

九十九里平野における沖積層の堆積環境変遷と沖積層基底の分布 Sedimentary environments and basal topography of postglacial deposits in the Kujukuri coastal Plain, Boso Peninsula, central Japan.

小松原純子^{1*}
Junko Komatsubara^{1*}

Abstract: This paper presents distribution, stratigraphy and depositional environments of the latest Pleistocene to Holocene postglacial deposits in the Kujukuri Plain, based on collected borehole logs and boring surveys. Observation and radiocarbon dating from four sediment cores reveal stratigraphy and environmental history of the coast. In the middle to northern part of the plain, depositional environments of postglacial deposits as follows; marsh, tidal flat to inner bay, offshore below wave base, lower shoreface, upper shoreface, and inner bay, or foreshore to backshore. The basal topography of the postglacial deposits is composed of narrow valleys stretching from valley mouths in the upland to the coast, and flat surface between them, which is T.P. -10 m in the southern part and T.P. -25 m in the middle and northern part of the plain. At least two narrow buried valleys are identified beneath the plain, and a wide buried valley beneath the northern part of the plain. The elevation of the buried-valley bottoms are around -40 to -55 m along the modern coastline.

Keywords: boring survey, boring log, incised valley, postglacial deposit, Holocene, Kujukuri Plain

要 旨

4本のオールコアボーリング試料の記載及び放射性炭素年代測定の結果, 及び収集した既存ボーリングデータから, 九十九里平野の沖積層の堆積環境変遷と基底深度分布を明らかにした. 平野北部の埋没谷の沖積層の堆積環境は下位から沿岸湿地, 干潟~内湾, 波浪限界以深, 下部外浜, 上部外浜, 内湾もしくは前浜~後浜と変化した. 沖積層の基底地形は台地の谷地形から海岸へ向かって伸びる細い谷とその間に広がる標高 -10 (平野南部) ~ -25 m (平野中部~北部) からなる. 台地の谷地形から海岸線へ向かって伸びる埋没谷が平野の中部に少なくとも2本, 北部に1本確認された. 谷底の標高は海岸線付近で -40 ~ -55 m 程度であることがわかった.

1. はじめに

一般に沿岸平野は表層を沖積層におおわれているが, 地下には活構造や埋没谷などが存在する可能性がある. これまで明らかにされてこなかった沿岸域の地質構造を調査するため, 産総研では2008年度から陸域・海域にまたがった沿岸域の地質構造調査が行われている. 2014年度から2016年度にかけて駿河湾から房総半島にかけての地域で調査が行われ, その一部として九十九

里平野地下の沖積層の分布を対象として調査をおこなった.

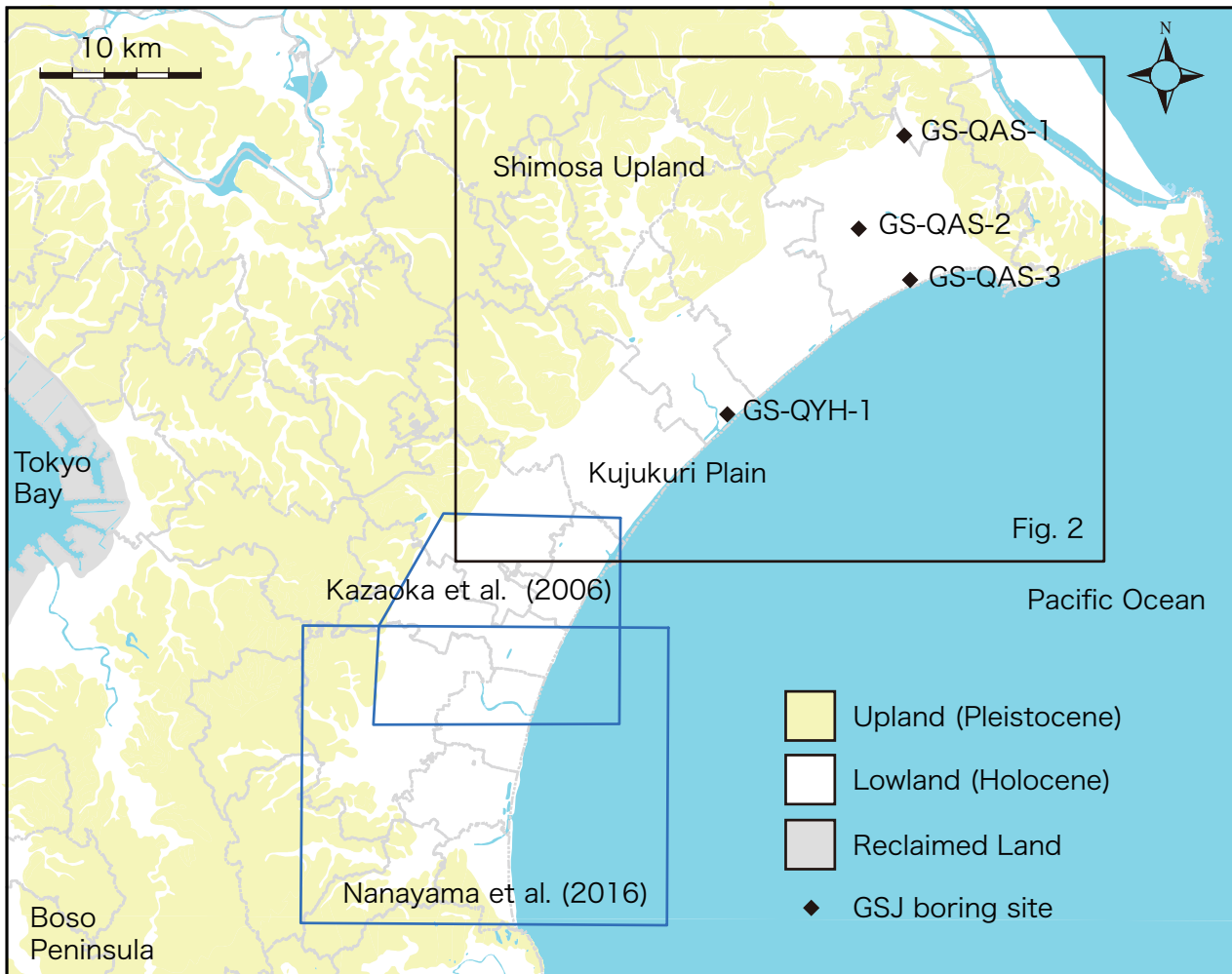
なお, 本報告は, 地質調査総合センター速報 No.71 で概要を報告し (小松原・水野, 2016), その後, データ等の追加及び考察を行い, 海陸シームレス情報集として取りまとめたものである.

2. 地質概略

九十九里平野は千葉県の外房に位置し, 北端の旭市から南端の一宮町までで約60 kmの北東-南西方向の海岸線を持ち, 幅約10 kmの平野である (第1図). 背後の下総台地は更新統の下総層群から構成されている. 平野の表層は縄文海進以降に発達した浜堤列群におおわれており (森脇, 1979; 七山ほか, 2016), 地表から深さ20 m程度までの地質はこの浜堤堆積物から連続する海浜砂からなる. その下には, 最終氷期に形成された埋没谷の泥質堆積物が存在することが以前から知られていたが (関東地方土木地質図編纂委員会, 1996; 増田ほか, 2001; 千葉県, 2017), 平野の南端部 (風岡ほか, 2006; 七山ほか, 2016) を除き詳細な分布はわかっていない一方, 九十九里平野沖の海域では音波探査によって沖積層基底深度分布 (=埋没谷地形) が報告されている (海上保安庁水路部, 2000).

