



日南海岸外浦湾沿岸低地における完新世中期以降の
古環境：完新世堆積物のAMS¹⁴C
年代測定と珪藻分析の結果

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学教育文化学部 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大平, 明夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5455

日南海岸外浦湾沿岸低地における完新世中期以降の古環境
 —完新世堆積物の AMS¹⁴C 年代測定と珪藻分析の結果—

大平明夫

Middle to Late Holocene Paleoenvironment of a lowland around Tonoura Bay in Nichinan Coast
 - Results of AMS Radiocarbon Dating and Diatom Analysis of Holocene Sediments -

Akio OHIRA

要 旨

九州東岸、日南海岸に位置する外浦湾沿岸低地の完新世中期以降の古環境を、ハンドボーリング調査で採取した堆積物の層相、AMS¹⁴C 年代測定による較正年代、珪藻分析による化石群集に基づいて検討した。その結果、以下の完新世中期以降の古環境変遷が推定された。約 7,900~6,300 cal yr BP には低地全体に内湾が拡大しており、約 6,000~5,700 cal yr BP には低地中央部が海水の流入する泥質干潟、あるいは干潟の沖側に続く浅い海域であった。約 5,600~5,400 cal yr BP まで泥質干潟が継続した後、一時的な塩性湿地の環境を経て砂泥質干潟に変化し、少なくとも西暦 1293-1437 年までその環境が継続していた。

キーワード：日南海岸、外浦湾、AMS¹⁴C 年代測定、較正年代、珪藻分析、完新世、古環境

1. はじめに

九州東岸における沖積低地の地形発達、完新世の相対的海水準変動・地殻変動に関しては、これまで一定の研究の蓄積がある（例えば、千田，1987；前杵・長岡，1988；長岡ほか，1991；前杵，1992；永迫ほか，1999；大平・松島，2003；大平，2005）。長岡ほか（1991）は、宮崎平野における沖積低地の完新世地形発達史を検討し、4面に区分される完新世段丘が非地震性隆起と氷河性ユースタシーの重合によって形成されたこと、段丘面の高度が南部で高くなる傾向があることなどを明らかにした。永迫ほか（1999）は、志布志湾に面した肝属川下流の沖積低地における完新世の地形発達と相対的海水準変動曲線を復元した。それによれば、約 6,000 年前における相対的海水準は標高約 3m であり、宮崎平野や始良カルデラ付近とは異なり、完新世における顕著な隆起は確認されていない。大平（2005）は、延岡平野北部の稲葉崎低地における完新世中期の潮間帯堆積物の年代と堆積環境を分析し、約 6,500~6,000 cal yr BP に現海水準を若干上回る位置に相対的海水準があったことを明らかにしている。日南海岸における岩石海岸においては、前杵・長岡（1988）による離水波食地形の研究がある。それによれば、宮崎平野と同様に、完新世海成段丘（巾着面）が 4面に区分されること、巾着島から都井岬まで段丘面に対応する波食棚やノッチが断続的に分布すること、巾着面は岩石的制約を受け東（海）側に傾斜している場合が多いが、全体としては南の都井岬方向に高度が低下する傾向があることが指摘されている（前杵，1992）。一方、日南海岸における沖積低地においては、完新世の地形発達や相対的海水準変動に関

する研究が十分に行われていない。

さらに、将来発生が予想される南海トラフの地震（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2013）に伴って、大規模な津波が発生することが予想されている。宮崎県沿岸には、最大のケースで高さ 10-17m の津波が襲来すると想定されている（内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会，2012）。九州東岸には、1707 年宝永南海地震や 1662 年寛文日向灘地震などの際に、津波が襲来したことが文献史料・絵図・石碑などに記録されている（例えば、羽鳥，1986；千田ほか，2004）。また、南海トラフ地震に伴う大規模な津波の履歴は、津波堆積物や海岸地形の痕跡といった地形・地質の記録からも復元されている（例えば、岡村・松岡，2012；宍倉，2013）。岡村・松岡（2012）は、大分県佐伯市の龍神池、高知県須崎市のただす池、高知県土佐市の蟹ヶ池などで湖底堆積物の掘削調査を行い、堆積物の中に複数の津波堆積物を検出している。それらの分析から、過去数千年間の南海トラフ地震の津波履歴を明らかにしており、1707 年宝永南海地震の津波と同程度の規模の津波が、約 300-700 年周期で襲来したことが推定されている。一方、宮崎平野においても、完新世堆積物の分析による津波の痕跡に関する研究（生田ほか，2014）が行われている。しかし、宮崎県南部の日南海岸では、過去の南海トラフ地震や日向灘地震による津波堆積物や完新世段丘に打ち上げられた巨礫や生物化石などに関する地形・地質調査が十分に行われていない。

以上のことから、日南海岸に位置する小規模な溺れ谷低地を対象として、ハンドボーリングによる沖積層の掘削調査を行い、堆積物の層相、年代、堆積環境に関する基礎的な研究を行った。本報告の目的は、それらの結果から、外浦湾沿岸低地における完新世中期以降の古環境を明らかにすることである。

