるものだとすれば、津波の回数に比べて非常に少ない枚数の砂層しか残っていないことになる。先行研究では歴史地震に対応する年代の砂層が5枚（諏訪池：都司ほか, 2002）、4枚（須賀利浦大池：都司ほか, 2002、友ヶ島深蛇池：七山ほか, 2002）と見つかっている例もあるため、砂層の枚数が少ないのは今回の調査地点の局地的な特徴によるものと思われる。例えば（1）海岸砂丘が高く津波が

砂丘を越えられない（国府、海野、紀伊佐野）、（2）沿岸に砂浜が発達していないため津波が遡上しても堆積物が残らない（船越池）、（3）低地が津波の波源方向とは別の方向に開いているため、津波によって運び込まれる堆積物が少ない（日高町）、などの理由が考えられる。

以上のような傾向とは逆に、志原の砂層堆積間隔は南海トラフで発生する地震の間隔に比べ明らかに短い。すなわち、志原で確認された砂層のうち、ふたつの年代値ではさまれた8枚の砂層の堆積間隔は平均して約59年に1枚かそれよりも短い。試料採取地点が2本の河川の合流点に位置することを考えると、砂層は洪水によってもたらされたものを含む可能性が高い。

以上の調査は5泊6日の短期間で志摩半島から紀伊半島西岸までを訪れるというあわただしいスケジュールであったため、それぞれの地点で十分な調査ができたとは言えないし、調査できなかった地点も多い。今後も機会を作って調査を続ける必要がある。上述のように紀伊半島では北海道や仙台などに比べて平野の規模が小さく河川氾濫による砂層の堆積など津波堆積物を見つけるには困難が伴う。しかしながら砂州背後の湿地など津波堆積物の保存に適した低エネルギー環境が点在しており、津波堆積物研究を行うためのポテンシャルを備えている。今後調査の際、河川の流入がない場所を選び、海棲化石を認定に用いるなど他のイベントによる堆積の可能性をできるだけ排除することで紀伊半島全体での津波被災履歴をより詳しく明らかにできるだろう。

6. まとめ

紀伊半島海岸沿いの湿地・湖沼に置いて津波堆積物の調査を行った結果、国府、船越池、コガレ池、片上池、海野、志原、阿田和（以上三重県）および紀伊佐野、日高町（以上和歌山県）の9地点でハンドコアラーにより堆積物試料を得ることができた。うち国府、コガレ池、志原、日高町の4地点からは津波堆積物の可能性のあるイベント砂層が発見された。堆積物中に含まれる植物片および貝殻片の炭素同位体年代を測定したところ、1試料は約1000年前、5試料は紀元前の値を得た。対応する地震は特定できなかったものの、発見された砂層のうち1層もしくは2層は歴史地震に対応する可能性がある。

