

静岡県掛川市南部の横須賀湊跡に見られる 1707 年宝永地震の痕跡

Trace of the AD1707 Hiei earthquake from the coastal lowland, Shizuoka Prefecture, central Japan

藤原 治¹・小野映介²・佐竹健治³・澤井祐紀⁴・海津正倫⁵・矢田俊文⁶・阿部恒平⁷
池田哲哉⁸・岡村行信⁹・佐藤善輝¹⁰・Than Tin Aung¹¹・内田淳一¹²

Osamu Fujiwara¹, Eisuke, Ono², Kenji Satake³, Yuki Sawai⁴, Masatomo Umitsu⁵, Toshifumi Yata⁶,
Kohei Abe⁷, Tetsuya Ikeda⁸, Yukinobu Okamura⁹, Yoshiteru Sato¹⁰, Than Tin Aung¹¹ and Jun-ichi Uchida¹²

^{1,3,4,9,11} 活断層研究センター (Active Fault Research Center, GSJ/AIST, o.fujiwara@aist.go.jp)

^{2,5,10} 名古屋大学大学院 環境学研究科 (Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University)

⁶ 新潟大学人文学部 (Faculty of Humanities, Niigata University)

⁷ 筑波大学大学院 生命環境科学研究科 (Graduate School of Life and Environmental Sciences, the University of Tsukuba)

⁸ 復建調査設計株式会社東京支社 (Fukken Co. Ltd.)

¹² 熊本大学大学院 自然科学研究科 (Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University)

Abstract: Trace of the AD1707 Hiei earthquake was found from the core samples excavated in the coastal lowland along the eastern Nankai Trough. Coring sites are located in the emerged lagoon which was used as a port before the earthquake. Depositional facies change from lagoon mud to marsh deposit indicates a rapid uplift of the study area. Estimated age of the uplift event from ¹⁴C ages is the 17-18th Century. The geological evidence is consistent with the documented coseismic uplift around the study area. Historical documents recorded that the port became shallower and partly emerged after the AD1707 earthquake. A possible tsunami deposit, gravelly mud or sand sheet with a basal erosion surface, was observed at the facies change boundary.

キーワード: 地震隆起, 宝永地震, 古地震, 南海トラフ, 静岡県, 津波堆積物, 横須賀湊

Keywords: Coseismic uplift, Hiei Earthquake, Nankai Trough, Paleo-earthquake, Shizuoka Prefecture, Tsunami deposit, Yokosuka-minato

1. はじめに

1707年10月28日(宝永四年十月四日)に南海トラフで発生した宝永地震は、静岡県から四国に至る広い範囲の沿岸に大きな地殻上下変動を生じた。また、この地震による津波は、伊豆半島から九州まで広範囲の沿岸を襲った(例えば、渡辺, 1998)。静岡県中部の掛川市南部の弁財天川河口付近(現在の横須賀付近; 第1図, 第2図)には横須賀湊と呼ばれる港があったが、この地震による隆起で水深が減少し、港としての機能が損なわれ、その後衰退したとされる(例えば、今村, 1943)。

元文四年(1739年)に書かれた「横須賀湊開水についての注進書」(『浅羽町史』所収)には、1707年宝永地震に伴う隆起の様子が次のように記述されている。「宝永四丁亥年十月四日、駿遠両国大地震にて、往還通宿々までことごとく潰れ、翌子年、御救いとして右宿場へ坪割をもって金子下し置かさせられ普請つかまつり候、その節、別して海辺通つよくゆり上ヶ、横須賀湊干潟の平地と成り候に付き、・・・」。

この文書からは、宝永地震によって元々湊にあった干潟が陸になったことが分かる。別の箇所の記事では、「しかれども大地震以前に横須賀へ大船出入つかまつりそうらえども、かつてさわりとまかり成らず候ところに、地震已後干潟と成り、・・・」とあり、地震隆起によって湊の一部が干潟になったことがわかる。

今回、横須賀湊の跡地で行った掘削調査によって、伝承を裏付ける地学的証拠を確認したので報告する。また、宝永地震の痕跡だけでなく、より古い時代の地震の痕跡と考えられる層相変化なども確認できたので、それらも併せて報告する。

2. 調査地域

宝永地震以前の絵図では弁財天川に沿って横須賀城南側まで入り込む「内海」が描かれており(第1B, 2A図)、文書記録も参考にすると横須賀湊はこの内海周辺に存在したと考えられる。

調査地は小笠山丘陵の西側と南側に広がる低湿地

で、太田川低地の南東端にあたる（第1図）。この低地は、後氷期海進で形成されたバリアーラグーンシステムが、太田川などからの土砂供給によって、西および北側から南東側へ埋積されたものである（例えば、浅羽町教育委員会，1992；渡辺，1995；加藤1999；浅羽町史編さん委員会，2000a）。低湿地には約6000年前以降に形成された東西に伸びる顕著な砂州列が3列あり、砂州列の間のラグーンや低湿地には砂層や泥層、泥炭層が堆積している（渡辺，1995）。

内海に東から突き出す高まり（第2A図の「塩濱」）の北部にある松尾遺跡（第2B図）からは、奈良時代の須恵器や土師器が発見されている（静岡県教育委員会，1989a, b）。このことから、横須賀城と「塩濱」の間の狭い水域は奈良時代頃には存在したと推定される。この水域の東側には、横須賀や沖之須など江戸時代の主要な集落がある。また、明治23年測量の陸地測量部による地図では、ラグーン跡は全て水田となっており、横須賀湊を含むエリアは1707年宝永地震と1854年安政東海地震に伴う隆起によって完全に陸化したことが分かる。

こうした立地を考えると、「横須賀湊開水についての注進書」にある湊の変化についての記述は、横須賀城南側の水域を示す可能性が高い。掘削調査は第2図の「内海」跡、「塩濱」の南側、今沢集落の南側、の3エリアで行った。第2図には掘削地点番号（OSK-1~35）の数字部分だけを示した。内海跡の水田は圃場整備のためにほぼ水平に広がるが、元の地形を反映して全体に西方へ緩やかに傾斜している。水田の標高は内海跡の最奥部（東部）で約1.5mであるが、かつての内海の出口（西方）へ次第に低下し、OSK-20地点では約1.1mである。

OSK-11は塩濱の南側で宝永地震前には水域（枝湾）に当たる。また、OSK-4, 5, 28, 29は陸と海の境界付近に当たる。今沢集落の南側も宝永地震前には海岸付近であったと推定される。

3. 調査・分析方法

掘削作業はハンディジオスライサー（高田ほか，2002）によって行った。得られたコアの長さは最大で270cm前後、幅は約10cm、厚さは3cm前後である。ジオスライサーの貫入深度と実際に得られたコアの長さの比較から、掘削に伴うコアの短縮・伸張を補正した。また、幾つかの地点では、ガウジコアラーによる補助的な掘削も行った。掘削地点の標高は、GPS測量で求めた（OSK31-35は1/2500地形図から標高を判読）。各コアを整形後、親水性のグラウト剤による剥ぎ取り処理（Takada and Atwater, 2004）を行った。堆積構造の観察は、剥ぎ取り試料と剥ぎ取り後のコアの両方を参照しつつ行った。コア記載と並行して、分析試料を現地において採取した。

コア試料から採取した44試料について、加速器質量分析計（コンパクトAMS：NEC製1.5SDH）による¹⁴C年代測定を、（株）パレオ・ラボに委託した。測定に関する情報を第1表に、試料の採取層準を第3図に示す。¹⁴C年代の暦年校正プログラムはOxCal3.10（Ramsey, 1995, 2001）を、校正データはINTCAL04（Reimer *et al.*, 2004）を用いた。測定した試料のうち河口の汽水域に住む*Corbicula japonica*（ヤマトシジミ）については、陸源試料として暦年校正を行った。表に示した1σおよび2σ暦年代範囲は、OxCalの確率法を使用して算出された¹⁴C年代誤差に相当する68.2%および95.4%信頼限界の値である。カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。

有孔虫化石の分析をコアOSK-7（深度190cmから40cmまでの31試料）とコアOSK-15（深度260cmから75cmまでの13試料）について行った。分析試料は乾燥重量で約40~110g程度を用い、処理前にフリーズドライして間隙水の影響による有孔虫殻の溶解および乾燥による試料の収縮に起因する有孔虫殻の破壊を防いだ。コアOSK-15からは有孔虫殻が僅かに産出したが（第2表）、OSK-7からは産出しなかった。コアOSK-7については、予備的な珪藻化石の分析（深度160cmから25cmまで、5cm間隔で合計30試料）も行った。珪藻化石の抽出は次亜塩素酸ナトリウムを用いて行い、作成した各プレパラートを観察して優占種を記録した。

4. コアの層相と堆積環境

ここでは調査地域の地層の特徴を記載し、それらがどのような環境で堆積したかを、ラグーンやエスチュアリーにおける一般的な堆積相の特徴と比較しつつ推定する。内海跡（第3A~E図）、塩濱の南側（第3F, G図）、今沢集落の南側（第3H図）では、全体で8種類の堆積相が見られる。

堆積相1

A. 層相

ほぼ全てのコアの最上部で見られ、層厚は最大50cm程度で、上部は耕作土となっている。主に灰色のシルト層からなり、全体に中粒砂サイズの石英粒を疎らに含み、根痕が密集する（第4A図）。下位層との境界は明瞭で、一部では削り込みを伴う。植物の根痕に赤鉄鉱と考えられる赤茶色の鉱物が析出しており、このために下位層より硬く締まっている。泥炭の同時礫などを含む石英質の中粒砂層（層厚数cm前後）を挟む。