2. 調査地域の地形・地質概観

日向灘に面する日南海岸は、主に岩石海岸から構成されており、新第三系宮崎層群の砂岩泥岩互層を侵食して拡大した波食棚が良好に発達している。この波食棚の表面にみられる泥岩と砂岩の凹凸は、「波状岩」あるいは「鬼の洗濯板」として有名である（高橋，1975；内嶋ほか編，1995）。鶴戸山地（鰐塚山地東部）の斜面では、第三系の堆積岩が緩やかに東側に傾斜したケスタ状の地形がみられる（宮崎県農政水産部農業振興課編，1992）。日南市南郷町の面積約 2km² の離島である大島（図 1）は、島全体が緩く東側に傾斜したケスタ状地形をなしている。また、鶴戸山地の斜面では、堆積岩の地層の面をすべり面とした地すべり（層面すべり）が発生するため、主尾根の東側にある砂岩泥岩互層の部分では、地すべり地形が多数分布する（宮崎県農政水産部農業振興課編，1992）。日南海岸に分布する沖積低地は、日南市を流れる酒谷川と串間市を流れる福島川の沖積低地以外は、小規模な溺れ谷低地がいくつか存在するのみである。

調査地域は、宮崎県南部の日南海岸のほぼ中央に位置する、外浦湾沿岸の溺れ谷低地である（図 1）。本報告では、この低地を外浦湾沿岸低地と呼称する。外浦湾沿岸低地に流入する河川は、南西部の潟上川のみである。低地の標高は 0m から約 3m 以下であり、低地内には浜堤や砂丘のような明瞭な海岸地形は認められない（図 2）。

宮崎平野から日南海岸には、西暦 1662 年 10 月 31 日（寛文 2 年 9 月 20 日）に発生した M7.6 (M7 1/2~7 3/4) の日向灘地震（外所地震）による津波が襲来した（例えば、羽鳥，1986；渡辺，1988；宇佐美，2003）。羽鳥（1986）は、この時の津波が外浦湾沿岸低地の下中村（図 2）から低地奥部の狭窄部を乗り越えて北側の南郷川の沖積低地へと侵入したと史料（東京大学地震研究所編（1982）『新収日本地震史料 第二巻』）を解釈して、津波の高さを 2-3m とした。これに対して藤本（1993）は、『新収日本地震史料 第二巻』の記述の出典である『日向纂記』の原文を検討し、羽鳥（1986）の解釈に異を唱えている。さらに原田（2014）は、現在の外浦港より大堂川までの標高が 2-3m であり、地震による地殻の沈下や表層地盤の沈下と合わせて、当時の最大浸水深さの記録がないことや 1662 年日向灘地震のコンピュータシミュレーションによる津波推定高（外浦港と大堂津の中間

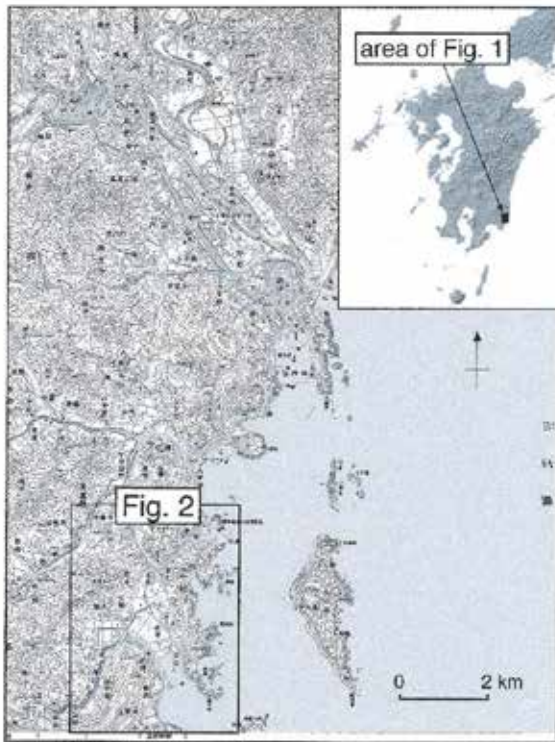


図 1 調査地域の位置

Fig. 1 Topographic map showing the location of the study area.

数値地図 (1/50,000 地形図画像)「飢肥」を使用

点の南郷で約 5m) を考慮して、津波の高さを 4-5m 程度が妥当としている。

低地南東部の外浦湾に近い地域は、人口造成地 (干拓地・埋立地) である。20 世紀における低地の拡大過程を旧版地形図から判読すると、1904 年 (明治 37 年) 発行の 5 万分の 1 地形図「飢肥」では、NA7 地点 (図 2) の約 200m 東南東に位置する伍社神社 (17 世紀半ばの新田開発の際に造られた「松田堤」の上に立地) より南側の地域は海域となっているが、1935 年 (昭和 10 年) 発行の同地形図では、その海域の西側半分が陸地となり、さらに 1955 年 (昭和 30 年) 発行の同地形図では、その全域が陸地となっている。

外浦湾沿岸低地の沖積層については、藤本 (1993) が、試錐工事の地質柱状図に基づいて、層序・層相の概要を報告している。それによれば、沖積層の層厚は最大で 23-24m であり、沖積層中部から上部 (層厚約 12-18 m) は、N 値 0-3 の軟弱な貝殻を含むシルトと砂質シルトである。しかし、沖積層の年代測定や古生物学的分析などは行われていないため、海成層上限の年代や堆積環境についての具体的な内容は不明である。

低地周辺の山地・丘陵は、古第三系日南層群の砂岩・泥岩・砂岩泥岩互層からなる (宮崎県農政水産部農業振興課編, 1992)。山地・丘陵は標高 100-180m 程度であり、その山麓は、小規模な谷底平野となっている。

3. 外浦湾沿岸低地の堆積物

外浦湾沿岸低地において計 8 地点でハンドボーリング調査を実施した (図 2)。ハンドボーリング調査には、採取部口径 3cm のゲージタイプのハンドオーガー (大起理化学工業株式会社製: DIK-100A) を使用した。ボーリング地点を、掘削順に、NA1 地点から NA8 地点とする。計 8 地点のハンドボーリング調査によって、長さ 3m から 6m の地質試料を採取した。また、各ボーリング地点の地盤高 (標高) を、オートレベル (SOKIA B21) を使用し、水準点を基準として測量した。



図 2 外浦湾沿岸低地におけるハンドボーリング地点の位置

Fig. 2 Topographic map showing the location of hand-drilled boreholes in the lowland around Tonoura Bay.