文献

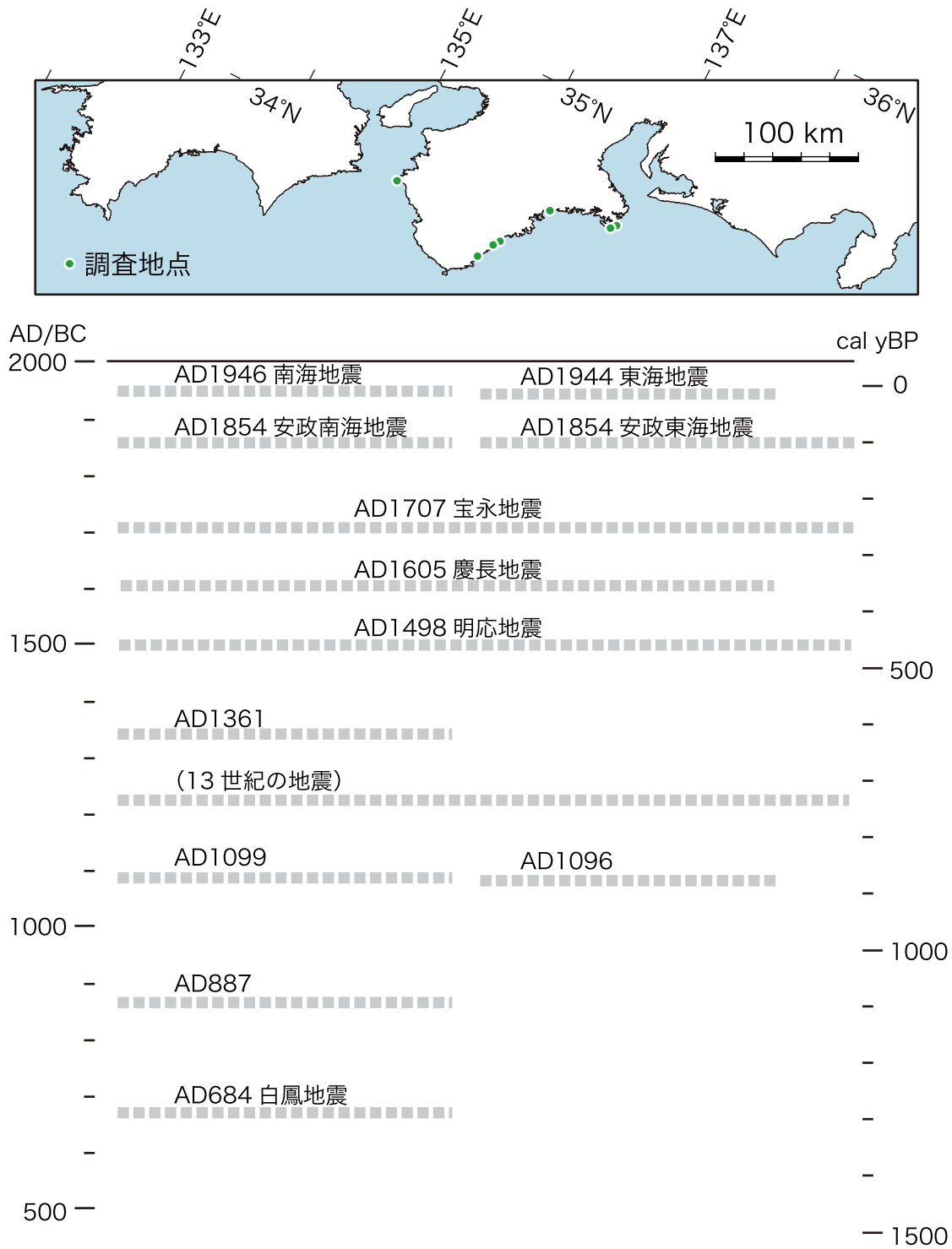
- Hughen, K. A., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C. J. H., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G. S., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Ramsey, C. B., Reimer, P. J.,

- Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2004) Marine04 Marine radiocarbon age calibration, 26 - 0 ka BP. *Radiocarbon*, 46, 1059-1086
- 小松原純子・藤原 治・鎌滝孝信 (2006) 南海・駿河および相模トラフ沿岸域における津波堆積物. *歴史地震*, 21, 93-109.
- 三田村宗樹・岡橋久世・廣瀬孝太郎・吉川周作・内山美恵子・中村俊夫・原口 強 (2001) 鳥羽市相川の湿地堆積物中に見いだされるイベント堆積物と ^{14}C 年代. 第11回環境地質学シンポジウム論文集, 321-326.
- 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) 紀淡海峽, 友ヶ島において発見された南海地震津波の痕跡. *月刊海洋号外*, 28, 123-131.
- Okahashi, H., Yasuhara, M., Mitamura, M., Hirose, K. and 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・兵藤政幸・内山高・内山美恵子・原口 強 (2001) 鳥羽市相川の湿地堆積物中に見いだ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 (3), 193-202.
- 岡橋久世・秋元和実・三田村宗樹・廣瀬孝太郎・安原盛明・吉川周作 (2002) 三重県鳥羽市相川の湿地堆積物に見出されるイベント堆積物—有孔虫を用いた津波堆積物の認定—. *月刊地球*, 24 (10), 698-703.
- Ramsey, B. C. (1995) Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. *Radiocarbon*, 37, 425-430.
- Ramsey, B. C. (2001) Development of the Radiocarbon Program OxCal. *Radiocarbon*, 43, 355-363.
- 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, F. G., Manning, S. W., 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, 26 - 0 ka BP. *Radiocarbon*, 46, 1029-1058.
- 寒川 旭 (2004) 遺跡で検出される地震の痕跡. 地震イベント堆積物—深海底から陸上までのコネクション—. *地質学論集*, 58, 11-18.
- 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 (10), 743-747.
- 宇佐美龍夫 (2003) 最新版日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 605pp.
- 渡辺偉夫 (1998) 日本被害津波総覧【第二版】. 東京大学出版会, 238pp.
- (受付: 2007年8月16日, 受理: 2007年10月27日)

第1表. 放射性炭素年代測定値. 暦年較正は OxCal 3.10 (Ramsey, 1995, 2001) を用いて行った. データセットは INTCAL04 (Reimer *et al.*, 2004) および Marine04 (Hughen *et al.*, 2004) を用いた.