B. 堆積環境

内海奥のコアOSK-7では、珪藻化石は海水生種である*Diploneis simthii*, *Tryblionella granulata*, *Tryblionella compressa*や、汽水生種である

Pseudopodosira kosugii などを含む。この地層は現在と同じような低湿地で堆積したものである。中粒砂の薄層は、洪水やウォッシュオーバー堆積物と推定される。

堆積相 2

A. 層相

この堆積相は、粘土礫などを含む明灰色の粘土層あるいは砂層からなり、下位層を削り込んで覆う（第 4A 図）。層厚は 10 cm 前後で、多くのコアで堆積相 1 の下位に見られる。一部のコアでは流水から堆積したことを示す斜交葉理が発達する。

B. 堆積環境

この堆積相は突発的に発生した強い流れから堆積したイベント堆積物である。珪藻化石は見られなかった。

堆積相 3

A. 層相

全体に塊状で弱い葉理が部分的に見られる暗灰色の粘土層で（第 4B 図）、内海西部では堆積相 2 の下位に、塩濱の南側では堆積相 1 の下位に分布する。下位層を漸的に覆い、層厚は 40~100 cm である。葦と推定される植物の葉や茎がしばしば見られる。

B. 堆積環境

この堆積相は砂の供給が少ない状況で、主に浮遊粒子として供給された細粒物質が堆積したものである。これは、ラグーンにおいて河川からも湾口側からも砂が供給されなくなり、浮遊した細粒物質だけが届くような環境を示している。このような環境は、砂嘴や砂州などで湾口を塞がれたラグーンの奥で生じやすい (Dalrymple, 1992 ; Dalrymple, *et al.*, 1992 ; 坂倉, 2004)。この地層には汽水を好むヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) の殻が稀に見られ、有孔虫化石は湾奥で優占する (Matoba, 1970) *Cribrostomoides canariensis* が僅かに検出された。この地層は、閉鎖されたラグーン奥の汽水域で堆積したと推定される。

堆積相 4

A. 層相

この地層は泥炭層、または泥炭層と泥層の互層からなり（第 4A, C 図）、細一極細粒砂の薄層を時折挟む。コア OSK-11 では、この堆積相は茶褐色の有機質粘土層からなる。下位層との境界は明瞭で、層厚は 20~70 cm 程度である。堆積相 4 は内海の東部と内海北岸では堆積相 1 または堆積相 2 の下位に分布し、堆積相 7 の間にも薄く挟まれる。塩濱の南側では堆積相 1, 2, 3 の下位に分布する。

B. 堆積環境

この地層はラグーンの縁辺や枝湾に分布する。内海奥のコア OSK-7 では珪藻化石は海水生種の

Diploneis smithii や *Tryblionella granulata* のほか、淡水生種、汽水生種が混合している。水の動きが弱いラグーンの縁辺や枝湾では、潮汐流で運搬された浮遊物質が堆積しやすい (坂倉, 2004)。この地層はそのようなラグーン縁辺部で堆積したものである。砂の薄層は洪水や河口砂州などを乗り越えたウォッシュオーバー堆積物と考えられる。

堆積相 5

A. 層相

この地層は細一極細粒砂層と泥層の細互層からなり、層厚は最大で 150 cm 程度である。内海西部では堆積相 3 および 8 の下位（第 4D 図）、塩濱の南側では堆積相 8 の下位、今沢集落南側では堆積相 1 の下位に分布する。下位層との境界は今沢集落の南側でのみ確認され、そこでは堆積相 7 を明瞭な境界を持って覆う。

内海西部では、極細粒砂層とシルト層のリズミカルな細互層が部分的に発達する。細互層を構成する個々のシルト層・砂層の層厚は数 mm から数 cm で、薄い層と厚い層が互い違いに繰り返すことがある。砂層にはしばしばリップル葉理や平行葉理が発達する。リップル葉理の上面をマッドドレイプが覆うこともある。

コア OSK-15, 16, 26 には厚く（層厚 15~30 cm）比較的淘汰が良い平行葉理やリップル葉理が発達する砂層が何層か挟まれる（第 4B 図）。ラミナに沿って植物片が濃集していることもある。これらの砂層は生物擾乱が少なく、上方細粒化してマッドドレイプに覆われる。

今沢集落南側で見られる堆積相 5 は、全体に砂質でリップル葉理が発達する。この場所では、生痕化石を多く含み、堆積構造が乱れている。

B. 堆積環境

ラグーン環境では、砂層と泥層のリズミカルな細互層は、潮汐流の発生時に砂層が移動し、停滞時に浮遊していた泥粒子などが沈降することで形成される（例えば、増田ほか, 1988 ; Dalrymple *et al.*, 1991 ; 坂倉, 2004）。

内海跡では有孔虫化石は、ほとんどが膠着質有孔虫で、湾奥~塩性湿地に生息するものが主体である。湾奥で優占する *Cribrostomoides canariensis* のほか、Low marsh よりも High marsh に多く産出する傾向がある (Scott *et al.*, 1995, 1996) *Haplophragmoides* spp. が主な産出種である。なお、石灰質有孔虫は保存が悪く、リワークと考えられる。

この地層は潮汐の影響を受けるラグーンで堆積したと考えられる。コア OSK-15, 16, 26 で見られる厚い砂層は、洪水など突発的なイベントで堆積したと考えられる。

堆積相 6

A. 層相

角の取れた細一中礫からなる礫層で、調査地域西縁のコア OSK-12 と 26 の最下部に見られる。この礫層は下位層を削り込んで覆い、淘汰はやや悪いが正級化する。層厚は 5~20 cm 前後である。基質は黒灰色の粘土またはシルトで、ヤマトシジミの殻を含む。上部には植物片が密集することがある。

B. 堆積環境

この礫層は、かつてのラグーンの中央部に近い場所のみに分布し側方へ連続しないことも考慮すると、ラグーンと外海とをつなぐチャネルの堆積物と考えられる。

堆積相 7

A. 層相

この地層は、カレントリップルがしばしば発達する灰色で淘汰の良い石英質の細一中粒砂層からなる(第 4C 図)。今沢集落南側では堆積相 5 の下位に、その他の場所では堆積相 4 の下位に分布する。石英粒子は角張ったものが目立つ。生痕化石のほか、稀に灰白色粘土の薄層を挟む。下位層との境界は明瞭であるが、上位へは植物遺体や泥の含有量が次第に増加して暗色になり、堆積相 4 に漸移する。下限は不明であるが、層厚は少なくとも 60 cm である。

B. 堆積環境

有孔虫殻は産出しなかったが、珪藻化石は汽水生種の *Pseudopodosira kosugii* や海水生種の *Tryblionella granulata* が検出された。淘汰が良くカレントリップルが発達することから、定常的に流れや波浪の影響を受けるラグーンの湾口付近の環境が推定される。

堆積相 8

A. 層相

主として暗灰色ないし緑灰色の粘土層からなり(第 4D 図)、植物片に富む。内海南西部および塩濱の南側で堆積相 3 または 4 の下位に見られる。コア OSK-11 や OSK-30 では堆積相 5 を漸移的に覆う。層厚は 70~80 cm である。

B. 堆積環境

この地層はラグーンの中央近くのみ分布することから、湾中央で浮遊した細粒物質が沈殿したものと考えられる。

5. 地層の堆積年代

採取した地層から得られた ¹⁴C 年代測定値を第 3 図に整理した。

5.1 内海跡(第 3A~E 図)

内海の東部の堆積相 7 と間に挟まる堆積相 4 : 3000~2500BC 前後。堆積相 7 の最上部 : 790~

530BC (OSK-9)。堆積相 7 を覆う堆積相 4 の下部~中部 : 120~250AD (OSK-17), 390~540AD (OSK-14), 堆積相 4 上部 : 320~420AD (OSK-6), 770~890AD (OSK-13), 800~980AD (OSK-18)。

内海西部の堆積相 5 の下部~中部 : 20~130AD~250~400AD 前後 (OSK-15, 21)。堆積相 5 上部 : 330~430AD (OSK-21)。堆積相 3 下部 : 1030~1160AD (OSK-3), 1150~1260AD (OSK-12), 堆積相 3 中部~上部 : 1220~1280AD (OSK-3), 1520~1600AD (OSK-15), 1175~1265AD (OSK-12), 1415~1450AD (OSK-16)。堆積相 2 : 1720~1820AD (OSK-9), 1550~1640AD (OSK-26)。堆積相 1 からは 1550~1640AD (OSK-15), 1120~920BC (OSK-18) の測定値が得られたが、後者はリワークした試料と考えられる。

5.2 塩濱の南側(第 3F, G 図)

堆積相 5 : 980~820BC (OSK-11)。堆積相 8 上部 : 400~350BC (OSK-11)。堆積相 4 下部から BC9~BC5 世紀, 中部から AD1~4 世紀, 上部から 410~540AD (OSK-11) の年代測定値が得られた。堆積相 1 下部 : 1310~1360AD (OSK-4)。堆積相 2 からは 1460~1530AD (OSK-4), 985~1030AD (OSK-5) の年代測定値が得られたが、後者はリワークした試料である可能性が高い。

