

新刊 5 万分の 1 地質図幅「茂原」のススメ： 茂原エリアに認められる 9 つの地形学的地質学的見どころのご案内

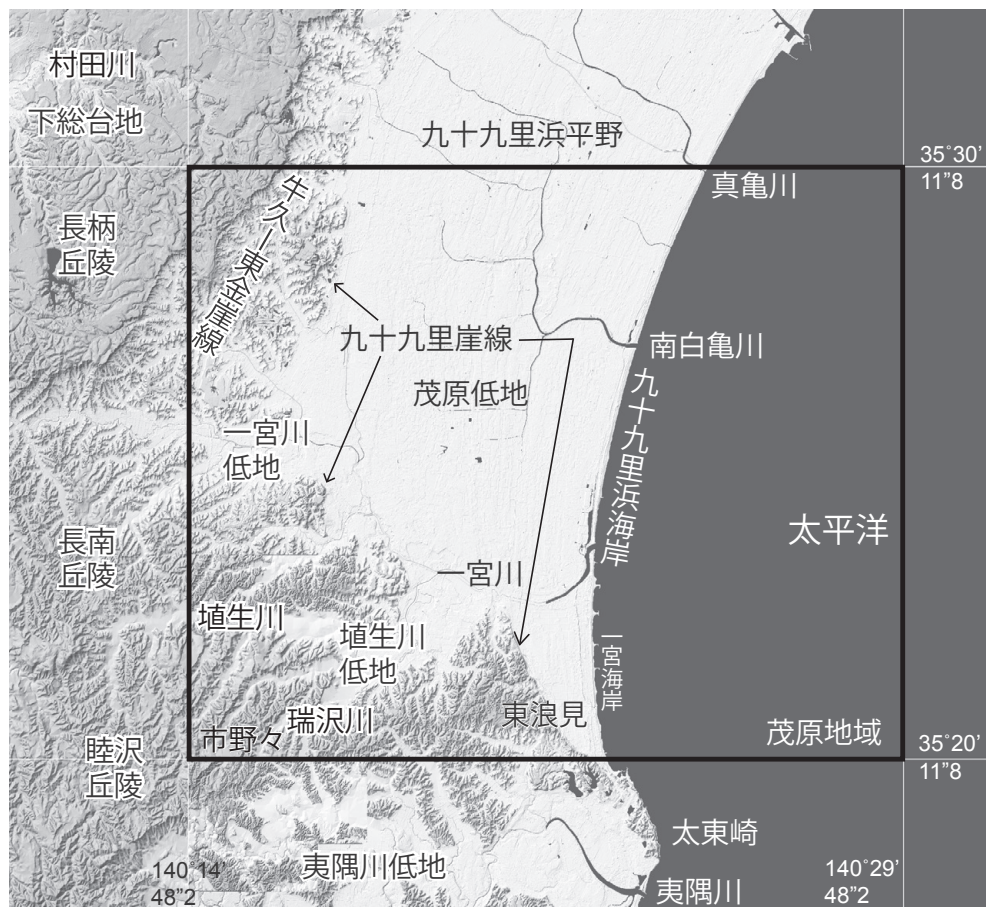
七山 太¹⁾・中島 礼¹⁾・中里裕臣^{2),3)}・大井信三³⁾

1. はじめに

茂原エリアは房総半島中東部に位置します。その東縁は九十九里浜海岸を介し太平洋に直接面しています(第1図)。茂原エリアの全域は千葉県に属し、茂原市、千葉市、市原市、大網白里市、いすみ市、長生郡長南町、長柄町、白子町、睦沢町、一宮町、長生村の各自治体が所轄しています。5 万分の 1 地質図幅「茂原」は、首都圏丘陵地域

の陸域地質図幅プロジェクトとして、平成 22～26 年度に現地踏査、室内研究及び文献調査に基づいて作成され、平成 28 年(2016 年)3 月に刊行されました(七山ほか, 2016)。

茂原エリアに分布する地層は全て第四系です。地質図のとりまとめに当たっては、限られた露出状況であっても特徴的な地層及びテフラ鍵層を記載するとともに、これらを全域的に追跡することによって、各地層相互の関係を明ら



第 1 図 茂原エリアの地形陰影図に示した地形と地名。七山ほか(2016)を加工して転載した。

1) 産総研 地質情報研究部門

2) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

3) 産総研 地質情報研究部門(客員研究員)

キーワード：茂原エリア、5 万分の 1 地質図幅、九十九里浜低地、上総層群、下総層群、茂原ガス田、天然ガス、沖積層、海岸侵食、さざれ石、1703 年元禄地震

かにするよう努めました(第2図)。また、地層の傾斜が0~5°と極めて緩いことから、直接クリノメータを使って露頭から正確に走向・傾斜を測ることは出来ないので、これら各地層及びテフラ鍵層の走向線図を描いて、全体の地質構造を明らかにするようにしました。この地域に分布する上総層群は茂原ガス田を胚胎することから多数の研究報告が既にあり、そのため報告書には、地質データベースとして活用できるように、研究成果をレビューし、引用文献を網羅しました。

残念ながら、現在の^{しもうき}上総層群や下総層群の分布する丘陵や台地・段丘地域の露出状況は極めて不良であり、1/25,000のスケールでルートマップを作成することすら困難な状況となっています。ところが幸運なことに、2007~2013年の間、^{とうがね}東金JCT~木更津東IC間の圏央道及び関連工事等によって、上総層群長南層から^{こんごうち}金剛地層にかけての大規模な人工露頭が茂原エリアに一時的に出現しました。そこで、地質図作成に関しては、既存の1.5万分の1日本油田・ガス田図10「茂原」(石和田ほか、