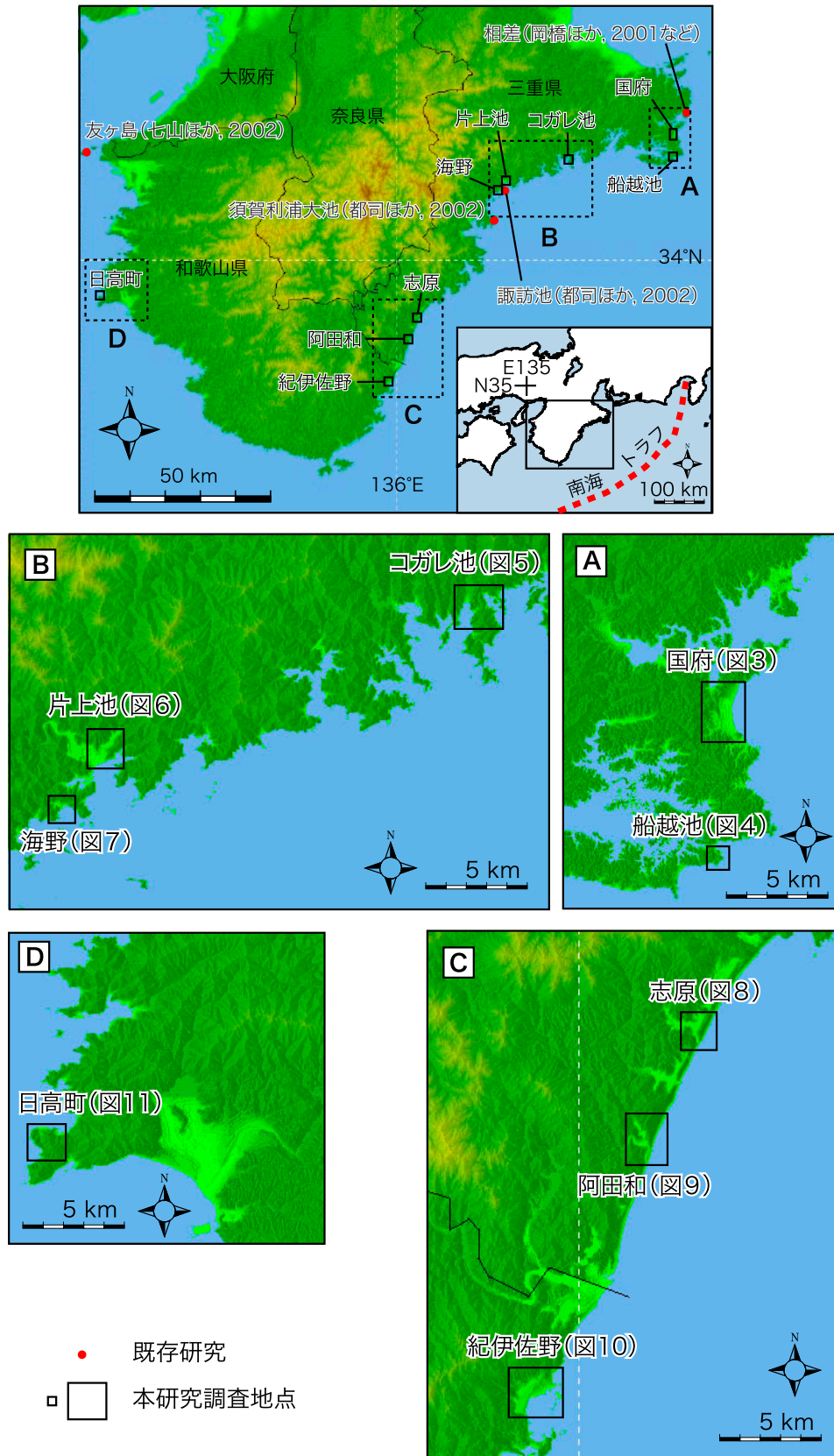
Table 1. Radiocarbon dating result. Ages are calibrated by OxCal 3.10 (Ramsey 1995, 2001) using INTCAL04 (Reimer *et al.*, 2004) and Marine 04 (Hughen *et al.*, 2004).

試料名	採取地点	Laboratory No.	年代値 (yBP, 1 σ)	年代値 (暦年) (AD/BC, 2 σ)	測定試料	手法
HDK2-237	日高町	PLD-6093	3225 \pm 20	1530BC-1435BC	葉	AMS
HDK1-220	日高町	PLD-6094	5885 \pm 25	4830BC-4700BC	葉・種・昆虫	AMS
SHR2-237	志原	PLD-6095	2925 \pm 20	1220BC-1030BC	葉・種・コケ	AMS
SHR2-325	志原	PLD-6096	3150 \pm 25	1500BC-1380BC	材	AMS
KGR3-70	コガレ池	PLD-6097	980 \pm 20	1010AD-1060AD (56.0%) 1080AD-1160AD (39.4%)	葉	AMS
KOH2-146	国府	PLD-6098	2740 \pm 25	650BC-380BC	貝	AMS