5.3 今沢集落の南側(第 3H 図)

堆積相 7 : 1300~1370AD (OSK-1)。堆積相 5 下部から 1260~1295AD, 上部から 1225~1285AD の測定値が得られた (OSK-2)。堆積相 5 上部から得られた 1020~1160AD の測定値 (OSK-1) はリワークした試料と考えられる。

6. 堆積相の空間分布

内海跡, 塩濱の南側, 今沢集落の南側で各堆積相がどのように分布するかを, 模式的に整理し, 第 5 図と第 3G, H 図に示した。第 5 図ではリワークの可能性が高い極端に古い ¹⁴C 年代測定値は除いた。

6.1 内海跡(第 5A~C 図)

東西断面(第 5A 図)で見ると, 内海跡の東部では堆積相 7 が作る高まりがあり, その上に堆積相 4 が重なる。さらに堆積相 2 と 1 がこれを覆う。内海跡の西部では堆積相 7 が見られず, その代わりに堆積相 5 と 3 が厚く分布する。堆積相 5 と 3 の境界は, 西方へ深度が深くなると推定される。分布高度と年代測定結果に基づくと, 堆積相 5 および 3 は内海跡東部の堆積相 4 と同時異相の関係にある。堆積相 6 は堆積相 5 の下部に断続的に分布すると考えられる。堆積相 2 は, 内海跡を通じてほぼ同じ深度に分布している。

南北断面で見ると、内海跡の東部（第 5B 図）では堆積相 7 の上面が南北両側で高く、間の凹部では堆積相 4 が厚く分布することが分かる。内海跡の西部（第 5C 図）では、北側から堆積相 7 が作る高まりが張り出しており、その縁は OSK17 と 15 の間にあると推定される。この高まりの南側では堆積相 5 と 3 が厚く分布する。さらに南側では下部に堆積相 8 が見られる。分布高度と年代測定値からは、堆積相 5 と 8 は同時異相の関係にある。

6.2 塩濱の南側（第 3G 図）

東西断面で見ると、東側の OSK-4 と 29 では堆積相 4 の上に堆積相 1 が重なる。堆積相 2 は堆積相 1 に挟まれ、下位層を削り込んでいる。OSK-29 では、堆積相 2 が下位層を削り込んで堆積相 4 を直接覆っている。

西側の OSK-11 では下位から、堆積相 5, 8, 4, 3 の順に重なる。分布高度と年代測定結果からは、堆積相 5, 8 は東側の堆積相 4 と同時異相と考えられる。

6.3 今沢集落の南側（第 3H 図）

東西の断面で見ると、地層は下位から上位へ堆積相 7, 5, 1 の順に重なっている。

7. 宝永地震の痕跡

堆積相の累積パターンからは、幾つかの層準で堆積環境の急変が認められる。湊が浅くなったり干上がったことを示す文書記録との比較からは、内海跡で堆積相 2 を挟んだ層相変化が 1707 年宝永地震による隆起の痕跡である可能性が高い。この層相変化は内海跡の地下数十 cm（標高 1.1~0.4 m 前後）のところに認められ、内海跡東部では泥炭層（堆積相 4）からシルト層（堆積相 1）へ、内海跡西部では堆積相 3 から 1 へ変化する（第 5 図）。層相変化の起こった時代は 17~18 世紀である。

しかし、この層相変化が宝永地震の痕跡である確証を得るには課題がある。内海跡東部で行った珪藻化石の予察的な分析結果からは、泥炭層および上位のシルト層とも塩水と淡水の交じり合う環境が示唆され、離水を示す明瞭な環境変化が認められない。また、泥炭層の年代は最上部でも 10 世紀前後と古く、上位のシルト層との間には年代ギャップがある。この年代ギャップは、泥炭層の上部が侵食されていることを示している。その原因としては高潮や宝永地震津波など複数のものが考えられる。

層相変化境界に挟まるイベント堆積物（堆積相 2）は、宝永地震による津波堆積物、あるいは 17 世紀に何度か起こった洪水や高潮による堆積物の可能性が高い。調査地域は 1680 年の高潮で特に大きな被害を受けたことが伝承されている（静岡県、1996）。17 世紀に成立した「百姓伝記」中の「国々津浪物語」

には、この高潮で大波が横須賀城南側の中土井（第 2A 図）の前まで入ったことなどが記述されている。

一方、宝永地震については、調査地域周辺での揺れの様子などに関する詳しい記述があるが、津波に関する記述は知られていない。調査地域では宝永地震津波は被害が出るほどには大きくなかったのかもしれない。

8. 隆起などを示唆する層相の変化

宝永地震の痕跡と考えられるもの以外にも、急激な層相変化や侵食面の存在など、堆積環境の急変が幾つかの層準で認められた。年代順にそれらの特徴を述べる。

1) 2~4 世紀頃の液状化痕

コア OSK-30 では、液状化痕と考えられる砂脈が見られる（第 4D 図）。この砂脈は壁面に生物活動の痕跡は認められず、上方へ細く細粒になる。このような上方細粒化は液状化痕である砂脈の特徴の一つとされる（寒川、2004）。これは堆積相 5 を引き裂いており、堆積相 8 にまで達している。形成時期は不明であるが、周辺の堆積相 5 と 8 の堆積年代から 2~4 世紀頃に形成されたと推定される。

2) 11~12 世紀頃の隆起の可能性

第 5A, C 図を見ると、堆積相 5 および 8 とそれを覆う堆積相 3 との間に大きな時間差がある。堆積相 5 上部からは 330~430AD（OSK-21）、堆積相 8 からは 120~240AD（OSK-3）の年代測定値が得られたが、堆積相 3 下部からは 1030~1160AD（OSK-3）、1150~1260AD（OSK-12）の年代測定値が得られた。また、堆積環境は、潮汐の影響を受けるラグーンの内（堆積相 5）やラグーン中央部（堆積相 8）から、よりラグーンの閉塞が進んだ環境（堆積相 3）へと変化したと考えられる。

つまり、11~12 世紀頃にラグーンがより閉塞的になったこと、それに先立って侵食が卓越した時期、或いは堆積速度が極端に低下した時期があったことが推定される。この侵食と層相変化の原因については明らかでないが、ラグーンの急激な水位低下や縮小が考えられる。

3) 14 世紀頃の隆起の可能性

塩濱の南側（第 3G 図）では 1310~1360AD より少し前に、泥炭層が堆積するラグーン縁辺の環境（堆積相 4）から、現在と類似した低湿地（堆積相 1）へと変化した。また、今沢集落の南側（第 3H 図）では、1300AD 前後に流水や波浪の影響を受けるラグーン湾口付近の環境（堆積相 7）から潮汐の影響があるラグーン内の環境（堆積相 5）へ変化した（第 3H 図）。これはラグーンの閉塞や浅水化が進んだことを示す可能性がある。

また、第 3H 図を見ると、潮汐の影響を受けて堆積した堆積相 5 が、現在は標高 1 m 以上にまで分布

する。このことは、堆積相 5 が堆積した 13~14 世紀以降に隆起が累積していることを示している。

4) 15~16 世紀頃の津波の可能性

塩濱の南側 (第 3F, G 図) では、湿地へ強い流れが突入したイベント (堆積相 2) が認められる。その年代は 1460~1530AD 頃 (OSK-4) と推定される。調査地域に近い浅羽湊や元島遺跡 (第 1 図) からは、1498 年明応地震津波の被害が報告されており (加藤, 2001; 矢田, 2005), 堆積相 2 はそれと関連した堆積物 (津波堆積物) の可能性もある。

5) 1854 年安政東海地震の痕跡

1854 年安政東海地震に伴う隆起については横須賀湊周辺では直接の資料がないが、約 6 km 東方の菊川の西岸に位置する三浜・三俣付近 (現掛川市南東部) では 0.9 m 程度隆起したとされる (羽鳥, 1976)。調査地域でもこれと近い量の隆起が期待され、その痕跡が残っている可能性は高い。第 3 図で堆積相 1 の一部に見られる侵食痕や砂層が、この地震による隆起や津波の痕跡かもしれないが、年代データが少ないせいもあって特定は出来ない。

9. まとめと課題

掛川市南部の横須賀湊の跡地で行った掘削調査により、宝永地震の痕跡と考えられる層相変化などを発見した。その概要と今後の課題は以下のとおりである。

- 1707 年宝永地震に伴う隆起を示すと考えられる層相変化が、内海跡の地下数十 cm (標高 1.1~0.4 m 前後) の層準で確認された。この層相変化境界には、宝永地震津波による津波堆積物の可能性がある砂層なども認められた。
- 宝永地震以外にも、2 世紀以降の地層から幾つかの層準で隆起を示唆する層相変化や、液状化痕と考えられる砂脈が認められた。
- 層相変化が宝永地震の痕跡であることを確認するには、掘削地点を増やすとともに化石分析データなどを充実させ、具体的な離水や水位低下の証拠を得る必要がある。また、津波堆積物と洪水や高潮堆積物の識別についても検討を進める必要がある。
- 宝永地震については、地震の前後に内海に出入りしていた船の大きさ (喫水の深さなど) などを調査し、具体的な水位低下量 (隆起量) を復元していく予定である。
- 宝永地震以外の痕跡については、掘削地点や年代測定データなどを増やして、歴史地震との対応を解明する予定である。

