



宮崎大学学術情報リポジトリ

University of Miyazaki Academic Repository

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：
貝類・珪藻化石群集分析とAMS14C年代測定の結果

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学教育文化学部 公開日: 2008-03-21 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/10458/1391

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
—— 貝類・珪藻化石群集分析と AMS¹⁴C 年代測定の結果 ——

大平 明夫

Data of the Relative Sea-level in the Middle Holocene from the Northern Part of the Nobeoka Plain, East Coast of Kyushu
—Results of AMS Radiocarbon Dating and Fossil Assemblage Analysis of Molluscan Shells and Diatoms from Holocene Sediments—

Akio OHIRA

Abstract

The author discussed the relative sea-level (RSL) and paleoenvironment in the middle Holocene in the northern part of the Nobeoka Plain (the Inabazaki Lowland), east coast of Kyushu Island. Hand-drilling surveys were performed in order to observe Holocene sediments and to obtain core samples for AMS radiocarbon dating and fossil assemblage analysis of molluscan shells and diatoms. The Holocene sediments of the lowland are mainly composed of sandy mud with abundant molluscan shells. Calibrated ages of inter-tidal shells and wood fragment from the core samples range from 6,498–6,300 cal BP (Beta-150426) to 6,249–5,984 cal BP (Beta-150425). The fossil molluscan assemblages of the middle Holocene sediments consist of inner-bay muddy bottom association, inner-bay sandy bottom association and tidal flat association. The fossil diatom assemblages imply that the sedimentary environments of the Holocene sediments were tidal flat condition and that the upper limit of marine sediments is 1.6m above present sea-level. They show that the culmination of the Jomon transgression had reached the lowland at about 6,500 cal BP and the tidal flat had formed. These results indicate that the RSL at about 6,500 to 6,000 cal BP in the Nobeoka Plain had risen and had reached 0.5 to 1.0 m above present sea-level.

Keywords: relative sea-level, Holocene, east coast of Kyushu, calibrated age, molluscan shell, diatom

1. はじめに

九州における完新世相対的海水準変動に関しては、これまで多数の研究が行われてきた (たとえば、有明海研究グループ, 1965; 森脇ほか, 1986, 2002; 千田, 1987; 長岡ほか, 1991, 1995, 1997a,b, 1999; 下山ほか, 1991; Moriwaki, 1992; 中田ほか, 1994; 下山, 1994; Nagaoka

et al., 1996 ; Yokoyama *et al.*, 1996 ; 永迫ほか, 1999)。これらの中で九州北西部を調査地域とした研究では、後氷期の氷床融解に伴う海水量荷重による地殻均衡（ハイドロアイススタシー）の効果についての検証が行われた（たとえば、Nagaoka *et al.*, 1996 ; Yokoyama *et al.*, 1996）。一方、九州南部を調査地域とした研究では、テクトニックやアイススタティックによる隆起（長岡ほか, 1991）や始良カルデラ付近の火山活動に伴う隆起（森脇ほか, 2002）について議論がなされた。すなわち、九州各地を調査地域とした従来の研究は、ある特定の時期（多くは約7,000～6,000 BP）における相対的海水準（旧汀線高度）を明らかにし、その高度に基づいて地盤変動に関して議論がなされている。

九州東岸における完新世の相対的海水準やテクトニクスに関しては、前杵・長岡（1988）、長岡ほか（1991）、前杵（1992）、永迫ほか（1999）などがある。これらの研究は、宮崎平野以南の地域を研究対象として、完新世の地形発達史、相対的海水準変動、テクトニクスが検討されている。長岡ほか（1991）は、宮崎平野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。また、前杵・長岡（1988）は、日南海岸における離水海岸地形を検討し、完新世段丘が宮崎平野と同様に4面に区分されること、段丘面の高度が南部（都井岬方向）ほど高くなることを明らかにした。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いて機械式ボーリングを行い、採取したコア試料について貝類化石群集分析、 ^{14}C 年代測定などを行い、完新世相対的海水準変動曲線を復元した。それによれば、約6,000 BP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認められていない。一方、宮崎平野より北に位置する地域については、完新世相対的海水準変動に関する研究の蓄積が十分でない。