数値地図 (1/25,000 地形図画像) 「榎原」「油津」を使用

ハンドボーリング調査で確認された外浦湾沿岸低地の堆積物は、主に泥層（シルト・粘土層）と砂質泥層・泥質砂層からなる（図 3）。表層の約 0.5m から約 1m は人工的に攪乱された水田土壌（グライ土）である。水田土壌の下位にある砂質泥層・泥質砂層には、多数の貝殻とその破片、木片、植物片が含まれていた。貝殻の特徴から種類が同定できた貝殻は、小型の二枚貝であるシオヤガイ *Anomalocardia squamosus*、小型の巻貝であるウミナシ類（ウミナシ *Batillaria multiformis*、ホソウミナシ *Batillaria cumingi*、カワアイ *Cerithiopsis dadjariensis*）などであった。これらの貝類化石の生息環境から、沖積層最上部の砂質泥層・泥質砂層は、干潟（潮間帯）あるいは干潟から内湾（潮下帯）の堆積物と推定される。砂質泥層・泥質砂層の下位には、比較的均質な泥層（シルト・粘土層）が、NA1 地点から NA4 地点、NA7 地点で確認された。これらの地点は、いずれも外浦湾に近い低地南部に位置している。この泥層にも、小型の二枚貝の貝殻破片、植物片、木片が含まれていた。また、NA7 地点では、泥層（シルト・粘土層）の中に、複数の細砂の薄層が認められた。とくに明瞭な砂層は、深度 3.87-3.92m、深度 4.05-4.07m、5.68-5.75m に存在する。これらの砂層の層相を詳しく観察すると、下部から上部へ細粒化しており、上部で植物片も混入することから、洪水イベントの堆積物である可能性が高い。なお、層相から判別できるような明瞭な特徴を持つ津波堆積物（澤井, 2012）は、現段階では発見されていない。

低地最奥部に位置する NA6 地点の堆積物は全体的に砂質である。深度 6.00m（標高-4.20m）で堅固な地層にあたり、6.00m 以深は掘削できなかった。堆積物最下部の深度 5.50m から深度 6.00m（標高-3.70m から -4.20m）は、径 1-2cm の礫混じり砂質泥層であり、極小の貝殻破片と木片が含まれていた。

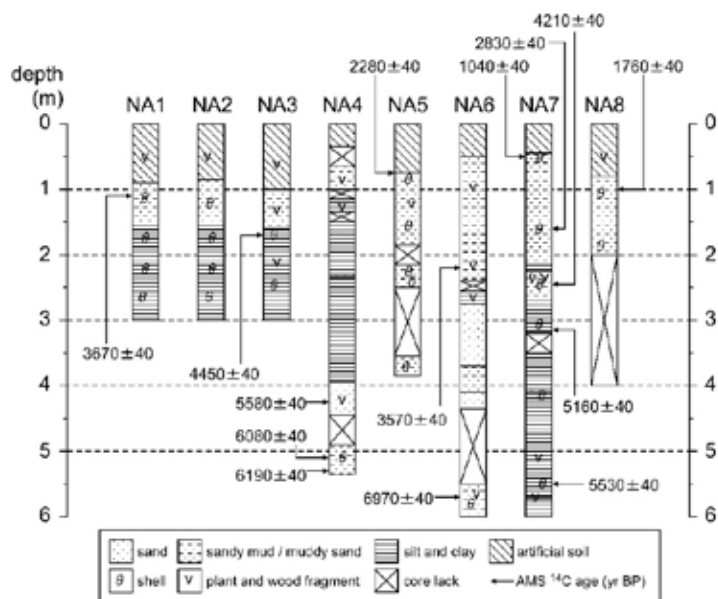


図 3 外浦湾沿岸低地の地質柱状図

Fig. 3 Geological columnar sections of the lowland around Tonoura Bay.

AMS¹⁴C 年代測定値は同位体補正年代 (conventional age) で表示

4. 堆積物の放射性炭素年代とその較正年代

ボーリングコアから得られた貝殻と木片を試料として、14 件の加速器質量分析法 (AMS: Accelerator Mass Spectrometry) による放射性炭素 (¹⁴C) 年代測定を行った (表 1)。測定は、株式会社地球科学研究所に依頼し、Beta Analytic で実施した。さらに、同位体分別効果を補正した ¹⁴C 年代測定値 (conventional age) を、Calib 7.1 (Stuiver and Reimer, 1993) を使用して、較正年代 (calibrated age) に変換した。その際、較正曲線は IntCal13 と MARINE13 (Reimer *et al.*, 2013) を使用した。Calib 7.1 による較正は確率法で行い、誤差 2σ (確率 95%) の範囲の較正年代とその確率分布を求めた (表 1)。試料が海洋性貝類化石である場合には、表層海水のリザーバ効果の補正を行った。ローカルリザーバ効果の補正には、調査地域の九州南部の沿岸と同様に、黒潮域に位置する南西諸島石垣島付近の海洋で得られたリザーバ年代 ($\Delta R = 35 \pm 25$ 年; Hideshima *et al.*, 2001) を使用した。なお、¹⁴C 年代と較正年代の報告については、奥野ほか (2013) の指摘に従って、データの項目と表記方法を決定した。