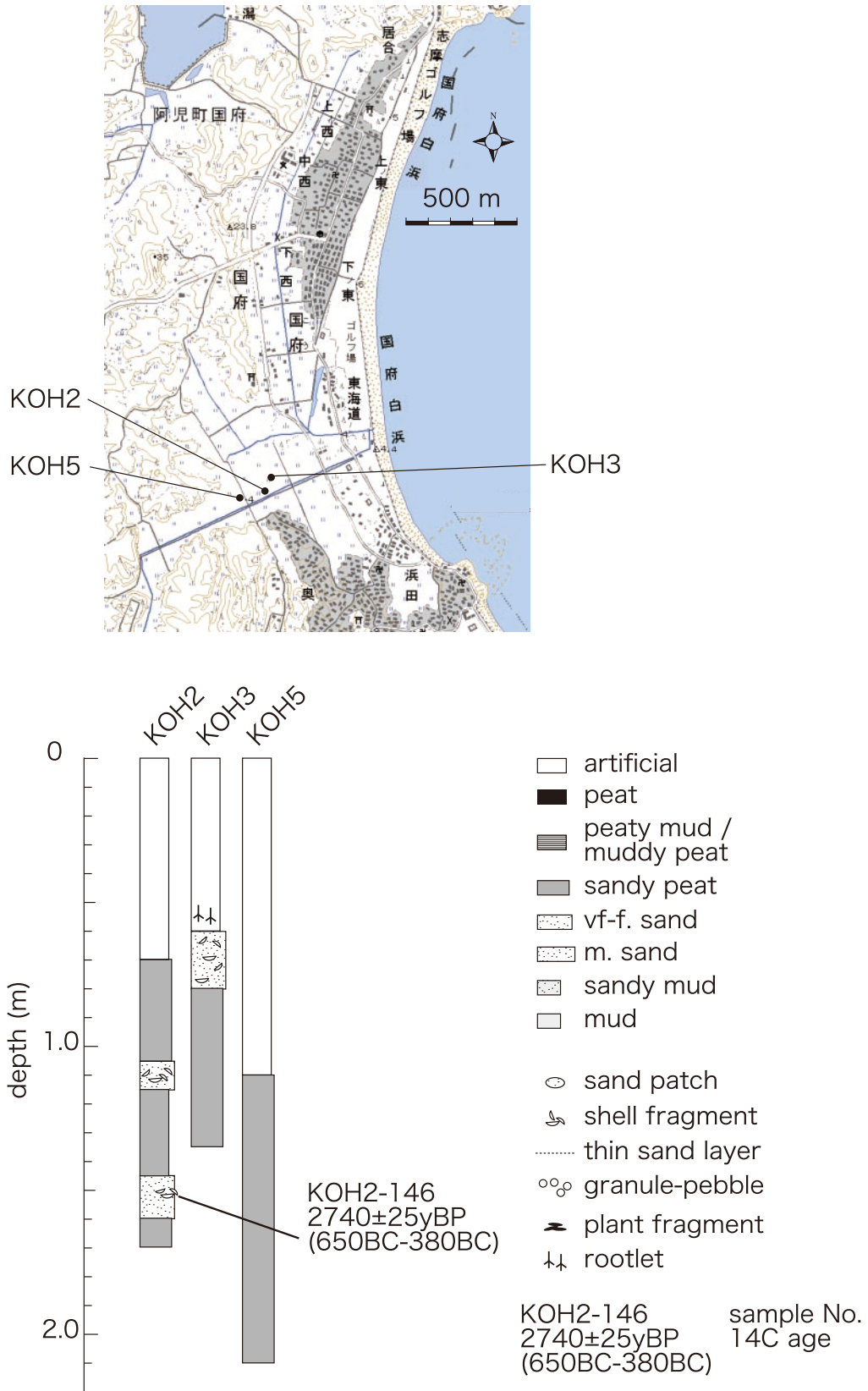
第1図. 南海トラフで発生した歴史地震の破壊域. 宇佐美 (2003), 寒川 (2004) に基づく.

Fig. 1. Rupture zones of historical earthquakes in the Nankai Trough, based on Usami (2003) and Sangawa (2004).