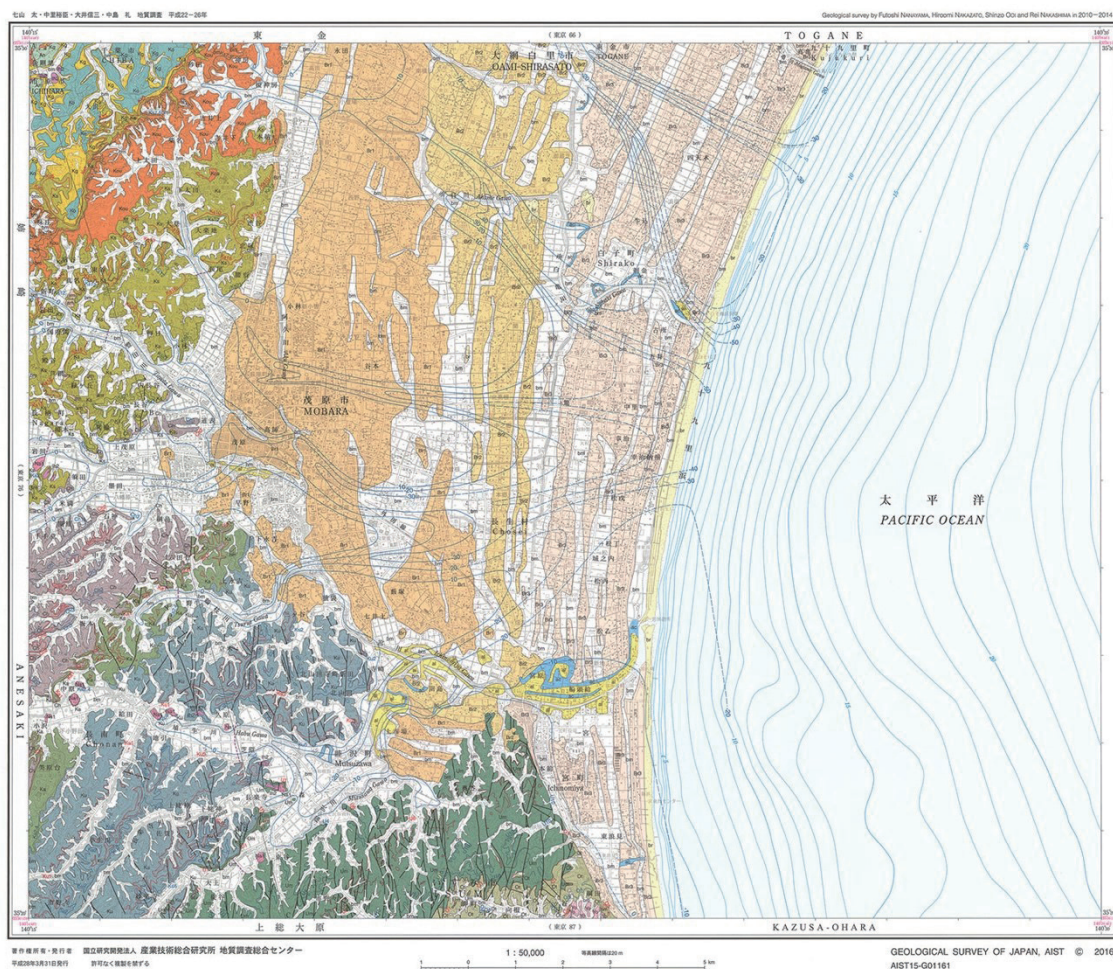
1971)、隣接する5万分の1地質図幅「姉崎」地域(徳橋・遠藤, 1984)及びこれらの作成当時の資料を最大限利用しつつ、圏央道工事等で得られた新たな現地情報を加味し、より完成度の高く、地質データベースとして活用しやすい図幅の作成を目指しました。

2. 9つの地形学的・地質学的見どころ

以下に、この茂原エリア内の9つの地形学的・地質学的見どころについて、GSJ地質ニュースの読者の皆様に分かりやすくご紹介したいと思います。

見どころ①：房総半島を大きく傾動させる地殻変動

房総半島の地殻変動を評価する場合、国土地理院が示している「各験潮場の上下変動」が参考となります。国土地理院(2015)によれば、1984年以來銚子漁港では2.40 mm/年の速度で地盤沈降が継続しています。勝浦では1967年以來、2.51 mm/年の速度で沈降し続けています。



第2図 茂原エリアの地質図。赤線と青線はテフラの露頭線である。九十九里低地の地下には、最終氷期に形成された谷地形が埋没している。七山ほか(2016)を転載した。

この間に位置する茂原エリアも、現在 2.5 mm/年の速度で沈降傾向にあると見るのが妥当でしょう。しかし、変動地形学的に見て、茂原エリアは明らかに地震性隆起地域であり、現在の沈降傾向はインターサイスミックな変動と理解されます。

九十九里浜平野には、数十列もの離水浜堤群が発達します。これらは 1,800 年前頃以降、平均して 90 年に 1 列の割合で形成されていますが、史料等に地震時の隆起によって浜堤が離水した記述は知られていません。その一方で、増田ほか (2001a, b) は、浜堤列を横断する方向での前浜堆積物の高度分布が階段状に急変することから、間欠的な地震性隆起の可能性を示唆しています。

ここで丘陵地に分布する上総層群や下総層群の北西に傾斜した隆起運動を地震性地殻変動によるものと仮定した場合、震源断層は九十九里浜沖に求められることになります。既に茂原エリアの沖合には鹿島房総隆起帯と呼ばれる隆起帯の存在が提唱されています (貝塚, 1974)。房総半島の完新世における北西への傾動運動は、上総層群や下総層群の傾斜方向に調和的であり、少なくとも前期更新世以降、一定の傾向の運動が現在まで働いているように見えます。

見どころ②：速い隆起速度によって生じた段丘地形

この地域の地形は、大きく丘陵、台地・段丘及び低地、海岸に区分されます。丘陵は本図幅の西域を占め、上総丘陵の北東部にあたります。台地は、図幅の北西端部に下総台地の南東端が位置しています。両者の間は太平洋に注ぐ一宮川水系と東京湾に注ぐ村田川水系の分水界となっています。この分水界は牛久-東金崖線と呼ばれる急崖をなし、北東-南西の走向を持って連続しています (第 1 図)。茂原エリアの地形は、速い隆起速度によって規定されて発達しています。

茂原エリア内に分布する台地・段丘は上位から木下面、姉崎面、市原 II 面、吉附面、南総 I 面に区分されています (徳橋・遠藤, 1984; 桑原ほか, 1999; 第 3 図)。このうち木下面と吉附面が海成段丘と考えられています。

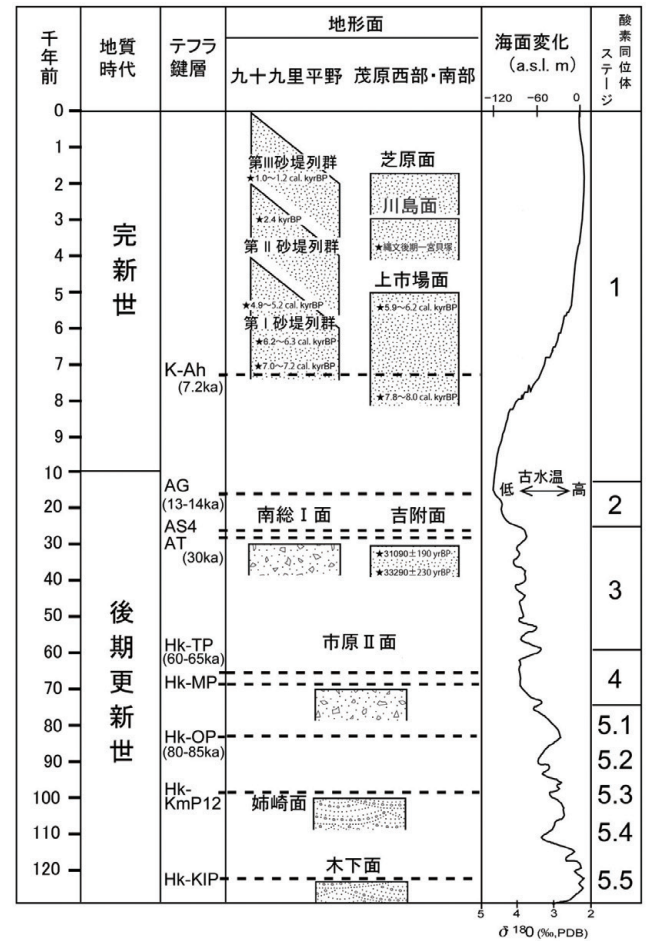
木下面是図幅北西端に分布します。下総上位面 (杉原, 1970) ととも呼ばれる最も上位の海成面であり、金剛地から姉崎地域の権現森付近にかけて分布し、下総台地の面積の大部分を占めています。下総層群木下層を段丘構成層としてその上位に下末吉ローム層と新期関東ローム層を載せることから、その形成年代は最終間氷期最盛期の約 12.5 万年前 (MIS (酸素同位体ステージ) 5.5) と考えられています (第 3 図)。ここでは下総層群の上に、新期関東ローム層が載っています。また、木下層の砂層とローム層の間に

