

## 神奈川県鎌倉市で発見された江戸期の特異な堆積物

### ～津波が関与した可能性の検討～

神奈川県立生命の星・地球博物館\* 松島 義章

神奈川県温泉地学研究所† 萬年 一剛

北海道大学地震火山研究観測センター‡ 千葉 崇§

島根大学教育学部\*\* 野村律夫

金沢大学国際基幹教育院†† 田中源吾

株式会社博通‡‡ 宮田 眞・滝澤晶子

東京学芸大学§§ 山口麻衣

株式会社パレオ・ラボ\*\*\* 鈴木 茂

日本大学††† 遠藤邦彦

A peculiar deposit of Edo era found in Kamakura City, Kanagawa, Japan — feasibility of tsunami origin

Yoshiaki Matsushima

Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, 499 Iriuda, Odawara,  
Kanagawa, 258-0021, Japan

Kazutaka Mannen

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, 586 Iriuda, Odawara,  
Kanagawa, 258-0021, Japan

Takashi Chiba

Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, Kita 10 Nishi 8, Kita-ku, Sapporo  
Hokkaido, 060-0810, Japan

\* 〒258-0021 神奈川県小田原市入生田 499 電子メール: yoshiaki-matsushima@nifty.com

† 〒258-0021 神奈川県小田原市入生田 586 電子メール: mannen@onken.odawara.kanagawa.jp

‡ 〒060-0810 札幌市北区北 10 条西 8 丁目

§ 現所属: 一般財団法人海上災害防止センター 〒220-0012 横浜市西区みなとみらい 4-4-5 6 階

\*\* 〒690-8574 島根県松江市西川津町 1060

†† 〒920-1192 石川県金沢市角間町

‡‡ 〒248-0016 神奈川県鎌倉市長谷 5-13-27

§§ 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

\*\*\* 〒410-2113 静岡県伊豆の国市中 51

††† 〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40

Ritsuo Nomura

Faculty of Education, Shimane University, 1060 Nishikawazu, Matsue,  
Shimane, 690-8574, Japan

Gengo Tanaka

General Education Courses, Institute of Liberal Arts and Science, Kanazawa University, 2-39-1 Kakuma-machi Kanazawa,  
Ishikawa, 920-1192, Japan

Makoto Miyata, Akiko Takizawa

Hakutsu Co. Ltd., 5-13-27 Hase, Kamakura,  
Kanagawa, 248-0016, Japan

Mai Yamaguchi

Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikitamachi, Koganei,  
Tokyo, 184-8501, Japan

Shigeru Suzuki

Paleo Labo Co. Ltd., 51 Naka, Izunokuni  
Shizuoka 410-2113, Japan

Kunihiko Endo

College of Humanities and Sciences, Nihon University, 3-25-40 SakuraJosui, Setagaya,  
Tokyo 156-8550, Japan

Kamakura, an ancient de facto capital has written records of natural disasters including tsunamis; however, solid geological evidence for such event is lacking. In 2012, we found an event deposit on a slope of a sand dune during an archaeological excavation on the bank of the Nameri-gawa River, approximately 550 m inland from the shore. While the event deposit is mainly composed of dune sand, it also contains silt (< 25 wt%) and some pebbles and cobbles. The pebbles and cobbles are concentrated in certain horizons (> 2.5 m in elevation) demonstrating strong traction. Their imbrication implies flows parallel to the Nameri-gawa River and infers landward and seaward currents in the lower and upper part of the deposit respectively. The deposit contains shell, foraminifera, ostracoda, and diatom fossils of a wide range of habitats including terrestrial, freshwater and marine environments. The benthic biota habitat ranges from the tidal zone to several tens of meters deep. Since the underlying dune deposit does not contain diatoms and ostracodas of freshwater environment, those that occur in the event deposit would have been transported from the Zaimokuza lowland south of the site. The wide range of shellfish age obtained by <sup>14</sup>C dating (4 – 17th century) infers that the flow picked up shellfish remains, which were near the surface due to human activity and environmental changes through time. <sup>14</sup>C ages obtained from charcoal samples indicate ages younger than the late 17th century. Based on historical records on tsunamis and tidal surges, we propose that the 1703 Genroku tsunami is the most probable candidate that created the event deposit.

Keywords: Kamakura, The 1703 Genroku Earthquake, Kanto, Tsunami deposit

## § 1. はじめに

近年、過去の津波の来襲年代や頻度、規模などを津波堆積物の研究によって明らかにする試みが全国各地で行われ、活発な議論が展開されている[たとえば、後藤ほか(2012); 澤井(2012)]. しかし南関東地域

は人口稠密地域であるにもかかわらず、房総半島や三浦半島で1923年大正関東、1703年元禄関東および1293年鎌倉大地震に対比される津波堆積物が報告されているにすぎない[藤原ほか(2006); Shimazaki et al.(2011)].

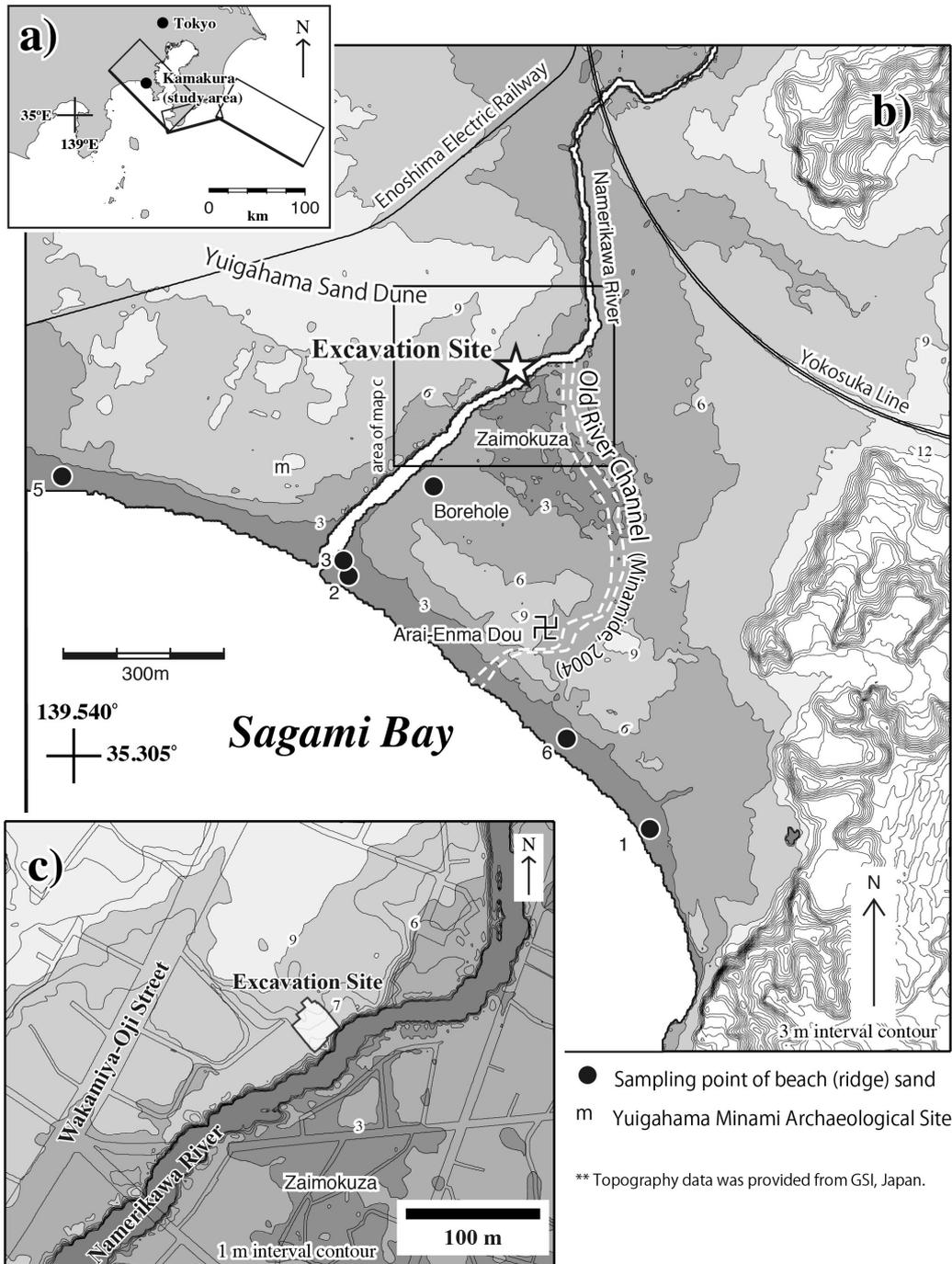


図1 研究地域の位置. a) 研究地域である鎌倉と1703年元禄地震の想定震源の位置(宍倉, 2003). b) 研究地域の地形図. c) イベント堆積物が発見された発掘場所. 砂の採取地点のうち第4地点は第5地点の200m西で地図bの外(35.3099°N, 139.5387°E)になる. これらの地図はGMT(Wessel and Smith, 1998)によって作成された.

Fig.1 Index maps of study area and localities. a) Study area and the fault zones of the 1703 Genroku Earthquake (Shishikura, 2003). b) Topography of the study area. c) Topography around the excavation site where our study is held. Sampling locality 4 is situated off the map (east bank of the Inasegawa River, or approximately 200m west of the locality 5; 35.3099°N, 139.5387°E). Map made using Generic Mapping Tools (GMT) (Wessel and Smith, 1998).

一方、南関東地域でも歴史記録には津波の記述が見られる[羽鳥(1975, 1991, 2006);石橋(1993);金子(2011);都司(1986)]. とくに相模湾に面する古都、神奈川県鎌倉市には、1923年大正関東、1854年安

政東海、1703年元禄関東、1498年明応に関する津波の文献記録が残されている[羽鳥(1991);萬年ほか(2013);小野・都司(2008)]. これら歴史津波に関係する堆積物の候補として、由比ガ浜南遺跡(Fig. 1のm)

で発見された軽石層をあげる提案もあるが[上本・土屋(2002)], 襲来年代や津波像は明確でない。

2012年2月, 遺跡発掘現場において, 人為的な堆積物と異なる, 特異な堆積物が発見され詳しい解析が行われた。この地点は, 大正関東地震による津波

浸水地域内であり[羽鳥(1991)], 津波堆積物である可能性を検討する必要が考えられた。我々は, 今回発見された特異な堆積物の記載や, 含まれる化石の解析, 放射性炭素年代測定を行ったので報告する。

図 2 イベント堆積物が発見された遺跡発掘場所の見取り図。

イベント堆積物はトレンチ A および B の断面で観察された。

Fig.2 Plane map of the archaeological excavation site and trenches for observation of event deposit (Trench A and B).