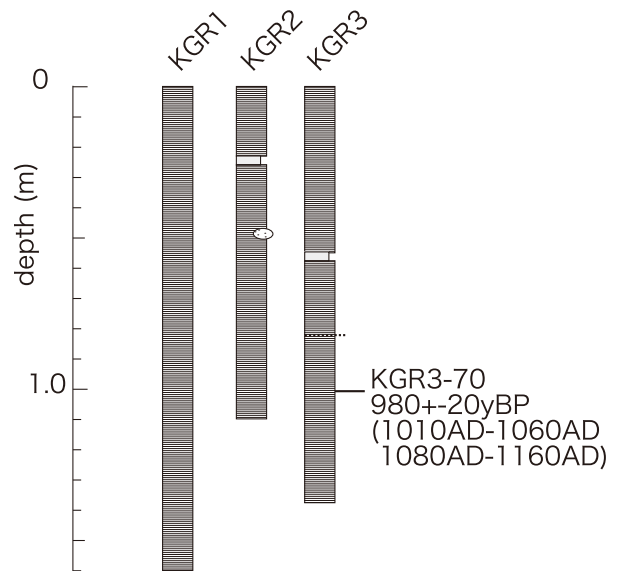
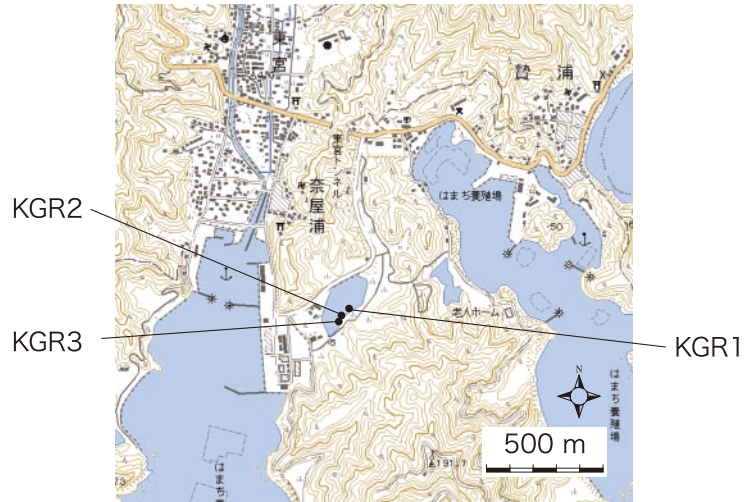
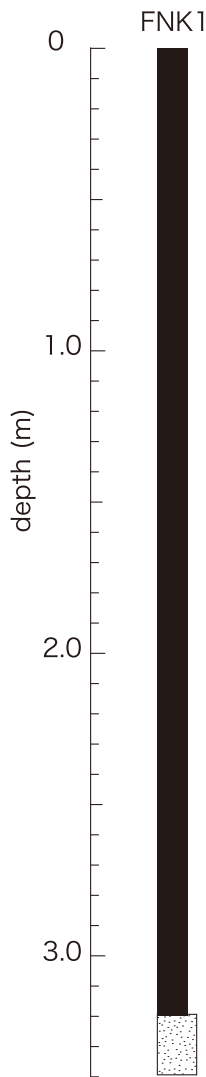
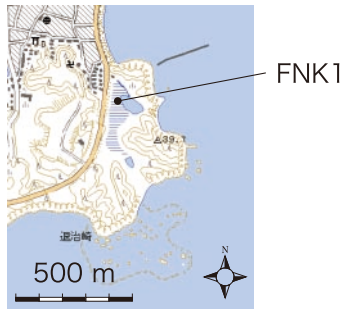
第2図. 紀伊半島沿岸でコア試料が得られた地点. 赤丸は既存研究により津波堆積物が確認されている地点を示す.

Fig. 2. A locality map of sampling sites. Red points indicate previously studied sites.



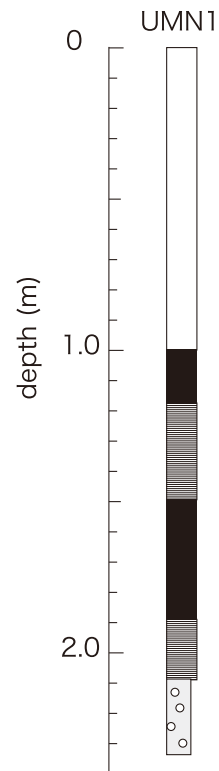
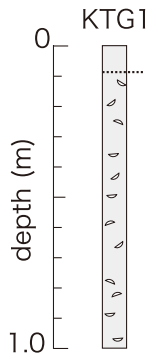
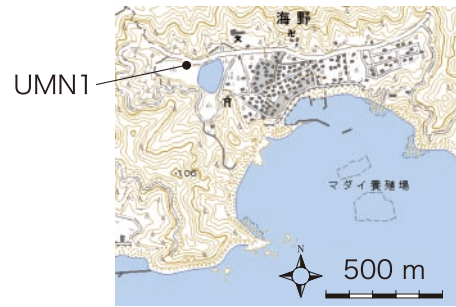
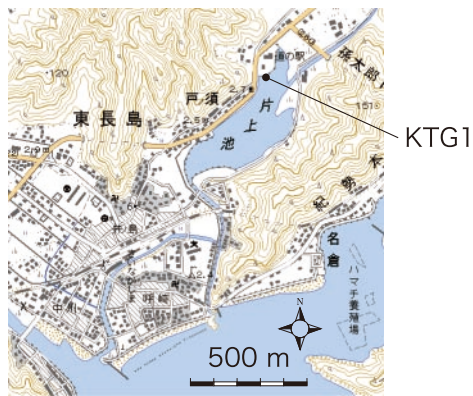
第3図. 国府での調査地点と柱状図. 国土地理院発行 1/25000 地形図「安乗」「磯部」「浜島」「波切」を利用.