常総粘土と呼ばれる白い粘土層が存在している場合もあります。この台地面は、台地の南端部で約 130 m と最も高くなっています。台地の勾配はおおむね南南東から北西に傾き、下総台地の中で最も急傾斜を示す地域であることが知られています。

吉附面は、図幅南東端の夷隅川下流域の標高 15 ~ 25 m に小規模な段丘面を構成しています (桑原ほか, 1999)。段丘堆積物は立川ローム層に覆われる汽水域の堆積物とされ、その中に AT 起源の火山ガラスが記載されています。ゆえに吉附面は、3 万年前の MIS3 海進期に生じた小規模な海成段丘と推定されます (桑原ほか, 1999)。一般的には MIS3 は他の高海面期に比べて海面が相対的に低いため、一般に海成段丘の分布は知られていないことから、茂原エリアの隆起速度が如何に大きかったかが分かります。

見どころ③：茂原低地の地下に潜伏する縄文海進時の堆積物と茂原貝層

一方、図幅内の低地は、一宮川、^{はぶ} 増生川によって作られ



第 3 図 テフラ層序に基づく段丘地形編年図。七山ほか (2016) を転載した。

た一宮川低地、埴生川低地と九十九里浜平野の南部である茂原低地に区分されます(第1図)。台地や丘陵を刻む谷沿いの低地の多くは大きな隆起速度によって段丘化しており、明瞭な完新世段丘が発達します。九十九里浜平野は、約5,000～6,000年前の後氷期海進からの地殻変動に規制された段階的な海面低下によって形成されてきた海岸平野であり、東西幅7～10 km程度の広がりを持ちます。特に東浪見-一宮間の上総台地と九十九里浜平野の間には比高30～50 mの明瞭な海蝕崖が連続して存在し、九十九里崖線の南端部とされています(第1図)。

茂原低地は、九十九里浜平野の南端部に位置し、砂丘、浜堤、浜堤間低地、後背低地などで構成されます。低地面上には南北に延びる浜堤が幅5 kmにわたり並走し、浜堤列平野を構成します。この浜堤は第I～第III浜堤群に分けられています(森脇, 1979)。第I浜堤群からは縄文前～中期の土器片が発見されており(第3図)、約6,000～4,000年前に形成されたと考えられています。第II浜堤群からは縄文後期の土器が発見されていて、4,000～2,000年前に形成されたと考えられています。標高は5～6 mであり、3 m以下の第III浜堤群とは明瞭に区分されます。最も海岸寄りの第III浜堤群は南北に連続して3～4 kmの幅を持った1,500年前以降に生じた新しい浜堤であり、現海浜には近世以降に形成された新期砂丘が広域に分布

します。

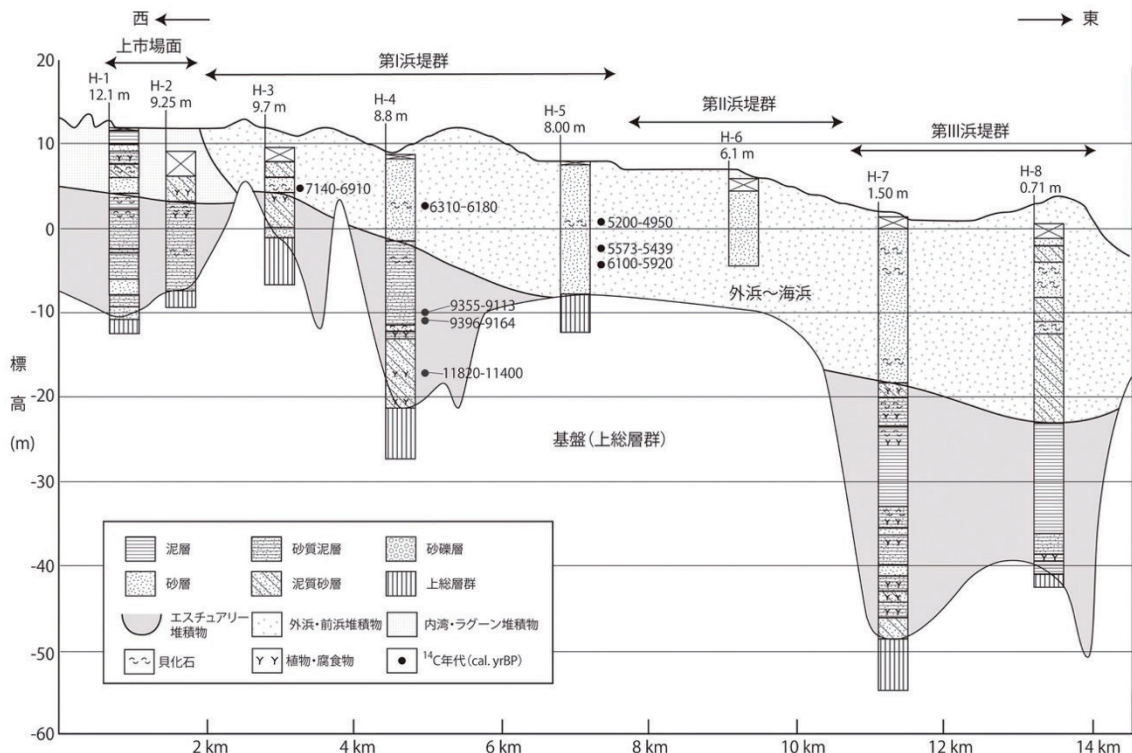
茂原低地の地下には、沖積層が広く伏在しています(第4図)。内陸部は10～20 m程度の層厚、沿岸部は20～30 mの層厚を示し、深いところでは50 mに達しています。ボーリングデータに基づく基底面等高線によれば、現在の一宮川河口と南白亀川河口の間に丘陵部から下刻された谷地形が集中することから、南北約5 kmの幅を持つ広い谷地形の伏在が推定されます(第2図)。

茂原低地地下における沖積層の主な層相は下位より、エスチュアリー相の泥質層、外浜・海浜相の細粒砂層からなります。エスチュアリー相は約12,000～9,000年前の縄文海進初期にあたり、外浜・海浜及び内湾・ラグーン相は約7,000～5,000年前の縄文海進最盛期にあたります。

一方、この地域の低地表層部や河床に茂原貝層と呼ばれる貝殻密集層が存在することは、地元ではよく知られていました(第5図)。今回の検討により、約80種の巻貝や二枚貝が記載され、約8,000～7,000年前の年代幅を示すことがわかり、必ずしも同一層準から産出するわけではないことが判明しました。