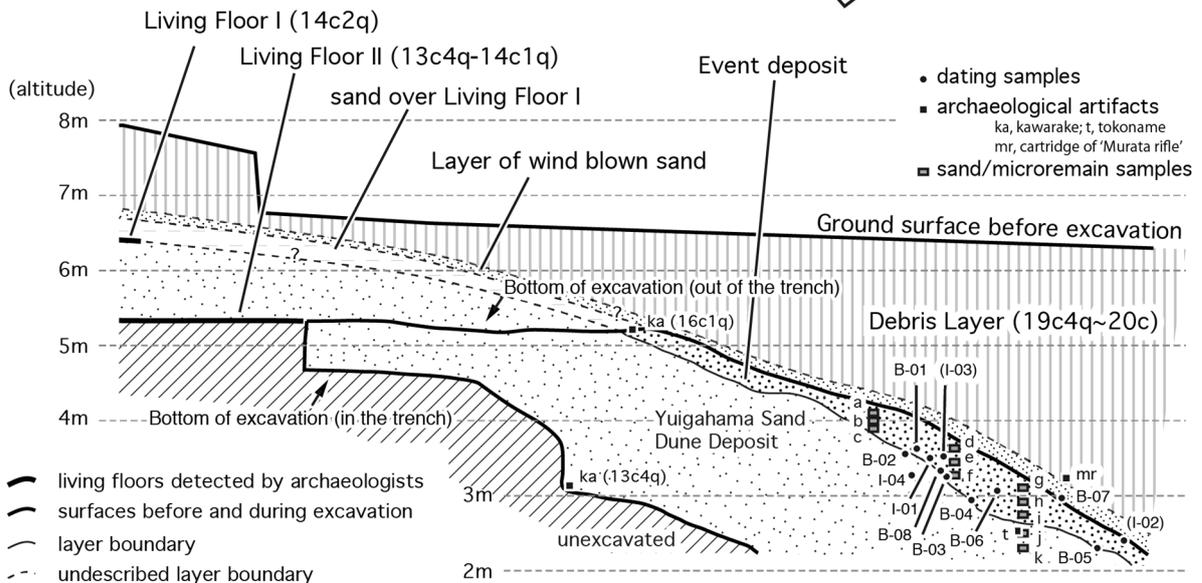
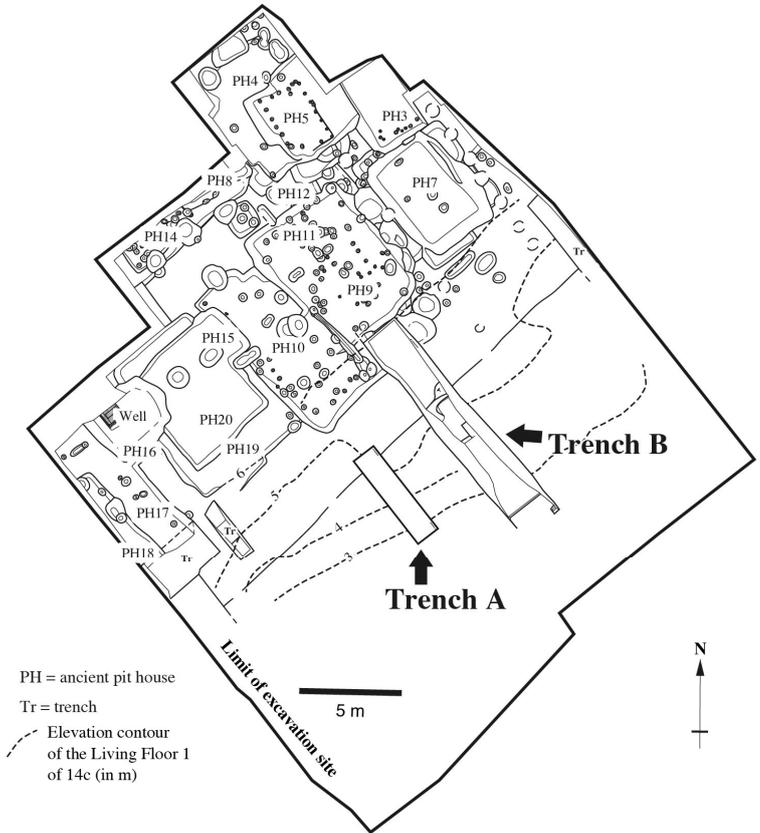


図 3 トレンチB北壁のスケッチとサンプル採取箇所。

カッコは南壁で採取したサンプルで層序的な位置を示した。遺物と生活面の年代も示した(例:13c4q は 13 世紀の第四・四半世紀を示す)

Fig.3 Cross-sectional view of the northern wall of trench B and the sampling positions.

Parentheses indicate samples from southern wall of the trench and stratigraphically equivalent position are shown. Ages of the artifacts and living surface are also shown (ex, 13c4q means the fourth quarter of the thirteenth century).

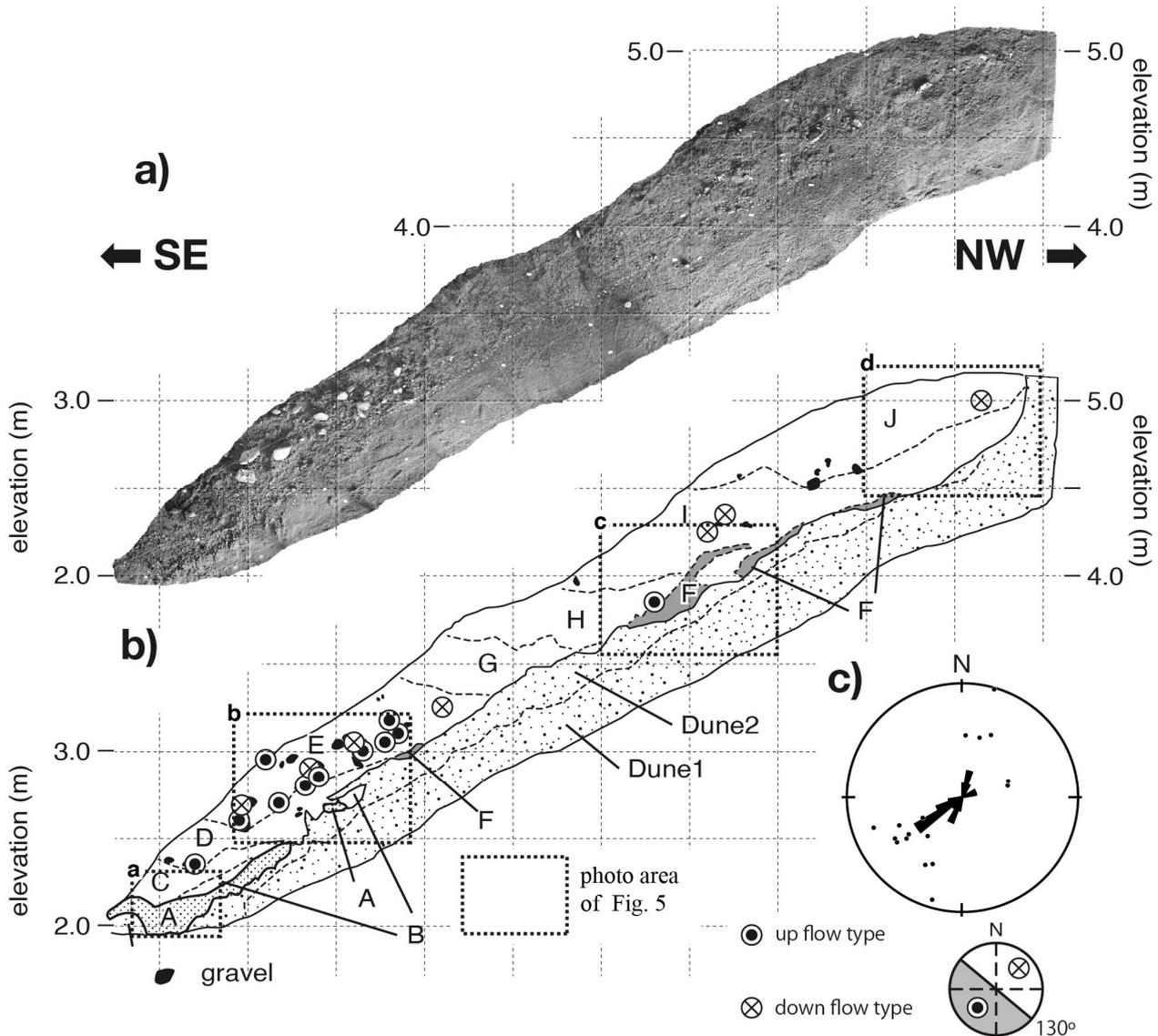


図 4a) トレンチA北壁で採取された接状剥離標本の写真。 Adobe Photoshop®の Photomerge™ 機能により複数の写真を合成した。 b) 写真トレースとユニット分類。 礫の位置と方向性も示した。 c) 礫の方向分布。 方向は円盤状か小判状を呈する礫の最大投影面の傾斜方向。 滑川の流路に直交する 130°を境に北向きを流下タイプ、南向きを遡上タイプとしそれぞれの分布をbに示した。

Fig.4 a) Photograph of the soil monolith taken from the northern wall of trench A. The photograph is stitched from multiple photographs using Photomerge™ of Adobe Photoshop® without any aberrations and touch-ups. b) Schematic trace of sub-layers and pebbles appear in the soil monolith. c) Stereo net and rose diagram showing orientation of pebbles in the soil monolith. The orientation is represented by the shortest axis of disk and blade shaped pebbles and classified into up and down flow types. Orientation showing south with respect to the line of 130° is defined as up flow type and north for down flow type. The location of pebbles and its orientation are shown in b).

## §2. イベント堆積物の発見地点と鎌倉の地形

今回取り扱う特異な堆積物(以下、イベント堆積物)が発見されたのは、鎌倉市由比ガ浜二丁目の遺跡発掘現場である。この場所は、現在の海岸から約550m 内陸に位置し、地形的には、おおよそ東西方向に発達する古い砂丘[上本(2004)]の東端が滑川に接する場所にある(Fig. 1)。滑川を挟んだ対岸には、標高 3m 前後の低地が広がる。これを本報告では材木座低地と呼ぶ。材木座低地と海との間は標高 6~

8m 前後の浜堤が隔てている。

この遺跡発掘現場は、由比ガ浜二丁目付近に広く分布する「由比ヶ浜中世集団墓地遺跡」の一部をなし、今回の発掘現場からは13世紀末から14世紀前半の住居等の遺構が検出された[滝澤(2012); 宮田(2013); Fig. 2]。イベント堆積物は発掘区画の東端、滑川の右岸で発見された。現在の滑川は、材木座低地の西縁に沿うように流下して相模湾に注いでいるが、江戸時代にはこの遺跡発掘現場のやや北から、

材木座低地の中央部を縦断するように流れ、現在の河口から400m程東よりにあった旧河口で海に流入していたことが、古文書や古地図の解析から提案されてきた[Fig. 1; 沢(1967); 貫・阿部(1967); 阿部(1967); 南出(2000, 2004)]. 現河道への切り替え時期は17世紀末から明治初頭のいつかであるが、確定していない。

歴史記録にある鎌倉の津波で最も規模が大きかったのは1703年元禄関東地震に伴う津波で、遡上高はおおよそ6mと見積もられている[羽鳥(1991)]. 元禄関東地震津波より遡上高が1m低かったと見積もられる1923年大正関東地震に伴う津波ではこの付近が標高5m付近まで浸水した[羽鳥(1991)]. このことから、イベント堆積物の発見地点は、元禄関東地震に伴う津波でも、浸水した可能性が高い。

なお、このイベント堆積物については、別のグループによる研究結果が出版されているが[上本ほか(2013)], この報告との比較検討は順次、本文中で触れる。

### §3. 研究の方法

津波堆積物と似た堆積物は、高潮などの別のプロセスでも形成される。このため、ある特異な堆積物について、一つの露頭から何らかの指標を基準に津波堆積物であることを一意に判断することは出来ない。津波堆積物の認定にあたっては、多角的な検討を行い、総合的な判断を行う必要がある。

例えば堆積物が、高潮など別のプロセスでは考えられない標高や海岸線からの距離にある場合や、構成粒子が大きい場合、リップアップクラストなど強い掃流を示唆する堆積構造を持つ場合などは、津波堆積物と認定できる可能性が高まる。また、津波堆積物中に含まれる貝や珪藻、有孔虫、介形虫は、波浪では考えられないほど深い給源を示唆する場合があります。注目すべき要素と言える[例えば、藤原(2004)]. 加えて、歴史記録がある場合、堆積物の年代と対応する津波イベントとの間に時間的接近性が要請される。

以上のことから、本論文では以下に示す各種分析を実施した。

#### 3.1 空間測量

本研究ではトータルステーションを用いて、イベント堆積物の平面的な位置図(Fig. 2)およびトレンチ断面のスケッチ(Fig. 3)を作成した。遺跡内の標高(T.P.)は、近隣の水準点から水準測量により得た。層境界の標高の誤差は数cm以下に抑えられている。

#### 3.2 トレンチの掘削と記載および試料収集

イベント堆積物の層位や構造を確認するため、N29°Wの方向に長軸を持つ2本のトレンチ(AおよびB; Fig. 2)が掘削された。本報告で取り扱うのはこれら

トレンチの調査結果である。Fig. 3に、トレンチの断面を示す。これを見ると、イベント堆積物は厚いところで約1m、全般的には50cm前後で上面の斜度は19~30度であることがわかる。

我々の調査時、イベント堆積物の上位は完全に失われていた。遺跡発掘調査では地面を徐々に掘り下げて遺物や遺構を発見していく。イベント堆積物の上位には遺物や遺構は認められなかったため、特に記載されずに掘り下げられた。Fig. 3のうちイベント堆積物の上位の様子は、掘削担当者のメモや記憶を元に再現したものである。

考古遺物と比較的大きい貝化石は、トレンチ壁面に露出したものを全て採取した。また後述する粒度組成と微化石の分析のために、Fig. 3に示したa~kの各点から700g程度の土砂を採取した。

#### 3.3 接状剥離標本の採取

イベント堆積物は地下駐車場建設のため、完全に消失することが予定されていた。そこで、保存のためにトレンチA北面から接状剥離標本(はざとり標本)を採取した。調査期間が短かったことから、現地ではサンプリング作業を主とし、詳しい層序記載及び、礫の分析は接状剥離標本上で行った。接状剥離標本は、イベント堆積物の全てと、下位の砂丘堆積物の一部を採取したものであり、標本の大きさは幅約5.4m、高さ3.2mである(Fig. 4)。