Fig. 3. Sampling sites and samples in Koh, Mie Prefecture. Modified from 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute of Japan, [Anori], [Isobe], [Hamajima] and [Nakiri].



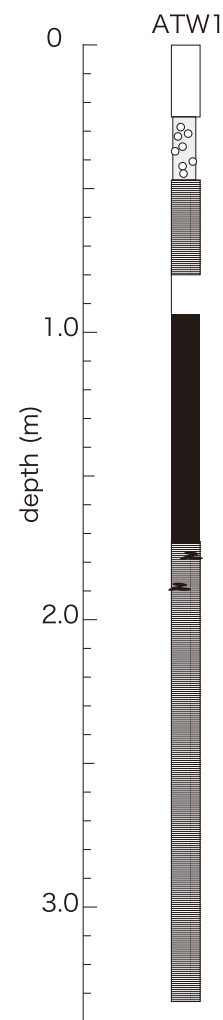
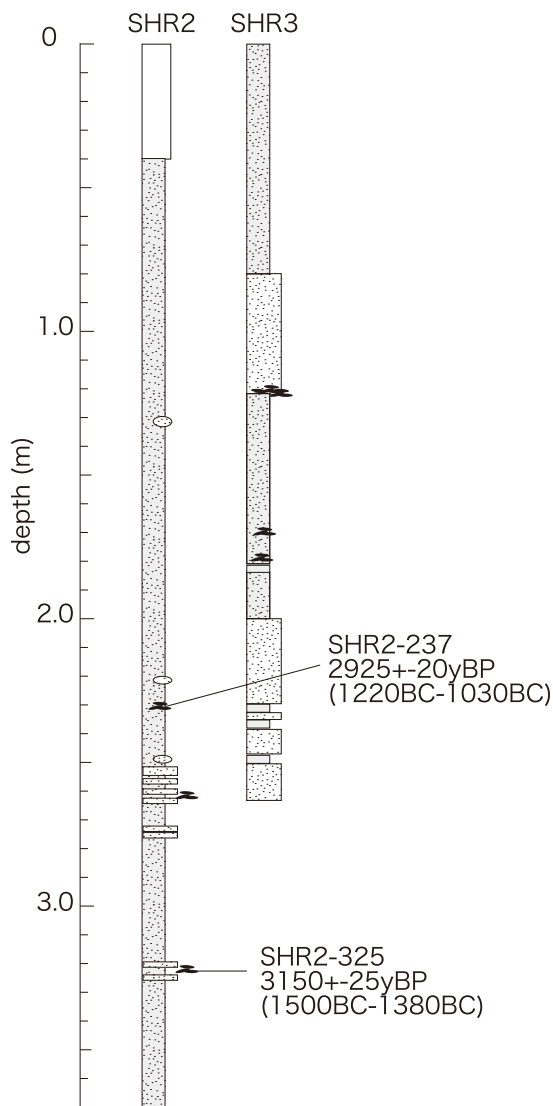
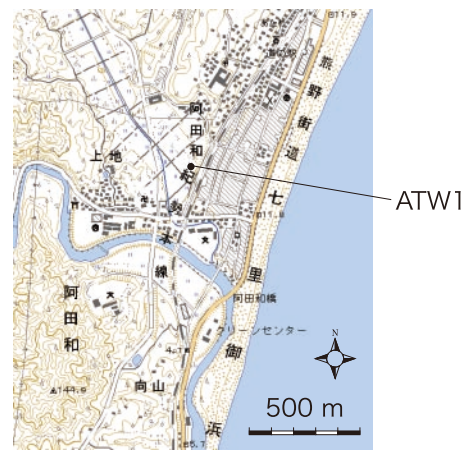
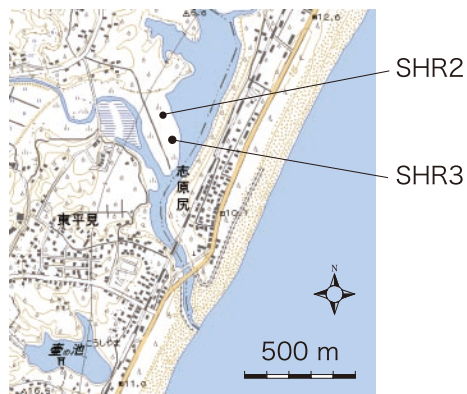
第5図. コガレ池での調査地点と柱状図. 凡例は第3図参照.
 国土地理院発行 1/25000 地形図「贄浦」を利用.
 Fig. 5. Sampling sites and samples in Kogare-ike, Mie Prefecture.
 See Fig. 3 for legends. Modified from 1/25000-scale
 map of Geographic Survey Institute of Japan, [Nieura].