*Correspondence

1 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)



第1図 九十九里平野全体図。◆はボーリング掘削地点。本研究，風岡ほか（2006），七山ほか（2016）の調査範囲を示す。地質分布はシームレス地質図（産業技術総合研究所地質調査総合センター，2009），自治体境界と海岸線は国土地理院の国土数値情報を使用した。

Fig. 1 Geologic map of the Kujukuri Plain. ◆ : boring sites. The areas of this study, Kazaoka *et al.* (2006) and Nanayama *et al.* (2016) are shown. Geologic map is from Seamless Digital Geological Map of Japan (Geological Survey of Japan, 2009), boundaries between towns and cities are based on National Land Numerical Information from Geospatial Information Authority of Japan.

3. 調査手法

3.1 既存資料の収集

九十九里平野は南端部を除き沖積層の分布に関する資料はほとんどなく、あっても根拠となるボーリング資料の情報が示されていないため（たとえば関東地方土木地質図編纂委員会，1996），平野北部～中央部にかけての既存のボーリング資料をあらためて収集した。使用したボーリング柱状図資料は千葉県インフォメーションバンクなどで公開されている資料及び自治体から直接借用した資料などの合計 3,226 本である（第2図及び第1表）。

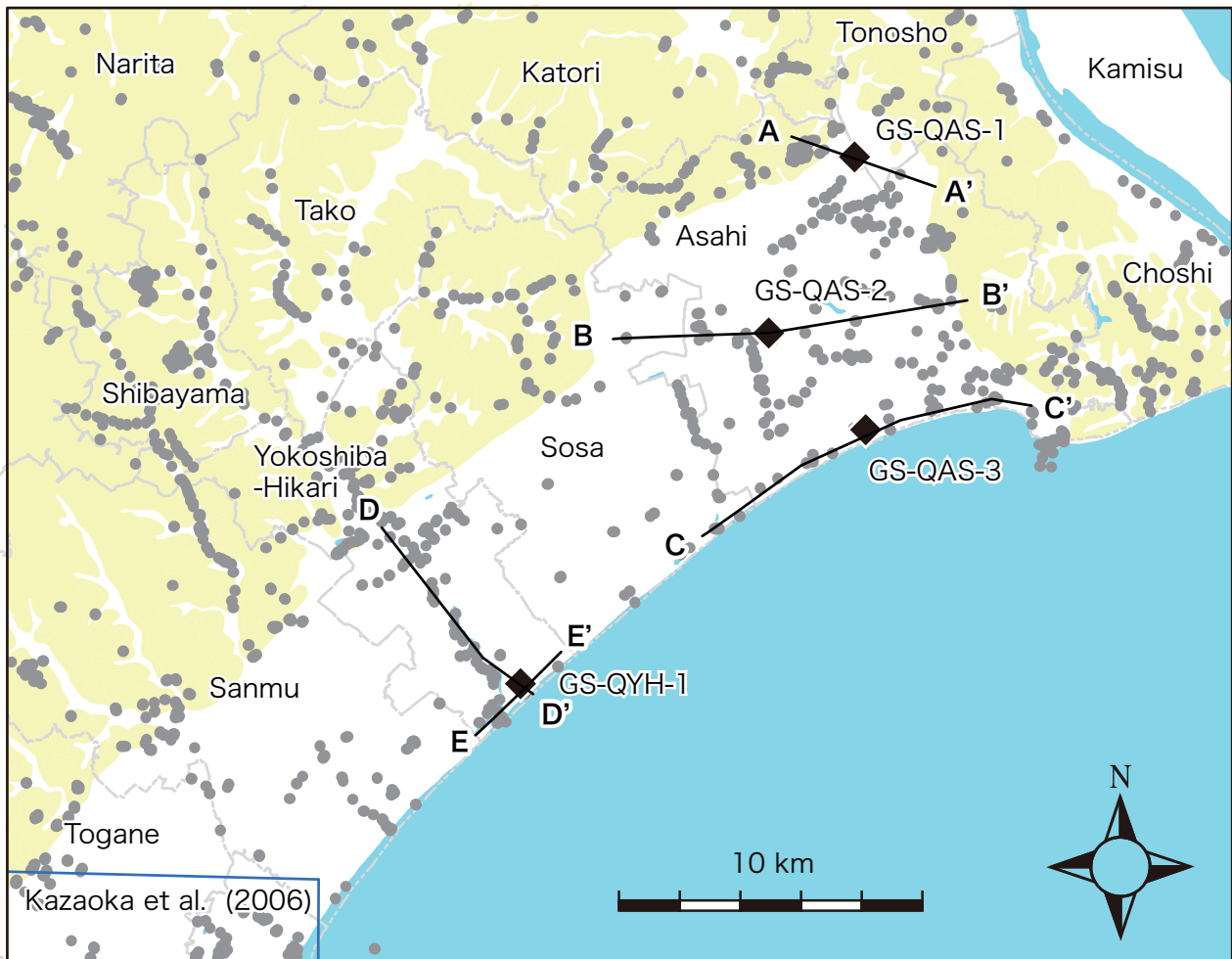
沖積層と基盤を識別するため、旭市及び匝瑳市の保管するボーリング調査の土質試料から得られた貝化石計 14 試料について 3.3 に述べるとおり年代測定を行った。

3.2 ボーリング掘削調査

3.1 で収集したボーリング資料及び既存文献に基づいて埋没谷地形を復元し、埋没谷の軸が通ると予想される以下の4地点でオールコアボーリング掘削調査を行った（第1図）。

- GS-QAS-1 有限会社フジサンファーム敷地内
- GS-QAS-2 旭スポーツの森公園内の調整池兼駐車場
- GS-QAS-3 矢指ヶ浦海水浴場の市営駐車場
- GS-QYH-1 木戸浜海水浴場の市営駐車場

コアサンプルの直径はいずれも約 6.5 cm，掘削地点の諸データは第2表の通りである。ボーリング掘削作業は中央開発株式会社に依頼した。得られたコア試料は半裁して堆積相を記載し、半分の試料については写真撮影とはぎ取り標本の作成に使用し、大部分はアーカイブ用試料とした。残りの半分については軟 X 線撮影用と粒度分析用の試料を採取した。またコア試料か



第2図 既存ボーリングデータ地点と断面図作成位置。
Fig. 2 Localities of collected borehole logs (gray dots) and cross sections.

ら得られた貝化石及び植物片計 39 試料について 3.3 に述べる通り年代測定を行った。

3.3 放射性炭素年代測定

ボーリングコア試料から得られた計 53 試料について、株式会社加速器分析研究所に依頼して放射性炭素年代を測定した（第3表）。得られた年代値は Reimer *et al.* (2013) のデータセット IntCal13 及び MARINE13 と、校正ソフトウェア calib7.0.4 (Stuiver and Reimer, 1993; Stuiver *et al.*, 2015) を使用して暦年較正を行った。

3.4 断面図の作成

3.1 で収集した既存ボーリング資料及び 3.2 で得られたボーリングコアをもとに地下 60 m までの断面図を作成し、沖積層の基底の地形分布を調べた。今回掘削したボーリング地点を通り、比較的深度の大きい既存ボーリング資料があるところを代表的な断面線として第2図に示した。

作業には産業技術総合研究所及び防災科学技術研究

所が作成したボーリングデータ処理システム（木村, 2011）、ESRI 社の ArcMap、国土地理院の地理院地図及び国土数値情報を使用した。

4. ボーリング調査

得られたボーリングコアの柱状図を第3図に、諸データを第2表に示す。ボーリングコアから採取した植物片及び貝化石からの放射性炭素年代を第3表に示す。小松原・水野（2016）に基づき各コアで得られた堆積物の特徴を以下に述べ、新たに得られた年代値や堆積環境について記述した。同定された貝類の生息環境については松島（1984）を参考にした。

4.1 GS-QAS-1

GS-QAS-1 の掘削地点の標高は 4.127 m、掘進長は 43.00 m、沖積層の基底は深度 30.46 m（標高 -26.33 m）であった。

4.1.1 深度 43.00（コア下端）～ 30.46 m 更新統

第1表 収集したボーリングデータの内訳 (小松原・水野, 2016).
Table 1 Details of collected borehole logs (Komatsubara and Mizuno, 2016).