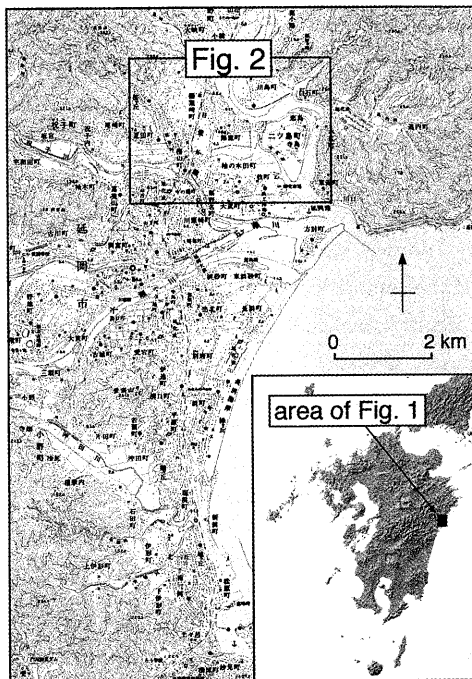


図1 延岡平野と調査地域の位置

Fig. 1 Topographic map showing the location of the Nobeoka Plain and the study area. 数値地図 (1/50,000地形図画像)「延岡」を使用

筆者は、宮崎県海岸地域における完新世相対的海水準変動および地殻変動に関する研究を進めており、その一環として、延岡・日向周辺の溺れ谷低地において多数のハンドボーリング調査を実施してきた（たとえば、大平・松島，2003）。本論文では、延岡平野北部で行ったハンドボーリング調査で明らかとされた完新世堆積物の層相、ボーリングコア試料を利用して行ったAMS（加速器質量分析法） ^{14}C 年代測定、貝類化石群集分析、珪藻化石群集分析の結果について報告する。さらに、それらの資料に基づいて完新世中期の古環境と相対的海水準について検討する。

2. 調査地域の地形・地質概観

調査地域は、延岡平野北部の祝子川と北川の間のにびた丘陵に囲まれた低地である（図1）。本研究では、この低地を稲葉崎低地と呼称する。稲葉崎低地は現海岸線から約2~3kmに位置しており、その標高は2m程度である。延岡平野は大瀬川、五ヶ瀬川、祝子川および北川が形成した沖積低地であり、海岸部に浜堤が発達し、平野中央部は氾濫原となっている。これらの河川の最下流部は、旧河道と自然堤防が明瞭に発達しているが、稲葉崎低地付近は丘陵に挟まれており、北川と祝子川による土砂供給の影響を直接受けていない。稲葉崎低地を取り囲む丘陵は、上部四万十層群（日向層群）に属する古第三紀暁新世から始新世の頁岩砂岩互層からなる（地質調査所，1986）。

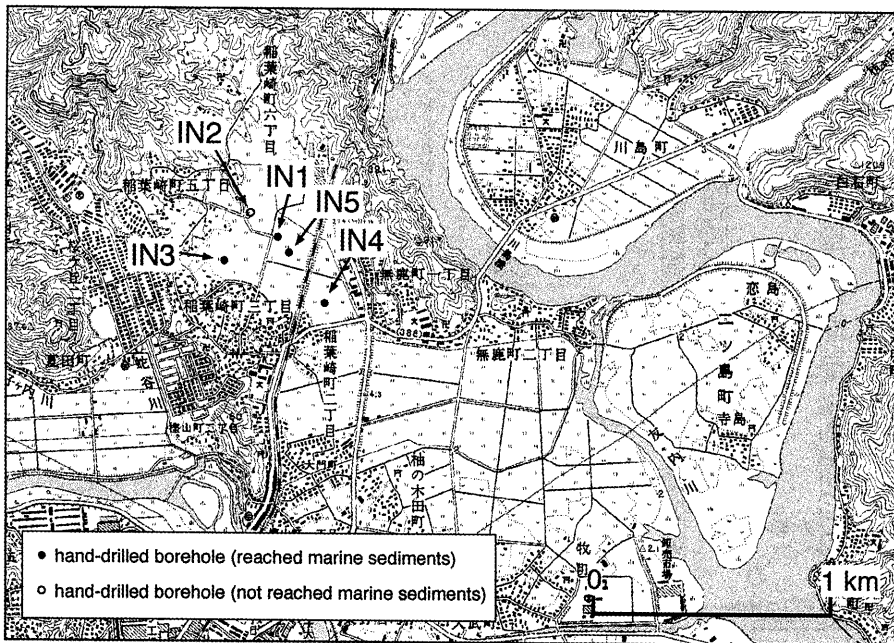


図2 ハンドボーリング地点の位置

Fig. 2 Topographic map showing the location of hand-drilled boreholes.