見どころ④：更新世テフラデーターベースとしての上総層群の重要性

茂原エリアには、地層として、下部～中部更新統の上総



第4図 茂原低地の東西断面におけるボーリング柱状図。七山ほか(2016)を転載した。



第 5 図 茂原低地の沖積層中の貝化石群集(茂原市猿袋)。地元では茂原貝層と呼ばれていた。古川孝衛氏が撮影。

層群中～上部，中～上部更新統の下総層群，上部更新統の新时期段丘堆積物と新时期関東ローム層(武蔵野および立川ローム層)，完新統の沖積層及び段丘堆積物が分布します(第 6 図)。このうち，上総層群は，大田代層最上部(O5 層準)より上位が，すべて整合関係で露出します(第 7 図)。地層は北東-南西方向の一般走向を持ち，北西方向に 0～5°と緩く傾斜し，北西に向かって地層が順に新しくなっています。

大田代層は，砂勝ちと泥勝ちの砂泥互層が交互に積み重なり，層厚は 95 m 以上に達します。一部にスランプ堆積物層を挟みます。茂原エリアにおいては，O5 よりも上位のテフラ鍵層が，南東部の一宮町東浪見-いすみ市市野々に露出します。

梅ヶ瀬層は，砂勝ちの砂泥互層を主体とし，層厚は 310 m です。数 m の厚さの細粒～中粒砂層と砂勝ちから等量の砂泥互層との複互層をなしています。砂泥互層は厚さ数 10 cm～1 m 程度の細粒砂～中粒砂層と厚さ数 cm～1 m 程度の泥岩層とからなり，東方ほど厚い砂層は薄層化していき，砂泥互層は等量からやや泥勝ちとなります。U1～U11 のテフラ鍵層が挟在されます。

国本層は，岩相上，最下部の塊状砂質泥岩層，下部の厚い砂層を挟む砂勝ち互層，中部の塊状砂質泥岩層，上部の砂勝ち互層に区分でき(三梨ほか，1959)，層厚は 220 m に達します。我々の調査の結果，中～下部更新統の境界(町田ほか，1980)とされるブリュンヌ/松山磁極期境界を指示する Byk-E テフラ(約 77 万年前；Suganuma et al., 2015)は，国本層中部の Ku2.3 テフラとして茂原エリアの丘陵部全域に追跡できることがわかりました(第 6，

7 図)。そのほかの国本層の主なテフラ鍵層としては Ku1～Ku6 が観察されます。

柿ノ木台層は，主に塊状の砂質泥岩から構成されます。これに厚さ数 mm の粗粒泥～極細粒砂の薄層が挟まれ，これが生物擾乱によって混在しぼやけているように見えます。層厚は 70 m です。上位層準ほどより砂質になり，厚さ数 cm～数 10 cm のタービダイト砂層をしばしば挟みます。Ka1，Ka2 及び Ka2.4 などのテフラ鍵層が認められます。

長南層は，下部は塊状な細～中粒泥岩を主体とし，中部は泥勝ちの砂泥互層，上部は砂勝ち砂泥互層を主としスランプ層を頻りに挟みます。層厚は 150 m です。Ch1～Ch3 のテフラ鍵層がみられます。

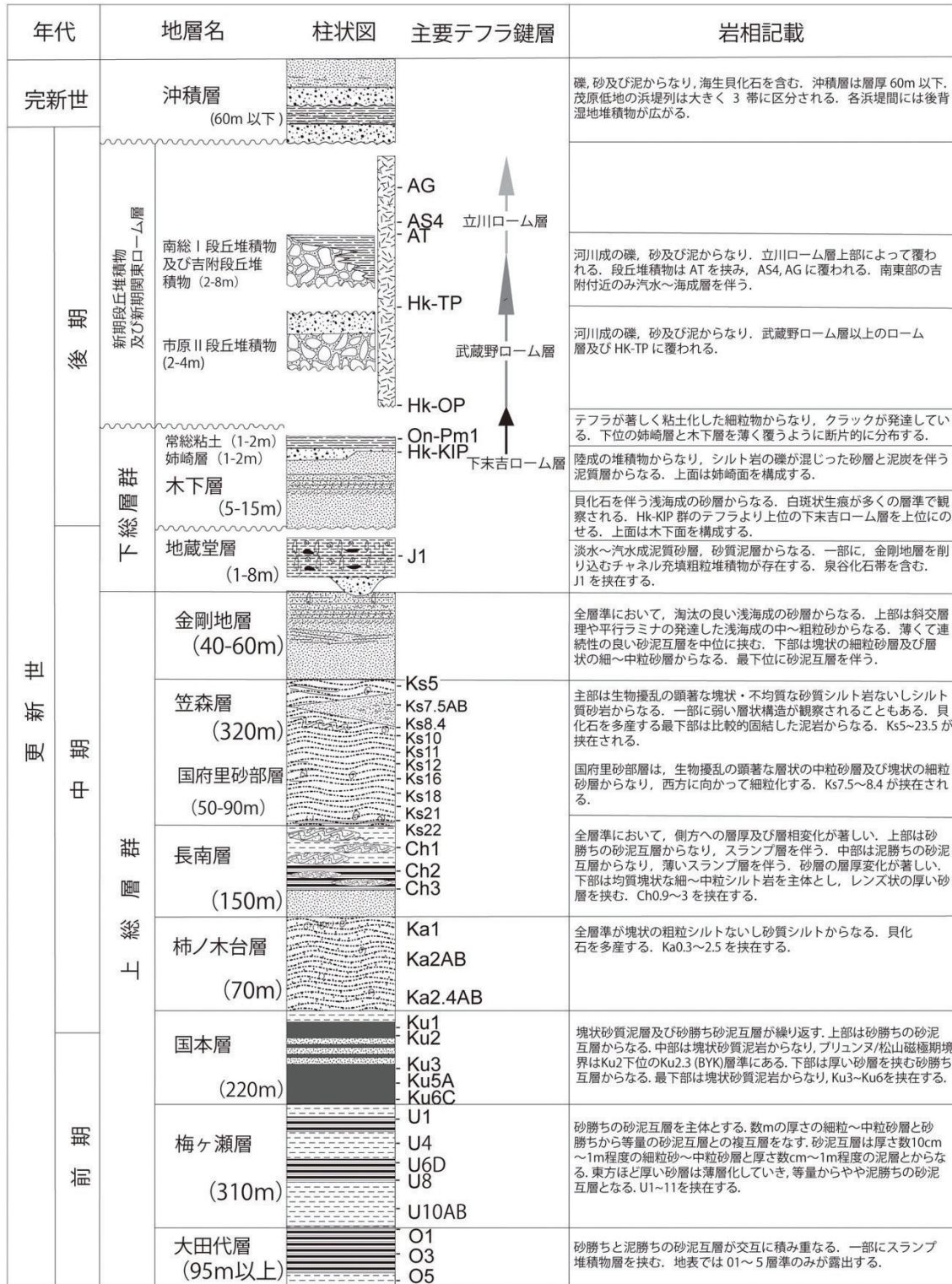
笠森層は，模式地を含む茂原エリア北東部では，全体に生物擾乱が発達する不均質かつ不淘汰な塊状の砂質泥岩ないし泥質砂から構成されています。層厚は 300 m です。笠森層上部には国府里砂部層(層厚 50～90 m)が帯状に分布しており，西から東に向けて層厚が厚くなる傾向が認められます。Ks5～Ks23.5 のテフラ鍵層が挟在します。