AMS¹⁴C 年代測定と較正の結果は、以下の通りである。最も古い年代は、NA6 地点の深度 5.70m (標高-3.90 m) の木片 (サンプル番号: NA6-570) が、同位体補正年代で 6970 ± 40 yr BP、較正年代 (確率分布) で 7695-7870 cal yr BP (90.7%)、7897-7926 cal yr BP (9.3%) であった。最も新しい年代は、NA7 地点の深度 0.50m (標高-0.12m) の貝殻片 (サンプル番号: NA7-050) が、同位体補正年代で 1040 ± 40 yr BP、較正年代 (確率分布) で 513-657 cal yr BP (100%) であった。この較正年代は、暦年表示では西暦 1293-1437 年 (cal AD) となる。

外浦湾沿岸低地には、既述したように、現在から約 350 年前の西暦 1662 年 (寛文 2 年) に津波が襲来した。西暦 1662 年を記録した堆積物は、NA7 地点で得られた較正年代 (暦年代) を考慮すると、深度 0.00m から 0.50

表 1 外浦湾沿岸低地の堆積物の AMS¹⁴C 年代と校正年代Table 1. AMS ¹⁴C ages and calibrated ages of the sediments in the lowland around Tonoura Bay.

Borehole Site	Sample Number	Elevation (m TP)	Dated Material	Measured age (yr BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional age (yr BP)	Calibrated age (95% probability) (cal yr BP)	Calibrated age (95% probability) (cal AD/BC)	relative area under probability distribution	Laboratory code
NA1	NA1-110	-0.19	shell	3260 ± 40	0.3	3670 ± 40	3411 - 3668	BC 1719 - 1462	1.000	Beta-187548 *
NA3	NA3-162	-0.21	shell	4050 ± 40	-0.8	4450 ± 40	4430 - 4734, 4745 - 4771	BC 2785 - 2481, 2822 - 2796	0.969, 0.031	Beta-196660 *
NA4	NA4-424	-2.00	wood	5590 ± 40	-25.6	5580 ± 40	6296 - 6436	BC 4487 - 4347	1.000	Beta-196231
NA4	NA4-512	-2.88	shell	5680 ± 40	-0.8	6080 ± 40	6341 - 6601	BC 4652 - 4392	1.000	Beta-196232 *
NA4	NA4-532	-3.08	shell	5770 ± 40	0.8	6190 ± 40	6462 - 6712	BC 4763 - 4513	1.000	Beta-196233 *
NA5	NA5-077	-0.12	shell	1870 ± 40	0.1	2280 ± 40	1719 - 1970	BC 21 - AD 231	1.000	Beta-199234 *
NA6	NA6-221	-0.41	wood	3600 ± 40	-26.9	3570 ± 40	3723 - 3797, 3816 - 3977	BC 1848 - 1774, 2028 - 1867	0.159, 0.841	Beta-196235
NA6	NA6-570	-3.90	wood	6970 ± 40	-25.1	6970 ± 40	7695 - 7870, 7897 - 7926	BC 5921 - 5746, 5977 - 5948	0.907, 0.093	Beta-196236
NA7	NA7-050	-0.12	shell	630 ± 40	0.1	1040 ± 40	513 - 657	AD 1293 - 1437	1.000	Beta-211243 *
NA7	NA7-157	-1.19	shell	2420 ± 40	0.2	2830 ± 40	2374 - 2689	BC 740 - 425	1.000	Beta-224895 *
NA7	NA7-246	-2.08	shell	3810 ± 40	-0.7	4210 ± 40	4114 - 4402	BC 2453 - 2165	1.000	Beta-211244 *
NA7	NA7-315	-2.77	shell	4780 ± 40	-1.7	5160 ± 40	5332 - 5339, 5343 - 5373, 5378 - 5562	BC 3390 - 3393, 3424 - 3394, 3633 - 3429	0.008, 0.036, 0.955	Beta-224896 *
NA7	NA7-552	-5.14	shell	5190 ± 40	-4.1	5530 ± 40	5739 - 5980	BC 403 - 3790	1.000	Beta-211245 *
NA8	NA8-100	-0.28	shell	1380 ± 40	-1.0	1760 ± 40	1178 - 1368	AD 582 - 772	1.000	Beta-211246 *

* Local reservoir correction (Delta R = 35 ± 25) was applied for marine shells.

** IntCal13 and MARINE13 Radiocarbon Age Calibration curves (Reimer et al., 2013) using CALIB rev. 7.1.0 program.

mの表層土壌が相当する。しかし、外浦湾沿岸低地では、水田をはじめとする土地利用（表層土壌の攪乱）が進んでいること、堆積速度が極めて遅いことから、西暦 1662 年の津波を記録した堆積物の認定は、困難であると考えられる。

低地北部に伸びる谷に位置する NA4 地点では、深度 5.00m から 5.35m（標高-2.76m から -3.11m）の泥質砂層の中に、二枚貝と巻貝が多数みられた。深度 5.12m（標高-2.88m）から産出した二枚貝の破片の年代（サンプル番号：NA4-512）は、同位体補正年代で 6080 ± 40 yr BP、較正年代（確率分布）で 6341-6601 cal yr BP（100%）であった。深度 5.32m（標高-3.08m）から産出した二枚貝と巻貝の破片（サンプル番号：NA4-532）は、同位体補正年代で 6190 ± 40 yr BP、較正年代（確率分布）で 6462-6712 cal yr BP（100%）であった。

5. 珪藻分析による堆積環境の推定

NA7 地点におけるハンドボーリング調査で採取された長さ 6m の試料を使用して、珪藻分析を行った。分析は、深度 0.00m から 6.00m までの堆積物を 20cm 間隔で合計 31 層準を行った。ただし、深度 3.40m（深度 3.20-3.49m）はボーリングコアが採取できなかったため、深度 3.50m の堆積物を分析した。