数値地図 (1/25,000地形図画像)「延岡」を使用

延岡平野の沖積層に関しては、これまでまとまった報告はなされていない。稲葉崎低地の約900m南東に位置する柚の木田町（標高2.47m）で行われた機械式ボーリングの柱状図によると、この付近の沖積層基底は標高-6m付近にあり、沖積層はほとんど砂層と泥質砂層からなる。また、標高-3~-1mには約7,300 cal BP に降下した鬼界アカホヤ火山灰（町田・新井, 1978）の二次堆積物と考えられる細粒火山灰が認められる。

3. 完新世堆積物の層相と AMS¹⁴C 年代

稲葉崎低地で5地点において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 と口径6cm のゲージタイプのハンドオーガー（大起理化工業株式会社製：DIK-100A）を使用した。採取部口径6cm のタイプは、IN5地点における貝類化石群集分析用のコア試料の採取に使用した。5地点のうち4地点において海成堆積物まで到達し、標高-3m 以下の堆積物が観察・採取された（図3）。残り1地点（IN2地点）においては、深度75cm で硬くしまった径2mm 程度の礫混じり泥層にあたり、それ以深の堆積物を採取することができなかった。なお、各ボーリング地点の標高は、水準点を基準としてオートレベルを使用して測量した。

稲葉崎低地の表層堆積物は、主に泥質砂層・砂質泥層よりなる。標高0m以下で貝類化石と植物片・木片を多数含み、標高0m以上で植物片・木片を多数含んでいる特徴がある。表層の数10cm は人工的に攪乱された水田土壌（グライ土）である。

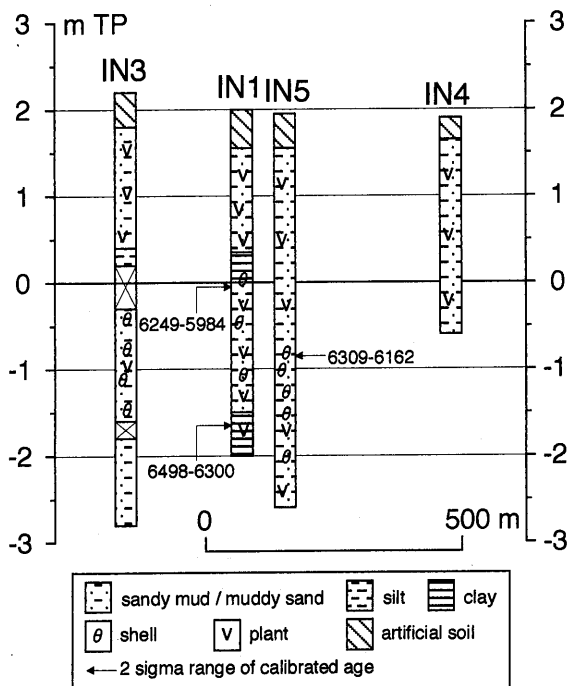


図3 稲葉崎低地の地質柱状図

Fig. 3 Geological columnar sections.

表1 稲葉崎低地で得られたAMS¹⁴C年代とその較正年代Table 1 AMS¹⁴C ages and calibrated ages obtained from the Inabazaki Lowland.