金剛地層は主として砂層からなり，下部は細粒で淘汰の良い砂層，上部は中～細礫を伴う粗粒砂からなります。層厚は 40～60 m です。最下部と中部のそれぞれによく連続する薄い砂泥互層が挟まれています。金剛地層最上部の砂層には，白斑状生痕の *Macaronichnus segregatis* が観察されます。

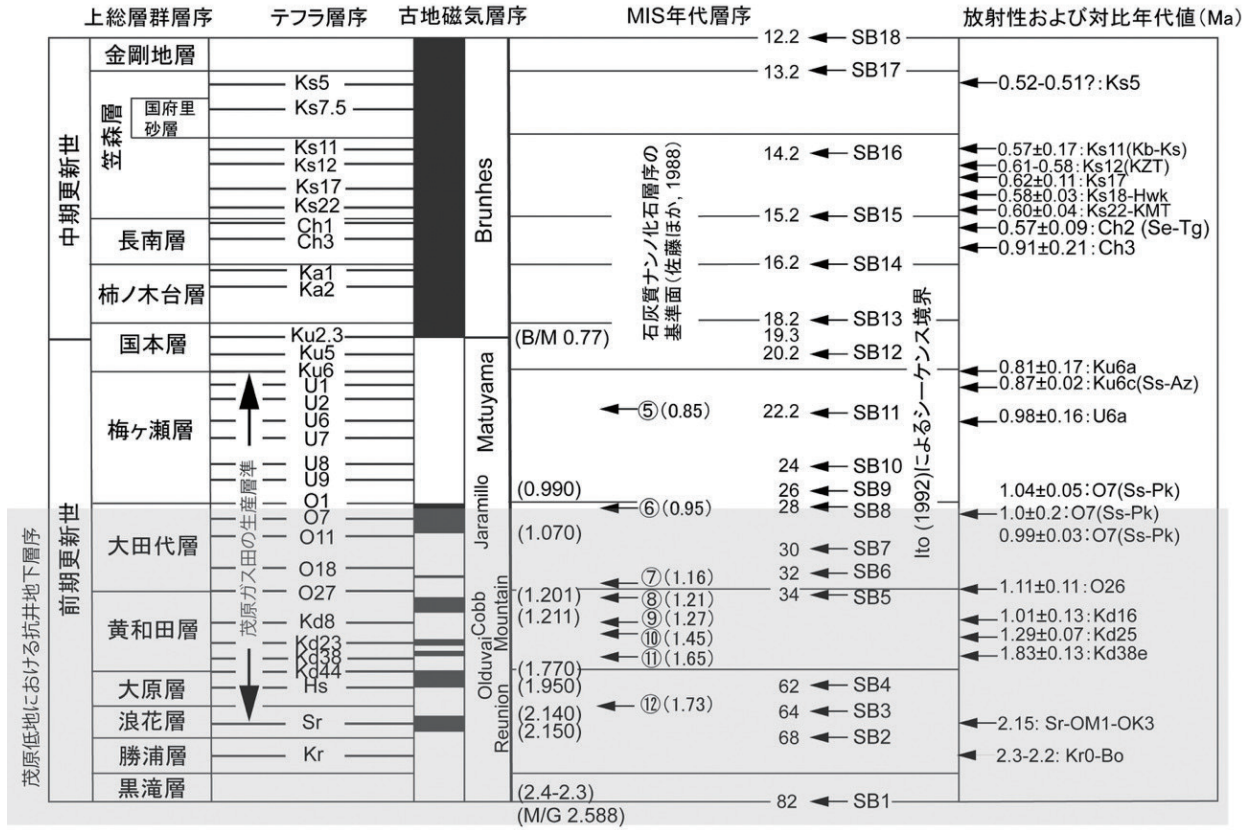
ところで，茂原図幅では，茂原エリア及びその周辺地域で確認したテフラ(第 8 図)について，採取地点，柱状図，岩石記載的性質を提示し，主要なテフラについては火山ガラス及び角閃石の EPMA による主成分化学組成を明らかにし，取りまとめました。

茂原エリアの北西端のすぐ西側では地蔵堂層基底の示標テフラ J1 が，茂原エリア南東端のすぐ南側では大田代層上部の示標テフラ O7 が確認されます。そこで，これらの間で記載されたテフラを，茂原エリアを中心に網羅的に調査しました。その結果，J1 から O7 までの層準で新称を含め 126 層のテフラを確認することができました。

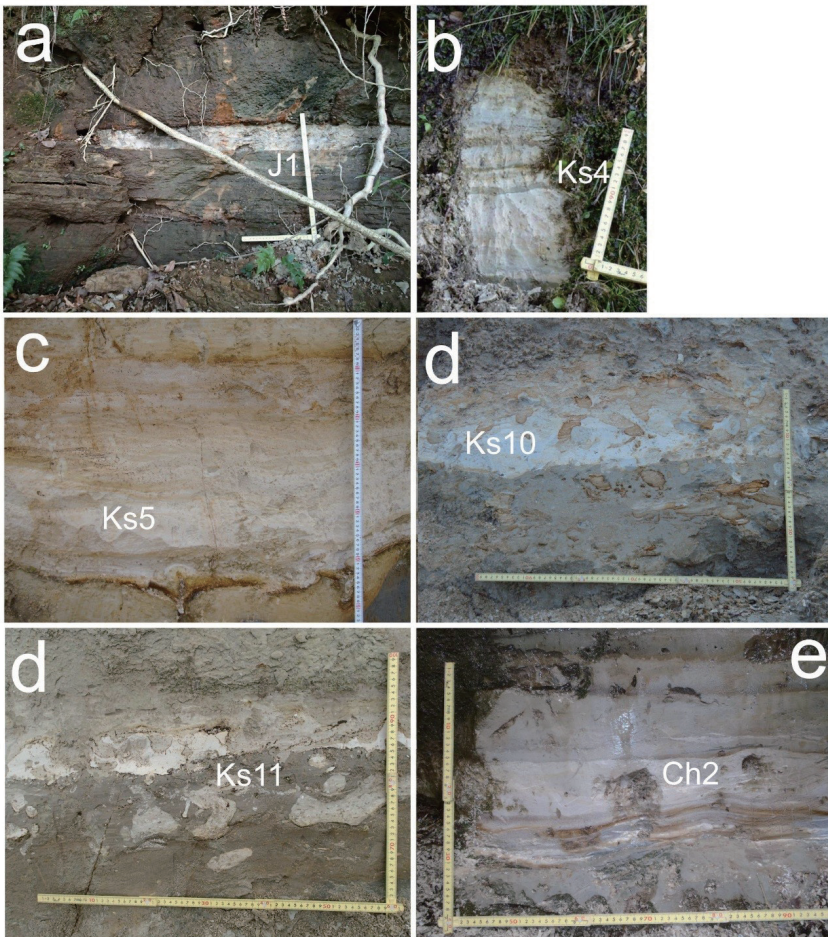
野外では，概ね中粒砂以下の粒度のテフラについては重鉱物粒の相対的な含有率に応じてガラス質テフラ，ガラス質結晶質テフラ，結晶質ガラス質テフラ，結晶質テフラに分けて記載し，中粒砂より粗粒のテフラについては色調により軽石とスコリアに分けて柱状図に記載しました。分析用試料は各テフラの基底部を選択して採取し，柱状図にその層準を示し，これまでに例を見ない詳細なテフラカタログを編纂しました。