提供元	計
千葉県地質環境イン フォメーションバンク	3066 ※1
ジオステーション	2 ※2
旭市	100
匝瑳市	12
横芝光町	13
山武市	28
産総研内部資料	5
計	3226

※1 現在は「千葉情報マップ」で公開中 <http://map.pref.chiba.lg.jp/index.asp>

※2 <http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/index.html> (防災科学技術研究所)

第2表 ボーリング調査の諸データ一覧.
Table 2 List of boring sites.

Core No.	Longitude	Latitude	Elevation		Core length	Base of postglacial deposits	
			TP m	m		depth in m	TP m
GS-QAS-1	35°46'24.23675"	140°39'42.97485"	4.127	43.00		30.46	-26.33
GS-QAS-2	35°43'17.28943"	140°37'52.02002"	5.213	51.32		51.32 *	-46.11 *
GS-QAS-3	35°41'34.80779"	140°39'58.91836"	4.274	53.28		48.58	-44.31
GS-QYH-1	35°36'59.57435"	140°32'29.24025"	2.111	61.00		33.52	-31.41

* The sampler did not reach the base.

生痕の発達した塊状の泥質極細粒砂からなり、ごくわずかの貝殻片が点在する。33.71 ~ 33.74 m にはパミス層が見られる。背後の台地を構成する更新統の層序区分 (酒井, 1990) から推定すると、犬吠層群の豊里層に相当すると考えられる。豊里層はテフラの対比に基づき下総層群の地蔵堂層に対比されている (中里・佐藤, 1998; 齊藤, 2000)。

4.1.2 深度 30.46 ~ 1.40 m 沖積層

深度 30.46 ~ 30.00 m は黒色の有機質泥からなる。下位の更新統とは不整合で接し、深度 30.46 ~ 30.40 m には下位層の偽礫が密集する。深度 30.00 m 付近には巻き貝が含まれる。貝化石を含み、植物片が多く有機質であることから、沿岸湿地で堆積したと考えられる。深度 30.00 m の植物片から 10.1 ka の放射性炭素年代が得られている。

深度 30.00 ~ 27.90 m は生痕の発達した砂質泥及び泥質極細粒砂からなる。植物片や巻き貝などの大型の貝化石を含む。沿岸湿地の堆積物の直上に位置し、植物片を多く含むこと、生痕が発達した砂質堆積物からなり、波浪の影響が見られないことから、干潟~内湾の堆積物と考えられる。

深度 27.90 ~ 25.50 m は生痕の発達した砂質泥からな

り、一部泥質極細粒砂を含む。細かい破片状の貝化石が散在する。貝化石が細かい破片状なのは波浪によるリワークを受けたためと考えられるが、堆積物自体は泥からなるので、堆積環境は波浪限界以深であったと考えられる。陸棚上の谷地形に堆積した堆積物 (ここでは陸棚おぼれ谷堆積物と呼ぶ) と考えられる。

深度 25.50 ~ 19.00 m は生痕の発達した泥質の極細粒砂からなる。細かな貝殻片が散在する。深度 25.17 m の貝化石 (イボウミニナ) から 9.6 ka, 23.82 m の貝化石 (ウメノハナガイ) から 9.5 ka, 20.50 m の植物片から 9.1 ka の放射性炭素年代が得られている。破片状の貝化石を含むなど波浪の影響を受けた砂質堆積物からなることから、下部外浜堆積物と考えられる。全体に泥質なので晴天時の波浪限界よりは深い環境であったと思われる。

深度 19.00 ~ 13.00 m は淘汰の良い極細粒砂からなる。生痕が見られるところと、平行~低角斜交層理が発達するところがある。細かな貝殻片が点在する。深度 14.15 m の貝殻片から 8.8 ka の放射性炭素年代が得られている。淘汰の良い砂からなり低角斜交層理が見られることから、晴天時波浪限界よりも浅い下部外浜堆積物と考えられる。

第3表 放射性炭素年代一覧.
Table 3 List of radiocarbon age.

No	Sample Name	depth (m)	Material	¹⁴ C age yrBP (1σ)	¹⁴ C age cal BP (2σ)	Mean Probability	Original Data
IAAA-153279	GS-QAS-1_0545	5.45	shell (<i>Macoma incongrua</i> (Martens))	7050±30	7458-7597	7532	This study
IAAA-153548	GS-QAS-1_0650	6.50	shell (<i>Tegillarca obesa</i> Kotaka)	7510±30	7898-8054	7967	This study
IAAA-153280	GS-QAS-1_1245	12.45	shell (<i>Chion semigranosa</i> (Dunker))	8060±30	8416-8588	8509	This study
IAAA-152060	GS-QAS-1_1415	14.15	shell fragments	8230±30	8610 - 8918	8750	Komatsubara and Mizuno (2016)
IAAA-153549	GS-QAS-1_2050	20.50	plant	8160±30	9013-9144 (0.812) 9167-9251 (0.188)	9094	This study
IAAA-153281	GS-QAS-1_2382	23.82	shell (<i>Pillucina pisidium</i> (Dunker))	8870±30	9450-9599	9515	This study
IAAA-153550	GS-QAS-1_2517	25.17	shell (<i>Batillaria zonalis</i> (Bruguière))	8960±30	9520-9720	9605	This study
IAAA-152061	GS-QAS-1_3000	30.00	plant	8960±30	9926-9998 (0.255) 10002-10065 (0.175) 10120-10220 (0.571)	10144	Komatsubara and Mizuno (2016)
IAAA-153551	GS-QAS-2_0733	7.33	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	5720±30	6019-6239	6145	This study
IAAA-153282	GS-QAS-2_0906	9.06	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	6290±30	6653-6843	6744	This study
IAAA-153552	GS-QAS-2_2131	21.31	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	6970±30	7411-7540	7466	This study
IAAA-153283	GS-QAS-2_2535	25.35	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	7850±30	8224-8388	8325	This study
IAAA-153284	GS-QAS-2_3886	38.86	shell (<i>Glossaulax didyma</i> (Röding))	8950±30	9511-9708	9595	This study
IAAA-153553	GS-QAS-2_4182	41.82	shell (<i>Dosinella angulosa</i> (Philippi))	9570±40	10295-10551	10440	This study
IAAA-151461	GS-QAS-2_4355	43.55	plant	9700±40	10878-10933 (0.097) 11080-11212 (0.903)	11150	Komatsubara and Mizuno (2016)
IAAA-153554	GS-QAS-2_4636	46.36	shell (<i>Cerithiopsisilla djadjarisensis</i> (Martin))	10230±40	11123-11312	11213	This study
IAAA-151462	GS-QAS-2_4755	47.55	plant	9570±40	10746-11095	10934	Komatsubara and Mizuno (2016)
IAAA-153555	GS-QAS-2_4950	49.50	plant	9980±30	11268-11505 (0.775) 11521-11609 (0.225)	11401	This study
IAAA-151463	GS-QAS-2_5057	50.57	plant	10340±40	12015-12251 (0.668) 12259-12387 (0.332)	12194	Komatsubara and Mizuno (2016)
IAAA-153285	GS-QAS-3_0955	9.55	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	1560±20	1042-1207	1120	This study
IAAA-153556	GS-QAS-3_1142	11.42	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	2580±20	2161-2327	2263	This study
IAAA-161203	GS-QAS-3_1452	14.52	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	3500±20	3322-3448	3384	This study
IAAA-161204	GS-QAS-3_1782	17.82	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	3820±30	3681-3861	3772	This study
IAAA-161205	GS-QAS-3_2235	22.35	shell (<i>Moerella jedoensis</i> (Lischke))	5280±30	5576-5701	5629	This study
IAAA-153286	GS-QAS-3_2516	25.16	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	6530±30	6948-7144	7047	This study
IAAA-153557	GS-QAS-3_2976	29.76	plant	38850±250	42367-43138	42754	This study
IAAA-153287	GS-QAS-3_3440	34.40	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	8030±30	8400-8567	8483	This study
IAAA-153558	GS-QAS-3_3725	37.25	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	8390±30	8862-9086	8986	This study
IAAA-153559	GS-QAS-3_4630	46.30	shell (<i>Veremolpa micra</i> (Pilsbry))	9400±30	10159-10337	10225	This study
IAAA-152062	GS-QAS-3_4854	48.54	shell (<i>Crassostea gigas</i>)	10200±40	11103-11275	11191	Komatsubara and Mizuno (2016)
IAAA-153560	GS-QYH-1_0341	3.41	shell (<i>Chion semigranosa</i> (Dunker))	620±20	146-164 (0.026) 187-312 (0.974)	268	This study
IAAA-153288	GS-QYH-1_0837	8.37	shell (<i>Macra chinensis</i> Philippi)	1150±20	649-749	693	This study
IAAA-161206	GS-QYH-1_1043	10.43	shell (<i>Meretrix lusoria</i> (Röding))	1590±20	1066-1226	1153	This study
IAAA-161207	GS-QYH-1_1593	15.93	shell (<i>Nitidotellina minuta</i> (Lischke))	2250±30	1773-1936	1855	This study
IAAA-153561	GS-QYH-1_1914	19.14	shell (<i>Siliqua pulchella</i> (Dunker))	2680±30	2303-2456	2366	This study
IAAA-161208	GS-QYH-1_2212	22.12	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	3300±20	3037-3225	3135	This study
IAAA-153289	GS-QYH-1_2584	25.84	shell (<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams and Reeve))	7220±30	7596-7761	7674	This study
IAAA-153562	GS-QYH-1_2726	27.26	shell (<i>Macoma tokyoensis</i> Makiyama)	8020±30	8393-8556	8474	This study
IAAA-153290	GS-QYH-1_3240	32.40	shell (<i>Dentalium octangulatum</i> Donovan)	9010±40	9540-9822	9670	This study