謝辞 掛川市交通防災課、掛川市役所大須賀支所には調査用地の借用について便宜を図っていただいた。「遠州横須賀惣江図」の転載には、個人所有者の了解

を得て掛川市役所生涯教育科からお借りしたポジフィルムを利用した。掛川市大須賀町の個人地主の方々には、掘削用地をお借りした。掘削地点の選択や地層断面の推定には、内田 (2002) がハンドコアラで行った掘削調査データを参考にした。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金 (基盤研究 (B) 課題番号:18340161, 代表者:藤原 治) によって実施した。

文 献

- 浅羽町教育委員会 (1992) 団子塚遺跡 1 ワコーゴルフクラブ諸井ショートコース造成工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書, 5.
- 浅羽町史編さん委員会 (2000a) 第 1 編 自然環境の変遷. 浅羽町史通史編, 30-87.
- 浅羽町史編さん委員会 (2000b) 第 4 編 3 章浅羽大囲堤と浅羽 1 万石. 浅羽町史通史編, 455-503.
- Dalrymple, R. W., (1992) Tidal depositional systems. In Walker, R. G. and James, N. P. (eds.), *Facies Models: Response to Sea Level Change*, 195-218. Geological Association of Canada.
- Dalrymple, R. W., Boyd, R. and Zaitlin, B. A. (1992) Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62, 1130-1146.
- Dalrymple, R. W., Makino, Y. and Zaitlin, B. A. (1991) Temporal and spatial patterns of rhythmite deposition on mud flats in the macrotidal Cobequid Bay-Salmon River Estuary, Bay of Fundy, Canada. In Smith, D. G., Reinson, G. E., Zaitlin, B. A. and Rahamani, R. A., (eds.), *Clastic Tidal Sedimentology*, Canadian Society of Petroleum Geologist. *Memoir*, 16, 137-160.
- 羽鳥徳太郎 (1976) 安政地震 (1854 年 12 月 23 日) における東海地方の津波・地殻変動の記録—明治 25 年静岡県下 26 カ村の地震報告から—。東京大学地震研究所彙報, 51, 13-28.
- 今村明恒 (1943) 遠州東南地塊の傾動について。地震, 15, 217-224.
- 加藤理文 (1999) 元島遺跡 I (遺物・考察編 1—中世—)。静岡県埋蔵文化財調査研究所調査報告第 116 集, 385.
- 加藤理文 (2001) 15 世紀における物資集散地の様相—遠江・元島遺跡の調査から—。中世みちの研究会第 4 回研究集会中世のみちと橋を探る, 41-51.
- 増田富士雄・中山尚美・池原 研 (1988) 茨城県行方郡北浦内宿の更新統にみられる 9 日間の潮流によって形成された斜交層理。筑波の環境研究, 11, 91-105.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of recent shallow water

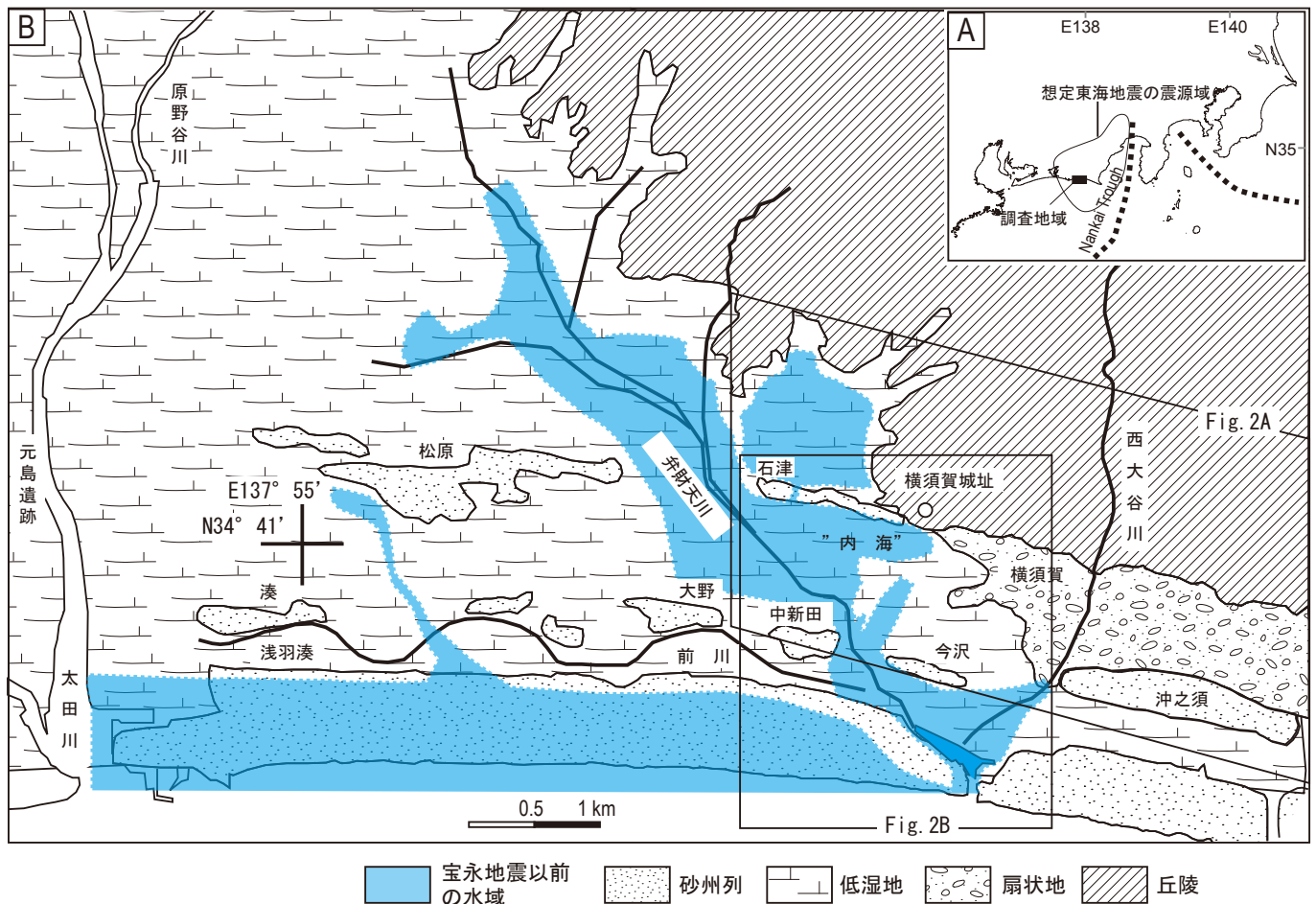
- foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi prefecture, northeast Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd ser. (Geol), 42, 1-85.
- Ramsey, B. C. (1995) Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal Program. *Radiocarbon*, 37, 425-430.
- Ramsey, B. C. (2001) Development of the radiocarbon program OxCal. *Radiocarbon*, 43, 355-363.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Hugen, K. A., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S., Ramsey, B. C., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, V. and Weyhenmeyer, C. E. (2004) IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 Cal Kyr BP. *Radiocarbon* 46, 1029-1058.
- 坂倉範彦 (2004) 潮汐環境の堆積物：日本の干潟の理解に向けて。化石, 76, 48-62.
- 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.
- Scott, D. B., Collins, E. S., Duggan, J., Asioli, A., Saito, T. and Hasegawa, S. (1996) Pacific rim marsh foraminiferal distributions: implications for sea-level studies. *Journal of Coastal Research*, 12, 850-861.
- Scott, D. B., Hasegawa, S., Saito, T., Ito, C. and Collins, E. (1995) Marsh foraminiferal and vegetation distributions in Nemuro Bay wetland areas, eastern Hokkaido. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N.S., No. 180, 282-295.
- 静岡県 (1996) 第 2 節 延宝高潮・洪水。静岡県史別編 2 自然災害誌, 325-339.
- 静岡県教育委員会 (1989a) 静岡県文化財地図Ⅱ, 図幅 27.
- 静岡県教育委員会 (1989b) 静岡県文化財地名表Ⅱ, 172.
- 高田圭太・中田 高・宮城豊彦・原口 強・西谷義数 (2002) 沖積層調査のための小型ジオスライサー (Handy Geoslicer) の開発。地質ニュース, no. 579, 12-18.
- Takada, K. and Atwater, B. F. (2004) Evidence for liquefaction identified in peeled slices of Holocene deposits along the lower Columbia River, Washington. *Bulletin of Seismological Society of America.*, 94, 550-575.
- 内田主税 (2002) 遠州灘沿岸, 静岡県大須賀町付近における古地形環境の変化とイベント堆積物—とくに津波堆積物に注目して—。名古屋大学史学地理学専攻 地理学専門 修士論文, 41pp.
- 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.
- 矢田俊文 (2005) 1498 年明応東海地震の津波被害と中世安濃津の被災。歴史地震, 20, 9-12.
- (受付: 2007 年 8 月 14 日, 受理: 2007 年 11 月 14 日)

第1表. ¹⁴C年代測定データ.
Table 1. ¹⁴C age determination data.