Sample Number	Elevation (m TP)	Dated Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	¹⁴ C age 1 σ (BP)	Calibrated Age (2 σ range) ¹⁾ (cal BP)	Laboratory Code
IN1-225	-0.18	shell (Gastropoda)	1.2	5750 \pm 40	6157 (6249-5984) ²⁾	Beta-150425
IN1-373	-1.66	wood	-27.4	5630 \pm 50	6407 (6498-6300)	Beta-150426
IN5-278	-0.84	shell (<i>Cerithideopsilla djadjariensis</i>) shell (<i>Batillaria zonalis</i>)	0.7	5860 \pm 40	6258 (6309-6162) ²⁾	Beta-170270

1) Calibrated ages were obtained using CALIB 4.3 (Stuiver and Reimer, 1993; Stuiver *et al.*, 1998).

2) Calibrated ages (2 sigma ranges) were obtained from intercepts (Method A).

2) Local reservoir correction of the marine shells (Delta-R= 35 \pm 25 by Hideshima *et al.*, 2001) was applied.

ボーリングコアから得られた貝殻片と木片を試料として3件のAMS¹⁴C年代測定を行った(表1)。なお、測定は地球科学研究所に依頼しBeta Analyticで実施した。測定値は、同位体分別効果の補正後、Calib 4.3 (Stuiver and Reimer, 1993; Stuiver *et al.*, 1998)を使用して較正年代に変換した。較正にはMethod A (intercepts法)を用いて、中央値と2 σ の範囲(最大値-最小値)を求めた。試料が海洋性貝類化石である場合(サンプル番号: IN1-225, IN5-278)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($\Delta R=35\pm 25$; Hideshima *et al.*, 2001)を使用した。

AMS¹⁴C年代測定の結果は以下の通りである。IN1地点の標高-0.18m(深度2.25m)の巻貝片は、炭素安定同位体補正年代で5,860 \pm 40 BP、較正年代で6,249-5,984 cal BPであった。同じくIN1地点の標高-1.66m(深度3.73m)の木片は、炭素安定同位体補正年代で5,630 \pm 50 BP、較正年代で6,498-6,300 cal BPであった。また、IN5地点の標高-0.84m(深度2.78m)の巻貝片(カワアイ *Cerithideopsilla djadjariensis* とイボウミニナ *Batillaria zonalis* の破片を合わせた試料)は、炭素安定同位体補正年代で5,860 \pm 40 BP、較正年代で6,309-6,162 cal BPであった。

4. 貝類化石群集

IN5地点のボーリングコアに含まれる貝類化石群集の分析結果について記載する。コア試料は、約10cm間隔に切り分け、篩いにかけて貝類化石を取り出した。貝類化石の同定は、松島義章博士(神奈川県立生命の星・地球博物館)に依頼した。同定された貝類化石は、松島(1984)に従って生息環境による群集別に整理した。

IN5地点の堆積物は、主に泥質砂層・砂質泥層よりなるが、貝類化石およびその破片は標高-0.8mから標高-2.0m付近に集中して含まれていた。同定された貝類化石は、巻貝8種、二枚貝4種の計12種であり、すべて内湾性種であった。それらは、内湾泥底群集構成種のイセシラガイ *Anodontia stearnsiana*、内湾砂底群集構成種のウメノハナガイ *Pillucina pisidium*、ハマグリ *Meretrix lusoria*、干潟群集構成種のカモノアシガキ *Dendostrea paulucciae*、イボウミニナ、アラムシロガイ *Reticunassa festiva*、ムシロガイ *Niotha livescens*、カワアイ、ヘナタリ *Cerithideopsilla cingulata* である(図4)。また、これらの群集構成種の他に、コゲツノブエ

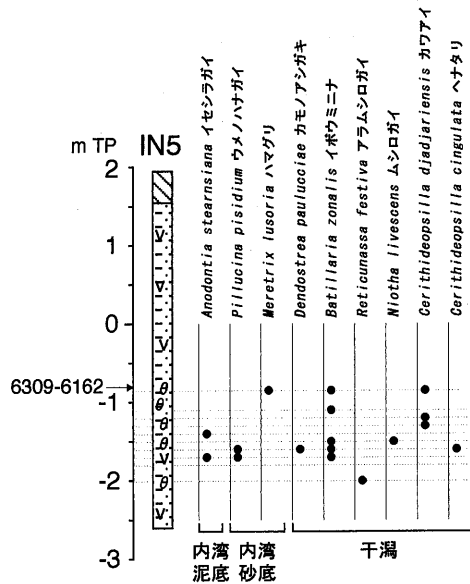


図4 IN5地点の貝類化石群集

Fig. 4 Result of fossil assemblage analysis of molluscan shells from IN5.