#### 3.4 粒度分析・粒子組成

イベント堆積物の粒度的特徴を明らかにするため、イベント堆積物、下位の砂丘堆積物、現生の海浜砂について、粒度分析と粒子組成分析を実施した。粒度分析は、試料10~百数十gを0から4φの区間について0.5φ刻みのJISステンレスふるいを用いて、手ふるい、あるいはふるい震盪機によりふるい分けし、秤量、重量パーセントを算出した。粒子組成は、ほとんどのサンプルでモードとなった3φのフラクションから、慎重に縮分した100個の粒子について実体顕微鏡下で観察を行い、磁石で吸い寄せられる「磁性あり岩片」、貝殻片や有孔虫の殻など「生物起源」、などに分類して粒子組成を明らかにした。

#### 3.5 礫の分析

礫のファブリックから堆積物形成時の流向が示唆される可能性がある。そこで接状剥離標本上にある礫について3軸の長さを測定した。この結果から形状分類図[Zingg(1935)]で、円盤状ないし小判状に分類される試料については最大投影面の走向傾斜を測定した。

#### 3.6 珪藻の分析

珪藻の分析にあたっては、採集した砂約10gを、乾燥後秤量して試験管に移し、15%に希釈した過酸

化水素水を 1ml 加えてよく反応させ、有機物分解と珪藻殻の洗浄を行った。その後、含まれる珪藻が観察に適した量になるように希釈し、そこから 0.5ml を抽出してプレパラートに封入した。封入剤はマウントメディアを用いた。作成したプレパラートの全面を 1000 倍の光学顕微鏡下で観察し、計数・同定して産出頻度を求めた。

### 3.7. 有孔虫の分析

採集した砂約 400 g を開口径 1mm と 125  $\mu\text{m}$  のふる

いを用いて水洗し、125  $\mu\text{m}$  のふるい上に残った粒子を乾燥させた後、四塩化炭素(比重: 1.59g/cm<sup>3</sup>)を用いて有孔虫個体を浮選させた。その後、有孔虫を含む浮選試料を一片 5 mm の方眼トレーに散布した後、試料当たり全体で 200 個体以上になるように方眼内のすべての有孔虫を摘出した。また、四塩化炭素で浮選しなかった有孔虫個体を確認するために沈殿試料についても検討し、浮選試料に群集の偏りのないことを確認した。なお、d から i の 6 試料については、200 個体に達する産出が認められなかった。

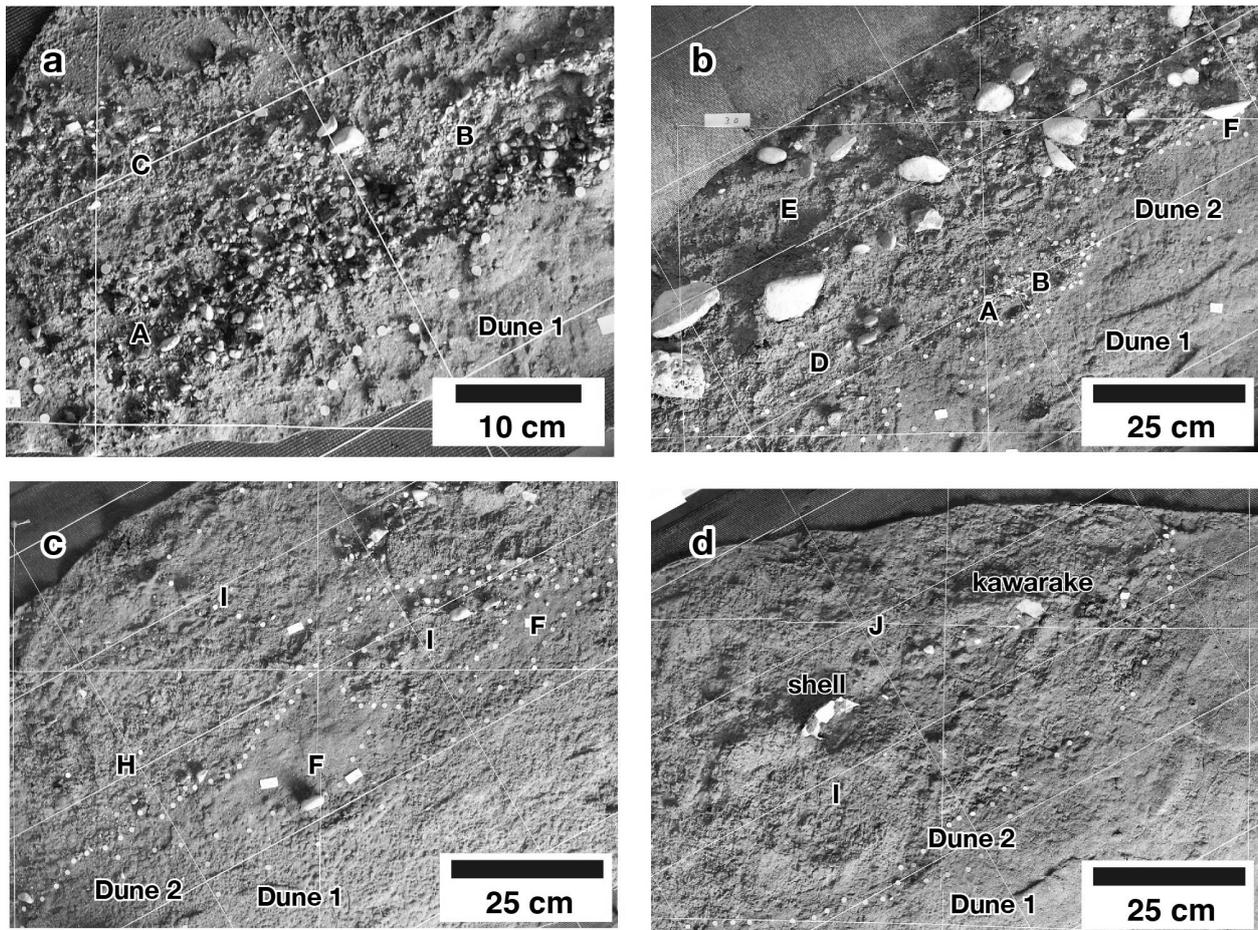


図 5 接状剥離標本の拡大写真。

a-d の範囲は図 4 に示した。これらの写真も図 4 と同様につなぎ合わせて作成された合成写真である。a) イベント堆積物の基底部分。ユニット A は軽石と炭からなる。これを覆うユニット B 及び C が見える。b) ユニット E。小礫と中礫に富む。ユニット A, B, D および F も見える。ほとんどの場合、礫の最大投影面から示唆される流れの方向が壁面と直交することに注意。c) ユニット F。このユニットは下位の由比ガ浜砂丘堆積物(Dune 1)と類似し、ユニット I を巻き込むかのように火炎状にイベント堆積物の中に入っていることに注意。d) 貝殻片と「かわらけ」片の方向から示唆される流れの方向が壁面と直交することを示唆している。

Fig. 5 Photos of the soil monolith extracted from the northern wall of Trench A.

Photo areas are shown in Fig. 4. These photos are stitched from multiple photographs using Photomerge™ of Adobe Photoshop® without any aberrations and touch-ups. a) Basal part of the event deposit. Unit A, which is mainly composed of pumice and charcoal, and overlying unit B and C are shown. b) Unit E, which is rich in pebbles and cobbles, and underlying Units A, B, D, F are shown. Most of the orientations of pebbles indicate flow direction perpendicular to the trench wall. c) Unit F, which is similar to the Yuigahama Dune Deposit shows flame structure stretching through Unit I and other units of the event deposit. d) Orientations of the shell and kawarake (ancient earthenware) indicate flow direction perpendicular to the trench wall. High angle contact between the event deposit (Unit J and I) and the Yuigahama Dune Deposit is also shown.

表 1. イベント堆積物と由比ガ浜砂丘堆積物で見出された貝化石

Table 1 Shellfish occurrence from the event deposits and the Yuigahama Sand Dune deposits.

Habitat*	和名	Taxa	Abundance**	
			Event	Sand Dune
Rock reef	サザエ	<i>Batillus cornutus</i>	c	-
	アワビの一種	<i>Nordotis</i> sp.	f	-
	マツカゼ	<i>Notirus mitis</i>	f	-
	スガイ	<i>Lunella coronatus coreensis</i>	-	f
Coral reef	ヤコウガイ	<i>Turbo marmoratus</i>	f	-
Coastal sandy bottom	ゴルドンソデガイ	<i>Saccella gordonis</i>	f	-
	ナミノコガイ	<i>Latona cuneata</i>	f	-
	サギガイ	<i>Macoma sector</i>	f	-
	ヒナガイ	<i>Dosinorbis bilunulatus</i>	f	-
	オキアサリ	<i>Gomphina veneriformis</i>	f	-
	チョウセンハマグリ	<i>Meretrix lamarckii</i>	c	f
	クチベニデ	<i>Anisocorbula venusta</i>	f	-
	バイ	<i>Babylonia japonica</i>	-	f
Inner bay sandy bottom	ヒメカノコアサリ	<i>Veremolpa micra</i>	va	-
	ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>	c	-
	イボキサゴ	<i>Umbonium</i> cf. <i>moniliferum</i>	c	f
	イボウミニナ	<i>Batillaria zonalis</i>	f	-
	ツメタガイ	<i>Glossaulax didyma</i>	f	f
Sea-grass bed	カワサンショウ	<i>Assimineea lutea japonica</i>	f	-
	シマハマツボ	<i>Diffalaba picta</i>	c	-
	タマツボ	<i>Alvania concinna</i>	f	-
	スズメハマツボ	<i>Diala varia</i>	f	-
Estuarine	ヤマトシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	a	f
Freshwater	カワニナ	<i>Semisulcospira libertina</i>	c	-
Terrestrial	ヒダリマキマイマイ	<i>Euhadra quaesita</i>	c	c
	ミスジマイマイ	<i>Euhadra</i> cf. <i>pelioiphala</i>	f	-

\*Matsushima (1984). \*\*Abundance in the event deposit and the underlying Yuigahama Sand Dune Deposit. Degree of abundance is; f, few(1-2); c, common(3-5); a, abundant(6-10); va, very abundant(11=<).

### 3.8. 介形虫の分析

有孔虫分析用のサンプルについて浮選前に、80倍の実体顕微鏡下で介形虫標本を拾い出した。標本は片殻、合弁、破片に関わらず同定可能なものをそれぞれ1個体として数えた。

### 3.9. 軽石の分析-屈折率の測定

イベント堆積物中の軽石は、給源を探るために構成鉱物の確認と、屈折率の測定を行った。軽石は、軽い打撃を与えながら粉碎し、斑晶鉱物(63 μm以上)を流水中で濃集、乾燥させた後、磁石と重液で、無色鉱物、有色鉱物、不透明鉱物(磁性鉱物)に分離してそれぞれの重量を測定し、斑晶量を求めるとともに、実体顕微鏡下で構成鉱物とその比率を観察した。ガラスは、屈折率を RIMS(京都フィッシュントラック社製)で測定した。

### 3.10. 放射性炭素年代測定

イベント堆積物及びその下位の地層の堆積年代を明らかにするため、含まれる化石および炭化物の放射

性炭素年代測定を実施した。炭化物は、いずれも材で、根は含まない。測定は AMS 法により、Beta Analytic および株式会社加速器分析研究所に委託して実施した。年代の算出にあたっては原則として  $\delta^{13}\text{C}$  の補正を行い、暦年換算の較正曲線には海生生物の遺骸に関しては Marine13、それ以外は IntCal 13 を用いた。なお、海生の化石に対し海洋リザーバー効果の補正は実施していない。

## §4. トレンチ壁面の層序

トレンチ壁面に見られた地層について、下位から順番に層相を述べる(図 3.4)。

最下位は、細粒砂を主体とする淘汰の良い砂層で、この層は地形的な連続性や層相から前述の古い砂丘本体と考えられる。本報告ではこの層を由比ガ浜砂丘堆積物と呼ぶ。この層の最上部、最大厚さ 50cm 程度の範囲は、ごくわずかに腐植とシルトを含む。今後、下部の淘汰の良い砂層を砂丘堆積物 1、上部のわずかに腐植とシルトを含む砂層を砂丘堆積物 2 と

表 2 イベント堆積物に産する珪藻化石

Table 2 Diatom occurrence from the event deposit.