珪藻分析用のプレパラートの作成は、従来の一般的な方法（例えば、小杉，1993）に従った。各層準 3 枚のプレパラートを作成し、全てのプレパラートを検鏡した。ただし、一層準あたり 200 以上の珪藻を計数できた場合は、検鏡を打ち切った。検鏡は、倍率 400 倍（必要に応じて 1,000 倍）の光学顕微鏡（OLYMPUS CX21）を使用し、Krammer and Lange-Bertalot (1991a, 1991b, 1997a, 1997b) などの多くの既存研究の写真図版を参考にした。珪藻の生態については、日本列島における現生珪藻の生息環境と化石群集に関する研究（例えば、安藤，1980；鹿島，1986；小杉，1988；Sawai，2001）を参考にした。

NA7 地点における珪藻分析結果を表 2 に示す。珪藻の出現した頻度についてみると、深度 0.00m から 3.60m の堆積物では、珪藻の出現が全くないか、極めて少ない（殻数 1-9）層準が多かった。一方、深度 3.80m から 6.00m の堆積物では、珪藻の出現が一定数（殻数 100 以上）あった層準と少ない（殻数 10-99）層準があった。深度 3.80m 以下の堆積物で、珪藻を 100 以上計数できた層準（殻数）は、深度 3.80m（108）、4.60m（203）、5.00m（200）、5.60m（170）、5.80m（153）であった。

珪藻を 100 以上計数できた深度 3.80m から 5.80m の層準における化石群集の特徴は、以下の通りである。出現頻度が高かった珪藻は、Nitzschia granulata、Nitzschia cocconeiformis、Opephora martyi、Rhaphoneis surirella、Navicula marina であった。これらの珪藻は、環境指標種群（小杉，1988）に属する種である。小杉（1988）によれば、Nitzschia granulata、Nitzschia cocconeiformis、Navicula marina は、海水泥質干潟指標種群に属する。また、Opephora martyi、Rhaphoneis surirella は、海水砂質干潟指標種群に属する。これらの珪藻から、堆積環境を推定することができる。珪藻が 100 以上計数できた深度 5.80m、5.60m、5.00m、4.60m、3.80m の珪藻種別の割合（%）は、以下の通りである。

深度 5.80m（標高-5.42m）で出現した主な珪藻（割合）は、Nitzschia granulata（24.2%）、Rhaphoneis surirella（13.7%）、Opephora martyi（13.7%）、Nitzschia cocconeiformis（8.5%）であった。深度 5.60m（標高-5.22m）で出現した主な珪藻（割合）は、Nitzschia granulata（22.9%）、Rhaphoneis surirella（16.5%）、Opephora martyi（8.2%）、Nitzschia cocconeiformis（7.6%）、Navicula marina（4.1%）、Cocconeis scutellum（3.5%）であった。Cocconeis scutellum は、高鹹汽水域で海藻などに付着して生息する種（鹿島，1986）、海水藻場指標種群の代表種（小杉，1988）とされるが、遺骸の一部がはがれて潮流で拡散しやすく、異地性群集になりやすい（Sawai，2001）ともされている。深度 5.00m（標高-4.62m）で出現した主な珪藻（割合）は、Nitzschia granulata（35.5%）、Nitzschia cocconeiformis（20.0%）、Opephora martyi（9.0%）、

表 2 NA7 地点の珪藻分析結果

Table 2 Result of diatom analysis of the sediments at the hand-drilled borehole site NA7.