第 6 図 茂原エリアの標準層序を示す模式柱状図。七山ほか (2016) を転載した。



第 7 図 房総半島東岸の上総層群の層序と年代. 七山ほか (2016) を転載した。



第 8 図 代表的なテフラ鍵層の露頭写真。
 a: 地蔵堂層の J1 テフラ。 b~d: 笠森層のテフラ (Ks4, Ks5, Ks10, Ks11)。
 e: 長南層の Ch2 テフラ。

見どころ⑤：天然ガス・ヨード鉱床としての茂原ガス田

茂原エリアには茂原ガス田が存在し、現在、7社によって稼行されています。坑井の深度は500～2,200 m、天然ガスが産出するのは上総層群下部～中部の勝浦層、浪花層、大原層、^{きわだ}黄和田層、大田代層、梅ヶ瀬層です(第7図)。茂原ガス田のガス産出挙動は、一般に「通常型鉱床」と産出ガス水比が通常型より有意に高い「茂原型鉱床」に区分されています(名取, 1997)。

茂原型鉱床において特に生産性が高いのは、大田代層と梅ヶ瀬層であり、より浅層部の泥岩層が貯留層となっています。特に、チャンネル-ロープ系の海底扇状地堆積物の分布が、茂原型鉱床の分布を説明する上で不可欠な要素とされています(三田ほか, 2003)。一方、通常型鉱床の場合は、地層水にガスが溶けた状態で存在し、水溶性ガス層を形成しています。この場合、泥層が根源岩と帽岩、タービダイト砂層が貯留岩の役割を果たし、さらに、ガスの上昇には茂原低地の地下に潜伏する正断層系が寄与していたと考えられています(国末ほか, 2002)。

地層水は、塩分濃度が高いため「かん水」と呼ばれています。水溶性天然ガスは、坑井によって地表に汲み上げると減圧のためメタンがかん水より分離・採取されます。茂原エリアは、他の水溶性天然ガス産出地域に比較してガス水比(天然ガスとかん水の比)が大きいのが特徴です。ガス水比が生産期間を通じて一定である“通常型ガス産出挙動”が一般的ですが、茂原エリアでは、採取が進むにつれてガス水比が増大する“茂原型ガス産出挙動”といわれる特異な経過を示します(秋林ほか, 1992)。また、この

地域から産出される天然ガスはメタンが約99%を占め、一酸化炭素や硫黄分等をほとんど含まず、熱量が高く、きわめて効率的なエネルギーとして都市ガス等に広く利用されています。

また、かん水は、現在の海水と比べて約2,000倍のヨウ素を含む等の特徴があります。これを回収することにより年間約8.5千トン(2009年実績)のヨードを生産しています。ヨウ素の世界生産量は年間21,600トン(推定)であり、そのうち日本が35%を占めており、さらに日本国内ではそのほとんどが千葉県で生産されています。三田ほか(2003)によれば、ヨウ素濃度と海底扇状地の分布は整合的であり、海底扇状地の中心部ほど濃度が高いとされています。

1981年1月には、千葉県が地盤沈下防止協定の改定を行い、天然ガスかん水の地上揚水量を一定の範囲内に抑制することにより地盤沈下を生じさせない汲み上げを行うこととしました。この規制により、現在ではガス・ヨードとも生産量は一定に保たれています。

茂原エリアの低地には、かん水から遊離した天然ガスが地表まで上昇しています。このため、この地域の水田や河川ではガスの発生しているところを泡によって確認できます(第9図)。この地域の人々は地表に湧出するガスを「^{うわ}上ガス」と呼んでおり、家庭で燃料として使用しているところもあります。

見どころ⑥：テフラ走向線図からみた地質構造と正断層群

茂原エリアに分布する上総層群及び下総層群の一般走向



第9図 西門橋の瑞沢川河床に露出する梅ヶ瀬層からの天然ガスの噴出状況。金子信行氏が撮影。

は、完新世の地殻変動と整合的であり、北東-南西の一般走向及び0~5°北西傾斜をもつ単斜構造をなしています。しかも、巨視的に見ると上位の地層ほど傾斜が緩くなる傾向があり、累積的な第四紀地殻変動の反映と見て取れます。但し、5°以下の傾斜の地層を対象とした場合、露頭においてクリノメータを用いて構造図を作成するのは容易ではありません。しかし、上総層群中にはよく連続するテフラ鍵層が数多く存在しているので、これらが観察される露頭の位置及び高さを精査することによって走向線図を作成し、地層の構造及び岩相の分布状況を正確に把握することができます(徳橋・遠藤, 1984)。

今回我々が作成したテフラ走向線図から、上総層群の一般走向が北東-南西方向であることが明確となりました(第10図)。しかし、地層の傾斜は北西方向と一定でありながら、傾斜角は上位の地層ほど緩く、上総層群の金剛地層及び笠森層では0~2°程度、長南層から大田代層では5°程度であり、有意な傾斜の差が認められます(第10図)。さらに、上総層群の上位を覆う下総層群木下層や地蔵堂層下部においては、露頭観察では殆ど傾動は認められないことも読み取れます。