S.T.*	Species	L.F.**	a	b	c	d	e	f	g	h	i
Freshwater	<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	B		1					1		
	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman et R. E. M. Archibald	B	2	2	3		2	2	3	8	14
	<i>Amphora montana</i> Krasske	B	1		1	4	3	4	3		
	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	B	5	6	7	2	9	12	6	12	7
	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	B	1	2	7	7	6	7	4	13	3
	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	B	15	13	15	13	17	21	28	9	8
	<i>Cymbella turgidula</i> Grunow in A. Schmidt et al	B	14	16	10	18	12	8	26	18	8
	<i>Diadesmis contenta</i> (Grunow in Van Heurck) D. G. Mann	B	4	4	3	6	4	3	4	2	2
	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	B	4	2	2	4	2	2	2	2	
	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	B		1	1	2		3	1		
	<i>Eunotia</i> sp.1	B			1						
	<i>Geissleria decussis</i> (Østrup) Lange-Bertalot et Metzeltin	B	23	18	22	21	16	11	15	19	35
	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	B		2	2	2	6			2	
	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	B	7	7	9	9	8	9	7	13	9
	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	B	16	9	9	13	7	15	9	12	13
	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann	B	3	5	7	4	8	11	8		4
	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	B	2		2			1		1	2
	<i>Navicula tripunctata</i> (O. F. Müller) Bory	B	1		1	2				4	
	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	B		1		1	1			1	1
	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	B			1			1			
	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	B		1		3		2			3
	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	B		1	2			1		2	4
	<i>Pinnularia</i> sp.1	B			2		2	2	2	2	6
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	B	8	6	7	8	17	12	12	9	12	
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer	B	1	5	4		6	4	11	4	4	
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	B	3	2	2	2	2					
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D. M. Williams et Round	B	4	2	3	7	6	3	7	7	8	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compere	B	14	12	11	13	11	16	19	7	8	
Brackish	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O. F. Müller) Hende	B		2	2		3	1		2	2
	<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve	B			1	3					
	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	B	1		2	2	1	5		4	
	<i>Navicula digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs	B				2					1
	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	B	2	2	3		3	6	2	7	3
	<i>Navicula salinarum</i> Grunow	B			1	1				2	
	<i>Nitzschia nana</i> Grunow	B			1			1	1	1	1
	<i>Nitzschia scalpelliformis</i> Grunow	B	1	3	3	2		9	2	6	5
	<i>Nitzschia</i> sp.1	B	2	2	3	3	3	4	3	2	3
	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	B	1	3	3	2	2	3	4	4	2
	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller	B	3	3	4	3	3	2	6	2	
	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	B	1	1			1		1		
	<i>Surirella</i> sp.1	B	3	2	2	2	2		2		
	<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory	B		2	2	1		2		3	6
	<i>Tryblionella levidensis</i> W. Smith	B			2		2				
	<i>Tryblionella plana</i> (W. Smith) Pelletan	B	1	2	3	2	2	1	2	2	5
	<i>Tryblionella salinarum</i> (Grunow) Pelletan	B			1			1			
Marine	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	B						2			
	<i>Amphora arenicola</i> Grunow	B							1		
	<i>Anomooneis sphaerophora</i> f. <i>costata</i> (Kützing) A.-M. Schmid	B			2						
	<i>Caloneis brevis</i> (Gregory) Cleve	B			1						
	<i>Catenula adhaerens</i> (Mereschkowsky) Mereschkowsky	B	2		4	4	2	4	2		1
	<i>Cocconeis pseudomarginata</i> Gregory	B							1		
	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	B			1			1			
	<i>Diploneis decipiens</i> A. Cleve	B		1	1			1	1		1
	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve	B						1	1		
	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) A. J. Stickle et D. G. Mann	B			1		1				1
	<i>Gomphonemopsis exigua</i> (Kützing) L. K. Medlin	B					2		1		
	<i>Hippodonta linearis</i> (Østrup) Lange-Bertalot	B	2	4	6	2	2	3	9	11	
	<i>Hyalodiscus</i> sp.1	B			1						
	<i>Opephora</i> sp.1	B			1		2		1	1	2
	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	B	2							8	
	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round et Bukhtiyarova	B	3	2	3	3	2	2	2	2	3
	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams et Round	B	1	2	1	2	2	1	3	1	2
resting spores of <i>Chaetoceros</i>	P			2	2	1	1	2	1	2	
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Van Heurck	P	2	4	4	5	3	3	4	4	5	
<i>Thalassiosira</i> spp.	P	1	2	2	2	3	2	2	3	3	
TOTAL			156	155	197	184	187	206	221	213	199

\*S.T. = salinity tolerance (Chiba and Sawai, 2014); \*\*L.F. =Life Form

analyst, T. Chiba

表 3. イベント堆積物および由比ガ浜砂丘堆積物に産する有孔虫化石

Table 3 Foraminifera occurrence from the event deposit and the Yuigahama Sand Dune deposit.

Taxa	Habitat*	Sampling points										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j**	k**
<i>Acervulina inhaerens</i>	rock reef				1							
<i>Cymbaloporeta squamosa</i>	rock reef > coastal sand bottom											1
<i>Elphidium crispum</i>	rock reef > coastal sand bottom	52	62	63	23	1	9		2	21	25	17
<i>Elphidium depressulum</i>	rock reef > coastal sand bottom	7	5	2	4		2			2		1
<i>Grabratella australensis</i>	rock reef > coastal sand bottom										1	1
<i>Pararotalia nipponica</i>	rock reef > coastal sand bottom		1	2		2	1			1	123	139
<i>Cibicides refulgens/lobatulus</i>	rock reef > coastal	120	141	113	64	1	6			51	61	30
<i>Rosalina bradyi</i>	rock reef > coastal	4	6	10	2					2	5	3
<i>Hanzawaia nipponica</i>	coastal sand bottom	3								2	2	1
<i>Pseudorotalia gaimardii</i>	coastal sand bottom	8	4	2							2	
<i>Textularia grammen</i>	coastal sand bottom											2
<i>Quinqueloculina agglutinans</i>	common in coastal sand bottom										2	
<i>Quinqueloculina akneriana</i>	common in coastal sand bottom			1							7	6
<i>Quinqueloculina seminula</i>	common in coastal sand bottom										5	
<i>Quinqueloculina spp.</i>	common in coastal sand bottom	1		3		1				1	6	1
<i>Heterolepa dutemplei</i>	coastal									3		1
<i>Ammonia ketienziensis</i>	coastal		3	9	4		4			4		
<i>Murrayinella minuta</i>	coastal			1								
<i>Pseudonion japonicum</i>	coastal > brackish		1	1								
<i>Reussella aculeata</i>	coastal > brackish			1								
<i>Ammonia beccarii</i>	brackish > coastal	5	2	1							3	3
<i>Lenticulina sp.</i>	bathybic			1								
<i>Polymorphina sp.</i>	bathybic			1							1	
<i>Poroepionides cribroropandus</i>	bathybic										1	
<i>Sigmoidella kagaensis</i>	bathybic											1
<i>Brizalina karreriana</i>	bathybic (fossil?)		1								2	2
<i>Nodosaria sp.</i>	fossil, bathybic	2		1								
<i>Bulimina striata</i>	fossil, bathybic	1		1							2	
<i>Uvigerina akitaensis</i>	fossil, bathybic	1	1		1							

\*Nomura (1997). ">" indicating principal and subordinate habitats.

\*\*j and k are samples of Yuigahama Sand Dune deposit while others are those of the event deposit (Fig. 3).

呼ぶ。その上位のイベント堆積物については、次項で詳述する。

イベント堆積物の上位は、観察時失われていたが、最大で厚さ 20cm 程度の砂が覆っていた。この砂層は粒径や色調から見て、周辺で見られる飛砂と変わらず、本報告では飛砂層と呼ぶ。

その上位には、建築廃材などのガレキを含む層があった。この層には村田銃の薬莖、ガラスやレンガ破片が見つかった。この層は、明治以降に滑川川岸の埋め立てのために投棄された廃棄物の地層と考えられ[株式会社博通(2015)], 本報告ではこの層をガレキ層と呼ぶことにする。現在の滑川の護岸はこの付近で標高 5.3m の高さがあり、ガレキ層の上端はこの標高に近似できると考えられる。

## §5. イベント堆積物の地質記載

イベント堆積物は岩相を基にいくつかのユニットに分けることが出来る。ここでは、下位より A から J の 10

ユニットに細分した (Fig. 4)。岩相以外に、基底で礫がめだつこともユニット分けの基準となった (Fig. 4; Fig. 5)。イベント堆積物はユニット A を除くと基本的にシルト混じり砂層からなり、礫を含む場合でも基質支持であった。淘汰の良い砂層である下位の砂丘堆積物と比べると、イベント堆積物はやや泥質でわずかに固着性があり、砂丘堆積物とくらべると、鎌で表面を削る際に抵抗があるほか、壁面が乾燥しても粒子があまり離脱しなかった。以下、各々のユニットについて述べる。

ユニット A は、下位がシルト混じり細粒砂、上位が 3 phi 前後の軽石及び炭化木片からなる。両者の間は漸移し、上位は礫支持に近い層相を呈する。軽石は、白色で良く発泡しており、斑晶量は約 10wt%、鉱物組み合わせは斜方輝石 = 単斜輝石 > 角閃石で、このほかに磁性鉱物が含まれる。

その他のユニットは基本的にシルト混じり砂からなる。

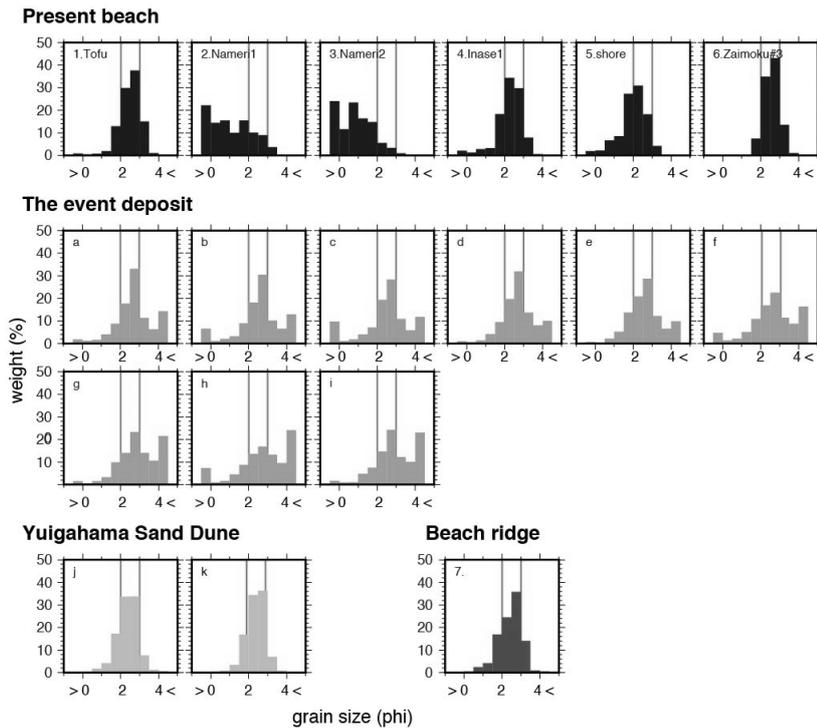


図 6. 本研究で採取された砂質試料の粒度分析結果. 1-6 は現世の海浜(図 1), a-i はイベント堆積物, j-k は由比ガ浜砂丘堆積物(図 3), 7 は現世の浜堤堆積物で図1に borehole と示した地点の試掘で深度 200-205 cm(標高 1.94-1.89 m)から得られたもの.

Fig. 6 Grain size distributions of the present beach (1-6; Fig. 1), the event deposit (a-i; Fig. 3), the Yuigahama Sand Dune (j-k; Fig. 3) and the present beach ridge (7). The present beach ridge sand (7) was obtained by from the borehole shown in Fig. 1 (depth = 200-205 cm; elevation = 1.94-1.89 m).

表 4 イベント堆積物および由比ガ浜砂丘堆積物に産する介形虫化石

Table 4 Ostracoda occurrence from the event deposits and the Yuigahama Sand Dune deposit.

Habitat	Taxa	Sampling points					
		a	b	c	i	j*	k*
Freshwater	<i>Dolerocypris ikeyai</i> Smith & Kamiya, 2006				1		
	<i>Heterocypris incognuens</i> (Ramdohr, 1808)	2	19	25	11		
	<i>Ilyocypris</i> sp.		2		1		
	<i>Physocypris nipponica</i> Okubo, 1990			2			
Rock reef / calcareous algae	<i>Aurila corniculata</i> Okubo, 1980	1		1			1
	<i>Aurila hataii</i> Ishizaki, 1968	1	1			1	
	<i>Aurila tosaensis</i> Ishizaki, 1968		1	3			
	<i>Cythere omotenipponica</i> Hanai, 1959		1	1			
	<i>Xestoleberis hanaii</i> Ishizaki, 1968				1		
Sea-grass bed	<i>Loxococoncha japonica</i> Ishizaki, 1968	1					
	<i>Loxococoncha zamia</i> Ishizaki, 1968					1	
	<i>Mutilus assimilus</i> (Kajiyama, 1913)		1			1	
Sandy bottom	<i>Pontocythere subjaponica</i> (Hanai, 1959)			1	2		
	<i>Spinileberis quadriaculeata</i> (Brady, 1880)		1				
Total		4	26	33	16	3	1

\*j and k are samples of Yuigahama Sand Dune deposit while others are those of the event deposit (Fig. 3).