Clypeomorus coralia、カニノテムシロ *Nassariidae pullus*、カイコガイ *Aliculastrum cylindricum*、コメツブガイ *Decorifer insignis* が確認された。現在でもコゲツノブエ、カニノテムシロ、コメツブガイは西南日本の干潟や河口域で生息が確認されている種である。

以上のように、IN5地点の貝類化石群集は内湾の干潟（潮間帯）環境を示すことが明らかとなった。さらに、IN5地点の貝類化石群集（図4）は、内湾泥底群集、内湾砂底群集、干潟群集が混合しており、鉛直方向の明瞭な群集変化はみられない。このような種組成は、完新世海進を経験した小規模な溺れ谷低地の堆積物の貝類化石群集の特徴であり、延岡市南部に位置する沖田川低地における完新世堆積物の貝類化石群集の分析結果においても確認されている（大平・松島，2003）。

5. 珪藻化石群集

IN5地点の貝類化石群集の特徴から、標高約-1~-2mの堆積物が潮間帯干潟堆積物であることが明らかとなった。さらに、標高約-1mより上位の堆積物の堆積環境を明らかにする目的で、IN1地点の堆積物に含まれる珪藻化石群集分析を実施した。珪藻分析用のプレパラートの作成方法は、従来の一般的な方法（たとえば、小杉，1993）に従った。検鏡は、倍率1,000倍の光学顕微鏡（Nicon OPTIPHOTO）を使用し、Krammer and Lange-Bertalot（1991a, b, 1997a, b）などの多く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（たとえば、鹿島，1986；小杉，1988；Sawai, 2001）を参考にした。分析は、標高1.6~-2.0mの堆積物を20cm 間隔で合計18層準を行った。それらのうち、珪藻が200殻以上観察された15層準の化石群集の変遷をIN1地点の珪藻ダイアグラム（図5）に示した。

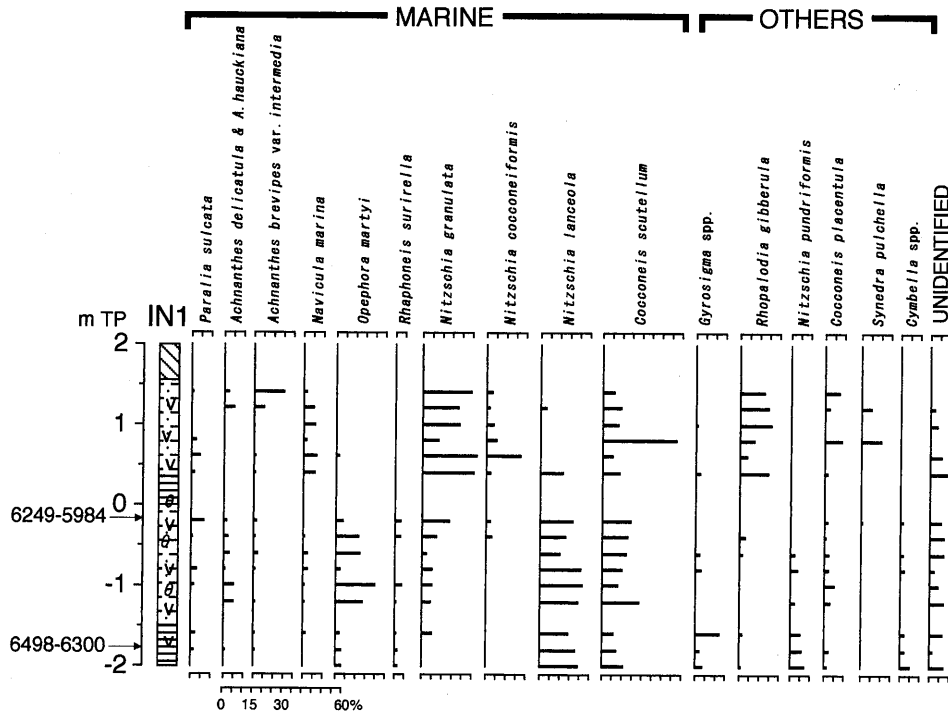


図5 IN1地点の珪藻化石群集

Fig. 5 Result of fossil assemblage analysis of diatoms from IN1.