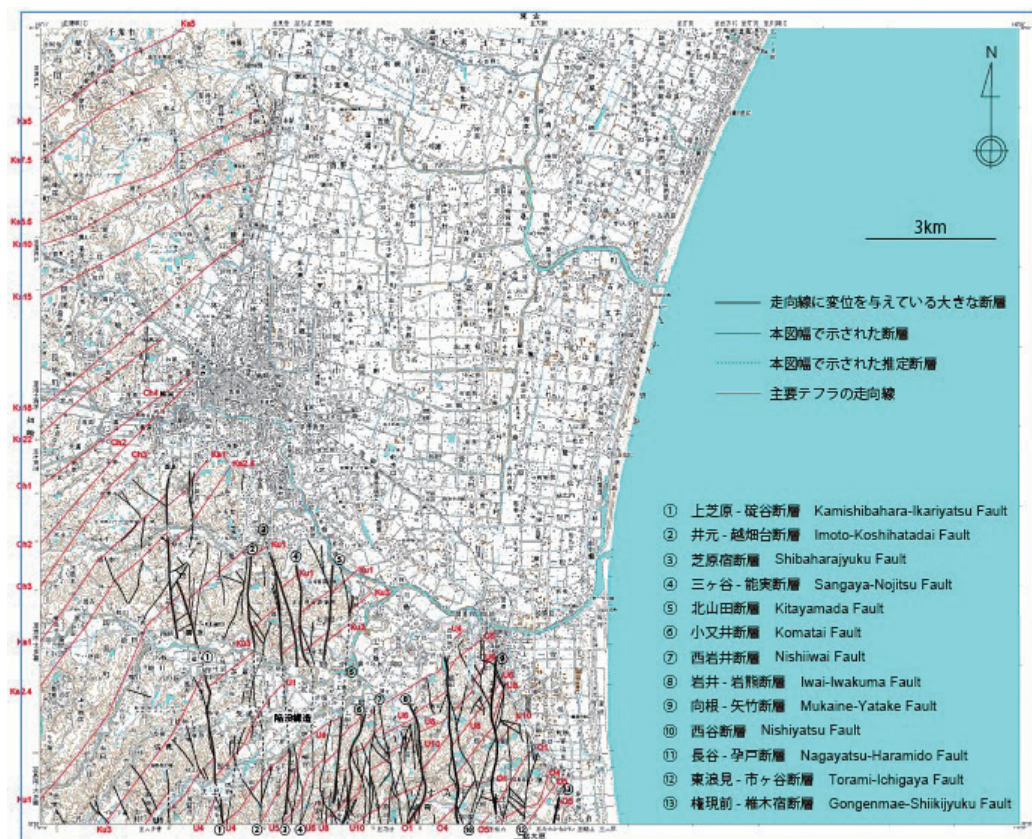
一方、茂原エリアの主に国本層以下の上総層群分布地域

には、南北ないしNNE-SSW方向の高角正断層が、多数発達しています(石和田ほか, 1971; 第10図)。これらの正断層群には、東落ちの断層が多く、一部にこれと対をなす西落ちの断層も認められます。断層の垂直変位量は数mから100mに達するものまで様々ですが、変位が数10mを越える大きさのものは東落ちの正断層が多く、変位量大きい断層ほど大きな横ずれ変位を伴います(国末ほか, 2002)。巨視的に見ると、上総層群の地層は階段状に太平洋側に落ちていくように見えます。このような断層変位は、段丘地形に現れている最近の地殻変動と整合的であり、累積変位を示していると考えられます(小玉, 1974)。

これら地表で観察される断層のうち、上芝原-碓谷断層、井元-越畑断層、芝原宿断層、三ヶ谷-能実断層、向根-矢竹断層及び長谷-孕戸断層(石和田ほか, 1971)の6本の断層は、茂原低地の地下まで連続していることが坑井地質より明らかにされています(国末ほか, 2002)。

見どころ⑦：九十九里浜海岸の悲しい現状

九十九里浜海岸は千葉県房総半島東岸にある、^{ぎょうぶ}刑部岬と^{たいとうさき}太東崎の間の太平洋に面している全長約66kmの細粒砂



第10図 茂原エリアのテフラ鍵層に基づく走向線図と正断層系。七山ほか(2016)を転載した。

からなる緩勾配の日本を代表する砂浜海岸です。太東崎の海蝕崖及び夷隅川から供給された土砂が、沿岸漂砂となって堆積した海浜で、そのため図幅の北部の現在の海岸線は、明治のころと比べると100～200 mほど海側に前進していることが知られています。

茂原エリアに含まれる南側の九十九里浜では、沿岸侵食や天然ガス汲み上げによる50 cmの地盤沈下、さらには陸側からの保安林や居住地の拡大に伴う自然砂丘地の消失などが重なって起きています。特に、1970年頃から海岸侵食が顕著となり、1988年より図幅地域内の一宮海岸一帯にも10基のT字突堤(ヘッドランド)が建設されました(宇多ほか, 2011)。ところが、現在に至っても東浪見-一宮-^{ひとまつ}一松海岸での海岸侵食は顕著であり、砂鉄質の黒い海浜砂が広がると同時に比高3～4 mにも達する大規模な浜崖が生じ、1947年度以降、約50～80 mの海浜の消失が生じています(宇多ほか, 2011)。しかし今もなお侵食区域は拡大しつつあり、それとともに海岸の人工化が急激に進み、昭和初期までそこに存在した広大で美しい海浜の景観は失われかけています(第11図)。

見どころ⑧：上総一ノ宮玉前神社の境内にある“さざれ石”

さざれ石は、元来小さな石(細石)の意味であり、長い年月をかけて小石の欠片の隙間を石灰岩などが溶解して生じた炭酸カルシウムが埋めることによって、1つの大きな岩の塊に変化したものを意味しています。さざれ石は日本国歌である君が代の歌詞に歌われており、“千代に八千代にさざれ石の^{いわお}巖となりて苔のむすまで”の意味は、平穏で長く安定した歳月を表す比喩として用いられています。



第11図 一松海岸において海岸侵食対策のため整備された護岸堤とT字突堤(ヘッドランド)。

さざれ石が祭られている場所は、岐阜県揖斐川町伊吹山のさざれ石公園ほか京都や近畿地方に多いのですが、実は関東にも複数あります。千葉県長生郡一宮町に鎮座する^{たまさき}玉前神社はその一つです。この古社は鎌倉時代より上総国の一宮として格式を保ってきており、現在の建造物も鎮座以来1,200年以上経過しているといわれています。君が代で親しまれているさざれ石が、当時の内閣総理大臣であった橋本龍太郎の^{きごう}揮毫の碑を添えて境内に奉納されている様は、一見の価値があります(第12図)。

見どころ⑨：1703年元禄地震津波の供養塔

歴史的にみて、千葉県は地震多発地帯であり、九十九里浜沿岸域も津波災害の常襲地帯であると言えます(宇佐見ほか, 2013)。

1703年12月31日元禄関東地震(M8.2)は、相模トラフの房総半島南端にあたる千葉県の野島崎付近で発生し、九十九里浜低地では推定波高5 mの津波によって大きな被害が発生したと言われていています(佐竹ほか, 2008)。中でも、現在の白子町や長生村で多くの犠牲者が出たとされます(古山, 1996)。古山(1996)によれば、茂原エリアには元禄地震津波に関する、以下のような供養塔が存在することが知られています(第13図)。

【大網白里市】元禄津浪の碑(北今泉 等覚寺)^{とうがくじ}

【白子町】精霊供養塔(牛込共同墓地)、真光寺供養碑(剃^{そり}金真光寺)、津波代様(古所)、無縁塚津波精霊様(幸治^{こうじ})、妙法寺津波供養地藏尊(幸治 妙法寺)、本従寺供養碑(北^{きた}高根 本従寺)