ユニット B は、後述するユニット C, D 及び E に覆われ、砂丘の斜面に被さるような形で堆積したやや礫に富む層である。ユニット A とユニット B は標高 2.75m 付近にもセットで断片的に見え、この付近まで遡上または埋積したものの、後に来た流れで浸食されたものとみられる。

ユニット C は、ユニット A 及びユニット B を覆う、やや礫に富む層で、礫は上半分に多い。ユニット A をやや掘り込むようにして堆積をしているが、ユニット D との間にほぼ水平な境界をなす。

ユニット D はユニット B および C を覆い、礫は余り含まない。

ユニット E は-4φ 程度の礫を少量含み、下位のユニ

ット D を浸食するように不整合に覆う。またユニット E には砂丘堆積物 2 から延びる火炎状の構造がある。

ユニット F は砂丘堆積物 2 から漸移し、後述する G, H, I の各ユニットと砂丘堆積物 2 の間に挟まれて存在する礫を含まない、砂を主体とする層である。層相的には下位の砂丘堆積物 2 より砂丘堆積物 1 に似る。ユニット H および I の中に火炎状構造のようにつきだしている部分もある。

ユニット G はこぶし大以上の礫を含む。含まれる礫は下部の方が多く、より大きい傾向がある。

ユニット H は礫をほとんど含まないマッシュな層で、上位及び下位とも整合的に接する。

ユニット I はユニット H に似たマッシュな層であるが

所々小礫の濃集部分がある。また、最上部に礫が含まれる。ユニットIの側面は由比ガ浜砂丘堆積物に接するが、砂丘堆積物2はほとんど認められず、砂丘堆積物1に直接接するところが多い。またこの境界は安息角よりも遙かに大きい 50 度以上の斜度をなす。このことからユニットIは由比ガ浜砂丘堆積物を削り込んで堆積したものと考えられる。

ユニットJは一連のイベント堆積物の最上位をなすが、下位のユニットIを不整合で覆う。下位には礫が多く含まれる。

これらユニット間は、不整合を呈することが多く、土壌など時間間隙を示す層相を検出できなかった。一方、基本的に層相や含まれる生物遺骸、遺物はユニットAを除いて類似しているうえ、ユニットAでみとめられる軽石と同じものと思われる軽石は他のユニットでも散見される。そこで、ここではイベント堆積物全体を一つのイベントによって生じた堆積物と仮定して議論を進めることにしたい。

## §6. 各種分析の結果

### 6.1 考古遺物

砂丘堆積物2からは、考古遺物として 13 世紀第4四半期に比定される素焼きの土器である「かわらけ」の破片と 14 世紀に比定される常滑焼の壺の破片が発見された。

イベント堆積物中には中世に比定される多数のかわらけ片と中世に比定される鉄釘1つが見出されたが、江戸期以降の遺物は見つからなかった。飛砂層からは 16 世紀第1四半期に比定される「かわらけ」の破片が出土した[滝澤(2012)]。

### 6.2 貝化石

貝類は、イベント堆積物中でかなり目立つが、下位の由比ガ浜砂丘堆積物中にも含まれる。両者で認められた貝類は 32 種あったが、うち生息環境が明瞭な 26 種のリストを Table 1 に示した。

砂丘堆積物2には、ヒダリマキマイマイ(*Euhadra quaesita*)と、若干のミスジマイマイ(*Euhadra* cf. *peplomphala*)といった陸貝に加え、海産種も確認した。一般に陸貝は海産種に比べ殻が壊れやすいが、砂丘堆積物2に産するそれらは破損・摩滅がほとんど無く、現地性である可能性が高い。

イベント堆積物からは、30 種が産出した。その中で生息環境が明瞭な 26 種に注目すると、この堆積物が岩礁性種、沿岸砂底種、内湾砂底種、藻場に生息する種、感潮域種、淡水生種、陸生種と多様な環境に住む貝類を雑多に含んでいることがわかる。

発見された種はヤマトシジミ(*Corbicula japonica*)を除き、全てが現在の鎌倉の海域、河川、陸域で生息している[間瀬(1986); 大里(1986)]。このほか、リストには含めなかったがイベント堆積物中からヤコウガイ

(*Turbo marmarotus*)の破片を1つ検出した。これは、近隣の海域を起源としたものではなく、中世の鎌倉で螺鈿細工に用いるために移入されたものが、混入したものと考えられる。今回の発掘現場からも加工痕の見られるヤコウガイが9個出土した。

### 6.3 珪藻

イベント堆積物の9試料(a-i)全てから産出したが、由比ガ浜砂丘堆積物(jおよびk)からは産出がなかった(Table 2)。産出した珪藻は生態的特徴から、大きく淡水生種、汽水生種、海生種に分類される[千葉ほか(2011)]。それぞれ主に底生種が産出したが、海生種のみ浮遊性種も産出した。イベント堆積物のどの層準においても淡水生種が優占し、特に *Geissleria decussis*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella turgidula*, *Ulnaria ulna* が優占した一方、海生種、汽水生種が少ない傾向は一致していた。汽水生種と海生種は産出数が低く、含まれる種のランダム性が高い。

### 6.4 有孔虫

イベント堆積物の試料gを除く10層準から29種が産出した(Table 3)。これらの生息環境は、沿岸岩礁性種、沿岸岩礁性～沿岸砂質底種、沿岸岩礁性～沿岸性種、沿岸砂質底種、沿岸性種、沿岸性～汽水水域性種、化石種(?), 深海性種と非常に多様である。

*Cibicides refulgens lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Pararotalia nipponica* は、いずれも沿岸岩礁～沿岸砂質底に生息している典型的な種であるが、由比ガ浜砂丘堆積物ではこれら3種とも多く産出した。一方、イベント堆積物からは前2種は由比ガ浜砂丘堆積物と同じく多産したものの、*P. nipponica* の産出が少なかった。

産出数の少ない *Lenticulina* sp., *Polymorphin* sp., *Poroepionides cribrorepandus*, *Singmoidella kagaensis* などは下部沿岸性種であり、*Brizalina karreriana*, *Nodosaria* sp., *Bulimina striata*, *Uvigerina akitaensis* は調査地域の基盤である逗子層と池子層に含まれており(江藤ほか,1987)、これらの地層から由来したと判断される。

汽水域に典型的な *Ammonia beccarii* は、由比ガ浜砂丘堆積物とイベント堆積物の試料cで僅かに産出したに留まった。

イベント堆積物と砂丘堆積物中に産出した有孔虫の殻は、表面がやや摩滅していた。

### 6.5 介形虫

イベント堆積物のd, e, f, g, hで産出を確認できなかったが、それ以外の6層準から産出した(Table 4)。イベント堆積物はa層準以外で淡水生種の *Heterocypris incongruens* が80%以上を占める種組成であった。一方、由比ガ浜砂丘堆積物では2層準からわず

か 4 個体の *Aurila corniculata*, *Aurila hataii*, *Loxoconcha zamia*, *Mutilus assimilus* を検出した。これらはいずれも海生種であった[Ishizaki(1968)]. 由比ガ浜砂丘堆積物の介形虫群集を詳しく検討するため, j および k に対応する層準から採取した砂から再度介形虫化石を抽出し, 得られた 91 個体 (Table 5) を解析したところ, 全て海生種で, 一部摩耗をしていることと, 現世アナログ法 [Overpeck et al.(1985); 田中ほか(2012)]を用いた解析で, 水深 52m の群集にもっとも一致することがわかった。

表 5. 由比ガ浜砂丘堆積物における介形虫化石の再解析結果

Table 5 Re-analysis result of ostracoda occurrence from the Yuigahama Sand Dune deposits.

Taxa	Total
<i>Aurila corniculata</i> Okubo, 1980	23
<i>Aurila imotoi</i> Ishizaki, 1968	5
<i>Aurila hataii</i> ishizaki, 1968	10
<i>Aurila tosaensis</i> Ishizaki, 1968	3
<i>Callistocythere alata</i> (Hanai, 1957)	0
<i>Coquimba poga</i> (Hu, 1986)	1
<i>Cythere omotenipponica</i> Hanai, 1959	10
<i>Ishizakiella miurensis</i> (Hanai, 1957)	0
<i>Loxoconcha japonica</i> Ishizaki, 1968	1
<i>loxoconcha zamia</i> Ishizaki, 1968	0
<i>Mutilus assimilus</i> (Kajiyama, 1913)	2
<i>Neonesidea oligodentata</i> (Kajiyama, 1913)	7
<i>Pistocythereis bradyformis</i> (Ishizaki, 1968)	1
<i>Pontocythere subjaponica</i> (Hanai, 1959)	1
<i>Pseudoaurila japonica</i> (Ishizaki, 1968)	7
<i>Robustaurila ishizakii</i> (Okubo, 1980)	2
<i>Robustaurila kianohybridus</i>	1
<i>Schizocythere kishinouyei</i> (Kajiyama, 1913)	12
<i>Spinileberis quadriaculeata</i> (Brady, 1880)	0
<i>Trachyleberis scabrocuneata</i> (Brady, 1880)	0
<i>Xestoleberis hanaii</i> Ishizaki, 1968	5
Total	91

## 6.6 軽石

軽石はイベント堆積物のユニット A で大量に認められたが, その他のユニットでもわずかに認められた。これらはいずれも白色で, 良く発泡しており水に浮く。ランダムに選んだ 22 個の軽石についてガラスの屈折率を測定したところ, 1) 1.499-1.501 に単独のピークを持つもの (タイプ N), 2) 輪郭の消失が曖昧で, 1.499-1.512 でばらつくもの (タイプ WL), 3) 同様に 1.516-1.530 でばらつくもの (タイプ WH), の 3 種に分類でき, 個数比は N:WL:WH = 9:11:2 であった。

タイプ N および WL の軽石は, 斑晶量が約 11 wt%, その内訳は無色鉱物が約 75 wt%, 有色鉱物が約 12 wt%, 不透明鉱物が約 13 wt% で, 有色鉱物は斜方輝石と単斜輝石がおおよそ 6:4 の割合でほとんどを占め, 普通角閃石がわずかに含まれるという観察が共通していた。タイプ WH の軽石は斑晶量が 1.4wt% と

少なく, 軽石も小さいため斑晶の種類毎の比率は精度良く測定できなかったが, 斑晶の種類はほかのタイプと同じであることを確認した。

以上の特徴を持つテフラは町田・新井(2003)のカタログ中に見いだせなかった。なお, 上本ほか(2013)では同じイベント堆積物から得られた軽石について, 石英, アルカリ長石, 斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 黒雲母, 角閃石が含まれると報告しているが, 本研究では同様の特徴を持つ軽石を確認できなかった。

## 6.7 礫の方向性

イベント堆積物中の礫は, ほとんどが凝灰質シルト岩で, わずかに軽石質砂岩, 両輝石含有デイサイトが含まれる。接状剥離標本上の 36 個の礫は, 円盤状が 50%, 小判状が 25%, 棒状が 22%, 球状が 1% であった。

Fig. 4b に泥岩で形状が円盤ないし小判状に分類されるもの, およびかわらけ片で平らなものの最大投影面の極分布を示した。最大投影面の傾斜方向は北東—南西方向に集中し, 特に南西に傾斜するものが多いことが確認できる。この向きは, 砂丘の傾斜方向と直交する一方, イベント堆積物が発見された露頭際を流れる滑川の流向, または砂丘斜面の走行方向に概ね一致している。また, 最大投影面の傾斜方向を北東向きのもものと南西向きのものに分類し, トレンチ断面上での分布を示すと, ユニット基底部分を中心に南西向きのもものが卓越する (Fig. 4)。このことは, 南西, すなわち現在の滑川を遡上するような流れにより, イベント堆積物が形成されたことを示唆する。

## 6.8 粒度分析・粒子組成

粒度分析の結果 (Fig. 6), 分析したほとんどの試料で 3φ 付近にモードがあることがわかった。例外は, 滑川の河口付近の海浜砂で, モードが 1φ で淘汰が悪い。

多くの試料でモードをなす 3φ 粒子について組成を調べたところ, ほとんどの試料で無色鉱物が主要な組成の 1 つであるという点は変わらないが, 磁性のある岩片や生物起源の粒子の比率には違いが認められた (Fig. 7)。

なお, 上本ほか(2013)は, イベント堆積物中の砂粒子には破断 (上杉・春川, 2012) したものが含まれると主張しているが, 我々の観察ではそうした特徴は認められなかった。

## 6.9 年代測定

分析試料とその結果のリストを Table 6 に, また各試料の較正年代の確率分布を Fig. 8 に示す。分析した試料は, 海生の貝, 淡水生の貝, 陸生の貝, 淡水生の介形虫, 炭化木片に分類できるが, およそこの順で古く, 7 世紀から, 20 世紀までの広い年代を示すことがわかった。

表 6 イベント堆積物とその下位の由比ガ浜砂丘堆積物から得られた  $^{14}\text{C}$ 年代

Table 6  $^{14}\text{C}$  dating of the event deposit and underlying Yuigahama Sand Dune deposit.