第4図. 船越池での調査地点と柱状図. 凡例は第3図参照.
 国土地理院発行 1/25000 地形図「浜島」を利用.
 Fig. 4. A sampling site and samples in Funakoshi-ike, Mie
 Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from
 1/25000-scale map of Geographic survey Institute of
 Japan, [Hamajima].



第 6 図. 片上池での調査地点と柱状図. 凡例は第 3 図参照.
 国土地理院発行 1/25000 地形図「長島」を利用.
 Fig. 6. A sampling site and samples in Katagami-ike, Mie
 Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from
 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute of
 Japan, [Nagashima].

第 7 図. 海野での調査地点と柱状図. 凡例は第 3 図参照.
 国土地理院発行 1/25000 地形図「長島」を利用.
 Fig. 7. A sampling site and samples in Umino, Mie
 Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from
 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute
 of Japan, [Nagashima].

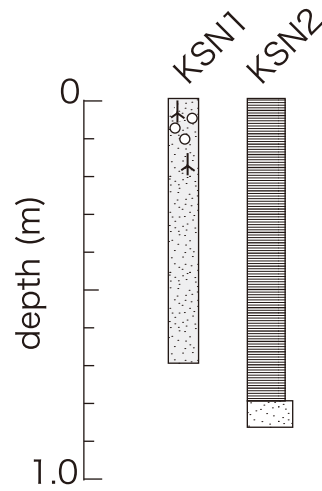
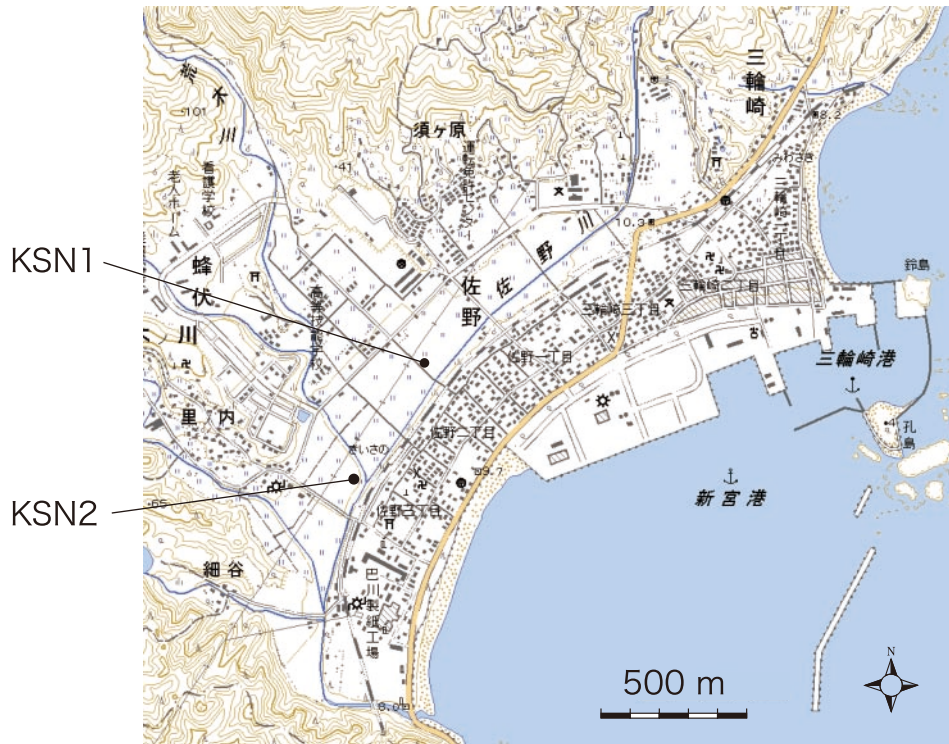


第8図. 志原での調査地点と柱状図. 凡例は第3図参照. 国土地理院発行 1/25000 地形図「木本」を利用.

Fig. 8. Sampling sites and samples in Shihara, Mie Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute of Japan, [Kinomoto].