深度 13.00 ～ 6.70 m は主に淘汰の良い細粒砂からなり、極細粒砂及び中粒砂を含む。低角～高角斜交層理が発達し、貝殻片が散在する。深度 12.45 m の貝化石（フジノハナガイ）から 8.5 ka の放射性炭素年代が得られている。高角斜交層理が見られ、粒径の変化が激しく淘汰が良いことから、上部外浜堆積物と考えられる。

深度 6.70 ～ 1.40 m は下位から上方細粒化した砂質泥からなる。貝殻片を多く含み生痕が発達する。深度 6.50 m の貝化石（ハイガイの仲間）から 8.0 ka、5.45 m の貝化石（ヒメシラトリ）から 7.5 ka の放射性炭素年代が得られている。ヒメシラトリなど内湾性の化石を産す

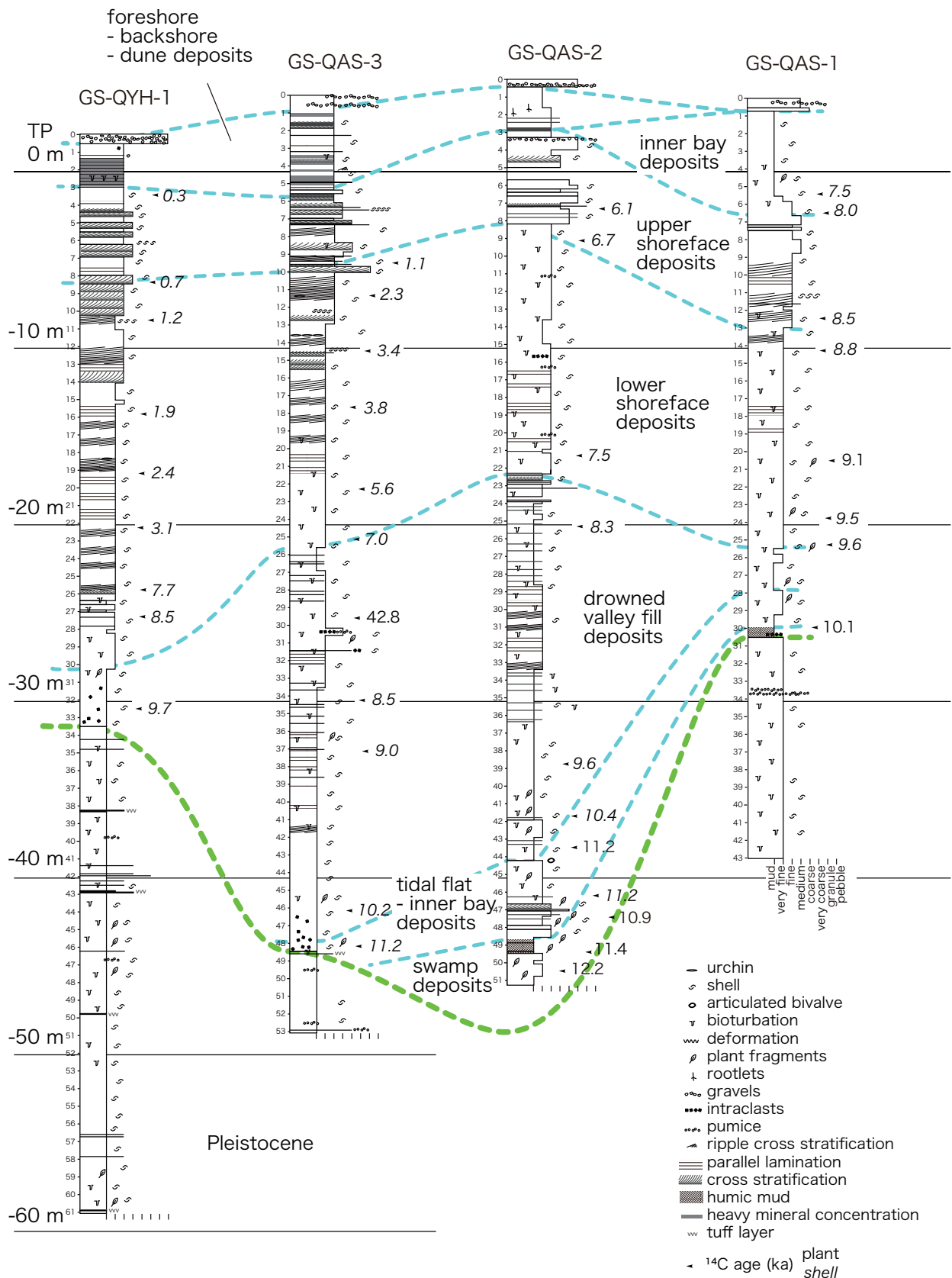
ることから、内湾堆積物と考えられる。

4.1.3 深度 1.40 ～ 0.00 m（地表） 人工改変土及び盛土

深度 1.40 ～ 0.60 m は有機質の砂質泥～粗粒砂、深度 0.60 ～ 0.00 m は礫混じりで淘汰の悪い中粒砂からなる。貝化石は含まれない。それぞれ耕作土及び盛土と考えられる。

4.2 GS-QAS-2

GS-QAS-2 の掘削地点の標高は 5.213 m、掘進長は 51.32 m、沖積層の基底は深度 51.32 m（標高 -46.11 m）以深であった。本地点のボーリングコアは沖積層の基



第3図 掘削したボーリングコアの柱状図。掘削地点は第1図、第2図を参照。GS-QYH-1は横芝光町、GS-QAS-1~3は旭市で掘削した。GS-QAS-1~3は埋没谷の軸部に沿って内陸から海側へ並んでいる（小松原・水野，2016）。青の破線は推定される堆積環境の境界、緑の破線は沖積層基底を示す。

Fig. 3 Columnar sections of boring cores. Localities are shown in Figs 1 and 2.