depth(m)	facies	frequency	diatom(number)	total	ecology	palaeo-environment
0.00	clay (artificial)	very few	<i>Nitzschia</i> sp.(3), <i>Auracoceira</i> sp.(1), <i>Pinnulata</i> sp.(1), <i>Diploneis</i> sp.(1)	6	freshwater	paddy field
0.20	clay (artificial)	very few	<i>Pinnulata</i> sp.(1)	1	freshwater	paddy field
0.40	clay (artificial)	very few	<i>Auracoceira</i> sp.(1), <i>Cymbella</i> sp.(1), <i>Pinnulata</i> sp.(1)	3	freshwater	paddy field
0.60	sandy silt	very few	<i>Navicula marina</i> (1)	1	marine-brackish	tidal flat ?
0.80	sandy silt	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (1)	1	marine-brackish	tidal flat ?
1.00	sandy silt	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (1), <i>Diploneis</i> sp.(1), <i>Navicula</i> sp.(1)	4	marine-brackish	tidal flat ?
1.20	sandy silt	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (1), <i>Diploneis</i> sp.(1), <i>Navicula</i> sp.(1), <i>Cymbella</i> sp.(1), <i>Gyrodinium</i> sp.(1)	6	marine-brackish	tidal flat ?
1.40	sandy silt	very few	<i>Diploneis</i> sp.(2), <i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Pinnulata</i> sp.(1), <i>Synedra ulva</i> (1)	5	marine-brackish	tidal flat ?
1.60	sandy silt	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Navicula</i> sp.(1)	2	marine-brackish	tidal flat ?
1.80	sandy silt	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Achnanthes</i> sp.(1)	2	marine-brackish	tidal flat ?
2.00	sandy silt	very few	<i>Opogona marfyi</i> (2), <i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (1)	4	marine-brackish	tidal flat ?
2.20	sandy silt	none		0		
2.40	sandy silt	very few	<i>Nitzschia mydonella</i> (1), <i>Rhopalodia gibberula</i> (1)	2	brackish-fresh	unknown
2.60	sandy silt	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (2)	2	marine-brackish	tidal flat ?
2.80	silty clay	none		0		
3.00	silty clay	none		0		
3.20	silty clay	none		0		
3.50	silty clay	very few	<i>Nitzschia granulata</i> (1), <i>Navicula</i> sp.(1)	2	marine-brackish	tidal flat ?
3.60	silty clay	none		0		
3.80	silty clay	common	<i>Nitzschia granulata</i> (29), <i>Opogona marfyi</i> (21), <i>Navicula marina</i> (10), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (6), <i>Rhaphoneis surirella</i> (5), <i>Mitazschia lyroides</i> (5), <i>Navicula</i> sp.(5), etc.	108	marine-brackish	tidal flat
4.00	silty clay	few	<i>Nitzschia granulata</i> (7), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (2), <i>Navicula marina</i> (1), <i>Opogona marfyi</i> (1), <i>Rhaphoneis surirella</i> (1), <i>Diploneis</i> sp.(1), <i>Cymbella</i> sp.(1), <i>Gomphonema</i> sp.(1)	15	marine-brackish	tidal flat
4.20	silty clay	few	<i>Opogona marfyi</i> (4), <i>Nitzschia granulata</i> (2), <i>Rhaphoneis surirella</i> (1), <i>Diploneis</i> sp.(1), <i>Achnanthes</i> sp.(1)	10	marine-brackish	tidal flat
4.40	silty clay	few	<i>Nitzschia cocconeiformis</i> (7), <i>Rhaphoneis surirella</i> (3), <i>Opogona marfyi</i> (3), <i>Nitzschia granulata</i> (2), <i>Pinnulata sulcata</i> (2), <i>Navicula</i> sp.(1)	18	marine-brackish	tidal flat
4.60	silty clay	common	<i>Nitzschia granulata</i> (69), <i>Opogona marfyi</i> (28), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (27), <i>Rhaphoneis surirella</i> (18), <i>Navicula marina</i> (9), <i>Diploneis surirella</i> (5), <i>Glyphodesmia willamsoni</i> (3), etc.	203	marine-brackish	tidal flat
4.80	silty clay	few	<i>Opogona marfyi</i> (4), <i>Nitzschia granulata</i> (3), <i>Diploneis</i> sp.(3), <i>Diploneis smithii</i> (1), <i>Navicula marina</i> (1), <i>Achnanthes</i> sp.(1)	14	marine-brackish	tidal flat
5.00	silty clay	common	<i>Nitzschia granulata</i> (71), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (40), <i>Opogona marfyi</i> (11), <i>Rhaphoneis surirella</i> (10), <i>Achnanthes</i> sp.(6), <i>Navicula marina</i> (5), etc.	200	marine-brackish	tidal flat
5.20	silty clay	few	<i>Nitzschia granulata</i> (9), <i>Opogona marfyi</i> (3), <i>Diploneis smithii</i> (3), <i>Diploneis</i> sp.(2), <i>Navicula marina</i> (1), <i>Rhaphoneis surirella</i> (1), <i>Cocconeis</i> sp.(1)	21	marine-brackish	tidal flat
5.40	silty clay	few	<i>Nitzschia granulata</i> (7), <i>Navicula marina</i> (5), <i>Opogona marfyi</i> (3), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (2), <i>Achnanthes brevipes</i> (2), <i>Diploneis smithii</i> (2), <i>Diploneis</i> sp.(1)	22	marine-brackish	tidal flat
5.60	silty clay	common	<i>Nitzschia granulata</i> (81), <i>Rhaphoneis surirella</i> (28), <i>Opogona marfyi</i> (14), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (13), <i>Diploneis</i> sp.(10), <i>Navicula marina</i> (7), <i>Cocconeis scutellum</i> (6), <i>Glyphodesmia willamsoni</i> (2), <i>Cymbella</i> sp.(1), etc.	170	marine-brackish	tidal flat
5.80	silty clay	common	<i>Nitzschia granulata</i> (37), <i>Rhaphoneis surirella</i> (21), <i>Opogona marfyi</i> (21), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (13), <i>Diploneis</i> sp.(13), <i>Achnanthes</i> sp.(4), <i>Thalassiosira</i> sp.(4), etc.	153	marine-brackish	tidal flat
6.00	silty clay	few	<i>Nitzschia granulata</i> (4), <i>Opogona marfyi</i> (4), <i>Achnanthes</i> sp.(3), <i>Diploneis</i> sp.(2), <i>Nitzschia cocconeiformis</i> (1)	18	marine-brackish	tidal flat

very few number : 1-9

few number : 10-99

common number : 100-

Rhaphoneis surirella (5.0%) であった。深度 4.60m (標高-4.22m) で出現した主な珪藻 (割合) は、Nitzschia granulata (24.1%)、Opephora martyi (13.8%)、Nitzschia cocconeiformis (13.3%)、Rhaphoneis surirella (9.4%)、Navicula marina (4.4%) であった。深度 3.80m (標高-3.42m) で出現した主な珪藻 (割合) は、Nitzschia granulata (26.9%)、Opephora martyi (19.4%)、Navicula marina (9.3%)、Nitzschia cocconeiformis (5.6%)、Rhaphoneis surirella (5.6%) であった。以上のように、干潟指標種群の珪藻が優占する特徴がみられたが、深度 5.80m で Thalassiosira sp.、深度 4.40m (標高-4.02m) で Palalia sulcata といった内湾に生息する種 (鹿島, 1986; 小杉, 1988) もごくわずかに含まれていた。このことから、深度 3.80m から 5.80m のシルト質粘土の堆積環境は、海水の流入する泥質干潟、あるいは干潟の沖側の浅い海域であったと推定される。