ID	sample	Habitat	analysis code	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional $^{14}\text{C}$ age (yrBP; $\pm 1\sigma$ )
B-01	Shell of <i>Semisulcospira libertine</i> (カワニナ)	Fresh water	Beta-326634	-11.7 $\pm$ 0.2	1260 $\pm$ 30
B-02	Shell of snail (マイマイ)†	Terrestrial	Beta-326635	-9.1 $\pm$ 0.2	460 $\pm$ 30
B-03	Shell of <i>Umbonium moniliferum</i> (イボキサゴ)	Marine	Beta-326636	-3.6 $\pm$ 0.2	1200 $\pm$ 30
B-04	Shell of <i>Meretrix lusoria</i> (ハマグリ)	Marine	Beta-326637	-0.9 $\pm$ 0.2	1120 $\pm$ 30
B-05	Shell of snail (マイマイ)	Terrestrial	Beta-326638	-9.9 $\pm$ 0.2	370 $\pm$ 30
B-06	Shell of <i>Corbicula japonica</i> (ヤマトシジミ)	Brackish	Beta-326639	-5.5 $\pm$ 0.2	1890 $\pm$ 30
B-07	Shell of snail†	Terrestrial	Beta-326640	-8.7 $\pm$ 0.2	660 $\pm$ 30
B-08	Shell of <i>Semisulcospira libertina</i> (カワニナ)	Fresh water	Beta-326641	-10.8 $\pm$ 0.2	1090 $\pm$ 30
B-13	Ostracoda*	Fresh water	Beta-340871	NA**	550 $\pm$ 30**
I-01	Charred wood	Terrestrial	IAAA-112793	-23.43 $\pm$ 0.42	9170 $\pm$ 40
I-02	Charred wood	Terrestrial	IAAA-112809	-25.33 $\pm$ 0.62	70 $\pm$ 20
I-03	Charred wood	Terrestrial	IAAA-113297	-26.79 $\pm$ 0.33	70 $\pm$ 20
I-04	Charred wood	Terrestrial	IAAA-113298	-28.48 $\pm$ 0.40	100 $\pm$ 20
P-01 <sup>§</sup>	Charred twig of <i>Pinus</i> subgen. <i>Pinus</i>	Terrestrial	PLD-20485	-27.04 $\pm$ 0.14	120 $\pm$ 20
P-02 <sup>§</sup>	Shell of snail†	Terrestrial	PLD-20486	-11.33 $\pm$ 0.11	350 $\pm$ 20

\* *Heterocypris incongruens* of the samples b (5.5mg), c (1.3mg) and i (5.1mg). \*\* $^{13}\text{C}$  correction is not applied due to the small amount of sample available.

<sup>§</sup> Pareo lab AMS dating group and others (2015). †Samples from Yuigahama Sand Dune deposit.

## §7. 考察

### 7.1 イベント堆積物を構成する粒子の給源

イベント堆積物は砂サイズの粒子が主で、それにシルトサイズの粒子と礫が加わるトリモーダルな粒径分布をしている (Fig. 6). 本節では、砂、シルト、礫の順に、イベント堆積物の構成粒子の給源を推定する。

イベント堆積物のモードは、下位の由比ガ浜砂丘堆積物や、現生の海浜砂、浜堤砂の多くと同様、砂サイズの  $3\phi$  にあり、これらが起源と考えられる。下位の砂丘とイベント堆積物で有孔虫の種組成が類似していることも、この推定を支持する。

一方、イベント堆積物の粒子組成は、由比ガ浜砂丘堆積物や現世海浜と若干異なる (Fig. 7). 貝片や有孔虫など生物起源の粒子の比率は、イベント堆積物 (0.9~6.4%) が、現世海浜 (11~29%) 及び由比ガ浜砂丘堆積物 (7.9~11%) と比べて少ない。これに対して、「磁性のある岩片」の比率は、イベント堆積物 (18~57%) が、現世海浜 (9.3~29%) や由比ガ浜砂丘堆積物 (13~21%) と比べて多い。

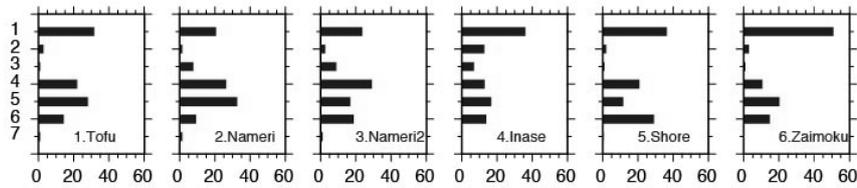
以上の結果はイベント堆積物が、由比ガ浜砂丘堆積物や現世海浜を起源とするものの、密度的な分別、すなわち、石灰質で密度が小さい生物起源の粒子が除去され、重鉱物を含むため密度が高い粒子が残存するようなプロセスが働いたことを示唆する。また、由

比ガ浜砂丘堆積物や現生海浜砂で広く認められる有孔虫化石が、イベント堆積物の試料 g で認められないことや、*Pararotalia nipponica* に限っては産出量がイベント堆積物と下位の砂丘堆積物とで大きく異なることも、再堆積までに一定の分別が働いていることを示唆する。

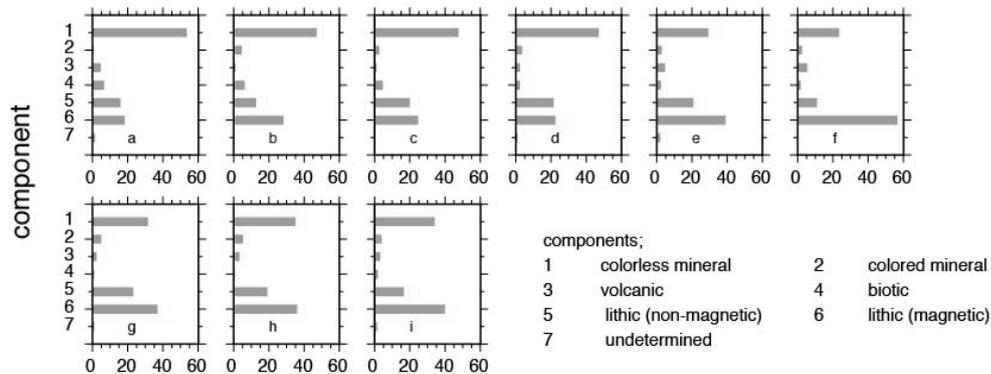
イベント堆積物はシルトサイズの粒子が多く含まれるのが特徴である。シルトサイズ粒子の起源を大きさが同じ珪藻から推定すると、淡水の影響を大きく受けた地域を起源とする可能性が高い。イベント堆積物中の介形虫も淡水生種の *Heterocypris incongruens* が卓越し、この生息域は沼や湿地、水田などの流水ほとんど無い、安定した泥底とされる [Rossi and Menozzi (1993); Rossi et al. (2011)]. 本地点の近傍の材木座低地には、このような環境がかつて存在していたと推定され [南出 (2004); 上本 (2004)], ここが起源であったと推定するのが妥当である。

イベント堆積物中に含まれる礫のうち、ほとんどを占める凝灰質シルト岩、およびわずかに含まれる軽石質砂岩は、鎌倉地域を取り囲む丘陵地帯を形成する三浦層群逗子層が起源と考えられる。現生鎌倉の海岸では礫が余り見られないが、滑川の河床では礫が目立つ。このことから、イベント堆積物中の礫は滑川河床の礫であると考えるのが妥当である。また現生の

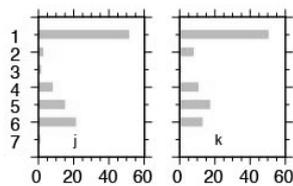
### Present beach



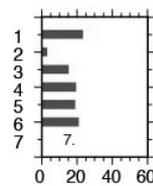
### The event deposit



### Yuigahama Sand Dune



### Beach ridge



count (%)

図 7 本研究で分析された砂質試料の 3φ フラクシオンの粒子組成. サンプルの記号は図 6 と同じ.

Fig. 7 Components of 3φ sized grains of the sand samples obtained in this study. Sample codes are same as in Fig. 6.

海岸にある海浜礫に比べ、イベント堆積物中の礫の方が、扁平度と円磨度が低いことも、上記の結論を支持する。

礫としては両輝石含有デイサイトも含まれるが、これは箱根火山起源と推定される。箱根火山は鎌倉から 60km 以上離れているが、その火山岩は寺社の礎石などとして中世にも広く用いられている。したがって、このデイサイト礫も都市域から滑川にもたらされたものと考えられる。

これまでの考察は以下の3つにまとめられる。1) イベント堆積物の主要な粒子である 3φ にモードを持つ砂は砂丘堆積物か海浜砂を起源とするが、一定の分別を受けて粒子組成や含まれる有孔虫化石の量に違いを生じた。2) イベント堆積物に含まれるシルト成分、珪藻化石、介形虫化石は沼や湿地、水田などの淡水域であった材木座低地起源である。3) イベント堆積物に含まれる礫は滑川河床が起源である。

### 7.2 年代測定

イベント堆積物本体には中世の遺物のみが含まれ、上位の飛砂層から 16 世紀第 1 四半期、下位の由比ガ浜砂丘堆積物からは 13~14 世紀の考古遺物が出

土した。従って遺物からはイベント堆積物が、14~16 世紀に堆積したと判断できる。しかし、放射性炭素年代測定の結果は大きくばらついたものの、より若い構成物も含まれる。堆積年代はもっとも若い年代を示した試料のもっとも古い年代以降である考えるべきであるから、イベント堆積物の形成年代は 17 世紀終盤以降と判断するのが妥当である。

遺物から判断できる年代が、放射性炭素年代測定から判断できる年代と大幅に異なるのは、1) 鎌倉が幕府滅亡後に衰退したため、地表付近にある遺物の量は近世のものより中世のものの方が圧倒的に多いこと、2) 遺物は人間活動の影響が大きい表層近くに残ることによって、頻繁にリワークされ、安定的に埋没するまで年月を要することがあること、の 2 点が複合しているためと考えられる。

イベント堆積物中の化石が単一の年代を示さず、大きくばらつくことは、時代ごとに鎌倉地域の環境が変化をしていき、生息する生物群集も変化を遂げつつ地層中に蓄積され、それがイベントによって削剥され、イベント堆積物中に定置したことを示すと考えられる。

材木座低地は、弥生時代に内湾となっていたが、

砂州の成長により湾口部が閉塞するとともに、土砂の供給によって浅化、淡水化し、江戸時代には一部で田圃となった。その後、大正時代に、宅地開発による埋土で完全に乾陸化した[松島(1974); 斎藤(1995); 南出(2000, 2004); 上本(2004)]. 生物相はこうした環境変遷を反映し変化していったと考えられるが、実際、イベント堆積物中の化石の年代は、汽水生のヤマトシジミが 7 世紀頃、淡水生で流水のある礫底を好むカワニナ(*Semisulcospira libertina*)が 8 世紀から 10 世紀頃、淡水の池や田圃など水流がほとんどない水深数 cm から数十 cm 程度の泥底に棲息する介形虫 *Heterocypris incongruens* が 14 世紀から 15 世紀初頭

の年代を示し、上の発達史と調和的である。

なお、貝殻に関しては生息をしていた環境から直接もたらされたものとは限らないことにも留意をする必要がある。今回記載された貝は、ハマグリ (*Meretrix lusoria*)、チョウセンハマグリ (*M. lamarckii*)、サザエ (*Batillus cornutus*)、イボウミニナ (*Batillaria zonalis*) などいずれも食用となるものが多い[河野(1989); 宇都(2011)]. このうち年代測定を実施したのはハマグリとイボウミニナであるが、いずれも鎌倉が都市として繁栄をしていた 13 世紀の年代を示した。また、由比ヶ浜砂丘堆積物から検出されたマイマイ以外の貝は現地性で無く、いずれも食用になる。このことは、都市