底には達していない。

4.2.1 深度 51.32 (コア下端) ～ 0.26 m 沖積層

深度 51.32 (コア下端) ～ 48.80 m は主に有機質泥及び極細粒砂からなる。植物片を多く含む。深度 49.50 ～ 49.62 m は材である。48.80 m に貝殻片を含む。深度 50.57 m の植物片から 12.2 ka, 49.50 m の植物片から 11.4 ka の放射性炭素年代が得られている。最上部以外に貝化石を含まないこと、植物片を多く含むことから、沿岸湿地で堆積したと考えられる。

深度 48.80 ～ 44.27 m は細粒砂、極細粒砂からなり、大型の生痕が発達する。植物片、貝殻片を多く含む。深度 47.55 m の植物片から 10.9 ka, 46.36 m の貝化石（カワアイ）から 11.2 ka 放射性炭素年代が得られている。植物片を多く含むこと、下部からカワアイなど潮間帯の化石を産すること、貝殻片が比較的大きく合弁の貝化石も含むことから、干潟～内湾の堆積環境であったと考えられる。

深度 44.27 ～ 22.85 m は極細粒砂と砂質泥の互層からなり、全体に生痕が発達する。1 cm 以下の細かい貝殻片が散在する。深度 38 ～ 29 m には貝殻片がごくわずかしかな含まれない。極細粒砂の一部には低角斜交層理～平行葉理が見られる。深度 43.55 m の植物片から 11.2 ka, 41.82 m の貝化石（ウラカガミ）から 10.4 ka, 38.86 m の貝化石（ツメタガイ）から 9.6 ka, 25.35 m の貝化石（チョノハナガイ）から 8.3 ka, 21.31 m の貝化石（チョノハナガイ）から 7.5 ka の放射性炭素年代が得られている。主に泥質堆積物からなるため堆積環境はおおむね波浪限界以深と考えられるが、深度 28.7 ～ 35.0 m の低角斜交層理～平行葉理が見られる極細粒砂は荒天時の波浪の影響を受けていると考えられる。貝化石が細かい破片状なのは波浪によるリワークを受けたためと考えられる。陸棚上の谷地形に堆積した陸棚おぼれ谷堆積物と考えられる。

深度 22.85 ～ 8.18 m は極細粒砂及び細粒砂からなり、全体に生痕が発達し、ところにより貝殻片が散在する。深度 9.06 m の貝化石（バカガイ）から 6.7 ka の放射性炭素年代が得られている。砂質で一部に低角斜交層理～平行葉理が発達することから、下部外浜の堆積物と考えられる。

深度 8.18 ～ 2.96 m は斜交層理の発達した淘汰の良い細粒砂～極細粒砂からなる。貝殻片を大量に含み、ところにより碎屑物粒子よりも貝殻片の方が多い。直径最大 5 cm の礫を含む。深度 7.33 m の貝化石（バカガイ）から 6.1 ka の放射性炭素年代が得られている。粗粒で斜交層理が発達することから上部外浜の堆積物と考えられる。

深度 2.96 ～ 1.65 m は主に細粒砂からなり中粒砂～粗粒砂を伴う。重鉱物が濃集した黒い平行葉理が発達

する。重鉱物が濃集した平行葉理が見られることから、前浜～後浜の堆積物と考えられる。

深度 1.65 ～ 0.26 m は極細粒砂からなり植物片が点在する。植物根化石が見られる。これらの特徴から、離水して風成砂で被われた環境が推定され、浜堤の堆積物と考えられる。

4.2.2 深度 0.26 ～ 0.00 m (地表) 人工改変土及び盛土

深度 0.26 ～ 0.00 m は極粗粒砂～礫からなり、淘汰が悪い。礫は直径最大 3 cm の角礫からなる。駐車場を整備した際の人工改変によってかく乱された堆積物及び盛土と考えられる。

4.3 GS-QAS-3

GS-QAS-3 の掘削地点の標高は 4.274 m, 掘進長は 53.28 m, 沖積層の基底は深度 48.58 m (標高 -44.31 m) であった。

4.3.1 深度 53.28 (コア下端) ～ 48.58 m 更新統

深度 53.28 ～ 48.58 m は砂質泥からなる。固結しており、沖積層のようにワイヤーでコアを半割することができない。パミス、貝殻片、生痕が点在する。深度 48.65 ～ 48.68 m の黄白色の火山灰層は上総層群国本層中の Ku1 テフラに対比される（小松原・水野, 2016）。Ku1 は犬吠層群横根層の Yk9a に対比されることから、GS-QAS-3 の掘削地点において沖積層の基盤は犬吠層群横根層と考えられる。

4.3.2 深度 48.58 ～ 0.57 m 沖積層

深度 48.58 ～ 46.00 m は砂質泥からなり、下位の更新統とは不規則な不整合面で接する。不整合面の直上にマガキを含む二枚貝化石を産する。全体に貝殻片、植物片、下位層の偽礫を含み、生痕が発達する。不整合直上の深度 48.54 m の貝化石（マガキ）から 11.2 ka, 46.30 m の貝化石（ヒメカノコアサリ）から 10.2 ka の放射性炭素年代が得られている。マガキなど汽水域の化石を産すること、砂質で生痕が発達することから、干潟～内湾の堆積物と考えられる。

深度 46.00 ～ 25.60 m は泥～泥質極細粒砂からなる細かい貝殻片が点在し、生痕が発達する。上位ほど砂がちになり、含まれる貝殻片が多くなる。深度 37.25 m の貝化石（チョノハナガイ）から 9.0 ka, 34.40 m の貝化石（チョノハナガイ）から 8.5 ka, 29.76 m の植物片から 42.8 ka の放射性炭素年代が得られている。泥質堆積物からなるため堆積環境は波浪限界以深と考えられる。貝化石が細かい破片状なのは波浪によるリワークを受けたためと考えられる。これらのことから陸棚上の谷地形に堆積した陸棚おぼれ谷堆積物と考えられる。

深度 25.60 ～ 10.00 m は泥質～淘汰の良い極細粒砂及び淘汰の良い細粒砂からなる。下部(深度 20 m より下位)は生痕が卓越する。上部(深度 20 m より上位)は平

行～低角斜交葉理が卓越する。貝殻片が散在し、巻貝など大型の貝化石やウニ化石が密集するところがある。深度 25.16 m の貝化石（チヨノハナガイ）から 7.0 ka, 22.35 m の貝化石（モモノハナガイ）から 5.6 ka, 17.82 m の貝化石（バカガイ）から 3.8 ka, 14.52 m の貝化石（バカガイ）から 3.4 ka, 11.42 m の貝化石（バカガイ）から 2.3 ka の放射性炭素年代が得られている。主に淘汰の良い砂層からなること、平行葉理～低角斜交層理が特徴的であることから、下部外浜の堆積物と考えられる。