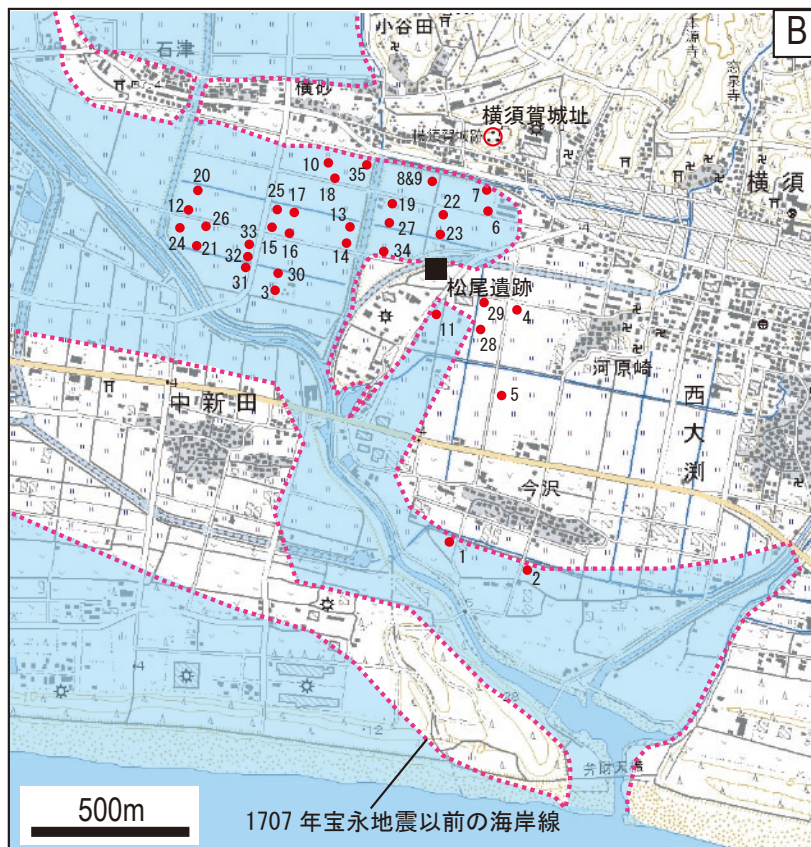
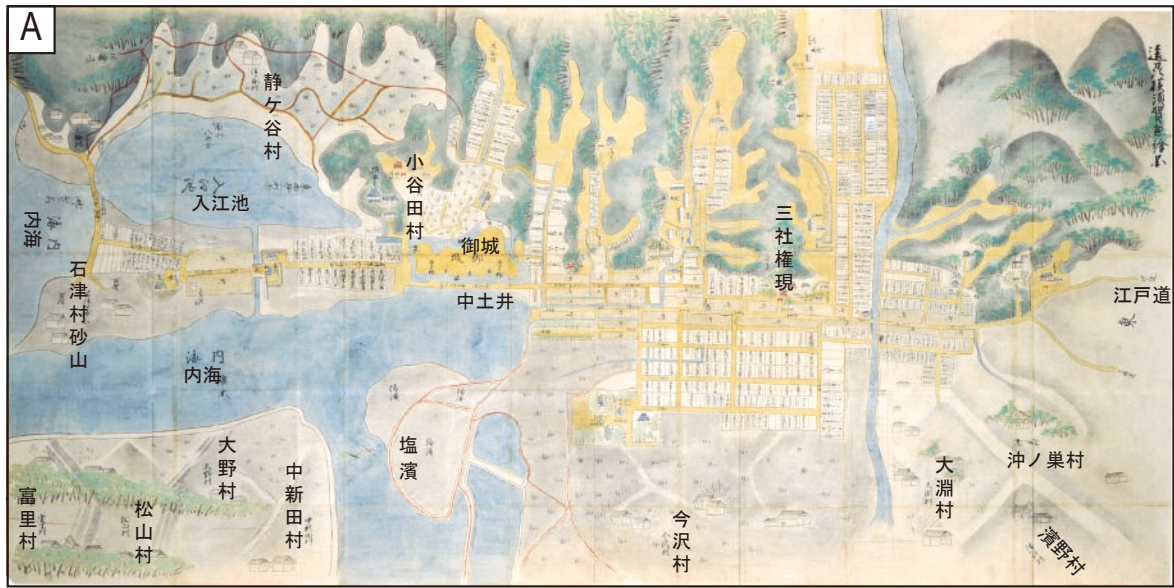
測定番号	コア番号 (深度;cm)	試料の種類	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	¹⁴ C年代 (yrBP±1σ)	暦年代	
					1σ暦年代範囲	2σ暦年代範囲
PLD-6364	OSK-1(76)	植物遺体	-27.47±0.20	950±20	1020AD(18.9%)1050AD 1080AD(49.3%)1150AD	1020AD(95.4%)1160AD
PLD-6365	OSK-1(135)	植物遺体	-26.67±0.20	595±20	1310AD(55.2%)1360AD 1385AD(13.0%)1400AD	1300AD(72.7%)1370AD 1380AD(22.7%)1410AD
PLD-6366	OSK-2(86)	炭化物・材	-25.89±0.23	755±20	1255AD(68.2%)1280AD	1225AD(95.4%)1285AD
PLD-6367	OSK-2(140)	炭化物・材	-28.09±0.24	715±20	1270AD(68.2%)1290AD	1260AD(95.4%)1295AD
PLD-6368	OSK-3(77)	植物遺体	-24.00±0.23	760±20	1250AD(68.2%)1280AD	1220AD(95.4%)1280AD
PLD-6369	OSK-3(110)	ヤマトシジミ (汽水性)	-4.75±0.21	935±20	1030AD(10.4%)1060AD 1080AD(57.8%)1160AD	1030AD(95.4%)1160AD
PLD-6370	OSK-3(166)	植物遺体	-25.86±0.19	1830±20	135AD(54.3%)200AD 205AD(13.9%)225AD	120AD(95.4%)240AD
PLD-6371	OSK-4(73)	材	-25.23±0.18	570±20	1320AD(40.0%)1345AD 1390AD(28.2%)1410AD	1310AD(57.3%)1360AD 1380AD(38.1%)1420AD
PLD-6420	OSK-4(45)	材	-27.38±0.11	355±15	1470AD(42.1%)1520AD 1590AD(26.1%)1620AD	1460AD(49.6%)1530AD 1550AD(45.8%)1640AD
PLD-6421	OSK-4(107)	植物遺体	-27.17±0.11	1890±20	80AD(68.2%)130AD	60AD(93.0%)180AD 190AD(2.4%)210AD
PLD-6422	OSK-4(162)	植物遺体	-27.48±0.10	2695±20	890BC(8.4%)880BC 845BC(59.8%)810BC	895BC(95.4%)805BC
PLD-6423	OSK-5(56)	植物遺体	-25.81±0.12	1020±20	990AD(68.2%)1025AD	985AD(95.4%)1030AD
PLD-6424	OSK-5(89)	植物遺体	-27.00±0.22	1720±20	250AD(36.3%)300AD 320AD(25.3%)350AD 360AD(6.4%)380AD	250AD(95.4%)390AD
PLD-6425	OSK-5(135)	植物遺体	-25.58±0.10	2430±20	530BC(68.2%)410BC	740BC(13.4%)690BC 660BC(2.1%)650BC 550BC(80.0%)400BC
PLD-6684	OSK-6(61)	植物遺体	-28.39±0.14	1690±25	260AD(1.6%)280AD 330AD(66.6%)410AD	250AD(15.3%)300AD 320AD(80.1%)420AD
PLD-6685	OSK-6(107)	植物遺体	-30.31±0.22	4040±30	2620BC(4.6%)2590BC 2580BC(19.1%)2550BC 2540BC(44.5%)2490BC	2830BC(1.7%)2820BC 2630BC(93.7%)2470BC
PLD-6686	OSK-6(173)	植物遺体	-25.70±0.14	4070±25	2840BC(7.0%)2810BC 2640BC(53.9%)2560BC 2520BC(7.3%)2500BC	2850BC(11.7%)2810BC 2750BC(1.3%)2720BC 2700BC(67.7%)2550BC 2540BC(14.7%)2490BC
PLD-6687	OSK-7(149)	植物遺体	-28.14±0.15	3530±25	1920BC(28.7%)1870BC 1850BC(22.8%)1810BC 1800BC(16.7%)1770BC	1940BC(95.4%)1760BC
PLD-6688	OSK-9-37	植物遺体	-30.65±0.14	160±20	1660AD(11.0%)1690AD 1730AD(38.6%)1780AD 1790AD(6.8%)1810AD 1920AD(11.9%)1950AD	1660AD(16.6%)1700AD 1720AD(52.9%)1820AD 1830AD(6.9%)1880AD 1910AD(19.0%)1960AD
PLD-6689	OSK-9(54)	植物遺体	-30.01±0.25	2510±30	770BC(11.1%)740BC 690BC(11.9%)660BC 650BC(45.2%)550BC	790BC(95.4%)530BC
PLD-6690	OSK-9(122)	植物遺体	-24.43±0.13	4395±25	3090BC(13.1%)3060BC 3030BC(15.3%)3000BC 2990BC(39.9%)2920BC	3100BC(95.4%)2920BC
PLD-6691	OSK-9(146)	植物遺体	-29.22±0.14	4005±25	2570BC(52.4%)2515BC 2500BC(15.8%)2480BC	2580BC(95.4%)2470BC
PLD-6692	OSK-11(110)	植物遺体	-29.55±0.21	1600±25	410AD(24.2%)460AD 480AD(44.0%)540AD	410AD(95.4%)540AD
PLD-6693	OSK-11(135)	植物遺体	-28.38±0.13	2275±25	400BC(52.3%)350BC 280BC(15.9%)250BC	400BC(56.6%)350BC 300BC(38.8%)210BC
PLD-6694	OSK-11(208)	植物遺体	-31.52±0.15	2750±25	920BC(68.2%)840BC	980BC(95.4%)820BC
PLD-6695	OSK-12(72)	材	-27.30±0.15	820±20	1210AD(68.2%)1255AD	1175AD(95.4%)1265AD
PLD-6696	OSK-12(128)	植物遺体	-28.50±0.23	860±25	1165AD(68.2%)1215AD	1050AD(5.7%)1080AD 1150AD(89.7%)1260AD
PLD-6697	OSK-12(185)	植物遺体	-29.43±0.14	1835±25	130AD(68.2%)215AD	90AD(1.3%)100AD 120AD(94.1%)250AD
PLD-7011	OSK-15-1(29)	炭化物・材	-29.03±0.13	350±20	1480AD(29.7%)1530AD 1570AD(38.5%)1630AD	1460AD(41.9%)1530AD 1550AD(53.5%)1640AD
PLD-7012	OSK-15-1(74)	植物遺体	-31.76±0.15	290±20	1520AD(42.5%)1560AD 1630AD(25.7%)1650AD	1520AD(62.0%)1600AD 1610AD(33.4%)1660AD
PLD-7013	OSK-15-1(131)	植物遺体	-31.20±0.13	1895±20	80AD(68.2%)130AD	50AD(92.4%)180AD 190AD(3.0%)220AD
PLD-7014	OSK-15-1(178)	植物遺体	-13.11±0.16	1895±20	80AD(68.2%)130AD	50AD(93.1%)180AD 190AD(2.3%)210AD
PLD-7015	OSK-15-2(245)	炭化物・材	-25.80±0.14	1920±20	60AD(40.4%)90AD 95AD(27.8%)125AD 25AD(7.3%)40AD	20AD(95.4%)130AD
PLD-7016	OSK-15-1(267)	炭化物・材	-31.24±0.11	1930±20	50AD(52.0%)90AD 105AD(8.9%)120AD	20AD(95.4%)130AD
PLD-7017	OSK-16(152)	種実	-29.30±0.13	475±20	1425AD(68.2%)1445AD	1415AD(95.4%)1450AD
PLD-7018	OSK-18(58)	炭化物・材	-30.17±0.24	2845±25	1050BC(57.9%)970BC 960BC(10.3%)940BC	1120BC(95.4%)920BC
PLD-7019	OSK-18(82)	植物遺体	-31.08±0.16	1145±20	875AD(23.5%)900AD 915AD(44.7%)965AD	780AD(1.9%)790AD 800AD(93.5%)980AD
PLD-7020	OSK-13(84)	植物遺体	-30.59±0.30	1205±20	775AD(42.9%)830AD 835AD(25.3%)870AD	720AD(3.7%)740AD 770AD(91.7%)890AD
PLD-7021	OSK-17(110)	植物遺体	-30.00±0.20	1830±25	135AD(68.2%)220AD	120AD(95.4%)250AD
PLD-7078	OSK-26(71)	材	-29.63±0.16	355±20	1470AD(38.3%)1530AD 1570AD(29.9%)1630AD	1450AD(46.4%)1530AD 1550AD(49.0%)1640AD
PLD-7079	OSK-14(81)	植物遺体	-38.52±0.41	1610±30	400AD(29.8%)440AD 480AD(38.4%)540AD	390AD(95.4%)540AD
PLD-7080	OSK-21(138)	植物遺体	-31.87±0.16	1665±25	350AD(15.1%)370AD 375AD(53.1%)420AD	260AD(2.5%)280AD 330AD(92.9%)430AD
PLD-7081	OSK-21(232)	植物遺体	-12.21±0.12	1710±20	260AD(18.5%)290AD 320AD(49.7%)390AD	250AD(95.4%)400AD
PLD-7082	OSK-21(295)	植物遺体	-32.28±0.14	1735±20	255AD(68.2%)340AD	240AD(95.4%)390AD