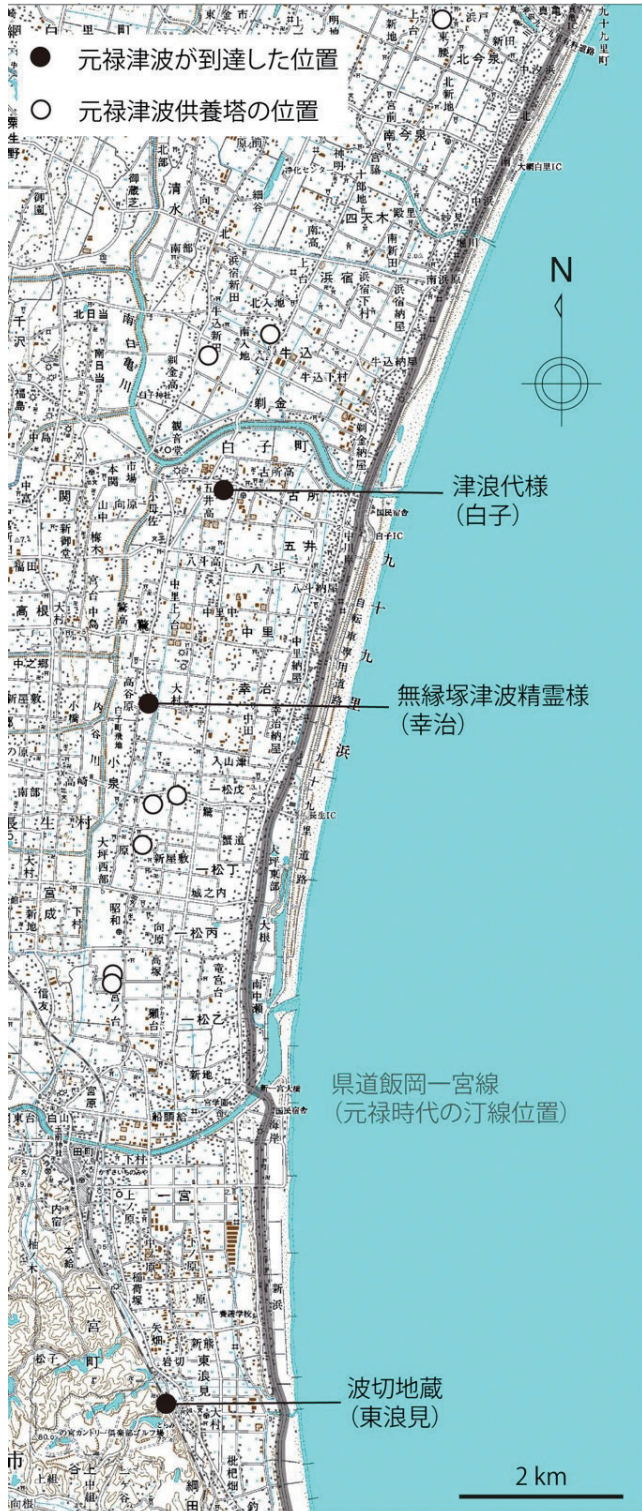
【茂原市】鷲山寺元禄津波供養塔(茂原^{じゆせんじ} 鷲山寺)



第12図 上総一ノ宮玉前神社の境内にある“さざれ石”。

【長生村】^{ほんこうじ}本興寺津波供養塔・^{ひとつまつへい}大位牌（一松丙 本興寺），
蓮花院供養碑（一松丙 蓮花院），^{くじょういん}久成院供養碑（一松丙 久成院），
教応寺供養碑6基（一松丙 教応寺），深照寺供養碑6基（一松丙 深照寺）

【一宮町】^{なみきり}浪切地蔵（東浪見）



第13図 白子～東浪見海岸における1703年元禄地震津波による浸水図。七山ほか(2016)を転載した。

3. 最後に

以上のように、茂原エリアは前期更新世以降現世に至るまでの地層がほぼ連続的に分布する模式的な地域です。したがって、茂原エリアの地層の層厚・構造の解明は、茂原エリアの地史、構造発達史のみならず、南関東の第四紀後半の地史解明にとっても資するところが大きいといえるでしょう。ぜひGSJ地質ニュースの読者の皆様には茂原図幅を入手して、これをジオガイドとしてご活用いただき、9つの見どころをご自身の目でご確認いただくと、著者らとしては幸いです。

本研究の遂行及びとりまとめに際しては、多くの方からご協力をいただきました。著者一同、厚くお礼を申しあげる次第です。

文献

秋林 智・山口伸次・藤田豊久(1992)水溶性天然ガス田の高ガス水比挙動シミュレーション。石油技協誌, 7, 27-433.

古山 豊(1996)千葉県における元禄地震の供養諸相と伝承—供養碑を中心に—。千葉県地域民族調査報告書, 第3集, 82p.

石和田靖章・三梨 昂・品田芳二郎・牧野登喜夫(1971)日本油田・ガス田図10, 茂原(1:15,000)。地質調査所。

貝塚爽平(1974)関東地方の島弧における位置と第四紀地殻変動。垣見俊弘・鈴木尉元編, 関東地方の地震と地殻変動, ラティス, 99-118.

小玉喜三郎(1974)断層の発達と地殻の変形—南関東の南北性断層の発達機構—。垣見俊弘・鈴木尉元編「関東地方の地震と地殻変動」, ラティス, 71-98.

国土地理院(2015)加藤・津村(1979)の解析方法による, 各験潮場の上下変動。14p. <http://cais.gsi.go.jp/cmdc/center/katoutsumura2015d.pdf> (2015/09/01 確認)。

国末彰司・三田 勲・和気史典(2002)千葉県茂原ガス田の地下地質と水溶性天然ガス・ヨウ素の生産性について。石油技術協会誌, 67, 83-96.

桑原拓一郎・菊地隆男・鈴木毅彦・清永丈太(1999)房総半島, 夷隅川下流域における酸素同位体ステージ3の段丘面と当時の古海面高度。第四紀研究, 38, 313-326.

町田 洋・新井房夫・杉原重夫(1980)南関東と近畿の中部更新統の対比と編年—テフラによる一つの試み

- 一. 第四紀研究, **19**, 233-261.
- 増田富士雄・藤原 治・酒井哲弥・荒谷 忠 (2001a) 房総半島九十九里平野の海浜堆積物から求めた過去6000年間の相対的海水準変動と地震隆起. 地学雑誌, **110**, 650-664.
- 増田富士雄・藤原 治・酒井哲弥・荒谷 忠・田村 亨 (2001b) 千葉県九十九里平野の完新統の発達過程. 第四紀研究, **40**, 223-233.
- 三田 勲・和気史典・国末彰司 (2003) 九十九里地域におけるガス水比およびヨウ素濃度を規制する要因—特に, 海底扇状地堆積物および断層が果たす役割について—. 石油技術協会誌, **68**, 111-123.
- 三梨 昂・安国 昇・品田芳二郎 (1959) 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序—養老川・小櫃川流域地質調査報告—. 地調月報, **10**, 83-98.
- 森脇 広 (1979) 九十九里平野の地形発達史. 第四紀研究, **18**, 1-16.
- 七山 太・中里裕臣・大井信三・中島 礼 (2016) 茂原地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 101p.
- 名取博夫 (1997) 茂原型天然ガス鉱床はメタンハイドレート起源か?. 地質ニュース, no. 510, 59-66.
- 佐竹健治・宍倉正展・行谷祐一・藤良太郎・竹内 仁 (2008) 元禄関東地震の断層モデルと外房における津波. 歴史地震, no. 23, 81-90.
- Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., Kimura, J., Kawamura, K., Haneda, Y., Kazaoka, O., Head, M.J. (2015) Age of Matuyama-Brunhes boundary constrained by U-Pb zircon dating of a widespread tephra, *Geology*, **43**, 491-494.
- 杉原重夫 (1970) 下総台地西部における地形の発達. 地理学評論, **43**, 703-718.
- 徳橋秀一・遠藤秀典 (1984) 姉崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質図および同説明書, 地質調査所, 136p.
- 宇多高明・熊田貴之・清水達也・中山拓也・石井光男・保田英明 (2011) 南九十九里浜一宮海岸の長期汀線変化と沿岸漂砂量分布の推定. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), **67**, 1105-1110.
- 宇佐美龍夫・石井 寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子 (2013) 日本被害地震総覧 599-2012. 東京大学出版会, 724p.

NANAYAMA Futoshi, NAKASHIMA Rei, NAKAZATO Hiroomi and OOI Shinzo (2016) New Quadrangle Series, 1:50,000 "Geology of the Mobarra District": Introduction of nine geosites in Mobarra area, Chiba Prefecture, Central Japan.

(受付:2016年5月11日)