深度 10.00 ～ 5.19 m は主に淘汰の良い細粒砂～粗粒砂からなり、斜交層理が発達する。貝殻片が散在し、granule サイズかそれ以上の大きさの貝殻片及びパミスを含むところがある。深度 9.55 m の貝化石（バカガイ）から 1.1 ka の放射性炭素年代が得られている。淘汰の良い粗粒堆積物からなり斜交層理が発達することから、上部外浜の堆積物と考えられる。

深度 5.19 ～ 0.57 m は主に淘汰の良い細粒砂からなる。重鉱物が濃集した平行葉理、低角斜交層理、リップル斜交層理が見られる。貝殻片や直径 4 cm 以下の礫を含む。重鉱物が濃集した葉理が見られることから、前浜～後浜の堆積物と考えられる。

4.3.3 深度 0.57 ～ 0.00 m（地表） 人工改変土及び盛土

深度 0.57 ～ 0.00 m（地表）は碎石や貝殻片と、重鉱物に富む淘汰の良い細粒砂からなる。駐車場を整備した際の人工改変によってかく乱された堆積物及び盛土と考えられる。

4.4 GS-QYH-1

GS-QYH-1 の掘削地点の標高は 2.111 m、掘進長は 61.00 m、沖積層の基底は深度 33.52 m（標高 -31.41 m）であった。

4.4.1 深度 60.00（コア下端）～ 33.52 m 更新統

深度 60.00 ～ 33.52 m は砂質泥からなる。固結しており、沖積層のようにワイヤーでコアを半割することができない。貝殻片が点在する。ところどころ極細粒砂～中粒砂の薄層を挟むが、全体に生痕が発達するため薄層が乱されて不連続になっている。まれに植物片が含まれる。上位の沖積層とは明瞭な侵食面で接する。火山灰層が 4 層確認された。それらのうち、深度 49.80 ～ 49.83 m の火山灰層は上総層群長南層中の Ch2 テフラに、42.70 ～ 42.72 m の火山灰層は上総層群笠森層中の Ks22 テフラに、38.12 ～ 38.17 m の火山灰層は上総層群笠森層の Ks18 テフラに対比される（小松原・水野, 2016）。Ch2 は犬吠層群横根層の Yk12（久光・岡田, 1997）、笠森層は犬吠層群の倉橋層下部に対比される（佐藤, 2002）ことから、GS-QYH-1 掘削地点の沖積層の基盤は犬吠層群倉橋層と考えられる。

4.4.2 深度 33.52 ～ 0.52 m 沖積層

深度 33.52 ～ 30.20 m は偽礫を多く含む砂質泥からなる。生痕が発達し貝殻片が散在する。深度 32.40 m の貝化石（ヤカドツノガイ）から 9.7 ka の放射性炭素年代が得られている。陸棚上の谷地形に堆積した陸棚おぼれ谷堆積物と考えられる。

深度 30.20 ～ 8.40 m はおおむね深度 26 m 以深は泥質極細粒砂、それ以浅は主に淘汰の良い細粒砂からなる。貝殻片を含み、平行葉理～低角斜交層理が発達する。深度 27.26 m の貝化石（ゴイサギガイ）から 8.5 ka, 25.84 m の貝化石（チヨノハナガイ）から 7.7 ka, 22.12 m の貝化石（チヨノハナガイ）から 3.1 ka, 19.14 m の貝化石（ミゾガイ）から 2.4 ka, 15.93 m の貝化石（ウズザクラ）から 1.9 ka, 10.43 m の貝化石（ハマグリ）から 1.2 ka の放射性炭素年代が得られている。淘汰の良い砂層からなり、平行葉理～低角斜交層理が発達することから、下部外浜の堆積物と考えられる。

深度 8.40 ～ 3.00 m は貝殻片を多く含む細粒砂～中粒砂からなる。ところにより貝殻片の密集層が見られる。斜交層理が発達する。深度 8.37 m の貝化石（バカガイ）から 0.7 ka, 3.41 m の貝化石（フジノハナガイ）から 0.3 ka の放射性炭素年代が得られている。貝殻片を多く含む粗粒堆積物からなり、斜交層理が発達することから、上部外浜の堆積物と考えられる。

深度 3.00 ～ 0.52 m は淘汰の良い細粒砂からなり、重鉱物が濃集した平行葉理～低角斜交層理が発達する。深度 3.00 ～ 2.40 m には生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が見られる。重鉱物が密集した葉理が見られること、外浜～前浜の海浜堆積物に特徴的な生痕化石が見られることから、深度 3.00 ～ 2.40 m は前浜の堆積物、深度 2.40 ～ 0.52 m は後浜の堆積物と考えられる。