第 2 表. コア OSK-15 の有孔虫分析データ.
Table 2. Foraminiferal fossils from Core OSK-15.

OSK-15	DEPTH (cm) Upper limit	255	240	230	190	180	161	150	141	125	115	105	95	75
	Lower limit	260	245	234	195	183	165	155	143	130	120	110	100	80
AGGLUTINATED														
<i>Cribrostomoides canariensis</i>					8	59				79	5	51	8	
<i>Cribrostomoides</i> sp.					4									
<i>Cribrostomoides</i> spp.					1									
<i>Haplophragmoides</i> spp.						8				1				
<i>Trochammina hadai</i>			1											
<i>Trochammina</i> sp.										2		3		
<i>Trochammina</i> spp.										1				
CALCAREOUS														
<i>Criboelphidium</i> spp.						1								
<i>Valvulineria sadonica</i>					1									
<i>Valvulineria</i> spp.						2								
total benthic foram. number		0	1	0	14	70	0	0	0	83	5	54	8	0
total planktonic foram. number		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total foram number (lg)		0.00	0.09	0.00	1.05	5.32	0.00	0.00	0.00	4.99	0.18	2.20	0.55	0.00
mud content (%)		20.5	87.1	27.6	65.1	94.8	73.0	31.1	64.8	49.7	43.2	56.5	83.4	77.0

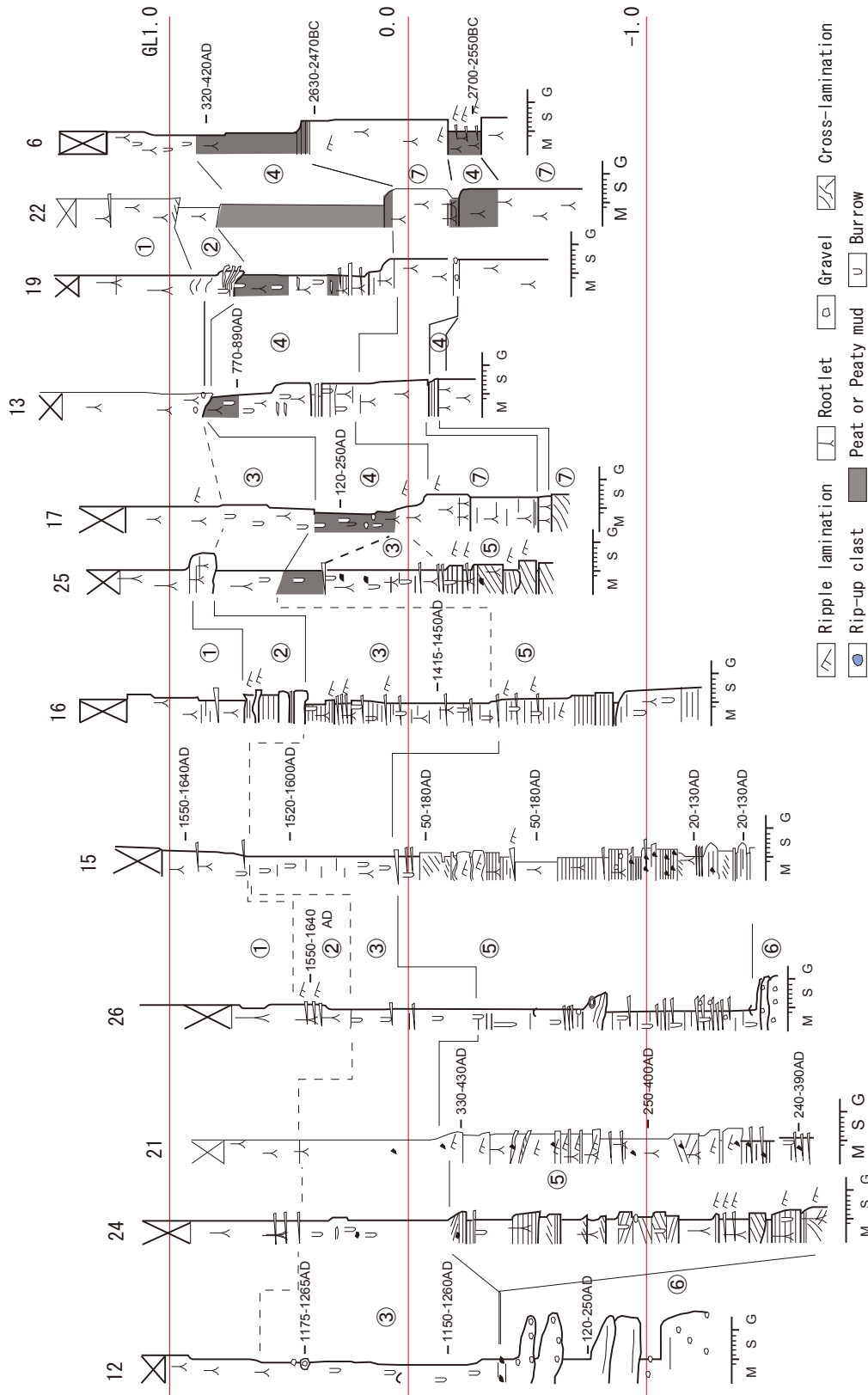


第 1 図. 位置図. A: 想定東海地震の震源域 (内閣府中央防災会議による) と調査地域. B: 調査地域周辺の地形分類図と推定した 1707 年宝永地震前の海岸線. 地形分類は渡辺 (1995) より簡略化. 1707 年宝永地震前の海岸線は, 今村 (1943) を基に「遠州横須賀惣絵図」, 静岡県 (1996), 浅羽町史編さん委員会 (2000b) を参考に修正.
Fig. 1. Index map. A: Assumed source area of “Tokai earthquake” (Cabinet office, government of Japan) and study area. B: Landform classification and estimated former shoreline around the study area. Landform classification was modified from Watanabe (1995). Shoreline before the AD1707 earthquake was modified from several papers and old pictures including Imamura (1943).