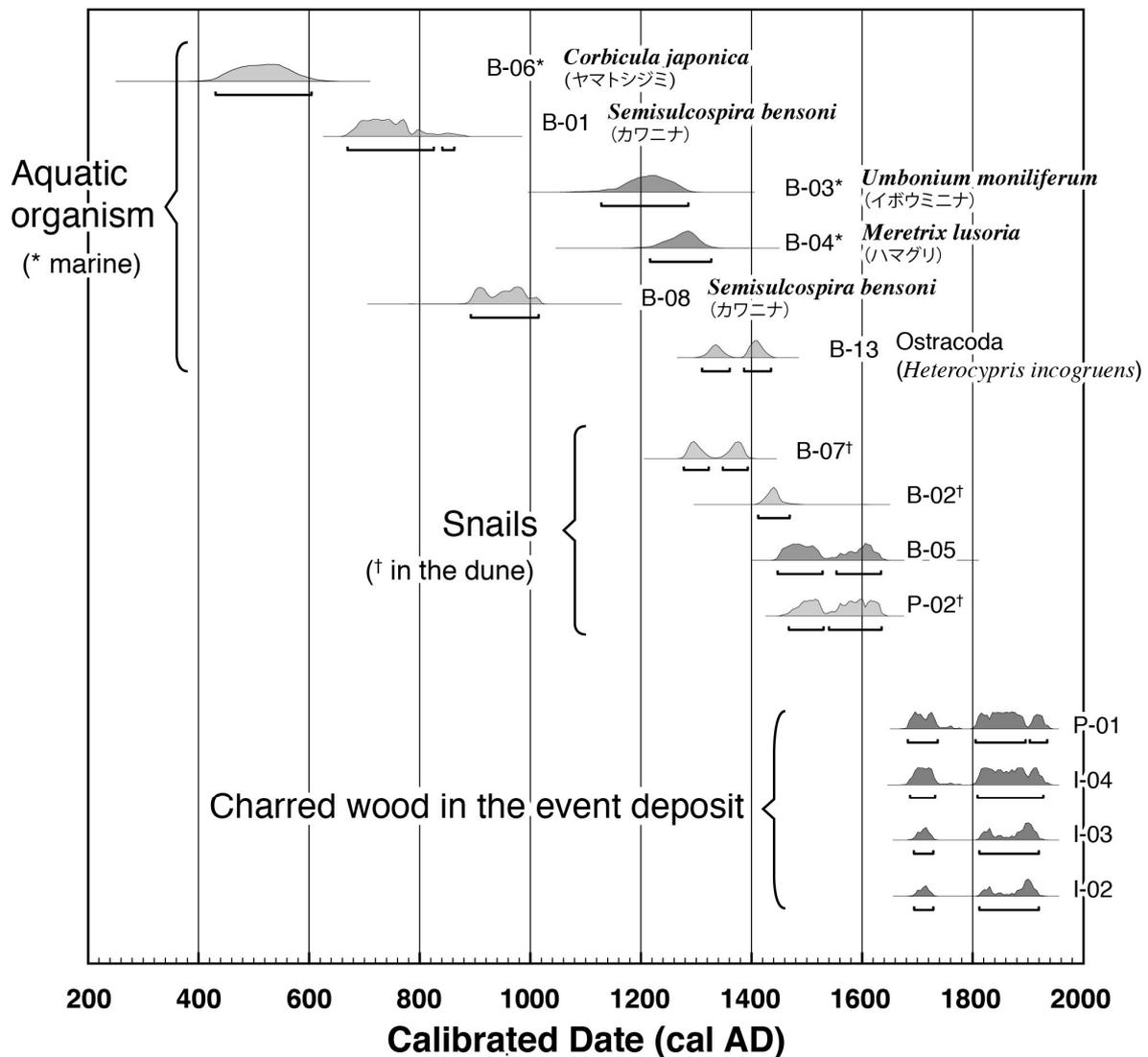


図 8 イベント堆積物とその下位の由比ヶ浜砂丘堆積物に含まれる化石と炭化木の炭素 14 年代。試料採取層準は図 3 に、詳しい年代データは表 6 に示した。作図に OxCal (Bronk Ramsey, 2009) を利用した。

Fig. 8. Summary of  $^{14}\text{C}$  dating result of fossils and charcoals in the event deposit and the underlying Yuigahama Sand Dune Deposit. See also Fig.3 and Table 6 for detailed information on the sampling position and dating result. This figure was made using OxCal (Bronk Ramsey, 2009).

鎌倉では食料として消費された貝の貝殻が環境中に大量に存在した可能性を示している。

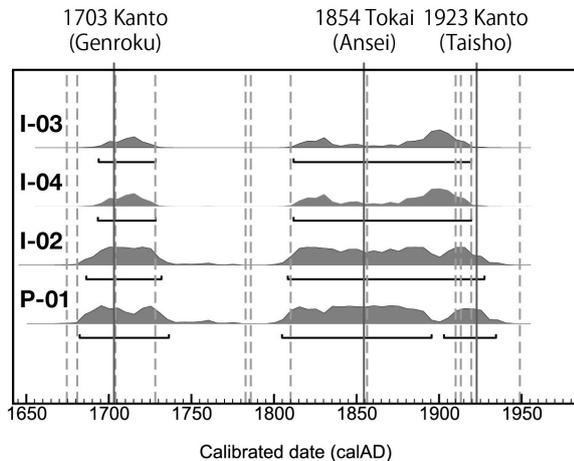


図9 イベント堆積物から得られた炭化木試料4つの放射性炭素年代と、同時期の津波を発生させた地震(実線)と洪水(破線)の年代。作図に Oxcal [Bronk Ramsey (2009)] を利用した。

Fig. 9  $^{14}\text{C}$  ages of the four charcoal samples from the event deposit outcropped at trench B and dates of tsunami generating earthquakes and historical floods. This figure was made using OxCal [Bronk Ramsey (2009)].

### 7.3 イベント堆積物が人為的堆積物である可能性

上本ほか(2013)は、イベント堆積物が基本的には住居跡から捨てられた塵芥や土砂、砂丘斜面の崩落物が雑然と混じった「斜面残土層」であると結論した。しかし、7.1.で結論されたように、イベント堆積物には、この地点より標高が低い地域を起源とする、有孔虫、珪藻、介形虫が相当量含まれている。したがってイベント堆積物が、この地点より標高的に高い、人々の生活領域から投棄されたものを基本とするという考え方には問題がある。加えて、住居跡から捨てられた塵芥がイベント堆積物の構成物とすれば、それらの年代的はトレンチ地点のすぐ西に存在していた住居の年代である13世紀末から14世紀前半の年代を示すはずであるが、前節で述べたとおりイベント堆積物の年代は17世紀終盤以降で矛盾する。また、礫の方向性は、砂丘斜面と直交するが、これは礫を斜面に置いたときに安定する方向と異なる。さらに、軽石や炭の濃集層は、人為的に形成する必要性に乏しい。考古学的に見ても、掘削用具を使ったり、踏み固めたりしてきた痕跡などは見つからなかった。

### 7.4 イベント堆積物が自然堆積物である可能性

イベント堆積物が川岸にあることや、礫の最大投影面の傾斜が現在の滑川の流路に沿うことから考えて、流水によって形成された可能性もある。その場合、大礫を輸送するような大きい掃流力を持った流れが、少

なくともイベント堆積物上限にあたる標高 5.25m 以上の高さでこの地域を襲ったことになるが、そうした流れの候補として、洪水に伴う土石流、津波、高潮が考えられる。

このうち、土石流の可能性は低い。イベント堆積物は、土石流であれば当然被害を受けたであろう、上流に発達する都市域からの人工物をあまり含まない。また、礫の最大投影面の傾斜は滑川を遡上する流れを示唆するものが卓越し、土石流の流れ方向と異なる。そこで、イベント堆積物を形成したイベントは海側からの流れを持つ津波と高潮に絞られる。

本遺跡発掘現場が、大正及び元禄関東地震に伴う津波の浸水地であったことは前述の通りである。高潮に関しては、本遺跡発掘現場の南 300m で、南出(2004)はキティ台風(1949年台風10号)の時に高潮で軒先まで水没したことがあると言う証言を採取し、水位は標高 5m に達したと判断した。この台風は鎌倉において戦後最悪の高潮被害をもたらしたが、鎌倉の海岸で高潮の高さが 5m に達したという報道があり(神奈川新聞;昭和 24 年 9 月 2 日号)、上の証言を支持する。したがって、イベント堆積物を形成したイベント候補としては、津波、高潮両方に可能性がある。

### 7.5 イベントの同定

イベント堆積物を形成したイベントを絞り込むために、イベント堆積物の数値年代に近接する既知の津波と高潮を検討する。これまでの議論から、イベント堆積物の形成年代が一番若い炭化木が示す、17世紀終盤以降と判断できる。そこで、炭化木 4 サンプルの放射性炭素年代を、鎌倉に来襲した3つの歴史津波、および文献に見える大雨の記録を合わせてみたのが Fig. 9 である。

これを見ると、イベント堆積物を形成した津波を起こした地震として、1703年元禄関東地震、1854年安政東海地震、1923年大正関東地震のいずれも可能性がある。しかし、イベント堆積物は明治期の堆積物の下位なので、大正関東地震の可能性は無い。安政東海地震の可能性では、海岸にある飯島の集落(現在の材木座六丁目沿岸)が流失したという記録はあるが、津波高は 3m ほどと低く、内陸の浸水は定かでない。一方、元禄関東地震の津波は、文献記録にある歴史津波の中ではもっとも規模が大きく、今回の調査地点にも到達した可能性が十分ある[羽鳥(1991)]。

洪水の記録で、イベント堆積物に比定可能なものとしては、1704年の腰越村大洪水、1728年の北鎌倉にある円覚寺庫裏を押し流した洪水、1809年飯島で漁船を壊した波浪などが挙げられる(鎌倉市(1989))。しかし、これらの洪水は高潮を伴ったか否かを含め、被害像が判然とせず、本遺跡発掘現場を含む鎌倉の広い地域に被害を及ぼした記録はない。

## 7.6 斜面上における津波堆積物の可能性

前節まででは、イベント堆積物が津波堆積物である可能性について言及した。しかし、これまで報告されている陸域における津波堆積物は段丘や砂丘上に堆積したものもあるが[e.g. 浅井ほか(1998); 平川ほか(1999); Nichol et al.(2003)], ほとんどは、低地や湿地、池や潟に堆積したもので[e.g. 藤原(2004)], 砂丘斜面上での堆積という様態はかなり特殊といえる。実際、斜面上の津波堆積物に関する既往報告を我々は見つけることができなかった。

一方、水理実験からは、津波堆積物が斜面上でも存在しうる可能性が示唆されている。菅原ほか(2003)は水理実験により、津波が来襲した際の斜面における堆積・浸食パターンを検討した。その結果、押し波の時は斜面上でも堆積が卓越すること、また引き波の際は浸食が卓越するものの、斜面下部では上部からもたらされた砂が堆積することが明らかになった。菅原ほか(2003)は、斜面上での堆積・残存が引き波に大きく依拠しているとしており、場合によっては斜面上でも津波堆積物は残存しうる。したがって、これまでの報告例がないことを理由に、斜面上における津波堆積物の堆積を否定することはできない。

イベント堆積物は礫の方向性から滑川を遡上する流れにより形成された可能性が高いことを示したが、これは上の実験と一致する。また、高い浜堤によって隔てられた海岸低地に面する本地点では、引き波が強くない可能性がある。実際、大正関東地震でも、地震後も海岸低地の広範囲に水たまりができていたのが航空写真の観察から確認され[蟹江(2016)], 排水が悪かったことが推定できる。海岸砂丘が押し波で破壊された藤沢市引地川流域では強い引き波が記録されている一方、滑川流域ではそのような記録がない[萬年ほか(2013)]ことも、地形が引き波を弱めた可能性を示唆する。

## 7.7 歴史都市における津波堆積物研究の問題点

本研究では長い歴史を持つ都市域において、堆積物の年代を決定することの困難さが明らかになった。今回は、イベント堆積物とその下位層準の 15 サンプルについて年代測定を実施したが、化石の数値年代は、化石の種類によって系統的に異なることが明らかになった。この理由は、地表付近の環境が変化し、生息する生物もこれに伴って変化したことが原因と結論された。既存の研究では、イベント堆積物から少数の化石や木片などを採取して年代測定を実施し、得られた年代をイベントの発生年代と考えるケースが多い。しかし、イベントの発生時期よりもかなり前に化石生物が死んだ可能性を検討しないと、とくに若いイベント堆積物ではイベントの対比や再来間隔の推定に大きな誤りをきたす可能性がある。したがって、特に若いイベント堆積物では包含する様々な動植物の化石に