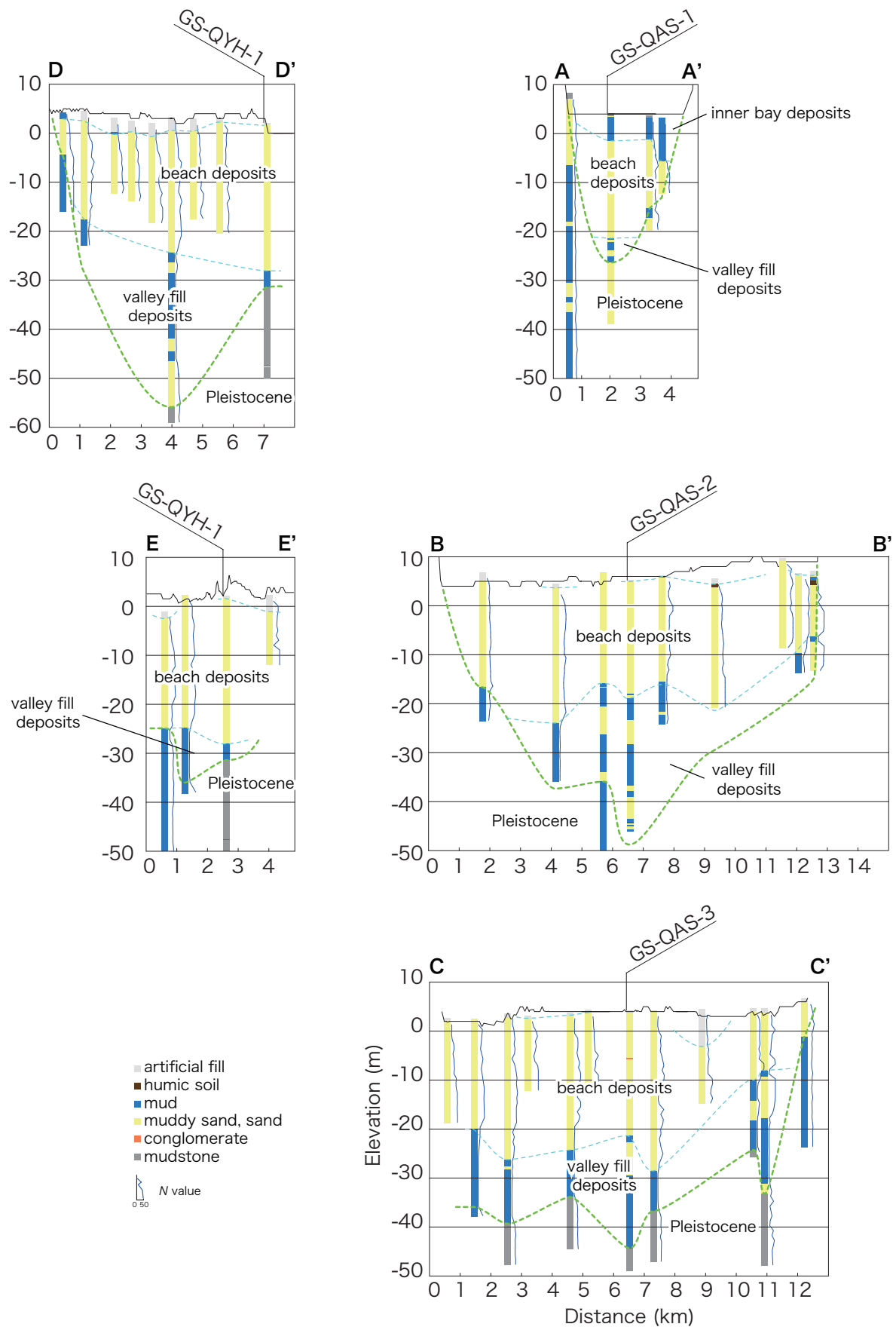
4.4.3 深度 0.52 ～ 0.00 m（地表） 盛土

深度 0.52 ～ 0.00 m（地表）は直径最大 4 cm の碎石を主体とし、基質は泥質細粒砂である。駐車場を整備した際の盛土と考えられる。

4.5 堆積環境の変遷

放射性炭素年代と堆積相から推定された堆積環境に基づき、堆積環境は下記のように変遷したと推定される。

最終氷期に海面が低下したことにより、調査地域に谷が形成された。GS-QAS-1 地点では犬吠層群豊里層が、GS-QAS-3 地点では同横根層が、GS-QYH-1 地点では同倉橋層が谷底に露出した。谷の深さは現在の海岸線沿いで標高 -44 m 以深に達した（GS-QAS-3）。その後の海面上昇に伴い、12,000 年前～11,000 年ごろ谷底に湿地が形成された（GS-QAS-2）。11,000 年頃海水が浸入し、8,500 年前頃までは陸棚上に残存する谷地形を埋め



第4図 既存ボーリングデータ，掘削したボーリングコアに基づく断面図．断面図の位置は第2図を参照．
Fig. 4 Cross sections based on borehole logs and boring cores. Localities are shown in Fig.2.

るように泥質堆積物（陸棚おぼれ谷堆積物）が堆積した。谷地形のため波浪の影響をほとんど受けなかったと考えられる。8,500 年前以降、波浪による堆積構造が見られる砂質堆積物が堆積するようになり、下部外浜環境へ移行した。もっとも内陸の GS-QAS-1 では 8,500 年前頃、より海側の GS-QAS-2 では 6,000 年前頃、現在の海岸線付近の 2 地点（GS-QAS-3、GS-QYH-1）では 1,000 年前頃に、より浅い上部外浜環境となった。GS-QAS-1 ではその後 8,000 ～ 7,000 年前頃に内湾となった。ほかの 3 地点では上部外浜から前浜 / 後浜環境へ移行した。その年代は GS-QYH-1 地点で 300 年前である。その後さらに砂丘砂が堆積した。

5. 地質断面図

オールコアボーリング調査及び既存のボーリングデータを用いて、第 2 図に示した位置で作成した断面図を第 4 図に示す。既存のボーリングデータでは砂の粒子サイズや堆積構造などが記載されていないことが多く、下部外浜、上部外浜、前浜、後浜などの堆積環境を識別することができない。このため、ここではこれらをまとめて海浜堆積物と称する。同様に湿地、干潟～内湾、陸棚おぼれ谷の堆積物が識別できない場合、まとめて谷埋め堆積物と称する。沖積層の基盤である更新統はいずれの断面でも N 値が 20 以上の固結した泥岩もしくは細粒砂岩からなる。

5.1 断面図 A-A'

断面図 A-A' は九十九里平野の北端に位置し、ボーリング地点 GS-QAS-1 を通る。沖積層の基底は GS-QAS-1 でもっとも深い（標高 -26.3 m）。埋没谷の軸部には軟弱な海成泥層（陸棚おぼれ谷堆積物）が分布する。その上に N 値が 20 ～ 50 の砂からなる海浜堆積物が谷全体にわたって分布する。最上部は軟弱で貝化石を多産する泥質の内湾堆積物からなる。

5.2 断面図 B-B'

断面図 B-B' は断面図 A-A' の南側に位置し、ボーリング地点 GS-QAS-2 を通る。沖積層の基底は GS-QAS-2 でもっとも深い（標高 -46.1 m 以深）。谷の軸部には湿地堆積物が分布し、上位へ N 値が 0 ～ 10 の軟弱な海成泥層（陸棚おぼれ谷堆積物）へ移行する。標高 -24 ～ -28 m 付近から上位は海浜堆積物が谷全体にわたって分布する。

5.3 断面図 C-C'

断面図 C-C' は断面図 B-B' のさらに南側、海岸線に沿った断面図で、GS-QAS-3 の掘削地点を通る。沖積層

の基底は GS-QAS-3 でもっとも深い（標高 -44.3 m）。埋没谷の断面は幅広く、西の谷縁がどこなのかは既存データからはわからなかった。基底から標高 -28 m 付近までは谷埋め堆積物、それより上位は海浜堆積物からなる。断面図の東端では両者の境界が標高 -18 m 付近と浅くなっているが理由は不明である。

5.4 断面図 D-D'

断面図 D-D' は平野の北西縁から海岸線までで、海岸付近で GS-QYH-1 の掘削地点を通る。沖積層の基底は断面の中央部にある既存ボーリングデータでもっとも深くなっており（標高 -56 m）、海岸付近の GS-QYH-1 ではこれより浅い（標高 -31.4 m）。このため埋没谷の傾斜に逆転が起きているように見えるが、これは GS-QYH-1 が谷のもっとも深いところではなくやや縁辺寄りに位置していることによる。沖積層の下部は谷埋め堆積物からなり、台地よりの北西部では標高 -14 m、海側では -29 m 付近より上位は海浜堆積物からなる。

5.5 断面図 E-E'