海生珪藻（海水から汽水域に生息する種も含む）とそれ以外の種（汽水生、淡水生、生息環境不特定種）に整理すると、下位から上位の堆積物まで海生珪藻が多数（約50～80%）を占めており、海成層であることは明らかである。さらに、出現した珪藻の多くが環境指標種群（小杉，1988）に相当する種であり、それらから堆積環境を詳細に推定することができる。これらの環境指標種群（小杉，1988）に相当する種は、内湾指標種群 *Paralia* (*Melosira*) *sulcata*、海水砂質干潟指標種群 *Achmanthes delicatula*、*A. hauckiana*、*Opephora martyi*、*Rhaphoneis surirella*、海水泥質干潟指標種群 *Navicula marina*、*Nitzschia granulata*、*N. cocconeiformis*、海水藻場指標種群 *Cocconeis scutellum*、汽水泥質干潟指標種群 *Nitzschia pundriformis*、淡水底生種群 *Cocconeis placentula*、*Cymbella* spp. である。これらの環境指標種群の出現状況を見ると、特に海水砂質干潟種群と海水泥質干潟種群が下位から上位の層準まで多数を占めていることがわかる。

以上の珪藻化石群集分析の結果、標高1.6～2.0mの堆積物の堆積環境は、海水の流入する干潟環境であることが明らかとなった。較正年代を考慮すると、以下のような古環境が推定される。約6,500 cal BP にはすでに本地点まで縄文海進が到達しており、IN1地点は干潟環境となっていた。その後約6,000 cal BP まで潮間帯貝類が生息する環境が継続した。なお、水田土壌の直下でも干潟種群の珪藻が多くみられることから、人為的な影響が開始する直前まで干潟環境が継続していたと推定される。

6. 考察

稲葉崎低地における貝類・珪藻化石群集と AMS¹⁴C 年代測定の結果を使用して、延岡付近における完新世中期の相対的海水準変動について検討する。

大平・松島 (2003) は、延岡市南部の沖田川低地においてハンドボーリング調査を行い、潮間帯貝類化石の産出高度と較正年代などに基づいて完新世の相対的海水準変動曲線を復元した。図6に沖田川低地で得られた17件の較正年代と復元された相対的海水準変動曲線 (約7,000～6,000 cal BP の部分) を示した。大平・松島 (2003) は、海成層 (潮間帯堆積物) 上限付近から産出した貝類化石に注目し、その産出高度が過去の大潮時の平均海面高度に概ね一致すると考えた。そして、現在の延岡市土々呂港における大潮時の平均潮位差が約1.6m (海上保安庁水路部編, 2001 : p.403) であることから、海成層上限付近の貝類化石の産出高度より約0.8m 下位に過去の平均海面があったと仮定した。約6,000 cal BP の相対的海水準はこうした仮定から推定されたものである。また、大平・松島 (2003) は、貝類化石群集分析の結果から明らかとされた堆積環境からも過去の平均海面の高度を検討した。約7,000 cal BP の相対的海水準は、その年代に相当する層準の堆積環境が潮間帯から潮下帯であることから推定されたものである。上記のような作業に基づいて、沖田川低地における相対的海水準は、約7,000 cal BP に標高-1.0m付近に存在し、約6,000 cal BP までに標高0.5～1.0m付近まで上昇したと推定された。