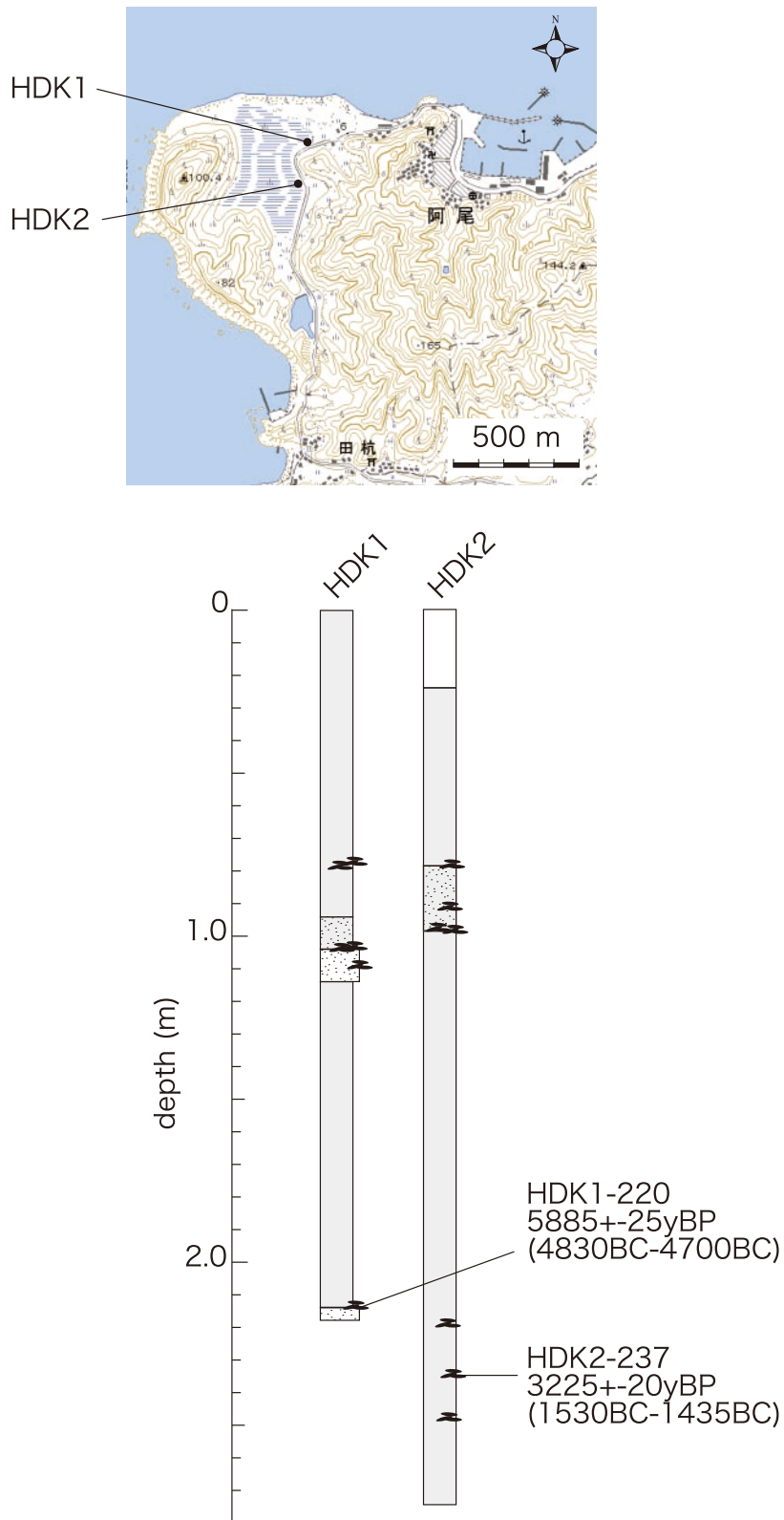
第9図. 阿田和での調査地点と柱状図. 凡例は第3図参照. 国土地理院発行 1/25000 地形図「阿田和」を利用.

Fig. 9. A sampling site and samples in Atawa, Mie Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute of Japan, [Atawa].



第10図. 紀伊佐野での調査地点と柱状図. 凡例は第3図参照. 国土地理院発行1/25000地形図「新宮」を利用.

Fig. 10. Sampling sites and samples in Kii-Sano, Wakayama Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute of Japan, [Shingu].



第 11 図. 日高町での調査地点と柱状図. 凡例は第 3 図参照. 国土地理院発行 1/25000 地形図「三尾」を利用.
Fig. 11. Sampling sites and samples in Hidaka Town, Wakayama Prefecture. See Fig. 3 for legends. Modified from 1/25000-scale map of Geographic Survey Institute of Japan, [Mio].