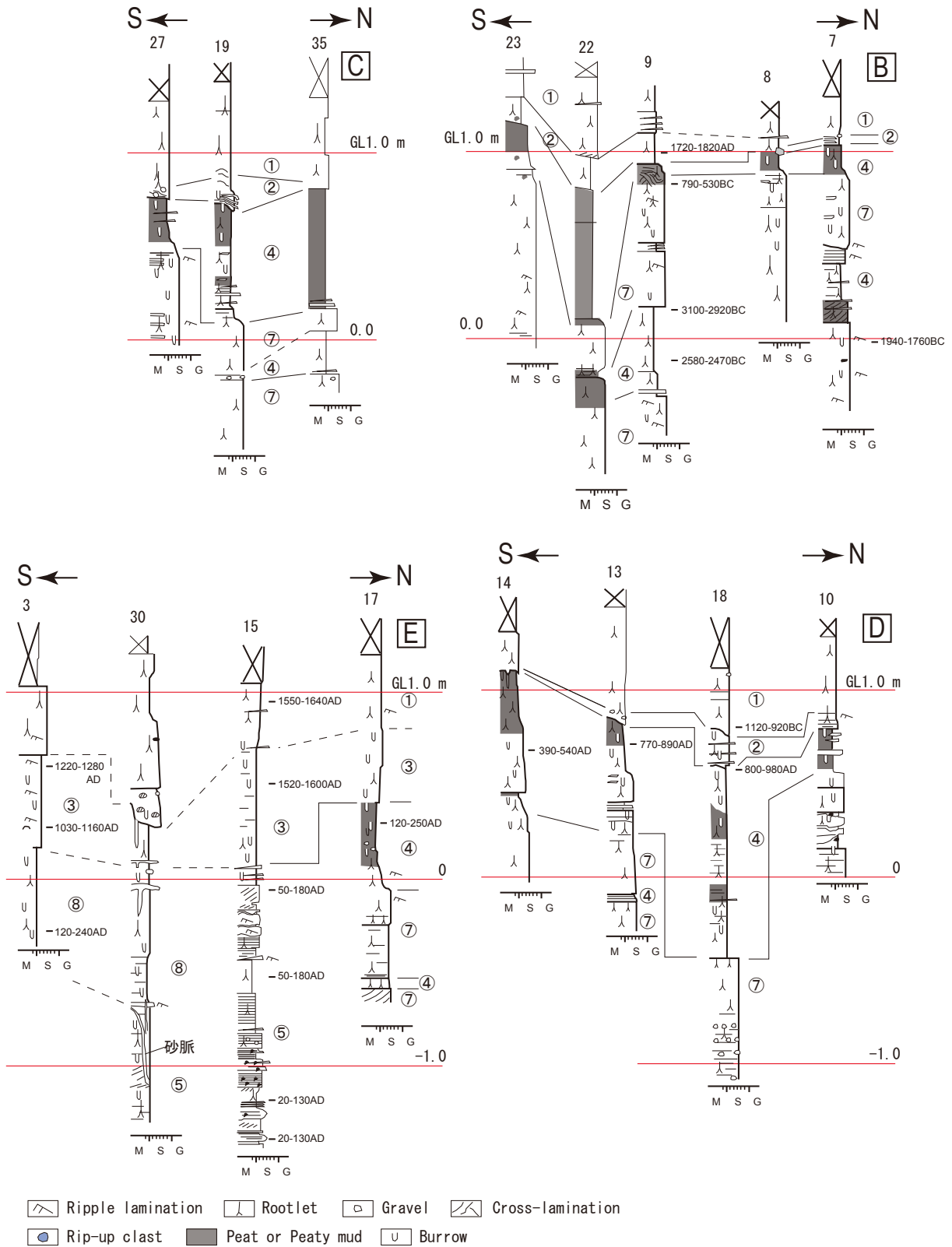


第2図. 調査地の古絵図と掘削位置. A: 遠州横須賀惣絵図 (個人所蔵). 17世紀後半の横須賀城周辺. B: 掘削地点と1707年以前の海岸線(第1B図による). 国土地理院の1/2.5万地形図「袋井」を使用.

Fig. 2. Old picture of study area (A) and map showing the excavation sites (B). The picture shows the castle town “Yokosuka” in the latter half of the 17th century. Excavation sites were plotted on the 1/25,000 map “Fukuroi” of Geographical Survey Institute.

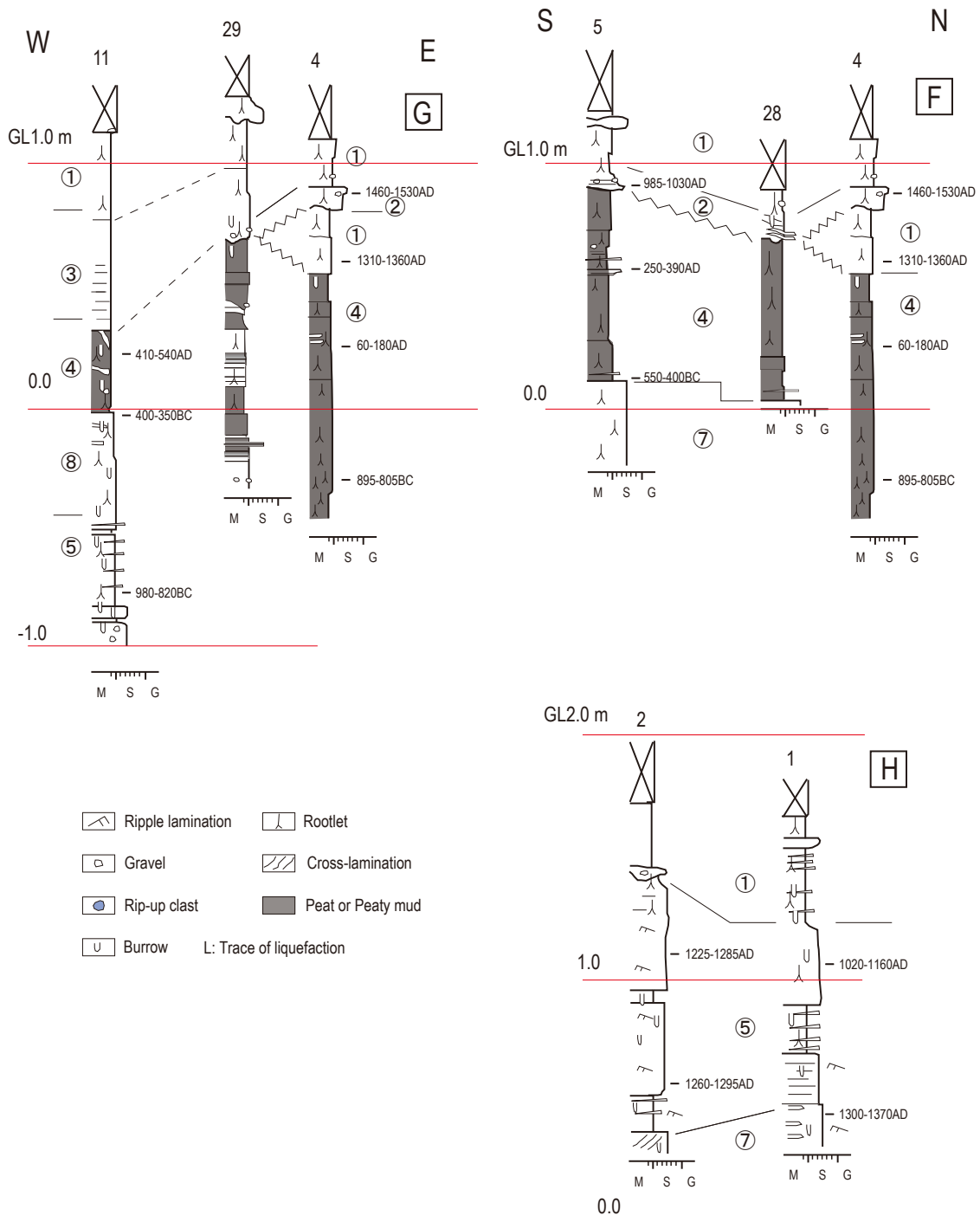


第3A図. 主な柱状図. A: 「内海」跡の東西側線. 図中の①～⑧は堆積相1～8に対応.
 Fig. 3A. Selected columnar sections of cores. A: E-W cross section along the inlet in front of the Yokosuka Castle. ① - ⑧ indicate depositional facies 1-8, respectively.