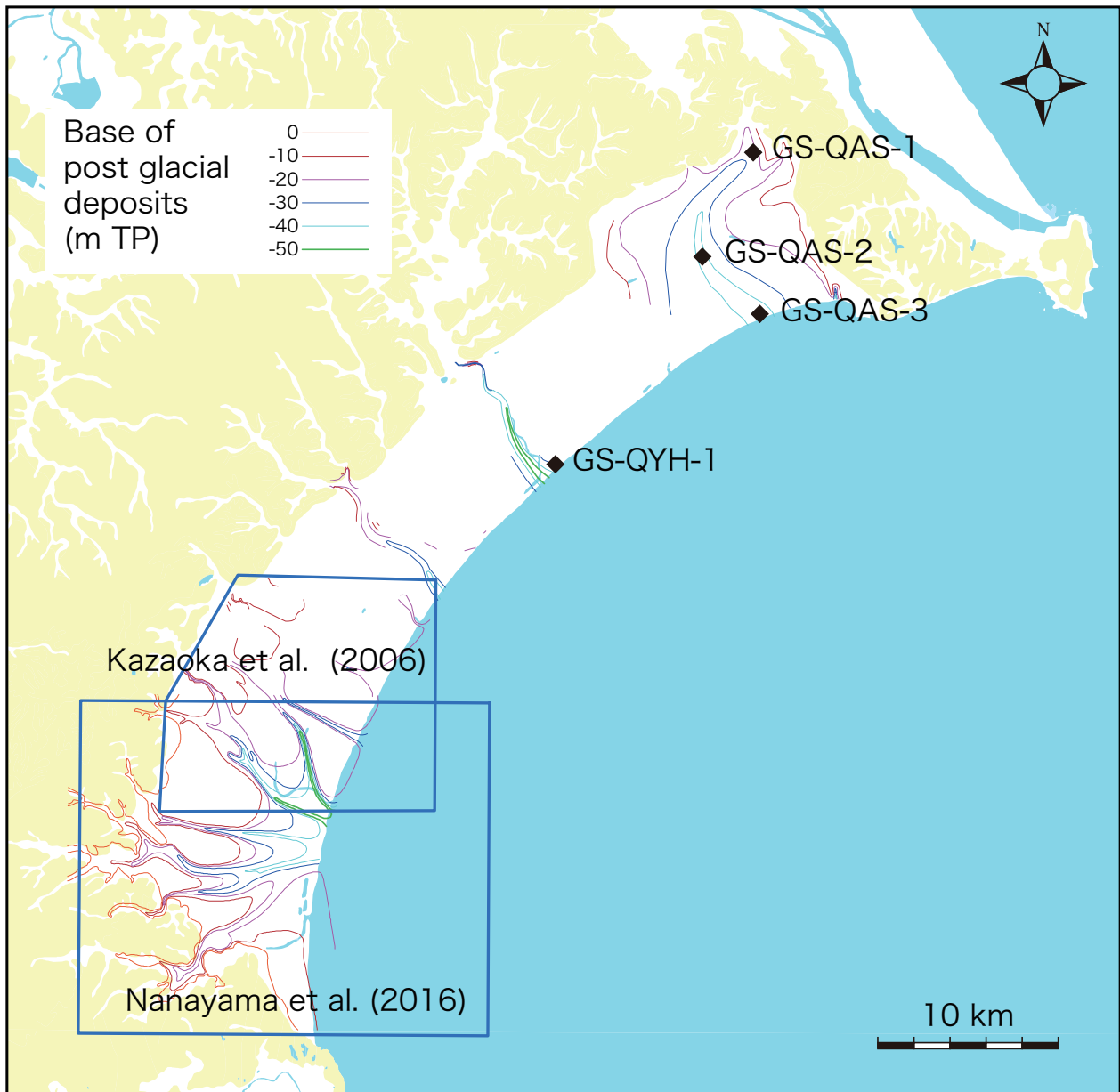
断面図 E-E' は断面図 D-D' と GS-QYH-1 の掘削地点で交差し海岸に沿っている。沖積層の基底は GS-QYH-1 の西約 2.2 km にある既存ボーリングデータでもっとも深い（標高 -36 m）。標高 -25 m 付近までは谷埋め堆積物、それより上位は海浜堆積物からなる。

6. 沖積層基底の分布

既存ボーリング資料、オールコアボーリング、及び既存の文献に基づいて求めた九十九里平野の沖積層基底の分布を第 5 図に示す。台地の谷地形から海岸へ向かって伸びる埋没谷がいくつかある。平野の南部では数本が海岸線付近で合流しており、中部には幅の狭い谷が少なくとも 2 本、北部には比較的幅の広い谷が 1 本見られる。谷底の標高は海岸線付近で -40 ～ -55 m 程度である。谷と谷の間は平坦面が広がり、その標高は南部で -10 m、中部～北部で -25 m 前後である。平野の中部は谷の幅が 3 km 未満と狭い上に沖積層の基底に達するボーリングデータが少なく、存在する谷地形を見落としている可能性もある。これらの埋没谷の分布は海域の沖積層基底分布図（海上保安庁水路部、2000）に示されている埋没谷の延長に概ね一致している。

谷の内部は主に軟弱な海成の泥質堆積物（陸棚おぼれ谷堆積物）で充填され、平坦面から地表までは海浜堆積物からなっていると考えられる。

謝辞：本調査の実施に際して、千葉県環境研究センター、旭市（都市整備課、環境課、総務課、商工観光課、教



第 5 図 九十九里平野の沖積層基底分布図。平野の南部は風岡ほか（2006）、七山ほか（2016）に基づく。風岡ほか（2006）、七山ほか（2016）の調査範囲を示す。

Fig. 5 Elevation map of the basal boundary of postglacial deposits. Those in the southern part of the coast are based on Kazaoka *et al.* (2006) and Nanayama *et al.* (2016). The areas of Kazaoka *et al.* (2006) and Nanayama *et al.* (2016) are shown.

育委員会生涯学習課・庶務課，農業委員会），匝瑳市（学校施設課，総務課），横芝光町（産業振興課，都市建設課），山武市（財政課），及び地権者の方には便宜を図っていただいた。千葉科学大学の植木岳雪教授にはボーリング用地選定に際してご協力いただいた。地質情報研究部門の中島 礼博士には貝化石の同定をしていただいた。以上の方々に感謝いたします。

文 献

千葉県（2017）平成 26・27 年度千葉県地震被害想定調

査報告書。 <https://www.pref.chiba.lg.jp/bousaik/higai-soutei/2627houkokusho.html> (2018 年 1 月 26 日確認)。

久光敏夫・岡田 誠 (1997) 房総半島上総層群に記録された堆積残留磁化の伏角浅化現象。地球惑星科学関連学会 1997 年合同大会予稿集，854。

海上保安庁 (2000) 5 万分の 1 沿岸の海の基本図「九十九里浜」及び同報告書。海上保安庁水路部，48p.，2 sheets。

関東地方土木地質図編纂委員会 (1996) 関東地方土木地質図・解説書。768p。

風岡 修・風戸孝之・笠原 豊・楠田 隆 (2006)

- 九十九里地域における上ガスの分布形態—九十九里町・東金市・大網白里町における最近の研究から—．環境地質シンポジウム論文集，no.16，169-174.
- 木村克己 (2011) ボーリングデータ処理システムの公開—国土基盤情報としてのボーリングデータの利活用を目指して—．産総研 TODAY，産業技術総合研究所，11-1，19-19.
- 小松原純子・水野清秀 (2016) 九十九里平野北部～中部のボーリング調査．平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告，産業技術総合研究所地質調査総合センター速報，no. 71，25-41.
- 増田富士雄・藤原 治・酒井哲弥・荒谷 忠・田村 亨・鎌滝孝信 (2001) 千葉県九十九里浜平野の完新統の発達過程．第四紀研究，**40**，223-233.
- 松島義章 (1984) 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集．神奈川県立博物館研究報告（自然科学），**15**，37-109.
- 森脇 広 (1979) 九十九里浜平野の地形発達史．第四紀研究，**18**，1-16.
- 中里裕臣・佐藤弘幸 (1998) O-11 銚子半島犬吠層群における大町 APm テフラ群の層位．日本第四紀学会講演要旨，no. 28，62-63.
- 七山 太・中里裕臣・大井信三・中島 礼 (2016) 茂原地域の地質．地域地質調査研究報告（5 万分の 1 地質図幅），産業技術総合研究所地質調査総合センター，101p.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, M.P., Guilderson, T.P., Haffli-dason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffman, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaise, 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.
- 斉藤尚人 (2000) ハヶ岳東麓と関東平野の中期更新世テフラの対比とその編年．第四紀研究，**39**，15-23.
- 酒井豊三郎 (1990) 千葉県銚子地域の上部新生界—岩相・古地磁気・放散虫化石層序—．宇都宮大学教養学部研究報告第 2 部，no. 23，Section 2，1-34.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2009) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 (DVD 版)．数値地質図 G-16.
- 佐藤弘幸 (2002) テフラの屈折率による犬吠層群上部と上総層群の対比．日本第四紀学会講演要旨集，no. 32，116-117.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended C-14 data-base and revised Calib 3.0 C-14 age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, P.J. (2015) CALIB Radiocarbon Calibration. <http://calib.qub.ac.uk/calib/>, (2016 年 2 月 24 日確認)
- (受付：2017 年 11 月 27 日；受理 2018 年 2 月 26 日)