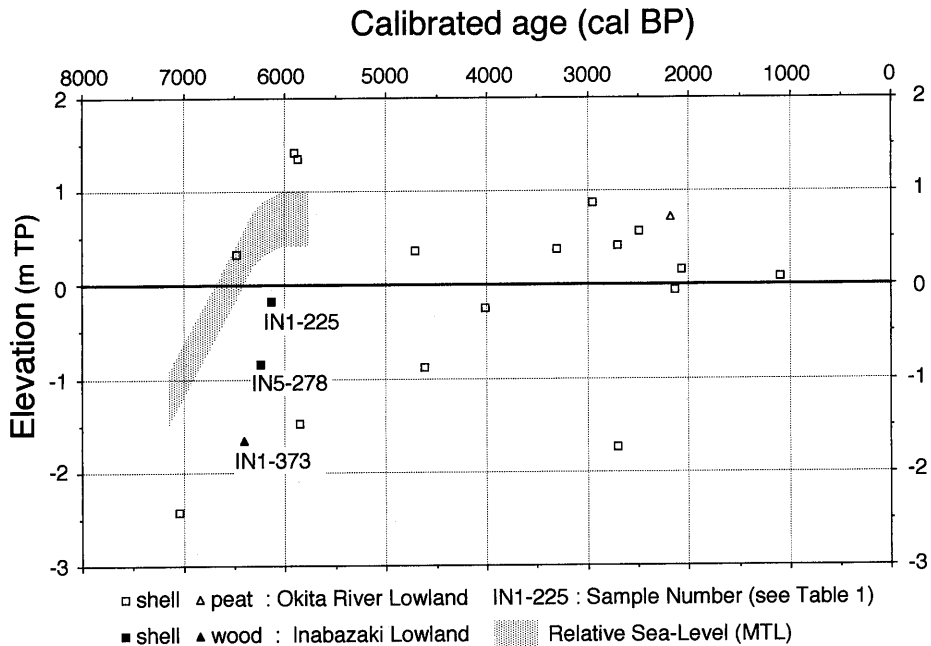


図6 標高-較正年代の分布と相対的海水準 (平均海面)

Fig. 6 Distribution of the elevations and calibrated ages and the relative sea-level (mean tidal level).

稲葉崎低地 (IN5地点) で AMS¹⁴C 年代測定を行った貝類化石 (IN5-278) は、潮間帯 (干潟群集構成種) に生息するカワアイとイボウミニナであり、旧海水準の指標となりうる。過去の潮位差が現在と同じであったと仮定した場合、平均海面から0.8m程度下位まで潮間帯となるので、沖田川低地で推定された相対的海水準 (平均海面) の高度と稲葉崎低地の貝類化石 (IN5-278) の産出高度とは矛盾しない。また、稲葉崎低地 (IN1地点) における珪藻化石群集分析結果では、AMS¹⁴C 年代測定を行った層準が干潟環境であることを示しており、2つの較正年代 (IN1-225、IN1-373) と相対的海水準 (平均海面) との関係も調和的といえる。以上のように、稲葉崎低地で得られたデータは、沖田川低地と同様に、約6,500~6,000 cal BP にかけて相対的海水準が上昇し、現海面を若干上回る位置まで達したことを支持している。さらに、IN1地点の珪藻分析結果では、海成層上限高度が標高1.6mに存在しており (図5)、相対的海水準 (平均海面) が標高0.8m付近まで上昇したことも推定される。ただし、高海水準のピークの時期については、海成層上限の年代値が十分得られていないため現段階では不明である。

7. まとめ

九州東岸、宮崎県北部に位置する延岡平野北部 (稲葉崎低地) において、ハンドボーリング調査を実施し、堆積物の層相観察、AMS¹⁴C 年代測定、貝類化石群集分析、珪藻遺骸群集分析の結果に基づき、完新世中期の古環境と相対的海水準について検討した。その結果を以下に整理する。

①砂泥層が主体を成す完新世堆積物から産出した貝殻 (潮間帯貝類化石) や木片の AMS¹⁴C 年代測定値は、較正年代で約6,500~6,000 cal BP を示した。

②完新世中期の堆積物から産出した貝類化石群集は、内湾泥底群集、内湾砂底群集、干潟群集構成種が混合する特徴を示した。

③珪藻化石群集は、海水砂質干潟種群と海水泥質干潟種群が多数を占める特徴を示し、約6,500 cal BP には海水が流入する干潟が形成されていたと推定された。

④旧海水準指標の産出高度や貝類・珪藻化石群集に基づく堆積環境から、約6,500~6,000 cal BP にかけて相対的海水準が上昇し、現海面を若干上回る位置まで達したと推定された。