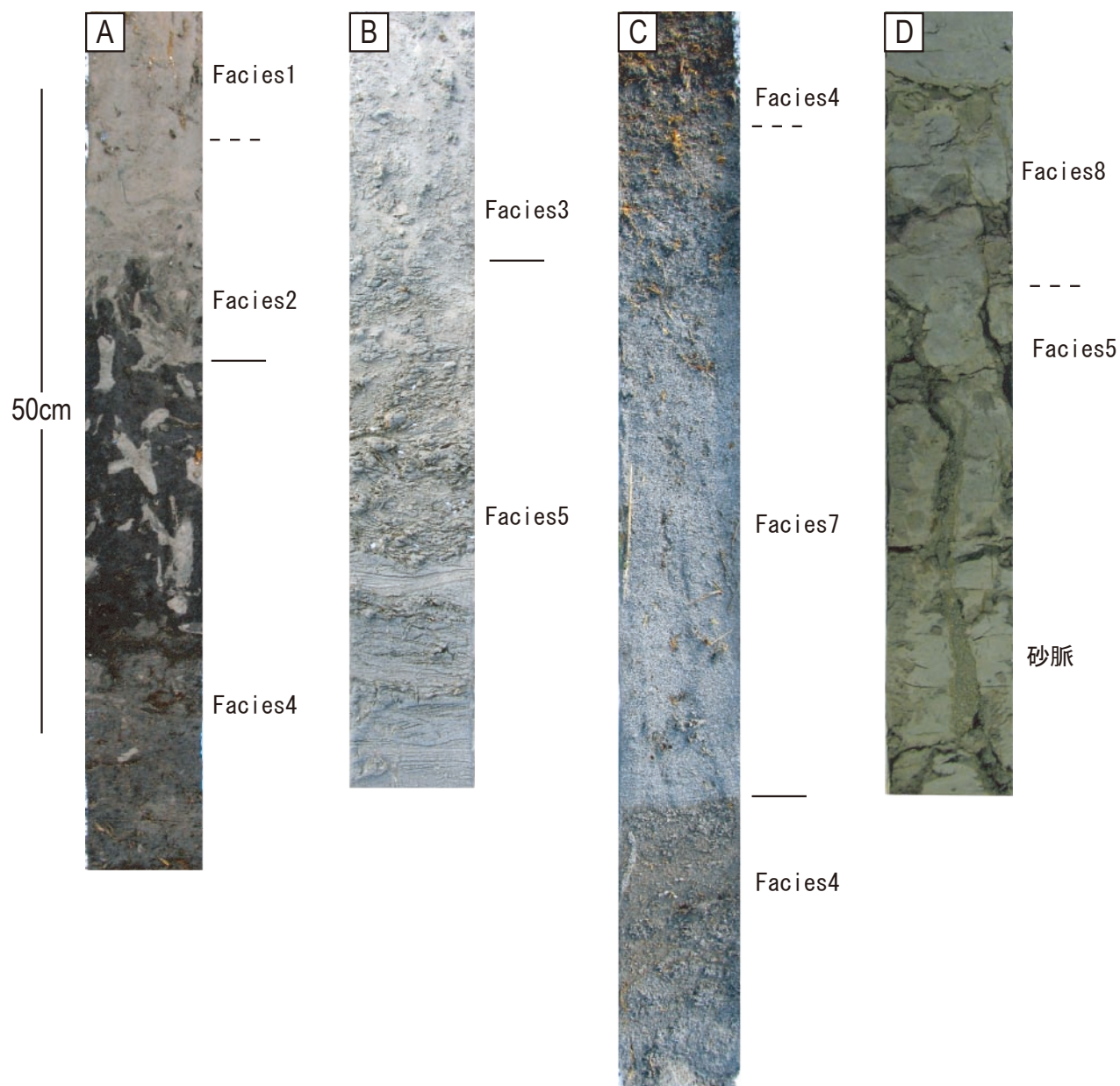
第3B-E図. 主な柱状図. B: 「内海」跡東端部の南北側線. C: 「内海」跡東部の南北側線. D: 「内海」跡中部の南北側線. E: 「内海」跡西部の南北側線. 図中の①~⑧は堆積相1~8に対応.

Fig. 3B-E. Selected columnar sections of cores. B: N-S cross section in the east end of the inlet. C: N-S cross section in the eastern area of the inlet. D: N-S cross section in the middle area of the inlet. E: N-S cross section in the western area of the inlet. ① - ⑧ indicate depositional facies 1-8, respectively.



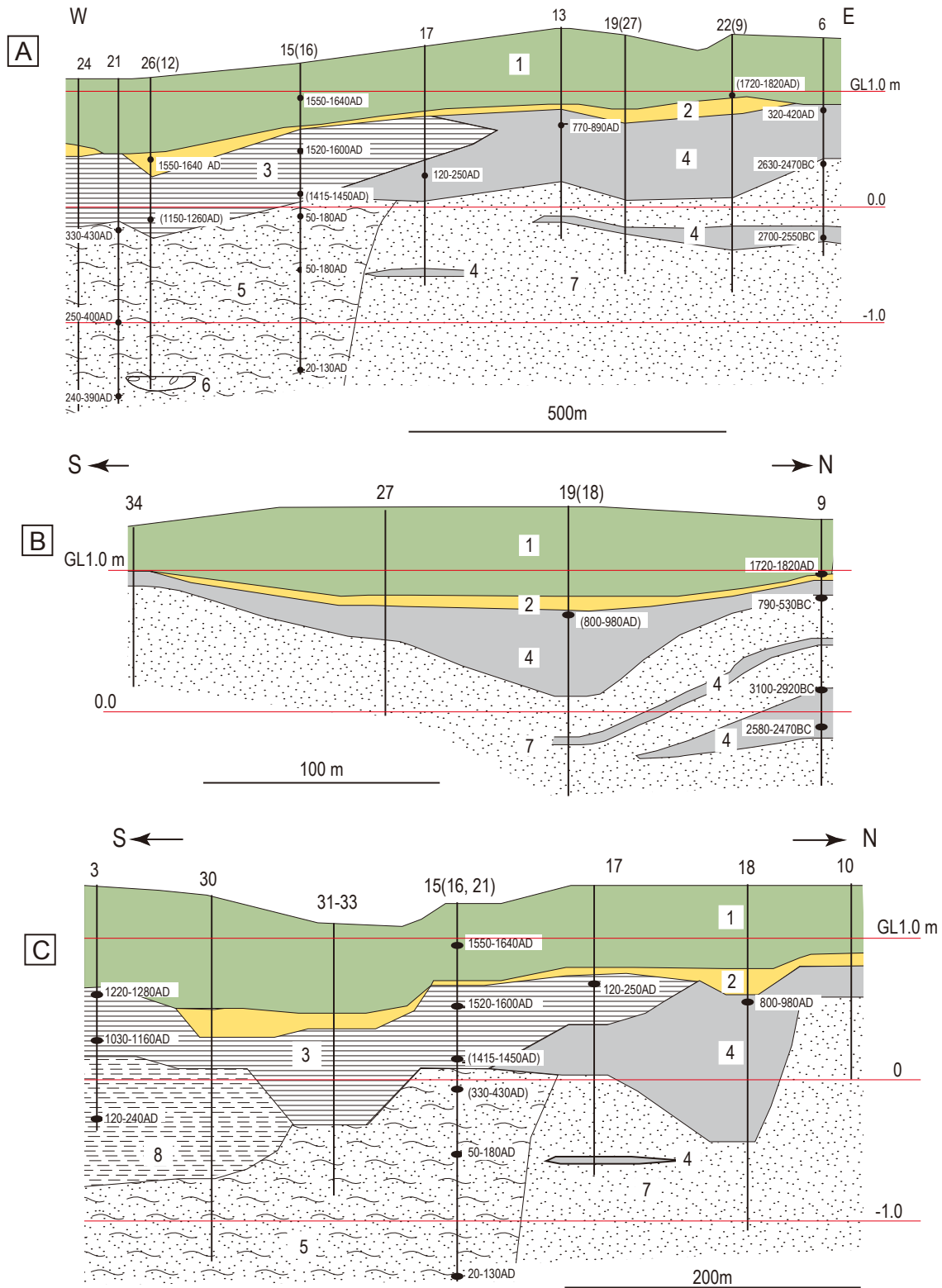
第 3F-H 図. 主な柱状図. F: 塩濱の南側の南北側線. G: 塩濱の南側の東西側線. H: 今沢集落の南側. 図中の①~⑧は堆積相 1~8 に対応.

Fig. 3F-H. Selected columnar sections of cores. F: N-S cross section on the south of Shiohama. G: E-W cross section on the south of Shiohama. H: Southern area of Imazawa Town. ①-⑧ indicate depositional facies 1-8, respectively.



第4図. 主な堆積相の写真. A: 堆積相 1, 2, 4 (コア OSK-19 上部). B: 堆積相 3 と 5 (コア OSK-15 中部). C: 堆積相 4 と 7 (コア OSK-6 下部). D: 堆積相 5 および 8 を引き裂く砂脈 (コア OSK-30 下部)

Fig. 4. Selected photographs of depositional facies. A: Facies 1, 2 and 4 in the upper part of Core OSK-19. B: Facies 3 and 5 in the middle part of Core OSK-15. C: Facies 4 and 7 in the lower part of Core OSK-6. D: Sand dike tearing up the Facies 5 and 8 in lower part of Core OSK-30.



第 5 図. 調査地域の模式断面図. A: 「内海」跡の東西断面. B: 「内海」跡東部の南北側線. C: 「内海」跡西部の南北断面.

Fig. 5. Schematic cross sections of study area. A: E-W cross section of the inlet in front of the Yokosuka Castle. B: N-S cross section of eastern part of the inlet. C: N-S cross section of western part of the inlet. 1-8 indicate depositional facies 1-8, respectively.