一方、深度 3.60m より上位の堆積物では、出現した珪藻が少ないため、珪藻種の生息環境のみで堆積環境を特定することはできない。深度 3.60m から 2.20m のシルト質粘土と砂質シルトでは、ごくわずかに出現した珪藻は、海水泥質干潟指標種群の Nitzschia granulata と淡水から低鹹汽水域に生息する (鹿島, 1986) とされる Rhopalodia gibberula などであった。また、NA7 地点の深度 2.50m から深度 2.20m の砂質シルトには、ウミナ類や二枚貝の貝殻がみられ、同時に植物片もかなり多く集積していることから、塩性湿地の環境であった可能性が考えられる。深度 2.20m から 0.60m の砂質シルトでは、ごくわずかに出現した珪藻は、海水泥質干潟指標種群の Nitzschia granulata、Nitzschia cocconeiformis などであった。NA7 地点の深度 2.20m から 0.60m の砂質シルトには、ウミナ類や二枚貝の貝殻が連続的にみられることから、海水の流入する砂泥質干潟の環境が継続していた可能性が高い。

6. 考察

①外浦湾沿岸低地における完新世中期以降の古環境

ハンドボーリング調査で採取された堆積物の層相、AMS¹⁴C 年代測定による較正年代、NA7 地点における珪藻分析結果に基づいて、外浦湾沿岸低地における完新世中期以降の古環境を検討する。

低地北部に伸びる谷に位置する NA4 地点の深度 5.12m (標高-2.88m) と深度 5.32m (標高-3.08m) の貝殻の較正年代は、約 6,700~6,300 cal yr BP を示した。また、NA6 地点の深度 5.70m (標高-3.90m) の貝殻混じり砂質シルト層に含まれていた木片の較正年代は、約 7,900~7,700 cal yr BP を示した。これらのことから、約 7,900~6,300 cal yr BP には、外浦湾沿岸低地に縄文海進 (完新世海進) が達しており、低地全体に内湾が拡大していたと推定される。

低地中央部に位置する NA7 地点の深度 5.52m (標高-5.14m) の貝殻の較正年代は、5739-5980 cal yr BP を示した。また、NA7 地点の深度 5.60m (標高-5.22m) と 5.40m (標高-5.02m) の珪藻化石群集は、海水泥質干潟指標種群が優占していた。これらのことから、約 6,000~5,700 cal yr BP には、低地中央部は、海水の流入する泥質干潟、あるいは干潟の沖側に続く浅い海域となっていたと推定される。NA7 地点の珪藻分析結果と較正年代から、約 5,600~5,400 cal yr BP まで、海水の流入する泥質干潟の環境が継続した。ところで、NA7 地点の深度 3.60m から 2.70m 付近の堆積物は、わずかに植物片を含む均質なシルト質粘土であり、珪藻もほとんど出現しない。こうした泥層は、洪水時の細粒物質が堆積した部分と思われる。

その後、NA7 地点の環境は、一時的な塩性湿地の環境を経て、海水の流入する泥質干潟から砂泥質干潟に変化した。この砂泥質干潟の環境が、少なくとも西暦 1293-1437 年 (cal AD) までは継続し、その後、水田に変わった。NA7 地点を含む低地の北部が水田化 (干拓) された正確な時期は不明であるが、1662 年日向灘地震時には、従来の研究 (藤本, 1993; 原田, 2014) による史料の解釈も考慮すると、干潟 (水深のごく浅い海域)

の環境であったと推定される。低地北部に伸びる谷も同様の環境であった可能性が高いが、NA6 地点、NA4 地点の珪藻分析結果が出ていないので、現段階では確定していない。

②日南海岸における完新世中期の相対的海水準

外浦湾沿岸低地における完新世中期の相対的海水準は、NA4 地点の貝殻の年代と産出高度から、約 6,500 cal yr BP に約-3m、あるいは水深を考慮して、約-3mより若干上位にあったと認定される。

日南海岸北部では、鶴戸神宮付近に完新世の隆起海食台が標高 7-8m付近に認められている（長岡・町田，2001）。また、前空・長岡（1988）は、巾着島付近の海成段丘を調査し、4面の海成段丘（巾着Ⅰ面～Ⅳ面）を認め、最高位の巾着Ⅰ面は標高 7-9mにあるとした。ただし、これらの海成段丘の年代は十分に得られていない。仮に、標高 8m付近にある海成段丘の年代を完新世中期（約 6,000～7,000 年前）とすると、外浦湾沿岸低地における相対的海水準と 10m程度の差があることになる。外浦湾沿岸低地における完新世中期の相対的海水準は、貝の生息した正確な水深や地盤沈下量を考慮していないので、低すぎる高度に認定されたとも考えられる。しかし、外浦湾沿岸低地を含む日南海岸南部の沖積低地には、隆起地域特有の明瞭な完新世段丘が認められないことも考え合わせると、日南海岸南部（外浦湾付近）は、日南海岸北部（巾着島から鶴戸神宮付近）のように隆起していないと推定される。前空・長岡（1988）は、巾着島から都井岬まで、巾着Ⅰ面～Ⅳ面に対応する波食棚やノッチが断続的に分布するとしたが、旧汀線地形の年代の特定が必要である。

7. まとめ

日南海岸外浦湾沿岸低地における完新世中期以降の古環境を、ハンドボーリング調査で採取された堆積物の層相、AMS¹⁴C 年代測定による較正年代、珪藻分析による化石群集に基づいて検討した。その結果、以下の古環境の変遷が推定された。