本研究の現地調査の際には、多数の宮崎大学教育文化学部 (教育学部) 学生の方々の協力を得た。記して謝意を表す。なお、本研究には、平成12~13年度科学研究費補助金奨励研究 (A) 「日向灘沿岸地域における完新世の海岸環境の変遷に関する研究」 (研究代表者: 大平明夫 課題番号: 12780070) の一部を使用した。

文献

- 有明海研究グループ (1965) 有明・不知火海域の第四系—とくに有明軟弱粘土について—。地団研専報, 11, 1-86.
- 大平明夫・松島義章 (2003) 宮崎県北部, 延岡周辺の潮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.
- 海上保安庁水路部編 (2001) 平成14年潮汐表 第1巻 日本及び付近. 454p, 海上保安庁.
- 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.
- 下山正一 (1994) 北部九州における縄文海進以降の海岸線と地盤変動傾向. 第四紀研究, 33, 351-360.
- 下山正一・磯 望・野井英明・高塚 潔・小林 茂・佐伯弘次 (1991) 福岡市鳥飼低地の海成第四系と更新世後期以降の地形形成過程. 九州大学理学部研究報告 (地球惑星), 17, 1-23.
- 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.
- 地質調査所 (1980) 20万分の1地質図「延岡」.
- 中田正夫・前田保夫・長岡信治・横山祐典・奥野淳一・松本英二・松島義章・佐藤裕司・松田 功・三瓶良和 (1994) ハイドロアイソスタシーと西九州の水中遺跡. 第四紀研究, 33, 361-368.
- 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.
- 長岡信治・横山祐典・前田保夫・中田正夫・奥野淳一 (1995) 長崎県大村湾南岸, 伊木力遺跡周辺の沖積層と海面変化. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 53, 27-40.
- 長岡信治・横山祐典・中田正夫・前田保夫 (1997a) 五島列島福江島における完新世海面変化と水中縄文遺跡の成因. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 56, 1-11.
- 長岡信治・横山祐典・中田正夫・前田保夫・奥野淳一・白井克己 (1997b) 有明海南東岸玉名平野の地形発達史と完新世海面変化. 地理学評論, 70A, 287-306.
- 永迫俊郎・森脇 広・松島義章・新井房夫・岩井雅夫・町田 洋・藤原 治 (1999) 肝属平野における完新世の海面変化. 日本第四紀学会講演要旨集, 29, 22-23.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫 (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラアカホヤ火山灰. 第四紀研究, 17, 143-163.
- 松島義章 (1984) 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集—特に環境変化に伴うその時間・空間的変遷—. 神奈川県立博物館研究報告 (自然科学), 15, 37-109.
- 森脇 広・町田 洋・初見祐一・松島義章 (1986) 鹿児島湾北岸におけるマグマ水蒸気噴火とこれに影響を与えた縄文海進. 地学雑誌, 95, 94-113.
- 森脇 広・松島義章・町田 洋・岩井雅夫・新井房夫・藤原 治 (2002) 鹿児島湾北西岸平野における縄文海進最盛期以降の地形発達. 第四紀研究, 41, 253-268.
- Hideshow, 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: Achnanthaceae, 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.
- Moriwaki, H. (1992) Late Quaternary phreatomagmatic tephra layers and their relation to paleo-sea levels in the

- area of Aira caldera, southern Kyushu, Japan. *Quaternary International*, 13/14, 195-200.
- Nagaoka, S., Yokoyama, Y., Nakada, M. and Maeda, Y. (1996) Holocene sea-level change in the Goto Islands, Japan. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, 31, 11-18.
- Sawai, Y. (2001) Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan: relations to taphonomy. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 173, 125-141.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F. G., van der Plicht, J. and Spurk, M. (1998) INTCAL98 Radiocarbon age calibration, 24, 000 – 0 cal BP. *Radiocarbon*, 40, 1041-1083.
- Yokoyama, Y., Nakada, M., Maeda, Y., Nagaoka, S., Okuno, J., Matsumoto, E., Sato, H. and Matsushima, Y. (1996) Holocene sea-level changes and hydro-isostasy along the west coast of Kyushu, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 123, 29-47.