ついて年代測定を実施し、化石の給源やリワークの可能性を検討した上で、堆積年代を決定する必要がある。

また、遺物による年代決定の限界も明らかになった。考古遺物も年代の推定を行う上で有力な物証であるが、今回見たように、遺物の生産量が時代によって大きく変動する場合は、年代の推定には不適である。加えて、食用となる貝の貝殻も、年代推定の面で遺物と同様の欠点を有することが明らかとなった。これらの点も今後の研究では留意すべき点である。

## §8. まとめ

我々は、鎌倉市由比ガ浜二丁目の中世墓地遺跡の発掘現場で、イベント堆積物を発見した。発見地点が、歴史津波の浸水地にあること、含まれる炭化木片の年代、こぶし大に及ぶ礫を含む点、礫の解析から現在の滑川の流路に沿って遡上する流れが堆積時に卓越していたとみられる点、考古学調査において同様の層相を持つ遺構の報告例がないことなどから総合的に判断し、人為的な堆積物である可能性は低い一方、1703 年元禄関東地震の津波堆積物である可能性が高いと結論した。イベント堆積物中の化石は、多様な生息環境のものからなるが、イベントと同時期に生息していたものでは無く、この地域の歴史時代における人間活動や環境の変遷とともに、地表付近に蓄積されたものと判断された。イベント堆積物と含まれる化石の年代が一致しない場合、イベント堆積物の解釈は大きく変わるので、今後同様の調査では十分留意すべきである。

## 謝辞

本研究で紹介した露頭の調査には、土地所有者に全面的なご理解とご協力をいただいた。鎌倉市教育委員会文化財課には数々の情報提供と協力をいただいた。接状剥離標本の採取作業は森山考古学研究所の森山哲和氏の手による。北海道大学の西村裕一博士には現地で研究方針について様々なご助言をいただいたほか、草稿に貴重なご意見をいただいた。大阪市立大学の原口強教授、筑波大学の藤野滋弘博士、鎌倉考古学研究所の松尾宣方氏との議論は、本研究の考察を深める上で有益であった。標本採取は、神奈川県津波浸水想定検討部会のご理解と、神奈川県土整備部の支援を得て、実施することが可能となった。株式会社パスコの捧一夫氏には、標本採取や分析の手配などにご尽力を頂いた。東京大学大学院新領域創成科学研究科(当時)の五島朋子氏には図 3-5 の作成を手伝って頂いた。最終稿のレイアウトは松浦会長が作業した。以上の方々に感謝申し上げます。

対象地震: 1703 年元禄関東地震

## 文 献

- 阿部正道, 1967, 中世の鎌倉と現代の鎌倉地図. 日本  
の考古学7 歴史時代下, 河出書房, 428pp,  
東京.
- 浅井大輔・今村文彦・首藤伸夫・高橋智幸, 1998,  
伊豆半島入間における安政東海地震津波の波  
高と土砂移動. 海岸工学論文集, 45, 371-375.
- Bronk Ramsey, C., 2009, Bayesian analysis of radio  
carbon dates. *Radiocarbon*, 51, 337-360.
- 千葉 崇・遠藤邦彦・増渕和夫, 2011. 潮間帯におけ  
る珪藻殻のサイズ分布と珪藻遺骸の堆積過程.  
第四紀研究, 50, 279-293.
- 千葉 崇・澤井祐紀, 2014, 環境指標種群の再検討  
と更新. *Diatom*, 30, 17-30.
- 江藤哲人・尾田太良・長谷川四郎・本田信幸・船山政  
昭, 1987, 三浦半島中・北部の新生界の微化  
石生層序年代と古環境. 横浜国大理科紀要  
第二類, 34, 41-57.
- 藤原治, 2004, 津波堆積物の堆積学的・古生物学的  
特徴. 地質学論集, 58, 35-44.
- 藤原治・平川一臣・入月俊明・鎌滝孝信・内田淳一・  
阿部恒平・長谷川四郎・高田圭太・原口強  
2006, 1703 年元禄・1923 年大正関東地震に伴  
う房総半島南岸の館山浜堤平野システムの発  
達過程. 第四紀研究, 45, 235-247.
- 後藤和久・西村裕一・菅原大助・藤野滋弘, 2012, 日  
本の津波堆積物研究. 地質雑, 118, 431-436.
- 羽鳥徳太郎, 1975, 元禄・大正関東地震津波の各地  
の石碑・言い伝え. 震研彙報, 50, 385-395.
- 羽鳥徳太郎, 1991, 鎌倉における明応(1498)・元禄  
(1703)・大正(1923)津波の浸水域. 歴史地震,  
7, 1-10.
- 羽鳥徳太郎, 2006, 東京湾・浦賀水道沿岸の元禄関  
東(1703), 安政東海(1854)津波とその他の津波  
の遡上状況. 歴史地震, 21, 37-45.
- 平川一臣・中村有吾・原口強, 1999, 十勝沿岸地域  
における大津波と再来間隔-テフラと地形による  
検討・評価-, 月刊地球(号外), 28, 154-161.
- 石橋克彦, 1993, 小田原付近に発生した歴史地震と  
その地学的意義. 地学雑誌, 102, 341-353.
- Ishizaki, K., 1968, Ostracoda from Uranouchi Bay,  
Kochi Prefecture, Japan. *Science Reports of the*  
*Tohoku University, Second Series (Geology)*, 40,  
1-45.
- 株式会社博通, 2015, 神奈川県鎌倉市由比ガ浜中  
世集団墓地遺跡(No. 372)発掘調査報告書 鎌  
倉市由比ガ浜二丁目 1015 番 25 外 2 筆地点, 株  
式会社博通発掘調査報告第 66 集, 149pp.
- 蟹江康光, 2016, 関東大震災—未公開空撮写真,  
161pp, ジオ神奈川.
- 金子浩之, 2011, 宇佐美遺跡検出の津波堆積物と  
明応四年地震・津波の再評価. 伊東市史研究,  
10, 102-124.
- 鎌倉市, 1989, 図説鎌倉年表, 361pp, 鎌倉.
- 河野真知郎, 1989, 食料としての鳥獣魚貝 よみがえ  
る中世3, 武士の都鎌倉, 146-149, 平凡社.
- 町田 洋・新井房夫, 2003. 新編 火山灰アトラス. 東  
京大学出版会, 336pp, 東京.
- 間瀬欣弥, 1986, 鎌倉市の海産貝類. 鎌倉市文化  
財総合目録 地質・動物・植物篇, 140-149, 鎌倉  
市教育委員会.
- 松島義章, 1974, 鎌倉の沖積層. 神奈川県立博物  
館調査報告(自然科学), 5, 3-20.
- 松島義章, 1984, 日本列島における後氷期の浅海  
性貝類群集 —特に環境変遷に伴うその時間・  
空間的変遷—. 神奈川県立博物館調査報告  
(自然科学), 15, 37-109.
- 萬年一剛・五島朋子・浪川幹夫, 2013, 神奈川県逗  
子市, 鎌倉市, 藤沢市における 1923 年大正関  
東地震による津波～新資料と国土地理院 DEM  
に基づく再検討～. 歴史地震, 28, 71-84.
- 宮田 眞, 2013, 由比ガ浜中世集団墓地遺跡  
(No.372)検出の滑川西岸堆積物. 第 22 回鎌倉  
市遺跡調査・研究発表会発表要旨, 19-22.
- 南出眞助, 2000, 近世鎌倉における滑川の河道変  
遷. 足立健亮先生追悼論文集編纂委員会編,  
23-32p. 大明堂.
- 南出眞助, 2004, 鎌倉滑川河道の再検討. 国立歴  
史民俗博物館研究報告, 118, 25-41.
- Nichol, S., Lian, O. B. and Carter, C. H., 2003, Sheet-  
gravel evidence for a late Holocene tsunami run-  
up on beach dunes, Great Barrier Island, New  
Zealand. *Sedimentary Geology*, 155, 129-145.
- Nomura, R., 1997, List of Recent benthic foraminifera  
reported from the seas around the Japanese Islands,  
1982-1997. *Memoirs of the Faculty of Education,*  
*Shimane University (Natural Science)*, 31, 1-25.

- 貫 達人・阿部正道, 1967, 鎌倉. 日本の考古学 VII 歴史時代下, 139-149, 河出書房.
- 大里明博, 1986, 鎌倉市の陸産貝類. 鎌倉市文化財目録 地質・動物・植物篇, 150-159, 鎌倉市教育委員会.
- 小野友也・都司嘉宣, 2008, 元禄地震(1703)における相模湾沿岸での津波高さ. 歴史地震, 23, 190-200.
- Overpeck, J. T., Webb, III T., and Prentice, I. C., 1985, Quantitative interpretation of fossil pollen spectra: dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quaternary Research*, 23, 87-108.
- パレオラボ AMS 年代測定グループ・伊藤茂・安昭焮・廣田正史・山形秀樹・小林紘一・Zaur Lomtadize・Ineza Jorjoliani・藤根 久, 2015, 放射性炭素年代測定. 株式会社博通 神奈川県鎌倉市由比ガ浜中世集団墓地遺跡 (No. 372) 発掘調査報告書 鎌倉市由比ガ浜二丁目 1015 番 25 外2筆地点, 株式会社博通発掘調査報告, 66, 166-168.
- Rossi, V., Benassi, G., Belletti, F. and Menozzi, P., 2011, Colonization, population dynamics, predatory behavior and cannibalism in *Heterocypris incongruens* (Crustacea: Ostracoda). *Journal of Limnology*, 70, 102-108.
- Rossi, V. and Menozzi, P., 1993, The clonal ecology of *Heterocypris incongruens* (Ostracoda): life-history trait and photoperiod. *Functional Ecology*, 7, 177-182.
- 斎藤直子, 1995, 中世鎌倉前期の海岸線と港湾機能. 峰岸純夫・村井章介編「中世東国の物流と都市」243-280. 山川出版社.
- 沢 寿郎, 1967, 材木座雑記. 鎌倉近世資料 乱橋材木座編, 552-567, 鎌倉市教育委員会.
- 澤井祐紀, 2012, 地層中に存在する古津波堆積の調査. 地質学雑誌, 118, 535-558.
- Shimazaki, K., Kim, H. Y., Chiba, T. and Satake, K., 2011, Geological evidence of recurrent great Kanto earthquakes at the Miura Peninsula, Japan. *J. Geophys. Res.*, 116, B12408.
- 宍倉正展, 2003. 変動地形から見た相模トラフにおけるプレート間地震サイクル. 震研彙報, 78, 245-254.
- 菅原正宏・大久保慈生・菅原大輔・箕浦幸治・今村文彦, 2003, 津波により一様斜面上を移動する土砂および津波石に関する水理実験. 海岸工学論文集, 50, 266-270.
- 滝澤晶子, 2012, 由比ガ浜中世集団墓地遺跡 (No.372)の調査 鎌倉市由比ガ浜二丁目 1015 番 25 外 2 筆地点. 第 21 回鎌倉市遺跡調査・研究発表会発表要旨, 9-13.
- 田中源吾・金子稔・大石雅子・青木貴子・太田女子高等学校平成 23 年度 SSP 授業参加者, 2012, 千葉県の完新統沼層より産出した介形虫化石群. 群馬県立自然史博物館研究報告, 16, 111-118.
- 都司嘉宣, 1986, 天明小田原地震(1782-VIII-23)の津波について. 地震, 39, 277-287.
- 上本進二, 2004, 鎌倉の地形発達史, 国立歴史民俗博物館研究報告, 118, 7-24.
- 上本進二・土屋浩美, 2002, 由比ヶ浜南遺跡の砂層堆積環境. 神奈川県・鎌倉市由比ガ浜南遺跡第3分冊分析編 II, 157-175.
- 上本進二・上杉 陽・細野 衛・近藤 敏, 2013, 鎌倉市由比ガ浜集団墓地遺跡 No.372 の砂丘堆積層の特殊堆積土層の諸特徴. 関東の四紀, 33, 19-44.
- 上杉 陽・春川光男, 2012, 東北地方太平洋沖地震に伴う津波砂粒表面形態の諸特徴-九十九里海岸東端部の例-. 関東の四紀, 32, 41-54.
- 宇都洋平, 2011, 発掘された食物と調理. 鎌倉考古学研究所第 2 回シンポジウム「鎌倉の食事・食器」発表資料集, 17-22.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith, 1998, New, improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, 79, 579.
- Zingg, T., 1935, Beitrag zur Schotteranalyse. *Schweizer Miner. Petrog. Mitt.*, 15, 39-140 (in German).