①約 7,900～6,300 cal yr BP には、外浦湾沿岸低地に縄文海進（完新世海進）が達しており、低地全体に内湾が拡大していた。②約 6,000～5,700 cal yr BP には、低地中央部は、海水の流入する泥質干潟、あるいは干潟の沖側に続く浅い海域となっていた。③海水の流入する泥質干潟の環境が、約 5,600～5,400 cal yr BP まで継続した後、一時的な塩性湿地の環境を経て、砂泥質干潟に変化した。④海水の流入する砂泥質干潟の環境は、少なくとも西暦 1293-1437 年（cal AD）まで継続していた。

文献

- 安藤一男（1990）淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用．東北地理，42，73-83.
- 生田正文・丹羽正和・高取亮一・鎌滝孝信・黒澤英樹（2014）宮崎平野における完新世堆積物の分析データ（JAEA-Data/Code 2014-002）．日本原子力研究開発機構
- 宇佐美龍夫（2003）『最新版 日本被害地震総覧 416-2001』．東京大学出版会
- 内嶋善兵衛・勘米良亀齢・田川日出夫・小林茂編（1995）『日本の自然 地域編 7 九州』．岩波書店
- 大平明夫（2005）九州東岸，延岡平野北部における完新世中期の相対的海水準に関する資料一貝類・珪藻化石群集と AMS¹⁴C 年代測定の結果一．宮崎大学教育文化学部紀要（自然科学），12，9-19.
- 大平明夫・松島義章（2003）宮崎県北部，延岡周辺の溺れ谷低地における完新世相対的海水準変動．日本第四紀学会講演要旨集，33，72-73.

- 岡村眞・松岡裕美 (2012) 津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し (特集日本列島をおそった歴史上の巨大津波). 科学, 82(2), 182-191.
- 奥野充・中村俊夫・及川輝樹・苅谷愛彦 (2013) 放射性炭素 (^{14}C) 年代をどのように報告するか? 月刊地球, 35(9), 565-568.
- 鹿島薫 (1986) 沖積層中の珪藻遺骸群集の推移と完新世の古環境変遷. 地理学評論, 59A, 383-403.
- 小杉正人 (1988) 珪藻の環境指標群集の設定と古環境復原への応用. 第四紀研究, 27, 1-20.
- 小杉正人 (1993) 珪藻. 日本第四紀学会編『第四紀試料分析法 2 研究対象別分析法』, 245-252. 東京大学出版会.
- 澤井祐紀 (2012) 地層中に存在する古津波堆積物の調査. 地質学雑誌, 118, 535-558.
- 穴倉正展 (2013) 地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波 (南海地域の例). GSJ 地質ニュース, 2(7), 201-204.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版) について.
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/index.htm
- 高橋健一 (1975) 日南海岸青島の「波状岩」の形成機構. 地理学評論, 48, 43-62.
- 東京大学地震研究所編 (1982) 『新収日本地震史料 第二巻』. 東京大学地震研究所
- 千田昇 (1987) 大分平野西部の完新世における地形発達. 地理学評論, 60A, 466-480.
- 千田昇・高宮昭夫・浜田平士・富松俊夫・御手洗進 (2004) 大分県南海部郡米水津村における宝永四年十月四日 (1707 年 10 月 28 日), 安政元年十一月五日 (1854 年 12 月 24 日) の地震による津波の記録. 大分大学教育福祉科学部研究紀要, 26, 129-143.
- 内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会 (2012) 南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等 (第二次報告) 都府県別市町村別最大津波高一覧表 (満潮位). http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/1_2.pdf
- 長岡信治・町田洋 (2001) 九州・南西諸島. 小池一之・町田洋編『日本の海成段丘アトラス』, 72-84. 東京大学出版会
- 長岡信治・前李英明・松島義章 (1991) 宮崎平野の完新世地形発達史. 第四紀研究, 30, 59-78.
- 永迫俊郎・奥野充・森脇広・新井房夫・中村俊夫 (1999) 肝属平野の完新世中期以降のテフラと低地の形成. 第四紀研究, 38, 163-173.
- 羽鳥徳太郎 (1986) 九州東部沿岸における歴史津波の現地調査: 1662 年寛文・1769 年明和日向灘および 1707 年宝永・1854 年安政南海道津波. 東京大学地震研究所彙報, 60, 439-459.
- 原田隆典 (2014) 歴史地震資料から学ぶ-1662 年日向灘地震-. 高橋和雄編『災害伝承 命を守る地域の知恵』, 1-24. 古今書院
- 藤本廣 (1993) “1662 年 (寛文 2 年) 一日向灘地震” の沿岸被害記述に関する考察. 自然災害科学, 12(1), 1-10.
- 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.
- 前李英明・長岡信治 (1988) 宮崎県日南海岸の完新世海成段丘と離水波食地形. 日本地理学会予稿集, 33, 54-55.
- 宮崎県農政水産部農業振興課編 (1992) 南那珂地域土地分類基本調査「飢肥」5 万分の 1. 宮崎県
- 渡辺偉夫 (1998) 『日本被害津波総覧[第 2 版]』. 東京大学出版会
- Hideshima, S., Matsumoto, E., Abe, O. and Kitagawa, H. (2001) Northwest Pacific marine reservoir correction estimated from annually banded coral from Ishigaki Island, southern Japan. Radiocarbon, 43, 473-476.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991a) Susswasserflora von Mitteleuropa. Band 2/3 Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991b) Susswasserflora von Mitteleuropa. Band 2/4 Bacillariophyceae. Teil 4: Achmanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1997a) Susswasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1 Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1997b) Susswasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2 Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Sawai, Y. (2001) Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan: relations to taphonomy.

Paleogeography, Paleoclimatology, Plaeoecology, 173, 125-141.

- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. Radiocarbon, 55, 1869-1887.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended 14C data base and revised CALIB 3.0 14C age calibration program. Radiocarbon, 35, 215-230.